

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

郭 金 水

I はじめに

I-1 本報告の目的

各種の公共輸送手段の中でバス交通は、鉄道の補完・代替・培養の機能を果たす交通形態であるが、大都市での地下鉄整備や道路混雑あるいは過疎地でのバス利用の減退により、1970年代以降その地位が相対的に低下し続けている。しかしながら、都市内に限定してみれば、鉄道は線的交通手段であるのに対して、バス交通は面的交通手段であり、バス交通の重要性は今だ失われていない¹⁾。

かかる性格をもつバス交通を対象として、数多くの地理学的研究が今日までに行われている。例えば、Green はバスの運行回数とその変換点をもとに、イングランド地方およびウェールズ地方のバス後背地を画定している²⁾。また、小方はバス交通ネットワークの分析によって、京都市における都市構造の1側面を明らかにし³⁾、藤目・白石は愛媛県南予地域におけるバス交通の時系列的な発達過程を解明している⁴⁾。

そこで本報告でも、都市内における面的な公共輸送手段であるバス交通を取り上げ、そのネットワークに基づき、松本市の都市構造の2つの側面、すなわち都市内における諸地域の近接性と結節体系を分析する。なお、ここでは都市内の各地域にかかわる近接性を、他のすべての地域までのバス交通を介した到達の容易性と考える。また、結節体系とはバス交通を介した地域間の結びつきの強弱により、幾つかの地域が1つのまとまりを構成したものであり、かつそのまとまりの中で各地域が支配-従属関係をもつものとして考える。

I-2 資料と対象地域

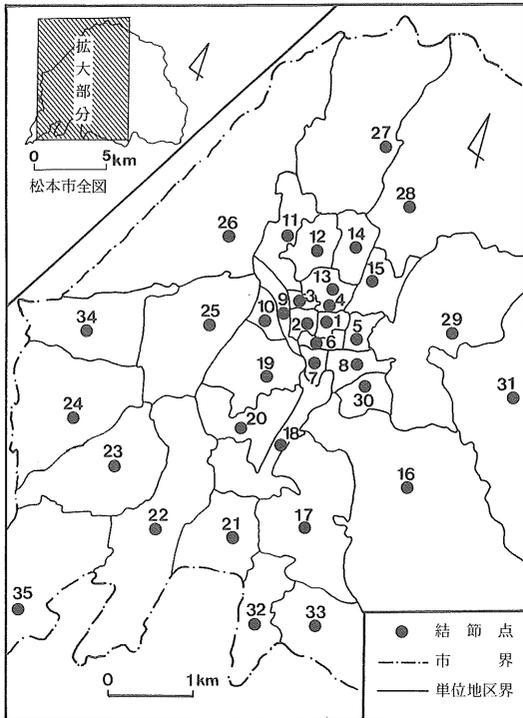
分析に活用する資料は松本市に関するバス時刻表

とバス路線網図であるが、これらは松本市に本社を置き、同市を初めとして中信地域を営業区域とする松本電鉄株式会社が、1982年8月9日現在で作成したものである。また、これらの他に松本市が作成した各種の統計書類も資料とする。

対象地域とした松本市は、東側が筑摩山地の一部をなすが、南北に伸びる松本盆地のほぼ中央に位置する。人口は1982年10月1日現在193,139であり、その大部分は松本市の中央部から西方へ広がる市街地に集中している。交通条件をみると、幹線国道である19号線が市街地をほぼ南北に横切り、また143号線、147号線、158号線および258号線の各国道が、市街地から市外へ向って放射状に伸びている。さらに松本市は、国鉄篠ノ井線から国鉄大糸線や松本電鉄上高地線の乗換地点であり、また南西部には長野県唯一の飛行場が立地するなど、中信地域における交通の要衝となっている。

ところで本報告では、実際のバス路線網それ自体にメスを加えるのではなく、代表的なバス停を結節点とし、またそれらを結ぶ連鎖線からなるネットワークに、バス路線網を変換して分析を進める。したがって、まず、自動車OD調査でのゾーニングを参考にして松本市を35単位地区に区分した(第1図)。次に、各単位地区内に1つの結節点を設けたが、市街地内の単位地区の場合、そのほぼ中心に位置するバス停を、また郊外の場合、旧町村役場前のバス停を結節点とした。さらに、結節点が最大1度の乗換えを介してバス路線により結ばれている場合、それらの結節点間に連鎖線を設けた。

