

# 知識・技術の世代間伝達と都市集積の相互作用

佐藤 慎太郎<sup>1</sup>・赤松 隆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>非会員 日本政策投資銀行 プロジェクトファイナンス部 (〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-9-1)

E-mail: shsatou@dbj.go.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学大学院教授 情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉 6-6)

E-mail: akamatsu@plan.civil.tohoku.ac.jp

我が国における若年労働人口の減少を補うために、労働者間の知識・技術の伝達とその高度化の必要性が指摘されている。労働者間の学習効果と、それにより達成される知識・技術の伝達は、彼/彼女らの空間的配分パターンに大きく依存する。本稿では、労働者間の学習メカニズムを考慮した都市経済システムモデル(Core-Periphery model)を構築し、若年労働人口の減少が都市システムの人口配分パターンに与える影響を理論的に解析した。その結果、若年労働人口の減少によって、都市システム全体の人口集積が進むこと、及び、それによってシステム全体の学習効果が高まり、知識・技術水準の高度化が期待できることが明らかになった。さらに、ある都市において知識・技術労働者を誘致する政策は、その都市を集積均衡へ誘導するために有効であるのに対して、若年労働者を誘致する政策は逆にその都市を衰退に導くことがわかった。

**Key Words :** *learning, knowledge diffusion, declining population growth, Core-Periphery model*

## 1. はじめに

現在、わが国の産業政策立案においては、産業や労働者間の“知識・技術”の伝達と創造の重要性が指摘されている。これには、大別して次の2つの背景がある。1つは、わが国で進行している“少子化”がもたらす若年労働人口の減少である。生産・労働人口が縮小する状況下では、労働者一人ひとりの生産性を向上させるために、現世代の技術労働者の持つ高度な知識・技術を、次世代へとしっかりと伝達し、新たな知識・技術を創造していかなければならない。もう1つの背景は、グローバルに進展する経済システム及び産業構造の“フラット化”である。このような経済環境の変化の中において、わが国の産業競争力を強化するためには、知識・技術水準を高めることで新産業を創出していく必要がある。

産業・労働者の知識・技術の伝達や創造を促進するための政策の1つとして、空間的な“産業立地政策”は非常に重要である。なぜなら、高度な知識・技術の伝達には、労働者間の業務上の頻繁な交流がもたらす“学習効果”が必要不可欠だからである。この学習効果を高めるには、労働者間の face to face の会合がかかせない。しかし、労働者がこのように顔を合わせて会合を行う場合、彼/彼女らの空間的な移動費用がかかる。産業・労働者が空間的に集積して立地すれば、当然この労働者間の空

間的移動費用は大きく削減可能である。従って、産業・労働者の空間的な集積は、労働者間の学習効果の効率性を向上させ、彼/彼女らの知識・技術の伝達や創造を促進する可能性が高い。

産業・労働者の空間的な集積が、彼/彼女らの学習効果を向上させるという事実は、多くの実証研究においても確認されている。例えば、Henderson<sup>1)</sup>はブラジル、インド、アメリカ国内、Duranton&Puga<sup>2)</sup>はアメリカ国内において、それぞれの国土の中で空間的な産業別クラスターが形成され、そこで新たな知識・技術が次々と創出されている事実を示した。これに対して、この産業・労働者の空間的な集積と学習効果の関係・メカニズムを包括的に説明しうる理論は、従来の研究では、確立していない。ただし、以下に述べる2つの流れの研究は、上記メカニズムの理論的側面を部分的に説明している。

1つめの流れは、ある一都市を対象として、その都市への労働者の集積現象と、労働者間の学習効果の間にあるメカニズムを理論的に説明した研究<sup>3),4),5),6)</sup>である。これらの研究では、労働者一人ひとりの学習行動を、経済行動原理に基づき(micro foundationのある形で)記述・モデル化し、都市における学習効果を解析している。そして、労働者間の学習効果は、都市への産業・労働者の空間的な集積の程度に大きく依存することが明らかにされている。例えば、Glaser<sup>3)</sup>は、open city modelを用いて、

産業・労働者の集積が労働者間の学習を促進し、さらにこの学習機会が労働者を引き付ける集積力となるというポジティブ・フィードバックのメカニズムを明らかにした。また、Berliant *et al*<sup>4)</sup>は、都市に異質な労働者が集い、情報交換を行うことで、新たな知識・技術が創出され、それがさらに労働者を都市へ引き付ける集積力となりうることを示した。さらに、Helsley&Strange<sup>5)</sup>は、都市集積の規模と労働者間の知識・技術の伝達行動の関係をゲーム理論的な枠組みから解析している。ただし、これらの既存研究は、都市の空間的集積現象を、労働者間の学習効果のメカニズムから経済理論的に説明することに主眼を置いている。従って、複数の都市間での人口移動を考慮した“都市経済システム”における集積現象と、労働者間の学習効果の間にある理論的關係性は明らかにされていない。

2つめの流れは、複数の都市が存在する“都市経済システム”(ie 一国の国内経済システム)を対象として、ある都市へ労働者が集積する(ie 産業クラスターが形成される)メカニズムを明らかにした研究である。この流れの中心は、Krugman<sup>7)</sup>に始まる新経済地理学分野(New Economic Geography : NEG)の研究<sup>8),9),10)</sup>である。NEGでは、交通ネットワークで結ばれた複数の都市を対象として、財の生産・消費量、価格・賃金等の経済諸変数の一般均衡条件に加え、長期的な都市間の人口移動がモデル化されている。そして、その典型的なモデルでは、都市経済システムの人口配分パターンは、財の輸送費用水準に大きく依存することが示されている。すなわち、輸送費用水準の低下が、均衡人口パターンの分岐を生む(人口が各都市に分散したパターンから単一都市に集積したパターンへと不連続的に変化する)メカニズムが明らかにされている。このNEGモデルは現実の都市経済システムを大胆に捨象したものではあるが、その結果が与える多くのインプリケーションと扱い易さから、非常に多くの発展的な研究成果<sup>11),12),13)</sup>が蓄積されてきた。しかし、著者らの知る限り、NEGにおいても、システム全体の学習効果と都市経済システムの人口配分パターンの関係を明示的に扱った研究はない。

以上で概観したように、産業・労働者の空間的集積が、労働者間の学習効果を向上させるという実証的事実は、従来の理論研究においては、労働者間の学習行動の側面と、都市システムの集積現象の側面と、それぞれ別個に議論されてきた。この既存の成果から、国全体(ie 都市経済システム全体)の労働者の知識・技術水準を決定付ける学習効果のメカニズムは、次のように2段階の枠組みで説明することができる。まず、1) 国全体の産業・労働者の学習効果は、各都市への労働者の人口配分パターンに大きく依存する。さらに、2) この人口配分パター

ンは、財の輸送費用と労働者の生産・消費等の一般均衡の枠組みから決定される。従って、労働者の知識・技術水準の高度化を達成するための産業立地政策を議論する上では、従来の理論研究では別個に扱われていた労働者間の学習効果と、一般均衡下で実現する都市経済システムの人口配分パターンを包括的に考えていく必要があると言えよう。

本研究の目的は、次の2点である。まず、労働者間の学習メカニズムを考慮した一般均衡都市システムモデルを構築・解析し、システム全体の学習効果と空間的人口配分パターンの關係性を明らかにする。次に、学習機会を求める若年労働人口が減少していく局面では、その人口配分パターンがどう変化するかを明らかにする。そのために、第2章ではNEGモデルを応用し、若年労働者が学習の機会を求めて都市を選択する一般均衡モデルを構築する。第3章では、構築したモデルを解析することで、輸送費用の変化に伴う人口配分分岐パターンを明らかにする。第4章では、若年労働人口及び技術労働人口の割合の変化が均衡人口配分分岐パターンに与える影響を解析する。この第4章の結果を踏まえて、第5章では、若年人口減少下で実現する都市・経済環境について考察する。さらに第6章では、ある都市へ人口集積を誘導するための具体的政策の効果について検討する。最後の第7章では本研究のまとめを示す。

## 2. モデルの定式化

### (1) 経済環境の設定

#### a) 労働者の分類

本研究で定式化するモデルに登場する  $N$  人の労働者は“若年期”と“熟年期”の2期間を生きると仮定する。このうち若年期にある労働者(“young labor”)は、経験が浅いために高度な技術や知識は持たず、労働集約的作業に従事する。しかし、彼/彼女らは若年期に学習することで、将来的には高度な技術や知識を習得できる可能性がある。彼/彼女らは、生涯の期待効用を最大化するために、知識・技術の習得を目指して、当該期に労働・居住する都市を選択する。全労働者に対する若年世代の割合を  $e$  とすると、都市システム全体の young の総人口  $Y$  は、 $Y=eN$  で与えられる。

次に、熟年期の労働者は、高度な知識・技術を持つ“skilled labor”と、それを持たない“unskilled labor”に分類される。Skilled は、その高度な知識・技術を活かして、知識集約的な作業に従事する。彼/彼女らは、当該期の効用を最大化するように労働・居住する都市を選択する。彼/彼女らが young と“マッチング”を行うことによって、

