都市集積・分散ダイナミクスと確率的均衡 *

Stochastic dynamics and equilibrium selection in the Core-Periphery model*

西山秀紀 **・織田澤利守 ***
By Hidenori NISHIYAMA**・Toshimori OTAZAWA**

1. はじめに

(1) 研究の目的

都市間交通施設整備は，人口や資本といった生産要素の地域間移動を伴って長期的な効果をもたらす．したがって，その効果を評価するためには，整備後に実現する均衡状態及びそこに至る変遷過程について適切に把握することが必要となる．Core-Periphery モデル [1](以下，CP モデル) は，生産要素の地域間移動，及びそれに伴う経済活動の空間的な集積 · 分散現象を一般均衡理論的に扱った先駆的研究であり，財の輸送費用が都市の集積 · 分散パターンを決定する重要な要因であることを明らかにした．また，そこでは，集積の外部性に起因して複数の均衡解が存在しうることが示されているしかし,. 複数均衡のうち，どのような要因によっていずれの均衡解が実現するか (均衡選択問題) については詳細には述べられていない．

こうした均衡選択問題に対して，本研究では，長期的に実現する均衡を確率的に予測できる枠組みを提案する．具体的には，労働者の地域に対する選好の異質性とそれに起因する確率動学的ゆらぎを明示的に考慮した完全予見的ダイナミクスを定式化し，それを確定的なダイナミクスとゆらぎのダイナミクスに分解することによって，定常的な均衡解が確定的なダイナミクスの停留点周りに実現する確率分布として表現されることを明らかにする．その上で，複数均衡が存在する場合の均衡選択確率を導出し，将来実現する都市集積・分散パターン (人口パターン) が確率的に予測可能となることを示す．

(2) 既存研究と本研究の位置づけ

均衡選択問題に関しては，これまでマクロ経済学や貿易理論，産業組織論の各分野で議論されてきた．例えば，Diamond and Fudenberg[2] は, 景気循環を説明するモデルにおいて，異なる就業費用をもった完全予見的な労働者を想定し，労働者の自己実現的な期待に応じて複数の均衡経路が存在することを明らかにした．しかし，複数存在する均衡経路のうち，どの経路が選択され，どの均衡解が実現されるのかを理論的に特定するには至っていない．昨今，ゲーム理論分野において調整過程を明示的に考慮した分析が活発に行われており，いくつかのアプローチが存在する．進化ゲーム理論分野では，突然変異を均衡選択要因とした Kandori, Mailath and Rob[3] やリプリケーター・ダイナミクスに確率的変動を織り込んだ Foster and Young[4]，Fudenberg and Harris[5] などの研究がある．これらは，いずれも近視眼的な主体による進化的ダイナミクスを想定している．一方，Matsui and Matsuyama[6] は，より合理的な主体による完全予見的ダイナミクスにおける均衡の大域的安定性の概念を提案し，その後，ポテンシャルゲーム・アプローチによる数学的な一般化が図られている[7]．

CP モデルにおいては，Baldwin[8] や Ottaviano[9] が，完全予見的な労働者を想定したダイナミクスを定式化し，実現する均衡が初期条件のみによって特定される (*history matters*) か，または，主体の自己実現的期待に応じて決定される (*expectation matters*) ことを示した．この結果は，先行研究である Krugman[10] と同様のものであり，解の不定性については依然として解消されていない．CP モデルの均衡選択問題については，ポテンシャルゲームのアプローチを用いた Oyama[12] がある．また．織田澤・赤松[13] は，経済環境が時々刻々と変化する状況下での完全予見ダイナミクスにおける新しい均衡選択原理を提案し，解の不定性を克服できることを明らかにした．本研究は，織田澤・赤松[13] と同様の問題意識に基づくものであるが，分析の枠組みが異なる．具体的には，Diamond and Fudenberg[2] を確率動学的に拡張した Aoki and Shirai[14] のモデルに基づき，労働者の地域に対する選好の異質性とそれに起因する確率動学的ゆらぎを考慮した都市集積・分散ダイナミクスの下で長期的に実現する都市集積・分散パターン（人口パターン）の性質を解明する．

2. モデル

(1) モデルの構造

2 地域からなる経済環境を考える．この経済には，高技能労働（skilled）と低技能労働（unskilled）の 2 つのタイプの生産要素が存在し，すべての労働者はどちらかのタイプに属するものとする．skilled タイプは地域間を自由に移動可能で両地域で計 N，unskilled タイプは移動不可能で計 $L(= L_1 + L_2)$ 存在する．また，地域 1 に居住する skilled タイプ労働者数を n_1 とし，その割合を $h = n_1/N$ で表す．それぞれの地域には，収

