

機械学習を用いた公募・非公募地方債市場における会計情報の 分析－実質公債費比率と将来負担比率に着目して－

西南学院大学商学部准教授 原口健太郎

■ 研究概要 ■

1. はじめに

債券の発行にあたり、発行体は公募債市場と非公募債市場を選択することができる。公募債市場における債券は、発行体が広く一般に情報を開示したうえで入札を経て発行され、価格は不特定多数の投資家の競争により定まる。一方で、非公募債市場においては、発行体と投資家の個別の交渉により発行される。一般に、発行体が開示する情報は公募債市場よりも少ない。その結果、投資家が非公募債市場において利用できる情報は公募債市場よりも限定される。公募債市場においても非公募債市場においても、発行体が金融機関に対して発行するプライマリーマーケットと、金融機関同士が二次的な売買を行うセカンダリーマーケットが存在する。

非公募債市場においては、公募債市場にはない重要な特徴がいくつか存在するとされる。第一に、投資家の能力の差異である。先行研究では、利用可能な公表情報が少ない非公募債市場における投資家は、私的情報(private information)の収集や処理に長けていることが論じられてきた。したがって、非公募債市場の活用により、発行体にとっての逆選択の問題を解決できる可能性がある。第二に、発行体の便益の差異である。非公募債市場においては、発行体は公募債市場ほど多くの情報を公開しない。つまり、発行体は少ない開示コストで債券を発行することができることに加え、公募債市場での発行と比べて競合の団体に不必要に情報を開示する必要がない。

このように重要な意義を有する非公募債市場は、当然に多くの研究の興味の対象となってきた。会計学的に特に注目されてきたトピックは、発行体の情報開示である。例えば、社債市場において、会計情報や開示政策の品質が低い企業は、非公募債市場を積極的に活用することがよく知られている。これらの議論は非

公募債市場における特徴、つまり、多くの情報を公表しなくても債券を発行できるという特徴と整合している。

しかし一方で、この領域には重要なリサーチギャップが存在する。非公募債市場において、発行体に関してはいくつかの知見が得られているものの、市場側の分析がほとんどなされていないのである。つまり、「非公募債市場における金利決定に対する会計情報の貢献が公募債市場のそれとどのように異なるか」を調査した論文は極めて少ない。

上述のとおり、非公募債市場と公募債市場の間には投資家の能力をはじめとして多くの重要な差異が存在するとされる。これらは、両市場の金利決定における会計情報の振る舞いを大きく変動させる可能性がある。非公募債市場は実務的にも学術的にも重要な意義を有するにもかかわらず、金利決定のプロセスがこれまで十分に議論されてこなかったことは重要な問題である。

2. 研究手法

それでは、なぜこれまで非公募債市場における金利の研究は公募債市場に比して進展して来なかったのだろうか。2つの技術上の問題が制約となってきた可能性がある。第一に伝統的な最小二乗法（OLS）の限界により生じる問題である。線形の関係性を仮定するOLSは、非線形な関係を有する金利と会計情報との関連性の導出に必ずしも適していない。さらに、OLSで計算される説明変数の有意性から得られる情報は、2つの市場における会計情報の貢献の差を検出するのに不十分である。

第二に、データの入手可能性である。大規模な実証分析を実施するためには十分な量のサンプルサイズが必要となるが、個別の交渉により発行される非公募債のデータは一般に取得が困難である。

本論文では、まず、機械学習を用いて第一の問題（OLSの限界）の解決を試みる。OLSではなく機械学習を用いる理由は、第一に、非線形な関係性に対応したモデルを構築できることである。本論文で分析対象とする金利は、一般に、償還残存年限と非線形な関係性を有する（イールドカーブ）。OLSと異なり、機械学習ではモデルを定式化しないため、非線形な関係性をモデル化することができる。さらに、相関が高い説明変数が含まれていたとしても、多重共線性の問題が

