

ブートストラップ法を用いた因子負荷量の推定

- 大学生の結婚に対する意識調査の事例 -

片所 強

目白大学心理学研究科

研究内容の概要

従来的に探索的因子分析を行う `factanal()` を利用

これにより分類された項目の合計点を尺度得点とする

ブートストラップ法を用いる方法

- `factanal()` を用いた探索的因子分析では . . . ×
- `cfa()` を用いた検証的因子分析だと . . .

分類された項目の合計点を尺度得点とする

上記2つの方法によって得られた尺度得点を用いた解析結果を
比較してみる

発表の流れ

調査事例の紹介（使用するデータセット）

心理学における因子分析の役割と使用の問題

ブートストラップとシミュレーション手順

従来法の結果およびBS法による結果の紹介

異なる尺度得点を用いたモデル解析の比較

まとめ・問題点・考察

調査事例の紹介

2006年に大学生を対象に調査を実施

結婚に関する質問

- カテゴリ1 結婚の良い点(10項目)
- カテゴリ2 結婚の悪い点(8項目)
- カテゴリ3 子供を持つことの価値(7項目)
- カテゴリ4 子供を持つことに対する不安(8項目)

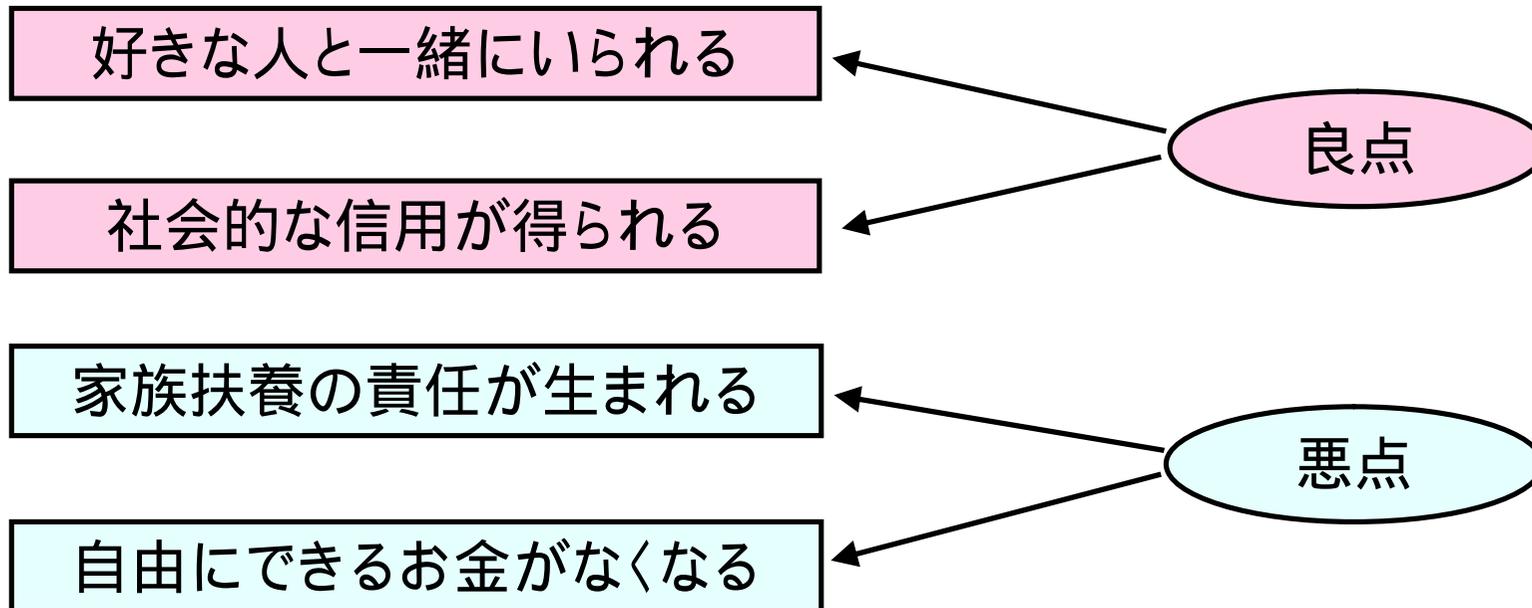
全て30項目

154名の有効回答を得ることができた

心理学における因子分析の役割

質問項目の分類と尺度得点の計算

(例) 結婚の**良点**に関する項目群と**悪点**に関する項目群を分類



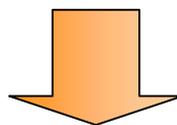
因子分析の使用に関する問題

推定された因子負荷量はどれだけ信頼できるか

回帰分析における回帰係数についての検定・信頼区間

標本(データセット)の変動によって因子構造が変わる

