

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17530489
 研究課題名（和文） 共分散構造分析の応用的研究に関して
 特段に重要な最新トピックに関する教授法の研究
 研究課題名（英文） Didactics concerning latest topic for the application
 research on structural equation modeling.
 研究代表者
 豊田 秀樹（TOYODA, Hideki）
 早稲田大学・文学大学院・教授
 研究者番号：60217578

研究成果の概要：

構造方程式モデリングには、従来、以下の3つの大きな問題点があった。正規性(Normality) 識別性(Identifiability) 同値モデル(Equivalent model) 心理統計学には、大まかに「1次の積率(平均)の構造化による分散分析から、2次の積率(共分散)の構造化による共分散構造分析へ」という流れがあった。それを延長して、高次の積率を構造化すると、(1)ほとんど、どんな分布でも漸近的に有効な推定量が構成でき、(2)実質科学的に要請があるパス図に関して解と適合度が一意に求まり、(3)同値モデルに遭遇せずに、適合度の観点からライバル仮説を比較できる、という驚くべき性質が現れる。上記3つの問題点は、実用的な意味からは、ほぼ全面解決することを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	0	0	0
2005年度	900,000	0	900,000
2006年度	900,000	0	900,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,600,000	540,000	4,140,000

研究分野：社会科学・心理学

科研費の分科・細目：教育心理学

キーワード：共分散構造、構造方程式、心理統計、教育測定、多変量解析

1. 研究開始当初の背景

共分散構造分析(構造方程式モデリング)は、我が国における社会科学・行動科学の方法論的道具として、よく知られるものとなった。共分散構造モデルは、一般線形モデル・同時方程式モデル・因子分析のような伝統的な統計手法の多くを特殊ケースとして包含しているために、極めて応用範囲が広く、マーケティング・金融・データマイニングなど様々な理論的・実践的研究に利用されている。

ただし共分散構造分析は、完成された統計モデルではなく、数理面・実践面において急速な進歩をしている真只中の数理モデルである。近年実用化した例を見るなら、たとえば数理的な面では多重代入法を利用した欠測データの処理やADF(漸近的に分布に依存しない母数推定法)の実装などが挙げられる。実践面では、実験計画によって統制されたデータの解析や縦断的データの解析や多相データの解析法が挙げられるだろう。

これらの進歩は、幸いなことに、分かり易く日本語で紹介された。このため我が国における共分散構造モデルの理論と実践の両面の発展は、現在、活況を呈している。教授法の提案は重要である。共分散構造分析の進歩の多くは高度な統計学の分野で行われるのに対して、それを必要としているユーザーは文科系の研究分野に属していることが多く、しかもある程度は、その進歩の理論的意味を理解しないと利用できないからである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、共分散構造モデルにおける向こう4年間の進歩をモニターし、それを必要としている多くの研究者に分かりやすい教授法を提案することである。

具体的に考えられる領域としては、例示に過ぎないが、第1に理論面では「高次積率を利用した母数の推定法」が挙げられる。高次の積率を使用すると、これまで引けなかったパスが沢山引け、識別問題が大幅に緩和することが知られていたが、推定には大標本が必要であり、実用化が見送られてきた。しかしネットワークを中心とするデータマイニングではこれまででは考えられないほどの大標本が使用できるために、高次積率を利用した母数の推定法は急速に脚光を浴びている。第2に実践面では「階層モデリング」の普及が上げられる。階層モデリングは、特段の理論的発展を共分散構造モデルに施さなくても、分析が可能であることが数理的には証明されている。しかし、そのこと自体がユーザーにはほとんど知られていない。階層モデリングが、共分散構造分析の枠組みで普及すれば、2段抽出データの正確な分析が容易になり、個人間変動と個人内変動が区別して取り出され、縦断データの解析の精度が増すだろう。

本研究の成果として、理論研究を目指す研究者は本研究を踏み台とすることによって、最先端の領域に容易に到達できるようになる。そして、我が国における共分散構造モデルの理論的研究がいつそう盛んになることが予想される。その結果として、複雑化した社会構造変動を捉えるために新たに発展した共分散構造分析法が容易に習得できるようになり、それを必要とする社会・人文・行動科学の多くの領域でのデータ解析的研究が促されることが、本研究の意義である。

3. 研究の方法

教授法は、理論的側面と実践的側面に分けて作成される。共分散構造モデルにおいて理論面で特筆すべき進歩は、高次積率を利用した母数の推定方法である。この方法に関する教授法を整備することは、パス図の相当に自由な描画による識別問題の大幅な解決、

