

## 「高クォリティ行動」のための情報管理

メタデータ	言語: jpn 出版者: 明治大学商学研究所 公開日: 2012-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鄭, 年皓, 山下, 洋史 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/13344">http://hdl.handle.net/10291/13344</a>

# 「高クォリティ行動」のための情報管理

## A Study on Information Management for 'High Quality Behavior'

山下 洋史・鄭 年皓

Hiroshi Yamashita and Nyunho Jung

### 目 次

1. はじめに
2. シャノン・エントロピーと情報量
3. 基本的な通信路モデルと通信路行列
4. 人間の情報処理過程の偶然性と漠然性
5. 高クォリティ行動の集合
6. 高クォリティ行動の基盤となる情報の有効性と情報量
7. おわりに

### 1. はじめに

日本企業は、これまで品質管理が徹底されているため「製品の品質が高い」という国際的な評価を受け、それが戦後の発展を支える大きな要因となってきた。しかしながら、こうした評価を揺るがしかねない品質事故が多発していることは、最近のメディア報道を見れば明らかである。しかも、多くの品質事故を引き起こすだけでなく、それを隠蔽する企業も後を断たず、改めて「経営の質」が問われている。製品のみならず、経営の質（クォリティ）が、至るところで問題視されているのである。

こうした製品と経営の両面での質（クォリティ）を高めるためには、常に「クォリティの高い行動」をとる「クォリティの高い人材」の育成が不可欠である。なぜなら、経営の質を高めることができる唯一の行動主体は人間であり、そういった意味で人材は企業のプライムリソースとして位置づけられるからである。

このような考え方にに基づき、筆者らは2007年4月に「クォリティ志向型人材育成とスマート・ビジネス・コラボレーション」の研究プロジェクトを立ち上げ、文部科学省からオープンリサーチセンター整備事業（以下、ORC）の認定を受けている。このORCは、従来の品質管理の研究領域を越えて、企業活動のすべての側面でのクォリティを対象とした「経営品質科学」の理論構築を目指すものである。一般に社会科学の領域で議論される経営の問題、とりわけ「経営品質」

の問題に対して、社会科学と自然科学の両面からのアプローチを試みることにより、「経営品質科学」という文理融合型の新たな研究テーマの扉を開こうとするのである。

本研究は、まさしく「経営品質科学の扉を開く」ための基盤となる基本モデルを提示すべく、情報理論とファジィ理論といった自然科学的なアプローチにより「高クォリティ行動の集合」を定義し、高クォリティ行動の確率と、そのような行動へと企業を導く情報が与える情報量の定式化を試みようとするものである。

そこで、まずシャノンの情報理論に基づき、(平均)情報量と基本的な通信路モデルを概説し、次にファジィ理論と筆者らの一連の先行研究 [1]-[6] に基づき、人間の情報処理過程における偶然性と漠然性をファジィ・エントロピーによって記述するための基本的な枠組みを提示する。その上で、「高クォリティ行動の集合」をその境界があいまいなファジィ集合として定義し、高クォリティ行動に導く役割を果たす情報（これを本研究では「ファジィ・メッセージ」として位置づける）の有効性と情報量の定式化を試みることにする。

## 2. シャノン・エントロピーと情報量

ここでは本研究の基礎として、まずシャノンの情報理論に基づきエントロピーと情報量の関係について整理しておくことにする。そこで、確率  $p_i$  で生ずる事象  $x_i$  を考えることにしよう。このとき、ある事象  $x_i$  が起こったということを我々が知ることに得られる情報量  $E_i$  は、(1)式のように定義される。ただし、対数の底は基本的に2とし、このときの情報量の単位は一般に「ビット」と呼ばれる。もし、対数の底を2でなく、 $e$  とすれば（自然対数）情報量の単位は「ナット」、10 とすれば（常用対数）「ハートレー」となるが、これらは対数の底の交換公式により容易に変換することができるため、本質的な問題とはならない。

$$E_i = \log(1/p_i) = -\log p_i \quad (1)$$

次に、事象全体  $X (= \{x_i\})$  について考えれば、平均として(2)式の情報量を得ることが期待され、これはシャノン・エントロピー  $E$  に相当する。このシャノン・エントロピー  $E$  (平均情報量) は、すべての確率  $p_i$  が  $1/n$  で等しいときに  $E = \log n$  (bit) で最大となり、この場合何が起こるかが全くわからない状態を意味する。

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log(1/p_i) = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i \quad (2)$$

