A Study on the Spatial Computable General Equilibirum Model with External Economies of Technological Propagation

Hiroyuki Shibusawa
Yuzuru Miyata
Makoto Yamaguchi

In this paper, we construct a spatial computational general equilibrium model with externl economics of technological propagation effects. In this spatial model, the wold is simply devided two regions. Each region has two production sectors and one household. In our spatial model, the Marshallian external economies and the technological propagation effects are introduced. Under these conditions, a market equilibrium condition is defined. This paper gives an analytical framework for solving spatial impacts of the technolocial progress and propagation on regional economies.

技術的伝播拡散の外部性を伴う
空間応用一般均衡モデルに関する研究

渋　澤　博　幸
宮　田　　　譲
山　口　　　誠

1. はじめに

社会経済発展の要因のひとつは技術革新であることは言うに及ばない。技術革新の概念、これが生起するための条件、およびその普及過程に関する理論的・実証的な研究が蓄積されてきた(Schumpeter 1926)。新たな技術革新を生み出すための投資の効果を明確にするためには、技術革新の多様なインパクトを明らかにし、定量的に計測する必要があるが、その分析手法は確立されるに至っていない。例えば、近年の次世代自動車関連の技術革新の急進展は、エネルギーシフトをもたらし、また新たな交通インフラの構築を伴うことから、その空間的・社会経済的な影響は多大であることが指摘されている。技術革新の普及過程における新たな評価手法が期待されている。本稿では、技術伝搬拡散効果を考慮した空間応用一般均衡モデルの定式化を試みる。

企業で開発された技術や知識は社会経済の中で伝播拡散される。技術の波及とは、新技術を導入する際に、それを効率的に採用するために伴う全ての作業や組織的改革を含むものとされている（渡辺他 1998)。交通インフラ整備の効果もこのなかに含まれる。

技術が経済システムを波及するプロセスを考えると、市場メカニズムを介する場合と、市場メカニズムを介せずに、企業間、産業間の相互作用による外部性によって普及する場合がある。前者は特許等の取引により代表される伝播拡散であり、後者は技術が体化された機械や中間財を企業が購入する需要径路あるいは技術が体化された製品等の供給径路を介して、間接的に外部性として伝播拡散が生じる場合である。後者の別の例としては、科学知識がもつ公共財的性質から生じるスピルオーバーがあげられる。

本稿では、渋澤、氷鉋、河野（2010）によって構築されたモデルに、地域産業に生起するマーシャル型の技術進歩が、自地域のみならず、他の地域の生産活動にも外部性として伝播拡散する

効果を組み込み、空間的に技術が伝播拡散するモデルを開発する。ここでは、地域間産業連関構造を前提として、技術進歩のインパクトが、地域を超えて、前方（川下）と後方（川上）の産業に、伝播拡散する状況を検討する。本稿では、実証的な分析への応用を考慮しながら、技術的伝播拡散を伴う空間応用一般均衡モデルの定式化を行う。

2. モデルの概要

この経済は､2つの地域からなり､各地域2つの生産部門と家計部門から構成されるものとする。各地域の各産業は、中間投入財と労働を用いて財の生産をおこなう。各地域の産業は、同一の産業でも異なる財を生産し､差別化される。各産業は､多くの企業から構成される。個々の企業は、同じ産業内であれば、同一の生産技術をもっており、同一の財を生産し、企業間で財の差別化はおこらない。したがって、各地域各産業の生産財に対応してそれぞれ唯一の市場価格が決定される。産業界に普及している技術環境や企業の数にかかわらず、企業はプライステイカーとして行動する。簡単化のため、代表的企業を考える。企業は、生産技術の前提条件として利潤を最大にしようとする。

家計部門は、企業に労働を提供し、賃金所得を得るとともに、企業からの利潤所得を受ける。企業間、産業間及び地域間で労働移動は自由に行えるものと仮定されている。各家計は受動的にプライステイカーとして行動し、消費財の組み合わせから構成される満足度を最大化するように行動すると仮定されている。

