

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14378

研究課題名(和文) 縦断データの変化、関係性および集団差に関する頑健な推定法の開発と心理学への応用

研究課題名(英文) Developing a robust method for inferring changes, relations and group differences in longitudinal data: Applications to psychological research

研究代表者

宇佐美 慧 (Satoshi, Usami)

東京大学・大学院教育学研究科(教育学部)・准教授

研究者番号：20735394

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の成果は次の4点である。

(1)個人内関係の推測を目的としてRI-CLPMの普及が急速に進んでいる。疫学で提案された因果推論の枠組を援用して、交絡変数との線形的な関係性を含めたモデルの誤設定に対して頑健な推定法の開発を行い、研究成果が主要国際誌に採択された。(2)個人内変化の推測を一つの目的とした別の統計モデル(GCLM)の方法論的問題を示した論文が主要国際誌に採択された。(3)個人内関係を推測する目的で利用される様々な統計モデルやそれらの関係性をまとめた解説論文が国内誌に採択された。(4)(1)での方法に関する解説論文の執筆を行い、また測定誤差が測定に影響する場合への拡張を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

縦断データを用いた応用研究は年間で一万件以上世界で報告されており、中でも縦断的に測定された変数間の関係性の推測は主要なテーマである。本研究では、異なる研究領域や文脈を通してこれまで提案されてきた様々な統計モデル間の概念的・数値的關係性を整理して、特に個人内関係の推測上生じうる問題点や他のモデル設定の可能性を示した。また、交絡変数に対する線形性の仮定など統計モデル上生じうる誤設定に対して頑健かつ柔軟な個人内関係の推測方法を提案し、大規模縦断データへの適用例とともに、一定の時点数の下で十分な推定性能を有することを示した。

研究成果の概要(英文)：The outline of research achievements is as follows:

(1) To infer the within-person relation in longitudinal design the applications of RI-CLPM are rapidly growing. Using the causal inference framework proposed in epidemiology, a new estimation method has been developed that is robust to the model misspecifications, including violation of linearity between focal variables and time-varying observed confounders. The paper was accepted in major international journal. (2) A paper that discusses some methodological issues in applying another statistical model (GCLM) for inferring within-person relation was accepted in major international journal. (3) An overview article that summarized various statistical models and their relations used for inferring within-person relation was accepted in a domestic journal. (4) An overview article was submitted that explains and illustrates the method proposed in (1), also we extended it to the case where observations are influenced by measurement errors.

研究分野：心理統計学

キーワード：縦断データ 個人内関係 交差遅延パネルモデル 周辺構造モデル 構造ネストモデル 測定誤差 相互関係 構造方程式モデリング

#### 1. 研究開始当初の背景

小学生を対象に毎年実施して得た保健調査データのように、複数の個人から継続的に収集して得たデータを縦断データと呼ぶ。縦断データにより、変数(測定値)が時間的にどのように変化したかや、複数の変数間の変化の関係、更にはこれらに関する個人差・集団差の推測が可能になる。しかし、誤ったモデル選択や方法論の未整備等に起因するモデルの誤設定の影響により、不適切な結論を導いた研究事例が多く存在することが心理学や統計学の研究で示されてきた。

#### 2. 研究の目的

本研究課題では、縦断データ分析に伴う様々なモデルの誤設定を取り上げ、その影響下でも高い推定精度を有する頑健な方法を確立するための以下の研究を行う。1) 時間依存効果を考慮した縦断的变化のモデリングにおける頑健な推定法の開発。2) 複数の変数に関する個人内変化の関係性についての頑健な推測方法の開発。3) 構造方程式モデリング決定木による分類精度の検証と、頑健なモデル設定法の提案。4) 教育・発達心理学への提案手法の応用とモデルの誤設定への統合的対処法の提案。

#### 3. 研究の方法

1)【時間依存効果を考慮した縦断的变化のモデリングにおける頑健な推定法の開発】潜在成長モデルでは通常、個人間のデータは独立と仮定される。しかし、例えば猛暑日にスポーツ大会を行えば選手全体が本来の力を発揮できないように、あるイベントが全ての個人に共通して影響する時間依存効果が存在する場合、データの独立性が失われる。申請者は、時間依存効果の大きさが正規分布の下で時点間でランダムに変化し、尚且つ各時点の影響度が個人間で等しいことを仮定した条件下での時間依存効果を考慮した分析法を提案した。しかし、この仮定は明らかに強く、実際の時間依存効果が孕む問題に十分対処する方法とは言えない。そこで本研究では、ノンパラメトリックな方法やベイズ統計学を援用しながら、分布の形状等の仮定に対してロバストでありながらも、測定時点数が少ない条件下でも安定した推測を可能にするための方法論を開発する。

2)【複数の変数に関する個人内変化の関係性についての頑健な推測方法の開発】クロスラグパネルモデルは複数の変数に関する変化の関係を推測するために広く利用されているが、同様の目的で利用可能なモデルは他にも多くあり、最近では既存のモデル群の異同を明確化する枠組としての一般クロスラグパネルモデルが提案された。一般クロスラグパネルモデルは有効な枠組であるが、とりわけ時間変動的な交絡変数が存在する場合には依然として推論上の問題がある。この点の一つの対処として、例えば疫学では周辺構造モデルのようなアプローチがあり現在も活発に進められている。本研究では、このようなアプローチと一般クロスラグパネルモデルを活用して、縦断的に測定された変数の個人内関係性についての頑健な方法を開発する。

