

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H02508

研究課題名（和文）時空間計量経済学における新たなモデルの構築とその統計的推測理論

研究課題名（英文）Building new models for spatio-temporal econometrics and their statistical inference

研究代表者

矢島 美寛 (Yajima, Yoshihiro)

東北大学・経済学研究科・客員教授

研究者番号：70134814

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,140,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、時空間計量経済学の発展に貢献するために、新たな計量経済学モデルの構築とそれらモデルに対する統計的推測理論の確立およびモデルの実際データへの有効性について研究を推進した。

具体的には、第1に時空間非定常確率場に対してその理論的性質の解明および実際データ解析への有用性を示した。第2に大規模時空間データを解析するためのモデルの構築と迅速な解析手法の開発を行った。第3に時空間依存性を考慮した計量ファイナンスモデルを構築し、最小2乗推定量を代替するより頑健な順位統計量に基づく推定法を考案した。最後に都市地域経済分析に対して、特にネットワーク社会の解析に有効なモデルを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

時間的・空間的因果関係あるいは相関関係を同時に考慮した計量経済学モデルの構築、その統計的推測理論さらに実データ解析への有用性に関する研究は洋の東西を問わず数多くないと思われる。このような現状のもとで得られた本研究の成果は、時空間計量経済学の理論的発展に貢献すると考えられる。また実データの解析に関しても、地球温暖化などの環境問題・地震や津波の発生・集中豪雨がもたらす自然災害・COVID-19など感染性疾患の伝播メカニズム・欧州統合や環太平洋経済連携などに象徴される経済のグローバル化・都市の集積メカニズムなど広範な分野への応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, in order to contribute the development of spatio-temporal econometrics, we have constructed new spatio-temporal econometric models, clarified their statistical properties and considered their applicability to analyze empirical spatio-temporal data. First for nonstationary spatio-temporal random fields, we constructed new models and derived their statistical properties. Furthermore we showed their usefulness for analyzing empirical data. Secondly we constructed new models for large spatio-temporal data sets and efficient procedures to analyze them. Thirdly for financial data analysis, we proposed new models that take their spatio-temporal dependency into account of and more robust estimators based on rank statistics than the least squares estimator. Finally for urban and regional economic analysis, especially network society analysis, we constructed effective models and applied them to analyze an effect of a regulation for land use on land prices.

研究分野：計量経済学

キーワード：時空間計量経済学 時空間統計科学 時空間計量ファイナンス 時空間都市地域経済分析 時空間確率場

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。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

理論および実証計量経済学において時系列計量経済学と空間計量経済学は計量経済学の2大潮流をなしている。しかしながら研究開始当初まで両分野はあまり交流することなく、ほぼ独立に発展を遂げてきた。たとえばGDPデータやファイナンスデータを解析する場合、各国あるいは各市場のデータを多変量時系列として扱うが、時間的および空間的な関係を同時に考慮したモデルに関する研究はこれまであまり行われてこなかった。一方都市の地価や家屋の価格などを解析する場合には時間を固定して地点間の空間的な関係を考察するケースが多い。

教育的な側面では、代表的な計量経済学の教科書においても、時間的・空間的な因果関係や相関関係を同時に表現したモデルを解説した書籍は少ない。あるとしても詳細に説明しているものはやはり少ない。

### 2. 研究の目的

一方近年、環境問題・感染性疾患の伝播・経済のグローバル化・都市地域経済学に関して、時間的・空間的な因果関係あるいは相関関係を同時に解明する必要があるデータが増大している。

たとえば環境問題においては地球の温暖化あるいは大気汚染物質の広がりメカニズムをデータ解析に基づき解明する必要がある。

感染性疾患であれば発生地からその他の地域への伝播メカニズムの解明が必要となる。たとえば人流の増減が感染者の増減に時間的・空間的にどのように影響するか明らかにする必要がある。

経済のグローバル化であれば、たとえば経済的に後発国が先進国にキャッチアップする過程の時空間的变化に把握する必要がある。ファイナンスデータであればある市場の株価の変動が、他の市場へ時間的・空間的にどのように影響するか一市場における暴落が他の市場にどのように波及するか、一方向だけでなく時間的・空間的なフィードバックを考慮した双方向の影響を明らかにする必要がある。

