

研究ノート

因子分析的研究における misuse と artifact¹⁾

清水 和 秋

Misuse and Artifact in Factor Analytic Research

Kazuaki SHIMIZU

Abstract

The theory of factor analysis has been developed for incorporating mathematical statistical theories such as the maximum likelihood method and asymptotic methods. However, there have been several instances of misuse while employing procedures for factor analysis studies. In several studies, factor analysis has been performed by deleting items exhibiting the ceiling effect or floor effect. The number of samples required for factor analysis is not well known. Kaiser-Guttman criterion cannot be applied for determining the number of factors. Furthermore, various studies have employed Scree Graphs and Parallel Analysis for the said purpose, but no definitive method exists for the same. Orthogonal rotation methods such as Varimax cannot be considered as a conclusive solution. However, Geomin has been considered as a better rotation method not only for simple structure but also for more complex factor configuration. Simple structure and bifactor structure are discussed in connection to factor rotation problem. Although there are various artifacts associated with the usage of factor analysis, this issue can be addressed by verifying factorial invariance through multi-group simultaneous analysis incorporated by SEM programs such as Mplus and R Package.

Keywords: exploratory factor analysis, artifact, bifactor structure, factorial invariance

抄 録

因子分析の理論は、最尤法と漸近的方法のような数理統計学的理論を組み込んだ形で発展してきた。しかしながら、因子分析研究の手順にはまだ誤用がみられる。いくつかの研究において、天井効果や床効果を示す項目を削除して因子分析が行われている。因子分析に必要なサンプル数は明確ではない。因子の数を決定するために Kaiser-Guttman 基準は使うことはできない。そして、この目的で Scree Graph と Parallel Analysis を使用している研究は数多くあるが、そのための決定的な方法はない。Varimax のような直交回転は最終的な解と考えることはできない。しかしながら、Geomin は単純構造だけでなくより複雑な因子の布置に対しても優れた回転方法と考えられている。因子回転問題を考慮した単純構造と bifactor 構造について議論した。因子分析の使い方には多くの artifacts があるが、この問題は、Mplus や R Package などの SEM プログラムによって組み込まれた複数集団の同時分析によって因子的不変性を検証することによって対処することができる。

キーワード：探索的因子分析、artifact、bifactor 構造、因子的不変性

1) 本稿の一部は、日本パーソナリティ心理学第25大会（2016年9月14日）のチュートリアスセミナー「調査・解析・尺度構成という操作が作り出す artifacts — 解決方法の現在」と、応用測定研究会第1回会合（2017年10月21日）「心理測定における misuse と artifact」で発表した。

1. はじめに

心理学の量的研究では、観測したデータを数的処理が可能なシンボルに置き換えるという操作が行われる。Stevens (1946) は、この「操作」に加えて、その「数学的特性」そして「応用可能な統計的操作」から4種類の尺度水準（名義、順序、間隔、比率）を分類している。この4つの尺度水準を基礎にした心理統計法の教育が普及してきたことにより、名義尺度水準のデータを間隔尺度水準を対象とした統計的分析方法で処理するような統計の誤用 (misuse) は希なことになったといえよう。しかしながら、誤用がまったくみられなくなったわけではない。心理データ解析の実際には、分析方法を提供する統計解析ソフトが幅広く使用されている。入力したデータの変数の尺度水準を誤って指定しても、分析はそのまま行われ、結果が出力される。ここで多変量解析手法を例としてみると、間隔尺度水準の観測変数を対象としてきた回帰分析に、名義尺度水準のデータを、シンボルを数値として投入すれば、エラー表示もないままに計算結果が出力される。このような明らかな誤用だけではなく、間隔尺度水準の変数を名義尺度水準へと変換して、二項ロジスティック回帰分析を利用する研究もみられる。ロジット関数を導入することによって名義尺度水準の変数も解析することができようになったことと、本来の分析の目的とすることとの間に乖離があるといわざるをえない。このような使用例は、測定と操作に関して本質的な理解を欠いた別な意味での誤用であるともいえる。

因子分析法の利用に関して、柳井 (2000) は、1998年から1999年にかけて教育心理学研究や心理学研究に掲載された論文や学会大会の発表抄録に掲載された論文を精査して、因子軸の回転が直交で終わっていることや因子解の推定に主成分分析法を使用していることを指摘し、これらを誤用としている。そして、統計プログラムパッケージの普及により誤用が増えていることの対策として、論文の審査委員に測定・評価の専門家を加えることを提案している。最近の心理学の研究論文をみると柳井の警告は生かされていないようであり、天井効果・床効果による分析対象項目の削除など、根拠の明確でない基準をそのまま適用した因子分析の報告が数多くみられる。この点に関しては、ここでは、「一部で用いられている「平均±標準偏差が項目得点の取り得る範囲を超えたら、その項目は天井効果・床効果を示したとして除外する」という手続きは、平均が同じなら分散の大きい項目のほうを除外することになり、適切とは言えない (南風原, 2012, pp.214-215)」を引用しておくことにする。因子分析法では、過去にも、ある基準を機械的に適用することによる混乱が起きていた。柳井 (2000) が指摘する直交回転で回転を終了し、斜交の可能性を追求しない

ままに終わる研究もその一例である。そして、固有値が1.0以上であることを因子数の決定の基準とした時代もあった。

統計プログラムパッケージを誤って使用した場合でも、データを処理し、結果を出力してくれる。因子分析法の中でも探索的因子分析法の実際の利用では、因子数を誤っていても、因子解の推定方法や回転方法の指定が誤っていても、何らかの結果が因子負荷行列（あるいは因子パターン行列）としてPCから出力される。SPSSの因子解の推定をデフォルトの主成分分析法のままに回転を行うこともできる。このような場合でも、プログラムパッケージからは、利用者が誤りを犯しているというメッセージが出力されることはない。共通性が1.0を超えるような不適解の場合でも、共通性の値に注意を払わなければ、出力された結果がそのまま報告されるということにもなる。

探索的因子分析結果を検証する目的で、構造方程式モデリングの応用として、確認的因子分析が利用されるようになってきた。この方法でも、モデルとデータとの適合度が悪くても解析結果は出力される。適合度の判断には golden rule が適用するようになってきたにもかかわらず、採択の基準を明示することもなく、そして、適合度指標のいずれでも基準を満たしていないにもかかわらず、そのような結果を採択したとする報告がみられる（三保・清水・紺田・青木, 2014; 清水・三保・紺田・青木, 2014）。適合度指標の golden rule として定着しているカットオフ値は、 $\chi^2/df \leq 5.0$, GFI $\geq .95$, AGFI $\geq .95$, CFI $\geq .95$, NFI $\geq .95$, RMSEA $\leq .05$, RMR $\leq .05$, SRMR $\leq .08$ である（West, Taylor, & Wu, 2012 など）。

