

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32606

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01537

研究課題名（和文）機械学習による企業行動構造の分析の研究

研究課題名（英文）Research on analysis of corporate behavior structure by machine learning

研究代表者

白田 由香利（Shirota, Yukari）

学習院大学・経済学部・教授

研究者番号：30337901

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は機械学習によって企業行動構造を分析し、従来発見できなかった成長要因を発見可能とした。機械学習回帰の複雑な結果を理解するため、説明可能AI技術としてShapleyの理論を用いた。この理論では各データの特徴を考慮して説明変数の貢献度を求めるので、各企業の特徴が特定され得る。従来の線形回帰及び機械学習回帰ではこれは不可能なことであったが、Shapley値により初めて可能となった。従来、時価総額成長率と棚卸資産回転率の関係性は証明できなかったが、そのSHAP値と時価総額成長率で相関を取ると高い相関が出現した。SHAPを用いることで各企業の特徴を反映した説明変数の貢献度が測定可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の社会的意義は、機械学習アプローチにより潜在的な関係性を新たに発見および証明可能にした点にある。経営学では公開データの限界から企業行動の特性を探ることが困難であったが、SHAPアプローチを用いることで業界平均と比較し、各説明変数が被説明変数に与える貢献度の定量化が可能となった。これは従来の手法では達成不可能であり、企業分析の精度向上に寄与するものである。さらに、SHAPを説明可能AIとして視覚化する技法を開発し、理解しやすいグラフの作成を実現した。この手法は回帰分析を用いるすべての分野に適用可能であり、広範な学問分野における回帰分析および説明可能AI「SHAP」の活用に大きく貢献する。

研究成果の概要（英文）：This research analyzed the structure of corporate behavior through machine learning, enabling the discovery of growth factors that were previously undetectable. We used Shapley's theory as an explainable AI technology to understand the complex results of machine learning regression. This theory considers the characteristics of each data point to determine the contribution of explanatory variables, making it possible to identify the characteristics of each company. While this was impossible with traditional linear and machine learning regression, it became possible for the first time with Shapley values. Previously, the relationship between market capitalization growth and inventory turnover rate could not be proven. However, a high correlation emerged between the SHAP values and the market capitalization growth rate. Using SHAP, it became possible to measure the contribution of explanatory variables that reflect the characteristics of each company.

研究分野：経営学

キーワード：企業行動特性 機械学習 回帰分析 Shapley値 説明可能AI 棚卸資産回転率 有形固定資産回転率 時価総額

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

従来から、優れた業績をあげている企業の経営行動あるいは経営構造に関する分析は経営学では中心的課題であり数多くなされてきた。その一極に位置するものとしては帰納法的アプローチがあり、その代表はかつて非常に注目を集めた「エクセレント・カンパニー」(Peters 他、1982)あるいは「リーン生産が世界を変える」(Roos 他、1990)等の実地調査やケースベースの研究である。それらは注目すべき要因や要素を抽出し、それらを論理的に構成することでモデルを仮説的に提示する。このアプローチは最も基礎的なアプローチであるし、経営学だけでなく観察は全ての科学的発見の源泉になる。方法論的に帰納的アプローチと補完関係にあるのが統計的アプローチであり、最小二乗法を含む多変量解析手法等によって法則を見つける。これはサーベイなどによって集めたデータを分析することで仮説を検証するという手順を踏み、経営学でいえば優れた業績をあげてきた企業に関する行動特性や経営構造に関する仮説をより厳密な手順に基づいて検定するアプローチである。この統計的アプローチを前提とする研究は現在の経営学では国際的学術雑誌の相当割合を占めている。帰納的アプローチだけではよほどの内容のものでないと論文がそれら学術雑誌に採択される確率は低い状況にある。これらの2つのアプローチの関係は帰納的アプローチに基づいて仮説を発見し、統計的仮説検証アプローチで補完するという関係にあるが、場合によっては因子分析やクラスター分析のように数量的アプローチが新たな関係性を気づかせるということもあるが、それも手法の構造的硬直性によって限界がある。現在までのところ、これら2つのアプローチは相互補完的に作用し、研究としての価値を高めてきたと言える。本研究は、経営学における上記の主流の研究アプローチに対して新たな付加的価値を生み出す分析体系を検討し、その付加的価値の意味合いを実際のデータを使って提示するということに焦点がある。ただ、全く新たな手法を本研究で開発するというわけではなく、現在非常に注目を集め、効果も評価され始めたAIの系統に位置する機械学習手法を採り上げ、上記の研究上の付加的価値創造の可能性及びそのために改善すべき点を提示することが目的である。これを機械学習的アプローチと呼ぶ。

