

# 情報のあいまいさに焦点を当てた企業外部者の「拡大推論」分析モデルに関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-05-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 村山, 誠 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/18739">http://hdl.handle.net/10291/18739</a>

明治大学大学院商学研究科

2015 年度

博士学位請求論文

情報のあいまいさに焦点を当てた企業外部者の  
「拡大推論」分析モデルに関する研究

A Study on Analysis Models for Ampliative Reasoning of Company Outsiders  
Focused on Informational Ambiguity

学位請求者 商学専攻

村山 誠

# 情報のあいまいさに焦点を当てた企業外部者の 「拡大推論」分析モデルに関する研究

A Study on Analysis Models for Ampliative Reasoning of Company Outsiders  
Focused on Informational Ambiguity

## 【目次】

	頁
<b>&lt;序論&gt; 本研究の目的・問題領域と前提条件</b>	<b>1</b>
I 研究目的	1
II 本研究の位置づけ	9
III 研究の進め方	11
IV 研究の基本的問題設定	12
V 本研究における基本概念の定義と位置づけ	13
V-1 企業内部者と企業外部者	13
V-2 情報とは	14
V-3 情報の非対称性	15
V-4 情報のあいまいさの構成要素	16
V-5 不確実性（偶然性）とシャノン・エントロピー	16
V-6 拡大推論	17
V-7 最大エントロピー原理	17
V-8 クリस्प・メッセージとファジィ・メッセージ	19
V-9 ファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率	20
V-10 ファジィ・エントロピー	21
V-11 ファジィ・モデル	22
VI 本研究の問題領域	23
VII 本研究の前提条件と限界	24
VII-1 企業内部者と企業外部者に関する前提	24
VII-2 本研究で焦点を当てる「行動主体」に関する前提	25
VII-3 選択行動（拡大推論）をモデル化する際の前提	26
VII-4 本研究で取り扱う特性値の符号に関する前提と限界	26
VII-5 本研究の提案モデルの実証分析における選択対象の前提	27
VII-6 確率・比率とメンバーシップ値・ウェイトに関する前提	27

VII-7	アンケート調査の被験者に関する前提と限界	28
VIII	従来の研究と本研究の特徴	29
VIII-1	従来の研究	29
VIII-2	従来のエントロピー・モデルと本研究の特徴	29
VIII-3	従来のメンバーシップ値推定モデルと本研究の特徴	31
VIII-4	従来のファジィ・エントロピー・モデルと本研究 の特徴	32
IX	本研究における各章の提案モデルの関係	34

## <本論>

<b>第 1 部</b>	<b>企業外部者の拡大推論に関するエントロピー・モデルの構築</b>	
<b>第 1 章</b>	<b>2 段階の階層型一因子情報路モデル</b>	<b>41</b>
1.1	本章の目的	41
1.2	使用記号と前提条件	43
1.3	「2 段階の階層型一因子情報路モデル」の提案	44
1.4	提案モデルの実証分析	55
1.5	本章で得られた成果	60
<b>第 2 章</b>	<b>2 方向 3 段階の階層型一因子情報路モデル</b>	<b>61</b>
2.1	本章の目的	61
2.2	使用記号と前提条件	63
2.3	「2 方向 3 段階の階層型一因子情報路モデル」の提案	64
2.4	提案モデルの実証分析	73
2.5	本章で得られた成果	80
<b>第 3 章</b>	<b>重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル</b>	<b>81</b>
3.1	本章の目的	81
3.2	使用記号と前提条件	82
3.3	「重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル」 の提案	82
3.4	提案モデルの実証分析	88
3.5	本章で得られた成果	92

<b>第 2 部</b>	<b>人間の拡大推論におけるメンバーシップ値推定モデルの構築</b>	
<b>第 4 章</b>	<b>ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル</b>	<b>94</b>
4.1	本章の目的	94
4.2	使用記号と前提条件	95
4.3	「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」の提案	96
4.4	提案モデルの実証分析	99
4.5	本章で得られた成果	105
<b>第 5 章</b>	<b>サンプル相を導入したメンバーシップ値推定モデル</b>	<b>107</b>
5.1	本章の目的	107
5.2	使用記号と前提条件	108
5.3	「メンバーシップ値推定モデル」の提案	109
5.4	「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル」の提案	112
5.5	提案モデルの実証分析	114
5.6	本章で得られた成果	124
<b>第 3 部</b>	<b>企業外部者の拡大推論に関するファジィ情報路モデルの構築</b>	
<b>第 6 章</b>	<b>3 段階の階層型ファジィ情報路モデル</b>	<b>126</b>
6.1	本章の目的	126
6.2	使用記号と前提条件	127
6.3	「3 段階の階層型ファジィ情報路モデル」の提案	128
6.4	提案モデルの実証分析	144
6.5	本章で得られた成果	152
<b>第 7 章</b>	<b>重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル</b>	<b>158</b>
7.1	本章の目的	158
7.2	使用記号と前提条件	158
7.3	「重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル」の提案	159
7.4	提案モデルの実証分析	163
7.5	本章で得られた成果	178

<b>第 8 章</b>	<b>ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル</b>	<b>179</b>
8.1	本章の目的	179
8.2	使用記号と前提条件	179
8.3	「ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル」の提案	180
8.4	提案モデルの実証分析	187
8.5	本章で得られた成果	200
<b>&lt;結論&gt;</b>	<b>研究成果のまとめと今後の研究課題</b>	<b>201</b>
I	研究成果のまとめ	201
II	今後の研究課題	205
	<b>参考文献一覧</b>	<b>208</b>

# 序論 本研究の目的・問題領域と前提条件

## I 研究目的

人間や組織（例えば、企業や公共機関）にとって、自身の直面する「不確実性」をいかにして吸収し、自身を合理的な行動へと導くかは、永遠の課題と言っても過言ではないであろう。そこで、こうした不確実性（偶然性）に直面する人間や組織の選択行動を探求することは、学術研究における大きなテーマであり、多くの研究が社会科学（心理学、行動科学、経済学、経営学等）や自然科学（経営工学、情報理論、ファジィ理論等）の分野で展開されている。これらの研究は、経済学的アプローチ（効用理論、ゲーム理論等）、組織論的アプローチ（限定された合理性、経済人と経営人モデル等）、経営科学的アプローチ（数理計画法、最適化モデル等）、行動科学のアプローチ（行動的意思決定論、プロスペクト理論等）など、さまざまなアプローチにより進められている。こうした研究アプローチにより、人間や組織の選択行動を論じるべく、多くの分析モデルが開発されてきた。

さらに、人間や組織の「選択行動」のメカニズムの記述を試みることは、研究者にとっただけでなく、企業にとっても重要な課題となる。企業にとって、企業外部者（消費者や一般投資家等）の「選択行動」を簡潔な形式で推測することができれば、市場（労働市場や株式市場を含む）に対してどのような経営戦略・商品戦略でアプローチしていくべきかが示唆される。例えば、消費者や一般投資家等の企業外部者による選択行動を分析することにより、企業は自社の商品やサービス等の潜在的な顧客がどの程度いるのかを把握するとともに、消費者や一般投資家等が求めている商品やサービスへと品質を高めることが、これに相当する。

反対に、一般投資家や学生にとって、企業内部者（例えば、経営者）の行動を推測することは、株式銘柄を選択する、あるいは就職先の企業を選択する際の重要な課題である。それは、企業内部者の行動を推測することにより、その企業が将来どのような分野に注力しようとしているのか、また企業が継続的に成長するための投資（設備投資や人材確保等）は行われているのかなどについて予測し、一般投資家は投資対象としての妥当性を、また就職活動中の学生にとっては就職先候補としての妥当性を、検討することができるからである。

上記のような、企業の内部者あるいは外部者の選択行動において、選択対象に関するさまざまな情報の入手が必要になるが、我々が容易に入手することができる情報の範囲は限られており、選択対象に関するすべての情報を入手することは不可能である。しかしながら、選択対象に関する十分な情報を入手することができないとしても、その不十分な情報（証拠<sup>1</sup>）から何とか結論を導き出さなければならないことも多い。このように不十分な（入

手可能な) 情報 (証拠) のみでは本来は結論が得られないような推論は、一般に「拡大推論<sup>2)</sup> (ampliative reasoning) と呼ばれる。

消費者 (企業外部者) にとって、企業内部でどのような活動が展開されているかは、基本的にブラックボックスであり、このようなブラックボックスの中で生み出された商品・サービスのクォリティやパフォーマンスを推測しようとする事は、まさしく上記の「拡大推論」に相当する。また、一般投資家や学生といった企業外部者にとって、企業内部の活動 (選択) はブラックボックスであり、それを推測しようとする事も、明らかに「拡大推論」に相当する。さらに、消費者や一般投資家といった企業外部者の選択行動は、研究者やアナリスト等 (企業外部者) にとって詳細の情報を得ることが難しい「ブラックボックス」の中の行動であり、それを推測しようとする事も、「拡大推論」に相当する。

そこで、本研究では、下記の 2 つの視点から、企業外部者あるいは企業内部者の選択行動を分析するための新たなモデルの構築をめざしていくことにする。

- ① 企業内部の情報が不足している企業外部者にとっての「拡大推論」としての選択確率 (比率) の推定問題
- ② 消費者や一般投資家等の企業外部者の選択行動に関する情報が不足している研究者やアナリスト等の企業外部者にとっての「拡大推論」における
  - 1) 選択確率 (比率) の推定問題
  - 2) 選択要因に対するウェイトの推定問題
  - 3) 選択対象の満足度 (メンバーシップ値<sup>3)</sup> ; 序論VII-6 を参照) の推定問題

さらに、こうした拡大推論の場面では、選択行動に必要な情報が不足しているだけでなく、情報のあいまいさにも直面する。例えば、一般に「使いやすさ」の程度は「とても」「非常に」「まあまあ」「少し」「あまり」などの副詞によって記述されるが、これらの副詞によって記述される使いやすさの程度は主観的な判断に依存しており、その際の情報には、常に意味面でのあいまいさが介在している。したがって、このような情報のあいまいさを、いかにして定量的に記述するかは、人間の「選択行動」研究にとって重要な課題として位置づけられるのである。

上記のような情報のあいまいさを定量的に論じる理論として、Shannon<sup>4)</sup>の情報理論 (information theory) と、Zadeh<sup>5)</sup>のファジィ理論 (fuzzy theory) が広く知られている。Shannon の情報理論は、確率面でのあいまいさ (不確実性 ; 偶然性) を持つ事象を対象としているのに対して、ファジィ理論 (fuzzy theory) は、意味面でのあいまいさ (漠然性 ; fuzziness) を持つ事象を対象としている。

まず、情報理論については、Shannon が 1948 年に発表した“A Mathematical Theory of Communication”を基礎としており、情報を定量的に捉えるための「情報量」を定義している。これは、情報を受信することによって、人間や組織が直面する不確実性 (偶然性) を

情報がどれだけ吸収し、選択行動の迷いをどれだけ低下させたかの量を表している。情報理論に依拠した分析モデルとして、エントロピー・モデルが広く知られている。国沢<sup>6</sup>によると、このモデルはエントロピー最大化問題として定式化された一連の分析モデルの総称とされ、一因子情報路モデル<sup>7</sup>や Herniter<sup>8</sup>のモデルなどがある。

一方、ファジィ理論は 1965 年に Zadeh<sup>9</sup>によって提唱された理論であり、人間の情報処理プロセスにおける漠然性（意味面でのあいまいさ）を数学的に取り扱うための理論である。ファジィ (fuzzy) という言葉は、「ぼやけた」「あいまいな」という意味を表す単語であり、境界が不明確な場合に用いられる。こうした漠然性を、前述のエントロピー・モデルに導入した分析モデルとして、山下らが「一因子ファジィ情報路モデル<sup>10</sup>」や「多因子ファジィ情報路モデル<sup>11</sup>」を提案し、上原ら<sup>12</sup>も「ファジィ・エントロピーを用いた重みつき多因子情報路モデル」を提案している。

上で述べたエントロピー・モデルとファジィ・エントロピー・モデルに共通した特徴は、エントロピー最大化（最大エントロピー原理<sup>13</sup>）あるいはファジィ・エントロピー最大化の基準により、本来は結論が得られないような（不十分な情報に基づく）問題に対して、「拡大推論」を展開しようとするところにある。こうした特徴を有するエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルは、これまで交通需要の予測<sup>14</sup>、工場立地の選択<sup>15</sup>、銘柄の選択<sup>16</sup>、都市政策の評価<sup>17</sup>など、さまざまな選択行動に対して適用されてきた。

しかしながら、従来のエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルの研究では、以下のような課題が内在しており、エントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルの適用場面に制限を生じさせていた。

- ① これまで、情報のあいまいさを構成する偶然性と漠然性は、それぞれ情報理論（偶然性）とファジィ理論（漠然性）により、個別に記述されており、両者を包括的に論じた研究が不足していた。
- ② 情報に介在する意味面でのあいまいさを分析するためのファジィ理論では、ほとんどの研究が、その核となるメンバーシップ値が既知であるという前提条件から出発しており、「いかにしてメンバーシップ値を合理的な基準で推定するか」についてのモデル構築が不足していた。
- ③ 従来のエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルでは、多段階の選択行動を対象としておらず、多段階のエントロピーを複合的に捉えた情報管理的研究が不足していた。
- ④ 従来のエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルでは、複数の選択要因に対する重み（ウェイト）の推定問題に焦点を当てた研究が不足していた。

本研究では、上記の 4 つの課題を克服するために、Shannon の情報理論と Zadeh のファジィ理論をそれぞれ基礎とした、エントロピー・モデルとファジィ・エントロピー・モデル

ルの枠組みに基づき、企業外部者による拡大推論に焦点を当てた新たなモデルを構築していくことにする。これにより、従来のエントロピー・モデルとファジィ・エントロピー・モデルが目を向けてこなかった、上記の①～④の課題を克服し、モデルの適用範囲を拡張することを試みる。そこで、企業外部者の「拡大推論」に注目し、下記のような①～③の新たな分析モデル（表 1）を提案していくことにする。

- ① 多段階の選択行動における選択確率（あるいは選択比率）を推定するための分析モデルの提案
- ② 各選択要因（因子）に対するウェイトを推定するための分析モデルの提案
- ③ 各選択対象のメンバーシップ値を推定するための分析モデルの提案

これらの分析モデルにより、行動主体（序論VII-2 参照）が各選択対象に対して、①どの程度の確率（比率）でそれらを選択するのか、②各選択要因をどの程度重視しているのか、また③どの程度好ましいと考えているのかといった「拡大推論」の解を導くための分析モデルを新たに構築していく。これにより、従来のエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルが対象としていた選択確率（比率）の推定問題のみならず、各選択要因のウェイトや各選択対象に対するメンバーシップ値の推定問題へと拡張することが可能になる。

上記のような企業外部者の「拡大推論」を簡潔な形式で記述することは、商学・経営学や経営工学、とりわけ情報管理論にとって重要な課題である。本研究では、こうした研究課題に対して、前述の「拡大推論」という統一した視点からアプローチしていくことにより、企業外部者の「拡大推論」を簡潔な形式で記述することを試みるのである。

**表 1 各章の提案モデルと情報理論・ファジィ理論との関係**

提案モデルの種別	各章と理論
多段階の選択確率推定モデル	第 1 章, 第 2 章 (情報理論) 第 6 章 (情報理論+ファジィ理論)
未知のメンバーシップ値推定モデル	第 4 章, 第 5 章 (ファジィ理論)
未知のウェイト推定モデル	第 3 章 (情報理論) 第 7 章, 第 8 章 (情報理論+ファジィ理論)

本研究は、序論、第1部「企業外部者の拡大推論に関するエントロピー・モデルの構築」(第1章～第3章)、第2部「人間の拡大推論におけるメンバーシップ値推定モデルの構築」(第4章, 第5章)、第3部「企業外部者の拡大推論に関するファジィ情報路モデルの構築」(第6章～第8章)、および結論から構成される。序論では本研究の目的、本研究の位置づけ、本研究の問題意識、本研究における基本概念の定義と位置づけ、本研究の問題領域、本研究の前提条件と限界、従来の研究と本研究の特徴、等について述べ、本研究の対象や位置づけを明らかにする。これにより、第1章以降の理論的基礎を固めておくことにする。

まず、第1部(第1章～第3章)では、企業外部者の「拡大推論」を簡潔な形式でモデル化すべく、Shannonの情報理論に基づいたエントロピー・モデルを①多段階の階層型エントロピー・モデルへと拡張と、②各選択要因に対する重み(ウェイト)を推定という、新たなエントロピー・モデルの構築を試みることにする。ただし、第1章と第2章の選択行動の主体は企業内部者(特に、経営者)、拡大推論の主体は企業外部者(一般投資家や研究者、アナリスト等)とし、第3章では選択行動の主体(消費者や一般投資家等)と拡大推論の主体(研究者やアナリスト等)はともに企業外部者である。

第1章では、企業内部者がいかに自身の経営資源を配分するかという選択行動に対する企業外部者の「拡大推論」に焦点を当て、Shannonの情報理論を基礎とした一因子情報路モデル<sup>18</sup>を、①各上位選択対象(経営資源配分の対象)に対する選択比率の推定と、②各下位選択対象に対する選択比率の推定という、2段階の階層型エントロピー・モデルへと拡張する。その際、②の選択比率まわりのエントロピーを加味したもとの、①の解を導くための新たなモデルを構築していくことにする。すなわち、従来の階層型エントロピー・モデルでは、各階層のエントロピーを個別に定式化していたのに対して、本章のモデルでは、①の解を導く際に、②のエントロピーについても考慮する(2段階のエントロピーを総合的に捉える)ところに最大の特徴がある。さらに、第1章の提案モデルの実証分析として、企業における①各事業部への経営資源配分比率と、②各事業部の下位に位置する各部署への経営資源配分比率を、それぞれの売上高に基づき推定する。これにより、提案モデルの妥当性を確認していくことにする。

第2章では、前章における2段階の経営資源配分問題に対して、多方向(2方向)の階層構造を持った経営資源配分問題を組み込むことにより、2段階の階層型エントロピー・モデルを2方向3段階のエントロピー・モデルへと拡張することを試みる。このモデルは、基本的に通常の一因子情報路モデルと同形式のモデルであるが、第2章の図2.4に示すように、Step2(各上位選択対象に対する選択比率の推定)においてStep1(2方向の選択比率の配分)のエントロピーを加味し、またStep3(各下位選択対象に対する選択比率の推定)においてStep1とStep2のエントロピーを加味する点に特徴がある。すなわち、企業内部者による2方向3段階の階層構造を持った経営資源配分比率を、企業外部者が推測するという拡大推論を、本章のエントロピー・モデルにより記述していくのである。

上記のように、本章では、企業内部者による2方向3段階の経営資源配分比率(選択比

率) を、企業外部者が推測するという拡大推論に対して、新たなエントロピー・モデルを提示していくことにする。さらに、本章の提案モデル(2方向3段階の階層型一因子情報路モデル)の実証分析として、マトリクス型組織における経営資源配分問題を企業外部者が拡大推論する場面を想定し、簡単な数値例を設定することにより、各部署への選択比率の推定を試みることにする。これにより、事業部方向と職能方向の2方向から各事業部・各職能と、それらの下位に位置する部署に対する選択比率を推定し、提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

**第3章**では、企業外部者の選択行動と拡大推論を特徴づける各選択要因のウェイトを推定するためのエントロピー・モデルを提案する。上記のウェイトを考慮した従来のエントロピー・モデル<sup>19</sup>では、そのウェイトが既知であるという前提を置いていたのに対して、本章の提案モデルでは、こうした前提を取り去り、最大エントロピー原理(序論V-7を参照)に従ったウェイトの推定を可能にするのである。これにより、ウェイト自体を推定することができないという従来のエントロピー・モデルにおける問題点を克服し、各要因に対するウェイト推定問題を、最大エントロピー原理に基づきモデル化するのである。さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例(自動車の評価)を設定し、自動車の各購買要因(因子)に対するウェイトを推定する。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと特性値との間の関係を検討していくことにする。

**第2部(第4章と第5章)**では、企業外部者が受信する情報に介在する意味面でのあいまいさを、ファジィ集合(Zadeh<sup>20</sup>)に対するメンバーシップ値(帰属度)によって捉え、このメンバーシップ値を推定するための新たなモデルを提案していくことにする。これにより、メンバーシップ値が既知であるという前提から出発していた従来のファジィ・モデルの問題点を克服し、K-L情報量(Kullback-Leibler)最小化(これは、「最小相対情報量原理<sup>21</sup>」に相当する)あるいは対数尤度最大化という客観的基準に基づき、メンバーシップ値の推定を可能にする。

**第4章**では、人間が受信する情報のあいまいさ(意味面でのあいまいさ)をメンバーシップ値によりモデル化する際に、従来の松丸・山下<sup>22</sup>のモデルではメンバーシップ値の比のみしか推定することができなかったという問題点に対して、メンバーシップ値そのものを推定するための「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」を新たに提案する。このモデルの特徴は、メンバーシップ値の比を、メンバーシップ値そのものへと変換するためのパラメータを新たに組み込むところにある。

さらに、サイコロを用いた実験により、「大きい目が出たようである」「小さい目が出たようである」等のファジィ・メッセージを被験者が受信したもとのファジィ条件つき確率(事後確率)とファジィ事象の確率のデータを収集し、本章の提案モデルの実証分析を試みることにする。これにより、提案モデルの妥当性を検討するとともに、ファジィ事象の確率とメンバーシップ値(推定値)との間の関係を検討していくことにする。ここで、サイコロを用いた実験により、提案モデルの実証分析を行っているのは、被験者がファジィ

ィ条件つき確率とファジィ事象の確率を想定（回答）し易い状況を設定しようとするからである。

**第5章**では、**前章**のモデルに対して、新たにサンプル相を追加したメンバーシップ値推定モデル（Model-A）を提案する。**前章**では、各選択対象に関するメンバーシップ値の比からメンバーシップ値そのものの値を推定するための分析モデルを提案したが、これは1つのサンプルについての分析モデルであり、サンプル相を持たないため、複数（ $m$  個）のサンプルの場合、 $m$ 回の分析を行わなければならないという問題が存在していた。

そこで、本章では、複数のサンプルを1つのモデルで記述すべく、新たにサンプル相を導入した「メンバーシップ値推定モデル」（Model-A）を提案する。さらに、Model-Aにより推定したメンバーシップ値の妥当性を確認するための「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル（Model-B）」を提案する。

その上で、企業がなるべく消費者のわかり易い支店や営業所の所在地名を設定しようとする場面を想定し、地名に関するアンケート調査により、地名・都市名・県名の選択データを収集する。こうして収集したアンケート調査結果を基に、本章の提案モデル（Model-Aと Model-B）の実証分析を試みる。これにより、地名・都市名・県名が「わかり易い名称の集合」（ファジィ集合）に属する度合（メンバーシップ値）を推定し、本章の提案モデル（Model-Aと Model-B）の妥当性を確認していくことにする。

**第3部（第6章～第8章）**では、**第1部**の情報理論的アプローチ（エントロピー・モデル）と**第2部**のファジィ理論的アプローチ（ファジィ・モデル）を統合することにより、新たなファジィ情報路モデル（多段階の階層型ファジィ情報路モデルとウェイト推定モデル）を提案していくことにする。これにより、情報のあいまいさの二面性（偶然性と漠然性）を考慮したもとの、企業外部者（特に、研究者やアナリスト）の「拡大推論」を簡潔な形式でモデル化していくことにする。ただし、**第1部の第1章**と**第2章**では拡大推論の主体を企業外部者、選択行動の主体を企業内部者（特に、経営者）としていたが、**第3部**では拡大推論のみならず、選択行動の主体も企業外部者である。

**第6章**では、従来のファジィ情報路モデル<sup>23</sup>を、「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」へと拡張することを試みる。この提案モデルの特徴は、各階層の選択確率を推定する際、従来の階層型ファジィ情報路モデルでは、各階層別のファジィ・エントロピーのみを考慮していたのに対して、本章のモデルでは、3段階すべてのファジィ・エントロピーを総合的に捉えているところにある。

一方、**第1章**と**第2章**では、Shannonの情報理論に基づき、従来のエントロピー・モデルを多段階（2段階と2方向3段階）の階層型エントロピー・モデルへと拡張したが、これらのモデルは、確率面でのあいまいさ（偶然性あるいは不確実性）のみに焦点を当て、意味面でのあいまいさ（漠然性）については考慮されていなかった。そこで、本章では、情報理論とファジィ理論のアプローチを統合することにより、確率面でのあいまいさと意味面でのあいまいさの両面を考慮した新たな階層型ファジィ情報路モデルを提案する。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、スマートフォン（多機能携帯電話）に関するアンケート調査から得られた満足度のデータを用いて、各機種および各通信会社に対する選択確率を推定する。これにより、本章の提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

**第7章**では、従来の多因子ファジィ情報路モデル<sup>24</sup>において、企業外部者の選択行動を特徴づける各要因のウェイトを推定することができなかったという問題意識に基づき、こうしたウェイトを推定するための「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」を新たに提案する。それは、従来のファジィ情報路モデル<sup>25</sup>では、各要因のウェイトを既知としていたからである。これに対して、本章では、上記のウェイトを客観的な基準、すなわち、

#### ファジィ・エントロピー／重みつき平均特性値

を新たに導入し、これを最大化するようなウェイトを推定するのである。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例と適用例（株式銘柄の選択とテーマパークの選択）の両面から、各選択要因に対するウェイトの推定を試みることにする。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと選択確率・メンバーシップ値との間の関係を検討していくことにする。

**第8章**では、**前章**のウェイト推定モデルに対して、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を組み込んだ新たな分析モデルの構築を試みることにする。この提案モデルは、企業外部者の選択行動における偶然性と漠然性の両面を考慮したあいまいさを、**前章**のモデルのように「確率まわりのエントロピー」と「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」の和によって捉えるのではなく、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」によって捉えるところに特徴がある。

さらに、ファミリーレストランの選択に関するアンケート調査を行い、その結果を用いた本章の提案モデルの実証分析により、各選択要因（価格的に「お得感」がある、おいしい、食べたいメニューが多い、食べたいセットメニューが豊富にある、ドリンクバーが充実している、落ち着ける雰囲気である）に対するウェイトの推定を試みることにする。これにより、本章の実証分析から、現実には即したウェイトの推定値が得られ、提案モデルの妥当性を検討していくことにする。

最後に、**結論**では本論において新たに提案したエントロピー・モデルとファジィ・モデル、ファジィ情報路モデルに関する研究成果を整理するとともに、各章の提案モデルや実証分析から得られた、企業外部者の「拡大推論」に関する知見を明らかにする。また、本研究の限界をふまえた上で、今後の「情報管理論」研究、とりわけ情報が不足している企業外部者にとっての「拡大推論」研究が取り組むべき課題、そして克服すべき課題を明らかにする。

## II 本研究の位置づけ

企業外部者が知りうる企業の情報は、当然のことながら限られている。しかしながら、さまざまな企業の中から、就職先の企業を選択しようとしている学生や、さまざまな企業の商品から、購入する商品を選択しようとしている消費者、さらにはさまざまな企業の株式から、購入する株式を選択しようとしている一般投資家等、それぞれの企業と関わりを持つ企業外部者は多い。こうした企業外部者にとって、十分な情報が得られていることは、前節でも述べたように少なく、多くの場面で、不十分な証拠（情報）から何らかの結論（選択）を導き出す「拡大推論<sup>26</sup>」が展開されている。

上記のような企業外部者にとっての「拡大推論」を簡潔な形式で記述することは、商学・経営学や経営工学にとって重要な課題である。とりわけ、就職先の選択行動は人的資源管理論において、商品の選択行動はマーケティング論やマーケティング・サイエンスにおいて、株式の選択行動は金融論やファイナンシャル・エンジニアリングにおいて、それぞれ重要な研究課題である。本研究では、こうした研究課題に対して、前述の「拡大推論」という統一した視点からアプローチしていくことにする。これにより、企業内部者や企業外部者の「選択行動」に関する拡大推論を簡潔な形式で記述することを試みるのである。

このように、企業外部者による「選択行動」の推測を試みることは、研究者にとってだけでなく、企業にとっても重要な課題となる。企業にとって、企業外部者の「選択行動」に関する拡大推論を簡潔な形式で記述することができれば、市場（労働市場や株式市場を含む）に対してどのような経営戦略でアプローチしていくべきかが示唆される。すなわち、企業とその外部者の間に生じる「情報の非対称性<sup>27</sup>」において、「負の非対称性<sup>28</sup>」の状況に置かれた企業外部者に対して、どのような情報を発信していくべきかが示唆されるのである。

一方、上記のような「拡大推論」をモデル化していく際の一般原理として、「最大エントロピー原理」（序論V-7を参照）が、自然科学の領域における多くの研究に導入されている。最大エントロピー原理は、就職先の選択・商品の選択・株式の選択といった企業外部者の選択行動に必要な情報のうち、一部の情報のみを得られていて（既知）、他の多くの情報は得られていない（未知）という状況の下で、前者（既知）の情報を最大限に活かしながら、後者（未知）の情報による影響をエントロピー最大化という基準で記述し、こうした選択行動に介在する不確実性（本研究では、これを「偶然性」に関するあいまいさとして位置づけることにする）をエントロピーによって捉えようとする原理である。本研究では、この最大エントロピー原理に従って、企業の内部情報が不足している企業外部者の選択行動に対する拡大推論を簡潔な形式で数理モデル化していくことにする。

また、人間の選択行動に必要な情報には、その情報がどのような意味を持つかについてのあいまいさを内包している。例えば、「優良企業」という情報は、それが「利益率が何%

以上の企業」なのか、「株価上昇率が何%以上の企業」なのか、また「顧客満足度が何%以上の企業」なのか等、それがどのような意味を持つかについて漠然としており、本研究ではこうした意味面でのあいまいさを「漠然性」に関するあいまいさと呼ぶことにする。これは、「優良企業」の集合の境界が、あいまいであることを示しており、このような集合は「ファジィ集合」と呼ばれる。

本研究では、上記のような「偶然性」に関するあいまいさと「漠然性」に関するあいまいさを、西川ら<sup>29</sup>や山下<sup>30</sup>の先行研究に従って、「あいまいさの二面性」として位置づけ、前者のあいまいさ（偶然性）を Shannon<sup>31</sup>の情報理論に従って、また後者のあいまいさ（漠然性）を Zadeh<sup>32</sup>のファジィ理論に従って、それぞれモデル化していくことを試みる。その際、偶然性に関するあいまいさをシャノン・エントロピー（序論V-5を参照）によって、また漠然性に関するあいまいさをメンバーシップ値まわりのエントロピー（序論V-10を参照）によって、それぞれ定式化し、情報が不足している状況での企業外部者の選択行動に関する拡大推論をモデル化していく。これは、消費者行動や投資家行動に関する多くの研究（例えば、エントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデル）で採用されている行動原理であり、情報が不足している企業外部者にとって、自身の選択行動に必要な情報が不十分にしか得られていないことを十分に認識した行動は、シャノン・エントロピーあるいはメンバーシップ値まわりのエントロピーを大きくするような行動であるという考え方に基づいている。

以上のような行動原理に従って、本研究の本論（第1章～第8章）では企業外部者の「拡大推論」を簡潔な形式でモデル化していくことを試みることにする。

### Ⅲ 研究の進め方

本研究の序論から結論までの流れは、図 1 に示す通りである。

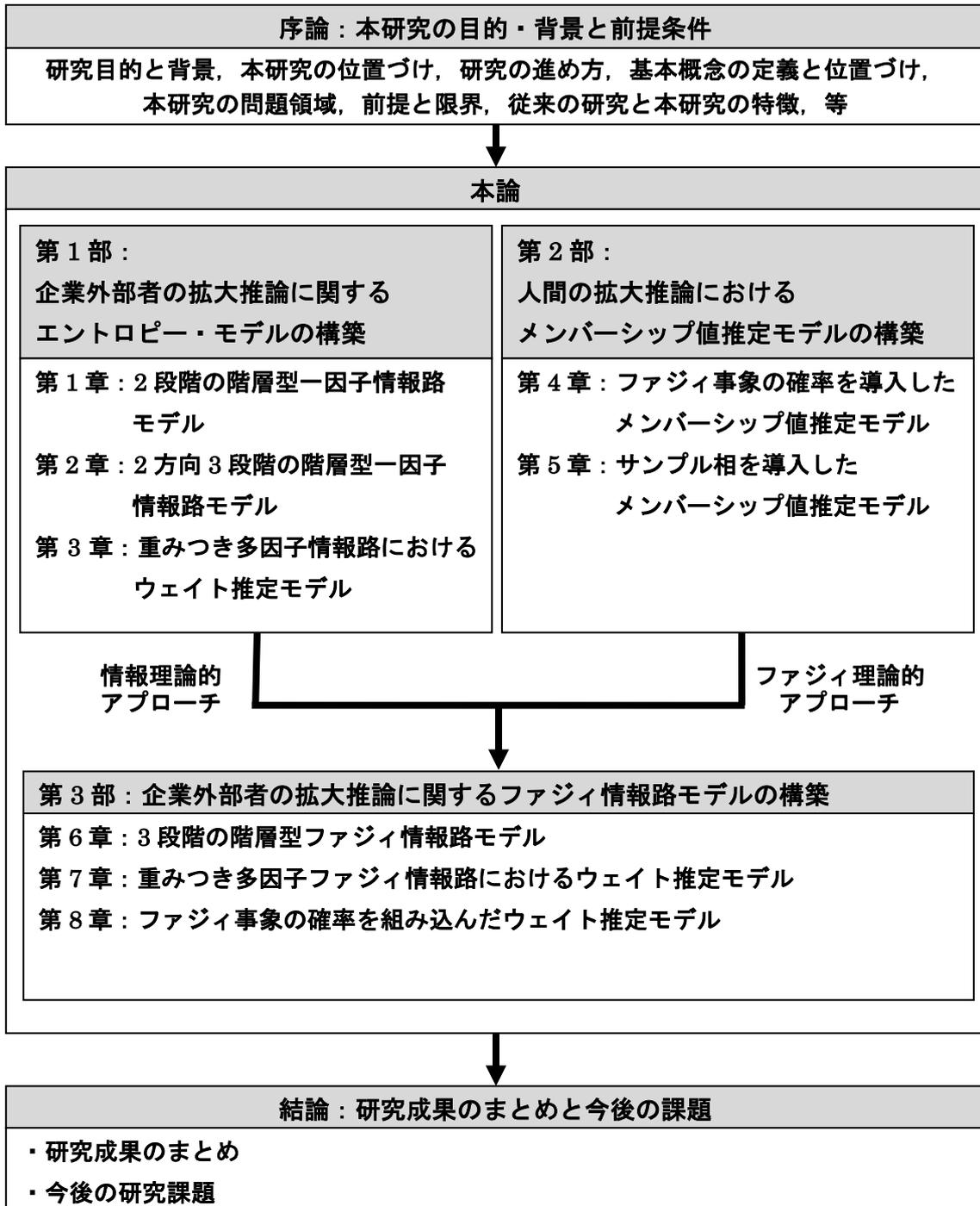


図 1 研究フロー

## IV 本研究の基本的問題設定

本研究では、基本的に、人間が複数の候補（選択対象）を選択する際の「拡大推論」をモデル化するという問題を設定し、本論の第1章～第8章でそれぞれ新たな分析モデルを提案している。ここで、上記の拡大推論の「拡大」は、複数の候補（選択対象）を選択するために必要な情報が不足している中での推論（選択）を意味し、こうした選択に必要な多くの選択要因のうち、1つの要因あるいは少数個の要因に関する情報しか得られていない状況での推論が、本研究の基本的な問題設定である。しかも、その情報は、一般に偶然性（不確実性）と漠然性のあいまいさ（序論V-4を参照）を内包した情報である。このように、自身の選択行動にとって必要な情報が不足し、かつ一部だけ得られている情報も、偶然性と漠然性のあいまいさを内包している状況であるため、本来であれば結論が得られないような推論に対して、それをモデル化していくのである。

一方、本研究では拡大推論の「推論」を、人間がどのような確率あるいは比率でそれぞれの候補（選択対象）を選択するか、すなわち選択確率あるいは選択比率の推論（推定）に絞り込み、こうした問題設定により拡大推論をモデル化していくことにする。ただし、選択確率・選択比率の推論をモデル化する際に必要なメンバーシップ値の推定問題や各要因に対するウェイトの推定問題についても取り扱うことにする。

このように、本研究の問題設定は、人間の拡大推論をモデル化することにあるため、上記のような選択行動や拡大推論の主体（行動主体）は基本的に限定されないが、強く意識している行動主体は、一般投資家・学生・研究者・アナリストといった企業外部者である。これらの企業外部者にとって、商品・サービス・株式・就職先を選択する際に必要な企業内部の情報は明らかに不足しており、企業外部者にとってこうした選択行動は拡大推論に相当するのである。また、研究者やアナリストにとって、消費者の選択行動を推測することも、「拡大推論」に相当する。ただし、本研究で論じる拡大推論の行動主体はすべて企業外部者であるが、選択行動の主体は企業外部者だけでなく、第1章と第2章では企業内部者に設定されている点に注意を要する（これについては、序論VII-2で詳しく述べることにする）。すなわち、本研究では企業外部者の選択行動と拡大推論を強く意識しながら、それに限定されない、人間の一般的な選択行動と拡大推論をモデル化していくのである。

## V 本研究における基本概念の定義と位置づけ

ここでは、本研究における議論の基盤となる基本概念の定義と位置づけについて整理しておくことにする。そこで、「企業内部者と企業外部者」「情報とは」「情報の非対称性」「情報のあいまいさの構成要素」「不確実性（偶然性）とシャノン・エントロピー」「拡大推論」「最大エントロピー原理」「クリस्प・メッセージとファジィ・メッセージ」「ファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率」「ファジィ・エントロピー」といった基本概念の定義あるいは位置づけを、情報管理論の立場から明らかにしていくことにする。これにより、本論の理論的基盤を固めておくことにする。

### V-1 企業内部者と企業外部者

一般に、従業員や社内取締役を企業内部者、消費者や一般投資家などを企業外部者として、2つに分類されることが多い。これは、その企業に所属しているのか否かの二分論による分類である。しかしながら、現実には単なる二分論で多くの利害関係者を分類することは難しい。

例えば、社外取締役やグループ会社の社員、主要取引先の社員、取引銀行の社員などは、上記の分類における企業外部者と企業内部者の中間に位置する。これらの人は、企業に関する情報がある程度入手することはできるが、企業内部者と同等の情報（すべての情報）を得ることはできない。こうした考え方にに基づき、**図 2** のように、本研究では企業の利害関係者を以下の3つ（企業外部者、企業の準内部者、企業内部者）に分類する。

- ① 従業員や社内取締役などの企業内部者
- ② 選択対象に関する情報を入手することが容易であり、かつ対象企業と何らかの関わりを持っている社外取締役やグループ会社の社員、主要取引先の社員、取引銀行の社員、機関投資家などの企業の準内部者
- ③ 選択対象に関するすべての情報を入手することが困難であり、かつ対象企業と直接的な関わりを持たない消費者や一般投資家、就職活動中の学生、研究者、アナリスト等の企業外部者

ここで、企業内部者と企業外部者のみならず、企業の準内部者を新たに設定しているのは、企業や商品・サービスに関する情報に焦点を当てながら、企業との関わり方の深さや、情報の入手容易性により、利害関係者を分類しようとしているからである。

そこで、企業や商品・サービスに関するすべての情報を入手することが困難な消費者や一般投資家、就職活動中の学生等と区別するために、本研究では社外取締役やグループ会社の社員、主要取引先の社員、取引銀行の社員、機関投資家等を、企業の準内部者として

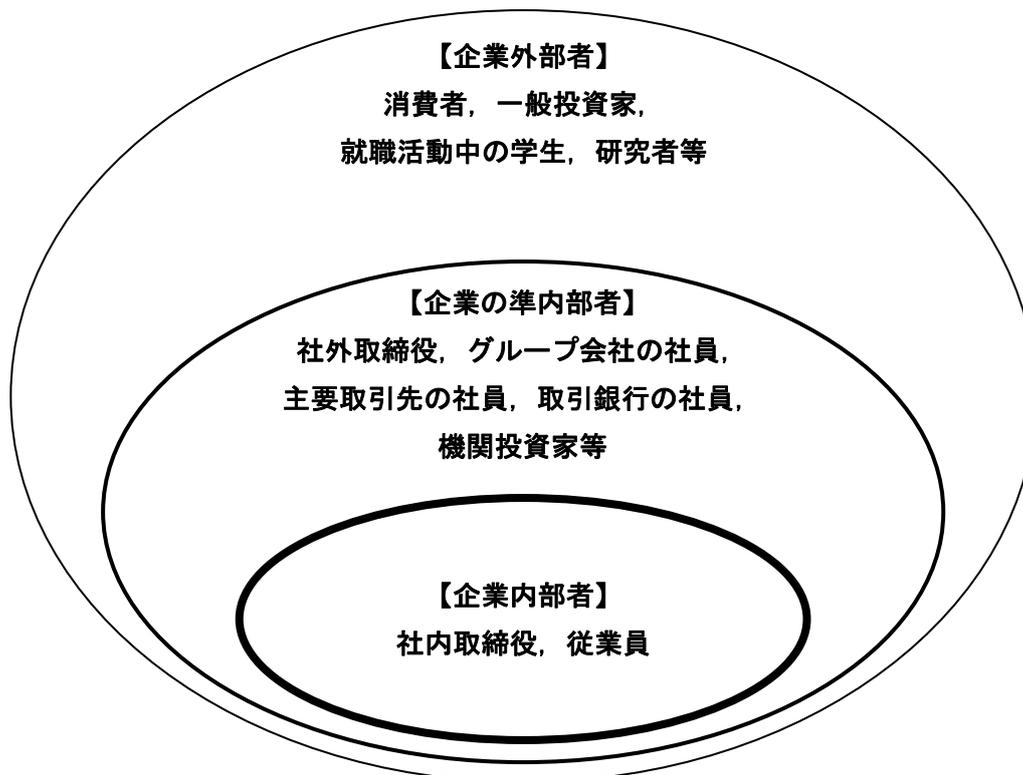


図2 本研究における企業内部者と企業外部者との分類

位置づけることにする。

## V-2 情報とは

従来、企業における経営資源は、ヒト・モノ・カネ（3M；Man, Material, Money）の3要素であるといわれていたが、コンピュータやインターネットの発達により、情報の重要性が高まってきた。これにより、現在では従来の3Mに情報（Information）を加えた3M+Iの4要素が、企業における経営資源といわれている。

こうした情報について、山下<sup>33</sup>は「体積も重量もなく、かつ人間や組織にとって有用な存在」としている。また、学研国語大辞典<sup>34</sup>では、「①事件や物事の事情・内容などの知らせ。②適切な判断を下し、行動の選択行動をするために役立つ資料、知識。③通信で伝達される信号のうち、ある種の秩序、規則性、パターンを備えたもの」とされる。

本研究では、情報を「人間が判断を下したり行動を起こしたりするために必要な信号・メッセージ」、とりわけ「人間の選択行動に必要な信号・メッセージ」として位置づけることにする。これは、複数の選択対象（選択肢）を、それぞれ差別化することが可能な信号・メッセージを意味する。

一方、本研究で対象とする情報は、不十分な情報やあいまいさを含んだ情報である。それは、現実の選択行動では、人間の選択行動に必要なすべての情報や、あいまいさを含ま

ない情報が得られることは少なく、通常は不十分な情報やあいまいさを含んだ情報に基づいて選択行動が展開されているからである。

また、人間にとって選択行動の際に必要な情報は、その情報を得ることにより、結果の不確実性（偶然性；randomness）や不確定性（漠然性；fuzziness）といったあいまいさ（V-4 を参照）を減少させる効果を発揮する。これにより、行動主体は満足度の高い選択をすることが可能になるのである。

### V-3 情報の非対称性

Arrow<sup>35</sup>は、1963年に発表した論文“Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care”の中で、医者と患者の間には、情報の格差が生じていることを指摘している。また、Akerlof<sup>36</sup>は、1970年に発表した論文“The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism”の中で、中古車市場を取り上げ、売り手（中古車販売会社）と買い手（顧客）の間には「情報の非対称性」（asymmetric information）が存在することを指摘している。Akerlofによると、生産者や販売者は消費者よりも質の高い多くの情報を有しているような状況が、「情報の非対称性」とされる。

そこで、本研究では、企業の外部者がその企業の株式や商品・サービスに対する選択行動を行う際、その企業の経営状態や商品・サービスに関する情報を十分に有している企業内部者と、そうした情報を十分に有していない企業外部者との関係を、「情報の非対称性」として位置づけることにする。

企業外部者（消費者や一般投資家など）による上記のような選択行動において、企業の内部者と外部者との間には「情報の非対称性」が存在する。これは、企業は自社の経営状態や商品・サービスに関する情報を、当然のことながら公開情報のみならず、非公開の情報（企業の機密情報）についても十分に有しているが、外部者の消費者や一般投資家などは、その企業の経営状態や商品・サービスなどに関する情報を十分には有していないことを意味する。すなわち、企業の内部者と外部者との間には、企業の経営状態や商品・サービスなどに関する情報（量と質）の格差が生じているのである。

このように、情報を豊富に有している企業内部者は、情報を十分に有していない企業外部者に対して情報優位者（正の非対称性<sup>37</sup>）であり、一方企業外部者は限られた情報のみしか入手することができないため、情報劣位者（負の非対称性<sup>38</sup>）になる。これは、一般に情報を探索するにはコストや時間が必要であり、情報探索行動に十分なコストや時間を費やすことができない（あるいは、コストや時間を費やすことを好まない）企業外部者は、自身の選択行動に必要な情報をすべて入手することができず、情報探索行動を中断してしまうことを意味する。したがって、企業の内部者に比べて十分な情報を持たない情報劣位者の企業外部者は、入手可能な情報のみで何とか結論（選択行動）を導かなければならない。すなわち、企業外部者は不十分な証拠（情報）から自由勝手な選択（本論第1章の仮説Iを参照）を行い、何らかの結論を導き出すという「拡大推論」（V-6を参照）を展開するの

である。

#### V-4 情報のあいまいさの構成要素

人間が送受信しているメッセージ（情報）には、常に「あいまいさ」が含まれている。この「あいまいさ」という言葉には、偶然性（不確実性；randomness）、漠然性（fuzziness）、多様性（diversity）、複雑性（complexity）など、多くの意味が含まれている。

山下<sup>39</sup>は、シャノン・エントロピー（shannon entropy）を等確率に近い状態によって生じる偶然性と、要素数（選択肢）が多いことによって生じる多様性によって分解しているが、要素数（選択肢）が多いことにより「何を選択するか」についての偶然性が増大するため、本研究では山下のように偶然性と多様性を分解するのではなく、偶然性の中に多様性を含めて考えることにより、シャノン・エントロピーを偶然性の測度として位置づけることにする。これにより、シャノン・エントロピーを簡潔な枠組みで捉えることができるようになるのである。

一方、山下<sup>40</sup>は複雑性の概念が、偶然性（不確実性）、多様性と、漠然性によって構成されるという枠組みを提示している。本研究では、上記の多様性を偶然性に含めて考えることにするため、複雑性を偶然性と漠然性の和として位置づけることにする。これにより、複雑性を、シャノン・エントロピー（偶然性）とメンバーシップ値まわりのエントロピー（漠然性）の和、すなわちファジィ・エントロピー（fuzzy entropy, V-10を参照）として定式化することができる。すなわち、本研究では偶然性をシャノン・エントロピーにより、漠然性をメンバーシップ値まわりのエントロピーにより、それぞれ定式化し、複雑性をこれらの和（ファジィ・エントロピー）として位置づけるのである。これにより、「あいまいさ」というあいまいな概念の構成要素（偶然性・漠然性・複雑性）を、情報理論とファジィ理論の枠組みに従って、定式化することが可能になる。

#### V-5 不確実性（偶然性）とシャノン・エントロピー

Shannon<sup>41</sup>の情報理論によれば、人間の直面する不確実性（偶然性）の大きさは、(1)式のシャノン・エントロピー（平均情報量）によって記述される。その基本的な考え方は、情報を知ることによって減少する不確実性の分が、人間の獲得する情報量であるということにある。

そこで、Shannon は事象  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  からなる事象系  $X$  に介在する不確実性の大きさを(1)式のように定式化している。さらに、上記のような考え方にに基づき、(1)式を  $n$  個の事象全体から期待される「平均情報量」として位置づけている。ただし、 $p_i$  は事象  $x_i$  が生起する確率である。

$$S(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

ただし、 $i$ : サンプル( $i=1,2,3,\dots,n$ ) ,  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$

(1)式のシャノン・エントロピー $S(X)$ は、確率面でのあいまいさの大きさ（偶然性）を表しており、すべての確率が  $1/n$  に近づくほど、不確実性（偶然性）が大きくなり、 $p_1=p_2=\dots=p_n=1/n$  のとき、 $S(X)=\log n$  で最大となる。逆に、すべての確率が 0 または 1 に近づくほど、不確実性（偶然性）が小さくなる。本研究では、(1)式のシャノン・エントロピー $S(X)$ を、不確実性（偶然性）の大きさを表す測度として位置づけることにする。

## V-6 拡大推論

Klir & Folger<sup>42</sup>によると、不十分な情報のみで何とか結論を導かなければならないような推論は、拡大推論<sup>43</sup> (ampliative reasoning) と呼ばれる。本研究が焦点を当てる企業外部者の選択行動は、まさしくこの拡大推論に相当する。

拡大推論の基本的考え方は、「利用できない情報以外はすべて用いよ<sup>44</sup>」というところにある。もし、人間にとって、自身の選択行動に必要なすべての情報が与えられていれば、何の迷いもなく結論を導くことができる。しかしながら、人間の選択行動において、それに必要な情報がすべて与えられることは少なく、多くの場合（例えば、企業外部者の選択行動）は、不十分な情報のみでも何とか結論を導き出さなければならないのである。

こうした拡大推論の典型例が、企業外部者による企業の選択行動であろう。例えば、就職活動中の学生が限られた企業情報をもとに就職先を選択しようとする行動、一般投資家が限られた企業会計情報をもとに投資先を選択しようとする行動や、消費者が商品やサービスに関する限られた情報をもとに商品やサービスを選択しようとする行動、そして研究者やアナリストが限られた情報をもとに消費者の選択行動を推測しようとするのが、これに相当する。

本研究では、上記の拡大推論を、次節の最大エントロピー原理に従ってモデル化していくことにする。

## V-7 最大エントロピー原理

前節で述べた「拡大推論」の問題を確率論的に展開する際の一般原理として下記のような「最大エントロピー原理<sup>45</sup>」 (principle of maximum entropy) が広く知られている。Klir & Folger<sup>46</sup>によると、「不十分な証拠から確率分布を推定しようとするとき、我々の無知さが完全に認識されることを確認するためには、その証拠に従ったすべての確率分布の中から選択する分布が、最大の不確実性を持つことを確かめなければならない<sup>47</sup>」とされる。す

なわち、不十分な情報を制約とする確率分布の中で、不確実性の大きさ（エントロピー）を最大化する確率を求めようとする一般原理が、最大エントロピー原理なのである。最大エントロピー原理では、十分な情報（証拠）を得ることができない状況の選択行動において、情報が「不十分」であることを「十分」に認識した行動（エントロピーを最大化する行動）が現実に即した行動であると考えるのである<sup>48</sup>。

一方、国沢<sup>49</sup>もエントロピーを最大化するような選択確率を推定すべく、一連の分析モデルを提案している。これらの分析モデルは「エントロピー・モデル」と呼ばれ、その代表的な分析モデルが「一因子情報路モデル」である。こうした一因子情報路モデルに代表される一連のエントロピー・モデルは、

### エントロピー 平均特性値

の最大化問題として定式化されている。この問題は、前述の「不十分な情報を制約条件としたエントロピーの最大化」問題とは異なるが、「平均特性値あたりのエントロピー最大化」問題として位置づけられるため、**図 3** のように、最大エントロピー原理に従ったモデルの範疇に含めて考えることができる。

さらに、本研究では上記のエントロピー（シャノン・エントロピー）のみならず、ファジィ・エントロピーに対してもこれと同様の位置づけをし、

### ファジィ・エントロピー 平均特性値

の最大化問題についても、より広い意味での最大エントロピー原理に従ったモデルの範疇に含めて考えることにする。

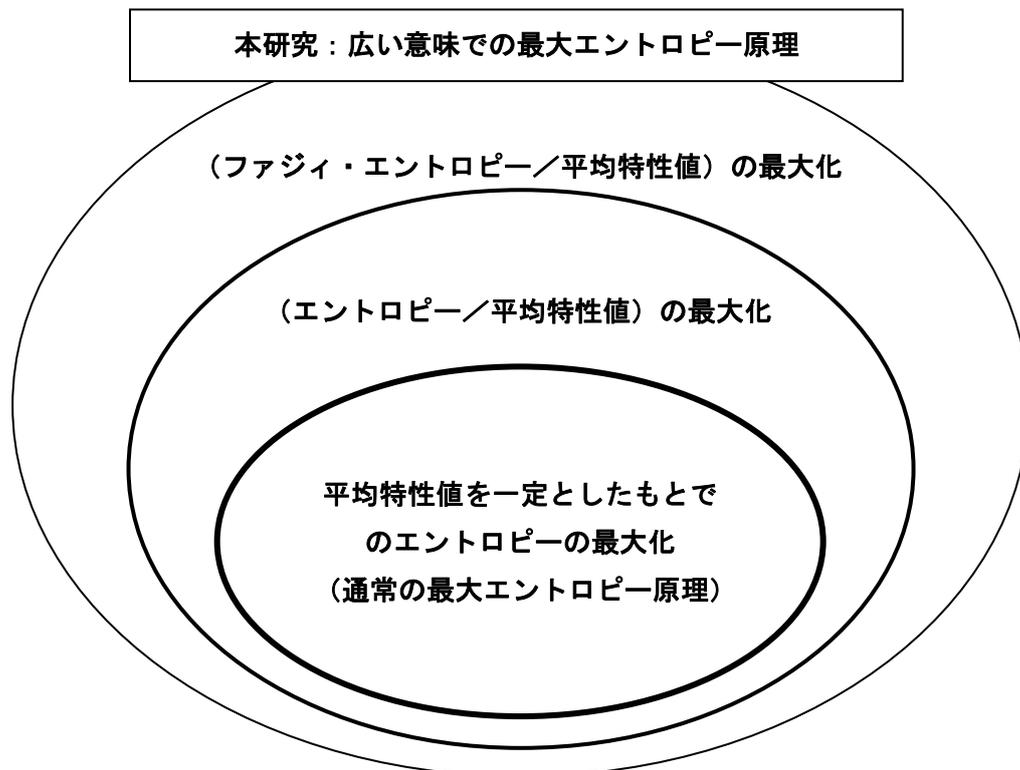


図3 最大エントロピー原理と目的関数の最大化との関係

## V-8 クリस्प・メッセージとファジィ・メッセージ

本研究では、人間や組織が受発信するメッセージを、「意味面でのあいまいさ」という観点から、意味面でのあいまいさを全く持たないメッセージ（クリस्प・メッセージ；crisp message）と、意味面でのあいまいさを持つメッセージ（ファジィ・メッセージ；fuzzy message）の2つに分類する。

前者（クリस्प・メッセージ）は、意味面でのあいまいさを排除した情報（メッセージ）であり、商品の価格や数量などの明確な（メッセージの境界がはっきりした）情報を意味する。例えば、「従業員が1,000人以上の企業」や「小売価格が1万円の商品」というように、その境界が明確な情報が、これに相当する。

一方、後者（ファジィ・メッセージ）は「大企業」や「巨大企業」などのように、意味面でのあいまいさを含んだ情報（メッセージの境界がはっきりしない情報）である。例えば、就職活動を展開する学生にとって、従業員が1,000人以上の企業を「大企業」といえるかどうかは、それぞれの考え方によって異なることが、これに相当する。このように、ファジィ・メッセージは上記のクリस्प・メッセージとは異なり、行動主体の主観により異なった意味として認識される、あいまいさを含んだ情報である。

そこで、メッセージの意味が、集合（クリस्प集合）に「完全に属する」か、「全く属さない」かによって完全に二分されるメッセージをクリस्प・メッセージとして、また「かなり属する」「少し属する」等、属する度合いが中間的な値（メンバーシップ値<sup>50</sup>）をとりうる集合（ファジィ集合）によって記述されるメッセージをファジィ・メッセージとして、それぞれ位置づけることにする。

本研究では、こうしたクリस्प・メッセージとファジィ・メッセージの両面に焦点を当て、前者（クリस्प・メッセージ）に関してはシャノンの情報理論に依拠した分析モデルを、後者（ファジィ・メッセージ）に関してはファジィ理論に依拠した分析モデルを、それぞれ提案していくことにする。

## V-9 ファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率

人間や組織の選択行動の基盤となるメッセージ（情報）には、V-4 で述べたように意味面での「あいまいさ」が含まれていることが多く、完全に「あいまいさ」が排除された明確なメッセージであることは少ない。こうした意味面でのあいまいさを持ったメッセージは、前述のように「ファジィ・メッセージ」と呼ばれる。

ファジィ理論に従えば、「ファジィ・メッセージ」を受信する前と後の選択確率（事前確率  $p_i$  と事後確率  $q_i$ ）の面から捉えようとする際、事後確率  $q_i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) は事前確率  $p_i$  を用いて(2)式のように定義される。すなわち、事後確率  $q_i$  は、ファジィ・メッセージを受信したという条件のもとでの「ファジィ条件つき確率」 $f_i$  として位置づけられるのである。ただし、 $\mu_i$  はファジィ集合に対するメンバーシップ値（帰属度）である。

$$f_i = \frac{\mu_i \cdot P_i}{\sum_{i'=1}^n \mu_{i'} \cdot P_{i'}} \quad (2)$$

(2)式の右辺からもわかるように、ファジィ条件つき確率  $f_i$  は、偶然性（事前確率  $p_i$ ）のみならず、漠然性（メンバーシップ値  $\mu_i$ ）についても考慮した条件つき確率（事後確率  $q_i$ ）である。これにより確率論の世界に、ファジィ理論におけるメンバーシップ値が組み込まれるのである。

一方、ファジィ理論では、意味面でのあいまいさ（漠然性）を有する「ファジィ事象」が生起する確率を「ファジィ事象の確率」として位置づけている。すなわち、ファジィ事象  $i$  が生起する確率を  $p_i$ 、ファジィ集合  $A$  に対する事象  $i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) のメンバーシップ値を  $\mu_i$  とすれば、ファジィ事象の確率  $P(A)$  は、(3)式のように定義されるのである。例えば、「ボリュームのある料理が出るはずである」という情報のように、「ボリュームのある料理」が出る確率が高いが、そうでないこともありうるという確率自体のあいまいさ（偶然性）と、「ボリュームがある」とは「何グラム以上の料理」なのか、あるいは「何カロリー以上

の料理」なのかといった意味面でのあいまいさ（漠然性）の両面を内包している確率である。このように、ファジィ事象の確率  $P(A)$  は、偶然性に関するあいまいさと漠然性に関するあいまいさの両面を考慮した確率なのである。

$$P(A) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_i \quad (3)$$

## V-10 ファジィ・エントロピー

人間や組織の選択行動を捉えようとする際、情報に介在する意味面でのあいまいさ（漠然性）を、De Luca & Termini<sup>51</sup>は(4)式のように、ファジィ理論におけるメンバーシップ値  $\mu_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) によって定式化している。

$$\xi = \sum_{i=1}^n \{-\mu_i \cdot \log \mu_i - (1 - \mu_i) \cdot \log(1 - \mu_i)\} \quad (4)$$

しかしながら、(4)式は意味面でのあいまいさ（漠然性に関するあいまいさ）のみの指標であり、確率面でのあいまいさ（偶然性に関するあいまいさ）を考慮していないという問題がある。それは、人間や組織が受信する情報には、多くの場合、意味面でのあいまいさ（漠然性）のみならず、確率面でのあいまいさ（偶然性）が存在するからである。

一方、松井ら<sup>52</sup>は上記の問題に対して、漠然性をメンバーシップ値  $\mu_i$  によって、また偶然性を選択確率  $p_i$  によって捉え、両者が結合した出力情報のあいまいさを(5)式のように「心理エントロピー」 $H$ （ファジィ・エントロピー）として、また西川ら<sup>53</sup>は「行動エントロピー」として位置づけている。

$$H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [-p_i \cdot \mu_i \cdot \log(p_i \cdot \mu_i) - \{p_i \cdot (1 - \mu_i)\} \cdot \log\{p_i \cdot (1 - \mu_i)\}] \quad (5)$$

ここで、同一のサンプル数  $n$  の問題について考える場合は、 $1/n$  は定数となるので、これを除去することができる。さらに、 $1/n$  を除去した式を、 $p_i$  と  $\mu_i$  について整理すると、(5)式は(6)式のように変換される<sup>54</sup>。

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i + \sum_{i=1}^n p_i \cdot \{-\mu_i \cdot \log \mu_i - (1-\mu_i) \cdot \log(1-\mu_i)\} \quad (6)$$

(6)式の右辺第1項はシャノン・エントロピーとなり、偶然性の大きさを、また右辺の第2項はメンバーシップ値まわりのエントロピーの加重平均となり、漠然性の大きさを、それぞれ表している。そこで、本研究では、偶然性に関するあいまいさと漠然性に関するあいまいさの両面が組み込まれた(6)式の $H$ を、「ファジィ・エントロピー」として位置づけることにする。

## V-11 ファジィ・モデル

第2部と第3部では、ファジィ理論に従ってメンバーシップ値、ファジィ条件つき確率、ファジィ事象の確率、ファジィ・エントロピー等を用いたさまざまな分析モデルを提案している。その際、本研究では「ファジィ・モデル」「ファジィ情報路モデル」「ファジィ・エントロピー・モデル」といったモデルの名称を使用しているため、ここではこれらの名称を整理しておくことにしよう。

まず、第2部では、ファジィ条件つき確率、およびファジィ事象の確率を、それぞれ用いた分析モデルを提案しているが、本研究ではこれらのモデルを総称して「ファジィ・モデル」と呼ぶことにする。また、第3部の第6章～第8章では、それぞれ一因子情報路モデルのエントロピーをファジィ・エントロピーへと拡張した分析モデルを提案しており、本研究では「ファジィ情報路モデル」と呼ぶことにする。この「ファジィ情報路モデル」は松井ら<sup>55</sup>、西川ら<sup>56</sup>、山下<sup>57</sup>、上原ら<sup>58</sup>等の先行研究における「ファジィ・エントロピー・モデル」に相当する。

## VI 本研究の問題領域

本研究は、商学および経営学を中心とした社会科学の研究対象となる、企業外部者（消費者や一般投資家など）の拡大推論に焦点を当て、複数の選択対象に関する選択確率・選択比率の推定問題、メンバーシップ値の推定問題、ウェイトの推定問題を論じるものである。その際、偶然性（不確実性）と漠然性といった「あいまいさの二面性<sup>59</sup>」をモデルに組み込むところに特徴があり、情報理論とファジィ理論のアプローチにより、新たな分析モデル（エントロピー・モデルやファジィ・モデル、ファジィ情報路モデル）を提案していく。

このように、本研究は企業外部者の拡大推論という社会科学の問題に対して、情報理論やファジィ理論といった工学的アプローチを取り入れた研究である。それは、第1章～第3章の「エントロピー・モデル」、また第4章と第5章の「メンバーシップ値推定モデル」、さらに第6章～第8章の「ファジィ情報路モデル」において端的に表れている。

さらに、本研究では、人間や組織が、自身で自由勝手に行動（選択）したいという心理（例えば、第7章と第8章におけるテーマパークやファミリーレストランの自由勝手な選択）や、入力情報から出力情報を生成する際のメカニズム（例えば、第4章と第5章におけるファジィ・メッセージを受信したもとのファジィ条件つき確率）をモデル化していくため、その際に心理学や行動科学の領域の問題を取り扱うことになる。

