

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K03736

研究課題名(和文) 金融機関のパフォーマンスと企業ダイナミクスの実証分析：相関関係と因果関係の識別

研究課題名(英文) Firm dynamics and the performance of transaction partners

研究代表者

宮川 大介 (Miyakawa, Daisuke)

一橋大学・大学院経営管理研究科・准教授

研究者番号：00734667

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、未上場企業を含む企業レベルデータへ金融機関、販売先、仕入先との取引関係情報を付加した大規模データを用いて、予測と因果推論の目的で有用と考えられる様々な手法に基づく実証分析を行った。具体的な成果として、ネットワーク科学分野で用いられる手法を応用することで様々な主体がどのようなパターン新興企業へ投資を行っているかを明らかにしたほか、機械学習手法に基づく因果推論手法を用いることで本研究課題の主たる対象である「企業の有する取引関係が企業ダイナミクスへ与える因果効果」を明らかにした。なお、本研究課題の成果として、企業ダイナミクス予測と不正会計検知を内容とする二件の特許取得があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、企業の有する取引関係が企業ダイナミクスに対してどのような因果効果を有するかを実証的に明らかにしたものである。取引関係は企業自身の属性からも影響を受けるため、上記因果効果の識別に当たっては分析上の工夫が必要となる。本研究課題では、未上場企業を含む企業レベルデータへ金融機関、販売先、仕入先との取引関係情報を付加した大規模データを構築した上で、ネットワーク科学などの分野で蓄積されてきた機械学習手法を用いることでアプローチした。こうした学際的な取り組みに関する学術的意義に加えて、実務で利用可能な二件の特許取得に繋がったことは本研究課題の実施が社会的な意義を有することを意味している。

研究成果の概要(英文)：In this research project, first, I constructed a large size firm-level data augmented by various transaction relationship information consisting of lender banks, venture capital funds, and non-financial investors as well as customer and supplier firms. Second, through the research projects, I established the investment patterns of various investors to start-up companies, constructed a high-performance prediction model for firm dynamics, and implemented a machine learning-based causal inference directly targeting the causal effects running from transaction relationships to firm dynamics, the last of which is the exact target of this research project.

As an important outcome of the research project, I applied two patent applications accounting for (i) the high-performance prediction model for firm dynamics and (ii) the accounting item-level detection model for firms' accounting fraud, both of which have been accepted by Japan Patent Office.

研究分野：企業ダイナミクス、金融論

キーワード：企業ダイナミクス 取引関係 因果推論 機械学習

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### (1) 研究開始当初における既存研究の概要

金融機関による顧客企業への円滑な資金供給や情報提供(例:輸出市場に関連する情報)が設備投資や海外展開といった、所謂「企業ダイナミクス」へ望ましい影響を与えること、また、こうした金融機関の機能が何らかの事情により正常に発揮されない場合において実物経済へ負の影響が生じうることは、研究代表者の過去の研究を含む多くの既存研究で指摘されてきた(例: Hosono et al. 2016)。例えば、研究代表者の過去の研究では、海外市場関連情報を多く保有する優れた金融機関との取引関係を有する企業が、より高い確率で海外展開を実現する傾向に有ることを確認している(Inui et al. 2015)。

こうした既存研究では、企業と金融機関の「ペア」レベルで観測された取引関係のデータ(例:ペアレベルの借入金残高)に企業と金融機関の属性情報を接続したペアレベルのパネルデータを用いて、企業の属性情報を(A)金融機関の属性情報や(B)外生的なショックと金融機関の属性との交差項へ回帰することで、特定の属性を有する金融機関との取引関係が様々な外部環境の局面に応じて企業属性とどのような相関を有するかを描写している。特に、近年では、企業と複数の金融機関のペアレベルで計測された精緻なパネルデータを活用することで、多様な個体レベル(例:企業、金融機関、ペア)に対応した「観察不能な個体効果」をコントロールし、欠落変数の存在による内生性バイアスの問題を可能な限り回避するという推定戦略を用いた研究が注目されている。研究代表者の過去の研究においても、企業と複数の取引金融機関のペアレベルで計測されたパネルデータを用いて企業レベルのパネルデータでは取り扱いが不可能な「企業×年レベルの個体効果」を分析に含めることで、適切な代理変数の設定が難しい資金需要要因をコントロールした上で、金融政策の引き締めが財務状態の悪い金融機関による資金供給の低下という形で企業へ波及することを確認している(Hosono & Miyakawa 2014)。

