

交通ペネトレーションによる地域モビリティ向上効果の計測*

Estimating the Effects on Regional Mobility from Public Transport Penetration *

蒋恩*・中川大**・柄谷友香***・青山吉隆****

By En JIANG*・Dai NAKAGAWA**・Yuka KARATANI***・Yoshitaka AOYAMA****

1. はじめに

1960年代以降、自動車の普及に伴って市街地は急激に拡大し、自動車を前提とした居住や生活形態も一般化してきた。一方、公共交通のサービスは、市街地の拡大には必ずしも十分対応できず、住民の日常交通が自動車に依存せざるを得ない地域も多くなっている。

わが国ではこれまで、鉄道やバスの路線は、採算性によってその成立が議論されてきたこともあって、このような地域において新たな公共交通サービスが提供されることは難しく、むしろ自動車の普及に伴ってサービス水準は下がってきたのが現状である。しかしながら、高齢化が進展し、高齢者の自由な活動の確保や通院の利便性の確保など、郊外地域においては新たな課題も顕在化しつつある。すなわち、バス停や駅が遠く、公共交通利用不便地域と呼ぶべき地域が都市内においても少なからず存在している現状であり、このことによって通院や買い物などへのモビリティが著しく低い状況におかれている地域が少なくない。

近年、郊外の住宅街などに公共交通サービスを広げていく「ペネトレーション(「浸透」の意)の考え方が欧米で定着しつつあるが¹⁾²⁾、このような役割を果たす路線はほとんどが不採算路線であるため、これまでの公共交通に対する評価基準で判断する限り大きく進展していくことは難しい。

わずかに近年コミュニティバスと呼ばれるバスシステムが広がりを見せており、これらのなかには、ペネトレーションの役割を果たしているものも登場している。例えば、図-1と図-2は京都市伏見区の醍醐地域において、地域の中核的な病院まで直通で行くことができるバス停の配置とその利用圏の広がりを、コミュニティバス導入の前後で比較したものである。導入前は病院に行くためのバスに乗るためにも相当な距離を歩かなければいけな

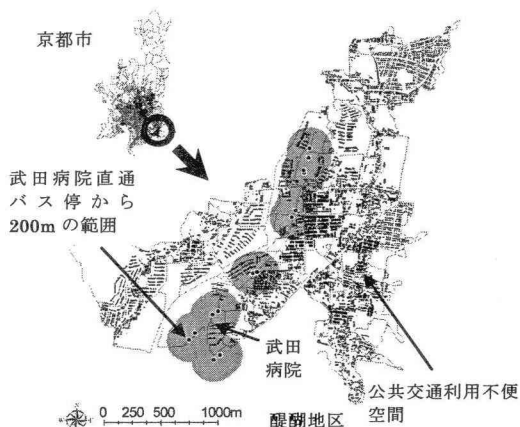


図-1 コミュニティバス運行前

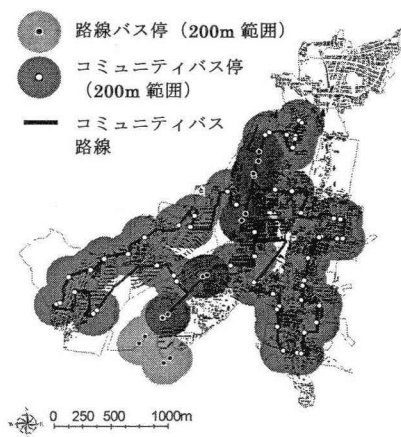


図-2 コミュニティバス導入による効果

かったのに対して、導入後は自宅の近くから病院直通のバスを利用できる範囲が格段に広がっていることがわかる。

このようにコミュニティバスが果たしている役割は、高齢者などを含むすべての人に対して交通モビリティを提供することにあるが、バス事業としては独立採算で成立するものではない。この醍醐地域においては、わが国で初めて地域住民が主体となって、地域内の様々な施設や住民からの資金協力を得ながらコミュニティバスを実

*キーワード: モビリティ、ペネトレーション、便益評価

*学生会員 博士後期課程 京都大学大学院工学研究科
 **正会員 工博 京都大学大学院工学研究科
 ***正会員 工博 京都大学大学院工学研究科
 ****フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科

(京都市左京区吉田本町, TEL&FAX075-753-5759)

現させている。このような協力が得られるのは、このコミュニティバスが地域に対して便益をもたらしているからである。自治体が運営しているコミュニティバスも多くはこのような地域の交通モビリティの向上効果を期待して導入されているものであると考えることができる。

しかしながら、このような社会的便益は一般に定量的に計測されてきているわけではないため、交通ペネトレーションが大きく進展しているという状況ではない。

そこで、本研究では、コミュニティバスの導入のような住宅地域における公共交通のサービス水準向上による地域モビリティの改善効果を定量的に計測する方法を示すとともに、具体例として醍醐コミュニティバスを対象として、このバスシステムが地域にもたらしている便益を計測する。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

本研究では、GISを用いて極めて細かな地区レベルの3次元道路ネットワークを構築し、徒歩・自転車・バス・自動車による地域内の移動の一般化費用を推計する。その際、年齢等の主体属性等も考慮した一般化費用を推計し、それぞれについて消費者余剰法を用いて住民のモビリティ向上効果を定量的に計測する。

特にこのような施策の効果を計測するためには、きめ細かな分析が必要であるため、本研究においては下記のような詳細なデータを用いた評価手法を構築する。

- ①バス利用者はバス停までの距離に大変敏感であることを踏まえて、地域内の詳細な道路ネットワークを構築する。
- ②バス停までの距離は住居の位置によって異なるため住居単位でバス停までの距離を求めるなど詳細な分析を行なう。
- ③住宅地区内の移動においては高低差がある場合が多く、そのことが自動車を利用しない人々のモビリティに大きく影響していることを考慮して、徒歩や自転車利用の際の坂道に対する負担感を定量化する。
- ④属性別に一般化費用を算出して、距離や高低差に対する抵抗感の差異を考慮する。

