

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01769

研究課題名(和文) 動学モデルによる企業の実物投資・資本構成・倒産プロセスの解明

研究課題名(英文) Elucidation of corporate investment, capital structure, and bankruptcy process in dynamic models

研究代表者

西原 理 (Nishihara, Michi)

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：20456940

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：企業の実物投資・資金調達・倒産の問題について、以前は静学モデルで分析されることが多かったが、近年では動学的な確率モデルでタイミングや変動の問題を分析することが重要になっている。本研究では、新規的な理論モデルを開発・分析することにより、静学モデルでは分からなかった、企業活動の動学プロセスの解明を行うことができた。多数の国内外の学会等で、研究成果を口頭発表し、合計10本の論文が、国際的な査読付きジャーナルに掲載された。さらに、日本オペレーションズ・リサーチ学会研究賞や European Journal of Operational Research Editor's Choiceを受賞した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

企業の実物投資・資金調達・倒産の問題について、以前は静学的なモデルで分析されていたが、近年では動学的な確率モデルによる分析が重要になっている。本研究で行った動学的な確率モデルによる理論メカニズムの研究は、近年の経済・金融分野の最先端の研究課題の一つであり、学術的意義が非常に大きい。実際、多くの研究成果が、国際的にレベルの高い著名なジャーナルに掲載され、国内外で学術賞を受賞した。また、現代社会は、急速に変化し、不確実性も増している。このような変化に対応する企業のダイナミックな意思決定を解明することは、社会的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：Although a lot of papers investigated corporate financial problems regarding investment, financing, and bankruptcy in static models, it has been increasingly important to investigate the problems of timing and dynamics in stochastic and dynamic models. In this research project, I have developed and analyzed novel corporate finance models. By this, I have elucidated many theoretical mechanisms regarding the corporate investment, financing, and bankruptcy processes, which were not shown in static models.

I have presented these new results at many international and domestic conferences and published ten papers in peer-reviewed international journals. These works have been judged to be important results, and hence, I was awarded 13th Research Award in the Operations Research Society of Japan, as well as Editor's Choice in European Journal of Operational Research.

研究分野：ファイナンス

キーワード：ファイナンス 金融工学 リアルオプション

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

企業の実物投資・資金調達・倒産の問題は、経済・金融分野の重要な研究課題の一つであり、Modigliani と Miller 等によって研究が開始された。負債の節税効果と倒産コストのトレードオフで最適資本構成が決まること(トレードオフ理論)や、経営者・株主・債権者間のエージェンシー問題が実物投資・資金調達・倒産に影響を及ぼすこと等が、解明されていった。

初期の研究は、静学モデルを用いて分析していたが、実物投資・資金調達・倒産のタイミングや株価の変動等を理解するためには、確率的な動学モデルによる分析が重要であることが分かってきた。これらの解明に向けて、90年代頃から、動学モデル(特に連続時間確率モデル)を用いたコーポレートファイナンスの理論研究が発展した。例えば、Dixit と Pindyck 等が、Black-Scholes モデルで発展した金融オプション価格付け理論を用いて、実物投資タイミングを調べる研究(リアルオプション理論)を開始し、Leland 等が、トレードオフ理論を Black-Cox の債券評価モデルに組み込み、最適資本構成の動学理論を発展させた。現在に至るまで、企業の実物投資・資金調達・倒産に関する確率的・動学的な理論研究は、盛んに行われている。

このような研究背景の中で、私も、コーポレートファイナンスの確率的な動学理論の分野で、精力的に研究を行ってきたが、それらを発展させ、企業の実物投資・資金調達・倒産の問題に関して、新規的・独創的な理論モデルを開発し、既存研究では知られていない新規的な結果を示したいと考え、本研究を開始した。

2. 研究の目的

企業の実物投資・資金調達・倒産の問題について、以前は静学モデルを用いて分析されていたが、動学モデルを用いてタイミングの問題やダイナミックなプロセスを分析することが、近年、ますます重要になっている。本研究では、実物投資・資金調達・倒産のダイナミックなプロセスに関して、新規的・独創的な動学モデルを開発し、詳細な数理分析を行う。これによって、既存研究では知られていなかったような、新規的な理論メカニズムを示す。コーポレートファイナンスの確率的な動学理論の研究は、近年の経済・金融分野の最先端の研究課題の一つであり、学術的意義が大きい。

