

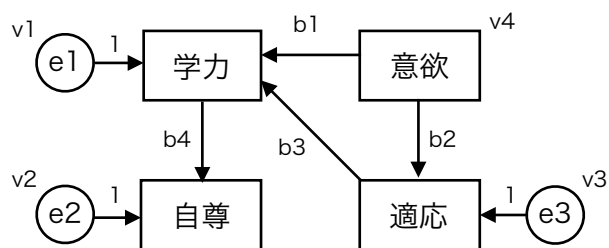
Rによるパス解析

奥村太一 (2015.11.28)

概要

左下のデータは、25人の生徒について得られた学力テスト、学習意欲尺度、学校生活適応度尺度、自尊感情尺度それぞれの得点を示したものである。¹ここでは、パス解析によりこのデータを右下のパス図に示されたモデルに当てはめることにする。

	A	B	C	D	E
1	生徒	学力	意欲	適応	自尊
2	1	38	6	14	3
3	2	75	16	17	14
4	3	44	9	14	11
5	4	59	8	13	7
6	5	50	13	17	3



※パス係数はb、分散はvで表している。eは残差である。

データの読み込み

まず、このデータを data01 として読み込んでおく。²

```
data01 <- read.csv(file="/Users/Name/Desktop/regpath.csv",header=T,  
fileEncoding="Shift-JIS")  
data01
```

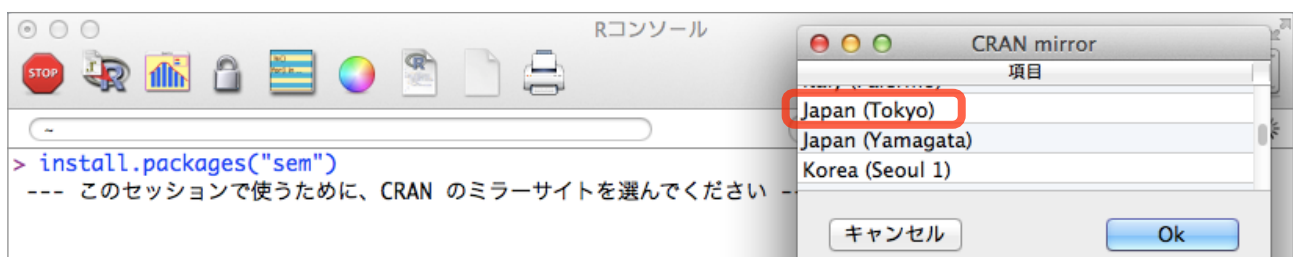
パッケージのインストールと読み込み

Rでパス解析を実行するには、専用のパッケージをインストールしておく必要がある。パス解析を含め構造方程式モデリングを実行するためのパッケージとしては、sem や lavaan などが知られている。ここでは、sem パッケージを用いることにする。

パッケージのダウンロードとインストール

パッケージをウェブ上でダウンロードし、インストールする関数は `install.packages()` である。カッコ内にパッケージ名を" "でくくって指定する。sem パッケージをインストールするコマンドは以下の通りとなる。

```
install.packages("sem")
```



¹ 最初の5名分だけを表示してある。なお、このデータは <http://www.juen.ac.jp/lab/okumura/data.html> から"regpath.csv"としてダウンロード可能である (リンクを右クリックして保存)。

² 外部ファイルの読み込みについては、回帰分析のレジュメを参照のこと。

このコマンドを実行すると、上のようにCRANのミラーサイト一覧が別ウィンドウで表示される。どれを選んでよいが、とりあえずここでは Japan (Tokyo) を選択しておく。いずれかを選択して [OK] ボタンをクリックすると、Rに sem パッケージがダウンロード、インストールされるはずである。

