

2025年8月19日

一般財団法人ゆうちょ財団

研究部

金融経済に関する研究助成論文(2024年度助成)報告会

日時 2025年9月1日(月) 9時30分～11時30分

場所 Teamsによるオンライン開催

参加者 2024年度研究助成対象者

審査委員会委員

委員長 井堀利宏 政策研究大学院大学 名誉教授・客員教授

委員 浅井義裕 明治大学 教授

委員 原田喜美枝 中央大学 教授

ゆうちょ財団 役職員

次第 各報告者20分程度(報告10分、質疑応答10分程度)

研究者(報告者)/研究テーマ	
1	日本の国際開発金融機関の変遷：国際協力銀行と国際協力機構(海外協力部門)の財務情報による基礎的分析 早稲田大学 商学部 教授 高瀬 浩一
2	解釈可能な機械学習モデルの金融データへの適用：協力ゲーム理論を用いた新たな手法の開発と実証分析 早稲田大学 国際教養学部 准教授 篠 潤之介
3	暗号資産市場におけるラフボラティリティの性質 広島経済大学 教養教育学部 教授 高石 哲弥
4	モメンタム戦略の開発とその有効性の検証 玉川大学 経営学部 准教授 岩永 安浩
5	Innovation, Institutions, and Financial Structure 早稲田大学 アジア太平洋研究科 教授 菊地 朋生 早稲田大学 アジア太平洋研究科 博士後期課程 WU Yimin(ご えきみん)

日本の国際開発金融機関の変遷：国際協力銀行と国際協力機構（海外協力部門）の財務情報による基礎的分析

早稲田大学 商学部 教授 高瀬 浩一

この研究は日本の2つの国際開発金融機関である国際協力銀行（Japan Bank for International Cooperation: JBIC）と国際開発機構（JICA: Japan International Cooperation Agency）の財務状況と融資との関係について分析する。ゆうちょ銀行や簡易保険に預けられた巨額の資金のうち、財政投融资を通じて、JICA: Japan International Cooperation Agencyの海外協力部門から開発援助（ODA: Official Development Assistance）ローンとして、そして、JBICから日本企業の海外関連業務の資金融資として貸し出されている部分は少なくない。日本のほとんどの家計がゆうちょ銀行の口座を持ち、結果として、ゆうちょ銀行は日本最大規模の預金高を有している。そのゆうちょ銀行が日本政府を経由して、世界経済発展やSDGs達成のために、多額の資金を提供しており、この研究は、ゆうちょ銀行、日本政府、日本国民にとって重要であると思われる。

国際開発金融機関の多くは開発銀行とも呼ばれ、開発銀行は世界の各地域に存在して、世界の経済発展のために、主に途上国政府を対象にして公的な融資を拠出している。このように、開発銀行は国際機関であるため、一般的な銀行とは異なり、利益を追求しているわけではない。一方で、開発銀行も金融機関の一つであることには違いないので、健全な経営を行い、適正な融資を実施しなければならない。それでは、国際開発金融機関を対象に、一般的な銀行と同じような基準で経営状態を分析した場合、どのような結果になるのであろうか。また、国際開発金融機関の多くは発展途上国を受入国として融資を拠出し、その融資内容（総額、案件数、条件など）は毎年一定ではなく、増減を繰り返している。その融資内容が各機関の開発目標の達成度を表しているとする、融資内容と経営状態との間に関連性があるのだろうか。もし関連性があるならば、融資内容はどの程度経営状態の影響を受けているのであろうか。

この研究では、日本の国際金融機関であるJBICとJICA海外経済協力部門について、融資内容と経営状態について財務情報を基に分析する。経営状態は比較可能な属性として、以下のような民間企業や民間銀行を対象とした標準的な財務的パフォーマンス指標により表される。すなわち、毎年公表される財務諸表（貸借対照表や損益計算書）に掲載されている資本、資産、負債、費用、利益から自己資本比率、自己資本利益率（Return on Equity: ROE）、総資産利益率（Return on Assets: ROA）などを算出する。

