

企業間取引ネットワークが産業集積に与える 影響に関する実証分析

大平 悠季¹・織田澤 利守²・Jos van Ommeren³

¹正会員 鳥取大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒 680-8550 鳥取市湖南町 4-101)
E-mail: ohira@sse.tottori-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: ota@opal.kobe-u.ac.jp

³非会員 VU University FEWEB (De Boelelaan, 1081 HV Amsterdam, the Netherlands)
E-mail: jos.van.ommeren@vu.nl

近年、経済主体の社会的距離と集積現象との関連性を解明することを目的とした実証研究が盛んに行われている。本研究は、都市内の企業の社会的距離（取引ネットワーク上の中心性）が地理的距離指標（地理空間上の立地点）に与える影響を実証的に明らかにする。具体的には、広島市および札幌市を中心とした2つの都市圏において、株式会社東京商工リサーチの企業信用調査データに基づいて算出された、取引ネットワークにおける中心性と、地理空間における他企業との相対的な近接性を表すアクセシビリティ指標を用いて、前者が後者に及ぼす影響を操作変数法により推定する。

Key Words : *inter-firm networks, network centrality, firm's location, instrumental variable method*

1. はじめに

多様な主体間のコミュニケーションは、現代社会において最も重要な活動の一つである¹⁾。特に、複雑で専門的な知識や情報を交換し、その過程で新たな知識やアイデアが創造されるような高度なコミュニケーションは、情報通信技術が高度に発達した現代においてもなお、フェイス・トゥ・フェイスで行われることがほとんどである。革新的な技術や概念の多くは、フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションを通じて行われる創造的活動の産物であり、社会の発展の原動力となっている。こうした高度なコミュニケーションの容易さが、都市における外部経済を形成している。

空間的な近接性は、交通費用の低減を通じて主体間のフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション（Social Interaction, Non-market Interaction）を促進する。Marshall (1920)²⁾ は、同一産業の集積が形成される要因の1つとして知識のスピルオーバーを挙げている。Beckmann (1976)³⁾ は、都市空間における主体間の市場外での相互作用（相互訪問による対面交流）により、内生的な都心形成を表現した。これらの先駆的研究に続き、都市経済学分野においては、主体間の相互交流が都市の形成^{2),4)}、構造^{3),5)}、成長⁷⁾を規定する主要因の一つであるとして、主体間の相互作用と集積現象との関連性を解明する理論研究が多数蓄積されてきた。ただし、これらの研究の着眼点は、主体間の地理的距離が経済

活動の集積現象に及ぼす影響に置かれている。

コミュニケーションは相手を必要とする活動であり、その質や頻度はコミュニケーションを行う主体同士の信頼性や関連性の程度に大きく依存する。多様な主体の複雑に入り組んだ社会的関連性は社会的距離と呼ばれ、主体間の相互作用に対して地理的距離のみならず社会的距離が重要な影響を及ぼすことが、社会科学等の見地から指摘されてきた。特に、主体間の関連性をグラフを用いて表現した社会ネットワークは、社会学や人類学、組織論等といった幅広い学問分野において、様々なレベルでの行為主体間の相互依存関係を理解する上で有益な枠組みを提供している⁸⁾。社会ネットワーク分析は、主体をノード（点）、人間関係や組織間関係といった主体同士の関連性をリンク（線）して抽象化したグラフで表現することによって、様々な対象に対して数理的・軽量的分析を与えるものであり、社会学や人類学、情報科学といった学際領域において急速に発展を遂げた。Ballester et al. (2006)⁹⁾ は、主体の社会ネットワーク上の位置と合理的選択行動とを関連づける理論的枠組みを提案している。社会ネットワークを考慮したモデルの多くが非常に複雑で操作性に乏しいものであったのに対し、任意の構造をもつ社会ネットワーク上の主体間の相互依存関係と選択行動との関連性を解析可能な均衡モデルであり、応用可能性の高い枠組みとなっている。Helsley & Zenou (2014)¹⁰⁾ は、Ballester et al. に都市と郊外からなる地理空間を導入し、社会的距

離と地理的距離が主体のコミュニケーション水準選択を通じて互いに作用し合いながら都市の構造を決定づける様子をモデル化した。ここでは、比較静学分析により、社会ネットワーク上で中心的な主体ほど都市中心部に立地する傾向があるという結論が示されている。

一方、経済主体の社会的距離と地理的距離との関連性を解明することを目的とした実証研究が、近年盛んに行われている。Duranton & Overman (2005)¹¹⁾ は、同一産業に属する企業同士の実際の立地点間の距離が、仮想的にランダムに割り当てられた立地点間の距離より有意に短いことを示し、産業集積を統計的に検証する手法を提案した。Nakajima et al. (2013)¹²⁾ は、Duranton & Overman の分析手法を援用し、同一産業に属する企業同士の取引関係の強さが産業集積を促していることを明らかにした。また、Itoh & Nakajima (2014)¹³⁾ は、企業の取引関係ネットワークにおける Katz-Bonacich 中心性が、FDI の意思決定における重要な要因であることを示している。本研究は、都市内の企業の取引ネットワーク上の位置が地理空間上の立地点に与える影響を実際の企業間取引データに基づいて明らかにする。取引関係ネットワークにおいて中心的な企業ほど、産業活動の中で多数の取引先企業との会議、交渉といった高度なコミュニケーションを行うため、地理空間上でも利便性の高い中心的な地点に立地すると考えられる。一方で、多数の企業と空間上で近接する企業は、周囲の企業との交流を活発化することによって取引ネットワークを拡大することも容易であるため、企業間の地理的距離が社会的距離に影響を与えることも考えられる。特定したい因果関係と逆向きの関係性は、逆の因果性 (reverse causality) と呼ばれる。一般に、逆の因果性が存在する場合には、2段階最小二乗法や操作変数法によって因果関係を特定し得ることが、計量経済学における多くの研究蓄積から知られている。本研究では、政令指定都市を中心とした都市圏¹⁵⁾において、株式会社東京商工リサーチの企業信用調査データに基づいて算出した社会的距離指標 (企業間取引ネットワークにおける中心性) と地理的距離指標 (地理空間における他企業との相対的な位置関係) に操作変数を用いた2段階最小二乗法を適用することによって、両者の因果関係を推定する。

本校の構成は以下の通りである。2. で本研究で用いるデータと指標について、3. で分析手法について、それぞれ述べる。4. で、操作変数を用いた2段階最小二乗推定の結果を示す。5. で本研究で得られた結論を整理し、今後の課題を述べる。

