

エコポイントチェックの web 調査結果に対して sem
と lavaan パッケージを用いた構造方程式モデル

中澤 港
神戸大学

<minato-nakazawa@umin.net>

詳しくは下記 URL を参照ください

<http://minato.sip21c.org/advanced-statistics/>



質問紙調査で潜在因子を探る原則

- ・ 直接測定できない概念を知りたいとき
 - 複数の関連した質問項目を評定してもらう
 - 評定はリッカート尺度（3件法や5件法が普通）
 - 合計得点を概念（潜在因子）の尺度とする
- ・ 条件
 - 必要十分な質問項目
 - バイアスを避けた質問文
 - ・ 適切な用語，威光暗示効果を避ける，ダブルバーレルを避ける，……
 - 合計得点に用いる項目の一次元性（クロンバックの α が大きい—慣例的に >0.7 ）

クロンバックの α 係数

- n 個の質問それぞれの得点の分散を s_1, s_2, \dots, s_n と書き, 合計得点の分散を s_t と書けば, α 係数は $(n/(n-1)) * (1 - \sum s_i / s_t)$ と定義される。
- R の `fmsb` パッケージの定義は以下

```
CronbachAlpha <- function (X) {  
  dim(X)[2]/(dim(X)[2] - 1) * (1 - sum(apply(X, 2,  
  var))/var(rowSums(X))) }
```
- 行列またはデータフレーム x にデータが入っていれば, `CronbachAlpha(x)` で計算できる
- `library(psych); alpha(x)` の方が多機能

エコポイントチェック質問票

<http://minato.sip21c.org/humeco/ecopoint.html>

minato.sip21c.org/humeco/ecopoint.html 検索

エコポイント・チェック (Eco-Point Check)

Last updated on January 9, 2008 (WED) 14:49 (リンク先更新).

環境問題に関心をもつ人は多いと思いますが、では実際の生活の場面において、環境問題解決に貢献するような方向で意思決定をしているかどうかと考えると、必ずしもそうではないように思われます。常に意識していないと、人は易きに流れるものです。しかし、意識するといっても、ペットボトルのリサイクルが本当に資源やエネルギーの節約になるのか、といった点については専門家の間でも論争があったりして、「こうすればいいんだ」という指針は明確ではないのが現状です。

「市民のための環境学ガイド 時事編」の安井至さんが研究代表者を勤めた文部省科学研究費「人間-地球系」の成果の1つである、高月絃(編著)「自分の暮らしがわかるエコロジー・テスト:環境問題は生活のエコ度チェックから」(講談社ブルーバックス)は(個人的には「エコロジー・テスト」とか「エコ度」とかいうネーミングセンスが気に入らないのですが)、ある程度妥当な評価尺度を提供するものだと思います(評点の重み付けには、環境研のコンパラティブ・リスクアセスメントの結果を使っているとのこと)。著者たちは、これを「エコポイント・チェック」と呼んでいます。なお、ここで取り上げた項目が最適なものだと著者自身も考えてはいなくて、随時見直しをすべきだと書かれています(それを受けて青空MLの有志に呼びかけ、見直しをする試みを始めました)。

著者に無断ではありますが(連絡先が書かれていないため)、誰でも気軽にできるようにCGI化してみたのが、このページです。以下の表に正しくチェックして、「テスト実行」と書かれたボタンをクリックすれば、エコポイント総合点が99.8点満点(計算上の丸め誤差のため)、温暖化問題エコポイント、廃棄物問題エコポイント、水質汚染問題エコポイント、大気汚染問題エコポイント、有害化学物質問題エコポイントが、それぞれ100点満点で表示されます。本によれば、若い層を中心とした対象者356人の平均が42.6、環境問題の講演を聞きに来た人たち182人の平均が48.1だそうです。著者の主張としては、環境にやさしい人としては60点以上必要で、30点以下だったら環境面ではかなり問題のあるライフスタイルなのだそうです。低い場合は、どの行動パターンにとくに問題があるのかをチェックすることを、著者は勧めています。どうぞお試しください。

なお年齢、性別、同居人の人数については、将来、このCGIをご利用になった方の平均などを集計してこのページでご報告する際に、層別変数として使用する目的でお尋ねしています。それ以外の目的で利用することはありませんので、正しくお答えくださいますよう、お願い申し上げます。

お名前(本名でなくて構いません)					
年齢	10代 ▾				
性別	男性 ▾				
同居人の人数(本人を含む)	1人 ▾				
以下の取り組みについて	いつも	大体	時々	たまに(A)	皆無(B)
1. 新聞・雑誌をリサイクルに出している	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. 古紙100%のトイレトペーパーを使用している	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. 飲料容器やトレーをリサイクルに出している	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