生じない。これにより、説明変数の貢献の過小評価を防ぐことができる。

第二に、貢献度の定量化である。近年急速に進展しているデータサイエンス技術の一つである「説明可能な AI (eXplainable AI: XAI)」を用いて、説明変数が被説明変数をどの程度決定しているか、つまり説明変数の貢献を定量的に把握することができる (貢献度)。この貢献度は、OLS で計算される p 値からは得ることができない情報である。より具体的には、p 値は、本論文で実施するような 2 つの市場における value relevance の比較にはそもそも適していない。最も単純な例を考えよう。今 2 つの市場があり、ある市場では、金利情報が会計情報のみにより決定され、もう片方の市場では、金利情報は会計情報と (私的情報等、観測が困難な) 会計情報以外の情報の両方により決定されるとする。このとき、どちらの市場でも、OLS でモデルを構築すると、会計情報の金利情報に対する p 値は有意な水準となるであろう。つまり、被説明変数の決定要因の中に会計情報が含まれてさえいれば、会計情報の貢献度が高くても低くても、会計情報の p 値は十分に低くなる可能性がある。このとき、2 つの市場での会計情報の p 値の比較から貢献度を把握することは困難である。その一方で、機械学習モデルにより得られた貢献度は比較可能性を有する。もしそこに差があれば、仮説検証のための大きな手掛かりを得ることができる。

XAI には多くの種類があるが、本論文では SHAP を採用する。SHAP は、ある説明変数を機械学習モデルに加えた場合と加えなかった場合に、予測値がどのように変動するかを検証することで、説明変数の貢献度を測定するものである。SHAP を用いる理由は、SHAP が、貢献度の絶対値のみではなく、説明変数の符号の情報も出力するからである。具体的には、SHAP の Global feature を参照することで貢献度の絶対値を把握でき、Local explanation summary を参照することで、説明変数の符号を検証することができる。

3. 研究対象及びデータ

しかしながら、機械学習を用いるためには数万のサンプルサイズが求められるため、第二の問題 (サンプルサイズ) がより深刻になる。莫大な非公募債のデータをどのようにして取得することができるだろうか。本論文は、日本の地方債市場を用いてこの第二の問題の解決を試みる。

日本の地方債は、その残高の合計が米国に次いで世界第二位であり、市場規模が大きいことから大規模な実証分析に適している。日本の地方公共団体は公募債と非公募債を発行することができ、それぞれプライマリーマーケットとセカンダリーマーケットが存在する。日本では、セカンダリーマーケットの参加者はほぼすべて機関投資家であり、個人の売買はほとんどない。

ここで、日本では、野村証券株式会社（NSC）が、非公募地方債市場の取引をほとんど1社で取り扱っていることが重要である。NSCは、日本経済新聞社等と協力して地方債のセカンダリーマーケットにおける日次データをデータベース「JSPRICE」として公開している。したがって、日本では公募地方債市場の銘柄はもちろん、非公募地方債市場の銘柄のデータを網羅的に入手することができる。さらに、日本の地方公共団体は、総務省が定めた定義に従い、統一されたフォーマットの会計情報を開示するため、これらのデータは比較可能性に優れる。したがって、日本では、JSPRICEを用いることにより、非公募債の十分なサンプルサイズを確保することができる。

日本では、破産法が地方公共団体に適用されないため、地方公共団体は、法的に債務を放棄することはできず、地方債が事実上の無リスク資産であるとの指摘もある。しかしながら、地方債は非政府保証債である。地方公共団体と債権者が個別に債務の減免や支払いの延期を交渉することは可能であり、理論上は広義のクレジットリスクが存在し得る。

本論文では、これらの日本の地方債市場の特徴を活かし、ノンパラメトリックな機械学習モデルを用いてアウトオブサンプルの手法に基づき日本の公募地方債市場と非公募地方債市場のイールドを推定した。分析対象期間は2018年と2019年の4月と5月とし、この期間内に、公募債市場においても非公募債市場においてもイールドを取得可能であった地方公共団体の約20万銘柄（つまり、公募債市場と非公募債市場の両方で銘柄が流通していた地方公共団体）を分析対象とする。2020年以降のデータを含めないのは、新型コロナウイルス感染症による市場の混乱の影響を避けるためである。分析対象期間を2年に限定するのは、分析対象となる地方公共団体の入れ替わりを避けるためである。4月と5月に限定するのは、この2か月の間、日本の地方公共団体は会計情報を開示しないからである。

