

神戸大学工学部 学生員 ○石野 昌
 神戸大学大学院 学生員 大平 悠季
 神戸大学大学院 正会員 織田澤 利守

1. はじめに

主体間の交流活動は、私たちの社会において必要不可欠である。情報技術の発展した今日においても、対面交流活動は、高度な知識・情報の重要な情報伝達手段であり、知識の創造やスピルオーバーといった外部的効果をもたらす。空間経済学等の分野において、地理的距離（都市の空間構造）が相互交流行動に与える影響に着目した研究が蓄積されているが、社会的距離（主体間の連関性）について明示的に扱った研究は非常に少ない。本研究は、ソーシャルネットワーク（Social Network, SN）が人々のコミュニケーション行動や都市の構造に及ぼす影響を理論的に明らかにすることを目的とし、SN 形成および立地選択行動を内生化した理論モデルを構築し、都市の構造に着目した数値的分析を行う。

2. モデル

(1) モデル概要

n 人の主体および、 $m(\leq n)$ 地点と経済活動の中心地 CBD により構成される線形単一中心都市からなる社会を想定する。主体は地点 $1, \dots, m$ のいずれかに立地し、土地消費及び CBD のみに於いて達成される他の主体との対面交流から便益を獲得する。地点 h ($h = 1, \dots, m$) に立地する主体 i ($i = 1, \dots, n$) の行動は、以下の効用最大化問題として記述できる。

$$\max_{v_i, s_i, a_h} U_i = z_i + \zeta \ln a_h + u_i(v_i, s_i) \quad (1)$$

$$u_i = \beta v_i - \frac{\gamma}{2} v_i^2 + \alpha \sum_{k=1, k \neq i}^n g_{ik}(\mathbf{s}) v_i v_k \quad (2)$$

$$\text{subject to } y = z_i + R_h a_h + (p_f + \tau_h) v_i + c(s_i) \quad (3)$$

主体 i が他の主体との対面交流から獲得する便益は準効用関数 u_i によって表され、 z_i は基準財消費量、 a_h は地点 h に立地する主体 1 人あたりの土地消費面積を表す。 v_i は主体 i が対面交流を達成するための CBD への訪問水準、 s_i は社交活動水準である。社交活動とは、通信手段を用いて行われる交流活動や、学会や展示会等の多数の主体が会する場への参加の度を想定しており、社交活動水準が高い主体間の対

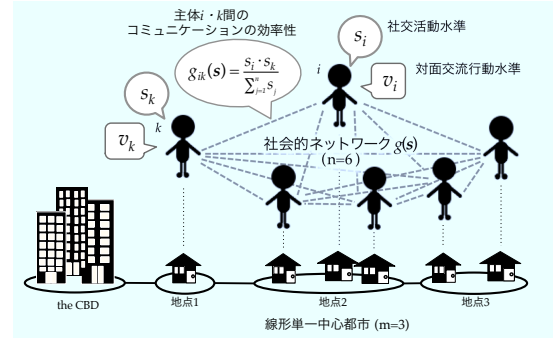


図-1: モデルの概念図

面交流活動は、双方に対して高い便益をもたらすと考えられる。そこで、 $g_{ik}(\mathbf{s}) = s_i s_k / \sum_{l=1}^n s_l$ として、2 主体 i と k が対面交流を行った場合の効率性を表現する。 $g_{ik}(\mathbf{s})$ は、ソーシャルネットワークのリンクの強さに相当するものとも解釈できる。 R_h は地点 h における地代、 p_f 対面交流に要する固定費用、 τ_h は CBD までの交通費用を表し、CBD と地点 h との距離の線形関数であるとする。 $c(s_i)$ は社交活動に要する費用関数であり、ここでは定数 η (≥ 0) を用いて $c(s_i) = \eta s_i^2 / 2$ と特定化する。 $\zeta, \alpha, \beta, \gamma$ はいずれも非負の定数パラメータである。

不在地主によって供給される土地面積は各地点について等しく 1 とする。従って、土地市場の均衡条件は、地点 h に立地する主体数を n_h とする ($\sum_{h=1}^m n_h = n$ を満たす) と、農業地代（土地の機会費用） R_A を用いて

$$\begin{cases} n_h a_h = 1 & (\text{if } R_h > R_A) \\ n_h a_h < 1 & (\text{if } R_h = R_A) \end{cases} \quad (4)$$

となる。ここで、地点 h に立地する主体のアクセシビリティ b_h を $b_h = \beta - p_f - \tau_h$ と定め、 $\alpha(\mathbf{b}) = \alpha(\bar{\mathbf{b}}^2 / \bar{\mathbf{b}}) = \alpha \cdot (\sum_{h=1}^m n_h b_h^2) / (\sum_{h=1}^m n_h b_h)$ とすると、最適化問題の 1 階条件および式 (4) から、主体 i の均衡交流水準は、 n が十分大きい下では連立方程式

$$\begin{cases} v[\gamma - \alpha(\mathbf{b})s] = 1 \\ \eta s = \alpha(\mathbf{b})v^2 \end{cases} \quad (5)$$

