

自転車走行環境に着目した 鉄道端末自転車需要予測方法の提案

A demand forecasting method for bicycle accessing to station based on bicycle user's behavior

鈴木 紀 一*
高橋 勝 美*
兵藤 哲 朗**

本研究は、自転車が都市内交通手段として近年、ますます重要となってきたという認識に立ち、自転車走行環境に着目した駅別鉄道端末自転車需要予測方法を検討している。まず、自転車走行環境を考慮でき、鉄道端末自転車利用行動を明示的に取り扱うことが可能な需要予測方法の枠組みを提示した。次に、自転車利用者が自転車走行環境を加味して距離抵抗を認識しているという仮説の経路選択モデルに基づく、実距離からの認識距離変換式を提案し、それによって得られる認識距離を変数として組み入れた駅選択行動モデルを用いる需要予測方法を示した。最後に、福岡県久留米市の西鉄大牟田線の3駅を対象としたケーススタディを行い、提案方法の適用可能性を示した。

キーワード 自転車走行空間、自転車交通計画、駐輪場計画、交通行動分析

1. はじめに

近年のモータリゼーションの進展は、単に通勤や業務交通の自動車利用の増加のみならず、買い物や鉄道駅への送迎など、日常生活に欠かせない手段としての自動車利用の増大を引き起こしつつある。そのため、特に地方都市においては、中心市街地や駅周辺に自動車が集積し、交通混雑や交通安全上の問題、環境問題等が顕在化している。これらの問題への対応策の1つが、都市内交通における自転車利用の促進策である¹⁾。特に欧米においては、自転車利用を前提とした道路ネットワーク作りを通じた、都市交通体系の再考がなされることも少なくない。

我が国における、これまでの自転車関連施設整備を振り返ると、鉄道端末手段としての自転車利用の増加による駅周辺放置自転車の問題に対処するために、駅利用者を対象とした自転車駐車場整備が中心となって進められてきたといえよう。それに伴って、自転車駐車場の利用台数をどう予測するかが問題となり、基本的には同心円状の駅勢圏を設定する方法が使用されてきた^{2),3),4),5)}。この予測方法は自転車利用者が最短ルートで移動することを前提としたものであるが、利用者は必ずしも最短ルートを選択するとは限らず、自宅から駅までの走行環境、言い換えると道路の整備状況によってその挙動が変化すると想定される^{6),7)}。また、我が国の交通事情から、従来の研究事例は自

* (財)計量計画研究所研究部交通研究室 (TEL 03-3268-9911, FAX 03-5229-8081)

** 東京商船大学流通情報工学課程流通管理工学講座助教授 (TEL 03-5245-7386, FAX 03-5620-6492)

転車駐車場整備に集中的に焦点が当てられ、自転車の走行を前提とした道路ネットワーク（自転車道または自転車・歩行者道）計画にはほとんど注意が払われていないし、前述の自転車利用特性を勘案した需要予測方法も研究されていない。

このような自転車利用行動の特性を加味した需要予測を行うことができれば、自転車走行環境整備を計画的に行うことによって特定の駅に集中する自転車の分散化を図り、駅前の限られた空間を有効に活用することも可能となる。さらに、今後、都市内の自転車道路整備のニーズが高まると予想される中で、どこに、どのような空間整備を行うことが効果的であるかどうかの検討も可能となると考えられる。

本研究では、鉄道端末自転車利用行動に着目し、自宅から駅までの自転車走行環境を考慮できる駅別鉄道端末自転車需要予測方法を提示する。まず、2章において、自転車走行環境とそれに対する鉄道端末自転車利用行動を明示的に取り扱うことが可能な需要予測方法を検討する。3章では、福岡県久留米市内の西鉄大牟田線沿線を対象に行なった自転車利用調査の概略を述べ、同調査結果を用いることにより、4章で、本論で検討した需要予測方法のケーススタディを行う。

2. 鉄道端末自転車需要予測方法の構築

2.1 需要予測方法の概要

本論で提示する方法は、鉄道端末自転車利用者数を所与とし、自転車走行経路の選択行動特性に基づく駅選択モデルを用いる方法である。言い換えれば、経路選択が下位、駅選択が上位となるNested Logit モデルと同様の構造を有する。

まず、鉄道端末自転車利用台数を予測する地域として、同一鉄道路線上に存在する s 駅 ($1, \dots, S$) と m ゾーン ($1, \dots, M$) から構成される地域を設定する。 m ゾーンの鉄道端末自転車利用者は、鉄道のサービス水準や駅周辺地域の特性、駅までの経路のサービス水準等を包括した、各駅のサービス水準を比較して、 s 駅を選択すると考える。したがって、 m ゾーンを発地とする、 s 駅を利用する自転車台数は、ゾーン別の駅サービス水準を

