

重点研究課題 研究課題番号(2)
助成交付番号 第13007号

社会資本整備評価のための SCGEモデルにおける地域間交易モデルの 理論的・実証的検証

神戸大学大学院
小池淳司

復建調査設計株式会社
(神戸大学大学院博士後期課程)
佐藤啓輔

はじめに

・地方政策(例えば産業政策)による社会資本のストック効果の向上(利活用の促進)
⇒地方政策を担う基礎自治体レベルでの効果の計画の必要性

ブロック → 都道府県 → 基礎自治体

空間スケールと
産業分類の細分化

なぜ、空間的応用一般均衡(SCGE)モデルか？

空間スケールと産業分類の細分化に対応

空間的応用一般均衡モデル
(Spatial Computable General Equilibrium: SCGE)

地域(マクロ)計量経済モデル
(Econometric model)

応用都市経済モデル
(Computable Urban Economics: CUE)

空間スケールの細分化: 小 ← → 大

産業分類: 多い ↑ ↓ 少ない

わが国におけるSCGEモデル

理論的基礎: ワルラス的一般均衡理論, 交易モデル(空間価格均衡モデル: SPE)

経済学分野での応用: 規制, 政策, 地域環境 → CGEモデル

地域産業連関分析 → SCGEモデル

Non-spatial CGEモデル: 国民経済モデル (森村・大島1985, 森村・林山・小島1986, 森村・上田・武蔵・近藤1996, 上田・武蔵・森村1998, 川崎1999, 岡上・土井・Piyas2003, 清水・滝田・藤原2006, 藤原2004, 藤原2005, 石倉・土谷2007)

地域経済モデル: 宮田・佐藤・斎藤・山崎1999, Miyata1999, 秀島・小林1997, 土谷2003

SCGEモデル: 都市空間価格均衡(価格・Logモデル) (宮田・斎藤1990, 2002, 奥田1994, 1995, 2000, 宮田・清上1993, 小池・藤村1993, 文1997, 藤村・小池・奥田1998, 小池・上田・宮下2000, 本郷・多々良・岡田2004, 小池・川本2006, 小池・藤村・下村・月山2007)

Armington-継合(CIS型モデル): 宮田1993, 1996a, 1996b, 宮田・清上1998, 石倉・藤村1999, Tokunaga et al. 2003, 小池・若近2005, 小池・大塚・土谷2007, 宮田2012

消費先選択: A, B, C, D

※交通整備: 〇: 地域開発, 〇: 環境改善 (Iwata et al. 2005)に追加して鳥取大学・小池淳司氏と共同作成
資料: 土田(2009)をもとに一部加筆

地域間交易の表現

	完全代替型 (Perfect Substitution)	不完全代替型 (Imperfect Substitution)
決定論的 Deterministic	空間価格均衡アプローチ (Spatial Price Equilibrium: SPE) by Samuelson (1952) ¹⁾ SCGE への適用論文 【理論分析】 ・ Takayama and Judge(1971) ⁸⁾ ・ Mun (1997) ⁹⁾ 等	Armington 統合アプローチ by Armington(1961) ²⁾ SCGE への適用論文 【理論分析】 ・ Shoven and Whalley (1984) ⁶⁾ 【実証分析】 ・ Bröcker (1998) ⁷⁾ ・ 宮田 (2012) ⁸⁾ 等
確率論的 Probabilistic (Dispersed)		分散型空間価格均衡アプローチ (Dispersed Spatial Price Equilibrium: DSPE) by Harker(1987) ³⁾ SCGE への適用論文 【理論分析】 ・ 奥田 (1994) ⁹⁾ 【実証分析】 ・ 文 (1998) ¹⁰⁾ ・ 小池等 (2006) ¹¹⁾ 等

1. 空間スケールの細分化に対応した地域間交易データの整備

企業ビッグデータの活用

データ	整備主体	地域分割数	産業分類数
交易 (Trade)	地域間産業連関表	経済産業省	9ブロック
	商品流通調査	経済産業省	発地:9ブロック 着地:47都道府県
	企業信用調査 (企業ビッグデータ)	特商国データバンク	1,728市町村
物流 (Freight Transport)	全国貨物純流動調査	国土交通省	47都道府県 (1,728市町村)
	貨物・旅客地域流動統計	国土交通省	23地域
	道路交通センサス	国土交通省	1,728市町村 +8ゾーン

