

『SEM 因果分析入門』 補足

1. 図表に関する補足

1.1 本書の各パート全体に共通する補足

(1) G M 編

該当箇所	補足する内容
四角で囲まれた変数	① 観測変数 V (実際に観測された値を持つ量的な変数；顕変数とも言う) を表す ② 線は偏相関係数を表し、線の違いで偏相関係数の強さを表す ③ 矢線は推定された因果関係の方向(原因となる始点から結果を示す終点)を表す ④ GM では誤差を分離できない

(2) SEM 編

該当箇所	補足する内容
楕円(円)で表される変数	① 潜在変数 F (SEM により推定される変数で因子或いは真値)を表す ② 潜在変数名は分析者が SEM の結果と知見から命名する ③ Stat Works では変数名称と変数記号と紐づいている ④ 楕円の中は変数名称が表示される(初期値は変数記号) ⑤ 潜在変数の変数記号は F (Factor) と番号で他の変数と識別される ⑥ 番号は潜在変数をモデルに追加した順序で 1, 2, …, と与えられる
四角で囲まれた変数	① 観測変数 V (実際に観測された変数；顕変数とも言う)を表す ② Stat Works では四角の中に観測変数の変数名称が表示される ③ 変数記号は V (Variable) と番号で他の変数と識別される ④ 番号はデータテーブルの並び(左から右へ)で 1, 2, 3, …, と与えられる
記号 E で表された変数	① 観測変数の誤差(変数)を表す ② Stat Works では記号 E と変数番号で表示され、変数記号で変数名称が表示される ③ 番号はデータテーブルの並び(左から右へ)で 1, 2, 3, …, と与えられる
記号 D で表された変数	① 潜在変数の誤差(変数)を表す ② Stat Works では記号 D と変数番号で表示され、変数記号で変数名称が表示される ③ 番号は潜在変数をモデルに追加した順序で 1, 2, 3, …, と与えられる
四角の中に平均構造と書かれた変数	① 層別因子を意味するダミー変数(使い方は 7.3 の事例を参照のこと)

変数共通	① オプション(図形をダブルクリック)で分析者が変数名称を変更できる ② オプション(図形をダブルクリック)でパラメータの値を任意に固定できる ③ パス図では誤差を持たない場合はグレーで、誤差を持つ場合は緑で表示される
一方向矢線(→)	① 原因と考えられる変数を始点に結果となる変数を終点にセットする ② 矢線に付随する数値がパス係数の推定値(標準解を表示させることもできる)である ③ パラメータを固定した場合は赤色の矢線で表示される
双方向矢線(↔)	① 相関関係にある変数間を結んだもの ② 矢線に付随する数値は母共分散の推定値である ③ 推定値は標準解(母相関係数の推定値)を表示させることもできる

1.2 本書の個々の図表における補足

該当箇所	補足する内容
図表 1.4(p. 8)	<ul style="list-style-type: none"> ・本書で中心的な役割を果たす事例(第 2 章の成型工程)で扱う変数を使って説明している. ・図中の変数のハッチングの濃淡は変数に誤差が無い場合は薄く、誤差がある場合(矢線の終点)は濃くハッチングされる. ・変数間に双方向の線(相関を表す)がある場合は双方の変数は薄くハッチングされる.
図表 1.5(p. 9)	<ul style="list-style-type: none"> ・Stat Works を使って SEM で推定を行う前の仮定したモデルのパス図
図表 1.6(p. 10)	<ul style="list-style-type: none"> ・Stat Works を使って、SEM で推定された重回帰モデル(パス図) ・図表の数字は Stat Works で推定された値(非標準解であることに注意) ・推定された値は分散共分散、パス係数(偏回帰係数)であり、図表 1.6 上の表と対応している
図表 1.7(p. 11)	<ul style="list-style-type: none"> ・Stat Works を使って SEM で推定を行う前の仮定した連立方程式モデルのパス
図表 1.9(p. 12)	<ul style="list-style-type: none"> ・Stat Works を使って SEM で推定された連立方程式モデルのパス図(非標準解であることに注意)
図表 1.11(p. 13)	<ul style="list-style-type: none"> ・Stat Works を使って SEM で推定を行う前の仮定した因子分析のパス図(因子間には相関がある)
図 1.13(p. 16)	<ul style="list-style-type: none"> ・誤差の番号はデータテーブルの並び順に従っている. 例えば、図 1.13 の素のデータテーブルの変数の並びが落下位置、滞空時間 1、..., 滞空時間 4 となっていることに対応している. ・このパス図は標準解で表されたものであることに注意
図 1.14(p. 17)	<ul style="list-style-type: none"> ・このパス図は概念を表したものであるが、誤差の表記が E ではなく「誤差」となっていることに注意
図 1.15(p. 17)	<ul style="list-style-type: none"> ・このパス図は第 2 章で紹介する成型工程で扱う変数で生産工程における潜在変数の扱い方を説明したグラフである(標準解の表記になっていること)

