

日本心理学会第83回大会自主シンポジウム

心理学研究における 構造方程式モデリング (SEM) の役割とピットフォール (2)

企画・話題提供 伊藤大幸 (中部大学)

話題提供 谷 伊織 (愛知淑徳大学)

話題提供 坪田祐基 (愛知学泉大学)

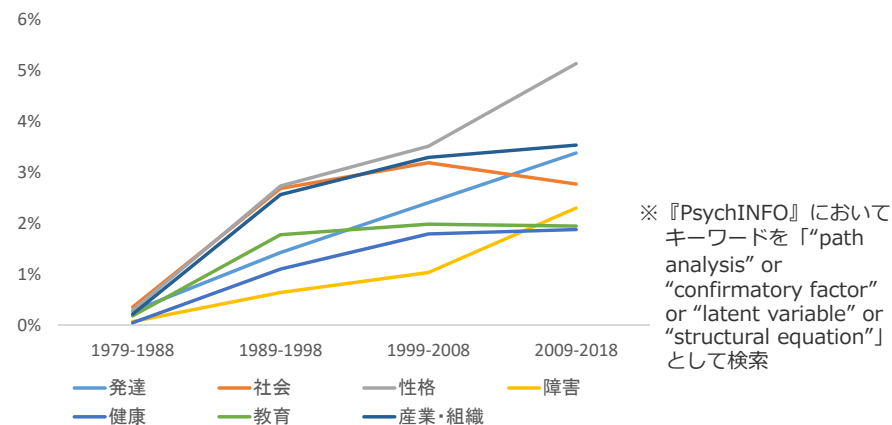
話題提供 高田佳輔 (静岡県立大学短期大学部)

話題提供 行廣隆次 (京都先端科学大学)

指定討論 村上隆 (中京大学)

司会 平島太郎 (愛知淑徳大学)

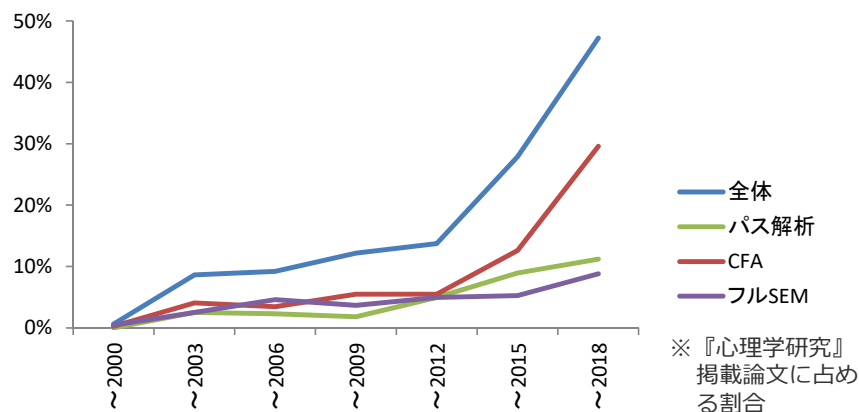
SEMの利用実態 (世界)



※『PsychINFO』において
キーワードを「"path
analysis" or
"confirmatory factor"
or "latent variable" or
"structural equation"
」として検索

- ・ 90年代から増加
- ・ 社会、性格、産業・組織→発達、障害、健康

SEMの利用実態 (国内)



※『心理学研究』
掲載論文に占め
る割合

- ・ 2000年以降、増加が続く
- ・ 直近では約2本に1本の割合 (調査研究に絞れば7割以上)
- ・ CFAが最も多く、パス解析とフルSEMは拮抗

企画主旨

- ◆ 「諸刃の刃」としてのSEM
 - ・ 従来の方法に比べ、きわめて柔軟なモデリングが可能であり、心理学の諸領域に新しい問題解決の方法論を提供している
 - ・ 一方で、理論的な複雑さの割に、ソフトウェア上での実行が比較的容易であるため、十分な知識を持たない研究者による誤用も多く見られる
- ◆ 本企画の主旨
 - ・ 心理学領域におけるSEMの貢献と誤用の実態について報告
 - ・ 心理学研究者とSEMの「正しい付き合い方」とはどのようなものか議論する

シンポジウムの流れ

- ◆ 9:30~9:40 企画主旨・SEMの基礎 (伊藤)
- ◆ 9:40~10:00 多母集団分析 (坪田)
- ◆ 10:00~10:15 因子分析 (谷)
- ◆ 10:15~10:30 縦断的分析 (高田)
- ◆ 10:30~10:45 モデル修正 (行廣)
- ◆ 10:45~11:10 不適切な使用例 (伊藤)
- ◆ 11:10~11:20 指定討論 (村上)
- ◆ 11:20~11:30 ディスカッション

