

## 因子分析によるテスト構成

清水 和秋  
 関西大学社会学部

### 心理テスト(・尺度)に期待されるもの

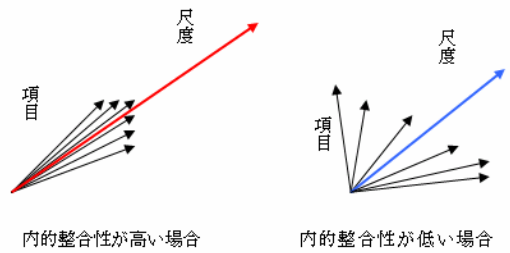
- evidenceの提供
  - 信頼性
  - 妥当性
  - 実用性
- 心理テストの改訂 ← 変動

### 尺度構成の方法論を因子分析の立場から

- 尺度構成の方法
- 尺度改訂の方法

### 心理テスト・尺度構成の方法

- 内的整合性の原理
  - この原理による項目分析
- 因子分析からの尺度構成
  - 因子的真実性の原理
- 延長因子分析
  - 探索的因子分析(EFA)
  - 検証的因子分析(SEM)
  - (多集団同時分析)
- <項目応答理論(IRT)>



### YG性格検査を例として

- 内的整合性の原理による項目分析
  - 時代背景: 手計算、パーソナリティ理論
- 12尺度の因子分析
  - 尺度間の構造 => プロフィール
- 性格の判定
  - 類型判定 ← 2次元(各6尺度)
  - 類型判定は、各6尺度に基づく
- 各尺度の「測定の標準誤差」

### YGのプロフィール

標準点 ハロー尺度	1	2	3	4	5	標準点 ハロー尺度			
D	0	1	2	3	4	5	D		
C	0	1	2	3	4	5	C		
I	0	1	2	3	4	5	I		
N	0	1	2	3	4	5	N		
O	0	1	2	3	4	5	O		
CC	0	1	2	3	4	5	CC		
A	0	1	2	3	4	5	A		
G	0	1	2	3	4	5	G		
R	0	1	2	3	4	5	R		
T	0	1	2	3	4	5	T		
A	0	1	2	3	4	5	A		
S	0	1	2	3	4	5	S		
E系統値	1	C系統値	2	A系統値	9	B系統値	1	D系統値	2

日本心理テスト研究所HPより  
<http://www.sinri.co.jp/> (2005.8.15)

## 内的整合性の原理による項目分析から尺度構成をおこなうこと

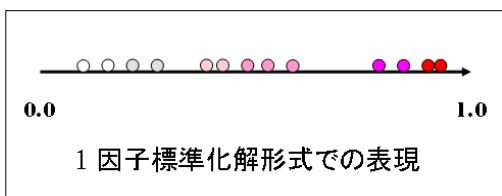
伝統的には心理尺度の構成の焦点は、より高い信頼性におかれてきた。等質性に代表されるような信頼性を高める操作が、妥当性を高くすることは整合しないことを論じながら、辻岡(1957)は、YG性格検査作成の目的の中で「信頼性を高めるという目標はそれぞれの下位検査に向け、妥当性を高める目標はテストバッテリーそのものに向けられるべき」としている。

7

## 内的整合性の原理による項目分析

- 問題点
  - 出発尺度の構成
- 尺度の評価:  $\alpha$  係数
  - 内部一貫性=1次元性=>内的整合性
- 構成概念を操作にのせるには?
- 因子分析と比較して

8



古典的な枠組み:

項目選択と1次元尺度構成  
内的整合性の原理=因子分析

21世紀に向けて:

SEMの適用: 1次元の上のどこへ?