第2図はこのようにして画定されたバス交通ネットワークを示すが、市街地では連鎖線の密度が高く、ここでの結節点は22から23本の連鎖線を発している。なお、深志(結節点番号2、以下同様)には松本



第1図 対象地域と分析単位

- 1. 中央 2. 深志 3. 大手西 4. 大手東 5. 県
- 6. 本庄 7. 庄内 8. 筑摩東 9. 中条 10. 渚
- 11. 宮渕 12. 蟻ヶ崎 13. 丸の内 14. 旭 15. 元町
- 16. 中山 17. 寿台 18. 出川町 19. 笹部 20. 南松本
- 21. 芳川村井 22. 笹賀 23. 神林 24. 和田 25. 鳥立
- 26. 島内 27. 岡田 28. 本郷 29. 里山辺 30. 神田
- 31. 入山辺 32. 寿小赤 33. 内田 34. 新村 35. 今井

駅とバスターミナルがあり、そこから39系統のバス路線が松本市の内外へ向けて伸びている。これに対して筑摩山地の山麓地帯となる南東部では連鎖の密度が低く、中山(16)と入山辺(31)はそれぞれ他と1本の連鎖線を持っているにすぎない。

II 松本市における近接性

II-1 トポロジ的距離による近接性

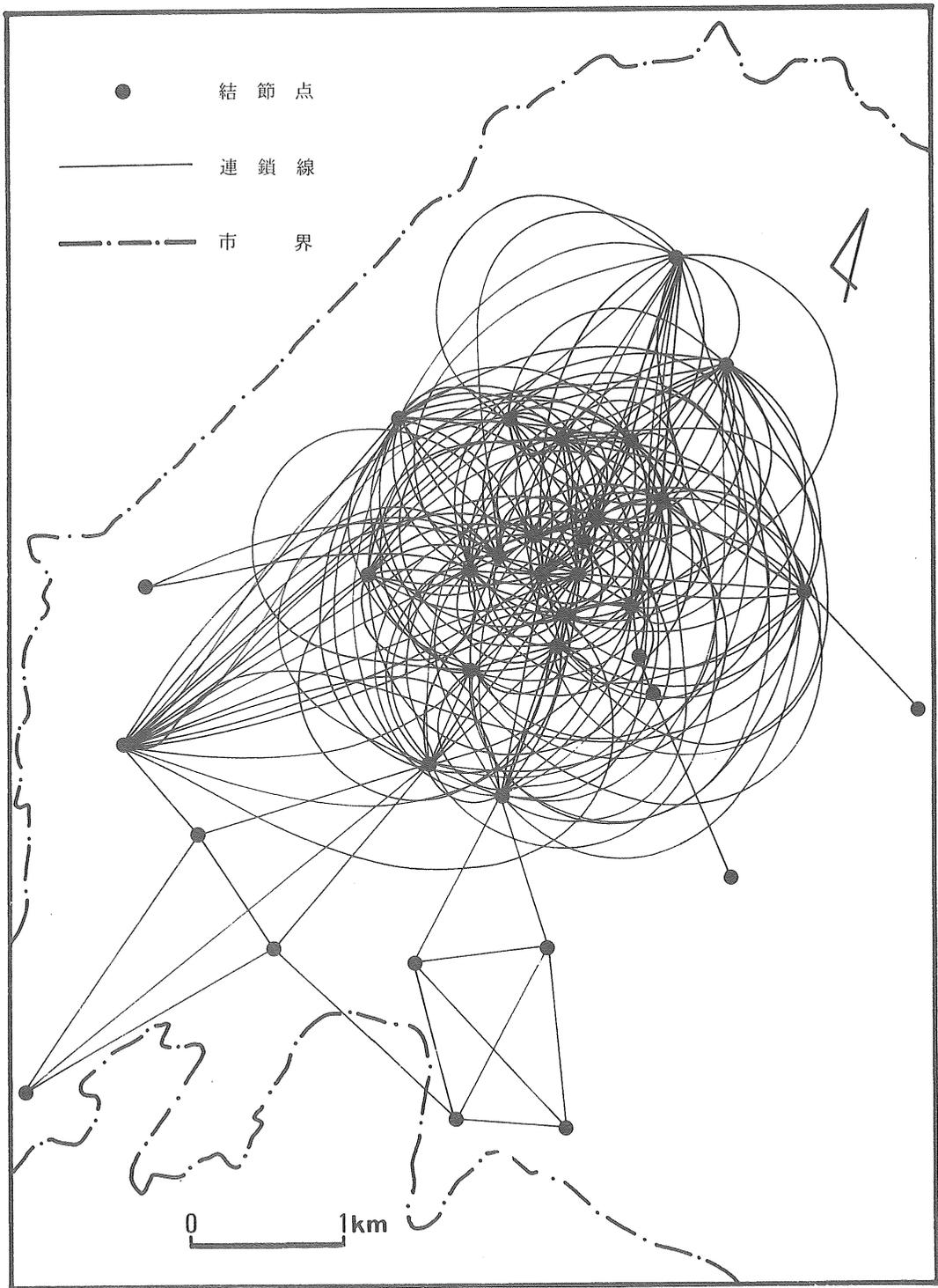
ここでは、第2図に示したネットワークをトポロジ的のものとして分析する⁵⁾。すなわち、結節点