これまでの研究では、新田³⁾らは高齢者のモビリティ確保の必要性から新たな交通サービスを提案しており、

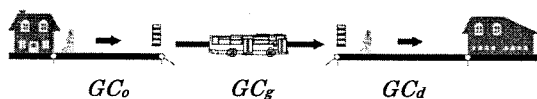


図-3 バスの一般化費用

磯部⁹⁾はコミュニティバス事業行政評価の方法を整理している。また、中島⁵⁾、川上⁶⁾、佐竹⁷⁾、高山⁸⁾らによって、具体事例を対象とした利用者満足度の評価や、バス路線ネットワークの評価などが行われており、近年特に多くの成果が得られている。これに対して本研究は、コミュニティバスを地域モビリティの向上という視点から評価するもので、地区内のそれぞれの箇所における交通利便性の向上効果を便益として計測することを目的とするものである。

特に、本研究においては、コミュニティバスが持っている特徴である、①路線バスが運行できない地域を網羅しているものであること、②都心部あるいは郊外地域におけるかなり狭い範囲に対しての交通サービスを提供できるものであること、③利用者は高齢者など特定層であることなどの点に注目し、住宅から目的地までの時空間交通抵抗を細かく表現し、コミュニティバスのようなきめ細かいプロジェクトを評価することを目的とする。また、これを用いて交通ペネトレーションの役割を果たすコミュニティバス事業によるモビリティの向上効果を定量的に計測する。

具体的な方法は、下記の通りである。

- ①高齢者等のモビリティの改善を評価するため、住民アンケート調査を用いて、徒歩や自転車による移動の抵抗感を属性別に求める。
- ②地区内のそれぞれの箇所においてバス停への距離が変化したことなどをきめ細かく表現するため、詳細な道路ネットワークを構築し、各住宅単位で駅や病院までの一般化費用の変化を求められるようにする。
- ③それらのデータを用いて、コミュニティバスによる一般化費用の変化を属性ごとに求め、それらを集計して地域全体での利用者便益を算出する。

3. 交通一般化費用の算定方法

比較的距離の短い地区内の交通行動について、時間・運賃・坂道に対する負担を考慮して、バス・徒歩・自転車・自動車といった交通手段別に、交通一般化費用を算定する。

(1) 交通手段別の一般化費用

a) バス

図-3に示すように、バスを利用した場合の一般化費用を出発地からバス停、乗車、バス停から目的地まで三段階で表現する。そこで、バスの一般化費用を以下の式

(1)と(2)によって定義する。

$$GC_{bus} = GC_o + GC_g + GC_d \quad (1)$$

$$GC_g = v_i \times t + r \quad (2)$$

GC_{bus} : バスを利用する際の一般化費用 (円)

GC_o : バス停まで徒歩一般化費用 (円)

GC_g : 乗車中の一般化費用 (円)

GC_d : バス停から目的地までの徒歩一般化費用 (円)

v_i : 時間価値 (円/分)

t : 乗車時間 (分)

r : バスの運賃 (円)

b) 徒歩・自転車

徒歩・自転車交通は、図-4に示すように、道路の距離と高低差による時空間の抵抗があり、それを考慮して一般化費用を式(3)により計測する。

$$GC_j = l \times v_{l,j} + uh \times v_{uh,j} + dh \times v_{dh,j} \quad (3)$$

GC_j : 徒歩・自転車の一般化費用 (円)

l : 水平移動距離 (m)

uh : 上り坂の高低差 (m)

dh : 下り坂の高低差 (m)

$v_{l,j}$: 水平移動距離価値 (円/水平距離m)

$v_{uh,j}$: 坂(上り)に対する負担価値 (円/高低差m)

$v_{dh,j}$: 坂(下り)に対する負担価値 (円/高低差m)

j : 交通手段 ($j=1$ 徒歩、 $j=2$ 自転車)

c) 自動車 (運転・同乗)

自動車の一般化費用は、自分で運転する場合は駐車料金、同乗の場合は運転手の時間価値を考慮した上で式(4)により計測する。

$$GC_{car} = GC_o + l \times \tau + \frac{l}{s} \times (v_{i1} + v_{i2}) + p + GC_d \quad (4)$$

GC_{car} : 車交通の一般化費用 (円)

GC_o : 駐車場までの徒歩一般化費用 (円)

GC_d : 駐車場から目的地までの徒歩一般化費用 (円)

l : 交通距離 (m)

s : 車の速度 (都市内では9.72m/分、約35km/h)⁹⁾

v_{i1} : 利用者の時間価値 (円/分)

v_{i2} : 運転手の時間価値 (同乗のみ) (円/分)

p : 駐車料金 (200円、自分運転のみ)

τ : 車の燃費 (0.018円/m)⁹⁾

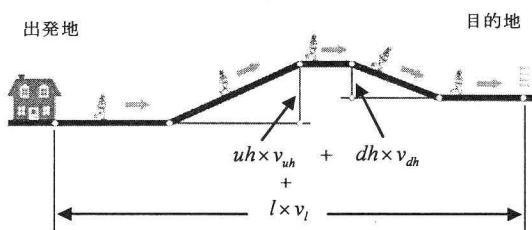


図-4 徒歩（自転車）の一般化費用

(2) 時間価値および坂道に対する負担価値

高齢者は、非高齢者と比べ全般的に身体能力が低く、徒歩および自転車で移動する際に、時間費用とともに疲労に対する負担感も発生していると考えられる。

本研究では、高齢者と一般者の差異を考慮して、利用者を年齢と性別によって区分し、それぞれの交通移動費用を推計する。推計方法としては、徒歩および自転車の交通移動一般化費用を水平方向および上下方向に分け、水平方向には、時間や疲労を考慮した距離価値、上下方向では坂の上り下りに対して感じる負担価値を計測する。

各価値は、住民に対してルート選択に関するアンケートを実施して求める。具体的には、図-5に示すように諸条件を与えた2つのルートを提示して、どちらを選択するかを尋ね、その結果からロジットモデルを構築して求める。

アンケートでは、①自由②通院のそれぞれの目的の場合におけるルート選択を尋ね、その結果を用いて、年齢、性別、目的別に負担価値の推定を行う。

推定のために用いたモデルは、以下のとおりで、まず、利用者があるルートを選択する際の効用は式(5)のように定義することが出来る。また、その時、各ルートの選択確率を表すロジットモデルは、式(6)のように表される。

$$Z_{wijq} = \alpha_{wij} r_q + \beta_{wij} l_q + \gamma_{wij} uh_q + \delta_{wij} dh_q + \lambda_{wij} wt_q \quad (5)$$

