

### 1 3 . バス路線網の利用者評価における分かりやすさに関する研究

～ 乗り継ぎ抵抗との関係を考慮して～

#### Intelligibility in User Evaluation of Bus Network

～ Considering the Relation with Transfer Barrier～

東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 16740 林 良太郎

It is thought that difficulty of understanding of a bus network prevents bus use. At first, requests to the bus and the importance of intelligibility are checked. Then, indexes of bus network are defined to evaluate intelligibility and relation with degree of knowledge is analyzed. Next, transfer barrier which increases by the intelligible route network is analyzed using binary logit model. The difference of transfer barrier by equipment of bus stop is expressed and applied in real bus network. Finally, the direction of reorganization of bus network is proposed to promote bus use.

#### 1 . 研究の背景と目的

近年自動車利用の増大に伴い、公共交通、特にバスの利用人数は減少の一途をたどり、経営上の問題から運行頻度が少なくなるという悪循環となっている。都市部を中心に渋滞による損失は大きなものとなり、排気ガスによる環境面の悪化が懸念され、バスも少人数を運ぶだけではかえって環境に悪い。しかしバスは特に車を持たない人々にとっては日常生活に必要な交通手段であり、さらなる高齢化社会の到来に備えるため、このような人々のモビリティを確保するのは重要な課題である。バス衰退の流れを止めるには、バスの利用者を増加させ有効活用する必要があるが、そのためにはバスの魅力を高めていくことが不可欠である。

バス交通のサービスレベルには、運賃、所要時間、運行頻度などいろいろな評価指標が挙げられるが、そもそもバスが選択肢集合に含まれていない人々が多いことが問題の一つである。そのためバスの情報を提供することも重要であるが、バス路線が複雑で分かりにくいことが原因で、便利なバスがあれば利用したいと思っている人でもバスが選択肢集合に含まれていない場合が多いと考えられる。バスの分かりやすさには図1のようなものがある。しかし、心理的な要因は定量化が難しく、扱いにくい問題として今まではとりあげられ



図1 バスの分かりやすさとは？

てこなかった。

そこで本研究では、路線網の分かりやすさを中心とした潜在的な要因の重要性を明らかにした上で定量化を試みる。それにもとづいて、乗り継ぎ抵抗を考慮した上で、地元の人だけでなく来訪者にとっても分かりやすくイメージしやすいバス路線網再編の方向性を提案し、路線網の需要増加分析につなげていく。2002年2月にバス事業の規制緩和が行われたこともあり、バス路線の再編が各地で計画されているが、バス路線網が分かりやすくなるような計画立案の一助になるのを大きな目的とする。

## 2. バス路線網の再編

### (1) バス路線網再編に関する研究

バス路線網の研究は従来から多くなされてきており、大別すると総輸送人数・乗車密度など事業者の視点から見た指標を最適化する研究と、総所要時間・乗換回数など利用者の視点から見た指標を評価する研究の2通りがある。天野ら<sup>1)</sup>は乗り換えを必要とする利用者をできるだけ少なくすると同時に、系統数が多いと分かりにくくなることを考慮して系統を絞るといふ、排反する要素が良くなるようなバス系統の設定計画モデルを提案している。しかし「分かりやすくなる」といふのは何が変化することなのか定義自体が難しく、何を指標としてどのように測定するかという既存研究はない。

### (2) 各地のバス路線網とバス関連計画

青森、岐阜、相模原、ソウルなどで計画中のバス路線網は、長くて複雑なバス系統を整理して、幹線・支線バスに役割を分けるゾーンバスであり、定時性の確保と車両の効率的運用を図るものである。これらの都市は、利用者にとっての所要時間短縮と同時に、具体的な指標はないものの分かりやすい路線網になるよう目標を立てている。また輸送効率が改善され採算性も良くなるので、事業者にとっても好ましい路線網になる。

ゾーンバスの成功例としてクリチバのバス路線網は有名で、幹線バスを都市軸とした街づくりがされている。国内では大阪で1974年に導入され、以下の調査結果が示すように利用者の評価は良い。

「ゾーンバスシステム導入の前後を比較して」

- よくなった 47.9%
- 悪くなった 35.1%

(1975年, サンプル数: 約1900)

「ゾーンバスの利用しやすさ」

- 利用しやすい 54.5%
- 利用しにくい 23.8%

(1997年, サンプル数: 3022)

