

移動損失基準による地域施設密度と人口密度の理論的關係に関する研究

THEORETICAL RELATIONSHIP BETWEEN FACILITY DENSITY
AND POPULATION DENSITY DETERMINED
BY MINIMIZING TRAVEL COST OF USERS

鈴木 勉*

Tsutomu SUZUKI

This paper derives a precise form of the relationship between facility density and population density from the general assumption that facilities locations are determined in such a way as to minimize the travel distance of users. Models generally lead to an exponential function with an exponent, and especially, the 'minisum' standard derives that facility density is proportional to population density raised to the two-thirds power. After the application of this theoretical relationship to empirical relations, it is found that some public facilities confirm the result. The exponent of public facilities tends to be smaller than that of retail stores.

Keywords: population density, facility density, travel cost, location-allocation model

人口密度, 施設密度, 移動損失, 立地配分モデル

1. はじめに

地域公共施設の望ましい整備水準は、都市・地域計画における古典的ともいえる研究課題である。整備水準を決定する要因としては、人口とその年齢構成、人口変動、産業構造、施設利用の季節的・時間的変動などが考えられ、より現実的には、敷地条件、交通基盤整備状況、住民の要望、財政状況なども重要な決定要因となることも多い。しかし、この内、最も基本的で重要な要因は人口であろう。施設の配置を評価する際には、サービス圏人口そのものや、施設までの距離、施設の容量など人口分布に影響される指標が頻りに用いられる。特に、生活上必要性が高く、公共性の高いサービスを提供する施設については、人口が最も基本的で重要な決定要因といえる。

例えば、学校や公園等の公共施設の充足度を論じる際、しばしば人口当たりの施設数という指標が用いられる。例えば、一般的に、小学校については人口およそ1万人当たりに1校、中学校についてはおよそ2万人当たりに1校が設置の目安とされている。病院・診療所についても、重度の患者を受け入れる第三次指定医療機関はおよそ100万人当たり1施設といった設置基準が設けられている。

勿論、施設のもつ機能によっては、施設配置の評価尺度は異なる。施設計画論によれば、施設配置の評価指標としては、一般に、施設機能に応じて、表1に示すような様々なものが考えられるとされて

いる(柏原(1991)¹²⁾。ところが、こうした評価尺度から導かれる理論的な配置基準を議論した研究例は、思いの外少ない。現実には人口密度の違いが人口当たり施設数やその基準にも影響を及ぼしており、人口の広がりも加味した施設基準に関する議論が必要である。

本論文は、評価尺度から理論的に施設数と人口の関係を明らかにし、マクロな関係として施設密度(単位面積当たり施設数)が人口密度(単位面積当たり人口;但し、施設利用人口は人口に比例すると考える)の累乗に比例するという一般式を導くと同時に、施設数のデータから理論的関係を検証するための実証分析を行うことを目的とする。

本論文では、表1の評価指標のうち、移動損失指標である平均利用距離と最大利用距離に着目し、それぞれを最小にする施設配置を考える。前者は、施設利用者の施設までの移動コストの平均(需要が所与の場合は総和と同義)を最小化することを目的とするものであり、この評価基準をminisum基準と呼ぶことにする(median問題に対応)。この基準は、利便性を重視する施設を中心に広範に適用される。また後者は、施設利用者のうち施設まで最も移動コストの大きい人のそれ(移動コストの最大値)を最小化することを目的とするものであり、この評価基準をminimax基準と呼ぶことにする(center問題に対応)。この基準は、緊急性を重視する施設等に適用

* 筑波大学社会工学系 講師・博士(工学)

Assistant Prof., Institute of Policy and Planning Sciences,
University of Tsukuba, Dr. Eng.

