

共分散構造モデルによる心理データの分析

Analysis of Psychological Data with Covariance Structure Models

森川高行*, 飯田克弘**, 佐々木邦明***

By Takayuki MORIKAWA, Katsuhiko IIDA and Kuniaki SASAKI

This paper presents a methodology for analyzing psychological data using linear structural equation models or covariance structural models. This model consists of structural equations that explain the latent variables by observed explanatory variables and measurement equations that relate subjective psychometric indicators to the latent variables. The methodology has an advantage that it can provide direct relations between observed variables and latent variables. Two case studies demonstrate the effectiveness and practicality of the proposed method.

1. はじめに

人間の行動や物事に対する評価などが、我々が観測できる形で出現するまでには多くの潜在変数が介在していると言われている。イメージ、知覚、態度、魅力度などと呼ばれているものはこのような潜在変数に当たる。なかでも最も厳密に定義されているものに、経済学で言われる「効用」がある。人間の行動は「選択」の連続であるが、効用すなわち望ましが最大となるような選択肢を人間は選択している。評価分析においても効用の概念は頻繁に利用されるし、
キーワード：潜在変数、共分散構造モデル

* 正会員 Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市千種区不老町)

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部土木工学科
(〒606 京都市左京区吉田本町)

*** 正会員 工修 名古屋大学助手 工学部土木工学科

メージや魅力といったもっとあいまいな潜在変数を仮定することもあり、本セッションに登場する「男らしさ・女らしさ」や景観評価における「統一感」、「落ち着き」などの表現は典型的な潜在変数といえるであろう。

行動や評価の構造を数学モデルで分析する際には、このような潜在変数の同定が必要になることが多い。効用の同定にはいくつかの手法が提案されているが、計画支援の観点から有用性と操作性が高い手法は、ランダム効用理論に基づく離散型選択モデルであろう。これには通常、選択行動の要因となる、選択肢や意思決定者の属性変数と選択結果というデータを用いて、属性変数によって表された効用関数の未知パラメータを統計的に推定する作業を伴う。

評価分析に関わる潜在変数の同定には、さらに意識データや主観的評価データなどと呼ばれる心理データを用いることが多い。これまでの多くの研究では、個

人個人から多くの心理データを得て、因子分析法などによって潜在変数を同定していた。例えば、SD法によるイメージ分析および景観評価分析では、このような手法が盛んに用いられてきた。ところが、計画支援の立場から見ると、このようにして得られた潜在変数は因果関係が不明なために操作性に乏しく、政策分析の観点から有用性が低い。

本論文で取り上げる共分散構造モデルは、潜在変数とそれを構成する要因との関係（構造モデル）、および心理データなどの観測される指標と潜在変数の関係（測定モデル）からなり、両モデルに含まれる未知パラメータを同時に推定しようとするものである。このタイプのモデルの最も一般化されたものは、多指標多因子(Multiple Indicator Multiple Cause; MIMC)モデルと呼ばれる。変数間の関係を線形結合だけに限定したものは、線形構造方程式モデルまたはLISRELモデル¹⁾と呼ばれ、パラメータ推定のパッケージ化もなされている。これらの手法では、構造モデルの存在によって潜在変数とそれを構成する要因の因果関係が同定されるために政策分析が可能になり、評価分析や予測分析に有用であると思われる。

以下に、共分散構造モデル（線形構造方程式モデル）を消費者意思決定構造分析および景観評価に適用し、心理データ（意識データ）を分析した例を示す。

2. 共分散構造モデルの適用例

(1) 消費者意思決定構造分析への適用

線形構造方程式モデルを用いて心理データを消費者意思決定に適用した例としては、交通機関選択行動における「知覚値」に着目した森川・佐々木²⁾が挙げられる。この研究では、意思決定者の選択構造を図-1のようなパスダイアグラムで表している。

ここであげられる「知覚値」は快適性や利便性などの潜在変数を表し、「態度」は知覚値に対する重み付けの変数である。「知覚値指標」、「態度指標」にはこのような潜在要因に対して取られたアンケートの結果を用いることが多い。「選好」は効用に相当するものである。

このように潜在変数を含むパスダイアグラムをモデル化する際に有効な手法が線形構造方程式であり、こ

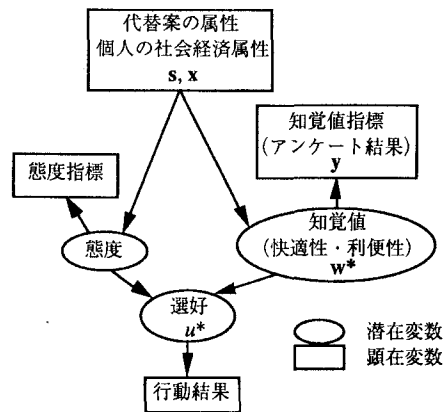


図-1 消費者意思決定構造

のモデルのフレームワークは2項選択の場合以下のようになる。

構造方程式

$$u^* = a'x + c'w^* + v \quad (1)$$

$$w^* = Bs + \zeta \quad (2)$$

ただし、

a, c, B =未知パラメータの配列

$v \sim N(0,1)$ に従う効用関数のランダム項

$\zeta \sim MVN(0, \Psi)$ に従うランダム項

測定方程式

$$d = \begin{cases} 1 & \text{if } u^* \geq 0 \\ -1 & \text{if } u^* < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$y = \Lambda w^* + \epsilon \quad (4)$$