Z_{wijq} : 属性 w の利用者が i 番目の目的、交通手段 j でルート q を選択した時の効用

r_q : ルート q を選択した時の乗車料金 (円)

l_q : ルート q を選択した時のアクセス水平距離 (m)

uh_q : ルート q を選択した時の坂(上り)高低差 (m)

dh_q : ルート q を選択した時の坂(下り)高低差 (m)

wt_q : ルート q を選択した時の電車待ち時間 (分)

$\alpha_{wij}, \beta_{wij}, \gamma_{wij}, \delta_{wij}, \lambda_{wij}$: パラメータ

w : 利用者の属性 (高齢者男性・非高齢者男性・青年男性・高齢者女性・非高齢者女性・青年女性)

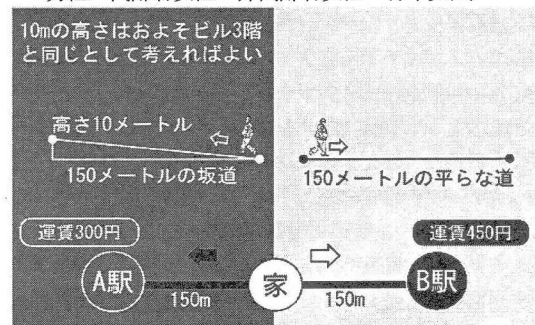


図-5 アンケート調査で設定した質問の例

i : 交通目的 (自由、通院)
 j : 交通手段 (徒歩、自転車)
 q : q 番目ルートの選択肢 ($q=1,2$)

$$P_{wijq} = \frac{\exp(Z_{wijq})}{\exp(Z_{wij1}) + \exp(Z_{wij2})} \quad (6)$$

P_{wijq} : 属性 w の利用者が i 番目の目的、交通手段 j でルート q を選ぶ確率

アンケート結果によるルート選択のデータを用いて、各属性 (年齢別・性別)、交通目的 (自由・通院) 毎に、最尤推定法によって式 (5) のパラメータを推定する。また、推定されたパラメータより、それぞれの負担価値は式 (7) のように求めることができる。

なお、実際の推定結果については、5 (2) で述べる。

$$v_l = \frac{\beta_{wij}}{\alpha_{wij}}, v_{uh} = \frac{\gamma_{wij}}{\alpha_{wij}}, v_{dh} = \frac{\delta_{wij}}{\alpha_{wij}}, v_t = \frac{\lambda_{wij}}{\alpha_{wij}} \quad (7)$$

v_l : 水平距離価値 (円/水平距離 m)

v_{uh} : 坂 (上り) に対する負担価値 (円/高低差 m)

v_{dh} : 坂 (下り) に対する負担価値 (円/高低差 m)

v_t : 待ち時間の時間価値 (円/分)

w : 利用者の属性 (高齢者男性、非高齢者男性、青年男性、高齢者女性、非高齢者女性、青年女性)

i : 交通目的 (自由、通院)

j : 交通手段 (徒歩、自転車)

4. データベースの構築

交通ペネトレーションによる地域モビリティの向上効果を計測するために、醍醐地区を対象としてデータベースを構築した。

(1) 3次元道路ネットワーク

コミュニティバス路線は、狭い地区で住宅と都市施設をつないでいるため、その効果を計測するには、①詳細な道路ネットワークデータ、②コミュニティバス導入前後のバスネットワークデータ、③地形データ、④町丁字の都市年齢別性別人口データなどが必要である。

そこで、まず数値地図¹²⁾を用いて、図-6に示すようなノード数2222、リンク数2978の極めて詳細な道路ネットワークデータを構築した。

また、徒歩・自転車利用者の坂道に対する負担を推計するために、高さ方向を考慮した3次元道路ネットワークが必要である。そこで、50mメッシュ標高データ¹²⁾を用いて、各ノードの標高を求めた。具体的には、図-7に示すようにそれぞれのノードの最寄りの格子点3点が

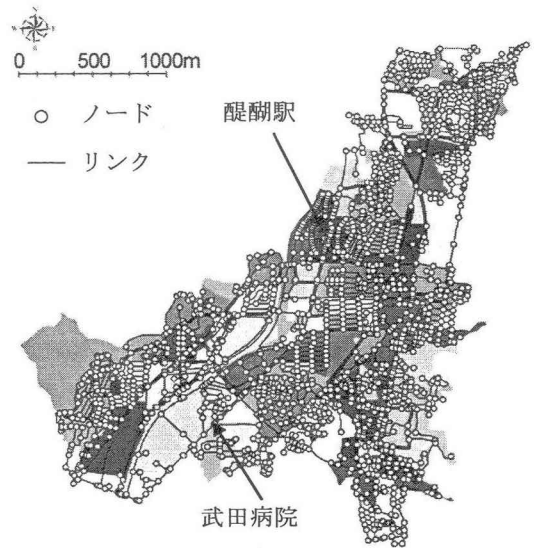


図-6 構築した道路ネットワーク

ら構成された斜面におけるノードの位置から標高を算出した。

(2) バスネットワーク

バスネットワークは、市販の電子道路地図¹¹⁾からバス停位置の座標を抽出し、それをバスノードとしてネットワークに追加することによって構築した。バスノードの標高も、道路ノードと同じ方法で求めた。また、これらのデータを用いて、各住宅からバス停まで、およびバス停から目的の施設までの徒歩アクセスの一般化費用を、ダイクストラ法による最短経路探索で求められるようにした。

さらに、バス停間を結ぶバスリンクはダイヤに基づいて作成した。コミュニティバスの効果を計測するために、運行前後の二つのバスネットワークを構築した。

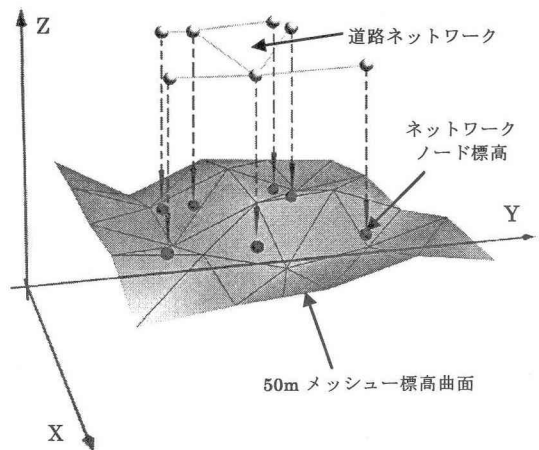


図-7 構築した3次元道路ネットワーク

(3) ゾーニングおよび住宅データベース

市販の電子住宅地図¹⁾を用いて、各住宅の座標を抽出し、住宅から最寄りの道路ノードに接続するように、ネットワークを補完した。抽出した住宅数は約1万戸で、それぞれの住宅ごとの階数および面積のデータベースも作成した。

