

example 1 - 測定モデル（単一因子） 【評価版】

本 whitepaper は SEM を単一因子の測定モデルに適用したときの用例を紹介するものです。

1. データセット
 2. SEM モデル
 3. sem によるフィット
 4. gsem によるフィット
 5. 測定誤差モデル
- 補足 1

1. データセット

[SEM] example 1 には Example データセット sem_1fmm.dta を用いた SEM の用例が紹介されています。

```
. use http://www.stata-press.com/data/r13/sem_1fmm.dta *1
(single-factor measurement model)
```

このデータセット中には潜在変数 X の測定値を表す変数 x_1, x_2, x_3, x_4 の値が 123 件記録されています。参考までに先頭 5 件のデータをリスト出力しておくと次のようになります。

```
. list in 1/5 *2
```

	x1	x2	x3	x4
1.	76	76	63	490
2.	106	110	114	778
3.	99	106	104	757
4.	101	85	77	637
5.	104	82	108	654

© Copyright Math 工房； 一部 © Copyright StataCorp LP (used with permission)

*1 メニュー操作：File ▸ Example Datasets ▸ Stata 13 manual datasets と操作、Structural Equation Modeling Reference Manual [SEM] の Example 1 の項よりダウンロードする。

*2 メニュー操作：Data ▸ Describe data ▸ List data

x_4 のみ平均値や標準偏差が他と異なっている点に注意してください。

```
. summarize *3
```

. summarize					
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
x1	123	96.28455	14.16444	54	131
x2	123	97.28455	16.14764	64	135
x3	123	97.09756	15.10207	62	138
x4	123	690.9837	77.50737	481	885

このデータセットには注釈 (notes) が付帯しています。その内容は次のようにして確認することができます。

```
. notes list *4
```

```
. notes list

_dta:
  1. fictional data
  2. Variables x1, x2, and x3 each contain a test score designed to measure X.
    The test is scored to have mean 100.
  3. Variable x4 is also designed to measure X, but designed to have mean 700.
```

要するに

- データは人為的に作成されたものであること。
- 変数 x_1, x_2, x_3, x_4 はいずれも潜在変数 X の値を計測すべく実施したテストのスコアであるが、 x_1, x_2, x_3 は平均値が 100 前後の値に、 x_4 は平均値が 700 前後の値になるように企図されている。

という趣旨のことが記されています。

2. SEM モデル

測定モデルを SEM Builder 上で設定するには  アイコンを使うのが便利です。

- Statistics ▸ SEM (structural equation modeling) ▸ Model building and estimation と操作
- SEM Builder 上の  アイコンを選択した後、描画領域内の任意の点をクリック、表示される Measurement component ダイアログ上で次の指定を行う
- Main タブ: Latent variable name: X
Measurement variables: x1 x2 x3 x4

*3 メニュー操作: Statistics ▸ Summaries, tables and tests ▸ Summary and descriptive statistics ▸ Summary statistics

