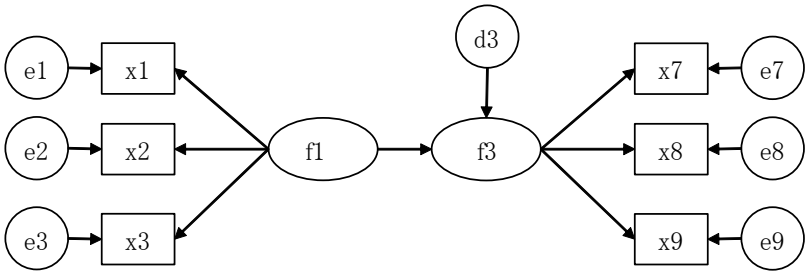
多重指標モデル

```
library(sem)
opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
                               "SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))

モデル名 <- specifyEquations()
  構造方程式

sem(モデル名, 共分散(相関)行列, N=標本サイズ)
```

あらかじめsemパッケージをインストールしておく必要がある.
適合度指標は，デフォルトではAICくらいしか出力されない．必要なものを出力するように指定する.
パス係数の頭文字は b にしておくのが無難．他の文字を用いると，それだけで不具合になる場合がある.
空白行があるところで，モデルの設定が修了したとみなされる.
（逆に，行をあけないと，モデル設定が終了したことにならない）

モデル部分のスクリプトの例

```
seq.1 <- specifyEquations()
 x1 = 1*f1
 x2 = b2*f1
 x3 = b3*f1
 x7 = 1*f3
 x8 = b8*f3
 x9 = b9*f3
 f3 = a31*f1
 V(x1) = ev1
 V(x2) = ev2
 V(x3) = ev3
 V(x7) = ev7
 V(x8) = ev8
 V(x9) = ev9
 V(f3) = evf3
 V(f1) = vf1
```

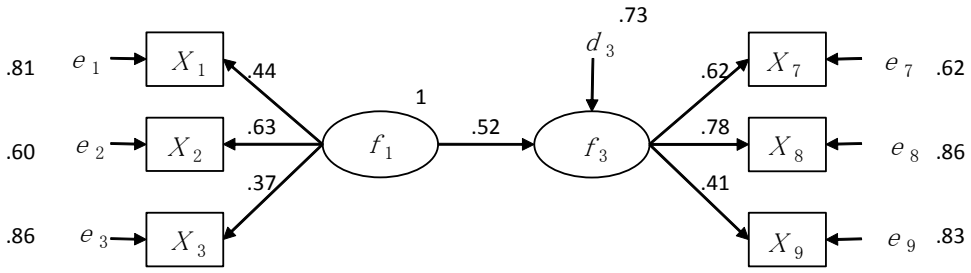



```
> setwd("i:¥¥Rdocuments¥¥scripts¥¥")
> d1 <- read.table("拡張SEMデータ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12
1  4  3  2  3  4  4  2  4  2   4   4   3
2  2  3  2  5  3  4  5  3  3   4   4   4
3  1  4  2  2  3  3  4  3  2   3   4   4
4  1  5  2  2  3  2  3  2  2   5   4   3
5  2  3  1  4  2  1  3  3  2   1   1   1
6  2  4  3  3  5  4  4  3  4   2   4   1
>
>
> # 記述統計量
> dtmp <- d1
> ntmp <- nrow(dtmp)
> mtmp <- colMeans(dtmp)
> stmp <- apply(dtmp, 2, sd)
> ctmp <- cor(dtmp)
> ktmp <- round(data.frame(ntmp, mtmp, stmp, ctmp),2)
> colnames(ktmp) <- c("N","Mean","SD",colnames(ctmp))
> ktmp
      N Mean   SD    x1    x2    x3    x4    x5   x6   x7   x8   x9  x10  x11  x12
x1  276 3.01 0.98  1.00  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08 0.06 0.07 0.07
x2  276 3.01 1.03  0.28  1.00  0.22 -0.01  0.02 0.04 0.28 0.06 0.09 0.08 0.09 0.10
x3  276 3.00 0.99  0.19  0.22  1.00 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09 0.21 0.01 0.07
x4  276 2.99 1.02  0.27 -0.01 -0.01  1.00  0.20 0.23 0.03 0.04 0.02 0.09 0.08 0.08
```

```
x5  276 3.00 1.00 -0.01  0.02  0.03  0.20  1.00 0.21 0.05 0.23 0.02 0.08 0.08 0.10
x6  276 3.03 1.04  0.03  0.04  0.01  0.23  0.21 1.00 0.09 0.04 0.07 0.09 0.29 0.11
x7  276 3.03 0.99  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 1.00 0.21 0.23 0.06 0.05 0.07
x8  276 3.01 1.01  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.04 0.21 1.00 0.24 0.09 0.03 0.11
x9  276 3.00 1.01  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.00 0.06 0.04 0.22
x10 276 2.99 1.03  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.06 0.09 0.06 1.00 0.17 0.22
x11 276 2.99 1.00  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.29 0.05 0.03 0.04 0.17 1.00 0.24
x12 276 2.99 1.01  0.07  0.10  0.07  0.08  0.10 0.11 0.07 0.11 0.22 0.22 0.24 1.00
>
>
> # 共分散行列・相関係数行列
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
>
>
> # 多重指標モデル
> library(sem)
> opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI", "SRM
R", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))

 seq.1 <- specifyEquations()
1:  x1 = 1*f1
2:  x2 = b2*f1
3:  x3 = b3*f1
4:  x7 = 1*f3
5:  x8 = b8*f3
6:  x9 = b9*f3
7:  f3 = a31*f1
8:  V(x1) = ev1
9:  V(x2) = ev2
10:  V(x3) = ev3
11:  V(x7) = ev7
12:  V(x8) = ev8
13:  V(x9) = ev9
14:  V(f3) = evf3
15:  V(f1) = vf1
16:
Read 15 items

> sem.seq.1 <- sem(seq.1, cov.d1, N=nrow(d1))
> summary(sem.seq.1)

 Model Chisquare =  9.187096   Df =  8 Pr(>Chisq) = 0.3267596
 Goodness-of-fit index =  0.9885242
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.969876
 RMSEA index =  0.02322905   90% CI: (NA, 0.07683467)
 Bentler-Bonett NFI =  0.9125166
 Tucker-Lewis NNFI =  0.975273
 Bentler CFI =  0.9868123
 Bentler RNI =  0.9868123
 Bollen IFI =  0.9877638
 SRMR =  0.03268035
 AIC =  35.1871
 AICc =  10.57641
 BIC =  -35.77611
 CAIC =  -43.77611

 Normalized Residuals
     Min.   1st Qu.    Median      Mean   3rd Qu.      Max.
-1.123000 -0.332200 -0.005191 -0.031210  0.056290  1.362000

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     f3     x7     x8     x9
0.1912 0.3961 0.1360 0.2738 0.3787 0.1409 0.1694

 Parameter Estimates
     Estimate  Std Error  z value   Pr(>|z|)
b2   1.5186975 0.43869639  3.461842 5.364926e-04 x2 <--- f1
b3   0.8561944 0.25021723  3.421804 6.220703e-04 x3 <--- f1
b8   0.6234700 0.19324808  3.226267 1.254161e-03 x8 <--- f3
b9   0.6838182 0.20630464  3.314604 9.177304e-04 x9 <--- f3
a31  0.7444214 0.23023345  3.233333 1.223549e-03 f3 <--- f1
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	番号	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
2	1	3	2	1	2	2	4	4	3	4	4
3	2	3	3	4	3	2	2	2	2	4	1
4	3	4	3	3	4	1	3	4	2	5	1
5	4	5	5	5	3	3	4	4	2	4	4
6	5	3	3	4	2	2	3	3	3	4	1
7	6	2	1	4	1	1	3	3	2	5	1
8	7	5	3	5	5	4	5	5	3	5	3
9	8	4	3	4	3	2	3	2	2	4	1
10	9	4	2	4	2	2	2	2	2	4	2
11	10	4	5	5	4	4	3	3	3	4	3
12	11	4	2	4	4	2	4	4	2	4	3
13	12	5	3	4	5	2	3	3	2	3	2
14	13	3	3	5	3	3	2	3	2	3	2
15	14	4	4	5	3	3	3	4	2	3	1
16	15	4	2	4	3	1	4	2	1	3	3
17	16	4	3	4	1	1	2	1	1	3	1
18	17	3	2	4	3	2	2	2	2	3	2
19	18	3	3	5	2	2	3	2	1	4	1
20	19	3	3	5	2	2	4	4	2	4	1
21	20	3	2	5	1	2	3	3	1	4	2

```
ev1   0.7762467 0.08607366  9.018401 1.908553e-19 x1 <--> x1
ev2   0.6455500 0.13005700  4.963593 6.920086e-07 x2 <--> x2
ev3   0.8545419 0.08520639 10.029082 1.135676e-23 x3 <--> x3
ev7   0.6094471 0.11954549  5.098035 3.431974e-07 x7 <--> x7
ev8   0.8808253 0.08941441  9.851044 6.783564e-23 x8 <--> x8
ev9   0.8517256 0.09136838  9.321886 1.142907e-20 x9 <--> x9
evf3 0.2698155 0.11038347  2.444347 1.451145e-02 f3 <--> f3
vf1   0.1835426 0.07310119  2.510801 1.204575e-02 f1 <--> f1

 Iterations =  31
> stdCoef(sem.seq.1)
        Std. Estimate
1           0.4373010 x1 <--- f1
2    b2     0.6293252 x2 <--- f1
3    b3     0.3688269 x3 <--- f1
4           0.6154132 x7 <--- f3
5    b8     0.3753166 x8 <--- f3
6    b9     0.4116027 x9 <--- f3
7   a31     0.5232285 f3 <--- f1
8   ev1     0.8087679 x1 <--> x1
9   ev2     0.6039498 x2 <--> x2
10  ev3     0.8639667 x3 <--> x3
11  ev7     0.6212666 x7 <--> x7
12  ev8     0.8591374 x8 <--> x8
13  ev9     0.8305832 x9 <--> x9
14 evf3     0.7262319 f3 <--> f3
15  vf1     1.0000000 f1 <--> f1
>
>
>
>
```



X^2=9.19, df=8, p=0.327,
AGFI=0.97, RMSEA=0.02,CFI=0.99

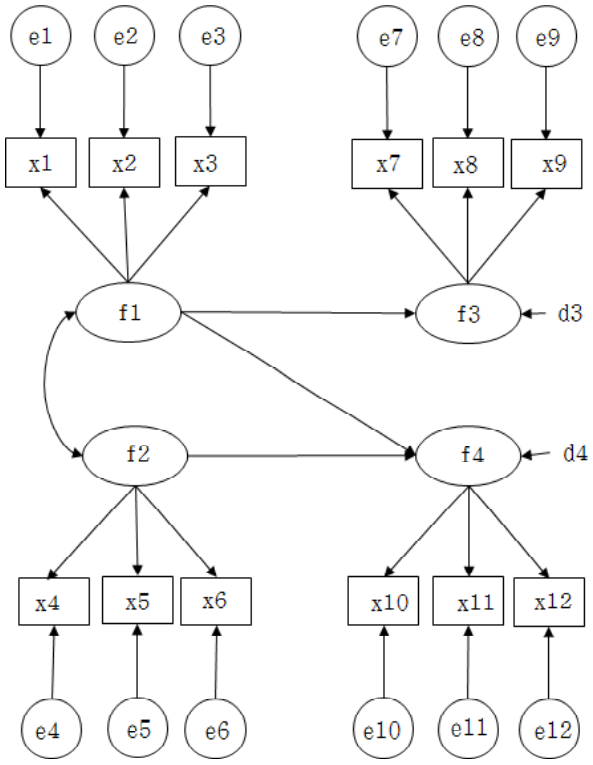
潜在変数の構造方程式モデリング ― semパッケージを使う方法

```
library(sem)
opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
                               "SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))

モデル名 <- specifyEquations()
  構造方程式

sem(モデル名, 共分散(相関)行列, N=標本サイズ)
```

あらかじめsemパッケージをインストールしておく必要がある.
適合度指標は，デフォルトではAICくらいしか出力されない．必要なものを出力するように指定する.
パス係数の頭文字は b にしておくのが無難．他の文字を用いると，それだけで不具合になる場合がある.
空白行があるところで，モデルの設定が修了したとみなされる.
（逆に，行をあけないと，モデル設定が終了したことにならない）

モデル部分のスクリプトの例

```
seq.1 <- specifyEquations()
 x1 = 1*f1                      # 測定方程式
 x2 = b2*f1
 x3 = b3*f1
 x4 = 1*f2
 x5 = b5*f2
 x6 = b6*f2
 x7 = 1*f3
 x8 = b8*f3
 x9 = b9*f3
 x10 = 1*f4
 x11 = b11*f4
 x12 = b12*f4
 f3 = a31*f1                    # 潜在変数間の予測式
 f4 = a41*f1 + a42*f2
 V(x1) = ev1                    # 内生変数の誤差分散
 V(x2) = ev2
 V(x3) = ev3
 V(x4) = ev4
 V(x5) = ev5
 V(x6) = ev6
 V(x7) = ev7
 V(x8) = ev8
 V(x9) = ev9
 V(x10) = ev10
 V(x11) = ev11
 V(x12) = ev12
 V(f3) = evf3
 V(f4) = evf4
 V(f1) = vf1                    # 外生変数の分散
 V(f2) = vf2
 C(f1,f2) = cf12                # 外生変数の共分散
```



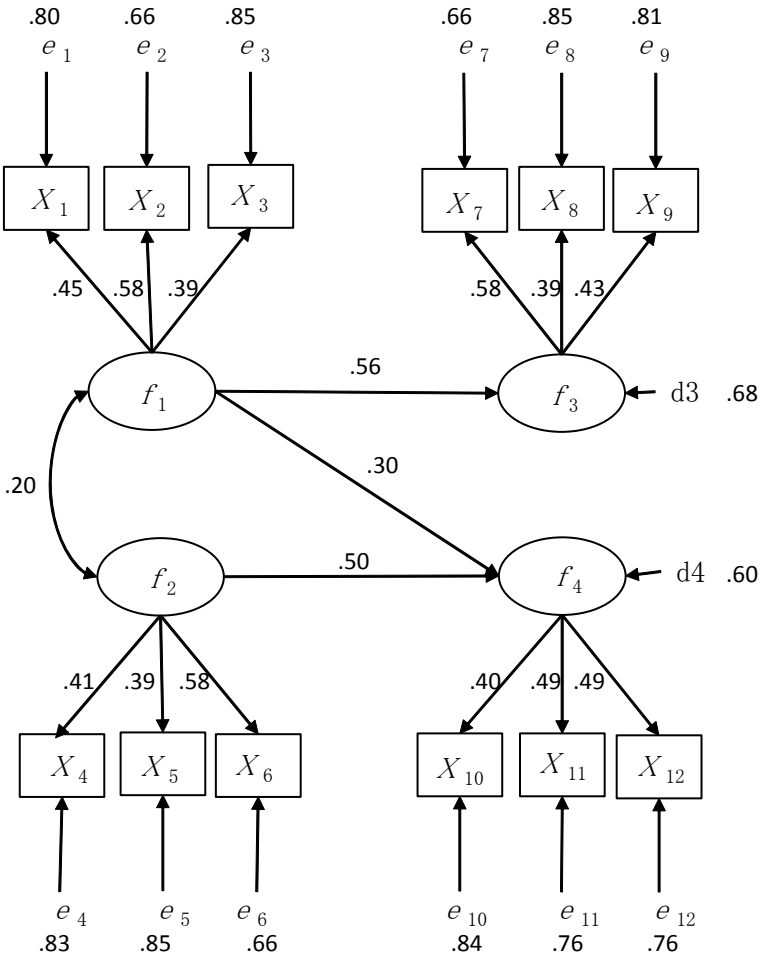

