投稿論文(和文)

PAPERS

土木学会論文集 No. 530/IV-30, 31-40, 1996.1

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

宮城俊彦[1]・本部賢一[2]

[1]正会員　工博　岐阜大学教授　工学部土木工学科（〒501-11　岐阜県岐阜市柳戸1番1）
[2]正会員　工博　(株)シーイーシー総合工学研究所（〒150　東京都渋谷区渋谷2-17-3 南塚ビル7F）

本研究の目的は，地域間交易量を予測するため，CGE（Computable General Equilibrium）の1つの重要な応用例であるShoven & Whalleyの世界交易モデルを地域間交易モデル（SCGE：Spatial Computable General Equilibrium）として再構築し，その計算手法を検討することにある．ここで扱う均衡体系は，実証的な分析を念頭においたその模型である．また，システムを簡単にするため，政府部門と輸出入部門は取り扱っていない．その代わり運輸部門を取り込んでいる．無論，CGEの1つの主要な目的である課税効果をみるためには，政府部門を導入する必要があることはいうまでもないが，本研究ではあくまでプロトタイプを示すことが大きな目的の1つであり，簡略化されたモデルの紹介に止めている．

Key Words : *SCGE model, nested constant elasticity of substitution function, forecast of inter-rigional trades*

1．研究の目的

従来の「地域間産業連関分析（MIO：Multiregional Input-Output analysis）」は，現実の空間経済を分析するための標準的な手法の一つである．MIOモデルの長所の一つとして，地域間，産業間の相互依存を十分に考慮することができるという点が挙げられる．一方で，MIOモデルには，以下に示す大きな3つの欠点が挙げられる．

① モデルに含まれる諸係数が固定という前提条件がある．特に交易係数が固定されているため地域間分析には不都合である．

② 所得（収入）と消費の間の相互依存関係を十分に考慮することができない．

③ 需要サイドだけを取り扱っており，費用や容量といった供給サイドの技術変化をモデル化することができない．

上記のような問題点を解決するためには，応用一般均衡分析（Applied General Equilibrium Analysis）を適用する方が望ましい．「一般均衡」という用語は，通常，企業，世帯，投資家，政府そして輸出入業者を含む経済主体の相互依存関係として経済システムを考えるアプローチを指し，全ての財の価格を変数として，これら全ての財の市場を同時的に扱う（財の需給量を決定する）モデルを総じて一般均衡モデルと呼んでいる．さらに，「応用」という言葉によって，種々の政策の実証的，量的分析を意図している．この用語はCGE（Computable General Equilibrium）と同義語として用いられているケースが多いようである[1]．本研究も後者の用語を用いているが，本研究では，計算手法に重点を置いているという意味で，computableという形容詞を用いている．

本研究の意図するところは，地域間交易量を予測するため，CGEの1つの重要な応用例であるWhalleyの世界交易モデル[2]を地域間交易モデル（Spatial Computable General Equilibrium；SCGE）として定式化し，その計算手法を検討することにある．Whalleyの交易モデルはShovenとWhalley[3]の一般均衡モデルを基礎に構築されており，均衡解の存在が証明されている．ただし，Whalleyのモデルでは，不動点アルゴリズムの適用を前提に量的変数で定式化されているのに対し，本研究では貨幣ベースでの収支関係を扱うため，各主体の行動を価格を操作変数として定式化している．また，計算手法としても最も簡便であると思われるNewton-Raphson（NR）法を用いるように構成している．NR法は局所的な解を求める方法であり汎用性はないが，しかし，通常用いる生産関数，需要関数に適用した際，特に問題が生じたとの報告はみあたらない[4]．より汎用性のある不動点法やホモトピー法の計算手法の複雑さや計算量の多さがCGEモデルの利用を束縛していることを思えば，NR法の利用を再度見直す必要があろう．

ところで，土木計画学研究においてCGEモデルを導入したのは，宮田による北海道経済の構造モデル[5]が最初であり，その後，溝上[6]あるいは安藤・柴田[7]らによっ

ても研究されている．本モデルは，分析の対象とする市場空間全体の均衡状態を表す基準年の地域内IO表をデータとして与えることによって，対象地域を幾つかの地域に分割した場合の各地域毎の地域間IO表をノン・サーベイ的に構成しようとするものである．そうした点では，安藤・柴田モデルに近い．

安藤・柴田モデルは，まず，地域別財別価格指数を外生的に与えることによって地域別IO表を作成し（地域展開），次に，地域間交易が行われた後の地域別財別価格指数を求め直し，再び地域展開をやり直すといった収束プロセスを導入することにより，地域間交易を反映している．一方，本モデルでは，生産者，消費者及び地域間交易を司る交易業者を想定し，これらの行動をワルラス均衡が保証されるような形でモデル化し，従来のCGEモデルと同様，基準均衡(benchmark equilibrium)データを与え，それらに合うようにモデル・パラメータを決定し(キャリブレーション)，同時に，各財の需給量と価格及び地域間交易量を求めている．そして，こうした均衡計算の結果として地域別IO表が構成される．こうした点が大きな違いである．

さらに本モデルより，交通投資や地域開発あるいはそれらが一体となった総合開発の経済効果を算定することができる．従来，土木事業の投資効果の算定には，産業連関表や計量経済モデルを応用していたが，前者には前述したような問題点があり，また後者は多数のパラメータを推定するための膨大なデータを必要としていた．しかし，本研究のモデルは，産業連関表のもつ計算の容易さと，一般均衡モデルのもつ経済的合理性を兼ね備えている．

また本研究では，政府部門と輸出入部門は取り扱っていないが，これらの部門を含むように拡張することは可能である．

2．前提条件

(1) 市場に関する条件

本モデルは，I 個の産業部門($i=1, \cdots, I$)と R 個の地域（$r=1, \cdots, R$）に限定された閉じた経済空間を対象とする．各地域において，以下に示す3つの主体の活動が行われるものとする．ただし，公共部門は存在しないものとする．

① 産業部門を代表する“企業”によって行われる生産活動
② “交易業者”によって行われる輸送活動
③ “世帯”によって行われる最終需要

世帯は，企業に生産要素（労働や資本等）を提供することによって収入を得る．ただし，地域ごとの世帯の保有する生産要素の総量は外生的に与えられているものとする．また最終需要は，すべて世帯により行われるものとする．

市場においては，完全競争が成り立っているものと仮定する．また，各経済主体は，条商品の市場価格や特性について完全な情報をもっているものと仮定する．

(2) 地域における各主体の行動

今，R 個の分割された地域を想定する．そして，すべての地域 r（$=1, \cdots, R$）において，I 個の企業と，地域内の各世帯の総計としての1つの代表的な世帯，そして I 個の交易業者が存在するものと仮定する．

a）企業の行動

地域間交易における地域の企業活動を考える場合に注意すべきは，同一地域において生産と中間需要が同時に行われる点である．例えば，ニット製品という部門についてみると，あるニット製品会社では綿糸等からニット生地までの生産段階を福井県で行い，それを新潟県に輸送して，そこでニット製品を製造する[8]．そこで，もし新潟県の企業にもニット生地までを製造する会社があれば，中間投入財と最終消費財を生産する企業が混在することを意味する．