される。また、前述のように、その地域の人口に比例して配置する施設数を決定する、すなわち、施設密度と人口密度とが比例関係にあるように配置を決めるという基準を、人口基準と呼ぶことにしておく。

続く2章では、関連する既存研究を簡単にレビューし、3章で各基準に対応させて、施設密度と人口密度の理論的關係を導く。そして4章では、実際の都道府県別の公共施設及び小売店舗の密度と人口密度の關係を明らかにし、3章で導かれる理論との対応を検証する。最後に、5章で本論文の結論と課題をまとめる。

表1 施設配置の評価基準 (柏原(1991)¹²⁾)

分類	指標
① 利用者数指標	総利用者数
② 移動損失指標	平均移動距離
	最大移動距離
	累積値移動距離
③ 満足性指標	満足圏人口
	満足者数
	重複圏人口
④ 平等性指標	施設間格差率
	地域間格差率
	最小地域利用率
	最小施設利用率
	施設数

2. 既存研究のレビュー

人口密度が高い地域ほど施設密度も高い、あるいは、高くすべきであるということは、一般に当然のこととして理解されているが、両者の關係を定量的に明示した例は少ない。

施設配置を考える上で最も基本的な median 問題を対象としたものでは、立地配分モデルからのアプローチによって、Iri et al. (1984)¹⁰⁾ が連続需要型の配置問題を定式化し、Voronoi 図を用いた地理的最適化手法によって解を求めている。連続需要型モデルを用いることにより、一様な人口分布の他に、Tanner-Sherratt 分布、Newling 分布等の一様な人口分布についても解を求めているが、施設の最適配置は数値的に求められていて、人口密度との対応を定量的に明示してはいない。一般には、median 問題を扱う研究の多くがネットワーク空間での定式化を行っているが、ネットワーク空間上では施設分布と人口分布の關係を明確に論じることは困難である。

施設配置問題としてではなく、独自のアプローチによる研究として、Palmer (1973)¹⁷⁾ が最適なサービス地点密度を最短距離の理論から、Stephan (1972, 1977, 1988)²²⁾²³⁾²⁴⁾、Stephan and McMullin (1981)²⁰⁾ が自治体などの領域分割の最適な単位を時間最小化の理論から、Gusein-Zade (1982a, b, 1993)⁶⁾⁷⁾⁸⁾ は中心地理論に基づき人口の一様な平面における中心地分布を、それぞれ観点や対象は異なるがほぼ同一の方法で導いたり、その実証を行ったりしている。栗田 (1996)¹⁴⁾ が都市施設数決定モデルから導出した最適施設数は、Stephan らの結果と同等のものである。また、鈴木(1990)²⁷⁾ は、多種のサービスを提供する施設群の最適階層構造を導く過程で、需要(施設利用頻度)と施設密度の關係を導いている。これらの關係は、minisum 基準における最適施設密度と共通の枠組みで議論できるものであり、本論文ではこれらの研究のエッセンスを施設密度理論として位置づけ(Stephan は「規模密度仮説」と呼んだ)、次章で詳しく議論する。

施設密度に関する実証的研究としては、例えば柏原(1991)¹²⁾ が大阪市の公共施設を例に計測しているが、人口密度との関連には触れていない。貞広(1992, 1998)¹⁹⁾²⁰⁾ は、小売店舗を対象に人口分布との關係を議論しているが、分析されている相関は施設密度と人口密度の比例關係に留まっている。本研究では、4章で公共施設と小売店舗について上述の施設密度理論との対応關係の実証分析を試みることにする。

3. 施設密度と人口密度の理論的關係

(1) 前提

図1のように、ある地域に人口(図中○)が分布し、そこにサービスを提供する点的施設(図中●)を配置することを考える。人口、施設数とも十分大きいとし、それらの分布は平面上のなめらかな連続関数で表現できるものとする。

Stephan (1977)²³⁾ と同様の以下の4つの仮定をおく。

- ① 全人口(あるいは地点に依らない一定割合の人口)が施設を利用し、最近隣の施設を選択する。
- ② 施設利用頻度は、利用者から施設までの距離に依存しない。
- ③ 移動コストは、距離に比例する。
- ④ 施設コストは、利用者の多寡によって決まる施設規模に依存しない。したがって、総施設数が一定の場合、施設コストは定数として無視できる。

①の仮定から、施設の圏域は図1の実線で示されるような Voronoi 領域となる。一般には施設利用率は施設からの距離に従って低下するという關係にあり、上記の仮定は満たされないが、近距離の利用者が多い地域施設では妥当であると考えられる。

