

令和 6 年 5 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20759

研究課題名（和文）スペクトル・グラフ理論の空間計量経済学への応用

研究課題名（英文）Applying Spectral Graph Theory to Spatial Econometrics

研究代表者

山田 宏（YAMADA, HIROSHI）

広島大学・人間社会科学研究科（社）・教授

研究者番号：90292078

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：スペクトル・グラフ理論の知見を活用することにより空間計量経済学を発展させることを目指して研究を行った。その結果、(i) グラフ・ラプラシアンと呼ばれるグラフを反映した行列を使った新たな空間データのスムージング手法の開発とその性質の解明、(ii) 代表的な空間自己相関指標の一つであるギアリーのcに関する新たな知見の獲得、に成功した。その他、(iii) ホドリック・プレスコット・フィルター(HPフィルター)の分位点版やHPフィルターと重回帰モデルのハイブリッド・フィルターの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スペクトル・グラフ理論の知見は、空間計量経済学に十分に活かされているとは言えない状況であった。特に、グラフ・ラプラシアンの活用はほとんどされていなかった。こうした中、本研究は、(i) 代表的な空間自己相関指標の一つであるギアリーのcをグラフ・ラプラシアンを使って表現しその性質を明らかにすること、(ii) ギアリーのcに対応する空間スムージングの方法を提案しその性質を明らかにすること、(iii) 新たに導入したスムージング法と重回帰モデルとの混合フィルターを導入すること、などにより空間計量経済学を発展させることに貢献した。

研究成果の概要（英文）：I conducted the research project to advance spatial econometrics using spectral graph theory. As a result, I succeeded in (i) developing a new spatial data smoothing method using the graph Laplacian and clarifying its properties, (ii) obtaining new insights on Geary's c, which is one of the representative spatial autocorrelation measures. In addition, (iii) a quantile version of the Hodrick-Prescott (HP) filter and a hybrid filter of the HP filter and a multiple regression model were developed.

研究分野：経済統計

キーワード：スペクトル・グラフ理論 空間計量経済学 グラフ・ラプラシアン ギアリーのc モランのI

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スペクトル・グラフ理論(数学の一分野であるグラフ理論の中でもグラフ構造を反映する行列の固有値・固有ベクトルについて研究する学問分野)の知見は、空間データ(異なる地点間で観測されるデータ)の統計分析を扱う学問領域である空間計量経済学や空間統計学に十分に活かされているとは言えない状況であった。特に、グラフ・ラプラシアンと呼ばれるグラフを反映する行列の活用はほとんどされておらず、活用することにより当該学問領域を発展させることが出来る状況にあった。

2. 研究の目的

スペクトル・グラフ理論の知見を空間計量経済学や空間統計学に持ち込み当該分野を発展させることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

ギアリーの c (空間データの類似度を量る指標である空間自己相関指標の一つ)をグラフ・ラプラシアンと呼ばれるグラフを反映する行列を使って表現し、その性質を明らかにすること、ギアリーの c に対応する空間データのスムージング手法を提案しその性質を明らかにすること、新たに導入したスムージング法と重回帰モデルとの混合フィルターを導入すること、などにより研究の目的を達成する。時系列データもグラフの頂点上で観測される空間データの特殊ケースとみなせることから時系列データのスムージング法に関する研究もあわせて行う。

4. 研究成果

論文“Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter”では、空間データ(異なる地点間で観測されるデータ)のスムージング問題に取り組み研究成果を得た。具体的には、空間データから、ギアリーの c (空間データの類似度を量る指標である空間自己相関指標の一つ)の意味で正の空間自己相関の高い成分を抽出するための新たなフィルターを提案し、その手法を使うことにより空間データから正の空間自己相関の高い成分をうまく抽出できる様子を数値的に示したほか、エルニーニョ現象やラーニャ現象の分析に使用できる様子を示した。加えて、関連する既存研究のサーベイを行い本研究とそれらとの差異を明確化した。その過程で、提案したスムージング法(空間フィルター)と重回帰モデルの混合フィルターを導入し、それについて比較的詳しく述べた。この新しい混合フィルターは、今後空間統計学、空間計量経済学で多く使われるようになるかもしれない。研究成果をまとめた論文は空間統計学分野のトップジャーナルである *Spatial Statistics* 誌(Elsevier)に査読ののち受理・掲載された。

論文“Geary's c and Spectral Graph Theory”では、スペクトル・グラフ理論の諸概念や結果を使って、ギアリーの c (空間データの類似度を量る指標である空間自己相関指標の一つ)の性質を調べた結果を報告した。本論文は、その後行った研究“Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter”の基礎の一つとなった。研究成果を取りまとめた論文は査読付き国際学術雑誌である *Mathematics* 誌(MDPI)に受理・掲載された。