生産部門については、各地域の総企業数を所与とする閉鎖系システムを仮定する。地域内の産業間の企業の参入･退出は、生産技術の選択という形で行われ、これには費用を伴わないとする。長期的には、各企業の利潤レベルは一定の水準に均衡する。

この経済には、企業にとっては外部的、産業にとっては内部的なマーシャル型外部性が発生している。この外部性は、産業の規模、すなわち産業内の総労働投入量に依存する。企業の主体的行動では、この外部性は所与とみなされる。また、この経済には伝播拡散による外部性が存在する。この外部性は、当該産業の生産性ばかりでなく、地域を超えて、前方と後方の関連産業に形成される生産性向上にも影響を与える。

次のような条件のもとで非負の価格ベクトルが存在するときに､市場は均衡状態にあるとする。

1）各家計が所得で購入することができる財の組み合わせの範囲内で満足が最大である。
2）企業が生産技術を前提条件に、利潤を最大化している。
3）各財と労働に正の超過需要あるいは超過供給は存在していない。
4）マーシャルの外部性と伝播拡散外部性がすべての地域、産業に漏れなく重複なくいきわたっている。
5）各地域の企業総数は与えられる。地域内の産業間の企業の参入・退出により、均衡時には各企業の利潤レベルは等しくなる。

3. 分権的モデル

3. 1　企業の行動

2 地域 2 産業で構成される単純化された経済を考える。r（r =1,2）地域の第i（i =1,2）産業に属する企業数をn_i^rとし、同じ産業に属する企業の生産関数は同一と仮定する。r地域の第i産業に属する企業の利潤最大化行動を次のように定式化する。

$$\max_{\{z_i^r, \boldsymbol{x}_i^r\}} \quad \pi_i^r = p_i^r y_i^r(z_i^r, \boldsymbol{x}_i^r) - w z_i^r - \sum_{s=1}^{2}\sum_{m=1}^{2} p_m^s x_{mi}^{sr} \quad (1)$$

（1）式は利潤を最大化する企業の行動を表している。π_i^rはr地域の第i産業に属する企業の利潤である。y_i^r（z_i^r , $\boldsymbol{x}_i^r$）は生産関数であり、労働投入量z_i^rと中間投入量$\boldsymbol{x}_i^r$ ={ x_{1i}^{11} , x_{2i}^{11} , x_{1i}^{21} , x_{2i}^{21} }の関数である。ここで、x_{mi}^{sr}はs（s =1,2）地域の第 m（m =1,2）産業の財の中間投入量を示す。wは労働賃金、p_m^sはm財の価格である。

生産関数を次のようなコブ＝ダグラス型関数に特定化する。

$$y_i^r(z_i^r, \boldsymbol{x}_i^r) = A_i^r \Lambda_{\mathrm{i}}^{\mathrm{r}} (z_i^r)^{a_{0i}^r} \prod_{s=1}^{2}\prod_{m=1}^{2} (x_{mi}^{sr})^{a_{mi}^{sr}} \quad (0 \le a_{mi}^{sr} < 1) \quad (2)$$

A_i^rと$\Lambda_{\mathrm{i}}^{\mathrm{r}}$は企業の生産性を示すパラメータである。$A_i^r$は$i$産業の産業規模の外部性に関連するパラメータであり、個別企業にとって外部的、各産業にとって内部的である。$\Lambda_{\mathrm{i}}^{\mathrm{r}}$は伝播拡散、すなわち多くの川上および川下産業の大規模生産の有利性等の効率化の外部性に関連するパラメータであり、個別企業、各産業にとって外部的、全産業にとって内部的である。

a_{0i}^rは労働分配パラメータであり、a_{mi}^{sr}は中間投入財の寄与を示すパラメータである。通常生産関数は規模に関して収穫逓減あるいは収穫一定が仮定される。規模の経済性を表すパラメータμ_i^rを次のように定義する。

$$\mu_i^r = 1 - \sum_{s=1}^{2}\sum_{m=0}^{2} a_{mi}^{sr} \quad (0 < \mu_i^r < 1) \quad (3)$$