### 2. 研究の目的

本研究では機械学習アプローチによって企業の行動構造を分析する。機械学習アプローチは本質的には従来の統計的仮説検証アプローチを補完し、帰納的アプローチをも支援する可能性を包含している。機械学習アプローチはまず研究対象(企業経営)の諸側面に関するデータの存在を前提にして始まるという点では、帰納的アプローチとは異なるし、従来の統計的仮説検証アプローチとは軌を一にする。そのデータの存在を前提にして、説明したい現象あるいは被説明変数(例、営業利益率)を定め、それを規定(説明)すると思われる要因(変数)群(売上高、人、金、情報等の経営投入資源水準、競争者の有無や競争水準等)が説明したい現象にどのように寄与するかを推定する。その思想は従来の回帰分析や統計的仮説検証法と全く同じである。しかし本研究が対象とする機械学習手法は、規定要因と説明したい現象の間に特定の構造を仮定しない。線形重回帰分析法では線形関係構造を前提にし、非線形回帰分析でも2次とか3次、あるいはロジスティック曲線等の特定構造を事前に想定する。よって、もし実際の関係性がそのような想定した関係構造と異なる場合には適合性という観点からは良い結果にならない。線形関係ではない関係性が真に存在していても、線形回帰ではそれを認識できないことになる。従来の統計手法では構造の仮定が統計的有意性等の検定ではある種の信頼性を高める反面、関係性の構造の明確化や発見においてその力を削ぐことになってしまう。実際には統計的有意性では問題があっても、少数の意味あるサンプル(例えば非常に優れた企業)の形成する説明変数間関係が研究上でより有用な情報を与えてくれるという場合もある。前述したエクセレント・カンパニーの構造等は少数故、ヒアリングなどの帰納的アプローチでないと発見できない可能性が高い。少数の意味ある関係構造が実は意味がある。しかしながら伝統的な仮説検証手順の観点からは学術的信頼性を確保するのが難しくなる。従来の回帰分析ではその関係構造の多様性を捉えることは難しい。機械学習手法はそのような状況でもパターンと業績を結びつける関係性を浮かび上がらせることの潜在力を備えている。エベレストに登る場合にも複数のルートがあるように、経営行動をそのようなルートの意味合いで特徴づけ、業績に結びつけて浮かび上がらせる可能性を持っている。

機械学習及びAIに求められる要件として「どのような根拠に基づき分析結果を決定したか」を説明できること、つまりAIの説明可能性がある。機械学習アルゴリズムが複雑さを増すと、より複雑な推論処理が可能となる反面、人間がその内部表現が理解不能となる問題が起こる。予測の判断理由を人間が理解可能であるように説明する技術を開発すること、その技術によって企業行動の戦略的差異又はパターンを認識することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

機械学習の回帰分析により、ハイパフォーマンス企業の特徴を抽出する。AIの説明可能性技術について、当初我々は決定木に基づくアルゴリズムを創案するつもりであった。しかしLundgerg

により Shapley 値が機械学習の回帰の分野で活用できる技術, SHAP が開発されたことを受け, SHAP を用いて説明可能性を追求することとした. Shapley 値の理論は複雑で難解であり, 現在でもなかなか普及していない. 我々は企業分析を回帰プラス SHAP による解釈, というアプローチを多数行うことで, SHAP の特性に精通した. 世界の製造業, 特にコンピュータ製造業, 自動車製造業, 精密機器製造業の分野において, SHAP により優れた企業の構造特性を探求した. SHAP の結果を人間に理解しやすくするための, 可視化技術についても研究を重ねた.