3. 研究の方法

本研究では、確率論(確率微分方程式、確率制御等)のツールを用いて、企業の実物投資・資金調達・倒産等のプロセスを、動学的な確率モデルに定式化し、数理的な分析を行った。一部の研究では、確率論のツールに加えて、ゲーム理論(Nash 均衡、タイミングゲーム、情報の非対称性があるゲーム等)のツールも併用して、複数の企業間の戦略的行動や、非対称情報をもつ複数のプレイヤー(経営者、株主、債権者、他企業等)が関わる問題について分析を行った。特に、本研究では、既存研究では考慮されていない観点を組み込んだ新規的な理論モデルの開発に力を入れた。それらのモデルを数理的に解析し、新規的な理論結果を示した。一定の研究成果が得られた段階で、国内外の学会で研究発表を行い、関連研究者から有益なフィードバックを得ることで、研究成果の質・頑健性を高め、最終的には、論文を国際的な査読付きジャーナルに投稿していった。

4. 研究成果

本研究では、コーポレートファイナンスの様々な問題(例えば、実物投資、最適資本構成、倒産、事業売却等)に関して、新規的な動学モデルを開発し、数理的な分析を行った。これによって、先行研究では知られていなかった多くの理論メカニズムを解明することができた。研究成果報告書の「主な発表論文等」の欄の通り、研究期間中に、多数の国内外の学会で、得られた研究成果を口頭発表し、合計 10 本の論文が、国際的な査読付きジャーナルに掲載された。多くの研究結果が、本研究分野において国際的にインパクトのある重要な結果と判断され、European Journal of Operational Research, Journal of Banking and Finance, Journal of Economic Dynamics and Control 等のレベルの高い著名なジャーナルに掲載された。これらの研究成果は、学術的に高く評価され、日本オペレーションズ・リサーチ学会第 13 回研究賞や、European Journal of Operational Research Editor's Choice を受賞した。

以下では、国際的な査読付きジャーナルに掲載された各論文について、(1)実物投資タイミング、(2)倒産や資産売却タイミング、(3)資金制約下での資金調達・実物投資、(4)清算プロセスの資金調達・実物投資への影響、(5)サステナビリティの資金調達・実物投資への影響の研究に分類して、研究成果の概要を説明する。

(1)実物投資タイミング

Nishihara (Operations Research Letters, 2020)

企業の実物投資タイミングモデル(リアルオプションモデル)では、通常、企業は任意のタイミングで実物投資を行うことができると仮定する。しかし、現実の企業においては、不況下で資

金調達ができずに投資できないレジームもある（非流動性）。そこで、本論文では、投資可能なレジームと投資不可能なレジームがランダムに切り替わるという仮定を組み込んだモデルを新たに開発した。数理的な解析によって、投資オプション価値や投資タイミングを解析的に求めることができた。さらに、その極限として、いくつかの既存モデルの解が得られることも示した。本論文で得られた数理的な結果は、通常のリアルオプションモデルの結果の一般化であり、非流動性がある様々な問題の分析に応用可能である。

Nishihara (Managerial and Decision Economics, 2021)

現実には生じる様々な摩擦の下で、同じ市場に参入する企業でも、企業によって異なる割引率を用いることがある。しかし、先行者利益がある市場への2企業の参入ゲームの理論研究では、異なる割引率に着目した分析は、これまでに行われていなかった。本論文では、異なる割引率をもつ2企業の参入ゲームモデルを新たに開発し、その均衡解を導出した。「参入費用が同じ場合、割引率が低い企業が先行者になり、高い利益を得る。」「割引率が低い企業の方が参入費用が高い場合、企業の参入順序は、市場の特性に依存して変わる。特に、先行者利益が低く、収益のボラティリティが高く、収益の成長率が低いほど、割引率が高い企業が先行者になりやすい。」等、既存研究で知られていない結果を示すことができた。

(2) 倒産や資産売却タイミング

Nishihara and Shibata (European Journal of Operational Research, 2021)

企業は、収益が悪化した時に、倒産の代わりに企業売却を行うこともある。企業売却オプションを考慮した資本構成・倒産の理論モデルは、これまでにほとんど分析されていなかった。本論文では、企業売却オプションと売却機会の非流動性を考慮した資本構成・倒産モデルを、初めて開発した。数理的な分析によって、「流動性が低いほど、企業は、より積極的な企業売却戦略を選び、負債調達の割合も下げるが、それでも倒産確率は高くなる。」等、実証結果をうまく説明できるような結果を示すことができた。本論文は、トップジャーナルである European Journal of Operational Research に掲載され、高い評価を受け、Editor's Choice を受賞した。

Nishihara and Shibata (Journal of Economic Dynamics and Control, 2021)

企業の倒産が取引（協力）関係にある他の企業に負の影響を及ぼすことが知られている。競争関係にある2企業の戦略的な資本構成の理論モデルは、これまでに分析されていたが、取引関係にある2企業の戦略的な資本構成の理論研究は、これまでになかった。そこで、本論文では、このような2企業のモデルを初めて開発し、資本構成・倒産タイミングを解析した。「企業が、倒産の負の波及効果を考慮したうえで、戦略的に負債を増やし、他の企業と同時に倒産する。」という同時倒産に関する新規的な理論メカニズムを示した。実際、この理論メカニズムは、企業の戦略的な資本構成の選択によって、倒産連鎖が増幅される危険性を初めて示したものである。

