

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：32641  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2012～2015  
課題番号：24540143  
研究課題名(和文) ウィーナー汎関数に関する確率分布論とその応用

研究課題名(英文) Applications of the Wiener functionals

## 研究代表者

藤田 岳彦 (FUJITA, Takahiko)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：50144316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間を通じて、ウィーナー汎関数に関する確率分布論の整数論(特にリーマンゼータ関数)への応用、また金融工学においては新しいエキゾチックオプションの開発とその価格つけへの応用、また金融工学と保険数理の融合においては新しいリスク評価分析への応用に関する研究を遂行し、いろいろな論文発表を行った。このように多岐にわたり、ウィーナー汎関数確率分布論の新しい分野への発展性も見つけることができた。

研究成果の概要(英文)：Through this research period, we investigate applications of Wiener functionals to number theory (especially the Riemann Zeta functions), to financial engineering (new exotic options), to fusion of financial engineering and actuarial mathematics. We publish many research papers about applications of the Wiener functionals.

研究分野：金融工学，保険数理，純粋数学

キーワード：ブラウン運動 確率微分方程式 ブラック・ショールズ・モデル リーマンゼータ関数 ウィーナー汎関数 リスク評価

1. 研究開始当初の背景

本研究を開始するまでに研究代表者は「離散確率解析」を創始し、また、「ブラウン運動汎関数、ランダムウォーク汎関数」についてのたくさの結果を出しており、それらの延長上として本研究が有る。

2. 研究の目的

確率論の純粋数学(特に整数論)、実務的数学(保険数理、金融工学)への応用をある種のモデルを用いて実現する。また、それに関連して今まで研究されて来なかった新しいブラウン運動汎関数分布、ランダムウォーク汎関数分布の研究も進める。

3. 研究の方法

ブラウン運動やランダムウォークの部分部分(エクスカッション、ミアンダーなど)の最大値は今まで研究されて来なかった新しい対象である。それらに関わる汎関数分布論を徹底的に研究しさらにそれに基づくあたらしい実務的にも意味のある金融商品を考案しそれらのプライシングを行った。またそれらに関連する確率分布を整数論(特にリーマンゼータ関数)の研究に適用し、純粋確率論の応用としてリーマンゼータ関数の特殊値を求めることとした。これは確率論の応用として新しい方法である。またランダムウォーク汎関数解析には研究者が創始した「離散確率解析」を用い、またそれに関連する「金融工学」「保険数理」などの応用的な研究も行う。

4. 研究成果

(1) 2012 年度

まず、2012 年度は 2 編の論文を発表した。一つは金融工学・保険数理の確率論への応用で Discrete stochastic calculus and its applications Adv. Mth. Econ. 16, p119-131(2012)

である。研究代表者が前に構築した離散確率解析の理論を金融工学・保険数理とくに離散 HJB 方程式とその具体解の導出に応用し、さらにマルグレブオプションのプライシング解析にも

適用しそれを求めた。¥

2 つ目は 確率論の数論への応用で

Special Values of the Hurwitz Zeta function via generalized Cauchy Variables (with Yano, Y.), Kyoto Journal of Mathematics, Vol. 52. No.3., 465-478(2012) である。¥

本論文では 研究代表者が前から進めている確率論と数論への融合、とくにゼータ関数論への応用をさらに推し進めて一般化コーシー分布と

フルビッツゼータ関数の関係について詳しく調べた。また一般化コーシー分布の独立な  $n$  個の積の確率密度関数の具体的計算、コタンジェント関数とその一般化の部分分数展開への応用などについての研究も行った。¥

(2) 2013 年度

2013 年度は 1 編の論文を発表した。

A model of the instantaneous interest rate in discrete process(with Ishimura, T. and Nkamura, M.), Procedia Economics and Finance, 42-47(2013)である。この論文では研究代表者が以前に構築した離散確率解析(離散伊藤公式など)の金融工学(特に確率金利モデル)への応用である。

(3) 2014 年度

2014 年度は 4 編の論文を発表した。

一つは Generalization of Carry process (with Nakano, F. and Sadahiro, T.), Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science Proc. AT, 61-70(2014). である。¥

本論文では キャリープロセスとオイラー数の関係などの新しい組合せ論的考察を行った。¥

二つ目は

The One-sided Maximum of Brownian and Random Walk Fragments and Its Applications to New Exotic Options Called "Meander Option".(with Kawanishi, Y. and Yor, M.), Pacific Journal of Mathematics for Industry, Vol.6., No.2. (2014) <http://www.pacific-mathforindustry.com/content/6/1/2/3> である。

本論文では まず必要なブラウン運動とランダムウォークの独立指数確率変数をまたぐ部分部分であるエクスカッション、ミアンダー、コミアンダーにおける最大値や最大値と終点のブラウン運動の同時分布の計算を具体的にを行った。それに基づき新しい金融商品(ミアンダーオプション)を考案し、さらにブラック・ショールズモデルにおいてその価格決定を行った。

