

|           |                                                                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | リナズ ソフィアン<br>RINAZ SOFIANE                                                                           |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (経 済 学)                                                                                          |
| 学 位 記 番 号 | 経 博 第 244 号                                                                                          |
| 学位授与の日付   | 平成 18 年 3 月 23 日                                                                                     |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当                                                                              |
| 研究科・専攻    | 経 済 学 研 究 科 経 済 動 態 分 析 専 攻                                                                          |
| 学位論文題目    | “Positive Interest Rate Models with Sticky Barrier for the Japanese Market”<br>(日本市場のための粘性壁つき正金利モデル) |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 木 島 正 明      教 授 森 棟 公 夫      助教授 島 本 哲 朗                                               |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、昨今の日本のゼロ金利政策（ZIRP）下におけるイールドカーブのモデル化を取り上げている。まず、研究の背景と既存研究の整理を行い、次に、日本の債券市場をマクロ指標などとの関連で分析している。この実証分析の結果を取り入れて金利の期間構造モデルを提案し、提案モデルに基づいた金利デリバティブの価格付けやカリブレーションの方法などを詳細に議論している。また、実際の市場データを用いて提案モデルの当てはまりの良さを検証し、有効性を確認している。

第1章では、現状の日本の債券市場を概観し、ZIRP下でのイールドカーブのモデル化の必要性について述べた後、第2章では、既存の代表的な短期金利モデルを紹介し、これらの短期金利モデルでは現状の日本のイールドカーブ（S字型のイールドカーブ）を表現できないと結論付けている。なぜならば、これら従来のモデルでは、短期金利を長期間ゼロに近いところに止めておくことができないからである。更に、この問題点を克服するために近年提案されている金利期間構造モデルを紹介し、それらモデルの利点と欠点を整理している。特に、実務で使えるモデルという観点から、カリブレーションの方法や計算時間などに言及している。

第3章では、目指すべきモデルがどのような特徴を持つのかを特定するために、過去の日本円でのLIBORレートや日本国債の価格データなどを統計的に分析している。また、既存モデルの拡張を考えるために、実証分析の結果を丹念に調査している。ここでの主要な結果は、日本経済のファンダメンタルズにはZIRP前後でレジームに変化が認められるという点である。すなわち、ZIRP前に見られた公定歩合、円ドル為替レート、物価指数およびインフレ率の間の高い相関は、ZIRP期間中には確認できないとしている。したがって、金利モデルにおいても、ZIRPの期間中と期間外では異なるモデルを採用すべきであると結論付けている。

第4章では、以上の結果を踏まえて、金融工学では今までにない新しいモデルを提案している。すなわち、短期金利モデルとしてVasicekモデルを採用し、ゼロにおける境界は粘性壁（sticky barrier）であると仮定する。粘性壁からの脱出（すなわちZIRPの解除）を表現するために、ZIRPの経過期間を表わす潜在変数を導入し、粘性壁からの脱出時点はこの潜在変数に依存したハザード率で表現されている。こうすることで、長期間にわたるゼロ金利を表現可能となり、割引債はこの短期金利のデリバティブとして価格付けを行えばよい。この価格方程式は偏微分・積分方程式となりやや複雑であるが、不動点アルゴリズムを援用することで、比較的簡単に有限差分法を用いて数値計算できることを示している。更に、いくつかのパラメータセットに対して数値計算を行うことで、このモデルから得られるイールドカーブの柔軟性について議論し、現状の日本のS字型イールドカーブを表現できることを示している。最後に、本モデルの拡張として、ZIRPの経過期間を表わす潜在変数を確率過程に拡張することで、債券価格式はやや複雑になるものの、より柔軟なイールドカーブを表現できることを確認している。

第5章では、本論文における基本モデルを用いて日本の債券市場を実証分析している。すなわち、市場における国債価格

とモデルから得られる理論価格の二乗誤差を最小にするようにパラメータをカリブレートする。この結果、現状の ZIRP 下での S 字型のイールドカーブを再現でき、また市場が期待している ZIRP の解除時点をモデルから抽出することができる。このような分析をいくつかの時点に適用することで、本モデルが日本市場において有効であることが確認できたとしている。ただし、このカリブレーションの方法では、既存の Vasicek モデルのカリブレーションでも指摘されているように、平均回帰のスピードを表わすパラメータと平均回帰のレベルを表わすパラメータを分離できないという欠点がある。また、現状の ZIRP 下でのカリブレーションは上手くいくが、ZIRP 期間外のカリブレーションにはいくつかの点で改善余地があるとしている。

