

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：62603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00066

研究課題名(和文) 経時データ解析の発展

研究課題名(英文) Extensions of longitudinal data analysis

研究代表者

船渡川 伊久子 (Funatogawa, Ikuko)

統計数理研究所・データ科学研究系・准教授

研究者番号：80407931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：複数の対象者から時間の経過とともに観測した経時データに対する解析手法のさらなる発展を目的として研究を行った。特に、経時データ解析の中でもいくつかの分野で別々に発展してきたダイナミックモデルの方法論の融合や新たな開発を目指した。英文書籍「Longitudinal Data Analysis: Autoregressive Linear Mixed Effects Models (経時データ解析：自己回帰線形混合効果モデル)」を出版した。提案している自己回帰線形混合効果モデルと他分野のモデルとの関係を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経時データ解析は、様々な分野で用いられ、各分野で発展してきた。特に、ダイナミックモデルは有用であると考えられるが、いくつかの分野で別々に発展してきており、融合による発展の余地が大きい。本研究により、他分野との融合がさらに促進されると期待される。

研究成果の概要(英文)：Longitudinal data are measurements or observations taken from multiple subjects repeatedly over time. We conducted research with the aim of extensions of longitudinal data analysis. In particular, we aimed to integrate and develop methodologies for dynamic models. Dynamic models have evolved separately in several fields. We published the English book "Longitudinal Data Analysis: Autoregressive Linear Mixed Effects Models". We showed the relationship between the proposed autoregressive linear mixed effects models and dynamic models in another field.

研究分野：統計学

キーワード：経時データ解析 自己回帰 線形混合効果モデル パネルデータ分析

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

生物統計学分野において、経時データ解析の手法は線形混合効果モデルを基に大きく発展したが、多くは静学的内容であり、ダイナミクスを表すモデルはいくつか固有の分野で発展し、非線形混合効果モデルが用いられる。研究代表者は連続型反応の経時データ解析で標準的に用いられる線形混合効果モデルと時系列解析で用いられる自己回帰モデルを拡張した、自己回帰線形混合効果モデルを以前より提案している。

一方、経済学の分野では、動学的(ダイナミック)パネルデータ分析が、反応を以前の反応に回帰するモデルが個体間差を考慮する形で用いられている。また、個人や企業を対象としたミクロパネルデータだけではなく、国や地域を対象として長期間蓄積された、時点数の多いマクロパネルデータの分析が行われている。このようなデータの解析は、健康科学分野でも重要になってくると考えられる。

また、社会学、教育学などの分野でも、反応の“変化”に興味のある場合が多く、経時データ解析あるいはパネルデータ分析の研究が以前から行われている。これらは、構造方程式モデリング(structural equation modeling)の枠組みで論じられている。分野固有の点と分野間で共通する点がみられる。

2. 研究の目的

本研究は、複数の対象者から時間の経過とともに観測した経時データに対する解析手法のさらなる発展を目的とする。連続型反応の経時データ解析には線形および非線形混合効果モデルが標準的に用いられるが、研究代表者は自己回帰線形混合効果モデルを提案し、メカニスティックな点に着目し、臨床研究など実験的研究におけるデータで研究、適用してきた。一方、自己回帰型のモデルは、経済学の分野では動学的パネルデータ分析として、主に観察研究におけるデータで経験的に適用されている。自己回帰型のモデルを中心に経時データ解析の体系化を行い、新たな経時データ解析手法を開発し、健康関連データに適用する。

3. 研究の方法

本研究は、次の3項目で構成される

- (1) 経時データ解析の体系化
- (2) 経時データ解析手法の開発
- (3) 健康科学関連データの解析

医学分野の他、経済学や社会学、教育学など関連する分野について検討する。健康科学関連データの解析は、従来の経時データおよび各国の長期マクロパネルデータの解析を検討する。

4. 研究成果

- (1) 経時データ解析の体系化

英文書籍『Longitudinal Data Analysis: Autoregressive Linear Mixed Effects Models (経時データ解析：自己回帰線形混合効果モデル)(Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa)』(2019)の出版を行った。

連続型反応の経時データ解析には線形および非線形混合効果モデルが標準的に用いられるが、提案している自己回帰線形混合効果モデルは、反応を自身の過去の反応に回帰する自己回帰モデルと、個体間の違いを变量として考慮する混合効果モデルを組み合わせたものである。自己回帰線形混合効果モデルのメカニスティックな側面に焦点を当て、線形混合効果モデル(linear mixed effects models)、自己回帰線形混合効果モデル(autoregressive linear mixed effects models)、多変量自己回帰線形混合効果モデル(multivariate autoregressive linear mixed effects models)、状態空間表現(state space representation)との関連、非線形混合効果モデル(nonlinear mixed effects models)や成長曲線(growth curves)との関連、欠測データがある場合の適用、時間依存性共変量がある場合の適用などについて英文図書としてまとめた。

- (2) 経時データ解析の体系化(他分野との関連)

経済学における動学的(ダイナミック)パネルデータ分析、および、心理・行動・社会学分野等で発展しているStructural Equation Models(SEM)を基にしたダイナミックモデルとの関係

