



# 多母集団の同時分析と 媒介分析

教育学研究科 M1 王隆基

2017/05/10

# 目次

- SEM について
- 多母集団同時分析 について
- 多母集団同時分析 をやってみよう！
- 媒介分析 / 調整媒介分析 について
- 媒介分析 / 調整媒介分析 をやってみよう！

# SEM (構造方程式モデリング)



# SEM

- 構造方程式モデリング (SEM; Structure Equation Modeling)
  - 別名 共分散構造分析 (covariance structure analysis)
  - 観測データをもとに構成概念や観測変数の関連性を検討するための統計手法。(豊田, 2014)
  - 簡単に言えば、因子分析と回帰分析を同時に実行できる、多変量解析の手法の一種。(清水, 2014)

# 因子分析・回帰分析

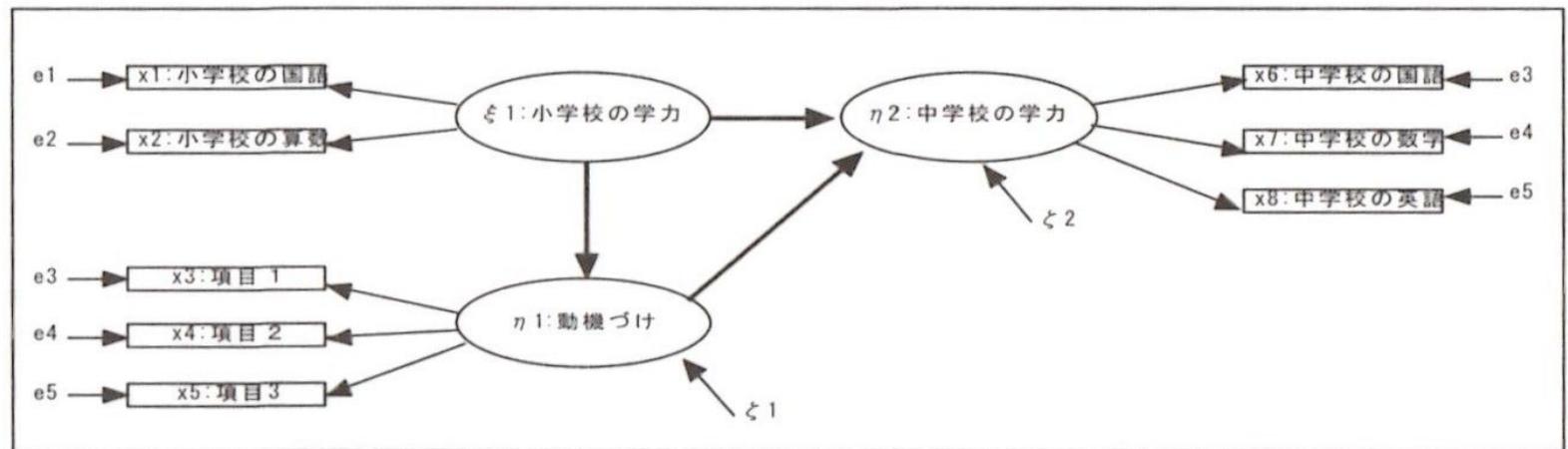
- 因子分析...観測変数が、どのような潜在変数から影響を受けているかを探る手法。(小塩, 2004)
- 回帰分析...1つの従属変数を1つ(または複数)の独立変数から予測・説明したいときに用いる統計手法。(小塩, 2004)

# SEMのメリット

1. グラフィカル・インタフェース
2. 適合度
3. 希薄化の修正

# 1. グラフィカル・インタフェース

SEMでは、変数間の関係をパス図で表す。  
モデルの構築や修正が簡単にできる。



パス図 1

# パス図

- 観測変数
  - 直接的に測定された変数(四角) 
- 潜在変数
  - 直接的に観察されていない、仮定上の変数(楕円) 
- 誤差変数
  - 分析にかけている部分以外の要因を意味する変数(分析の際には円で囲まれる) 

