

氏名(本籍)	高田英行(東京都)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第5659号			
学位授与年月日	平成23年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	Development of Computational Algorithms for Pricing Financial Derivatives Influenced by an Exogenous Stochastic Process: Hierarchical Markov Chain Approach (外部確率過程に影響を受ける金融デリバティブの価格計算アルゴリズムの開発：階層的マルコフ過程に基づく解析)			
主査	筑波大学教授	工学博士	山本芳嗣	
副査	筑波大学教授	Ph. D. (Management)	住田潮	
		理学博士		
副査	筑波大学教授	工学博士	吉瀬章子	
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	繁野麻衣子	
副査	筑波大学准教授	博士(学術)	八森正泰	
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	繆瑩	

論文の内容の要旨

本論文は、4つの主要テーマで構成されている。第1のテーマは、短期金利等を表現するブラック・ショールズモデルの拡張版であるルート型確率的ボラティリティ・モデルに関し、それから派生する様々な金融商品の価格計算法を開発することである。第2のテーマは、債務担保証券(CDO: Collateralized Debt Obligation)を巡る信用リスクに関するもので、債務発生メカニズムが外在的なマクロ経済状態に依存するモデルをマルコフ変調ポアソン過程として定式化し、リスク中立となるCDO価格の計算アルゴリズムを確立している。このモデルは更に第3のテーマで拡張され、債務発生メカニズムが外在的なマクロ経済状態だけではなく、2つの産業セクターにおける過去の債務不履行企業数にも依存する「債務不履行波及型CDOモデル」を取り扱っている。最後に、第4のテーマとして、上記と同じ債務不履行発生メカニズムの下で、貸出ポートフォリオに付随する信用リスク管理を目的とする銀行間のスワッピング・モデルを定式化し、スワッピングが効果を持つ条件を論じている。

第1のテーマのルート型確率的ボラティリティ・モデルは、債券価格 S_t が確率微分方程式

$$dS_t/S_t = r dt + \sigma \sqrt{V_t} dW_t$$

に従い、さらにボラティリティ V_t は

$$dV_t = (a - bV_t) dt + \delta \sqrt{V_t} dW_t$$

に従うとするモデルである。ここで $\{W_t, W_t'\}$ は2次元ブラウン運動である。第2章ではこの確率変数の対 $\{S_t, V_t\}$ の振る舞いを把握するために、 S_t の対数変換と V_t の対を近似する出生死滅過程を構成し、その動的な振る舞いを解析し、数値計算のためのアルゴリズムを与えている。これを用いてインプライド・ボラティ

リティのスマイルカーブの再現性を確かめた後、経路依存型オプションの1つである down-and-out オプションの価格評価を行い、ブラック・ショールズのモデルから計算される価格に付随する危険性を指摘している。

第3章では第2のテーマに対して、マクロ経済状態の変動を考慮した債務担保証券の評価のための動的確率モデルを提案し、それに基づいた数値計算アルゴリズムを提案している。債務担保証券のトランシェの実際の価格と、提案したモデルから計算される価格が整合性を持つように、モデルのパラメータを決定する方法を提案している。

第4章では、まず同一産業セクター内企業の債務不履行波及モデルを提案し、続いて2つの異なる産業セクターに渡る債務不履行波及モデルを提案している。これによって、シミュレーションによらずに複数の産業セクターの債務不履行企業数の同時分布の計算を可能にしている。

最後の第5章では、前章の債務不履行波及のモデルに基づいて、2産業セクターの信用リスクの銀行間スワップ取引を取り上げ、そのためのモデルの提案と解析を行っている。その結果、どのような状況下で銀行間のスワップ取引がリスクを下げることに貢献するかを定量的に示すことに成功している。

全テーマを通して、「複雑な金融モデルに基づく多様な指標を評価するための計算アルゴリズムの確立」を目指し、「2階層連続時間マルコフ連鎖」として定式化し、「Keilson の Uniformization Procedure」を適用するという方法論で統一されている。

審査の結果の要旨

従来からあるオプション評価のためのモデルは、バリアオプション等の経路依存型のオプションの評価には向かないものが多く、価格計算はシミュレーションなどの時間のかかる方法によらなければならないが、その多くは実用に堪えない。この論文では、新たなモデルに基づいて経路依存型オプションの価格計算を行うアルゴリズムを提案し、実用に耐える数値計算手法を可能にしている。インプライド・ボラティリティのスマイルカーブの再現や、ブラック・ショールズのモデルから得られる結果との比較など、有用な成果を挙げている。さらに、提案した方法は、時間軸の離散化を必要としない点や計算負荷の点などで既存研究より優れている。債務担保証券の評価のモデルとアルゴリズムについても、提案モデルのパラメータを実際のトランシェの価格を再現するように決めることができることなど、提案モデルの有用性が示されている。また、信用リスクのモデルについては、昨今の経済危機を契機に顕在化した従来モデルの限界を、債務不履行の波及を陽にモデルに取り込むことによって解決している。これによって銀行間のポートフォリオスワップ取引のリスク低減効果を定量的に示した点も評価できる貢献である。

学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。