```
> setwd("i:¥¥Rdocuments¥¥scripts¥¥")
> d1 <- read.table("拡張SEMデータ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12
1  4  3  2  3  4  4  2  4  2   4   4   3
2  2  3  2  5  3  4  5  3  3   4   4   4
3  1  4  2  2  3  3  4  3  2   3   4   4
4  1  5  2  2  3  2  3  2  2   5   4   3
5  2  3  1  4  2  1  3  3  2   1   1   1
6  2  4  3  3  5  4  4  3  4   2   4   1
>
>
```

```
> # 記述統計量
> dtmp <- d1
> ntmp <- nrow(dtmp)
> mtmp <- colMeans(dtmp)
> stmp <- apply(dtmp, 2, sd)
> ctmp <- cor(dtmp)
> ktmp <- round(data.frame(ntmp, mtmp, stmp, ctmp),2)
> colnames(ktmp) <- c("N","Mean","SD",colnames(ctmp))
> ktmp
      N Mean   SD    x1    x2    x3    x4    x5   x6   x7   x8   x9  x10  x11  x12
x1  276 3.01 0.98  1.00  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08 0.06 0.07 0.07
x2  276 3.01 1.03  0.28  1.00  0.22 -0.01  0.02 0.04 0.28 0.06 0.09 0.08 0.09 0.10
x3  276 3.00 0.99  0.19  0.22  1.00 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09 0.21 0.01 0.07
x4  276 2.99 1.02  0.27 -0.01 -0.01  1.00  0.20 0.23 0.03 0.04 0.02 0.09 0.08 0.08
x5  276 3.00 1.00 -0.01  0.02  0.03  0.20  1.00 0.21 0.05 0.23 0.02 0.08 0.08 0.10
x6  276 3.03 1.04  0.03  0.04  0.01  0.23  0.21 1.00 0.09 0.04 0.07 0.09 0.29 0.11
x7  276 3.03 0.99  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 1.00 0.21 0.23 0.06 0.05 0.07
x8  276 3.01 1.01  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.04 0.21 1.00 0.24 0.09 0.03 0.11
x9  276 3.00 1.01  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.00 0.06 0.04 0.22
x10 276 2.99 1.03  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.06 0.09 0.06 1.00 0.17 0.22
x11 276 2.99 1.00  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.29 0.05 0.03 0.04 0.17 1.00 0.24
x12 276 2.99 1.01  0.07  0.10  0.07  0.08  0.10 0.11 0.07 0.11 0.22 0.22 0.24 1.00
>
>
> # 共分散行列・相関係数行列
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
>
>
> # 因子間構造モデル
> library(sem)
> opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI", "SRM
R", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))
>
> seq.1 <- specifyEquations()
1:  x1 = 1*f1
2:  x2 = b2*f1
3:  x3 = b3*f1
4:  x4 = 1*f2
5:  x5 = b5*f2
6:  x6 = b6*f2
7:  x7 = 1*f3
8:  x8 = b8*f3
9:  x9 = b9*f3
10:  x10 = 1*f4
11:  x11 = b11*f4
12:  x12 = b12*f4
13:  f3 = a31*f1
14:  f4 = a41*f1 + a42*f2
15:  V(x1) = ev1
16:  V(x2) = ev2
17:  V(x3) = ev3
18:  V(x4) = ev4
19:  V(x5) = ev5
20:  V(x6) = ev6
21:  V(x7) = ev7
22:  V(x8) = ev8
23:  V(x9) = ev9
24:  V(x10) = ev10
25:  V(x11) = ev11
26:  V(x12) = ev12
27:  V(f3) = evf3
28:  V(f4) = evf4
29:  V(f1) = vf1
30:  V(f2) = vf2
31:  C(f1,f2) = cf12
32:
Read 31 items

> sem.seq.1 <- sem(seq.1, cor.d1, N=nrow(d1))
> summary(sem.seq.1)
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	番号	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
2	1	3	2	1	2	2	4	4	3	4	4
3	2	3	3	4	3	2	2	2	2	4	1
4	3	4	3	3	4	1	3	4	2	5	1
5	4	5	5	5	3	3	4	4	2	4	4
6	5	3	3	4	2	2	3	3	3	4	1
7	6	2	1	4	1	1	3	3	2	5	1
8	7	5	3	5	5	4	5	5	3	5	3
9	8	4	3	4	3	2	3	2	2	4	1
10	9	4	2	4	2	2	2	2	2	4	2
11	10	4	5	5	4	4	3	3	3	4	3
12	11	4	2	4	4	2	4	4	2	4	3
13	12	5	3	4	5	2	3	3	2	3	2
14	13	3	3	5	3	3	2	3	2	3	2
15	14	4	4	5	3	3	3	4	2	3	1
16	15	4	2	4	3	1	4	2	1	3	3
17	16	4	3	4	1	1	2	1	1	3	1
18	17	3	2	4	3	2	2	2	2	3	2
19	18	3	3	5	2	2	3	2	1	4	1
20	19	3	3	5	2	2	4	4	2	4	1
21	20	3	2	5	1	2	3	3	1	4	2

```
 Model Chisquare =  83.02649   Df =  50 Pr(>Chisq) = 0.002305156
 Goodness-of-fit index =  0.953118
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.9268641
 RMSEA index =  0.04900945   90% CI: (0.02933125, 0.06721064)
 Bentler-Bonett NFI =  0.6987328
 Tucker-Lewis NNFI =  0.7919997
 Bentler CFI =  0.842424
 Bentler RNI =  0.842424
 Bollen IFI =  0.8536001
 SRMR =  0.05428159
 AIC =  139.0265
 AICc =  89.60139
 BIC =  -197.9936
 CAIC =  -247.9936

 Normalized Residuals
   Min.  1st Qu.   Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-1.1980 -0.4154 -0.1110  0.1063  0.2682  3.7710

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     x4     x5     x6     f3     x7     x8     x9     f4    x10    x11
0.2005 0.3366 0.1483 0.1676 0.1510 0.3358 0.3151 0.3396 0.1550 0.1890 0.3986 0.1587 0.2398
   x12
0.2356

 Parameter Estimates
     Estimate   Std Error  z value  Pr(>|z|)
b2   1.29569918 0.34075086 3.802482 1.432534e-04 x2 <--- f1
b3   0.86015848 0.24459171 3.516712 4.369283e-04 x3 <--- f1
b5   0.94917157 0.29318375 3.237463 1.205975e-03 x5 <--- f2
b6   1.41554193 0.43270252 3.271397 1.070174e-03 x6 <--- f2
b8   0.67557465 0.19781491 3.415186 6.373854e-04 x8 <--- f3
b9   0.74592556 0.21220194 3.515168 4.394752e-04 x9 <--- f3
b11  1.22951694 0.35459376 3.467396 5.255274e-04 x11 <--- f4
b12  1.21854597 0.35180875 3.463660 5.328791e-04 x12 <--- f4
a31  0.73053457 0.22194276 3.291545 9.963869e-04 f3 <--- f1
a41  0.26687006 0.13446825 1.984633 4.718537e-02 f4 <--- f1
a42  0.48420288 0.19075744 2.538317 1.113870e-02 f4 <--- f2
ev1  0.79951327 0.08802143 9.083166 1.054612e-19 x1 <--> x1
ev2  0.66341533 0.10181173 6.516099 7.215927e-11 x2 <--> x2
ev3  0.85166528 0.08572231 9.935165 2.926898e-23 x3 <--> x3
ev4  0.83243627 0.08985916 9.263788 1.973045e-20 x4 <--> x4
ev5  0.84903732 0.08863006 9.579564 9.745538e-22 x5 <--> x5
ev6  0.66424202 0.11484738 5.783693 7.307822e-09 x6 <--> x6
ev7  0.66040641 0.10968439 6.020970 1.733749e-09 x7 <--> x7
ev8  0.84500901 0.08741897 9.666197 4.196854e-22 x8 <--> x8
ev9  0.81104876 0.08962717 9.049139 1.440999e-19 x9 <--> x9
ev10 0.84134121 0.08760173 9.604162 7.678009e-22 x10 <--> x10
ev11 0.76015347 0.09371818 8.111057 5.018146e-16 x11 <--> x11
ev12 0.76441388 0.09327267 8.195475 2.496052e-16 x12 <--> x12
evf3 0.23259733 0.09569770 2.430542 1.507624e-02 f3 <--> f3
evf4 0.09541110 0.04785396 1.993797 4.617419e-02 f4 <--> f4
vf1  0.20048687 0.07564876 2.650234 8.043615e-03 f1 <--> f1
vf2  0.16756383 0.07258184 2.308619 2.096472e-02 f2 <--> f2
cf12 0.03747028 0.02461593 1.522197 1.279598e-01 f2 <--> f1

 Iterations =  47

> stdCoef(sem.seq.1)
        Std. Estimate
1           0.4477576   x1 <--- f1
2    b2     0.5801592   x2 <--- f1
3    b3     0.3851425   x3 <--- f1
4           0.4093456   x4 <--- f2
5    b5     0.3885392   x5 <--- f2
6    b6     0.5794460   x6 <--- f2
7           0.5827464   x7 <--- f3
8    b8     0.3936887   x8 <--- f3
9    b9     0.4346854   x9 <--- f3
10          0.3983204  x10 <--- f4
11  b11     0.4897417  x11 <--- f4
12  b12     0.4853719  x12 <--- f4
```

```
13   a31      0.5613118   f3 <--- f1
14   a41      0.2999924   f4 <--- f1
15   a42      0.4976051   f4 <--- f2
16   ev1      0.7995132   x1 <--> x1
17   ev2      0.6634154   x2 <--> x2
18   ev3      0.8516653   x3 <--> x3
19   ev4      0.8324362   x4 <--> x4
20   ev5      0.8490373   x5 <--> x5
21   ev6      0.6642423   x6 <--> x6
22   ev7      0.6604066   x7 <--> x7
23   ev8      0.8450092   x8 <--> x8
24   ev9      0.8110486   x9 <--> x9
25 ev10      0.8413409 x10 <--> x10
26 ev11      0.7601531 x11 <--> x11
27 ev12      0.7644141 x12 <--> x12
28 evf3      0.6849291   f3 <--> f3
29 evf4      0.6013587   f4 <--> f4
30  vf1      1.0000000   f1 <--> f1
31  vf2      1.0000000   f2 <--> f2
32 cf12      0.2044343   f2 <--> f1
>
>
>
```



X^2=83.03, df=50, p=0.002,
AGFI=0.93, RMSEA=0.05,CFI=0.84

潜在変数の構造方程式モデリング ― lavaanパッケージを使う方法

パッケージの読み込み

```
library(lavaan)
```

あらかじめlavaanパッケージをインストールしておく必要がある.

モデルの設定

```
モデル名 <- '
  # 測定変数の指定 (=~ を使う)
     潜在変数名1 =~ 観測変数1 + 観測変数2 + …
     潜在変数名2 =~ 観測変数1 + 観測変数2 + …

  # 回帰式 (~ を使う)
     従属変数名1 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …
     従属変数名2 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …

  # 分散, 共分散 (~~ を使う)
     変数名i ~~ 変数名i     # 分散
     変数名j ~~ 変数名k     # 共分散
'
```

モデル部分はシングルカンマ (') でくくる.
すべての変数の分散を推定する場合は分散の指定は省略できる.

パラメタ値の推定

```
lavaanオブジェクト名 <- sem(モデル名, data=データ名)     または

lavaanオブジェクト名 <- lavaan(モデル名, data=データ名, model.type="sem",
                auto.var=TRUE,auto.fix.first=TRUE, auto.cov.lv.x=FALSE, auto.cov.y=FALSE)
```

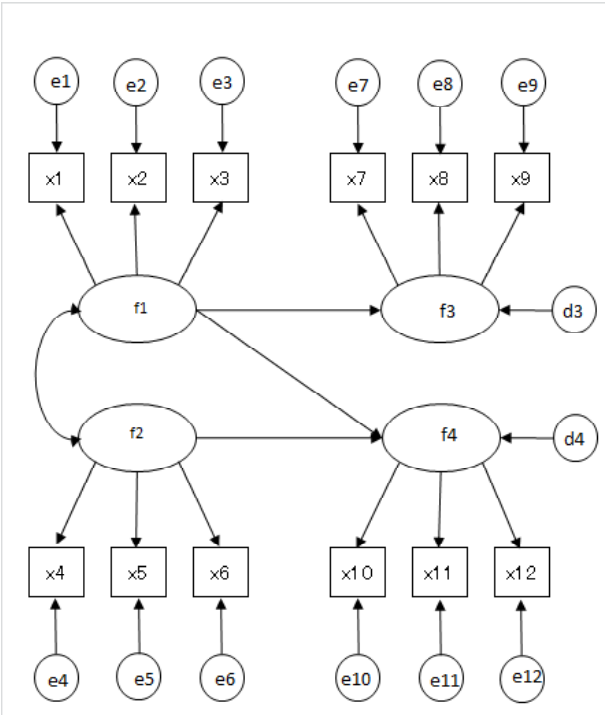
auto.var=TRUE　　: すべての変数の分散または残差分散を推定する
auto.fix.first=TRUE : 非標準化解において測定変数のうち最初の１つのパス係数を１に固定する
auto.cov.lv.x=FALSE : 潜在変数間の共分散を自動的には推定しない
auto.cov.y=FALSE : 従属変数の残差間の共分散を自動的には推定しない

```
summary(lavaanオブジェクト名, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

モデル部分のスクリプトの例

```
model.1 <- '
 # latent variable definitions
  f1 =~ x1 + x2 + x3
  f2 =~ x4 + x5 + x6
  f3 =~ x7 + x8 + x9
  f4 =~ x10 + x11 + x12

