

MLLaVar ver.0.2

後藤崇志

2015/3/25

1 MLLaVar package の概要

MLLaVar は R 上でマルチレベル相関分析およびマルチレベル共分散構造分析を行うためのパッケージです。テスト版なのでバグや計算違いを起こす可能性もあるので、最終的な分析は他のソフトウェアを使って確認することをお勧め致します。mallavar 関数を使うには lavaan パッケージ (作図のためには semPlot パッケージも) が必要です。

2 マルチレベル相関分析

MLLaVar パッケージでは、Kenny & La Voie の方法 [2] に基づいて、マルチレベル相関分析を行います。マルチレベル相関そのものについては元論文や、詳しく解説されている論文・著書等をご参照ください [2, 4]。

2.1 mlcor 関数

mlcor 関数では、与えられた 1 つの変数に基づいてデータのグループ構造を識別し、2 つの変数間のグループ間相関とグループ内相関を計算します。

以下、テストデータでの分析例を使いながら説明していきます。このテストデータは、何らかのグループ活動を行って来た複数の集団から得られたとする仮想データです。グループ構造を規定する変数”group”、集団で活動を行った期間の長さ”spent”、個人特性として集団主義得点”collectivism”と個人主義得点”individualism”、集団活動の満足度”satisfaction”の変数が含まれています。あらかじめテストデータは”testD”という名前でデータフレームとして保存されているとします。

mlcor 関数を用いて”collectivism”と”satisfaction”のマルチレベル相関を求めるには、以下のように入力します。なお、このデータはあくまでも仮想データであり、実際に上に書いたようなデータを得ても、以下の例で示すような結果が得られるかはわかりません。

```
> testcor <- mlcor(testD$collectivism, testD$satisfaction, testD$group)
```

mlcor 関数では第 1、第 2 引数には相関を見たい変数を、第 3 引数にはグループ構造を規定する変数を指定します。関数を実行すると、次のように結果が表示されます。

```
correlation(between) = 0.46, correlation(within) = 0.23*
```

correlation(between) はグループ間相関、correlation(within) はグループ内相関です。mlcor 関数では標準得点を求めて、相関係数の有意性の検定を行っています。5%水準で有意であった場合には、数値の右側にアスタリスクが付記されます。また、結果を格納するように実行した場合、いくつかの数値が次のようにリスト形式で保存されます。

```
> testcor
$Corr_Between
[1] 0.4630456

$zCorr_Between
[1] 1.687853

$p_Between
[1] 0.09143952

$n_Between
[1] 20

$Corr_Within
[1] 0.2334846

$zCorr_Within
[1] 2.718941

$p_Within
[1] 0.006549126

$n_Within
[1] 143
```

Corr_Between はグループ間相関、zCorr_Between はグループ間相関の標準得点、p_Between は標準得点に基づいて求められたグループ間相関係数の p 値、n_Between はグループ数です。また、Corr_Within はグループ内相関、zCorr_Within はグループ内相関の標準得点、p_Within は標準得点に基づいて求められたグループ内相関係数の p 値、n_Within はデータ数からグループ数を減算した値です。

この結果を見ると、集団主義得点と満足度の間には、グループ内レベルにおいて正の相関関係が見られています。集団主義得点の高い個人ほど、集団活動での満足度が高かったことがうかがえます。

2.2 mlcori 関数

mlcori 関数では、与えられたデータフレームから対話形式で変数を選択し、1つの変数に基づいてデータのグループ構造を識別し、2つの変数間のグループ間相関とグループ内相関を計算します。mlcori 関数は次のように使います。

```
> cor3 <- mlcori(testD)
```

まず始めに、変数名を表示するかどうかを選びます。

```
***show variable names ?***

1: YES
```

```
2: NO

Selection: 1
group spent collectivism individualism satisfaction
```

グループを識別する変数を選びます。

```
***enter variable names [group variable]***
*variable name? >>> group
```

続いて、相関を算出したい変数を2つつづけて選びます。

```
***enter variable names [variables for analysis]***
*variable 1 name? >>> collectivism
*variable 2 name? >>> satisfaction
```

