

大阪府内市区町村のネットワーク中心性と企業活動の順位相関分析

鵜飼 康東*

要約

本研究の目的は大阪府内経済における地域間相互依存関係を推計することである。基礎理論にネットワーク分析を用いる。第1に大阪府内72市区町村の隣接行列を作成する。第2にネットワーク分析においてノードと呼ばれる当該市区町村の7種の中心性指標を計算する。第3に内閣官房と経済産業省から提供されているRESASの産業構造データを用いて府内市区町村における企業単位付加価値額および企業単位労働生産性の2種の企業活動指標を抽出する。第4に7種の中心性指標と企業活動指標との間の順位相関係数を推計する。この結果、5パーセント水準で統計学的に有意であり、かつ最も相関係数が高い中心性指標は固有ベクトル中心性であることが判明した。この推計結果は英文学術誌に掲載された147編の企業間取引関係の統合・再解析の結果と類似している。非経済的に決定された行政区画間関係と経済的に決定された企業間取引関係の間に、特定の中心性指標についての統計的類似性が存在するという興味深い結果が得られた。

キーワード：大阪府内市区町村、ネットワーク分析、中心性、付加価値、労働生産性、順位相関

Key words: Cities and Districts in Osaka Prefecture, Network Analysis, Centrality, Additive Value, Labor Productivity, Rank Correlation

JEL Classification : C31, C81, D85, R12

目次

1. ネットワーク分析とは何か
2. 中心性指標の導出
3. 産業構造データの抽出
4. 順位相関分析
5. 分析結果と今後の検討課題

1. ネットワーク分析とは何か

ネットワーク分析は複数の相互作用を行う分析対象をプログラム・コード（ソース・コード）に抽象化して、分析対象の構造や行動を説明し、予測する技術である。

ネットワーク分析の理論的基礎は、数学者レオンハルト・オイラー(1707-1783)が「いわゆる一筆書き問題」として創出したグラフ理論である。しかし、プログラム・コードのパッケージが多数開発され、公開されているために、現代の実務家はほとんどグラフ理論を意識せずに分析を進めることができる。

さて、ネットワーク分析の適用対象は、蛋白質相互作用、神経ネットワークなどの生命科学分野、交通網、送電網、コンピュータ網などの工学分野、友人関係などの心理学分野、ポピュリズム発生などの政治学分野など、理系と文系の枠を越えて広範囲に及んでいる。しかし、経営学分野や経済学分野への応用は研究対象とするデータが少なく、分析ツールのパッケージを使いこなすために数か月の訓練時間が必要であるので、サプライ・チェーン分析や空間計量経済学などの特殊領域に限定されていた。

ところが、2021年末から始まった対話形式の生成人工知能が数年で日本社会に普及して、分析ツール・パッケージを使いこなすための訓練時間が数日間に短縮された。これに、2022年4月から高校教育必修科目となった「情報I」の教科書にPythonなどのコンピュータ言語での簡単なプログラミングが記載されるようになったこと、および、四年制大学社会科学系講義

* 関西大学名誉教授

群にコンピュータ言語 R を用いた統計処理が急速に普及したことが加わって、分析ツールの利用可能者が爆発的に増加した。考えてみれば、21 世紀に入ってから、経営学や経済学が研究対象とするデータは Web から地球規模で容易に入手可能となっている。したがって経営学や経済学、あるいは行政学のネットワーク分析は今後発展の余地がおおいにある。

ネットワーク分析では個々の分析対象はノードと呼ばれる。経済学の生産者や消費者、ゲーム理論のプレイヤーと同じような把握法である。この分析の特徴は分析対象が相互に連結されていることである。逆に言えば、相互に連結されていないものは分析対象ではない。この連結部分をリンクもしくはエッジと呼ぶ。折り紙細工に譬えれば、折り紙の頂点がノードで折り目はリンクである。

リンクには方向を有するものと方向を有しないものがある。本研究では簡単化のために無方向のリンクの場合のみを分析する。

ノードとリンクを明示的に記述した数式を隣接行列と呼ぶ。すなわち数式は日本の小中学校教育で馴染んだスカラー形式ではなく、高校教育で初めて学習するベクトル形式で記述される。日本の私立大学文科系学部で入試問題にベクトルを出題する例は少ないので、かつてはこの隣接行列がツール習得の障害であった。しかし、現在大学文系学部学生に就職対策として取得が奨励されている統計検定資格ではベクトルが出題されるので、ベクトル形式に文系大学学部卒業生の抱く違和感は低下している。

