

GIS・数理モデルによる集落分布の立地分析

Location Analysis of Settlement Pattern using GIS and Mathematical Model

石崎 研二

Kenji Ishizaki

奈良女子大学 文学部, 奈良市北魚屋西町

Nara Women's University, Kitauoyanishi-machi, Nara City, Nara

あらまし:本研究では, 明治前期の奈良盆地における集落分布をもとに, 集落の分布パターン, 中心地の階層構造などについて理論的・実証的に検討した。集落分布の密度の地域差, 現代と異なる中心地の階層構造などは, 近世の幕藩体制の影響が継承された中心地システムを反映したものであり, とくに奈良盆地に特有の格子状の交通路によって中心地の配置が規定されていたと考えられる。一般階層モデルを援用した中心地システムの階層構造および幾何学的特性から解釈すると, 明治前期の奈良盆地は階層分化する以前の供給原理が貫徹されていたと考えられる。

Summary: This paper examines the settlement pattern and the hierarchical structure of central places for the case of the Nara Basin in the early Meiji era. Regional difference of settlement density and central place system based on the lattice pattern of roads suggest that the hierarchical spacing of system reflected by the administrative setting of the Tokugawa era. Application of the general hierarchical model demonstrates that the central place hierarchy of the Nara Basin in the early Meiji era is characterized by a $k=2$ system based on the marketing principle.

キーワード: 集落分布, 中心地システム, GIS, 数理モデル, 奈良盆地

Keywords: settlement pattern, central place system, GIS, mathematical model, Nara basin

1. はじめに

都市的集落の立地論とされる中心地理論(Christaller 1933; Lösch 1940)については, わが国でも様々な理論・実証研究が行なわれてきた。林(1986)によるオリジナルの中心地理論に関する理論的吟味とその改良モデルの展開や, 森川(1959)や碓井(1979)らによる中心地の階層区分に関する計量的手法の適用研究は, 中心地研究のみならず, わが国の理論・計量地理学の分野に多大な貢献をなしてきた。しかし, 理論から導き出される中心地システムと現実のそれとを比較検討し, 理論の妥当性を追求する, あるいは現実の中心地システムについて理論的洞察を加える, 「理論的実証研究」を明示的に掲げた研究は比較的少ないといえる。その理由のひとつとして,

抽象化のために非現実的な仮定を前提として構築された理論を, 現実地域に適用するための具体的な操作モデルが欠けていたことがあげられる。たとえば, カルトグラム(Getis 1963)や地図変換技法(Rushton 1972)などは, 理論の前提条件を現実に近づけるという点で, 理論と現実の中心地システムの比較が可能となる一手法(Sugiura 1991)であるが, 中心地理論の配置原理について考慮した中心地システム導出モデルとしての役割を果たすものではなかった。

以上のような問題意識のもとに, 筆者はこれまで, 中心地理論, とりわけ Christaller(1933)による理論の操作モデルを構築するために, 中心地理論の理論的吟味を行

ない、立地・配分モデル(石崎 2003)による理論の定式化を試みてきた(石崎 1992;1995)。その過程で、中心地理論の幾何学的特性に関する次なる知見を得ることができた。すなわち、中心地システムの基本的な図式である、供給原理(Christaller 1933)に基づく $k=3$ のシステムは、3つの下位の中心地がその上位の1つの中心地に包摂されるという関係をもっている。しかし、筆者がモデル構築の際に、理論の単純化のために想定した1次元(線形)の需要分布上では、供給原理に基づく中心地システムは $k=2$ のシステムになるのである(後述)。このことは、「需要分布の空間的次元ないしは形状によっては、同じ配置原理であっても異なる空間的配列・階層構造をもつ中心地システムが導出される」ことを示唆している。こうした特性は、理論で前提とされる等方性空間とは異なり、地形条件・交通条件などによって種々の形状を有する需要分布(具体的には集落分布)が前提とされる現実地域を考察する際にきわめて重要な点である。

そこで本研究では、交通体系の近代化以前である明

治前期の奈良盆地の集落分布を対象として、GISによるデータベース化と数理モデルを用いた空間分析を援用しつつ、中心地システムの配置原理と幾何学的特性に関する理論的実証研究を試みたい。