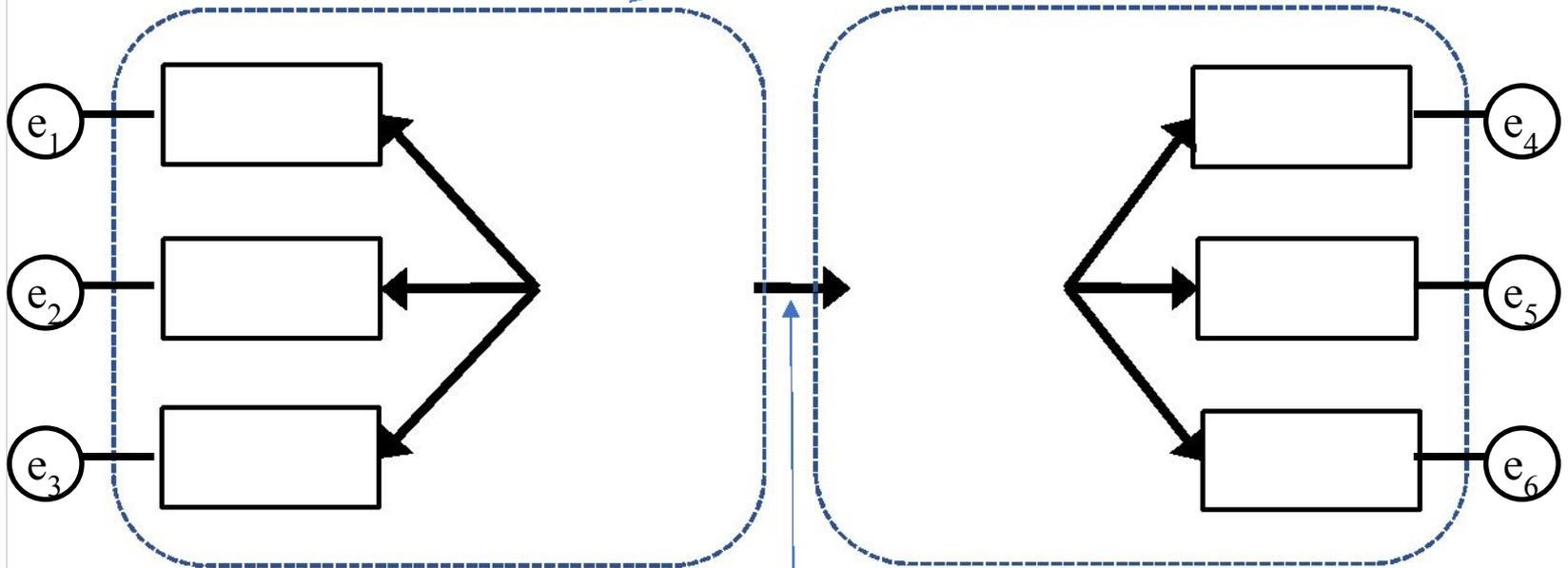
# パス図

- 矢印(パス)
  - 因果関係は片方向きの矢印「→」で、相関関係は双方向の矢印「↔」で表す。
  - パスの傍らには、(標準化)偏回帰係数や相関係数を記入する。
- 決定係数( $R^2$ )
  - 説明率。パス図の従属変数の上に表す。

# パス図

測定方程式

□ □ □ □ □ □ □ □



□ □ □ □ □ □ □ □

構造方程式

## 2. 適合度

- 従来の分析方法では、モデルが科学的に妥当なものであるかどうかは、分からなかった。
- SEMにおいては、データに対するモデルの当てはまりのよさを客観的に評価する手がかりとなる指標が出力される。

# モデルを評価するための指標

- $\chi^2$  検定

- 因果モデル全体が正しいかどうかを検定する。
- 帰無仮説として「構成されたモデルは正しい」という設定を置く(通常の帰無仮説とは立て方が逆)。棄却されないほうがよいモデルであることを示す。

- CFI

- 独立モデルと比べて、モデルの適合度がどの程度改善されたのかを示す指標。
- .95以上であればかなりのよいモデル、.90以上であれば十分に十分であるモデルと判断。

# モデルを評価するための指標

- GFI (適合度指標)
  - モデルが、自分のデータの分散共分散行列とどの程度一致できているかを示す指標。
  - 0から1までの値をとり、1に近いほど説明力のあるモデルといえる。
- AGFI (修正適合度指標)
  - 1に近いほどデータへの当てはまりがよい。
  - $GFI \geq AGFI$  であり、GFIより著しく低いと好ましくない。

# モデルを評価するための指標

- RMSEA

- モデルの分布と真の分布との乖離を1自由度あたりの量として表現した指標。
- 一般的に、0.05以下であれば当てはまりがよく、0.1以上であれば当てはまりが悪いと判断する。

- AIC (情報量基準)

- 複数のモデルを比較する際に、モデルの相対的な良さを評価するための指標となる。
- AICが小さいほどよいモデルであると解釈する。

### 3. 希薄化の修正

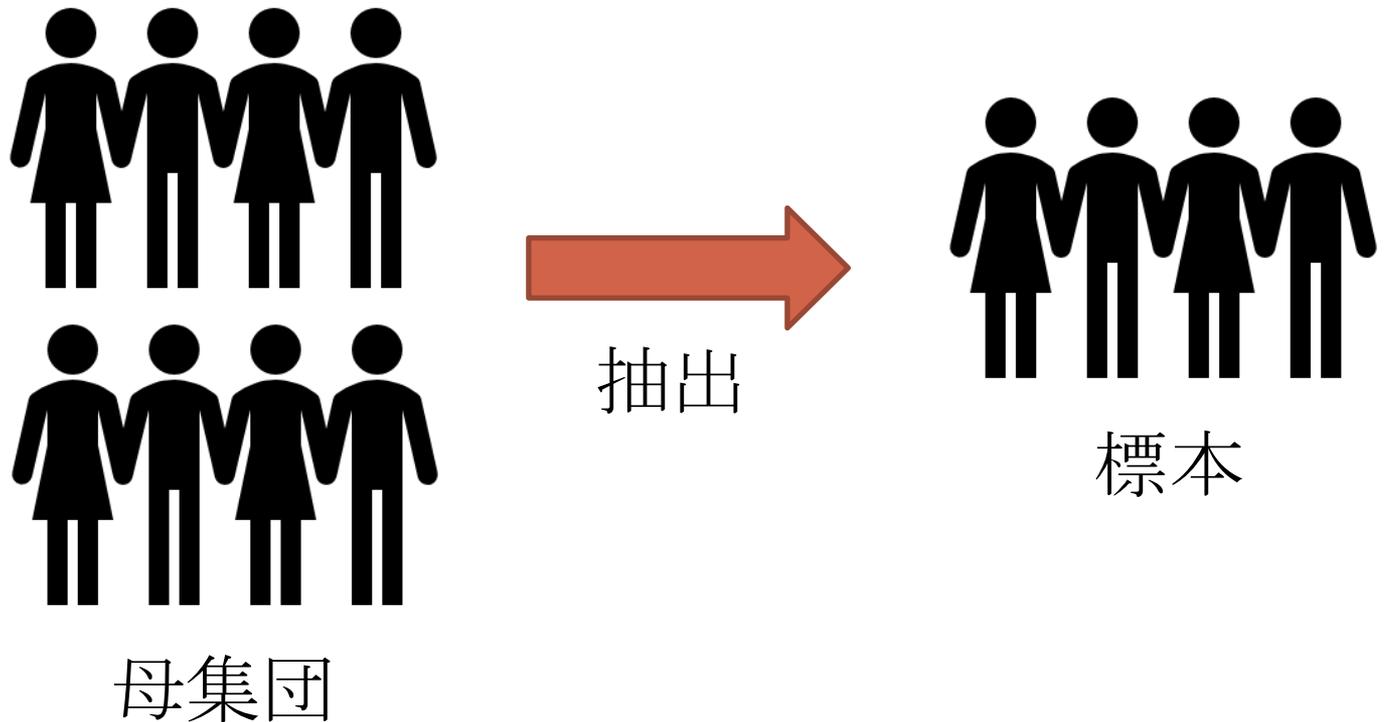
- 観測変数には誤差が含まれており、そのままの状態で行うと、相関係数や偏回帰係数が不当に低く算出されてしまう。(希薄化)
- SEMでは、誤差を分離して分析を行うので、真値に近い数字を得ることができる。

