

アジアにおける海上輸送の技術革新による 経済的影響

岡本 浩佑¹・石黒 一彦²

¹非会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1)
E-mail: 152w304w@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院准教授 海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1)
E-mail: ishiguro@maritime.kobe-u.ac.jp

空間応用一般均衡 (SCGE) モデルによる分析は、データ数の少ない国においても詳細な地域分析を可能にする経済モデルである。SCGEモデルでは一般的に輸送をIceberg型費用として捉えられることが多いが、我々は地域間輸送企業の行動を定式化してモデルに組み込み、Iceberg型モデルで輸送費用の意味づけが曖昧になる欠点を補うSCGEモデルを提案する。構築したモデルの現況再現性や挙動の特徴を確認した上で、日中韓三カ国に対して適用し、シナリオ分析を行った。その結果、課題は残るものの有効なSCGEモデルの構築に成功し、Iceberg型モデルと輸送企業の行動を考慮したモデルに対するシナリオの影響の相違点が確認された。

Key Words : SCGE, transportation firm, Iceberg type, shipping, technological innovation

1. はじめに

海上輸送は国際輸送において最も利用されている輸送手段であり、世界の海上輸送量は貿易額の増加に伴って年々増加傾向にある。島国である日本では海運産業は重要な役割を担っており、海運産業の発展は経済に大きな影響を及ぼす。円滑かつ低コストな海上輸送の実現は、産業の国際競争力強化や消費者の効用増大に直接結びつくため、政府としても海運ならびに港湾に対して様々な政策を実施している。それら政策の効果を事前により高い精度で推計できる手法の開発が望まれている。特に海上輸送等の輸送に関する政策を検討する際には、輸送産業の行動が適切に反映され、輸送産業の行動が貿易や各産業の生産活動等に及ぼす影響を表現できるモデルが必要である。

輸送産業にとっての費用は大きく変化することが多く、例えば燃料費に関しては石油産出国の状況やシェールガスの産出技術の発展などで不規則な変化が生じる。これら輸送費用を先行研究では定数として与えているものが多く、詳細なモデル化がなされているものは少ない。陸上交通計画を行う研究においては輸送費用を距離、燃料費等のパラメータを用いて表現しているものも見られるが、海上輸送に関しては研究が進んでいない現状である。

そこで本研究では地域間輸送企業の行動を考慮したモデルを開発し、一般的なモデルとの比較検討を行う。そ

の上で構築したモデルの有意性を検討し、輸送費用に影響を与えるそれぞれのシナリオにおける分析を行う。

2. 先行研究

これまでに多くの手法が政策の分析に用いられてきた。過去には分析手法には計量経済モデルやマクロ経済モデルが一般的な手法として用いられてきた。計量経済モデルは要因間の相関関係や因果関係を確認するためには適しているが、要因間の複雑な相互依存関係を表現するには向かない。マクロ経済モデルは多地域分析において十分詳細な統計データが必要となるが、そのような詳細な統計データを得ることは非常に難しい。このため現在空間応用一般均衡 (SCGE) モデルの開発ならびに適用の例が蓄積されてきている。

SCGE モデルにおける地域間輸送の取り扱い方法は大きく以下の4つに分けることができる。

1. 輸送費用を Iceberg 型関数として定式化
2. 輸送費用をモデル中で関数として定式化
3. 別分析モデルで輸送費用を考慮
4. 地域間輸送機関の行動を定式化

表-1はSCGEモデル分析の先行研究を示した表である。Bucley¹⁾, Miyagi^{2,4)}, Brocker^{3,9,13)}, Hertel⁵⁾, Ishikura^{6,12)}, Kuiki⁷⁾, Shimasawa⁸⁾, Timilsina^{10,13)}, Hunase¹¹⁾, Zaki¹⁵⁾, Jin¹⁶⁾

は輸送費用をIceberg型費用としたSCGEモデルの代表例である。輸送に関してIceberg型費用とは財の輸送のために財を一定割合追加投入するという意味する費用関数である。例えば、石倉¹²⁾は財・サービスの取引には輸送マージンを要するという想定に基づき国内輸送マージンと国際輸送マージンの両方を考慮している。この研究は輸送マージンを輸送機関の輸送価格をパラメータとして割り振るなど、Iceberg型を想定したモデルの中では輸送に関して詳細な記述がなされている。

