

応用心理測定研究会
第8回 2025年3月8日
於：大阪商業大学

因子分析けんか物語

清水 和秋
関西大学

本日の話題

- 最小二乗法の世界から最尤法の世界へ

(探索的因子分析から構造方程式モデリングへ)

データ(R)が語ることに耳を澄ます → 仮説(θ)・検証

$$F(\mathbf{m}, \mathbf{S}; \boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{\Sigma}) = [\mathbf{m} - \boldsymbol{\tau}(\boldsymbol{\theta})]' \boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})^{-1} [\mathbf{m} - \boldsymbol{\tau}(\boldsymbol{\theta})] + \ln |\boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})| - \ln |\mathbf{S}| + \text{tr} \mathbf{S} \boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})^{-1} - n$$

- 共分散構造のモデル

包括的なモデルとは → RAM

- LGMかLCMか

平行線のまま

- 統計的道具・技術 ←

argue 議論・主張・論争 → innovations in psychometrics

安藤洋美（1989）「統計学けんか物語: カール・ピアソン一代記」海鳴社

安藤洋美 近大数理統計学史: カール・ピアソン (1)

<https://core.ac.uk/download/pdf/236033768.pdf>

K. Pearsonを批判した者たち

argue 議論、主張・・・

1) レーニン『唯物論と経験批判論』

2) ベーツソン (古典的)遺伝学派 vs. 生物測定学派 *Biometrika*

3) フィッシャー 統計学的検定法

この本、雨宮先生から頂きました。でも、いまはどこかへ？

この因子分析版を目的としたのですが...

因子分析から構造方程式モデリングへ その1

新しい方法 (innovation)

→ 反応 (受容 ⇔ 反発・誤用)

因子分析法 C.E. Spearman 相関行列から 2因子説 (1904) 一般因子と特殊因子

(注：親子の身長データ (Galton, 1877), 相関係数 (K. Pearson, 1986) 椎名乾平 (2016) 相関係数の起源と多様な解釈 心理学評論, 59(4), 415-444.)

受容・発展 L.L. Thurstone (1935) 道具 (行列代数・最小二乗法) 多因子説

反発 A. Anastasia (1938) 「因子は、構成概念をとらえたのではなく、因子分析という方法から得られたに過ぎない。因子は、mathematical artifactに過ぎない」

これについて、H.J. Eysenck (1953) “Newton’s g (gravitational force) was a mathematical artifact (p.109).”

misuse 誤用 ⇔ abuse 不適切な使用 清水和秋 (2018) 因子分析的研究における misuse と artifact 関西大学社会学部紀要, 49(2), 191–211.

計算 => 主因子解 (セントロイド) vs. 回転 (単純構造) < = 心理学的解釈 (回答その1)

Thurstone (1940) の回答その2： 因子的不変性 factorial invariance

印東 (1974) の回答 「計算さえ行えば常になんらかの結果は得られるのであるが、それが本当にデータに潜在していた構造をさぐりあてたものであるか、計算上の単なる人工物 (artifact) に過ぎないのか、それを見わけなければならない。」

→ 因子的不変性 Thurstone以来、因子軸の回転 因子得点から FACTORMAX法 (1979) を金沢で発表

因子分析から構造方程式モデリングへ その2

新しい方法 (innovation)

→ 反応 (受容 ⇄ 反発・誤用)

Jöreskogによる最尤法 (1967) → **LISREL** (Jöreskog & Sörbom, 1978)

- ・ 独自性の推定 (1962)
- ・ 因子分析の仮説的モデル (固定・拘束・自由推定)、標準誤差の推定、適合度の検定
一つの標本CFA (1969)、多集団同時分析 (1971) ← 新しい因子的不変性
- ・ 因果モデル (発達データを対象)

発展

Sörbomの貢献 → **LISREL** (Jöreskog & Sörbom, 1984)

- ・ 共分散構造 + 平均構造 Sörbom (1974)
- ・ 縦断データでの独自性間共分散 Sörbom (1975)
- ・ 修正指標 Sörbom (1989) ← 清水・西川 (印刷中)

反発・誤用 あまりにも…

因子分析から構造方程式モデリングへ その3

包括的な共分散構造モデルをめぐって

LISRELのモデル式 (Jöreskog & Sörbom, 1978, 1984)

$$\text{構造方程式モデル} : \eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

$$\text{内生測定モデル} : y = \Lambda_y \eta + \varepsilon$$

$$\text{外生測定モデル} : x = \Lambda_x \xi + \delta$$

$$\Sigma_{yy} = \Lambda_y (I - B)^{-1} (\Gamma \Phi \Gamma' + \Psi) (I - B')^{-1} \Lambda_y' + \Theta_\varepsilon$$

$$\Sigma_{yx} = \Lambda_y (I - B)^{-1} \Gamma \Phi \Lambda_x'$$

$$\Sigma_{xy} = \Lambda_x \Phi \Gamma' (I - B')^{-1} \Lambda_y'$$

$$\Sigma_{xx} = \Lambda_x \Phi \Lambda_x' + \Theta_\delta$$

RAMでLISRELを展開

$$v = Av + u$$

$$= \begin{vmatrix} 0 & 0 & \Lambda_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda_x \\ 0 & 0 & B & \Gamma \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y \\ x \\ \eta \\ \xi \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \varepsilon \\ \delta \\ \zeta \\ \xi \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} \Lambda_y \eta + \varepsilon \\ \Lambda_x \xi + \delta \\ B\eta + \Gamma\xi + \zeta \\ \xi \end{vmatrix}$$

LISREL (Analysis of Linear Structure Relationships by the Method of Maximum Likelihood)

Bentler (1985) の EQS, McDonald (1978, 1980) の COSAN

McArdle, J.J., & McDonald, R. P. (1984) Some algebraic properties of the **Reticular Action Model** for moment structures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 37, 234-251.

清水 和秋 (1989). 検証的因子分析, LISRELそして RAMの概要 関西大学社会学部紀要, 20(2), 61-86.

清水 和秋 (1994). JöreskogとSörbomによるコンピュータ・プログラムと構造方程式モデル. 関西大学社会学部紀要, 25(3), 1-41.

