

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 13 日現在

機関番号：32634

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22830085

研究課題名（和文）発達データ分析のためのセミパラメトリック軌跡分析法およびソフトウェアの開発

研究課題名（英文）Development of semiparametric trajectory analysis and software for developmental data analysis

研究代表者

岡田 謙介 (OKADA KENSUKE)

専修大学・人間科学部・講師

研究者番号：20583793

研究成果の概要（和文）：

縦断的な大規模発達データを収集する研究プロジェクトが、近年国内外で多数行われるようになってきている。こうしたデータ分析のために広く利用される方法論として、群分けとモデリングを同時に行うことのできる軌跡分析がある。本研究では発達・教育心理学への応用を念頭におき、データの階層構造や潜在変数、非対称性を統計学的観点から見て適切に扱うことができるような軌跡分析の拡張を提案した。また、提案手法を実行するためのソフトウェア・プログラムを開発し、公開した。

研究成果の概要（英文）：

There have been many large-scale longitudinal studies of human development recently. Trajectory analysis is one of the most frequently used statistical technique in the analysis of longitudinal data in developmental psychology. In this study, extensions of trajectory analysis is proposed to statistically deal with hierarchical, latent, and asymmetric structure within such longitudinal dataset. Software programs implementing the proposed approach has also been developed and released.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,120,000 | 336,000 | 1,456,000 |
| 2011年度 | 1,140,000 | 342,000 | 1,482,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 2,260,000 | 678,000 | 2,938,000 |

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学、教育心理学

キーワード：セミパラメトリックモデル、信頼性、発達データ、発達心理学、軌跡分析、階層モデル

## 1. 研究開始当初の背景

人間は、生まれた直後から周囲の人々からの働きかけを受けながら成長し、発達する。この発達の過程を統計学的にモデリングし、

その類型化を行って教育現場に役立てることや発達障害・問題行動等を予測する要因をつきとめることは教育心理学における重要な課題である。

発達を分析するための重要なモデルとして、Nagin (1999)のセミパラメトリック集団軌跡分析がある。この方法はセミパラメトリック法を用いるため分布の仮定が少なくすみ、頑健な推定が可能となる。また、個体の類型化(群分け)と発達過程のモデリングとを同時に行うことができる。こうした特長のため、軌跡分析は近年多くの発達研究において国際的に広く利用されている。

## 2. 研究の目的

本研究では発達心理学の大規模縦断データにおいて軌跡分析を利用して有用な知見を得るための、統計的方法論の開発を行うことを第一の目的とした。このために、既存の軌跡分析を拡張して、データの階層性・潜在変数・非対称性を扱うことのできるモデル、およびその統計的なパラメータ推定法を開発することとした。

また、提案手法による推定を行うためのソフトウェアを開発し、公開することを第二の目的とした。応用研究者の利用しやすさを考慮し、ソフトウェア・プログラムはフリーの統計言語・環境Rを用いて行うこととした。また、実際に本研究で開発したモデルおよびソフトウェアを実際に利用して、大規模データの実証分析を行うこととした。

## 3. 研究の方法

第一の目的を達成するため、拡張された軌跡分析モデルの尤度関数を導出し、それを最大化するアルゴリズムを開発した。推定法としては最尤推定だけでなく、欠損値やモデルの仮定からの逸脱に頑健と考えられているベイズ推定を利用することとした。手法の評価のため、真のモデルから乱数データを発生させ、提案手法を用いて推定したパラメータの推定値と真値とのずれを評価する数値シミュレーション実験を実施した。これにより、提案手法が適切なモデル推定をできることを検証した。さらに、類似した目的で利用される既存の方法と、提案手法との性質を比較を行うこととした。

また、第二の目的を達成するため、手法の開発や評価の際に利用したプログラムを整理し、再利用が容易な形で適宜コメントなどをつけた。これを発表する論文に付録として掲載することにより、手法とプログラムとの対応づけが容易となるようにした。

## 4. 研究成果

本研究課題では、大別して以下に述べる5つの研究を実施し、その成果を得た。

### (1) 階層的な軌跡分析法の開発

軌跡分析法に学級・学校・地域のような階層的な構造を取り入れる階層(マルチレベル)モデルの構築、およびその検証を行った。

とくに、これまであまり検討されてこなかった分散成分の階層化が可能であることを示し、その推定法を開発して発表した。

### (2) 軌跡分析への潜在変数の導入

軌跡分析において心理学で多様される様々な構成概念を適切に扱うため、潜在変数を取り入れる拡張についての研究を実施した。潜在変数を取り入れるに際しては、その測定の信頼性がとくに重要となるため、信頼性を適切に測定するためのさまざまな方法論を、数値シミュレーションおよび実データを使って比較検討した。この結果、ベイズ推定による信頼性の推定が頑健な性質を持つことが示された。

### (3) ベイズ推定による軌跡分析法の開発

軌跡分析のさらなる拡張のために、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた推定法の開発・およびその評価を行った。同方法は複雑な統計モデルに対する統計的推定の強力な手段となりうるが、本研究で考えるモデルについてはラベルスイッチングと呼ばれるような解の不定性が問題となる。そこで、これに対処するための方法論を開発し、また数値シミュレーションを用いて評価した。この結果、提案手法は、既存の方法と比べてラベルスイッチングの問題に適切に対処できていることが示された。