Mun¹⁷⁾, Horridge¹⁸⁾, Zhang¹⁹⁾, Verikioset²⁰⁾の研究では輸送費用がモデル中で関数として定式化されている。定式化の方法は様々である。例えば、Mun¹⁷⁾は地域間交易を都市間距離と財の価格によって定式化している。分析対象を日本の東北地方とし、経済の集積と交通ネットワーク構造の相互作用が都市の大きさに重要な役割を行うことを描写している。この研究では定式化の段階で共通することも多く参考になる研究である。しかしながらこの分析では地域間輸送実績に関する詳細なデータが必要であり、そのようなデータが存在しない多国多地域を対象とした分析への適用は難しい。

Kim²¹⁾は輸送モデルによって輸送費用を算出することにより、輸送モデルとSCGEモデルを結合させて交通ネ

ットワークと経済動向の動的相互影響を分析している。輸送については高速道路の特性や地域の規模等を参考にして分析を行っている。しかしながらこの分析は韓国国内を対象にしたものであり、複数国を対象とした分析においては海上輸送についての独自の輸送モデルが必要となる。

安藤²²⁾は地域間輸送機関を定式化したSCGEモデルを提案した。安藤²²⁾は中国全体を研究対象とし、財輸送を派生需要とみなした研究を行っている。経済主体は一般企業、家計、政府、輸送企業の4つが仮定されている。輸送運賃は発送地側の輸送企業に支払われると仮定している。輸送総額は輸送財に対する消費総額と国内生産総額の総和と労働と資本によって算出されている。この仮定において輸入量は海外の供給能力と輸入価格に依存するとして算出しており、輸出量については海外の需要構造に寄与するとして計算を行った。この研究対象が中国全体であるのでこの研究は有意であるが、多国多地域を研究対象とするならば国際輸送の輸送量を距離や港湾使用の面を考慮し内生的に定式化する必要がある。また、国際輸送では発送地側企業に運賃が支払われるのではなく国・地域に関係なく地域間輸送企業に運賃が支払われるため、この仮定を多国多地域分析に用いることはでき

表-1 SCGEモデル分析の先行研究

	published	region	sector	production	consumption
Buckley	1992	3	5	multi-level CD/IO	LES/Armington
宮城ら	1998	9	4	CES	CES
Brocke et al	2002	11	10	NCES	
宮城	2003	適用なし	適用なし	CES	
Hertel et al	2007	40	42	armington/CES	
石倉, 土谷	2007	2	10	multi-level CES/leontief	
Kuik et al	2010	12	6	armington	
Shimasawa et al	2010	16	5	CD	CD
Broecker et al	2010	260	2	multi-level CD/CES	CDE
Timilsina et al	2011	25	28	CES	
船瀬ら	2011	9	9	multi-level CD/leontief	CES
石倉,坂井	2012	2	10	multi-level CES	multi-level CD/CES/leontief
Timilsina et al	2012	8	12	GTAP	Gtap
Broecker et al	2013	3	2	multi-level CD/CES	CD
Zaki	2014	113	57	multi-level CES/CET	multi-level CES
Jin	2015	6	12	KLEM-H nested CES	NA
Mun	1997	37	20	CD	CD
Horridge et al	2005	45	9	CES/Armington	Nested CES
Zhang et al	2014	適用なし	適用なし	CES	CES
Verikios et al	2015	54	8	CES	CES
Kim et al	2011	4	4	CD	CD
Ando et al	2009	27	7	CD	multi-level CD/IO

ない。

そこで本研究では世界に一つの独立した地域間輸送企業が存在すると仮定して SCGE モデルを構築し、独自に構築した SCGE モデルと Iceberg 型 SCGE モデルを用いて国際貿易における技術革新に関するシナリオの分析を行う。本研究で用いるシナリオは輸送費用を内生的に変化させるものであり、将来発生すると考えられるものである。技術革新がもたらす貿易変化を分析することで、輸送費用が貿易に与える影響を考察すると共に貿易のメカニズムの解明を行う。

3. SCGEモデル

(1) 基本仮定

本研究では以下の仮定を前提として SCGE モデルの構築を行う。

- ① (生産要素) 資本と労働の2種類の生産要素を考える。要素の地域移動はないものとする。
- ② (経済主体) Iceberg 型 SCGE モデルでは一般企業、家計の2種の経済主体を考える。地域間輸送企業の行動を考慮したモデルでは一般企業、運輸企業、家計の3種類の経済主体を考える。
- ③ (運輸企業) 運輸企業は地域によらず世界に一つであると仮定し、唯一の運輸企業により輸送がなされていると考える
- ④ (最終需要) 家計は消費支出のみを行い、その他の経済活動をしないと考える。

