

# 地方における公共交通のサービス供給基準に関する研究

地方においては、自治体が主体となって公共交通を計画する場面が多くなっている。地域全体としての総合的な計画を策定するには、地域における統一的なサービス供給の基準が必要である。また、その基準は、生活活動を効率的かつ公正に保障しうるものでなくてはならない。そこで本研究では、公共交通として路線バスに着目し、サービス供給の基準を設定するための手法を検討する。具体的には、計画対象地域をどのように分類するか、分類した地区にどれだけのサービス水準を割り当てるかに関する手法を検討し、その結果をサービス水準マトリクスとして整理する。さらに事例分析を行い、ここで検討した手法の有効性を示す。

キーワード | 公共交通, サービス供給基準, サービス水準マトリクス, 活動機会の保障

谷本圭志  
TANIMOTO, Keishi

博(工) 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻准教授

牧 修平  
MAKI, Shuhei

修(工) 東芝ソリューション株式会社製品産業ソリューション事業部

## 1——はじめに

多くの地方において、公共交通の利用者は低迷しており、現在の主たる利用者は、学生や高齢者など、自家用車を運転できない、もしくは、運転しない人々となっている。これらの人々にとって公共交通は、買い物や通院といった生活を営む上での基礎的な活動を実施する上で必要不可欠である。このため、採算性といった営利的な判断のみに基づいてサービスを計画することは不適切であり、住民の基礎的な活動の機会を保障するという観点に基づいて自治体がサービスを計画する時代となっている<sup>1)</sup>。

これまで、民間事業者が計画したサービスに対して、自治体が必要に応じて公的支出を拠出することで公共交通が確保できた場合が少なくなかった。また、公的支出の増加、民間事業者の撤退などといった課題が生じて、そのつど、ある路線や地区について部分的に、例えば代替的な交通手段を確保したり減便するなどの応急的な措置を講じることでその場をしのぐことができた。しかし、どのような地区にどれだけのサービスを供給するかについて地域全体に関する一貫した考え方が不在のままその場しのぎを重ねていけば、現行のサービスに対する根拠を自治体が住民に対して説明できないという悲惨な状況が待つだけである。このため、地域全体を対象とした公共交通計画を自治体が策定し、その中にどのような地区にどれだけのサービスを供給するかの目安を数値で示した「サービス供給基準」を明らかにする必要性が生じている<sup>2)</sup>。

自治体が公共交通のサービス水準を設定する際には、二つの視点が要請される。すなわち、買い物や通院とい

た活動を効率的に、また、公正に保障することである。とりわけ後者については、民間事業者が計画主体である場合には求められるものではないのに対し、自治体である場合には住民の関心の一つがそこにあることもあり<sup>注1)</sup>、不可避的に求められる。しかし、公正性の考え方は様々であり<sup>3), 4)</sup>、また、人によってそれが異なる場合が多いと考えられる。

そこで本研究では、イギリスにおいて自治体が策定するLTP (Local Transport Plan)<sup>5)</sup>に着目する。具体的には、ある自治体のLTPに見られる「サービス水準マトリクス」という表に着目し、その形式でサービス供給基準を整理することで公正性の基本的な考え方が担保されることを述べる。その上で、生活路線の機能をもつ自治体内の路線バスを公共交通の具体的な対象とし、サービス水準マトリクスを作成するための手法を示すとともに、事例分析を行い、それらの手法の有効性を確認する。

## 2——本研究の基本的な考え方

### 2.1 サービス水準マトリクスとその意義

表—1は、イギリスのランカシャー州におけるLTP<sup>6)</sup>に掲載されている表である。最も左側の列には地区の人口規模、その右側に左から順に通勤および職業訓練、買い物、余暇といった活動の列があり、それぞれの要素には予め指定された中心地までの便数が示されている。すなわちこの表は、路線バスの一日当たりの便数の基準を活動別および地区の人口規模別に整理したものである。表中に示されている便数はあくまでベンチマーク(=基準)であり、それを厳守せよということではない。個々の

地区における便数は、より詳細な検討を行った上で決定される。

■表—1 ランカシャー州におけるサービス水準マトリクス

Minimum Service Levels Rural Areas Not Supported by Rural Bus Grant N <sup>o</sup> of(Return)Journeys to a Designated Centre for:			
Settlement Population	Employment/ Training	Shopping	Evening/ Leisure
50-149	Nil	1 per week	Nil
150-449	Nil	1 per day on 2 days	Nil
450-999	1 per day Mon-Sat	2 per day Mon-Sat	1 journey on 3 evenings per week + 2 per Sunday
1,000-2,499	2 per day Mon-Sat	3 per day Mon-Sat	2 per evening + 3 per Sunday
2,500-10,000	Min 2 hourly service 0700-1900 Mon-Sat		4 per evening + 4 per Sunday

この表のように、対象地区（ただし、固有の名称をもつ具体的な地区ではなく、抽象化された地区を示す。表—1の場合、人口規模によって分類された地区が対象地区である）別に便数の供給基準を示した表を本研究では「サービス水準マトリクス」と呼ぶ。

ランカシャー州がどのような目的でサービス水準マトリクスを整理しているのかについては不明であるが、活動の機会を保障する上での公正性という観点では以下に述べる意義が認められる。

正義は盲目であり、公正性は匿名の取り決めルールを要求する。「等しきものは等しく扱い、等しからざるものは等しからざるように扱え」

上記はニコマコス倫理学<sup>7)</sup>におけるアリストテレスの言明である。正義が備わったルールとは、一貫性をもっており場当たりの扱いを許さず、特定の対象を優遇することがない、すなわち、扱いが普遍的である場合に正当性を担保しうる。上記の引用文に「盲目」や「匿名」という言葉が並ぶのはこのことを意味する。この言明を公共交通に当てはめると、それぞれの地区のサービス水準を日和見主義的に設定することがなく、特定の地区を優遇することがないルールは正当ということになる。この内容は、公正性に関する一つの基本的な考え方であり、この内容自体に関する根本的な異論はなからう。

サービス水準マトリクスを作成することは、この内容を自動的に担保することを意味する。すなわち、表—1の例では、同じ人口規模の地区には同じ便数が、異なる人口規模の地区には異なった便数が割り当てられている。ま

た、ここでの地区は先述のように抽象的な地区であり、匿名性が担保されているため、特定の具体的な地区を優遇することがない。しかし、実際の公共交通の計画場面において、このような形式を作成することに疑問を覚える人も少なくないと考えられる。そこで以下では、この点について若干触れておこう。

一つは、匿名性にこだわるばかりに、具体的な地区が抱える課題やそれに対する配慮ができないという点である。実際においては、匿名ではなく、具体的な地区の住民との対話をもとにサービスを計画していくが、それとは相容れないのではないかという点でもある。これについては、先に既に述べているが、サービス水準マトリクスはあくまで地域全体としてのベンチマークを示したものであることを想起されたい。最終的には、具体的な地区の実情を考慮して、サービス水準が決定される。つまり、サービス水準マトリクスに記されたサービス供給基準を厳守することを自治体に要請しない。その厳守が求められないのであればそれを定める意味がないのではと一見考えられそうであるが、そうではない。厳守が求められなくても、いったんベンチマークが示されていれば、そこからの乖離を設ける場合にはその理由が求められる。その理由が妥当であれば、最終的に決定されるサービス水準に正当に反映できる。逆にベンチマークが示されていないければ、各地区におけるサービス水準の妥当性の根拠はなく、結果的に場当たりの地域全体の整合性を欠く計画を排除できない。法律がなければ正当な裁判はできないのと同様、ベンチマークがなければ個々の地区に正当なサービス水準の割り当てはできないのであり、サービス水準マトリクスは法律、各地区の最終的なサービス水準の決定は裁判に相当すると言えよう。