2000年から盛岡でもゾーンバスを導入しており、乗換抵抗の不満が大きいのが、収入・利用者数とも

に増加している。

また名古屋はバスを積極的に取り入れており、1982年に基幹バス、2001年にガイドウェイバスを導入し、運行頻度の高い路線の集約・高速化を図っている。

## 3. 分かりやすさの分析

### (1) 分かりやすさの要望

バスを分かりやすくという要望は多くの都市であるが、ここでは札幌と仙台の2例を挙げる。

#### ● 札幌都心部交通実験プロジェクト

(1997年, サンプル数: 146)

「バスを利用する場合に重視することは？」

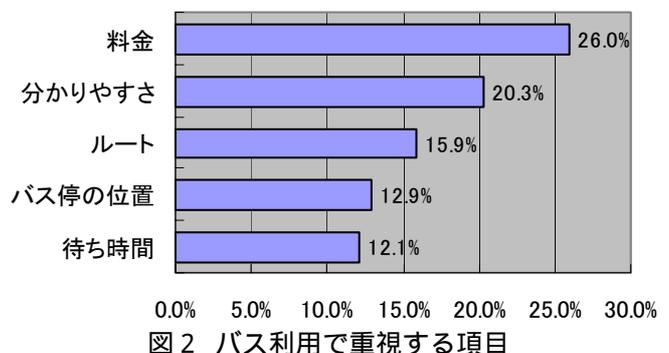


図2 バス利用で重視する項目

#### ● 仙台市公共交通機関利用実態に関する市民一万人アンケート(2002年, サンプル数: 3735)

「通勤通学で公共交通を利用しない理由は？」

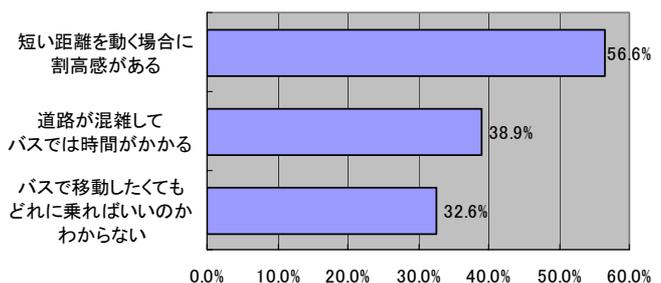


図3 公共交通を利用しない理由

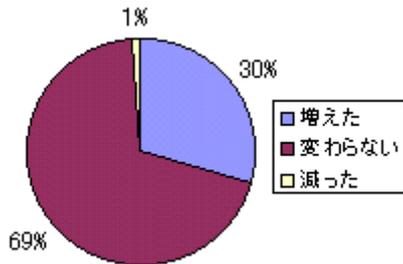
特に男性の高齢者や女性で「バスで移動したくてもどのバスに乗ればいいのか分からない」が多く見られる。

### (2) 情報提供の効果と限界

バスのサービス向上のため、特にバスを分かりやすくするために、情報提供は必要不可欠であるが、情報提供だけで全てが解決するものではない。

京都市交通局が2000年から始めた無線方式のバスロケーションシステム「ポケロケ<sup>2)</sup>」の利用者に対するアンケート結果を示す。

「ポケロケを使って市バスの利用回数は？」



(2000年, サンプル数: 350)

図4 情報提供前後の利用回数の変化

「変わらない」主な理由

- どの系統に乗るかの判断にすだけなので変わらない。
- バス停で待つ時間が減っただけで乗る回数は変わらない。
- 待ち時間を知るために便利であるが、利用するかしないかに影響しない。
- もうじき来るから乗るのではなくて、乗るからバスロケを使うため。
- バスに乗る時にしか見ない。

情報提供により、待ち時間減少などバス利用者のサービス改善が図られており、一部の乗客の利用が増えて一定の効果は得られている。しかし多くの乗客の利用回数は変わらないこと、特にバスの非利用者、潜在的利用者に対しては効果がないことが分かる。自家用車などからバス利用に転換させるためには、根本的に路線網を分かりやすくする必要がある。

### (3) 分かりやすさ指標の定義

路線網を分かりやすくするため、どのような要因が分かりやすさと関係するのかを、プレアンケート結果や実際のバス路線改編の事例を基に、下のような指標を定義する。

#### (a) 系統数

ネットワーク全体のバス系統数であり、青森市

や相模原市など多くのバス計画で少ない方が分かりやすいと考えられている。

#### (b) 重複度

同じ区間に走っている系統数を平均したもので、韓国大邱市のバス路線評価に用いられている<sup>3)</sup>。

#### (c) 方向性

各バス停から目的地までの方向と実際の路線の方向のずれ角度をベクトルで表したものの平均値。岐阜市でのバス路線再編計画で指標としているもので、値が小さいほど分かりやすい。