2. データおよび指標

(1) 本研究で用いるデータの概要

本研究では、株式会社東京商工リサーチ (以下、TSR) の2014年企業信用調査データを用いて分析する。TSRの調査データには、全国からランダム抽出された企業 (本社) の名称、所在地、法人格コード、産業コード、設立年月、資本金、従業員数、事業所数、売上金等の属性データが含まれる。また、各企業に対して最大5社の取引相手企業の情報が、取引関係の種類 (「仕入先」、「販売先」、「主要株主先」の3種類) とともに含まれている。本研究では、このうち「仕入先」と「販売先」のみを取引情報として扱う。また、企業同士の取引関係が立地に及ぼす影響に着目するという観点から、1次産業および消費地立地型産業、公務に分類される産業を分析する産業 (産業) を分析対象から除外した。以下では、すべての産業に属する企業同士の地理的距離指標および社会的距離指標を算出した上で、建設業 (産業大分類4、産業ダミー D_4^{icl} に対応)、製造業 (産業大分類5、 D_5^{icl})、情報通信業 (産業大分類7、 D_7^{icl})、不動産業・物品賃貸業 (産業大分類11、 D_{11}^{icl})、学術研究・専門・技術サービス業 (産業大分類12、 D_{12}^{icl}) の5つの産業の企業に対して分析を行った。

(2) 地理的距離指標

各企業の地理的距離指標には、交通や都市計画の文脈で広く用いられるポテンシャル型アクセシビリティ指標 ACC_i を採用する。 ACC_i は、企業 i, j 間の距離 d_{ij} ($\forall i, j$) の減衰関数 $f(d_{ij})$ と各企業の従業員数 n_j ($\forall j$) を用いて

$$ACC_i = \frac{1}{N} \sum_{j \neq i} n_j \cdot f(d_{ij}) \quad (1)$$

と定義される。当該地域内に立地する他の全企業との距離が相対的に近い企業ほど、アクセシビリティが高くなる。 $f(d_{ij})$ を特定化した代表的なものに、以下のエントロピー型アクセシビリティ $eACC$ と重力型アクセシビリティ $gACC$ が挙げられる。

$$eACC_i = \frac{1}{N} \sum_{j \neq i} n_j \cdot \exp(-\gamma d_{ij}) \quad (2)$$

$$gACC_i = \frac{1}{N} \sum_{j \neq i} n_j \cdot d_{ij}^{-\gamma} \quad (3)$$

式 (2), (3) において、 $\gamma (> 0)$ は減衰パラメータである。 $eACC$ と $gACC$ を比較すると、前者の方が距離に対して減衰速度が大きく、企業間のアクセシビリティの差を比較しやすいことから、本研究では $eACC$ を地理的距離指標として採用する。なお、企業間の距離 d_{ij} は、企業間取引データに含まれる所在地情報 (住所) を東京大学空間情報科学研究センターが提供する「CSV アドレスマッチングサービス」によって位置情報 (経度・

緯度)に変換し、これに基づいて、分析対象地域内のすべての企業の組合せについてユークリッド距離を算出した。

(3) 社会的距離指標

各企業の社会的距離を表す指標として、取引ネットワークにおける中心性を用いる。社会ネットワーク分析において、ネットワーク全体における各ノードの相対的な重要性を表す様々な中心性指標が提案されている。本研究では、ネットワーク全体の構造を反映でき、かつ非連結なネットワークに対しても計算可能な社会的距離指標として PageRank 中心性 PR_i を採用した。

$$PR_i = \sum_j \left\{ \frac{1-\mu}{M} + \mu \frac{g_{ij}}{D_j} \right\} PR_j$$

$$= \frac{1-\mu}{M} + \mu \sum_j \frac{g_{ij}}{D_j} PR_j, \quad \sum_j PR_j = 1 \quad (4)$$

企業 i, j はともに分析対象地域内に立地する企業であり、 M は分析対象地域内の企業の総数を表す。 g_{ij} は隣接行列 $\mathbf{G} = [g_{ij}]$ の要素として定義され、企業 i, j 間に直接の取引関係がある ($g_{ij} = 1$) か否 ($g_{ij} = 0$) を表す。ここでは無向グラフを想定して $g_{ij} = g_{ji}$ とし、また慣例上 $g_{ii} = 0$ とする。 D_j は、ノード j がリンクを持つ相手の数(ただし、ノード i がリンクを持たない場合、 $D_i = 1$ とする)である。すなわち、 $1/D_j$ はノード j が接続しているすべてのノードの PageRank 中心性がノード j 自身の PageRank 中心性に与える影響を平均化している。また、 μ は推移確率を表すパラメータである。式(4)より、 $\mu = 1$ のとき、PageRank 中心性は次数中心性と一致することがわかる。PageRank 中心性は、元来ウェブページの重要性を評価するために開発されたもので、「他のページからのリンク数が多いページほどランキングが高く、ランキングの高いページからのリンクは高く評価する」という発想に基づいている。企業間のネットワークに即して考えると、取引相手企業が多く、自社の中心性も高くなる指標となっている。あるノードの中心性を評価する際に隣接ノードの中心性を反映する中心的指標の代表例に固有ベクトル中心性があるが、PageRank 中心性は、固有ベクトル中心性を非連結グラフにも適用可能な形に拡張した指標と解釈することもできる。

(4) 分析対象地域

分析対象地域は、総務省統計局が国勢調査に基づいて定義している大都市圏¹⁵⁾を分析の基本単位として、都市圏ごとに分析を実施する。この大都市圏は1.5%都市圏とも呼ばれ、それぞれ「中心市」と「周辺市町村」によって構成される。「中心市」は東京都特別区部およ

表-1: 分析対象地域の概要¹⁶⁾

都市圏	広島	札幌
人口 [人] (a)	2,099,514	2,584,880
面積 [km ²] (b)	5047.66	4514.11
人口密度 [人/km ²] (a/b)	415.94	572.62
サンプル数 (産業別サンプル数)	29,435	35,512
産業 4	8,445	8,721
産業 5	2,813	2,482
産業 7	512	1,074
産業 11	2,427	2,933
産業 12	1,578	2,625

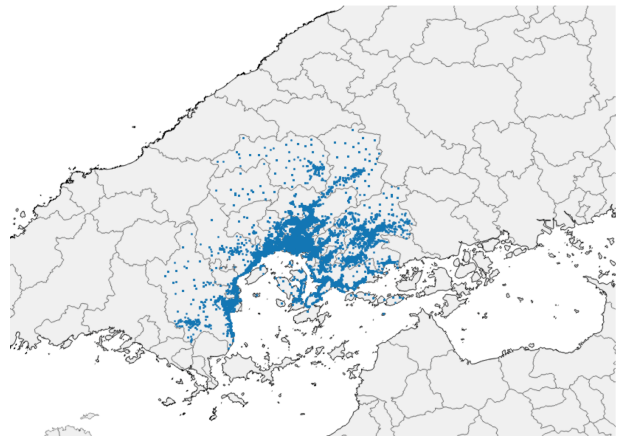


図-1: 広島大都市圏の企業立地 (全サンプル)

