

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K01706

研究課題名（和文）幾何情報を利用したネットワーク時系列モデルの統計的推測理論と金融市場分析

研究課題名（英文）Statistical inferences for network time series models with geometrical restrictions and their applications to financial markets

研究代表者

塩濱 敬之（Takayuki, Shiohama）

南山大学・理工学部・教授

研究者番号：40361844

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：幾何的な構造をもつデータ解析の手法は、応用統計学・データサイエンスの様々な場面で現れる。そこで本研究課題では、次のような幾何構造をもつデータ解析と統計手法の評価について明らかにした。第1に、リスクパリティ戦略に基づくポートフォリオを、そのパフォーマンスを評価した。第2に、角度データの統計学及び、角度データの時系列モデルに関する、円周分布、シリンダー分布、トーラス分布の歪対称化法を用いた確率分布族を提案し、その提案分布の統計的性質を明らかにした。第3に、空間統計モデルおよび推薦システム等の幾何的なパラメータやデータ構造をもつデータ解析手法とその評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、幾何構造をもつさまざまな統計モデルの金融市場分析、不動産市場分析、情報サービスへの応用可能性が明らかにされた。これらの基礎研究に基づいた高度なAI手法や、データサイエンスへの展開が期待できることは大きな意義がある。また、方向統計学における、一連の歪対称分布の統計的性質に関する学術的成果は、超球面上あるいは、高度に複雑な多様体上の確率モデルの発展の基礎を与える研究成果である。

研究成果の概要（英文）：There is growing interest in applying statistical models and methods to the data and models that are restricted to some geometric structures of the state spaces or parameter spaces. In this research topic, we have studied various aspects of models and methods in statistical approaches in data sciences. First, we consider the performance of portfolios based on the risk-parity strategy. Second, we proposed a skew-symmetric probability distribution family and studied the proposed models' statistical properties. Thirdly, we have developed and evaluated data analysis methods with geometrical parameters and data structures, such as spatial statistical models and recommendation systems.

研究分野：統計学

キーワード：方向統計学 金融市場分析 ネットワークモデル 空間統計モデル

1 . 研究開始当初の背景

多様化する金融市場を対象としたマルチアセット間の資産価格変動を記述する計量経済モデルは、金融資産の適切な運用やリスク管理に必要不可欠である。従来の高次元多変量モデリングは、資産収益率分布の分散共分散行列や相関係数行列のスパース性に着目したファクターモデルやネットワークモデルによる分析が行われていた。一方、これらのマルチアセットを含む金融資産の時系列に、ファンダメンタルズを表すテキスト情報や取引記録、またはその時刻を明示的かつ幾何的に扱った分析はほとんど見ることがない。本研究目的は、幾何情報を利用した資産収益率のファクターモデルを推定、構築することによるアセット・アロケーション戦略の提案と評価である。また、膨大なアセットクラスを対象にした統計モデルをネットワーク・クラスタリングの視点から幾何情報を利用したアセットクラスのカテゴリ分けを行う。

2 . 研究の目的

幾何的な構造をもつデータ解析の手法は、応用統計学・データサイエンスの様々な場面で現れる。そこで本研究の研究目的を、次のような幾何構造をもつデータ解析と統計手法の評価について明らかにすることにする。第 1 に、資産配分ベクトルの成分和が 1 になる制約および、そのポートフォリオ最適化問題におけるリスクパリティ戦略の収益パフォーマンスを明らかにする。第 2 に、角度データの統計学及び、角度データの時系列モデルに関する、新しい統計モデルや確率分布の提案やその評価を行うこと。ここで扱う角度データは観測値が幾何的な構造をもつ多様体上に制限される。第 3 に、地理情報を利用した空間統計モデルにおけるデータ解析を行うこと、一般に、空間統計学における統計モデルは、空間 2 次定常性や、空間分散の等方性を仮定する。このような仮定は実際のデータ解析において強い制約のため、空間バリオグラムの仮定を緩和する統計手法や空間非定常を扱う空間モデルが必要になる。最後に、第 4 として、推薦システムやネットワーク分析における統計モデルの応用に関して研究を行う。