二点目は、人口規模のみに着目して地区を分類することの妥当性である。本研究ではそれを肯定しないが、この件は後に詳しく述べる。

三点目は、便数とは異なるサービス指標があるにもかかわらず、なぜ便数に着目し、それを地区に割り当てるのかという点である。これは、何に着目するのが実質的かという議論であり<sup>注2)</sup>、そこには様々な考え方があろう。しかし、本研究でそれを特定する必要はなく、その議論は地域に委ねればよい。ここでは便数を対象にした議論を展開し、その他に着目した場合の議論は別途の研究に譲るという立場をとる。

以上、サービス水準マトリクスの意義について述べたが、それを作成するためには、何に着目して地区を分類するか、また、分類した後のそれぞれの地区にどのように便数を割り当てればよいかという課題を克服する必要がある。すなわち、表—1で言えば、第一列に示す地区

の区分をどのように得るか、それらの区分に対する便数をどのように割り当てるかが問題となる。以下では、これらの二点を活動別に検討するための手法を検討する。なお、自らの地域において、どの活動の機会を保障の対象とすべきかについては、地域にとってどの活動が価値のあるものかという問題である。それを決定しうるのはその地域の関係者より他ない。このため、本研究では、保障の対象とする活動が地域によって事前に決定されているものとする。また、対象とする活動がどの目的地で保障できるかも事前に決定されているものとする。以後、サービス水準として路線バスの便数(便宜的に、その単位を往復数とする)に着目し、サービス水準と便数は区別なく用いることとする。

## 2.2 地区の分類

地区の分類に際しては、1) 地区をどのような抽象的な指標で表すか(表—1では人口規模が地区の指標である)、2) 何が類似していれば(類似していなければ)、同じ(異なる)地区として分類してよいのかの二点を予め決定しておかなければならない。このための考え方を以下に述べる。

まず2)であるが、公共交通サービスは、外出を伴う活動の機会を人々に保障することを目的としている。このため、外出のパターンが類似する地区を同一の分類に、しない地区を異なる分類にすればよいと考えられる。外出の基本的なパターンは、いつ(時間帯)、どこへ(目的地)、どのように(交通手段)、どれだけ(頻度)で特徴付けられるため、これらの類似性に基づいて地区を分類することが適切であろう。

また、(分類後の)地区が異なれば外出のパターンも異なるよう分類するためには、これらのパターンに影響を及ぼす要因を地区の指標とすることが適切である。このことは、1)への対応の考え方となる。以上の考え方に基づいて、1)、2)を具体的に検討する。

一般に、目的地までの移動距離(もしくは所要時間)の長短は気軽に外出できるか否かに影響を与えるため、それは外出の時間帯や頻度に影響を及ぼしうる。すなわち、目的地までの移動距離が同じであり、また、その他の条件も全く同じである地区が二つある場合、これらの地区で観測される外出の時間帯や頻度の分布は同じになり、逆に、その他の条件が同じであっても移動距離が異なれば、それらは異なると考えられる。よって、1)については、目的地までの移動距離(外出パターンの「どこへ」に対応する)が地区の指標として適切である<sup>注3)</sup>。同時に、2)については、外出の時間帯や頻度の類似性によって地区を分類すればよいことになる。ただし、頻度について

はさらなる観点での検討を要するため、以下ではひとまず頻度を除外して検討することとする。詳細は後述する。

交通手段の観点については、本研究では公共交通計画の文脈下にあるため、公共交通を交通手段とする外出パターンに着目すればよいように思えるが、そうではない。公共交通の利用者の外出パターンは、現行の公共交通サービスに不可避的かつ多大に影響を受ける。例えば、利用者が実施する活動の時間帯は移動距離による影響よりも、その時間帯に公共交通サービスがあるかないかに支配的に影響を受けている可能性が否定できない<sup>8)、9)</sup>。顕在化した外出パターンが人々の自律的な選択の結果でなければ、それをを用いることは不適切である。そこで、顕在化した外出行動ではなく、外出ニーズを把握することが考えられるが、これも適切ではない。この点は、適応的選好形成<sup>10)、11)</sup>や安価な嗜好<sup>12)</sup>の問題と関連付けて別の機会でも論じているため、それらを参照されたい<sup>13)~16)</sup>。一方で、自家用車を利用した場合の外出パターンは現行の公共交通サービスの影響を受けることなく、人々の自律的な選択としての外出時間帯、目的地として顕在化する。ここで、公共交通サービスが利用者に及ぼす影響を仮にないものとするれば、彼らの行動は公共交通サービスに影響を受けていない利用者の行動、すなわち自家用車を利用した人々の行動に近づくと考えられる。このことから、公共交通の利用者の潜在的な外出パターンを表しうる一つの有力な代理として自家用車の利用者の外出パターンに着目することが有用であろう。以上より、交通手段については自家用車が適切である。ただし、公共交通の利用者の属性が自家用車のそれと同一である保証はないため、着目すべき自家用車の利用者の属性は公共交通の利用者の属性とする必要がある。

以上を要約すれば、「目的地までの移動距離を地区の指標とし、自家用車を交通手段とする人々の外出の時間帯の類似性に基づいて地区を分類する」となる。

具体的には、それぞれの「単位地区」(例えば、目的地までの移動距離を~1km, 1~2km, 2~3km, …といったように1kmの距離幅で機械的に分割された地区であり、分類前の地区である。どのような距離幅が適切かは3.1で述べる)に関して、表—2に示す外出の時間帯のデータを整理することが分析の出発点である。

表—2は単位地区におけるある活動の開始時刻と終了時刻(例えば買い物の場合、買い物を開始する時刻と支払いを終える時刻)にどれだけの人がその活動を実施しているかの相対度数を表したものである。例えば、8時に開始し10時に終える人が20%いることを示している。空欄は0%を表している。したがって、8時、10時に目的地に到着、出発する路線バスの便が設定されれば、20%

■表—2 外出の時間帯の分布の例

終了時刻 開始時刻	7	8	9	10	…
7					
8		0.1	0.1	0.2	
9			0.1	0.3	
10				0.1	
…					

の人々に対してその活動の機会が保障されることになる。

つまり、表—2は、人々の外出時間帯の表であるとともに、何時に路線バスの便があればどれだけの人々に活動の機会が保障できるかを示した表でもある<sup>注4)</sup>。なお、絶対度数ではなく相対度数を用いるのは、単位地区間の類似性を目的地までの移動距離のみに求めているためである。絶対度数には、移動距離に加えて利用者数の類似性も含まれているため、上述の議論を踏まえれば、それを用いた分析は適切ではない。

