

# 公共交通計画のためのサービス水準マトリクスの作成手法\*

## Designing Service Level Matrix for Public Transportation Service Planning\*

谷本圭志, 牧修平\*\*

By Keishi TANIMOTO and Shuhei MAKI

### 1. はじめに

地方では、多くの世帯が自家用車を保有しており、現在でも普及率は上昇を続けている。その反面、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、採算性といった企業的判断のみに基づいてサービスの必要性を判断することは不適切であり、自治体が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サービスを計画する時代となっている。

これまで、従来から民間事業者が経営してきたサービスをまもることで公共交通を確保することができたが、公的支出の増加、民間事業者の撤退などにより、課題が生じたつど、また、その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するなどといった応急的な措置を講じてきた。しかし、応急的な措置はその場しのぎの対応であり、それを重ねていくと地域内でのサービスには整合性がとれなくなる。すなわち、どのような地区にどのようなサービスを提供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となってしまう。このことは、当然、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状況を意味する。このため、地域全体として自治体の公共交通の確保の考え方、それに基づいたサービス水準の設定の必要性が自治体に認識されている。

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、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、民間事業者がサービスを水準する場合には求められるものではないのに対し、自治体が住民の活動を保障する際には不可避免的に求められる。

そこで本研究では、イギリスにおいて各自治体が策定するLTP (Local Transport Plan)に着目し、ある自治体が作成している「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水準を導出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、自治体における域内の生活路線としての機能をもつ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方法論を示すとともに、いくつかの地域を対象に事例分析を行い、方法論による結果を実証的に示す。

### 2. 本研究の基本的な考え方

#### (1) サービス水準マトリクスとその作成の意義

イギリスのランカシャー州における LTP に表 1 に示す表が掲載されている。この表は、各活動を保障するための一日当たりの路線バスの便数の最低水準を地区の人口規模別に記したものである。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、通勤および就職のための訓練、買い物、余暇の活動が記されており、各要素には予め指定された地域までの便数が示されている。この例のように、対象地区（ただし、具体的な名称を伴う地区ではなく、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である）別にサービス水準を要約した表を本研究では「サービス水準マトリ

\*キーワード：公共交通計画，サービス水準，地方部

\*\*正会員，博(工)，鳥取大学工学研究科社会基盤工学専攻  
(鳥取市湖山町南4-101, TEL 0857-31-5310, FAX 0857-31-0882)

\*\*非会員，修(工)，東芝ソリューション（東京都港区芝浦1-1-1, TEL 03-3457-4112)

表1 イギリス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° 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

表2 活動時間の分布の例  
終了時刻

時刻	7	8	9	10	...
7					
8		0.1	0.1	0.2	
9			0.1	0.3	
10				0.1	
⋮					

クス」と呼ぶ。表中に示されている便数はあくまでベンチマークであり、それを厳守せよということではない。すなわち、個々の地区におけるサービスは、より詳細な検討を行った上で決定される。

サービス水準マトリクスを整理することについて、イギリスやランカシャー州がどのように考えているかについては不明であるが、公正性を担保して活動の機会を保障するという観点からはその形式に沿って整理することで、「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う」<sup>4)</sup>という公正性が備わることになる。すなわち、表1の例においては、同じ人口規模の地区には同じサービス水準が、異なる人口規模の地区には異なったサービス水準が割り当てられている。しかし、この形式で整理するためには、何に着目して地区を分類するか、分類された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が残る。以下ではこれらの二点についての方法論を検討する。

### 3. 地区の分類

地区の分類に際しては、何に着目して分類するかの検討を要する。すなわち、何が同じであれば（異なれば）、同じ（異なる）地区として分類して

よいかについて回答を得なければならない。それについては、以下のように考える。

公共交通は、外出を伴う活動を人々に保障することを目的としている。このため、活動パターンを決定付ける要因が同一である地区は同一の分類に属し、同一でない地区は異なる分類に属するようになればよいと考えるのが自然であろう。その一つの要因としては地区から目的地までの移動距離（ないし所要時間）が考えられる。そこで、本研究では、以下の二点に基づいて地区を分類する。

- ①地区から目的地までの移動距離に着目して地区を分類する
- ②一日における活動の時間帯の分布に差異が認められない範囲の移動距離を一つの地区として分類する

具体的には、表2に示すように活動時間を整理して地区を分類する。表2は「単位地区」（＝分類する前の地区の基礎単位であり、例えば単位距離を1kmとする場合、目的地までの移動距離が～1km, 1～2km, 2～3km, ...といったように機械的に1kmの距離幅で分割された地区）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するかの相対度数を表したものである。このようなデータを「単位地区」ごとに整理し、どの単位地区とどれに類似性があるのかを検討し、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ことになる。

類似度の検討にはクラスター分析が援用可能である。ただし、考える分類の中でどれが最も適切かの検討を本研究では必要とする。そこで、以下に示す Calinski and Harabasz (CH) Index を用いて、その判定を行う。

