

神戸市の郊外住宅団地における居住者による 都心へのアクセス交通の利便性評価 —確率効用理論に基づくアクセシビリティ指標を用いて

岩崎 昂平¹・小谷 通泰²・寺山 一輝³

¹非会員 株式会社村田製作所 (〒617-8555 京都府長岡京市東神足1丁目10-1)

²正会員 神戸大学大学院 海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5丁目1-1)
E-mail: odani@maritime.kobe-u.ac.jp

³学生会員 神戸大学大学院 海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5丁目1-1)
E-mail: 117w308w@stu.kobe-u.ac.jp

本研究では、神戸市の郊外住宅団地の居住者を対象として、パーソントリップ調査データをもとに、ネスティッドロジットモデルを適用し、代表交通手段と端末交通手段の選択モデルを構築した。そして、選択モデルから得られるログサムを用いて都心へのアクセシビリティを居住地ごとに計測し、現状における都心へのアクセス交通の利便性を評価した。次いで、自動車が利用できなくなることを想定した場合の都心へのアクセシビリティを算出し、自動車への依存度が大きな居住地を明らかにした。さらに、居住地によって、都心へのアクセス交通を支える公共交通サービスとして、必ずしも最寄り鉄道駅からの鉄道利用が十分な役割を果たしていないことを示した。

Key Words : *utility-based accessibility measures, mode choice model, suburban housing development areas*

1. はじめに

全国各地の都市近郊では、多くの住宅団地が、都心等へのアクセス手段として鉄道の利用を想定し、鉄道駅を中心として、あるいは鉄道駅に隣接して開発されてきた。また、鉄道駅が利用できない住宅団地では、公共交通機関としてバスサービスが提供されているところも多い。しかしながら、こうした住宅団地では、居住者の自動車による移動が日常化したことによって、公共交通の利用者は減少し、公共交通サービスの水準は急激に低下している。

その一方で、住宅団地では、同時期に入居した居住者の高齢化が顕在化し、自動車の利用が困難な高齢者が増加している。こうしたことから、居住者の日常の交通におけるアクセシビリティの維持・確保が重要な課題の1つとなっている。

本研究で対象とする、神戸市の郊外住宅団地においても上述のような問題が深刻化しており、こうした問題に対応するために、神戸市では、集約型都市構造への転換を目指している¹⁾。特に、郊外住宅地域においては、たとえ自動車が利用できなかったとしても、身の回りの生

活関連施設や都心などの都市集約拠点へのアクセシビリティを最低限維持できるような公共交通サービスを提供することが求められている。

郊外住宅団地を対象として居住者のアクセシビリティを計測・評価している研究としては、木澤・高見²⁾は「歩いて行きやすい確率」を用いて、買い物や通院などの活動目的別に徒歩アクセシビリティ計測している。また、活動目的別に計測されたアクセシビリティを外出頻度によって総合化し、総合的なアクセシビリティと交通行動の関係を示している。倉橋ら³⁾は、目的地までの所要時間をアクセシビリティと定義し、自動車・公共交通利用時のそれぞれについて、50mメッシュ単位に都心部および最寄り商業施設へのアクセシビリティ値を整備し、地区内・地区外のアクセシビリティの特性を把握している。一方、筆者ら^{4,5)}は、住宅団地内の商業施設・最寄り鉄道駅を対象として、確率効用理論に基づく指標⁶⁾を用いて、アクセシビリティを計測している。その結果、自動車が利用できなくなることによって商業施設へのアクセシビリティが大幅に低下する一方で、最寄り鉄道駅へのアクセシビリティに及ぼす影響は小さいことを明らかにしている。

そこで本研究では、神戸市西区・北区の郊外住宅団地を対象に、パーソントリップ調査(以後、PT調査と呼ぶ)データを用いて、確率効用理論に基づき、居住者による都心へのアクセシビリティを計測し、その評価を行うことを目的とする。なお、本研究では、都心として神戸市中央区に位置する三宮を取り上げる。

具体的には、まず、ネスティッドロジットモデルを適用して、代表・端末交通手段の選択モデルを構築する。次に、選択モデルから得られるログサムを用いて、都心へのアクセシビリティを町丁別に算出する。そして、対象地域内における現在のアクセシビリティの分布を示すとともに、居住者の自動車への依存度を視覚的かつ定量的に把握する。また、特定の居住地域に着目して、最寄り鉄道駅からの鉄道サービスが、都心へのアクセス交通の利便性にどの程度貢献しているのかを明らかにする。

2. 分析対象地域と使用データの概要

(1) 分析対象地域の概要

分析対象地域は、図-1に示す、神戸市の西区・北区の住宅団地(計51団地)である。当該地域は、1960年代後半から開発が始まり、1970・80年代に開発が最も多く行われている。