最も単純な2値信号 ( $n = 2$ ) の場合、平均情報量  $E$  (bit) は、

$$\begin{aligned} E &= p_1 \cdot \log(1/p_1) + p_2 \cdot \log(1/p_2) \\ &= p_1 \cdot \log(1/p_1) + (1-p_1) \log \{1/(1-p_1)\} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。

(2)式や(3)式の平均情報量  $E$  は、一般に「情報量」と呼ばれる。したがって、単に「情報量」といった場合、通常この平均情報量  $E$  を意味することが多い。

### 3. 基本的な通信路モデルと通信路行列

情報理論における基本的な問題設定は、図1のような通信路モデルによって示される。通信路を介した入力シンボル  $x_i$  と出力シンボル  $y_j$  の関係を、主たる議論の対象とするのである。

図1の通信路において、入力シンボル  $x_i$  が入力されたときに、出力シンボル  $y_j$  が生起する条件つき確率を、記号  $p_{ij}$  で表すことにする。この条件つき確率  $p_{ij}$  を、(4)式のように配置した行列が、通信路行列 (channel matrix) であり、推移確率行列 (transition probability matrix) とも呼ばれる。本研究では、この通信路行列を  $\mathbf{P} = (p_{ij})$  で表すことにする。図1のような通信路は、通信路行列で完全に記述される [7]。

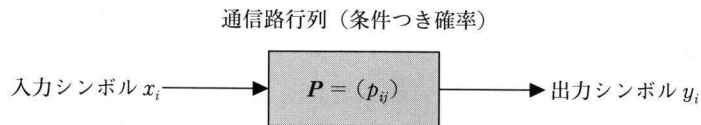


図1 基本的な通信路モデル

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1j} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2j} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{i1} & p_{i2} & \cdots & p_{ij} & \cdots & p_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mj} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

この通信路において、入力シンボルの生起確率 (入力確率  $a_i$ ) と出力シンボルの生起確率 (出力確率  $b_j$ ) を要素とするベクトルを、それぞれ入力確率ベクトル  $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m)$ 、出力確率ベクトル  $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n)$  と呼ぶことにすれば、出力確率  $b_j$  は、入力確率  $a_i$  と条件つき確率  $p_{ij}$  を用いて、

$$b_j = a_1 \cdot p_{1j} + a_2 \cdot p_{2j} + \cdots + a_m \cdot p_{mj} = \sum_{i=1}^m a_i \cdot p_{ij} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{P} \quad (5)$$

のように表される。

一方、出力シンボル  $y_j$  が受信されたという条件のもとでの入力シンボル  $x_i$  の条件つき確率  $p(x_i/y_j)$  は「後向き条件つき確率」と呼ばれ、

$$p(x_i/y_j) = a_i \cdot p_{ij} / b_j \quad (6)$$

となる。

#### 4. 人間の情報処理過程の偶然性と漠然性

人間の情報処理過程には、常に何らかの情報のあいまいさが介在している。我々が受信する情報（メッセージ）が「完全情報」であることは非常に少なく、何らかのあいまいさを持った情報をうまく処理した上で、それを有効に活用しようとしているのである。

例えば、我々は市場での評判や製品の使用時の品質、さらには有価証券報告書の情報を基に「Z社は急成長する可能性が高い企業である」といった推論を行い、それをメッセージ（情報）として発信する。このメッセージ（情報）には、本当に「急成長する」のか「急成長しないのか」についてのあいまいさ（不確実さ）が含まれている。これは急成長する確率が高いが、絶対に急成長するわけではない（確率が1でない）ことを意味する。このように、ある確率に支配されていることは、上記のメッセージに「偶然性」に関するあいまいさが介在していることを表している。

さらに、「急成長する」とは何%以上の成長率を意味するのか、また成長率は売上高を意味するのか、経常利益率を意味するのか、従業員数を意味するのかについてのあいまいさ（不明確さ）も有している。これは、「急成長する」という意味それ自体のあいまいさを示しており、その意味が漠然としているという点で、「漠然性」に関するあいまいさが介在していると考えることができる。このように、人間の思考・判断・メッセージには、偶然性と漠然性の両面でのあいまいさが介在しており、「人間の情報処理過程」の問題を議論する上ではこうしたあいまいさの二面性の問題を避けては通れないのである。

それでは、上記の偶然性（ランダムネス）と漠然性（ファジィネス）というあいまいさの両面を持った人間の情報処理過程を捉えるには、どのような方法があるのであろうか？

こうしたあいまいさを有する情報処理過程を、西川ら [8] は入力情報  $u$  を出力情報  $v$  に変換する「フィルター機構」として位置づけている。ここで、入力情報を刺激（stimulus）、出力情報を反応（response）と考えれば、図2のように人間の情報処理過程は、伝統的な刺激-反応モデル（S-Rモデル）のブラック・ボックス問題に帰着する [1]。S-Rモデルは、測定可能な刺激と反応に注目して両者の関係を捉えようとするものであり、両者の間の情報処理過程はブラック・ボックスとして位置づけられる。

