

複数路線を選択可能な場合の バスロケーションシステムの効用

飯田 史也¹・山田 稔²

¹学生会員 茨城大学大学院 理工学研究科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)

E-mail:19nm804s@vc.ibaraki.ac.jp

²正会員 茨城大学 工学部都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

E-mail:minoru.yamada.civil@vc.ibaraki.ac.jp

バスロケーションシステムにより、利用者は待ち時間の有効活用や交通手段選択が可能となり、それを便益として評価できる。さらに、複数路線を選択可能な場合には遅れ状況を知ることにより、より早く目的地に着けると期待できるが、そこに着目した研究は行われていない。本研究では、複数路線を選択可能な場合について、利用者がバス遅れを知っている場合、いない場合の両ケースについてどの選択肢を選ぶかを推定する方法を示し、両ケースで選択された行動での所要時間の差を取ることでバスロケによる効用を求める方法を提案した。次にケーススタディ地域において現実に近い条件で利用者一人当たりの効用を求め、この効果を考慮することの重要性を示した。

Key Words: bus location system, route selection, departure time selection

1. はじめに

(1) 研究背景

バスは交通渋滞や乗降者の影響を受けやすく定時性を保つことが難しい。一方、バス利用者はバスロケーションシステム(以下バスロケ)を用いることで、バス停や各種端末でバスの現在地情報を取得できる。これにより利用者は、バス待ちに対するイライラや不安を解消するといった心的効用に加えて、本来の待ち時間を別の場所・別の目的で活用したり、あるいは早期に移動手段を変更するなどによって遅れを小さくすることができることから、時間での効用を得ることができると考えられる。

多くの地域、特にバス経営が容易ではない地方ではバスロケの導入が進んでいない。これはバス事業者自身による整備は負担が大きくなり、また社会的便益に基づく公的整備の必要性についても十分に認識されていないためである。そこでバスロケについて、多様な効用を明らかにすることが重要である。

筆者らの既存研究²⁾では、利用者のニーズからバスロケの有する時間短縮効果を求める方法を提案した。そこでは、早期の交通手段変更の選択肢として徒歩・タクシーを取り上げたが、実際には異なるバス停から発車する異なる路線・系統のバスによっても目的地に到達できる

場合が少なからず存在する。そこで本研究では、このようなバス間での変更という選択肢が存在する場合のバスロケの効用について考えることとする。

(2) 研究の目的

以上のような背景から、次の2つを研究の目的とする。

- ①複数路線を選択可能な場合でのバスロケーションシステムの効用の計算方法を構築する。
- ②構築した計算方法を用いてケーススタディとなる地域での効用を計算するとともに、既存研究で示したこれ以外の選択肢も前提とした場合のバスロケの効用を明らかにする。

2. バスロケの効用に関する既存研究の整理

尾松ら³⁾はバス停に通過情報提供システムの設置を行った上で、アンケート調査により役に立つかどうか、また今後も情報提供の継続を希望するかを利用者に聞いた。その結果システムを参考にした利用者のうち約8割の利用者が継続を希望していることがわかった。バスロケに対する利用者の高いニーズを明らかにした。坂本ら⁴⁾は、バス接近通知システム(web型バスロケ)に対する利用者のニーズを明らかにするため、通勤・通学などの日

常的な利用が中心となる路線バスでアンケート調査を行った。「バス停での待ち時間がなくなりそうだから」「バスに乗り遅れる心配がなくなりそうだから」のような心的効果が期待されている結果が示されている。また、利用者の支払意思額を示した。

一方青木ら²⁾は、バスロケで得られた情報から利用者がどのように行動を変化させる可能性があるかを調査する手法を構築し、それを用いてバス遅れに伴った行動予測が可能となることを示した。その結果、本来のバス待ち時間を別の場所で過ごすことのできる利用者の割合、代替手段として徒歩、タクシーを選択する利用者の割合を明らかにしたが、ここでは複数路線のバスを選択可能な場合における行動変化については考慮されていなかった。

