



Title	Identifiability and Efficient Estimation With Nonignorable Response Mechanism
Author(s)	別府, 健治
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101714
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (別府 健治)	
論文題名	Identifiability and Efficient Estimation With Nonignorable Response Mechanism (無視不可能な欠測メカニズムに対する識別性と効率的な推定)
<p>論文内容の要旨</p> <p>統計解析における欠測値に対する不適切な解析は、推定量への重大なバイアスや推定効率の損失に繋がりかねない。推定量のバイアスを除去するため、既存研究ではデータの観測確率の逆数を重み付けるHorvitz-Thompson型推定量や回帰モデルを用いた回帰代入法による推定量が提案されている。また推定効率向上のため、セミパラメトリック理論を用いたセミパラメトリック漸近有効推定量も提案されている。しかし欠測メカニズムが未観測変数に依存する「無視できない (nonignorable) 欠測」である場合、モデルの識別性も加えて問題となる。理論上、識別性を欠くモデルはパラメータ推定が不可能である。本研究では、無視できない欠測メカニズムに対して、観測データから識別性の保証を行いつつモデルの推定を可能とする方法論の開発を行う。さらに欠測値を含む標本調査によるデータに対し、セミパラメトリック漸近有効性を持つ推定量を提案する。</p> <p>初めに、操作変数を利用した単調尤度比性に基づく新たな識別性条件を導出する。この条件は、既存研究が利用している完備性条件の成立が困難な場合に実用的な代替案となる。次に、結果変数と欠測メカニズムを、一般化線形モデルとロジスティックモデルを用いてモデリングする。このモデルの利点は、実データ解析において特定することが困難である操作変数を用いずに、観測データからモデルの識別性を保証するための十分条件が得られる点である。数値シミュレーションおよび実データ解析を通じて、提案手法の有効性を示す。</p> <p>次に、未観測データが頻繁に生じる分野である標本調査において、無回答データに対する効率的な推定量を提案する。標本調査では、個体毎にサンプリング確率を事前に定め、そのサンプリング確率に基づき、母集団全体から一部のサンプルを抽出する確率サンプリングを行うことで効率的に推測を行う。その際、サンプリングされない集団に関するデータが得られないというデータの欠測が生じる。さらに、サンプリングユニットに選ばれたとしても、回答拒否による無回答というデータの欠測も生じる。このように、確率サンプリングでは2種類の欠測が生じ得る。これらの欠測を2段階の単調欠測として再定式化し、2段階経験尤度法を提案する。提案推定量の構成には、3種類のモデルが必要である。提案推定量は、そのうち2種類のモデルに対し複数の候補を用意し、いずれかのモデルが正しい場合に推定量の一貫性が保証される多重頑健性と呼ばれる性質を有している。そのうえ、3つのモデルが全て正しいとき、提案推定量はセミパラメトリック漸近有効性を有する。さらに外部データも利用可能な場合、2段階経験尤度法を拡張することで外部データの情報も利用した推定量を提案し、この状況下においてセミパラメトリック漸近有効性を有することを示す。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　(　別府　健治　)		
	(職)	氏　名
論文審査担当者	主　查　　教　授	内田 雅之
	副　查　　教　授	鈴木 讓
	副　查　　教　授	杉本 知之
	副　查　　助　教	森川 耕輔 (アイオワ州立大学)

論文審査の結果の要旨

本論文は、欠測を含むデータ解析において生じる識別性の問題、さらにバイアスや推定効率の低下を克服する新たな方法論を提示している。無視できない欠測メカニズムの場合、観測尤度関数やパラメータの推定方程式は複雑な積分を含むため、パラメトリックモデルであったとしても識別性を担保することは難しい。別府氏は、無視できない欠測メカニズム下で生じる識別性の問題に対し、操作変数を利用した単調尤度比性を導入し、積分を直接評価することをうまく避け、既存の完備性条件が満たされにくい状況下でもモデルの識別性を保証し得る代替条件を提案した。また、一般化線形モデルとロジスティックモデルを組み合わせることで、積分が解析的に計算できるモデルを見出した。操作変数を明示的に特定できなくとも識別性の十分条件が得られる点は実務的に大きな意義を持つ。

さらに、標本調査の枠組みにおける非サンプリングや無回答といった二段階の欠測を体系的に捉え、2段階経験尤度法を構築したことにより、多重頑健性とセミパラメトリック漸近有効性を両立させる推定量を開発している。加えて外部データの情報を組み合わせる拡張法も提案し、その有効性を数値シミュレーションと実データ解析で示した。外部データが利用可能な場合のセミパラメトリック理論は近年確立されたばかりであり、この状況下におけるセミパラメトリック漸近有効下限の導出には、数学的に高度な技量を要する。本提案手法はその枠組みにおける下限に到達し得る推定量であり、理論的にも応用的にも重要な貢献である。以上の成果は、欠測メカニズムを厳密に扱いながら推定効率の向上を図る手法として高い学術的価値を有し、博士（工学）の学位論文に相応しい水準に達していると判断する。