以上のように、本研究は商学・経営学をはじめ、経営工学・情報科学や心理学・行動科学にまたがる学際的研究であり、これらを整理すると図4のようになる。

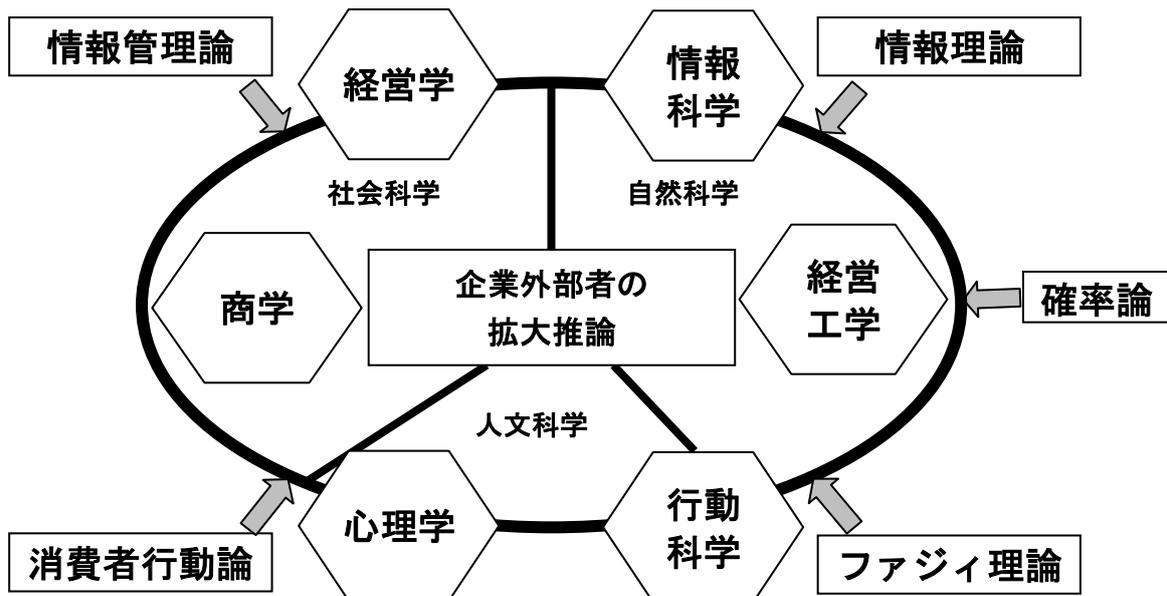


図4 本研究の問題領域

## VII 本研究の前提条件と限界

本研究は、企業外部者による拡大推論に焦点を当て、各選択対象に対するメンバーシップ値の推定、選択確率（比率）の推定、各選択要因に対するウェイトの推定といった問題を論じている。こうした問題の背後で、企業内部の情報に介在する「あいまいさの二面性」、すなわち確率面でのあいまいさ（偶然性）と意味面でのあいまいさ（漠然性）の両面が、企業外部者の拡大推論をしばしば混乱させている。

本研究では、このような問題意識に基づき、企業外部者の拡大推論を、上記の「あいまいさの二面性」に注目しながら記述するための新たなモデルを**本論**において提案していくのであるが、その際に、いくつかの前提条件を設定することにより、なるべく簡潔な形式での定式化を図ることとする。したがって、本研究の各章における議論や提案モデルは、こうした前提条件の下でのみ成立するものであり、下記のような前提条件の範囲を越える現象やメカニズムを記述することはできない。

以下では、本研究の前提条件を整理するとともに、そこから生じる本研究の限界を明らかにしていくこととする。

### VII-1 企業内部者と企業外部者に関する前提

本研究では、前述のように、企業内部の情報を十分には得ることができない（不足している）「企業外部者の拡大推論」を研究対象としている。すなわち、研究者や一般投資家、そして就職活動を展開する学生などが、非常に限られた企業内部の情報を基に何らかの結論を導き出す際の拡大推論を研究対象としているのである。それは、**V-6**で述べたように、企業内部の情報を十分には得ることができない行動主体（企業外部者）の拡大推論を記述するための分析モデルを提案していくからである。これに対して、企業内部の経営者や従業員は、当然のことながら、その企業に関する多くの情報を入手することができる。

一方、**V-1**の**図2**で示した企業の「準内部者」については、社外取締役、グループ会社の社員、主要取引先の社員、取引銀行の社員、機関投資家など、上記のような企業内部者ほど多くの情報を入手することはできないが、企業外部者よりは多くの情報を手に入れることができるため、本研究で論じる行動主体の対象外として位置づけることとする。すなわち、**図5**のように、企業内部者に準じた存在と考えるのである。

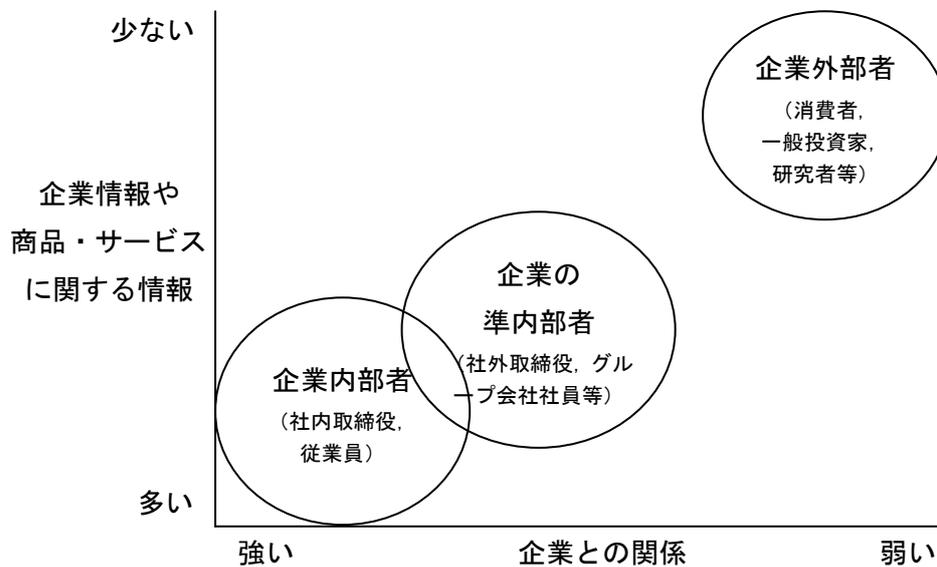


図5 企業内部者と企業の準内部者，企業外部者との関係

## VII-2 本研究で焦点を当てる「行動主体」に関する前提

本研究で論じる企業外部者の拡大推論は、①「企業内部者（例えば、経営者）の選択行動を推論しようとする企業外部者の拡大推論」と、②「企業外部者が企業・商品を選択する際の拡大推論」に大きく分けることができる。すなわち、拡大推論の主体はいずれの場合も企業外部者であるが、選択行動の主体に関しては、①の場合が企業内部者であるのに対して、②の場合は企業外部者なのである。したがって、①は拡大推論の主体と選択行動の主体が異なるのに対して、②は両者が一致する。ただし、②において、選択行動の主体と拡大推論の主体が同じように「企業外部者」であっても、前者は消費者や一般投資家等の企業外部者であるのに対して、後者は研究者やアナリスト等の企業外部者で、両者は異なるところに注意を要する。

①を前提としてモデルを構築する本研究の章は、第1章と第2章であり、一方で②を前提としてモデルを構築する章は、第3章と第4章，第5章，第6章，第7章，第8章である。これらを整理すると表2のようになる。

ここで注意すべきことは、序論のVII-1では、拡大推論の行動主体として企業外部者を位置づけ、企業の内部者と準内部者は拡大推論の行動主体の対象外として位置づけることにしたが、本研究における「選択行動の行動主体」は企業外部者に限定されるものではなく、企業の内部者と準内部者についてもその対象として含まれることである。

表 2 各章における選択行動と拡大推論の行動主体

章番号	選択行動の行動主体	拡大推論の行動主体
第 1 章	企業内部者	企業外部者 (一般投資家, 学生, 研究者, アナリスト等)
第 2 章		
第 3 章	企業外部者 (消費者, 一般投資家, 学生等)	企業外部者 (研究者, アナリスト等)
第 4 章		
第 5 章		
第 6 章		
第 7 章		
第 8 章		

### VII-3 選択行動（拡大推論）をモデル化する際の前提

一般に、人間や組織の拡大推論をモデル化していくためのアプローチとして、経済学における「情報の非対称性」や、統計学における「分散最小化」、さらには情報理論における「エントロピー最大化」「相対エントロピー最小化」、ファジィ理論における「ファジィ・エントロピー最大化」等、多くの基準が設定されている。

一方、本研究では①確率面でのあいまいさ（偶然性）と②意味面でのあいまいさ（漠然性）の両面から、企業外部者の「拡大推論」をモデル化していこうとするため、①情報理論と②ファジィ理論のアプローチをとることにする。すなわち、情報が不足している企業外部者の拡大推論を、経済学や統計学のアプローチではなく、①情報理論と②ファジィ理論のアプローチによりモデル化していくことにするのである。

### VII-4 本研究で取り扱う特性値の符号に関する前提と限界

本研究では、各提案モデルの目的関数を、平均特性値やエントロピー、ファジィ・エントロピー、ファジィ条件つき確率、ファジィ事象の確率などにより定式化している。したがって、上記の目的関数を最大化するような選択確率やメンバーシップ値を推定するための分析モデルを構築していくことが本研究の課題であるが、上記の値は非負であるため、目的関数も非負の関数となる。

ここで、エントロピー、ファジィ・エントロピー、ファジィ条件つき確率、ファジィ事象の確率は非負の関数<sup>60</sup>であることが保証されているが、平均特性値については、一般に負

の特性値  $x_i$  が存在すると非負になるとは限らない。そこで、本研究ではすべての特性値  $x_i$  について、 $x_i \geq 0$  という制約を置くことにする。これにより、常に平均特性値を非負の値に保つことができるのであるが、一方で赤字の場合の利益率や負の満足（不満）等は、本研究の提案モデルの対象外とせざるをえない。ここに、本研究で取り扱う特性値  $x_i$  の符号に関する限界が存在する。

## VII-5 本研究の提案モデルの実証分析における選択対象の前提

本研究で提案する分析モデルは、幅広いさまざまな場面に適用可能な汎用性を有しているため、企業外部者の選択対象に関しては、特に限定していない。しかしながら、各章で提案するモデルの実証分析では、それぞれのモデルによって、アンケート調査や実験の被験者が答えやすい適用例（選択対象）は異なる。

そこで、**各章**で提案する分析モデルの実証分析では、**各章**の適用例によってそれぞれ選択対象は異なるが、基本的に商品やサービス等の情報が不足している被験者にとって回答が容易な（一般的に知られている）適用例を設定していくことにする。ただし、**第 2 部**については、偶然性と漠然性の両面でのあいまいさを内包したファジィ事象の分析モデルであるため、被験者にとってより身近でわかり易い選択対象とすべく、**第 4 章**ではサイコロの目を、また**第 5 章**では「都道府県名」「都市名」「地名」を選択対象として設定していく。

一方、本研究の分析モデルでは、選択対象に関する十分な情報を得ることができないという前提を置いている。そこで、日常的に繰り返し購入している商品やサービスについては、本研究の対象外とする。それは、こうした商品やサービスは繰り返しの購入により、多くの情報を入手することができ、上記の「十分な情報を得ることができない」という前提条件に適合しないからである。

## VII-6 確率・比率とメンバーシップ値・ウェイトに関する前提

情報理論における平均情報量（シャノン・エントロピー）は確率によって定義されているが、確率は本来、無限回の試行を繰り返したもとで事象  $i$  が生起する割合を意味するため、我々がこうした「本来の確率」を知ることは困難である。なぜなら、我々が無限回の試行を繰り返すことは実際問題として不可能に近いからである。

一方で、上記のような確率とは異なり、比率は事象  $i$  が生起した回数を有限回の試行回数で除することにより与えられるため、それを知ることは比較的容易である。無限回の試行を必要とする確率に比較して、有限回の試行ですむ比率は、少ない労力とコストでその測定が可能になるのである。実際に、本来は比率として取り扱うべき指標の多くが、確率として取り扱われている。例えば、天気予報における「降水確率」はその典型例であろう。

こうした確率と比率を同一視する傾向は、これらがともに非負でかつ和が 1 であるという共通した特性から生じているのではないかと思われる。シャノンの情報理論では上記のような非負でかつ和が 1 であるという条件が必要になるが、比率もこれらの条件を満足す

るため、測定が困難な確率ではなく、平均情報量（シャノン・エントロピー）に比率を用いることも多い。

これと同様に、ファジィ理論におけるメンバーシップ値と、ウェイト（重要度、和を1に設定した場合）についても、非負でかつ和が1であるという共通した特性を有している。そのため、ファジィ理論では、シャノン・エントロピーにおける確率と同様にメンバーシップ値を位置づけ、メンバーシップ値まわりのエントロピーが定義されている。

そこで、本研究では、こうした特性（非負でかつ和が1）をふまえ、確率と比率・メンバーシップ値・ウェイトを同等に位置づけ、各種エントロピー（シャノン・エントロピー、ファジィ・エントロピー、ファジィ事象の確率まわりのエントロピー、ウェイトまわりのエントロピー等）を定式化していくことにする。したがって、本研究では確率と比率・メンバーシップ値・ウェイトを、すべて $[0,1]$ の指標（測度）として位置づけることにする。

## VII-7 アンケート調査の被験者に関する前提と限界

本研究の第5章、第6章、第7章、第8章では、アンケート調査によりデータを収集しているが、その際の調査対象は当然のことながら企業外部者に限定される。その際、本研究ではデータ収集の容易性と適用例の選択対象を考慮して、学生（大学生）を被験者として設定する。それは、若い人たちにとって関心の高い、テーマパークやスマートフォン等を適用例としているからである。また、本研究における提案モデルの実証分析では、その分析結果により、「企業外部者がどのような選択行動をとるか」の現実を把握することが目的ではなく、「提案モデルがデータにうまくフィットするか」と「パラメータの推定値が妥当性の高い結果であるか」を確認することが目的であるため、被験者の属性の偏りやサンプル数はさほど問題にはならないからである。

一方、上記のテーマパークやスマートフォンを利用する顧客（企業外部者）の年齢、性別、収入、職業、家族構成はそれぞれ異なり、そこにはプロファイルの多様性が存在する。しかしながら、本研究におけるアンケート調査の対象は学生であるため、こうした多様性は基本的に反映されない。したがって、本研究の実証分析の結果（調査対象を学生に限定した調査結果）をすぐに一般化することができない。ここに、本研究の実証分析における一つの限界がある。

## VIII 従来の研究と本研究の特徴

### VIII-1 従来の研究

消費者（企業外部者）の選択行動を対象とした研究には、Howard-Sheth モデル<sup>61</sup>に代表される刺激-反応型モデル（あるいは刺激-生体-反応型モデル）や、Bettman モデル<sup>62</sup>に代表される情報処理型モデルが広く知られている。前者は、刺激 S、生活体内の条件 O と反応 R により人間の行動を説明するモデルであり、後者は刺激に対して反応するという受動的な消費者を仮定するのではなく、消費者はあくまでも自身の自由意思によって能動的な選択行動をとることを仮定したモデルである<sup>63</sup>。こうした消費者（企業外部者）の選択行動を対象とした先行研究は、「拡大推論」を強く意識した研究ではなく、かつ「選択確率」の推定を目的とした研究ではない。

一方、本研究と同様に、企業活動の諸問題をエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルによって捉えようとする研究も数多く行われている。例えば、工場立地問題をエントロピー・モデルによって論じた春日井・百合本<sup>64</sup>の先行研究や、企業評価の問題をエントロピー・モデルによって論じた山下ら<sup>65</sup>の先行研究、人間の注意力の問題をファジィ・エントロピー・モデルによって論じた松井ら<sup>66</sup>の先行研究、意思決定問題をファジィ・エントロピー・モデルによって論じた今井ら<sup>67</sup>の先行研究がある。

これに対して、本研究は企業外部者（ただし、第1章と第2章では企業内部者）の選択行動を簡潔な形式で記述するとともに、こうした選択行動を「拡大推論」という統一した視点からモデル化していくところに特徴がある。そういった意味から、本研究全体を通して対比すべき、かつ比較すべき先行研究は、①Shannon<sup>68</sup>の情報理論を基礎としたエントロピー・モデルに関する研究、②Zadeh<sup>69</sup>のファジィ理論を基礎としたメンバーシップ値に関する研究、③両者のアプローチを統合したファジィ・エントロピー・モデルに関する研究である。

そこで、以下では「従来の研究と本研究の特徴」として、本研究の中核をなす議論・モデルに対して理論的基盤を与える上記の①～③の先行研究を概観するとともに、それらと本研究の関係について整理していくことにする。

### VIII-2 従来のエントロピー・モデルと本研究の特徴

Shannon<sup>70</sup>の情報理論を基礎としたエントロピー・モデル（V-5 を参照）は、人間の選択行動を分析するためのモデルとして発展してきた。このモデルは、十分な情報（証拠）を得ることができない状況下で、不確実性の大きさ（エントロピー）を最大化するような確率分布を推定しようとする「拡大推論」を記述したモデルである。すなわち、自身にとって情報が「不十分」であることを「十分」に認識した行動（エントロピーを最大化する行動）が現実に即した行動であると考えるのである<sup>71</sup>。

国沢<sup>72</sup>は、「大衆の行動を観察すると、大衆のもっている思惑によって巨視的には規制を受けつつ、結局は大衆の自由行動への欲望のためエントロピーの増大という方向に流される」と述べている。すなわち、人間や組織の選択行動に関して、①価格や品質などについての大衆の満足感をできるだけ高めながら、②自身の自由意思に従った選択行動を展開するという2つの仮説を置き、これらの仮説のポリシーミックス問題を取り扱う一連のモデルが、エントロピー・モデル（一因子情報路モデル<sup>73</sup>や **Herniter** のモデル<sup>74</sup>等）なのである。こうした一連のエントロピー・モデルは、国沢<sup>75</sup>や **Herniter**<sup>76</sup>, **Jaynes**<sup>77</sup>, 有菌<sup>78</sup>, 太田ら<sup>79</sup>, 宮城ら<sup>80</sup>, 春日井・百合本<sup>81</sup>, 高橋ら<sup>82</sup>, **Wang** ら<sup>83</sup>, 山下ら<sup>84</sup>等によって数多く提案されている。これらの中で、代表的なエントロピー・モデルが国沢の一因子情報路モデルと **Herniter** のモデルであり、本研究の基礎となるエントロピー・モデルが山下らによる2段階のエントロピー・モデルである。

国沢<sup>85</sup>は、上記のような①と②の選択行動に関して、2つの仮説を設定し、一因子情報路モデルを提案している。このモデルは、1つの選択要因（因子）のみの情報（特性値）しか与えられていない場合であっても、選択確率（比率）を推定することができるように特徴がある。当初、一因子情報路モデルは消費者行動を捉えるためのモデルとして構築されたが、その後は多くの社会現象を比較的簡単な形式で記述するためのモデルとして広く用いられるようになった<sup>86</sup>。

一方、**Herniter**<sup>87</sup>のエントロピー・モデルは、市場構造を分析するためのモデルとして提案された。このモデルでは、一因子情報路モデルにおける「大衆」をいくつかの層に分割し、それらが互いに混在していることを想定している。すなわち、ある銘柄を常に選択する「固定層」と、その時によって異なる銘柄を選択する「非固定層」が混在していると考えるのである。また、同じ「非固定層」であっても、各銘柄の特性値によって、その選択確率（比率）は異なるという考えに基づいている。

上記のエントロピー・モデルは、1階層のモデルであったが、山下ら<sup>88</sup>は2段階の構造を持つエントロピー・モデルを提案している。しかしながら、このモデルは1段階目と2段階目のエントロピーを、それぞれ個別に定式化しており、2段階目のエントロピーには1段階目のエントロピーを考慮していなかった。

そこで、本研究では**第1章**と**第2章**において各階層のエントロピーを総合的に捉えた階層型エントロピー・モデルを提案している。例えば、2階層目の選択確率を推定する際に、2階層目のエントロピーのみならず1階層目のエントロピーについても考慮し、また3階層目の選択確率を推定する際には、3階層目のエントロピーのみならず1階層目と2階層目のエントロピーについても考慮するのである。したがって、本研究のモデルは、下位階層（あるいは上位階層）の選択確率を推定する際に、上位階層（あるいは下位階層）のエントロピーについても考慮するところに特徴がある。

また、各選択要因に対するウェイトを考慮した春日井・百合本<sup>89</sup>のモデルや高橋ら<sup>90</sup>のモデルでは、そのウェイトを既知として取り扱っているため、それを推定することはできな

かった。これに対して、Wang ら<sup>91</sup>は、各選択要因に対するウェイトが未知であるという条件のもと、各選択要因のエントロピーの比を、ウェイトとして位置づけたモデルを提案している。本研究でも、各選択要因に対するウェイトが未知であるという、Wang らと同様の前提を設定した上で、Wang らのようなエントロピーの比ではなく、ウェイトまわりのエントロピー（序論VII-6を参照）を最大化するようなウェイトを推定していくことにする。

そこで、従来の研究におけるエントロピー・モデルと、本研究で提案するエントロピー・モデルを整理すると、表3のようになる。

表3 従来の研究と本研究の特徴（エントロピー・モデル）

項目	従来の研究	本研究の特徴
モデルの階層	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1階層のエントロピー・モデル（国沢<sup>92</sup>, Herniter<sup>93</sup>, 有菌<sup>94</sup>, 太田ら<sup>95</sup>, 宮城ら<sup>96</sup>など）</li> <li>・1段階目と2段階目のエントロピーを、それぞれ個別に取り扱った2段階の分析モデル（山下ら<sup>97</sup>）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多段階の階層型モデル</li> <li>・各階層のエントロピーを総合的に捉えた階層型エントロピー・モデル</li> </ul>
ウェイトの推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各選択要因に対するウェイトが既知とした分析モデル（春日井ら<sup>98</sup>, 高橋ら<sup>99</sup>）</li> <li>・各選択要因のエントロピーの比率からウェイトを算出（Wang ら<sup>100</sup>）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウェイトまわりのエントロピーを最大化するような、ウェイト推定モデル</li> </ul>

### VIII-3 従来のメンバーシップ値推定モデルと本研究の特徴

人間の選択行動を捉えようとする際、情報に介在する意味面でのあいまいさ（漠然性）を、ファジィ理論におけるメンバーシップ値によって記述したファジィ・モデルが数多く提案されている。例えば、トランクィリティの測定問題を定式化した Yager<sup>101</sup>の先行研究や、意思決定問題を論じた Bellman & Zadeh<sup>102</sup>や Capocelli & Luca<sup>103</sup>, Oлару & Wehenkel<sup>104</sup>, Zeshui Xu & Yager<sup>105</sup>の先行研究や、ファジィ状態のベイズ識別問題をモデル化した吉川ら<sup>106</sup>の先行研究や、ファジィ事象の可能性分布に基づく簡易意思決定問題を定式化した植村ら<sup>107</sup>の先行研究、ファジィ事象の確率を制約条件としたファジィ・エントロピー最大化問題をモデル化した山下<sup>108</sup>の先行研究がある。しかしながら、これらのモデルは、メンバーシップ値を既知として取り扱っているため、それを推定することはできなかった。

これに対して、松丸・山下ら<sup>109</sup>は、これまで既知とされてきたメンバーシップ値を推定するための分析モデルを提案している。しかしながら、この分析モデルでは、メンバーシップ値の比を推定することはできるものの、メンバーシップ値そのものを推定することができないという問題点を有していた。そこで、本研究では第4章と第5章において、上記の問題点を克服すべく、上記の比のみならず、メンバーシップ値そのものを推定するモデルを提案している。

こうした従来の研究におけるファジィ・モデルと、本研究で提案するファジィ・モデルを整理すると、表4のようになる。

**表4 従来のメンバーシップ値推定モデルと本研究のファジィ・モデル**

項目	従来の研究	本研究の特徴
ファジィ・モデルのメンバーシップ値	・メンバーシップ値を既知とした分析モデル (Yager <sup>110</sup> , 吉川ら <sup>111</sup> , 植村ら <sup>112</sup> , 山下 <sup>113</sup> )	・メンバーシップ値を未知とした分析モデル
メンバーシップ値の推定	・メンバーシップ値の比を推定する分析モデル (松丸・山下ら <sup>114</sup> )	・メンバーシップ値そのものを推定する分析モデル

#### VIII-4 従来のファジィ・エントロピー・モデルと本研究の特徴

人間の選択行動におけるあいまいさ（偶然性と漠然性）を記述した分析モデルとして、Shannon<sup>115</sup>の情報理論（information theory）と Zadeh<sup>116</sup>のファジィ理論（fuzzy theory）のアプローチを統合したファジィ・エントロピー・モデルがある。このモデルは、シャノン・エントロピー（平均情報量）と、メンバーシップ値まわりのエントロピーにより定式化されている。すなわち、偶然性（不確実性）の大きさを表すシャノン・エントロピーと、漠然性の大きさを表すメンバーシップ値まわりのエントロピーの和としてファジィ・エントロピーが定式化されているのである。

これらのファジィ・エントロピー・モデルは、十分な情報（証拠）を得ることができない状況下で、情報のあいまいさ（偶然性と漠然性）の大きさ（シャノン・エントロピーとメンバーシップ値まわりのエントロピー）を最大化するような確率分布を推定しようとする際に適している。なぜなら、人間の選択行動では、情報（証拠）の不十分さとあいまいさ（偶然性と漠然性）を十分に認識した上で、得られた情報をなるべく有効に活用しながら、自身の自由意思によって行動（エントロピーを最大化する行動）することが、現実

即した行動と考えるからである。

上記のファジィ・エントロピーを組み込んだ一連の先行研究には、Luca & Termini<sup>117</sup>, Capocelli & Luca<sup>118</sup>, Yager<sup>119</sup>, 松井ら<sup>120</sup>, 西川ら<sup>121</sup>, 山下<sup>122</sup>, 上原ら<sup>123</sup>等の研究がある。例えば、ファジィ・エントロピーにより、人間の注意力問題をモデル化した松井らの先行研究や、入力情報に対する判断力の構造問題を論じた西川らの先行研究、ファジィ・エントロピー最大化問題の解を導出した山下らの先行研究、投資銘柄選択問題をモデル化した上原らの先行研究がある。

一方、上記のモデルは、階層構造を持たないモデルであったが、鄭ら<sup>124</sup>は 2 段階の階層構造を持つファジィ情報路モデルを提案している。しかしながら、このモデルでは、各階層における選択確率を推定する際、それぞれのファジィ・エントロピーを個別に定式化しており、下位階層のファジィ・エントロピーには上位階層のファジィ・エントロピーが考慮されていなかった。そこで、本研究では第 6 章～第 8 章において各階層のファジィ・エントロピーを融合した（例えば、上位階層と下位階層のファジィ・エントロピーを総合的に捉えた）階層型ファジィ情報路モデルを提案している。

また、各選択要因に対するウェイトを考慮したファジィ情報路モデルとしては、上原らのモデルがある。しかしながら、これらのモデルでは、上記のウェイトを既知として取り扱っていた。これに対して、本研究では、各選択要因に対するウェイトが未知であるという条件のもと、これらの未知のウェイトを推定するためのモデルを構築していくことになる。

そこで、ファジィ・エントロピー・モデルに関する従来の研究と本研究を比較すると、表 5 のようになる。

**表 5 従来ファジィ・エントロピー・モデルと本研究のファジィ情報路モデル**

項目	従来研究	本研究の特徴
モデルの階層	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1 階層のファジィ・エントロピー・モデル (西川ら<sup>125</sup>, 山下ら<sup>126</sup>, 上原ら<sup>127</sup>)</li> <li>・1 段階目と 2 段階目のファジィ・エントロピーを、それぞれ個別に取り扱った 2 段階のモデル (鄭ら<sup>128</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各階層のファジィ・エントロピーを総合的に捉えた階層型ファジィ情報路モデル</li> </ul>
ウェイトの推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各選択要因に対するウェイトが既知とした分析モデル (上原ら<sup>129</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各選択要因に対する未知のウェイトを推定する分析モデル</li> </ul>

## IX 本研究における各章の提案モデルの関係

本研究では、企業内部者や企業外部者による選択行動（例えば、消費者の商品・サービス選択行動や、一般投資家の株式選択行動、学生の就職先企業選択行動）に対する企業外部者の「拡大推論」に焦点を当て、Shannon<sup>130</sup>の情報理論と Zadeh<sup>131</sup>のファジィ理論を基礎にしたエントロピー・モデルとファジィ・モデル、ファジィ情報路モデルを提案する。

まず、第 1 部では、情報理論に基づき、従来のエントロピー・モデルを多段階の階層型モデルへと拡張した分析モデル（第 1 章と第 2 章）と、各選択要因に対する重み（ウェイト）を推定するための分析モデル（第 3 章）の構築を試みる。また、第 2 部ではファジィ理論におけるファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率を用いて、未知のメンバーシップ値を推定するための分析モデル（第 4 章と第 5 章）を提案する。さらに、第 3 部では情報理論のアプローチとファジィ理論のアプローチを統合し、ファジィ・エントロピーを導入することにより、多段階の階層型ファジィ情報路モデル（第 6 章）と、各選択要因に対するウェイト推定モデル（第 7 章と第 8 章）を提案する。

そこで、本研究の各章において提案する分析モデルの関係を整理すると、表 6 のようになる。

表 6 情報理論とファジィ理論に基づく分析モデル

情報理論	ファジィ理論	情報理論 + ファジィ理論
階層型選択比率推定モデル 【第 1 部】第 1 章・第 2 章	メンバーシップ値 推定モデル 【第 2 部】第 4 章・第 5 章	階層型選択確率推定モデル 【第 3 部】第 6 章
ウェイト推定モデル 【第 1 部】第 3 章		ウェイト推定モデル 【第 3 部】第 7 章・第 8 章

- 1 Klir & Folger によると「不十分な証拠から確率分布を推定しようとするとき、我々の無知さが完全に認識されることを確認するために、その証拠に従ったすべての確率分布の中から選択する分布が、最大の不確実さを持つことを確かめなければならない」とされる (Klir,G.J. & Folger,T.A.(1988) : 本多中二訳(1993),『ファジィ情報学』日刊工業新聞社, pp.286-287.)。
- 2 Klir,G.J. & Folger,T.A.(1988),*Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, New Jersey, Prentice-Hall. (本多中二訳(1993)『ファジィ情報学』日刊工業新聞社, pp.286-287.)
- 3 ファジィ理論では、人間の行動や意思決定の問題を取り扱う際に、その意味に関するあいまいさの大きさをメンバーシップ値 (0 から 1 までの値) によって記述されている。
- 4 Shannon の情報理論では、情報のあいまいさ (エントロピー) を定量的に取り扱うために、エントロピー (情報量) を確率の関数として捉えている。  
Shannon,C.E.(1948),“A Mathematical Theory of Communication”, *The Bell System Technical Journal*,Vol.27,pp.379-423.
- 5 ファジィ理論は、1965 年に Zadeh によって提唱された理論である。このファジィ(fuzzy) という単語は、「ぼやけた」「あいまいな」という意味を表す形容詞であり、ファジィ理論は人間の情報処理プロセスにおける意味面でのあいまいさ (漠然性, fuzziness) を数学的に取り扱うための理論として位置づけられる。  
Zadeh, L.A.(1965), “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol.8, pp.338-353.
- 6 国沢清典(1991),『エントロピー・モデル』日科技連出版社, pp.36-64.
- 7 一因子情報路モデルは、各選択対象に関する選択要因 (因子) の特性値が 1 つのみであるところに特徴がある。  
国沢によれば、このモデルの基本的考え方は「社会現象、たとえば大衆の行動を観察すると、大衆の持っている思惑によって巨視的には規制を受けつつ、結局は大衆の自由行動への欲望のためエントロピー増大の方向に流される」というところにある。(国沢清典(1991),『エントロピー・モデル』, pp.36-37.)
- 8 Herniter,J.D. (1973), “An Entropy Model of Brand Purchase Behavior”, *Journal of Marketing Research*,Vol.10,pp.361-375
- 9 Zadeh,L.A.(1965), “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol.8, pp.338-353.
- 10 山下洋史, 尾関守(1993),「ファジィ・エントロピーを用いた一因子情報路モデル」経営情報学会春季大会予稿集, pp.191-194.
- 11 山下洋史(2001),「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.83, No.1, pp.167-183.
- 12 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007),「投資家の価値判断を反映した SRI 投資銘柄選択比率の決定方法—ファジィ・エントロピーを用いた重みつき多因子情報路モデル—」,『日本経営工学会論文誌』, Vol.58, No.2, pp.125-135.
- 13 Klir,G.J. and Folger,T.A.(1988),前掲訳書 (注 2), pp.286-291.
- 14 宮城俊彦, 加藤晃(1976),「交通関連行動時間を考慮した都市交通需要モデル」『土木学会論文報告集』第 254 号, pp.81-93.
- 15 春日井博, 百合本茂(1979),「立地選択に影響を及ぼす要因について」『日本経営工学会誌』Vol.29, No.4, pp.334-340.
- 16 有菌育生, 太田宏, 加瀬滋男(1984),「新銘柄進出の市場構造分析と価格選定について」『日本経営工学会誌』Vol.35, No.1, pp.36-43.
- 17 大森貴仁, 高木朗義, 秋山孝正(2004),「ファジィ推論を用いた都市政策評価のための立地均衡モデルの構築」『土木計画学研究・論文集』Vol.21, No.1, pp.225-264.
- 18 国沢清典(1991), 前掲書 (注 6), pp.36-46.
- 19 高橋啓, 大野高裕(2013),「GNL とエントロピー・モデルの等価性 : 非集計レベルの等価性」『日本経営工学会誌』Vol.64, No.1, pp.9-20.

- 
- 20 Zadeh,L.A. (1965),*op.cit.*,pp.338-353.
- 21 深尾毅(1987),『分散システム論』昭晃社, pp.76-79.
- 22 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992),「最尤法を用いた合併企業評価の分析モデル」日本経営工学会春季研究発表大会予稿集, pp.47-48.
- 23 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009),「二因子・二階層ファジィ情報路モデルに関する研究」第43回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.124-127.
- 24 山下洋史, 前掲論文(注11), pp.167-183.
- 25 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 前掲論文(注12), pp.125-135.
- 26 Klir,G.J. and Folger,T.A.(1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 27 Akerlof,G.A. (1970),“The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism”, *The Quarterly Journal of Economics*,Vol.84,No.3,pp.488-500.
- 28 山下洋史, 夏路, 権善喜, 鄭年皓(2013),「情報の非対称性における情報引力とエントロピー」明治大学社会科学研究所「総合研究」(企業のサステナビリティ戦略とビジネス・クオリティ)2012年度研究成果報告集, pp.1-12.
- 29 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992),『意思決定過程における入力情報に対する判断力の構造』日本経営システム学会誌 Vol.9, No.1, pp.35-41.
- 30 山下洋史(1994),「偶然性と漠然性に関するあいまいさの表現方法」山梨学院短期大学「経営研究」, No.3, pp.71-79.
- 31 Shannon,C.E. (1948),*op.cit.*,pp.379-423.
- 32 Zadeh,L.A. (1965),*op.cit.*,pp.338-353.
- 33 山下洋史(2007),『情報管理の基礎』東京経済情報出版, pp.13-14.
- 34 学習研究社発行の学研国語大辞典(1987)より引用。また、小学館発行の日本国語大辞典第2版 第七巻(2012)では、「事柄の内容・様子。また、その知らせ状況に関する知識に変化をもたらすもの、文字・数字などの記号・音声などいろいろな媒体によって伝えられる」とされている。
- 35 Arrow,K.J. (1963),“Uncertainty and The Welfare Economics of Medical Care”, *The American Economic Review*,Vol.LIII,No.5, pp.941-973.
- 36 Akerlof,G.A. (1970),*op.cit.*, pp.488-500.
- 37 山下洋史, 夏路, 権善喜, 鄭年皓(2013), 前掲論文(注28), pp.1-12.
- 38 山下洋史, 夏路, 権善喜, 鄭年皓(2013), 前掲論文(注28), pp.1-12.
- 39 山下洋史(2014),「偶然性・漠然性・多様性と複雑性の計量化指標に関する研究」『明大商学論叢』Vol.96, No.3, pp.1-11.
- 40 同上論文, pp.1-11.
- 41 Shannon,C.E. (1948),*op.cit.*,pp.379-423.
- 42 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 43 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 44 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 45 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 46 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 47 Klir,G.J. and Folger,T.A. (1988),前掲翻訳書(注2), pp.283-297.
- 48 山下洋史(1999),「ファジィ・エントロピーを用いた情報管理モデル」『明大商学論叢』Vol.81, No.1・2, pp.235-254.
- 49 国沢清典(1991), 前掲書(注6), pp.36-46.
- 50 ファジィ集合への帰属度(メンバーシップ値)は、 $0 \leq \text{メンバーシップ値} \leq 1$ によって表される。
- 51 De Luca, A. and Termini, S. (1972),“A definition of a non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory”,*Information and Control*,Vol.20,pp.301-312.

- 
- 52 松井伸之, 馬場鎧一(1986), 『ファジィエントロピーに基づく注意力の考察』計測自動制御学会論文集 Vol.22, No.6, pp.623-628.
- 53 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992), 前掲論文 (注 29), pp.35-41.
- 54 山下洋史(2002), 「エントロピー・モデルにおけるエントロピーの役割」『明大商学論叢』Vol.84, No.2, pp.71-88.
- 55 松井伸之, 馬場鎧一(1986), 前掲論文 (注 52), pp.623-628.
- 56 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992), 前掲論文 (注 29), pp.35-41.
- 57 山下洋史(2010), 「企業活動における低エネルギーと高エントロピーの調和モデル」『明大商学論叢』Vol.92, No.3, pp.17-30.
- 58 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 前掲論文 (注 12), pp.125-135.
- 59 山下洋史(1994), 「偶然性と漠然性に関するあいまいさの表現方法」山梨学院短期大学「経営研究」No.3, pp.71-79.
- 60 浅井喜代治, C.V.Negoita 共編(1978), 『ファジィシステム理論入門』オーム社, pp.30-37.
- 61 Howard, J.A. (1969), *The Theory of Buyer Behavior*, New Jersey, Jon Wiley & Sons.
- 62 Bettman, J.R. (1970), “Information Processing Models of Consumer Behavior”, *Journal of Marketing Research*, Vol.7, pp.370-376.
- 63 刺激-反応型モデルや情報処理型モデルについては、清水を参考にしている。(清水聰(2007), 『戦略的消費者行動論』千倉書房)
- 64 春日井博, 百合本茂(1979), 前掲論文 (注 15), pp.334-340.
- 65 山下洋史, 鄭年皓, 山本昌弘(2011), 「バブル期の財務データを用いた一因子二段階情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.94, No.1, pp.1-18.
- 66 松井伸之, 馬場鎧一(1986), 前掲論文 (注 52), pp.623-628.
- 67 今井 正文, 清水 静江, 西川 智登(1992), 「ファジィエントロピーによる意思決定問題」『東京都立科学技術大学研究報告』Vol.6, pp.101-107.
- 68 Shannon, C.E. (1948), *op.cit.*, pp.379-423.
- 69 Zadeh, L.A. (1965), *op.cit.*, pp.338-353.
- 70 Shannon, C.E. (1948), *op.cit.*, pp.379-423.
- 71 山下洋史 (1999), 前掲論文 (注 48), pp.235-254.
- 72 国沢清典 (1991), 前掲書 (注 6), pp.36-37.
- 73 国沢清典 (1991), 前掲書 (注 6), pp.36-64.
- 74 Herniter, J.D. (1973), *op.cit.*, pp.361-375.
- 75 国沢清典(1991), 前掲書 (注 6), pp.36-64.
- 76 Herniter, J.D. (1973), *op.cit.*, pp.361-375.
- 77 Jaynes, E.T.(1957), “Information Theory and Statistical Mechanics”, *The Physical Review*, Vol.106, No.4, pp.620-630.
- 78 有菌育生(1992), 「最大エントロピー原理に基づく多属性で特徴付けられる商品に対する銘柄選択行動分析」『日本経営工学会誌』Vol.43, No.4, pp.303-308.
- 79 太田宏, 有菌育生, 鳥取隆弘(1984), 「ベイズ判別法によるエントロピー・モデルの改善試案」『日本経営工学会誌』Vol.34, No.6, pp.395-400.
- 80 宮城俊彦, 加藤晃(1976), 前掲論文 (注 14), pp.81-93.
- 81 春日井博, 百合本茂(1978), 「工場立地選択行動モデルとその適用」『日本経営工学会誌』Vol.28, No.4, pp.411-416.
- 82 高橋啓, 大野高裕(2013), 前掲論文 (注 19), pp.9-20.
- 83 Zhaohong Wang & Wei Zhan (2012), “Dynamic Engineering Multi-criteria Decision Making Model Optimized by Entropy Weight for Evaluating Bid”, *Systems Engineering Procedia*, Vol.5, pp.49-54.
- 84 山下洋史, 鄭年皓, 山本昌弘(2011), 前掲論文 (注 65), pp.1-18.
- 85 国沢清典(1991), 前掲書 (注 6), pp.36-64.

- 
- 86 山下洋史(1999), 前掲論文 (注 48), pp.235-254.
- 87 Herniter,J.D. (1973),*op.cit.*,pp.361-375.
- 88 山下洋史, 鄭年皓, 山本昌弘(2011), 前掲論文 (注 65), pp.1-18.
- 89 春日井博, 百合本茂(1978), 前掲論文 (注 81), pp.411-416.
- 90 高橋啓, 大野高裕(2013), 前掲論文 (注 19), pp.9-20.
- 91 Zhaohong Wang & Wei Zhan(2012), *op.cit.*,pp.49-54.
- 92 国沢清典(1991), 前掲書 (注 6), pp.36-64.
- 93 Herniter,J.D. (1973),*op.cit.*,pp.361-375.
- 94 有菌育生(1992), 前掲論文 (注 78), pp.303-308.
- 95 太田宏, 有菌育生, 鳥取隆弘(1984), 前掲論文 (注 79), pp.395-400.
- 96 宮城俊彦, 加藤晃(1976), 前掲論文 (注 14), pp.81-93.
- 97 山下洋史, 鄭年皓, 山本昌弘(2011), 前掲論文 (注 65), pp.1-18.
- 98 春日井博, 百合本茂(1978), 前掲論文 (注 81), pp.411-416.
- 99 高橋啓, 大野高裕(2013), 前掲論文 (注 19), pp.9-20.
- 100 Zhaohong Wang & Wei Zhan(2012), *op.cit.*,pp.49-54.
- 101 Yager,R.R. (1982), “Measuring Tranquility and Anxiety in Decision Making : An Application of Fuzzy Sets”, *International Journal of General Systems*, Vol.8, pp.139-146.
- 102 Bellman,R.E.and Zadeh,L.A. (1970), “Decision making in a fuzzy environment”, *Management Sciences*,Vol.17,No.4,pp.B141-B164.
- 103 Capocelli,R.M. and Luca,A.D. (1973), “Fuzzy Sets and Decision Theory”, *Information and Control*,Vol.23,pp.446-473.
- 104 Olaru,C and Wehenkel,L (2003), “A complete fuzzy decision tree technique”, *Fuzzy Sets and Systems*,Vol.138,pp.221-254.
- 105 Zeshui Xu and Yager,R.R. (2008), “Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making”, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol.48, pp.246-262.
- 106 吉川伸一, 奥田徹示, 浅居喜代治, 稻田晃穂(1998), 「ファジィ区間データに基づくファジィ状態のベイズ識別」『日本経営工学会誌』 Vol.49, No.4, pp.254-275.
- 107 植村芳樹, 坂和正敏(1993), 「ファジィ事象の可能性分布に基づく簡易意思決定法」『日本ファジィ学会誌』 Vol.5, No.3, pp.528-536.
- 108 山下洋史(2006), 「複数のファジィ事象の確率を制約条件としたファジィ・エントロピー最大化モデル」『明大商学論叢』 Vol.89, No.1, pp.1-11.
- 109 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 前掲論文 (注 22), pp.47-48.
- 110 Yager,R.R.(1982), *op.cit.*,pp.139-146.
- 111 吉川伸一, 奥田徹示, 浅居喜代治, 稻田晃穂(1998), 前掲論文 (注 106), pp.254-275.
- 112 植村芳樹, 坂和正敏(1993), 前掲論文 (注 107), pp.528-536.
- 113 山下洋史(2006), 前掲論文 (注 108), pp.1-11.
- 114 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 前掲論文 (注 22), pp.47-48.
- 115 Shannon,C.E. (1948), *op.cit.*,pp.379-423.
- 116 Zadeh,L.A. (1965),*op.cit.*, pp.338-353.
- 117 De Luca,A. and Termini,S. (1972),*op.cit.*,pp.301-312.
- 118 Capocelli,R.M. and Luca,A.D. (1973),*op.cit.*,pp.446-473.
- 119 Yager,R.R. (2000), “On the Entropy of fuzzy measure”, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol.8,pp.453-461.
- 120 松井伸之, 馬場鉄一(1986), 前掲論文 (注 52), pp.623-628.
- 121 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992), 前掲論文 (注 29), pp.35-41.
- 122 山下洋史(1996), 「ファジィ・エントロピー最大化モデルに関する研究」『山梨学院大学

---

経営情報学論集』 No.2, pp.109-120.

- 123 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 前掲論文 (注 12), pp.125-135.
- 124 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 前掲論文 (注 23), pp.124-127.
- 125 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992), 前掲論文 (注 29), pp.35-41.
- 126 山下洋史(1996), 前掲論文 (注 122), pp.109-120.
- 127 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 前掲論文 (注 12), pp.125-135.
- 128 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 前掲論文 (注 23), pp.124-127.
- 129 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 前掲論文 (注 12), pp.125-135.
- 130 Shannon,C.E.(1948),*op.cit.*,pp.379-423.
- 131 Zadeh,L.A.(1965),*op.cit.*,pp.338-353.

## 第1部

### 企業外部者の拡大推論に関するエントロピー・モデルの構築

#### 第1章 「2段階の階層型一因子情報路モデル」

#### 第2章 「2方向3段階の階層型一因子情報路モデル」

#### 第3章 「重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル」

## 第1章 2段階の階層型一因子情報路モデル

### 1.1 本章の目的

本章では、一般投資家や、就職活動を展開している学生等の企業外部者が、企業の内部でどのように経営資源（ヒト，カネ，モノ，情報：3M+I）の配分を行っているのかを推論する行動をモデル化していくことにする。しかしながら、企業内部でどのような活動が展開されているかは、企業外部者にとってその詳細を知ることはできない「ブラック・ボックス」であるため、企業内部者の行動を推論するために必要な情報を十分に得ることは困難である。企業外部者が、投資あるいは就職の対象となる企業が将来どのような方向に進むかを把握した上で、投資あるいは就職の選択をしようと思っても、そのための十分な情報を得ることはできないのである。これは、序論のV-6で述べた「拡大推論<sup>1</sup>」に相当する。

上記のような拡大推論は、多くの場合、フラットな構造（1階層）の拡大推論ではなく、階層構造を持った拡大推論となる。例えば、事業部制組織を採用している企業が経営資源を配分しようとする際（図1.1）に、まず、①事業部単位の経営成績を考慮し、次に②部署単位の経営成績により経営資源を配分するといった2段階の選択行動を推論する場面が、これに相当する。また、企業が販売促進の目的で広告宣伝費を配分する際（図1.2）に、まず、①東日本や西日本等の地域区分における商品の販売量を考慮し、次に②各都市（例えば、東京や大阪）における商品の販売量により広告宣伝費を配分する場面の推論も同様である。

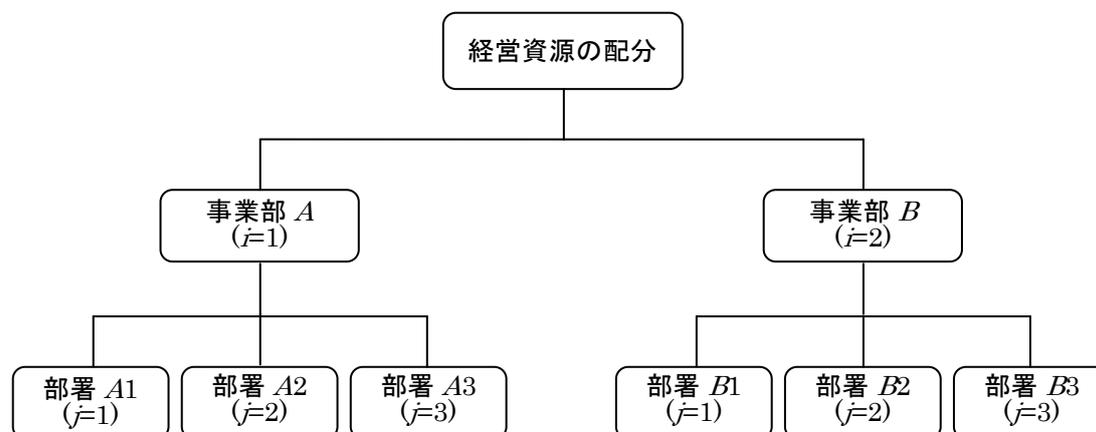


図 1.1 事業部制組織における経営資源配分の概念図

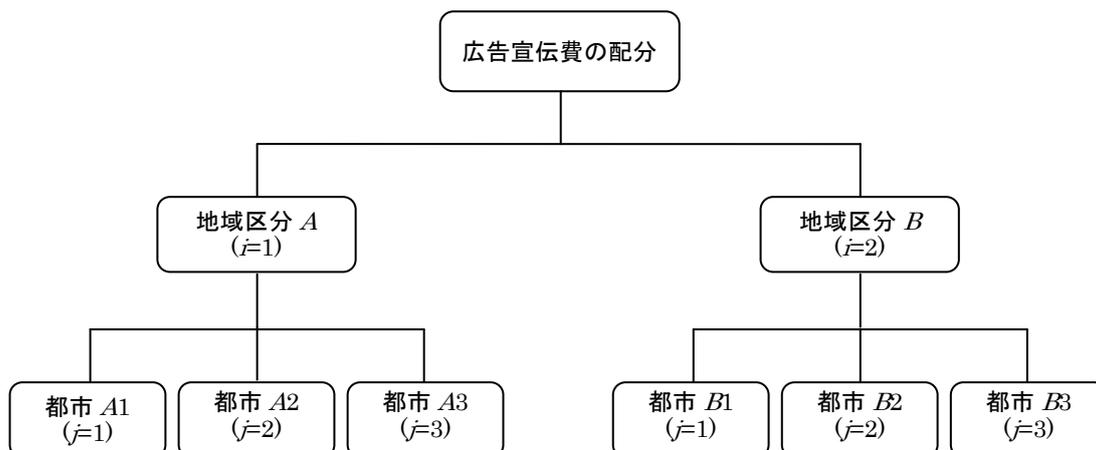


図 1.2 各都市に対する広告宣伝費配分の概念図

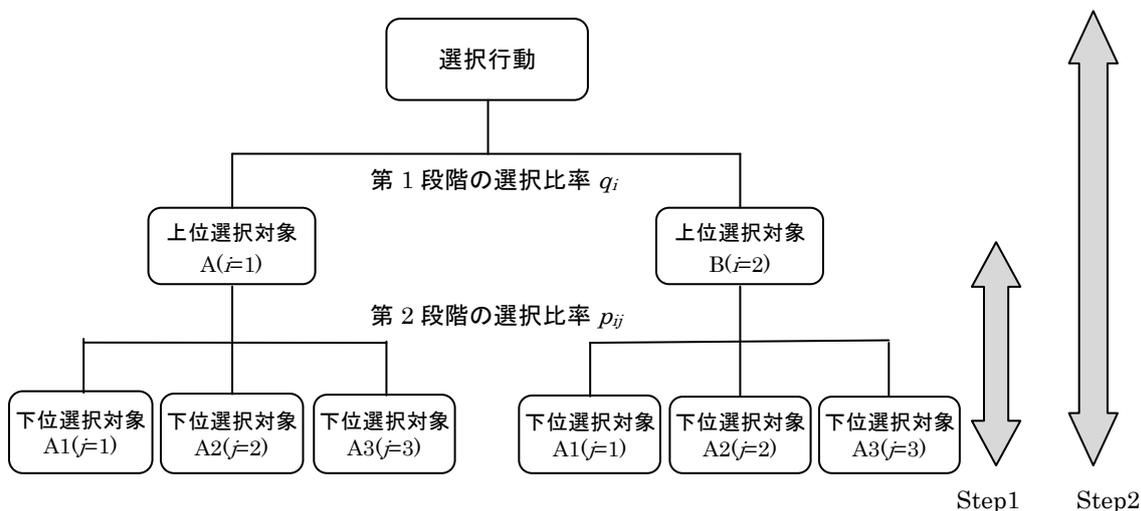


図 1.3 2 段階の階層型一因子情報路モデルの概念図

しかしながら、従来のエントロピー・モデルは、1 階層の選択行動を記述した分析モデルであるため、1 段階の選択行動のみに対応し、多段階の選択行動には対応していなかった。そこで、本章ではこうした多段階の階層構造を仮定し、一因子情報路モデルを 2 段階のエントロピー・モデルへと拡張することにより、新たに「2 段階の階層型一因子情報路モデル」を提案していくことにする。

その際、こうした多段階の選択比率推定問題を「拡大推論」として位置づけることにより、序論の V-7 で述べた「広い意味での最大エントロピー原理」に従い「2 段階個別型エントロピー・モデル」(以下、「Model-A」と呼ぶことにする)と「2 段階一括型エントロピー・モデル」(以下、「Model-B」と呼ぶことにする)を新たに提案する。ここで、「拡大推論<sup>2)</sup>」としているのは、入手可能な情報(特性値)のみでは本来は結論が得られないよ

うな問題設定（不十分な証拠）のもとで、選択比率の解を導くという推論を展開しようとするからである。

そこで、**図 1.3** のように通常の一因子情報路モデルを、①各上位選択対象に対する選択比率推定モデルと、②各下位選択対象に対する選択比率推定モデルという、2 段階のモデルへと拡張するとともに、②の選択比率まわりのエントロピーを加味したもとの、①の解を導くことにする。さらに、本章の提案モデルに対して、**図 1.1** に従った簡単な数値例を設定することにより、各上位選択対象・各下位選択対象の選択比率を推定し、提案モデル (Model-A と Model-B) の妥当性について論じていくことにする。

## 1.2 使用記号と前提条件

### 1.2.1 使用記号

本章で提案する「2 段階の階層型一因子情報路モデル」に使用する記号は、下記の通りである。

$L$ : 平均特性値

$E$ : エントロピー (シャノン・エントロピー)

$L_i$ : 上位選択対象  $i$  の平均特性値

$E_i$ : 上位選択対象  $i$  のエントロピー

$i$ : 上位選択対象 ( $i=1,2,\dots,n$ )

$j$ : 下位選択対象 ( $j=1,2,\dots,m_i$ )

$q_i$ : 各上位選択対象  $i$  に対する選択比率 ( $\sum_{i=1}^n q_i = 1$ )

$p_{ij}$ : 各下位選択対象  $j$  に対する選択比率 ( $\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1$ )

$P_{ij}$ : Model-A における  $i$  と  $j$  の組み合わせに対する選択比率 ( $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} P_{ij} = 1$ )

$\pi_{ij}$ : Model-B における  $i$  と  $j$  の組み合わせに対する選択比率 ( $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} = \sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1$ )

$x_{ij}$ : 上位選択対象  $i$  に対する下位選択対象  $j$  の特性値

### 1.2.2 前提条件

企業外部者は、入手可能なさまざまな情報を基に、行動主体（企業内部者）の選択行動に関する拡大推論を展開しているが、本章ではなるべく簡潔な形式での定式化を図るべく、以下のような前提条件を設定し、これらの前提条件に基づき、2 段階の選択行動をモデル化していくことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を経営者や従業員等の企業内部者、また拡大推論の主体を一般投資家や、就職活動中の学生等の企業外部者とする。
- ② 2 段階の選択行動のみを対象とする。
- ③ 下位選択対象  $j$  の特性値を重視した選択比率を推定するため、選択比率の推定順序を下位選択対象→上位選択対象とする。

- ④ 各選択対象に関して十分には情報が得られていないものとする。
- ⑤ ただし、下位選択対象  $j$  に関する情報（特性値  $x_{ij}$ ）については得られているものとする。
- ⑥ 各選択対象の要因は、1つの要因のみとする。
- ⑦ 上記の要因に関する特性値は、金額や数量等の明確な情報とする。
- ⑧ 本章で取り扱う⑤の特性値は、小さいほど好ましいものとする（大きいほど好ましい場合は、その逆数をとる）。

### 1.3 「2段階の階層型一因子情報路モデル」の提案

#### 1.3.1 提案モデルの概要

本章では、通常の一因子情報路モデル<sup>3</sup>を2段階のモデルへと拡張するにあたり、「不十分な証拠」から何らかの結論（選択）を導き出す「拡大推論」のプロセスを、2段階のプロセス（①各上位選択対象の評価・選択と、②各下位選択対象の評価・選択）として捉え、①と②のプロセスをモデル化していくことにする。そこで、こうしたプロセスにおける選択比率の推定問題を、図 1.4 のように、①各上位選択対象に対する選択比率の推定（第1段階）と、②各下位選択対象に対する選択比率の推定（第2段階）という2段階のプロセスに分割することにより、上記のように、通常の一因子情報路モデルを「2段階の階層型一因子情報路モデル」へと拡張する。

その際、図 1.4 のように、行動主体の選択行動は、まず、第1段階の上位の選択対象から先に行われ、次に、第2段階の下位の選択対象という順序で展開される。それに対して、本章の提案モデルでは、各選択対象の選択比率を推定する際の順序が逆向きになっている点に注意を要する（Step1：第2段階，Step2：第1段階）。すなわち、本章では第2段階の下位選択対象から先に選択比率を推定し、それを基に上位の選択対象に対する選択比率を推定していくのである。

そこで、本章で提案する Model-A は、図 1.5 のように Step1～Step2 の2段階構造をしており、こうした2段階のステップにより選択比率を推定する。一方、Model-B は図 1.6

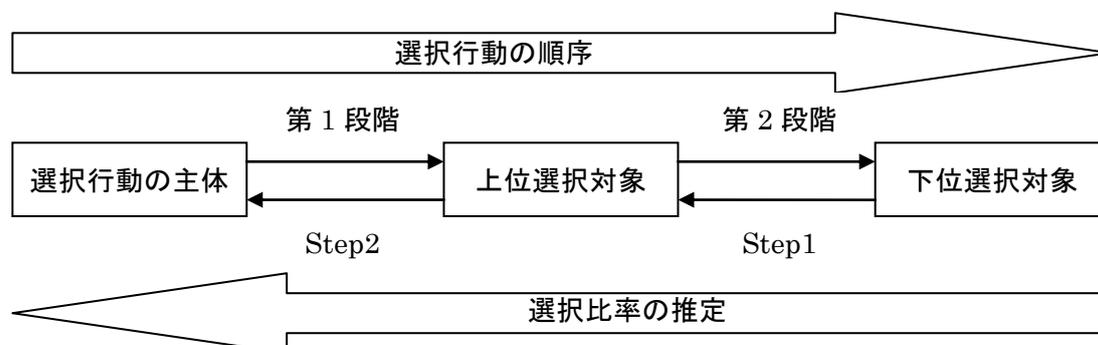


図 1.4 2段階のプロセスによる選択比率推定の概念図

のように Step1~Step2 の 2 段階構造を統合し、1 段階のステップにより選択比率を推定する。

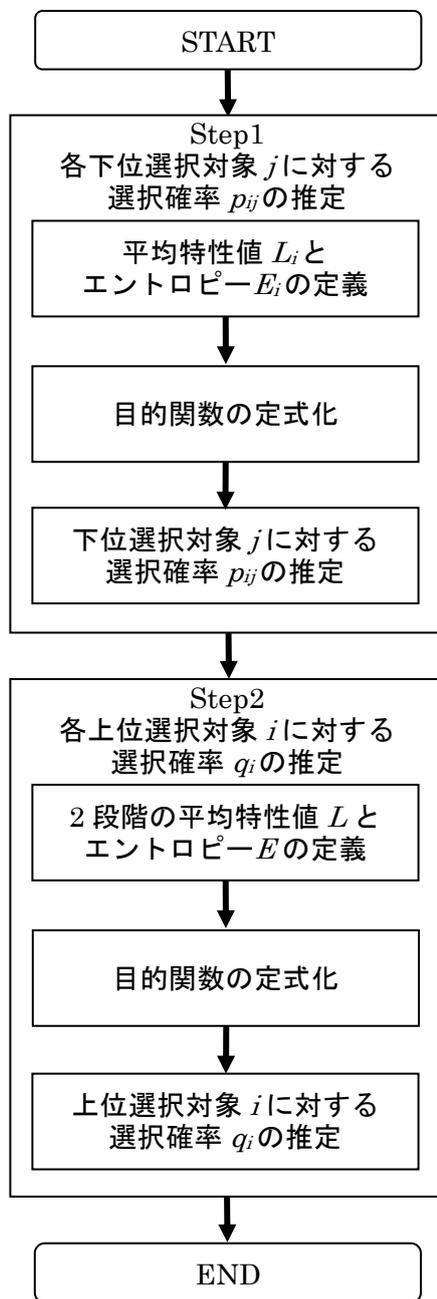


図 1.5 Model-A の分析フロー

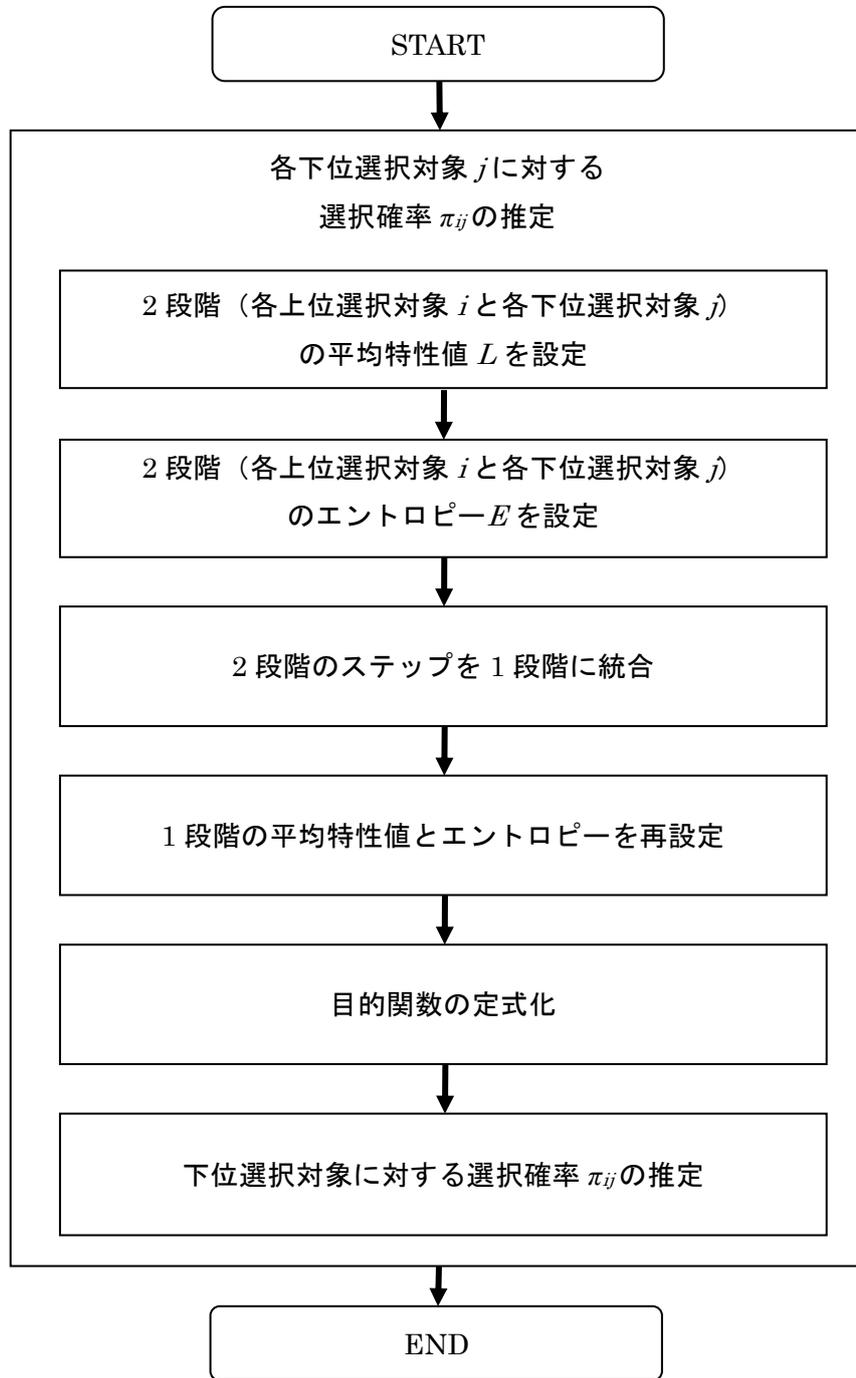


図 1.6 Model-B の分析フロー

### 1.3.2 問題の定式化と解の導出

#### 1.3.2.1 Model-A (2段階個別型エントロピー・モデル)

通常の一因子情報路モデルと同様に、下記のような2つの仮説を設定し、それぞれ(1.1)式の平均特性値  $L$  と(1.2)式のエントロピー  $E$  によって捉えることにする。ただし、前述の前提条件⑧に従い、仮説 I を「(1.1)式の平均特性値  $L$  を小さくするような選択」として位置づけることにする（大きいほど好ましい特性値の場合は、その逆数をとることにする）。