最後に第 6 章では、本論文の内容を総括し、今後の課題として、本論文で提示したカリブレーション手法の改善とインプライドボラティリティの研究が重要だとしている。市場参加者は特にインプライドボラティリティに注目して取引するからである。また、本モデルは非完備市場のモデルであるため、同値マルチンゲール測度への変換理論の確立および裁定機会を排除するための条件の導出を挙げている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、昨今の日本のゼロ金利政策（ZIRP）下における S 字型のイールドカーブを表現できるモデルを構築しようという極めて意欲的な論文である。現状のイールドカーブは満期の短い所で下に凸の形状をしているが、この形状は既存のモデルでは表現できないことが知られている。これは複雑な金利デリバティブの価格付けの際にミスプライスの原因になる可能性があり、現状の S 字型イールドカーブを表現できる金利期間構造モデルを開発することは極めて意義深いことである。また、提案されたモデルにはいくつかの新しいアイデアが含まれており、この分野における貢献は極めて高い。

とりわけ、本論文の成果として以下の点が評価できる。

第一に、第 2 章では、既存の代表的な金利期間構造モデルを紹介し、これらのモデルの利点と欠点を整理しているが、短期金利モデルだけでなく、マーケットモデルなども含めた広範な既存モデルを ZIRP 下での債券価格という観点から整理したことは評価できる。

第二に、第 3 章では、目指すべきモデルがどのような特徴を持つのかを特定するために、日本市場における円 LIBOR レートや日本国債の価格データなどを統計的に分析し、日本経済のファンダメンタルズには ZIRP 前後でレジームに変化が認められるという事実を確認している。このため、ZIRP 期間中と期間外では異なる金利モデルを採用すべきであると結論付けているが、これは従来のボラティリティの高低に着目した 2 レジームのスイッチングモデルとは着想が異なり、ZIRP という特異な状況下での着眼点は評価に値する。

第三に、第 4 章では、実証分析の結果を踏まえて、金融工学では今までにない新しいモデルを提案している。すなわち、短期金利モデルというシンプルな枠組みで、ゼロにおける境界は粘性壁（sticky barrier）であると仮定する。粘性壁からの脱出（すなわち ZIRP の解除）を表現するために、ZIRP の経過期間を表わす潜在変数を導入しているが、これらはまったく新しい着想であり高く評価されるべきである。

第四に、この粘性壁からの脱出時点は潜在変数に依存したハザード率で表現されているが、こう仮定することで、市場参加者が期待する ZIRP の解除時点を債券価格から抽出することが可能となる。近年、中央銀行の金融政策に関して市場との対話の重要性が叫ばれているが、市場データ（イールドカーブ）から市場の意向を抽出できるということは重要である。また、市場参加者にとっても、市場の意向を無視した投資はできないので、このような情報を市場データから得られることの意義は大きい。

第五に、割引債は無裁定の枠組みで価格付けされており、価格方程式は偏微分・積分方程式となりやや複雑であるが、不動点アルゴリズムを援用することで、比較的簡単に有限差分法を用いて数値計算できることを示している。一般に、偏微分・積分方程式を数値的に解くことは容易ではないが、不動点アルゴリズムと有限差分法というシンプルな手法で計算できるため、実務で実装しやすいというメリットもある。金融工学の研究ではこういった点も評価されるべきであろう。

以上のように、本論文は ZIRP 下における金利期間構造モデルを提案した極めてレベルの高い論文であるが、なお、いくつかの問題点と課題を指摘せざるを得ない。

第一に、提案したカリブレーション手法に問題が残されている点である。一般に、Vasicek タイプのモデルのカリブレーションでは、平均回帰のスピードを表わすパラメータと平均回帰のレベルを表わすパラメータを分離できないと指摘されているが、本手法でもその欠点が克服されていない。

第二に、本モデルにおけるインプライドボラティリティの特性に関して言及されていないという点である、市場参加者はインプライドボラティリティに注目して取引するため、インプライドボラティリティの特性を明らかにすることは極めて重要である。

しかし、これらは本論文が提案したモデルの貢献度に比べれば些細なものであり、その価値を損なうものではない。

よって、本論文は博士（経済学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成18年1月24日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。