次元性 **dimensionality** ← 方法：最小二乗法

7

知能の**構造**

- 2 因子説 (C.E. Spearman) vs. 多因子説 (L.L. Thurstone) → **bifactor**
- A. Anastasia (1938) 「因子は、構成概念をとらえたのではなく、因子分析という方法から得られたに過ぎない。因子は、**mathematical artifact**に過ぎない」

計算=>主因子解 (セントロイド) vs. 回転 (単純構造) <=**心理学的解釈 (回答その1)**

Thurstone (1940)の**回答その2**: 因子的不変性 **factorial invariance**

印東(1974)の回答「計算さえ行えば常になんらかの結果は得られるのであるが、それが本当にデータに潜在していた構造をさぐりあてたものであるか、計算上の単なる**人工物 (artifact)**に過ぎないのか、それを見わけなければならない。」=>因子的不変性

H.J. Eysenck(1953)“Newton’s g (gravitational force) was a mathematical artifact(p.109).”

S.A. Mulaik (1986) statistical artifacts

このような議論を踏まえ、Shimizu, Vondracek, Schulenberg, & Hostetler (1988) では、statistical methodological artifact と表現.

清水和秋 (2018) 因子分析的研究における misuse と artifact 関西大学社会学部紀要, 49(2), 191–211.

訪米前の仕事：

清水和秋 (1983) 職業的意思決定と不決断. 関西大学社会学部紀要, 14(2), 203-222.

The Career Decision Scale (Osipow, Camey, Wirier, Yanico, & Koschier, 1976) の因子分析

Osipow, Carney & Barak (1976)

第1因子：不決断の一般的な因子

第2因子：進むべき方向については決定していてもそれを遂行する自信がなく、決断がつかないことをあらわす因子である。

第3因子：魅力ある選択肢の間で決心がつかない

第4因子：個人的な葛藤を意味する

Hartman, Utz & Farnum (1979)

第1因子：自信の欠如と選択不安

第2因子：職業を選択したとしてもそれを実現するにはどのようにしたらよいかわからない

第3因子：「接近—接近葛藤」

第4因子：自己および職業についての情報の欠如

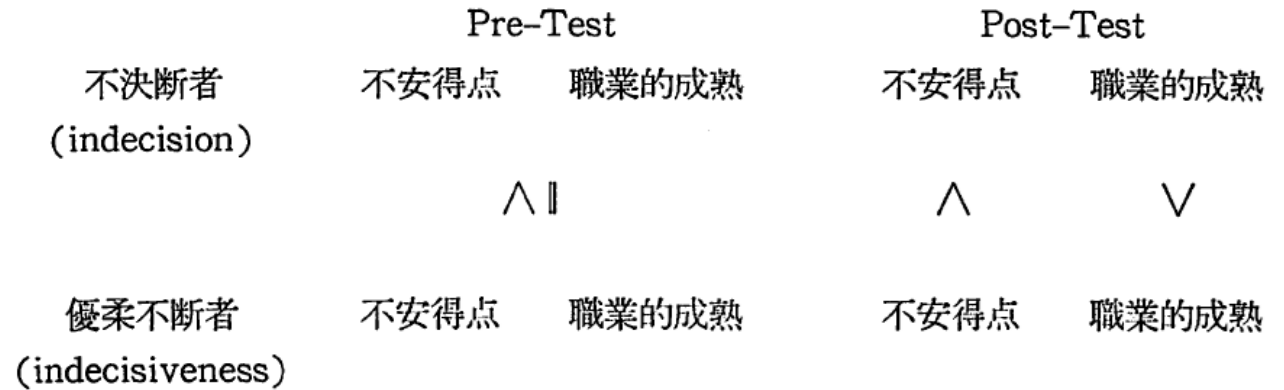


図2 職業的体験と不決断・優柔不断

Crites (1969) の提案

不決断(indecision)：経験や準備の不足を原因とするものであり、選択しなければならないことはわかっているにもかかわらずそのために必要な課題解決のための方法、そして解決に役立つ情報がわからないために不安が高まる

優柔不断(indecisiveness)：特性不安に起因する

清水和秋 (1983) その 2

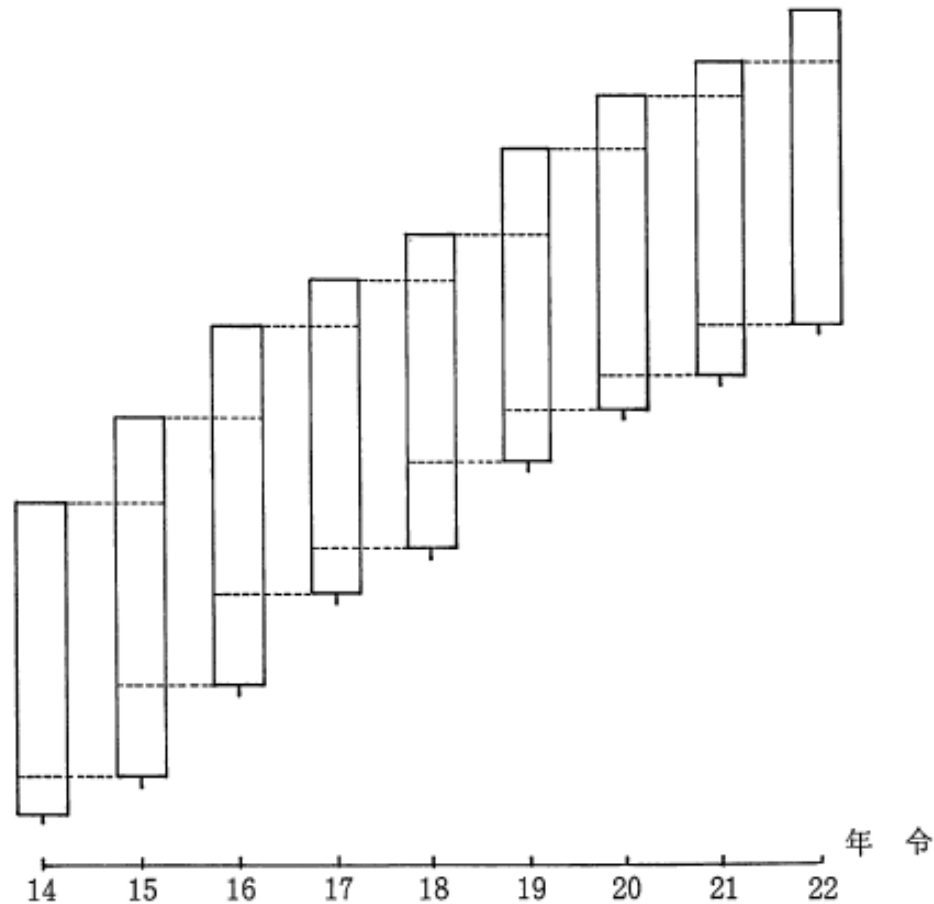


図4 職業的成熟測定に用いられる項目の変化

職業的成熟 キャリア発達

9

伝統的な構成概念の測定と異なる。

知能の場合：

項目の難易度で尺度構成が可能

キャリアの場合：

発達段階×発達課題 不変⇔変化の測定

共通する項目と発達段階に固有な項目

そこに潜在する因子を特定するには

→ 因子得点に着目

Factormax法 (1979)