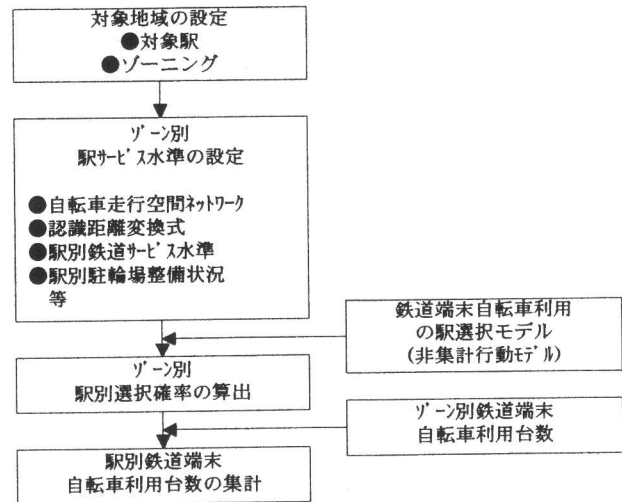


図-1 駅別鉄道端末自転車需要予測フロー

考慮できる駅選択モデル結果（駅選択確率）と、ゾーン別鉄道端末自転車利用者数を乗じることにより推計できる。

駅選択モデルとしては、自転車利用行動に関わる詳細な変数を取り込むことができる、非集計行動モデル等を構築することが適切と考える（図-1）。

また、駅のサービス水準のうち、ゾーンから駅までのサービス水準としては、距離や所要時間が一般に考えられる。しかし、自転車利用の場合には、必ずしも最短経路を通行するとは限らず、歩道や車道の幅員等、自転車の走行のしやすさに影響を受けて、走行経路を選択すると考えられる。すなわち、自転車利用者は走行しやすい経路の距離を実距離よりも短く認識すると捉えることができる。このような仮説に基づき、経路の走行しやすさを考慮した、認識距離を駅選択モデルに組み込むこととする（次節）。

2.2 認識距離を用いた経路選択モデル⁸⁾

1) モデルの定式化

対象地域における鉄道端末自転車利用者の、利用駅までの実走行経路データが N サンプル得られているとする。まず、 n 番目サンプルの実利用経路延長 X_n を次のように定式化する。

$$X_n = \sum_a \delta_{na} \cdot l_a \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 δ_{na} は n 番目サンプルが a 番目リンクを通る場合に 1, それ以外は 0 をとるダミー変数であり、 l_a は a 番目リンクの延長である。

次に、リンク属性により、認識されるリンク長が異なるという仮説に基づき、 n サンプルの a 番目リンクの認識距離を下記の式で表現する。

$$l_{na}^*(\theta) = l_a \cdot \exp \left[- \sum_k \theta_k \cdot z_{nak} \right] \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 z_{nak} は n 番目サンプルの a 番目リンクの k 番目属性変数 (道路幅員, 歩道幅員など) であり、 θ_k は k 番目属性にかかる未知パラメータである。この式により、リンクの属性により、認識されるリンク長が変化することが説明される。

また、上記認識距離を用いたときの n 番目サンプルの最短経路延長を次式で表す。

$$Y_n(\theta) = \sum_a \delta_{na}^*(\theta) \cdot l_a \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $\delta_{na}^*(\theta)$ は、パラメータ値が θ のときの認識距離を用いた場合の、 n 番目サンプルの最短経路に a 番目リンクが含まれる場合 1, それ以外は 0 をとるダミー変数である。容易に想像されるように、パラメータの値がすべて 0 の場合 ($l_a^*(0)$ とする) は、式(3)は通常の手順で算出される最短経路延長に一致する。

2) モデルパラメータ推定方法

次に、式(2)の未知パラメータの推定方法を考える。パラメータを推定する場合の目的関数に相当する、説明されるべき事柄は、いかに認識距離から推計される最短経路が実経路に一致するかということである。そこで、次式のような、 n 番目サンプルの重複率 (認識距離による最短経路と実経路の重複率) を定義する。

$$D_n(\theta) = \frac{\sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\theta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \dots \dots \dots (4)$$