都市地域経済分析であれば地価や家屋の価格の分析は主要なテーマである。従来は時間を固定して近隣地域の地価や家屋の価格の決定要因を探ることが主流であったがさらにその時間的变化さらに近年では地域間のネットワーク構造も考慮して分析する必要がある。

以上のような現代社会の諸問題を背景として、本研究では諸分野の実際データに対して時間的・空間的な因果関係・相関関係を的確にかつ陽に表現した新たなモデルを構築し、その理論的正当性を支持する統計的推測理論の確立さらに現実のデータ解析への有効性を示すことを目的とする。

### 3. 研究の方法

上述の目的を達成するために4つのテーマを定め、テーマごとに責任者を決め相互に協力しながら研究を遂行した。テーマは以下の通りである。

(1) 新たな時空間確率場の構築とその理論的性質の導出および実データ解析への有効性を検証する。空間確率場としては、確率過程においてポピュラーな定常過程を一般化した定常確率場、あるいは近接時間のデータの差分が定常過程になる単位根過程を一般化した固有定常確率場がある。ただし既存の多くのモデルは空間相関が距離のみに依存し、方向には依存しない等方型モデルであった。本研究では方向にも依存しさらには時間相関も考慮した時空間確率場を構築する。

(2) 新たな非定常確率場および非線形確率場に対するモデルを構築する。従来提案されていた確率場は観測値の線形和で表現されたモデルがほとんどである。本研究では非線形なダイナミズムを考慮したモデルの構築を目標とする。また近年はGISあるいはリモートセンシングなどの科学技術の発展により大規模データの採取が年々歳々容易になっている。大規模時空間データを高速に解析する統計手法の開発およびその理論的正当性を明らかにする。

(3) 時間的・空間的相互依存性を考慮した時空間ファイナンスモデルを構築する。さらに独立同一分布データあるいは時系列データの解析に利用されてきた順位統計量に基づく推定量が非対称あるいは裾の長い確率分布にしたがう時空間データに対して最小2乗推定量より頑健かを明らかにする。

(4) 都市地域経済分析における新たなモデル特にネットワーク社会における都市地域間の時間的・空間的な相互関係を解析ために有効なモデルを開発する。

### 4. 研究成果

上述の4つのテーマについて以下の成果を得た。

(1) については空間的な非等方性を考慮したセミパラメトリックな時空間非定常確率場モデルを構築し、その理論的性質を明らかにした。パラメトリックな部分の推定に対しては、時系列解析における長期記憶モデルの推定に応用されてきた、Log-periodogram Regression Estimator (LPR estimator) および Gaussian Semiparametric Estimator (GS Estimator) が提案した確

率場のパラメータ推定においても一貫性・漸近正規性を持つことを証明した。実データへの応用例として Soil Surface Roughness Data の指標の推定に用いた。Soil Surface Roughness は植物の生育に必要な水分の利用可能性に影響を与える。したがって確率場のモデルの応用例としてポピュラーなデータであり、過去にも様々なモデルや推定法が適用されてきた。本研究で提案したモデルは、これらのモデルを含みまた推定量は過去の推定量より安定的であり、よりバイアスの小さい推定値が得られた。

(2)については、まず分担者たちが提案した Continuous Autoregressive Moving Average 確率場 (CARMA 確率場) を時空間モデルに拡張した。時系列解析において提案された Whittle 法と呼ばれる擬似最尤法がこのモデルにおいても一貫性・漸近正規性を持つことを証明した。次に時系列モデルとしてポピュラーな Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity モデル (GARCH モデル) あるいは関数データモデルを時空間データに対するモデルとして一般化し、フーリエ変換による高速な解析手法を開発した。これらの結果を地価ボラティリティの時空間関係あるいは COVID-19 など感染性疾患と人流の増減との関係の解明などに応用した。

