

## 第2章

### IDE-GSM で用いられている理論モデル

後閑 利隆

#### 第1節 はじめに

Geographical Simulation Model (GSM) で用いられる理論モデルは、空間経済学の理論モデルである。空間経済学では、輸送費用の変化に応じた生産要素の移動による、企業の分布や産業集積を考察の対象とする。Ottaviano and Thisse (2004) では、空間経済学の新しさは一般均衡（企業の利潤最大化、消費者の効用最大化、全ての市場の需給一致）にあると結論付けている。一般均衡理論であることにより、空間経済学以前の既存研究で得られた知見を包括的に扱うことができることを、Thunen (1826)の英訳版を用いて、言及した。Fujita and Krugman(2004)や Ottaviano and Thisse (2005) で引用された箇所は、Thunen (1826)の和訳版では割愛され、英訳版に掲載されている。空間経済学では、経済活動の地理的分布は、経済活動を集中させる集積力と経済活動を分散させる分散力の二つのバランスによって示される。Thunen (1826)による経済活動を分散させる力と経済意活動を集積させる力のリストを以下で、紹介する。まず、分散力については、「1. 輸送費用がより高いので、原材料は地方の都市よりも[大都市で]高くなる。2. 地方の消費者へ輸送するときに、工業財の地方都市への輸送費用が必要となる。3. 全ての必需品は、特に薪は、大都市のほうが価格は高い。2つの理由により、家賃についても同様である。(1) 原材料が離れたところから運ばれるので、建設費が高くなり、結果として、[家賃は]高くなる。(2) 少しの銀貨で買えるような小さな都市の土地が[大都市で]とても高くなる。燃料費や家賃と同様に、食費も大都市では高くなるので、[大都市での]賃金は小さな都市と比べて、高くなければならない。高い賃金は生産費用にかなり上乗せされる。」一方で、大都市への産業の立地が好ましい要因について、次の要素が挙げられた。「(1) 大規模な工業部門の工場だけが、手作業の労働者を減らし、より安く、より効率的な生産が可能となる労働力を節約する機械や設備を導入することが利益を生む。(2) 工業部門の工場の規模は、その製品の需要に依存する。... 4) そうした全ての理由から、多くの工業部門で、都市でのみ、大規模な工場が生存できる。しかし、分業は工業部門の工場の規模と密接に結びついている。このことは、機械生産の経済と関係なく、労働者一人当たりの生産は小さい工場よりも大きな工場でかなり高いことを説明する。... 7) 機械を生産するのは、機

械であり、そして、多くの異なる工場や作業場での製品がそうした機械であるので、機械が効率的に生産されるのは、工場や作業場が一体となってお互いを助けるために十分に近接している工場や作業場があるところ、つまり、大都市、に限られる。経済理論はこの要素を適切に認識することに失敗している。」分散力の要因については、現在の GSM では、扱われていないものも含まれるが、本章で紹介する今後の計画に挙げられているモデルで扱うことができる。一方で、集積力の 1、2、4 の内容は、最も基本的な空間経済学のモデルである Krugman (1991) で扱われている。さらに、7 の内容は、開発経済学の分野の Myrdal (1957) による累積的因果連関論や Hirschman (1958) による前方後方連関に該当する。Fujita and Krugman (2004) では、Dixit and Stiglitz モデル (Dixit and Stiglitz 1977) を用いることにより、空間経済学の理論モデルで、累積的因果関係論や前方後方連関の理論化が可能になったと述べられている。一般均衡理論により、空間経済学では、これらの要素を同時に扱うことが可能となる。