また、総務省統計局によるGIS統計プラザ²⁾から、最も詳細な行政区の町丁字データに基づいて、対象地区を89ゾーンに分け、ゾーン毎に年齢と性別の人口のデータベースを作成した。

5. アンケートの実施と負担価値の推計

対象地区住民の交通行動及び交通負担感を把握するために、2004年11月9日～11日、対象地区においてアンケートを無作為配布・郵送回収の方式で3000部配布した。

(1) アンケート調査の概要

コミュニティバスの導入により、最も影響する「地区中心駅の利用」、「買い物」、「通院」の交通行動を分析対象とし、醍醐地区の具体的な事情を考慮したうえで、①利用者の属性（年齢・性別・車保有状況など）、②醍醐駅利用・醍醐駅周辺の買い物・地域中心病院への通院の際の交通手段および頻度、③徒歩・自転車交通の選好について質問した。736部を回収し、回収率は24.5%であった。回答者の年齢および性別分布は図-8に示す。60代の男性と50代の女性回答者が最も多く、女性および高齢者がコミュニティバスに対する関心が高いことが伺える。

また、コミュニティバスを月に1回以上を利用すると

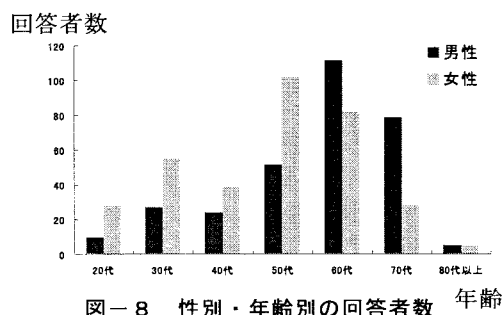


図-8 性別・年齢別の回答者数

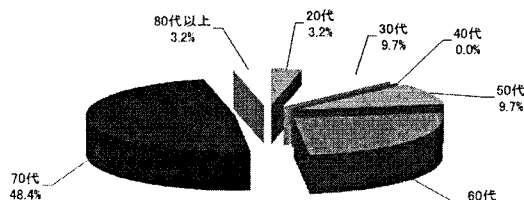


図-9 年齢別コミュニティバス利用者の割合

答えた人の割合を図-9に示す。利用すると答えた人の約8割が60歳以上の高齢者であったことがわかる。

(2) 交通負担価値の推計

本研究では、年齢や性別による差異を考慮して、年齢階層を、高齢者（60歳以上）、非高齢者（40～60歳）、青年（20～40歳）にわけ、さらにそれぞれを男性と女性にわけ、徒歩および自転車の交通負担価値を求めた。

まず、3(2)で示した方法によって求めた負担価値の計算結果を表-1に示す。これは、アンケート調査結果から式(5)のパラメータを求め、式(7)によって負担価値に換算したものである。徒歩による交通をあまり行わない非高齢男性や青年男子などで尤度比が低い場合があるが、女性や高齢者など特に本研究で対象としている属性においては比較的良好な結果が得られた。

坂道に対する負担価値は、一般的に上りの場合は水平よりも負担が増加すると考えられるのに対して、下りは属性によっては水平よりも負担が小さくなる可能性がある。表-1の結果は、上りはどの属性においても負担が増加（符号が正）となっているが、下りについては女性・高齢者では負担が大きくなり、男性・若年層では水平移動よりも負担が小さくなる結果となっており、一般的にみて妥当な傾向を示していると考ええる。なお、これらの負担価値を用いて式(3)による一般化費用を計算した場合、通常考えられる範囲の下り坂ではいずれも一

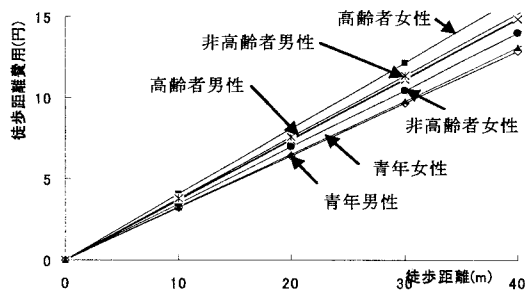
表-1 徒歩各負担価値の推定結果 ()内はt値

通院	距離価値 (円/水平 距離 m)	坂(上り) (円/高低 差 m)	坂(下り) (円/高低 差 m)	待ち時間 価値(円/ 分)	尤度 比
女性 (高)	0.66 (-9.63)	17.84 (-9.93)	6.09 (-4.44)	21.03 (-4.92)	0.22
女性 (非)	0.88 (-11.52)	20.78 (-11.78)	2.56 (-1.87)	21.11 (-5.13)	0.26
女性 (若)	0.63 (-10.43)	10.34 (-8.24)	-2.45 (1.67)	16.90 (-4.80)	0.23
男性 (高)	0.62 (-13.09)	12.34 (-11.43)	-0.14 (0.13)	18.82 (-5.99)	0.19
男性 (非)	0.62 (-8.08)	10.82 (-6.28)	-0.14 (-0.12)	19.56 (-4.26)	0.17
男性 (青)	0.82 (-4.44)	10.35 (-2.61)	-23.03 (3.51)	29.08 (-2.20)	0.10
自由	距離価値 (円/水平 距離 m)	坂(上り) (円/高低 差 m)	坂(下り) (円/高低 差 m)	待ち時間 価値(円/ 分)	尤度 比
女性 (高)	0.40 (-12.20)	8.57 (-11.09)	2.31 (-3.68)	11.15 (-5.79)	0.23
女性 (非)	0.34 (-15.93)	6.69 (-12.68)	-0.63 (1.14)	8.65 (-6.25)	0.17
女性 (若)	0.32 (-10.75)	3.96 (-5.51)	-4.54 (3.78)	8.65 (-4.52)	0.19
男性 (高)	0.37 (-14.77)	5.29 (-9.20)	-1.38 (2.16)	11.29 (-6.93)	0.20
男性 (非)	0.37 (-8.63)	1.95 (-1.89)	-3.65 (2.51)	13.25 (-5.28)	0.13
男性 (青)	0.32 (-7.25)	2.01 (-1.79)	-7.55 (3.23)	8.26 (-2.67)	0.23