域内の公共交通サービスについては、鉄道は、西区では、神戸市営地下鉄(西神・山手線)が南東から中央に向かって、また、神戸電鉄(粟生線)が北東部分を走っている。北区では、神戸電鉄(有馬線・三田線)が南北に縦断しており、市営地下鉄・北神急行(北神線)が三宮駅から谷上駅まで繋がっている。バスについては、西区・北区ともに住宅団地内あるいは団地間をつなぐバスが運行されている。また、一部の住宅団地では、三宮へ向かう直通バス(市営バス等)も運行されている。



図-1 分析対象地域

(2) 使用データの概要

本研究では、交通行動データとして、2010年に実施された第5回近畿圏PT調査の結果から、分析対象地域内の居住者による自宅発の平日のトリップのうち、移動距離(ゾーン間距離)が5,000m以上のものを用いる。この結果、分析に用いたトリップは4,716トリップとなった。なお、発着地の集計単位は、PT調査データの最小ゾーン区分である、郵便番号ゾーン(複数の町丁目からなる)とする。

また、公共交通サービスに関するデータは、各鉄道・バス会社のホームページと「ナビタイム」などの経路検索サービスから、鉄道・バスの運行本数、鉄道駅への経路距離などのデータを得た。

(3) 交通行動の実態

図-2は、分析対象としたトリップの移動目的の構成比を示したものである。これをみると、通勤・通学目的が全体の69%を占めている。その一方で、買い物・通院目的はほとんどみられず、それぞれ5%、3%に留まっており、その他自由目的が19%となっている。これは、平日のトリップデータを用いていることが影響していると考えられる。

図-3は、代表交通手段の構成比を示している。これをみると、鉄道の利用率が52%と最も高く、それに次いで、自動車の比率が37%となっている。また、徒歩・自転車・バスはほとんど利用されていない。

図-4は、到着トリップ量を示したものである。図中には、累積比率も合わせて記載している。これをみると、三宮が位置する神戸市中央区への到着量が最も多く、その比率は全体の23%を占めている。次に到着量が多いのは、分析対象地域である神戸市西区・北区となっており、その後、神戸市兵庫区や明石市・西宮市など、対象地域周辺の区や市が続く。また、大阪府内へのトリップ量は少なくなっている。

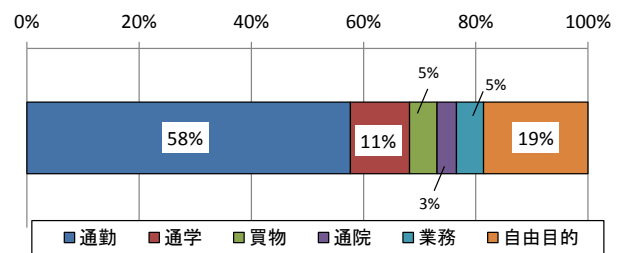


図-2 移動目的の構成

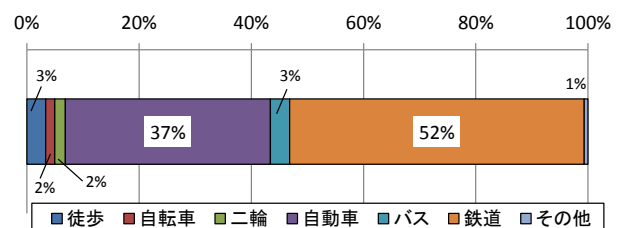


図-3 代表交通手段の構成

表-1 推定結果

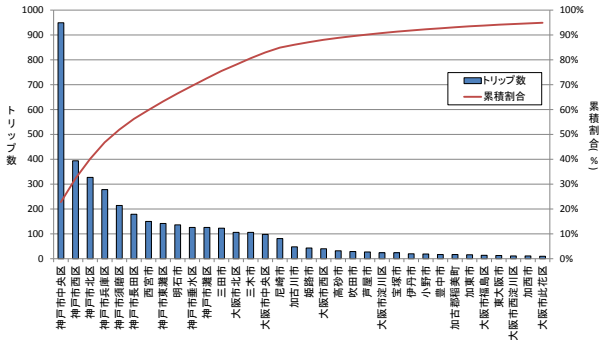


図-4 到着トリップ量の分布

3. 代表・端末交通手段の選択モデルの構築

(1) 選択モデルの概要

ネスティッドロジットモデルを適用し、交通手段の選択モデルを構築する。本研究では、上位レベルが代表交通手段の選択、下位レベルが端末交通手段の選択という構造を仮定した。ここでは、分析対象トリップのうち、目的地が兵庫県内または大阪府内であり、かつ代表交通手段が自動車、鉄道、バスであるサンプル(2,591サンプル)をパラメータの推定に用いた。なお、代表交通手段が鉄道である場合には、端末交通手段として徒歩、自転車、自動車、バスのいずれかを選択しているサンプル、バス(代表交通手段)については、徒歩を選択しているサンプルを用いている。

