

実証的に有効な国債価格モデルと金融危機時の金利の期間構造分析

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2014-08-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 土居, 英一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/16670

明治大学大学院理工学研究科

2013 年度

博士学位請求論文

実証的に有効な日本国債価格付けモデルと

金融危機時の金利の期間構造分析

(Empirically Effective Bond Pricing Model and Analysis on Term Structures of Implied
Interest Rates in Financial Crisis)

学位請求者 基礎理工学専攻

土居 英一

目次

第1章	研究の背景と目的.....	3
第2章	代表的な伝統的国債価格モデルと数理ファイナンスモデル.....	8
2.1	代表的な伝統的国債価格モデル.....	8
2.2	代表的な数理ファイナンスモデル.....	17
第3章	国債プライシングモデル.....	21
3.1	平均的割引率関数の特定.....	23
3.2	割引率関数の分散・共分散の特定.....	24
3.3	未知のパラメータの導出.....	25
3.4	日本国債の概要.....	26
3.4.1	日本国債の種類.....	26
3.4.2	国債残高の推移.....	29
第4章	国債価格モデルの推定.....	31
4.1	国債価格モデル推定のフレームワーク.....	31
4.1.1	属性効果を考慮したモデル推定.....	31
4.1.2	日本国債データ.....	32
4.2	多項式の次数についてのモデル選択.....	35
4.3	各モデルを $p=6$ とした適合度比較.....	38
4.4	満期効果とクーポン効果の国債プライシング上の意味.....	44
4.5	パラメータ推移.....	46
4.5.1	β の推移について.....	47
4.5.2	ρ 、 ξ の推移について.....	49
4.6	独立した価格の適合度と、金融危機の影響.....	52
第5章	金利の期間構造とスワップレート.....	57
5.1	割引率と金利の期間構造.....	59
5.2	スワップレートと導出された金利との比較.....	61
第6章	結論.....	64
参考文献	65
参考資料(図表等)	67
1	各モデルの全パラメータ値.....	68
2	各モデルの β 間の相関.....	108

第1章 研究の背景と目的

本研究は、2005年から2010年にわたる日本の国債（JGB：Japanese Government Bond）価格の変動を包括的に実証分析であるが、目的は2つにまとめられる。これは即ち国債価格分析の目的と同じである。ひとつめは（Ⅰ）長期市場金利分析目的で、もうひとつは（Ⅱ）投資意思決定目的であり、後述する本研究の特徴に至った根源である。（Ⅰ）は個別国債の属性に依存しない有効な市場金利の基礎情報を提供する金利モデルを検討する。現状、長期金利は銀行間のスワップレート以外に直接観測不能であり、スワップレートも銀行間信用を含む点で純粋な金利とズレを生じている。これを分析できるならば景気分析や政策の意思決定などにも利用可能となるだろう。（Ⅱ）は逆に個別国債の個別属性である満期やクーポンに依存したプライシングモデルの構築である。戦略的なALMやポートフォリオ形成等、投資の意思決定に有用である。年金、生保等の機関投資家にとっては負債などに対応した特定なキャッシュフローパターンを構築し、そのポートフォリオの価値を検討したい欲求を持っておりこれらに有用となる。

本研究はKariya(1993)やKariya and Tsuda(1994)に対する発展的な実証分析で、本研究の確率的な割引率関数アプローチが数理ファイナンスアプローチの無裁定価格理論に基づく無リスク債券プライシングや、金利の期間構造モデルに比して現実をよく表現した実用的なものであることを確かめている。Kariya and Tsuda(1994)では、上記分析目的のうち、（Ⅱ）についてのみ焦点を当てていて、約220銘柄の価格の確率的変動と将来のクーポン・元本を関係づけるため、個別国債の価格の実現を属性依存型の確率的割引関数の実現を同値な関係とみて定式化しているが、近似した多項式の次数が2次であり単調減少である割引率関数を表現しきれていない問題があったが本研究ではこの問題を解決した。

本研究の特徴は、上述の実証分析であることのほかに、①国債の重要な属性である満期期間とクーポンレートを明示的に組み込んだ確率的な割引率関数アプローチの債券プライシングモデルを用いたこと、②個別国債銘柄間の価格の相関構造を割引率関数に対応する形で組み込んだ、実際の市場データを用いたクロスセクション分析であること、③価格分析と金利の期間構造導出の双方を実施したこと、④研究対象の債券を日本国債（JGB：Japanese Government Bond）とし、リーマンショック後の金融危機時に債券価格や金利がどのような挙動を取っていたかを観察するとともに、平常時のみならず特殊時でもモデルが有効且つ頑強に機能することを確認したこと、加えて、⑤スワップレートとの比較からも本研究で導出した金利が有効であること確認したことにある。

尚、この領域には様々な類似したモデルが存在する。Kariya et al. (2012) では3つの分類基準と2つの選択肢の組み合わせから6つのパターンにモデルを分類しており、本研究でもこの考えを踏まえた形とした。3つの分類基準の1つ目は、分析目的からモデルをTypeAとTypeBに分類するものである。TypeAは市場の平均的又は一般的な金利の期間構造(TSIR：Term structure of interest rates)の導出を目的とするもので、国債の属性の影響を排除するようTSIRを求める。TypeBは属性を考慮しつつ、国債のプライシングを目的とする

ものである。2つ目の分類基準では基本モデルが確率的なモデルか否かにより、モデルを確率的 (S:stochastic) と非確率的 (N:non-stochastic) に区分する。3つ目の判断基準は割引率関数アプローチ (DF:Discount function) か金利アプローチ (IR:Interest rate) を区別するものである。これらの基準の記号を組み合わせ A-SDF や B-NIR のように表記する。これに従えば、本研究は確率的な割引率関数アプローチであり、目的は TypeA と B の双方を対象としたもの (A-SDF と B-SDF の2タイプ) となる。

本研究の国債モデルにより、市場で決定される各個別国債の価格を、クーポンレート、満期期間等の個別債券の属性に依存する割引率関数を用いて表現できるようになるとともに、金利の期間構造を導出できる。更に、このモデルはダイナミックモデルに拡張することも可能であり、1時点先の価格予測も可能となる。

数理ファイナンスの無裁定価格理論に基づく、連続時間における無リスク債券のプライシング方法には CIR (Cox-Ingersoll-Ross) モデルのような金利のスポットレートを特定した形に当てはめて求めるものや、HJM (Heath-Jarrow-Morton) モデルのように金利のフォワードレートを特定した形に当てはめて求めるものがある。これらのモデルはディフュージョン (マルコフ的) モデルとなっており、時系列の紆余曲折が反映されないものとなっていることに問題がある。現実の金利や国債価格の変動がマルコフ的でない限り現実妥当性が得られないことになる。実際の金利プロセスがビジネスサイクルに連動して、過去の状況を踏まえて確定していくにも関わらず、複雑な過去の情報を考慮できるモデルとなっていない。つまり、現実の金利プロセスがビジネスサイクルに連れて動くことを観察すると、データの変動はマルコフでない為、マルコフ的なモデルには現実を表現するには限界があると言える。また、ディフュージョン金利モデルは一般的にマルチンゲールプロセスに収束する。収束した場合に平均は一定となる (Chung and William(1990))。加えて、スポットレート・モデルではゼロ時点に存在する全ての国債について、同時点の相関構造を踏まえた形で価値算定することはできない。価格に対して十分な説明力を持たないことになる。それは、クーポンレートや満期期間のような債券属性による債券価格の違いをモデルとして表現できないからである。実際、債券価格はこれらの属性の違いによって投資家の選好は異なり、市場での値付けに影響があることは明らかである。金利は確率的であると想定するのであるから、金利によりそれらの属性を説明することは難しい。スワップレートプロセスをモデリングする際、Collin-Dufrense and Solnik(2001)や、Feldhutter and Lando(2007)は、信用属性に依存するスワップレートを考慮し、それぞれが独立と仮定したうえで、抽象的なリスクフリーレートプロセスとコンベニエンスイールドプロセスの合計をスワップレートプロセスとしている。ここで、このコンベニエンスイールドは流動性プレミアムや信用プレミアム (副次的な状況) と考えることができる。尚、数理ファイナン

スの最近の金利モデル分野の発展は Brigo and Mercurio(2006)や Filipovic(2009)、Anderson, et al(1996)で説明されている。

以下にて、本論文の構成概要について記載する。

2章では、伝統的な金利モデルを整理したのち、数理ファイナンスの金利モデルアプローチと本研究の割引率関数モデルアプローチ（双方ともに属性依存型である）の関連について触れた。Kariya(1993)や、Kariya and Tsuda(1994)における、国債プライシングの確率的割引率関数のフレームワークを説明する。無条件ノンマルコフモデルである金利モデルを特定しない形の確率的割引率関数を使って、現実の国債債券データから金利の期間構造を求めることができる考え方を説明した。

3章では、本研究の国債モデルを詳解する。一般化最小二乗法を用いた推定方法や算出プロセスは、Kariya(1993)、Kariya and Kurata(2004)にて提案されたものを主に議論する。ここでは平均的割引率関数や債券価格の分散共分散構造の特定が重要ポイントであり、これらが本研究のモデルと他のモデルの違いである。本研究では、平均割引率関数を属性変数が含まれる多項式にて近似している。平均的割引率関数をスプライントイプとするか、エクスポネンシャルタイプとするかといった選択は存在するが、様々な曲線を取りうる高次の多項式を用いた。また、本研究では個別国債の価格付けと金利の期間構造の導出の双方が狙いである為、シンプルな多項式を用いて価格特定の一次パラメータの頑強性や安定性の向上を目的とする。併せて、今回の債券実証分析の対象とした日本国債（JGB）についても概要を整理した。

4章では本研究の実証プロセスのフレームワークを説明した後、包括的実証分析結果についてまとめる。尚、本研究で用いたクロスセクションデータは2005年9月から2010年8月の各月末時点に対応した215の月次の日本国債価格である。今回の研究過程において経済状態の違いが結果に表れることが観察された。その為、本研究では、クロスセクションデータを経済の状況の変化を踏まえ、連続時間のクロスセクションの結果を比較できるようなサンプル期間を4つの期間に分けた。4つの期間は、経済上昇期、経済下降期、金融危機、金融危機後の4期間であり、併せて2008年のリーマンショックを挟み大きく揺れ動いた経済状態における国債の取引量とクーポンの期間構造がどのようなものであるか観察した。

本研究は、個別債券の属性変数が債券プライシングに於いて重要な意味を持つという仮

説に基づきそれを実証するものである。特に属性変数としてクーポンレートと満期までの期間の2つが重要と考え、実証では比較の為、いずれの属性変数も考慮しないモデル (M0 モデル)、クーポンレートのみを対象としたモデル (M1 モデル)、満期期間のみを対象としたモデル (M2 モデル)、クーポンレートと満期期間の双方を対象としたモデル (M3 モデル) の4つのモデルを予め設定した。

本研究の実証では、確率的割引関数を平均割引関数とその階差に分解して(3章)、平均割引関数を多項式近似する。その多項式モデルの次数選択を、属性を考慮しない M0 モデルにて検討し、採択された次数をその後の研究では他のモデル (M3 モデルとそのサブモデルである M0、M1、M2 の各モデル) に適用していくこととした。その結果、M0 モデルをベースにした多項式では6次が適当であると実証された。尚、モデル選別の基準には(1)AIC、(2)最小の GLS 値、(3)残差標準偏差 (RSD) を用いた。

次に満期、クーポンの属性効果を考慮した6次の M0 ~M3 モデルのパフォーマンスを比較した結果、M3 モデルが日本国債のプライシングに最適であることがわかった。更に、M0 モデルも日本国債のプライシングに十分良い結果を出すことがわかった。例えば市場の混乱した金融危機時の2008年11月に於いても、M0 モデル、M1 モデル、M2 モデルの RSD 値は0.3071、0.2810、0.3030、0.2749 (円) であった。本研究の結果は2次式までの検討で留めた Kariya and Tsuda(1994)の結果を上回っていた。続いて、F比を用い、GLS の目的関数の値を最小とするために用いたが、3モデルを互いに比較し、最終的に M3 モデルが日本国債のプライシングに最適である結果を得た。

更に、選択したモデルによる計算結果を観察した。各モデルの割引率関数、分散共分散行列内のパラメータ、相関構造の経時変化を観察した。個別の債券価格の標準偏差が満期やクーポンが大きいほど大きくなることや、金融危機時の債券価格の相関は満期やクーポンが大きいほど大きくなる傾向が観られた。

5章では、60ヶ月間の残差の時系列変動や、モデルに対する金融危機の影響を観察する。M0 モデル、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルの割引曲線を通じて導出した金利の期間構造を考察する。リーマンショックが発生した2008年11月の市場が混乱した際に残差は最大となったが、その時点の M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルが内包する金利の期間構造について M0 モデルのものと比較した。M1 モデルと M2 モデルでは、満期効果とクーポン効果の影響を受けていたことが確認され、その影響を考慮することで M0 モデルより

僅かに残差が小さくなっていた。

M0 モデルにより求められた金利の期間構造はどの時点に於いてもよい結果が得られた。円-円のスワップレートのものと比較したところ同様の挙動を取っていたことから、本研究のモデルが金利の期間構造をよく表現できていると確認した。本研究のモデルにより求められる金利と円-円のスワップレートの間には日本国債の信用と銀行間の信用の差がレートに反映される為スプレッドが生じ、平常時では本研究により求められる値が常に低めとなることが観察されたが、満期が長いもので、且つ、金融危機時や危機後の特殊な時期にのみ、そのスプレッドが逆転していたことが観察された。

第2章 代表的な伝統的国債価格モデルと数理ファイナンスモデル

本章では国債プライシングの確率的割引率関数のフレームワークを説明する。伝統的なクーポン債の価格を整理したのち、数理ファイナンスの金利モデルアプローチと本研究の割引率関数モデルアプローチ（双方ともに属性依存型である）の関連についても触れる。

2. 1 代表的な伝統的国債価格モデル¹

以下本章に於いては刈屋(1995)より伝統的モデルについての記述を引用しまとめる。分析時点を $t=0$ として、その時点で存在する G 個の国債又は同等にデフォルトリスクのない無リスク確定利付債券があるとし、これを $P_g(g=1, \dots, G)$ と記述する。ここで第 g 債券の将来のキャッシュフロー発生時点の初期時点を $t=0$ から見て

$$(2.1.1) \quad s_{g1} < s_{g2} < \dots < s_{gM(g)} \quad (g=1, \dots, G)$$

と表現する。ここで s_{gj} は、 $t=0$ から将来を見て、第 g 債券の第 j クーポンが発生するまでの期間(単位年)であり、 $s_{gM(g)}$ は満期までの期間で、満期時点ではクーポン c_g 円と元本100円が発生する。

本研究は発展的に社債モデルのプライシングに繋げていくことが可能であるが、国債モデルによりこの社債モデルを割り引く金利の期間構造と割引率を導出できる。その情報は国債価格に求めることができる。そのためのモデルが本稿にて示すモデルであるが、国債価格モデルはそれ自体、国債価格のプライシングを通して、債券ポートフォリオの構築や金利の期間構造を通しての様々な金融的な意思決定において重要となる。

まずは刈屋(1995)は国債価格モデルとして、本稿の基礎となるCSMモデルを提案している。CSMモデルの特徴は、国債の属性情報（クーポンと償還期間）の違いによる価格の違いを考慮する点にある。これは国債価格データから割引率を算出するモデルであり、また金利の期間構造を導出するモデルであり、さらにまた社債モデルの基礎を作る。国債発行時の満期が5年以上のものは、クーポンつき国債であることを踏まえ、以下にて定式化していく。

モデルを示すために記号を定義する。額面価格を100円、クーポンレート c_g 円(対百円)

¹本節の議論は刈屋(1995)pp29-38に基づく

をもつ 第 g 国債のキャッシュフロー発生時点を(2.1.1)であると仮定する。クーポンが年 2 回支払われるとしたとき、その第 g 国債のキャッシュフロー関数 $C_g(s)$ は次式で与えられる。

$$(2.1.2) \quad C_g(s) = \begin{cases} 0.5c_g & (s = s_{gm}, m \neq M(g)) \\ 100 + 0.5c_g & (s = s_{gM(g)}) \\ 0 & (s \neq s_{gm}) \end{cases}$$

さらに現在時点 (t) が発行時点であれば $s_1 = 0.5, s_2 = 1.0, \dots$, となる。

伝統的な債券価格理論では、抽象的な債券を想定するために、国債の番号添え字 g を落として議論する。上式の確定したキャッシュフローをもつ証券の市場価格を P とする。本章では、この市場価格とキャッシュフローの関係を伝統的な立場から考えたい。

伝統的には、まず価格として「理論価格」 P^* を設定し、将来の各期間 s_j に対してキャッシュフロー $C(s_j)$ を現在価値に割り引く割引率 $D^*(s_j)$ を想定し、理論モデルを以下のように定式化する。

$$(2.1.3) \quad P^* = \sum_{j=1}^M C(s_j) D^*(s_j)$$

ここで「理論モデル」の意味の中には、少なくとも以下のような仮定を含む。

- 1) 不確実性がない。即ち P^* および D^* は非確率的(確定的)である。
- 2) 割引率関数 $D^*(s)$ は主観的なものである。もしくは市場の人々は共通な割引率関数を共有する。

また多くの場合、割引率関数を以下のように定式化する。

$$(2.1.4) \quad D_0^*(s) = (1 + r^*)^{-s}$$

ここで r^* は各期間 s_j に共通なキャッシュフロー割引率で通常最終利回りもしくは内部収益率 (internal rate of return) と呼ばれる。この場合は将来のすべての時点で金利は一定(金利の期間構造はフラット)という仮定することになる。これに対して、定期預金のように期間が異なると金利が異なるので、将来の各時点 s に対して金利が異なる定式化としてのスポットレート(理論的)関数

$r^*(s)$ を想定するのが適切である。これを用いると、ゼロクーポン債(割引債)の理論価格は $P^* = 100 D^*(s)$ となる。ここで、 $D^*(s)$ は将来s時点のキャッシュフローを割り引く理論的割引関数で、複利表現として

$$(2.1.5) \quad D^*(s) = (1 + r^*(s))^{-s}$$

として定式化する。

上に述べた割引債では、 $C(s_1) = \dots = C(s_{M-1}) = 0$ であるから、割引関数を利用すると

$$(2.1.6) \quad P^* = C(s_M) D^*(s_M)$$

と書ける。価格 P^* と割引率 $D^*(s_M)$ が 1 対 1 に対応し、満期期間 s_M をもつ割引債からスポットレート $r^*(s_M)$ が一意に求められる。尚、 $r^*(s)$ と $D^*(s)$ の関係は以下の通り。

$$(2.1.7) \quad r^*(s) = D^*(s)^{-1/s} - 1$$

通常、このように割引率関数(2.1.7)を通して割引債の価格と 1 対 1 対応をする関数 $r^*(s)$ をスポットレート関数という。

伝統的債券モデルの考え方は、実際の債券市場価格の変動に対して大きな制約を与える。まず、債券価格は市場で需給均衡値として決定される点を指摘する。市場価格の決定の背後に、投資家の取引動機や保有動機(バイアンドホールド)など様々な動機がある。取引動機はキャピタルゲインを求めての短期的保有が前提であり、一方、保有動機では投資家の ALM(Asset Liability Management)からみて将来必要なキャッシュフローパターンのニーズの違いや、将来の金利予想等による長期的保有のもとに基づいている。したがって現実の価格変動を記述し、投資の意思決定モデルとしての債券価格モデルを考察する場合、はじめから確率価格モデルを考察する必要がある。

伝統的アプローチではこのような市場価格の確率的変動を取り入れるため、第 i 市場価格 P_i のモデルとして、(2.1.3)に誤差項 ε_i を加えて以下のように定式化する。

$$(2.1.8) \quad P_i = \sum_{j=1}^{M(i)} C_i(s_{ij}) D^*(s_{ij}) + \varepsilon_i$$

N 個のデータから N 個の銘柄に共通な割引率関数 $D^*(s)$ を推定する。そして $D^*(s)$ の定式化としてはスプライン関数などを仮定し、そこでの未知パラメータをデータから推定する。誤差項 ε_i に対しては、多くの場合通常の最小 2 乗法の標準的仮定である以下を仮定する。

- 1) 平均ゼロ
- 2) 分散一定
- 3) ε_i と ε_k ($i \neq k$) は無相関

この仮定のもとでは、確率変動する N 個の価格は満期やクーポンレート等の銘柄属性に依存せず、銘柄間で独立に変動することになる。これは現実の価格変動と異なる。必要ならば ε_i と ε_k の間に相関を導入することで、異なる債券価格の確率変動に相関を導入できるが、問題はその構造をどうするかということである。 N 個の銘柄に共通な割引率関数 $D^*(s)$ を想定することは、デフォルトリスクのない同種の割引債に対して可能であるかも知れない。デフォルトリスクが異なると同種の債券でも価格が異なり割引率が異なる。そのリスクが一般に非常に小さくとも民間の割引債よりも地方公共債、地方公共債よりも国債の方が好まれる。より選好される将来のキャッシュは割高となる(割引率は小さくなる)。このような選好の背景にはデフォルトリスクのみならず流動性とも関係がある。満期時点まで保有するだけでなく、何等かの理由でそれを手放すとき換金可能性としての流動性も重要となる。さらに、投資期間に対応した満期をもつ債券が選好されることも多い。市場にはさまざまな機関投資家がいる、彼らの将来のキャッシュフローの発生パターンニーズは極めて多様である。したがって、割引率が確率変動をすると考える場合には、満期までの残存期間も1つの変動特性を形成するものとして考える必要がある。いずれにしても現在の理論的な割引率を考察する場合には将来のキャッシュは、デフォルトリスクと流動性に少なくとも割引率が影響を受けると考えられる。その為、割引率関数を想定する場合も、将来のキャッシュフローを必ずしも同一の割引率関数で評価するわけにはいかない。また、デフォルトリスクはキャッシュフロー発生までの、特に満期を迎えるまでの期間の長さにも依存する。同一の支払い主体でも、期間が長い場合はリスクは大きくなる。即ち、デフォルトリスクは満期までの期間の単調増加関数であると考えられる。

実際に N 個の銘柄に共通な割引率関数 $D^*(s)$ を想定するとすれば、市場が将来のキャッシュフローの割引率(価格)を共通にもつことを意味し、人々の予想や効用関数の違いから、それ自体不自然である。

伝統的なアプローチが内包する問題としては、理論価格の発想が将来のキャッシュフローを共通に評価する決定論的割引率関数によって決まるとみるため、価格の確率変動に対する考察を欠

いている。実際、これらのモデルでは将来の s 時点で発生する第 i 銘柄のキャッシュフロー $C_i(s)$ と第 j 銘柄のキャッシュフロー $C_j(s)$ は、 s が同じである限りその割引率は共通とみる。即ち将来 s 時点のキャッシュの現在価値を評価するという意味で共通な割引率が存在するとみる。しかし、債券の価格は s 時点のキャッシュだけでなく、他の時点のキャッシュの流れ(フロー)全体に対して成立するとみるべきであろう。実際、クーポン 8%満期 2 年の債券 A と、クーポン 8%満期 10 年の債券 B を考えた場合、同じ 8%のクーポンレートであっても満期が異なっているため、1 年後に共通に起きる配当 4 円(半年分)に必ずしも市場で同一の割引率で評価されているとは考えられない。予想や選好は投資家ごとに異なる為、市場で決まる債券価格の個別のキャッシュフローに共通の割引率があるとみるより、各債券価格は他の銘柄属性(満期やクーポン)と一緒にキャッシュフロー全体に対して市場で決まるとみるのが適当である。したがって、個々の債券市場価格の背後にこのような人々の予想と選好があり、そのために価格は確率的に決まる。つまり個々の債券の割引率関数も確率的な部分を含むこととなる。

次に代表的な伝統的モデルを整理したい。伝統的アプローチの立場から、クーポン債の価格モデルとして(2.1.8)にて割引率関数を定式化した代表的モデルとして以下の 3 つがまずある。

- ① McCulloch(1975)モデル：割引率関数に 3 次のスプライン関数を仮定
- ② Houglet(1980)モデル：割引率関数の特定時点の値を推定し、インプライドフォワードレートが各時点間の中で一定と仮定して時点間を補間（各時点をノットポイント(連結点、区分点)という）
- ③ Vasicek and Fong(1982)モデル：割引率関数に指数スプライン関数を仮定

これらのモデルについては浅野・高田(1989)、山田(1990)、小峰ほか(1989)、太田(1993)が詳しい。また、海外の文献では、Litzenberger and Rolfo(1984)では McCulloch 型モデルによる金利の期間構造の税効果を分析しているし、Shea(1984)は均衡モデルとの関係で期間構造スプライン近似の問題を扱っている。また Coleman, Fisher and Ibboston(1992)や Nelson and Siegel(1987)ではスポットレートに多項式スプラインを仮定し、推定法を議論している。これらのアプローチの基本的な考え方は、まずモデル(2.1.8)において銘柄に共通な割引率関数 $D^*(s)$ を本節では単に $D^*(s)$ と表示し、それを滑らかな連続関数 $g_k(s)$ を用いて

$$(2.1.9) \quad D(s) = 1 + \sum_{k=1}^K \theta_{ik} g_k(s)$$

と定式化する。そして $g_k(s)$ として区間ごとに多項式や指数関数を仮定し、標準的仮定 (3.1.6) のもとに、未知パラメータを N 個の債券価格クロスセクションデータから最小二乗法で推定し、割引率関数もしくはスポットレート関数を求める。その場合、(2.1.9) で区間ごとに仮定する多項式の両端（ノットポイント）で曲線が滑らかに接続されるように条件を課す。

このアプローチの基本的な問題点としては、

- (a) ノットポイントの数と位置の選択法は、アприオリに議論することが難しくデータとの関係の中で選択せざるを得ないこと。
- (b) その選択プロセスの中で、見かけ上のフィットを追いすぎ、ノットポイント数の増加とともにパラメータ数を増加し、モデルが不安定になる可能性が高いこと。
- (c) 銘柄属性の異なる債券価格に対して共通の決定論的割引率関数を求めるため、割引率関数の形状が多様な形をとり、それを多項式スプライン関数で近似することは、実は銘柄属性の違いによる価格の違いから歪められた期間構造曲線を求めることになる可能性が高いこと。したがって求められた期間構造は、求めようとする将来のキャッシュフローを共通に評価する割引率関数とは必ずしもならないこと。

が挙げられる。この問題は、前述した「理論価格」を議論する問題点に起因する。加えて各時点において伝統的モデルで推定した期間構造を時系列な変化でみる場合、ノットポイントの数や位置が異なり、それらは各時点に依存する債券の銘柄属性に依存して変化するものであるから、求められる期間構造の時系列変化に対して比較可能性の基盤も失われる可能性がある。これらの問題点に1つの解決を与えたのが CSM モデルである。

① McCulloch モデル

McCulloch(1971,1975)は、割引率関数 $D(s)$ として 3 次多項式スプライン関数を用いる。そこではすべての債券の期間構造の区間 $[0, s_M]$ を K 個の区間 $(u_{k-1}, u_k]$ ($k=1, \dots, K, u_0=0$) に区分し、各区間に1つの3次多項式が対応し、隣接区間の多項式は2次微分可能な形でなめらかに連結されている。具体的には、スプライン関数の議論から (2.1.9) の $g_k(s)$ を次のように定式化する。 $k=1, \dots, K-1$ に対して $g_k(s)$ は

$$\begin{aligned}
g_k(s) &= 0 \quad (s < u_{k-1}) \\
&= (s - u_{k-1})^3 / 6b_k \quad (u_{k-1} \leq s < u_k) \\
(2.1.10) \quad &= \frac{1}{6} [b_k^2 + 3b_k(s - u_k) + 3(s - u_k)^2] - (s - u_k)^3 / 6b_{k+1} \quad (u_k \leq s < u_{k+1}) \\
&= \frac{1}{6} (b_{k+1} + b_k) [2b_{k+1} + b_k + 3(s - u_{k+1})] \quad (u_{k+1} \leq s)
\end{aligned}$$

但し、 $b_k = u_k - u_{k-1}$ で定義され、

$$(2.1.11) \quad g_k = u_k - u_{k-1}$$

である。この割引率関数に対して(2.1.8)の回帰式を作り誤差項に標準的仮定(3.1.9)を仮定し、最小二乗法によって未知パラメータ a_1, \dots, a_K を推定する。問題は区分点 u_1, \dots, u_K の取り方と個数であり、その時系列的安定性である。しかしこのスプライン的アプローチはその後の期間構造モデルの基礎となっている。尚、区分点の数 K として McCulloch は $(N)^{1/2}$ (債券数の平方根) で整数に近いものを取り、区間として等間隔をとることを提案している。

② Houglet モデル

Houglet(1980)は、期間構造の区分点 (ノットポイント) u_1, \dots, u_K での割引率関数の値 $D(s)$, $s \in (u_{k-1}, u_k]$ をフォワードレート一定として指数関数補間する。即ち割引率関数 $D(s)$ とスポットレート関数 $d(s)$ の関係を連続複利の関係として、

$$(2.1.12) \quad D(s) = \exp(-sd(s))$$

とする。従って $\alpha_k = D(u_k)$ より $-u_k d(u_k) = \log \alpha_k$ である。その時点 u_{k-1} と u_k の間のインプライドフォワードレートは以下の通りである。

$$\begin{aligned}
(2.1.13) \quad f_k &= -\frac{\log D(u_k) - \log D(u_{k-1})}{u_k - u_{k-1}} \\
&= -\frac{\log \alpha_k - \log \alpha_{k-1}}{u_k - u_{k-1}}
\end{aligned}$$

となる。そこでこのインプライドフォワードレートを区間 $[u_{k-1}, u_k)$ で一定としてイールド関数を以下のように一次近似する。

$$(2.1.14) \quad -sd(s) = -(s - u_{k-1})f_k - u_{k-1}d(u_{k-1})$$

そして(2.1.13) (2.1.14)を用い割引率関数を $s \in [u_{k-1}, u_k)$ に対して以下のように定式化する。

$$(2.1.15) \quad \begin{aligned} D(s) &= \alpha_{k-1} \exp[-(s - u_{k-1})f_k] \\ &= \alpha_{k-1} \exp[-(\log \alpha_{k-1} - \log \alpha_k)(s - u_{k-1}) / (u_k - u_{k-1})] \end{aligned}$$

これは未知パラメータ a_1, \dots, a_K の非線形関数である。しかしこの割引率関数を区分点で評価すると以下となる。

$$D(u_{k-1}) = \alpha_{k-1}$$

これはキャッシュフロー発生時点 s_{ij} が u_k と対応していれば価格は α_k の線形関数となる。しかしキャッシュフローは必ずしも区分点で発生しないので、区間 $[u_{k-1}, u_k)$ で発生したキャッシュフロー $C_i(s_{ij})$ を区分点 u_{k-1} と u_k に振り分ける。その比率を $w_{k-1}(s_{ij})$, $w_k(s_{ij})$ とし以下と定義する。

$$w_{k-1} + w_k = 1$$

$$(2.1.16) \quad D(s_{ij}) = w_{k-1}D(u_{k-1}) + w_kD(u_k)$$

その結果、以下となる。

$$(2.1.17) \quad w_{k-1}(s_{ij}) = \frac{\exp[-(u_k - u_{k-1})f_k] - \exp[-(s_{ij} - u_{k-1})f_k]}{\exp[-(u_k - u_{k-1})f_k] - 1}$$

$$w_k(s_{ij}) = \frac{\exp[-(s_{ij} - u_{k-1})f_k] - 1}{\exp[-(u_k - u_{k-1})f_k] - 1}$$

(2.1.13)からこの $w_{k-1}(s_{ij})$, $w_k(s_{ij})$ は α_k , α_{k-1} の非線形関数となる。(2.1.8)の回帰式を以

下のよう表わす。

$$\begin{aligned}
 P_i &= \sum_{j=1}^M C_i(s_{ij}) D(s_{ij}) + \varepsilon_i \\
 (2.1.18) \quad &= \sum_{k=1}^K \left[\sum_{s_{ij} \in I_k} \{w_{k-1}(s_{ij}) C_i(s_{ij}) + w_k(s_{ij}) C_i(s_{ij})\} \right] \alpha_{k-1} + \varepsilon_i
 \end{aligned}$$

誤差項に標準的仮定を置き、非線形最小二乗法で推定する。パラメータ α_k が推定されれば、割引率関数 $D(s)$ が得られる。このアプローチの問題は **McCulloch** モデルと同じである。

③ Vasicek=Fong モデル

Vasicek and Fong(1982)のアプローチでは、区分された区間上の割引率関数が区分的に指数スプライン関数であること、推定にあたっては、誤差項 ε_i に標準的仮定をおくのではなく別な構造を仮定する点の特徴である。彼らの議論の出発点は、割引率関数はほぼ指数関数的とみる。

$$(2.1.19) \quad D(s) \sim \exp(-\gamma s)$$

まず、割引率関数の定義域 $[0, \infty)$ を $[0, 1)$ に返還することを狙って、以下とおく。

$$(2.1.20) \quad s = \frac{1}{2} \log(1-x), \quad 0 \leq x < 1$$

このとき、

$$(2.1.21) \quad D(s) = D\left(-\frac{1}{\alpha} \log(1-x)\right) \equiv G_0(x)$$

とおくと、(2.1.19)を前提とすると、以下となる。

$$(2.1.22) \quad G_0(x) \sim (1-x)^{\gamma/\alpha}, \quad 0 \leq x < 1$$

すなわち期間構造の時間スケールを(2.1.20)のようにとると、割引率関数 $G(x)$ はほぼ x のべき関数として考えられ、多項式近似の可能性が大きくなるとみる。そこで $G(x)$ に対して McCulloch のような多項式スプライン近似することを考えて以下とする。

$$(2.1.23) \quad G_0(x) = 1 + \sum_{k=1}^K b_k g_k(x)$$

そこで(2.1.20) より s_{ij} を x_{ij} にスケール変換した以下のモデルで未知パラメータ b_i 及び α を推定する。

$$(2.1.24) \quad P_i = \sum_{j=1}^{M(i)} C_i(x_{ij}) G_0(x_{ij}) + \varepsilon_i$$

その推定法として、誤差項 ε_i ($i = 1, \dots, N$) に対して分散行列

$$(2.1.25) \quad \Sigma = \text{diag} \left\{ \left(\frac{dP_1}{dr_1} \right)^2, \dots, \left(\frac{dP_N}{dr_N} \right)^2 \right\} \quad (\text{対角行列})$$

を仮定し、一般化最小 2 乗法を用いる。ここで $\frac{dP_1}{dr_1}$ は第 i 債券の最終利回り r_i についてのデュレーションである。その一般化最小 2 乗法は、未知パラメータ α を与えながら行い、一般化された誤差の 2 乗和が最小となるような α を探索する。Vasicek and Fong のこのアプローチは、基本的に McCulloch のアプローチと考え方において同じであるが、期間構造の時間スケールを変えることで多項式近似の度合を高めることを狙うものである。もちろん ε_i の分散行列の定式化に目を向けたことは McCulloch と異なり、アドホックであるが重要である。尚、前述の CSM モデルでは、誤差項に分散行列を導出し、一般化最小 2 乗法によってパラメータを推定する。

2. 2 代表的な数理ファイナンスモデル

$D_g(s)$ は第 g 国債の属性依存型の確率的割引率関数で $0 < s \leq s_{aM(a)}$ with

$s_{aM(a)} = \max_g s_{gM(g)}$ のように定義される。 $D_g(s)$ の価値全体は $t=0$ 時点で実現し、 $D_g(s)$ によりキャッシュフロー $C_g(s)$ を $C_g(s)D_g(s)$ の形で割り引く。これらに基づいた G 債券価格のモデルは以下のように記述される。

$$(2.2.1) \quad P_g = \sum_{j=1}^{M(g)} C_g(s_{gj}) D_g(s_{gj}) \quad (g=1, \dots, G)$$

これは、国債価格の無条件クロスセクションモデルである。(2.2.1)でそれぞれの価格 P_g と、 $g=1, \dots, G$ としたときの $\{D_g(s): 0 \leq s \leq s_{gM(g)}\}$ を同等とみなしている。このように、 G 債券価格は、 $D_g(s_{am})$ ($m=1, \dots, s_{aM(a)}; g=1, \dots, G$) と対応している。また、その確率的割引率関数の相関構造は債券価格の集合全体に含まれている。

数理ファイナンスのスポットレートアプローチでは、 $t=0$ 時点のデフォルトリスクの無い債券価格は、過去と現在の情報が所与の、属性に依存しない割引率関数を用いた条件付き期待値で特定される。これは以下で表現する。個別価格についての表現である。

$$(2.2.2) \quad P_g(1) = \sum_{j=1}^{M(g)} C_g(s_{gj}) \overline{D}(s_{gj})$$

$$\overline{D}(s_{gj}) = E_0[\exp(-\int_0^{s_{gj}} r_u du)] \equiv H(r_0, s_{gj}, \theta)$$

$\{r_u : 0 \leq u \leq s_{aM(a)}\}$ は金利の瞬間的スポットレート $\{r_u\}$ であり、それは全ての債券に共通である。 $E_0[\]$ は 0 時点の r_0 が所与のもとでのリスク中立測度による条件付き期待値を意味している。だがその測度は一意に特定できない。 θ は CIR モデルや前述の Vasicek モデルのように、特定のモデルがスポットレートプロセス $\{r_u\}$ に使えるときにとり得るパラメータの集合を意味する。数理ファイナンスでは、条件付き期待値はリスク中立測度のもとで得られると考えられる。(2.2.2)は無裁定価格理論に基づいている。実際に、変数 r_0 は全ての G 債券価格に対応している唯一の変数である、言い換えるとただひとつの変数だけで表現していることとなる。このように現実では、(2.2.2)式通りとはいえず、債券価格は実際に満期

やクーポンによって異なった関係を持つ。そのようなスポットレートアプローチでは、スポットレートプロセスのモデリングが、条件付き割引率関数ゼロイールドカーブである $\{R_u : 0 \leq u \leq s_{aM(a)}\}$ を通じ $H(r_0, s, \theta) = \exp(-R_s s)$ により定義される。もしくは同等に

$R_s = -\frac{1}{s} \log H(r_0, s, \theta)$ にて得られる。これに対し、結論として、現実のデータを生成する現実の測度を用いることとした。

このアプローチの他の特筆すべき点は、債券プライシングのスポットレートプロセスに於いて、クーポンレートや満期のような属性が無視されていることである。経験的に言っても、市場において債券価格は属性に基づいて決まっていることがわかる。スワップレートプロセスのモデル化において、Collin-Dufresne and Solnik(2001)や Feldhutter and Lando(2007)は、スワップレートが信用属性に依存していると説明している。また、スワップレートプロセスは、抽象的なリスクフリーレートプロセス $\{x_{1s}\}$ や、各々独立なコンビニエンスイールドプロセス $\{x_{2gs}\}$ の合計されたものと説明されている。コンビニエンスイールドは、流動性プレミアムや信用リスクプレミアムが含まれている。