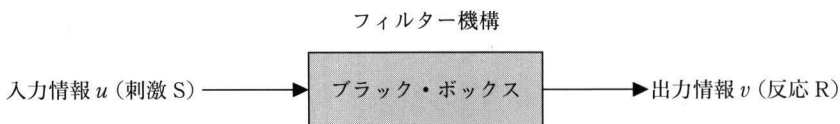


図2 人間の情報処理過程 [1]

この問題に対して、西川ら [4] は、ランダムネスを生起確率  $p_i$  によって、またファジィネス

をファジィ理論におけるメンバーシップ値  $\mu_i$  によって捉えるとともに、両者が複合した出力情報  $v$  のあいまいさを「行動エントロピー」と呼び、これをファジィ・エントロピー  $F$  により(7)式のように定式化している。その上で、行動エントロピーを、人間の情報処理過程におけるあいまいさの二面性を総合的に表す指標として位置づけている。

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [-p_i \cdot \mu_i \cdot \log(p_i \cdot \mu_i) - p_i(1-\mu_i) \log\{p_i(1-\mu_i)\}] \quad (7)$$

ただし、 $n$ ：サンプル数

ここで、もし  $n$  が一定のもとでの議論をするならば、 $1/n$  は定数となるので除去して考えることができ、これを  $p_i$  と  $\mu_i$  について整理すると(8)式のように変換される [1]。

$$F = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i + \sum_{i=1}^n p_i \cdot H_i \quad (8)$$

$$\text{ただし、} H_i = -\mu_i \cdot \log \mu_i - (1-\mu_i) \log(1-\mu_i) \quad (9)$$

(8)式の右辺の第1項は偶然性(ランダムネス)に関するエントロピーを、また第2項は漠然性(ファジィネス)に関するエントロピーをそれぞれ表している。第1項の偶然性に関するエントロピーは、「何が起こるのか？」についてのあいまいさの大きさを示しており、シャノンの情報理論における平均情報量(=シャノン・エントロピー)に相当する。したがって、何が起こったかを知ったときに得られる情報量の平均を意味する。

一方、第2項は「サンプル  $i$  が、ファジィ集合に属するのか属さないのか？」についてのサンプル  $i$  別のエントロピー  $H_i$  を選択確率  $p_i$  で重みづけした平均であり、漠然性(ファジィネス)に関するエントロピーの平均として位置づけることができる。

このように人間の情報処理過程には、偶然性と漠然性に関する「あいまいさの二面性」が一般に介在しており、ファジィ・エントロピー(行動エントロピー)はこれらの両面を総合的に捉える際の有力な指標となる。

## 5. 高クォリティ行動の集合

経営品質を支える基盤が「クォリティの高い行動」にあることは、言うまでもないことであろう。したがって、「経営品質科学」の構築をめざした ORC の活動にとって、「クォリティの高い行動とは何か？」を論じる際の基本枠組みを提示することが、今後の研究の第一歩となる。

ただし、単に「クォリティの高い行動」と言っても、その判断は人によって異なり、また同じ人であってもそのときに置かれた状況によって異なる。さらに、その判断はクォリティが〈高い—低い〉といった二者択一的なものではなく、クォリティがかなり高い、やや高い、あるいはあまり高くないというように、その程度もあいまいである。すなわち、「クォリティの高い行動」と「クォリティの低い行動」の間に明確な境界を設定することは困難であり、その境界はぼやけて

いると考えた方が現実に即しているのである。

そこで、まず「高クォリティ行動の集合A」を、その境界がぼやけた(あいまいな)ファジィ集合として位置づけることにする。この高クォリティ行動の集合は、個々の行動 $b_j$ が集合Aに属する度合い(メンバーシップ値 $\mu_A(b_j)$ )によって特徴づけられたファジィ集合である。

$$0 \leq \mu_A(b_j) \leq 1 \quad (10)$$

ただし、単に「行動」といっても、研究の分野によって種々の視点が存在するため、この視点を層別あるいはカテゴライズする場合は、高クォリティ行動の集合を $A_k$ ( $k$ :層あるいはカテゴリー)によって表すことになる。