したがって，地域 s における企業 j は，すべての地域 r（地域 s を含む）において生産され，地域内に輸送されてきた中間投入財 i($=1, \cdots, I$)と生産要素 k($k=1, \cdots, K$)を用い，規模に関して収穫一定となる一次同次の技術を用いて商品 j を生産するものと仮定する．

このとき，任意の消費地 s において中間投入財もしくは最終消費財として消費される商品 i は，地域 s 内で生産されたもの（地域内品）と，他の地域 r（：$r \neq s$）で生産され，交易業者を介し地域内に輸送されてきたもの（移入品）の2種類が存在する．

生産地 r と消費地 s が異なる場合，生産地 r で生産される商品 i の価格が p_r^i であるのに対し，交易業者によって消費地 s へ輸送される際に中間マージンを上乗せされることによって，消費地 s における商品 i の価格は v_{rs}^i となり〔式（4）参照〕，同一商品 i であっても生産地 r と消費地 s では中間マージンの分だけ価格が異なる．よって，以下において，p_r^i を「生産地価格」，v_{rs}^i を「消費地価格」と呼び区別する．すなわち，v_{rs}^i は供給側から見た商品 i の価格といえる．一方，需要側から見た場合，消費者が商品 i を購入する際の価格 q_s^i は需給均衡の結果として得られるので，v_{rs}^i とは異なる．よって，以下において，q_s^i を「均衡価格」と呼び，p_r^i，v_{rs}^i と区別する．

b）交易業者の行動

交易業者 i は，地域 r に立地する企業 i によって生産された商品 i を購入しストックする．そして，需要に応じて各消費地 s へ商品を輸送する．したがって，本モデルにおいて定義する交易業者とは架空の業種であり，通常，

産業連関分析において定義されている商業部門及び運輸部門の両方の役割を同時に行うものと位置付けられる．交易業者は地域を介した商品の流通を司り，商業マージンと運賃の和で表される．いわゆる中間マージンを商品の生産地価格に上乗せした価格で各消費者（企業及び世帯）に引き渡すことになる．

交易業者は規模に関して収穫一定となるような一次同次の技術を用いて利潤最大化を図るものと仮定する．

c）世帯の行動

世帯 s は，地域 s に居住するすべての世帯を集計したものとみなす．世帯 s は，生産要素 k を企業に売ることによって収入 y_s を得る．そして，地域 r より輸送されてきたすべての種類の商品 i を購入することによって完全に収入を消費する．

3．SCGE モデルの定式化

（1） SCGE モデルの構造

本モデルでは，前述した3つの主体の行動の定式化に際して，代替の弾力性を一定とした場合のネスティッド CES 関数（NCES 関数）[9),10)]で表わされる技術を用いる．NCES 関数は，その技術の代替性構造と，投入と同じ次元を持つシェア・パラメータによって表現される[11),12)]．

また，各データはすべて1単位当たりの貨幣ベースに換算されているものと仮定する．

（2） NCES 関数を用いた各主体行動の定式化

a）企業の行動の定式化

企業は利潤最大化を図る．企業の利潤最大化問題は，一般的に企業の生産関数 $F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})$ を用いると次式のように表わされる．

$$\pi=\max_{x,f}.\ \boldsymbol{p}\cdot\boldsymbol{X}-[\boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{x}+\boldsymbol{w}\cdot\boldsymbol{f}]$$
$$\text{s.t.}\quad \boldsymbol{X}=F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})$$

$\boldsymbol{X}$：商品の生産量

$\boldsymbol{x}$：中間投入財の投入量

$\boldsymbol{f}$：生産要素の投入量

$\boldsymbol{p}$：商品の価格（生産地価格）

$\boldsymbol{q}$：中間投入財の価格（均衡価格）

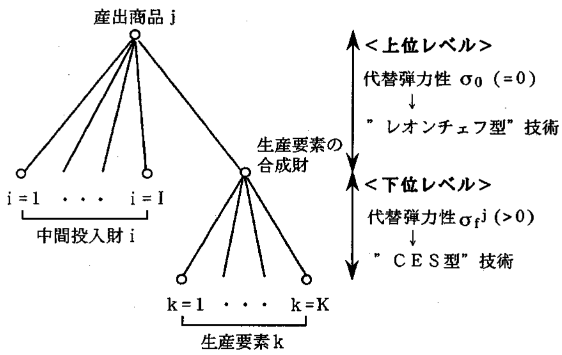
$\boldsymbol{w}$：生産要素の価格

$F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})$：企業の生産関数

こうした企業の利潤最大化問題は，次式で表わされるような費用最小化問題に置き換えることができる．このとき，単位費用関数 $C_F(\boldsymbol{q},\ \boldsymbol{w},\ \boldsymbol{X}=1)$ を求めるには次式を解けばよい．

$$C_F(\boldsymbol{q},\ \boldsymbol{w},\ \boldsymbol{X}=1)=\min_{x,f}.\ \boldsymbol{q}\cdot\boldsymbol{x}+\boldsymbol{w}\cdot\boldsymbol{f}$$
$$\text{s.t.}\quad \boldsymbol{X}=F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})\geq 1$$

地域 s に立地する企業 j は，地域 r において生産され，地域内へ輸送されてきたすべての商品 i の中から中間投入財 $i\,(=1,\cdots,I)$ を選択し，それらと生産要素 $k\,(k=1,\ \cdots,\ K)$ とを用いて商品 j を生産する．



図—1　2レベル・ネスティッド構造

本モデルでは，こうした企業 j の投入に関する選択行動が，図—1に示すような上位レベルと下位レベルの二層のネスティッド構造から成る CES 型の技術を用いて行われるものと仮定する．

上位レベルでは，各中間投入財 i 及び生産要素の合成財間の代替性の構造を示しており，本モデルでは代替弾力性 $\sigma_0=0$（即ち，代替性が無い）とした CES 関数の特殊形であるレオンチェフ型の構造を採用する．また，下位レベルでは，生産要素 k 間の代替性の構造を示しており，代替弾力性 σ_f^j とした CES 型の構造を採用している．このとき，企業の生産関数 $F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})$ は次式で表される．

〈上位レベル〉

$$F(\boldsymbol{x},\ \boldsymbol{f})=X_s^j$$
$$=\min_{x,f}.\left[\frac{x_s^{1j}}{a_s^{1j}},\ \cdots,\ \frac{x_s^{ij}}{a_s^{ij}},\ \cdots,\ \frac{x_s^{Ij}}{a_s^{Ij}},\ \frac{F_s^j}{c_s^j}\right]$$

〈下位レベル〉

$$F_s^j=\left[\sum_{k=1}^{K}\{\gamma^{kj}\}^{\frac{1}{\sigma_f^j}}\{f_s^{kj}\}^{\frac{\sigma_f^j-1}{\sigma_f^j}}\right]^{\frac{\sigma_f^j}{\sigma_f^j-1}}$$