質問項目リスト

AGE	年齢(10歳階級)	0=10-19	1=20-29	2=30-39	3=40-49	4=50-59	5=60-69	6=70-
SEX	性別	0=M	1=F					
FAMSIZE	自分を含む同居人数							
Q01	新聞雑誌リサイクル	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q02	古紙100%トイレトペーパー使用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q03	飲料容器トレーリサイクル	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q04	買い物袋持参	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q05	冷暖房より着る服で調節	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q06	食材を期限切れで捨てない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q07	風呂は家族で続けて入る(一人暮らしの場合はお湯を少なくする)	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q08	風呂水を洗濯等に利用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q09	車のアイドリングストップ(車を持っていない人は「いつも」になる)	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q10	マイカーを避けて公共交通を利用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q11	太陽熱温水器を利用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q12	家電製品は省エネ型以外は買わない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q13	米のとぎ汁は流さず有効利用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q14	油をふき取ってから皿洗い	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q15	塩ビ系プラ製品を買わない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q16	洗剤は合成洗剤でなく石鹼利用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q17	洗剤(石鹼を含む)をはかって適量使用	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q18	除草剤や殺虫剤を使わない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q19	車のバッテリーや電池を適正処理	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q20	トイレや風呂場の強力洗浄剤を利用しない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q21	有機溶剤を利用しない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q22	有機農産物を選ぶ	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q23	地場の農産物を選ぶ	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q24	早寝早起き	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		
Q25	煙草を吸わない	0=いつも	1=大体	2=時々	3=たまに	4=皆無		

エコポイントチェックの元データ (抜粋)

0707120000,2,0,4,0,2,0,2,1,0,0,0,0,0,3,2,2,1,1,2,0,0,0,1,0,2,1,0,0
0707140924,1,0,3,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,4,2,0,1,3,3,0,0,0,2,0,4,2,1,0
0707142251,2,0,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,4,1,4,0,0,1,0,0,0,0,0,1,1,3,0
0707143341,2,1,2,0,1,0,2,2,1,2,0,3,2,4,3,1,1,1,0,1,0,0,0,0,1,2,2,0
0707144650,2,0,0,4,2,0,3,0,1,1,4,0,0,4,4,4,4,0,0,2,0,2,0,0,4,4,1,0
0707145443,2,0,3,0,0,4,4,2,0,3,4,0,0,4,4,4,4,0,4,4,0,1,1,0,4,4,4,4
0707151954,1,0,1,3,3,1,4,3,4,1,4,1,2,4,2,3,1,4,4,1,0,1,3,1,3,3,3,0
0707155254,1,1,1,0,0,0,2,1,0,0,0,0,0,4,1,1,0,1,0,0,1,1,1,1,0,1,0
0707155551,1,1,1,0,0,0,2,1,0,0,0,0,0,4,0,3,0,0,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0
0707161041,1,1,0,2,0,3,1,2,1,1,4,4,3,4,4,4,2,0,0,0,1,0,2,0,3,1,2,0
0707173238,2,1,5,0,2,0,2,1,1,0,0,2,2,4,1,2,0,1,3,0,1,0,1,0,3,1,2,0
0707193558,0,0,0,2
0707193630,2,1,8,2
0707193849,0,0,8,4,4,4,4,4,4,3,4,0,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4
0707202934,2,0,0,2
0707203250,2,0,0,0,3,0,4,3,3,0,4,4,2,4,4,3,4,3,4,2,4,2,2,4,2,2,2,4
0707220218,2,0,5,2,2,2,4,4,1,4,0,0,4,4,2,4,4,4,4,1,2,0,2,2,4,4,1,0
0708132947,1,0,0,4,2,2,0,0,1,0,1,0,0,4,4,0,2,2,0,0,0,0,0,0,1,1,4,4
0708173429,1,1,1,0,2,1,2,2,2,2,1,2,0,4,3,3,1,2,1,1,2,2,2,1,3,3,3,4
0710093711,1,1,3,0,4,0,1,0,1,0,0,4,3,4,1,1,0,3,3,0,1,0,1,1,4,3,3,0
0711123248,2,0,1,3,2,2,4,4,0,4,4,0,0,4,4,4,4,4,4,0,0,0,4,4,4,4,4,0
0713171046,3,0,2,0,0,0,4,0,0,1,0,0,0,4,4,4,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,4,4

