

平成 30 年 5 月 28 日現在

機関番号：32653

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26780362

研究課題名(和文) multiraterデータを用いて測定の信頼性および妥当性を検討する方法

研究課題名(英文) A method to examine the reliability and the validity of measurement using multirater data

研究代表者

久保 沙織 (KUBO, Saori)

東京女子医科大学・医学部・助教

研究者番号：70631943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：複数の特性について複数の立場の評定者が評定したときに得られる multitrait-multiraterデータを利用して、確認的因子分析モデルの枠組みで測定の信頼性および弁別的妥当性、収束的妥当性を検討するため、2つの観点から新たな分析手法を提案した。1つ目は、複数の評定者による評定値の重み付き和得点を用いて信頼性と妥当性を評価する方法、2つ目は、同一立場の評定者が複数いる場合の方法である。実データを用いた適用例より、いずれの手法もその有用性が示唆された。今後、360度評価等の現場における実用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, two methods of analysis in order to examine reliability, convergent validity and discriminant validity of measurement using multitrait-multirater data are proposed in the framework of confirmatory factor analysis model. The first method is to evaluate reliability and validity using weighted sum scores of ratings by multiple raters. The second method is to deal with the data including a number of raters within a same rating source. As a result of application example to actual data, the usefulness of these methods was suggested. In the future, practical use of these methods in various fields such as 360-degree feedback is expected.

研究分野：心理統計学，教育測定

キーワード：multitrait-multiraterデータ 360度評価 収束的妥当性 弁別的妥当性 信頼性 確認的因子分析モデル

1. 研究開始当初の背景

心理学研究では、性格特性や学力といった構成概念が測定の対象となる。構成概念は直接観測することができないが、複数の項目によって構成されるテストや検査を用いた質問紙調査によって測定される。

一般に、心理学的測定は信頼性と妥当性という2つの観点から評価される。信頼性とは測定の安定性のことであり、妥当性とは意図する構成概念を正しく測定できている程度のことである。とりわけ、構成概念という目に見えないものを測定の対象とすることの多い心理学においては、妥当性の検討が重要となる。妥当性の証拠の一側面である収束的妥当性と弁別的妥当性を体系的に検討するためには、多特性多方法 (multitrait-multimethod, MTMM) 行列が有用である (Campbell & Fiske, 1959)。MTMM 行列とは、複数の“特性”、すなわち構成概念を、複数の“方法”によって測定したときに得られる MTMM データから計算される相関行列のことである。MTMM データの分析は、特性と方法をそれぞれ因子として表現した確認的因子分析モデルの枠組みで行われることが多い。また、確認的因子分析モデルの母数の推定結果を利用して、分散成分の分解により、信頼性係数および収束的妥当性と弁別的妥当性を解釈するための係数をそれぞれ定義することができる (Eid, 2000)。

MTMM データの中でも、評定者の違いを“方法”として扱う場合は特に、multitrait-multirater (MTMR) データと称される。MTMR データの代表例としては360度評価が挙げられる。360度評価は、人材育成や組織の活性化等を目的として、一人の被評定者に対して上司や部下、同僚など周囲の人たちから仕事ぶりに関する評価をフィードバックするという手法である。本研究では、MTMR データに確認的因子分析モデルを適用する際の問題点として、下記の2点に注目した。

- (1) 各被評定者の特性ごとの総合評価に興味がある場合には、立場の異なる複数の評定者からの評定値の和得点を考える必要がある。適切な重みも考慮した上で、重み付き和得点の信頼性係数および収束的妥当性と弁別的妥当性の係数を定義することは有用であろう。
- (2) 360度評価等の MTMR データでは、同一立場内に複数の評定者が存在し得る。さらに、その数は被評定者によって異なることもある。同一立場の評定者から複数の評定結果が得られた場合には、その平均値を観測変数として相関行列を計算する方法が多く報告されている。しかしながら、本来評定者の人数は測定の信頼性に直接寄与する要因であり、この方法では信頼性や妥当性の評価が不正確となることが懸念される。

2. 研究の目的

先に挙げた MTMR データの分析における問題を踏まえ、これらの問題に適切に対処できる分析手法を提案することで、測定の信頼性および妥当性のより正確な検証を実現することを目的とした。具体的には、下記の2つの目的を設定した。