3 . 研究の方法

上記 4 項目の研究目的に対して、以下のアプローチを用いて研究に取り組んだ。

- (1) 株式投資においては、「スマートベータ」投資が一般的な投資スタイルとして確立され、近年はマルチファクター戦略が最も注目されている。本研究では、ファクターリスクパリティ戦略に基づくポートフォリオ最適化について研究を行う。特に、周期的なファクターとディフェンシブファクターのファクターリスク寄与度を均等にすることで FRP ポートフォリオを構築し、日本市場を含む国際金融市場のデータを用いたポートフォリオを評価する。
- (2) 円周上の非対称分布における統計的推測理論の展開に関する研究を行う。特に、円周分布における歪対称性をキーワードに、非対称分布の構成方法、混合モデルの統計的性質、確率分布族の識別可能性に関する一連の課題に取り組む。
- (3) 地価価格の空間モデルの推定とその評価に関する研究を行う。分析対象は東京都公示地価とし、そのバリオグラムや空間モデルのパラメータの経年変化を調べることで、東京地価変動の要因分析を行う。
- (4) 幾何情報を用いた時系列解析法の研究を行う。高次元時系列モデルは、パラメータ数の増加や変数間のコリネーションの相関等、様々な性質を扱う必要があるが、金融資産価格のリターン系列のネットワークモデルによるクラスタリング手法を用いることで推定における困難を回避する可能性がある。本課題に対しては、推薦システムの応用を行うことで、今後の課題解決への統計モデルの開発と評価を与えるものである。

4 . 研究成果

(1) ポートフォリオ最適化に関する研究成果

ファクターリスクパリティ戦略に基づくポートフォリオ最適化について研究を行った。特に、日本株式市場において投資対象ユニバースを TOPIX100 構成銘柄、日経 225 構成銘柄、MSCI JAPAN 構成銘柄を対象とした場合に、ポートフォリオのファクターリスクが均等になるような投資戦略を提案し、そのバックテストによる検証を行い、時価総額平均指数を上回るパフォーマンスを得ることができた。この研究結果は証券アナリスト・ジャーナル誌に掲載された。また、米国や英国・欧州市場を対象に同様のリスクパリティ戦略に基づくポートフォリオ最適化戦略を提案し、各国市場において、リスクパリティ戦略に基づくポートフォリオはいずれも時価総額加重平均指数を上回るパフォーマンスを得ることができた。これらは、ファクターリスクをうまく均等化することで株価ファンダメンタルファクターの超過リターンを得ることができていることを示唆

するものである。この結果は Asia-Pacific Financial Analysis 誌に掲載された。.. ファクター投資の戦略の一つとして、ファクターボラティリティの逆数(IFV)が均等になるようなポートフォリオ構築を提案した。提案手法は、日本、アメリカ、ユーロ株式市場にて長期のポートフォリオ運用のパフォーマンス検証を行い、各市場の時価総額ポートフォリオを上回るリターンを得ることができることがわかった。この結果は International Review of Financial Analysis 誌に掲載された。

(2) 角度データの統計解析に関する研究成果

円周上の非対称分布の混合モデルの推定に関する研究を行った。円周上の非対称分布には、正弦摂動法による分布を用い、EM アルゴリズムによるパラメータ推定方法を提案し、最尤推定量の一致性を示した。この結果は Metrika 誌に掲載された。円周上に値を取る角度変数の確率分布に関して、尺度変換を用いた非対称分布を考え、その母数推定に最尤推定量および近似ベイズ推定量、事後確率最大推定量を用いたときの、各推定量の漸近分布を導出し、シミュレーションによる精度パフォーマンスを比較した。また、角度データと実数データの同時分布からなる隠れマルコフモデルを考え、その最尤推定量の性質を調べた。この研究結果は、Econometrics and Statistics 誌、および京都大学数理解析研究所講究録に掲載された。

円周分布、シリンダー分布、トーラス分布の歪対称化法を用いた確率分布族を提案し、その提案分布の性質を調べた。特に、いくつかの歪み関数に対して、条件付き分布や周辺分布、また三角モーメントや乱数生成について提案分布の性質を調べた。また、トーラス上の確率モデルについては最尤推定量の一致性及び識別可能性について明らかにした。この結果は、Sankhya A 誌に掲載された。

(3) 空間統計モデルに関する研究成果

東京都公示地価を用いて、空間モデルを用いた地価モデルを推定し、1997年から2018年に渡る地価モデルの変遷を調べた。地価分布の空間非均一性に対処するために、バリオグラムパラメータの推定には、ある程度の空間定常性が確保できるようなクラスタリング手法に基づく地域の分割を、また、地理的荷重回帰モデルの適用によって対処した。分析の結果、東京都中心部と東京都西部における環境要因が地価に与える影響は時間の経過とともに格差が拡大する方向に推移していることが分かった。この結果は、応用統計学会誌および総務省統計研究彙報に掲載された。また、分析対象データを2021年まで拡張し、同様の研究成果を得ることができた。この結果は、Asia-Pacific Journal of Regional Science 誌に掲載された。