パッケージの読み込み

インストールしたパッケージを利用するには、R内にそれを呼び出す (ロードする) 必要がある。この関数は `library()` である。カッコ内にパッケージ名を"でくくって指定する。sem パッケージをロードするコマンドは以下の通りとなる。正常にロードされれば、特に出力はされない。

```
library("sem")
```

semパッケージの利用

semパッケージを用いてパス解析を実行するステップは、①モデルの指定、②モデルの当てはめ、③結果の表示、の3つに大きく分けられる。

モデルの指定

ここでは、モデルの指定に関数 `specifyModel()` を用いることにする。この関数では、単方向のパスを“->”で、双方向のパスを“<->”で表す。今回のモデルでは双方向のパスはないが、左右に同じ変数を指定して変数の分散を表す際に用いる。

<code>specifyModel()</code>	モデルの指定を行う関数。
->	単方向のパスとその係数を指定する。([独立変数] -> [従属変数])
<->	双方向のパスとその係数 (共分散/相関係数) を指定する。左右同じ変数の場合は、内生変数の残差分散か外生変数の分散を指定することになる。

上記のモデルを指定するコマンドは、以下の通りである (右は実行結果)。

```
model01 <- specifyModel()
意欲 -> 学力, b1, NA
意欲 -> 適応, b2, NA
適応 -> 学力, b3, NA
学力 -> 自尊, b4, NA
学力 <-> 学力, v1, NA
自尊 <-> 自尊, v2, NA
適応 <-> 適応, v3, NA
意欲 <-> 意欲, v4, NA
```

<注: 最終行の後は1行空けること>

```
> model01 <- specifyModel()
1: 意欲 -> 学力, b1, NA
2: 意欲 -> 適応, b2, NA
3: 適応 -> 学力, b3, NA
4: 学力 -> 自尊, b4, NA
5: 学力 <-> 学力, v1, NA
6: 自尊 <-> 自尊, v2, NA
7: 適応 <-> 適応, v3, NA
8: 意欲 <-> 意欲, v4, NA
9:
Read 8 records
>
```

`specifyModel()` に続く各行では、モデルに含まれるパラメタ (パス係数や分散・共分散など) を“パスの指定,係数のラベル,値の指定”の順で記述する。³

例えば、“意欲 -> 学力, b1, NA”は、[意欲] から [学力] へ単方向のパスを引き、そのパス係数に b1 というラベルをふること、またb1の値は未知 (NA: not available) であることを表している。

同様に、“学力 <-> 学力, v1, NA”は、[学力] と [学力] の間に双方向のパスを引き、そのパス係数に v1 というラベルをふること、またv1の値は未知であることを表している。この場合は“<->”

³ モデルの指定とそれ以外のコマンドを区別するために、モデルを記述した後は1行空けておかないといけないので注意が必要である。

が同じ変数同士に引かれているので、v1は [学力] のうち [意欲] と [適応] で予測できなかった残差の分散を意味することになる。なお、このモデルでは [意欲] は外生変数であり、この場合のv4は [意欲] 自身の分散となる。冒頭のパス図とコマンドとを見比べて、対応を確認して欲しい。以上のプログラムを実行することで、冒頭のパス図で指定したモデルが model01 というオブジェクトに代入される。

モデルの当てはめ

次に、model01 に代入されたモデルを、data01に当てはめる。ここで、パス解析を実行するには生データではなく、各変数の分散と変数間の共分散、そしてデータの規模 (人数) が分かれば十分である。そこで、まず関数 cov() を用いて、data01の2~5列目に格納されている4つの変数について、分散と共分散を算出しておくことにする。ここでは、それを cov01 に代入しておく。

```
cov01 <- cov(data01[,2:5])
cov01
```

cov01 の中身は、以下のような行列 (分散共分散行列) となっている。対角成分が分散、非対角成分が共分散である。これが次にパス解析を実行する際のデータとなる。

	学力	意欲	適応	自尊
学力	457.00000	51.950000	39.0333333	55.1500000
意欲	51.95000	17.026667	6.2933333	6.2950000
適応	39.03333	6.293333	14.2266667	0.2033333
自尊	55.15000	6.295000	0.2033333	28.6566667

モデルの当てはめには、関数 sem() を用いる。この関数には多くの引数があるが、ここでは次の3つを知っておけば問題ない。

sem()	モデルをデータに当てはめて分析を実行する関数。
model=	データに当てはめるモデルを特定する。
S=	データとなる分散共分散行列を指定する。
N=	データの規模 (人数) を指定する。