#### (d) 迂回率

路線がどのくらい迂回して走っているかを表す指標で、路線起終点間の実走距離を直線距離で割って求める。経路選択の際に用いられることがある。

#### (e) 平均直線距離

路線起終点間の実走距離を(右左折回数+1)で割って求める。何度も曲がっていると分かりにくいと感じるので、長いほど分かりやすい路線であることとする。

#### (f) 路線長

あまり長い路線だと路線の把握が難しくなると思われる。神戸などで片道10km以上の路線を分かりにくいとしている。

### (4) アンケートの実施

日常生活時と観光などの非日常時の双方でバスの分かりやすさの必要性を感じているのか、またどのような路線を分かりやすいと感じるのかなどを下記の要領でアンケート調査し分析する。

配布方式：投函配布、郵送回収

対象地域：表に挙げた特色のある5地域

地区	バス路線網の指標
荒川区役所周辺	標準的
豊島区目白	迂回率が高い
江戸川区松江	重複度が高い
江東区東砂	方向性が悪い
江東区千石	基盤目道路に1系統ずつ

配布数：4311通(2409世帯)

有効回答数：645通(457世帯)

回収率(世帯単位)：19.0%

(a) 観光時の交通手段選択

「観光時にバスを手段選択に入れるか？」

バス停が分からなくても手段選択に入る：56.3%  
 バス停が分かれば路線を調べようとする：9.6%  
**路線がきちんと分かれば手段選択に入る：16.2%**  
 路線が分かってもバスは絶対選択しない：18.0%

路線が分かれば手段選択に入るという割合が6人に1人はいることから、路線を分かるようにすることが重要であるといえる。また、バスを使おうと思わない最大の理由が「路線が分かりにくそうだから」(24.5%)であり、分かりやすい路線網にすることでバス利用促進の効果はあると思われる。

(b) バスに対する不満項目

バスの定時性のなさに不満を持っている人が多いが、他に頻度や所要時間といった一般的に扱われてきたサービス水準と並んで、路線の分かりやすさが重要視されていることが分かる。個人属性と相関があったのは、バス停までの距離と「バス停が遠い」不満で、これは当然の結果であろう。

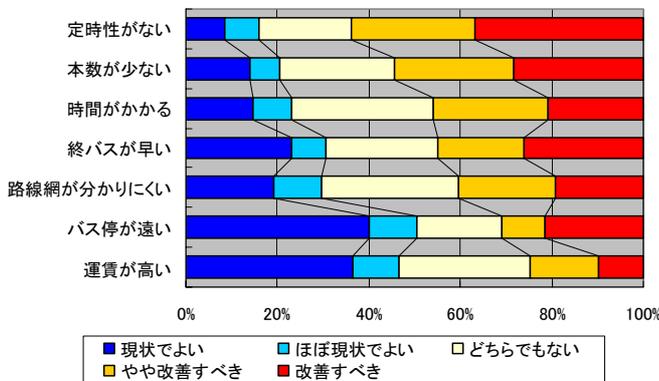


図5 バスに対する不満項目

(c) 路線形態と分かりやすさの関連性

図6で示すように、方向性、迂回率という指標が分かりやすさに関係することが示され、各地で計画されているゾーンバスもこれらの指標を改善するものであるが、新たに乗換が生じ、利便性が低下する問題がある。

また荒川区以外の4地域で路線網の分かりやすさを尋ねた結果が表1である。全体としてみると大きな違いは見られないが、バス利用頻度が低い(週1回未満)層では指標が良い地域(江東北西)

が分かりやすいと判断されている。頻繁に利用している人はあまり分かりやすさは関係ないと考え、定義した指標はある程度分かりやすさを表しているといえる。

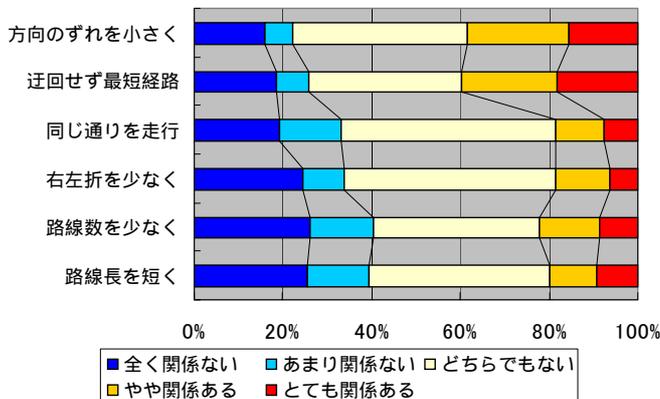


図6 分かりやすさに関する要因

表1 路線形態による分かりやすさ感度

	利用頻度多	利用頻度少	重複度	方向性	迂回率	直進距離	路線長
江東北西	+0.72	<b>+0.50</b>	1.13	0.11	1.04	1.77	9.78
豊島・新宿	+1.00	<b>+0.38</b>	2.15	0.82	<b>1.83</b>	1.75	9.00
江東東部	+0.71	<b>+0.30</b>	3.11	<b>1.03</b>	1.62	1.21	8.47
江戸川中東	+0.48	<b>+0.20</b>	<b>3.89</b>	0.38	1.24	1.36	9.05