(4) 情報科学における応用に関する研究成果

推薦システムは、サービス提供者と利用者の双方にとって有益な情報サービスである。推薦システムの実装においては、コールドスタート問題として知られている新規ユーザに新規商品を推薦することが困難な問題が存在する。そこで、コールドスタート問題に対応できる推薦者フィルタリングの手法を提案する。提案手法は、行列分解の手法を、ユーザ特性行列、アイテム特徴行列、および評価行列を用いることで、コールドスタート型の推薦を可能にする。MovieLens の1M データセットを利用した数値実験の結果、提案手法は、複数のベースラインを上回る予測精度を得ることができた。この結果は、査読付き国際会議プロシーディングに掲載された。また、コンテンツベースフィルタリングと LDA を基にしたハイブリッド推薦システムを提案した。提案モデルは、商品集合やユーザ集合を潜在変数であるトピックを用いて特徴付けを可能にする。提案モデルは、いくつかのベースラインモデルと同等の予測精度をもち、推薦アイテムやレーティングの予測値をユーザと商品をトピック分布を介して解釈可能にする利点をもつ。この結果は、Expert Systems with Applications 誌に掲載された。

マーシーのレーティング手法は、ネットワーク分析における Katz の中心性指標と関連することが知られている。本研究では、マーシーのレーティングの標本分布を評価し、2チームのレーティングが等しいという帰無仮説に対する仮説検定を調べた。仮説検定の名目有意水準と検出力をシミュレーションによって評価した。この結果は、行動計量学誌に掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Kawai, H. Sato, and T. Shiohama	4. 巻 Online Published
2. 論文標題 Topic model-based recommender systems and their applications to cold-start problems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Expert Systems with Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eswa.2022.117129	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 Y. Kanno and T. Shiohama	4. 巻 Online Published
2. 論文標題 Land price polarization and dispersion in Tokyo: a spatial model approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Journal of Regional Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41685-021-00221-8	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 塩濱敬之	4. 巻 39号3巻
2. 論文標題 多様体上の時系列解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 理大科学フォーラム: 東京理科大学科学教養雑誌	6. 最初と最後の頁 24-30
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 T. Abe, Y. Miyata, and T. Shiohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Bayesian estimation for mode and anti-mode preserving circular distributions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Econometrics and Statistics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecosta.2021.03.004	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 菅野雄太, 塩濱敬之	4. 巻 第78号
2. 論文標題 地理的加重回帰モデルによる東京都公示地価の分析とその推定値の経年変化について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 統計研究彙報	6. 最初と最後の頁 55-74
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 菅野雄太, 塩濱敬之	4. 巻 49巻2号
2. 論文標題 東京都公示地価の普遍型クリギングにおける空間バリオグラムの経年変化について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用統計学	6. 最初と最後の頁 47-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5023/jappstat.49.47	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 Y. Miyata, T. Shiohama, and T. Abe	4. 巻 83
2. 論文標題 Estimation of finite mixture models of skew-symmetric circular distributions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metrika	6. 最初と最後の頁 895-922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00184-019-00756-z	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 塩濱敬之, 宮田庸一, 阿部俊弘	4. 巻 2157巻
2. 論文標題 円柱データの確率分布と隠れマルコフモデルについて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 39-51
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 H. Shimizu and T. Shiohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Constructing inverse factor volatility portfolios: A risk-based asset allocation for factor investing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Review of Financial Analysis	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.irfa.2019.101438	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 Y. Miyata, T. Shiohama, and T. Abe	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of finite mixture models of skew-symmetric circular distributions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Metrika	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00184-019-00756-z	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 H. Shimizu and T. Shiohama	4. 巻 26
2. 論文標題 Multifactor Portfolio Construction by Factor Risk Parity Strategies: An Empirical Comparison of Global Stock Markets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asia Pacific Financial Markets	6. 最初と最後の頁 453--477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10690-019-09274-4	査読の有無 無
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 宮田庸一, 塩濱敬之, 阿部俊弘	4. 巻 2124
2. 論文標題 正弦関数に基づく非対称な円周分布の推定理論における諸問題について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 28-43
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 清水英彦・塩濱敬之	4. 巻 56
2. 論文標題 日本株式市場におけるファクター・リスクパリティ・ポートフォリオの実践	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 証券アナリストジャーナル	6. 最初と最後の頁 66-75
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 Shimizu, H. and Shiohama, T.	4. 巻 26
2. 論文標題 Multifactor portfolio construction by factor risk parity strategies: An empirical comparison of global stock markets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Financial Analysis	6. 最初と最後の頁 453-477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10690-019-09274-4	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 宮田陽一・阿部俊弘・塩濱敬之	4. 巻 2091
2. 論文標題 非対称な円周分布による有限混合分布とその 推定について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 96-115
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 Kawai, M., Shiohama, T., and Sato, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Practically feasible recommender systems for cold start problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 5th Asia-Pac World Congress on Computer Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 103-112