---

* キーワード：産業立地，集積の経済，均衡選択
** 学生員 東北大学大学院情報科学研究科
*** 正員 工博 東北大学大学院情報科学研究科
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06,
TEL: 022-795-7508; FAX: 022-795-7500)

穫不変で完全競争的な同質財 A を生産する A 部門と，収穫逓増で独占競争的な差別化財 M を生産する M 部門が存在する．A 部門には unskilled タイプしか従事せず，生産される A 財には輸送費用はかからないとする．一方，M 部門は，skilled を固定生産要素，unskilled を可変生産要素とする．また，M 財は輸送費用がかかり，氷塊費用を仮定する．すなわち，M 財 1 単位を輸送するとき，一部は融けてしまい $1/\tau$ だけが実際に到着する．定数 τ は，1 単位の財が到着するために必要な発送量である．

各部門で生産される財 A，M のシェアをそれぞれ α，$1-\alpha(\alpha \in (0,1))$ とすると，地域 i における代表的消費者 (労働者) の効用関数は，次のように表すことができる：

$$U_i = \ln\left[\left(\frac{M_i}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(\frac{A_i}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha}\right], i=1,2 \tag{1}$$

ここで A_i は A 財の消費量，M_i は M 財の消費を表す指数を表し，差別化された財に関する連続空間において定義されている部分効用関数を表し，CES 関数を用いて，

$$M_i = \left[\int d_{ii}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}ds + \int d_{ji}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}ds\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \tag{2}$$

と定義される．ここで $d_{ji}(s,t)$ は時刻 t に地域 j で生産されたインデックス s の差別化財が地域 i で消費された量を表す．また，$\sigma \in (1,+\infty)$ は M 財間の代替弾力性を表す．

(2) 短期均衡

本研究における短期均衡においては，Ottaviano[9)]に準拠することとする．

a) 消費者の行動

短期均衡において消費者 (労働者) は瞬間的な自身の効用を高めるように行動する．つまり (1) の以下の予算制約によって行われる効用最大化行動である．

$$\int p_{ii}(s)d_{ii}(s)ds + \int p_{ji}(s)d_{ji}(s)ds + p_i^A A_i = Y_i \tag{3}$$

p_i^A は地域 i での A 財の価格，$p_{ji}(s,t)$ は地域 i で生産され地域 j で消費される各 M 財の価格である．また，$Y_i = w_iH_i + w_i^L L_i$ は，地域 i での所得を表す．ここで skilled 労働者の所得 w_i と unskilled 労働者の所得 w_iL である．

以上より，以下の需要関数を得る．A 財については，

$$A_i = \frac{(1-\alpha)Y_i}{p_i^A} \tag{4}$$

差別化インデックス s の M 財については，

$$d_{ji}(s) = \frac{p_{ji}(s)^{1-\sigma}}{q_i^{1-\sigma}}\alpha Y_i \tag{5}$$

である．ここで，$q_i(t)$ は地域 i での価格指数：

$$q_i = \left[\int p_{ii}(t)^{1-\sigma}ds + \int p_{ji}(t)^{1-\sigma}ds\right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \tag{6}$$

である．したがって，地域 i における skilled 労働者の間接効用関数は，

$$W_i = \ln\left[w_i q_i^{-\alpha}(p_i^A)^{-(1-\alpha)}\right], \tag{7}$$

と表される．

b) 企業の行動と独占的競争

部門 A では，unskilled 労働者のみを生産要素とし，部門 A の仮定より一般性を失うことなく，1 単位の unskiled 労働者により，1 単位の財が生産されると基準化できる．したがって，完全競争の下での，A 財の価格は unskilled 労働者の賃金に等しくなる ($p_i^A = w_i^L$)．A 財の輸送費用はかからないとしているため，その価格はどちらの地域でも等しい ($p_1^A = p_2^A$)．したがって，$w_1^L = w_2^L$ でもある．ここで単純化のため，A 財をニューメレールとし，$p_i^A = w_i^L = 1$ とする．