表-1 利用者とバス運行に関する前提条件

| | |
|-----------|--|
| バス利用者について | 利用者は目的地までバスを利用する。選択可能な路線のうち所要時間が最少となるものを選択する。 |
| | バス利用者は現在地からある一定距離の圏内にあるバス停を選択できる。同一路線のバス停についてはそのうちの現在地最寄りバス停を使用する。 |
| | バス停までの徒歩経路やバスダイヤを知っており所要時間を判断する際に用いる。バス遅れ時間はバスロケが利用できる場合において提供される。 |
| | 対象地域・対象時間帯のなかで、バス利用者は時間的・空間的に一様に分布しているものとする。 |
| バスの運行について | 目的地バスは各路線で共通のバス停である。 |
| | 対象時間帯において等間隔で運行される。 |
| | バスの遅れは、路線ごとにすべての便、すべてのバス停で一定とする。 |

3. 所要時間短縮の効用計算の考え方

(1) 本研究で考える前提条件

現在地からの徒歩圏内に、異なる経路を経由して同じ目的地へ向かうことのできる2つ以上のバス停が存在する場合に、その目的地へ向かう利用者について、複数路線を選択可能な状況にあると考える。どのバス停を選択するかによって目的地までの所要時間が異なり、また発車時刻やそれぞれのバスの遅れもバス停によって異なっていると考えられる。各バス停までの徒歩所要時間も異なるものとする。

このような状況下で利用者は、それぞれの選択肢について利用者の有する情報から目的地到着予定時刻を求め、その早い方のバス停を選択するものとする。

このとき、現在の遅れを含む情報がバスロケにより提供される場合と、バスロケがなくバス停までの所要時間と時刻表情報のみしか有していない場合とでは、選択するバス停が異なってくると考えられる。そこで、ここで選択するバス停が異なる場合に、それを遅れ時間提供による効果と考えることとする。そして、「バスロケなし」から「バスロケあり」の各場合の所要時間の差で評価することとする。

筆者らの既存研究²⁾では、追加の情報が与えられてもそれを活用せず従前の選択肢を踏襲する人の存在が考えられ、その比率をアンケート調査により求める方法を取った。しかし、ここで考えるバス同士の間での選択では到着時刻以外の要因の影響は大きくないものと考え、すべての利用者が得られる情報を利用して到着時刻の早い方を選択するものとする。

実際には例えば定期券利用の可否が路線で異なる場合や、徒歩経路のわかりやすさがバス停で異なるなどによっても、選択が影響されることが考えられる。そういっ

た場合にはそれらの面での選択の自由度を高めることの重要性が示されることになるが、本研究では今後の課題とすることとした。

本研究で設定した前提条件を表-1にまとめる。

(2) 現在地から目的地までの予定の所要時間

利用者の現在地から目的地までの所要時間は、バス停までの徒歩移動時間、バスの待ち時間、バスでの移動時間の合計である式(1)とする。

$$\text{所要時間} = t_w + b_w + t_t \quad (1)$$

ここで、 t_w : 現在地からバス停までの徒歩移動時間、 b_w : バス停での待ち時間、 t_t : バスでの移動時間 である。

(3) 利用者が現在地を出発する時刻 (t)

対象時間帯で定義された時刻0から数えて、利用者が現在地を出発する時刻を t [分]と定義する。

(4) バスの便の番号 (n)

利用者が乗るバスの便の番号を n と定義する。バス遅れなしの場合において、時刻0に $n=0$ の便が出発することとする。バスがバス停を出発する時刻はバスの便数に運行間隔を乗算しバスの遅れ時間を加算することで求められる。また、利用者がバス停に到着する時刻は、利用者が利用する便のバス到着時刻より早く、前のバスの到着時刻よりは遅いため、 n と利用者の現在地を離れる時刻 t は式(2)の関係にある。そのため、 t が決まれば n を一意に定めることができる。

$$(n-1)t_i + t_d < t + t_w \leq nt_i + t_d \quad (2)$$

(5) バス停での待ち時間 (b_w)

バス停での待ち時間はバスの出発時刻から利用者がバス停に到着する時刻を引くことで求められる。利用者が

バス停に到着する時刻は、現在地を離れる時刻とバス停までの徒歩移動時間で求められるとすることで、式(3)のようになる。

$$b_w = nt_i + t_d - (t + t_w) \quad (3)$$

(6) バス停ごとの状況・条件

利用者の現在位置が定まった場合に、選択可能な各バス停について表-2 のような状況・条件が与えられているものとする。ここで添字 s はバス停を識別するためのものである。