- 仮説 I：企業内部者（特に、経営者）は、自身の選択行動において、できるだけ自身の満足度を高める、あるいは不満度を低めるような選択対象を選択しようとする。
- 仮説 II：企業内部者（特に、経営者）は、自身の選択行動において、何の制約もなく自身の自由意思によって、できるだけ自由勝手な選択をしようとする。

$$L_i = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1.1)$$

$$E_i = -\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \log p_{ij} \quad (1.2)$$

ただし、 $\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1$

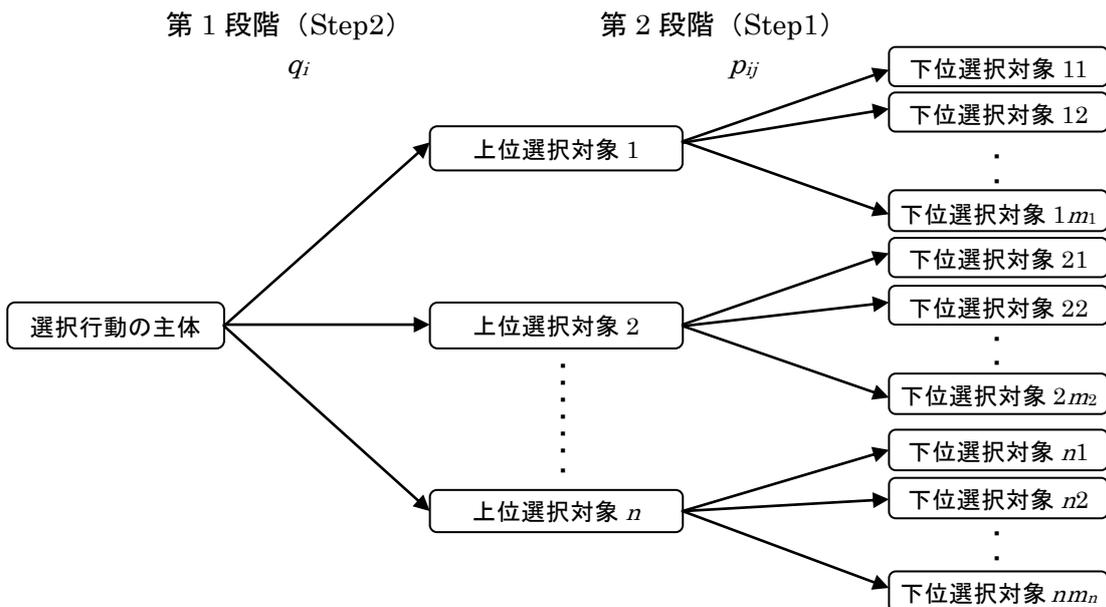


図 1.7 2段階のステップによる選択確率推定概念図

本章では、各選択対象に対する選択比率の推定問題を、**図 1.7** のような 2 段階 (Step1 と Step2) の枠組みでモデル化していくことにする。これら (2 段階) のモデルは、基本的に通常の一因子情報路モデル<sup>4</sup>と同様の問題設定である。ただし、Step2 は通常の一因子情報路モデルとは少し異なった問題設定、すなわち Step1 のエントロピーを加味している点に注意を要する。

そこで、下記のような 2 段階のステップにより選択比率を推定していくことにする。

### 【Step1】第 2 段階の各下位選択対象に対する選択比率の推定モデル

Step1 では、通常の一因子情報路モデル (国沢<sup>5</sup>) と同様のプロセスで各下位選択対象  $j$  の選択比率  $p_{ij}$  を推定していくことにする。そこで、前述の仮説 I を (1.1) 式の平均特性値  $L_i$  によって、また仮説 II については (1.2) 式の  $p_{ij}$  まわりのエントロピーによって捉えることにする。

その上で、(1.1) 式の平均特性値  $L_i$  をなるべく小さく、かつ (1.2) 式のエントロピー  $E_i$  をなるべく大きくするような選択比率 (各下位選択対象  $j$  に対する選択比率  $p_{ij}$ ) の推定問題を考え、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(1.3) 式のように定式化する。

$$\varphi_i = \frac{E_i}{L_i} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (1.3)$$

まず、(1.3) 式の  $\varphi_i$  は  $p_{ij}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi_i$  を最大化する選択比率  $p_{ij}$  を推定すべく、 $p_{ij}$  で偏微分して 0 とおくと、(1.4) 式が得られる。ただし、 $E'_i$  と  $L'_i$  は、それぞれ  $E_i$  と  $L_i$  の微分を表すものとする。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_i}{\partial p_{ij}} &= \frac{E'_i \cdot L_i - E_i \cdot L'_i}{L_i^2} - \lambda \\ &= \frac{(-\log p_{ij} - 1) \cdot L_i - E_i \cdot x_{ij}}{L_i^2} - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (1.4)$$

次に、(1.4) 式の両辺に  $p_{ij}$  を乗じて  $i$  と  $j$  について足し込み、式を整理すると、(1.5) 式が得られる。

$$\frac{(E_i - 1) \cdot L_i - E_i \cdot L_i}{L_i^2} - \lambda = 0 \quad (1.5)$$

さらに、(1.5)式を $\lambda$ について整理すると、 $\lambda$ は(1.6)式のように表される。

$$\lambda = -\frac{1}{L_i} \quad (1.6)$$

(1.4)式の $\lambda$ を消去するために、(1.6)式の $\lambda$ を(1.4)式に代入すると、(1.7)式のようになる。

$$\frac{(-\log p_{ij} - 1) \cdot L_i - E_i \cdot x_{ij}}{L_i^2} + \frac{1}{L_i} = 0 \quad (1.7)$$

そこで、(1.7)式を $\log p_{ij}$ について整理すると、

$$\log p_{ij} = -\frac{E_i}{L_i} \cdot x_{ij} \quad (1.8)$$

となり、(1.8)式の左辺を $p_{ij}$ に変換すると、(1.9)式が得られる<sup>6</sup>。

$$p_{ij} = u_i^{-x_{ij}} \quad (1.9)$$

$$\text{ただし、 } u_i = e^{\frac{E_i}{L_i}}$$

$$\sum_{j=1}^{m_i} u_i^{-x_{ij}} = 1 \quad (1.10)$$

したがって、(1.10)式を満足する $u_i$ を数値的に求め、その $u_i$ の値を(1.9)式に代入することにより、各下位選択対象に対する選択比率 $p_{ij}$ を推定することができる。

**【Step2】第1段階の各上位選択対象に対する選択比率の推定モデル**

次に、Step2として、上位選択対象  $i$  に対する選択比率  $q_i$  の推定問題を考えることにする。その際、仮説 I については通常の一因子情報路モデルと同様に(1.11)式の平均特性値  $L$  によって捉えるが、仮説 II については上位選択対象まわりのエントロピーのみならず、下位選択対象まわりのエントロピーも加味することにより、(1.12)式のように定式化する。

$$L = \sum_{i=1}^n q_i \cdot L_i = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \left( \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij} \right) \quad (1.11)$$

$$E = -\sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n q_i \cdot E_i = -\sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij} \quad (1.12)$$

$$\text{ただし、} \sum_{i=1}^n q_i = 1$$

そこで、(1.11)式の平均特性値をなるべく小さく、かつ(1.12)式のエントロピーをなるべく大きくするような選択比率  $q_i$ （上位選択対象に対する選択比率）を推定するために、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(1.13)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{E}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{i=1}^n q_i - 1 \right) \rightarrow \max \quad (1.13)$$

Step1と同様に、(1.13)式のモデルは、 $q_i$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を  $q_i$  にて偏微分して 0 とおくと(1.14)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial q_i} &= \frac{E' \cdot L - E \cdot L'}{L^2} - \lambda \\ &= \frac{\left( -\log q_i - 1 - \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij} \right) \cdot L - E \cdot \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij}}{L^2} - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (1.14)$$

以下、Step1と同様の手順に従い Step2 の解を導くと、(1.15)式ようになる。

$$q_i = e^{-\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij}} \cdot u^{-\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij}} \quad (1.15)$$

$$\text{ただし、} u = e^{\frac{E}{L}}$$

$$\sum_{i=1}^n e^{-\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij}} \cdot u^{-\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij}} = 1 \quad (1.16)$$

したがって、(1.16)式を満足する  $u$  を数値的に求め、その  $u$  の値を(1.15)式に代入することにより、選択比率  $q_i$  を推定することができる。(1.15)式と(1.9)式を比較すると、(1.15)式は(1.9)式の特徴値  $x_{ij}$  を  $\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij}$  に置き換え、さらに  $\exp\left[-\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij}\right]$  を乗じた式となっており、(1.9)式 of の自然な拡張形となっていることがわかる。

以上のような手順 (Step1 と Step2) により、Step2 のモデルが通常の一因子情報路モデルとは少し異なった問題設定 (Step1 のエントロピーを加味) であるが、2 段階のステップにおけるそれぞれの選択比率 ( $p_{ij}$  と  $q_i$ ) を推定することができるのである。

### 1.3.2.2 Model-B (2 段階一括型エントロピー・モデル)

Model-A は、上位選択対象に対する選択比率の推定、各下位選択対象に対する選択比率の推定という 2 段階のステップにより、それぞれの選択比率  $p_{ij}$  と  $q_i$  を推定するためのモデルであったが、ここでは、各下位選択対象に対する選択比率を推定する際に、各下位選択対象→各上位選択対象という 2 段階のステップを、**図 1.8** のように統合した一括型のエントロピー・モデル (Model-B) を新たに提案する。

まず、Model-A と同様の仮説にしたがって、各上位選択対象を通した各下位選択対象に対する選択比率の推定問題をモデル化していくことにする。その際、仮説 I を(1.17)式の平均特性値  $L$  によって捉え、仮説 II に関しては、上位選択対象まわりのエントロピーのみならず、下位選択対象まわりのエントロピーも加味することにより、(1.18)式のように定式化する。

$$L = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \left( \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot x_{ij} \right) \quad (1.17)$$

$$E = - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} \cdot \log p_{ij} \quad (1.18)$$

ここで、(1.18)式は、上位選択対象まわりのエントロピーと下位選択対象まわりのエントロピーという2段階のエントロピーの和であるため、選択比率  $q_i$  と  $p_{ij}$  を統合すべく、新たに  $\pi_{ij} (= q_i \cdot p_{ij})$  を導入し、(1.18)式に  $p_{ij} = \pi_{ij} / q_i$  を代入することにより、(1.19)式のように書き換えられる。

$$E = - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \left( \sum_{j=1}^{m_i} \frac{\pi_{ij}}{q_i} \cdot \log \frac{\pi_{ij}}{q_i} \right) \quad (1.19)$$

$$\text{ただし、} \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} = q_i, \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} = \sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = 1$$

さらに、(1.19)式を整理すると、エントロピー  $E$  は(1.20)式のように  $\pi_{ij}$  のみで表すことができる。

$$\begin{aligned} E &= - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot \log \frac{\pi_{ij}}{q_i} \\ &= - \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot \log \pi_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot \log q_i \end{aligned}$$

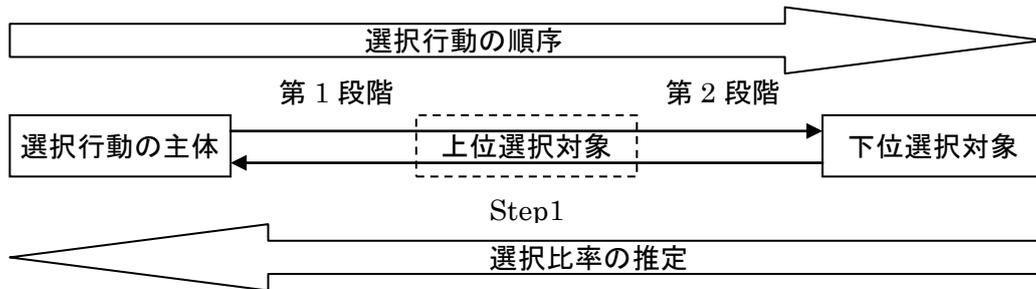


図 1.8 2段階一括型による選択比率推定の概念図

$$\begin{aligned}
&= -\sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot \log \pi_{ij} + \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log q_i \\
&= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot \log \pi_{ij} \tag{1.20}
\end{aligned}$$

(1.17)式の平均特性値  $L$  についても同様に、 $\pi_{ij} = q_i \cdot p_{ij}$  を代入し、式を整理すると、平均特性値  $L$  は(1.21)式のように、 $q_i$  と  $p_{ij}$  を統合した式に変換することができる。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot x_{ij} \tag{1.21}$$

その上で、(1.20)式のエントロピーをなるべく大きく、かつ(1.21)式の平均特性値をなるべく小さくするような選択比率  $\pi_{ij}$  を推定するために、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(1.22)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{E}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} - 1 \right) \rightarrow \max \tag{1.22}$$

まず、(1.22)式は、 $\pi_{ij}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を最大化する選択比率  $\pi_{ij}$  を推定すべく、 $\pi_{ij}$  で偏微分して 0 とおくと(1.23)式が得られる。

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \varphi}{\partial \pi_{ij}} &= \frac{E' \cdot L - E \cdot L'}{L^2} - \lambda \\
&= \frac{(-\log \pi_{ij} - 1) \cdot L - E \cdot x_{ij}}{L^2} - \lambda = 0 \tag{1.23}
\end{aligned}$$

次に、Model-A と同様に、(1.23)式の両辺に  $\pi_{ij}$  を乗じて、 $i$  と  $j$  について足し込むと(1.24)式のようになる。

$$\frac{(E-1) \cdot L - E \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \tag{1.24}$$

さらに、(1.23)式の  $\lambda$  を消去するために、(1.24)式を  $\lambda$  について解き、それを(1.23)式に代入すると、(1.25)式が得られる。

$$\frac{(-\log \pi_{ij} - 1) \cdot L - E \cdot x_{ij}}{L^2} + \frac{1}{L} = 0 \quad (1.25)$$

そこで、(1.25)式を  $\log \pi_{ij}$  について整理すると、

$$\log \pi_{ij} = -\frac{E}{L} \cdot x_{ij} \quad (1.26)$$

となり、(1.26)式の左辺を  $\pi_{ij}$  について変換すると、(1.27)式のように簡単な式になる。

$$\pi_{ij} = U^{-x_{ij}} \quad (1.27)$$

ただし、 $U = e^{\frac{E}{L}}$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} U^{-x_{ij}} = 1 \quad (1.28)$$

そこで、(1.28)式を満足する  $U$  を数値的に求め、その  $U$  の値を(1.27)式に代入することにより、各下位選択対象に対する選択比率  $\pi_{ij}$  を推定することができる。すなわち、各上位選択対象と各下位選択対象という2段階のステップを、1ステップに統合した Model-B によれば、各下位選択対象に対する選択比率の推定問題を1つのモデルとして記述することができるのである。

これより、2段階個別型のエントロピー・モデルを統合することで、(1.27)式は通常の一因子情報路モデルと同形式の解が導かれることがわかる。そういった意味で、本章の Model-B は、通常の一因子情報路モデルの自然な拡張形となっているのである。

## 1.4 提案モデルの実証分析（事業部制組織における経営資源配分比率の推定）

### 1.4.1 問題設定

本章では、「事業部制組織における経営資源配分問題」を想定した実証分析として、企業内部の経営者がどのように経営資源を配分しているかを、企業外部者（一般投資家や、就職活動中の学生等）が推論（拡大推論）する場面を設定し、こうした場面における企業内部者の経営資源配分比率を推定することを試みることにする。こうした経営資源配分は、一般に多くの要因（例えば、売上高、将来性、収益性、市場性、企業にとっての主力事業か否か等）を考慮して行われるが、企業外部者がそれぞれの事業部ごとにこれらの豊富な情報（データ）を入手することは困難であり、明らかに情報が不足した状況に置かれる。したがって、こうした企業外部者の行動は、限られた情報のみで結論（選択確率）を導き出さなければならないという意味で、まさしく本研究で論じる「拡大推論」なのである。

そこで、企業外部者にとって入手が容易な「売上高」のみで、企業内部者の経営資源配分行動（選択行動）を推論するという場面を設定し、本章の提案モデルにより、その配分比率を推定することを試みる。

### 1.4.2 数値例の設定

ここでは、本章の提案モデル（Model-A と Model-B）に対して、簡単な数値例を設定することにより、事業部制組織における各事業部  $i$  と各部署  $j$  に対する経営資源配分比率 ( $p_{ij}$ ,  $q_i$  と  $\pi_{ij}$ ) を推定していくことにする。そこで、表 1.1 のように、まず事業部  $A_1 \sim A_5$  と部署  $B_{j1} \sim B_{j8}$  の組み合わせごとに、以下の方針に従って売上高  $x_{ij}$  の数値例を設定する。

#### 【数値例の設定方針】

- ①  $x_{ij}=0$  は、事業部  $A_i$  において部署  $B_{ij}$  の売上が存在しない、あるいは部署  $B_{ij}$  自体が存在しないことを意味する。
- ② 部署間での売上高の差が大きい事業部と小さい事業部を設定する。また、事業部  $A_1$  の売上高が最も大きく、 $A_2, A_3, A_4, A_5$  の順に小さくなっていくように各売上高を設定する。

表 1.1 売上高 ( $x_{ij}$ ) の数値例 (単位：億円)

部署 ( $B_{ij}$ ) 事業部 ( $A_i$ )	$B_{i1}$	$B_{i2}$	$B_{i3}$	$B_{i4}$	$B_{i5}$	$B_{i6}$	$B_{i7}$	$B_{i8}$	合計
$A_1$	9	9	9	7	6	7	8	2	57
$A_2$	9	9	8	9	3	3	0	0	41
$A_3$	8	7	9	8	1	4	0	0	37
$A_4$	9	8	8	2	0	0	0	0	27
$A_5$	9	10	2	2	1	1	1	0	26

### 1.4.3 分析結果

Model-A の(1.9)式に表 1.1 の売上高  $x_{ij}$  を代入し、各部署  $j$  に対する経営資源配分比率  $p_{ij}$  を求めると、表 1.2 のようになった。次に、売上高  $x_{ij}$  と経営資源配分比率  $p_{ij}$  を Model-A の(1.15)式に代入し、各事業部  $i$  に対する経営資源配分比率  $q_i$  を推定すると、表 1.3 のような結果が得られた。さらに、Model-A にて求めた経営資源配分比率と Model-B の経営資源配分比率を比較するために、Model-A にて求めた経営資源配分比率  $p_{ij}$  (表 1.2) と  $q_i$  (表 1.3) を用いて各部署に対する経営資源配分比率  $P_{ij}$  ( $p_{ij}$  と  $q_i$  の積) を算出すると、表 1.4 のようになった。

次に、Model-A と同様、表 1.1 の売上高に基づいて、Model-B により経営資源配分比率を推定すると、表 1.5 のような結果が得られた。ただし、Model-B は Model-A における 2 段階のプロセスを統合しているため、(1.27)式に表 1.1 の売上高  $x_{ij}$  を代入すれば、各部署に対する経営資源配分比率  $\pi_{ij}$  を直接的に求めることができる。

表 1.2 Model-A による部署別経営資源配分比率 ( $p_{ij}$ )

部署 ( $B_{ij}$ ) 事業部 ( $A_i$ )	$B_{i1}$	$B_{i2}$	$B_{i3}$	$B_{i4}$	$B_{i5}$	$B_{i6}$	$B_{i7}$	$B_{i8}$
$A_1$	0.183	0.183	0.183	0.113	0.078	0.113	0.148	0.000
$A_2$	0.252	0.252	0.212	0.252	0.016	0.016	0	0
$A_3$	0.237	0.193	0.278	0.237	0.000	0.056	0	0
$A_4$	0.359	0.316	0.316	0.010	0	0	0	0
$A_5$	0.452	0.489	0.028	0.028	0.001	0.001	0.001	0

表 1.3 Model-A による事業部  $i$  に対する経営資源配分比率の推定結果

事業部 $i$	経営資源の配分比率
$q_1$	0.324
$q_2$	0.234
$q_3$	0.184
$q_4$	0.152
$q_5$	0.105

表 1.4 Model-A による各部署  $j$  の経営資源配分比率 ( $q_i$  と  $p_{ij}$  の積)

部署 ( $B_{ij}$ ) 事業部 ( $A_i$ )	$B_{i1}$	$B_{i2}$	$B_{i3}$	$B_{i4}$	$B_{i5}$	$B_{i6}$	$B_{i7}$	$B_{i8}$
$A_1$	0.059	0.059	0.059	0.036	0.025	0.036	0.048	0.000
$A_2$	0.059	0.059	0.050	0.059	0.004	0.004	0	0
$A_3$	0.044	0.035	0.051	0.044	0.000	0.010	0	0
$A_4$	0.055	0.048	0.048	0.002	0	0	0	0
$A_5$	0.048	0.052	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0

表 1.5 Model-B による各部署  $j$  の経営資源配分比率 ( $\pi_{ij}$ )

部署 ( $B_{ij}$ ) 事業部 ( $A_i$ )	$B_{i1}$	$B_{i2}$	$B_{i3}$	$B_{i4}$	$B_{i5}$	$B_{i6}$	$B_{i7}$	$B_{i8}$
$A_1$	0.062	0.062	0.062	0.028	0.015	0.028	0.044	0.000
$A_2$	0.062	0.062	0.044	0.062	0.000	0.000	0	0
$A_3$	0.044	0.028	0.062	0.044	0.000	0.002	0	0
$A_4$	0.062	0.044	0.044	0.000	0	0	0	0
$A_5$	0.062	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0

そこで、本章の提案モデルにより推定した経営資源の配分比率を、Model-A と Model-B について比較すると、表 1.6 のように、Model-B では売上高が等しければ同じ経営資源配分比率の結果 (0.044) になるが、Model-A では売上高が等しくても同じ経営資源配分比率にはならないこと (0.044, 0.048, 0.050 の 3 種類の値) がわかる。さらに、表 1.7 をみると、最大の売上高 (部署  $B_{32}$ ) の経営資源配分比率 (最大の配分比率) は、Model-A の 0.052 に対して、Model-B は 0.082 という結果になっていることがわかる。また、最小の売上高 (部署  $B_{35}$ ) の経営資源配分比率 (最小の配分比率) が、Model-A の  $1.8 \times 10^{-6}$  という結果に対して、Model-B は  $1.3 \times 10^{-11}$  という結果になっている。こうした結果から、

Model-B よりも Model-A において、各事業部配下の部署間の経営資源配分比率の差が小さい（売上高に対する配分比率のバラツキが小さい）ことがわかる。

さらに、売上高に対して比例配分により算出した値（表 1.8）と提案モデル（Model-A と Model-B）により算出した値を比較すると、提案モデル（Model-A と Model-B）で算出した結果の方が、売上高が大きいほど経営資源の配分比率も大きくなり、売上高が小さいほど、経営資源配分比率が小さくなるという、エントロピー・モデルの特徴を有していることがわかる。

表 1.6 売上高が 8 億円の部署  $j$  に対する経営資源配分比率の比較

売上高が 8 億円の部署	Model-A	Model-B
事業部 $A_1$ の部署 $B_{17}$	0.048	0.044
事業部 $A_2$ の部署 $B_{23}$	0.050	0.044
事業部 $A_3$ の部署 $B_{31}$	0.044	0.044
事業部 $A_3$ の部署 $B_{34}$	0.044	0.044
事業部 $A_4$ の部署 $B_{42}$	0.048	0.044
事業部 $A_4$ の部署 $B_{43}$	0.048	0.044

表 1.7 経営資源配分比率の最大値と最小値の比較

部署	Model-A	Model-B
経営資源配分比率が最も大きい部署 (部署 $B_{52}$ )	0.052	0.082
経営資源配分比率が最も小さい部署 (部署 $B_{35}$ )	$1.8 \times 10^{-6}$	$1.3 \times 10^{-11}$

表 1.8 売上高に応じた比例配分による各部署  $j$  の経営資源配分比率

事業部 ( $A_i$ ) \ 部署 ( $B_{ij}$ )	部署 ( $B_{ij}$ )							
	$B_{i1}$	$B_{i2}$	$B_{i3}$	$B_{i4}$	$B_{i5}$	$B_{i6}$	$B_{i7}$	$B_{i8}$
$A_1$	0.048	0.048	0.048	0.037	0.032	0.037	0.043	0.011
$A_2$	0.048	0.048	0.043	0.048	0.016	0.016	0	0
$A_3$	0.043	0.037	0.048	0.043	0.005	0.021	0	0
$A_4$	0.048	0.043	0.043	0.011	0	0	0	0
$A_5$	0.048	0.053	0.011	0.011	0.005	0.005	0.005	0

#### 1.4.4 考察

序論のV-5でも述べたように、一因子情報路モデルに代表されるエントロピー・モデルは、すべての特性値が  $1/n$  で等しいときに、エントロピーは最大（選択比率が平衡状態）となり、各特性値が  $1/n$  から離れていくに従い、エントロピーは小さくなる（選択比率が非平衡状態）。すなわち、特性値間の差が広がるに従い、選択比率の差も拡大するという特徴を有している。これにより、各特性値に対する比例配分では、特性値間の差が一定であれば、選択比率の差も一定（傾きが一定）となるが、エントロピー・モデルでは、各特性値と選択比率の間は、非線形の関係となり、選択比率の差が拡大するのである。実際に、人間の選択行動において、好ましい特性を持つ選択対象とそうでない選択対象の間では、選択比率に大きな差異が生じることが多く、それは、わずかな特性値の違いでヒット商品となるかならないかの大きな差異が生じることからもわかる。例えば、イトーヨーカードやイオン等の大手スーパーマーケットが手掛けているプライベートブランドや、大手コンビニエンス・ストアが販売している100円コーヒー（通称「コンビニコーヒー」）等が、これに相当する。そういった意味で、本章の提案モデルから得られる選択比率は、現実に即した解となっているのである。

また、1.4.3節の分析結果（表1.4と表1.5）を見ると、本章の提案モデルも上記のようなエントロピー・モデルの特徴と同様の結果となっていることがわかる。ただし、Model-AとModel-Bでは、少し異なった推定結果となっている。それは、Model-Aでは2段階（Step1とStep2）のエントロピーがそれぞれ組み込まれているため、エントロピーを大きくしようとする力（平衡状態に近づけようとする力）が2段階で働いているのに対して、Model-Bは、2段階のエントロピーを1段階に統合した結果、2段階のエントロピーを大きくしようとする力が1段階のみで働くことに起因している。

これと同様に、通常の一因子情報路モデルでは、1段階の選択行動のみしか選択比率を推定することができなかったが、本章の提案モデルにより、1段階の選択行動を2段階へと拡張することができる。すなわち、エントロピー・モデルの適用可能な場面が、2段階の選択行動へと広がるのである。また、上記のような異なった特徴を有する2つのモデル（Model-AとModel-B）により、選択比率の差を大きくしたい（エントロピーを小さくしたい）場合にはModel-Bを、小さくしたい（エントロピーを大きくしたい）場合にはModel-Aを適用するといった選択肢が生まれる。これにより、通常の一因子情報路モデルに比較して、本章の提案モデル（Model-AとModel-B）は、大幅に適用場面が拡大し、より多くの場面でエントロピー・モデルによる分析が可能になる。ここに、「エントロピー・モデル」研究に対する本章の提案モデルの貢献が存在するのである。

## 1.5 本章で得られた成果

本章ではエントロピー・モデル<sup>7</sup>の基本的な考え方にに基づき、2段階の選択行動における選択対象の特性値を重視した選択比率の推定問題を「拡大推論」として位置づけ、①各上位選択対象の選択と、②各下位選択対象の選択という2段階の選択行動を推測すべく、新たに2つの選択比率推定モデル (Model-A と Model-B) を提案した。その際、Model-B では①と②の2段階プロセスを1つに統合することにより、1段階のプロセスのみで下位選択対象の選択比率を推定することを可能にした。

さらに、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) の実証分析として、企業内部者 (経営者) による経営資源配分を、企業外部者 (一般投資家や就職活動中の学生等) が拡大推論しようとする場面を設定し、経営資源配分比率の推定を試みた。そこから得られた経営資源配分比率の推定値を検討した結果、Model-B では各部署の売上高が同一の場合は、同一の配分比率となるのに対して、Model-A では本社部門での経営資源配分と各事業部での経営資源配分の両面でのエントロピーが組み込まれているため、各部署の売上高が同一の場合でも、異なる配分比率の推定値が得られるという特徴を確認した。また、各部署における売上高の違いを、経営資源配分比率に大きく反映させたい場合には、Model-B が適し、さほど大きく反映させたくない場合には、Model-A が適することを指摘した。

以上のように、通常の一因子情報路モデルを、①各上位選択対象 (選択対象の集合) に対する選択比率推定モデルと、②各下位選択対象に対する選択比率推定モデルという、2段階の階層型エントロピー・モデルへと拡張することにより、2段階の選択行動における選択比率の推定というエントロピー・モデルの新たなアプローチを提示することができた。さらに、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) の実証分析の結果から、提案モデルの妥当性を確認することができた。これにより、企業内部者による2段階の選択行動を、十分な情報を入手することができない企業外部者にとって、推定することが可能になった。

---

<sup>1</sup> Klir, G. J. and Folger, T. A. (1988), *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, New Jersey, Prentice-Hall. (本多中二訳(1993), 『ファジィ情報学』日刊工業新聞社, pp.209-212.)

<sup>2</sup> Klir, G. J. and Folger, T. A. (1988), 前掲訳書(注1), pp.209-212.

<sup>3</sup> 国沢清典(1991), 『エントロピー・モデル』日科技連出版社, pp.36-46.

<sup>4</sup> 国沢清典(1991), 前掲書(注3), pp.36-46.

<sup>5</sup> 国沢清典(1991), 前掲書(注3), pp.36-46.

<sup>6</sup> 国沢清典(1991), 前掲書(注3), pp.36-46.

<sup>7</sup> 国沢清典(1991), 前掲書(注3), pp.36-46.

## 第2章 2方向3段階の階層型一因子情報路モデル

### 2.1 本章の目的

前章では、従来のエントロピー・モデル<sup>1</sup>（1階層のモデル）を2段階の階層モデルへと拡張することにより、「2段階の階層型一因子情報路モデル」を提案したが、これは1方向の階層構造のみを前提とした選択比率を推定するためのモデルであり、多方向の階層構造を有したデータを取り扱うことができなかった。

しかしながら、企業内部者（特に、経営者）は2段階のプロセスに加えて、多方向（2方向）の階層構造を持った選択行動（図 2.1）を展開する場合も多い。例えば、マトリクス型組織の構造を持つ企業の経営資源を配分（図 2.2）するといった選択行動を推論する場面が、これに相当する。また、複数の学部を持つ大学の予算を配分（図 2.3）するといった場面の推論も同様である。そこで、本章ではこうした2方向多段階の階層構造に注目し、前章で提案した「2段階の階層型一因子情報路モデル」を2方向3段階のエントロピー・モデルへと拡張することを試みる。これにより、企業外部者（一般投資家や、就職活動中の学生等）が企業内部の活動に対する拡大推論を簡潔な形式で定式化していくことにする。

さらに、本章の提案モデルに対して、図 2.2 の構造を持った数値例を設定することにより、2つの方向から各上位選択対象・各下位選択対象の選択比率を推定し、本章の提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

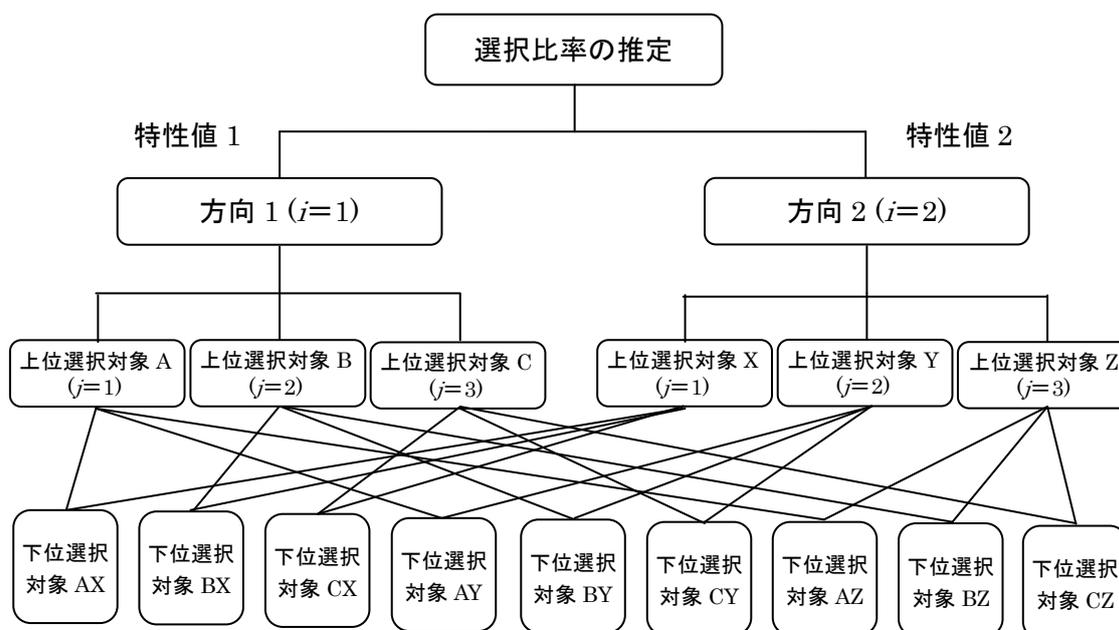


図 2.1 2方向3段階による選択比率推定の概念図

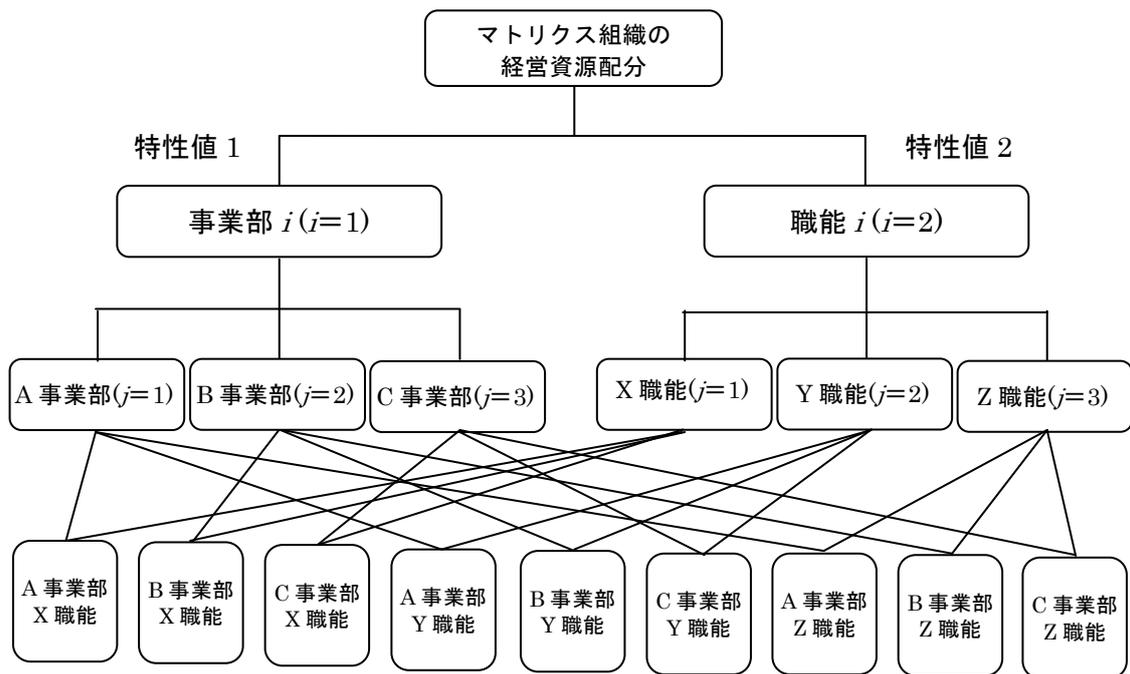


図 2.2 マトリクス組織における 2 方向 3 段階の経営資源配分概念図

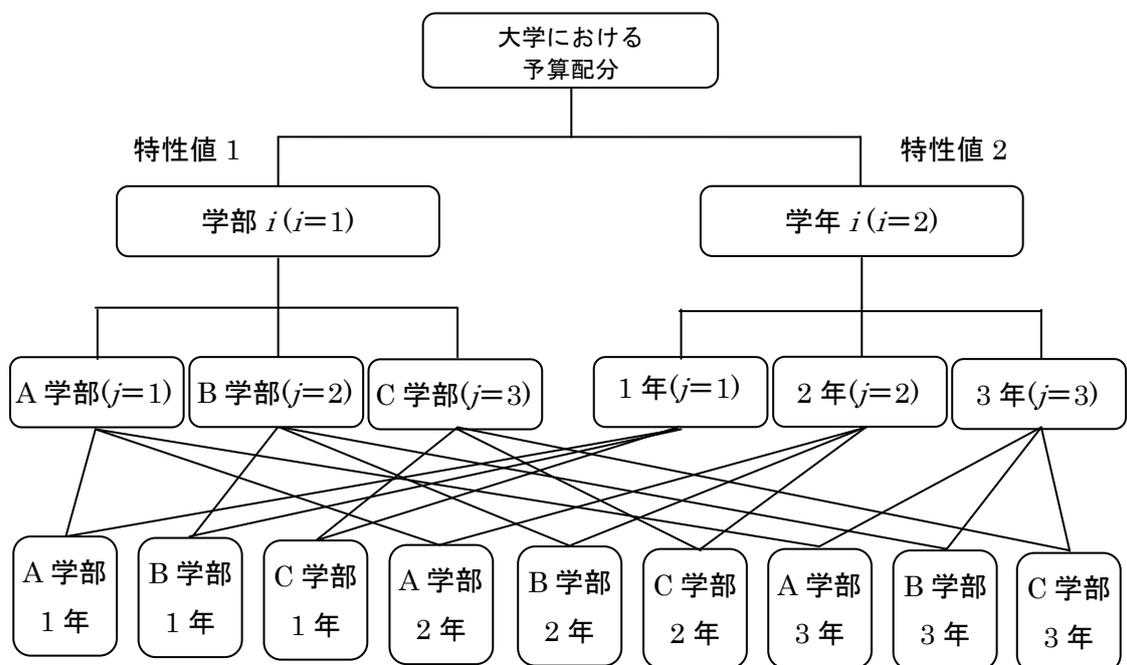


図 2.3 大学における 2 方向 3 段階の予算配分概念図

## 2.2 使用記号と前提条件

### 2.2.1 使用記号

本章で提案する「2方向3段階の階層型一因子情報路モデル」では、下記の使用記号を用いることにする。

$L$ : 平均特性値,

$E$ : エントロピー (シャノン・エントロピー)

$i$ : 方向

$j$ : 上位選択対象 ( $j=1,2,\dots,n_i$ )

$k$ : 下位選択対象 ( $k=1,2,\dots,m_{ij}$ )

$r_i$ : 各方向  $i$  の配分ウェイト

$q_{ij}$ : 各方向  $i$  の各上位選択対象  $j$  に対する選択比率

$p_{ijk}$ : 各方向  $i$  ・各上位選択対象  $j$  の各下位選択対象  $k$  に対する選択比率

$x_{ijk}$ : 各方向  $i$  ・各上位選択対象  $j$  の各下位選択対象  $k$  に対する特性値

### 2.2.2 前提条件

本章では、企業内部者 (特に、経営者) の選択行動 (2方向3段階の選択行動) に対する拡大推論をモデル化する際、以下のような前提条件を置くことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を経営者や従業員等の企業内部者、また拡大推論の主体を一般投資家や、就職活動中の学生等の企業外部者とする。
- ② 選択対象に関して十分には情報 (特性値  $x_{ijk}$ ) が得られていないものとする。
- ③ ただし、いくつかの選択対象に関する情報については得られているものとする。
- ④ 各選択対象を選択する際の実選択要因は、1つの要因 (因子) のみを対象とする。
- ⑤ 上記の要因 (因子) は、方向  $i$  によって異なり、それぞれの要因に関する特性値は、金額や数量等の明確な情報とする。
- ⑥ 本章で取り扱う②の特性値は、小さいほど好ましいものとする (大きいほど好ましい場合は、その逆数をとることにする)。
- ⑦ 方向  $i$  (第1段階) の配分ウェイト  $r_i$  ( $i=1,2; r_1+r_2=1$ ) については、先験情報が与えられているものとする。

## 2.3 「2方向3段階の階層型一因子情報路モデル」の提案

### 2.3.1 提案モデルの概要

本章では、図 2.4 のように、2 方向 3 段階 (Step1, Step2, Step3) の選択行動に注目し、第 1 章のモデルを「2 方向 3 段階の階層型一因子情報路モデル」へと拡張することを試みる。この提案モデルは、基本的に第 1 章のモデルと同形式のモデルであるが、Step2 で Step1 のエントロピーを加味し、また Step3 において Step1 と Step2 のエントロピーを加味する点、および方向 1 の特性値と方向 2 の特性値が異なる点に特徴がある。

そこで、こうした 2 方向 3 段階の選択比率推定問題を、以下のように定式化していくことにする。

### 2.3.2 提案モデルの分析手順

本章の提案モデルは、図 2.5 のように Step1~Step3 という 3 段階の構造をなしており、こうした 3 段階のステップにより各上位選択対象  $j$  と各下位選択対象  $k$  に対する方向  $i$  別の選択比率 ( $q_{ij}$  と  $p_{ijk}$ ) を推定していく。

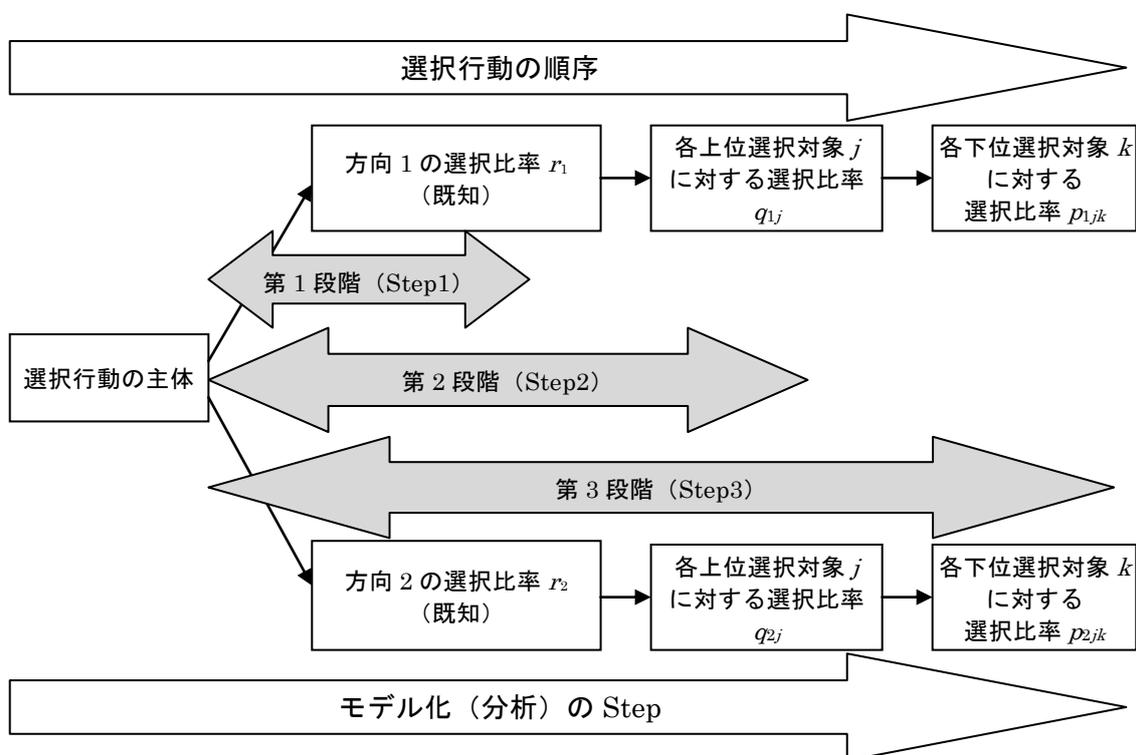


図 2.4 2 方向 3 段階の選択比率推定問題の概念図

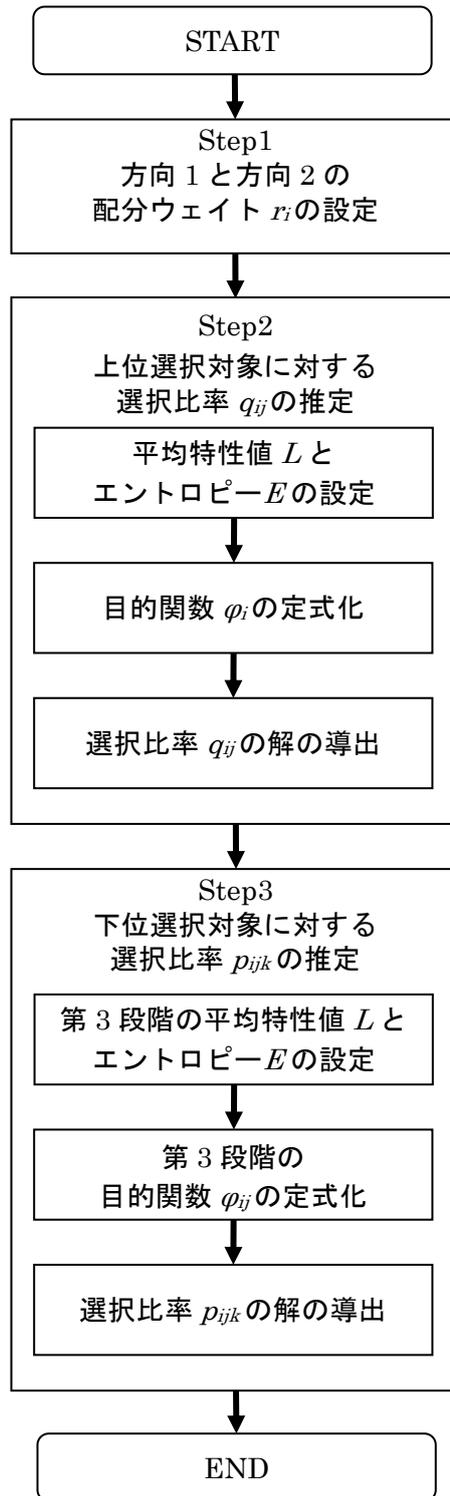


図 2.5 提案モデルの分析フロー

### 2.3.3 問題の定式化と解の導出

本章では、各選択対象の選択比率推定問題を、3段階（Step1, Step2 と Step3）の枠組みでモデル化していくことにする。これら（3段階）のモデルは、基本的に第1章のモデルと同様に、平均特性値  $L$  とエントロピー  $E$  により定式化していくことにする。ただし、Step3 は第1章のモデルとは少し異なった問題設定、すなわち、Step3 では Step1 と Step2 のエントロピーを加味している点に注意を要する。

そこで、下記のような3段階のステップにより選択比率を推定していくことにする。

#### 【Step1】 $i$ 方向の選択比率 $r_i$ の設定（第1段階）

本章における Step2 と Step3 のモデルでは、 $i$ 方向（例えば、図2.2の事業部と職能）の配分ウェイト  $r_i$  が与えられたもとで、各上位選択対象  $j$  と各下位選択対象  $k$  に対する選択比率（ $q_{ij}$  と  $p_{ijk}$ ）を推定していくことになるため、まず方向1に対する配分ウェイト  $r_1$  と方向2に対する配分ウェイト  $r_2$  の和（ $r_1 + r_2$ ）が1となるような  $r_i$  を設定する。

#### 【Step2】 各上位選択対象 $j$ に対する選択比率推定モデル（第2段階）

ここでは、各上位選択対象  $j$  に対する選択比率の推定問題を定式化すべく、一因子情報路モデル<sup>2</sup>に基づき、下記のような2つの仮説を設定する。

仮説Ⅰ：企業内部者（特に、経営者）は、できるだけ自身の満足度を高める、あるいは不満を低めるような選択対象を選択しようとする。

仮説Ⅱ：企業内部者（特に、経営者）は、何の制約もなく自身の自由意思によって、できるだけ自由勝手な選択をしようとする。

次に、Step1において設定した方向  $i$ （図2.6と図2.7）の配分ウェイト  $r_i$  を用いて、それぞれの上位選択対象  $j$  に対する方向  $i$  別の選択比率  $q_{ij}$  を推定するためのモデル（積のモデル）を考えることにする。その際、仮説Ⅰについては通常の一因子情報路モデルと同様に(2.1)式の平均特性値  $L$  によって捉え、仮説Ⅱについては上位選択対象まわり（ $q_{ij}$  まわり）のエントロピーのみならず、 $r_i$  まわりのエントロピーも加味することにより(2.2)式によって捉えることにする。ここで、前者の平均特性値  $L$  は行動主体の満足感を、また後者のエントロピー  $E$  は自由勝手な選択行動を、それぞれ表している。

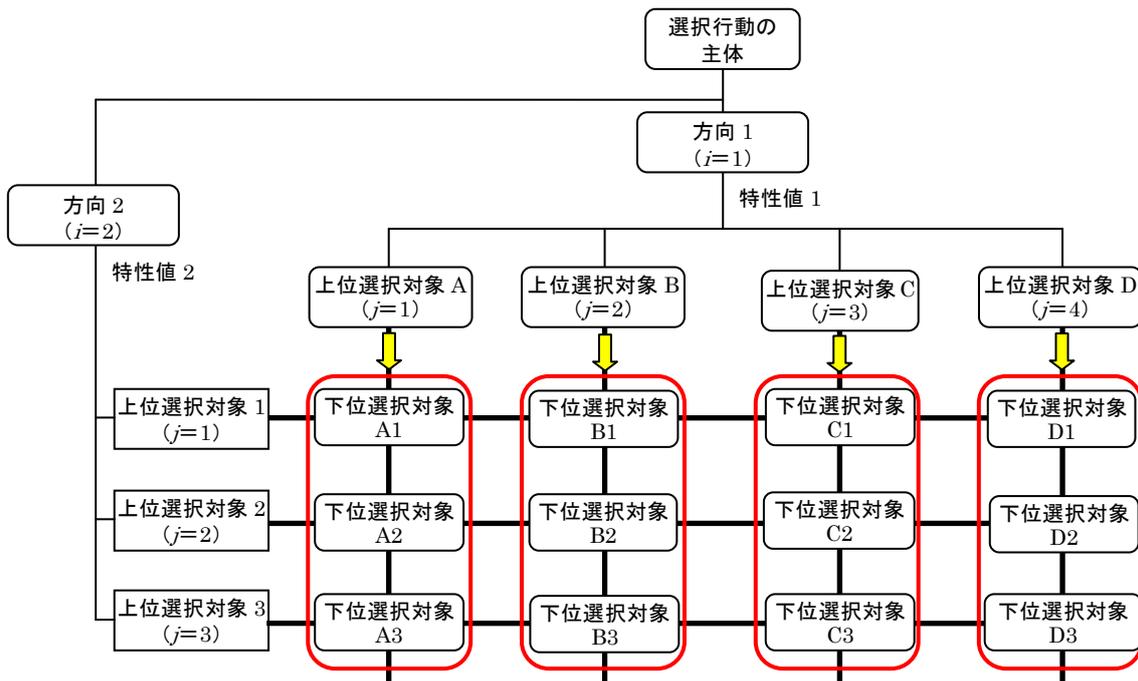


図 2.6 2 方向 3 段階の選択比率推定問題の構造 (方向 1)

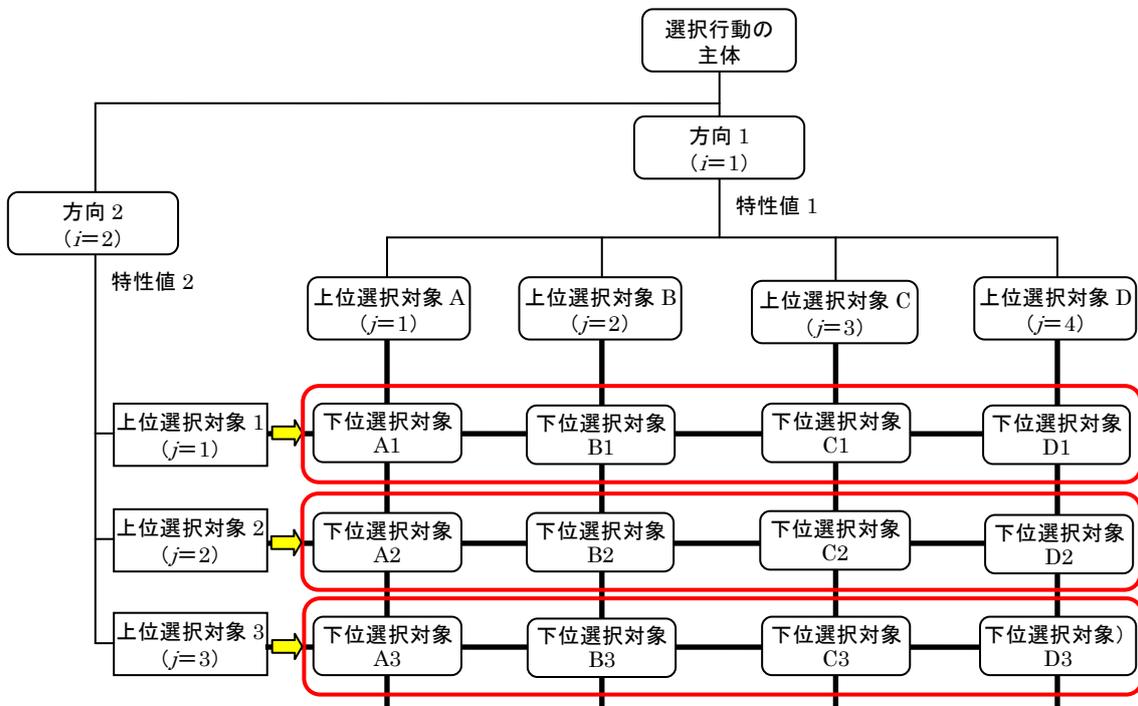


図 2.7 2 方向 3 段階の選択比率推定問題の構造 (方向 2)

$$L = \sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \sum_{k=1}^{m_j} x_{ijk} \quad (2.1)$$

$$E = \left( - \sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( - \sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \quad (2.2)$$

$$\text{ただし、} \sum_{i=1}^2 r_i = 1, \quad \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} = 1$$

その上で、(2.1)式の平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(2.2)式のエントロピー  $E$  をなるべく大きくするような上位選択対象別の選択比率  $q_{ij}$  を推定するために、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(2.3)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{E}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (2.3)$$

(2.3)式は  $q_{ij}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を  $q_{ij}$  にて偏微分して 0 とおくと(2.4)式が得られる。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial q_{ij}} = \frac{E' \cdot L - E \cdot L'}{L^2} - \lambda$$

$$\frac{\left\{ - \log \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \left( - \sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) - \left( - \sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \right\} \cdot L - E \cdot \sum_{k=1}^{m_j} x_{ijk}}{L^2} - \lambda = 0 \quad (2.4)$$

次に、(2.4)式の両辺に  $q_{ij}$  を乗じた上で、 $i$  と  $j$  について足し込み、その式を整理すると(2.5)式が得られる。

$$\frac{\left( E + \sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \cdot L - E \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (2.5)$$

さらに、 $\lambda$  について(2.5)式を整理すると、 $\lambda$  は(2.6)式のようになる。

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i}{L} \quad (2.6)$$

(2.4)式の $\lambda$ を消去するために、(2.6)式の $\lambda$ を(2.4)式に代入し、両辺に $L$ をかけると、(2.7)式となる。

$$-\log \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) - \frac{E}{L} \cdot \sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk} = 0 \quad (2.7)$$

そこで、(2.7)式を $\log \frac{q_{ij}}{r_i}$ について整理すると、

$$\log \frac{q_{ij}}{r_i} = -\frac{E}{L} \cdot \sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk} \cdot \left( \frac{1}{-\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i} \right) \quad (2.8)$$

となり、(2.8)式の左辺を $q_{ij}$ に変換すると、(2.9)式が得られる。

$$q_{ij} = r_i \cdot u \cdot \left( \frac{\sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk} \times \frac{1}{-\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i}} \right) \quad (2.9)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{E}{L}}$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} r_i \cdot u \cdot \left( \frac{\sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk} \times \frac{1}{-\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i}} \right) = 1 \quad (2.10)$$

そこで、(2.10)式を満足する $u$ を数値的に求め、その $u$ の値を(2.9)式に代入することにより、各上位選択対象に対する選択比率 $q_{ij}$ を推定することができる。(2.9)式と一因子情報路モデル<sup>3</sup>の解、すなわち、

$$p_i = u^{-x_i} \quad (2.11)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{S}{L}}, \quad L = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i, \quad S = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i$$

を比較すると、(2.9)式は一因子情報路モデルの特性値  $x_i$  を  $\sum_{k=1}^{m_j} x_{ijk} \times \frac{1}{-\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i}$  へと置き換え、

方向  $i$  の配分ウェイト  $r_i$  を乗じた式となっており、(2.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

### 【Step3】各下位選択対象 $k$ に対する選択比率推定モデル（第3段階）

Step3 では、各下位選択対象  $k$  に対する選択比率  $p_{ijk}$  を推定するためのモデル（積のモデル）を考えることにする。その際、仮説 I については Step2 と同様に(2.12)式の平均特性値  $L$  によって捉え、仮説 II については下位選択対象まわり（ $p_{ijk}$  まわり）のエントロピーのみならず、上位選択対象まわり（ $q_{ij}$  まわり）のエントロピーと  $r_i$  まわりのエントロピーも加味することにより、(2.13)式のようにこれらの和として定式化する。

$$L = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_j} q_{ij} \cdot \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} \cdot x_{ijk} \quad (2.12)$$

$$E = \left( -\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} \sum_{k=1}^{m_j} \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} \cdot \log \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \quad (2.13)$$

$$\text{ただし、 } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_j} p_{ijk} = 1$$

その上で、(2.12)式の平均特性値  $L$  をなるべく小さく、(2.13)式のエントロピー  $E$  をなるべく大きくするような各下位選択対象  $k$  に対する選択比率  $p_{ijk}$  を推定するために、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(2.14)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{E}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_j} p_{ijk} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (2.14)$$

(2.14)式は  $p_{ijk}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を  $p_{ijk}$  にて偏微分して 0 とおくと(2.15)式が得られる。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial p_{ijk}} = \frac{E' \cdot L - E \cdot L'}{L^2} - \lambda$$

$$= \frac{\left\{ -\log \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) - \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \right\} \cdot L - E \cdot x_{ijk}}{L^2} - \lambda = 0 \quad (2.15)$$

次に、(2.15)式の両辺に  $p_{ijk}$  を乗じた上で、 $i$  と  $j$  および  $k$  について足し込み、その式を整理すると(2.16)式のようにになる。

$$\frac{\left\{ E - \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \right\} \cdot L - E \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (2.16)$$

さらに、(2.16)式を  $\lambda$  について整理すると、 $\lambda$  は(2.17)式のように表される。

$$\lambda = -\frac{\left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right)}{L} \quad (2.17)$$

(2.15)式の  $\lambda$  を消去するために、(2.17)式の  $\lambda$  を(2.15)式にし、両辺に  $L$  をかけると、(2.18)式のようにになる。

$$\left\{ -\log \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right) \right\} - \frac{E}{L} \cdot x_{ijk} = 0 \quad (2.18)$$

そこで、(2.18)式を  $\log(p_{ijk}/q_{ij})$  について整理すると、(2.19)式のようにになる。

$$\log \frac{p_{ijk}}{q_{ij}} = -\frac{E}{L} \cdot x_{ijk} \cdot \left\{ \frac{1}{\left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right)} \right\} \quad (2.19)$$

ここで、 $t_{ijk}$  を、

$$t_{ijk} = x_{ijk} \cdot \left\{ \frac{1}{\left( -\sum_{i=1}^2 r_i \sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{r_i} \cdot \log \frac{q_{ij}}{r_i} \right) \cdot \left( -\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i \right)} \right\} \quad (2.20)$$

とし、(2.19)式の左辺を  $p_{ijk}$  に変換すると、(2.21)式が得られる。

$$p_{ijk} = q_{ij} \cdot U^{-t_{ijk}} \quad (2.21)$$

$$\text{ただし、 } U = e^{\frac{E}{L}}$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} q_{ij} \cdot U^{-t_{ijk}} = 1 \quad (2.22)$$

そこで、(2.22)式を満足する  $U$  を数値的に求め、その  $U$  の値を(2.21)式に代入することにより、方向  $i$  の上位選択対象  $j$  のもとで下位選択対象  $k$  に対する選択比率  $p_{ijk}$  を推定することができる。Step3 の(2.21)式と Step2 の(2.9)式を比較すると、(2.21)式は(2.9)式の特

性値  $\sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk} \times \frac{1}{-\sum_{i=1}^2 r_i \cdot \log r_i}$  を  $t_{ijk}$ 、方向  $i$  の配分ウェイト  $r_i$  を  $q_{ij}$  へと置き換えた式となっており、

(2.9)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

以上のような3段階 (Step1, Step2 と Step3) の手順、すなわち、①  $i$  方向の配分ウェイト  $r_i$  を設定した上で、② 各上位選択対象に対する選択比率  $q_{ij}$  を推定し、③ 各下位選択対象に対する選択比率  $p_{ijk}$  を推定することにより、2方向3段階の階層型選択行動に対する拡大推論を、比較的簡潔な形式でモデル化することができるのである。

## 2.4 提案モデルの実証分析(マトリクス型組織における経営資源配分比率の推定)

### 2.4.1 問題設定

本章では、2方向3段階の選択行動に対する拡大推論の典型例として、「マトリクス型組織における経営資源配分問題」を設定し、この問題を前提に提案モデルの実証分析を展開していくことにする。周知のように、企業が内部の限りある経営資源をどのように配分するかは、企業にとって重要な選択行動の1つである。とりわけ、こうした経営資源を配分される各事業部や各部署にとって、活動の原動力となる経営資源(インプット)の充実は、アウトプット(商品やサービス等)のクォリティを向上させる大きな要因となる。したがって、それぞれの事業部や部署に対してどのように経営資源を配分するかによって、経営の成果が大きく左右されることになる。

上記のような経営資源配分問題は、本来、多くの要因(例えば、売上高、将来性、収益性、市場性、企業にとっての主力事業か否か等)に依存するが、企業外部者(一般投資家や、就職活動中の学生等)がそれぞれの事業部や職能ごとにこれらの豊富な情報(データ)を入手することは困難である。しかしながら、各部署の「売上高」や「利益」であれば、これらを知ることは、企業外部者であっても、ある程度は可能である。そこで、企業外部者にとって入手が容易な「売上高」と「利益」のみで、企業内部者の経営資源配分行動(選択行動)を推論するという場面を設定し、本章の提案モデルにより、その配分比率を推定することを試みる。

### 2.4.2 分析方法

ここでは、本章の提案モデル(2方向3段階の階層型一因子情報路モデル)に対して、マトリクス型組織における経営資源配分問題を前提に、簡単な数値例を適用することにより、各部署への選択比率  $p_{ijk}$  の推定を試みることにする。そこで、まず表 2.1 のように、事業部  $A_{1j}$  に関しては  $A_{11} \sim A_{14}$ 、職能  $A_{2j}$  に関しては  $A_{21} \sim A_{24}$ 、部署  $B_{ijk}$  に関しては  $B_{i1} \sim B_{i7}$  を設定し、それらの組み合わせに対して表 2.1 のような売上高  $y_{1jk}$  と表 2.2 のような利益  $y_{2jk}$  の数値例を考えることにする。

その際、以下のような方針に従って、売上高  $y_{1jk}$  と利益  $y_{2jk}$  の数値例を設定していくことにする。ただし、2.2.2 節の前提条件で述べたように、平均特性値  $L$  は小さいほうが望ましいため、ここでの特性値として、大きいほうが望ましい事業部別売上高比率  $x_{1jk}$  と職能別利益比率  $x_{2jk}$  に対してはその逆数をとることにする。