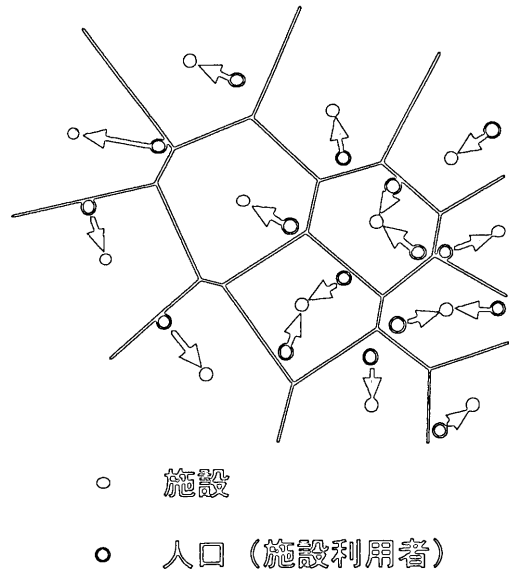


図1 施設の立地と圏域

(2) 2地域モデルによる導出

(a) minisum 基準での施設密度

図2に示すように、2つの等積の平面領域 A, B があり、それぞれに施設を立地させることを考える。それぞれの人口密度を p_A, p_B 、施設密度を n_A, n_B とし、いずれも各領域内で一様であるとする。総人口は所与とすると、総距離の最小と平均距離の最小は同義なので、

いま、両地域の施設密度の和 $n=n_A+n_B$ は一定（総施設数一定と同じ）であるとした場合に、両地域における施設までの平均距離 \bar{d} を最小化する施設数の地域配分を考えると、これは以下の問題を解くことにより得られる。

$$\min_{n_A, n_B} \bar{d} = \frac{P_A d_A + P_B d_B}{P_A + P_B}, \quad (1)$$

s.t. $n_A + n_B = n.$

但し、 d_A, d_B はそれぞれ領域 A, B での施設までの平均距離であり、仮定より、 k を定数として次式で与えられる。

$$\begin{cases} d_A = k/\sqrt{n_A}, \\ d_B = k/\sqrt{n_B}. \end{cases} \quad (2)$$

両領域の面積が 1 である場合、図 1 のように施設の圏域形状がおおよそ正六角形であるとすれば、定数 k は

$$k = \frac{4+3\log 3}{24} \left(\frac{2\sqrt{3}}{3} \right)^{3/2} \approx 0.3772$$

であり、また、近似的に円であるとすれば $k = 2/(3\sqrt{\pi}) \approx 0.3761$ である。(1)式の問題は制約条件付最適化問題であり、Lagrange 未定乗数法で解くことができる。(2)式を用い、 λ を未定乗数として Lagrangean は

$$L = \frac{k}{p} \left(\frac{P_A}{\sqrt{n_A}} + \frac{P_B}{\sqrt{n_B}} \right) - \lambda(n - n_A - n_B) \quad (3)$$

となる（但し、 $p=p_A+p_B$ ）ので、一階の条件

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial n_A} = -\frac{k}{2p} \frac{P_A}{n_A^{3/2}} + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial n_B} = -\frac{k}{2p} \frac{P_B}{n_B^{3/2}} + \lambda = 0 \end{cases} \quad (4)$$

を解いて、

$$\frac{n_B}{n_A} = \left(\frac{P_B}{P_A} \right)^{2/3} \quad (5)$$

という関係が導かれる。すなわち、minisum 基準による最適な施設密度の比は、人口密度の比の 2/3 乗に比例する。

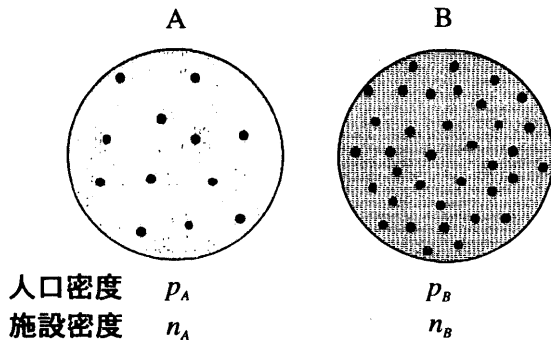


図 2 2 地域モデル

(b) minimax 基準での施設密度

どちらの領域にも人口が僅かとも存在する ($p_A > 0, p_B > 0$) ならば、minimax 基準による施設配置は均等配置となり、施設密度は人口密度に依存せず、両領域とも同一となる。すなわち、