さて、本研究で分析対象とするのは大阪府内の 72 市区町村である。したがって、ノードの個数は 72 である。隣接行列は 72 の行と 72 の列をもつ正方行列として記述される。そこで、リンクの入力方法を以下に説明する。最初に、第 i 行第 j 列の正方行列の要素を X_{ij} と置く。次に、ある地区 i と他の地区 j が隣接しておれ

ば要素 X_{ij} は 1、隣接していなければゼロと置かれる。もちろん要素 X_{ij} が 1 ならば要素 X_{ji} も 1 となる。同様に、要素 X_{ij} がゼロならば要素 X_{ji} もゼロとなる。自明のことであるが、主対角線上の要素 X_{ii} はすべてゼロであり、隣接行列は主対角線で二つに折れば、裏の要素と表の要素が同一の数字になる対称行列である。

本研究では市販の大阪府地図から目視で隣接行列を手入力した。したがって、72 行 72 列の行列の 5,184 個の要素にゼロもしくは 1 の数字が散在している¹。

なお、以下の図表に明示されている地区番号と市区町村の対応は以下のごとくである。1、大阪市都島区。2、大阪市福島区。3、大阪市此花区。4、大阪市西区。5、大阪市港区。6、大阪市大正区。7、大阪市天王寺区。8、大阪市浪速区。9、大阪市西淀川区。10、大阪市東淀川区。11、大阪市東成区。12、大阪市生野区。13、大阪市旭区。14、大阪市城東区。15、大阪市阿倍野区。16、大阪市住吉区。17、大阪市東住吉区。18、大阪市西成区。19、大阪市淀川区。20、大阪市鶴見区。21、大阪市住之江区。22、大阪市平野区。23、大阪市北区。24、大阪市中央区。25、堺市堺区。26、堺市中区。27、堺市東区。28、堺市西区。29、堺市南区。30、堺市北区。31、堺市美原区。32、岸和田市。33、豊中市。34、池田市。35、吹田市。36、泉大津市。37、高槻市。38、貝塚市。39、守口市。40、枚方市。41、茨木市。42、八尾市。43、泉佐野市。44、富田林市。45、寝屋川市。46、河内長野市。47、松原市。48、大東市。49、和泉市。50、箕面市。51、柏原市。52、羽曳野市。53、門真市。54、摂津市。55、高石市。56、藤井寺市。57、東大阪市。58、泉南市。59、四條畷市。60、交野市。61、大阪狭山市。62、阪南市。63、島本町。64、豊能町。65、能勢町。66、忠岡町。67、熊取町。68、田尻町。69、岬町。70、太子町。71、河南町。72、千早赤阪村。

¹ 誌面の制約上、本稿には作成した隣接行列を掲載していない。ただし、学術研究および公共政策的研究に用いる場合には、大阪府商工労働総務課・大阪産業経済研究センターにご連