Nishihara (European Journal of Operational Research, 2023)

実際の企業買収において、買収企業から開始するケースと売却企業から開始するケースが半々くらいの割合であることが知られているが、大多数の理論研究は、買収企業から開始するという前提のモデルで分析している。本論文では、売却企業が売却価格とタイミングを最適化するモデルを新たに開発し、売却機会の非流動性と買収企業の異質性・私的情報を仮定したうえで、それらの売却プロセスへの影響を解明した。実際、「流動性と異質性が高いほど、売却企業は高価格での売却を狙う。」「買収企業の質が私的情報であるとき、売却企業は高価格での売却を狙う傾向にある。」「収益のボラティリティが高いほど、売却企業が低価格で売却する確率が高くなる。」等、新規的な結果を示すことができた。

(3) 資金制約下での資金調達・実物投資問題

Nishihara, Shibata, and Zhang (International Review of Financial Analysis, 2023)

企業は、投資資金の借入を行う際に、キャッシュフローベースの制限を受けることがある。既存研究では、アセットベース（例えば担保）の制約付き資金調達・実物投資モデルを分析していたが、キャッシュフローベースの制約付きモデルの研究は、これまでになかった。そこで、本論文では、キャッシュフローベースの制約付き資金調達・実物投資モデルを新たに開発した。数理的な分析によって、「制約を受ける企業は、制限を緩和するために、キャッシュフローが高くなるまで投資を遅らせる。」「アセットベースよりもキャッシュフローベースの制約を選好する企業は、倒産の際に清算でなく再編を選びやすい。」等、実証結果をうまく説明できるような結果を示すことができた。

Dong, Nishihara, and Yang (Journal of Economic Dynamics and Control, 2023)

近年、中国では、リスクが高い事業を開始する起業家に対する融資において、銀行が、デフォルトリスクを避けるために、公的な保険機関などを利用して保険をかけることが広がっている。そこで、本論文では、ローン保証付きの負債資金調達・実物投資モデルを新たに開発した。数理的な分析によって、起業家・銀行・保険機関の間の契約条項が、企業価値、実物投資タイミング、倒産タイミング等に与える影響を解明した。この研究によって、既存研究で示されていた通常の

負債資金調達に関する結果(トレードオフ理論やデットオーバーハングなど)とは異なる様々な結果が示され、ローン保証付きの負債資金調達の特性に関する理解が深まった。

(4) 清算プロセスの資金調達・実物投資への影響

Shibata and Nishihara (International Journal of Theoretical and Applied Finance, 2021)

資金調達・実物投資の理論研究においては、企業清算を単純に表現したモデルが多く、清算時にコストと利益から最適な清算を選ぶという清算プロセスをモデル化した研究はなかった。そこで、本論文では、このような清算プロセスを考慮したモデルを新たに開発した。数理的な分析によって、「清算価値が高くなるほど、企業は、負債発行と投資の量を増やし、投資タイミングが遅れる。」「清算価値が高くなるほど、負債のクレジットスプレッドが低くなる。」等、実証結果をうまく説明できるような結果を示すことができた。

Shibata and Nishihara (Journal of Banking and Finance, 2023)

資金調達・実物投資の理論研究においては、企業清算を単純に表現したモデルが多く、清算価値(投資費用の部分的可逆性)に関する情報の非対称性(経営者が投資家には分からない情報を持っていること)に着目した研究は、これまでになかった。本論文では、清算価値に関する情報の非対称を含むモデルを初めて開発し、それが資金調達・実物投資に与える影響を解明した。実際、「情報の非対称性は、投資を遅らせ、負債発行量を減らす。」「情報の非対称性が一定以上の場合、企業は、倒産リスクのある負債と新株という通常の組合せでなく、無リスク負債と新株の組合せ、あるいは、新株のみで資金調達を行う。」等、新規的な結果を示すことができた。

(5) サステナビリティの資金調達・実物投資への影響

Nishihara (Annals of Operations Research, 2024)