# 多母集團同時分析



# 通常の分析

- 標本が単一の母集団から抽出されたことを仮定して分析している。

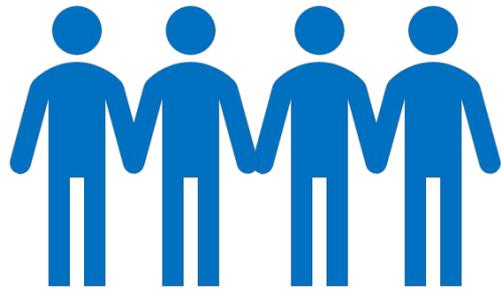


# 多母集団同時分析

- しかし、集団は時に単一ではない。  
例: 男女, 大学, 県...
- SEMを行う際、グループ間で比較を行いたい時に用いるのが、多母集団同時分析。

# 多母集團同時分析

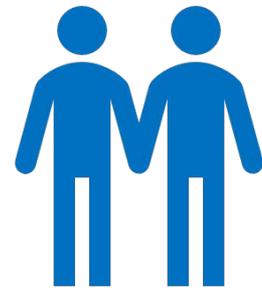
- 例：男女



母集團



抽出



標本

# 併合データ分析の弊害

- 学校Aと学校Bにおけるそれぞれの生徒の、入学時と卒業時のテスト得点を散布図にしたもの。

- 学校併合  $r_{\text{併合}} = 0.601$
- 学校A  $r_A = 0.855$
- 学校B  $r_B = 0.822$

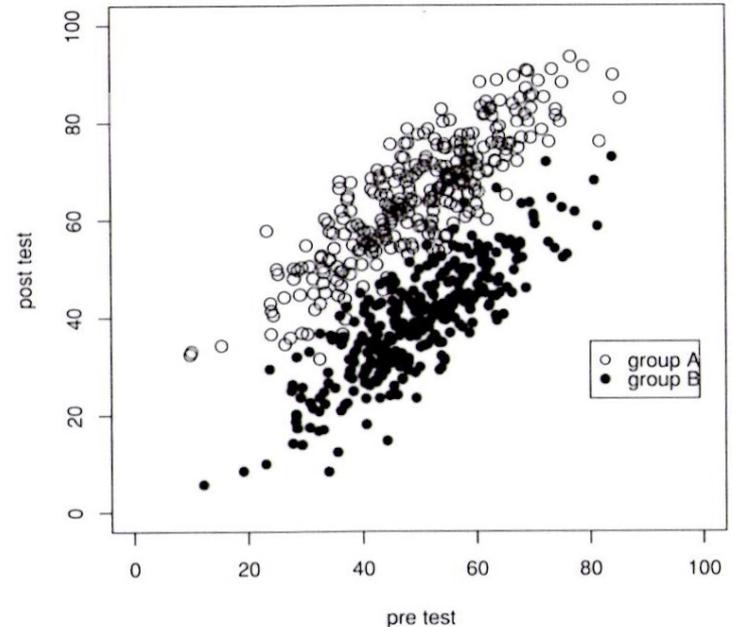


図 4.1: 異質な集団を含む散布図

# 併合データ分析の弊害

- SEMをはじめとする、多くの統計モデルを実行する際には、測定間には共変関係がないという条件(測定値の独立性)を満たさなければならない。
- 先ほどの図のような散布図では、母集団がAかBかによって測定値が大きく変化しうるため、これに反する。

# 多母集団同時分析の利点

- 集団ごとに分析を行えばいいのでは...？
- 問題点
  1. 推定値(回帰係数など)ごとに有意差を検定することはできるが、モデル全体での差異について言及することが難しい。
  2. 集団別に分析するということは、標本を数群に分割するので、各群の標本数が少なくなる。
- 多母集団同時分析ではこれらの問題を一挙に解決できる。



実際に分析してみよう！

野崎優樹・子安増生(2013)

大学入試に対する認知的評価  
とストレス対処が情動知能の成  
長感に及ぼす効果



# 研究の背景

- 情動知能
  - 感情や情動を扱う力の個人差をあらわす概念 (Mayer & Salovey, 1997)
- 情動知能が高い人ほど、自分自身や他の人の感情や情動をうまく理解し、扱うことができる。
- このような特徴は、どのような経験を通じて身につけることができるのか？

# 研究の背景

- 情動を適切に扱うことが求められる場面にストレス経験がある。
  - ストレス経験に適切に対処して乗り越えることができれば、自信がついたり、他の人に寛容になれたりするなどの成長につながる (Tedeschi & Calhoun, 1996)
- ストレスを味わう経験をした際にネガティブな情動をうまく扱う経験をすることで、情動知能が高まるのでは・・・？

# 要因

- 認知的評価(ストレス経験に対する捉え方)
  - 挑戦: ポジティブな情動により動機づけられる
  - 回避: ネガティブな情動により動機づけられる
- ストレス対処(実際の行動)
  - 自己活用接近対処: 自分の力で問題解決
  - 自己活用回避対処: 自分で気晴らしを行う
  - 他者活用対処: 他の人の力を借りる