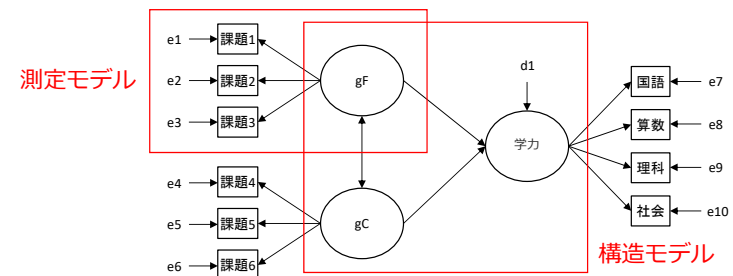
SEMの基礎

SEMの基礎

- ◆ SEM = **確認的因子分析** + **パス解析**
 - 確認的因子分析 (**測定モデル**) : 観測変数の背後にある構成概念 (潜在変数・因子) に関する仮説を検証する
 - パス解析 (**構造モデル**) : 構成概念間の因果関係に関する仮説を検証する
- ◆ SEMの基本原理
 1. 複数の変数間の関連性について、特定の定性的な仮説モデルを**パス図**として設定した上で、
 2. そのモデルの妥当性を**適合度指標**によって検証し、
 3. モデルの仮定のもとでの変数間の定量的な関連性 (**パラメータ推定値**) を評価する

SEMの基礎

- ◆ パス図
 - 四角 : 観測変数 (指標)
 - 楕円 : 潜在変数 (因子)
 - 囲まれていない変数 : 誤差変数
 - 単方向の矢印 : 因果関係
 - 双方向の矢印 : 相関関係 (≠ 双方向の因果関係)



SEMの基礎

◆ 構造モデル（パス解析）

- 利点（重回帰分析と比較して）
 - ✓ 複数の従属変数を設定可能（媒介分析に有用）
 - ✓ 複数のモデルの適合度を比較
 - ✓ （ランダムな）欠損値への対応
- 注意点（重回帰分析と共通）
 - ✓ 先験的な仮説の必要性
 - ✓ 交絡要因

SEMの基礎

◆ 測定モデル（確認的因子分析）

- 利点（探索的因子分析と比較して）
 - ✓ モデル比較が可能
 - ✓ 誤差相関が検証できる
- 利点（顕在変数による解析と比較して）
 - ✓ 測定の妥当性（因子的妥当性）の検証
 - ✓ 測定の信頼性の問題による相関の希薄化の修正
- 注意点
 - ✓ 仮説の重要性

心理学研究における SEMの不適切な使用例と 利用上の注意点

中部大学現代教育学部 伊藤大幸

背景

- ◆ SEMが広く普及する一方で、不適切な運用も多く見られるように
 - 再現可能性の障壁となっている
 - 心理学の学術的プレゼンスにも関わる問題
- ◆ 考えられる原因
 - 研究者の知識不足
 - 明確なガイドラインの不在

目的

◆ 本研究の目的

- 心理学領域の論文におけるSEMの不適切な運用のパターンについて報告する
 - ✓ 分析の方法に関する問題
 - ✓ 結果の解釈・報告に関する問題
- SEMの不適切な運用を防ぐための方策について議論する

方法

◆ 対象

- 2015～2018年度（86～89巻）に『心理学研究』誌に掲載された原著・研究資料
 - ✓ 研究報告などは含めず
- 以下のいずれかを使用した論文（新しい方から10件ずつ）
 - ✓ 確認的因子分析
 - ✓ パス解析
 - ✓ フルSEM（潜在変数をとまなうパス解析）

確認的因子分析

確認的因子分析

◆ 必要なモデル比較なし（4/10件）

- 具体例
 - ✓ 独自に開発した尺度について、著者が想定した単一の因子モデルのみをあてはめている
- 問題
 - ✓ 適合度のカットオフ基準は「ベスト」なモデルではなく「ベター」なモデルを示すにすぎない
- 対応
 - ✓ 探索的因子分析から始める
 - ✓ 蓋然性のある対立モデルとの比較を行う

確認的因子分析

◆ 実質的根拠のないモデル修正 (2/10件)