LibreOffice 上で得点に変換

Score	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25
0	7.4	4.1	4.4	5	3.6	3.7	1.4	2.5	2.9	9.6	4.9	5.2	1.9	3.7	7.1	3.7	2.1	4.5	5.7	4.2	3.4	3.5	2.2	1.9	1.2
1	5.6	3.1	3.3	3.7	2.7	2.8	1.1	1.9	2.2	7.2	3.7	3.9	1.5	2.8	5.3	2.8	1.5	3.3	4.2	3.2	2.6	2.7	1.7	1.4	0.9
2	3.7	2.1	2.2	2.5	1.8	1.9	0.7	1.3	1.4	4.8	2.5	2.6	1	1.9	3.5	1.9	1	2.2	2.8	2.1	1.7	1.8	1.1	1	0.6
3	1.9	1	1.1	1.2	0.9	0.9	0.4	0.6	0.7	2.4	1.2	1.3	0.5	0.9	1.8	0.9	0.5	1.1	1.4	1.1	0.9	0.9	0.6	0.5	0.3
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Max

温暖化=Q05+Q07+Q08+Q11+Q24	14.3
廃棄物=Q01+Q02+Q03+Q04+Q06	24.6
水=Q13+Q14+Q16+Q17+Q20	15.6
大気=Q09+Q10+Q12+Q23+Q25	21.1
有害化学物質=Q15+Q18+Q19+Q21+Q22	24.2
エコポイント=全部	

- ・ エコポイントはCRA (Comparative Risk Assessment) の応用なので、各項目の相対的重要性に応じた得点がある
- ・ これを score というシートに入れておき、元データのシートを ecopoint として、各回答者の 0 ~ 4 の回答をこのシートの得点に変換したシート ecopx を得るには、例えば ecopx の D2 に以下を入力し全回答に対応する範囲にコピー & ペーストする
=VLOOKUP(ecopoint.D2, scores.\$A\$2:\$Z\$6, COLUMN(B2))
- ・ Excel でも同様。R でも難しくはない。

エコポイントチェックのデータ（得点）

- シート `ecopx` をタブ区切りテキスト形式 `ecopx.txt` として保存

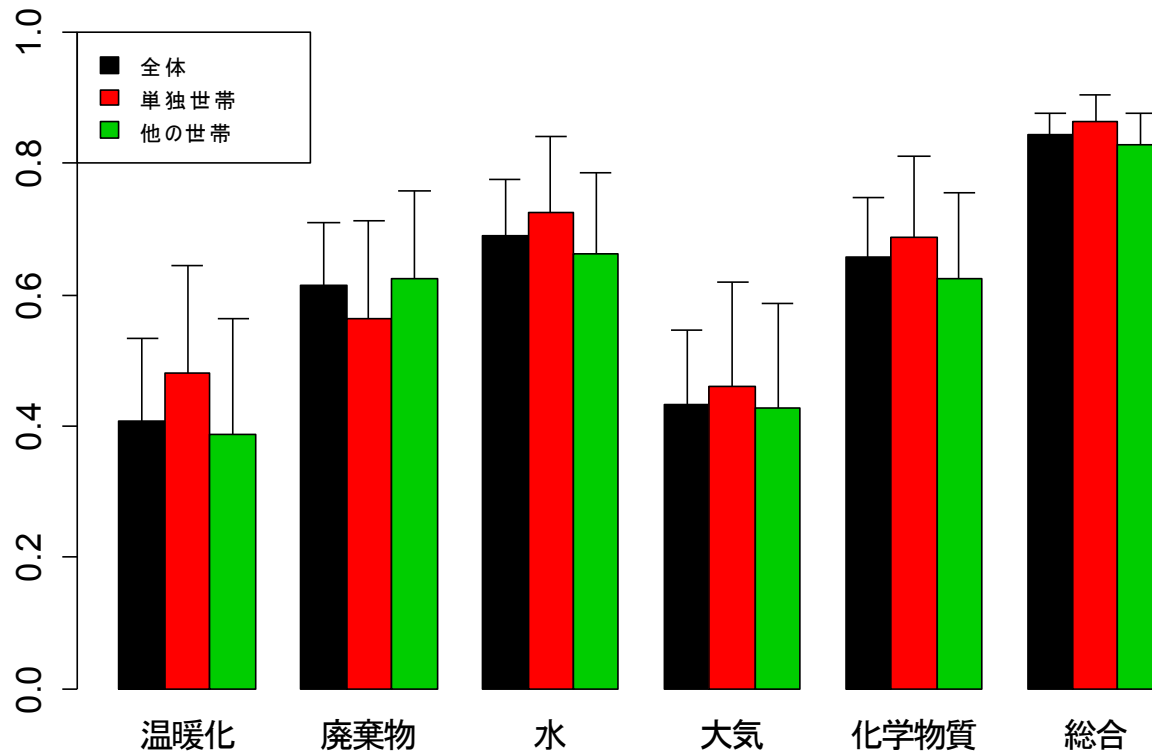
AGE	SEX	FAMSIZE	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09
2	0	5	7.4	2.1	4.4	2.5	2.7	3.7	1.4	2.5	2.9
1	0	4	7.4	4.1	4.4	5	3.6	3.7	1.4	2.5	2.9
2	0	1	7.4	4.1	4.4	3.7	2.7	2.8	1.4	1.9	2.9
2	1	3	7.4	3.1	4.4	2.5	1.8	2.8	0.7	2.5	0.7
2	0	1	0	2.1	4.4	1.2	3.6	2.8	1.1	0	2.9
2	0	4	7.4	4.1	0	0	1.8	3.7	0.4	0	2.9
1	0	2	1.9	1	3.3	0	0.9	0	1.1	0	2.2
1	1	2	7.4	4.1	4.4	2.5	2.7	3.7	1.4	2.5	2.9
1	1	2	7.4	4.1	4.4	2.5	2.7	3.7	1.4	2.5	2.9
1	1	1	3.7	4.1	1.1	3.7	1.8	2.8	1.1	0	0
2	1	6	7.4	2.1	4.4	2.5	2.7	2.8	1.4	2.5	1.4
0	0	1	3.7	2.1	2.2	2.5	1.8	1.9	0.7	1.3	1.4
2	1	9	3.7	2.1	2.2	2.5	1.8	1.9	0.7	1.3	1.4
0	0	9	0	0	0	0	0	0.4	0	2.9	0
2	0	1	3.7	2.1	2.2	2.5	1.8	1.9	0.7	1.3	1.4