それらの指標の年次グラフにより、各機関の経過や変遷を概観する。ただし、両機関とも、設立以降40年以上になるが、その間、複数の組織再編、根拠となる法律の改変、会計基準の変更などを経験し、データの一貫性に欠けることは事実である。そのため、どのような財務諸表にも存在する主要な項目の数値を基に分析する。

結果として、JBICの設立時の自己資本比率は当然ながら非常に高く、以降、約20年間着実に低下したが、その後、約40年間、日本の民間主要銀行の平均値と同等レベルに落ち着いており、財務的健全性は担保されているといえるだろう。JICA海外経済協力部門の自己資本比率は金融機関としては非常に高く、高すぎるほどのレベルに維持されており、その根拠となる財務情報について確信が持てない状況で、その財務的健全性については

評価が難しい。両機関の ROA や ROE は設立直後以降でも、全体的にマイナスやゼロの年も少なからず存在し、独立した金融機関としての財務的健全性はかなり低いと思われる。また、両機関とも主要な財務項目や融資額などについては、再編の影響をかなり受けている可能性がある。

今後実施する JBIC や JICA 有償部門の受入国別、セクター別、地域別などの援助配分に関する実証分析において、今回の報告書により明らかとなった各機関全体としての財務状況の情報は非常に有益である。各国の消費者や企業の個票データを基にした、ミクロ計量分析においても、一国経済全体の状況として、各国の GDP などの経済パフォーマンス指標は必ず押さえておく必要があるのと同じ理由である。今回の両機関を含めてどの国際金融機関についても、受入国、セクター、プロジェクト、プログラムなどのミクロ的分析からは、各機関全体の財務的パフォーマンスは分からず、そのような活動結果を纏めた財務諸表などを検証するしかないが、MDB の先行研究では、あまり注目されてこなかったようである。よって、これからの世界銀行や RDB の研究では、各銀行の金融機関としての健全性についても確認する必要があるだろう。

JBIC と JICA 有償部門の過去から現在に至る財務的健全性に関しては、両機関とも、過去の明らかな不健全状態からは脱却した一方で、現在でも独立した金融機関としては、十分な利益を確保できていない状況といえるかもしれない。両機関の財務的持続可能性を考えると、近い将来に何らかの政策的対応が問われる事態かもしれない。更に、両機関とも日本を代表する公的な国際金融機関でありながら、一見不必要とも思われる組織再編が繰り返され、結果として、日本からの ODA 融資額に影響を及ぼし、日本の世界第 3 位の GDP 総額に応分の国際的責任を果たすことができなくなり、日本の国際社会での評判に芳しくない影響があったかもしれない。この報告書により、今後、学術のみならず、多方面での議論がなされる契機となれば、幸いである。

レジュメ： 「解釈可能な機械学習モデルの金融データへの適用： 協力ゲーム理論を用いた新たな手法の開発と実証分析」

早稲田大学国際学術院

篠潤之介

junnosuke.shino@waseda.jp

近年、人工知能 (Artificial Intelligence, AI) や機械学習 (Machine Learning, ML) の進展により、経済・金融分野におけるデータ分析の手法が大きく変化している。とりわけ、大規模かつ高次元のデータを扱う場面において、機械学習モデルは従来の統計的手法を凌駕する予測性能を示しており、資産価格の予測、信用リスクの評価、マクロ経済指標の予測といった多様な応用が進んでいる。複雑で非線形な関係性を捉えることができる点は、機械学習の大きな強みであり、金融実務や政策分析における重要なツールとなりつつある。

一方で、これらの高度なモデルは内部構造が複雑であるため、「ブラックボックス」であるという批判を受けることが少なくない。特に金融・経済分野においては、モデルが導出する結果の根拠や判断基準を明示することが強く求められる。したがって、予測精度が高いだけでは不十分でありモデルの出力がどのような要因に基づくのかを理解・説明可能であることが不可欠である。このような背景のもと、近年注目されているのが、機械学習モデルによる意思決定や予測を解釈しやすくするための手法を指す「説明可能な AI (Explainable AI, XAI)」のアプローチである。本研究が着目する SHAP (SHapley Additive exPlanations) は、協力ゲーム理論に基づく一貫性のある手法であり、個々の特徴量が予測に与える寄与度を定量的に評価することが可能である。

