

jamovi を用いた共分散構造分析(SEM)

Structural Equation Model analysis for jamovi

広島国際大学健康科学部心理学科 小野寺 孝義

ONODERA Takayoshi

キーワード: jamovi, SEM, structural equation model, statistical software

はじめに

SPSS をはじめとした統計分析プログラムは商業ソフトウェアであり、高価なものがほとんどであった。PSPP など SPSS のクローンを目指した無料のソフトウェアも存在していたが、開発がなかなか進まなかったり、日本語に対応していないためにファイル名やディレクトリ名に日本語が使われているとエラーが出るなど問題があった。それに対して統計解析環境 R は、もともと統計言語 S のクローンを目指していたものだが、無料であり、専門家の間で急速に広がった。しかしながら、コマンドを打ち込んでいくインターフェースは初学者には敷居が高いものだった。特に学部教育で心理統計学を R で教えていくのはためらわれた。PC 自体に不慣れな学生にコマンドを入力させても、タイプミスのエラーがおきやすい。また、R をインストールすること自体にも手間がかかる。また、MS Excel や商用統計ソフトのようにデータを表計算に直接入力していけば済むというわけにもいかない。統計解析でも商用ソフトのようにメニューから分析法を選択すればよいということもできない。要は R ではマニュアルや情報なしに直感的な操作ができないのである。

こうしてフリーソフトには、どうしても何かしらの問題があった。結果として大学教員が教育に利用するフリーの統計ソフトも、その好みに応じて乱立し、教育に混乱をきたす場面も見られた。一方で高価な商用ソフトは導入や更新の費用から数が限られ、学生が自宅で利用することはできなかった。

そのような中で jamovi が登場した。インターフェースは SPSS のように洗練されており、メニュー選択で大抵の分析はでき、採用される統計量も最新のものが取り入れられている。また、分析結果もアメリカ心理学会(APA)の論文に準拠したフォーマットできれいに出力される。jamovi の背後では R が動いており、jamovi は R のスキンとみることもできる。結果として R に欠けていた直感的な操作を補い、R の信頼性と数多くの統計分析手法、先進性を享受できることになったのである。さらに jamovi のインストールでは R のインストールという初心者には面倒な作業も不要になっている。アップデートも簡単である。最新版では日本語化もされている。

jamovi をインストールすると基本的な統計分析から多変量解析まで基本的な分析は実行可能になる。一方、R ではそれ以外にも非常に多くの統計分析手法が利用できる。jamovi は、その R で利用できる分析法をユーザーがモジュールとして組み込めるようになっている。結果的にさまざまな研究者が利用したい分析法を R から jamovi にモジュールとして提供するため、急速な発展が jamovi の特

徴ともなっている。本稿で述べる共分散構造分析(SEM)も R の lavaan というプログラムを Milano-Bicocca 大学の Marcello Gallucci 教授がモジュールとして jamovi に組み込んだものである¹。ちなみに Marcello Gallucci 教授は一般線形モデル(GLM)や一般化線形モデル(GZLM)なども jamovi に組み込んでいます。

1 共分散構造分析 (SEM)

共分散構造分析自体については数多くの書籍が出ているので詳細な説明はここではしない。心理学の分野では非常に多く利用されており、因果関係における観測変数や潜在変数の影響の強さを推定する手法であるというにとどめる。日本では特に SPSS のオプションとしても利用できる Amos が共分散構造分析の普及に大きな役割を果たした。それまで LISREL や CALIS のようなプログラムでは方程式をコマンドとして打ち込んで分析を行っていたのに対して Amos ではお絵かきソフトのように変数を画面上に配置し、因果の方向を示すパスを描いていけば、初学者でも簡単に分析ができるインターフェースを採用していた。今日、Amos だけではなく、EQS、Stata をはじめとして因果モデルを図として描けば、分析が行われる仕様は珍しくなくなっている。

jamovi の SEM では図を描けば、分析が行われるようにはなっていない。代わりにメニューから変数を指定したり、コマンドを指定するようになっている。ただし、後で述べるようにいずれも簡単に、パス図の出力もできるので自分がどのようなモデルを作成したのかを確認することができる。

