

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	蓬原 秀実 ((鄭 秀実) (あいはらひでみ) (ていひでみ))
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第 952 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	A Study on Fermionic Wiener Functionals via Stochastic Areas and its Applications(確率面積に関するフェルミオンウィナー汎関数での研究とその応用)
○審査委員	(主査) 赤堀 次郎 (立命館大学理工学部 教授) コハツ-ヒガ アルトゥーロ (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>

本論文は 4 つの部分からなる。第一の部分では確率面積を用いた **KP**(カドムツェフ・ペドヴィアシヴィリ)方程式のタウ関数の確率論的表現についての定理が与えられている。これは申請者が新田泰史氏らとの共同研究によって得た結果であり、その主な部分は、国際査読誌である **Bulletin of London Mathematical Society** に掲載予定である。タウ関数の確率論的表現については池田信行氏、谷口説男氏らの先行研究があり、ここでは **KP** 方程式の特殊化である **KdV** 方程式のタウ関数がオーレンシュタイン=ウーレンベック過程の時間積分を使って表現されているが、学位申請者らは確率面積を用いることによってその一般化に成功している。本論文の第二の部分では池田氏らの結果を数理ファイナンスに応用したもので、実際の市場で観測される金利の期間構造が示す複雑な波形をソリトンとして理解するためのモデルを提案している。この結果の一部は日本応用数学会の機関誌である **JSIAM letters** に掲載が決定している。本論文第三の部分では、第一の結果に関連して、確率面積をラグランジアンとする経路積分がいわゆる“ボゾン化”を与える写像になっていることを示している。これはウィナー空間上にある種の **Det line bundle** が構成されて、上記の経路積分がタウ関数を与えるセクションとなっているとも解釈でき、今後の素粒子物理学等への応用が期待できる重要な結果である。最後の第四の部分では、ある種の確率面積の分布が座標の取り方によらないということを示している。これ自体非常に興味深い結果である。

<論文審査の結果の要旨>

以上の論文の内容は、近年急速に発展している確率解析学の数理物理および数理ファイナンスへの応用という両極端な分野の両方に大きな貢献をもたらすものであり、国際的にも高く評価されつつある。技術的な面では確率解析のみならず、関数解析学や、代数幾何学、表現論、微分方程式論などの高度な数学理論を縦横に駆使した非常に洗練されたものである一方、先行研究から大きく飛躍するような内容を含む極めて独創的な結果たちであり、博士学位論文に相応しいものである。

本論文の審査に関して、2014年1月31日（金）13時00分～13時40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蓬原秀実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、本論文で示されているレビの有名な確率面積の公式の一般化をさらにある種汎関数で条件付けたときの分布の計算が可能であるか、本論文中で導入されている反対称なMalliavin解析によって確率微分方程式の解の連続性に関するT. Lyonsの有名な結果は再現可能か、また、本論文中で構成されたフェルミオンフォック空間の構造を用いて、Malliavin測度に関する研究において、Kontsevichが導入したの「行列式ラインバンドル」が構成可能であるか、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。