

公共交通ネットワークからみた郡山市の結節構造

橋本 雄一

I. はじめに

本研究は、福島県郡山市における結節地域の構造を明らかにすることを目的とする。

Brown-Holmes¹⁾によると結節地域は、単一の中心点を持ち階層概念を含む機能地域の特殊形態と定義されており、ひとつの都市を調査地域とする本研究はこの語を用いることを適当と考える。

地理学において地域の類型化には、等質地域に分類する方法と結節・機能地域に分類する方法が存在する。この結節地域は、部分地域が機能的に関連してまとまった組織を構成するものである。部分地域間の結合状態の指標として各種の流動現象が取り上げられており、藤目²⁾、市南³⁾、南⁴⁾はパーソントリップ、林⁵⁾⁶⁾、奥井⁷⁾、奥野⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾、鈴木¹¹⁾は自動車交通、葛谷¹²⁾、小方¹³⁾、郭¹⁴⁾、牛久保¹⁵⁾はバスや鉄道などの公共交通によって研究を行っている。

いずれの流動現象を指標とするかは研究対象となる地域のスケールに関係するが、これは流動現象をとらえるうえでの基本単位地区の大きさが限定される事によるものであり、主として資料上の制約によるところが大きい。例えば自動車交通流の資料としてよく用いられる自動車OD調査の基本単位地区は市町村レベルあるいは政令指定都市の区を数分割したものであり、この資料によって都市内部の研究を行ったものには林¹⁶⁾の名古屋市での研究がある。しかし、この大きさの基本単位地区では、1地区の中に住宅地から鉄道の駅、あるいは住宅地からバスのターミナルまでの移動

が包含されることが前提となるため、牛久保¹⁷⁾が指摘するとおり日常生活圏としての結節中心地—後背地というミクロな結節構造を明らかにするためには不十分と思われる。その点では総理府統計局の基準メッシュによって分析を行った小方¹⁸⁾のように、より狭い区域を基本単位地区とすることが望ましい。そこで本研究は小方と同じく基準メッシュによって分析を行う。

本研究で用いる指標は、バスと鉄道による公共交通ネットワークとする。これらを取り扱う利点は次のとおりである。第一にモータリゼーションの進展によりその地位が低下しつつあるが、都市内部では道路混雑の発生や駐車場不足などの理由から通勤、通学、買物といった日常の生活行動の際に利用される主要交通手段の一つとして、その重要性を失っていないこと、第二に部分地域の特性や地域間の相互関係が、特にバスの運行形態に反映されやすいこと、第三に流動の諸特性を詳細に把握しやすいことである。なお、先行研究には一種類の交通機関による流動を取り扱ったものが多く見うけられるが、都市内部では周辺部のバスターミナルと都心部を鉄道が結ぶなど2種類以上の交通機関が相互に役割分担していることが十分考えられるので、本研究では複数の交通機関について分析を行う。

II. 研究方法と対象地域の概観

結節地域を設定する方法としては、主成分分析あるいは因子分析を用いたものやグラフ理論的手法を用いたものが多く見られる。本研究ではグラ

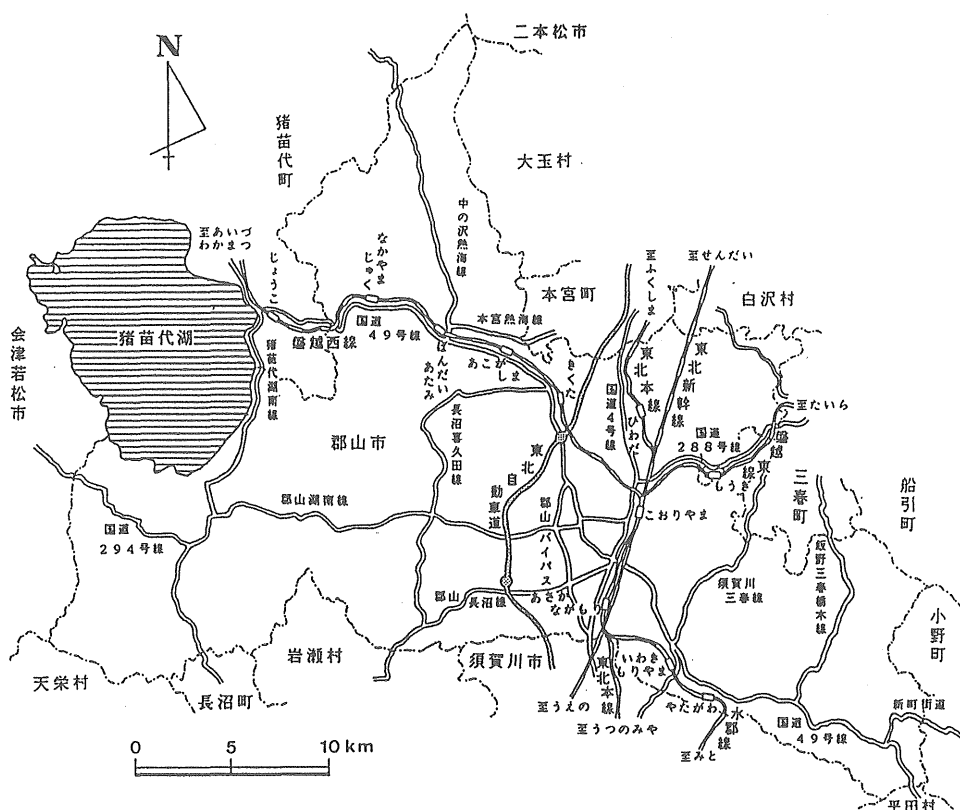
フ理論的手法により分析を行う。1960年代、Kansky¹⁹⁾らによって導入されたグラフ理論は、現実の複雑なネットワークの特徴を頂点と辺の2要素からなるモデルで明らかにするためのものである。グラフで表された交通ネットワークの構造を分析する方法をTaaffeとGauthier²⁰⁾は、ネットワークの総体的様式を測定するものと、個々の結節点のネットワークに対する近接性を測定するものに分けて紹介している。前者は複数のネットワークの比較や時系列的考察を行うのに適しており、後者は単一ネットワークの構造を把握することが目的となる。本研究の目的は都市の内部構造を公共交通網から明らかにすることであるため後者の方法を用いて分析を進める。