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計22件(うち招待講演 9件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Topological data analysis based classification in time series
3. 学会等名 Waseda International Symposium Topological Data Science, Causality, Analysis of Variance & Time Series
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Maki and T. Shiohama
2. 発表標題 Finite Mixtures of Disc Distribution and Its Applications to Image Recognition
3. 学会等名 IASC-ARS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Kanno and T. Shiohama
2. 発表標題 Geographically Weighted Regression for Official Land Prices and Their Temporal Variation in Tokyo
3. 学会等名 ASMDA2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Topological data analysis based classification and anomaly detection in time series
3. 学会等名 Waseda Cherry Blossom Workshop on Topological Data Science
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Kuroki and T. Shiohama
2. 発表標題 Bootstrap estimation for rating based network centrality measures
3. 学会等名 NETSCIX 2020 (International school and Conference on Network Science) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Kuroki and T. Shiohama
2. 発表標題 A multi-factor modelling for retail demand forecasting: An empirical analysis of restaurant visitors prediction
3. 学会等名 62nd ISI World Statistics Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shiohama, T. Abe, and Y. Miyata
2. 発表標題 Testing symmetry of a mode and anti-mode preserving distribution on the circle
3. 学会等名 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Risk-based asset allocation strategies for factor investing
3. 学会等名 National Sun Yat-sen University-Waseda International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Some recent developments in time-series modeling for cylindrical data
3. 学会等名 National Cheng Kung University-Waseda International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Non-stationary time series classification using topological data analysis
3. 学会等名 Statistical Topological Data Analysis Workshop at King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Kuroki and T. Shiohama
2. 発表標題 レーティング手法を用いたネットワーク中心性の構築とその統計的性質
3. 学会等名 科学研究費・基盤研究(A)(課題番号:15H01678)シンポジウム「多様な分野における統計科学に関する諸問題」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kotsubo and T. Shiohama
2. 発表標題 Hidden Markov models for cylindrical data and its application for animal movement analysis
3. 学会等名 科学研究費・基盤研究(A)(課題番号:15H01678)シンポジウム「多様な分野における統計科学に関する諸問題」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kuroki and T. Shiohama
2. 発表標題 Non-stationary time series classification using topological data analysis
3. 学会等名 科学研究費・基盤研究(A)(課題番号:15H01678) シンポジウム「統計的推測および確率解析に関する総合的研究」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kotsubo and T. Shiohama
2. 発表標題 Maximum likelihood estimation for hidden Markov models with cylindrical distributions
3. 学会等名 科学研究費・基盤研究(A)(課題番号:15H01678) シンポジウム「統計的推測および確率解析に関する総合的研究」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Shiohama
2. 発表標題 Some recent developments in time-series modeling for cylindrical data
3. 学会等名 RIMS共同研究「統計的モデルの新展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ogata and T. Shiohama
2. 発表標題 The mixture transition distribution modeling for higher order circular Markov processes
3. 学会等名 2nd International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Shiohama, T. Kotsubo, H. Ogata
2 . 発表標題 Circular time series analysis based on the projected normal distribution
3 . 学会等名 2nd International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Ogata and T. Shiohama
2 . 発表標題 The mixture transition distribution modeling for higher order circular Markov processes
3 . 学会等名 11th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Shiohama
2 . 発表標題 Adaptive estimation for mode and anti-mode preserving distribution on the circle
3 . 学会等名 11th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Shimizu and T. Shiohama
2 . 発表標題 Constructing Inverse Factor Volatility Portfolios: A Risk-Based Asset Allocation Approach for Factor Investing
3 . 学会等名 Paris Financial Management Conference 2018 (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 黒木裕鷹・塩濱敬之
2. 発表標題 位相的データ解析を用いた非定常時系列の変動特性の可視化とクラスタリング
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮田陽一・阿部俊弘・塩濱敬之
2. 発表標題 正弦関数に基づく非対称な円周分布の推定理論における諸問題について
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 RIMS共同研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Abe, T., Imoto, T., Shiohama., T., and Miyata, Y. (SenGupta and Arnold: Eds)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 -
3. 書名 On some flexible models for circular, toroidal, and cylindrical data (Directional Statistics for Innovative Applications)	

1. 著者名 T. Fujii and T. Shiohama	4. 発行年 2020年
2. 出版社 iSTE Wiley	5. 総ページ数 18
3. 書名 Data Analysis and Applications 4 - Financial Data Analysis and Methods (Ch.2) Credit portfolio risk evaluation with non-Gaussian one-factor Merton models and its application to CDO pricing in "Data Analysis and Applications 4"	

1. 著者名 T. Fujii and T. Shiohama	4. 発行年 2020年
2. 出版社 iSTE Wiley	5. 総ページ数 17
3. 書名 Credit portfolio risk evaluation with non-Gaussian one-factor Merton models and its application to CDO pricing in "Data Analysis and Applications 4"	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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0件

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
---------	---------