X_s^j：地域 s に立地する企業 j が生産する商品 j の生産量

x_s^{ij}：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な中間投入財 i の投入量

F_s^j：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な生産要素合成財の投入量

f_s^{kj}：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な生産要素 k の投入量

a_s^{ij}：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な中間投入財 i の投入割合

c_s^j：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な生産要素合成財の投入割合

γ^{kj}：企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な生産要素 k の投入割合に関するシェア・パラメータ

前述したように，こうした生産関数を用いた企業の利潤最大化問題は費用最小化問題に置き換えることができ，これを解くことによってNCES型単位費用関数 $C_F(\boldsymbol{q},\ \boldsymbol{w},\ X=1)$ を求められる．このとき，すべての地域における各産業部門の企業は，同一の技術を用いて生産を行うものと仮定すると関数及びパラメータから地域番号 s が外れることに注意する．

均衡状態においては，産出商品価格は最小単位費用に等しくなる（さもなければ，供給は無限大かまたはゼロとなる）．すなわち，均衡状態は式(1.a)，(1.b)によって表される．

〈上位レベル〉

$$p_s^j=C_F^j(\boldsymbol{q}_s,\ \boldsymbol{w}_s,\ X_s^j=1\ ;\ \boldsymbol{\alpha}^j,\ \boldsymbol{\gamma}^j)=\left[\sum_{i=1}^{I}\alpha^{ij}q_s^i\right]+\alpha^{I+1,j}W_s^j \tag{1.a}$$

〈下位レベル〉

$$W_s^j=\left[\sum_{k=1}^{K}\gamma^{kj}\{w_s^k\}^{1-\sigma_{f^j}}\right]^{\frac{1}{1-\sigma_{f^j}}} \tag{1.b}$$

p_s^j：地域 s に立地する企業 j の産出商品 j の1単位の価格（生産地価格）

q_s^i：地域 s に立地する企業 j が商品 j を1単位生産するのに必要な中間投入財 i の1単位の価格（均衡価格）

W_s^j：地域 s に立地する企業 j が商品 j を1単位生産するのに必要な生産要素合成財の1単位の価格

w_s^k：地域 s に立地する企業 j が商品 j を1単位生産するのに必要な生産要素 k の1単位の価格

α^{ij}：地域 s に立地する企業 j が1単位商品 j を生産するのに必要な中間投入財の投入割合に関するシェア・パラメータ

シェパードの補助定理により，費用最小化における中間投入財及び生産要素の各投入割合を表す係数は，費用関数をそれぞれの価格で微分することによって求められる．すなわち，式(2)，(3)が成り立つ．

$$a_s^{ij}=\frac{\partial C_F^j(\boldsymbol{q}_s,\ \boldsymbol{w}_s,\ X_s^j=1\ ;\ \boldsymbol{\alpha}^j,\ \boldsymbol{\gamma}^j)}{\partial q_s^i}=\alpha^{ij} \tag{2}$$

$$c_s^{kj}=\frac{\partial C_F^j(\boldsymbol{q}_s,\ \boldsymbol{w}_s,\ X_s^j=1\ ;\ \boldsymbol{\alpha}^j,\ \boldsymbol{\gamma}^j)}{\partial w_s^k}=\alpha^{I+1,j}\left[\frac{\gamma^{kj}(w_s^k)^{1-\sigma_{f^j}}}{\sum_{k=1}^{K}\gamma^{kj}\{w_s^k\}^{1-\sigma_{f^j}}}\right]\left[\frac{W_s^j}{w_s^k}\right] \tag{3}$$

c_s^{kj}：地域 s に立地する企業 j が1単位の商品 j を生産するのに必要な生産要求 k の投入割合

a_s^{ij}，c_s^{kj} は，それぞれIO表における中間投入係数・粗付加価値係数に相当する．

また，単位費用関数 $C_F(\boldsymbol{q},\ \boldsymbol{w},\ X=1)$ は，q_s^i 及び w_s^k に対し1次同次なので，オイラーの定理より式(1.a)，(1.b)は次式のように書き直すことができる．

$$p_s^j=C_F^j(\boldsymbol{q}_s,\ \boldsymbol{w}_s,\ X_s^j=1\ ;\ \boldsymbol{\alpha}^j,\ \boldsymbol{\gamma}^j)=\sum_{i=1}^{I}\left(\frac{\partial C_F^j(\cdot)}{\partial q_s^i}\right)q_s^i+\sum_{k=1}^{K}\left(\frac{\partial C_F^j(\cdot)}{\partial w_s^k}\right)w_s^k=\sum_{i=1}^{I}a_s^{ij}q_s^i+\sum_{k=1}^{K}c_s^{kj}w_s^k \tag{1.a$'$}$$

すなわち，

$$\alpha^{I+1,j}W_s^j=\sum_{k=1}^{K}\left\{\frac{\partial C_F^j(\cdot)}{\partial w_s^k}\right\}w_s^k=\sum_{k=1}^{K}c_s^{kj}w_s^k \tag{1.b$'$}$$

b）交易業者の行動の定式化

交易業者 i は，消費地 s での需要に応じて地域 r で生産された商品 i を地域 s へ輸送し，その際，中間マージンをとる．本モデルでは，こうした中間マージンを，商品 i の1単位当たりの生産価格 p_r^i に対する価格上昇分 T_{rs}^i として定義し，また，T_{rs}^i は地域間距離の関数であると仮定する．この場合，生産地 r から消費地 s へ輸送された商品 i の1単位の価格（消費地価格）v_{rs}^i は次式で表される．

$$v_{rs}^i=p_r^i(1+T_{rs}^i) \tag{4}$$

v_{rs}^i：生産地 r から消費地 s へ輸送された商品 i の1単位の価格（消費地価格）

T_{rs}^i：地域 rs 間の輸送に伴う商品 i の1単位当たりの生産地価格に対する価格上昇分

交易業者は，こうした中間マージンによる利潤が最大となるように，CES型の技術を用いて最適な交易活動を行うものと仮定する．このとき，交易業者の利潤最大化問題は次式で表される．

$$\pi_s^i=\max_{M}.\ \sum_{r=1}^{R}q_s^iM_{rs}^i-\sum_{r=1}^{R}v_{rs}^iM_{rs}^i$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{r=1}^{R}M_{rs}^i=\left[\sum_{r=1}^{R}\{\theta_r^i\}^{\frac{1}{\sigma_t^i}}\{M_{rs}^i\}^{\frac{\sigma_t^i-1}{\sigma_t^i}}\right]^{\frac{\sigma_t^i}{\sigma_t^i-1}}$$