次に、それぞれの行動主体(企業、部門、従業員)を添字 $i$ で表すことにし、行動主体 $i$ が行動 $b_j$ を選択する確率 $p_{ij}$ を考える。このとき、ファジィ理論に従えば、行動主体 $i$ が高クォリティ行動をとる確率は、ファジィ事象の確率として、

$$P_i(A) = \sum_{j=1}^n \mu_A(b_j) \cdot p_{ij} \quad (11)$$

のように定式化される。このファジィ事象の確率 $P_i(A)$ によって、行動主体 $i$ のクォリティ志向型行動を定量的に捉えることが可能となる。

## 6. 高クォリティ行動の基盤となる情報の有効性と情報量

ここでは、クォリティ重視の姿勢を浸透させるための情報(ファジィ・メッセージ $M$ )を受信したときに、上記のファジィ事象の確率がどのように変化するかという問題を考えることにしよう。このとき、受信後の選択確率 $q_{ij}$ は、ファジィ・メッセージ $M$ を知ったもとのファジィ条件つき確率となり、受信後のファジィ事象の確率 $Q_i(A)$ は、このファジィ条件つき確率 $q_{ij}$ を用いて、

$$Q_i(A) = \sum_{j=1}^n \mu_A(b_j) \cdot q_{ij} \quad (12)$$

のように定式化される。また、ファジィ理論に基づけば、ファジィ条件つき確率 $q_{ij}$ は下記のようになる。

$$q_{ij} = \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_A(b_{j'}) \cdot p_{ij'}} = \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{P_i(A)} \quad (13)$$

こうしたファジィ理論の枠組みに従って、本研究では、クォリティ重視の姿勢を浸透させ、企業や従業員を高クォリティ行動へと導く役割を果たす情報(ファジィ・メッセージ $M$ )の有効性 $E_i$ を、 $M$ を受信する前のファジィ事象の確率 $P_i(A)$ と受信後のファジィ事象の確率 $Q_i(A)$ との間の比によって、下記のように表すことにする。

$$\begin{aligned}
 E_i &= Q_i(A)/P_i(A) \\
 &= \frac{\sum_{j=1}^n \mu_A(b_j) \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{P_i(A)}}{P_i(A)} \\
 &= \sum_{j=1}^n \frac{\{\mu_A(b_j)\}^2 p_{ij}}{\{P_i(A)\}^2} \quad (14)
 \end{aligned}$$

また、この情報（ファジィ・メッセージ  $M$ ）が与える情報量についても同様に、 $M$ を受信する前のファジィ事象の確率  $P_i(A)$  と受信後のファジィ事象の確率  $Q_i(A)$  との間の獲得情報量  $D_i$  として、下記のように表すことができる。

$$\begin{aligned}
 D_i &= - \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \log p_{ij} - \left( - \sum_{j=1}^n q_{ij} \log q_{ij} \right) \\
 &= - \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \log p_{ij} + \sum_{j=1}^n \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_A(b_{j'}) \cdot p_{ij'}} \log \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_A(b_{j'}) \cdot p_{ij'}} \quad (15)
 \end{aligned}$$

一方で、山下の先行研究 [6] に従えば、条件つきファジィ・エントロピー  $F_i(B/M)$  を下記のように定義することができる（「ファジィ条件つきエントロピー」ではない点に注意を要する）。

$$F_i(B/M) = - \sum_{j=1}^n \frac{\mu_j \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_{j'} \cdot p_{ij'}} \log \frac{\mu_A(b_j)}{\sum_{j'=1}^n \mu_{j'} \cdot p_{ij'}} + \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot H_j(M) \quad (16)$$

$$\text{ただし、} H_j(M) = -\mu_A(b_j) \log \mu_A(b_j) - \{1 - \mu_A(b_j)\} \log \{1 - \mu_A(b_j)\} \quad (17)$$

さらに、ファジィ相互情報量  $I_i(B; M)$  については、ファジィ・メッセージ  $M$  を受信する前のエントロピーと条件つきファジィ・エントロピー  $F_i(B/M)$  との差として、下記のように表すことができる [6]。

$$\begin{aligned}
 I_i(B; M) &= H_i(B) - F_i(B/M) \\
 &= H_i(B) - \{H_i(B/M) + H_j(M)\} \\
 &= - \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \log p_{ij} + \sum_{j=1}^n \frac{\mu_j \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_{j'} \cdot p_{ij'}} \log \frac{\mu_A(b_j) \cdot p_{ij}}{\sum_{j'=1}^n \mu_{j'} \cdot p_{ij'}} - \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot H_j(M) \quad (18)
 \end{aligned}$$