17

企業ビッグデータの活用

(2) 企業ビッグデータの概略

	企業信用調査報告書	企業概要ファイル
データ内容	企業信用調査により把握したデータ	企業概要データ
商流データ の内容	仕入先・得意先ともに、 上位 60 社程度のデータが存在	仕入先・得意先ともに、 最大上位 5 社までのデータが存在
データ 整備方法	信用調査依頼が企業から発生した場合にヒ アリング調査により把握するデータ (随時 更新)	1年に1回、過去に信用調査を実施した企 業+TDB が別途調査を実施した企業に対 する電話もしくはヒアリング調査により 把握するデータ (年次更新)
データ数	企業数: 全国 70 万社 取引数: 450 万 B2B 取引	企業数: 全国 110 万社 取引数: 385 万 B2B 取引
データ 整備 期間	2008 年～2013 年 9 月 (5 年間) ※データは随時更新のため直近の年月まで に調査されたサンプルのうち最新のデータ を活用した分析が可能。ただし、企業によ って調査年次異なる	1993 年～2012 年 (19 年間) ※データは年次更新のため、これまでに 蓄積された全企業の最新データを把握す ることが可能

18

企業ビッグデータの活用

(3) 対象企業数のカバー率(経済センサスとの比較)

産業分類	経済センサス ^{*1}		TDBカバー率	
	全企業数 (a)	全事業所数 (b)	TDB企業数 ^{*2} (c)	TDB企業数(c) /全企業数(a)
農林水産業	15,589	21,163	5615	36%
鉱業	1,801	2,440	1730	96%
建設業	331,359	388,649	279810	84%
製造業	277,066	405,909	168,479	61%
食品品・飲料・飲料・たばこ製造業	29,884	54,674	20921	70%
繊維工業	22,325	28,088	10573	47%
木材・木製品製造業	7,059	8,811	5417	77%
家具・装飾品製造業	9,201	11,989	4391	48%
印刷・出版・パルプ・紙・紙加工品製造業	29,654	38,268	20510	69%
化学工業	2,535	15,345	4423	89%
石油製品・石炭製品製造業	501	1,111	400	80%
窯業・土石製品	10,722	16,906	7917	74%
鉄鋼業・非鉄金属製造業	7,102	11,239	4875	69%
金属製品製造業	36,573	46,909	20364	56%
一般機械器具製造業	48,932	70,206	29041	59%
電気機械器具製造業	22,249	34,952	14141	64%
輸送用機械器具製造業	11,626	17,544	5628	48%
その他の製造業	35,703	48,767	19858	56%
商業	473,350	828,580	320706	68%
1次産業+2次産業+商業の合計	1,102,165	1,646,741	776,340	70%

*1: H12経済センサス, *2: H17TDB企業概要ファイル

19

企業ビッグデータの活用

(4) 地域間産業連関表との相関関係

産業	H17地域間産業連関表の購入額シェアと H17TDBデータの仕入れ件数シェアの相関係数
農林水産業	0.97
鉱業	0.99
建設業	0.97
食料品製造業	0.92
繊維工業	0.90
木材・木製品製造業	0.98
出版・パルプ製品製造業	0.97
化学工業	0.75
石油製品製造業	0.44
窯業・土石製品製造業	0.98
鉄鋼業	0.89
金属製品製造業	0.90
一般機械器具製造業	0.96
電気機械器具製造業	0.85
輸送用機械器具製造業	0.97
その他製造業	0.96
商業	0.90
1次産業+2次産業+商業の合計	0.98

相関低い
(特定の企業取引
への依存が原因)

110

2. 細分化された空間スケールにおける地域間交易モデルの適用
課題と対応策
(ArmingtonアプローチとDSPEアプローチ)

Armingtonアプローチ(CES型モデルによる定式化)

□ Nest型の消費行動

□ 費用最小化問題

$$p_j d_j = \min \sum_i q_i (1 + \alpha_{ij}) x_{ij}$$
$$s.t. \quad d_j = \left\{ \sum_i \beta_{ij}^{\frac{1}{\sigma}} (x_{ij})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