4. 乗換抵抗

(1) 乗換抵抗の評価に関する研究

佐藤ら<sup>4)</sup>などのように、待機・水平移動・上下移動(階段上り下り・エスカレーター)といった移動手段別に時間価値を算出して乗換一般化費用を定義し、施設を改善した際の乗換抵抗軽減を評価する研究がなされている。飯田ら<sup>5)</sup>は身体的要因だけでなく心理的要因も含めてアンケート調査による分析を行っている。Wardman<sup>6)</sup>はイギリスの行動モデルに基づく時間評価値を収集し、乗換時間を明確に示された時とそうでない時に分けて定義しており、乗換1回の平均は18分となっている。

しかしこれらは全て鉄道駅におけるものが中心で、バス停での乗換抵抗についての研究は見当たらない。従来乗換を一般化費用にする際には、どんなバス停でも乗換1回5分や10分と均一に扱っているが、これは現実を反映しておらず、乗換が必要なバスネットワークを過小評価してしまう恐れがある。そこでより正確な予測を可能とするために、バス停施設や個人属性などによりどれだけ抵

抗が違うかを明らかにする必要がある。

過去の文献を参考に<sup>7)</sup>、乗換抵抗の要因を分類して図7のように軽減策をまとめた。



図7 乗換抵抗の軽減策

(2) 乗換抵抗の分析

バスを乗り換えるかどうかの選択行動調査をSPアンケートで以下のように行う。

配布方式：投函配布・郵送回収、  
 平行してweb調査  
 有効回答数：223通(157世帯)

以下の説明変数を用いて二項ロジットモデルで推計する。

- 個人属性：性別、年齢、バス利用頻度
- 乗車時間、待ち時間
- バス停環境：屋根、ベンチ、コンビニの有無
- 乗り換えバス停の隣接度

このうち、有意でなかった変数を除いて推定した結果、表2のようになる。属性無しの場合でも、乗換抵抗を一律10分とした場合よりも尤度比(0.184 0.203)・的中率(69.1% 71.8%)ともに向上している。モデルに個人属性を入れる場合、違いが有意となったのは、性別とバス利用頻度の2要因であった。女性の方が乗換抵抗が低くなっており、バスの利用頻度が高い人の乗換抵抗が低いのは乗り慣れているからだと考えられる。年齢が高いほど乗換抵抗が高くなると予想されたが、有意な変数とはならなかった。

表2の属性無しの場合で、乗換待ち時間ごとの乗換抵抗を最も良いバス停と悪いバス停を比較すると表3のようになる。

表2 乗換抵抗推定結果

	属性無し		属性有り	
	パラメータ (t値)		パラメータ (t値)	
乗車時間	-0.260	(-11.0)	-0.262	(-11.0)
座り待ち時間	-0.436	(-4.81)	-0.440	(-4.82)
立ち待ち時間	-0.479	(-5.11)	-0.483	(-5.13)
乗換移動ダミー	-0.408	(-3.32)	-0.412	(-3.34)
屋根ダミー	0.353	(2.35)	0.357	(2.36)
シェルターダミー	0.391	(2.50)	0.395	(2.66)
バス内混雑ダミー	0.305	(2.52)	0.285	(2.35)
乗換ダミー	-2.990	(-12.0)	-3.690	(-10.9)
女性ダミー			0.343	(2.64)
バス利用頻度ダミー			0.246	(2.04)
自由度調整済 <sup>2</sup>	<b>0.203</b>		<b>0.208</b>	
的中率	<b>71.8%</b>		<b>75.1%</b>	
(乗換有)	(88.3%)		(90.7%)	
(乗換無)	(33.0%)		(38.5%)	

表3 乗換抵抗の乗車時間換算

乗換待時間	0	2	5	10
ハイグレードバス停	8.83	10.19	12.22	15.62
設備の悪いバス停	11.90	13.59	16.12	20.33

(単位:分)