因子間相関を固定した斜交因子得点 (1981)

交叉相面的確認的因子分析法(1981)

その他

1983年社会選択科目標準得点方式 (1984年から実施)

1984年推薦入試制度、指定校の選定 (1986年度から)

1988年専攻別入学者選抜 (専攻回し)

1986年 State College, Pennsylvania

Old Main Restaurant



研究室：Henderson Building



Center for the Study of Child and
Adolescent Development
Department of Individual and Family Studies
College of Human Development

John Nesselroadeと昼飯（到着した次の日）
式を書きながら説明：

- 1) Factormax法：清水 和秋 (1981). 因子間相関を固定した斜交因子得点. 関西大学社会学部紀要, 12(2), 113-128.
- 2) 清水 和秋・辻岡 美延 (1981). 交叉相面的確認的因子分析法. 関西大学社会学部紀要, 12(2) 129-145.

返答：明日から**LISREL**を使えるように
コンピュータのIDを登録する。

Careerもテーマなら、共同研究者
にとFred Vondracekを紹介

訪米に持参した物

- 1) 上の論文の抜刷
- 2) 次のスライドのCDSのTable 1
- 3) McArdle, J. J., & McDonald, R. P. (1984). Some algebraic properties of the **reticular action model** for moment structures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 37(2), 234-251.
- 4) 英和辞典（ポケットサイズ）

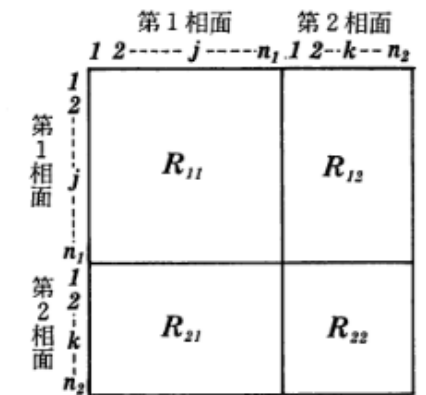


Fig. 2 交叉相面的超相関行列

Shimizu, K., Vondracek, F. W., Schulenberg, J. E., & Hostetler, M. (1988). The factor structure of the Career Decision Scale: Similarities across selected studies. *Journal of Vocational Behavior*, 32, 213-225.

TABLE 1
Review of Factor Analytic Studies of the CDS

Study	Sample	Factoring technique and communality estimation	Number of factors and determination procedure	Rotation	Factor	Items loading saliently on the factors ^a
Hartman & Fuqua (1982)	164 male & female graduate students	α -factor analysis (multiple R squares as communalities estimates)	2 (not reported)	Varimax	I : II :	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18 (3, 6, 14) 12, 13, 14, 16, 17, 18 (3, 7, 8, 9, 10, 11)
Hartman & Hartman (1982)	206 male & female high school students	α -factor analysis (multiple R squares as communalities estimates)	3 (not reported)	Varimax	I : II : III :	4, 5, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 17 (9) 12, 13, 16, 18 (3, 8, 11, 14, 17) 3, 9, (4, 6, 8, 10, 16, 17)
Hartman et al. (1979)	55 male & female grad. students	Not reported	4 (not reported)	Varimax	I : II : III : IV :	3, 5, 6, 7, 8, 9, 14 (4, 10, 11, 13, 16, 17) 3, 11, 12, 13, 14, 17, 18 (5, 6, 7, 8, 10, 15, 16) 10, 16, 18 (7, 9, 12, 13, 15, 17) 4, 10, 15 (6, 8, 12, 13, 18)
Hartman et al. (1983a)	137 male & female high school students	α -factor analysis (multiple R squares as communalities estimates)	2 (comparison between 2 factor and 3 factor solutions)	Varimax	I : II :	3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17 (12) 12, 16, 18 (3, 4, 6, 8, 11, 13, 14, 17)
Osipow et al. (1976a)	837 male & female college students	Principal factor analysis (test-retest coefficients as communalities estimates)	4 (not reported)	Varimax	I : II : III : IV :	5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17 (3, 9) 3, 12, 16, 18 (9) 4, 15 (17, 18) 6 (7, 16)
Rogers & Westbrook (1983)	175 male college students	Not reported	4 (eigenvalues ≥ 1)	Varimax	I : II : III : IV :	4, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18 (7, 9, 10, 16) 5, 7, 8, 10, 14 (6, 9, 11, 13) 3, 6, 9, 16 (7, 8, 11) 4, 15 (9, 13, 14, 17)
Slaney et al. (1981)	857 male & female college students	Principal factoring (not reported)	3 (eigenvalues ≥ 1)	Varimax	I : II : III :	5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17 (4, 9, 12) 4, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18 (8, 9, 14) 3, 5, 6, 8, 10 (7, 9, 11, 12, 14, 16, 18)

^a Items with factor loadings of .4 or above are indicated first; items with loadings between .2 and .4 are in parentheses.

The **CDS** consists of 19 items. Items 1 and 2 indicate certainty of career choice or low indecision, items 3 through 18 represent the **16 items measuring career indecision**, and item 19 is an open-ended item that is not scored.

この表は訪米前に作成。S. Osipowに送付。

Hartman and Fuqua (1982) stated, “there is growing evidence that both the number and structure of (CDS) factors can change across populations...we wonder if the factor structure reported for the CDS might be a **statistical artifact** of the sample surveyed” (pp. 75-76).