この重複率が大きい (1 に近づく) ほどモデルにより再現される経路が実経路をよりの確に説明することになる。そこで、各サンプルの利用経路延長を重みとして、サンプル全体の重み付き重複率を次のように定義する。

$$D(\theta) = \frac{\sum_n X_n \cdot D_n(\theta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\theta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \dots \dots \dots (5)$$

未知パラメータは式(5)を最大化するように定めればよい。しかし、一般には最短経路などのネットワーク変数は離散量であるため、重み付き重複率 (以降「 D 値」と呼ぶ) をパラメータで微分することは不可能であり、目的関数の勾配などを算出することはできない。そこで、パラメータ値を任意の区間で移動させ、それぞれのパラメータ値に対する D 値を算出し、 D 値が最大となるパラメータ値を視認によって確認し、推定値とすることが考えられる。また、パラメータ数が多くなる (3 つ以上) と、同方法では対応できない。この問題については、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) を用いた方法を既に提案済みである⁸⁾。

3. ケーススタディ

3.1 対象地域の概要

ケーススタディ対象地域は、①複数の鉄道駅が比較的近接しており、駅の性格や駐輪場の整備状況や道路整備状況等の違いから、それら各駅が競合関係にあること、②比較的平坦な地形が広がっており、自転車を利用しやすい環境にあること、③鉄道端末自転車利用の実態データが存在すること、の 3 つの理由から福岡県久留米市を選定した。

久留米市は人口約 23 万人、福岡県内第 3 位の県南最大の都市である。就業人口約 10 万人の内、市外に通勤する人の割合は約 20% となっており、その 3 分の 1 が福岡市へ通勤している。久留米市の主要施設は、西鉄久留米駅と JR 久留米駅の約 2 キロの間に展開し、商業・業務施設は西鉄久留米駅の周辺に特に集中している (図-2)。また、西鉄久留米駅は西鉄線では市内唯一の特急停車駅である。

これらの要因から、市内の交通の流れは西鉄久留米駅を中心に発生している。久留米市内の駅端

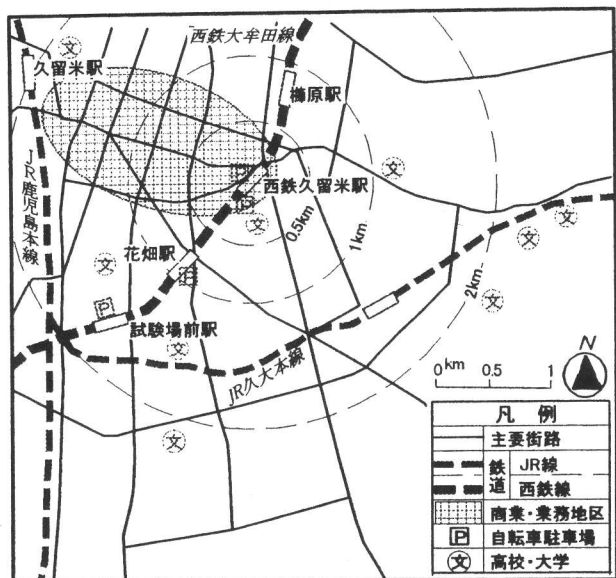


図-2 対象地域

末交通手段構成は、徒歩が45%、二輪車が19%、バスが26%、自動車が10%となっており、市内の鉄道端末自転車利用の42%が西鉄久留米駅に集中している（平成5年北部九州圏パーソントリップ調査）。分析対象となる駅は、西鉄久留米駅と花畑駅、試験場前駅を含めた西鉄の3駅とする。

3.2 使用データの概要

分析で使用する調査は、対象地域の鉄道端末自転車実態を把握するために実施したものである。表-1に調査データの概要を示す。

3.3 駅選択要因分析

表-1のデータから得られた、鉄道端末自転車利用の駅選択行動特性の要点は下記のとおりである。

1) 駅選択理由

利用している駅の選択理由を見ると、「自宅に近い」が最も多く、次いで「駅のそばに駐輪場がある」、「特急が止まる（西鉄久留米駅）」が多くなっている（表-2）。

2) 駅までの経路選択理由

利用駅選択への影響が大きい「駅までの経路選択理由」を見ると（表-3）、「距離が最も短い」、「信号や踏切が少ない」、「自動車が少ない」などが多くなっている。このほか、施設整備関連内容では、「道が広い」、「歩道がある」が多く、これらを挙げたサンプルの8割が「距離が最も短い」

を同時に挙げている。

駅までの経路選択では、最短経路であることが最も重要であるが、歩道や道路、信号等の自転車がスムーズかつ安全快適に走行できる交通施設整備も無視できない要素となっていることがうかがえる。