(2) Iceberg 型モデル

a) 一般企業

地域 s の産業 j の生産関数は、地域 r 産の i 財の投入量 X_{ij}^{rs} と、資本投入 K_j^s 、労働投入 L_j^s を用いて(2)式のように表され、その産業の生産費用は(1)式で表される。

$$\text{Min } C_j^s = \omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s + \sum_i \sum_r q_i^s X_{ij}^{rs} \quad (1)$$

$$\text{s.t } X_j^s = \prod_i \left\{ \prod_r \langle X_{ij}^{rs} \rangle^{\alpha_i^r} \right\} \langle L_j^s \rangle^{\alpha_{L_j^s}} \langle K_j^s \rangle^{\alpha_{K_j^s}} \quad (2)$$

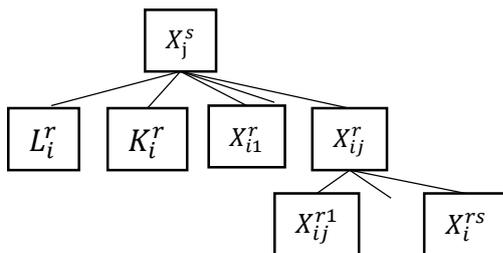


図-1 一般企業行動における階層構造

C_j^s : s 地域の j 産業の費用

X_j^s : s 地域の j 産業の生産量

ω_j^s : s 地域の j 産業の労働賃金

L_j^s : s 地域の j 産業の労働量

r_j^s : s 地域の j 産業の資本価格

K_j^s : s 地域の j 産業の資本量

q_i^s : s 地域で消費される i 財の需要価格

X_{ij}^{rs} : s 地域の j 産業が消費する r 地域 i 財

X_{ij}^s : s 地域の j 産業が消費する i 財

α : 分配パラメータ

生産関数に関して以下の仮定を設ける。

仮定 1. 生産関数はコブダグラス型関数を仮定する。この生産関数は一次同次であり、分配パラメータは(3)式を満たしているとする。

$$\sum_i \sum_r \alpha_i^r + \alpha_{L_j^s} + \alpha_{K_j^s} = 1 \quad (3)$$

仮定 2. 労働と資本は地域間で移動できない。各地域で産業別賃金水準がばらつくのは一般的である。これは労働市場における不合理な慣習や規制、及び労働技能の調整が短期的には困難であることに起因する。企業の直面する問題は、賃金 ω_j^s と資本レント r_j^s 、消費地域 s の i 財需要価格 q_i^s の下で費用を最小化するように、投入財 X_{ij}^{rs} 、資本 K_j^s 、労働 L_j^s を選択することである。

仮定 3. 一般企業は X_j^s の生産において2階層の構造を持っており、1階層において一般企業は費用最小化行動の下に費用最小化行動の下に投入財 X_{ij}^{rs} 、資本 K_j^s 、労働 L_j^s を選択する。2階層において一般企業は X_{ij}^s を国内、多地域から輸送している。ここで Iceberg 型モデルでは輸送において輸送障壁が発生している。

b) 家計

地域 s に居住する家計全体の効用関数は財の消費量のみ依存して(4)式のように表され、予算制約 ((5)式)の下で効用を最大化するものとする。その他、以下の仮定を設ける。

仮定 4. 家計は所得の全てを財の購入に費やす。これは家計が投資・貯蓄を行わないことを意味している。多地域を対象とする分析において投資や貯蓄を各地域同様に定式化することは現実的ではない点から家計は投資と貯蓄を扱わない予算制約式を簡略化して定式化した。このため家計所得の総額は労働所得 $\omega_j^s L_j^s$ 、資本所得 $r_j^s K_j^s$ 、移転所得 Ta_j^s の合計である。効用関数は一次同次 ((6)式)のコブダグラス型関数を想定する。

仮定 5. 家計は財の購入において2階層の構造を持っており、1階層において家計は効用を最大に満たすように財 Y_i^s の消費量を決める。2階層において s 地域で購入される各財を国内・他地域から輸送された財を選択する。

$$\text{Max } U^s = \prod_r \prod_i (Y_i^{rs})^{\beta_i^{rs}} \quad (4)$$

$$\text{s.t. } \sum_i q_i^s Y_i^{rs} = \sum_j (\omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s + T a_j^s) \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_r \beta_i^r + \beta_{L_i^r} + \beta_{K_i^r} = 1 \quad (6)$$

