

## 1. 学歴

- 2007年 3月 立命館大学経済学部文理総合インスティテュート(ファイナンス)卒業  
2009年 3月 東京大学大学院経済学研究科金融システム専攻修士課程修了  
2015年 3月 東京大学大学院経済学研究科金融システム専攻博士課程修了

## 2. 職歴・研究歴

- 2009年 4月 三菱UFJトラスト投資工学研究所研究員(2015年2月まで)  
2015年 3月 一橋大学経済学研究科講師  
2018年 3月 一橋大学経済学研究科准教授  
2020年 11月 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) さきがけ 研究員  
2022年 1月 大阪大学基礎工学研究科 招聘准教授 (2022年3月まで)

## 3. 学内教育活動

### A. 担当講義名

#### (a) 学部学生向け

数量経済分析, 統計学入門, 金融工学概論

#### (b) 大学院

計量ファイナンス特論 A, C

### C. 講義およびゼミナールの指導方針

講義・ゼミでは、ファイナンスの入門的な内容を理解し、リスクヘッジの方法やモデリングおよびその解析に必要な数理的手法(数学の基礎, 数値計算法, 機械学習の方法)を習得することを目的とする。金融機関等で用いる具体的な分析ツールやアルゴリズムも紹介し、将来研究や実務に活かすことができるように指導する。

## 4. 主な研究テーマ

・確率数値解析・数理ファイナンス・ファイナンス数学

マリアバン解析を用いた確率微分方程式の高次弱近似法の研究, その応用としてファイナンスモデルや非線形現象を記述するモデルの解析を行っている。また機械学習, 特にディープラーニングを応用した高次元偏微分方程式モデルの数値計算法に関する研究に取り組んでいる。

## 5. 研究活動

### A. 業績

#### (a) 著書・編著

『リスクマネジメント(ジャフィー・ジャーナル—金融工学と市場計量分析)』(「カウンターパーティーリスク管理の高度化:CVA,FVA の評価とその数値計算法について」執筆), 朝倉書店, 2014年。

(b) 論文(査読つき論文には\*)

- \* "An asymptotic expansion with push-down of Malliavin weights," (with Akihiko Takahashi), *SIAM Journal on Financial Mathematics*, Vol. 3, Issue 01, 2012, pp.95-136.
- \* "A remark on approximation of the solutions to partial differential equations in finance," (with Akihiko Takahashi), Akihiko Takahashi and Yukio Muromachi, Hidetaka Nakaoka eds., *Recent Advances in Financial Engineering 2011*," World Scientific, 2012.
- \* "Pricing discrete barrier options under stochastic volatility," (with Kenichiro Shiraya, Akihiko Takahashi), *Asia-Pacific Financial Markets*, Vol. 19, Issue 3, 2012, pp.205-232.
- \* "An asymptotic expansion formula for up-and-out barrier option price under stochastic volatility model," (with Takashi Kato, Akihiko Takahashi), *JSIAM Letters*, Vol.5, 2013, pp.17-20.
- \* "Strong convergence for Euler-Maruyama and Milstein schemes with asymptotic method," (with Hideyuki Tanaka), *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, Vol. 17, Issue 02, 2014, pp.1450014-1-22.
- \* "A semigroup expansion for pricing barrier options," (with Takashi Kato, Akihiko Takahashi), *International Journal of Stochastic Analysis*, Vol. 2014, 2014, Article ID 268086, 15 pages.
- \* "On error estimates for asymptotic expansions with Malliavin weights: Application to stochastic volatility model," (with Akihiko Takahashi), *Mathematics of Operations Research*, Vol.40, Issue 03, 2015, pp.513-551.
- \* "A formula of small time expansion for Young SDE driven by fractional Brownian motion," *Statistics and Probability Letters*, Vol.101, 2015, pp.64-72.
- "A Malliavin calculus approach with asymptotic expansion in computational finance," Ph.D. Thesis, The University of Tokyo, 2015.
- \* "An asymptotic expansion of forward-backward SDEs with a perturbed driver," (with Akihiko Takahashi), *International Journal of Financial Engineering*, Vol.2, Issue 02, 2015, 29 pages.
- \* "A small noise asymptotic expansion for Young SDE driven by fractional Brownian motion: A sharp error estimate with Malliavin calculus," *Stochastic Analysis and Applications*, Vol.33, Issue 05, 2015, pp.882-902.
- \* "A weak approximation with asymptotic expansion and multidimensional Malliavin weights," (with Akihiko Takahashi), *Annals of Applied Probability*, Vol.26, Issue 02, 2016, pp.881-856.
- \* "An asymptotic expansion for forward-backward SDEs: a Malliavin calculus approach," (with Akihiko Takahashi), *Asia-Pacific Financial Markets*, Vol. 23, Issue 04, 2016 (December), pp.337-373.
- \* "A higher order weak approximation scheme of multidimensional stochastic differential equations using Malliavin weights," *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 321, 2017, pp.427-447.
- \* "A weak approximation with Malliavin weights for local stochastic volatility model," *International Journal of Financial Engineering*, Vol.4, Issue 01, 2017.
- \* "Weak Milstein scheme without commutativity condition and its error bound," *Applied Numerical Mathematics*, Vol.131, 2018 (September), pp.95-108.
- \* "A second order weak approximation of SDEs using Markov chain without Levy area simulation," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol.24, Issue 04, 2018.
- \* "Second order discretization of Bismut-Elworthy-Li formula: application to sensitivity analysis," *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, Vol.7 Issue 01, 2019, pp143-173.
- \* "An arbitrary high order weak approximation of SDE and Malliavin Monte Carlo: analysis of probability