部門 M では，M 財を $x_i(s)$ 単位生産する場合，a 単位の skilled 労働者と，b 単位の unskilled 労働者が生産要素として必要になる．したがって，地域 i の部門 M における 1 企業の総生産費用は，

$$TC_i(s) = w_i a + w_i^L b x_i(s) \tag{8}$$

と表される．規模の経済，消費者の多様性の選考，ならびに供給できる財の種類に制限がないことから，部門 M においては，生産を行う企業の数は供給される財の種類に等しい．したがって，地域 i に存在する部門 M の企業数 E_i は，地域 i における skilled 労働者数 H_i を用いて $E_i = H_i/a$ と表される．

部門 M の企業における利潤最大化行動は，以下の利潤関数の最大化行動である：

$$\Pi_i(s,t) = p_{ii}(s,t)d_{ii}(s,t) + p_{ij}(s,t)d_{ij}(s,t) - TC_i(s) \tag{9}$$

短期均衡において成立する M 財の市場清算条件 $x_i(s) = d_{ii}(s) + \tau d_{ij}(s)$ であり，一階条件より，M 財の価格が求められる：

$$p_{ii}(s,t) = \frac{b\sigma}{\sigma-1}, p_{ij}(s,t) = \frac{\tau b\sigma}{\sigma-1} \tag{10}$$

以上より，部門 M における企業の生産量を表す式が以下のように導かれる：

$$x_i = \frac{\sigma-1}{b\sigma}\left[\frac{\alpha Y_i}{E_i+\rho E_j} + \frac{\rho\alpha Y_i}{\rho E_i + E_j}\right] \tag{11}$$

ここで，$\rho \equiv \tau^{1-\sigma} \in (0,1]$ は，自地域内で清算される財の需要に対する輸入財の需要の比率であり，貿易の自由度を表す．

c)　短期均衡における両地域の実質賃金と間接効用差

企業は費用をかけることなく参入·撤退が可能なため，均衡状態では利潤が発生しない．したがって，skilled 労働者の賃金 w_i は，部門 M の 1 企業の生産量 x_i の関数として導かれる：

$$w_i = \frac{bx_i(s)}{a(\sigma - 1)} \tag{12}$$

さらに，整理すると以下の式を得る：

$$x_i = \frac{\alpha}{\sigma}\left[\frac{Y_i}{H_i + \rho H_j} + \frac{\rho Y_i}{\rho H_i + H_j}\right] \tag{13}$$

ここで，skilled 労働者の総数 H のうち地域 1 に居住する比率を $h \equiv H_1/H$ を与件とすれば，地域 i の部門 M の企業数 N_i，企業の生産量 x_i，価格指数 P_i，均衡賃金 w_i，所得 Y_i が決定される．

また，特に地域 1 の均衡賃金 w_i の地域 2 の均衡賃金 w_2 に対する比率は，

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{\rho h + \psi_1(1-h)}{\psi_2 h + \rho(1-h)} \tag{14}$$

ここで，$\psi_1 \equiv l + \rho^2(1-l) - (\alpha/\sigma)(1-\rho^2)l$, $\psi_2 \equiv (1-l) + \rho^2 l - (\alpha/\sigma)(1-\rho^2)(1-l)$ と定義され，また，$l = L_1/L$，$1 - l = L_2/L$ とする．以上より，間接効用関数は，

$$W_i = \ln\left[w_i/q_i^{\alpha}\right], \tag{15}$$

であり，地域間間接効用差 $W_1(h) - W_2(h)$ は，

$$W_1(h) - W_2(h) = \ln\left[\frac{\rho h + \psi_1(1-h)}{\psi_2 h + \rho(1-h)}\right] + \frac{\alpha}{\sigma - 1}\ln\left[\frac{h + \rho(1-h)}{\rho h + (1-h)}\right] \tag{16}$$

と導かれる．これ以降は地域間間接効用差を $f(h) = W_1(h) - W_2(h)$ と表す．

(3)　長期均衡

長期均衡では，skilled 労働者は自身の将来にわたって獲得する期待総効用を最大とするように地域間の移住選択を行う．しかし，労働者は自由に移住を行えるのではなく，ポアソン到着率 a で移住選択の機会が訪れる．さらに，機会が訪れても移住は確率的に行われるものとし，地域 2 から 1 へ移住する確率を G_+ と表すと，地域 1 に存在する skilled 労働者数が n_1 から n_1+1 へと遷移する確率は $r_n = an_2G_+$ と表現される．逆に，地域 2 から 1 へ移住する確率を G_- と表すと，skilled 労働者数が n_1 から $n_1 - 1$ と遷移する確率は $l_n = an_1G_-$ と表現される．また，これ以降は，$n_1 = n$，$n_2 = N - n$ とする．