#### 4. 研究成果

(1) M. Fujimaki, E. Tsujiura, and Y. Shirota: "Automobile Manufacturers Stock Price Recovery Analysis at COVID-19 Outbreak," in 2022 PO&M 2022.

PO&M はヨーロッパ最大の Operating Management の国際会議である, そこで, The Decisions Sciences Institute (DSI) 最優秀論文賞を受賞した. これは日本人快挙として賞せられた. 本論文では, COVID 勃発期に株価下落が世界的に自動車製造業で起きたが, そこからのレジリエンスの重要なファクターを SHAP 分析により, 企業の国別に解析. 時価総額の成長率を被説明変数とし, ROE などの経営指標を説明変数として回帰を行った. 顕著な傾向として 株価上昇率が高かった Sweden, Germany, France などでは, 他の国に比較して, ROE の SHAP 値が高いことが分かった. ROE は投資家の期待を反映するので, 投資家の EV への期待が, これらの国の企業の株価を上昇させたと推論した.

(2) K. Yamaguchi, "Intrinsic Meaning of Shapley Values in Regression," in 2020 11th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST), 2020, pp. 1-6: IEEE.

SHAP 値を企業分析の回帰に応用した世界初の論文である. 山口は経営の分野で初めて SHAP を利用して回帰分析結果を説明した. 従来, 在庫回転率と収益性の間に正の相関が発見できず研究者を悩ませていたが, 在庫回転率の SHAP を用いることで高い相関が得られるようになった. 株価暴落直後の回復に重要なファクターとして在庫回転率及び有形固定資産回転率があることを検証した.

(3) Y. Shirota, K. Kuno, and H. Yoshiura: "Time Series Analysis of SHAP Values by Automobile Manufacturers Recovery Rates," in 2022 IC on Deep Learning Technologies (ICDLT2022), ACM, p. 135-141.

時系列に沿って, 複数回回帰分析を行い, その SHAP の変化を時系列分析して, 株価回復の重要ファクターは売上成長率であることを示した. 回帰及び SHAP 分析を, 時系列で分析することを提案した初の論文と言える. 時系列 SHAP の分析手法を確立した. 発表した求野氏は EXCELLENT ORAL PRESENTATION 賞を受賞した.

(4) M. Nagashima, et al. "A triad perspective of cross-functional integration across new product development : case study of a multinational Japanese manufacturing company in China," *The proceeding of 30th EurOMA Conference*, Leuven, 2023.

近年, 製造企業の開発・生産・販売機能の拠点配置は多様な国に分散し, そのグローバルな連携は複雑化している. このように海外に分散した機能別部門間連携を通じて成功する新製品開発の仕組みを構築することは, 製造業の最大の課題である. 従来の新製品開発における部門間連携の研究は, 本国拠点を中心とした 2 者間連携 (開発と生産, 開発とマーケティングなど) に焦点を当てており, グローバルな開発・生産・販売 3 者間の連携を包括的に検討する視点が不十分であった. 本研究は, グローバル製造企業の国内外の現場実態調査を行い, 新製品開発における開発・生産・販売の 3 者間連携について分析した.