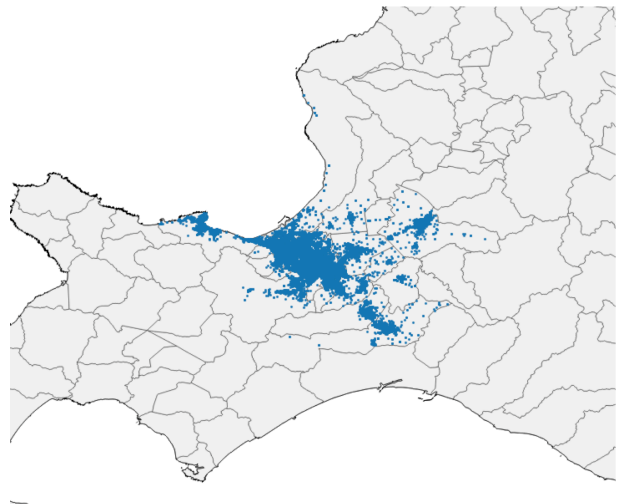


図-2: 札幌大都市圏の企業立地 (全サンプル)

び政令指定市である。「周辺市町村」は「中心市」への15歳以上通勤・通学者数の割合が該当市町村の常住人口の1.5%以上であり、かつ中心市と接続している市町村(ただし、中心市への15歳以上通勤・通学者数の割合が1.5%未満の市町村であっても、その周囲が周辺市町村の基準に適合した市町村によって囲まれている場

合は、「周辺市町村」に含まれる)である。本研究では、平成 22 年国勢調査の結果に上記の基準を適用して設定された広島大都市圏および札幌大都市圏の 2 つの都市圏を分析対象地域とする。広島大都市圏は中心市の広島市と 14 の周辺市町村からなり、周辺市町村には山口県の 2 つの自治体が含まれる。札幌大都市圏は中心市の札幌市と 11 の周辺市町村から構成される。2 つの都市圏の概要は表-1 の通りである。空間的な領域は広島大都市圏の方が大きい、人口および企業データのサンプル数は札幌大都市圏の方が多い。また両都市圏において、分析対象となる各産業のサンプル数は、産業 4 (建設業) が最も多く、産業 7 (情報通信業) が最も少ない。これらの都市圏における全企業の立地は、図-1, 2 の通りである¹。

3. 分析手法

企業の取引関係ネットワーク上の位置が地理空間上の位置に与える影響を検証する上で、式(5)の関係を仮定する。

$$\ln(\text{Distance}_i) = \alpha + \beta \ln(\text{Centrality}_i) + \delta \mathbf{X}_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

ここで Distance_i , Centrality_i , \mathbf{X}_i , ε_i は、それぞれ企業 i の地理的距離指標 $eACC_i$, 社会的距離指標 PR_i , その他属性ベクトル, 誤差項を表す。

式(5)の推定に最小二乗法 (OLS) を用いた場合、推定結果を歪める要因がいくつか考えられる。第一に、最小二乗法を用いた場合、**1.**にて述べたような、地理空間上の立地点が取引関係に影響を及ぼすような逆の因果性を考慮できない。第二に、企業の立地選択のほとんどは長期間を見据えた意思決定であり、対応する中心性指標にもある程度の長期間に渡って計測したものをを用いることが適切であると考えられる。しかし、本分析に用いたデータは特定の 1 年間の取引関係のみを切り取ったものであるため、 PR_i が $eACC_i$ に及ぼす影響は過小に推計される可能性がある。また第三に、データの制約上、社会的距離指標と地理的距離指標の双方に影響を及ぼすと考えられる変数 (例えば、従業員の学歴など) が捨象されている。このため、説明変数 PR_i と誤差項 ε_i の間に相関が生じ、推定パラメータが一致性をもたない。これらの問題に対して、本研究では操作変数 (instrumental variable, IV) を用いた 2 段階最小二乗推定によって対処する。本研究では操作変数として、分析対象地域外の企業との取引 (内外取引) に着目する。分析対象地域の外側に立地する企業との取引を行うか否かは、扱う財・サービスの種類や産業によって大きく異なる。分析対象地域外に立地する企業との取

引関係は、分析対象地域内の取引関係 PR_i には影響を及ぼすものの、分析対象地域内の他企業との相対的な位置関係 $eACC_i$ に影響を及ぼすとは考え難い。そこで、内外取引数 $x_{i,out}$ の自然対数 $\ln x_{i,out}$ を操作変数 Z_i として 1 段階目の最小二乗推定を行う (ただし、 $x_{i,out} = 0$ のときは $Z_i = 1$ とする)。

ここで、中心性と各産業ダミーの交互作用項を設定することによって、中心性がアクセシビリティに与える影響の傾向を産業ごとに捉えることを考える。すなわち、

$$\ln(eACC_i) = \alpha + \beta \cdot D_{i,k}^{icl} \cdot \ln(PR_i) + \delta \mathbf{X}_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

を推定する ($D_{i,k}^{icl}$ は、企業 i が産業大分類 (icl) k に属するときに 1, それ以外の場合は 0 をとるダミー変数であり、本研究では $k = 4, 5, 7, 11, 12$ の 5 種類の産業大分類ダミーが存在する)。一般的な操作変数法の場合、第 1 段階で産業 k ごとに

$$D_{i,k}^{icl} \cdot \ln(PR_i) = \beta_0 + \beta_z Z_i + \delta \mathbf{X}_i + u_i \quad (7)$$

を個別に推定し、交互作用の予測値 $D_{i,k}^{icl} \cdot \widehat{\ln(PR_i)}$ を式(6)の第 2 項に代入して第 2 段階の推定を行う。この方法を用いると、一部の産業についてサンプルサイズが小さくなるために推定精度が大幅に低減する可能性がある。そこで、本研究ではこの問題への対処方法として、以下のような Single-IV と呼ばれる 2 段階最小二乗法¹⁴⁾を用いた。まず、2 段階最小二乗推定の第 1 段階において、式(7)のように交互作用を直接推定するのではなく、次式(8)のようにすべての産業をプールして説明変数 $\ln(PR_i)$ を操作変数 Z_i に回帰する。

$$\ln(PR_i) = \beta_0 + \beta_z Z_i + \delta \mathbf{X}_i + u_i \quad (8)$$

次に、第 1 段階の回帰結果を用いて説明変数の予測値 $\widehat{\ln(PR_i)}$ を算出する。この予測値を交互作用項に代入し、各産業ダミー $D_{i,k}^{icl}$ の積 $D_{i,k}^{icl} \cdot \widehat{\ln(PR_i)}$ を第 2 段階の推定に用いる。

$$\ln(eACC_i) = \alpha + \sum_k \beta_k \cdot \widehat{\ln(PR_i)} \cdot D_{i,k}^{icl} + \delta \mathbf{X}_i + \varepsilon_i \quad (9)$$