このようなデータを単位地区ごとに整理し、単位地区間の類似性を検討し、類似性があるとされた単位地区を一つの地区とする作業を行う。

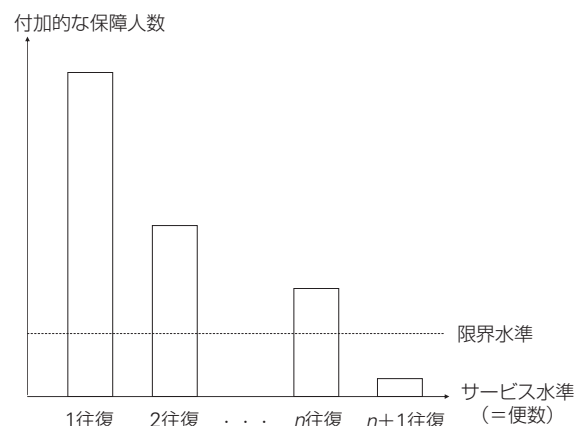
### 2.3 サービス水準の割り当て

外出パターンの類似性に基づいて地区を分類した後、それぞれの(分類後の)地区にサービス水準を割り当てる。その際、ある観点での効率性の考え方を取り入れる。具体的には、以下の考え方に基づいて地区にサービス水準を割り当てる。

- ① 路線バスの便数を1往復、2往復、…といったように1便ずつ追加する場面を想定し、追加に際して活動の機会が保障される人々の増加数を導出する。つまり、 $n$ 往復の便数のもとで活動の機会が保障される人数の合計を $L_n$ 人で表すとすると、便数が $n-1$ 往復である状態から便数を1往復追加して $n$ 往復とした場合に活動の機会が保障される人々の増加数は $L_n - L_{n-1}$ で表される。以後、この人数を「付加的な保障人数」と呼ぶことにする。なお、当該の便数のもとで活動の機会が保障される人々の数は、その便数のもとで保障される人数が最大となるようなダイヤを求め、そのダイヤのもとで保障される人数である。つまり、ダイヤを求める際、活動の機会を保障する人数を最大化するという効率性の考え方に基づく。

- ② 予め与えられた限界水準よりも付加的な保障人数が小さくなる場合は確保の対象とならない。例えば、①の検討の結果として図—1が得られている場合、便数を $n+1$ 往復としたときの付加的な保障人数は限界水準

を下回っているため、便数は $n$ 往復となる。この考え方によることは、限界水準以下の乗り合い人数であれば路線バスという乗り合い交通としての所期の機能を満たさないという要求水準原理的な規範<sup>17)</sup>に基づくことになる。換言すれば、限界水準以下の乗り合い人数しかない場合の運行を「空バス」の運行であるとした上で、「空バス」を運行しないようにするというのである。世の中における「空バス」の運行に対する批判を踏まえると、この考え方は妥当であろう。限界水準をどの水準に設定するかについてはいくつかの考え方があろう。例えば、公的支出の予算規模から最低何人乗り合っていないなければならないのかという観点、路線バスという乗り合い交通を対象としているため2人(保障する人数が統計上整数をとらない場合は1人とする)でもきょう)でなくてはならないという観点、タクシーなどの代替交通手段よりも路線バスによる供給費用が小さくなるという観点で設定することなど、様々がありうる。もし、限界水準を代替交通手段よりも路線バスによる供給費用が小さくなるという観点で設定する場合、交通手段の選択において供給費用が小さいという意味での効率性が担保されることになる。なお、限界水準を設けることは、人々に路線バスを利用するインセンティブを与えることにもつながる。つまり、利用者が増えて乗り合い人数が増えれば限界水準を超える便も増えるため、結果的により多くの便数を確保しうる。つまり、ここで提案している計画論は、「利用が増える→便数が増える→利用が増える→」という好循環をもたらしうるメカニズムを備えている。



■図—1 サービス水準と限界水準の関係

- ③ 活動の機会を保障する人数を最大化しても、路線バスですべての対象者に活動の機会が保障されるわけではない。すなわち、路線バスによって活動の機会が保障されない人々が生じる。このことは、限界水準を設定することから自ずと帰結する。これらの人々について

ては、タクシーや過疎地有償輸送など路線バスとは異なる別の交通手段で保障すればよい<sup>注5)</sup>。よって、路線バスで保障されないことが直ちに公共交通サービスの「切り捨て」であることを意味しない。ただし、どの交通手段が効率的かという問題は本研究では扱わない。

なお、②を前提とすれば、路線バスを利用する(延べ)の沿線人口が多ければ、一便あたりに乗り合う人数も高まるため、そのような地区には多くの便数が割り当てられる。すると、地区から目的地までの移動距離が同じであっても沿線人口が異なれば確保される便数も(結果的に)異なることになる。したがって、サービス水準マトリクスにおける地区は、地区から目的地までの移動距離と地区の沿線人口の二つの指標で定義される。

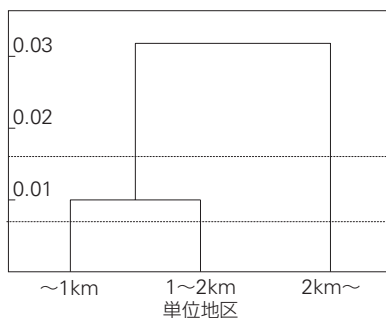
以上の検討によって沿線人口も地区を分類する際の指標であることが明らかとなった。ここに、地区における外出の頻度が高いと路線バスを利用する(延べ)の沿線人口も多いため、頻度と沿線人口(以後、「人口」と省略する)は相関をもつ。よって、2.2における地区の分類に際して、目的地への外出の頻度を考慮の対象からいったんは除外したが、結果的には頻度も(延べ)の沿線人口という形で間接的に地区の分類において考慮される。

### 3——分析手法

#### 3.1 地区の分類

地区を分類するための手法としては、伝統的に広く用いられてきたクラスター分析がある。クラスター分析には多くの解説書があるため、その詳細についてはそれらを参照されたい<sup>18)</sup>。この分析手法では、どの個体(本研究では単位地区に該当する)間にどれだけの類似性があるのかをデンドログラムで表す。デンドログラムの例を図-2に表す。図-2では、移動距離が～1kmの単位地区と1～2kmの単位地区のペアが最も低い位置で結合されており、これは、それらの類似度がそれ以外のペアのそれよりも高いことを示している。

具体的には、表-2に示すデータに対して、単位地区

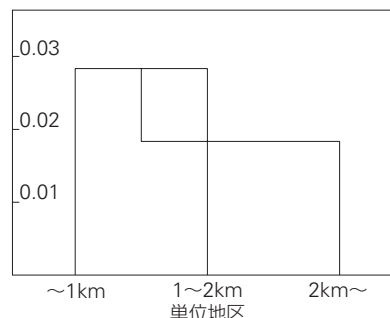


■図-2 デンドログラムの例

間の距離(本研究で言う移動距離ではなく、クラスター分析において非類似性を定量化した指標であることに留意されたい)を測定し、それを用いてデンドログラムを導出する。なお、表-2に示すように任意の単位地区のデータは多次元で与えられているため、単位地区間の距離は多次元データの距離で測られる。すなわち、任意の単位地区 $a$ のデータ $e_a$ は $e_a = (e_{11}, e_{12}, \dots, e_{pq})$ で与えられる。ただし、 $p, q$ はそれぞれ開始、終了時刻の区分の数である。このとき、単位地区 $a$ と $b$ の距離は $\|e_a - e_b\|$ で与えられる。ただし、本研究で想定している場面では、通常のクラスター分析を機械的に適用すればよいわけではない。その理由として「移動距離と類似性の関係」がある。