**【数値例の設定方針】**

- ① 事業部  $A_{1j}$  と職能  $A_{2j}$  にとって、部署  $B_{ijk}$  の売上が存在しない、すなわち  $y_{ijk}=0$  となるような部署を設定する。
- ② 事業部  $A_{11}$  の売上高が最も大きく、 $A_{12}$ ,  $A_{13}$ ,  $A_{14}$  の順に小さくなっていくような売上高を設定する。
- ③ 職能  $A_{21}$  と  $A_{22}$  の利益が最も大きく、 $A_{23}$ ,  $A_{24}$  の順に小さくなっていくような利益を設定する。

そこで、表 2.1 の「売上高」と表 2.2 の「利益」、および表 2.3 の「方向  $i$  への配分ウェイト  $r_i$ 」が既知であるという前提のもとで、本章の提案モデルに従って、経営資源配分比率を推定していくことにする。

**表 2.1 売上高  $y_{1jk}$  の数値例 (単位：億円)**

部署( $B_{1jk}$ ) 事業部( $A_{1j}$ )	$B_{1j1}$	$B_{1j2}$	$B_{1j3}$	$B_{1j4}$	$B_{1j5}$	$B_{1j6}$	$B_{1j7}$	事業部別 合計
$A_{11}$	9	8	7	6	5	4	3	42
$A_{12}$	9	5	5	8	8	2	0	37
$A_{13}$	9	7	7	6	5	0	0	34
$A_{14}$	9	6	3	1	0	0	0	19

**表 2.2 利益  $y_{2jk}$  の数値例 (単位：億円)**

部署( $B_{2jk}$ ) 職能( $C_{2j}$ )	$B_{2j1}$	$B_{2j2}$	$B_{2j3}$	$B_{2j4}$	$B_{2j5}$	$B_{2j6}$	$B_{2j7}$	職能別 合計
$A_{21}$	4	5	6	7	5	4	3	34
$A_{22}$	8	8	6	5	4	3	0	34
$A_{23}$	6	5	7	7	2	0	0	27
$A_{24}$	4	7	1	4	0	0	0	16

**表 2.3 方向  $i$  への配分ウェイト  $r_i$  の数値例**

ウェイト	配分ウェイト
2 方向	
事業部方向 $r_1$	0.800
職能方向 $r_2$	0.200

### 2.4.3 分析結果

前述の数値例（表 2.1～表 2.3）から求めた、部署別売上高比率（ $x_{1jk}$ =部署別の売上高  $y_{1jk}$ /事業部方向の売上高総合計）、部署別利益比率（ $x_{2jk}$ =部署別の利益  $y_{2jk}$ /職能方向の利益総合計）と、表 2.3 の配分ウェイト  $r_i$  を、2.3.3 節の(2.9)式に代入し、Step2 の経営資源配分比率  $q_{ij}$  を推定する。次に、2.3.3 節の(2.21)式により Step3 の経営資源配分比率  $p_{ijk}$  を推定する。これらの経営資源配分比率を推定した結果は、表 2.4 と表 2.5 の通りである。

表 2.4 推定した事業部方向の経営資源配分比率  $p_{1jk}$

部署( $B_{1jk}$ ) 事業部( $A_{1j}$ )	$B_{1j1}$	$B_{1j2}$	$B_{1j3}$	$B_{1j4}$	$B_{1j5}$	$B_{1j6}$	$B_{1j7}$
$A_{11}$	0.0813	0.0698	0.0574	0.0443	0.0307	0.0178	0.0071
$A_{12}$	0.0704	0.0266	0.0266	0.0604	0.0604	0.0010	0
$A_{13}$	0.0632	0.0446	0.0446	0.0344	0.0239	0	0
$A_{14}$	0.0223	0.0121	0.0020	0.0000	0	0	0

表 2.5 職能方向の経営資源配分比率  $p_{2jk}$

部署( $B_{2jk}$ ) 職能( $A_{2j}$ )	$B_{2j1}$	$B_{2j2}$	$B_{2j3}$	$B_{2j4}$	$B_{2j5}$	$B_{2j6}$	$B_{2j7}$
$A_{21}$	0.0066	0.0104	0.0142	0.0177	0.0104	0.0066	0.0031
$A_{22}$	0.0208	0.0208	0.0142	0.0104	0.0066	0.0031	0
$A_{23}$	0.0106	0.0078	0.0132	0.0132	0.0005	0	0
$A_{24}$	0.0019	0.0051	0.0000	0.0019	0	0	0

そこで、本章の提案モデルにより推定した結果（表 2.4 と表 2.5）について、多面的に分析したところ、以下の 4 つの点を指摘することができる。

#### (1) 事業部別売上高と職能別利益が経営資源配分比率の推定値に与える影響（表 2.5）

事業部別売上高と職能別利益が、それぞれ等しく、かつその事業部間・職能間での部署の「売上高」あるいは「利益」が等しい場合（例えば、表 2.5 の職能  $A_{21}$  の部署  $B_{2j6}$  と職能  $A_{22}$  の部署  $B_{2j5}$ ）は、同じ経営資源配分比率（0.0066）となっている。一方で、これらが等しくない場合（例えば、表 2.5 の職能  $A_{22}$  の部署  $B_{2j4}$  と職能  $A_{23}$  の部署  $B_{2j2}$ ）については、その事業部間・職能間で部署の「売上高」あるいは「利益」が等しくても、同じ経営資源配分比率とはならないこと（0.0104 と 0.0078）がわかる。これは、本章の提案モ

デルが、事業部（売上）方向と職能（利益）方向の両面から各部署の経営資源配分比率  $p_{ijk}$  を推定しているからであり、利益の等しい部署であっても、売上が異なれば  $p_{ijk}$  の推定値が異なることは、現実に即した結果であろう。

### (2) 部署数の差による推定値への影響（表 2.2 と表 2.5）

部署数に差が生じていても、事業部別売上高や職能別利益が等しく（例えば、表 2.2 の職能  $A_{21}=34$  と職能  $A_{22}=34$ ）、かつ事業部間や職能間での部署の「売上高」あるいは「利益」が等しい場合（例えば、表 2.2 の職能  $A_{21}$  の部署  $B_{2j3}$  と職能  $A_{22}$  の部署  $B_{2j3}$ ）は、経営資源配分比率  $p_{ijk}$ （表 2.5）も等しい値（0.0142）となることがわかる。すなわち、上記のような場合、部署数の差は推定値に影響しないのである。これは、同一の  $i$  において、 $y_{ijk}$  が  $k$  間で等しければ、部署別の経営資源配分比率  $p_{ijk}$  が、部署数に依存しないことを示しており、本章の実証分析における重要な示唆であろう。ただし、部署数が異なれば、 $y_{ijk}$  も異なることが一般的であり、この場合は当然のことながら経営資源配分比率  $p_{ijk}$  が異なる結果となることに注意を要する。

### (3) エントロピー $E$ と平均特性値 $L$ が推定値に与える影響（表 2.6 と表 2.7）

本章の提案モデルにより推定された経営資源配分比率  $p_{ijk}$  と、比例配分により算出した第 3 段階の経営資源配分比率とを比較した結果（表 2.6 と表 2.7）、事業部別売上高の平均（事業部別売上高の合計／事業部数）に近い値を持つ事業部ほど、比例配分との差が小さくなっていることがわかる。これと同様に、職能別利益の平均（職能別利益の合計／職能数）に近い値を持つ職能ほど、比例配分との差が小さくなっていることがわかる。さらに、部署ごとの「売上高」あるいは「利益」が、上記の平均をそれぞれの事業部あるいは職能の部署数で除した値（事業部別売上高の平均／事業部内部署数あるいは職能別利益の平均／職能内部署数）に近い部署ほど、比例配分の結果との差が小さくなっている。

これらの結果は、ここでの問題設定から考えて当然の結果であるが、図 2.8 より、比例配分の結果に比較して本章の提案モデルの結果は、その変化（部署間の経営資源配分比率の差）が大きいことがわかる。すなわち、特性値（売上高比率あるいは利益比率）が平均特性値  $L$  と等しいときにエントロピー  $E$  は最大となり、特性値  $x_{ijk}$  と平均特性値  $L$  との差が広がるに従い、エントロピー  $E$  は小さくなる（特性値の影響が大きくなる）のである。

これは、特性値  $x_{ijk}$  の大きい部署にはより多くの経営資源を、特性値  $x_{ijk}$  の小さい部署にはより少ない経営資源を配分したいという人間の選択行動を反映しており、妥当な結果であろう。そこで、(4) では上記のようなエントロピー  $E$  と平均特性値  $L$  の影響を、比例配分のみならず一因子情報路モデルとも比較しながらさらに掘り下げて検討していくことにしよう。

表 2.6 経営資源配分比率の推定値と比例配分の結果（事業部方向）

部署( $B_{1jk}$ ) 事業部( $A_{1j}$ )	$B_{1j1}$	$B_{1j2}$	$B_{1j3}$	$B_{1j4}$	$B_{1j5}$	$B_{1j6}$	$B_{1j7}$	事業部別 合計
提案モデル $A_{11}$	0.0813	0.0698	0.0574	0.0443	0.0307	0.0178	0.0071	0.3084
比例配分 $A_{11}$	0.0546	0.0485	0.0424	0.0364	0.0303	0.0242	0.0182	0.2546
提案モデル $A_{12}$	0.0704	0.0266	0.0266	0.0604	0.0604	0.0010	0.0000	0.2454
比例配分 $A_{12}$	0.0546	0.0303	0.0303	0.0485	0.0485	0.0121	0.0000	0.2242
提案モデル $A_{13}$	0.0632	0.0446	0.0446	0.0344	0.0239	0.0000	0.0000	0.2108
比例配分 $A_{13}$	0.0546	0.0424	0.0424	0.0364	0.0303	0.0000	0.0000	0.2061
提案モデル $A_{14}$	0.0223	0.0121	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0363
比例配分 $A_{14}$	0.0546	0.0364	0.0182	0.0061	0.0000	0.0000	0.0000	0.0546

表 2.7 経営資源配分比率の推定値と比例配分の結果（職能方向）

部署( $B_{2jk}$ ) 職能( $A_{2j}$ )	$B_{2j1}$	$B_{2j2}$	$B_{2j3}$	$B_{2j4}$	$B_{2j5}$	$B_{2j6}$	$B_{2j7}$	職能別 合計
提案モデル $A_{21}$	0.0066	0.0104	0.0142	0.0177	0.0104	0.0066	0.0031	0.0690
比例配分 $A_{21}$	0.0072	0.0090	0.0108	0.0126	0.0090	0.0072	0.0054	0.0613
提案モデル $A_{22}$	0.0208	0.0208	0.0142	0.0104	0.0066	0.0031	0.0000	0.0759
比例配分 $A_{22}$	0.0144	0.0144	0.0108	0.0090	0.0072	0.0054	0.0000	0.0613
提案モデル $A_{23}$	0.0106	0.0078	0.0132	0.0132	0.0005	0.0000	0.0000	0.0454
比例配分 $A_{23}$	0.0108	0.0090	0.0126	0.0126	0.0036	0.0000	0.0000	0.0486
提案モデル $A_{24}$	0.0019	0.0051	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088
比例配分 $A_{24}$	0.0072	0.0126	0.0018	0.0072	0.0000	0.0000	0.0000	0.0288

(4) 本章の提案モデルと一因子情報路モデルの比較（表 2.8・表 2.9 と図 2.8）

本章の提案モデルによる推定値を、一因子情報路モデルによる推定値（表 2.8）と比較した結果（図 2.8）、本章のモデルは、通常の一因子情報路モデルのように平均値から離れていくに従い、部門間の推定値の差が大きくなるというエントロピー・モデルの特徴と、通常の一因子情報路モデルと比べて部門間の推定値のバラツキが小さく、グラフの形状が比例配分にやや近づくという特徴を併せ持っていることがわかる。これは、 $p_{ijk}$  を推定する際に、(2.21)式の右辺に  $q_{ij}$  ( $0 < q_{ij} < 1$ ) が加かることにより、 $p_{ijk}$  の推定値が  $t_{ijk}$  のみならず  $q_{ij}$  の影響を受けるようになり、 $t_{ijk}$  の差による差別化の影響が緩和されるからであろう。これが、部門間における推定値のバラツキを小さくしているのである。

以上より、本章の提案モデル（2方向3段階の階層型一因子情報路モデル）は、各部署  $j$  間における経営資源配分比率の差を、比例配分よりも大きく、一因子情報路モデルよりは小さくしたい場合の推定に適した分析モデルであること、また 2.3.3 節の 2 つの仮説に即した推定結果が得られることが示唆される。そういった意味で、本章の提案モデルは、これまで階層構造を持たなかった一因子情報路モデルを、階層的な選択行動の問題へと拡張するための新たな研究アプローチとなりうるのである。

表 2.8 「提案モデル」と「一因子情報路モデル」の推定結果（事業部方向）

部署( $B_{1jk}$ )		$B_{1j1}$	$B_{1j2}$	$B_{1j3}$	$B_{1j4}$	$B_{1j5}$	$B_{1j6}$	$B_{1j7}$	合計
事業部( $A_{1j}$ )									
提案モデル	$A_{11}$	0.0813	0.0698	0.0574	0.0443	0.0307	0.0178	0.0071	0.3084
一因子情報路モデル	$A_{11}$	0.0842	0.0636	0.0444	0.0273	0.0139	0.0051	0.0009	0.2393
提案モデル	$A_{12}$	0.0704	0.0266	0.0266	0.0604	0.0604	0.0010	0.0000	0.2454
一因子情報路モデル	$A_{12}$	0.0842	0.0139	0.0139	0.0636	0.0636	0.0000	0.0000	0.2393
提案モデル	$A_{13}$	0.0632	0.0446	0.0446	0.0344	0.0239	0.0000	0.0000	0.2108
一因子情報路モデル	$A_{13}$	0.0842	0.0443	0.0443	0.0273	0.0139	0.0000	0.0000	0.2140
提案モデル	$A_{14}$	0.0223	0.0121	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0363
一因子情報路モデル	$A_{14}$	0.0842	0.0273	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1125

表 2.9 「提案モデル」と「一因子情報路モデル」の推定結果（職能方向）

部署( $B_{2jk}$ )		$B_{2j1}$	$B_{2j2}$	$B_{2j3}$	$B_{2j4}$	$B_{2j5}$	$B_{2j6}$	$B_{2j7}$	合計
職能( $A_{2j}$ )									
提案モデル	$A_{21}$	0.0066	0.0104	0.0142	0.0177	0.0104	0.0066	0.0031	0.0690
一因子情報路モデル	$A_{21}$	0.0028	0.0066	0.0117	0.0175	0.0066	0.0028	0.0007	0.0488
提案モデル	$A_{22}$	0.0208	0.0208	0.0142	0.0104	0.0066	0.0031	0.0000	0.0759
一因子情報路モデル	$A_{22}$	0.0238	0.0238	0.0117	0.0066	0.0028	0.0007	0.0000	0.0694
提案モデル	$A_{23}$	0.0106	0.0078	0.0132	0.0132	0.0005	0.0000	0.0000	0.0454
一因子情報路モデル	$A_{23}$	0.0117	0.0066	0.0175	0.0175	0.0000	0.0000	0.0000	0.0534
提案モデル	$A_{24}$	0.0019	0.0051	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088
一因子情報路モデル	$A_{24}$	0.0028	0.0175	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0232

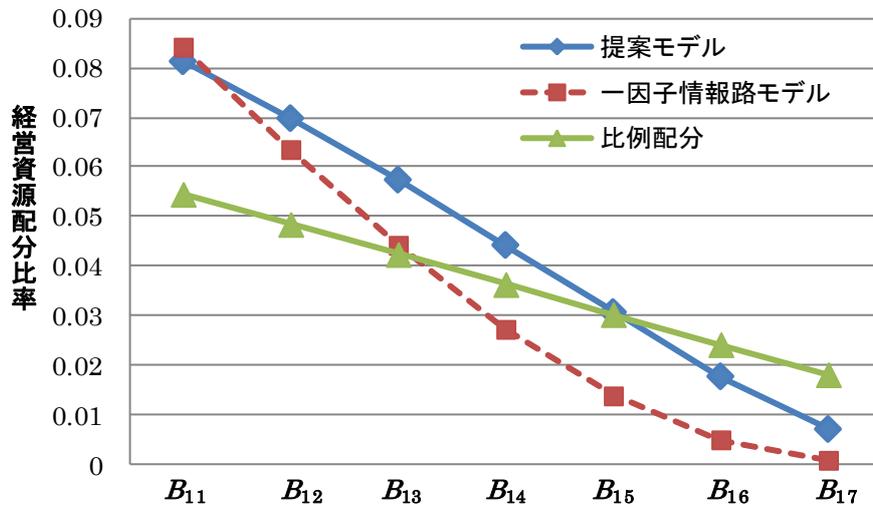


図2.8 事業部  $A_{11}$  におけるそれぞれの推定方法による事業部別の配分比率推定値の関係

#### 2.4.4 考察

2.4.3 節の結果から、本章の提案モデルも一因子情報路モデルと同様に、エントロピー・モデルの特徴、すなわち、特性値  $x_{ijk}$  の値が小さいほど、選択比率  $p_{ijk}$  が大きくなり、特性値  $x_{ijk}$  の値が大きいほど、選択比率  $p_{ijk}$  が小さくなるという特徴を持っていることがわかる。一方で、本章の提案モデルは、比例配分の場合と同様に、特性値  $x_{ijk}$  と選択比率が直線的な関係となっている。したがって、本章の提案モデルは、前述のように、一因子情報路モデルと比例配分の両方の性格を併せ持っているところに特徴がある。

これより、本章の提案モデルは、比例配分よりも大きく差別化を図りたいが、一因子情報路モデルほどは、差を大きくしたくない場合に、適したモデルといえよう。例えば、従業員の報酬を決める際に、社員の実績により報酬の差別化を図りたいが、従業員間の格差を抑えたい場合が、これに相当する。このような場面では、本章の提案モデルを適用することで、現実に即した推定結果を得ることが可能になるのである。

さらに、第1章の「2段階の階層型エントロピー・モデル」では、1つの特性値のみしか対応することができなかったが、本章の提案モデルでは、2つの異なる特性値に対応することができるようになった。すなわち、エントロピー・モデルの適用可能な場面が、1つの特性値のみならず、2つの特性値を用いた人間の選択行動に関する拡大推論へと広がるのである。これにより、通常のエントロピー・モデルでは、1段階の選択行動のみでしか選択比率を推定できなかったが、第1章の2段階の階層型エントロピー・モデルにより、2段階の選択行動における選択比率を推定することが可能になった。さらに、本章の提案モデルでは、2段階の選択行動に加えて、複数の特性値を組み込むことを可能にしたことで、第1章のモデルに比較して、大幅に適用場面が拡大し、より多くの場面でエントロピー

一・モデルによる分析が可能になる。ここに、**第1章**と同様に、「エントロピー・モデル」に対する本章の提案モデルの貢献が存在するのである。

## 2.5 本章で得られた成果

本章では一因子情報路モデル<sup>4</sup>に基づき、「2方向3段階の階層型一因子情報路モデル」を新たに提案した。この分析モデルにより、複雑な階層構造を有した人間の選択行動における選択比率を推定することを可能にした。すなわち、こうしたエントロピー・モデルを用いることで、人間の情報処理過程における選択行動の際の恣意性や偶然性を考慮した選択比率を推定することができるのである。

さらに、本章の提案モデルの実証分析（マトリクス型組織における経営資源配分比率の推定）として、経営者（企業内部者）による経営資源配分を、一般投資家や就職活動中の学生等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、簡単な数値例により、経営資源配分比率の推定を試みた。また、その推定値から、各部署への経営資源配分比率を推定する際に、事業部方向・職能方向まわりのエントロピーと事業部・職能まわりのエントロピー、および部署まわりのエントロピーによる「三重」の影響が結果に反映されるといふ知見が得られ、本章の提案モデルの有効性を確認することができた。

以上のように、**第1章**のモデルを、2方向3段階の階層型エントロピー・モデルへと拡張することにより、多方向（2方向）の階層構造を持った人間の選択行動における選択比率の推定問題という、エントロピー・モデルの新たな問題に対する独自の分析アプローチを提示することができた。

---

<sup>1</sup> 山下洋史，鄭年皓，山本昌弘(2011)，「バブル期の財務データを用いた一因子二段階情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.94, No. 1, pp.1-18.

<sup>2</sup> 国沢清典(1991)，『エントロピー・モデル』日科技連出版社，pp.36-46.

<sup>3</sup> 国沢清典(1991)，前掲書（注2），pp.36-46.

<sup>4</sup> 国沢清典(1991)，前掲書（注2），pp.36-46.

## 第3章 重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル

### 3.1 本章の目的

企業外部者（消費者や一般投資家等）にとって、自身の選択を決める各要因（各選択要因）が、一因子情報路モデルで想定しているような1つの要因（例えば、価格や数量等）のみであることは少なく、一般に複数の要因が複雑に絡み合っていることが多い。その際、これらの要因の中には、選択行動の主体が重視する要因と、あまり重視しない要因とが存在するものと思われる。

このように、複数の選択要因（因子）を考慮する場合、各要因に対して、ある重み（ウェイト）を想定したもとの満足度の高い候補（選択対象）を選択しているものと思われる。こうした各要因のウェイトを考慮することで、各選択対象の優先度が決まるのである。したがって、上記のような企業外部者の選択行動をモデル化しようとする場合、各要因に対するウェイトを考慮することが求められる。

このように企業外部者の選択行動に焦点を当てた代表的な分析モデルが、国沢<sup>1</sup>の一因子情報路モデルや Herniter<sup>2</sup>のモデル等、一連のエントロピー・モデルであろう。しかしながら、従来のエントロピー・モデル<sup>3</sup>では、そのウェイトが既知であるという前提を置いていたのに対して、本章の提案モデルでは、こうした前提を取り去り、最大エントロピー原理（序論V-7を参照）に従ったウェイトの推定を可能にするのである。これにより、ウェイトを推定することができないという従来のエントロピー・モデルにおける問題点を克服し、各選択要因に対するウェイト推定問題を、最大エントロピー原理に基づきモデル化するのである。

そこで、本章では、従来のエントロピー・モデルに対して、新たに上記のウェイト  $w_j$  を組み込むことにより、「重みつき多因子情報路モデル」(Model-A と Model-B) を提案する。その際、各因子に対するウェイト  $w_j$  の和が1という制約条件のもとで、

Model-A : ウェイト  $w_j$  まわりのエントロピー / 重みつき平均特性値

Model-B : (ウェイト  $w_j$  まわりのエントロピー + 選択確率まわりのエントロピー) / 重みつき平均特性値を、それぞれ最大化するようなウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例により、各因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  を推定し、これにより提案モデルの妥当性・有効性を確認するとともに、推定したウェイト  $w_j$  と特性値との間の関係を検討していくことにする。

## 3.2 使用記号と前提条件

### 3.2.1 使用記号

本章で提案する「重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル」に使用する記号は、下記の通りである。

$L$ : 平均特性値

$G$ : ウェイトまわりのエントロピー

$E$ : 総合的なエントロピー

(ウェイトまわりのエントロピー+選択確率まわりのエントロピー)

$i$ : 選択対象 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$j$ : 因子 ( $j = 1, 2, \dots, m$ )

$p_i$ : 選択対象  $i$  の選択確率

$w_j$ : 因子  $j$  に対するウェイト

$x_{ij}$ : 選択対象  $i$  に対する因子  $j$  の特性値

### 3.2.2 前提条件

人間の選択行動における各選択要因  $j$  (各因子) のウェイト  $w_j$  を簡潔な形式で推定することができるようにするために、以下のような前提条件を設定する。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者とする。
- ② 選択対象に関して十分には情報が得られていないものとする。
- ③ ただし、いくつかの選択要因に関する情報 (特性値  $x_{ij}$ ) については得られているものとする。
- ④ 上記の要因に関する特性値は、金額や数量等の明確な情報であり、小さいほど好ましいものとする (大きいほど好ましい場合は、その逆数をとることにする)。
- ⑤ 選択対象  $i$  に対する選択確率  $p_i$  という「先験情報」が与えられているものとする。
- ⑥ 特性値  $x_{ij}$  は、同等の尺度と同一の単位を持ち、因子  $j$  間で比較可能な数値情報とする。

## 3.3 「重みつき多因子情報路におけるウェイト推定モデル」の提案

### 3.3.1 提案モデルの概要

本章では、複数の因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  を推定するための新たなエントロピー・モデル (Model-A と Model-B) を提案する。これらは、「ウェイトまわりのエントロピーに注目したモデル」 (Model-A) と、「ウェイトまわりのエントロピー+選択確率まわりのエントロピーに注目したモデル」 (Model-B) である。

前者は、各因子に対するウェイト  $w_j$  の和が 1 という制約条件のもとで、ウェイト  $w_j$  ま

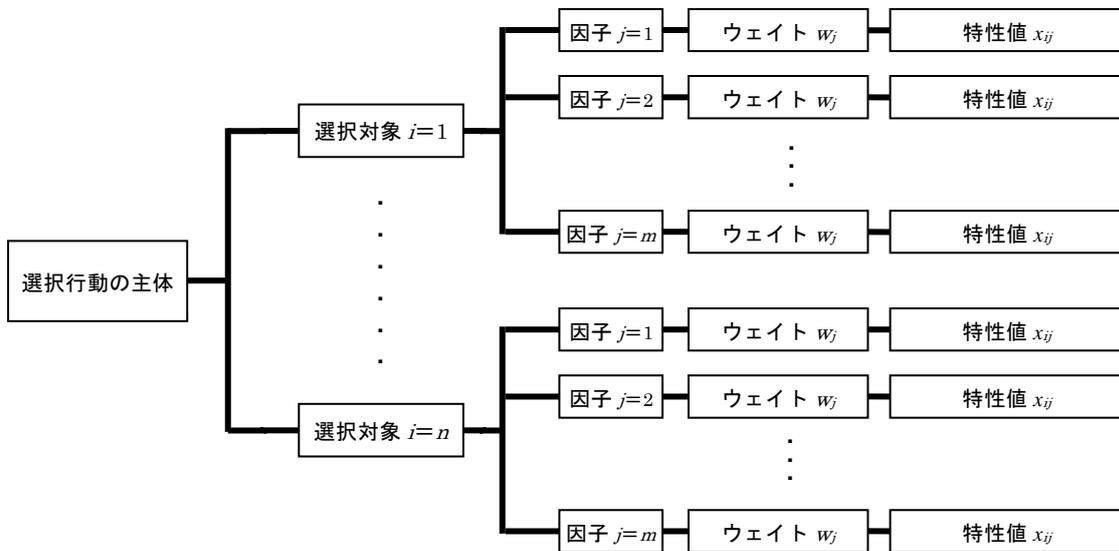


図 3.1 複数の選択要因に対するウェイトと特性値の構造

わりのエントロピー  $G$  / 重みつき平均特性値  $L$  を最大化するようなウェイト  $w_j$  を推定するためのエントロピー・モデルであり、後者は、(ウェイト  $w_j$  まわりのエントロピー + 選択確率まわりのエントロピー  $p_i$ )  $E$  / 重みつき平均特性値  $L$  を最大化するようなウェイト  $w_j$  を推定するためのエントロピー・モデルである。

### 3.3.2 問題の定式化と解の導出

#### 3.3.2.1 Model-A

ここでは、国沢<sup>4</sup>の一因子情報路モデルの仮説に対して、各因子  $j$  のウェイト  $w_j$  を加味することにより、下記のような 2 つの仮説を設定する。これらの仮説は、それぞれ(3.1)式の「重みつき平均特性値」  $L$  と、(3.2)式の「ウェイトまわりのエントロピー」  $G$  に相当する。前者の「重みつき平均特性値」は選択行動の主体の満足感を、また後者の「ウェイトまわりのエントロピー」は自由勝手な選択行動を、それぞれ表している。

仮説 I : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、自身の満足度を高めようと複数の因子  $j$  に関する特性値の平均が、できるだけ小さくなるような選択をしようとする。

仮説 II : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、複数の因子  $j$  に対して何の制約もなく、できるだけ自由勝手な重みづけ (各因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$ ) をしようとする。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_i \cdot x_{ij} \quad (3.1)$$

$$G = - \sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j \quad (3.2)$$

$$\text{ただし、} \sum_{j=1}^m w_j = 1$$

そこで、(3.1)式の重みつき平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(3.2)式のウェイトまわりのエントロピー  $G$  をなるべく大きくするようなウェイト  $w_j$  の推定問題を考えることにする。その上で、国沢<sup>5)</sup>の一因子情報路モデルと同様に、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(3.3)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{G}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (3.3)$$

(3.3)式の  $\varphi$  は、 $w_j$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を最大化するウェイト  $w_j$  を推定すべく、 $w_j$  で偏微分して 0 とおくと、(3.4)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial w_j} &= \frac{G' \cdot L - G \cdot L'}{L^2} - \lambda \\ &= \frac{(-\log w_j - 1) \cdot L - G \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij} \right)}{L^2} - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

次に、(3.4)式の両辺に  $w_j$  を乗じて  $j$  について足し込み、その式を整理すると、(3.5)式のようなになる。

$$\frac{(G-1) \cdot L - G \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (3.5)$$

さらに、(3.5)式を  $\lambda$  について整理すると、 $\lambda$  は(3.6)式となる。

$$\lambda = -\frac{1}{L} \quad (3.6)$$

(3.4)式の  $\lambda$  を消去するために、(3.6)式の  $\lambda$  を(3.4)式に代入すると、(3.7)式のようなになる。

$$\frac{(-\log w_j) \cdot L - G \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij} \right)}{L^2} = 0 \quad (3.7)$$

そこで、(3.7)式を  $\log w_j$  について整理すると

$$\log w_j = -\frac{G}{L} \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij} \right) \quad (3.8)$$

となり、(3.8)式の左辺を  $w_j$  へと変換すると、(3.9)式が得られる。

$$w_j = u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}} \quad (3.9)$$

$$\text{ただし、} u = e^{\frac{G}{L}}$$

$$\sum_{j=1}^m u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}} = 1 \quad (3.10)$$

したがって、(3.10)式を満足する  $u$  を数値的に求め、その値を(3.9)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定することができる。(3.9)式と一因子情報路モデル<sup>6</sup>の解、すなわち、

$$p_i = u^{-x_i} \quad (3.11)$$

$$\text{ただし、} u = e^{\frac{S}{L}}, \quad L = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i, \quad S = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i$$

を比較すると、(3.9)式は一因子情報路モデルの特性値  $x_i$  を  $\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}$  へと置き換えた式となっており、(3.11)式 of 自然な拡張形となっていることがわかる。

### 3.3.2.2 Model-B

Model-A と同様に、ウェイト  $w_j$  の推定問題をモデル化していくことにする。その際、仮説 I については Model-A と同様の仮説を、仮説 II については新たに下記のような仮説 II' を設定する。その上で、仮説 I を(3.12)式の平均特性値  $L$  によって捉え、仮説 II' に関しては、ウェイト  $w_j$  まわりのエントロピーのみならず、選択確率  $p_i$  まわりのエントロピーも加味することにより、(3.13)式のように定式化する。

**仮説 II'** : 企業外部者（消費者や一般投資家等）は、複数の因子  $j$  に対して何の制約もなく、できるだけ自由勝手に重みづけ（各因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$ ）をし、かつできるだけ自由勝手に選択対象を選択しようとする。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_i \cdot x_{ij} \quad (3.12)$$

$$E = -\sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j - \sum_{j=1}^m w_j \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i \quad (3.13)$$

そこで、(3.12)式の重みつき平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(3.13)式の総合的なエントロピー  $E$  をなるべく大きくするようなウェイト  $w_j$  の推定問題を考えることにする。まず、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(3.14)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{E}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (3.14)$$

(3.14)式は、分母の値（重みつき平均特性値）をできる限り小さく、かつ分子の値（総合的なエントロピー  $E$  = ウェイトまわりのエントロピー + 選択確率まわりのエントロピー）をできる限り大きくするようなウェイト  $w_j$  を推定しようとすることを意味する。そこで、(3.14)式を  $w_j$  で偏微分して 0 とおくと、(3.15)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial w_j} &= \frac{E' \cdot L - E \cdot L'}{L^2} - \lambda \\ &= \frac{(-\log w_j - 1) \cdot L - E \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij} \right)}{L^2} - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (3.15)$$

(3.15)式については、添え字  $j$  に関して  $m$  本の方程式が得られるため、それぞれの方程式の両辺に  $w_j$  をかけて  $j$  について足し込み、その式を整理すると、(3.16)式のようになる。

$$\frac{\left(E - 1 + \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i\right) \cdot L - E \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (3.16)$$

さらに、(3.16)式を  $\lambda$  について整理すると、Model-A と同様に、 $\lambda$  は(3.17)式のようになる。

$$\lambda = \frac{-1 + \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i}{L} \quad (3.17)$$

(3.15)式の  $\lambda$  を消去するために、(3.17)式を(3.15)式に代入すると、(3.18)式のようになる。

$$\frac{\left(-\log w_j - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i\right) \cdot L - E \cdot \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}\right)}{L^2} = 0 \quad (3.18)$$

そこで、(3.18)式を  $\log w_j$  について整理すると、

$$\log w_j = -\frac{E}{L} \cdot \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}\right) - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i \quad (3.19)$$

となり、(3.19)式の左辺を  $w_j$  へと変換すると、(3.20)式が得られる。

$$w_j = U^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}} \cdot e^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i} \quad (3.20)$$

ただし、 $U = e^{\frac{E}{L}}$

$$\sum_{j=1}^m U^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}} \cdot e^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i} = 1 \quad (3.21)$$

したがって、Model-A と同様に、(3.21)式を満足する  $U$  を数値的に求め、その値を(3.20)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定することができる。Model-A の(3.9)式と Model-B の(3.20)式を比較すると、(3.20)式は(3.9)式に  $\exp[-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i]$  を乗じた式となっており、Model-B は Model-A の自然な拡張形となっていることがわかる。

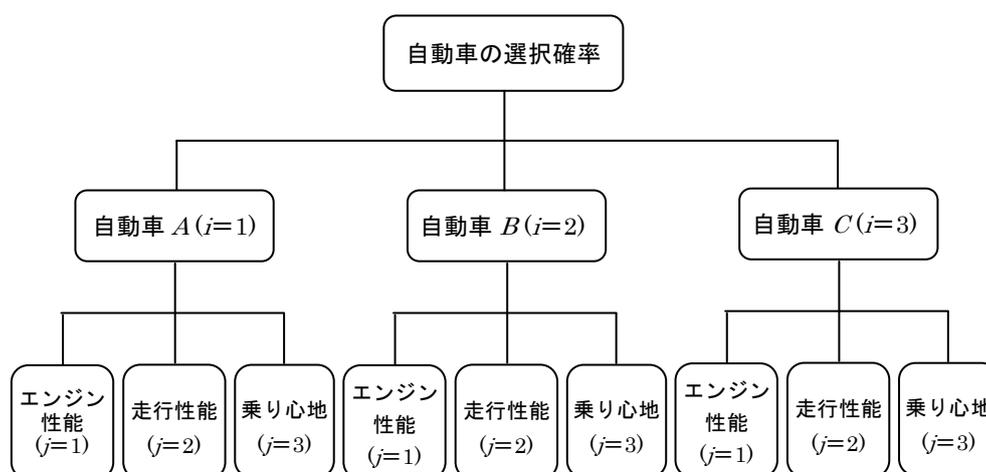
### 3.4 提案モデルの実証分析

#### 3.4.1 数値例による分析

ここでは、消費者（企業外部者）の選択行動に対する研究者やアナリスト（企業外部者）の拡大推論をモデル化した本章の提案モデル（Model-A と Model-B）の適用例として、簡単な数値例を設定し、**図 3.2** のような自動車の選択に関する実証分析を試みることにする。これは、消費者の選択行動に関する情報が不足している研究者やアナリストにとって、限られた情報から結論（選択確率）を導き出すという意味で、本研究で論じる「拡大推論」に相当するのである。

#### 3.4.2 分析方法

本章では、提案モデル（Model-A と Model-B）に対して、簡単な数値例を設定することにより、各選択対象を選択する際の因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  の推定を試みることにする。そこで、まず**表 3.1** のような Case-1～Case-5 の選択確率  $p_i$  と特性値  $x_{ij}$  を設定し、これら 5 つのケースについてウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。その際、以下のような数値例の設定方針に従って、選択確率  $p_i$  と特性値  $x_{ij}$  の値を設定する。



**図 3.2** 自動車の各要因に対するウェイト推定の構造

### 【数値例の設定方針】

数値例の設定方針として、因子  $j$  の特性値  $x_{ij}$  の変化によるウェイト  $w_j$  の変化を捉え易くするために、選択対象  $i$  の選択確率（表 3.2）については固定して、因子  $j$  の特性値  $x_{ij}$  を下記のような 5 通り（Case-1～Case-5）に設定する。

#### < Case-1 >

各選択対象  $i$  に対する各因子  $j$  の特性値をすべて同じ値 ( $x_{ij}=1$ ) に設定する。

#### < Case-2 >

すべての選択対象  $i$  について、各因子  $j$  の特性値を同じ値に設定する。

#### < Case-3 >

選択対象 3 ( $i=3$ ) → 選択対象 2 ( $i=2$ ) → 選択対象 1 ( $i=1$ ) の順で、各因子  $j$  の順位が下がっていくように特性値を設定する。

#### < Case-4 >

選択対象 1 ( $i=1$ ) → 選択対象 3 ( $i=3$ ) → 選択対象 2 ( $i=2$ ) の順で、各因子  $j$  の順位が下がっていくように特性値を設定する。

#### < CASE-5 >

選択対象 2 ( $i=2$ ) → 選択対象 1 ( $i=1$ )，選択対象 3 ( $i=3$ ) 順で、各因子  $j$  の順位が下がっていくように特性値を設定する。

表 3.1 数値例：自動車の評価（比尺度）

Case No.	因子 $j$	選択対象 $i$		
		自動車 A( $i=1$ )	自動車 B( $i=2$ )	自動車 C( $i=3$ )
Case-1	エンジン性能 ( $j=1$ )	1	1	1
	走行性能 ( $j=2$ )	1	1	1
	乗り心地 ( $j=3$ )	1	1	1
Case-2	エンジン性能 ( $j=1$ )	8	8	8
	走行性能 ( $j=2$ )	5	5	5
	乗り心地 ( $j=3$ )	2	2	2
Case-3	エンジン性能 ( $j=1$ )	8	6	4
	走行性能 ( $j=2$ )	7	5	3
	乗り心地 ( $j=3$ )	6	4	2
Case-4	エンジン性能 ( $j=1$ )	4	8	6
	走行性能 ( $j=2$ )	3	7	5
	乗り心地 ( $j=3$ )	2	6	4
Case-5	エンジン性能 ( $j=1$ )	6	4	8
	走行性能 ( $j=2$ )	5	3	7
	乗り心地 ( $j=3$ )	4	2	6

表 3.2 選択対象  $i$  に対する選択確率

選択対象 $i$	選択確率
自動車 $A (i=1)$	0.3
自動車 $B (i=2)$	0.5
自動車 $C (i=3)$	0.2

### 3.4.3 分析結果

表 3.1 のように設定した各数値例の値を、前述の(3.9)式 (Model-A) と(3.20)式 (Model-B) に代入し、因子  $j$  ごとのウェイト  $w_j$  を推定すると、表 3.3 と表 3.4 のような結果となった。

表 3.3 提案モデル (Model-A) により推定した因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$

Case No.	エンジン性能 ( $j=1$ )	走行性能 ( $j=2$ )	乗り心地 ( $j=3$ )
Case-1	0.333	0.333	0.333
Case-2	0.127	0.276	0.597
Case-3	0.265	0.328	0.407
Case-4	0.267	0.329	0.404
Case-5	0.253	0.326	0.421

表 3.4 提案モデル (Model-B) により推定した因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$

Case No.	エンジン性能 ( $j=1$ )	走行性能 ( $j=2$ )	乗り心地 ( $j=3$ )
Case-1	0.333	0.333	0.333
Case-2	0.023	0.138	0.840
Case-3	0.207	0.315	0.479
Case-4	0.211	0.316	0.473
Case-5	0.186	0.307	0.507

表 3.5 因子  $j$  の平均特性値

Case No.	エンジン性能( $j=1$ )	走行性能( $j=2$ )	乗り心地( $j=3$ )
Case-1	1.0	1.0	1.0
Case-2	8.0	5.0	2.0
Case-3	6.2	5.2	4.2
Case-4	6.4	5.4	4.4
Case-5	5.4	4.4	3.4

表 3.3 と表 3.4 を見ると、①Case-1 はすべての因子  $j$  に関する特性値  $x_{ij}$  が同一の値であるため、推定したウェイト  $w_j$  も同一の値 (0.333) となっていることがわかる。また、②Case-2 は因子  $j$  間で平均特性値 (表 3.5) の差が最も大きいため、最小のウェイトと最大のウェイトの差も大きく、③Case-3~Case-5 は因子  $j$  間で平均特性値の差が小さいため、最小のウェイトと最大のウェイトの差も小さくなっている。この結果は、エントロピー・モデルの特徴を端的に示しており、特性値  $x_{ij}$  が小さい場合は、ウェイトの推定値がより (比例配分以上に) 大きくなり、特性値  $x_{ij}$  が大きい場合は、ウェイトの推定値がより (比例配分以上に) 小さくなる。以上のように、Model-A と Model-B で推定したウェイト  $w_j$  は、3.3.2 節の仮説 I と仮説 II または仮説 II' を満足しており、好ましい特性値 (特性値が小さい) ほど、ウェイトの推定値は大きくなるという、現実に即した推定値であることがわかる。

### 3.4.4 考察

企業内部者 (ここでは、消費者) の選択行動において、各候補 (選択対象) を選択する際、各選択対象  $i$  の各因子  $j$  に関する特性値  $x_{ij}$  の和あるいは平均のみで判断をしているのではなく、各選択対象の各因子に対して自身の主観に基づいた重み (ウェイト  $w_j$ ) を考慮しながら、複数の選択対象から満足度の高い対象を選択しているものと思われる。そういった意味で、本章の提案モデルから得られる因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  は、自身にとって全体的に好ましい平均特性値 (平均が小さい特性値) を持った因子  $j$  に対して、多くのウェイトを配分するという、現実に即した推定値となっているのである。

次に、本章では Model-A と Model-B という 2 つの分析モデルを提案しているため、これらの間での推定結果の違いについて検討していくことにする。そこで、Model-A と Model-B の推定結果 (表 3.3 と表 3.4) を比較すると、Model-A に比べて Model-B の推定結果の方が、因子  $j$  間におけるウェイト  $w_j$  の推定値の差 (バラツキ) が大きくなっていることがわかる。こうした数値のバラツキは、Model-A と Model-B のエントロピーを構成している要素が、Model-A の場合は「ウェイトまわりのエントロピー」のみで、Model-B の場合は「ウェイトまわりのエントロピー+選択確率まわりのエントロピー」であることに起因している。これは、Model-A は(3.22)式の最大化問題であるのに対して、Model-B は(3.23)式の最大化問題であるという両者の間の違いを意味する。

$$\frac{\text{ウェイトまわりのエントロピー}}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (3.22)$$

$$\frac{\text{ウェイトまわりのエントロピー} + \text{選択比率まわりのエントロピー}}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (3.23)$$

そこで、(3.22)式と(3.23)式を比較すると、後者は前者の分子に対して「選択確率まわりのエントロピー」が追加されていることがわかる。この「選択確率まわりのエントロピー」は、因子 $j$ ごとに異なる値をとるため、「ウェイトまわりのエントロピー」がウェイト $w_j$ を平均化、すなわち $w_1 = w_2 = \dots = w_m = 1/m$ に近づけようとする力を、「選択確率まわりのエントロピー」が抑制する働きを持つことになる。その結果として、Model-Bの方が、各因子 $j$ 間のウェイト $w_j$ の差は大きくなるのである。

これより、Model-Aは因子 $j$ 間における平均特性値の差により、ウェイト $w_j$ の差をあまり大きくしたくない場合のウェイト推定問題に、Model-Bは因子 $j$ 間における平均特性値の差により、ウェイト $w_j$ の差をなるべく大きくしたい場合のウェイト推定問題に適用するといった選択肢が生まれることがわかる。こうした選択肢が、エントロピー・モデルの適用場面を拡大させ、それぞれの状況と方針に沿ったウェイト $w_j$ の推定を可能にするのである。

### 3.5 本章で得られた成果

本章では、企業外部者（消費者や一般投資家等）の選択行動に関する拡大推論に焦点を当てた従来のエントロピー・モデル<sup>7</sup>に対して、各因子 $j$ に対するウェイト $w_j$ を組み込むことにより、新たに「重みつき多因子情報路モデル」(Model-AとModel-B)を提案した。これにより、従来のエントロピー・モデルでは記述することができなかった、各因子に対するウェイトの推定問題をモデル化した。また、従来のエントロピー・モデルでは、取り扱うことができなかったウェイト推定問題に対して、その解を導出するための新たな分析アプローチを提示することができた。

その上で、本章の提案モデルの適用例（自動車の選択）として、消費者（企業外部者）による選択行動を、研究者やアナリスト等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、簡単な数値例による本章の提案モデルの実証分析を行った結果（ウェイト $w_j$ を推定した結果）、現実に即した各因子 $j$ のウェイト $w_j$ が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができた。

---

1 国沢清典(1991), 『エントロピー・モデル』日科技連出版社, pp.36-46.

2 Herniter, J.D. (1973), "An Entropy Model of Brand Purchase Behavior", *Journal of Marketing Research*, Vol.10, pp.361-375.

3 春日井博, 百合本茂(1978), 「工場立地選択行動モデルとその適用」『日本経営工学会誌』Vol.28, No.4, pp.411-416.

4 国沢清典(1991), 前掲書(注1), pp.36-46.

5 国沢清典(1991), 前掲書(注1), pp.36-46.

6 国沢清典(1991), 前掲書(注1), pp.36-46.

7 国沢の一因子情報路モデルやHerniterのモデル等の一連のエントロピー・モデルのことを表している。詳しくは、国沢清典(1991)を参照。

## 第2部

### 人間の拡大推論におけるメンバーシップ値推定モデルの構築

#### 第4章 「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」

#### 第5章 「サンプル相を導入したメンバーシップ値推定モデル」

## 第4章 ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル

### 4.1 本章の目的

企業にとって、その外部者（消費者や一般投資家等）が自社の商品・サービスや株式を、どのように「評価」し、どの程度の「確率」で選択しようと思っているかを把握することは、重要な課題の1つであろう。また、情報管理論はもとより、経営戦略論や消費者行動論・行動ファイナンス論にとっても、こうした企業外部者の評価や選択をモデル化することは、重要な研究課題として位置づけられる。そこで、本章では上記の「評価」をメンバーシップ値によって、また「確率」をファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率によって捉え、これらを定量的に把握するための分析モデルを提案していくことにする。

従来、ファジィ理論に依拠した研究は、ファジィ集合に対するメンバーシップ値が既知であるという前提から出発していた。しかしながら、メンバーシップ値を測定することは非常に難しく、上記の前提と現実の間には大きな乖離があった。こうした問題意識に基づき、松丸・山下<sup>1)</sup>はファジィ条件つき確率とその推定値の間の対数尤度を最大化するようなメンバーシップ値推定モデル（以下、「基本モデル」と呼ぶことにする）を提案している。

一方で、上記の基本モデルには、メンバーシップ値の比のみを推定することはできるが、メンバーシップ値そのものは推定することができないという問題が存在していた。そこで、本章では、「メンバーシップ値そのものの値」を推定するための「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」を新たに提案する。このモデルは、ファジィ・メッセージを受信する前の選択確率（以下、「事前確率」）とそれを受信した後の選択確率（以下、「事後確率」と呼ぶことにする）のみならず、これを受信したもとの「ファジィ事象の確率」（例えば、本章の実証分析における「大きい目が出る確率」）が既知であるときに、基本モデルでは比のみしか得られなかったメンバーシップ値に対して、そのスケール（倍率）を表すパラメータを導入することにより、メンバーシップ値そのものの推定を可能にするところに最大の特徴がある。これは、ファジィ事象の確率の実績値と「メンバーシップ値の比」との間を上記のパラメータにより結びつけることを意味する。このように、基本モデルに存在していた問題点を克服し、企業外部者による各選択対象に対するメンバーシップ値そのものの推定を可能にするよう、新たなモデルの構築を試みることにする。

さらに、サイコロを用いた実験により、「大きい目が出たようである」「小さい目が出たようである」等のファジィ・メッセージを被験者に発信し、これを受信したもとのファジィ条件つき確率（事後確率）とファジィ事象の確率のデータを収集することにより、本章の提案モデルの実証分析を試みることにする。こうした実証分析により、提案モデルの妥当性を確認するとともに、ファジィ事象の確率とメンバーシップ値（推定値）との間の関係を検討していくことにする。

ここで、サイコロを用いた実験により、提案モデルの実証分析を行っているのは、被験者がファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率を想定（回答）し易い状況を設定するためである。さらに、一般的な広告で発信されるメッセージは、その商品を使用したことがあるか否かによって、全く異なるメッセージとなるため、複数の被験者に対して同一条件下で行おうとする実験には適していない。これに対して、サイコロの「大きい目」「小さい目」等のメッセージ（ファジィ・メッセージ）は、誰にとってもほぼ同一の情報として認識されることになるため、被験者に与えるファジィ・メッセージとしても適している。

## 4.2 使用記号と前提条件

### 4.2.1 使用記号

本章で提案する「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」に使用する記号は、下記の通りである。

$i$ : 選択対象 ( $i=1,2,3,\dots,n$ )

$l$ : ファジィ・メッセージの種類 ( $l=1,2,3,\dots,m$ )

$t$ : 個人 ( $t=1,2,3,\dots,\gamma$ )

$p_{ti}$ : 事前確率

$q_{ti}$ : 事後確率

$f_{li}$ : ファジィ事象の確率

$\theta_{li}$ : ファジィ条件つき確率（事後確率の推定値）

$\mu_{ti}$ : 比のみが特定されたメンバーシップ値

$\eta_{ti}$ : メンバーシップ値そのものの推定値

$\alpha_{li}$ : メンバーシップ値の比に対するスケール（倍率）を表すパラメータ

### 4.2.2 前提条件

本章では、ファジィ集合に対するメンバーシップ値を推定するために、以下のような前提条件を設定し、これらの前提条件に基づき、問題を定式化していくことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者とする。
- ② ファジィ・メッセージ  $l$  を受信する前と後の、選択対象  $i$  に対する選択確率（事前確率  $p_{ti}$  と事後確率  $q_{ti}$ ）は与えられているものとする。
- ③ ファジィ・メッセージ  $l$  を受信したもとの「ファジィ事象の確率」 $f_{li}$  は与えられているものとする。

## 4.3 「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」の提案

### 4.3.1 提案モデルの概要

本章では、前述のように、ファジィ・メッセージを与えられたもとのメンバーシップ値を推定するための「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」を提案する。その際、メンバーシップ値の比の推定 (Step1)、メンバーシップ値そのものの推定 (Step2) という 2 段階のプロセスにより、ファジィ・メッセージを与えられたもとのメンバーシップ値そのものを推定していく。

### 4.3.2 問題の定式化と解の導出

本章では、メンバーシップ値の比の推定 (Step1)、メンバーシップ値の比からメンバーシップ値そのものの推定 (Step2) という 2 段階のプロセスにより、メンバーシップ値推定モデルを新たに構築していく。

#### 【Step1】メンバーシップ値の比の推定

Step1 では、基本モデルに対して、個人を表す添え字  $t$  と、ファジィ・メッセージの種類を表す添え字  $l$  を導入することにより、事後確率の実績値  $q_{tli}$  とその推定値  $\theta_{tli}$  (ファジィ条件つき確率) との間の K-L 情報量<sup>2</sup> (Kullback-Leibler) の最小化問題 (最小相対情報量原理<sup>3</sup>) として、(4.1)式のように定式化する。

$$\varphi_{tl} = \sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot \log(q_{tli}/\theta_{tli}) \quad (4.1)$$

$$\text{ただし、} \theta_{tli} = \frac{\mu_{tli} \cdot p_{ti}}{\sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'}}, \quad \sum_{i=1}^n q_{tli} = 1, \quad \sum_{i=1}^n \theta_{tli} = 1, \quad \sum_{i=1}^n p_{ti} = 1$$

そこで、上記の(4.1)式を最小化するようなメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を推定していくことにする。まず、(4.1)式の右辺を対数変換すると、(4.2)式のようになる。

$$\varphi_{tl} = \sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot \log q_{tli} - \sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot \log \left( \frac{\mu_{tli} \cdot p_{ti}}{\sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'}} \right)$$

$$= \sum_{i=1}^n q_{tli} (\log q_{tli} - \log \mu_{tli} - \log p_{ti}) + \log \sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'} \quad (4.2)$$

ここで、(4.2)式を最小化するメンバーシップ値の比を推定するために、 $\varphi_{tl}$ を $\mu_{tli}$ で偏微分して0とおくと、(4.3)式となる。

$$\frac{\partial \varphi_{tl}}{\partial \mu_{tli}} = -\frac{q_{tli}}{\mu_{tli}} + \frac{p_{ti}}{\sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'}} = 0 \quad (4.3)$$

さらに、(4.3)式を $\mu_{tli}$ について整理すると、(4.4)式が得られる。

$$\mu_{tli} = \frac{q_{tli} \cdot \sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'}}{p_{ti}} \quad (4.4)$$

そこで、メンバーシップ値の比 $\mu_{tli}$ の解を求めるために、最大のメンバーシップ値となる $i$ を $\max(i)$ 、 $\mu_{t \max(i)} = 1$ として位置づけ、(4.4)式について $\mu_{tli}$ と $\mu_{t \max(i)}$ の比を取ると、

$$\frac{\mu_{tli}}{\mu_{t \max(i)}} = \frac{\left\{ \left( q_{tli} \cdot \sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'} \right) / p_{ti} \right\}}{\left\{ \left( q_{t \max(i)} \cdot \sum_{i'=1}^n \mu_{tli'} \cdot p_{ti'} \right) / p_{t \max(i)} \right\}} \quad (4.5)$$

となり、(4.5)式を $\mu_{tli}$ について整理すると、(4.6)式が得られる。すなわち、(4.6)式の解は、基本モデルに個人 $t$ と、ファジィ・メッセージの種類 $l$ を導入した自然な拡張形となるのである。

$$\mu_{tli} = \frac{q_{tli} \cdot p_{t \max(i)}}{q_{t \max(i)} \cdot p_{ti}} \quad (4.6)$$

(4.6)式により、(4.2)式の $\varphi_{tl}$ を最小化する $\mu_{tli}$ を求めることができるが、この値は、あくまでも最大のメンバーシップ値を $\mu_{t \max(i)} = 1$ とした場合の推定値である。したがって、メ

メンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  は特定することができるが、メンバーシップ値そのものを求めることはできない。ここに、基本モデルと(4.6)式のモデルの大きな問題点が存在するのである。

### 【Step2】メンバーシップ値の比からメンバーシップ値そのものの推定

Step2 では、Step1 の問題点（メンバーシップ値の比のみの特定）を解消するために、ファジィ・メッセージを受信したもとの（事後）のファジィ事象の確率  $f_{tl}$  が既知であるという条件を追加することにより、推定すべきメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  を(4.7)式で表し、(4.8)式のようなモデルを提案する。ただし、(4.7)式の  $a_{tl}$  はメンバーシップ値のスケール（倍率）を表すパラメータである。

$$\eta_{tli} = a_{tl} \cdot \mu_{tli} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} f_{tl} &= \sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot \eta_{tli} \\ &= \sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot (a_{tl} \cdot \mu_{tli}) \end{aligned} \quad (4.8)$$

ここで、(4.8)式を整理すると、 $a_{tl}$  は(4.9)式のように表される。

$$a_{tl} = \frac{f_{tl}}{\sum_{i=1}^n q_{tli} \cdot \mu_{tli}} \quad (4.9)$$

さらに、(4.9)式によりパラメータ  $a_{tl}$  を求め、この  $a_{tl}$  を(4.7)式に代入すれば、推定すべきメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  の解を求めることができる。

このように、本章で提案した「メンバーシップ値推定モデル」は、メンバーシップ値のスケール（倍率）の定量的な把握を可能にすると同時に、基本モデルの大きな問題点（メンバーシップ値の比は特定することができるものの、メンバーシップ値そのものを求めることはできない）を解消し、メンバーシップ値そのもの（ $\eta_{tli}$ ）の推定を可能にするのである。

## 4.4 提案モデルの実証分析

ここでは、本章の提案モデルの実証分析として、サイコロ (Dice) を用いたゲームの実験を行い、その結果により、事後確率の実績値  $q_{tli}$  とその推定値  $\theta_{tli}$  (ファジィ条件つき確率) との間の K-L 情報量を最小化するようなメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を推定する。さらに、その推定値に対してファジィ事象の確率  $f_{li}$  を導入することにより、メンバーシップ値  $\eta_{tli}$  の推定を試みることにする。

### 4.4.1 分析方法

まず、表 4.1 のようにサイコロをふって「大きい目が出たようである」( $l=1$ )、「小さい目が出たようである」( $l=2$ ) 等のファジィ・メッセージ  $l$  を伝え、そのもとで、被験者 (個人  $t$ ) が主観的に感じる、「目  $i$  の出る確率」(事後確率  $q_{tli}$ ) と、「大きい目が出る確率」、「小さい目が出る確率」等のファジィ事象の確率  $f_{li}$  を回答 (2014 年 8 月) してもらったところ、表 4.2, 表 4.5, 表 4.8, 表 4.11, 表 4.14 のような値 (データ) が得られた。

その上で、上記の事後確率  $q_{tli}$  を(4.6)式に代入し、K-L 情報量を最小化するメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を推定する。さらに、(4.6)式で推定したメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を(4.8)式に代入することにより、各選択対象  $i$  に対するメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  の推定を試みる。

表 4.1 ファジィ・メッセージの種類

ファジィ・メッセージ	種類 $l$
大きい目が出たようである	$l=1$
小さい目が出たようである	$l=2$
大きくない目が出たようである	$l=3$
小さくない目が出たようである	$l=4$
中くらいの目が出たようである	$l=5$

### 4.4.2 分析結果

表 4.2, 表 4.5, 表 4.8, 表 4.11, 表 4.14 の事後確率  $q_{tli}$  を(4.6)式に代入し、K-L 情報量を最小化するメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を推定した結果、それぞれ表 4.3, 表 4.6, 表 4.9, 表 4.12, 表 4.15 のような推定値が得られた。次に、推定したメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  と、本章の実験から得られた事後確率の実績値  $q_{tli}$  とファジィ事象の確率の実績値  $f_{li}$  を(4.9)式に代入し、スケール (倍率) を表すパラメータ  $a_{li}$  を推定した結果、表 4.3, 表 4.6, 表 4.9, 表 4.12, 表 4.15 のような推定値が得られた。さらに、上で推定したメンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  と、スケールを表すパラメータ  $a_{li}$  を(4.7)式に代入してメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  を推定した結果、表 4.4, 表 4.7, 表 4.10, 表 4.13, 表 4.16 のような推定値が得られた。

表 4.2 「大きい目が出る」ファジィ事象の確率  $f_{t1}$  (実績値) と事後確率  $q_{t1i}$

被験者	ファジィ事象 の確率 $f_{t1}$	事後確率 $q_{t1i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0	0	0	0.2	0.4	0.4
B	0.65	0	0	0	0.1	0.3	0.6
C	0.75	0	0	0	0.1	0.4	0.5
D	0.7	0	0	0	0.1	0.4	0.5
E	0.7	0	0	0	0.15	0.25	0.6

表 4.3 「大きい目が出る」パラメータ  $a_{t1}$  とメンバーシップ値の比  $\mu_{t1i}$

被験者	パラメータ $a_{t1}$	メンバーシップ値の比 $\mu_{t1i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.889	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	1.000
B	0.848	0.000	0.000	0.000	0.167	0.500	1.000
C	0.893	0.000	0.000	0.000	0.200	0.800	1.000
D	0.833	0.000	0.000	0.000	0.200	0.800	1.000
E	0.944	0.000	0.000	0.000	0.250	0.417	1.000

表 4.4 「大きい目が出る」メンバーシップ値  $\eta_{t1i}$

被験者	ファジィ事象の 確率 $\hat{f}_{t1}$ (推定値)	メンバーシップ値 $\eta_{t1i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0.000	0.000	0.000	0.444	0.889	0.889
B	0.65	0.000	0.000	0.000	0.141	0.424	0.848
C	0.75	0.000	0.000	0.000	0.179	0.714	0.893
D	0.7	0.000	0.000	0.000	0.167	0.667	0.833
E	0.7	0.000	0.000	0.000	0.236	0.393	0.944

表 4.5 「小さい目が出る」ファジィ事象の確率  $f_{t2}$  (実績値) と事後確率  $q_{t2i}$

被験者	ファジィ事象 の確率 $f_{t2}$	事後確率 $q_{t2i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0.40	0.40	0.20	0	0	0
B	0.65	0.40	0.30	0.20	0.10	0	0
C	0.75	0.40	0.30	0.30	0	0	0
D	0.7	0.40	0.50	0.10	0	0	0
E	0.7	0.50	0.40	0.10	0	0	0

表 4.6 「小さい目が出る」パラメータ  $a_{t2}$  とメンバーシップ値の比  $\mu_{t2i}$

被験者	パラメータ $a_{t2}$	メンバーシップ値の比 $\mu_{t2i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.889	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000
B	0.867	1.000	0.750	0.500	0.250	0.000	0.000
C	0.882	1.000	0.750	0.750	0.000	0.000	0.000
D	0.833	0.800	1.000	0.200	0.000	0.000	0.000
E	0.833	1.000	0.800	0.200	0.000	0.000	0.000

表 4.7 「小さい目が出る」メンバーシップ値  $\eta_{t2i}$

被験者	ファジィ事象の 確率 $\hat{f}_{t2}$ (推定値)	メンバーシップ値 $\eta_{t2i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0.889	0.889	0.444	0.000	0.000	0.000
B	0.65	0.867	0.650	0.433	0.217	0.000	0.000
C	0.75	0.882	0.662	0.662	0.000	0.000	0.000
D	0.7	0.667	0.833	0.167	0.000	0.000	0.000
E	0.7	0.833	0.667	0.167	0.000	0.000	0.000

表 4.8 「大きくない目が出る」ファジィ事象の確率  $f_{i3}$  (実績値) と事後確率  $q_{i3i}$

被験者	ファジィ事象 の確率 $f_{i3}$	事後確率 $q_{i3i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.85	0.30	0.30	0.35	0.05	0	0
B	0.7	0.20	0.30	0.40	0.10	0	0
C	0.8	0.30	0.30	0.20	0.20	0	0
D	0.7	0.40	0.30	0.20	0.10	0	0
E	0.7	0.40	0.30	0.20	0.10	0	0

表 4.9 「大きくない目が出る」パラメータ  $a_{i3}$  とメンバーシップ値の比  $\mu_{i3i}$

被験者	パラメータ $a_{i3}$	メンバーシップ値の比 $\mu_{i3i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.975	0.857	0.857	1.000	0.143	0.000	0.000
B	0.933	0.500	0.750	1.000	0.250	0.000	0.000
C	0.923	1.000	1.000	0.667	0.667	0.000	0.000
D	0.933	1.000	0.750	0.500	0.250	0.000	0.000
E	0.933	1.000	0.750	0.500	0.250	0.000	0.000

表 4.10 「大きくない目が出る」メンバーシップ値  $\eta_{i3i}$

被験者	ファジィ事象の 確率 $\hat{f}_{i3}$ (推定値)	メンバーシップ値 $\eta_{i3i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.85	0.836	0.836	0.975	0.139	0.000	0.000
B	0.7	0.467	0.700	0.933	0.233	0.000	0.000
C	0.8	0.923	0.923	0.615	0.615	0.000	0.000
D	0.7	0.933	0.700	0.467	0.233	0.000	0.000
E	0.7	0.933	0.700	0.467	0.233	0.000	0.000

表 4.11 「小さくない目が出る」ファジィ事象の確率  $f_{tA}$  (実績値) と事後確率  $q_{tAi}$

被験者	ファジィ事象 の確率 $f_{tA}$	事後確率 $q_{tAi}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.85	0	0	0.05	0.35	0.30	0.30
B	0.7	0	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30
C	0.8	0	0	0.20	0.20	0.30	0.30
D	0.8	0	0	0.10	0.25	0.30	0.35
E	0.75	0	0	0.15	0.25	0.30	0.30

表 4.12 「小さくない目が出る」パラメータ  $a_{tA}$  とメンバーシップ値の比  $\mu_{tAi}$

被験者	パラメータ $a_{tA}$	メンバーシップ値の比 $\mu_{tAi}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.975	0.000	0.000	0.143	1.000	0.857	0.857
B	0.875	0.000	0.333	0.333	0.667	1.000	1.000
C	0.923	0.000	0.000	0.667	0.667	1.000	1.000
D	0.982	0.000	0.000	0.286	0.714	0.857	1.000
E	0.849	0.000	0.000	0.500	0.833	1.000	1.000

表 4.13 「小さくない目が出る」メンバーシップ値  $\eta_{tAi}$

被験者	ファジィ事象の 確率 $\hat{f}_{tA}$ (推定値)	メンバーシップ値 $\eta_{tAi}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.85	0.000	0.000	0.139	0.975	0.836	0.836
B	0.7	0.000	0.292	0.292	0.583	0.875	0.875
C	0.8	0.000	0.000	0.615	0.615	0.923	0.923
D	0.8	0.000	0.000	0.281	0.702	0.842	0.982
E	0.75	0.000	0.000	0.425	0.708	0.849	0.849

表 4.14 「中くらいの目が出る」ファジィ事象の確率  $f_{t5}$  (実績値) と事後確率  $q_{t5i}$

被験者	ファジィ事象 の確率 $f_{t5}$	事後確率 $q_{t5i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0	0.10	0.40	0.40	0.10	0
B	0.7	0	0.20	0.35	0.35	0.10	0
C	0.85	0	0.05	0.45	0.45	0.05	0
D	0.7	0	0.05	0.45	0.45	0.05	0
E	0.6	0	0.05	0.45	0.45	0.05	0

表 4.15 「中くらいの目が出る」パラメータ  $a_{t5}$  とメンバーシップ値の比  $\mu_{t5i}$

被験者	パラメータ $a_{t5}$	メンバーシップ値の比 $\mu_{t5i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.941	0.000	0.250	1.000	1.000	0.250	0.000
B	0.831	0.000	0.571	1.000	1.000	0.286	0.000
C	0.933	0.000	0.111	1.000	1.000	0.111	0.000
D	0.768	0.000	0.111	1.000	1.000	0.111	0.000
E	0.659	0.000	0.111	1.000	1.000	0.111	0.000

表 4.16 「中くらいの目が出る」メンバーシップ値  $\eta_{t5i}$

被験者	ファジィ事象の 確率の推定値 $\hat{f}_{t5}$	メンバーシップ値 $\eta_{t5i}$					
		サイコロの目					
		1	2	3	4	5	6
A	0.8	0.000	0.235	0.941	0.941	0.235	0.000
B	0.7	0.000	0.475	0.831	0.831	0.237	0.000
C	0.85	0.000	0.104	0.933	0.933	0.104	0.000
D	0.7	0.000	0.085	0.768	0.768	0.085	0.000
E	0.6	0.000	0.073	0.659	0.659	0.073	0.000

#### 4.4.3 考察

まず、(4.6)式によって推定されたメンバーシップ値の比(表 4.3, 表 4.6, 表 4.9, 表 4.12, 表 4.15)を見ると、各被験者  $t$  によってメンバーシップ値  $\mu_{tli}$  が最大 ( $\mu_{t\max(i)}=1$ ) となる目(選択対象)が異なることがわかる。これは、各被験者  $t$  によって異なる事後確率の最大値を基に、メンバーシップ値の比  $\mu_{tli}$  を推定していることに起因している。

次に、Step2 において推定されたメンバーシップ値そのものの値  $\eta_{tli}$  (表 4.4, 表 4.7, 表 4.10, 表 4.13, 表 4.16)を見ると、この  $\eta_{tli}$  は、Step1 で比のみを特定した場合のメンバーシップ値  $\mu_{tli}$  よりも、すべての選択対象について小さくなっていることがわかる。これは、メンバーシップ値そのものの値  $\eta_{tli}$  を推定する際、 $0 < \eta_{tli} \leq 1$  でなければならないため、パラメータ  $a_{tli}$  についても  $0 < a_{tli} \leq 1$  となり、 $a_{tli}=1$  でなければ  $\eta_{tli} < \mu_{tli}$  となることに起因している。そういった意味で、上記の推定値はメンバーシップ値の最大値が 1 に制約されず、妥当な結果と考えることができるのである。

最後に、ファジィ事象の確率の実績値  $f_{ti}$  と、事後確率から求めたその推定値  $\hat{f}_{ti}$  との関係を見ると、両者は等しい値となっていることがわかる。また、表 4.2 の被験者 C と D のように、両者が回答した事後確率がすべての目  $i$  について等しくても、ファジィ事象の確率(実績値)が異なると、メンバーシップ値そのものの推定値  $\eta_{tli}$  も異なることがわかる。すなわち、本章の提案モデルにより、ファジィ事象の確率と事後確率の実績値に適合したメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  の推定値が得られているのである。

以上により、本章の実証分析の妥当性を確認するとともに、提案モデルから得られるメンバーシップ値の妥当性を確認することができた。

#### 4.5 本章で得られた成果

本章では、「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」を提案し、この提案モデルにより、メンバーシップ値のスケール(倍率)の定量的把握を可能にすると同時に、基本モデルの大きな問題点、すなわちメンバーシップ値の比は特定することができるものの、メンバーシップ値そのものを求めることはできないという問題点を解消し、メンバーシップ値そのものの推定を可能にした。また、こうして推定したメンバーシップ値により、ファジィ・メッセージを受信した後の選択確率(事後確率)やファジィ事象の確率が得られていなくても、これらを推定することが可能になる。

さらに、本章の提案モデルの実証分析により、現実に即したメンバーシップ値  $\eta_{tli}$  が得られ、本章の提案モデルの妥当性を確認することができた。

以上のように、本章では、ファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率により、ファジィ・メッセージを受信したもとの、未知のメンバーシップ値を推定するための分析モデルを提案した。こうした本章の分析モデルは、企業にとっても、その外部者(消費者や一般投資家等)が自社の商品・サービスや株式を、どのような状況のもとで、とりわけどのよ

うなメッセージ（ファジィ・メッセージ）を受信したもとの、選択するかを把握するための新たな分析アプローチを示唆することができた。

- 
- <sup>1</sup> 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 「最尤法を用いた合併企業評価の分析モデル」日本経営工学会春季研究発表大会予稿集, 日本経営工学会, pp.47-48.
  - <sup>2</sup> Klir, G.J. and Folger, T.A. (1988), *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, New Jersey, Prentice-Hall. (本多中二訳(1993), 『ファジィ情報学』日刊工業新聞社, pp.286-287.)
  - <sup>3</sup> 深尾毅(1987), 『分散システム論』昭晃社, pp.76-79.

