

長距離基幹航路における国際海上コンテナ貨物需要予測 SCGE モデルの検討

Study on SCGE Models for Prediction of Container Cargo Flow on International Trunk Line

石黒 一彦*, 稲村 肇**

Kazuhiko ISHIGURO and Hajime INAMURA

1. はじめに

従来の国際コンテナ貨物需要予測の基礎となる各国間貿易量の予測は、マクロ要因を変数とした計量経済モデルを基本としているため、港湾整備による輸送条件の改善等の政策評価ができない。

地域間(貿易)物流予測の研究は長い歴史を持ち、その手法は、古典的な重力モデル・エントロピーモデルから、地域間産業連関モデル、空間価格均衡モデル、空間応用一般均衡モデル等、様々な研究蓄積がある。特に、空間応用一般均衡モデルは、運輸政策の分析に対して数多くの適用例があり、多地域間の物流量予測にも十分応用可能であると思われる。

そこで本稿ではまず、従来の多地域間貿易モデルと、その中心を成す空間応用一般均衡モデルの最近の動向を考察する。さらに、運輸政策を評価可能な空間応用一般均衡モデルによる国際海上コンテナ貨物需要予測モデルの開発のために論点を整理することを目的とする。

2. 従来の地域間物流モデル

(1) 重力モデル

地域間流動量を地域のポテンシャルと地域間の輸送抵抗で表現する重力モデルの歴史は古く、Carey(1877)に端を発する。その後、Zipf(1949), Isard and Bramhall(1960)らによって改良され、Wilson(1970)によってエントロピーモデルが定式化されるに至る。重力モデルは数少ないデータで流動量を予測することができることが利点だが、高い予測精度は期待できない。

(2) 地域間産業連関モデル

地域間産業連関分析は、数地域の産業連関表から地域間産業連関表を作成する目的で、Isard(1951)により始められた。その後、Isard and Bramhall(1960), Leontief and Strout(1963)が重力モデルを統合させる形で発展させた。その後も Polenske(1970), Batten(1983)らにより改良が進められた。また、産業連関分析の弱点の一つである、プロダクトミックスの問題を解決するため、Oosterhaven(1984)はSNA型地域間産業連関表を導入した。しかし、それらも含め、地域間産業連関モデルは、投入係数や交易係数が固定であること、価格が固定であることが仮定されるため、非常に短期の分析にしか適さない。また、所得(収入)と消費の間の相互依存関係を十分に考慮できないという問題も抱えている。

(3) 空間価格均衡モデル

需要関数と供給関数から価格が決定されるミクロ経済理論に空間概念を導入した空間価格均衡モデルは、Samuelson(1952), Takayama and Judge(1964, 1971)によって展開された。その後、数々の適用例が報告されている。それらはいずれも、需要・供給量、価格の予測については比較的良好だが、地域間交易量の予測精度は低い。これは価格に関して決定論的に需給が決定されるため、同一品目の双方向流動を表現できないことによる。

こうした問題点を解決し、予測精度を高めるため、Batten and Johansson(1985), Bröcker(1988), Harker(1988)は分散型価格均衡モデルを構築した。これらは、重力モデルやエントロピーモデルを援用するものであり、行動理論との関係が曖昧である点が問題である。これに対し宮城(1990)はランダム効用理論を援用することにより行動理論との整合性を持つモデルを提案している。

Keywords: 港湾計画, SCGE, 物資流動

*正会員 修(情報) 東北大学大学院助手 情報科学研究科

**フェロ-会員 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06

TEL 022-217-7496; FAX 022-217-7494)

(4) 空間一般均衡モデル

空間一般均衡 (SCGE) モデルは、生産要素や生産された財の市場における需給均衡点を求めることにより、多地域の各地域における生産、消費、政府行動等を推定するものである。一般均衡モデルが計算可能となったのは、Scarf (1967, 1973) の功績によるが、SCGE モデルは多地域の様々なデータが必要であり、実際に適用され始めたのは最近のことである。先駆者である Liew and Liew (1984)¹⁾ は地域間産業連関表を利用した SCGE モデルを作成し、河川整備による水運コスト削減の影響分析を行った。しかし運輸業の活動と輸送コストとの関係において矛盾が生じているとの指摘がある。