#### (5) 学会などでの SHAP チュートリアル

日本データベース学会による最強データベース講義シリーズで、SHAP に関する講義動画として 2 本が公開された。1 本目は、DEIM2022 のチュートリアルを録画したものであるが、本篇は SHAP 教材ビデオとして人気が高く再生回数 2500 回を越えた。 (<https://event.dbsj.org/deim2022/post/tutorial.html>)。 その続編として第 23 回「機械学習回帰における Shapley 値の活用法」が作成された(<https://dblectures.connpass.com/event/274198/>)。 SHAP を視覚的に分かり易く説明している点が評価され、日本人の研究者の間では SHAP 値の定番教材ビデオとなっている。その他、国際会議 DBKDA での SHAP チュートリアル、及び JOMSA の DX 研究会での WS 開催など、SHAP 分析プログラムを提供し、その普及に努めている。2024 年 9 月 5 日は、インドネシア大学工学部において SHAP のチュートリアルを行う予定である。

(a) Y. Shirota and B. Chakraborty, "TUTORIAL T1: Theoretical Explanation and Case Studies of Shapley Values in Machine Learning Regression," *International Conference on Advances in Databases, Knowledge, and Data Applications(DBKDA)* International Academy, Research, and Industry Association(IARIA) XPS Press, Barcelona, 2023.

(b) 白田由香利, "『Shapley 値による回帰分析の結果の解釈—Python 実践編—』(チュートリアル講演)," オペレーションズ・マネジメント・ストラテジー学会(JOMSA)DX 研究会, 東京, 2022.

#### (6) 南インド、マダナパレ大学(MITS)でオンサイト・ワークショップ開催

2023 年 7 月下旬に白田、橋本隆子(千葉商科大教授、副学長)、久保山哲二(学習院大教授)の 3 人でインドに渡航し、MITS にて Prof Basabi 他、同大准教授 Prof Sreekanth、と SHAP 値を使ったインドの SDGs 関連などの回帰分析について WS を開き議論を行った。2024 年 3 月 9 日から 16 日まで、学習院大に Prof Sreekanth が来訪し SHAP 値を使ったインド企業の分析を共同で行い、そのときに、SHAP の教授法を白田が Prof Sreekanth に教えた。これにより、Prof Sreekanth が 1 日 WS をマダナパレ大で開催するなどして、SHAP 値の使い方をインドで広める予定である。

#### (7) 国際会議 IIAI でのスペシャルセッション開催

Y. Shirota, B. Chakraborty, and J. Tomita, "SCAI-SS2: Shapley Value Technology for Business Data Analysis (Special Session)," *14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)* IEEE, Japan, 2023.

ビジネスデータ分析に分野を限定した SHAP 分析のスペシャルセッションを、白田、チャクラボルティの他、東洋大の富田教授(JOMSA 理事)の 3 人で組織した。意図は、こうした SHAP 分析の発表をしても、経済経営に関する会議では、データ分析技術についての議論が十分ではなく、最新の機械学習分析方法についてのコメントはほとんどないからである。我々は、ビジネスデータ分析方法と Shapley 値結果の解釈について議論するために開催した。発表論文は 5 件で、そのうち 4 件は企業分析に関する SHAP による分析であり、残り 1 件はインドネシアの SDG のうち、男女平等の達成度を被説明変数とする回帰を行い SHAP で分析した。インドネシア大の Prof Riri F. Sari が発表し、教育レベルの向上も重要であるが、携帯電話の普及が男女平等達成に即効性のある影響をもつことを述べた。ビジネスデータ以外の分析であっても SHAP アプローチが有効であることが分かった。回帰分析の結果の説明可能 AI としての SHAP の有用性を広い分野で示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計37件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 34件）