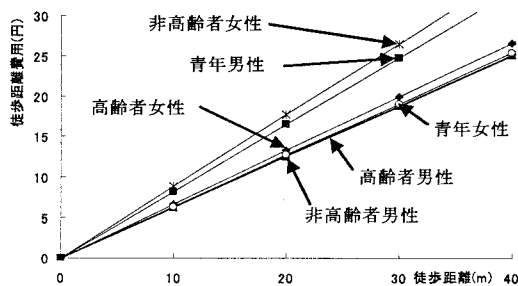
般化費用は正になるが、青年男性の場合には、大きな下り坂の場合に一般化費用が負になることがあり、この属性に関しては推定の信頼度は十分ではないと言える。しかしながら、この属性は、もともとコミュニティバスの利用が極めて少ないため、6章の便益計算には含めておらず、便益の計算結果には影響しない。

図-10～13は、これらの推定結果と距離および高低差との関係を図示したものである。まず、図-10に、自由目的における徒歩の水平距離に対する負担価値を示す。女性高齢者の場合に最も高く、若い世代では低くなっている。図-11は徒歩での通院の場合を示しているが、いずれの属性でも自由目的の場合より高く、非高齢の女性と青年の男性の徒歩に対する抵抗感が強い結果となった。単純に身体能力で評価すれば、高齢者の方が高いはずであるが、時間費用と心理的抵抗感も含めた費用であるため、通常は車を利用できる機会の多い非高齢者の方が高くなったものと考えられる。

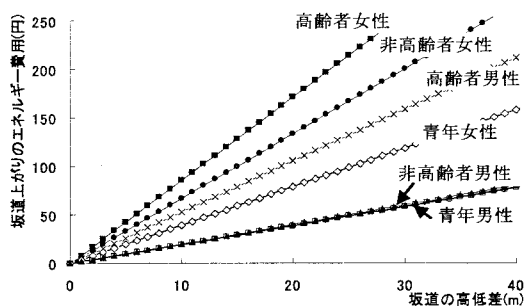
図-12は、坂道（上り）に対する費用で自由目的の場合を示したものである。女性は男性より高く、特に高齢者女性が一番高低差に敏感であることがわかる。また、図-13は通院の場合で、自由目的と比べて、高低差に対する抵抗が明らかに強くなっており、女性の場合に特に高い値となった。



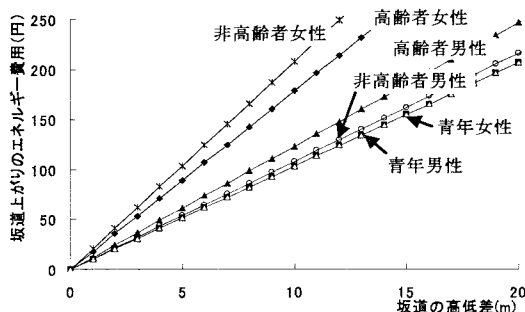
図－10 徒歩水平距離費用（自由）



図－11 徒歩水平距離費用（通院）



図－12 徒歩坂（上り）に対する費用（自由）



図－13 徒歩坂（上り）に対する費用（通院）

（3）距離-費用曲線

地区住民の交通行動を把握するため、交通目的別に、①地区中心駅の利用、②買い物、③通院に分け、各住宅から地区中心駅、病院、スーパーまでの一般化費用を交通属性と交通手段別に分けて計算した。その際、駅利用と買い物では（2）で求めた自由目的の負担価値を、通院では通院目的の負担価値をそれぞれ用いた。

図-14は、対象地域の約1万戸の住宅を醍醐駅までの往復距離の順に横軸に並べ、縦軸に女性高齢者が、地下鉄醍醐駅を利用する際の一般化費用を、車、バス、タクシー、および車同乗の場合で描いたものである。バスと徒歩については、利用者が一般化費用の小さい方を選んで交通行動を行うとして算出した。

車や同乗の一般化費用が最も小さく、車を利用できる場合は車が有利となっている現状がわかる。一方、公共交通の場合は、灰色の部分がコミュニティバス運行前のバスの一般化費用で、黒い部分は、運行後の一般化費用を示している。コミュニティバス運行後において、一般化費用が大幅に下がっていることがわかる。

また、個々の住宅サンプルから得られたこれらのデータを用いて回帰分析によって距離-一般化費用曲線を求めた結果が表-2で、それを図示したのが図-15である。距離帯ごとにどの交通手段の一般化費用が小さくなるかを読み取ることができる。車が利用できない人の場合、目的地までの往復距離が約700m程度までの場合は徒歩、

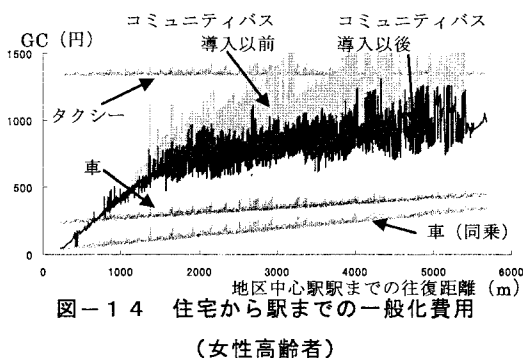
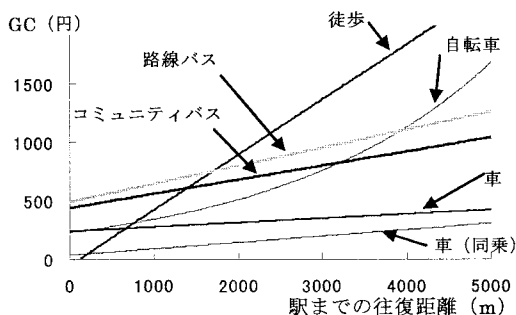