本研究では、複数の都市圏に対して分析を実施し、産業集積を形成する企業の取引関係と立地との間に共通の特性を見出す。特に、都市圏内に形成されている集積内部での企業の取引関係の違いが立地に及ぼす影響に着目する。そのため、同一の都市圏内の少なくとも 1 企業と取引関係をもつ企業のみを分析対象とする。表-2 に、各都市圏の分析対象サンプルに関する地理的距離指標および社会的距離指標、ならびに主要な変数の基本統計量を示す。

$eACC1, eACC2, eACC3$ は、それぞれ式(2)の減衰パラメータを $\gamma = 0.5, 0.75, 1.0$ としたアクセシビリティ指標である。各々の対数をとった指標 $\ln(eACC1), \ln(eACC2), \ln(eACC3)$ のとる値の幅を比較すると、 $\ln(eACC3)$ がも

¹ これらの図は、国土交通省国土政策局が提供する「国土数値情報ダウンロードサービス」の GIS データを用いて著者が作成した

表-2: 基本統計量

Variable	(広島大都市圏)					(札幌大都市圏)				
	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max
eACC1 ($\gamma = 0.5$)	11,106	0.0569	0.0668	1.91e-05	0.246	12,452	0.0815	0.0865	1.20e-05	0.335
ln(eACC1)	11,106	-3.881	1.697	-10.87	-1.402	12,452	-3.215	1.388	-11.33	-1.095
eACC2 ($\gamma = 0.75$)	11,106	0.0215	0.0317	4.30e-06	0.152	12,452	0.0311	0.0495	6.43e-06	0.230
ln(eACC2)	11,106	-5.050	1.772	-12.36	-1.881	12,452	-4.520	1.529	-11.95	-1.470
eACC3 ($\gamma = 1$)	11,106	0.00702	0.0128	2.10e-06	0.0880	12,452	0.0109	0.0239	3.14e-06	0.148
ln(eACC3)	11,106	-6.233	1.724	-13.07	-2.430	12,452	-5.884	1.590	-12.67	-1.914
PR ($\mu = 0.85$) [$\times 10^3$]	11,106	0.0473	0.0664	0.0131	3.295	12,452	0.0377	0.0479	0.0103	1.602
ln(PR)	11,106	-3.345	0.682	-4.335	1.193	12,452	-3.582	0.705	-4.576	0.472
内内取引数	11,106	5.185	8.689	1	395	12,452	5.716	8.894	1	306
内外取引数	11,106	3.049	15.63	0	1,050	12,452	2.807	12.87	0	1,070
資本金 [$\times 10^6$ 円]	9,811	0.0507	2.626	1.00e-06	259.0	12,084	0.0270	0.366	1.00e-06	25.43
従業員数 [人]	10,948	17.83	209.6	1	20,473	12,029	12.96	52.13	1	2,400
労働生産性 [$\times 10^6$ 円/人]	10,766	0.0237	0.0616	0	3.426	11,889	0.0266	0.0559	0	4.189
株式会社ダミー	11,106	0.513	0.500	0	1	12,452	0.631	0.483	0	1

っとも大きいことが確認できる。ln(PR)は、リンク推移確率のパラメータを $\mu = 0.85$ として計算したPageRank中心性の対数である。説明変数および被説明変数にはこれらの対数値を用いるため、次章4.の推定結果において、回帰係数は弾力性として解釈できる。内内取引数[内外取引数]は、各都市圏において、都市圏内[都市圏外]に立地する企業との取引数を表す。内内取引数が1以上の企業のみを分析対象とし、操作変数には内外取引数の対数を用いた。労働生産性は、売上金を従業員数で除すことによって算出した。

4. 推定結果

広島大都市圏および札幌大都市圏について、式(5)を最小二乗法(OLS)、操作変数法(IV)、Single-IVの3種類の手法によって推定した。推定結果を各々表-3, 4に示す。各表において、(1)–(3)列はOLS、(4)–(6)列はIV、(7)–(9)列はSingle-IVによる結果をそれぞれ示しており、被説明変数(地理的距離指標)は各列の3行目に示されている。資本金 *capital*、従業員数 *employee*、労働生産性 *lp* の各々の対数、株式会社ダミー Ltd. *dummy* (法人格が株式会社であれば1、それ以外の場合は0)、産業(中分類)ダミー(大分類5種類に対して38種類、紙面の都合上結果は割愛している)を制御変数として採用した。

表-3より、広島大都市圏でOLS, IVを適用した場合、被説明変数がln(eACC1), ln(eACC2), ln(eACC3)のいずれの場合においても中心性が立地に正に有意に影響していることがわかる。Single-IVの場合も、5つ中4つの産業について同じことが言える。産業5(製造業)のみ非有意な結果となっているが、パラメータの符号は正である。以上から、「取引ネットワーク上で中心的な

企業ほど、他の企業との距離が相対的に近い集積中心に立地する」という仮説が概ね支持される結果を得られたといえる。OLS, IVのパラメータの大小関係を比較すると、逆の因果性によってOLSの場合に中心性の影響が過少推計されていることが示唆される。IVの第1段階のF検定の結果も十分に大きいF値を示していることから、被説明変数と説明変数との間に存在する逆の因果性が、適切な操作変数(内外取引数)を用いた推定によって補正されたことがわかる。決定係数については、わずかな差ではあるものの、3種類の推定方法の中でSingle-IVが最も大きく、本分析における推定方法としての有効性を裏付けている。

一方札幌大都市圏では、OLSではln(PR)の回帰パラメータが負、IVでは正で非有意となった。さらに、Single-IVでは産業5の回帰パラメータがすべて負であり、特に(7), (8)列では有意である。したがってこの結果からは、札幌大都市圏の場合は「取引関係において中心的な企業ほど集積中心に立地する」とは言えない企業が、産業5を中心に一定程度存在することが窺える。産業5は、広島大都市圏においても非有意な結果を示していたことから、他の産業とは異なる動機(広大な敷地面積を確保できる、等)に基づいて立地点を決定している可能性が示唆される。