TABLE 2
Comparison of Coefficients of Congruence Using Oblique and Orthogonal Rotation in
Previous CDS Factor Analytic Studies

		Osipow et al. (1976a)			
		Factor I	Factor II	Factor III	Factor IV
Hartman et al. (1979)	Factor I	64 (80)	(49)		60 (68)
	Factor II	68 (82)	42 (66)	(44)	
	Factor III	(42)	59 (73)	(43)	
	Factor IV	(57)	(46)	77 (79)	
Rogers & Westbrook (1983)	Factor I	41 (51)	56 (68)	(46)	
	Factor II	90 (94)			(40)
	Factor III	(47)	64 (72)		74 (78)
	Factor IV	(41)		71 (77)	
Hartman & Hartman (1982)	Factor I	90 (92)		45 (57)	
	Factor II	(42)	75 (81)	(51)	
	Factor III	(57)	63 (73)		45 (54)
Slaney et al. (1981)	Factor I	98 (97)	(44)	(43)	
	Factor II	(59)	73 (80)	70 (73)	
	Factor III	45 (75)	52 (68)		59 (63)
Hartman & Fuqua (1982)	Factor I	96 (97)	(44)		
	Factor II	(40)	75 (83)	46 (56)	(42)
Hartman et al. (1983a)	Factor I	64 (77)	(63)	49 (62)	(46)
	Factor II	54 (72)	59 (75)	(45)	

Note: Coefficients based on Promax solutions are presented first; and those based on Varimax solutions are presented in parentheses. Decimal points were omitted. Congruence values less than .40 have been omitted.

The present paper considers the contribution of **statistical-methodological artifact** to the failure to **find factorial invariance** in the CDS across the various studies.

LISRELで因子的不変性を検討

Schulenberg, J. E., Shimizu, K., Vondracek, F. W., & Hostetler, M. (1988). **Factorial invariance** of career indecision dimensions across junior high and high school males and females. *Journal of Vocational Behavior*, 33, 63-81.

4回の縦断データでの分析 **BMDP**で分析
Vondracek, F. W., Hostetler, M., Schulenberg, J. E., & Shimizu, K. (1990). Dimensions of career indecision. *Journal of Counseling Psychology*, 37, 98-106.

Martin, Sabourin, Laplante, and Coallier からの Shimizu et al.(1988)への批判

1)CDSは多次元ではなく 1 次元。2)項目が多変量正規分布していないのに最尤法を使用
(間隔尺度水準にない。)

反論：Reanalysis of the Data of Shimizu et al. (1988)

分布に依存しない推定方法：Confirmatory factor analysis of **polychoric correlations** using the generally **weighted least squares (WLS)** method of LISREL 7 (Jöreskog & Sörbom, 1989)

Shimizu, K., Vondracek, F. W., & Schulenberg, J. (1994). **Unidimensionality** versus **multidimensionality** of the career decision scale: A critique of Martin, Sabourin, Laplante, and Coallier. *Journal of Career Assessment*, 2, 1-14.

Schulenberg, J., Vondracek, F.W., & Shimizu, K. (1994). Convergence and obfuscation: A rejoinder to Osipow and to Laplante, Coallier, Sabourin, and Martin. *Journal of Career Assessment*, 2, 29-39.

探索的因子分析 ・ 最小二乗法 (主因子法) ・ 因子数の決定 の確認 ・ 共通性の推定 ・ 因子軸の回転	➔	共分散構造分析・多集団同時分析 ・ 最尤法 (ML)、WLS ・ 因子の確認 (因子の数・因子パターン) (WLS：間隔尺度水準以外の分布へ)	➔	構造方程式モデリング ・ 最尤法など ・ 因子的不変性 + 因子得点の平均
---	----------	--	----------	---

CDSの翻訳版を使用：清水 和秋・坂柳 恒夫 (1988). 進路不決断と進路成熟・父親, 母親, 友人, 教師の影響に関する高校生の横断的な研究 進路指導研究, 9, 28-36.

進路不決断尺度を作成：清水 和秋 (1989). 中学生の進路展望と進路不決断との関係 進路指導研究, 10, 1-7.

因子的不変性：清水 和秋 (1989). 中学生を対象とした進路不決断尺度の因子的不変性について－COSANを使用して－ 関西大学社会学部紀要, 21(1), 143-176.

尺度構成：清水 和秋 (1990). 進路不決断尺度の構成－中学生について－ 関西大学社会学部紀要, 22(1), 63-81.

尺度の妥当性：清水 和秋・坂柳 恒夫 (1991). 進路選択の変化と進路不決断－中学男子生徒3年間の縦断調査の分散分析 進路指導研究, 12, 1-10.

共同研究 その2 (キャリア効力感尺度は省略)

大学生用尺度の開発：清水 和秋・花井 洋子 (2007). キャリア意思決定尺度の開発－その1：大学生を対象とした探索的因子分析から尺度構成－ 関西大学社会学部紀要, 38(3), 97-118.

尺度の妥当性：清水 和秋・花井 洋子 (2008). キャリア意思決定の安定性と変化そして不安からの影響－大学1・2年生を対象とした半年間隔での縦断調査から－ キャリア教育研究, 26, 19-30.

表3 構成した尺度の統計量と信頼性の推定値

	平均値	標準偏差	「不安」	「不決断」	「葛藤」	「モラトリアム」	「相談希求」	「逃避」	「障害」	信頼性係数
「不安」	3.08	0.69	1.00	0.58	0.38	0.27	0.51	0.34	0.33	0.91
「不決断」	2.64	0.85	0.58	1.00	0.56	0.23	0.44	0.52	-0.17	0.87
「葛藤」	2.55	0.70	0.38	0.56	1.00	0.14	0.36	0.19	0.04	0.87
「モラトリアム」	2.07	0.81	0.27	0.23	0.14	1.00	0.09	0.47	0.04	0.88
「相談希求」	2.70	0.70	0.51	0.44	0.36	0.09	1.00	0.20	0.24	0.86
「逃避」	1.82	0.61	0.34	0.52	0.19	0.47	0.20	1.00	-0.11	0.82
「障害」	2.76	0.61	0.33	-0.17	0.04	0.04	0.24	-0.11	1.00	0.75