より具体的には、XAI のうち、AFA (Additive Feature Attribution) とは、複雑な機械学習モデルの予測値を個々の特徴量の貢献度 (寄与度) に分解することで、各特徴

量が予測に与える影響を定量化・可視化する手法である。例えば、3つの変数 $X \cdot Y \cdot Z$ を用いて資産価格を機械学習モデルで予測する際、予測値の「どの部分が X によるものなのか」「どの部分が Y によるものなのか」「どの部分が Z によるものなのか」を分解する手法が AFA である。予測モデルが線形回帰モデルであれば、推計されたパラメータを用いて要因分解を行うことができる。しかし、ニューラルネットワークやアンサンブルツリーといった「複雑な」機械学習モデルが予測モデルである場合、そうした回帰パラメータを用いた要因分解を行うことはできない。

本稿の分析対象である SHAP は、AFA のうちの主要な手法であり、協力ゲーム理論の解概念であるシャープレイ値をベースにしたものである。SHAP は Lundberg and Lee (2017) によって定式化されて以降、近年、機械学習や AI の分野において、急速に分析・研究が進められている。

本稿では、SHAP およびその代替的な手法について包括的にレビューし、それらを単純なゲームや実際の金融・経済データに適用し、比較分析を行った。

具体的には、1 節「はじめに」において、分析のモチベーションや既存研究に言及したあと、2 節「SHAP とその代替的手法のレビュー」において、既存の AFA の代表的な手法である SHAP と、Hiraki, Ishihara and Shino (2024) によって提示された SHAP と代替的な複数の手法についてレビューした。特に、Lundberg and Lee (2017) をベースに、AFA の基本的な別の手法である、LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) およびそのカーネルとの関係性に注目して、これらの手法の比較を行った。

次に、3 節「数値例を用いた SHAP とその代替的手法の比較分析」では、前節で示した SHAP およびその代替的な複数の手法を、具体的な数値例や、商品価格（金価格）や有効求人倍率といった時系列データに適用して、異なる手法による要因分解の間でどの程度の違いが生じるのか、比較分析を行った。AFA によって特定の特徴量に与えられ

た値の差の絶対値をベースにした比較からは、AFA の間で分解パターンに相応の違いが生じることが明らかになった。また、観察された分解パターンの違いは、各 AFA が持つカーネル関数の形状を反映したものであった。一方で、グラフを用いた視覚的な比較においては、残余均等配分解をベースにした AFA については、他の AFA との間に明確な分解パターンの違いが存在した一方、残余均等配分解をベースにした AFA 以外の AFA の間では、視覚的に明確に確認できるほどの大きな違いは確認されなかった。

最後に、4 節「まとめと結論」では、前節までの分析を踏まえ、Hiraki, Ishihara and Shino (2024) が提示した手法を活用するためのポイントや、今後の分析の方向性について議論した。

