

神戸大学工学部 学生員 ○津田 宙
 神戸大学工学部 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

都市社会の発展において、人々の有する知識・情報が不可欠である。都市社会で行われる相互交流の水準は、距離に関する2つの概念に依存して決まる。1つは地理的距離であり、いま1つは社会的距離である。相互にやり取りされる知識・情報が高度になれば、対面交流 (face to face communication) がそれらを運ぶ重要な手段となる。対面交流は交通を伴うため、必然的にその水準は地理的距離に依存する。また、地理的距離自体は、交通環境や相互交流を行う主体の立地パターンなどの都市の空間構造によって内生的に決まる性質を持つ。一方、社会的距離とは、相互の信頼性や必要性、関連性の程度を指す概念である。複雑に入り組んだ主体間の社会的関連性は社会的ネットワークと呼ばれる。地理的距離と社会的距離は、人や企業を選択を通じて互いに作用を及ぼし合いながら、都市社会の有り様を決定づける。しかし、これらの背後にあるメカニズムや関連性については十分に明らかにされておらず、理論的に解明を行うための基礎的枠組みを構築する必要がある。

主体が対面交流水準の決定に加え、社会的ネットワークにおけるリンク形成の意思決定を行う状況下において、交通ネットワークの位相幾何学的構造が社会的ネットワークの形成に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、Cabrales ら¹⁾の社会的ネットワークを内生化したモデルを援用し、織田澤・大平²⁾の社会的ネットワークを考慮した空間相互作用モデルを拡張する。また代表的な位相幾何学的構造 (star 型, tree 型など) を社会厚生観点から比較し、考察する。

2. モデル

(1) モデル概要

n 人の主体からなる経済を考える。主体は社会的ネットワーク上の全ての主体とつながっている。本研究では、1対1の face to face によるコミュニケーション行動 v と、社会的活動 s について考える。コミュニケーション行動 v は交通費用を伴い、各主体の立地パターンと交通ネットワークからなる空間構造に依存する。

社会的活動 s は、主体がどれだけ社会的にふるまうかによって決定され、人と人のつながりの強度が求まり、社会的ネットワークの形成を表現する。主体は、つながりの強度に応じてコミュニケーション行動を行う。この静学モデルでは、各主体の立地パターン、その周囲の交通ネットワークが、社会的ネットワークの形成及びコミュニケーション行動に与える影響を調べる。

(2) 社会的ネットワークの形成

社会的ネットワーク g は、 $N = \{1, \dots, n\}, n \geq 2$ の主体で構成され、 n 次正方隣接行列 $\mathbf{G} = [g_{ij}(\mathbf{s})]$ で表す。個人の便益はこれらのつながりによる相互作用の影響を受ける。主体 i と主体 j のつながりの強度 $g_{ij}(\mathbf{s})$ は、主体の社会的活動 s_i, s_j によって決定され、次の式で表される。

$$g_{ij}(\mathbf{s}) = \rho(\mathbf{s}) s_i s_j \quad (1)$$

$\mathbf{s} = (s_1, s_2, \dots, s_n), s_i \geq 0$ である。リンクは対称とする。よって、 $g_{ij} = g_{ji}$ である。本研究では、セルフループ ($i = j$) を許すこととする。主体 i のつながりの強度の総和は、

$$g_i(\mathbf{s}) = \sum_{j=1}^n g_{ij}(\mathbf{s}) = \rho(\mathbf{s}) s_i \sum_{j=1}^n s_j \quad (2)$$

であり、 $g_i(\mathbf{s}) = s_i$ となるように $\rho(\mathbf{s})$ を設定する。すなわち社会的活動 s_i が、主体 i の他の全ての主体とのつながりの強度を決定する。

(3) 個人の行動

主体 i の効用は、基準財 z 及び相手とのコミュニケーションから得られ、効用関数 U_i は次式で表される。

$$U_i(v_{ij}, s_i; \mathbf{v}_{-i}, \mathbf{s}_{-i}, r) = z_i + u_i(v_{ij}, s_i; \mathbf{v}_{-i}, \mathbf{s}_{-i}, r) \quad (3)$$

ここで、 v_{ij} は主体 i から j へのコミュニケーション行動、 \mathbf{v}_{-i} は主体 i 以外の $n-1$ 人のコミュニケーション行動を表すベクトルである。また、主体 i の社会的活動 s_i 、主体 i 以外の社会的活動 \mathbf{s}_{-i} である。準効用関数 $u_i(v_{ij}, s_i; \mathbf{v}_{-i}, \mathbf{s}_{-i}, r)$ は自身のコミュニケーション行動 v_{ij} 、自身以外の全ての主体のコミュニケーション行動 \mathbf{v}_{-i} 、および社会的ネットワーク上の位置関係