個人の選択肢集合については、徒歩はすべての回答者に、自転車はその保有者に与えた。自動車については、運転免許を保有せず、かつ自動車を1台も保有していない場合には利用可能性を0とした。鉄道については、目的地から最も近い鉄道駅が3,000m以上の場合に利用可能性を0とした。バスについては、目的地までのバス路線が存在しているゾーンに居住する回答者に選択肢を与えた。

説明変数については、上位レベルの代表交通手段の選択では、自動車の選択肢固有変数として「所要時間(10分)」と「定数項」を、鉄道とバスには、それぞれの固有変数として「乗車時間(10分)」「運行本数(100本)」「運賃(100円)」を用いた。下位レベルの端末交通手段の選択には、代表交通手段が鉄道の場合、徒歩・自転車・自動車のそれぞれの固有変数として「鉄道駅までの距離(km)」を、バスの固有変数として「バス停までの距離(km)」「バスの運行本数(100本)」を用いた。「定数項」は、自転車、自動車、バスにそれぞれの固有変数として投入した。また、代表交通手段がバスの場合は、徒歩の固有変数として「バス停までの距離(km)」を用いた。

本研究では、各交通手段のサービス水準に関する変数のうち、「所要時間」と「乗車時間」については、出発

	パラメータ	t 値
上位	所要時間[自動車]	-4.005 -7.18 **
	乗車時間[鉄道]	-0.919 -4.44 **
	運行本数[鉄道]	1.844 5.01 **
	運賃[鉄道]	-0.733 -4.89 **
	乗車時間[バス]	-0.956 -1.76
	運行本数[バス]	4.623 3.95 **
	運賃[バス]	-0.595 -1.53
	定数項[自動車]	4.866 4.46 **
下位	鉄道駅までの距離[徒歩(代表鉄道)]	-2.468 -14.98 **
	鉄道駅までの距離[自転車(代表鉄道)]	-0.825 -8.73 **
	鉄道駅までの距離[自動車(代表鉄道)]	-0.310 -5.39 **
	バス停までの距離[バス(代表鉄道)]	-2.172 -5.03 **
	バスの運行本数[バス(代表鉄道)]	1.478 4.39 **
	定数項[自転車(代表鉄道)]	-3.208 -13.78 **
	定数項[自動車(代表鉄道)]	-5.229 -19.18 **
	定数項[バス(代表鉄道)]	-5.373 -14.84 **
	バス停までの距離[徒歩(代表バス)]	-4.917 -5.06 **
	スケールパラメータ	0.298 7.22 **
	サンプル数	2591
	修正済み ρ^2 値	0.328

** : 1%有意

地から目的地までの所要時間が最短となるデータを用いた。また、「運行本数」は1日の合計本数を用いた。

(2) 推定結果

表-1は、推定結果を示したものである。これを見ると、スケールパラメータが0から1の範囲に収まっており、t値も1%で有意であることから仮定したツリー構造は妥当である。また、修正済み ρ^2 値は0.328となっており、比較的良好な推定結果が得られたといえる。パラメータの有意性をみると、ほとんどの変数が1%で有意となっていた。この推定結果から以下のことがわかる。

まず上位レベルのパラメータに着目すると、自動車の固有変数である「所要時間」が負の値を示しており、目的地までの所要時間が長くなるにつれて、自動車の効用が低下することがわかる。また、鉄道とバスのそれぞれの固有変数である「乗車時間」「運賃」も負の値を示していることから、「乗車時間」が長くなるにつれて、「運賃」が高くなるにつれて、それぞれの交通手段の効用が低下する。その一方で、「運行本数」は、正の値を示しており、目的地へ向かう鉄道・バスの本数が多くなるほど、それぞれの交通手段の効用は高くなる。

次に、下位レベルでは、鉄道の端末交通手段をみると、徒歩、自転車、自動車のそれぞれの固有変数である「鉄道駅までの距離」のパラメータは、いずれも負の値を示しており、距離が長くなるにつれて各交通手段の効用が低下することがわかる。また、これらのパラメータの絶対値を比較すると、アクセス手段が徒歩である場合に鉄道駅までの距離に対する抵抗感が最も大きくなっている。