 # regression
  f3 ~ f1
  f4 ~ f1 + f2

 # variances and covariances
  f1 ~~ f2
'
```

すべての分散を推定するので, 分散の式は省略している



```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("共分散構造分析_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12
1  4  3  2  3  4  4  2  4  2   4   4   3
2  2  3  2  5  3  4  5  3  3   4   4   4
3  1  4  2  2  3  3  4  3  2   3   4   4
4  1  5  2  2  3  2  3  2  2   5   4   3
5  2  3  1  4  2  1  3  3  2   1   1   1
6  2  4  3  3  5  4  4  3  4   2   4   1
>

> #データフレームの行数（標本の大きさ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cor.d1),2)

    n.d1 mean.d1 sd.d1    x1    x2    x3    x4    x5   x6   x7   x8   x9
x1   276    3.01  0.98  1.00  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08
x2   276    3.01  1.03  0.28  1.00  0.22 -0.01  0.02 0.04 0.28 0.06 0.09
x3   276    3.00  0.99  0.19  0.22  1.00 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09
x4   276    2.99  1.02  0.27 -0.01 -0.01  1.00  0.20 0.23 0.03 0.04 0.02
x5   276    3.00  1.00 -0.01  0.02  0.03  0.20  1.00 0.21 0.05 0.23 0.02
x6   276    3.03  1.04  0.03  0.04  0.01  0.23  0.21 1.00 0.09 0.04 0.07
x7   276    3.03  0.99  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 1.00 0.21 0.23
x8   276    3.01  1.01  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.04 0.21 1.00 0.24
x9   276    3.00  1.01  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.00
x10  276    2.99  1.03  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.06 0.09 0.06
x11  276    2.99  1.00  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.29 0.05 0.03 0.04
x12  276    2.99  1.01  0.07  0.10  0.07  0.08  0.10 0.11 0.07 0.11 0.22
      x10  x11  x12
x1   0.06 0.07 0.07
x2   0.08 0.09 0.10
x3   0.21 0.01 0.07
x4   0.09 0.08 0.08
x5   0.08 0.08 0.10
x6   0.09 0.29 0.11
x7   0.06 0.05 0.07
x8   0.09 0.03 0.11
x9   0.06 0.04 0.22
x10  1.00 0.17 0.22
x11  0.17 1.00 0.24
x12  0.22 0.24 1.00
>
>
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12
2	4	3	2	3	4	4	2	4	2	4	4	3
3	2	3	2	5	3	4	5	3	3	4	4	4
4	1	4	2	2	3	3	4	3	2	3	4	4
5	1	5	2	2	3	2	3	2	2	5	4	3
6	2	3	1	4	2	1	3	3	2	1	1	1
7	2	4	3	3	5	4	4	3	4	2	4	1
8	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	2	1
9	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3
10	3	4	3	2	3	5	4	4	3	2	5	4
11	3	5	2	2	4	4	4	4	5	4	1	3
12	4	2	3	4	4	5	3	4	2	5	3	2
13	4	4	2	3	4	2	2	4	4	3	3	4
14	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	5
15	4	3	5	4	2	3	3	2	2	4	3	3
16	1	4	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2
17	4	4	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3
18	3	2	2	4	1	4	4	4	4	3	2	2
19	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2	1	3
20	3	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3
21	4	2	5	2	2	2	4	2	4	4	3	5

```
> #共分散構造分析の実行
>  #lavaanパッケージの読み込み
>  library(lavaan)
>
> # モデルの設定
> model.1 <- '
+  # latent variable definitions
+    f1 =~ x1 + x2 + x3
+    f2 =~ x4 + x5 + x6
+    f3 =~ x7 + x8 + x9
+    f4 =~ x10 + x11 + x12
+
+  # regression
+    f3 ~ f1
+    f4 ~ f1 + f2
+
+  # variances and covariances
+    f1 ~~ f2
+  '
>
```

```
> # lavaan関数を使って計算
> lav.model.1 <- lavaan(model.1,  data=d1, model.type="sem",
+                       fixed.x=F, meanstructure=F,
+                       auto.var=TRUE,auto.fix.first=TRUE)
> summary(lav.model.1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
lavaan (0.5-10) converged normally after  60 iterations

  Number of observations                           276

  Estimator                                         ML
  Minimum Function Chi-square                   83.328
  Degrees of freedom                                50
  P-value                                        0.002

Chi-square test baseline model:

  Minimum Function Chi-square                  276.593
  Degrees of freedom                                66
  P-value                                        0.000

Full model versus baseline model:

  Comparative Fit Index (CFI)                    0.842
  Tucker-Lewis Index (TLI)                       0.791

Loglikelihood and Information Criteria:

  Loglikelihood user model (H0)              -4630.239
  Loglikelihood unrestricted model (H1)      -4588.575

  Number of free parameters                         28
  Akaike (AIC)                                9316.478
  Bayesian (BIC)                              9417.849
  Sample-size adjusted Bayesian (BIC)         9329.066

Root Mean Square Error of Approximation:

  RMSEA                                          0.049
  90 Percent Confidence Interval          0.030  0.067
  P-value RMSEA <= 0.05                          0.508

Standardized Root Mean Square Residual:

  SRMR                                           0.054

Parameter estimates:

  Information                                 Expected
  Standard Errors                             Standard

                   Estimate  Std.err  Z-value  P(>|z|)   Std.lv  Std.all
Latent variables:
  f1 =~
    x1                1.000                               0.438    0.448
    x2                1.367    0.359    3.809    0.000    0.599    0.580
    x3                0.873    0.248    3.523    0.000    0.382    0.385
  f2 =~
    x4                1.000                               0.418    0.409
    x5                0.931    0.287    3.243    0.001    0.389    0.389
    x6                1.442    0.440    3.277    0.001    0.603    0.579
  f3 =~
    x7                1.000                               0.576    0.583
    x8                0.691    0.202    3.421    0.001    0.398    0.394
    x9                0.763    0.217    3.522    0.000    0.439    0.435
  f4 =~
    x10               1.000                               0.408    0.398
    x11               1.193    0.343    3.474    0.001    0.487    0.490
    x12               1.195    0.344    3.470    0.001    0.488    0.485

Regressions:
  f3 ~
    f1                0.739    0.224    3.298    0.001    0.561    0.561
```

```
  f4 ~
    f1                0.280    0.141    1.988    0.047    0.300    0.300
    f2                0.486    0.191    2.543    0.011    0.498    0.498

Covariances:
  f1 ~~
    f2                0.037    0.025    1.525    0.127    0.204    0.204

Variances:
    x1                0.765    0.084                      0.765    0.800
    x2                0.707    0.108                      0.707    0.663
    x3                0.839    0.084                      0.839    0.852
    x4                0.868    0.094                      0.868    0.832
    x5                0.852    0.089                      0.852    0.849
    x6                0.719    0.124                      0.719    0.664
    x7                0.645    0.107                      0.645    0.660
    x8                0.863    0.089                      0.863    0.845
    x9                0.829    0.091                      0.829    0.811
    x10               0.884    0.092                      0.884    0.841
    x11               0.752    0.093                      0.752    0.760
    x12               0.773    0.094                      0.773    0.764
    f1                0.192    0.072                      1.000    1.000
    f2                0.175    0.076                      1.000    1.000
    f3                0.227    0.093                      0.685    0.685
    f4                0.100    0.050                      0.601    0.601

>
```

成長曲線モデル ― lavaanパッケージを使う方法

パッケージの読み込み

```
library(lavaan)
```

あらかじめlavaanパッケージをインストールしておく必要がある.

モデルの設定

```
モデル名 <- '
  # 測定変数の指定 (=~ を使う)
     切片潜在変数名 =~ 1*観測変数1 + 1*観測変数2 + 1*観測変数3 + …
     傾き潜在変数名 =~ 0*観測変数1 + 1*観測変数2 + 2*観測変数3 + …

  # 回帰式 (~ を使う)
     切片潜在変数名 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …
     傾き潜在変数名 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …
     観測変数名1 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …

  # 分散, 共分散 (~~ を使う)
     変数名i ~~ 変数名i    # 分散
     変数名j ~~ 変数名k    # 共分散
'
```

モデル部分はシングルカンマ (') でくくる.
すべての変数の分散を推定する場合は分散の指定は省略できる.

パラメタ値の推定

```
lavaanオブジェクト名 <- growth(モデル名, data=データ名)     または

lavaanオブジェクト名 <- lavaan(モデル名, data=データ名, model.type="growth",
                fixed.x=F, int.lv.free=TRUE, auto.var=TRUE)
```

```
    fixed.x=FALSE     : 外生変数となる観測変数の分散, 共分散, 平均を標本平均で固定する
    int.lv.free = TRUE  : 潜在変数の切片を推定する
    auto.var=TRUE       : すべての変数の分散または残差分散を推定する
```

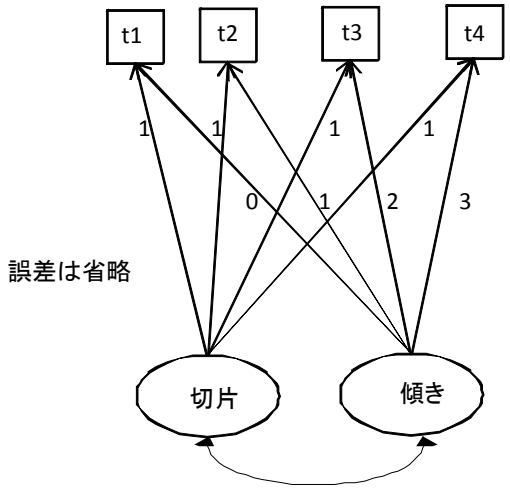
```
summary(lavaanオブジェクト名, fit.measures=TRUE)
```

結果の解釈には非標準化解を用いるので standardized=TRUE はつけていない.
切片変数と傾き変数の相関を求めるために標準化解を求めることはある.

モデル部分のスクリプトの例

```
model.1 <- '
 # latent variable definitions
  f.inter =~ 1*t1 + 1*t2 + 1*t3 + 1*t4
  f.slope =~ 0*t1 + 1*t2 + 2*t3 + 3*t4

 # regression

 # variances and covariances
 f.inter ~~ f.slope
'
```

 # すべての分散を推定するので, 分散の式は省略している



```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("成長曲線モデル_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  id t1 t2 t3 t4
1  1  3  6  8 12
2  2  8 12 17 22
3  3  8 11 13 16
4  4  7 13 20 25
5  5  7 13 20 25
6  6  7 14 20 26
>

> # id 列の削除
> d1 <- d1[,c(-1)]
>

> #データフレームの行数（標本の大きさ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cor.d1),2)
   n.d1 mean.d1 sd.d1   t1   t2   t3   t4
t1   60    5.62  1.53 1.00 0.74 0.57 0.50
t2   60   10.10  2.20 0.74 1.00 0.93 0.91
t3   60   14.73  3.44 0.57 0.93 1.00 0.98
t4   60   19.15  4.68 0.50 0.91 0.98 1.00
>
```

	A	B	C	D	E
1	id	t1	t2	t3	t4
2	1	3	6	8	12
3	2	8	12	17	22
4	3	8	11	13	16
5	4	7	13	20	25
6	5	7	13	20	25
7	6	7	14	20	26
8	7	7	13	18	22
9	8	8	12	16	20
10	9	6	13	20	28
11	10	7	13	21	27
12	11	7	12	19	25
13	12	7	13	18	25
14	13	6	11	17	22
15	14	6	11	16	22
16	15	6	10	14	19
17	16	6	11	14	19
18	17	6	11	14	19
19	18	6	9	13	15
20	19	7	10	13	16
21	20	6	8	11	12

```
> #共分散構造分析の実行
>  #lavaanパッケージの読み込み
>  library(lavaan)
>
> # モデルの設定
> model.1 <- '
+  # latent variable definitions
+   f.inter =~ 1*t1 + 1*t2 + 1*t3 + 1*t4
+   f.slope =~ 0*t1 + 1*t2 + 2*t3 + 3*t4
+
+  # regression
+
+  # variances and covariances
+   f.inter ~~ f.slope
+ '
>


> # growth関数を使って計算
> gro.model.1 <- growth(model.1, data=d1)
>
> summary(gro.model.1, fit.measures=TRUE)
lavaan (0.4-11) converged normally after 67 iterations

  Number of observations                            60

  Estimator                                         ML
  Minimum Function Chi-square                    2.609
  Degrees of freedom                                 5
  P-value                                        0.760

Chi-square test baseline model:

  Minimum Function Chi-square                  390.102
  Degrees of freedom                                 6
  P-value                                        0.000

Full model versus baseline model:

  Comparative Fit Index (CFI)                    1.000
  Tucker-Lewis Index (TLI)                       1.007
```

```
Loglikelihood and Information Criteria:

  Loglikelihood user model (H0)              -384.343
  Loglikelihood unrestricted model (H1)      -383.039

  Number of free parameters                         9
  Akaike (AIC)                                786.687
  Bayesian (BIC)                              805.536
  Sample-size adjusted Bayesian (BIC)         777.228

Root Mean Square Error of Approximation:

  RMSEA                                         0.000
  90 Percent Confidence Interval          0.000  0.124
  P-value RMSEA <= 0.05                         0.813

Standardized Root Mean Square Residual:

  SRMR                                          0.017

Parameter estimates:

  Information                                 Expected
  Standard Errors                             Standard

                   Estimate  Std.err  Z-value  P(>|z|)
Latent variables:
  f.inter =~
    t1                1.000
    t2                1.000
    t3                1.000
    t4                1.000
  f.slope =~
    t1                0.000
    t2                1.000
    t3                2.000
    t4                3.000

Covariances:
  f.inter ~~
    f.slope           0.482    0.261    1.843    0.065

Intercepts:
    t1                0.000
    t2                0.000
    t3                0.000
    t4                0.000
    f.inter           5.610    0.185   30.268    0.000
    f.slope           4.515    0.177   25.470    0.000

Variances:
    t1                0.355    0.141
    t2                0.164    0.060
    t3                0.360    0.096
    t4                0.044    0.187
    f.inter           1.886    0.378
    f.slope           1.858    0.346



> lav.model.1 <- lavaan(model.1, data=d1, model.type="growth",
+                       fixed.x=F, int.lv.free=TRUE, auto.var=TRUE)
> summary(lav.model.1, fit.measures=TRUE)
lavaan (0.5-10) converged normally after  67 iterations

  Number of observations                            60

  Estimator                                         ML
  Minimum Function Chi-square                   2.609
  Degrees of freedom                                5
  P-value                                       0.760
```

```
Chi-square test baseline model:

  Minimum Function Chi-square                    390.102
  Degrees of freedom                                   6
  P-value                                          0.000

Full model versus baseline model:

  Comparative Fit Index (CFI)                      1.000
  Tucker-Lewis Index (TLI)                         1.007

Loglikelihood and Information Criteria:

  Loglikelihood user model (H0)                 -384.343
  Loglikelihood unrestricted model (H1)         -383.039

  Number of free parameters                            9
  Akaike (AIC)                                   786.687
  Bayesian (BIC)                                 805.536
  Sample-size adjusted Bayesian (BIC)            777.228

Root Mean Square Error of Approximation:

  RMSEA                                            0.000
  90 Percent Confidence Interval          0.000  0.124
  P-value RMSEA <= 0.05                            0.813

Standardized Root Mean Square Residual:

  SRMR                                             0.017

Parameter estimates:

  Information                                 Expected
  Standard Errors                             Standard

                   Estimate  Std.err  Z-value  P(>|z|)
Latent variables:
  f.inter =~
    t1                1.000
    t2                1.000
    t3                1.000
    t4                1.000
  f.slope =~
    t1                0.000
    t2                1.000
    t3                2.000
    t4                3.000

Covariances:
  f.inter ~~
    f.slope           0.482    0.261    1.843    0.065

Intercepts:
    t1                0.000
    t2                0.000
    t3                0.000
    t4                0.000
    f.inter           5.610    0.185   30.268    0.000
    f.slope           4.515    0.177   25.470    0.000

Variances:
    t1                0.355    0.141
    t2                0.164    0.060
    t3                0.360    0.096
    t4                0.044    0.187
    f.inter           1.886    0.378
    f.slope           1.858    0.346
```

