

## 審査の結果の要旨

論文題目：Essays on Identification and Estimation of Nonseparable Models

題目和訳：非分離的モデルの識別と推定に関する研究

氏名：石原 卓弥

### 論文の内容

本論文は、非分離的モデルの識別と推定に関して新しい方法論を与えている。経済モデルに関する多くの実証分析では、説明変数 $X$ 、被説明変数 $Y$ 、観測できない誤差項 $\varepsilon$ の間に $Y = g(X) + \varepsilon$ という誤差項について加法的な関係が成立するモデルが用いられてきた。しかしながら、多くの経済モデルでは、観測できない誤差項が被説明変数に加法的に影響を与えることは稀である。例えば、賃金 $Y$ を教育年数 $X$ によって説明するモデルを考えると、加法的なモデルは教育年数が賃金に与える影響が能力や家庭環境などの観測できない変数に依存しないことを意味している。よって、加法的なモデルでは観測できない個人の異質性を考慮することができない。一方で、 $Y = g(X, \varepsilon)$ という非分離的モデルでは、説明変数が被説明変数に与える影響が観測できない誤差項に依存しており、個人の異質性を考慮した分析を行うことができる。

第1章は、非分離的モデルについて概観している。第2章は、連続な内生変数と二値の操作変数を持つ非分離的モデルにおける、経済学により含意される制約を用いた部分識別可能性を分析している。D'Haultfœuille and Février (2015)とTorgovitsky (2015)は、次の2つの仮定の下で構造関数 $g(X, \varepsilon)$ が点識別されることを示した。(1)異なる操作変数の値に対する内生変数の条件付き分布が交点を持つ。(2)構造関数が1次元の観測できない変数について狭義単調増加である。第2章は、たとえこれら2つの仮定が満たされない場合でも、構造関数が説明変数について単調または凹であるときにはモデルが部分識別されることを明らかにした。単調性・凸性は、経済学によりしばしば含意される制約である。また、構造関数が特定の区間で平坦または線形であるときに点識別が達成されることも示した。

第3章は、非分離的パネルデータモデルの識別と推定を分析している。非分離的パネルデータモデルの識別に関する多くの既存研究では、構造関数が時間に依存しないこと、“stayers”と呼ばれる2期間で説明変数の値が変化しないサンプルが存在することを仮定している。第3章は、この2条件が成立しなくても、構造関数が1次元の観測できない変数について狭義単調増加であり、観測できない変数の条件付き分布が時間に依存せず、説明変数のサポートがある弱い条件を満たすならば、モデルがノンパラメトリックに識別されることを示した。さらに、提案した識別方法

に基づいてパラメトリックな推定量とノンパラメトリックな推定量を提案し、その漸近的な性質を調べた。また、数値実験を通して、提案したパラメトリックな推定量が小標本で良い性質を持つことを明らかにした。最後に、被説明変数が離散分布を持つモデルに結果を拡張し、構造関数が部分識別されることを示した。

第4章は、パネルデータを用いて、quantile treatment effects (QTE)の新しい識別・推定方法を開発した。Athey and Imbens (2006)は、change-in-change (CIC) モデルを提案した。CICモデルは潜在的なアウトカムの分布の推定を可能にし、処置がアウトカムに与える異質な効果を抽出している。しかし、CICモデルには次の2つの問題がある。(1)共変量が存在するときに扱いやすい推定量が存在しない。(2)処置変数が連続の場合、推定量は実行不可能である。第4章は、CICモデルを一般化する、共変量の存在と連続な処置変数を許容するモデルを提案し、QTEの実行可能な推定量を提案した。さらに、そのモデルを用いて、分位点回帰と minimum distance 法に基づいた QTE の2段階推定量を提案した。最後に、提案した推定量が数値実験で良い性質を持つことを示し、この推定量を用いて農業保険が生産性に与える影響を分析した。

## 論文の評価

本論文は、非分離的モデルの識別と推定に関する新しい分析手法の提案を主要な貢献としている。その際には、既存手法が用いている、実用上問題となる仮定に着目して、それらの仮定を必要としない識別・推定手法を提案し、提案された手法が小標本で良い性質を持つことを数値実験で示している。

非分離的モデルの識別と推定は、近年活発な研究が行われている分野である。特に、非分離的モデルの識別は、モデルを推定するための前提条件となる重要なテーマである。既存の研究は、“stayers”の存在・共変量の非存在などの実用上望ましくない仮定を用いているため、それらの仮定を緩めた識別・推定法の発見・分析は大いに必要とされている。以下では、各章の主貢献を議論する。

第2章は、連続な内生変数と二値の操作変数を持つ非分離的モデルにおける部分識別可能性を分析している。既存研究における、このモデルの識別条件は、異なる操作変数の値に対する内生変数の条件付き分布が交点を持つという制約を用いている。この制約は、操作変数 $Z$ の値が内生変数 $X$ の値を単調増加させる場合を排除するため、非常に強い制約となっている。例えば、操作変数 $Z$ と内生変数 $X$ が $X = Z + u$ の関係をもつ場合は、この制約は満たされない。本章は、この仮定を緩めた場合でも、経済学により含意される制約を用いて部分識別が可能であることを示し、非常に重要な貢献を果たしている。

第3章は、非分離的パネルデータモデルの識別と推定を分析している。このモデルの既存研究では、“stayers”と呼ばれる2期間で説明変数の値が変化しないサンプルが存在することを仮定して識別を達成している。しかしながら、実証分析でよく用いられるdifference-in-differences (DID)モデルでは、処置前・処置後の両期間で処置を受けるサンプルは存在しないため、stayersは存在しない。本章は、観測されない誤差項の分布が処置前・処置後の両期間で同一であるという仮定を用いて、stayersの存在を不要としている。本章は、DIDモデルの枠組みでの識別を可能にすることで、非分離的パネルデータモデルの応用範囲を大幅に広げる貢献を果たしている。

第4章は、Athey and Imbens (2006)のchange-in-change (CIC) モデルの限界を緩和するモデルを提案している。CICモデルは潜在的なアウトカムの分布の推定を可能とする点で優れたモデルであるが、共変量が存在する場合には実際の運用が著しく困難となる欠点を持っている。本章は、共変量の存在を可能とするモデルを提案し、さらに実行可能な推定量を提案した点で、パネルデータ分析に優れた貢献をしている。

#### 論文審査の結論

以上の評価では、石原氏の提出論文に対して一致して高い評価が与えられた。提出された論文の第3章は、すでに国際的学術雑誌 (Journal of Econometrics) に掲載が決定している。第2章は国際的学術雑誌 (Econometric Theory) に投稿されたのちに修正版の再投稿が要求され、第4章も国際的学術雑誌に投稿される予定である。このように、本論文の水準は、本研究科が要求する学位論文としては十分であり、審査委員会は全員一致で本論文を博士 (経済学) の学位授与に値するものであると判断した。

2020年1月  
審査委員  
下津克己  
久保川達也  
大森裕浩  
入江薫  
菅澤翔之助