絡いただければ、隣接行列が掲載されている Web アドレスを所属機関あてに通知させていただく予定である。

図表 1 72 市区町村の中心性指標一覧

個票 番号	離心 中心性	近接 中心性	次数 中心性	標準化次数 中心性	固有ベクトル 中心性	情報 中心性	媒介 中心性
1	0.07692	0.00306	5	0.07042	0.68164	0.88404	22.80699
2	0.09090	0.00319	5	0.07042	0.49461	0.84815	73.96152
3	0.10000	0.00337	5	0.07042	0.46807	0.85406	188.29168
4	0.09090	0.00327	7	0.09859	0.79595	0.92579	91.08020
5	0.10000	0.00327	4	0.05633	0.44601	0.82225	17.71098
6	0.10000	0.00331	5	0.07042	0.60980	0.87537	30.24300
7	0.09090	0.00367	7	0.09859	1.00000	0.97250	402.56144
8	0.09090	0.00340	5	0.07042	0.74369	0.89375	30.40012
9	0.09090	0.00310	3	0.04225	0.26175	0.74219	53.72473
10	0.08333	0.00343	7	0.09859	0.77301	0.94114	426.76960
11	0.08333	0.00333	5	0.07042	0.77457	0.91093	32.96458
12	0.09090	0.00359	6	0.08450	0.82186	0.94794	99.70322
13	0.07692	0.00306	5	0.07422	0.56877	0.87295	35.72541
14	0.08333	0.00330	6	0.08450	0.77528	0.92370	82.70509
15	0.10000	0.00373	5	0.07042	0.73900	0.91797	145.37753
16	0.11111	0.00381	7	0.09859	0.84964	0.99315	407.73028
17	0.10000	0.00362	5	0.07042	0.68636	0.91999	64.62596
18	0.10000	0.00373	6	0.08450	0.81252	0.94042	213.80603
19	0.08333	0.00308	6	0.08450	0.51442	0.87842	165.62138
20	0.08333	0.00330	6	0.08450	0.57616	0.88969	108.12161
21	0.11111	0.00363	6	0.08450	0.64309	0.93491	347.14835
22	0.10000	0.00370	5	0.07042	0.64259	0.91866	199.10572
23	0.08333	0.00312	6	0.0845	0.75102	0.91109	66.53723
24	0.08333	0.00323	7	0.09859	0.97854	0.95371	86.18530
25	0.12500	0.00353	4	0.05633	0.44308	0.88407	352.87725
26	0.11111	0.00316	5	0.07042	0.34823	0.84407	25.69596
27	0.11111	0.00305	4	0.05633	0.33283	0.81153	6.82124
28	0.11111	0.00336	6	0.08450	0.35722	0.88103	633.26735
29	0.10000	0.00294	5	0.07042	0.26450	0.82853	33.62217
30	0.12500	0.00370	7	0.09859	0.65045	0.95561	457.80525
31	0.11111	0.00332	6	0.08450	0.51940	0.90310	139.44840
32	0.09090	0.00258	3	0.04225	0.04670	0.59013	448.00000
33	0.07692	0.00267	4	0.05633	0.20813	0.72492	64.11863
34	0.07142	0.00228	2	0.02816	0.06830	0.56783	0.00000
35	0.07692	0.00298	6	0.08450	0.41450	0.84148	194.46849

36	0.09090	0.00250	3	0.04225	0.06462	0.63455	0.50000
37	0.07142	0.00270	5	0.07042	0.22343	0.76200	85.82932
38	0.08333	0.00224	3	0.04225	0.00899	0.39998	390.00000
39	0.07692	0.00298	5	0.07042	0.40363	0.83646	40.29399
40	0.07142	0.00253	4	0.05633	0.14156	0.69090	18.75705
41	0.07142	0.00262	5	0.07042	0.23434	0.77297	114.03350
42	0.10000	0.00358	5	0.07042	0.50244	0.89056	261.79817
43	0.07692	0.00197	4	0.05633	0.00210	0.32627	268.00000
44	0.10000	0.00299	7	0.09859	0.34001	0.85057	168.92026
45	0.07692	0.00299	8	0.11267	0.38840	0.84334	209.49628
46	0.09090	0.00277	5	0.07042	0.22754	0.81683	99.68459
47	0.11111	0.00378	8	0.11267	0.82021	0.99163	550.13819
48	0.08333	0.00320	5	0.07042	0.39572	0.83211	246.32331
49	0.10000	0.00301	7	0.09859	0.19949	0.80797	605.89539
50	0.07142	0.00253	5	0.07042	0.17730	0.72574	63.24562
51	0.10000	0.00311	3	0.04225	0.22685	0.74477	21.43986
52	0.11111	0.00326	6	0.08450	0.42744	0.88175	167.37952
53	0.07692	0.00284	4	0.05633	0.31257	0.78231	2.83638
54	0.07692	0.00304	6	0.08450	0.43190	0.86041	222.65857
55	0.10000	0.00285	3	0.04225	0.11010	0.68053	24.65238
56	0.10000	0.00328	4	0.05633	0.35032	0.81327	25.95732
57	0.09090	0.00359	7	0.09859	0.79540	0.97624	489.55236
58	0.07142	0.00175	3	0.04225	0.00046	0.27272	138.00000
59	0.07692	0.00276	3	0.04225	0.16063	0.68272	19.42824
60	0.07142	0.00249	3	0.04225	0.12237	0.65875	0.83333
61	0.10000	0.00297	6	0.08450	0.36017	0.86107	38.98887
62	0.06666	0.00156	2	0.02816	0.00008	0.21686	70.00000
63	0.06666	0.00228	2	0.02816	0.00646	0.56761	0.00000
64	0.06666	0.00224	3	0.04225	0.07531	0.58592	70.00000
65	0.06250	0.00193	1	0.01408	0.01334	0.37328	0.00000
66	0.09090	0.00254	3	0.04225	0.05507	0.62128	4.00000
67	0.07692	0.00196	2	0.02816	0.00196	0.32237	0.00000
68	0.07142	0.00174	2	0.02816	0.00045	0.27135	0.00000
69	0.06250	0.00141	1	0.01408	0.00001	0.17910	0.00000
70	0.10000	0.00280	3	0.04225	0.15531	0.70045	15.70549
71	0.09090	0.00248	3	0.04225	0.10902	0.66689	0.50000
72	0.09090	0.00257	3	0.04225	0.11989	0.68597	7.11904