機械学習モデルには、近年会計学研究でも脚光を浴びている先駆的な決定木モデルである XGB を採用した。さらに、SHAP を用いて機械学習の推定結果を解釈し、2つの市場における会計情報の貢献度の差異を検証した。

4. 結果及び考察

機械学習の決定係数は 0.9 を上回り、極めて高い機械学習モデルの精度が確認された。さらに、それぞれの市場における説明変数ごとの貢献度を定量化した。これらの結果から次のことが明らかになった。第一に、公募地方債市場においても非公募地方債市場においても、地方公共団体が開示する代表的な会計情報である実質公債費比率と将来負担比率は地方債の利回りに対して貢献を有する。第二に、その貢献度は非公募債市場のほうが相対的に小さい。つまり、非公募債市場におけるイールドは、地方公共団体の固有情報をはじめとした会計情報以外の情報に強く左右される。これらの結果は、非公募債市場における投資家の private information の獲得能力の高さを論ずる過去の先行研究と整合的である。

本研究は日本の地方債市場という特殊な領域を対象としているが、学術的にも実務的にも、国際的な貢献につながる含意を有する。学術的な含意は、従来論じられてきた非公募債市場における投資家の能力の高さが、非公募債市場における会計情報の貢献度に大きく影響するほど強力であることを初めて定量的に明らかにしたことである。公募債と非公募債は日本以外にも多くの国で活用されており、この知見は国際的に重要である。さらに、本研究は、非公募債市場をテーマとした研究の拡張可能性を提供する点でも興味深いと考えている。例えば、非公募債市場において重要な貢献を有する会計情報以外の情報の具体的な内容は、今後の重要な研究課題となる。加えて、本研究は、機械学習の活用により異なる市場間での会計情報の価値関連性の比較が可能となる点を示したことで、機械学習を用いた価値関連性研究の展開可能性も提示した。

実務的な含意は、第一に、投資戦略である。これまで、非公募債のイールドの構成要素を高精度で推定した研究はほとんど存在しない。本研究の成果は、国内外における市場参加者の非公募債市場における銘柄の売買価格推定モデルの構築や、売買の意思決定に重要な示唆を与える。第二に、地方公共団体における財

政運営である。例えば、財政指標が悪化した地方公共団体は、財政指標の貢献が小さい非公募債市場を積極的に活用する戦略が有効かもしれない。この戦略は株式会社における非公募社債発行の戦略にも応用できる可能性がある。

もちろん、日本以外の市場で同様の傾向が見られるのか否かも極めて重要な研究対象となる。もしも他国でも同様の現象が観察されたら、本研究の結果は国際的な普遍性を有するし、異なる結果が観察されたら、その原因を追究する研究は大変興味深いものになる。本研究の考察は、日本における公募債市場と非公募債市場のケーススタディーを通じて、将来のより普遍的な知見の獲得可能性をも示唆するのである。

本研究は、公募債市場と非公募債市場における会計情報の貢献度を、機械学習と大規模データセットを用いて定量化し、それらの差異を明らかにした最初の研究論文である。この結果は、会計情報のふるまいが市場種類により異なるという観点から学術的に重要であるとともに、発行体の開示戦略や投資家の投資戦略の立案等の実務的な観点からも重要である。

5. まとめ

本論文では、日本の公募地方債市場と非公募地方債市場における金利情報を用いて大規模データセットを構築し、機械学習を活用して、両市場の会計情報の貢献度を測定した。この分析を通じて、公募債市場においても非公募債市場においても、会計情報は金利決定に対して貢献を有するが、その貢献度は、非公募債市場のほうが相対的に小さいことを明らかにした。これらの結果は、非公募債市場の投資家が、会計情報以外の情報をより積極的に活用して金利を決定していることを示唆する。本論文の結論は、非公募債市場の投資家は私的情報の取得と処理に優れた能力を有するとの先行研究と整合的であるとともに、その能力が、金利決定に大きな違いをもたらすほど重要であることを示している。