例： $r_{gs} = x_{1s} + x_{2gs}$ 結果として、属性依存のコンビニエンスプロセスである $\{x_{2gs}\}$ は、調整ファクターとして機能しうる。このようなプロセスを用いると、(3.1.6) の割引率関数が属性依存となる：

$$(2.2.3) \quad \overline{D}_g(s_{gj}) = E_0[\exp(-\int_0^{s_{gj}} r_{gs} ds)]$$

本研究では、この(2.2.2)の条件付き期待値のようなスポットレートアプローチを用いない。だが、無条件表現によるフォワードレートアプローチは用いる。又、以下(2.2.1)のような属性依存型モデルを作った。

$$(2.2.4) \quad P_g = \sum_{j=1}^{M(g)} C_g(s_{gj}) D_g(s_{gj}) \quad D_g(s) = \exp(-\int_0^s f_{gu} du) ,$$

$\{f_{gs} : 0 \leq s \leq s_{aM(a)}\}$ の範囲では、連続型のフォワードレートの期間構造プロセスで、 $t=0$ 時点に於いて値を導出可能である。換言すると、各々の g で、 P_g の実現値は、パス $\{f_{gs} : 0 \leq s \leq s_{aM(a)}\}$ 全体の実現値に対応している。又、(2.2.4)は(2.2.1)と同等である。他方、属性に依存しないフォワードレートプロセスでは、連続時間の HJM モデル (Heath-Jarrow-Morton(1992))がある。これは、各々の独立した g のもとで、期間構造

$\{f_{ts} : 0 \leq s \leq s_{taM(a)}, t \geq 0\}$ のプロセスを、属性に依存しない割引率関数 $D_t^*(s_{gj}) = \exp(-\int_0^{s_{gj}} f_{ts} ds)$ を用いて表現する。HJM モデルは前提条件を考慮する必要がある。マルコビアン的な表現は、通常無裁定条件のもとで議論される。Kamizono and Kariya(1998)では、フォワードレートによる分散・共分散を含むモデルの特定にて、無裁定条件のもとで作られ、特定されたモデルはリスクの市場価格が見積もられた日本の国債先物取引（フューチャー）データにより効果が実証実験されている。

Nelson and Siegel(1987) は、長期、中期、短期に関連した 3 つの変数を用いて期間構造をパラメトリックに記述できると論じた。さらに、最近ではこの考え方を時間を通じたモデル化に適用し、Nelson-Siegel モデルをダイナミックな 3 ファクターモデルとして解釈するアプローチも提案されている（藤井、高岡（2008））。

最後に、特定の国債を持つことで保証されるキャッシュフローパターンは、年金基金や生保等の機関投資家に対して大きな価値を提供すると言える。彼らはキャッシュインフローとキャッシュアウトフローを長期期間かけて一致させていく必要があるからである。換言すれば、クーポンと満期は、長期見通しを踏まえた投資の意思決定に影響を与える重要な属性と言える。例えば、投資家たちのキャッシュインフローやキャッシュアウトフローの構造に依存したり、金利の動向の将来見通しに依存したりする為、2年満期や5%クーポンの国債は6年満期や3%クーポンより好まれないかもしれない。ここでクーポンと満期が独立した属性と考えている。彼ら機関投資家は、投資銀行によって処理されたゼロクーポン債やストリップス債を好む必要がない。キャッシュインフローとキャッシュアウトフローを合わせてこれらのストリップス債からポートフォリオを作ることは、費用が嵩み、投資銀行の信用リスクが追加的に上乗せされることとなっているからである。

第3章 国債プライシングモデル

本章では、実証分析の為に確率的割引率関数 $D_g(s)$ ((2.2.1)又は(2.2.4)参照)を用いた属性依存型の国債プライシングモデルを特定する。

Kariya and Tsuda(1994)では、CSM (Cross-sectional Market) というモデルが異なるクーポンレートや満期を持つ個別の日本国債を同時に扱い価格付けするためのモデルとして紹介されている。本研究では、この CSM モデルの効果を実証し、さらに TDM (Time-Dependent Markov) モデルが効果的であることを補足したい。本研究では CSM モデルでサンプルを用いたパフォーマンスを Kariya and Tsuda(1994)と比較し有意に改善させた。Kariya and Tsuda(1994)で用いた月次データは 1980 年 1 月から 1992 年 12 月のものであった。尚、この CSM モデルは、アセットマネジメント企業において日本国債の取引に実際に使われたことのあるモデルである。Kariya and Tsuda(1996)では、TDM モデルによる 1 ヶ月先の価格予測を十分高い精度で行っている。

これらのモデルでは、平均割引率関数を演算の複雑さより、二次の多項式を仮定するに留まっていた。二次の多項式では、割引率関数を考えるうえで、さらに金利の期間構造の導出及び分析には適当でなかった。割引率関数は単調な減少関数であるべきだが、2 次式ではそれが表現できないからである。そこで、本研究では二次を超える多項式を仮定し、且つ、金利の期間構造の導出についても拡張し検討した。

本研究では、Kariya and Tsuda(1994)とは異なった特定方法で CSM モデルの最大限のパフォーマンスを追求した。対象サンプルには 2005 年 9 月から 2010 年 8 月 (60 ヶ月) のデータを用いた。互いに異なる属性を持つ個別日本国債を対象としたプライシングが可能で、個別の日本国債の集合が内包する金利の期間構造の挙動をイールドカーブとして描写することも可能である。GLS(General Least Square:一般化最小二乗法)フレームワークの妥当性に関する様々なテストも実施した。結論として、凡そどんな時点でも有効な 6 次の多項式を持つ平均割引率関数を導出できた。また、日本国債の個別債券価格間にあるクロスセクションの相関を描写する分散共分散構造の特定もできた。

さらに、Kariya and Tsuda(1994)ではモデルの最適性の検証なども行われていない。属性効果の実証的有意性圏点を行わず、残差の標準偏差のみに依存している。また、その属性依存型平均割引率関数の定式化でも、共通ファクターとしての (市場金利に対応する) 属

性を考慮せず、直接的に満期とクーポンの属性ファクターにのみ依存する定式化 $M(0,1,1)$ のみを扱う (3.1.5 参照)。これは、分析目的が (II) 投資の意思決定目的であるためだが、この形では属性効果による国債価格の部分と市場金利水準による国債価格が分離されないため、投資分析においても限界を与える。

本研究のサンプル期間は 2008 年 8 月から始まった金融危機時期を含む、月次の約 220 債券の価格データである。各々の月次データを用いる 4 つのモデルを考案した。それらを M0 モデル、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルと呼ぶこととする。M0 モデルは、属性非依存型のモデルで、金利の期間構造の導出だけでなく、満期効果を考慮した M1 モデルや、クーポン効果を考慮した M2 モデル、満期とクーポンの双方を考慮した M3 モデルとのパフォーマンス比較を議論する為のベースモデルとして活用できる。金融危機時でさえ、M3 モデルは全ての個別の日本国債のプライシングにおいて素晴らしい結果を示した。金融危機後の結果で特に顕著であったが、特定の投資家は満期の残期間が 7 年から 8 年の間のものを好み投資していることが観察できた。この特定の投資家の行動は国債先物取引の制度上の構造に関連していると考えられる。国債先物取引では満期の残期間が凡そ 7 年のものがチープエスト銘柄として最安値で取引できる為、債券価格が割高傾向となっている。満期属性に強く依存が観られた事象のひとつである。

属性依存型モデルのパフォーマンスと意義についての M0 モデルとの比較は 4 章にてまとめられている。M0 モデルが内包する金利の期間構造はスワップレートとの比較にてよいパフォーマンスを示した。このように、これらのモデルは様々な目的に実用可能である。M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルが内包する、属性依存型の金利の期間構造についても 5 章で議論する。

初めに、 $D_g(s)$ を平均的な要素と確率的誤差の要素に分解したい。

$$(3.1.1) \quad D_g(s) = \bar{D}_g(s) + \Delta_g(s)$$

これを(2.2.1)式に代入する。展開は以下の通り。

$$(3.1.2) \quad P_g = \sum_{m=1}^{M(g)} C_g(s_{gm}) \bar{D}_g(s_{gm}) + \eta_g$$

$$\eta_g = \zeta_g' \Delta_g = \sum_{m=1}^{M(g)} C_g(s_{gm}) \Delta_g(s_{gm}),$$

$$(3.1.3) \quad \zeta_g = (C_g(s_{g1}), \dots, C_g(s_{gM(g)}))' : M(g) \times 1$$

$$\Delta_g = (\Delta_g(s_{g1}), \dots, \Delta_g(s_{gM(g)}))' : M(g) \times 1.$$

3. 1 平均的割引率関数の特定

(3.1.2) 式は(2.2.4)式に対応した表現である。ここでは属性依存型のフォワードレートプロセス $\{f_{gs} : 0 \leq s \leq s_{aM(a)}\}$ を特定せず、 $[0, s_{aM(a)}]$ の範囲での平均割引率関数 $\bar{D}_g(s)$ が s に関して連続であると仮定することで、一様に p 次の多項式により近似できる。

(3.1.4)

$$\bar{D}_g(s) = 1 + (\delta_{11} z_{1g} w_1 + \delta_{12} z_{2g} w_2 + \delta_{13} z_{3g} w_3) s + \dots + (\delta_{p1} z_{1g} w_1 + \delta_{p2} z_{2g} w_2 + \delta_{p3} z_{3g} w_3) s^p$$

$w_1 = 1, w_2 = 0 \text{ or } 1, w_3 = 0 \text{ or } 1$ を各々変化させることで、 $z_{1g} = 1, z_{2g} = s_{gM(g)}, z_{3g} = c_g$ は、属性をあらわす変数となる。各々のモデルのパラメータは $g = 1, \dots, G$ の全ての債券で共通である。債券数 G が、含まれるパラメータ数より大きい場合はパラメータ推定が可能となる。 (w_1, w_2, w_3) の設定により 4 種類の属性依存型平均割引率関数を検討できる。以下ではこれらをもとにパラメータを推定している。

- (3.1.5) (1) (1,0,0) の M0 モデル ; 属性を考慮しない基本モデル
 (2) (1,1,0) の M1 モデル ; M0 モデル + 満期効果
 (3) (1,0,1) の M2 モデル ; M0 モデル + クーポン効果
 (4) (1,1,1) の M3 モデル ; M0 モデル + 満期効果 + クーポン効果

これらの 4 つのモデルについて日本国債の価格データによる実証調査をした。

M0 モデルは国債価格に含まれる金利の期間構造を導出する為のベースモデルである。属性依存型の平均割引率関数 $\bar{D}(s)$ が導出できるため、引き続き以下式によりイールドカーブに変形する。

$$(3.1.6) \quad R_s = -\frac{1}{s} \log \bar{D}(s) \quad 0 \leq s \leq s_{aM(a)}$$

これはリスクフリーのイールドカーブとして、以降、別の章に於いても活用する。

最後に(3.1.4) 式を(3.1.2) 式に代入する。ここで M3 モデルを前提にした場合、以下のよ
うに表現できる。

$$(3.1.7) \quad \sum_{m=1}^{M(g)} C_g(s_{gm}) \bar{D}_g(s_{gm})$$

$$= a_g + (\delta_{11} d_{g11} + \delta_{12} d_{g21} + \delta_{13} d_{g31}) + \cdots + (\delta_{p1} d_{g1p} + \delta_{p2} d_{g2p} + \delta_{p3} d_{g3p}),$$

$$a_g = \sum_{m=1}^{M(g)} C_g(s_{gm}) \quad d_{gij} = \sum_{m=1}^{M(g)} C_g(s_{gm}) z_{gi} s_{gm}^j$$

d_{gij} の添え字となっている i は、属性についてのサフィックスで、 j は多項式の次数につ
いてのサフィックスである。

$$(3.1.8) \quad \underline{x}_g = (d_{g11}, d_{g21}, d_{g31}; d_{g12}, d_{g22}, d_{g32}; \cdots; d_{g1p}, d_{g2p}, d_{g3p})': 3p \times 1$$

$$X = (\underline{x}_1, \underline{x}_2, \cdots, \underline{x}_G)': G \times 3p$$

これらを通じ、以下のような回帰モデル式で表現することができる。

$$(3.1.9) \quad \underline{y} = X \underline{\beta} + \underline{\eta}$$

$$\underline{y} = (y_1, y_2, \cdots, y_G)': G \times 1 \text{ with } y_g = P_g - a_g$$

$$\underline{\eta} = (\eta_1, \cdots, \eta_G)'$$

$$\underline{\beta} = (\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{13}; \delta_{21}, \delta_{22}, \delta_{23}; \cdots; \delta_{p1}, \delta_{p2}, \delta_{p3})': 3p \times 1$$

3. 2 割引率関数の分散・共分散の特定

(3.1.6) 式の通り、 η の分散・共分散行列の特定は重要である。 $\underline{P}=(P_1, \dots, P_G)'$ の分散・共分散構造や、それと同等な η の分散・共分散構造を特定することで、 G 債券価格の関係性を確率的に記述できるようになるからである。(3.1.2) 式を見ると、この特定は、第 g 債券、又は、第 h 債券各々のキャッシュフロー発生時点 s_{gj} 又は s_{hm} における確率的割引率関数 $D_g(s_{gj})$ 又は $D_h(s_{hm})$ の共分散構造の特定と同等である為、まず以下のように定式化する。

$$(3.2.1) \quad \text{Cov}(D_g(s_{gj}), D_h(s_{hm})) = \sigma^2 \lambda_{gh} f_{gh.jm}$$

σ^2 は、変数の大きさを決めるための共通の分散・共分散要素である。 λ_{gh} は満期の違いに関する分散・共分散要素で、 $f_{gh.jm}$ はキャッシュフローを発生する s_{gj} 時点、又は、 s_{hm} 時点の時間の差についての分散・共分散要素である。これらの 2 つの要素については更に細かく特定した。

$$(3.2.2) \quad \lambda_{gh} = \begin{cases} e_{gg} & (g=h) \\ \rho e_{gh} & (g \neq h) \end{cases} \quad \text{with} \quad e_{gh} = \exp(-\xi |s_{gM(g)} - s_{hM(h)}|)$$

$$(3.2.3) \quad f_{gh.jm} = \exp(-\theta |s_{gj} - s_{hm}|)$$

ここで θ と ρ は $0 \leq \theta, \rho \leq 1$ で、 ξ は $0 \leq \xi \leq 2$ である。以下も含む。

- (1) e_{gg} 又は λ_{gg} : 各債券の満期が長いほど、各債券価格の分散は大きくなる。
- (2) e_{gh} 又は λ_{gh} : 2 つの債券の満期の差が大きいかほど、分散は小さくなる。
- (3) $f_{gh.jm}$: 2 つの債券のキャッシュフロー発生時点が近いほど、割引率関数 $D_g(s_{gj})$ 又は $D_h(s_{hm})$ の分散は大きくなる。尚、今回、モデル自体をこのように形成したが、実際の実証では θ は固定し推定パラメータとして扱わなかったことを補記したい。

この特定のもとで、 η の分散・共分散行列は以下で与えられる。

$$(3.2.4) \quad \text{Cov}(\eta) = (\text{Cov}(\eta_g, \eta_h)) = (\text{Cov}(P_g, P_h)) = \sigma^2 (\lambda_{gh} \varphi_{gh}) \equiv \sigma^2 \Phi(\theta, \rho, \xi)$$

$$(3.2.5) \quad \varphi_{gh} = \sum_{j=1}^{M(g)} \sum_{m=1}^{M(h)} C_g(s_{gj}) C_h(s_{hm}) f_{gh.jm}$$

3. 3 未知のパラメータの導出

Kariya and Kurata(2004)では、以下を最小化するような GLS（一般化最小二乗法）により未知パラメータを効果的に導出できるとしている。

$$(3.3.1) \quad \psi(\underline{\beta}, \underline{\theta}, \underline{\rho}) = [\underline{y} - X\underline{\beta}]' [\Phi(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})]^{-1} [\underline{y} - X\underline{\beta}]$$

初めに所与の $(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ を用いて、最小化の目的関数 $\underline{\beta}$ を GLSE により導く。

$$(3.3.2) \quad \hat{\underline{\beta}}(\hat{\underline{\theta}}, \hat{\underline{\rho}}, \hat{\underline{\xi}}) = [X' \Phi(\hat{\underline{\theta}}, \hat{\underline{\rho}}, \hat{\underline{\xi}})^{-1} X]^{-1} X' \Phi(\hat{\underline{\theta}}, \hat{\underline{\rho}}, \hat{\underline{\xi}})^{-1} \underline{y}$$

その時 $\hat{\underline{\beta}}(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ の代わりに、結合された関数 $\psi(\hat{\underline{\beta}}, \underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ を、 $(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ を動かすことで最小化し、最終的に $(\hat{\underline{\beta}}, \hat{\underline{\theta}}, \hat{\underline{\rho}}, \hat{\underline{\xi}})$ を算出する。尚、本研究では $(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ を算出する際、グリッド法を用いた。これは有限の分割点又は $(\underline{\theta}, \underline{\rho}, \underline{\xi})$ のラティスにより目的関数を最大化する方法である。ラティスはコンパクトにすることとし $[0, 0.9] \times [0, 1] \times [0, 2]$ を 0.1 間隔で設定した。

3. 4 日本国債の概要²

日本国債は、日本国政府が発行する国債（国家の公債）である。国債ニ関スル法律（明治 39 年法律第 34 号）に基づいて発行されており、正式名称は「国庫債券」、法律上の名称は単なる「国債」だが、実務上、日本国債、または JGB (Japanese Government Bond) ともいう。国（日本国）の運営に必要な資金を集めるために発行される。証券が発行されるもの（国債証券）と発行されないもの（登録国債及び振替国債）がある。

3. 4. 1 日本国債の種類

日本の国債には多くの種類がある。それらは発行の目的や償還期間の長短などにより分類される。国債の額面は、15 年変動利付国債と物価連動国債が 10 万円、個人向け国債が 1 万円、そのほかは 5 万円である。物価連動国債と割引短期国債 (TB)、政府短期証券 (FB) は法人のみ購入が可能で、個人向け国債は個人のみ購入が可能である。

² 本節の議論は財務省管理局『債務管理レポート』、Wikipedia「国債」<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%BD%E5%82%B5> 等に基づく。

2003年1月27日以降に発行された物価連動・個人向けを除く固定利付国債は、元本部分と利札部分を分離して別々に流通させることができるようになった（ストリップス債）。これらの分離された元本部分、利札部分はそれぞれ割引債であり、分離元本振替国債、分離利息振替国債と呼ばれる。名前に「振替」の文字が入っているのは、これらの分離国債が振替決済制度によってのみ流通することができるからである。従って個人は購入できない。

3. 4. 1 (1) 利払いや償還額による分類

短期国債を除き、利子は半年に1度支払われ、満期時に元本が償還される。その利払い等の違いから固定利付債、変動利付債、物価連動債、割引債等がある。

固定利付債：半年ごとに一定の利子が支払われ、償還時に額面金額が支払われる。

変動利付債：半年ごとに支払われる利子の額が市場金利によって毎回見直される。償還時に額面金額が支払われる。

物価連動債：金利は固定であるが、元本と利息が全国消費者物価指数に連動して増減する。そのため、元本割れになることもあり得る。尚、平成25年度以降に発行される物価連動国債には償還時の元本保証が設定されている。

割引債：途中で利払いはないが、額面を下回る額で発行され、償還時に額面金額が支払われる。かつては3年や5年のものが発行されたことがあるが、2002年11月以降は短期のものしか発行されていない。

3. 4. 1 (2) 目的による分類

国債を発行根拠法別に分類した場合、普通国債と財政投融资特別会計国債（財投債）に大別される。普通国債がその利払い・償還財源が主として税財源により賄われるのに対し、財投債は主として財政融資の貸付先からの回収金によって賄われる。普通国債及び財投債はいずれも国債の一種であり、発行は一体で金融商品としても金利・満期等全く同じであり、市場でも区別なく取引される。

表 3-1 国債の発行根拠法別分類

国債	普通国債	建設国債
		特例国債
		年金特例国債
		復興債
		借換債
	財政投融资特別会計国債（財投債）	

普通国債 建設国債（4条国債）：道路、住宅、港湾のような社会資本の建設のため、財政法第4条に基づき発行される。

赤字国債（特例国債）：歳入の不足を補うために、1年限りの特例公債法を制定して発行される国債である。

交付国債：財政投融资特別会計国債（財投債）借換国債（特別会計に関する法律第46条及び第47条）

個人向け国債：10年変動金利のもの（2003年3月 - ）、5年固定金利のもの（2006年1月 - ）と3年固定金利のもの（2010年6月 - ）がある。いずれも、中途解約の際の買い取り額保証を定めているのが特色である。なお、2011年12月以降に募集するものについては東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の復興財源として活用するために、名称を「個人向け復興国債」としている[1]。

3. 4. 1 (3) 償還期間による分類

現在発行されている国債は短期国債（1年）、中期国債（2年、5年）、長期国債（10年）、超長期国債（20年、30年、40年）、個人向け国債（固定3年、固定5年、変動10年）に大別される。このうち短期国債は全て割引債である。割引債とは前述の通り額面金額を下回る価格で発行され、途中での利払いは無く、満期時に額面金額で償還される国債である。

超長期国債：15年（変動利付国債）・20年（利付債）・30年（利付債）・40年（利付債）

長期国債：10年（利付債）・10年（個人向け国債）・10年（物価連動国債）

中期国債：2年（利付債）・3年（利付債）・3年（割引債）・4年（利付債）・5年（利付債）・5年（割引債）・5年（個人向け国債）・6年（利付債）4年債は2001年2月以降、6年債は2001年3月以降は5年利付債に統合されたため発行を停止した。割引債は、3年債は2002年11月に、5年債については2000年9月をもって発行を打ち切っている。

短期国債：6ヶ月（割引債）・1年（割引債）

国庫短期証券：60日（割引債）

3. 4. 2 国債残高の推移

平成 25 年度の予定ベースでは、財投債を含めた国債発行残高は 814.3 兆円（図 3-1 参照）に上るなど多額の国債残高となり、今後とも国債の大量発行が続くと政府に於いても見込まれている。年度単位の国債発行総額は平成 25 年度で 170.5 兆円（図 3-2 参照）となり、平成 24 年度当初に比べて 3.7 兆円の減少となった。

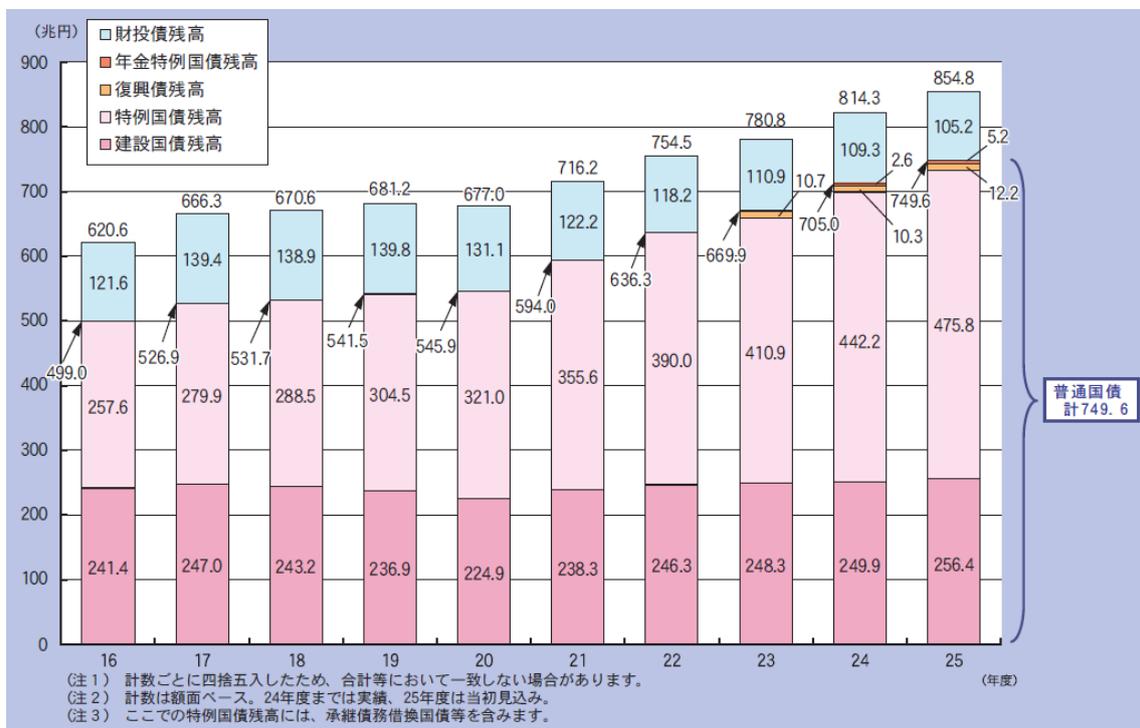


図 3-1 国債発行残高の推移

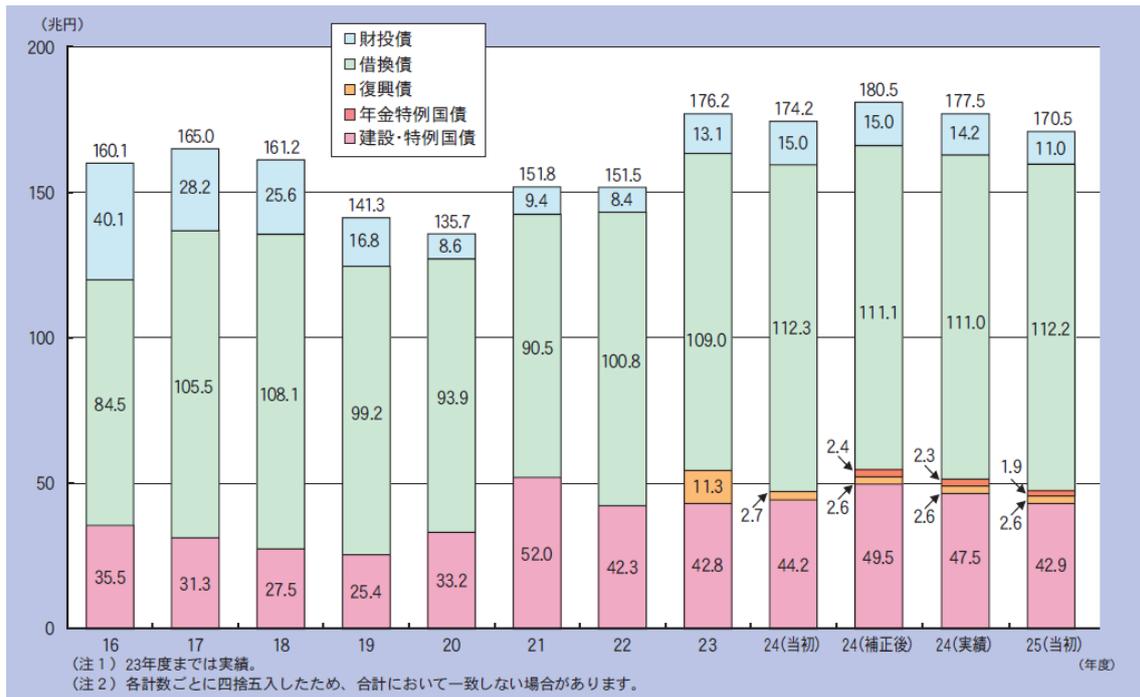


図 3-2 国債発行総額の推移

第4章 国債価格モデルの推定

4. 1 国債価格モデル推定のフレームワーク

前章で提案したクロスセクションモデルの可能性を検討する為、本章及び 5 章にて実証分析を実施した。この分析を通じ、異なる属性を持つ個別の国債プライシング手法の精度や、イールドカーブとして日本国債が内包する金利の期間構造の動向についての有効性を検証した。

4. 1. 1 属性効果を考慮したモデル推定

本章では、まず実証分析のフレームワークの構築について議論する。前章で説明した通り、平均割引率関数の (w_1, w_2, w_3) の組み合わせから、4 つのモデル M0 モデル、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルを決めた。

(1,0,0)を代入した M0 モデル：属性効果を考慮しない基本ケース

(1,1,0)を代入した M1 モデル：M0 モデル+満期効果

(1,0,1)を代入した M2 モデル：M0 モデル+クーポン効果

(1,1,1)を代入した M3 モデル：M0 モデル+満期効果とクーポン効果

他方、Kariya and Tsuda(1994,1996)の CSM モデルと TDM モデルは、 $(w_1, w_2, w_3) = (0, 1, 1)$ で多項式次数が 2 次 ($p = 2$) のものだけを検討対象とし、満期効果とクーポン効果の双方を含むが、属性効果を含まないもの(本研究の M0 モデル)を扱っていなかった。また、 w_1 を前記の通り 0 と置くことで定数項を考慮していなかったが、本研究では定数項を含めることによる属性効果の影響を調整できる要素を重く見て新たに加えた。TDM モデルは時系列検討の部分で CSM モデルを拡張しており、日本国債価格の説明変数として、 $\hat{\eta}_{-1}$ を残差ラグとして追加している。これは以下のように表記する。

$$(4.1.1) \quad y = X\beta + \eta + \zeta\hat{\eta}_{-1}$$

$\hat{\eta}_{-1}$ は-1 時点 (1 時点前) の CSM モデルに基づく残差ベクトルである。結果として、時間につれてパラメータが変化する時間依存型のマルコフモデルであるこの TDM モデルは 1 ヶ月先の日本国債価格を予測できるモデルとなる。この TDM モデルは債券価格の説明力において CSM モデルよりも強力であるにも関わらず、所与の金利の期間構造導出や分析

には適当とはいえない。

本研究では、これらと同様のクロスセクションだが、 (w_1, w_2, w_3) の組み合わせから 4 通りのモデルを 6 次 ($p=6$) の多項式により表現するという拡張した形で検討し、Kariya and Tsuda(1994)の CSM モデル($(w_1, w_2, w_3) = (0, 1, 1)$)で多項式次数が 2 次 ($p=2$) よりパフォーマンスのよい結果を導いた。この結果を本章及び 5 章にて示す。

4. 1. 2 日本国債データ

今般の分析対象のサンプルデータは 5 年分で、2005 年 9 月から 2010 年 8 月までのものである。当該期間の本研究のデータは月次（毎月末の日本国債価格）、満期は 1 年以上 20 年以内の債券を用いた。20 年以上の満期となる日本国債を用いない理由は、取引量が少なく、流動性に乏しい為である。一方、満期が 1 年以下の国債を用いない理由は、以下の 2 点からである。1 点目は、日本国債のうち短期国債は市場において合理的に価格づけされているとは言い難い為である。それは金融機関に当該種類の国債を持つメリットがある為で、保有しているだけで政府より一定のフィーを得ることができることで価格付けに別の要素が大きく関与していることとなる。このような国債を含むと今般の研究の多項式表現の係数決定に際して雑音となり、適切な解を得られない恐れが高く、金利の期間構造を検討するうえで悪い影響が出る恐れもある為である。2 点目は、短期金利が市場において直接観察できることから研究対象からはずしている。これに対して満期の長い長期金利（リスクフリー）は銀行間信用のスワップレート以外に把握が困難である。本研究の主たる関心は、リスクフリーの長期金利の期間構造の動態を導き出すことにある。これに、短期市場金利を加えて期間構造全体に拡張すれば、その結果、期間構造は「より純粋な」市場金利を表現していると言える為このような方針とした。技術的にも、短期日本国債価格と長期国債価格を結合してひとつのスプライン関数で表現しようとした場合、どうしても歪みを生じてしまうということがある。

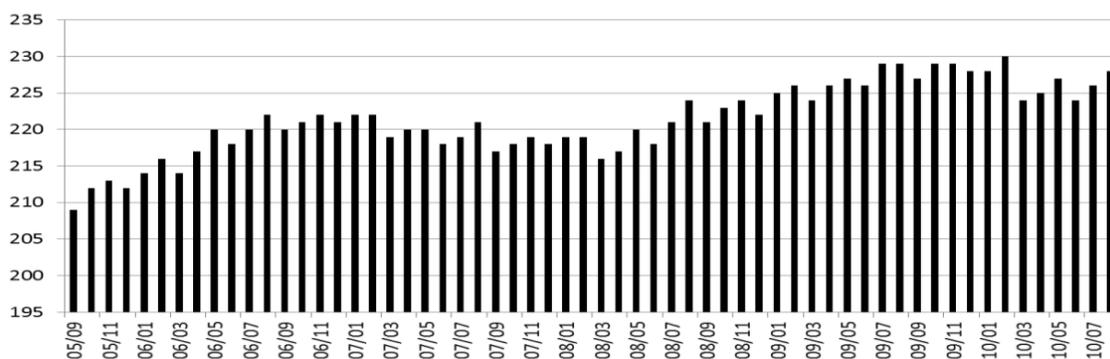


図 4-1 国債データ銘柄数の推移

サンプルデータ期間に、所謂金融危機が含まれている為、今般、分析に向けて期間を 4 つのサブ期間 (period) に分けた³。

Period	期間	概要
Period I	2005.9～2007.9	経済上昇期 ($M0-RSD < 1, M0-GLSV < 0.00052$)
Period II	2007.10～2008.7	経済転換期 (最初のサブプライムショック 2008 年 3 月を含む) ($0.00055 < M0-GLSV < 0.00052$ 2008 年 3 月以外)
Period III	2008.8～2009.5	金融危機期 (リーマンショック 2008 年 9 月を含む) ($M0-GLSV < 0.001$)
Period IV	2009.6～2010.8	金融危機後

特筆すべき点として、日本政府は 14 回目の景気サイクルのピークが 2007 年 11 月であったと判断しているが、本研究の区分ではその期間を Period II に含めている。この分析により、モデルの有効性だけでなく、クロスセクション実証分析を通しての投資家の経済的な行動変化や金利の期間構造の変化を観察した。

図 4-2 には月次の日本国債の取引量をまとめている。ここでは 2003 年 7 月時点を 100 とした比較表記としているが、景気サイクルのピークである 2007 年の年末頃迄、上昇傾向が続き、2003 年 7 月の取引量の 2 倍以上となっていることがわかる。そしてその後は下降傾向に転じている。2008 年 8 月から 2009 年 5 月の Period III では特段の激しい取引はなく、取引が総体的には減少していく様子がわかる。

³ 後述するが、当該区分は景気サイクル的な観点と表 4-1 や 4-2 にある M0 モデルの GLSV 値や RDS 値に基づいて設定した。



図 4-2 2003 年 7 月対比の日本国債取引量 (%)

4. 2 多項式の次数についてのモデル選択

平均割引率関数(3.1.4) の p 次の多項式の次数特定からモデル選択を始める。選択にあたっては(1)AIC 基準、(2)GLSV (一般最小二乗法の目的関数の最小値である $\hat{\psi}$ を用いた $(\hat{\psi}/G)^{1/2}$ で定義した値)、(3)残差標準偏差 (RSD) を用いた。但し、AIC は正規分布を前提として計算されるが、本研究では誤差項に正規分布を仮定していない。

まず、平均割引率関数の次数選択は M0 モデルで実施した。結果を見ても、M0 モデルは金利の期間構造、JGB のプライシングの基礎モデルとみなせる。その他のモデルは M0 を用いて選択した次数と同じ多項式次数として、属性変数の説明力によって JGB プライシングモデルとしての評価をする。これらのモデルは、追加効果を伴う国債金利の期間構造を導出する。ここで算出したい多項式の次数は、時間によらず全てのモデルに対して共通とする。実際、どの時間においても共通の次数による多項式を用いることは、イールドの期間構造の時間的な変化の研究に有用である。

<AIC>

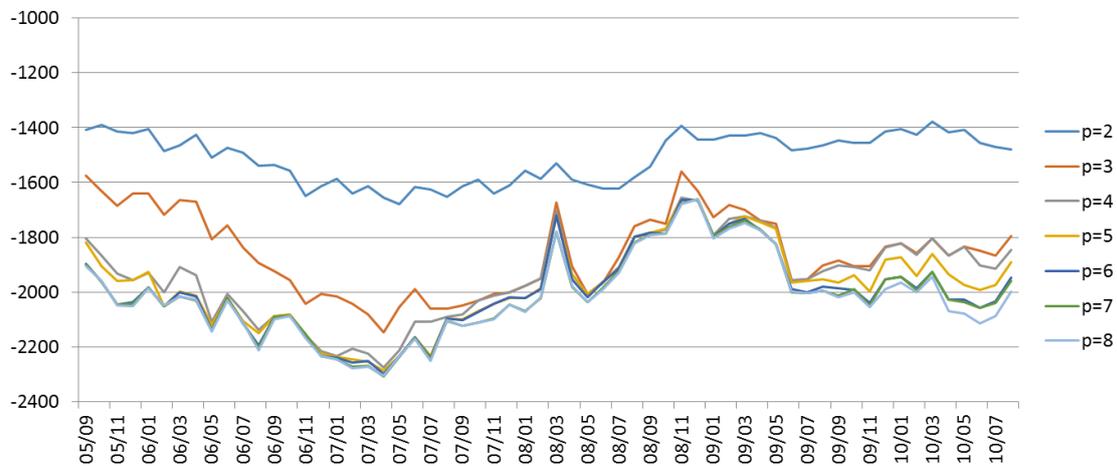


図 4-3(1) M0 モデルによる各月 (60 データ) の AIC 値

<GLSV>

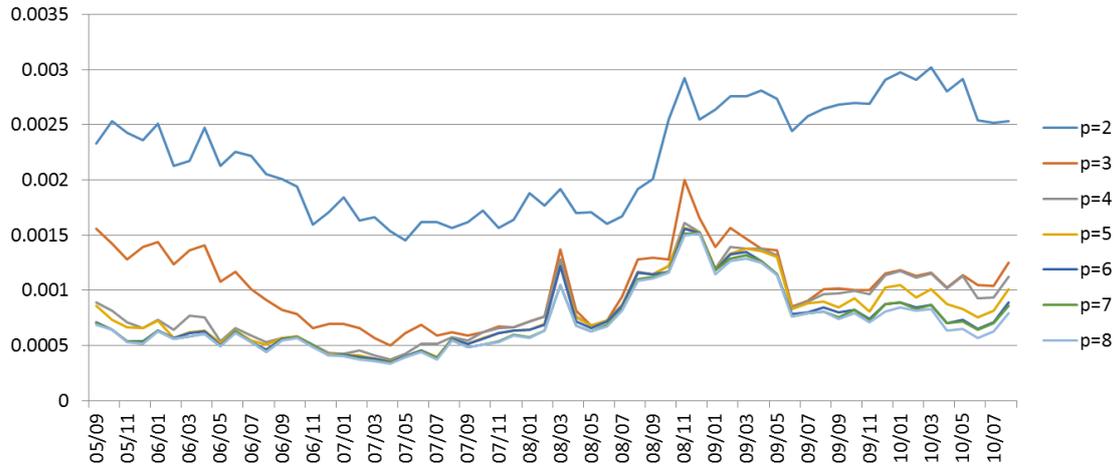


図 4-3(2) M0 モデルによる各月 (60 データ) の GLSV 値

<RSD>

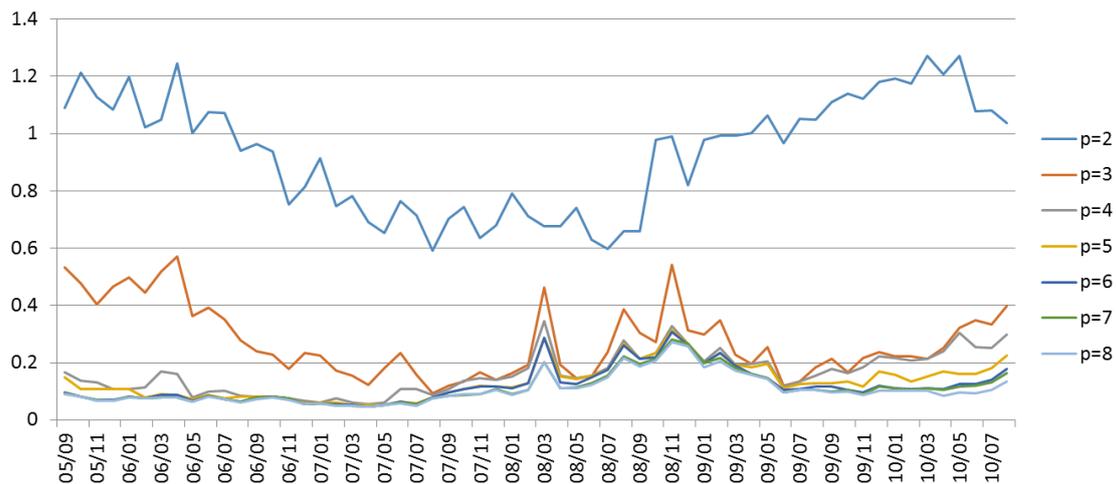


図 4-3(3) M0 モデルによる各月 (60 データ) の RSD 値

上図 AIC、GLSV、RSD を含む、実証研究により算出された各パラメータの値は付録 (参照図表 1: 各モデルの全パラメータ値) を参照されたい。

この図より容易にわかるのは、まず p が大きくなるに連れて、パフォーマンスが向上していることである。個別にみると $p = 2$ の値ではかなり他のもの ($p > 2$) と乖離していることである。これは最もパフォーマンスが悪いことを示している。同様に、他よりも $p = 3$ の AIC は良いパフォーマンスではない。periodIVの分析では、M0 モデルの異なる次数での AIC の値は、 $p = 6,7$ のケースがととてもよく似た動きとなっているが、それ以外はお互いに多少なり