空間経済学の理論モデルの構成要素として、企業レベルでの規模の経済、輸送費、地域間の生産要素の移動を欠かすことができない。企業レベルでの規模の経済が、集積力を生む。集積をもたらす要素として、Marshall (1890) では、(1) 大量生産、(2) 特化した投入サービス、(3) 人的資本の蓄積やフェース・トゥ・フェースによる新しいアイデア、(4) 近代的なインフラストラクチャーの 4 つが挙げられた。この中で 1 つめの大量生産は、空間経済学で扱われている企業レベルでの規模の経済に該当する。都市内で経済活動に従事する人が増えることにより、サーチやマッチングが改善されることによる利益を指す都市レベルの規模の経済と区別をするために、規模の経済を企業レベルと限定した。また、空間経済学では、必ず輸送費用が扱われる。Krugman (1991) などの多くの設定では、Samuelson (1952) による氷塊型の輸送費用を用いることで、輸送業者を明示的に導入することが避けられた。具体的には、輸送費用として、製品の一定割合が輸送中に消失するため、消失する量を見越して企業は需要量より多く生産し、輸送先で消失分を輸送費として価格に上乗せするという方法が用いられた。次に、空間経済学では、生産要素が地域間を移動することで、新貿易理論と区別される。Krugman (1980) による新貿易理論でも、空間経済学と同様に、企業レベルの規模の経済や輸送費用が導入された。しかし、人口の規模を外生的に変化させていた。人口の規模を外生的に変化させた際に、2 地域が想定され、自国市場 (ホーム・マーケット) 効果として、人口が相対的に多い国が水平的に差別化された工業製品の純輸出国になることが示された。Helpman and Krugman (1985) では、自国市場効果として、2 地域の総人口に占める人口が多い地域の人口シェアより、水平的に差別化された財のバラエティーの 2 地域の総数に占める人口が多い地域で生産されたバラエティーの数のシェアのほうが大きくなることが説明された。さらに、輸送費用が低いほど、財の生産の集中の程度は進むことも示された。ただし、近年では、自国市場効果の定義について、議論がされている。空間経済学では、生産要素が地域間を移動することによ

り、前述の前方後方連関について、家計と企業の間的前方後方連関と企業間的前方後方連関を記すことができるようになった。

Krugman(1991)は、産業集積が生じるメカニズムを定式化するためのエンジンとして、Dixit-Stiglitz モデル (Dixit and Stiglitz 1977) に依拠した。Dixit-Stiglitz モデルは独占的競争を扱うための簡便なモデルを提供する。このため Dixit-Stiglitz モデルは空間経済学だけでなく、新貿易理論、新成長理論など多くの分野で用いられている。寡占的競争理論では、自社の生産計画は他社の生産計画に影響を与え、同時に他社の生産戦略も自社の生産戦略の決定に影響を与える。独占的競争では、自社は他社からの影響を受けるが、自社は他社に影響を与えないと想定されている。具体的には、Dixit-Stiglitz モデルでは、各企業は産業全体の価格指数を予想しつつ、自社の製品の価格を決定する。価格を決定する際に、自社が他社に及ぼす影響を考慮に入れない。また、Dixit-Stiglitz モデルを用いた多くの理論モデルでは、複数の製品を1社で製造することによるメリット（範囲の経済）はないと仮定される。その上、企業が固定費用を必要とする設定（企業レベルで規模の経済が働く設定）によって、製品1単位当たりの費用（平均費用）を下げる目的で各企業は特定のバラエティーの生産に特化する。他方、消費者はできるだけ多くのバラエティーを消費することを好む効用関数が用いられる。そのため、1企業は1つのバラエティーのみを生産する。複数の企業がそれぞれのバラエティーを差別化し供給することが可能となる。Krugman(1991)では、消費財の供給と需要の間に生じる前方後方連関を集積力とした。一方で、Venables(1996)では、中間投入としての工業製品の需要と供給の間に生じる前方後方連関を集積力とした。GSM の理論モデルでは、消費財の供給と需要の間に生じる前方連関効果と中間投入財の需要と供給の間に生じる前方連関効果を扱っている。2つの前方後方連関を扱った理論モデルとして、Puga(1999)がある。