a)　労働者の異質性

労働者の地域に対する選好には異質性が存在し，知覚効用は確定効用と各個人で異なるランダム項 ε の和からなるとする．

$$\tilde{v_i} = v_i - v_j + \varepsilon \tag{17}$$

ランダム項 ε の確率密度関数を $g(\varepsilon)$ と表す．労働者は知覚効用が移住にかかる費用 c を上回った場合に移住を行う．地域 1 から 2 へ，地域 2 から 1 へ移住する労働者の割合はそれぞれ，$G_+ = \int_{-(v_1-v_2-c)}^{\infty} g(\varepsilon)d\varepsilon, G_- = \int_{-(v_2-v_1-c)}^{\infty} g(\varepsilon)d\varepsilon$ と表される．また，これ以降では確定効用差を $v = v_1 - v_2$ と表現する．

b)　マスター方程式

時刻 t に n 人が地域 1 に存在する確率を $P_n(t)$ とすると，$P_n(t)$ の時間変化は，以下のマスター方程式で表される．

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = r_{n-1}P_{n-1}(t) + l_{n+1}P_{n+1}(t) - (r_n + l_n)P_n(t) \tag{18}$$

式 (18) を $n/N = h = \phi + \xi/\sqrt{N}$ と変数変換し，テイラー展開すると，

$$\frac{d\phi}{dt} = a(1-\phi)G_+ - a\phi G_- \tag{19}$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} = A(\phi)P + A(\phi)\xi\frac{\partial P}{\partial \xi} + C(\phi)\frac{\partial^2 P}{\partial \xi^2} \tag{20}$$

$$\begin{aligned}\Phi(\phi) &= a(1-\phi)G_+ - a\phi G_- \\ A(\phi) &= -\Phi'(\phi) \\ C(\phi) &= \frac{1}{2}a\{(1-\phi)G_+ + \phi G_-\}\end{aligned}$$

を得る．

c)　Value Function

skilled 労働者は現在から将来までの確定効用に関して，予見的に知ることができるとする．割引率を r とし，地域 1(地域 2) に n 人が存在するときに得られる効用を現在価値換算したものを $v_1(n/N)(v_2(n/N))$ とするとき，この効用から得られる収益は，次のように表すことができる：

$$\begin{aligned}rv_1(\frac{n}{N}) &= \\ W_1 &+ a\int_{v+c}^{\infty}\left[v_2(\frac{n-1}{N} - v_1(\frac{n}{N}) - c + z)\right]dG(z) \\ &+ a(N-n)G_+\left[v_1(\frac{n+1}{N}) - v_1(\frac{n}{N})\right] \\ &+ a(n-1)G_-\left[v_1(\frac{n-1}{N}) - v_1(\frac{n}{N})\right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}rv_2(\frac{n}{N}) &= \\ W_2 &+ a\int_{-v+c}^{\infty}\left[v_1(\frac{n+1}{N} - v_2(\frac{n}{N}) - c + z)\right]dG(z)\end{aligned}$$

$$+a(N-n+1)G_+\left[v_2(\frac{n+1}{N})-v_2(\frac{n}{N})\right]$$
$$+anG_-\left[v_2(\frac{n-1}{N})-v_2(\frac{n}{N})\right]$$

以上の関係式も $n/N=h=\phi+\xi/\sqrt{N}$ の変数変換を行い，テイラー展開を行う．その結果右辺，左辺で恒等的に成立するための条件は以下のようである：

$$\begin{aligned}&rv_1(\phi)=\\&W_1+\{(1-\phi)G_+-\phi G_-\}v_1'\\&-G_-(v_1(\phi)-v_2(\phi))+\int_{v+c}^{\infty}(z-c)dG(z)\end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned}&rv_2(\phi)=\\&W_2+\{(1-\phi)G_+-\phi G_-\}v_2'\\&-G_-(v_2(\phi)-v_1(\phi))+\int_{-v+c}^{\infty}(z-c)dG(z)\end{aligned} \quad (22)$$

両辺を引くと，次式を得る：

$$\begin{aligned}&rv(\phi)=\\&f(\phi)-(G_++G_-)v(\phi)\\&+\left[\int_{v+c}^{\infty}(z-c)dG(z)-\int_{-v+c}^{\infty}(z-c)dG(z)\right]\\&+\dot{v}\end{aligned} \quad (23)$$