を結ぶ連鎖線の有無のみ着目し、連鎖線の長さは考察外とするわけである。したがって、最初に、結節点間に連鎖線がある場合に要素が1となり、逆でない場合に0となる結節点間の連結性行列を作成した。続いて、すべての要素が1以上になるように連結性行列を累乗し⁶⁾、その行列の行和すなわちシンベル示数を各結節点の近接性の測度とした⁷⁾。ところで、シンベル示数の低い結節点ほど近接性が高く、逆に高いものほど近接性が低いと判断できるが、ここではシンベル示数をトポロジ的距離から求めたために、シンベル示数が低く近接性が高い結節点からは、他の結節点へ向けて多数のバス路線があり、また少数の乗換回数で他の結節点に到達できるといえる。第3図は、このような意味をもつシンベル示数の地域的差異を等値線により描いたものである。

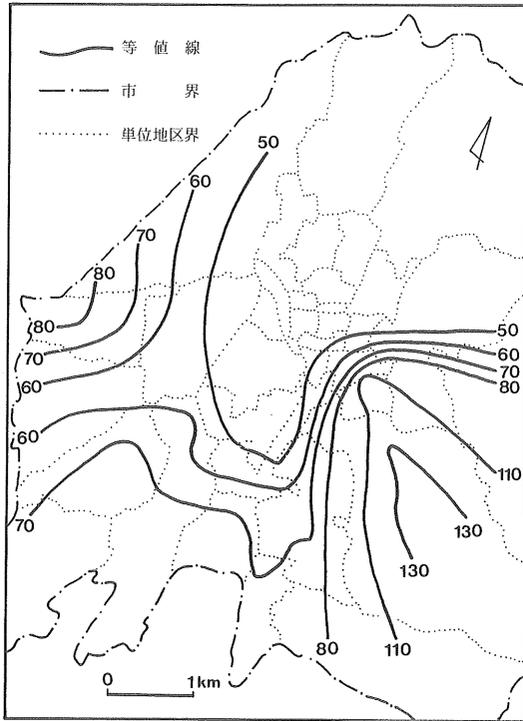
トポロジ的距離からみた近接性が最も高い結節点は、50の等値線に囲まれた松本市の中央部から北部にかけての地帯にあり、ここから市内の諸地域に向けて多数のバス路線があり、あまり乗換えを行わなくても諸地域に到達できることがわかる。この地帯は中心市街地である旧松本市と浅間温泉がある旧本郷村の範囲にほぼ相当するが、バス交通が松本市の中で最も古くから発達したところでもある。すでに1912年(大正元)には松本駅と浅間温泉の間で自動車による乗合運転が始められている⁸⁾。逆に近接性が最も低い結節点は山麓地帯の南東部に主に位置し、そこから伸びるバス路線は少なく、市内の諸地域に到達するためには、幾度も乗換えを繰返さなければならないことがわかる。具体的には中山(16)、神田(30)、寿小赤(32)および内田(33)などであるが、そこではシンベル示数が80から130以上の値を示している。また、西端部の新村(34)でも近接性が低いが、その理由はここを通過するバス路線が1系統しかないためである。ただし、ここから中心市街地に到達するためには、松本電鉄上高地線を利用することができる。なお、シンベル示数が60から70の値をとり、松本市の中で中程度の近接性をもつ結節点は、中心市街地に近接する筑摩東(8)や、大規模な住宅団地がある寿台(17)、1970年代後半以降に工業団地が造成された笹賀(22)と神林(23)などである。