- 具体例
 - ✓ 実質的根拠なく、修正指標にのみ基づいて誤差相関や想定外の因子からのパスを引く
- 問題
 - ✓ 修正指標に基づいてモデルを修正していけば、どんなモデルでも完全な適合に近づく
- 対応
 - ✓ 方法論上の共通性があるなど、明確な実質的根拠がある場合にのみ誤差相関を設定する

確認的因子分析

◆ 循環論 (2/10件)

- 具体例
 - ✓ 探索的因子分析から得られた因子モデルを同じデータで確認的因子分析に適用
- 問題
 - ✓ 論証されるべきことが論証の根拠とされており、論理的に不適切
- 対応
 - ✓ 新たにデータを収集
 - ✓ 交差妥当化

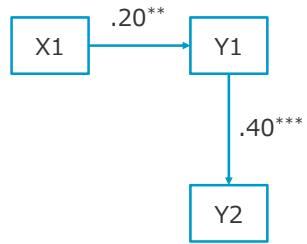
パス解析

パス解析

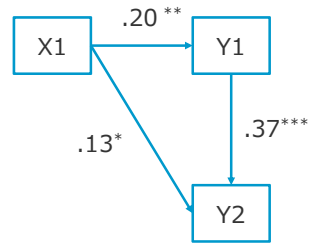
◆ 必要なモデル比較なし (5/10件)

- 具体例
 - ✓ カイ二乗検定が有意になっているのに、パスを追加したモデルとの比較をしていない
- 問題
 - ✓ 本来有意になるはずのパスを0に固定すれば、他のパラメータの推定値にも歪みを生じさせる
- 対応
 - ✓ パス解析 (構造モデル) の文脈では、CFIやRMSEAなどの適合度指標よりもカイ二乗検定を優先する

パス解析



$\chi^2(1)=4.22, p=.04$
CFI=.94, RMSEA=.12, SRMR=.05

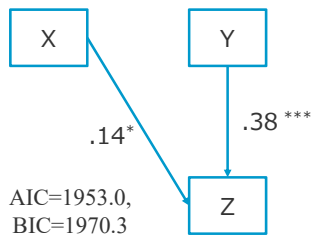


飽和モデル

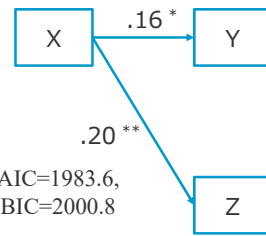
パス解析

◆ 不適切なモデル比較 (3/10件)

- 具体例
 - ✓ ネストされていないモデル間の直接比較



AIC=1953.0,
BIC=1970.3

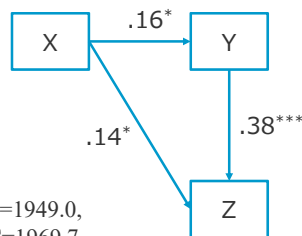


AIC=1983.6,
BIC=2000.8

$\chi^2(1)=6.07, p=.014$



$\chi^2(1)=36.60, p<.001$



AIC=1949.0,
BIC=1969.7

※誤差変数は省略

パス解析

◆ 不適切なモデル比較 (つづき)

- 問題
 - ✓ 何を比較しているのかが不明確
- 対応
 - ✓ ネストされたモデルを介して段階的に比較

パス解析

◆ 項目・概念の重なり (6/10件)

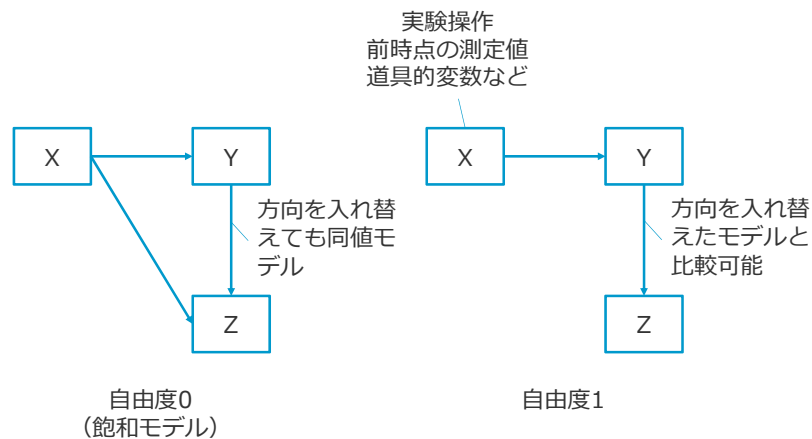
- 具体例
 - ✓ 尺度間で意味的に類似した項目が含まれる
- 問題
 - ✓ 変数間のパス係数が過大推定される
- 対応
 - ✓ あらかじめジョイント因子分析などで独立性を確認するか、フルSEMを用いる