$g_{ij}(\mathbf{s})$ に依存しており、次の式で表す。

$$u_i(v_{ij}, s_i; \mathbf{v}_{-i}, \mathbf{s}_{-i}, r) = \beta \sum_{k=1}^n v_{ik} + \frac{\alpha}{n} \sum_{k=1, k \neq i}^n [g_{ik}(\mathbf{s}) \sum_{l=1}^n v_{il} \sum_{h=1}^n v_{kh}] - \frac{\gamma}{2} \sum_{k=1}^n v_{ik}^2 \quad (4)$$

$\alpha(\geq 0), \gamma(> 0)$ はパラメータである。各主体はコミュニケーションを行うために各種費用を要する。 y を所得とし、 p_f を固定費用、 t_λ をリンク λ のコミュニケーション行動に要する交通費用とすると、予算制約 y_i は、次式のように表される。

$$y_i = z_i + p_f \sum_{k=1}^n v_{ik} + \sum_{k=1}^n \sum_{\lambda=a}^{\phi} t_{\lambda} l_{ik}^{od} r_{od}^{\lambda} v_{ik} + \frac{1}{2} s_i^2 \quad (5)$$

(3)~(5) 式を効用最大化問題とし一階条件を解く。ここで、 $b_{ij} = \beta - p_f - \sum_{\lambda=a}^{\phi} t_{\lambda} l_{ij}^{od} r_{od}^{\lambda}$ とおく。また、 $\bar{b}_i = \sum_{k=1}^n b_{ik}/n$ である。 \bar{b}_i を主体 i のアクセシビリティと呼ぶ。 $\alpha(\mathbf{b}) = \alpha \bar{\mathbf{b}}^2 / \bar{\mathbf{b}}$ とおくと、均衡解は以下の式で導かれる。

$$s = \alpha(\mathbf{b})v^2$$

$$v[\gamma - \alpha(\mathbf{b})s] = 1 \quad (6)$$

3. 数値解析

構築したモデルを用いて、star 型の交通ネットワークを想定し、集積度の異なる場合について数値解析を行う。

表-1 集積度による比較

集積度	$\bar{\mathbf{b}}$	$\bar{\mathbf{b}}^2$	$\alpha(\mathbf{b})$	v	$\sum U$	\bar{v}
	5.44	1.6	0.147	0.154	11908	5.57
				5.709	400717	33.9
	5.96	1.88	0.158	0.166	12333	6.12
				5.241	422920	34.3
	7.24	2.68	0.185	0.200	13672	7.52
				4.279	430350	34.8

表1の数値解析結果では、都市 X_1 に集積が進むにつれて、アクセシビリティ $\bar{\mathbf{b}}$ と $\alpha(\mathbf{b})$ が共に大きくなり、その結果コミュニケーション行動の水準も大きくなる。しかし、都市 X_1 とその他の都市のコミュニケーション行動の水準の比は大きくなることがわかった。

表-2 交通ネットワークによる比較

TN	$\bar{\mathbf{b}}$	$\bar{\mathbf{b}}^2$	$\alpha(\mathbf{b})$	v	$\sum U$	\bar{v}
	5.44	1.6	0.147	1.023	11908	5.57
				6.230	400717	33.9
	5.12	1.50	0.147	1.023	11765	5.24
				6.239	340315	31.9
	4.80	1.44	0.150	1.024	11665	4.92
				6.095	265525	29.3

次に star 型、tree 型、tandem 型の交通ネットワークの場合について数値解析を行う。

表2の数値解析結果では、アクセシビリティ $\bar{\mathbf{b}}$ と $\alpha(\mathbf{b})$ 変化は一致しておらず、star 型、tree 型、tandem 型の順に社会厚生が大きいことがわかった。

4. 結論

本研究では、都市の空間構造により社会的ネットワークが内生的に決まるモデルを構築した。コミュニケーション行動と社交的活動の量的水準がアクセシビリティ $\bar{\mathbf{b}}$ と2次平均アクセシビリティ $\alpha(\mathbf{b})$ によって求まり、複数の均衡解が存在することを明らかにした。今後の課題として社会的最適の導出と実証的分析の可能性の検証などが挙げられる。

参考文献

- 1) Antonio Cabrales, Antoni Calvo-Armengol, Yves Zenou: Social Interactions and Spillovers, 2010.
- 2) 織田澤利守, 大平悠希: 社会的ネットワーク理論に基づく空間相互作用モデル, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, 2012.
- 3) 小林潔司: 知識社会と都市の発展, 森北出版, 1999.
- 4) Robert W.Helsley, Yves Zenou: Social Networks and Interactions in Cities, 2011.
- 5) 佐々木公明, 文世一: 都市経済学の基礎, 有斐閣アルマ, 2000.
- 6) Fujita Masahisa, Jacques-Francois Thisse: Economics of Agglomeration, 2012.
- 7) Ottaviano, Tabuchi, Thisse: Agglomeration and Trade Revisited, 2002.
- 8) 馬場健司: 情報通信技術による交通-コミュニケーション行動の補完と代替 - オフィスにおける業務ミーティングプロセスを考慮して, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.163-168, 2000.