3)【構造方程式モデリング決定木(SEMTree)による分類精度の検証と、頑健なモデル設定法の提案】SEMTreeでは、例えば直線の変化など、データを説明するモデルを設定し、データの集団差を説明する上で有効な独立変数を探索しながら各集団の傾向を推定する。しかし、SEMTreeの適用において、ありうるモデルの誤設定の種類は多様であり、例えばデータの統計分布や誤差の等質性に関する仮定からの逸脱が分析結果に与える影響については未検討である。本研究では、変化のパターンや変数間の関係性の集団差を調べる目的でSEMTreeを適用する際の、分類の推定精度ならびにそれへの種々のモデルの誤設定の影響、更には統計分布を仮定しないノンパラメトリックな方法の有効性について検討する。

4)【教育・発達心理学への提案手法の応用とモデルの誤設定への統合的対処法の提案】種々の縦断データを用いて、研究1-3における提案手法の有効性を例証するとともにモデルの誤設定の問題への統合的な対処法を示す

#### 4. 研究成果

特に、「複数の変数に関する個人内変化の関係性についての頑健な推測方法の開発」・「教育・発達心理学への提案手法の応用とモデルの誤設定への統合的対処法の提案」の2点の研究課題については、実際の心理学研究でも関連する応用研究の数が非常に多く、また統計モデル選択や推測方法について本研究課題申請後も盛んに議論が交わされている重要性の高いテーマであったことを踏まえて、重点的に進めた。主要な研究実績の概要は以下のとおり

である。

(1)縦断的に測定された変数に対する個人内関係の推測を目的として、Random Intercept CLPM (RI-CLPM)と呼ばれるモデルの利用が心理学研究を中心に急速に進んでいる。RI-CLPM では交絡変数を含めたモデル内の変数間の線形性を通常仮定するが、構造ネストモデルや周辺構造モデル等の疫学で提案された因果推論の枠組を援用して、線形性を含めたモデルの誤設定に対して頑健であり、かつ RI-CLPM のような個人内関係の推測を行うための方法論の開発を行った。加えて、数千名の大規模コホート(Tokyo Teen Cohort: TTC)から得られた発達データに提案手法を適用し、一連の研究成果が主要国際誌(Psychometrika)に採択された。

(2)個人内変化の推測を一つの目的とした別の統計モデル ( general cross-lagged panel model: GCLM)について、生じうる方法論的問題(RI-CLPM とは異なる意味での時不変的な潜在変数の統制をしていること、および移動平均項の導入に伴う係数の解釈において生じうる問題)を示した論文が、主要国際誌(Structural Equation Modeling)に採択された。

(3)相互 (または個人内) 関係を推測する目的で利用可能な様々な統計モデルの発展やそれらの数学的・概念的な相違点・類似点をまとめた解説論文を執筆し、国内誌 (発達心理学研究) に採択された。

(4)最終年度では、(1)で示した方法に関する解説論文の執筆を行って主要国際誌に投稿した。加えて、測定誤差が各変数の測定に影響する場合でも本方法が適用できるための拡張を行い、論文化の作業の大半を進めた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4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 2件）

1. 著者名 Satoshi Usami	4. 巻 -
2. 論文標題 Within-person variability score-based causal inference: A two-step estimation for joint effects of time-varying treatments.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Psychometrika	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/s11336-022-09879-1	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 Satoshi Usami	4. 巻 28
2. 論文標題 On the differences between general cross-lagged panel model and random-intercept cross-lagged panel model: Interpretation of cross-lagged parameters and model choice.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structural Equation Modeling	6. 最初と最後の頁 331-344
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/10705511.2020.1821690	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 宇佐美慧	4. 巻 33
2. 論文標題 個人内関係の推測と統計モデル ランダム切片交差遅延パネルモデルを巡って	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 発達心理学研究	6. 最初と最後の頁 267-286
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 Satoshi Usami	4. 巻 -
2. 論文標題 A two step robust estimation approach to infer within-person relation in longitudinal design: Tutorial and simulations.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 PsyArxiv	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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Satoshi Usami
2. 発表標題 Within-person variability score-based causal inference: A two-step semiparametric estimation for joint effects of time-varying treatments.
3. 学会等名 85th Annual Meeting of Psychometric Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇佐美慧
2. 発表標題 個人の潜在特性値を考慮した時变的処置変数の因果効果の推定法 構造ネスト平均モデルからのアプローチ
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Usami
2. 発表標題 Within-person variability score-based causal inference: A two-step semiparametric estimation for joint effects of time-varying treatments.
3. 学会等名 行動計量学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Usami
2. 発表標題 Statistical models for the inference of within-person relations in longitudinal design
3. 学会等名 The 22nd SNU International Conference on Education Research. Seoul National University, Korea. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Usami
2. 発表標題 A Two-Step Robust Estimation Approach for Inferring Within-person Relations in Longitudinal Design
3. 学会等名 Modern Modeling Methods Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Satoshi Usami
2. 発表標題 A Two-Step Robust Estimation Approach for Inferring Within-Person Relations in Longitudinal Design
3. 学会等名 International Meeting of Psychometric Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宇佐美慧
2. 発表標題 個人内関係の推測と統計モデルの選択
3. 学会等名 日本心理学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

申請者のHP  
<http://usami-lab.com/>

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			
米国	University of Chicago			
ドイツ	University of Tübingen			