

# 過疎地域における路線バスサービス水準の設定に関する考察\*

Level of Service of Bus Transportation in Local Areas\*

谷本圭志\*\*, 喜多秀行\*\*\*

By Keishi TANIMOTO\*\* and Hideyuki KITA\*\*\*

## 1. はじめに

現代社会においては、買い物や通院といった生活のために必要な基礎的な活動は、徒歩圏内のみで必ずしも実行可能ではなく、移動サービスの利用が不可欠である。公共交通が十分に供給されていない地域の人々にとっては自家用車が必需品であり、実際、それによって多くの人が移動の自由を享受している。その一方で、運転免許を持っていない人々は路線バスを中心とする公共交通サービスに頼らざるを得ない。

公共施設や商業施設の郊外化などの地域構造の変化は、自家用車の利用者の生活をより便利にするものの、自家用車を利用していない人にとってはその生活への対応を強制的に求める。そのための余力のない人々は、生活に困窮したとしても、その現状を甘受するより他ない。しかし、地域構造の変化はこれらの人々が自律的に選択した結果ではなく、また、生活に必要な基礎的な活動はどの人々にとっても保証されるべきものであることから、たとえ過疎地域であったとしてもそれらの活動を行うための移動の機会は保証されるべきと考えられる。

それぞれの地域の実情を踏まえたバスサービスの設計は各地でなされており、その経験の蓄積がなされている最中である。しかしながら、そもそもバスサービスの計画はどのようにあるべきかの基礎が構築されていない。本研究では、以上に示した立場

に基づき、各地区へのサービス水準を導くための計画論を検討する。

## 2. 移動の機会に着目する理由

移動の機会に着目することは、潜在的な利用者がどの機会を用いてどれだけの充足度を得るのかという帰結に着目するアプローチとは異なることを意味する。従来のバスサービス計画においては、潜在的な利用者がいつどこでどのような活動をしたいかという「活動ニーズ」を例えばアンケートなどで把握し、それがなるべく充足されるようにするのが一般的であろう。

潜在的な利用者の活動ニーズに着目することは本研究においても採用する。しかし、それのみに着目することはしない。これは以下の理由による。過疎地域における多くの人は、移動の機会に多くの制限が課されており、そのもとでの生活を余儀なくされてきた。この状況下において、人々の抱く活動ニーズは制限された機会に影響を受ける可能性が否定できない<sup>1)</sup>。このことは、筆者らによる過去の調査<sup>2)</sup>において住民に活動ニーズを尋ねた際に「いつもバスに合わせて行動しており、自分にとって一番よい活動はよく分からない」という回答があることから伺える。つまり、機会が制限されるにつれ、人々の「何がしたいか」の認識は薄れ、「何ができるか」があたかもニーズのようになってしまう。以上により、住民の活動ニーズのみを計画の情報基礎とすることは必ずしも適切ではない。

そこで、機会に制限がないもとでのニーズ(以後、「仮想的状況下でのニーズ」と呼ぶ)を計画者が知ることができれば、現状に影響を受けていないニーズに立脚した計画が可能となる。しかし、「ニーズなし」と認識している当人に仮想的状況下でのニーズを問いかけても返答は「ニーズなし」であることが

\*キーワード：交通計画，バスサービス，過疎地域

\*\*正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科  
(〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101, Tel 0857-31-5310  
Fax 0857-31-0882)

\*\*\*正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科  
(〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101, Tel 0857-31-5309  
Fax 0857-31-0882)

ら、このような方法でサービスの計画者がそれを知ることが不可能である。しかし、自家用車の利用者の行動に着目することで、仮想的状況下でのニーズを補完しうる。つまり、自家用車は利用者に移動の自由の制限を課さない交通手段であるため、仮想的状況下でのニーズの代理としうる。しかしながら、どの自家用車の利用者の行動が当該の人にとっての代理なのかを特定することはできない。また、できたとしても、それは特定の自家用車の利用者の選好を当該の人に温情主義的に押し付けることであり、活動の目的地や活動時間に関する個人の自由な選択を認めていないことになる。さらに、自家用車の利用者が享受しているのは活動を実施することでの充足度と言うよりは、いつでもどこに行くこともできるという機会の豊かさそのものはずであり、バスサービスの計画においてあえてそれを情報基礎としない理由は見当たらない。以上が、バスサービスの水準を検討する上で、移動の機会に着目することの理由である。