## 第5章 サンプル相を導入したメンバーシップ値推定モデル

### 5.1 本章の目的

本章では、前章と同様に、企業外部者（消費者や一般投資家等）が自社の商品・サービスや株式を、どのように「評価」し、どの程度の「確率」で選択しようと思っているかの問題に注目し、前者の「評価」をメンバーシップ値によって、また「確率」をファジィ条件つき確率とファジィ事象の確率によって捉える「メンバーシップ値推定モデル」を提案する。その際、前章では、メンバーシップ値の比を、メンバーシップ値そのものの値へと変換するための分析モデルを提案したが、これは1つのサンプルについての分析モデルであり、基本的にサンプル相を持たないデータ構造（表 5.1）を前提としているため、複数（ $m$  個）のサンプルに関するデータの場合（表 5.2）、 $m$  回の分析を行わなければならなかった。

そこで、本章では上記の問題を克服するために、新たにサンプル相を導入した「メンバーシップ値推定モデル」を提案する。

本章で提案する分析モデルの特徴は、下記の2点にある。

- ① 第4章のモデルに対して、サンプル相を新たに追加することにより、複数のサンプルに対する一括した分析を可能にする。
- ② 第4章のモデルでは、メンバーシップ値の比を推定し（Step1）、メンバーシップ値そのものを算出する（Step2）という2段階のプロセスが必要であったが、本章の提案モデルでは、表 5.2 のような複数の選択対象のうち1つのメンバーシップ値が既知であるという条件を加えることにより、上記の Step1 を不要にし、複数のサンプルに対する一括した分析を可能にする。

表 5.1 第4章のモデルのデータ構造

選択対象 サンプル相	A	B	...	$n$
サンプル 1				

表 5.2 本章の提案モデルのデータ構造

選択対象 サンプル相	A	B	...	$n$
サンプル 1				
サンプル 2				
サンプル 3				
⋮				
サンプル $m$				

また、本章では上記の「メンバーシップ値推定モデル」(Model-A)に加えて、「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル」(Model-B)を提案する。このモデルは、Model-Aのメンバーシップ値から算出される「ファジィ条件つき確率」と「ファジィ事象の確率」との関係を記述することを目的としている。

さらに、企業が、消費者にとってなるべくわかり易い支店名や営業所名を設定しようとする場面の地名(所在地名)を想定し、アンケート調査により、地名・都市名・県名のうち「いずれの名称がわかり易いか」についての選択データを収集する。この調査結果を用いて、本章の提案モデル(Model-AとModel-B)の実証分析を試みる。これにより、地名・都市名・県名が「わかり易い名称の集合」(ファジィ集合)に属する度合(メンバーシップ値)を推定し、本章の提案モデル(Model-AとModel-B)の妥当性を検討していくことにする。

ここで、「地名・都市名・県名」を実証分析の対象としているのは、本章の提案モデルが、偶然性と漠然性の両面でのあいまいさを考慮した分析モデルであるという特性から、どうしても被験者にとっては複雑な選択を要求することにならざるを得ないため、より身近でわかり易い選択対象とすべく、「地名」「都市名」「県名」を選択対象として設定していくことにする。

## 5.2 使用記号と前提条件

### 5.2.1 使用記号

本章の提案モデル(Model-AとModel-B)で使用する記号は、下記の通りである。

$s$ : サンプル ( $s=1, 2, 3, \dots, m$ )

$i$ : 選択対象 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )

$I$ : メンバーシップ値が既知の選択対象

$p_{si}$ : ファジィ・メッセージを受信する前の確率 (事前確率)

$q_{si}$ : ファジィ・メッセージを受信した後の確率 (事後確率)

$\theta_{si}$ : ファジィ条件つき確率 (推定値)

$\mu_{si}$ : ファジィ・メッセージを受信した後のメンバーシップ値

$f_s$ : ファジィ事象の確率 (実績値)

$N_s$ : 対数尤度

## 5.2.2 前提条件

本章では、以下のような前提条件を設定し、これらの前提条件に基づき、前述のような、Model-A と Model-B を構築していくことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者とする。
- ② 各サンプルについて、複数の選択対象  $i$  のうち 1 つの対象  $I$  ( $i = I$ ) のみメンバーシップ値  $\mu_{sI}$  が得られているものとする。
- ③ ファジィ・メッセージを受信する前と後の確率（各サンプルの事前確率  $p_{si}$  と事後確率  $q_{si}$ ）は得られているものとする。

## 5.3 「メンバーシップ値推定モデル」の提案

### 5.3.1 提案モデル (Model-A) の概要

本章の Model-A は、ファジィ・メッセージを受信する前の確率（事前確率  $p_{si}$ ）と、受信した後の確率（事後確率  $q_{si}$ ）との関係を、ファジィ条件つき確率によりモデル化していくことにする。すなわち、選択対象  $I$  ( $i = I$ ) に対する、ファジィ・メッセージ受信後のメンバーシップ値  $\mu_{sI}$  が既知であるという条件のもとで、他の選択対象に対する未知のメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定するための提案モデルである。

このモデルは、まず事後確率  $q_{si}$  を、ファジィ・メッセージが与えられたもとのファジィ条件つき確率として位置づけ、その実績値  $q_{si}$  と推定値  $\theta_{si}$  との間の対数尤度  $N_s$  を最大化する未知のメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定するための分析モデルである。

### 5.3.2 問題の定式化と解の導出

Model-A では、松丸・山下ら<sup>1)</sup>の先行研究に従って、事後確率  $q_{si}$  の推定値  $\theta_{si}$  を、ファジィ・メッセージが与えられたもとの「ファジィ条件つき確率」として位置づけ、(5.1)式のように定式化する。

$$\theta_{si} = \frac{p_{si} \cdot \mu_{si}}{\sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'}} \quad (5.1)$$

その上で、事後確率の実績値  $q_{si}$  と上記の推定値  $\theta_{si}$  との間の対数尤度  $N_s$  を最大化するようなメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定すべく、この対数尤度  $N_s$  を(5.2)式のように定式化する。

$$\begin{aligned}
N_s &= \sum_{i=1}^n q_{si} \cdot \log \theta_{si} \\
&= \sum_{i=1}^n q_{si} \cdot (\log p_{si} + \log \mu_{si}) - \log \left( \sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'} \right)
\end{aligned} \tag{5.2}$$

$$\text{ただし、} \sum_{i=1}^n q_{si} = 1, \quad \sum_{i=1}^n p_{si} = 1, \quad \sum_{i=1}^n \theta_{si} = 1$$

(5.2)式を最大化するメンバーシップ値  $\mu_{si}$  は、 $N_s$  を  $\mu_{si}$  で偏微分して 0 と置いた(5.3)式を満足する。

$$\frac{\partial N_s}{\partial \mu_{si}} = \frac{q_{si}}{\mu_{si}} - \frac{p_{si}}{\sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'}} = 0 \tag{5.3}$$

ここで、(5.3)式を  $\mu_{si}$  について整理すると、(5.4)式となる。

$$\begin{aligned}
\frac{\mu_{si}}{q_{si}} &= \frac{\sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'}}{p_{si}} \\
\mu_{si} &= \frac{q_{si} \cdot \left( \sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'} \right)}{p_{si}}
\end{aligned} \tag{5.4}$$

さらに、本章の問題設定では、1つの選択対象  $I$  ( $i = I$ ) に対するメンバーシップ値  $\mu_{sI}$  は既知であるため、(5.4)式について  $\mu_{si}$  と  $\mu_{sI}$  の比を取ると、(5.5)式が得られる。

$$\frac{\mu_{si}}{\mu_{sI}} = \frac{\left\{ \frac{q_{si} \cdot \left( \sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'} \right)}{p_{si}} \right\}}{\left\{ \frac{q_{sI} \cdot \left( \sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'} \right)}{p_{sI}} \right\}}$$

$$= \frac{q_{si} \cdot p_{sI}}{q_{sI} \cdot p_{si}} \quad (5.5)$$

そこで、(5.5)式を  $\mu_{si}$  について整理すると、

$$\mu_{si} = \frac{\mu_{sI} \cdot q_{si} \cdot p_{sI}}{q_{sI} \cdot p_{si}} \quad (5.6)$$

となり、(5.6)式により対数尤度  $N_s$  を最大化するメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定することが可能になる。こうして、事前確率と事後確率に加えて、複数の選択対象のいずれか1つのメンバーシップ値が既知である場合、対数尤度最大化という合理的な基準により、メンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定することができる。すなわち、「未知のメンバーシップ値をいかに合理的な基準で推定するか」というファジィ理論における困難な課題に対して、対数尤度最大化という合理的な基準を提示したのである。

また、複数 ( $m$  個) のサンプルであっても、1回の分析のみでサンプル別のメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定することができるため、サンプル別 (例えば、地域別、国別、機種別、車種別) のさまざまなデータに対して本章の提案モデルを適用することが可能になる。これにより、第4章のモデルと比較して、メンバーシップ値推定モデルの適用範囲を広げることができる。さらに、第4章のモデルでは、まずメンバーシップ値の比を推定し (Step1)、次にメンバーシップ値そのものを算出する (Step2) という2段階のプロセスが必要であったが、本章の提案モデルでは、複数の選択対象のうち、1つの選択対象  $I$  ( $i=I$ ) のメンバーシップ値が既知であれば、上記の Step1 を省略することができる。これにより、未知のメンバーシップ値を簡潔な形式で推定することができるのである。

## 5.4 「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル」の提案

### 5.4.1 提案モデル (Model-B) の概要

5.3 節で提案した「メンバーシップ値推定モデル」(Model-A) では、ファジィ理論におけるファジィ条件つき確率の定義式に従って、事前確率  $p_{si}$  と事後確率  $q_{si}$  の関係を捉えたが、現実には事後確率の実績値  $q_{si}$  とその推定値 (ファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$ ) との間には、若干の乖離が生じるものと思われる。そこで、こうした乖離を前提に、事後確率の実績値  $q_{si}$  から算出されるファジィ事象の確率  $f_s$  を被説明変数、選択対象  $i$  (例えば、本章の実証分析における地名・都市名・県名) のファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  を説明変数として位置づけ、(5.7)式のように定式化する。

この提案モデルにより、上記の乖離を定量的に把握し、事後確率  $q_{si}$  に適合するようファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  (推定値) を補正するとともに、ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率との関係をモデル化するのである。ただし、(5.7)式の  $d_i$  はファジィ事象の確率  $f_s$  とその推定値  $\hat{f}_s$  との間の乖離を表すパラメータであり、これは重回帰分析モデルの偏回帰係数に相当する。また、 $\varepsilon_s$  はこのモデルの残差である。

$$f_s = \sum_{i=1}^n d_i \cdot \theta_{si} \cdot \mu_{si} + \varepsilon_s$$
$$= \sum_{i=1}^n d_i \cdot \left( \frac{p_{si} \cdot \mu_{si}^2}{\sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'}} \right) + \varepsilon_s \quad (5.7)$$

### 5.4.2 問題の定式化と解の導出

Model-B において、(5.7)式の  $f_s$ ,  $p_{si}$ ,  $\mu_{si}$  は既知であるため、ファジィ事象の確率  $f_s$  とその推定値  $\hat{f}_s$  との差 (残差  $\varepsilon_s$ ) の二乗和をなるべく小さくするようなパラメータ  $d_i$  の推定問題を考えることにする。これは、パラメータ  $d_i$  の最小二乗解を推定することに相当する。

そこで、まず問題の表記を簡潔化するために、(5.7)式を行列とベクトルで書き直すと(5.8)式のようになる。

$$\mathbf{f} = \mathbf{d} \cdot \mathbf{B} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (5.8)$$

ただし、 $\mathbf{d} = (d_i)$  : 3 次のパラメータ・ベクトル,  
 $\mathbf{f} = (f_s)$  : 選択対象数  $n$  次の被説明変数ベクトル,  
 $\mathbf{B} = (b_{si})$  :  $n$  行 3 列の説明変数行列,

$$b_{si} = \left( \frac{p_{si} \cdot \mu_{si}^2}{\sum_{i'=1}^n p_{si'} \cdot \mu_{si'}} \right)$$

$\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_s)$  : 残差ベクトル

これにより、 $\boldsymbol{\varepsilon}_s$  の二乗和  $\boldsymbol{\varphi}$  は、

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varphi} &= \boldsymbol{\varepsilon}' \cdot \boldsymbol{\varepsilon} = (\mathbf{f} - \mathbf{d} \cdot \mathbf{B})' \cdot (\mathbf{f} - \mathbf{d} \cdot \mathbf{B}) \\ &= \mathbf{f}' \cdot \mathbf{f} - 2\mathbf{B}' \cdot \mathbf{d}' \cdot \mathbf{f} + \mathbf{B}' \cdot \mathbf{d}' \cdot \mathbf{d} \cdot \mathbf{B} \end{aligned} \quad (5.9)$$

となるため、 $\boldsymbol{\varphi}$  をパラメータ・ベクトル  $\mathbf{d}$  で偏微分して  $\mathbf{0}$  とおくと、(5.10)式が得られる。

$$\frac{\partial \boldsymbol{\varphi}}{\partial \mathbf{d}} = -2\mathbf{B}' \cdot \mathbf{f} + 2\mathbf{B}' \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{d} = \mathbf{0} \quad (5.10)$$

さらに、(5.10)式を整理すれば、(5.11)式のような正規方程式が得られる。

$$\mathbf{d} = (\mathbf{B}' \cdot \mathbf{B})^{-1} \cdot \mathbf{B}' \cdot \mathbf{f} \quad (5.11)$$

こうして、通常の重回帰分析と同様の簡潔なアプローチ（正規方程式）により、ファジィ事象の確率  $f_s$  とその推定値の残差二乗和を最小化するパラメータ  $d_i$  を推定することができる。これにより、事後確率の実績値  $q_{si}$  とその推定値（ファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$ ）との間に生じる若干の乖離を定量的に把握することが可能になる。

## 5.5 提案モデルの実証分析

本章では都市名よりも細かい単位の地名（例えば、津田沼・日吉・磯子・梅田・天王寺・博多）を、県名で呼ぶ傾向（県名思考<sup>2)</sup>）あるいは知名度の高い都市名で呼ぶ傾向に焦点を当て、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) の実証分析を試みることにする。ここで、上記のような地名・都市名・県名を実証分析の対象としているのは、消費者（企業外部者）の記憶に残り易い（わかり易い）名称（地名・都市名・県名）を定量的に把握することが、支店名や営業所名を設定する際に必要であると考えからである。

### 5.5.1 分析方法

本章では、大学生（回答者数 124 名：男性 70 名，女性 54 名）に対して、**図 5.1** の「地名・都市名・県名に関するアンケート」を実施し（2014 年 8 月）、そこから得られるデータ（**表 5.3**～**表 5.5**）を基に、**5.3 節**と **5.4 節**でそれぞれ提案した Model-A と Model-B の実証分析を展開していくことにする。

まず、上記のアンケート調査により収集した都市名のメンバーシップ値  $\mu_{s2}$  と事前確率  $p_{si}$ 、事後確率  $q_{si}$  を Model-A の(5.6)式に代入し、地名のメンバーシップ値  $\mu_{s1}$  と県名のメンバーシップ値  $\mu_{s3}$  を推定する。次に、「地名をわかり易い名称で伝えてください」というファジィ・メッセージが与えられたもとのファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  (事後確率の推定値) を (5.1)式により算出する。最後に、事後確率  $q_{si}$  の実績値を用いて算出したファジィ事象の確率  $f_s$  と、ファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  (事後確率の推定値) を用いて算出したファジィ事象の確率の推定値  $\hat{f}_s$  との間の残差二乗和を最小化するように、Model-B の(5.11)式により、パラメータ・ベクトル  $\mathbf{d}=(d)$  を推定する。

### 5.5.2 実証分析の前提条件

ここでは、以下のような前提条件を設定し、これらの前提条件に基づき、提案モデルの実証分析を展開していくことにする。

- ① 被験者に、都市名よりも細かい単位の地名（例えば、**図 5.1** の津田沼・日吉・磯子・梅田・天王寺・博多）を「通常の場合」では、どのように呼ぶか（地名で呼ぶか、都市名で呼ぶか、あるいは県名で呼ぶか）を回答してもらう。
- ② ファジィ・メッセージ（わかり易い名称で伝える必要がある）を被験者に伝え、このメッセージを受信したもとの、上記の地名をどのように呼ぶか（地名で呼ぶか、都市名で呼ぶか、あるいは県名で呼ぶか）を回答してもらう。

- ③ ②と同様のファジィ・メッセージを被験者が受信したもとの都市名 ( $i = 2$ ) のメンバーシップ値  $\mu_{s2}$  (「わかり易い名称の地名」の集合に対するメンバーシップ値) を回答してもらう。

**地名・都市名・県名に関するアンケートのお願い**

- \* 本アンケートは、明治大学大学院商学研究科における研究活動の一環として行います。
- \* 本アンケートの回答結果は、学術研究目的以外には使用いたしません。

あなたの性別を教えてください。( 男性 ・ 女性 )

あなたの出身地(県名・都市名)を教えてください。(県名: \_\_\_\_\_、都市名: \_\_\_\_\_)

===== 質問 =====

1. あなたは、以下の1~15の地名を呼ぶ際に、どのように呼ぶかについて教えてください。  
 ただし、①通常の場面と②その場所をわかり易い名称で伝える必要のある場面に分けて教えてください。  
 ①、②それぞれについて、当てはまる項目(地名・都市名・県名)のいずれか1つに○を付けてください。

	①通常の場面			②わかり易い名称で伝える必要のある場面		
1 平を( )と呼ぶ	平	いわき(市)	福島(県)	平	いわき(市)	福島(県)
2 津田沼を( )と呼ぶ	津田沼	習志野(市)	千葉(県)	津田沼	船橋(市)	千葉(県)
3 本八幡を( )と呼ぶ	本八幡	市川(市)	千葉(県)	本八幡	市川(市)	千葉(県)
4 浦和を( )と呼ぶ	浦和	さいたま(市)	埼玉(県)	浦和	さいたま(市)	埼玉(県)
5 大宮を( )と呼ぶ	大宮	さいたま(市)	埼玉(県)	大宮	さいたま(市)	埼玉(県)
6 日吉を( )と呼ぶ	日吉	横浜(市)	神奈川(県)	日吉	横浜(市)	神奈川(県)
7 磯子を( )と呼ぶ	磯子	横浜(市)	神奈川(県)	磯子	横浜(市)	神奈川(県)
8 戸塚を( )と呼ぶ	戸塚	横浜(市)	神奈川(県)	戸塚	横浜(市)	神奈川(県)
9 直江津を( )と呼ぶ	直江津	上越(市)	新潟(県)	直江津	上越(市)	新潟(県)
10 清水を( )と呼ぶ	清水	静岡(市)	静岡(県)	清水	静岡(市)	静岡(県)
11 梅田を( )と呼ぶ	梅田	大阪(市)	大阪(府)	梅田	大阪(市)	大阪(府)
12 天王寺を( )と呼ぶ	天王寺	大阪(市)	大阪(府)	天王寺	大阪(市)	大阪(府)
13 三ノ宮を( )と呼ぶ	三ノ宮	神戸(市)	兵庫(県)	三ノ宮	神戸(市)	兵庫(県)
14 小倉を( )と呼ぶ	小倉	北九州(市)	福岡(県)	小倉	北九州(市)	福岡(県)
15 博多を( )と呼ぶ	博多	福岡(市)	福岡(県)	博多	福岡(市)	福岡(県)

2. 以下の都市名が、どの程度わかり易く、記憶に浸透しているかについて教えてください。  
 当てはまる程度(1・0.8・0.6・0.4・0.2・0)のいずれか1つに○を付けてください。

	都市名	都市名のわかり易さ					
		わかりにくい					わかり易い
1	いわき	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
2	習志野	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
3	市川	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
4	さいたま	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
5	横浜	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
6	上越	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
7	静岡	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
8	大阪	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
9	神戸	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
10	北九州	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
11	福岡	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

以上

ご協力ありがとうございました。

図 5.1 アンケート調査票

表 5.3-1 アンケート調査データ（質問項目 1-①）

		通常の場合														
No.	性別	平	津田沼	本八幡	浦和	大宮	日吉	磯子	戸塚	直江津	清水	梅田	天王寺	三ノ宮	小倉	博多
1	女性	県名	県名	県名	地名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	地名	地名	県名	県名	地名
2	女性	県名	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名	地名	地名
3	男性	県名	地名	県名	地名	地名	都市名	地名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	都市名	地名
4	男性	県名	県名	地名	県名	県名	県名	地名	地名	県名						
5	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
6	男性	地名	都市名	県名												
7	男性	都市名	地名	県名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名
8	男性	都市名	地名													
9	男性	都市名	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	地名	地名
10	男性	県名	地名	県名	地名	県名	都市名	都市名	県名	地名						
11	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
12	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
13	男性	県名	地名	都市名	都市名	地名	都市名									
14	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
15	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
16	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名	地名
17	男性	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	県名	地名	都市名	県名	県名	県名	県名
18	男性	県名	県名	県名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名
19	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名
20	男性	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名
21	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
22	男性	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	地名
23	男性	県名	地名	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名	都市名	県名	地名	都市名	地名	地名	地名
24	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名
25	男性	都市名	地名	県名	地名	地名	地名	地名	地名	地名						
26	男性	県名	都市名	地名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名
27	女性	地名	地名	都市名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	県名	地名	都市名	県名	地名
28	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
29	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
30	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
31	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
32	女性	県名	地名	県名	県名	地名	地名	都市名	県名	地名						
33	男性	都市名	都市名	県名	地名	地名	都市名	都市名	地名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	県名	地名
34	女性	都市名	地名													
35	女性	都市名	都市名	地名	地名	地名	都市名	県名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名
36	女性	県名	県名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	県名	都市名
37	女性	都市名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	都市名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名
38	女性	都市名	地名	都市名	都市名	地名										
39	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
40	女性	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名	地名	都市名	地名	都市名	地名
41	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
42	男性	県名	県名	県名	地名	地名	都市名	地名	都市名	県名	県名	都市名	県名	都市名	県名	地名
43	男性	県名	県名	県名	県名	都市名	県名									
44	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
45	男性	地名	地名	都市名	地名											
46	女性	県名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名
47	女性	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	県名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
48	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
49	女性	都市名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名	県名	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名
50	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名	地名	県名	県名	地名	地名
51	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
52	女性	県名	都市名	県名	地名	地名	地名	都市名	県名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
53	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
54	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
55	女性	都市名	地名													
56	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
57	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名	県名	県名	地名
58	女性	県名	県名	都市名	地名	地名	地名	県名	地名	県名	都市名	地名	県名	県名	県名	地名
59	女性	県名	地名	都市名	地名	地名	都市名	県名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名
60	男性	都市名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	県名	県名	都市名	都市名	地名



表 5.4-1 アンケート調査データ（質問項目 1-②）

		わかり易い名称で伝える必要のある場面												
No.	性別	本八幡	浦和	大宮	日吉	磯子	戸塚	直江津	清水	梅田	天王寺	三ノ宮	小倉	博多
1	女性	地名	地名	地名	県名	県名	都市名	県名	県名	地名	地名	県名	県名	県名
2	女性	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	地名	県名	県名	都市名	地名	地名
3	男性	県名	都市名	都市名	都市名	地名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名	都市名	地名
4	男性	地名	地名	地名	地名	県名	地名	県名	地名	県名	県名	県名	地名	地名
5	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
6	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
7	男性	県名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名
8	男性	県名	地名	地名	地名	都市名	地名	県名	都市名	地名	地名	都市名	地名	地名
9	男性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
10	男性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	県名	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名
11	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
12	女性	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
13	男性	県名	都市名	県名	県名	都市名	都市名	地名	都市名	都市名	県名	都市名	都市名	県名
14	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名
15	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
16	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
17	男性	県名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名
18	男性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
19	女性	都市名	地名	地名	都市名	県名	県名	県名	都市名	都市名	県名	都市名	県名	地名
20	男性	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	地名
21	女性	県名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名
22	男性	県名	地名	地名	都市名	県名	地名	地名						
23	男性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
24	男性	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	地名							
25	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
26	男性	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	県名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名
27	女性	県名	都市名	都市名	県名									
28	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
29	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
30	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
31	女性	地名	県名	県名	都市名	県名								
32	女性	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	地名	地名	都市名	県名	地名
33	男性	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	地名
34	女性	県名	地名	地名	都市名									
35	女性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名
36	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	都市名
37	女性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
38	女性	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名
39	女性	県名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名
40	女性	都市名	地名	地名	地名	県名	地名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名
41	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
42	男性	県名	都市名	都市名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	都市名	県名	都市名
43	男性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
44	女性	県名	地名											
45	男性	都市名	地名											
46	女性	都市名	地名	地名	都市名	地名	都市名	県名	県名	県名	都市名	地名	県名	地名
47	女性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名
48	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
49	女性	都市名	都市名	地名	地名	都市名	地名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名
50	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
51	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
52	女性	県名	地名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	地名
53	女性	県名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	都市名	県名	地名
54	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
55	女性	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
56	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	都市名	都市名	地名	地名
57	女性	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	都市名	県名	県名	地名	地名	地名	地名
58	女性	都市名	県名	県名	都市名	県名								
59	女性	都市名	地名	地名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名
60	男性	都市名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	県名	県名	都市名	都市名	地名

表 5.4-2 アンケート調査データ（質問項目 1-②）

No.	性別	わかり易い名称で伝える必要のある場面												
		本八幡	浦和	大宮	日吉	磯子	戸塚	直江津	清水	梅田	天王寺	三ノ宮	小倉	博多
61	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
62	女性	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名
63	女性	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	都市名	県名	都市名	都市名	地名
64	男性	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	都市名	県名	都市名	県名	地名
65	女性	県名	地名	地名	都市名	県名	地名	地名	都市名	地名	県名	県名	県名	地名
66	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
67	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
68	女性	地名	県名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	地名	県名	県名	都市名	県名	地名
69	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
70	男性	県名	県名	都市名	県名	県名	都市名	県名	都市名	県名	地名	都市名	都市名	地名
71	女性	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	県名	都市名	地名
72	男性	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	地名
73	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名
74	男性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	地名	地名	都市名	県名	地名
75	女性	地名	地名	地名	県名									
76	男性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
77	男性	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	県名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名
78	男性	県名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名
79	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名	地名	都市名	地名	地名
80	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
81	女性	地名	地名	地名	地名	県名	地名							
82	男性	県名	都市名	地名	地名	地名	地名	都市名	県名	県名	県名	都市名	県名	地名
83	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	県名
84	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
85	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
86	男性	都市名	県名	都市名										
87	男性	都市名	都市名	地名	地名	県名	県名	県名	都市名	都市名	県名	都市名	県名	地名
88	男性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	地名
89	男性	県名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名
90	男性	県名	県名	地名	県名	都市名	県名	県名						
91	女性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	県名	県名
92	女性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	地名	県名	県名	地名	地名	都市名	県名	地名
93	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
94	女性	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	地名	地名	地名	地名	都市名	県名	地名
95	男性	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名	都市名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名
96	女性	県名	都市名	地名	県名	地名								
97	男性	都市名	地名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	県名	県名	都市名	都市名	地名
98	女性	都市名	地名	地名	都市名	地名								
99	男性	県名	県名	県名	都市名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	都市名	都市名	県名
100	男性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	都市名	県名	県名	県名	都市名
101	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
102	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名	地名	都市名	地名	地名
103	男性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名
104	男性	県名	都市名	都市名	県名	県名	都市名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	県名	都市名
105	男性	都市名	地名	地名	都市名	県名	県名	県名	都市名	都市名	地名	地名	県名	地名
106	男性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	県名	県名	地名	地名	都市名	地名	地名
107	男性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
108	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
109	女性	地名	都市名	都市名	県名									
110	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
111	男性	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
112	男性	都市名	県名	都市名	県名	都市名	県名	都市名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名
113	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名
114	女性	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
115	女性	県名	県名	県名	県名	県名	県名	県名	地名	県名	県名	県名	県名	県名
116	女性	地名	地名	地名	地名	都市名	都市名	都市名	県名	地名	地名	都市名	都市名	地名
117	男性	県名	県名	県名	都市名	都市名	県名	県名	県名	都市名	県名	県名	県名	地名
118	男性	都市名	都市名	地名	県名	都市名	県名	都市名	都市名	地名	県名	県名	県名	県名
119	男性	都市名	地名	地名	都市名	都市名	県名	都市名	県名	都市名	地名	都市名	県名	地名
120	女性	地名	地名	地名	都市名	地名								
121	男性	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	地名	地名	地名	地名	地名	地名
122	女性	県名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	県名	都市名	地名	県名	県名	県名	地名
123	女性	県名	都市名	地名	県名	県名	県名	都市名	都市名	都市名	都市名	都市名	県名	地名
124	男性	地名	都市名	地名	地名	地名	地名	県名	都市名	地名	都市名	都市名	地名	地名

表 5.5-1 アンケート調査データ（質問項目 2）

No.	性別	いわき	習志野	市川	さいたま	横浜	上越	静岡	大阪	神戸	北九州	福岡
1	女性	0.4	0.4	0.4	1	0.6	0.2	0.4	0.8	0.6	0.6	0.6
2	女性	0.4	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	1	1
3	男性	0.2	0.2	0.2	0.6	1	0.4	0.6	1	1	0.8	1
4	男性	0.6	0.6	0.4	0.8	1	0.4	0.8	1	1	1	1
5	男性	0.8	0.8	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
6	男性	0	1	0.2	1	1	0	1	1	1	1	1
7	男性	0.8	0	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1
8	男性	0.8	1	0.4	1	1	0.4	1	1	1	1	1
9	男性	0.4	0.4	0.4	1	1	0.2	1	1	1	1	1
10	男性	0.8	0	0	1	1	0.6	0.8	1	1	1	1
11	女性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	女性	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
13	男性	0.2	0.4	0.6	1	0.8	0.6	1	1	1	1	1
14	男性	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
15	男性	1	0.8	0.4	1	1	0.6	1	1	1	1	1
16	女性	1	0.6	0.6	0.8	1	0.4	0.4	0.8	0.8	0.2	0.8
17	男性	0.6	0.2	0	1	1	1	1	1	1	1	1
18	男性	0.6	1	1	1	1	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
19	女性	1	1	1	0.8	1	0.6	1	1	1	1	1
20	男性	0.6	0.6	0.8	1	1	0.6	1	0.6	0.8	0.8	0.8
21	女性	0.4	0.6	0.4	0.6	1	0.4	1	1	1	0.8	1
22	男性	0.6	0.6	0.6	0.8	1	0.4	0.6	1	1	0.6	1
23	男性	0.4	1	0.4	0.8	1	0.4	0.8	1	1	1	1
24	男性	0.2	0.2	1	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	0.2
25	男性	0.8	0.6	0.8	1	1	0.4	1	1	1	1	1
26	男性	0.6	0.6	0.8	1	1	0.6	0.8	1	1	0.8	1
27	女性	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
28	男性	1	0	0.8	1	1	0.8	1	1	1	0.8	1
29	男性	0.2	0.2	0.2	0.6	1	0.4	1	1	1	1	1
30	女性	0.8	0	0.2	1	1	0.4	1	1	1	0.8	0.8
31	女性	0.8	0.8	1	1	1	0.8	1	1	1	0.6	1
32	女性	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	男性	0.8	0.8	0.6	1	1	0.4	1	1	1	1	1
34	女性	0.2	0.2	0.4	1	1	0.4	1	1	1	0.8	1
35	女性	1	1	1	1	1	0.4	1	1	1	1	1
36	女性	1	1	1	1	1	0.8	0.8	1	1	1	1
37	女性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	女性	0.4	0.4	0.4	0.6	1	1	0.6	1	1	0.8	0.8
39	女性	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
40	女性	0	0.8	0.6	0.4	1	0.2	1	1	1	1	1
41	男性	0	0.2	0.4	1	1	0.6	1	1	1	1	1
42	男性	0	0.2	0	1	1	0	1	1	1	0.6	1
43	男性	0.2	0.4	0.6	1	1	0.6	1	1	1	0.8	1
44	女性	0.8	0.8	1	0.6	1	0.6	0.8	1	1	1	1
45	男性	0.2	0.4	0.8	1	1	0.2	1	1	1	1	1
46	男性	0.2	0.4	0.8	1	1	0.4	0.4	1	1	1	0.2
47	女性	1	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1
48	女性	0.4	0.4	0.8	1	1	0.6	1	1	1	1	1
49	女性	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
50	男性	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	0.8	1
51	女性	0.4	0.4	0.4	1	1	0.4	1	1	1	1	1
52	女性	1	0.6	0	1	1	0.8	1	1	1	1	1
53	女性	1	0.4	0.4	1	1	1	1	1	1	0.6	1
54	男性	0.8	0.8	0.8	1	1	0.4	1	1	1	1	1
55	女性	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
56	男性	0.6	0.6	0.8	1	1	0.2	1	1	1	1	1
57	女性	0.2	0.2	0.2	1	1	0.8	1	1	1	1	1
58	女性	0.6	0.6	0.8	1	0.8	1	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
59	女性	0	0.6	0.6	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1
60	男性	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

表 5.5-2 アンケート調査データ（質問項目 2）

No.	性別	いわき	習志野	市川	さいたま	横浜	上越	静岡	大阪	神戸	北九州	福岡
61	女性	0.8	1	1	1	1	0.4	1	1	1	1	1
62	女性	0.4	0.2	0.2	1	1	0.8	1	1	1	1	1
63	女性	0.2	1	1	1	1	0.2	1	1	1	1	1
64	男性	0.8	0.6	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4	0.8	0.8	0.6	0.6
65	女性	0.2	0.4	0.2	1	1	0.8	1	1	1	0.8	1
66	男性	1	0.6	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
67	女性	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
68	女性	0.2	0.2	0.2	0.6	1	0.4	1	1	1	0.4	0.8
69	女性	0.4	0.4	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
70	男性	0.6	0.8	0.4	1	1	1	1	1	1	1	1
71	女性	1	1	0.4	1	1	1	1	1	1	0.8	1
72	男性	0	0.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73	男性	1	0.8	1	1	1	0.6	1	1	1	0.8	1
74	男性	0.2	0.6	0.8	1	1	0.6	0.8	1	1	0.8	1
75	女性	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
76	男性	0.4	0.6	0.4	1	1	0.6	1	1	1	1	1
77	男性	0.8	0.8	1	1	1	0.4	1	1	1	1	1
78	男性	0.8	0.8	0.6	1	1	0.8	1	1	1	1	1
79	男性	0.2	0.4	0.8	1	1	0.2	1	1	1	0.8	1
80	女性	0.6	0.2	0	0.6	0.8	0.6	0.6	1	1	0.2	0.6
81	女性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
82	男性	1	0.2	0.2	1	1	0.8	1	1	1	0.6	1
83	男性	0.8	0.2	0.2	1	1	0.4	1	1	1	0.6	1
84	男性	0	0	0	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1
85	女性	0.2	0.4	0.4	0.8	1	0.2	0.8	1	1	1	1
86	男性	1	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6
87	男性	0.6	0.6	0.6	1	1	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
88	男性	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
89	男性	0.2	1	1	1	1	0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
90	男性	0	0	0.6	1	1	0.6	1	1	1	0.6	1
91	女性	0.4	0.6	0.6	0.8	1	0.4	1	1	1	0.8	0.8
92	女性	0.8	1	1	1	1	0.6	1	1	1	0.8	1
93	男性	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0.8	1
94	女性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
95	男性	0.2	1	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1
96	女性	0.4	0.4	0.2	1	1	0.4	1	1	1	0.8	1
97	男性	0.2	0.2	0.4	0.8	1	0.4	0.8	1	1	1	1
98	女性	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	1	1
99	男性	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
100	男性	0	0	0.4	1	1	0.6	1	1	1	0.2	0.8
101	女性	0.6	0	0.6	1	1	0.6	1	1	1	1	1
102	男性	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
103	男性	0.8	0.2	0.6	1	1	0.8	1	1	1	0.6	1
104	男性	0.2	0	0.2	1	1	0.4	1	1	1	1	1
105	男性	0.4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
106	男性	0.6	1	1	1	1	0.6	0.6	1	1	1	0
107	男性	1	1	0.2	1	1	0.2	1	1	1	1	1
108	女性	0.4	0	0	1	1	0.4	1	1	1	0.8	0.8
109	女性	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	1	1
110	男性	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
111	男性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
112	男性	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
113	女性	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.8	1
114	女性	0.8	0.4	0.4	1	1	0.8	1	1	0.8	0.8	1
115	男性	0	0	0.2	0.4	0.6	0.6	1	1	1	1	1
116	女性	0.2	0.2	0.6	0.8	1	0.4	0.8	1	1	0.6	1
117	男性	0.2	0.4	0	0.6	0.8	0.2	1	1	0.8	0.8	1
118	男性	0.8	1	1	1	0.6	0.2	0.6	0	0	0.4	0.6
119	男性	1	6	1	1	1	0.8	1	1	1	0.8	1
120	男性	0.2	0.2	0.6	1	1	0.8	1	1	1	1	1
121	男性	0.6	0.2	0.1	1	1	0.4	1	1	1	1	1
122	女性	1	1	1	1	1	0.6	1	1	1	0.6	1
123	女性	0.4	0.4	0.6	1	1	0.6	1	1	1	1	1
124	男性	0.2	0.6	0.4	1	1	0	1	1	1	1	1

### 5.5.3 分析結果

本章のアンケート調査により収集したデータ（表 5.3～表 5.5）を用いて、以下の手順により地名・都市名・県名で呼ぶ選択確率（ $p_{si}$ ,  $q_{si}$ ）と、都市名のメンバーシップ値  $\mu_{s2}$  を算出する。

- ① 「通常の場合」における被験者毎のサンプル  $s$ （地名）に対する選択対象  $i$ （地名・都市名・県）の回答（表 5.3-1 と表 5.3-2）を集計し、その集計値を全被験者数で除することで、事前確率  $p_{si}$  を算出する。
- ② 「地名をわかり易い名称で伝える必要のある場合」における被験者毎のサンプル  $s$  に対する選択対象  $i$  の回答（表 5.4-1 と表 5.4-2）を集計し、その集計値を全被験者数で除することで、事後確率  $q_{si}$  を算出する。
- ③ 「都市名のわかり易さ」における被験者毎のサンプル  $s$  に対する都市名のメンバーシップ値  $\mu_{s2}$  の回答（表 5.5-1 と表 5.5-2）を集計し、その集計値を全被験者数で除することで、メンバーシップ値  $\mu_{s2}$  の平均値を算出する。

上記の手順により算出した事前確率  $p_{si}$ , 事後確率  $q_{si}$ , メンバーシップ値  $\mu_{s2}$  を Model-A に代入し、地名と県名のメンバーシップ値を推定した結果、表 5.6 の推定値が得られた。さらに、Model-B に Model-A で推定したメンバーシップ値を代入し、パラメータ  $d_i$  の最小二乗解を推定した結果、表 5.7 のような推定値が得られた。

表 5.6 Model-A による実証分析の結果

$s$	地名	$f_s$	$\mu_{s1}$	$\mu_{s2}$	$\mu_{s3}$	$\hat{f}_{s1}$	$\hat{f}_{s2}$	$\hat{f}_{s3}$
1	平	0.7574	0.2728	0.5952	1.0000	0.0654	0.1558	0.4984
2	津田沼	0.3171	0.1083	0.6032	0.4536	0.0515	0.1119	0.1536
3	本八幡	0.3617	0.1043	0.5944	0.4731	0.0404	0.1534	0.1679
4	浦和	0.3718	0.1037	0.9323	0.4877	0.0579	0.2124	0.1046
5	大宮	0.3492	0.1370	0.9323	0.4877	0.0898	0.1856	0.0711
6	日吉	0.7036	0.3205	0.9758	0.8665	0.1306	0.4229	0.1380
7	磯子	0.7334	0.2295	0.9758	0.8665	0.0603	0.3881	0.2943
8	戸塚	0.6627	0.1931	0.9758	0.8665	0.0670	0.3464	0.2580
9	直江津	0.4953	0.2091	0.5935	0.5786	0.0489	0.1245	0.3220
10	清水	0.5768	0.1799	0.9242	0.5878	0.0551	0.3130	0.2086
11	梅田	0.6563	0.2508	0.9613	0.9742	0.1070	0.2050	0.3509
12	天王寺	0.7129	0.3463	0.9613	0.9742	0.1454	0.2295	0.3327
13	三ノ宮	0.6358	0.1867	0.9613	0.5031	0.0482	0.4496	0.1380
14	小倉	0.5688	0.2085	0.8710	0.6169	0.0622	0.2529	0.2537
15	博多	0.4995	0.2597	0.9371	0.9926	0.1718	0.1436	0.1841

表 5.7 Model-B の実証分析におけるパラメータ  $d_i$  の推定結果

重相関係数	説明変数1 (地名)	説明変数2 (都市名)	説明変数3 (県名)
0.993	0.882	0.969	1.095

#### 5.5.4 考察

表 5.6 の結果を見ると、すべて「地名」よりも「都市名」や「県名」を選択する傾向があることがわかる。これは、県名思考による「地名の低エントロピー化」<sup>3</sup>と同様に、細かい単位の地名よりも、都市名や県名で思考することにより、記憶の多様性・複雑性（エントロピー）を低下させようとすることを示唆している。とりわけ、横浜・大阪・神戸において、都市名のメンバーシップ値が非常に大きい値（0.96 以上）となっているのは、これらの都市がすべて日本を代表する政令指定都市であることに起因している。また、「平」において都市名よりも県名のメンバーシップ値が顕著に大きくなっていることは、地名や都市名よりも「福島」という県名が、東日本大震災（2011 年 3 月 11 日に発生）で日本人の記憶に浸透したことによるものではないかと思われる。これより、本章の Model-A から推定されたメンバーシップ値が現実に即した結果であることがわかる。

次に、表 5.7 の結果を見ると、本章で提案した Model-B の実証分析から、高い重相関係数（0.993）が得られていることがわかる。これより、アンケート調査の結果に潜在する学生の「都市名思考」と「県名思考」の傾向を、本章の Model-B が精度高く模写していることが示唆される。また、「地名」「都市名」「県名」に対する偏回帰係数  $d_i$  の推定値を見ると、いずれも 1 に近い値となっていることがわかる。これは、本章の提案モデル (Model-B) によるファジィ事象の確率の実績値  $f_s$  と、その推定値  $\hat{f}_s$  との間の乖離が小さく、現実に即したファジィ事象の確率の推定値が得られることを示唆している。

このように、本章の提案モデルにより得られた偏回帰係数 ( $d_1 \sim d_3$ ) は、いずれも 1 に近い値となっているのであるが、それでも 1 から若干の乖離があるため、こうした乖離について見ていくことにしよう。まず、 $d_1=0.882$ 、 $d_2=0.969$  で、「地名」に対する偏回帰係数と「都市名」に対する偏回帰係数が、1 よりも小さい値となっている、すなわちファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  の推定値を、事後確率  $q_{si}$  の実績値に近づけるべく、これを小さくする方向に補正していることから、ファジィ理論によって定義されるファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  ( $\theta_{s1}$  と  $\theta_{s2}$ ) が実績値に対して過大評価となっていることが確認される。これとは反対に、 $d_3=1.095$  で「県名」に対する偏回帰係数の推定値が、1 よりも大きい値となっており、これよりファジィ理論によって定義されるファジィ条件つき確率  $\theta_{s3}$  が過小評価になっていることがわかる。このように、本章の提案モデル (Model-B) は、ファジィ理論によって定義されるファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$  とその実績値  $q_{si}$  との間の乖離を定量的に把握し、それを補正する役割を果たしうる。

## 5.6 本章で得られた成果

本章では、第4章の分析モデル（メンバーシップ値推定モデル）に対して、新たにサンプル相を導入することにより「メンバーシップ値推定モデル」（Model-A）と「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル」（Model-B）を提案した。こうした提案モデルとその実証分析により、下記のような知見が得られた。

- ① 本章で提案した Model-A により、「未知のメンバーシップ値をいかに合理的な基準で推定するか」というファジィ理論における困難な課題に対して、対数尤度最大化という合理的な基準を設定し、第4章と同様に、これまで推定することが困難であった未知のメンバーシップ値の推定を可能にした。
- ② また、Model-A において、サンプル相を追加したことで、サンプル全体を一括して分析することが可能になり、メンバーシップ値推定モデルの適用範囲を広げることができた。
- ③ 本章で提案した Model-B において、ファジィ事象の確率の実績値  $f_s$  とその推定値  $\hat{f}_s$  の残差二乗和を最小化するパラメータ  $d_i$  を推定することで、事後確率の実績値  $q_{si}$  とその推定値（ファジィ条件つき確率  $\theta_{si}$ ）との間に生じる若干の乖離を定量的に把握することが可能になった。
- ④ また、Model-B の実証分析から、高い重相関係数と現実に即したパラメータの推定値が得られ、少なくとも今回の「地名・都市名・県名」に関するアンケート調査に関しては、本章の提案モデルの妥当性を確認することができた。

以上のように、第4章のモデルで前提としていたサンプル相のないデータ構造を、本章では、サンプル相を有するデータ構造へと拡張することを試みた。これにより、複数 ( $m$  個) のサンプルであっても、1回の分析のみでサンプル別のメンバーシップ値  $\mu_{si}$  を推定することが可能になった。こうした本章の分析モデルは、企業外部者が企業からのメッセージ（ファジィ・メッセージ）を受信したもとの、自社の商品・サービスや株式の選択におけるメンバーシップ値の推定という、企業外部者に潜在する心理（好んでいる度合；メンバーシップ値）を定量的に捉えるための新たな分析アプローチを示唆することができた。

---

<sup>1</sup> 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 「最尤法を用いた合併企業評価の分析モデル」日本経営工学会春季研究発表大会予稿集, 日本経営工学会, pp.47-48.

<sup>2</sup> 下林大造, 山下洋史, 権善喜(2013), 『『県名思考』による地名の低エントロピー化とその弊害』日本経営システム学会第51回全国研究発表大会講演論文集, pp.274-275.

<sup>3</sup> 同上論文, pp.274-275.

## 第3部

### 企業外部者の拡大推論に関するファジィ情報路モデルの構築

#### 第6章 「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」

#### 第7章 「重みつき多因子ファジィ情報路モデルにおける ウェイト推定モデル」

#### 第8章 「ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル」

## 第 6 章 3 段階の階層型ファジィ情報路モデル

### 6.1 本章の目的

本章で焦点を当てる企業外部者（消費者や一般投資家等）の選択行動に対して、各選択対象の特性値（価格や料金等）のみならず、自身の「評価」や「印象」は大きな影響を与える。したがって、企業にとって、自社製品やサービスに対する、上記のような「評価」や「印象」を知ることは、経営戦略やマーケティング戦略にとって、重要な課題の 1 つである。

本章では、上記の各選択対象に対する「評価」や「印象」をファジィ理論におけるメンバーシップ値として捉え、このメンバーシップ値を基に選択確率を推定するための分析モデルを新たに構築していくことにする。そこで、従来のファジィ情報路モデル<sup>1</sup>を、「3 段階の階層型ファジィ情報路モデル」へと拡張することを試みる。この提案モデルの特徴は、各階層の選択確率を推定する際、従来の階層型ファジィ情報路モデル<sup>2</sup>では、各階層別のファジィ・エントロピーのみを考慮していたのに対して、本章のモデルでは、3 段階すべてのファジィ・エントロピーを総合的に捉えているところにある。

一方、第 1 章と第 2 章では、Shannon の情報理論 (information theory) に基づき、従来のエントロピー・モデルを多段階 (2 段階と 2 方向 3 段階) の階層型エントロピー・モデルへと拡張したが、これらのモデルは、確率面でのあいまいさ (偶然性あるいは不確実性) のみに焦点を当て、意味面でのあいまいさ (漠然性 ; fuzziness) については考慮されていなかった。そこで、本章では、情報理論とファジィ理論 (fuzzy theory) のアプローチを統合することにより、確率面でのあいまいさと意味面でのあいまいさの両面を考慮した新たな階層型ファジィ情報路モデルを提案する。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、スマートフォン (多機能携帯電話) に関するアンケート調査から得られた満足度のデータを用いて、各機種および各通信会社に対する選択確率を推定する。これにより、本章の提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

## 6.2 使用記号と前提条件

### 6.2.1 使用記号

本章において「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」を提案するに当たり、下記のような記号を設定する。

$L$ : 平均特性値

$H$ : ファジィ・エントロピー

$i$ : 第1階層の上位選択対象 ( $i = 1, 2$ )

$j$ : 第2階層の選択要因 ( $j = 1, 2, \dots, n_i$ )

$t, k$ : 第3階層の下位選択対象 ( $t = 1, 2, \dots, \alpha, k = 1, 2, \dots, \beta$ )

$r$ : 選択行動の行動主体 ( $r = 1, 2, \dots, v$ )

$q$ : 下位選択対象  $t$  に対する選択確率

$p$ : 下位選択対象  $t$  と  $k$  の組み合わせに対する選択確率

$\pi$ : 選択確率 ( $\pi_{tk} = q_t \cdot p_{tk}$ )

$w$ : ウェイト

$\delta$ : 特性値

$Z$ : 満足度

$\mu$ : メンバーシップ値

### 6.2.2 前提条件

本章では、企業外部者（消費者や一般投資家等）の選択行動（3段階の選択行動）に関する拡大推論をモデル化する際、以下のような前提条件を置くことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者とする。
- ② 選択対象に関して十分には情報が得られていないものとする。
- ③ ただし、いくつかの選択要因に関しては、意味面でのあいまいさを持った情報（特性値  $\delta_{ij}$ ）が得られているものとする。
- ④ 上記の特性値  $\delta_{ij}$  は、閉区間[0,1]の値をとり、これが大きいほど好ましいものとする。
- ⑤ 本章の提案モデルにおけるメンバーシップ値は小さいほど良い状態を意味するため、Step1とStep2のメンバーシップ値を  $\mu_{ij} = 1 - \delta_{ij}$ 、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換えることにする。

## 6.3 「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」の提案

### 6.3.1 提案モデルの概要

本章では、企業外部者（消費者や一般投資家等）の選択行動を3段階の階層構造として捉え、山下<sup>3</sup>のファジィ情報路モデルを、3段階の階層型ファジィ情報路モデルへと拡張することを試みる。そこで、**図 6.1** のような3段階の階層構造を仮定し、新たに「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」を提案する。

その際、本章ではファジィ情報路モデル（シャノン・エントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー）に基づく分析モデル（Model-A）と、権・山下<sup>4</sup>のモデル（シャノン・エントロピー-重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー）に基づく分析モデル（Model-B）の2つの分析モデルを提案する。前者の Model-A は、企業外部者（消費者や一般投資家等）がシャノン・エントロピーと重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピーの和（ファジィ・エントロピー）をなるべく大きくするように行動するという仮定に従った分析モデルであり、後者の Model-B は、企業外部者がシャノン・エントロピーをなるべく大きく、かつ重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピーをなるべく小さくするように行動するという仮定に従った分析モデルである。Model-A が、ファジィ理論において偶然性と漠然性の和として定義される「ファジィ・エントロピー」を根拠とした定式化であるのに対して、Model-B は、企業外部者（消費者や一般投資家等）がなるべく漠然性（重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー）を小さくするように行動するという考え方に基づいた定式化なのである。

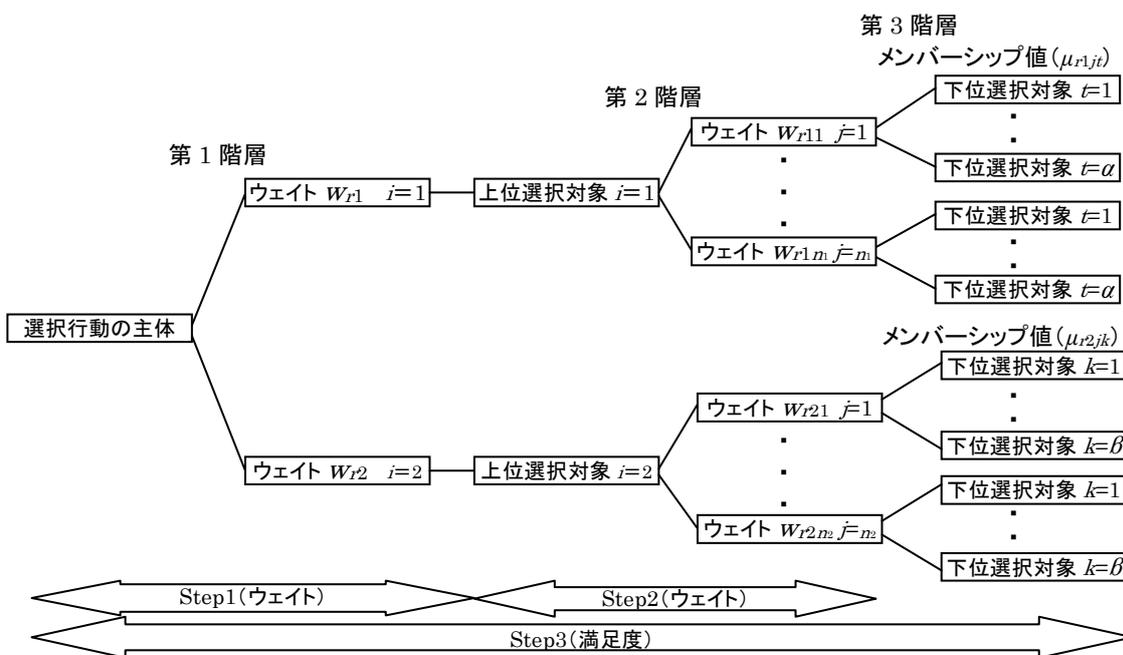


図 6.1 3段階の階層型ファジィ情報路モデルの概念図

### 6.3.2 提案モデルの分析手順

本章の提案モデル (Model-A と Model-B) の Step1 と Step2 では、それぞれ第 1 階層の上位選択対象  $i$  に対するウェイト  $w_{ri}$  ( $r$ : 選択行動の主体) と第 2 階層の選択要因  $j$  に対するウェイト  $w_{rij}$  を推定する。また、Step3 では、Step1 と Step2 で推定したウェイト  $w_{ri}$ ,  $w_{rij}$  と、第 3 階層の下位選択対象  $t$  ( $i=1$  の場合) または  $k$  ( $i=2$  の場合) に対するメンバーシップ値  $\mu_{rijt}$ ,  $\mu_{rijk}$  から、それぞれの下位選択対象に対する満足度を推定する。さらに、Step4 では、Step3 の下位選択対象  $t$  と  $k$  を組み合わせた満足度  $Z_{tk}$  から、各下位選択対象  $t$  と  $k$  の組み合わせに対する選択確率  $\pi_{tk}$  を推定する。

### 6.3.3 問題の定式化と解の導出

#### 6.3.3.1 Model-A (ファジィ・エントロピー: 偶然性+漠然性)

まず、本章の Model-A では、従来のファジィ情報路モデル<sup>5</sup>の仮説を基に、下記のような 2 つの仮説を設定する。仮説 I は各選択対象に対する企業外部者の満足感を、また仮説 II は自由勝手な選択行動を、それぞれ表している。

仮説 I : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、なるべく自身の満足感を高めるよう、各特性値 (メンバーシップ値の加重平均) をできるだけ小さくするような選択をする。

仮説 II : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、何の制約もなく自由意思によって、できるだけ自由勝手な選択をする。

Model-A では、上記のような 2 つの仮説を、それぞれ平均特性値  $L$  とファジィ・エントロピー  $H$  によって捉えることにする。ただし、前述の前提条件⑤に従い、仮説 I を「平均特性値  $L$  を小さくするような選択」として位置づけることにする。

#### 【Step1】第 1 階層の上位選択対象 $i$ に対するウェイト $w_{r1}$ と $w_{r2}$ の推定 (図 6.2)

まず、上記の 2 つの仮説に従って、平均特性値  $L_r$  とファジィ・エントロピー  $H_r$  を、それぞれ(6.1)式と(6.2)式のように定式化する。この平均特性値  $L_r$  は、選択行動の主体  $r$  の感じる第 1 階層の上位選択対象  $i$  に対する重要性 (ウェイト  $w_{ri}$ ) の加重平均を、またファジィ・エントロピー  $H_r$  は自由勝手な選択行動における「自由勝手さの程度」を表している。

$$L_r = \sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \mu_{ri} \quad (6.1)$$

$$H_r = -\sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \log w_{ri} + \sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \{-\mu_{ri} \cdot \log \mu_{ri} - (1 - \mu_{ri}) \cdot \log(1 - \mu_{ri})\} \quad (6.2)$$

ただし、 $\sum_{i=1}^2 w_{ri} = 1$ ,

$w_{ri}$  : 第 1 階層における選択行動主体  $r$  別の上位選択対象  $i$  に対するウェイト,

$\mu_{ri}$  : 第 1 階層における選択行動主体  $r$  別の上位選択対象  $i$  のメンバーシップ値

ここでは、(6.1)式の平均特性値  $L_r$  をなるべく小さく、かつ(6.2)式のエントロピー  $H_r$  をなるべく大きくするようなウェイト  $w_{ri}$  の推定問題を考えることにする。そこで、従来のファジィ情報路モデルと同様、ラグランジュの未定乗数  $\lambda_r$  を用いて、(6.3)式のように定式化する。

$$\varphi_r = \frac{H_r}{L_r} - \lambda_r \cdot \left( \sum_{i=1}^2 w_{ri} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.3)$$

(6.3)式の  $\varphi_r$  はウェイト  $w_{ri}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi_r$  を最大化するウェイト  $w_{ri}$  を推定すべく、 $w_{ri}$  で偏微分して 0 とおくと、(6.4)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_r}{\partial w_{ri}} &= \frac{H'_r \cdot L_r - H_r \cdot L'_r}{L_r^2} - \lambda_r \\ &= \frac{(-\log w_{ri} - 1 + h_{ri}) \cdot L_r - H_r \cdot \mu_{ri}}{L_r^2} - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (6.4)$$

ただし、 $h_{ri} = -\mu_{ri} \cdot \log \mu_{ri} - (1 - \mu_{ri}) \cdot \log(1 - \mu_{ri})$