通常、規模に関して収穫逓減のときは利潤が発生し、規模に関して収穫一定のときには利潤はゼロとなる。これ以降は、生産関数が規模に関して収穫逓減の状況だけを仮定してモデルを展開する。

利潤最大化の一階の条件から、r地域の第i産業に属する企業のs地域m財の中間投入需要量x_{mi}^{sr}（s =1,2, m =1,2)、労働投入需要量z_i^r、産出量y_i^r、利潤π_i^rおよび収入R_i^rが求められる。

$$x_{mi}^{sr} = \frac{a_{mi}^{sr}}{p_m^s} R_i^r \quad (s = 1,2; m = 1,2) \quad (4)$$

$$z_i^r = \frac{a_{0i}^r}{w} R_i^r \quad (5)$$

$$y_i^r = (p_i^r)^{-1} R_i^r \quad (6)$$

$$\pi_i^r = \mu_i^r p_i^r y_i^r = \mu_i^r R_i^r \quad (7)$$

$$R_i^r = p_i^r y_i^r = (p_i^r A_i^r \Lambda_i^r)^{\frac{1}{\mu_i^r}} \left(\frac{w}{a_{0i}^r}\right)^{\frac{-a_{0i}^r}{\mu_i^r}} \prod_{s=1}^{2} \prod_{m=1}^{2} \left(\frac{p_m^s}{a_{mi}^{sr}}\right)^{\frac{-a_{mi}^{sr}}{\mu_i^r}} \quad (8)$$

（4）式は、s地域m財の中間投入財費用は収入R_i^rのa_{mi}^{sr}の割合を占めることを、（5）式は、労働投入の費用は収入R_i^rのa_{0i}^rの割合を占めることをそれぞれ示している。（6）式は、収入R_i^rは$p_i^r y_i^r$に等しいことを示している。（7）式は、利潤π_i^rは収入R_i^rのμ_i^rの割合として求められることを示している。（8）式は、収入R_i^rである。

r地域の第i産業に属する企業数はn_i^rであるから、同一産業内における全体の中間投入量、労働投入量、生産量、及び利潤は、それぞれ$x_{mi}^{sr} n_i^r$, $z_i^r n_i^r$, $y_i^r n_i^r$, 及び$\pi_i^r n_i^r$として求められる。

3．2　家計の行動

家計の効用関数を同一と仮定すると、集計的家計の行動は、所得を制約として効用を最大化する問題として、次のように定式化される。

$$\max_{\{Z^r, \boldsymbol{X^r}\}} \quad U^r(T - Z^r, \boldsymbol{X^r}) \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{s=1}^{2} \sum_{k=1}^{2} p_k^s X_k^{sr} \leq w Z^r + D_v^r \quad (10)$$

ここで、U^rは効用関数で、余暇$T - Z^r$と最終消費財ベクトル$\boldsymbol{X^r}$={ X_1^{1r}, X_2^{1r}, X_1^{2r}, X_2^{2r} } の関数である。X_k^{sr}はs地域k財の最終消費量、Tは利用可能な総時間、及びZ^rは労働供給量である。p_k^sはs地域k財の価格であり、wは賃金率である。（10）式は所得制約式であり、左辺は家計の消費財に対する支出である。右辺の第１項は賃金所得である。

ここで、効用関数を次のコブ＝ダグラス型に特定化する。

$$U^r(T-Z^r,\boldsymbol{X^r})=(T-Z^r)^{\theta_0^r}\prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}(X_k^{sr})^{\theta_k^{sr}} \qquad (11)$$

この効用関数について一次同次性を仮定すれば、効用への寄与度を示すパラメータは次式を満たす。

$$\theta_0^r+\sum_{s=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\theta_k^{sr}=1 \qquad (12)$$

家計の最適化行動のためのラグランジュ関数は次式で与えられる。

$$L=(T-Z^r)^{\theta_0^r}\prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}(X_k^{sr})^{\theta_k^{sr}}+\lambda^r\left(wZ^r+D_v^r-\sum_{s=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}p_k^sX_k^{sr}\right) \qquad (13)$$