以下では、2節で GSM のモデルの設定について、紹介をする。GSM の理論モデルは Puga(1999)に非常に近い。さらに、3節では、理論モデルに働いているメカニズムを紹介する。Puga(1999)では、地域間を労働者が移動する場合には、輸送費が高いときには、産業は2地域に均等に分布し、輸送費が下がると、一方の地域のみ産業が集中することが示された。また、地域間を労働者が移動しない場合には、輸送費が高いときと低いときに、地域間に企業が均等に分布することが示された。最後に、4節では、Thunen(1826)に分散力として、記載された要素をより多く含めるための今後の計画を紹介する。最後に、まとめを述べる。

## 第2節 Geographical Simulation Model で用いられている理論モデル

地域数  $R (> 1)$  の経済を考察する。生産要素は土地と労働からなる。土地の供給量は各地域で一定とする。また、総労働供給量のある期において、経済全体で一定とする。土地

と労働を用いて、農業財が生産され、労働を用いて、工業財やサービス財が生産される。

## 2.1 農業生産

農業部門では、完全競争のもとで、労働と土地を投入し、規模に対して収穫一定の技術を用いて、同質的な農業財が生産される。農業財の生産関数は次式で示される。

$$f_A(r) = A_A(r)L_A(r)^\alpha F(r)^{1-\alpha}, \quad r=1, \dots, R \quad (1)$$

ただし、 $f_A(r)$  は地域  $r$  における農業部門の生産量を示し、 $A_A(r) (> 0)$  は地域  $r$  の農業部門の生産性の大きさを示し、 $L_A(r)$  は地域  $r$  の農業部門の労働投入量を示し、 $F(r)$  は地域  $r$  の土地の投入量を示す。また、 $\alpha$  は農業部門の費用に占める労働者の賃金への支払いの割合（労働分配率）を示す。地域間の技術は同じとする。同質的な農業財には輸送費用がかからず、全ての地域で価格は等しくなる。そのため、農業財を基準財として、その価格を1とする。各地域における利潤最大化条件は労働の限界生産力と名目賃金が等しいことであるので、地域  $r$  の農業部門の名目賃金、 $w_A(r)$ 、は以下で示される。

$$w_A(r) = A_A(r)\alpha \left( \frac{F(r)}{L_A(r)} \right)^{1-\alpha} \quad (2)$$

地域  $r$  の名目賃金は、農業部門の労働生産性が高いほど、また、労働者数が減少し、一人当たりの土地が広いときほど、農業部門の名目賃金は上昇する。

## 2.2 工業部門

工業部門では、独占的競争を想定し、規模に対して収穫逓増となる生産技術を用いる。範囲の経済が想定しないことを仮定し、規模の経済が存在するので、差別化されたある1つのバラエティー（製品）が1企業により製造される。固定費用が必要とされ、生産には労働と中間投入財の合成財が用いられる。バラエティー  $i$  の需要量を  $m_i$  とする。地域  $r$  のバラエティーの数を  $n_r$  としたとき、全ての地域で生産されるバラエティーの合計を  $n$  とする。バラエティー数  $n$  の工業製品数量指数  $Q$  を次式で定義する。

$$Q = \left( \int_{i=1}^n m_i^{\rho_M} \right)^{1/\rho_M}$$

費用最少化により、全てのバラエティーが消費されるように、 $\rho_M$  を一定の値とし、 $0 < \rho_M < 1$  を仮定する。バラエティー  $i$  の工場渡し価格を、 $p_{Mi}$ 、とすると中間投入としての工業製品への支出額は、 $\int_{i=1}^n p_{Mi} m_i$ 、である。所与の  $Q$  のもとで総支出額を最小にすることで、バラエティー  $i$  の1階の最適条件が得られ、さらに、バラエティー  $i$  とバラエティー  $j$  の1

