

論文の内容の要旨

論文題目

New item response models for multi-alternative forced choice questionnaire data with response time

(回答時間データを利用した多肢強制選択型質問紙データの項目反応モデルの開発)

氏名 分寺杏介

問題と目的

心理学の分野では、個人の性格特性などを測定する際にリッカート尺度を用いることが多い。しかし、リッカート尺度では様々な反応バイアスの影響を受けて測定が歪められてしまうことが多くの先行研究によって明らかになっている。反応バイアスの抑制には、多肢強制選択形式で尋ねる方法が効果的と考えられている。この方法では、回答者は複数の選択肢の中から「最も自分によく当てはまるもの」を回答するように要求されるため、自分をよく見せるような回答の操作などは行いにくい。しかし、多肢強制選択型質問紙への回答データは各回答者の合計得点が必ず同じとなる性質から様々な統計的問題を含んでいた。これを解消するために提案されたモデルが Thurstonian IRT モデルである。現在、Thurstonian IRT モデルは多肢強制選択型質問紙データを分析するモデルとして最も有力なモデルの一つと考えられている。

一方近年では、コンピュータを用いたテストの利用場面が広がり、調査者は項目反応データに加えて回答時間データを取得することが容易になった。心理統計学の分野においても、回答時間データを用いて回答者の特性をより精度良く推定するための分析モデルなどの研究が数多く行われてきた。しかし、こうしたモデルのほとんどは、項目反応が生成されるプロセスを考慮せず経験的なデータへの良い適合を目指して作成されたものである。Thurstonian IRT モデルもこうしたモデルの一つであり、その結果回答時間データを利用することが難しいモデルとなっている。

項目反応が生成されるメカニズムを考慮したモデルは主に認知心理学の分野を中心に古くから検討されており、代表的なモデルには Diffusion モデルと Linear Ballistic Accumulator (LBA) モデルが挙げられる。これらのモデルは尤度関数の導出において、項目が提示されてから項目反応が得られる

までの情報蓄積の過程を計算論的にモデリングしたものである。

以上を踏まえ、本研究では、多肢強制選択型質問紙データを、回答時間データを用いて分析する項目反応モデルを提案することを主な目的とした。その際に、Diffusion モデルや LBA モデルといった、認知プロセスを考慮したモデルの枠組みを利用することで、回答時間データを自然な形で導入することを目指した。

研究 1: Thurstonian Diffusion IRT モデルの開発

研究 1 では、Thurstonian IRT モデルと Diffusion IRT モデルの組み合わせを検討した。Diffusion IRT モデルは、Diffusion モデルにおける各パラメータを項目と回答者の要素に分解したモデルであり、二値反応に対しては回答時間を自然な形で導入することが可能である。そのため、提案モデルでは尤度関数を Diffusion モデルに基づき設定した上で、Thurstonian IRT モデルで用いられている比較判断の法則の考え方を利用し、drift rate パラメータを二肢強制選択型項目向けに拡張した。

Thurstone の比較判断の法則では、一方の選択肢の選択確率が「二つの選択肢の潜在的な効用の差」の関数として表される。一方、Diffusion IRT モデルでは drift rate を「項目と回答者の相対的な位置の差」の形で表していることから、提案モデルでは drift rate を「二つの選択肢の潜在的な効用の差」によって表現した。以上により、提案モデルは項目反応が生成されるまでの認知プロセスを考慮しながら二肢強制選択型質問紙データを分析することが可能となる。

実データ分析の結果、提案モデルによる特性値の推定値が、Thurstonian IRT モデルによる推定値と比べて回答時間の情報と整合的な方向に変動していることや、パラメータの推定値と平均回答時間との間に強い相関が見られるなど、提案モデルにおけるパラメータ推定が回答時間の情報を利用して行われることが示された。