注：尺度の項目数「不安」と「不決断」は5個で、他は6項目としている。項目得点の総和を項目数で割ったものをこの尺度得点としている。

表は、清水・花井(2007)から

図は、清水・花井(2008)から

図の右側は大学2年生のパス図
1年生の図では、不安尺度の測定を行っていない。

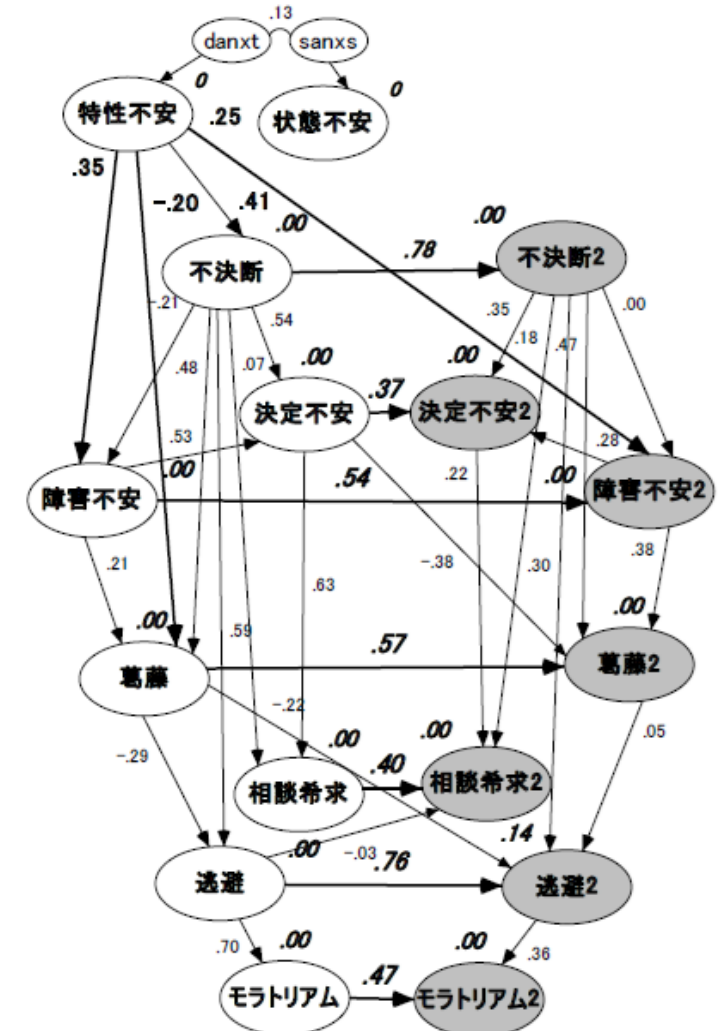
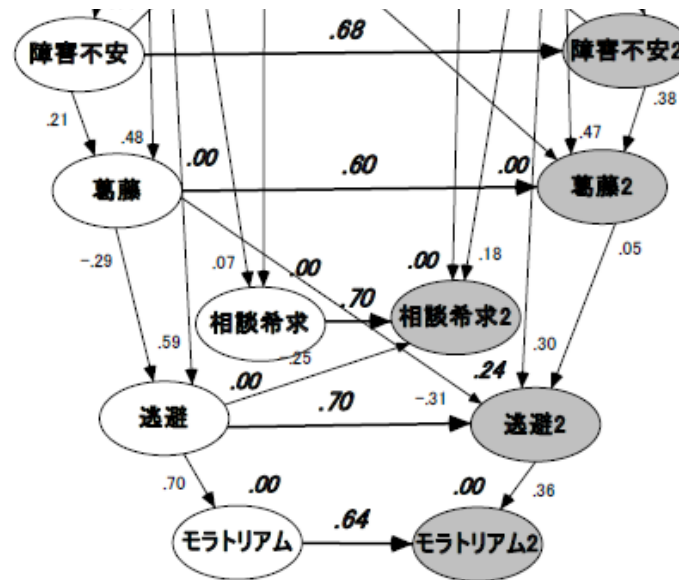


Figure 1 キャリア意思決定の2回の繰り返し測定の縦断的因子分析の同時分析結果

注：1年生(左図)と2年生(右図)は強因子的不変性として拘束している。各国の左側(白抜き)は1回目のモデルで、右側は2回目である。イタリック数値は安定性係数(Table 3 参照)と因子得点の平均値である。ここでは、測定モデル(Table 4 参照)と独自性に関する情報は図が複雑になるので省略している。

CDSから始まった研究を整理：

Shimizu, K. (2018). Dimensionality of career indecision: *Methodological perspectives*. In J. A. Ferreira, M. Reitzle & E. Santos (Eds.), *Development in context: Festschrift for Fred Vondracek* (pp.219-236). Coimbra, Portugal: University of Coimbra Press.

Nesselroade's proposal is that an item as an observed variable loads **on two latent factors**; one is the **trait factor**, the other is the **state factor**. Geiser, Keller, Lochart, Eid, Cole, and Koch (2015) described such a **trait-state distinction** model. In this model, multistate factors were defined at each occasion of longitudinally repeated observations and singletrait factors were defined as a common latent factor. (p.231)

構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling)

= 共分散構造 (因子的不変性) + 平均構造 (変動／変化)

dimensionに内在している特性と状態

=> 清水 和秋・三保 紀裕・西川 一二 (2021). **特性・状態**の因子の平均を推定する**区分**モデルー 複数観測の縦断データの方法論と応用からー 関西大学社会学部紀要, 53(1), 69ー140.

清水 和秋・三保 紀裕・西川 一二 (2021). 特性・状態の因子の平均を推定する区分モデル
 — 複数観測の縦断データの方法論と応用から — 関西大学社会学部紀要, 53(1), 69–140.