その質問項目は本当にその因子に含まれるべきか

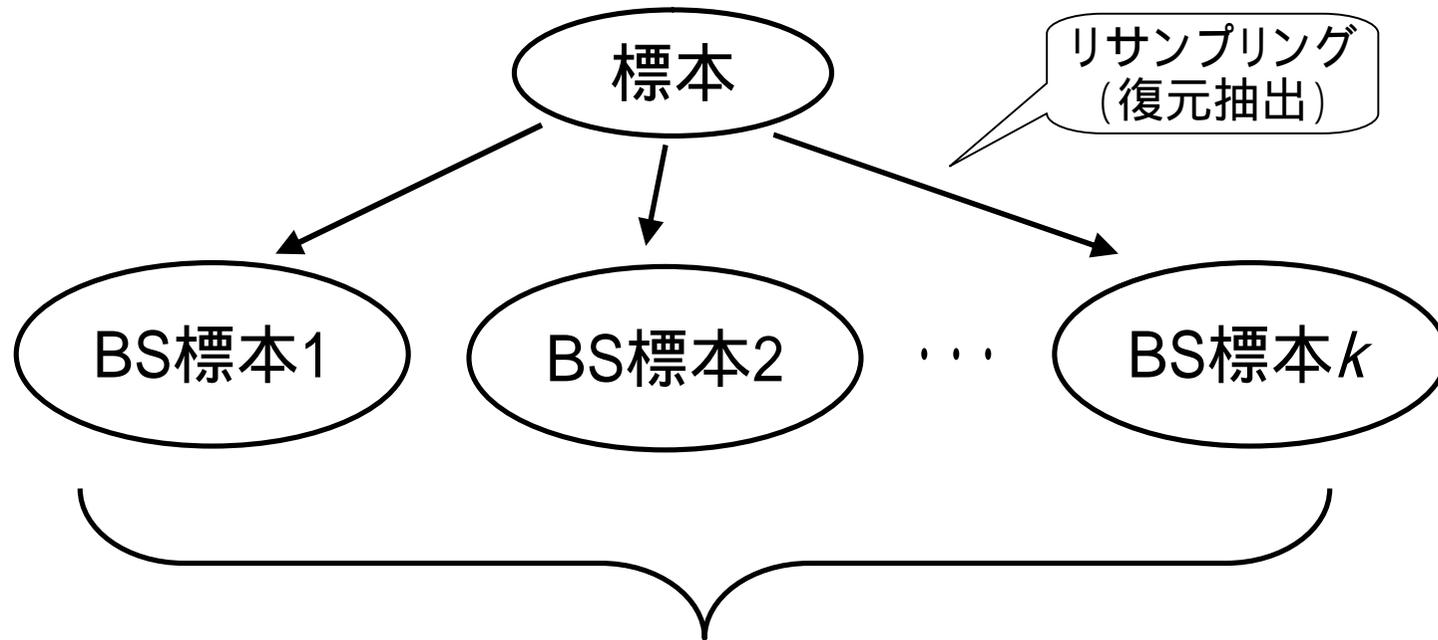


ブートストラップ法を適用することによって…

負荷量の95%信頼区間を求めることができる

ある変数が特定の因子に含まれることの信頼性の向上

ブートストラップ法



k 個の平均値 or 回帰係数が得られる

case-based resampling

| 元の標本データ | | | | | |
|---------|----|----|----|-----|----------------|
| | X1 | X2 | X3 | ... | X _p |
| No.1 | 5 | 4 | 4 | ... | 3 |
| No.2 | 4 | 3 | 5 | ... | 5 |
| No.3 | 2 | 3 | 3 | ... | 3 |
| ⋮ | | | | | |
| ⋮ | | | | | |
| No.i | 2 | 4 | 5 | ... | 5 |

| ブートストラップ標本 | | | | | |
|------------|-------|----|----|-----|----------------|
| | X1 | X2 | X3 | ... | X _p |
| | 4 | 3 | 5 | ... | 5 |
| | 5 | 5 | 4 | ... | 2 |
| | ~~~~~ | | | | |
| | 2 | 4 | 5 | ... | 5 |

回答者単位(行単位)でリサンプリングを行う

Davison, Hinkley. (1997). *Bootstrap Method and Their application*. Cambridge.ではこれを **case-based resampling** としている。