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

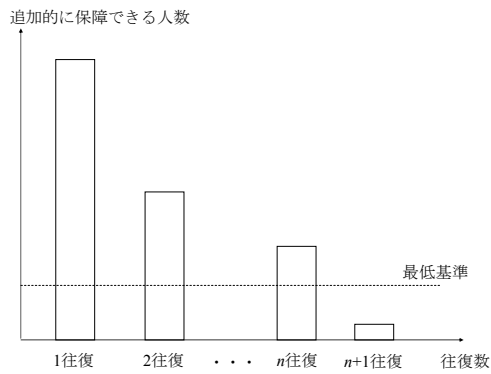


図1 サービス水準の割り当てと最低水準の関係

#### 4. サービス水準の割り当て方法

分類されたそれぞれの地区にサービス水準を割り当てる際には、ある意味での効率性の考え方を取り入れる。当然のことながら、(2)で述べた公正性の考え方と両立しなければならない。具体的には、以下のプロセスによってサービス水準を当該の地区に割り当てる。

- ①路線バスのサービス水準を1往復, 2往復, ...と追加し、追加の際に活動の機会が付加的に保障される人々の数を導出する。つまり、1~ $n$ 往復のサービス水準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、 $n$ 往復のサービス水準のもとで活動の機会が付加的に保障される人々の数は $L_n - L_{n-1}$ である。
- ②なお、当該のサービス水準のもとで活動の機会が保障される人々の数は、そのサービス水準(=往復数)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、その結果として導出される保障される人数である。つまり、ダイヤを求める際、活動の機会を保障しうる人数を最大化するという効率的な考え方に基づく。
- ③付加的に活動の機会が保障される人々の数が予め与えられた基準値よりも小さくなる場合、路線バスのサービス水準はそれ以下でなければならない。つまり、図1のように任意の往復数のもとで保障できる人数が導出されている場合において、 $n+1$ 往復の路線バスは最低基準を下回っているため、サービス水準は $n$ 往復となる。なお、何を基準値とするかについてはいくつかの考え方があろう。例えば、路線バス事業における予算規模から最低何人乗り合っていないかという観

点で導出する、そもそも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人とするこもできよう)として導出すること、タクシーなどの代替交通手段よりも路線バスによる輸送が安価になるという観点で導出することなど、様々がありうる。もし、基準値を代替交通手段よりも路線バスによる輸送が安価となるという観点で設定する場合、活動の機会を保障する手段の選択において費用が安価であるという意味での効率性が担保されることになる。また、基準値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。つまり、利用者が増えて乗り合い人数が増えることにより多くの便数で基準値を超えることから、結果的により多くの便数を確保しうることを意味する。ここで提案している計画論は、「利用が増える→サービス水準が向上する→利用が増える→」という良循環をも担保したメカニズムを備えている。

- ④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。これらの人々については、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手段で保障すればよい。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、③を前提とすれば、路線バスを顕在・潜在的に利用する(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。よって、サービス水準マトリクスにおいて割り当ての対象となる地区は、地区から目的地までの移動距離だけではなく、路線バスを顕在・潜在的に利用する沿線人口によっても特徴づけられる。つまり、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で定義される。

具体的な定式化は以下による。目的地までの移動距離に着目して地区が分類できた後は、その地区に対して図1を作成し、サービス水準を決定するこ

とである。まず、1) 目的地までの移動距離に着目して分類された任意の地区に対して表2に示すデータを作成する。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何割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) その図をもとに、任意の人口を想定し、図1を得る。4) その図に対して、最低の乗り合い人数の基準値を超える便数を導出する。

以上の1)はデータの準備についてであるのに対して、2)以降は計算の仕方を表すものである。そこで、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最大の人数の相対度数(割合)は次式で求められる。

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

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

ここに、 $e_{ij}^d$  は目的地までの移動距離が  $d$  である地区において、開始時刻  $i$ 、終了時刻  $j$  としたときに所与の活動が実行可能である人の割合である。 $x_i^d$ 、 $y_j^d$  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を運行すれば1、しなければ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。

$$x_i^d = \begin{cases} 1 & (\text{時刻}i\text{に路線バスを運行した場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (4)$$

$$y_j^d = \begin{cases} 1 & (\text{時刻}j\text{に路線バスを運行した場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (5)$$

(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においては、(3)式に変更を加える、もしくは、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。

(2)、(3)式を用いるためには、実行可能な活動の時間帯(=開始時刻と終了時刻のペア)は一人につき

一つである場合に限られる。そうでない場合、保障される人数をカウントする際の重複を排除できない。例えば、午前のある時間帯でも午後のある時間帯でも買い物が実行可能であるといったように、一人につき実行可能な活動の時間帯が複数である状況を対象とする場合、動的計画法を用いて定式化することができる。

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最大の人数の割合を  $l_n^d$  で表すとする。また、地区の人口を  $r$  人であるとする。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最大の人数  $L_n^{r,d}$  は次式で表される。

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

予め与えられている乗り合い人数の基準を  $L^*$  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。

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

## 5. 事例分析

上記の手法を用いた場合の具体的なサービス水準マトリクスの一例を表3に示す。詳細は講演時に譲る。

表3 米子市におけるサービス水準マトリクス

地区 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	5便	4便
30	7便		6便			
40	10便		8便	9便		7便
50			9便			
60			11便			
70						
80	12便					
90						
100						