$$X_{i11} = \tau_{11} + b_{11}T_i + b_{11s1}S_{1i} + d_{11}U_{i11}$$

$$X_{i21} = \tau_{21} + b_{21}T_i + b_{21s1}S_{1i} + d_{21}U_{i21}$$

$$X_{i31} = \tau_{31} + b_{31}T_i + b_{31s1}S_{1i} + d_{31}U_{i31}$$

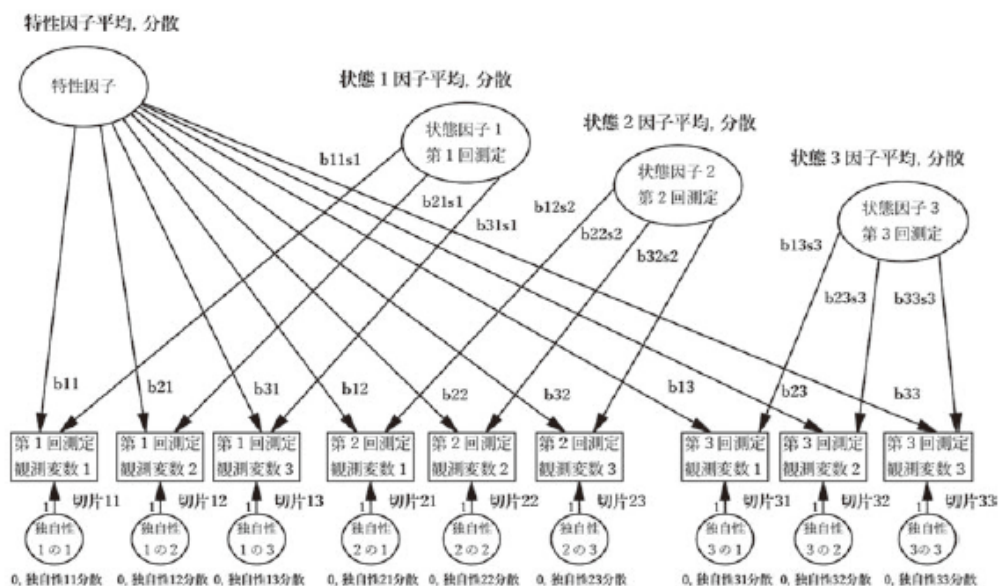


図1 Amosによる特性・状態区分の構造平均モデル

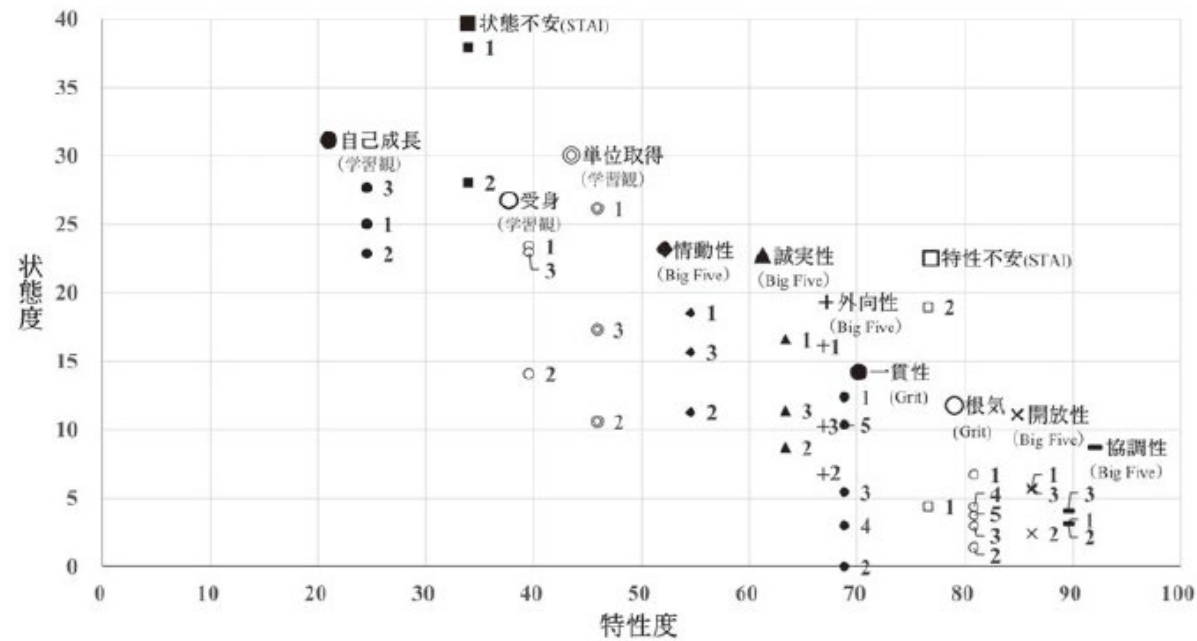


図4 STAI、学習観、Grit、Big Fiveの特性度（横軸）と状態度（縦軸）

注) プロットした点は、各測定変数の状態因子である。

残っている課題：
 不決断と優柔不断の特性・状態区分のモデル化

紹介したい事例 その1 P-technique

P 技法因子分析は、**時間経過**の中での変数間の持続（先導と遅延）の関係性を解析に取り入れることができるという**批判**がこの方法の提案者である **Cattell(1963)** 自身をも含む Anderson (1963) や Holtzman(1962, 1963) によって提起された(紺田・清水, 2015, p.69)。

紺田広明・清水和秋(2015). 動的因子分析による個人内変動のモデル化—心理時系列データへの同時分析の適用— 行動計量学, 42, 69-80.

Cattell, R. B. (1963). The structure of change by P-technique and incremental R-technique. In C.W. Harris (Ed.), *Problems in measuring change* (pp.167–198). Madison, WI: University of Wisconsin Press.