一般に、ある単位地区とその近くに位置する単位地区との類似度は、その遠方に位置する単位地区の間のそれよりも高くなると考えられ、その逆が成立することを肯定する合理的な理由は見当たらない。よって、この性質を満たすデンドログラムのみを見出さなければならない。このため、隣接する単位地区(例えば図-2において、移動距離が1～2kmの単位地区に隣接する単位地区は～1kmと2km～の単位地区の二つであり、また、移動距離が2km～の単位地区に隣接する単位地区は1～2kmの一つである)のみのペアを取り上げ、類似性を評価していくというアプローチが有用である<sup>19)</sup>。ただし、そのアプローチに基づくと、図-3に示すようなデンドログラムが得られる場合がある。この図は、移動距離が1km～の単位地区と2km～の単位地区との類似度が、それらを一つにまとめた地区と2km～の単位地区の類似度よりも低いことを示しているが、これは移動距離が1km～の単位地区と2km～の単位地区という二つの隣接していない単位地区のデータの類似度が高いためである。しかし、先述のように、隣接する単位地区の間の類似度がそうでない単位地区の間の類似度よりも低くなる合理的・先験的な理由はないことから、このようなデンドログラムは不十分なデータによる偶然の産物と考えられる。したがって、幾何学的には、図-3のように個体間を結ぶ線が交差しないデンドログラムのみが適切である。

一方で、上記の議論からも推察されるように、単位地



■図-3 不適切なデンドログラムの例

区のデータ数が少なければそれぞれの単位地区のデータは母集団の特性を十分に表現できず、図-3のようなデンドログラムが得られる可能性が高くなる。このため、データ数が不十分であれば、単位地区の距離幅を十分に広くする必要がある。しかし、分析の事前にどの距離幅が適切かは特定できないため、任意の距離幅を設定して適切なデンドログラムを試行錯誤で見出すことになる。その際、適切なデンドログラムが複数見出される場合があり、それらのどれが最も有効かを特定する作業が必要となる。また、一つのデンドログラムを特定したとしても、そのもとでどの分類が有効かについても特定しなくてはならない。例えば、図-2において下方の点線の断面で分類すると{|~1km|, |1~2km|, |2km~|}の三つの地区に、上方の点線の断面で分類すると{|~1km, 1~2km|, |2km~|} = {|~2km|, |2km~|}の二つの地区に分類されるが、どちらの断面での分類が有効かという問題である。

以上より、適切なデンドログラムをいくつか見出した場合に、それらのうちどれが最も有効な分類か、また、一つのデンドログラムに対してどの断面での分類が有効かを特定する方法が必要となる。そこで、本研究ではその方法としてCalinski and Harabasz (CH) Indexを用いる。CH-Indexは次式で表される<sup>20)</sup>。

$$CH = \left[ \frac{\sum_{k=1}^K m_k \|z_k - z\|^2}{K-1} \right] / \left[ \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{a=1}^{m_k} \|e_a - z_k\|^2}{m-K} \right] \quad (1)$$

ここに、 $m$ は対象とする個体(単位地区)の総数を表している。 $K$ はクラスター(分類後の地区)の数を表し、 $K$ は2, 3, ...,  $m-1$ の値を取る。 $m_k$ はクラスター $k$ 内に含まれる個数の数、 $z_k$ はクラスター $k$ におけるデータの平均、 $z$ は全体のクラスターにおけるデータの平均を表している。右辺の分子の項における分子はクラスター間の集団平均和を表している。この値が大きいほど、クラスター間の非類似度が高いと言える。一方、右辺の分母の項における分子はクラスター内の集団平方和を表している。この値が小さいほど、クラスター内の類似度が高いと言える。したがって、クラスター間の非類似度が高く、また、クラスター内の類似度が高い場合にCH値は大きくなり、その意味においてCH値が大きいほど分類が妥当であると言える。

### 3.2 サービス水準の割り当て

先述した地区へのサービス水準の割り当ての考え方にに基づき、以下では分析の手順と定式化を示す。まず、1) 分類した後の任意の地区に関するデータを表-2の形式で再整理する、2) そのデータを用いて、所与の便数の

もとで何時に路線バスを運行すれば最大でどれだけの人々の活動を保障しうるかを計算する。なお、表-2に示すデータは任意の地区における活動時間の相対度数(=割合)であるため、ここでの計算結果は図-1における縦軸を相対度数に改めた図として得られる。3) その図の相対度数に任意の人口を乗ずることで図-1を得る。4) その図に基づいて、乗り合い人数の限界水準を超える便数を導出する。

以上の1)はデータの準備に関する内容であるのに対して、2)以降は計算を伴うものである。2)以降を定式化すると以下ようになる。便数が $n$ 往復である場合に活動の機会を保障しうる人数の相対度数(割合)の最大値は次式で求められる。

$$\sum_i \sum_j w_{ij}^d x_i^d y_j^d \rightarrow \max \quad (2)$$

$$\sum_i x_i^d = \sum_j y_j^d = n \quad (3)$$

ここに、 $w_{ij}^d$ は目的地までの移動距離が $d$ である地区において、目的地において開始時刻 $i$ 、終了時刻 $j$ で当該の活動が実行可能な人の割合である。換言すれば、開始時刻 $i$ 、終了時刻 $j$ にあわせた路線バスの便があった場合に活動の機会が保障される人々の割合である。この割合は、1)で再整理されたデータから得られる<sup>注6)</sup>。 $x_i^d$ 、 $y_j^d$ はそれぞれ時刻 $i$ に目的地に到着する、時刻 $j$ に目的地から自宅に向けて出発する路線バスが利用可能である場合に1、それ以外であれば0という値をとる変数である。すなわち、次式で与えられる。

$$x_i^d = \begin{cases} 1 & (\text{時刻}i\text{に路線バスが利用可能である場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (4)$$

$$y_j^d = \begin{cases} 1 & (\text{時刻}j\text{に路線バスが利用可能である場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (5)$$

(3)式は所与の便数が $n$ 往復であることを意味している。循環型の路線バスが前提となっている場合や、1台の車両での運用が前提となっている場合等においては、それ以外の制約条件を付加するといった対応が必要であることに留意を要する。

目的地までの移動距離が $d$ である地区に関して、所与の便数が $n$ 往復である場合に、(2)、(3)式によって求められた活動の機会が保障される人数の割合の最大値を $L_n^d$ で表す。また、地区の人口を $r$ 人で表す。すると、目的地までの移動距離が $d$ 、人口が $r$ 人である地区に関して、所与の便数が $n$ 往復である場合に、活動の機会が保障される人数の最大値 $L_n^{r,d}$ は次式で表される。

$$L_n^{r,d} = rL_n^d \quad (6)$$

予め与えられている乗り合い人数の限界水準を $L$ で表

すと、次式が成立している場合に少なくとも  $n$  往復の路線バスが確保されることになる。

$$L_n^{r,d} - L_{n-1}^{r,d} \geq L^* \quad (7)$$

なお、付加的な保障人数は、図一1のように便数に対して必ず減少するわけではない。その場合、 $n$  往復の路線バスを確保するという判断を、それ以下のすべての便(1, 2, ...,  $n-1$  往復目)で限界水準を上回るようにするか、もしくは、その最大の便( $n$  往復目)で限界水準を上回るようにするのかに求めることになるが、そのいずれとするかは計画者の選択による。

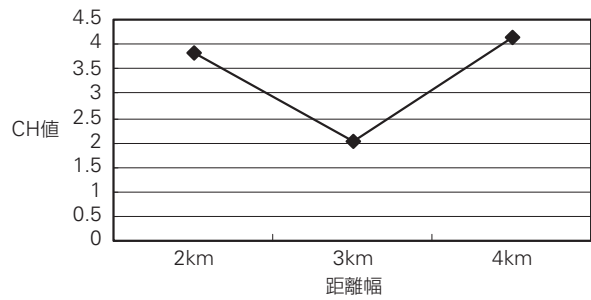
#### 4——事例分析

以下では、保障の対象とする活動を公共交通の主たる利用目的でありかつ生活を営む上で基礎的な活動である買い物と通院の二つであるとし、米子市と真庭市を対象にサービス水準マトリクスの導出を試み、その有効性を確認する。