パス解析

◆ 因果関係の根拠が薄弱 (3/10件)

- 具体例
 - ✓ 因果関係の方向について明確な理論的根拠の提示がないか、異なる因果モデルを想定しうる
- 問題
 - ✓ SEMは因果関係の強度（量）を推定する方法であり、方向（質）を検証する方法ではない
- 対応
 - ✓ 実験的アプローチを用いる
 - ✓ 縦断データや道具的変数を導入する

パス解析



※誤差変数は省略

パス解析

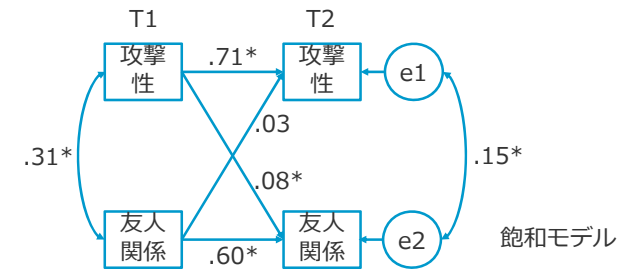
◆ 因果関係の不適切な解釈 (3/10件)

- 具体例
 - ✓ モデル比較の結果などから因果関係の方向性に関する結論を導いている
- 問題
 - ✓ 因果関係の方向性は理論的に「仮定」するものであって「実証」されるものではない
- 対応
 - ✓ 実験的アプローチを用いる
 - ✓ 縦断データや道具的変数を導入する

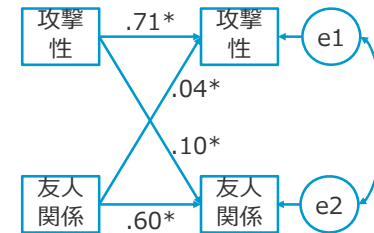
パス解析

◆ 不自然なモデル指定 (2/10件)

- 具体例
 - ✓ 外生変数間に相関を仮定しない
 - ✓ (同じ階層の) 内生変数間に誤差相関を仮定しない

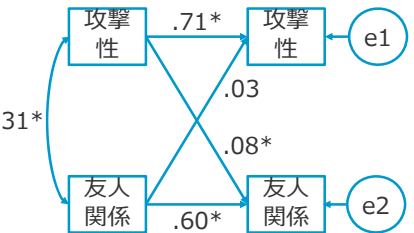


外生変数間の相関を仮定しない場合



$\chi^2(1)=311.7, p<.001$
CFI=.891, RMSEA=.243, SRMR=.114

内生変数間の誤差相関を仮定しない場合



$\chi^2(1)=61.9, p<.001$
CFI=.978, RMSEA=.135, SRMR=.022

パス解析

◆ 不自然なモデル指定 (つづき)

- 問題
 - ✓ モデル適合が低下
 - ✓ 外生変数間の相関を適切に調整したパラメータ推定ができない
- 対応
 - ✓ 特別な理由がない限り、外生変数間の相関、(同じ階層の) 内生変数間の誤差相関は仮定

フルSEM

(潜在変数のパス解析)

フルSEM

◆ 必要なモデル比較なし（9/10件）

- 具体例
 - ✓ 測定モデル（確認的因子分析）と構造モデル（パス解析）の二段階検証をしていない
- 問題
 - ✓ モデルの不適合の原因が測定モデルにあるのか、構造モデルにあるのか不明確
- 対応
 - ✓ 測定モデルの適合を確認した上で構造モデルの検証に移行する

フルSEM

◆ 顕在変数と潜在変数の混在（4/10件）

- 具体例
 - ✓ モデル内に尺度得点と潜在変数が混在
- 問題
 - ✓ 結果の恣意的なコントロールが可能になる
- 対応
 - ✓ 測定誤差のある変数（心理尺度の得点など）は全て潜在変数とするのが望ましい
 - ✓ それによって適合度が大幅に低下するならば、測定モデルから再検証する