ここで，$\dot{v}=dv/dt=(dv/d\phi)(d\phi/dt)$ である．

d)　ゆらぎのダイナミクス

式 (20) は Fokker-Planck 方程式の形をしており，$\partial P/\partial t=0$ の定常状態を考えると，ξ の定常分布 $P(\xi)$ は次のようになる：

$$P(\xi)=\frac{1}{\sqrt{2\pi C(\phi)/A(\phi)}}\exp\left[-\frac{A(\phi)}{C(\phi)}\frac{\xi^2}{2}\right] \quad (24)$$

この分布は，平均が 0 で分散 $\sigma^2=C(\phi)/A(\phi)$ である正規分布を表している．さらに書き換えると，

$$P(\xi)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(\phi)}\exp\left[-\frac{(h-\phi)^2}{2\sigma^2(\phi)/N}\right] \quad (25)$$

となり，これは，均衡解が平均値の局所的な安定点を中心として，分散 σ^2 で分布していることを示している．以上より，本モデルにおける確率論的な均衡解が確定的なダイナミクスの停留点周りに実現する正規分布として表現されることが示された．

(4)　平均値ダイナミクスの長期均衡と均衡選択確率

式 (19)(20)(23) は，本モデルにおけるシステムの挙動を表す．式 (19)(23) は確定値な場合の（平均値）のダイナミクスであり，この 2 式の長期均衡状態 ($\dot{v}=0,\dot{\phi}=0$) を同時に満たす点が停留点である．

複数均衡が存在する場合，各均衡が支配する領域から逸脱する確率を用い，システム全体の定常状態を考慮することにより，各均衡が選択される確率を導出できる．

例として，均衡点が 2 つある場合を考える．均衡 i の選択確率を $\pi_i(\sum_{i=1,2}\pi_i=1)$ とする．このとき，均衡 i から j へ逸脱する確率 w_{ij} は，式 (24) より以下のように導出される：

$$w_{12}=Pr[\xi>\sqrt{N}(\psi-\theta_1)]$$
$$w_{21}=Pr[\xi>\sqrt{N}(\theta_2-\psi)]$$

また，選択確率の時間変化は，

$$\frac{d\pi_1}{dt}=\pi_2w_{21}-\pi_1w_{12} \quad (26)$$

であり，その定常状態 $d\pi_1/dt=0$ から均衡選択確率:

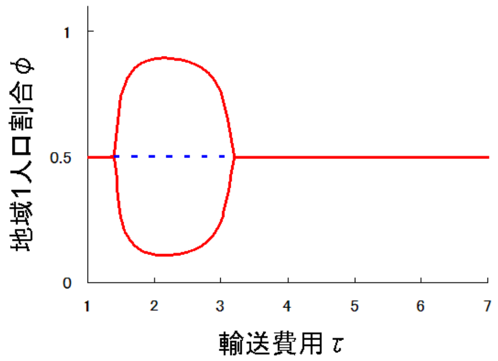
$$\pi_1=\frac{w_{21}}{w_{12}+w_{21}},\pi_2=\frac{w_{12}}{w_{12}+w_{21}} \quad (27)$$

を得る．さらに，定常状態におけるシステム全体の安定性について議論するために，均衡間の遷移に要する平均到達時間を

$$T\equiv\frac{\pi_1}{w_{12}}+\frac{\pi_2}{w_{21}} \quad (28)$$

と定義する．

以上より，複数均衡の可能性が示されたときに，いずれの均衡解が選択されるかについて，確率的に予測することが可能になった．



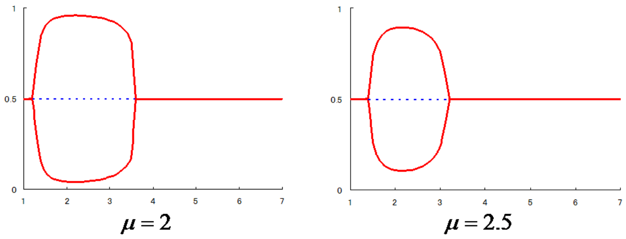
図–1　輸送費用と均衡解の関係

3.　数値解析

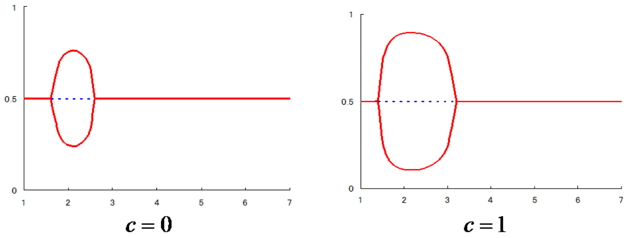
数値分析を行うにあたり，労働者の異質性を表す分布 $g(\varepsilon)$ としてガンベル分布を用いる．すると，労働者が地域 i から移住を行い地域 j へ移る割合は次のように表すことができる：