とも異なった動きをしている。AIC 値は p の順に並んでおり、その値が小さいほど良いモデルと考えている。periodIVでは、 $p=8$ が最良のモデルとなっていて最小の AIC 値を示している。次いで $p=6,7$ となっている。PeriodIIIは金融危機の時期にあたり、 $p=2$ 以外のすべてのモデルはほぼ同じ AIC 値を取っている。period I と II では $p=4,5,6,7,8$ がほぼ同じ AIC 値を取っている。

同様の状況は、図 4-3(2)GLSV (例： $(\hat{\psi}/G)^{1/2}$) や図 4-3(3)残差標準偏差 (RSD) のグラフでも観られ、 $p=6,7,8$ はこれらのグラフ上とても区別しにくいほどに酷似した挙動を示している。

次数の選択の為、各々平均で 60 以上のモデルの平均的 AIC について検討し、図 4-4(1)にプロットした。このグラフに於いて $p=6,7,8$ の AIC 平均値は差が小さいが、 $p=8$ に向かって減少している。図 4-4 の上記の観察から、又、パラメータ数を過剰に扱わないという観点から、M0 の多項式次数は $p=6$ が適当と判断した。図 3-3(2)にプロットした残差標準偏差 (RSD) の期間の問題でも近しい観察結果が得られた。

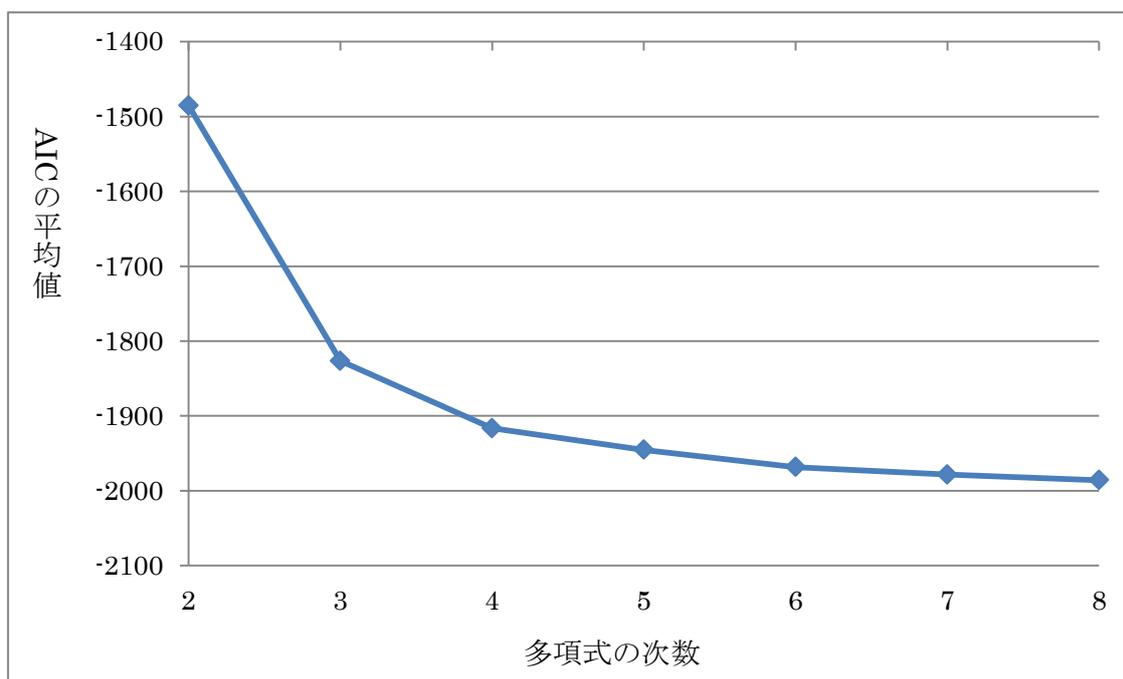


図 4-4 (1)多項式次数ごとの M0 モデルによる評価指標の平均値 (AIC)

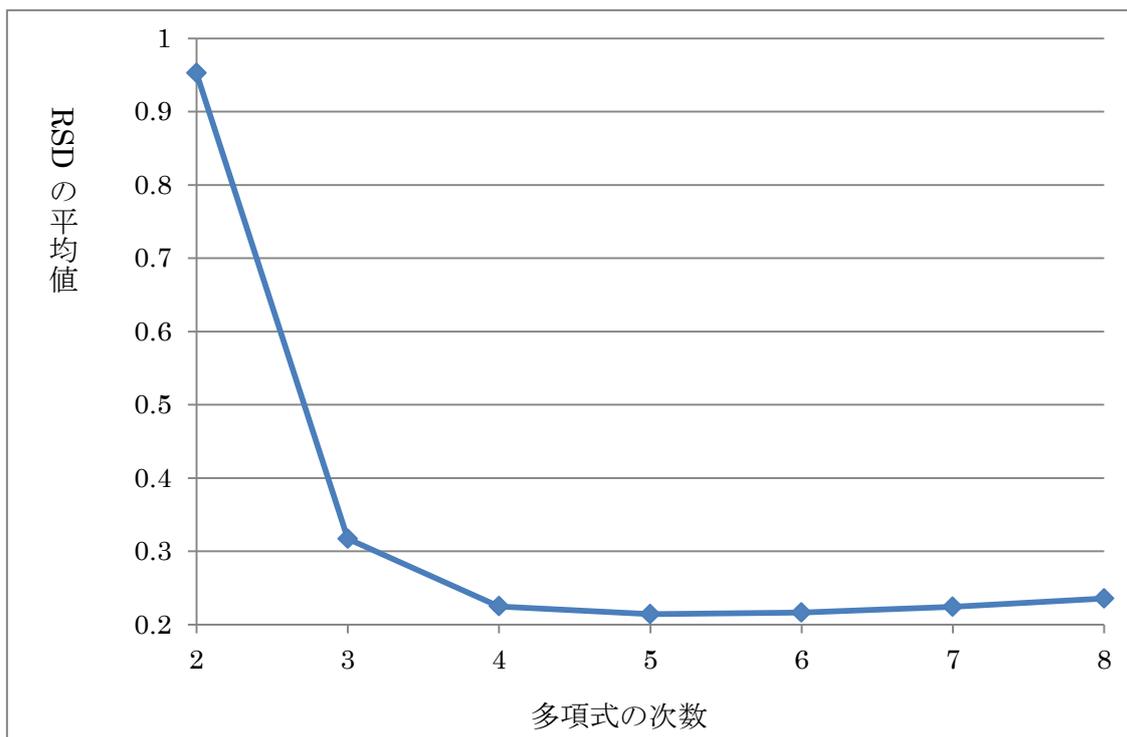


図 4-4 (2)多項式次数ごとの M0 モデルによる評価指標の平均値 (RSD)

4. 3 各モデルを $p=6$ とした適合度比較

本セクションでは、M0 から M3 のモデルを比較する。 $p=6$ による 4 つのモデルの適合度測定をすると、AIC、GLSV $(\hat{\psi}/G)^{1/2}$ 、残差標準偏差 (RSD) の全ては、どの時点に於いても似た挙動を示した。図 4-5 の 2 つのグラフは $(\hat{\psi}/G)^{1/2}$ の値と残差標準偏差 (RSD) の値である。図 4-5 の GLSV の値は、残差標準偏差 (RSD) のものよりも M0 モデルと他の 3 つのモデルとの間に、明らかに差があることを示している。同様に、このグラフでは、period III と IV において M0 モデルが他の 3 つのモデルより劣っていることを示している。これはデータの相関構造を適用した一般最小二乗法 (GLS) のモデルの識別力を現している。実際、後述するように債券価格の相関はこの period に於いて高まっている。結果として、金融危機の時期のような安定的でないような時期には、その他の 3 モデルは M0 モデルと比較して明らかに国債プライシングにおいて優れていることがわかった。理由としては、例えば満期に伴う流動性を好む投資家の振る舞いに反応する為と推察される。言い換えれば、そのような時期では、プライシングにあたり、クーポンや満期等の国債の属性の重要性がより高まるということである。しかし、これは金利 (5 章で議論する) の期間構造を導出する為にあまり重要ではないとも言える。

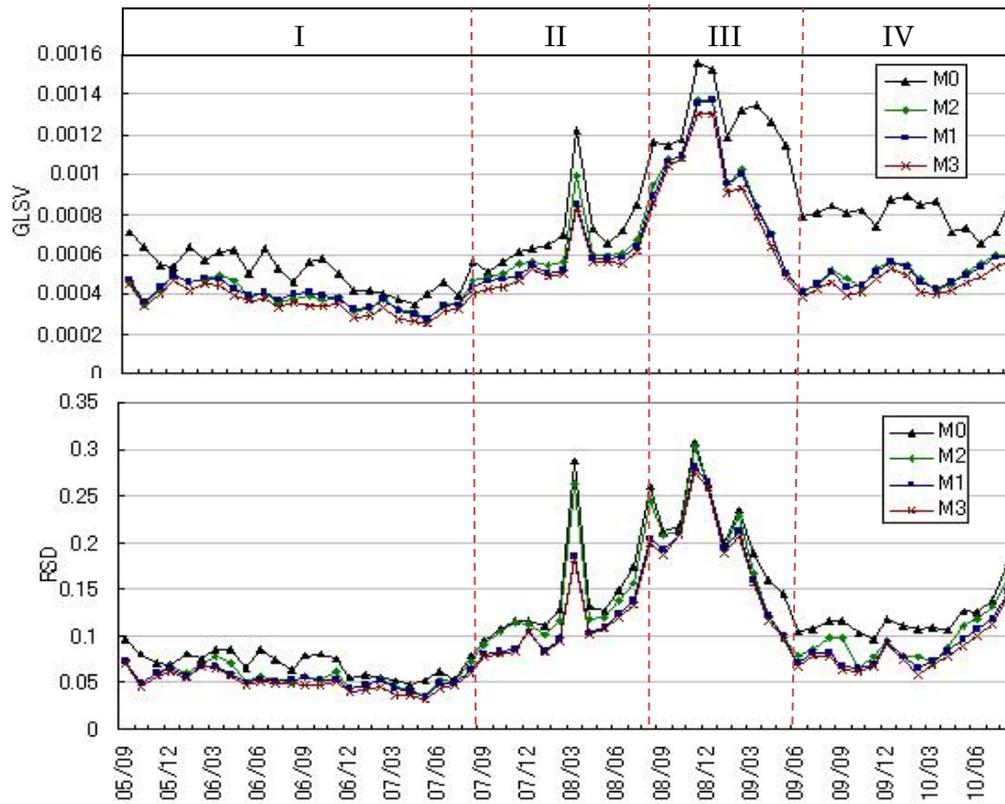


図 4-5 60 ヶ月の GLSV 値と RSD 値の 4 モデル比較

GLSV を用いる場合と残差標準偏差 (RSD) を用いる場合とモデルの順序が同じ結果となったことから、理解や解釈を容易にする為、主として残差標準偏差 (RSD) をモデルのパフォーマンス評価に用いることとした。RSD は結果数値が円単位となる形で評価されている為、投資判断等においても感覚的に理解しやすいと思われる。

表 4-2 に $p=6$ による 4 モデル×60 ヶ月以上で計算された残差標準偏差 (RSD) の値を掲載した。又、その情報は図 4-5 に要約した。このグラフを見ると 4 モデルの RSD 値はいつでも似通った挙動をとっていることがわかる。

表 4-1: GLSV:1000× $\sqrt{\psi/G}$

Date	#	M0	M1	M2	M3	Date	#	M0	M1	M2	M3
05/09	209	.710	.471	.459	.450	08/03	216	1.219	.848	.994	.827
05/10	212	.642	.360	.349	.335	08/04	217	.722	.572	.599	.562
05/11	213	.541	.437	.422	.400	08/05	220	.657	.575	.591	.558
05/12	212	.539	.496	.499	.464	08/06	218	.721	.585	.609	.554
06/01	214	.636	.453	.460	.419	08/07	221	.850	.642	.671	.617
06/02	216	.567	.481	.476	.448	08/08	224	1.158	.887	.943	.855
06/03	214	.612	.474	.498	.442	08/09	221	1.144	1.067	1.077	1.038
06/04	217	.625	.429	.462	.395	08/10	223	1.171	1.093	1.088	1.078
06/05	220	.502	.395	.392	.372	08/11	224	1.562	1.357	1.375	1.298
06/06	218	.630	.412	.404	.380	08/12	222	1.522	1.368	1.368	1.299
06/07	220	.530	.371	.356	.334	09/01	225	1.183	.954	.956	.909
06/08	222	.460	.399	.378	.352	09/02	226	1.327	1.005	1.023	.933
06/09	220	.560	.413	.393	.341	09/03	224	1.345	.834	.841	.785
06/10	221	.575	.397	.374	.337	09/04	226	1.265	.691	.704	.640
06/11	222	.503	.381	.386	.349	09/05	227	1.143	.504	.507	.485
06/12	221	.414	.324	.314	.286	09/06	226	.786	.408	.417	.383
07/01	222	.416	.332	.327	.289	09/07	229	.803	.447	.444	.426
07/02	222	.400	.375	.382	.328	09/08	229	.842	.515	.521	.455
07/03	219	.380	.316	.326	.276	09/09	227	.802	.430	.484	.392
07/04	220	.348	.299	.310	.268	09/10	229	.821	.443	.434	.409
07/05	220	.404	.275	.276	.252	09/11	229	.741	.510	.524	.471
07/06	218	.454	.341	.348	.318	09/12	228	.877	.560	.560	.527
07/07	219	.390	.344	.350	.326	10/01	228	.894	.533	.543	.497
07/08	221	.562	.435	.463	.405	10/02	230	.848	.459	.483	.411
07/09	217	.514	.465	.487	.425	10/03	224	.870	.428	.420	.403
07/10	218	.562	.047	.507	.430	10/04	225	.706	.454	.450	.418
07/11	219	.612	.495	.548	.467	10/05	227	.732	.497	.513	.460
07/12	218	.632	.543	.563	.525	10/06	224	.652	.535	.549	.488
08/01	219	.643	.504	.544	.485	10/07	226	.710	.586	.601	.536
08/02	219	.691	.521	.562	.506	10/08	228	.892	.585	.597	.565

表 4-2: RSD

Date	#	M0	M1	M2	M3	Date	#	M0	M1	M2	M3
05/09	209	.0959	.0722	.0734	.0705	08/03	216	.2873	.1865	.2637	.1831
05/10	212	.0807	.0484	.0483	.0463	08/04	217	.1314	.1030	.1184	.1015
05/11	213	.0703	.0615	.0609	.0578	08/05	220	.1265	.1100	.1204	.1080
05/12	212	.0694	.0656	.0670	.0621	08/06	218	.1483	.1230	.1382	.1195
06/01	214	.0807	.0580	.0616	.0551	08/07	221	.1744	.1386	.1578	.1329
06/02	216	.0766	.0679	.0699	.0669	08/08	224	.2606	.2047	.2450	.1996
06/03	214	.0857	.0679	.0780	.0663	08/09	221	.2137	.1923	.2083	.1883
06/04	217	.0861	.0598	.0701	.0567	08/10	223	.2178	.2098	.2125	.2075
06/05	220	.0667	.0504	.0504	.0476	08/11	224	.3071	.2810	.3030	.2749
06/06	218	.0853	.0547	.0572	.0510	08/12	222	.2636	.2647	.2626	.2586
06/07	220	.0736	.0530	.0516	.0484	09/01	225	.1996	.1946	.1946	.1891
06/08	222	.0639	.0535	.0508	.0482	09/02	226	.2344	.2123	.2285	.2057
06/09	220	.0795	.0558	.0569	.0473	09/03	224	.1889	.1599	.1672	.1564
06/10	221	.0804	.0544	.0528	.0480	09/04	226	.1600	.1218	.1216	.1174
06/11	222	.0757	.0547	.0619	.0510	09/05	227	.1447	.0989	.0984	.0972
06/12	221	.0558	.0446	.0441	.0405	09/06	226	.1047	.0702	.0797	.0670
07/01	222	.0589	.0475	.0476	.0425	09/07	229	.1083	.0826	.0862	.0801
07/02	222	.0551	.0517	.0548	.0464	09/08	229	.1172	.0825	.0973	.0778
07/03	219	.0521	.0433	.0456	.0380	09/09	227	.1171	.0679	.0985	.0643
07/04	220	.0474	.0407	.0425	.0363	09/10	229	.1035	.0655	.0656	.0630
07/05	220	.0516	.0359	.0363	.0328	09/11	229	.0961	.0695	.0786	.0673
07/06	218	.0632	.0487	.0525	.0445	09/12	228	.1180	.0937	.0948	.0906
07/07	219	.0548	.0497	.0504	.0467	10/01	228	.1118	.0774	.0801	.0736
07/08	221	.0797	.0650	.0724	.0609	10/02	230	.1088	.0662	.0777	.0587
07/09	217	.0954	.0814	.0916	.0773	10/03	224	.1107	.0726	.0718	.0694
07/10	218	.1074	.0851	.1044	.0815	10/04	225	.1063	.0843	.0872	.0781
07/11	219	.1159	.0868	.1157	.0837	10/05	227	.1267	.0968	.1122	.0888
07/12	218	.1166	.1045	.1136	.1045	10/06	224	.1254	.1080	.1180	.0989
08/01	219	.1109	.0837	.1008	.0835	10/07	226	.1390	.1187	.1322	.1135
08/02	219	.1277	.0967	.1167	.0952	10/08	228	.1793	.1472	.1626	.1441

図 4-5 及び表 4-2 より、金融危機の只中にある periodⅢの 2008 年 11 月に、全てのモデルが同時に最悪の RSD 値となったことがわかる。その残差標準偏差 (RSD) の値 (M3 基準の M0 モデル値) は各々 0.3071、0.2810、0.3030、0.2749 (円) である。又、次いで悪い残差標準偏差 (RSD) 値は、period II の 2008 年 3 月の M0 (RSD=0.2873)、M2(RSD=0.2637)、又、2008 年 12 月の M1(RSD=0.2636)、M3(RSD=0.2536)である。複数の住宅ローン組織のデフォルトによるショックが最初に表面化したサブプライム問題の影響が、2008 年 3 月の値で観察できた。これら最もよくない残差標準偏差 (RSD) 値でさえも十分に小さく、M0 モデルを金利の期間構造導出に十分活用できると言え、M0 モデルの頑強さと有用性が示された。実際、後述で示す通り、評価された平均割引率曲線はイーールドカーブ(3.1.5)より導かれるが、その結果は安定している。次に periodⅢとⅣの残差標準偏差 (RSD) 値が流動性を求める投資行動に反応して大きな値となると考えられる結果を示した。実際、満期期間 7 年から 7 年強の国債は国債先物に即座に引き渡せることから最安値取引ができることで好まれる為である。M0 モデルの残差が大きい。結果として RSD も大きい。これは金融危機による流動性悪化に対するパニックや驚きに伴う投資行動の結果であると考えられる。

上記に見られるとおり、全ての残差標準偏差 (RSD) 値は 0.31 未満の範囲に収まった。更に詳細を見る為、表 4-2 に各々の period の値をまとめている。Period I では残差標準偏差 (RSD) 値が全てのモデルで全て 0.1 円未満であった。Period II では、2008 年 3 月のケースを除いて、全てのモデルで 0.2 円未満であった。PeriodⅢでは、全てのモデルで 0.31 円未満である。PeriodⅣでは全てのモデルで 0.15 円未満であった。各々の period の残差標準偏差 (RSD) の平均値や残差標準偏差 (RSD) の標準偏差を概観できるよう表 4-3(2)に取り纏めている。

これらの様態は GLSV の値からも観察できる。表 4-1 では、各月の GLSV 値がリスト化され、表 4-3(1)では GLSV の period 単位の平均値を標準偏差とともに纏められている。計算プロセスが残差標準偏差 (RSD) と異なっているにも関わらず、M3 モデルが最良という傾向について残差標準偏差 (RSD) の結果と似通っている。また、GLSV は価格の相関があるときにはモデルの評価に有用である。

表 4-3 各ピリオドの4モデルによる平均と標準偏差(1) GLSV (1000 倍) (2)RSD 値

(1)		M0	M1	M2	M3
I	m	0.516587	0.394945	0.395635	0.359678
	s	0.097938	0.061212	0.064740	0.061339
II	m	0.730879	0.575445	0.618821	0.553098
	s	0.188478	0.108388	0.139037	0.110379
III	m	1.282006	0.976077	0.988127	0.932087
	s	0.155625	0.269686	0.268735	0.261480
IV	m	0.798567	0.492544	0.502705	0.456280
	s	0.075480	0.058813	0.061206	0.056595

(2)		M0	M1	M2	M3
I	m	0.071434	0.055496	0.057997	0.051612
	s	0.013934	0.010465	0.012781	0.011024
II	m	0.144699	0.111827	0.135025	0.109390
	s	0.053937	0.031483	0.048137	0.030717
III	m	0.219095	0.194059	0.204213	0.189528
	s	0.049461	0.056450	0.062359	0.055351
IV	m	0.118236	0.086901	0.096199	0.082392
	s	0.020000	0.023001	0.025845	0.022638

4つのモデル間で、M3モデルの残差標準偏差(RSD)とGLSVの値は最小となるが、これはM3モデルが国債価格に最も適合していることを意味している。しかし、M3モデルが価格の裏側に潜在する金利の期間構造を表現するのにも最も優れているというわけではない。この点については5章にて議論する。尚、次章において、M3モデルが他のモデルより有意であることを証明する。

本章の終わりに、Kariya and Tsuda(1994)で扱われたCSMモデルとTDMモデルと簡潔に比較したい。初めに、今般提案するモデルが2つのモデルより優れていることを述べたい。実際に83年1月～92年12月に於いて、CSMモデルの残差の残差標準偏差(RSD)値は0.261から1.423の間で推移している。TDMモデルの残差の残差標準偏差(RSD)は120モデル中28モデル(23%)で0.3以上となり、120モデル中64モデル(53%)で0.2

以上となっている。本研究のケースでは、4つのモデルの中で最も説明力の低いベースモデルである M0 モデルでさえも 60 ケース中 7 ケース（12%）のみが 0.2 以上となり、0.3 を超えたのは 60 ケース中たった 1 ケースのみ（0.016%）であった。

4. 4 満期効果とクーポン効果の国債プライシング上の意味

本章では、個別債権に対する各モデルの価格づけ可能性を詳細に議論する。ここで 2 つのモデルのコンセプトを区別する。

(1) 債券価格のプライシングモデルは、最適な債権の投資ポートフォリオの構築や、適切な債券売買の意思決定に有用である。

(2) 金利の期間構造を導出する金利モデルでは、各種資産や事業等の価値算出に於いて、将来 CF の割引率等に用いるリスクフリーレートに活用できる。

本章では (1) の観点から M1、M2、M3 の各モデルについて議論する。

図 4-5、及び、表 4-3 では 4 つのモデルのパフォーマンスの差異について示している。明らかに M3 モデルが最も優れている。M1 がそれに次いでおり、M2 は 3 番目である。これらは、M0 モデルと比べ、国債属性に、平均割引率関数についての説明力があるということを示している。

さらなる効果の意義を計るならば、目的関数である $\hat{\psi}$ の値を最小化することを基礎として、F 比を用いるのが適当である。F 比は残差の二乗和を縮小する際に、拡張モデルとして自由度あたりの $\hat{\psi}(QSR)$ の二乗和により、その有意性を確認できる。たとえば M1 と M0 を比較する際に、F 比は以下のように定義できる。

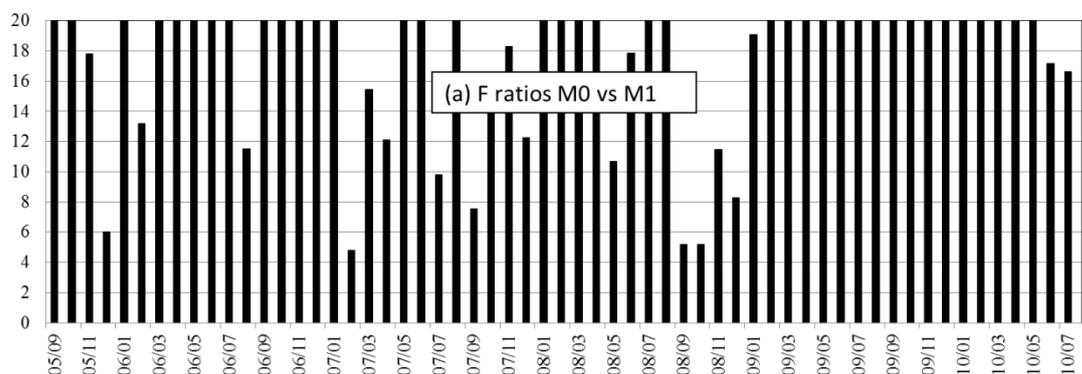
$$(4.4.1) \text{ Fratio} = \left[\{QSR(0) - QSR(1)\} / \# \right] / \left[QSR(1) / df \right],$$

#は増加するパラメータの数でそのパラメータは M0 から M1 で変化する。df は M1 の自由度のことである。この比は厳密には F 分布をとっていると云えない。その理由は、(3.3.1) の目的関数 ψ が誤差項の二乗和でない為、誤差項の分布が正規分布でない恐れがある。しか

し、もしも上記の F 比が 2 以上、又は、以下式と同等ならば、M1 モデルと M0 モデルは有意に差があると考えた。

$$(4.4.2) \{[QSR(0) - QSR(1)]/\#\} > 2[QSR(1)/d\hat{A}.$$

図 4-6 は F 比をプロットしたもので、(a)は M0 と M1、(b)は M0 と M2、(c)は M1 と M3、(d)は M2 と M3 を比較している。尚、グラフでは F 比が 10 以上の場合は 10 を上限として描写した。図 4-6(a)は満期効果を見ているが、全ての月において M1 が M0 よりも有意であることがわかる。他方、(a)と(b)を比較した結果からは、M2 モデルのクーポン効果が満期効果より影響の度合いに於いて若干劣っていることがわかる。しかし、全ての月で有意でありモデルとしては有効と考えられる。金融危機時にクーポン効果の F 比が低いのは、言い換えれば高いクーポンを持つ債券よりも流動性の高さが求められた結果であろうと推察される。流動性を選好する様子は、満期効果でも確認できる。これは後程示す。グラフ(c)は、2008 年 4 月と 2008 年 10 月迄の F 比が 2 以下であったが、M1 と M3 を比較し、更に、M3 モデルが M1 モデル以上に有効であることを示すものである。2008 年 4 月と 2008 年 10 月はまさに最初のサブプライムショックの 2008 年 3 月と、リーマンショックの 2008 年 9 月の各々 1 ヶ月後である。投資家はクーポンより満期を好んだと考えられる。結果として、M3 モデルが最も優れた日本国債のプライシングモデルであり、日本国債の最適ポートフォリオ構築や、リターン最大化を目指す取引や、日本国債のプライシングに用いることができる。だが、所謂リスクフリーのイールドカーブを描写する為には適当と言えない。イールドカーブについては 5 章で議論する。



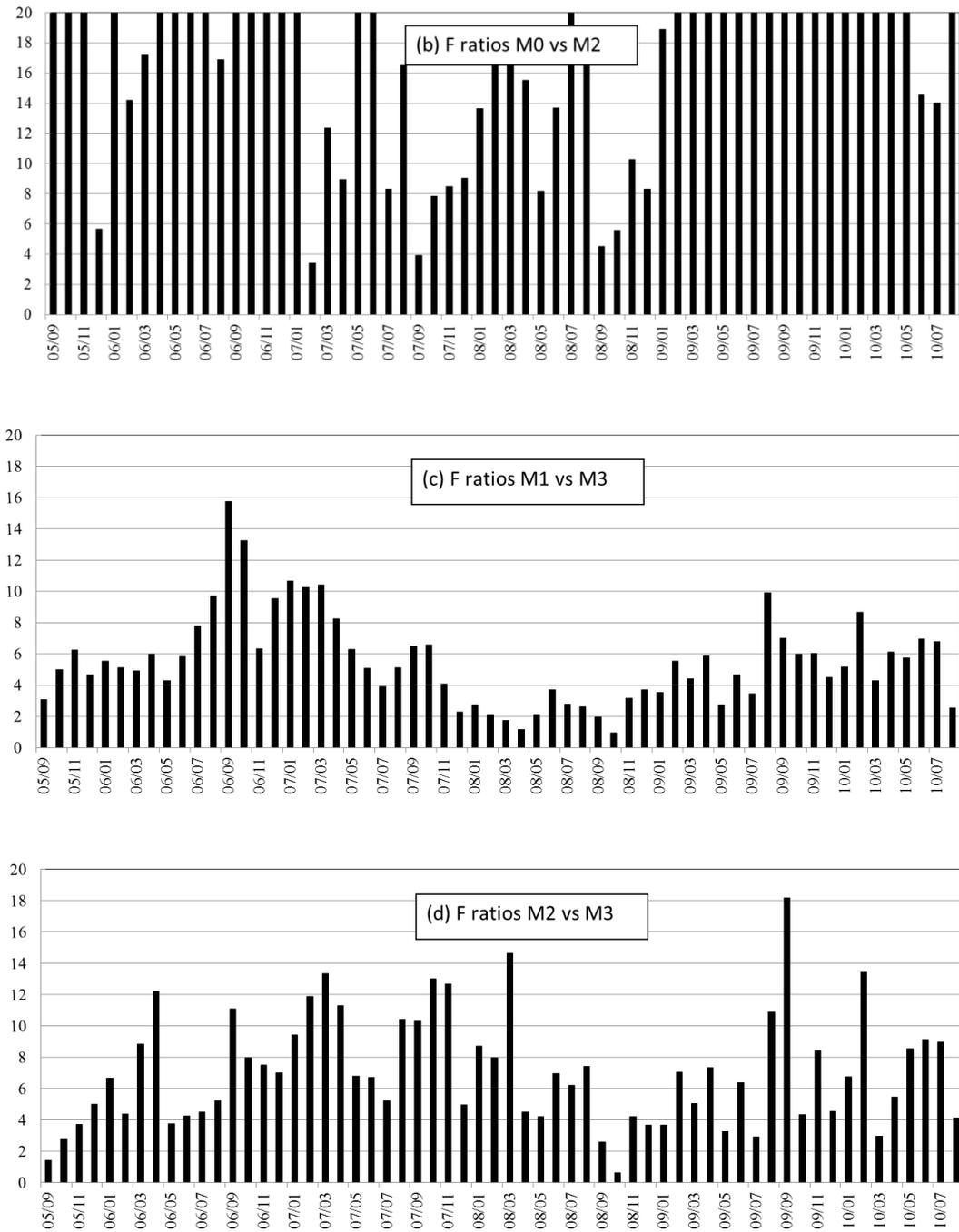


図 4-6 F 比 (a)M0 対 M1, (b)M0 対 M2, (c)M1 対 M3, (d)M2 対 M3

4. 5 パラメータ推移

前節では 4 モデルの有効性と重要性について議論した。60 ヶ月それぞれのクロスセクションでの分析に基づいて分析されたパフォーマンスについて F 比等を用いて時系列で議論した。

それぞれのモデルから導出されたパラメータは時間を追って変化するが、クロスセクションで毎月同じパラメータを推定する。各月でモデルがよくフィットしていた事実は、市場で同時に生み出される裁定機会に投資家が敏感に反応していることを示している。それゆえ、環境の変化に応じてパラメータはダイナミックに変化している。以下では、時間ごとに変化する M0 モデルのパラメータを観察する。

4. 5. 1 β の推移について

6次多項式のうちの次数 i の β_i ($i=1, \dots, 6$)を M0 モデルより算出したパラメータとする。図 4-7 では M0 モデルのパラメータの動きをプロットしたものである。3つのグラフが異なったスケールで表現している点は注意頂きたい。また表 4-4 は β_i 間の相関行列である。図 4-7 の一番上のグラフは β_1 と β_2 が同じ 10^{-3} オーダーで、 β_2 は s^2 に関するパラメータであり、 β_1 は1次の s に関するパラメータである。このことは $\beta_1 s + \beta_2 s^2$ が割引率関数の主要なファクターであることを意味している。2番目のグラフは β_3 と $10\beta_4$ が同じ 10^{-4} のオーダーで、ほぼ0に対して対称的な値を示している。 $\beta_3 s^3 + \beta_4 s^4$ は凡そ $s=10$ 付近で0に近い値を示す(β_4 を10倍した際に β_3 と0に対称であることから言える)。最下段の($\beta_5, 100\beta_6$)のグラフでも同様な様子が観察された。このケースで β_5 と β_6 は各々 10^{-4} と 10^{-6} のオーダーである。二つのグラフの幅は、他のグラフと同様に2008年10月以降で広がっている。これは金融危機の影響と考えられる。

他方、各グラフ間の β_2 と β_3 、 β_4 と β_5 は対称的な挙動をとっていることも観察される。事実、表 4-4 から β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 と β_6 がすべて高い相関を示していることがわかる。さらに前後のペアが-0.95未満という逆向きの強い相関を示している。 (β_2, β_4) 、 (β_3, β_5) と (β_4, β_6) は0.855以上の高い正の相関を示している。さらに (β_2, β_5) と (β_3, β_6) は負の高い相関を示している。これら高い相関構造が割引率関数を通じて導出されたことは、金利の期間構造を安定的に導出できることを意味している。

尚、表 4-4 に示したもの以外の実証研究により M0~M3 の4つのモデルで算出された β の相関は付録(参照図表 2: 各モデルの β 間の相関)を参照されたい。

見積もられたパラメータに基づく割引率関数のパフォーマンスは5章にて議論する。

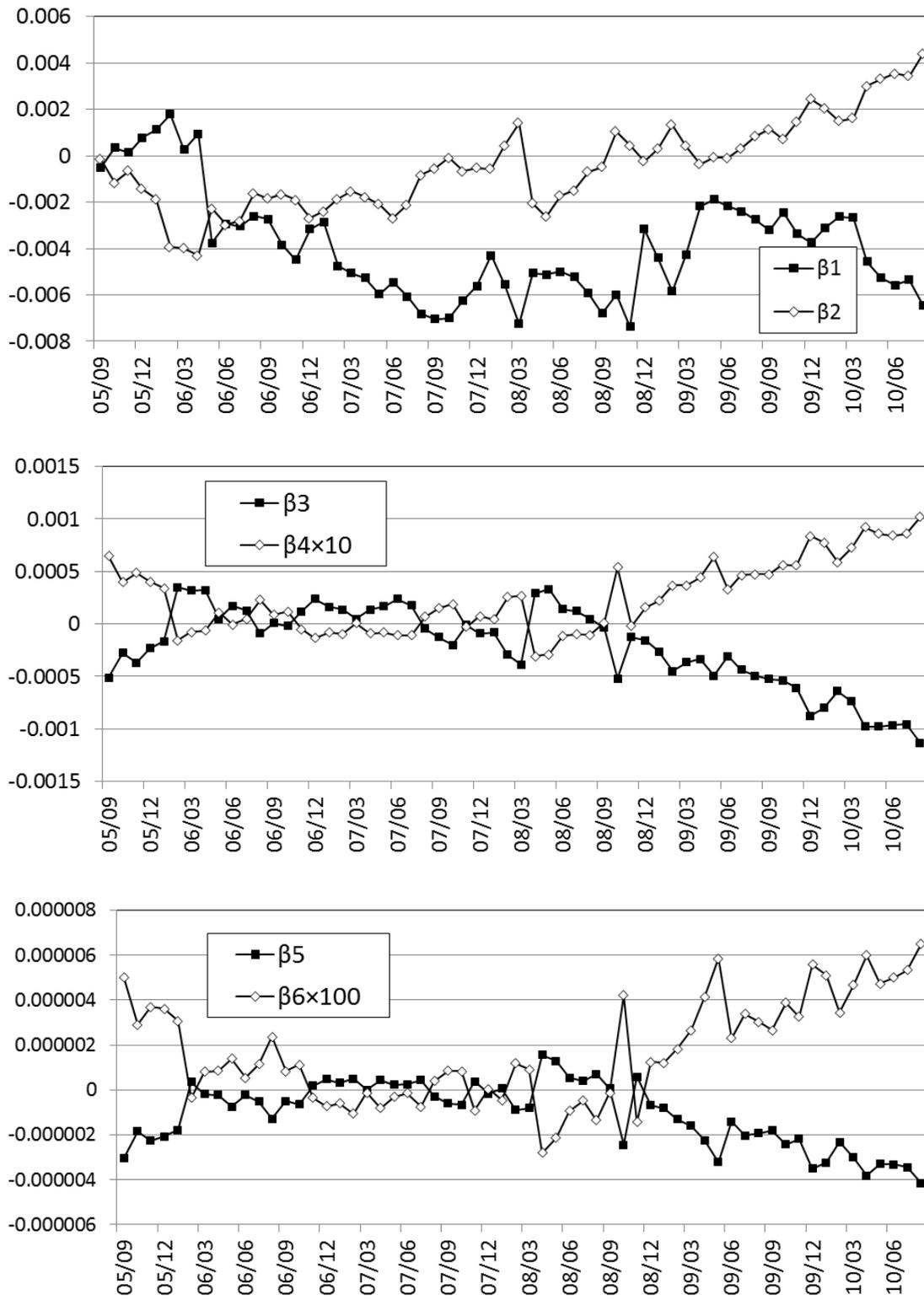


図 4-7 60 ヶ月の M0 モデルの係数変化

表 4-4 係数の相関行列

	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6
β_1	1					
β_2	-.338	1				
β_3	.065	-.950	1			
β_4	.118	.855	-.974	1		
β_5	-.231	-.768	.927	-.986	1	
β_6	.292	.706	-.886	.966	-.994	1