2. 研究の方法

本研究で対象とする奈良盆地の集落分布および中心地の立地に関しては、すでに水津(1968)、西田・碓井(1972)、藤田(1985)らによって検証されている。とくに藤田(1985)は、『大和国町村誌集』を用いて明治14年当時の戸数100戸以上の集落分布と中心地の階層区分に関する詳細な検討を試みている。本研究では、同じ『大和国町村誌集』を用いて、奈良盆地に相当する範囲のすべての集落について以下の要領でデータベース化した。

- 1)近代の奈良盆地の集落分布をおおよそ確認できる、日下伊兵衛(1934)『最近調査 大日本分縣地区併地名総覧 昭和9年度』を用いて、奈良県の地図をスキャナーで読み取り、その画像データと『数値地図2500』を重ね合わせた。重ね合わせはESRI社のGIS

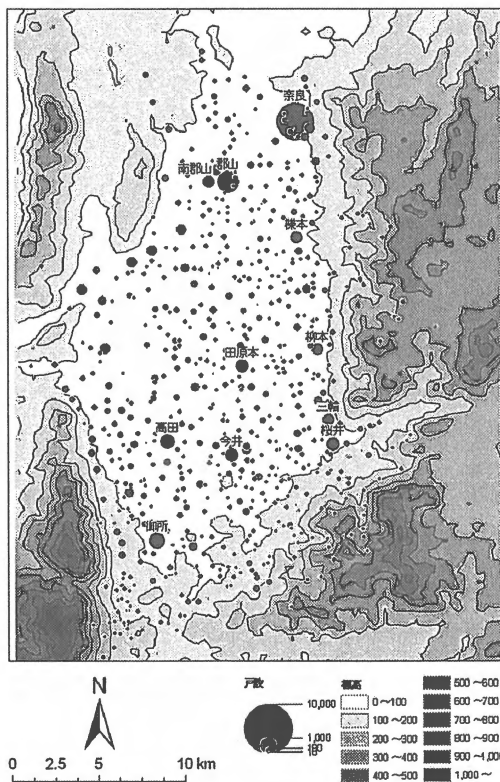


図1 明治前期の奈良盆地における集落分布
資料：『大和国町村誌集』

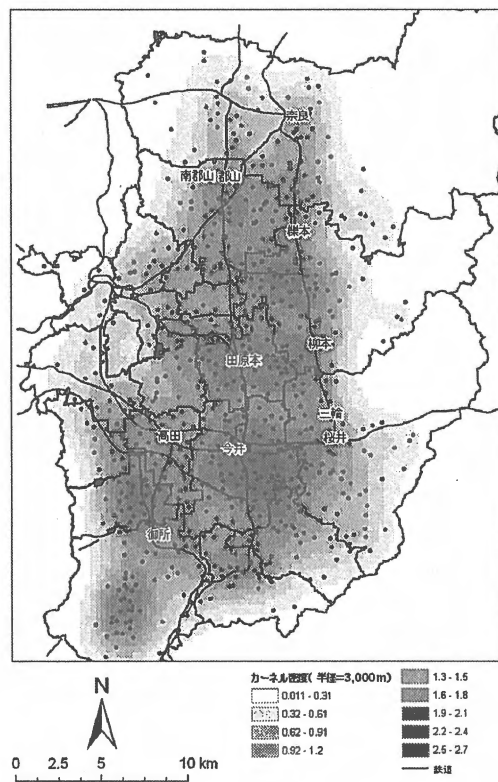


図2 カーネル密度推定による集落分布密度

ソフト Arc GIS ver. 9.1 のジオリファレンス機能を用いた。

2)さらに、『数値地図 25000 (地図画像)』による 25,000 分の 1 地形図の画像データを重ね合わせ、『大和国町村誌集』に記載された集落名と実際の集落の位置を照合しながら、集落の中心を特定し、点データを作成した。なお、照合の際に集落の位置が不確定な場合は、より精細な電子地図であるアルプス社『プロアトラス SV2』を用いて集落の同定を試みた。なお、集落の中心を特定する際は、『大和国町村誌集』に記載されている各集落の主要寺院から再近隣の道路辻を基本とした。

3) Microsoft 社エクセル 2003 を用いて、『大和国町村誌集』による各集落の属性情報をデータベース化し、2)で作成した地図データとリンクさせた。

以上の手順の結果、本研究では図1に示す 669 の集落を対象とする。

本研究では、まず、藤田(1985)らによっても検証された奈良盆地の集落分布のパターンと中心地の階層区分について若干の考察を加える。さらに、Parr(1978)による一般階層モデルを用いて、中心地システムの階層構造および幾何学的特性について検討し、中心地理論の配置原理に着目した解釈を試みたい。