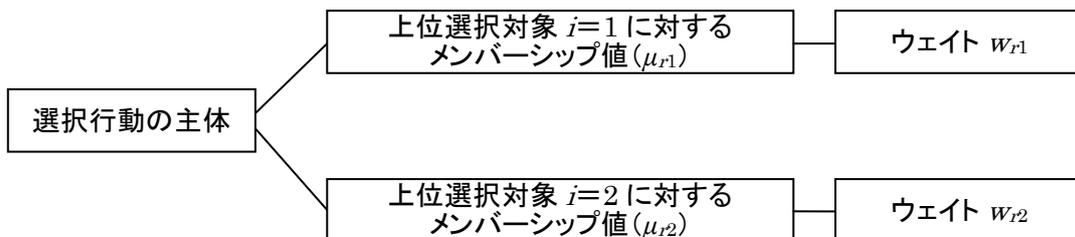


図 6.2 第 1 階層目のメンバーシップ値とウェイトの構造図

次に、(6.4)式の両辺に  $w_{ri}$  を乗じて  $i$  について足し込み、その式を整理すると(6.5)式が得られる。

$$\frac{(H_r - 1) \cdot L_r - H_r \cdot L_r}{L_r^2} - \lambda_r = 0 \quad (6.5)$$

さらに、(6.5)式を  $\lambda_r$  について整理すると、 $\lambda_r$  は(6.6)式のように表される。

$$\lambda_r = -\frac{1}{L_r} \quad (6.6)$$

(6.4)式の  $\lambda_r$  を消去するために、(6.6)式の  $\lambda_r$  を(6.4)式に代入すると、(6.7)式のようになる。

$$\frac{(-\log w_{ri} - 1 + h_{ri}) \cdot L_r - H_r \cdot \mu_{ri}}{L_r^2} + \frac{1}{L_r} = 0 \quad (6.7)$$

そこで、(6.7)式を  $\log w_{ri}$  について整理すると、

$$\log w_{ri} = h_{ri} - \frac{H_r}{L_r} \cdot \mu_{ri} \quad (6.8)$$

となり、(6.8)式の左辺を  $w_{ri}$  に変換すると、(6.9)式が得られる。

$$w_{ri} = e^{h_{ri}} \cdot u_r^{-\mu_{ri}} \quad (6.9)$$

$$\text{ただし、} u_r = e^{\frac{H_r}{L_r}}$$

$$\sum_{i=1}^2 e^{h_{ri}} \cdot u_r^{-\mu_{ri}} = 1 \quad (6.10)$$

したがって、(6.10)式を満足する  $u_r$  を数値的に求め、その値を(6.9)式に代入することにより、 $w_{ri}$  を推定することができる。(6.9)式と一因子ファジィ情報路モデル<sup>6</sup>の解、すなわち、

$$P_i = u^{-\mu_i} \quad (6.11)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{H}{L}}$$

を比較すると、(6.9)式は、一因子ファジィ情報路モデルの解を  $\exp[h_{ri}]$  で重みづけした式となっており、(6.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

**【Step2】 第2階層の選択要因  $j$  に対するウェイト  $w_{rij}$  の推定 (図 6.3)**

図 6.3 の第2階層は、第1階層の上位選択対象  $i$  ごとに異なる選択要因  $j$  によって構成されているが、ここでは簡単のために第1階層の要因が2つの場合を考えることにする。ただし、第1階層の選択要因数が3以上の場合も、 $i$  の個数を増加させるだけで、第1階層の選択要因数が2のときと全く同じ分析モデルとなる。

そこで、まず第1階層の上位選択対象  $i$  ごとに、第2階層の選択要因  $j$  に対するウェイト  $w_{rij}$  を推定するために、Step1 と同様の2つの仮説を設定し、平均特性値  $L_{ri}$  とファジィ・エントロピー  $H_{ri}$  を、それぞれ(6.12)式と(6.13)式のように定式化する。ここで、選択行動の主体  $r$  の感じる重要性 (ウェイト  $w_{rij}$ ) の平均を上記の平均特性値  $L_{ri}$  によって、また自由勝手な選択行動における「自由勝手さの程度」をファジィ・エントロピー  $H_{ri}$  によって、それぞれ表している。

$$L_{ri} = \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \mu_{rij} \quad (6.12)$$

$$H_{ri} = -\sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \log w_{rij} + \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \left\{ -\mu_{rij} \cdot \log \mu_{rij} - (1 - \mu_{rij}) \cdot \log(1 - \mu_{rij}) \right\} \quad (6.13)$$

$$\text{ただし、 } \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} = 1,$$

$w_{rij}$  : 第2階層における選択行動主体  $r$  別の選択要因  $j$  に対するウェイト,

$\mu_{rij}$  : 第2階層における選択行動主体  $r$  別の選択要因  $j$  のメンバーシップ値

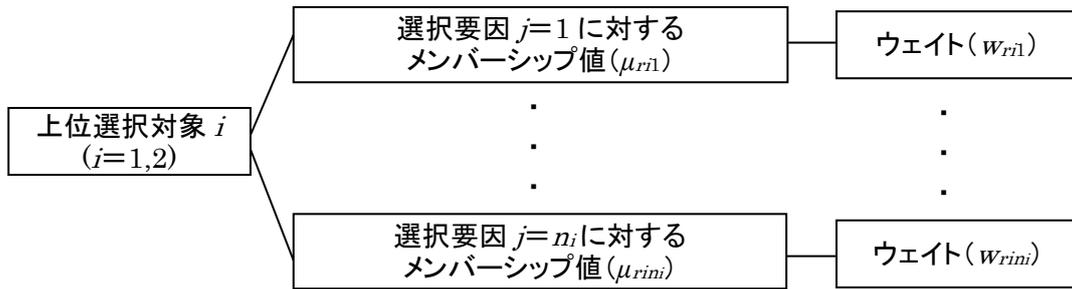


図 6.3 第 2 階層目のメンバーシップ値とウェイトの構造

ここでは、(6.12)式の平均特性値  $L_{ri}$  をなるべく小さく、かつ(6.13)式のアジリティ・エンタロピー  $H_{ri}$  をなるべく大きくするようなウェイト  $w_{rij}$  の推定問題を考えることにする。そこで、Step1 と同様に、ラグランジュの未定乗数  $\lambda_{ri}$  を用いて、(6.14)式のように定式化する。

$$\varphi_{ri} = \frac{H_{ri}}{L_{ri}} - \lambda_{ri} \cdot \left( \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.14)$$

(6.14)式の  $\varphi_{ri}$  についても、Step1 と同様に、 $w_{rij}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi_{ri}$  を  $w_{rij}$  で偏微分して 0 とおくと、(6.15)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_{ri}}{\partial w_{rij}} &= \frac{H'_{ri} \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot L'_{ri}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri} \\ &= \frac{(-\log w_{rij} - 1 + h_{rij}) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot \mu_{rij}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri} = 0 \end{aligned} \quad (6.15)$$

$$\text{ただし、} h_{rij} = -\mu_{rij} \cdot \log \mu_{rij} - (1 - \mu_{rij}) \cdot \log(1 - \mu_{rij})$$

次に、(6.15)式の両辺に  $w_{rij}$  を乗じて  $j$  について足し込み、それらの式を整理すると(6.16)式のようになる。

$$\frac{(H_{ri} - 1) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot L_{ri}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri} = 0 \quad (6.16)$$

さらに、(6.15)式の  $\lambda_{ri}$  を消去するために、Step1 と同様の手順で変換すると、(6.17)式のようなになる。

$$\frac{(-\log w_{rij} - 1 + h_{rij}) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot \mu_{rij}}{L_{ri}^2} + \frac{1}{L_{ri}} = 0 \quad (6.17)$$

そこで、(6.17)式を  $\log w_{rij}$  について整理すると、

$$\log w_{rij} = h_{rij} - \frac{H_{ri}}{L_{ri}} \cdot \mu_{rij} \quad (6.18)$$

となり、(6.18)式の左辺を  $w_{rij}$  に変換すると、(6.19)式が得られる。

$$w_{rij} = e^{h_{rij}} \cdot u_{ri}^{-\mu_{rij}} \quad (6.19)$$

$$\text{ただし、 } u_{ri} = e^{\frac{H_{ri}}{L_{ri}}}$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} e^{h_{rj}} \cdot u_{ri}^{-\mu_{rj}} = 1 \quad (6.20)$$

したがって、(6.20)式を満足する  $u_{ri}$  を数値的に求め、その値を(6.19)式に代入することにより、ウェイト  $w_{rij}$  を推定することができる。(6.19)式と一因子ファジィ情報路モデルの解(6.11)式を比較すると、(6.19)式は一因子ファジィ情報路モデルの解に  $\exp[h_{rij}]$  を乗じた式となっており、これについても (6.11)式 of 自然な拡張形となっていることがわかる。

### 【Step3】 下位選択対象 $t$ と $k$ を組み合わせた、選択行動の主体 $r$ 別満足度の算出

Step3 では、下位選択対象  $t$  ( $t=1,2,\dots,\alpha$ ) と  $k$  ( $k=1,2,\dots,\beta$ ) を組み合わせた拡大推論をモデル化すべく、選択行動の主体  $r$  別 ( $r=1,2,\dots,v$ ) の満足度  $Z_{rtk}$  を(6.21)式のように定式化する。この(6.21)式に、(6.9)式と(6.19)式で推定したウェイト ( $w_{ri}$  と  $w_{rij}$ ) とメンバーシップ値 ( $\mu_{rijt}$  と  $\mu_{rijk}$ ) を代入すれば、上記の満足度  $Z_{rtk}$  を推定することができる。

$$Z_{rtk} = w_{r1} \cdot \sum_{j=1}^{n_1} w_{r1j} \cdot \mu_{r1jt} + w_{r2} \cdot \sum_{j=1}^{n_2} w_{r2j} \cdot \mu_{r2jk} \quad (6.21)$$

さらに、(6.22)式により平均満足度  $Z_{tk}$  を算出することができる。

$$Z_{tk} = \frac{1}{v} \cdot \sum_{r=1}^v Z_{rtk} \quad (6.22)$$

このように、Step1 と Step2 で推定したウェイト ( $w_{ri}$  と  $w_{rij}$ ) と、第3階層の下位選択対象  $t$  または  $k$  に対するメンバーシップ値 ( $\mu_{rijt}$  と  $\mu_{rijk}$ ) から、それぞれの下位選択対象  $t$  と  $k$  を組み合わせた平均満足度  $Z_{tk}$  が得られるのである。

#### 【Step4】下位選択対象 $t$ と $k$ の選択確率 ( $q_t$ と $p_{tk}$ ) の推定 (図 6.4)

次に、下位選択対象  $t$  の選択確率を  $q_t$ 、下位選択対象  $t$  と  $k$  の組み合わせに対する選択確率を  $p_{tk}$  とし、Step1 における2つの仮説に従って、平均特性値  $L$  とファジィ・エントロピー  $H$  を、それぞれ(6.23)式と(6.24)式のように定式化する。この平均特性値  $L$  は下位選択対象  $t$  ( $t=1,2,\dots,\alpha$ ) と  $k$  ( $k=1,2,\dots,\beta$ ) を組み合わせた満足度を、また、ファジィ・エントロピー  $H$  は自由勝手な選択行動における「自由勝手さの程度」を表わしている。

$$L = \sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot \mu_t + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot \mu_{tk} \quad (6.23)$$

$$H = -\sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot \log q_t - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot \log p_{tk} + \sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot h_t^* + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot h_{tk} \quad (6.24)$$

$$\text{ただし、 } h_t^* = -\mu_t \cdot \log \mu_t - (1 - \mu_t) \cdot \log(1 - \mu_t),$$

$$h_{tk} = -\mu_{tk} \cdot \log \mu_{tk} - (1 - \mu_{tk}) \cdot \log(1 - \mu_{tk}),$$

$q_t$ : 下位選択対象  $t$  の選択確率,

$p_{tk}$ : 下位選択対象  $t$  と  $k$  を組み合わせに対する選択確率,

$\mu_{tk}$ : 下位選択対象  $t$  と  $k$  を組み合わせに対するメンバーシップ値,

$$\mu_t: \text{下位選択対象 } t \text{ の満足度 } (\mu_t = \sum_{k=1}^{\beta} \mu_{tk}),$$

$$\sum_{t=1}^{\alpha} q_t = 1, \quad \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} = 1$$

ここで、(6.23)式および(6.24)式における  $q_t$  と  $p_{tk}$  を統合すべく、新たに  $\pi_{tk} (= q_t \cdot p_{tk})$  を導入する。そこで、(6.23)式に  $p_{tk} = \pi_{tk} / q_t$  と  $\sum_{t=1}^{\alpha} q_t = \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk}$  を代入することにより、これらを統合した平均特性値は(6.25)式のように表される。

$$L = \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \mu_t + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \mu_{tk} \quad (6.25)$$

(6.24)式もこれと同様に、 $p_{tk} = \pi_{tk} / q_t$  と  $\sum_{t=1}^{\alpha} q_t = \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk}$  を代入することにより、これらを統合したファジィ・エントロピー  $H$  は(6.26)式のように変換される。

$$H = - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \log \pi_{tk} + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot h_t^* + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot h_{tk} \quad (6.26)$$

そこで、(6.25)式の平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(6.26)式のファジィ・エントロピー  $H$  をなるべく大きくするような選択確率  $\pi_{tk}$  の推定問題を考え、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(6.27)式のように定式化する。

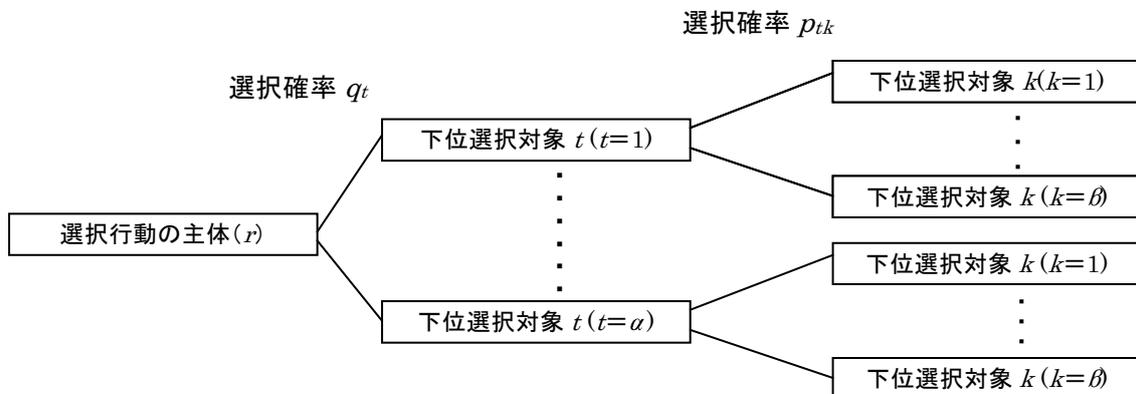


図 6.4 下位選択対象  $t$  と  $k$  の組み合わせに対する選択確率推定の構造

$$\varphi = \frac{H}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.27)$$

(6.27)式は、 $\pi_{tk}$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を  $\pi_{tk}$  で偏微分して 0 と置き、その式を整理することにより  $\pi_{tk}$  の解を導くと、(6.28)式のようになる。

$$\pi_{tk} = e^{h_t^*} \cdot e^{h_k} \cdot u^{-(\mu_t + \mu_k)} \quad (6.28)$$

$$\text{ただし、} u = e^{\frac{H}{L}}$$

$$\sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} e^{h_t^*} \cdot e^{h_k} \cdot u^{-(\mu_t + \mu_k)} = 1 \quad (6.29)$$

したがって、(6.29)式を満足する  $u$  を数値的に求め、その値を(6.28)式に代入することにより、上記の選択確率  $\pi_{tk}$  を推定することができる。すなわち、Step4 のモデルによれば、選択対象  $t$  と  $k$  に関する選択確率の推定という拡大推論を 1 つのモデルとして記述することができるのである。

さらに、(6.28)式と一因子ファジィ情報路モデルの解(6.11)式を比較すると、(6.28)式は一因子ファジィ情報路モデルの解に対して  $\exp[h_t^*]$  と  $\exp[h_k]$  で重みづけをした式となっており、(6.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

### 6.3.3.2 Model-B (偶然性－漠然性)

Model-B では、ファジィ・エントロピーを構成するシャノン・エントロピー (偶然性) と重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー (漠然性) のうち、後者の符号をマイナスに置き換えた分析モデルを提案していくことにする。これは、企業外部者 (消費者や一般投資家等) の選択行動において、意味面でのあいまいさ (漠然性) をなるべく大きくするような選択行動 (Model-A) のみならず、これをなるべく小さくするような選択行動をとることも考えられるからである。例えば、なるべく明確な意味を持った回答 (選択) を避け、後に選択の余地を残そうとする行動は、前者のように漠然性を大きくする行動に相当し、一方なるべく明確な回答 (選択) をすることにより、後に解釈の不一致を避けようとする行動は、後者のように漠然性を小さくするような行動に相当する。

そこで、Model-B では、権・山下<sup>7)</sup>のファジィ情報路モデル (偶然性－漠然性) を基に、Model-A の(6.2)式と(6.13)式における右辺第 2 項 (漠然性、重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー) と、(6.24)式における右辺第 3 項と第 4 項 (メンバーシップ値まわ

りのエントロピー) の符号を正から負へと逆転させ、下記のような手順 (Step1~Step4) により、選択確率の推定という拡大推論の解を導くことにする。

**【Step1】上位選択対象  $i$  に対するウェイト  $w_{r1}$  と  $w_{r2}$  の推定**

まず、Model-A と同様、平均特性値  $L_r$  を (6.30) 式のように定式化する。また、Model-A のファジィ・エントロピー  $H_r$  における第 2 項 (重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー) の符号を正から負へと置き換え、新たに  $H_r$  を (6.31) 式のように定式化する。

$$L_r = \sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \mu_{ri} \quad (6.30)$$

$$H_r = -\sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \log w_{ri} - \sum_{i=1}^2 w_{ri} \cdot \{-\mu_{ri} \cdot \log \mu_{ri} - (1 - \mu_{ri}) \cdot \log(1 - \mu_{ri})\} \quad (6.31)$$

ここでは、(6.30) 式の平均特性値  $L_r$  をなるべく小さく、かつ (6.31) 式のファジィ・エントロピー  $H_r$  をなるべく大きくするようなウェイト  $w_{ri}$  の推定問題を考えることにする。そこで、ラグランジュの未定乗数  $\lambda_r$  を用いて、(6.32) 式のように定式化する。

$$\varphi_r = \frac{H_r}{L_r} - \lambda_r \cdot \left( \sum_{i=1}^2 w_{ri} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.32)$$

(6.32) 式が最大値を持つとすれば、(6.32) 式を  $w_{ri}$  で偏微分して 0 とおいた (6.33) 式を満足する。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_r}{\partial w_{ri}} &= \frac{H'_r \cdot L_r - H_r \cdot L'_r}{L_r^2} - \lambda_r \\ &= \frac{(-\log w_{ri} - 1 - h_{ri}) \cdot L_r - H_r \cdot \mu_{ri}}{L_r^2} - \lambda_r = 0 \end{aligned} \quad (6.33)$$

$$\text{ただし、 } h_{ri} = -\mu_{ri} \cdot \log \mu_{ri} - (1 - \mu_{ri}) \cdot \log(1 - \mu_{ri})$$

次に、(6.33) 式の両辺に  $w_{ri}$  を乗じて  $i$  について足し込み、その式を整理すると (6.34) 式が得られる。

$$\frac{(H_r - 1) \cdot L_r - H_r \cdot L_r}{L_r^2} - \lambda_r = 0 \quad (6.34)$$

さらに、(6.34)式を  $\lambda_r$  について整理すると、 $\lambda_r$  は(6.35)式のように表される。

$$\lambda_r = -\frac{1}{L_r} \quad (6.35)$$

(6.33)式の  $\lambda_r$  を消去するために、(6.35)式の  $\lambda_r$  を(6.33)式に代入すると、(6.36)式のようにになる。

$$\frac{(-\log w_{ri} - 1 - h_{ri}) \cdot L_r - H_r \cdot \mu_{ri}}{L_r^2} + \frac{1}{L_r} = 0 \quad (6.36)$$

そこで、(6.36)式を  $\log w_{ri}$  について整理すると、

$$\log w_{ri} = -h_{ri} - \frac{H_r}{L_r} \cdot \mu_{ri} \quad (6.37)$$

となり、(6.37)式の左辺を  $w_{ri}$  に変換すると、(6.38)式が得られる。これにより、Model-A における(6.9)式の解は、Model-B において(6.38)式の解へと置き換えられる。

$$w_{ri} = e^{-h_{ri}} \cdot U_r^{-\mu_{ri}} \quad (6.38)$$

$$\text{ただし、 } U_r = e^{\frac{H_r}{L_r}}$$

$$\sum_{i=1}^2 e^{-h_{ri}} \cdot U_r^{-\mu_{ri}} = 1 \quad (6.39)$$

(6.39)式の左辺は、 $U_r$  に関して単調減少であるため、(6.39)式を満足する解が存在するとすれば、それがただ一つの解であり、その解における  $w_{ri}$  が近傍の  $w_{ri}$  よりも大きければ、それが  $w_{ri}$  の最大値となる。したがって、(6.39)式を満足する  $U_r$  を数値的に求め、その値

を(6.38)式に代入することにより、 $w_{ri}$ を算出することができる。ただし、こうして算出した  $w_{ri}$ が  $\varphi_r$ の最大値であるかどうかを確認するため、いくつかの  $w_{ri}$ の近傍に関して  $\varphi_r$ を算出し、これらの値よりも上記の  $U_r$ から求めた  $w_{ri}$ に関する  $\varphi_r$ の値の方が大きいことを確認する必要のあることに注意を要する。

さらに、(6.38)式の解と一因子ファジィ情報路モデルの解(6.11)式を比較すると、(6.38)式は一因子ファジィ情報路モデルの解を  $\exp[-h_{ri}]$ で重みづけをした式となっており、(6.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

### 【Step2】第2階層の選択要因 $j$ に対するウェイト $w_{rij}$ の推定

次に、第2階層の選択要因  $j$ に対するウェイト  $w_{rij}$ を推定するために、Step1と同様に、平均特性値  $L_{ri}$ を(6.40)式のように定式化する。また、Model-Aのファジィ・エントロピー  $H_{ri}$ における第2項(重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー)の符号を正から負へと置き換え、新たに  $H_{ri}$ を(6.41)式のように定式化する。

$$L_{ri} = \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \mu_{rij} \quad (6.40)$$

$$H_{ri} = -\sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \log w_{rij} - \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} \cdot \left\{ \mu_{rij} \cdot \log \mu_{rij} - (1 - \mu_{rij}) \cdot \log(1 - \mu_{rij}) \right\} \quad (6.41)$$

ここでは、(6.40)式の平均特性値  $L_{ri}$ をなるべく小さく、かつ(6.41)式のファジィ・エントロピー  $H_{ri}$ をなるべく大きくするようなウェイト  $w_{rij}$ の推定問題を考えることにする。そこで、Step1と同様に、ラグランジュの未定乗数  $\lambda_{ri}$ を用いて、(6.42)式のように定式化する。

$$\varphi_{ri} = \frac{H_{ri}}{L_{ri}} - \lambda_{ri} \cdot \left( \sum_{j=1}^{n_i} w_{rij} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.42)$$

(6.42)式が最大値を持つとすれば、Step1と同様に、(6.42)式を  $w_{rij}$ で偏微分して0とおいた(6.43)式を満足する。

$$\frac{\partial \varphi_{ri}}{\partial w_{rij}} = \frac{H'_{ri} \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot L'_{ri}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri}$$

$$= \frac{(-\log w_{rij} - 1 - h_{rij}) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot \mu_{rij}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri} = 0 \quad (6.43)$$

$$\text{ただし、} h_{rij} = -\mu_{rij} \cdot \log \mu_{rij} - (1 - \mu_{rij}) \cdot \log(1 - \mu_{rij})$$

次に、(6.43)式の両辺に  $w_{rij}$  を乗じて  $j$  について足し込み、それらの式を整理すると(6.44)式のようになる。

$$\frac{(H_{ri} - 1) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot L_{ri}}{L_{ri}^2} - \lambda_{ri} = 0 \quad (6.44)$$

さらに、(6.44)式の  $\lambda_{ri}$  を消去するために、Step1 と同様の手順で変換すると、(6.45)式のようになる。

$$\frac{(-\log w_{rij} - 1 - h_{rij}) \cdot L_{ri} - H_{ri} \cdot \mu_{rij}}{L_{ri}^2} + \frac{1}{L_{ri}} = 0 \quad (6.45)$$

そこで、(6.45)式を  $\log w_{rij}$  について整理すると、

$$\log w_{rij} = -h_{rij} - \frac{H_{ri}}{L_{ri}} \cdot \mu_{rij} \quad (6.46)$$

となり、(6.46)式の左辺を  $w_{rij}$  に変換すると、(6.47)式が得られる。これにより、Model-A における(6.19)式の解は、Model-B において(6.47)式の解へと置き換えられる。

$$w_{rij} = e^{-h_{rij}} \cdot U_{ri}^{-\mu_{rij}} \quad (6.47)$$

$$\text{ただし、} U_{ri} = e^{\frac{H_{ri}}{L_{ri}}}$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} e^{-h_{rij}} \cdot U_{ri}^{-\mu_{rij}} = 1 \quad (6.48)$$

(6.48)式の左辺は、 $U_{ri}$ に関して単調減少であるため、(6.48)式を満足する解が存在するとすれば、それがただ一つの解であり、その解における  $w_{rij}$ が近傍の  $w_{rij}$ よりも大きければ、それが  $w_{rij}$ の最大値となる。したがって、(6.48)式を満足する  $U_{ri}$ を数値的に求め、その値を(6.47)式に代入することにより、 $w_{rij}$ を算出することができる。ただし、こうして算出した  $w_{rij}$ が  $\varphi_{ri}$ の最大値であるかどうかを確認するため、いくつかの  $w_{rij}$ の近傍に関して  $\varphi_{ri}$ を算出し、これらの値よりも上記の  $U_{ri}$ から求めた  $w_{rij}$ に関する  $\varphi_{ri}$ の値の方が大きいことを確認する必要があることに注意を要する。

さらに、(6.47)式と一因子ファジィ情報路モデルの解(6.11)式を比較すると、(6.47)式は一因子ファジィ情報路モデルの解に  $\exp[-h_{rij}]$ を乗じた式となっており、これについても(6.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

### 【Step3】 下位選択対象 $t$ と $k$ を組み合わせた、選択行動の主体 $r$ 別満足度の算出

Model-B の Step1 と Step2 で、それぞれウェイト  $w_{ri}$  と  $w_{rij}$  を推定すれば、Step3 における満足度  $Z_{rtk}$  は、Model-A の(6.21)式と全く同一の式となるため、平均満足度  $Z_{tk}$  についても(6.22)式によって表される。そこで、(6.38)式と(6.47)式で推定したウェイト ( $w_{ri}$  と  $w_{rij}$ ) とメンバーシップ値 ( $\mu_{rijt}$  と  $\mu_{rijk}$ ) を、(6.21)式と(6.22)式に代入することにより、平均満足度  $Z_{tk}$  を算出することができる。

### 【Step4】 下位選択対象 $t$ と $k$ を組み合わせに対する選択確率 ( $q_t$ と $p_{tk}$ ) の推定

次に、下位選択対象  $t$  の選択確率 ( $q_t$ ) と下位選択対象  $t$  に対する下位選択対象  $k$  の選択確率 ( $p_{tk}$ ) を推定するために、平均特性値  $L$  を (6.49)式のように定式化する。また、Model-A (Step4) のファジィ・エントロピー  $H$  における第3項と第4項 (メンバーシップ値まわりのエントロピー) の符号を正から負へと置き換え、新たに  $H$  を(6.50)式のように定式化する。

$$L = \sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot \mu_t + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot \mu_{tk} \quad (6.49)$$

$$H = -\sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot \log q_t - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot \log p_{tk} - \sum_{t=1}^{\alpha} q_t \cdot h_t^* - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_t \cdot p_{tk} \cdot h_{tk} \quad (6.50)$$

ここで、Model-A と同様に、(6.49)式および(6.50)式における  $q_t$  と  $p_{tk}$  を統合すべく、新たに  $\pi_{tk}$  ( $=q_t \cdot p_{tk}$ ) を導入すると、平均特性値  $L$  とファジィ・エントロピー  $H$  は、それぞれ(6.51)式と(6.52)式のように表される。

$$L = \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \mu_t + \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \mu_{tk} \quad (6.51)$$

$$H = -\sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot \log \pi_{tk} - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot h_t^* - \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} \cdot h_{tk} \quad (6.52)$$

そこで、(6.51)式の平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(6.52)式のファジィ・エントロピー  $H$  をなるべく大きくするような選択確率  $\pi_{tk}$  の推定問題を考え、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(6.53)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{H}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \pi_{tk} - 1 \right) \rightarrow \max \quad (6.53)$$

(6.53)式が最大値を持つとすれば、Step1と同様に、(6.53)式を  $\pi_{tk}$  で偏微分して0とおいた方程式を満足する。そこで、その方程式を整理することにより  $\pi_{tk}$  の解を導くと、(6.54)式のようになる。これにより、Model-Aにおける(6.28)式の解は、Model-Bにおいて(6.54)式の解へと置き換えられる。

$$\pi_{tk} = e^{-h_t^*} \cdot e^{-h_{tk}} \cdot U^{-(\mu_t + \mu_{tk})} \quad (6.54)$$

$$\text{ただし、} U = e^{\frac{H}{L}}$$

$$\sum_{t=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} e^{-h_t^*} \cdot e^{-h_{tk}} \cdot U^{-(\mu_t + \mu_{tk})} = 1 \quad (6.55)$$

(6.55)式の左辺は、 $U$  に関して単調減少であるため、(6.55)式を満足する解が存在するとすれば、それがただ一つの解であり、その解における  $\pi_{tk}$  が近傍の  $\pi_{tk}$  よりも大きければ、それが  $\pi_{tk}$  の最大値となる。したがって、(6.55)式を満足する  $U$  を数値的に求め、その値を(6.54)式に代入することにより、 $\pi_{tk}$  を算出することができる。ただし、こうして算出した  $\pi_{tk}$  が  $\varphi$  の最大値であるかどうかを確認するため、いくつかの  $\pi_{tk}$  の近傍に関して  $\varphi$  を算出し、これらの値よりも上記の  $U$  から求めた  $\pi_{tk}$  に関する  $\varphi$  の値の方が大きいことを確認する必要のあることに注意を要する。

さらに、(6.54)式と一因子ファジィ情報路モデルの解(6.11)式を比較すると、(6.54)式は

一因子ファジィ情報路モデルの解を  $\exp[-h_t^*]$  と  $\exp[-h_{tk}]$  で重みづけした式となっており、(6.11)式の自然な拡張形となっていることがわかる。

## 6.4 提案モデルの実証分析

ここでは、消費者（企業外部者）の選択行動に関する研究者やアナリスト等（企業外部者）の拡大推論をモデル化した本章の提案モデル（Model-A と Model-B）の適用例として、大学生（企業外部者）によるスマートフォン（多機能携帯電話）の選択行動を、研究者やアナリスト等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、その実証分析を試みることにする。したがって、こうした企業外部者の行動は、限られた情報のみで結論（選択確率）を導き出さなければならないという意味で、まさしく本研究で論じる「拡大推論」なのである。

そこで、大学生に対して携帯端末<sup>8</sup>と通信会社<sup>9</sup>のアンケート調査（図 6.6-1～図 6.6-3 のアンケート調査票を用いた調査）を行い、その結果（回答者数 73 名：男性 44 名，女性 29 名）を基に、携帯端末  $t$  と通信会社  $k$  の組み合わせに対する選択確率  $\pi_{tk}$ （図 6.5）を推定することを試みる。さらに、推定した選択確率  $\pi_{tk}$  と実際の選択確率（アンケート調査の実績値）を比較することにより、提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

### 6.4.1 実証分析の概要

まず、大学生に対して 30 項目（例えば、操作性やアプリケーションの充実度）の質問を提示し、携帯端末および通信会社を選択する際に、それぞれの項目をどの程度重視するかについての特性値（表 6.1～表 6.3）を答えてもらうことにする。この値は、「重視する項目の集合」というファジィ集合に対するメンバーシップ値（帰属度）を意味する。

その上で、これらの特性値を用いて、本章の提案モデル（Model-A と Model-B）の実証分析を行うことにする。これにより、携帯端末  $t$  と通信会社  $k$  の組み合わせに対する選択確率  $\pi_{tk}$  を推定する。ただし、通常ファジィ情報路モデル<sup>10</sup>における特性値は、これが小さいほど良い状態を意味するが、本章における特性値  $\delta$ （帰属度）は大きいほど良い状態を意味するため、本章の提案モデルでは上記の  $\delta$  をメンバーシップ値  $\mu$ （ $\mu=1-\delta$ ）へと置き換え、この  $\mu$  を用いて携帯端末  $t$  と通信会社  $k$  の組み合わせに対する選択確率  $\pi_{tk}$  を推定していくことにする。

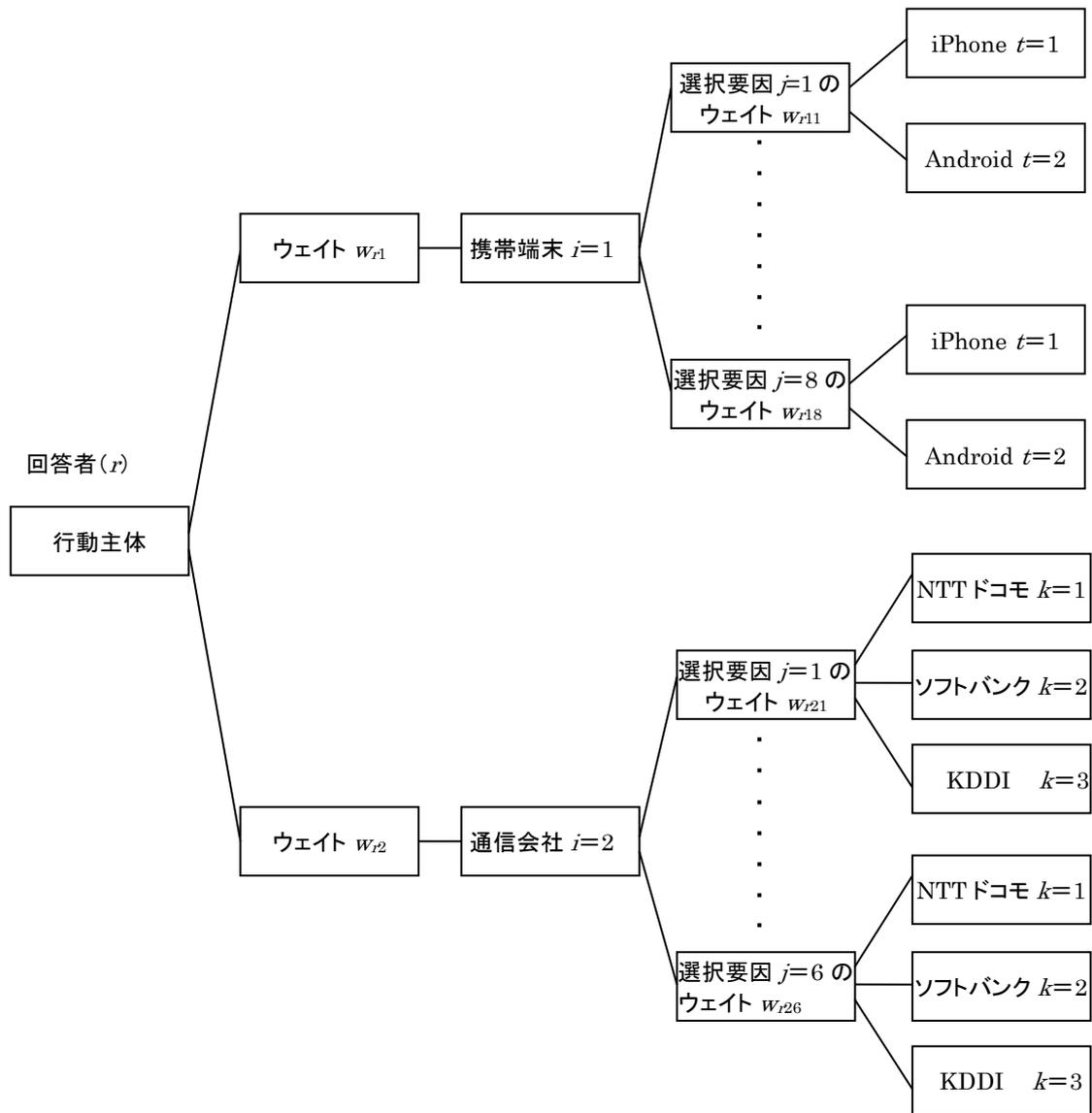


図 6.5 スマートフォンの選択確率推定の概念図

表 6.1 アンケート調査データ（携帯端末の選択理由についての特性値  $\delta_{rij}$ ）

No.	性別	Q1	Q2	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26
1	男性	0.7	0.7	0.9	0.3	0.5	0.5	0.7	0.9	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7
2	男性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1	0.3	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9
3	女性	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	0.5	0.9	0.5	0.7	0.9
4	男性	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3	0.9
5	女性	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9
6	女性	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9
7	女性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5	0.9	0.1	0.9	0.7	0.7	0.9
8	女性	0.7	0.7	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.7	0.5	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1	0.7
9	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
10	女性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7
11	男性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.1	0.9	0.1	0.1	0.9	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9
12	男性	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9	0.1	0.9	0.9	0.1	0.1
13	男性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.3	0.3	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9
14	女性	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.5	0.3	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.5	0.9
15	女性	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
16	男性	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5
17	男性	0.9	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.1	0.9	0.3	0.9	0.3	0.7	0.7
18	男性	0.9	0.3	0.9	0.1	0.3	0.7	0.1	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.9
19	男性	0.5	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7
20	男性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9
21	男性	0.1	0.1	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1
22	女性	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.1	0.5	0.7	0.1	0.7	0.7	0.5	0.7
23	女性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.7	0.9	0.5	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.3	0.7
24	女性	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5
25	男性	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5
26	女性	0.5	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9	0.1	0.1	0.9	0.1	0.7	0.5	0.7	0.1
27	女性	0.9	0.5	0.7	0.7	0.1	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9
28	女性	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5	0.7
29	男性	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9	0.9	0.7	0.9	0.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7
30	男性	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
31	男性	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5
32	男性	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.5	0.7
33	男性	0.9	0.7	0.9	0.3	0.7	0.3	0.7	0.1	0.3	0.1	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7
34	男性	0.9	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.9	0.3	0.7	0.9	0.9	0.9	0.3	0.9
35	男性	0.9	0.9	0.9	0.5	0.1	0.9	0.9	0.3	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9
36	男性	0.9	0.3	0.7	0.3	0.3	0.7	0.9	0.9	0.1	0.3	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7
37	女性	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7
38	女性	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.5	0.5	0.5	0.9	0.1	0.9	0.9	0.5	0.7
39	女性	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
40	女性	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5	0.9
41	女性	0.7	0.9	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.7	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9
42	女性	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7
43	男性	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	0.3	0.3	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9
44	女性	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	0.3	0.9	0.5	0.9	0.7	0.7	0.1
45	女性	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9
46	男性	0.7	0.9	0.9	0.1	0.5	0.9	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.7	0.3
47	男性	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.9	0.9	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7
48	男性	0.9	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.3	0.1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.1	0.9
49	男性	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.3	0.7
50	男性	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.1	0.9	0.3	0.7	0.1	0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.1
51	男性	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.1	0.7	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3
52	女性	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.3	0.3
53	男性	0.7	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9
54	男性	0.9	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.3	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7
55	男性	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
56	女性	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.9	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9
57	女性	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9
58	男性	0.7	0.3	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.9
59	男性	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7
60	男性	0.9	0.3	0.9	0.7	0.7	0.5	0.3	0.7	0.9	0.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
61	女性	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	0.9	0.1	0.9	0.3	0.7	0.9	0.1	0.9	0.9	0.7	0.1
62	男性	0.5	0.5	0.7	0.9	0.5	0.9	0.3	0.9	0.1	0.3	0.9	0.3	0.7	0.9	0.1	0.1
63	女性	0.5	0.3	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7
64	男性	0.9	0.3	0.9	0.5	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.9
65	男性	0.7	0.3	0.9	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.9
66	男性	0.9	0.7	0.9	0.7	0.1	0.9	0.1	0.5	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.1	0.9
67	男性	0.5	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.3	0.7
68	男性	0.5	0.3	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.3	0.7	0.3	0.7	0.7	0.1	0.7
69	女性	0.7	0.9	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1
70	男性	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9
71	男性	0.9	0.5	0.7	0.7	0.3	0.5	0.9	0.5	0.3	0.1	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7
72	女性	0.9	0.7	0.9	0.3	0.7	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.9
73	男性	0.5	0.7	0.5	0.3	0.7	0.5	0.1	0.7	0.1	0.1	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9

表 6.2 アンケート調査データ（機能についての特性値  $\delta_{rijt}$ ）

No.	性別	Q11			Q12			Q13			Q14			Q15			Q16			Q17			Q18		
		iPhone	Android	その他																					
1	男性	0.7	0.3	0.9	0.7	0.9	0.7	0.3	0.7	0.9	0.7	0.7	0.1	0.5	0.7	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.7	0.5	
2	男性	0.9	0.3	0.3	0.9	0.9	0.1	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.9	0.1	0.9	0.3	0.1
3	女性	0.7	0.3	0.1	0.7	0.5	0.1	0.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.1	0.9	0.5	0.5	0.1	0.3	0.7	0.9	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5
4	男性	0.9	0.7	0.3	0.7	0.7	0.1	0.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.9	0.3	0.1
5	女性	0.9	0.7	0.5	0.9	0.9	0.5	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.3	0.9	0.9	0.5	0.1	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.3
6	女性	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1
7	女性	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3	0.9	0.7	0.3	0.1	0.3	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9	0.7	0.7
8	女性	0.9	0.1	0.1	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1
9	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
10	女性	0.9	0.1	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5
11	男性	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
12	男性	0.7	0.5	0.9	0.3	0.9	0.5	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.5	0.5	0.3	0.7	0.9	0.1	0.9	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5
13	男性	0.7	0.3	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	0.7	0.5	0.3
14	女性	0.9	0.5	0.3	0.9	0.7	0.3	0.5	0.9	0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.7	0.3	0.1	0.3	0.9	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7
15	女性	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.3	0.9	0.7	0.3	
16	男性	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.3	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.3	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.7
17	男性	0.9	0.3	0.3	0.7	0.5	0.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.9	0.7	0.3	0.1	0.5	0.9	0.3	0.9	0.1	0.9	0.5	0.1
18	男性	0.7	0.5	0.5	0.1	0.7	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.9	0.7	0.5	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0.5	0.3	0.9	0.9
19	男性	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
20	男性	0.9	0.3	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.7	0.5	0.5
21	男性	0.9	0.5	0.3	0.7	0.3	0.3	0.9	0.5	0.3	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1	0.7	0.5	0.3	0.9	0.7	0.3	0.7	0.5	0.1
22	女性	0.9	0.3	0.1	0.9	0.7	0.1	0.1	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.3	0.1	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.3	0.9	0.9	0.1
23	女性	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.9	0.5	0.7	0.7	0.3	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5
24	女性	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7
25	男性	0.7	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.4	0.7	0.5	0.3	0.7	0.3	0.1	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.7
26	女性	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.9	0.3	0.9	0.7	0.1	0.9	0.5	0.7	0.1	0.9	0.9	0.5	0.9	0.3	0.1	0.7	0.7	0.7
27	女性	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5
28	女性	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.1	0.7	0.9	0.9	0.5	0.1	0.5	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
29	男性	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3	0.1	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1
30	男性	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3
31	男性	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5
32	男性	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.5
33	男性	0.9	0.5	0.7	0.5	0.9	0.3	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.1	0.9	0.5	0.1	0.5	0.5	0.9	0.5	0.7	0.1	0.9	0.7	0.1
34	男性	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.3	0.3	0.7	0.1	0.9	0.1	0.7	0.9	0.7	0.7
35	男性	0.9	0.1	0.5	0.7	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.3	0.5	0.1	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3	0.5
36	男性	0.9	0.3	0.5	0.7	0.9	0.3	0.1	0.9	0.5	0.9	0.3	0.1	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.3	0.9	0.1	0.9	0.3	0.7	0.7
37	女性	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5
38	女性	0.7	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.1	0.7	0.9	0.5	0.3	0.5	0.7	0.9	0.7	0.1	0.9	0.9	0.1
39	女性	0.9	0.3	0.3	0.9	0.7	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.1	0.9	0.5	0.5	0.1	0.3	0.5	0.9	0.7	0.3	0.9	0.5	0.1
40	女性	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5
41	女性	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.3	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3	0.1
42	女性	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5
43	男性	0.9	0.7	0.3	0.9	0.9	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	0.3	0.5	0.9	0.3	0.1	0.9	0.7	0.7	0.1
44	女性	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.1	0.9	0.7	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9	0.5	0.3	0.3	0.7	0.3	0.9	0.1	0.5	0.5	0.3
45	女性	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.9	0.9	0.9	0.1	0.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.7	0.7	0.3
46	男性	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.1	0.9	0.5	0.9	0.9	0.3	0.3	0.5	0.5	0.1	0.3	0.9	0.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
47	男性	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
48	男性	0.5	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	0.1	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.7	0.1	0.3	0.7	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5
49	男性	0.9	0.7	0.3	0.1	0.9	0.7	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.9	0.9	0.5	0.1	0.1	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5
50	男性	0.3	0.9	0.5	0.1	0.9	0.1	0.1	0.9	0.7	0.1	0.5	0.1	0.1	0.9	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.5	0.5	0.1
51	男性	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.5	0.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5
52	女性	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.3
53	男性	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3	0.1	0.7	0.5	0.9	0.7	0.3	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
54	男性	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
55	男性	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3
56	女性	0.9	0.5	0.5	0.9	0.7	0.5	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.9	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7	0.3	0.3
57	女性	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.9	0.3	0.7	0.5	0.1	0.7	0.7	0.3	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3	0.1	0.9	0.3	0.1
58	男性	0.1	0.9																						

表 6.3 アンケート調査データ（サービスについての特性値  $\delta_{rijk}$ ）

No.	性別	Q21			Q22			Q23			Q24			Q25			Q26		
		NTTコム	ソフトバンク	KDDI															
1	男性	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.7	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.7	0.5	0.7
2	男性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9
3	女性	0.5	0.3	0.9	0.5	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.9
4	男性	0.5	0.9	0.7	0.5	0.5	0.1	0.5	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9
5	女性	0.9	0.1	0.5	0.1	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.5
6	女性	0.3	0.7	0.9	0.9	0.5	0.9	0.5	0.7	0.9	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.5	0.9
7	女性	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9
8	女性	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7
9	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
10	女性	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9
11	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
12	男性	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
13	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.9
14	女性	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
15	女性	0.7	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.9	0.1	0.1
16	男性	0.7	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5
17	男性	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.1	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.5	0.5
18	男性	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	0.3	0.9	0.1	0.1
19	男性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
20	男性	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.9	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
21	男性	0.7	0.5	0.5	0.9	0.3	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.1	0.9	0.5
22	女性	0.7	0.7	0.9	0.1	0.9	0.5	0.5	0.9	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3	0.7	0.7	0.1	0.9	0.7
23	女性	0.9	0.7	0.9	0.5	0.9	0.5	0.9	0.5	0.7	0.3	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.3	0.7	0.3
24	女性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5
25	男性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.1
26	女性	0.9	0.7	0.5	0.5	0.1	0.5	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5
27	女性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5
28	女性	0.9	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.1
29	男性	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7
30	男性	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
31	男性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.1
32	男性	0.9	0.9	0.7	0.1	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.5
33	男性	0.7	0.9	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.3	0.7	0.5
34	男性	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.9	0.5
35	男性	0.9	0.7	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7
36	男性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.7	0.5
37	女性	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5
38	女性	0.9	0.3	0.7	0.5	0.7	0.5	0.9	0.7	0.9	0.3	0.7	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1	0.1
39	女性	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9
40	女性	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	0.3	0.3	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.5
41	女性	0.7	0.3	0.5	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.1	0.1
42	女性	0.7	0.5	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
43	男性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7
44	女性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3	0.5	0.5	0.1	0.3	0.1	0.7	0.7	0.5	0.9	0.1	0.1
45	女性	0.9	0.3	0.7	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5
46	男性	0.5	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.1	0.1	0.1
47	男性	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5
48	男性	0.9	0.3	0.7	0.1	0.1	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
49	男性	0.5	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
50	男性	0.9	0.3	0.1	0.5	0.9	0.9	0.7	0.9	0.1	0.1	0.7	0.5	0.9	0.3	0.1	0.9	0.1	0.1
51	男性	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7
52	女性	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3	0.7	0.9
53	男性	0.7	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
54	男性	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9
55	男性	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
56	女性	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9
57	女性	0.7	0.7	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.5	0.7	0.1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5
58	男性	0.7	0.1	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5
59	男性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	0.3	0.1	0.3	0.5	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7
60	男性	0.7	0.1	0.7	0.3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.7	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
61	女性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7
62	男性	0.9	0.1	0.5	0.9	0.1	0.5	0.7	0.3	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.1
63	女性	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7
64	男性	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.1	0.7	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.7	0.7
65	男性	0.7	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.7	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5
66	男性	0.5	0.1	0.5	0.5	0.1	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.3	0.7	0.5	0.7
67	男性	0.5	0.5	0.7	0.7	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.9
68	男性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
69	女性	0.1	0.7	0.9	0.3	0.5	0.5	0.1	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.9	0.3	0.7	0.9	0.7	0.3
70	男性	0.7	0.7	0.3	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.9	0.7	0.3	0.9	0.7	0.1	0.9	0.9	0.5
71	男性	0.7	0.7	0.7	0.9	0.3	0.9	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
72	女性	0.7	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5
73	男性	0.9	0.5	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.5	0.9	0.9	0.3

## 6.4.2 分析結果

本章におけるアンケート調査（2014年7月に実施）により収集したデータ（表 6.1～表 6.3）を用いて、前述の Model-A と Model-B の実証分析を行い、携帯端末  $t$  と通信会社  $k$  の組み合わせに対する選択確率  $\pi_{tk}$  を推定したところ、表 6.4～表 6.9 の結果が得られた。

表 6.4 Model-A による携帯端末別・通信会社別の選択確率（全体）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.201	0.195	0.191	0.169	0.084	0.160

表 6.5 Model-A による携帯端末別・通信会社別の選択確率（男性）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.197	0.192	0.183	0.176	0.088	0.164

表 6.6 Model-A による携帯端末別・通信会社別の選択確率（女性）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.207	0.199	0.203	0.158	0.077	0.155

表 6.7 Model-B による携帯端末別・通信会社別の選択確率（全体）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.150	0.148	0.147	0.141	0.274	0.139

表 6.8 Model-B による携帯端末別・通信会社別の選択確率（男性）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.148	0.147	0.145	0.143	0.278	0.140

表 6.9 Model-B による携帯端末別・通信会社別の選択確率（女性）

iPhone			Android		
NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
0.153	0.150	0.151	0.139	0.269	0.138

次に、アンケート調査により収集した実績値（携帯端末別と通信会社別）と比較するために、これらの値を、携帯端末  $t$  別（iPhone あるいは Android の推定値をそれぞれ合算）と通信会社  $k$  別（NTT ドコモあるいはソフトバンク、KDDI の推定値をそれぞれ合算）に、それぞれ集計すると、表 6.10～表 6.15 のようになる。

表 6.10 携帯端末  $t$  別の選択確率（全体）

	Model-A		Model-B	
	iPhone	Android	iPhone	Android
推定値	0.587	0.413	0.446	0.554
実績値	0.608	0.392	0.608	0.392

表 6.11 携帯端末  $t$  別の選択確率（男性）

	Model-A		Model-B	
	iPhone	Android	iPhone	Android
推定値	0.572	0.428	0.440	0.560
実績値	0.644	0.356	0.644	0.356

表 6.12 携帯端末  $t$  別の選択確率（女性）

	Model-A		Model-B	
	iPhone	Android	iPhone	Android
推定値	0.609	0.391	0.454	0.546
実績値	0.552	0.448	0.552	0.448

表 6.13 通信会社  $k$  別の選択確率（全体）

	Model-A			Model-B		
	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
推定値	0.370	0.279	0.351	0.291	0.423	0.286
実績値	0.324	0.324	0.352	0.324	0.324	0.352

表 6.14 通信会社  $k$  別の選択確率（男性）

	Model-A			Model-B		
	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
推定値	0.373	0.280	0.347	0.291	0.425	0.284
実績値	0.289	0.356	0.356	0.289	0.356	0.356

表 6.15 通信会社  $k$  別の選択確率（女性）

	Model-A			Model-B		
	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI	NTT ドコモ	ソフトバンク	KDDI
推定値	0.366	0.277	0.357	0.291	0.420	0.289
実績値	0.379	0.276	0.345	0.379	0.276	0.345

### 6.4.3 考察

本章の提案モデル（Model-A と Model-B）により得られた携帯端末  $t$  別の選択確率（表 6.10, 表 6.11, 表 6.12）および通信会社  $k$  別の選択確率（表 6.13, 表 6.14, 表 6.15）と、アンケート調査の結果から算出した実績値とを比較することにより、提案モデルの妥当性について検討していくことにする。ただし、Model-B については、上記の結果とその近傍をいくつかとった場合の  $\varphi$  とを比較することにより、それが目的関数  $\varphi$  を最大化する解であることを確認している。

#### (1) 携帯端末別選択確率について

まず、表 6.10（全体）、表 6.11（男性）、表 6.12（女性）を見ると、Model-A の推定値と実績値との間の乖離は、Model-B に比較して非常に小さいことがわかる。これは、Model-B よりも Model-A の方が現実即した推定値が得られていることを意味する。こうした結果をふまえると、本章のアンケート調査の回答者は携帯端末を選択する際に、意味面でのあいまいさ（漠然性）を大きくするような選択行動をとっているものと思われる。これは、人間のあいまいな行動を捉える際に、ファジィ・エントロピー（偶然性+漠然性）が有効性を発揮し得ることを示唆している。このような結果は、選択可能な携帯端末（iPhone や Android 系端末）は多種多様であり、かつ新たな新製品（機種）が頻繁に発売されるという状況に起因しているのではないかと思われる。こうした状況では、回答者が選択行動に必要な情報を十分に得ないまま（または、十分に理解せずに一部の情報のみで）携帯端末を選択せざるをえないため、選択要因に対する意味面でのあいまいさ（漠然性）をなるべく残そうとした行動をとることが示唆される。

また、男性の選択確率（表 6.11）と女性の選択確率（表 6.12）を比較すると、Model-A と Model-B はともに、推定値と実績値の乖離について、男性よりも女性の方が小さいことがわかる。これは、男性よりも女性にとって、上記のような意味面でのあいまいさ（漠然性）の大きいことを示す結果であり、本章の調査対象に関しては、男性よりも女性にとって携帯端末の情報（特に、機能や性能）が不足した状況に直面しやすいことが示唆される。

## (2) 通信会社別選択確率について

表 6.13 (全体) と表 6.15 (女性) を見ると、Model-A の推定値と実績値との間の乖離は、Model-B の乖離に比較して小さいことがわかる。こうした結果をふまえると、(1) の結果 (携帯端末別の選択確率) と同様に、本章のアンケート調査の回答者は通信会社を選択する際も、意味面でのあいまいさ (漠然性) を大きくするような選択行動をとっていることが示唆される。すなわち、それぞれの通信会社が独自の多様なサービス (例えば、おサイフケータイやコンテンツサービス) を展開し、かつ料金体系 (学割や家族割等) も多様であることが、通信会社 (NTT ドコモ, ソフトバンク, KDDI) を選択する際の漠然性を高めようとする行動へと回答者 (学生) を導くのである。

一方、表 6.14 (男性) を見ると、表 6.15 (女性) と反対に、Model-B の推定値と実績値との間の乖離が、Model-A に比較して小さいことがわかる。この結果は、男性の回答者は通信会社を選択する際に、意味面でのあいまいさ (漠然性) を小さくするような選択行動をとっていることを意味する。これより、本章の調査対象となった男性は、どの通信会社が自身の要求 (料金や通信エリア等) を満たしてくれるかについてのあいまいさを、なるべく小さくするような選択を図っていることが示唆される。

以上より、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) による分析結果は、現実 に即した選択確率の推定値となっており、提案モデルの妥当性を確認することができる。さらに、互いに性格の異なる 2 つの提案モデル (Model-A と Model-B) が、それぞれ異なる適用場面を持つことが示唆される。例えば、企業外部者にとって、各選択対象に関する知識や情報が豊富であるときには、漠然性 (意味面でのあいまいさ) を小さく、またその知識や情報が不足しているときには、漠然性を大きくするような選択行動をとることが予想される。

そういった意味で、本章の提案モデルは、これまで提案されてきたファジィ情報路モデルの適用場面を拡大し、多様な場面での分析を可能にする役割を果たす。ここに、「ファジィ情報路モデル」研究に対する本章の提案モデルの貢献を指摘することができるのである。

## 6.5 本章で得られた成果

本章では、企業外部者 (消費者や一般投資家等) の多様な選択行動を、多段階の選択行動として捉え、従来のファジィ情報路モデル<sup>11)</sup>における拡大推論を多段階のプロセス (拡大推論) へと拡張した「3 段階の階層型ファジィ情報路モデル」を新たに提案した。これにより、各階層別のファジィ・エントロピーのみを考慮していた従来の階層型ファジィ情報路モデル<sup>12)</sup>に対して、本章では、3 段階の総合的なファジィ・エントロピーを組み込んだモデルへと拡張したのである。

その上で、本章の提案モデルの実証分析として、大学生（企業外部者）によるスマートフォン（多機能携帯電話）の選択行動を、研究者やアナリスト（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、その選択要因に関するアンケート調査結果から、スマートフォンの各機種および各通信会社に対する選択確率を推定するとともに、こうした推定値とアンケート結果による実績値との比較を試みた。その結果、これらの推定値と実績値との間の乖離が小さく、かつ男性と女性の間での現実に即した推定値の違いが得られ、本章の提案モデルの妥当性を確認することができた。

また、本章において、従来のファジィ情報路モデルを、3段階の階層型ファジィ情報路モデルへと拡張するという拡大推論モデルの新たなアプローチを示すことができた。

図 6.6-1 アンケート調査票

1/3

**携帯端末の選択に関するアンケートのお願い**

\* 本アンケートは、明治大学大学院商学研究科における研究活動の一環として行います。  
 \* 本アンケートの回答結果は、学術研究目的以外には使用いたしません。

あなたの性別を教えてください。( 男性 ・ 女性 )

I. あなたが現在使用している携帯電話について、お答えください。  
 (以下の設問に対して、当てはまるものに○を付けてください。またその他の方は、具体的に記入してください。)

1. 現在使用している携帯端末の種類  
 iPhone ・ Android端末 ・ 従来型の携帯端末(ガラケー) ・ その他( )

2. 現在契約している通信キャリア  
 NTTドコモ ・ ソフトバンク ・ KDDI ・ その他( )

===== 質問 =====

II. あなたは携帯端末及び携帯電話会社を選択する際に、何を重視するのかを回答してください。  
 説明: 評価欄は、当てはまる評定(0.9 ・ 0.7 ・ 0.5 ・ 0.3 ・ 0.1)のいずれか1つに○を付けてください。  
 優先項目欄には、最も優先する項目1つに◎、優先する項目すべてに○(いくつでも可)を記入してください。

1. 携帯端末の選択理由

①携帯端末の選択

	重視度					優先項目
	重視する ←	どちらともいえない			→ 重視しない	
Q11 操作性	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q12 付加機能の充実度	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q13 機種の選択肢	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q14 アプリの充実度	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q15 ブランド(apple、Googleなど)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q16 端末の価格	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q17 自由にカスタマイズすることが可能	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q18 付属アクセサリーの充実度	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	

②携帯電話会社の選択

	重視度					優先項目
	重視する ←	どちらともいえない			→ 重視しない	
Q21 繋がり易さ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q22 これまで使用してきた通信会社	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q23 通信速度	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q24 料金体系	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q25 企業イメージ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q26 家族や友人と同じ通信会社	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	

③総合面

	重視度					優先項目
	重視する ←	どちらともいえない			→ 重視しない	
Q1 携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
Q2 携帯電話会社	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	

次ページへ

図 6.6-2 アンケート調査票

2/3

【回答方法の説明】

① あなた自身が所有している(あるいは、使用したことがある)携帯端末については、**自身の経験から回答してください。**

② \* 本アンケートは、明治大学大学院商学研究科における研究活動の一環として行います。

【注意】  
全ての携帯端末(iPhone, Android端末, 従来型の携帯端末[ガラケー])  
について、回答してください。

**2. 携帯端末の機能面についての質問**

Q11 操作性					
	良い	どちらでもない		悪い	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q12 付加機能の充実度					
	高い	どちらでもない		低い	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q13 機種の種類					
	多い	どちらでもない		少ない	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q14 アプリの充実度					
	高い	どちらでもない		低い	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q15 ブランド					
	好き	どちらでもない		嫌い	
iPhone (iOS)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末(Android)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q16 端末の価格					
	安い	どちらでもない		高い	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q17 自由なカスタマイズ性					
	高い	どちらでもない		低い	
iPhone (iOS)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末(Android)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

Q18 付属アクセサリの充実度					
	高い	どちらでもない		低い	
iPhone	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
Android端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
従来型の携帯端末	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

次ページへ

図 6.6-3 アンケート調査票

【回答方法の説明】

3/3

- ① あなた自身が所有している(あるいは、使用したことがある)携帯端末については、**自身の経験から回答してください。**
- ② あなた自身が所有していない(あるいは、使用したことがない)携帯端末については、**自身の所有している携帯端末との比較またはイメージで回答してください。**

【注意】

全ての携帯電話会社(NTTドコモ、ソフトバンク、KDDI)について、回答してください。

3. 携帯電話会社のサービス面についての質問

	Q21 通信の繋がり易さ				
	繋がり易い	← どちらでもない →			繋がりにくい
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q22 通信会社				
	変更したくない	← どちらでもない →			変更したい
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q23 通信速度				
	速い	← どちらでもない →			遅い
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q24 料金体系				
	安い	← どちらでもない →			高い
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q25 企業イメージ				
	良い	← どちらでもない →			悪い
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q26 家族や友人と同じ通信会社				
	あてはまる	← どちらでもない →			あてはまらない
NTTドコモ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
ソフトバンク	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
KDDI(au)	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

以 上

ご協力ありがとうございました。

- 
- 1 山下洋史(2001), 「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.83, No.1, pp.167-183.
  - 2 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 「二因子・二階層ファジィ情報路モデルに関する研究」第43回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, 日本経営システム学会, pp.124-127.
  - 3 山下洋史(2001), 前掲論文(注1), pp.167-183.
  - 4 権善喜, 山下洋史(2014), 「食品のラベリングに関する偶然性と漠然性のファジィ情報路モデル」第52回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, 日本経営システム学会, pp.178-181.
  - 5 山下洋史(2001), 前掲論文(注1), pp.167-183.
  - 6 国沢清典(1991), 『エントロピー・モデル』日科技連出版社, pp.36-46.
  - 7 権善喜, 山下洋史(2014), 前掲論文(注4), pp.178-181.
  - 8 本章におけるアンケート調査対象のスマートフォンの携帯端末は、iPhone および Android 系端末である。
  - 9 本章におけるアンケート調査対象の通信会社は、NTT ドコモ、ソフトバンク、KDDI の3社である。
  - 10 同上論文, pp.167-183.
  - 11 山下洋史(2001), 前掲論文(注1), pp.167-184.
  - 12 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 前掲論文(注2), pp.124-127.