すでに作成したパス解析のモデル model01 をデータ (分散共分散行列) cov01 に当てはめる場合のコマンドは、以下ようになる。ここで、nrow() は、データフレームが何行あるか (つまり何人分のデータがあるか) を算出する関数である。分析結果は、fit01 に代入されることになる。

```
fit01 <- sem(model=model01, S=cov01, N=nrow(data01))
```

結果の表示

関数 summary() によって、fit01に代入された結果を表示させることができる。ただし、引数 rsquare=T は、各内生変数について決定係数 R^2 を表示させることを、fit.indices=c("GFI",...) は c() 内で指定された適合度指標 (指標名を" "に入れ、カンマで区切って並べる) を表示させる指示である。また、標準化されたパス係数については、関数 stdCoef() によって得られる。

```
summary(fit01,rsquare=T,fit.indices=c("GFI","AGFI","SRMR","RMSEA","AIC","BIC"))
stdCoef(fit01)
```

上記のプログラムを実行すると、以下の通り分析結果が得られる。4

モデルの 適合度	Model Chisquare = 2.195402 Df = 2 Pr(>Chisq) = 0.3336373 Goodness-of-fit index = 0.9581224 Adjusted goodness-of-fit index = 0.7906121 RMSEA index = 0.06380338 90% CI: (NA, 0.4152706) SRMR = 0.07058997 AIC = 18.1954 BIC = -4.24235 (…一部省略…)																																																																																										
決定係数	R-square for Endogenous Variables 学力 適応 自尊 0.4192 0.1635 0.2322																																																																																										
パラメータ の推定値 パス係数 分散 共分散 (相関係数)	<table border="0"> <thead> <tr> <th colspan="5">Parameter Estimates</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">標準化された係数</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std Error</th> <th>z value</th> <th>Pr(> z)</th> <th></th> <th></th> <th>Std. Estimate</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b1</td> <td>2.4351462</td> <td>0.88122407</td> <td>2.763368</td> <td>0.0057208266</td> <td>学力 <---</td> <td>意欲</td> <td>b1</td> <td>0.4700367</td> </tr> <tr> <td>b2</td> <td>0.3696163</td> <td>0.17065265</td> <td>2.165898</td> <td>0.0303189609</td> <td>適応 <---</td> <td>意欲</td> <td>b2</td> <td>0.4043564</td> </tr> <tr> <td>b3</td> <td>1.6664583</td> <td>0.96405007</td> <td>1.728601</td> <td>0.0838804592</td> <td>学力 <---</td> <td>適応</td> <td>b3</td> <td>0.2940275</td> </tr> <tr> <td>b4</td> <td>0.1206783</td> <td>0.04478783</td> <td>2.694445</td> <td>0.0070505997</td> <td>自尊 <---</td> <td>学力</td> <td>b4</td> <td>0.4819196</td> </tr> <tr> <td>v1</td> <td>265.4467334</td> <td>76.62787148</td> <td>3.464102</td> <td>0.0005320055</td> <td>学力 <--></td> <td>学力</td> <td>v1</td> <td>0.5808462</td> </tr> <tr> <td>v2</td> <td>22.0012564</td> <td>6.35121565</td> <td>3.464102</td> <td>0.0005320055</td> <td>自尊 <--></td> <td>自尊</td> <td>v2</td> <td>0.7677535</td> </tr> <tr> <td>v3</td> <td>11.9005482</td> <td>3.43539234</td> <td>3.464102</td> <td>0.0005320055</td> <td>適応 <--></td> <td>適応</td> <td>v3</td> <td>0.8364959</td> </tr> <tr> <td>v4</td> <td>17.0266667</td> <td>4.91517529</td> <td>3.464102</td> <td>0.0005320055</td> <td>意欲 <--></td> <td>意欲</td> <td>v4</td> <td>1.0000000</td> </tr> </tbody> </table>	Parameter Estimates							標準化された係数			Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)			Std. Estimate		b1	2.4351462	0.88122407	2.763368	0.0057208266	学力 <---	意欲	b1	0.4700367	b2	0.3696163	0.17065265	2.165898	0.0303189609	適応 <---	意欲	b2	0.4043564	b3	1.6664583	0.96405007	1.728601	0.0838804592	学力 <---	適応	b3	0.2940275	b4	0.1206783	0.04478783	2.694445	0.0070505997	自尊 <---	学力	b4	0.4819196	v1	265.4467334	76.62787148	3.464102	0.0005320055	学力 <-->	学力	v1	0.5808462	v2	22.0012564	6.35121565	3.464102	0.0005320055	自尊 <-->	自尊	v2	0.7677535	v3	11.9005482	3.43539234	3.464102	0.0005320055	適応 <-->	適応	v3	0.8364959	v4	17.0266667	4.91517529	3.464102	0.0005320055	意欲 <-->	意欲	v4	1.0000000
Parameter Estimates							標準化された係数																																																																																				
	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)			Std. Estimate																																																																																				
b1	2.4351462	0.88122407	2.763368	0.0057208266	学力 <---	意欲	b1	0.4700367																																																																																			
b2	0.3696163	0.17065265	2.165898	0.0303189609	適応 <---	意欲	b2	0.4043564																																																																																			
b3	1.6664583	0.96405007	1.728601	0.0838804592	学力 <---	適応	b3	0.2940275																																																																																			
b4	0.1206783	0.04478783	2.694445	0.0070505997	自尊 <---	学力	b4	0.4819196																																																																																			
v1	265.4467334	76.62787148	3.464102	0.0005320055	学力 <-->	学力	v1	0.5808462																																																																																			
v2	22.0012564	6.35121565	3.464102	0.0005320055	自尊 <-->	自尊	v2	0.7677535																																																																																			
v3	11.9005482	3.43539234	3.464102	0.0005320055	適応 <-->	適応	v3	0.8364959																																																																																			
v4	17.0266667	4.91517529	3.464102	0.0005320055	意欲 <-->	意欲	v4	1.0000000																																																																																			