を特に調査した。SEM を基にしたダイナミックモデルの研究は近年活況を示している。

潜在変化スコアモデルのひとつである dual change モデルと自己回帰線形混合効果モデルは密接に関連している。SEM との関連について国際学会および国内学会で発表を行った。また、自己回帰線形混合効果モデルで連続型の時間が共変量である場合の解釈について国際学会で発表を行った。

(3) 経時データ解析手法の開発 (介入前後の 2 時点データ)

経時データでも特殊な場合である、介入前後の 2 時点データの経時データ解析について論文発表を行った。無作為化比較試験で後値の不等分散が予想される場合、経時データ解析が解析手法の候補となることを示した。

(4) 経時データ解析手法の開発 (新たな分散共分散行列)

自己回帰線形混合効果モデルは周辺モデルに変換した際、特徴的な分散共分散行列を示す。これを拡張して、新たな分散共分散行列を提案し、学会発表した。

(5) 健康科学関連データの解析

米国の喫煙と肺癌の関係について New England Journal of Medicine (NEJM) に letter を発表した。米国の 1960 年代半ばコホートでは女性の方が男性よりも肺がん発症が高くなっているが、若年期の喫煙でも女性の方が男性よりも喫煙率が高いことを報告した。

2020 年春より新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行が始まり、学術論文の動向の検討、感染性に関する総合報告を行った。

今後の展望として、長期的な視点で考えることが、特に健康科学分野では必要だと考えられる。数十年～100 年前の過去のデータは得られにくく、また、数十年～100 年後の健康への影響は観測されていないため、検討し難いが、方法論での発展が必要である。

一方で、Intensive longitudinal data の解析が盛んになっていくと考えられる。引き続き、複数の分野の方法論の融合や、解析手法の開発、健康科学関連データに関する研究が重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa	4. 巻 62
2. 論文標題 Longitudinal analysis of pre- and post-treatment measurements with equal baseline assumptions in randomized trials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biometrical Journal	6. 最初と最後の頁 350-360
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/bimj.201800389	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 Ikuko Funatogawa	4. 巻 379
2. 論文標題 Incidence of Lung Cancer among Young Women (Letter)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New England Journal of Medicine	6. 最初と最後の頁 988
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1056/NEJMc1808250	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 船渡川伊久子	4. 巻 70
2. 論文標題 「特集 公衆衛生 - 新型コロナウイルス感染症」について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 統計数理	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） 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 船渡川伊久子	4. 巻 70
2. 論文標題 COVID-19の感染性に関する学術論文の動向	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 統計数理	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） 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 船渡川伊久子	4. 巻 71
2. 論文標題 公衆衛生や疫学における統計 (特集 感染症対策と統計)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 統計	6. 最初と最後の頁 4-10
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 樫 広計, 船渡川 伊久子, 齋藤 正也, 遠藤 薫, 笠貫 宏	4. 巻 48
2. 論文標題 COVID-19パンデミックを乗り越える: 科学・社会・医療を繋ぐ課題と展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床評価	6. 最初と最後の頁 465-530
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 樫 広計, 船渡川 伊久子, 齋藤 正也, 遠藤 薫, 笠貫 宏	4. 巻 49
2. 論文標題 COVID-19パンデミックを乗り越える: 科学・社会・医療を繋ぐ課題と展望 (第二回) - 二年目のフォローアップ - (座談会)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 臨床評価	6. 最初と最後の頁 361-434
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 -

[学会発表] 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 Autoregressive linear mixed effects models in structural equation modeling
3. 学会等名 41th Annual Conference of the International Society for Clinical Biostatistics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 Interpretation of autoregressive linear mixed effects models with time as a continuous covariate
3. 学会等名 The 30th International Biometric Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 船渡川伊久子
2. 発表標題 構造方程式モデリングにおける潜在変化スコアモデルと自己回帰線形混合効果モデル
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 A class of marginal variance covariance structures for random baseline and random asymptotes
3. 学会等名 40th Annual Conference of the International Society for Clinical Biostatistics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 船渡川伊久子, 船渡川隆
2. 発表標題 順序カテゴリカルデータの2標本問題でのプロファイル尤度に基づく信頼区間とその他の順位に基づく方法の比較
3. 学会等名 2019年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 Marginal variance covariance structures for nonlinear growth curves
3. 学会等名 XXIX International Biometric Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 Longitudinal analysis for a pre and a post randomization data with equal baseline assumptions
3. 学会等名 39th the annual conference of international society for clinical biostatistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa
2. 発表標題 Approach using profile-likelihood-based confidence intervals to the two sample problem in ordered categorical data
3. 学会等名 39th the annual conference of international society for clinical biostatistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 船渡川伊久子
2. 発表標題 COVID-19の感染性
3. 学会等名 2021年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Ikuko Funatogawa and Takashi Funatogawa	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 141
3. 書名 Longitudinal Data Analysis: Autoregressive Linear Mixed Effects Models	

〔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
---------	---------