## 第7章 重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル

### 7.1 本章の目的

一般に、消費者（企業外部者）は、商品やサービスを選択する行動（選択行動）において、その選択対象を特徴づける複数の選択要因（以下、「因子」と呼ぶことにする）に対する重み（ウェイト）を考慮しながら、各選択対象の優劣を比較する。このように、企業外部者（選択行動の主体）は各因子の特性値のみならず、それに対する重み（ウェイト）を考慮することにより、各選択対象の優先順位を決めているのである。

そこで、本章では、従来の多因子ファジィ情報路モデル<sup>1</sup>において、企業外部者の選択行動を特徴づける各因子のウェイトを推定することができなかったという問題意識に基づき、こうしたウェイトを推定するための「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」を新たに提案する。それは、従来のファジィ情報路モデル<sup>2</sup>では、各因子のウェイトを既知としていたからである。これに対して、本章では、上記のウェイトを客観的な基準、すなわち、

ファジィ・エントロピー／重みつき平均特性値

を最大化するように推定するのである。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例と実際のデータ（東洋経済新報社による企業の評価データ<sup>3</sup>と、テーマパークの評価に関するアンケート調査）の両面から、各因子に対するウェイトの推定を試みることにする。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと選択確率・メンバーシップ値との間の関係を検討していくことにする。

### 7.2 使用記号と前提条件

#### 7.2.1 使用記号

本章で提案する「重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル」に使用する記号は、下記の通りである。

$L$ : 平均特性値

$H$ : 総合的なファジィ・エントロピー

( $H$ =ウェイトまわりのエントロピー+メンバーシップ値まわりのエントロピー)

$i$ : 選択対象 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$j$ : 因子 ( $j = 1, 2, \dots, m$ )

$p_i$ : 対象  $i$  に対する選択確率

$w_j$ : 因子  $j$  に対するウェイト

$\delta_{ij}$  : ファジィ情報の特性値 (既知)

$\mu_{ij}$  : メンバーシップ値 ( $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ )

$h_{ij}$  : メンバーシップ値まわりのエントロピー

## 7.2.2 前提条件

本章では、下記の前提条件に基づき、「重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル」を構築していくことにする。

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者とする。
- ② 選択対象に関して十分には情報が得られていないものとする。
- ③ ただし、いくつかの因子に関しては、意味面でのあいまいさを持った情報（特性値  $\delta_{ij}$ ）が得られているものとする。
- ④ 特性値  $\delta_{ij}$  は、閉区間  $[0,1]$  の値をとり、これが大きいほど好ましいものとする。
- ⑤ 本章の提案モデルにおけるメンバーシップ値は小さいほど良い状態を意味するため、メンバーシップ値を  $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ 、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換えることにする。
- ⑥ 因子  $j$  に対する選択対象  $i$  の特性値  $\delta_{ij}$  と選択確率  $p_i$  という「先験情報」が与えられているものとする。

## 7.3 「重みつき多因子ファジィ情報路におけるウェイト推定モデル」の提案

### 7.3.1 提案モデルの概要

第3章では、シャノンの情報理論に基づいたエントロピー・モデルにより、各因子のウェイトを推定するための「重みつき多因子情報路モデル」を提案したが、本章ではファジィ理論に基づき、各因子のウェイトを推定するための「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」を提案する。これは、エントロピー・モデルの舞台を、シャノン・エントロピーからファジィ・エントロピーへと置き換えることを意味する。

このように、エントロピー・モデルの舞台を、シャノン・エントロピーからファジィ・エントロピーへと置き換えることにより、偶然性に関するあいまいさのみならず、漠然性に関するあいまいさ（意味面でのあいまいさ）についても、モデルに組み込むことが可能になる。そこで、本章では、各選択対象に対する選択確率と特性値（メンバーシップ値）が既知の下で、各因子のウェイトを推定するための「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」を新たに構築していくことにする。

### 7.3.2 問題の定式化と解の導出

本章では、第3章の「重みつき多因子情報路モデル」と同様に、複数の因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  を推定 (図 7.1) するための新たな分析モデルを提案する。これは、「ウェイトトまわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピーに注目した分析モデル」である。

まず、従来の多因子ファジィ情報路モデルの仮説に対して、ウェイト  $w_j$  を加味した上で、下記のような2つの仮説を設定する。仮説 I は意思決定者の満足感の充足度を、また仮説 II は自由勝手な選択行動の程度を、それぞれ表している。

仮説 I : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、自身の選択行動において、考慮すべき複数の因子に関する特性値を、全体的にできるだけ小さくするような行動をとる。

仮説 II : 企業外部者 (消費者や一般投資家等) は、何の制約もなくできるだけ自由勝手な評価 (メンバーシップ値) と各因子の重みづけをしようとする。

これらの仮説を、それぞれ(7.1)式の「重みつき平均特性値」 $L$ と、(7.2)式の「ウェイト

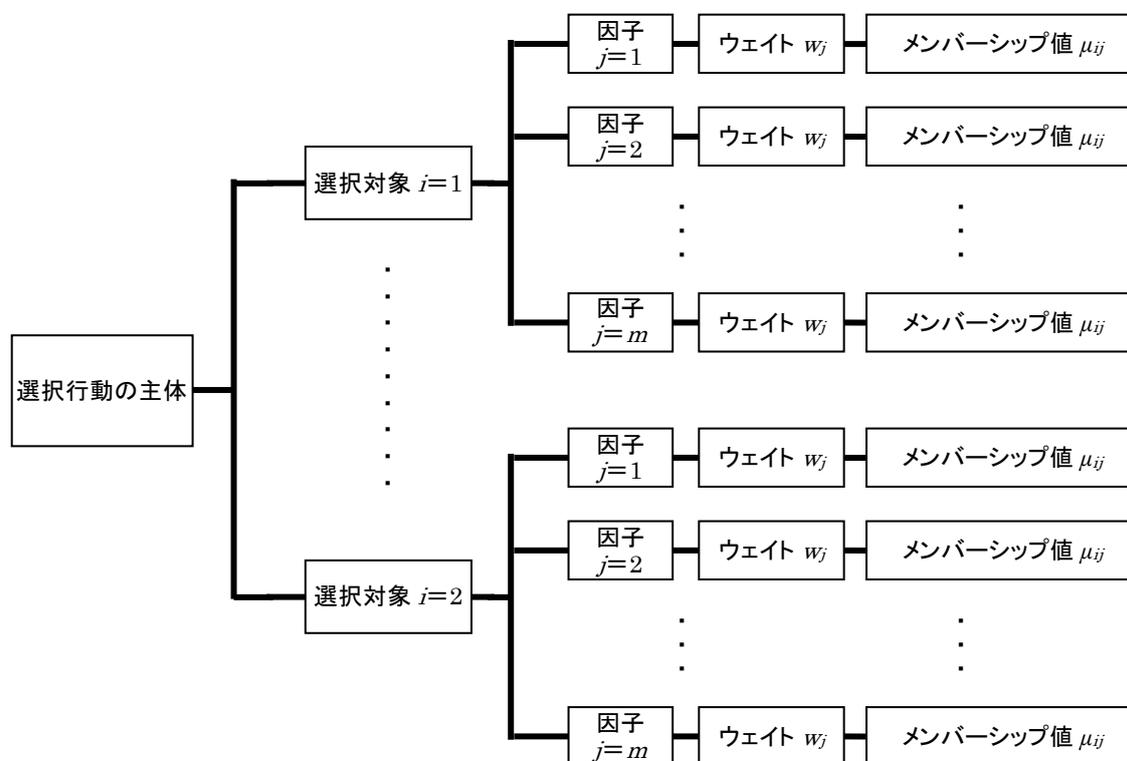


図 7.1 複数の因子に対するウェイトとメンバーシップ値の構造

まわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」 $H$ によって定式化する。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_i \cdot \mu_{ij} \quad (7.1)$$

$$\begin{aligned} H &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \cdot w_j \cdot h_{ij} \\ &= -n \sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \cdot w_j \cdot h_{ij} \end{aligned} \quad (7.2)$$

$$\text{ただし、} h_{ij} = -\mu_{ij} \cdot \log \mu_{ij} - (1 - \mu_{ij}) \cdot \log(1 - \mu_{ij})$$

そこで、(7.1)式の「重みつき平均特性値」 $L$ をなるべく小さく、かつ(7.2)式の「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」 $H$ をなるべく大きくするようなウェイト $w_j$ の推定問題を考えることにする。まず、第3章の分析モデルと同様に、ラグランジュの未定乗数 $\lambda$ を用いて、(7.3)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{H}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (7.3)$$

(7.3)式は、 $w_j$ に関して上に凸であるため、 $\varphi$ を $w_j$ で偏微分して0とおくことにより、(7.4)式が得られる。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial w_j} = \frac{H' \cdot L - H \cdot L'}{L^2} - \lambda = 0 \quad (7.4)$$

さらに、(7.4)式を整理すると、(7.5)式のようになる。

$$\frac{\left( -n \cdot \log w_j - n + \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \right) \cdot L - H \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} - \lambda = 0 \quad (7.5)$$

次に、(7.5)式の両辺に  $w_j$  をかけて  $j$  について足し込み、その式を整理すると、

$$\frac{(H-n) \cdot L - H \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (7.6)$$

となり、(7.6)式を  $\lambda$  について整理すると、 $\lambda$  は(7.7)式のように表される。

$$\lambda = -\frac{n}{L} \quad (7.7)$$

(7.5)式の  $\lambda$  を消去するために、(7.7)式を(7.5)式に代入すると、(7.8)式のようになる。

$$\frac{\left(-n \cdot \log w_j + \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}\right) \cdot L - H \cdot \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}\right)}{L^2} = 0 \quad (7.8)$$

そこで、(7.8)式を  $\log w_j$  について整理すると、(7.9)式のようになる。

$$\log w_j = -\frac{1}{n} \cdot \frac{H}{L} \cdot \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}\right) + \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \quad (7.9)$$

さらに、(7.9)式の左辺を  $w_j$  へと変換すると、(7.10)式が得られる。

$$w_j = u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}} \quad (7.10)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{H}{n \cdot L}}$$

$$\sum_{j=1}^m u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}} = 1 \quad (7.11)$$

したがって、(7.11)式を満足する  $u$  を数値的に求め、その値を(7.10)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定することができる。(7.10)式と第3章のウェイト推定モデルの解、

すなわち、

$$w_j = u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ij}} \quad (7.12)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{G}{L}}$$

を比較すると、(7.10)式は(7.12)式の特性値  $x_{ij}$  をメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  に置き換え、また  $e^{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}\right)}$  を乗じた式となっており、(7.12)式 (第3章のモデル) の自然な拡張形となっていることがわかる。

このように、本章で提案したモデルは、各因子  $j$  に対する選択対象  $i$  のメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  と選択確率  $p_i$  (先験情報) が与えられているという条件のもとで、ウェイト  $w_j$  を推定することを可能にしている。すなわち、第3章の「重みつき多因子情報路モデル」を本章の「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」へと拡張することにより、ウェイト  $w_j$  の推定問題における「偶然性」のみならず「漠然性」についても、簡潔な形式で論じることができるようになるのである。

#### 7.4 提案モデルの実証分析

ここでは、消費者と一般投資家（企業外部者）の選択行動に対して、研究者やアナリスト等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、こうした拡大推論をモデル化した本章の提案モデルの実証分析を試みることにする。そこで、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例と実際のデータ（東洋経済新報社による企業の評価データ<sup>4</sup>と、テーマパークの評価に関するアンケート調査）の両面から、各因子に対するウェイトを推定していく。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと選択確率・メンバーシップ値との間の関係を検討していくことにする。

このような本章の実証分析は、消費者や一般投資家等（企業外部者）の選択行動に関する情報が不足している研究者やアナリスト等（企業外部者）にとって、消費者や一般投資家等の選択行動はブラック・ボックスであり、それを推測しようとする意味で、明らかに本研究で論じる「拡大推論」に相当するのである。

## 7.4.1 数値例による実証分析

### 7.4.1.1 分析方法

本節では、本章の提案モデルに対して、簡単な数値例を設定することにより、因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  の推定を試みることにする。その際、本章の提案モデルを第 3 章の Model-A（以下、「対比モデル」と呼ぶことにする）と比較するために、この対比モデルにおける(3.9)式（第 3 章）の特性値  $x_{ij}$  にメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  を代入し、メンバーシップ値まわりのエントロピーを考慮しない場合のウェイト  $w_j$  についても推定する。

そこで、まず以下のような数値例の設定方針に従って、表 7.1 のような Case-1~Case-7 の選択確率  $p_i$  と特性値  $\delta_{ij}$  を設定し、これらのケースについてウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。ただし、通常ファジィ情報路モデル<sup>5</sup>における特性値  $\delta_{ij}$  は、これが小さいほど良い状態を意味するが、本章における特性値  $\delta_{ij}$ （帰属度）は大きいほど良い状態を意味するため、本章の提案モデルではメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  を、 $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ （ファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値）に置き換え、この  $\mu_{ij}$  を用いて各ウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。

#### 【数値例の設定方針】

表 7.1 の Case-1 と Case-2 は、選択対象  $i$  ごとのすべての特性値  $\delta_{ij}$  が同じ値で、選択対象  $i$  の選択確率のみを変化させた場合の数値例であり、一方 Case-4 から Case-7 は、それぞれの特性値を変えずに、選択対象  $i$  の選択確率のみを変化させた場合の数値例である。

##### <Case-1>

- ① 選択対象 1 ( $i=1$ ) の特性値を、すべての因子  $j$  に対する特性値は同じ値 ( $\delta_{ij}=0.7$ ) に設定し、また選択対象 2 ( $i=2$ ) の特性値については、すべての因子  $j$  に対する特性値を同じ値 ( $\delta_{ij}=0.2$ ) に設定する。
- ② 選択対象 1 ( $i=1$ ) の選択確率は、特性値の平均と同じ値で、選択対象 2 ( $i=2$ ) の選択確率については、特性値の平均よりも大きい数値に設定する。

##### <Case-2>

- ① Case-1 と同様の特性値を設定する。
- ② 選択対象 1 ( $i=1$ ) の選択確率は、特性値の平均よりも大きい数値で、選択対象 2 ( $i=2$ ) の選択確率については、特性値の平均と同じ値に設定する。

##### <Case-3>

- ① 選択対象 1 ( $i=1$ ) と選択対象 2 ( $i=2$ ) の因子 1 の特性値がそれぞれ最も大きく、それ以降の特性値は順に小さくなるように設定する。
- ② 選択確率については、0.8 ( $i=1$ ) と 0.2 ( $i=2$ ) の値を設定する。

##### <Case-4>

- ① 因子 1 の特性値が最も大きく、それ以降の特性値は順に小さくなるように設定

する。

- ② 選択確率については、0.9 ( $i=1$ ) と 0.1 ( $i=2$ ) の値を設定する。

<Case-5>

- ① Case-4 と同様の特性値を設定する。  
 ② 選択確率については、0.8 ( $i=1$ ) と 0.2 ( $i=2$ ) の値を設定する。

<Case-6>

- ① Case-4 と同様の特性値を設定する。  
 ② 選択確率については、0.7 ( $i=1$ ) と 0.3 ( $i=2$ ) の値を設定する。

<Case-7>

- ① Case-4 と同様の特性値を設定する。  
 ② 選択確率については、0.6 ( $i=1$ ) と 0.4 ( $i=2$ ) の値を設定する。

表 7.1 選択確率と因子（選択要因）の数値例

Case No.	選択対象 $i$ の 選択確率		因子 $j$ の特性値（帰属度） $\delta_{ij}$				
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
Case-1	$i=1$	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Case-2	$i=1$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Case-3	$i=1$	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$i=2$	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-4	$i=1$	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-5	$i=1$	0.8	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-6	$i=1$	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-7	$i=1$	0.6	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

#### 7.4.1.2 分析結果

表 7.1 のように設定した各数値を、前述の(7.10)式に代入し、各因子  $j$  のウェイト  $w_j$  を推定する。また、第 3 章の対比モデルにおける(3.9)式の特性値  $x_{ij}$  にメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ ) を代入し、メンバーシップ値まわりのエントロピーを考慮しない場合のウェイト  $w_j$  についても推定する。これらの結果は、表 7.2 のようになった。

表 7.2 提案モデルと対比モデルによるウェイト  $w_j$  の推定結果

Case No.	ウェイト $w_j$									
	提案モデル					対比モデル				
	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
Case-1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-3	0.44	0.27	0.16	0.09	0.05	0.42	0.26	0.16	0.10	0.06
Case-4	0.59	0.26	0.10	0.04	0.01	0.56	0.25	0.11	0.05	0.02
Case-5	0.54	0.27	0.12	0.05	0.02	0.51	0.26	0.13	0.07	0.03
Case-6	0.50	0.27	0.14	0.06	0.03	0.47	0.26	0.15	0.08	0.04
Case-7	0.47	0.27	0.15	0.08	0.04	0.43	0.26	0.16	0.09	0.06

### 7.4.1.3 考察

本章の提案モデルと対比モデルに従って推定したウェイト  $w_j$  には、それぞれのモデルのもっている性格が示唆されている。これらの推定結果（表 7.2）から、それぞれのモデルの類似点と相違点について検討した結果、以下のような知見を得ることができる。

#### (1) 提案モデルと対比モデルとの類似点

Case-1 と Case-2 を見ると、提案モデルと対比モデルはともに同じウェイト  $w_j$  (0.20) となっていることがわかる。これは、提案モデルと対比モデルとは異なる特徴（漠然性を意味する「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」を考慮しているか否か）を有した分析モデルであるが、これらの分析モデルは、因子  $j$  ごとの特性値が同じ値であれば、選択確率による影響を受けないことを意味している。

さらに、Case-3 から Case-7 の共通した特徴として、因子  $j$  ごとに選択対象 1 と選択対象 2 の特性値を加算した値が大きいほど、ウェイト  $w_j$  は大きくなり、反対にその値が小さいほど、ウェイト  $w_j$  が小さくなるという両者の関係を指摘することができる。これと同様に、選択対象 1 と選択対象 2 の間で選択確率  $p_i$  の差異が大きくなるほど、因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差も大きくなる。これにより、特性値が大きいほど、ウェイト  $w_j$  が大きくなるという現実に即した推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができる。

#### (2) 提案モデルと対比モデルとの相違点

提案モデルと対比モデルの相違点は、Case-3 から Case-7 に現れている。すなわち、因子  $j$  間 ( $j=1$  から 5) のウェイト  $w_j$  の差 (数値のバラツキ) が、対比モデルよりも提案モデルの方が大きくなっているのである。こうした数値のバラツキは、提案モデルと対比モ

デルのエントロピーを構成している要素が、対比モデルの場合は「ウェイトまわりのエントロピー」のみで、提案モデルの場合は「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」であることに起因している。これは、対比モデルは(7.13)式の最大化問題であるのに対して、提案モデルは(7.14)式の最大化問題であるという両者の間の違いを意味する。

$$\frac{\text{ウェイトまわりのエントロピー}}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (7.13)$$

$$\frac{\text{ウェイトまわりのエントロピー} + \text{重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー}}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (7.14)$$

そこで、(7.13)式の分子と分母の関係について考えてみると、分母の値（重みつき平均特性値）をできる限り小さく、分子の値（ウェイトまわりのエントロピー）をできる限り大きくすべきであることがわかる。一方、提案モデルは、対比モデルの分子に「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」を加えた(7.14)式のモデルである。そこで、(7.14)式の最大化問題を考えてみると、分母の値（重みつき平均特性値）をできる限り小さく（対比モデルと同様）、分子の値（「ウェイトまわりのエントロピー」+「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」を最大化）をできる限り大きくすべきであることがわかる。

したがって、(7.14)式の分子は、(7.13)式の分子に対して「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」が追加されており、この「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」は、因子  $j$  ごとに異なる値をとるため、「ウェイトまわりのエントロピー」がウェイト  $w_j$  を平均化、すなわち  $w_1 = w_2 = \dots = w_m = 1/m$  に近づけようとする力を、「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」が抑制する働きを持つことになる。その結果として、提案モデルの方が、各因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差は大きくなるのである。

以上の結果より、提案モデルはメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差をなるべく大きく（漠然性を考慮）したい場合のウェイト推定問題に、対比モデルはメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差をなるべく小さく（漠然性を排除）したい場合のウェイト推定問題に、それぞれ適することがわかる。すなわち、分析の際の選択肢が生まれるのである。こうした選択肢が、ファジィ・エントロピー・モデルの適用場面を拡げ、それぞれの状況と方針に沿ったウェイト  $w_j$  の推定を可能にすることになる。ここに、「ファジィ・エントロピー・モデル」研究における本章の提案モデルの貢献を指摘することができるのである。

## 7.4.2 株式銘柄の選択に関する実証分析

### 7.4.2.1 分析方法

ここでは、山下ら<sup>6</sup>が東洋経済新報社の企業評価データ<sup>7</sup>から推定した各銘柄の選択確率（表 7.3）を用いて、本章の提案モデルの実証分析を試みることにする。ここで、表 7.3 の評価値  $\delta_{ij}$ （CSR 評価値と財務評価値）は、大きいほど好ましい状態を意味するため、まず上記の評価値  $\delta_{ij}$  をメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ )、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換え、この  $\mu_{ij}$  を本章の提案モデルの(7.10)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。ただし、CSR 評価値 ( $j=1$ ) は雇用と環境、統治・社会性の平均値であり、財務評価値 ( $j=2$ ) は収益性と安全性、規模の平均値である。

表 7.3 CSR 評価値・財務評価値と選択確率（山下<sup>8</sup>）

社名	雇用	環境	統治・社会性	CSR評価値	収益性	安全性	規模	財務評価値	選択確率
パナソニック	0.925	0.934	0.984	0.948	0.764	0.839	1	0.868	0.138
トヨタ自動車	0.868	0.918	0.9	0.895	0.861	0.853	1	0.905	0.117
シャープ	0.849	1	0.962	0.937	0.753	0.781	1	0.845	0.096
富士フィルム	0.868	0.852	0.972	0.897	0.76	0.882	1	0.881	0.092
デンソー	0.868	0.869	0.941	0.893	0.779	0.862	1	0.880	0.087
リコー	0.887	0.885	0.945	0.906	0.776	0.807	1	0.861	0.082
キャノン	0.747	0.951	0.818	0.839	0.869	0.912	1	0.927	0.081
ソニー	0.925	0.836	1	0.920	0.749	0.735	1	0.828	0.067
NEC	0.981	0.885	0.955	0.940	0.733	0.7	0.969	0.801	0.062
日立製作所	1	0.885	0.895	0.927	0.753	0.667	1	0.807	0.057
日本郵船	0.943	0.836	0.954	0.911	0.779	0.688	1	0.822	0.057
第一三共	0.623	0.787	0.823	0.744	0.805	0.913	0.662	0.793	0.007
日立建機	0.623	0.836	0.861	0.773	0.798	0.756	0.737	0.764	0.007
日立マクセル	0.66	0.934	0.821	0.805	0.731	0.912	0.549	0.731	0.007
日本精工	0.585	0.869	0.917	0.790	0.774	0.734	0.718	0.742	0.007
ジェイ・エフ・イー	0.604	0.705	0.706	0.672	0.834	0.747	1	0.860	0.007
三菱地所	0.585	0.705	0.801	0.697	0.798	0.705	1	0.834	0.007
日本電信電話	0.566	0.787	0.549	0.634	0.894	0.795	1	0.896	0.006
クラレ	0.698	0.803	0.791	0.764	0.789	0.872	0.637	0.766	0.006
大成建設	0.679	0.852	0.856	0.796	0.733	0.669	0.799	0.734	0.006
NECネットエスアイ	0.811	0.803	0.842	0.819	0.763	0.807	0.562	0.711	0.006

### 7.4.2.2 分析結果

表 7.3 の CSR 評価値  $\delta_{1i}$  と財務評価値  $\delta_{2i}$  から算出されたメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ ) と表 7.3 の選択確率（山下ら<sup>9</sup>）を本章の提案モデルの(7.10)式に代入し、ウェイト  $w_j$  を推定したところ、表 7.4 のような結果が得られた。

表 7.4 提案モデルによるウェイト  $w_j$  の推定結果

評価値	提案モデルによるウェイト
CSR評価値	0.562
財務評価値	0.438

### 7.4.2.3 考察

表 7.3 から財務評価値に比較して CSR 評価値のバラツキが大きいことがわかる。これは、財務評価値に比較して CSR 評価値の方が、各銘柄の優劣が明確であることを意味し、人間にとって、前者（財務評価値）よりも後者（CSR 評価値）から得られる情報の量が大きくなる。序論 V-5 でも述べたように、人間が直面する不確実性（偶然性）を情報が奪い取る際に、優劣（大小）の差が小さい情報よりも、これが大きい情報の方がより多くの不確実性（偶然性）を吸収してくれるため、こうした情報を重視することが自身にとって合理的な行動となるのである。これにより、財務評価値よりも各銘柄の優劣が明確な CSR 評価値に関して、表 7.4 のようにそのウェイトが大きくなったものと思われる。

このように、どの銘柄に投資するかを選択行動において、評価値（メンバーシップ値）から得られる情報の量が大きい方の指標（CSR 評価値）をより重視するというウェイトの推定値は、現実には適合した結果であろう。すなわち、本章の提案モデルでは、各銘柄の優劣の差を表す情報の量が大きければ大きいほど、ウェイトも大きくなるのである。

以上のように、株式銘柄の選択行動に関する実証分析から、現実には即したウェイト  $w_j$  の推定値が得られ、そういった意味で本章の提案モデルの妥当性が示唆されるのである。

## 7.4.3 アンケート調査によるテーマパークの実証分析

### 7.4.3.1 調査方法ならびに分析方法

ここでは、実証分析として、図 7.2 のアンケート調査票を用いて、テーマパーク（東京ディズニーランド、ユニバーサル・スタジオ・ジャパン、サンリオ・ピューロランド）に関するアンケート調査を、大学生（回答者数 42 名：男性 19 名、女性 23 名）に対して実施（2015 年 1 月）する。その結果を用いて本章の提案モデルの実証分析を行うことにより、各因子に対するウェイトの推定を試みることにする。

そこで、被験者に対して 5 項目（非日常性、スリルがある、ワクワクする、華やかさがある、自宅からの距離）の質問（図 7.3）を提示し、それぞれのテーマパークのイメージを回答してもらうとともに、今後テーマパークに行くとする、どのテーマパークに何パーセントの確率で行きたいと思うかについて回答してもらうことにする。その上で、それぞれの質問項目に対する回答に基づき、提案モデルにより各因子に対するウェイトを推定する。ただし、7.4.1 節（数値例）と同様に、本章における特性値  $\delta_{ij}$ （帰属度）は大きいほど良い状態を意味するため、本章の提案モデルでは上記の  $\delta_{ij}$  をメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij} = 1 - \delta_{ij}$ )、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換え、この  $\mu_{ij}$  を用いて各ウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。

**テーマパークの選択に関するアンケートのお願い**

\* 本アンケートの回答結果は、学術研究目的以外には使用いたしません。

あなたの性別と年齢をお聞かせ下さい。( 男性 ・ 女性 ) ( 歳 )

=====**質問**=====

1. あなたは、以下の3つのテーマパークについて、それぞれの質問項目に対するイメージを回答してください。

説明: 評価欄は、当てはまる評定(0.9・0.7・0.5・0.3・0.1)のいずれか1つに○を付けてください。

	Q1 非日常性(日常生活にない体験)				
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない
東京ディズニーランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
大阪ユニバーサルスタジオ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
サンリオピューロランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q2 スリルがある				
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない
東京ディズニーランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
大阪ユニバーサルスタジオ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
サンリオピューロランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q3 ワクワクする				
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない
東京ディズニーランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
大阪ユニバーサルスタジオ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
サンリオピューロランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q4 華やかさがある				
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない
東京ディズニーランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
大阪ユニバーサルスタジオ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
サンリオピューロランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

	Q5 自宅からの距離				
	近い	←	どちらでもない	→	遠い
東京ディズニーランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
大阪ユニバーサルスタジオ	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
サンリオピューロランド	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

2. 上記の評価に基づき、今後あなたがこれらのテーマパークに行くとなると、それぞれ何%の比率で行きたいと思いませんか。

説明: 以下の3つのテーマパークの合計した比率が100%になるように、それぞれの比率(%)を記入してください。

東京ディズニーランド	%
大阪ユニバーサルスタジオ	%
サンリオピューロランド	%
合計	100%

【記入例】

東京ディズニーランド	50%
大阪ユニバーサルスタジオ	35%
サンリオピューロランド	10%
合計	100%

ご協力ありがとうございました。

以 上

**図 7.2 アンケート調査票**

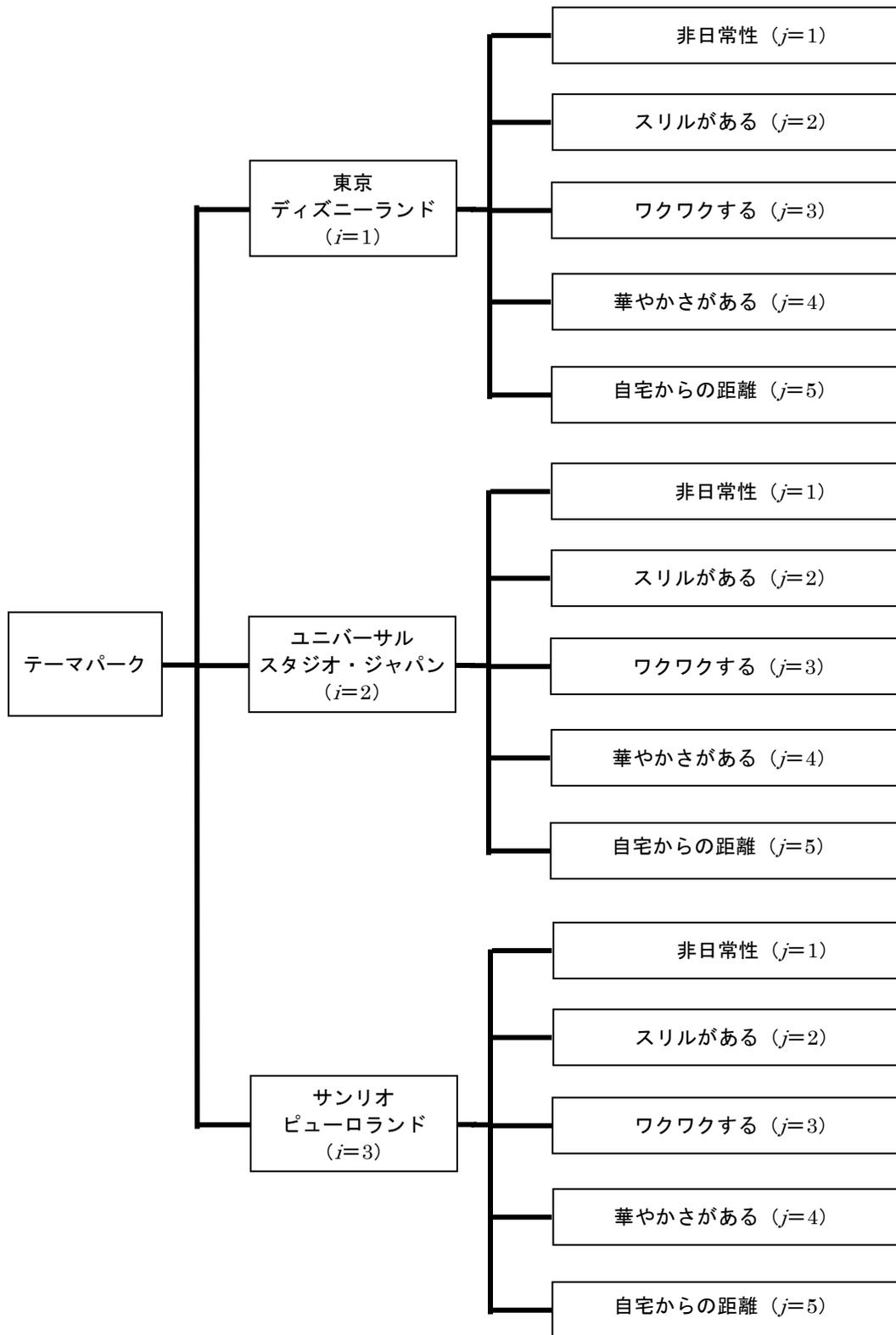


図 7.3 テーマパークに関する分析モデルの構造

表 7.5-1 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$				
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
被験者-1	$i=1$	0.50	0.9	0.7	0.9	0.9	0.3
	$i=2$	0.50	0.7	0.9	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.5	0.1	0.1	0.5	0.3
被験者-2	$i=1$	0.10	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3
	$i=2$	0.90	0.9	0.7	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.7	0.1	0.1	0.9	0.3
被験者-3	$i=1$	0.70	0.7	0.3	0.9	0.9	0.5
	$i=2$	0.30	0.3	0.7	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7
被験者-4	$i=1$	0.70	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.30	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1
	$i=3$	0.00	0.5	0.3	0.1	0.3	0.9
被験者-5	$i=1$	0.30	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.70	0.7	0.5	0.7	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.7	0.5	0.7	0.3	0.7
被験者-6	$i=1$	0.01	0.3	0.9	0.1	0.1	0.5
	$i=2$	0.60	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
	$i=3$	0.39	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5
被験者-7	$i=1$	0.35	0.7	0.3	0.7	0.9	0.5
	$i=2$	0.60	0.7	0.3	0.9	0.7	0.9
	$i=3$	0.05	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5
被験者-8	$i=1$	0.10	0.9	0.5	0.9	0.9	0.9
	$i=2$	0.90	0.9	0.5	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.9	0.3	0.3	0.9	0.5
被験者-9	$i=1$	0.50	0.7	0.1	0.1	0.9	0.7
	$i=2$	0.50	0.7	0.1	0.1	0.5	0.1
	$i=3$	0.00	0.5	0.1	0.1	0.3	0.3
被験者-10	$i=1$	0.50	0.9	0.1	0.7	0.9	0.7
	$i=2$	0.35	0.1	0.1	0.7	0.7	0.9
	$i=3$	0.15	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5
被験者-11	$i=1$	0.4	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7
	$i=2$	0.5	0.7	0.5	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-12	$i=1$	0.51	0.9	0.7	0.7	0.9	0.3
	$i=2$	0.47	0.9	0.7	0.7	0.9	0.1
	$i=3$	0.02	0.7	0.3	0.5	0.7	0.9
被験者-13	$i=1$	0.6	0.9	0.3	0.7	0.9	0.3
	$i=2$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-14	$i=1$	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.5
	$i=2$	0.32	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3
	$i=3$	0.38	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7

表 7.5-2 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$				
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
被験者-15	$i=1$	0.50	0.9	0.5	0.9	0.9	0.9
	$i=2$	0.50	0.9	0.5	0.9	0.9	0.1
	$i=3$	0.00	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5
被験者-16	$i=1$	0.10	0.9	0.7	0.9	0.9	0.3
	$i=2$	0.90	0.7	0.7	0.7	0.3	0.1
	$i=3$	0.00	0.7	0.3	0.5	0.7	0.9
被験者-17	$i=1$	0.70	0.9	0.1	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.30	0.9	0.3	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.7	0.1	0.7	0.5	0.9
被験者-18	$i=1$	0.70	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5
	$i=2$	0.30	0.5	0.5	0.9	0.5	0.1
	$i=3$	0.00	0.3	0.1	0.9	0.9	0.5
被験者-19	$i=1$	0.30	0.9	0.3	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.70	0.5	0.5	0.7	0.7	0.1
	$i=3$	0.00	0.7	0.1	0.5	0.7	0.5
被験者-20	$i=1$	0.01	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.60	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3
	$i=3$	0.39	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5
被験者-21	$i=1$	0.35	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9
	$i=2$	0.60	0.9	0.9	0.9	0.3	0.1
	$i=3$	0.05	0.3	0.1	0.1	0.9	0.7
被験者-22	$i=1$	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.2	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
被験者-23	$i=1$	0.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5
	$i=2$	0.85	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5
	$i=3$	0.05	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5
被験者-24	$i=1$	0.3	0.9	0.3	0.9	0.9	0.3
	$i=2$	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5
	$i=3$	0.1	0.1	0.1	0.3	0.9	0.3
被験者-25	$i=1$	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.3
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3
被験者-26	$i=1$	0.4	0.7	0.5	0.3	0.5	0.1
	$i=2$	0.3	0.7	0.5	0.3	0.5	0.3
	$i=3$	0.25	0.3	0.1	0.3	0.5	0.1
被験者-27	$i=1$	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.2	0.9	0.7	0.9	0.7	0.3
	$i=3$	0.1	0.9	0.5	0.7	0.9	0.1
被験者-28	$i=1$	0.4	0.9	0.7	0.7	0.9	0.1
	$i=2$	0.5	0.7	0.9	0.7	0.7	0.3
	$i=3$	0.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.1

表 7.5-3 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$				
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
被験者-29	$i=1$	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.4	0.9	0.9	0.9	0.7	0.1
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
被験者-30	$i=1$	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.0	0.3	0.5	0.3	0.7	0.3
	$i=3$	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5
被験者-31	$i=1$	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
	$i=2$	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
	$i=3$	0.2	0.9	0.1	0.9	0.9	0.7
被験者-32	$i=1$	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.4	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=3$	0.0	0.9	0.5	0.9	0.9	0.1
被験者-33	$i=1$	0.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5
	$i=2$	0.3	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7
	$i=3$	0.0	0.7	0.3	0.3	0.7	0.3
被験者-34	$i=1$	0.5	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3
	$i=3$	0.0	0.5	0.1	0.5	0.5	0.1
被験者-35	$i=1$	0.33	0.7	0.3	0.7	0.7	0.3
	$i=2$	0.34	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3
	$i=3$	0.33	0.7	0.3	0.7	0.7	0.3
被験者-36	$i=1$	0.5	0.7	0.5	0.9	0.9	0.3
	$i=2$	0.4	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3
	$i=3$	0.1	0.5	0.1	0.3	0.7	0.3
被験者-37	$i=1$	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.0	0.7	0.9	0.7	0.5	0.5
	$i=3$	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
被験者-38	$i=1$	0.45	0.9	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.45	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5
	$i=3$	0.1	0.5	0.3	0.5	0.9	0.1
被験者-39	$i=1$	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.2	0.7	0.9	0.9	0.9	0.1
	$i=3$	0.0	0.7	0.1	0.5	0.7	0.1
被験者-40	$i=1$	0.2	0.7	0.7	0.9	0.9	0.3
	$i=2$	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.5
	$i=3$	0.0	0.7	0.5	0.7	0.9	0.3
被験者-41	$i=1$	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.3
	$i=2$	0.3	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5
	$i=3$	0.1	0.7	0.1	0.1	0.5	0.5
被験者-42	$i=1$	0.2	0.9	0.1	0.5	0.9	0.1
	$i=2$	0.7	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5

### 7.4.3.2 分析結果

アンケート調査により収集したデータ（表 7.5-1～表 7.5-3）を、前述の(7.10)式に代入し、各因子 $j$ のウェイト  $w_j$ を推定したところ、表 7.6-1 と表 7.6-2 のような結果となった。

表 7.6-1 提案モデルによるウェイトの推定結果

被験者	ウェイト $w_j$				
	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
被験者-1	0.185	0.185	0.444	0.185	0.001
被験者-2	0.478	0.078	0.335	0.108	0.001
被験者-3	0.060	0.019	0.543	0.363	0.014
被験者-4	0.289	0.132	0.289	0.289	0.000
被験者-5	0.285	0.111	0.285	0.285	0.035
被験者-6	0.250	0.147	0.248	0.248	0.108
被験者-7	0.160	0.013	0.346	0.258	0.224
被験者-8	0.446	0.013	0.446	0.094	0.001
被験者-9	0.404	0.040	0.040	0.390	0.127
被験者-10	0.086	0.011	0.227	0.361	0.314
被験者-11	0.212	0.081	0.351	0.317	0.039
被験者-12	0.427	0.071	0.074	0.427	0.001
被験者-13	0.355	0.068	0.205	0.341	0.031
被験者-14	0.337	0.233	0.171	0.164	0.095
被験者-15	0.323	0.003	0.323	0.323	0.028
被験者-16	0.363	0.129	0.265	0.191	0.052
被験者-17	0.390	0.001	0.390	0.199	0.020
被験者-18	0.079	0.055	0.630	0.214	0.022
被験者-19	0.234	0.012	0.359	0.359	0.036
被験者-20	0.169	0.163	0.312	0.312	0.045
被験者-21	0.342	0.300	0.300	0.041	0.018

表 7.6-2 提案モデルによるウェイトの推定結果

被験者	ウェイト $w_j$				
	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
被験者-22	0.155	0.067	0.367	0.367	0.044
被験者-23	0.169	0.161	0.465	0.161	0.044
被験者-24	0.223	0.046	0.269	0.456	0.007
被験者-25	0.207	0.074	0.207	0.510	0.002
被験者-26	0.344	0.182	0.133	0.258	0.083
被験者-27	0.386	0.041	0.315	0.257	0.000
被験者-28	0.266	0.302	0.161	0.266	0.005
被験者-29	0.337	0.149	0.337	0.176	0.000
被験者-30	0.250	0.250	0.250	0.250	0.000
被験者-31	0.311	0.040	0.311	0.311	0.027
被験者-32	0.333	0.002	0.333	0.333	0.000
被験者-33	0.245	0.068	0.425	0.245	0.018
被験者-34	0.377	0.128	0.367	0.128	0.000
被験者-35	0.319	0.072	0.319	0.237	0.053
被験者-36	0.236	0.114	0.339	0.278	0.033
被験者-37	0.286	0.133	0.286	0.286	0.010
被験者-38	0.138	0.115	0.306	0.439	0.001
被験者-39	0.065	0.095	0.420	0.420	0.000
被験者-40	0.234	0.042	0.361	0.361	0.003
被験者-41	0.247	0.130	0.178	0.399	0.045
被験者-42	0.448	0.156	0.271	0.099	0.027

#### 7.4.3.3 考察

表 7.5-1～表 7.5-3 のテーマパークに関するアンケート調査に基づき、本章の提案モデルにおける各ウェイト  $w_j$  を推定した結果 (表 7.6-1, 表 7.6-2, 表 7.7 と図 7.4) から、ウェイト  $w_j$  の推定値が比較的大きい値となった上位の 3 つの因子 (選択要因) は、①「ワクワクする」、②「非日常性」、③「華やかさがある」であり、反対に、ウェイト  $w_j$  が比較的小さい数値となった下位の 2 つの因子は、④「スリルがある」、⑤「自宅からの距離」であることがわかる。こうした結果は、被験者がテーマパークを選択する際に、テーマパーク

の「高揚感」(ワクワクする)や「非日常性」「華やかさ」という、被験者にとって日頃の生活とは異なる空間での体験を重視する考え方に起因しているものと思われる。

一方で、被験者は「自宅からの距離」や「スリル」については、さほど重視していないという結果が得られているが、これは今回のアンケート調査における評価対象(テーマパーク)が、映画やテレビのキャラクターを重視したショーやアトラクションといった上記の①～③をコンセプトの中心に位置づけているからではないかと思われる。さらに、これらのテーマパークが、家族で楽しむことのできる空間であることを勘案すると、上記の推定値は妥当な結果であろう。

以上のように、本章における提案モデルは、これまでの多因子ファジィ情報路モデルでは得ることができなかった各因子に対するウェイト  $w_j$  の推定を可能にしている。すなわち、被験者の心理という「ブラック・ボックス」の内部で処理され、意思決定者以外の第三者が知ることが困難であった重みづけのメカニズムをモデル化し、各因子に対するウェイト  $w_j$  の推定を可能にしたのである。さらに、アンケート調査に基づく実証分析から、現実在即したウェイト  $w_j$  の推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができた。

表 7.7 提案モデルによるウェイト推定の平均値

ウェイト $w_j$				
因子 1( $j=1$ )	因子 2( $j=2$ )	因子 3( $j=3$ )	因子 4( $j=4$ )	因子 5( $j=5$ )
0.273	0.101	0.310	0.279	0.038

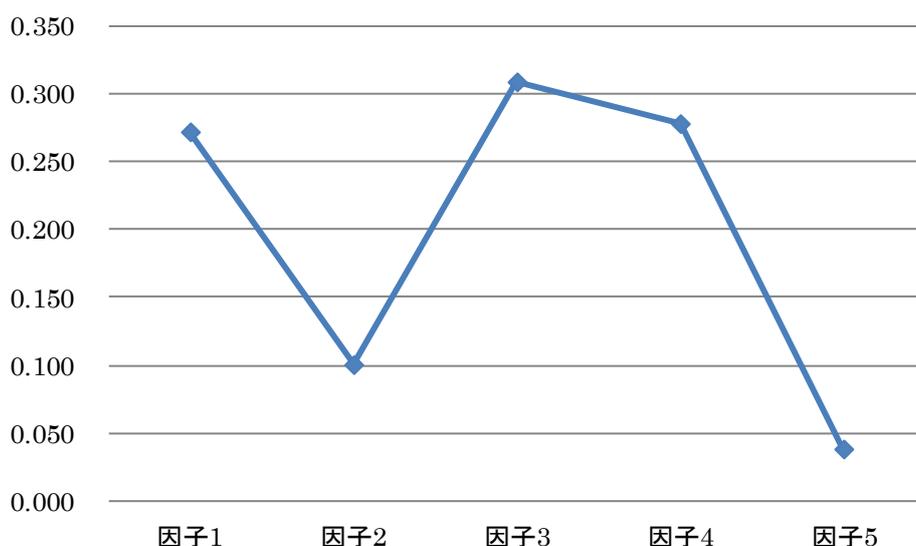


図 7.4 提案モデルによる各因子  $j$  に対するウェイト (平均値)

## 7.5 本章で得られた成果

本章では、情報のあいまいさに焦点を当てた従来の「多因子ファジィ情報路モデル<sup>10</sup>」を、「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」へと拡張した。これにより、従来のファジィ情報路モデルでは記述することができなかった、各因子（選択要因）に対するウェイトの推定問題に対して、新たな分析モデルを提案した。

その上で、簡単な数値例と実際のデータ（東洋経済新報社<sup>11</sup>による企業評価データと、テーマパークの評価に関するアンケート調査）の両面から、本章の提案モデルの実証分析を行い、各因子（企業評価データでは CSR 評価・財務評価、テーマパークの評価データでは非日常性・スリル等）に対するウェイトを推定した。その結果、上記の企業評価データを用いた実証分析から、評価値（メンバーシップ値）より得られる情報の量が大きい指標（CSR 評価値）を重視していること、またテーマパークの評価データから、被験者にとって満足度の高い評価項目（日頃の生活とは異なる空間での体験）をより重視していることを確認した。これらの現実に即した結果（ウェイトの推定値）が得られ、本章の提案モデルの妥当性を確認することができた。

以上のように、各因子に対するウェイトの和が 1 という制約条件のもとで、ファジィ・エントロピー／重みつき平均特性値（重みつきの「ファジィ事象の確率」）を最大化するようなウェイトの推定という新たな分析アプローチを提示することができた。すなわち、本章の提案モデルにより、従来のエントロピー・モデルとファジィ情報路モデルを統合するとともに、そこにウェイトを導入するという新たなアプローチの可能性を切り開いたのである。

- 
- 1 山下洋史(2001), 「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.83, No.1, pp.167-183.
  - 2 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 「投資家の価値判断を反映した SRI 投資銘柄選択比率の決定方法—ファジィ・エントロピーを用いた重みつき多因子情報路モデル—」『日本経営工学会論文誌』Vol.58, No.2, pp.125-135.
  - 3 東洋経済新報社「第 4 回 CSR 企業ランキングデータ」を使用。CSR 企業ランキングデータの詳細については、東洋経済新報社 『東洋経済統計月報』2010 年 4 月号, pp.12-19.を参照。
  - 4 東洋経済新報社「第 4 回 CSR 企業ランキングデータ」(『東洋経済統計月報』2010 年 4 月号, pp.12-19.)
  - 5 山下洋史(2001), 前掲論文 (注 1), pp.167-183.
  - 6 山下洋史, 山本昌弘, 萩原統宏(2012), 「CSR 評価の重みつきファジィ情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.95, pp.1-15.
  - 7 東洋経済新報社「第 4 回 CSR 企業ランキングデータ」(『東洋経済統計月報』2010 年 4 月号, pp.12-19.)
  - 8 山下洋史, 山本昌弘, 萩原統宏(2012), 前掲論文 (注 6), pp.1-15.
  - 9 山下洋史, 山本昌弘, 萩原統宏(2012), 前掲論文 (注 6), pp.1-15.
  - 10 山下洋史(2001), 前掲論文 (注 1), pp.167-183.
  - 11 東洋経済新報社「第 4 回 CSR 企業ランキングデータ」(『東洋経済統計月報』2010 年 4 月号, pp.12-19.)

## 第8章 ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル

### 8.1 本章の目的

本章では、前章のウェイト推定モデルに対して「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を組み込んだ新たな分析モデルの構築を試みることにする。この提案モデルは、企業外部者の選択行動における偶然性と漠然性の両面を考慮したあいまいさを、前章のモデルのように「確率まわりのエントロピー」と「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」の和によって捉えるのではなく、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」によって捉えるところに特徴がある。

そこで、本章では「ウェイトまわりのエントロピー」や「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」を組み込んだ前章のモデルを基礎にして、各因子に対するウェイト  $w_j$  の和が1というラグランジュの未定乗数法 (method of lagrange multiplier) の拘束条件のもとで、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を組み込んだモデルを新たに提案する。これは、企業外部者（消費者や一般投資家等）の選択行動における「ウェイトまわりのエントロピー」や「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」のみならず、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」についても多因子ファジィ情報路モデルに組み込むことを意味する。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例とアンケート調査（ファミリーレストランの選択に関するアンケート調査）の両面から、各選択要因（以下、「因子」と呼ぶことにする）に対するウェイト  $w_j$  の推定を試みることにする。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイト  $w_j$  と選択確率・メンバーシップ値との間の関係を検討していくことにする。

### 8.2 使用記号と前提条件

#### 8.2.1 使用記号

本章で提案する「ウェイト推定モデル」に使用する記号は、下記の通りである。

$L$ : 平均特性値

$H_1$ : 総合的なファジィ・エントロピー

( $H_1$  = ウェイトまわりのエントロピー + 重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー)

$H_2$ : 総合的なファジィ・エントロピー

( $H_2$  = ウェイトまわりのエントロピー + 重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー + 重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー)

$i$ : 選択対象 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

- $j$ : 因子 ( $j = 1, 2, \dots, m$ )
- $p_i$ : 選択対象  $i$  に対する選択確率
- $w_j$ : 因子  $j$  に対するウェイト
- $\delta_{ij}$ : ファジィ情報の特性値 (既知)
- $\mu_{ij}$ : メンバーシップ値 ( $\mu_{ij} = 1 - \delta_{ij}$ )
- $h_{ij}$ : メンバーシップ値まわりのエントロピー
- $f_j$ : ファジィ事象の確率まわりのエントロピー

## 8.2.2 前提条件

本章では、前章のモデルを基礎にして、「ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル」を構築していくことにする。その際に、下記のような前提条件を設定し、これらの前提条件に基づき、モデル化していくことにする

- ① 本章では、焦点を当てる選択行動の主体を消費者や一般投資家等の企業外部者、また拡大推論の主体を研究者やアナリスト等の企業外部者である。
- ② 選択対象に関して十分には情報が得られていないものとする。
- ③ ただし、いくつかの選択要因に関しては、意味面でのあいまいさを持ったファジィ情報 (特性値  $\delta_{ij}$ ) が得られているものとする。
- ④ 特性値  $\delta_{ij}$  は、閉区間  $[0, 1]$  の値をとり、これが大きいほど好ましいものとする。
- ⑤ 本章の提案モデルにおけるメンバーシップ値は小さいほど良い状態を意味するため、メンバーシップ値を  $\mu_{ij} = 1 - \delta_{ij}$ 、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換えることにする。
- ⑥ 選択要因  $j$  に対する選択対象  $i$  の特性値  $\delta_{ij}$  と選択確率  $p_i$  という「先験情報」が与えられているものとする。

## 8.3 「ファジィ事象の確率を組み込んだウェイト推定モデル」の提案

### 8.3.1 提案モデルの概要

本章の提案モデルは、前章の「ウェイト推定モデル」に対して、新たにファジィ事象の確率を組み込んだ 2 つの分析モデル (Model-A と Model-B) を提案する。これらのモデルは、「ファジィ事象の確率まわりのエントロピーを考慮した多因子ファジィ情報路モデル」(Model-A) と、「ファジィ事象の確率まわりのエントロピーとメンバーシップ値まわりのエントロピーを考慮した多因子ファジィ情報路モデル」(Model-B) である。

本章で提案する 2 つのモデルの特徴は、従来のエントロピー・モデルでは考慮されていなかった「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を新たに組み込むところにある。すなわち、序論 V-9 で述べた(3)式のファジィ事象の確率を考慮したモデルを構築するのである。これは、企業外部者 (消費者や一般投資家等) が選択行動の際に、選択対象全体と

しての意味面でのあいまいさ（漠然性）を残そうとする心理的な働きをモデルに組み込むことを意味する。こうした心理的な働きは、(3)式（序論V-9）のファジィ事象の確率  $P(A)$  が中間的な値（0.5）に近づくようバランスをとろうとする方向へと企業外部者を導くことになる。とりわけ、日本人はYES/NOの明確な選択行動を回避しようとする傾向があり、このような傾向はファジィ事象の確率が1や0に近い値よりも0.5（「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」の最大値）に近い値を好む心理となって現れるものと思われる。本章では、こうした心理的傾向を多因子ファジィ情報路モデルに組み込むことを試みるのである。

### 8.3.2 問題の定式化と解の導出

本章では、複数の因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  を推定するために、第7章の「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」に対して、新たに「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を考慮したモデルを構築していく。その上で、各因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  の解を、Model-A と Model-B について導出することを試みる。

#### 8.3.2.1 Model-A

本章の Model-A は、「ウェイトまわりのエントロピー」と「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」に注目して、複数の因子  $j$  に対するウェイト  $w_j$  を推定するための提案モデルである。ただし、本章の前提条件⑥で述べたように、因子  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) に対する選択対象  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) の特性値  $\delta_{ij}$  と選択確率  $p_i$  は、「先験情報」として与えられているという条件を設定する。

そこで、第7章のモデルの仮説と同様に、下記のような2つの仮説を設定する。これらの仮説を、それぞれ(8.1)式の「重みつき平均特性値」 $L$  と(8.2)式の「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」 $H_1$  として定式化していくことにする。その際、前者の「重みつき平均特性値」は企業外部者（消費者や一般投資家等）の満足感を、また後者の「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」は自由勝手な選択行動を、それぞれ表している。

仮説Ⅰ：企業外部者（消費者や一般投資家等）は、自身の満足感を高めるため、複数の因子に関する特性値を、全体的にできるだけ小さくするような行動をとる。

仮説Ⅱ：企業外部者（消費者や一般投資家等）は、何の制約もなくできるだけ自由勝手な評価（メンバーシップ値と選択確率）と各因子の重みづけをしようとする。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_i \cdot \mu_{ij} \quad (8.1)$$

$$H_1 = -\sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j + \sum_{j=1}^m w_j \cdot \left[ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right] \quad (8.2)$$

$$\text{ただし、} \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

次に、(8.1)式の重みつき平均特性値  $L$  をなるべく小さく、かつ(8.2)式の「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」 $H_1$ をなるべく大きくするようなウェイト  $w_j$ の推定問題を考えることにする。

そこで、まず国沢<sup>1)</sup>の一因子情報路モデルと同様に、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(8.3)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{H_1}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (8.3)$$

(8.3)式は、 $w_j$ に関して上に凸であるため、 $\varphi$ を  $w_j$ で偏微分して0とおくことにより、(8.4)式が得られる。ただし、(8.4)式の  $H_1'$ と  $L'$ は、それぞれ  $H_1$  と  $L$ の微分を表すものとする。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial w_j} = \frac{H_1' \cdot L - H_1 \cdot L'}{L^2} - \lambda = 0 \quad (8.4)$$

さらに、(8.4)式を整理すると、(8.5)式のようになる。

$$\frac{\left[ -\log w_j - 1 + \left\{ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} \right] \cdot L - H_1 \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} - \lambda = 0 \quad (8.5)$$

次に、(8.5)式の両辺に  $w_j$ をかけて  $j$ について足し込み、その式を整理すると(8.6)式のようになる。

$$\frac{(H_1 - 1) \cdot L - H_1 \cdot L}{L^2} - \lambda = 0 \quad (8.6)$$

そこで、(8.6)式を $\lambda$ について整理すると、 $\lambda$ は(8.7)式のように表される。

$$\lambda = -\frac{1}{L} \quad (8.7)$$

(8.5)式の $\lambda$ を消去するために、(8.7)式の $\lambda$ を(8.5)式に代入すると、(8.8)式のようになる。

$$\begin{aligned} & \frac{\left[ -\log w_j - 1 + \left\{ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} \right] \cdot L - H_1 \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_{ij} \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} + \frac{1}{L} = 0 \\ & = \frac{\left[ -\log w_j + \left\{ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} \right] \cdot L - H_1 \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_{ij} \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} = 0 \end{aligned} \quad (8.8)$$

さらに、ウェイト $w_j$ について解くために、(8.8)式を $\log w_j$ について整理すると、

$$\log w_j = -\frac{H_1}{L} \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) + \left\{ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} \quad (8.9)$$

となり、(8.9)式の左辺を $w_j$ へと変換すると、(8.10)式が得られる。

$$\begin{aligned} w_j &= \mathbf{u}^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{\left\{ -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\}} \\ &= \mathbf{u}^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{f_j} \end{aligned} \quad (8.10)$$

ただし、 $\mathbf{u} = e^{\frac{H_1}{L}}$ 、

$$f_j = -\left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)$$

$$\sum_{j=1}^m u^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{f_j} = 1 \quad (8.11)$$

したがって、(8.11)式を満足する  $u$  を数値的に求め、その値を(8.10)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定することができる。(8.10)式と多因子ファジィ情報路モデル<sup>2</sup>の解、すなわち、

$$p_i = u^{-\sum_{j=1}^m \mu_{ij}} \cdot e^{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m h_{ij}} \quad (8.12)$$

$$\text{ただし、 } u = e^{\frac{1}{m} \frac{H}{L}},$$

$$H = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \cdot \log p_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \cdot \{ -\mu_{ij} \cdot \log \mu_{ij} - (1 - \mu_{ij}) \cdot \log(1 - \mu_{ij}) \}$$

を比較すると、(8.10)式はファジィ・エントロピーを用いた多因子ファジィ情報路モデルのメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  をファジィ事象の確率  $p_i \cdot \mu_{ij}$  に、さらに  $\exp\left[\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m h_{ij}\right]$  を  $e^{f_j}$  に置き換えたものであり、(8.12)式（多因子ファジィ情報路モデル）の自然な拡張形となっていることがわかる。

### 8.3.2.2 Model-B

ここでは、前述の Model-A における総合的なファジィ・エントロピー  $H_1$ （ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー）に「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」を加えたモデル（Model-B）を考えることにする。これは、選択対象全体としての意味面でのあいまいさを意味する「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」のみならず、選択対象  $i$  別の意味面でのあいまいさの加重平均をモデルに組み込むことを意味する。これにより、企業外部者（特に、日本人）が選択対象  $i$  を選択する際、選択対象全体としての意味面でのあいまいさを残そうとする心理的な働きと、選択対象  $i$  別の意味面でのあいまいさを残そうとする心理的な働きが、二重に反映されることになる。その結果として、各因子に対するウェイトの推定プロセスにおいて、意味面でのあいまいさが二重に組み込まれることになるのである。

そこで、Model-A と同様の仮説のもとで、(8.13)式の  $L$ （重みつき平均特性値）をなるべく小さく、かつ(8.14)式の  $H_2$ （ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー）をなるべく大きくするようなウェイト  $w_j$  の推定問題を考えることにする。ただし、Model-A と同様に、因子  $j$  に対する選択対象  $i$  のメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  と選択確率  $p_i$  は、「先験情報」

として与えられているものとする。

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_i \cdot \mu_{ij} \quad (8.13)$$

$$H_2 = -n \cdot \sum_{j=1}^m w_j \cdot \log w_j + n \cdot \sum_{j=1}^m w_j \cdot \left\{ - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} \\ + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i \cdot w_j \cdot h_{ij} \quad (8.14)$$

$$\text{ただし、 } h_{ij} = -\mu_{ij} \cdot \log \mu_{ij} - (1 - \mu_{ij}) \cdot \log(1 - \mu_{ij})$$

まず、Model-A と同様に、ラグランジュの未定乗数  $\lambda$  を用いて、(8.15)式のように定式化する。

$$\varphi = \frac{H_2}{L} - \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (8.15)$$

(8.15)式は、 $w_j$  に関して上に凸であるため、 $\varphi$  を  $w_j$  で偏微分して 0 とおくことにより、

$$\frac{\partial \varphi}{\partial w_j} = \frac{H_2' \cdot L - H_2 \cdot L'}{L^2} - \lambda = 0 \quad (8.16)$$

となり、(8.16)式を整理すると、(8.17)式が得られる。

$$\frac{\left[ -n \cdot \log w_j - n + n \cdot \left\{ - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} + \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \right] \cdot L - H_2 \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} - \lambda = 0 \quad (8.17)$$

次に、上記の  $\lambda$  を消去するために、Model-A と同様の手順で(8.17)式を変換すると、(8.18)式のようになる。

$$\frac{\left[ -n \cdot \log w_j + n \cdot \left\{ - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} + \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \right] \cdot L - H_2 \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)}{L^2} = 0 \quad (8.18)$$

そこで、(8.18)式を  $\log w_j$  について整理すると、

$$\log w_j = -\frac{1}{n} \cdot \frac{H_2}{L} \cdot \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) + \left\{ - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\} + \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \quad (8.19)$$

となり、(8.19)式の左辺を  $w_j$  へと変換すると、(8.20)式が得られる。

$$\begin{aligned} w_j &= U^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{\left\{ - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \right\}} \cdot e^{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}} \\ &= U^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{f_j} \cdot e^{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}} \end{aligned} \quad (8.20)$$

$$\text{ただし、 } U = e^{\frac{H_2}{n \cdot L}},$$

$$f_j = - \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) - \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right) \cdot \log \left( 1 - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij} \right)$$

$$\sum_{j=1}^m U^{-\sum_{i=1}^n p_i \cdot \mu_{ij}} \cdot e^{f_j} \cdot e^{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij}} = 1 \quad (8.21)$$

したがって、(8.21)式を満足する  $U$  を数値的に求め、その値を(8.20)式に代入することにより、ウェイト  $w_j$  を推定することができる。(8.20)式と(8.10)式 (Model-A) を比較すると、(8.20)式は (8.10)式に  $\exp \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot h_{ij} \right]$  を乗じたものであり、(8.10)式 (Model-A) の自然な拡張形となっていることがわかる。

このように、本章で提案した2つのモデル (Model-A と Model-B) は、因子  $j$  に対する選択対象  $i$  のメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  と選択確率  $p_i$  (先験情報) が与えられているという条件のもとで、ウェイト  $w_j$  を推定することを可能にしている。さらに、従来の多因子ファジィ情報路モデルでは考慮されていなかった「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を新たに組み込むことにより、選択対象全体としての意味面でのあいまいさを残そうとする心理的な働きを反映させることができた。すなわち、「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」をモデルに組み込むことにより、各因子に対するウェイトの推定問題において、選択行動の際の「あいまいさ」をより多面的に捉えたモデルへと、多因子ファジィ情報路モデルを拡張することができた。

## 8.4 提案モデルの実証分析

本章では、消費者（企業外部者）の選択行動に対して、研究者やアナリスト等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、その実証分析を試みる。そこで、簡単な数値例とアンケート調査（大学生によるファミリーレストランの選択行動）の両面から、本章の提案モデルの実証分析を行い、各選択要因に対するウェイトを推定していくことにする。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと選択確率、及びメンバーシップ値との間の関係を検討していくことにする。

このような本章の実証分析は、消費者（企業外部者）の選択行動に関する情報が不足している研究者やアナリスト等（企業外部者）にとって、まさしく本研究で論じる「拡大推論」に相当するのである。

### 8.4.1 数値例による分析

#### 8.4.1.1 分析方法

ここでは、本章の提案モデル（Model-A と Model-B）に対して、簡単な数値例を設定することにより、因子  $j$  ごとのウェイト  $w_j$  の推定を試みることにする。そこで、まず表 8.1 のような Case-1～Case-7 の選択確率  $p_i$  と特性値  $\delta_{ij}$  を設定し、これらのケースについてウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。その際、数値例の設定方針や値については、第 7 章と同様の設定とする。ただし、通常のアジィ情報路モデル<sup>3</sup>における特性値は、これが小さいほど良い状態を意味するが、第 7 章と同様に、本章における特性値  $\delta_{ij}$ （帰属度）は大きいほど良い状態を意味するため、本章の提案モデルでは上記の  $\delta_{ij}$  をメンバーシップ値  $\mu_{ij}$  ( $\mu_{ij}=1-\delta_{ij}$ ) へと置き換え、この  $\mu_{ij}$  を用いて各ウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。