バスの固有変数をみると、「バス停までの距離」のパラメータが負の値、「バスの運行本数」が正の値を示しており、自宅からバス停までの距離が短いほど、駅までのバスの運行本数が多いほど、バスの効用が高まることがわかる。徒歩以外の交通手段に投入した「定数項」をみると、いずれも負の値であり、その絶対値は自転車、バス、自動車の順で大きくなっている。このことから、徒歩以外の交通手段を選択することに対して、ここで取り上げた要因以外にも、何らかの抵抗感を示していることが推測される。バスの端末交通手段をみてみると、徒歩の固有変数である「バス停までの距離」は、負の値を示しており、距離が長くなるにつれて効用が低下することがわかる。

4. 都心へのアクセシビリティの空間分布特性

都心として神戸市中央区に位置する三宮を取り上げて、3.で構築した選択モデルから得られるログサムを用いて、「利用可能なすべての交通手段を考慮した場合」と「自動車が利用できないことを想定した場合」のアクセシビリティを町丁別にそれぞれ算出する。

(1) 利用可能なすべての交通手段を考慮した場合

「利用可能なすべての交通手段を考慮した場合」のアクセシビリティを町丁別に算出した結果を地図上に示したものが図-5である。なお、ここでは交通サービス水準に関する変数は、交通手段ごとに、三宮までの所要時間が最短となるルートとのデータを与えている。この図をみると、概ね三宮までの距離が短くなるにつれて、アクセシビリティが高くなっていることがわかる。また、鉄道駅の周辺部に位置する町丁においてもアクセシビリティが高い傾向にある。一方、三宮から比較的離れた箕谷地区や大池地区においてもアクセシビリティが高くなっている。これは、三宮への直通バスサービスが提供されていることや有料道路のランプが近いことなどが影響していると考えられる。

(2) 自動車が利用できなくなった場合

図-6は、自動車の利用可能性を0にした場合におけるアクセシビリティの減少量を地図上に示したものである。これより以下のことがわかる。

北区・西区ともに鉄道網が整備されているものの、そのサービス水準は北区の方が西区よりも低くなっているために、西区よりも北区でアクセシビリティの減少量が大きくなっている。こうしたことから、北区の居住者の