$$G=\frac{\exp[(v_j-c)/\mu]}{\exp[(v_j-c)/\mu]+\exp[v_i/\mu]} \quad (29)$$

ここで，μ は異質性のパラメータであり，値が大きくなるほど，その異質性の度合いが増していることを表す．



図–2 異質性の度合による均衡の変化



図–3 異質性の度合による均衡の変化

(1) 対称な２地域 ($l = L_1/L = 0.5$) の場合

これ以降は，M 財の消費シェア $\alpha = 0.5$，M 財の代替弾力性 $\sigma = 2$，割引率 $r = 0.04$，skilled 労働者の総数 $N = 100$，ポアソン到着率 $a = 1/N$ とし，数値分析を行う．

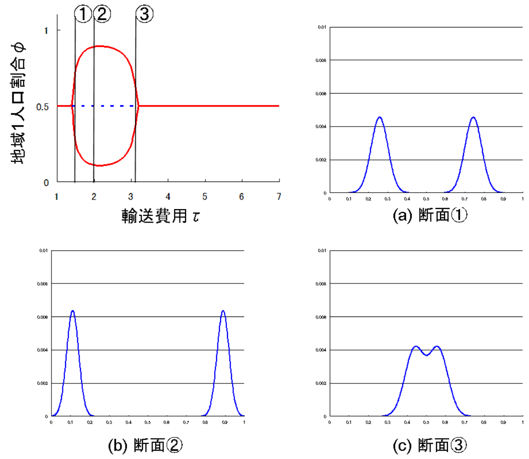
a) ベンチマークケース

図１は，$c = 1$，$\mu = 2.5$ のとき，輸送費用が均衡解にどのような影響を与えるかを示している図である．横軸に輸送費用 τ，縦軸に地域１の人口割合 h をとり，太線が安定的な均衡，点線が不安定な均衡を示す．この場合，輸送費用が高いときには，人口は両地域に分散することがわかる．そして，徐々に輸送費用が低下していくと，両地域のうちどちらかに集積する均衡が安定的となり，さらに輸送費用が低くしていくと再び分散する均衡が安定的となることが読み取れる．

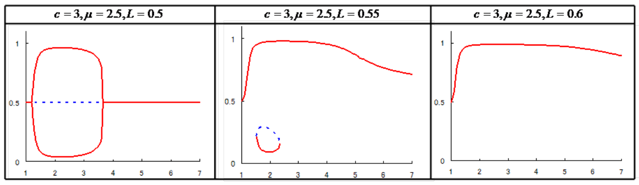
パラメータ (移住費用 c，異質性の度合 μ) をそれぞれ変化させることにより行い，実現する長期均衡の位置，及び均衡選択確率に与える影響をみる．**図２**は，移住費用を $c = 1$ に固定し，異質性の度合の違いによって，また**図３**は，異質性の度合を $\mu = 2.5$ に固定し，移動費用の大小によって，その均衡解の性質にどのような影響を与えているかを示した図である．

図２から，異質性が増すと，均衡は集積の力よりも両地域へ分散させるような力を持つようになることがわかる．つまり，異質性は分散力を持っていることがいえる．また，**図３**より，移住費用を増加させると，対称に近かった均衡が，集積する均衡へ変化している様子がわかる．つまり，移住費用の増加は集積力を持っていることがいえる．

図４は，$c = 1$，$\mu = 2.5$ のときの，輸送費用と均衡



図–4 輸送費用と均衡およびその選択確率



図–5 人口規模による均衡解の変化

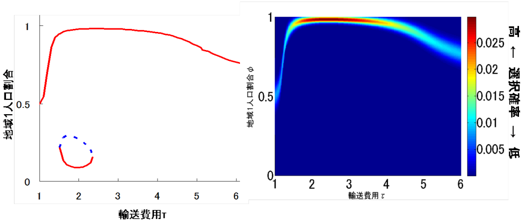
(停留点) における人口割合 h との関係を表したものである．対称な地域を想定しているため，２つの均衡が存在する場合に各均衡が選択される確率は 0.5 ずつであるが，周辺の確率分布は輸送費用によってが異なる．