2. 中心性指標の導出

本研究では上記の隣接行列に基づき、R version 4.5.1(2025-606-13 ucrt)のパッケージである `igraph` と `sna` の関数を用いて、図表 1 に示されている各ノードの 7 種類の中心性指標を導出した。

中心性はネットワークにおける各頂点、すなわち本研究では各市区町村におけるネットワーク的な重要性を評価し、比較するための指標である²。

図表 1 の第 1 列には、ある頂点から他の頂点への境界の数の最大値である離心数の逆数をとった離心中心性³が明示されている。

第 2 列には、他の頂点への境界の数の最小値の合計の逆数をとった近接中心性⁴が明示されている。

第 3 列には、各頂点のリンクの数を示す次数中心性が明示されている。

第 4 列には、頂点の数が異なるネットワークを比較するために、次数を理論的最大値で割り算した値である標準化次数中心性⁵が明示されている。

第 5 列には、ある頂点を評価するためにはその頂点と隣接する頂点の中心性を反映させなければならないとして計算された固有ベクトル中心性⁶が明示されている。

第 6 列には、ネットワークに含まれる頂点間の最小数の経路以外の経路を考慮した中心性指標である情報中心性⁷が明示されている。

第 7 列には、ネットワークに含まれるある頂点が、他の頂点間の最小数の経路上に位置する程度を明示する媒介中心性⁸が明示されている。

各列が示しているネットワーク的重要性のランキングは決して同一ではない。

具体的に言えば、離心中心性が最大の市区町村は 25、堺市堺区と 30、堺市北区である。

近接中心性が最大の市区町村は 16、大阪市住吉区である。

次数中心性と標準化次数中心性が最大の市区町村は 45、寝屋川市と 47、松原市である。

固有ベクトル中心性が最大の市区町村は 7、大阪市天王寺区と 24、大阪府中央区である。

情報中心性が最大の市区町村は 16、大阪市住吉区である。

媒介中心性が最大の市区町村は 28、堺市西区である。

図表 1 における各列の基本統計量が図表 2 に示されている。

最終行の「SW 検定 p 値」は各中心性が正規分布をしているかどうかについて調べるために Shapiro-Wilk⁹検定にかけた結果である。各データの数はいずれの場合も 72 であるので Shapiro-Wilk 検定に適したデータ数である。帰無仮説は「データは正規分布に従う」であり、p 値はすべて 0.05 未満であり正規分布ではない可能性が高い。したがって、各市町村における企業活動指標と各中心性指標の相互関係を統計学的に推計する場合にデータの正規分布を前提として分析を行うことはできない。

なお、各中心性データを正規分布に近づけることを意図して、各中心性データの自然対数値をとり、これに対して Shapiro-Wilk 検定にかけてみた。この結果、ただひとつの中心性指標を除いて p 値はすべて 0.05 未満であり、同様に自然対数値データも正規分布ではない可能性が高いことが判明した。よって、本研究では自然対数値データを用いない。