多母集団分析 ― semパッケージを用いる方法

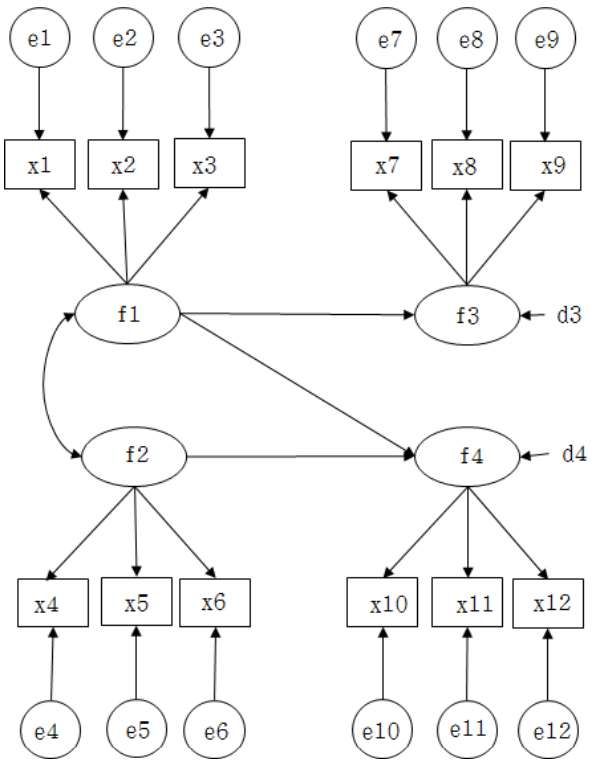
```
library(sem)
opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
                               "SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))

モデル名1 <- specifyEquations()
  構造方程式

モデル名2 <- specifyEquations()
  構造方程式

…

mgオブジェクト名 <- multigroupModel(モデル名1, モデル名2, …, groups=c("群名1","群名2"…))
群分け変数名 <- factor(群分け変数名)

semオブジェクト名 <- sem(mgオブジェクト名, データ行列, N=標本サイズ)
summary(semオブジェクト名)

stdCoef(semオブジェクト名)
```

各群のモデルで，同じパラメタ名にすると等値制約になる
群分け変数名はfactor関数を使ってfactor化しておかなければならない
群分け変数名に「group」を用いると不具合が生じることがあるので他の名前を使う

あらかじめsemパッケージをインストールしておく必要がある．
適合度指標は，デフォルトではAICくらいしか出力されない．必要なものを出力するように指定する．
パス係数の頭文字は b にしておくのが無難．他の文字を用いると，それだけで不具合になる場合がある．
空白行があるところで，モデルの設定が修了したとみなされる．
（逆に，行をあけないと，モデル設定が終了したことにならない）

モデル部分のスクリプトの例

```
seq.1 <- specifyEquations()
x1 = 1*f1
x2 = b2.1*f1
x3 = b3.1*f1
x4 = 1*f2
x5 = b5.1*f2
x6 = b6.1*f2
x7 = 1*f3
x8 = b8.1*f3
x9 = b9.1*f3
x10 = 1*f4
x11 = b11.1*f4
x12 = b12.1*f4
f3 = a31.1*f1
f4 = a41.1*f1 + a42.1*f2
V(x1) = ev1.1
V(x2) = ev2.1
V(x3) = ev3.1
V(x4) = ev4.1
V(x5) = ev5.1
V(x6) = ev6.1
V(x7) = ev7.1
V(x8) = ev8.1
V(x9) = ev9.1
V(x10) = ev10.1
V(x11) = ev11.1
V(x12) = ev12.1
V(f3) = evf3.1
V(f4) = evf4.1
V(f1) = vf1.1
V(f2) = vf2.1
C(f1, f2) = cf12.1
```



```
seq.2 <- specifyEquations()
x1 = 1*f1
x2 = b2.2*f1
x3 = b3.2*f1
x4 = 1*f2
x5 = b5.2*f2
x6 = b6.2*f2
x7 = 1*f3
x8 = b8.2*f3
x9 = b9.2*f3
x10 = 1*f4
x11 = b11.2*f4
x12 = b12.2*f4
f3 = a31.2*f1
f4 = a41.2*f1 + a42.2*f2
V(x1) = ev1.2
V(x2) = ev2.2
V(x3) = ev3.2
V(x4) = ev4.2
V(x5) = ev5.2
V(x6) = ev6.2
V(x7) = ev7.2
V(x8) = ev8.2
V(x9) = ev9.2
V(x10) = ev10.2
V(x11) = ev11.2
V(x12) = ev12.2
V(f3) = evf3.2
V(f4) = evf4.2
V(f1) = vf1.2
V(f2) = vf2.2
C(f1, f2) = cf12.2
```

```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("多母集団分析_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  id x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12  era
1  1  4  3  2  3  4  4  2  4  2   4   4   3 2010
2  2  2  3  2  5  3  4  5  3  3   4   4   4 2010
3  3  1  4  2  2  3  3  4  3  2   3   4   4 2000
4  4  1  5  2  2  3  2  3  2  2   5   4   3 2000
5  5  2  3  1  4  2  1  3  3  2   1   1   1 2000
6  6  2  4  3  3  5  4  4  3  4   2   4   1 2010
>

> # id 列の削除
> d1 <- d1[,c(-1)]
>

> #データフレームの行数（標本サイズ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cov.d1, cor.d1),2)

     n.d1 mean.d1 sd.d1    x1    x2    x3    x4    x5   x6   x7   x8   x9   x10   x11  x12
x1    276    3.01  0.98  0.96  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08  0.06  0.07 0.07
x2    276    3.01  1.03  0.28  1.07  0.22 -0.01  0.03 0.04 0.28 0.06 0.09  0.08  0.09 0.11
x3    276    3.00  0.99  0.19  0.22  0.99 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09  0.21  0.01 0.07
x4    276    2.99  1.02  0.27 -0.01 -0.01  1.05  0.20 0.24 0.03 0.04 0.02  0.09  0.08 0.09
x5    276    3.00  1.00 -0.01  0.03  0.03  0.20  1.01 0.22 0.05 0.23 0.02  0.08  0.08 0.11
x6    276    3.03  1.04  0.03  0.04  0.01  0.24  0.22 1.09 0.09 0.05 0.07  0.09  0.30 0.12
x7    276    3.03  0.99  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 0.98 0.21 0.23  0.07  0.05 0.07
x8    276    3.01  1.01  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.05 0.21 1.03 0.24  0.09  0.03 0.11
x9    276    3.00  1.01  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.03  0.06  0.04 0.22
x10   276    2.99  1.03  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.07 0.09 0.06  1.05  0.17 0.23
```

```
x11  276    2.99  1.00  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.30 0.05 0.03 0.04  0.17  0.99 0.24
x12  276    2.99  1.01  0.07  0.11  0.07  0.09  0.11 0.12 0.07 0.11 0.22  0.23  0.24 1.01
era  276 2004.93  5.01 -0.04  0.11  0.22 -0.26  0.45 0.13 0.26 0.36 0.11 -0.29 -0.09 0.13

       era  x1.1  x2.1  x3.1  x4.1  x5.1 x6.1 x7.1 x8.1 x9.1 x10.1 x11.1 x12.1 era.1
x1   -0.04  1.00  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08  0.06  0.07  0.07 -0.01
x2    0.11  0.28  1.00  0.22 -0.01  0.02 0.04 0.28 0.06 0.09  0.08  0.09  0.10  0.02
x3    0.22  0.19  0.22  1.00 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09  0.21  0.01  0.07  0.04
x4   -0.26  0.27 -0.01 -0.01  1.00  0.20 0.23 0.03 0.04 0.02  0.09  0.08  0.08 -0.05
x5    0.45 -0.01  0.02  0.03  0.20  1.00 0.21 0.05 0.23 0.02  0.08  0.08  0.10  0.09
x6    0.13  0.03  0.04  0.01  0.23  0.21 1.00 0.09 0.04 0.07  0.09  0.29  0.11  0.02
x7    0.26  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 1.00 0.21 0.23  0.06  0.05  0.07  0.05
x8    0.36  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.04 0.21 1.00 0.24  0.09  0.03  0.11  0.07
x9    0.11  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.00  0.06  0.04  0.22  0.02
x10 -0.29  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.06 0.09 0.06  1.00  0.17  0.22 -0.06
x11 -0.09  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.29 0.05 0.03 0.04  0.17  1.00  0.24 -0.02
x12  0.13  0.07  0.10  0.07  0.08  0.10 0.11 0.07 0.11 0.22  0.22  0.24  1.00  0.03
era 25.09 -0.01  0.02  0.04 -0.05  0.09 0.02 0.05 0.07 0.02 -0.06 -0.02  0.03  1.00
>
>
```

```
> #多母集団パス解析
>  #semパッケージの読み込み
>  library(sem)
> opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
+                                "SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))
>
> seq.1 <- specifyEquations()
1: x1 = 1*f1
2: x2 = b2.1*f1
3: x3 = b3.1*f1
4: x4 = 1*f2
5: x5 = b5.1*f2
6: x6 = b6.1*f2
7: x7 = 1*f3
8: x8 = b8.1*f3
9: x9 = b9.1*f3
10: x10 = 1*f4
11: x11 = b11.1*f4
12: x12 = b12.1*f4
13: f3 = a31.1*f1
14: f4 = a41.1*f1 + a42.1*f2
15: V(x1) = ev1.1
16: V(x2) = ev2.1
17: V(x3) = ev3.1
18: V(x4) = ev4.1
19: V(x5) = ev5.1
20: V(x6) = ev6.1
21: V(x7) = ev7.1
22: V(x8) = ev8.1
23: V(x9) = ev9.1
24: V(x10) = ev10.1
25: V(x11) = ev11.1
26: V(x12) = ev12.1
27: V(f3) = evf3.1
28: V(f4) = evf4.1
29: V(f1) = vf1.1
30: V(f2) = vf2.1
31: C(f1, f2) = cf12.1
32:
Read 31 items
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	id	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	era
2	1	4	3	2	3	4	4	2	4	2	4	4	3	2010
3	2	2	3	2	5	3	4	5	3	3	4	4	4	2010
4	3	1	4	2	2	3	3	4	3	2	3	4	4	2000
5	4	1	5	2	2	3	2	3	2	2	5	4	3	2000
6	5	2	3	1	4	2	1	3	3	2	1	1	1	2000
7	6	2	4	3	3	5	4	4	3	4	2	4	1	2010
8	7	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	2	1	2000
9	8	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	2000
10	9	3	4	3	2	3	5	4	4	3	2	5	4	2010
11	10	3	5	2	2	4	4	4	4	5	4	1	3	2010
12	11	4	2	3	4	4	5	3	4	2	5	3	2	2000
13	12	4	4	2	3	4	2	2	4	4	3	3	4	2010
14	13	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	5	2010
15	14	4	3	5	4	2	3	3	2	2	4	3	3	2010
16	15	1	4	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2	2010
17	16	4	4	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3	2000
18	17	3	2	2	4	1	4	4	4	4	3	2	2	2000
19	18	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2	1	3	2010
20	19	3	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	2010
21	20	4	2	5	2	2	2	4	2	4	4	3	5	2010

```
> seq.2 <- specifyEquations()
1: x1 = 1*f1
2: x2 = b2.2*f1
3: x3 = b3.2*f1
4: x4 = 1*f2
5: x5 = b5.2*f2
6: x6 = b6.2*f2
7: x7 = 1*f3
8: x8 = b8.2*f3
```

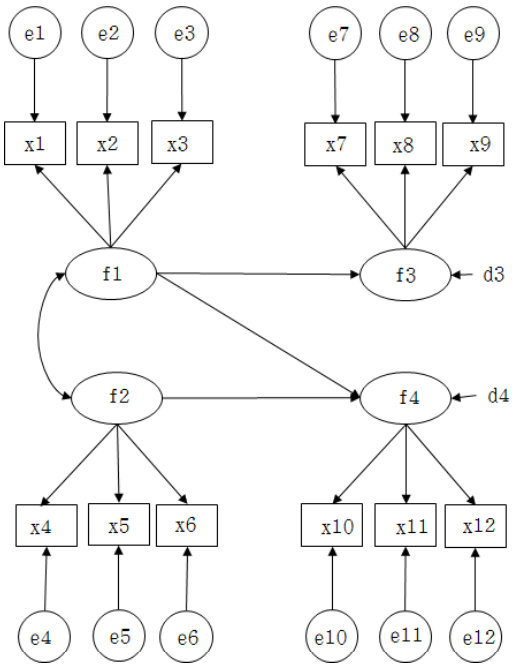
```
9: x9 = b9.2*f3
10: x10 = 1*f4
11: x11 = b11.2*f4
12: x12 = b12.2*f4
13: f3 = a31.2*f1
14: f4 = a41.2*f1 + a42.2*f2
15: V(x1) = ev1.2
16: V(x2) = ev2.2
17: V(x3) = ev3.2
18: V(x4) = ev4.2
19: V(x5) = ev5.2
20: V(x6) = ev6.2
21: V(x7) = ev7.2
22: V(x8) = ev8.2
23: V(x9) = ev9.2
24: V(x10) = ev10.2
25: V(x11) = ev11.2
26: V(x12) = ev12.2
27: V(f3) = evf3.2
28: V(f4) = evf4.2
29: V(f1) = vf1.2
30: V(f2) = vf2.2
31: C(f1, f2) = cf12.2
32:
Read 31 items
>

> mg.seq <- multigroupModel(seq.1, seq.2, groups=c("2000","2010"))
> d1$era <- factor(d1$era)
> sem.mg.seq <- sem(mg.seq, data=d1, group="era")
> summary(sem.mg.seq)