分析は以下の通り行う。まず、第Ⅲ節は連結性行列と有値運行行列を用いて近接性を測定する。第Ⅳ節は乗り換え数増加による近接性の変化を指

標として結節点の分類を行う。そして第Ⅴ節では運行回数により結節地域の画定を行うと同時に、結節点間の階層構造を明らかにする。

研究対象は福島県郡山市のバスと鉄道による公共交通ネットワークである。市町村レベルの行政区域は一種の完結性を持った日常生活圏として考えられ、その意味で研究対象となるネットワークを完結システムとして扱うグラフ理論的手法に適した範囲と言える。

郡山市は人口309,703人(1989年1月1日現在)²¹⁾を有する福島県第2位の都市であり、その中心市街地は主にJR郡山駅の西側に広がる。鉄道および道路の配置を見ると(第1図)、南北にJR新幹線、東北本線が通り、それに並行して国道4号線が走る。さらにJR郡山駅から南東方向へJR水郡線、北東方向へJR磐越東線、北西方向へJR磐越西線が伸び、また国道49号線がJR磐越



第1図 地域概観図

西線に、国道288号線が磐越東線に並んで走る。JR郡山駅の西側を南北に走る国道49号線は中心市街地に入ってから向きを変えJR郡山駅の南約3kmのところと国道4号線と交差する。その他にも多くの主要地方道や県道がJR郡山駅を中心に放射状に伸びており、高い近接性がJR郡山駅の付近で見られることが予想される。中心市街地の西側には南北に走る東北自動車道や主要地方道郡山・矢吹線、建設中の国道4号バイパスがあり、これらが結節構造全体に与える影響も注目される。

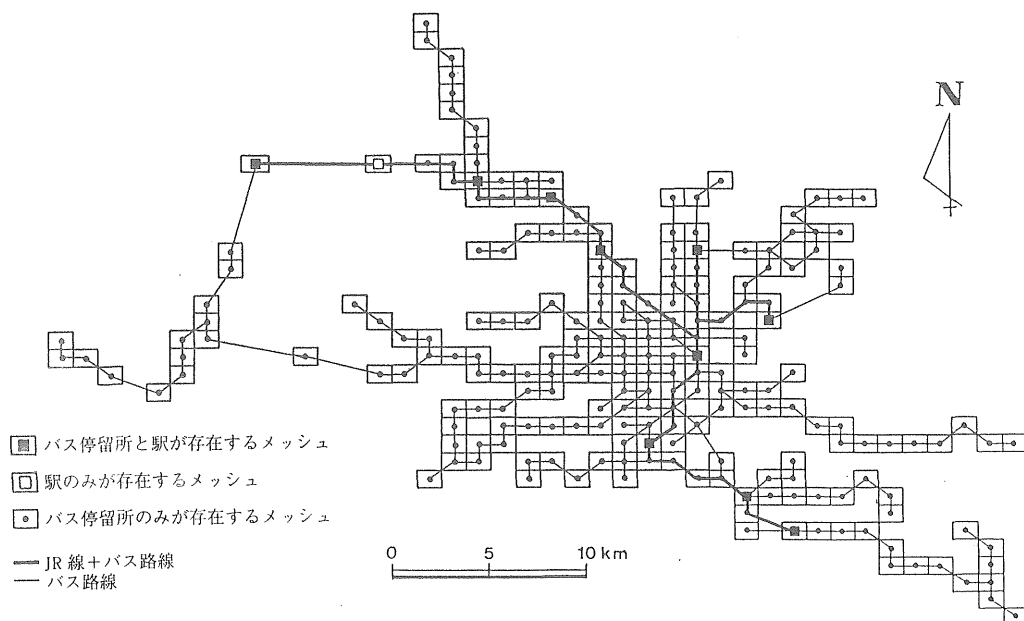
ネットワークの結節点(ノード)は、総理府統計局の基準メッシュにより郡山市を分割し、その中でバス停留所もしくは鉄道駅が存在するものとして設定した。次に任意の2メッシュ間の移動がバスあるいは鉄道により乗り換えなしで行えるとき、これらの結節点はリンクで結ばれていると考える。以上の様にして設定された郡山市のネットワーク(第2図)はノード数218、リンク数4,656である。なお、その中にはバスの運行形態を考慮して、JR磐越西線上戸駅を含むメッシュを加えた。各メッシュの名称は、それに含まれる鉄道の

駅名あるいは主要なバス停留所名を用いた(第3図)。分析に用いた運行回数は日本交通公社出版事業部発行の『時刻表1988年7月号』、福島交通発行の『1987年版バス時刻表』、会津乗合自動車発行の『1987年版バス時刻表』を資料とした。郡山市のバス路線は季節によって異なるが、本研究は現地調査を行った1988年7月の路線を対象とする²²⁾。