1. 1 インストール

jamovi のインストールはホームページの「<https://www.jamovi.org/>」から「download」をクリックするだけである。Windows 版では安定版の「solid」と最新版の「current」のボタンがあるので、いずれかを選択する。Mac 版や Linux 版、ChromeOS 版も用意されているので、自分の環境に合わせて選択し、インストールを行う。

インストール後、起動すると右上のメニューに「Modules」と書かれた「+」アイコンがあるので選択し、「jamovi library」を選ぶ。インストールできるモジュール一覧が出てくるので「sem1j」を選択すればよい。メニューに「SEM」のアイコンができていれば成功である。ちなみに潜在変数を扱わない因果モデルであるパス解析を行う場合には「pathj」をインストールすればよい。

2 SEM の実行

2. 1 SEM(interactive) : メニュー選択による分析

jamovi のメニューアイコンで「SEM」を選択すると「SEM(syntax)」と「SEM(interactive)」が出て

¹ jamovi の姉妹版ともいべきフリーソフトに JASP がある。JASP には早くから lavaan が組み込まれていたが、操作性では jamovi の方がメニュー選択ですぐれている。また、JASP はベイズ統計により焦点を当てたソフトであり、jamovi はベイズだけではなく、伝統的な統計解析を含めた統合的なソフトになっている。

くる。「SEM(syntax)」はコマンドで指定する場合、「SEM(interactive)」はメニューで指定する場合を意味している。ここでは最初にメニュー指定の「SEM(interactive)」を説明する。

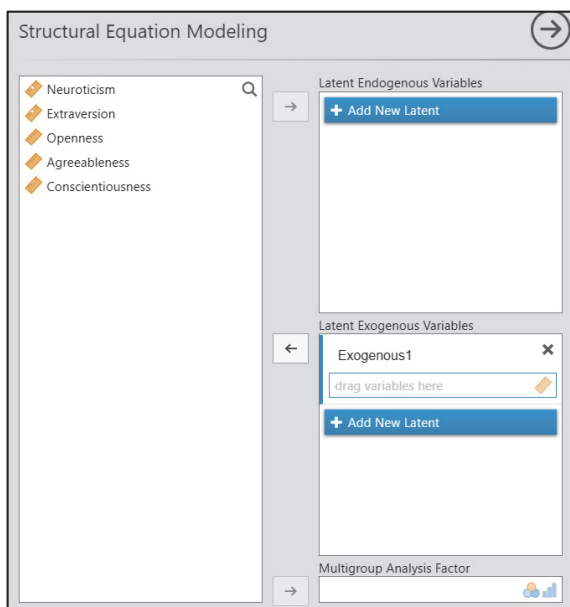


図1 初期画面

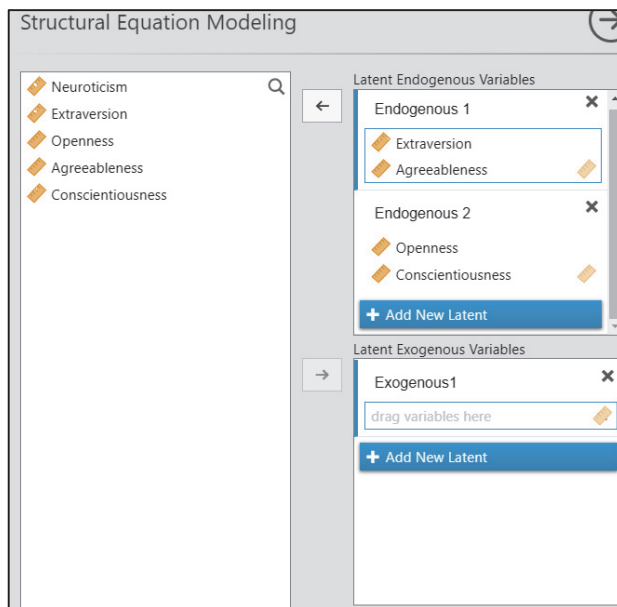


図2 変数を指定した画面

図1の左には分析に使用する変数名が示される。左の上の「Latent Endogenous Variable」は潜在内生変数のことである。内生変数とはモデル内で他の変数から影響を受ける量的潜在変数であり、パス図では他の変数から因果のパス（矢印）を受けている潜在変数になる。