### (4) 非対称データ分析法の開発

発達データでしばしば登場する非対称な構造を持つ類似度データを、ベイズ統計を用いてモデリングおよび推定し多次元尺度構成法で布置する方法論を開発した。これにより、非対称データを確率モデルとして推定することができるようになった。

### (5) 信頼性のレビューと新しい手法の開発

発達データ分析において不可欠となる信頼性係数を推定するための各種方法論を、系統的にレビューした。また、様々な現実的な制約条件下における各種信頼性推定の方法論を数値実験により評価する研究を行い、その成果を発表した。

本研究課題で得られた上記のような結果の一部は、国内外の査読付き論文誌に発表された。方法論の開発に関する4篇の論文(雑誌論文①~③、⑤)については、作成したプログラムスクリプト(ソフトウェア)も論文に併せて発表し、公開された。これにより、当初からの目的であった、本研究成果を他の研究者に利用してもらうための成果公開を行うことができた。また、本研究の成果を利用して国際比較データを分析する応用研究を行った(雑誌論文④)。この成果は国際的な査読付き論文誌に発表された。

また、これまでの本事業の研究成果を公開し共有するために、大規模学会におけるワークショップ・シンポジウムの開催および著書の執筆を行った。とくに日本心理学会第75

回大会においては、企画者としてワークショップ「発達・老化のダイナミクスと個人差を捉える新しい縦断データ分析法」を開催し、多数の参加者にご来場いただいた。ここでは自らが話題提供者として軌跡分析を中心に本事業の成果を発表したほか、同分野の他研究者にもご発表をいただき議論を行った。

また、教育心理学・発達心理学の領域において、仮説検定への過度な依存による弊害が国際的に指摘されている。これは発達データの軌跡分析においても同様である。こうした現状を鑑み、仮説検定への過度な依存から脱却して、より実質的・実践的なデータ分析を行うためのベイズ統計学をはじめとする各種方法論をまとめた共著の著書を執筆し出版した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 岡田 謙介. A Bayesian approach to asymmetric multidimensional scaling, *Behaviormetrika*, 査読有, 39 巻, 2012, 1-14.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/bhmk/39/1/39\\_49/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/bhmk/39/1/39_49/_article)
- ② Kato, J. & Okada, K., Simplification and shift in cognition of political difference: Applying the geometric modeling to the analysis of semantic similarity judgment, *PLoS One*, 査読有, e20693, 2011, 1-9.  
DOI: 10.1371/journal.pone.0020693
- ③ 岡田 謙介, クロンバックの  $\alpha$  とは何だったのか: 信頼性係数のレビューと実データ分析, 専修人間科学論集 心理学篇, 査読無, 1 巻, 2011, 91-98.  
[http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=2069&item\\_no=1&page\\_id=15&block\\_id=11](http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=2069&item_no=1&page_id=15&block_id=11)
- ④ Okada, K. & Mayekawa, S., Bayesian nonmetric successive categories multidimensional scaling, *Behaviormetrika*, 査読有, Vol. 38, 2011, 17-31.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/bhmk/38/1/38\\_1\\_17/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/bhmk/38/1/38_1_17/_article)
- ⑤ 岡田 謙介, クロンバックの  $\alpha$  に代わる信頼性の推定法について, 日本テスト学会誌, 査読有, 7 巻, 2011, 37-50.  
<http://www.jartest.jp/book7-1.html>

[学会発表] (計10件)

- ① Okada, K., Bayesian analysis of asymmetry by the slide-vector model, 4th Japanese-German Symposium on Classification, 2012年3月10日, Doshisha University
- ② Okada, K., Bayesian inequality constrained multidimensional scaling, 4th International Conference of the ERCIM WG on Computing and Statistics, 2011年12月19日, University of London
- ③ 岡田 謙介, 発達・老化の縦断データ解析のための混合軌跡モデリング, 日本心理学会第75回大会, 2011年9月17日, 日本大学
- ④ 岡田 謙介, ベイズ推定による非対称MDS, 日本行動計量学会第39回大会, 2011年9月14日, 岡山理科大学
- ⑤ 岡田 謙介, 因子分析モデルのaveragingによる信頼性推定, 2011年度統計関連学会連合大会, 2011年9月5日, 九州大学
- ⑥ Okada, K., A Bayesian approach to a symmetric multidimensional scaling, 58th World Statistics Congress of the International Statistical Institute, 2011年8月22日, Dublin Convention Centre
- ⑦ 岡田 謙介, 小標本における分散分析の各種効果量について, 日本教育心理学会第53回総会, 2011年7月24日, 札幌市がでる2・7
- ⑧ Okada, K., An empirical comparison of methods for estimating reliability, 17th International Meeting of the Psychometric Society, 2011年7月20日, Hong Kong Institute of Education
- ⑨ 岡田 謙介, 信頼性係数の比較と評価, 日本計算機統計学会第25回大会, 2011年5月8日, 函館市亀田福祉センター
- ⑩ 岡田 謙介・北村哲史・前川眞一, マルチレベルモデルにおける分散母数の階層化, 日本行動計量学会第38回大会, 2010年9月24日, 埼玉大学

[図書] (計1件)

- ① 大久保街亜・岡田 謙介, 勁草書房, 伝えるための心理統計: 効果量・信頼区間・検定力, 2012, 215頁

[その他]

ホームページ等

<http://www3.psy.senshu-u.ac.jp/~ken/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 謙介 (OKADA KENSUKE)  
専修大学・人間科学部・講師  
研究者番号：20583793

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし