

第5回 マルチレベル分析とSEM

SEMの最終回です。今回は回帰モデルに入れ子型の階層構造を仮定するマルチレベル分析とSEMの考え方を合わせて利用するコマンドを紹介します。すなわち、観測できない潜在変数による階層構造を考えてモデルを作成することになります。Stata 15の[SEM]マニュアルにあるexample 30gを利用して解説を行います。ただし、ここではマルチレベル分析の手法に関する説明は行いませんのでご了承ください。

第5章 2レベルの計測モデル

観測できない潜在変数による階層構造を考慮したモデルを作成する。¹

- データ `gsem_cfa.dta` を確認する.

```
. use gsem_cfa,clear
. summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
school	500	10.5	5.772056	1	20
id	500	50681.71	29081.41	71	100000
q1	500	.506	.5004647	0	1
q2	500	.394	.4891242	0	1
q3	500	.534	.4993423	0	1
q4	500	.424	.4946852	0	1
q5	500	.49	.5004006	0	1
q6	500	.434	.4961212	0	1
q7	500	.52	.5001002	0	1
q8	500	.494	.5004647	0	1
att1	500	2.946	1.607561	1	5
att2	500	2.948	1.561465	1	5
att3	500	2.84	1.640666	1	5
att4	500	2.91	1.566783	1	5
att5	500	3.086	1.581013	1	5
test1	500	75.548	5.948653	55	93
test2	500	80.556	4.976786	65	94
test3	500	75.572	6.677874	50	94
test4	500	74.078	8.845587	43	96

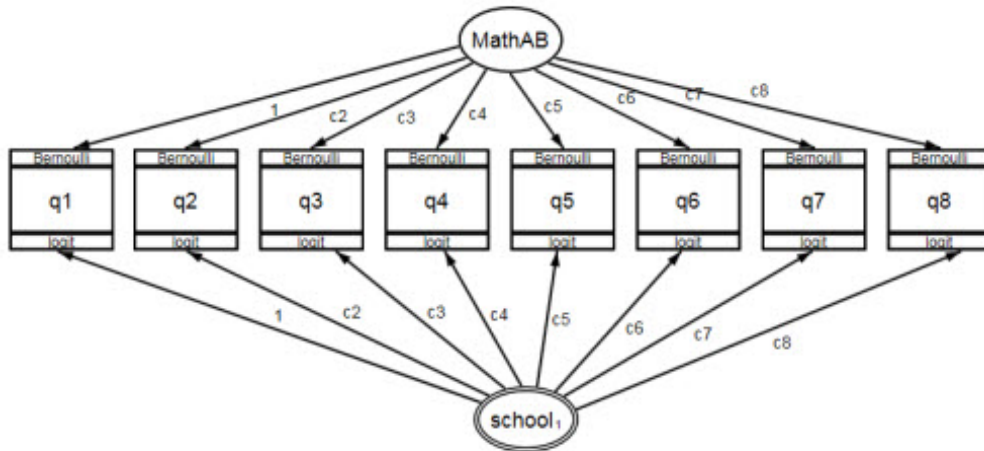
- 人工的に作成した擬似データで, 500 人の生徒 (`id`) の数学能力を示す.
- 変数 `q1` から `q8` は 0 と 1 を使って単純に数学の設問に対する正解と不正解の情報を示す.
- 生徒はそれぞれの学校に属しており, 学校は 20 校 (`school`)

2レベルモデルのフィット

- 潜在変数としては生徒単位の数学能力以外に, 学校単位での教育効果というものが考えられる.

¹Stata 15 の [SEM] マニュアルにある `example 30g` を利用して解説を行います.

- イメージとして次のようなモデルを考える.



- 下側にある二重線による $school_1$ は今回、新たに登場したオブジェクトである.
- このオブジェクトは学校単位で潜在変数が異なる事を意味する.
- 仮に, $school$ ごとの潜在変数を考えない場合は次のコマンドを実行する.