表-1 使用データの概要

名称	平成7年久留米市二輪車利用実態調査
日時	平成7年2月8日（水）6:00~22:00
対象	次の駐輪場に停めてある二輪車を対象とする。 ・東町地下自転車駐車場（西鉄久留米駅） ・東町高架下自転車駐車場（西鉄久留米駅） ・花畑自転車駐車場（花畑駅） ・試験場前駅自転車駐車場（試験場前駅）
方法	駐輪場で自転車にくくり付け、郵送回収
結果	(自転車駐車場名) (配布数/回収数/回収率) ・東町地下 : 843/ 156/18.5% ・東町高架下 : 153/ 41/26.8% ・花畑駅 : 261/ 71/27.2% ・試験場前駅 : 87/ 22/25.3%
内容	○回答者の属性（住所、年齢、性別、職業） ○二輪車利用特性の把握（普段の駅への駐輪）（頻度、利用パターン、目的、駐輪時間、経路等） ○二輪車通行経路の選択理由の把握（行帰別） ○駅の選択理由 ○通行経路途中の危険個所の抽出

表-2 利用駅の選択理由

理由	サンプル数
自宅に近い	96
駅のそばに駐輪場がある	58
特急が止まる	54
駅前で買物等が可能	10
その他	14

表-3 利用駅までの経路選択理由（複数回答）

理由	サンプル数
距離が最も短い	199
信号や踏切が少ない	57
自動車が少ない	45
途中に買物等がある	43
道が広い	41
歩道がある	35
歩行者が少ない	33
舗装が良い	32
見通しが良い	31
街灯がある	21
障害物が少ない	10
坂道の傾斜が緩い	8
その他	18

3) 迂回率

実利用経路延長を、コンピューターによる地図上の最短経路延長で除した、自転車走行経路の迂回率を見ると(表-4)、全体で1.08となっており、最短経路に近いルートを実際を選択しているものの、最短経路距離と比べて少なくとも5%程度は迂回していることがわかる。このような迂回行動には、表-3の経路選択理由が影響を及ぼしていると考えられる。また、目的別には、買物・私用がやや大きく、行きよりも帰りの方がやや大きくなっており、途中の立ち寄りが経路選択に影響を及ぼしていることがうかがえる。

4) 駅勢圏と道路網

アンケート回答者の駅勢圏の分布を見ると、駅周辺の各種施設の集積や特急停車有無、自転車駐車場位置など駅特性が駅勢圏に影響を与えていることがうかがえる。また、道路が西鉄久留米駅の方に向いている圏域では、他の駅に近くとも西鉄

久留米の駅勢圏が広がっていることから、道路網形状による駅への行きやすさも駅勢圏に影響を与えていることがうかがえる(図-3)。

4. 鉄道端末自転車利用者需要量の推計

4.1 認識距離を用いた経路選択モデルの推定

ここでは、認識距離に関わるリンク属性変数として、駅までの経路選択理由(表-3)に挙げら

表-4 平均迂回率(実経路距離/最短経路距離)

目的	行き	帰り	合計
通勤先へ	1.05	1.08	1.06
通学先へ	1.06	1.09	1.08
買物・私用へ	1.06	1.16	1.11
合計	1.06	1.09	1.08

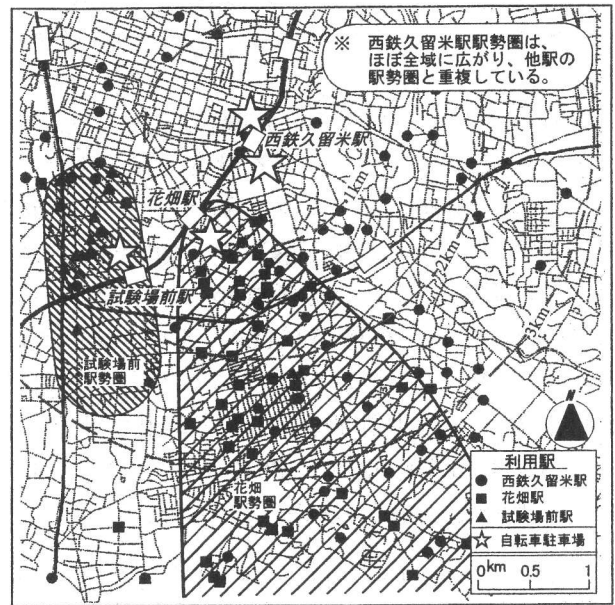


図-3 駅勢圏(アンケート回答より)