#### (2) 研究開始当初において既存研究で十分に考慮されていなかった問題

これらの既存研究において一つの課題として挙げられているのが、企業と金融機関との間のソーティングメカニズムの存在である。例えば、「海外関連情報を蓄積している取引金融機関の顧客が海外展開を果たしやすい」という研究代表者の過去の研究(Inui et al. 2015)の実証結果について、これが金融機関による情報提供がもたらした結果なのか(因果関係)、それとも、海外展開を予定している企業と海外関連情報を豊富に保有する金融機関との取引が傾向的に生じやすいことを反映しているのか(相関関係)は、実証結果の解釈に違いをもたらす。しかし、企業と金融機関との間のソーティングメカニズムを明示的に分析対象へ含めた上で、金融機関のパフォーマンスが顧客企業の企業ダイナミクスへ与える影響を相関関係と因果関係の識別に留意しながら分析した研究は、申請段階において限られていた(例:Sørensen 2007)。

#### 【引用文献】

Hosono, K. and D. Miyakawa (2014), "Business Cycles, Monetary Policy, and Bank Lending: Identifying the Bank Balance Sheet Channel with Firm-Bank Match-Level Loan Data," RIETI Discussion Paper Series 14-E-026.

Hosono, K., D., Miyakawa, T., Uchino, M., Hazama, A., Ono, H., Uchida, and I. Uesugi (2016), "Natural Disasters, Damage to Banks, and Firm Investment," *International Economic Review* 57 (4): 1335-1370.

Inui, T., K. Ito, and D. Miyakawa (2015), "Overseas Market Information and Firms' Export Decisions," *Economic Inquiry* 53 (3): 1671-1688.

Sørensen, M. (2007), "How Smart Is Smart Money? A Two-Sided Matching Model of Venture Capital," *Journal of Finance* 62 (6): 2725-2762.

### 2. 研究の目的

#### (1) 金融機関に着目した分析

本研究の第一の目標は、金融機関と顧客企業のペアとの間におけるソーティングのパターンを実証的に理解することである。分析に当たっては、潜在的な取引関係を持ち得る金融機関と企業で定義されるペアの中で、どういった属性を有する企業と金融機関との間に実際の取引関係が観測されるかを分析する。

#### (2) 実物取引関係への視点の拡張

本研究の第二の目標は、上記2.(1)で描写したペアの生成・持続パターンに関する議論を踏まえて、実証分析上の手法の選択を含めて、金融機関等の取引先の属性が取引企業の企業ダイナミクスへ与える影響を因果関係の識別に配慮しながら分析することである。効率性や保有情

報量の面で「優れた」取引先との関係が分析対象企業へもたらす経済的な影響を明らかにすることで、企業ダイナミクスの規定要因を把握する。なお、分析に当たっては、金融機関に加えて実物取引先からの影響についても対象とすることで、企業ダイナミクスの規定要因を多面的に描写する。

### 3. 研究の方法

#### (1) データ構築

第一に、分析に用いるデータの構築を行った。具体的には、上場企業と取引銀行のペアレベルデータ、未上場企業に対するベンチャーキャピタルファンドの投資実績データのほか、企業間の販売・仕入れ関係を内容とする企業間取引ネットワークデータを取得し、これらのデータを膨大な数の未上場企業データを含む企業レベルの大規模パネルデータへ接続した。

これらのデータには、取引関係の有無を計測した二値の変数に加えて、取引関係の具体的な内容(例:取引シェア、取引金額)が格納されているほか、当該データを用いることで、分析対象企業が有する取引関係の数を直接の取引先(例:直接の販売先や仕入先)に関して計測することが出来るだけでなく、間接的な取引関係(例:販売先の販売先)の数を計測することが可能となるほか、取引ネットワーク全体における自社の位置を中心性指標などを用いて計測することが可能となる。前述の通り、本研究の目標が主として個々の企業の成長や退出の形で観測される企業ダイナミクスの規定要因を、特に因果関係に配慮しながら実証的に検討することにあることを踏まえて、これらの情報については基本的に分析対象×年のレベルで要約した情報としてデータ内に格納することとした。