```
. gsem (MathAb -> q1-q8), logit
```

```
. gsem(MathAb->q1-q8),logit
Fitting fixed-effects model:
(省略)
Generalized structural equation model          Number of obs   =          500
Response      : q1
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q2
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q3
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q4
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q5
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q6
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q7
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q8
Family        : Bernoulli
```

Link : logit
 Log likelihood = -2637.3759
 (1) [q1]MathAb = 1

		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
q1	MathAb	1 (constrained)					
	_cons	.0373365	.1252279	0.30	0.766	-.2081058	.2827787
q2	MathAb	.381626	.116809	3.27	0.001	.1526845	.6105674
	_cons	-.4613391	.0989722	-4.66	0.000	-.655321	-.2673571
q3	MathAb	.4993762	.134314	3.72	0.000	.2361255	.7626269
	_cons	.1533362	.1006072	1.52	0.127	-.0438503	.3505228
q4	MathAb	.3299698	.1063034	3.10	0.002	.1216189	.5383207
	_cons	-.3230667	.0957983	-3.37	0.001	-.510828	-.1353054
q5	MathAb	.8401762	.1995336	4.21	0.000	.4490975	1.231255
	_cons	-.0494684	.1163093	-0.43	0.671	-.2774304	.1784937
q6	MathAb	.6453722	.1639865	3.94	0.000	.3239646	.9667798
	_cons	-.314723	.1083049	-2.91	0.004	-.5269968	-.1024493
q7	MathAb	.8163613	.2045448	3.99	0.000	.4154609	1.217262
	_cons	.1053404	.1152979	0.91	0.361	-.1206393	.3313201
q8	MathAb	.5769516	.1473524	3.92	0.000	.2881463	.865757
	_cons	-.026705	.1034396	-0.26	0.796	-.2294429	.1760328
	var(MathAb)	2.151059	.7298407			1.106229	4.182728

- これに対し, school レベルの効果を考える場合は次に示すように外生変数として M1[school] を追加する. 大文字の M を利用する.

```
. gsem (MathAb M1[school] -> q1-q8), logit
```

(省略)

```
Generalized structural equation model      Number of obs      =      500
Response      : q1
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q2
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q3
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q4
Family        : Bernoulli
Link          : logit
```

Response : q5
 Family : Bernoulli
 Link : logit
 Response : q6
 Family : Bernoulli
 Link : logit
 Response : q7
 Family : Bernoulli
 Link : logit
 Response : q8
 Family : Bernoulli
 Link : logit

Log likelihood = -2630.2063

(1) [q1]M1[school] = 1
 (2) [q2]MathAb = 1

		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]		
q1	M1[school]	1 (constrained)						
	MathAb _cons	2.807515 .0388021	.9468682 .1608489	2.97 0.24	0.003 0.809	.9516878 -.276456	4.663343 .3540602	
q2	M1[school]	.6673925	.3058328	2.18	0.029	.0679712	1.266814	
	MathAb _cons	1 (constrained) -.4631159	.1201227	-3.86	0.000	-.698552	-.2276798	
q3	M1[school]	.3555867	.3043548	1.17	0.243	-.2409377	.9521111	
	MathAb _cons	1.455529 .1537831	.5187786 .1070288	2.81 1.44	0.005 0.151	.4387416 -.0559894	2.472316 .3635556	
q4	M1[school]	.7073241	.3419273	2.07	0.039	.037159	1.377489	
	MathAb _cons	.8420897 -.3252735	.3528195 .1202088	2.39 -2.71	0.017 0.007	.1505762 -.5608784	1.533603 -.0896686	
q5	M1[school]	.7295553	.3330652	2.19	0.028	.0767595	1.382351	
	MathAb _cons	2.399529 -.0488674	.8110973 .1378015	2.96 -0.35	0.003 0.723	.8098079 -.3189533	3.989251 .2212185	
q6	M1[school]	.484903	.2844447	1.70	0.088	-.0725983	1.042404	
	MathAb _cons	1.840627 -.3139302	.5934017 .1186624	3.10 -2.65	0.002 0.008	.6775813 -.5465042	3.003673 -.0813563	
q7	M1[school]	.3677241	.2735779	1.34	0.179	-.1684787	.903927	
	MathAb _cons	2.444023 .1062164	.8016872 .1220796	3.05 0.87	0.002 0.384	.8727449 -.1330552	4.015301 .3454881	
q8	M1[school]	.5851299	.3449508	1.70	0.090	-.0909612	1.261221	
	MathAb _cons	1.606287 -.0261962	.5367614 .1189835	2.99 -0.22	0.003 0.826	.5542541 -.2593995	2.65832 .2070071	
	var(M1[school])	.2121216	.1510032			.052558	.8561121	

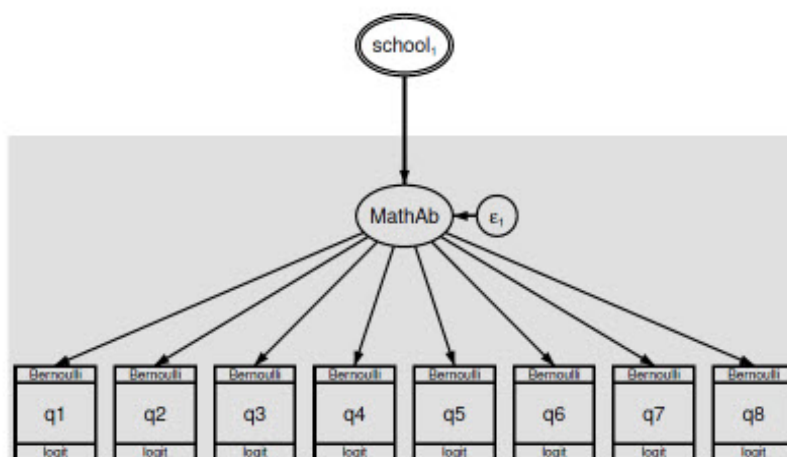
var(MathAb)	.2461246	.1372513	.0825055	.7342217
-------------	----------	----------	----------	----------

分析チェック

- 20 ある学校毎の効果 $M1[school]$ の分散推定値は 0.21
- MathAb の分散推定値は 0.25
- 学校ごとの効果と、学生ごとの数学に関する能力の分散が等しい
- しかし、現実のデータでは個人の数学能力 MathAb の分散が、学校の分散推定値よりも大きいケースが殆どである。
- したがって、モデルを改良する。

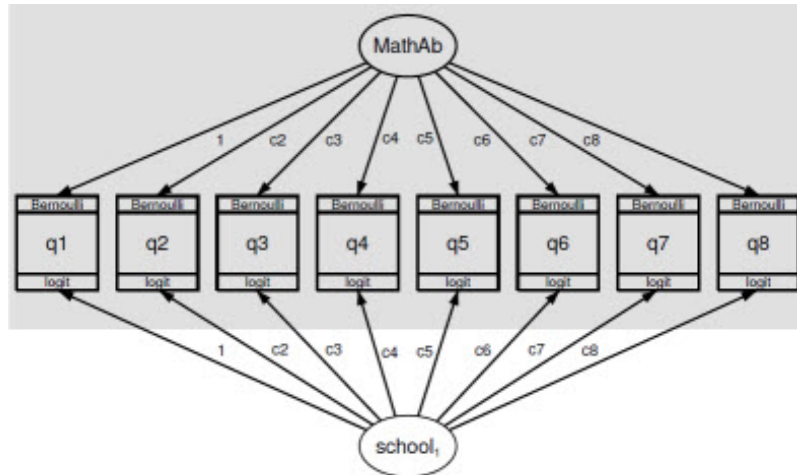
5.1 分散コンポーネントモデルのフィット

- 先の推定例では潜在変数 MathAB と学校単位の教育の特徴は独立としてモデル化した。
- しかし、学校ごとの教育の特徴が数学能力にも影響を与えていると考えることもできる。



マルチレベルと SEM を利用したイメージ

- 実際に Stata の SEM ビルダでこのようなパス図を描くことは仕様上、できない。
- このような場合は、代わりに次のようなパス図を作成し、推定で制約を課すというステップを用いる。



- 2つのモデルは一見、異なるように見えるが、モデルに制約を掛けることで同一のモデルになる。
- 最初にコマンドで実行し、次にSEMビルダーを利用する方法を紹介する。

```
. gsem (MathAb M1[school] ->
>      q1@1 q2@c2 q3@c3 q4@c4 q5@c5 q6@c6 q7@c7 q8@c8), logit
```

(省略)

```
Generalized structural equation model      Number of obs      =      500
Response      : q1
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q2
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q3
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q4
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q5
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q6
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q7
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Response      : q8
Family        : Bernoulli
Link          : logit
Log likelihood = -2633.5922
( 1) [q1]M1[school] = 1
( 2) [q1]MathAb = 1
( 3) [q2]M1[school] - [q2]MathAb = 0
( 4) [q3]M1[school] - [q3]MathAb = 0
```

(5) [q4]M1[school] - [q4]MathAb = 0
 (6) [q5]M1[school] - [q5]MathAb = 0
 (7) [q6]M1[school] - [q6]MathAb = 0
 (8) [q7]M1[school] - [q7]MathAb = 0
 (9) [q8]M1[school] - [q8]MathAb = 0

		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
q1	M1[school]	1 (constrained)					
	MathAb _cons	1 (constrained) .0385522	.1556214	0.25	0.804	-.2664601	.3435646
q2	M1[school]	.3876281	.1156823	3.35	0.001	.1608951	.6143612
	MathAb _cons	.3876281 -.4633143	.1156823 .1055062	3.35 -4.39	0.001 0.000	.1608951 -.6701028	.6143612 -.2565259
q3	M1[school]	.4871164	.1295515	3.76	0.000	.2332001	.7410328
	MathAb _cons	.4871164 .1533212	.1295515 .1098068	3.76 1.40	0.000 0.163	.2332001 -.0618962	.7410328 .3685386
q4	M1[school]	.3407151	.1058542	3.22	0.001	.1332446	.5481856
	MathAb _cons	.3407151 -.3246936	.1058542 .1011841	3.22 -3.21	0.001 0.001	.1332446 -.5230108	.5481856 -.1263763
q5	M1[school]	.8327426	.1950955	4.27	0.000	.4503624	1.215123
	MathAb _cons	.8327426 -.0490579	.1950955 .1391324	4.27 -0.35	0.000 0.724	.4503624 -.3217524	1.215123 .2236365
q6	M1[school]	.6267415	.1572247	3.99	0.000	.3185868	.9348962
	MathAb _cons	.6267415 -.3135398	.1572247 .1220389	3.99 -2.57	0.000 0.010	.3185868 -.5527317	.9348962 -.074348
q7	M1[school]	.7660343	.187918	4.08	0.000	.3977219	1.134347
	MathAb _cons	.7660343 .1039102	.187918 .1330652	4.08 0.78	0.000 0.435	.3977219 -.1568927	1.134347 .3647131
q8	M1[school]	.5600833	.1416542	3.95	0.000	.2824462	.8377203
	MathAb _cons	.5600833 -.0264193	.1416542 .1150408	3.95 -0.23	0.000 0.818	.2824462 -.2518951	.8377203 .1990565
	var(M1[school])	.1719347	.1150138			.0463406	.6379187
	var(MathAb)	2.062489	.6900045			1.070589	3.973385

- 各推定式で MathAb の係数と M1[school] のパスの係数が等しいことが分かる。
- M1[school] と MathAb の分散推定値は 0.17 と 2.06 で大きく異なる。
- つまり、学校ごとの効果に比べ、生徒毎の数学能力の方がテストの結果に大きく影響することが分かる。


5.2 SEMビルダーで2レベルモデルを作成する

SEMビルダーを使って、制約のあるモデルを作図する。

- 手順として最初に無制約のモデルを推定する。
1. 統計>(SEM) 構造方程式モデリング> モデル構築/推定と操作する。

2.  ボタンをクリックし、SEMビルダーを gsem モードに変更する。


3. 計測可能な MathAb の構成要素を作図する。

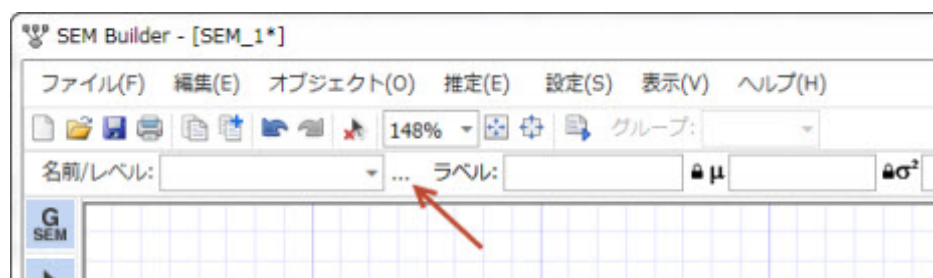
計測要素を追加する  ボタンをクリックする。そして画面の上から 1/4 あたりの箇所をクリックし、表示される測定成分のダイアログで次のように操作する。

- (a) 潜在変数の項目でグループ変数名を MathAb と入力する。
- (b) 測定変数の項目に変数として q1-q8 と入力する。
- (c) 同じダイアログで「測定変数を一般化する」の項目をチェックする。
- (d) 選択肢として Bernoulli,Logit を選択する。
- (e) 測定の向きは下方向にする。
- (f) OK ボタンをクリックする。

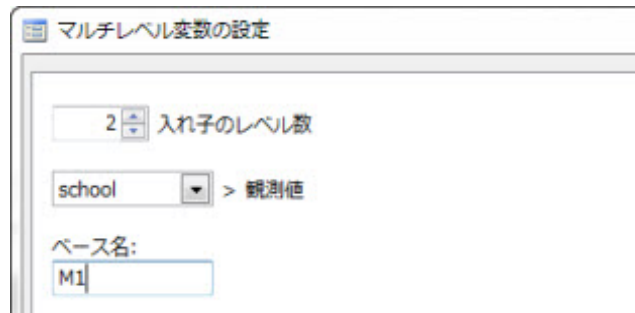
必要に応じてパス図の位置調整を行う。

4. school レベルの潜在変数を作図する。

- (a) マルチレベルの潜在変数を追加するアイコン  をクリックする。そして潜在変数 MathAb と対応する下側の位置をクリックする。
- (b) ツールバーにある次のボタンをクリックする。




- (c) ダイアログで入れ子のレベル数と変数を設定する。




(d) ベース名は M1 とする.

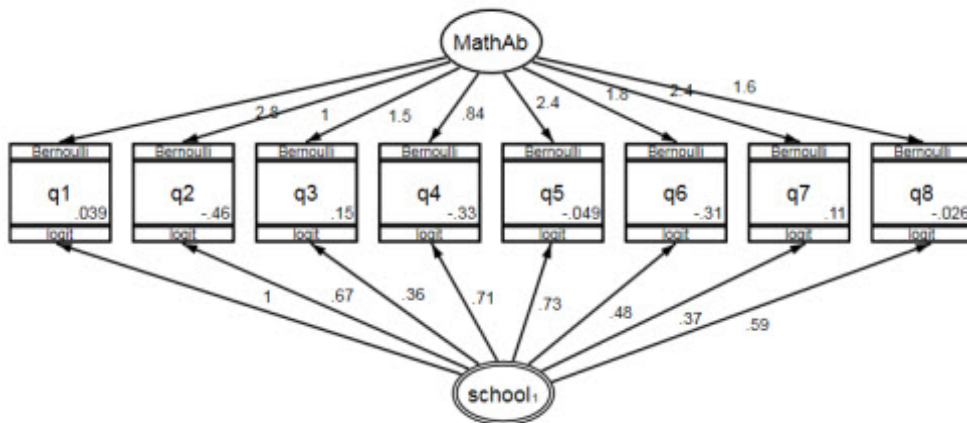
(e) OK ボタンをクリックする.

5. マルチレベルの潜在変数 school に対する因子負荷量のパスを作図する.

(a) パスを追加する  アイコンをクリックする.


(b) マルチレベルの潜在変数の school₁ から計測可能な変数 q1-q8 へそれぞれパスを追加する.

6. 推定ボタン  をクリックし, GSEM によるモデル推定を実行する.

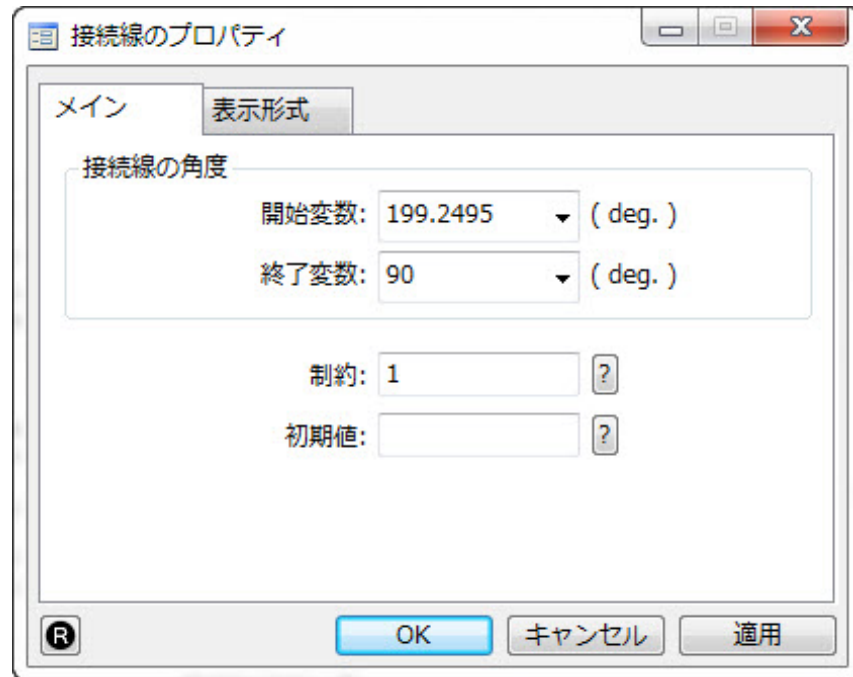


7. このモデルに制約を掛けて目的とする 2 レベルの SEM モデルを推定します.

(a) 推定 > 推定結果をクリアと操作する.

(b) オブジェクトを選択する  ボタンをクリックする.

(c) MathAb から q1 に向かうパスをダブルクリックして次に示すダイアログを表示し, 制約のテキストボックスに 1 と入力する.



- (d) 同じ操作を school₁ から q1 に向かうパスについても行う。
- (e) q2 のパスをダブルクリックしてそれぞれ制約を課す。ただし、テキストボックスには c2 と入力する。
- (f) この操作を q3 から q8 まで繰り返す。もちろん、テキストボックスには c3 から c8 を入力する。

8. 再び、推定ボタンをクリックし、GSEM によるモデル推定を実行する。

以上が GSEM におけるマルチレベル分析の推定例である。ここで考え方を整理するために、数式を用いて SEM とマルチレベルのモデルを表現してみる。

- 話を簡単にするために、数学の問題は 1 問しかない状況を想定し、SEM を考えると

$$q_{ij} = \alpha_0 + \beta_0 \text{MathAb} + e_{ij}$$

MathAb は計測できない潜在変数。j は学校の ID, i はその学校に属する生徒の ID. q は数学の試験の得点。

- 次に学校ごとに、生徒の数学の学力に及ぼす計測できない要因があると考えると、

$$q_{ij} = \alpha_0 + \beta_0 \text{MathAb} + u_{0j} + e_{ij}$$

u_{0j} は学校単位の変量効果。

- マルチレベル分析では固定効果として計測可能な変数を利用するが、SEM を利用することで潜在変数を固定効果部分に用いることができるようになる。

5.3 マルチプルグループに対応したワイブルサバイバルモデル

- gsem コマンドの利用例として、パラメトリックサバイバルモデルの推定例を紹介する。²
- ここでは潜在変数を利用しないので、本質的には SEM とは関係ない。
- 目的は gsem コマンドと新しいコマンドオプション group を利用してワイブル分布に従うパラメトリックサバイバルモデルを推定すること。

