

研究会報告

多変量解析における潜在変数モデルの理論と応用

平成 2 年度 統計数理研究所 共同研究 (2-共研-9)

開催日: 1990 年 9 月 27 日

1991 年 2 月 9 日

研究代表者: 柳井晴夫 (大学入試センター)

多変量解析における潜在変数モデルとしては、因子分析が最も古くから研究されているが、モデルの識別可能性 (identifiability)、因子数の推定、誤差項が多変量正規分布以外の場合にも適用可能な各種のロバストな推定法など、研究すべき多くの課題が残されている。さらに、通常の因子分析モデルにおいては、観測データベクトルを x 、因子負荷行列を A 、 f を因子得点、 ε を誤差としたとき、 $x = Af + \varepsilon$ と分解するもので、通常のモデルにおいては x, f はともに量的変数が仮定される。しかし、 x, f の双方、または一方の変数が質的変数としてモデルを構成することも可能である。教育心理学の分野で応用が進んでいる項目反応理論は、 x として 2 値データを仮定した因子分析モデルとみなすことができる。また、変数群が x, y と 2 組に分れる場合、 $x = A_x f_x + \varepsilon_x, y = A_y f_y + \varepsilon_y$ と独自に因子分析モデルを仮定し、得られる因子変数 f_x, f_y に $f_y = B f_x + \Gamma f_x + \varepsilon$ という構造方程式を仮定する共分散構造分析モデルの 1 手法 (LISREL とよばれる) も開発されている。近年のソフトウェアの充実により、こうした潜在変数モデルの適用例も急速に増加している。これらの潜在変数モデルは主に心理学などの応用分野で発達してきたことから数理統計の理論家の注目を集めることが少なかった。そのために、広く使われている手法でありながらその統計理論は必ずしも十分整備されているとは言い難い面がある。

本共同研究はこうした動向をふまえて、潜在変数モデルの理論と応用に関心をもつ計量心理研究者と数理統計研究者が共同して潜在変数モデルの理論と応用の現状を探り、その問題の所在を明らかにし、解決の方向を探る、という意味での潜在変数モデルに関する総合的研究を実施することを目的としたものである。

平成 2 年度における研究活動としては以下に示すように 2 回の研究会を実施し、全部で 14 の研究発表が行われた。

このうちの 10 の発表が因子分析に関するもので、その内容は、大きく

- (i) 因子分析モデル (ii) 因子分析における推定 (iii) 不適解

に分類された。とくに、因子分析モデルにおける識別可能性の問題に関して異なった立場からの 3 つの発表が行われた。推定に関しては、制約条件下における潜在分布の推定、共通性の推定量の漸近分布、さらには、各種のロバストな推定法の研究状況、およびその発展に寄与する研究発表等多岐にわたった。この他、計量心理研究者側から発表された項目反応理論、および因子分析をその特殊な場合として含む共分散構造分析の理論および適用研究に、数理統計的な質問が集中し、これらの手法に対する数理統計研究者の関心の強さが伺われた。この他、多変

量成長モデル, 多変量家族データ (multivariate familial data) の理論, および応用に関して興味ある研究が発表された。これらの理論と因子分析等の潜在変数モデルとの接点の探索が今後の課題であろう。

以下に研究会のプログラムと上記の研究発表の概要の12編を掲載する(市川氏による2つの発表はひとつにまとめてある)。なお, 2回の研究会に出席され, 研究発表の多くに有益な助言を頂いた丘本正教授(追手門学院大学)に深謝の意を表したい。

プログラム

第1回研究会: 1990年9月27日

- 「制約条件下での潜在変数の分布の推定」 前川 眞一 (大学入試センター)
 「潜在変数または顕在変数に関する尺度不変因子分析モデルのある拡張」 小笠原春彦 (鉄道総合技術研究所)
 「主成分分析で計算した因子負荷量の性質——単因子の場合——」 佐藤 学 (広大・工)
 「因子分析における共通性の推定量の分布について」 市川 雅教 (東京外語大)
 「Robustness of the Normal Theory Inference in Linear Latent Variate Models」 狩野 裕 (大阪府大・工)
 「Growth Curve Models with Fixed and Random Effects」 藤越 康祝 (広大・理)
 総合討論

第2回研究会: 1991年2月9日

- 「因子分析モデルにおけるいくつかの性質」 柳井 晴夫 (大学入試センター)
 「因子分析模型の identification について」 佐藤 学 (広大・工)
 「平均および分散共分散行列のロバスト推定法」 渡邊美智子 (関西大・経)・山口 和範 (立教大・社会)
 「A Structure of the Occurrence of Improper Solutions in Factor Analysis Model」 猪原 正守 (大阪電気通信大・工)・狩野 裕 (大阪府大・工)
 「因子分析におけるある行列の固有値の推定量の漸近分布とその応用」 市川 雅教 (東京外語大)
 「共分散構造分析の適用的研究——進路指導担当教師に対する調査データを用いて——」 豊田 秀樹 (大学入試センター)
 「補助情報を用いた項目反応モデル」 繁樹 算男 (東工大・工)
 「Multivariate Familial Data の統計解析」 小西 貞則 (統教研)
 総合討論