暗号資産市場におけるラフボラティリティの性質

要約

広島経済大学 教養教育学部 教授 高石 哲弥

ボラティリティは金融価格時系列の変動の大きさを表す指標であり、金融の実証分析において、リスクを測る指標の1つとして利用されている。将来のボラティリティを予測することは金融市場における取引において大きな損失を避け、所持する金融資産を安全に管理するために重要なタスクである。ボラティリティの予測方法の1つはボラティリティ時系列をモデル化し、将来値を予測することである。ボラティリティ時系列のモデル化を行う上での1つの指針は、対象とする時系列の性質を反映するようにモデル化することであり、それによってより精度の良い予測が行えると期待される。ボラティリティ時系列の特徴を表す性質として、ボラティリティクラスタリングがある。ボラティリティクラスタリングの性質を捉えたモデルとしては、GARCHモデルがあり、多くの実証分析で利用されている。一方、近年 Gatheral et al. によって実現ボラティリティ時系列（増分時系列）のハースト指数 H が $H < 1/2$ となっていることが指摘されている。このことは、ボラティリティ時系列が反持続的となっていることを意味し、そして反持続的性質を示すボラティリティはラフボラティリティと呼ばれている。ボラティリティ時系列のラフ性が指摘されて以降、ボラティリティ時系列をハースト指数が $H < 1/2$ となる性質を持つ非整数ブラウン運動などを基にしてモデル化を行う研究が活発になっている。例えば、Gatheral et al. は $H < 1/2$ のハースト指数を持つ非整数ブラウン運動を基にした rough fractional stochastic volatility モデルの利用を提唱している。

Gatheral et al.の研究以降、実証分析によって様々な金融時系列の実現ボラティリティが調べられ、それらがラフボラティリティとなっていることが確認されている。その一方、市場で観測される実現ボラティリティにはマイクロストラクチャーノイズや有限サンプル効果によるバイアスがあり、バイアスがどのようにハースト指数の測定に影響を与えるかは分かっていなかった。本研究では、暗号資産市場でもっとも代表的なビットコインの実現ボラティリティについて、バイアスの影響を調べた。また、Gatheral et al.による研究では、ボラティリティ時系列の一般化ハースト指数は一定値をとり、モノフラクタル時系列であるとの結果を示しているが、マルチフラクタル性を持つという研究もあり、マルチフラクタル性の存在については詳しく分かっていなかった。本研究では、ボラティリティ時系列のマルチフラクタル性についても研究を行った。また、ボラティリティ時系列のモデル化では、時系列の性質を反映したモデル化が行われているが、本研究では、モデル化に際し時系列の性質を仮定する必要がない量子回路を利用したボラティリティ時系列のモデル化も試みた。そして、実現ボラティリティ時系列データを用いた実証分析を行い、量子回路モデルから予測される時系列にラフボラティリティの性質があるかどうか研究を行った。

実現ボラティリティの構築の際、サンプリング間隔に依存するバイアスが存在する。その1つはマイクロストラクチャーノイズであり、その影響を調べるために、様々なサンプリング間隔で実現ボラティリティを構築し、それらで標準化した収益率のモーメントを

調べた。その結果、実現ボラティリティはマイクロストラクチャーノイズによって過大評価されており、実現ボラティリティで規格化されたモーメントはマイクロストラクチャーノイズの影響により予想される値よりも小さくなっていることが分かった。一方、適切なモーメントの比はマイクロストラクチャーノイズの影響を受けないことが分かった。このことは、実現ボラティリティにおけるマイクロストラクチャーノイズの影響が実効的には定数ファクターで説明できることを示唆しており、モーメント比においてはマイクロストラクチャーノイズの影響がキャンセルすることを意味している。その場合、対数変換したボラティリティの増分時系列では定数ファクターがキャンセルし、増分時系列のハースト指数測定には影響を与えないことが判明した。

有限サンプル効果の影響を調べるために、ハースト指数がサンプリング間隔に依存するかどうか調べた。その結果、ハースト指数はサンプリング間隔に依存し、サンプリング間隔が大きくなるとハースト指数は小さくなることが分かった。そして、この依存性は、簡単な関数形で説明できることを示した。その関数を用いてサンプリング間隔がゼロの極限でのハースト指数を得ることができ、その値は $H < 1/2$ 、従ってボラティリティ時系列が反持続的であることを確認した。実証分析では 5 分のサンプリング間隔での実現ボラティリティが良く用いられるので、サンプリング間隔 5 分でのハースト指数値に与える有限サンプル効果の影響を調べたところ、その影響は相対誤差 1% 程度であり、小さいことが分かった。