$$\frac{n_B}{n_A} = 1 \quad (6)$$

となる。

(c) 人口基準での施設密度

人口に比例して施設数を決定する人口基準による場合は、

$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{P_B}{P_A} \quad (7)$$

が成り立つ。この考えは、施設の容量が一定であり、施設でのサービスレベルを公平にするとした場合に適用される。

また、公共施設でなく小売店舗などの営利施設では、事業採算を成立させるために一定水準以上の人口を集客することが必要であり、自由競争による均衡が成り立っていれば、人口基準が基本となると考えられる。Bunge (1966)³⁾により検討された人口密度を可変とした中心地理論(Central Place Theory)のための密度変換に関する研究からは、人口基準と同じ結果、すなわち、中心地密度は人口密度に比例するという結果が導かれている (Dickens and Lloyd (1972)⁵⁾ 等参照)。

(d) 施設密度と人口密度の理論的關係

以上をまとめると、配置基準毎の施設密度と人口密度の關係は、以下のように整理される。施設密度が人口密度の α 乗に比例するとすれば、

- minimax 基準 : $\alpha=0$
- minisum 基準 : $\alpha=2/3$
- 人口基準 : $\alpha=1$

ということになる。

(3) 連続モデルによる minisum 基準での關係の導出

minisum 基準による(2)(a)の關係については、これと同等のことが、Palmer (1973)¹⁷⁾, Gusein-Zade (1982a, b)⁶⁷⁾, Stephan (1977)²³⁾, 鈴木 (1990)²⁷⁾等によって明らかにされている。これらに共通する本質的な議論は、以下のようにまとめられる。

いま、図 3 のような人口密度が一樣でない連続領域 D (連結でなくてもよい) を考える。 D 内の地点 x 近傍の微小領域 (面積 dS) における人口密度 (所与) 及び施設密度ともにそれぞれ $p(x), n(x)$ と表せるとする。施設数が十分大きい場合には、微小領域では施設密度は一樣としてよいので、施設までの平均距離は近似的に

$$d(x) = k/\sqrt{n(x)} \quad (8)$$

となる (k は前出)。これを用いれば、施設までの平均距離を最小化する問題は、総人口を

$$P = \int_D p(x) dS \quad (9)$$

として、

$$\begin{aligned} \min_{n(x)} \bar{d}[n(x)] &= \frac{1}{P} \int_D d(x) p(x) dS \\ &= \frac{k}{P} \sum_i \int_{D_i} \frac{p(x)}{\sqrt{n(x)}} dS, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{s.t. } \int_D n(x) dS = N$$

と表せる。但し、 D_i は i 番目の施設の区域、 N は総施設数 (所与) である。この汎関数最適化の解も Lagrange 未定乗数法で以下のようによくすることができる。Lagrangean を

$$L[n(x)] = \int_D \left\{ \frac{kp(x)}{P\sqrt{n(x)}} + \lambda n(x) \right\} dS \quad (11)$$

とすると、停留条件は

$$-\frac{k}{2P} \frac{p(x)}{\{n(x)\}^{3/2}} + \lambda = 0 \quad (12)$$

となるので、整理すると

$$n(x) = C\{p(x)\}^{2/3} \quad (13)$$

という関係が得られる (C は定数)。すなわち、施設密度が人口密度の $2/3$ 乗に比例する状態が平均距離の最小をもたらす。

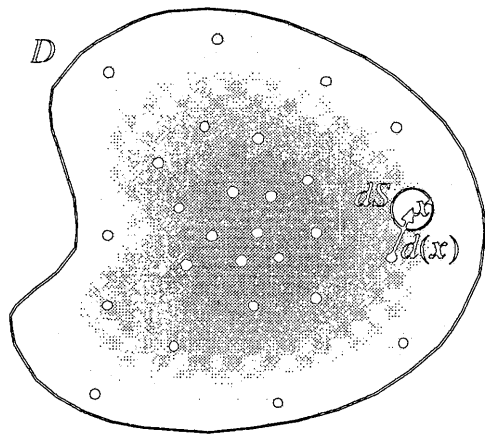


図3 連続モデル

こうした関係は、施設密度とその平方根の逆数の和を最小化するという(11)式の形から導かれ、栗田(1996)¹⁶⁾の最適施設数や笠原・古山(1998)¹¹⁾の階層構造をもつ木の中継点の最適個数を導く際の目的関数もこれと同じ構造を持っている。