分析結果

モデルの適合度

適合度検定の結果、このモデルが正しくないという帰無仮説は5%水準で棄却されなかった ($\chi^2(2) = 2.195, p = .334$)。また、適合度指標の値は、このモデルがデータによく適合していることを示している (GFI=.958, AGFI=.791, RMSEA=.064, SRMR=.071)。

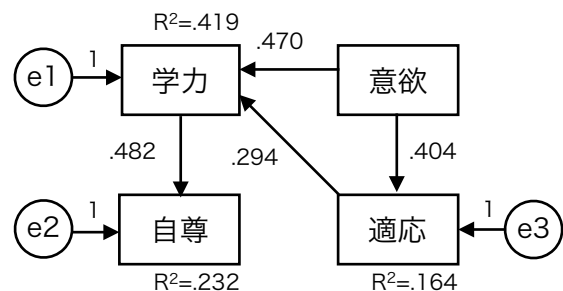
決定係数

内生変数 [学力]、[適応]、[自尊]の決定係数は、それぞれ R^2 s=.419, .164, .232であった。

パラメータの推定値

ここには、パス係数、内生変数の残差分散、外生変数の分散の値が検定結果とともに表示されている。[適応]から[意欲]へのパスを除き、パス係数はすべて5%水準で有意となっている。

右図は、パス図に分析結果 (標準化解) を書き入れたものである。パスにふられた数値がパス係数、内生変数の肩にふられているのが決定係数の値である。



ここで、内生変数の残差分散 $v1 \sim v3$ の標準化解をよく見てみよう。これらは、決定係数 R^2 との間に $1 - R^2$ という関係にあることがわかる。従って、標準化解を報告する場合は、決定係数か残差分散かのいずれか一方を記載するの十分ということになる。標準化解においては外生変数の分散はもちろん1であるから、[意欲]の分散 ($v4$) については報告するまでもない。

4 標準化された結果については枠内に並べて記載した。