

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03642

研究課題名（和文）企業の収益性とリスクの選択の動学的分析：理論と日本企業のデータによる実証

研究課題名（英文）A Dynamic Analysis of Corporate Profitability and Risk Choices: Theory and Empirical Data from Japanese Firms

研究代表者

堀 敬一 (HORI, Keiichi)

関西学院大学・経済学部・教授

研究者番号：50273561

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：企業が直面する不確実性を経済モデルで描写し、数量的に評価するために、確率微分方程式のシミュレーションの効率的な方法を提案した。また金融機関破綻の数理的な伝播モデルを開発した。不確実性と情報の非対称性に直面した場合の最適契約と、収益性に関する情報が不完全な場合の学習を伴う設備投資の理論を提案した。日本における金融機関の経営に企業統治が与える影響は業態によって異なることを示した。また銀行の合併は大規模な銀行ほど効果が高いことも示した。日本における非伝統的な金融政策が株価に与える影響は産業によって異なることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、収益性とリスクは相反するというを前提に、企業が両者のバランスを最適に選択する問題を、その手法、モデル、そして日本経済への応用という一貫した枠組みで考察した。本研究は言うまでもなく、この問題に対して決定的な答えを与えたというよりは、一つの側面からこの問題を分析したに過ぎない。しかしながら今回の研究で企業が直面する「異質性」が明らかになった点は本研究成果の貢献である。こうした異質性を無視して画一的な経済政策を行うと、かえって弊害が生じる可能性があることを本研究は示唆している。

研究成果の概要（英文）：An efficient method of simulating stochastic differential equations is proposed in order to depict and quantitatively evaluate the uncertainty faced by firms in economic models. We also developed a mathematical propagation model of financial institution failures. A theory of optimal contracting in the face of uncertainty and information asymmetry and capital investment with learning in the face of incomplete information about profitability are proposed. We show that the impact of corporate governance on the management of financial institutions in Japan varies by business type. We also show that bank mergers are more effective, the larger the banks are. We find that the impact of non-traditional monetary policy in Japan on stock prices varies by industry.

研究分野：ファイナンス

キーワード：企業金融 ファイナンス 資産価格 確率微分方程式

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

事業の性質に関して企業や投資家が不完全あるいは非対称な情報しか持っていない場合、その最適な選択に関する研究の多くは静学的な分析で、動学的な分析は少ない。その主な理由は、動学的な分析手法が開発されたのが、比較的近年だからである。例えば、情報が非対称な場合、経済学における代表的な分析手法は契約理論である。動学的な分析に関して、離散時間の枠組みでは、解析的な解を得ることは難しいが、連続時間の枠組みでの研究を応用することにより、従来以上に解析的な分析が容易になった。その一方で、問題によっては解析的な分析が難しく、数値計算に依拠しなければならない場合も多い。

一方、日本企業を対象とした実証研究では、成長性を高めるためになぜリスクを取らないのか、その理由や対策が分析されている。しかしながらこうした研究では、最適な収益性とリスクの選択を明らかにした上で分析されてきたとは言い難い。加えて、日本銀行による「異次元緩和政策」が、日本企業の収益性とリスクの選択に与えた影響はほとんど分析されていない。

こうした学術的背景を踏まえ、本研究課題では、理論的にもまた日本企業を対象とした実証研究においても、企業や投資家が不完全あるいは非対称な情報しか持っていない場合の最適な収益性とリスクの選択、および企業統治や金融政策が与える影響について動学的な分析が必要との見解に至った。

本研究課題における具体的な研究課題は以下の通りである。

(1) 動学的な収益性・リスク選択問題の Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) 方程式の分析手法の開発