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yamaguchi Kenji   | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>Relationship Analysis Between Stock Prices and Financial Statements in the Automobile Industry   | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)   | 6. 最初と最後の頁<br>442-445 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00091  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>Masayasu Nagashima, Junjiro Shintaku, Takahiro Tomino, Tetsuya Usui, Tetsuo Yoshimoto, Yoritoshi Hara   | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>A triad perspective of cross-functional integration across new product development : case study of a multinational Japanese manufacturing company in China | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>The proceeding of 30th EurOMA Conference  | 6. 最初と最後の頁<br>1-1     |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>Tomita Junichi, Shirota Yukari, Fukushima Eishi, Terahata Masahide  | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>The Network Structure of Open Innovation and the Creativity in the Semiconductor Manufacturing Equipment Industry  | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)   | 6. 最初と最後の頁<br>388-393 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00082  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>Shirota Yukari, Chakraborty Basabi  | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>Impact Analysis of Supply Chain Competence on Market Capital Growth in Automobile Manufacturers  | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)   | 6. 最初と最後の頁<br>438-441 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00090  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Hashimoto Takako, Shirota Yukari, Sari Riri Fitri                           | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>Gender Equality Level Analysis in Indonesia by Shapley Values              | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI) | 6. 最初と最後の頁<br>566-569 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00113                          | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Matsuhashi Seiji, Shirota Yukari  | 4. 巻<br>1         |
| 2. 論文標題<br>Critical Factors in Doubling Revenue for Soccer Teams : A Comprehensive Study -Application of Amplitude-Based Clustering in Sales Analysis of football clubs | 5. 発行年<br>2023年   |
| 3. 雑誌名<br>1st International Conference on Optimization Techniques for Learning (ICOTL)  | 6. 最初と最後の頁<br>1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/ICOTL59758.2023.10434980  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1. 著者名<br>H. Ito, A. Murakami, N. Dutta, Y. Shirota, and B. Chakraborty                                | 4. 巻<br>58           |
| 2. 論文標題<br>Clustering of ETF Data for Portfolio Selection during Early Period of Corona Virus Outbreak | 5. 発行年<br>2021年      |
| 3. 雑誌名<br>Gakushuin Journal of Economics,  | 6. 最初と最後の頁<br>99-114 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Murakami Akane, Shirota Yukari                            | 4. 巻<br>7             |
| 2. 論文標題<br>Time-series Clustering of Global Automakers Stock Prices | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>Information Engineering Express                           | 6. 最初と最後の頁<br>71 ~ 83 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.52731/iee.v7.i2.626                  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Murakami Akane, Shirota Yukari                           | 4. 巻<br>13          |
| 2. 論文標題<br>An Analysis of Coronavirus Effects on Global Automakers | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics and Finance    | 6. 最初と最後の頁<br>56-60 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.18178/ijtef.2022.13.3.724           | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Murakami Akane, Shirota Yukari                           | 4. 巻<br>13          |
| 2. 論文標題<br>Effects of Coronavirus on Vegetable Juice Manufacturers | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics and Finance    | 6. 最初と最後の頁<br>42-46 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.18178/ijtef.2022.13.2.721           | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Kenji Yamaguchi   | 4. 巻<br>13          |
| 2. 論文標題<br>Feature Importance Analysis in Global Manufacturing Industry | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics and Finance         | 6. 最初と最後の頁<br>28-35 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.18178/ijtef.2022.13.2.719                | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota Yukari, Chakraborty Basabi   | 4. 巻<br>1             |
| 2. 論文標題<br>Automakers Stock Price Movement Comparison under COVID-19                         | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>IEEE International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI) | 6. 最初と最後の頁<br>375-379 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/ICDABI53623.2021.9655877                                 | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota Yukari, Fujimaki Mima, Tsujiura Emi, Morita Michiya, Machuca Jose Antonio Dominguez | 4. 巻<br>1           |
| 2. 論文標題<br>A SHAP Value-Based Approach to Stock Price Evaluation of Manufacturing Companies           | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>4th International Conference on Artificial Intelligence for Industries (AI4I)               | 6. 最初と最後の頁<br>75-78 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/AI4I51902.2021.00026  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota Yukari, Murakami Akane  | 4. 巻<br>1         |
| 2. 論文標題<br>Long-term Time Series Data Clustering of Stock Prices for Portfolio Selection            | 5. 発行年<br>2021年   |
| 3. 雑誌名<br>IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI) | 6. 最初と最後の頁<br>1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/SOLI54607.2021.9672407  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する      |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>辻浦衣美、白田由香利   | 4. 巻<br>121         |
| 2. 論文標題<br>Shapley値による株価上昇における重要要素の分析 ~ 自動車製造企業のケースについての考察 ~ | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>信学技報   | 6. 最初と最後の頁<br>1 - 4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                               | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>藤巻美舞、白田由香利  | 4. 巻<br>121        |
| 2. 論文標題<br>shapley値による株価上昇における重要要素の分析 ~ 電気機器製造企業のケースについての考察 ~ | 5. 発行年<br>2021年    |
| 3. 雑誌名<br>信学技報  | 6. 最初と最後の頁<br>9-12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                | 査読の有無<br>無         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |



|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>保科慧, 白田由香利  | 4. 巻<br>121       |
| 2. 論文標題<br>Shapley値による株価上昇における重要要素の分析 ~ 精密機械製造企業のケースについての考察 ~ | 5. 発行年<br>2021年   |
| 3. 雑誌名<br>信学技報  | 6. 最初と最後の頁<br>5-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                | 査読の有無<br>無        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|  |                  |
|--|------------------|
| 1. 著者名<br>白田由香利                                  | 4. 巻<br>1        |
| 2. 論文標題<br>機械学習回帰における Shapley 値の理論説明と事例紹介        | 5. 発行年<br>2022年  |
| 3. 雑誌名<br>第14回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2022) | 6. 最初と最後の頁<br>T2 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                   | 査読の有無<br>無       |
| オープンアクセス<br>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<br>-        |

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>白田由香利, 村上朱音, 佐倉環, 久保山哲二, 森田道也 | 4. 巻<br>42        |
| 2. 論文標題<br>階層型クラスタリングによる世界的自動車製造会社の株価分析 | 5. 発行年<br>2021年   |
| 3. 雑誌名<br>学習院大学計算機センター年報                | 6. 最初と最後の頁<br>2-9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし          | 査読の有無<br>無        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y., et al.   | 4. 巻<br>-                 |
| 2. 論文標題<br>Ambidextrous Time Series Data Clustering with Amplitude- based and Shape-based Distances | 5. 発行年<br>2023年           |
| 3. 雑誌名<br>proc of EPEAI   | 6. 最初と最後の頁<br>in printing |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Matsuhashi, S. and Y. Shirota   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Football Teams Sustained Growing by Academy Training - Proposal of Shapley-based Measurement - | 5. 発行年<br>2023年 |
| 3. 雑誌名<br>proc of DBKDA   | 6. 最初と最後の頁<br>0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>白田由香利, 佐倉環, and B. Chakraborty | 4. 巻<br>59            |
| 2. 論文標題<br>世界自動車製造業2014年度株価成長の時系列分析      | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>学習院経済論集                        | 6. 最初と最後の頁<br>141-160 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし           | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yamaguchi, K  | 4. 巻<br>13          |
| 2. 論文標題<br>Feature Importance Analysis in Global Manufacturing Industry | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics Finance             | 6. 最初と最後の頁<br>28-35 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y., K. Kuno, and H. Yoshiura   | 4. 巻<br>-             |
| 2. 論文標題<br>Time Series Analysis of SHAP Values by Automobile Manufacturers Recovery Rates | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>proc of ICDLT(ACM)  | 6. 最初と最後の頁<br>135-141 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y., B. Chakraborty, and H. Yoshiura  | 4. 巻<br>-                 |
| 2. 論文標題<br>An Analysis of Indian Companies' Profit Growth Pattern by Amplitude-based Clustering | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>proc ICKII(IEEE)  | 6. 最初と最後の頁<br>in printing |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y. and B. Chakraborty                      | 4. 巻<br>59            |
| 2. 論文標題<br>Amplitude-Based Time Series Data Clustering Method | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Gakushuin Economics Papers                          | 6. 最初と最後の頁<br>127-140 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Murakami, A. and Y. Shirota                              | 4. 巻<br>13          |
| 2. 論文標題<br>An Analysis of Coronavirus Effects on Global Automakers | 5. 発行年<br>2022年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics Finance        | 6. 最初と最後の頁<br>56-60 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                     | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Matsuhashi, S. and Y. Shirota                    | 4. 巻<br>-             |
| 2. 論文標題<br>Note for Shape-Based Clustering in Stock Prices | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>proc of IIAI(IEEE)                               | 6. 最初と最後の頁<br>373-377 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                             | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Hashimoto, T., Y. Shirota, and B. Chakraborty | 4. 巻<br>-             |
| 2. 論文標題<br>SDGs India Index Analysis using SHAP         | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>proc of IES(IEEE)                             | 6. 最初と最後の頁<br>461-465 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                          | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>Fujimaki, M., E. Tsujiura, and Y. Shirota                                    | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Automobile Manufacturers Stock Price Recovery Analysis at COVID-19 Outbreak | 5. 発行年<br>2022年 |
| 3. 雑誌名<br>proc of P&OM   | 6. 最初と最後の頁<br>0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y. and A. Murakami  | 4. 巻<br>-           |