※ 交通費用はAG-vacuum型でマークアップ

□ 地域間交易需要

$$x_{ij} = \beta_{ij} \left(\frac{q_i (1 + \alpha_{ij})}{p_i} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} d_j$$
$$p_i = \left(\sum_j \beta_{ij} q_j (1 + \alpha_{ij})^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$$

シエラ パワメータ

時間価値

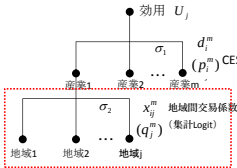
地域間
代替弾力性

111

112

DSPEアプローチ(集計Logitモデルによる定式化)

□ Nest型の消費行動



□ 確率効用最大化

$$U_j = V_j + \varepsilon_{ij}$$
$$V_j = -\lambda p_{ij} + \alpha \quad p_{ij} = q_j (1 + \varphi \alpha_{ij})$$
$$s_{ij} = \frac{\exp(-\lambda q_j (1 + \varphi \alpha_{ij}) + \alpha)}{\sum_k \exp(-\lambda q_k (1 + \varphi \alpha_{ik}) + \alpha)}$$

※交通費用はAd-vaclem型でマークアップ

□ 地域間交易需要

規模に関するパラメータ

$$x_{ij} = s_{ij} d_i \quad s_{ij} = \frac{Y_j^\eta \exp(-\lambda q_j (1 + \varphi t_{ij}))}{\sum_k Y_k^\eta \exp(-\lambda q_k (1 + \varphi t_{ik}))}$$

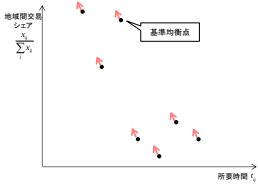
時間価値

$$p_i = \sum_j s_{ij} q_j (1 + \varphi t_{ij})$$

地域間代替弾力性

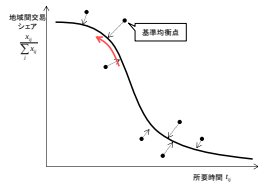
CES型と集計Logitの特徴比較

CES型



パラメータをキャリブレーションすることで、基準均衡状態からの変化を計測する。国際貿易モデルにおいて一般的に採用されるモデル。

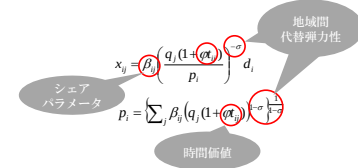
集計Logit型



ロジスティック曲線により変化を計測する。基準均衡状態を再現できないもの、時間変化によるドラスティックな交易の変化を表現できる。

2.1 細分化された空間スケールにおける
Armingtonアプローチ (CES型) の適用課題と対応策

CES型モデルを適用する際の課題



- シェアパラメータβ;
・キャリブレーションにより設定。
$$\beta_{ij} = \frac{q_j (1 + \varphi \alpha_{ij})^\sigma x_{ij}}{\sum_k q_k (1 + \varphi \alpha_{ik})^\sigma x_{ik}}$$

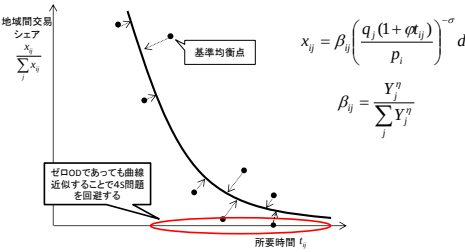
【課題①: 4S(small share stay small)問題】
基準均衡状態における交易ゼロのODに対する政策効果の計測困難
- 地域間代替弾力性σと時間価値φ
・既往研究(国際貿易)における推定結果の活用