 Model Chisquare = 139.27  Df = 100  Pr(>Chisq) = 0.0057848
 Chisquare (null model) = 351.43  Df = 132
 Goodness-of-fit index = 0.92389
 Adjusted goodness-of-fit index = 0.8904
 RMSEA index = 0.053541 90% CI: (0.029782, 0.07371)
 Bentler-Bonnett NFI = 0.6037
 Tucker-Lewis NNFI = 0.76375
 Bentler CFI = 0.82102
 SRMR = 0.07014
 AIC = 251.27
 AICc = 168.42
 BIC = 454.02

Iterations: initial fits, 55 57   final fit, 0

  era: 2000

 Model Chisquare =  55.626   Df =  50 Pr(>Chisq) = 0.27128
 Chisquare (null model) =  201.42   Df =  66
 Goodness-of-fit index =  0.93966
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.90587
 RMSEA index =  0.028452   90% CI: (NA, 0.06355)
 Bentler-Bonnett NFI =  0.72383
 Tucker-Lewis NNFI =  0.94516
 Bentler CFI =  0.95845
 SRMR =  0.059422
 AIC =  111.63
 AICc =  70.257
 BIC =  193.99
 CAIC =  -241.46

 Normalized Residuals
    Min.   1st Qu.    Median      Mean  3rd Qu.      Max.
-1.58000 -0.34000  0.00361  0.04690  0.52400  2.49000

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     x4     x5     x6     f3     x7     x8     x9     f4    x10    x11
0.2201 0.3168 0.2498 0.1351 0.2667 0.4718 0.3518 0.3523 0.2093 0.2718 0.4097 0.1134 0.3386
   x12
0.3100
```

```
 Parameter Estimates
       Estimate Std Error z value Pr(>|z|)
b2.1   1.387211 0.431740  3.2131  1.3132e-03 x2 <--- f1
b3.1   1.108615 0.354829  3.1244  1.7819e-03 x3 <--- f1
b5.1   1.419028 0.498984  2.8438  4.4574e-03 x5 <--- f2
b6.1   1.901602 0.689501  2.7579  5.8167e-03 x6 <--- f2
b8.1   0.840790 0.270683  3.1062  1.8952e-03 x8 <--- f3
b9.1   0.976374 0.302761  3.2249  1.2602e-03 x9 <--- f3
b11.1  1.641288 0.628409  2.6118  9.0063e-03 x11 <--- f4
b12.1  1.536786 0.589578  2.6066  9.1450e-03 x12 <--- f4
a31.1  0.715202 0.264344  2.7056  6.8187e-03 f3 <--- f1
a41.1  0.275824 0.165362  1.6680  9.5315e-02 f4 <--- f1
a42.1  0.433487 0.236005  1.8368  6.6244e-02 f4 <--- f2
ev1.1  0.734696 0.110091  6.6735  2.4974e-11 x1 <--> x1
ev2.1  0.860047 0.153842  5.5905  2.2647e-08 x2 <--> x2
ev3.1  0.764970 0.120229  6.3626  1.9838e-10 x3 <--> x3
ev4.1  0.901075 0.120738  7.4631  8.4519e-14 x4 <--> x4
ev5.1  0.779726 0.129340  6.0285  1.6547e-09 x5 <--> x5
ev6.1  0.569972 0.167696  3.3988  6.7674e-04 x6 <--> x6
ev7.1  0.554234 0.111914  4.9523  7.3333e-07 x7 <--> x7
ev8.1  0.805212 0.120075  6.7059  2.0014e-11 x8 <--> x8
ev9.1  0.769747 0.128642  5.9837  2.1819e-09 x9 <--> x9
ev10.1 1.024657 0.135168  7.5806  3.4385e-14 x10 <--> x10
ev11.1 0.689958 0.134091  5.1454  2.6690e-07 x11 <--> x11
ev12.1 0.689099 0.124773  5.5228  3.3363e-08 x12 <--> x12
evf3.1 0.195389 0.094658  2.0642  3.9003e-02 f3 <--> f3
evf4.1 0.077390 0.054608  1.4172  1.5643e-01 f4 <--> f4
vf1.1  0.207288 0.096718  2.1432  3.2095e-02 f1 <--> f1
vf2.1  0.140805 0.082652  1.7036  8.8458e-02 f2 <--> f2
cf12.1 0.048003 0.030753  1.5609  1.1854e-01 f2 <--> f1

  era: 2010

 Model Chisquare =  83.647   Df =  50 Pr(>Chisq) = 0.0020042
 Chisquare (null model) =  150.02   Df =  66
 Goodness-of-fit index =  0.90766
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.85595
 RMSEA index =  0.070603   90% CI: (0.042712, 0.096505)
 Bentler-Bonnett NFI =  0.44242
 Tucker-Lewis NNFI =  0.47137
 Bentler CFI =  0.59952
 SRMR =  0.081173
 AIC =  139.65
 AICc =  98.825
 BIC =  221.2
 CAIC =  -211.99

 Normalized Residuals
   Min.  1st Qu.   Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-2.4200 -0.6220 -0.0153  0.0057  0.3470  2.9700

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     x4     x5     x6     f3     x7     x8     x9     f4    x10    x11
0.1830 0.2500 0.1217 0.8147 0.0245 0.0576 0.3041 0.3805 0.0861 0.0885 0.2979 0.5350 0.0562
   x12
0.1042

 Parameter Estimates
       Estimate Std Error z value Pr(>|z|)
b2.2   1.104586 0.444171  2.48685 1.2888e-02 x2 <--- f1
b3.2   0.805446 0.366318  2.19876 2.7895e-02 x3 <--- f1
b5.2   0.163661 0.210236  0.77847 4.3629e-01 x5 <--- f2
b6.2   0.271632 0.328033  0.82806 4.0763e-01 x6 <--- f2
b8.2   0.457730 0.275959  1.65869 9.7179e-02 x8 <--- f3
b9.2   0.457250 0.274247  1.66729 9.5456e-02 x9 <--- f3
b11.2  0.323457 0.201419  1.60589 1.0830e-01 x11 <--- f4
b12.2  0.460724 0.251944  1.82867 6.7448e-02 x12 <--- f4
a31.2  0.844737 0.388132  2.17642 2.9524e-02 f3 <--- f1
a41.2  0.837488 0.388973  2.15307 3.1313e-02 f4 <--- f1
a42.2  0.105691 0.163408  0.64679 5.1777e-01 f4 <--- f2
ev1.2  0.804811 0.125131  6.43173 1.2616e-10 x1 <--> x1
```

```
ev2.2  0.660110 0.118741  5.55924 2.7095e-08 x2 <--> x2
ev3.2  0.844021 0.118422  7.12723 1.0241e-12 x3 <--> x3
ev4.2  0.195468 0.999339  0.19560 8.4493e-01 x4 <--> x4
ev5.2  0.917287 0.115124  7.96778 1.6155e-15 x5 <--> x5
ev6.2  1.037627 0.146550  7.08038 1.4376e-12 x6 <--> x6
ev7.2  0.688786 0.251684  2.73671 6.2056e-03 x7 <--> x7
ev8.2  0.940539 0.129059  7.28768 3.1533e-13 x8 <--> x8
ev9.2  0.911040 0.125573  7.25508 4.0144e-13 x9 <--> x9
ev10.2 0.442294 0.263279  1.67994 9.2968e-02 x10 <--> x10
ev11.2 0.894038 0.114490  7.80888 5.7697e-15 x11 <--> x11
ev12.2 0.928807 0.127870  7.26367 3.7673e-13 x12 <--> x12
evf3.2 0.294469 0.235574  1.25001 2.1130e-01 f3 <--> f3
evf4.2 0.357242 0.261303  1.36716 1.7158e-01 f4 <--> f4
vf1.2  0.180320 0.104133  1.73163 8.3339e-02 f1 <--> f1
vf2.2  0.859379 1.006991  0.85341 3.9343e-01 f2 <--> f2
cf12.2 0.087748 0.060126  1.45939 1.4446e-01 f2 <--> f1
```

```
> stdCoef(sem.mg.seq)
```

```
 Group:  2000
          Std. Estimate
1              0.4690996   x1 <--- f1
2    b2.1      0.5628938   x2 <--- f1
3    b3.1      0.4998324   x3 <--- f1
4              0.3676214   x4 <--- f2
5    b5.1      0.5163943   x5 <--- f2
6    b6.1      0.6868962   x6 <--- f2
7              0.5935218   x7 <--- f3
8    b8.1      0.4574426   x8 <--- f3
9    b9.1      0.5213693   x9 <--- f3
10             0.3367948  x10 <--- f4
11  b11.1      0.5818584  x11 <--- f4
12  b12.1      0.5567894  x12 <--- f4
13  a31.1      0.5931025   f3 <--- f1
14  a41.1      0.3468331   f4 <--- f1
15  a42.1      0.4492499   f4 <--- f2
16  ev1.1      0.7799455   x1 <--> x1
17  ev2.1      0.6831505   x2 <--> x2
18  ev3.1      0.7501675   x3 <--> x3
19  ev4.1      0.8648545   x4 <--> x4
20  ev5.1      0.7333369   x5 <--> x5
21  ev6.1      0.5281736   x6 <--> x6
22  ev7.1      0.6477319   x7 <--> x7
23  ev8.1      0.7907463   x8 <--> x8
24  ev9.1      0.7281741   x9 <--> x9
25 ev10.1      0.8865693 x10 <--> x10
26 ev11.1      0.6614408 x11 <--> x11
27 ev12.1      0.6899855 x12 <--> x12
28 evf3.1      0.6482294   f3 <--> f3
29 evf4.1      0.5903208   f4 <--> f4
30  vf1.1      1.0000000   f1 <--> f1
31  vf2.1      1.0000000   f2 <--> f2
32 cf12.1      0.2809765   f2 <--> f1
```




```
 Group:  2010
          Std. Estimate
1              0.4278336   x1 <--- f1
2    b2.2      0.4999775   x2 <--- f1
3    b3.2      0.3488959   x3 <--- f1
4              0.9026048   x4 <--- f2
5    b5.2      0.1564604   x5 <--- f2
6    b6.2      0.2399789   x6 <--- f2
7              0.6168856   x7 <--- f3
8    b8.2      0.2934971   x8 <--- f3
9    b9.2      0.2975113   x9 <--- f3
10             0.7314283  x10 <--- f4
11  b11.2      0.2370683  x11 <--- f4
12  b12.2      0.3227633  x12 <--- f4
13  a31.2      0.5514428   f3 <--- f1
14  a41.2      0.4985463   f4 <--- f1
```

```
15  a42.2      0.1373522   f4 <--- f2
16  ev1.2      0.8169584   x1 <--> x1
17  ev2.2      0.7500225   x2 <--> x2
18  ev3.2      0.8782716   x3 <--> x3
19  ev4.2      0.1853045   x4 <--> x4
20  ev5.2      0.9755201   x5 <--> x5
21  ev6.2      0.9424101   x6 <--> x6
22  ev7.2      0.6194522   x7 <--> x7
23  ev8.2      0.9138594   x8 <--> x8
24  ev9.2      0.9114870   x9 <--> x9
25 ev10.2      0.4650126 x10 <--> x10
26 ev11.2      0.9437986 x11 <--> x11
27 ev12.2      0.8958239 x12 <--> x12
28 evf3.2      0.6959108   f3 <--> f3
29 evf4.2      0.7020583   f4 <--> f4
30  vf1.2      1.0000000   f1 <--> f1
31  vf2.2      1.0000000   f2 <--> f2
32 cf12.2      0.2229062   f2 <--> f1
>
```

多母集団分析 ― lavaanパッケージを使う方法

パッケージの読み込み

```
library(lavaan)
```

あらかじめlavaanパッケージをインストールしておく必要がある.
lavaanパッケージをインストールするために, mnormtパッケージをインストールしておく.

モデルの設定

```
モデル名 <- '
  # 測定変数の指定 (=~ を使う)
     潜在変数名1 =~ 観測変数1 + 観測変数2 + …
     潜在変数名2 =~ 観測変数1 + 観測変数2 + …

  # 回帰式 (~ を使う)
     従属変数名1 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …
     従属変数名2 ~ 説明変数1 + 説明変数2 + …

  # 分散, 共分散 (~~ を使う)
     変数名i ~~ 変数名i     # 分散
     変数名j ~~ 変数名k     # 共分散
'
```

モデル部分はシングルカンマ (') でくくる.
すべての変数の分散を推定する場合は分散の指定は省略できる.

パラメタ値の推定

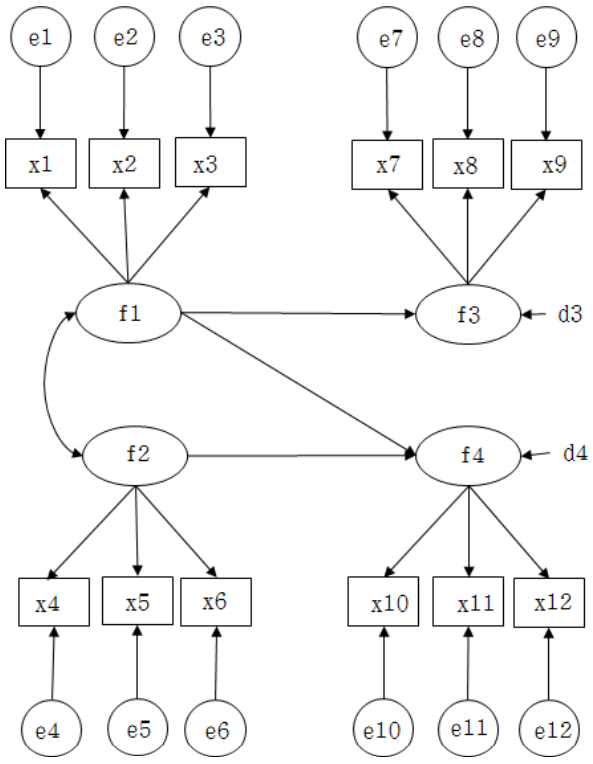
```
lavaanオブジェクト名 <- lavaan(モデル名, data=データ名, model.type="sem", group="群分け変数名",
                fixed.x=FALSE, meanstructure=FALSE, auto.var=TRUE, auto.fix.first=TRUE)
```

group="群分け変数名" : 母集団を分ける変数の名前を指定する
fixed.x=FALSE : 外生変数となる観測変数の分散, 共分散, 平均を標本平均で固定する
meanstructure=False : 平均構造の検討をしない
auto.var=TRUE : すべての変数の分散または残差分散を推定する
auto.fix.first=TRUE : 非標準化解において測定変数のうち最初の１つのパス係数を１に固定する