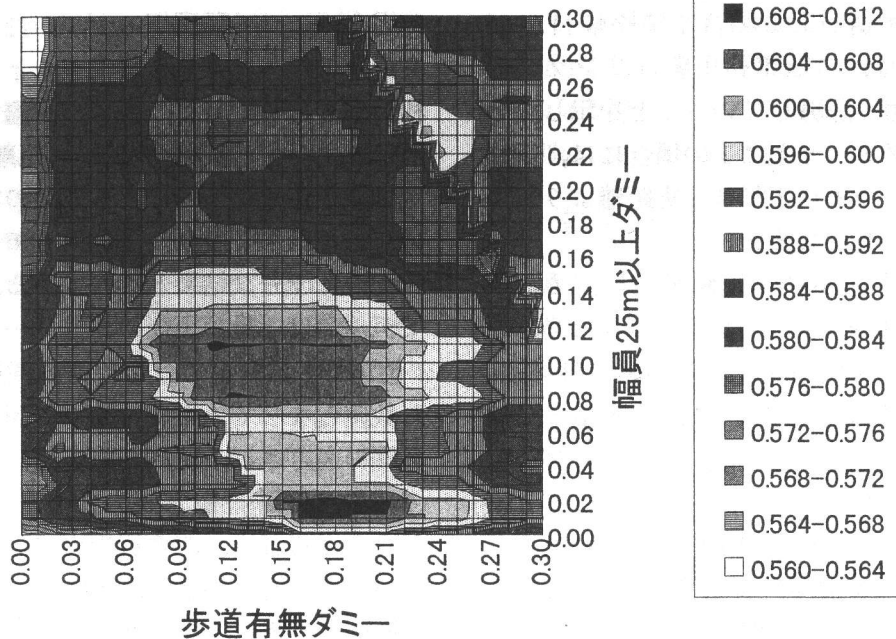


図-4 D値の等高線図(歩道有無ダミー及び幅員25m以上ダミー)

れ、かつ政策変数となり得るものの中から、データ収集が容易な「歩道有無」と「道路幅員」を取りあげた。歩道有無は、リンクに歩道が有れば1、無ければ0となるダミー変数とした。また、道路幅員は文献6)の駅選択モデルでXm以上道路距離を検討し、25mが最も良好な結果となったことを踏まえて、幅員Xm以上であれば1、そうでなければ0となるダミー変数とした。検討の結果、X=幅員25mで説明力(D値)が最も高い結果となった。推定結果は、図-4のとおりである。

図-4は、歩道有無ダミーと幅員25m以上ダミーのそれぞれのパラメータを変化させた場合のD値の等高線を示している。両パラメータが0の時(図-4グラフの左下隅)のD値は0.562であり、D値が最大となる領域から各パラメータ値を決定すると、D値が0.609、各パラメータ値ともに0.11となった。(参考まで、統計的裏付けは無いものの、集計的尤度比を算出すると、 $1 - \ln(0.609)/\ln(0.562) = 0.139$ となる。)したがって、認識距離変換式は次のとおりとなる。

$$l_a^*(\theta) = l_a \cdot \exp[-(0.11 \cdot z_{a1} + 0.11 \cdot z_{a2})] \dots \dots (6)$$

ここで、 z_{a1} はa番目リンクの歩道有無ダミーであり、 z_{a2} は幅員25m以上ダミーである。

推計結果は、歩道がある場合や道路幅員が25m以上の場合には、自転車利用者はリンク距離を実距離よりも短く認識していることを示している。例えば、両ダミーともに1の場合には、実リンクは約0.8倍、つまり2割ほど実距離より短く認識されていることになる。

また、道路幅員25m以上道路延長に占める歩道有り道路延長の割合を見ると、95.2%と高くなっているが、歩道有り道路延長に占める道路幅員25m以上道路延長の割合は、14.8%となっており、幅員25m以上変数だけでは捉え切れない歩道有りの効果を歩道有無ダミーで示していると言える。尚、文献6)では、「幅員25m以上」と「歩道あり」の両道路距離を同時採用し、統計的に有意で説明力の高い駅選択モデルが示されており、変数採用上は多重共線性の問題は無かったこ

とを参考に記す。

これら2変数の他にも、信号交差点有無変数をリンク条件として検討したが、パラメータの符号が正、即ち信号交差点のあるノードを通過しやすいという、表-3の調査結果と逆の推定結果となった。これは信号交差点の多いリンクが広幅員道路であり、両者の相関関係を分離できないことに起因する。そのため、予測モデルには同変数を採用しなかった。尚、歩道幅員を変数に取り込むことも考えられるが、本論ではデータ制約から検討していない。ただし、分析対象地域は異なるが、文献8)において同変数の妥当性を分析している。