表-2 距離-費用関数の推定

関数形態	モード	b0	b1	決定係数
指数	自転車	228.197	0.0004	0.758
線形	徒歩	-53.331	0.4737	0.902
線形	車自己運転	239.173	0.0368	0.904
線形	車相乗り	35.2964	0.0543	0.954
線形	バス(整備前)	487.294	0.155	0.467
線形	バス(整備後)	436.705	0.121	0.624



約700mから約3100mは自転車、約3100m以上(片道距離で約1550m以上)の場合はバスの一般化費用が最も小さくなっている。この地域の広さからみて、バスによる利用可能性のある範囲に多くの住宅が立地していることがわかる。

(4) ゾーン平均一般化費用

地域モビリティ向上効果の計測には、住宅毎の一般化費用を集計してゾーン平均一般化費用を求めた。

醍醐コミュニティバスを含むコミュニティバスは、①地区中心駅、②駅周辺の商業施設、③病院を連結して、公共交通ペネトレーションに通じて、住民に公共交通サービスを提供しているため、本研究において、以上の事情を考慮し、利用者が最も利用する①駅利用、②買い物、③通院の目的に着目し、利用者が以上の目的で施設を訪問する場合の一般化費用を、ゾーン毎に利用者属性及び交通手段別に分けて求め、さらに式(11)に示すように住

宅ごとの一般化費用を住宅面積で重み付けして集計した。

アンケート集計結果によると、コミュニティバスの利用者は、高齢者、女性など自動車が自由に利用できない方が多いが、自由に自動車が利用できる方は、コミュニティバスの導入により、自動車からコミュニティバスに転換する行動があまり観察されなかったため、そこで、本研究においては、交通手段はコミュニティバスに関わる①バス②徒歩③自転車を対象として計測した。

$$GC_{k,w,i,j} = \frac{\sum_{k_n} GC_{k,w,i,j,k_n} \times A_{k_n}}{\sum_{k_n} A_{k_n}} \quad (11)$$

$GC_{k,w,i,j}$: ゾーン k における属性 w の利用者が、交通目的 i 交通手段 j で施設を利用する時の一般化費用 (円)

GC_{k,w,i,j,k_n} : ゾーン k における属性 w の利用者が、交通目的 i 交通手段 j で、住宅 k_n から施設までの一般化費用 (円)

A_{k_n} : ゾーン k に属する住宅 k_n の面積 (m^2)

w : 利用者の属性 (高齢者男性、非高齢者男性、青年男性、高齢者女性、非高齢者女性、青年女性)

i : 交通目的 (駅利用、買い物、通院)

j : 交通手段 (バス、徒歩、自転車)

k : ゾーン ($k=1,2,\dots,89$ 、醍醐地区の89ゾーン)

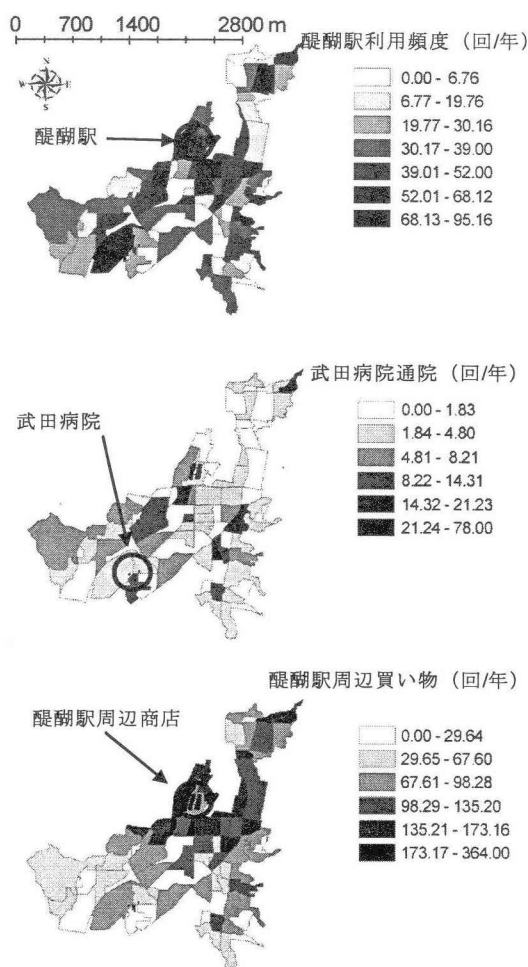
k_n : ゾーン k に属する n 番目の住宅

6. コミュニティバス事業効果の計測

本研究で対象とした醍醐コミュニティバスは、地域の中心駅である地下鉄醍醐駅および地区内の中核的な病院である武田病院を起点と終点にし、さらに、醍醐駅周辺の大型スーパーと地区の住宅を結び、地区住民の駅利用、買い物、及び通院の足となっている。しかしながら、1時間に1~2本という運行本数であることもあって、通勤・通学目的での利用は少ない。そこで、便益の算出にあたっては、交通目的として、駅利用、買い物、通院の3通りを考慮した。

図-16は、醍醐駅・地域の中核病院及び駅周辺大型スーパー周辺への利用頻度(コミュニティバス導入前)を示したものである。通院の場合は、その頻度は主に個人の身体状況に依存しているので、病院までの交通抵抗(一般化費用)とは必ずしも関連していない。それに対して、買い物の頻度は、近くのゾーンが多く、遠いゾーンが少なくなっており、一般化費用によって大きく異なることがわかる。また、コミュニティバス導入後の場合の回答結果からも、駅利用と通院では大きな変化が見られなかったのに対して、買い物では、頻度の増加が見られた。

以上のことをふまえ、便益の計算にあたっては、過



図一 1 6 施設の利用頻度

大推計にならないように考慮して、駅利用と通院の頻度はコミュニティバス導入によって変化しないものとし、買い物については頻度が変化するものとして需要関数を推定して便益を求める。

さらに、徒歩とバスの利用者は往路と復路に分けてバスと徒歩を別々に選択する可能性があるのに対して、自転車利用者は、自転車を施設に放置することが不可能なため、往復とも自転車を選択するものと考えられる。以上の交通手段の制約を考慮し、徒歩とバス利用者は徒歩とバスの一般化費用の小さい方の交通手段を選択すると仮定し、その一般化費用の減少額によって便益を計測する。自転車利用者の便益は、自転車一般化費用と導入以後バスの一般化費用の差によって計測する。