図４の (a)-(c) で示した輸送費用 τ の異なる３ケースに関して，均衡間の遷移に要する平均到達時間 T の値はそれぞれ，$\tau = 1.5$ のケース:$T_1 = 2.35 \times 10^6$，$\tau = 2.0$ のケース:$T_2 = 1.86 \times 10^{35}$，$\tau = 3.13$ のケース:$T_3 = 9.46$ となる．すなわち，輸送費用が低く，一方の地域へある程度集積が進んだ状態では，均衡間を遷移する可能性が極めて低く，システムは非常に安定であるのに対し，輸送費用が高く，集積が進んでいない状態では，均衡間を頻繁に遷移する可能性があり，不安定であるということがいえる．

(2) 非対称地域 ($l = L_1/L = 0.55$) の場合

人口比率は $l = 0.55$ である非対称な２地域を想定する．人口比率以外のパラメータは対称地域の分析と同様である．**図５**は，人口規模の偏りが均衡解にどのような影響を与えるかを示したものである．非対称な場合においても複数均衡が存在することがわかる．

また，**図６**は，$c = 3$，$\mu = 2.5$ のときの均衡点 (左図) と均衡選択確率を示したものである (右図)．右図より, 複数均衡の可能性が指摘されても，人口規模の小さい地域への集積を表す均衡が選択される確率はほぼ 0 であることが明らかである．以上より, 確定論的な枠組みにおいて安定な均衡が確認されても、その均衡が



図–6 輸送費用と均衡およびその選択確率（非対称地域の場合）

選択されない可能性があることが示された．

4. おわりに

本研究では，都市集積・分散モデルの均衡選択問題に対して，確率論的な均衡概念を導入することによって，長期的に実現する均衡を確率的に予測できる枠組みを提案した．その上で，輸送費用と均衡集積水準および選択確率の関係を分析し，均衡間の遷移に要する平均到達時間を用いてシステムの安定性を評価した．

参考文献

1) P. Krugman: Increasing returns and economic geography, *The Journal of Political Economy*, Vol.99, No.3, pp.483-499, 1991.
2) P. Diamond and D. Fudenberg: *Journal of Journal of Political Economy*, Vol.97, No.3, pp.606-620, 1989.
3) M. Kandori, G. Mailath, and R. Rob: Learning, mutation, and long run equilibria in games, *Econometrica*, Vol.61, No.1, pp.29-56, 1993.
4) D. Foster and P. Young: Stochastic evolutionary game dynamics, *Theoretical Population Biology*, Vol.38, pp.219-232, 1990.
5) D. Fudenberg and C. Harris: Evolutionary dynamics with aggregate shocks, *Journal of Economic Theory*, Vol.57, pp.420-441, 1992.
6) A. Matsui and K. Matsuyama: An approach to equilibrium selection, *Journal of Economic Theory*, Vol.65, pp.415-434, 1995.
7) J. Hfbauer and G. Sorger: Perfect foresight and equilibrium selection in symmetric potential games, *Journal of Economic Theory*, Vol.85, pp.1-23, 1999.
8) R. E. Baldwin: Core-periphery model with forward-looking expectations, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.33, pp.22-49, 2001.
9) G. I. P. Ottaviano: Monopolistic competition,trade,and,endogenous spatial fluctuations, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.31, pp.51-77, 2001.
10) P. Krugman: History versus expectations, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.106, No.2, pp.651-667, 1991.
11) K. Fukao and R. Benabou: History versus expectation: a comment, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.108, No.2, pp.535-542, 1993.
12) D. Oyama: History versus expectation in economic geography reconsidered, *Journal of Economic Dynamics & Controll*, Vol.33, pp.394-408, 2009.
13) 織田澤利守，赤松隆: 集積経済下における地域間移住タイミング選択の均衡ダイナミクス，土木学会論文集 D, No.4, pp.567-578, 2007.
14) M.Aoki and Y. Shirai: A new look at the Diamond search model:Stochastic cycles and equilibrium selection in search equilibrium, *Macroeconomic Dynamics*, Vol.4, pp.487-505, 2000.