地下鉄開通による都心への経済効果の予測[†]

—— 消費者行動アプローチにもとづく福岡都心部でのケーススタディ ——

斎藤 参郎*, 山城 興介**, 中嶋 貴昭**, 五十嵐 寧史***

Predicting economic impacts of a new subway line on a city center retail sector

—— A case study of Fukuoka City based on a consumer behavior approach ——

Saburo SAITO, Kosuke YAMASHIRO, Takaaki NAKASHIMA,

Yasufumi IGARASHI

Abstract

This study forecasted the economic effects that the new Fukuoka City Subway Line 3 would induce on the city center retail sector. The subway will connect the suburban residential area to the city center. Suburban residents can drastically reduce their travel time to the city center from 40 or 50 to 20 minutes by changing from bus to subway. This improvement in accessibility should increase the frequency of visits to the city center so that the number of visitors and the turnover at the city center would increase. This increase of the turnover was defined and estimated as the economic effects of the new subway on the city center retail sector. We called this procedure a consumer behavior approach because all estimations depend on behavioral changes in consumers after the subway is introduced. First we estimated the modal choices and visit frequency models from data obtained with a survey on consumer travel behavior conducted at the city center of randomly sampled visitors. We predicted modal choice, frequency of visits and expenditures at the city center by residents for each of 278 residential divisions along the subway line and summed the results. The economic effects were estimated to be 17.7 billion yen per year.

JEL Classification: D12, R41

Keywords: Economic Effects of Subway, City Center Retail Sector, Fukuoka, Consumer Behavior Approach, Visit Frequency Model, Modal Choice Model

1. 研究のねらいと目的

福岡市では、福岡都心部天神と福岡市西南部を結ぶ福岡市営地下鉄3号線（愛称：七隈線）の開通を2005年2月に控えている。七隈線の沿線上は、多くの福岡市民を抱える居住エリアであると同時に、4つ

[†] 本論文は、第41回日本地域学会年次大会（於、早稲田大学）において発表した論文を加筆修正したものである。討論者の労をとって頂いた鉄道建設・運輸設備整備支援機構の浅見均先生、近畿大学工業高等専門学校の中平恭之先生から有益なコメントを頂いた。また、匿名のレフェリーからも、貴重なコメントをいただいた。ここに記して、厚く感謝の意を表したい。本研究は、文部科学省科学研究費補助金（課題番号：15330054）より一部補助を受けている。

* 福岡大学都市空間情報行動研究所所長、福岡大学経済学部教授

** 福岡大学都市空間情報行動研究所ポストドクター

*** 福岡大学経済学部准教授

2005年5月9日受付 2007年8月5日受理

© 日本地域学会 (JSRSAI) 2007

の大学が点在していることから、福岡都心部の消費の一翼を担う地域としての特徴を持つ。また、福岡都心部開発のターニングポイントが交通インフラや駅ビル開発といった交通系の開発を契機としていることも相まって、都心部の商業者などから、地下鉄3号線開通による福岡都心部の変化やその効果に注目が集まっている。都心商業の活性化といった観点からみると、地下鉄開通による都心部への来街者数の増加やそれにとまなう販売額の増加といった効果の予測が待望されているといつてよい。

筆者らは、これまで福岡都心部を中心として、都心商業開発の効果を入込み者数の増加や回遊行動の変化から予測・計測を行ってきた([14], [15], [16], [17], [18], [20])。これらの研究の大きな特徴は、開発プロジェクトの前後(有無)によって、消費者行動がどのように変化するかに着目した予測・効果の計測にあり、とくに、行先選択確率などの確率ベースではなく、来街頻度・人数ベース、支出金額ベースによって、具体的に開発プロジェクトの経済効果を捉えようとする点にある。これをわれわれは消費者行動アプローチと呼んでいる。

本研究も、この消費者行動アプローチにもとづき、地下鉄3号線開通によって、沿線居住者が都心部への出向頻度をどのように変化させるのか、また、これによって、都心部への入込み来街者数がどの程度増加するのか、さらには、これにもなつて都心部への支出額がどの程度増加するのか、に着目する。本研究では、地下鉄開業による都心部への入込み来街者数の増加がもたらす、都心部への支出額の増加額を、地下鉄開業による都心部への経済効果と定義する。この考え方は、交通施設がもたらす便益評価に関する伝統的な概念とは異なつた概念である。

さて、交通施設がもたらす便益評価に関する既存研究では、これまでさまざまな計算手法が考えられてきた([9])。代表的なものに Foster and Beesley [1] をはじめとした、時間短縮や交通費の削減といった利用者便益に着目した部分均衡理論の展開がある。また、非集計ロジットモデルのもとでの社会全体の消費者余剰を理論的に示した Small and Rosen [19] などの研究がある。これらの研究は、消費者の効用水準の変化を便益として計測しようとする応用厚生経済学の立場に立つ研究であり、その特徴は、価格と所得の変化にとまなう消費者の序数的な効用水準の変化を、EV(等価的偏差)やCV(補償的偏差)の概念によって、金銭タームの便益として計測する方法を示すとともに、伝統的な消費者余剰の概念との関連づけを厳密に行っている点にある。この流れには、消費者余剰分析を部分均衡分析から一般均衡分析へ展開した Kanemoto and Mera [8] や、また、一般均衡分析の枠組みに依拠しつつも、交通施設がもたらす便益評価を交通市場に関連する情報にのみ着目して評価するショートカット理論([9])の展開があり、とくに、ショートカット法による利用者便益法は、便益評価の方法として、一般的に用いられている方法である([12], [21])。しかし、利用者便益法には、その便益が実際に金銭タームとして実現したかどうかを客観的に計測することが難しいという問題点がある。