# 想定するモデル

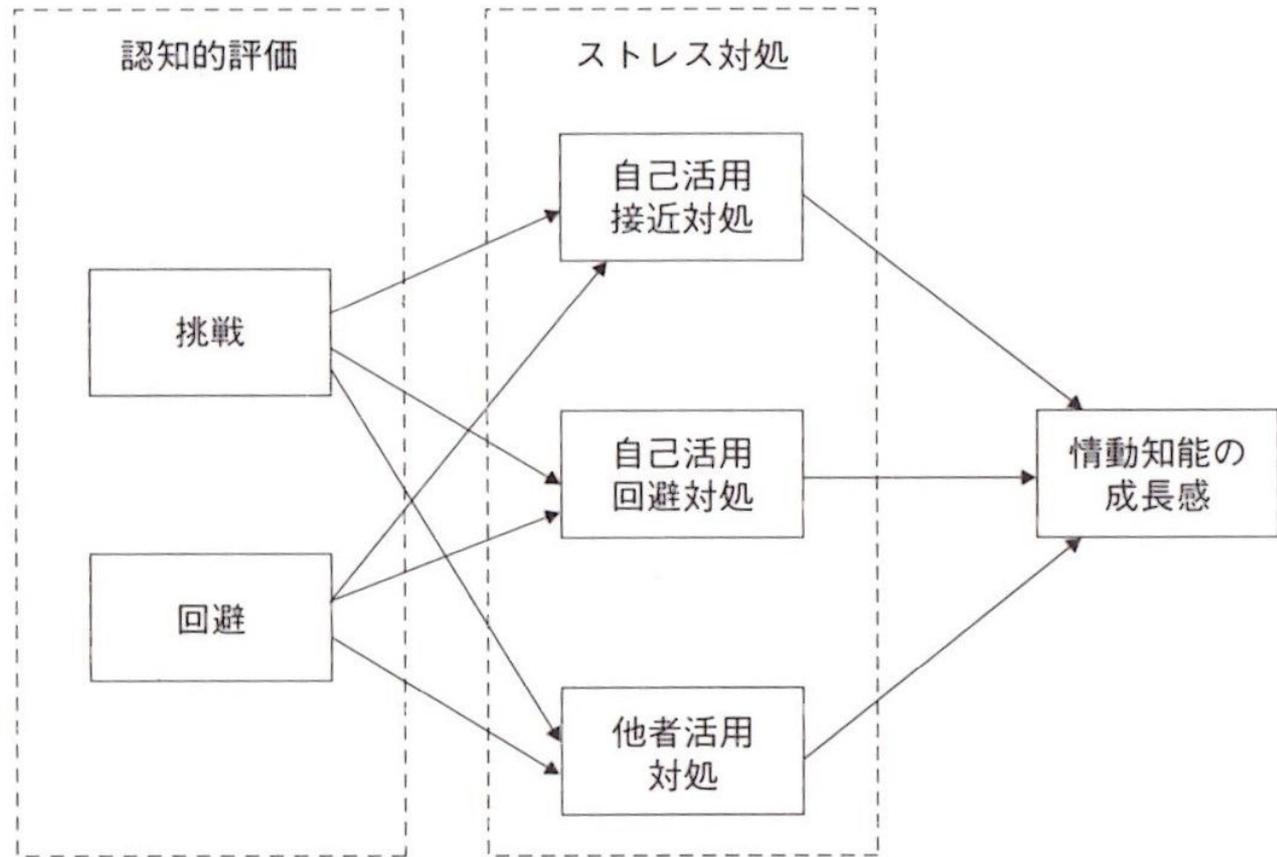


図 8-1 本研究で想定する仮説モデル

# 研究の背景

- 本研究では、ストレス経験として大学入試に注目し、検討する。
  - 大学入試には一般入試やセンター入試だけでなく、推薦入試やAO入試のように様々な入試形式がある。
- 大学入試によってストレス経験の質が異なるため、変数間の関連の仕方が異なる可能性...