因子分析法を適用した研究では、ここで紹介してきたように誤った結果を産出してしまふことがある。方法論的欠陥があるわけではない。因子分析法は、固有分解などの数学的方法と最尤法などの数理統計学的方法を取り込みながら、そこにある課題を解決する方向で改良が加えられてきた。この発展の中で、過去の方法とその改良された方法とが混在して利用されていることがある。たとえば、IT 関連による項目分析は、清水（2011）で紹介したように因子分析の近似解を与えるとして1930年代に提案された方法であった。この時代、理論的には望ましい因子解の推定方法として主因子法（Thurstone, 1935）や最尤法（Lawley, 1940）が提案され、これらの方法の重要性についての理解はあった。しかしながら、これらの方法が手計算という点で実用的はなかったために、IT 関連の近似解としての性質を利用した項目分析が行われていた（Guilford, 1954）。残念なことに、代用品的な方法である IT 関連と因子分析とが併記される報告が最近でもみられる。

ここまで、因子分析の利用における混乱の現状をいくつか紹介してきた。このような状況を改善しようとする論考として、先にも柳井（2000）を紹介した。この他、今世紀に入

ってからの議論を蒐集してみると Costello & Osborne (2005)、Gaskin & Happell (2014)、服部 (2010)、Henson & Roberts (2006)、Howard (2016)、Lance, Butts, & Michels (2006)、Roberson III, Elliott, Chang, & Hill (2014)、Russell (2002)、Schmitt (2011)、Williams, Onsmann, & Brown (2010) などがある。このような論文では、因子分析法の使用について、artifact、abuse、misuse、robust、violation、あるいは、disuse などの用語を使いながらその問題点の所在を議論している。本稿では、因子分析の始まりの頃から使われることのあった artifact をキーワードとしながら、方法論としての本質的な課題を検討してみたい。

2. statistical-methodological artifacts

因子分析法の黎明期の頃である。因子は、因子分析法という数学的方法によって得られたものにすぎないという議論を Anastasia (1938) が、Thurstone (1936) が報告した知能の因子を対象にして、批判的に行った。その際に使われたのが misuse ではなく mathematical artifact であった。Anastasia (1938, p.392) は、“Like all statistical methods, it is a device for concise expression of the relationships existing among observed facts.” として、因子分析から得られる因子は、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と、因子分析法そのものを批判したのである。Thurstone (1940, p.191) は、“The concept of simple structure, or simple configuration, can be explained psychologically and entirely apart from the mathematical form of the solution which the psychological concept determines.” として、相関行列から計算される因子行列とこれを回転して得られる単純構造の因子行列とを明確に区別している。この論文で、前者の因子行列を得る数学的方法として、Thurstone が言及しているのは主因子法、セントロイド法であり、これらを mathematical artifact とし、回転結果の因子を複数の集団で不変性 (invariance) という観点から検討することの重要性を指摘している。

Anastasia と Thurstone の二人の議論の中で使用された artifact の日本語での訳語としては、印東 (1974, p.5) は「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。」としている。人工物でないことを確かめる方法として、ここでも因子的不変性の確認への言及がみられる。豊田・福中・川端・片平 (2008, p.97) は「不自然な結果 (artifact)」という表現を使っている。

異なった文脈ではあるが、大橋 (1960, p.247) は「解釈上のあやまち (artifact)」という使い方をしている。ここでみてきたように、artifact は、misuse とはニュアンスが異なる。

本来のものではない何かという意味合いで使われている artifact を、Eysenck (1953) は、科学的研究が進行する過程において必然的なものとして議論している。彼は、“Newton’s *g* (gravitational force) was a mathematical artifact (p.109).” として、統計的な手法により抽出される因子は、抽象的な構成概念そのものではなく、具体化する操作の過程で算出されるとして、因子分析法を心理学研究の根幹に位置づけ、statistical artifacts と表現している。なお、Mulaik (1986) もまた、この表記を採用している。

Kerlinger (1967) は、否定的項目と肯定的項目が正と負で負荷する両極性因子や直交回転しか適用しないで報告された直交因子が使用した方法によって得られたものにすぎないことを指摘し、このような methodological artifact の問題点を指摘している。また、Jensen (1986) は、知能検査間には positive manifold と呼ばれる互いに正の相関が観測されることを指摘し、Spearman の知能の一般因子は、この現象を一つの因子で表現するにすぎないとして、この結果が methodological artifact であるとしている。そして、知能を一般因子として測定する方法に妥当性研究の観点から疑問を呈している。なお、これらの先行研究を批判的に議論している論文では misuse という表現は使われていない。このような議論を踏まえ、Shimizu, Vondracek, Schulenberg, & Hostetler (1988) では、statistical-methodological artifact という表現で、因子分析法を不適切に使用した研究を批判的に総括したことがある。

図1は、心理テストの作成過程について、質問紙法を中心として、その目的からテストとマニュアル作成までの流れを整理したものである。statistical artifacts は「●項目分析」の方法の適用の適切性と関係する。MacCallum & Tucker (1991) は、この適切性を誤差という用語で検討を行い、モデルとデータとの適合がうまくいかない原因として、モデル誤差 (model error) と標本誤差 (sampling error) とをあげている (清水, 2003)。「項目分析のための調査」も、この statistical artifacts と関係すると考えることができよう。これらに加えて、methodological artifact には「項目の作成」が関係することも指摘しておきたい。

構成概念に質問紙法調査とそのデータ解析から迫ろうとする過程を概観してみると artifacts となり得る要因が複雑に関係していると考えられる。本稿では、探索的因子分析法を中心に、artifacts の原因とその解決方法の現在を紹介してみたい。