表 8.1 選択確率と因子（選択要因）の数値例

Case No.	選択対象 $i$ の 選択確率		因子（選択要因）の特性値（帰属度） $\delta_{ij}$				
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
Case-1	$i=1$	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Case-2	$i=1$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Case-3	$i=1$	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$i=2$	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-4	$i=1$	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-5	$i=1$	0.8	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.2	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-6	$i=1$	0.7	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Case-7	$i=1$	0.6	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

#### 8.4.1.2 分析結果

表 8.1 のように設定した各数値を、前述の(8.10)式 (Model-A) と(8.20)式 (Model-B) にそれぞれ代入し、因子  $j$  ごとのウェイト  $w_j$  を推定すると、表 8.2 のような結果となった。

表 8.2 Model-A と Model-B によるウェイト  $w_j$  の推定結果

Case No.	ウェイト $w_j$									
	Model-A					Model-B				
	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
Case-1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-3	0.47	0.27	0.15	0.08	0.04	0.49	0.27	0.14	0.07	0.03
Case-4	0.64	0.25	0.08	0.02	0.01	0.67	0.25	0.07	0.02	0.00
Case-5	0.59	0.26	0.10	0.03	0.01	0.62	0.26	0.09	0.02	0.01
Case-6	0.55	0.27	0.12	0.04	0.01	0.58	0.27	0.10	0.03	0.01
Case-7	0.52	0.27	0.13	0.05	0.02	0.55	0.28	0.12	0.04	0.01

### 8.4.1.3 考察 1 (Model-A と Model-B の推定結果)

本章の提案モデル (Model-A と Model-B) に従って推定したウェイト  $w_j$  を見ると、それぞれ異なった性格を有していることがわかる。これらの推定結果 (表 8.2) から、それぞれのモデルの類似点と相違点について検討した結果、以下のような知見が得られた。

#### (1) Model-A と Model-B との類似点

Case-1 と Case-2 のウェイト  $w_j$  を見ると、第 7 章の推定結果と同様に、同じ推定値 (0.20) となっていることがわかる。本来、Model-A と Model-B とは異なる特徴 (「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を考慮しているか否か) を有した提案モデルであるが、これらのモデルは、因子  $j$  ごとの特性値が同じ値であれば、選択確率による影響を受けず、かつ Model-A も Model-B も同一の値となる。

さらに、Case-4 から Case-7 の共通した特徴として、因子  $j$  間の特性値の間隔が等しい (選択対象 1 が 0.2 ずつの間隔、選択対象 2 が 0.1 ずつの間隔) にも関わらず、因子 1 と因子 2 のウェイト  $w_j$  の差が最も大きく、因子 4 と因子 5 の差が最も小さくなっていることを指摘することができる。また、Case-4 から Case-7 の特性値の設定は同一であるが、選択対象 1 と選択対象 2 の選択確率  $p_i$  の差が大きくなるに従い、因子 1 と因子 2 のウェイト  $w_j$  の差は大きく、それ以外の因子  $j$  間の差は小さくなるという共通点をもつことがわかる。この結果は、ファジィ情報路モデルの特徴を端的に示しており、メンバーシップ値  $\mu_{ij}$  が小さい場合は、ウェイトの推定値がより (比例配分以上に) 大きくなり、メンバーシップ値  $\mu_{ij}$  が大きい場合は、ウェイトの推定値がより (比例配分以上に) 小さくなることを示している。以上のように、Model-A と Model-B で推定したウェイト  $w_j$  は、8.3 節の仮説 I と仮説 II を満足しており、好ましいメンバーシップ値 (メンバーシップ値  $\mu_{ij}$  が小さい) ほど、ウェイトの推定値は大きくなるという、現実に即した推定値であることがわかる。

#### (2) Model-A と Model-B との相違点

Model-A と Model-B の相違点は、Case-3~Case-7 において、因子  $j$  間 ( $j=1$  から 5) のウェイト  $w_j$  の差 (数値のバラツキ) が、Model-A よりも Model-B の方が大きくなっているところにある。こうした数値のバラツキは、Model-A と Model-B の分子 (エントロピー) を構成している要素が、Model-A の場合は「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」 $H_1$  のみで、Model-B の場合は「ウェイトまわりのエントロピー+重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー+重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」 $H_2$  であることに起因している。これは、Model-A が(8.22)式の最大化問題であるのに対して、Model-B が(8.23)式の最大化問題であるという両者の間の違いを意味し、下記のような分子と分母のメカニズムにより、こうした違いが生じる。

$$\frac{H_1}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (8.22)$$

$$\frac{H_2}{\text{重みつき平均特性値}} \quad (8.23)$$

ただし、 $H_1$ ＝ウェイトまわりのエントロピー  
 ＋重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー、  
 $H_2$ ＝ウェイトまわりのエントロピー  
 ＋重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー  
 ＋重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー

上記のように、(8.23)式 (Model-B) の分子は、(8.22)式 (Model-A) の分子に対して「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」が追加されており、かつこの「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」は因子  $j$  ごとに異なる値をとるため、「ウェイトまわりのエントロピー」がウェイト  $w_j$  を平均化しようとする力、すなわち  $w_1 = w_2 = \dots = w_m = 1/m$  に近づけようとする力を、「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」のみならず、「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」が二重に抑制する働きを持つことになる。その結果として、Model-Bの方が、各因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差が大きくなるのである。

以上の結果より、Model-B はメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差をなるべく大きくしたい場合のウェイト推定問題に、Model-A はメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差を Model-B ほど大きくしたくない場合のウェイト推定問題に、それぞれ適することがわかる。これにより、ウェイト推定の際の選択肢が生まれるのである。こうした選択肢が、ファジィ情報路モデルの適用場面を広げ、それぞれの状況と方針に沿ったウェイト  $w_j$  の推定を可能にすることになる。ここに、「ファジィ情報路モデル」研究における本章の提案モデルの貢献を指摘することができるのである。

#### 8.4.1.4 考察 2 (本章の提案モデルと第 7 章のモデルの推定結果)

ここでは、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) で推定したウェイト  $w_j$  を、第 7 章のモデルで推定したウェイト  $w_j$  の推定結果 (表 8.3) と比較し、それぞれのモデルの特徴を検討していくことにする。そこで、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) と第 7 章のモデルでそれぞれ推定したウェイト  $w_j$  の推定結果 (表 8.2 と表 8.3) を見ると、第 7 章のモデルに比べて、本章の提案モデル (Model-A と Model-B) の推定結果の方が、因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差 (数値のバラツキ) が大きくなっていることがわかる。すなわち、数値のバラツキが最も大きいのは本章の提案モデル (Model-B) であり、続いて本章の提案モデル (Model-A)、第 7 章のモデルの順でバラツキは小さくなっているのである。

以上の結果より、本章の提案モデルはメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差をなるべく大きくしたい場合のウェイト推定問題に、第7章のモデルはそれよりも差を小さくしたい場合のウェイト推定問題に、それぞれ適することがわかる。すなわち、「メンバーシップ値まわりのエントロピー」よりも「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」の方が、因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差（数値のバラツキ）を大きくしようとする力（「ウェイトまわりのエントロピー」の平均化を抑制しようとする働き）がより強く働いているのである。

表 8.3 第7章の提案モデルによるウェイト  $w_j$  の推定結果

Case No.	ウェイト $w_j$				
	因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )
Case-1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Case-3	0.44	0.27	0.16	0.09	0.05
Case-4	0.59	0.26	0.10	0.04	0.01
Case-5	0.54	0.27	0.12	0.05	0.02
Case-6	0.50	0.27	0.14	0.06	0.03
Case-7	0.47	0.27	0.15	0.08	0.04

## 8.4.2 アンケート調査による実証分析

### 8.4.2.1 調査方法ならびに分析方法

ここでは、大学生（回答者数 40 名：男性 17 名，女性 23 名）に対して、ファミリーレストラン（サイゼリア，デニーズ，すかいらーく，ガスト）に関する図 8.1 のアンケート調査（2015 年 1 月）を実施する。このアンケート調査データ（表 8.4-1～表 8.4-4）により、本章の提案モデルの実証分析を試みることにする。

そこで、各被験者に対して、6 項目（価格的に「お得感」がある，おいしい，食べたいメニューが多い，食べたいセットメニューが豊富にある，ドリンクバーが充実している，落ち着ける雰囲気である）の質問を提示し、各ファミリーレストランのイメージを回答してもらったとともに、今後ファミリーレストランに行くとする、どのファミリーレストランに何パーセントの確率（選択確率）で行きたいと思うかについて回答してもらうことにする。

これにより得られた各質問項目に対する特性値をもとに、各因子に対するウェイトを推定する。ただし、8.4.1 節（数値例）と同様に、本章における特性値  $\delta_{ij}$ （帰属度）は大きいほど良い状態を意味するため、本章の提案モデルでは上記の  $\delta_{ij}$  をメンバーシップ値  $\mu_{ij}$

$(\mu_{ij}=1-\delta_{ij})$ 、すなわちファジィ集合の補集合に対するメンバーシップ値へと置き換え、この  $\mu_{ij}$  を用いて各ウェイト  $w_j$  を推定していくことにする。

### ファミリーレストランの選択に関するアンケートのお願い

\* 本アンケートの回答結果は、学術研究目的以外には使用いたしません。

あなたの性別と年齢をお聞かせ下さい。( 男性 ・ 女性 ) ( 歳 )

==== 質問 =====

1. あなたは、以下の4つのファミリーレストランについて、それぞれの質問項目に対するイメージを回答してください。

説明: 評価欄は、当てはまる評定(0.9 ・ 0.7 ・ 0.5 ・ 0.3 ・ 0.1)のいずれか1つに○を付けてください。

	Q1 価格的にお得感がある					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

	Q2 おいしい					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

	Q3 食べたいメニューが多い					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

	Q4 食べたいセットメニューが豊富					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

	Q5 ドリンクバーが充実している					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

	Q6 落ち着ける雰囲気					
	そう思う	←	どちらでもない	→	そう思わない	
サイゼリア	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
デニーズ	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
すかいらーく	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1
ガスト	0.9		0.7	0.5	0.3	0.1

2. 上記の評価に基づき、今後あなたがこれらのファミリーレストランに行くとすると、それぞれ何%の比率で行きたいと思えますか。

説明: 以下の4つのファミリーレストランの合計した比率が100%になるように、それぞれの比率(%)を記入してください。

サイゼリア		%
デニーズ		%
すかいらーく		%
ガスト		%
合計		100%

【記入例】

サイゼリア	40%
デニーズ	30%
すかいらーく	20%
ガスト	10%
合計	100%

ご協力ありがとうございました。

以 上

図 8.1 アンケート調査票

表 8.4-1 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$					
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 6 ( $j=6$ )
被験者-1	$i=1$	0.35	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	0.5
	$i=2$	0.25	0.1	0.9	0.9	0.7	0.3	0.9
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.3	0.5	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7
被験者-2	$i=1$	0.15	0.9	0.5	0.9	0.3	0.5	0.1
	$i=2$	0.6	0.1	0.7	0.7	0.3	0.5	0.9
	$i=3$	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.2	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3
被験者-3	$i=1$	0.8	0.9	0.7	0.7	0.7	0.5	0.1
	$i=2$	0.0	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=3$	0.0	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.1
	$i=4$	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
被験者-4	$i=1$	0.25	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=2$	0.25	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
	$i=3$	0.25	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.25	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
被験者-5	$i=1$	0.3	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=2$	0.2	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1
	$i=3$	0.2	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1
	$i=4$	0.3	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1
被験者-6	$i=1$	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5
	$i=2$	0.0	0.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=3$	0.0	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.5	0.3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.3
被験者-7	$i=1$	0.6	0.9	0.7	0.9	0.5	0.7	0.3
	$i=2$	0.1	0.3	0.9	0.3	0.5	0.5	0.3
	$i=3$	0.1	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.2	0.1	0.7	0.5	0.5	0.3	0.3
被験者-8	$i=1$	0.4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
	$i=2$	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
	$i=3$	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
	$i=4$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
被験者-9	$i=1$	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1
	$i=2$	0.2	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.1
	$i=3$	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1
	$i=4$	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1
被験者-10	$i=1$	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	$i=2$	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	$i=3$	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	$i=4$	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表 8.4-2 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$					
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 6 ( $j=6$ )
被験者-11	$i=1$	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
	$i=2$	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=3$	0.05	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
被験者-12	$i=1$	0.3	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3
	$i=2$	0.2	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3
	$i=3$	0.25	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5
	$i=4$	0.25	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3
被験者-13	$i=1$	0.4	0.9	0.7	0.9	0.1	0.7	0.1
	$i=2$	0.2	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7
	$i=3$	0.1	0.3	0.9	0.5	0.7	0.5	0.7
	$i=4$	0.3	0.7	0.7	0.7	0.5	0.9	0.3
被験者-14	$i=1$	0.2	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
	$i=2$	0.25	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5
	$i=3$	0.27	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.3
	$i=4$	0.28	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3
被験者-15	$i=1$	0.25	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.1
	$i=2$	0.25	0.1	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3
	$i=3$	0.25	0.1	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3
	$i=4$	0.25	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.3
被験者-16	$i=1$	0.3	0.9	0.7	0.5	0.3	0.7	0.3
	$i=2$	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=3$	0.1	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7
被験者-17	$i=1$	0.25	0.9	0.3	0.5	0.7	0.5	0.1
	$i=2$	0.25	0.7	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3
	$i=3$	0.25	0.7	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3
	$i=4$	0.25	0.9	0.3	0.5	0.3	0.5	0.1
被験者-18	$i=1$	0.3	0.9	0.5	0.7	0.3	0.5	0.3
	$i=2$	0.3	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
	$i=3$	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
	$i=4$	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7
被験者-19	$i=1$	0.2	0.9	0.7	0.7	0.3	0.7	0.3
	$i=2$	0.4	0.1	0.9	0.9	0.5	0.1	0.7
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3
	$i=4$	0.3	0.7	0.7	0.5	0.3	0.7	0.3
被験者-20	$i=1$	0.3	0.9	0.7	0.3	0.7	0.9	0.1
	$i=2$	0.5	0.3	0.9	0.9	0.9	0.7	0.3
	$i=3$	0.1	0.7	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7
	$i=4$	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.5	0.7

表 8.4-3 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$					
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 6 ( $j=6$ )
被験者-21	$i=1$	0.3	0.9	0.9	0.1	0.1	0.1	0.7
	$i=2$	0.3	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
被験者-22	$i=1$	0.4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=2$	0.2	0.3	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-23	$i=1$	0.25	0.7	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3
	$i=2$	0.25	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
	$i=3$	0.25	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
	$i=4$	0.25	0.5	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3
被験者-24	$i=1$	0.45	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9
	$i=2$	0.05	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=3$	0.05	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.45	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
被験者-25	$i=1$	0.3	0.9	0.5	0.3	0.1	0.5	0.7
	$i=2$	0.2	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.5	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7
被験者-26	$i=1$	0.4	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	0.1
	$i=2$	0.1	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7
被験者-27	$i=1$	0.35	0.7	0.5	0.7	0.1	0.3	0.3
	$i=2$	0.2	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.3
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.3
	$i=4$	0.35	0.5	0.5	0.7	0.1	0.3	0.3
被験者-28	$i=1$	0.2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1
	$i=2$	0.1	0.1	0.9	0.3	0.3	0.5	0.9
	$i=3$	0.1	0.7	0.9	0.9	0.5	0.3	0.7
	$i=4$	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9	0.3	0.9
被験者-29	$i=1$	0.3	0.9	0.9	0.5	0.5	0.1	0.5
	$i=2$	0.1	0.5	0.9	0.7	0.5	0.3	0.5
	$i=3$	0.1	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9	0.5
	$i=4$	0.5	0.7	0.7	0.9	0.5	0.9	0.5
被験者-30	$i=1$	0.2	0.9	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5
	$i=2$	0.4	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5
	$i=3$	0.1	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.3	0.9	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5

表 8.4-4 アンケート調査データ

被験者	選択対象 $i$ の 選択確率		特性値 (帰属度) $\delta_{ij}$					
			因子 1 ( $j=1$ )	因子 2 ( $j=2$ )	因子 3 ( $j=3$ )	因子 4 ( $j=4$ )	因子 5 ( $j=5$ )	因子 6 ( $j=6$ )
被験者-31	$i=1$	0.1	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3	0.5
	$i=2$	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.5
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.6	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	0.7
被験者-32	$i=1$	0.2	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=2$	0.4	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=3$	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-33	$i=1$	0.7	0.9	0.9	0.1	0.1	0.7	0.3
	$i=2$	0.1	0.1	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.1	0.7	0.5	0.5	0.7	0.9	0.3
被験者-34	$i=1$	0.4	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	0.3
	$i=2$	0.2	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7	0.3
	$i=3$	0.0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.3	0.7	0.7	0.5	0.7	0.3
被験者-35	$i=1$	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
	$i=2$	0.1	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.1	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-36	$i=1$	0.5	0.9	0.9	0.9	0.5	0.7	0.9
	$i=2$	0.15	0.7	0.9	0.5	0.5	0.5	0.9
	$i=3$	0.05	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.3	0.5	0.9	0.7	0.5	0.7	0.9
被験者-37	$i=1$	0.4	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3
	$i=2$	0.1	0.1	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3
	$i=3$	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
	$i=4$	0.4	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.3
被験者-38	$i=1$	0.4	0.9	0.9	0.9	0.3	0.7	0.5
	$i=2$	0.15	0.3	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5
	$i=3$	0.05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.4	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5
被験者-39	$i=1$	0.4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9
	$i=2$	0.2	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.2	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被験者-40	$i=1$	0.5	0.9	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9
	$i=2$	0.2	0.1	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7
	$i=3$	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$i=4$	0.3	0.5	0.9	0.7	0.9	0.5	0.9

### 8.4.2.2 分析結果

アンケート調査により収集したデータ(表 8.4-1～表 8.4-4)を、前述の(8.10)式(Model-A)と(8.20)式(Model-B)に代入し、因子  $j$  ごとのウェイト  $w_j$  を推定したところ、表 8.5-1 と表 8.5-2 のような結果となった。

表 8.5-1 Model-A と Model-B によるウェイト  $w_j$  の推定結果

被験者	ウェイト $w_j$											
	Model-A						Model-B					
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
被験者-1	0.049	0.308	0.203	0.142	0.176	0.122	0.045	0.314	0.206	0.143	0.172	0.121
被験者-2	0.025	0.252	0.343	0.052	0.102	0.226	0.021	0.312	0.304	0.058	0.123	0.181
被験者-3	0.376	0.185	0.185	0.185	0.065	0.003	0.327	0.200	0.200	0.200	0.072	0.003
被験者-4	0.288	0.288	0.219	0.091	0.091	0.024	0.230	0.311	0.246	0.095	0.095	0.024
被験者-5	0.473	0.183	0.134	0.134	0.060	0.016	0.419	0.192	0.150	0.150	0.068	0.020
被験者-6	0.087	0.635	0.178	0.041	0.041	0.018	0.065	0.679	0.146	0.045	0.045	0.020
被験者-7	0.223	0.250	0.279	0.086	0.140	0.022	0.183	0.289	0.239	0.105	0.157	0.027
被験者-8	0.110	0.054	0.054	0.054	0.673	0.054	0.076	0.055	0.055	0.055	0.706	0.055
被験者-9	0.182	0.299	0.246	0.132	0.132	0.010	0.174	0.305	0.244	0.134	0.134	0.009
被験者-10	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
被験者-11	0.130	0.062	0.202	0.202	0.202	0.202	0.092	0.063	0.211	0.211	0.211	0.211
被験者-12	0.177	0.265	0.187	0.265	0.079	0.029	0.172	0.270	0.187	0.270	0.075	0.025
被験者-13	0.210	0.239	0.306	0.019	0.210	0.016	0.208	0.242	0.310	0.016	0.210	0.013
被験者-14	0.162	0.297	0.244	0.105	0.137	0.055	0.162	0.306	0.247	0.102	0.133	0.051
被験者-15	0.011	0.484	0.011	0.011	0.484	0.001	0.008	0.487	0.009	0.009	0.487	0.000
被験者-16	0.201	0.249	0.180	0.114	0.143	0.114	0.200	0.255	0.181	0.111	0.143	0.111
被験者-17	0.565	0.059	0.137	0.079	0.137	0.023	0.587	0.053	0.134	0.073	0.134	0.019
被験者-18	0.162	0.162	0.223	0.092	0.181	0.181	0.158	0.163	0.228	0.089	0.182	0.180
被験者-19	0.093	0.420	0.283	0.05	0.073	0.082	0.085	0.436	0.286	0.047	0.067	0.078
被験者-20	0.045	0.281	0.165	0.281	0.217	0.011	0.041	0.285	0.162	0.285	0.219	0.009

表 8.5-2 Model-A と Model-B によるウェイト  $w_j$  の推定結果

被験者	ウェイト $w_j$											
	Model-A						Model-B					
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
被験者-21	0.007	0.589	0.104	0.104	0.055	0.142	0.005	0.609	0.096	0.096	0.050	0.143
被験者-22	0.271	0.183	0.150	0.150	0.150	0.097	0.271	0.185	0.150	0.150	0.150	0.094
被験者-23	0.214	0.214	0.329	0.081	0.081	0.081	0.215	0.218	0.341	0.075	0.075	0.075
被験者-24	0.081	0.257	0.200	0.063	0.200	0.200	0.080	0.259	0.200	0.061	0.200	0.200
被験者-25	0.181	0.283	0.127	0.068	0.088	0.253	0.180	0.286	0.124	0.063	0.086	0.260
被験者-26	0.186	0.206	0.309	0.120	0.120	0.059	0.186	0.208	0.319	0.118	0.116	0.053
被験者-27	0.277	0.203	0.370	0.022	0.054	0.075	0.281	0.203	0.383	0.018	0.047	0.068
被験者-28	0.050	0.446	0.253	0.171	0.003	0.076	0.048	0.457	0.253	0.169	0.003	0.071
被験者-29	0.240	0.311	0.274	0.043	0.090	0.043	0.243	0.319	0.275	0.040	0.082	0.040
被験者-30	0.399	0.100	0.193	0.057	0.193	0.057	0.408	0.097	0.194	0.054	0.194	0.054
被験者-31	0.067	0.383	0.383	0.055	0.082	0.029	0.065	0.389	0.389	0.052	0.078	0.027
被験者-32	0.174	0.260	0.142	0.142	0.142	0.142	0.174	0.265	0.140	0.140	0.140	0.140
被験者-33	0.350	0.390	0.008	0.013	0.221	0.017	0.348	0.396	0.006	0.010	0.224	0.015
被験者-34	0.103	0.266	0.266	0.079	0.266	0.020	0.095	0.271	0.271	0.076	0.271	0.017
被験者-35	0.227	0.227	0.227	0.227	0.040	0.050	0.228	0.228	0.228	0.228	0.039	0.049
被験者-36	0.075	0.428	0.104	0.006	0.035	0.353	0.072	0.435	0.100	0.005	0.033	0.356
被験者-37	0.052	0.283	0.283	0.099	0.283	0.000	0.049	0.285	0.285	0.098	0.285	0.000
被験者-38	0.179	0.272	0.333	0.024	0.155	0.037	0.176	0.275	0.338	0.022	0.155	0.034
被験者-39	0.445	0.039	0.039	0.039	0.116	0.323	0.453	0.036	0.036	0.036	0.114	0.324
被験者-40	0.052	0.175	0.244	0.030	0.105	0.394	0.047	0.176	0.247	0.027	0.102	0.402

表 8.6 提案モデル (Model-A と Model-B) によるウェイト推定の平均値

ウェイト $w_j$											
Model-A						Model-B					
因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
0.1841	0.2664	0.2071	0.0974	0.1497	0.0956	0.1834	0.2706	0.2085	0.0951	0.1486	0.0938

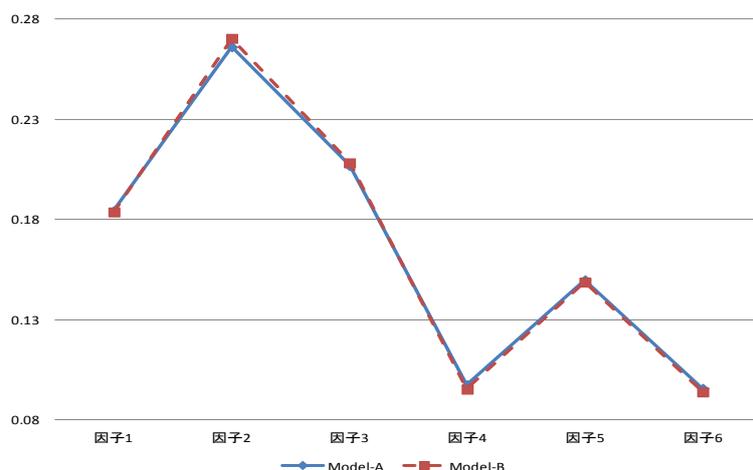


図 8.2 提案モデル (Model-A と Model-B) による各因子  $j$  に対するウェイト (平均値)

### 8.4.2.3 考察

表 8.4-1~表 8.4-4 のファミリーレストランに関するアンケート調査に基づき、本章の 2 つの提案モデル(Model-A と Model-B)により因子  $j$  ごとのウェイト  $w_j$ を推定した結果 (表 8.5-1, 表 8.5-2, 表 8.6 と図 8.2) において、ウェイト  $w_j$ の推定値が比較的大きい値となった上位の 3 因子 (選択要因) が、①「おいしい」、②「食べたいメニューが多い」、③「価格的に『お得感』がある」であり、反対にウェイト  $w_j$ が比較的小さい数値となった下位の 3 因子は、④「落ち着ける雰囲気である」、⑤「食べたいセットメニューが豊富にある」、⑥「ドリンクバーが充実している」であることを確認した。

上記の結果から、ファミリーレストランを選択する際に、「おいしい」や「食べたいメニューが多い」というレストランとしての基本的な要素が 1 位と 2 位を占めており、「価格的に「お得感」がある」を上回っていることがわかる。これより、被験者にとって商品の価格以上に、おいしいメニューや食べたいメニューを重視する考え方が大きく反映されていることが示唆される。一方で、被験者は「ドリンクバーが充実している」に対して、さほど重視していないという結果が得られている。これは、今回のアンケート調査対象 (ファミリーレストラン) のすべてが、ドリンクバーを実施していることに起因しているのではないかと思われる。さらに、これらのファミリーレストランに行く際には、喫茶店やバーとは異なり、食事を主目的にしていることを考慮すると、上記の推定値は妥当な結果であることがわかる。

以上のように、本章で提案した 2 つのモデル (Model-A と Model-B) は、被験者の情報処理プロセス (ブラック・ボックス) で処理され、本人以外の第三者が知ることが困難であった重みづけのメカニズムを記述し、各因子 (選択要因) に対するウェイト  $w_j$ の推定問題をモデル化したのである。さらに、アンケート調査に基づく実証分析から、現実に即したウェイト  $w_j$ の推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができた。

## 8.5 本章で得られた成果

本章では、第7章の分析モデル（重みつき多因子ファジィ情報路モデル）に対して、新たにファジィ事象の確率を組み込んだ2つの「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」（Model-AとModel-B）を提案した。さらに、企業外部者の選択行動を、研究者やアナリスト等（企業外部者）が拡大推論しようとする場面を設定し、簡単な数値例とアンケート調査による実証分析を行った結果、下記のような知見が得られた。

- ① 因子  $j$  ごとの特性値が同じ値であれば、選択確率による影響を受けず、かつ Model-A も Model-B も同一の結果となる。
- ② 因子  $j$  間のウェイト  $w_j$  の差（数値のバラツキ）が、Model-A よりも Model-B の方が大きくなっている。
- ③ Model-B では、「ウェイトまわりのエントロピー」がウェイト  $w_j$  を平均化しようとする力を、「ファジィ事象の確率まわりのエントロピー」と「重みつきメンバーシップ値まわりのエントロピー」が二重に抑制している。
- ④ 本章の提案モデルはメンバーシップ値による各因子  $j$  間の差をなるべく大きくしたい場合のウェイト推定問題に、第7章のモデルはそれよりも差を小さくしたい場合のウェイト推定問題に、それぞれ適している。

以上のように、本章の実証分析から、現実に即したウェイト  $w_j$  の推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができた。

---

<sup>1</sup> 国沢清典(1991), 『エントロピー・モデル』日科技連出版社, pp.36-46.

<sup>2</sup> 山下洋史(2001), 「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.83, No.1, pp.167-183.

<sup>3</sup> 同上論文, pp.167-183.

## 結論 研究成果のまとめと今後の研究課題

本研究では、企業外部者（消費者や一般投資家等）の拡大推論に焦点を当てながらも、この問題をすべての人間の行動モデルへと一般化し、複数の候補（選択対象）に関する選択確率・選択比率の推定問題、メンバーシップ値の推定問題、ウェイトの推定問題を多面的・学際的に論じてきた。

ここでは、本研究の各章で新たに提案したエントロピー・モデルとファジィ・モデル、ファジィ情報路モデルから得られた研究成果を整理していくことにする。これにより、情報管理論や消費者行動論といった商学・経営学的アプローチと、経営工学・情報科学の領域における情報理論やファジィ理論といった工学的アプローチとの融合による研究成果をまとめるとともに、こうした学際的研究の新たな方向性を示唆する。また、研究のさらなる発展をめざした今後の研究課題をまとめていくことにする。

### I 研究成果のまとめ

本研究では、序論で述べた、研究目的や基本概念の定義と位置づけ、前提条件等を基礎として、本論の第1章～第8章において人間（特に、企業外部者）の選択行動に関する「拡大推論」を簡潔な形式で記述した分析モデルを提示してきた。これにより、商学・経営学と工学にまたがる学際的研究を展開し、以下のような成果を得ることができた。

まず、序論では本研究の目的、本研究の問題意識、本研究における基本概念の定義と位置づけ、本研究の前提条件と限界、従来の研究と本研究の特徴等について述べ、本研究の対象や位置づけを明らかにした。これにより、本論における議論の理論的基礎を固めた。

本論の第1部（第1章～第3章）では、Shannon<sup>1</sup>の情報理論に基づき、それぞれの章において新たなエントロピー・モデルを提案した。まず、第1章では経営資源配分という企業内部者の選択行動に対する企業外部者の「拡大推論」に注目し、国沢<sup>2</sup>の一因子情報路モデルを、図1.7（第1章）のように、①各上位選択対象に対する選択比率の推定と、②各下位選択対象に対する選択比率の推定という、2段階の階層型エントロピー・モデルへと拡張した。さらに、簡単な数値例（経営資源配分問題）により、提案モデルの実証分析を行い、そこから得られた経営資源配分比率の推定値を検討した結果、提案モデルの妥当性を確認することができた。

第2章では、前章における2段階の経営資源配分問題を、2方向の階層構造を持った経営資源配分問題へと拡張することにより、2方向3段階のエントロピー・モデルを提案した。これにより、企業内部者の経営資源配分比率を、限られた情報に基づき企業外部者が推論するという拡大推論のエントロピー・モデルを構築した。さらに、提案モデルの実証分析

(マトリクス型組織における経営資源配分比率の推定)として、売上高と利益の簡単な数値例を設定し、経営資源配分比率を推定した。こうした実証分析により、現実に即した経営資源配分比率の推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認することができた。

**第3章**では、企業外部者の選択行動において各選択要因(因子)のウェイトを推定するためのエントロピー・モデルを提案した。従来のエントロピー・モデル<sup>3</sup>では、そのウェイトが既知であるという前提条件を置いていたのに対して、**本章**の提案モデルでは、こうした前提条件を設定しなくても、最大エントロピー原理(**序論V-7**を参照)を導入することにより、上記のウェイトを推定することが可能になったのである。さらに、**本章**の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例(自動車の評価)を設定し、自動車の各購買要因(因子)に対するウェイトを推定した。これにより、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと各購買要因の特性値との間の関係を検討した。

**第2部(第4章と第5章)**では、Zadeh<sup>4</sup>のファジィ理論に基づき、新たなファジィ・モデルを提案した。まず、**第4章**では、人間の受信する情報のあいまいさ(意味面でのあいまいさ)を、メンバーシップ値によりモデル化する際に、従来の松丸・山下<sup>5</sup>のモデルではメンバーシップ値の比のみしか推定することができなかったという問題点をふまえ、メンバーシップ値そのものを推定するための「ファジィ事象の確率を導入したメンバーシップ値推定モデル」を提案した。さらに、サイコロを用いた実験により、「大きい目が出たようである」「小さい目が出たようである」等のファジィ・メッセージを被験者が受信したもとのファジィ条件つき確率(事後確率)とファジィ事象の確率のデータを収集し、**本章**の提案モデルの実証分析を試みた。これにより、現実に即したメンバーシップ値の推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認するとともに、ファジィ事象の確率とメンバーシップ値(推定値)との間の関係を検討した。

**第5章**では、**前章**のモデルに対して、新たにサンプル相を追加したメンバーシップ値推定モデル(**Model-A**)とファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル(**Model-B**)を提案した。**前章**のモデルはサンプル相を持たない(1つのサンプルについての分析モデルである)ため、複数( $m$ 個)のサンプルの場合、 $m$ 回の分析を行わなければならないという問題があったが、**本章**では、複数のサンプルを1つのモデルで記述すべく、サンプル相を導入することにより、新たな「メンバーシップ値推定モデル」(**Model-A**)を提案した。また、**Model-A**におけるメンバーシップ値の推定値を用いた「ファジィ事象の確率とファジィ条件つき確率の結合モデル」(**Model-B**)を提案した。その上で、**本章**の提案モデルの適用例として、企業が消費者にとってなるべくわかり易い支店名や営業所名を設定しようとする際の地名(所在地名)を想定し、アンケート調査により、地名・都市名・県名のうち「いずれの名称がわかり易いか」についての選択データを収集した。さらに、この調査データを用いて、**本章**の提案モデル(**Model-A**と**Model-B**)の実証分析を試みた。これにより、現実に即したメンバーシップ値の推定値が得られ、**本章**の提案モデル(**Model-A**と**Model-B**)の妥当性を確認した。

第3部（第6章～第8章）では、第1部の情報理論（Shannon<sup>6</sup>）的アプローチと第2部のファジィ理論（Zadeh<sup>7</sup>）的アプローチを統合することにより、各章において新たなファジィ情報路モデルを提案した。まず、第6章では、従来のファジィ情報路モデル<sup>8</sup>を、「3段階の階層型ファジィ情報路モデル」へと拡張することを試みた。第1部の第1章と第2章では、Shannon の情報理論に基づき、従来のエントロピー・モデルを多段階（2段階と2方向3段階）の階層型エントロピー・モデルへと拡張したが、これらのモデルは、確率面でのあいまいさ（偶然性あるいは不確実性）のみに焦点を当て、意味面でのあいまいさ（漠然性）については組み込まれていなかった。そこで、本章では、情報理論とファジィ理論のアプローチを統合することにより、確率面でのあいまいさと意味面でのあいまいさの両面を考慮した新たなファジィ情報路モデルを提案した。その上で、スマートフォン（多機能携帯電話）の選択要因に関するアンケート調査の結果を用いて本章の提案モデルの実証分析を行い、各機種および各通信会社に対する選択確率を推定した。さらに、こうした実証分析により得られた選択確率の推定値と実績値を比較した結果、これらの間の乖離が小さく、かつ男性と女性の間での現実に即した推定値の違いが得られ、本章の提案モデルの妥当性を確認することができた。

第7章では、従来の多因子ファジィ情報路モデル<sup>9</sup>に対して、各選択要因（因子）に対するウェイトを導入することにより、「重みつき多因子ファジィ情報路モデル」を提案した。これにより、従来のファジィ情報路モデル<sup>10</sup>では取り扱うことができなかった、各選択要因（因子）に対するウェイトの推定を可能にした。さらに、本章の提案モデルの実証分析として、簡単な数値例と適用例（株式銘柄の選択とテーマパークの選択）の両面から、各選択要因に対するウェイトの推定を試みた。これにより、現実に即したウェイトの推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認するとともに、推定したウェイトと選択確率・メンバーシップ値との間の関係を検討した。

第8章では、前章のウェイト推定モデルに対して、「重みつきファジィ事象の確率まわりのエントロピー」を組み込んだ新たな分析モデルを提案した。その上で、ファミリーレストランの選択に関するアンケート調査を行い、そこから収集したデータを用いた実証分析により、各選択要因（価格的に「お得感」がある、おいしい、食べたいセットメニューが豊富にある等）に対するウェイトの推定を試みた。これにより、本章の実証分析から、現実に即したウェイトの推定値が得られ、提案モデルの妥当性を確認した。

以上のように、企業外部者（一般投資家・学生や研究者・アナリスト等）の「拡大推論」に注目し、本論の第1章～第8章で提案した分析モデルによって、

- ① 多段階の選択行動における選択確率（あるいは選択比率）を推定するための分析モデル
- ② 各選択要因（因子）に対するウェイトを推定するための分析モデル
- ③ 各選択対象のメンバーシップ値を推定するための分析モデル

を提案し、上で述べたような各章の研究成果を生み出してきた。こうした研究成果により、従来の研究における下記のような問題点を克服するための新たなアプローチを提示した。

- ① これまで、情報のあいまいさを構成する偶然性と漠然性は、それぞれ情報理論（偶然性）とファジィ理論（漠然性）により、個別に記述されていたが、本研究では両者を包括的に論じるための枠組みと分析モデルを提示した。
- ② **第2部**および**第3部**の理論的基礎となるファジィ理論に関するほとんどの研究が、その核となるメンバーシップ値が既知であるという前提条件から出発しており、「いかにしてメンバーシップ値を合理的な基準で推定するか」についてのモデル構築が不足していた。そこで、本研究では K-L 情報量 (Kullback-Leibler) の最小化問題 (**第4章**)、および対数尤度最大化 (**第5章**) という合理的な基準により、メンバーシップ値の推定を可能にした。
- ③ 従来のエントロピー・モデルやファジィ情報路モデルでは、基本的に多段階の選択行動を対象としておらず、多段階のエントロピーを複合的に捉えた情報管理的研究が不足していたが、本研究では多段階のエントロピーを複合的に捉えた、新たな階層型エントロピー・モデル (**第1章**と**第2章**) や階層型ファジィ情報路モデル (**第6章**) を提案した。
- ④ 従来のエントロピー・モデルやファジィ情報路モデルでは、複数の選択要因に対する重み (ウェイト) の推定問題に焦点を当てた研究が不足していたが、本研究ではこうしたウェイトを推定するための新たなエントロピー・モデル (**第3章**) やファジィ情報路モデル (**第7章**と**第8章**) を構築した。

しかしながら、本研究における各章の提案モデルは、**序論**でも述べたような前提条件のみで成立するものであるため、本研究の前提条件からこぼれ落ちた事象を説明することはできない。そこで、以下では企業外部者の拡大推論に関する研究をさらに発展させることをめざし、今後の研究課題を整理していくことにする。

## II 今後の研究課題

本研究に残された今後の研究課題として、まず第 1 に提案モデルを他の主要な先行研究と対応づけることにより、その理論的位置づけをさらに明確化するという課題を挙げることができる。本研究は、序論でも述べたように、商学・経営学といった社会科学の領域に属する情報管理論、消費者行動論、行動ファイナンス論に対して、情報理論やファジィ理論の工学的アプローチを組み込んだ学際的な性格を有している。しかしながら、これらの研究領域すべてについて先行研究との対応づけを十分に吟味するまでには至っていない。本研究の提案モデルの基礎となる先行研究の対応関係は明確になっているが（例えば、エントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデルの研究）、本研究の問題領域の先行研究は数多く存在し、それらと本研究との対応づけが十分になされているとは言えないのである。本研究は、企業外部者の「拡大推論」に対して学際的アプローチをとっており、その意味からもそれぞれの研究領域における先行研究との対応関係を十分に検討し、その理論的位置づけを吟味することは重要な「今後の課題」となる。

第 2 に、本研究の提案モデルは、企業外部者の拡大推論に焦点を当てているものの、この問題に特化した分析モデルではないため、今後の研究課題として、企業外部者の拡大推論に特化した分析モデルを構築していくことが挙げられる。本研究では、企業外部者の拡大推論のみならず、すべての人間の拡大推論へと一般化した分析モデルを構築してきたが、企業外部者の拡大推論に特化した分析モデルを構築すれば、その推論をさらに高い精度で模写することができるかもしれない。そういった意味で、本研究は一長一短を持つのである。そこで、企業外部者の拡大推論をより精度高く模写すべく、それに特化した分析モデルを提案することが、今後の研究課題となる。

第 3 に、本研究の実証分析における「調査対象の拡大」という課題を挙げることができる。序論でも述べたように、本研究の第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章では、提案モデルの実証分析として、アンケート調査から収集したデータにより、選択確率・選択比率やメンバーシップ値、さらには各選択要因に対するウェイトを推定しているが、その際の調査対象は学生（大学生）のみとなっている。したがって、より一般的な分析結果を導出するためには、今後の実証分析において、年齢、性別、職業、居住地等を考慮し、幅広い対象（例えば、多くの消費者や一般投資家）に対する調査を行うことが求められる。

また、本研究の各章における実証分析の問題設定は「地名・都市名・県名の選択」「多機能携帯電話の選択」「テーマパークの選択」「ファミリーレストランの選択」等に限定されている。しかしながら、本研究で焦点を当てた企業外部者の拡大推論は、当然のことながら上記の問題設定以外にも社会に数多く存在する。そのため、本研究の提案モデルを一般化するためには、さらに多くの適用場面（特に、企業外部者の拡大推論）において、提案モデルの妥当性と有効性について検討することが求められるのである。

第4に、本研究の各章において提案した分析モデルを、より多くの既存モデルと比較することにより、提案モデルの妥当性・有効性を検討していくという課題が残されている。人間の拡大推論、とりわけ企業外部者の拡大推論における選択確率（比率）やウェイトを推定するための既存モデルとして、本研究で論じたエントロピー・モデルやファジィ・エントロピー・モデル以外にも、ハフ・モデル<sup>11</sup>やAHP<sup>12</sup>等が広く知られている。今後、これらのモデルによる分析結果と本研究の提案モデルによる分析結果（特に、パラメータの推定値）を比較検討し、本研究の提案モデルの利点と欠点を明らかにすることについても、本研究における重要な課題となる。

最後に、本研究に残された今後の課題を整理すると、①先行研究との対応関係の吟味と理論的位置づけの明確化、および②企業外部者の拡大推論に特化した分析モデルの構築、③調査対象の拡大、④既存モデルに対する本研究の提案モデルの利点と欠点の明確化、ということになる。

以上のように、本研究にはいくつかの重要な課題が残されているものの、本研究の提案モデルは、人間の選択行動に関する拡大推論（特に、企業外部者の選択行動に関する拡大推論）を論じる際の理論的基盤となりうる。そこで、本研究の成果を基に、今後も商学・経営学、とりわけ情報管理論・消費者行動論・行動ファイナンス論を中心とする社会科学と、情報理論・ファジィ理論を中心とする自然科学にまたがる新たな学際的研究領域を開拓していきたい。

---

<sup>1</sup> Shannon,C.E. (1948), “A Mathematical Theory of Communication”, *The Bell System Technical Journal*,Vol.27, pp.379-423.

<sup>2</sup> 一因子情報路モデルは、エントロピー・モデルの1つであり、エントロピーの最大化問題として位置づけられた分析モデルである。詳しくは、国沢清典（1991）『エントロピー・モデル』日科技連出版社を参照。

<sup>3</sup> 春日井博, 百合本茂(1979), 「立地選択に影響を及ぼす要因について」『日本経営工学会誌』Vol.29, No.4, pp.334-340.

<sup>4</sup> Zadeh,L.A. (1965), “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol.8, pp.338-353.

<sup>5</sup> 松丸・山下・尾関によるメンバーシップ値の推定モデルである。詳しくは、松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 「最尤法を用いた合併企業評価の分析モデル」日本経営工学会春季研究発表大会予稿集, pp.47-48.を参照。

<sup>6</sup> Shannon,C.E. (1948),*op.cit.*,pp.379-423.

<sup>7</sup> Zadeh,L.A. (1965),*op.cit.*,pp.338-353.

<sup>8</sup> 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 「二因子・二階層ファジィ情報路モデルに関する研究」第43回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.124-127.

<sup>9</sup> 山下洋史(2001), 「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』Vol.83, No.1, pp.167-183.

<sup>10</sup> 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 「投資家の価値判断を反映したSRI投資銘柄選択比率の決定方法—ファジィ・エントロピーを用いた重みつき多因子情報路モデル—」『日本

---

経営工学会論文誌』 Vol.58, No.2, pp.125-135.

- <sup>11</sup> David Huffにより考案された分析モデルであり、消費者が店舗を選択する確率を、他の競合店舗を考慮しながら集客力・売上高を予測するモデル
- <sup>12</sup> Saaty,T.L.によって提唱された階層分析法である。詳しくは、Satty,T.L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill を参照。

## 参考文献一覧

### 【英文参考文献】

- Akerlof, G.A. (1970) , “The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.84, No.3, pp.488-500.
- Arrow, K.J. (1963) , “Uncertainty and The Welfare Economics of Medical Care”, *The American Economic Review*, Vol.LIII, No.5, pp.941-973.
- Bass, S.M. and Kwakernaak, H. (1977) , “Rating and Ranking of Multiple-Aspect Alternatives Using Fuzzy Sets”, *Automatica*, Vol.13, pp.47-58.
- Bellman, R.E. and Zadeh, L.A. (1970) , “Decision making in a fuzzy environment”, *Management Sciences*, Vol.17, No.4, pp.B141-B164.
- Bettman, J.R. (1970) , “Information Processing Models of Consumer Behavior”, *Journal of Marketing Research*, Vol.7,pp.370-376.
- Bettman, J.R. (1971) , “The Structure of Consumer Choice Process”, *Journal of Marketing Research*, Vol.13,pp.465-471.
- Capocelli, R.M. and Luca, A.D. (1973) , “Fuzzy Sets and Decision Theory”, *Information and Control*, Vol.23, pp.446-473.
- Olaru, C and Wehenkel, L (2003) , “A complete fuzzy decision tree technique”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.138,pp.221-254.
- De Luca, A. & Termini, S. (1972) , “A definition of a non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory”, *Information and Control*, Vol.20, pp.301-312.
- De Luca, A. & Termini, S. (1974) , “Entropy of L-fuzzy sets”, *Information and Control*, Vol.24, pp.55-73.
- E. T. Jaynes. (1957) , “Information Theory and Statistical Mechanics”, *The Physical Review*, Vol.106, No.4, pp.620-630.
- Francesco M. Nicosia (1966) , *Consumer Decision Processes Marketing and Advertising Implications*, New Jersey, Prentice-Hall, (野中郁次郎, 羽路駒次訳『消費者の意思決定過程』南山大学経済経営研究叢書, 1979年)
- Gelatt, H.B. (1962) , “Decision-Making : A conceptual frame of reference for counseling”, *Journal of counseling Psychology* 9,pp.240-245.
- Gupta, M.M. (1991) , “Twenty-five years of fuzzy sets and systems : A tribute to Professor Lofti A. Zadeh”, *Fuzzy sets and Systems*, Vol.40,pp409-413.
- Hartley, R.V.L. (1928) , “Transmission of information”, *The Bell systems Technical J.*, Vol.7,pp.535-563.
- Howard, J.A. (1969) , *The Theory of Buyer Behavior*, New Jersey, Jon Wiley & Sons.

- Howard, J.A. (1989) , *Consumer Behavior in Marketing Strategy*, New Jersey, Prentice Hall.
- Herniter, J.D. (1973) ,“An Entropy Model of Brand Purchase Behavior”, *Journal of Marketing Research*, Vol.10, pp.361-375.
- Jaynes, E.T. (1957) ,“Information Theory and Statistical Mechanics”, *The Physical Review*, Vol.106, No.4, pp.620-630.
- Jiu-Lun Fana and Yuan-Liang Mab (2002) , “Some new fuzzy entropy formulas”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.128, pp.277-284.
- Klir, G.J. (1987) , “On The Uniqueness of Possibilistic Measure of Uncertainty and Information”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.24, pp.197-219.
- Klir, G.J. (1987) , “Where Do We Stand On Measures of Uncertainty, Ambiguity, Fuzziness, and The Like?”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.24, pp.141-160.
- Klir, G.J. and Folger, T.A. (1988) , *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, New Jersey, Prentice-Hall. (本多中二訳『ファジィ情報学』, 日刊工業新聞社, 1993年)
- Krumboltz, J. D. (1966) , *Revolution in counseling: implications of behavioral science*, Boston, Houghton Mifflin.
- Kullback, S., and Leibler, R. A. (1951) , “On information and sufficiency”, *Annals of Mathematical Statistics*, No.22, pp.79-86
- Kullback, S. (1958) , *Information Theory and Statistics*, New Jersey, John Wiley.
- Lin Lin, Xue-Hai Yuan, and Zun-Quan Xia (2007) , “Multicriteria fuzzy decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets”, *Journal of Computer and System Sciences*, Vol.73, pp.84-88.
- P.D.Grunwald and A.P.Dawid (2004) , “Game Theory, Maximum Entropy, Minimum Discrepancy and Robust Bayesian Decision Theory”, *The annals of Statistics*, Vol.32, No.4, pp1367-1433.
- Richard L. D. (2001) , *Essentials of Organization Theory & Design*, London, South-Western College Publishing. (高木晴夫訳『組織の経営学』ダイヤモンド社, 2002年)
- Roegen, N.G. (1971) , *The Entropy Law and The Economic Process*, Cambridge, Harvard University Press. (高橋正立, 神里公, 寺本英, 小出厚之助, 岡敏弘, 新宮晋共訳『エントロピー法則と経済過程』みすず書房, 1993年)
- Satty, T.L. (1980) , *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Shannon, C.E. (1948) , “A Mathematical Theory of Communication”, *The Bell System Technical Journal*, Vol.27, pp.379-423.
- Simon, H. A. (1977) , *The New Science of Management Decision*, New Jersey, Prentice-Hall. (稲葉元吉, 倉井武夫訳『意思決定の科学』産業能率大学出版部, 1979年)

- Simon, H. A. (1983) , *Reason in Human Affairs*, California, Stanford University Press  
(佐々木恒男, 吉原正彦訳『意思決定と合理性』文真堂, 1987年)
- Simon, H. A. (1997) , *Administrative Behavior*, The Free Press. (二村敏子, 桑田耕太郎,  
高尾義明, 西脇暢子, 高柳美香訳『新版 経営行動』, ダイヤモンド社, 2009年)
- T.Okuda, H.Tanaka, and K.Asai (1978) , “A Formulation of Fuzzy Decision Problems  
with Fuzzy Information using Probability Measures of Fuzzy Events”, *Information  
and Control*, Vol.38, pp.135-147.
- Weiss, A.M.,Lurie, N.h. and Macinnis, D.J. (2008) , “Listening to Strangers : Whose  
Responses are Valuable, How Valuable are They, and Why”, *Journal of Marketing  
Research*,Vol.XLV,pp425-436.
- Yager, R.R. (1979) , “On the measure of fuzziness and negation Part I : Membership in  
the unit interval”, *International Journal of General Systems*, Vol.5, pp.221-229.
- Yager, R.R. (1980) , “On The measure of fuzziness and negation Part II : Lattices”,  
*Information and Control*, Vol.44, pp.236-260.
- Yager, R.R. (1982) , “Measuring Tranquility and Anxiety in Decision Making : An  
Application of Fuzzy Sets”, *International Journal of General Systems*,Vol.8,  
pp.139-146.
- Yager, R.R. (1986) , “A characterization of the extension principle”, *Fuzzy Sets and  
Systems*, Vol.18, pp.205-217.
- Yager, R.R. (1988) , “On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in  
Multi-criteria Decision Making”, *IEEE Transactions on Systems, Man and  
Cybernetics*, Vol.18, pp.183-190.
- Yager, R.R. (2000) , “On the Entropy of fuzzy measure”, *IEEE Transactions on Fuzzy  
Systems*, Vol.8, pp.453-461.
- Zadeh, L.A. (1965) , “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol.8, pp.338-353.
- Zadeh, L.A. (1968) , “Probability Measures of Fuzzy Events”, *Journal of Mathematical  
Analysis and Applications*,Vo1.23,pp.421-427.
- Zadeh, L.A. (1978) , “Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility”, *Fuzzy Sets and  
Systems*, 1-1, pp.3-28.
- Zadeh, L.A. (1997) , “Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality  
in human reasoning and fuzzy logic”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vo1.90,pp.111-127.
- Zeshui Xu and Yager, R.R.(2008) , “Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision  
making”, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol.48, pp.246-262.
- Zhaohong Wang, Wei Zhan (2012) , “Dynamic Engineering Multi-criteria Decision  
Making Model Optimized by Entropy Weight for Evaluating Bid”, *Systems  
Engineering Procedia*, Vol.5, pp.49-54.

Zimmerman, H.J., Zadeh, L.A. and Gaines, B.R. (1984), *Fuzzy Sets and Decision Analysis*, New York, North-Holland.

## 【和文参考文献】

- 浅井喜代治, C.V.Negoita 共編(1978), 『ファジィシステム理論入門』 オーム社.
- 鮑戸弘(1994), 『消費者行動の社会心理学』 福村出版.
- 阿部周造(1978), 『消費者行動』 千倉書房.
- 阿部周造編著(2001), 『消費者行動研究のニュー・ディレクションズ』 関西学院大学出版会.
- 有菌育生, 太田宏, 加瀬滋男(1984), 「新銘柄進出の市場構造分析と価格選定について」『日本経営工学会誌』 Vol.35, No.1, pp.36-43.
- 有菌育生(1992), 「最大エントロピー原理に基づく多属性で特徴付けられる商品に対する銘柄選択行動分析」『日本経営工学会誌』 Vol.43, No.4, pp.303-308.
- 伊藤郁男, 藤田公子, 米原紀吉(1987), 「エントロピーモデルによるファッションの嗜好度評価」『人間工学』 Vol.23, No.1, pp.1-6.
- 今井正文, 清水静江, 西川智登(1992), 「ファジィエントロピーによる意思決定問題」『東京都立科学技術大学研究報告』 Vol.6, pp.101-107.
- 印南一路(1997), 『すぐれた意思決定』 中央公論社.
- 印南一路(1999), 『すぐれた組織の意思決定』 中央公論新社.
- 上原衛, 山下洋史, 大野高裕(2007), 「投資家の価値判断を反映した SRI 投資銘柄選択比率の決定方法—ファジィ・エントロピーを用いた重みつき多因子情報路モデル—」『日本経営工学会論文誌』 Vol.58, No.2, pp.125-135.
- 植村芳樹, 坂和正敏(1993), 「ファジィ事象の可能性分布に基づく簡易意思決定法」『日本ファジィ学会誌』 Vol.5, No.3, pp.528-536.
- 占部都美(1984), 『経営管理論』 白桃書房.
- 太田宏, 有菌育生, 鳥取隆弘(1984), 「ベイズ判別法によるエントロピー・モデルの改善試案」『日本経営工学会誌』 Vol.34, No.6, pp.395-400.
- 大森貴仁, 高木朗義, 秋山孝正(2004), 「ファジィ推論を用いた都市政策評価のための立地均衡モデルの構築」『土木計画学研究・論文集』 Vol.21, No.1, pp.225-264.
- 尾関守, 松丸正延, 川幡公章(1984), 「エントロピーモデルを適用した財務計画モデルの研究」『日本経営工学会誌』 Vol.35, No.4, pp.225-230.
- 春日井博, 百合本茂(1978), 「工場立地選択行動モデルとその適用」『日本経営工学会誌』 Vol.28, No.4, pp.411-416.
- 春日井博, 百合本茂(1979), 「立地選択に影響を及ぼす要因について」『日本経営工学会誌』 Vol.29, No.4, pp.334-340.

- 海道ノブチカ, 風間信隆編著(2009), 『コーポレート・ガバナンスと経営: グローバリゼーション下の変化と多様性』 ミネルヴァ書房.
- 権善喜, 山下洋史(2014), 「食品のラベリングに関する偶然性と漠然性のファジィ情報路モデル」第52回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.178-181.
- 北原明彦(2008), 『消費者行動論』創成社.
- 国沢清典(1991), 『エントロピー・モデル』日科技連出版社.
- 黒川光, 石田東生, 藤田繁人(1986), 「エントロピーモデルのパラメータと都市の特性」『土木計画学研究』No.4, pp.213-220.
- 桑嶋健一, 高橋信夫(2001), 『組織と意思決定』朝倉書店.
- 桑田耕太郎, 田尾雅夫(1999), 『組織論』有斐閣.
- 里村卓也(2008), 「消費者の理論的選択モデルに関する考察」『三田商学研究』第51巻, 第4号, pp.121-133.
- 塩田静雄(2002), 『消費者行動の理論と分析』中央経済社.
- 清水聰(2004), 『新しい消費者行動』千倉書房.
- 清水聰(2007), 『戦略的消費者行動論』千倉書房.
- 下林大造, 山下洋史, 権善喜(2013), 「県名思考による地名の低エントロピー化とその弊害」日本経営システム学会第51回全国研究発表大会講演論文集, pp.274-275.
- 鄭年皓, 村山賢哉, 山下洋史, 松丸正延(2009), 「二因子・二階層ファジィ情報路モデルに関する研究」第43回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.124-127.
- 崔玉生, 有菌育生, 太田宏(1990), 「競合する待ち行列システムのエントロピー・モデルによる分析」『日本経営工学会誌』Vol.41, No.5, pp.330-335.
- 瀬尾美美子(1984), 『多目的評価と意思決定』日本評論社.
- 瀬尾美美子, 福地崇生編著(2002), 『あいまい環境下のモデリングと意思決定』京都大学学術出版会.
- 高橋啓, 大野高裕(2012), 「GNLとエントロピー・モデルの等価性: 集計レベルにおける等価性」『日本経営システム学会誌』Vol.28, No.3, pp.189-195.
- 高橋啓, 大野高裕(2013), 「GNLとエントロピー・モデルの等価性: 非集計レベルの等価性」『日本経営工学会誌』Vol.64, No.1, pp.9-20.
- 武村和久(2009), 『行動意思決定論』日本評論社.
- 田中浩光(2008), 「AHPにおける整合性診断について」数理解析研究所講究録, 第1589巻, pp.157-166.
- 陳琦, 星野珉二(2009), 「エントロピー・モデルによる商業施設配置問題の分析」『福島大学地域創造』第20巻, 第2号, pp.27-39.
- 中島信之, 竹田英二, 石井博昭(1994), 『ファジィ理論入門』裳華房.
- 西川智登, 清水静江, 宮本日出夫(1992), 『意思決定過程における入力情報に対する判断力の構造』『日本経営システム学会誌』Vol.9, No.1, pp.35-41.

- 平山高士, 柳研二郎(2003), 「ファジィ速度のエントロピーと意思決定問題への応用」 数理解析研究所講究録, 第 1340 巻, pp.44-45.
- 深尾毅(1987), 『分散システム論』 昭晃社.
- 藤田忠,熊田聖(1996), 『意思決定科学』 泉文堂.
- 松井伸之, 馬場鋈一(1986), 「ファジィエントロピーに基づく注意力の考察」『計測自動制御学会論文集』 Vol.22, No.6, pp.623-628.
- 松江宏(2009), 『現代消費者行動論』 創成社.
- 松原望(2001), 『意思決定の基礎』 朝倉書店.
- 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1992), 「最尤法を用いた合併企業評価の分析モデル」 日本経営工学会春季研究発表大会予稿集, pp.47-48.
- 南敏(1998), 『情報理論』 産業図書.
- 宮城俊彦, 加藤晃(1976), 「交通関連行動時間を考慮した都市交通需要モデル」『土木学会論文報告集』 第 254 号, pp.81-93.
- 宮城俊彦, 加藤晃(1984), 「ランダム効用理論を基礎とした交通統合モデル」『土木計画学研究論文集』 Vol.1, pp.99-106.
- 宮城俊彦, 遠藤雅人(2011), 「適応的経路選択モデルにおける経路集合の限定手法と経路分散パラメータ推定法」『土木計画学研究・論文集』 第 28 巻, Vol.67, No.5, pp.541-552.
- 村田潔(2008), 「社会に開かれた情報品質管理」『日本情報経営学会誌』 Vol.28, No.4, pp.79-87.
- 村山賢哉, 山下洋史, 権善喜, 金子勝一, 山下遥(2012), 「県内第 2 都市の特性に関するカタストロフィー・モデル」日本経営システム学会第 49 回全国研究発表大会講演論文集, pp.110-113.
- 村山誠(2014), 「マトリクス型組織の経営資源配分問題における 2 方向の拡大推論モデル」『明治大学大学院商学研究論集』 第 41 号, pp.123-144.
- 村山誠(2015a), 「3 段階の階層型ファジィ情報路モデル」『明治大学大学院商学研究論集』 第 42 号, pp.49-67.
- 村山誠(2015b), 「ファジィ事象の確率を組み込んだ重みつき多因子ファジィ情報路モデルによるウェイト推定」『明治大学大学院商学研究論集』 第 43 号, pp.49-67.
- 村山誠, 山下洋史(2014), 「2 段階のエントロピーを統合した事業部制組織の経営資源配分モデル」 明治大学社会科学研究所 (総合研究) 2013 年度後期研究成果報告論文集, pp.167-186.
- 村山誠, 山下洋史(2015a), 「情報のあいまいさとエントロピー・モデル」 明治大学品質科学研究所 2014 年度後期研究成果報告論文集, pp.147-155.
- 村山誠, 山下洋史(2015b), 「重みつき多因子ファジィ情報路モデルにおける選択要因のウェイト推定問題」 明治大学品質科学研究所 2014 年度後期研究成果報告論文集, pp.129-145.

- 村山誠, 山下洋史, 金子勝一(2014), 「地名の都市名思考と県名思考に関するファジィ・モデル」日本経営システム学会第 53 回全国研究発表大会講演論文集, pp.186-189.
- 村山誠, 山下洋史, 権喜善(2014), 「KL 情報量最小化基準によるファジィ事象のメンバーシップ値推定モデル」日本経営システム学会第 53 回全国研究発表大会講演論文集, pp.264-267.
- 山下洋史(1994), 「偶然性と漠然性に関するあいまいさの表現方法」『山梨学院短期大学「経営研究」』 No.3, pp.71-79.
- 山下洋史(1996), 「ファジィ・エントロピー最大化モデルに関する研究」『山梨学院大学経営情報学論集』 No.2, pp.109-120.
- 山下洋史(1999), 「ファジィ・エントロピーを用いた情報管理モデル」『明大商学論叢』 Vol.81 No.1・2, pp.235-254.
- 山下洋史(2000), 「基準化ファジィ・エントロピーに関する研究」『日本経営システム学会誌』 Vol.17, No.1, pp.31-37.
- 山下洋史(2001), 「ファジィ・エントロピーを用いた多因子情報路モデル」『明大商学論叢』 Vol.83, No.1, pp.167-183.
- 山下洋史(2002), 「エントロピー・モデルにおけるエントロピーの役割」『明大商学論叢』 Vol.84, No.2, pp.71-88.
- 山下洋史(2006), 「複数のファジィ事象の確率を制約条件としたファジィ・エントロピー最大化モデル」『明大商学論叢』 Vol.89, No.1, pp.1-11.
- 山下洋史(2007), 「ファジィ相互情報量に関する研究」『明大商学論叢』 Vol.89, No.3, pp.19-33.
- 山下洋史(2010), 「企業活動における低エネルギーと高エントロピーの調和モデル」『明治大学商学論叢』 Vol.92, No.3, pp.17-30.
- 山下洋史(2014), 「偶然性・漠然性・多様性と複雑性の計量化指標に関する研究」『明大商学論叢』 Vol.96, No.3, pp.1-11.
- 山下洋史, 尾関守(1993), 「ファジィ・エントロピーを用いた一因子情報路モデル」経営情報学会春季大会予稿集, pp.191-194.
- 山下洋史, 鄭年皓, 山本昌弘(2011), 「バブル期の財務データを用いた一因子二段階情報路モデル」『明大商学論叢』 Vol.94, No.1, pp.1-18.
- 山下洋史, 夏路, 権善喜, 鄭年皓(2013), 「情報の非対称性における情報引力とエントロピー」明治大学社会科学研究所「総合研究」(企業のサステナビリティ戦略とビジネス・クオリティ) 2012 年度研究成果報告集, pp.1-12.
- 山下洋史, 村田潔(2006), 『スマート・シンクロナイゼーション』同文館出版.
- 吉川伸一, 奥田徹示, 浅居喜代治, 稲田晃穂(1998), 「ファジィ区間データに基づくファジィ状態のベイズ識別」『日本経営工学会誌』 Vol.49, No.4, pp.254-275.
- 吉田正昭, 村田政治, 井関利明共編(1969), 『消費者行動の分析モデル』丸善.
- 米沢富美子(2007), 『あいまいさを科学する』岩波書店.