

氏 名 津 田 博 史

学位（専攻分野） 博士(学術)

学 位 記 番 号 総研大甲第420号

学位授与の日付 平成11年9月30日

学位授与の要件 数物科学研究科 統計科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Multivariate Time Series Analysis for Bond Price and
Market Risk Premium

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 尾 崎 統
教 授 北 川 源 四 郎
教 授 田 村 義 保
助 教 授 樋 口 知 之
教 授 小 暮 厚 之 (千 葉 大 学)

論文内容の要旨

当研究の目的は、統計モデルを基礎とした金融資産価格のモデル化であり、主として、債券価格、及び、株式と債券間の価格変動を対象としたものである。当論文は、3つのテーマから構成される。1つは、債券価格のモデル化であり、2つ目は、転換社債価格のモデル化、3つ目が、株式と債券間のリスク・プレミアム、及び、価格変動のモデル化である。

最初のテーマに関して、我々は、債券価格モデルとして、時間依存型マルコフ債券価格 (Time-Dependent Markov Bond Pricing Model) モデルを提唱した。当モデルは、個別債券の市場価格の確率的変動性を直接的にモデル化する点で、従来のモデルと大きく異なるものである。すなわち、その相違点は、個別銘柄価格の実現がその背後にある確率的な割引率の実現と同等である、とみる点であり、加えて、割引率が銘柄属性に依存し、その銘柄属性としてクーポン・レートや償還期間など事前に直接把握できる属性だけでなく、事前に明示的に識別することが困難な属性を、割引率の時系列的属性によりモデルの中に導入している点である。当モデルを日本の国債市場に適用し、個別銘柄の価格推定が高い精度で可能であることを実証した。さらに、多変量状態空間表現により、当モデルを債券価格の予測可能な動的モデルへと拡張し、実証したところ、良好な予測結果が得られた。そして、当モデルにより求めた個別銘柄の予測収益率の内、最も予測収益率の高い個別銘柄を、月次基準で選択し、運用するシミュレーションを実施した結果、投資対象の全銘柄の平均投資収益率よりも高い投資収益率となり、実用面においても有効性を確認した。

第2のテーマとして、我々は、株式に転換する権利を付与された社債である転換社債に対して、時間依存型マルコフ債券価格モデルの概念を基礎にモデル化したことである。すなわち、転換社債価格は、債券と株式の両属性をそなえた複合的変動をする。これまでの多くのモデルが、転換社債の理論価格に対して、潜在的債券価値部分と株式への潜在的転換権価値部分のモデルを別々に構築し値を求め、その和として転換社債の理論価格を求める方法で、個別銘柄ごとに考える1変量アプローチに基づいていた。当モデルは、潜在的債券価値部分に時間依存型マルコフ債券価格モデルを、株式への潜在的転換権価値部分にオプション・モデルを応用し、銘柄価格間の相関構造を利用した上で、潜在的債券価値部分と潜在的転換権価値部分の確率変動の合成変動を考慮している。当モデルを日本の転換社債市場に適用したところ、良好な価格推定精度が得られた。また、転換社債価格が、潜在的債券価値部分と株式への潜在的転換権価値部分のどちらの要素から説明される割合が多いかについて、モデルのパラメータの有意性から把握できる。このように当モデルにより転換社債市場に対する有意義な知見が得られた。

第3のテーマとして、我々は、株式市場と債券市場間のリスク・プレミアム、及び、価格変動のモデル化を行った。我々は、株式と債券間のリスク・プレミアムの変動特性を説明すべく、リスク・プレミアムを均衡水準 (適性水準)、及び、均衡水準からの乖離であるミスプライス成分に分離し、それらの各変動構造を考え、それらを推定する上で、株式と債券間の価格変動 (収益率格差) をも反映さ

せたモデル(Return Yield Spread Model)を提唱した。すなわち、リスク・プレミアムの変動特性として、長期均衡水準、短期均衡水準、ミスプライスを考え、短期均衡水準は数年周期で長期均衡水準の周りを回帰変動し、そして、ミスプライスは数週間から1年の周期で短期均衡水準の周りを回帰変動するといった変動構造を考えた。日本市場に当モデルを適用したところ、株式と債券間のミスプライスは正メカニズム、及び、リスク・プレミアムの均衡水準動向について新しい知見が得られたと共に、株式と債券間の価格動向に関して良好な予測結果が得られた。