4.2 駅選択モデルの推定

表-1のデータから得られる個人単位の駅選択行動結果から、駅選択非集計行動モデルを構築する。

選択肢集合は、前出の西鉄大牟田線の3駅とした。また、変数は自転車走行環境を加味するために4.1で推定された認識距離の最短距離を用いるとともに、実態調査から駅に駐輪場があっても線路を越える場合には、その駅を利用しない傾向がうかがえることを考慮して、駅駐輪場逆方向ダミーを採用した。このダミー変数は、居住地が鉄道線路を境に駐輪場の逆方向に位置すれば1、逆でなければ0とする変数である。

表-5は認識距離を用いた場合と実距離を用いた場合の2つの駅選択モデルの推定結果である。実距離モデルは認識距離モデルとの比較のため、利用駅までの距離についても実際に利用した経路距離を用いず、全選択肢に最短距離を用いている。

認識距離モデルでは、各変数の符号条件とt値は有意な結果となり、尤度比もモデルの適合度を示すのに十分な結果となっている。一方の実距離モデルでは、最短距離のパラメータの符号条件とt値がともに有意ではなく、尤度比は大きく劣った数値となっている。つまり、西鉄久留米駅の駅勢圏の大きさは、認識距離算出時に使用した変数である、自転車走行条件に大きく依存していることが考えられる。駅の選択においても、自転車走行条件の影響が大きく、それが表-5で見られる、対照的なモデル推定結果となって現れたのである。

したがって、本研究の対象である鉄道端末自転

表-5 駅選択モデルパラメータ推定結果()内: t 値

変数名	認識距離モデル	実距離モデル
認識距離の最短距離(m)	-0.00356 (-7.5072)	—
実距離の最短距離(m)	—	0.02116 (0.1283)
花畑駐輪場逆ダミー	-1.710 (-2.2285)	-2.647 (-3.5891)
試験場前駐輪場逆ダミー	-2.101 (-2.9034)	-1.831 (-3.4102)
西鉄久留米駅定数項	2.663 (5.2098)	1.305 (4.6297)
花畑駅定数項	0.606 (1.2656)	0.567 (1.7399)
サンプル数	252	252
尤度比	0.3876	0.1078
的中率(%)	80.16	69.05

車利用の駅選択行動を予測するには、距離抵抗や走行環境を加味できる認識距離を用いたモデルが有効な手段であると言える。

4.3 駅勢圏の予測

本研究で提案する需要予測方法の適用可能性を示すために、4.2で推定した駅選択モデルを用いて、対象地域の駅勢圏を予測する。

駅勢圏の決定方法は、200 m メッシュ単位で設定したゾーン中心ごとに、駅選択モデルを用いて3駅別選択確率を計算し、選択確率が最大となった駅をそのゾーンの利用駅とする方法とした。

また、予測条件としての自転車走行空間ネットワークの代替案は、久留米市の道路整備構想を参考に設定した(図-5参照)。

駅勢圏の予測結果を図-6、図-7、図-8に示す。

図-6はモデルによる現況駅勢圏の再現結果であり、図-3の実態調査サンプルベースの駅勢圏と比較すると、西鉄久留米駅の特性や、他2駅の駐輪場位置等を反映する結果であり、概ね現況を再現できていると言える。ただし、選択確率が最大となった駅を選択駅としているため、駅勢圏が重複する圏域を表現することはできていない。

また、予測用代替案の内、自転車走行条件関連内容、即ち、道路整備と自転車道整備だけを含めた代替案で予測した結果(図-7)を見ると、花畑駅に関連した自転車走行空間整備内容を反映して、花畑駅の駅勢圏が拡大する結果となっている。