II-2 時間距離からみた近接性

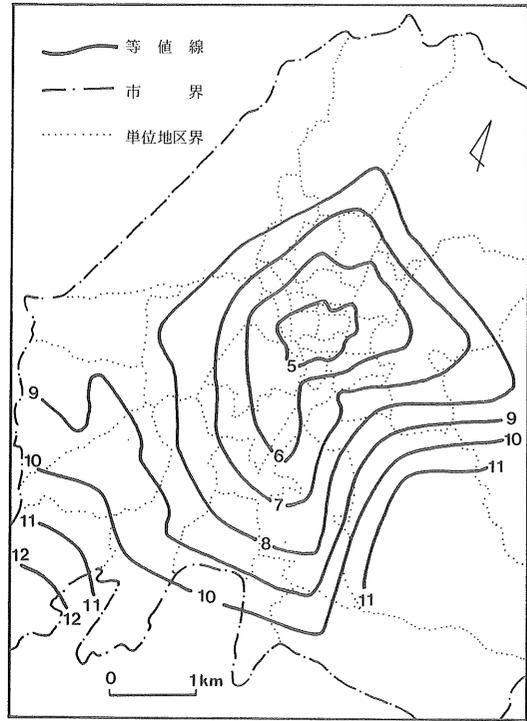
ここでは、バス交通ネットワークを幾何的なものとみなし、各結節点間の連鎖線の長さに応じた近接



第2図 松本市内のバス交通ネットワーク



第3図 トポロジ的距离による松本市内の近接性
注：等値線の数値はシンベル示数を示す。



第4図 時間距離による松本市内の近接性
注：等値線の数値はシンベル示数を示す。
(単位：100分)

性を評価する。そこで、結節点間のバス運行所要時間によって、各連鎖線の長さを表すこととし、結節点間の時間距離を要素とする連結性行列を作成した。続いて、ブール代数法により各結節点間の最短時間距離を求め⁹⁾、ここでもシンベル示数を結節点ごとに算定した。各結節点のシンベル示数により等値線を描くと、第4図のようになったが、ここではシンベル示数の低い結節点ほど、他のすべての結節点までの総所要時間が少なく、その意味で近接性が高いといえる。

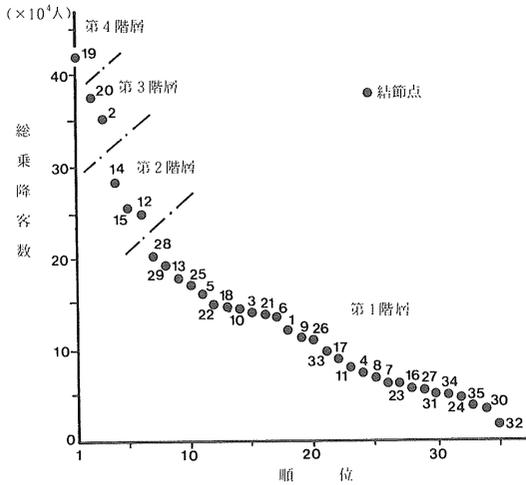
シンベル示数が500分以下になり、近接性が最も高い場所は、バスターミナルがある深志(2)や、そこに隣接する中央(1)と本庄(6)であり、ここから市内の諸地域までのバス所要時間は最も少ないことがわかる。次に近接性が高いのは、金融・保険機能が集積する大手西(3)と大手東(4)や市役所、国・県の出先機関などの行政機能が松本城を囲んで集積する丸の内(13)などである。旧松本市の範囲は700分の等値線により囲まれ、松本市全域からみれば、