- distribution functions," *SIAM Journal on Numerical Analysis*, Vol.57, Issue 02, 2019, pp563-591.
- \* "A third-order weak approximation of multidimensional Ito stochastic differential equations," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol.25, Issue02, 2019, pp97-120.
  - \* "A control variate method for weak approximation of SDEs via discretization of numerical error of asymptotic expansion," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol.25, Issue 03, 2019.
  - \* "A second-order discretization for forward-backward SDEs using local approximations with Malliavin calculus," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol. 25, Issue.04, 2019.
  - \* "A second order discretization with Malliavin weight and Quasi Monte Carlo method for option pricing," *Quantitative Finance*, Vol.20, Issue 11, 2020.
  - \* "An acceleration scheme for deep learning-based BSDE solver using weak expansions," *International Journal of Financial Engineering*, Vol.7, Issue02, 2020.
  - \* "A second order discretization for degenerate systems of stochastic differential equations," *IMA Journal of Numerical Analysis* (published online) 2020.
  - \* "Acceleration of automatic differentiation of solutions to parabolic partial differential equations: a higher order discretization," *Numerical Algorithms*, Vol.86, 2021, pp593-635.
  - \* "Operator splitting around Euler-Maruyama scheme and high order discretization of heat kernels," *ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, Vol.55, 2021, pp.323-367.
  - \* "High order weak approximation for irregular functionals of time inhomogeneous SDEs," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol.27 (2), 2021, pp.117-136
  - \* "A higher order weak approximation of McKean-Vlasov type SDEs," *BIT Numerical Mathematics*, Vol.62, 2021, pp.521-559
  - \* "Discrete Bismut formula: Conditional integration by parts and a representation for delta hedging process," *Risk and Decision Analysis* (published online first), 2021, URL: <https://content.iospress.com/articles/risk-and-decision-analysis/rda202070>
  - \* "Deep Asymptotic Expansion: application to financial mathematics," *IEEE CSDE 2021* (2021) URL: <https://doi.org/10.1109/CSDE53843.2021.9718463>
  - \* "A Gaussian Kusuoka-approximation without solving random ODEs," *SIAM Journal on Financial Mathematics*, Vol.13 (1), 2022, pp.SC1-11
  - \* "A weak approximation method for irregular functionals of hypoelliptic diffusions," *Applied Numerical Mathematics*, Vol.172, 2022, pp.27-49
  - \* "A high order weak approximation for jump-diffusions using Malliavin calculus and operator splitting," *Monte Carlo Methods and Applications*, Vol.28 (2), 2022, pp.97-110
  - \* "Deep weak approximation of SDEs: a spatial approximation scheme for solving Kolmogorov equations," *International Journal of Computational Methods*, Vol. 19, No. 08, 2022, 2142014
  - \* "A new efficient approximation scheme for solving high-dimensional semilinear PDEs: control variate method for Deep BSDE solver," *Journal of Computational Physics*, Vol.454, 2022, 110956
  - \* "A deep learning-based high-order operator splitting method for high-dimensional nonlinear parabolic PDEs via Malliavin calculus: application to CVA computation," *IEEE CIFEr 2022*, 2022, URL: <https://doi.org/10.1109/CIFEr52523.2022.9776096>

\* "Weak approximation of SDEs for tempered distributions and applications," *Advances in Computational Mathematics*, Vol.48 (5), 52 (2022)

## B. 最近の研究活動

### (a) 国内外学会発表(基調報告・招待講演には\*)

"Second order discretization of Bismut-Elworthy-Li formula: application to sensitivity analysis," 一橋大学経済統計ワークショップ, 2018年12月14日

\* "Second order discretization of Bismut-Elworthy-Li formula and applications," *Stochastic Processes and Related Topics*, 2019年2月21日

"An arbitrary high order weak approximation of SDE and Malliavin Monte Carlo: application to BSDE," 一橋大学経済統計ワークショップ, 2019年11月15日

"Numerical scheme for SDEs: A discretization of density, 第七回数理ファイナンス合宿型セミナー " 2019年11月23日

\* "確率微分方程式の高次弱近似と自動微分, BSDEへの応用", 大阪大学中之島ワークショップ, 2019年11月28日

\* "Higher order weak approximation for SDEs and BSDEs of McKean-Vlasov type," *Ritsumeikan Math-Fin Seminar*, 2020年7月23日