なお、当研究は、統計モデルとして、回帰モデル（一般化最小二乗法）、及び、多変量状態空間モデルを基礎としている。債券価格モデルと転換社債価格モデルは、確率変動部分の分散共分散構造に対して価格変動特性、及び、銘柄価格間の相関構造を考慮し、一般化最小二乗法により推定している。なお、転換社債価格モデルに関して、株式への潜在的転換権価値部分の確率変動の分散共分散構造を、モンテカルロ数値計算により求めた。そして、債券価格の予測に関しては、状態ベクトル次元よりも観測ベクトルの次元の方が極めて大きく、観測行列と観測ノイズの分散共分散が時変で、かつ、観測ノイズが分散不均一な共分散構造を持った多変量状態空間モデルを考え、実証分析に加えて、シミュレーションにより、モデルのパラメータ推定の評価を実施し、高い再現性を確認している。また、株式と債券間の価格変動モデルに関しては、観測値の一部を3成分に分解し、かつ、成分が類似した時系列構造（AR）をもった多変量状態空間モデルを考えた。このように新たな統計モデルを考案しただけでなく、実用面での有効性を検証し、確認できた点で、統計科学分野に貢献できたと思われる。

博士論文審査結果の要旨

本審査委員会は、出願者津田博史氏の論文について、数物科学研究科における課程博士の授与に係わる論文審査の手続き等に関する規定に基づき、公開の論文発表会を開催し審査を行った結果、以下の理由により、統計科学に関して課程博士の学位を授与するに十分な内容と形式を備えているものと判断した。

論文は6章から構成されている。第1章は Introduction, 第2章では債券に関する基本的な説明を与えている。第3章では、個別債券価格のモデルとして、時間依存型マルコフ債券価格 (TDM) モデルを提案した。このモデルは、個別債券の市場価格の確率的変動性を直接的にモデル化する点で、これまでのモデルと大きく異なるものである。また、クーポン・レートや償還期間など事前に直接把握できる銘柄属性だけでなく、事前に明示的に把握することが困難である投資家の銘柄選好や流動性など時間と共に変化する動的銘柄属性を時系列的属性として、モデルの中に導入している点に特徴がある。このモデルを日本の国債市場に適用し、高い精度の価格推定が可能であることが実証されている。さらに、多変量状態空間モデルを用いて、個別債券価格の予測可能なモデルへと発展させた結果、良好な実証結果を得ている。

第4章では、株式に転換する権利を付与された社債である転換社債を対象としている。転換社債は、債券と株式の両属性をそなえた複合的変動をすることが特徴であり、時間依存型マルコフ債券価格モデルの概念を基礎にモデル化を行っている。提案したモデルを日本の転換社債市場に適用し、良好な価格推定精度を得ると共に、転換社債市場に村する有意義な知見も得ている。

第5章では、株式市場と債券市場間の価格変動を両市場間のリスク・プレミアムの視点からモデル化を行っている。リスク・プレミアムの均衡水準と均衡水準からの乖離であるミスプライス成分を考え、株式と債券間の価格変動をも反映させたモデル (リターン・イールド・スプレッド・モデル, RYS モデル) を提案している。日本市場にこのモデルを適用した結果、株式と債券間のミスプライス是正メカニズム、及び、リスク・プレミアムの均衡水準動向について新しい知見を得ると共に、株式と債券間の価格動向の予測に関して良好な結果を得ている。

第6章で博士論文内容の総括と結論が述べられている。このほかに関連する特殊な専門用語および一部統計手法についての説明が Appendix としてつけ加えられ、当論文をセルフコンテインドで広範な応用統計学、数理金融学研究者にわかりやすいものにする努力がなされている。

最近急速に発展しつつある数理金融あるいは金融工学研究の中において、独自の手法による統計的実証的研究を進めたものとして、非常にユニークで水準の高い研究結果である。実際の債券、株式などの時間変化に関する大量の時系列データを使い最新の統計解析、数理手法を駆使して出された結果は金融工学、数理金融における知見に繋がるものを含み、その価値は実用面における有効性のみならず、今後発展するであろう金融工学にお

ける実証的研究の第一歩を標す画期的パイオニア的研究結果であり後に続くであろう多くの研究者のベースラインの役割を果たすことが予見される。総合研究大学院大学博士課程統計科学専攻にふさわしい研究結果である。

出願者は当論文の内容に関連しすでに英文 3 編, 和文 2 編の論文を出版し, 現在 2 編を英文誌に投稿中である。このほかレフェリーなしの報告が 3 編, 学会等における発表が 11 件, 著書は単独で 1 冊, 章の分担によって 4 冊出版している。

以上のことから当論文は学位を授与するに十分な内容を持っていると判断した。