但し、実際の施設利用では、利用頻度が距離に依存していたり、移動の距離抵抗が距離に比例しないなど、(1)での前提が成り立たない場合には、 α は $2/3$ という値からは外れる (Palmer (1973)¹⁷⁾, Gusein-Zade (1993)⁸⁾。

4. 現実の施設関係の検証

本章では、3章で導いた理論的關係を、実際の施設データによって検証する。対象とする施設は、学校 (幼稚園、小学校、中学校、高等学校)、公園、図書館、公民館、保育所、郵便局、消防署、病院・診療所などの地域公共施設 (但し、民営のものも含む)、及び各種小売店舗である。ここでは、施設数が十分大きいという仮定を満たすため、都道府県別に集計したデータを用いる。地域公共施設の施設数は、平成8年版公共施設状況調¹⁸⁾に基づき¹⁹⁾、また密度計算の基となる面積については、森林・原野や湖沼などを除いた可住地面積をベースとする。対する人口は、平成7年国勢調査のものを使用する。

3章から導かれる一般式

$$n = Cp^\alpha \quad (14)$$

に当てはめ (n は箇所数/km², p は人/ha), quasi-Newton 法による最小二乗法を用いて施設種類別の C と α を求めた結果は、説明済み分散比の平方根 R とともに、表2のようになった。

α の値は概ね 0.6~1.2 となり、施設の種類によって差があることがわかる。小・中学校、保育所、郵便局などは $2/3$ に近い値となる一方、図書館、診療所、公園の α の値は 1 を超え、人口基準以上に施設が人口の多い地域に偏っている。都市公園については、定められた誘致距離に対応した一定の基準で設置されているため、人口にほとんど比例する結果になっていると考えられる。図書館については規模の経済性や地方部でワンセンターシステムが多いことがこのような結果をもたらしていると考えられる。小学校や保育所などは、これらの施設と比べて利用距離がより決定的な要因となっていることが、 α の値が相対的に小さい理由であると推測できる。緊急施設の一つである消防署は、 α の値は 0 にはならないまでも、0.62 と小さい。

他方、小売店舗の α は平均的に 1 近くの値となり、全般的に公共施設の α の値よりも大きい傾向にある。これは、Bunge(1966)²⁰⁾が検討した中心地理論から導かれる関係と整合するものである。なお、診療所や幼稚園は民間の占める割合が大きく、病院や保育所等と比べて α の値が大きいのは、小売店舗と同様、営利性も支配要因となるためと考えられる。

現実の施設は、既述のいくつかの基準が複合的に勘案されて決定

表2 施設種類別の α

施設種類	調査年月日	C	α	R	全国平均施設密度 (箇所数/km ²)
歯科診療所	H6.10.1	0.0146	1.344	0.981	0.457
図書館	H7.3.31	0.0010	1.171	0.976	0.019
一般診療所	H6.10.1	0.0404	1.170	0.981	0.684
食肉小売業	H6.7.1	0.0123	1.162	0.982	0.197
野菜・果実小売業	H6.7.1	0.0188	1.162	0.977	0.320
男子服小売業	H6.7.1	0.0156	1.154	0.974	0.256
写真機・写真材料小売業	H6.7.1	0.0064	1.111	0.952	0.092
靴・履物小売業	H6.7.1	0.0130	1.072	0.969	0.169
婦人・子供服小売業	H6.7.1	0.0631	1.064	0.972	0.749
書籍・文房具小売業	H6.7.1	0.0510	1.047	0.971	0.575
公園	H7.3.31	0.0579	1.037	0.976	0.673
米穀類小売業	H6.7.1	0.0248	1.036	0.955	0.273
時計・眼鏡・光学眼鏡小売業	H6.7.1	0.0150	1.023	0.978	0.167
金物・荒物小売業	H6.7.1	0.0181	1.001	0.966	0.181
菓子・パン小売業	H6.7.1	0.0900	0.977	0.981	0.845
スポーツ用品・がん具・娯楽用品・楽器小売業	H6.7.1	0.0370	0.965	0.983	0.333
医薬品・化粧品小売業	H6.7.1	0.0807	0.954	0.980	0.696
百貨店	H6.7.1	0.0020	0.953	0.985	0.018
乾物小売業	H6.7.1	0.0073	0.930	0.921	0.058
自転車小売業	H6.7.1	0.0175	0.910	0.935	0.142
家庭用縫紉器具小売業	H6.7.1	0.0788	0.873	0.974	0.542
幼稚園	H7.5.1	0.0176	0.871	0.963	0.119
呉服・服地・寝具小売業	H6.7.1	0.0509	0.865	0.952	0.339
家具・道具・器小売業	H6.7.1	0.0537	0.862	0.964	0.353
陶磁器・ガラス器小売業	H6.7.1	0.0107	0.839	0.910	0.065
病院	H6.10.1	0.0126	0.824	0.942	0.078
中学校	H7.5.1	0.0156	0.794	0.965	0.090
鮮魚小売業	H6.7.1	0.0535	0.769	0.922	0.279
自動車小売業	H6.7.1	0.1145	0.756	0.981	0.572
酒小売業	H6.7.1	0.1519	0.749	0.951	0.738
高等学校	H7.5.1	0.0082	0.733	0.981	0.039
小学校	H7.5.1	0.0484	0.669	0.959	0.196
保育所	H6.10.1	0.0494	0.663	0.905	0.192
郵便局	H7.3.31	0.0515	0.649	0.916	0.196
総務小売業	H6.7.1	0.1576	0.626	0.982	0.576
消防署	H7.4.1	0.0037	0.617	0.924	0.013