問題の分類と集計

	CFA	パス解析	フルSEM
分析の方法に関する問題			
必要なモデル比較なし	3 (43%)	2 (29%)	6 (100%)
循環論	1 (14%)	-	-
根拠のないモデル修正	1 (14%)	0 (0%)	0 (0%)
不適切なモデル比較	-	3 (43%)	2 (33%)
因果関係の根拠	-	2 (29%)	3 (50%)
因子の独立性	-	1 (14%)	-
潜在・顕在変数の混在	-	-	3 (50%)
結果の解釈・報告に関する問題			
因果関係の解釈	-	2 (29%)	2 (33%)
共分散・相関行列	-	5 (71%)	3 (50%)
不明瞭なモデル指定	1 (14%)	1 (14%)	3 (50%)
異常な数値	0 (0%)	0 (0%)	1 (17%)
適合度の報告	5 (71%)	3 (43%)	4 (67%)

共通の問題

共通の問題

◆ 異常な結果 (5/30件)

- 具体例
 - ✓ 飽和モデルなのに適合度が完全でない
 - ✓ パラメータを追加しているのに適合度が著しく低下している
 - ✓ 適合度が算出されていない (モデル識別)
 - ✓ 不適解
- 対応
 - ✓ モデル指定の誤りがないか確認する

共通の問題

◆ 共分散行列の報告なし (18/30件)

- 問題
 - ✓ 再現可能性・反証可能性が担保されない
- 対応
 - ✓ 確認的因子分析では変数が比較的少数 (20程度まで) の場合、全ての変数間の相関行列を報告
 - ✓ パス解析では全ての変数間の相関行列を報告
 - ✓ フルSEMでは潜在変数間の相関行列を報告

共通の問題

◆ モデル指定が不明確 (10/30件)

- 具体例
 - ✓ パス解析で有意でないパスがモデルから除外されたのか、図に示されていないだけなのか不明確
 - ✓ 誤差相関がどの変数間に設定されたのか記載がない
 - ✓ 多母集団モデルで各観測変数の因子負荷量が等値制約されたか否かが不明確
- 問題
 - ✓ 再現可能性・反証可能性が担保されない

共通の問題

◆ 適合度が適切に報告されていない (15/30件)

- 具体例
 - ✓ カイ二乗値と自由度が報告されていない
- 問題
 - ✓ パス解析やモデル比較ではカイ二乗値が最も重要
 - ✓ 自由度はモデル指定が正しく行われたかを確認する上でも重要
 - ✓ CFIやRMSEAなどの適合度指標を主要な評価対象とするCFAでも、大部分の適合度指標のベースになるカイ二乗値と自由度は重要な情報
- 対応
 - ✓ カイ二乗値、自由度、CFI、RMSEA、SRMRは最低限報告

提言

提言

- ◆ 「適合度万能主義」からの脱却
 - 多くの運用上の問題の背景には、適合度指標への過度な信頼がある
 - ✓ 適合度のカットオフ基準を提唱したHu & Bentler (1999)の被引用数は15000 (!) を超える
 - 適合度指標は測定モデルの検証 (CFA) には有用だが、構造モデルの検証 (パス解析) には役立たない
 - ✓ 構造モデルの適合度は研究者にとって重要でないパス (モデルにないパス) が有意かどうかを教えてくれる程度
 - ✓ 研究者にとって重要なパスについての情報は、適合度でなくパス係数や決定係数によって示される
 - ✓ まして因果関係の方向については何も教えてくれない

提言

- ◆ 適切なモデル比較を
 - CFA : 理論的根拠が弱い場合、カットオフ基準だけで判断せず、対立モデルとの比較を行う
 - 構造モデル : カイ二乗検定が有意であれば、パスを追加したモデルとの比較が必要
 - フルSEM : 二段階検証が不可欠
 - 注意点
 - ✓ 因果関係の方向性はモデル比較ではわからない
 - ✓ 同値モデルの比較は無意味
 - ✓ ネストされたモデルとの比較が基本

提言

- ◆ 因果関係の検証に対する謙虚さを持つ
 - 通常の横断データでは因果関係は「検証」でなく「仮定」するものにすぎない
 - ✓ 因果関係の検証に最適な方法は実験
 - ✓ 縦断データでは「原因が結果に先行する」という因果関係の基本原理を利用して、変数間の因果関係の方向を検証する
 - ✓ 道具的変数は、疑似的に実験状況を再現することで、因果関係の方向の検証を可能にする

提言

◆ 再現可能性と反証可能性の保証

- SEMは研究者に自由なモデリングの手段を与えたが、本来、オリジナリティの高い発想（モデル）こそ、厳しい批判に耐えうるものでなければならない
- 再現可能性と反証可能性を保証するために、モデルの指定の詳細、観測変数間の相関行列、カイ二乗値・自由度を含む適合度指標は必ず報告する
- 査読者は責任をもって追試を行う