3 つ目は

ルックバックパワーオプションの価格つけとヘッジ(川西泰裕と共著), 京都大学数理解析研究所講究録, Vol. 1933. 13-21(2015) で、最大値と株価のべき乗に関するオプションのブラック・ショールズモデルにおける価格評価を行った。

4 つ目は ブラック・ショールズ・モデルと CGMY モデル下でのルックバックパワーオプションの価格つけ(川西泰裕と共著), 統計数理研究所共同研究レポート 350 44-58(2015)

この論文は ルックバックパワーオプションのブラック・ショールズモデルにおける具体的計算と CGMY モデルにおける価格評価を行った。

(4) 2015 年度

2015 年度は 2 編の論文を発表した。

一つ目は

Estimate on the risk of Epidemic outbreaks for an insurer: A simple stochastic model(with Ishimura, N. and Ishii, C.) , International Journal of Modeling and Optimization, Vol.5. NO.2. April, 161-165 (2015)

で保険数理と金融工学の融合として、ある伝染性モデル上での伝染爆発に対するリスク評価とそれに関する保険の価格評価についての

研究を行った。

二つ目は

Special values of the Riemann zeta function via arcsine random variables , Kyoto J. Math. Volume 55, Number 3, 673-686.(2015)

で、アークサイン、指数分布、ウィグナー分布などを用いて確率論的方法で、リーマンゼータ関数の特殊値を求めることに成功した。またウィーナー汎関数との関連も論じ、パーゼール問題の二重積分とフビニの定理による初等的解法についても発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

(1) Fujita, T., Ishimura, N., Kawai, N., : Discrete stochastic calculus and its applications , Adv. Mth. Econ. 16, p119-131(2012)  
DOI:10.1007/978-4-431-54114-1-6  
(査読あり)

(2) Fujita, T. and Yano, Y.  
: Special Values of the Hurwitz Zeta function via generalized Cauchy Variables, Kyoto Journal of Mathematics, Vol. 52. No.3., 465-478(2012)  
DOI:10.1215/21562261-1625163  
(査読あり)

(3) Fujita, T. Ishimura, N. and Nakamura, M. : A model of the instantaneous interest rate in discrete process, Procedia Economics and Finance, 42-47(2013)  
DOI:10.1016/s2212-5671(13)00042-7  
(査読あり)

(4) Fujita, T. and Nakano, F. , Sadahito, T.: Generalization of Carry process, Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science Proc. AT, 61-70(2014).  
(査読あり)

(5) Fujita, T., Kawanishi, Y., Yor, M.: The One-sided Maximum of Brownian and Random Walk Fragments and Its Applications to New Exotic Options Called "Meander Option", Pacific Journal of Mathematics for Industry, Vol.6., No.2. (2014)  
DOI:10.1186/s40736-014-0002-0

(査読あり)

( <http://www.pacific-mathforindustry.com/content/6/1/2/3> )

(6) 藤田岳彦, 川西泰裕: ルックバックパワーオプションの価格つけとヘッジ, 京都大学数理解析研究所講究録, Vol. 1933. 13-21(2015)

(査読なし)

(7) 藤田岳彦, 川西泰裕: ブラック・ショールズ・モデルと CGMY モデル下でのルックバックパワーオプションの価格つけ, 統計数理研究所共同研究レポート 350 44-58(2015)

(査読なし)

(8)

Fujita, T., Ishimura, N. , Ishii, C.: Estimate on the risk of Epidemic outbreaks for an insurer: A simple stochastic model(with Ishimura, N. and Ishii, C.) , International Journal of Modeling and Optimization, Vol.5. NO.2. April, 161-165 (2015)

DOI:10.7763/IJMO.2015.V5.454

(査読あり)

(9)

Fujita, T.: Special values of the Riemann zeta function via arcsine random variables , Kyoto J. Math. Volume 55, Number 3, 673-686.(2015)

DOI:10.1215/21562261-30891145

(査読あり)

[学会発表](計 8 件)

(1) The 5<sup>th</sup> ISTANBUL CONFERENCE of ECONOMICS and FINANCE 6/27-6/29(2013)

(2) Stochastic analysis Symposium in RIMS KYOTO Univ. 3/18-3/20(2014)

(3) International symposium on Formal Power series and Algebraic Combinatorics, Chicago, USA, 6/30-7/2(2014)

(4) The 46<sup>th</sup> International Symposium on Stochastic System Theory and Its Applications, Kyoto Institute of Technology, 11/1-11/2 (2014)

(5) ファイナンスの確率解析とその応用, 京都大学数理解析研究所, 11/25-11/27(2014)

(6) 無限分解可能分布論とその応用, 統計数理研究所, 11/28-11/30(2014)

(7) 7<sup>th</sup> International Conference on Computer Research and Development, 2/6-2/7(2015)

(8) RIMS Workshop on Financial Modeling and Analysis, 京都大学数理解析研究所, 11/16-11/18(2015)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

藤田岳彦 ( FUJITA, Takahiko )  
中央大学理工学部経営システム工学科  
教授  
研究者番号：50144316

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：