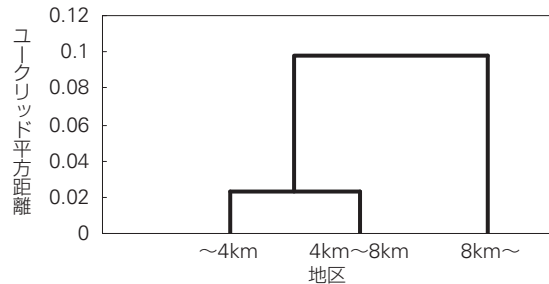
##### 4.1 鳥取県米子市

米子市は人口149,153人(住民基本台帳, 2008年4月1日現在)の地方都市である。分析に際しては、宍道湖中海都市圏でのパーソントリップ調査を用いる。ウォード法に基づくクラスター分析の結果、買い物では単位地区の距離幅が2km, 3km, 4kmの場合に適切なデンドログラムを得た。なお、それ以上の距離幅を設定した場合、その距離幅は買い物における最大の移動距離を超えてしまうため、不適切である。次いで、それらの距離幅のもとで最大のCH値を得る断面で地区を分類した。それぞれの距離幅のもとでの最大のCH値を図一4に示す。図一4より、距離幅を4kmとしたとき、CH値が最大となることが分かる。距離幅を4kmとした場合のデンドログラムを図一5に示す。この距離幅のもとで最大のCH値を得るのは{|~4km|, |8km~|}の二つに分類した場合である。よって、この分類に基づいて地区を区分する。なお、分類された各地区における開始及び終了時刻を図一6, 7に示す。同様の検討により、通院について図一8~10を得る。また、地区の分類は、{|~4km|, |4~6km|, |6~8km|, |8km~|}となった。なお、「通院の開始, 終了時刻」とは、厳密には「受診の開始, 終了時刻」を意味する。

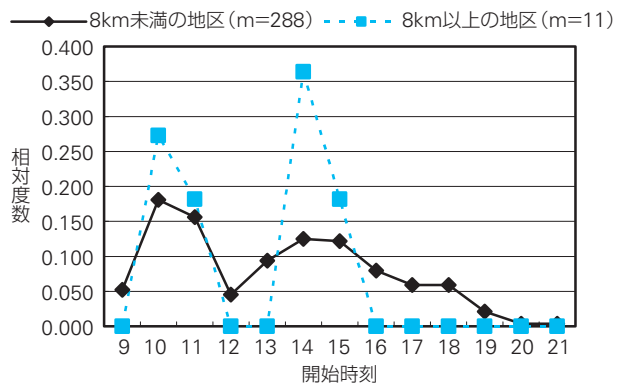
これらの結果を踏まえて、乗り合い人数の限界水準を2人としてサービス水準マトリクスを導出する。買い物、通院に関する付加的な保障人数の割合としてそれぞれ図一11, 12を得る。これらより、3.2に示した定式化に基づいて、それぞれの活動のサービス水準マトリクスを表一3のように得た。なお、人口の区分を10人単位として表示し



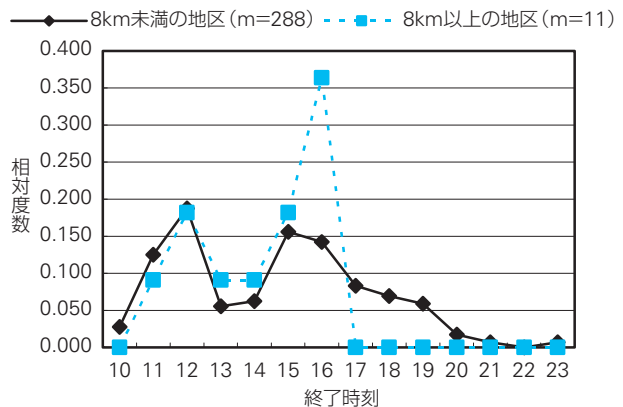
■図一4 米子市の買い物におけるCH値



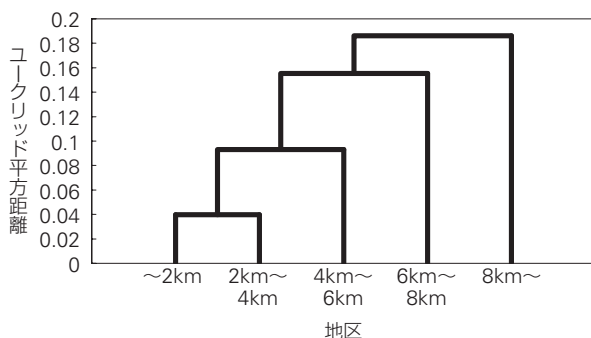
■図一5 買い物に関するデンドログラム(米子市)



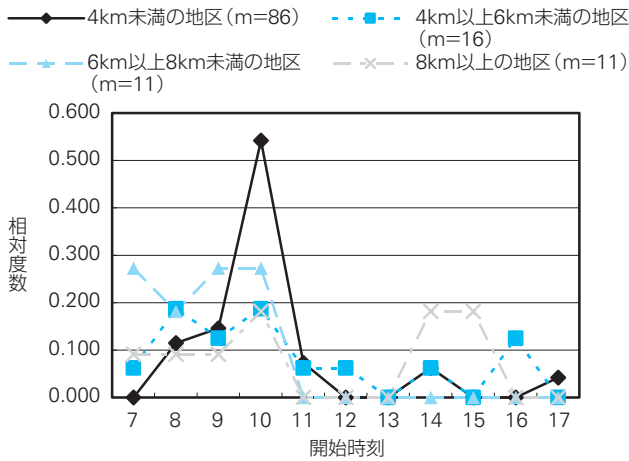
■図一6 買い物の開始時刻の分布(米子市)



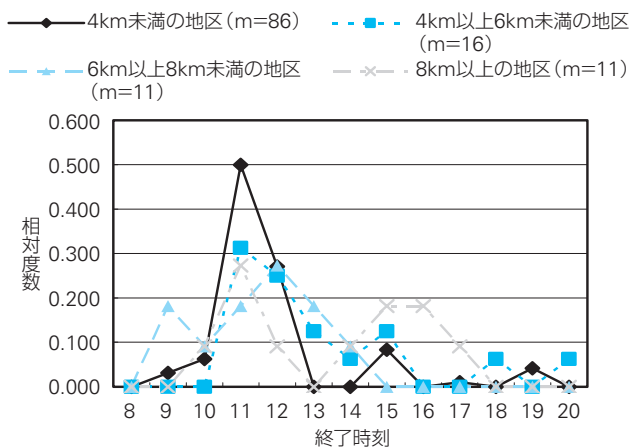
■図一7 買い物の終了時刻の分布(米子市)



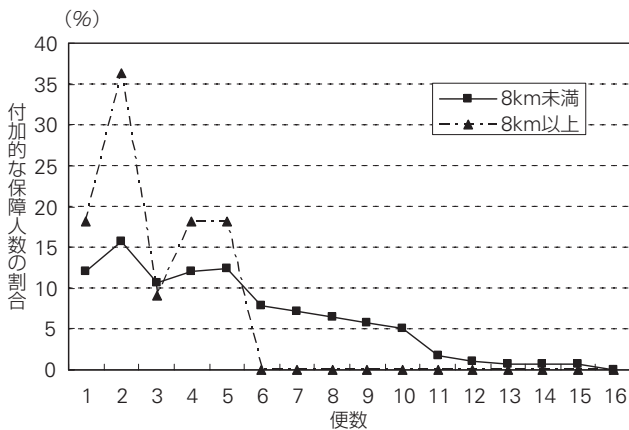
■図一8 通院に関するデンドログラム(米子市)