- (1) MTMR データを分析対象とした確認的因子分析モデルにおいて、各特性について計算される方法による重み付き和得点の信頼性係数および収束的妥当性と弁別的妥当性を表す係数を定式化し、各適用領域における実質科学的な知見を生かした重みの決め方を検討する。
- (2) 同一の立場の評定者が複数いる場合に、測定の信頼性と妥当性を適切に評価する方法を提案する。

3. 研究の方法

x_{ij} によって*i*番目の特性を*j*番目の方法(評定者)によって測定した観測変数を表すとき、例として特性と方法をそれぞれ3つずつ用いた MTMM データに対する確認的因子分析モデルのパス図を図1に示した。図中の T_i は特性因子、 M_j は方法因子を表す。MTMM (MTMR) データの分析では一般に、特性因子と方法因子とは無相関を仮定する。図1のモデルでは、特性因子間には相関を仮定し、方法因子間は無相関としているので correlated trait-uncorrelated method (CT-UM) モデルと呼ばれる (Grayson & Marsh, 1994)。

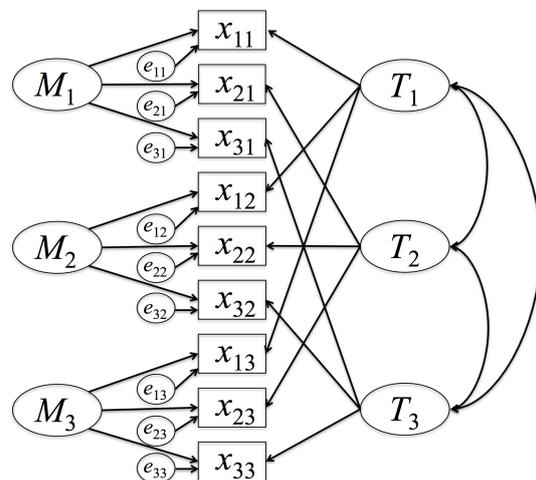


図1 CT-UM モデルのパス図

この CT-UM モデルの仮定の下で、目的(1)では、重み付き和得点の信頼性係数および収束的妥当性係数、弁別的妥当性係数を導出した。ここでは、重みを変化させることの具体的な意義として、それぞれの評定者に回答してもらう項目数を現状から増減させることを想定し、実データを用いた適用例では、和得点における信頼性と妥当性の観点から、評定者ごとの適切な項目数の配分について検討

を行った。

同様に目的(2)では、同一立場内に複数の評定者が存在する場合、その平均値を用いて確認的因子分析モデルを実行するとき、評定者の人数に応じて分散成分がどのように変化するかを導出した。その結果、同一立場内に複数の評定者が存在する場合には、評定者の人数に応じて誤差分散が異なることが明らかになった。そこで、マルコフ連鎖モンテカルロ (Markov chain Monte Carlo; MCMC) 法によるベイズ的アプローチを適用することで、評定者の人数に応じて被評定者ごとに異なる誤差分散の推定を可能にした。また、評定者の人数によってデータを群分けし、誤差分散のみ群間で異なり、それ以外の母数は全て群間で等しいという制約を課した多母集団同時解析モデルによる推定結果と比較することで、提案手法の利点と有用性について考察した。

さらに、いずれの目的についても、提案手法の様々な領域における実用可能性を検討するため、実データを用いた適用例を示した。用いたデータは、若手～中堅社員を対象とした企業における360度評価のデータ、研修医を対象とした360度評価のデータ、数学・科学分野の参加体験型プログラムへの参加者を対象としたアンケート調査のデータであった。

4. 研究成果

(1) 目的(1)に対する成果

任意の特性に関して、評定者の立場の違いによって測定全体の信頼性と妥当性に与える影響が異なることを考慮し、評定者ごとに回答項目数を変化させた和得点における信頼性係数と収束的妥当性係数、非弁別的妥当性係数の一般式を導出することができた。

適用例の1つとして、3つの特性を“自己”、“上司”、“同僚”の3つの立場から評価した企業における360度評価のデータを用いた結果を紹介する。“自己”、“上司”、“同僚”のそれぞれの立場に回答してもらう項目を現状から $\{a_1, a_2, a_3\}$ 倍して合計した和得点の信頼性係数および収束的妥当性係数、非弁別的妥当性係数の推定値を求め、評定者ごとの最適な項目数の配分について検討した。その結果、“自己”評定の項目数を増やすと信頼性と収束的妥当性、弁別的妥当性は低下する一方で、“上司”と“同僚”の項目数を増やすことは信頼性と妥当性の向上に貢献することが明らかとなった。和得点の信頼性と妥当性という観点から得られた項目配分に関するこれらの示唆は、先行研究に見られる人事アセスメントの専門的知見に照らしても納得できるものであった。