U^s : s 地域の効用

Y_i^{rs} : s 地域における r 地域 i 財の購入量

Y_i^s : s 地域における i 財の購入量

$T a_j^s$: s 地域 j 産業の移転所得

β : 分配パラメータ

m : 産業数

n : 地域数

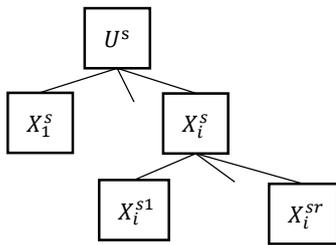


図-2 家計行動における階層構造

(3) Iceberg 型モデルの均衡体系

a) 一般企業の生産体系

一般企業の条件式は分配係数 α を用いて(7)式のように表される。これは産業連関表の列和に関する条件式に相当する。

$$q_j^s X_j^s = \sum_i \sum_r \alpha_i^r q_i^r X_{ij}^{rs} + \alpha_{L_j^s} \omega_j^s L_j^s + \alpha_{K_j^s} r_j^s K_j^s \quad (7)$$

すべての消費地の財価格 q_{ij}^s は生産地の財価格 p_i^r によって(8)式のように表される。この式は需要価格は生産地域と消費地域の輸送障壁によって変化することを表している。 p_i^r は SCGE モデルにおいて既知の定数としている。

$$q_i^{rs} = p_i^{rs} (1 + \tau_{rs}) \quad (8)$$

ここで X_{ij}^{rs} は費用最小化問題の解として(9)式のように表される。 X_{ij}^{rs} について $m \times m \times n \times n$ 本の数式が存在する。

$$q_i^r X_{ij}^{rs} = \alpha_i^r \left(\sum_i \sum_r q_i^r X_{ij}^{rs} + \omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s \right) \quad (9)$$

労働と資本においても(9)式と同じ構造を持ち全ての労働、資本について $m \times n$ 本ずつ式が存在する。

$$\omega_j^s L_j^s = \alpha_{L_j^s} \left(\sum_i \sum_r q_i^r X_{ij}^{rs} + \omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s \right) \quad (10)$$

$$r_j^s K_j^s = \alpha_{K_j^s} \left(\sum_i \sum_r q_i^r X_{ij}^{rs} + \omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s \right) \quad (11)$$

b) 家計の消費体系

家計行動における Y_i^{rs} は効用最大化問題の解として(12)式のように表される。全ての Y_i^{rs} において $m \times n \times n$ 本の式がそれぞれ対応する。

$$q_i^s Y_i^{rs} = \beta_i^r \left(\sum_j (\omega_j^s L_j^s + r_j^s K_j^s + T a_j^s) \right) \quad (12)$$

c) 価格体系

(7)~(12)式を価格について解くと、全ての価格の式が導出される。この式によって価格は変化する。全ての変数 $p_i^{rs}, \omega_j^s, r_j^s, X_{ij}^{rs}, L_j^s, K_j^s, Y_i^{rs}$ に対応して各式が存在することになる。

(4) 地域間輸送企業の行動を考慮したモデル

本研究で開発するモデルでは企業行動と家計行動においては Iceberg 型モデルと同様の構造を持つが、地域間輸送企業の投入産出構造を表現している点と、財の地域間輸送の運賃を輸送企業の単位輸送コストとして表現している点が異なる。

a) 地域間輸送企業

地域間輸送企業は財の輸送により収入を得る。地域間輸送企業は与えられた輸送需要を満たす輸送サービスを生産する際に費用最小化を行い、労働、資本、投入財の量を決定する ((13)~(15)式)。生産関数は一次同次のコブダグラス型関数とする。地域間輸送企業では利潤をゼロと仮定する。このため地域間輸送企業の費用総額 C^T は収入総額 $P_T T$ と一致する。

$$\text{Min } C^T = \sum_r (\omega_r^r L_r^r + r_r^r K_r^r) + \sum_i \sum_r p_i^r X_{ir}^r \quad (13)$$

$$\text{s.t. } T = \eta \prod_r \left\{ \prod_i (X_{ir}^r)^{\gamma_i} (L_r^r)^{\gamma_r} (K_r^r)^{\gamma_r} \right\} \quad (14)$$

$$T = \sum_i \sum_j \sum_r \sum_s t_i^{rs} X_{ij}^{rs} + \sum_i \sum_r \sum_s t_i^{rs} Y_i^{rs} \quad (15)$$