Multifractal Detrended Fluctuation Analysis(MFDFA)法によって一般化ハースト指数 $h(q)$ を計算し、ボラティリティ増分時系列のマルチフラクタル性について調べた。その結果、 q について $h(q)$ は一定ではなく、ボラティリティ増分時系列はマルチフラクタル性を示すことが分かった。また、マルチフラクタル性の強さを一般化ハースト指数の変動幅 $\Delta h(3)$ と $h(q)$ のテイラー展開係数 B_1 によって調べたところ、どちらも時間変動しており、マルチフラクタル性の強さは時間変動していることが分かった。

ボラティリティ時系列をモデル化する場合、一般的にはボラティリティ時系列の性質を反映するようにモデル化が行われる。例えば、ボラティリティのラフ性に注目するならば、 $H < 1/2$ の非整数ブラウン運動を用いるなどである。しかし、ボラティリティのモデル化は様々な形で行われており、そしてモデル毎に推定及び予測されるボラティリティ値は違うことになり、どのモデルを用いるのが良いかはケースバイケースである。本研究では、モデル化における仮定を導入する必要のない量子回路モデルによるボラティリティのモデル化を試みた。ビットコインの実現ボラティリティ時系列を用いて、量子回路モデルによる実証分析を行い、量子回路モデルが予測する収益率及びボラティリティ時系列の性質を調べた。その結果、収益率時系列とボラティリティ時系列のハースト指数及びマルチフラクタル性は既存研究において示されているものと同様のものであることが分かった。本研究で用いた量子回路は単純なものであるため、今後は更に複雑な量子回路によって精度の良い推定及び予測ができるかどうか、また既存モデルとの予測精度の比較等を行う必要がある。

モメンタム戦略の開発とその有効性の検証

岩永 安浩¹

Iwanaga Yasuhiro

Abstract

本稿では、錯誤モメンタムというモメンタム関連の新しいシグナルを提案する。錯誤モメンタムが高い銘柄は低い銘柄よりも将来リターンが高いという錯誤モメンタムの効果を日本の株式市場と米国の株式市場で確認した。錯誤モメンタムの効果が有効であるのは、投資家が累和リターンを累積リターンと錯誤してしまう認知バイアスのためである可能性がある。錯誤モメンタムの効果は、一般的なモメンタム戦略が苦手とするベアマーケット時に有効性が高まり、コール・オプションの売りのような性質を持たないという特徴がある。錯誤モメンタムは、大型株のユニバースでも有効性が高いため、実務にも応用できる可能性がある。

JEL Classification G10, G11, G12, G14

Keywords momentum, Japan, cognitive bias, stock market reactions

¹ 玉川大学 (Tamagawa University)

Innovation, Institutions, and Financial Structure*

Yimin Wu^a and Tomoo Kikuchi^b

^{a,b}Graduate School of Asia-Pacific Studies, Waseda University

June 30, 2025

Abstract

This paper studies how innovation shapes the financial structure of the economy. Using a panel of 75 countries from 1982 to 2021, we find that innovation activity fosters a shift from bank-based to market-based financing, but this relationship is amplified by both a country's level of development and institutional quality. Several institutional indicators support this transition only at intermediate levels, with excessively high or low institutional quality sometimes dampening the effect of innovation. Furthermore, innovation's impact on financial structure is both immediate and persistent. However, the positive role of institutional quality, while significant in the early stages, gradually fades by around the tenth year. These findings highlight that innovation acts as a catalyst for a change in financial structure, with its effects shaped by the stage of development and institutional context.

Keywords: innovation; financial structure; institutional quality; stages of development

JEL Codes: G15, O31, E44

*We would like to thank seminar participants at Waseda University and acknowledge valuable comments from Tuo Chen, Shenzhe Jiang, Munechika Katayama, Junko Koeda, Qing Liu, Similan Rujiwattanapong, Yueting Tong, Kozo Ueda, and Longtian Zhang. This study was supported by the Yu-cho Foundation (Grant-in-Aid for Research, 2024). Corresponding author: Tomoo Kikuchi. Nishi-Waseda Bldg.7F, 1-21-1 Nishi-Waseda, Shinjyuku-ku, Tokyo 169-0051 Japan. Email: tomookikuchi@waseda.jp