シミュレーションの手順

Step 1

元の標本の大きさと同じ大きさのブートストラップ標本を作成し、

Step 2

そのブートストラップ標本に対して因子分析（最尤法、プロマックス回転）を実行して因子負荷量を推定する。

Step 3

これを10000回繰り返し行うことにより、各観測変数に対して10000個の因子負荷量が得られる。

Step 4

これよりヒストグラムを描き、95% の信頼区間を求めてみる。

従来法による結果

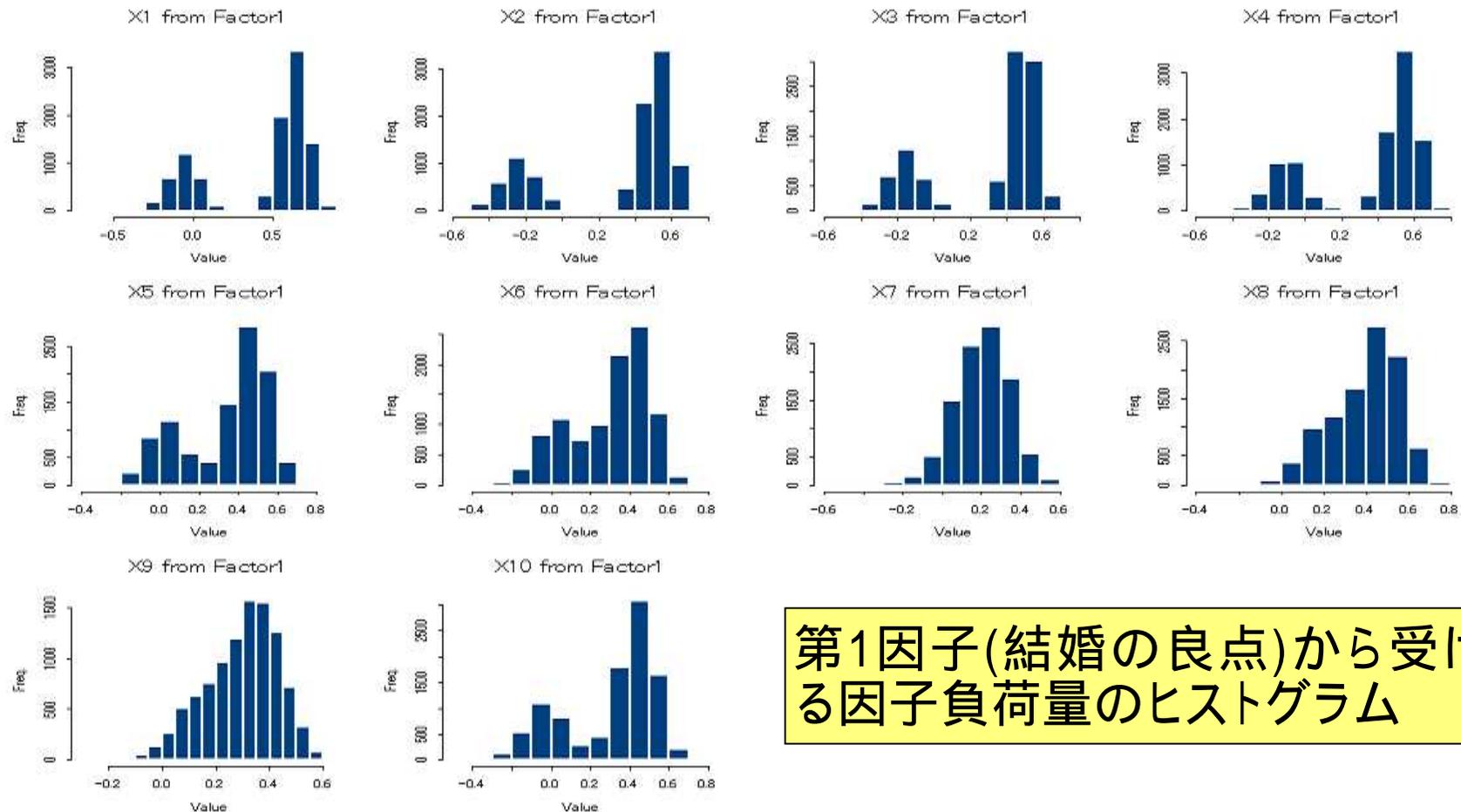
結婚のデータセットに対して探索的因子分析を行った結果

| 項目 | 第1因子 | 項目 | 第2因子 |
|-----------|--------------|-----|-------|
| X1 | 0.624 | X11 | 0.606 |
| X2 | 0.511 | X12 | 0.510 |
| X3 | 0.488 | X13 | 0.481 |
| X4 | 0.530 | X14 | 0.468 |
| X5 | 0.454 | X15 | 0.437 |
| X6 | 0.407 | X16 | 0.431 |
| X7 | 0.254 | X17 | 0.447 |
| X8 | 0.482 | X18 | 0.435 |
| X9 | 0.358 | | |
| X10 | 0.444 | | |