C^T : 地域間輸送企業の費用

P_T : 財の輸送運賃

T : 地域間輸送企業の輸送総量

ω_r^r : 生産地 r 地域における地域間輸送企業の労働価格

L_r^r : 生産地 r 地域における地域間輸送企業の労働量

r_r^r : 生産地 r 地域における地域間輸送企業の資本価格

K_r^r : 生産地 r 地域における地域間輸送企業の資本

t_i^{rs} : i 財における r 地域から s 地域への輸送価格

X_{ir}^r : 地域間輸送企業における r 地域 i 財の投入

γ : パラメータ

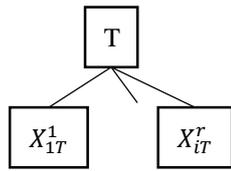


図-3 地域間輸送企業の生産

b) 要素価格と最終需要価格

最終需要価格は生産地価格と輸送費用の和で表される。地域間輸送費用は生産地と消費地の輸送費用に依存する。

$$q_i^{rs} = p_i^{rs} + t_i^{rs} \quad (16)$$

c) 地域間輸送企業の生産体系

地域間輸送企業の行動は費用最小化問題の解として(17)~(20)式で表すことができる。(18), (19)式は地域間輸送の需要と供給に関する式である。(20)式は輸送費用を定式化した式である。地域間輸送費用は燃料費用とその他の輸送費用を含んでいる。

$$p_i^r X_{iT}^r = \gamma_i^r \sum_r (\omega_r^r L_T^r + r_T^r K_T^r) + \sum_i \sum_r p_i^r X_{iT}^r \quad (17)$$

$$BF_i^r = \sum_i \sum_r t_i^{rs} X_{ij}^{rs} \quad (18)$$

$$BF^s = \sum_i \sum_r t_i^{rs} Y_i^{rs} \quad (19)$$

$$t_i^{rs} = t_T + l^{rs} E \quad (20)$$

BF_i^r : 生産地 r の i 財における国際輸送費用総額

BF^s : 消費地 s における国際輸送費用総額

t_T : 距離関係を除いた輸送費用

l^{rs} : 生産地 r と消費地 s の距離

E : 燃料費

(5) 基準均衡

本研究で取り扱う産業数は地域間輸送企業を除くと10、地域数は4である。Iceberg型モデルにおいて X_{ij}^{rs} に関する式が160本、 L_j^s 、 K_j^s に関する数式がそれぞれ40本、 Y_i^{rs} に関する数式が160本存在し、 X_{ij}^{rs} 、 L_j^s 、 K_j^s 、 Y_i^{rs} に付随する価格の数式が1840本存在する。このため内生変数と式の数は一貫している。地域間輸送企業においては X_{iT}^r 、 L_T^r 、 K_T^r それぞれの変数に関する数式が存在し、 BF_i^r 、 BF^s に関する数式がそれぞれ存在しており内生変数の数と式の数は一貫する。

4. モデルの現況再現性の確認

JETROより得られた2005年日中韓産業連関表を加工した産業連関表とIceberg型モデル、構築したモデルの比較・検討を行う。以下に本研究に用いた産業連関表の特

徴を示す。

- ① (産業分類) 農業、鉱業、家庭消費製品、一次産業、二次産業、エネルギー、建設業、商業、運輸業、サービス業の10部門とする。
- ② (地域区分) 中国、日本、韓国、その他地域(ROW)の4区分とする。
- ③ (地域区分) 日中韓をそれぞれ1つの地域とし、それ以外の国は全てROWとする。
- ④ (産業連関表の加工) 産業連関表中の誤差項は横方向においてROWに配分し、縦方向に関しては労働と資本に配分する。