4. 5. 2 ρ 、 ξ の推移について

次に、分散・共分散行列のパラメータ変化について考える。全てのモデルに於いて、又、全 60 ヶ月分のデータに於いてパラメータ θ は 0 とした。以下の式のもとの検討である。

(3.2.3) にて $f_{gh,jm} = \exp(-\theta |s_{gj} - s_{hm}|)$ である為、以下となる。

$$(4.5.1) \quad \varphi_{gh} = \sum_{j=1}^{M(g)} \sum_{m=1}^{M(m)} C_g(s_{gj}) C_h(s_{hm})$$

$Cov(P_g, P_h) = \sigma^2 \lambda_{gh} \varphi_{gh}$ であり、 P_g が以下式により所与である。

$$(4.5.2) \quad Var(P_g) = \sigma^2 \left[\sum_{j=1}^{M(g)} C(s_{gj}) \right]^2 \quad \text{with } \hat{\sigma}^2 = \hat{\psi} / G.$$

M0 モデルのケースにて、 $\sqrt{\hat{\psi} / G}$ が図 4-5 の 2008 年 3 月を除く Period I と Period II に

於いて一様に 0.001 未満を示した。 $\sqrt{\hat{\psi}/G}=0.001$ 円で $c_g=2$ 円、 $s_{M(g)}=5$ 年,10 年,or,20 年で、 c_g は g のクーポンレート(%)としたとき、以下で導出される、その標準偏差は、

$$(4.5.2) \quad [\widehat{Var}(P_g)]^{1/2} = \sqrt{\hat{\psi}/G} \sum_{j=1}^{M(g)} C_g(s_{gj}) = \sqrt{\hat{\psi}/G} 100 + \sqrt{\hat{\psi}/G} \times c_g \times s_{M(g)}$$

凡そ $0.001 \times 110 = 0.11$ or $0.001 \times 120 = 0.12$ or $0.001 \times 140 = 0.14$ である。クーポンレートが大きくなるほど、標準偏差が大きくなる傾向にある。最大の $\sqrt{\hat{\psi}/G}$ は 2008 年 11 月の 0.0054 で、上記のケースで $c_g=2$ とすると 0.554 又は 0.608 となる。しかしながら、2008 年 3 月と 2008 年 8 月から 2009 年 5 月を除くと、全ての $\sqrt{\hat{\psi}/G}$ は 0.002 以下で、債券価格の標準偏差は一様に 0.14 未満であった。これはすべての利付債券のクーポンが 2 円未満である 2005 年 9 月から 2008 年 7 月 (2008 年 3 月を除く) のデータである。同様に、各々のクーポンレート c_g に対して、価格の標準偏差を評価した。

他方、二つの債券価格 (P_g, P_h) の相関は以下式で与えられる。

$$(4.5.3) \quad \text{Correl}(P_g, P_h) = \lambda_{gh} = \rho \exp(-\xi |s_{M(g)} - s_{M(h)}|) \quad (g \neq h).$$

これは、全債券共通のパラメータ ρ (これは g と h の相関をコントロールするものである) を算出し、図 4-8 にプロットした。上のグラフは M0 モデルの ρ のグラフで、下のグラフは M3 モデルの ρ のグラフである。M0 モデルと M3 モデルの双方に於いて、相関は 2008 年 3 月のサブプライムショック以降大きくなり、M0 モデルでは 2009 年 1 月迄大きくなり続け、M3 モデルでは 2009 年 4 月迄大きくなり続けている。その他のパラメータで $\text{Correl}(P_g, P_h)$ を決定する ξ は算出結果を図 4-9 にプロットした。条件は M0 モデルでは $0.8 \leq \xi \leq 2$ 、M3 モデルでは $1.2 \leq \xi \leq 2$ である。興味深いことに、 ξ は Period II、Period III、Period IV で減少している。同期間に於いて $|s_{M(g)} - s_{M(h)}|$ が所与のもと、相関が増加しているにも関わらずである。しかしながら $\text{Correl}(P_g, P_h)$ は $|s_{M(g)} - s_{M(h)}|$ の増加につれて急速に減少する。これは、含まれる $\xi |s_{M(g)} - s_{M(h)}|$ にて急激に減少することと相関を持つ、本モデルの分散・共分散行列の特定による影響だろう。より良い特定が求められるところである。この問題は今後の課題とする。

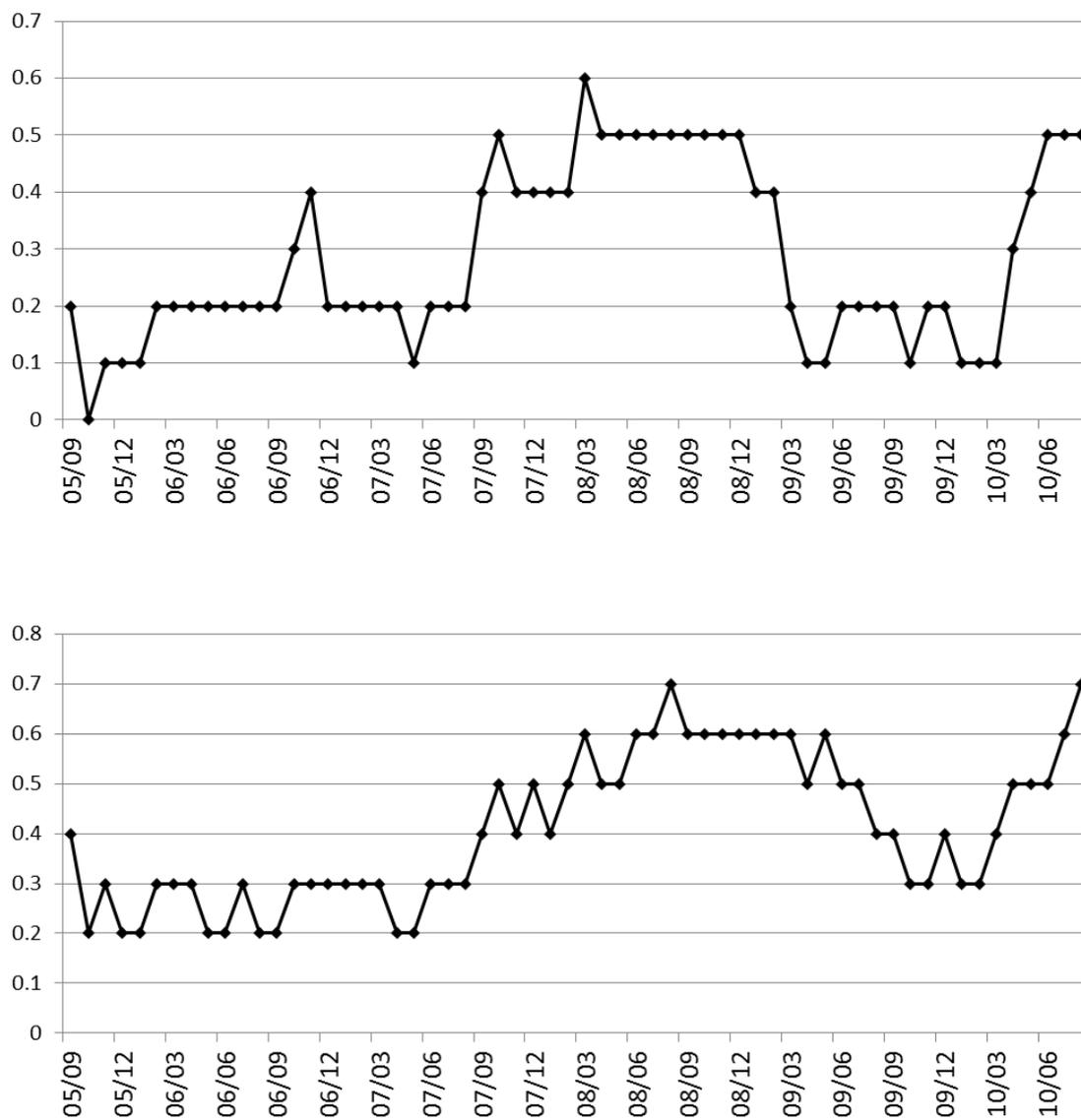


図 4-8 60ヶ月の ρ の変化 (上図 : M0 モデル、下図 : M3 モデル)

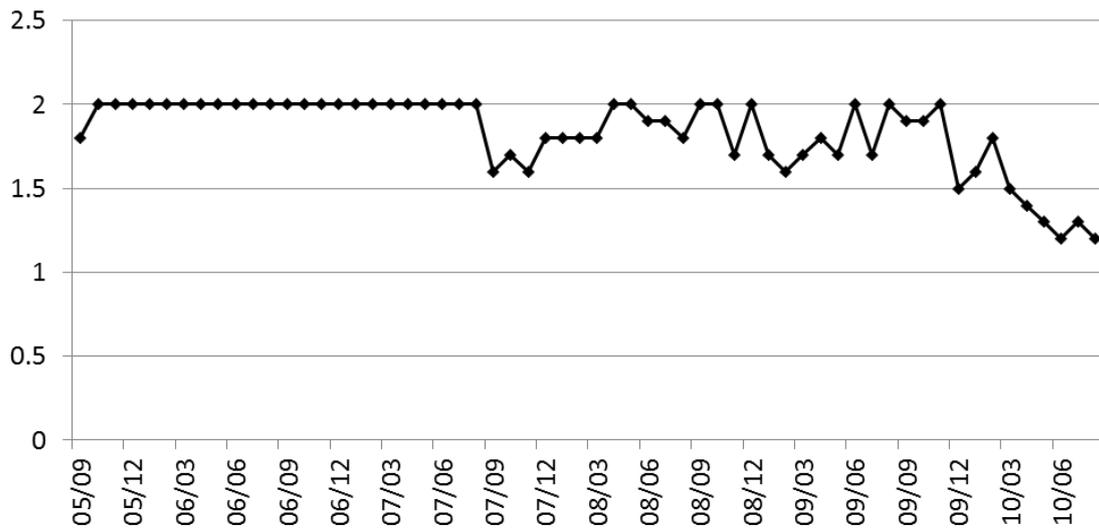
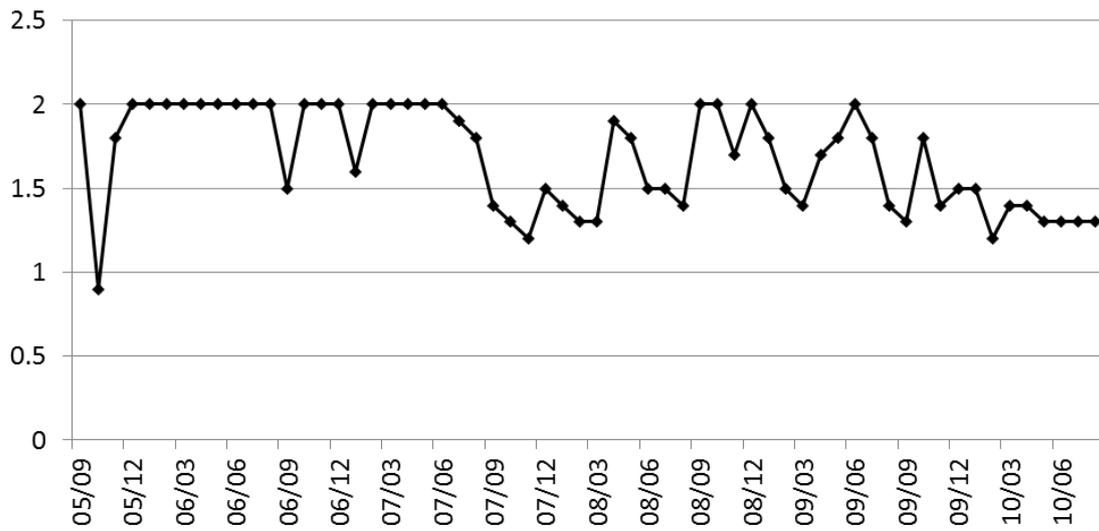


図 4-9 60ヶ月の(4.5.2)による変化 (上図：M0モデル、下図：M3モデル)

4. 6 独立した価格の適合度と、金融危機の影響

ここでは60ヶ月以上に亘る約220の残差の時系列変化について検討する。又、金融危機の本研究のモデルへの影響についても述べたい。個別価格の本モデルの適合度は残差で表現される。

表 4-1 と表 4-2 のもととなっている各月の債券価格数は 209 から 229 である。表 4-1 と表 4-2 は、GLS の目的関数として最小化された $\hat{\psi}$ により $(\hat{\psi}/G)^{1/2}$ で定義された GLSV と、残差標準偏差 (RSD) について、本研究の 4 つのモデル (M0 モデル～M3 モデル) を対象として算出した結果である。月ごとのクロスセクションの日本国債データには、80 年代終わりや 90 年代初頭に発行された超長期国債の高クーポン債券が含まれている。ここでは、2008 年 11 月 28 日のデータを用いているが、実際に実現した価格は(◆)で、M0 モデルにて導出した価格は(×)で表わしている。尚、ここで使用した M0 モデルは $p=6$ である。勿論、このグラフ上の高い価格は高クーポンのもので、毎月グラフは動き、グラフの左上部にある高クーポン債券は時間とともにひとつひとつ消えていくこととなる。このグラフは 2008 年 11 月 28 日のものだが、データには高クーポン債と同時に凡そ 13 年の満期期間迄にある低クーポン債の価格が含まれている。これはまた、M2 モデルと M3 モデルにおいてクーポン効果の検証において有効な要素と考えられる。残差について特に補記すると、この時点は $M0-GLSV=0.0012$ と $M0-RSD=0.307$ (円)となっており推定精度が 60 ケースの中で最も悪いケースである。尚、このサンプルサイズは 224 である (表 4-1 参照)。

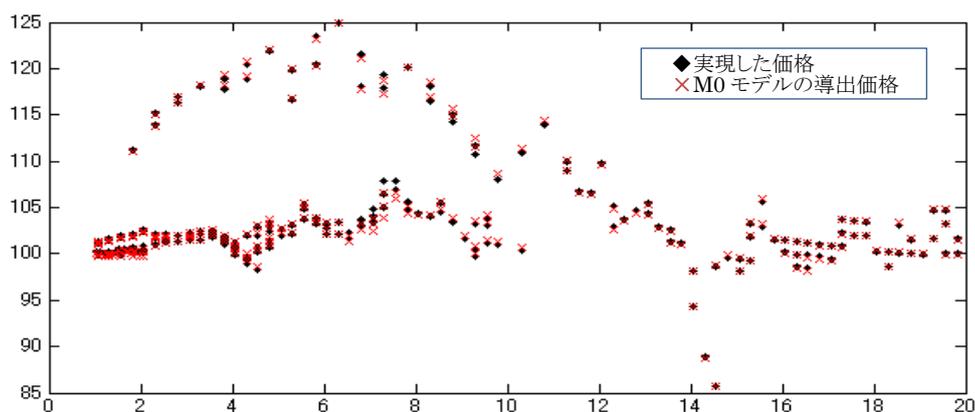


図 4-10 M0 モデルによる値と市場価格の比較 (2008.11.28 時点)

図 4-10 にて見て取れるように、2008 年 11 月 28 日の取引値と M0 モデルの導出値をプロットしたが、この日のデータによる結果は、残差標準偏差 (RSD) 値と GLSV 値が最悪の結果を示したものである。現実の取引値とモデルの導出値のギャップを残差として図 4-11 にプロットしている。比較の為、2008 年 11 月 28 日の M0 モデルと M3 モデルの残差の期間構造を図 4-11 にプロットし、残差標準偏差 (RSD) 値は M3 モデルが 0.275 で M0 モデルが 0.307 であった。グラフから、M3 モデルの残差が全体として M0 モデルの残差より小さいものの、その傾向に於いて M0 モデルと大変似ていることがわかる。特に、網掛けのエリアの残差は M3 モデルが M0 モデルより小さく、結果として M3 の残差標準偏差

(RSD) 値は小さくなっており適合度があがっている。この残差の期間構造から、0.5 円以上の残差となるデータは満期で整理すると満期まで 7 年超から 8 年未満の間に集中しているのがわかる。M3 モデルの結果からみるとそれらの値は、0.810、0.815、0.9060、1.084、1.133、1.026、1.239、0.621、0.809、0.839 で、これらはグラフ上で網掛けしたところに該当する。この狭い満期期間への集中の理由は投資家の金融危機への反応や、国債先物の取引構造に基づく、これらの満期期間の債券に対する特定のニーズによるものだろう。実際、国債先物では、10 年の満期で 6%のクーポンの債券を仮定的に基準とされ、交換可能債券は満期の残期間が 7 年以上 11 年未満のものが基準となっている。この構造では、交換に最安値となる債券は 7 年以上だが 7 年に近い満期を持つものとなる。2008 年 11 月 28 日では次の決済日が 2008 年 12 月 20 日で、ウィークデイにして 7 日早い計算となる。投資家は大きなプレッシャーのもと、決済の為にこれらの債券を買うようである。このように債券価格はこの残差の問題から本モデルと比して高めとなる。

他方、残差が-0.5 以下は満期の残期間が 9 年付近である 8 年から 11 年の間に集中していることがわかる。これらの値は、M3 モデルで-0.630、-0.597、-0.597、-0.527 で、これらは前記数値と比較して値が下回っている。この事実は、前述の行動や投資家によって、これらの債券が資金調達や流動性確保の為に売却された影響と考えられるであろう。このタイプの現象は金融危機が生じていた PeriodIIIにおいて典型的な状況として継続している。この現象は徐々に小さくなっていったが PeriodIVにおいても若干みられる。

尚、図 4-11 に示したものの以外の実証研究により M0~M3 の 4 つのモデルで算出された残差の期間構造チャートは付録（参照図表 3(1)~(4)：各モデルの残差プロット：(1)M0 モデル、(2)M1 モデル、(3)M2 モデル、(4)M3 モデル）を参照されたい。

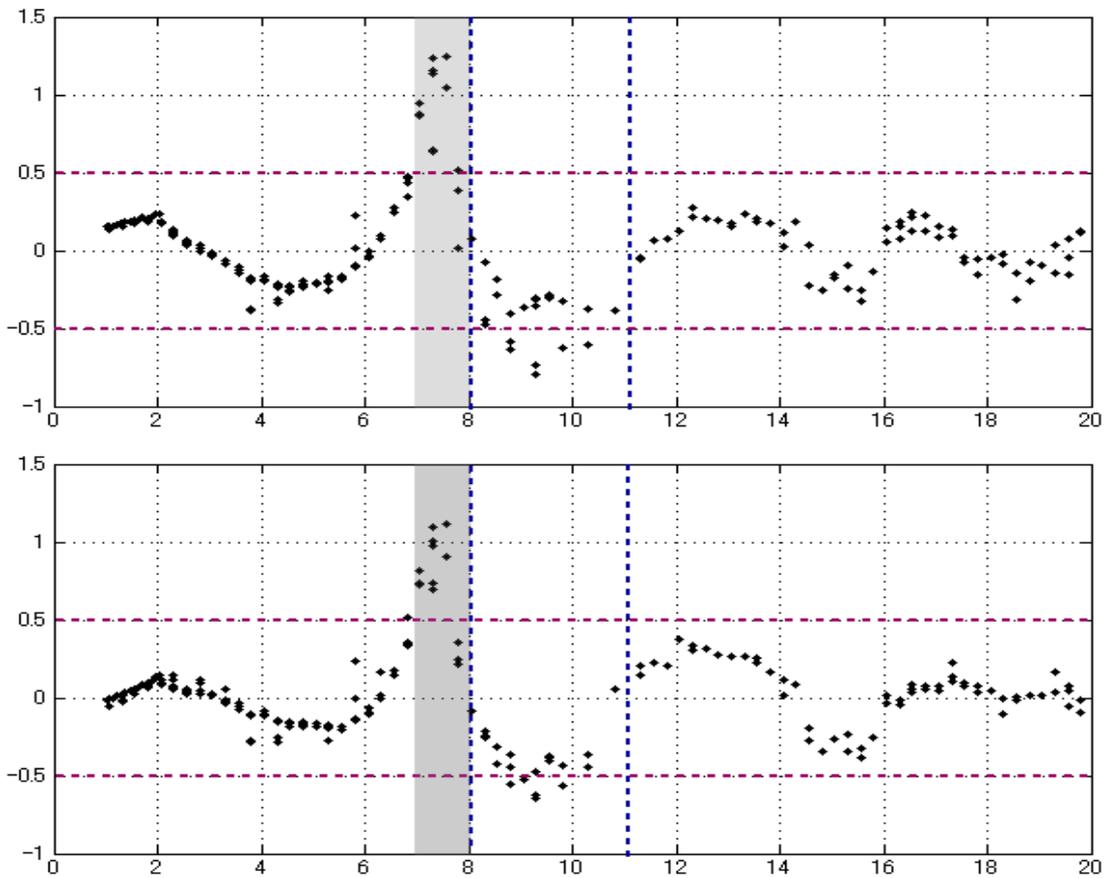


図 4-11 M0 モデルと M3 モデルの残差 (2008.11.28 時点)

金融危機の影響下にある M0 モデルの残差の時系列変化を 3D グラフの図 4-12 に表した。満期までの時間が 7 年目となる付近で残差の大きさのピーク（市場価格が最も割高となっていると言える）がくるなど各時点の期間構造はパターンが似ていることを観察した。

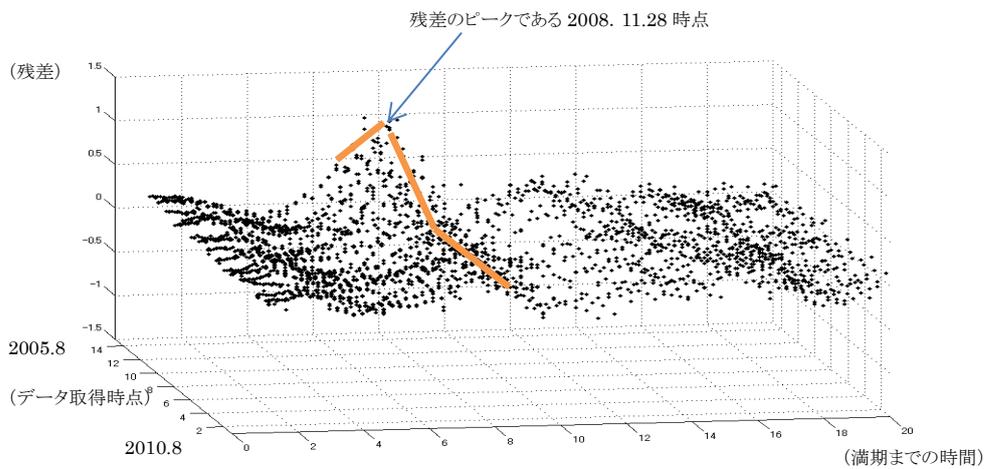


図 4-12 金融危機時を含む M0 モデルによる期間構造の変化

他方、M0 モデルでの最良の結果は、景気上昇期である Period I に属する 2007 年の 4 月

27日のケースで、GLSV値は0.000348で、残差標準偏差（RSD）値が0.047となっている。サンプルサイズが220のものを表4-1と表4-2に示した。図4-12によると、M0モデルの残差は、ほぼ平坦で凡そ0円となっており、意味のあるシステムティックな動きも示していない。M0モデルの0.1超の残差は、以下の8つの残差値であり、絶対値として最大0.133となっている。それらは、-0.110、-0.133、-0.119、0.102、0.115、-0.120、-0.100、0.116である。殆どの残差値が絶対値0.1未満で、M0モデルが2007年4月27日を含む好景気のPeriod Iをほぼ完璧にフィットしていることが観察された。Period Iの残差標準偏差（RSD）値の平均値は僅か0.071で標準偏差が0.014であった。このような僅少な残差をもつ債券は図4-12を見てかなり存在することが観察できた。

同様に、M3モデルの残差値を図4-13にプロットした。2つ3つの例外を除き、ほぼ全て-0.1と0.1の間にある。最悪のケースと最良のケースを比較すると、M3モデルが最も個別の国債価格モデルとして優れていることがわかるものの、M0モデルも価格モデルとして十分優れていることがわかった。

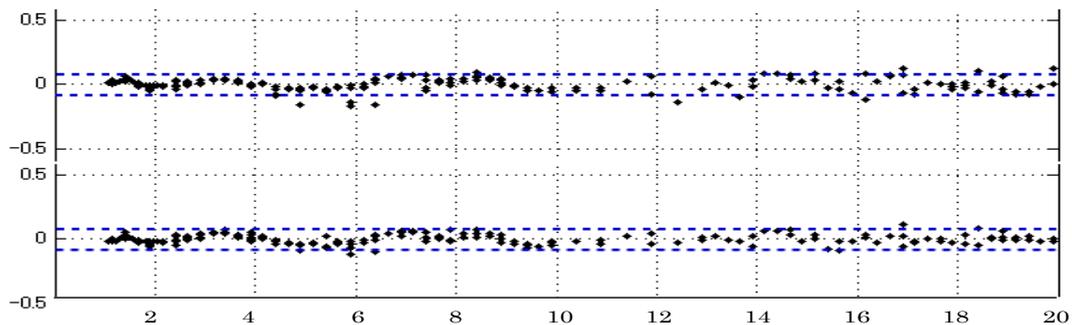


図 4-13 M0モデルとM3モデルの残差 (2007.3.30)

第5章 金利の期間構造とスワップレート

本章では、本研究のモデルの効果について考えたい。実在データを用いた金利曲線の期間構造についてやイールドカーブについて M0 モデル、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルにより導出されたものを検討する。特に金利についてはスワップレートと比較しつつ、本研究にて導出された金利の有効性について論議する。

$$(5.1.1) \quad R_j(s; 1, z_{2j}, z_{3j}) = -\frac{1}{s} \log \bar{D}_j(s; 1, z_{2j}, z_{3j})$$

$j=0, 1, 2, \text{ and } 3$ を M0 モデル、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルに対応した(3.1.6) の拡張と言える。(5.1.1)で表現される期間構造が M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルでどのようになり、これらの有効性が M0 モデルの期間構造機能の有効性と比較してどういふことかについて論議したい。

M0 モデルのケースでは、 s が $1 \leq s \leq 20$ で定義された、平均的割引率関数 $\bar{D}_0(s) \equiv \bar{D}_0(s; 1, 0, 0)$ と $R_0(s) \equiv R_0(s; 1, 0, 0)$ は、それぞれ、割引率曲線とデータを外挿されて導出された金利の期間構造である。他方、M1 モデル、M2 モデル、M3 モデルのパラメータの算出にあたり、 (z_{2j}, z_{3j}) について $(z_{20}, z_{30}) = (0, C)$ 、 $(z_{21}, z_{31}) = (s_{M(g)}, 0)$ 、 $(z_{22}, z_{32}) = (0, c_g)$ と $(z_{23}, z_{33}) = (s_{M(g)}, c_g)$ の組み合わせが用意されてはいるが(ここで、 g 債券の満期時間を表わす $s_{M(g)}$ とクーポンを表わす c_g を用いた。)、これらのモデルにより導かれた割引率関数は (z_{2j}, z_{3j}) を使った(5.1.1)の割引率関数とは異なる。

M1 モデルの割引率関数を定義することで、もしも g 債券が満期 $s_{M(g)}$ のゼロクーポン債券だった場合、割引率は $s = s_{M(g)}$ の時点で与えられることがわかる。このように、M1 モデルの割引率関数が、M1 モデルのもとでの満期 s のゼロクーポン債の割引率である $\bar{D}_1(s) \equiv \bar{D}_1(s; 1, s, 0)$ によって定義されることは適当である。これは順に $R_1(s) \equiv R_1(s; 1, s, 0)$ によって期間構造関数を定義する場合も同様である。M2 モデルの場合、割引率関数は $c_g = 0$ のもと $\bar{D}_2(s) \equiv \bar{D}_2(s; 1, 0, 0)$ であって、これは同様に M2 モデルのもとでの満期 s のゼロクーポン債の割引率で、 $R_2(s) \equiv R_2(s; 1, 0, 0)$ である。同様に、M3 の場合もそれらは $\bar{D}_3(s) \equiv \bar{D}_3(s; 1, s, 0)$ と $R_3(s) \equiv R_3(s; 1, s, 0)$ によって定義される。これらの 4 つの割引率関数は異なる特定化によって推定された異なるパラメータをもつ。これらの 3 つの関数 $\bar{D}_i(s)$, $i = 1, 2, 3$ が金利の期間構造を含む割引率関数として機能するかが基本的な

疑問である。この疑問は M0 モデルに近い動きをする M1 モデルと M2 モデルの金利の期間構造関数導出の観点から考えた。結果として M1 モデルと M2 モデルは M0 モデルと近い動きをしている為、機能していると考える。しかし、M3 モデルの場合は、図 5-1(c)に見られるように、M0 モデルとは異なった金利の期間構造となっている。

$R_0(s)$ がその期間構造を代表するとしたとき、図 5-1 は(a)では $R_0(s)$ と $R_1(s)$ のグラフを、(b)では $R_0(s)$ と $R_2(s)$ のグラフを、(c)では $R_0(s)$ と $R_3(s)$ のグラフをプロットした。これらは前述したモデルの適合が最も悪い、金融危機の只中である 2008 年 11 月のグラフである。これらのグラフから $R_1(s)$ と $R_2(s)$ の双方とも $R_0(s)$ と同様の挙動を取ることがわかるが、わずかに $R_1(s)$ と $R_2(s)$ より $R_0(s)$ はいずれの時間帯に於いても大きな値を示している。これらは金利の期間構造に対する属性効果の影響によるものと考えられる。換言するならば、満期やクーポンの効果を検討した場合と比較して、M0 モデルの金利の期間構造が約 10 年と 20 年付近で上回ることを示している。

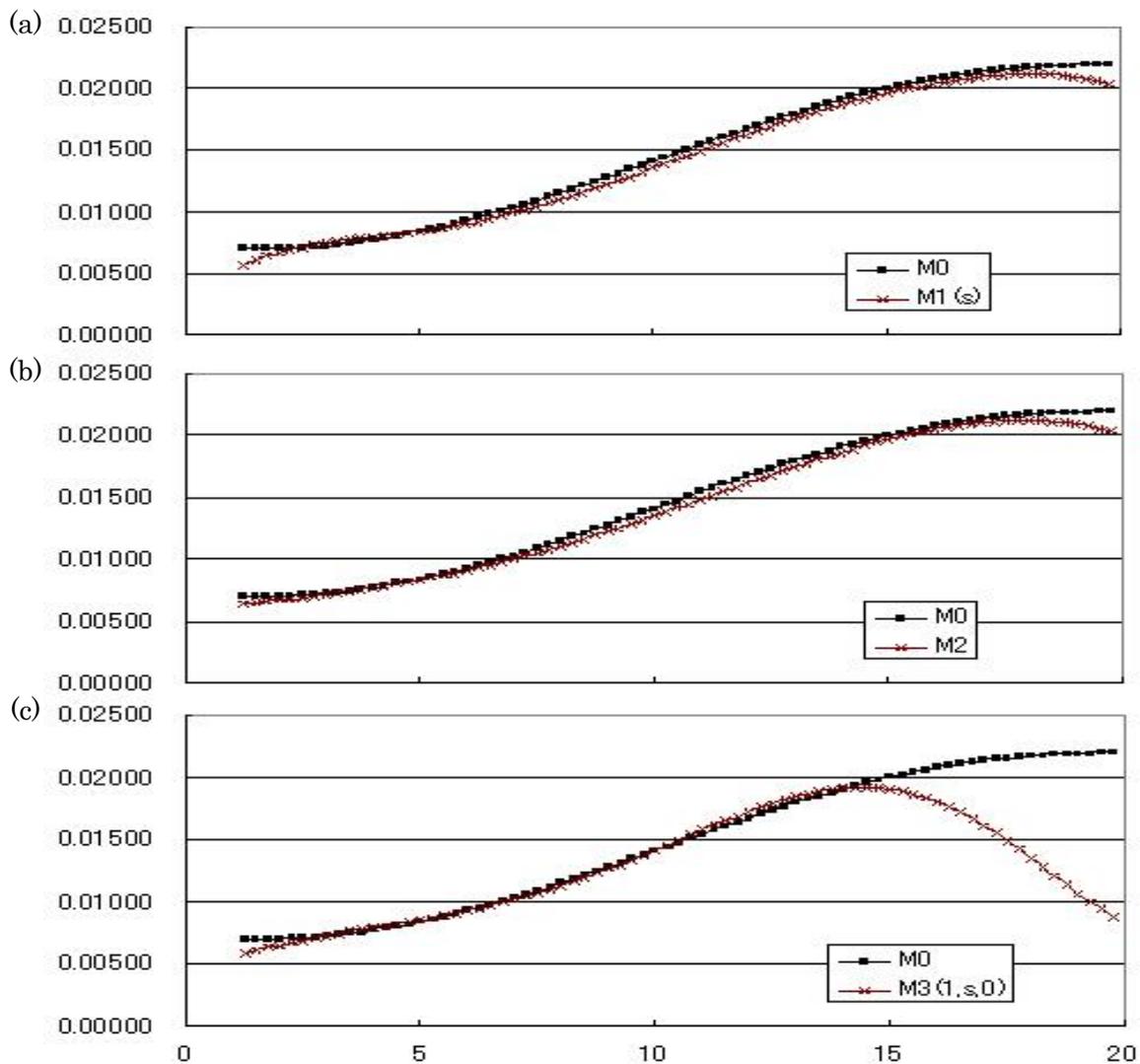


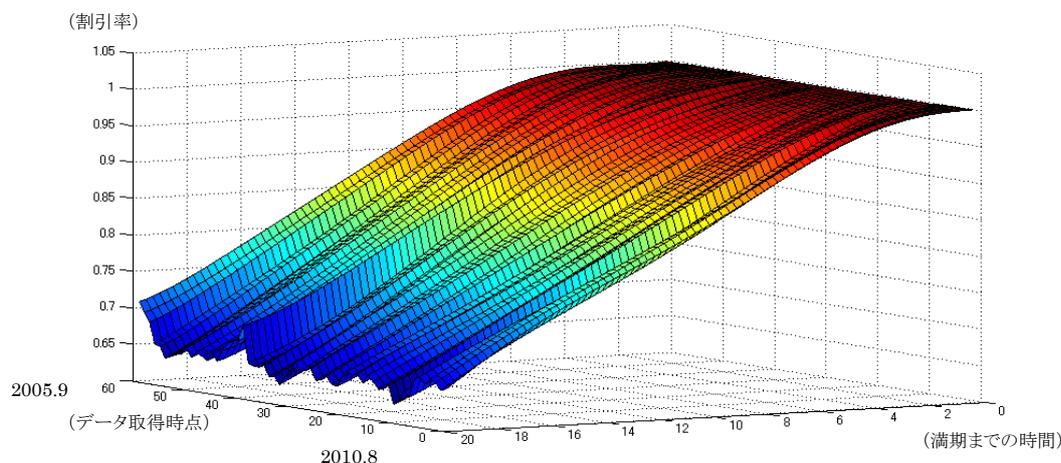
図 5-1 期間構造(a) $R_0(s)$ と $R_1(s)$, (b) $R_0(s)$ と $R_2(s)$, (c) $R_0(s)$ と $R_3(s)$ (2008.11 時点).