3. 集落分布の立地分析

明治前期の奈良盆地の集落は、藤田(1985)でも指摘されているように、戸数が50戸前後の集村型の集落が多く、近世の幕藩体制および藩政村が継承された、村落共同体としてのまとまりがある。ただし、野崎(1977: 99)によれば、地形的に山間部と平坦部では郡別の集落規模に差異が認められ、平坦部では集落規模が平均 78.3 戸であるのに対して、山間部のそれは 53.3 戸である。図1をみると、山間部では小規模な集落が疎らに分布しているのに対して、盆地内では 100 戸以上の比較的大きな集落が密に分布しているのがわかる。

かかる点分布パターンの疎密を分析する方法として、カーネル密度推定 (Bailey and Gatrell 1995)がある。図2は半径 3km の円を検索範囲として集落分布のカーネル密度推定の結果を示したものであるが、奈良盆地の中でも奈良を中心とする北部に比べて東南部に密度が高い地域が複数存在していることがわかる。これは、平坦部の広狭の違いという地形的な要因や集落発達の歴史的背景を反映したものと考えられるが、中心地間の機能的関係から解釈すると、北部には奈良および郡山という大規模な集落が存在することによって、周辺集落の発達が阻害され、中規模集落が分散する東南部では、それらを補完する小規模集落が数多く発達したと考えることも可能であろう。

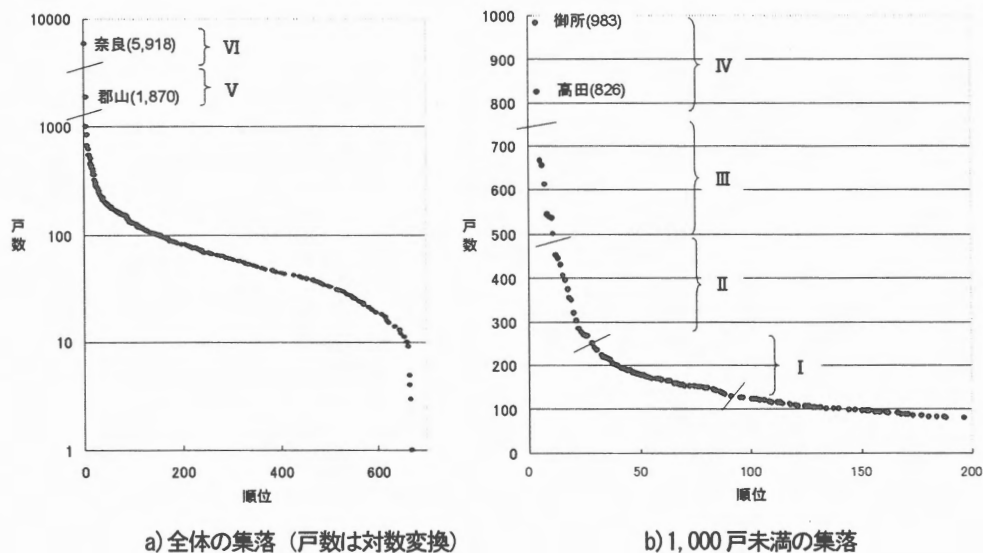


図3 集落の順位規模関係

そこで、藤田(1985)と同様に、各集落の戸数をもとに集落規模による中心地の階層区分を試みた。図3は集落規模による順位と集落規模との関係を示しているが、いわゆる都市の順位規模法則に従った分布を呈している。奈良と郡山は他集落に比して規模が突出しており、各々が上位の中心地として位置づけられる。さらに、戸数が1,000戸未満の集落について詳しくみると(図3-b)、順位規模曲線にはいくつかのブレイクポイントが確認できる。これらのブレイクポイントを区切り目として階層区分した結果、奈良盆地の中心地は図3に示すI～VIの6階層に区分することができる。第I階層よりも規模が小さい130戸以下の計579の集落は、中心機能を有した中心地というよりも、農業集落あるいは基礎的集落と考えられるため、中心地の階層区分からは除外した。