SCGE モデルはある外的変化の影響を、企業、家計、その他諸々の主体の行動変化を通じた地域的波及を考察することができる。その他のモデルと異なり、影響が及ぶであろう範囲を全地域の全主体に拡大され、より理論的に整合性の高いモデルとなっており、地域間産業連関モデルが抱える諸問題も解決される。従って、長距離基幹航路における国際海上コンテナ貨物需要予測には、SCGE を基本としたモデルが最も適していると思われる。

3. 従来の SCGE モデル

(1) 企業行動

生産要素としては、資本、労働、中間投入財のみを考慮する例が多いが²⁾⁻¹³⁾、適用対象により、エネルギーを独立要素として扱う例¹⁴⁾⁻¹⁷⁾、自然資源や土地を独立要素として扱う例¹⁸⁾⁻²¹⁾が報告されている。各産業における資本、労働、中間投入財の投入額は産業連関表から得られるため、各国各地域において産業連関表の整備が進んだ現在では、それら3要素のデータ入手は容易である。

生産関数は Cobb-Douglas 関数、CES 関数、線形支出関数が主に用いられており、中でも CES 関数が最も一般的である。その場合でも、中間投入の品目別比率は固定とされることは多い。しかし、同じ品目に分類される財であっても、生産地が異なれば異なる財であると仮定しながらも (Arminton 仮定)、それらの間の代替性を考慮している。また、資本、労働、中間投入が画一の代替性で表現するよりも、資本・

労働間、付加価値・中間投入間、多地域中間投入間それぞれの代替性を異なる扱いをする方がより現実的であるため、ネスティッド型の層化 CES 関数が用いられる。

Cobb-Douglas 関数は代替弾力性値が 1 と仮定されているのに対し、CES 関数はその他の値でもよい。しかし CES 関数における代替弾力性値の設定は、過去の研究を参考とするか、モデル作成者の判断で適当な値を与えることになる²²⁾。多時点のデータから何らか求められることが望ましい。

(2) 家計行動

家計の消費行動も企業と同様に Cobb-Douglas 関数、CES 関数で表現されることが多いが、ある地域と不特定の他地域の2地域モデルの場合には CET 関数も用いられることがある^{10), 17)}。またデータの入手に関しても、産業連関表から品目別の家計消費支出が得られるため、それをそのまま用いることができる。貯蓄は明示的に考慮されない場合もあるが、考慮されることが一般的である。

(3) 政府行動

政府は税金を徴収し、政府消費支出を行う。多地域モデルの場合でも、地方政府と中央政府を一緒に考えるものもある^{6), 20)}。その場合、各地域の政府支出は外生的に与えられる。また、地方政府も内生部門と同様に扱うものもある^{18), 21)}。税率は外生的に与えられる。どのような政策の影響分析を対象としているかによって、様々な方法がある。

(4) 貯蓄と投資

静学モデルであれば、企業における内部留保等は無いと仮定され、貯蓄は全て投資支出となる²⁴⁾。貯蓄率を外生的に与えることが最も簡単な方法であるが、合成財である貯蓄財を定義し、それも含め財の購入に全ての収入を支出する方法もある¹²⁾。貯蓄財は結局のところ企業の投資となるため、消費者は生産資本の一部を所有していることと解釈できる。

(5) 要素市場

労働市場は完全競争が仮定される。国際間分析においては資本、労働ともに国際間移動はしないとさ

れる。地域間分析においては、短期予測では資本も労働も地域間移動をしないと仮定されるが、長期予測においては地域間移動が可能であるとの仮定を置くものもある²³⁾。一般には生産要素は地域内の他部門への移動は考慮されるが、短期予測の場合には資本は固定とされることがある。