選んだ変数で相関を算出してよいか、確認されます。

```
***start ML correlation analysis***

***OK?***

1: YES
2: NO (reset and again)
3: NO (cancel)

Selection: 1

***start***
correlation(between) = 0.46, correlation(within) = 0.23*
```

結果の見方、および格納されているリストの詳細は `mlcor` 関数と同様です。

2.3 mlcovar 関数

`mlcovar` 関数では、与えられたデータフレームから、グループ間レベルでの分散共分散行列と、グループ内レベルでの分散共分散行列を作ります。分析に使用するデータフレームは、1列目にグループ構造を識別する変数をおき、2列目以降に分散共分散行列を求めたい変数をおくようにしてください。`mlcovar` 関数は次のように使います。

```
> testcovar <- mlcovar(test3m)
```

結果は、次のようにリストとして格納されます。

```
> testcovar
$VarCovar_Between
      spent collectivism individualism satisfaction
spent    56.109138    1.7914186    -1.9149389    10.533715
collectivism 1.791419    5.1155077     0.7613112     2.308985
individualism -1.914939    0.7613112     8.2196100    -2.817221
satisfaction 10.533715    2.3089849    -2.8172215     5.297288

$VarCovar_Within
      spent collectivism individualism satisfaction
spent      0 0.000000000 0.000000000 0.000000000
collectivism 0 0.453184288 0.006436378 0.10295330
```

```

individualism      0  0.006436378  0.508833768  0.03575208
satisfaction      0  0.102953295  0.035752077  0.42903163

$Corr_Between
           spent  collectivism  individualism  satisfaction
spent      1.0000000  0.1107590  -0.09206384  0.6373500
collectivism 0.11075901  1.0000000  0.12589969  0.4630456
individualism -0.09206384  0.1258997  1.00000000  -0.4656525
satisfaction  0.63735004  0.4630456  -0.46565252  1.0000000

$Corr_Within
           spent  collectivism  individualism  satisfaction
spent      NaN      NaN      NaN      NaN
collectivism NaN      1.00000000  0.01340344  0.23348456
individualism NaN      0.01340344  1.00000000  0.07651889
satisfaction NaN      0.23348456  0.07651889  1.00000000

$mean_Between
[1] 41.564417  3.500000  3.504744  3.500000

$mean_Within
[1] 0.000000e+00 -3.406656e-17  5.455599e-18  6.803369e-18

$icc
           spent  collectivism  individualism  satisfaction
1.0000000  0.5607114  0.6527914  0.5846859

$nBetween
[1] 20

$nWithin
[1] 143

$omega
[1] 8.060058

```

VarCovar_Between はグループ間レベルでの分散共分散行列、VarCovar_Within はグループ内レベルでの分散共分散行列です。また、Corr_Between にグループ間レベルでの相関行列と、Corr_Within にグループ内レベルでの相関行列も返します。また、mean_Between にグループ間レベルでの平均値のベクトル、mean_Within にはグループ内レベルでの平均値のベクトルが格納されています。さらに、icc には級内相関のベクトルが格納されています。nBetween はグループ間レベルの有効サンプル数、nWithin はグループ内レベルの有効サンプル数、omega はグループ間レベル分散の推定のための補正值です。

なお、グループ内レベルで”spent”の分散および他の変数との共分散が0、相関係数がNaNとなっているのは、集団活動の期間である”spent”はグループ間にばらつきのない変数なためです。

3 マルチレベル共分散構造分析

3.1 Muthen の限定最尤法によるマルチレベル共分散構造分析

3.2 mllavar 関数

mllavar 関数は、lavaan を用いて Muthen の限定最尤法 (Muthen's limited Maximum Likelihood Method) によるマルチレベル共分散構造分析を行う関数です [3]。詳しくは、他の詳しく解説されている文献をご参照ください [1,3,5-7]。mllavar 関数は対話形式で変数やモデルを指定していくことが可能です。以下に、その流れを説明します。