#### (2) 分析手法の選択と実証分析の実施

第一に、ネットワーク科学分野で広範に用いられている手法(exponential random graph model)を前述の未上場企業に対するベンチャーキャピタルファンドの投資実績データへ適用することで、ベンチャーキャピタルや銀行からなる金融機関のほか、事業会社や個人といった様々な投資主体が、どのようなパターンで投資家グループとして新興企業へ投資を行っているかを明らかにする実証分析を行った。

第二に、前述した企業レベルの大規模パネルデータへ各種のネットワークデータを接続したデータセットへ先端的な機械学習手法(weighted random forest)を用いることで、企業の退出・成長に関する予測精度の向上を目的として実証分析を行った。

第三に、上記の「先端的な機械学習手法(weighted random forest)を用いた企業の退出・成長に関する予測モデル構築」の成果を踏まえて、本研究課題の主たる対象である「企業の有する取引関係が企業ダイナミクスへ与える causal effect」を明示的に分析する実証分析を行った。具体的には、企業の退出・成長に関する予測に加えて、因果効果を検証するトリートメント(例:企業のサプライチェーン上の中心性の変動)に関する予測を機械学習ベースのモデルを用いて行い、企業の退出・成長とそれらのトリートメントに関する残差を取り出したうえで、それらの間の相関を推定するという、機械学習ベースの因果推論手法の一つである double machine learning を用いた。当該分析によって、企業が保有する取引関係の「予期しない変化」が退出や成長といった企業ダイナミクスに与える causal impact を推定する実証分析を行うことが可能となり、理論的に想定される因果効果を正確に推定することに成功した。

### 4. 研究成果

#### (1) 学術論文の刊行

3.(2)に記載した分析の成果を基に研究論文を執筆し、日本経済学会、メリーランド大学ビジネススクール、アジア開発銀行研究所、日本銀行、大阪大学などでの研究報告を行ったほか、企業ダイナミクスの予測に関する研究成果の政策・実務への応用可能性を検討する趣旨から、中央官庁、金融機関及び監査法人における研究成果のプレゼンテーションを行い、意見交換を行った。

これらの研究成果については、第一の研究成果を Koujaku and Miyakawa (2017) として刊行したほか、第二の研究成果を Miyakawa et al. (2017) として、第三の研究成果を Miyakawa (2019) として刊行している。

#### 【引用文献】

Koujaku, S. and D. Miyakawa (2017) "Venture Capital Networks: An Analysis using Exponential Random Graph Model," RIETI Discussion Paper Series 17-E-084.

Miyakawa, D., Y. Miyauchi, and C. Perez (2017) "Forecasting Firm Performance with Machine Learning: Evidence from Japanese Firm-level Data," RIETI Discussion Paper Series 17-E-068.

Miyakawa, D. (2019) "Shocks to Supply Chain Networks and Firm Dynamics: An Application of Double Machine Learning," RIETI Discussion Paper Series 19-E-100.

( 2 ) 特許

第一に、本研究課題の対象として開発した企業の退出・成長に関する予測モデルが十分な予測精度を実現することを確認したことを踏まえて、機械学習ベースの予測モデルに関連する特許出願(【発明の名称】企業情報処理装置、学習用データセットとその生成方法、学習済みモデル、企業のイベント予測方法及び予測プログラム)を実施し、特許を取得した(発明の名称：企業情報処理装置、企業のイベント予測方法及び予測プログラム、特許番号：第 6611068 号、特許取得日：令和 1 年 11 月 8 日、特許権者：国立大学法人一橋大学、株式会社東京商工リサーチ)。