そこで、集積指標ln(eACC)(都市圏内での取引相手や周辺企業との近接性)以外の、企業の立地に影響を与える要因として、各都市圏の交通結節点からの距離を検討することとする。都市圏内の企業と活発に取引を行っている企業は、取引相手と地理的に近接して立地する誘因が大きく、集積の指標が大きく算出されると考えられる。一方、都市圏外の企業と多くの取引関係をもつ企業は、交通結節点(新幹線等の鉄道駅、空港、高速IC, etc.)の近くに立地する動機をもつ。これ

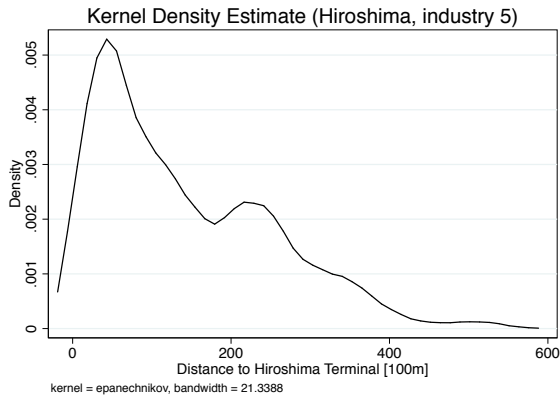


図-3: 広島駅からの距離別企業分布 (産業 5)

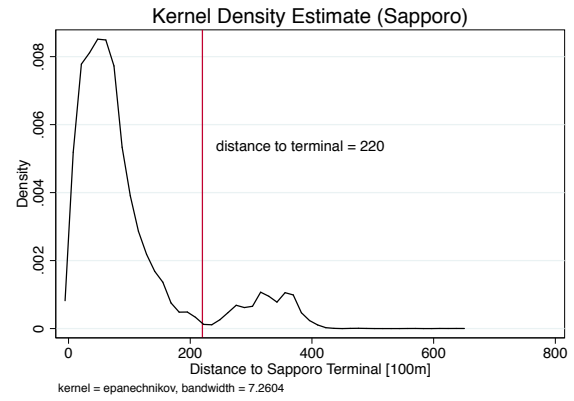


図-5: 札幌駅からの距離別企業分布 (札幌大都市圏, 全産業)

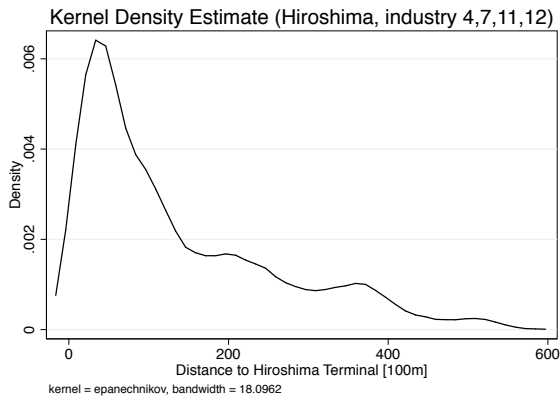


図-4: 広島駅からの距離別企業分布 (産業 5 以外)

を考慮することによって、交通結節点から同程度の距離帯に立地している企業同士での中心性と集積指標を比較することができる。具体的には、広島大都市圏では JR 広島駅、札幌大都市圏では JR 札幌駅からの距離 (distance to terminal, 単位: 100m) をそれぞれ制御変数に加えて分析を実施した²。結果を表-5 に示す。なお、紙面の都合上、ここでは Single-IV による結果のみを示す。広島大都市圏、札幌大都市圏のいずれについても、駅からの距離の回帰係数は、負で有意となっている。このことは、駅からの距離が大きくなるほど都市圏中心部の集積の中心から離れることを意味しており、妥当な結果といえる。

広島大都市圏については、広島駅からの距離を制御することによって、基本分析 (表-3) の結果では非有意であった産業 5 についても中心性の回帰係数が有意に転じている。したがって、以下のことが推察できる。広島大都市圏には、広島市の中心部を中心とした最大

規模の集積以外にも、広島駅から離れた地点を中心とする副都心的な集積が存在する。この副都心的な集積は産業 5 の企業を中心とした集積であり、広島駅からの距離が同程度の企業同士を比較すると、取引ネットワーク上で中心的な企業ほど、より集積の中心部に立地している。図-3, 4 は、それぞれ産業 5 と産業 5 以外の 4 つの産業について、広島駅からの距離に関するカーネル密度分布 (カーネル関数は Epanechnikov カーネルとした) である。これらの図からも、広島駅からの距離が約 200~250[×100m] の地点で産業 5 を中心とした集積が形成されていることがわかる。

一方、札幌大都市圏の場合は、札幌駅からの距離を制御しても産業 5 の回帰係数は負で、(7), (8) 列では依然として有意である。ただし、絶対値は基本分析の結果よりも小さくなっている。また、産業 7 の一部の結果が正ではあるものの非有意となるなど、広島大都市圏とは異なる立地の傾向にある可能性がある。

ここで、札幌大都市圏の 5 種類の全産業について、札幌駅からの距離のカーネル密度分布を調べてみると図-5 のようになっており、札幌駅からの距離が約 220[×100m] の地点にほとんど企業が立地していない空白の領域が存在している。すなわち、この空白の領域で境界として、札幌駅から約 220[×100m] 以内の範囲と約 220[×100m] 以遠の範囲では、異なる方向を向いた集積を形成していると推察できる。図-2 を詳細に見ると、札幌大都市圏においては、札幌市を中心とした集積と、小樽市・岩見沢市・千歳市の各々を中心とした小規模な集積が、札幌駅の半径約 220 [×100m] の円周上でゆるやかにつながっていることが確認できる。このことは、国勢調査の「通勤・通学割合」に基づいて設定した都市圏の範囲が、本研究の想定している、都市中心部から広がる単一中心的な集積の領域とは異なることを示唆している。

² 広島大都市圏 [札幌大都市圏] の各企業と広島駅 [札幌駅] との距離の算出においては、国土交通省国土政策局が提供する「国土数値情報ダウンロードサービス」の GIS データを用いた。

表-3: 基本分析 (広島大都市圏)