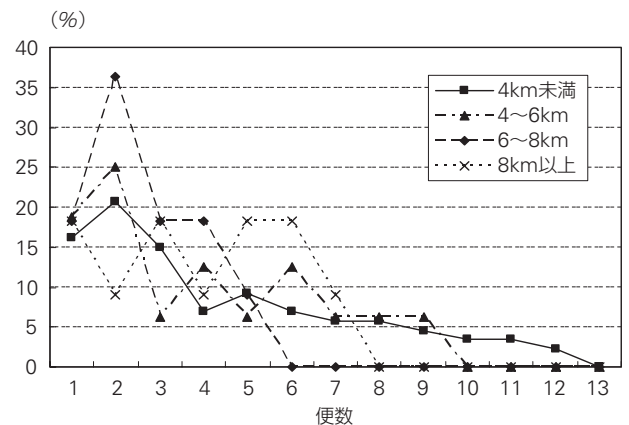
■図—9 通院の開始時刻の分布(米子市)



■図—10 通院の終了時刻の分布(米子市)



■図—11 買い物に関する付加的な保障人数の割合(米子市)



■図—12 通院に関する付加的な保障人数の割合(米子市)

ているがそれはあくまで例示である。人口は任意に区分することが可能である。人口の上限値についても同様である。

■表—3 サービス水準マトリクス(米子市)

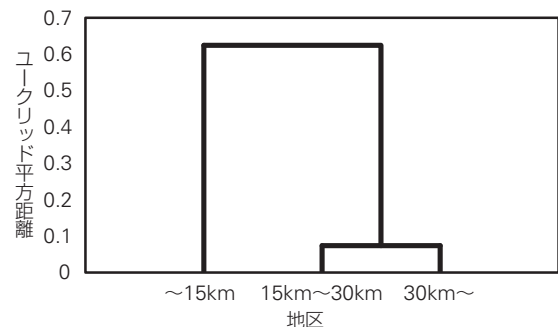
活動 人口	買い物		通院			
	8km未満	8km以上	4km未満	4km~6km	6km~8km	8km以上
10	0便	0便	2便	2便	0便	0便
20	5便	5便	3便	6便	4便	6便
30	7便		6便			
40	10便		8便	9便	5便	7便
50			9便			
60			11便			
70						
80						
90						
100						

## 4.2 岡山県真庭市

真庭市は人口52,242人(住民基本台帳, 2008年4月1日現在)で2005年3月に9つの町村が合併して誕生した町である。分析に際しては, 2006年11月に実施した生活・交通実態に関するアンケート調査を用いる。アンケートの配布数は6,000通, 回収数は2,237通, 有効回答数は1,661通, 有効回答率は27.7%であった。米子市と同様の検討の結果, 買い物と通院に関して図—13~18を得る。その結果, 買い物については{|}~15km{|}, {|}15km~{|}の2つに, 通院については{|}~20km{|}, {|}20km~{|}の2つの地区に分類できた。

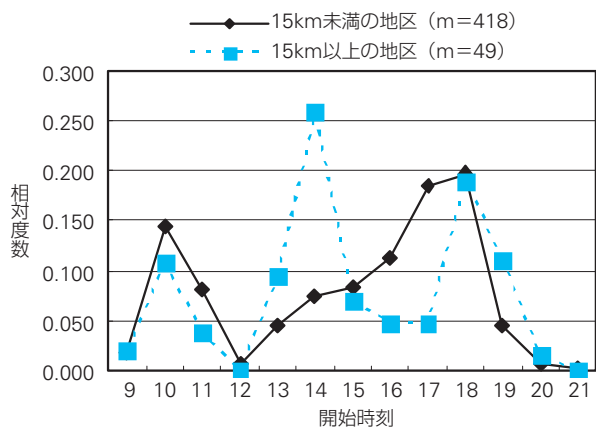
これらの結果を踏まえて, 米子市と同様に乗り合い人数の限界水準を2人としてサービス水準マトリクスを導出する。買い物, 通院に関する付加的な保障人数の割合としてそれぞれ図—19, 20を得る。これらより, 3.2に示した定式化に基づいて, それぞれの活動のサービス水準マトリクスを表—4のように得た。

以上のように, サービス水準マトリクスが導出できた。これにより, 地域全体に一貫したサービス水準の基準が得られることが確認された。

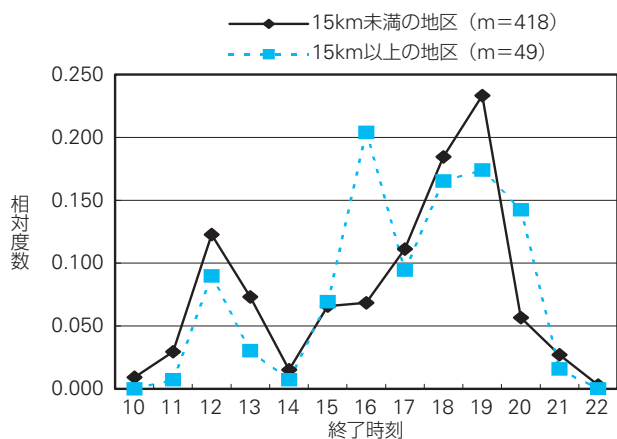


■図—13 買い物に関するデンドログラム(真庭市)

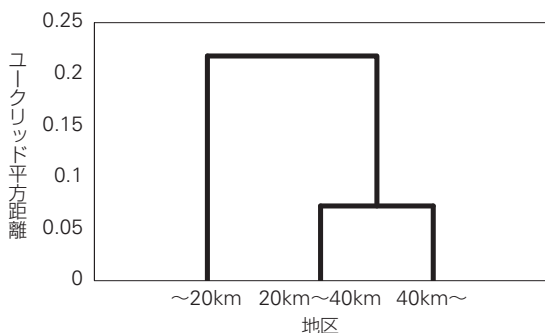




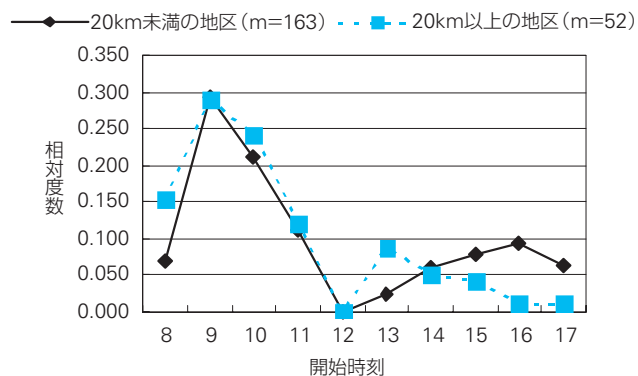
■図—14 買い物の開始時刻の分布(真庭市)