(3)についてはまず線形回帰モデルの誤差項に確率分布の非対称性を表現できるように分布の位置と歪度をパラメータ化したセミパラメトリックモデルを仮定し、これらのパラメータと回帰係数の推定精度の関係を調べた。さらに誤差項の確率分布は経験分布を用いて推定出来ることを証明した。この結果に基づき誤差分布の裾の重さを基準にして、最小 2 乗推定量に代わって順位に基づく推定量の方が精度の高い場合があることを指摘した。実際の株価データの解析からも支持されることも示した。この結果は説明変数が被説明変数の過去の値である自己回帰モデルに対しても一般化できる可能性も示した。

(4)についてはネットワーク構造を考慮した都市地域経済モデルを構築し、集積の経済分析あるいは都市利用規制が地価に与える影響分析などに応用した。集積の経済分析については、特許出願時における発明者レベルの立地情報と共同研究者ネットワーク情報を用いて実証的検証を行った。その結果日本においては共同研究者ネットワークが、その研究者の地理的分布に比してさらに地理的に集積していることが分かった。またクラスター検出技術を用いて、ベトナムにおける各産業の産業集積および各産業間の共集積を検出した。さらに検出された集積地に立地する企業の生産性がその他の企業に比して高いこと、また生産性上昇の要因分解を行った。土地利用規制に関する研究では、空間的回帰不連続デザインを用いた分析により、土地利用規制が地価に与える影響を明らかにした。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Toshitake, Gokan., Ikuo, Kuroiwa and Kentaro, Nakajima.	4. 巻 62
2. 論文標題 Agglomeration Economies in Vietnam: A Firm-Level Approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Asian Economics	6. 最初と最後の頁 52-54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.asieco.2019.03.02	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 清田耕造、滝澤美穂、中島賢太郎	4. 巻 19-J-038
2. 論文標題 直接投資が国内の地域雇用に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIETI Discussion Paper	6. 最初と最後の頁 1-24
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 中島賢太郎	4. 巻 2019
2. 論文標題 知的生産活動の経済空間	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 現代経済学の潮流2019	6. 最初と最後の頁 127-148
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 Yoshihiro, Yajima and Yasumasa, Matsuda.	4. 巻 3
2. 論文標題 Log-periodogram regression of two-dimensional intrinsic stationary random fields	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 333-347
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s42081-020-00078-9	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 松田安昌	4. 巻 49
2. 論文標題 連続時間ARMAモデルの理論と応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本統計学会和文誌	6. 最初と最後の頁 1-16
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 Sato,T. and Matsuda,Y.	4. 巻 16
2. 論文標題 Spatial extension of GARCH models.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Spatial Economic Analysis	6. 最初と最後の頁 148-160
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 Matsuda,Y, and Yajima,Y.	4. 巻 1
2. 論文標題 Locally stationary spatio-temporal processes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 41-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-018-0003-9	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 Inoue,H. Nakajima,K. and Sato, Y.U.	4. 巻 62
2. 論文標題 Localization of Collaboration in Knowledge Creation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Annals of Regional Science	6. 最初と最後の頁 119-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.10007/s00168-018-0889-y	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 Gokan Toshitaka, Kuroiwa Ikuo, Nakajima Kentaro	4. 巻 -
2. 論文標題 Agglomeration economies in Vietnam: A firm-level analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Asian Economics	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.asieco.2019.03.002	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 Matsuda,Y. and Yajima,Y.	4. 巻 1
2. 論文標題 Locally stationary spatio-temporal processes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 41-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-018-0003-9	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 Inoue,H.,Nakajima,K. and Saito,Y.U.	4. 巻 43
2. 論文標題 Localization of knowledge-creating establishments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japan and the World Economy	6. 最初と最後の頁 23-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.japwor.2017.09.001	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Sato,T. and Matsuda,Y.	4. 巻 47
2. 論文標題 Spatial Autoregressive Conditional Heteroskedastic models	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J.Japan.Statist.Soc.	6. 最初と最後の頁 未定
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 Brockwell, P. and Matsuda, Y.	4. 巻 79
2. 論文標題 Continuous autoregressive moving average random fields on $R^n$	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Roy. Statist. Soc., Ser. B.	6. 最初と最後の頁 833-857
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20件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Yoshihiro, Yajima
2. 発表標題 On Gaussian semiparametric estimation of two-dimensional intrinsically stationary random fields