| 2. 論文標題<br>Long-term Time Series Data Clustering of Stock Prices for Portfolio Selection | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>proc of SOLI(IEEE)   | 6. 最初と最後の頁<br>"1-6" |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y., et al.   | 4. 巻<br>-           |
| 2. 論文標題<br>A SHAP Value-Based Approach to Stock Price Evaluation of Manufacturing Companies | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>proc of AI4I(IEEE)  | 6. 最初と最後の頁<br>75-78 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y. and B. Chakraborty                              | 4. 巻<br>-             |
| 2. 論文標題<br>Automakers Stock Price Movement Comparison under COVID-19. | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>proc of ICDABI  | 6. 最初と最後の頁<br>375-379 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Murakami, A. and Y. Shirota                               | 4. 巻<br>7           |
| 2. 論文標題<br>Time-series Clustering of Global Automakers Stock Prices | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>Information Engineering Express                           | 6. 最初と最後の頁<br>71-83 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                      | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yamaguchi, K. and Y. Shirota   | 4. 巻<br>11          |
| 2. 論文標題<br>Decline Patterns of Stock Prices by Disasters?Case Study of May 2019. | 5. 発行年<br>2020年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics Finance                      | 6. 最初と最後の頁<br>39-44 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Yamaguchi, K. and Y. Shirota  | 4. 巻<br>11            |
| 2. 論文標題<br>Classification of Japanese Electrical Equipment Manufacturing Industry Recovery Patterns after Disasters | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Trade, Economics Finance   | 6. 最初と最後の頁<br>150-155 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Shirota, Y., et al.   | 4. 巻<br>-           |
| 2. 論文標題<br>An analysis of political turmoil effects on stock prices: a case study of US-China trade friction. | 5. 発行年<br>2020年     |
| 3. 雑誌名<br>proc of the First ACM International Conference on AI in Finance.                                    | 6. 最初と最後の頁<br>"1-7" |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 3件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>森田道也, 白田由香利, 永島正康                                     |
| 2. 発表標題<br>世界の電気機器企業の経営特性分析: Ambidextrous 視点からの AI 的アプローチの可能性を探る |
| 3. 学会等名<br>JOMSA 第 13 回全国研究発表大会                                  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shirota, Y., and B. Chakraborty  |
| 2. 発表標題<br>Theoretical Explanation and Case Studies of Shapley Values in Machine Learning Regression, |
| 3. 学会等名<br>DBKDA:TUTORIAL (招待講演) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shirota, Y.                            |
| 2. 発表標題<br>Competition and Economic Growth: PANEL |
| 3. 学会等名<br>EPEAI (招待講演) (国際学会)                    |
| 4. 発表年<br>2023年                                   |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>白田由香利                     |
| 2. 発表標題<br>機械学習回帰における Shapley 値の活用法  |
| 3. 学会等名<br>最強DB講義(日本データベース学会) (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2023年                      |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>白田由香利                   |
| 2. 発表標題<br>株価分析のための時系列データクラスタリング入門 |
| 3. 学会等名<br>DEIM (招待講演)             |
| 4. 発表年<br>2023年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shirota, Y.                                       |
| 2. 発表標題<br>Practical Approach of Time Series Data Clustering |
| 3. 学会等名<br>IIAI: Keynote (招待講演) (国際学会)                       |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>白田由香利                           |
| 2. 発表標題<br>機械学習回帰における Shapley 値の理論説明と事例紹介, |
| 3. 学会等名<br>DEIM (招待講演)                     |
| 4. 発表年<br>2022年                            |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|  |
|--|
| 機械学習による企業行動構造の分析の研究(2020-2023:20H01537)<br><a href="https://www-cc.gakushuin.ac.jp/~20010570//kakenB2020/index.html">https://www-cc.gakushuin.ac.jp/~20010570//kakenB2020/index.html</a> |
| JOMSAでのDSI Best paper受賞記念講演<br><a href="https://jomsa.org/jomsa14/dsiawards/">https://jomsa.org/jomsa14/dsiawards/</a>   |
| 最強DB講義 機械学習回帰における Shapley 値の活用法 (2023/2/22)<br><a href="https://dblectures.connpass.com/event/274198/">https://dblectures.connpass.com/event/274198/</a>                                 |
| DEIMチュートリアル(T2) : 株価分析のための時系列データクラスタリング入門<br><a href="https://event.dbsj.org/deim2023/post/tutorial.html">https://event.dbsj.org/deim2023/post/tutorial.html</a>                         |
| DEIMチュートリアル(T2) : 機械学習回帰におけるShapley値の理論説明と事例紹介<br><a href="https://event.dbsj.org/deim2022/post/tutorial.html">https://event.dbsj.org/deim2022/post/tutorial.html</a>                    |