近接性が相対的に高い地域である。これに対して南東部の中山(16)と寿小赤(32)や、南西部の笹賀(22)、神林(23)と今井(35)は、近接性が最も低く、ここからバスで市内の諸地域に達するためには多くの時間を要することがわかる。

このように都心部から縁辺部に向い近接性が次第に低下するが、等値線が外へ向い凸状となる方向は、三才山トンネルに至る国道245号線に沿う北方向、美ヶ原高原に至る県道美ヶ原公園線に沿う東方向、および上高地に至る国道158号線に沿う西方向となっているが、その理由は各方向に伸びる道路の混雑率が低いためと考えられる。逆に等値線が外へ向い凸状となるのは、特に南東方向において明瞭であるが、この方向に位置する中山や神田での道路混雑率は著しく高い¹⁰⁾。

Ⅲ 松本市における結節体系

ここでは、結節点間の連鎖線をバス乗客数によっ



第5図 総乗降客数による結節点の順位-規模関係
注：結節点の数値は結節点番号を示す。

て加重し、松本市における結節体系を分析する。すなわち、第2図に示したバス交通ネットワークを有値ネットワークとして取り扱うわけである。なお、結節点間のバス乗客数に関する詳細な資料がないために、各結節点が位置する単位地区の昼間人口と夜間人口から、次式のような重力モデルに基づいてバス乗客数を推定する。すなわち、

$$I_{ij} = k \cdot PN_i \cdot PD_j \cdot d_{ij}^{-1} \quad (1)$$

ただし、 I_{ij} は結節点 i と j 間のバス乗客数、 PN_i は結節点 i がある単位地区の夜間人口、 PD_j は結節点 j がある単位地区の昼間人口¹¹⁾、および d_{ij} は結節点 i と j 間の最短時間距離である。さらに、 k は定数であり、ここでは0.001とする¹²⁾。

さらに、このバス乗客数により結節体系を画定するために、次のような3つの作業を行う¹³⁾。第1の作業は結節点の階層区分である。ここではバス乗客数 I_{ij} から各結節点の総乗降客数を算出し、その順位-規模曲線の遷急点により、階層化を行うことにする。第5図にはこの順位規模曲線を示したが、35の結節点は4つの階層に区分できる。最高次の第4階層に属する結節点は笹部(19)のみであり、第3階層には南松本(20)と深志(2)が属している。さらに、旭(14)、元町(15)および蟻ヶ崎(12)は第3階層

になっているが、他のすべての結節点は第1階層に属することになる。

第2の作業は、結節点間の結びつきの強さを明らかにするために、各結節点 i からその支配結節点 j への指向度 D_{ij} を、次式により算出することである。すなわち、

$$D_{ij} = I_{ij} / \sum_j I_{ij} \times 100 \quad (2)$$

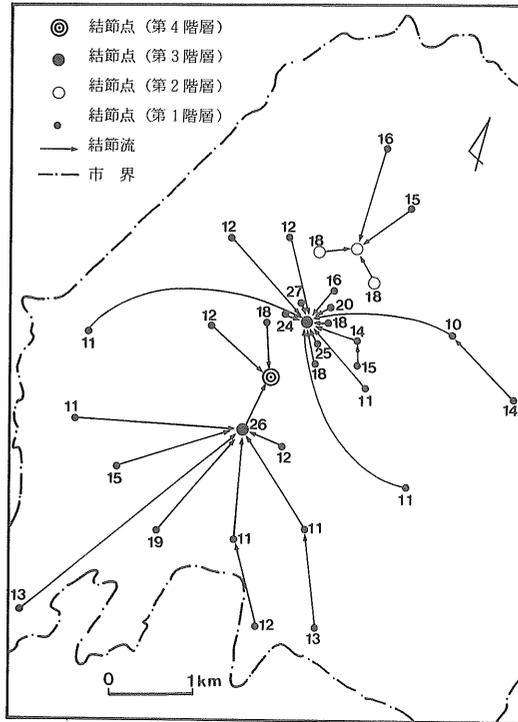
ただし、 m は結節点の数であり、ここでは35となる。なお、指向度の行列 D の各行ベクトルにおいて、最大の要素値は第1結節流(最大流)を示し、第2位と第3位の要素値はそれぞれ第2と第3結節流を表すものとする。