(7) バスロケありの場合の到着予定時刻

バスロケありの場合、利用者は現在地から目的地までの所要時間を考える際に、バス遅れ時間を使用することができる。式(4)がバス停 s を使用した際の到着予定時刻と考えられる。

$$\text{到着予定時刻(バスロケあり)} = n_s t_{is} + t_{ds} + t_{ts} \quad (4)$$

また対象となるバス停のなかでこの値が最も小さくなるバス停を j と表すこととする。

(8) バスロケなしの場合の到着予定時刻

バスロケによる遅れ情報が提供されない場合には、利用者は現在地からバス停までの徒歩時間とバス時刻表の情報のみで到着予定時刻の比較を行い目的地まで早く着く路線を選択するものとする。

$$\text{到着予定時刻(バスロケなし)} = n'_s t_{is} + t_{ts} \quad (5)$$

ここで n'_s は、遅れがない場合に想定される乗車するバス便の番号であり、式(2)より遅れの情報を除いた次式で与えられるものとする。

$$(n' - 1)t_i < t + t_w \leq n't_i$$

バスロケなしの場合に到着予定時刻を最小にするバス停を k と表す。

(9) バスロケの効用の計算

バスロケの有無で選択するバス停が変化した場合、すなわち $j \neq k$ の場合にバスロケの効用が生じると考えられる。このとき到着時刻の差は式(6)のように求められ、これが効用の大きさを示すものとする。

$$\text{バスロケの効用} = \{t_{wk} + b_{wk} + t_{tk}\} - \{t_{wj} + b_{wj} + t_{tj}\} \quad (6)$$

なお、バスロケがない場合においても実際に乗車する便は n'_s ではなく n_s であることから、式(2)(3)や式(1)はまったくそのままよい。

これらの計算を、対象地域・対象時間帯のすべての需要に対して行ったものの平均を求めることで、バス利用者一人当たりのバスロケの効用が得られる。

表-2 バス停 s について設定が必要な変数

| | |
|-----------------|----------|
| バス運行間隔(分) | t_{is} |
| バスでの移動時間(分) | t_{ts} |
| バス停までの徒歩移動時間(分) | t_{ws} |
| バス遅れ時間(分) | t_{ds} |

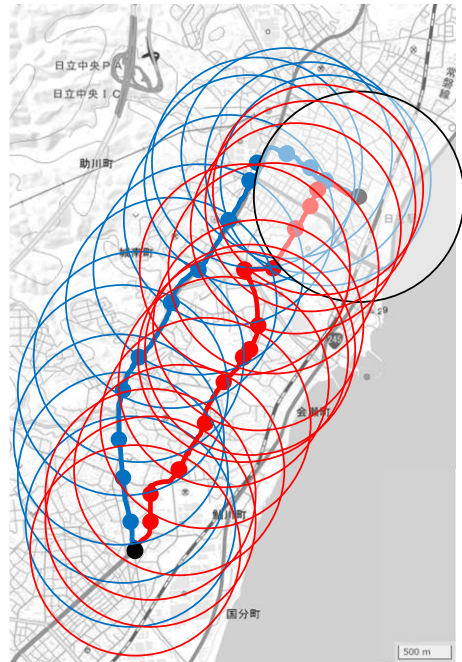


図-1 ケーススタディ地域の一例

6. ケーススタディ地域への適用

(1) 対象地域の選定

二つ目の研究目的であるケーススタディ地域での効用を計算する。ケーススタディとして、複数路線を選択可能な地域の抽出を行った。目的地が同じバス路線を探すため、駅へ向かうバス路線に着目することにした。鉄道各駅を中心に同一方向に延伸しているバス路線を探し、直線距離 1km 以内に別の路線のバス停を選択可能な組み合わせが 1 組以上存在した場合、対象地域として抽出した。今回、対象地域として見つかった駅は茨城県内で 126 駅中 18 駅で全体の 14.3% であった。

対象となった地域の中で運行間隔の大きさを 3 つに分類し、そのそれぞれから対象バス停の数が多い地域を抽出した。「運行間隔 小」の分類では日立駅への中央線(30 分間隔)と国道 6 号線(20 分間隔)を、「運行間隔 中」の分類では古河駅への県道 250 号線(60 分間隔)と国道 354 線(30 分間隔)を、「運行間隔 大」の分類では土浦駅への県道 123 号線(120 分間隔)と桜ニュータウン線(30 分間隔)を抽出した。