本研究においてはIceberg型モデルに関して3680本の数式と変数が存在し、地域間輸送企業の行動を考慮したモデルに関しては3766本の数式と変数を持つ。

下図に各モデルによって得られた三国における部門別の中間投入総量を示す(図-4)。内生変数 X_j の元データとの誤差率を表-5に示す。図-4よりIceberg型モデル、構築したモデルはおおよそ元データと一致することが確認された。Iceberg型モデルにおいて最も高い誤差が確認されたサービス業でも0.7%程度であった。構築したモデルにおいては最大の誤差が確認された一次製造業で0.5%程度であった。一次製造業についての国ごとの中間投入消費量を図-5に示す。一次製造業においてはそれぞれのモデルに元データと同様の国別の中間財投入が確認され、同程度の比率での消費が確認され、多地域分析に関して十分に有用なモデルであることが確認された。

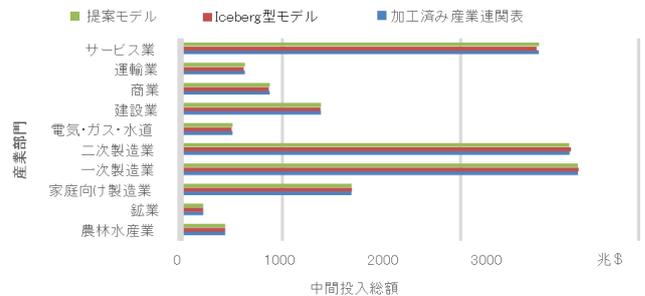


図-4 各モデルの基準均衡データ

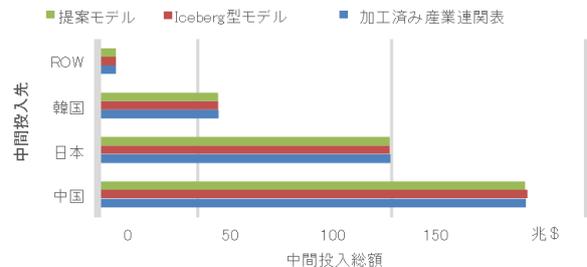


図-5 各モデルにおける一次製造業の国別中間投入量

5. シナリオ分析

(1) シナリオ

海上輸送の技術革新により輸送費用が減少することを想定してモデルの適用を行う。ここでは燃料費が50%上昇した場合の影響を分析する。

(2) Iceberg型モデル

Iceberg型モデルでは燃料費が輸送費用の15%を占めるとして輸送障壁 t_{rs} を変化させる。モデル適用結果を表-2に示す。中国、日本、韓国各国において同程度の中間投入の減少が見られる。ここでROWはほとんど変化しなかった。

表-2 Iceberg型モデルにおける一次製造業の国別中間投入量

(兆\$)	中国	日本	韓国	ROW
基準均衡	1.12	0.764	0.320	0.542
変化後	1.14	0.779	0.324	0.542
比率	0.98751	0.98089	0.98772	1.00000

(3) 地域間輸送企業の行動を考慮したモデル

構築したモデルにおいて燃料費が50%削減されることは輸送費 t_i^s に影響を及ぼすことを意味する。本モデルにおいて t_i^s は重量を持つ中間投入の距離に関するパラメータが50%に減少するとする。モデル適用結果を表-3に示す。大きくはないが明らかな変化が見られた。日本、韓国においては中間投入が減少するが、輸送費の減少に伴い、距離が離れているROWの中間投入は増加傾向にあることが確認された。Iceberg型モデルは構築したモデルより大きい中間投入量変化が見られた。

表-3 構築したモデルにおける一次製造業の国別中間投入量

(兆\$)	中国	日本	韓国	ROW
基準均衡データ	1.11	0.761	0.318	0.541
変化後のデータ	1.11	0.761	0.318	0.541
比率	0.99989	0.99977	0.99977	1.00001

6. 結言

地域間輸送企業の行動を考慮したモデルとIceberg型モデルの構築とプログラムを行い、基準均衡とシナリオに関して分析を行った。基準均衡に関してはIceberg型モデルと構築したモデルそれぞれ加工済み産業連関表と十分近い再現値を持つことが確認された。それぞれのモデルによるシナリオ分析より、両モデルともに現実的な推定値を示した。しかしながら構築したモデルはIceberg型モデルより小さく中間投入量に変化した。これはIceberg型モデルにおける輸送障壁パラメータと構築したモデルに

おける輸送費 t_i^s の変化が同一のものでないことが原因である。

今後はIceberg型モデルの輸送障壁パラメータと輸送費 t_i^s の変化を一致させる必要がある。また輸送費 t_i^s については本来、財・運搬される船舶の種類によって輸送費の変化があるため、より詳細なデータを用いてより適切なパラメータを与える必要がある。また、他の対象地域や産業分類に対しても適用を行い、モデルの安定性を確認する。