の解 (s^*, v^*) を用いて $s_i^* = b_i s^*, v_i^* = b_i v^*$ と表される。また、式 (5) の解には、交流水準の高いパレート優位な均衡と、交流水準の低いパレート劣位な均衡が存在し、 $\alpha(\mathbf{b})$ の増加は b_i が増加 [減少] しない

下では優位[劣位]の均衡交流水準の低減[増大]をもたらすことが、解析的に確認できる。

長期的な観点からは、各主体は、対面交流及び土地を投入して得られる効用 U_i を最大化し、平均効用より低い主体は立地選択を行う。この過程のくり返しにより、社会は立地均衡(すべての地点に立地する主体の効用が等しい状態)に到達する。立地変更のダイナミクスは、 n 人 m 戦略対称ゲームと捉え、各地点の立地主体数のシェアを変数とするレプリケーター・ダイナミクスにより表現する。レプリケーター・ダイナミクスの収束先を長期的に達成される立地均衡状態と考え、長期の均衡における社会の有り様について検討を行う。

(2) 数値分析結果

理論モデルを用いて、様々な環境要因の変化が主体の交流水準及び立地分布に及ぼす影響を数値シミュレーションにより分析した。

まず、交通費用が低下する場合、立地分布は、中心地付近に主体が集積する一極集中型の分布であったものが、交通費用の低減に従って一様分布に推移し、都市の領域が拡大する。各主体の交流水準・効用に関しては、図-2 に示すように、中心地近郊(地点1)に立地する主体については、対面交流水準が減少し、そこから得る便益は減少するが、土地消費便益が増大する。他方、郊外地域(地点30)に立地する主体は、交流水準が増加することによって対面交流から得る便益が改善するが、土地消費による便益は低減する。いずれの主体の効用も増加し、社会厚生は改善する。

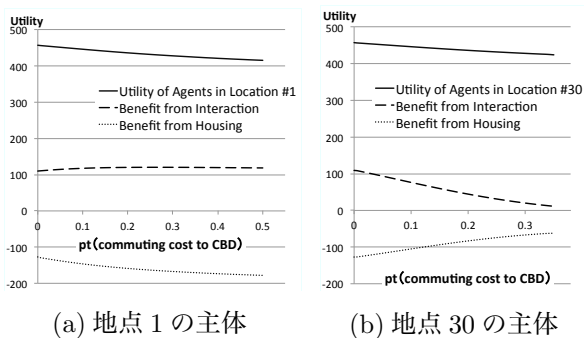
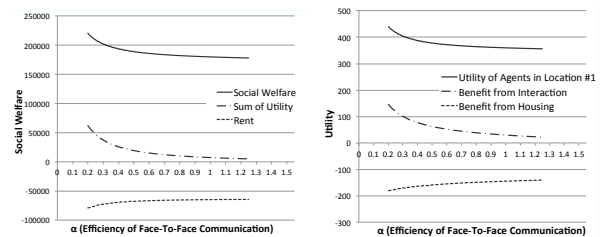


図-2: 交通費用 p_t の変化と各主体の均衡効用水準

次に、対面交流の技術的効率性 α が向上した場合、対面交流の効率性の向上は、交通費用の減少と同様に社会にとって望ましい結果をもたらすかと予測されたが、図-3、図-4 に示すように、効率性のパラメー

タの増加に伴って、中心地付近に集積していた立地分布は一様分布型へ推移し、社会厚生は低減した。また、各主体の交流水準・効用についても、交流水準が大幅に低減し、効用は改悪する結果となった。

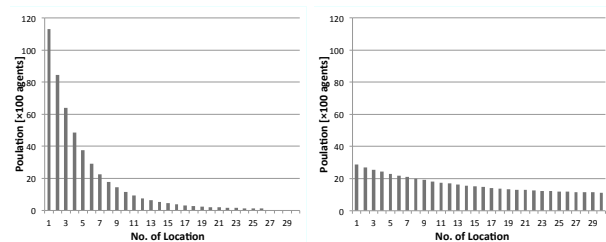
このことは、次のように説明できる。ある立地均衡状態から、対面交流の技術的効率性がの増加したことによって交流水準が変化した結果、各地点の主体に立地変更の誘因が生じる。立地変更後の新たな均衡においては、立地分布が一様分布型へ推移し都市領域が拡大したために、社会全体の交流水準が大幅に減少し、各主体の効用および社会厚生がともに低下する結果となった。



(a) 社会厚生

(b) 主体の効用 (地点1)

図-3: 対面交流の技術的効率性 α の増加に対する反応



(a) $\alpha = 0.25$

(b) $\alpha = 1.2$

図-4: 対面交流の技術的効率性 α の変化と立地分布

3. 結論

本研究は、SN 形成及び立地選択を内生化した理論モデルの構築、提案モデルの解析及び数値分析を通じて、交通や交流行動に関する費用や技術が、相互交流水準や都市の構造に及ぼす影響とそのメカニズムを明らかにした。今後は、本モデルを多様な交通ネットワークにおける相互訪問の枠組みへの拡張を検討課題とする。

参考文献

- 1) Cabrales, A., Calvó-Armengol, A. and Zenou, Y. : Social Interactions and Spillovers, *Games and Economic Behavior* 72, pp. 339-360, 2011.
- 2) 大浦宏邦: 社会科学者のための進化ゲーム理論—基礎から応用まで—, 勁草書房, 2008.