(2) 企業統治が日本企業の事業プロジェクト選択に与える影響の分析

(3) 金融政策が日本企業の事業プロジェクト選択に与える影響の分析

### 2. 研究の目的

(1) 動学的な連続時間の経済モデルは、マルチンゲール性の概念や伊藤の補題、HJB 方程式など確率過程や数理ファイナンスの研究成果に大きく依拠している。そこで既存の手法が、研究課題の(2)や(3)で提示された問題に対応できない場合、HJB 方程式の解の存在や一意性、境界条件と解析解の導出、数値計算などの点について数学的な手法の開発を検討する。特に事業プロジェクトの性質について、プレイヤー全員が不完全な情報しかなくベイズ的に推定する場合、経営者と投資家との間で情報の非対称性がある場合とに分けて分析を行う。

(2) 企業統治が企業の収益性・リスクの選択に与える影響に関して、本研究課題では特に取締役会の構成や経営者報酬、機関投資家の役割について、動学的な視点から理論モデルの構築を行う。企業の起業から成長、衰退の各段階において、上述した問題に関する最適なプロジェクト選択について考察する。また日本企業を対象に、これまで成長過程においてどのような収益性・リスク選択を行ってきたのか、それが企業統治とどのように関係しているのか実証研究を行う。

(3) 金融政策の変更は、企業のキャッシュフローに対する割引率や、資金制約に直面している場合には調達可能な資金量に影響を与え、結果的に企業のプロジェクトの選択にも影響を与える。そこで特に割引率とキャッシュフローのリスクが相関する場合の理論モデルの構築を行う。日本企業を対象とした実証分析では、日本銀行による異次元緩和政策が、企業の収益性・リスク選択にどのような影響を与えたのか検証する。

### 3. 研究の方法

(1) 理論モデルの構築：本研究課題に沿った形での理論モデルを構築した。情報が不完全な場合の分析は、プロジェクトの収益性やリスクに関してベイズ的な情報の修正を行うモデルを検討した。また投資家と経営者とで情報の非対称性が存在する場合の分析は、割引率が時間的に可変的な、連続時間の動学的契約理論のモデルを検討した。一定の解析解が得られない場合は、Matlab 等のソフトウェアを用いて数値計算を試みた。同様の方法で HJB 方程式の解の存在や一意性、境界条件と解析解の導出、数値計算などの点について数学的な手法の開発を行った。

(2) 実証研究：各プロジェクト・グループの中で、データ分析の担当者は株価や金利、財務データの分析を行った。具体的には、設備投資額と時価・簿価比率、キャッシュフローの水準や変動について分析を行った。また金利の期間構造やボラティリティの情報から、金融政策の変化や将来の見通しについて分析を行った。さらに日経 NEEDS-Cges データを用いて、取締役会の構成や経営者の持ち株比率等、企業統治に関わるデータも実証分析に用いられた。一方で、関西学院大学、および立命館大学が既に導入している日経 Financial-Quest や社会科学情報検索システムと日経 NEEDS 財務データ、Cges データと結合して実証研究に必要な、大規模なデータベースを構築した。こうした実証分析には既存施設にはないパーソナル・コンピュータを購入して活用した。またパーソナル・コンピュータの購入に伴い、Stata 等、実証研究を行うためのソフトウェアを購入した。

#### 4. 研究成果

(1) 企業の経営者によるプロジェクトの選択には、株主(企業の所有者)と経営者との報酬を含めた契約が大きく影響する。特に株主が、経営者の隠れた行動の下で、投資のタイミングの決定にコミットする能力がないため、契約の最適設計を考察する必要がある。リアル・オプションの手法を用いて、完全コミットメントの場合と比較して、より質の高いプロジェクトの方が、最初のベスト・ケースよりも遅く立ち上がること、一方、隠れ行動の問題が十分に深刻な場合には、マネージャーの交代が遅くなることを示した。また退職金は、経営者が企業の支配権を失った場合の補償を最小化するのに役立つ可能性があることを示した。またこの研究課題では、企業の価値を識別する上での学習プロセスの文脈で企業の資金調達と投資の意思決定を検討した。研究開発型企業と新興企業を念頭に、成長の不確実性の増加は企業の流動化の誘因を減少させるが、投資の誘因は増加させることを示した。投資に関する我々の結果は、企業価値の識別において学習過程を考慮していない先行研究の結果とは対照的である。この結果はまた、より大きな不確実性が研究開発に投資する企業のインセンティブを高めることができるという実証的発見を説明することができる。