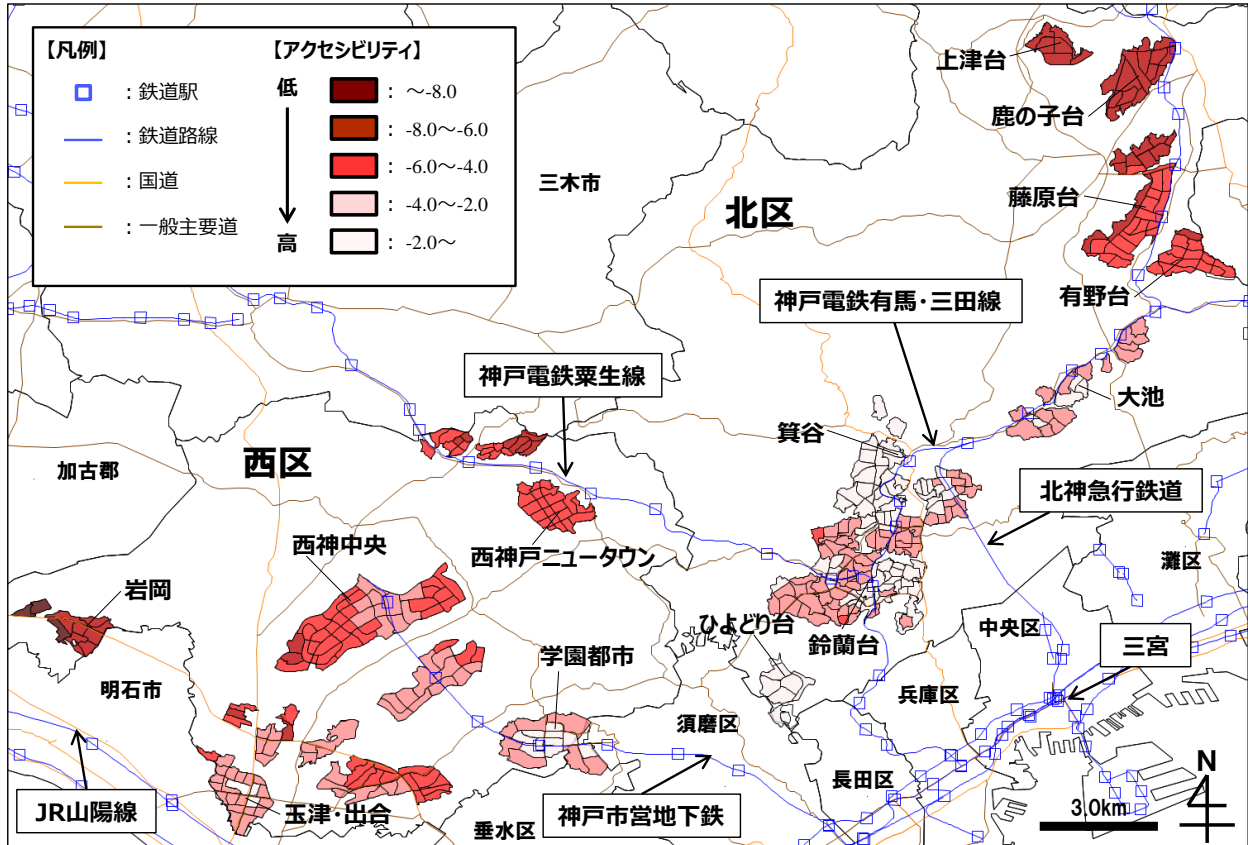


図-5 アクセシビリティの分布(すべての交通手段が利用できる場合)

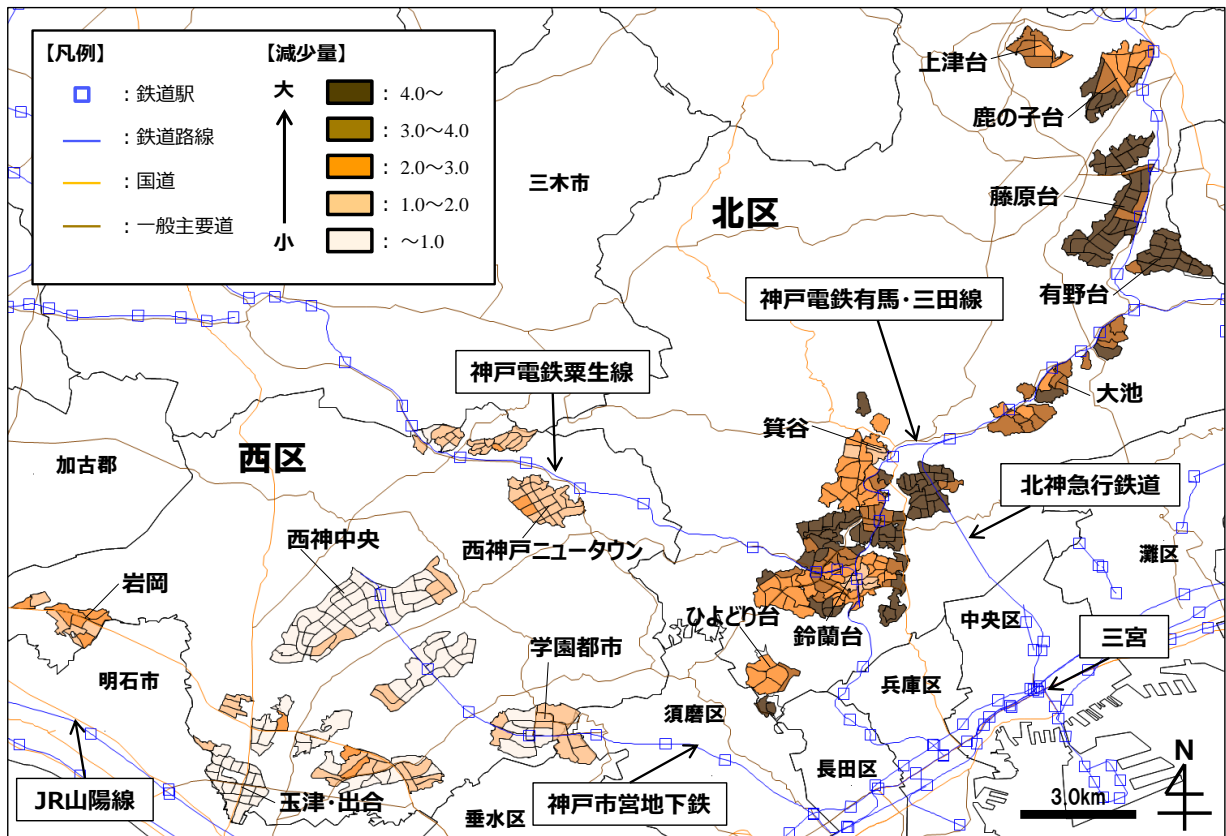


図-6 アクセシビリティの減少量の分布(自動車を利用できない場合)