多母集団同時分析を用いて検討しよう！

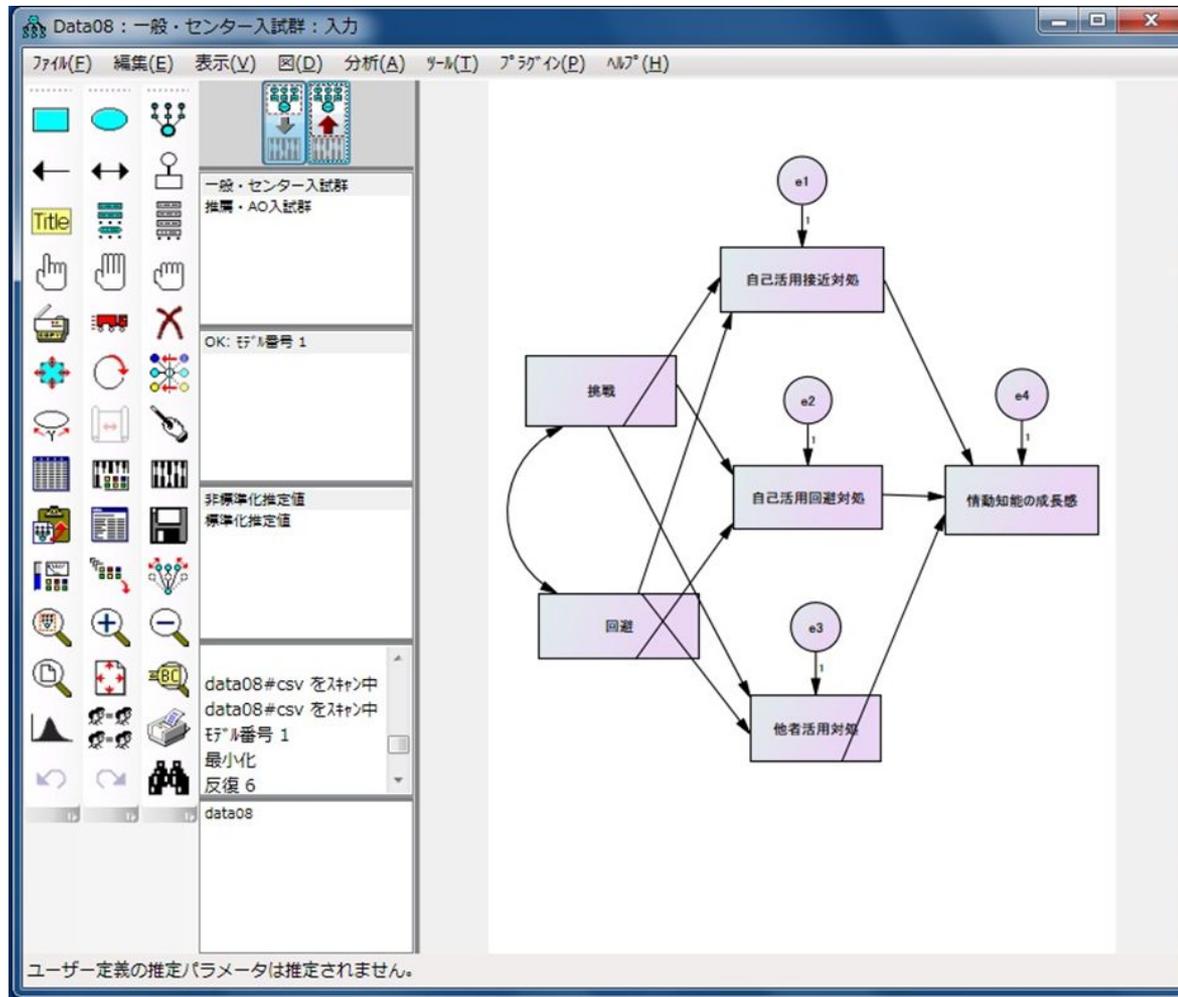


# 方法

- 参加者
  - 484名 (男性242名, 女性242名, 平均年齢21.42歳, 標準偏差 = 1.46)
- 入試形式
  - 一般・センター入試群 = 345名
  - 推薦・AO入試群 = 139名
- 質問紙(すべて6件法)
  - 認知的評価
  - ストレス対処
  - 情動知能の成長感

# 分析

- Amos を使って分析してみよう！（別紙）



# 多母集団同時分析の結果から

- 「自己活用回避対処」は「情動知能の成長感」と有意に関連していなかったが、本当に何も影響を与えていないのか・・・？
- 「自己活用回避対処」が他のストレス対処を促す形で情動知能の成長に貢献している可能性を探ろう！ → 媒介分析
- また、「回避」の評価の高低に応じて、「自己活用回避対処」の間接効果が変わることも探りたい → 調整媒介分析

# 媒介分析



# 媒介分析

- 独立変数と従属変数との間を、他の変数(媒介変数)が介在しているようなモデルを検討する分析。
- 独立変数と従属変数の間にある心理プロセスを検討するのに有効な方法。