総得点と領域別にクロンバックの α を計算

```
· # http://minato.sip21c.org/advanced-statistics/ecopxc.R
· eco <- read.delim("ecopx.txt")
· eco$NAGE <- factor(eco$AGE+1,
·   labels=c("10-19", "20-29", "30-39", "40-49", "50-59", "60-69", "70-"))
· eco$NSEX <- factor(eco$SEX+1, labels=c("M", "F"))
· warming <- eco[, c("FAMSIZE", "Q05", "Q07", "Q08", "Q11", "Q24")]
· waste <- eco[, c("FAMSIZE", "Q01", "Q02", "Q03", "Q04", "Q06")]
· water <- eco[, c("FAMSIZE", "Q13", "Q14", "Q16", "Q17", "Q20")]
· air <- eco[, c("FAMSIZE", "Q09", "Q10", "Q12", "Q23", "Q25")]
· chem <- eco[, c("FAMSIZE", "Q15", "Q18", "Q19", "Q21", "Q22")]
· ecopoint <- eco[, c("FAMSIZE", "Q05", "Q07", "Q08", "Q11", "Q24",
·   "Q01", "Q02", "Q03", "Q04", "Q06", "Q13", "Q14", "Q16", "Q17", "Q20",
·   "Q09", "Q10", "Q12", "Q23", "Q25", "Q15", "Q18", "Q19", "Q21", "Q22")]
· library(psych)
· GAC <- function(Z) { # Get alpha with 95%CIs
·   ZA <- alpha(Z)
·   Raw <- ZA$total$raw_alpha
·   Ase <- ZA$total$ase
·   return(c(Raw-1.96*Ase, Raw, Raw+1.96*Ase))
· }
· all <- cbind(GAC(warming[,-1]), GAC(waste[,-1]), GAC(water[,-1]),
·   GAC(air[,-1]), GAC(chem[,-1]), GAC(ecopoint[,-1]))
```

- psych パッケージの alpha() は 95%CI 表示。str(alpha(...)) には含まれず
- alpha と打つと、結果オブジェクトに c("psych", "alpha") クラスあり
- print.psych と打つと、switch(value, ...) の中の alpha={ } 内に式がある
cat(round(c(x\$total\$raw_alpha-1.96*x\$total\$ase,
x\$total\$raw_alpha, x\$total\$raw_alpha +
1.96 * x\$total\$ase), digits = digits), "\n")

