

大都市圏における 都市開発の空間的法則性¹

竹 内 啓 仁
神 頭 広 好

I はじめに

都市圏の設定に関する研究は、経済地理学および都市経済学の各分野で比較的多くなされており、計量地理学の分野では、都市間の人口移動や商圏においてグラビティモデルが用いられている。さらにはグラビティモデル²を包括する空間的相互作用モデル³は、Willson (1967)⁴に負うところが大きい。これは出発点人口と到着点人口の制約のもとで移動可能性の組み合わせを最大化させることによって距離の抵抗係数などが推計される。一方ミクロ経済学的観点からグラビティモデルを導いているものにNiederhorn and Bechdorf (1967)⁵がある。最近では神頭 (2000) および

1 本論文は、愛知大学経営学会主催 (2012年, 2月17日, 車道校舎) のワークショップ (観光と交通のまちづくり) において発表したものにもとづいている。

2 この基本的モデルについては、Isard (1956) を参照せよ。

3 これについては、石川 (1988) によって整理されている。

4 この邦訳については、田淵 (下総薫 (監訳), 1987年, pp. 170-194) を参照せよ。

5 この邦訳については、田淵 (下総薫 (監訳), 1987年, pp. 195-206) を参照せよ。なお、このモデルを応用したものに神頭 (1990) がある。

竹内（2010）ではグラビティモデルにもとづいて商圈分析で利用されるライリー＝コンバースモデルとランク・サイズモデルを応用することによって駅勢圏の分析がなされている。

本論では、都市圏の定義というよりはむしろ都市圏の存在を仮定した上で、都市圏の中心都市と隣接する都市の空間的様相について分析する。ちなみに巨大都市圏、とりわけ首都圏には副都心とみなせるいくつかの都市が存在するが、その数は比較的小さな都市圏においてはほとんど少ないように思われる。このような様相からも分かる通り、都市のプッシュする力とブルする力関係から、大都市圏における中心都市とそれに隣接する都市、比較的小さな都市圏における中心都市とそれに隣接する都市とではそれぞれ相互作用の内容が異なっていることが考えられる。

ここでは、ランク・サイズモデルをニュートンの重力モデルにもとづく相互作用モデルに応用することによって、大都市圏における円形都市を仮定して最大都市である中心都市の規模、都市の数、都市規模格差および交通条件との関係についてシミュレーション分析を試みる。

空間的都市開発モデル

モデルの構築に際し、つぎの諸仮定が設定される。

- (1) ここでの都市の形状は円形である。また大都市圏の中心部にランク1都市としての最大都市⁶が立地しており、そこからすべての都市は接続している⁷。さらに都市は少なくとも3つ以上あり、どの方向で

6 これは、人口規模および都市面積において最大の都市を指す。

7 実際に、諸外国を問わず都市圏の定義については中心都市へ通う人口の割合と都市の接続性から設定されている。わが国の都市圏の定義は、国勢調査にもとづいて行われている。また最近の米国の都市圏の定義については、O'Sullivan, A. (2009, pp. 12-14) によって説明されている。ちなみに円形のこ

大都市圏における都市開発の空間的法則性

あれ都市の規模に対してランク・サイズの法則が成立している。

- (2) 大都市圏における都市の人口規模，都市から都心部への移動人口（通勤，通学者），都市の面積および都市開発のレベル⁸は比例的である。
- (3) 都市の中心部には企業や人口が相対的に集中しており，各都市間の交通手段は同一で中心地間の距離は直線（最短距離）で測られる⁹。

上記の仮定を踏まえた上で，都市圏における都市開発の様相については，つぎの図1および図2で描くことができる。各図では大都市圏が最大都市から右水平方向にのみ描かれている。

ケース1：最大都市とランク2都市が隣接する都市の規模と順位（ランク）

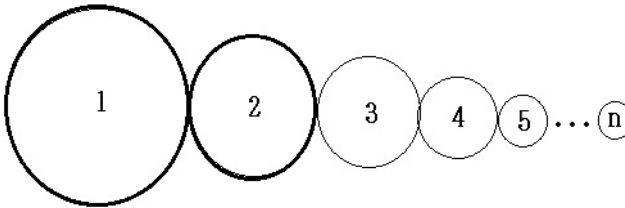


図1

注) 図中の太線の2つの円は，本論の対象となる円形都市である。（図2同様）

ンパクトシティをベースにした都市圏論については，神頭（2010）を参照せよ。

8 これについては，公共交通サービス，居住サービスなどの空間的公共サービスの水準を指す。

9 これについては，より大きな都市は中心部への公共交通サービスが充実しており，規模の経済によって運賃も安い。一方より小さな都市は中心部への公共交通サービスが充実していないものの中心部への距離が短いために運賃が安く済む。その結果，ここでは各都市において中心部への運賃率を均等として無視され，各都市間の交通条件だけが取り上げられている。