# 媒介分析の流れ(図)

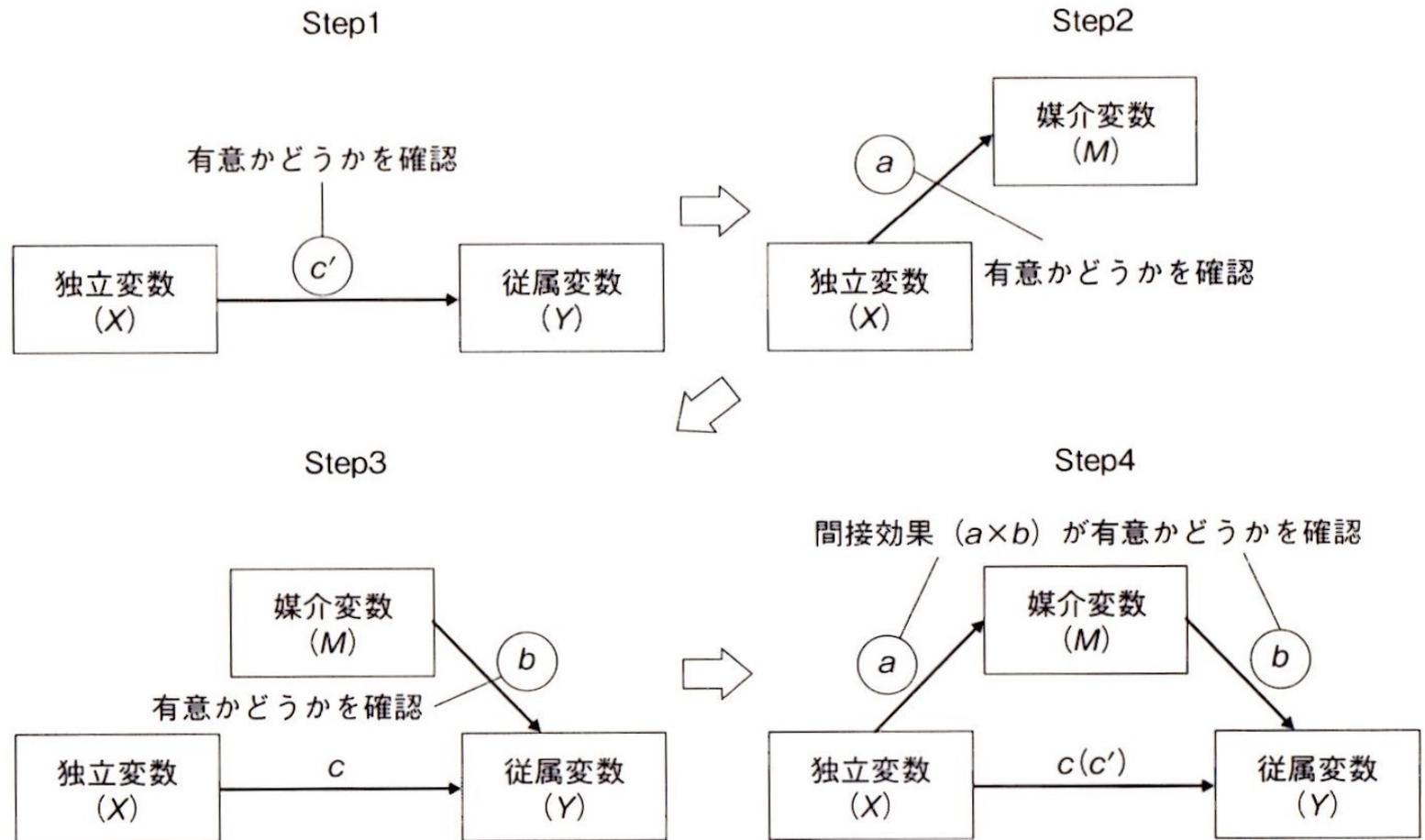


図 8-4 媒介分析の流れ

# 媒介分析の流れ

## 〈Step1〉

独立変数 ( $X$ ) と従属変数 ( $Y$ ) との関係を検討するために、

$$Y = \text{切片} + \mathbf{c}'X + \text{誤差} \cdots (1)$$

(1)式の回帰分析を行い、独立変数 ( $X$ ) が従属変数 ( $Y$ ) に与える効果をあらわす回帰係数である  $\mathbf{c}'$  の値を推定し、この値が有意かどうかを確認する。

# 媒介分析の流れ

〈Step2〉

$$M = \text{切片} + \alpha X + \text{誤差} \cdots (2)$$

(2)式の回帰分析を行い、独立変数( $X$ )が媒介変数( $M$ )に与える効果をあらわす回帰係数である $\alpha$ の値を推定し、この値が有意であることを確認する。

# 媒介分析の流れ

〈Step3〉

$$Y = \text{切片} + cX + bM + \text{誤差} \cdots (3)$$

(3)式に基づき、重回帰分析を行う。

(1)式に  $bM$  の項を追加した式になり、(1)の  $c'$  と比べると、 $c$  は媒介変数 ( $M$ ) の影響を取り除いた時の独立変数 ( $X$ ) が従属変数 ( $Y$ ) に与える効果となる。

# 媒介分析の流れ

## 〈Step4〉

(3)式で  $b$  が有意であれば、媒介モデルがほぼ成立したことになるが、一般的には独立変数 ( $X$ ) が媒介変数 ( $M$ ) を介して従属変数 ( $Y$ ) に与える効果 ( $a \times b$ ) が有意であるかを検定し、有意であれば間接効果が認められたと解釈する。

# ブートストラップ法

- 間接効果 ( $a \times b$ ) が有意かどうかを検定する上で、よく用いられる方法。
- 一般に正規分布に従う確率変数の積は正規分布にはならず、ゆがんだ形になる。

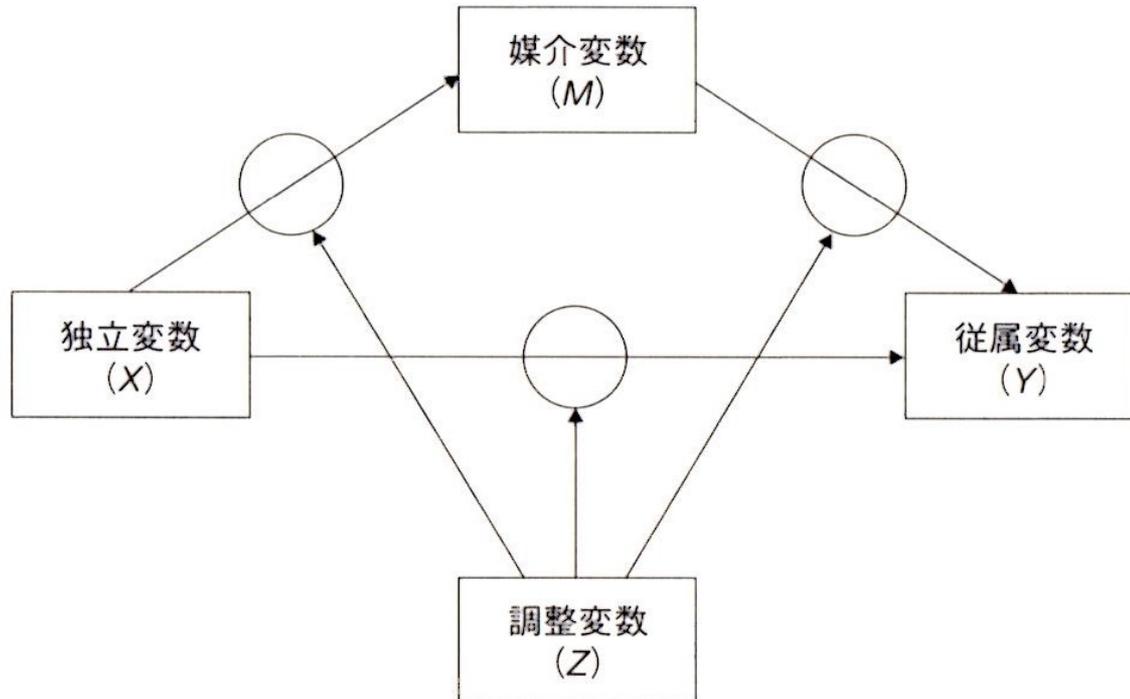


ブートストラップ法を用いて疑似的に正規分布を作ろう！

# ブートストラップ法

- 標本のデータ (ex.  $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ ) から、重複を許してデータを無作為に抜き出す。 (ex.  $\{x_1, x_1, x_2, x_2, x_4\}$ ) ... リサンプリング
- これを何度も繰り返すことで、少しずつ異なる推定値の結果を得ることができる。  
この推定の分布に基づいて95%信頼区間を求め、それが0を含んでいなければ、有意であると考ええる。