図4は階層別の中心地の分布を示しているが、先の図2でも指摘したように、奈良盆地北部では、奈良と郡山の2大中心地の勢力が強く、第III、IV階層の中位中心地が発達していない。それに対して南部では、中位中心地が比較的等間隔に分布しており、中心地理論で想定される

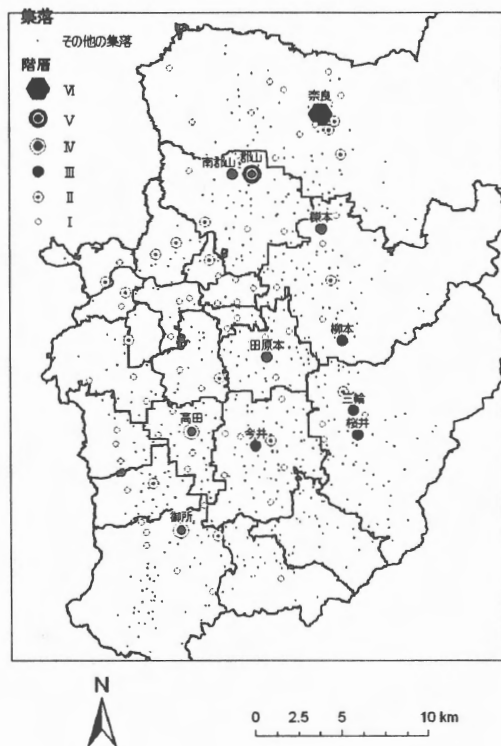


図4 中心地の分布

ような中心地システムの存在を確認できる。また、集落密度が低い盆地西部の王寺周辺では(図2参照)、中位以上の中心地は発達しておらず、それらを補完するように第II階層の下位中心地が多数分布している。

明治前期における奈良盆地の中心地の分布は、多分に近世の中心地システムが継承されていると考えられる(藤田 1985)。たとえば、城下町であった郡山は隣接する北郡山と南郡山を合わせると、2,848戸の大規模な集落となり、奈良以外の中心地と比較すると、当時は突出した中心地と位置づけられる。また、樺本(第III階層)と丹波市(第II階層、現・天理)、今井(第III階層)と八木(第II階層)など、現在の中心地としての位置づけとは逆のケースも見受けられる。これらのことから当時の中心地システムは、鉄道網や道路網の発達にともなう交通体系の変化を契機とする、近代以降の中心地システムの再編成によって成立した、現在の中心地システムとは異なる様相を呈していたことがうかがえる。

4. 中心地の階層構造とその理論的吟味

奈良盆地の中心地システムの階層構造に関しては、すでに西田・織田(1972)や藤田(1985)において、階層間の中心地数の比が検討されている。藤田(1985)は奈良県全域の階層別中心地の数から、明治前期の中心地システムがChristaller(1933)の示した $k=3$ のシステムに類似していることを示し、西田・織田(1972)では、昭和44年度事業所統計調査を用いて、奈良盆地の中心地が四角形網の主要道路上に形成されるといふ、 $k=2$ のシステムを見いだしている。

中心地の階層構造に関する階層間の中心地数の比は、同時に中心地システムの幾何学的特性に関わるものである。そこで本研究では、Parr(1978)による一般階層モデルを用いて、明治前期の奈良盆地における中心地システムの階層構造および幾何学的特性について検討したい。Parr(1978)の一般階層モデルは、次式によって理論的な中心地数を導出し、現実の中心地数に近似させた場合の k 値、すなわち階層間の中心地数の比を推定するものである。

$$f_m = \prod_{i=m}^{N-1} k_i - \prod_{i=m+1}^{N-1} k_i \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 f_m は階層 m の中心地数、 k_i は階層 i の k 値、 N は最上位の階層である。

表1は一般階層モデルによって推定した k 値を示しているが、参考のために藤田(1985)による階層別中心地数の結果にも適用している。また、先述のように郡山は、単独の場合と北郡山、南郡山が連帯して1つの中心地を形成しているとみなす場合が考えられるため、前者を奈良盆地 I、後者を奈良盆地 II と分けてモデルを適用している。