ここで、λ^rはラグランジュ乗数である。効用最大化の一階の条件より、労働供給量、消費財の需要量及びラグランジュ乗数を求めることができる。

$$Z^r=T-\frac{\theta_0^r}{w}I^r \qquad (14)$$

$$X_k^{sr}=\frac{\theta_k^{sr}}{p_k^s}I^r\ \ (s=1,2;k=1,2) \qquad (15)$$

$$\lambda^r=\frac{U^r}{I^r} \qquad (16)$$

ここで、

$$I^r=wT+D_v^r \qquad (17)$$

であり、総所得と呼ぶことにする。(16) 式のU^{r}は次の間接効用関数である。

$$U^{\mathrm{r}}=\left(\frac{\theta_0^r}{w}\right)^{\theta_0^r}\prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}\left(\frac{\theta_k^{sr}}{p_k^s}\right)^{\theta_k^{sr}}I^r \qquad (18)$$

これは、価格、賃金及び総所得の関数である。

3. 3　産業規模拡大の外部経済

企業にとっては外部的であり、産業にとって内部的なマーシャル型の外部性を導入する（Chipman 1970)。これは産業の規模拡大による外部性であるが、ここでのモデルでは産業の総労働投入量のみに依存すると仮定する。コブ＝ダグラス型生産関数におけるr地域の第i産業に属するある代表的企業が受ける当該産業の産業規模に由来する外部性A_i^rを次のように定義する。

$$A_i^r = A_i^r(z_i^r, n_i^r) = \alpha_i^r (z_i^r n_i^r)^{\beta_i^r} \quad (r = 1,2; i = 1,2) \quad (19)$$

第i産業に属する全ての企業の総労働投入量$z_i^r n_i^r$が増加すれば、A_i^rは上昇すると仮定する。ここで、α_i^rとβ_i^rはパラメータである。したがって、A_i^rは個別企業の労働投入量z_i^rと企業数n_i^rの関数となる。もし、第i産業について、労働投入量と企業数を制御変数としてみなすことができうるのであれば、$\partial A_i^r / \partial z_i^r > 0$ 及び$\partial A_i^r / \partial n_i^r > 0$ である。しかし、個別企業の利潤最大化の主体的行動において、A_i^rは外部的なパラメータとしてみなされる。ところが第i産業に属する代表的企業が、個別に労働投入量を変化させても、この生産性A_i^rは変化しないと仮定しているので、$\partial A_i^r / \partial z_i^r = 0$ である。また、企業数も制御できないので、$\partial A_i^r / \partial n_i^r = 0$ である。

3. 4　マーシャル型外部性の伝播拡散効果

ある地域の産業レベルで生じる規模拡大による外部性は、同産業の生産性を向上させる。この外部性は、自地域内の当該産業のみならず、地域を超えて、当該産業の前方（供給側）及び後方（需要側）の関連する産業にも外部性を誘発させる。そして、それら関連産業とそれぞれにおいて生起するマーシャルの外部効果が、リパーカッションとして当該産業に返ってくる。これが、当該産業のマーシャルの外部経済の大宗を占めるものと考えられる。これは、当初は地域局所的に生起した外部性が自地域及び他地域の関連産業へ伝播拡散する効果であり、市場を経由した効果とは独立に生じうると想定される。これらはもちろん一種の外部性である。これは、この効果を受けた当該企業にとっては外部的であるが、この効果が生じる経済全体にとっては内部的である。

次に、(2) 式の企業の生産関数では外生的に定数として与えられていた伝播拡散の外部性Λ_i^rについて、ここで外部性の変数として定義し直す。r地域 - 第i産業に属する企業にもたらされる伝播拡散による外部性Λ_i^rは、産業規模拡大という本来のマーシャル型外部性ベクトル A={ A_1^1, A_2^1, A_1^2, A_1^2 }、全地域の他産業からの伝播拡散ベクトル$\boldsymbol{\Lambda^I}$ ={ Λ_1^{I1}, Λ_2^{I1}, Λ_1^{I2}, Λ_2^{I2} }、全地域の他産業への伝播拡散ベクトル$\boldsymbol{\Lambda^O}$ ={ Λ_1^{O1}, Λ_2^{O1}, Λ_1^{O2}, Λ_2^{O2} }、とその基礎にある地域間及び産業間の投入産出構造$\mathbf{a}$に依存すると想定する。このr地域 - 第i産業に属する企業における伝播拡散の外部性の関数 , Λ_i^r（$\mathbf{A}$, $\boldsymbol{\Lambda^I}$, $\boldsymbol{\Lambda^O}$, $\boldsymbol{a}$）を、投入径路に依存する部分と産出径路に依存する部分に分離可能な関数として、次のように定義する。