(2) 確率微分方程式のシミュレーションに関する研究では、バイアス-バリエンス・トレードオフ哲学のパラダイムに従い、多次元確率微分方程式の非バイアスシミュレーション手法を構築することを目的として、ランダム分割を用いたオイラー・丸山スキームに基づく次数2のパラメトリクス展開式を導出した。これらの式は、容易に並列化できるモンテカルロシミュレーション手法を導く。ここで提案された2次法は、1次法と比較して係数の規則性をさらに必要とするが、分割にポアソンサンプリングを用いた場合でも有限モーメントを達成している。さらに、指数関数的スケールリングを用いることで、空間重要度サンプリングに似た不偏性のあるシミュレーション手法を実現し、提案手法の効率を大幅に向上させることができた。また、高次の展開を導出する方法のヒントも提示されている。もう1つの研究ではドリフトを伴うブラウン運動とドリフトを伴う相関分数ブラウン運動からなる確率過程系の結合密度のためのブリッジ表現を示している。その結果、ブリッジ尺度の下での条件付き期待値を、初期点から終点までのモデルパスという単一パスで置き換えることで、結合密度の小時間近似が容易に得られることがわかった。

(3) 倒産のドミノ効果に関する研究では、依存性のあるデフォルトをモデル化するための構造的な枠組みを開発したが、この考え方は依存性確率的強度のモデル化に基づいている。構造的とは、通常の文脈では、金融商品の価値プロセスがあるレベルに達することによって、偶発的な債権の破綻や倒産をモデル化することを意味する。レベルはこの段階では外生的に与えられている。デフォルトの相互依存性に関心を持っているので、ここではベクトル値過程を考え、その各成分は企業価値とした。このモデルでは、倒産の伝播を記述するために、他の金融機関の倒産が発生するたびに、各金融機関の倒産レベルが影響されると仮定している。このモデルでは、ある金融機関の倒産は、他の金融機関の倒産レベルへの所定の一定のジャンプをもたらす。したがって、1つの倒産は他の倒産を引き起こす可能性があるが、2次の倒産のそれぞれが3次の倒産を引き起こす可能性がある。このようにして、ベイズのネットワーク型依存性の構造的枠組みが得られた。また、この研究が関心を持っているのは、与えられた時点での倒産数だけでなく、倒産時刻や倒産数の推移にも関心を持っている。これらは、伝播領域と呼ばれる特殊な領域に当たった時の株価の状態に依存している。

(4) 金融機関、特に日本においては銀行を核とする金融仲介機関のパフォーマンスが、借り手である企業の収益性とリスクの選択に大きな影響を与える。金融機関の効率性とその影響に関する一連の研究からは以下のような結果が得られた。まず企業統治が金融仲介機関に与える影響を分析した研究だが、地方銀行と信用金庫は企業統治の形態が異なることを利用して、両者のパフォーマンスがどのように異なるのかを分析した。その結果によると、株主からの強い圧力を受ける株式会社形態の銀行よりも協同組合形態の銀行の方が社外取締役の規律の必要性が高いことを示唆している。協同組合系銀行では、信用金庫にとって最も重要な意思決定機関である代表議員の比率が高いことが、効率性対策に負の影響を与えていることが示唆された。それでは非効率な金融機関が生き残るためにはどのような戦略が存在するだろうか。その一つは合併である。過去20年間で急激な統合と規模の拡大を経験した信用組合が、他のグループよりも効率的であることが明らかになった。また今後地域金融機関における大幅な合併が生じたら、どのような効果が発生するだろうか。日本の地域金融機関の合併の実用性を判断するために、同一地域に所在する日本の地域金融機関間の合併によるコスト効果を、シミュレート手法を用いて検討した。模擬合併では、各地域の地方銀行を1行に統合し、都道府県(行政管轄)ごとに1行とした。その結果、大規模な銀行ほどコスト削減の可能性が高いことが示唆された。また地域金融機関の一つとしてJAの銀行業務についても分析を行った。2005年から2016年までのパネルデータセットを県レベルの連合会の財務諸表から構築し、分析には時間的に変化する非効率効果を持つ入力距離確率的フロンティアモデルを用いた。また、銀行生産高のフロー指標とストック指標を同一のモデルで用い、効率性の結果を比較した。また、Tobit回帰モデルと通常の最小二乗回帰