(6) 財市場

財市場も完全競争が仮定される。超過利潤はゼロ、すなわち生産費用と需要価格が等しいとされる。輸送費と税が考慮される場合は、その分だけ生産費用と需要価格に乖離が生じる。各財は同品目であっても、地域が異なれば投入構造が異なり、価格も異なる。しかし、独占的市場や参入規制のある市場を対象としたモデルも開発されており^{15, 16)}、それらにおいては超過利潤が生じ、地域内に分配される。ただし小さな地域においては、価格は他地域の独占的価格に固定と仮定され、超過利潤は全域に流出するとされている。

4. コンテナ貨物需要予測モデルの備えるべき要件

本研究が目指す長距離基幹航路における国際海上コンテナ貨物需要予測モデルは、以下のような要件を満たす必要がある。

(1) 地域区分

現在、アジア、欧州、北米が国際海上コンテナ貨物の3大生産消費地域となっている。現在就航している2000TEU以上のコンテナ船の大部分はこれら地域間の航路に投入されており、1998年のコンテナ取扱量上位10港は全てこれら3地域の港湾である。国内港湾整備の影響等を議論するためには、日本を加えた4地域を同時に考慮する必要がある。

(2) 品目数

輸送ロットが大きい農産品や鉱産品、鉄鋼製品等はコンテナ輸送の割合が低く、一方で輸送ロットが小さい日用品等の消費財はほとんどがコンテナで輸送されている。また、保存方法や品目の特性上コンテナ輸送が適さない品目も多数存在する。コンテナ輸送されるか否かは、輸送ロットや単価といった画

一的な基準では分類できないため、できるだけ多くの品目を考慮する必要がある。これはSCGEモデルの構造上、国際産業連関表が用意されていれば、その品目分類をそのまま利用可能なはずであるが、計算能力の問題が残る。

(3) 輸送費

モデル上で輸送量を金額単位で表現する場合に問題となるのが輸送費である。現実にはコンテナ貨物の運賃はコンテナ1個単位で設定されることが一般的であり、商品単価とは関係ない。単価の高い品目は、単価の低い品目に比べて、付加価値に対する輸送費の割合が低くなる。従来のモデルで輸送費はアイスバーグ型の場合が多く問題である。輸送費が価格の絶対水準を決定するニュメレールの役割を果たすモデルも開発されているが、輸送費は品目毎に与える必要がある。運輸企業を考慮し、その行動が内生的に表現され、運賃が内生的に決定されるようなモデルが開発されればより詳細な議論が可能となる。

ただし、現実の国際海上コンテナ輸送においては、運賃同盟が存在するため、運賃が高止まりすることもある。需給の変動に対して過敏に運賃が反応することもある。基準データとして与えられる産業連関表作成時点の海運業界の動向を考慮した処理が必要である。

(4) 関税・非関税障壁

関税は輸送費と同様の扱いで良いが、品目毎に適切に与える必要がある。非関税障壁は考慮することが困難であるが、関税と同様の形で考慮できるケース等についてはできる限り考慮する必要がある。

(5) 海外直接投資

先進国から開発途上国に対して、海外直接投資は積極的に行われており、投資の国際移動も適切に考慮する必要がある。資本蓄積に他国の要因を考慮する必要がある。海外直接投資の現状には有形無形の規制が存在しており、それらを考慮する必要がある。

5. おわりに

本稿ではSCGEモデルを中心に地域間物流予測に適用可能なモデルを概観した。また国際海上コンテ

ナ貨物需要予測モデルの開発のために改良すべき点を検討した。今後は現在計画されている港湾整備の評価は勿論のこと、為替や貿易条件の変化の影響を分析することも可能な SCGE モデルを開発する予定である。