第二に、本研究課題の対象として開発した企業の不正イベント(勘定科目レベルの不正会計)検知モデルに関する特許出願を実施し、特許を取得した(発明の名称：会計情報処理装置、会計情報処理方法及び会計情報処理プログラム、特許番号：第 6667865 号、特許取得日：令和 2 年 2 月 28 日、特許権者：国立大学法人一橋大学、有限責任あずさ監査法人)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Daisuke Miyakawa	4. 巻 19-E-100
2. 論文標題 Shocks to Supply Chain Networks and Firm Dynamics: An Application of Double Machine Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Sadamori KoJaku, Daisuke Miyakawa	4. 巻 19-E-101
2. 論文標題 Communities of Investors and Start-up Companies: An Analysis Using Bipartite Stochastic Block Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 宇宿哲平、近藤聡、白木研吾、菅美希、宮川大介	4. 巻 19-J-039
2. 論文標題 機械学習手法を用いた不正会計の検知と予測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Satoshi Kondo, Daisuke Miyakawa, Kengo Shiraki, Miki Suga, Teppei Usuki	4. 巻 19-E-103
2. 論文標題 Using Machine Learning to Detect and Forecast Accounting Fraud	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Kaoru Hosono, Daisuke Miyakawa, Miho Takizawa, Kenta Yamanouchi	4. 巻 Forthcoming
2. 論文標題 Complementarity and Substitutability between Tangible and Intangible Capital: Evidence from Japanese Firm-level Data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Singapore Economic Review	6. 最初と最後の頁 Forthcoming
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217590819500735	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 Hosono, K., D. Miyakawa, and M. Takizawa	4. 巻 200
2. 論文標題 Cash Holdings: Evidence from Firm-Level Big Data in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 経済分析	6. 最初と最後の頁 137-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Miyakawa, D., Y. Miyauchi, and C. Perez	4. 巻 17-E-068
2. 論文標題 Forecasting Firm Performance with Machine Learning: Evidence from Japanese Firm-level Data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Koujaku, S. and D. Miyakawa	4. 巻 17-E-084
2. 論文標題 Venture Capital Networks: An Analysis using Exponential Random Graph Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper Series	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 宮川大介
2. 発表標題 機械学習手法を用いた不正会計の検知と予測
3. 学会等名 日本経済学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮川大介
2. 発表標題 Cash Holdings: Evidence from Firm-Level Big Data in Japan
3. 学会等名 日本経済学会 2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Miyakawa
2. 発表標題 Cash Holdings: Evidence from Firm-Level Big Data in Japan
3. 学会等名 31st AsianFA Annual Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Miyakawa
2. 発表標題 Cash Holdings: Evidence from Firm-Level Big Data in Japan
3. 学会等名 94th WEAI Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮川 大介
2. 発表標題 パネル討論：“ビッグデータ・機械学習と経済分析”
3. 学会等名 日本経済学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Miyakawa
2. 発表標題 Intangible Assets and Firms' Liquidity Holdings: Evidence from Japan
3. 学会等名 Productivity Research Network（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮川 大介
2. 発表標題 日本企業の現金保有動向：ビッグデータに基づくファクトファインディング
3. 学会等名 ESRI-経済政策フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮川 大介
2. 発表標題 Forecasting Firm Performance with Machine Learning: Evidence from Japanese Firm-level Data
3. 学会等名 日本経済学会 2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 宮川 大介
2. 発表標題 Forecasting Firm Performance with Machine Learning: Evidence from Japanese Firm-level Data
3. 学会等名 Productivity Research Network (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 企業情報処理装置、企業のイベント予測方法及び予測プログラム	発明者 宮川大介	権利者 国立大学法人一橋大学、株式会社東京商工リ
産業財産権の種類、番号 特許、第6611068号	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 会計情報処理装置、会計情報処理方法及び会計情報処理プログラム	発明者 宮川大介、宇宿哲平、近藤聡、白木研吾、菅美希	権利者 国立大学法人一橋大学、有限責任あずさ監査法
産業財産権の種類、番号 特許、第6667865号	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

<a href="https://hri.ad.hit-u.ac.jp/html/100000292_profile_ja.html">https://hri.ad.hit-u.ac.jp/html/100000292_profile_ja.html</a> <a href="https://sites.google.com/site/daisukemiyakawaphd/">https://sites.google.com/site/daisukemiyakawaphd/</a>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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