

氏 名 園田 桂子

学位(専攻分野) 博士(統計科学)

学位記番号 総研大甲第 2449 号

学位授与の日付 2023 年 9 月 28 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 金融政策の波及効果及び企業マイクロデータ構造化のための
統計的手法の改善に関する研究

論文審査委員 主 査 川崎 能典
統計科学コース 教授
南 和宏
統計科学コース 教授
山下 智志
統計科学コース 教授
津田 博史
同志社大学 理工学部 教授
大野 忠士
筑波大学 名誉教授
(大学院国際経営プロフェッショナル専攻 客員教授)

博士論文の要旨

氏 名：園田 桂子

論文題目：金融政策の波及効果及び企業マイクロデータ構造化のための統計的手法の改善に関する研究

金融政策効果の検証は、これまで主に集計データに基づいて行われてきた。これは、金融政策が、インフレ率、GDPギャップ、金利といったマクロ経済や金融の安定を目指すものであり、その安定度合いの把握も、消費者物価指数のヘッドライン、GDP、代表的な金利といった、集計データや代表的なデータで測っていることに加えて、金融政策の政策手段が、直接マイクロ経済主体に対して行われるものではないことと関連している。しかし、2008年のリーマンショック時に、経済主体が連鎖的にショックを受けてからは、マイクロとマクロのつながりへの関心が高まった。政策立案の立場でも、金融政策がどのような経路で経済主体の間に波及しているのか、マイクロデータに基づく実証研究が求められるようになった。

第1章では、マイクロデータを用いた政策効果の検証について、経済分野におけるこれまでの取り組みの流れを紹介しつつ、その課題について述べている。マイクロデータ分析は、それまでの集計データに基づく分析と比較して、企業や個人といった経済主体の行動理論とデータの結びつきを強め、経済主体毎の異質性を反映することを可能にした。しかし、経済分野では、統計モデルを用いる際に、データが確率モデルに基づいて生成されたと仮定する考え方が主流で、経済理論に基づく回帰モデルのような、モデルベースの研究を進めてきたこともあり、機械学習のような、データ適合的なモデルを体系的に探索する手法の取り入れは早くなかった。また、公的機関や民間のデータベンダーが提供するデータの中に、政策効果を分析するという目的に合致したデータが存在することはまれであり、分析者自ら複数のデータベースをリンケージさせて、分析に有用なデータを構築する必要がある。

第2章では、完全照合によって、企業の財務データと、銀行の財務データと、企業の金融機関別借入金データをリンケージさせて、金融政策が企業と銀行の取引関係にどのような影響を与えたかを分析できるデータを構築した。また、金融政策について、緩和、引き締め、中立の別に実施を表す離散変数を作成した。分析手法としては、統計的因果推論の枠組みで、観察データに基づく因果効果の分析を行った。分析の結果、企業のバランスシートを通じた金融政策の介入効果があることが示唆されたものの、その影響度合いは大きくないことがわかった。

第3章では、よりアルゴリズムの特性を生かして、データ適合的にランダムフォレストを構築し、企業の借入前年比が増加するか否かを示す離散変数を被説明変数とした金融政策の実施に対する感応度分析を行った。感応度分析には、金融政策単独の影響を見るための Partial Dependence Plot と、金融政策とその他変数の交互作用を表す Accumulated Local Effects Plot を用いた。分析の結果、第2章で行った分析の結果と同様に、企業のバ

ランスシートを通じた金融政策の介入効果があることが示唆されたものの、その影響度合いは大きくないことがわかった。また、銀行の資金供給よりも企業の資金需要を通じた影響が強いことがわかった。一方、金融政策は引き締めや緩和の水準や変化の幅というよりも、政策を転換したことが影響を与えている可能性があることと、緩和的な金融政策下では規模が小さい銀行や保有流動性が低い銀行が企業向け融資をより活発に行うことが示唆された。