【課題②: 地域間代替弾力性の与え方】
地域特性・空間スケールをふまえた設定となっていない

課題①: 4S(Small Share Stay Small problem) 問題への対応

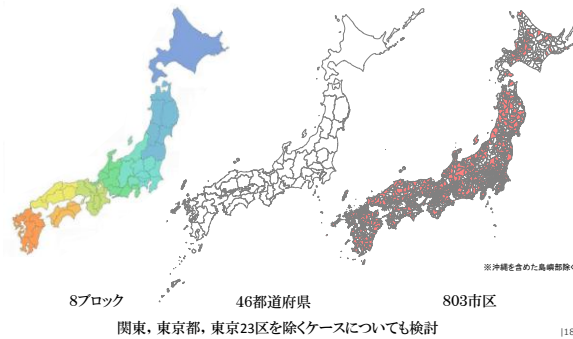
【本研究での対応】

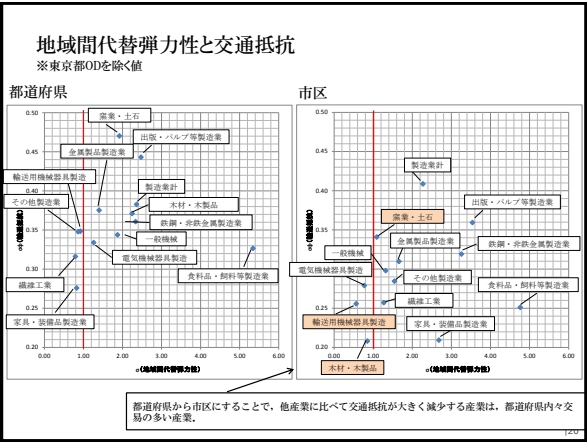
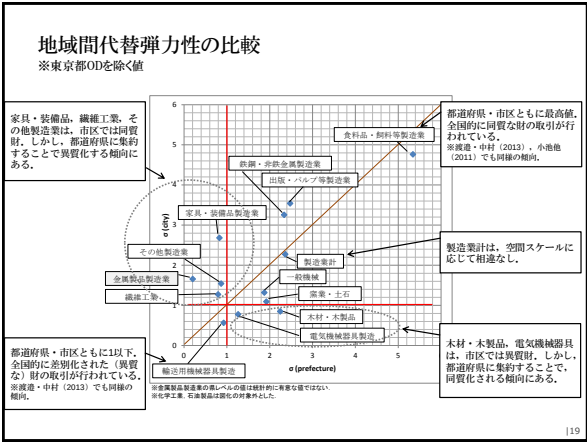
- シェアパラメータをキャリブレーションではなく、生産地の規模に関する指数として統計的に推定する。
- 地域間代替弾力性σと同時に推定し曲線近似する。
⇒ 基準均衡を再現できないもの、曲線近似することで4S問題を回避。



課題②: 空間スケール別の地域間代替弾力性推定

(3) 空間スケール





CES型モデルの課題への対応

課題①:4S問題(シェアパラメータの設定方法)

- 基準均衡データが未整備の場合の4S問題への対応として、シェアパラメータを生産規模で代替し地域間代替弾力性と同時推定することで回避。
- ただし、基準均衡データを再現できない点に課題が残る

課題②:地域間代替弾力性について

- 地域間代替弾力性については、データ特性上の課題は一部残るものの企業間取引データを用いることで、細分化された空間スケールにおける弾力性の推定可能性を提示。
⇒ 今後は、クロスセクションデータによる動的な変化を考慮したパラメータの推定可能性について検討する必要がある
- ⇒ 現行の賃金データは、従業員数に非正規雇用者数を含むが給与総額には含まない形で整備されているため、非正規雇用者の就業状況によっては結果にバイアスが生じる。

121

2.2 細分化された空間スケールにおける
DSPEアプローチ(集計Logitモデル)の適用課題と対応策

122

地域間交易モデルとしての集計Logitモデルの課題

Brocker(2013)でも指摘するように、

- **課題①:**
価格(F.O.B, C.I.F)に対してゼロ次同次体系となっていない。一般均衡解の収束可能性を担保できない。
- **課題②:**
集計Logitモデルにより選択確率を定義していることから、時間短縮に伴いC.I.F価格が増加するケースがある。

地域間交易需要

$$S_{ij} = \frac{Y_j^q \exp(-\lambda q_j (1 + \phi t_{ij}))}{\sum_k Y_k^q \exp(-\lambda q_k (1 + \phi t_{ik}))}$$