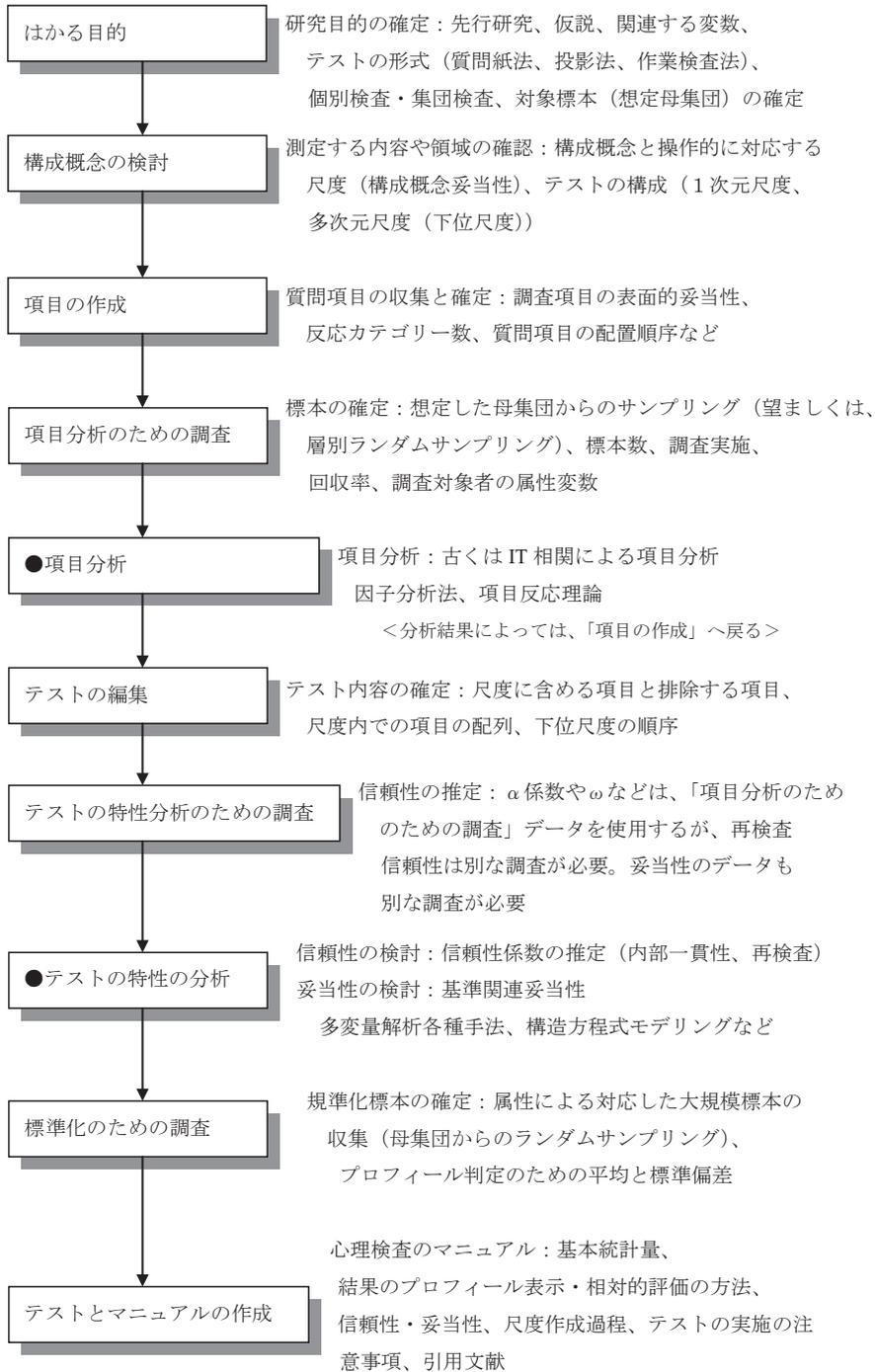


図1 心理テストの作成過程

3. 探索的因子分析法

因子分析により潜在する次元を探索する研究については、先にも紹介したように、ガイドラインが提案されている。これらの中で指摘されているポイントを整理すると、1) 標本とそのサイズ、2) 観測変数の分散、3) 項目の反応カテゴリーの数と因子解の推定方法、4) 因子数の決定、5) 因子の構造と因子軸の回転方法などである。実際の探索的因子分析法では、解析結果が artifacts とならないように、これらのポイントを順番に独立して参照するという利用が多いようである。しかしながら、柳井 (2000) が指摘しているように、ソフトウェアのデフォルト指定である主成分分析法で計算したままの報告もみられる。Russell (2002) が abuse という刺激的な言葉も使っているように、因子分析法を不適切に使用した研究例は多い。これらの5個のポイントを中心としながら、議論を進めることにする。

1) 標本とそのサイズ

心理学では、母集団からのランダムサンプリングで抽出したデータを分析の対象とする研究は、日本だけではなく、欧米でも、社会学や教育学の分野と比べると非常に少ないといわざるを得ない。多因子法の創始者である Thurstone (1935) は、相関行列の分解から因子を算出する方法を追求し、イギリスの因子分析研究者とは違って、母集団からの標本にはこだわりがなかったようである。相関行列の分解という観点からは、相関行列の逆行列が計算可能な標本サイズであることが条件となる。このような流れのなかで、たとえば、Cattell (1978) は、標本サイズと分析対象の変数の数との比として、3対1を目安としている。この比についての基準は、主因子法を主な因子解抽出の方法としていた時代に検討されたものであった。この時代の因子分析法のテキストの中には、標本サイズと分析での適切性について、50 (very poor)、100 (poor)、200 (fair)、300 (good)、500 (very good)、1,000以上 (excellent) とするものもある (Comrey & Lee, 1992など)。Gorsuch (1985) は、最小の標本サイズを100としている。このような数値は、因子分析研究の蓄積の上で提案された経験則 (rules of thumb) による目安にすぎない。実際の研究でのサイズについて、Henson & Roberts (2006) は、探索的因子分析法を使用している59論文を対象として分析内容を精査し、標本サイズの中央値が267.00で、平均が436.08、標準偏差が540.74、最小が43、最大が3,113であったと報告している。MacCallum, Widaman, Zhang, & Hong (1999) は、標本サイズ (60, 100, 200, 400) と変数の数と因子の数との比 (10: 3、20: 3、

20:7)そして変数の共通性(低い、幅広い、高い)に関してモンテカルロ実験を行い、この3種類の違いが結果に影響することを明らかにし、因子に負荷する変数の数が少なく、共通性も低い場合には、500を超えるサイズが必要ではないかとしている。そして、共通性が高く、因子に負荷する項目も多い、質の良いデータの場合には、100を超える程度でも十分としている。同様の報告を Mundfrom, Shaw, & Ke (2005) も行っている。彼らの結果を要約すると次のようになる。変数の共通性が高い場合、変数と因子の比が8の場合にはサイズは100、この比が6の場合には250、4の場合には500となる。共通性が低い場合には、変数と因子との比が8の場合には130、6の場合には260、4の場合には1,400となる。

最尤法(Jöreskog, 1967)が本格的に使用されるようになってからは、標本サイズについては「十分におおきな標本」という表現が使われるようになった。そして、主因子法による探索的因子分析法ではそれほど強調されなかった分析対象の変数が「多変量正規分布」に従うことが最尤法を使用するための条件であると暗黙のうちに考えられてきた。Boomsma (1982)は、構造方程式モデリングのソフトである LISREL を使って、100より少ない標本サイズでの推定は危険であり、200以上を勧め、そして、分布が正規分布から乖離していても頑健であることを示した。Browne (1984)による漸近的方法の提案は、観測変数の分布に関しては、正規分布に限定をする必要はないということであり、順序尺度水準やカテゴリ変数を対象として因子分析法を適用することも可能となってきた(市川, 2010; 繁梈, 1990)。

標本サイズについては明確な基準がない。加えて、モンテカルロ実験で明らかにされてきたサイズに影響する変数と因子の比や変数の共通性、そして、因子の構造は、因子分析結果から見えてくるものである。研究計画や調査計画を立てている段階では、サイズを決めるための情報は先行研究あるいは仮説段階の情報だけであり、十分な根拠を手にして調査計画を立てることができるとは考えられない。この状況の中で、標本サイズの少ないと思われるデータから抽出された因子をどのように評価すればよいのであろうか。artifactではないといえるようにするには、どのような方法でデータ処理をすればよいのであろうか。ここでの暫定的な答えは、Gorsuch (1985)が提示している「最低数は100で、できるだけ多く」かもしれない。そして、可能であれば標本計画に従ったランダムサンプリングを実施することではないだろうか。もう一つの回答は、印東(1974)が言及していたように、因子的不変性の検証である(Nesselroade & Baltes, 1984; 清水, 2013)。