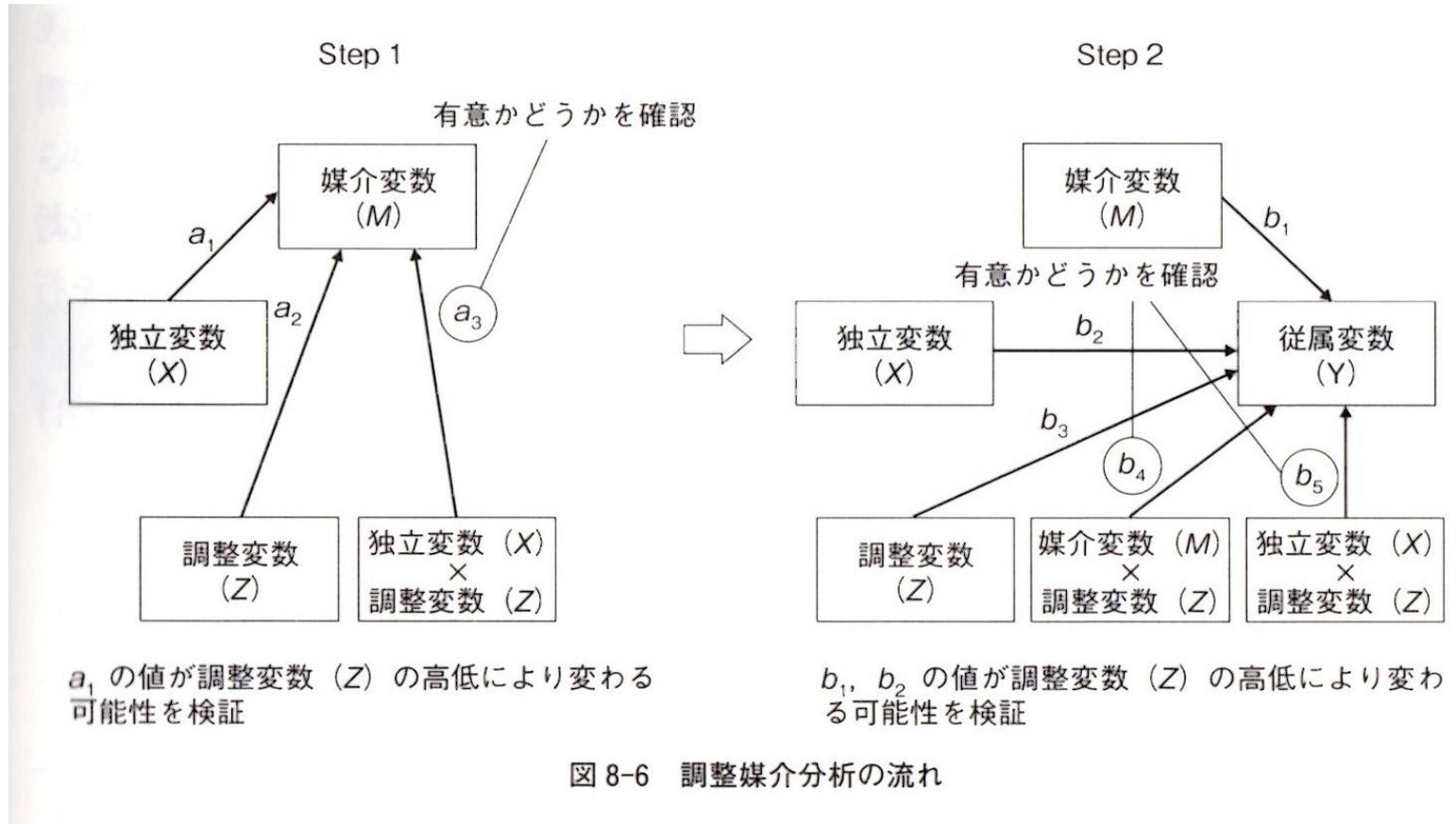
# 調整媒介分析



媒介分析での各変数間の関連の強さが、第4の変数である調整変数 (Z) の高低により変わる可能性を検証する！

図 8-5 調整媒介分析のモデル

# 調整媒介分析の流れ(図)



# 調整媒介分析の流れ

## 〈Step1〉

調整変数 ( $Z$ ) の高低により、独立変数 ( $X$ ) から媒介変数 ( $M$ ) への影響の強さが変わる可能性を検討する。

$$M = \text{切片} + a_1X + a_2Z + a_3XZ + \text{誤差}$$



$$M = (\text{切片} + a_2Z) + (a_1 + a_3Z)X + \text{誤差}$$

傾きに  $Z$  を含んでいるため、 $Z$  の値の大小によって、独立変数が媒介変数に及ぼす影響の傾きの値が変わる。 $a_3$  が 0 の場合は、調整変数の効果がなくなる。