しかしながら、形式的に機会をとらえるのでは不十分である。ある地区と近隣の中核都市との間に一日に一往復のバスサービスが供給されている状況を想定しよう。例えば朝の 8:00 に中核都市に到着し、夕方の 18:00 に地区に向けて出発するサービスであるとする。このとき、形式的には、この時間内におけるどの活動も行えることになり、例えば 9:00 から 10:00 までの通院活動であっても、家からバス停までの距離が遠くても機会は保証される。しかし、実際にこの機会がどれだけ実質的かは、住民が待ち時間をどれだけ受忍でき、また、家からバス停までを歩行する体力があるかに依存する。つまり、時間的・物理的な距離を克服する能力があってはじめて機会が選択の対象となりうるという点で意味をもつ。形式的な機会をとらえたところで、それが選択の対象になりえないのであれば虚しい指標に過ぎない。そこで、本研究では、機会を用いる能力を考慮にいれた実質的な機会という意味で、以後「機会」という言葉を用いる。実質的な機会を考慮することは、過疎地域におけるバスサービスにおいては特に重要な意味をもつ。これは、住民の多くは高齢者であり、機会を用いるための能力が特に強調されるためである。そこで以下では、時間的・物理的な距離が形式

的に与えられた機会の実質化にどのように影響を及ぼすのかを分析するためのモデルを構築し、その結果を用いて、各地区に供給するバスサービスの水準を導出するための方法論を構築する。

### 3. モデル

時間的・物理的な距離が形式的な機会にどのように影響を及ぼすのかは、人々の活動ニーズと顕在化した行動の乖離に着目することで分析できる。すなわち、一般の交通行動分析を援用することができる。その際に留意すべきは、現行の不便なサービスのもとで実行が著しく困難な活動のニーズはその認識が薄れているばかりか、そのニーズを実現するための形式的な機会が与えられ、また、それを用いる能力があったとしても、その機会が選択の対象として認識されない可能性がある。形式的な機会の実質性を検討する上では、当該の形式的な機会が選択の対象となっていることが前提である。よって、仮想的状況下でのニーズの認識が薄れている様もモデル化する必要がある。

#### (1) バス利用者の行動の定式化

目的地の到着時刻および目的地の出発時刻のダイヤがそれぞれ  $T_1, T_2$  であるバスのペアをバスのペア  $(T_1, T_2)$  と呼ぶとすると、バスのペア  $(T_1, T_2)$  を利用した任意の地区  $i$  から目的地  $j$  への一日当たりの外出トリップ数  $g_{ij}(T_1, T_2)$  は次式で表される。

$$g_{ij}(T_1, T_2) = \iint_{t_1, t_2} Q_i n_{ij}(t_1, t_2) r(t_1, t_2 | T_1, T_2) \pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (1)$$

ここに、任意の地区を  $i \in N$  で表し、バスサービスの供給の対象となる地区の集合を  $N$  とする。地区  $j$  は目的地を表している。なお、データの制約により、以下の議論においては地区からバス停までの物理的な距離に関する影響は考慮しない。各変数の説明は以下の通りである。

潜在的なバス利用者数： $Q_i$

地区  $i$  におけるバスの利用者数の母数。

仮想的状況下での希望トリップ時刻の確率： $n_{ij}(t_1, t_2)$

自家用車を利用できない人々の希望トリップ時刻を調査するとともに、それに当該希望トリップ時刻がどれほど多くの自家用車の利用者に選択されているのかを調査して加えたものをヒストグラムとして整理し、任意の一日における希望トリップ時刻の選択の確率として与えたものが  $n_{ij}(t_1, t_2)$  である。

二ーズの認識の残存確率： $r(t_1, t_2|T_1, T_2)$

活動二ーズの認識が薄れていることを、認識が残存している確率の低下で表現する。 $(t_1, t_2)=(T_1, T_2)$  であれば  $r(t_1, t_2|T_1, T_2)=1$  であり、希望トリップと実行可能なトリップの時間的な乖離が大きくなるにつれて認識が残存確率は減少する。すなわち、次式が成立する。

$$\partial r / \partial |t_1 - T_1| \leq 0, \quad \partial r / \partial |t_2 - T_2| \leq 0 \quad (2)$$