2) 観測変数の分散

古典的テスト理論の観測変数の分散は、真の得点の分散と誤差分散からなる。これに対して、因子分析法のモデルの観測変数の分散は、共通性と独自性の和として定義される。そして、独自性は、特殊性と誤差の分散との和から定義される (Thurstone, 1935)。

Spearman (1904) は、学校の成績から計算した相関行列を対象に、知能の一般因子を抽出する方法として、因子分析法を提案した。観測変数の一般因子の負荷量の平方が、当該観測変数の共通性である。多因子法を提案した Thurstone (1935) は、主因子解の近似解をセントロイド法で計算し、因子軸の視覚的回転によって、知能の下位領域を測定する尺度を観測変数として、知能が斜交の7因子からなると主張した。多因子モデルでも共通性の推定は、重要な課題であり、主因子法の繰り返し法がコンピュータの普及により利用することができる以前には、あらかじめ別な方法により推定した観測変数の信頼性を共通性とするも行われていた (たとえば、Lawley & Maxwell, 1963; Thurstone, 1951など)。

観測変数の共通性は、観測変数の全分散中の因子の分散にも相当すると考えることができる (Thurstone, 1935)。個別の観測変数の共通性の値は、信頼性の一般的な基準からみると十分なものではない。因子分析法で尺度構成しようとするのは、観測変数である項目の信頼性が十分なレベルにはないからである。項目の数が多くなると信頼性の低い項目は結果に悪い影響を与えることになる。Cattell (1956) は、小包化という操作により項目よりも信頼性の高い変数を構成し、これを対象として因子分析法を実行することを提案している (清水・山本, 2007)。Little, Rhemtulla, Gibson, & Schoemann (2013) は、項目からの分析を主張する意見と小包化の有効性を主張する意見を、これに関する研究の歴史を遡って整理し、小包化も観測変数を操作する方法のひとつであるとしている。彼らがまとめているように、小包化の適切な方法はいまだに研究の途上にあることは確かである。MacCallum et al. (1999) が明らかにしたように、共通性の値の高低が収集する標本のサイズに影響を与えることもここでは指摘しておきた。

古典的テスト理論と因子分析法では、観測変数に含まれる分散の定義が、特殊性という点で異なっていた。主因子法による Thurstone 流の因子分析法では、ランダム誤差だけでなく、この特殊性も分析から排除していた。実際には、共通性を推定することにより、特殊性とランダム誤差とを独自性として、共通因子から排除していたわけである。最尤法の導入は、この様相は大きく変え、因子解だけではなく、独自性もまた推定の対象とした (たとえば、Lawley & Maxwell, 1963; Jöreskog, 1967など)。

観測変数と因子との関係については、一般的には、単純な構造であることを仮定してい

る。探索的因子分析法は、単純構造への回転によって、共通因子空間に観測変数の布置図を描こうとする方法でもあった。構造方程式モデリングを使った確認的因子分析法では、往々にして、因子から観測変数へのパス（因子パターンあるいは因子負荷量）だけでは十分な適合度の結果を得ることができないことがある。この場合の方策として、因子と観測変数との関係の複雑化することがある（たとえば、清水・山本, 2007）。あるいは、独自性間に共分散を置くことにより、対応することもある（たとえば、清水・柴田, 2008）。前者は、共通因子において、観測変数間の共分散を説明しようとする方向である。独自性がランダム誤差の分散のみからなっていれば、独自性間に共分散を仮定することは、ランダムであるという性質からしてできない。特殊性という分散が独自性に含まれることにより、後者のように、独自性間に共分散を仮定することが許容されるわけである。

観測変数の中に測定の対象とは質的に異なった分散が含まれていることがある。たとえば、STAIのような状態・特性不安の測定では、状態変数にも特性の分散が混入する。キャリア不決断の測定でも、一時的な不決断と慢性的な優柔不断の特定が課題であった（Shimizu, in printing）。社会的望ましもまた同じように考えるべきなのではないだろうか（登張, 2007; 辻岡・藤村, 1975）。これらの点については、ここでは問題の所在の指摘にとどめ、機会を改めて検討を行ってみたい。

3) 項目の分布と反応カテゴリーの数と因子解の推定

南風原（2012）の指摘にもかかわらず、平均±1標準偏差を超える（天井効果）あるいは下回る（床下効果）という基準を機械的には当てはめて、変数を削除することが因子分析法を使った研究では行われている。この現象は、研究者が観測変数の分布に非常に敏感なためにおきていることなのかもしれない。因子解の推定として、最尤法を使用する場合には、多変量正規分布を条件とすることがよく知られており、多変量正規分布から乖離している変数を削除しようとしているようでもある。これもまたよく知られていることであるが、最尤法には、多変量正規分布からの乖離にある程度は頑健であるという性質がある（Boomsma, 1982）。ここでは、Korkmaz, Goksuluk, & Zararsiz (2014) が、これまでの方法を整理しながら多変量正規分布の検討のための R package MVN を提供していることを紹介しておくことにする。なお、Lee, Terada, Shimizu, & Lee (2017) は、歪度と尖度から分析対象の変数を選択している。

母集団から適切なサンプリングが行われることは心理学の研究では希であると言わざるを得ない。そして、標本の特定の反応の傾向が、結果に影響を与えると考えることはそれ

ほど不自然ではない。この状況の中で、天井効果・床効果の基準を機械的に適用することの問題点は、研究対象の標本の分布によって、項目が削除されることになるということである。ある程度のレベルでの信頼性が報告されている尺度を使って、新しい標本を対象にした研究で、このような基準を適用して、項目を削除することも残念ながら行われている。このようなことを繰り返すと、研究の連続性が失われることにもなりかねない。実際の研究では、たとえば、三保・清水 (2011) や寺田・紺田・清水 (2012) などのように、反応が高得点のカテゴリーに集まる傾向にある研究分野でも、天井効果を示す項目を含めたとしても、因子分析の結果には大きな影響はないようである。天井効果・床効果を機械的に適用して、項目を失うという結果もまた artifact と言えるのではないだろうか。なお、天井効果・床効果を示す変数については、Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2015) を使って、打ち切り変数 (censored variable) として解析することも可能であることを指摘しておきたい。