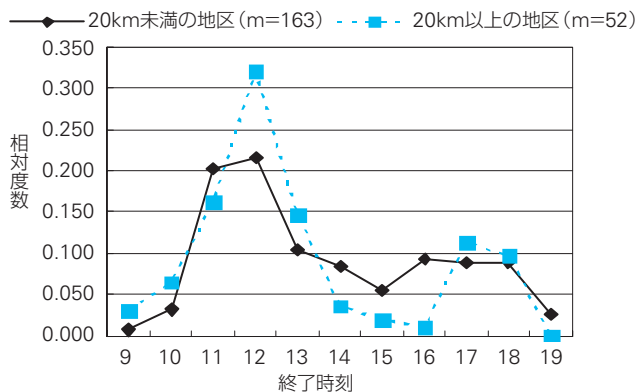
■図—15 買い物の終了時刻の分布(真庭市)



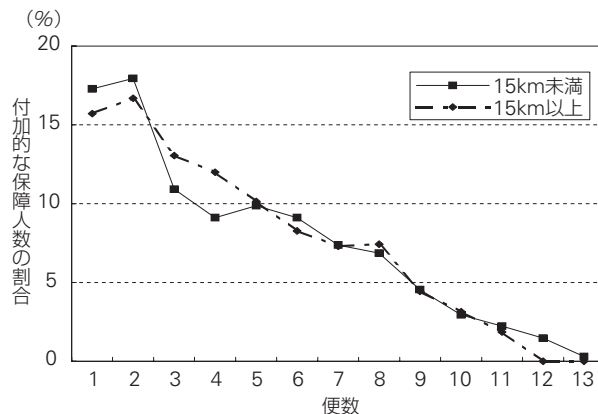
■図—16 真庭市の通院に関するデンドログラム



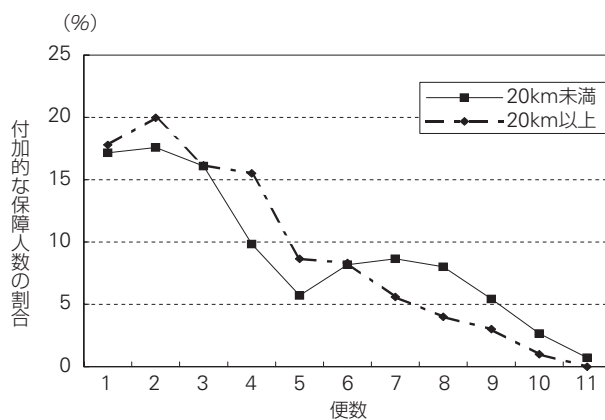
■図—17 通院の開始時刻の分布(真庭市)



■図—18 通院の終了時刻の分布(真庭市)



■図—19 買い物に関する付加的な保障人数の割合(真庭市)



■図—20 通院に関する付加的な保障人数の割合(真庭市)

■表—4 サービス水準マトリクス(真庭市)

活動 距離 人口	買い物		通院	
	15km 未満	15km 以上	20km 未満	20km 以上
10	0便	0便	2便	0便
20	3便	5便	3便	4便
30	8便	8便	8便	6便
40				7便
50	9便	9便	9便	8便
60				
70	10便			
80		10便		
90			10便	9便
100	11便			

## 5—おわりに

本研究では、公共交通のサービス供給基準の必要性を述べるとともに、それをサービス水準マトリクスとして整理することの意義を論じた。次いで、それを作成するための技術として地区の分類手法および地区へのサービス水準の割り当て手法を検討した。

本研究で示した内容にはいくつかのバリエーションが考えられる。例えば、路線バスの運行形態(循環型や通常の往復型など)や乗り合い人数の限界水準が異なれば、それによって導出されるサービス水準マトリクスも異なる。また、保障人数の定式化においても、実行可能となる活動時間帯が複数である場合を許容する場合、人数そのものでなく、アクセシビリティ指標<sup>23)~25)</sup>のように待ち時間や移動距離に関する減衰を加味した場合などに発展させて定式化することも可能である。これらのさらなる検討は今後の検討に委ねたい。

本研究では二つの地域を対象に事例分析を行い、サービス水準マトリクスを実際に作成し、地域全体の一貫した基準として導出しうることを確認した。これらの結果より付随的には以下の傾向がうかがえる。とりわけ米子市において顕著なように、買い物に関しては目的地までの移動距離が遠くなるほど外出時間帯のピークが鋭くなる。これは、目的地までの移動距離が近ければ気軽に外出ができない分、外出の時間帯が限定的になるためであると考えられる。例えば、夜の外出は就寝時刻に影響が及ぶため、控えられることが一般と考えられる。ピークが鋭ければ、少ない便数で多くの保障人数が確保できることになるが、このことを逆に見れば、多くの便数を設定しても乗り合い人数の限界水準を超えないことになる。したがって、目的地までの移動距離が遠方であるほど確保する便数は少なくともよいことが一般的に推測される。一方で、通院に関しては買い物ほどの特徴は見られない。これは、通院の外出時間帯を買い物ほど自由に個人が決定できないことが一因であると考えられる。いずれにせよ、ここで推測した傾向が一般的に該当するかについては、今後より多くの地域を対象に検討を行うことで明らかにすることができる。

さらに、その検討をより進展させ、地域における外出パターンを一般的に特定することができれば(例えば、標準パターンを特定し、それに何らかの係数を乗じることで地域の実情に応じたパターンを導出する)、地域ごとにデータを収集せずともサービス水準マトリクスが導出可能になる。この検討においてもやはり、より多くの地域でのデータとそれを用いた実証研究を必要とする。そのためには、例えばパーソントリップ調査をこのような計画論が必要となる過疎地域にも対象を拡大するといった調査面での支援が望まれる。

ここで述べた手法は、サービス水準を導出するというこのみならず、現行における各地区のサービス水準の適切性の評価にも用いることができる。すなわち、導出したサービス水準マトリクスと現行のサービス水準の乖離を確認することを目的とした援用である。ただし、その際には留意点がある。現行のサービス水準は、地区の具体的な事情を反映して決定されている。例えば、複数の谷の合流点にある地区にはサービス水準マトリクスにおける便数より便数が多い可能性がある。このことは地理という自治体にとって制御不可能な条件が理由となっているため、その地区の便数の多さは直ちに不公正ということにはならない。このように、自治体が制御不可能な条件は許容するより他なく、その点を考慮して乖離を確認することが必要となる。

本研究では、活動を保障するという考え方に立って路線バスのサービス水準マトリクスを導出する方法を検討したが、路線バスによって活動が保障されない人々の活動の機会は別途の交通手段等で保障すればよいという前提をおくのみで、そのような人々に具体的にどのようなサービスで活動を保障していくのかの検討には至らなかった。この点については、路線バス以外の交通手段も含めてどの手段でどれだけの便数で人々の活動を保障するかというより一般的な研究として今後展開していく予定である。

**謝辞:** 本研究は文部科学省研究費若手研究(B)課題番号18760396および国際交通安全学会H967プロジェクト「地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究」(代表:喜多秀行)、鳥取大学持続的過疎社会形成研究プロジェクトの助成を受けた研究成果の一部である。本研究を進めるに当たって、米子市企画部地域政策課、真庭市企画観光部杜市づくり推進課(いずれも当時)に多くの協力を得た。また、菊池武弘氏(当時、弘南バス)には、サービス水準マトリクスに関する情報提供をいただくとともに、多くの視点からの助言をいただきたい。藤山耕助氏(当時、鳥取大学工学部4年生)にはクラスター分析に助力をいただいた。付して謝辞としたい。

### 注

注1) 住民から「あの集落にはこのようなサービスがあるのになぜ自分の集落にはそのサービスがないのか」という疑問が出されることが実際にしばしばある。このような疑問が実際に出されるか否かにかかわらず、自治体はこのような地区間でのサービスの違いの正当性について住民に説明できなければならないと考えられる。