階の最適条件を組み合わせ、次の関係が得られる。

$$\frac{m_i}{m_j} = \left( \frac{p_{Mi}}{p_{Mj}} \right)^{1/(\rho_M - 1)}$$

そのため、工業財の任意の2つのバラエティー間の代替の弾力性 $\sigma_M$  ( $\sigma_M > 1$ )で表わされ、次のように、一定の値となる。

$$-\frac{d \ln \left( \frac{m_i}{m_j} \right)}{d \ln \left( \frac{p_{Mi}}{p_{Mj}} \right)} = \frac{1}{1 - \rho_M} = \sigma_M$$

さらに、バラエティー*i*とバラエティー*j*の1階の最適条件を組み合わせ得られた式を工業製品数量指数に代入して、補償需要が導出される。

$$m_j = \frac{p_{Mj}^{-\sigma_M}}{\left( \int_{i=1}^n p_{Mi}^{\sigma_M - 1} \right)^{\sigma_M / (\sigma_M - 1)}} \cdot Q$$

数量  $Q$  を所与として、得られた補償需要を総支出に代入すると、次の総支出が得られる。

$$\int_{i=1}^n p_i m_i = \left( \int_{i=1}^n p_{Mi}^{-(\sigma_M - 1)} \right)^{-1/(\sigma_M - 1)} \cdot Q = G_M \cdot Q$$

工業製品の価格指数の一般式は次式で与えられる。

$$G_M = \left( \int_{i=1}^n p_{Mi}^{\sigma_M - 1} \right)^{-1/(\sigma_M - 1)}$$

バラエティー*i*の需要をこの価格指数を用いて表すと、

$$m_i = \left( \frac{p_{Mi}}{G_M} \right)^{-\sigma_M} Q$$

全ての最終消費財は中間投入財としても用いられ、任意の2つの中間投入財のバラエティー間の代替の弾力性、 $\sigma$ 、と任意の2つの工業製品の最終消費財のバラエティー間の代替の弾力性は等しいと仮定する。

ある1つの企業は1つの財の生産に特化するので、企業の数とバラエティーの数は一致する。あるバラエティーを生産する1企業は  $r$  地域のうち、1地域でのみ生産を行うとする。そのため、地域  $r$  で生産されるバラエティーの数と企業数は、 $n(r)$ で示される。

生産には、中間投入財と労働からなる合成財を投入する。生産費用全体に占める労働投入への支出割合を $\beta$ で表わし、地域  $r$  における製造業企業の生産性のパラメーター $A_M(r)$ のコブダグラス型生産関数により、合成財が生産され、さらに、生産量と関係なく一定量を必要とする投入量を $f_M$ として、1単位の生産に必要な可変的投入量を $c_M$ として、地域  $r$  のあるバラエティーの生産量を $x(r)$ で表わすと、その合成財が必要とされる量は $f_M + c_M x(r)$ となる。合成財の生産に必要な投入量の関係を示すコブダグラス型生産関数と合成財が必要とされる量を示す地域  $r$  のあるバラエティーの生産量を $x(r)$ からなる等式を  $x(r)$ について

解き、さらに、労働投入への支出と中間投入への支出を所与として、 $x(r)$ を労働投入とある中間投入のバラエティーについて最大化して得られる式に、再度、合成財の生産に必要な投入量の関係を示すコブダグラス型生産関数と合成財が必要とされる量を示す地域  $r$  のあるバラエティーの生産量を $x(r)$ からなる等式を用いて、地域  $r$  に立地するあるバラエティーを生産する企業の費用  $C(r)$ は次のように記される。

$$C(r) = w_M(r)^\beta G_M(r)^{1-\beta} [f + c_M x(r)] / A_M(r)$$

地域  $r$  に立地する企業の利潤は、売上から費用を除くことで、 $\pi(r) = p(r)x(r) - C(r)$ と記される。独占的競争企業は価格指数を所与として、利潤が最大となる、つまり、限界収入と限界費用が等しくなるような工業財の工場渡し価格、 $p_M(r)$ を選択する。限界収入と限界費用が等しくなる工場渡し価格は、次のようになる。