両ケースの最大のギャップは 20 年付近で起こっている。 $1 \leq s \leq 19$ の範囲のギャップは凡そ-0.0001(=0.1bpt) で双方のギャップは絶対値で 0.00005 未満である。つまり $R_1(s)$ と $R_2(s)$ の結果や $\bar{D}_1(s)$ と $\bar{D}_2(s)$ の結果は、 $R_0(s)$ の結果が良ければ良くなると言える。また、満期効果とクーポン効果が消えたとき、M0 モデルの期間構造は約 10 年と 20 年付近でわずかに下回る。M3 モデルの場合、 $R_3(s)$ は 15 年より先の期間で $R_0(s)$ のような動きで無くなる。考えられる理由のひとつとしては、 $\bar{D}_3(s) \equiv \bar{D}_3(s:1, s, 0)$ のようなクーポンに関する属性変数を 0 とおくことでパラメータが不安定となうまく機能しない可能性である。結果として、M3 モデルは国債のプライシングモデルとしては最も優れているものの、期間構造を検討するモデルとしては適当と言えず M0 モデルが適当であることがわかった。

5. 1 割引率と金利の期間構造

M0 モデルによる金利の期間構造の効果について考えたい。図 5-2(a)では、 $\bar{D}_0(s)$ により導かれた 60 期間の金利の期間構造と、図 5-2(b)から得られる金利の期間構造を 3D グラフで描写した。この双方のグラフは 1 対 1 で対応しており、 $\bar{D}_0(s)$ の有効性は、各月の金利の期間構造である $R_0(s)$ の有効性が証明されれば同時に証明されることとなる。そこで、図 5-1(b)の金利の期間構造の変化を客観的な視点から評価する為、金利の市場取引値を代表する円-円スワップレート（プレーンバニラ）と比較した。

(a) $\bar{D}_0(s)$



(b) $R_0(s)$

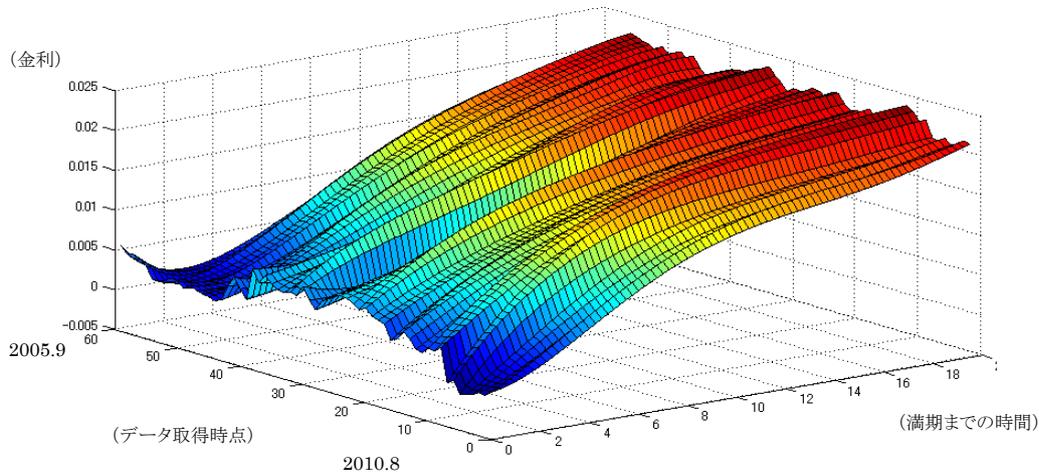


図 5-2 期間構造の変化 (a)割引率(b)金利

図 5-2(a)(b)で、左の軸はデータ取得時点を示し、右の軸は満期までの時間の長さを示している。例えば 39 時点目（2008 年 11 月）から右軸にそって、サブプライムショックに伴う激しい変動を示す山状の変化が観察できる。

4 章にて論議したように、本研究の分析では満期が 1 年から 20 年の間の国債を使用している。本研究での関心は長期的な国債価格や金利にあるが、図 5-2(b)のグラフにあるように、満期期間 1 年以下の短期金利についてもデータの無い外挿ではあるが、割引率関数の多項式を用いて推定している。推定した短期金利には、僅かに負の値を示す 5 つの金利がある。次表の通り、4 つの時点、2005 年 10 月、2005 年 12 月、2006 年 1 月、2006 年 2 月である。表内の上にある 0.25 年と 0.5 年のセルの上段の値は推定された金利の値で、下段の値は割引率である。

表 5-1 推定された短期金利（上段）と割引率（下段）

	2005.9	2005.10	2005.11	2005.12	2006.1	2006.2
0.25yr	0.0005800	-0.0000458	0.0000429	-0.0003949	-0.0006606	-0.0008203
	0.9998550	1.0000115	0.9999893	1.0000987	1.00016518	1.0002051
0.5yr	0.0007071	0.0002932	0.0002691	0.0000039	-0.0001674	0.0000984
	0.9996465	0.9998534	0.9998655	0.9999980	1.0000837	0.9999508
0.75yr	0.0008865	0.0006599	0.0005329	0.0004251	0.0003408	0.0009767

但し、それら 5 つの負の推定された金利の値を見ると、いずれも -1×10^{-3} 未満であり概ね無視できると考える。これらに対応した 5 つの割引率はわずかに 1 より大きいと同様に僅かであり、超過した部分は凡そ 0.0002 以下程度である。これらのレートは半年以内に支払われているクーポンを割り引くために用いることができるが、例えばクーポンレートが 5 円だった場合でさえ、その超過した部分の影響は 0.0010 円程度である。又、このエラーは M0 モデルの残差標準偏差 (RSD) 値と比較してもかなり小さく (表 4-3 参照)、本研究のモデルへの影響は無視できると結論づけた。つまり、多項式である $p(s)$ を含む $\exp(p(s))$ による割引率関数の特定に於いて負の金利を無視できるということである。今後も満期 1 年以上のデータを用いる限り、短期の部分には無視できる程度の誤差が生じる可能性がある。

5. 2 スワップレートと導出された金利との比較

市場の金利を示すものは、現在スワップレートしかないが、ここには銀行間の信用を含んでいることが明らかで、その意味で純粋な金利だけを観察する術は存在しないと言える。国債の金利は純粋な金利により近いものとなり、スワップレートと比較して金利の値が小さくなっていることが事前に予想される。図 5-3 では、3 年、5 年、7 年、10 年、15 年、20 年の満期のレートとして、スワップレートと M0 モデルから導出される金利をプロットしている。我々の M0 モデルから導出した金利と市場の金利が密接に連動していることがわかる。又、M0 モデルから導かれた金利は実際の市場の金利を示すものとして妥当と判断できる。3 年と 5 年のレートでは、スワップレートが一樣に M0 金利より大きくなっている。図 5-4 の二つのレートの差をグラフで見ると、その差が国債レートと比較してスワップレートの信用スプレッドであると考えられる。この図 5-4 を観察することでスワップレートかと M0 モデルによる金利算出値の差分の変化の動きがわかる。例えば 3 年の両レートのギャップは全期間において増加していることも観察できる。3 年物の国債のクレジットは 2010 年 8 月のギャップが 30bpt と比較的大きくなっている。一方、5 年物のギャップは 2008 年 8 月で急に減少に転じ、正のギャップを保ちながら 2009 年 5 月に最低値に達している。金融危機後の二つのレートのギャップは Period I よりも僅かに広がっている。これは個人向け金融機関の信用格付け低下について投資家が問題視した影響と考えられる。尚、日本の銀行は 1 行もこの危機ではデフォルトしていない。他方、5 年以上の期間、スワップレートは M0 金利を下回り続けた。この期間、日本の巨額の累積財政赤字から国債がデフォルトすることについて投資家は不安を感じていたはずであることから、このレート逆転現象はその不安感が反映された結果かもしれない。7 年物レートで M0 金利がスワップレートを逆転して上回った最初の時点は 2009 年 4 月である。この時期は本研究の定義によるところ

の金融危機の影響期間の終わり (periodⅢ) の時期である。その後 1 ヶ月の間逆転していた。

10 年物レートでは 2008 年 11 月に M0 金利とスワップレートの交差が生じている。2009 年 6 月迄スワップレートは M0 金利を下回り続けた。10 年国債のクレジットが同時期のスワップレートより下回っていることを含意している。また、金融危機後の期間でさえ Period I やⅡほどにクレジットは回復しないままであった。

15 年と 20 年のレートではこの傾向がさらに強くなる。これらのレートで最初に交差が起ころのは最初のサブプライムショックが起きた 2008 年 3 月の直後であったが、翌月にはスワップレートの方が高い状態に戻った。二度目の交差が起こったのは 2008 年 11 月でその Period の残りの期間は M0 金利をスワップレートが下回り続けた。その理由は完全にクリアではないが、投資家が日本政府の深刻な財政状態を危惧し、長期国債のクレジットを金融機関が取引する金利スワップより低いものと考えたと推測できる。これら 15 年や 20 年のレートでは驚くべきことに、スワップレートが M0 金利を下回った最大のスプレッドは約 40bpt となっている。

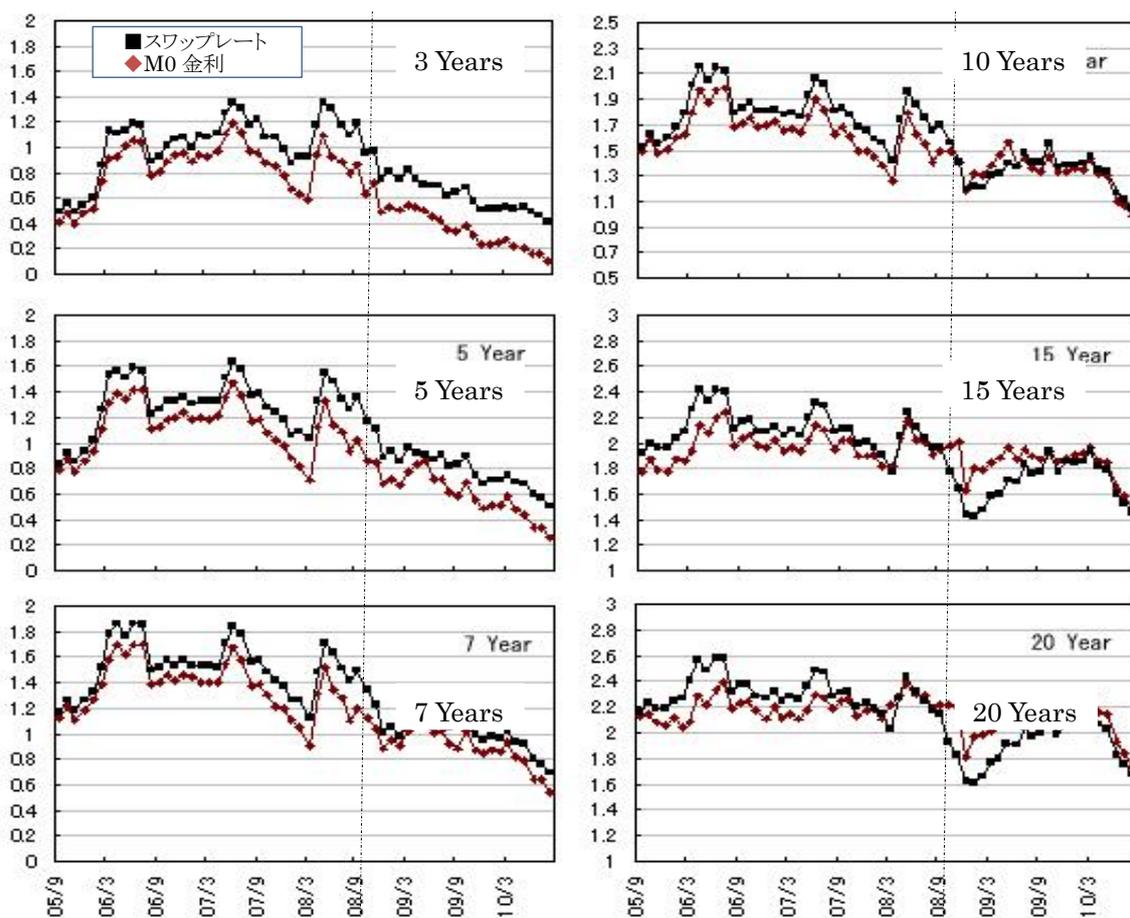


図 5-3 スワップレートと M0 モデルによる金利算出値の変化

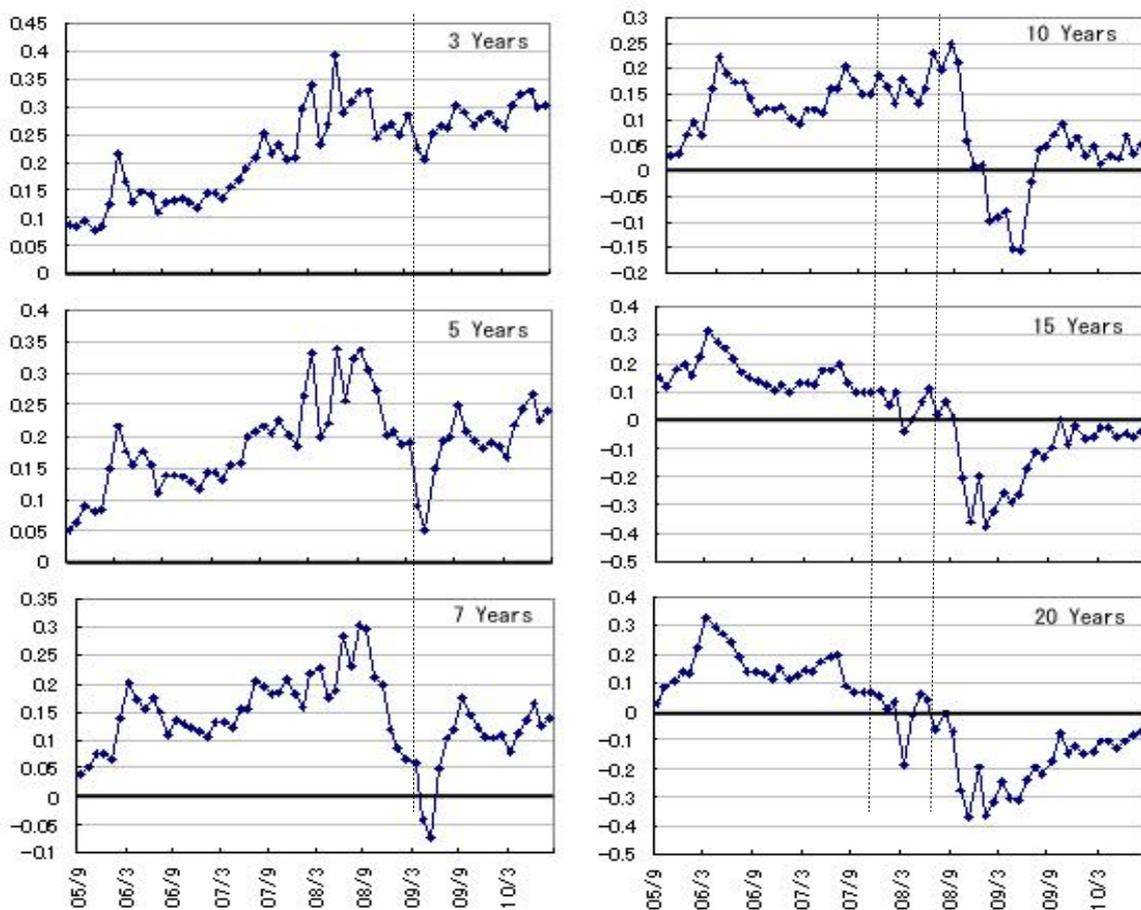


図 5-4 スワップレートから M0 モデルによる金利算出値を差し引いた差分の変化

第6章 結論

本研究では、債券属性に依存する金利のフォワードレートを用いた割引率関数と同等な確率的割引率関数を用いて、個別価格のプライシングモデルと市場金利の期間構造を導出した。そして、金融危機を含む期間について包括的な実証分析をし、モデルの有効性やを検証した。特に個別価格の属性を利用することの重要性を検証し、本稿の属性依存型の確率的割引関数アプローチによるクロスセクション・モデルが、金利モデルとしても、国債価格モデルとしても有効かつ非常に頑強なモデルであることを検証した。

GLS(一般化最小二乗法)の実証分析に基づき、M0モデルを基本モデルとして提案し、さらに、6次多項式のM3モデルを日本国債プライシングの割引率関数として、且つ、どの時点でも使用可能なものとして提案する。一方、割引率の導出を通じて算出された金利の期間構造の描写には、M0モデルが金融危機の時期に於いても実証的に有効と示された為、こちらを提案する。これは様々な目的に使えるが、例えば満期に適合させた金利の期間構造や、クーポンに適合させた金利の期間構造も導出可能である。

個別の日本国債の標準偏差や相関は本研究のGLS(一般化最小二乗法)のフレームワークを用いて導出できる。加えて、スワップレートからM0金利を差し引いたクレジットスプレッドが2008年8月から長期国債において負の値を示すことを観察した。これは政府の財政問題に端を発するクレジットリスクの悪化を反映していると考えられる。

参考文献

- [1]Anderson, N., Breedon, F., Deacon, M., Derry, A., and Murphy, G. (1996) Estimating and Interpreting the Yield Curves. John Wiley & Sons
- [2]Brigo, D., and Mercurio, F. (2006) Interest Rate Models - Theory and Practice: With Smile, Inflation and Credit (Springer Finance)
- [3]Chung, K.L., and Williams, R.J. (1990) Introduction to Stochastic Integration, Birkhouser.
- [4]Collin-Dufresne, P., and Solnik, B. (2001) On the term structure of default premia in the swap and LIBOR markets. *Journal of Finance*, 56, 1095-1114.
- [5]Diebold, F.X., and Li, C. (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics*, 130, 337-364
- [6]Duffie, D., and Kan, R. (1996) A yield factor model of interest rates. *Mathematical Finance*, 6, 379-406.
- [7]Engle, R. (2009) Anticipating Correlations; A New Paradigm for Risk Management. Princeton Univeristy Press, Princeton.
- [8]Feldhutter, P., and Lando, D. (2007) Decomposing swap spreads, Discussion Paper. Filipovic, D. (2009) Term-Structure Models—A Graduate Course. Springer
- [9]Heath, D., Jarrow, R.A., and Morton, A.(1992) Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology for Contingent Claims Valuation. *Econometrica* 60, 77-105.
- [10]Hougllet, Michel X., (1980)Estimating the Term Structure of Interest Rates for Non-homogeneous Bonds, Ph.D Dissertation, University of California Berkeley.
- [11]Kaplan, R.S., and Urwitz, G. (1979) Statistical model of bond rating: A methodological inquiry, *Journal of Business*,52, 231-261.
- [12]Kamizono, K., and Kariya, T.(1996) An Implementation of the HJM Model with Application to Japanese Interest Futures Financial Engineer8ng and the Japanese Markets, 3, 151-170
- [13]Kariya, T. (1993) Quantitative Methods for Portfolio Analysis, Springer Verlag
- [14]Kariya, T., and Kurata, H. (2004) Generalized Least Squares, John Wiley, New York.
- [15]Kariya, T., and Tsuda, H. (1994) New bond pricing models with applications to Japanese Government Bond, *Financial Engineering and the Japanese Markets*, 1,1-20.
- [16]Kariya, T., and Tsuda, H. (1996). Prediction of individual bond prices via the TDM

- model. Modelling and Prediction (ed. by J.C.Lee, W.O. Johnson and A.Zellner), Springer, 350-363.
- [17]Kariya,T., and Tsuda H.(2000), CB-Time Dependent Markov Model for Pricing Convertible Bonds, Asia-Pacific Financial Markets, 7,60-84.
- [18]McCulloch, J.H. (1971) Measuring the term structure of interest rates. Journal of Business XLIV, 19-31.
- [19]McCulloch, J. H.(1975). The tax adjusted yield curve, Journal of Finance, 30, 811–830.
- [20]Nawalkha, S. K., Soto, G. M., and Beliaeva, N. A. (2007). Dynamic Term Structure Modeling: The Fixed Income Valuation Course. Wiley Finance.
- [21]Nelson, C.R., and Siegel, A.F. (1987). Parsimonious modeling of yield curves, Journal of Business, 60(4), 473–489
- [22]Vasicek, O. A. and Fong, H. G. (1982) Term structure modeling using exponential splines, Journal of Finance, 37, 339–348.
- [23]Waggoner, D. (1997), "Spline Methods for Extracting Interest Rate Curves from Coupon Bond Prices", Federal Reserve Board Working Paper 97-10
- [24]財務省(2013)“2013年度債務管理レポート”
- [25]刈屋武昭(1995)“債券計量分析の基礎と応用”東洋経済新報社 29-66
- [26]刈屋武昭、小暮厚之(2002)“金融工学入門”東洋経済新報社 177-196
- [27]藤井真理子、高岡慎(2008)“金利の期間構造とマクロ経済:Nelson-Siegel モデルを用いた実証分析”金融庁金融研究センター

参考資料（図表等）

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0													
p=2	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09
β_1	-0.00775	-0.00904	-0.0078	-0.00867	-0.00971	-0.01132	-0.01365	-0.01467	-0.01409	-0.01474	-0.01453	-0.01109	-0.01119
β_2	-0.0005	-0.00045	-0.00049	-0.00044	-0.00041	-0.0003	-0.00019	-0.00021	-0.00022	-0.00023	-0.00026	-0.00037	-0.00038
ρ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.001135	0.001358	0.001255	0.001178	0.001348	0.000979	0.001012	0.001331	0.000999	0.001111	0.001087	0.000936	0.000885
AIC	-1407.32	-1389.57	-1412.94	-1419.65	-1404.43	-1486.58	-1465.7	-1426.94	-1509.94	-1473.04	-1491.45	-1538.19	-1536.59
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220
ψ / G	5.43E-06	6.41E-06	5.89E-06	5.56E-06	6.3E-06	4.53E-06	4.73E-06	6.13E-06	4.54E-06	5.09E-06	4.94E-06	4.22E-06	4.02E-06
sqrt(ψ / G)	0.00233	0.002531	0.002428	0.002358	0.002509	0.002129	0.002175	0.002477	0.002131	0.002257	0.002222	0.002053	0.002006
残差2乗和	247.6564	312.5319	271.4464	248.7732	307.8329	225.7888	234.9015	336.5169	220.88	251.9835	253.3629	196.5159	204.6749
残差2乗和/G	1.184959	1.474207	1.274396	1.173459	1.438472	1.045318	1.097671	1.550769	1.004	1.155888	1.151649	0.885207	0.93034

p=2	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.01185	-0.01155	-0.01227	-0.01182	-0.01169	-0.01167	-0.01165	-0.01317	-0.0145	-0.01343	-0.01092	-0.01125	-0.0101
β_2	-0.00035	-0.00034	-0.00028	-0.00034	-0.00031	-0.00032	-0.00031	-0.00025	-0.00023	-0.00027	-0.00037	-0.00038	-0.00044
ρ	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.000833	0.000567	0.000647	0.000755	0.000592	0.000607	0.000517	0.000464	0.000573	0.000573	0.000544	0.000567	0.000648
AIC	-1557.11	-1649.66	-1612.7	-1586.04	-1639.76	-1612.07	-1654.91	-1678.73	-1617.41	-1624.67	-1651.2	-1612	-1590.53
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ / G	3.77E-06	2.55E-06	2.93E-06	3.4E-06	2.67E-06	2.77E-06	2.35E-06	2.11E-06	2.63E-06	2.62E-06	2.46E-06	2.61E-06	2.97E-06
sqrt(ψ / G)	0.001941	0.001598	0.001712	0.001844	0.001634	0.001665	0.001533	0.001452	0.001621	0.001618	0.001569	0.001617	0.001724
残差2乗和	194.7062	125.6104	146.4723	185.344	124.127	134.0174	104.7679	93.44923	127.4757	111.8513	77.21789	107.1981	120.8748
残差2乗和/G	0.881024	0.565813	0.662771	0.834883	0.55913	0.611951	0.476218	0.424769	0.584751	0.510736	0.349402	0.494001	0.554471

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=2	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00917	-0.00887	-0.00784	-0.00716	-0.00505	-0.01018	-0.01254	-0.01034	-0.00927	-0.00766	-0.00874	-0.00802	-0.00713
β_2	-0.00045	-0.00047	-0.00054	-0.00054	-0.00068	-0.00045	-0.00036	-0.00044	-0.0005	-0.00055	-0.0005	-0.00055	-0.0006
ρ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.000536	0.000588	0.000778	0.000685	0.000798	0.000626	0.000643	0.000561	0.000618	0.000826	0.000893	0.001453	0.001916
AIC	-1639.31	-1611.74	-1557.8	-1585.6	-1530.88	-1590.77	-1606.94	-1622.07	-1622.87	-1580.22	-1541.64	-1447.17	-1391.7
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	2.45E-06	2.7E-06	3.55E-06	3.13E-06	3.69E-06	2.88E-06	2.92E-06	2.57E-06	2.8E-06	3.69E-06	4.04E-06	6.51E-06	8.55E-06
sqrt(ψ / G)	0.001565	0.001642	0.001885	0.001769	0.001922	0.001698	0.001709	0.001604	0.001673	0.00192	0.00201	0.002552	0.002925
残差2乗和	88.53933	100.6897	136.8252	111.1507	99.24312	99.68288	120.3053	86.42582	78.9924	97.43553	95.52572	213.7427	218.9821
残差2乗和/G	0.404289	0.461879	0.624773	0.507538	0.459459	0.459368	0.546842	0.396449	0.357432	0.43498	0.432243	0.958487	0.977599

p=2	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00567	-0.00649	-0.00601	-0.00717	-0.00767	-0.008	-0.00623	-0.00625	-0.0051	-0.00504	-0.00635	-0.00481	-0.0042
β_2	-0.00053	-0.00055	-0.00058	-0.00053	-0.00053	-0.00056	-0.00062	-0.00065	-0.0007	-0.00069	-0.00064	-0.0007	-0.00075
ρ	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.001438	0.00157	0.001718	0.001718	0.001788	0.001695	0.00135	0.001527	0.001604	0.001639	0.00167	0.001658	0.001932
AIC	-1442.88	-1442.7	-1428.89	-1428.89	-1419.79	-1438.28	-1483.26	-1474.98	-1463.65	-1445.84	-1454.44	-1456.07	-1414.84
G	222	225	226	226	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	6.48E-06	6.98E-06	7.6E-06	7.6E-06	7.91E-06	7.47E-06	5.98E-06	6.67E-06	7.01E-06	7.22E-06	7.29E-06	7.24E-06	8.47E-06
sqrt(ψ / G)	0.002545	0.002642	0.002757	0.002757	0.002813	0.002733	0.002444	0.002582	0.002647	0.002687	0.002701	0.002691	0.002911
残差2乗和	149.4508	215.7943	222.3622	222.3622	227.4508	257.1909	211.2472	253.6829	252.4452	279.8629	297.1018	287.6104	317.7167
残差2乗和/G	0.673202	0.959086	0.983903	0.983903	1.006419	1.133	0.934722	1.107786	1.102381	1.232876	1.297388	1.255941	1.393494

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=2	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00452	-0.00435	-0.00538	-0.00416	-0.00408	-0.00249	-0.00281	-0.00198
β_2	-0.00074	-0.00075	-0.00071	-0.00074	-0.00073	-0.00074	-0.00069	-0.0007
ρ	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.002022	0.001946	0.002043	0.00177	0.001928	0.001445	0.00143	0.001461
AIC	-1404.4	-1425.67	-1377.34	-1415.77	-1409.05	-1454.93	-1470.25	-1478.53
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	8.87E-06	8.46E-06	9.12E-06	7.87E-06	8.49E-06	6.45E-06	6.33E-06	6.41E-06
sqrt(ψ / G)	0.002978	0.002909	0.00302	0.002805	0.002914	0.00254	0.002516	0.002531
残差2乗和	324.6873	317.5366	361.6804	327.9614	367.1416	260.3103	263.5579	245.7657
残差2乗和/G	1.424067	1.380594	1.614645	1.457606	1.617364	1.1621	1.166185	1.07792

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0														
p=3	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	-0.00209	-0.0021	-0.001	-0.00255	-0.00292	-0.00558	-0.0081	-0.00783	-0.00801	-0.00834	-0.00786	-0.00506	-0.00501	
β_2	-0.00146	-0.00163	-0.00165	-0.00147	-0.00156	-0.00128	-0.00113	-0.00138	-0.00126	-0.00132	-0.0014	-0.0014	-0.00143	
β_3	3.55E-05	4.39E-05	4.31E-05	3.83E-05	4.3E-05	3.66E-05	3.5E-05	4.36E-05	3.88E-05	4.08E-05	4.29E-05	3.85E-05	3.95E-05	
ρ	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
ψ	0.000505	0.000429	0.000348	0.00041	0.000442	0.000331	0.000396	0.000429	0.000257	0.000299	0.000224	0.000186	0.000151	
AIC	-1574.38	-1631.92	-1684.04	-1641.4	-1641.15	-1719.11	-1664.27	-1670.57	-1806.58	-1756.78	-1836.79	-1894.69	-1924.28	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ/G	2.42E-06	2.02E-06	1.63E-06	1.93E-06	2.06E-06	1.53E-06	1.85E-06	1.98E-06	1.17E-06	1.37E-06	1.02E-06	8.39E-07	6.84E-07	
sqrt(ψ/G)	0.001555	0.001422	0.001279	0.001391	0.001437	0.001237	0.001361	0.001406	0.001081	0.001172	0.001009	0.000916	0.000827	
残差2乗和	59.16776	48.28046	34.80055	45.73626	52.75095	42.87892	57.505	71.05638	28.95047	33.75407	27.12368	17.06992	12.68119	
残差2乗和/G	0.283099	0.227738	0.163383	0.215737	0.2465	0.198514	0.268715	0.327449	0.131593	0.154835	0.123289	0.076892	0.057642	

p=3	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00578	-0.0066	-0.00707	-0.00588	-0.00668	-0.00641	-0.00691	-0.00892	-0.00965	-0.00859	-0.00665	-0.00635	-0.00474
β_2	-0.00139	-0.00119	-0.00117	-0.00135	-0.00117	-0.00122	-0.00112	-0.00099	-0.00106	-0.0011	-0.0011	-0.00121	-0.00136
β_3	3.92E-05	3.21E-05	3.34E-05	3.83E-05	3.24E-05	3.36E-05	3.05E-05	2.79E-05	3.12E-05	3.13E-05	2.75E-05	3.11E-05	3.44E-05
ρ	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.3	1	1
ψ	0.000136	9.55E-05	0.000107	0.000108	9.53E-05	7.07E-05	5.5E-05	8.37E-05	0.000103	7.74E-05	8.46E-05	7.52E-05	8.49E-05
AIC	-1955.14	-2042.88	-2008.23	-2015.31	-2043.29	-2081.01	-2145.89	-2053.34	-1989.08	-2061.29	-2060.41	-2048.49	-2031.48
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ/G	6.16E-07	4.3E-07	4.85E-07	4.87E-07	4.29E-07	3.23E-07	2.5E-07	3.81E-07	4.73E-07	3.53E-07	3.83E-07	3.47E-07	3.9E-07
sqrt(ψ/G)	0.000785	0.000656	0.000696	0.000698	0.000655	0.000568	0.0005	0.000617	0.000688	0.000594	0.000619	0.000589	0.000624
残差2乗和	11.57902	7.057713	11.99006	11.1097	6.532743	5.227949	3.271584	7.185503	11.88613	5.383325	1.931151	3.08368	3.997869
残差2乗和/G	0.052394	0.031792	0.054254	0.050044	0.029427	0.023872	0.014871	0.032661	0.054524	0.024581	0.008738	0.014211	0.018339

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=3	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00452	-0.00399	-0.00209	-0.00194	-0.00065	-0.00526	-0.00731	-0.0059	-0.00499	-0.0031	-0.00416	-0.00106	-0.00035
β_2	-0.00124	-0.0013	-0.00151	-0.00143	-0.00142	-0.00128	-0.00125	-0.00119	-0.00123	-0.00133	-0.00128	-0.00173	-0.00177
β_3	2.98E-05	3.07E-05	3.65E-05	3.31E-05	2.76E-05	3.12E-05	3.36E-05	2.83E-05	2.72E-05	2.92E-05	2.89E-05	4.37E-05	4.39E-05
ρ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	1.3	0.9	0.9	0.9	1.2	1.6	1.5	1.2	1	1.7	1.7	1
ψ	9.94E-05	9.71E-05	0.000113	0.000128	0.000407	0.000145	0.000103	0.000116	0.000197	0.000367	0.000369	0.000367	0.0009
AIC	-2006.48	-2002.22	-1977.43	-1950.81	-1674.47	-1906.1	-2008.16	-1963.71	-1873.78	-1759.72	-1734.71	-1751.67	-1559.03
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	4.54E-07	4.46E-07	5.18E-07	5.85E-07	1.88E-06	6.68E-07	4.67E-07	5.32E-07	8.91E-07	1.64E-06	1.67E-06	1.65E-06	4.02E-06
sqrt(ψ / G)	0.000674	0.000667	0.00072	0.000765	0.001372	0.000817	0.000684	0.000729	0.000944	0.00128	0.001293	0.001284	0.002004
残差2乗和	5.955503	4.334448	5.807097	8.103164	45.99042	7.95857	4.705306	5.09933	12.43508	33.23126	20.29736	16.55354	66.00055
残差2乗和/G	0.027194	0.019883	0.026516	0.037001	0.212919	0.036675	0.021388	0.023391	0.056267	0.148354	0.091843	0.074231	0.294645

p=3	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-8.2E-05	0.000487	0.001108	-9.1E-05	-0.00079	-0.00086	0.000688	0.001248	0.00257	0.002927	0.00158	0.003315	0.004228
β_2	-0.00149	-0.00175	-0.0018	-0.00174	-0.00172	-0.00179	-0.00181	-0.00194	-0.00203	-0.00205	-0.00201	-0.0021	-0.00219
β_3	3.59E-05	4.51E-05	4.61E-05	4.55E-05	4.48E-05	4.66E-05	4.47E-05	4.88E-05	5.02E-05	5.11E-05	5.15E-05	5.3E-05	5.4E-05
ρ	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.7	1.2	1.1	1.2	1.1	0.9	1.4	1.4	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.000611	0.000439	0.000554	0.000483	0.00043	0.000423	0.000165	0.000187	0.000233	0.000234	0.000232	0.000231	0.000305
AIC	-1630.92	-1727.6	-1682.63	-1698.53	-1739.76	-1751.24	-1956.37	-1953.48	-1903.53	-1885.91	-1904.91	-1905.89	-1833.94
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	2.75E-06	1.95E-06	2.45E-06	2.15E-06	1.9E-06	1.86E-06	7.3E-07	8.18E-07	1.02E-06	1.03E-06	1.01E-06	1.01E-06	1.34E-06
sqrt(ψ / G)	0.001659	0.001396	0.001566	0.001468	0.00138	0.001365	0.000854	0.000904	0.001009	0.001015	0.001006	0.001003	0.001156
残差2乗和	21.80453	20.03374	27.41582	11.53187	8.762069	14.59668	3.220446	4.133667	7.770463	10.26009	6.42377	10.8058	12.7229
残差2乗和/G	0.098219	0.089039	0.121309	0.051482	0.03877	0.064303	0.01425	0.018051	0.033932	0.045199	0.028051	0.047187	0.055802

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=3	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	0.00405	0.00409	0.003416	0.004423	0.004967	0.005282	0.004995	0.005548
β_2	-0.00221	-0.0022	-0.00222	-0.0022	-0.00227	-0.00206	-0.00202	-0.00197
β_3	5.54E-05	5.43E-05	5.65E-05	5.5E-05	5.77E-05	4.92E-05	4.94E-05	4.74E-05
ρ	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.00032	0.000295	0.000301	0.000238	0.000295	0.000246	0.000245	0.000359
AIC	-1823.11	-1857.83	-1804.09	-1865.27	-1833.21	-1849.85	-1867.02	-1796.6
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	1.4E-06	1.28E-06	1.34E-06	1.06E-06	1.3E-06	1.1E-06	1.08E-06	1.57E-06
sqrt(ψ / G)	0.001184	0.001132	0.00116	0.001028	0.00114	0.001047	0.001041	0.001255
残差2乗和	11.2294	11.38619	10.16519	14.27989	23.57327	27.22934	25.23617	35.98786
残差2乗和/G	0.049252	0.049505	0.04538	0.063466	0.103847	0.12156	0.111664	0.157842

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0														
p=4	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	0.00454	0.004	0.004217	0.00338	0.003465	-0.00013	-0.00228	-0.00132	-0.00335	-0.00341	-0.00359	-0.00155	-0.00199	
β_2	-0.00347	-0.00347	-0.00325	-0.00328	-0.0035	-0.00294	-0.00291	-0.00337	-0.00269	-0.00282	-0.00271	-0.00248	-0.00234	
β_3	0.000211	0.000204	0.000185	0.000198	0.000212	0.000183	0.000191	0.000218	0.000166	0.000172	0.000158	0.000135	0.000118	
β_4	-4.7E-06	-4.2E-06	-3.8E-06	-4.3E-06	-4.5E-06	-3.9E-06	-4.1E-06	-4.6E-06	-3.4E-06	-3.5E-06	-3.1E-06	-2.6E-06	-2.1E-06	
ρ	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	1	1	1	1.2	1.3	1.2	1	0.9	2	1.8	1.3	1.3	1.3	
ψ	0.000167	0.000141	0.000107	9.17E-05	0.000114	8.94E-05	0.000126	0.000125	6.46E-05	9.44E-05	7.76E-05	6.2E-05	7.09E-05	
AIC	-1804.34	-1865.68	-1933.2	-1956.86	-1928.86	-1999.68	-1907.16	-1936.96	-2108.57	-2006.42	-2068.02	-2136.98	-2087.91	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ / G	7.97E-07	6.65E-07	5.03E-07	4.33E-07	5.33E-07	4.14E-07	5.9E-07	5.74E-07	2.93E-07	4.33E-07	3.53E-07	2.79E-07	3.22E-07	
sqrt(ψ / G)	0.000893	0.000816	0.000709	0.000658	0.00073	0.000643	0.000768	0.000758	0.000542	0.000658	0.000594	0.000528	0.000568	
残差2乗和	5.827361	3.933569	3.695669	2.417487	2.490511	2.75429	6.031933	5.603408	1.319613	2.084324	2.25569	1.566918	1.444996	
残差2乗和/G	0.027882	0.018555	0.017351	0.011403	0.011638	0.012751	0.028187	0.025822	0.005998	0.009561	0.010253	0.007058	0.006568	

p=4	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00304	-0.00456	-0.00428	-0.003	-0.00446	-0.00447	-0.00545	-0.00677	-0.0073	-0.00667	-0.0059	-0.00531	-0.00453
β_2	-0.00222	-0.00181	-0.00203	-0.00223	-0.00185	-0.0018	-0.00157	-0.00166	-0.00178	-0.0017	-0.00134	-0.00153	-0.00142
β_3	0.000111	8.66E-05	0.000109	0.000115	9.26E-05	8.48E-05	6.97E-05	8.7E-05	9.46E-05	8.43E-05	4.88E-05	5.93E-05	4.01E-05
β_4	-1.9E-06	-1.4E-06	-2E-06	-2E-06	-1.6E-06	-1.3E-06	-1E-06	-1.6E-06	-1.7E-06	-1.4E-06	-5.8E-07	-7.5E-07	-1.5E-07
ρ	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.7	2	1.5	1.7	1.2	1.6	1.8	1.7	1	1	1.8	1.2	1
ψ	7.58E-05	5.66E-05	4.14E-05	4.04E-05	4.55E-05	3.64E-05	3.04E-05	4.01E-05	5.89E-05	5.89E-05	7.35E-05	6.4E-05	8.45E-05
AIC	-2082.83	-2156.86	-2216.26	-2231.92	-2205.56	-2224.12	-2274.13	-2213.54	-2109.3	-2109.3	-2089.63	-2081.32	-2030.54
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	218	221	217	218
ψ / G	3.43E-07	2.55E-07	1.87E-07	1.82E-07	2.05E-07	1.66E-07	1.38E-07	1.82E-07	2.7E-07	2.7E-07	3.32E-07	2.95E-07	3.88E-07
sqrt(ψ / G)	0.000586	0.000505	0.000433	0.000427	0.000453	0.000408	0.000372	0.000427	0.00052	0.00052	0.000577	0.000543	0.000623
残差2乗和	1.512454	1.299625	0.991926	0.83086	1.250826	0.773187	0.652182	0.828027	2.474675	2.474675	1.641426	2.535545	4.153575
残差2乗和/G	0.006844	0.005854	0.004488	0.003743	0.005634	0.003531	0.002964	0.003764	0.011352	0.011352	0.007427	0.011685	0.019053