$$\mathit{\Lambda}_i^r\left(\mathbf{A},\mathbf{\Lambda}^{\boldsymbol{I}},\mathbf{\Lambda}^{\boldsymbol{O}},\boldsymbol{a}\right)=\mathit{\Lambda}_i^{Ir}\left(\mathbf{A},\mathbf{\Lambda}^{\boldsymbol{I}},\boldsymbol{a}\right)+\mathit{\Lambda}_i^{Or}\left(\mathbf{A},\mathbf{\Lambda}^{\boldsymbol{O}},\boldsymbol{a}\right)\quad(r=1{,}2;i=1{,}2)\qquad(20)$$

この関数は次のような性質をもつものと想定する。

$$\frac{\partial\mathit{\Lambda}_i^{Ir}}{\partial A_k^s}\geq 0,\frac{\partial\mathit{\Lambda}_j^{Ir}}{\partial\Lambda_i^{Is}}\geq 0,\text{及び}\frac{\partial\mathit{\Lambda}_i^{Ir}}{\partial a_{ki}^{sr}}\geq 0\quad(r,s=1{,}2;i,j,k=1{,}2)$$

$$\frac{\partial\mathit{\Lambda}_i^{Or}}{\partial A_k^s}\geq 0,\frac{\partial\mathit{\Lambda}_j^{Or}}{\partial\Lambda_i^{Os}}\geq 0,\text{及び}\frac{\partial\mathit{\Lambda}_i^{Or}}{\partial a_{ki}^{sr}}\geq 0\quad(r,s=1{,}2;i,j,k=1{,}2)$$

第 1 の性質は、s地域 - 第k産業の産業規模拡大のマーシャル型外部性がr地域 - 第i産業のなかの代表的企業に伝播拡散する効果である。第 2 の性質は、s地域 - 第i産業の伝播拡散効果が、さらにr地域 - 第j産業のなかの代表的企業に伝播拡散する効果である。第 3 の性質は、伝播拡散効果は企業の投入産出構造にも依存することを示している。

ここで、投入径路に依存して伝播拡散する効果の関数$\mathit{\Lambda}_i^{Ir}$（$\boldsymbol{A}$, $\mathbf{\Lambda}_{\boldsymbol{i}}^{\boldsymbol{I}}$, $\boldsymbol{a}$）と産出径路に依存して伝播拡散する効果の関数$\mathit{\Lambda}_i^{Or}$（$\boldsymbol{A}$, $\mathbf{\Lambda}_{\boldsymbol{i}}^{\boldsymbol{O}}$, $\boldsymbol{a}$）を、それぞれ次のように特定化する。

$$\mathit{\Lambda}_i^{Ir}\left(\boldsymbol{A},\mathbf{\Lambda}_{\boldsymbol{i}}^{\boldsymbol{I}},\boldsymbol{a}\right)=b_i^{Ir}\prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}\left(A_k^s\Lambda_k^{Is}\right)^{\tau_{ki}^{Isr}(a_{ki}^{sr})}\quad\left(b_i^{Ir}>0\right)\qquad(21)$$

$$\mathit{\Lambda}_i^{Or}\left(\boldsymbol{A},\mathbf{\Lambda}_{\boldsymbol{i}}^{\boldsymbol{O}},\boldsymbol{a}\right)=b_i^{Or}\prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}\left(A_k^s\Lambda_k^{Os}\right)^{\tau_{ik}^{Ors}(a_{ik}^{rs})}\quad\left(b_i^{Or}>0\right)\qquad(22)$$