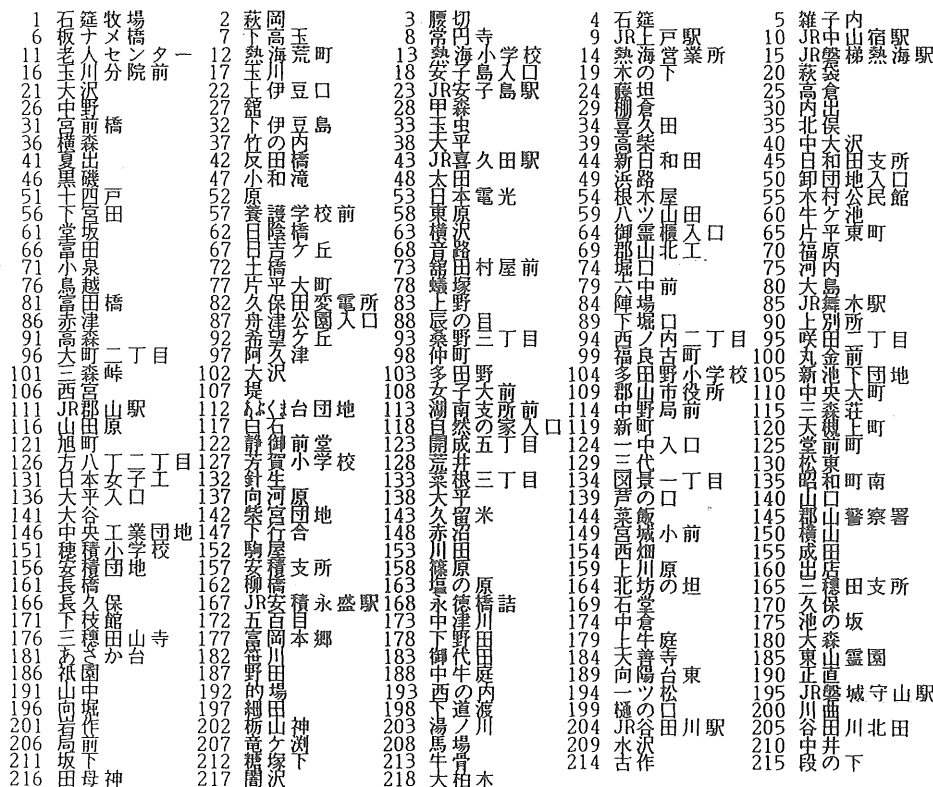
Ⅲ. ネットワークの近接性

Ⅲ-1 連結性行列による測定

まず、結節点間の結合の有無を表した連結性行列Cを作成する。行列Cは行方向に発地、列方向に着地を置いたもので、結節点間に結び付きが存在する場合「1」を、結び付きが存在しない場合「0」を記す。しかし、直接的結合のみから各結節点の近接性を求めるのではなく、一つ以上の結節点を介した間接的連結をも加えて分析を行う必要がある。2結節点間の間接的連結の有無は連結性行列Cを累乗することにより求められる。この累乗計算を「0」が皆無となるまで、すなわち全地区間で結合が確認されるまで繰り返す。この



第2図 対象ネットワーク図



— 30 —

時のリンクが「直径」と呼ばれるものである²³⁾。上記の操作を行ったところ連結性行列Cは4乗した時点(C⁴と記す)で「0」が皆無となった。このことから郡山市におけるネットワークの直径は「4」であり、最大4系統のバス・鉄道を利用することによって、いかなる結節点へも到達が可能であることが分かった²⁴⁾。

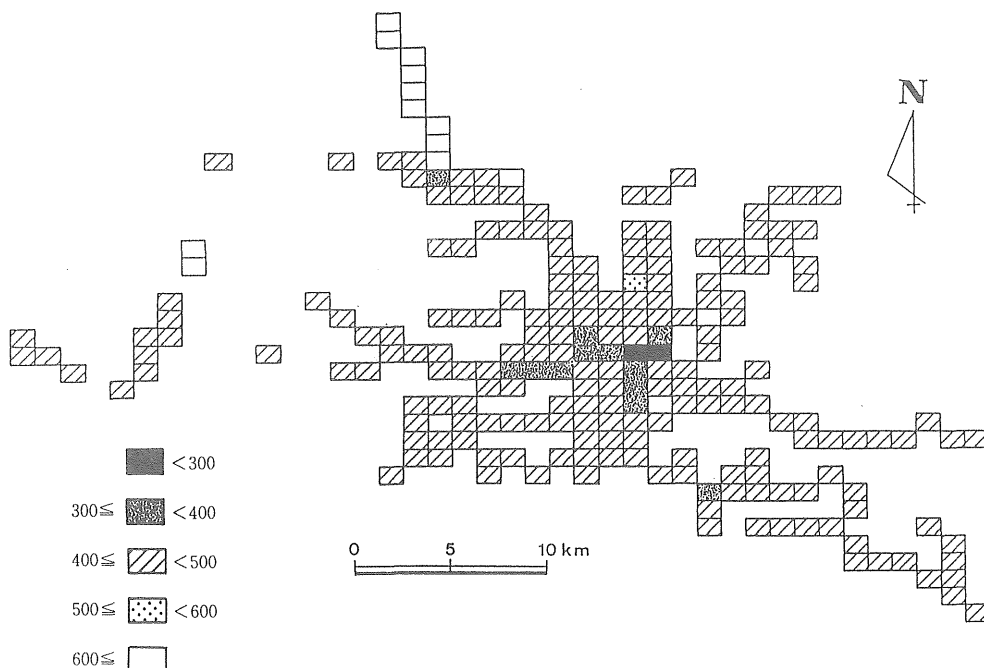
次にShimbel²⁵⁾が提唱した最短パス行列Dを用いて、各結節点がネットワーク全体に対して持つ近接性を測定する。この最短パス行列Dは各結節点間の結合に必要な最小リンク数を記したものであり、その行和を近接性の指標とする。近接性の高い結節点であれば、他の多くの結節点へあまり乗り換えをせずに到達できるため最短パス行列Dの行和の値は小さくなり、逆に近接性の低い結節点であれば、他の結節点へ到達するのに多くの乗換が必要なため行和は大きくなる。郡山市は結節点間の最大リンク数が4であるため、最短パス行列はD₄と記す。

第4図はD₄の行和を図化したものである。第3図で示した地区111(以下<111>と記す)はJ

R郡山駅を含んでおり最大の近接性を示す。その西側に隣接し、中央大町を含む<110>がこれに続く。さらに、国道4号線沿線でJ R郡山駅より南にある<45>や主要地方道郡山・湖南線沿線の<108,109,120,121,122>、J R磐梯熱海駅を含む<15>、J R磐城守山駅を含む<195>でも高い近接性が認められる。逆に郡山市北部の<1,2,3,4,5,6,7,8,13>や猪苗代湖周辺の<40,49>では近接性が低い。このD₄行和で見ると、郡山市では鉄道駅や主要道路を含む地区で近接性が高く、特にJ R郡山駅周辺で著しく高い近接性が確認できる。