さらに、現在、線路の片側のみに駐輪場のある

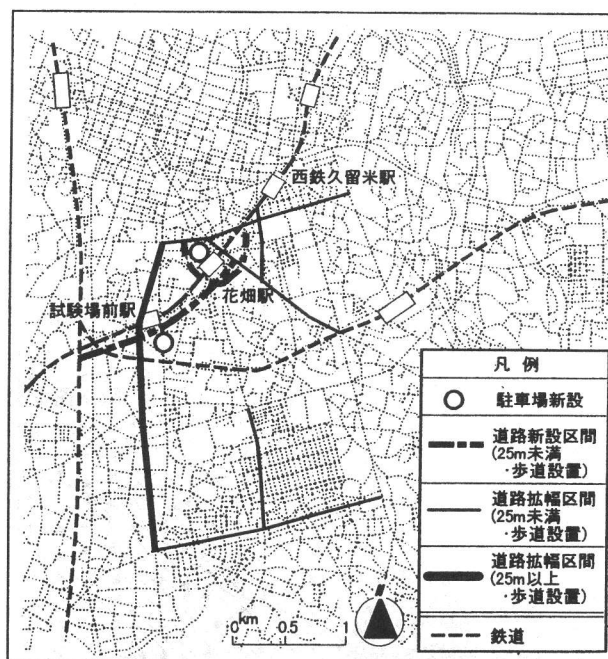


図-5 予測用代替案の内容

花畑駅と試験場前駅において、自転車走行空間整備を行わず、線路の両側に駐輪場を設置する代替案で予測した結果(図-8)を見ると、両駅ともに駐輪場が整備される側に駅勢圏が拡大しており、特に試験場前駅において著しい。

なお、このケーススタディでは、駅勢圏の予測までで留めているが、実際の予測作業においては、データ収集が可能なゾーンレベルで、鉄道端末自転車利用者数を予測し、駅選択モデルから推計される駅別選択確率をかけ合わせることで駅別の自転車利用者数を予測することとなる。

5. おわりに

本研究では、自転車走行環境を考慮した駅別鉄道端末自転車利用者数の予測を行うことを念頭に、自転車利用者が自転車走行環境を加味して距離抵抗を認識しているという仮説のもと、認識距離を用いた経路選択モデルを提案し、それによって得られる認識距離を一変数として組み入れた駅選択行動モデルを用いた需要予測方法を提案した。また、福岡県久留米市の西鉄大牟田線の3駅を対象として、モデル推定を行い、提案した需要予測方法の適用可能性を示した。

ここで提案された方法の特徴としては、1) アンケートによる簡便な調査が可能、2) 自転車走行条件に関連する道路整備の効果を定量的に把握可能、3) 端末駅別利用者数のみならず、ネットワーク内の各リンク別の自転車利用者数が予測可能、といったことがあげられよう。また、将来想定

される施設整備計画を代替案として予測し、メッシュ等の駅選択確率をあらかじめ検討しておくことにより、メッシュごとの人口変化（市街地開発等）による駅別自転車駐輪台数計画の速やかな見直しも容易となる。このように、道路混雑や環境問題等への対応策の1つとして、今後、増加すると考えられる自転車関連施設整備を効果的で効率的に進めるための方法論として、有益な成果を示し得たと考える。また、本方法論は自転車のみならず、歩行者に対しても適用可能であると思われる。

本研究では、ゾーン別鉄道端末自転車利用者数が予測済みである状況のもと、駅別の鉄道端末自転車利用数の予測を行う方法を検討しているが、当然、交通手段分担の枠組みとの組合せも可能である。本方法の適用性をより一層高めるための、交通手段分担を含めた予測モデル体系の構築が今後の課題の一つである。また、認識距離を用いた経路選択モデルに今回採用しなかった変数についても、ケーススタディー地区を増やすなどして、さらに検討を進めることが必要である。認識距離を用いた経路選択モデルのパラメータ推定方法の改善、および推定パラメータの統計的有意性を吟味する方法の開発も残された課題である。