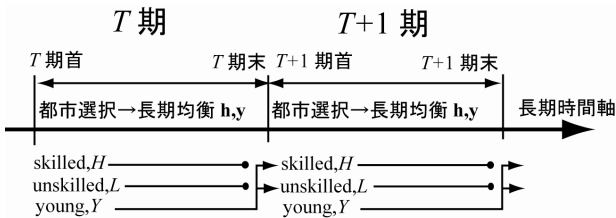


図-1 時間軸のイメージ

その高度な知識や技術の young への伝達が可能になる。一方, unskilled は, young と同様の労働集約的な作業に従事する。彼/彼女らは, ランダムに都市を選択し, 各都市に一樣に分布するものと仮定する。熟年世代労働者全体のうち, 高度な知識・技術を持つ労働者 skilled の割合が  $s$  であるとすれば, skilled の総人口  $H$  は,  $H = (1-e)sN$  と与えられ, unskilled の総人口  $L$  は,  $L = (1-e)(1-s)N$  と与えられる。

### b) 都市システム

離散的な  $n$  個の都市が交通ネットワークで結ばれた都市経済システムを扱う。ある都市で生産された財は交通ネットワークを通じて他の都市へ輸送することで, 他の都市でも消費可能である。この都市経済システムの中で, young と skilled が, それぞれが労働/居住する都市の選択を行う。都市  $i \in [1, \dots, n]$  における young, skilled の人口をそれぞれ,  $y_i, h_i$  で表す。また, unskilled は各都市に均等に  $l = L/n$  存在する。

### c) 時間概念

本モデルで想定している経済環境は, “短期”, “長期” の2つの時間概念に分類される。“短期”とは, システム全体の属性別人口  $H, L, Y$  と, 各都市の労働人口配分  $\mathbf{h}^T = (h_1, \dots, h_n)$ ,  $\mathbf{y}^T = (y_1, \dots, y_n)$  を与件として, 一般均衡の枠組みから, 各都市の財価格や skilled への賃金が定まる時間概念である。次に, “長期”とは, 人口構成  $H, L, Y$  を与件として, young と skilled が都市選択を行い, 各都市の労働人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  が均衡する時間概念である。この長期を表すインデックスとして  $T$  を用いる。長期の各瞬間で, 短期の均衡が成立すると考える。また, 図-1 に示すように, 長期各期の節目で労働者の世代間推移がおこる。より具体的には,  $T$  期の young は,  $T+1$  期の期首に, skilled または unskilled に変化する。また,  $T$  期の skilled と unskilled は,  $T$  期末に死亡し,  $T+1$  期の期首に新たな young が誕生する。

このような本モデルの  $T$  期と  $T+1$  期の長期をまたぐ人口構成の推移構造は, 標準的な世代重複 (Overlapping Generations Model : OLG) モデルの構造と同様である。標準的な OLG モデルでは, 人口構成が変化しなくなった定常状態を仮定し, その均衡状態について解析を行うのが一般的である。しかし, 本研究では, 長期  $T$  期の中で

実現する均衡状態のみを解析の対象とし, 期によらず定常状態となることを仮定した均衡状態は, 解析対象としない。その理由は2つある。1つめは, 人口構成に関する定常状態の仮定は, 恣意的になるざるをえないからである。システム全体の人口構成  $H, L, Y$  が長期をまたいで定常状態を達成するためには, 各期の出生率や労働者間の学習効果が一定の状態に推移するという恣意的な条件が必要である。この条件を加えて解析を行うと, 人口配分パターンと学習効果の自律的な関係性を明らかにするという本研究の目的は達成できない。

2つめは世代間推移を意味する長期をまたぐ解析は, 現実的には100年単位であり, 本モデルで表現していない要因が人口配分パターンに影響を与える可能性が大きいからである。すなわち, 超長期的には出生率や技術革新等のよりマクロな経済環境の変化も, 都市の人口配分パターンに大きな影響を与える。従って, 人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  が都市システム全体の学習効果に与える影響を明らかにするという本研究の目的からは, 長期  $T$  期における均衡状態の解析で必要かつ十分である。

### (2) 短期的な経済均衡

都市経済システムにおいて, 財の生産・消費量と, 賃金・財価格変数は極めて短い時間で均衡すると仮定する。以下の a), b) で定式化する短期的な経済均衡モデルは, Pflüger<sup>12)</sup> の提案した1世代の労働者を主体とするモデルと基本的に同じである。それらに加え, c) では, 本モデルの最大の特徴である2世代労働者間の学習メカニズムを定式化する。d) ではこれら a), b), c) を連立して解き, 短期均衡状態で実現する各都市の skilled の間接効用関数  $V_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  および young の学習効果  $G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  を人口変数  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  の陽関数として求める。

#### a) 財の生産と輸送技術

この経済には, 完全競争的な農業部門  $A$  と独占競争的な工業部門  $M$  が存在する。農業部門  $A$  は, 収穫不変の技術により, young または unskilled を生産要素として1種類の同質な財  $A$  を生産する。従って, 限界費用原理から, 財  $A$  の価格  $p^A$  は, young または unskilled の非技術労働者への賃金  $w^A$  に等しくなる。また, 財  $A$  には輸送費用はかからず, 各都市で生産された財  $A$  は他の都市でも無差別に消費可能である。

一方, 部門  $M$  は Pflüger<sup>12)</sup> の仮定と同様に, skilled を固定費用として投入することによって収穫逓増の効果がある技術を用いて差別化された財  $M$  を生産する。より具体的には, 都市  $i$  で種類  $k$  の財  $M$  を  $x_i$  単位生産するために, skilled を  $\alpha$  単位と young または unskilled を  $\beta x_i$  単位生産要素として投入する。従って, 財  $M$  の生産費用関数  $C(x_i(k))$  は次のように与えられる:

$$C(x_i(k)) = \alpha w_i + \beta x_i(k) w^l. \quad (1)$$

ここで、 $w_i$  は都市  $i$  の skilled への支払い賃金、 $w^l$  は young または unskilled の非技術労働者への支払い賃金である。この費用関数  $C(x_i(k))$  を前提として、部門  $M$  の企業は独占的価格競争により、利潤を最大化するように価格  $p_i(k)$  を決定する：

$$\max_{\{p_i(k)\}} \pi_i(k) = p_i(k) \cdot d_i(k) - C(x_i(k)). \quad (2)$$

ここで、 $d_i(k)$  は、都市  $i$  で生産される差別化された財  $k$  への需要量であり、後述する消費行動により内生的に定まる。また、財  $M$  の輸送費用は、氷解費用の形をとり、都市  $i, j \in [1, \dots, n]$  間で 1 単位の財が輸送されると、 $1/\tau_{ij}$  だけ到達すると仮定する。従って、財  $M$  の都市間輸送においては、各都市での供給量と需要量を明示的に区別して扱う必要があることに注意しよう。

#### b) 消費行動

労働者の消費行動も Pflüger<sup>12)</sup> のモデルと同様に仮定する。すなわち、都市  $i$  の各労働者は、所得制約  $Y$  のもとで、準線形型の効用  $U_i(M_i, A_i)$  を最大化するように、差別化財  $M_i$  と同質財  $A_i$  を消費する：

$$\max_{\{M_i, A_i\}} U_i(M_i, A_i) = \mu \ln M_i + A_i \quad (3a)$$

$$s.t. \quad p^A A_i + \int_{k \in n_i} p_i(k) d_i(k) dk = Y. \quad (3b)$$

ここで、 $\mu > 0$  は財  $M$  の支出割合を表すパラメータであり、消費量  $M_i$  は、差別化された財  $k \in n_i$  の消費量  $d_i(k)$  を、代替の弾力性  $\sigma > 1$  を用いて集計したものである：

$$M_i \equiv \left[ \int_{k \in n_i} d_i(k)^{(\sigma-1)/\sigma} dk \right]^{(\sigma-1)/\sigma}. \quad (4)$$

予算制約式 (3b) において、 $p^A = 1$  は同質財の価格であり、ニューメレールとする。一方、 $p_i(k)$  は、差別化された財  $k$  の価格であり、財の需給均衡条件から内生的に定まる。

#### c) 労働者間の学習効果

$T$  期において、ある都市  $i$  を選択した young は、部門  $M$  において skilled の下で働くことができれば、知識・技術を習得して、来期  $T+1$  に skilled になると仮定する。従って、ある都市  $i$  を選択した young が知識・技術を習得できる条件付き確率  $G_i$  (これを期待学習効果と呼ぶ) は、非技術労働者が部門  $M$  に就職できる確率  $W_i$  と、彼/彼女らが skilled とマッチングできる確率  $K_i$  の積で与えられる：

$$G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = g_i \cdot W_i \cdot K_i. \quad (5)$$

ここで  $g_i \in [0, 1]$  は都市  $i$  における学習環境の効率性を表すパラメータである。

この期待学習効果(5)において、都市  $i$  で働く young の

部門  $M$  への就職確率  $W_i$  は、都市  $i$  で操業する部門  $M$  の非技術労働者に対する労働需要  $D_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  に比例する。一方、都市  $i$  で働く非技術労働者の人口は、young の人口  $y_i$  と unskilled の人口  $l$  の和である。従って、都市  $i$  の young の部門  $M$  への就職確率  $W_i$  は、非技術労働者への労働需要  $D_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  を労働供給  $y_i + l$  で基準化した次式で与えられる：

$$W_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \frac{D_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})}{y_i + l}. \quad (6)$$