$$p_M(r) = w_M(r)^\beta G_M(r)^{1-\beta} / A_M(r) \quad (3)$$

ただし、 $c_M = \rho_M$ とした。得られた工場渡し価格を費用  $C(r)$ の式に代入し、利潤は  $p(r)[x(r) - \rho_M x(r) - f]$ となり、ゼロ利潤条件から得られる $x(r)$ が  $1/\beta$ となるように単位を選ぶ。その上で、生産費用全体に占める労働投入への支出割合が $\beta$ であることと、生産費用はゼロ利潤条件から $p(r)x(r)$ となることを用いて、地域  $r$  で生産されるバラエティーの数と企業数は $n(r) = w(r)L_M(r) / p_M(r)$ となる。

自地域で生産された中間財や最終財を自地域内へ輸送するときには、輸送費用がかからないと仮定する。一方、ある地域で生産された中間財や最終財を他地域に輸送するときには、氷塊型輸送費が必要となることを仮定する。氷塊型輸送費では、1単位の製品を届けるためには、 $T^M (> 1)$ 単位の製品を出荷しなければならず、企業は工場渡し価格を $T^M$ 倍した価格で他地域にて販売する。各財は中間財としても、最終財としても使用されるため、財の用途による輸送費用の区別はない。地域  $r$  から地域  $s$  ( $s \neq r$ )へ輸送した場合と地域  $s$  から地域  $r$  へ輸送した場合で、輸送費用は等しいとする。全てのバラエティーは同一の生産技術により、生産されるとする。そのため、工場渡し価格は、同一地域で生産されたバラエティー間で等しくなる。地域1で生産され、地域2で販売される工業製品の地域2での販売価格 $p_{rs}$ は、地域  $r$  での工場渡し価格を $p_r$ とすると、 $p_{rs} = p_r T_{rs}^M$ と示される。

各地域内では各バラエティーの工場渡し価格は等しいので、 $n(r) = w(r)L_M(r) / p_M(r)$

と  $p_M(r) = w_M(r)^\beta G_M(r)^{1-\beta} / A_M(r)$ を  $G_M = \left( \int_{i=1}^n p_i^{\sigma_M-1} \right)^{-1/(\sigma-1)}$  に代入し、地域  $r$  の工業品価格指数は次式で表わされる。

$$G_M(r) = \left[ \sum_{s=1}^R L_M(s) A_M(r)^{\sigma_M-1} w_M(s)^{1-(\sigma_M-1)\beta} G_M(s)^{-\sigma_M(1-\beta)} T_{sr}^{M-(\sigma_M-1)} \right]^{\frac{1}{-(\sigma_M-1)}} \quad (4)$$

地域  $r$  における工業財への総支出、 $E(r)$ 、は、最終財として消費される工業財への支出と中間財として投入される工業財への支出で構成される。前者は地域  $r$  全体の労働や土地からの所得の  $\gamma$  割から得られ、後者は地域  $r$  に立地する製造業企業の総費用の合計の  $1-\beta$  割から得られる。生産費用全体に占める労働投入への支出割合が  $\beta$  であることを用いて、次式が得られる。

$$E(r) = \mu_M Y(r) + \frac{1-\beta}{\beta} w_M(r) L_M(r) \quad (5)$$

ただし、 $Y(r)$  は、地域  $r$  における家計の所得の合計を示す。

あるバラエティーの総需要は次のように示される。

$$x(r) = p_M(r)^{-\sigma_M} \sum_{s=1}^R E(s) T_{rs}^{M1-\sigma_M} G_M(s)^{-(1-\sigma_M)}$$

