

動学的 SCGE モデル(RAEM-Light)のパラメータ推定手法の提案

鳥取大学 正会員 小池 淳司
鳥取大学大学院 学生会員 ○広瀬 研一郎

1. 背景・目的

社会経済モデルを用いた交通整備評価が実務レベルで利用されるようになってきている。しかしながら、それら社会経済モデルは数多くの未知パラメータを推定するという作業が不可欠である。特に、動学的 SCGE (空間的応用一般均衡) モデルでは交易モデルおよび人口移動モデルを内在しており、そのモデル精度が最終的な結果に大きく影響する。そこで本研究では、動学的 SCGE モデルである RAEM-Light の交易モデルのパラメータ推定方法を検討し、モデルの現況再現性および分析結果への影響を分析する。

2. モデル (RAEM-Light) の概要

本研究で用いるモデル (RAEM-Light) の基本的な構造は小池・川本(2006)¹⁾に基づいている。モデルの概略は図-1、図-2 に示す通りであり、各地域の家計は予算制約下の効用最大化行動を、各企業は生産技術制約下で利潤最大化行動を前提としている。モデルの大きな特徴は、経済的均衡を短期均衡と長期均衡の2種類の均衡を考慮している点である。短期均衡モデルでは、人口・資本を外生変数として取り扱い、均衡解を導出する。この結果を受けて、長期均衡モデルでは人口移動と資本蓄積を考慮している。このプロセスを計測したい期間だけ繰り返しシミュレーションを行う。本研究では10期間と設定し、結果を導出した。

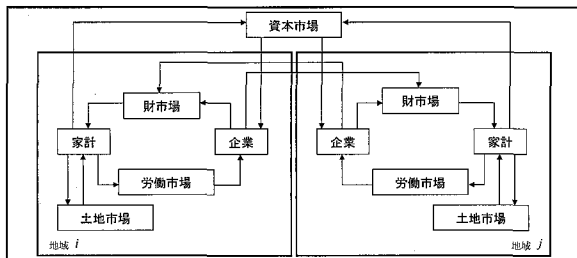


図-1 短期均衡モデルの概略

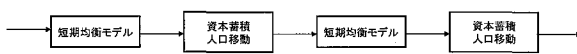


図-2 長期均衡モデルの概略

また、小池・川本では、企業の生産性 (TFP) は人口集積によって向上するとし、集積の経済性を考慮している。しかし、本研究では、人口移動は生じるものの、集積の経済性は考慮していない。長期的な経済成長を分析するには、人口分布が重要な要素となるため、今後の課題として、本モデルにおける人口移動モデルの検討も必要である。

なお、モデルの詳細は紙面の都合上省略する。

3. 交易パラメータ推定手法の検討

RAEM-Light に内在する交易モデルは、Harker モデル²⁾に基づいている。財価格が最小となる購入先を選択するとして、選択確率が以下のように表される。(ただし、 t_{ij}^m : 所要時間, λ^m, ψ^m : パラメータ)

$$s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \psi^m t_{ij}^m)]}{\sum_{k \in I} y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \psi^m t_{ik}^m)]} \quad (1)$$

本研究では、交易パラメータの推定を行う際にグリッドサーチという手法を用いた。手順を以下に示す。

- 【STEP1】: 式(1)で計算した選択確率と実測値である物流シェアの誤差二乗和を計算する。
- 【STEP2】: 誤差二乗和をパラメータ値の組み合わせを示した行列に出力し、最小値を示す。
- 【STEP3】: 最小値(最適解)の回りをグリッドで囲み、改定幅を小さくして再度計算を行う。

STEP2 における最小値は複数存在することがある。その場合には、それぞれの最小値について上記の手順で繰り返し計算を行うことで、最適な交易パラメータの組み合わせを絞り込むことができる。以上を手法 I とする。また、手法 II として以下の式を用いる。(ただし、 D_i : 選択確率, i : サフィックス)

$$L(D_i) = \log \frac{D_i}{1 - D_i} \quad (2)$$

交易規模が小さい地域を考慮するために、選択確率と物流シェアの値に、それぞれ(2)式の形で対数をとってグリッドサーチを行う方法も検討する。

4. 現況再現性

オランダの40地域を対象とした、高速列車整備評価を例にシミュレーションを行った。ここでは、オランダのデータを用いて、交易パラメータ推定手法が、モデルの現況再現性に与える影響を分析する。なお、再現性の評価指標には、相関係数と平均絶対誤差率 (MAPE) を用いた。MAPE の定義は以下の通りである。

(ただし、0,1 : 実測値・推計値を表すサフィックス, R : 対象地域数, M : 産業数)

$$MAPE = \frac{1}{R \times M} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \left(\frac{|y_i^m - y_i^{m0}|}{y_i^{m0}} \right) \quad (3)$$

図-3 では、短期均衡モデルによって導出された企業の生産量の現況再現性を比較している。

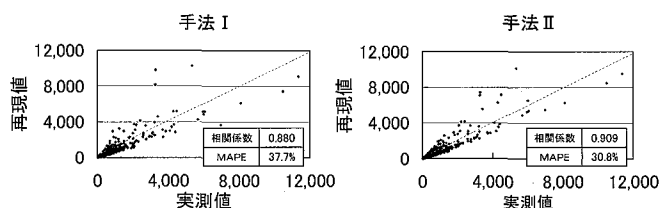


図-3 現況再現性の比較

図-3 より、交易規模の非常に大きいオランダの主要都市を含む 3 地域 (Utrecht, Groot-Amsterdam, Groot-Rijnmond) において、Sector2 (製造業), Sector9 (対事業サービス) の誤差が大きくなっている。また、交易規模が小さい地域に着目すると、手法 I に比べて手法 II の方が、45 度線からの誤差が小さくなっており、評価指標は共に良い値を示していることが分かる。