方が西区の居住者よりも自動車への依存度が大きいことがわかる。

区別にみても、北区では、鉄道駅の周辺部の他に、三宮への直通バス路線が整備されている箕谷地区やひよどり台地区ではアクセシビリティの減少量が小さく、こうした地区では自動車の有無がアクセシビリティに与える影響が比較的小さいことがわかる。一方、西区では、神戸市営地下鉄沿線の住宅団地および南部の玉津・出合地区で減少量が特に小さくなっている。これらの地区は、利用する鉄道路線(JR線・地下鉄)のサービス水準が高く、その路線へのアクセス性も高くなっている。

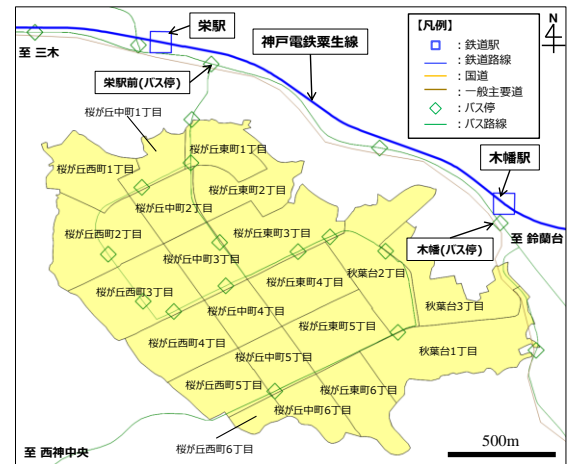


図-7 西神戸ニュータウン地区

5. 都心へのアクセシビリティに対して公共交通が果たす役割

ここでは、公共交通の利用形態が特徴的な2つの住宅団地(西神戸ニュータウン地区、箕谷・日の峰地区)を対象として、提供されている公共交通サービス水準の差異が都心へのアクセシビリティに及ぼす影響を明らかにする。

(1) 西神戸ニュータウン地区

a) 西神戸ニュータウン地区の特徴

図-7に示す西神戸ニュータウン地区は、神戸電鉄粟

生線沿線に開発された住宅団地であり、1971年より入居が開始されている。最寄りの鉄道駅は、神戸電鉄粟生線の木幡駅と栄駅で、三宮方面の鉄道の運行本数は1日75本程度である。地区内からこれらの駅までの距離は、最短で800m、最長で2,200mとなっている。また、当該地区から南西方向、約6,000mの地点に運行本数が1日176本程の神戸市営地下鉄・西神中央駅が立地している。地区の中心部(桜が丘中町3丁目)から三宮までの平日における平均所要時間と運賃は、神戸電鉄を利用した場合(栄駅まで徒歩を利用)には、60分・720円、神戸市営地下鉄を利用した場合(西神中央駅までバスを利用)には、63分・

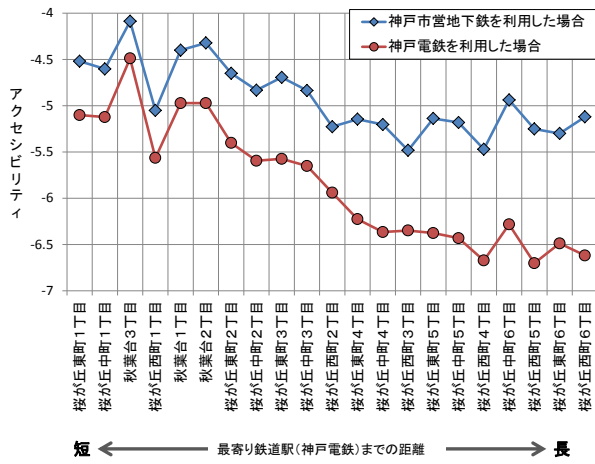


図-8 利用鉄道路線によるアクセシビリティの差異

680円となっており、鉄道路線間で顕著な差はみられない。

また、地区内にはバス路線が整備されており、栄駅に向かうバスが1日30本～60本程度、西神中央駅へ向かうバスが1日50本程度運行されている。さらに、栄駅、木幡駅前からのバス停(栄駅前・木幡)から三宮に向かう直通バスが、1日50本の頻度で運行されている。

b) 利用路線の差異がアクセシビリティに及ぼす影響

ここでは、利用する鉄道路線の差異が都心へのアクセシビリティに及ぼす影響を分析する。すなわち、「神戸市営地下鉄を利用した場合」と「神戸電鉄を利用した場合」のアクセシビリティを町丁別に算出する。図-8は、その算出結果を示したものである。なお、図中では、最寄り鉄道駅(神戸電鉄)までの距離が近い順に町丁を並べている。これより、いずれの町丁においても、神戸市営地下鉄を利用した方が、神戸電鉄を利用するよりも都心へのアクセシビリティが高くなっていることがわかる。また、最寄りの鉄道駅までの距離が長くなるにつれて、アクセシビリティの差は大きくなっている。a)で述べたように、いずれの路線を利用したとしても、運賃や所要時間は同程度である。しかし、利用路線の違いによるアクセシビリティの差には顕著な差異が認められる。これは、神戸市営地下鉄の方が神戸電鉄よりも運行本数が多いことや、地下鉄までのバスサービスが整備されていることが影響している。