ここで、非技術労働者への労働需要量  $D_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  は、企業の利潤最大化問題 (2) および労働者の効用最大化問題 (3) を連立して解くことで定まる内生変数である。この労働需給率  $W_i$  は young がある都市に集積し過ぎると、部門  $M$  への young の就職競争倍率が大きく (i.e.  $W_i$  が小さく) なり、young が分散しようとする効果を表している。

次に、ある 1 人の労働者と skilled とのマッチング確率  $K_i$  を定式化しよう。 $T$  期・都市  $i$  の部門  $M$  では、 $a_i$  回の人材交流があると仮定すると、ある 1 人の労働者が少なくとも 1 回以上 skilled に出会う確率  $K_i$  は、

$$K_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = 1 - \left( 1 - \frac{h_i}{h_i + D_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})} \right)^{a_i}. \quad (7)$$

と与えられる。ここで、 $a_i$  は都市  $i$  における人材交流の頻度を表すパラメータである。このマッチング確率  $K_i$  は、ある都市に skilled が集積するほどその都市のマッチング機会が増加するので、その都市に young も集積しようとする効果を表している。

#### d) 短期均衡状態

以上の仮定により、各都市の人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  を与件とすると、間接効用、学習効果、財価格、生産量等の諸変数が均衡する。この状態を“短期均衡”と呼ぼう。短期均衡の条件下では、各都市の skilled の間接効用関数  $V_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$ 、及び期待学習効果  $G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  が人口変数  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  の陽関数として定まる：

$$V_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \mu (\ln \mu - \ln R_i - 1) + w_i, \quad (8)$$

$$G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \frac{g_i (\sigma - 1) h_i w_i}{y_i + l} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{1 + (\sigma - 1) w_i} \right)^{a_i} \right]. \quad (9)$$

ここで、 $R_i$  は都市  $i$  の物価水準、 $w_i$  は都市  $i$  の労働市場で決まる skilled への賃金であり、次式で与えられる。

$$R_i(\mathbf{h}) = \frac{\beta \sigma}{\alpha (\sigma - 1)} \left[ \sum_j h_j \tau_{ji}^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad (10)$$

$$w_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \frac{\mu}{\sigma} \sum_{j=1}^n \left( \frac{(h_j + y_j + l_j) \tau_{ji}^{1-\sigma}}{\sum_{k=1}^n h_k \tau_{kj}^{1-\sigma}} \right) \quad (11)$$

### (3) 長期的な労働者の都市選択均衡

長期的には、skilled と young は自らの得る効用を最大化するように、都市の選択を行うことができる。skilled と young の都市の選択及び移住行動が、期間  $T$  の中で、長期的に落ち着く状態を“長期均衡”と呼ぶ。

来期  $T+1$  期のことを考慮する必要がない skilled は、 $T$  期の間接効用が最大となる都市を選択する。本稿で構築するモデルでは、彼/彼女らの都市選択に対する選好に異質性を導入する。このような労働者の選好の異質性が、都市システムの人口配分パターンに与える影響を解析するために、Tabuchi & Thisse<sup>11)</sup> は労働者の都市選択行動をランダム効用理論で表現した NEG モデルを提案した。本モデルも Tabuchi & Thisse<sup>11)</sup> の仮定と同様、ある都市  $i$  を選択した skilled が知覚する効用  $\tilde{V}_i$  は、測定可能項  $V_i$  と誤差項  $\varepsilon_i$  の線形和で与えられると仮定する：

$$\tilde{V}_i = V_i + \varepsilon_i \quad i \in [1, \dots, n]. \quad (12)$$

(12) における誤差項  $\varepsilon_i$  が互いに独立で同一の Weibull 分布に従うと仮定すると、都市  $i$  を選択する skilled の割合  $P_i(\mathbf{V})$  は、次の LOGIT 型の選択確率で与えられる：

$$P_i(\mathbf{V}) = \frac{\exp V_i / \theta_h}{\sum_j (\exp V_j / \theta_h)} \quad \forall i. \quad (13)$$

ここで、 $\theta_h \in (0, \infty)$  は都市選択に関する skilled の選好のばらつきを表す分散パラメータである。従って、都市  $i$  の skilled 人口  $h_i$  を決める均衡条件式は、次のように与えられる：

$$h_i(\mathbf{V}) = H \cdot P_i(\mathbf{V}) \quad \forall i. \quad (14)$$

次に、 $T$  期の young は、 $T+1$  期に skilled になれるかどうかも考慮に入れて、完全予見的に  $T$  期に居住する都市を選択する。より具体的には、彼/彼女らは、 $T$  期と  $T+1$  期の生涯を通じた総期待効用を最大化するように  $T$  期の居住都市  $i$  を選択する。ただし、この young の完全予見的な選択行動も、 $T$  期の選択のみに注目すれば、以下で示すように、期待学習効果  $G_{iT}$  が大きい都市を選択する行動へと帰着できる。この行動を定式化するために、ある 1 人の young の都市選択行動に着目してみよう。まず、 $T$  期において、彼/彼女は都市  $i$  の選択とは無差別に一律ある一定の非技術労働者の効用  $v_T$  を得る。次に  $T$  期から  $T+1$  期の推移で、彼らは  $G_{iT}$  の確率で skilled になり、 $1 - G_{iT}$  の確率で unskilled となる。 $T+1$  期に skilled となった場合は、そこで再び間接効用を最大化するように都市選択を行いある効用  $V_{T+1}$  を得て、unskilled となった場合は一律にある効用  $v_{T+1}$  を得ると仮定する。 $T$  期の都市選択のみに注目すると、この行動は、以下のように定式化される：

$$\begin{aligned} & \max_{\{i|T\}} v_T + r \cdot [V_{T+1} G_{iT} + v_{T+1} (1 - G_{iT})] \\ & = v_T + \delta v_{T+1} + r(V_{T+1} - v_{T+1}) \cdot \max_{\{i|T\}} G_{iT} \end{aligned} \quad (15)$$

ここで、 $r \in [0, 1]$  は  $T+1$  期から  $T$  期への割引率である。従って、young の行動 (15) において、 $T+1$  期の skilled の効用  $V_{T+1}$  が、unskilled の効用  $v_{T+1}$  よりも大きいという仮定 (i.e.  $V_{T+1} - v_{T+1} > 0$ ) の下であれば、期間  $T$  における young の効用最大化行動は、 $G_{iT}$  が最大の都市を選択する行動へと帰着できる。Skilled の場合と同様に、young の都市選択の選好にも異質性を仮定し、young が知覚する期待効用  $\tilde{G}_i$  は、測定可能項  $G_i$  と誤差項  $\varphi_i$  の線形和で与えられるとする：

$$\tilde{G}_i = G_i + \varphi_i \quad i \in [1, \dots, n]. \quad (16)$$

誤差項  $\varphi_i$  が互いに独立で同一の Weibull 分布に従うと仮定すると、 $T$  期に都市  $i$  を選択する young の割合  $Q_i(\mathbf{G})$  は次の LOGIT 型の選択確率で与えられる：

$$Q_i(\mathbf{G}) = \frac{\exp G_i / \theta_y}{\sum_j (\exp G_j / \theta_y)} \quad \forall i. \quad (17)$$

ここで、 $\theta_y \in (0, \infty)$  は young の都市選択選好の分散パラメータである。従って、都市  $i$  の young の人口  $y_i$  を定める均衡条件式は次のように与えられる：

$$y_i(\mathbf{G}) = Y \cdot Q_i(\mathbf{G}) \quad \forall i. \quad (18)$$

#### (4) 均衡解の安定性

以上で定式化したモデルでは、間接効用  $\mathbf{V}$  と期待学習効果  $\mathbf{G}$  が、都市人口配分パターン  $\mathbf{X} = (\mathbf{h}, \mathbf{y})^T$  の関数として与えられる。そして、これらの関数を与件として、長期の均衡条件式 (14), (18) を解けば、均衡人口配分パターン  $\mathbf{X}^* = (\mathbf{h}^*, \mathbf{y}^*)^T$  が定まる。ただし、その均衡解が意味を持つためには、安定性を吟味しておく必要がある。

その安定性条件として、本稿では、均衡解  $\mathbf{X}^*$  の近傍での局所的 (線形近似) 安定性条件 (i.e. 均衡解に摂動を与えても均衡解へもどる条件) を採用する。これを数学的に表現するために、まず、均衡状態への調整過程が、以下のダイナミクスで与えられると仮定する：

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) \equiv \begin{bmatrix} H \mathbf{P}(\mathbf{V}(\mathbf{h}, \mathbf{y})) \\ Y \mathbf{Q}(\mathbf{G}(\mathbf{h}, \mathbf{y})) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{h} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix}, \quad (19)$$

$$\text{where } \mathbf{X} = (\mathbf{h}, \mathbf{y})^T.$$

この第一項は、ある人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  が与えられた場合に、それに基いて決まる新たな人口選択率  $\mathbf{P}, \mathbf{Q}$  である。それに対して、第二項はある時点における各都市の人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  である。すなわちダイナミクス (19) は、微小時間における各都市の人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  の総変化量を表している。従って、ある人口配