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=4	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00514	-0.00406	-0.00246	-0.00232	-0.00344	-0.00656	-0.00723	-0.00558	-0.00673	-0.00586	-0.00675	-0.00269	-0.00594
β_2	-0.00105	-0.00127	-0.00139	-0.00131	-0.00056	-0.00087	-0.00127	-0.00129	-0.00069	-0.00048	-0.00048	-0.00122	-2.5E-05
β_3	1.27E-05	2.86E-05	2.6E-05	2.26E-05	-4.8E-05	-5.4E-06	3.57E-05	3.71E-05	-2E-05	-4.6E-05	-4.2E-05	-1.5E-06	-0.00011
β_4	4.56E-07	5.56E-08	2.83E-07	2.83E-07	2E-06	9.86E-07	-5.9E-08	-2.4E-07	1.25E-06	2E-06	1.91E-06	1.21E-06	4.16E-06
ρ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1	1.3	1	1	1	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	2	1.8	1.6
ψ	9.58E-05	9.71E-05	0.000112	0.000127	0.000355	0.000126	0.000103	0.000115	0.000166	0.000305	0.000289	0.000333	0.000583
AIC	-2012.41	-2000.37	-1977.91	-1950.82	-1701.71	-1934.04	-2006.33	-1964.1	-1908.86	-1798.97	-1786.63	-1771.46	-1654.24
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	4.38E-07	4.45E-07	5.12E-07	5.8E-07	1.64E-06	5.82E-07	4.67E-07	5.26E-07	7.53E-07	1.36E-06	1.31E-06	1.49E-06	2.6E-06
sqrt(ψ / G)	0.000661	0.000667	0.000716	0.000761	0.001282	0.000763	0.000683	0.000725	0.000868	0.001168	0.001144	0.001223	0.001613
残差2乗和	4.748951	4.259181	5.108253	7.148623	25.76197	5.105349	4.678052	5.19282	7.246264	17.14614	10.16939	12.17888	23.88843
残差2乗和/G	0.021685	0.019538	0.023325	0.032642	0.119268	0.023527	0.021264	0.02382	0.032789	0.076545	0.046015	0.054614	0.106645

p=4	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00262	-0.00241	-0.00197	-0.00172	-0.00071	0.000625	0.000391	0.000963	0.001379	0.001605	0.002191	0.002094	0.003381
β_2	-0.0007	-0.00085	-0.00084	-0.00123	-0.00175	-0.00226	-0.00171	-0.00186	-0.00165	-0.00164	-0.0022	-0.00172	-0.00193
β_3	-3.5E-05	-3.5E-05	-4E-05	-1.2E-07	4.72E-05	8.84E-05	3.62E-05	4.08E-05	1.7E-05	1.51E-05	6.84E-05	1.92E-05	3.08E-05
β_4	1.89E-06	2.15E-06	2.31E-06	1.23E-06	-6.4E-08	-1.1E-06	2.3E-07	2.16E-07	8.92E-07	9.56E-07	-4.5E-07	9.05E-07	6.19E-07
ρ	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.7	1.3	1.3	1.1	1.2	1.4	1.3	1	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.000518	0.000325	0.000439	0.000427	0.00043	0.000396	0.000163	0.000186	0.000212	0.000214	0.000226	0.000214	0.000297
AIC	-1665.64	-1793.35	-1733.23	-1724.21	-1737.85	-1764.38	-1957.45	-1953.17	-1922.56	-1903.7	-1908.21	-1920.77	-1838.01
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	2.33E-06	1.44E-06	1.94E-06	1.9E-06	1.9E-06	1.74E-06	7.2E-07	8.12E-07	9.28E-07	9.44E-07	9.88E-07	9.35E-07	1.3E-06
sqrt(ψ / G)	0.001527	0.001201	0.001394	0.00138	0.001379	0.001321	0.000849	0.000901	0.000963	0.000972	0.000994	0.000967	0.001141
残差2乗和	15.76383	9.274478	14.25398	8.435068	8.658473	9.465623	3.115982	4.042086	5.44437	7.270075	6.077099	7.826494	11.34631
残差2乗和/G	0.071008	0.04122	0.063071	0.037657	0.038312	0.041699	0.013788	0.017651	0.023775	0.032027	0.026538	0.034177	0.049765

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=4	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	0.003572	0.003306	0.003985	0.003698	0.004204	0.00271	0.002548	0.002511
β_2	-0.00206	-0.00196	-0.00239	-0.00198	-0.00204	-0.00127	-0.00126	-0.00103
β_3	4.21E-05	3.26E-05	7.22E-05	3.53E-05	3.71E-05	-2E-05	-1.7E-05	-3.5E-05
β_4	3.59E-07	5.79E-07	-4.2E-07	5.24E-07	5.47E-07	1.84E-06	1.75E-06	2.19E-06
ρ	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ψ	0.000316	0.000286	0.000297	0.000233	0.00029	0.000193	0.000198	0.000286
AIC	-1823.43	-1862.84	-1805.59	-1867.9	-1834.77	-1901.72	-1913.69	-1846.26
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	1.39E-06	1.24E-06	1.32E-06	1.04E-06	1.28E-06	8.62E-07	8.74E-07	1.25E-06
sqrt(ψ / G)	0.001178	0.001115	0.001151	0.001018	0.001131	0.000928	0.000935	0.00112
残差2乗和	10.63767	9.792548	10.0865	12.86234	21.15775	14.61469	14.15012	20.1741
残差2乗和/G	0.046656	0.042576	0.045029	0.057166	0.093206	0.065244	0.062611	0.088483

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0														
p=5	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	0.003114	0.002285	0.002823	0.003452	0.003247	0.001533	0.00078	0.001568	-0.00275	-0.00252	-0.00222	-0.00082	-0.00212	
β_2	-0.00276	-0.00259	-0.00255	-0.00332	-0.00339	-0.00376	-0.00437	-0.00473	-0.00299	-0.00325	-0.00338	-0.00285	-0.00228	
β_3	0.0001	6.45E-05	7.51E-05	0.000204	0.000195	0.000309	0.000412	0.000421	0.000212	0.000239	0.000261	0.000192	0.000108	
β_4	2.16E-06	4.43E-06	2.96E-06	-4.6E-06	-3.4E-06	-1.2E-05	-1.7E-05	-1.7E-05	-6.3E-06	-7.5E-06	-9.4E-06	-6.1E-06	-1.5E-06	
β_5	-1.4E-07	-1.8E-07	-1.4E-07	7.08E-09	-2.2E-08	1.62E-07	2.75E-07	2.48E-07	6.08E-08	8.46E-08	1.32E-07	7.37E-08	-1.3E-08	
ρ	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	2	2	2	2	2	2	1.4	1.3	
ψ	0.000155	0.000115	9.4E-05	9.17E-05	0.000114	6.98E-05	8.16E-05	8.69E-05	6.08E-05	8.74E-05	6.52E-05	5.8E-05	7.07E-05	
AIC	-1817.83	-1906.69	-1958.93	-1954.94	-1927.75	-2051.09	-1998.51	-2013.24	-2119.69	-2021.31	-2104.32	-2149.62	-2086.42	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ / G	7.4E-07	5.43E-07	4.41E-07	4.33E-07	5.31E-07	3.23E-07	3.81E-07	4E-07	2.76E-07	4.01E-07	2.96E-07	2.61E-07	3.22E-07	
sqrt(ψ / G)	0.00086	0.000737	0.000664	0.000658	0.000729	0.000568	0.000618	0.000633	0.000526	0.000633	0.000544	0.000511	0.000567	
残差2乗和	4.661464	2.426012	2.439577	2.432102	2.465684	1.278336	1.690918	1.693908	1.130023	1.615075	1.280734	1.507909	1.444601	
残差2乗和/G	0.022304	0.011443	0.011453	0.011472	0.011522	0.005918	0.007901	0.007806	0.005136	0.007409	0.005822	0.006792	0.006566	

p=5	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00303	-0.00475	-0.00373	-0.00337	-0.0055	-0.00515	-0.00593	-0.00619	-0.00556	-0.00665	-0.00654	-0.00637	-0.00637
β_2	-0.00223	-0.00172	-0.00229	-0.00205	-0.00133	-0.00146	-0.00133	-0.00195	-0.00261	-0.00171	-0.00103	-0.00101	-0.00052
β_3	0.000113	7.22E-05	0.000149	8.59E-05	1.26E-05	3.11E-05	3.32E-05	0.000132	0.000219	8.58E-05	2.04E-06	-2E-05	-9.9E-05
β_4	-2E-06	-5.6E-07	-4.5E-06	-2.4E-07	3.31E-06	1.98E-06	1.2E-06	-4.3E-06	-9.1E-06	-1.5E-06	2.26E-06	4.03E-06	8.34E-06
β_5	1.69E-09	-1.9E-08	5.16E-08	-3.8E-08	-1E-07	-7.1E-08	-4.7E-08	5.82E-08	1.54E-07	1.93E-09	-6E-08	-1E-07	-1.8E-07
ρ	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.7	2	1.8	1.8	2	2	2	2	2	1.8	1.9	1.4	1.3
ψ	7.58E-05	5.64E-05	3.93E-05	3.92E-05	3.76E-05	3.17E-05	2.84E-05	3.64E-05	4.49E-05	3.44E-05	7.03E-05	5.84E-05	6.96E-05
AIC	-2080.83	-2155.84	-2225.64	-2236.47	-2245.88	-2252.99	-2287.09	-2232.81	-2166.19	-2234.65	-2097.48	-2099.19	-2070.71
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ / G	3.43E-07	2.54E-07	1.78E-07	1.77E-07	1.69E-07	1.45E-07	1.29E-07	1.65E-07	2.06E-07	1.57E-07	3.18E-07	2.69E-07	3.19E-07
sqrt(ψ / G)	0.000585	0.000504	0.000422	0.00042	0.000412	0.00038	0.000359	0.000407	0.000454	0.000396	0.000564	0.000519	0.000565
残差2乗和	1.510728	1.309664	0.775937	0.859465	0.831807	0.601064	0.615336	0.607276	0.875861	0.754028	1.396431	1.964654	2.492645
残差2乗和/G	0.006836	0.005899	0.003511	0.003871	0.003747	0.002745	0.002797	0.00276	0.004018	0.003443	0.006319	0.009054	0.011434

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=5	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00694	-0.00559	-0.00463	-0.00468	-0.00653	-0.00716	-0.00675	-0.00575	-0.00561	-0.00698	-0.00689	-0.00265	-0.00847
β_2	-0.00017	-0.00054	-0.00034	-0.00017	0.000928	-0.00058	-0.00151	-0.00121	-0.00123	4.15E-05	-0.00041	-0.00124	0.001209
β_3	-0.00012	-8.4E-05	-0.00014	-0.00015	-0.00027	-5E-05	7.22E-05	2.43E-05	6.35E-05	-0.00012	-5.3E-05	1.77E-06	-0.0003
β_4	8.61E-06	6.87E-06	1E-05	1.08E-05	1.56E-05	3.74E-06	-2.3E-06	5.39E-07	-3.8E-06	6.46E-06	2.55E-06	1.01E-06	1.58E-05
β_5	-1.7E-07	-1.4E-07	-2E-07	-2.2E-07	-2.8E-07	-5.8E-08	4.72E-08	-1.6E-08	1.07E-07	-9.1E-08	-1.4E-08	4.14E-09	-2.5E-07
ρ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.2	1.5	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	2	1.8	1.7
ψ	8.33E-05	8.72E-05	9.08E-05	0.000107	0.000322	0.000124	0.000102	0.000114	0.00016	0.000303	0.000289	0.000333	0.000549
AIC	-2041.13	-2021.77	-2022.29	-1986.88	-1720.97	-1935.28	-2006.95	-1962.38	-1915.38	-1798.9	-1784.73	-1769.47	-1665.48
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	3.8E-07	4E-07	4.14E-07	4.87E-07	1.49E-06	5.73E-07	4.61E-07	5.25E-07	7.25E-07	1.35E-06	1.31E-06	1.49E-06	2.45E-06
sqrt(ψ / G)	0.000617	0.000632	0.000644	0.000698	0.001221	0.000757	0.000679	0.000725	0.000851	0.001163	0.001144	0.001222	0.001566
残差2乗和	3.15106	2.965361	2.793636	3.587326	17.64876	5.030255	4.45368	5.150075	6.880632	15.9092	10.13894	12.21732	21.95679
残差2乗和/G	0.014388	0.013603	0.012756	0.01638	0.081707	0.023181	0.020244	0.023624	0.031134	0.071023	0.045878	0.054786	0.098021

p=5	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00217	-0.00348	-0.00445	-0.00227	0.00065	0.00196	-0.00045	0.000114	-0.00052	-0.00124	0.000297	-0.001	0.000371
β_2	-0.00091	-0.00033	0.000373	-0.00096	-0.00241	-0.00291	-0.00129	-0.00143	-0.00071	-0.00025	-0.00125	-0.00019	-0.00045
β_3	-1.4E-06	-0.00012	-0.00023	-4.2E-05	0.000148	0.000189	-2.9E-05	-2.6E-05	-0.00013	-0.0002	-7.9E-05	-0.00022	-0.0002
β_4	-1.2E-07	7.04E-06	1.39E-05	3.81E-06	-6.2E-06	-7.3E-06	4.28E-06	4.37E-06	1.01E-05	1.41E-05	8.64E-06	1.55E-05	1.45E-05
β_5	4.23E-08	-1E-07	-2.4E-07	-5.4E-08	1.29E-07	1.3E-07	-8.6E-08	-8.9E-08	-2E-07	-2.8E-07	-1.9E-07	-3.1E-07	-2.9E-07
ρ	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.7	1.5	1.3	1.3	1.2	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1	0.9
ψ	0.000517	0.000317	0.000403	0.000424	0.000414	0.000384	0.000155	0.000179	0.000185	0.000162	0.000197	0.000151	0.000242
AIC	-1664.14	-1796.49	-1750.29	-1723.76	-1744.43	-1769.37	-1966.44	-1959.98	-1951.83	-1964.99	-1937.86	-1998.94	-1882.84
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	2.33E-06	1.41E-06	1.79E-06	1.89E-06	1.83E-06	1.69E-06	6.86E-07	7.81E-07	8.09E-07	7.14E-07	8.6E-07	6.59E-07	1.06E-06
sqrt(ψ / G)	0.001525	0.001188	0.001336	0.001375	0.001354	0.001301	0.000828	0.000884	0.0009	0.000845	0.000928	0.000812	0.001029
残差2乗和	15.68601	8.971222	12.22619	8.356806	7.721591	8.689554	2.810357	3.638744	3.708176	3.686438	4.097056	3.111808	6.624062
残差2乗和/G	0.070658	0.039872	0.054098	0.037307	0.034166	0.03828	0.012435	0.01589	0.016193	0.01624	0.017891	0.013589	0.029053

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=5	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	0.000495	-0.00015	0.000677	1.01E-05	-0.00162	-0.00151	-0.00116	-0.00138
β_2	-0.00054	-0.00026	-0.00079	-0.0002	0.000772	0.000758	0.000513	0.000847
β_3	-0.00019	-0.00023	-0.00017	-0.00024	-0.00039	-0.00033	-0.00029	-0.00032
β_4	1.49E-05	1.65E-05	1.45E-05	1.7E-05	2.65E-05	2.04E-05	1.8E-05	1.96E-05
β_5	-3.1E-07	-3.3E-07	-3.1E-07	-3.4E-07	-5.4E-07	-3.9E-07	-3.4E-07	-3.6E-07
ρ	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	0.9	1	0.9	1.1	1	1	1.1
ψ	0.000252	0.000201	0.000229	0.000172	0.000157	0.000128	0.000151	0.000234
AIC	-1872.84	-1941.55	-1861.86	-1934.4	-1973.07	-1991.31	-1973.14	-1889.97
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	1.11E-06	8.75E-07	1.02E-06	7.64E-07	6.89E-07	5.73E-07	6.66E-07	1.03E-06
sqrt(ψ / G)	0.001052	0.000935	0.00101	0.000874	0.00083	0.000757	0.000816	0.001013
残差2乗和	5.724256	4.074447	5.194261	6.338626	5.748364	5.869546	7.33071	11.59834
残差2乗和/G	0.025106	0.017715	0.023189	0.028172	0.025323	0.026203	0.032437	0.05087

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0														
p=6	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	-0.00051	0.000354	0.000141	0.000768	0.001136	0.001782	0.000253	0.000946	-0.00376	-0.00293	-0.00304	-0.0026	-0.00274	
β_2	-0.00015	-0.00117	-0.00065	-0.00144	-0.00186	-0.00393	-0.00398	-0.0043	-0.00228	-0.00297	-0.00281	-0.00162	-0.00184	
β_3	-0.00051	-0.00028	-0.00037	-0.00023	-0.00017	0.00035	0.000319	0.00032	4.64E-05	0.000172	0.000127	-9.3E-05	7.59E-06	
β_4	6.47E-05	3.99E-05	4.86E-05	4.03E-05	3.41E-05	-1.6E-05	-7.6E-06	-6.3E-06	1.08E-05	-7.4E-07	4.51E-06	2.3E-05	8.83E-06	
β_5	-3E-06	-1.9E-06	-2.3E-06	-2.1E-06	-1.8E-06	3.6E-07	-1.9E-07	-2.4E-07	-7.4E-07	-2.3E-07	-5.2E-07	-1.3E-06	-4.9E-07	
β_6	5.01E-08	2.91E-08	3.69E-08	3.61E-08	3.07E-08	-3.4E-09	8.11E-09	8.4E-09	1.39E-08	5.48E-09	1.13E-08	2.36E-08	8.28E-09	
ρ	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	2	0.9	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.5	
ψ	0.000105	8.73E-05	6.23E-05	6.16E-05	8.67E-05	6.95E-05	8E-05	8.49E-05	5.55E-05	8.65E-05	6.17E-05	4.7E-05	6.9E-05	
AIC	-1895.81	-1963.41	-2044.54	-2037.17	-1983.65	-2050.07	-2000.68	-2016.23	-2137.95	-2021.44	-2114.33	-2194.38	-2089.76	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ/G	5.05E-07	4.12E-07	2.93E-07	2.91E-07	4.05E-07	3.22E-07	3.74E-07	3.91E-07	2.52E-07	3.97E-07	2.81E-07	2.12E-07	3.14E-07	
sqrt(ψ/G)	0.00071	0.000642	0.000541	0.000539	0.000636	0.000567	0.000612	0.000625	0.000502	0.00063	0.00053	0.00046	0.00056	
残差2乗和	1.9255	1.38094	1.054135	1.023369	1.395639	1.270173	1.573108	1.609791	0.980053	1.589539	1.193153	0.908745	1.392549	
残差2乗和/G	0.009213	0.006514	0.004949	0.004827	0.006522	0.00588	0.007351	0.007418	0.004455	0.007291	0.005423	0.004093	0.00633	

p=6	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00384	-0.00447	-0.00317	-0.00285	-0.00474	-0.00506	-0.00527	-0.00597	-0.00545	-0.00607	-0.00682	-0.00704	-0.00701
β_2	-0.00165	-0.00191	-0.00268	-0.00239	-0.00187	-0.00152	-0.00178	-0.0021	-0.00269	-0.00211	-0.00084	-0.00055	-7.9E-05
β_3	-2.2E-05	0.000116	0.000239	0.000164	0.000138	4.5E-05	0.000135	0.000168	0.000238	0.000177	-4.5E-05	-0.00013	-0.0002
β_4	1.18E-05	-5.1E-06	-1.4E-05	-8E-06	-9.6E-06	5.55E-07	-9E-06	-8.1E-06	-1.1E-05	-1.1E-05	7.07E-06	1.48E-05	1.87E-05
β_5	-6.4E-07	1.91E-07	4.75E-07	3.18E-07	5.02E-07	-4.4E-09	4.24E-07	2.37E-07	2.42E-07	4.3E-07	-2.9E-07	-6E-07	-6.6E-07
β_6	1.11E-08	-3.6E-09	-7.3E-09	-6.1E-09	-1.1E-08	-1.2E-09	-8.1E-09	-3.1E-09	-1.5E-09	-7.4E-09	3.94E-09	8.54E-09	8.27E-09
ρ	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	1.6	2	2	2	2	2	1.9	1.8	1.4	1.3
ψ	7.32E-05	5.62E-05	3.78E-05	3.84E-05	3.54E-05	3.16E-05	2.66E-05	3.6E-05	4.49E-05	3.34E-05	6.99E-05	5.72E-05	6.87E-05
AIC	-2086.47	-2154.75	-2232.22	-2239	-2256.95	-2251.26	-2299.64	-2233.14	-2164.51	-2239.5	-2096.75	-2101.69	-2071.55
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ/G	3.31E-07	2.53E-07	1.71E-07	1.73E-07	1.6E-07	1.44E-07	1.21E-07	1.64E-07	2.06E-07	1.52E-07	3.16E-07	2.64E-07	3.15E-07
sqrt(ψ/G)	0.000575	0.000503	0.000414	0.000416	0.0004	0.00038	0.000348	0.000404	0.000454	0.00039	0.000562	0.000514	0.000562
残差2乗和	1.430824	1.272408	0.688202	0.770564	0.674744	0.596113	0.496088	0.587674	0.871331	0.660015	1.406637	1.976702	2.517787
残差2乗和/G	0.006474	0.005732	0.003114	0.003471	0.003039	0.002722	0.002255	0.002671	0.003997	0.003014	0.006365	0.009109	0.011549

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00624	-0.00562	-0.0043	-0.00556	-0.00725	-0.00506	-0.00513	-0.00501	-0.00523	-0.00593	-0.00679	-0.00599	-0.00737
β_2	-0.00066	-0.00051	-0.00057	0.000447	0.001423	-0.00204	-0.00264	-0.00172	-0.0015	-0.00068	-0.00047	0.001048	0.000448
β_3	-8.8E-06	-8.9E-05	-8E-05	-0.00029	-0.00039	0.000289	0.000333	0.000142	0.000124	4.52E-05	-3.8E-05	-0.00052	-0.00013
β_4	-2.9E-06	7.4E-06	4.37E-06	2.55E-05	2.71E-05	-3.1E-05	-2.9E-05	-1.1E-05	-1E-05	-1.1E-05	1.02E-06	5.4E-05	-2E-06
β_5	3.63E-07	-1.7E-07	6.13E-08	-9E-07	-8.1E-07	1.56E-06	1.28E-06	5.31E-07	3.9E-07	6.95E-07	5.72E-08	-2.4E-06	5.83E-07
β_6	-9.2E-09	4.2E-10	-4.6E-09	1.19E-08	9.07E-09	-2.8E-08	-2.1E-08	-9.4E-09	-4.9E-09	-1.4E-08	-1.2E-09	4.21E-08	-1.4E-08
ρ	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.2	1.5	1.4	1.3	1.3	1.9	1.8	1.5	1.5	1.4	2	2	1.7
ψ	8.2E-05	8.72E-05	9.05E-05	0.000105	0.000321	0.000113	9.51E-05	0.000113	0.00016	0.0003	0.000289	0.000306	0.000547
AIC	-2042.5	-2019.77	-2021.02	-1989.17	-1719.65	-1953.89	-2019.42	-1962.82	-1913.85	-1798.74	-1782.75	-1786.73	-1664.68
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ/G	3.74E-07	4E-07	4.13E-07	4.78E-07	1.49E-06	5.21E-07	4.32E-07	5.19E-07	7.23E-07	1.34E-06	1.31E-06	1.37E-06	2.44E-06
sqrt(ψ/G)	0.000612	0.000632	0.000643	0.000691	0.001219	0.000722	0.000657	0.000721	0.00085	0.001158	0.001144	0.001171	0.001562
残差2乗和	2.945779	2.968817	2.696722	3.572921	17.84057	3.748596	3.524577	4.796893	6.723057	15.21365	10.10026	10.58776	21.12679
残差2乗和/G	0.013451	0.013618	0.012314	0.016315	0.082595	0.017275	0.016021	0.022004	0.030421	0.067918	0.045703	0.047479	0.094316

p=6	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00316	-0.00439	-0.00585	-0.00428	-0.00216	-0.00188	-0.00217	-0.0024	-0.00274	-0.0032	-0.00245	-0.00338	-0.00374
β_2	-0.00023	0.000307	0.001341	0.000435	-0.00037	-6.9E-05	-9.3E-05	0.000328	0.000848	0.001143	0.000707	0.001487	0.002455
β_3	-0.00016	-0.00026	-0.00045	-0.00037	-0.00034	-0.00049	-0.00031	-0.00044	-0.00049	-0.00052	-0.00054	-0.00061	-0.00088
β_4	1.56E-05	2.21E-05	3.67E-05	3.69E-05	4.41E-05	6.39E-05	3.28E-05	4.63E-05	4.74E-05	4.72E-05	5.62E-05	5.57E-05	8.39E-05
β_5	-6.8E-07	-8E-07	-1.3E-06	-1.6E-06	-2.2E-06	-3.2E-06	-1.4E-06	-2E-06	-1.9E-06	-1.8E-06	-2.4E-06	-2.2E-06	-3.5E-06
β_6	1.25E-08	1.2E-08	1.83E-08	2.66E-08	4.12E-08	5.86E-08	2.3E-08	3.39E-08	3.03E-08	2.66E-08	3.88E-08	3.25E-08	5.57E-08
ρ	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.8	1.5	1.4	1.7	1.8	2	1.8	1.4	1.3	1.8	1.4	1.5
ψ	0.000514	0.000315	0.000398	0.000405	0.000362	0.000297	0.00014	0.000148	0.000163	0.000146	0.000154	0.000126	0.000175
AIC	-1663.24	-1796.27	-1751.34	-1731.61	-1773.08	-1825.82	-1988.03	-2001.74	-1979.97	-1986.79	-1991.75	-2038.47	-1953.81
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ/G	2.32E-06	1.4E-06	1.76E-06	1.81E-06	1.6E-06	1.31E-06	6.18E-07	6.45E-07	7.1E-07	6.43E-07	6.74E-07	5.5E-07	7.69E-07
sqrt(ψ/G)	0.001522	0.001183	0.001327	0.001345	0.001265	0.001143	0.000786	0.000803	0.000842	0.000802	0.000821	0.000741	0.000877
残差2乗和	15.43661	8.965622	12.41928	8.000195	5.792555	4.755975	2.477791	2.689548	3.149934	3.114596	2.453255	2.117955	3.179192
残差2乗和/G	0.069534	0.039847	0.054953	0.035715	0.025631	0.020951	0.010964	0.011745	0.013755	0.013721	0.010713	0.009249	0.013944

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00311	-0.00262	-0.00268	-0.00456	-0.00527	-0.00557	-0.00536	-0.00645
β_2	0.002032	0.001497	0.001616	0.003003	0.003317	0.003541	0.003431	0.004378
β_3	-0.0008	-0.00064	-0.00074	-0.00098	-0.00098	-0.00096	-0.00096	-0.00114
β_4	7.75E-05	5.91E-05	7.26E-05	9.24E-05	8.62E-05	8.43E-05	8.58E-05	0.000102
β_5	-3.2E-06	-2.3E-06	-3E-06	-3.8E-06	-3.3E-06	-3.3E-06	-3.5E-06	-4.1E-06
β_6	5.11E-08	3.44E-08	4.68E-08	5.99E-08	4.73E-08	5E-08	5.33E-08	6.48E-08
ρ	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.5	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
ψ	0.000182	0.000165	0.00017	0.000112	0.000122	9.52E-05	0.000114	0.000182
AIC	-1945.1	-1984.76	-1926.75	-2028.35	-2028.03	-2056.08	-2034.14	-1946.02
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	7.99E-07	7.19E-07	7.57E-07	4.99E-07	5.36E-07	4.25E-07	5.04E-07	7.96E-07
sqrt(ψ / G)	0.000894	0.000848	0.00087	0.000706	0.000732	0.000652	0.00071	0.000892
残差2乗和	2.853172	2.723424	2.746293	2.543	3.645041	3.527171	4.369977	7.330925
残差2乗和/G	0.012514	0.011841	0.01226	0.011302	0.016057	0.015746	0.019336	0.032153

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09
$p=7$													
β_1	0.000567	0.000544	0.000557	-7.3E-05	0.000643	0.001149	-0.00145	-0.00047	-0.00304	-0.0034	-0.00316	-0.0036	-0.00207
β_2	-0.00114	-0.00135	-0.00104	-0.00065	-0.0014	-0.00334	-0.00241	-0.00293	-0.00295	-0.00254	-0.0027	-0.00069	-0.00246
β_3	-0.00019	-0.00022	-0.00024	-0.00049	-0.00032	0.000159	-0.00018	-0.00013	0.000263	3.63E-05	9.31E-05	-0.00039	0.000204
β_4	1.7E-05	3.03E-05	2.9E-05	7.89E-05	5.7E-05	1.31E-05	6.77E-05	6.21E-05	-2.2E-05	1.96E-05	9.58E-06	6.85E-05	-2.1E-05
β_5	5.96E-07	-1.1E-06	-7.5E-07	-5.1E-06	-3.5E-06	-1.9E-06	-5.9E-06	-5.5E-06	1.76E-06	-1.8E-06	-9.1E-07	-4.8E-06	1.76E-06
β_6	-8.7E-08	-1.2E-10	-2.1E-08	1.49E-07	9.78E-08	8.08E-08	2.24E-07	2.07E-07	-8.1E-08	6.39E-08	2.6E-08	1.56E-07	-7.7E-08
β_7	2.02E-09	4.39E-10	8.62E-10	-1.7E-09	-1E-09	-1.2E-09	-3.2E-09	-2.9E-09	1.4E-09	-8.6E-10	-2.2E-10	-2E-09	1.25E-09
ρ	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	0.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.7
ψ	0.000103	8.7E-05	6.17E-05	5.92E-05	8.58E-05	6.85E-05	7.34E-05	7.89E-05	5.42E-05	8.6E-05	6.17E-05	4.46E-05	6.81E-05
AIC	-1899.05	-1962.1	-2044.63	-2043.73	-1983.82	-2051.11	-2017.2	-2030.05	-2141	-2020.67	-2112.44	-2204.07	-2090.74
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220
ψ/G	4.92E-07	4.1E-07	2.9E-07	2.79E-07	4.01E-07	3.17E-07	3.43E-07	3.64E-07	2.46E-07	3.95E-07	2.81E-07	2.01E-07	3.1E-07
$\text{sqrt}(\psi/G)$	0.000702	0.000641	0.000538	0.000528	0.000633	0.000563	0.000586	0.000603	0.000496	0.000628	0.00053	0.000448	0.000556
残差2乗和	1.813686	1.375883	1.02467	0.977297	1.371019	1.23481	1.340329	1.365755	0.928383	1.567048	1.192304	0.867037	1.333278
残差2乗和/G	0.008678	0.00649	0.004811	0.00461	0.006407	0.005717	0.006263	0.006294	0.00422	0.007188	0.00542	0.003906	0.00606

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=7	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00383	-0.00396	-0.00357	-0.00199	-0.0037	-0.00398	-0.00459	-0.00549	-0.00608	-0.00549	-0.00572	-0.00489	-0.00396
β_2	-0.00167	-0.00239	-0.00231	-0.00318	-0.00284	-0.00252	-0.00241	-0.00256	-0.0021	-0.00264	-0.00187	-0.00252	-0.0029
β_3	-1.8E-05	0.000269	0.000119	0.000416	0.000454	0.000364	0.000337	0.000318	5E-05	0.000349	0.00029	0.000499	0.000704
β_4	1.12E-05	-2.8E-05	4.37E-06	-4.6E-05	-5.7E-05	-4.7E-05	-3.9E-05	-3.1E-05	1.71E-05	-3.7E-05	-4.3E-05	-7.8E-05	-0.00012
β_5	-5.9E-07	1.93E-06	-8.9E-07	3.22E-06	4.19E-06	3.63E-06	2.74E-06	2.01E-06	-1.9E-06	2.4E-06	3.58E-06	6.41E-06	9.63E-06
β_6	9.33E-09	-6.9E-08	4.41E-08	-1.2E-07	-1.5E-07	-1.4E-07	-9.5E-08	-7.1E-08	7.89E-08	-8.2E-08	-1.4E-07	-2.5E-07	-3.8E-07
β_7	2.64E-11	9.63E-10	-7.6E-10	1.62E-09	2.08E-09	2.01E-09	1.28E-09	1E-09	-1.2E-09	1.1E-09	2.16E-09	3.81E-09	5.66E-09
ρ	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	1.9	2	2	2	2	2	2	2	1.7	1.6
ψ	7.32E-05	5.58E-05	3.75E-05	3.69E-05	3.28E-05	2.89E-05	2.55E-05	3.51E-05	4.39E-05	3.26E-05	6.69E-05	5.14E-05	5.68E-05
AIC	-2084.47	-2154.3	-2232.47	-2246.28	-2272.02	-2268.76	-2306.95	-2236.59	-2167.09	-2242.59	-2104.19	-2122.9	-2111.29
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ/G	3.31E-07	2.51E-07	1.7E-07	1.66E-07	1.48E-07	1.32E-07	1.16E-07	1.6E-07	2.02E-07	1.49E-07	3.03E-07	2.37E-07	2.6E-07
sqrt(ψ/G)	0.000575	0.000501	0.000412	0.000407	0.000385	0.000363	0.00034	0.000399	0.000449	0.000386	0.00055	0.000487	0.00051
残差2乗和	1.430602	1.222574	0.668413	0.727935	0.60188	0.526918	0.459485	0.573701	0.817559	0.638032	1.2648	1.528948	1.705464
残差2乗和/G	0.006473	0.005507	0.003024	0.003279	0.002711	0.002406	0.002089	0.002608	0.00375	0.002913	0.005723	0.007046	0.007823

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=7	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.0025	-0.00287	-0.00084	-0.00225	0.000957	-0.00197	-0.00259	-0.00193	-0.00259	-0.00093	-0.00369	-0.00468	-0.00224
β_2	-0.00415	-0.00303	-0.00381	-0.00269	-0.00643	-0.00491	-0.00498	-0.00455	-0.00396	-0.00537	-0.0033	-0.00015	-0.00428
β_3	0.001115	0.00071	0.00096	0.000719	0.002158	0.001206	0.00108	0.001042	0.000914	0.00155	0.000857	-0.00014	0.001384
β_4	-0.00017	-0.00011	-0.00015	-0.00013	-0.00035	-0.00017	-0.00014	-0.00014	-0.00013	-0.00024	-0.00013	-2.3E-06	-0.00023
β_5	1.32E-05	8.78E-06	1.19E-05	1.07E-05	2.81E-05	1.2E-05	9.75E-06	1.06E-05	9.31E-06	1.78E-05	1.01E-05	1.82E-06	1.77E-05
β_6	-4.9E-07	-3.3E-07	-4.5E-07	-4.3E-07	-1.1E-06	-4.2E-07	-3.4E-07	-3.8E-07	-3.4E-07	-6.5E-07	-3.7E-07	-1.2E-07	-6.6E-07
β_7	7.09E-09	4.87E-09	6.53E-09	6.46E-09	1.57E-08	5.72E-09	4.66E-09	5.42E-09	4.87E-09	9.4E-09	5.44E-09	2.33E-09	9.45E-09
ρ	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8	2	2	1.9	1.8	1.6	2	2	1.8
ψ	6.35E-05	7.72E-05	7.23E-05	8.96E-05	0.000239	9.97E-05	8.73E-05	0.000103	0.000152	0.000271	0.000278	0.000304	0.000516
AIC	-2096.63	-2044.13	-2068.07	-2021.04	-1781.2	-1979.34	-2036.13	-1981.65	-1923	-1819.59	-1789.79	-1786.25	-1675.75
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ/G	2.9E-07	3.54E-07	3.3E-07	4.09E-07	1.11E-06	4.59E-07	3.97E-07	4.72E-07	6.88E-07	1.21E-06	1.26E-06	1.36E-06	2.3E-06
sqrt(ψ/G)	0.000538	0.000595	0.000575	0.00064	0.001052	0.000678	0.00063	0.000687	0.000829	0.0011	0.001121	0.001167	0.001517
残差2乗和	1.745341	2.537203	1.774998	2.467075	8.713078	2.65153	2.792931	3.66384	5.378895	11.08266	8.443988	10.06478	17.75602
残差2乗和/G	0.00797	0.011639	0.008105	0.011265	0.040338	0.012219	0.012695	0.016807	0.024339	0.049476	0.038208	0.045134	0.079268

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=7	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00409	-0.00367	-0.00176	-0.00165	-0.00266	-0.00212	-0.00011	-0.00128	-0.00041	-0.00039	-0.00234	-0.00187	-0.00332
β_2	0.000612	-0.00036	-0.00244	-0.00198	9.52E-05	0.000153	-0.00193	-0.0007	-0.0013	-0.00143	0.000607	0.000119	0.002067
β_3	-0.00042	-5E-05	0.00076	0.000407	-0.00049	-0.00057	0.000266	-0.00011	0.000197	0.000295	-0.00051	-0.00018	-0.00075
β_4	5.53E-05	-9.5E-06	-0.00014	-7.9E-05	6.68E-05	7.5E-05	-5.2E-05	-2.6E-06	-5.7E-05	-7.5E-05	5.13E-05	-9.2E-06	6.51E-05
β_5	-3.7E-06	1.6E-06	1.25E-05	7.22E-06	-4E-06	-4.1E-06	5E-06	1.68E-06	6.01E-06	7.46E-06	-2E-06	2.77E-06	-2.1E-06
β_6	1.24E-07	-7.8E-08	-5E-07	-3E-07	1.07E-07	9.12E-08	-2.2E-07	-1.1E-07	-2.7E-07	-3.2E-07	2.43E-08	-1.5E-07	1.57E-09
β_7	-1.6E-09	1.31E-09	7.63E-09	4.87E-09	-9.8E-10	-4.9E-10	3.52E-09	2.06E-09	4.43E-09	5.09E-09	2.15E-10	2.77E-09	7.99E-10
ρ	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.8	1.6	1.6	1.7	1.8	2	2	2	2	1.9	1.5	1.6
ψ	0.000513	0.000314	0.000375	0.00039	0.000361	0.000297	0.000132	0.000145	0.000151	0.00013	0.000154	0.00012	0.000175
AIC	-1661.69	-1794.8	-1762.71	-1738.02	-1771.63	-1823.98	-1999.45	-2004.21	-1995.15	-2011.82	-1989.81	-2047.19	-1952.36
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ/G	2.31E-06	1.4E-06	1.66E-06	1.74E-06	1.6E-06	1.31E-06	5.82E-07	6.33E-07	6.58E-07	5.71E-07	6.74E-07	5.25E-07	7.68E-07
sqrt(ψ/G)	0.00152	0.001182	0.001288	0.00132	0.001263	0.001143	0.000763	0.000796	0.000811	0.000756	0.000821	0.000724	0.000876
残差2乗和	15.56998	8.828799	10.4611	7.268468	5.775985	4.753671	2.100689	2.514129	2.541991	2.261239	2.451016	1.899288	3.128205
残差2乗和/G	0.070135	0.039239	0.046288	0.032449	0.025557	0.020941	0.009295	0.010979	0.0111	0.009961	0.010703	0.008294	0.01372

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=7	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00239	-0.00125	-0.003	-0.00392	-0.00341	-0.00429	-0.00369	-0.00331
β_2	0.001357	0.000204	0.001915	0.002418	0.001601	0.00237	0.001894	0.001471
β_3	-0.00058	-0.00022	-0.00084	-0.00079	-0.00043	-0.00059	-0.00047	-0.00021
β_4	4.38E-05	-4.8E-06	8.71E-05	6.44E-05	4.57E-06	2.95E-05	1.3E-05	-3.7E-05
β_5	-6.3E-07	2.59E-06	-4.1E-06	-1.7E-06	2.89E-06	8.13E-07	2.06E-06	6.34E-06
β_6	-4.8E-08	-1.5E-07	8.86E-08	-2E-08	-1.8E-07	-1E-07	-1.5E-07	-3.3E-07
β_7	1.48E-09	2.75E-09	-6.2E-10	1.17E-09	3.38E-09	2.23E-09	3.01E-09	5.74E-09
ρ	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.8	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.3
ψ	0.00018	0.000158	0.000169	0.000112	0.000117	9.34E-05	0.000111	0.00017
AIC	-1945.52	-1992.69	-1925.22	-2027.7	-2035.15	-2058.36	-2038.29	-1958.53
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	7.91E-07	6.88E-07	7.56E-07	4.96E-07	5.15E-07	4.17E-07	4.9E-07	7.47E-07
sqrt(ψ / G)	0.000889	0.00083	0.000869	0.000704	0.000718	0.000646	0.0007	0.000864
残差2乗和	2.789707	2.491114	2.739791	2.461916	3.089654	3.249473	3.90347	6.092492
残差2乗和/G	0.012236	0.010831	0.012231	0.010942	0.013611	0.014507	0.017272	0.026721