なお研究 1 の全文は Behavior Research Methods (DOI:10.3758/s13428-019-01302-5) に採択済である。

研究 2: Unidimensional Binary LBA IRT モデルの開発

Diffusion モデルと比較すると、LBA モデルは (a) プロセスの仮定がシンプルである、(b) 多肢選択にも適用することが可能である、などの利点を持つ。また、Diffusion IRT モデルには「項目識別力と回答時間の期待値が一对一对応する」という、実データ上では非現実的な仮定が置かれている。よって研究 2 では、Diffusion モデルの代わりに LBA モデルを用いることでこの仮定を緩めると同時に、多肢強制選択型尺度に適用可能なモデルの基盤となるモデルを作成した。なお、研究 2 では Diffusion IRT モデルとの比較としてモデルを提案するため、二肢選択の状況のみを想定している。先行研究によると、Diffusion モデルと LBA モデルは、対応するパラメータ間の推定値の相関が非常に高くほぼ同じ解釈が可能であると考えられる。そのため、Diffusion IRT モデルからの類推として LBA IRT モデルを構築し、drift rate は「項目と回答者の相対的な位置の差」の関数として表した。加えて、項目識別力に影響与える drift rate の試行間分散を、他のパラメータと同様に項目と回答者の項に分解した。これにより、提案モデルでは項目識別力に影響するパラメータが複数になり、回答時間の期待値との一对一の関係を緩めることができる。

シミュレーション研究の結果から、提案モデルは Diffusion IRT モデルと推定値間の相関が非常に高く、概ね同じ意味を持つパラメータを推定可能な一方で、Diffusion IRT モデルと比較すると、パラ

メータの数は多い一方で (a)MCMC の収束までの回数が少ないこと、(b) 平均有効サンプルサイズが大きいことが示され、またデータ生成モデルと推定モデルが異なる際に真値との相関が高いことも分かった。実データ分析を行い情報量基準を算出した結果、Diffusion IRT モデルと比べて汎化性能が高い可能性が示された。この結果は提案モデルが非現実的な仮定を持たないために、より実データに当てはまるようになった結果と解釈できる。以上の結果より、提案モデルは Diffusion IRT モデルの代替として使用可能な一方で、推定の速度やデータへの当てはまり、また多肢選択にも適用可能であるといった点からより有効なモデルであることが示された。

なお研究 2 の全文は Japanese Journal of Statistics Data Science (DOI:10.1007/s42081-019-00040-4) に掲載されている。

研究 3: Multidimensional MAFC LBA IRT モデルの開発

研究 3 では LBA IRT モデルを多次元多肢強制選択型質問紙データに適用するための拡張を提案した。提案モデルでは、Thurstonian IRT モデルと同様に、Thurstone の確率的効用モデルに基づき、各選択肢の潜在的な効用を定義した。そして、各選択肢の効用の比率によって決定されるという、Luce の選択公理に基づき、各選択肢の効用のソフトマックス変換によって drift rate を表現した。

実データ分析例の結果から、平均回答時間や選択肢が選ばれる割合などの記述統計量と、対応する概念を持つパラメータの推定値の間に高い相関が見られ、パラメータの解釈を支持する結果となった。また、提案モデルにおける特性値の推定値が、回答時間を使わないモデルによる推定値と比べてわずかに異なる傾向を示すことが明らかになった。提案モデルと、研究 1 で提案した Thurstonian Diffusion IRT モデルにおける結果を比較したところ、対応するパラメータの推定値は非常に高い相関を示した一方で、情報量基準の面では提案モデルのほうが良い値であった。この結果は研究 2 の結果と整合的であり、真のモデルが不明な現実場面では、提案モデルがより高い汎化性能を示す可能性があると考えられる。

総合考察

一連の研究で提案したモデルは、それぞれ異なる状況を想定して作成されたものであるが、いずれも認知過程のモデリングと、心理統計学的モデルの組み合わせの形で提案されたものであり、実データ分析の結果などから、これらのモデルが実用可能であることは十分に示されたと考えられる。この結果は、心理統計学における反応時間研究に新たな道を見出すものであり、今後さらなるモデリングの発展が期待される。

一方で、本研究ではパラメータの推定値と、対応する記述統計量との相関の検討を多数行ったが、パラメータそのものが持つ解釈の妥当性については検討できていない。よって今後は、実証実験などを通してパラメータの解釈の方法や、その妥当性についてより深く検討していく必要がある。また、本論文では行うことができなかったが、多肢強制選択型質問紙の本来的な目的である反応バイアスの除去についてもさらなる検討が望まれる。