The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Diagnostic test and non-parametric estimation of a random-effect distribution
Author(s)	坂口, 弘樹
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/96121
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　坂口　弘樹　）	
論文題名	Diagnostic test and non-parametric estimation of a random-effect distribution （変量効果の分布に対する統計的検定及びノンパラメトリック推定法）

論文内容の要旨

Mixed modelは，未観測の確率変数である変量効果を含み，変量効果は統計的利便性の観点から正規分布に従うと仮定されることが一般的であるが，変量効果は常に正規分布に従うとは限らず，変量効果の分布を誤特定する可能性が否定できない．変量効果の分布の誤特定は，推定値へのバイアス，不正確な標準誤差など統計的推測に影響を及ぼしうることが示唆されている．Efendi et al.（2017）は， gradient functionと呼ばれる変量効果の誤特定を評価する関数を用いて変量効果の分布の仮定の妥当性に対する統計的検定を提案した．しかしながら，Efendiらの数値実験では特定の状況下で検出力が低く，またその検出力低下に対する詳細な考察を与えていない．本学位論文では，Efendiらの検出力低下の原因を考察した．さらに，その原因考察を踏まえて検出力向上を目指した2つの新たな検定統計量を提案し，その性能を数値実験で評価した．数値実験において，提案検定統計量はEfendiらの検定統計量の検出力を改善できたことが示された．

また，前述の提案方法を含む変量効果の分布に対する統計的検定は議論されているが，これらの研究の主目的はモデルで事前に仮定した変量効果の分布の適切性を調べることであり，変量効果の分布，あるいは確率密度を直接推定するものではない．その一方で，確率密度推定の手法は様々議論されている．ノンパラメトリック密度推定法の1つとしてカーネル密度推定法を用いたdeconvolution approach（Hall and Meister（2007）; Cai et al.（2020））があるが，測定誤差の混入への対処として用いられることが一般的であり，変量効果の確率密度を推定するためのmixed modelへの適用は主に言及されていない．本学位論文では，前述のdeconvolution approachを用いて，mixed modelにおいて変量効果の確率密度を単純かつ明示的な関数形でノンパラメトリックに導出する方法を提案した．数値実験により，推定密度関数は誤差分布を正しく特定した下で真の密度関数に収束すること，また誤差分布を誤特定した場合でも真の密度関数の特徴を捉えた推定が可能であることを示した．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（坂口弘樹）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教 授	狩野　裕
	副 査　教 授	鈴木　譲
	副 査　教 授	内田雅之

論文審査の結果の要旨

統計モデルには直接観測できない潜在変数と云われる確率変数が伴うことがある。観測できないが故，その分布規定には困難が伴い，十分な根拠がないまま正規分布(ガウス分布)を仮定することが多い。一方で，潜在変数の分布誤特定は，推定値へのバイアス，不正確な標準誤差など，統計的推測に影響することは以前より指摘されてきたところである。本学位論文は，一般化混合モデルにおける潜在変数の分布の検定方法であるVerbeke-Molenberghs-Efendiの方法を改善し，より検出力が高く安定した検定方法を提案した。つづいて，潜在変数の分布をノンパラメトリックに推定する新規な方法を提案した。潜在変数の分布をフーリエ変換した関数を，確率密度関数のカーネル推定法を用いて推定し，最後にフーリエ逆変換するという新たな方法を開発した。数値実験により，推定密度関数は誤差分布を正しく特定した下で真の密度関数に収束すること，また誤差分布を誤特定した場合でも真の密度関数の特徴を捉えた推定が可能であることを示した。誤差にラプラス分布を仮定し，密度推定にガウスカーネルを用いるとき，潜在変数の確率密度関数の推定量を陽に表現することに成功した研究成果も強調しておきたい。

潜在変数の典型例は誤差項である。有名な統計学者・遺伝学者であるR.A. Fisherが分散分析において導入したブロック効果は，誤差項と併せて，伝統的な潜在変数である。昨今はブロック効果を発展させたと言える被験者効果がしばしば用いられ，それらを巧妙にモデル化する混合効果モデル，潜在変数に具体的な意味を持たせた潜在変数モデルなど，この分野は発展が顕著である。それらのすべてに，潜在変数の分布の問題が生じている。本学位論文は，潜在変数の分布の仮定の検討とそのノンパラメトリック推定について，大きな広がりをもつ潜在変数モデル全体へ応用可能な influential paper として位置づけられるであろう。以上から，博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。