b_i^{Ir}とb_i^{Or}は、それぞれ伝播拡散効果の効率パラメータである。τ_{ki}^{Irs}（·）はs地域 - 第k産業の外部性がr地域 - 第i産業の企業に伝播拡散する（$k\rightarrow i$）影響力を表す関数であり、$\boldsymbol{\tau_{ik}^{Ors}}$（·）は$r$地域 - 第$i$産業の外部性が$s$地域 - 第$k$産業の企業に伝播拡散する（$i\rightarrow k$）影響力を表す関数である。これを伝播拡散影響力関数と呼ぶ。これは、第i産業の投入産出構造$\mathbf{a}$に依存すると考えるのが自然である。また、この効果は拡散の進展により減衰するとし、$\boldsymbol{\tau_{ki}^{Isr}}$（·）<1 及び$\boldsymbol{\tau_{ik}^{Ors}}$（·）<1 と仮定する。$\tau_{ki}^{Isr}$（·）と$\tau_{ik}^{Ors}$（·）をそれぞれ行列の要素とすれば、次のような投入構造と産出構造に依存する伝播拡散関数行列$\boldsymbol{\tau^{Isr}}$, $\boldsymbol{\tau^{Ors}}$を定義できる。

$$\boldsymbol{\tau}^{\boldsymbol{Isr}} = \begin{bmatrix} \tau_{11}^{Isr}(a_{11}^{sr}) & \tau_{12}^{Isr}(a_{12}^{sr}) \\ \tau_{21}^{Isr}(a_{21}^{sr}) & \tau_{22}^{Isr}(a_{22}^{sr}) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\tau}^{\boldsymbol{Ors}} = \begin{bmatrix} \tau_{11}^{Ors}(a_{11}^{rs}) & \tau_{12}^{Ors}(a_{12}^{rs}) \\ \tau_{21}^{Ors}(a_{21}^{rs}) & \tau_{22}^{Ors}(a_{22}^{rs}) \end{bmatrix} \qquad (23)$$

r地域 - 第i産業の企業がs地域からの投入径路を介して伝播拡散の効果を受ける影響力は、$\boldsymbol{\tau}^{\boldsymbol{Isr}}$の第$i$列に依存し、$r$地域の第$i$産業の企業が$s$地域への産出径路を介して伝播拡散効果を受ける影響力は、$\boldsymbol{\tau}^{O}$の第i行に依存することがわかる。

第i産業の企業の伝播拡散影響力関数を次のように特定化する。

$$\tau_{ki}^{Isr}(a_{ki}^{sr}) = \gamma_i^I a_{ki}^{sr} \quad (k = 1,2) \quad (24)$$

$$\tau_{ik}^{Ors}(a_{ik}^{rs}) = \gamma_i^O a_{ik}^{rs} \quad (k = 1,2) \quad (25)$$

ここで、γ_i^{Isr}は第i産業の代表的企業が投入財の投入径路a_{1i}^{sr} , a_{2i}^{sr}から伝播拡散の影響を受ける程度を示すパラメータである。このパラメータγ_i^Iは投入財の搬出先には依存しないと仮定している。γ_i^Oは第i産業の代表的企業が産出径路a_{1i}^{rs} , a_{2i}^{rs}から伝播拡散の影響を受ける程度を示すパラメータである。0< γ_i^I , γ_i^O <1 とする。

ある産業で生じた外部性は、ある産業から別の産業へと多段階的に伝播拡散するが、このことは、このプロセスにより導かれる結果を求めてみると明白になる。この帰結は、(21) 式の右辺の伝播拡散効果が消滅するまで、すなわち (21) 式の右辺にΛ_i^{Ir}を繰り返し代入し、Λ_i^{Ir}を消去することにより求められる。(22) 式の右辺についても同様にしてΛ_i^{Or}を消去することができる。このとき、(20) (21) (22) 式は次のように表される。