```
summary(lavaanオブジェクト名, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

モデル部分のスクリプトの例

```
model.1 <- '
 # latent variable definitions
  f1 =~ x1 + x2 + x3
  f2 =~ x4 + x5 + x6
  f3 =~ x7 + x8 + x9
  f4 =~ x10 + x11 + x12

 # regression
  f3 ~ f1
  f4 ~ f1 + f2

 # variances and covariances
  f1 ~~ f2
'
```



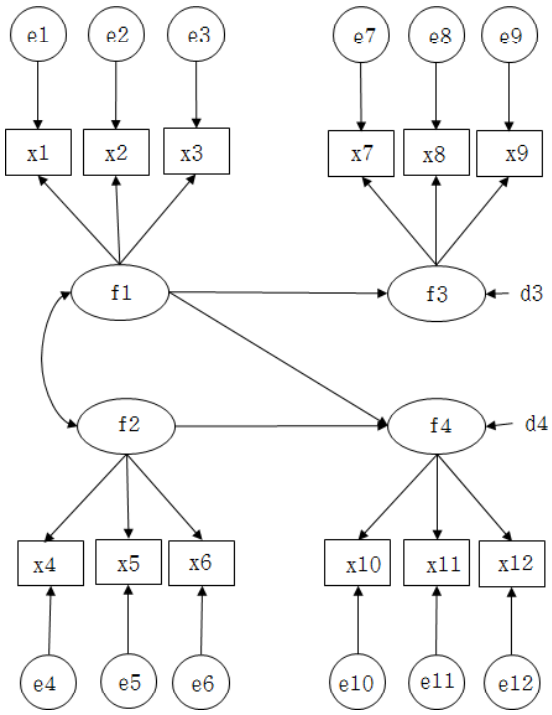
すべての分散を推定するので, 分散の式は省略している

```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("多母集団分析_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
>
> # id 列の削除
> d1 <- d1[,c(-1)]
>
> #データフレームの行数（標本の大きさ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cov.d1, cor.d1),2)
>
> # 群ごとのデータフレーム作成と記述統計量
> ds1 <- d1[d1$era==2000,]
> n.ds1 <- nrow(ds1)
> mean.ds1 <- apply(ds1, 2, mean)
> sd.ds1 <- apply(ds1, 2, sd)
> cov.ds1 <- cov(ds1)
> cor.ds1 <- cor(ds1)
>
> ds2 <- d1[d1$era==2010,]
> n.ds2 <- nrow(ds2)
> mean.ds2 <- apply(ds2, 2, mean)
> sd.ds2 <- apply(ds2, 2, sd)
> cov.ds2 <- cov(ds2)
> cor.ds2 <- cor(ds2)
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	id	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	era
2	1	4	3	2	3	4	4	2	4	2	4	4	3	2010
3	2	2	3	2	5	3	4	5	3	3	4	4	4	2010
4	3	1	4	2	2	3	3	4	3	2	3	4	4	2000
5	4	1	5	2	2	3	2	3	2	2	5	4	3	2000
6	5	2	3	1	4	2	1	3	3	2	1	1	1	2000
7	6	2	4	3	3	5	4	4	3	4	2	4	1	2010
8	7	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	2	1	2000
9	8	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	2000
10	9	3	4	3	2	3	5	4	4	3	2	5	4	2010
11	10	3	5	2	2	4	4	4	4	5	4	1	3	2010
12	11	4	2	3	4	4	5	3	4	2	5	3	2	2000
13	12	4	4	2	3	4	2	2	4	4	3	3	4	2010
14	13	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	5	2010
15	14	4	3	5	4	2	3	3	2	2	4	3	3	2010
16	15	1	4	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2	2010
17	16	4	4	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3	2000
18	17	3	2	2	4	1	4	4	4	4	3	2	2	2000
19	18	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2	1	3	2010
20	19	3	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	2010
21	20	4	2	5	2	2	2	4	2	4	4	3	5	2010

```
> #共分散構造分析の実行
>  #lavaanパッケージの読み込み
>  library(lavaan)


> # モデルの設定
> model.1 <- '
+  # latent variable definitions
+    f1 =~ x1 + x2 + x3
+    f2 =~ x4 + x5 + x6
+    f3 =~ x7 + x8 + x9
+    f4 =~ x10 + x11 + x12
+
+  # regression
+    f3 ~ f1
+    f4 ~ f1 + f2
+
+  # variances and covariances
+    f1 ~~ f2
+ '
>

> # lavaan関数を使って計算
> fit.model.1 <- lavaan(model.1, data=d1, model.type="sem", group="era",
+                       fixed.x=F, meanstructure=F,
+                       auto.var=TRUE,auto.fix.first=TRUE)

> summary(fit.model.1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

lavaan (0.5-10) converged normally after 142 iterations

  Number of observations per group
  2010                                            136
  2000                                            140

  Estimator                                        ML
  Minimum Function Chi-square                 140.293
  Degrees of freedom                              100
  P-value                                       0.005

Chi-square for each group:
```

```
  2010                                           84.267
  2000                                           56.026

Chi-square test baseline model:

  Minimum Function Chi-square                   353.995
  Degrees of freedom                                132
  P-value                                         0.000

Full model versus baseline model:

  Comparative Fit Index (CFI)                     0.818
  Tucker-Lewis Index (TLI)                        0.760

Loglikelihood and Information Criteria:

  Loglikelihood user model (H0)               -4611.761
  Loglikelihood unrestricted model (H1)       -4541.615

  Number of free parameters                          56
  Akaike (AIC)                                9335.523
  Bayesian (BIC)                              9538.265
  Sample-size adjusted Bayesian (BIC)         9360.699

Root Mean Square Error of Approximation:

  RMSEA                                           0.054
  90 Percent Confidence Interval          0.031   0.074
  P-value RMSEA <= 0.05                           0.362

Standardized Root Mean Square Residual:

  SRMR                                            0.070

Parameter estimates:

  Information                                     Expected
  Standard Errors                                 Standard
```



Group 1 [2010]:

	Estimate	Std.err	Z-value	P(>|z|)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
f1 =~						
x1	1.000				0.423	0.428
x2	1.105	0.443	2.496	0.013	0.467	0.500
x3	0.805	0.365	2.207	0.027	0.341	0.349
f2 =~						
x4	1.000				0.924	0.903
x5	0.164	0.209	0.781	0.435	0.151	0.156
x6	0.272	0.327	0.831	0.406	0.251	0.240
f3 =~						
x7	1.000				0.648	0.617
x8	0.458	0.275	1.665	0.096	0.297	0.293
x9	0.457	0.273	1.673	0.094	0.296	0.298
f4 =~						
x10	1.000				0.711	0.731
x11	0.323	0.201	1.612	0.107	0.230	0.237
x12	0.461	0.251	1.835	0.066	0.327	0.323
Regressions:						
f3 ~						
f1	0.845	0.387	2.184	0.029	0.551	0.551
f4 ~						
f1	0.837	0.388	2.161	0.031	0.499	0.499
f2	0.106	0.163	0.649	0.516	0.137	0.137
Covariances:						
f1 ~~						
f2	0.087	0.059	1.465	0.143	0.223	0.223
Variances:						

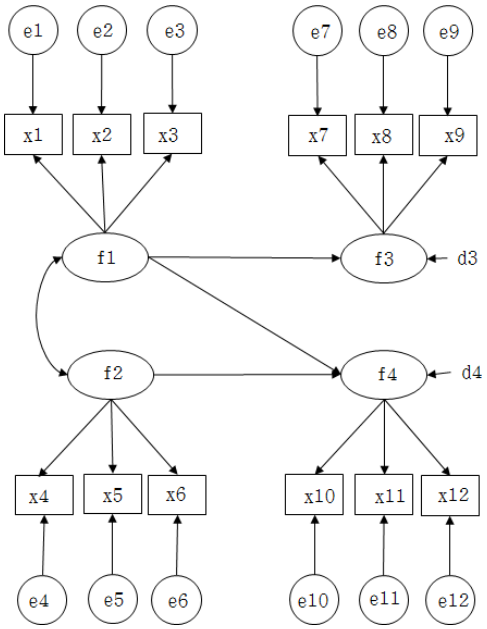
	x1	0.799	0.124		0.799	0.817
	x2	0.655	0.117		0.655	0.750
	x3	0.838	0.117		0.838	0.878
	x4	0.194	0.988		0.194	0.185
	x5	0.911	0.114		0.911	0.976
	x6	1.030	0.145		1.030	0.942
	x7	0.684	0.249		0.684	0.619
	x8	0.934	0.128		0.934	0.914
	x9	0.904	0.124		0.904	0.911
	x10	0.439	0.260		0.439	0.465
	x11	0.887	0.113		0.887	0.944
	x12	0.922	0.126		0.922	0.896
	f1	0.179	0.103		1.000	1.000
	f2	0.853	0.996		1.000	1.000
	f3	0.292	0.233		0.696	0.696
	f4	0.355	0.258		0.702	0.702

Group 2 [2000]:

	Estimate	Std.err	Z-value	P(>|z|)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
f1 =~						
x1	1.000				0.454	0.469
x2	1.387	0.430	3.225	0.001	0.629	0.563
x3	1.109	0.354	3.136	0.002	0.503	0.500
f2 =~						
x4	1.000				0.374	0.368
x5	1.419	0.497	2.854	0.004	0.531	0.516
x6	1.902	0.687	2.768	0.006	0.711	0.687
f3 =~						
x7	1.000				0.547	0.594
x8	0.841	0.270	3.117	0.002	0.460	0.457
x9	0.976	0.302	3.237	0.001	0.534	0.521
f4 =~						
x10	1.000				0.361	0.337
x11	1.641	0.626	2.621	0.009	0.592	0.582
x12	1.537	0.587	2.616	0.009	0.554	0.557
Regressions:						
f3 ~						
f1	0.715	0.263	2.715	0.007	0.593	0.593
f4 ~						
f1	0.276	0.165	1.674	0.094	0.347	0.347
f2	0.434	0.235	1.843	0.065	0.449	0.449
Covariances:						
f1 ~~						
f2	0.048	0.030	1.567	0.117	0.281	0.281
Variances:						
x1	0.729	0.109			0.729	0.780
x2	0.854	0.152			0.854	0.683
x3	0.760	0.119			0.760	0.750
x4	0.895	0.119			0.895	0.865
x5	0.774	0.128			0.774	0.733
x6	0.566	0.166			0.566	0.528
x7	0.550	0.111			0.550	0.648
x8	0.799	0.119			0.799	0.791
x9	0.764	0.127			0.764	0.728
x10	1.017	0.134			1.017	0.887
x11	0.685	0.133			0.685	0.661
x12	0.684	0.123			0.684	0.690
f1	0.206	0.096			1.000	1.000
f2	0.140	0.082			1.000	1.000
f3	0.194	0.094			0.648	0.648
f4	0.077	0.054			0.590	0.590

等値制約 ― semパッケージを使う方法

```
seq.1 <- specifyEquations()
x1 = 1*f1
x2 = b2.1*f1
x3 = b3.1*f1
x4 = 1*f2
x5 = b5.1*f2
x6 = b6.1*f2
x7 = 1*f3
x8 = b8.1*f3
x9 = b9.1*f3
x10 = 1*f4
x11 = b11.1*f4
x12 = b12*f4              #b12の値は２つの母集団で共通
f3 = a31.1*f1
f4 = a41.1*f1 + a42.1*f2
V(x1) = ev1.1
V(x2) = ev2.1
V(x3) = ev3.1
V(x4) = ev4.1
V(x5) = ev5.1
V(x6) = ev6.1
V(x7) = ev7.1
V(x8) = ev8.1
V(x9) = ev9.1
V(x10) = ev10.1
V(x11) = ev11.1
V(x12) = ev12.1
V(f3) = evf3.1
V(f4) = evf4.1
V(f1) = vf1               #f1の分散の値は２つの母集団で共通
V(f2) = vf2.1
C(f1, f2) = cf12.1
```




```
seq.2 <- specifyEquations()
x1 = 1*f1
x2 = b2.2*f1
x3 = b3.2*f1
x4 = 1*f2
x5 = b5.2*f2
x6 = b6.2*f2
x7 = 1*f3
x8 = b8.2*f3
x9 = b9.2*f3
x10 = 1*f4
x11 = b11.2*f4
x12 = b12*f4              #b12の値は２つの母集団で共通
f3 = a31.2*f1
f4 = a41.2*f1 + a42.2*f2
V(x1) = ev1.2
V(x2) = ev2.2
V(x3) = ev3.2
V(x4) = ev4.2
V(x5) = ev5.2
V(x6) = ev6.2
V(x7) = ev7.2
V(x8) = ev8.2
V(x9) = ev9.2
V(x10) = ev10.2
V(x11) = ev11.2
V(x12) = ev12.2
V(f3) = evf3.2
V(f4) = evf4.2
V(f1) = vf1               #f1の分散の値は２つの母集団で共通
V(f2) = vf2.2
C(f1, f2) = cf12.2
```

sem パッケージでは，多母集団分析において，母集団間の等値制約はおけるが同一母集団内で等値制約はおけない（多母集団分析でなければ，単一母集団内で等値制約はおける）

