

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 塚本 高浩

論 文 題 目 Spatial Stochastic Frontier Models  
(空間確率フロンティアモデルの開発と応用)

### 論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院経済学研究科(教授) 根本二郎

名古屋大学大学院経済学研究科(教授) 園田正

名古屋大学大学院経済学研究科(准教授) 田村彌

名古屋大学大学院情報学研究科(教授) 長尾確



## 論文審査の結果の要旨

## 1. 本論文の概要

## (1) 本論文の目的

本論文の目的は、生産活動が空間的に相互依存関係にある状況の下での確率フロンティア関数の推定と、それに基づく生産性や空間相互依存の大きさを計測するための分析手法を開発することである。生産活動は、集積の経済に代表されるような外部性の存在によって空間的に相互依存関係にある。一方、生産性・効率性分析手法としての確率フロンティア関数の基本モデルは、生産活動の空間的な独立が仮定されているために空間相互依存的なデータに対しては適用可能性を欠いている。このため、そのような場合に適用可能な方法として近年提案されているのが空間確率フロンティア関数モデルである。

本論文は、既存の空間確率フロンティア関数を拡張する試みである。特に、既存のモデルが空間的相互依存の存在する下での効率性計測に焦点を当てているのに対し、本論文では空間的相互依存そのものの大きさや特性を分析し、経済学的含意を引き出すことに適したモデルの開発と応用を行っている。

## (2) 本論文の構成と内容

本論文は第1章から第6章によって構成されている。

第1章は、序論として生産性・効率性分析に空間依存的な相互関係を導入することの意義と基本的な分析手法の考え方が簡潔に述べられ、本論文全体の構成が提示されている。

第2章は、既存の空間確率フロンティア関数モデルのサーベイが行われている。空間計量経済学の基本モデル分類にしたがって、空間確率フロンティア関数モデルを空間説明変数ラグ確率フロンティア関数モデル (SLXSF)、空間自己回帰確率フロンティア関数モデル (SARSF)、空間非効率性確率フロンティア関数モデル (SIESF) の三類型に分類し、それぞれの特徴、特に非効率項が被説明変数に及ぼす限界効果について論じられている。

第3章は、SARSFの既存モデルを拡張して、非効率項がいくつかの要因変数に明示的に依存するモデルを提案している。これはつまり非効率項を一般化線形モデルで定式化し SARSF と結合する試みであるといえる。このモデルの利点は、非効率項の空間相関の中で説明要因の空間相関によって生じる部分を分離できることにある。本論文では、説明要因がもたらす効率性の空間相関とそれを除いた部分の狭義の空間相関は経済学的に異なる意味を持つとされ、空間経済学的に関心もたれる技術や知識のスピルオーバーのような波及効果は、主に後者によって計測されるとしている。この観点からは、既存の SARSF は非効率項の説明要因変数を欠落させているために、狭義の空間相関に基づく空間的相互依存関係を過大に推定することに

なる。その結果、本章で提案する拡張モデルは、たとえば産業集積の外部効果の大きさをより適正に評価することを通じて、産業クラスターの形成などを目的とする地域の産業政策に貢献できると主張されている。

また拡張モデルの推定方法は、空間ラグ項の内生性を考慮した最尤法を適用することとして、尤度関数とその最大化の1階条件が提示されている。

次に、同モデルの実データによる適用可能性を示すため、47都道府県の製造業のパネルデータ（2002-2014年）を使ってコブ・ダグラス型の生産フロンティア関数が推定されている。多くの既存モデルが拡張モデルの特殊ケースとして表現できるため、推定結果に基づき拡張モデルを対立仮説として検定すると、既存モデルはすべて棄却され拡張モデルの経験的妥当性が示されたとしている。また効率性について計測された空間相関は生産者間の有意な正の相互依存関係を示し、集積の経済の存在と整合的な結果が得られたとしている。

第4章は、確率フロンティア関数の説明変数（生産関数の場合は要素投入量、費用関数の場合は要素価格と生産量）の中に内生変数が含まれる場合について、同時バイアスを処理する方法を検討している。確率フロンティア関数の同時バイアスの除去にはいくつかの方法が考えられているが、一つの有力な方法は制限情報最尤法である。確率フロンティア関数モデルでは、制限情報最尤法を援用した推定法は基本モデルについては既に知られている。本章では先行研究にない試みとして、要因変数を導入した非効率項を内包する確率フロンティア関数に対し、制限情報最尤法を適用する方法が新たに提案されている。ここではモンテカルロ・シミュレーションによって推定値の平均バイアスと平均平方2乗誤差を求め、同時バイアスを考慮しない最尤法の結果との比較がなされている。それによれば、制限情報最尤法のパフォーマンスは素朴な最尤法に比較して顕著に改善されており、期待した通りの結果が得られたとしている。なおこの章では、確率フロンティア関数の説明変数に由来する内生バイアスに対し非効率項の空間相互依存は本質的な問題にならないとして、空間相互依存の構造は定式化されていない。