M_{rs}^i：商品 i の生産地 r から消費地 s への輸送量

θ_r^i：商品 i の生産地 r から消費地 s への輸送割合に関するシェア・パラメータ

σ_t^i：商品 i がどの消費地 s へ輸送されるかに関する代替弾力性

上の最適化問題において，商品 i の供給価格 $\{v_{rs}^i\}$ 及び均衡価格 $\{q_s^i\}$ は与えられているので，交易業者は需要量に見合う量の商品を各生産地 r から消費地 s へどれだけ輸送してくるか(即ち，$\{M_{rs}^i\}$)を決定することになる．

企業の場合と同様，交易業者の利潤最大化問題は次式のような費用最小化問題に置き換えられる．

$$C_{Ts}^i(\boldsymbol{v}_s^i,\ \sum_r M_{rs}^i\ ;\ \boldsymbol{\theta}^i)=\min_{M}.\ \sum_{r=1}^{R}v_{rs}^iM_{rs}^i$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{r=1}^{R}M_{rs}^i=\left[\sum_{r=1}^{R}\{\theta_r^i\}^{\frac{1}{\sigma_t^i}}\{M_{rs}^i\}^{\frac{\sigma_t^i-1}{\sigma_t^i}}\right]^{\frac{\sigma_t^i}{\sigma_t^i-1}}$$

これを解くことによって単位費用関数が求められる．また式(4)に示したように v_{rs}^i は p_r^i の関数として表されるため，交易業者の単位費用関数は p_r^i の関数として書き直すことができる．したがって，均衡状態において次

式が成り立つ．

$$
\begin{aligned}
q_s^i &= C_{Ts}^i(\boldsymbol{v}_s^i,\ \sum_r M_{rs}^i=1\ ;\ \boldsymbol{\theta}^i) \\
&= [\sum_{r=1}^{R} \theta_r^i \{v_{rs}^i\}^{1-\sigma_t^i}]^{\frac{1}{1-\sigma_t^i}} \\
&= \tilde{C}_{Ts}^i(\boldsymbol{p}^i,\ \sum_r M_{rs}^i=1\ ;\ \boldsymbol{\theta}^i) \qquad (5) \\
&= [\sum_{r=1}^{R} \theta_r^i \{p_r^i(1+T_{rs}^i)\}^{1-\sigma_t^i}]^{\frac{1}{1-\sigma_t^i}}
\end{aligned}
$$

シェパードの補助定理により，交易係数 t_{rs}^i は次式で表わされる．

$$
\begin{aligned}
t_{rs}^i &= \frac{\partial C_{Ts}^i(\boldsymbol{v}_s^i,\ \sum_r M_{rs}^i=1\ ;\ \boldsymbol{\theta}^i)}{\partial v_{rs}^i} \\
&= \frac{\partial \tilde{C}_{Ts}^i(\boldsymbol{p}^i,\ \sum_r M_{rs}^i=1\ ;\ \boldsymbol{\theta}^i)}{\partial p_r^i} \qquad (6) \\
&= \left[\frac{\theta_r^i\{p_r^i(1+T_{rs}^i)\}^{1-\sigma_t^i}}{\sum_{r=1}^{R}\theta_r^i\{p_r^i(1+T_{rs}^i)\}^{1-\sigma_t^i}}\right]\left[\frac{q_s^i}{p_r^i}\right]
\end{aligned}
$$

t_{rs}^i：商品 i の生産地 r から消費地 s への輸送割合を表す交易係数

式(6)は，商品 i の均衡価格 q_s^i が生産地価格 p_r^i を交易係数 t_{rs}^i で重み付けた価格で与えることを表す．すなわち，

$$\sum_{r=1}^{R} t_{rs}^i p_r^i = q_s^i$$

が成立する．

そこで，次式のように t_{rs}^i に生産地価格 p_r^i と均衡価格 q_s^i の相対価格比の逆数を乗じることによって，基準化された新しい交易係数 $\tilde{t}_{rs}^i$ を求めることができる．

$$
\begin{aligned}
\tilde{t}_{rs}^i &= \left[\frac{p_r^i}{q_s^i}\right] t_{rs}^i \\
&= \left[\frac{\theta_r^i\{p_r^i(1+T_{rs}^i)\}^{1-\sigma_t^i}}{\sum_{r=1}^{R}\theta_r^i\{p_r^i(1+T_{rs}^i)\}^{1-\sigma_t^i}}\right] \qquad (7) \\
&[\text{ただし，}\ \sum_{r=1}^{R}\tilde{t}_{rs}^i=1]
\end{aligned}
$$

また，$\tilde{t}_{rs}^i$ を用いることによって商品 i の地域 rs 間の輸送量 M_{rs}^i は次式のように求められる．

$$M_{rs}^i = \tilde{t}_{rs}^i[\sum_{j=1}^{J} a_s^{ij} X_s^j + d_s^i]$$

d_s^i：地域 s に居住する世帯 s による商品 i の最終需要量

この値を，交易業表の最適化行動の目的関数に代入することによって最適値関数として $\pi_s^i=0$ となること，また，費用関数に代入することによって式(5)が成立することが確認できる．

このとき，流通部門（中間マージン）の総計は，商品 i に対し，$\sum_r\sum_i p_r^i T_{rs}^i M_{rs}^i$ で表されることになる．

c）世帯の行動の定式化

世帯は，一定の所得制約の下で効用最大化を図る．世帯の効用最大化問題は，CES 型の効用関数 $u_s(\boldsymbol{d}_s\ ;\ \boldsymbol{\delta})$ を用いて次式のように表わされる．

$$
\begin{aligned}
u_s(\boldsymbol{d}_s\ ;\ \boldsymbol{\delta}) &= \max_{d}.[\sum_{i=1}^{I}\{\delta^i\}^{\frac{1}{\sigma_h}}\{d_s^i\}^{\frac{\sigma_h-1}{\sigma_h}}]^{\frac{\sigma_h}{\sigma_h-1}} \\
\text{s.t.} &\quad \sum_{i=1}^{I} q_s^i d_s^i \leq y_s
\end{aligned}
$$

y_s：地域 s に居住する世帯 s の所得

δ^i：地域 s に居住する世帯 s による商品 i の最終需要割合に関するシェア・パラメータ

σ_h：最終需要として消費される商品 i 間の代替弾力性

世帯の効用最大化問題は，次式で表わされるような支出最小化問題に置き換えることができる．

$$
\begin{aligned}
e_s(\boldsymbol{q}_s,\ u_s\ ;\ \boldsymbol{\delta}) &= \min_{d}.\sum_{i=1}^{I} q_s^i d_s^i \\
\text{s.t.} \quad u_s &= [\sum_{i=1}^{I}\{\delta^i\}^{\frac{1}{\sigma_h}}\{d_s^i\}^{\frac{\sigma_h-1}{\sigma_h}}]^{\frac{\sigma_h}{\sigma_h-1}}
\end{aligned}
$$