VARIABLES	OLS			IV			Single-IV		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
$\ln(eACC1)$		$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$
$D_4^{cl} \cdot \ln(\widehat{PR})$							0.642*** (0.179)	0.742*** (0.184)	0.664*** (0.177)
$D_5^{cl} \cdot \ln(\widehat{PR})$							0.229 (0.181)	0.256 (0.185)	0.208 (0.177)
$D_7^{cl} \cdot \ln(\widehat{PR})$							0.687*** (0.231)	0.770*** (0.251)	0.732*** (0.256)
$D_{11}^{cl} \cdot \ln(\widehat{PR})$							0.687*** (0.227)	0.851*** (0.236)	0.887*** (0.230)
$D_{12}^{cl} \cdot \ln(\widehat{PR})$							0.702*** (0.218)	0.738*** (0.230)	0.618*** (0.222)
$\ln(\ln(PR))$	0.0617** (0.0298)	0.0713** (0.0309)	0.0671** (0.0298)	0.414** (0.174)	0.469*** (0.180)	0.397** (0.172)			
$\ln(employee)$	0.0109 (0.0210)	0.0494** (0.0215)	0.0946*** (0.0207)	-0.0814 (0.0501)	-0.0547 (0.0517)	0.00811 (0.0496)	-0.102** (0.0504)	-0.0789 (0.0517)	-0.0191 (0.0497)
$\ln(capital)$	-0.0270 (0.0210)	0.00252 (0.0218)	0.0322 (0.0211)	-0.0665** (0.0291)	-0.0421 (0.0301)	-0.00485 (0.0289)	-0.0759*** (0.0292)	-0.0534* (0.0302)	-0.0174 (0.0291)
$\ln(lp)$	0.186*** (0.0198)	0.185*** (0.0207)	0.168*** (0.0200)	0.118*** (0.0386)	0.108*** (0.0400)	0.104*** (0.0386)	0.0911** (0.0395)	0.0742* (0.0408)	0.0671* (0.0393)
Ltd. dummy	0.254*** (0.0381)	0.282*** (0.0398)	0.278*** (0.0386)	0.267*** (0.0388)	0.296*** (0.0406)	0.290*** (0.0393)	0.262*** (0.0388)	0.291*** (0.0406)	0.287*** (0.0394)
Industry FEs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
F-test (1st stage)	-	-	-	47.36	50.59	50.92	126.23	126.23	126.23
R-squared	0.134	0.155	0.172	0.122	0.141	0.162	0.137	0.159	0.176

No. of Observations: 9,456

Robust standard errors in parentheses. ***, **, *; significant at 1%, 5%, 10%, respectively.

表-4: 基本分析 (札幌大都市圏)

VARIABLES	OLS			IV			Single-IV		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
$\ln(eACC1)$		$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$
$D_4^{cl} \cdot \ln(\overline{PR})$							0.262*** (0.0887)	0.269*** (0.0968)	0.227** (0.101)
$D_5^{cl} \cdot \ln(\overline{PR})$							-0.212** (0.0993)	-0.208* (0.107)	-0.139 (0.109)
$D_7^{cl} \cdot \ln(\overline{PR})$							0.396*** (0.117)	0.434*** (0.137)	0.457*** (0.152)
$D_{11}^{cl} \cdot \ln(\overline{PR})$							0.504*** (0.126)	0.621*** (0.140)	0.707*** (0.147)
$D_{12}^{cl} \cdot \ln(\overline{PR})$							0.637*** (0.116)	0.715*** (0.133)	0.731*** (0.144)
$\ln(PR)$	-0.0276 (0.0224)	-0.0194 (0.0243)	-0.0217 (0.0250)	0.105 (0.0858)	0.110 (0.0935)	0.104 (0.0971)			
$\ln(employee)$	0.0407*** (0.0152)	0.0811*** (0.0165)	0.132*** (0.0171)	0.00343 (0.0273)	0.0447 (0.0300)	0.0969*** (0.0314)	-0.0312 (0.0276)	0.00371 (0.0303)	0.0521 (0.0317)
$\ln(capital)$	0.0498*** (0.0148)	0.0859*** (0.0163)	0.108*** (0.0169)	0.0370** (0.0168)	0.0733*** (0.0184)	0.0963*** (0.0190)	0.0240 (0.0169)	0.0579*** (0.0185)	0.0790*** (0.0191)
$\ln(lp)$	0.110*** (0.0153)	0.110*** (0.0168)	0.114*** (0.0174)	0.0790*** (0.0249)	0.0795*** (0.0272)	0.0848*** (0.0283)	0.0426* (0.0253)	0.0375 (0.0276)	0.0418 (0.0287)
Ltd. Dummy	0.269*** (0.0290)	0.300*** (0.0307)	0.299*** (0.0309)	0.265*** (0.0292)	0.296*** (0.0309)	0.295*** (0.0311)	0.268*** (0.0293)	0.302*** (0.0310)	0.306*** (0.0312)
Industry FEs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
F-test (1st stage)	-	-	-	72.86	85.38	88.33	218.67	218.67	218.67
R-squared	0.166	0.226	0.268	0.163	0.224	0.267	0.173	0.233	0.275

No. of Observations: 11,516

Robust standard errors in parentheses. ***, **, *; significant at 1%, 5%, 10%, respectively.

そこで、札幌大都市圏については、札幌駅からの距離が 220 [×100m] より大きい範囲に立地している企業をデータから除外し、再度分析を行った（ただし、分析対象地域の変更に伴って地理的距離指標 $\ln(eACC)$ や社会的距離指標 $\ln(PR)$ を新たに計算し直すことはせず、表-4 と同一の値を用いた）。この新たな分析対象範囲を「札幌駅周辺エリア」と呼ぶこととし、分析結果を表-6 に示す。表-6 からわかるように、札幌駅周辺エリアには、札幌大都市圏の約 89% の企業が立地している。(1)–(3) 列は表-4 と同様、札幌駅からの距離を制御せずに分析した結果である。産業 5 の中心性の回帰係数が負で有意、その他の産業の回帰係数は正で有意となっており、表-4 と同様の結果となっている。ただし、(4)–(6) 列（札幌駅からの距離を制御した場合）の結果は、札幌駅からの距離の回帰係数は負であり、かつ 5 種類すべての産業について、中心性の回帰係数が正となっている。一部非有意ではあるものの、中心性が集積指標に与える影響の方向性としては、広島大都市圏の分析と同様の傾向が示唆されている。図-6, 7 は、札幌駅周辺エリアについて、図-3, 4 と同様に駅からの距離のカーネル密度推定を行った結果である。これらの図からも、札幌周辺エリアにおいては広島大都市圏と同様に、札幌駅から離れた地点（具体的には、札幌駅からの距離が約 150 [×100m] の地点）を中心とする副都心的な集積が存在し、この副都心的な集積は産業 5 の企業を中心とした集積であることがわかる。