(2) 対象地域のバス停ごとの情報の設定

複数路線を選択可能な範囲として、図-1 のように各バ

表-3 各小領域の情報の整理 (一部抜粋)

| 日立駅 へ | 最寄バス停 | | バス移動時間(分) | | 徒歩移動時間(分) | | エリア面積(m ²) | エリア人口(人) |
|----------|-------|-------|-----------|------|-----------|---------|------------------------|----------|
| | 中央線 | 国道6号線 | 中央線 | 6号線 | 中央線 | 6号線 | | |
| | 茨大前 | 油繩子下町 | 11 | 18 | 4.38 | 7.81 | 76,600 | 355 |
| 茨大前 | 成沢 東側 | 11 | 17 | 8.75 | 2.81 | 251,000 | 1,030 | |
| 多賀高校前 | 油繩子仲町 | 13 | 19 | 4.06 | 10.94 | 149,000 | 447 | |
| 多賀高校前 | 油繩子下町 | 13 | 18 | 6.56 | 3.13 | 104,000 | 436 | |
| 全43組存在 | | | | | | | | |

ス停を中心に半径1kmの円を描き二つの路線に対する円が重なる範囲で考えることとした。なお目的地の駅バス停から1kmの圏内はバス利用の需要はないものと考え対象から除外している。

次にこの地域を、最寄バス停の組み合わせが同じになる領域ごとに区切った。さらに一つの領域が大きい場合には対角長が1km以内になるように小領域に分割した。一部についてその様子を示したのが図-2である。青赤それぞれがバス停圏域であり、青または赤のいずれかの線によって囲まれる最小の区域が、最寄バス停の組み合わせが同じになる領域である。さらに黒線で小領域に分割している。図中の数字は小領域の番号である。

小領域ごとに表-3のような値を整理した。本来バス停圏域内に需要が分布していると考えそれを積分すべきであるが、計算が煩雑になるため各小領域の中心点で需要が発生すると考えることとし、バス停までの徒歩距離は小領域ごとに与えることとした。さらに小領域ごとにその面積と該当する町丁目人口から小領域人口を推計し、対象地域全体を集計する際の小領域の重みとして用いることにした。

(3) 計算の結果と考察

運行間隔の大きい方の路線をA、もう一方をBと表し、どちらか一方の路線のみが10分遅れであるとした場合の、各地域での効用の計算結果を表-4に示す。

全ての地域に共通して運行間隔の大きい路線が遅れた場合の方が効用が大きく表れた。したがって、運行本数の少ない路線ほどバスロケの効果が期待できることがわかる。

図-3は日立駅への路線Aに設定した遅れを変化させたときの効果があった人の割合の変化を示したものである。10~20分で同様の効果が確認できる

求めた効用を筆者らの既存研究²⁾と比べる。その際、既存研究内で想定している運行間隔と同じである日立駅方面A路線が遅れたと仮定した場合の結果を用いる。既存研究の方では図-4に示すように、10分のバス遅れが発生した場合でバスロケがある場合に、そのままバス停に向かう人が30.6%、別の場所で用事を行う人が49%、代替交通手段を選択する人が20.4%となっている。バスロ

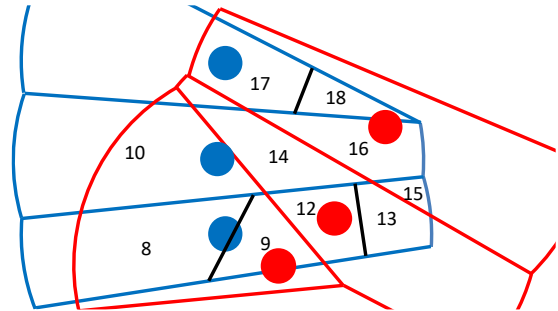


図-2 領域・小領域分割の一例

表-4 各地域でのバスロケの効用

| 地域 (目的地) | バスロケの効用(分/人) | | 効用があった者の割合 | |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|
| | Aバス 10分遅れ時 | Bバス 10分遅れ時 | Aバス 10分遅れ時 | Bバス 10分遅れ時 |
| 日立駅へ | 3.70 | 1.70 | 50.9% | 33.3% |
| 古河駅へ | 7.07 | 2.91 | 62.9% | 17.4% |
| 土浦駅へ | 5.84 | 2.67 | 59.0% | 33.3% |