結婚の良い点

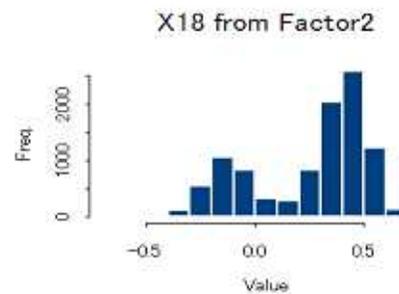
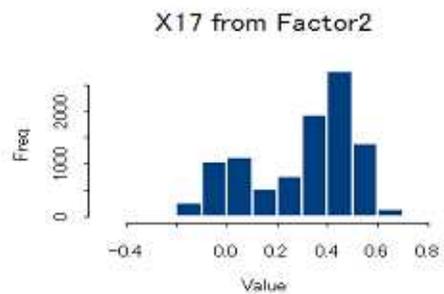
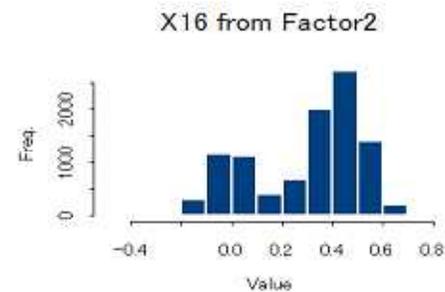
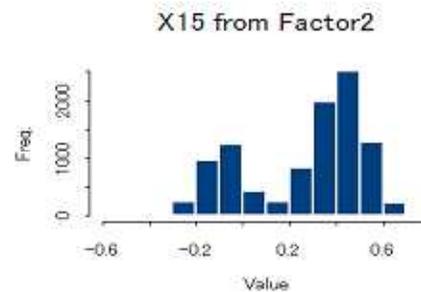
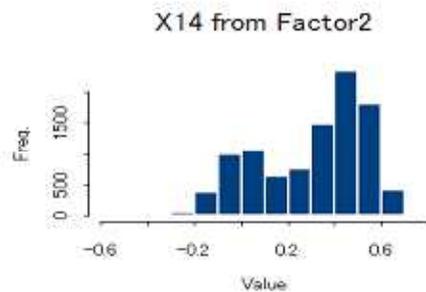
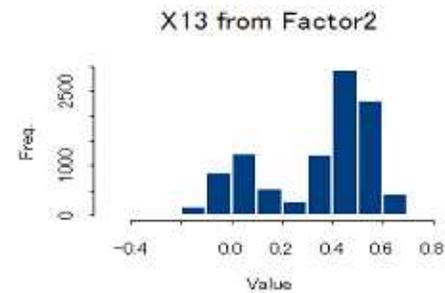
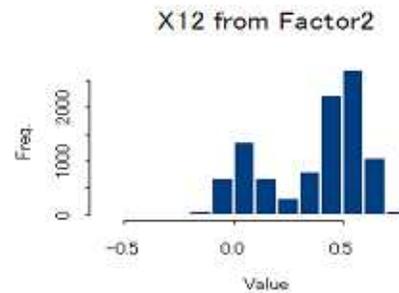
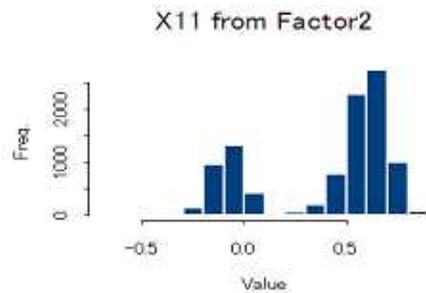
結婚の悪い点

探索的因子分析の場合(1)



第1因子(結婚の良点)から受ける因子負荷量のヒストグラム

探索的因子分析の場合(2)



第2因子(結婚の悪点)から
受ける因子負荷量のヒスト
グラム

EFAを用いることの問題点

作成されるBS標本の変動によって、因子構造も変化してしまう

あるBS標本では・・・

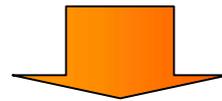
$$F_1 = \{X_1, X_2, \dots, X_{10}\}$$

$$F_2 = \{X_{11}, X_{12}, \dots, X_{18}\}$$

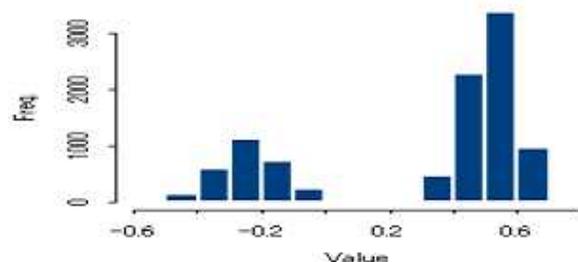
別のあるBS標本では・・・

$$F_1 = \{X_{11}, X_{12}, \dots, X_{18}\}$$

$$F_2 = \{X_1, X_2, \dots, X_{10}\}$$



2つの鐘形の分布が現れることになる



95%信頼区間を求めても
意味が無い!!