クロンバックの α 係数計算結果の図示



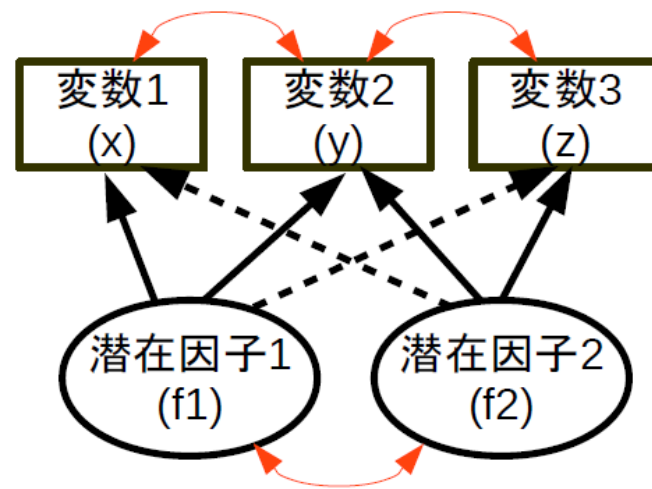
- ・ 全項目を使ったエコポイントは $\alpha > 0.8$
- ・ 廃棄物, 水, 化学物質はまあまあ
- ・ 温暖化と大気は係数が低すぎる

```
MX <- rbind(all[2,], single[2,], others[2,])
colnames(MX) <- c("温暖化", "廃棄物", "水", "大気", "化学物質", "総合")
rownames(MX) <- c("全体", "単独世帯", "他の世帯")
UX <- rbind(all[3,], single[3,], others[3,])
ii <- barplot(MX, beside=TRUE, ylim=c(0,1), col=1:3)
arrows(ii, as.vector(MX), ii, as.vector(UX), angle=90, length=0.1)
```

探索的因子分析を試してみる

- サンプルサイズ > 300, 元々は5つの潜在因子が仮定されているが, 因子数から検討してみる

因子分析のモデル



$$\begin{aligned}x &= \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 \\y &= \beta_1 f_1 + \beta_2 f_2 \\z &= \gamma_1 f_1 + \gamma_2 f_2\end{aligned}$$

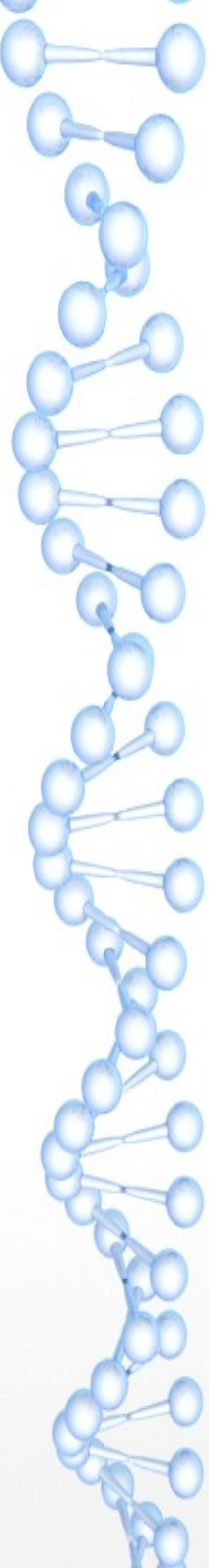
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ \beta_1 & \beta_2 \\ \gamma_1 & \gamma_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \end{pmatrix}$$

- 潜在因子は不可測。いくつあるか不明(因子数を決める基準が必要)
- 因子得点 f_1 と f_2 は独立でないかもしれない(独立であるように推定する場合もある)
- x, y, z は変数なので, それぞれサンプルサイズ n 人分の値がある
→ 因子得点も n 人分
- α, β, γ は因子負荷量。
- 各変数に対して想定する因子数だけできる。変数 x の第一因子負荷量は α_1 , 第二因子負荷量は α_2



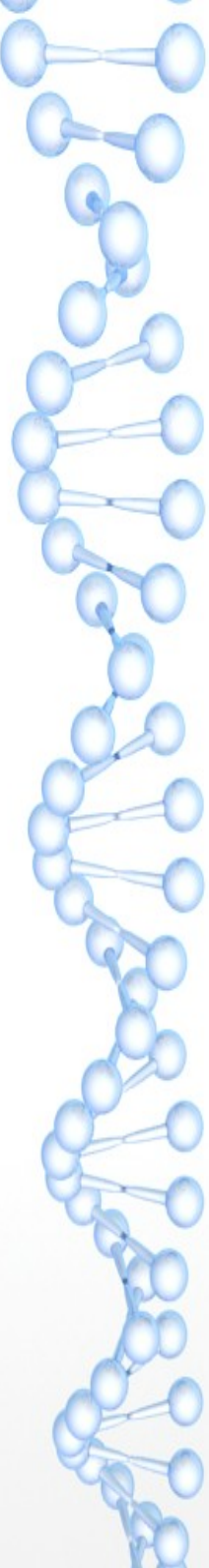
エコポイントデータの探索的因子分析

- `# http://minato.sip21c.org/advanced-statistics/ecofactor.R`
- `eco.raw <- eco[,4:28]`
- `source("http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/src/kmo.R", encoding="euc-jp")`
- `kmo(eco.raw)`
- `library(psych)`
- `cortest.bartlett(eco.raw)`
- `print(res1 <- fa.parallel(eco.raw))`
- `print(res2 <- fa(eco.raw, fm="minres",
nfactors=res1$nfact,
rotate="quartimax"))`
- `res2$loadings`