調査(非統制)データからの因果矢印の示唆、など、応用研究に直ぐに利用できる魅力的な果実をもたらす。

4. 研究成果

(1) 単回帰分析で、一方の変数 x から他方の変数 y への標準偏回帰係数と、逆向きの y から x への標準偏回帰係数は、常に値が同じでないことを示した。

(2) 変数 x から変数 y への単回帰式と、その逆向きの単回帰式では、共に飽和モデルであるから、どちらがよりデータに当てはまっているかを比較することが従来できなかった。しかし、データによって矢印の方向は決められることを示した。

(3) 探索的因子分析で、初期解と回転解(単純構造を目指した解)では統計学的に良さを比較することはできなかった。言い換えるならば、従来は、因子分析の共通因子空間は回転しても、モデルとデータの適合度は変わらなかったのだが、一意に定まることを指摘した。

(4) 通常の探索的因子分析では、2つの観測変数から2つの因子は抽出できなかった。2つの因子どころか、観測変数が2つしかない場合には、そもそも因子を抽出できなかった。しかし本研究では、観測変数より多くの因子を抽出することが可能であることを示した。

(5) パス解析(同時方程式)では、可能なパスを全部引いたなら識別不定になってしまう。例えば3つの変数に対して可能な全部のパス12本を引いたら、解は定まらなかった。それどころか全ては引かずとも双方向モデルは、道具的変数がないと、識別不定になってしまっていた。その意味で変数に対する事前知識は必須であった。しかしADF3を用いることによってフルパスモデルの解を解くことができることを示した。

(6) (5)の実例として3変数のパスモデルで、 $x \ y \ z$ と $z \ y \ x$ では、データを取る前から適合度が等しくないことを示した。言い換えるならば2つのモデル $x \ y \ z$ と $z \ y \ x$ はデータによって適合の比較をすることが可能であることを示した。

(7) データを取る前から、適合度が等しいことが分かっているモデルを、互いに同値なモデルといい、モデル探索ではしばしば同値モデルに遭遇し、データだけでは候補に挙げられたパスの比較ができなくなることが少なくなかった現状を打破した。

(8) これまでの構造方程式モデリングは変数に正規分布を仮定するので、たとえば分布が大きく歪んでいるデータへの適用は、適切でなかった。しかし、歪みこそが重要な情報であることを示した。

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を付した)

[雑誌論文](計20件)

Toyoda, Hideki, Norikazu Iwama, Megumi Takeshita, and Hiroto Murohashi, Model Selection Based on an Asymptotically Distribution-Free Method Utilizing up to Third-Order Moments, 2009 New Trends in Psychometrics. Universal Academic Press 査読有り

Suzukawa, Yumi, Toyoda, Hideki, & Kawahashi, Ikkou An Analysis of the Programme for International Student Assessment (PISA): Detecting DIF Using Multiple-group IRT, 2009 New Trends in Psychometrics, Universal Academic Press. 査読有り

Ozaki, Kohken & Toyoda, Hideki, Item difficulty parameter estimation using the idea of the graded response model and computerized adaptive testing. 2009 Japanese Psychological Research. 51, 1-12. 査読有り

久保沙織・豊田秀樹 有限混合多変量回帰モデルによるオークションデータの分析 購入後の使用目的別クラスの探索, 2009 オペレーションズリサーチ Vol.54, 73-80. 査読有り

鈴川由美・豊田秀樹・川端一光 わが国の数学教育は数学を日常の中で活用する能力を重視しているか PISA2003年調査DIFによる分析, 2008 教育心理学研究 Vol.56, No.2, 206-217. 査読有り

豊田秀樹・福中公輔・川端一光・片平秀貴 2次因子分析における構成概念の平均値の比較 -ブランド価値の経時的比較を例にとって- 2008 行動計量学 Vol. 35, No. 1 pp. 91-101. 査読有り

豊田秀樹・岩間徳兼・鈴川由美・久保沙織・竹下恵・池原一哉 対象数が多い場合のSEM多母集団モデルによる一対比較法 ネーミングテストへの適用を通じて, 2008 マーケティングサイエンス Vol.15 No.1,2. pp. 45-64. 査読有り

豊田秀樹・福中公輔・川端一光 SEMのソフトウェアMxによるグラフィカルモデリングの実行, 2007 行動計量学 Vol. 34, No.