# 調整媒介分析の流れ

〈Step2〉

$$Y = \text{切片} + b_1M + b_2X + b_3Z + b_4MZ + b_5XZ + \text{誤差}$$

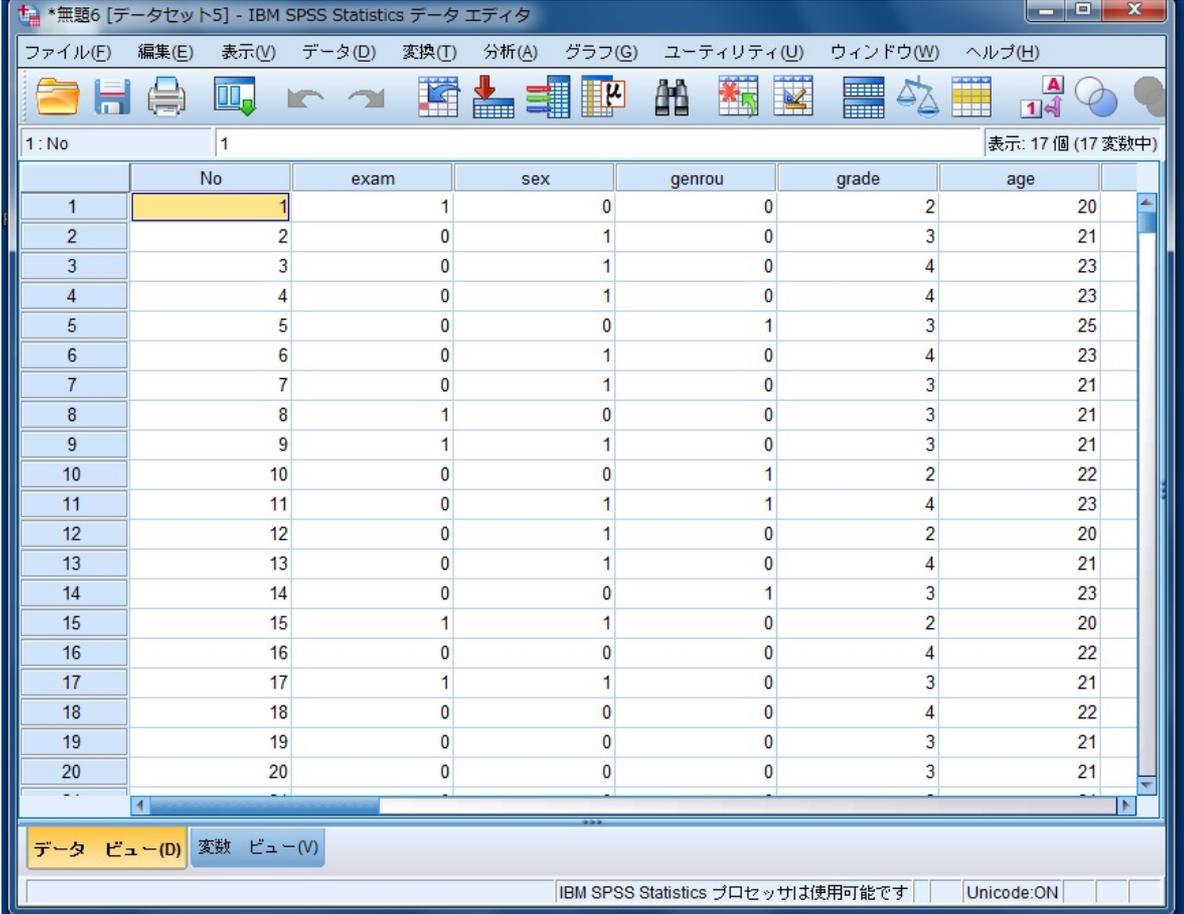
$b_4, b_5$  が有意に 0 から離れているかどうかを検定することで、媒介変数から従属変数への媒介効果や、独立変数から従属変数への直接効果が調整変数により変わるかどうかを検証できる。

# 調整媒介分析の流れ

- その後、間接効果の検定に移る。
- 交互作用が有意ならば、調整変数の値に「平均値から1標準偏差を引いた値」と「平均値に1標準偏差を足した値」を代入して、調整変数が高い場合と低い場合の間接効果を、ブートストラップ法を用いて検討する。

# 分析

- SPSSを使って分析してみよう！（別紙）



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor window. The title bar reads '\*無題6 [データセット5] - IBM SPSS Statistics データ エディタ'. The menu bar includes 'ファイル(F)', '編集(E)', '表示(V)', 'データ(D)', '変換(T)', '分析(A)', 'グラフ(G)', 'ユーティリティ(U)', 'ウィンドウ(W)', and 'ヘルプ(H)'. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and analysis. The main data grid shows 20 rows of data with columns labeled 'No', 'exam', 'sex', 'genrou', 'grade', and 'age'. The status bar at the bottom indicates 'データ ビュー(D) 変数 ビュー(V)' and 'IBM SPSS Statistics プロセッサは使用可能です Unicode:ON'.

No	exam	sex	genrou	grade	age
1	1	0	0	2	20
2	0	1	0	3	21
3	0	1	0	4	23
4	0	1	0	4	23
5	0	0	1	3	25
6	0	1	0	4	23
7	0	1	0	3	21
8	1	0	0	3	21
9	1	1	0	3	21
10	0	0	1	2	22
11	0	1	1	4	23
12	0	1	0	2	20
13	0	1	0	4	21
14	0	0	1	3	23
15	1	1	0	2	20
16	0	0	0	4	22
17	1	1	0	3	21
18	0	0	0	4	22
19	0	0	0	3	21
20	0	0	0	3	21

# 引用文献

- 野崎優樹 (2017). 大学入試のストレス対処経験は情動知能の成長感を高める？ —多母集団の同時分析と媒介分析—. 荘島宏二郎(編). 計量パーソナリティ心理学 . pp.121-136. ナカニシヤ出版.
- Mayer, J. D., & Salovey, P. (1997). What is emotional intelligence? In P. Salovey, & D. Sluyter (Eds.). *Emotional development and emotional intelligence: Educational implications*. New York: Basic Books.
- 三浦麻子 (2006). 因果関係をモデリングする—共分散構造分析—. 吉田寿夫 (編). 心理学研究法の新しいかたち . pp.85-113.誠信書房.
- 野崎優樹・子安増生 (2013). 大学入試に対する認知的評価とストレス対処が情動知能の成長感に及ぼす効果. パーソナリティ研究, **21**, 231-243.
- 小塩真司 (2004). SPSSとAmosによる心理・調査データ解析 —因子分析・共分散構造分析まで. 東京図書.
- 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.
- Tedeschi, R. G., & Calhoun, L. G. (1996). The Posttraumatic Growth Inventory: Measuring the positive legacy of trauma. *Journal of traumatic stress*, **9**, 455-471.
- 豊田秀樹 (2007). 共分散構造分析[Amos編]—構造方程式モデリング—. 東京図書.
- 豊田秀樹 (2014). 共分散構造分析[R編]—構造方程式モデリング—. 東京図書.