Ⅲ-2 有値運行行列による測定

これまではネットワークのトポロジ的構造を分析対象としてきたが、何らかの数値による有値グラフを用いることにより、さらに現実的な分析を行うことができる。例えば、葛谷²⁶⁾や郭²⁷⁾は時間距離を、小方²⁸⁾や牛久保²⁹⁾はバスの運行回数をを用いた分析からネットワークの特徴を明らかにしている。本研究はバス・鉄道の運行回数によ



第4図 D₄による近接性

る有値グラフを作成し分析を進める。この運行回数は公共交通の需要主体にとっての利便性を意味しており、近接性の測定に有効と考えられる。

測定方法は、まず各結節点間におけるバス・鉄道の運行回数により有値行列 $L(218 \times 218)$ を作成する。これは連結性行列 C の各要素のかわりに運行回数を用いたものであり、要素 L_{ij} (結節点 i から結節点 j への総運行回数)と要素 L_{ji} (結節点 j から結節点 i への総運行回数)の値が異なる有向グラフとなる。次に、間接的連結を考慮し、2点間の距離を求める。距離の算出方法は次式による。

$$L_{ij}^n = \max \{ \min(L_{ik}^{n-1}, L_{kj}) \} \quad \dots (1)$$

($k=1, 2, \dots, 218$. $n=2, 3, 4$.)

L_{ij}^n : 行列 L^n の i 行 j 列の要素(バス・鉄道を n 路線用いた場合の結節点 i から結節点 j への距離)

L_{ij} : 行列 L の i 行 j 列の要素(結節点 i から結節点 j へのバス・鉄道の総運行回数)

n : バス・鉄道の利用路線数

この式に基づいて直径である4乗まで計算を行い(L^4 と記す)、次式によって近接性行列 T を求める。

$$T_{ij} = \sum_{n=1}^d L_{ij}^n \quad \dots (2)$$

($d=4$)

T_{ij} : 行列 T の i 行 j 列の要素

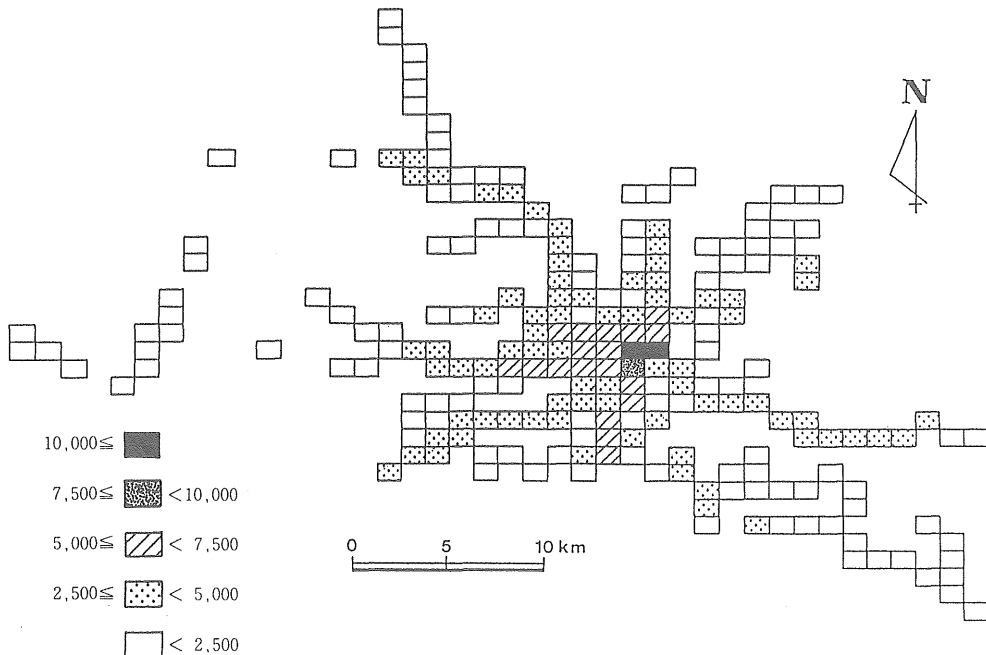
d : ネットワークの直径

この近接性行列 T はTaafeとGauthierが言うように、直接的連結と間接的連結を同じ重要度で扱うために、結果としての数値が過剰性を含む。その解決策として累乗計算を行う際にスカラーで加重する方法があり、Garrison³⁰⁾はその値に0.3を、牛久保³¹⁾は0.5を用いている。運行頻度が高い都市内部の公共交通は、乗り換えによる摩擦が他の交通機関よりも少ないと考え、本研究では式(2)のスカラー値として0.5を採用する。すなわち、近接性行列 T は、

$$T_{ij} = L_{ij} + 0.5L_{ij}^2 + 0.25L_{ij}^3 + 0.125L_{ij}^4 \quad \dots (3)$$

で求められる。

ネットワーク全体に対しての各結節点の近接性



第5図 T 行和による近接性

を見るため、行列 T の行和を求め第5図を作成した。 D_4 行和と同じく、J R郡山駅を含む<111>が最高の近接性を示し、<110>がこれに次ぐが、ここでは<125>が<110>に近い値を示す。その他に高い近接性を示すのは国道4号線沿線の地区とJ R郡山駅西側の市街地を含む地区であり、J R郡山駅付近から放射状に伸びる国道や主要地方道沿線の地区、およびJ R磐梯熱海駅を含む<15>、J R磐城守山駅を含む<195>、J R谷田川駅を含む<204>など鉄道の駅付近の地区がそれぞれに次ぐ高い値を示す。 T 行和による近接性を D_4 行による近接性と比べると、近接性が中心部ほど高く周辺部ほど低いこと、周辺部でも鉄道の駅を含む地区が高い近接性を示すことで共通しているが、 T 行和の方が市街地や主要道路沿線にある地区とそれ以外の地区との近接性の差を明確に表している様である。