KMO と MSA は青木先生の関数で計算 →サンプリング適切性は OK

```
. > kmo (eco.raw)
. $KMO
. [1] 0.8546175
.
. $MSA
.      Q01      Q02      Q03      Q04      Q05
. 0.8021870 0.9175220 0.8402529 0.8735483 0.8969617
.      Q06      Q07      Q08      Q09      Q10
. 0.8257504 0.8637544 0.7923859 0.7968222 0.7459193
.      Q11      Q12      Q13      Q14      Q15
. 0.7190354 0.8863339 0.8566691 0.9184074 0.9264639
.      Q16      Q17      Q18      Q19      Q20
. 0.8803217 0.8880636 0.8796506 0.8689558 0.9038889
.      Q21      Q22      Q23      Q24      Q25
. 0.8354561 0.8032507 0.7739853 0.8209391 0.8613021
```



psych パッケージの `cortest.bartlett()` でバートレットの球面性検定

- `> cortest.bartlett(eco.raw)`
- R was not square, finding R from data
- `$chisq`
- `[1] 2652.951`
-
- `$p.value`
- `[1] 0`
-
- `$df`
- `[1] 300`

fa.parallel() の結果→因子数は 5 個

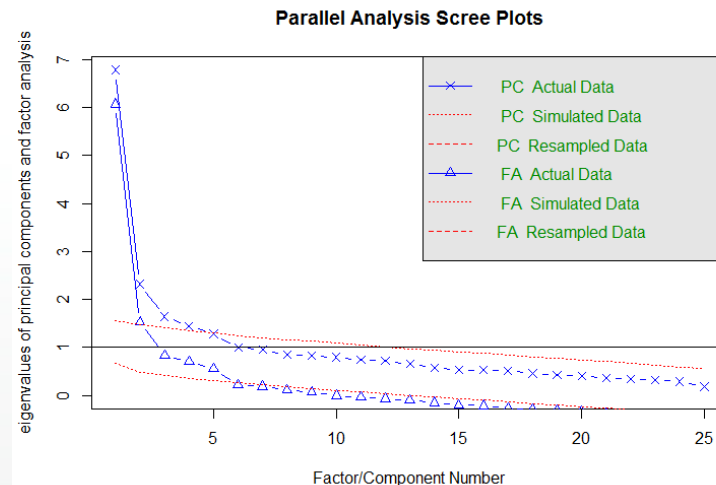
```
> print(res1 <- fa.parallel(eco.raw))
Parallel analysis suggests that the number of factors = 5 and the
number of components = 4
Call: fa.parallel(x = eco.raw)
Parallel analysis suggests that the number of factors = 5 and the
number of components = 4
```

Eigen Values of

	Original factors	Simulated data	Original components
1	6.07	0.68	6.78
2	1.53	0.49	2.32
3	0.84	0.43	1.65
4	0.70	0.36	1.45
5	0.56	0.32	1.29

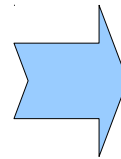
simulated data

1	1.56
2	1.47
3	1.41
4	1.34
5	1.30



探索的因子分析の結果

	MR2	MR1	MR3	MR5	MR4
Q01	0.176	0.166			0.625
Q02	0.293	0.164	0.287		0.269
Q03	0.248	0.199	0.169		0.670
Q04	0.158	0.296	0.465	0.208	0.198
Q05	0.244	0.261	0.161	0.516	0.189
Q06	0.296	0.145		0.625	0.100
Q07	0.241	0.193		0.350	
Q08			0.322		0.277
Q09	0.355			0.422	-0.200
Q10	0.365		0.155	0.375	
Q11	-0.176	0.137	0.581		
Q12	0.316	0.336	0.360	0.145	
Q13	0.138	0.181	0.527		0.122
Q14	0.216	0.246	0.451	0.212	0.237
Q15	0.502	0.323	0.457		
Q16	0.385	0.300	0.554	-0.108	
Q17	0.462		0.202	0.130	0.323
Q18	0.687	0.156			0.137
Q19	0.462	0.106		0.320	0.296
Q20	0.632	0.269	0.130		
Q21	0.650			0.164	
Q22	0.202	0.789	0.174		
Q23		0.930			
Q24		0.428	0.236	0.191	
Q25	0.234	0.142		0.315	0.278
	MR2	MR1	MR3	MR5	MR4
SS loadings	3.102	2.560	2.129	1.535	1.516
Proportion Var	0.124	0.102	0.085	0.061	0.061
Cumulative Var	0.124	0.226	0.312	0.373	0.434