*4 メニュー操作: Data ▸ Data utilities ▸ Notes utilities ▸ List or search notes

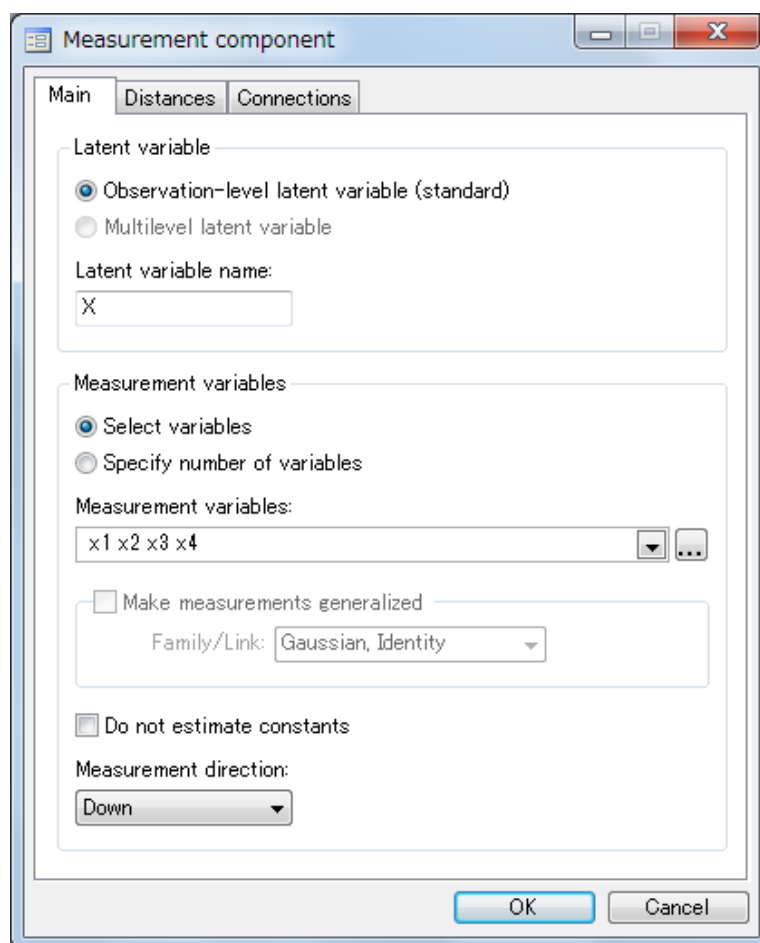


図 1 Measurement component ダイアログ - Main タブ

SEM Builder 上の描画領域内には次のようなモデルが構成されます。

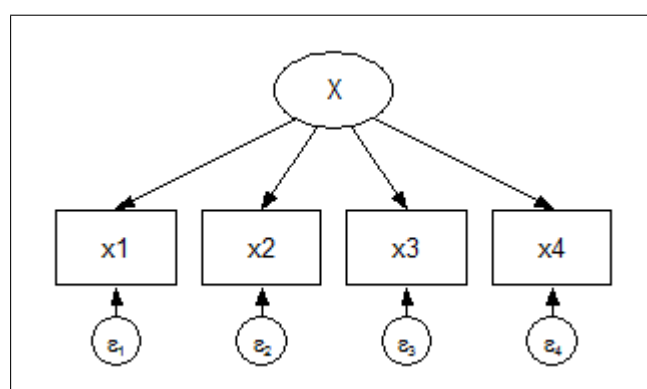


図 2 測定モデル



英文マニュアル上のモデルダイアグラムでは誤差変数からのパス係数が 1 と明示されています。しかし上記の操作のように内生変数に付帯する形で誤差変数 ε を自動生成した場合、そのパス係数は 1 と暗黙のうちに仮定されるため、明示の必要はありません。



アイコンをクリックした上でモデルダイアグラム全体を選択すると、オブジェクトを描画領域内の任意の位置に移動させることができます。

コマンドインタフェースでモデルを規定する場合には次のいずれを用いても構いません。

(x1<-X) (x2<-X) (x3<-X) (x4<-X)

(x1 x2 x3 x4<-X)

(X->x1 x2 x3 x4)

3. sem によるフィット

モデルの推定を実行するには SEM Builder 上の  アイコンをクリックします。SEM estimation options ダイアログが表示されますが、デフォルト設定のまま OK をクリックします。