Ⅳ. 近接性による結節点の類型化

Ⅳ－1 連結性行列による分類

各結節点は利用路線数を増やすことでその近接性を高めるが、その程度は結節点により異なる。そこで任意の結節点が他の幾つの結節点と連結しているかを乗り換えの回数ごとに算出し、それを変数として結節点の分類を行った。具体的には連結性行列 C 、 C^2 、 C^3 、 C^4 の行和を変数としてワード法クラスター分析により分類を行った。その結果、情報損失量から判断して218地区を4つの類型に分けることができた。各類型の平均到達地区数は第1表に示す。

A類型に属する2地区は1本のリンクで多くの地区と連結する。B類型に属する84地区は1本のリンクで平均31地区と連結しており、2本のリ

第1表 各類型の平均連結地区数

類型	C	C^2	C^3	C^4	地区数
A	174.0	217.0	217.0	217.0	2
B	31.2	208.0	217.0	217.0	84
C	12.7	204.0	217.0	217.0	119
D	13.4	37.4	216.8	217.0	13

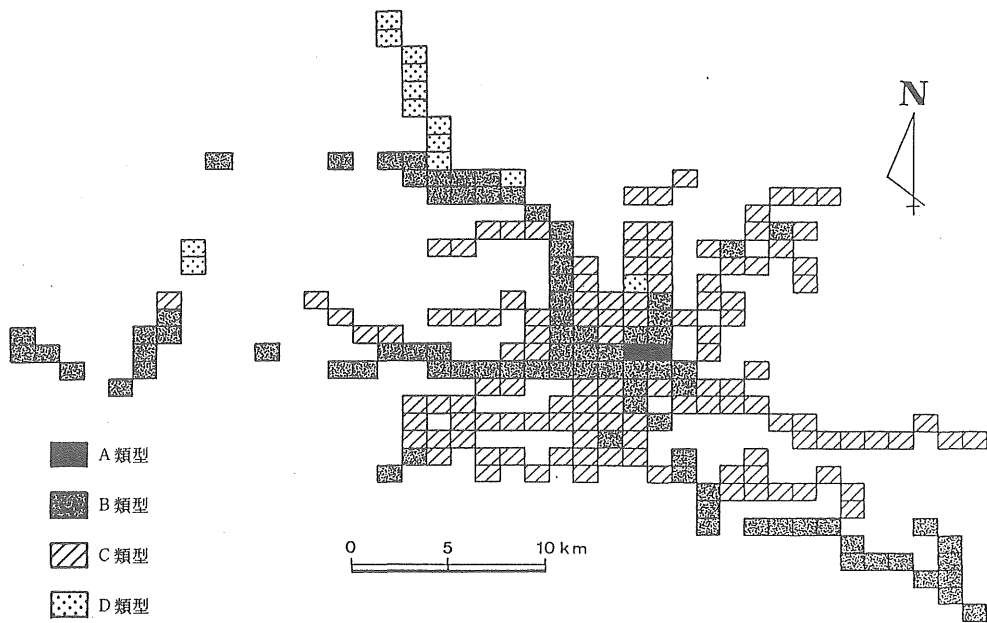
ンクで200以上の地区と連結し、3本のリンクで全地区と結び付く。C類型に属する119地区は1本及び2本のリンクで結び付く地区の数がB類型の地区よりやや少なく、3本のリンクで全地区と連結する。このB類型とC類型の地区は、いずれも2本の路線つまり乗り換えを1回行うことによりほとんどの地区と連結する。これは、これらの類型に属する地区が1本の路線で<110>や<111>などの高い近接性を持つ地区に到達できることによる。D類型の13地区は1本ないし2本のリンクで結び付く地区数が少なく、極めて近接性の低い地区であることが分かる。

類型別に地区の分布を示すと第6図のようになる。J R郡山駅付近に存在するA類型地区<110,111>を中心とし、そこから周辺に向かう鉄道、主要道路沿線にB類型地区が分布する。主要道路を通るバスは路線距離の長いものが多く、たくさんの地区と接することになる。そのため、その沿線の地区は高い近接性が得られるものと考えられる。その他の地区のほとんどはC類型に属しており、D類型地区はJ R磐梯熱海駅から石筵牧場までの道路沿線や猪苗代湖岸など<59>を除き周辺部に分布している。これらの地区の分布はセクター状の構造を持つものとして理解できるように思われる。

Ⅳ－2 有値運行行列による分類

次に有値運行行列 L と、それから算出した行列 L^2 、 L^3 、 L^4 にスカラー加重を行ったもの、すなわち行列 $0.5L^2 (= L^2/2)$ 、 $0.25L^3 (= L^3/4)$ 、 $0.125L^4 (= L^4/8)$ の行和を変数としてワード法クラスター分析による地区の分類を行った。その結果を情報損失量から判断すると6つの類型が得られた。各地区の近接性の平均値は第1表に、類型ごとの地区の分布は第7図に示す。

いずれの類型でも近接性はリンク数が1から2に変わるときに急増し、それ以上リンク数が増えてもあまり変化が見られない。各類型に属する地区の分布を見ると、連結性行列の分類による第6図より複雑な地区の組合わせが見られる。最高の



第6図 C～C^dによる類型

第2表 各類型の行和平均値

類型	L	$L^2/2$	$L^3/4$	$L^4/8$	地区数
E	6376.0	3594.8	1797.4	898.7	2
F	1547.3	2689.4	1362.7	681.3	17
G	508.2	2179.0	1108.8	554.4	32
H	323.4	1476.8	759.9	379.9	43
I	180.3	1118.8	579.8	289.9	35
J	79.5	372.3	239.7	119.8	89