MLSEM を行いたいデータフレームを用いて mllavar 関数を実行します。

```
> testlavar <- mllavar(testD)
```

はじめに、データフレームを整形する必要があるかを尋ねられます。mllavar 関数では、分散共分散行列の算出に mlcovar 関数を用いているため、1 列目にグループ構造を識別する変数をおき、2 列目以降に分散共分散行列を求めたい変数をおいておく必要があります。もし、現在のデータフレームがそのような形式になっていなければ、1 を入力して、データフレームの整形を行ってください。

```
***need to reshape your data?***
```

```
1: YES  
2: NO
```

```
Selection:1
```

1:YES を選択すると、データフレームに含まれている変数を表示するかを尋ねられます。

```
***show variable names?***
```

```
1: YES  
2: NO
```

```
Selection: 1
```

```
***list of variables in loaded data***
```

```
group spent collectivism individualism satisfaction
```

データフレームの整形では、はじめに、グループ構造を規定する変数を指定します。

```
***enter variable names [group variable]***
```

```
*variable name? >>> group
```

つづいて、MLSEM のモデルに投入する変数を指定していきます。変数名を打ち込むと入力続けるか否かを尋ねられます。続けて入力するなら 1 を、入力を終了するなら 2 を選択してください。

```
***enter variable names [variables for analysis]***
```

```
*variable name? >>> spent
```

```
***continue to enter? [variables for analysis]***
```

```
1: YES  
2: NO
```

```
Selection: 1
```

2:NOを選択すると、データフレームを作成するかを尋ねられます。1を選ぶと、はじめに投入したデータフレームから、先に選んだ変数のみを含んだデータフレームを作成します。

```
***start to make data frame***
[1] "group" "spent" "collectivism" "individualism" "satisfaction"

***OK?***

1: YES
2: NO (reset and again)
3: NO (cancel)

Selection: 1

***start***

      var.name      N      C
[1,] "group"      "163" "20"
[2,] "spent"      "163" NA
[3,] "collectivism" "163" NA
[4,] "individualism" "163" NA
[5,] "satisfaction" "163" NA
```

作成後に表示される表には、変数名 (var.name)、有効データ数 (N)、グループ数 (C) が表示されています。

次に、単方向パスを入力するかを尋ねられます。

```
***enter [models of unidirections]?***

1: YES
2: NO

Selection: 1
```

1を選ぶと、(整形後の) データフレームに含まれている変数名が表示されます。

```
***enter [models of unidirections]***

***list of variables in loaded data***
group spent collectivism individualism satisfaction
```

単方向パスの入力は、独立変数→従属変数→関連を仮定するレベルの順に入力します。グループ間レベルとグループ内レベルで同じ関連を仮定するのであれば1を、グループ間レベルのみでの関連を仮定するのであれば2を、グループ内レベルでの関連を仮定するのであれば3を選択してください。

1つパスを入力するごとに、続けて入力するかを尋ねられます。続けて入力する場合には1を、入力を終了する場合には2を選択してください。

```
*independent variable? >>> collectivism
*dependent variable? >>> satisfaction
```

```

***which level(s)?(0--cancel)***

1: Between + Within
2: Between
3: Within

Selection: 1

***continue to enter? [models of unidirections]***

1: YES
2: NO

Selection: 1

```

入力終了を選択すると、モデルを確定するかを尋ねられます。確定する場合には1を選択してください。

```

***start to make descriptions [models of unidirections]***

          iv          dv    level
1  collectivism satisfaction BeWith
2  individualism satisfaction BeWith
3           spent satisfaction Between

***OK?***

1: YES
2: NO (reset and again)
3: NO (cancel)

Selection: 1

***start***

***completed [models of unidirections]***

satisfaction_w~c(vw01, vw01)*collectivism_w+c(vw02, vw02)*individualism_w
satisfaction_b~c(NA, 0)*collectivism_b+c(vb01b, vb01w)*collectivism_b
+c(NA, 0)*individualism_b+c(vb02, vb02w)*individualism_b
+c(NA, 0)*spent_b+c(vb03, vb03w)*spent_b