$$\Lambda_i^r(\mathbf{A},\boldsymbol{a}) = \Lambda_i^{Ir}(\mathbf{A},\boldsymbol{a}) + \Lambda_i^{Or}(\mathbf{A},\boldsymbol{a}) \qquad (26)$$

$$\Lambda_i^{Ir}(\mathbf{A},\boldsymbol{a}) = b_i^{Ir} \prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}\left(b_k^{Is}A_k^s\right)^{T_{ki}^{Isr}} \qquad (27)$$

$$\Lambda_i^{Or}(\mathbf{A},\boldsymbol{a}) = b_i^{Or} \prod_{s=1}^{2}\prod_{k=1}^{2}\left(b_k^{Os}A_k^s\right)^{T_{ik}^{Os}} \qquad (28)$$

ここで、

$$T_{ki}^{Isr} = \tau_{ki}^{Isr} + \sum_{s_2=1}^{2}\sum_{s_1=1}^{2}\sum_{k_1=1}^{2} \tau_{kk_1}^{Is_2r}\tau_{k_1i}^{Is_1r} + \sum_{s_3=1}^{2}\sum_{s_2=1}^{2}\sum_{s_1=1}^{2}\sum_{k_1=1}^{2}\sum_{k_2=1}^{2} \tau_{kk_2}^{Is_3r}\tau_{k_2k_1}^{Is_2r}\tau_{k_1i}^{Is_1r} + \cdots \quad (29)$$

$$T_{ik}^{Ors} = \tau_{ik}^{Ors} + \sum_{s_2=1}^{2}\sum_{s_1=1}^{2}\sum_{k_1=1}^{2} \tau_{ik_1}^{Ors_2}\tau_{k_1k}^{Ors_1} + \sum_{s_3=1}^{2}\sum_{s_2=1}^{2}\sum_{s_1=1}^{2}\sum_{k_1=1}^{2}\sum_{k_2=1}^{2} \tau_{ik_2}^{Ors_3}\tau_{k_2k_1}^{Ors_2}\tau_{k_1k}^{Ors_1} + \cdots \quad (30)$$

（27）式は、全地域の産業（s =1,2; k =1,2）からの外部性が、投入径路を介して第i産業に伝播拡散しつくした結果を示したものであり、r地域 - 第i産業は各地域各産業の外部性A_k^sのT_{ki}^{Isr}乗の相乗積の影響を受けることがわかる。同様に、（28）式は、全地域の産業（s =1,2; k =1,2）からの外部性が、産出径路を介してr地域 - 第i産業に伝播拡散しつくした結果を示したものであり、A_k^sのT_{ik}^{Ors}乗の相乗積の影響を受けることがわかる。これらを伝播拡散乗数と呼ぶことにする。したがって、（26）式に示すように、r地域 - 第i産業が他産業から受ける外部性の伝播拡散効果の帰結は、本来のマーシャルの外部性が伝播拡散しつくした結果であり、それは全地域 - 全産業の外部性ベクトル$\mathbf{A}$と投入産出構造ベクトル$\boldsymbol{a}$に依存することがわかる。

（29）式の右辺第 1 項は、s地域 - 第k産業からr地域 - 第i産業へ投入径路（s , k）→（r , i）を経由して直接影響を与える伝播拡散効果を意味する。第 2 項は、s_2地域 - 第k産業から、s_1地域 - 第k_1産業の投入径路（s_2 , k）→（s_1 , k_1）→（r , i）を経由して、r地域 - 第i産業に与える間接的な伝播拡散効果を意味する。第 3 項は、s_3地域 - 第k産業から、s_2地域 - 第k_2産業、そしてs_1地域 - 第k_1産業の投入径路（s_3 , k）→（s_2 , k_2）→（s_1 , k_1）→（r , i）を経由して、r地域 - 第i産業に与える間接的な伝播拡散効果を意味する。以下同様に、第k産業の外部性は、多段階的な投入径路を介して第i産業に間接的な伝播拡散効果をもたらす。これが、後方連関による伝播拡散効果である。（30）式は、産出径路を介した伝播拡散効果を示している。これが、前方連関による伝播拡散効果である。