論文“A Unified Perspective on Some Autocorrelation Measures in Different Fields: A Note”では、空間データ(異なる地点間で観測されるデータ)の類似度を量る空間自己相関指標の一つである Moran's I が幾つかの自己相関係数を一般化した指標であると見なすことが出来ることを数学的に明らかにした。研究成果を取りまとめた論文は査読付き国際学術雑誌である *Open Mathematics* 誌(De Gruyter)に受理・掲載された。

論文“A Pioneering Study on Discrete Cosine Transform”は、1941年に発表された von Neumann 博士の論文と II 型離散コサイン変換を結び付ける研究である。II 型離散コサイン変換の歴史は意外に浅く、その発表年は 1974 年である。本論文では、1941年に発表された von Neumann 博士の論文には、今日の II 型離散コサイン変換が明示されていることを明らかにした。研究成果を取りまとめた論文は査読付き国際学術雑誌である *Communications in Statistics - Theory and Methods* 誌(Taylor and Francis)に受理・掲載された。

論文“Quantile Regression Version of Hodrick-Prescott Filter”では、ホドリック・プレスコット・フィルター(HP フィルター)の分位点版の開発に取り組んだ。HP フィルターはマクロ経済時系列のトレンド・サイクル分解によく使用される有力なトレンド推定手法であるものの、それは平均的なスムージングを行うために、正の残差と負の残差の総和が 0 になるトレンド線しか推定することが出来ない。その結果として、負の残差の割合はおおむね 50 パーセントということになる。本研究では、チェック関数を用いて HP フィルターの目的関数を改良することにより、負の残差の割合をコントロールできるようにした。研究成果を取りまとめた論文が査読付き

国際学術雑誌である *Empirical Economics* 誌(Springer)に受理・掲載された。

論文“HPX Filter: A Hybrid of Hodrick-Prescott Filter and Multiple Regression”では、ホドリック・プレスコット・フィルター(HP フィルター)と重回帰モデルを融合したハイブリッド・フィルター(HPX フィルター)の開発に取り組んだ。具体的には、HPX フィルターを導入したのち、どのような説明変数行列であれば唯一の大域最小解が存在するかなどフィルターの性質を数学的に検討し、存在する場合のその解析的表現を導いた。この研究は、その後行った研究“Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter”の基礎の一つとなった。研究成果を取りまとめた論文が査読付き国際学術雑誌である *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 誌(De Gruyter)に受理・掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hiroshi Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Quantile regression version of Hodrick-Prescott filter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Empirical 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） 10.1007/s00181-022-02292-8	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 Hiroshi Yamada	4. 巻 21
2. 論文標題 A unified perspective on some autocorrelation measures in different fields: A note	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Open Mathematics	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） 10.1515/math-2022-0574	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 Yamada Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Geary's c and Spectral Graph Theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 2465 ~ 2465
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/math9192465	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 Yamada Hiroshi	4. 巻 -
2. 論文標題 A pioneering study on discrete cosine transform	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	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） 10.1080/03610926.2020.1838547	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 Yamada Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Spatial Statistics	6. 最初と最後の頁 100799 ~ 100799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.spasta.2023.100799	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 Yamada Hiroshi	4. 巻 -
2. 論文標題 HPX filter: a hybrid of Hodrick?Prescott filter and multiple regression	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics	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) 10.1515/snde-2023-0004	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10件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 A Unified Perspective on the Simple and Boosted HP Filters and the Results Derived from It
3. 学会等名 SH3 Conference on Econometrics 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 Nonnegative Definite Matrix Penalized Filtering with Quantile Regression Loss Function
3. 学会等名 第30回関西計量経済学研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Autocorrelation and Spectral Graph Theory
3. 学会等名 The Applied Statistics Workshop 2021 (東京大学) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Filtering
3. 学会等名 第29回関西計量経済学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Seasonal Filtering
3. 学会等名 The SH3 Virtual Conference on Econometrics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Autocorrelation and Spectral Graph Theory
3. 学会等名 SH3 Conference on Econometrics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Autocorrelation and Spectral Graph Theory
3. 学会等名 2021 Nanyang Econometrics Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter
3. 学会等名 Spatial Statistics 2023: Climate and the Environment (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Econometric Theory and Applications (SETA2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Spatial Smoothing Using Graph Laplacian Penalized Filter
3. 学会等名 The 25th International Conference on Computational Statistics (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------