検証的因子分析の利用

特定の因子構造を仮定して行う(CFA)ことで問題を回避できる

S-PLUSにはCFAを行う関数がないのでRを利用

Sの関数とRの関数は相互利用できる場合が多い

Sユーザなら、Rで定義されているコードを読むこともできる

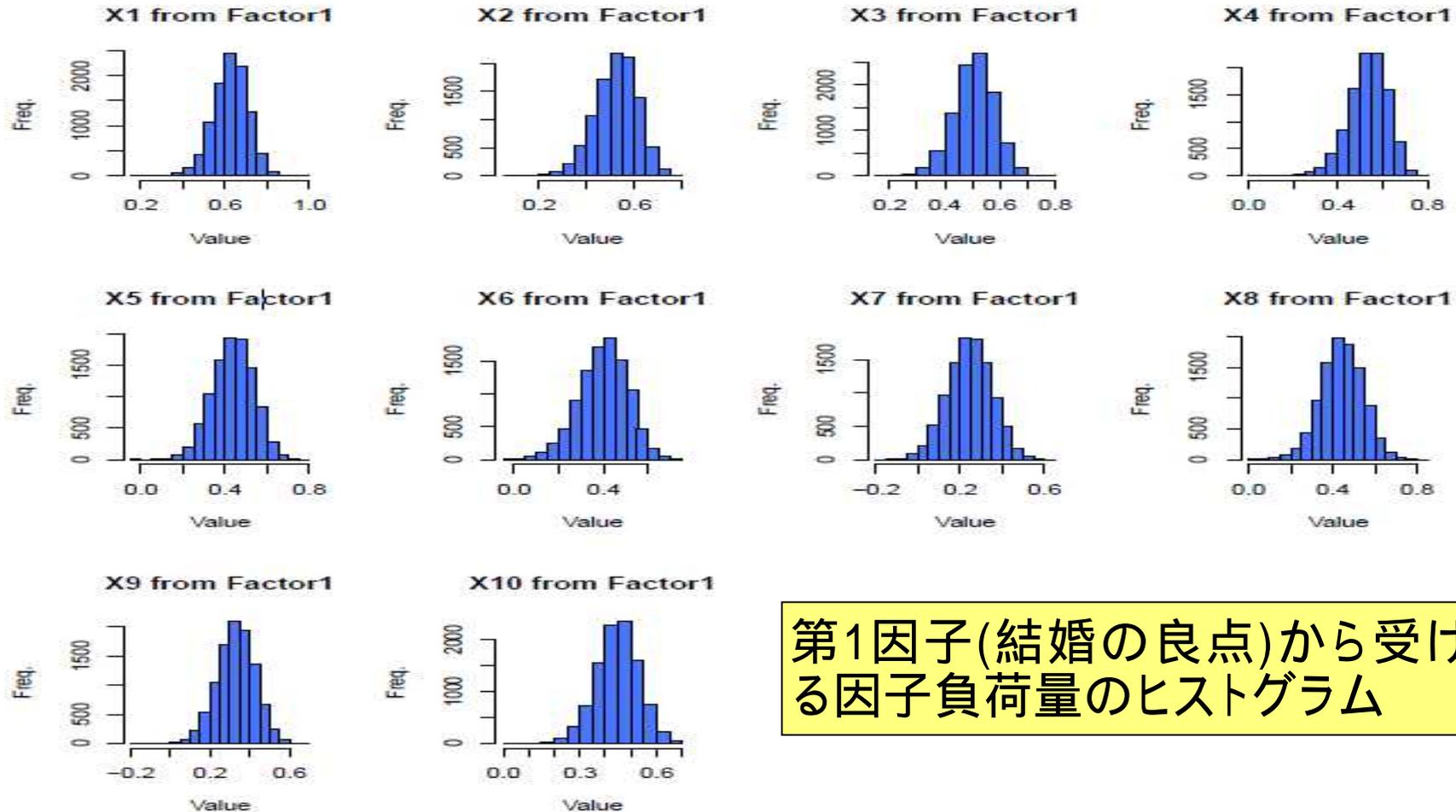
Rでは数々のパッケージが公開されている

Rで定義される`cfa()`をSの`factanal()`の代わりに使用して実行

* 群馬大学の青木繁伸氏が定義しているものを引用

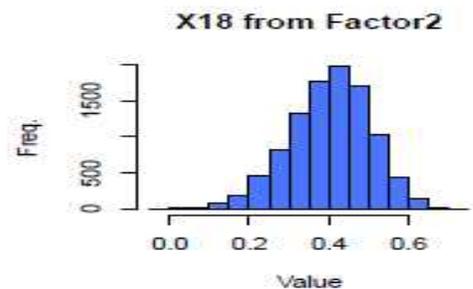
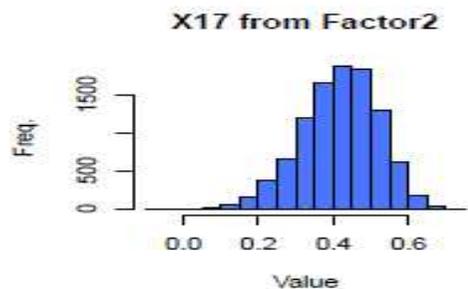
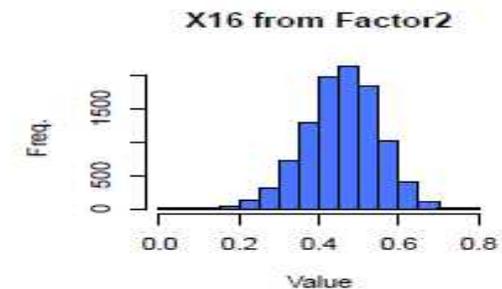
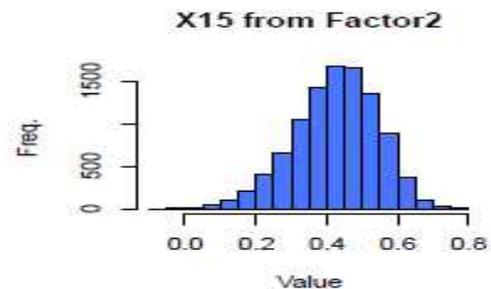
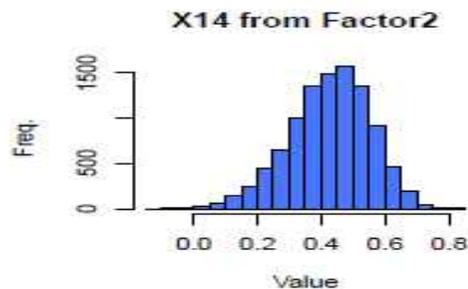
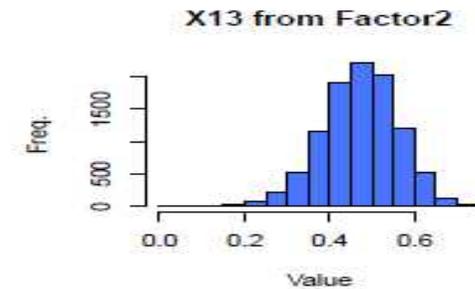
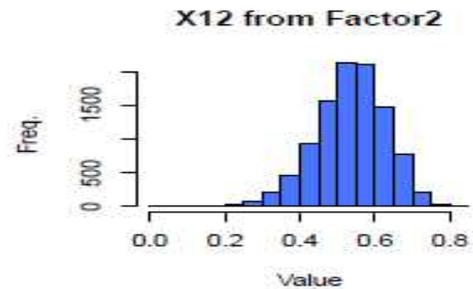
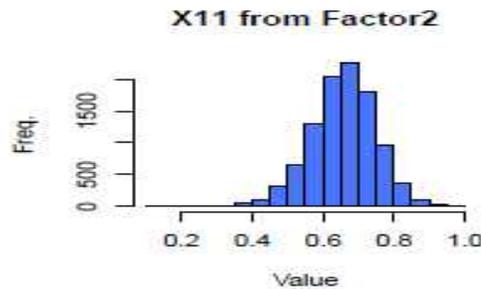
<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/cfa.html>