以上より、重み付き和得点の信頼性係数と(非)妥当性係数は、測定全体の信頼性と妥当性という観点から、実現可能な範囲内で、評定者ごとに最適な項目数の配分を検討するために有用であることが示された。目標と

する信頼性と妥当性の程度をあらかじめ設定した上で、本研究で提案した係数を利用して各評定者の具体的な項目数を検討することで、測定の質を高い水準で保ちつつ、回答者の負担を必要最小限に抑えた理想的なアセスメントツールの作成に役立てることができるだろう。

(2) 目的(2)に対する成果

まず、特定の評定者の立場において、同一立場内に複数の評定者が存在し、その数が被評定者によって異なる場合、平均値を利用した分析では分散成分がどのように変化するか検討した。 n 番目の被評定者について、任意の1つの評定者の立場で $a^{(i)} (=1, \dots, A)$ 人からの評定が得られているとする(A は手元のデータにおける同一立場内の評定者の人数の最大値)。特性ごとの $a^{(i)}$ 人の評定の平均値 x_{ij}^* を、 i 番目の特性の j 番目の評定者による測定値と見なすとき、 x_{ij}^* の分散を計算すると、誤差分散が $1/a^{(i)}$ 倍となることが導かれた。つまり、従来の分析方法では、誤差分散が過小評価されており、そのようなモデルの推定結果を利用して計算される信頼性係数および収束的妥当性、弁別的妥当性を表す係数による測定の信頼性と妥当性の解釈は、不正確である可能性が高い。

そこで本研究では、同一立場内の評定者の人数に応じて被評定者ごとに異なる誤差分散を確認的因子分析モデルに反映させるためのアプローチとして、MCMC法を利用したベイズ推定を提案した。360度評価の実データを用いた分析結果では、同一立場の評定者から複数の評定結果が得られた場合に、それらの平均値を利用して従来のモデルをそのまま適用すると、誤差分散が顕著に小さな値として推定されることが実際に確認された。したがって、従来の方法の下で測定の信頼性と妥当性を検討すると、誤った解釈となる可能性が示唆された。誤差分散の過小評価は、MCMC法によるベイズ推定の実行により改善が見られた。その推定結果を利用して求められる信頼性係数と妥当性係数の値はより正確で信用できると考えられる。

多母集団同時解析モデルの適用もまた、誤差分散の過小評価の改善に有効である可能性が示された。しかしながら、多母集団同時解析モデルによるアプローチにはいくつかの重大な欠点があることが適用例を通じて明らかとなった。評定者の数に応じて群分けを行った際、構成員が1人しかいない群は推定ができないため、その群を構成するデータは分析から除外せざるを得ない。一方で、MCMC法によるアプローチでは、事前に群分けしたデータを作成する必要もなく、特定の人数の評定者を有する被評定者が1人しかいない場合でも、そのデータを削除することなく全てのデータを用いた推定が可能である。また、複数の評定者からの評定が得られている評定者の立場が2つ以上となった場合

に多母集団同時解析モデルを適用するためには、人数の組み合わせに関する場合の数を全て尽くさなくてはならず、データの群分けが非常に煩雑になる。MCMC 法によるベイズ的アプローチでは、データを群分けすることなく従来の方法とまったく同じデータセットを利用して分析を実行できるため、実用面でのアドバンテージが高い。なお、MCMC 法を用いた推定は、ハミルトニアン・モンテカルロ法による事後分布からのサンプリングを実装したソフトウェア Stan および、統計解析環境 R 上でのインターフェースパッケージ RStan を利用して容易に実行することができる。

(3) 研究全体を通じた成果

収束的妥当性および弁別的妥当性を検証するために MTMM 行列が有用であることは、Campbell & Fiske (1959) を嚆矢として、心理学の領域では広く知られている。その後、MTMM データに適用し得る統計モデルについて、分散分析、パス解析、確認的因子分析など様々なモデルが提案されるものの、モデル比較の結果も一貫性に欠け、モデルの適用から信頼性と妥当性の解釈までを手続き化して示した先行研究はほとんどない。近年では、確認的因子分析モデルの適用が主流となり、Eid (2000) により、確認的因子分析モデルの推定結果を用いて定量的に収束的妥当性と弁別的妥当性を解釈するための係数が定義された。しかしながら、実際に MTMM データあるいは MTMR データを用いて測定信頼性および収束的妥当性、弁別的妥当性を検討する試みは、企業における 360 度評価を除き、本邦ではほとんど報告されていない。