ケース 2：最大都市とランク n 都市が隣接する都市の規模と順位（ランク）

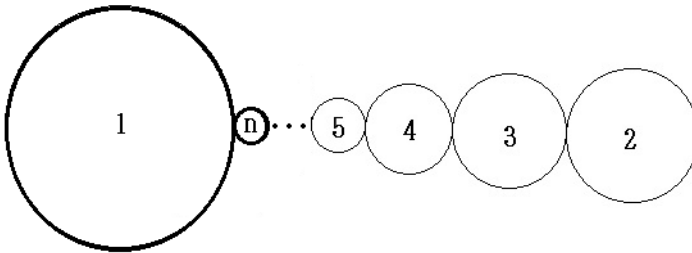


図 2

なお、副都心は都心との空間的關係において明らかではないが¹⁰、ケース 1 は副都心を有する都市が最大都市に隣接するケース、ケース 2 は副都心が最も離れて存在しているケースとも考えられる。

ここでの最大都市とランク n 都市、最大都市とランク 2 都市間の引力としての相互作用は、

$$I_{1n} = \frac{P_1 P_n}{D_{1n}} \quad (1) \quad \text{および} \quad I_{12} = \frac{P_1 P_2}{D_{12}} \quad (2)$$

で表される。ただし、 P_1 は最大都市の人口、 P_2 はランク 2 都市の人口、 P_n はランク n 都市の人口、 D_{1n} は最大都市とランク n 都市間の距離、 D_{12} は最大都市とランク 2 都市間の距離、 α は距離の抵抗係数を、 I_{1n} は最大都市とランク n 都市の引力、 I_{12} 最大都市とランク 2 都市の引力をそれぞれ示す。

まず、仮定 (1) から都市は円形であり、各都市の人口密度を 1 とすると、各都市の人口は、

10 これについては、副都心の定義にもよるが、東京大都市圏においては千代田区、中央区および港区を合わせて都心と呼ばれており、副都心は新宿区、渋谷区などである。最近では、さいたま市や横浜市なども副都心もしくは新副都心とも呼ばれている。このことから、隣接している副都心もあれば離れた副都心もある。

大都市圏における都市開発の空間的法則性

$$P_1 = r_1^2 \quad (3) \quad P_n = r_n^2 \quad (4) \quad \text{および} \quad P_2 = r_2^2 \quad (5)$$

で表される。ただし、 r_1 は最大都市の半径を、 r_n はランク n 都市の半径を、 P_2 はランク 2 都市の半径をそれぞれ示す。

ここで、大都市圏においてランク・サイズの法則が適用されると、ランク n 都市の人口 P_n およびランク n 都市の半径 r_n は、それぞれ

$$P_n = \frac{P_1}{n} \quad (6) \quad \text{および} \quad r_n = \frac{r_1}{n^{0.5}} \quad (7)$$

で表される。ただし、 β は都市人口のランク弾力性を意味する格差係数¹¹を示す。

さらに、最大都市とランク n 都市、最大都市とランク 2 都市の各都市が隣接している条件として、各中心地間を最短距離によって 1 本の道路または鉄道で結ばれているとすると、各都市間の距離は、

$$D_{1n} = r_1 + r_n \quad (8) \quad \text{から} \quad D_{1n} = r_1 + \left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right) \quad (9)$$

および

$$D_{12} = r_1 + r_2 \quad (10) \quad \text{から} \quad D_{12} = r_1 + \left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right) \quad (11)$$

でそれぞれ表される。したがって、各ケースにおける都市間の引力としての相互作用は、

$$I_{1n} = \frac{P_1 P_n}{D_{1n}} = \frac{(r_1^2)(r_n^2)}{(r_1 + r_n)} = \frac{\frac{r_1^4}{n^2}}{r_1 \left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right)} = \frac{\frac{r_1^4}{n^2}}{r_1 \left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right)} \quad (12)$$