バス停の環境の違いにより乗換抵抗が3~5分程度違うことが分かった。また、慣例となっている「乗換1回当たり10分」という従来の感覚にも合ったものとなっている。

(3) バス路線網の評価例

上記の詳細な乗換抵抗の分析を利用して、実際の青森市のバス路線網において評価を行う。

すべてのバス停が最も悪い場合を基準として、すべてのバス停を最も良くした場合をパターンA、中心部の一つのバス停だけを改善した場合をパターンB、バス停は改善しないが待ち時間の違いによって乗換抵抗を変えて計算する場合をパターンCとすると、一人当たりの平均変化は表4になる。

表4 青森市のバス路線網評価

	パターンA	パターンB	パターンC
所要時間減少(分)	1.79	0.87	0.21
乗換回数増加(回)	0.00119	0.00020	0.00020

一つのバス停を改善するだけですべてを改善する約半分の効果もあるなど、バス停や待ち時間の違いによって乗換抵抗を変化させることで、所要時間やバス停改善効果を正確に測ることができる。

#### (4) 路線網再編の方向性

乗換抵抗の分析をふまえ、分かりやすさに主眼を置いたバス路線網がどのような形態なのか提案をする。2000年に施行された交通バリアフリー法により、ノンステップバスの導入やバス停の改良を行うなど、現在よりは乗換抵抗が小さくなることが期待できるが、分かりやすさの指標では良いゾーンバスの乗換抵抗を多少緩和しても、乗換1回当たり10分近い抵抗はやはり大きなものである。この乗換抵抗が原因で、幹線バス・支線バスに分けるゾーンバスシステムが受け入れられない地域もあると思われる。

そこで、オタワやアデレード<sup>8)</sup>で取りいれられている、方向別に重複している系統を束ねて幹線バス通りを運行し、途中から各目的地へ別れていく方式を提案し、「方向別統合型路線網」とよぶことにする。

この形態の路線網は、幹線区間から支線区間に入る地点で、各目的地へ別れていくので、ゾーンバスより系統数は多くなるが、乗換は少なくてすむ。直通のバスがない場合、幹線のバス通りまで行けば何とかあるという安心感があるのはどちらも同じであり、分かりやすさもゾーンバスに劣ることはないと考えられる。

幹線部分は本数が多くなるが、時間を調整しやすいためダンゴ運転が起こることは少ない。また本数の多い時間帯は急行運転が可能となり、所要時間短縮にもつながるので、乗換抵抗が大きい場所でも有効な路線網形態であると思われる。



図8 アデレードのバス路線網

#### 5. まとめ

本研究では、バスの利用促進に当たって路線網の分かりやすさなどの心理的要因が重要であることを確認し、独自の指標を定義して定量的評価を行った。また分かりやすさの代償として生じることの多い乗換抵抗について、バス停の設備などによる違いをモデル化し、乗換が生じるバスネットワークでも過小評価せずに詳細に評価できるようにした。そしてこれにふさわしい路線網再編の方向性を提案した。

今後の課題としては、路線網を分かりやすく再編する前後の交通行動の比較や、分かりやすさの指標改善と交通手段選択の選択肢集合変化との関係を分析することなどが挙げられる。

なお青森市のバス路線網評価に当たって、IBSで開発された系統ネットワーク配分システムを利用させていただきました。ここに感謝いたします。

#### 主要参考文献

- 1) 天野 光三, 銭谷 善信, 近東 信明: 都市街路網におけるバス系統の設定計画モデルに関する研究, 土木学会論文報告集, 1982.
- 2) 京都市交通局「ポケロケ」: [http://www.city.kyoto.jp/kotsu/news/bls/bls\\_manu\\_top.htm](http://www.city.kyoto.jp/kotsu/news/bls/bls_manu_top.htm)
- 3) 都 君燮: 「公共交通システムのサービス改善を考慮した利用者評価について - 韓国大邱市における路線バスと地下鉄を対象として - 」, 交通工学研究発表会論文報告集, 2001. 감사합니다!
- 4) 佐藤 寛之, 青山 吉隆, 中川 大, 松中 亮治, 白柳 博章: 都市公共交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.24(1), pp.377-380, 2001.
- 5) 飯田 克弘, 新田 保次, 森 康男, 照井 一史: 鉄道駅における乗換行動の負担度とアクセシビリティに関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.705-708, 1996.
- 6) Wardman, M.: A review of British evidence on time and service quality valuations, Transportation Research, Vol. 37E, No. 2&3, pp. 107-128, 2001.
- 7) 秋山 哲男・中村 文彦: 「バスはよみがえる」, 日本評論社, 2000.
- 8) Adelaide Metro Homepage: <http://www.adelaidemet.ro.com.au/>