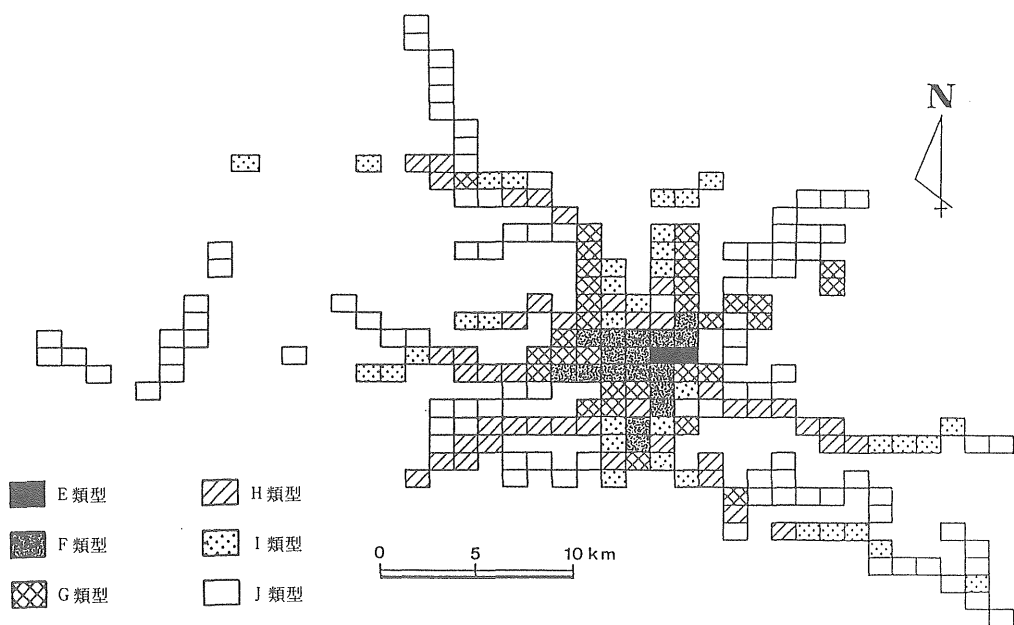
近接性を持つE類型は<110,111>の2地区からなり、JR郡山駅付近が郡山市における最高の結節中心地となっていることが分かる。その西側に広がる市街地とそこから南方向に伸びる国道4号線沿線にF類型に属する17地区が固まっている。E、F以外の類型のうち最も高い近接性を持つG類型には32地区が属し、市街地縁部や国道4、49、288号線および主要地方道郡山湖南線、郡山長沼線沿線で市街地の近くに沿線に分布している。また<15,85,195>などの市街地から離れた鉄道駅が存在する地区もこの類型に含まれる。H類型に属する43地区は国道や主要地方道の沿線においてG類型地区に連続する様に周辺へと伸びて

おり、その外側にI類型地区が続く。郡山市周辺部の鉄道駅を持つ地区もこの類型に含まれる。以上の地区を囲むように郡山市の周辺部にJ類型地区が分布している。6類型のうち最も低い近接性を示すこの類型には89地区が属し、主要道路に挟まれた地区にも多く見られる。全体的に各類型に属する地区は完全ではないにしろ同心円状に近い配列パターンを成しているように思われる。

V. 郡山市の結節構造

前節までは各結節点のネットワーク全体に対する近接性を単一数値で表し比較考察を行ってきたが、ここでは有値運行行列 L を用いて郡山市の結節構造を明らかにする。

まず乗り換えをしない場合の結節構造について考察するため直接連結法を用いて分析を行った。これは任意の結節点 i より高い近接性を持つ結節点のうち最も多くの運行回数で結ばれる結節点 j との関係に注目することにより、結節地域を明らかにするものである。この時、結節点 j は結節点 i より上位の結節中心地となる。なお i から j へのバス・鉄道の運行を結節流と呼ぶ。次に結節点 j か



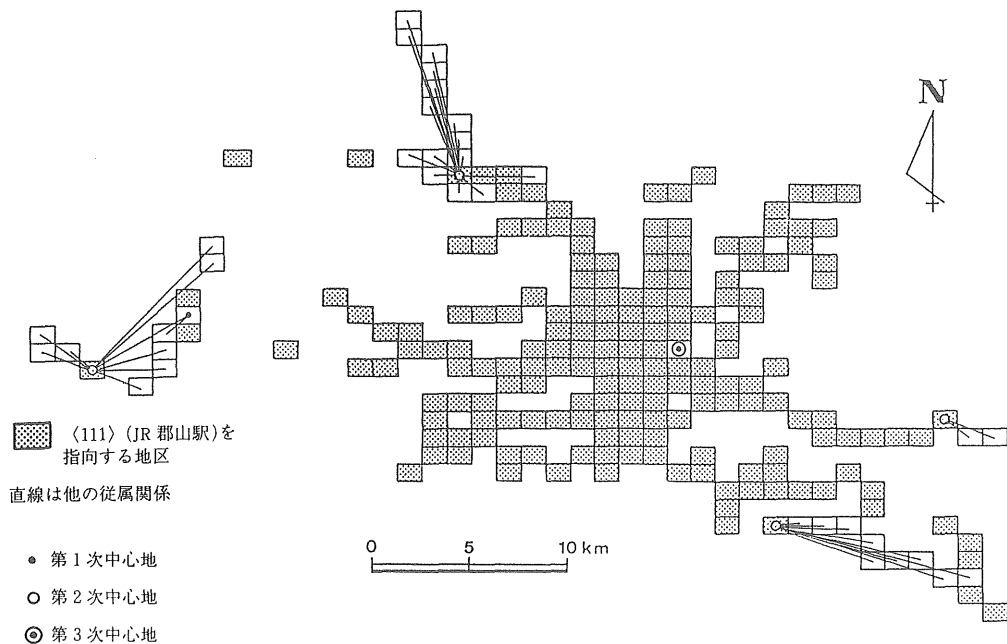
第7図 行列 $L \sim L^4$ による類型

らの結節流により、さらに上位の結節中心地が導き出される。この作業を繰り返すことで最高次の結節中心地が明らかになる。対象ネットワークは3回この作業を繰り返すことにより $\langle 111 \rangle$ が唯一の中心地となった。そこで、 $\langle 111 \rangle$ を第3次中心地とし、1つ以上の地区から結節流を受けながら $\langle 111 \rangle$ を指向する地区を第2次中心地、1つ以上の地区から結節流を受けながら第2次中心地を指向する地区を第1次中心地とした。