第4章では、政策立案の立場からのより具体的な関心に答える分析を可能にするために、Takabe and Yamashita (2020) が提示した、多項ロジットモデルを用いた統計的マッチング手法を、民間データである日経 NEEDS 社 FinancialQUEST の企業財務データベースと、公的データである経済産業省企業活動基本調査に適用した。この際、正しいマッチング相手の正解率で測ったマッチング精度を向上させるために、先行研究が用いた変数を参考にしつつ、設立年度についてグループ化せずにそのまま用いたほか、住所についても行政区別でなく郵便番号を用いたところ、先行研究が中小企業に適用した際の精度よりも高く、約9割の正解率を達成した。また、先行研究では、マッチング確率の上位20位まで、順位を増やすごとに正しいマッチング相手が含まれる確率を高めるのに対して、本研究では上位1~2位で約9割の正解率に到達した。多項ロジットモデルは、異なるデータベースに含まれる企業全ての組み合わせについて、マッチング確率を計算する。このマッチング確率に基づいて、どのレコードとどのレコードをマッチングさせるかという問題は、マッチング確率を重みとした重み付き2部グラフの最適マッチングと捉えることができる。先行研究は、レシピエント側の重複を許さない1対1の制約を付けたことを意味するハンガリー法を推奨しているが、本研究では、目的関数と重複制約の妥当性を検証する観点から、先行研究が推奨するハンガリー法と、Gale-Shapley のアルゴリズムと、整数線形計画法をソルバーで解いた結果とを比較検討した。この結果、目的関数とは関係なく、レシピエント側の重複を許す1対多のマッチングが精度を向上させることを明らかにした。このように、企業マイクロデータ構造化の推進に資する、企業データに適用する統計的マッチング手法の精度を向上させる方法を提示した。また、本研究での適用事例によって、金融政策が銀行の資金供給、企業の資金需要にどのような影響を与えるのか、影響があるとすれば、企業の資金需要は投資のような前向きな資金需要であるのか、政策立案の立場からみてより具体的な関心に答える分析が可能になったと考えている。

以上の結果を踏まえて、第5章では、本研究の成果について総括するとともに、今後の展望について述べている。まず、近年の状況を踏まえて、金融政策の波及効果を分析する際に使用する変数について、金融政策変数と、被説明変数である企業の借入前年比と説明変数である金融政策変数の両方に関連する共変量のいずれについても再検討する余地がある。特に共変量については、アベノミクス以降の株価上昇が企業や銀行のリスクテイクに影響を与えている可能性があるほか、2020年以降、コロナ感染症の世界的拡大によって世界的に経済活動が縮小した後、ウクライナにおける戦争がエネルギーや商品価格等を通じて世界的なインフレを起こすなど、世界同時的なショックを受けて、他国の金融政策の変更が為替や金利、金融その他商品価格を通じて日本経済に瞬時に大きな影響を及ぼし得るようになっている。このことを考えると、海外の金融政策や金融市場の状況を取り込むなど、共変量を再検討するべきタイミングであると考えられる。

また、統計的データマッチング手法によって拡充したデータを分析に活用して、情報量が増えたデータを用いることの有用性を示していくことも重要な課題である。多項ロジットモデルを用いた統計的マッチング手法は、モデルの推定を行うために完全照合を行うための正解データを必要とする。しかし、正解データがない場合もマイクロデータ構造化に組み入れるために、正解データがある他の国内企業データについて適用事例を重ねていけば、ある程度安定したパラメータを得ることができる可能性がある。また、必ずしも同一の企業同士をマッチングさせることにこだわらず、似通ったグループごとマッチングさせるなど、データ融合の枠組みでのデータベース拡張も検討の余地がある。この観点から、本研究で検討したレシピエント側の重複を許す1対多のマッチングを活用することも考えられる。今後も様々な統計的マッチング及びデータ融合の手法を組み合わせ、利用可能なデータを拡大してゆく必要があると考える。

