

平成 21 年 4 月 13 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18540113
 研究課題名（和文）楠岡近似に依る拡散過程の数値計算の新しいアルゴリズムとファイナンスへの応用
 研究課題名（英文）Research on new numerical methods for simulations of diffusion processes based on Kusuoka approximation and their application to finance
 研究代表者
 二宮 祥一（NINOMIYA SYOITI）
 東京工業大学・大学院イノベーションマネジメント研究科・教授
 研究者番号：70313377

研究分野：数理ファイナンス
 科研費の分科・細目：数学・数学一般（含確率論・統計数学）
 キーワード：確率論、数理工学、アルゴリズム

1. 研究計画の概要

- (1) 楠岡近似の原理に従って確率微分方程式で記述される拡散過程の高次弱近似を過当とする、頑健で汎用的な数値計算アルゴリズムを発見・構成する
- (2) 数理ファイナンスへの応用によりその有用性を検証
- (3) そのアルゴリズムが広く社会に受け入れられるように計算機プログラムを開発する

2. 研究の進捗状況

- (1) 理論的に側面に関して：
 - ① 自由 Lie 環に値を取る確率変数を考えることにより、汎用的な高次弱近似法を体系的に取り扱う、という方法を発見し、この原理の元で具体的な楠岡近似のアルゴリズムを2種類発見した。計画の方針が正しかったことが確認されたことになる
 - ② 古典的な微分方程式の数値解法が、この新しい高次弱近似アルゴリズムに援用可能であることの証明を与えた
- (2) 数理ファイナンスへの応用に関して：
 - ① 得られたアルゴリズムを確率的にボラティリティの下での算術平均オプションの価格計算に適用し、現在知られている最も高速な方法に比べて、100倍の高速化に達成した
 - ② 得られたアルゴリズムを実際に提要するのは非常に容易であることも同時に確認した
- (3) ソフトウェアライブラリの開発に関して：
 - ① 論文の中に、これらアルゴリズムの実装方法を記述した

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上の成果が得られている理由：

- (1) 我々の、自由 Lie 環に値を取る確率変数というアイデアの有効性が注目を集めつつあり、我々の後を追った研究が現れてきている
- (2) 数理ファイナンスにおいて非常に有効であることから、一部の金融機関ですでに我々のアルゴリズムの導入研究が始まっている

4. 今後の研究の推進方策

理論をさらに整備し、さらに新しいアルゴリズムが得られるかどうかを試してみたい。また、実用的な計算機プログラムの開発を完成させる必要がある

5. 代表的な研究成果

（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 3 件）

- ① Syoiti Ninomiya and Mariko Ninomiya, "A new higher-order weak approximation scheme of stochastic differential equations and the Runge-Kutta method," *Finance and Stochastics* (to appear) 査読有
<http://arxiv.org/abs/0709.2434>
- ② Syoiti Ninomiya and Nicolas Victoir, "Weak approximation of stochastic differential equations and application to derivative pricing," *Applied Mathematical Finance*, vol. 15, No. 2, pp. 107--121 (April 2008) 査読有

- ③ S. Kusuoka and H. Osajima, ``A Remark on the Asymptotic Expansion of density function of Wiener Functionals,`` J. Fuct. Analysis 255(2009), 2545-2562. 査読有り

[学会発表] (計 7 件)

- ① Syoiti Ninomiya ``A higher-order weak approximation method of SDEs and the Runge--Kutta method,`` Conference on small time asymptotics, perturbation theory and heat kernel methods in mathematical finance, 2009/2/10---12 (Wolfgang Pauli Institute, Vienna)
- ② 二宮祥一, ``確率微分方程式の新しい弱近似法: 楠岡近似とそれを実現するアルゴリズム``, 計算による数理科学の展開 2009 (研究集会) 於 神戸大学理学部, (2009/1/8--9, 神戸)
- ③ 二宮祥一, ``Kusuoka Scheme: A new weak approximation methods of diffusion processes``, 大阪大学金融保険教育研究センター主催 中之島ワークショップ 「金融工学・数理計量ファイナンスの諸問題 2008」 於 大阪大学中之島センター, (2008/12/6--7, 大阪)
- ④ 二宮祥一, ``楠岡近似のアルゴリズムについて``, ファイナンスのための数理ワークショップ 於 早稲田大学理工学部, (2008/4/4, 東京)
- ⑤ S. Kusuoka, Malliavin calculus and Computational Fimance, Minisymposium on stochastic analysis in the occasion of the award the Degree of a Doctor Honoris Causa to Professor Paul Malliavin, the Faculty of Mathematics and Natural Sciences of the University of Bonn, April 19, 2008.
- ⑥ S. Kusuoka, Malliavin calculus and Computational Fimance, Symposium in Honor of Kiyosi Ito: Stochastic Analysis and Its Impact in Mathematics and Science, Institute of Mathematical Sciences National Univ. Singapore July 10, 2008.
- ⑦ S. Kusuoka, Malliavin calculus and Computational Fimance, Seoul-Tokyo Conference, KIAS, November 21, 2008.

⑧