

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。

フリガナ 氏名	オクムラ トシキ 奥村 敏樹		授与番号 甲 第 1345 号
学位の種類	博士(理学)	授与年月日	2019年9月25日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項該当者(学位規則第 4 条第 1 項)		
学位論文の題名	A Numerical Scheme for Expectations of Functionals Related to First Hitting Time of a Diffusion Process and Related Study on Stochastic Differential Equations (拡散過程が境界に到達する初期時刻を含む期待値の数値解析スキームおよび関連する確率微分方程式の研究)		
審査委員	(主査)赤堀 次郎 (立命館大学理工学部教授)	大坂 博幸 (立命館大学理工学部教授)	
	KOHATSU-HIGA ARTURO (立命館大学理工学部教授)		
論文内容の要旨	<p>本論文は 4 部構成となっている。第 1 部で全体の構成について概略を述べたのち、第 2 部では、申請者が共同研究者と共に提案した拡散過程の到達時間に関する期待値の数値計算手法について記述している。ブラウン運動の到達時間については鏡像原理をもちいてその分布を求めることができるが、一般の拡散過程については、鏡像原理が不成立であるため、同様の手法をもちいることができない。申請者が提案した手法は、与えられた拡散過程に対して、弱い意味での鏡像原理が成り立つような別の拡散過程を構成するというもので、本論文においてその手法の妥当性が数学的証明とともに数値計算結果を与えることで示されている。第 3 部では、この手法を N 次元の非線形問題を $N+1$ 次元の線形問題に帰着させることで、高次元の線形領域の問題に拡張した手法について述べている。その妥当性について数値実験結果が報告されている。</p> <p>第 4 部では、なめらかではない係数をもつ確率微分方程式の強い意味での解を、従来の位相空間のコンパクト性に基づく存在定理ではなく、なめらかな係数を持つ確率微分方程式の解の列に関する収束定理を証明することによって構成するという新しい手法について記述している。</p> <p>第 2 部で論じられている拡散過程の到達時間に関する期待値の数値計算手法は、2012 年に申請者らが提案したものであるが、対称化法と呼ばれ、すでに一つの計算手法として広く世界に知られている。今日に至るまで計算時間の数学的に厳密な評価は得られていないが、申請者らは、数値実験を数多く行うことによって、このスキームの優位性を示した。本論文においても、数値実験の結果が報告されている。</p>		

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">論文審査の結果の要旨</p>	<p>第 3 部で論じられている非線形領域への対称化法の拡張は、申請者らによる最新の結果である。そこでは高次元版の対称化法と、そのラインバンドルへの拡張がカギとなっている。やはり計算時間の数学的に厳密な評価は得られていないが、申請者らは、数値実験を数多く行うことによって、このスキームの有効性を示した。非線形境界への初期到達時刻の分布の数値計算スキームはこれまで有用なものは知られておらず、世界初の試みといってもよい。今後、大きな注目を集めることは間違いなく、この方面の研究成果として、極めて重要なものである。</p> <p>第 4 部で論じられている確率微分方程式の強い解の新しい構成法は、従来の山田渡辺理論に基づく、抽象的な構成に比べて、著しく具体的な構成となっている。山田渡辺理論では、解の近似列の確率過程の空間でのコンパクト性を用いているが、その場合には解の一意性は別に証明しなければならない。つまり、近似列が真の解に近づくことは直接には確認できない。それに対して申請者が提案した新しい手法は、係数がなめらかな確率微分方程式の解で近似するという手法であり、それ自身の連続性により、真の解への収束が保証される。申請者はこの手法をいわゆる山田渡辺条件と呼ばれるクラスの確率微分方程式にとどまらず、中尾-Le Gall 条件と呼ばれる、係数が不連続になる場合にも強い解の近似列の収束性を証明した。</p> <p>これらの結果は総合して、拡散過程の到達時間に関する期待値の数値計算に対して、理論と応用の両面から大きな貢献を行うものであり、また、その成果はすでに厳正な審査を経て国際査読雑誌に掲載され、特に第 2 部の内容に対応する論文はすでに 10 件の文献に引用されている点からみても、国際的に高く評価された研究であるといえる。特に、早期修了にふさわしい業績であることは論を俟たない。</p> <p>以上、論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">試験または学力確認の結果の要旨</p>	<p>本論文の公聴会は、2019 年 7 月 31 日(水)18 時 00 分～19 時 00 分ウエストウイング 6 階談話会室において行われた。各審査委員および公聴会参加者より、対称化法において凸性を利用してより良い結果を得られないか、あるいは提案されたスキームが有効である非線形境界のより具体的な特徴づけは何か、また、確率微分方程式についての成果は、ボルテラ型の確率微分方程式の解の構成に応用できないか、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。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。また、学位申請者は応用的な面においても学術的な面においても国際的に評価される研究を行っており、すでに国際査読雑誌に 3 本が掲載されている点からみても、量的ならびに質的に優れた研究業績を有している。これらを鑑みて、後期課程 1 年在学での修了が適当と判断した。</p> <p>以上の諸点を総合し、審査委員会は、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。</p>