このような性質を満たす関数の例として次式が考えられる。ただし、 $k > 0$  である。

$$r(t_1, t_2|T_1, T_2) = \exp[-k\{|t_1 - T_1| + |t_2 - T_2|\}] \quad (3)$$

外出確率： $\pi_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2)$

二ーズの認識が残存しているとの条件のもとで、希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  のとき、バスのペア  $(T_1, T_2)$  を利用して住民が外出する確率である。住民の希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  である場合に選択の対象となるバスの集合を  $A_{ij}(t_1, t_2)$  で表す。すると、二ーズの認識が残存している条件のもとで、住民の選択は、希望トリップ時刻と所与のバスダイヤのもとで実行可能なトリップ時刻との時間的な乖離を参照しつつ、活動の機会を用いるか否か、するのであれば機会の利用に際してどのバスのペアを用いるのかである。外出しなかった場合の住民のコストを  $d_i$ 、バスのペア  $(T_1, T_2)$  で外出する場合のそれを  $f_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2)$  で表す。希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  の住民がバスのペア  $(T_1, T_2)$  で外出する確率  $\pi_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2)$  は、ロジットモデルを用いると次式のように表される。

$$\pi_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2) = \frac{e^{-f_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2)}}{\sum_{(S_1, S_2) \in A_{ij}(t_1, t_2)} e^{-f_{ij}(S_1, S_2|t_1, t_2)} + e^{-d_i}} \quad (4)$$

ここに、 $f_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2)$  は時間的な乖離が大きくなるにつれて減少する。すなわち、次式が成立する。

$$\partial f_{ij} / \partial |t_1 - T_1| \leq 0, \quad \partial f_{ij} / \partial |t_2 - T_2| \leq 0 \quad (5)$$

このような性質を満たす関数の例として次式が考えられる。ただし、 $b_{ij} > 0$  である。

$$f_{ij}(T_1, T_2|t_1, t_2) = b_{ij} (|T_1 - t_1| + |T_2 - t_2|) + c_{ij} l_{ij} + \ln\{1/m_{ij}(t_1, t_2)\} \quad (6)$$

ここに  $l_{ij}$  は地区  $i$  から目的地  $j$  までの距離である。 $m_{ij}(t_1, t_2)$  は集合  $A_{ij}(t_1, t_2)$  に含まれるバスのペア数であり、 $\ln\{1/m_{ij}(t_1, t_2)\}$  はバスを利用して活動の機会を用いた場合に生じる相関を処理するための項である。

以上に示すモデルの未知パラメータを行動データを用いて推計することにより、時間的な距離が形式的な機会にどのように影響を及ぼすのかを示すパラメータ  $b_{ij}$  を導出することができる。

## (2) 運行間隔に関する利用者数の導出

バスサービスとして各地区の運行間隔に着目する。(1)式はバスのペア  $(T_1, T_2)$  が与えられたとき、すなわちバスダイヤが所与の場合の利用者数である。ここで  $r$  と  $f_{ij}$  が(3)、(6)式のように  $|T_1 - t_1|$  と  $|T_2 - t_2|$ 、すなわち、時間の乖離を説明変数とする関数である場合には、利用者数を運行間隔に関して導出することができる。まず、地区  $i$  にアクセスする一日の便数が  $\alpha_i$  であり、バスが一日のうち  $T$  時間運行しているとすると、バスの運行間隔は  $T/\alpha_i$  (時間) である。バスダイヤが決まっておらず、具体的に任意の時刻にバスが利用可能である確率が同様に確からしいとすれば、バスの運行間隔が  $T/\alpha_i$  であるもとでの住民の平均的な時間の乖離は希望トリップ  $(t_1, t_2)$  とは無関係に往路復路それぞれにおいて  $T/(4\alpha_i)$  である。すなわち、 $|t_1 - T_1| = |t_2 - T_2| = T/(4\alpha_i)$  である。よって、仮に  $r$  と  $f_{ij}$  がそれぞれ(3)、(6)式のように与えられていれば、次式を得る。

$$R(\alpha_i) = \exp[-kT/(2\alpha_i)] \quad (7)$$

$$F_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2) = b_{ij}T/(2\alpha_i) + c_{ij}l_{ij} + \ln\{1/m_{ij}(t_1, t_2)\} \quad (8)$$