最後に、結節点間のバス乗客数の行列 I は非対称行列であるために、Rougetの方法により結節点間の支配-従属関係を決定する¹⁴⁾。すなわち、結節点 i と j 間のバス乗客数について次式が成立すれば、結節点 i が j を支配すると考えるわけである。

$$\frac{I_{ij}}{\sum_k I_{ik}} < \frac{I_{ji}}{\sum_k I_{jk}} \quad (3)$$

ここまでの作業の結果、第1から第3結節流による結節体系が構築できるが、第1結節流に基づく結節体系は第6図に示した。ここでは深志(2)、旭(14)および笹部(19)が最終結節点として抽出され、松本市は3つの結節地域に区分される。深志を頂点とする結節地域は、これらの結節地域の中で最多の結節点より構成され、深志は15の結節点を支配する。深志への依存度が高い結節点は大手西(3)、本庄(6)および中条(9)であり、それぞれの指向度は27、25および24となっている。第2の結節地域は蟻ヶ崎(12)、旭、元町(15)、岡田(27)および本郷(28)の5つの結節点により構成され、それらのうち旭が残る4つの結節点を支配する。第4の階層である笹部が支配する結節地域は、13の結節点が第1結節流により連結されたものである。笹部への指向度が最大となる結節点は南松本(20)であり、笹部に最も強く支配されている。

ところで、3つの最終結節点での機能別昼間人口に着目すると(第1表)、深志では商業に従事する人口が50.9%を占め、この比率は他の最終結節点や松



第6図 第1結節流による松本市内の結節体系

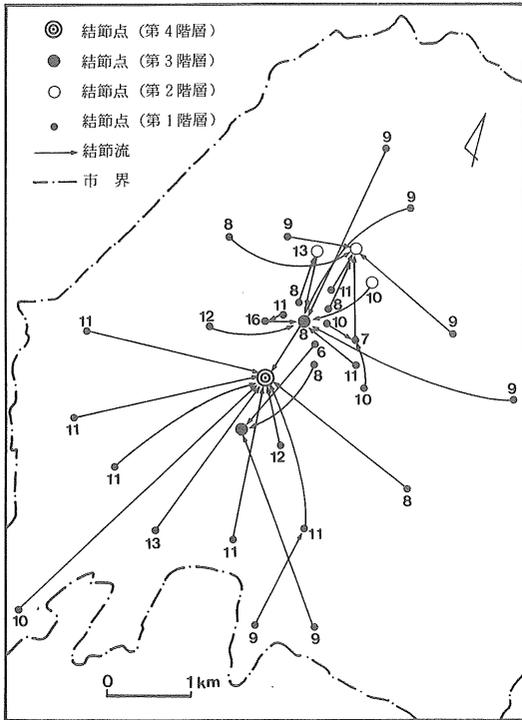
注：数値は結節流の指向度を示す。

第1表 第1結節流による最終結節点の機能別昼間人口

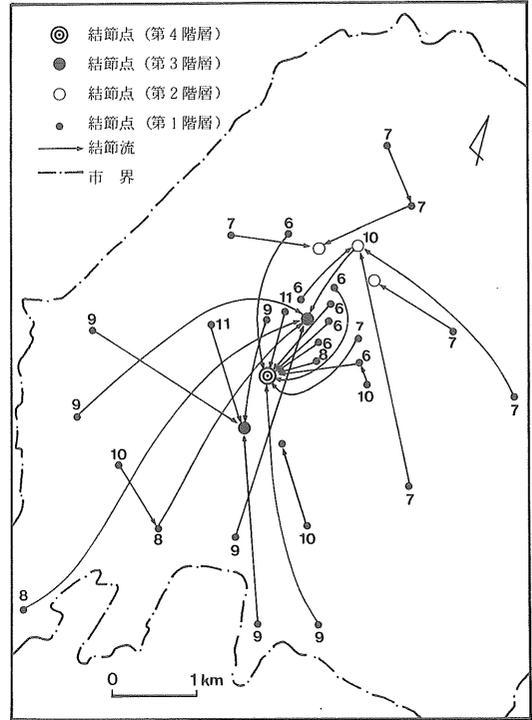
最終結節点	全昼間人口	機能別昼間人口とその構成比率			
		工業	商業	文教	その他
深志	16,103人	1,634人 40.1%	8,195人 50.9%	669人 4.2%	5,605人 34.8%
旭	11,592	248 2.1	89 0.8	7,705 66.5	3,550 30.6
笹部	15,008	5,653 37.6	2,127 14.2	466 3.1	6,762 45.1
松本市全体	193,958	26,412 13.6	23,642 12.2	17,711 9.1	126,193 65.1