検証的因子分析の場合(1)



第1因子(結婚の良点)から受ける因子負荷量のヒストグラム

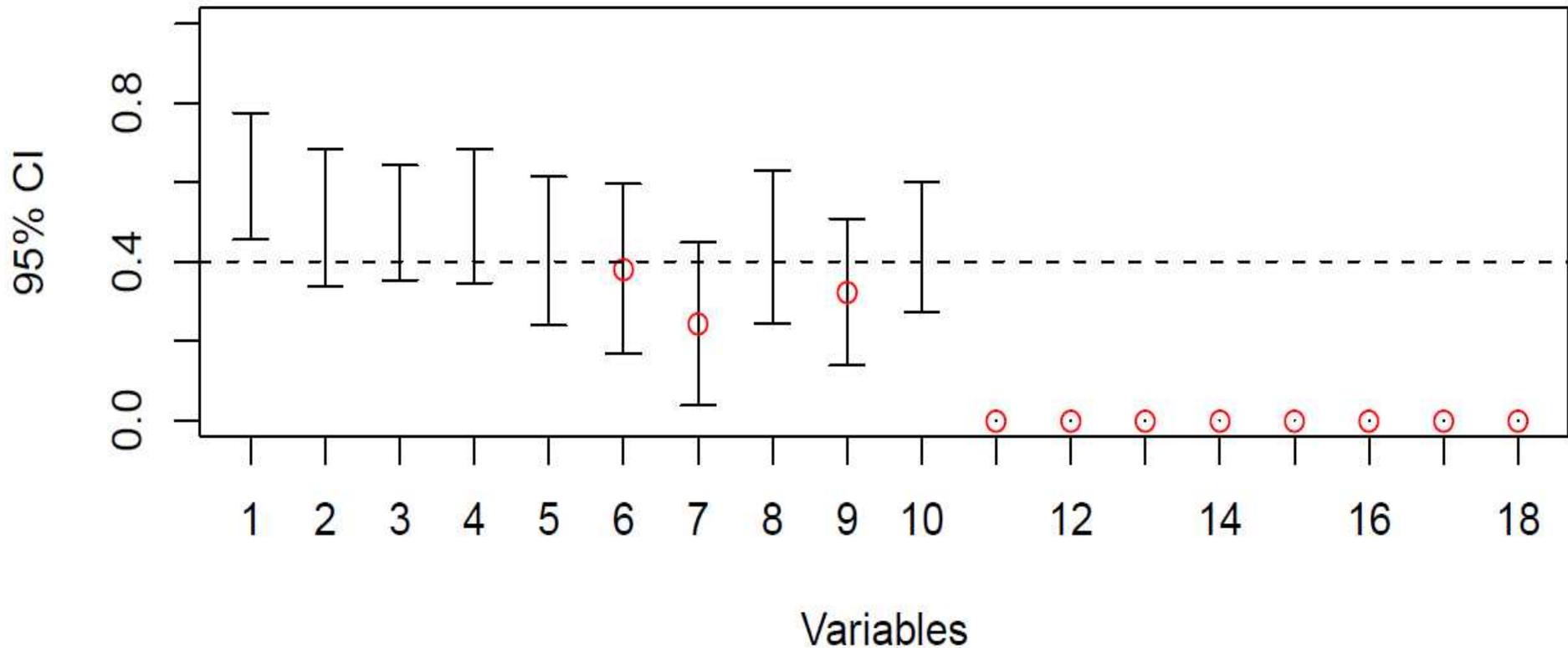
検証的因子分析の場合(2)