9

## 1次元尺度の例

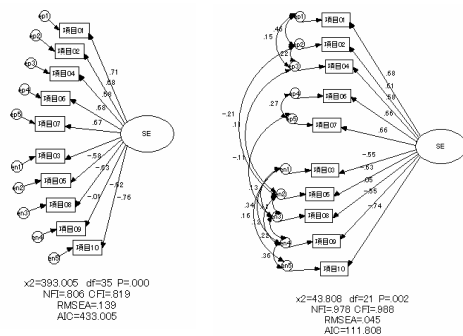
表1 内的整合性の原理による項目分析結果と1因子解との比較

自尊感情尺度 <sup>1</sup>	項目分析 <sup>2</sup>	主因子解	最尤解
少なくとも人並みには、価値のある人間である	0.61	0.70	0.71
色々な良い素質を持っている	0.59	0.68	0.68
物事を人並みには、うまくやれる	0.49	0.57	0.58
自分に対して肯定的である	0.62	0.68	0.68
だいたいにおいて、自分に満足している	0.62	0.67	0.67
敗北者だと思ふことがよくある <sup>2</sup>	0.56	0.58	0.58
自分には、自慢できるところがあまりない <sup>2</sup>	0.59	0.63	0.63
もっと自分自身を尊敬できるようにになりたい <sup>2</sup>	0.03	0.02	0.01
自分は全くだめな人間だと思ふことがある <sup>2</sup>	0.60	0.62	0.62
何かにつけて、自分は役に立たない人間だと思ふ <sup>2</sup>	0.70	0.76	0.76

注<sup>1</sup> 山本・松井・山成(1982)を5件法で使用した。N=529(大学生)。

注<sup>2</sup> 逆転項目である。注<sup>3</sup> 尺度・項目間の相関は、重なり修正済みの値である。

10



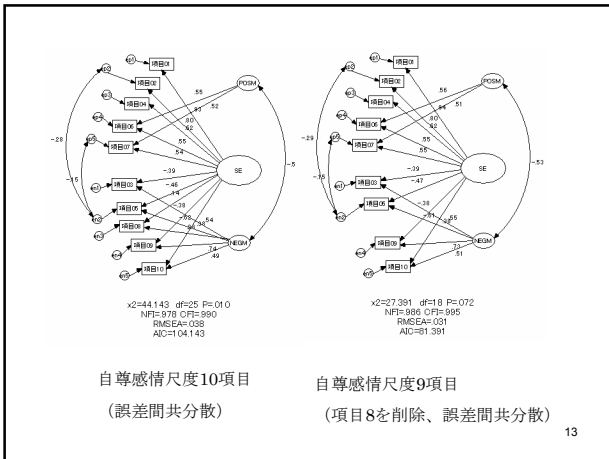
11

## 自尊感情尺度へのSEMの適用:

項目にはいろいろな分散が混入している

- 1次元10項目: 探索的因子分析と同じ解  
適合度  $\chi^2=393.005$ ,  $df=35$ ,  $P=.000$ ,  $RMSEA=.139$ ,  $AIC=433.005$
- 1次元9項目: 適合度  $RMSEA=.148$ ,  $AIC=375.448$
- 肯定・否定2因子10項目: 適合度  $RMSEA=.119$ ,  $AIC=328.164$
- 肯定・否定2因子9項目: 適合度  $RMSEA=.121$ ,  $AIC=271.991$
- いろいろと追求中!  
1因子+特殊因子10項目: 適合度  $RMSEA=.058$ ,  $AIC=131.346$   
1因子+特殊因子9項目: 適合度  $RMSEA=.060$ ,  $AIC=107.634$

12

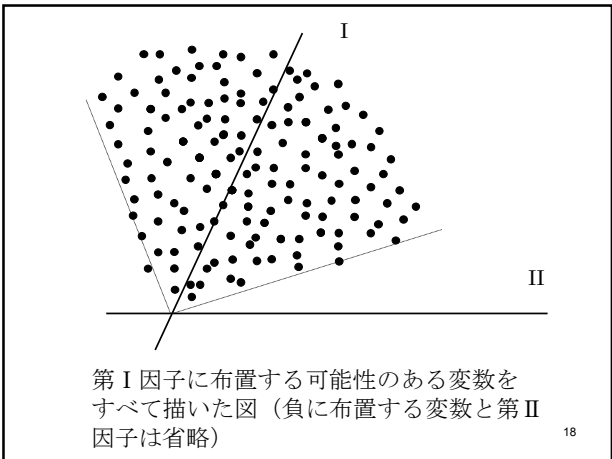
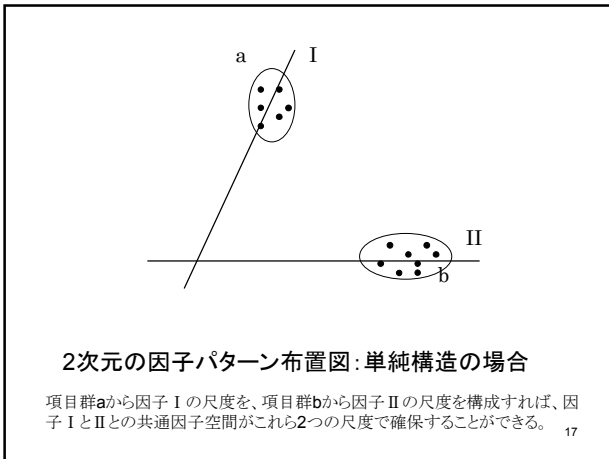
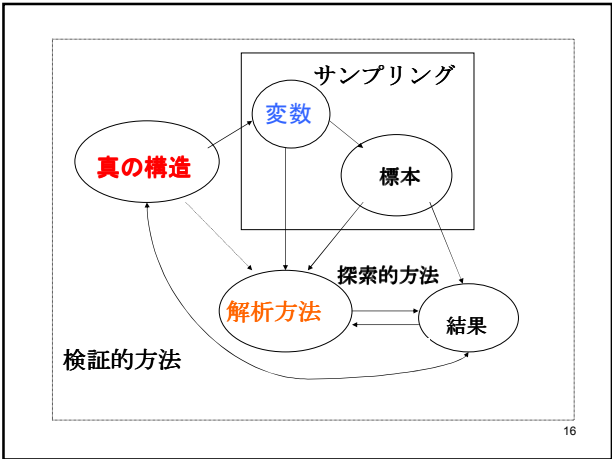