```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("多母集団分析_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
> head(d1)
  id x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12  era
1  1  4  3  2  3  4  4  2  4  2   4   4   3 2010
2  2  2  3  2  5  3  4  5  3  3   4   4   4 2010
3  3  1  4  2  2  3  3  4  3  2   3   4   4 2000
4  4  1  5  2  2  3  2  3  2  2   5   4   3 2000
5  5  2  3  1  4  2  1  3  3  2   1   1   1 2000
6  6  2  4  3  3  5  4  4  3  4   2   4   1 2010
>
> # id 列の削除
> d1 <- d1[,c(-1)]
>
>
> #データフレームの行数（標本サイズ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cov.d1, cor.d1),2)

     n.d1 mean.d1 sd.d1    x1    x2    x3    x4    x5   x6   x7   x8   x9   x10   x11  x12
x1    276    3.01  0.98  0.96  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08  0.06  0.07 0.07
x2    276    3.01  1.03  0.28  1.07  0.22 -0.01  0.03 0.04 0.28 0.06 0.09  0.08  0.09 0.11
x3    276    3.00  0.99  0.19  0.22  0.99 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09  0.21  0.01 0.07
x4    276    2.99  1.02  0.27 -0.01 -0.01  1.05  0.20 0.24 0.03 0.04 0.02  0.09  0.08 0.09
x5    276    3.00  1.00 -0.01  0.03  0.03  0.20  1.01 0.22 0.05 0.23 0.02  0.08  0.08 0.11
x6    276    3.03  1.04  0.03  0.04  0.01  0.24  0.22 1.09 0.09 0.05 0.07  0.09  0.30 0.12
x7    276    3.03  0.99  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 0.98 0.21 0.23  0.07  0.05 0.07
x8    276    3.01  1.01  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.05 0.21 1.03 0.24  0.09  0.03 0.11
x9    276    3.00  1.01  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.03  0.06  0.04 0.22
x10   276    2.99  1.03  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.07 0.09 0.06  1.05  0.17 0.23
x11   276    2.99  1.00  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.30 0.05 0.03 0.04  0.17  0.99 0.24
x12   276    2.99  1.01  0.07  0.11  0.07  0.09  0.11 0.12 0.07 0.11 0.22  0.23  0.24 1.01
era   276 2004.93  5.01 -0.04  0.11  0.22 -0.26  0.45 0.13 0.26 0.36 0.11 -0.29 -0.09 0.13

       era  x1.1  x2.1  x3.1  x4.1  x5.1 x6.1 x7.1 x8.1 x9.1 x10.1 x11.1 x12.1 era.1
x1   -0.04  1.00  0.28  0.19  0.27 -0.01 0.03 0.11 0.07 0.08  0.06  0.07  0.07 -0.01
x2    0.11  0.28  1.00  0.22 -0.01  0.02 0.04 0.28 0.06 0.09  0.08  0.09  0.10  0.02
x3    0.22  0.19  0.22  1.00 -0.01  0.03 0.01 0.12 0.08 0.09  0.21  0.01  0.07  0.04
x4   -0.26  0.27 -0.01 -0.01  1.00  0.20 0.23 0.03 0.04 0.02  0.09  0.08  0.08 -0.05
x5    0.45 -0.01  0.02  0.03  0.20  1.00 0.21 0.05 0.23 0.02  0.08  0.08  0.10  0.09
x6    0.13  0.03  0.04  0.01  0.23  0.21 1.00 0.09 0.04 0.07  0.09  0.29  0.11  0.02
x7    0.26  0.11  0.28  0.12  0.03  0.05 0.09 1.00 0.21 0.23  0.06  0.05  0.07  0.05
x8    0.36  0.07  0.06  0.08  0.04  0.23 0.04 0.21 1.00 0.24  0.09  0.03  0.11  0.07
x9    0.11  0.08  0.09  0.09  0.02  0.02 0.07 0.23 0.24 1.00  0.06  0.04  0.22  0.02
x10  -0.29  0.06  0.08  0.21  0.09  0.08 0.09 0.06 0.09 0.06  1.00  0.17  0.22 -0.06
x11  -0.09  0.07  0.09  0.01  0.08  0.08 0.29 0.05 0.03 0.04  0.17  1.00  0.24 -0.02
x12   0.13  0.07  0.10  0.07  0.08  0.10 0.11 0.07 0.11 0.22  0.22  0.24  1.00  0.03
era  25.09 -0.01  0.02  0.04 -0.05  0.09 0.02 0.05 0.07 0.02 -0.06 -0.02  0.03  1.00
>
>
>
>
> #多母集団パス解析
>  #semパッケージの読み込み
>  library(sem)
> opt <- options(fit.indices = c("GFI", "AGFI", "RMSEA", "NFI", "NNFI", "CFI", "RNI", "IFI",
+                                "SRMR", "AIC", "AICc", "BIC", "CAIC"))
>
> seq.1 <- specifyEquations()
1: x1 = 1*f1
2: x2 = b2.1*f1
3: x3 = b3.1*f1
4: x4 = 1*f2
5: x5 = b5.1*f2
6: x6 = b6.1*f2
7: x7 = 1*f3
8: x8 = b8.1*f3
```

```
9: x9 = b9.1*f3
10: x10 = 1*f4
11: x11 = b11.1*f4
12: x12 = b12*f4            # b12は共通
13: f3 = a31.1*f1
14: f4 = a41.1*f1 + a42.1*f2
15: V(x1) = ev1.1
16: V(x2) = ev2.1
17: V(x3) = ev3.1
18: V(x4) = ev4.1
19: V(x5) = ev5.1
20: V(x6) = ev6.1
21: V(x7) = ev7.1
22: V(x8) = ev8.1
23: V(x9) = ev9.1
24: V(x10) = ev10.1
25: V(x11) = ev11.1
26: V(x12) = ev12.1
27: V(f3) = evf3.1
28: V(f4) = evf4.1
29: V(f1) = vf1              # vf1は共通
30: V(f2) = vf2.1
31: C(f1, f2) = cf12.1
32:
Read 31 items
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	id	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	era
2	1	4	3	2	3	4	4	2	4	2	4	4	3	2010
3	2	2	3	2	5	3	4	5	3	3	4	4	4	2010
4	3	1	4	2	2	3	3	4	3	2	3	4	4	2000
5	4	1	5	2	2	3	2	3	2	2	5	4	3	2000
6	5	2	3	1	4	2	1	3	3	2	1	1	1	2000
7	6	2	4	3	3	5	4	4	3	4	2	4	1	2010
8	7	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	2	1	2000
9	8	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	2000
10	9	3	4	3	2	3	5	4	4	3	2	5	4	2010
11	10	3	5	2	2	4	4	4	4	5	4	1	3	2010
12	11	4	2	3	4	4	5	3	4	2	5	3	2	2000
13	12	4	4	2	3	4	2	2	4	4	3	3	4	2010
14	13	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	5	2010
15	14	4	3	5	4	2	3	3	2	2	4	3	3	2010
16	15	1	4	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2	2010
17	16	4	4	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3	2000
18	17	3	2	2	4	1	4	4	4	4	3	2	2	2000
19	18	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2	1	3	2010
20	19	3	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	2010
21	20	4	2	5	2	2	2	4	2	4	4	3	5	2010

```
> seq.2 <- specifyEquations()
1: x1 = 1*f1
2: x2 = b2.2*f1
3: x3 = b3.2*f1
4: x4 = 1*f2
5: x5 = b5.2*f2
6: x6 = b6.2*f2
7: x7 = 1*f3
8: x8 = b8.2*f3
9: x9 = b9.2*f3
10: x10 = 1*f4
11: x11 = b11.2*f4
12: x12 = b12*f4                # b12は共通
13: f3 = a31.2*f1
14: f4 = a41.2*f1 + a42.2*f2
15: V(x1) = ev1.2
16: V(x2) = ev2.2
17: V(x3) = ev3.2
18: V(x4) = ev4.2
19: V(x5) = ev5.2
20: V(x6) = ev6.2
21: V(x7) = ev7.2
22: V(x8) = ev8.2
23: V(x9) = ev9.2
24: V(x10) = ev10.2
25: V(x11) = ev11.2
26: V(x12) = ev12.2
27: V(f3) = evf3.2
28: V(f4) = evf4.2
29: V(f1) = vf1              # vf1は共通
30: V(f2) = vf2.2
31: C(f1, f2) = cf12.2
32:
Read 31 items
>
```

```
> mg.seq <- multigroupModel(seq.1, seq.2, groups=c("2000","2010"))
> d1$era <- factor(d1$era)
> sem.mg.seq <- sem(mg.seq, data=d1, group="era")
> summary(sem.mg.seq)

 Model Chisquare = 142.18  Df = 102  Pr(>Chisq) = 0.0052915
 Chisquare (null model) = 351.43  Df = 132
 Goodness-of-fit index = 0.92313
 Adjusted goodness-of-fit index = 0.89147
 RMSEA index = 0.053624 90% CI: (0.030182, 0.073589)
```

```
 Bentler-Bonnett NFI = 0.59542
 Tucker-Lewis NNFI = 0.76302
 Bentler CFI = 0.81688
 SRMR = 0.071584
 AIC = 250.18
 AICc = 169.06
 BIC = 445.68

Iterations: initial fits, 55 57   final fit, 139


  era: 2000

 Model Chisquare =  56.452   Df =  50 Pr(>Chisq) = 0.24655
 Chisquare (null model) =  201.42   Df =  66
 Goodness-of-fit index =  0.93918
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.90513
 RMSEA index =  0.030468   90% CI: (NA, 0.064737)
 Bentler-Bonnett NFI =  0.71973
 Tucker-Lewis NNFI =  0.93711
 Bentler CFI =  0.95236
 SRMR =  0.060757
 AIC =  112.45
 AICc =  71.082
 BIC =  194.82
 CAIC =  -240.63

 Normalized Residuals
   Min.  1st Qu.   Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-1.5600 -0.2540  0.0294  0.0521  0.4330  2.5100

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     x4     x5     x6     f3     x7     x8     x9     f4
0.2035 0.3143 0.2536 0.1291 0.2539 0.4952 0.3492 0.3526 0.2094 0.2704 0.4270
   x10    x11    x12
0.1615 0.3376 0.2497

 Parameter Estimates
       Estimate Std Error z value Pr(>|z|)
b2.1   1.442812 0.389261  3.7065  2.1011e-04 x2 <--- f1
b3.1   1.166645 0.328216  3.5545  3.7870e-04 x3 <--- f1
b5.1   1.416354 0.503401  2.8136  4.8995e-03 x5 <--- f2
b6.1   1.992752 0.734282  2.7139  6.6500e-03 x6 <--- f2
b8.1   0.840692 0.271591  3.0954  1.9653e-03 x8 <--- f3
b9.1   0.973363 0.303320  3.2090  1.3319e-03 x9 <--- f3
b11.1  1.351874 0.401026  3.3710  7.4886e-04 x11 <--- f4
b12    1.122060 0.206539  5.4327  5.5518e-08 x12 <--- f4
a31.1  0.744994 0.252750  2.9476  3.2030e-03 f3 <--- f1
a41.1  0.352728 0.184365  1.9132  5.5722e-02 f4 <--- f1
a42.1  0.554111 0.263727  2.1011  3.5634e-02 f4 <--- f2
ev1.1  0.742763 0.104995  7.0743  1.5026e-12 x1 <--> x1
ev2.1  0.861751 0.154395  5.5815  2.3851e-08 x2 <--> x2
ev3.1  0.760041 0.120954  6.2837  3.3057e-10 x3 <--> x3
ev4.1  0.907271 0.120576  7.5245  5.2925e-14 x4 <--> x4
ev5.1  0.793223 0.128037  6.1952  5.8193e-10 x5 <--> x5
ev6.1  0.544595 0.173776  3.1339  1.7251e-03 x6 <--> x6
ev7.1  0.553551 0.112276  4.9303  8.2118e-07 x7 <--> x7
ev8.1  0.804780 0.120195  6.6956  2.1477e-11 x8 <--> x8
ev9.1  0.770869 0.128744  5.9876  2.1293e-09 x9 <--> x9
ev10.1 1.000172 0.135317  7.3913  1.4536e-13 x10 <--> x10
ev11.1 0.690611 0.134516  5.1340  2.8361e-07 x11 <--> x11
ev12.1 0.728699 0.111881  6.5131  7.3593e-11 x12 <--> x12
evf3.1 0.196204 0.095259  2.0597  3.9427e-02 f3 <--> f3
evf4.1 0.110379 0.056731  1.9456  5.1697e-02 f4 <--> f4
vf1    0.189725 0.066529  2.8518  4.3479e-03 f1 <--> f1
vf2.1  0.134550 0.080425  1.6730  9.4327e-02 f2 <--> f2
cf12.1 0.044349 0.027926  1.5881  1.1226e-01 f2 <--> f1

  era: 2010

 Model Chisquare =  85.731   Df =  50 Pr(>Chisq) = 0.0012428
 Chisquare (null model) =  150.02   Df =  66
```