モデルを用いて、効率性の決定要因を検討した。効率性の数値には、有意な都道府県差があることが強く示されている。非組合員向け貸出の総貸出額に対する比率は、効率性と正の関係にある。一方、中央組織や信用事業への依存度が高いほど、効率性の低下につながる。

(5)金融政策と企業の事業選択に関する分析に関しては、日本の産業別のデータを用いて非伝統的な金融政策が、各産業にどのような影響を与えているのかを考察した。企業行動を分析する前に株式収益率に与える影響を検証している。特に異次元的な金融緩和が行われる前後で、影響がどのように変化しているのかという点に注目している。分析の結果、金融政策が株式市場に与える影響は産業間で均一である可能性は低いことが推察された。

ファイナンスの研究は数学から会計まで分野横断的な性格を持っているものの、実際には各固有の分野のディシプリンに基づいて研究が行われていて、実際に分野横断的な意図をもって行われているプロジェクトは少ない。本研究課題では数学的手法、シミュレーション手法、コーポレート・ガバナンス、銀行業の産業組織、金融政策とファイナンスに関わる多様なテーマが研究されているが、企業の動学的な収益性とリスクの選択という1つの視点で議論されたことの意義は大きい。今後はこうした分野横断的な研究成果をそれぞれの研究分野に持ち帰って、新しい視点で研究課題を発展させることを期待したい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kozo Harimaya and Koichi Kagitani	4. 巻 80
2. 論文標題 Performance of agricultural cooperative banks in Japan: Difference between stock and flow output variables	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Agricultural Finance Review	6. 最初と最後の頁 38 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/AFR-03-2019-0036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akahori Jiro, Song Xiaoming, Wang Tai-Ho	4. 巻 129
2. 論文標題 Bridge representation and modal-path approximation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Stochastic Processes and their Applications	6. 最初と最後の頁 174 ~ 204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spa.2018.02.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kohatsu-Higa Arturo, Yuki Go	4. 巻 22
2. 論文標題 Stochastic formulations of the parametrix method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ESAIM: Probability and Statistics	6. 最初と最後の頁 178 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1051/ps/2018013">https://doi.org/10.1051/ps/2018013</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Harimaya Kozo	4. 巻 46
2. 論文標題 The effects of consolidation on bank cost savings: Evidence from Japanese regional banks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan and the World Economy	6. 最初と最後の頁 41 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.japwor.2018.03.002">https://doi.org/10.1016/j.japwor.2018.03.002</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akahori Jiro, Amaba Takafumi, Okuma Kaori	4. 巻 30
2. 論文標題 A Discrete-Time Clark?Ocone Formula and its Application to an Error Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Probability	6. 最初と最後の頁 932 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10959-016-0666-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohatsu-Higa Arturo, Lejay Antoine, Yasuda Kazuhiro	4. 巻 326
2. 論文標題 Weak rate of convergence of the Euler-Maruyama scheme for stochastic differential equations with non-regular drift	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Computational and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 138 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cam.2017.05.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hori Keiichi, Osano Hiroshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Agency Contracts, Noncommitment Timing Strategies and Real Options	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Economic Review	6. 最初と最後の頁 521 ~ 554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jere.12144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Harimaya Kozo, Ozaki Yasufumi	4. 巻 8
2. 論文標題 Effects of Bank Branch Competition on Rural Firm Entry and Exit: Evidence from Hokkaido, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Theoretical Economics Letters	6. 最初と最後の頁 390 ~ 404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/tel.2018.83028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamori Nobuyoshi、Harimaya Kozo、Tomimura Kei	4. 巻 94
2. 論文標題 The efficiency of Japanese financial cooperatives: An application of parametric distance functions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Economics and Business	6. 最初と最後の頁 43 ~ 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jeconbus.2017.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamori Nobuyoshi、Harimaya Kozo、Tomimura Kei	4. 巻 22