(2) 箕谷・日の峰地区

a) 箕谷・日の峰地区の特徴

図-9に示している箕谷・日の峰地区は、神戸電鉄有馬線沿線において1964年から1992年にかけて開発された住宅団地である。最寄りの鉄道駅は、神戸電鉄有馬線の箕谷駅と山の街駅で、三宮方面の鉄道の運行本数は1日90本程度である。地区内からこれらの駅までの距離は、

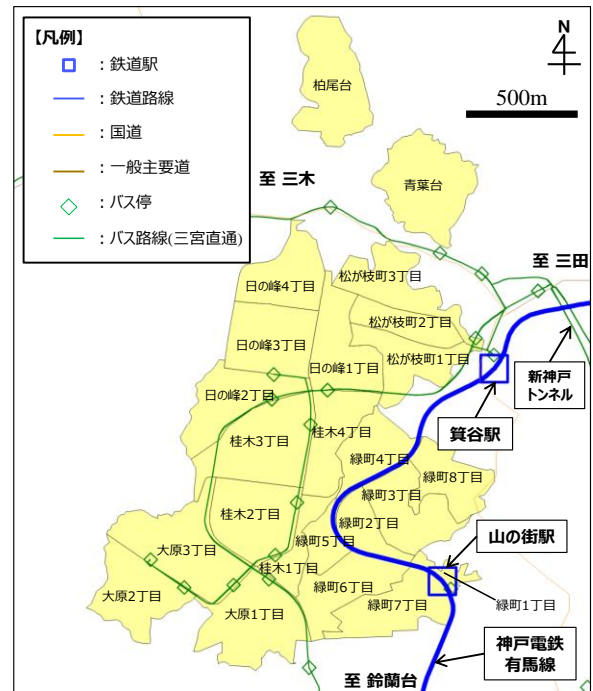


図-9 箕谷・日の峰地区

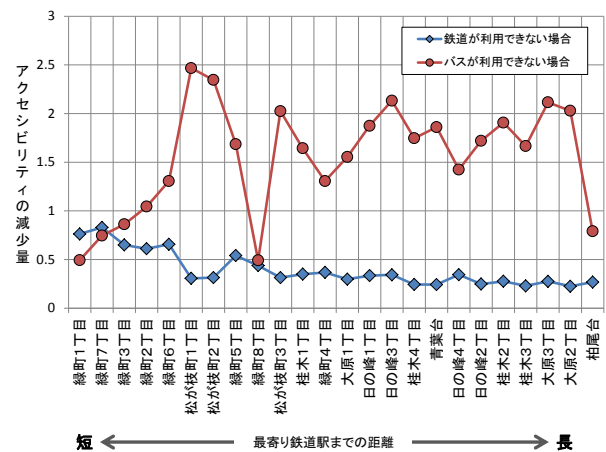


図-10 アクセシビリティの減少量の比較

最短で50m、最長で2,200mとなっている。また、地区内にはバス路線が整備されており、最寄りの鉄道駅(箕谷駅)に向かうバスが1日30本～80本程度、三宮に向かう直通バスが1日100本～140本の頻度で運行されている。平日における、地区の中心部(日の峰2丁目付近)から三宮までの平均所要時間と運賃は、鉄道を利用した場合(箕谷駅まで徒歩を利用)には35分・710円、直通バスを利用した場合(バス停まで徒歩を利用する)には36分・480円となっており、運賃に大きな差がある。

b) 利用路線の差異がアクセシビリティに及ぼす影響

ここでは、バス・鉄道のいずれかが利用できない場合を想定し、アクセシビリティの減少量をそれぞれ算出し、地区内における両サービスの貢献度を明らかにする。図-10は、アクセシビリティの減少量を町丁別に示したものである。なお、図-8と同様に、最寄り鉄道駅までの

距離が近い順に町丁を並べて図示している。これを見ると、最寄りのバス停までの距離よりも最寄りの鉄道駅までの距離の方が短い町丁では、鉄道が利用できない場合におけるアクセシビリティの減少量が大きくなっている。その一方で、その他の大半の町丁では、バスが利用できなくなることによって、都心へのアクセシビリティが大幅に減少している。これは、バス停までの距離が鉄道駅までの距離よりも短いことに加えて、バスの方が鉄道よりも運行本数が多く運賃も安いことが影響していると考えられる。このように、箕谷・日の峰地区では、都心へのアクセシビリティを維持する上で、最寄り鉄道駅とともに、直通バスサービスが重要な役割を果たしていることが窺える。