ここまでのまとめ

- 内的整合性の原理への疑問  
出発尺度の構成  
構成した尺度方向  
内的に整合性がある  
→ 内的に一貫している ( $\alpha$  係数)  
→ 最大の  $\alpha$  は、測定としては?
- SEMからの問題提起  
項目の性質  
質問項目の配列 (反応の独立仮定)  
→ 項目はそれほど単純なものでもない

多次元の場合 (因子分析モデル)

- 解析方法 (場合によると手順) の分類
  - ・ 因子数決定の方法
  - ・ 初期解の推定方法 (共通性の推定も含む)
  - ・ 因子軸の回転方法
- サンプリング
- 真の構造を探求するために変数が選択される。  
変数との関係の中で対象となる標本が抽出される。  
変数も被験者もサンプリングの対象である。
- 探索的方法  
因子数を探る。解釈を試みる。
- 検証的方法  
真の構造を仮説とした検証。



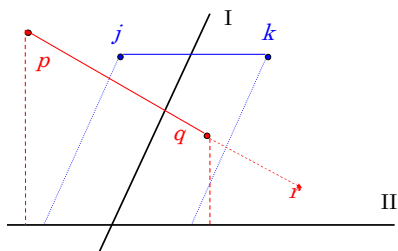
ここで

- 因子の方向は？
- 単純構造とは？
- 構成概念とそれを測る変数
  - 数が少ないと領域をカバーできない
  - 数が多いと因子の解釈に困難が出てくる
- 尺度を構成すること
  - 因子パターン行列から高い値の項目を選ぶ → 尺度

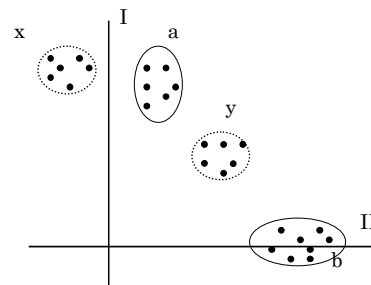
等質性の原理から

- 等質的あること
  - 望ましい性質 → 結果の解釈・適合度のよい結果
- 構成概念をカバーすること
- 純粋な因子パターンからなる結果を得ること

因子的真実性の原理へ

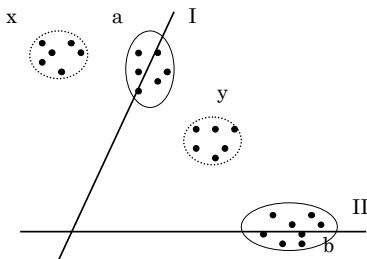


因子パターン (青色表示) と因子構造 (赤色表示)  
 変数  $j$  と  $k$  の第 I 因子の因子パターンの値は同じ。第 II 因子の因子パターンの値は絶対値の値は同じ。これらの合成ベクトルは第 I 因子軸上に位置する。  
 変数  $p$  と  $q$  の第 I 因子の因子構造の値は同じ。第 II 因子の因子構造の値の絶対値は同じ。  $p$  と合成するとすれば  $r$  となろう。