および

11 これは、 β が大きいほど都市の人口規模または都市面積に格差があることを意味する。

$$I_{12} = \frac{P_1 P_n}{D_{12}} = \frac{(r_1^2)(r_n^2)}{(r_1 + r_n)} = \frac{\frac{r_1^4}{2}}{r_1 \left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right)} = \frac{\frac{r_1^4}{2}}{r_1 \left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right)} \quad (13)$$

で表される。(12) 式を (13) 式で除することによって I_{1n} と I_{12} との相対的
大きさは、

$$\frac{I_{1n}}{I_{12}} = \frac{\frac{\frac{r_1^4}{n}}{\left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right)}}{\frac{\frac{r_1^4}{2}}{\left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right)}} = \left(\frac{2}{n}\right) \left[\frac{1 + \frac{1}{2^{0.5}}}{1 + \frac{1}{n^{0.5}}} \right] \quad (14)$$

で表される。さらに、ランク n 都市と隣接する最大都市の半径を R_1 とし
て、ランク 2 都市と隣接する最大都市の半径を r_1 として、(14) 式を整理
すると、

$$L = \left(\frac{R_1}{r_1}\right)^4 \cdot \left(\frac{2}{n}\right) \left[\frac{1 + \frac{1}{2^{0.5}}}{1 + \frac{1}{n^{0.5}}} \right] = M^4 \cdot \left(\frac{2}{n}\right) \left[\frac{1 + \frac{1}{2^{0.5}}}{1 + \frac{1}{n^{0.5}}} \right] \quad (15)$$

で表される。ただし、 $L = \frac{I_{1n}}{I_{12}}$ 、 $M = \frac{R_1}{r_1}$ である。

以下では (15) 式の L (最大都市とランク n 都市の相互作用に対する
最大都市とランク 2 都市の相互作用 (以後これを「相対的相互作用」と呼
ぶ)) と都市のランク n (または都市数としての n) についてシミュレー
ション分析を試みる。

- (a) 相対的相互作用と都市数との関係については、図 3 からランク n
都市と隣接している最大都市の半径が、ランク 2 都市と隣接している
最大都市の半径よりも大きいほど (すなわち、相対的開発レベル M

大都市圏における都市開発の空間的法則性

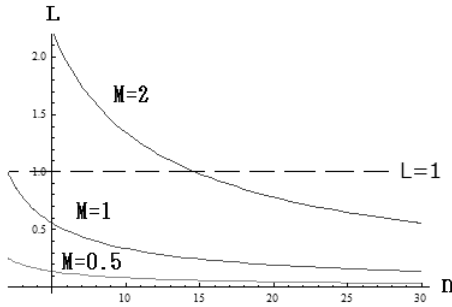


図 3

が高いほど)、都市のランクが大きい (n が小さい) か、大都市圏における都市の数が少ないほど相対的相互作用 (最大都市とランク n 都市の相互作用 / 最大都市とランク 2 の都市の相互作用) は大きく、その相対的相互作用の大きさは都市の数が増えるにつれて小さくなる。ちなみに、各ケースの隣接都市の相互作用が等しい $L=1$ の場合は、 M が大きいほど大都市圏における都市の数が多いたことが分かる。図 3 は、 $M=2$, $M=1$, $M=0.5$, $\beta=2$, $2 \leq n \leq 30$ で描かれている。

(b) 相対的相互作用と都市規模格差との関係については、図 4 からラン

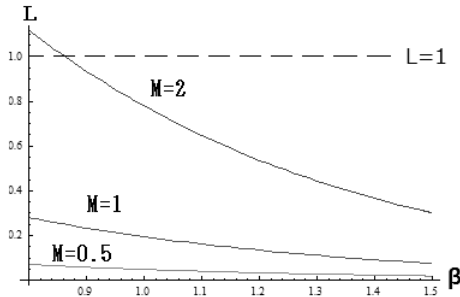


図 4

ク n 都市と隣接している最大都市の半径が、ランク 2 都市と隣接している最大都市の半径よりも大きいほど（すなわち、相対的開発レベル M が高いほど）、都市格差が小さい（ α がゼロに近い）ほど相対的相互作用は大きくなる。ちなみに、隣接都市の相互作用が等しい $L = 1$ の場合は、 M が大きいほど都市圏における都市の人口規模格差が高いことが分かる。図 4 は、 $M = 2$, $M = 1$, $M = 0.5$, $n = 50$, $\alpha = 2$, $0.8 \leq \alpha \leq 1.5$ で描かれている。