3. 産業構造データの抽出

経営学分野では、最近企業の取引関係におけるネットワーク中心性が当該企業のパフォーマンスにどのような影響を与えているのかを

² 鈴木 (2017) 53 頁を参照。sna 内の関数 `graphcent()` を用いて導出される。

³ 鈴木 (2017) 54 頁の数式を参照。sna 内の関数 `closeness()` を用いて導出される。

⁴ 鈴木 (2017) 55 頁の数式を参照。sna 内の関数 `degree()` を用いて導出される。

⁵ 鈴木 (2017) 59 頁の数式を参照。

⁶ 鈴木 (2017) 60-61 頁の数式を参照。igraph 内の関数 `eigen_centrality()` を用いて導出される。

⁷ 鈴木 (2017) 72 頁を参照。sna 内の関数 `infocent()` を用いて導出される。

⁸ 鈴木 (2017) 67-72 頁、程度の計算の詳細を参照。igraph 内の関数 `betweenness()` を用いて導出される。

⁹ R の関数 `shapiro.test()` を用いて導出。

図表 2 中心性指標の基本統計量および正規分布の検討

各種統計量	離心 中心性	近接 中心性	次数 中心性	標準化次数 中心性	固有ベクトル 中心性	情報 中心性	媒介 中心性
最小値	0.0625	0.0014	1.0000	0.0140	0.0000	0.1791	0.0000
第 1 四分位	0.0769	0.0026	3.0000	0.0423	0.0368	0.6852	22.4700
中央値	0.0909	0.0031	5.0000	0.0704	0.3587	0.8390	71.9800
平均	0.0891	0.0030	4.6940	0.0662	0.3893	0.7652	141.5400
第 3 四分位	0.1000	0.0033	6.0000	0.0845	0.6427	0.8961	201.7000
最大値	0.1250	0.0038	8.0000	0.1127	1.0000	0.9931	633.2700
標準偏差	0.0100	0.0000	1.6800	0.0700	0.3900	0.2000	163.7900
歪度	0.2600	-0.7100	-0.1700	0.1000	1.0000	-1.3800	1.3400
尖度	-0.6800	-0.0700	-0.7800	-0.1700	0.2900	1.1200	0.8400
SW 検定 p 値	1.08×10^{-2}	5.00×10^{-3}	7.70×10^{-3}	8.40×10^{-3}	2.20×10^{-3}	1.51×10^{-7}	2.44×10^{-8}

統計学的に検討する研究が活発に行われている。そこで Nezami, Chisam & Plmatier(2025) は、英文学術誌に掲載された 147 編の企業間取引関係のネットワーク分析を統合して再解析を行った。その結果、固有ベクトル中心性が利潤をはじめとする企業のパフォーマンスに統計学的に有意な影響を与えていることが判明した。このような文献展望は Meta Analysis と呼ばれて医学・薬学・コンピュータ科学の分野では盛んに実施されている。

これに刺激を受けて、本研究では中心性指標と統計学的関係があるのではないかと予想される 72 市区町村の企業パフォーマンス指標を抽出することにした。

具体的には、内閣官房と経済産業省から提供されている RESAS¹⁰の産業構造データにおける 72 市区町村の企業単位付加価値額および企業単位労働生産性の 2 種の企業活動指標に着目した。

さらに、産業による偏りを検討するために全産業と製造業の 2 分類の企業単位付加価値額および企業単位労働生産性に着目した。これに加えて、長期的動向を把握するために 2012 年の

データと 2021 年の 2 期間のデータに着目した。

この結果、企業単位付加価値額に関して 2 分類 2 期間、72 市区町村で合計 288 の個票データを作成した。同様に、企業単位労働生産性に関しても 2 分類 2 期間、72 市区町村で合計 288 の個票データを作成した。

図表 3 に 72 市区町村の企業単位付加価値額（百万円表示）データの基本統計量が要約されている。

前節と同じく、最終行の「SW 検定 p 値」は 2 産業分類・2 期間の労働生産性が正規分布をしているかどうかについて検討するために Shapiro-Wilk 検定にかけた結果である。各データの数はいずれの場合も 72 であるので Shapiro-Wilk 検定に適したデータ数である。p 値はすべて 0.05 未満であり正規分布ではない可能性が高い。