以上から、国勢調査の通勤・通学割合に基づいて設定される 1.5% 都市圏と、本研究で想定する産業集積の空間的広がりの範囲は、一致しない可能性が示された。中でも、広島大都市圏と、札幌大都市圏の一部分である札幌駅周辺エリアにおいて、社会的距離 $\ln(PR_i)$ は地理的距離 $\ln(eACC_i)$ に正で有意な影響を及ぼす（すなわち、取引ネットワーク上でより中心的な位置にある企業ほど、集積の中心部に立地している）こと、ならびに、産業 5（製造業）は、駅周辺を中心とした集積とは別に、駅からの距離が 150~200 [×100m] 離れた地点を中心とする副都心的な集積を形成しており、副都心的集積においても、取引ネットワーク上の中心性 $\ln(PR_i)$ が高い企業ほど集積指標 $\ln(eACC_i)$ の高い地点に立地する傾向があることがわかった。また、産業 5 は他の産業と比べて、生産活動において広大な敷地面積を要するという特徴がある。ターミナル駅からの距離は、地代の代理指標（の逆数）にもなっていると解釈できる。基本分析において産業 5 のみが他の産業と異なる傾向を示したのは、必要な説明変数を考慮できていなかったためとも考えられる。

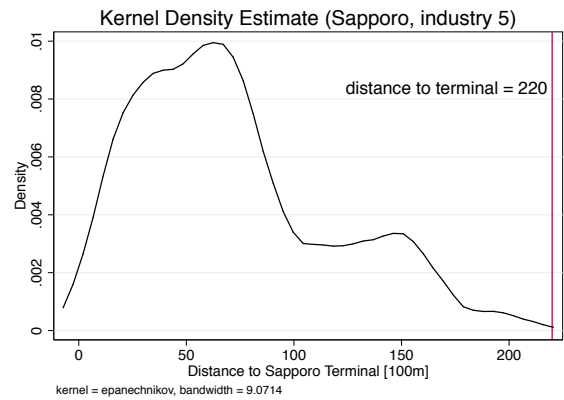


図-6: 札幌駅からの距離と企業分布（札幌周辺エリア、産業 5）

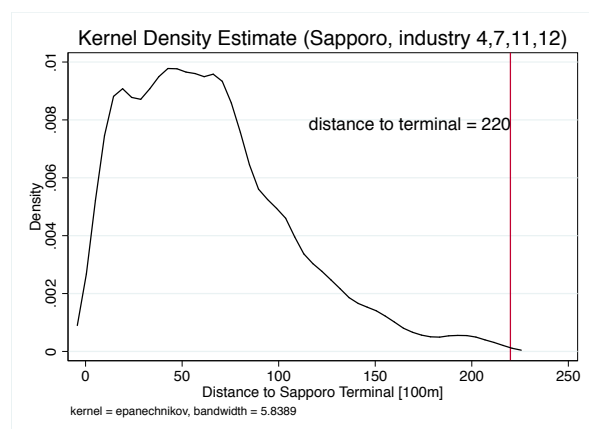


図-7: 札幌駅からの距離と企業分布（札幌周辺エリア、産業 5 以外）

5. 結論

本研究の目的は、「社会的距離が地理的距離に影響を与える」という仮説を、実際の企業間取引データに基づいて実証することである。仮説の検証にあたり、地理的距離が社会的距離に与える逆の因果性を考慮して、分析対象地域外の企業との取引数（内外取引数）を操作変数として 2 段階の最小二乗推定を行った。産業別の集積の傾向を捉えるにあたって、産業を分割して推定することに起因するサンプル数の減少と推定精度の低下を防ぐために、第 1 段階の推定において産業ダミーと社会的距離指標との交互作用項を個別に推定するのではなく、産業をプールして推定した社会的距離指標の予測値を交互作用項に代入する Single-IV method を適用することによって、より精度の高い推定結果を得ることができた。

基本分析の推定結果より、建設業、情報通信業、不動産業・物品賃貸業、学術研究・専門・技術サービス業の

表-5: 産業別の集積傾向

VARIABLES	広島大都市圏			札幌大都市圏		
	(1) ln(eACC1)	(2) ln(eACC2)	(3) ln(eACC3)	(4) ln(eACC1)	(5) ln(eACC2)	(6) ln(eACC3)
$D_4^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.871*** (0.0991)	0.952*** (0.123)	0.841*** (0.133)	0.163*** (0.0489)	0.182*** (0.0680)	0.153* (0.0797)
$D_5^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.565*** (0.0986)	0.566*** (0.121)	0.473*** (0.130)	-0.138** (0.0568)	-0.144* (0.0765)	-0.0847 (0.0870)
$D_7^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.790*** (0.125)	0.867*** (0.169)	0.818*** (0.198)	0.101 (0.0647)	0.160 (0.0985)	0.212* (0.124)
$D_{11}^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.829*** (0.121)	0.986*** (0.153)	1.006*** (0.169)	0.231*** (0.0659)	0.366*** (0.0954)	0.481*** (0.115)
$D_{12}^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.737*** (0.121)	0.774*** (0.156)	0.652*** (0.169)	0.259*** (0.0649)	0.366*** (0.0957)	0.424*** (0.117)
distance to terminal	-0.0113*** (0.000109)	-0.0103*** (0.000123)	-0.00876*** (0.000127)	-0.0117*** (0.000119)	-0.0104*** (0.000142)	-0.00899*** (0.000149)
ln(employee)	-0.133*** (0.0275)	-0.108*** (0.0342)	-0.0439 (0.0370)	-0.00233 (0.0155)	0.0304 (0.0216)	0.0758*** (0.0254)
ln(capital)	-0.0656*** (0.0160)	-0.0441** (0.0199)	-0.00962 (0.0216)	0.0389*** (0.00978)	0.0716*** (0.0134)	0.0911*** (0.0154)
ln(lp)	-0.0892*** (0.0213)	-0.0913*** (0.0267)	-0.0735** (0.0291)	-0.0198 (0.0143)	-0.0177 (0.0197)	-0.00539 (0.0230)
Ltd. Dummy	0.107*** (0.0221)	0.149*** (0.0279)	0.167*** (0.0304)	0.0846*** (0.0173)	0.138*** (0.0229)	0.164*** (0.0255)
Industry FEs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
F-test (1st stage)	123.9	123.9	123.9	213.95	213.95	213.95
R-squared	0.722	0.608	0.519	0.729	0.597	0.524

No. of Observations: 9,456 (広島大都市圏), 11,516 (札幌大都市圏)

Robust standard errors in parentheses. ***, **, *: significant at 1%, 5%, 10%, respectively.

