

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	橋本 大哉 (はしもと ひろや)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第877号
○授与年月日	2013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	Approximation and stability of solutions of SDEs driven by symmetric stable processes with non-Lipschitz coefficients. (非リプシッツ係数をもつ対称安定過程に導かれる確率微分方程式に関する解の近似と安定性.)
○審査委員	(主査) 赤堀 次郎 (立命館大学工学部教授) コハツ ヒガ アルトゥーロ (立命館大学工学部教授) 山田 俊雄 (立命館大学工学部非常勤講師)

<論文の内容の要旨>

対称安定過程によって駆動される確率微分方程式についての研究をおこなってきた。特に係数の連続性が悪い時の解の近似の精度およびその安定性について成果をあげ、それを博士論文にまとめた。

一般に(確率)微分方程式においては係数がリプシッツ条件と呼ばれるよい条件を満たす時には、逐次近似の方法が有効であり、その精度と安定性についても詳しく調べられている。係数の条件が悪い時には、いわゆる折れ線近似(オイラー近似、確率微分方程式の場合には丸山近似と呼ばれる)の方法を用いざるを得ない。確率微分方程式の場合、解を確率変数として構成する立場のほかに、確率分布として構成する立場がある。前者の解を強解、後者の解を弱解という。一般に弱解はかなり悪い係数の方程式でも存在性を証明することができるが、強解はそうではない。弱解がいつ強解になるかの条件を与えるのがいわゆる山田=渡辺理論である。山田=渡辺理論を対称安定過程によって駆動される確率微分方程式に適用できる条件は小松(1982)によって与えられている。本論文における主結果は、小松条件の下で折れ線近似が収束し強解となること、およびその安定性である。ブラウン運動で駆動される確率微分方程式に関しては、同様の結果が知られていたがそこでは2次モーメントの有界性が決定的な役割を果たしている。しかし対称安定過程に駆動される確率微分方程式の場合には、2次モーメントが有界ではなく、ブラウン運動の場合の結果をそのまま用いることはできない。本論文では、その難点をエメリーの不等式などを効果的に用

いることで解決している。

<論文審査の結果の要旨>

本学位論文における主結果は、小松条件の下で折れ線近似が収束し強解となることを直接証明することに成功したということである。ブラウン運動で駆動される確率微分方程式に関する類似の結果に比べて、数学的な難易度ははるかに高く、この結果は称賛に値する。また、この結果によって、従来弱解+山田渡辺理論での強解の構成に比べ、近似の安定性や収束の早さについての議論ができるようになったという点でこれは大変大きな成果である。学位申請者はさらに研究を進め、収束の早さについてシミュレーションによって予想を立て、それを数学的に証明するという研究を行っている。1次元の強誤差については、すでに部分的な結果が得られている。総じて学位申請者の学位論文は、極めて重要な成果を含む非常にレベルの高いものであると結論付けることができる。

本論文の審査に関して、2013年2月6日(水曜日)18時10分~19時20分、ウエストウイング7階数学第4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橋本大哉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、伊藤の公式の2階微分の項をどのように処理したのか、2次以下の次数のノルムを評価することに意味はあるのか、収束の速さの結果は一般的なヘルダー連続関数の場合に得られたのか、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ことを確認した。また、学位申請者の研究成果は確率微分方程式の基礎理論として重要なものであると同時に、数理ファイナンス分野でのヘッジ誤差の数値解析に大きなインパクトを与えるものである。その業績は国際的にも極めて高く評価されており、本論文の一部は確率論分野の一流国際査読誌である *Seminaire des Probabilites* に掲載予定である。また、学位申請者はその研究成果を数理ファイナンスに応用する可能性について2012年9月の応用数学会数理ファイナンス部会で特別講演を行った。このような量的ならびに質的に優れた研究業績により博士課程後期課程1年半在学での修了が適当と判断した。

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。