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                          | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)             | 備考 |
|-------|--|-----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 永島 正康<br>(Nagashima Masayasu)<br>(20745202)        | 立命館大学・経営学部・教授<br><br>(34315)      |    |
| 研究分担者 | 吉浦 裕<br>(Yoshiura Hiroshi)<br>(40361828)           | 電気通信大学・その他部局等・名誉教授<br><br>(12612) |    |
| 研究分担者 | 山口 健二<br>(Yamaguchi Kenji)<br>(50582285)           | 日本大学・経済学部・講師<br><br>(32665)       |    |
| 研究分担者 | チャクラボルティ バサビ<br>(Chakraborty Basabi)<br>(90305293) | 岩手県立大学・その他部局等・特命教授<br><br>(21201) |    |
| 研究分担者 | 澤口 聡子<br>(Sawaguchi Toshiko)<br>(90235458)         | 福知山公立大学・地域経営学部・教授<br><br>(24304)  |    |



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3件

|  |                    |
|--|--------------------|
| 国際研究集会<br>The 11th IEEE International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST 2020) の Special Session、Awareness Technology for Economic and Social Data Analysis | 開催年<br>2020年～2020年 |
| 国際研究集会<br>南インド、マダナパレ大学(MITS)でSHAPオンサイト・ワークショップ開催   | 開催年<br>2023年～2023年 |
| 国際研究集会<br>14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI) IEEE のSpecial Session "SCAI-SS2: Shapley Value Technology for Business Data Analysis"    | 開催年<br>2023年～2023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       |  |  |  |
|---------|---------------|--|--|--|
| インド     | マダナパレ工科大学     |  |  |  |
| インドネシア  | インドネシア国立大学工学部 |  |  |  |