- (c) 相対的相互作用と交通条件との関係については、図 5 から $\alpha = 4$ までではランク n 都市と隣接している最大都市の半径が、ランク 2 都市と隣接している最大都市の半径よりも大きいほど、大都市圏の交通条件が良い（ α がゼロに近い）ほど、相対的相互作用が大きい。ただし、ランク n 都市と隣接している最大都市の半径が、ランク 2 都市と隣接している最大都市の半径よりも小さい場合は、交通条件が悪いほど相対的相互作用は急増する。さらに、 $\alpha = 4$ を超えると、ランク n 都市と隣接している最大都市の半径が、ランク 2 都市と隣接している最大都市の半径よりも小さいほど、相対的相互作用が高くなる。これについては、大都市圏において極端に交通条件が悪いケースであり、こ

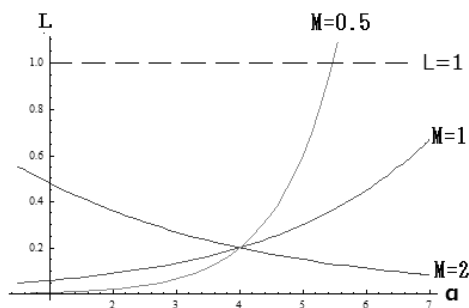


図 5

れまでの実証研究において例外的な範囲であると考えられる。ちなみに、隣接都市の相互作用が等しい $L=1$ の場合は、 M が小さいほど都市圏における交通条件が悪いことが分かる。図 5 は $M=2$, $M=1$, $M=0.5$, $n=50$, $0.5 \leq \leq 7$, $=1$ で描かれている。

上記を整理すると、あくまでも相対的ではあるが、大都市圏において都市の数が少なく、さらに都市の規模に格差がなく、最大都市の規模が大きく、交通条件が良いほど最大都市とこれに隣接するランク n 都市との相互作用は、最大都市とこれに隣接するランク 2 都市の相互作用よりは大きい。

総合的考察

ここでは、分析結果の解釈を容易にするために、上記のケース 1 (図 1) を副都心を有するランク 2 都市が最大都市に隣接するケース、ケース 2 (図 2) を副都心を有するランク 2 都市が最大都市から最も離れて存在しているケースとする。また、仮定 (2) にもとづいて都市の人口規模、都市面積および都市開発レベルが比例しているとして、上記の (a) から (c) について、また都市を駅勢力圏に代えた場合について以下の考察がなされる。

- (1) (a) において、各ケースにおける最大都市に隣接している都市 (以後、隣接都市) の相対的相互作用の効果 (最大都市とそれに隣接するランク n 都市の相互作用対最大都市とそれに隣接するランク 2 都市の相互作用) は、都市圏における都市の数が少ないほど、副都心が最も離れて存在する大都市圏の方が相対的に大きくなる。
- (2) (b) において、隣接都市の相対的相互作用の効果は、都市圏における都市規模の格差が小さいほど、副都心が最も離れて存在する大都市圏の方が相対的に大きくなる。

- (3) (c)において、隣接都市の相対的相互作用の効果は、都市圏における交通条件が比較的良好な場合 (< 4) は、副都心が最も離れて存在する大都市圏の方が相対的に大きい。一方都市圏における交通条件が比較的良好でない場合 ($4 \leq$) は、副都心が存在しないか副都心が最大都市に隣接している大都市圏の方が相対的に急増する。
- (4) 都市の様相が異なる大都市圏において隣接都市の相対的相互作用が長期的に等しい場合を $L=1$ とすると、ケース (1) およびケース (2) において、隣接する都市間のプッシュプルによる相互作用が等しい場合は (12) 式および (13) 式から、

$$\frac{\frac{r_1^{4 \cdot 2}}{2}}{\left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right)} = \frac{\frac{r_1^{4 \cdot 2}}{n}}{\left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right)} \quad (16)$$

で表され、これが成立するのは最大都市の人口規模（またはそれと比例する開発レベル）が等しいケース ($r_1 = R_1$) であるならば、 $n=2$ でなければならない。これは仮定 (1) の $3 \leq n$ に反する。

つぎに、図 7 では大都市圏における最大都市に主要な駅が 4 つ存在している。説明を簡単化するために東西に 2 つの鉄道路線が広がっている場合、隣接都市の駅に対して相対的相互作用が長期的に均衡している場合は $L=1$ であることから、最大都市の駅勢圏（またはそれと比例する駅を中心とする開発レベル¹²）が異なるケース ($r_1 \neq R_1$) を考えて見よう。