Wisconsin大学での会合に辻岡先生も参加

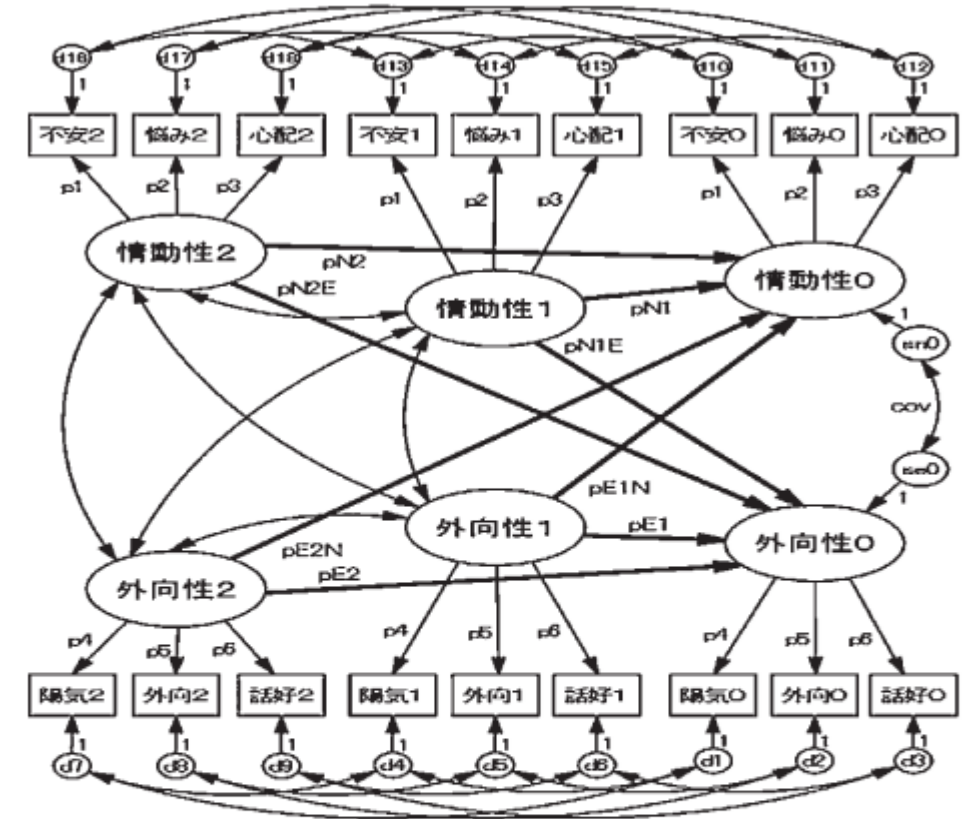


図 3. 本研究における MDFA のモデル

注：因子名または観測変数名の数字はラグ数をあらわし，観測変数名は，略記で示している（「不安」は「不安になりやすい」，「悩み」は「悩みがち」，「心配」は「心配性」，「陽気」は「陽気」，「外向」は「外向的」，「話好」は「話好き」である）。

紹介したい事例 その2 共分散構造モデル

統一的な理論枠組み

LISREL (Jöreskog & van Thillo, 1972; Jöreskog & Sörbom, 1978; Jöreskog & Sörbom , 1984)

EQS (Bentler, 1985)

COSAN (McDonald, 1978, 1980)

Reticula Action Model (RAM; McArdle, 1979; McArdle & McDonald, 1984)

McArdle, J. J. (1979) The development of general multivariate software. In J. Hirschbuhl (Ed.), *Proceeding of the Association for the Development of Computer-Based Instructional system*. Akron, OH: Univ. of Akron Press

McArdle, J.J., & McDonald, R. P. (1984) Some algebraic properties of the Reticula Action Model for moment structures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 37, 234-251.

清水 和秋 (1989). 検証的因子分析, LISRELそして RAMの概要 関西大学社会学部紀要, 20(2), 61-86.

清水 和秋 (1994). JöreskogとSörbomによるコンピュータ・プログラムと構造方程式モデル. 関西大学社会学部紀要, 25(3), 1-41.

ある1つの心理的な機能について継続的に**複数回の測定**をおこなうと、一般的に、このような観測得点が時間経過とともに増加する**発達**（あるいは**学習**）現象、減少する**忘却**（あるいは**疲労**）現象、そして増加がある時点から減少へと転じる成長（**生涯発達**）現象があらわれる。
（清水, 2003, p.66）

いくつかのチャレンジ

T-技法因子分析(Cattell, 1952) ← Cronbach(1967)が**批判**（適用する**因子分析**の方法が結果に影響する。元型に迫れない。

Wohlwill (1973)が、発達関数の**因子**としての特定の可能性を追求。

Tucker(1964)が学習曲線の**固有分解**を提案。 最小二乗法の方法論の範囲内での試み

構造方程式モデリングによるモデル

Latent Growth Curve model (McArdle, 1986)

Latent curve analysis (Meredith & Tisak, 1990)

Manuscript received 8/8/85, Final version received 10/27/88

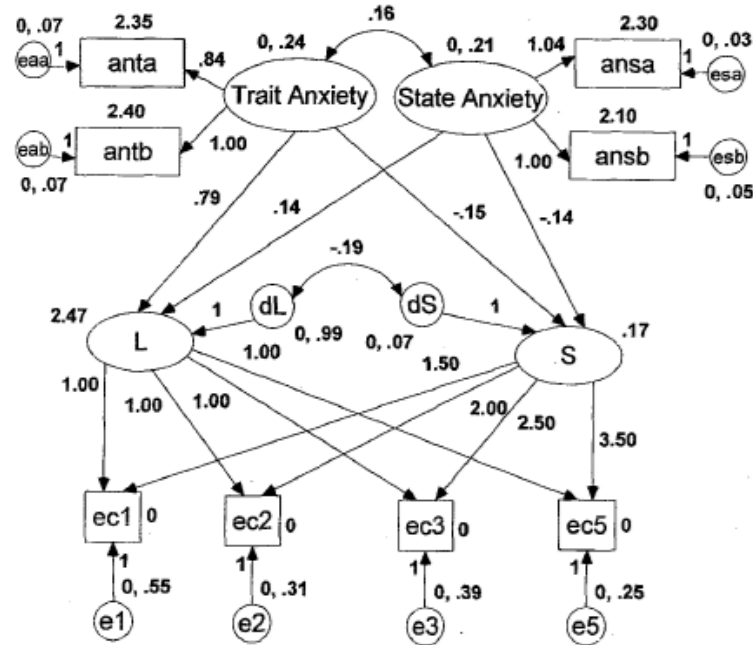


Fig. 6 Latent Growth Model with Path from State and Trait Anxiety to Level and Slope of Career Indecision Sub-Scale (Cohort 88)

GFI: Chi Square = 8.872 df = 18 p = .963 RMSEA = .000

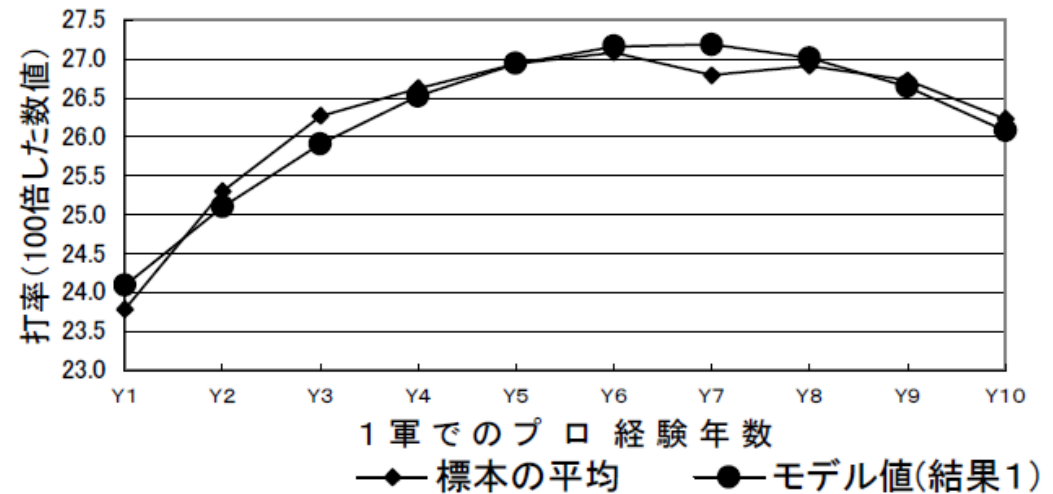


図3 推定値とモデル値(結果1)のグラフ

McArdle, J. J. (1986). Latent variable growth within behavior genetic models. *Behavior Genetics*, 16, 163-200.