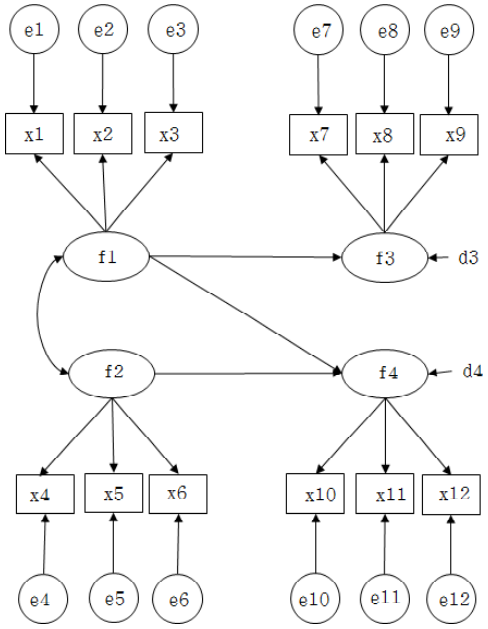
```
 Goodness-of-fit index =  0.9066
 Adjusted goodness-of-fit index =  0.85429
 RMSEA index =  0.072756   90% CI: (0.045455, 0.098419)
 Bentler-Bonnett NFI =  0.42853
 Tucker-Lewis NNFI =  0.43864
 Bentler CFI =  0.57472
 SRMR =  0.082729
 AIC =  141.73
 AICc =  100.91
 BIC =  223.29
 CAIC =  -209.9

 Normalized Residuals
    Min.   1st Qu.    Median      Mean  3rd Qu.      Max.
-2.43000 -0.62200 -0.07270 -0.00711  0.33300  2.84000

 R-square for Endogenous Variables
    x1     x2     x3     x4     x5     x6     f3     x7     x8     x9     f4
0.1906 0.3249 0.0736 0.4507 0.0404 0.1081 0.3338 0.4514 0.0669 0.0745 0.3129
   x10    x11    x12
0.2209 0.0980 0.2405

 Parameter Estimates
       Estimate Std Error z value Pr(>|z|)
b2.2   1.228827 0.446818  2.75017 5.9564e-03 x2 <--- f1
b3.2   0.610847 0.108573  5.62615 1.8428e-08 x3 <--- f1
b5.2   0.282537 0.498890  0.56633 5.7117e-01 x5 <--- f2
b6.2   0.500396 0.319582  1.56578 1.1740e-01 x6 <--- f2
b8.2   0.370129 0.235223  1.57352 1.1560e-01 x8 <--- f3
b9.2   0.385046 0.361949  1.06381 2.8741e-01 x9 <--- f3
b11.2  0.674508 0.229227  2.94254 3.2554e-03 x11 <--- f4
b12    1.122060 0.206539  5.43267 5.5518e-08 x12 <--- f4
a31.2  0.940164 0.318145  2.95514 3.1253e-03 f3 <--- f1
a41.2  0.386055 0.397133  0.97210 3.3100e-01 f4 <--- f1
a42.2  0.224145 0.249560  0.89816 3.6910e-01 f4 <--- f2
ev1.2  0.805920 0.199240  4.04497 5.2330e-05 x1 <--> x1
ev2.2  0.595305 0.127854  4.65613 3.2222e-06 x2 <--> x2
ev3.2  0.890622 0.134377  6.62781 3.4071e-11 x3 <--> x3
ev4.2  0.579531 0.117089  4.94948 7.4413e-07 x4 <--> x4
ev5.2  0.902362 0.343941  2.62360 8.7006e-03 x5 <--> x5
ev6.2  0.982018 0.115522  8.50068 1.8848e-17 x6 <--> x6
ev7.2  0.610496 0.148560  4.10943 3.9665e-05 x7 <--> x7
ev8.2  0.960500 0.276821  3.46975 5.2093e-04 x8 <--> x8
ev9.2  0.925167 0.126300  7.32514 2.3865e-13 x9 <--> x9
ev10.2 0.719727 0.121768  5.91065 3.4075e-09 x10 <--> x10
ev11.2 0.854564 0.119675  7.14070 9.2857e-13 x11 <--> x11
ev12.2 0.811409 0.118450  6.85022 7.3736e-12 x12 <--> x12
evf3.2 0.334711 0.156121  2.14392 3.2039e-02 f3 <--> f3
evf4.2 0.140189 0.269106  0.52094 6.0241e-01 f4 <--> f4
vf1    0.189725 0.066529  2.85175 4.3479e-03 f1 <--> f1
vf2.2  0.475457 0.353317  1.34570 1.7840e-01 f2 <--> f2
cf12.2 0.067428 0.055899  1.20625 2.2772e-01 f2 <--> f1

> stdCoef(sem.mg.seq)


 Group:  2000
          Std. Estimate
1             0.4510666   x1 <--- f1
2    b2.1     0.5606032   x2 <--- f1
3    b3.1     0.5035817   x3 <--- f1
4             0.3593734   x4 <--- f2
5    b5.1     0.5038711   x5 <--- f2
6    b6.1     0.7037276   x6 <--- f2
7             0.5938131   x7 <--- f3
8    b8.1     0.4575488   x8 <--- f3
9    b9.1     0.5199742   x9 <--- f3
10            0.4018642  x10 <--- f4
11  b11.1     0.5810708  x11 <--- f4
12    b12     0.4997119  x12 <--- f4
13  a31.1     0.5909734   f3 <--- f1
14  a41.1     0.3500562   f4 <--- f1
```

```
15  a42.1      0.4631008   f4 <--- f2
16  ev1.1      0.7965389   x1 <--> x1
17  ev2.1      0.6857240   x2 <--> x2
18  ev3.1      0.7464055   x3 <--> x3
19  ev4.1      0.8708508   x4 <--> x4
20  ev5.1      0.7461139   x5 <--> x5
21  ev6.1      0.5047674   x6 <--> x6
22  ev7.1      0.6473860   x7 <--> x7
23  ev8.1      0.7906491   x8 <--> x8
24  ev9.1      0.7296269   x9 <--> x9
25 ev10.1      0.8385052 x10 <--> x10
26 ev11.1      0.6623567 x11 <--> x11
27 ev12.1      0.7502880 x12 <--> x12
28 evf3.1      0.6507504   f3 <--> f3
29 evf4.1      0.5730035   f4 <--> f4
30    vf1      1.0000000   f1 <--> f1
31  vf2.1      1.0000000   f2 <--> f2
32 cf12.1      0.2775711   f2 <--> f1


 Group:  2010
          Std. Estimate
1              0.4365258   x1 <--- f1
2    b2.2      0.5699934   x2 <--- f1
3    b3.2      0.2713559   x3 <--- f1
4              0.6713234   x4 <--- f2
5    b5.2      0.2009067   x5 <--- f2
6    b6.2      0.3288227   x6 <--- f2
7              0.6718929   x7 <--- f3
8    b8.2      0.2585861   x8 <--- f3
9    b9.2      0.2729710   x9 <--- f3
10             0.4699609  x10 <--- f4
11  b11.2      0.3130131  x11 <--- f4
12    b12      0.4903575  x12 <--- f4
13  a31.2      0.5777449   f3 <--- f1
14  a41.2      0.3722827   f4 <--- f1
15  a42.2      0.3421730   f4 <--- f2
16  ev1.2      0.8094452   x1 <--> x1
17  ev2.2      0.6751075   x2 <--> x2
18  ev3.2      0.9263660   x3 <--> x3
19  ev4.2      0.5493249   x4 <--> x4
20  ev5.2      0.9596365   x5 <--> x5
21  ev6.2      0.8918756   x6 <--> x6
22  ev7.2      0.5485599   x7 <--> x7
23  ev8.2      0.9331332   x8 <--> x8
24  ev9.2      0.9254868   x9 <--> x9
25 ev10.2      0.7791368 x10 <--> x10
26 ev11.2      0.9020228 x11 <--> x11
27 ev12.2      0.7595495 x12 <--> x12
28 evf3.2      0.6662108   f3 <--> f3
29 evf4.2      0.6871266   f4 <--> f4
30    vf1      1.0000000   f1 <--> f1
31  vf2.2      1.0000000   f2 <--> f2
32 cf12.2      0.2245030   f2 <--> f1
>
>
```

等値制約 ― lavaanパッケージを使う方法

lavaanパッケージを使う方法の例（２群の多母集団分析）

```
model.1 <- '
# latent variable definitions
 f1 =~ x1 + c("b12","")*x2 + c("b131","b132")*x3
 f2 =~ x4 + equal(c("b12",""))*x5 + c(NA,0)*x6
 f3 =~ x7 + x8 + equal(c("b131","b132"))*x9
 f4 =~ x10 + x11 + c("b412","b412")*x12

# regression
 f3 ~ f1
 f4 ~ f1 + f2

# variances and covariances
 f1 ~~ c("vf1","vf1")*f1
 f1 ~~ f2
'
```



b12　　：第１群において，x2 <- f1 と x5 <- f2 は同じ値
b131　：第１群において，x3 <- f1 と x9 <- f3 は同じ値
b132　：第２群において，x3 <- f1 と x9 <- f3 は同じ値
b412　：第１群と第２群の x12 <- f4 は同じ値
c(NA,0)：x6<-f2 のパス係数を，第１群は推定するが，
　　第２群は0に固定
vf1　　：第１群と第２群のf1の分散は同じ値

equal()を使うように説明されているが，c()に同じ系数名を
　書くだけでも同じ値で推定されるようだ．

semパッケージを使うときも，係数に同じ名前をつければ，
　等値制約となる．

```
> setwd("d:¥¥")
> d1 <- read.table("多母集団分析_データ.csv", header=TRUE, sep=",")
>
> # id 列の削除
> d1 <- d1[,c(-1)]

> #データフレームの行数（標本の大きさ），平均，標準偏差，共分散，相関
> n.d1 <- nrow(d1)
> mean.d1 <- apply(d1, 2, mean)
> sd.d1 <- apply(d1, 2, sd)
> cov.d1 <- cov(d1)
> cor.d1 <- cor(d1)
> round(data.frame(n.d1, mean.d1, sd.d1, cov.d1, cor.d1),2)
>

> # 群ごとのデータフレーム作成と記述統計量
> ds1 <- d1[d1$era==2000,]
> n.ds1 <- nrow(ds1)
> mean.ds1 <- apply(ds1, 2, mean)
> sd.ds1 <- apply(ds1, 2, sd)
> cov.ds1 <- cov(ds1)
> cor.ds1 <- cor(ds1)
>

> ds2 <- d1[d1$era==2010,]
> n.ds2 <- nrow(ds2)
> mean.ds2 <- apply(ds2, 2, mean)
> sd.ds2 <- apply(ds2, 2, sd)
> cov.ds2 <- cov(ds2)
> cor.ds2 <- cor(ds2)
>
```

```
> #共分散構造分析の実行
>  #lavaanパッケージの読み込み
>  library(lavaan)

> model.1 <- '
+  # latent variable definitions
+    f1 =~ x1 + c("b12","")*x2 + c("b131","b132")*x3
+    f2 =~ x4 + equal(c("b12",""))*x5 + c(NA,0)*x6
+    f3 =~ x7 + x8 + equal(c("b131","b132"))*x9
+    f4 =~ x10 + x11 + c("b412","b412")*x12
+
+  # regression
+    f3 ~ f1
+    f4 ~ f1 + f2
+
+  # variances and covariancess
+    f1 ~~ c("vf1","vf1")*f1
+    f1 ~~ f2
+  '
>
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	id	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	era
2	1	4	3	2	3	4	4	2	4	2	4	4	3	2010
3	2	2	3	2	5	3	4	5	3	3	4	4	4	2010
4	3	1	4	2	2	3	3	4	3	2	3	4	4	2000
5	4	1	5	2	2	3	2	3	2	2	5	4	3	2000
6	5	2	3	1	4	2	1	3	3	2	1	1	1	2000
7	6	2	4	3	3	5	4	4	3	4	2	4	1	2010
8	7	4	4	4	4	4	3	2	1	2	2	2	1	2000
9	8	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	2000
10	9	3	4	3	2	3	5	4	4	3	2	5	4	2010
11	10	3	5	2	2	4	4	4	4	5	4	1	3	2010
12	11	4	2	3	4	4	5	3	4	2	5	3	2	2000
13	12	4	4	2	3	4	2	2	4	4	3	3	4	2010
14	13	3	4	3	2	3	3	4	4	4	4	2	5	2010
15	14	4	3	5	4	2	3	3	2	2	4	3	3	2010
16	15	1	4	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2	2010
17	16	4	4	3	2	3	4	4	4	3	3	3	3	2000
18	17	3	2	2	4	1	4	4	4	4	3	2	2	2000
19	18	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2	1	3	2010
20	19	3	3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	3	2010
21	20	4	2	5	2	2	2	4	2	4	4	3	5	2010

```
> # lavaan関数を使って計算
> lav.model.1 <- lavaan(model.1, data=d1, model.type="sem", group="era",
+                       fixed.x=F, meanstructure=F,
+                       auto.var=TRUE,auto.fix.first=TRUE)

> summary(lav.model.1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
lavaan (0.5-10) converged normally after 108 iterations

  Number of observations per group
  2010                                            136
  2000                                            140

  Estimator                                        ML
  Minimum Function Chi-square                 175.730
  Degrees of freedom                              106
  P-value                                       0.000

Chi-square for each group:

  2010                                         90.874
  2000                                         84.855

Chi-square test baseline model:

  Minimum Function Chi-square                 353.995
  Degrees of freedom                              132
  P-value                                       0.000

Full model versus baseline model:

  Comparative Fit Index (CFI)                   0.686
  Tucker-Lewis Index (TLI)                      0.609

Loglikelihood and Information Criteria:

  Loglikelihood user model (H0)             -4629.480
  Loglikelihood unrestricted model (H1)     -4541.615

  Number of free parameters                        50
  Akaike (AIC)                               9358.960
  Bayesian (BIC)                             9539.980
  Sample-size adjusted Bayesian (BIC)        9381.438

Root Mean Square Error of Approximation:

  RMSEA                                         0.069
  90 Percent Confidence Interval          0.050  0.087
  P-value RMSEA <= 0.05                         0.047

Standardized Root Mean Square Residual:
```

SRMR 0.087

Parameter estimates:

Information Expected
Standard Errors Standard

Group 1 [2010]:

		Estimate	Std.err	Z-value	P(>|z|)	Std.lv	Std.all
Latent variables:							
f1 =~							
x1		1.000				0.478	0.479
x2	(b12)	**0.848**	0.261	3.253	0.001	0.405	0.441
x3	(b131)	**0.552**	0.205	2.688	0.007	0.264	0.270
f2 =~							
x4		1.000				0.423	0.420
x5	(b12)	**0.848**	0.261	3.253	0.001	0.359	0.365
x6		0.935	0.514	1.818	0.069	0.396	0.378
f3 =~							
x7		1.000				0.600	0.571
x8		0.537	0.283	1.899	0.058	0.322	0.318
x9	(b131)	**0.552**	0.205	2.688	0.007	0.331	0.332
f4 =~							
x10		1.000				0.420	0.440
x11		0.734	0.353	2.081	0.037	0.308	0.318
x12	(b412)	**1.241**	0.355	3.499	0.000	0.522	0.506
Regressions:							
f3 ~							
f1		0.720	0.286	2.515	0.012	0.574	0.574
f4 ~							
f1		0.353	0.207	1.705	0.088	0.401	0.401
f2		0.386	0.282	1.372	0.170	0.389	0.389
Covariances:							
f1 ~~							
f2		0.044	0.046	0.954	0.340	0.217	0.217
Variances:							
f1	(vf1)	**0.228**	0.069			1.000	1.000
x1		0.766	0.120			0.766	0.770
x2		0.681	0.110			0.681	0.806
x3		0.882	0.115			0.882	0.927
x4		0.835	0.139			0.835	0.823
x5		0.838	0.124			0.838	0.867
x6		0.936	0.156			0.936	0.857
x7		0.742	0.188			0.742	0.674
x8		0.918	0.129			0.918	0.899
x9		0.884	0.121			0.884	0.890
x10		0.736	0.115			0.736	0.807
x11		0.845	0.118			0.845	0.899
x12		0.790	0.144			0.790	0.744
f2		0.179	0.105			1.000	1.000
f3		0.241	0.168			0.670	0.670
f4		0.109	0.072			0.620	0.620

Group 2 [2000]:

		Estimate	Std.err	Z-value	P(>|z|)	Std.lv	Std.all
Latent variables:							
f1 =~							
x1		1.000				0.478	0.490
x2		1.343	0.335	4.009	0.000	0.642	0.573
x3	(b132)	**1.014**	0.208	4.878	0.000	0.485	0.482
f2 =~							
x4		1.000				0.331	0.325
x5		2.514	2.450	1.026	0.305	0.831	0.809
x6		0.000				0.000	0.000
f3 =~							

```
    x7                1.000                                    0.538    0.585
    x8                0.856    0.255   3.356    0.001    0.461    0.458
    x9       (b132)   1.014    0.208   4.878    0.000    0.546    0.532
  f4 =~
    x10               1.000                                    0.448    0.411
    x11               1.199    0.408   2.940    0.003    0.538    0.528
    x12      (b412)   1.241    0.355   3.499    0.000    0.556    0.566

Regressions:
  f3 ~
    f1                0.682    0.193   3.545    0.000    0.606    0.606
  f4 ~
    f1                0.378    0.182   2.083    0.037    0.404    0.404
    f2                0.311    0.230   1.353    0.176    0.229    0.229

Covariances:
  f1 ~~
    f2                0.036    0.040   0.907    0.364    0.229    0.229

Variances:
    f1       (vf1)    0.228    0.069                     1.000    1.000
    x1                0.725    0.105                     0.725    0.760
    x2                0.842    0.152                     0.842    0.672
    x3                0.775    0.114                     0.775    0.767
    x4                0.925    0.152                     0.925    0.894
    x5                0.365    0.663                     0.365    0.346
    x6                1.071    0.128                     1.071    1.000
    x7                0.558    0.100                     0.558    0.658
    x8                0.800    0.118                     0.800    0.790
    x9                0.757    0.120                     0.757    0.717
    x10               0.987    0.138                     0.987    0.831
    x11               0.747    0.134                     0.747    0.721
    x12               0.656    0.126                     0.656    0.679
    f2                0.109    0.118                     1.000    1.000
    f3                0.183    0.080                     0.633    0.633
    f4                0.149    0.078                     0.742    0.742

>
>
```