(1) 通院・駅利用の場合の利用者便益の計測

駅利用と病院利用に関しては、目的地での用務によって発生頻度が大きな影響を受けており、一般化費用の低減による需要増加を見込むと便益の過大推計となる可

能性があることを考慮し、便益の推計は既存需要に対する一般化費用の減少額と考え、徒歩及びバス利用者の便益を式(12)によって求める。

$$B_1 = \sum_k \sum_l \sum_m \sum_i \Delta GC_{\min(bus, walk), k, l, m, i} \times \overline{F_{l, m, i}} \times pop_{k, l, m} \quad (12)$$

B_1 : 通院・駅利用の場合の徒歩及びバス利用者の便益 (円/年)

$\Delta GC_{\min(bus, walk), k, l, m, i}$: コミュニティバス整備以後、ゾーン k における年齢別 l 性別 m の利用者が、交通目的 i で移動する時、徒歩一般化費用とバス一般化費用のうち、小さい方の値の減少額 (円)

$\overline{F_{l, m, i}}$: 全域における年齢別 l 性別 m の利用者が交通目的 i で、徒歩またはバスで施設の利用頻度平均値 (次/年)

$pop_{k, l, m}$: ゾーン k における年齢別 l 性別 m の人口

k : ゾーン ($k = 1, 2, \dots, 89$ 、醍醐地区の89ゾーン)

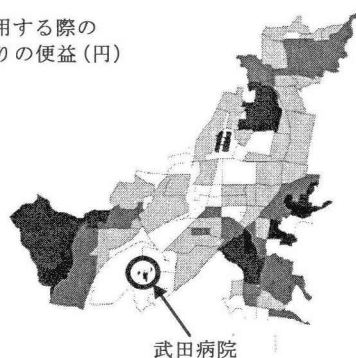
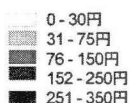
l : 年齢別 (高齢者、非高齢者、青年)

m : 性別 (男性、女性)

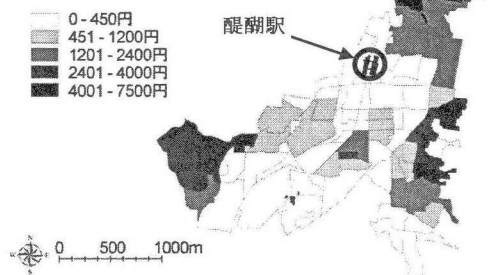
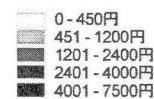
i : 交通の目的 (通院、駅利用)

同じ方法で、自転車利用者の便益を算出した。徒歩及びバス利用者の便益を合わせた計算結果は、醍醐駅を利用するための便益については年間 4909 万円/年、武田病院を利用する際の便益については年間約 324 万円/年である。図-17 に各ゾーン 1 人あたりの便益を示す。

武田病院を利用する際の
年間 1 人当たりの便益 (円)



醍醐駅を利用する際の
年間 1 人当たりの便益 (円)



図一 1 7 各ゾーンにおける一人当たりの便益

(2) 買い物の場合の利用者便益の計測

買い物の場合は、交通抵抗（一般化費用）の減少によって頻度が増加する可能性は小さくない。そこで、買い物交通の需要関数を式(13)によって求める。

$$F_{k,l,m} = \alpha_{0,l,m} \exp(\alpha_{1,l,m} GC_{\min(bus, walk), k, l, m}) \quad (13)$$

$F_{k,l,m}$: ゾーン k における年齢別 l 性別 m 徒歩及びバス利用者の醍醐駅周辺買い物平均頻度 (次/年)

$GC_{\min(bus, walk), k, l, m}$: ゾーン k における年齢別 l 性別 m の利用者が、買い物の目的で、自宅から醍醐駅まで移動する時、徒歩一般化費用とバス一般化費用のうち、小さい方の値 (円)

k : ゾーン ($k = 1, 2, \dots, 89$, 醍醐地区の89ゾーン)

l : 年齢別 (高齢者、非高齢者、青年)

m : 性別 (男性、女性)

$\alpha_{0,l,m}, \alpha_{1,l,m}$ パラメータ

アンケート調査から、買い物をする場合、女性高齢者・男性高齢者・女性非高齢者・女性青年がバスを利用しているが、非高齢者男性と青年男性は車利用が中心であることがわかる。そこで、図-18に示すように、需要関数は、女性高齢者・男性高齢者・女性非高齢者・女性青年について推定した。推定結果は表-3に示した。決定係数は必ずしも高くないが、説明変数の T 値はいずれも高い結果が得られた。

また、消費者余剰法によって得られる買い物の場合徒歩及びバス利用者便益は式(14)となる。

$$B_2 = \sum_k p \rho_{k,l,m} \int_{without}^{with} \alpha_{0,l,m} \exp(\alpha_{1,l,m} GC_{\min(bus, walk), k, l, m}) dGC_{\min(bus, walk), k, l, m} \quad (14)$$

B_2 : 買い物の場合、徒歩及びバス利用者総便益 (円/年)

$GC_{\min(bus, walk), k, l, m}$: 年齢別 l 性別 m の利用者が、買い物の目的で、自宅から醍醐駅まで移動する時、徒歩一般化費用とバス一般化費用のうち、小さい方の値 (円)

k : ゾーン ($k = 1, 2, \dots, 89$, 醍醐地区の89ゾーン)

l : 年齢別 (高齢者、非高齢者、青年)

m : 性別 (男性・女性)

$\alpha_{0,l,m}, \alpha_{1,l,m}$ パラメータ

$with$: 導入以後の $GC_{\min(bus, walk), k, l, m}$

$without$: 導入以前の $GC_{\min(bus, walk), k, l, m}$

同じ方法で、自転車利用者の便益を算出し、徒歩とバス利用者便益を合わせた計算結果を用いて、買い物の場合の年間便益を計算すると8709万円/年となった。したがって、駅利用・通院の便益と買い物の便益合計で、コミュニティバス導入後の総便益は1億3942万円/年と計測された。