博士論文審査結果

Name in Full
氏名 園田 桂子

Title
論文題目 金融政策の波及効果及び企業マイクロデータ構造化のための統計的手法の改善に関する研究

【論文の概要】

提出された論文は全 5 章 105 ページからなり、日本語で執筆されている。

第 1 章では、マイクロデータを用いた政策効果の検証について、経済分野におけるこれまでの取り組みの流れを紹介しつつ、その課題について述べている。

第 2 章では、商用データベース（日経 NEEDS 社 FinancialQUEST）に含まれる 3 種のデータベースに基づき、企業・銀行間のデータリンケージを独自に行ったマイクロデータを構築する一方で、金融政策を表す年度単位の離散変数を独自に定義した上で、観察データに基づく統計的因果推論の枠組みで平均処置効果を推定することで、金融政策の効果を分析している。分析の結果、企業のバランスシートを通じた金融政策の介入効果があることが示唆されたものの、銀行のバランスシートを通じた効果については明らかでないことを示している。また、金融政策が企業の借入前年比に与える影響は、引き締めであれ緩和であれ、絶対値で 1%未満と決して大きくないことを明らかにしている。

第 3 章では、第 2 章で連続変数として取り扱った共変数に関する感度分析を、企業の借入前年比がプラスになる確率への影響という観点から、ランダムフォレストと Partial Dependence Plot 及び Accumulated Local Effect Plot を用いて行っている。分析の結果、マクロ経済変数・金融政策変数ともに単体ではある閾値を越えた時に効果が見られ、交互作用は特定の矩形領域で高いことが明らかになった。引き締めや緩和の変化の幅によって効果の強さにあまり変化がないことや、緩和的な金融政策下では規模が小さい銀行や保有流動性が低い銀行が企業向け融資をより活発に行う等の知見が得られたが、総じて企業の借入前年比増に対する金融政策変数等の影響は小さいことも明らかにした。

第 4 章では、第 3 章までの分析の基礎にあったマイクロデータ基盤を拡充するためのリンケージ法に関する提案を行い、その精度やメリットを検証している。具体的には FinancialQUEST の企業財務データベースと経済産業省企業活動基本調査のレコードマッチングを取り上げ、まず先行研究である多項ロジスティックモデルによる統計的データマッチングの手法 (Takabe and Yamashita, 2020) を対象データに適用し、安定性を検証している。その際、マッチング精度を向上させるために、先行研究と異なり設立年度についてグループ化せずそのまま用いたほか、住所についても行政区別でなく郵便番号を用いるという変更を加えたところ、先行研究が中小企業に適用した際の正解率 0.45 よりも高い 0.9 を達成した。次に、異なるデータベースに含まれる企業全ての組み合わせについて多項ロジットモデルが算出するマッチング確率に基づいて、どのレコードとどのレコードをマッチングさせるかという問題を、マッチング確率を重みとした重み付き 2 部グラ

フの最適マッチング問題と捉えて、目的関数と重複制約の妥当性を検証する観点から、先行研究が推奨するハンガリー法と、Gale-Shapley のアルゴリズムと、整数線形計画法を利用した方法とを正解率から比較した。この結果、先行研究が推奨するハンガリー法によるレシピエント側の重複なし（1対1）マッチングではなく、レシピエント側の重複を許す1対多のマッチングが精度を向上させることを明らかにしている。また、計算負荷の観点から、Gale-Shapley のアルゴリズムを推奨している。

【論文の評価】

本論文の意義は、①金融政策の効果を分析するにあたって、パネル回帰分析の枠組みでダミー変数の有意性検定で議論する従来の方法と異なり、企業と銀行の財務データおよび取引データをリンケージさせ、統計的因果推論の枠組みで実証的に明らかにしたこと、②因果推論における共変量の感度分析をランダムフォレストと Partial Dependence Plot 及び Accumulated Local Effect Plot によって行い、金融政策の波及効果の点から解釈を与えたこと、③複数の財務データベースのリンケージに際して、マッチング確率の推定精度を向上させる工夫を行い、かつマッチング確率を使った重み付き 2 部グラフの最適マッチング問題においてレシピエント側の重複を許す 1 対多のマッチングを提案することにより、高精度なマッチングツールを提供できたことにある。

【その他】

本論文のうち、第 2 章と第 3 章に相当する内容は統計数理に掲載済みであり、第 4 章は Japanese Journal of Statistics and Data Science (JJSD) に投稿中である。

以上のことから、審査委員会は、本論文が博士（統計科学）の学位を授与するに値すると判断した。