{0,1} の2件の反応選択の場合、項目間の相関係数をピアソンの積率相関係数により計算し、これを因子分析法に適用することには批判があった。この結果から抽出される因子は、困難度因子と呼ばれる。Carroll (1961) は、ピアソンの積率相関係数を2件法データの分析に使用することを statistical artifacts と表現している。この場合には、四分相関係数 (tetrachoric correlation coefficient) が使われてきた (Thurstone, 1934)。反応選択肢の数が3個以上になると多分相関係数 (polychoric correlation coefficient) を使うことができる。順序尺度や分布に正規が仮定でき場合には、このような相関係数の行列を対象とした因子解を最尤法で推定することも可能ではある。しかしながら、繁樺 (1990) が、このようなやり方をナイーブな方法しているように、最尤法で得ることのできる統計量としては、適切なものとはいえなかった。この課題を解決したのが Browne (1984) である。彼は、選択肢のカテゴリー間が等間隔であることを前提としなくも、あるいは、正規分布から乖離した分布であっても、最尤法の推定量と同値の値を推定する方法として Asymptotically Distribution-Free (ADF) 法を提案している。この ADF は、Mplus や Amos では、Weighted Least Squares (WLS) と表記され、順序尺度水準やカテゴリー変数を分析対象とした分析で使用されている。ADF や WLS を使用するには、標本のサイズが相当に大きいことが条件となる。これを改良した Weighted Least Square Mean and Variance adjusted (WLSMV) も提案されている (Muthén, 1993)。

この ADF を使った研究としては、ここでは Career Decision Scale (Osipow, Carney, & Barak, 1976) に関する Shimizu, Vondracek, & Schulenberg (1994) を紹介しておきたい。

この尺度について、Shimizu, Vondracek, Schulenberg, & Hostetler (1988) は、最尤法と Promax 回転から 4 因子の構造であることを報告した。これに対して、項目の分布が正規分布から乖離しているとして、最尤法の利用についての疑問が Martin, Sabourin, Laplante, & Coallier (1991) によって提起された。Shimizu et al. (1994) は、この批判に対する反論として ADF を使って、最尤法と同じ 4 因子構造となることを報告したわけである。なお、この研究での標本サイズは 703 であり、4 件法 13 項目が分析の対象であった。

清水・山本 (2017) は、YG 性格検査 12 尺度の 3 件法の項目を対象として、尺度別に Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2015) を使用し、最尤法、WLS、そして、WLSMV の三種類の方法で因子解を推定し、Bifactor 構造を仮定し、Geomin 法で因子軸の回転を行った。その結果、最尤法、WLS、そして、WLSMV のそれぞれの結果が似通ったものとなったことを報告している。なお、この分析での標本サイズは 1,256 であった。この分野での研究では、推定方法を評価するデータをモンテカルロ実験から得ることが多い。実際のデータと合わせたさらなる検討が待たれている。

質問項目の反応選択肢についても、過去の方法がそのままに埋め込まれている状況にある。たとえば、社会的態度測定の領域では、一次元尺度の構成方法として、サーストーン法やリッカート法、そして、ガットマン法があった。社会的事象に対する態度には、賛成と反対がある。これに加えて、中間的な意見表明も重要な選択肢である。5 件法のリッカートタイプの選択肢は {Strongly Approve, Approve, Undecided, Disapprove, Strongly Disapprove} であり、中間の反応選択肢は {Undecided} であった (Likert, 1932)。心理学の他の領域の測定では、この中間選択肢は、どのように取り扱うべきなのであろうか。認知領域の測定では、回答選択肢は {正解, 不正解} のいずれかであり、中間選択肢はあり得ない。非認知的な領域では、二件法では {当てはまる, 当てはまらない} であり、多値の選択肢は {当てはまる, 当てはまらない} を細分化して 4 件法、6 件法などとなる。Garland (1991) や González-Romá & Espejo (2003) などが整理しているように中間選択肢の表記は様々である。「?」「いずれでもない」を中間選択肢とする場合もある。選択肢として中間であることを調査参加者に正確に伝えることができているのであろうか。乱数実験では見えてこない情報を、実際のデータの分布の形態とも合わせて、検討していく必要があると考えている。

質問紙調査の反応に混入するバイアスについては、岩脇 (1973) が体系的にまとめている。質問を使った測定では多様な反応バイアスを完全に回避あるいは測定でコントロールすることは難しい。先にも紹介した社会的望ましさのように、本来の測定対象とは異なっ

た分散については、これを操作的に取り扱った研究はそれほど多くはない。

4) 因子数の決定

相関行列の固有分解から得られる固有値を大きいものから順に1.0以上の値を示す個数を因子の数とするのが Guttman 基準あるいは Kaiser-Guttman 基準であった (Kaiser, 1960; Guttman, 1954)。Cattell (1966) による Scree は、固有値の値を最大から最小へとグラフで表し、前後の落差の大きいところで因子数を決める方法である。これらの方法の問題点は、対角項に共通性ではなく、1.0を置いた相関行列を対象としていることにある。

主因子解の第1因子は、対角項が共通性からなる相関行列の固有値・固有ベクトルから計算される。第2因子は、第1因子の残差行列を対象とした固有分解から計算される。以降の因子も残差行列から固有値・固有ベクトルの計算により抽出されることになる。これに対して、観測変数の独自性ではなく、観測変数にランダム誤差を仮定した主成分分析法による第1主成分は、対角項が1からなる相関行列から計算される。

固有値の値を手がかりとする Kaiser-Guttman 基準や Scree は、このようにみても、因子ではなく主成分を対象としていることになる。Horn (1965) の平行分析 (Parallel Analysis) は、乱数により作成した相関行列の固有値と実際のデータから得られた相関行列からの固有値とを比較する方法であり、Scree グラフに乱数データから計算した固有値を加え、対応する実際の固有値を比較して、ランダムではないところを意味ある因子と判断しようとする。この方法でも、相関行列の対角項は1のままである。Velicer (1976) による MAP (Minimum Average Partial) も主成分を操作する方法という点では同じである。堀 (2005) は、これらの方法について、詳細な紹介と比較検討を行っている。その中で、相関行列の対角項に1ではなく、SMC (重相関係数の平方) を用いる方法にも言及している。ここでは、多くの因子分析的研究では、推定値の下限を与える SMC よりも、主因子法の繰り返し法による共通性の推定がより使われていることを指摘しておきたい。

このように観測変数の共通性に、逆にいえば、独自性 (=特殊性+ランダム誤差) に、拘ってきた因子分析法のモデルから考えからみると、因子の数を対角項を1とした相関行列から計算する方法で決めるのは、主成分分析法の成分の数を因子の数と決めつけることになるといわざるをえない。因子の数の決定においては、相関行列から行う場合、共通性をその対角項に置かなければ、理論と解析との整合性があるとはいえない。

共通性は、抽出する因子の数によって、その大きさが変わるため、因子の数を決定する過程では、その数を変化させながら推定を行わなければならない。たとえば、Scree や平

行分析では、極端な表現となるかもしれないが、変数の数と同じ数を最大の因子の数とした共通性の推定からはじまることになる。Rのパッケージである psych (Revelle, 2017) では、SMCによる共通性の推定をデフォルトとして、Horn (1965) の主成分分析法による固有値の表示に加えて、因子分析法による値の表示も行い、因子の数の決定には、因子分析法を採用している。なお、テトラコリックや多分相関係数に対応した平行分析も psych では使用することができる。

psych では、この他に、因子の構造を加味した因子の数の決定方法として VSS (Very Simple Structure) も提供している。これは、回転後の因子行列・因子間相関行列から相関行列を計算し、元の相関行列との関係を指標化し、適切な因子の数を決定しようとするものである (Revelle & Rocklin, 1979)。