第2因子(結婚の悪点)から
受ける因子負荷量のヒスト
グラム

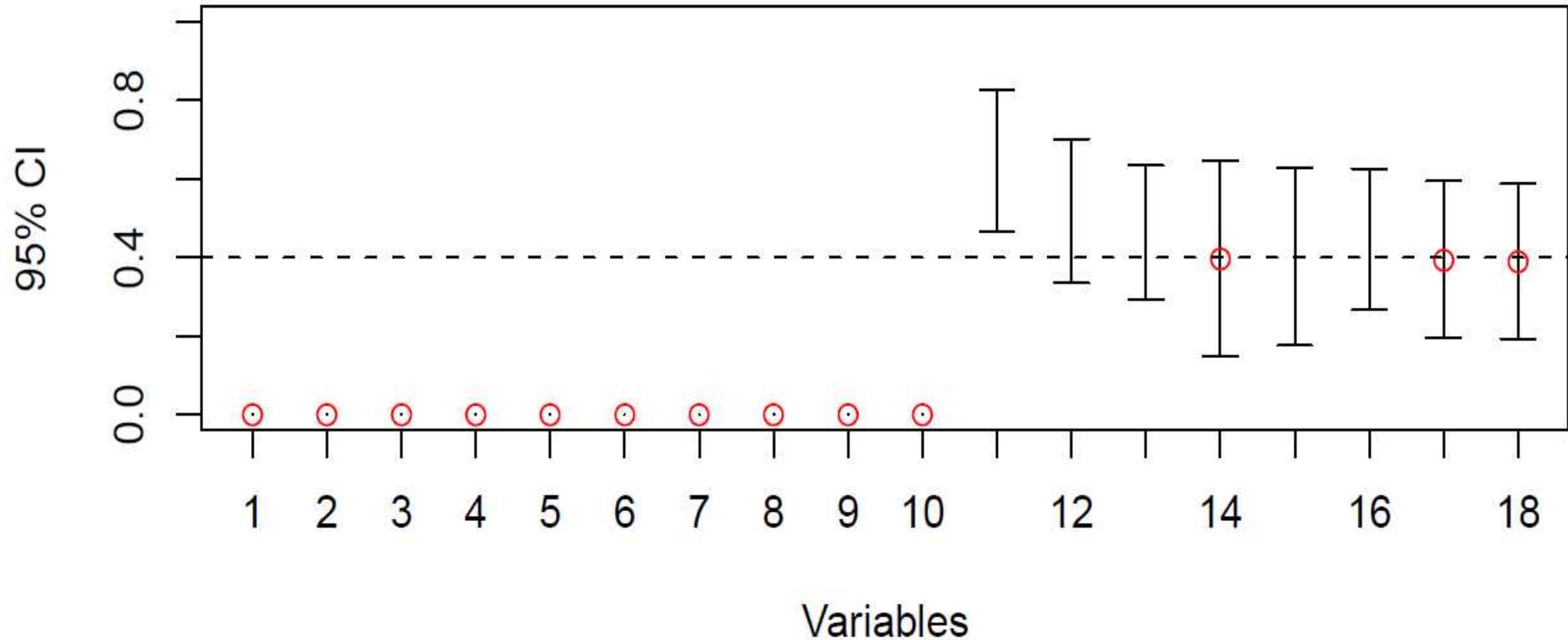
因子負荷量の95%信頼区間(1)

第1因子(結婚の良点)から各観測変数への因子負荷量



因子負荷量の95%信頼区間(2)

第2因子(結婚の悪点)から各観測変数への因子負荷量



従来法とBS法による結果

従来法による項目分類の結果

第1因子の削除対象 ---> X7, X9

第2因子の削除対象 ---> なし(全ての変数が含まれる)

ブートストラップ法による項目分類の結果

第1因子の削除対象 ---> X6, X7, X9

第2因子の削除対象 ---> X14, X17, X18

モデル解析に使用する変数

将来的に結婚したいと思うかどうか: *HOPE* (2値データ)

結婚の良い点に関する質問項目の合計点: *GOOD* (連続型)

結婚の悪い点に関する質問項目の合計点: *BAD* (連続型)

解析するモデル(2値ロジットモデル):