これを解くことによって補償需要 d_s^{i*} が求められ，これを目的関数 $\sum_i q_s^i d_s^i$ に代入することによって，世帯の支出関数 $e_s(\boldsymbol{q}_s,\ u_s\ ;\ \boldsymbol{\delta})$ が求められる．また，世帯の総支出と総収入とは等しくなるので次式が成り立つ．

$$
\begin{aligned}
y_s &= e_s(\boldsymbol{q}_s,\ u_s\ ;\ \boldsymbol{\delta}) \\
&= u_s[\sum_{i=1}^{I}\delta^i\{q_s^i\}^{1-\sigma_h}]^{\frac{1}{1-\sigma_h}} \qquad (8)
\end{aligned}
$$

上式より，世帯の収入 y_s が与えられれば世帯の効用水準 u_s を求めることができる．

世帯の補償需要は，シェパードの補助定理に準じて次式のように求められる．

$$
\begin{aligned}
d_s^i &= \frac{\partial e_s(\boldsymbol{q}^i,\ u_s\ ;\ \boldsymbol{\delta})}{\partial q_s^i} \\
&= \left[\frac{\delta^i\{q_s^i\}^{1-\sigma_h}}{\sum_{i=1}^{I}\delta^i\{q_s^i\}^{1-\sigma_h}}\right]\left[\frac{y_s}{q_s^i}\right] \qquad (9)
\end{aligned}
$$

世帯は，自らが所有する生産要素（労働や資本等）を企業に売ることによって収入を得る．今，地域 s に居住する世帯 s は，同一地域内に立地する企業にのみ生産要素 k を提供するものとし，その総計を f_s^k で表わす．そうすると次式が成り立つ．

$$y_s = \sum_{k=1}^{K} f_s^k w_s^k \qquad (10)$$

また，生産要素市場は需給バランスしなければならない．よって，次式が成り立つ．

$$f_s^k = \sum_{j=1}^{J} c_s^{kj} X_s^j \qquad (11)$$

本モデルでは，後に示すように，世帯の所有する労働力を外生的に与えており，同時に労働力を含む生産要素の地域間移動を認めていないので，世帯毎に所得水準は異なる(式(10))．また，世帯の住み替えも考慮していないので，世帯毎に効用水準も異なる(式(8))．言い換れば本モデルでは，生産要素市場の需給均衡は成立しても(式(11))，家計市場では所得水準や効用水準に関する均衡は成立しないことになる．

表－1　基準均衡データ（貨幣ベースの産業連関表）

供給＼需要		中間需要 1	2	3	4	最終需要 D^i	総生産額
中間投入 A^{ij}	1	2.000	1.000	2.000	3.000	6.000	14.000
	2	4.000	3.000	1.000	2.000	4.000	14.000
	3	2.000	1.000	1.000	1.000	7.000	12.000
	4	2.000	1.000	1.000	0.000	5.000	9.000
粗付加価値 C^{kj}	1	2.000	4.000	3.000	1.000		
	2	1.000	2.000	3.000	1.000		
	3	1.000	2.000	1.000	1.000		
総生産額		14.000	14.000	12.000	9.000		

最後に，地域 r に立地する企業 i の商品生産量 X_r^i は，標準的な IO 方程式より得られ，次式で表わされる．

$$X_r^i=\sum_{s=1}^{S} t_{rs}^i\left(\sum_{j=1}^{J} a_s^{ij} X_s^j+d_s^i\right) \qquad (12)$$

式(12)に式(7)を代入し，式変形すると次式が得られる．

$$p_r^i X_r^i=\sum_{s=1}^{S} \tilde{t}_{rs}^i\left(\sum_{j=1}^{J} q_s^i a_s^{ij} X_s^j+q_s^i d_s^i\right) \qquad (13)$$

式(13)の左辺は各商品の地域毎の供給額を，また右辺はその需要額を表しており，後に示す貨幣ベースの地域毎の IO 表（表－7参照）の行方向の需給バランス式に相当することが分かる．このように，本モデルは価格ベースでの均衡モデルであり，量ベースでの需給バランスを保証するものではない．

4．パラメータ決定法

(1)　データセット

本モデルに含まれるパラメータを計算するに際して必要となるデータは，以下に示すa)～e)の5つである．以下，数値例とともにこれらのデータの構造を示す．

なお，ここでは2地域，4産業部門，そして3生産要素の例を示している．

a）基準均衡データ（貨幣ベースでの産業連関表）：

表－1は，Shoven と Whalley[13]の数値計算例で与えられた基準均衡データを示したものである．

以下においては，この表における産業部門間の投入産出行列を $\{A^{ij}\}$，産業部門毎の生産要素投入行列を $\{C^{kj}\}$，そして最終需要ベクトルを $\{D^i\}$ とおく．

b）地域毎の産業部門別雇用データ：$\{L_r^i\}$

表－2　地域毎の産業部門別雇用データ

L_r^i		産業部門 1	2	3	4
地域	1	1.200	2.000	1.800	0.600
	2	1.000	2.500	1.500	0.500

c）地域毎の生産要素別価格データ：(w_r^k)

生産要素 $k=1$ は労働力，$k=2$ は資本，$k=3$ はその他（土地等）を想定する．

また，後に示す式(14)，(17)より次式が成り立つ．生産要素 $k=1$ の価格は次式を満たさなければならない．

$$C^{1j}=\sum_{s=1}^{S} w_s^1 L_s^j$$

生産要素の価格は，地域毎の各生産要素間の比率を与えるだけでよい．

表－3　地域毎の生産要素別価格データ

w_r^k		生産要素 1	2	3	計
地域	1	1.000	0.600	1.200	2.800
	2	0.800	1.400	1.000	3.200
計		1.800	2.000	2.200	6.000

d）産業部門毎の地域間輸送費用：$\{T_{rs}^i\}$

表－4　産業部門毎の地域間輸送費用

単位：%

T_{rs}^i		商品：i 1		2		3		4	
地域	r＼s	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	0.0	25.0	0.0	40.0	0.0	35.0	0.0	15.0
	2	25.0	0.0	40.0	0.0	35.0	0.0	15.0	0.0

e）産業部門毎の代替弾力性の値：$\{\sigma_f^j\}\{\sigma_t^i\}\{\sigma_h\}$

表－5　産業部門毎の代替弾力性の値

	産業部門 1	2	3	4
σf	0.800	1.200	1.500	2.500
σt	2.500	1.500	0.800	1.200
σh	0.800	0.800	0.800	0.800

(2)　計算アルゴリズム

SCGE モデルの反復計算は，以下に示すステップに従い行われる．以下において，「－」は与件値を表す．また，計算フローを図－2に示す．

〈STEP〉

a）価格 p_s^i, q_s^i について式(1.a)，(1.b)，(5)を解く．ただし，$\bar{w}_r^k$, $\bar{T}_{rs}^i$ の値は与件とする．