事業のサステナビリティと投資タイミングや資金調達方法の相互作用に関する理論研究は、これまでに行われていなかった。本論文では、サステナブルかアンサステナブルな事業に最適なタイミングで投資する企業のモデルを新たに開発した。モデルでは、アンサステナブルな事業は、投資費用が安い、収益が途中で終わるという ESG リスクがあるという仮定をした。数理的な分析によって、「サステナブルな事業への投資は、高い投資費用のせいで遅くなる。」「収益の成長率とボラティリティが高く、割引率が低いほど、サステナブルな事業を選びやすくなる。」「アンサステナブルな事業では、負債の返済を軽視し、負債調達の割合が高くなる。」等、既存研究で知られていない結果を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Dong Linjia, Nishihara Michi, Yang Zhaojun	4. 巻 156
2. 論文標題 Two-stage investment, loan guarantees and share buybacks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Economic Dynamics and Control	6. 最初と最後の頁 104741 ~ 104741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jedc.2023.104741	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 Nishihara Michi	4. 巻 -
2. 論文標題 Corporate sustainability, investment, and capital structure	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Annals of Operations Research	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) 10.1007/s10479-023-05699-3	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 Nishihara Michi, Shibata Takashi, Zhang Chuanqian	4. 巻 85
2. 論文標題 Corporate investment, financing, and exit model with an earnings-based borrowing constraint	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Review of Financial Analysis	6. 最初と最後の頁 102456 ~ 102456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.irfa.2022.102456	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 該当する
1. 著者名 Shibata Takashi, Nishihara Michi	4. 巻 146
2. 論文標題 Optimal financing and investment strategies under asymmetric information on liquidation value	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Banking & Finance	6. 最初と最後の頁 106709 ~ 106709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbankfin.2022.106709	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 Nishihara Michi	4. 巻 305
2. 論文標題 Target-initiated takeover with search frictions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Operational Research	6. 最初と最後の頁 1480 ~ 1497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejor.2022.07.010	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 Nishihara Michi、Shibata Takashi	4. 巻 133
2. 論文標題 Optimal capital structure and simultaneous bankruptcy of firms in corporate networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Economic Dynamics and Control	6. 最初と最後の頁 104264 ~ 104264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jedc.2021.104264	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 SHIBATA TAKASHI、NISHIHARA MICHU	4. 巻 24
2. 論文標題 FINANCING AND INVESTMENT STRATEGIES UNDER CREDITOR-MAXIMIZED LIQUIDATION	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Theoretical and Applied Finance	6. 最初と最後の頁 2150013 ~ 2150013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0219024921500138	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 Nishihara Michi	4. 巻 42
2. 論文標題 Preemptive competition between two firms with different discount rates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Managerial and Decision Economics	6. 最初と最後の頁 675 ~ 687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mde.3264	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 Nishihara Michi、Shibata Takashi	4. 巻 288
2. 論文標題 The effects of asset liquidity on dynamic sell-out and bankruptcy decisions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Operational Research	6. 最初と最後の頁 1017 ~ 1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejor.2020.06.031	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 Nishihara Michi	4. 巻 48
2. 論文標題 Closed-form solution to a real option problem with regime switching	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Operations Research Letters	6. 最初と最後の頁 703 ~ 707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orl.2020.08.013	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 -

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 The effects of a financial covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 CFE-CMStatistics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 The effects of a financial covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 Vietnam Symposium in Banking and Finance (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 The effects of an earnings-based covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 6th International Conference on the Dynamics of Information Systems (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 コーポレートファイナンスの数理モデル
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会関西支部記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 コーポレートファイナンスの数理モデル
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会特別講演 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 The effects of a financial covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 日本ファイナンス学会第5回秋季研究大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 The effects of an earnings-based covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 The effects of an earnings-based covenant on capital structure and firm value
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Corporate sustainability, investment, and capital structure
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会2022年秋季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Optimal capital structure of a firm that receives earnings with a lower reflecting barrier
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 Corporate investment, financing, and exit decisions with an earnings-based borrowing constraint
3. 学会等名 Paris Financial Management Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 Optimal capital structure for earnings with a lower reflecting barrier
3. 学会等名 Real Options Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 The interactions among corporate sustainability, investment, and capital structure
3. 学会等名 13th Triennial International Conference of the Association of Asia Pacific Operational Research Societies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 The choice between sustainable and unsustainable investment projects
3. 学会等名 32nd European Conference on Operational Research (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michi Nishihara
2. 発表標題 Corporate investment, financing, and exit model with an earnings-based borrowing constraint
3. 学会等名 European Financial Management Association Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Corporate investment, financing, and exit decisions with an earnings-based borrowing constraint
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会2021年秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Project sustainability from a real options perspective
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michi NISHIHARA
2. 発表標題 Investment under an earnings-based borrowing constraint
3. 学会等名 Real Options Workshop
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 How does a startup respond to acquirers? A real options analysis
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Investment under an earnings-based borrowing constraint
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原理
2. 発表標題 Capital structure and contagious bankruptcy
3. 学会等名 日本ファイナンス学会第28回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

西原理のホームページ
<http://www2.econ.osaka-u.ac.jp/~nishihara/index.html>

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
研究協力者	芝田 隆志 (Shibata Takashi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 Real Options Workshop	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 Real Options Seminar	開催年 2021年～2021年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	南方科技大学			
米国	William Paterson University			