

## 第 10 章 構造方程式モデリング (前半)

### 10-1 構造方程式モデリング

#### ■ 構造方程式モデリング (SEM) = 共分散構造分析:

変数間の関係性をパス図によってモデル化して行う分析。

< 特徴 > 直接は観測できない因子を含めて分析できる, 1 つの分析内で複数の従属変数を設定できる

#### 10-1-1 パス図

・分析に用いる変数と、変数間の影響関係の方向性を図形で表したもの。

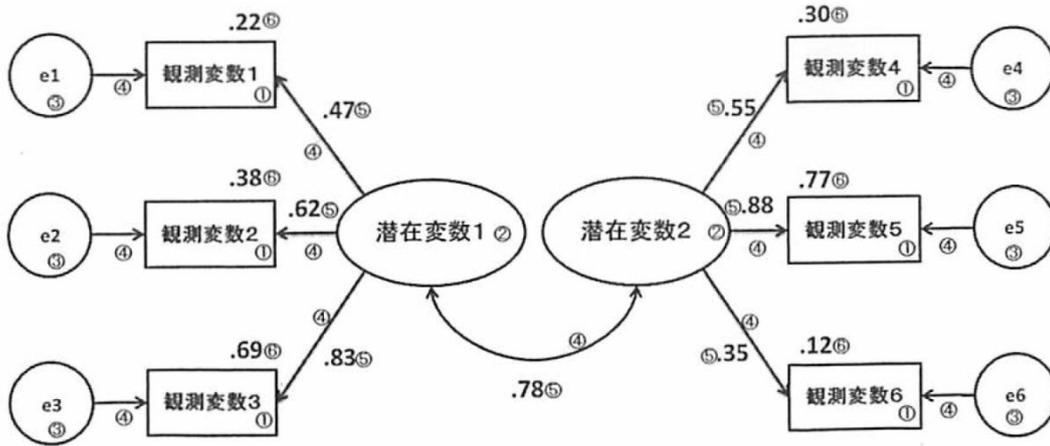


図 10.1 パス図の簡略例

- ① **観測変数** 測定可能な変数。テスト得点やアンケートの項目など
- ② **潜在変数** 測定不可能な変数。因子分析の因子など
- ③ 誤差変数 因子分析における独自変数。 (e1) → **観測変数** (d1) → **潜在変数**
- ④ パス 単方向のパス → 双方向のパス
- ⑤ パス係数 単方向のパス係数には標準偏回帰係数や因子負荷量、双方向のパス係数には相関係数が提示される。それぞれ標準化された値。
- ⑥ 決定係数 ( $R^2$ ) 重相関係数の 2 乗値
- ⑦ 独立変数 (外生変数) 単方向のパスの起点となっている変数
- ⑧ 従属変数 (内生変数) 1 本でも単方向のパスを受けている変数

#### 10-1-2 モデルの種類

- 測定モデル: あるパス図の中で、潜在変数が複数の観測変数に共通して影響している部分
- 構造モデル: パス図の中で、一方の潜在変数が他方の潜在変数を予測する部分
- 非逐次モデル: ある変数を起点に単方向のパスをたどると元に戻る変数が 1 つでも含まれているモデル。変数間の影響関係の方向性を確認する際に立てられる。
- 逐次モデル: 元に戻る変数が 1 つも含まれていないモデル。影響の方向性が仮説として存在する場合に立てられる。仮説や科学的根拠に基づいてモデルを立てる構造方程式モデリングでは一般的。

- ・双方向の関係性を表す場合、単方向のパスを用いて表すことが可能だが、道具的変数（単方向のパスが1つだけ出ていて、他から単方向のパスがささっていない）が含まれる場合に限る。
- ※構造方程式モデリングでは、むやみにパスを引いたり削除することは避けるべきである。

10-1-3 実行可能な分析

- (1) より精緻な回帰分析や因子分析を行う場合: **検証的因子分析**
  - ・ある因子とそれを構成する観測変数を理論に基づき仮説を立ててモデル化
  - 実測データに用いて、モデルが妥当なものかを確認する
- (2) 因子を従属変数や独立変数として、変数間の関係性を分析する場合: **因子を用いた相関・回帰分析**
  - ・相関分析や回帰分析の問題点: 計算過程で誤差が出る・因子負荷量を無視してしまう。
  - 構造方程式モデリングでは、誤差からの影響や因子負荷による重みづけを考慮する。
- (3) 複数の従属変数や独立変数が混在する、変数間の関係性を分析する場合: **多変量回帰分析**
  - ・通常の回帰分析では従属変数は1つに限られる。
  - ⇨構造方程式モデリングでは、複数の従属変数を投入し、間接的な効果を検証することも可能である。