注：文教人口は文化・教育に関する従事者数と高校・短大・大学の生徒学生数の和である。

資料：松本商工会議所1983年商工名簿および松本市役所学校教育課統計。



第7図 第2結節流による松本市内の結節体系
注：数値は結節流の指向度を示す。



第8図 第3結節流による松本市内の結節体系
注：数値は結節流の指向度を示す。

本市全体のそれよりも著しく高いことがわかる。したがって、深志では商業活動が卓越しているといえる。また、信州大学がある旭では文教活動が最も重要な機能となっている。さらに、国道19号線沿いに工場が集積している笹部では、昼間人口の37.6%が工業活動に従事している。以上のように、第1結節流によれば、松本市は商業活動が卓越する深志を中心とする中央部の結節地域、文教活動が卓越する旭を中心とする北部の結節地域、および工業活動が卓越する笹部を中心とする南部の結節地域に区分できる。

続いて、第1結節流に次ぐ強い連結を示す第2と第3結節流について検討する。第7図は第2結節流による結節体系を示すものである。ここでは旭、笹部および南松本が最終結節点として抽出されている。笹部を中心とする結節地域は、22の結節点からなる最も大規模なものであるが、その中には第1結節流の場合に最終結節点となっていた深志も含まれている。なお、旭や南松本を頂点とする結節地域は、それぞれ7つと3つの結節点によりなる。第8図に

は第3結節流による結節体系を示したが、そこには深志、蟻ヶ崎、元町、出川町(18)、笹部と南松本の6つの最終結節点がある。なお、先の2つの結節流の場合に最終結節点であった旭は、ここでは深志に支配されるようになった。

以上では、3つの結節流に基づく結節体系を分析したが、第1結節流により最終結節点とされた結節点に注目すると次のようなことがわかる。すなわち、第1結節流によれば、深志、旭および笹部が最終結節点となっていたが、第2結節流による結節体系では、工業活動の卓越する笹部が同様に最終結節点となっているものの、商業活動の卓越する深志は笹部に従属するようになる。また、第3結節流による結節体系になると、文教活動の卓越する旭は深志に支配されるようになる。これらのことから、松本市の結節体系の中では商業活動と工業活動、あるいは商業活動と文教活動の連結が強いものの、工業活動と文教活動の連結は弱いことがわかる。

Ⅳ むすび

本報告では、松本市における都市構造の2つの側面、つまり近接性と結節体系を、バス交通ネットワークに基づき分析した。その分析結果を要約すると次のようになる。

1. トポロジー的距離から松本市における近接性を測定した。その結果、この近接性は、中心市街地に相当する旧松本市や、浅間温泉を抱える旧本郷村など、バス交通が古くから発達した松本市の中心部から北部に至る地帯で高く、この地帯から松本市の諸地域に向けて多くのバス路線が伸び、また少ない乗換回数で諸地域に到達できることが判明した。これに対して筑摩山地の山麓地帯となる南東部や、松本電鉄上高地線の沿線地帯である西端部では近接性が低いこともわかった。
2. 時間距離による近接性をも求めた結果、この近接性は松本市の都心部から縁辺部へ向けて次第に低

下し、都市部から松本市の諸地域までの総バス所要時間は短いものの、縁辺部からの場合は長いことがわかった。ただし、美ヶ原高原や上高地などの観光地に達し、また近年の改良により混雑の少ない道路網が伸びている地帯では、都市部から縁辺部への近接性の低下が緩やかであった。