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M0	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09
p=8													
β_1	0.002442	0.000714	0.00163	0.001377	-0.00028	0.001196	-0.00093	-0.00023	-0.00382	-0.00542	-0.00362	-0.00229	-0.00023
β_2	-0.00331	-0.00155	-0.00231	-0.0023	-0.00032	-0.0034	-0.00302	-0.00321	-0.00198	-0.00022	-0.00216	-0.00223	-0.00457
β_3	0.000704	-0.00013	0.000296	0.000189	-0.00077	0.000182	6.6E-05	-1.2E-05	-0.00016	-0.00093	-0.00013	0.000252	0.001075
β_4	-0.00016	1.24E-05	-8.1E-05	-5.8E-05	0.00015	8.39E-06	1.74E-05	3.81E-05	6.48E-05	0.000213	5.57E-05	-6.3E-05	-0.0002
β_5	2.03E-05	9.17E-07	1.15E-05	9.91E-06	-1.4E-05	-1.3E-06	-4.4E-07	-2.8E-06	-7.9E-06	-2.3E-05	-6E-06	9.71E-06	2.08E-05
β_6	-1.3E-06	-1.2E-07	-7.7E-07	-7.6E-07	7.21E-07	4.92E-08	-1.1E-07	4.6E-08	5.09E-07	1.34E-06	3.33E-07	-7.3E-07	-1.2E-06
β_7	3.95E-08	4.44E-09	2.48E-08	2.69E-08	-2.1E-08	-2.5E-10	7.23E-09	2.17E-09	-1.7E-08	-4.1E-08	-9.9E-09	2.59E-08	3.72E-08
β_8	-4.8E-10	-5.2E-11	-3.1E-10	-3.6E-10	2.53E-10	-1.3E-11	-1.3E-10	-6.5E-11	2.4E-10	5.1E-10	1.24E-10	-3.6E-10	-4.6E-10
ρ	0.2	0	0.1	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	0.9	2	0.9	2	2	2	2	2	2	2	2	1.9
ψ	9.93E-05	8.69E-05	5.98E-05	5.69E-05	8.44E-05	6.85E-05	7.31E-05	7.88E-05	5.33E-05	8.18E-05	6.15E-05	4.26E-05	6.48E-05
AIC	-1904.39	-1960.32	-2049.22	-2050.17	-1985.27	-2049.11	-2016.03	-2028.31	-2142.84	-2029.62	-2111.28	-2212.09	-2099.79
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220
ψ / G	4.75E-07	4.1E-07	2.81E-07	2.68E-07	3.94E-07	3.17E-07	3.42E-07	3.63E-07	2.42E-07	3.75E-07	2.79E-07	1.92E-07	2.94E-07
sqrt(ψ / G)	0.000689	0.00064	0.00053	0.000518	0.000628	0.000563	0.000585	0.000603	0.000492	0.000613	0.000529	0.000438	0.000543
残差2乗和	1.719997	1.374871	0.981661	0.923027	1.337398	1.234515	1.325606	1.366233	0.888767	1.407444	1.176938	0.796937	1.192916
残差2乗和/G	0.00823	0.006485	0.004609	0.004354	0.00625	0.005715	0.006194	0.006296	0.00404	0.006456	0.00535	0.00359	0.005422

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=8	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00232	-0.00166	-0.00408	-0.0023	-0.00479	-0.00472	-0.00496	-0.00555	-0.00716	-0.00668	-0.00612	-0.00391	-0.00286
β_2	-0.00341	-0.00502	-0.00172	-0.00281	-0.00156	-0.00167	-0.00198	-0.00248	-0.00085	-0.00125	-0.0014	-0.00365	-0.00417
β_3	0.000704	0.001361	-0.00012	0.000261	-8.6E-05	1.29E-05	0.000159	0.000286	-0.00047	-0.00023	9.23E-05	0.000965	0.001228
β_4	-0.00013	-0.00025	5.29E-05	-1.4E-05	5.26E-05	2.34E-05	-3.5E-06	-2.4E-05	0.000121	8.08E-05	-3.1E-06	-0.00017	-0.00022
β_5	1.52E-05	2.61E-05	-6.2E-06	-2.7E-07	-8E-06	-4.1E-06	-1.2E-06	1.27E-06	-1.3E-05	-1E-05	-8.5E-07	1.65E-05	2.11E-05
β_6	-9.5E-07	-1.5E-06	3.63E-07	9.67E-08	5.91E-07	3.26E-07	1.42E-07	-2.6E-08	7.63E-07	7.01E-07	1.28E-07	-8.6E-07	-1.1E-06
β_7	3E-08	4.69E-08	-1.1E-08	-5.1E-09	-2.1E-08	-1.3E-08	-6.2E-09	-4.2E-10	-2.3E-08	-2.4E-08	-6.4E-09	2.27E-08	2.72E-08
β_8	-3.8E-10	-5.9E-10	1.28E-10	8.61E-11	3.03E-10	1.85E-10	9.49E-11	1.84E-11	2.74E-10	3.16E-10	1.1E-10	-2.4E-10	-2.7E-10
ρ	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.7	1.7
ψ	7.13E-05	5.18E-05	3.72E-05	3.67E-05	3.15E-05	2.84E-05	2.53E-05	3.51E-05	4.27E-05	3.1E-05	6.68E-05	5.08E-05	5.6E-05
AIC	-2088.22	-2168.88	-2232.06	-2244.96	-2279.46	-2271.1	-2306.23	-2234.63	-2171.22	-2251.23	-2102.81	-2123.49	-2112.13
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ / G	3.23E-07	2.33E-07	1.68E-07	1.66E-07	1.42E-07	1.29E-07	1.15E-07	1.6E-07	1.96E-07	1.42E-07	3.02E-07	2.34E-07	2.57E-07
sqrt(ψ / G)	0.000568	0.000483	0.00041	0.000407	0.000376	0.00036	0.000339	0.000399	0.000443	0.000377	0.00055	0.000484	0.000507
残差2乗和	1.378354	1.065075	0.64959	0.71812	0.52865	0.498586	0.447419	0.572596	0.761032	0.556984	1.241808	1.548225	1.739202
残差2乗和/G	0.006237	0.004798	0.002939	0.003235	0.002381	0.002277	0.002034	0.002603	0.003491	0.002543	0.005619	0.007135	0.007978

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=8	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00131	-0.00411	-0.00224	-0.0032	0.002615	-0.00212	-0.0033	-0.00443	0.000453	0.002608	-0.00038	-0.00211	0.002631
β_2	-0.00555	-0.00161	-0.00218	-0.00168	-0.00834	-0.00473	-0.00412	-0.00172	-0.00752	-0.00951	-0.0071	-0.00311	-0.00995
β_3	0.001697	0.000125	0.000284	0.000319	0.002944	0.001134	0.000716	-0.00012	0.002375	0.003273	0.002418	0.00108	0.003737
β_4	-0.00029	5.85E-06	-1.5E-05	-4.8E-05	-0.00051	-0.00015	-6.5E-05	8.99E-05	-0.00042	-0.00058	-0.00044	-0.00025	-0.0007
β_5	2.6E-05	-3.9E-06	-3E-06	2.11E-06	4.51E-05	1.04E-05	1.45E-06	-1.5E-05	4.06E-05	5.56E-05	4.38E-05	2.84E-05	6.95E-05
β_6	-1.3E-06	4.27E-07	4.54E-07	9.62E-08	-2.1E-06	-3.2E-07	1.69E-07	1.16E-06	-2.2E-06	-2.9E-06	-2.4E-06	-1.7E-06	-3.8E-06
β_7	3.14E-08	-1.9E-08	-2.2E-08	-1E-08	4.75E-08	2.72E-09	-1.1E-08	-4.3E-08	6.28E-08	8.07E-08	6.85E-08	5.23E-08	1.08E-07
β_8	-3.1E-10	3.01E-10	3.63E-10	2.12E-10	-4E-10	3.82E-11	2.08E-10	6.14E-10	-7.3E-10	-9.1E-10	-8E-10	-6.3E-10	-1.2E-09
ρ	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	2	2	1.8	1.8	1.7	2	2	1.9
ψ	6.26E-05	7.63E-05	7.07E-05	8.93E-05	0.000238	9.97E-05	8.69E-05	9.91E-05	0.000146	0.000264	0.000271	0.0003	0.000502
AIC	-2097.79	-2044.91	-2070.92	-2019.77	-1780.58	-1977.37	-2035.16	-1987.74	-1929.19	-1823.5	-1792.77	-1787.04	-1679.67
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	2.86E-07	3.5E-07	3.23E-07	4.08E-07	1.1E-06	4.59E-07	3.95E-07	4.55E-07	6.63E-07	1.18E-06	1.23E-06	1.34E-06	2.24E-06
sqrt(ψ / G)	0.000534	0.000591	0.000568	0.000639	0.001049	0.000678	0.000628	0.000674	0.000814	0.001086	0.001108	0.00116	0.001497
残差2乗和	1.775478	2.381406	1.624337	2.348561	8.723214	2.65069	2.745071	3.326783	4.89869	10.4455	7.827134	9.564321	16.59895
残差2乗和/G	0.008107	0.010924	0.007417	0.010724	0.040385	0.012215	0.012478	0.01526	0.022166	0.046632	0.035417	0.042889	0.074102

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=8	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00069	0.001438	0.003041	0.002708	-0.00063	-0.00065	0.00024	-0.00016	0.000225	0.001704	2.88E-05	-7.4E-05	0.001384
β_2	-0.0033	-0.00624	-0.00802	-0.00697	-0.00225	-0.00158	-0.00233	-0.002	-0.00206	-0.00384	-0.00216	-0.002	-0.00325
β_3	0.001179	0.002372	0.003074	0.002461	0.000489	0.000163	0.000436	0.000435	0.000512	0.001287	0.000646	0.000715	0.001427
β_4	-0.00026	-0.0005	-0.00061	-0.00049	-0.00013	-7.4E-05	-8.6E-05	-0.00011	-0.00012	-0.00027	-0.00018	-0.00019	-0.00037
β_5	3.1E-05	5.44E-05	6.34E-05	5.2E-05	1.76E-05	1.23E-05	8.76E-06	1.37E-05	1.3E-05	2.9E-05	2.37E-05	2.28E-05	4.52E-05
β_6	-1.9E-06	-3.3E-06	-3.6E-06	-3E-06	-1.2E-06	-9.1E-07	-4.4E-07	-8.3E-07	-7E-07	-1.6E-06	-1.5E-06	-1.4E-06	-2.8E-06
β_7	6.3E-08	1.01E-07	1.04E-07	8.91E-08	4.03E-08	3.13E-08	1.07E-08	2.48E-08	1.79E-08	4.57E-08	4.95E-08	4.16E-08	8.97E-08
β_8	-8.2E-10	-1.3E-09	-1.2E-09	-1.1E-09	-5.3E-10	-4.1E-10	-9.2E-11	-2.9E-10	-1.7E-10	-5.1E-10	-6.3E-10	-5E-10	-1.1E-09
ρ	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	1.8	1.9	2	1.9	2	2	2	2	2	1.7	2
ψ	0.000506	0.000297	0.00036	0.000372	0.000355	0.000293	0.000131	0.000144	0.00015	0.000125	0.000145	0.000115	0.000148
AIC	-1662.54	-1805.14	-1769.86	-1746.58	-1773.46	-1824.72	-1997.78	-2004.44	-1993.87	-2018.11	-2001.77	-2055.44	-1987.94
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	2.28E-06	1.32E-06	1.59E-06	1.66E-06	1.57E-06	1.29E-06	5.82E-07	6.27E-07	6.56E-07	5.51E-07	6.34E-07	5.02E-07	6.51E-07
sqrt(ψ / G)	0.00151	0.00115	0.001263	0.001289	0.001253	0.001136	0.000763	0.000792	0.00081	0.000742	0.000796	0.000708	0.000807
残差2乗和	14.7871	7.72927	9.559213	6.538678	5.596579	4.661074	2.098681	2.483293	2.538777	2.140475	2.207002	1.756394	2.30263
残差2乗和/G	0.066609	0.034352	0.042297	0.029191	0.024764	0.020533	0.009286	0.010844	0.011086	0.009429	0.009638	0.00767	0.010099

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=8	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	0.000422	0.000613	0.000168	0.001111	0.002098	0.002055	0.002759	0.003788
β_2	-0.00185	-0.002	-0.00174	-0.0033	-0.0047	-0.00484	-0.0055	-0.00677
β_3	0.000747	0.000705	0.000681	0.001548	0.002156	0.002349	0.002567	0.003214
β_4	-0.00022	-0.00019	-0.00022	-0.0004	-0.00051	-0.00056	-0.00059	-0.00073
β_5	2.88E-05	2.33E-05	2.94E-05	4.9E-05	5.89E-05	6.39E-05	6.76E-05	8.14E-05
β_6	-1.8E-06	-1.4E-06	-1.9E-06	-3.1E-06	-3.5E-06	-3.9E-06	-4.1E-06	-4.8E-06
β_7	5.8E-08	4.25E-08	6.31E-08	9.64E-08	1.08E-07	1.19E-07	1.25E-07	1.47E-07
β_8	-7.3E-10	-5.1E-10	-8.1E-10	-1.2E-09	-1.3E-09	-1.5E-09	-1.5E-09	-1.8E-09
ρ	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	0.9	1.7	2	2	1.7	1.7	1.6	1.7
ψ	0.000163	0.000152	0.000155	9.14E-05	9.59E-05	7.25E-05	8.86E-05	0.000143
AIC	-1966.49	-1999.84	-1943.62	-2070.52	-2078.36	-2113.12	-2086.88	-1997.18
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	7.15E-07	6.62E-07	6.9E-07	4.06E-07	4.22E-07	3.24E-07	3.92E-07	6.25E-07
sqrt(ψ / G)	0.000846	0.000813	0.000831	0.000637	0.00065	0.000569	0.000626	0.000791
残差2乗和	2.429636	2.339216	2.367148	1.617604	2.086131	1.901445	2.500621	4.132199
残差2乗和/G	0.010656	0.010171	0.010568	0.007189	0.00919	0.008489	0.011065	0.018124

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M1	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09
p=6													
β_1	-0.00088	-0.00034	-0.00073	0.000172	0.000517	0.001231	-0.00017	0.000698	-0.00423	-0.0037	-0.00377	-0.00373	-0.00371
β_2	0.029132	0.037933	0.050215	0.038582	0.04618	0.042688	0.044402	0.036296	0.034576	0.056255	0.045447	0.042877	0.054524
β_3	0.000232	-0.00057	0.000146	-0.00092	-0.00123	-0.0034	-0.00356	-0.00391	-0.00174	-0.00205	-0.00195	-0.00058	-0.00086
β_4	-0.0197	-0.02827	-0.04122	-0.03086	-0.03938	-0.0345	-0.03453	-0.03222	-0.03318	-0.05511	-0.0464	-0.04287	-0.04854
β_5	-0.00062	-0.00044	-0.0006	-0.00038	-0.00035	0.000202	0.000203	0.000202	-0.00012	-0.00012	-0.00014	-0.0004	-0.00031
β_6	0.004351	0.006814	0.010911	0.007856	0.01045	0.008665	0.008203	0.008222	0.009107	0.015825	0.013589	0.013139	0.014683
β_7	7.83E-05	5.92E-05	7.62E-05	5.68E-05	5.76E-05	1.56E-06	5.33E-06	8.52E-06	3.06E-05	3.71E-05	3.92E-05	6.22E-05	5.2E-05
β_8	-0.00043	-0.00073	-0.00125	-0.00087	-0.0012	-0.00094	-0.00083	-0.00091	-0.00104	-0.00192	-0.00168	-0.00169	-0.00195
β_9	-3.8E-06	-2.9E-06	-3.7E-06	-2.9E-06	-3.1E-06	-5.2E-07	-8.2E-07	-1E-06	-1.8E-06	-2.3E-06	-2.5E-06	-3.5E-06	-3.1E-06
β_{10}	1.83E-05	3.49E-05	6.32E-05	4.35E-05	6.12E-05	4.47E-05	3.76E-05	4.51E-05	5.1E-05	0.000101	9.07E-05	9.64E-05	0.000114
β_{11}	6.31E-08	4.81E-08	6.48E-08	5.27E-08	5.54E-08	1.27E-08	1.92E-08	2.41E-08	3.29E-08	4.7E-08	5.03E-08	6.91E-08	6.25E-08
β_{12}	-2.8E-07	-6.1E-07	-1.2E-06	-8.1E-07	-1.1E-06	-7.8E-07	-6.2E-07	-8.2E-07	-9E-07	-1.9E-06	-1.8E-06	-2E-06	-2.4E-06
ρ	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.8	2	2	2	2	2	1.9	2	2	2	2	2	1.7
ψ	4.41E-05	2.58E-05	3.8E-05	5.27E-05	4.53E-05	4.9E-05	5.3E-05	4.63E-05	3.38E-05	3.56E-05	2.79E-05	3.17E-05	3.39E-05
AIC	-2065.98	-2209.69	-2137.83	-2058.33	-2110.66	-2113.37	-2076.92	-2135.91	-2234.82	-2203.18	-2277.39	-2269.74	-2234.27
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220
ψ / G	2.11E-07	1.22E-07	1.78E-07	2.49E-07	2.11E-07	2.27E-07	2.48E-07	2.13E-07	1.54E-07	1.63E-07	1.27E-07	1.43E-07	1.54E-07
sqrt(ψ / G)	0.000459	0.000349	0.000422	0.000499	0.00046	0.000476	0.000498	0.000462	0.000392	0.000404	0.000356	0.000378	0.000393
残差2乗和	1.128624	0.496536	0.79078	0.952506	0.812589	1.057716	1.304194	1.069102	0.560405	0.713838	0.587925	0.574622	0.713917
残差2乗和/G	0.0054	0.002342	0.003713	0.004493	0.003797	0.004897	0.006094	0.004927	0.002547	0.003274	0.002672	0.002588	0.003245

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.0046	-0.00499	-0.00381	-0.0032	-0.00531	-0.00502	-0.00546	-0.006	-0.00531	-0.00605	-0.00728	-0.00677	-0.00668
β_2	0.048387	0.025615	0.036683	0.029458	0.026816	0.005648	0.016819	0.011634	0.011902	-0.00029	0.005156	-0.01935	-0.03011
β_3	-0.00084	-0.00142	-0.0021	-0.00203	-0.00149	-0.00149	-0.00154	-0.00206	-0.00274	-0.00209	-0.00047	-0.00073	-0.00034
β_4	-0.04225	-0.01959	-0.03022	-0.02356	-0.01694	-0.00626	-0.01614	-0.00817	-0.00869	-0.00151	-0.00717	0.011684	0.022203
β_5	-0.00029	-3.7E-05	6.69E-05	4.78E-05	4.69E-05	1.66E-05	5.6E-05	0.000168	0.000257	0.000182	-0.00013	-8.6E-05	-0.00014
β_6	0.012687	0.005814	0.008411	0.006599	0.004012	0.002248	0.004784	0.001266	0.001444	-9.8E-06	0.002015	-0.00235	-0.00516
β_7	4.96E-05	1.63E-05	8.88E-06	8.19E-06	5.09E-07	6.4E-06	2.06E-06	-9E-06	-1.4E-05	-1.3E-05	1.53E-05	1.12E-05	1.26E-05
β_8	-0.0017	-0.00082	-0.00107	-0.00085	-0.00044	-0.00036	-0.00063	-7.5E-05	-8.5E-05	7.83E-05	-0.00019	0.000208	0.000501
β_9	-2.9E-06	-1.1E-06	-8.4E-07	-6.6E-07	-2E-08	-4.4E-07	-2.6E-07	2.97E-07	4.09E-07	6.15E-07	-6.3E-07	-4.6E-07	-4.2E-07
β_{10}	0.000101	5.23E-05	6.19E-05	4.86E-05	2.3E-05	2.41E-05	3.7E-05	2.09E-06	1.25E-06	-7.7E-06	7.85E-06	-8.1E-06	-2.1E-05
β_{11}	6.06E-08	2.57E-08	2.09E-08	1.49E-08	-5.3E-10	9.64E-09	7.17E-09	-4E-09	-4.9E-09	-1.2E-08	9.78E-09	7.02E-09	5.64E-09
β_{12}	-2.2E-06	-1.2E-06	-1.3E-06	-1E-06	-4.5E-07	-5.6E-07	-8E-07	-3.6E-08	1.61E-08	1.98E-07	-1.4E-07	1.01E-07	2.94E-07
ρ	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.7	1.4	1.3
ψ	3.09E-05	3.31E-05	2.18E-05	2.37E-05	3.23E-05	2.33E-05	2.11E-05	1.68E-05	2.65E-05	2.69E-05	4.74E-05	5.14E-05	5.6E-05
AIC	-2265.05	-2260.42	-2341.67	-2334.09	-2265.45	-2306.28	-2338.17	-2388.63	-2267.74	-2274.79	-2170.46	-2113.21	-2104.29
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ / G	1.4E-07	1.49E-07	9.88E-08	1.07E-07	1.46E-07	1.06E-07	9.61E-08	7.64E-08	1.21E-07	1.23E-07	2.14E-07	2.37E-07	2.57E-07
sqrt(ψ / G)	0.000374	0.000386	0.000314	0.000327	0.000382	0.000326	0.00031	0.000276	0.000348	0.00035	0.000463	0.000487	0.000507
残差2乗和	0.616387	0.851258	0.430668	0.503028	0.666849	0.457191	0.397462	0.290504	0.602999	0.558283	1.158452	1.824535	2.37691
残差2乗和/G	0.002789	0.003834	0.001949	0.002266	0.003004	0.002088	0.001807	0.00132	0.002766	0.002549	0.005242	0.008408	0.010903

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00585	-0.00524	-0.0037	-0.00586	-0.00855	-0.00544	-0.005	-0.00583	-0.00604	-0.00747	-0.00763	-0.00627	-0.00578
β_2	-0.05106	-0.04367	-0.0414	-0.02267	-0.0368	0.025329	0.009289	0.025208	0.021248	0.023237	0.046909	0.0081	-0.05208
β_3	-0.00111	-0.00094	-0.00119	0.000516	0.001913	-0.00164	-0.00264	-0.00106	-0.00094	0.000369	0.000332	0.001329	-0.00052
β_4	0.041929	0.035389	0.035247	0.01597	0.026575	-0.0267	-0.0112	-0.02829	-0.02319	-0.02696	-0.04623	-0.01526	0.036042
β_5	0.000128	3.68E-05	0.000102	-0.0003	-0.00044	0.000148	0.00031	-4.7E-05	-1.5E-05	-0.00022	-0.00029	-0.00062	7.09E-05
β_6	-0.01085	-0.00899	-0.00939	-0.00316	-0.00583	0.008947	0.00383	0.009236	0.006989	0.00898	0.014094	0.005771	-0.00769
β_7	-2E-05	-7.7E-06	-1.8E-05	2.52E-05	2.78E-05	-1.1E-05	-2.4E-05	1.14E-05	3.9E-06	1.85E-05	3.26E-05	6.58E-05	-1.7E-05
β_8	0.001207	0.000986	0.001096	0.000286	0.000624	-0.00121	-0.00052	-0.00117	-0.00077	-0.00111	-0.00176	-0.00075	0.000574
β_9	1.25E-06	6.11E-07	1.27E-06	-8.6E-07	-6.3E-07	3.94E-07	9.75E-07	-6.5E-07	-2E-07	-7.2E-07	-1.7E-06	-3.1E-06	9.91E-07
β_{10}	-6E-05	-4.8E-05	-5.8E-05	-1.2E-05	-3.3E-05	6.82E-05	2.83E-05	6.18E-05	3.51E-05	5.74E-05	9.54E-05	4.02E-05	-1.4E-05
β_{11}	-2.6E-08	-1.4E-08	-2.8E-08	1.1E-08	2.65E-09	-3.9E-09	-1.5E-08	1.26E-08	3.97E-09	1.2E-08	3.34E-08	5.38E-08	-1.6E-08
β_{12}	1.07E-06	8.4E-07	1.1E-06	1.91E-07	6.45E-07	-1.4E-06	-5.4E-07	-1.2E-06	-5.6E-07	-1.1E-06	-1.9E-06	-7.6E-07	-2.7E-09
ρ	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.2	1.6	1.4	1.4	1.4	1.9	1.8	1.6	1.6	1.5	2	2	1.7
ψ	6.58E-05	6.9E-05	6.48E-05	6.93E-05	0.000213	7.78E-05	7.69E-05	8.1E-05	9.96E-05	0.000199	0.000256	0.000264	0.000423
AIC	-2078.74	-2058.64	-2082.03	-2067.52	-1795.84	-2023.21	-2054.02	-2023.9	-2006.43	-1878.78	-1797.59	-1807.46	-1709.82
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	3E-07	3.17E-07	2.96E-07	3.16E-07	9.87E-07	3.58E-07	3.5E-07	3.71E-07	4.51E-07	8.89E-07	1.16E-06	1.18E-06	1.89E-06
sqrt(ψ / G)	0.000548	0.000563	0.000544	0.000562	0.000994	0.000599	0.000591	0.000609	0.000671	0.000943	0.001077	0.001088	0.001375
残差2乗和	2.932199	2.816117	2.229188	2.987597	15.02759	3.042906	3.194033	4.168251	5.504931	13.45275	9.597839	10.07293	20.57166
残差2乗和/G	0.013389	0.012918	0.010179	0.013642	0.069572	0.014023	0.014518	0.01912	0.024909	0.060057	0.043429	0.04517	0.091838

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00197	-0.00272	-0.00432	-0.00236	-0.0001	-6.9E-05	-0.00111	-0.00143	-0.00197	-0.00254	-0.00184	-0.00285	-0.00276
β_2	-0.04714	-0.04449	-0.03116	-0.05908	-0.07497	-0.05602	-0.03342	-0.02468	-0.02482	-0.03223	-0.03175	-0.02418	-0.03968
β_3	-0.00091	-0.00088	0.000357	-0.00105	-0.00212	-0.0016	-0.00096	-0.0004	0.000422	0.000661	0.00026	0.001153	0.001681
β_4	0.032476	0.037429	0.024329	0.051025	0.068502	0.052128	0.030622	0.020198	0.012815	0.025234	0.023457	0.016164	0.034264
β_5	-3.6E-05	3.8E-05	-0.00024	2.59E-05	0.000179	-3.6E-05	-3.2E-05	-0.00021	-0.00039	-0.00039	-0.00041	-0.00052	-0.00065
β_6	-0.00686	-0.01064	-0.00557	-0.01431	-0.02113	-0.01697	-0.01078	-0.00723	-0.00312	-0.0073	-0.00662	-0.00425	-0.0104
β_7	1E-05	-9.8E-06	1.96E-05	-4.3E-06	-1.6E-05	9.47E-06	-2.5E-06	1.88E-05	3.82E-05	3.16E-05	4.22E-05	4.72E-05	5.72E-05
β_8	0.000448	0.001183	0.000367	0.001504	0.002519	0.002089	0.001449	0.000965	0.00025	0.000817	0.000695	0.000411	0.001221
β_9	-8.4E-07	6.97E-07	-8E-07	2.75E-07	8.08E-07	-4.4E-07	5.32E-07	-5.7E-07	-1.6E-06	-1.1E-06	-1.8E-06	-1.8E-06	-2.2E-06
β_{10}	-3.3E-06	-5.7E-05	-3.3E-06	-6.7E-05	-0.00013	-0.00011	-8.2E-05	-5.4E-05	-5.9E-06	-3.9E-05	-3.1E-05	-1.7E-05	-6.2E-05
β_{11}	2.31E-08	-1.4E-08	1.53E-08	-4E-09	-1.4E-08	7.58E-09	-1.5E-08	5.5E-09	2.72E-08	1.33E-08	2.82E-08	2.72E-08	3.08E-08
β_{12}	-3E-07	9.8E-07	-2.1E-07	1.06E-06	2.34E-06	2E-06	1.64E-06	1.06E-06	-2.7E-08	6.87E-07	4.96E-07	2.39E-07	1.12E-06
ρ	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.8	1.5	1.5	1.7	1.6	1.9	1.6	1.7	1.4	1.9	1.6	1.5
ψ	0.000415	0.000206	0.000237	0.000158	0.000112	5.83E-05	3.93E-05	4.51E-05	6.21E-05	5.32E-05	4.31E-05	6.3E-05	7.15E-05
AIC	-1698.59	-1880.19	-1856.81	-1930.02	-2025.97	-2183.18	-2262.75	-2261.67	-2188.35	-2204.02	-2271.95	-2185.05	-2146.29
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	1.87E-06	9.14E-07	1.05E-06	7.07E-07	4.95E-07	2.57E-07	1.74E-07	1.97E-07	2.71E-07	2.34E-07	1.88E-07	2.75E-07	3.14E-07
sqrt(ψ / G)	0.001368	0.000956	0.001023	0.000841	0.000704	0.000507	0.000417	0.000444	0.000521	0.000484	0.000434	0.000524	0.00056
残差2乗和	15.31445	8.523522	11.79994	6.267969	3.342604	2.198818	1.436237	1.705388	2.168141	2.204667	0.986123	1.415428	2.050853
残差2乗和/G	0.068984	0.037882	0.052212	0.027982	0.01479	0.009686	0.006355	0.007447	0.009468	0.009712	0.004306	0.006181	0.008995

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00214	-0.002	-0.00224	-0.00372	-0.00441	-0.00507	-0.00505	-0.00578
β_2	-0.04904	-0.03737	-0.02684	-0.02709	-0.02354	-0.01013	-0.00971	-0.0109
β_3	0.001162	0.00095	0.001282	0.002405	0.002746	0.003281	0.003338	0.004016
β_4	0.044882	0.032876	0.020655	0.020677	0.017225	0.004366	0.002795	0.004366
β_5	-0.00053	-0.00046	-0.00062	-0.0008	-0.00082	-0.0009	-0.00095	-0.00106
β_6	-0.01388	-0.01053	-0.00674	-0.00686	-0.00564	-0.00136	-0.00024	-0.00019
β_7	4.44E-05	3.56E-05	5.77E-05	6.92E-05	6.53E-05	7.64E-05	8.53E-05	9.59E-05
β_8	0.001652	0.001282	0.000802	0.000922	0.000767	0.000203	-1.7E-05	-0.0001
β_9	-1.5E-06	-1.1E-06	-2.2E-06	-2.5E-06	-2.1E-06	-2.8E-06	-3.4E-06	-3.9E-06
β_{10}	-8.4E-05	-6.7E-05	-4.1E-05	-5.4E-05	-4.6E-05	-1.4E-05	1.18E-06	1E-05
β_{11}	1.91E-08	1.07E-08	3.2E-08	3.24E-08	2.21E-08	3.93E-08	5.19E-08	6.15E-08
β_{12}	1.55E-06	1.24E-06	7.43E-07	1.13E-06	9.95E-07	3.59E-07	9.25E-10	-2.5E-07
ρ	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.3	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
ψ	6.72E-05	5.37E-05	3.95E-05	4.56E-05	5.98E-05	6.75E-05	8.18E-05	8.12E-05
AIC	-2160.54	-2231.56	-2240.91	-2218.85	-2177.32	-2121.28	-2097.03	-2117.48
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	2.95E-07	2.33E-07	1.77E-07	2.03E-07	2.64E-07	3.01E-07	3.62E-07	3.56E-07
sqrt(ψ / G)	0.000543	0.000483	0.00042	0.00045	0.000513	0.000549	0.000601	0.000597
残差2乗和	1.463203	1.389208	1.154805	1.711076	2.860921	3.119477	3.953602	6.03319
残差2乗和/G	0.006418	0.00604	0.005155	0.007605	0.012603	0.013926	0.017494	0.026461

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M2														
p=6	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	-0.00019	-0.00027	-1.4E-05	-0.0003	0.000114	0.000879	-0.0017	-0.00072	-0.00326	-0.0037	-0.00309	-0.00321	-0.00189	
β_2	-0.00246	-0.00622	-0.01042	-0.00769	-0.01312	-0.01077	-0.01102	-0.01537	-0.01613	-0.0223	-0.02015	-0.01122	-0.00572	
β_3	0.002121	0.005663	0.00995	0.007261	0.012294	0.007756	0.008928	0.012755	0.01344	0.020155	0.017462	0.0101	0.003153	
β_4	0.001187	0.00392	0.007644	0.005236	0.009191	0.007243	0.006913	0.009837	0.011363	0.016067	0.014487	0.009119	0.005594	
β_5	-0.00165	-0.00438	-0.00805	-0.00578	-0.00967	-0.00717	-0.00718	-0.01004	-0.01115	-0.01612	-0.01435	-0.00932	-0.00534	
β_6	-0.00019	-0.0008	-0.00167	-0.00107	-0.00197	-0.00147	-0.0013	-0.00195	-0.00238	-0.00348	-0.00315	-0.00214	-0.0016	
β_7	0.00025	0.000864	0.001719	0.001152	0.00205	0.001491	0.001376	0.002013	0.002357	0.003503	0.003143	0.002165	0.001562	
β_8	1.07E-05	6.17E-05	0.000137	8.28E-05	0.00016	0.000112	9.13E-05	0.000148	0.000188	0.000284	0.00026	0.000188	0.000162	
β_9	-1.3E-05	-6.5E-05	-0.00014	-8.8E-05	-0.00016	-0.00011	-9.8E-05	-0.00015	-0.00019	-0.00028	-0.00026	-0.00019	-0.00016	
β_{10}	-1.7E-07	-1.6E-06	-3.7E-06	-2.1E-06	-4.3E-06	-2.8E-06	-2.1E-06	-3.7E-06	-5E-06	-7.7E-06	-7.2E-06	-5.5E-06	-5.3E-06	
β_{11}	1.82E-07	1.64E-06	3.71E-06	2.27E-06	4.38E-06	2.91E-06	2.29E-06	3.89E-06	4.83E-06	7.65E-06	7.09E-06	5.45E-06	5.08E-06	
β_{12}	6.4E-10	-2.8E-10	1.42E-09	-1.1E-09	-3E-10	-7.2E-10	-3E-09	-2E-09	2.98E-09	1.67E-09	3.01E-09	1.89E-09	4.08E-09	
ρ	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	1.9	2	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ψ	4.63E-05	2.75E-05	4.07E-05	5.22E-05	4.4E-05	5.01E-05	4.8E-05	3.99E-05	3.43E-05	3.71E-05	3.03E-05	3.53E-05	3.74E-05	
AIC	-2055.74	-2196.54	-2123.29	-2060.4	-2116.82	-2108.93	-2097.99	-2167.83	-2231.84	-2194.23	-2259.07	-2245.61	-2212.43	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ / G	2.22E-07	1.3E-07	1.91E-07	2.46E-07	2.05E-07	2.32E-07	2.24E-07	1.84E-07	1.56E-07	1.7E-07	1.38E-07	1.59E-07	1.7E-07	
sqrt(ψ / G)	0.000471	0.00036	0.000437	0.000496	0.000453	0.000481	0.000474	0.000429	0.000395	0.000412	0.000371	0.000399	0.000413	
残差2乗和	1.090162	0.49802	0.805686	0.912963	0.721477	0.997199	0.987527	0.777405	0.560189	0.653958	0.61994	0.636023	0.685891	
残差2乗和/G	0.005216	0.002349	0.003783	0.004306	0.003371	0.004617	0.004615	0.003583	0.002546	0.003	0.002818	0.002865	0.003118	

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00333	-0.00328	-0.00329	-0.00205	-0.00359	-0.00406	-0.00456	-0.00546	-0.00598	-0.00528	-0.00547	-0.005	-0.00416
β_2	-0.00455	0.002371	-0.0071	-0.00356	6.76E-05	-0.00184	-0.00713	-0.00739	-0.0065	-0.00688	-0.00934	-0.00269	0.002187
β_3	0.002547	-0.00534	0.004567	0.000503	-0.00305	-0.00054	0.004728	0.004851	0.004403	0.004039	0.00713	0.00025	-0.00492
β_4	0.00426	-0.00116	0.005198	0.002817	0.000232	0.001502	0.005198	0.003781	0.003251	0.004056	0.006917	0.002524	-0.00077
β_5	-0.00417	0.001616	-0.00499	-0.00244	0.000273	-0.00119	-0.00485	-0.00346	-0.0032	-0.00362	-0.00646	-0.00204	0.001416
β_6	-0.00126	1.96E-05	-0.00123	-0.00074	-0.00011	-0.00043	-0.00118	-0.00062	-0.0005	-0.00068	-0.00141	-0.00065	-2.9E-05
β_7	0.001249	-7.6E-05	0.001213	0.000701	3.86E-05	0.000394	0.001135	0.000585	0.000517	0.000628	0.001329	0.00057	-7.9E-05
β_8	0.000132	2.17E-05	0.000112	7.3E-05	1.38E-05	4.61E-05	0.000104	4.2E-05	2.92E-05	4.37E-05	0.00011	6.12E-05	1.88E-05
β_9	-0.00013	-1.7E-05	-0.00011	-7E-05	-8.8E-06	-4.3E-05	-0.0001	-4E-05	-3.1E-05	-4E-05	-0.0001	-5.4E-05	-9.6E-06
β_{10}	-4.4E-06	-1.3E-06	-3.5E-06	-2.4E-06	-5.7E-07	-1.6E-06	-3.1E-06	-1.1E-06	-5.5E-07	-9.9E-07	-3E-06	-2E-06	-1.1E-06
β_{11}	4.32E-06	1.13E-06	3.4E-06	2.22E-06	3.83E-07	1.45E-06	2.97E-06	9.81E-07	6.33E-07	8.57E-07	2.71E-06	1.69E-06	6.87E-07
β_{12}	2.81E-09	3.05E-09	1.31E-09	2.27E-09	2.72E-09	2.21E-09	2.53E-09	1.2E-09	-1.3E-09	1.92E-09	4.63E-09	4.52E-09	5.84E-09
ρ	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.6	1.6
ψ	3.48E-05	3.22E-05	2.32E-05	2.44E-05	3.12E-05	2.18E-05	1.97E-05	1.66E-05	2.54E-05	2.6E-05	4.17E-05	4.69E-05	4.82E-05
AIC	-2238.62	-2266.58	-2328.39	-2327.7	-2273.48	-2320.36	-2353.6	-2391.46	-2276.73	-2282.26	-2198.65	-2132.93	-2136.97
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ / G	1.58E-07	1.45E-07	1.05E-07	1.1E-07	1.4E-07	9.97E-08	8.96E-08	7.54E-08	1.16E-07	1.19E-07	1.89E-07	2.16E-07	2.21E-07
sqrt(ψ / G)	0.000397	0.000381	0.000324	0.000332	0.000375	0.000316	0.000299	0.000275	0.000341	0.000344	0.000435	0.000465	0.00047
残差2乗和	0.655146	0.66603	0.439641	0.501994	0.593848	0.411052	0.364649	0.284879	0.517924	0.542249	0.934132	1.441164	1.580214
残差2乗和/G	0.002964	0.003	0.001989	0.002261	0.002675	0.001877	0.001657	0.001295	0.002376	0.002476	0.004227	0.006641	0.007249