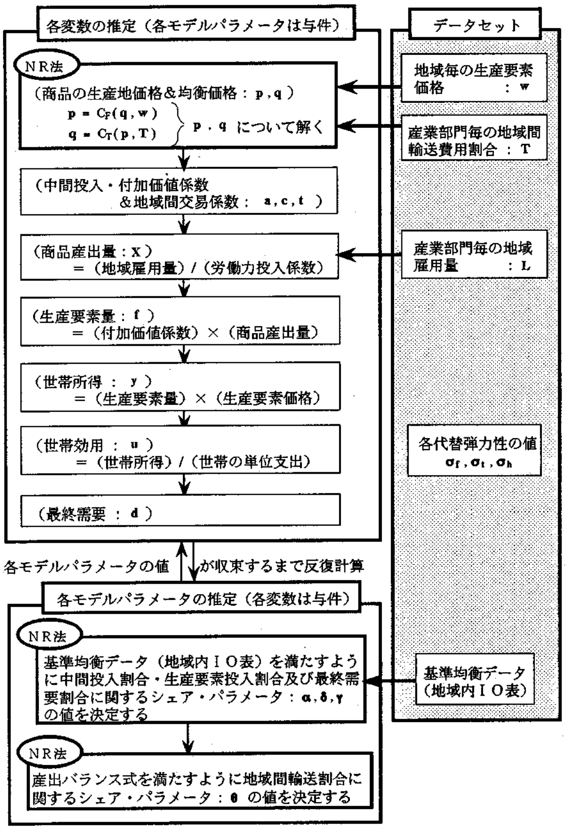
まず，式(5)を式(1.a)に代入して q_s^i を消去し，p_s^i だけの非線型連立方程式にする．次に，ニュートン・ラプソン法を用いて非線型連立方程式を解き p_s^i の値を求め，さらにその値を式(5)に戻して q_s^i の値を求める．

b）a)で求められた p_s^i, q_s^i の値を式(6)に代入し，さらに式(2)，(3)を用いて IO 係数 a_s^{ij}, c_s^{kj}, t_{rs}^i の各値を求める．

c）b)で求められた c_s^{1j} を次式に代入して，各地域 s における産業部門 j の商品産出量 X_s^j の値を求める．ただし，地域雇用量 $\bar{L}_s^j$ の値は与件とする．

$$X_s^j=\frac{\bar{L}_s^j}{c_s^{1j}} \qquad (j=1, \cdots, I \quad s=1, \cdots, R) \qquad (14)$$

c_s^{1j}：地域 s において産業部門 j が1単位の生産を行うのに必要な生産要素1（＝労働力）の投入量



図―2　計算フロー

を表す係数

$\overline{L}_s^j$：粉域 s における産業部門 j の地域雇用量(与件)

d） c）で求められた商品産出量 X_s^j の値を式(11)に代入して，地域 s に居住する世帯が所有する生産要素 k の総計 f_s^k の値を求める．

e） d）で求められた f_s^k の値を式(10)に代入して，地域 s における地域所得 y_s の値を求める．

f） e）で求められた y_s の値を式(8)に代入して，地域 s に居住する世帯の効用水準 u_s の値を求める．

g） f）で求められた u_s の値を式(9)に代入して，地域 r で生産され地域 s に輸送された商品 i の地域 s 内における最終需要 d_s^i の値を求める．

h） 次式に式(2)を代入し，これを満たすまで，地域 s において産業部門 j が1単位の生産を行うのに必要な商品 i の中間投入割合に関わるシェア・パラメータ α^{ij} の値を反復計算する．ただし，産業間のフロー $\overline{A}^{ij}$ の値は与件とする．

$$\overline{A}^{ij}=\sum_{s=1}^{S} q_s^i a_s^{ij} X_s^j \quad (i=1,\cdots,I \quad j=1,\cdots,I) \tag{15}$$

$\overline{A}^{ij}$：産業間のフロー（与件）

i） 次式に式(9)を代入し，これを満たすまで，地域 s において世帯が購入する各商品 i の割合に関するシェア・パラメータ δ^i の値を反復計算する．ただし，最終需要量 $\overline{D}^i$ の値は与件とする．

表―6　内生変数と方程式の数の比較

N0.	内生変数	方程式 No．	方程式の数	未知変数の数
1	X_s^j	(15)	I×R	I×R
2	d_s^i	(9)	I×R	I×R
3	p_s^i	(1.a), (1.b)	I×R	I×R
4	q_s^i	(5)	I×R	I×R
5	f_s^k	(11)	K×R	K×R
6	y_s	(10)	R	R
7	u_s	(8)	R	R
8	a_s^{ij}	(2)	I^2×R	I^2×R
9	c_s^{kj}	(3)	I×K×R	I×K×R
10	t_{rs}^i	(6)	I×R^2	I×R^2
11	α^{ij}	(15) [, (2)]	I^2	I^2
12	δ^i	(16) [, (9)]	I	I
13	γ^{kj}	(17) [, (3)]	I×K	I×K
14	θ_r^i	(12) [, (6)]	I×R	I×R

$$\overline{D}^i=\sum_{s=1}^{S} q_s^i d_s^i \quad (i=1,\cdots,I) \tag{16}$$

$\overline{D}^i$：最終需要量（与件）

j） 次式に式(3)を代入し，これを満たすまで，地域 s において産業部門 j が1単位の生産を行うのに必要な生産要素 k の投入割合に関するシェア・パラメータ γ^{kj} の値を反復計算する．ただし，生産要素投入量 $\overline{C}^{kj}$ の値は与件とする．

$$\overline{C}^{kj}=\sum_{s=1}^{S} w_s^k c_s^{kj} X_s^j \quad (k=1,\cdots,\mathrm{K} \quad j=1,\cdots,I) \tag{17}$$

$\overline{C}^{kj}$：生産要素投入量（与件）

k） 式(12)に式(6)を代入し，これを満たすまで，地域 s に輸送される商品 i の各地域 r からの輸送割合に関するシェア・パラメータ θ_r^i の値を反復計算する．

l） 先の反復計算の値と比較して，各シェア・パラメータの値がほぼ一定ならば，反復計算終了．さもなければ，もう1度STEP a）の計算に戻る．

本モデルにおける未知変数（シェア・パラメータを含む）は，**表―6**に示す14個である．**表―6**は，3．のSCGEモデルの定式化において示した各モデル式に従い，各未知変数の数と関連する方程式の数を比較したものである．

表―6より，未知変数の数と方程式の数が一致していることが分かる．しかし，この条件は均衡解が求められるための必要条件であって十分条件ではない．したがって，均衡解の一意性が保証されないという問題が残される．ただし，既存の類似した事例研究の結果では，特に問題が生じたという報告は見当たらない[4]．今後，事例研