直交2因子で回転を終えた状況

この結果からの第 I 因子の尺度はx群とa群とから構成されることになる。



2次元の因子パターン模式図：因子的真実性の原理による尺度構成の例

x群、a群、y群の3つの群の項目を合成した尺度と第I因子の方向は同じとなる。

延長因子分析の方法：標準得点で表現

$$Z = FV'_{fp} + UD$$

因子分析の基本モデル表現  
 観測変数の標準得点行列  $Z$

$$V_{fs} = \frac{1}{N} Z' F$$

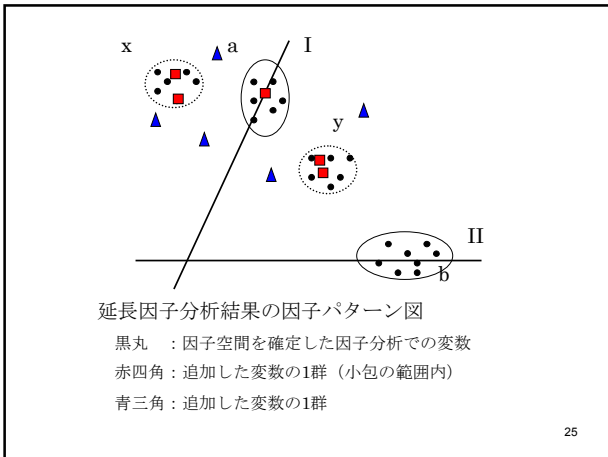
因子構造行列の定義式  
 観測変数の  $Z$  と因子得点  $F$  との積より

$$V_{fp} = V_{fs} C_f^{-1}$$

因子パターン行列  
 $V_{fs}$  と因子間相関行列の逆行列の積

$${}^a V_{fp} = \frac{1}{N^a} Z' \hat{F} C_f^{-1}$$

追加観測変数の標準得点行列  $Z$   
 因子得点の推定値行列  $\hat{F}$



25

### 因子軸の方向と構成尺度との関係を簡単にチェックする方法

- 因子パターン行列から項目を選択する場面  
該当因子以外の因子パターンを合計  
これがゼロに近いかどうかチェック
- 尺度構成後  
構成尺度間の相関係数と因子間相関係数との比較

26

### 心理テストの改訂：構造から

- 妥当性 → 構成概念妥当性
- 因子分析から得た構造 → 因子的妥当性
- 因子的妥当性 < 構成概念妥当性
- より適切な変数  
社会的文脈の変動
- 次元性の確定 → SEMによる因子的不変性

27

### 因子的不変性の検証

- 配置不変性 (configural invariance)**: 1.0と固定した因子パターンの要素を除いて、残りのすべての要素を自由推定とする因子不変性モデル。これは、2つの標本間での観測変数と潜在変数との関係性の構造は同じとするが、関係の強さの程度に関しては、標本間での相違を許容するモデルである。
- 因子パターン不変性 (factor pattern invariance)**: 2標本間の因子パターンの全要素を同値として拘束する因子不変性モデルである。標本間の差異は、独自性と因子の分散・共分散について自由に推定した値にあらわれる。
- 強因子的不変性 (strong factorial invariance)**: この因子不変性モデルは、(2)の因子パターンの同値拘束に加えて、2標本間の独自性を同値として拘束するものである。自由に推定される因子の分散・共分散だけが、標本間の差異となる。
- 厳格な因子的不変性 (strict factorial invariance)**: 共通因子分析モデルの全構成要素が、2つの標本間で同値であるとする最も厳格な因子的不変性のモデルである。このモデルが成立すると2つの標本間で測定が完全に等価であるといえる。

28

### 因子の探索と確認・検証

$$y^{(a)} = x^{(a)} + \ddot{x}^{(a)}$$

$$= \Lambda f^{(a)} + Du^{(a)} + \ddot{x}^{(a)}$$

$$y^{(b)} = x^{(b)} + \ddot{x}^{(b)}$$

$$= \Lambda f^{(b)} + Du^{(b)} + \ddot{x}^{(b)}$$

2つの標本aとbの観測変数ベクトルを $y^{(a)}$ と $y^{(b)}$ と表す。

$x^{(a)}$ に $x^{(b)}$ については不変性の検証がSEMで可能

$\ddot{x}^{(a)}$   $\ddot{x}^{(b)}$  2つの標本それぞれで独自の部分

29

### もっと因子分析をしよう！

- 因子分析からの尺度構成  
被験者数の少ないものが多い  
1回限りの因子分析結果からのもの多い  
構成概念との関係で適切な方法とは
- 交叉妥当性の検討 → 因子的不変性
- 項目からの因子分析の限界