```

作成後には、lavaan に投入されるモデルの記述 (model.syntax) が表示されます。次に、双方向パスを入力するかを尋ねられます。

```

***enter [models of bidirections]?***

1: YES
2: NO

Selection: 1

```

1を選ぶと、(整形後の) データフレームに含まれている変数名が表示されます。双方向パスの入力は、変数1→変数2→関連を仮定するレベルの順に入力します。単方向パスと同様に、グループ間レベルとグループ内レベルで同じ関連を仮定するのであれば1を、グループ間レベルのみでの関連を仮定するのであれば2を、グループ内レベルでの関連を仮

定するのであれば3を選択してください。

1つパスを入力するごとに、続けて入力するかを尋ねられます。続けて入力する場合には1を、入力を終了する場合には2を選択してください。

```
***enter [models of bidirections]***

***list of entered variables in loaded data***
  group spent collectivism individualism satisfaction

*variable 1? >>> collectivism
*variable 2? >>> individualism

***which level(s)?(0--cancel)***

1: Between + Within
2: Between
3: Within

Selection: 2

***continue to enter? [models of bidirections]***

1: YES
2: NO

Selection: 2
```

入力終了を選択すると、モデルを確定するかを尋ねられます。確定する場合には1を選択してください。

```
***start to make descriptions [models of bidirections]***
      v1          v2    level
1 collectivism individualism BeWith
2      spent    collectivism Between
3      spent    individualism Between

***OK?***

1: YES
2: NO (reset and again)
3: NO (cancel)

Selection: 1

***start [models of bidirections]***

***completed [models of bidirections]***

collectivism_w~~c(cw01, cw01)*individualism_w
collectivism_b~~c(NA, 0)*individualism_b+c(cb01b, cb01w)*individualism_b
spent_b~~c(NA, 0)*collectivism_b+c(cb02b, cb02w)*collectivism_b
+c(NA, 0)*individualism_b+c(cb03, cb03w)*individualism_b
```

作成後には、lavaan に投入されるモデルの記述が表示されます。

次に、グループ間レベルとグループ内レベルの潜在変数を設定するためのモデルの記述の作成が始まります。ここでは、投入された変数に基づいて自動的にモデルの記述が作成されます。


```

***start [models of latent variables of Between / Within level]***

***completed [models of latent variables of Between / Within level]***

spent_b=~c(2.839024, 0)*spent
collectivism_b=~c(2.839024, 0)*collectivism
individualism_b=~c(2.839024, 0)*individualism
satisfaction_b=~c(2.839024, 0)*satisfaction
spent_w=~c(1, 1)*spent
collectivism_w=~c(1, 1)*collectivism
individualism_w=~c(1, 1)*individualism
satisfaction_w=~c(1, 1)*satisfaction
spent_b~~c(NA, 0)*spent_b
collectivism_b~~c(NA, 0)*collectivism_b
individualism_b~~c(NA, 0)*individualism_b
satisfaction_b~~c(NA, 0)*satisfaction_b
spent_w~~c(ccw01, ccw01)*spent_w
collectivism_w~~c(ccw02, ccw02)*collectivism_w
individualism_w~~c(ccw03, ccw03)*individualism_w
satisfaction_w~~c(ccw04, ccw04)*satisfaction_w
spent_b~~c(0, 0)*spent_w
collectivism_b~~c(0, 0)*collectivism_w
individualism_b~~c(0, 0)*individualism_w
satisfaction_b~~c(0, 0)*satisfaction_w

```

その後、lavaan によるモデルの推定が始まります。なお、mllavar 関数を実行する際に、引数として、fig=TRUE を指定すると、semPath 関数 (semPlot パッケージ) を用いてパス図が描写されます。また、verbose=TRUE を指定すると、収束の過程が表示されます。

```

***CAUTION: PLEASE CHECK AND COMPARE RESULTS BY OTHER SOFTWARES***

