

# 「討論：共分散構造分析」の特集にあたって

Notes for discussion of structural equation modeling.

豊田秀樹<sup>1</sup>

TOYODA, Hideki

過去 10 年の間に、共分散構造分析 (covariance structure analysis) は、日本における社会科学・行動科学の方法論的道具として頻繁に用いられるものとなった。このアプローチは構造方程式モデリング (structural equation modeling, SEM と略記されることが多い) と呼ばれ、一般線形モデルや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、広汎な応用領域の学術的分析に利用されている。

本特集では拙文に続いて、まず狩野氏による基調論文が提示される。次に、基調論文に対して南風原氏・椿氏が討論およびコメントの論文を展開する。更に、鈴木氏が共分散構造分析の 1 つの手本となる分析事例を示す。最後に、狩野氏からの再討論・再コメントの論文で締めくくられる。

狩野氏による基調論文「共分散構造分析は、パス解析、因子分析、分散分析のすべてにとって変わるのか？」は、たいへん挑戦的な題名である。この論文は、2000 年 3 月に愛知学院大学日進キャンパスで開催された「日本行動計量学会第 3 回春の合宿セミナー」における同名の講演内容を土台としている。行動計量学会では大学生・大学院生・研究者・実務家のために、毎年春に、統計的・計量的手法を学んでもらうためのセミナーを開催している。愛知学院大学の合宿セミナーにおける狩野氏の講演は、内容の密度が非常に高く、また語り口調が誠実でユーモアに溢れ、当日、大きな会場満員の聴衆を完全に魅了していた。

引き続き翌日の「質問に答えて」という Q & A コーナーでも前日の学術的興奮が覚めず、熱心なやりとりが続けられていた。更にセミナー終了後にも、狩野氏の WWW ページに置かれていた講演資料を共分散構造分析に興味を持つ多くの方達が利用していたようである。そこでその内容を正式に学術誌に留めるべく、行動計量学誌の体裁にふさわしくように改稿をお願いし、また積極的な議論を喚起する為に、上述のような討論形式の特集を企画した次第である。

共分散構造分析関係の特集は、諸外国の学術論文において多数見受けられる (豊田, 2000a)。特に 1998 年に *Journal of Educational Statistics* の第 12

---

<sup>1</sup>早稲田大学 文学部  
School of Literature, Waseda University,  
1-24-1 Toyama Shinjyuku-ku, Tokyo 162-8644 Japan.

巻において、また 1995 年に *Journal of Organizational Behavior* の第 16 巻において、本特集のように討論形式の企画が組まれている。しかし本特集の内容は、これまで諸外国で議論されたも内容とは全く異なっている。オリジナリティが高く、我が国における共分散構造モデル研究の理論的・応用的広がりを端的に表している。

編者は討論形式の原稿が完成するまで、議論には参加しなかった。混乱が生じたら調整役に回ろうと、待ち構えていたのである。しかし、真剣な討論は有意義に紳士的に推移し、このままでは編者の出番は全くなってしまう。かといって密度の高い中心的な議論に加わるには紙面が足りない。そこで残りの僅かなスペースで議論の中心からすこし外れた角度から、ささやかなコメントをしようと思う。

#### 観測変数が多い場合にモデルの適合度が悪くなる

元来、SEM の因果モデルはデータの真の発生機構ではないから、観測変数が多くなると自由度が大きくなってモデルとデータの適合が悪くなる。そこで適合度の見栄えをよくする為に、変数を少なくするという弊害が生じているらしい。結論から先に述べるならば、実質科学的に存在理由がある観測変数を減らす必要はないし、減らしてはいけない。

豊田、真柳 (2001) では、観測変数の数が 104、自由母数の数が 195、自由度が 5369 という大規模な因果モデルが示されている。カイ 2 乗値の限界水準は、有効数字 3 ケタで 0.000 であったが、端から無視している。適合度指標 GFI の値も低く 0.407 であった。GFI の値が低いのは自由度が大きい為である。そんなことを気にしてはいけない。1 自由度あたりの指標である RMSEA は 0.097 と許容範囲であった。

GFI の値を気にするのは観測変数の数が 30 までの場合、あるいは平均構造がない場合、あるいは多母集団の解析をしていない場合である。観測変数が多い場合も RMSEA など、1 自由度あたりの適合の指標を参照すれば、客観的な基準をクリアできることが多いので、まずは安心して観測変数を投入すべきだ。もし許容範囲でなくとも実質科学的な果実の多いモデルであるならば、そのことを文章で主張し、査読者を納得・了解させるべきである。