(16)式の「条件つきファジィ・エントロピー」は、ファジィ・メッセージ  $M$  を受信したという条件のもとでの偶然性と漠然性に関する総合的あいまいさの大きさを示しており、(18)式の「ファジィ相互情報量」は、ファジィ・メッセージ  $M$  を受信することによって低下した、偶然性と漠然性の総合的なあいまいさの大きさを示している。したがって、前述の獲得情報量が偶然性のみのおあいまいさの低下を示しているのに対して、ファジィ相互情報量は偶然性と漠然性の総合的なあいまいさの低下を示していることになる。

以上の議論を、「経営品質科学構築の第一歩」という立場から考えてみると、企業や従業員には(11)式の「高クォリティ行動をとる確率」を高めるための努力が、シンクタンクやコンサルタ



ントおよび行政には(11)式の「高クォリティ行動をとる確率」を高めるための価値の高い情報((14)式の「有効性」の高いメッセージ)の提供が、それぞれ求められることがわかる。(14)式の「有効性」の高いメッセージは、当然のことながら(15)式の獲得情報量の大きいメッセージとなり、企業や従業員を高クォリティ行動へと導く役割を果たす。さらに、基本的には(16)式の「条件つきファジィ・エントロピー」を低下させ、(18)式の「ファジィ相互情報量」を高めるのであるが、これらについては若干の注意が必要である。

それは、企業や従業員を高クォリティ行動へと導く獲得情報量の大きいメッセージを生み出す際に、意味面でのあいまいさ(漠然性)が大きいと、(16)式の右辺第1項の値が小さくても右辺第2項の値が大きいため、このメッセージを受信する前のエントロピーよりも(16)式の「条件つきファジィ・エントロピー」の方が大きくなってしまふことも十分に起こりうるからである。メッセージ自体は、高クォリティ行動へと導くような価値の高い情報であるが、それを理解することが困難なほど難しい内容であったり、異なる解釈が可能のために低クォリティ行動へと導いてしまう危険性のある内容であったりすることも考えられるのである。このような場合、(18)式の「ファジィ相互情報量」は負の値となる。高クォリティ行動へと導くべきメッセージを受信することにより、かえって(偶然性と漠然性の総合的な)あいまいさが増大してしまうのである。このことから、高クォリティ行動の基盤となる情報の有効性と情報量を検討する際に、通常の情報理論で取り扱われるあいまいさ(偶然性)のみならず、漠然性に関するあいまいさにも目を向ける必要性が理解されよう。

そこで、我々のような研究者は、高クォリティ行動をいかに捉えるか、企業や従業員を高クォリティ行動へと導く情報をいかに捉えるかについての理論枠組みを、上記の企業や従業員はもとより、シンクタンクやコンサルタント、さらには行政に対して提供していく必要があり、これがORCのめざす「経営品質科学構築の第一歩」なのである。

## 7. おわりに

本研究では、文理融合型の新たな学際的研究「経営品質科学」の第一歩として、一般に社会科学の領域で議論される「経営品質」の問題に対して、情報理論とファジィ理論といった自然科学からのアプローチを試みた。そこで、「高クォリティ行動の集合」をその境界があいまいなファジィ集合として定義し、企業や従業員を高クォリティ行動へと導く役割を果たす情報の有効性と情報量を定式化することにより、「経営品質科学」の基盤となる基本モデルを提示した。

本研究において提示した「経営品質科学」の第一歩としての基本モデルが、企業や従業員を高クォリティ行動へと導くと同時に、シンクタンクやコンサルタントおよび行政が企業に対して「高クォリティ行動をとる確率」を高めるような価値の高い情報を提供するためのアプローチを示唆するものとなれば、筆者らとして幸いである。

本研究は、文部科学省オープンリサーチセンター整備事業「クォリティ志向型人材育成とスマート・ビジネス・コラボレーション——経営品質科学に関する研究——」の一環として行われたものである。

#### 参考文献

- [1] 山下洋史：“行動科学の刺激—反応モデルにおける行動エントロピー”，日本経営システム学会誌，Vol. 9, No. 2, pp. 65-70 (1992)
- [2] 山下洋史：“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 (1994)
- [3] 山下洋史：“ファジィ事象の偶然性と漠然性”，日本経営システム学会誌，Vol. 12, No. 2, pp. 41-46 (1995)
- [4] 山下洋史：“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 (1996)
- [5] 山下洋史：“ファジィ・エントロピーを用いた情報管理モデル”，明治大学商学論叢，Vol. 81, No. 1, pp. 235-254 (1999)
- [6] 山下洋史：“ファジィ相互情報量に関する研究”，明治大学商学論叢，Vol. 89, No. 3, pp. 19-33 (2007)
- [7] Abramson, N. 著，宮川洋訳：情報理論入門，好学社 (1969)
- [8] 西川智登，清水静江，宮本日出雄：“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 (1992)