$$HOPE = GOOD + BAD$$

結婚したいと思うかどうかは、結婚に対する意識によって予測できるか？

解析結果の比較

従来法で得られた尺度得点を説明変数に用いた場合の結果
T.GOOD によってのみ説明(予測)されるというモデル

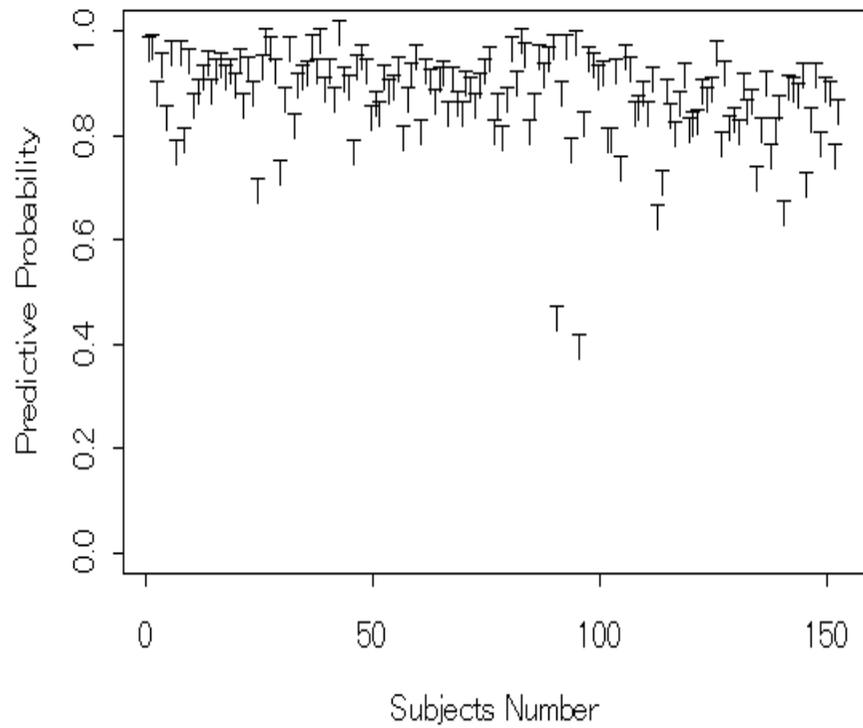
$$HOPE = T.GOOD$$

BS法で得られた尺度得点を説明変数に用いた場合の結果
BS.GOOD と *BS.BAD* の交互作用モデル

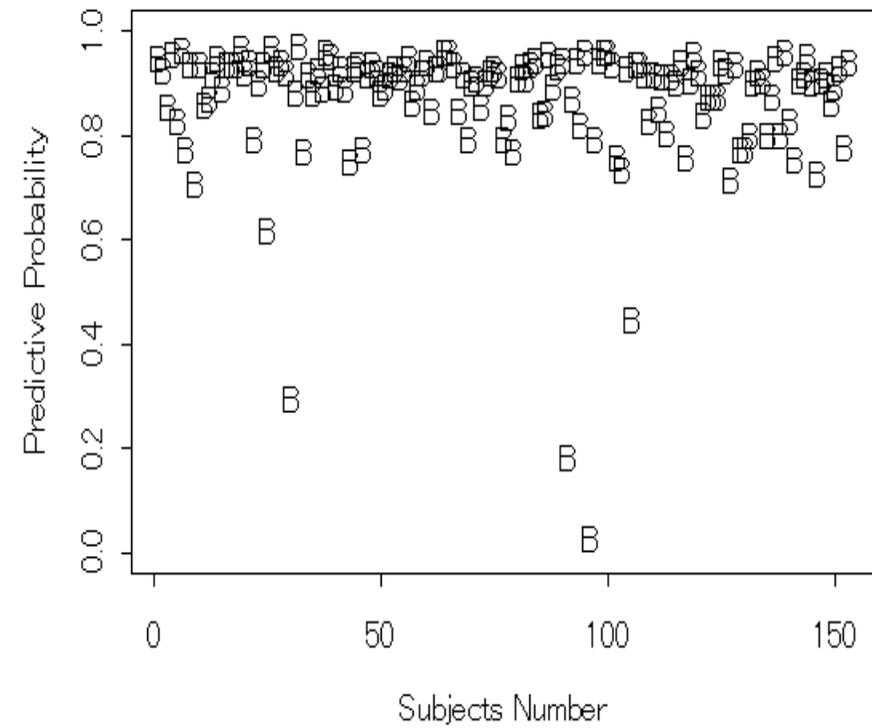
$$HOPE = BS.GOOD * BS.BAD$$

予測値のプロット

Usual Methods



Bootstrap Methods



まとめ

cfa()を用いれば、因子負荷量の推定にブートストラップ法を適用できる

95%信頼区間を求めることで、負荷量が実質的に0であるかどうかを判断できる(=負荷量が0であるという仮説に対する検定の役割)

従来法とBS法とで計算される尺度得点によって、その後のモデル解析の結果も異なることがある

今回の事例では、BS法による尺度得点を用いたモデルの方が、より正確に予測することができた

問題点と考察

従来法とBS法とで項目分類の結果が異なる場合もある

積極的解釈：従来法の結果をより信頼あるものと主張できる

消極的解釈：所詮トートロジーに過ぎないのではないか

削除の対象となる項目に違いがあっても、結果はさほど変わらない

計算時間もかかるので冗長な作業といえる

ブートストラップ標本の大きさはどれ位が適切か

因子分析の場合、10000回の繰り返しより多くが必要かもしれない

おわりに S-PLUSの活用

シミュレーションによる理論の理解

S言語を使えば、初心者でもプログラミングできる

数式による理解が難しい場合でも視覚的に納得できる

S-PLUSのGUI機能の活用

コマンド操作に慣れていない人でも入門しやすい

複雑なグラフ作成においては、コマンド操作よりも簡単である

Rとの互換性

Rに実装されている関数も流用することができる

感謝

ご清聴ありがとうございました

目白大学 心理学研究科

片所 強（かたしよ つよし）

E-mail: katasho244@nifty.com