価格項がexp内

s_i が可変

$$X_{ij} = S_{ij} d_i \quad P_i = \sum_j S_{ij} q_j (1 + \phi t_{ij})$$

123

集計Logitモデルの課題への対応

- 課題①及び課題②に対して、Brocker(2013)はLogsum変数を用いた以下の定式化を提案

$$x_{ij} = \frac{Y_j^q \exp\left(-\lambda \frac{q_j (1 + \phi t_{ij})}{w_j}\right)}{\sum_i Y_i^q \exp\left(-\lambda \frac{q_i (1 + \phi t_{ij})}{w_j}\right)} d_i \quad P_i = -\frac{1}{\lambda} \ln \sum_j Y_j^q \exp\left(-\lambda \frac{q_j (1 + \phi t_{ij})}{w_j}\right)$$

- ただし、Brocker(2013)の対応でも、以下の課題が残る
- ・Logsum変数が負の値になることへの対応。
- ・パラメータ推定に地域別・産業別の「賃金率」と「財価格」の両データが必要となり推定が困難(対応するデータを用意できない)

124

集計Logitモデルの課題への対応

課題①への対応

抜本的な対応は困難であるため、推定したパラメータを用いてSCGEモデルの収束可能性を確認

課題②への対応

消費地価格減少制約を設けた上でパラメータを推定(Grid Search法)

3. SCGEモデルにおけるArmingtonアプローチとDSPEアプローチの挙動検証

CESと集計Logitの特徴比較

空間スケール	産業分類	検討内容
46 都道府県ケース	3 分類	全国 46 都道府県（沖縄県除く）を対象
37 市町村ケース	3 分類	大規模な道路整備がなされた広島県および島根県内の 37 市町村を対象。46 都道府県ケースとゾーン数を概ねそろえることで、空間スケール細分化による影響を検証
145 市町村ケース	18 分類	実務での活用を念頭に、空間スケール、産業分類を細分化したケースでの影響を検証

行動モデル

● 企業行動

$$\min. w_i L_i^m + r K_i^m$$
$$s.t. y_i^m = A_i^m (L_i^m)^{\alpha_i^m} (K_i^m)^{1-\alpha_i^m}$$
$$L_i^m = \frac{\alpha_i^m}{w_i} q_i^m y_i^m$$
$$K_i^m = \frac{1-\alpha_i^m}{r} q_i^m y_i^m$$
$$q_i^m(w_i, r) = C_i^m(w_i, r) = \frac{w_i^{\alpha_i^m} r^{1-\alpha_i^m}}{A_i^m \alpha_i^{\alpha_i^m} (1-\alpha_i^m)^{1-\alpha_i^m}}$$

● 家計行動

$$\max U_i(x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^M) = \sum_{m \in M} \beta^m \ln x_i^m$$
$$s.t. \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_{m \in M} p_i^m x_i^m$$
$$x_i^m = \beta^m \frac{1}{p_i^m} \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right)$$

● 地域間交易

CES型

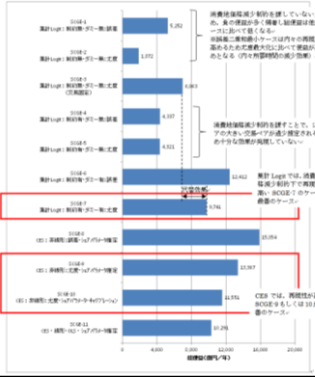
$$x_{ij} = \beta_{ij} \left(\frac{q_j (1 + \varphi_{ij})}{p_i} \right)^{-\sigma} d_i$$
$$p_i = \left(\sum_j \beta_{ij} q_j (1 + \varphi_{ij})^{-\frac{1}{\sigma}} \right)^{-\frac{1}{\sigma}}$$

OR

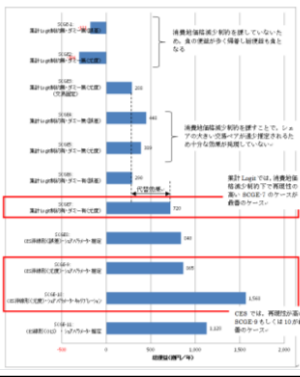
集計Logit型

$$x_{ij} = s_{ij} d_i \quad p_i = \sum_j s_{ij} q_j (1 + \varphi_{ij})$$
$$s_{ij} = \frac{y_i^m \exp[-\lambda_i^m q_i^m (1 + \nu_j^m \varphi_{ij})]}{\sum_{k \in J} y_i^k \exp[-\lambda_i^k q_k^m (1 + \nu_j^k \varphi_{ik})]}$$