その下の「Latent Exogenous Variables」は潜在外生変数であり、モデル外からの影響を受けた量的潜在変数で、因果のパス（矢印）を受けていない潜在変数である。

左の一番下にある「Multigroup Analysis Factor」は複数のグループで個々に分析を行う場合に、グループ変数を指定する。

2. 1. 1 潜在変数が2つのモデル

図2では潜在内生変数1に「Extraversion」「Agreeableness」を指定し、潜在内生変数2に「Openness」と「Conscientiousness」を指定している²。

SEMでは常に解が得られるとは限らない。計算が収束しない場合もある。未知パラメータがデータから得られるパラメータより多ければ解は求まらない。そのような場合に、何らかの制約をかけることが普通である。ある変数に向かって、あるいはある変数から発して複数のパスがある場合、一つのパスを1に固定することがよく行われる。分析者にとっては複数のパスの相対的な大きさを比較検討したいことがほとんどなので、あるパスを1に固定しても問題はないのである。jamoviのSEMでは複数のパスがある場合、最初に指定した変数のパスが自動的に1に固定される。この例なら図2に指定

² jamovi 付属の BigFive データ(Dolan, Stoel & Wicherts, 2009)を利用している。本来は因子に因果関係は仮定されていないので不適切だが、操作のための例として用いている。

した順序から「Extraversion」と「Openness」が1に固定されることになる。分析オプションの「Path diagram」にチェックを入れて出力されたのが図3である。パスモデルに残差が示されていないと思うかもしれないが、それらは「Path diagram」で表示・非表示が変更できる。

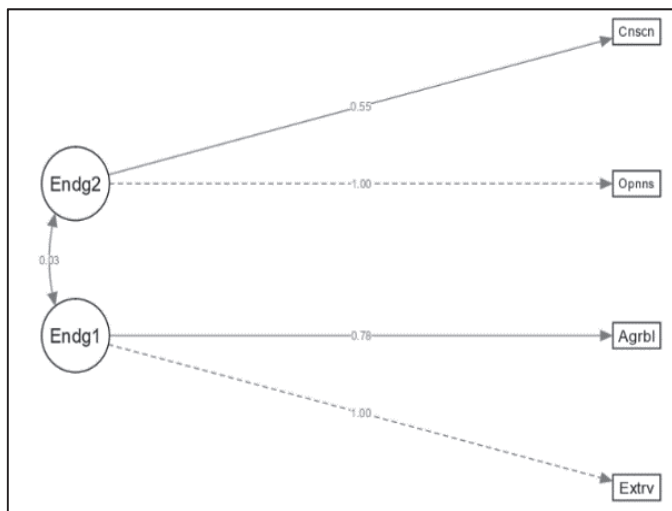


図3 2つの潜在変数からそれぞれ2つの観測変数へのパス

2. 1. 2 潜在変数から潜在変数にパスがあるモデル

図3では潜在変数同士は相関はあるが、因果関係はなかった。もし、潜在変数1 (Endg1) から潜在変数2 (Endg2) に因果関係が想定されるモデルの場合はどうなるだろうか。まず、変数の指定は図2と同じになる。しかし、潜在変数2 (Endg2) はパスを受けるので、もはや外生潜在変数ではなく、内生潜在変数になる。オプションの「Endogenous models」で図4のように指定する。