表-1 現況再現性の比較 (産業別)

		Sect.1	Sect.2	Sect.3	Sect.4	Sect.5	Sect.6	Sect.7	Sect.8	Sect.9	Sect.10	Sect.11	Sect.12	Sect.13
手法 I	相関係数	0.856	0.841	0.871	0.965	0.987	0.996	0.994	0.962	0.991	0.979	0.979	0.990	0.968
	MAPE	39%	69%	97%	35%	20%	10%	15%	43%	19%	19%	39%	37%	32%
手法 II	相関係数	0.978	0.932	0.981	0.990	0.995	0.997	0.996	0.998	0.997	0.999	0.988	0.990	0.941
	MAPE	18%	62%	55%	34%	17%	9%	8%	24%	24%	21%	37%	37%	52%

表-1 は、図-3 で示した、短期均衡モデルによって導出された生産量の現況再現性を、産業別・手法別に比較したものである。図-1 において、45 度線上より誤差の大きかった Sector2 や比較的誤差の大きい Sector8 に関して、手法 I に比べて手法 II の方が、相関係数・MAPE 共に良い値を示していることが分かる。しかし、手法 II の方が悪い結果となる産業も存在している。以上より、企業の生産量の現況再現性は、全体で見ると、手法 II の評価指標の方が良い値を示していると言えるが、産業別で見ると、どちらの手法が優れているかということは判断できない。相関係数・MAPE はあくまで評価指標なので、どちらの現況再現性が高いかという明確な判断をすることは不可能であり、引き続き検討を必要とする。

5. 結果の考察

社会経済モデルを用いた評価では、プロジェクトによる経済効果を EV (便益) で表す。ここでは、本研究において検討された交易パラメータ推定手法が、導出される結果 (EV) に与える影響について分析する。

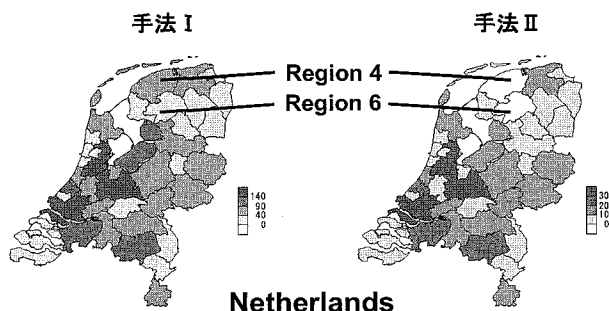


図-4 Regional EV

オランダのデータを用いて長期均衡モデルで 10 期間に設定し、シミュレーションを行った。その結果、対

象地域全体の EV(National EV)は、手法 I に比べ、式 (2)を用いた手法 II の結果が、かなり小さい値となった。これは、式(2)を用いてパラメータ推定を行い、交易規模が小さい地域を考慮したため、その影響が結果に出ていると考えられる。

図-4 では、地域別に見た EV(Regional EV)の分布を推定手法別に地図で示している。オランダ主要 3 都市を含む、比較的 EV が大きな値となる地域は、両手法ともほぼ等しい分布となっており、高速トレイン整備による経済効果は、主要都市部に大きなインパクトを与えられられる。一方で、Region 4, Region 6 のように、比較的 EV が小さい値となる地域の結果は、手法 II において、整備効果が非常に過小となっており、パラメータ推定手法別で大きく違う傾向を示している。ここでも、式(2)を用いたパラメータ推定が、交易規模の小さい地域の結果に影響を及ぼしていると考えられる。

6. まとめ

本研究では、オランダの 40 地域を対象とした高速トレイン整備評価を例に、動学的 SCGE モデルにおける交易パラメータ推定手法が、現況再現性および最終的な結果に与える影響を分析した。まず、交易パラメータ推定手法として、グリッドサーチという手法を提案した。また、交易規模の小さな地域も考慮することが可能となるような推定手法の設定を行った。グリッドサーチによって推定された交易パラメータとオランダのデータを用いて、短期均衡モデルのシミュレーションを行った。相関係数、MAPE という評価指標を用いて、短期均衡モデルの結果の現況再現性を、パラメータ推定手法別に比較、分析を行った。次に、推定手法の違いによって、高速トレイン整備による EV (長期均衡モデル 10 期目の値) がどのように変化するか分析した。推定手法の違いによって、分析対象地域全体の EV(National EV)のボリュームが大きく異なる結果となった。また、地域別 EV の分布は、EV が小さな値となる地域の分布傾向に大きな違いが出た。

先に述べたように、本研究で用いた評価指標を比較して、どのパラメータ推定手法が最も優れているかということを断定することはできない。プロジェクト評価を行う際に、モデルを計算して得られた結果の中から、どのパラメータ推定手法のケースを採用するかということは、整備される交通機関の特性や地域性といった、プロジェクトの内容と照らし合わせて検討する必要がある。

本研究で用いた動学的 SCGE モデルには、交易モデルの他に人口移動モデルも内在しており、人口分布が資本や労働の決定や最終的な結果に大きく影響する。今後の課題としては、より現況再現性を高めるため、人口移動モデルの推定および所得移転を考慮した分析を行うことである。

参考文献

- 1) 小池淳司・川本信秀：集積の経済性を考慮した準動学的 SCGE モデルによる都市部交通渋滞の影響評価、土木計画学研究・論文集, Vol.23, 2006.
- 2) Haker, P.T., Predicting Intercity Freight Flows, VNM Science Press BV, 1987.