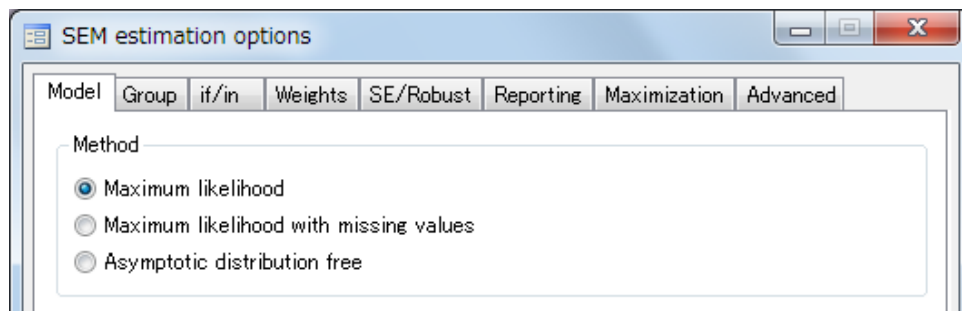


図 3 SEM estimation options ダイアログ - Model タブ

Endogenous variables

Exogenous variables

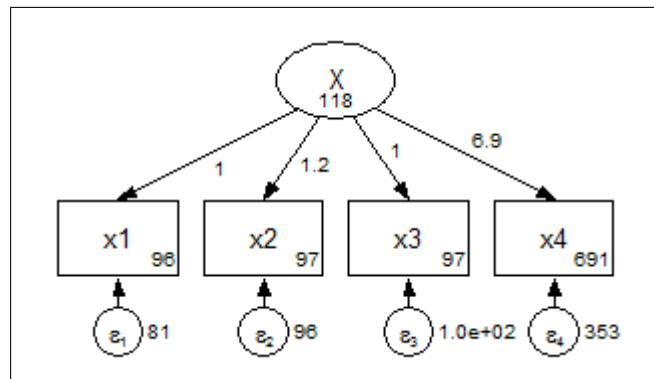
Fitting target model:

```
Iteration 2:    log likelihood = -2080.9859
```

Log likelihood = -2080.9859

	OIM					
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Measurement						
x1 <-						
X	1	(constrained)				
_cons	96.28455	1.271963	75.70	0.000	93.79155	98.77755
x2 <-						
X	1.172364	.1231777	9.52	0.000	.9309398	1.413788
_cons	97.28455	1.450053	67.09	0.000	94.4425	100.1266
x3 <-						
X	1.034523	.1160558	8.91	0.000	.8070579	1.261988
_cons	97.09756	1.356161	71.60	0.000	94.43953	99.75559
x4 <-						
X	6.886044	.6030898	11.42	0.000	5.704009	8.068078
_cons	690.9837	6.960137	99.28	0.000	677.3421	704.6254
var(e.x1)	80.79361	11.66414			60.88206	107.2172
var(e.x2)	96.15861	13.93945			72.37612	127.7559
var(e.x3)	99.70874	14.33299			75.22708	132.1576
var(e.x4)	353.4711	236.6847			95.14548	1313.166
var(X)	118.2068	23.82631			79.62878	175.4747

結果の一部はモデルダイアグラム上にも表示されます。



なお、このモデルのフィットをコマンドインタフェースで実行する場合には

```
. sem (x1 x2 x3 x4 <- X)
```

のように入力します。

図 2 に示された測定モデルは数式で次のように表現できます。

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \alpha_1 + X\beta_1 + \varepsilon_1 \\
 x_2 &= \alpha_2 + X\beta_2 + \varepsilon_2 \\
 x_3 &= \alpha_3 + X\beta_3 + \varepsilon_3 \\
 x_4 &= \alpha_4 + X\beta_4 + \varepsilon_4
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

実行結果に関しては次の点に注意してください。

1. 変数 X は潜在外生変数であるため、正規化 (normalization) という形の制約が自動的に課されます。変数 X は第 1 の観測可能変数 x_1 にアンカーされている (anchored) わけですが、それに対するパス係数 β_1 は 1 に設定されています。詳しくは [SEM] intro 4 (*mwp-122*) をご参照ください。
2. $X \rightarrow x_1$, $X \rightarrow x_2$, $X \rightarrow x_3$ へのパス係数値、すなわち $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ はそれぞれ 1, 1.17, 1.03 と推定されています。一方、 $X \rightarrow x_4$ へのパス係数値 β_4 は 6.89 と推定されています。このデータセットは元々擬似乱数を発生させる形で用意されたものであり、本来の係数値としてはそれぞれ 1, 1, 1, 7 が想定されていたことを考えると、推定結果は順当なものと言えます。
3. 出力末尾に $\chi^2(2)$ 統計量が 1.78 で有意水準が 0.4111 という検定結果が表示されています。 p 値が $\gg 0.05$ であるため、帰無仮説は棄却できないわけです。この検定は badness-of-fit を単位とした適合度検定 (goodness-of-fit test) の一種ですが、結果が有意と判定された場合にはモデルで規定されていないパスの存在が示唆されることになります。

4. gsem によるフィット

評価版では割愛しています。

5. 測定誤差モデル

評価版では割愛しています。

補足 1 – シミュレーション

評価版では割愛しています。