```

上の表示が出たら推定完了です。mllavar 関数は試作中ですので、上のメッセージにもあるように、他のソフトウェアでも結果を確認することをおすすめします。

結果は以下のようにリストとして格納されています。第1のリストはlavaanで推定されたそのままの結果です。"res.lavaan"という名前がつけられています。パス係数や分散の推定値を表示するにはsummary()関数を使ってください。

```

> summary(testlavar$res.lavaan)
lavaan (0.5-16) converged normally after 75 iterations

Number of observations per group
  between                20
  within                 143

Estimator                ML
Minimum Function Test Statistic    0.000
Degrees of freedom                3
P-value (Chi-square)              1.000

Chi-square for each group:

  between                0.000
  within                 0.000

Parameter estimates:

```

Information	Expected
Standard Errors	Standard

以上は適合度です。ただし、MLSEM では以上の適合度を報告するのは適切でない可能性があります。

```

Group 1 [between]:
                Estimate  Std.err  Z-value  P(>|z|)
Latent variables:
  spent_b =~
    spent                2.839
  collectivism_b =~
    collectivism         2.839
  individualism_b =~
    individualism         2.839
  satisfaction_b =~
    satisfaction          2.839
  spent_w =~
    spent                 1.000
  collectivism_w =~
    collectivism          1.000
  individualism_w =~
    individualism         1.000
  satisfaction_w =~
    satisfaction           1.000

```

mllavar ではグループ間レベルとグループ内レベルを異なる集団として多母集団同時分析を行っています。group 1 はグループ間レベルの推定結果です。はじめに、グループ間レベルの潜在変数とグループ内レベルの潜在変数から観測変数にひかれたパスの係数が表示されます。グループ間レベルの潜在変数からのパスは ω の平方根と一致します。また、グループ内レベルの潜在変数からのパスは1です。

```

Regressions:
  satisfaction_w ~
    cllct_ (vw01)    0.226    0.079    2.850    0.004
    indvd_ (vw02)    0.067    0.075    0.900    0.368
  satisfaction_b ~
    cllct_ (vb01)    0.473    0.141    3.356    0.001
    indvd_ (vb02)   -0.377    0.108   -3.493    0.000
    spnt_b (vb03)    0.160    0.038    4.153    0.000

```

続く Regression には、単方向パスの係数値が表示されます。結果を見ると、グループ内レベルでは集団主義得点が集団活動の満足度を正に予測しています。集団主義得点の高い個人ほど、集団活動への満足度が高いことがうかがえます。

また、グループ間レベルでは集団主義得点と集団での活動期間が集団活動の満足度を正に予測し、個人主義得点が集団活動の満足度を負に予測しています。活動した期間が長い集団ほど集団での満足度が高いこと、集団主義得点が高く、個人主義得点の低い集団ほど集団での満足度が高いことがうかがえます。

```

Covariances:
  spent_b ~~
    spnt_w                0.000
  collectivism_b ~~

```

c1lct_	0.000			
individualism_b ~~				
indvd_	0.000			
satisfaction_b ~~				
stsfc_	0.000			
collectivism_w ~~				
indvd_ (cw01)	0.006	0.040	0.159	0.873
collectivism_b ~~				
indvd_ (cb01)	0.094	0.182	0.514	0.607
spent_b ~~				
c1lct_ (cb02)	0.222	0.476	0.467	0.640
indvd_ (cb03)	-0.238	0.602	-0.395	0.693

次の Covariances は、双方向パスの係数値です。この結果では、個人特性や、集団での活動期間の間に強い相関関係は見られていません。

Variances:				
spnt_b	6.961	2.215	3.143	0.002
c1lct_	0.578	0.202	2.863	0.004
indvd_	0.957	0.325	2.947	0.003
stsfc_	0.132	0.064	2.085	0.037
spnt_w (cc01)	0.000	0.000	8.404	0.000
c1lct_ (cc02)	0.453	0.054	8.404	0.000
indvd_ (cc03)	0.509	0.061	8.404	0.000
stsfc_ (cc04)	0.403	0.048	8.404	0.000