VSSは探索的な方法に過ぎないが、探索的因子分析法であっても、因子数の決定には、最尤法を因子解の推定方法として使用することにより、尤度比検定や適合度による評価を行うことができる。SPSSでは χ^2 統計量が出力される。堀 (2005) が、 χ^2 統計量は、共通性が高く、恵まれた状況でのみ適切に機能すると結論を下していることから分かるように、探索的因子分析での因子数の決定でこの方法を使用することは難しそうである。Mplusでは、 χ^2 統計量に加えて、RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)、CFI (Comparative Fit Index)、TLI (Tucker-Lewis Index)、SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) などの適合度指標も出力される (たとえば、清水・山本, 2017)。

因子数の決定には、ここで紹介してきたようないくつかの方法がある。固有値が1以上であることを基準としたのは過去のことであり、Screeの図で、落差のありそうな箇所を因子数の候補として、因子の回転を行い、その結果を解釈しながら、最終的な因子の数を決めることが、一般的な方法となっている。

5) 因子の構造と因子軸の回転

SpearmanとThurstoneの因子分析についての論争は、知能の構造を次元と考えるか、多次元とするかということであった。多次元の構造は、その多次元からなる一次因子の上位に二次因子を置くことで、そして、これを一般因子と見做すことにより、一次因子と二次因子の階層からなるということ、二人の論争は決着したかにみえた。

Thurstoneの一次因子 (あるいは特性因子) は、数学的基準で抽出した因子をさらに単純構造を目標として回転して得られたものであった。この過程でThurstoneが定義した因子と観測変数との関係についての単純構造という考えは、その後の因子軸の解析的回転方

法の展開では、Varimax 法や Promax 法に代表されるように、回転の基準としてみなされてきた。

知能の階層的考え方に対しては、因子分析法の創生期において異論があった。観測変数に因子についての2つの分散があるという Holzinger による Bifactor 構造である (Holzinger, 1938; Holzinger & Swineford, 1937)。この Bifactor のひとつが一般因子であり、もう一つが特性因子である (清水・青木, 2015)。なお、浅野 (1971) は日本語訳として双因子を当てていたが、ここでは英語表記のままとした。

因子の解析的回転法について、たとえば、Gorsuch (1983, p.185) は、“Varimax is inappropriate if the theoretical expectation suggests a general factor may occur.”としている。この問題提起は、一般因子の傾向を強める回転である Quartmax 法に対して、Vaimax 法は、因子の分散の最大化を目的としており、結果的に独立した因子の傾向を強めることになることを踏まえたものであった。最も引用されてきた米国の因子分析法の代表的なテキストではあったが、この箇所に着目した研究はほとんどなかった。青木・清水 (2015) と清水・青木 (2015) で紹介したように、Bifactor 構造に70年ぶりに着目したのは、項目反応理論の研究者であった Reise (2012) であった。この構造のための解析的回転方法は、Jennrich & Bentler (2011, 2012) が提案している。R や Mplus では、この回転方法を使用することができる (清水・山本, 2017)。

Bifactor の解析的回転には、直交と斜交の両方が提案されている。一般因子と特性因子との間は独立した関係を Bifactor 構造では仮定してきた。特性因子間の関係性については、特殊因子的な性質を内包するものであれば、直交の関係を仮定することができる。これに対して、多因子構造的な特性因子を仮定するならば、斜交の関係となるのではないだろうか。これについては、分析対象の構成概念の定義とも関係すると考えられる。現状は、この回転法による結果と他の回転法による結果との比較とも合わせ、研究結果を蓄積していく段階にあるのではないだろうか。

実際の因子分析法による研究において、一つの変数が一つの因子にだけ高く負荷し、かつ、このような変数が各因子に複数個もみられ、複数の因子に負荷する変数がまったくみられないという完全な単純構造が回転により得られることは希なことであるといわざるをえない。一般的には、単純な様相を示しながらも、弱いながらも複雑に複数の因子に負荷することが多い。解析的な回転方法を体系的に整理した Browne (2001) は、このような複雑性が内在する構造の回転には斜交の Geomin (Yates, 1987) が最良であるとしている。これを受け、Mplus では因子軸の回転にはこの Geomin をデフォルトとしている。単純構造

を対象とした研究であっても、Varimaxのような直交回転で回転を終えることはほぼみられなくなってきた。VarimaxからPromaxへと斜交回転することが多い。そのような中で、Geominが普及しないのは、SPSSに回転方法のオプションとしてこれが提供されていないからかもしれない。

因子構造については、複数の仮説的モデルを構成し、確認的因子分析法を応用することによって、これらの適合度の評価を行いながら、最も適合度の良い結果を得ることができる（清水・吉田，2008）。因子を解析的に回転する目的は、あくまで探索にあると考えるべきなのではないだろうか（Nesselrode & Baltes, 1984）。

4. 最後に

心理尺度を構成することを目的として因子分析法が使用されてきた。具体的には、探索的因子分析法の主因子法あるいは最尤法で因子解を抽出し、単純構造を求めて、Varimax法やPromax法で回転し、その因子パターン行列あるいは因子負荷行列から因子の解釈を行い、解釈の対象となった項目を合成して、尺度の構成が行われている。

抽出した多次元の因子に対応する尺度の構成で、因子別に構成した尺度の信頼性の推定値に加えて、全体としての信頼性が報告されることがある。尺度を応用する場面では、あるいは、構成した尺度の妥当性を検討する場面では、個別の尺度を対象としている。全体としての尺度の信頼性を報告する意義はどこにあるのであろうか。考えられることのひとつは、この構成概念がBifactor構造ではないかということである。一般因子が、この全体としての信頼性の推定という形で現れているのではないだろうか。そして、この構成概念に単純構造を仮定した方法論を適用することはartifactsを造り出すことになるのかもしれないことを指摘しておきたい。

図1の項目分析のための調査の対象が大学生だけであった場合、この結果をより広い年齢層にその適用の範囲を広げてもいいのであろうか。理想的に研究計画を立案したとしても、実際の調査で層別サンプリングが実施できるとは限らない。収集が容易である集団を対象とした研究は、その集団に限定した議論しかできないと考えられてきた。このような「大学生問題（スタノヴィッチ，2016）」の解決策が、因子分析の世界ではJöreskog (1971)による多集団同時分析である（清水，2013）。

ひとつの集団を対象として、探索的因子分析法が使用されている。ここまで1から5のポイントで整理してきたように、古い方法が実際のデータ解析のソフトに埋め込まれてい

ることによる混乱もみられる。

現時点においても、よりデータに適切な方法を追求する途上にあり、bestな方法はまだないと考えるべきなのかもしれない。この状況の中で、探索的因子分析法という方法は、収集したデータに潜在する因子をより適切な方法を試みるという対話にその特徴があるといえるのではないだろうか。また、artifactは暫定的な意義ある回答であり、次に引き続く研究によってはじめて、その意義が確認されることになるのではないだろうか。