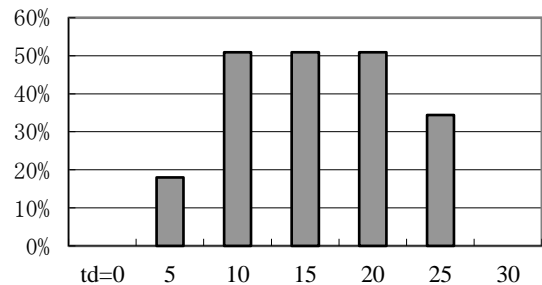


図-3 遅れ時間別の効用があった人の割合

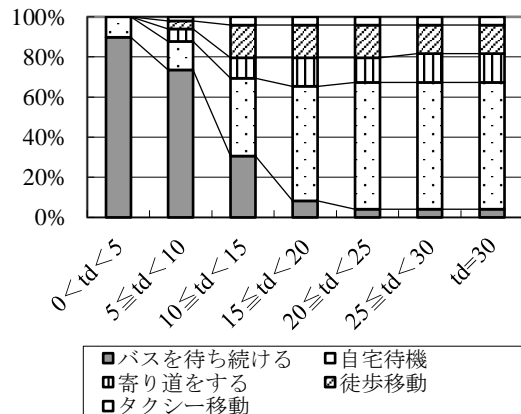


図-4 バス遅れ時間と利用者行動の変化³⁾

ケがない場合には選択肢はそのままバス停に向かうか代替交通手段を選択するかのいずれかであるが、バスロケがあるとそのいずれの人も一定の割合で、別の場所で行事を行うに変化することが示されている。

本研究ではさまざまな利用者が一様に分布していると考えていることから、複数路線選択への影響と、既存研究で考えたバス待ち時間に別の場所で行事を行うか否かとは直交関係にあると考えられる。したがって両者のクロス集計は表-5のようになると考えられる。

このうち「そのままバス停へ向かう」については、冒頭に述べたように本研究での行動変化はバス相互の転換であるため、これらの人に受容されて選択する路線がバスロケの有無で変化する可能性が高いと考えられる。

従って、少なくとも 15.6%の人は、本研究で着目した効果によって新たにバスロケによる効用を得られることになることがわかる。またこれに既存研究の「別の場所で行事をする」を加えた全体の 64.6%に対してバスロケが効果を有しているといえる。

8. 結論

本研究における得られた結果を以下に示す。

- ①複数路線を選択可能な場合での時間短縮の効用を把握するため、計算方法の構築を行った。
- ②ケーススタディとなる地域においてバス遅れを 10 分と仮定した場合、路線を変更する利用者の割合と既存研究の結果から 64.6%の利用者にバスロケの効用が得られると推測されることを明らかにした。

本研究の結果としてバスロケを導入する際の評価に際して、複数路線からの選択への影響を勘案することの重

表-5 既存研究の結果を加味した効果まとめ

| | | バスロケ有無で路線選択 が変化する人の割合 (本研究) | | |
|---|-----------------------|-----------------------------------|-----------|--------|
| | | 変化 する | 変化 しない | 合計 |
| 遅れ時間 がわかっ た時の行 動変化 (既存研 究) | 別の場所で 用事をする | 24.9% | 24.1% | 49.0% |
| | バスロケなしと同様 に代替手段を選択 | 10.4% | 10.0% | 20.4% |
| | そのまま バス停へ向かう | 15.6% | 15.0% | 30.6% |
| | 合計 | 50.9% | 49.1% | 100.0% |

要性が示された。

参考文献

- 1) 青木慎之介, 山田稔, 嶋原育子: バスロケーションシステムに対する事業者意識に対する研究, 土木計画学会研究発表会・講演集, Vol52, pp1318-1321, 2015
- 2) 青木慎之介, 山田稔: 利用者に対するバスロケーションシステム導入効果の調査手法に関する研究, 土木計画学会研究発表会・講演集, Vol54, pp1552-1555, 2016
- 3) 尾松俊, 大森宣暁, 松本修一, 熊谷靖彦, 岡村健志: 地域バス情報システムの開発と導入社会実験-高知における地域 ITS の取り組みから-, 土木計画学研究・論文集 Vol.25, No.4, pp881-887, 2008.9
- 4) 坂本邦宏, 角田直樹, 久保田尚, 谷島智: バス待ちゼロ社会の実現に向けたバス接近通知システムに関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol.26, no4, pp775-780, 2009.9

(?? ? 受付)

UTILITY OF BUS LOCATION SYSTEM WHEN MULTIPLE ROUTES CAN BE SELECTED

Fumiya IIDA, Minoru YAMADA