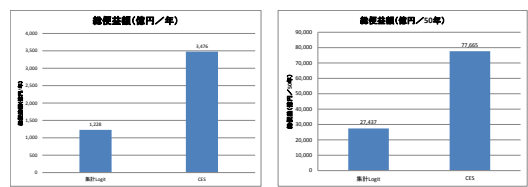
46都道府県の総便益：CESと集計Logitの比較



37市町村の総便益：CESと集計Logitの比較



145市町村の総便益：CESと集計Logitの比較



131

145市町村のパラメータ：CESと集計Logitの比較

	集計Logitモデル				CESモデル			
	λ	ϕ	η	内々ダミー	λ	ϕ	η	
01農林水産	1.45	0.11	0.20	1.92	1.96	3.75	0.51	
02鉱業	1.67	0.10	0.12	2.36	2.86	3.51	0.11	
03建設	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
04食料品	1.50	0.09	0.45	2.04	1.90	3.81	0.68	
05繊維工業	0.95	0.17	0.90	2.26	1.27	5.00	0.91	
06パルプ	0.80	0.20	0.12	2.91	2.04	5.00	0.17	
07化学	0.67	0.16	0.51	2.05	1.06	5.00	0.49	
08石油・石炭	2.88	0.07	0.06	1.38	2.01	3.12	0.06	
09窯業・土石	0.87	0.20	0.04	2.75	2.78	3.61	0.10	
10鉄鋼・非鉄	0.89	0.19	0.10	1.70	1.82	1.41	0.10	
11金属	0.94	0.16	0.33	2.18	1.95	5.00	0.56	
12一般機械	0.94	0.16	0.54	2.38	1.76	2.51	0.67	
13電子・電気	0.69	0.20	0.66	2.51	0.84	5.00	0.64	
14輸送用機械	0.69	0.28	0.20	2.16	1.75	2.71	0.30	
15その他製造	0.75	0.20	0.69	2.32	1.45	5.00	0.88	
16商業	1.07	0.14	0.17	2.65	2.75	3.01	0.38	
17サービス	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
18観光	1.90	0.09	0.11	1.99	3.91	2.11	0.44	

※尺度最大化により推定

時間価値パラメータ

時間価値パラメータ

132

145市町村の輸送マージン：全国IO, 集計Logit, CESの比較

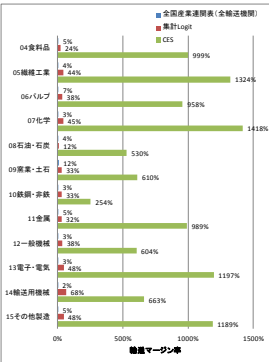
□ 量ベースの輸送マージン

全国産業連関表(108分類)
における運輸部門
鉄道輸送(旅客輸送)
道路輸送(旅客輸送)
航空輸送
水運
航空輸送
自動車用運送
倉庫
運輸付帯サービス

□ 価格ベースの輸送マージン

$$M = \frac{\sum_i \sum_j \alpha_{ij} x_{ij}}{\sum_i \sum_j x_{ij}}$$

※国際貿易では74%程度
(Anderson and Wincoop(2004))



133

まとめ

	CES型モデル	集計Logitモデル
理論面	SCGEモデルと理論整合的	ゼロ次同次性を満たしていないため解が近似値(収束可能性を担保できない)
実証面	分析対象の空間スケールに応じて地域間代替弾力性の推定が必要(空間スケール別に弾力性が異なることを確認) 地域間代替弾力性と同時推定される時間価値パラメータは過大となる傾向(特に空間スケールを細分化したケースで顕著) ⇒ 外生的に与える必要がある	消費地価格減少制約をかけることで所要時間短縮時のC.I.F価格の増加を抑制。 推定されるパラメータ(時間価値、弾力性)は、再現性、値の大きさともに現実的。

134