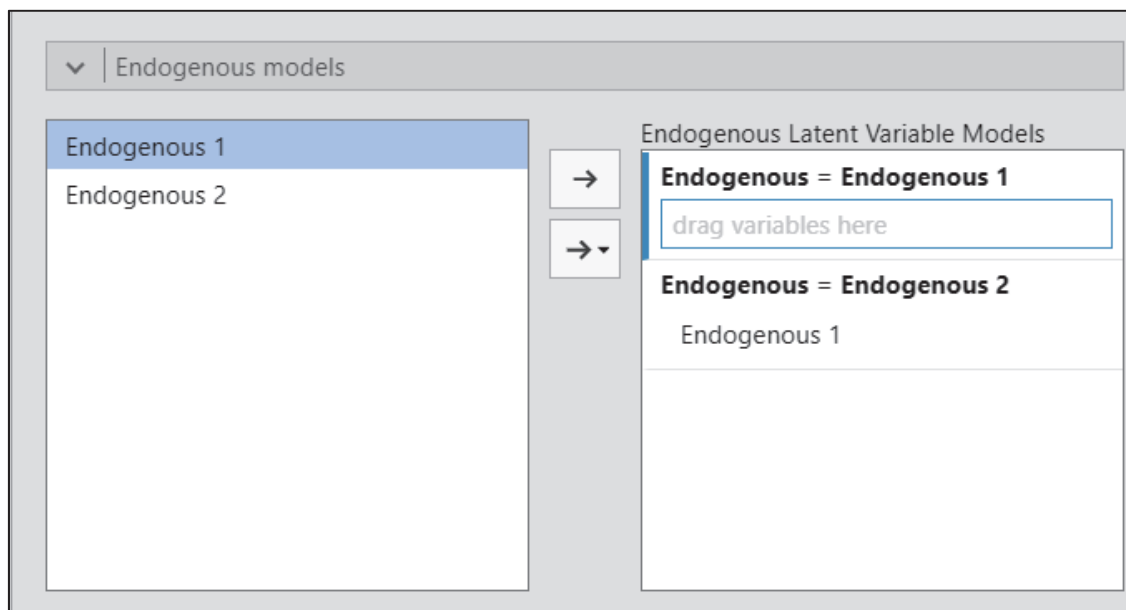


図4 潜在変数2 (Endogenous 2) に対して潜在変数1 (Endogenous 1) からパスを設定

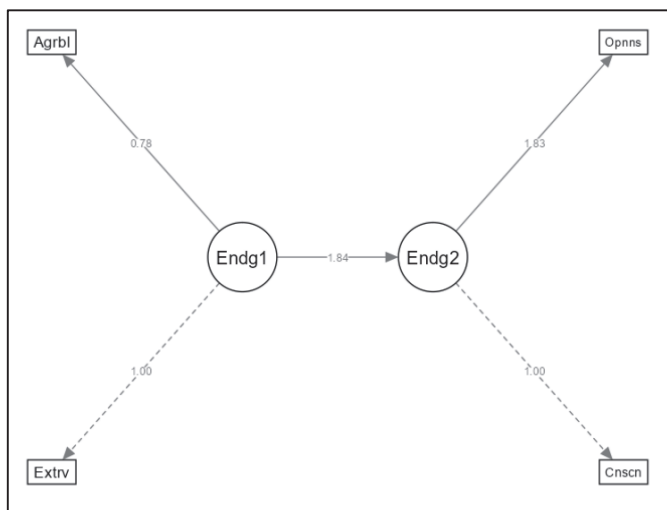


図5 図4の指定をしたパス図

2. 1. 3 変数間に相関を設定するモデル

図3のモデルで「Extraversion」と「Openness」に共分散を想定したい場合は図6のように指定する。オプションの「Variances and covariances」でPCのキーボードから「CTRL」キーを押しつつ、2つの変数をペアで選択する。選択すると図6のようになる。