#### 誤差の扱いは適切に処理されるのか

真値は、観測変数からコンテキスト・フリーに分離されるものではないし、してはいけない。時間に対する安定を問題にする場合は共通因子 + 独自因子が真値であるし、内的整合性を問題にする場合には、そこから独自因子が除かれる。SEM を用いると観測変数は、共通因子と独自因子と誤差因子に分解する事ができる (豊田, 2000b, p.33) から、目的に応じて信頼性を評価すればよい。その意味で SEM の構成概念は決して共通因子だけということではなく、研究の目的に応じた真値と誤差を表現できる。

また Jöreskog & Sörbom (1979, p.76) は分散分析混合モデルが、因子パターンが固定母数だけから構成された因子分析モデルであることを示し、Mar-

coulides(1996) が一般化可能性係数の推定法として SEM を利用する方法を紹介している。因子間のパス解析という初等的なパス図の範囲の利用しかなないと、確かに南風原氏が指摘するような問題が生じる場合もある。しかし分析者が、注意深く方程式を設定し、それに沿ってデータを集めるならば、SEM は、自由に、木目細かく、確実に誤差の源泉を特定し、処方箋を呈示することが可能である。

#### 構造方程式が測定方程式に影響する問題

SEM が口をきけたなら「分らないというから、手伝ったのに、後から文句をいうな。それは、そもそも君の仕事だ」と言うだろう。

たとえばある大学の入学試験における「入学時の学力」という構成概念が「入試科目”数学”，”国語”，”英語”を 1：1：2 で重視した学力である」というしっかりとした選抜理念を分析者がもっていれば測定方程式を固定できる。

たとえば抑うつ状態の測定に用いられる代表的な尺度として、自己評価式抑うつ性尺度 (SDS: Self-rating Depression Scale) (福田・小林, 1973) があるけれども、心理臨床家はこの尺度の各尺度値に具体的なイメージを持っているから、臨床的実感にもっとも近い構成概念を表現する為にタウ等価の制約を測定方程式に与えることが可能である。

このように分析者が構成概念の測定に関して確固たる情報を持っていれば、外的変数を変えても構成概念の内容は変化しない。測定は構造とは独立であると言いたいならば、上述のように、分析者が統計学以外の知識で測定方法を固定すればよい。測定状況が不明でも統計的に識別できるという SEM 長所を逆にとり、外生変数を変えると測定方程式の推定値が変わると主張することは、分析者自身の汗のかき惜しみではないだろうか。

#### 実験データの解析には向かないのか

愛知学院大学におけるセミナーで狩野氏は、パス解析・因子分析に対しては SEM の優位を十全に論じているが、分散分析との比較に関しては SEM の分が悪いと述べた。多重比較に関してはそのとおりである。しかし「様々な実験状況の表現力に関しては SEM は力を発揮するのではないか」と帰路の新幹線の中で考えた。それから今日まで 2 年半の間、SEM による実験データの解析モデルの論文を中心に執筆してきた。複数の因子の平均値差を直交表で解析するモデル、2 値データの分散分析、コンジョイントモデルにおける潜在クラス分析、シェフェの対比較実験の解析法、その他を豊田 (2003) で示した。それを狩野氏への返答としたい。

## 参考文献

- 福田一彦・小林重雄 (1973). 自己評価式抑うつ性尺度の研究 精神神経学雑誌, 75, 673-679.
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1979). *Advance in Factor Analysis and structural Equation Models*. Cambridge, MA: Abt books.

- Marcoulides, G. A. (1996). Estimating variance components in generalizability theory: The covariance structure analysis approach. *Structural Equation Modeling*, **3**, 290-299.
- 豊田秀樹 編著 (2003). 共分散構造分析 — 構造方程式モデリング — [技術編] 朝倉書店 . 近刊 .
- 豊田秀樹, 真柳麻誉美 (2001). 繰り返し測定を伴う実験のための因子分析モデル, *行動計量学* **28**, 1-7.
- 豊田秀樹 (2000a). 構造方程式モデリングの学習のための文献的展望, *行動計量学* **27**, 35-42.
- 豊田秀樹 (2000b). 共分散構造分析 — 構造方程式モデリング — [応用編] 朝倉書店,