3. 夜間人口、昼間人口および時間距離から松本市の諸地点間のバス乗客数を推定し、それによって結節体系を画定した。その結果、バス乗客数の最大流である第1結節流によれば、松本市は商業活動が卓越する深志を中心とする中央部の結節地域、文教活動が卓越する旭を中心とする北部の結節地域、および工業活動が卓越する笹賀を中心とする南部の結節地域に区分できた。さらに低次の結節流による結節体系をも分析した結果、深志の商業活動は笹賀の工業活動や旭の文教活動と強く機能的に連結するが、笹賀の工業活動と旭の文教活動の間の機能的連結は弱いことが判明した。

本報告の作成にあたり、奥野隆史先生を初めとして、筑波大学地球科学系の諸先生に御指導を頂いた。また、松本電鉄株式会社と松本市役所の皆様からは貴重な資料を頂いた。以上に記して厚く感謝する次第である。

〔注および参考文献〕

- 1) 中西健一・広岡治哉編(1980)：『日本の交通問題——低成長下の交通経済——(三版)』ミネルヴァ書房、190～214。
- 2) Green, F. H. W. (1950)：Urban hinterlands in England and Wales：an analysis of bus services. *Geographical Journal*, **116**, 64～80.
- 3) 小方 登(1980)：都市内公共輸送網のネットワーク分析. 人文地理, **32**, 493～503.
- 4) 藤目節夫・白石憲司(1984)：愛媛県南予地域におけるバス交通の発達. 愛媛大学法文学部地理学教室編：『創立20周年記念論集』, 26～31.
- 5) 奥野によれば、ネットワークはトポロジー的ネットワーク、幾何的ネットワークおよび有値ネットワークに区分できる。本報告では、バス交通ネットワークをこれらの各ネットワークにみなして順に分析する。奥野隆史(1977)：『計量地理学の基礎』大明堂、148～149.
- 6) この操作の詳細は、奥野隆史(1977)：前掲5), 164～172を参照されたい。
- 7) Shimbel, A. (1953)：Structural parameters of communication network. *Bulltin of Mathematical Biophysics*, **15**, 501～507.
- 8) 松本電鉄年史編纂委員会編：『50年のあゆみ』松本電気鉄道株式会社、94ページ。
- 9) 奥野隆史(1977)：前掲5), 164～172を参照。
- 10) 1977年の全国道路情勢調査によれば、都心部から北方向の岡田(27)、東方向の里山辺(29)と入山辺(31)、および西方向の島立(25)と新村(34)では、道路混雑率(=道路交通量/道路交通容量)が0.2から0.3の範囲にあ

る。これに対して、南東方向の中山と神田では、道路混雑率がともに4.4となっている。

- 11) 小方 登(1980)：前掲3)と同様に、各单位地区の昼間人口 PD_i は次式により求めた。すなわち、

$$PD_i = PN_i \times \left[1 - \frac{(\sum_i W_i + \sum_i S_i)}{\sum_i PN_i} \right] + W_i + S_i$$

ただし、 W_i と S_i は、それぞれ結節点 i を含む単位地区内の事業所従業者数と高校・短大・大学の生徒学生数である。

- 12) フットに従い、 k の値は次式により求めた。すなわち、

$$k = T / \sum_{ji} PN_i \cdot PD_j \cdot d_{ij}^{-1}$$

ただし、 T は松本市における年間バス輸送人員とする。松本電鉄株式会社の資料によれば、1983年度ではこの値が17,419,710人となった。

フット, D. 著, 青山吉隆・戸田常一・阿部宏史・近藤光男共訳(1984)：『都市モデル——手法と応用——』丸善株式会社, 67~97. (Foot, D. (1981) : *Operational urban models: an introduction*. Methuen & Co., Ltd, New York)

- 13) ここでの作業は下記の文献に従っている。

村山裕司(1982)：結節地域設定に関する Nystuen-Dacey モデルの再検討。地理科学, **37**, 73~84.

- 14) Rouget, B. (1972) : Graph theory and hierarchisation models. *Regional and Urban Economics*, **2**, 263~296.