3．5　市場均衡

市場均衡条件は次式で与えられる。

$$p_i^r\left(y_i^r n_i^r-\sum_{s=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}x_{ik}^{rs}n_k^s-\sum_{s=1}^{2}X_i^s\right)\geq 0 \quad (r=1,2;i=1,2) \qquad (31)$$

$$w\left(Z-\sum_{s=1}^{2}\sum_{i=1}^{2}z_i^s n_i^s\right)\geq 0 \qquad (32)$$

$$(\pi_i^r-\bar{\pi}_i^r)n_i^r=0 \quad (r=1,2;i=1,2) \qquad (33)$$

$$\sum_{i=1}^{2}n_i^s-N^s=0 \qquad (34)$$

（31）式は財市場の需給均衡条件であり、括弧内の需給バランスを満たすように財の価格p_i^rが決定されることを意味している。$y_i^r n_i^r$はr地域 - 第i財の供給量であり、$\sum_{s=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}x_{ik}^{rs}n_k^s$は中間投入需要量、$\sum_{s=1}^{2}X_i^s$は最終消費量である。（32）式は労働市場の需給均衡条件であり、括弧内の需給バランスを満たすように賃金率wが決定されることを意味している。Zは労働供給量であり、$\sum_{s=1}^{2}\sum_{i=1}^{2}z_i^s n_i^s$は労働需要量である。（33）式は地域内における企業の産業間移動の均衡条件であり、$\bar{\pi}_i^r$は均衡利潤水準である。企業は費用を伴わずにより高い利潤水準を求めて異なる産業へ参入が可能であると仮定しているため、長期的に利潤が均衡することを意味している。（34）式は、この経済モデルの各地域の総企業数N^sが固定されていることを示し、閉鎖系システムであることを意味する。ワルラスの法則よりひとつの方程式が冗長となるので、労働をニュメレールとする。

4．おわりに

本論では、地域間における技術進歩の伝播拡散効果を考慮した空間応用一般均衡モデルの定式化を試みた。具体的な数値例を用いて、シミュレーションを行うことが可能なモデルを構築した。市場均衡モデルを提示したが、社会的最適化モデルの定式化と市場均衡モデルとの比較については今後の研究課題となった。社会的最適化モデルから、技術の伝播拡散の外部性を内部化する税金補助金政策を導出することができよう。また、地域間産業連関表を用いて実証的なシミュレーションモデルへ拡張し、税金補助金の効果を分析することも興味深い課題である。

参考文献

Chipman, J.S., External Economies of Scale and Competitive Equilibirum, *Quartery Journal of Economics*, Vol.84, No.3, 1970, pp.348-385

船橋健、氷鉋揚四郎 , 発生または帰着ベースによる公共投資便益の測定とその比較―生産にマーシャル型の外部性が存在する一般均衡モデルを用いて－ ,『地域学研究』, Vol.24, No1, 1994, pp.1-19

河野博忠 , 公共投資のもたらす地域開発効果 ,『地域学研究』, Vol.13, 1983, pp.57-81

Marshall, A., *Principles of Economics*, 8th ed., Macmillan, Chapter IV Value and Utility, Chapter X Industrial Organization, continued. The concentration of specialized industries in particular localities, Book V General Relations of Demand, Supply and Value, pp.103-119, pp.222-231, pp.269-352, 1920（馬場啓之助訳『経済学原理』I ～ IV, 東洋経済新報社 , 1965-1967, 第 6 章 価値と効用 , 第 10 章産業上の組織続論　特定地域への特定産業の集積 , pp.128-138, pp.267-277）

Schumpeter, J.A., *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, 1926（塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳『経済発展の理論』（上・下）、1977）

渋澤博幸、氷鉋揚四郎、河野博忠、社会的便益の評価手法に関する研究―技術的伝播拡散の外部性を考慮した一般均衡モデルを用いて、『地域学研究』、Vol.40, No.1, 2010, pp.73-94

渡辺千仭、宮崎久美子、勝本雅和、『技術経済論』、5 章、日科技連、1998

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26590039 の助成を受けたものです。