

花田圭佑 博士論文審査要旨

I. 論文の主題と構成

花田圭佑氏が提出した博士論文のタイトルは、『ランダム効果メタアナリシスの推測と正確分析』であり、データサイエンス分野においてはエビデンスの創出と強化を図るための重要分野のメタアナリシスにおける統計手法の開発と深耕を進めている。

論文の具体的章立ては、次に説明する5つの章からなっている。1章では序論として、本博士論文で注目しているメタアナリシスとそのランダム効果推測に関する学術的および社会的意義、先行研究や関連研究を議論し、本博士論文における研究テーマの位置づけを与えている。2章では、メタアナリシスにおける分析モデルの代表的なものをデータ型毎に示し、メタアナリシスの方法に関する一般的な推測方法のレビューを与えている。3章では、メタアナリシス分野で汎用されているDerSimonian-Laird法の正確分布を議論し、少ない試験数のもとでの正確分布を与え、その正確分布の性質を用いた保守的な区間推測を提案している。4章では、生存時間データに対するIPDの復元と、復元したIPDを用いた疑似IPDメタアナリシスの性質を示し、5章において、本論文で検討した問題に対する考察と総括を行い、結論を与えている。

II. 論文の概要

メタアナリシスは複数の研究結果を統合して分析することでより強固なエビデンスを提供するものであり、医療や教育分野などでその普及が進んでいる。本博士論文では、データサイエンス分野においては科学的エビデンスの創出と強化を図るために必要となるメタアナリシスにおける統計的諸問題を取り扱っている。メタアナリシスにおける要約では、試験間の不均一性を考慮するランダム効果モデルがスタンダード法として非常によく用いられ、様々な推測方法が提案されているが、検定統計量が帰無仮説のもとで漸近的に標準正規分布に従うことを用いて治療効果を推測することが多い。また、メタアナリシスの実際の適用では、システムマティクレビューを通して質の担保された試験を選択するため、希少疾患などの試験数が少ない分野では、検定統計量の漸近正規性を満たすほどの試験数を収集できないことも多い。本博士論文では、そのような試験数が少ないもとで、統計量の漸近正規性が十分に成り立たず、信頼区間及びp値の正確性が担保されない統計的問題に焦点をあて、その問題解決を行っている。とくに、当該分野で汎用されているDerSimonian-Laird法からの標本分布の正確分布、およびAlmost正確分布を導出し、その正確分布の適切性を数理統計的なアプローチにより明示的に評価している。また、DerSimonian-Laird法のalmost正確分布の結果を応用して、要約統計量を用いたメタアナリシスにおける正確な区間推定法を提案し、既存方法との性能比較を行い、提案法の特徴やメリットを入念に評価している。

本博士論文では、さらに、もう一つ別の問題として、要約統計量を用いるメタアナリシスと個別被験者データを用いるメタアナリシスの精度の違いに注目している。個別被験者データを用いるメタアナリシスには多くの利点があるものの、被験者のプライバシーや同意の問題から個別被験者データが利用できないことも多い。データが2値であれば、被験者数とイベント数から治療効果の推測が可能であるが、例えば、生存時間データの場合では、治療効果を個別被験者データから推測するには、イベント及び打ち切りの有無とその発生時点といった情報が必要となり、個別被験者データを利用するハードルが一層に高いといえる。ただし、近年、論文など出版物において一般的に記載されるKaplan-Meierプロットから個別被験者データを疑似的に復元する方法が提案されている。本博士論文では、そのような形で疑似的に復元された個別被験者データを用いるメタアナリシスが、真の個別被験者データを利用した場合のメタアナリシスと比べて、どの程度の精確性をもつかまだよくわかっていない問題に着目し、そのような個別生存時間データを利用する場合のメタアナリシスの統計的評価を行っている。シミュレーション研究やデータ適用を通じて、検討結果をまとめ、疑似的に復元された個別被験者データを利用するメタアナリシスの有用性と現時点での限界を議論している。

III. 論文の評価

博士論文では、ランダム効果メタアナリシスについての学術的・社会的意義をよく述べており、本研究での新たな貢献が明確に示されている。論文の構成は、ランダム効果メタアナリシスの正確分布、および疑似個別被験者データによるメタアナリシスといった二つのテーマに沿って問題が適切に設定され、論述が一貫して展開されているといえる。用いられた研究方法は

適切に選択されている。中でも、数理統計的なアプローチに基づき、統計界における十分な新規性をもって、DerSimonian-Laird法の正確な標本分布を導出し、その理論構築を与えている点、またそのような複雑な正確分布を具体的かつ効率的に計算するための応用数学的工夫と計算方法を与えている点は、オリジナリティが高く、とくに評価に値するといえる。本博士論文における記述と最終試験における口頭試問によって、先行研究や関連研究に関しても、幅広く十分に渉猟されており的確に理解していること、引用等を適切に処理し、学術論文としての体裁が整っている点を確認することができている。

IV. 結論

以上のことから、滋賀大学大学院データサイエンス研究科論文審査基準に照らし合わせて、花田圭佑氏が提出した博士論文『ランダム効果メタアナリシスの推測と正確分析』は博士学位論文として十分受理できるものと評価できる。