また、図表 4 に 72 市区町村の企業単位労働生産性（千円/人）データの基本統計量が要約されている。

前節と同じく、最終行の「SW 検定 p 値」は 2 産業分類・2 期間の企業単位付加価値額が正規分布をしているかどうかについて検討する

¹⁰ <https://resas.go.jp/>

ために Shapiro-Wilk 検定にかけた結果である。各データの数はいずれの場合も 72 であるので Shapiro-Wilk 検定に適している。p 値はすべて 0.05 未満であり正規分布ではない可能性が高い。

したがって、各市町村における企業活動指標と各中心性指標の相互関係を統計学的に推計する場合にデータの正規分布を前提として分

析を行うことはできない。

なお企業活動データを正規分布に近づけることを意図して、各データの自然対数値を採り、これの変換データを Shapiro-Wilk 検定にかけてみた。この結果、p 値はすべて 0.05 未満であり、同様に自然対数値データもまた正規分布ではない可能性が高いことが判明した。よって、本研究では自然対数値データを用いない。

図表 3 72 市区町村企業単位付加価値の基本統計量および正規分布の検計

各種統計量	2012 年全産業 企業当付加価値 (百万円)	2021 年全産業 企業当付加価値 (百万円)	2012 年製造業 企業当付加価値 (百万円)	2021 年製造業 企業当付加価値 (百万円)
最小値	2,885	2,616	387	658
第 1 四分位	64,299	65,133	11,938	12,302
中央値	146,974	166,433	38,618	34,048
平均	304,581	376,117	91,966	100,965
第 3 四分位	268,778	314,695	89,747	94,716
最大値	52,111,662	5,917,572	1,251,912	1,382,856
SW 検定 p 値	3.73×10^{-16}	3.13×10^{-16}	3.37×10^{-15}	3.09×10^{-15}

図表 4 72 市区町労働生産性の基本統計量および正規分布の検計

各種統計量	2012 年 全産業労働生産性 (千円/人)	2021 年 全産業労働生産性 (千円/人)	2012 年 製造業労働生産性 (千円/人)	2021 年 製造業労働生産性 (千円/人)
最小値	2,302	951	2,027	2,134
第 1 四分位	3,510	3,708	4,328	4,803
中央値	3,984	4,377	5,024	5,637
平均	4,340	4,602	6,254	6,015
第 3 四分位	4,634	5,157	5,894	6,936
最大値	14,501	11,007	67,620	12,382
SW 検定 p 値	5.48×10^{-11}	4.38×10^{-5}	2.20×10^{-16}	3.47×10^{-5}

4. 順位相関分析

本研究のほとんどの市区町村データは正規分布ではないので通常の 2 変数間の相関係数を推計することはできない。そこで次善の策として Spearman の順位相関係数¹¹を推計すること

にした。

各中心性指標と企業単位付加価値額の間の順位相関係数の推計結果は図表 5 に示され、各中心性指標と企業単位労働生産性の間の順位相関係数は図表 6 に示されている。* がついて

¹¹ R の関数 cor.test(, , method="spearman")を用いて導

出される。

いる相関係数は 5 パーセント水準で統計学的に有意であった。したがって、企業単位付加価値額に関しては離心中心性が分析から排除され、企業単位労働生産性に関しては固有ベクトル中心性以外のすべての中心性指標が分析から排除される。

なお時間的変動の影響を推計するために各変数の時間に関する差分を掲載して Spearman の順位相関係数を推計したが、すべての係数が 5 パーセント水準で統計学的に有意ではなかった。

図表 5 および図表 6 における統計学的に有意な順位相関係数を観察すると、いずれの列においても固有ベクトル中心性は他の中心性指標よりも高い数値を示している。特に企業単位付加価値については 0.5 から 0.6 の間にあり正規分布の場合には正の相関があると判断される数値¹²である。もっとも当該数値は順位相関係数であるので軽率な判断はできない。

企業付加価値データと労働生産性データの順位相関係数に格差がある推計結果は興味深い。付加価値の源泉である利潤関数は売上高関数から費用関数を差し引いた概念である。費用関数は生産関数から導出される。企業努力は生産関数には投資を通じてしか反映されない。したがって、資本の生産性が明示されていない限り労働生産性は企業のパフォーマンスとしての説明力は弱い。

5. 分析結果と今後の検討課題

本研究の推計結果は何ら各変数間の因果関係を示すものではない。中心性指標が高いから企業活動が活発なのか、あるいは、中心性指標と密接な正の相関関係を持つ未知の社会的要因が高いから企業活動が活発なのかは、まった