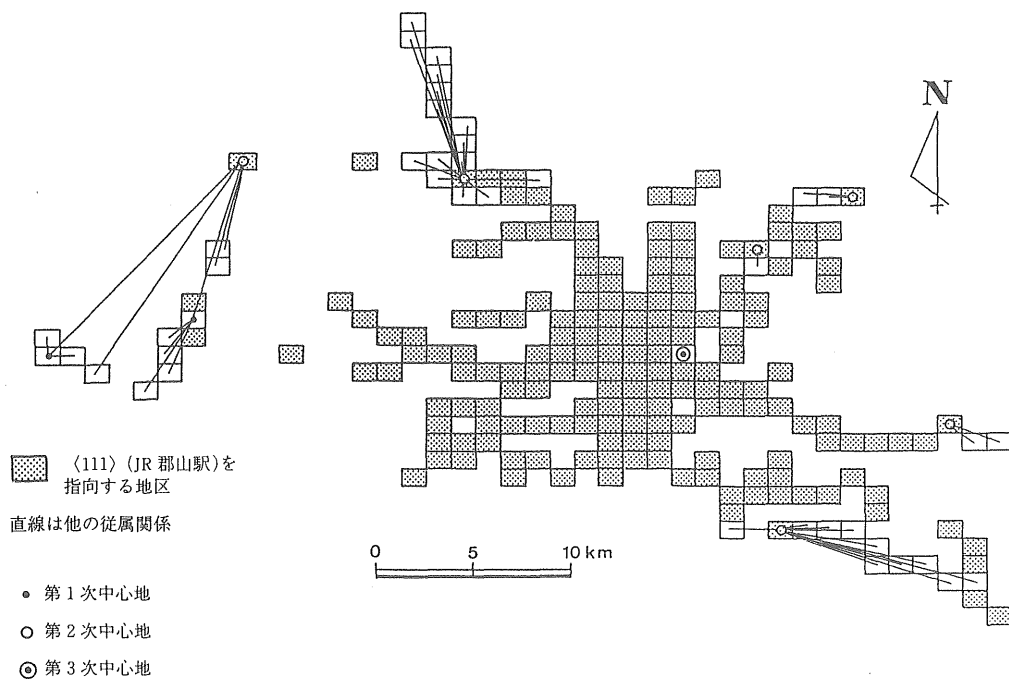
第8図は結節流によって郡山市の結節構造を示したものである。181地区がJ R 郡山駅を含む $\langle 111 \rangle$ を指向しており、最も広範囲な勢力圏となっている。これ以外の勢力圏はすべて周辺部に存在し、北部でJ R 磐梯熱海駅を含む $\langle 15 \rangle$ を15地区が、南部でJ R 谷田川駅を含む $\langle 204 \rangle$ を9地区が、東部で $\langle 162 \rangle$ を2地区が、猪苗代湖周辺の $\langle 113 \rangle$ を10地区が指向している。これら $\langle 111 \rangle$ 以外を指向する地区は、そのほとんどが指向先を挟んで $\langle 111 \rangle$ の反対側に位置しており、鉄道などとの乗り換えを前提とした構造となっていることがうかがえる。また $\langle 113 \rangle$ を指向する地区は会津乗合自動車の路線網の範囲であって、会津若

松市との関係が強い地域である。それゆえ、郡山市のみを完結システムとする本研究では周辺部の小勢力圏として現れる。しかし、 $\langle 15, 113, 162, 204 \rangle$ の4結節中心地はいずれも $\langle 111 \rangle$ を指向していることから、上記の4つの勢力圏は、 $\langle 111 \rangle$ を中心地とする勢力圏の中で1階層低いシステムを形成しているものと考えられる。また1地区から指向を受ける $\langle 73 \rangle$ は $\langle 113 \rangle$ を指向しているため、さらに低い階層に位置づけられる。以上のことから郡山市の直接的結節構造は $\langle 111 \rangle$ を最高次の結節中心地である第3次中心地とし、 $\langle 15, 113, 162, 204 \rangle$ を第2次中心地、 $\langle 73 \rangle$ を第1次中心地とする3階層からなるものであることが分かった。

次に乗り換えを考えに入れた場合の結節構造を明らかにする。ここでは第3節で用いた有値近接性行列 T から結節流を求め、それから導き出される結節点の階層構造を第9図に示した。結果は $\langle 111 \rangle$ を指向する地区が減少し176地区となった。 $\langle 15, 162, 204 \rangle$ の勢力圏は直接的結節流によるものとほぼ同じで、 $\langle 204 \rangle$ を指向する地区がひとつ増加しただけである。この他に $\langle 98 \rangle$ が少数で



第8図 行列 L による階層構造



第9図 行列 T による階層構造

はあるが勢力圏を持ち、第2次中心地となっている。これらはいずれもJR郡山駅から離れた場所に存在しており、郡山市周辺部の地区は乗り換えを前提として<111>に到達する構造であるのか、あるいは他の市町村の影響を強く受けているかのいずれかを表すものと考えられる。猪苗代湖岸では<113>を指向する地区が消滅し、逆に<73>を指向する地区が増加している。また新たに<9,98>を指向する地区が現れ、複雑なシステムとなっている。これら湖岸の地区は第2次中心地として<9>のJR上戸駅を指向する。これは明らかに、バスより高速で移動することができる鉄道への乗り換えを前提とした構造であることを示すものであると考えられる。なお階層は直接的結節構造と同じく<111>を最高次の第3次中心地とする3階層からなるものである。

Ⅵ. まとめ

本研究では郡山市を1つの完結システムとみなし、バス・鉄道による公共交通ネットワークを分析することにより結節構造の解明を試みた。その結果、以下のことが明かになった。

(1) 結節点間の結合の有無にのみ注目した分析では、近接性はJR郡山駅付近を最高として、周辺部にいくほど低下する傾向が見られる。しかし周辺部であっても鉄道駅が存在する地区や主要道路沿線の地区は高い近接性を示す。運行回数を考慮して各地区の近接性を求めると、前述の傾向がより顕著に表れる。

(2) 乗り換え数ごとの到達可能地区数により地区の分類を行った結果、4つの類型が得られ、近接性が最も高い地区を中心として鉄道、国道、主要地方道沿線に少ない乗り換えで高い近接性を示す地区が、その他の場所に少ない乗り換えでは