これは、輸送中に氷解する分量が上乘せしたあるバラエティーの需要量である。均衡で需要と供給が一致するので、供給量は  $1/\beta$  であることと、 $p_M(r) = w_M(r)^\beta G_M(r)^{1-\beta} / A_M(r)$  を用いて、工業部門の賃金が次式で得られる。

$$w_M(r) = \left[ A_M(r) \frac{\beta^{\frac{1}{\sigma_M}} \left[ \sum_{s=1}^R E(s) T_{rs}^{M1-\sigma_M} G_M(s)^{-(1-\sigma_M)} \right]^{\frac{1}{\sigma_M}}}{G_M(r)^{1-\beta}} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (6)$$

### 2.3 サービス業

サービス業部門でも、独占的競争を想定し、規模に対して収穫逓増となる生産技術を用いて、範囲の経済が想定しないことを仮定する。規模の経済が存在するので、差別化されたある1つのバラエティーが1企業により供給される。そのため、サービス業の企業の数とサービス業部門のバラエティー数は一致する。固定費用が必要とされ、生産には労働のみが用いられる。工業財のあるバラエティーの需要量の導出と同じ方法で、サービス部門のあるバラエティーの需要量が導出される。ただし、代替の弾力性を  $\rho_s$  とする。

生産に必要な労働投入量は、生産量と関係なく一定量を必要とする投入量を  $f_s$  として、

1 単位の生産に必要な可変的投入量を  $c_s$  として、地域  $r$  のあるバラエティーの生産量を  $x_s(r)$  で表わすと、そのバラエティーの供給に必要とされる労働需要量は  $f_s + c_s x_s(r) / A_s(r)$  となる。ただし、 $A_s(r)$  は地域  $r$  におけるサービス部門の生産性を示す。利潤を最大にする価格を選び、次に、その価格の元でのゼロ利潤条件から、サービス部門のあるバラエティーの供給量が決定し、そのバラエティーの供給量を用いて、あるバラエティーの供給に必要とされる労働需要量が決定される。さらに、労働市場の需給一致条件から、サービス部門のバラエティーの数が決定される。

工業部門と同様に、サービス部門でも、自地域で生産された財を自地域内へ輸送するときには、輸送費用がかからないと仮定する。一方、ある地域で生産された財を他地域に輸送するときには、氷塊型輸送費が必要となることを仮定する。氷塊型輸送費では、1 単位の製品を届けるためには、 $T^S (> 1)$  単位の製品を出荷しなければならず、企業は工場渡し価格を  $T^S$  倍した価格で他地域にて販売する。地域  $r$  から地域  $s$  ( $s \neq r$ ) へ輸送した場合と地域  $s$  から地域  $r$  へ輸送した場合で、輸送費用は等しいとする。全てのバラエティーは同一の生産技術により、生産されるとする。そのため、工場渡し価格は、同一地域で生産されたバラエティー間で等しくなる。以上から、地域  $r$  のサービス財の価格指数は次式であらわされる。

$$G_S(r) = \left[ \sum_{s=1}^R L_S(s) A_S(s)^{\sigma_S-1} w_S(s)^{-(\sigma_S-1)} T_{sr}^{S-(\sigma_S-1)} \right]^{-\frac{1}{(\sigma_S-1)}} \quad (7)$$

あるバラエティーに対する需要量は次のように示される。

$$x_S(r) = p(r)^{-\sigma} \sum_{s=1}^R Y(s) T_{rs}^{M1-\sigma_S} G_M(s)^{-(1-\sigma_S)}$$

均衡では、あるバラエティーに対する需要量と供給量が一致することから、サービス業部門の賃金が次式で得られる。

$$w_S(r) = A_S(r) \left[ \sum_{s=1}^R Y(s) T_{rs}^{S1-\sigma_S} G_S(s)^{-(1-\sigma_S)} \right]^{\frac{1}{\sigma_S}} \quad (8)$$