注2) 本文中で引用したアリストテレスの言明は正義の普遍的な妥当性を示した「形式的正義」であるのに対し、どのような点で等しいのか、どのような点で等しからざるのかが「実質的正義」の議論である。本文中の「実質的か」という表現は、どのような点に着目するのが実質的な正義なのかということの意味している。

注3) 当該の活動に複数の目的地がある場合、出発地点からあえて遠方の目的地に赴かずとも近隣の目的地に到達できればその活動は保障されるため、目的地までの移動距離とは近隣の目的地のことを指す。なお、このことは、個々

の住民が選好する目的地へ外出することを無視するものではない。あくまで、当該の活動が保障されるか否かの観点における取り扱いである。

注4) 通院のついでに買い物をするといった複数の活動をひとまとめに保障する場合においては、それらを一つの活動とみなして表-2を作成することになる。また、通院と買い物といったように複数の活動を保障する場合には、それらの活動を区別することなくあたかも一つの活動であるとみなして表-2を作成することになる。ただし、その場合、保障の対象となる複数の活動の価値は同等であることを暗黙に想定することになる。この点を回避するには、サービス水準マトリクスをいったんは活動別に作成した上で、それを参照しつつ地区の具体的な事情を反映してサービスを決定していく段階において調整を図るというプロセスによることになる。

注5) 厳密には、活動の機会を保障する手段を交通手段に限定する必要性はない。例えば、買い物の活動の機会を保障しようとするれば、地区の周辺に徒歩で通える商店や移動販売車を誘致してもよい。活動の機会を保障するという観点にたてば(公共)交通のみに閉じるのではなく、分野横断的な政策が本来は有効である。

注6) 一般に、当該の活動が実行可能である活動時間帯が唯一であると限らない。例えば、買い物が実行可能となる時間帯として、開店～正午と13～15時といった状況にある人々は存在する。これらの人々に対して活動を保障することを考えれば、開店～正午もしくは13～15時のいずれかに買い物ができる路線バスの便があればよい。しかし、本研究で示したサービス水準の割り当て手法は、表-2に示すデータを前提としている。このデータは顕在化した外出パターンを整理して得られるものであり、顕在化した外出パターンは一人につき1パターンであることから、上記の複数性は無視されている。また、(2)、(3)式は、この複数性がない場合を暗黙に想定している。複数性を許容する場合は、顕在化した外出パターンを把握するのではなく、実行可能な活動時間帯を調査する方法と、そこで得られたデータを用いた計算方法を要する。それらの詳細は、それぞれ谷本<sup>21)</sup>、谷本・宮崎<sup>22)</sup>を参照されたい。

#### 参考文献

- 1) 喜多秀行 [2007], “地域公共交通の再生・活性化を目指すもの”, 「国土交通」, pp. 24-25.
- 2) 竹内伝史 [2007], “地域公共交通政策の確立に向けての自治体の取り組み姿勢”, 「地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究, 平成19年度報告書」, 国際交通安全学会, 2007.
- 3) 竹内章郎 [1999], 「現代平等論ガイド(シリーズ現代批判の哲学)」, 青木書店.
- 4) Sen, A. K. [1992], “Inequality Reexamined”, Oxford, Clarendon Press.
- 5) Department for Transport [2004], “Full Guidance on Local Transport Plan: Second Edition”.  
(<http://www.dft.gov.uk/pgr/regional/ltp/guidance/fltp/fullguidanceonlocaltransport3657>)
- 6) Lancashire County Council [2001], “Local Transport Plan 2001-2006”, pp. 51.
- 7) アリストテレス(朴一功訳) [2007], 「ニコマコス倫理学」, 京都大学学術出版会.
- 8) Moseley, M. [1979], “Accessibility: The Rural Challenge”, Methuen,

London..

- 9) Handy, S.L. and Niemeier, D.A. [1997], “Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives”, *Environment and Planning A* 29, pp. 1175-1194.
- 10) Elster, J. [1983], “Sour Grapes: Studies in the Subversion of Rationality”, Cambridge: Cambridge University Press.
- 11) Elster, J. [1982], “Sour Grapes - Utilitarianism and Genesis of Wants”, in *Utilitarianism and Beyond* (eds. Sen, A. and Williams, B.).
- 12) Sen, A. K. [1988], “Commodities and Capabilities”, Amsterdam: North-Holland, 1985. (鈴木興太郎訳 [1988], 「福祉の経済学—財と潜在能力」, 岩波書店).
- 13) 谷本圭志・喜多秀行 [2006], “地方における公共交通計画に関する一考察—活動ニーズの充足のみに着目することへの批判的検討—”, 「土木計画学研究・論文集」, No.23, pp. 599-608.
- 14) 谷本圭志・宮崎耕輔・喜多秀行・菊池武弘 [2006], “活動ニーズの形成と公共交通サービス水準の関係に関する考察—青森県平賀町における循環バスの社会実験から—”, 「第26回交通工学研究発表会論文報告集」, pp. 261-264.
- 15) 谷本圭志・宮崎耕輔・菊池武弘・喜多秀行・高山純一 [2007], “公共交通不便地域におけるバスサービスの変化と住民の反応”, 「運輸政策研究」, Vol. 9, No. 4, Winter, pp. 17-23.
- 16) 谷本圭志・喜多秀行 [2009], “地方部における公共交通の計画情報に関する考察—活動の機会と活動ニーズの関係に着目して—”, 「土木学会論文集」. (掲載決定)
- 17) 例えば, 宮川公男 [2005], “意思決定論”, 中央経済社.
- 18) 例えば, 足立浩平 [2006], “多変量データ解析法”, ナカニシヤ出版.
- 19) 上田尚一 [2003], “クラスター分析”, 朝倉書店.
- 20) Calinski, R.B. and Harabasz, J. [1974], A Dendrite Method for Cluster Analysis, *Communications in Statistics* 3, pp. 1-27.
- 21) 谷本圭志 [2006], “活動の保障のための生活交通のミニマム水準の設定方法に関する考察”, 「地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究, 平成18年度報告書」, 国際交通安全学会.
- 22) 谷本圭志・宮崎耕輔 [2007], “活動機会の保障を目的とした公共交通サービスの計画”, 「地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究, 平成19年度報告書」, 国際交通安全学会.
- 23) M.-P. Kwan [1998], “Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework”, *Geographical Analysis* 30 (3), pp. 191-216.
- 24) K. T. Geurs and B. van Wee [2004], “Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and Research Directions”, *Journal of Transport Geography* 12, pp. 127-140.
- 25) 谷本圭志・牧修平・喜多秀行 [2009], “地方部における公共交通計画のためのアクセシビリティ指標の開発”, 「土木学会論文集」(掲載決定).

(原稿受付 2008年5月12日)

## Service Level Standard of Public Transportation Service in Rural Areas

By Keishi TANIMOTO and Shuhei MAKI

Currently, the local government usually plans the public transportation service in rural areas. It is critical to show the service level standard of public transportation service in order to hold the fairness of the plan. This study discusses the meaning of the service level standard which can be found in Local Transport Plan in England. Then the methods to derive the service level standard are developed by using mathematical models. Specifically, the methods for classification of the area and assignment of the service level are discussed. Finally, the case studies are performed to demonstrate the usefulness of the standard.

**Key Words**: *Public transportation, service level standard, guarantee of opportunity of daily life activities*