藤田(1985)とは階層区分に用いた集落規模が若干異なることと、吉野川流域や山間部を除いた奈良盆地に限定していることの違いもあり、両者を単純に比較することはできないが、いずれも階層によって異なる k 値が混在する混合階層システムとなっているのが特徴である。また、Christaller(1933)が提示した $k=3$ 、 $k=4$ のシステム以外は $k=2$ のシステムが検出されており、本研究の対象集落ではその傾向が顕著である。とくに北郡山と南郡山を郡山に含めた奈良盆地 II の場合、第III階層以上の中位中心地、上位中心地はすべて $k=2$ のシステムと判定される。これは、西田・織田(1972)で示唆されたことを証左する結果といえる。

では、 $k=2$ のシステムとは、どのような特性をもつ中心地システムなのだろうか。西田・織田(1972)やParr(1981)でも示されているように、 $k=2$ のシステムは交通路が格子状に発達した四角形網上に中心地が配置された場合に成立する中心地システムであり、その市場地域もまた四角形となる。Christaller(1933)やLösch(1940)で想定さ

れている空間は2地点間の直線距離が最短となる平面、すなわちユークリッド空間であるが、格子状の交通路によって規定される空間は、マンハッタン距離で定義される市街距離空間である。水津(1968: 549)が指摘しているように、奈良盆地の中心地および集落の分布は、条里制の施行にともない交通路が直交上に発達した影響を多分に受けていると考えられる。

四角形網の中心地システムについて、理論的に体系化を図った林(1986: 625)によれば、 $k=2$ のシステムは消費者の居住地からできるだけ近い位置に中心地を配置した結果であると解釈できる。そして、 $k=4$ のシステムを初期条件とした場合に、ある中心機能の成立閾が変化することによって一部の中心地の階層が昇格あるいは降格し、その結果、階層が細分化されて成立したものが $k=2$ のシステムであると考えられる(林 1986: 637-640)。

図5は、4階層からなる四角形網の中心地システムにおける $k=4$ のシステムと $k=2$ のシステムを示している。 $k=4$ のシステム(図5-a)のうち第 I ~ III 階層の一部の中心地が、それより上位ないしは下位の階層との間に新たな階層を形成することによって、図5-bに示す $k=2$ のシステムに変化するのである。こうした中心地システムの変形や、その結果生じる混合階層は中心地システムの動的な変化の所産であると解釈できる(Parr 1981)。

この解釈を敷衍するならば、当初細分化されていた中心地の階層が、交通体系の変化や競争的優位性の獲得をめぐる中心地間の競合によって淘汰され、階層分化がより明確になるような、たとえば図5-bから図5-aへの変化も想定しうる。すなわち、近世の幕藩体制の影響が色濃く残る明治前期の奈良盆地の中心地システム($k=2$ の

表1 一般階層モデルによる中心地の階層構造

階層	藤田(1985)				奈良盆地 I				奈良盆地 II			
	集落規模(戸)	現実	理論	k値	集落規模(戸)	現実	理論	k値	集落規模(戸)	現実	理論	k値
VI	5,918	1			5,918	1			5,918	1		
V	901 ~ 2,000	2	2	3	1,870	1	1	2	2,848	1	1	2
IV	561 ~ 900	6	6	3	701 ~ 1,000	2	2	2	701 ~ 1,000	2	2	2
III	481 ~ 560	6	9	2	501 ~ 700	7	8	3	501 ~ 700	6	4	2
II	251 ~ 480	17	18	2	251 ~ 500	17	12	2	251 ~ 500	16	16	3
I	100 ~ 250	152	108	4	131 ~ 250	62	72	4	131 ~ 250	62	72	4