ただし、単位の選択により、(8)式は簡略化されている。

## 2.4 家計部門

地域  $r$  における所得の合計は、賃金からの所得と土地からの所得となる。農業部門のゼロ利潤条件を用いて、地域  $r$  における所得の合計は次のようになる。



$$Y(r) = f_A(r) + w_M(r)L_M(r) + w_S(r)L_S(r) \quad (9)$$

家計は農業財と工業財とサービス業財を消費する。コブ＝ダグラス型の効用関数を用いた効用最大化問題により、

$$\begin{aligned} \max A(r)^{1-\mu-\gamma} M(r)^\mu S(r)^\nu / (1-\mu-\gamma)^{(1-\mu-\gamma)} \mu^\mu \nu^\nu \\ \text{s.t. } A(r) + G_M(r)M(r) + G_S(r)S(r) = Y(r) \end{aligned}$$

ただし、 $A(r)$ 、 $M(r)$ 、 $S(r)$ は、それぞれ、農業財、工業財、サービス業財の需要量を示す。また、 $1-\mu-\nu$ 、 $\mu$ 、及び、 $\nu$ は、それぞれ、農業財への支出シェア、工業財への支出シェア、及び、サービス業財への支出シェアを示す。利潤最大化条件から土地所有者は土地を供給し、労働を供給しないとする。地域  $r$  における産業  $I \in \{\text{農業, 製造業, サービス業}\}$  の間接効用、もしくは、実質賃金  $\omega_I(r)$  は、 $w_I(r)/G_M(r)^\mu G_S(r)^\nu$  で記される。

## 2.5 労働者の地域間・産業間の移動

労働者は、ある地域内で農業部門、製造業部門、サービス業部門の中のいずれか一つの部門に労働を供給する。労働者は賃金がより高い部門へと移動する。

地域内の部門間の労働移動や地域間の労働移動の速度は遅く、徐々に調整されることを前提としている。そのため、同一地域内での移動の速度は、以下の式で表される。

$$\dot{\lambda}_I(r) = \gamma_I \left( \frac{w_I(r)}{\bar{w}(r)} - 1 \right) \lambda_I(i), \quad I \in \{A, M, S\}, \quad (10)$$

また、労働者はある地域内の平均的な名目賃金による実質賃金がより高い地域へと移動する。ある地域への労働者の移動の速度は、以下の式で表される。

$$\dot{\lambda}_L(r) = \gamma_L \left( \frac{\omega(r)}{\bar{\omega}_c} - 1 \right) \lambda_L(i), \quad (11)$$

ただし、 $\bar{\omega}_c$  は労働者が移動をする地域間の平均実質賃金を表し、地域  $r$  の平均実質賃金は次のようになる。

$$\omega(r) = \frac{(w_A(r)L_A(r) + w_M(r)L_M(r) + w_S(r)L_S(r)) / (L_A(r) + L_M(r) + L_S(r))}{G_M(r)^\mu G_S(r)^\nu},$$

## 2.6 Geographical Symulation Model で用いられている式

Geographical Symulation Model では、1つの地域について (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(11) の11本の式を用いる。そのため、地域の数が10地域であれば、110本の式を用いることになる。

### 第3節 今後の計画

Thunen(1826)で紹介された分散力として、食費が大都市では高くなることが挙げられていた。現在の Geographical Simulation Model には、農業財の輸送費用が入っていない。そのため、今後の計画として、農業財に輸送費用を導入する。そのための簡便な方法として、各地域ごとに差別化された特産品を農業部門が生産している場合を想定する。本節では、第2節と異なる点のみを説明する。

新たな農業財部門では、独占的競争を想定し、規模に対して収穫一定となる生産技術を用いる。地域  $r$  における労働の限界生産力と名目賃金が等しいことから、次式が得られる。

$$w_A(r) = A_A(r) \alpha \left( \frac{F(r)}{L_A(r)} \right)^{1-\alpha} \cdot p_A(r) \quad (12)$$

ただし、 $p_A(r)$  は地域  $r$  で生産された農業財の地域  $r$  における価格を表す。

さらに、農業財の輸送費は、工業財やサービス業財と同じ設定にする。地域  $r$  における農業財の需給一致から、次の式が得られる。

$$p_A(r) = \left[ \mu_A \sum_{s=1}^R Y(s) T_{rs}^{A^{1-\sigma_A}} G_A(s)^{-(1-\sigma_A)} / f_A(r) p_A(r) \right]^{\frac{1}{\sigma_A-1}} \quad (13)$$

ただし、 $\sigma_A$  は任意の2つの農業財のバラエティー間における代替の弾力性であり、 $T_{rs}^A$  は農業財の地域  $r$  から地域  $s$  への輸送費用を表す。

各地域で1つのバラエティーが生産されるという仮定から、地域  $r$  における農業財の価格指数は次式で得られる。

$$G_A(r) = \left[ \sum_{s=1}^R p_A(r)^{-(\sigma_A-1)} T_{sr}^{A^{-(\sigma_A-1)}} \right]^{\frac{1}{-(\sigma_A-1)}} \quad (14)$$

また、地域  $r$  の農業部門のゼロ利潤条件から、地域  $r$  の農業部門で投入される労働と土地の費用が  $p_A(r) f_A(r)$  で表されることになり、地域  $r$  の所得は次式に置き換えられる。

$$Y(r) = p_A(r)f_A(r) + w_M(r)L_M(r) + w_S(r)L_S(r) \quad (15)$$

以上から、(2) を (12) と置き換え、(13)と(14)を新たに加え、(9) を (15) と置き換えることで、農業財部門に輸送費を加えた場合を扱うことができる。

#### 第4節 まとめ

ベートーベンが生きていた頃に空間経済学のアイデアは Thunen(1826)の中に記されていたが、定式化はされていなかった。飛行機はレオナルド・ダビンチが設計をしたが、エンジンが発明されてから、ライト兄弟が空を飛べたことになぞらえて、Dixit-Stiglitz モデルを Krugman and Fujita (2004)では、エンジンと喩えられた。Dixit-Stiglitz モデルをエンジンとして、空間経済学において、Thunen(1826)のアイデアが一般均衡理論として定式化されることとなった。

最終報告では、この中間報告では、説明しなかったモデルの中で、働いているメカニズムを解説する。

#### 参考文献

- Dixit, A. and J. Stiglitz, (1977), “Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity”, *The American Economic Review*, 67(3), 297-308.
- Fujita, M. and Krugman, P. (2004) “The new economic geography: past, present and future”, *Papers in Regional Science*, 83, 139-164.
- Fujita, M., P. Krugman, A.J. Venables (1999) *The Spatial Economy Cities: Regions, and International Trade*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Helpman, E. and Krugman, P. (1985) *Market Structure and Foreign Trade*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Hirschman, A. O. (1958) *The Strategy of Economic Development*, Yale University Press.
- Krugman, P. (1980) “Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade”, *The American Economic Review*, 70(5), 950-959.
- Krugman, P. (1991) “Increasing returns and economic geography” *Journal of Political Economy* 99: 483-99.
- Marshall, A. (1890) *Principles of Economics*, London: Macmillan. 8th edition published in 1920.
- Myrdal, G. (1957) *Economic Theory and Under-Developed Regions*, London;

Duckworth.

Ottaviano, G.I.P. and J.-F. Thisse (2005) "New economic geography: what about the N?," *Environment and Planning A*, 37(10), pages 1707-1725, October.

Puga, D. (1999) "The rise and fall of regional inequality", *European Economic Review*, 43, 303-334.

Samuelson, P.A. (1952) "The Transfer Problem and the Transport Costs: Analysis of Effects of Trade Impediments", *Economic Journal*, Vol. 64, No. 254, 264-289.

Thunen, J.H. von (1826). *Der Isolierte Staat in Beziehung auf landwirtschaft und Nationalökonomie*. Hamburg: Perthes. English translation: *The Isolated State* Oxford: Pergamon Press (1966).

Venables, A.J., (1996) "Equilibrium locations of vertically linked industries", *International Economic Review* 37, 341-359.