"Operator splitting around Euler-Maruyama scheme and high order discretization of heat kernels: application to finance," 一橋大学経済統計ワークショップ, 2020年10月23日

\* "Machine learning and probabilistic methods for solving high-dimensional partial differential equations," 大阪大学 数理・データ科学セミナー, 2021年1月22日

\* "A Gaussian Kusuoka approximation without randomized ODEs: application to deep-learning computation in high-dimensional PDEs," 4th JAFEE-KAFE International Symposium on Financial Engineering), 2021年8月, Tokyo

"Deep Asymptotic Expansion: application to financial mathematics," *IEEE CSDE 2021*, 2021年12月, Brisbane (Australia)

\* "Deep learning and probabilistic methods for solving high-dimensional linear/nonlinear parabolic PDEs," *One World: Stochastic Numerics and Inverse Problems*, 2021年12月, United Kingdom

\* "Deep learning-based higher-order discretization for nonlinear PDEs with application to finance," 2021 KAFE-SKKU International Conference on Finance, 2021年12月, Korea

"Semi closed-form Kusuoka type approximation for Bismut formula: An automatic differentiation method with application to delta hedging," 2021 KAFE-SKKU International Conference on Finance, 2021年12月, Korea

"A deep learning-based high-order operator splitting method for high-dimensional nonlinear parabolic PDEs via Malliavin calculus: application to CVA computation," 2022 IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics, 2022年5月, Helsinki (Finland)

\* "Solving nonlinear pricing problems in high dimension using deep learning and high order discretization schemes," *Ajou Workshop on Financial Engineering*, 2022年9月, Ajou University (Korea)

\* "Total variation bounds for Milstein scheme and Euler-Maruyama scheme: application to mathematical finance," 1st Seoul-London Workshop on Mathematical Finance, 2022年9月, Seoul National University (Korea)

\* "確率微分方程式のある高次離散化法とその応用," 京都大学理学部数学教室談話会, 2022年11月, 京都

大学

"Asymptotic expansion and deep neural networks overcome the curse of dimensionality in the numerical approximation of Kolmogorov partial differential equations with nonlinear coefficients," 一橋大学経済統計ワークショップ, 2022年11月, 一橋大学

\* "Deep learning and probabilistic approximation schemes for solving high-dimensional PDEs," Workshop on Stochastic processes and applications, 2023年1月, National Institute of Informatics

### (b) 国内研究プロジェクト

科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「マリアバン解析を用いた新しい高次離散化法」(No. 16K13773), 2016 - 2018年度(研究代表者)

東京海上各務記念財団 社会科学研究所助成「保険・金融におけるリスク計測手法の高度化」, 2017-2018年度(研究代表者)

科学研究費補助金若手研究「新しい自動微分と計算ファイナンスへの応用」(No. 19K13736), 2019 - 2020年度(研究代表者)

国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST) さきがけ「マリアバン解析と深層学習による高次元偏微分方程式の新しい計算技術」, 2020年度 - (研究代表者)

### (d) 研究集会オーガナイズ

1. 2020年8月29日 第53回 2020年度夏季 JAFEE 大会 (Zoom によるオンライン開催)
2. 2021年2月21日 第54回 2020年度冬季 JAFEE 大会 (Zoom によるオンライン開催)
3. 2021年8月21日 4th KAFE-JAFEE International Symposium on Financial Engineering
4. 2021年8月22日 第55回 2021年度夏季 JAFEE 大会 (Zoom によるオンライン開催)
5. 2022年2月19日 第56回 2021年度冬季 JAFEE 大会 (Zoom によるオンライン開催)
6. 2022年8月19日・20日 第57回 2022年度夏季 JAFEE 大会 (19日: 成城大学+Zoom オンライン(ハイブリッド形式)、20日: Zoom オンライン)
7. 2023年2月18日・19日 第58回 2022年度冬季 JAFEE 大会 (東北大学川内南キャンパス文系総合講義棟 開催)

## C. 受賞

2015年度ジャフィー論文賞(論文 Kenichiro Shiraya, Akihiko Takahashi, and Toshihiro Yamada, "Pricing Discrete Barrier Options Under Stochastic Volatility," Asia-Pacific Financial Markets, September 2012, Volume 19, Issue 3, pp 205-232. に対して), 日本金融・証券計量・工学学会, 2016年

---

## 7. 学外活動

### (a) 他大学講師等

電気通信大学 情報理工学部・情報理工学研究科 非常勤講師 (2015年10月 - )

大阪大学 基礎工学研究科 非常勤講師 (2021年1月)

京都大学 理学部数学教室/理学研究科数理解析専攻 非常勤講師 (2022年4月 - )

## **(b) 所属学会および学術活動**

JAFEE

日本応用数理学会

## **(d) 高校生向けの出張講義・模擬講義**

出張講義(静岡県立沼津東高等学校) 2018年10月13日

出張講義(静岡県立沼津東高等学校) 2021年10月16日

出張講義(静岡県立沼津東高等学校) 2022年10月15日