分パターン  $\mathbf{X}^*=(\mathbf{h}^*, \mathbf{y}^*)^T$  が均衡解なら、ダイナミクス (19) の右辺で与えられる状態変化量は 0 となる：

$$\dot{\mathbf{X}}^* = \mathbf{F}(\mathbf{X}^*) = 0. \quad (20)$$

さて、この均衡解  $\mathbf{X}^*$  に対して、 $\delta$  だけ摂動を与えても、時間が経てば (20) を満たす状態に戻るとき、 $\mathbf{X}^*$  を局所的漸近安定性を満たす均衡解と呼ぶ。以下では、この局所的漸近安定性を判定するための数学的条件を示す。まず、均衡解  $\mathbf{X}^*$  に  $\delta$  だけ摂動を与えたとして、解の近傍  $\mathbf{X}=\mathbf{X}^*+\delta$  で  $\mathbf{F}(\mathbf{X})$  を線形近似する：

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}) \approx \mathbf{F}(\mathbf{X}^*) + \mathbf{J}(\mathbf{X}^*) \cdot \delta. \quad (21)$$

ここで、 $\mathbf{J}(\mathbf{X}^*) \equiv \nabla \mathbf{F}(\mathbf{X})|_{\mathbf{X}=\mathbf{X}^*}$  は、関数  $\mathbf{F}(\mathbf{X})$  のヤコビ行列を  $\mathbf{X}=\mathbf{X}^*$  で評価した定数行列である。(20) と (21) を (19) に代入すると、均衡解  $\mathbf{X}^*$  からの摂動  $\delta$  の時間的推移を表す次の微分方程式が得られる：

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{X}} &= \dot{\mathbf{X}}^* + \dot{\delta} \approx \mathbf{F}(\mathbf{X}^*) + \mathbf{J}(\mathbf{X}^*) \cdot \delta, \\ \text{or} \quad \dot{\delta} &\approx \mathbf{J}(\mathbf{X}^*) \cdot \delta \end{aligned} \quad (22)$$

この微分方程式 (22) を解けば、均衡解  $\mathbf{X}^*$  からの摂動  $\delta$  が時間  $t$  に依存してどう推移していくかがわかる。ここで、微分方程式 (22) は、 $\delta$  に関する線形自律系であるから、その解は、以下のように与えられる：

$$\begin{aligned} \delta(t) &= \exp[t\mathbf{J}] \mathbf{X}^* \\ &= \mathbf{W} \exp[t\Lambda] \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}^*. \end{aligned} \quad (23)$$

ここで、行列  $\Lambda$  は、ヤコビ行列  $\mathbf{J}(\mathbf{X}^*)$  の固有値を対角項に持つ対角行列 ( $\mathbf{W}\mathbf{J}\mathbf{W}^{-1} = \Lambda$ ) である。従って、ヤコビ行列  $\mathbf{J}(\mathbf{X}^*)$  の全固有値の実部が負であれば、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \delta(t) = \mathbf{0} \quad (24)$$

が成立し、時間とともに均衡解  $\mathbf{X}=\mathbf{X}^*$  からの摂動  $\delta$  は 0 に近づく (ie. 均衡条件式 (20) を満たす状態へ戻る)。以上の議論から、調整過程 (19) のもとでの均衡解  $\mathbf{X}^*$  の局所的 (漸近) 安定性は、 $\mathbf{X}^*$  における  $\mathbf{F}(\mathbf{X})$  のヤコビ行列  $\nabla \mathbf{F}(\mathbf{X})|_{\mathbf{X}=\mathbf{X}^*}$  の全ての固有値の実部が負であるか否かで判定できる。

### 3. 輸送費用低下に伴う人口配分の分岐パターン

ここでは既存の NEG モデルの解析と同様に、輸送費用  $t$  が低下する局面で、安定的な均衡人口パターン ( $\mathbf{h}, \mathbf{y}$ ) が、どのように変化するかを見てみよう。具体的には、

・都市経済システムのパラメータ：

$$\mu=6.0, \sigma=2.5, \alpha=1.0, \beta=1.0, a_i=2 \quad \forall i, g=0.5 \quad \forall i$$

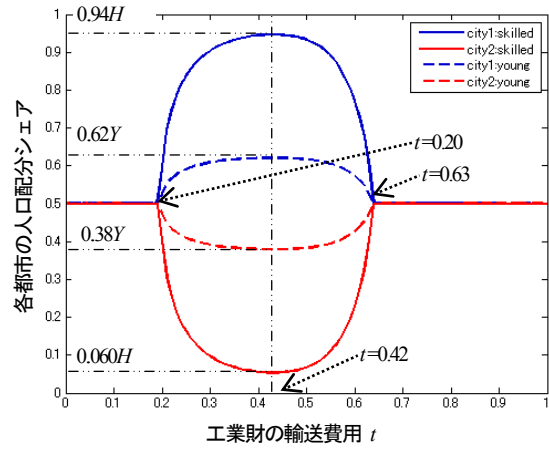


図-2 輸送費用の低下と人口配分分岐パターン

・労働者サイドのパラメータ：

$$e=0.5, s=0.5, \theta_h=1.0, \theta_y=1.0,$$

と設定して、各都市の (局所漸近安定な) 均衡人口配分パターン ( $\mathbf{h}, \mathbf{y}$ ) を求める。その結果を、横軸に輸送費用  $t = \tau_{ij}^{1-\sigma} \in [0,1]$ 、縦軸に両都市の skilled および young の人口配分シェア  $h_i/H, y_i/Y$  をとった平面上に、それぞれ  $h_i/H$  を実線で  $y_i/Y$  を破線で図示する。

以下の(1)では skilled と young の 2 種類の労働者間の学習効果を考慮した本モデルの特質を示す。続く(2)では、従来の NEG モデルと同様の労働者間の学習効果がない状況と、学習効果がある場合との比較を行うことで、学習効果が人口配分パターンに与える影響を明らかにする。最後に(3)では労働者の都市選択の異質性が均衡人口配分パターンに与える影響を明らかにする。なお、ここでは均衡パターンの特性を示すために、基本的な 2 都市モデルの解析結果を示すが、これらの定性的性質は多都市モデルの場合も同様である。

#### (1) 2 種類の労働者の人口配分分岐パターン

図-2 は、前述のパラメータセットで解析を行った結果である。まず、図-2 の均衡人口配分分岐パターンの概形から見ていこう。この図から、輸送費用が低下すると、労働者の都市選択に異質性を考慮した既存の NEG モデル<sup>12)</sup>と同様に、分散→集積→分散の順で人口配分パターンが分岐するのがわかる。より具体的には、輸送費用が大きい領域では、財  $M$  の輸送に大きな費用がかかるので 2 都市に均等に人口が分散し、それぞれの都市で等しく財が生産・消費されている。しかし、輸送費用が  $t=0.63$  付近まで低下してくると、氷解輸送の費用と比較して収穫逓増のメカニズムによる集積力が相対的に大きくなるために、どちらか一方の都市への人口集積が進んだ状態が安定均衡解となる。この時、財  $M$  は、人口が集積した方の都市でより多く生産され、もう一方の都市へも輸送され消費される。さらに、輸送費用が  $t=0.20$

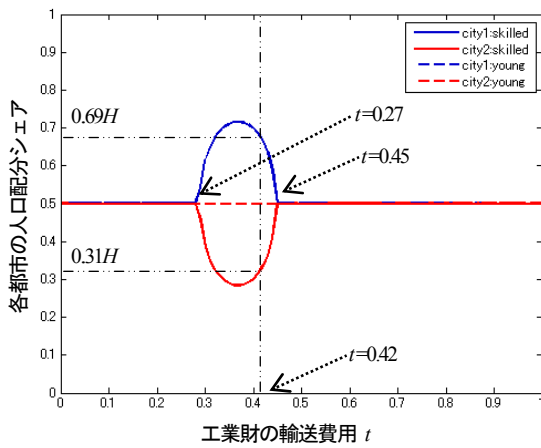


図-3 学習効果がない場合の人口配分分岐パターン

付近よりも小さくなると、再び分散パターンが安定均衡解となる。これは、輸送費用の低下により2都市が無差別な状況になるために、収穫逓増の集積力よりも、(12)や(16)で定式化した労働者の都市選択に関する選好の異質性  $\varepsilon_i, \varphi_i$   $i=1,2$  のもたらす効用の差異が相対的に大きくなるためである。より現実的・直感的に説明すれば、輸送費が小さくなると、客観的に観測可能な効用水準  $V_i, G_i$   $i=1,2$  はどの都市においても無差別となり、各労働者は主観的（主観のばらつきは  $\theta_h, \theta_y$ ）な各都市固有の魅力（*ex.* 文化、環境）による効用  $\varepsilon_i, \varphi_i$   $i=1,2$  に基づいて都市を選択するため、分散均衡が実現する。

なお、図-2では、都市1に人口が集積し都市2の人口が減少する人口配分の分岐パターンを示したが、2都市の経済環境が完全に同じ（*ie.* 都市経済システムが完全に対称）場合には、どちらの都市に人口が集積するかは決まらず、都市2に人口が集積し都市1の人口が減少する分岐パターンも存在する。2つの分岐パターンは上下方向に対して完全に対称であるので、以降も代表的な分岐パターンとして、都市1に人口集積する分岐パターンのみを示す。

次に、本モデルの特徴である young と skilled の2種類の労働者の人口配分分岐パターンの違いに注目してみよう。図-2において、破線で表される young と実線で表される skilled のそれぞれの分岐パターンから、次の2点の特徴が確認できる。まず1点めは、young が集積する場合には、必ず skilled と同じ都市に集積するという点である。この結果は、skilled からの学習効果を期待して都市を選択するという young の行動原理に合致するものである。2点めは、どちらかの都市への young の人口集積の程度は、skilled のそれよりも小さいということである。例えば、図-2で最も集積配分が進んでいる輸送費用  $t=0.42$  においては、skilled の人口配分パターンが  $\mathbf{h}=(0.94, 0.060)H$  であるのに対して、young は  $\mathbf{y}=(0.62, 0.38)Y$  である。この理由は、式(5)で定式化したように、skilled

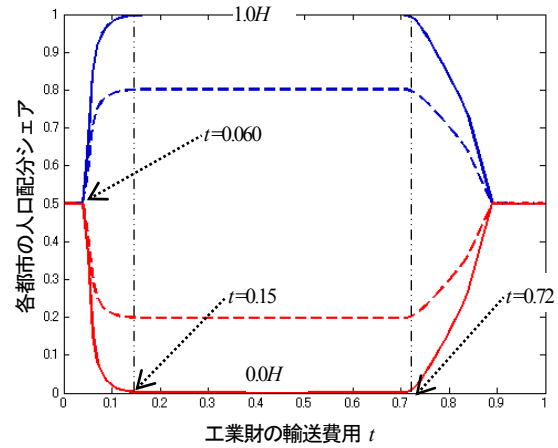


図-4 選好の異質性が小さい場合の人口配分分岐パターン

から young への学習メカニズムにおいて、工業部門への就職競争激化を避けようとする young の分散力が作用するためである。

これらの本モデルの均衡人口配分パターンの定性的特質は、他のパラメータでも、また、多都市の場合でも確認できるロバストなものである。この数値実験から得られた本モデルの均衡人口配分パターンに関する特徴は、モデルの方程式系から解析的にも確認することができる（その詳細は付録参照）。従って、学習効果を考慮した本モデルの人口配分分岐パターンの特質について、次の命題1が成立する。

**命題1** : skilled からの学習効果を期待する young は、skilled の選択に従い都市を選択する。ただし、特定の都市に young が skilled よりも多く集積することはない。

## (2) 学習メカニズムによる影響

学習効果による集積メカニズムが、一般均衡下の人口配分パターンに与える影響を明らかにするために、図-2の結果を労働者間の学習メカニズムが全く働かない状況と比較してみよう。図-3は各都市の学習環境を表すパラメータ  $g$  のみを  $g_i=0.0 \forall i$  として、他の経済変数パラメータは図-2の場合と同様としたときの結果である。この場合には、young には都市選択のインセンティブが働かず、skilled のみが都市選択を行うので、既存のNEGモデル<sup>12)</sup>と同様の結果が得られる。すなわち、skilled が輸送費用水準の変化に伴って、どちらかの都市に集積しても、young は常に均等に両都市に分散するという均衡人口配分パターンが実現する。

これらの比較から、学習メカニズムが働くと、young が集積するのみならず、skilled の集積の程度も大きくなることがわかる。例えば、輸送費用  $t=0.42$  の水準において、図-3における skilled の人口配分は、 $\mathbf{h}=(0.69, 0.31)H$  であるのに対して、図-2では、 $\mathbf{h}=(0.94, 0.060)H$  である。

さらに、学習メカニズムが働かない図-3では分散均衡が安定解として成立する輸送費用領域 (ie.  $0.20 < t < 0.27$ ,  $0.45 < t < 0.63$ ) でも、学習メカニズムが働く図-2では分散均衡が不安定化し、集積均衡が安定解として実現することがわかる。

これらの理由は、学習効果と市場拡大のポジティブ・フィードバックが働くためである。すなわち、学習効果の集積力によりどちらかの都市に young が集積すると、その都市の財  $M$  の市場が拡大し、財  $M$  を生産する skilled もその都市に引き付けられる。その結果、その都市の学習効果が高まり、さらに young に対する集積力が大きくなる。ただし、この young の学習メカニズムには、young が集積し過ぎると、就職競争の激化を回避するように分散力が働くため、一方の都市に全ての young が集積することは無く、一定の人口配分パターンで均衡する点に注意しよう。また、学習効果を表すパラメータ  $g$  や  $a$  をさらに増加させると、人口配分パターン  $(h, y)$  の集積がさらに進み、集積均衡が実現する輸送費用領域もさらに広がる。以上より次の命題2が成立する。

**命題2** : 学習効果の向上は young の集積のみならず、その都市の市場を拡大させることにより skilled の集積も促進する。

### (3) 労働者の都市選択選好の異質性による影響

ここでは労働者の都市選択選好を表す需要サイドの影響について考察する。より具体的には、労働者の都市選択の異質性  $\theta_h, \theta_y$  を小さく変化させた場合に均衡人口配分パターンがどう変化するかを明らかにする。

図-4は労働者の都市選択の分散パラメータ  $\theta_h=0.33$ ,  $\theta_y=0.33$  として、他のパラメータを図-2の場合と同様に設定して数値実験を行った場合の結果である。この図と  $\theta_h=1.0$ ,  $\theta_y=1.0$  である図-2の比較から、労働者の都市選択の異質性が小さい場合は、次の3点の特徴が確認できる。

まず、1点めの特徴は、集積均衡が進んだ輸送費用領域 (ie.  $0.15 < t < 0.72$ ) では、skilled の人口がどちらかの都市に完全に集中 (ie.  $h=(1, 0)H$ ) することである。これは、労働者の都市選択の選好が同質であると仮定した既存の結果<sup>7,8)</sup>に対応するものである。

2点めは、本モデル固有の特徴であり、young の人口配分  $y$  は、skilled とは異なり、どちらかの都市に完全に集中することはない (ie.  $y=(1, 0)Y$  となる領域は存在しない)。この理由は、ある都市の skilled から young への知識・技術の伝達メカニズムにおいて、young が集積し過ぎると、部門  $M$  への就職競争が激しくなるので、その都市の期待学習効果が低下するという分散力に起因するものである。

3点めの特徴は、輸送費用が小さい領域において、都

市選択選好の異質性が集積力を相対的に凌駕するために実現する分散均衡のパラメータ領域が小さくなることである。具体的には、図-2では  $0.0 < t < 0.20$  で分散均衡が実現しているが、図-4では輸送費用領域  $0.0 < t < 0.060$  において分散均衡が実現する。

以上の3点の特徴のうち、1点めと3点めの特徴はどちらも、全ての労働者の都市選択選好が同質であるという需要条件のもとで解析した既存の結果<sup>19)</sup>に沿うものであり、 $\theta_h \rightarrow 0$ ,  $\theta_y \rightarrow 0$  とすれば、本モデルの結果もこれと完全に合致する。逆に、労働者の都市選択選好の異質性を大きくすると、分散均衡が安定解となる輸送費用領域が広がり、集積人口配分パターン  $(h, y)$  の偏りは小さくなる。一方、2点めの特徴については、skilled と young の労働者間での学習メカニズムをモデル化した本研究固有の成果である。

## 4. 人口構成変化に伴う人口配分の分岐パターン

前章では、既存の NEG モデルの解析と同じ枠組みで、輸送費用の変化に応じた均衡人口配分分岐パターンを解析し、本モデル固有の幾つかの特質を明らかにした。一方、労働者間の学習メカニズムを考慮した本モデルの最大の特徴は、都市システム全体の人口構成  $H, Y, L$  が各都市の人口配分パターン  $(h, y)$  に影響を与えるという点にある。そこで本章では、若年労働人口  $Y$  の割合  $e$ 、技術労働人口  $H$  の割合  $s$  が変化する局面で、各都市の人口配分パターン  $(h, y)$  がどう変化するかを示す。

### (1) 若年労働人口の低下に伴う分岐パターン

モデルを解析することで、若年人口が減少するに連れて、均衡人口配分パターンがどう変化するかを明らかにしよう。図-5は、輸送費  $t=0.5$  を一定として、横軸に都市システム全体での young の割合  $e$ 、縦軸に両都市の人口配分シェア  $h_i/H$ ,  $y_i/Y$  をとり、 $e$  を 0.1 から 0.9 まで変化させた場合の均衡人口配分パターンの変化を示したものである。 $\mu=5.0$  として、 $e$  を除く他のパラメータは図-2の場合と同様である。

この図から、young の割合  $e$  が多いたときには両都市に均等に人口が分散しているが、 $e=0.57$  付近まで低下すると、都市経済システムの人口配分パターンに分岐が生じ、集積均衡が実現することがわかる。さらに、young の割合  $e$  が減少し続けると、より一層どちらかの都市への労働者の集積が進む。

この要因は、学習効果の需要者である young の減少によって、学習効果の供給量 (ie. young に対する skilled の割合) が相対的に大きくなるためである。すなわち、学



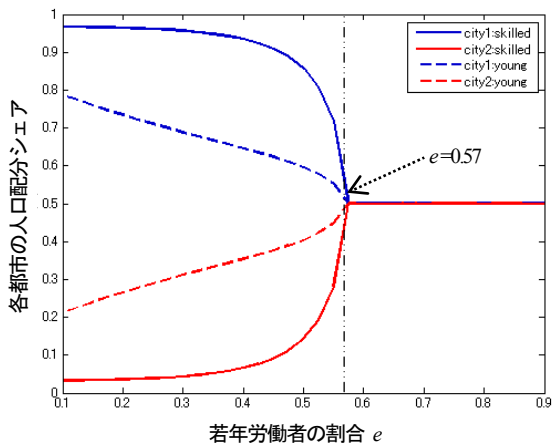


図-5 若年労働者割合の変化と均衡人口分岐パターン

習効果の供給量が増加すると、高い学習効果を求めて young が集積するインセンティブが大きくなり、一方の都市の young 増加・市場規模拡大がさらにその都市へ skilled を引き付けるというポジティブ・フィードバックのメカニズムが働くためである。また、図-5 からは、young の割合  $e$  の減少に対しては、skilled の人口集積の度合の方が young のそれよりも急激に進む (i.e. skilled の人口配分パターン  $h$  の分岐経路は狭義の凸曲線) ことがわかる。なお、この定性的な性質は、他のパラメータや、都市数が多い場合でも基本的には同様であることが他の数値実験の結果から確認できた。以上の解析結果より、若年労働者の割合  $e$  の減少が、都市経済システムの人口配分パターンに与える影響は、次の命題 3 のようにまとめられる。

**命題 3** : 都市経済システムにおける young の割合が減少するにつれて、skilled・young 共にどちらか一方の都市へ集積する。

## (2) 技術労働人口増加に伴う分岐パターン

次に、技術労働者の割合  $s$  の水準によって、都市経済システムの均衡人口配分パターン  $(h, y)$  がどう変化するかを見てみよう。輸送費  $t=0.5$ 、young の割合  $e=0.5$  として、横軸に skilled の割合  $s$ 、縦軸に両都市の人口配分シェア  $h_i/H, y_i/Y$  をとり、パラメータ  $s$  を 0.1 から 0.9 まで変化させた場合の均衡人口配分の分岐パターンを図-6 に示す。

この図では、図-5 の結果とは逆に、skilled の割合  $s$  が小さい場合には両都市に均等に人口が分散しているが、 $s=0.42$  付近まで大きくなってくると、人口配分パターンに分岐が生じる。その結果、skilled の割合  $s$  が大きくなるに連れて、どちらか一方の都市への労働者の集積が進むことが確認できる。

この理由は、前節で示したように young の割合  $e$  が減

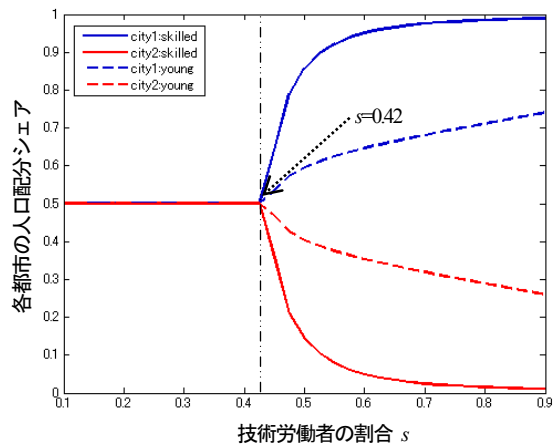


図-6 技術労働者割合の変化と均衡人口分岐パターン

少するに連れて、都市経済システムの集積が進む理由と同じである。すなわち、学習効果の供給者である skilled の割合の増加は、相対的に需要者である young の減少と同等の効果をもたらすのである。Skilled の割合  $s$  が増加すると、都市システム全体の学習効果の供給量が高まるので、young が集積しようとするインセンティブが大きくなり、それによって skilled もどちらかの都市に集積した状態で均衡人口配分パターンが実現する。また、図-6 においても skilled と young の人口配分パターンの違いに着目すると、skilled 集積の方が young のそれよりも急激に進むことが確認できる。以上より、skilled の割合  $s$  の増加が人口配分パターンに与える影響は、次の命題 4 にまとめられる。

**命題 4** : 都市経済システムにおける skilled の割合が増加するにつれて、skilled・young 共にどちらか一方の都市へ集積する。

## 5. 人口減少社会へのインプリケーション

本章では第 4 章の結果を踏まえて、今後、若年労働人口が減少していく局面で、都市・経済環境が超長期的にどのように変化していくのかを考察する。

### (1) 人口集積配分と効用水準・学習効果

第 4 章の 1 節の解析から、都市経済システムにおける young の割合が減少していくと、長期均衡において片方の都市への集積が進むことが明らかとなった。ここでは、この人口集積が都市経済環境に与える影響を明らかにする。より具体的には、young の割合  $e$  の減少に伴って、都市経済システムにおける労働者の効用水準と労働者間の学習効果がどう変化するかを解析する。

横軸に young の割合  $e$  をとり、縦軸にシステム全体の

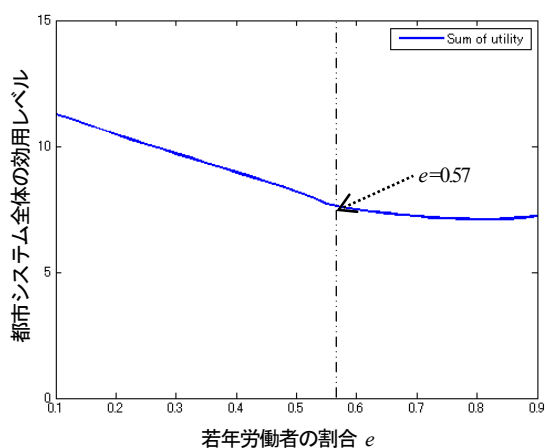


図-7 若年労働者割合の減少と均衡効用レベル

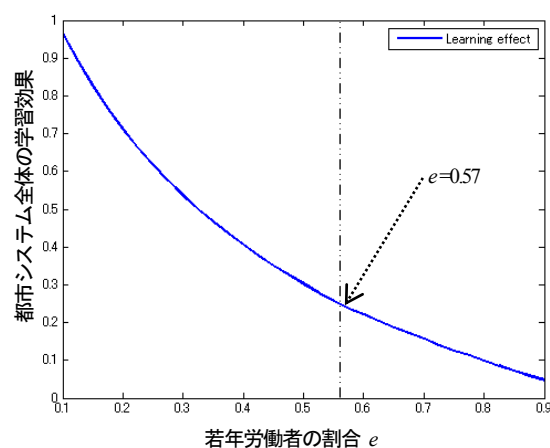


図-8 若年労働者割合の減少とシステム全体の学習効果

skilled, unskilled, young の全労働者の効用の総和をとったものが、図-7 である。ここで、都市システムの経済パラメータは、図-5 のものと同様である。この図からまず、 $e$  が減少すると相対的に skilled の割合が増加するので、全体の効用水準は高くなるのが確認できる。さらにこの図から、 $e$  が減少する局面では、 $e=0.57$  を境界にして急激に総効用が増加するのが確認できる。ここで、この  $e=0.57$  という値は、図-5 において人口配分パターンが分散から集積へと分岐するポイントと一致していることに注意しよう。すなわち、人口配分パターンが分散から集積へと分岐することで、都市経済システムの経済的効率が急激に高まり、労働者の総効用が高くなる。従って、都市システム全体の効用水準は、各都市への人口配分パターンに大きく依存し、効用水準が高くなるという点で、集積配分の方が分散配分よりも効率的である。

次に、横軸に young の割合  $e$  をとり、縦軸に都市経済システム全体の学習効果 (ie.  $T$  期の全 young の内、 $T+1$  期に skilled になることができる者の割合) をとった結果を図-8 に示す。この図から、 $e$  が減少すると、労働者間の学習行動の供給 (skilled) が需要 (young) に比べて相対的に大きくなるので、一貫して学習効果が高くなるのがわかる。さらに、この図でも、図-5 において人口配分パターンが分散から集積へ分岐する  $e=0.57$  の前後で、その増加率が変化する。すなわち、 $e=0.57$  よりも  $e$  が大きい領域では、young の減少・相対的な skilled の増加で、ほぼ線形に学習効果が大きくなるが、 $e=0.57$  より小さい領域では集積人口配分が実現することによって、急激に学習効果が向上する。以上の結果は、次の命題 5 にまとめられる。

**命題 5** : 効用水準・学習効果とも増加するという意味で、skilled・young 双方の労働者にとって、集積均衡は分散均衡よりも望ましい。

## (2) 若年人口減少がもたらす正のスパイラル

労働者一人ひとりの生産性を向上させて若年労働人口の減少を補うためには、如何に産業全体の知識・技術水準を高度化していくが課題となる。全節の解析を踏まえて考察すると、この課題は若年労働人口が減少する局面において、一般均衡下で実現する人口配分パターンの変化により、自己促進的に解決に向かう可能性がある。すなわち、若年労働者が減少→都市システムにおける集積が促進→学習効果の増大→産業・労働者の知識・技術レベルが向上という正のスパイラルが実現できるかもしれない。もちろん、これは本理論モデルの仮定と、その構造に依存した結果ではあるが、その可能性を示すには十分である。

## 6. 都市間の人口獲得競争

若年人口減少による影響が、集積の進展と知識・技術水準の向上のみによって補えられるのであれば、経済システム全体としては、それほど大きな問題はない。しかし、個々の都市にとって、この影響は、“成長”できるか“衰退”するかという極めて重大な問題である。ここでは、図-5 の結果を応用して、2都市間の人口獲得競争を想定し、若年人口減少の局面で、どのような政策を導入すれば、自都市を成長均衡へ誘導できるかを検討する。

### (1) 集積誘導政策

第 4 章の図-5 の解析において、若年人口が減少する局面では、どちらの都市が成長し、どちらの都市が衰退するかは理論的には決まらない。この理由は、構築したモデルの方程式系が、都市 1 と 2 に関して完全な対称系にあるため、分岐経路が一意に定まらないからである。そこで、都市 1 のみが自都市へ人口の集積を誘導するために、何らかの政策を導入する状況を考えてみる。この

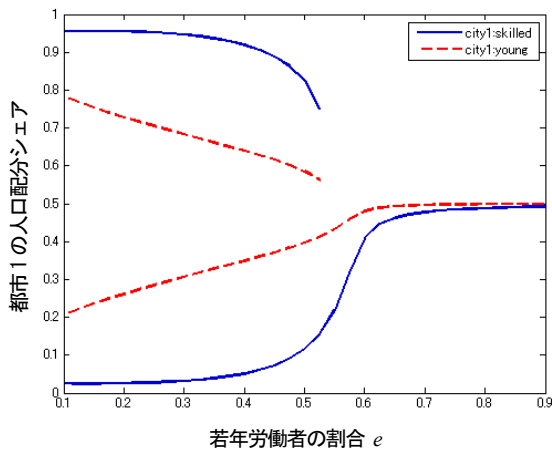


図-9 young 誘致政策導入時の都市1の分岐パターン

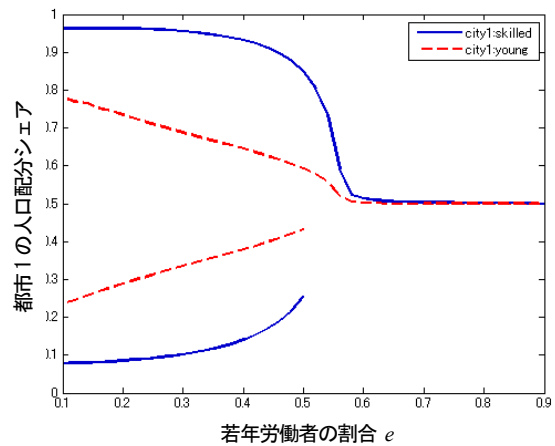


図-10 skilled 誘致政策導入時の都市1の分岐パターン

場合、都市1の方程式系にのみ政策変数が追加されるので、モデル全体の方程式系は非対称になる。その結果、都市1への政策変数の入れ方によって（*ie* どのような人口誘導政策を導入するかによって）、若年人口の減少局面でどちらの都市が成長均衡に向かうか、あるいは衰退均衡に向かうかという均衡解の分岐経路が一意に定まる。都市1に導入する具体的な人口誘導政策としては、次の2つの政策を仮定する。

1つは、都市1の学習効果を都市2よりも高めることで *young* を誘致しようとする政策である。より具体的には、都市1で居住・労働する *skilled* から一律  $q/h_1$  の税金を徴収して、その総収入  $q$  を自都市の労働者間の学習環境  $g_1$  :

$$g_1(q) = g_0 \exp(q) \in [0,1] \quad \text{where } g_0 = g_2 \quad (13)$$

の改善に投資する政策である。

もう1つは、*young* から *skilled* への所得移転を行うことで、都市1へ *skilled* を誘致する政策である。すなわち、都市1の *young* から一人当たり  $q/y_1$  の税金を徴収し、*skilled* へ一人当たり  $q/h_1$  の補助金を交付する政策である。

## (2) 政策導入の効果

全節で仮定した2つの政策のうち、どちらの政策が都市1を集積均衡に誘導するのに有効なのかを、それぞれの均衡解の分岐経路を辿ることで明らかにしよう。図-9は、*young* 誘致政策 ( $q=0.01$ ) を導入した状況下での都市1の安定的な均衡人口配分の分岐パターンである。この図から *young* 誘致政策を導入すると、都市1を成長均衡へ誘導する分岐経路は消滅し、都市1は衰退均衡へ誘導されてしまうことがわかる。次に、*skilled* 誘致政策を導入した場合の都市1の安定的な均衡人口配分の分岐パターンを図-10に示す。この場合には、都市1を成長均衡へ誘導する分岐経路のみが実現する。この理由は、知識や技術の伝達は *skilled* から *young* へ行われるという労働者間の学習メカニズムの特性にある。すなわち、ある都市で1人 *skilled* が増加することによって、その都市にもたらされる集積力 (*skilled* の限界集積力) は、*young* によるそれ (*young* の限界集積力) よりも大きいからである。以上をまとめると、次の命題6が成立する。

命題6: システム全体の *young* が減少する局面では、*young* の誘致政策は自都市を衰退均衡へと誘導してしまい失敗する。自都市を成長均衡へと誘導するためには、*skilled* を誘致する政策が有効である。

命題6: システム全体の *young* が減少する局面では、*young* の誘致政策は自都市を衰退均衡へと誘導してしまい失敗する。自都市を成長均衡へと誘導するためには、*skilled* を誘致する政策が有効である。

## 7. おわりに

本研究では、NEGモデルに労働者間の学習メカニズムを組合せた一般均衡モデルを構築した。このモデルを解析することで、都市経済システムの人口配分パターンと労働者間の学習効果の関係性、及び若年人口の減少が人口配分に与える影響を解析した。その結果、次のことが明らかとなった。

- 労働者間の学習効果は、都市経済システムの人口集積力となり、集積人口配分パターンを促進する。
- 若年労働者の減少によって、都市経済システムの人口集積が進む。
- 集積配分は、分散配分と比較して、労働者の効用水準、学習効果が大きくなるという点で効率的である。
- 若年人口の減少により、都市システムの全体の人口集積が進み、システム全体の知識・技術水準や効用水準が高くなる可能性がある。
- 若年労働人口が減少する局面で、ある都市へ人口集積を誘導しようとする場合、技術労働者を誘致する政策が有効である。

なお、本稿では労働者間の学習メカニズムを考慮したモデルの均衡解特性をわかり易く示すために、2都市モデ

ルの結果のみを示したが、この定性的性質は多都市モデルの場合でも同様である。多都市モデルの均衡解の分岐パターンについては、別の機会に報告したい。

### 付録：命題1の解析的証明

第3章の数値実験の結果から、young は skilled の都市選択に従う形で、都市を選択すること、すなわち、young のみがどちらかの都市に集積することはないという性質が明らかになった。この性質は、モデルの方程式系を、比較静学的に直接解析するアプローチからも確認することができる。以下では、その証明を示す。ただし、ここでは簡単のために、2都市モデルで、かつ労働者の都市選択に異質性がない (i.e.  $\theta_h \rightarrow 0, \theta_y \rightarrow 0$ ) 場合に限って示すことにしよう。これは本稿のモデルの特殊ケースではあるが、一般的ケースにおいても、基本的に証明の過程は同様である。

まず、非線形方程式系を整理する。労働者の都市選択に異質性がない場合、第2章2節の短期的な経済均衡条件から導出された各都市の skilled の間接効用 (式(8)) と young の期待学習効果 (式(9)) は、各々、非負で一意に定まる。すなわち、各都市を選択した skilled の得る効用  $\mathbf{V}=(V_1, V_2)^T$  と young の期待学習効果  $\mathbf{G}=(G_1, G_2)^T$  は、各々、均衡効用  $V^*$  と均衡期待学習効果  $G^*$  に等しくなる：

$$\mathbf{V}(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \begin{pmatrix} V_1(\mathbf{h}, \mathbf{y}) \\ V_2(\mathbf{h}, \mathbf{y}) \end{pmatrix} = V^* \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \geq \mathbf{0}, \quad (\text{A1})$$

$$\mathbf{G}(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \begin{pmatrix} G_1(\mathbf{h}, \mathbf{y}) \\ G_2(\mathbf{h}, \mathbf{y}) \end{pmatrix} = G^* \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \geq \mathbf{0}. \quad (\text{A2})$$

ここで、 $V_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}), G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}), i=1,2$  は、各々、第2章2節の式(8), (9) で定義されている。さらに、2都市の skilled と young の人口は非負で、その総和は、各々、都市経済システム全体の人口  $H=1, Y=1$  に等しいという人口保存条件が成立する：

$$\mathbf{1}^T \cdot \mathbf{h} = 1, \quad (\text{A3})$$

$$\mathbf{1}^T \cdot \mathbf{y} = 1. \quad (\text{A4})$$

(A1)-(A4) で示した4本の方程式を連立して解くことで都市経済システムの各都市の均衡人口配分パターン  $(\mathbf{h}, \mathbf{y})$  及び均衡効用  $V^*$  と均衡期待学習効果  $G^*$  が求められる。従って、この方程式系は未知変数ベクトルを

$$\mathbf{X} = [\mathbf{h}, \mathbf{y}, V^*, G^*]^T, \quad (\text{A5})$$

とすると、以下の非線形相補性問題 (Non-linear Complementarity Problem: NCP) として整理できる：

$$\text{Find } \mathbf{X} \in \mathbb{R}_+^6 \text{ such that } \begin{cases} \mathbf{X} \cdot \mathbf{F}(\mathbf{X}) = 0 \\ \mathbf{F}(\mathbf{X}) \geq \mathbf{0}, \mathbf{X} \geq \mathbf{0} \end{cases} \quad (\text{A6})$$

ここで、ベクトル写像  $\mathbf{F}(\mathbf{X}) : \mathbb{R}_+^6 \rightarrow \mathbb{R}_+^6$  は、

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}) \equiv \begin{bmatrix} \mathbf{V}(\mathbf{h}, \mathbf{y}) - 1V^* \\ \mathbf{G}(\mathbf{h}, \mathbf{y}) - 1G^* \\ \mathbf{1}^T \mathbf{h} - 1 \\ \mathbf{1}^T \mathbf{y} - 1 \end{bmatrix}. \quad (\text{A7})$$

次に、2都市モデルの仮定から未知変数を、

$$\begin{cases} \mathbf{h} = (h_1, h_2) = (h, 1-h) \\ \mathbf{y} = (y_1, y_2) = (y, 1-y) \end{cases} \quad (\text{A8})$$

とすることで、(A6)は次のように縮約できる：

$$f(\mathbf{x}) = f(h, y) \equiv \begin{bmatrix} \mathbf{h} & \mathbf{y} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{V}(h, y) - 1V^* \\ \mathbf{G}(h, y) - 1G^* \end{bmatrix} = 0, \quad (\text{A9})$$

$$h \geq 0, y \geq 0$$

この方程式系(A9)を比較静学的に解析することで、young のみが一方の都市に集積することがないということを論証しよう。まず、分散均衡  $\mathbf{x}^* = (0.5, 0.5)^T$  から集積均衡へ分岐する際のメカニズムに注目すると、 $h, y$  は非負であり、方程式系(A9)は対称系に縮約できる：

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{f}(h, y) \equiv \begin{bmatrix} (V_1(h, y) - V_2(h, y))h \\ (G_1(h, y) - G_2(h, y))y \end{bmatrix} = \mathbf{0}. \quad (\text{A10})$$

skilled と young の相互作用メカニズムを考察するために、 $\mathbf{f}(\mathbf{x})$  のヤコビ行列  $\nabla \mathbf{f}(\mathbf{x})$  を書き下してみよう：

$$\nabla \mathbf{f}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial(V_1 - V_2)h}{\partial h} & \frac{\partial(V_1 - V_2)h}{\partial y} \\ \frac{\partial(G_1 - G_2)y}{\partial h} & \frac{\partial(G_1 - G_2)y}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}. \quad (\text{A11})$$

このヤコビ行列の各要素の経済学的意味および、式(8), (9)から偏微分を計算した結果は、以下の通りである。

A : 都市1の skilled が1人増加した場合の skilled の都市1への集積インセンティブ (間接効用の差) の増分

$$A = \left. \frac{\partial(V_1 - V_2)h}{\partial h} \right|_{h=y=0.5} = \frac{4\mu[2+t^2(4-5\sigma) - \sigma + 6t(\sigma-1)]}{(1+t)^2(\sigma-1)\sigma}$$

B : 都市1の young が1人増加した場合の skilled の都市1への集積インセンティブ (間接効用の差) の増分

$$B = \left. \frac{\partial(V_1 - V_2)h}{\partial y} \right|_{h=y=0.5} = \frac{4\mu(1-t)}{(1+t)\sigma}$$

C : 都市1の skilled が1人増加した場合の young の都市1への集積インセンティブ (学習効果の差) の増分

$$C = \left. \frac{\partial(G_1 - G_2)y}{\partial h} \right|_{h=y=0.5} = -\frac{4\mu g(1-t)(1-2t)(\sigma-1)\sigma}{[(1+t)(\sigma+3\mu(\sigma-1))]^2}$$

D : 都市1の young が1人増加した場合の young の都市1への集積インセンティブ (学習効果の差) の増分

$$D = \left. \frac{\partial(G_1 - G_2)y}{\partial y} \right|_{h=y=0.5} = -\frac{\mu g(\sigma-1)(1+t)[9\mu(\sigma-1) + (1+5t)\sigma]}{[(1+t)(\sigma+3\mu(\sigma-1))]^2}$$

ここで、各パラメータの定義からヤコビ行列の要素  $B$ ,  $D$  の符号を確定することができる。まず、工業財の対農業財選好  $\mu$  と skill 伝達の効率性  $g$  は正である。また、工業財の代替の弾力性の定義から、 $\sigma > 1$  であり、財の輸送費用  $\tau$  を置き換えた輸送費用パラメータ  $t \equiv \tau^{1-\sigma}$  は、

$$1 \leq \tau < \infty \Leftrightarrow 0 < t \leq 1 \quad (\because \sigma > 1)$$

である。従って輸送費用  $t$  の水準によらず、 $B > 0$  および  $D < 0$  である。一方、 $A$  と  $C$  に関しては、輸送費用  $t$  の水準によってその符号は変化する。

以上より、常に  $D < 0$  であるので、一方の都市へ young が集積すると、その都市の期待学習効果は低下するため、young のみが自己組織的に集積することはない (i.e. skilled の集積に誘発される形でのみ young は集積する)。従って、young が集積するのは、輸送費用の変化によって、skilled がどちらかの都市に集積した場合に限られる。この場合、要素  $C$  の符号はプラスになり、skilled の集積によって、young もどちらかの都市に集積する。さらに、 $B > 0$  であることから、young がどちらかの都市に集積すると、さらにその都市へ skilled が集積するインセンティブが大きくなる。すなわち、一方の都市への skilled の集積が、その都市へますます skilled 及び young を引き付けるというポジティブ・フィードバックのメカニズムが働くことがわかる。

#### 参考文献

1) Henderson, J.: Urban Development: Theory, Fact and Illusion, Oxford : Oxford University Press, 1988.

- 2) Duranton, G. Puga, D.: Diversity and Specialisation in Cities: Why, Where and When Does It Matter?, *Urban Studies*, Vol 37(3), pp.533-555, 2000.
- 3) Glaeser, E.: Learning in Cities, *Journal of Urban Economics*, Vol.46, pp.254-277, 1999.
- 4) Berliant, M. Reed, R. and Wnag, P.: Knowledge Creation, Matching, and Agglomeration, working paper, Washington University, 2002.
- 5) Helsley, R.W. Strange, W. C.: Knowledge Barter in Cities, *Journal of Urban Economics*, Vol.56, pp.327-345, 2004.
- 6) Duranton, G. Puga, D.: Nursery Cities: Urban diversity, process Innovation, and the life-cycle of products, *American Economic Review*, Vol 91, pp.1454-1477, 2001.
- 7) Krugman, P. R.: Increasing Return and Economic Geography, *Journal of Political Economy*, Vol 99, pp.483-499, 1991.
- 8) Fujita, M. Krugman, P. and Venables J.A.: The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade, The MIT press, 1999.
- 9) Fujita, M. Thisse, J.F.: Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location and Regional Growth, Cambridge University Press, 2002.
- 10) Baldwin, R. Forslid, R. Martin, P. Ottaviano, G. and Robert-Nicoud, F.: Economic Geography & Public Policy, Princeton University Press, 2003.
- 11) Tabuchi, T. and Thisse, J.F.: Taste Heterogeneity, Labor Mobility and Economic Geography, *Journal of Development Economics*, Vol.69, pp.155-177, 2002.
- 12) Pflüger, M.: A Simple Analytically Solvable, Chamberlinian Agglomeration Model, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.34, pp.565-573, 2004.
- 13) 高塚創：企業誘致か人材誘致か：経済地理モデルからのアプローチ，応用地域学会発表資料，2006。

(2007. 6. 28 受付)

## A CORE-PERIPHERY MODEL WITH A KNOWLEDGE TRANSFER MECHANISM

Shintaro SATO and Takashi AKAMATSU

It is getting more and more important that skilled labors pass down their knowledge to the younger generations under declining population. We construct a Core-Periphery model in which young labors migrate between cities aiming at learning from skilled labors. The analysis of the model reveals that decrease in young generations increases each young labor's chances of learning through urban agglomeration. Furthermore, we demonstrate that the preferential tax policy for young labors has a disastrous effect that leads to the death of the city while the opposite policy is effective for growth of population in the city.