参考文献

- Buckley, P. H. (1992). "A TRANSPORTATION-ORIENTED INTERREGIONAL COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL OF THE UNITED STATES." *Annals of Regional Science* 26(4): 331-348.
- 宮城俊彦, 本部賢一, 井上恵一 (1998). 多地域応用一般均衡モデルに用いる交易係数について. *土木計画学研究・論文集* 15: 93-100.
- Brocker, J. and M. Schneider (2002). "How does economic development in Eastern Europe affect Austria's regions? A multiregional general equilibrium framework." *Journal of Regional Science* 42(2): 257-285.
- 宮城俊彦. (2003). 独立した輸送部門を前提にした地域間交易モデル. *地域学研究* 34(3): 137-152.
- Hertel, T., D. Hummels, M. Ivanic and R. Keeney (2007). "How confident can we be of CGE-based assessments of Free Trade Agreements?" *Economic Modelling* 24(4): 611-635.
- 石倉智樹, 土谷和之 (2007). 羽田空港の容量拡大による航空輸送の生産性への寄与とその経済効果. *土木学会論文集 D* 63(1): 36-44.
- Kuik, O. and M. Hofkes (2010). "Border adjustment for European emissions trading: Competitiveness and carbon leakage." *Energy Policy* 38(4): 1741-1748.
- Shimasawa, M. and K. Oguro (2010). "Impact of immigration on the Japanese economy: A multi-country simulation model." *Journal of the Japanese and International Economies* 24(4): 586-602.
- Broecker, J., A. Korzhenevych and C. Schuermann (2010). "Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects." *Transportation Research Part B-Methodological* 44(7): 795-811.
- Timilsina, G. R., S. Csordas and S. Mevel (2011). "When does a carbon tax on fossil fuels stimulate biofuels?" *Ecological Economics* 70(12): 2400-2415.
- 船瀬悠太, 多々納裕一, 土屋哲 (2011). 港湾の機能停止の国際経済への影響分析手法: 空間的応用一般均衡アプローチ. *土木学会論文集D3 (土木計画学)* 67(5): 67_I_243-267_I_254
- 石倉智樹, 坂井啓一 (2012). 港湾・空港都市における空間経済分析のための開放経済型多地域CGEモデル. *土木学会論文集D3 (土木計画学)* 68(4): 305-315.

- 13) Timilsina, G. R., J. C. Beghin, D. van der Mensbrugge and S. Mevel (2012). "The impacts of biofuels targets on land-use change and food supply: A global CGE assessment." Agricultural Economics **43**(3): 315-332.
- 14) Broecker, J. and A. Korzhenevych (2013). "Forward looking dynamics in spatial CGE modelling." Economic Modelling **31**: 389-400.
- 15) Zaki, C. (2014). "An empirical assessment of the trade facilitation initiative: econometric evidence and global economic effects." World Trade Review **13**(1): 103-130.
- 16) Jin, W. (2015). "Can China harness globalization to reap domestic carbon savings? Modeling international technology diffusion in a multi-region framework." China Economic Review **34**: 64-82.
- 17) Mun, S. I. (1997). "Transport network and system of cities." Journal of Urban Economics **42**(2): 205-221.
- 18) Horridge, M., J. Madden and G. Wittwer (2005). "The impact of the 2002-2003 drought on Australia." Journal of Policy Modeling **27**(3): 285-308.
- 19) Zhang, P. and S. Peeta (2014). "Dynamic and disequilibrium analysis of interdependent infrastructure systems." Transportation Research Part B-Methodological **67**: 357-381.
- 20) Verikios, G. and X.-g. Zhang (2015). "Reform of Australian urban transport: A CGE-microsimulation analysis of the effects on income distribution." Economic Modelling **44**: 7-17.
- 21) Kim, E., H. S. Kim and G. J. D. Hewings (2011). "An Application of the Integrated Transport Network-Multi-regional CGE Model An Impact Analysis of Government-Financed Highway Projects." Journal of Transport Economics and Policy **45**: 223-245.
- 22) Ando, A. and B. Meng (2009). "THE TRANSPORT SECTOR AND REGIONAL PRICE DIFFERENTIALS: A SPATIAL CGE MODEL FOR CHINESE PROVINCES." Economic Systems Research **21**(2): 89-113.

(2016. 4. 22 受付)