(16) 式から、これを变形すると、

$$\frac{\left(1 + \frac{1}{n^{0.5}}\right)}{\left(1 + \frac{1}{2^{0.5}}\right)} = \frac{\frac{R_1^{4 \cdot 2}}{n}}{\frac{r_1^{4 \cdot 2}}{2}} \quad (17)$$

12 これは、道路や駐車場などの空間的整備などのレベルが含まれる。

で表される。(17) 式を整理すると,

$$\left(\frac{1 + \frac{1}{n^{0.5}}}{1 + \frac{1}{2^{0.5}}} \right) = \frac{\frac{R_1^{4-\beta}}{n^2}}{\frac{r_1^{4-\beta}}{2}} \left(\frac{R_1}{r_1} \right)^{4-\beta} \left(\frac{2}{n} \right) \quad (18)$$

となる。さらに (18) 式から,

$$\frac{R_1}{r_1} = M = \left[\left(\frac{n}{2} \right) \left(\frac{1 + \frac{1}{n^{0.5}}}{1 + \frac{1}{2^{0.5}}} \right) \right]^{\frac{1}{4-\beta}} \quad (19)$$

が導かれる。(19) 式についてシミュレーション分析をすると、図 6 から最大都市の駅とランク n 都市の駅の相互作用と最大都市の駅とランク 2 都市の駅の相互作用が等しい場合、大都市圏における都市の駅数 n が多いほど、都市の駅規模の格差を示す M が大きいほど、ランク n 都市の駅勢圏と接している最大都市の駅勢圏の半径が、ランク 2 都市の駅勢圏と接している最大都市の駅勢圏の半径よりも相対的に大きいことを示唆している。図 6 は (19) 式の M について $2 \leq n \leq 50$, $\beta = 2$, $0.8 \leq \beta \leq 3$ で描かれている。

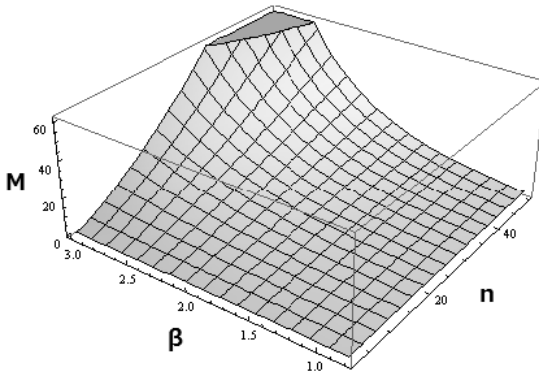


図 6

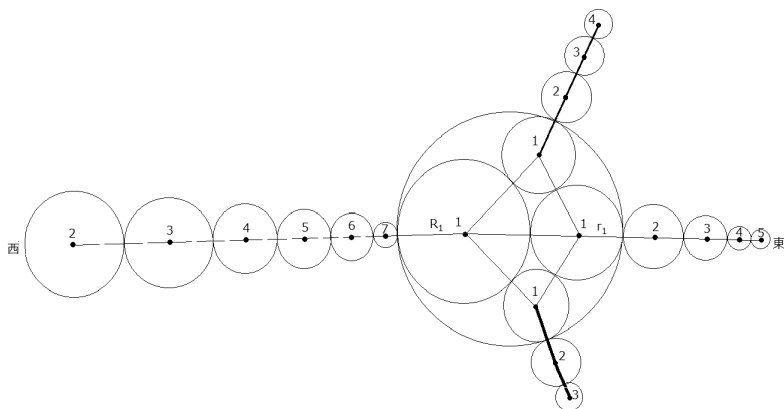


図7 大都市圏における鉄道の形状

注) 図中の点線から太線にかけて交通条件が良好な路線を示している。また、円形の最大都市における4つの駅勢圏の各路線においてランク1の駅を結ぶダイヤ形は環状線を示している。ただし、環状線の交通条件の良し悪しについては比較できないことに注意を要する。

図7は、図6の解釈にもとづいて最大都市において西方へ向かうターミナル駅の駅勢圏の開発レベルが相対的に高い場合は、西方路線の駅の数相対的に多く、駅勢圏規模の格差が大きいのを示している。一方最大都市において東方へ向かうターミナル駅の駅勢圏の開発レベルが相対的に低い場合は、東方路線の駅の数相対的に少なく、駅勢圏規模の格差が小さいことを示している。ちなみに、最大都市における駅勢圏の大きさは、駅までの道路、バスなどの公共サービス、駐車場などが整備されていることを示しており、このことが鉄道需要を誘発する開発と比例していると言える。