```
. use gsem_cancer, clear
```

データの内容を確認します。

```
. describe
```

```
Contains data from http://www.stata-press.com/data/r15/gsem_cancer.dta
  obs:          48                Patient Survival in Drug Trial
  vars:          4                16 Jan 2017 15:41
  size:         192                (_dta has notes)
```

variable name	storage type	display format	value label	variable label
studytime	byte	%8.0g		Months to death or end of exp.
died	byte	%8.0g		1 if patient died
drug	byte	%8.0g		Drug type (1=placebo)
age	byte	%8.0g		Patient's age at start of exp.

Sorted by:

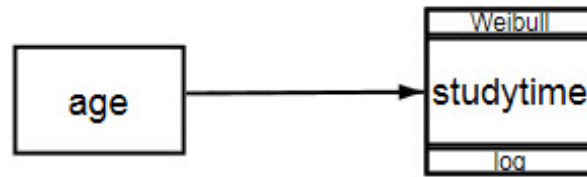
- 生存時間が studytime, イベント発生は died が 1, センサードの場合は 0.
- drug の 1 はプラセボでそれを含めて 3 種類の薬を使っている。
- ここで推定するモデルは共変量 age の係数は drug に関係なく同一である, という制約をかけたパラメトリックハザードモデルである。
- モデルの共変量として drug は利用しない。

マルチプルグループモデルのフィット

これからフィットするモデルを次に示す。

- 生存時間の設定に注意して次のパス図を作成する

²gsem に新たに用意された group オプションの用法を [SEM] マニュアルの example 49g を用いて解説する。



- グループの制約がないモデル推定の結果

(省略)