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00293	-0.00339	-0.00138	-0.00306	-0.00046	-0.0024	-0.00263	-0.00198	-0.00252	-0.00152	-0.00385	-0.00508	-0.00235
β_2	0.010688	0.010264	0.009668	0.003999	0.000325	-0.00938	-0.0044	-0.01299	-0.01593	-0.01476	-0.01518	-0.0096	0.009896
β_3	-0.01454	-0.01292	-0.01301	-0.00615	-0.00589	0.004862	-0.00048	0.008292	0.011662	0.00954	0.011967	0.009715	-0.0137
β_4	-0.00711	-0.00682	-0.0064	-0.00099	0.002646	0.009131	0.003873	0.011503	0.013199	0.013453	0.012579	0.008608	-0.00764
β_5	0.00812	0.007394	0.007189	0.001563	-0.00069	-0.00802	-0.00283	-0.01035	-0.01211	-0.01184	-0.0117	-0.00879	0.008779
β_6	0.001405	0.001373	0.001315	-1.8E-05	-0.00091	-0.00236	-0.00097	-0.00273	-0.00292	-0.00313	-0.00289	-0.00199	0.001407
β_7	-0.00156	-0.00146	-0.00143	-9.1E-05	0.000574	0.002202	0.00083	0.002551	0.002753	0.002865	0.00274	0.001983	-0.00158
β_8	-0.0001	-0.0001	-0.0001	1.42E-05	9.31E-05	0.000218	8.68E-05	0.000235	0.000238	0.000264	0.000245	0.000165	-9E-05
β_9	0.000115	0.000111	0.000113	-4.5E-06	-6.6E-05	-0.00021	-7.7E-05	-0.00022	-0.00022	-0.00024	-0.00023	-0.00016	0.000103
β_{10}	2.44E-06	2.58E-06	2.69E-06	-7.6E-07	-3.2E-06	-6.6E-06	-2.6E-06	-6.8E-06	-6.6E-06	-7.6E-06	-7E-06	-4.6E-06	1.67E-06
β_{11}	-2.8E-06	-2.8E-06	-3E-06	3.63E-07	2.14E-06	6.11E-06	2.25E-06	6.2E-06	6E-06	6.71E-06	6.48E-06	4.37E-06	-2.1E-06
β_{12}	5.7E-09	3.17E-09	4.21E-09	6.16E-09	1.62E-08	7.67E-09	5.22E-09	9.12E-09	8.74E-09	1.32E-08	8.18E-09	3.76E-09	6.64E-09
ρ	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.9	1.9	1.8	1.8	2	2	1.9	1.8	1.7	2	2	1.8
ψ	5.36E-05	6.42E-05	5.57E-05	5.95E-05	0.000155	7.09E-05	7.27E-05	7.45E-05	9.11E-05	0.000176	0.000252	0.000267	0.000412
AIC	-2123.71	-2074.31	-2115.35	-2100.86	-1864.1	-2043.14	-2066.49	-2042.08	-2026.14	-1905.95	-1801.43	-1805.3	-1715.76
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ / G	2.45E-07	2.95E-07	2.54E-07	2.72E-07	7.2E-07	3.27E-07	3.3E-07	3.42E-07	4.12E-07	7.88E-07	1.14E-06	1.2E-06	1.84E-06
sqrt(ψ / G)	0.000495	0.000543	0.000504	0.000521	0.000848	0.000572	0.000575	0.000585	0.000642	0.000887	0.001067	0.001093	0.001357
残差2乗和	1.652795	2.38294	1.534453	2.048046	7.520795	2.303888	2.663711	3.299353	4.245617	9.394428	8.179513	9.82173	17.69338
残差2乗和/G	0.007547	0.010931	0.007007	0.009352	0.034818	0.010617	0.012108	0.015135	0.019211	0.041939	0.037011	0.044044	0.078988

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00413	-0.00336	-0.0018	-0.00154	-0.00257	-0.00206	0.000174	-0.00081	6.83E-05	0.000226	-0.00191	-0.00149	-0.00293
β_2	0.015939	0.010774	0.013336	0.015372	0.01603	0.007333	-0.00611	-0.00793	-0.0108	-0.00123	5.82E-05	-0.00094	0.005938
β_3	-0.01498	-0.01107	-0.01533	-0.01716	-0.01583	-0.00704	0.003997	0.006943	0.009167	-0.00069	0.000191	0.000734	-0.00411
β_4	-0.0131	-0.01088	-0.01145	-0.0154	-0.01854	-0.01219	-0.0004	0.001241	0.004631	-0.00186	-0.00332	-0.00165	-0.00802
β_5	0.012472	0.010712	0.011951	0.015638	0.017926	0.011516	0.000727	-0.00126	-0.00432	0.002301	0.002921	0.001585	0.007305
β_6	0.002723	0.00256	0.002346	0.003484	0.004582	0.00327	0.00064	0.00024	-0.00076	0.000589	0.000915	0.000485	0.002021
β_7	-0.00262	-0.00253	-0.00243	-0.00351	-0.00447	-0.00316	-0.00069	-0.00025	0.000685	-0.00068	-0.00087	-0.00051	-0.00195
β_8	-0.0002	-0.00021	-0.00017	-0.00028	-0.00039	-0.00029	-7.8E-05	-4.4E-05	5.72E-05	-5.2E-05	-7.8E-05	-4E-05	-0.00017
β_9	0.000195	0.000211	0.000178	0.000281	0.000384	0.000282	8.27E-05	4.51E-05	-5E-05	5.99E-05	7.61E-05	4.36E-05	0.000171
β_{10}	5.01E-06	5.87E-06	4.04E-06	7.33E-06	1.1E-05	8.29E-06	2.53E-06	1.55E-06	-1.7E-06	1.28E-06	2.07E-06	9.75E-07	4.85E-06
β_{11}	-4.7E-06	-5.7E-06	-4.3E-06	-7.4E-06	-1.1E-05	-7.9E-06	-2.7E-06	-1.6E-06	1.38E-06	-1.6E-06	-2E-06	-1.1E-06	-4.7E-06
β_{12}	-4.9E-09	-2.5E-09	3.55E-09	-1.3E-10	-7.1E-09	-5.6E-09	2.09E-09	1.11E-09	5.14E-09	5.09E-09	-1.5E-10	2.83E-09	-1.3E-09
ρ	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	2	1.7	2	1.9	2	2	1.5
ψ	0.000416	0.000205	0.000228	0.000156	0.000108	5.76E-05	3.77E-05	4.57E-05	6.08E-05	4.2E-05	4.49E-05	5.95E-05	7.14E-05
AIC	-1698.42	-1881.1	-1865.11	-1933.74	-2034.14	-2186.15	-2272.22	-2258.34	-2193.12	-2257.83	-2262.63	-2197.95	-2146.62
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ / G	1.87E-06	9.1E-07	1.01E-06	6.96E-07	4.78E-07	2.54E-07	1.67E-07	2E-07	2.65E-07	1.85E-07	1.96E-07	2.6E-07	3.13E-07
sqrt(ψ / G)	0.001368	0.000954	0.001005	0.000834	0.000691	0.000504	0.000408	0.000447	0.000515	0.00043	0.000443	0.00051	0.00056
残差2乗和	15.56144	8.522369	10.18634	5.733131	3.355719	2.22431	1.114309	1.566167	1.559235	1.0473	0.983897	1.108984	2.003457
残差2乗和/G	0.070097	0.037877	0.045072	0.025594	0.014848	0.009799	0.004931	0.006839	0.006809	0.004614	0.004296	0.004843	0.008787

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00234	-0.00095	-0.00253	-0.00312	-0.0024	-0.00314	-0.00271	-0.00313
β_2	0.01095	0.001584	-0.00482	-0.00681	-0.00927	-0.01172	-0.00878	-0.00257
β_3	-0.00958	-0.00163	0.006328	0.008608	0.010078	0.013164	0.009863	0.004073
β_4	-0.01251	-0.00557	-0.00088	0.00149	0.0041	0.007292	0.00569	0.001714
β_5	0.011887	0.005423	0.000189	-0.00209	-0.00428	-0.00758	-0.00589	-0.00195
β_6	0.003058	0.001581	0.000566	0.000111	-0.00055	-0.0014	-0.00117	-0.00045
β_7	-0.00299	-0.00159	-0.0005	-7.2E-05	0.000513	0.001378	0.001134	0.000421
β_8	-0.00026	-0.00014	-6.1E-05	-3.4E-05	2.36E-05	0.000101	8.94E-05	4.22E-05
β_9	0.000257	0.000145	5.74E-05	3.4E-05	-1.8E-05	-9.6E-05	-8.4E-05	-3.6E-05
β_{10}	7.24E-06	4E-06	1.85E-06	1.43E-06	-2.4E-07	-2.5E-06	-2.3E-06	-1.3E-06
β_{11}	-7.1E-06	-4.1E-06	-1.8E-06	-1.5E-06	-3E-08	2.23E-06	2.03E-06	1.04E-06
β_{12}	-2.1E-09	1.35E-09	-6.2E-10	1.2E-09	4.4E-09	4.61E-09	5.3E-09	5.42E-09
ρ	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2
ψ	6.47E-05	4.84E-05	4.1E-05	4.64E-05	5.6E-05	6.41E-05	7.77E-05	7.8E-05
AIC	-2169.37	-2255.13	-2232.89	-2215.27	-2192.49	-2132.81	-2108.65	-2126.75
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ / G	2.84E-07	2.11E-07	1.83E-07	2.06E-07	2.47E-07	2.86E-07	3.44E-07	3.42E-07
sqrt(ψ / G)	0.000533	0.000459	0.000428	0.000454	0.000497	0.000535	0.000586	0.000585
残差2乗和	1.367507	1.008749	1.18144	1.599097	2.128775	2.615687	3.187133	4.943886
残差2乗和/G	0.005998	0.004386	0.005274	0.007107	0.009378	0.011677	0.014102	0.021684

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

M3														
p=6	05/09	05/10	05/11	05/12	06/01	06/02	06/03	06/04	06/05	06/06	06/07	06/08	06/09	
β_1	-0.00047	-0.00054	-0.00026	-0.00046	-0.00031	0.000183	-0.00166	-0.00063	-0.0037	-0.00454	-0.00387	-0.00452	-0.0036	
β_2	0.028832	-0.01194	-0.05169	-0.0112	0.059965	0.134743	-0.00437	0.020225	0.015793	0.036887	0.046844	0.098828	0.028996	
β_3	0.029371	0.024399	0.025003	0.02647	0.022166	0.039662	0.007269	0.000434	0.031695	0.039477	0.037134	0.071644	0.112177	
β_4	-0.02899	0.01148	0.051253	0.010787	-0.06048	-0.13713	0.002053	-0.02302	-0.01805	-0.0382	-0.04872	-0.09852	-0.02978	
β_5	-0.01181	0.009794	0.042223	0.017963	-0.03853	-0.08408	0.013293	0.005187	0.002578	-0.02383	-0.02956	-0.06306	-0.02869	
β_6	-0.01867	-0.01278	-0.01264	-0.0167	-0.01045	-0.02809	0.005329	0.005629	-0.02994	-0.03505	-0.03466	-0.07328	-0.10911	
β_7	0.011319	-0.01024	-0.04257	-0.01846	0.037965	0.083938	-0.01343	-0.00531	-0.00252	0.023485	0.029405	0.06231	0.028287	
β_8	0.001055	-0.00188	-0.00775	-0.00329	0.00661	0.013782	-0.00268	-0.00276	-0.00115	0.00456	0.005861	0.011695	0.008082	
β_9	-0.00109	0.002301	0.007161	0.003623	-0.01051	-0.01516	-0.00607	-0.00843	0.005669	0.002263	0.001271	0.009379	0.032268	
β_{10}	-0.001	0.00194	0.007779	0.003357	-0.00653	-0.01373	0.00273	0.002808	0.001149	-0.00449	-0.00582	-0.01157	-0.008	
β_{11}	3.68E-06	0.00014	0.000445	0.000186	-0.00021	-0.00056	0.00021	0.000243	6.16E-05	-0.00018	-0.00026	-0.00064	-0.00061	
β_{12}	0.000835	-0.00027	-0.00234	-0.00108	0.004112	0.00645	0.000783	0.00097	-0.00108	0.001427	0.001714	0.001348	-0.00341	
β_{13}	-5.4E-06	-0.00014	-0.00044	-0.00019	0.000206	0.000561	-0.00021	-0.00025	-6.1E-05	0.000172	0.000258	0.00063	0.000607	
β_{14}	-2.5E-06	-4.6E-06	-7.1E-06	-4.5E-06	-1E-05	-6.8E-06	-7.8E-06	-4.6E-06	4.9E-07	-5.9E-06	-6E-06	2.32E-06	7.22E-06	
β_{15}	-7.8E-05	5.38E-06	0.000224	8.25E-05	-0.00049	-0.00072	-7.2E-05	-1.4E-05	9.83E-05	-0.00026	-0.0003	-0.00031	3.97E-05	
β_{16}	2.48E-06	4.58E-06	6.96E-06	4.55E-06	1.04E-05	6.94E-06	7.84E-06	4.7E-06	-5.3E-07	5.97E-06	6.07E-06	-2E-06	-7E-06	
β_{17}	1.68E-09	1.14E-09	3.54E-09	4.93E-10	9.08E-10	-7.4E-10	-5.2E-10	-1.2E-09	9.43E-10	-5.5E-10	9.68E-10	-2.9E-09	-2.1E-09	
β_{18}	2.29E-06	5.82E-07	-6.1E-06	-1.2E-06	1.74E-05	2.39E-05	3.05E-06	-1.2E-06	-3E-06	1.06E-05	1.28E-05	1.32E-05	5.12E-06	
ρ	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ξ	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ψ	4.22E-05	2.38E-05	3.41E-05	4.57E-05	3.76E-05	4.33E-05	4.17E-05	3.38E-05	3.04E-05	3.16E-05	2.46E-05	2.75E-05	2.55E-05	
AIC	-2063.08	-2214.99	-2148.66	-2076.77	-2138.37	-2128.05	-2115.98	-2191.9	-2246.06	-2217.32	-2292.84	-2289.28	-2284.8	
G	209	212	213	212	214	216	214	217	220	218	220	222	220	
ψ/G	2.02E-07	1.12E-07	1.6E-07	2.15E-07	1.76E-07	2.01E-07	1.95E-07	1.56E-07	1.38E-07	1.45E-07	1.12E-07	1.24E-07	1.16E-07	
sqrt(ψ/G)	0.00045	0.000335	0.0004	0.000464	0.000419	0.000448	0.000442	0.000395	0.000372	0.00038	0.000334	0.000352	0.000341	
残差2乗和	1.039399	0.456406	0.712713	0.818072	0.651006	0.968185	0.942263	0.698533	0.4998	0.5691	0.517055	0.515886	0.493489	
残差2乗和/G	0.004973	0.002153	0.003346	0.003859	0.003042	0.004482	0.004403	0.003219	0.002272	0.002611	0.00235	0.002324	0.002243	

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	06/10	06/11	06/12	07/01	07/02	07/03	07/04	07/05	07/06	07/07	07/08	07/09	07/10
β_1	-0.00497	-0.00435	-0.00361	-0.00245	-0.00366	-0.00383	-0.00422	-0.00505	-0.00576	-0.00522	-0.00514	-0.0041	-0.00317
β_2	0.139719	-0.00876	-0.01714	-0.02454	-0.0146	0.003471	0.045291	0.009104	-0.00722	0.054351	0.157935	0.060101	0.110794
β_3	0.08863	0.062703	0.018762	0.021453	0.002602	-0.01812	-0.025	-0.02733	-0.01611	-0.00947	-0.01844	-0.05594	-0.05994
β_4	-0.14	0.006885	0.01481	0.021786	0.011463	-0.00611	-0.04812	-0.0122	0.004776	-0.05726	-0.16046	-0.06338	-0.11444
β_5	-0.09367	-0.00669	-0.0001	0.013204	0.00771	-0.0076	-0.02463	-0.00189	0.012644	-0.02658	-0.11065	-0.06477	-0.09623
β_6	-0.08422	-0.06102	-0.00994	-0.01526	0.011543	0.020248	0.031611	0.036716	0.022892	0.011976	0.025134	0.053484	0.058517
β_7	0.093105	0.006741	0.000266	-0.01292	-0.00709	0.008007	0.025151	0.002455	-0.01244	0.027036	0.111194	0.065528	0.097171
β_8	0.017255	0.003952	0.001933	-0.00117	-0.00045	0.002326	0.003283	-0.00048	-0.00257	0.003675	0.017152	0.012267	0.016763
β_9	0.007043	0.022905	0.002968	0.00734	-0.00518	-0.00852	-0.02079	-0.01792	-0.00973	-0.01411	-0.03588	-0.02854	-0.0374
β_{10}	-0.01715	-0.00394	-0.00194	0.001143	0.000362	-0.00238	-0.00336	0.000401	0.002558	-0.00373	-0.01724	-0.01239	-0.01692
β_{11}	-0.00092	-0.00038	-9.9E-05	2.2E-05	6.3E-05	-7.7E-05	1.04E-05	0.000176	0.0002	-9.7E-05	-0.00056	-0.00042	-0.00059
β_{12}	0.002963	-0.00309	0.000408	-0.00142	0.00104	0.00206	0.004699	0.003347	0.001134	0.003296	0.011169	0.008526	0.011065
β_{13}	0.000917	0.000379	9.94E-05	-2E-05	-5.6E-05	8.13E-05	-3.8E-06	-0.00017	-0.0002	0.000102	0.000571	0.000435	0.000605
β_{14}	3.83E-06	7.22E-06	-5.3E-06	-1E-07	-6.4E-06	-5.7E-06	-1.1E-05	-1E-05	-5.9E-06	-4.2E-06	-1.2E-05	-1.4E-05	-1.5E-05
β_{15}	-0.0005	0.000114	-0.00016	7.48E-05	-0.00014	-0.00025	-0.00043	-0.00028	-7.2E-05	-0.00029	-0.00108	-0.00092	-0.00113
β_{16}	-3.6E-06	-7.1E-06	5.3E-06	3.25E-08	6.12E-06	5.48E-06	1.08E-05	1.02E-05	5.84E-06	4.05E-06	1.16E-05	1.38E-05	1.42E-05
β_{17}	-3.1E-09	-1.3E-09	1.25E-09	1.03E-09	4.59E-09	3.07E-09	4.94E-09	4.64E-09	7.93E-10	2.54E-09	6.42E-09	7.77E-09	9.47E-09
β_{18}	1.97E-05	4.16E-07	8.18E-06	-1E-06	5.86E-06	9.13E-06	1.31E-05	7.99E-06	1.93E-06	8.54E-06	3.19E-05	3E-05	3.57E-05
ρ	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.6	1.7
ψ	2.5E-05	2.71E-05	1.81E-05	1.86E-05	2.4E-05	1.67E-05	1.58E-05	1.4E-05	2.2E-05	2.33E-05	3.62E-05	3.92E-05	4.03E-05
AIC	-2299.64	-2292.52	-2371.2	-2376.27	-2319.94	-2367.58	-2389.64	-2417.03	-2295.57	-2294.43	-2217.77	-2159.71	-2164.08
G	221	222	221	222	222	219	220	220	218	219	221	217	218
ψ/G	1.13E-07	1.22E-07	8.19E-08	8.37E-08	1.08E-07	7.61E-08	7.2E-08	6.36E-08	1.01E-07	1.06E-07	1.64E-07	1.81E-07	1.85E-07
sqrt(ψ/G)	0.000337	0.000349	0.000286	0.000289	0.000328	0.000276	0.000268	0.000252	0.000318	0.000326	0.000405	0.000425	0.00043
残差2乗和	0.509932	0.579389	0.363234	0.401928	0.479236	0.316439	0.290838	0.237162	0.43281	0.478407	0.819763	1.297993	1.44804
残差2乗和/G	0.002307	0.00261	0.001644	0.00181	0.002159	0.001445	0.001322	0.001078	0.001985	0.002185	0.003709	0.005982	0.006642

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	07/11	07/12	08/01	08/02	08/03	08/04	08/05	08/06	08/07	08/08	08/09	08/10	08/11
β_1	-0.00204	-0.0028	-0.00027	-0.00229	0.000141	-0.00271	-0.00322	-0.00298	-0.00172	-0.00096	-0.0046	-0.00601	-0.00463
β_2	0.015962	-0.01732	-0.06958	0.014645	-0.00026	0.004069	0.02945	0.011926	-0.03189	0.004778	0.006335	-0.12296	-0.07668
β_3	-0.05248	-0.03955	-0.05688	-0.02953	-0.00168	0.034431	0.043488	0.056351	0.004849	0.014753	0.080343	0.048169	0.135433
β_4	-0.02063	0.014146	0.065126	-0.01753	-0.00581	-0.00824	-0.03367	-0.01556	0.026765	-0.01057	-0.00876	0.12417	0.075622
β_5	-0.04085	0.006786	0.029003	-0.01314	-0.03354	-0.02353	-0.03955	-0.00181	-0.00082	-0.03348	-0.03681	0.0665	0.054407
β_6	0.045814	0.031578	0.051854	0.026416	-0.00475	-0.03403	-0.04428	-0.05629	-0.00233	-0.01363	-0.07667	-0.06015	-0.1622
β_7	0.042122	-0.00604	-0.02781	0.013967	0.035636	0.024496	0.040337	0.002571	0.002236	0.035289	0.037391	-0.06712	-0.05437
β_8	0.009758	-3.7E-05	-0.00227	0.003781	0.010778	0.006232	0.008738	0.000828	0.003547	0.00909	0.009958	-0.00833	-0.00279
β_9	-0.01608	-0.0054	-0.00602	-0.01084	0.002912	0.009972	0.010737	0.016099	0.001514	0.000508	0.022494	0.042003	0.078714
β_{10}	-0.00995	-7.6E-05	0.002079	-0.00393	-0.01113	-0.00636	-0.00883	-0.00094	-0.00377	-0.00939	-0.01005	0.008409	0.002815
β_{11}	-0.00046	-3.5E-05	7.79E-05	-0.00018	-0.00066	-0.00033	-0.0005	-8.7E-05	-0.00016	-0.0004	-0.00057	0.00015	-0.00069
β_{12}	0.005156	0.000365	0.000302	0.002586	0.002331	0.000555	0.000738	-0.00223	0.001678	0.003467	-0.00016	-0.00917	-0.01693
β_{13}	0.000476	4.37E-05	-6.3E-05	0.000191	0.000686	0.000345	0.000504	9.6E-05	0.000179	0.000421	0.000579	-0.00016	0.000689
β_{14}	-6.9E-06	-2.6E-07	-6.9E-06	-8.1E-06	-7.3E-06	-3.5E-06	2.38E-06	8.44E-07	-1.6E-05	-1.5E-05	-1.7E-06	1.18E-05	3.85E-05
β_{15}	-0.00062	-4.2E-05	-9.9E-05	-0.00034	-0.00053	-0.00025	-0.00024	0.000104	-0.00041	-0.00061	-0.0003	0.000744	0.001317
β_{16}	6.36E-06	-4.5E-08	6.34E-06	7.57E-06	6.14E-06	3.17E-06	-2.6E-06	-1.2E-06	1.49E-05	1.35E-05	1.32E-06	-1.2E-05	-3.8E-05
β_{17}	8.32E-09	4.26E-09	8.42E-09	9.21E-09	1.77E-08	5.98E-09	2.48E-09	5.34E-09	1.38E-08	1.67E-08	5.97E-09	-2.9E-09	-8E-09
β_{18}	2.22E-05	1.99E-06	6.2E-06	1.41E-05	2.52E-05	1.17E-05	1.04E-05	-8.1E-07	2.03E-05	2.59E-05	1.55E-05	-2E-05	-3.1E-05
ρ	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8	2	2	1.9	1.9	1.8	2	2	1.7
ψ	4.78E-05	6.01E-05	5.15E-05	5.6E-05	0.000148	6.85E-05	6.84E-05	6.7E-05	8.42E-05	0.000164	0.000238	0.000259	0.000378
AIC	-2136.88	-2076.7	-2120.49	-2102.19	-1863.04	-2038.63	-2067.81	-2053.1	-2031.48	-1910.47	-1801.77	-1799.4	-1723.51
G	219	218	219	219	216	217	220	218	221	224	221	223	224
ψ/G	2.18E-07	2.76E-07	2.35E-07	2.56E-07	6.84E-07	3.16E-07	3.11E-07	3.07E-07	3.81E-07	7.32E-07	1.08E-06	1.16E-06	1.69E-06
sqrt(ψ/G)	0.000467	0.000525	0.000485	0.000506	0.000827	0.000562	0.000558	0.000554	0.000617	0.000855	0.001038	0.001078	0.001298
残差2乗和	1.536248	2.382473	1.527865	1.988598	7.246382	2.238146	2.567011	3.116461	3.908481	8.92951	7.840933	9.605712	16.93067
残差2乗和/G	0.007015	0.010929	0.006977	0.00908	0.033548	0.010314	0.011668	0.014296	0.017685	0.039864	0.035479	0.043075	0.075583

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	08/12	09/01	09/02	09/03	09/04	09/05	09/06	09/07	09/08	09/09	09/10	09/11	09/12
β_1	-0.00649	-0.00427	-0.00363	-0.00259	-0.00349	-0.00216	0.000706	-0.00065	-0.00021	-0.00049	-0.00253	-0.00263	-0.00373
β_2	0.005137	-0.01973	-0.19018	-0.05624	-0.09746	0.043589	0.048757	0.111902	-0.16733	-0.04078	-0.03445	0.039105	-0.01027
β_3	0.149191	0.06281	0.111374	0.059459	0.04856	-0.00084	-0.03022	-0.00724	0.007821	0.036638	0.026446	0.053546	0.034932
β_4	-0.00124	0.020611	0.190396	0.055834	0.098993	-0.04301	-0.05138	-0.11297	0.166252	0.039805	0.035597	-0.03781	0.013271
β_5	-0.03242	0.023305	0.138339	0.037679	0.060896	-0.02831	-0.01388	-0.06218	0.108969	0.044959	0.034448	-0.01764	0.036356
β_6	-0.17862	-0.07719	-0.13658	-0.08056	-0.07508	-0.01022	0.030266	0.006046	-0.03003	-0.0505	-0.04337	-0.07119	-0.05608
β_7	0.030566	-0.02396	-0.13871	-0.03803	-0.0621	0.027466	0.014378	0.062157	-0.10892	-0.0449	-0.03523	0.016949	-0.03759
β_8	0.013035	-2.7E-05	-0.01671	-0.00151	-0.00435	0.006396	0.000846	0.009719	-0.01505	-0.00652	-0.00453	0.003899	-0.00625
β_9	0.073851	0.035844	0.086697	0.045769	0.052143	0.001436	-0.01894	-0.0202	0.040154	0.027531	0.025023	0.023646	0.028997
β_{10}	-0.0127	0.000142	0.016787	0.001593	0.004579	-0.00625	-0.00093	-0.00973	0.015027	0.006494	0.004645	-0.00381	0.006427
β_{11}	-0.00146	-0.00049	-5.2E-05	-0.00053	-0.00055	-0.00056	4.62E-06	-0.00043	0.000406	4.2E-05	-5.4E-05	-0.00044	-8.8E-05
β_{12}	-0.01183	-0.00834	-0.02203	-0.01082	-0.01324	-0.00037	0.0028	0.005336	-0.01156	-0.00768	-0.00679	-0.00424	-0.00894
β_{13}	0.001433	0.000482	4.38E-05	0.000523	0.000528	0.000551	2.36E-06	0.000431	-0.0004	-4E-05	4.56E-05	0.000434	7.39E-05
β_{14}	4.52E-05	2.2E-05	3.77E-05	2.9E-05	3.66E-05	1.45E-05	-1.8E-06	-1.6E-06	1.15E-05	1.41E-05	1.5E-05	1.7E-05	2.76E-05
β_{15}	0.000737	0.000638	0.001873	0.00087	0.001121	2.26E-05	-0.00016	-0.0005	0.001022	0.00071	0.000624	0.000334	0.000949
β_{16}	-4.4E-05	-2.2E-05	-3.7E-05	-2.8E-05	-3.6E-05	-1.4E-05	1.57E-06	1.54E-06	-1.2E-05	-1.4E-05	-1.5E-05	-1.7E-05	-2.7E-05
β_{17}	-2.2E-08	-8.7E-09	-8.9E-09	-8.7E-09	-1.7E-08	-8.5E-09	3.92E-09	1.88E-09	5.15E-10	2.9E-10	-5.3E-09	-4.4E-09	-1E-08
β_{18}	-1.4E-05	-1.4E-05	-4.8E-05	-2.1E-05	-2.8E-05	4.98E-07	3.42E-06	1.53E-05	-2.8E-05	-2E-05	-1.7E-05	-8.9E-06	-3E-05
ρ	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4
θ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	2	1.7	1.6	1.7	1.8	1.7	2	1.7	2	1.9	1.9	2	1.5
ψ	0.000375	0.000186	0.000197	0.000138	9.24E-05	5.33E-05	3.32E-05	4.16E-05	4.74E-05	3.5E-05	3.84E-05	5.08E-05	6.34E-05
AIC	-1709.35	-1890.9	-1886.6	-1948.72	-2057.32	-2191.41	-2288.77	-2267.74	-2237.93	-2287.31	-2286.56	-2222.08	-2161.99
G	222	225	226	224	226	227	226	229	229	227	229	229	228
ψ/G	1.69E-06	8.26E-07	8.71E-07	6.17E-07	4.09E-07	2.35E-07	1.47E-07	1.82E-07	2.07E-07	1.54E-07	1.68E-07	2.22E-07	2.78E-07
sqrt(ψ/G)	0.001299	0.000909	0.000933	0.000785	0.00064	0.000485	0.000383	0.000426	0.000455	0.000392	0.000409	0.000471	0.000527
残差2乗和	14.85492	8.051607	9.571349	5.484787	3.117422	2.145946	1.016321	1.470473	1.387376	0.939762	0.909419	1.037429	1.872154
残差2乗和/G	0.066914	0.035785	0.042351	0.024486	0.013794	0.009454	0.004497	0.006421	0.006058	0.00414	0.003971	0.00453	0.008211

参考図表1:各モデルの全パラメータ値

p=6	10/01	10/02	10/03	10/04	10/05	10/06	10/07	10/08
β_1	-0.00316	-0.00148	-0.00278	-0.00334	-0.00255	-0.00285	-0.00311	-0.00328
β_2	-0.00423	-0.11798	-0.03746	-0.04512	-0.02752	0.003895	0.085747	-0.03771
β_3	0.036288	0.032946	0.013076	0.013492	0.017335	-0.00677	0.013256	0.004812
β_4	0.006828	0.118848	0.039388	0.047306	0.02869	-0.00267	-0.08407	0.039454
β_5	0.031744	0.114972	0.04693	0.057484	0.061346	0.048453	-0.01473	0.032963
β_6	-0.05934	-0.05894	-0.02493	-0.02573	-0.03012	0.002316	-0.02076	-0.01562
β_7	-0.03292	-0.11555	-0.04781	-0.05826	-0.06171	-0.04869	0.014257	-0.03332
β_8	-0.00509	-0.01861	-0.0077	-0.00956	-0.01168	-0.01087	9.61E-05	-0.00496
β_9	0.030387	0.047202	0.017223	0.018407	0.01762	-0.00144	-0.00419	0.013671
β_{10}	0.005262	0.018695	0.00781	0.009632	0.011683	0.010843	-7.6E-05	0.004955
β_{11}	-0.0002	0.000379	0.000158	0.00024	0.000349	0.000489	-6.9E-05	0.00013
β_{12}	-0.00922	-0.01552	-0.00626	-0.00694	-0.00761	-0.00369	-0.00058	-0.00415
β_{13}	0.000182	-0.00039	-0.00016	-0.00024	-0.00035	-0.00048	6.99E-05	-0.00013
β_{14}	3.05E-05	3.07E-05	1.19E-05	1.14E-05	1.37E-05	1.96E-06	6.2E-06	4.55E-06
β_{15}	0.000967	0.001593	0.000647	0.000715	0.000856	0.000523	0.000163	0.000381
β_{16}	-3E-05	-3E-05	-1.2E-05	-1.1E-05	-1.4E-05	-2.2E-06	-6.3E-06	-4.8E-06
β_{17}	-1.1E-08	-7.7E-09	-3.9E-09	-1.8E-09	2.2E-10	4.16E-09	1.46E-09	3.72E-09
β_{18}	-3E-05	-4.8E-05	-1.9E-05	-2.1E-05	-2.7E-05	-1.7E-05	-5.7E-06	-1E-05
ρ	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
θ	0	0	0	0	0	0	0	0
ξ	1.6	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2
ψ	5.64E-05	3.89E-05	3.64E-05	3.94E-05	4.81E-05	5.33E-05	6.5E-05	7.27E-05
AIC	-2188.59	-2293.49	-2247.28	-2239.93	-2215.01	-2162.01	-2136.89	-2130.74
G	228	230	224	225	227	224	226	228
ψ/G	2.47E-07	1.69E-07	1.63E-07	1.75E-07	2.12E-07	2.38E-07	2.88E-07	3.19E-07
sqrt(ψ/G)	0.000497	0.000411	0.000403	0.000418	0.00046	0.000488	0.000536	0.000565
残差2乗和	1.236265	0.795143	1.081039	1.375551	1.792317	2.193154	2.912235	4.738135
残差2乗和/G	0.005422	0.003457	0.004826	0.006114	0.007896	0.009791	0.012886	0.020781

参考図表2: 各モデルのβ 間の相関

M0	β 1	β 2	β 3	β 4	β 5	β 6
β 1	1					
β 2	-0.2065	1				
β 3	0.012756	-0.95421	1			
β 4	0.136139	0.860702	-0.97186	1		
β 5	-0.23867	-0.77234	0.919127	-0.98489	1	
β 6	0.297534	0.711435	-0.87131	0.95697	-0.99202	1

M1	β 1	β 2	β 3	β 4	β 5	β 6	β 7	β 8	β 9	β 10	β 11	β 12
β 1	1											
β 2	0.018323	1										
β 3	-0.25273	-0.36085	1									
β 4	0.044601	-0.99278	0.32096	1								
β 5	-0.00789	0.078906	-0.91053	-0.0541	1							
β 6	-0.12306	0.974502	-0.29389	-0.99272	0.053436	1						
β 7	0.151397	0.223233	0.709594	-0.23885	-0.93328	0.226747	1					
β 8	0.156356	-0.95207	0.282073	0.976758	-0.05752	-0.99456	-0.21685	1				
β 9	-0.21292	-0.43117	-0.50676	0.443439	0.801749	-0.42949	-0.96132	0.42258	1			
β 10	-0.17016	0.924951	-0.28105	-0.95344	0.068683	0.97919	0.202237	-0.99479	-0.41259	1		
β 11	0.225402	0.549345	0.347183	-0.56224	-0.66953	0.552568	0.884059	-0.55335	-0.97766	0.552162	1	
β 12	0.176116	-0.89351	0.284319	0.924189	-0.08317	-0.95611	-0.18414	0.980574	0.398469	-0.99541	-0.54607	1

M2	β 1	β 2	β 3	β 4	β 5	β 6	β 7	β 8	β 9	β 10	β 11	β 12
β 1	1											
β 2	-0.02862	1										
β 3	0.031864	-0.97953	1									
β 4	-0.03438	-0.9636	0.910613	1								
β 5	0.02928	0.973584	-0.93387	-0.99717	1							
β 6	0.056666	0.92383	-0.85751	-0.99189	0.983537	1						
β 7	-0.05481	-0.93343	0.874058	0.993946	-0.98912	-0.9988	1					
β 8	-0.07089	-0.88898	0.814062	0.976532	-0.96459	-0.99583	0.992545	1				
β 9	0.07081	0.898354	-0.82855	-0.97982	0.970818	0.996511	-0.99534	-0.99904	1			
β 10	0.082012	0.853421	-0.7708	-0.95663	0.941125	0.985311	-0.97983	-0.99672	0.993959	1		
β 11	-0.08381	-0.86617	0.789198	0.962098	-0.95022	-0.9877	0.984921	0.997205	-0.99696	-0.99833	1	
β 12	-0.00325	-0.27807	0.161339	0.435685	-0.37768	-0.49493	0.454131	0.528164	-0.49106	-0.56086	0.512233	1

参考図表2: 各モデルのβ 間の相関

M3	β 1	β 2	β 3	β 4	β 5	β 6	β 7	β 8	β 9	β 10	β 11	β 12	β 13	β 14	β 15	β 16	β 17	β 18	
β 1	1																		
β 2	-0.07057	1																	
β 3	-0.30699	-0.20771	1																
β 4	0.0625	-0.99944	0.22169	1															
β 5	0.106202	-0.9245	0.188856	0.931482	1														
β 6	0.311721	0.310196	-0.97424	-0.32619	-0.2974	1													
β 7	-0.10232	0.921808	-0.19602	-0.92924	-0.99989	0.304629	1												
β 8	-0.16381	0.810339	-0.047	-0.81867	-0.96293	0.138661	0.963256	1											
β 9	-0.2155	-0.68733	0.800852	0.700557	0.651511	-0.89203	-0.65606	-0.47498	1										
β 10	0.159273	-0.8088	0.055432	0.817529	0.963107	-0.14714	-0.96364	-0.9999	0.48098	1									
β 11	0.316707	-0.43292	-0.42418	0.431209	0.603616	0.421659	-0.60042	-0.76947	-0.157	0.764809	1								
β 12	0.115218	0.792735	-0.61701	-0.80778	-0.8402	0.737447	0.84448	0.71873	-0.9435	-0.72391	-0.11946	1							
β 13	-0.31004	0.438944	0.409348	-0.43797	-0.6139	-0.40578	0.611049	0.779499	0.141702	-0.77519	-0.99964	0.135831	1						
β 14	-0.23996	-0.50224	0.653237	0.522942	0.567885	-0.79053	-0.57542	-0.4408	0.888277	0.449236	-0.20663	-0.89762	0.187381	1					
β 15	-0.06979	-0.77864	0.506325	0.795544	0.886346	-0.6338	-0.89104	-0.81168	0.864546	0.816828	0.262578	-0.98029	-0.2798	0.873572	1				
β 16	0.236339	0.508001	-0.65011	-0.52843	-0.57192	0.788986	0.579265	0.443564	-0.89016	-0.45181	0.205201	0.89996	-0.18626	-0.99985	-0.87535	1			
β 17	0.317758	0.263527	-0.62147	-0.28878	-0.37222	0.695546	0.384131	0.303926	-0.68928	-0.31667	0.205816	0.692918	-0.1803	-0.85767	-0.69382	0.84876	1		
β 18	0.051957	0.740727	-0.42691	-0.75902	-0.88913	0.554024	0.894311	0.851962	-0.78954	-0.85724	-0.35414	0.940813	0.371989	-0.83933	-0.98867	0.840314	0.691268	1	