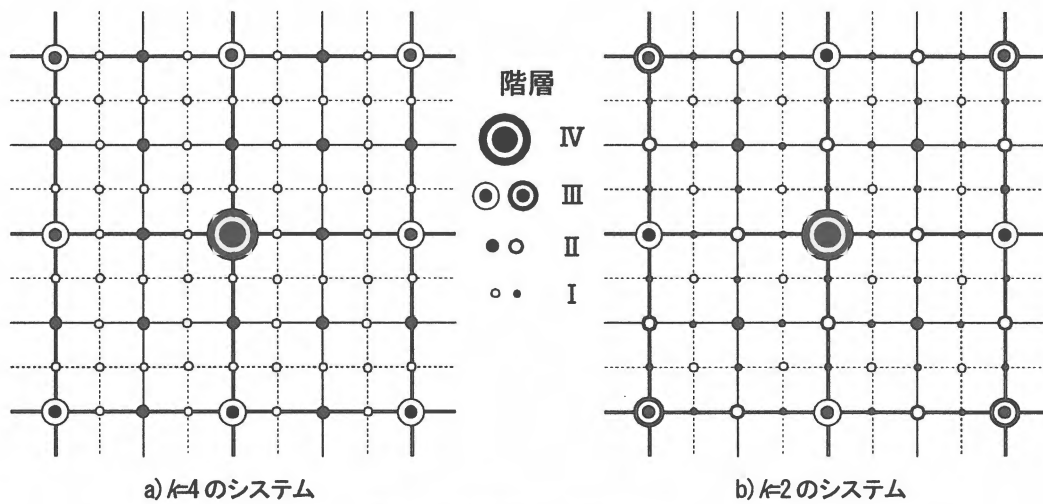


図5 四角形網の中心地システム

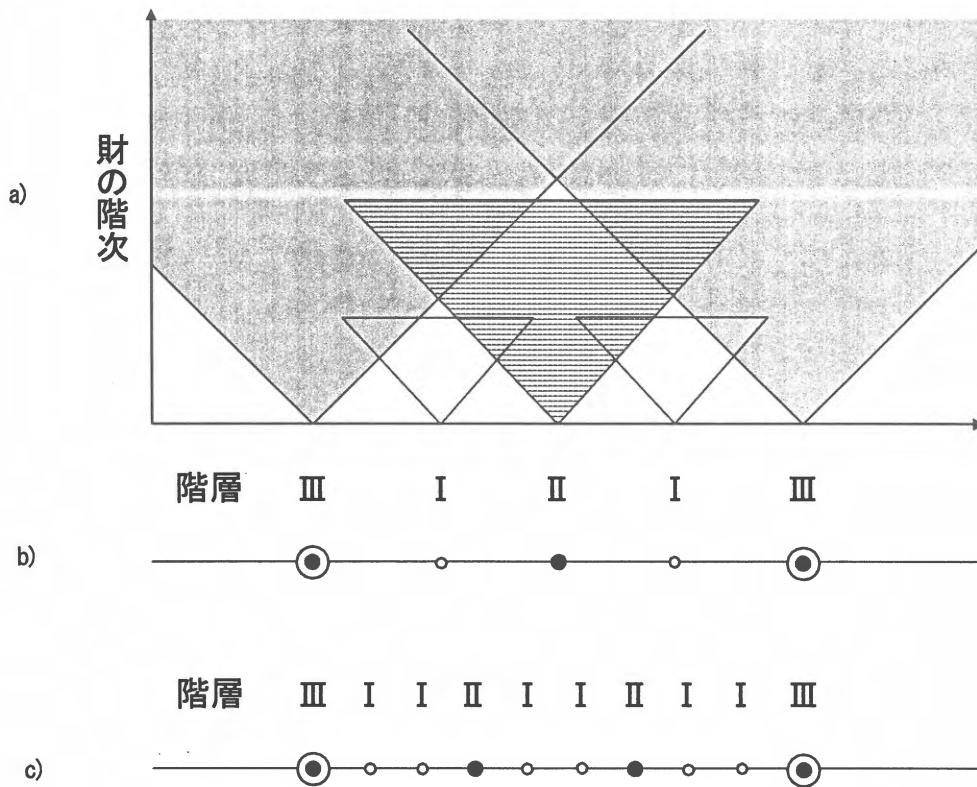


図6 供給原理に基づく1次元の中心地システム

a), b)は石崎 (1995), c)はDacey et al. (1974)に基づき作成

システム)が、やがて近代以降の再編成にともなって明瞭な階層構造を有するようになり($k=4$ のシステム), その過程で中心地の衰退や階層の逆転が生じたと考えることができよう。

最後に、中心地の配置原理との関係について述べたい。上述の $k=2$ のシステムや $k=4$ のシステムは、中心地

の配置が交通路に規定された中心地システムであり、これは Christaller (1933) が示すところの交通原理に相当すると考えられる。図5でも示されているように、上位中心地間の中間地点に、それより下位の中心地が配置される中心地システムは、六角形網の交通原理に基づく中心地システムでも共通した幾何学的特性である。しかしな

がら, Christaller の中心地理論の配置原理に関して再検討を試みた石崎(1995)によれば, 中心地が有する財を効率的に供給することを目的とした, 供給原理に基づく1次元の中心地システムは, $k=2$ のシステムとなるのである(図6-a, b). これは Dacey et al. (1974)による1次元の供給原理モデル(図6-c)とは明らかに異なる. 上位中心地の中間地点に, それより下位の中心地が配置される図6-a, bの1次元のシステムは, すなわち線状の交通路で規定される中心地システムである. つまり, 奈良盆地にみられる中心地システムは, 交通路に規定されつつも, 実は供給原理が貫徹された階層構造を有していたと考えられるのではなかろうか.