```

Generalized structural equation model      Number of obs   =      48
Response      : studytime                No. of failures =      31
Family        : Weibull                  Time at risk    =     744
Form          : proportional hazards
Link          : log
Log likelihood = -125.90354
  
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.081975	.0338304	2.42	0.015	.0156686	.1482814
_cons	-8.524359	2.084415	-4.09	0.000	-12.60974	-4.438981
/studytime						
ln_p	.2319948	.146887			-.0558984	.519888

- 次に drug でグループ分けして、age の係数だけは同一であるとする制約をかける。
- 推定コマンドの実行時にダイアログで次のように設定する。



```

Generalized structural equation model      Number of obs   =      48
Grouping variable = drug                  Number of groups =      3
Log likelihood      = -109.28976
  
```

```

( 1) [studytime]1bn.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
( 2) [studytime]2.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
Group      : 1                      Number of obs   =      20
Response   : studytime              No. of failures =      19
Family     : Weibull                 Time at risk    =     180
Form       : proportional hazards
Link       : log

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
_cons	-10.36921	2.341022	-4.43	0.000	-14.95753	-5.780896
/studytime						
ln_p	.4541282	.1715663			.1178645	.7903919

```

Group      : 2                      Number of obs   =      14
Response   : studytime              No. of failures =       6
Family     : Weibull                 Time at risk    =     209
Form       : proportional hazards
Link       : log

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
_cons	-14.93039	3.445179	-4.33	0.000	-21.68282	-8.177965
/studytime						
ln_p	.9413477	.2943728			.3643876	1.518308

```

Group      : 3                      Number of obs   =     355
Response   : studytime              No. of failures =       6
Family     : Weibull                 Time at risk    =     355
Form       : proportional hazards
Link       : log

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
_cons	-14.08495	3.242463	-4.34	0.000	-20.44006	-7.72984
/studytime						
ln_p	.6735495	.369625			-.0509022	1.398001

分析チェック

- この結果, age の係数はどのグループのそれも等しく 0.12 となっている.
- 定数項やシェイプパラメータはすべて異なる値となっている.

Notes:

モデルのパラメータは次に示すクラスに分けて指定する.

クラスの内容	クラス名
1. 定数項とカットポイント	cons
2. 計測可能な変数の係数	coef
3. 潜在変数の係数	loading
4. 誤差共分散	errvar
5. スケールパラメータ	scale
6. 外生変数の平均	means
7. 外生潜在変数の共分散	covex
8.1-7 のすべて	all
9. 何も指定しない	none

表示方法を変更する

- 推定結果が drug のグループごとに繰り返し表示されているので係数を比較するにはやや不便。
- byparm オプションを利用する

```
. gsem, byparm
```

```

Generalized structural equation model
Grouping variable = drug
Group      : 1
Response  : studytime
Family    : Weibull
Form      : proportional hazards
Link      : log
Number of obs   = 20
No. of failures = 19
Time at risk   = 180

Group      : 2
Response  : studytime
Family    : Weibull
Form      : proportional hazards
Link      : log
Number of obs   = 14
No. of failures = 6
Time at risk   = 209

Group      : 3
Response  : studytime
Family    : Weibull
Form      : proportional hazards
Link      : log
Number of obs   = 14
No. of failures = 6
Time at risk   = 355

Log likelihood = -109.28976
( 1) [studytime]1bn.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
( 2) [studytime]2.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age						
1	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
2	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
3	.1212332	.0367538	3.30	0.001	.049197	.1932694
_cons						
1	-10.36921	2.341022	-4.43	0.000	-14.95753	-5.780896
2	-14.93039	3.445179	-4.33	0.000	-21.68282	-8.177965
3	-14.08495	3.242463	-4.34	0.000	-20.44006	-7.72984
/studytime						

ln_p				
1	.4541282	.1715663	.1178645	.7903919
2	.9413477	.2943728	.3643876	1.518308
3	.6735495	.369625	-.0509022	1.398001

- 定数項の値は一見すると、グループ間で異なっているように見える
- ワールド検定で定数項の仮説検定を行う
- 最初に係数の指定方法を確認するために、次のコマンドを実行する。