表－7　計算値に基づく地域毎の産業連関表（貨幣ベース）

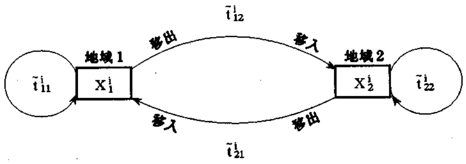
s	需要 / 供給		中間需要 $\sum_j q_s^i a_s^{ij} X_s^j$ 1	2	3	4	計	最終需要 $q_s^i d_s^i$	需要額
地域1	中間投入 $q_1^i a_1^{ij} X_1^j$	1	1.186	0.519	1.387	2.119	5.211	3.584	8.795
		2	2.397	1.578	0.699	1.424	6.098	2.394	8.492
		3	1.151	0.502	0.678	0.692	3.022	4.157	7.180
		4	1.174	0.513	0.688	0.000	2.375	2.980	5.355
		計	5.908	3.112	3.451	4.235	16.707	13.116	29.822
	粗付加価値 $w_1^k c_1^{kj} X_1^j$	1	1.200	2.000	1.800	0.600	5.600	－	5.600
		2	0.548	1.107	2.158	0.882	4.694	－	4.694
		3	0.598	1.004	0.605	0.615	2.822	－	2.822
		計	2.346	4.111	4.563	2.097	13.116	－	13.116
	供給額 $p_1^j X_1^j$		8.253	7.223	8.014	6.331	29.822	－	42.938
地域2	中間投入 $q_2^i a_2^{ij} X_2^j$	1	0.814	0.481	0.613	0.881	2.789	2.416	5.205
		2	1.603	1.422	0.301	0.576	3.902	1.606	5.508
		3	0.849	0.498	0.322	0.308	1.978	2.843	4.820
		4	0.826	0.487	0.312	0.000	1.625	2.020	3.645
		計	4.092	2.888	1.549	1.765	10.294	8.884	19.178
	粗付加価値 $w_2^k c_2^{kj} X_2^j$	1	0.800	2.000	1.200	0.400	4.400	－	4.400
		2	0.452	0.893	0.842	0.118	2.306	－	2.306
		3	0.402	0.996	0.395	0.385	2.178	－	2.178
		計	1.654	3.889	2.437	0.903	8.884	－	8.884
	供給額 $p_2^j X_2^j$		5.747	6.777	3.986	2.669	19.178	－	28.062
全地域	中間投入 $\sum_s q_s^i a_s^{ij} X_s^j$	1	2.000	1.000	2.000	3.000	8.000	6.000	14.000
		2	4.000	3.000	1.000	2.000	10.000	4.000	14.000
		3	2.000	1.000	1.000	1.000	5.000	7.000	12.000
		4	2.000	1.000	1.000	0.000	4.000	5.000	9.000
		計	10.000	6.000	5.000	6.000	27.000	22.000	49.000
	粗付加価値 $\sum_s w_s^k c_s^{kj} X_s^j$	1	2.000	4.000	3.000	1.000	10.000	－	10.000
		2	1.000	2.000	3.000	1.000	7.000	－	7.000
		3	1.000	2.000	1.000	1.000	5.000	－	5.000
		計	4.000	8.000	7.000	3.000	22.000	－	22.000
	総供給額 $p^j X^j$		14.000	14.000	12.000	9.000	49.000	－	71.000

表－8　商品毎の生産地価格及び均衡価格

	生産地価格； p_r^i		均衡価格； q_s^i	
地域	1	2	1	2
商品 1	3.233	3.382	3.163	3.264
商品 2	1.626	1.701	2.447	2.458
商品 3	1.407	1.632	2.356	2.610
商品 4	2.491	2.607	2.926	3.096

表－9　商品毎の地域間交易係数（量ベースのIO表に対応）

s	i＼r	1	2	$\sum_r \tilde{t}_{rs}^i$
1	1	0.650	0.350	1.000
	2	0.549	0.451	1.000
	3	0.657	0.343	1.000
	4	0.708	0.292	1.000
2	1	0.487	0.513	1.000
	2	0.465	0.535	1.000
	3	0.684	0.316	1.000
	4	0.697	0.303	1.000



図－3　産出商品の地域交易

表－10　地域毎の商品生産額及び地域間交易額

s	i	r=1 地域間交易額 $\tilde{t}_{1s}^i\left(\sum_j q_s^i a_s^{ij} X_s^j + q_s^i d_s^i\right)$ 中間需要額	最終需要額		r=2 地域間交易額 $\tilde{t}_{2s}^i\left(\sum_j q_s^i a_s^{ij} X_s^j + q_s^i d_s^i\right)$ 中間需要額	最終需要額		総需要額 $\sum_j q_s^i a_s^{ij} X_s^j + q_s^i d_s^i$ 中間需要額	最終需要額	
1	1	3.387	2.329	5.717	1.824	1.254	3.078	5.211	3.584	8.795
	2	3.348	1.314	4.662	2.751	1.080	3.831	6.098	2.394	8.492
	3	1.986	2.732	4.718	1.036	1.425	2.461	3.022	4.157	7.180
	4	1.682	2.111	3.793	0.693	0.870	1.562	2.375	2.980	5.355
	計	10.403	8.487	18.889	6.304	4.629	10.933	16.707	13.116	29.822
2	1	1.359	1.178	2.537	1.430	1.239	2.668	2.789	2.416	5.205
	2	1.815	0.747	2.561	2.087	0.859	2.946	3.902	1.606	5.508
	3	1.352	1.944	3.296	0.626	0.899	1.525	1.978	2.843	4.820
	4	1.132	1.407	2.539	0.493	0.613	1.106	1.625	2.020	3.645
	計	5.658	5.275	10.933	4.636	3.610	8.245	10.294	8.884	19.178
総生産額 $p_r^i X_r^i$	1	4.746	3.507	8.253	3.254	2.493	5.747	8.000	6.000	14.000
	2	5.162	2.061	7.223	4.838	1.939	6.777	10.000	4.000	14.000
	3	3.338	4.676	8.014	1.662	2.324	3.986	5.000	7.000	12.000
	4	2.814	3.518	6.331	1.186	1.482	2.669	4.000	5.000	9.000
	計	16.061	13.761	29.822	10.939	8.239	19.178	27.000	22.000	49.000

表－11　等価変分

	地域 1	地域 2
EV	81.429	55.264

単位：%

表－12　交通投資による世帯の効用及び所得の変化

地域	投資前 1	投資前 2	投資後 1	投資後 2	増分 1	増分 2
世帯効用；u	4.874	3.125	5.176	3.320	0.303	0.194
世帯所得；y	13.116	8.884	13.116	8.884	0.000	0.000

究を通じ，こうした解法の妥当性を検討していく必要がある．

5．計算結果

以下に示す計算値は，全体の反復計算回数が6回で，パラメータ値に対し，前の反復計算の値との差の絶対値が1.0×10^{-5}以下という収束基準を満たしたものである．

（1） 計測値とIOデータとの比較

計算値をもとに作成した地域毎の産業連関表（貨幣ベース）を表一7に示す．また，各商品iの生産地価格p_r^iと均衡価格q_s^iを表一8に示す．

計算値（表一7）の全地域欄の値と基準均衡データとして用いたIOデータ（表一1）の値を比較すると，完全に一致しており，均衡条件式(15)～(17)を満たしているので，これより本モデルの妥当性が伺われる．