最後の Variances は潜在変数の分散の推定値です。

Group 2 [within]:				
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)
Latent variables:				
spent_b =~				
spent	0.000			
collectivism_b =~				
collectivism	0.000			
individualism_b =~				
individualism	0.000			
satisfaction_b =~				
satisfaction	0.000			
spent_w =~				
spent	1.000			
collectivism_w =~				
collectivism	1.000			
individualism_w =~				
individualism	1.000			
satisfaction_w =~				
satisfaction	1.000			
Regressions:				
satisfaction_w ~				
c1lct_ (vw01)	0.226	0.079	2.850	0.004
indvd_ (vw02)	0.067	0.075	0.900	0.368
satisfaction_b ~				
c1lct_ (vb01)	0.000			
indvd_ (vb02)	0.000			
spnt_b (vb03)	0.000			

```

Covariances:
  spent_b ~~
    spnt_w          0.000
  collectivism_b ~~
    cllct_          0.000
  individualism_b ~~
    indvd_          0.000
  satisfaction_b ~~
    stsfc_          0.000
  collectivism_w ~~
    indvd_ (cw01)   0.006    0.040    0.159    0.873
  collectivism_b ~~
    indvd_ (cb01)   0.000
  spent_b ~~
    cllct_ (cb02)   0.000
    indvd_ (cb03)   0.000

Variances:
  spent_b          0.000
  cllct_           0.000
  indvd_           0.000
  stsfc_           0.000
  spnt_w (cc01)    0.000    0.000    8.404    0.000
  cllct_ (cc02)    0.453    0.054    8.404    0.000
  indvd_ (cc03)    0.509    0.061    8.404    0.000
  stsfc_ (cc04)    0.403    0.048    8.404    0.000

```

group 2にはグループ内レベルでのモデルの推定値が表示されます。グループ間レベルでの分散や関連は全て0であり、他の値はグループ間レベルでの推定値と一致するはずですが、第2のリストはmllavar関数で再計算された自由度や適合度指標などです。

```

> testlavar3$fitM.mllavar
      nvar.mllavar      npar.mllavar      df.mllavar
1.600000e+01      1.600000e+01      0.000000e+00
loglike.mllavar loglike.base.mllavar      AIC.mllavar
4.583946e+00      4.583946e+00      4.116789e+01
chisq.mllavar      p-value.mllavar      CFI.mllavar
2.622806e-05      0.000000e+00      9.999997e-01
RMSEA.mllavar
0.000000e+00

```

現段階で、以上の値が適切な結果であることは保証されていません。第3のリストはモデルの推定に用いた分散共分散行列や、有効サンプルサイズ等の値です。mlcovar関数を参照してください。

```

> testlavar$mlcovar
$VarCovar_Between
      spent collectivism individualism satisfaction
spent      56.109138      1.7914186      -1.9149389      10.533715
collectivism 1.791419      5.1155077      0.7613112      2.308985
individualism -1.914939      0.7613112      8.2196100      -2.817221
satisfaction 10.533715      2.3089849      -2.8172215      5.297288

# # # # # # # #
$omega

```

参考文献

- [1] 狩野 裕・三浦麻子 (2002) グラフィカル多変量解析 増補版. 現代数学社.
- [2] Kenny , D. A. & La Voie, L. (1985) Separating individual and group effects. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 339-348.
- [3] Muthen, B. O. (1994) Multilevel covariance structure analysis. *Sociological Methods and Research*, 22, 376-398.
- [4] 清水裕士・村山綾・大坊郁夫 (2006) 集団コミュニケーションにおける相互依存性の分析 (1) コミュニケーションデータへの階層的データ分析の適用, *電子情報通信学会技術研究報告*, 106, 1-6.
- [5] 清水裕士 (2014) 個人と集団のマルチレベル分析 ナカニシヤ出版
- [6] 豊田秀樹 (1998) 共分散構造分析入門編 朝倉書店
- [7] 豊田秀樹 (2000) 共分散構造分析応用編 朝倉書店