最後に二つの点に言及しておきたい。まず、天井効果あるいは床効果の基準を機械的に適用して、該当する項目を残念なことに捨てることが行われてきたことである。先行研究において因子の構造、信頼性そして妥当性が報告されていた変数を対象とした場合には、研究の継続性が失われることになる。漸近的分布非依存の方法を使うべきと主張しているわけではない。因子解の推定にはいつかの方法がある。因子の回転でも同様である。いくつかの方法での結果を比較することをここでは勧めておきたい。

もうひとつは、適合度に関することである。ここでは主に探索的因子分析法を取り上げてきた。探索的目的での使用でも、紹介したように、Mplusでは適合度の評価が可能となってきた。ここで強調しておきたいことは、適合度がgolden ruleに代表されるような十分なレベルに達していない結果を採択するということは、誤った仮説を主張したことになるということである。

引用文献

- Anastasi, A. (1938). Faculties versus factors: a reply to Professor Thurstone. *Psychological Bulletin*, 35, 392-395.
- 青木 貴寛・清水 和秋 (2015). Bi-factor構造への解析的回転——モンテカルロ法による比較—— 関西大学心理学研究, 6, 13-22.
- 浅野 長一郎 (1971). 因子分析法通論 共立出版.
- Boomsma, A. (1982). The robustness of LISREL against small sample sizes in factor analysis models. In K. G. Jöreskog & H. Wold (Eds.), *Systems under indirect observation: Causality, structure, prediction* (part 1) (pp. 149-173). Amsterdam: North-Holland.
- Browne, M. W. (2001). An overview of analytic rotation in exploratory factor analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 36, 111-150.
- Browne, M. W. (1984). Asymptotically distribution-free methods for the analysis of covariance structures. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology*, 37, 62-83.
- Carroll, J. B. (1961). The nature of the data, or how to choose a correlation coefficient. *Psychometrika*, 26, 347-372.
- Cattell, R. B. (1956). Validation and intensification of the sixteen personality factor questionnaire.

- Journal of Clinical Psychology*, 12, 205-214.
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- Cattell, R. B. (1978). *The scientific use of factor analysis in behavioral and life science*. New York, NY: Plenum.
- Comrey, A. L. and Lee, H. B. *A First Course in Factor Analysis* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Costello, A.B., & Osborne, J.W. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 10 (7), 1-9.
- Eysenck, H. J. (1953). The logical basis of factor analysis. *American Psychologist*, 8 (3), 105-114.
- Garland, R. (1991). The mid-point on a rating scale: Is it desirable. *Marketing bulletin*, 2 (1), 66-70.
- Gaskin, C. J., & Happell, B. (2014). On exploratory factor analysis: A review of recent evidence, an assessment of current practice, and recommendations for future use. *International Journal of Nursing Studies*, 51, 511-521.
- González-Romá, V., & Espejo, B. (2003). Testing the middle response categories “not sure”, “in between” and “?” in polytomous items. *Psicothema*, 15, 278-284.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor analysis*. (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Guilford, J. P. (1954). *Psychometric methods* (2nd ed.) New York, NY: McGraw-Hill. (ギルフォード, J. P. 秋重 義治 (監訳) (1959). 精神測定法 倍風館).
- Guttman, L. (1954). Some necessary conditions for common-factor analysis. *Psychometrika*, 19, 149-161.
- 南風原 朝和 (2012). 尺度の作成・使用と妥当性の検討 教育心理学年報, 51, 213-217.
- 服部 環 (2010). 現代の探索的因子分析における技術的選択肢 筑波大学心理学研究, 36, 11-24.
- Henson, R. K., & Roberts, J. K. (2006). Use of exploratory factor analysis in published research: Common errors and some comment on improved practice. *Educational and Psychological Measurement*, 66, 393-416.
- Holzinger, K. J. (1938). Relationships between three multiple orthogonal factors and four bifactors. *Journal of Educational Psychology*, 29, 513-519.
- Holzinger, K. L., & Swineford, F. (1937). The Bi-factor method. *Psychometrika*, 2, 41-54.
- 堀 啓造 (2005). 因子分析における因子数決定法——平行分析を中心にして—— 香川大学経済論叢, 77 (4), 35-70.
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 32, 179-185.
- Howard, M. C. (2016). A review of exploratory factor analysis decisions and overview of current practice: What we are doing and how can we improve. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32, 51-62.
- 市川 雅教 (2010). 因子分析 朝倉書店.
- 印東 太郎 (1974). 心理学における統計学の適用 応用統計学, 4, 1-16.
- 岩脇 三良 (1973). 心理検査における反応の心理 日本文化科学社.
- Jennrich, R. I., & Bentler, P. M. (2011). Exploratory bi-factor analysis. *Psychometrika*, 76, 537-549.
- Jennrich, R. I., & Bentler, P. M. (2012). Exploratory bi-factor analysis: The oblique case. *Psychometrika*,

- 77, 442-454.
- Jensen, A. R. (1986). *g*. Artifact or reality? *Journal of Vocational Behavior*, *29*, 301-331.
- Jöreskog, K. G. (1967). Some contributions to maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, *32*, 443-482.
- Jöreskog, K. G. (1971). Simultaneous factor analysis in several populations. *Psychometrika*, *36*, 409-426.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, *20*, 141-151.
- Kerlinger, F. N. (1967). Social attitudes and their criterial referents: A structural theory. *Psychological Review*, *74*, 110-122.
- Korkmaz, S., Goksuluk, D., & Zararsiz, G. (2014). MVN: An R package for assessing multivariate normality. *The R Journal*, *6* (2), 151-162.
- Lawley, D. N., & Maxwell, A. E. (1963). Factor analysis as a statistical model. London: Butterworth.
- Lance, C. E., Butts, M. M., & Michels, L. C. (2006). The sources of four commonly reported cutoff criteria: What did they really say? *Organizational Research Methods*, *9*, 202-220.
- Lee, S-M., Terada, M., Shimizu, K., & Lee, M-H. (2017). Comparative Analysis of Work Values Across Four Nations. *Journal of Employment Counseling*, *54*, 132-144.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives in Psychology*, *140*, 1-55.
- Little, T. D., Rhemtulla, M., Gibson, K., & Schoemann, A. M. (2013). Why the items versus parcels controversy needn't be one. *Psychological Methods*, *18*, 285-300.
- MacCallum, R. C., & Tucker, L. R. (1991). Representing sources of error in the common factor model: Implications for theory and practice. *Psychological Bulletin*, *109*, 502-511.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, *4*, 84-99.
- Martin, F., Sabourin, S., Laplante, B., & Coallier, J. C. (1991). Diffusion, support, approach, and external barriers as distinct theoretical dimensions of the Career Decision Scale: Disconfirming evidence? *Journal of Vocational Behavior*, *38*, 187-197.
- 三保 紀裕・清水 和秋 (2011). 大学進学理由と大学での学習観の測定——尺度の構成を中心として—— キャリア教育研究, *29*, 43-55.
- 三保 紀裕・清水 和秋・紺田 広明・青木 貴寛 (2014). SEM適合度指標と適合度の報告(2)——心理学研究と教育心理学研究を対象として—— 日本心理学会第78回大会発表論文集, 523.
- Mulaik, S. A. (1986). Factor analysis and Psychometrika: Major developments. *Psychometrika*, *51*, 23-33.
- Mundfrom, D. J., Shaw, D. G., & Ke, T. L. (2005). Minimum sample size recommendations for conducting factor analyses. *International Journal of Testing*, *5*, 159-168.
- Muthén, B. O. (1993). Goodness of fit with categorical and other nonnormal variables. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp.205-243). Newbury Park, CA: Sage.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2015). *Mplus user's guide* (7th ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Nesselroade, J. R., & Baltes, P. B. (1984). From traditional factor analysis to structural-causal modeling in developmental research. In V. Sarris & A. Parducci (Eds.) *Perspectives in psychological experimentation: Toward the year 2000* (pp.267-287). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Osipow, S. H., Camey, C. G., & Barak, A. (1976). A scale of educational-vocational undecidedness: A