参考文献

- Liew, C. K. and C. J. Liew: Measuring the development impact of a proposed transportation system, *Regional Science and Urban Economics* 14, pp.175-98, 1984.
- Buckley, P. H.: A transportation-oriented interregional computable general equilibrium model of the United States. *The Annals of Regional Science* 26, pp.331-8, 1992.
- Harrigan, F., and P. G. McGregor: Neoclassical and Keynesian perspectives on the regional macroeconomy: A computable general equilibrium approach. *Journal of Regional Science* 29, pp.555-73, 1989.
- Harrigan, F., P. G. McGregor, J. K. Swales, and N. Dourmaskin: Imperfect competition in regional labour markets: A computable general equilibrium analysis. *Environment and Planning A* 24, pp.1463-81, 1992.
- Harrigan F P. G. McGregor, and J. K. Swales: The system-wide impact on the recipient region of a regional labor subsidy. *Oxford Economic Papers* 48, pp.105-33, 1996.
- Hoffmann, S., S. Robinson, and S. Subramanian: The role of defense cuts in the California recession: Computable general equilibrium models and interstate factor mobility. *Journal of Regional Science* 36, pp.571-95, 1996.
- Kimbell, L. J., and G. W. Harrison.: General equilibrium analysis of regional fiscal incidence. In *Applied general equilibrium analysis*, eds. H. Scarf and J. Shoven. New York: Cambridge University Press, 1984.
- McGregor, P. G., J. K. Swales, and Y. P. Yin: A long-run interpretation of regional input-output analysis. *Journal of Regional Science* 36, pp.479-500, 1996.
- Norrie K H and M B Percy: Freight rate reform and regional burden: A general equilibrium analysis of Western freight rate proposals. *Canadian Journal of Economics* 16, pp.325-49, 1983.
- Waters, E., D. W. Holland, and B. A. Weber: Economic impacts of a property tax limitation: A computable general equilibrium analysis of Oregon's Measure 5. *Land Economics* 73, pp.72-89, 1997.
- West, G. R.: Comparison of input-output, input-output+economic and computable general equilibrium impact models at the regional level. *Economic Systems Research* 7, pp.209-27, 1995.
- Soven, J. B. and J. Whalley: Applying General Equilibrium, 邦訳: 応用一般均衡分析, 東洋経済新報社, 1993.
- 宮城俊彦, 本部賢一: 応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40, 1996.
- Conrad, K., and M. Schroder: Choosing environmental policy instruments using general equilibrium models. *Journal of Policy Modeling* 15, pp.521-43, 1993.
- Hertel, T. W.: Partial vs. general equilibrium analysis and choice of functional form: Implications for policy modeling. *Journal of Policy Modeling* 7, pp.281-303, 1985.
- Hertel, T. W., and T D Mount: The pricing of natural resources in a regional economy *Land Economics* 61, pp.229-43, 1985.
- Li, P., and A. Rose.: Global warming policy and the Pennsylvania economy: A computable general equilibrium analysis. *Economic Systems Research* 7, pp.151-71, 1995.
- Jones, R., and J. Whalley: A Canadian regional general equilibrium model and some applications. *Journal of Urban Economics* 25, pp.368-404, 1989.
- Jones, R., and J. Whalley: Regional balance sheets of gains and losses from national policies. *Regional Science and Urban Economics* 20, pp.421-35, 1990.
- Koh, Y. K., D. F. Schreiner, and H. Shin: Comparisons of regional fixed price and general equilibrium models. *Regional Science Perspectives* 23, pp.33-80, 1993.
- Liew, L. H.: "Tops-down" versus "bottoms-up" approaches to regional modeling. *Journal of Policy Modeling* 6, pp.351-67, 1984.
- Partridge, M. D. and D. S. Rickman: Regional computable general equilibrium modeling: A survey and critical appraisal, *International Regional Science Review* 21-3, pp.205-48, 1998
- Morgan, W., J. Mutti, and D. Rickman: Tax exporting, regional economic growth, and welfare. *Journal of Urban Economics* 39, pp.131-59, 1996.
- 安藤朝夫: 価格差を考慮した他地域計量モデルによる交通基盤整備プロジェクト評価システムの開発, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書, 1997.