ただし、

Λ =未知パラメータ行列

$\epsilon \sim MVN(0, \Psi)$ に従うランダム項

このシステムでは、(1)式と(3)式がプロビット型の離散型選択モデル、(2)式と(4)式が線形構造方程式モデルを構成し、 w^* が潜在変数を表している。この手法は、潜在変数の将来値を求めることが可能なため将来予測における実用性が高いと思われる。

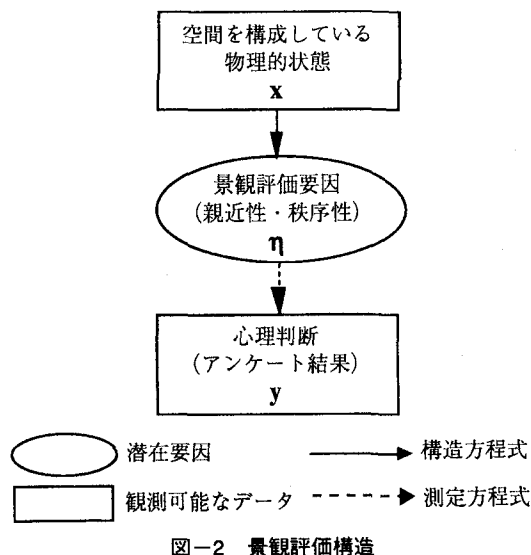
著者らはこのモデルの段階推定・同時推定などの推定方法を提案しその実証的研究を行なった結果、このような手法によって同定された潜在変数は選択モデルにおいて大きな説明力を有しており、この手法の有効

性が確認されている。

(2) 景観評価への適用

飯田・森川³⁾は、景観評価の場合、アンケート結果等に現われる心理判断には場所固有の景観評価要因が影響を及ぼしており、その要因は実際の空間を構成している様々な物理的状態により説明されると仮定し、景観評価構造を図-2のように表している。

この研究では、評価の対象をビジネス街に限定したため、親近性や秩序性などが景観評価要因として抽出されたが、対象を異なる種類の街路や地域にした場合、例えば、「商店街らしさ」や「京都らしさ」などの景観評価要因を同様のアンケートおよびモデルを用いて抽出することができる。



この構造も(1)に示した例と同じく内部に潜在変数を含むため、線形構造方程式モデルを用いて以下のように定式化することができる。

構造方程式

$$\eta = Bx + \zeta \quad (5)$$

測定方程式

$$y = \Lambda \eta + \epsilon \quad (6)$$

ただし、

B, Λ = 未知パラメータ行列

ζ, ϵ = 誤差項ベクトル

ここに示されたモデルは、一見すると、回帰分析と

因子分析を併せ用いた型になっているが、同じく評価対象を街路景観とし「因子分析」+「回帰分析」を行った船越・積田⁴⁾、山本・山下等⁵⁾、平井・坪井等⁶⁾とは異なり、一連の評価構造をモデル化し、かつそれらを同時推定していることから、各変数間の因果関係が明確であり、政策分析が可能であることが特徴である。

3. おわりに

本論文は、イメージ、効用、知覚、態度などの潜在変数を数学モデルに取り入れ分析する手法として共分散構造モデルを紹介し、その適用例として消費者意思決定構造分析および景観評価構造分析についてふれた。これらの分析がそのまま現実的に有用であるとはいえないが、潜在変数や心理データを数学モデルに取り入れることにより、モデル自体の有効性が高まり、同定された変数間の因果関係を用いて政策分析が可能になることを強調したい。

参考文献

- 1) Joreskog, K.G. and Sorbom, D.: LISREL VI : Analysis of Linear Structural Relationships by the Method of Maximum Likelihood. Mooresville, Ind., Scientific Software Inc., 1985.
- 2) 森川高行・佐々木邦明：交通行動－意識構造統合モデルに関する研究, 第14回土木計画学研究・講演集(2), pp.17-24, 1991.
- 3) 飯田克弘・森川高行：潜在的要因を考慮した景観評価手法, 第14回土木計画学研究・講演集(1), pp.741-748, 1991.
- 4) 船越 通・積田 洋：街路空間における空間意識と空間構成要素との相関関係の分析(相関分析)－街路空間の研究(その3)－, 日本建築学会計画系論文報告集第378号, pp.49-59, 1987.
- 5) 山本公夫・山下 葉・若谷佳史：街路空間の快適性と配電設備の景観設計効果, 土木計画学研究・論文集, No.6, pp.89-96, 1988.
- 6) 平井正明・坪井一弘・三浦祐二：街路景観評価と沿道施設, 土木計画学研究・講演集, No.11, pp.353-360, 1988.