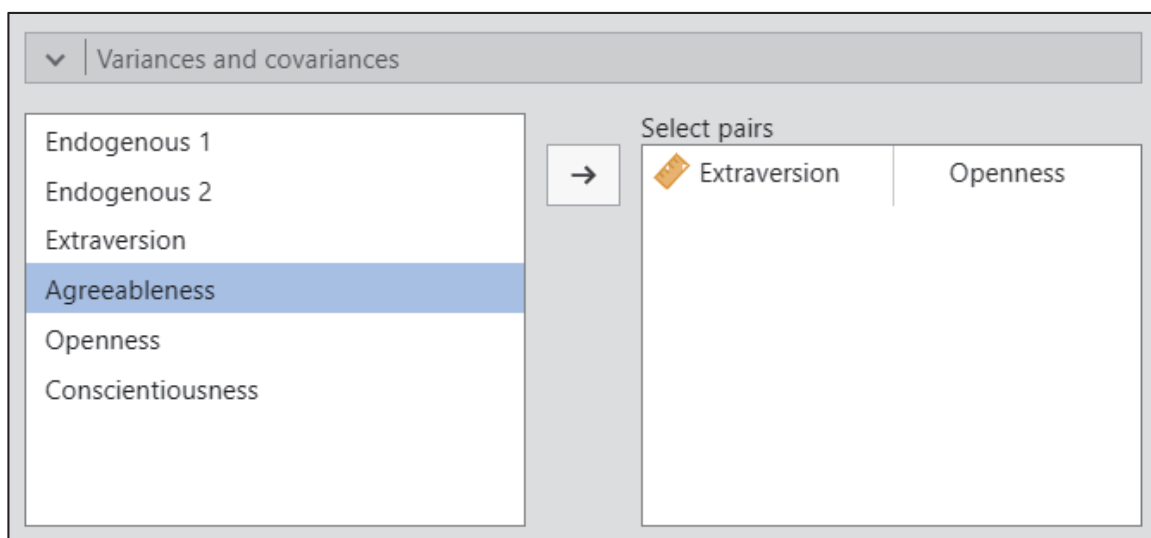


図6 「Extraversion」と「Openness」に共分散（相関）の指定をする場合

パス図を出力すると図7のようになり、「Extraversion」と「Openness」の間に双方向の矢印で共分散が示されていることがわかる。

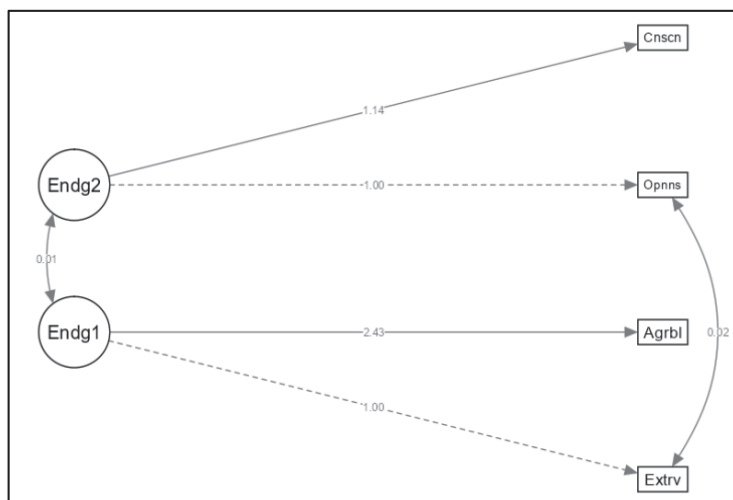


図7 「Extraversion」と「Openness」に共分散（相関）を想定したモデルのパス図

2. 2 SEM(syntax) : コマンド入力による分析



図8 SEM(syntax)の起動画面

jamovi のメニュー「SEM」から「SEM(syntax)」を選択すると図8のコマンド入力画面になる。入力画面にlavaanのコマンドを入力することで分析ができる。入力後、右上の緑色の三角形を押すか、キーボードから「ctrl」+「Shift」+「Enter」と押せば、コマンドが実行される。

例えば、図3、図5、図7のモデルを入力するのなら、表1のように入力して実行すればよい。表1のコマンドはlavaanの文法に従っている。Endogenous1=~Extraversion+Agreeablenessは潜在変数Endogenous1からExtraversionとAgreeablenessにパスが結ばれていることを示している。その際の表記は「=~」である。この表記でつなげば、パスが式の左の要素から右の要素に向かうことになる。潜在変数が右の変数で構成されている、あるいは右の変数に影響していることになる。図5のモデルでは潜在変数1から潜在変数2へのパスが引かれており、それはEndogenous2~Endogenous1と「~」で表記されている。「~」は回帰を意味する。