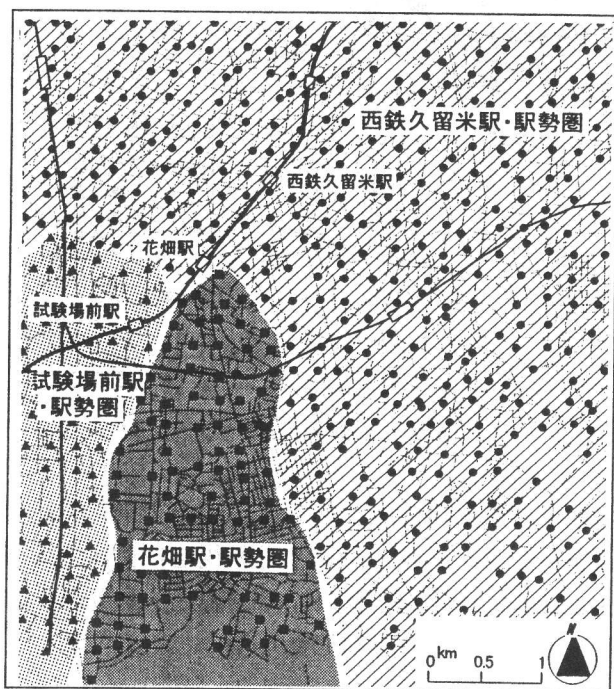


図-6 現況駅勢圏の再現

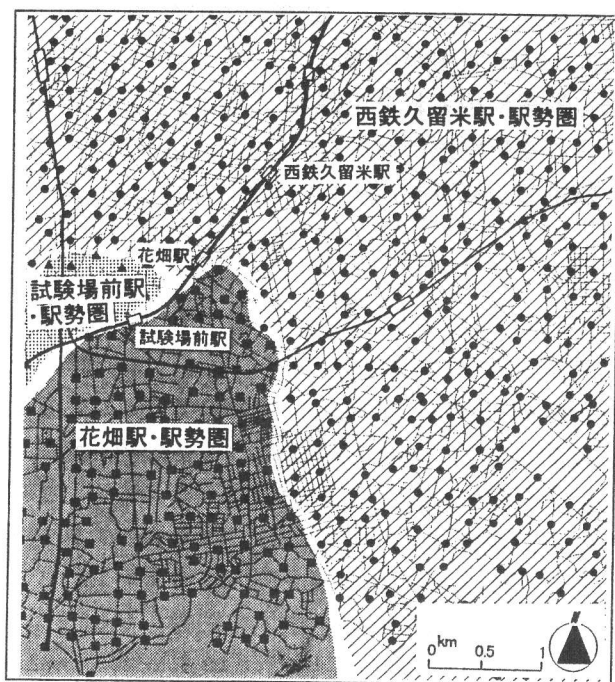


図-7 自転車走行空間整備による駅勢圏

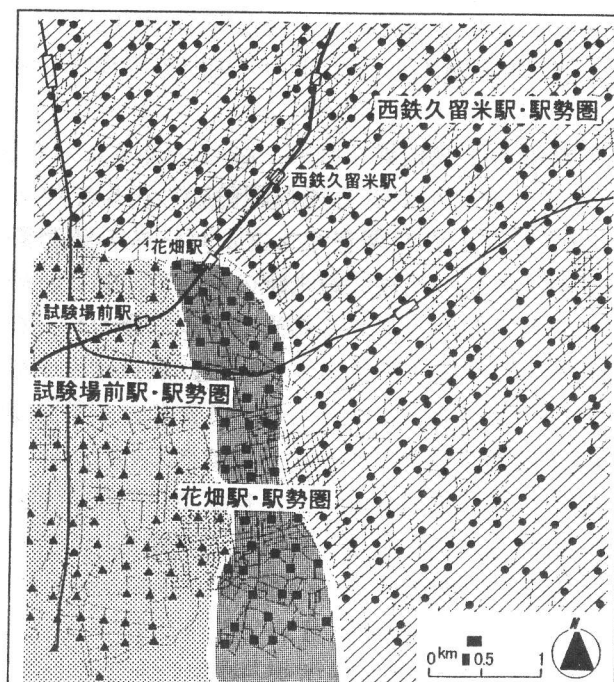


図-8 駅駐輪場整備による駅勢圏

参 考 文 献

- 1) 交通と環境を考える会編；“環境を考えたクルマ社会—欧米の交通需要マネージメントの試み”，1995.
- 2) 高岸；“鉄道駅集中型自転車交通の発生圏に関する空間的分析”，土木学会論文報告集第260号，1977.
- 3) 毛利，渡辺；“自転車駅勢圏の駅間境界と路線間境界”，交通工学，Vol. 15, No. 2, 1980.
- 4) 毛利，渡辺，本井；“鉄道駅に集中する通勤自転車交通の置場選択特性”，土木学会論文報告集第271号，1978.
- 5) 自転車駐車場研究会；“自転車駐車場整備マニュアル計画・設計・管理・運営”，1997.
- 6) 鈴木，高橋，矢島，兵藤；“自転車走行環境に着目した鉄道端

末自転車の駅選択要因分析”，土木計画学研究・講演集19，pp. 449～452, 1996.

- 7) Centre for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering—Netherlands；“Sign up for the Bike-Design manual for a Cycle-friendly infrastructure”，1993.
- 8) Hyodo, T., N. Suzuki and Y. Takahashi；“Modeling bicycle route choice behavior on describing bicycle road network in urban area”，presented at the 1998 Transportation Research Board Annual Meeting (Preprint paper #: 980353), 1998.

(1998年5月20日受 付)
(1998年8月4日再受付)