a. 回帰分析

【8-3-1の重回帰分析のパス図】 □高校1年生120名  
 □独立変数: プレイメント・前期試験・中間模試・後期試験 □従属変数: 年度末模試

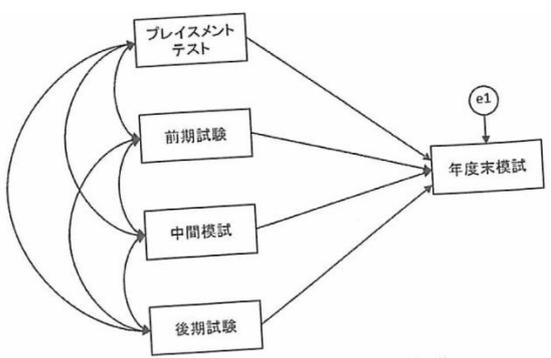


図 10.9 重回帰分析 (第8章) のモデル化

- ・各独立変数が年度末模試を予測するため、単方向のパス
- ・各独立変数はそれぞれ完全独立ではなく、相関があると想定できるので、双方向のパスがのびる。

b. 因子分析

□大学生123名対象に11項目のアンケート→3因子(価値・努力・期待)  
 ・プロマックス回転を用いた場合→因子間の相関関係を想定→双方向のパスを用いる

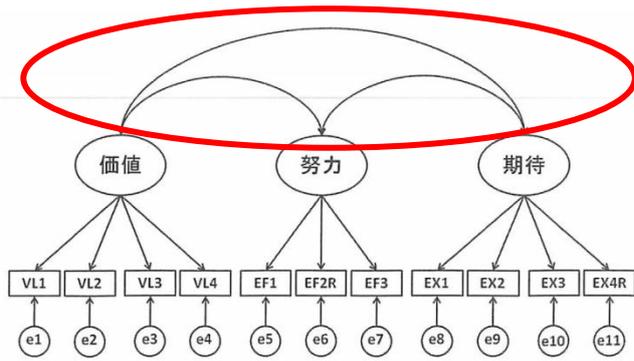


図 10.10 因子分析 (第 9 章) のモデル化

## 10-2 構造方程式モデリングの基本

### 10-2-1 分析の前提

#### (1) モデルの理論的根拠

- ・ 構造方程式モデリングに含める潜在変数や観測変数、それらの関係性は、仮説に基づくべきである。
- ・ 適合度を上げるためにやみくもにモデルを作成したり、改変するとモデルの理論的根拠を失い、仮説を検証することができない。

#### (2) データの種類

- ・ 基本的には多変量正規分布を前提としていて、量的データ (間隔・比率) の変数が望ましい。
  - ・ 質的データの使用も可能
- { 名義尺度: 独立変数にはダミー変数として 0/1 に変換して用いる。従属変数には推奨されない。  
 { 順序尺度: 5 件法以上であれば、間隔尺度して見なして使用可

#### (3) サンプルサイズ

- ・ 絶対的な基準はないが、サンプルサイズは大きいほど良い。少なくとも 100 以上が必要。
- ・ サンプルサイズが少ない場合には、推定方法に最尤法を用いる・複雑なモデルを避ける。

### 10-2-2 モデルの識別性

- ・ 構造方程式モデリングではモデルの識別性が確保されている必要がある。

→ 識別性がない状態... パラメータの解を 1 つに定められず無数の解が存在してしまうため分析を行う意味がなくなる。モデルの自由度がマイナスになると識別性が確保されない。※明確な対処法はない。

↓

□ 自由度:  $p(p+1)/2 - \text{モデル内で推定されるパラメータの数}$      $p$ : 観測変数の数

= パス係数 + 誤差分散の合計(誤差変数の数) + 独立変数間の共分散の数 (双方向のパスの数) + 独立変数の分散の数 (潜在変数の数)

$$= 11(11+1)/2 - (8 + 11 + 3 + 3) = 41$$

- ・ 因子を想定すると、各観測変数へのパスのうち 1 つが識別性確保のため、「1」に固定される。  
→ 推定されるパラメータの数には含まれない。

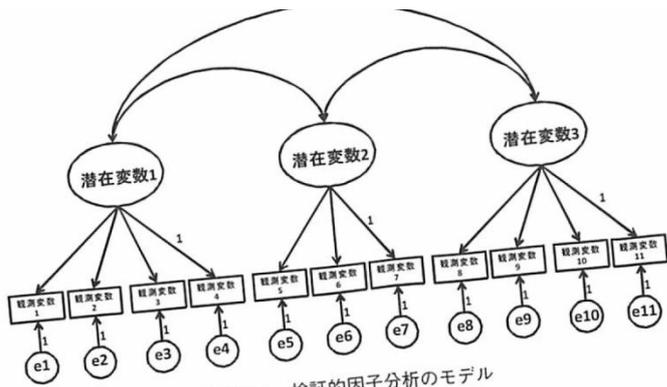


図 10.11 検証的因子分析のモデル