く不明である。隣接行列は完全に外生¹³であるが、隣接行列を実験的に変化させて企業活動の仮想敵変化を観察する社会シミュレーションは可能かもしれない。

この推計結果は英文学術誌に掲載された 147 編の企業間取引関係の統合・再解析の結果と類似している。固有ベクトル中心性が決定的に重要なのである。

したがって、非経済的に決定された行政区間関係と経済的に決定された企業間取引関係に、特定のネットワーク中心性指標と企業活動成果の相関に関する統計的類似性が存在するという興味深い結果が得られたことになる。

さて、ここで大阪府以外の都道府県における域内市区町村の隣接行列を作成して統計学的に有意な順位相関係数を比較・検討すればどうであろうか。例えば、東京都 62 市区町村の隣接行列を作成して、大阪府 72 市区町村と比較ネットワーク分析を行えば、何らかの経済学的示唆が得られるかも知れない。その結果、2025 年末に公共政策的課題として急浮上した副首都構想に一石を投じることが可能かもしれない。今後の検討課題であろう。

【謝辞】

本研究に対して以下の方々から有益な助言を賜った。記して深謝する。関西学院大学経済学部教授（大阪産業経済リサーチセンター長）・小林伸生、大阪公立大学大学院情報学研究科教授・渡邊真治、東洋大学経済学部総合政策学科准教授・福井紳也、大阪府商工労働部総括研究員・町田光弘、同部主任研究員・北出芳久、同部主任研究員・廣岡昭彦、同部客員研究員・谷花佳介。

¹² 鄭、金（2011）115 頁の表 8.4 を参照。

¹³ 瀬、堤(2014) 20 頁の隣接行列分類を参照。なお本研究では R を用いたが Python になじんでいる最近の高校卒業生

には Menczer, Fortunato & Davis(2000)に紹介されているライブラリ NetworkX を用いる方が理解しやすいかもしれない。

図表 5 7 中心性指標と企業当付加価値の順位相関係数表

	2012 年全産業 企業当付加価値	2021 年全産業 企業当付加価値	2012 年製造業 企業当付加価値	2021 年製造業 企業当付加価値
離心中心性	0.0842	0.0188	0.0819	0.0238
近接中心性	*0.5105	*0.4702	*0.4622	*0.4395
次数中心性	*0.5183	*0.5013	*0.4310	*0.4701
標準化次数中心性	*0.5134	*0.4974	*0.4260	*0.4673
固有ベクトル中心性	*0.6034	*0.5844	*0.5246	*0.5342
情報中心性	*0.5661	*0.5377	*0.5019	*0.5042
媒介中心性	*0.4525	*0.4360	*0.3975	*0.4115

図表 6 7 中心性指標と労働生産性の順位相関係数表

	2012 年全産業 労働生産性	2021 年全産業 労働生産性	2012 年製造業 労働生産性	2021 年製造業 労働生産性
離心中心性	0.1514	0.0505	0.0605	-0.0106
近接中心性	*0.4285	*0.4076	0.1997	*0.2449
次数中心性	*0.3631	*0.3054	0.1720	*0.2692
標準化次数中心性	*0.3635	*0.3067	0.1697	*0.2745
固有ベクトル中心性	*0.4782	*0.4792	*0.2334	*0.3610
情報中心性	*0.4380	*0.4158	0.2158	*0.3122
媒介中心性	*0.3100	0.1728	0.1577	0.1414

〈参考文献〉

(単行本) 英文

Filippo Menczer, Santo Fortunato, and Clayton A. Davis(2020), *A First Course in Network Science*, Cambridge University Press.

(論文) 英文

Mehdi Nezami, Natalie Chisam, Robert W. Plmatier(2025), Network centrality and firm performance: A meta-analysis, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 53:79-104.

(単行本) 和文

鈴木努 (2017)、『ネットワーク分析 第2版』Rで学ぶデータサイエンス 第8巻、共立出版。

瀬谷創、堤盛人(2014)、『空間統計学-自然科学から人文・社会科学まで-』、統計ライブラリー、朝倉書店

鄭躍軍、金明哲 (2011)、『社会調査データ解析』、Rで学ぶデータサイエンス 第17巻、共立出版