Meredith, W., & Tisak, J. (1990). Latent curve analysis. *Psychometrika*, 55, 107-122.

清水 和秋 (1999). キャリア発達の構造的解析モデルに関する比較研究 進路指導研究, 19(2), 1-12.

清水 和秋 (2003). プロ野球選手の熟達の軌跡－潜在成長モデルの打撃成績への適用－ 悠峰職業科学研究 研究所紀要, 11. 63-72.

Cattell, R.B.(1988). The meaning and Strategic use of factor analysis.

In J.R. Nesselroade & R.B. Cattell (Eds.) *Handbook of Multivariate experimental psychology (2nd ed.)* (Pp.131-203). New York: Plenum Press.

初版は1966

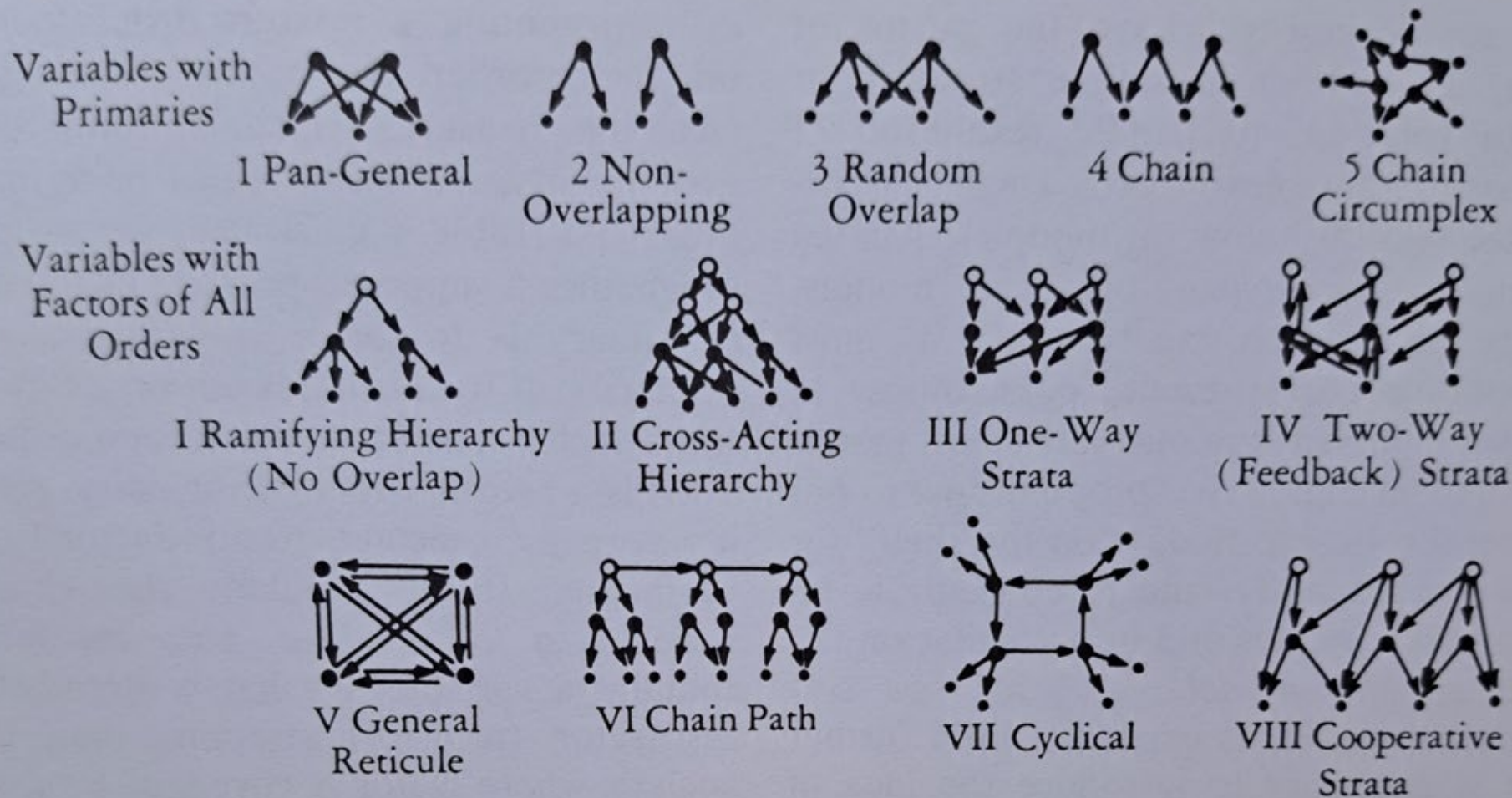


Figure 8. Some major models for the relations among factors.

McArdle, J. J. (1984). On the madness in his method: RB Cattell's contributions to structural equation modeling. *Multivariate Behavioral Research*, 19(2-3), 245-267.

innovations in psychometrics

23

構成概念 $\Leftrightarrow$ 統計的道具・技術
静的なモデル $\rightarrow$ 動的モデル (時間)

approximation

a. { データ $\leftrightarrow$ 仮説(θ) }

近似的な解 a $\rightarrow$ モデル a

b. { データ $\leftrightarrow$ 仮説(θ) }

近似的な解 b $\rightarrow$ モデル b

To be continued.

心理測定法の応用：

田口善弘 (2021) 初めての機械学習 BLUEBACKS B2177

田口善弘 (2025) 知能とはなにか：ヒトとAIのあいだ 講談社現代新書 2763

雨宮俊彦・清水和秋 (1989) 認知科学とコンピュータ 三上市蔵(編著) 情報処理論 第5章(Pp.80-92) 培風館