低い近接性しか示さない地区が存在し、全体としてはセクター状の配置を示す。運行回数を考慮して近接性により分類を行うと、中心部ほど高い近接性の地区、周辺部ほど低い近接性の地区が分布する。しかし、(1)と同じく鉄道駅付近や主要道路沿線の地区は周辺より近接性が高い。全体として、歪んではいるが同心円的な配置を示す。

(3) バス・鉄道による地区間の直接的連結に注目し、運行回数から結節地域の画定を行った結果、JR郡山駅付近を中心とした極めて大きい勢力圏と、周辺に中心を持つ複数の小規模勢力圏が現れ、3つの階層が見られる。これに間接的連結を加えても階層数は変わらないが、JR郡山駅付近を中心とする勢力圏が縮小し、周辺の小規模勢力圏が増加する。特に鉄道の駅を含む地区の中心性が増加する。これは周辺地域のバス路線が鉄道に乗り換えることを前提としたものであることを示す。

以上のことから、郡山市の結節構造はJR郡山駅付近を中心とした一極集中型であり、低次の階層では主に鉄道の駅を中心として周辺部に小勢力圏が存在することが明かになった。

本研究は結節点間の関係のみを取り上げ、経路については考慮していない。また分析でも近接性の測定における過剰性についての問題や、結節地域の画定において第1結節流のみを取り扱う事についての問題など以前からの指摘があるにもかかわらず、特に検討を加えることをしなかった。そのため、どこまで現実の結節構造を解明できたのか疑問が残る。今後はこれらの問題の解決を目指すとともに、異なるスケールでの分析や時系列的分析を行うことにより明確な都市の結節構造を明らかにしていきたい。

本稿を作成するにあたり、奥野隆史先生、佐々木博先生、斎藤 功先生、手塚 章先生、村山祐司先生をはじめとする筑波大学地球科学系の先生方に終始御指導を賜りました。現地調査の際には、福島交通株式会社企画管理部企画課ならびに会津乗合自動車株式会社営業部業務課の皆様にも多大な御協力をいただきました。また、平田慎治氏、玉置和宏氏、国嶋浩太郎氏からは貴重な御助言をいただきました。記して厚く御礼申し上げます。

〔注および参考文献〕

- 1) Brown, L.A. and Holmes, J. (1971) : The delimitation of functional regions, nodal regions, and hierarchies by functional distance approaches. *Journ. of Reg. Sci.*, 11, 57~72.
- 2) 藤目節夫 (1977) : 香川県中央部都市圏における交通流の諸特性ならびに都市構成との関係に関する研究. 地理学評論, 50, 700~721.
- 3) 市南文一 (1978) : 社会・経済的地域特性と地区間通勤流動とからみた名古屋大都市圏の地域構造. 地理学評論, 51, 545~563.
- 4) 南 繁佑 (1981) : パーソントリップからみたソウル市の機能地域構造—将来の予測のための試みとして—. 人文地理, 33, 507~524.
- 5) 林 上 (1974) : 地域間自動車交通流からみた名古屋大都市圏の機能地域構造. 地理学評論, 47, 287~300.
- 6) 林 上 (1975) : 名古屋市における都市内自動車交通流と都市の地域構造. 人文地理, 27, 353~376.
- 7) 奥井正俊 (1980) : トラック交通流動からみた北海道の地域構造. 地理学評論, 53, 263~279.
- 8) 奥野隆史 (1972) : 自動車交通流動からみた中京地域の連結体系. 伊藤郷平編著 : 『中京圏』 大明堂, 235~245.
- 9) 奥野隆史 (1979) : 北陸地方における自動車流動からみた地域の連結体系とその変化. 人文地理学研究, 3, 169~188.
- 10) 奥野隆史 (1987) : 東北地方における地域の連結体系とその変化—自動車流動による分析—. 地域調査報告, 9, 1~26.
- 11) 鈴木富志郎 (1975) : 自動車交通からみた京阪神大都市圏. 山口平四郎先生定年記念事業会編 : 『地域と交通』 大明堂, 196~215.
- 12) 葛谷明子 (1980) : 中京圏におけるネットワーク分析. 人文地理, 32, 481~492.
- 13) 小方 登 (1980) : 都市内公共輸送網のネットワーク分析—京都市営バスを例として—. 人文地理, 32, 493~503.
- 14) 郭 金水 (1985) : バス交通ネットワークからみた松本市における近接性と結節体系. 地域調査報告, 7, 101~109.
- 15) 牛久保浩一 (1986) : バス交通による神奈川県中央部の結節システムの変化. 人文地理, 38, 360~376.
- 16) 前掲 6)
- 17) 前掲 15)
- 18) 前掲 13)
- 19) Kansky, K.J. (1963) : *Structure of Transportation Networks*. Univ. of Chicago, Dept. of Geogr., Research Papers, 84.
- 20) Taaffe, E.L. and Gauthier, H.L. (1973) : *Geography of Transportation*. Prentice-Hall. 奥野隆史訳 (1975) : 『地域交通論—その空間モデル—』 大明堂, 105~167ページ.
- 21) 国勢調査からの推定人口による。
- 22) <86>赤津から<101>三森峠を経て<111>JR郡山駅に向かうバス路線は11月16日から4月15日までの間<15>JR磐梯熱海駅経由となる。
- 23) この時のリンクが、ネットワークにおいて最も離れた2結節点間を結ぶために必要な最少のものである。
- 24) 実際には3本のリンクでほとんどの地区を結び付けることができるが、<59>との連結が得られない地区が3つ存在するため、直径は4となった。
- 25) Shimbel, A. (1953) : Structural Parameters of Communication Networks. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 15, 501~507.
- 26) 前掲 12)

- 27) 前掲 14)
- 28) 前掲 13)
- 29) 前掲 15)
- 30) Garrison, W.L. (1960) : Connectivity of the Interstate Highway System. *Pap. of Reg. Sci. Ass.*, **6**, 121
~138.
- 31) 前掲 15)