（2） 商品生産額と地域間交易額

本モデルより，量ベースのIO表に対応する各商品の地域間交易係数$\tilde{t}_{rs}^i$(表一9，図一3)が求められるので，これより①地域毎の商品生産額及び②商品毎の地域間交易額が求められる(表一10)．さらに，②を商品について集計化することにより，③総額としての商品の地域間交易額を求めることができる（表一10)．

6．本モデルによる投資効用の評価

産業連関分析では，道路投資を政府が行った場合，直接的な投資効果（事業効果）は，政府固定資本として最終需要に反映されなければならない．しかし，本モデルでは政府部門を取り扱っておらず，最終需要が世帯によってのみ行われるものと仮定しているため，こうした事業効果を計測することができない．

一方，道路投資に伴い，地域間移動時間が短縮し地域間輸送費用が減少することによって地域間交易の機会が増大する．その結果，各地域における経済循環が活性化し，最終的には各世帯の効用が増大する．

本モデルでは，世帯の効用と所得を求めることができ，政策の変化に伴う等価変分（EV）及び補償変分（CV）の値を求めることができるため，こうした間接的な投資効用の評価を行うことができる．EV, CVは次式で与えられる．なお，スーパースクリプトO, Nは，それぞれ投資前と投資後を表す記号である．

$$\text{等価変分；}\ EV=e_s(\boldsymbol{q}_s^O,\ u_s^N)-e_s(\boldsymbol{q}_s^O,\ u_s^O)=\left(\frac{u_s^N-u_s^O}{u_s^O}\right)y_s^O$$

$$\text{補償変分；}\ CV=e_s(\boldsymbol{q}_s^N,\ u_s^N)-e_s(\boldsymbol{q}_s^N,\ u_s^O)=\left(\frac{u_s^N-u_s^O}{u_s^N}\right)y_s^N$$

ちなみに，今回の数値例題では，道路投資等によって商品2に対する地域1－2間の輸送費用が半分になった場合のEVの値を求めた(表一11)．また，投資による世帯の効用及び所得の変化を表一12に示す．本モデルでは，世帯の地域間移動を仮定していないため投資によって世帯所得は変化しないが，世帯効用は変化する．世帯効用の増分の大きい地域1の方が，EVの値も大きくなっており，結果の妥当性が伺える．

7．まとめ

本研究ではNCES関数の利用を前提にした地域間交易モデルについての検討を行ったが，無論，CES関数以外の関数形も同様に用いることができる．ただ，既存の産業連関表を前提においているため生産技術にはレオンチェフ型を用いている．本モデルでは，地域の産業は中間投入財と生産要素を組み合せて，生産物を産出することを仮定しているが，一般に中間投入財間の代替性と生産要素間の代替性の構造は異なるものと考えられるため，代替の弾力性を一定とする通常のCES関数では，その生産構造をうまく表現することができない．この問題を解決するにはNCES関数の利用が有効であり，企業の生産構造を2レベルNCES関数で記述した．

また，計算手法についてもホモトピー法，連続変形法，Johanson法などの利用も考えられる．この点については，数値計算結果をみて判断していくべき問題であるが，本研究の数値例からも明らかなようにNewton-Raphson法でも十分な精度が保証できる．CGEモデルの基本構造は，どのモデルもほぼ類似の形態になるので，その違いは区別しにくい．どのような関数形を用いるのか，何を分析するためのモデルか，そしてどのような計算手法を使うのかにおいてバリエーションがあろう．

基準均衡データ（産業連関表）が与えられれば，本モデルを適用することにより，地域間交易量の予測や投資効果の分析が可能となる．しかし，実際に基準均衡データを整備することは非常に複雑で難しい問題である．基準均衡データの作成については，ShovenとWhalley[14]が言及しており，ここでは触れないが，実用化に際しての大きな課題といえよう．

本研究の目的は実用性に重点を置いたSCGEモデルを開発することにあるが，本論文ではそのプロトタイプを示したに過ぎない．本モデルでは世帯の地域間移動を

仮定しておらず，また輸出入部門や政府部門等を取り扱っていないが，その導入は比較的容易に行えると考えている．今後の課題としたい．

参考文献

1) Dixon, P.B., B.R. Parmenter, A.A. Powell and P.J. Wilcoxen : *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*, North-Holland, Amsterdam, 1992.
2) Whalley, J. : *Trade Liberarization Among Major World Trading Areas*, Cambrige, MA, MIT Press, 1985.
3) Shoven, J.B., and J. Whalley : On the Computation of Competitive Equilibrium on International Merkets with Tariffs, *Journal of International Economics 4*, pp.341-54, 1974.
4) Piggott, J.R. : General Equilibrium Computation Applied to Public Sector Issues, In P. Hare(ed.) *Sureveys in Public Sector Economics*, Oxford : Blackwell, 1988.
5) 宮田，佐藤，高橋，山崎：地域経済の一般均衡モデル—CGE モデルからの視点，土木計画学研究・講演集，No. 13，pp.45-52，1989.
6) 溝上章志：地域間産業連関と価格均衡の分析フレームを用いた物資流動モデル，土木計画学研究・講演集，No. 15(1)，pp.629-635，1992.
7) Ando, A. and T. Shibata ; A Multi-regional model of price and quantity equilibrium for developing economics ; an application to evaluating the railroad improvements in China, *Intl. Conf. on Reg. Sci. in Developing Countries*, Beijing, 1993.
8) 宮沢健一編：産業連関分析入門(第5版)，日本経済新聞社，p.139，1992.
9) Sato, K. : A two-level constant-elasticity-substitution production function, *Review of Economic Studies 34*, pp.201-18, 1967.
10) Brown, M. and D. Heien : The S-branch utility tree. A generalization of the linear expenditure system, *Econometrica*, Vol. 40, No. 4, pp.737-47, 1972.
11) Hamilton, B. and J. Whalley : The Treatement of Housing in a Dynamic Sequenced General Equilibrium Model, *Journal of Public Economics 27*, pp.157-75, 1985.
12) Lenjosek, G. and J. Whalley : A small open economy applied to an evaluation of canadian energy policies using 1980 data. *Journal of Policy Modelling 8*, pp.89-110, 1986.
13) Shoven, J.B. and J. Whalley : Applying General Equilibrium, Combridge University Press, 1992.

(1994.4.4 受付)

A STUDY ON AN INTERREGIONAL TRADE MODEL BASED ON THE APPLIED GENERAL EQUILIBRIUM ANALYSIS

Toshihiko MIYAGI and Kenichi HONBU

This study aims at providing a simple prototype Spatial Computable General Equilibrium (SCGE) model with a Nested Constant Elasticity of Substitution (NCES) system. The SCGE model developed here is based on the Global Trade Models, one of the most important applications of the Computable General Equilibrium (CGE) model. The NCES system is obtained by nesting a series of CES functions, which is useful to describe various levels of elasticities of substitution between different kinds of goods in the same category. The SCGE model is formulated in the way that a Newton-Raphson method can be used in its process of equilibrating prices. Thus, the resultant model may be operational and provide a generalization of the traditional interregional Input-Output analysis.