- 家田仁, 柴崎隆一, 内藤智樹, 三島大輔: アジア圏コンテナ流動モデルの構築とその配分仮説に応じた特性分析, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.469-480, 1997.
- 奥田隆明: 確率論に基づく多地域一般均衡モデル, 地域学研究, 24-1, pp.117-131, 1994.
- 溝上章志: 産業間の連関性と空間的な価格均衡を考慮した物資流動モデル構築の試み, 土木学会論文集, No.494/IV-24, pp.53-61, 1994.
- 宮城俊彦: 分散型空間価格均衡モデル, 地域学研究, 20-1, pp.215-233, 1990.
- Miyagi, T.: Resent developments in Multiregional general equilibrium modelling: Economic-transportation interaction models, 地域学研究, 27-1, pp.213-227.
- Berck, P. E. Golan, B. Smith, J. Bamhart, and A. Dabalen: Dynamic revenue analysis for California. Sacramento, CA, California Department of Finance, 1996.
- Berck, P., S. Robinson, and G. Goldman: The use of computable general equilibrium models to assess water policies. In *The economics and management of water and drainage in agriculture*. Norwell, MA, Kluwer Academic Publishing, 1991.
- Despotakis, K. A., and A. C. Fisher: Energy in a regional economy: A computable general equilibrium model for California. *Journal of Environmental Economics and Management* 15, pp.313-30, 1988.
- Gazel, R: Free trade agreements and interregional labor migration: The case of the U.S. and Canada. *Annals of Regional Science* 30, pp.373-90, 1996.
- Gazel, R., G. J. D. Hewings, and M. Sonis: Trade sensitivity and feedbacks: Interregional impacts of the US-Canada Free Trade Agreement. In *Recent advances in spatial equilibrium modelling*, eds. J. C. J. M. van den Bergh, P. Nijkamp, and P. Rietveld. New York, Springer, 1995
- Harrigan, F.: Software reviews: Software for solving numerical general equilibrium models. *The Economics Journal* 103, pp.1088-1104, 1993.
- Harrigan, F., P. G. McGregor, J. K. Swales, and N. Dourmaskin: The sensitivity of output multipliers to alternative technology and factor market assumptions: A computable general equilibrium analysis. In *Regional input-output modeling: New developments and interpretations*, eds. J. H. L. Dewhurst, R. C. Jensen, and G. J. D. Hewings. Aldershot, UK, Avebury Press, 1991.
- Jones, R., J. Whalley, and R. Wigle: Regional impacts of tariffs in Canada: Preliminary results from a small dimensional numerical general equilibrium model. In *New developments in applied general equilibrium analysis*, eds. J. Piggott and J. Whalley. New York, Cambridge University Press, 1985.
- Kilkenny, M.: Rural/urban effects of terminating farm subsidies. *American Journal of Agricultural Economics* 75, pp.968-80, 1993.
- Kilkenny, M.: Agricultural liberalization in segmented or integrated markets, with scale economies. *Journal of Economic Integration* 8, pp.201-18, 1993.
- Kilkenny, M.: Transport costs and rural development. *Journal of Regional Science* 38, pp.293-312, 1998.
- Kraybill, D. S.: Computable general equilibrium analysis at the regional level. In *Microcomputer-based input-output modeling, Applications to economic development*, eds. D. M. Otto and T. G. Johnson Boulder CO, Westview Press, 1993.
- McGregor, P. G., J. K. Swales, and Y. P. Yin: Migration equilibria in regional economies: A multi-period CGE analysis of an improvement in local amenities. In *Recent advances in spatial equilibrium modelling*, eds. J. C. J. M. van den Bergh, P. Nijkamp, and P. Rietveld New York Springer, 1995.
- Morgan, W., J. Mutti, and M. Partridge: A regional general equilibrium model of the United States: Tax effects on factor movements and regional production. *The Review of Economics and Statistics* 71, pp.626-35, 1989.
- Rickman, D. S.: Estimating the impacts of regional business assistance programs: Alternative closures in a computable general equilibrium model. *Papers in Regional Science* 71, pp.421-35, 1992.
- Whalley, J., and I. Trela: Regional aspects of confederation. Buffalo: University of Toronto Press, 1986.
- Wigle, R. M.: Transportation costs in regional models of foreign trade: An application to Canada-U.S. Trade. *Journal of Regional Science* 32, pp.185-207, 1992.