4 産業について、中心性 $\ln(PR_i)$ が高い企業ほど集積の中心部（アクセシビリティ指標 $\ln(eACC_i)$ の高い地点）に立地する傾向が確認できた。さらに、分析対象の空間的範囲を適切に設定した上で、交通結節点としてのターミナル駅からの距離を制御することによって、製造業を含むすべての産業について、同様の（i.e. 中心性の高い企業ほど集積中心に立地する）傾向があることがわかった。ただし本稿では時間の制約上、分析対象地域を修正したものの、距離指標は 1.5% 都市圏に属する全サンプルを対象に算出した値を据え置きにしたまま、その一部のサンプル（札幌駅からの距離が 220 [×100m] 以下の範囲に立地する企業）のみを取り出して再分析を行った。4. においても述べたように、本来は分析対象地域の修正に伴って地理的距離指標 $\ln(eACC)$ や社会的距離指標 $\ln(PR)$ を新たに計算し直すべきである。

同時に、本分析の過程において、通勤・通学割合に基づく 1.5% 都市圏は、本研究の想定する都市中心部を中心とした単一中心的集積の空間的領域としては適していない（1.5% 都市圏の方が過大である）可能性が高いことがわかった。

また、本稿の分析では交通結節点として鉄道のターミナル駅からの距離を考慮することによって、複数の都市圏において類似した傾向を見出すことができた。都市圏と産業によっては、主要な交通結節点が空港や高

速道路 IC である可能性もある。今後他地域についても分析を行う際は、このことを考慮することによって、産業集積と交通施設整備との間の普遍的な性質を見出せる可能性がある。

今後、多様な地域に対して本分析と同様の分析手法を適用し、分析対象地域の設定が推定結果に与える影響を確認することを通じて、都市圏の設定方法を再検討する必要がある。

謝辞：本研究は科学研究費補助金挑戦的萌芽研究 C（課題番号：16K14320）の助成を受けて行った。また、独立行政法人経済産業研究所・研究プロジェクト「経済集積の空間パターンと要因分析のための実証枠組の構築」の一部として行ったものである。ここに記して感謝する。

表-6: 産業別の集積傾向 (札幌大都市圏, 札幌駅から半径 22km 以内)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$	$\ln(eACC1)$	$\ln(eACC2)$	$\ln(eACC3)$
$D_4^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.238*** (0.0763)	0.261*** (0.0920)	0.224** (0.0996)	0.0454** (0.0199)	0.0539 (0.0414)	0.0305 (0.0602)
$D_5^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	-0.339*** (0.0908)	-0.302*** (0.106)	-0.202* (0.110)	0.0424* (0.0220)	0.109** (0.0458)	0.181*** (0.0651)
$D_7^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.203** (0.102)	0.285** (0.132)	0.348** (0.152)	0.0597** (0.0251)	0.134** (0.0569)	0.210** (0.0908)
$D_{11}^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.391*** (0.104)	0.553*** (0.129)	0.675*** (0.143)	0.0844*** (0.0259)	0.227*** (0.0566)	0.373*** (0.0848)
$D_{12}^{icl} \cdot \ln(\widehat{PR})$	0.444*** (0.103)	0.563*** (0.129)	0.621*** (0.144)	0.0644** (0.0266)	0.158*** (0.0583)	0.245*** (0.0874)
distance to terminal				-0.0258*** (0.000107)	-0.0278*** (0.000206)	-0.0259*** (0.000274)
$\ln(employee)$	-0.00909 (0.0240)	0.0182 (0.0289)	0.0630** (0.0313)	-0.00393 (0.00635)	0.0235* (0.0131)	0.0677*** (0.0190)
$\ln(capital)$	0.0589*** (0.0154)	0.0886*** (0.0183)	0.103*** (0.0195)	0.0160*** (0.00399)	0.0422*** (0.00809)	0.0594*** (0.0113)
$\ln(lp)$	0.0139 (0.0221)	0.0148 (0.0265)	0.0220 (0.0285)	-0.00608 (0.00583)	-0.00677 (0.0120)	0.00167 (0.0172)
Ltd. Dummy	0.211*** (0.0264)	0.266*** (0.0307)	0.281*** (0.0319)	0.0210*** (0.00765)	0.0624*** (0.0147)	0.0906*** (0.0197)
Industry FEs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
F-test (1st stage)	196.16	196.16	196.16	191.75	191.75	191.75
R-squared	0.202	0.255	0.293	0.938	0.834	0.729

No. of Observations: 10,241

Robust standard errors in parentheses. ***, **, *: significant at 1%, 5%, 10%, respectively.

参考文献

- 小林潔司編著：知識社会と都市の発展，森北出版，1999.
- Marshall, A. : *Principles of Economics*, London: Macmillan, 1920.
- Beckmann, M. J. : Spatial equilibrium in the dispersed city, In: Papageorgiou, G. J. (Ed.), *Mathematical Land Use Theory*, Lexington, MA: Lexington Books, pp. 117-125, 1976.
- Duranton, G. and Puga, D. : Micro-foundations of Urban Agglomeration Economies, In: Henderson, J. V. and Thisse, J. F. (Ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 4, North Holland, pp. 2063-2117, 2004.
- Helsley, R. W. and Strange, W. C. : Urban interactions and spatial structure, *Journal of Economic Geography*, pp. 1-20, 2007.
- Fujita, M. and Thisse, J. F. : *Economics of Agglomeration—Cities, Industrial Location, and Regional Growth*, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- Lucas, R. E. : On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, Vol.22, pp. 3-42, 1988.
- Jackson, M. O. : *Social and Economic Networks*, Princeton: Princeton University Press, 2008.
- Ballester, C., Calvò-Armengol, A., and Zenou, Y. : Who's who in networks. Wanted: The key player, *Econometrica*, Vol.74, pp.1403-1417, 2006.
- Helsley, R. W. and Zenou, Y. : Social Networks and Interactions in Cities, *Journal of Economic Theory*, Vol.150, pp.426-466, 2014.
- Duranton, G. and Overman, H.: Testing for Localization Using Micro-geographic Data, *Review of Economic Studies*, Vol.72, pp.1077-1106, 2005.
- Nakajima, K., Saito, Y.U. and Uesugi, I.: Role of Inter-firm Transactions on Industrial Agglomeration: Evidence from Japanese Firm-level Data, RIETI Discussion Paper Series, 13-E-21, 2013.
- Itoh, R. and Nakajima, K.: Impact of Supply Chain Network Structure on FDI: Theory and Evidence, RIETI Discussion Paper Series, 14-E-27, 2014.
- Balli, H.O. and Sorensen, B.E.: Interaction Effects in Econometrics, *Empirical Economics*, Vol.45, pp.583-603, 2013.
- 総務省統計局：平成 22 年国勢調査最終報告書「日本の人口・世帯」，大都市圏・都市圏を構成する市区町村 (<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/final/pdf/r07-01.pdf>) (2017 年 7 月 27 日閲覧)
- 総務省統計局：平成 22 年国勢調査，人口等基本集計結果 (2017 年 7 月 27 日閲覧)
- 国土交通省国土政策局：国土数値情報ダウンロードサービス (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>) (2017 年 7 月 27 日閲覧)

An Empirical Study on Inter-firm Transaction Networks and Industrial Agglomeration in Cities

Yuki OHIRA, Toshimori OTAZAWA and Jos van OMMEREN