おわりに

本稿では、大都市圏において大きな中心都市ほど空間的に都市開発が行き渡ると、都心部の開発にリターンする傾向が高くなること、またこの傾向と同時に縁の地域において居住に関するサービスが時間とともに悪化すること、さらにそれと隣接している都市の開発が外部効果を享受することなく停滞することなどが考えられる。一方地方の中心都市のように車社会によってもたらされる郊外化で周辺地域の交通、商業および居住に関する開発が活発化されること、またそれらの開発によって交通条件や居住に対するサービスが行き届き、さらにその開発に影響されて隣接した都市および地域の開発が進むことなどが考えられる。その結果、中心都市が衰退する可能性もある。このような考察のもとで円形都市からなる大都市圏のもとで都市の開発レベルがもたらしている最大都市（大都市圏の中心都市）と隣接する都市との関係について、副都心が最大都市から最も離れている都市圏のケースと副都心が最大都市と隣接しているケースの2つのケースを考慮して、大都市圏における都市規模の格差、都市の数および交通条件の良し悪しの程度（距離の抵抗係数）が、相対的相互作用の効果（最大都市とランク n 都市の相互作用対最大都市とランク 2 都市の相互作用）にどのように影響するかについてシミュレーション分析を試みた。その結果、相対的相互作用の効果は都市の数が少ないほど、都市規模の格差が小さいほど、副都心が離れて存在する都市圏の方が高くなることが分かった。また、2つのケースにおける隣接都市の相互作用が等しい（均衡している）場合、最大都市の開発レベルは事後的であっても、大都市圏における都市規模格差が大きく、都市数が多いほど副都心が都心から最も離れている大都市圏の最大都市の方が副都心が都心に隣接している最大都市よりも相対的に高いことが分かった。ただし、都市の大きさについては都市の人口規

模，都市の面積および都市開発のレベルがそれぞれ比例的であるという仮定が存在する。また副都心の定義をする必要はあるが，ここでは単に副都心をランク 2 の都市の都心部としている。

今後は，大都市圏における各都市の中心部に駅が立地していることを仮定して，本モデルを駅勢圏および駅周辺開発のモデルに発展させ，実証する必要がある。

参考文献

- Isard, W. (1956) *Location and Space-Economy*, The M.I.T. Press (木内信蔵 監訳『立地と空間経済。朝倉書店，1964年])
- Krugman, P. (1995) *Development, Geography, and Economic Theory*, The MIT Press (邦訳 - 高中公男『産業発展と産業立地の理論』文眞堂，1999年)
- Niedercorn, J. H. and Bechdorf Jr., B. V., An economic derivation of the 'Gravity Law' of spatial interaction, *Journal of Regional Science*, 9, 1967, pp. 273-282.
- O'Sullivan, A. (2009) *Urban Economics*, 7ed., McGraw-Hill
- Willson, A. G. (1967) A statistical theory of spatial distribution models, *Transportation Research*, 1, pp. 253-269.
- 石川義孝『空間的相互作用モデル——その系譜と体系——』地人書房，1988年
- 木村和範『ジニ係数の形成』北海道大学出版会，2008年
- 神頭広好「行動仮説に基づく重力タイプの地域効用モデル」『愛知経営論集』愛知大学法経学会，第122号，1990年，pp. 17-32.
- 神頭広好『駅の空間経済分析——3大都市圏の主要鉄道を対象にして——』古今書院，2000年
- 神頭広好『都市の空間経済立地論——立地モデルの理論と応用——』古今書院，2009年
- 神頭広好「コンパクトシティの都市圏の構想に向けて——幾何学から見た都市圏の定義——」『経営総合科学』愛知大学経営総合科学研究所，第93号，2010年，pp. 1-21.
- 下総 薫 (監訳)『都市解析論文選集』古今書院，1987年
- 竹内啓仁「わが国の都心 - 空港間の駅勢圏の研究」経営総合科学第94号，愛知大学経営総合科学研究所，2010年，pp. 47-67

大都市圏における都市開発の空間的法則性

[謝辞]

この場を借りて、愛知大学経営学会主催（車道校舎，2012年2月17日）の講演会において、ご講演を頂いた川嶋辰彦先生（学習院大学名誉教授）に謝意を表する次第である。