3. 学会等名 International Statistical Institute The 62th World Statistics Congress at Kuala Lumpur (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryozo, Miura. and Navruzbeq, Karamatov.
2. 発表標題 Jensen's alpha in the CAPM market model from the viewpoints of asymptotic accuracy of estimation of beta and of asymmetry of residual distributions
3. 学会等名 INPROFORUM 2019, South Bohemia University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryozo, Miura. and Navruzbeq, Karamatov.
2. 発表標題 A market model with error terms following symmetric-asymmetric distribution family and decomposition of Jensen's Alpha
3. 学会等名 日本統計関連学会連合大会 於. 滋賀大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島寛太郎
2. 発表標題 実証都市経済学
3. 学会等名 統計数理研究所セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島寛太郎
2. 発表標題 Identifying neighborhood effects among firms: Evidence from the location lotteries of th Tokyo Tsukiji Fish Market
3. 学会等名 横浜国立大学近経セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuda, Y.
2. 発表標題 Bivariate Continous ARMA random fields
3. 学会等名 Lilac International Conference on Application of Statistics, at Harbin Institute of Technology, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T. and Matsuda, Y.
2. 発表標題 Spatial extension of GARCH models for high-dimensional financial time series
3. 学会等名 International Statistical Institute The 62th World Statistics COngress at Kuala Lumpur (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Matusda, M.
2. 発表標題 Bivariate CARMA random fields.
3. 学会等名 Risk and Statistics 2nd ISM-UUlm joint Workshop at Ulm University, Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T. and Matsuda, Y.
2. 発表標題 Spatial GARCH Models
3. 学会等名 12th World Conference of the Spatial Econometrics Association(Vienna) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuda, Y. and Yajima, Y.
2. 発表標題 Spatial modelling of volatility matrices for high-dimensional time series
3. 学会等名 Data Science Workshop at KAUST(Saudi Arabia) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yajima, Y. and Matsuda, Y.
2. 発表標題 Gaussian semiparametric estimation for ISRF's
3. 学会等名 Data Science Workshop at KAUST(Saudi Arabia) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuda, Y.
2. 発表標題 Spatio-temporal extension of ARCH models.
3. 学会等名 Regular seminar in Charles University(the Czech Republic) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤宇樹・松田安昌
2. 発表標題 時空間ARCHモデル
3. 学会等名 統計関連学会連合大会(中央大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakajima, K.
2. 発表標題 都市とイノベーション
3. 学会等名 日本経済学会秋季大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakajima, K.
2. 発表標題 Identifying neighborhood effects among firms: Evidence from the location lotteries of the Tokyo Tsukiji Fish Market
3. 学会等名 Society of Economics Dynamics Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢島 美寛
2. 発表標題 An overview of spatio-temporal statistical analysis
3. 学会等名 日本経済学会2017年度春季大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中島 賢太郎
2. 発表標題 ミクロ立地データを用いた集積検出とその応用
3. 学会等名 日本経済学会2017年度春季大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y.Matsuda
2. 発表標題 Spatio-temporal CARMA models
3. 学会等名 2017年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, T. and Matsuda, Y.
2. 発表標題 Spatial Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models
3. 学会等名 11th World Congress of the Spatial Econometrics Association (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryozo Miura
2. 発表標題 Spatial CAPM and spatial model for international stock markets
3. 学会等名 Workshop on spatial and spatio-temporal data analysis ,2017 at Tohoku University
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 矢島美寛・田中潮	4. 発行年 2019年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 272
3. 書名 時空間統計解析	

〔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
研究分担者	松田 安昌 (Matsuda Yasumasa)  (10301590)	東北大学・経済学研究科・教授  (11301)	
研究分担者	三浦 良造 (Miura Ryozo)  (30107081)	一橋大学・その他部局等・名誉教授  (12613)	
研究分担者	中島 賢太郎 (Nakajima Kentaro)  (60507698)	一橋大学・大学院経営管理研究科・准教授  (12613)	

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1件

国際研究集会 Workshop on[ Recent Progress in[ Time Series:in honour of Professor Peter M.Robinson	開催年 2019年～2019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			
イタリア	Universita Cattolica del Sacro Curoe			
チェコ	Charles University			
Czech Republic	Charles University(Prague)			