2 pp. 139-146. 査読有り

豊田秀樹・福中公輔・尾崎幸謙・川端一光 構成概念間のグラフィカルモデリング-因子分析とGMの統合的な解--, 2007 心理学研究, 第78巻(4) 416-423. 査読有り

豊田秀樹・川端一光・中村健太郎・片平秀貴 傾向スコア重み付け法による調査データの調整-ニューラルネットワークによる傾向スコアの推定-, 2007 行動計量学 Vol. 34, No. 1 pp. 101-110. 査読有り

豊田秀樹・川端一光・渡辺徹・日高美英子 SEMによる反応歪曲に抗する一対比較型テストモデル, 2007 教育心理学研究 55巻 3号 325-334. 査読有り

豊田秀樹・川端一光・中村健太郎 プロスペクト理論における「リスク追求」傾向のIRTによる尺度化の試み 2007 教育心理学研究 55巻 2号 161-169. 査読有り

豊田秀樹・川端一光・片平秀貴・齋藤朗宏 残差変数の構成概念スコアを推定したランキングモデル 心理学研究. 2007 77巻 2号, pp115-123. 査読有り

Murohashi, Hiroto, & Toyoda, Hideki Model Specification Search Using a Genetic Algorithm with Factor Reordering for a Simple Structure Factor Analysis Model. 2007 Japanese Psychological Research. 49 179-191. 査読有り

川端一光・豊田秀樹 非線形ロジットIRTモデルによる尺度選択の試み-EI尺度への適用-, 日本テスト学会誌, 2007 第3巻 15-33. 査読有り

Ozaki, Kohken & Toyoda, Hideki A Paired Comparison IRT Model Using 3-value Judgment: Estimation of Item Difficulty Parameters Prior to the Administration of the Test. 2006 Behaviormetrika 査読有り

Sasagawa, Satoko Toyoda, Hideki & Sakano, Yuji The acquisition of cultural values in Japanese returnee students 2006 International Journal of Intercultural Relations. Vol.30, 333-343. 査読有り

豊田秀樹・齋藤朗宏 セマンティック・デファレンシャル法のための3相多群および4相データのポジショニング分析法 2005 教育心理学研究 Vol.53, No.3, 414-426.

査読有り

豊田秀樹・川端一光・松下信武 採用場面におけるEQ検査の改善 2005 教育心理学研究 Vol.53, No.4, 456-466. 査読有り

尾崎幸謙・豊田秀樹 要因が二つある場合の因子の分散分析のいくつかの表現の比較 音楽と感情の関係の分析 2005 心理学研究 Vol.76, No.2, 97-104. 査読有り

〔学会発表〕(計8件)

豊田秀樹 構造方程式モデリング 3次までの積率構造の理論と応用 2008,9 統計関連学会連合大会 慶応大学

豊田秀樹 Rによるデータマイニング入門、2008,9 第72回日本心理学会ワークショップ 北海道大学

豊田秀樹 心理学に活かすベイズ的アプローチ MCMC入門、2008,9 第72回日本心理学会ワークショップ 北海道大学

豊田秀樹 今日から貴方もSEMデビュー Amosによる分析 2007,9 第71回日本心理学会ワークショップ 東洋大学

豊田秀樹 明日のための構造方程式モデリング 発展的な研究を心理学に役立てる 2007,9 第71回日本心理学会ワークショップ 東洋大学

豊田秀樹 お金を掛けない心理データ解析の最初歩 2006,9 第70回日本心理学会ワークショップ 九州大学

豊田秀樹 Rによる心理統計モデルの最前線 2006,9 第70回日本心理学会ワークショップ 九州大学

豊田秀樹 項目反応理論のすゝめ - 最新理論を手軽に使う - 2005,9 第69回日本心理学会ワークショップ 慶応大学

〔図書〕(計9件)

豊田秀樹 検定力分析入門 東京図書(単編著)2009

豊田秀樹 共分散構造分析「実践編」 朝倉書店(単編著)2009

豊田秀樹 データマイニング入門 東京図書(単編著)2008 308p

豊田秀樹 マルコフ連鎖モンテカルロ法

朝倉書店(単編著)2008 265p

豊田秀樹 共分散構造分析「理論編」 朝倉書店(単著)2007 287p

豊田秀樹 共分散構造分析「Amos編」 東京図書(単編著)2007 206p

豊田秀樹 数理統計学ハンドブック 朝倉書店(単監訳)2006 766p

豊田秀樹 消費者心理を読み解く統計学 東京図書(単編著)2006 245p

豊田秀樹 項目反応理論「理論編」 朝倉書店(単編著)2005 220p

6. 研究組織

(1)研究代表者

豊田 秀樹 (TOYODA HIDEKI)
早稲田大学・文学学術院・教授
研究者番号:60217578

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし