

若年人口減少下での都市集積と知識・技術の世代間伝達

A Core-Periphery Model with a Knowledge Transfer Mechanism*

佐藤 慎太郎**・赤松 隆***
By Shintaro SATO** and Takashi AKAMATSU***

1. はじめに

現在、わが国の産業政策立案においては、“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、若年人口の減少をもたらすという背景である。すなわち、生産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、現在の技術労働者の持つ高度な知識・技術をしっかりと伝達し、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つは、経済システム及び産業構造がグローバルに“フラット化”するなかで、知識・技術水準を高めることで新産業を創出し、わが国の産業競争力を強化しようという背景である。

空間的な“産業立地政策”は、国内産業・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つとして非常に重要である。なぜなら、高度な知識・技術の伝達には、異質な労働者間の業務上の頻繁な交流による“労働者間の学習効果”が必要不可欠だからである。つまり、産業・労働者の空間的集積は、労働者間の知識・技術の伝達や創造を促進する可能性が高い。

単一都市への産業・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という positive feedback のメカニズムは、Glaser¹⁾, Berliant²⁾等によって、経済理論的にも明らかにされている。一方、Krugmanらに始まる新経済地理学分野 (New Economic Geography ; NEG) の研究^{3),4),5)}は、複数の都市が存在する都市経済システムにおいて、収穫逓増の生産技術と輸送費用の逓減が集積人口配分を実現するメカニズムを明らかにした。これらの成果から、知識・技術水準の高度化を考慮した産業立地政策を議論する上では、労働者間の学習効果と、都市経済システムに

おける集積メカニズム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、学習機会を求める若年労働人口が減少していく局面で、都市経済システムにおいて、どのような産業立地 (i.e.労働者の空間的人口配分) が実現するかを理論的に明らかにする点にある。そのために、第2章ではNEGモデルを応用して、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、輸送費用が低下、及び若年労働人口が減少する局面で、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。これを踏まえて、第4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5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6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経済主体は、 N 人の労働者である。彼らは、“世代”と“知識・技術水準”の属性別に、次の3つに分類される。1つめは、若年世代で経験が浅いために、高度な技術や知識を持たない“young labor”である。彼らは、働く都市を選択可能であり、若年期での学習効果によって、将来的に高度な知識や技術を習得できる可能性がある。2つめの分類は、熟年世代でかつ高度な知識・技術を持つ“skilled labor”である。彼らも、都市選択が可能であるが、将来のことは考慮せず、近視眼的に都市を選択する。3つめの分類は、熟年世代であるが高度な知識や技術を持たない“unskilled labor”である。彼らは、働く都市を選択できず、各都市に均等の人口で存在する。このうち、youngの総人口 Y は、システム全体の人口 N に対する若年世代の割合が e であるとすると、 $Y=eN$ で与えられる。また、熟年世代のうち、高度な知識・技術を持つ労働者の割合が s で与えられるとすれば、skilledの総人口 H は、 $H=(1-e)sN$ 、unskilledの総人口 L は、 $L=(1-e)(1-s)N$ で与えられる。

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。Youngと

*キーワード：計画基礎論，都市集積，知識経済，学習

** 正員 工修 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)

*** 正員 工博 東北大学 大学院情報科学研究科

(〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06)

TEL. 022-795-7503, FAX. 022-795-7505)

skilled は、長期的には労働／居住する都市を選択でき、都市 $i \in [1, n]$ におけるそれぞれの人口を y_i, h_i で表す。また、都市の選択が不可能である unskilled は、各都市に均等に $l=L/n$ 存在すると仮定する。

c) 時間の概念 本モデルで想定している経済環境は、“短期”、“長期”、“超長期”の3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経済諸変数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} が均衡するまでの時間概念である。この長期の各瞬間で、短期の均衡が成立すると考える。最後に、“超長期”とは、世代間の推移を考慮した概念であり、このインデックスとして T を用いる。すなわち、“超長期” T 期の young は、超長期 $T+1$ の期首には、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。この超長期に関しては、均衡状態は仮定せず、超長期 T 期の中で実現する“長期”の均衡状態を解析の対象とする。

(2) 短期経済システム

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種類の同質財 A を生産する。一方、部門 M は収穫逓増の技術により、差別化された財 M を生産する。より具体的には、財 M を x_i 単位生産するために、skilled を α 単位と young または unskilled を βx_i 単位生産要素として投入する。財 M の輸送費用は、氷解費用の形をとると仮定する。すなわち、都市 $i, j \in [1, n]$ 間で1単位の財が輸送されると、 $1/\tau_{ij}$ だけ到達する。一方、財 A には輸送費用はかからないと仮定する。

b) 消費行動 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：

$$\max_{\{M_i, A_i\}} U_i(M_i, A_i) = \mu \ln M_i + A_i \quad (1a)$$

$$s.t. \quad p^A A_i + \int_{k \in n} p_i(k) d_i(k) dk = Y. \quad (1b)$$

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：

$$M_i \equiv \left[\int_{k \in n} d_i(k)^{(\sigma-1)/\sigma} dk \right]^{(\sigma-1)/\sigma}. \quad (2)$$

予算制約式(1b)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 期間 T において、ある都市 i を選択した young は、1) 部門 M において、2) skilled の下で働くことで知識・技術を習得し、来期 $T+1$ に skilled となる可能性がある。このうち、1) の条件は、都市 i の非技術労働者に関する労働需給率 W_i で表される：

$$W_i(h_i, y_i) = \frac{D_i(h_i, y_i)}{y_i + l}. \quad (3)$$

ここで、分母は都市 i で働く young と unskilled の人口を加えた非技術労働者の労働供給量であり、分子の D_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である。2) の条件は、部門 M 内における労働者間の matching 確率 $K_i(h_i, y_i)$ として表される：

$$K_i(h_i, y_i) = 1 - \left(1 - \frac{h_i}{h_i + D_i(h_i, y_i)} \right)^{a_i}. \quad (4)$$

この matching 確率は、ある1人の労働者が a_i 回の人材交流の中で、少なくとも1回以上 skilled と matching を果たす確率である。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。以上の確率 W_i と K_i を用いて、都市 i を選択した young が、条件 1), 2) を共に満たすことで、期待できる学習効果 G_i は次の確率積で与えられる：

$$G_i(h_i, y_i) = g_i \cdot W_i \cdot K_i \quad (5)$$

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。

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：

$$V_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \mu(\ln \mu - \ln R_i - 1) + w_i \quad (6)$$

$$G_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \frac{g_i(\sigma-1)h_i w_i}{y_i + l} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{1 + (\sigma-1)w_i} \right)^{a_i} \right] \quad (7)$$

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。

$$R_i(\mathbf{h}) = \frac{\beta\sigma}{\alpha(\sigma-1)} \left[\sum_j h_j \tau_{ji}^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad (8)$$

$$w_i(\mathbf{h}, \mathbf{y}) = \frac{\mu}{\sigma} \sum_{j=1}^n \left(\frac{(h_j + y_j + l_j) \tau_{ji}^{1-\sigma}}{\sum_{k=1}^n h_k \tau_{kj}^{1-\sigma}} \right) \quad (9)$$

(3) 労働者の都市選択行動

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、ある超長期間 T の中で、長期的に落ち着く状態を“長期均衡”と呼ぶ。

超長期的に來期 $T+1$ 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。ここで、彼らの都市選択に対する選好に異質性があると仮定すると、都市 i の skilled 人口 h_i を決める均衡条件式は、Logit 型の選択確率を用いて表される：

$$h_i(\mathbf{V}) = H \frac{\exp V_i / \theta_h}{\sum_j (\exp V_j / \theta_h)} \quad \forall i. \quad (10)$$

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。

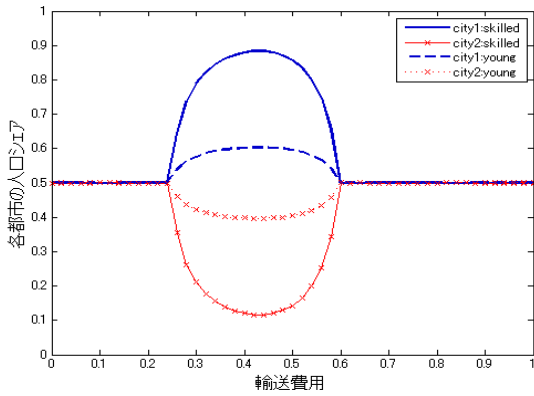


図-1 輸送費用の低下と均衡人口分岐パターン

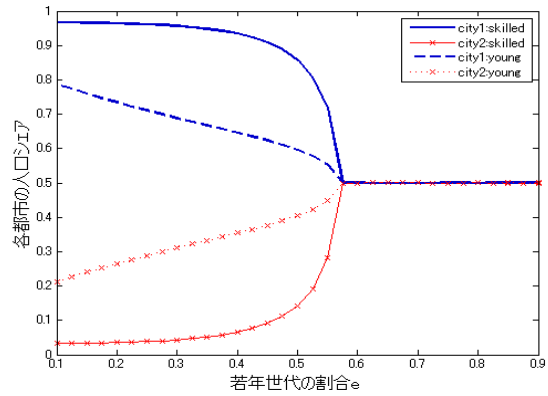


図-2 若年労働人口の減少と均衡人口分岐パターン

次に、 T 期における young は、超長期的な変化 (i.e. $T+1$ 期に skilled になれるかどうか) も考慮に入れて、都市を選択する。すなわち、 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 期に居住する都市 i を選択する：

$$\begin{aligned} \max_{\{i|T\}} v_T + \delta[V_{T+1}G_{i,T} + v_{T+1}(1-G_{i,T})] \\ = v_T + \delta v_{T+1} + \delta(V_{T+1} - v_{T+1}) \cdot \max_{\{i|T\}} G_{i,T} \end{aligned} \quad (11)$$

ここで、 $\delta \in [0,1]$ は $T+1$ 期から T 期への割引率、 v_T は T 期に非技術労働者が得る均衡効用、 V_{T+1} は $T+1$ 期に skilled が得る均衡効用である。ここで注意すべきは、young が T 期において都市選択の基準とするのは、学習効果 $G_{i,T}$ のみであるという点である。したがって、 $V_{T+1} - v_{T+1} > 0$ という自然な仮定の下で、期間 T における長期均衡条件を考えるならば、young の効用最大化行動は、 $G_{i,T}$ が最大の都市を選択する行動へと帰着できる。Skilled 同様に young の都市選択の選好に異質性を仮定すると、都市 i の young の人口 y_i は次のように定まる：

$$y_i(\mathbf{G}) = Y \frac{\exp G_i / \theta_y}{\sum_j (\exp G_j / \theta_y)} \quad \forall i. \quad (12)$$

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。

3. 均衡人口配分の分岐パターン

前章で定式化したモデルを解析することによって、1) 輸送費用が低下、2) 若年人口の割合が低下した場合の各々について、均衡人口配分パターン \mathbf{h}, \mathbf{y} がどう変化するかを明らかにしていこう。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) 輸送費用の低下に伴う分岐パターン

まずは、既存の NEG モデルの解析と同様に、財の輸送費用が低下する局面で、均衡パターンがどう変化するかを見てみよう。図-1 は、都市経済システムのパラメータを $\mu=5, \sigma=2.5, \alpha=1.0, \beta=1.0, a_i=2 \forall i, g_i=0.5 \forall i$,

労働者サイドのパラメータを $e=0.5, s=0.5, \theta_i=1.0, \theta_y=1.0$ と設定した場合の均衡人口配分の分岐パターンを示したものである。横軸に輸送費用 $t=\tau_i^{1-\sigma} \in [0,1]$ 、縦軸に両都市の skilled, young それぞれの人口配分シェア $h_i/H, y_i/Y$ をとり、 h_i/H を実線で、 y_i/Y を破線で示した。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入れた既存の NEG モデル⁴⁾と同様に、分散・集積・分散の順で均衡分岐パターンが変化するのがわかる。一方、2 種類の労働者が都市選択を行う本モデルの均衡パターンに関する特性は、次の命題 1 のようにまとめられる。

命題 1 : skilled からの学習効果を期待する young は、skilled の選択に従う形で都市を選択するが、特定の都市に young が skilled より多く集積することはない。

(2) 若年労働人口の低下に伴う分岐パターン

本研究の目的は、若年人口の減少が均衡人口配分パターンに与える影響を明らかにする点にある。図-2 は、輸送費 $t=0.5$ を一定として、横軸に 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、パラメータ e を 0.1 から 0.9 まで変化させた結果である。 e を除く他のパラメータは図-1 の場合と同様である。この図から、young が減少すると、都市経済システムにおいて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。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 (i.e. young に対する skilled の割合) が相対的に高まり、システム全体の集積力が強くなるためと考えられる。

命題 2 : young が減少または、skilled が増加するほど都市経済システムにおける集積がすすむ。

4. 現実問題へのインプリケーション

本章では第 3 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) 集積配分と効用水準・Learning 効果

第 3 章の解析から、young 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。この集積均衡配分は、skilledとyoungの双方にとって望ましい人口配分である。なぜなら、集積均衡下で実現する都市システム全体でのskilledの効用水準および学習効果は、分散均衡のそれよりも大きいからである。従って、都市システム全体で考えると、次の命題3が成立する。

命題3：効用水準・学習効果ともに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

以上の結果より考察すると、若年労働人口の減少を補うために、労働者全体の知識・技術水準を向上させるという課題は、均衡状態において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ス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。

5. 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・技術水準の向上によって補えるものであれば、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-2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-2の解析において、若年人口が減少する局面で、どちらの都市が成長するかは理論的には決まらない。そこで、都市1のみが人口集積を促進するために、次のような2つの政策を導入すると仮定する。1つは、都市1にyoungを誘致するために、skilledから一律 q/h_1 の税金を徴収して、その総収入 q を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、都市1のyoungから q/y_1 の税金を徴収して、skilledへ q/h_1 の補助金を交付するskilled誘致政策である。

(2) 政策導入の効果

young誘致政策($q=0.01$)を導入後の都市1の均衡分岐パターンを図-3に示す。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パスは消滅してしまうことがわかる。逆に、skilled誘致政策を導入すると、図-3をちょうど上下に反転した様な結果

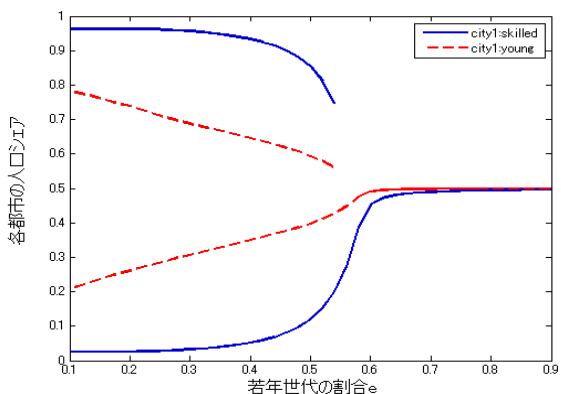


図-3 $q=0.01$ 政策導入後の都市1の均衡パターン

が得られ、成長均衡へ誘導する分岐パスのみが実現する。

命題4：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。

6. おわりに

本研究では、NEGモデルに労働者間の学習効果を入れた一般均衡モデルを構築し、若年人口の減少が、都市システムの人口配分にどのような影響を与えるかを解析した。その結果、若年人口が減少すると、都市システム内の集積が進むことが明らかとなった。また、それにより労働者間の学習効率が高まり、超長期的には、労働者全体の知識・技術水準が向上する可能性も示唆された。さらに、ある都市を集積均衡へ誘導するためには、skilledを誘致する政策が有効であることもわかった。

参考文献

- 1) E. Glaeser, “Learning in Cites,” *Journal of Urban Economics*, Vol.46, pp.254-277, 1999.
- 2) M. Berliant, R. Reed, P. Wnag, “Knowledge Creation, Matching, and Agglomeration,” working paper, Washington University, 2002.
- 3) M. Fujita, P. Krugman, A. Venables, *The Spatial Economy: Cites, Regions and International Trade*, The MIT Press, 1999.
- 4) T. Tabuchi, J.F. Thisse, “Taste Heterogeneity, Labor Mobility and Economic Geography,” *Journal of Development Economics*, Vol.69, pp.155-177, 2002.
- 5) M. Pflüger, “A Simple Analytically Solvable, Chamberlinian Agglomeration Model,” *Regional Science and Urban Economics*, Vol.34, pp.565-573, 2004.
- 6) 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.