30

## 小包因子分析 parceling 下位尺度化

- 下位尺度化の利点
  - 項目の信頼性が低い
  - 項目の得点分布は限定的
- 実際の因子分析
  - N=100~200 主因子法(・最尤法) → 小包因子分析
  - N=500あたり 最尤法
  - N=1,000 正規分布の呪縛から

31

- モデル化を小包でく体験からも>
  - 項目では、いろいろな共分散が混入
  - 観測変数(項目)の誤差間共分散
  - ←原因を特定することが困難
  - このような共分散を許容しない→適合度が悪くなる

- 小包作り方 ← 知恵
  - 小包作成の適切性についての判断をどうするか。
  - (解釈における項目への信頼は強そうである。)

- 小包SEM解析 → 因子得点の推定
  - 延長因子分析

32

## 最後に その1 感謝

### Cattell研究室→辻岡研究室

- 探索的因子分析の方法論
- 尺度構成方法論
- データで考える
- 図式表示(因子軸の回転)→ELVIS 久本助教授
- Rotoplot(準拋軸体系での回転方法)

Reticular Action Model by McArdle  
構成概念妥当性のモデル化→尺度

33

## 最後 その2 21世紀に向けて

- データの数もう少し多く
- 繰り返しの測定を
- 個人間差に基づく測定
  - 信頼性・妥当性の理論構築
- 個人内変化の測定
  - 介入とその効果の検証

34

### 発表論文引用文献

- Cattell, R. B. & Tsujioka, B. (1964). The importance of factor-trueness and validity, versus homogeneity and orthogonality, in test scale. *Educational and Psychological Measurement*, 24, 3-30.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis* (2nd Ed.). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Gorsuch, R. L. (1997). New procedures for extension analysis in exploratory factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 57, 725-740.
- 南風原朝和 (2002) モデル適合度の目標適合度-観測変数の数を減らすことの是非を中心に- 行動計量学, 29(2), 182-197
- Hagtvet, K., & Nasser, F. M. (2004). How well do item parcels represent conceptually defined latent constructs? A two-facet approach. *Structural Equation Modeling*, 11, 168-193.
- 堀 洋道(監修) (2001) 心理測定尺度集 I・II・III サイエンス社
- 狩野 裕 (2002) 構造方程式モデリングは、因子分析、分散分析、パス解析のすべてにとって代わるか? 行動計量学, 29(2), 138-159
- 狩野 裕 (2002) 再討論: 誤差共分散の利用と特殊因子の役割 行動計量学, 29(2), 182-197
- Little, T. D., Cunningham, W. A., Shahar, G., & Widaman, K. F. (2002). To parcel or no to parcel: Exploring the question, weighing the merits. *Structural Equation Modeling*, 9, 151-173.

35

- McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrika*, 58, 525-543.
- Reise, S. P., Waller, N. G., & Comrey, A. L. (2000). Factor analysis and scale revision. *Psychological Assessment*, 12, 287-297.
- 下中順子ほか (1999) NEO-PI-R, NEO-FFI共通マニュアル 東京心理株式会社
- 清水和秋 (2003) 構造方程式モデリングによる平均構造の解析モデル 関西大学社会学部紀要, 34(2), 83-108
- 豊田秀樹 (2002) 項目反応理論[入門編]-テストと測定の科学 朝倉書房
- 辻 平治郎(編) (1998) 5因子性格検査の理論と実際 北大路書房
- 辻岡美延 (1957) 矢田部・Guilford性格検査 心理学評論, 1, 70-100
- 辻岡美延 (1964) テスト尺度構成における新しい原理-因子的真実性- 心理学評論, 8, 82-90
- 辻岡美延・清水和秋 (1975) 項目分析における項目統計量と構成尺度の統計量-因子的真実性係数と因子的妥当性- 関西大学社会学部紀要, 7(1), 107-120
- 渡辺直澄・野口裕之(編著) (1999) 組織心理測定論-項目反応論のフロンティア- 白桃書房
- 柳井晴夫 (1999) 因子分析の利用をめぐる問題を中心にして 教育心理学年報, 39, 96-108
- 追加  
Borsboom, D. (2005). *Measuring the mind: Conceptual issues in contemporary psychometrics*. London, U.K.: Cambridge University Press.

36