. gsem,coeflegend

```

Generalized structural equation model          Number of obs   =           48

Grouping variable = drug                      Number of groups =           3
Log likelihood    = -109.28976

( 1) [studytime]1bn.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
( 2) [studytime]2.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0

Group      : 1                               Number of obs   =           20
Response   : studytime                       No. of failures =           19
Family     : Weibull                          Time at risk    =           180
Form       : proportional hazards
Link       : log

-----+-----
                Coef.  Legend
-----+-----
studytime
  age      .1212332  _b[studytime:1.drug#c.age]
  _cons   -10.36921  _b[studytime:1.drug]

/studytime
  ln_p    .4541282  _b[/studytime:1.drug#c.ln_p]

Group      : 2                               Number of obs   =           14
Response   : studytime                       No. of failures =            6
Family     : Weibull                          Time at risk    =           209
Form       : proportional hazards
Link       : log

-----+-----
                Coef.  Legend
-----+-----
studytime
  age      .1212332  _b[studytime:2.drug#c.age]
  _cons   -14.93039  _b[studytime:2.drug]

/studytime
  ln_p    .9413477  _b[/studytime:2.drug#c.ln_p]

Group      : 3                               Number of obs   =           14
Response   : studytime                       No. of failures =            6
Family     : Weibull                          Time at risk    =           355
Form       : proportional hazards
Link       : log

-----+-----
                Coef.  Legend
-----+-----
studytime
  age      .1212332  _b[studytime:3.drug#c.age]
  
```


_cons	-14.08495	_b[studytime:3.drug]
/studytime ln_p	.6735495	_b[/studytime:3.drug#c.ln_p]

- それぞれの定数項は `_b[studytime:1.drug]` のような形式で指定できることが分かる。
- 次のコマンドで仮説検定を行う。

```
. test _b[studytime:1.drug]=_b[studytime:2.drug]=_b[studytime:3.drug]
```

```
( 1) [studytime]1bn.drug - [studytime]2.drug = 0
( 2) [studytime]1bn.drug - [studytime]3.drug = 0
      chi2( 2) =    5.49
      Prob > chi2 =    0.0641
```

分析チェック

- 有意水準 5% で考えると、すべての定数項が等しいという帰無仮説は棄却でない。
- そこで、定数項についても等しいという制約をかけてモデルを推定する。

```
. gsem (studytime <- age, family(weibull, failure(died))), ///
> group(drug) ginvariant(coef cons)
```

(省略)

```
Generalized structural equation model      Number of obs   =      48
Grouping variable = drug                  Number of groups =      3
Log likelihood      = -112.77306
```

```
( 1) [studytime]1bn.drug - [studytime]3.drug = 0
( 2) [studytime]2.drug - [studytime]3.drug = 0
( 3) [studytime]1bn.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
( 4) [studytime]2.drug#c.age - [studytime]3.drug#c.age = 0
```

```
Group      : 1                      Number of obs   =      20
Response   : studytime              No. of failures =      19
Family     : Weibull                Time at risk    =     180
Form       : proportional hazards
Link       : log
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1126419	.0362786	3.10	0.002	.0415373	.1837466
_cons	-10.95772	2.308489	-4.75	0.000	-15.48227	-6.433162
/studytime						
ln_p	.6684086	.1327284			.4082657	.9285514

```
Group      : 2                      Number of obs   =      14
Response   : studytime              No. of failures =      6
```

```

Family      : Weibull           Time at risk   =      209
Form        : proportional hazards
Link        : log

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1126419	.0362786	3.10	0.002	.0415373	.1837466
_cons	-10.95772	2.308489	-4.75	0.000	-15.48227	-6.433162
/studytime						
ln_p	.3404518	.1853246			-.0227779	.7036814

```

Group       : 3                 Number of obs   =      14
Response    : studytime        No. of failures =       6
Family      : Weibull           Time at risk    =     355
Form        : proportional hazards
Link        : log

```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
studytime						
age	.1126419	.0362786	3.10	0.002	.0415373	.1837466
_cons	-10.95772	2.308489	-4.75	0.000	-15.48227	-6.433162
/studytime						
ln_p	.1908734	.1832999			-.1683877	.5501345

パラメトリックサバイバルモデル

- ここで紹介した gsem の group オプションは, streg で strata オプションを利用する事と全く同じ.

```

. stset studytime, failure(died)
. streg age, distribution(weibull) strata(drug)

```