ここに、(4)式によって与えられる $\pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2)$ において、(6)式に代わって(8)式を代入したものを $\Pi_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2)$ で表すと、(1)式は(9)式のように $\alpha_i$ の関数として得られる。

$$g_{ij}(\alpha_i) = \iint_{t_1, t_2} Q_i n_{ij}(t_1, t_2) R(\alpha_i) \Pi_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (9)$$

### (3) 機会の豊かさのモデル化

自家用車の利用者は、自分の移動する時刻を自由に決められることから、任意の時間の活動の機会が保証される。バス利用者は、始発と終発のバスの時刻に挟まれる時間帯に含まれる活動の機会が形式的には保証される。よって、形式的な機会の豊かさは、活動できる総時間で測ることができる。すなわち、図1における配色された部分の面積で豊かさを表現できる。

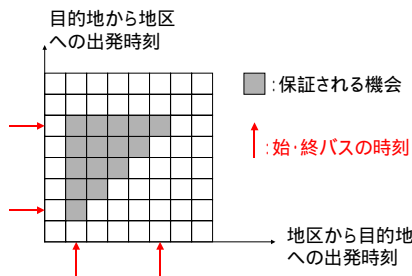


図1 バス利用者の形式的な機会の豊かさ

しかし、自家用車の利用者の形式的な機会に関しては、利用の可能性がある深夜における機会や現実的にありそうもない長時間や短時間での滞在を伴う機会をも含んでしまう。一方で、利用された機会のみに着目するのは、得られているデータにおいて偶然そうであったという恣意性を免れることができない。そこで、自家用車の利用者の機会を、同一の地区に居住する人々が実際に選択した機会を要素とする凸集合で表す。例えば、同じ地区に居住する人々が実際に選択した機会として $(t_1, t_2)$ ,  $(s_1, s_2)$ という二つの行動があったときに、それらの時間の間にある任意の機会、すなわち、 $(\alpha t_1 + (1-\alpha)s_1, \alpha t_2 + (1-\alpha)s_2)$ ,

$(0 \leq \alpha \leq 1)$ が機会の凸集合である。これによって表される地区  $i$  における自家用車の利用者の機会の集合を  $D_i$  で表す。すると、自家用車の利用者、すなわち、バス利用者の仮想的選択下での機会の豊かさは次式で表される。

$$\iint_{(t_1, t_2) \in D_i} dt_1 dt_2 \quad (10)$$

形式的な機会に対して、先に議論したニーズの認識に関する残存確率と時間的な乖離に起因する選択確率を加味することで、利用の疎外の可能性を考慮した実質的な機会の豊かさを導出する。実質的機会の豊かさは、任意の形式的な機会に関して  $R(\alpha_i) \Pi_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2)$  を乗じ、それらをすべての形式的な機会  $(t_1, t_2)$  に足し合わせることで得られる。これを定式化すると、次式を得る。

$$\iint_{(t_1, t_2) \in D_i} R(\alpha_i) \Pi_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (11)$$

バスサービスによって保証しうる実質的な機会は自家用車のそれ以上とすることは現実的に不可能である。つまり、各地区の実質的な機会には上限がある。よって、(11)式の補正として、次式のように各地区の自家用車の利用者の機会からの乖離を用いることが有効と考えられる。

$$\iint_{(t_1, t_2) \in D_i} dt_1 dt_2 - \iint_{(t_1, t_2) \in D_i} R(\alpha_i) \Pi_{ij}(\alpha_i | t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (12)$$

この指標を各地区で均等にすることで、各地区へのバスの運行本数を求める。

### 4. おわりに

数値計算などの具体的な結果は講演時に譲る。

### 参考文献

- 1) Elster, J.: Sour Grapes, Cambridge, Cambridge, University Press, 1983.
- 2) 国際交通安全学会：過疎地域における生活交通サービスの調達方策に関する研究，2003.