6. おわりに

本研究では、確率効用理論に基づくアクセシビリティ指標を用いて、神戸市西区・北区居住者による都心へのアクセシビリティを居住地ごとに計測することによって、現状のアクセス交通の利便性と自動車への依存度を明らかにするとともに、特定の居住地域を取り上げて公共交通サービスにおける最寄り鉄道駅の貢献度を定量的に示した。以下では得られた成果を要約し、今後の課題について述べる。

- 1) 平日のPT調査データをもとにネスティッドロジットモデルを適用することで、代表交通手段と端末交通手段の選択モデルを良好な精度で推定することができた。代表交通手段における自動車の選択には、目的地までの所要時間が、鉄道の選択には乗車時間・運賃・運行本数が、バスの選択には運行本数が有意に寄与していることが明らかとなった。また、端末交通手段の選択には、鉄道駅までの距離および、バス停までの距離やバスの運行本数が有意に寄与しており、さらに、利用する端末交通手段によって駅までの距離に対する抵抗感が異なっていた。
- 2) 構築した選択モデルから得られるログサムを用いて、居住者による都心へのアクセシビリティを算出し、その空間分布をみたところ、概ね三宮に近い居住地では、アクセシビリティが高くなっていた。また、三宮からやや離れた居住地においても、鉄道駅の周辺部や三宮への直通バスサービスが提供されている居住地では、アクセシビリティは比較的高い値を示していた。
- 3) 自動車が利用できない場合を想定し、アクセシビリティの減少量を算出した結果、直通バスが多頻度で運行されている居住地や、最寄りの鉄道駅の運行本数が多い

居住地においては、高いアクセシビリティが確保されていることが明らかとなった。一方、公共交通サービス水準が低い居住地ではアクセシビリティが低くなっており、自動車への依存が大きいことが示唆できた。

- 4) 特定の居住地域を取り上げて、公共交通によるアクセシビリティを計測した結果、地域によっては、アクセシビリティを支えている公共交通サービスとして最寄り駅からの鉄道サービスの貢献度が低く、他の手段(最寄り駅以外の近隣の鉄道路線、都心への直通バスなど)が重要な役割を果たしていることが示唆できた。

今後の課題としては、以下の諸点が挙げられる。

本研究における選択行動モデルは、主として通勤・通学目的で構成される、平日の交通行動データをもとに構築しているため、このモデルから得られるアクセシビリティは、通勤・通学の交通行動特性が大きく反映されている。したがって、本研究における都心へのアクセシビリティには、非日常的な買い物や娯楽・余暇活動などの交通行動特性が十分に考慮されていない。こうしたことから、今後は、休日の交通行動データを用いることによって、これらの交通行動特性も反映させたアクセシビリティ指標を構築したい。また、都心以外の他の都市集約拠点へのアクセシビリティを計測し、住宅団地の総合的な利便性を評価していきたい。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費、基盤研究(C)課題番号25420546の助成を受けたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 神戸市: 神戸市都市計画マスタープラン, 2011.
- 2) 木澤友輔, 高見淳史: 徒歩アクセシビリティ概念に基づく「歩いて暮らせる街づくり」に関する研究 - 多摩ニュータウン初期開発地区を例に -, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, No.2, pp. 395-402, 2008.
- 3) 倉橋一将, 力石真, 藤原章正, 張峻屹, 太田恒平: 高解像度データを用いた地区間及び地区内アクセシビリティ解析, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, 2014. (CD-ROM)
- 4) 寺山一輝, 小谷通泰: 目的地・交通手段選択モデルに基づく買い物交通のアクセシビリティの評価 - 既成市街地と郊外住宅団地の比較, 都市計画論文集, Vol.49, No.3, pp. 429-434, 2014.
- 5) 岩崎昂平, 寺山一輝, 小谷通泰: 確率効用理論に基づく最寄り駅へのアクセシビリティの評価 - 神戸市内における郊外住宅団地を対象として -, 土木計画学研究・講演集, Vol.50, 2014. (CD-ROM)
- 6) Ben-Akiva, M., Lerman, S.R.: Discrete Choice Analysis. MIT Press, 1985.

Evaluation of Convenience of Access to the City Center by Residents
in Housing Development Areas in the Suburbs of Kobe City
- Using Utility-Based Accessibility Measures

Kohei IWASAKI, Michiyasu ODANI and Kazuki TERAYAMA