

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	田中 秀幸 (たなか ひでゆき)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第 954 号
○授与年月日	2014 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Essays on the discretization of stochastic differential equations and their applications (確率微分方程式の離散化と応用に関する考察)
○審査委員	(主査) コハツ-ヒガ アルトゥーロ (立命館大学理工学部教授) 赤堀 次郎 (立命館大学理工学部教授) 藤家 雪朗 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

学位申請者の学位論文の主要な分野として、数理ファイナンスから生まれる計算問題である。金融では、商品契約価格の計算が非常に大事な課題である。この計算により契約の売買を行う際の「水準」が作られる。

手順として確率的なモデルを指定しその後、そのモデルを基にした契約価格の計算を行う。しかし多くの場合において、モデルが複雑であるため具体的な計算が不可能であり、モンテカルロシミュレーションを行う必要がある。また、シミュレーション方法を構築するために、そのモデルの数学的な性質を調べる必要がある。

学位申請者の論文では、シミュレーション方法だけではなく、明確な数学の性質についても調べた。

- 1.ジャンプ型確率微分方程式に関して作用素分解法を使い、高いオーダーの確率的な近似を定義し、非常に高い評価が得られた。
- 2.1.で使った方法を利用し、空間分割方法と組み合わせて新しいシミュレーション方法を定義した。さらに 1 と 2 の研究成果をまとめた応用の為の解説論文も作成した。
- 3.漸近展開法を使い Multilevel Monte Carlo 方法を基本としたシミュレーション方法を定義し、その数学的な性質を調べた。

上記の結果は、確率微分方程式の数値解析として非常に優れた成績である。

<論文審査の結果の要旨>

プレゼンテーション終了後、議論があり、その中で結果の背景やこれからの展開についていくつかの質問があった。特に以下のテーマについて質問がなされた。

1. 一次元の場合では作用素分解方法が使えることで弱近似の結果より、さらに強い結果が得られるではないか。

一次元の設定ではいろんなシミュレーション方法が存在し、必ずしも学位申請者の結果は一次元だけ活躍するのではなく、多次元の問題を目指して行っていることを示した。

2. 作用素分解方法を利用することによって、確率微分方程式の係数が滑らかであるという仮定しているが、どの程度係数の滑らかさが必要であるのか。

利用する作用素が、微分作用素であり、作用素展開の表現により確率微分方程式の係数の微分が何回必要かを証明した。

3. 作用素の定義域の拡張について質問があったが、今後そのテーマに関して検討していく。

4. 学位申請者から紹介があったさまざまなシミュレーション方法の中の、高いオーダーの方法について実験的には一番いい方法であるのか。

理論上では収束の速さしか考えないため必ずしも応用的には高いオーダーの方がいいということではなく、近似方法の誤差展開でそのオーダーの定数の方が大事であることを示した。

今後、学位申請者の結果に対して高い評価がされ、これからも確率微分方程式の数値解析に貢献することが期待されている。

本論文の審査に関して、2014年1月31日(金)14時20分～15時00分ウエストウイング7階数学第1研究室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者田中秀幸に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、作用素分解法、シミュレーション方法などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博

士（理学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。