変数	MR2	MR1	MR3	MR4	MR5
Q01. 紙リサイクル					0.625
Q03. 容器リサイクル					0.670
Q05. 冷暖房控える					0.516
Q06. 食材適量購入					0.625
Q11. 太陽熱温水器			0.581		
Q13. 米のとぎ汁利用			0.527		
Q15. 塩ビラップ不買	0.502				
Q16. 石けん使う			0.554		
Q18. 除草殺虫剤不使用	0.687				
Q20. 強力洗剤不使用	0.632				
Q21. 有機溶剤不使用	0.650				
Q22. 有機農産物選好		0.789			
Q23. 地場農産物選好		0.930			

sem を使った確証的因子分析 (CFA)

```
eco <- read.delim("ecopx.txt")
ecodata <- eco[, c(1, 3, 5, 6, 11, 13, 15, 16, 18, 20:23)+3]
C1 <- cor(ecodata)
library(sem)
M1 <- specifyEquations(text="
  Q22 = a1*HealthyLife
  Q23 = a2*HealthyLife
  Q18 = b1*AvoidChem
  Q20 = b2*AvoidChem
  Q21 = b3*AvoidChem
  Q15 = b4*AvoidChem
  Q11 = c1*Saver
  Q13 = c2*Saver
  Q16 = c3*Saver
  Q01 = d1*Recycle
  Q03 = d2*Recycle
  Q05 = e1*AvoidWaste
  Q06 = e2*AvoidWaste
  HealthyLife = 1*Ecopt
  AvoidChem = 1*Ecopt
  Saver = 1*Ecopt
  Recycle = 1*Ecopt
  AvoidWaste = 1*Ecopt
  V(Ecopt) = 1
")
```

```
S1 <- sem(M1, C1, N=length(ecodata[, 1]))
print(S1)
summary(S1, fit.indices=c("GFI","AGFI","CFI","RMSEA"))
```

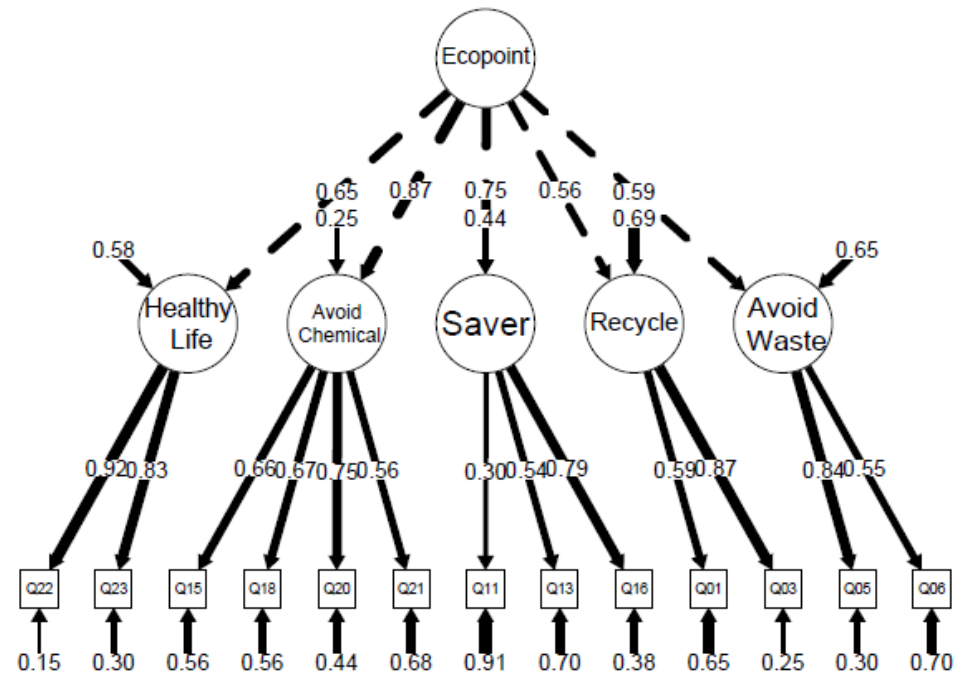
```
Model Chisquare = 205.5724 Df = 60 Pr(>Chisq) = 7.976845e-18
Goodness-of-fit index = 0.8969044
Adjusted goodness-of-fit index = 0.8436383
RMSEA index = 0.08889854 90% CI: (0.0757616, 0.102366)
Bentler CFI = 0.880862
```

```
Normalized Residuals
      Min.  1st Qu.  Median    Mean  3rd Qu.    Max.
-5.372000 -0.567000 -0.000001 -0.137700  0.536800  4.030000
```

```
R-square for Endogenous Variables
HealthyLife      Q22      Q23  AvoidChem      Q18
      0.4201      0.8547      0.6972      0.7492      0.4430
      Q20      Q21      Q15      Saver      Q11
      0.5642      0.3155      0.4407      0.5626      0.0918
      Q13      Q16  Recycle      Q01      Q03
      0.2966      0.6205      0.3132      0.3486      0.7521
AvoidWaste      Q05      Q06
      0.3509      0.7026      0.2977
```