5. むすびにかえて

中心地理論は, 都市的集落である中心地が均質な六角形網上に最適配置されるという, その幾何学的特性が強調されるあまり, 抽象的・静的なイメージから脱却できなかつたと思われる. しかし筆者は, 理論の数理モデル化によって種々の仮定緩和を考慮した柔軟な中心地理論の援用が可能であり, その意味で現代的な価値が十分にあると考える. 本研究では, 明治前期の奈良盆地の集落分布に関して, 動的視点も含めつつ中心地理論を基盤とする解釈を試みた. 中心地システムの動的な変化を検討するためには, 近代以降の奈良盆地の中心地に関するデータベース化とその分析が必要になろう. また, 最後に述べた配置原理との関係については, 中心地理論の供給原理をモデル化した石崎(1995)による立地・配分モデルを援用することによって, より解釈を深化させることができると考えられる. これらは今後の課題としたい.

本研究を遂行するに当たっては, 平成19年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)(代表:杉浦芳夫)および平成16~19年度文部科学省「21世紀COEプログラム」(代表:舘野和己)の一部を利用した.

文献

- 石崎研二 1992. 立地・配分モデルによるクリスタラー中心地理論の定式化の試み. 地理学評論 65A: 747-768.
- 石崎研二 1995. クリスタラーの中心地理論の配置原理に関する一考察—供給原理から一般化最大カバー問題へ—. 地理学評論 68A: 579-602.
- 石崎研二 2003. 立地・配分モデル. 杉浦芳夫編『地理空間分析』61-83. 朝倉書店.
- 碓井照子 1979. 中心機能の階次と中心地階層構造について. 人文地理 31: 481-506.
- 水津一朗 1968. 地域における結節システムの原理—その社会的検討—. 人文地理 20: 544-569.
- 西田和夫・織田照子 1972. 奈良盆地における中心地の階層序列とその分布パターン. 奈良教育大学紀要 21(1): 69-81.
- 野崎清孝 1977. 奈良盆地の村落構成. 奈良大学紀要 6: 98-114.
- 林上 1986. 『中心地理論研究』大明堂.
- 藤田佳久 1985. 明治期の奈良県における行政領域の成立と中心地システム. 愛知大学総合郷土研究所紀要 30: 61-79.
- 森川洋 1959. 広島県における中心集落の分布とその遷移. 地理学評論 32: 595-613.
- Bailey, T. C. and Gatrell, A. C. 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*. Harlow: Longman.
- Christaller, W. 1933. *Die zentralen Orte in Suddeutschland*. Gustav Fischer: Jena. クリスタラー著, 江沢譲爾訳 1969. 『都市の立地と発展』大明堂.
- Dacey, M. F., Davies, O., Flowerdew, R., Huff, J., Ko, A. and Pipkin, J. 1974. *One Dimensional Central Place Theory*. Northwestern University, Studies in Geography 21, Evanston.
- Getis, A. 1963. The determination of the location of retail activities with the use of a map transformation. *Economic Geography* 39: 14-22.

- Lösch, A. 1940. *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*.
Fischer: Jena. レッシュ著, 篠原泰三訳 1968. 『レッシ
ュ経済立地論』 大明堂.
- Parr, J. B. 1978. Models of the central place system: a
more general approach. *Urban Studies* 15: 35-49.
- Parr, J. B. 1981. Temporal change in a central-place
system. *Environment and Planning A* 13: 97-118.
- Rushton, G. 1972. Map transformations of point patterns:
central place patterns in areas of variable population
density. *Papers of the Regional Science Association* 28:
111-129.
- Sugjura, Y. 1991. A map-transformation approach to the
location of central places: the case of the central Kanto
region in preindustrial Japan. *Environment and Planning
A* 23: 969-985.