このような現状を鑑みて、本研究では、MTMR データの有用性の再認識と正しい分析方法の普及に貢献すべく、MTMR データの分析において現実に直面するであろう問題を明らかにし、その問題を解決するための具体的方法を提示した。その際、異なる領域の実データを用いた複数の適用例によって、モデルの母数の推定方法から信頼性と妥当性を解釈するための係数の算出、そしてそれらの解釈までを体系化して示すよう努めた。MTMR データを用いて測定信頼性と収束的妥当性、弁別的妥当性を検討するための手続きを明示したことで、本研究の成果が様々な研究領域で実際に活用されることを期待する。

<引用文献>

- ① Campbell, D. T., & Fiske, D. W. Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix, *Psychological Bulletin*, **56**, 1959, 81-105
- ② Eid, M. A multitrait-multimethod model with minimal assumptions,

Psychometrika, **65**, 2000, 241-261

- ③ Grayson, D., & Marsh, H. W. Identification with deficient rank loading matrices in confirmatory factor analysis: multitrait-multimethod matrix, *Psychometrika*, **59**, 1994, 121-134

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 豊田秀樹・拜殿怜奈・久保沙織・池原一哉・磯部友莉恵, 無制限複数選択形式の分割表データに対する因子分析, *心理学研究*, 査読有, 86 巻 6 号, 2016, 535-544
DOI : <https://doi.org/10.4992/jjpsy.86.14055>

[学会発表] (計 6 件)

- ① 久保沙織・豊田秀樹・拜殿怜奈・池原一哉・磯部友莉恵, 無制限複数選択形式による分割表データに二項分布を仮定した因子分析モデル, 日本計算機統計学会第 30 回大会, 2016
- ② 久保沙織, 信号検出理論・トピックモデル, 日本教育心理学会第 58 回総会自主企画シンポジウム「ベイズ統計学と歩む, これからの心理学研究」にて話題提供, 2016
- ③ 久保沙織・豊田秀樹, 同一立場内に複数の評定者がいる多特性多評定者データにおける信頼性と妥当性の検討ーハミルトニアンモンテカルロ法を利用した MCMC 法によるアプローチ, 2015 年度統計関連学会連合大会, 2015
- ④ 久保沙織, 2015, 正規分布に関する推測, 日本心理学会第 79 回大会公募シンポジウム「ベイズ統計学による「研究仮説が正しい確率」の計算ーp 値からの卒業ー」にて話題提供, 2015
- ⑤ Saori Kubo, & Hideki Toyoda, Multiple group factor analysis model for multitrait-multirater data to assess the reliability and validity regarding the number of raters. *International Meeting of the Psychometric Society 2014*, 2014
- ⑥ 久保沙織, さまざまなモデルとパス図の描画, 公募シンポジウム「共分散構造分析[R 編]」にて話題提供, 日本心理学会第 78 回大会, 2014

[図書] (計 3 件)

- ① 久保沙織 (分担執筆), 朝倉書店, 第 1 章: ガンベル分布・第 8 章: トピックモデル・第 15 章: 信号検出理論ほか, 豊田

秀樹（編著）「実践ベイズモデリング—解析技法と認知モデル—」2016, pp.2-10・pp.67-75・pp.130-138

- ② 久保沙織（分担執筆），朝倉書店，第7章：さまざまな分布を用いた推測，豊田秀樹（編著）「基礎からのベイズ統計学—ハミルトニアンモンテカルロ法による実践的入門—」2015, pp.149-158
- ③ 久保沙織（分担執筆），東京図書，第3章：さまざまなパス図の描画・第20章：応用研究紹介の一部，豊田秀樹（編著）「共分散構造分析[R編]—構造方程式モデリング—」2014, pp.45-65・pp.276-277

[その他]

- ① 久保沙織，多特性多方法データを用いて測定の信頼性と妥当性を定量的に評価するための方法に関する研究，博士学位論文（早稲田大学），2015
<http://hdl.handle.net/2065/51069>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 沙織 (KUBO, Saori)
東京女子医科大学・医学部・助教
研究者番号：70631943

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()