	に注意)
図 2. 4 (p. 22)	・重回帰分析のモデルをパス図で表現したもの、説明変数間の母相関係数の推定値は図が煩雑になるので省略されている(非標準解で表現されている)
図 2. 10 (p. 27)	・重回帰分析で変数選択を行う初期状態をパス図で表現したもの (SEM の推定前の状態) ・重回帰分析の変数選択で、説明変数の成型体密度が選択された状態をパス図で表現したもの (SEM の推定前の状態)
図 3. 5 (p. 36)	・擬似相関のモデルを SEM のパス図を使って表現したもの (標準解)
図 4. 11~4. 14 (p. 59~p. 62)	・独立グラフは Stat Works の出力ではなく、著者が作成したもの
図表 5. 1 (p. 68) 図表 5. 3 (p. 68)	・他の図表と異なりパス図の誤差変数が“誤差 ε ”で表されており、 ε はイプシロンと読む ・パス図はデータから推定されるモデルではなく母集団の構造を示している
図表 5. 4 (p. 69)	・他の図表と異なりパス図の誤差変数が“誤差 ε ”で表されており、 ε はイプシロンと読む. ・パス図はデータから推定されるモデルではなく母集団の構造を示している.
図表 5. 6 (p. 71)	・誤差の後に ε と添え字を省略した表記になっている.
図表 5. 7 (p. 72)	・因子を表す楕円は白抜きで表され、楕円の上部に (0, 1) と数字で示されている. この図形の意味は因子が平均 0, 分散 1 に基準化されていることを表している. ・誤差の後に ε と添え字を省略した表記になっている.
図表 5. 8 (p. 73)	・左端の潜在変数 F1 は誤差を持たず、楕円は白抜きで表され、分散が 1.0 に制約されていることを表している
図表 5. 9 (p. 74)	・潜在因子から出ている矢線の濃淡は、薄い矢線が分散を 1 に制約したことを表している. ・誤差変数 E の数字の右にある * は SEM を使って推定された値であることを表している. ・誤差変数 E の数字はデータテーブルの変数の並び順を表している. ・上のパス図は SEM の推定前の状態で下のパス図は推定後のもの (標準解) である.

2. 本文の補足と修正

(1) 全般的な補足

- ・本文中ではわかりやすさのため、変数名を識別するために [] で括って表している箇所がある.
- ・本文中では真値あるいは真の値という表現をしている箇所がある. この表現は潜在変数である因子に対する場合とパラメータに対する場合がある. 例えば、p. 15 の紙ヘリコプターの落下実験の例では回帰の傾きのパラメータを指しており、人の計測の癖によらない傾きを真の傾きと表現している.
- ・図表では JUSE- Stat Works の出力に合わせ、誤差変数を E と添え字で表している一方、

本文では慣例に従って e を使って表しているので注意されたい。

- ・テキストでは GM と SEM の記号が統合されていないので注意されたい。以下の「個別の補足」に GM と SEM で用いられる記号の意味をまとめる。

(2) 個別の補足

- ・ p 3 の重回帰式の使い勝手の悪さを認識する。重回帰式は予測のためのモデルであり、説明変数間に相関関係がある場合には目的変数の制御や偏回帰係数の解釈が難しいこと、また、「変数選択によりモデルから取り除かれた説明変数は目的変数の予測に影響を与えない」などの誤解が生じるため、ここでは使い勝手が悪いという表現をしている。
- ・ p 46 の (3. 22) 式、(3. 25) 式はそのままとし、GM と SEM の表記の統一は、他の頁も参考にして次回の改訂で行う予定である。
- ・ p 67 の $\beta = \rho$ は、「標準解(単回帰の母標準回帰係数) β は、母相関係数 ρ と同じ」であることを指している。図表 5. 1 も標準解である。
- ・ p 69 の ↓ 3 行目の完全逐次モデルの記述は、誤差変数を除いた場合である。
- ・ p 72 の ↑ 3 行目の求めた結果は本質が同じという意味は、標準解での推定値は同じ値となるという意味である(非標準解では推定値が異なるので注意されたい)。
- ・ p 73 の記述は正確ではない。誤差分散が負の場合はモデルが間違っていることを意味するが、経験上、分散を 0 として扱うテクニックを述べたものである。
- ・ p 73 の探索的因子分析の記述。厳密には古典的な因子分析を探索的因子分析とよぶのは言い過ぎであるが、実務家に対して古典的な因子分析と SEM の違いをわかりやすく記述した。なお、古典的因子分析の直交解では因子パターン・独自性を、斜交解では因子パターン・独自性・因子間相関を自由母数として行う因子分析を探索的因子分析とよぶ。
- ・また、検証的因子分析とは実質科学的知見をもとに因子パターン・独自性・因子間相関を固定母数または制約母数として行う分析である。
- ・ p 80 のモデル選択の記述③に補足したい内容
 - 冒頭「②ではワルド検定の候補はなしであったが、ここでは学習の意味で $C \rightarrow A$ を切断した場合を示した。」
 - 末尾「LM 検定の候補は $C \rightarrow A$ を戻しであるが、ここでは学習の意味でそのままとした。」
- ・ p 80 のモデル選択の記述④に補足したい内容
 - 冒頭「③では ワルド検定の候補はなしであったが、ここでは学習の意味で $C \rightarrow B$ を切断した。」
 - 末尾「LM 検定の候補は $C \rightarrow B$, $C \rightarrow A$ とあるが、実際にモデルに戻すには統計量の大きさに従って 1 つずつ戻す必要がある。」

以上