表1 SEM (syntax) で入力するコマンド

モデル	コマンド
図3のモデル	Endogenous1=~Extraversion+Agreeableness Endogenous2=~Openness+Conscientiousness
図5のモデル	Endogenous1=~Extraversion+Agreeableness Endogenous2=~Openness+Conscientiousness Endogenous2~Endogenous1
図7のモデル	Endogenous1=~Extraversion+Agreeableness Endogenous2=~Openness+Conscientiousness Endogenous2~Endogenous1 Extraversion~~Openness

図7のモデルでは Extraversion~~Openness という表記があり、「~~」の表記は共分散を意味していることがわかる。モデルをメニュー選択ではなくてもコマンド入力して実行できることがわかる。例えば、x1~x3の3変数からなる潜在変数f1をRのlavaanを使って分析するなら、以下のようなコマンドを入力しなければならない。また、式を「'」でくくるなどの細かな注意も必要となる。

```
mymodel <- ' f1=~x1+x2+x3'
fit <- sem(model=mymodel, data=Big5, estimator="ML")
summary(fit, standardized=true)
```

一方で jamovi の SEM(syntax)なら、モデルだけを記述した以下の1行で済む。

```
f1=~x1+x2+x3
```

jamovi でデータを読み込んでいるのでデータの指定は不要である。また、計算法や出力はメニューから選択すればよい。SEM(syntax)では、現在の SEM(interactive)バージョンでは指定できないモデルも指定できる。例えば、図9のように観測変数から潜在変数にパスを引くモデルは SEM(interactive)ではできない。

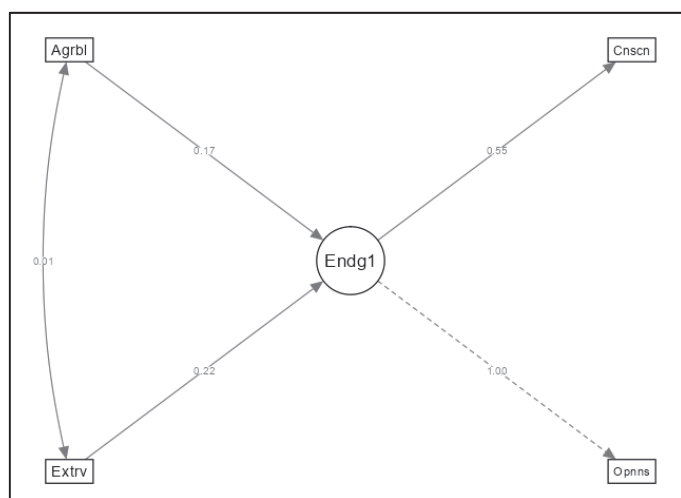


図9 観測変数から潜在変数へのパスがあるモデル

SEM(syntax)を使えば、以下のように指定すればよい。

```
Endogenous1~Extraversion+Agreeableness  
Endogenous1=~Openness+Conscientiousness
```

3 終わりに

本稿では jamovi で共分散構造分析（SEM）を行うための操作を示した。紙幅の関係で SEM 自体や出力の詳細は他に譲っている。SEM(syntax)についても詳細は lavaan の文献や情報に当たっていただければと思う。jamovi は急速に進化中であり、SEM モジュールも改良予定が発表されている。本稿は jamovi の SEM に触ってもらうための導入であり、最新版とは違う場合もあるかもしれないことを申し添えておきたい。

参考文献

Gallucci, M., & Jentschke, S. (2021). *SEMlj: jamovi SEM Analysis*. [jamovi module]. For help please visit <https://semjl.github.io/>.

Rosseel, Y. (2021). The lavaan tutorial. Retrieved from <https://lavaan.ugent.be/tutorial/tutorial.pdf>. (2021/11/24) (Rosseel, Y. (2017). 荒木 孝治(訳) lavaan チュートリアル. Retrieved from <http://www.ec.kansai-u.ac.jp/user/arakit/documents/lavaanTutorial20170124.pdf>. (2021/11/24)).

The jamovi project (2021). *jamovi*. (Version 2.0) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. (2021/11/24)..