この醍醐コミュニティバスは、市民や地元企業等による経費の一部負担によって支えられているもので、交通施策としては、地域にもたらされている便益を事業

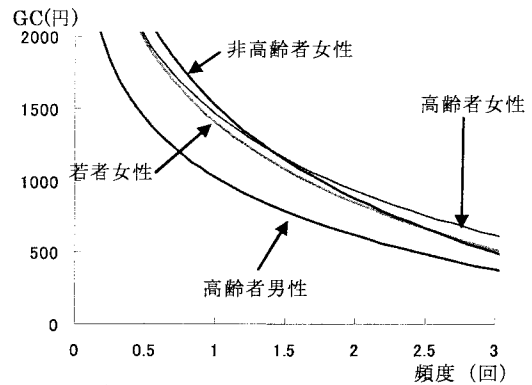


図-18 属性別の需要曲線（買い物）

表-3 買い物需要曲線の推定値

属性	a0	a1	決定係数
女性高齢者	6.687973 (4.68)	-0.00129 (-6.44)	0.536
男性高齢者	5.708708 (4.58)	-0.00169 (-6.61)	0.487
女性若者	5.700166 (4.18)	-0.00123 (-5.25)	0.525
女性非高齢者	5.104667 (3.39)	-0.00107 (-4.31)	0.482

に内部化する意義を有している²⁾が、ここで計算した利用者便益だけでも十分その価値があるものであることが示された。なお、この便益の額は、利用者(初年度約24万人)一人当たりでみると約580円で、一般的に用いられる所得接近法による時間価値¹⁵⁾に従うと約14分に相当するものであり、便益として妥当な水準で算出されていると考えられる。

このような地区レベルの交通施策に対して便益が計算されることは少ないが、通院や買い物など必要不可欠な生活交通を担っているものであり、大きな便益が発生しているものは少なくないと考えられる。本研究では、住民が感じている移動に対する抵抗感を求めるとともに、地区レベルでの詳細なデータベースを構築することによってそれを示した点が重要であると考ええる。

7. まとめ

本研究では、3次元時空間ネットワークの構築によって、地形要因を考慮した交通抵抗を定量化するとともに、コミュニティバスの導入により、地区の交通抵抗の減少を求め、消費者余剰法を用いて利用者の便益を計測することによって、地区モビリティの向上効果を定量的に計測する方法を提示した。それにより、ペネトレーション

の有効性を検討できるようになった。

なお、本研究では、利用者に生じる直接便益のみを計測しているため、今後は、構築したネットワークを活用した商業小売モデルの構築などによって、地域に発生している経済活動を評価することや、交通利便性の変化による地価の変化等も構築したデータベースを用いて検討していくことも必要と考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケート調査にお答えいただいた醍醐地区の方々、貴重な資料の提供を頂いた奈良県の白柳博章氏、研究の遂行上の基本的な事柄について全面的支援を頂いた秘書の西村知晃氏、八木智子氏、そして土木計画学研究発表会において貴重なコメントを頂いた金沢大学の高山純一氏、芝浦工業大学の岩倉成志氏に感謝の意を表します。最後に、自分を常に支え続けていただいた両親と岡山県の明神証氏に深く感謝を致します。

参考文献

- 1) 中川大・能村聡：規制緩和下における市民組織によるバス支援プロジェクトの可能性と課題，土木計画学研究発表会春大会，2003
- 2) 中川大：市民の手によるペネトレーション—京都・醍醐方式コミュニティバス—，交通工学，Vol. 38, No.1, pp. 38-42, 2003
- 3) 新田保次・都君燮：利用者頻度を考慮した高齢者対応型コミュニティバスの需要予測に関する研究，土木計画学研究・論文集，NO. 16, pp. 43-54, 1999
- 4) 磯部友彦・熊谷勇治：コミュニティバス事業における行政評価のあり方について，第29回土木計画研究・講演集CD-ROM，2004
- 5) 中島正人・安江雪菜・高山純一：金沢市におけるコミュニティバス導入効果—金沢ふらっとバスを事例として—，2000年度第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 181-186, 2000
- 6) 川上洋司、李偉国、佐野正：福井市コミュニティバス試行事業の経緯と評価，2000年度第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 175-180, 2000
- 7) 佐竹わか菜：新湊市のコミュニティバスと市民生活，富山商船高等専門学校卒業研究報告，2002
- 8) 高山純一、柳沢吉保、中野泰啓、加藤隆章：コミュニティバスの路線網策定システムの構築，土木計画研究・論文集，Vol. 18, No. 4, 2001, 9
- 9) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資道路透視の評価に関する指針（案），1998
- 10) 道路投資評価研究会、中村英夫編：道路投資の社会経済評価，1997
- 11) 株式会社ゼンリン：Zmap-Town II 住宅地図（京都市伏見区、山科区），2004
- 12) 国土地理院：数値地図2500データ，2003, 2
- 13) 総務省統計局：統計GISプラザ，2001
- 14) 国土交通省近畿輸送局：コミュニティバス導入ガイド，2004
- 15) 運輸政策研究機構：鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99，1999

交通ペネトレーションによる地域モビリティ向上効果の計測*

蒋恩*・中川大**・柄谷友香***・青山吉隆****

近年、郊外住宅街に公共交通サービスを広げていく「ペネトレーション」の考え方が欧米で定着しつつあるが、これらの路線の多くが不採算路線であるため、日本では進展しているとは言えない。このため、郊外部では、高齢者・障害者等に十分な交通サービスが提供されていない。僅かに近年コミュニティバスが広がりを見せており、これらの中には、これまでのバスサービス空白地域を埋める役割をするものもある。しかし、これらは必ずしも社会的な便益を計測した上で実施されておらず、それらの施策を正確に評価する必要がある。本研究では、交通ペネトレーションの役割を果たすコミュニティバス事業により発生したモビリティの向上効果の定量的計測を目的とする。

Estimating the Effects on Regional Mobility from Public Transport Penetration *

By En JIANG*・Dai NAKAGAWA**・Yuka KARATANI***・Yoshitaka AOYAMA****

Recently, in America and Europe, the concept of penetration was established to expand public transportation services in rural areas. However, most of these expansions were bus routes operating at a loss, making it a very difficult strategy to implement in Japan. Therefore senior citizens, the disabled and children living in rural areas in Japan and unable to travel by car, are greatly disadvantaged by the lack of available public transportation. This problem was not alleviated until community buses began operating in suburban areas. The purpose of this paper is to measure the effectiveness on regional mobility use the index of social benefits and to demonstrate how the value of penetration can be estimated.