2. 論文標題 Corporate governance structure and efficiencies of cooperative banks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Finance and Economics	6. 最初と最後の頁 368 ~ 378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ijfe.1593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Patrik Andersson, Arturo Kohatsu-Higa, Tomooki Yuasa	4. 巻 -
2. 論文標題 Second order probabilistic parametrix method for unbiased simulation of stochastic differential equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Stochastic Processes and their Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spa.2020.03.016	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akahori, J., Song, X., and Wang, T. H	4. 巻 129
2. 論文標題 Bridge representation and modal-path approximation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Stochastic Processes and their Applications	6. 最初と最後の頁 174 ~ 204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spa.2018.02.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計14件(うち招待講演 2件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 堀 敬一
2. 発表標題 Debt Maturity, Default, and Investment under Rollover Risk and Solvency Concern
3. 学会等名 日本経済学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 Introduction to Malliavin-Mancino Fourier estimation method
3. 学会等名 Sookmyung Math Finance Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 Diffusion Estimation with Fourier Method
3. 学会等名 International Conference on Mathematical Finance & Symposium on the Role of Mathematical Finance on FinTech Business (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 On the Law of Square Integral of Fractional Brownian Motion
3. 学会等名 Stochastic processes with applications in finance and related fields (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 Polya Urn in Finance
3. 学会等名 Quantitative Methods in Finance 2018 Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 Default Contagion with Domino Effect
3. 学会等名 4th Berlin-Princeton-Singapore Workshop on Quantitative Finance (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Arturo KOHATSU-HIGA
2. 発表標題 Unbiased simulation methods based on the parametrix I, II
3. 学会等名 Seminaire de probabilites de Nancy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀敬一
2. 発表標題 Debt Maturity, Default, and Investment under Rollover Risk and Solvency Concern
3. 学会等名 金融工学・数理計量ファイナンスの諸問題2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 Stochastic Calculus of General Equilibrium
3. 学会等名 Workshop on Stochastic Control and Related Issues (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤堀次郎
2. 発表標題 Stochastic Volatility Models of Quadratic Volterra Gaussian Type
3. 学会等名 金融工学・数理計量ファイナンスの諸問題2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jiro Akahori
2. 発表標題 A Structural Model for Default Contagion
3. 学会等名 The Fifth Asian Quantitative Finance Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohatsu-Higa Arturo
2. 発表標題 Unbiased simulation methods of order two
3. 学会等名 WORKSHOP ON "MATHEMATICAL FINANCE AND RELATED ISSUES" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohatsu-Higa Arturo
2. 発表標題 Simulation methods based on the parametrix
3. 学会等名 London Mathematical Society EPSRC Durham Symposium Stochastic Analysis (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青野幸平
2. 発表標題 Oil Shocks, Exchange Rate Shocks, and Japanese Stock Markets
3. 学会等名 日本金融学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	青野 幸平 (AONO Kohei) (20513146)	立命館大学・経済学部・准教授  (34315)	
研究分担者	赤堀 次郎 (AKAHORI Jiro) (50309100)	立命館大学・理工学部・教授  (34315)	
研究分担者	Kohatsu-Higa A (KOHATSU-HIGA Arturo) (80420412)	立命館大学・理工学部・教授  (34315)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	播磨谷 浩三  (HARIMAYA Kozo)  (90347732)	立命館大学・経営学部・教授     (34315)	