第5章は、地方自治体の費用効率を計測して、自治体間でヤードスティック競争が起きているかどうかを検証する実証研究を行っている。そのため、SIESFの既存モデルを拡張した空間確率フロンティア関数モデルが提案されている。拡張の目的は、第3章のSARSF拡張モデルの場合と同じく、非効率項をいくつかの要因変数に依存する形の一般化線形モデルで定式化して既存モデルに導入し、それによって効率性の空間相関から要因変数間の相関によって生じる部分を分離することにある。このような拡張が必要になるのは、自治体間で効率化をめぐるヤードスティック競争が働いた結果として効率性に空間相関が生じるとすれば、それは要因変数の相関に由来する部分を除去した狭義の効率性の空間相関に反映されるであろうと考えるからである。また、このような拡張によって得られるもう一つの利点として、SIESFの既存モデルが効率性の正の相関しか許容しないのに対し、拡張モデルでは正負いずれの空間相関も検出可能であるとされている。

このようなSIESF拡張モデルを用いて、日本の全1741市区町村のパネルデータ（2014-2017年）により、公共サービス供給の費用フロンティア関数が推定され費用効率が計測されている。その結果、効率性について有意な正の空間相関が検出され、地方自治体間でヤードスティック競争が機能していた可能性が示唆されている。

第6章では、第3章から第5章までの分析結果が要約され、本論文の限界と今後の研究の展望が述べられている。加えて最後に、本論文の持つ潜在的な社会的価値について実世界データ循環学の観点から、本論文の知見に基づく政策提言から実現し得る社会的厚生改善の可能性が述べられている。

## 2. 本論文の評価

本論文の学術上の貢献として、以下の3点を挙げるができる。

第1に、既存の空間確率フロンティア関数を拡張したことである。非効率項を一般化線形モデルで定式化し、非効率性が要因変数に依存する構造を明示的に組み込むことで、効率性の要因分析を空間相関が存在するデータに対して行うことが可能になった。このような分析は、空間的に独立なデータに対しては従来から可能であり数多くの研究が行われてきたが、空間的な相互依存関係が存在する場合には統計的に偏りのない効率性を計測する方法は利用可能ではなかった。また、拡張モデルについて、制限情報最尤法を用いることによって確率フロンティア関数の説明変数に由来する内生バイアスの処理法を提示したことも学術的貢献として評価できる。

第2に、非効率項をモデル化して空間確率フロンティア関数を拡張したことによるもう一つの利点として、効率性どうしが直接影響を及ぼしあうことによって生じる効率性の狭義の空間相関を、要因変数が相関することによって生じる相関から分離して計測可能にした点である。これによって、たとえば集積の経済モデルが想定する知識や経験のスピルオーバーや、本論文第5章の実証研究が想定するような地方自治体間のヤードスティック競争の効果を捕捉し計測することが可能になった。

第3に、独自に拡張した空間確率フロンティア関数モデルの利点を利用して、地方自治体の公共サービス供給の費用フロンティア関数を推定し費用効率を計測した点である。地方自治体の生産性や効率性については世界各国で多数の研究事例が報告されているが、空間相関が存在する可能性を考慮して行った研究は本論文が最初である。その結果計測された費用効率の正の相関について自治体間のヤードスティック競争の存在を示唆するという解釈がなされ、財政学分野の実証研究に新たな貢献を追加している。この解釈についてはなお異論の余地はあるものの、少なくとも従来の空間計量経済学が経済学の理論モデルと密接な関係を持たず、財政学をはじめ経済地理学や地域経済学などの実証研究で用いられることが非常に少ないという現状に照らせば、本論文の試みは十分学術的価値を有すると評価できるものである。

他方、本論文には、なお改善の余地が残されていることも指摘できる。

第1に、本論文に限らず空間計量経済学全般の課題でもあるが、本論文のモデルでは空間相互依存の範囲がどこまで及ぶかは先験的に決めておかなければならない。時系列モデルではラグ長を決めるのに情報量基準を用いることができるが、本論文の空間確率フロンティア関数モデルについてもデータに基づくモデリングが可能となるべきである。またそれ以前に、本論文では空間相互依存の範囲を地理的な距離に基づいて与えているが経済学的には時間距離あるいは移動費用の方がふさわしいかもしれず、検討の余地はなお大きいといえる。

第2に、本論文では、確率フロンティア関数の説明変数が内生変数であることから生じる同時バイアスの処理に制限情報最尤法を用いることが提唱されているが、その際に空間相関を定式化しないモデルが用いられているのは本論文全体の研究

## 論文審査の結果の要旨

目的を考えると不自然である。また確率フロンティア関数の説明変数ではなく非効率項の要因変数が内生変数である場合に、どのような方法が適用可能かを考えることも必要であろう。

第3に、本論文では非効率項のモデリングに一般化線形モデルを用いているが、今後さらにモデルの拡張がなされるであろうことを考えると、階層ベイズモデルのアプローチを考えてもよいのではないか。空間計量経済学的なモデルはデータの構造が複雑であり、最尤推定量の漸近分布を導出するよりも MCMC によってベイズの事後分布からサンプリングを行う方が容易であるケースは多いと思われる。空間確率フロンティア関数についても、今後の発展を考えればベイズのアプローチを効果的に用いることが必要ではないか。

しかし、以上の諸点を考慮しても本論文の学術的価値が否定されることはなく、当該分野の研究に対する貢献は高く評価できるものであるといえる。

### 3. 結論

以上の評価に基づき、われわれは本論文が博士（経済学）の学位に値するものであることを認める。

2021年2月17日

#### 論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院経済学研究科教授	根本二郎
委員	名古屋大学大学院経済学研究科教授	園田正
委員	名古屋大学大学院経済学研究科准教授	田村彌
委員	名古屋大学大学院情報学研究科教授	長尾確