semPlot パッケージ semPaths で作図

```
library(semPlot)
LBL <- c("Q22", "Q23", "Q15", "Q18", "Q20", "Q21", "Q11", "Q13", "Q16",
        "Q01", "Q03", "Q05", "Q06",
        "Healthy\n Life", "Avoid\n Chemical", "Saver", "Recycle",
        "Avoid\n Waste", "Ecopoint")
semPaths(S1, what="stand", layout="tree", style="lisrel",
        shapeMan="rectangle", shapeLat="ellipse",
        sizeMan=3, residScale=9, posCol="black",
        negCol="red", fade=FALSE, edge.label.cex=0.8,
        nodeLabels=LBL)
```



semPaths のオプション

- what** 矢印の上に何を表示するかを指定する。"stand"だと標準化したパラメータ推定値が表示される。標準化されていないパラメータ推定値を表示したい場合は"est"とする。デフォルトではパラメータ名が表示される。
- layout** 関連図の配置パターンを指定する。デフォルトは"tree"だが、"spring"とすると下図のような不規則な配置になる。円環状に配置したいときは"circle"にする。
- style** 誤差分散の表示スタイルを指定する。デフォルトでは枠付きの円状の両向き矢印だが、"lisrel"と指定すると、枠無しで変数に向かう矢印が表示される
- shapeMan** 観測変数の枠のスタイルで正方形か長方形か選べると書かれているが、"rectangle"と指定しても下図のように正方形になってしまった。
- shapeLat** 潜在因子の枠のスタイルで正円か楕円か選べると書かれているが、"ellipse"と指定しても下図のように正円になってしまった。
- sizeMan** 観測変数の枠サイズ
- residScale** 残差の表示サイズ (デフォルトは観測変数の枠サイズの2倍)
- posCol** パラメータ推定値が正な矢印の色。デフォルトは緑。
- negCol** パラメータ推定値が負な矢印の色。デフォルトは赤。
- fade** デフォルトでは TRUE になっていて、絶対値がゼロに近いパラメータや矢印ほど薄い色で表示される (透過性が高くなる)。すべての関連を同じ濃さで表示したいときは FALSE にする。
- edge.label.cex** パラメータの文字サイズを基準フォントサイズの何倍にするか。デフォルトは 0.8 倍。
- nodeLabels** 観測変数名と潜在因子名を文字列ベクトルとして与える。このオプションを指定しないと、モデルに与えた変数名が短縮されて表示される。

lavaan の場合

```
eco <- read.delim("http://minato.sip21c.org/advanced-statistics/ecopx.txt")
ecodata <- eco[, c(1, 3, 5, 6, 11, 13, 15, 16, 18, 20:23)+3]
ecodata <- subset(ecodata, complete.cases(ecodata))
library(lavaan)
M1 <- 'HealthyLife =~ Q22 + Q23
AvoidChem =~ Q18 + Q20 + Q21 + Q15
Saver =~ Q11 + Q13 + Q16
Recycle =~ Q01 + Q03
AvoidWaste =~ Q05 + Q06'
S1 <- sem(model=M1, data=ecodata, estimator="ML")
summary(object=S1, fit.measure=TRUE)
library(semPlot)
LBL <- c("Q22", "Q23", "Q15", "Q18", "Q20", "Q21", "Q11", "Q13", "Q16",
        "Q01", "Q03", "Q05", "Q06", "Healthy\n Life", "Avoid\n Chemical",
        "Saver", "Recycle", "Avoid\n Waste")
semPaths(S1, what="stand", layout="circle", style="lisrel", shapeMan="rectangle",
        shapeLat="ellipse", sizeMan=3, residScale=9, posCol="black",
        negCol="red", fade=FALSE, edge.label.cex=0.8, nodeLabels=LBL)
```

出力

lavaan (0.5-20) converged normally after 73 iterations

Number of observations	308
Estimator	ML
Minimum Function Test Statistic	191.644
Degrees of freedom	55
P-value (Chi-square)	0.000

Model test baseline model:

Minimum Function Test Statistic	1304.114
Degrees of freedom	78
P-value	0.000

User model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.889
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.842

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-5904.159
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-5808.337

Number of free parameters	36
Akaike (AIC)	11880.318
Bayesian (BIC)	12014.601
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	11900.424

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.090
90 Percent Confidence Interval	0.076 0.104
P-value RMSEA <= 0.05	0.000

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.071
------	-------