- typological approach. *Journal of Vocational Behavior*, 9, 233-243.
- 大橋 正夫 (1960) 最近のPerson Perceptionの研究 心理学研究, 31, 243-256.
- Reise, S. P. (2012). The rediscovery of Bifactor measurement models. *Multivariate Behavioral Research*, 47, 667-696.
- Revelle, W. (2017). psych: Procedures for personality and psychological research. (R package version 1.7.8) Northwestern University, Evanston, IL. Available online at: <http://CRAN.R-project.org/package=psych>
- Revelle, W., & Rocklin, T. (1979). Very simple structure_ An alternative procedure for estimating the optimal number of interpretable factors. *Multivariate Behavioral Research*, 14, 403-414.
- Roberson III, R. B., Elliott, T. R., Chang, J. E., & Hill, J. N. (2014). Exploratory factor analysis in *Rehabilitation Psychology: A content analysis. Rehabilitation psychology*, 59 (4), 429-438.
- Russell, D. W. (2002). In search of underlying dimensions: The use (and abuse) of factor analysis in *Personality and Social Psychology Bulletin. Personality and social psychology bulletin*, 28, 1629-1646.
- Schmitt, T. A. (2011). Current methodological considerations in exploratory and confirmatory factor analysis. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29, 304-321.
- 繁榎 算男 (1990). カテゴリカルデータの因子分析. 行動計量学, 18, 41-51.
- 清水 和秋 (2003). 因子分析における探索の意味と方法 関西大学社会学部紀要, 34 (2), 1-36.
- 清水 和秋 (2011). 項目と潜在変数との相関を使った項目分析 — 因子負荷量, 因子構造そして因子パターンと関係の再考察 — 関西大学心理学研究, 2, 1-6.
- 清水 和秋 (2013). 構造方程式モデリング 日本パーソナリティ心理学会 (企画) 二宮 克美・浮谷 秀一・堀尾 一也・安藤 寿康・藤田 圭一・塩谷 真司・渡邊 芳之 (編集) パーソナリティ心理学ハンドブック (pp.669-675) 福村出版.
- Shimizu, K. (in printing). 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). University of Coimbra Press.
- 清水 和秋・青木 貴寛 (2015). Bifactor構造とBifactor回転法 — 自尊感情尺度を対象として — 関西大学社会学部紀要, 46 (2), 25-43.
- 清水 和秋・三保 紀裕・紺田 広明・青木 貴寛 (2014). SEM適合度指標と適合度の報告 (1) — 心理学研究と教育心理学研究を対象として — 日本心理学会第78回大会発表論文集, 521.
- 清水 和秋・柴田 由己 (2008). 大学生のEmotional Intelligence Scale (EQS) の構造とモデル化 関西大学社会学部紀要, 39 (2), 13-34.
- 清水 和秋・山本 理恵 (2007). 小包化した変数によるパーソナリティ構成概念間の関係性のモデル化 — Big Five・不安 (STAI)・気分 (POMS) — 関西大学社会学部紀要, 38 (3), 61-96.
- 清水 和秋・山本 理恵 (2017). YG性格検査の12尺度の内部構造 — カテゴリー因子分析のBifactor Geomin回転 — 関西大学社会学部紀要, 49 (1), 1-31.
- 清水 和秋・吉田 昂平 (2008). Rosenberg自尊感情尺度のモデル化 — wordingと項目配置の影響の検討 — 関西大学社会学部紀要, 39 (2), 69-97.
- 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.
- 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.
- Spearman, C. (1904). "General Intelligence," objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology*, 15 (2), 201-292.
- スタノヴィッチ, K. E. 金坂 弥起 (監訳) (2016). 心理学をまじめに考える方法 — 真実を見抜く批判的思考 — 誠信書房.
- Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103 (No. 2684), 677-680.
- 寺田 盛紀・紺田 広明・清水 和秋 (2012). 高校生の職業観形成とその要因に関する比較教育文化的研究 — 6 か国における第10年次生に対するアンケート調査結果の分析から — キャリア教育研究, 31, 1-13.
- Thurstone, L. L. (1934). The vectors of mind. *Psychological review*, 41, 1-3.
- Thurstone, L. L. (1935). *The vectors of mind*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Thurstone, L. L. (1936). The factorial isolation of primary abilities. *Psychometrika*, 1 (3), 175-182.
- Thurstone, L. L. (1940). Current issues in factor analysis. *Psychological Bulletin*, 37 (4), 198-236.
- Thurstone, L. L. (1951). The dimensions of temperament. *Psychometrika*, 16 (1), 11-20.
- 登張 真稲 (2007). 社会的望ましさ尺度を用いた社会的望ましさ修正法 パーソナリティ研究, 15, 228-239.
- 豊田 秀樹・福中 公輔・川端 一光・片平 英貴 (2008). 2次因子分析における構成概念の平均値の比較 — ブランド価値の継時的比較を例にとって — 行動計量学, 35 (1), 91-101.
- 辻岡 美延・藤村 和久 (1976). YG 性格検査プロフィールの分解と合成 教育心理学研究, 24, 8-15.
- Velicer, W. F. (1976). Determining the number of components from the matrix of partial correlations. *Psychometrika*, 41, 321-327.
- Williams, B., Onsmann, A., & Brown, T. (2010). Exploratory factor analysis A five-step guide for novices. *Journal of Emergency Primary Health Care*, 8 (3), 1-13.
- 柳井 晴夫 (2000). 因子分析法の利用をめぐる問題点を中心にして 教育心理学年報, 39, 96-108.
- Yates, A. (1987). *Multivariate exploratory data analysis: A perspective on exploratory factor analysis*. Albany: State University of New York Press.

—2018.2.13受稿—