されており、それぞれの重みは施設種類毎に様々であると考えられる。したがって、どの α が妥当かを論じるのは困難だが、 α は今後の施設整備に関する政策方向を論じる上での一つのマクロ指標として有用であると思われる。

また、ここで示した施設密度や人口密度は、都道府県という集計単位で計算されたものであるが、実際には一つの集計単位の中でも密度が様でない。集計単位の取り方によって、 α の値は変わってくる。この点は実証する上で残された課題である。

5. 結論と今後の課題

本論文では、最近隣施設選択や距離に非弾力的な需要、距離に比例する移動コスト等のいくつかの仮定の下で、移動損失を最小化する地域施設の望ましい密度が人口密度で決まることを定量的に示し、以下のことを明らかにした。

- ① 移動損失の最小化の理論から、施設密度は人口密度の α 乗に比例するという関係に一般化でき、minimax 基準、minisum 基準、人口基準の場合の α はそれぞれ0, 2/3, 1となる。
- ② 都道府県別の可住地面積当たりの施設数と人口の関係から上記の理論的關係を検証した結果、 α は、小・中学校や保育所、郵便局については minisum 基準の 2/3 に近い値となる一方、図書館や診療所、公園については 1 を超え、消防署は小さい値となる。小売店舗の α は、その多くが 1 に近い値をとる。

こうした関係の意味については、4章において解釈を行ったが、より踏み込んだ議論のためにはさらなる施設毎の詳細な検討を要する。しかし、上記の結論は、地域施設の設置基準や社会資本投資の地域配分の再検討、行政システムの再編に伴う行政区分とその階層構造の検討などに有用であると考えられる。

なお、施設規模や機能によるサービスの質の違いを全く考慮していない点や、施設近傍では施設密度が一定という滑らかな分布を前提としている点、実証分析における計測方法上の集計問題など、現実の施設配置を検討する際には問題となるであろう課題が残されている。

筑波大学社会学系腰塚武志教授及び匿名の査読者には貴重なご意見を頂いた。ここに記して謝意を表します。なお、本研究は、平成 10 年度科学研究費補助金(奨励研究(A):課題番号 10780273)による研究の一部である。

注

注 1)但し、病院・一般診療所・歯科診療所については厚生統計要覧平成 7 年版¹³⁾、消防署については平成 7 年版消防白書²¹⁾、郵便局については平成 6 年度郵政行政統計年報(郵便編)²⁹⁾に依った。

参考文献

- 1)Beaumont, J.R.: "Location-allocation Models and Central Place Theory," in Ghosh, A. and G. Rushton (eds.): *Spatial Analysis and Location-allocation Models*, Van Nostrand Reinhold, 21-54, 1987.
- 2)Beavon, K.S.O.: *Central Place Theory: A Reinterpretation*, Longman, 1977.
- 3)Bunge, W.: *Theoretical Geography*, Lund Studies in Geography, Series C, Number 2, Lund: G.W. Gleerup, 1966.
- 4) (財) 地方財務協会: 平成 8 年版公共施設状況調, 1997.
- 5)Dicken, P. and P.E. Lloyd: *Location in Space: Theoretical Perspectives in Economic Geography*, Third Edition, 1972. (邦訳 伊藤喜栄監訳: 立地

- と空間 - 経済地理学の基礎理論- (上・下), 古今書院)
- 6)Gusein-Zade, S.M.: "Models of Region Size in a Hierarchical Administrative-territorial System," *Soviet Geography*, 22, 599-607, 1982a.
 - 7)Gusein-Zade, S.M.: "Bunge's Problem in Central Place Theory and its Generalizations," *Geographical Analysis*, 14, 3, 246-258, 1982b.
 - 8)Gusein-Zade, S.M.: "Alternative Explanations of the Dependence of the Density of Centers on the Density of Population," *Journal of Regional Science*, 33, 4, 547-558, 1993.
 - 9)伊理正夫監修・腰塚武志編: 計算幾何学と地理情報処理, 共立出版, 1986.
 - 10)Iri, M., Murota, K. and Ohya, T.: "A Fast Voronoi-diagram Algorithm with Applications to Geographical Optimization Problems," in P. Thoft-Christensen (ed.) *Lecture Notes in Control and Information Science*, Vol. 59: *System Modelling and Optimization*, Proceedings the IFIP Conference on System Modelling and Optimization, Copenhagen, Springer, Berlin, 273-288, 1984.
 - 11)笠原一人・古山正雄: 「最短木および階層を有する木の長さに関する考察」, 日本建築学会計画系論文集 第 504 号, 155-161, 1998.
 - 12)柏原士郎: 地域施設計画論, 鹿島出版会, 1991.
 - 13)厚生省大臣官房統計情報部編: 厚生統計要覧 平成 7 年版, (財) 厚生統計協会, 1996.
 - 14)栗田治: 「都市施設の数を決めるための数理モデル」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, 90-91, 1996.
 - 15)中村和郎・高橋伸夫編: 地理学講座 1 地理学への招待, 古今書院, 1988.
 - 16)大澤義明: 「地域施設計画モデルにおける計画施設数と最適配置及び最適距離との関係」, 日本建築学会計画系論文集 第 482 号, 165-174, 1996.
 - 17)Palmer, D.S.: "The Placing of Service Points to Minimize Travel," *Operational Research Quarterly*, 24, 121-123, 1973.
 - 18)Rushton, G.: "Map Transformations of Point Patterns: Central Place Patterns in Areas of Variable Population Density," *Regional Science Association Papers*, 28, 111-129, 1972.
 - 19)貞広幸雄: 「都市人口分布と店舗分布の比例関係についての考察」, 日本建築学会計画系論文報告集 第 432 号, 99-104, 1992.
 - 20)貞広幸雄: 「狭域商圏業種の店舗分布と人口分布の関係に関する分析手法」, 都市計画, 211, 67-72, 1998.
 - 21)消防庁編: 平成 7 年版 消防白書, 1995.
 - 22)Stephan, G.E.: "International Tests of the Size-density Hypothesis," *American Sociological Review*, 37, 365-368, 1972.
 - 23)Stephan, G.E.: "Territorial Division: The Least-time Constraint Behind the Formation of Subnational Boundaries," *Science*, 196, 523-524, 1977.
 - 24)Stephan, G.E.: "The Distribution of Service Establishments," *Journal of Regional Science*, 28, 1, 29-40, 1988.
 - 25)Stephan, G.E. and M.L. Eggers: "Bunge's Problem in Central Place Theory and Its Generalizations: A Comment," *Geographical Analysis*, 17, 3, 257-258, 1985.
 - 26)Stephan, G.E. and D.R. McMullin: "The Historical Distribution of County Seats in the United States: A Review, Critique, and Test of Time-minimization Theory," *American Sociological Review*, 46, 907-917, 1981.
 - 27)鈴木勉: 「施設の最適な階層構造に関する考察」, 都市計画論文集, 25, 331-336, 1990.
 - 28)通商産業大臣官房調査統計部: 平成 6 年商業統計表 第 2 巻 産業編(都道府県表), 1995.
 - 29)郵政省郵務局: 平成 6 年度 郵政行政統計年報 郵便編, 1994.

(1998年9月24日原稿受理, 1999年2月25日採用決定)