実現した、あるいは、実現する便益を金銭ベースで客観的に計測する他の方法として、発生した便益が、最終的に資産価値に帰着するという、キャピタリゼーション仮説の考え方がある([6], [7])。この流れには、新線開発の効果が地価に帰着すると地価還元法にもとづいた肥田野・中村・荒津・長沢 [5] などの研究がある。キャピタリゼーションの方法は帰着した便益の大きさを検証することが可能であるものの、便益が資産価格に帰着するまでに、しばらく時間を要するという問題がある。一方、単一都心都市モデルによる一般均衡分析の枠組みにもとづいて、Wheaton [22] は、交通費の低減による社会的純便益が初期交通需要と交通費低減額との積として計測できることを理論的に示した。Pines and Weiss [13] は、交通時間の短縮がともなう場合は、交通需要自体を変化させるので、Wheatonの方法が適用できないことを示している。これらの研究は主に市場価値で評価できるものに対する研究であるが、公園や環境などの非市場財の評価にもキャピタリゼーションの方法はヘドニック・アプローチとし

て、CVMや旅行費用法などとともに、理論的・実証的展開がおこなわれている（肥田野 [6]）。

以上、既存研究をみてきた。鉄道新線開発による経済効果の計測については、運輸省鉄道局 [21] にみられるように、交通費の低減や時間短縮による利用者便益の直接効果の計測が主である（[12]）。しかし、この方法の問題点は、利用者に発生する便益には、時間短縮といった仮想的なものが含まれており、実際に、それだけの便益が金銭ベースでフローとして発生したかどうか、の立証は事実上不可能であるという点である。また、地価還元法といった金銭ベースのキャピタリゼーション仮説による方法にしても、社会全体に帰着する余剰であり、ストックに対する長期の効果の概念であり、社会全体にネットでどれだけの経済便益が生じたかに関心がある。いずれの研究も、本研究が着目する福岡都心部といった特定地域における商業販売額といった特定産業の具体的な金銭の動き、フローには着目していないことになる。

これに対し、本研究の特徴は、地下鉄開業による時間短縮効果を、沿線居住者の都心への出向頻度を増加させる効果ととらえ、その出向頻度の増加にともなう都心での支出額の増加額を経済効果として予測しようとする点にあり、その大きさを事後的に検証することが可能である点である。また、後述するように、予測は、沿線地区の町丁目単位で行っており、どの地区からどの程度、福岡都心部に効果をもたらしたのか、といった計測が可能であり、より詳細な分析を可能にしている点も特徴といえる。

さて、本研究のねらいは、地下鉄3号線という鉄道新線の開通が都心部へもたらす経済効果を、消費者行動アプローチによって具体的に計測できることを示すことにある。そのねらいにしたがって、本研究では、消費者行動アプローチにもとづく地下鉄3号線開業による都心への経済効果を次のように定義している。

地下鉄開通は、沿線地域の居住者が都心へ訪れる際の都心への所要時間の短縮をもたらし、都心への利便性を向上させる。利便性が向上するので、沿線では、既存の交通機関から、所要時間の短い地下鉄3号線に利用交通機関にシフトし、また、都心への所要時間が短縮されるので、都心への出向頻度が増加すると仮定する¹。1 出向頻度あたりの平均支出額が一定であると仮定すると、その出向頻度の増加によって、消費者が1年間に都心で支出する金額は増加する。

本研究では、この都心部での支出額の増加額を、地下鉄開業による都心部への経済効果と定義する。したがって、この定義は、都心部の商業者が享受する効果を金銭表示したもので、バスや地下鉄を利用する、地下鉄3号線沿線居住者にとって、福岡都心部は唯一で最大の商業地であり、そのほかの沿線には、大きな商業地区はないことから、開業後の沿線居住者の買物行動の変化は福岡都心部に集中することが予想され、注目度も高いことから、都心部のみに着目したものであり、そのほかの沿線地区の商業者への効果は計測しておらず、社会全体へのネットの経済効果の概念とも異なること、また、支出額増加は、商業者からみると、販売収入額の増加であり、利益増(便益)=収入増-支出増のことではないことに注意されたい。

この定義では、地下鉄3号線開通によって、沿線地域居住者の都心への出向頻度が増加する、すなわ

¹ 本研究の方法は、交通需要予測の分野で一般的な四段階推定法の考え方と必ずしも一致していないので、若干の説明を加えておく。四段階推定法(1. 発生集中, 2. 配分, 3. 交通機関選択, 4. 経路選択)では、発生集中交通量の予測は、通常、人口や経済指標などを説明変数として行われるので、これらの変数が変化しない限り、各ゾーンの発生集中交通量の総和である生成交通量も変化せず、たとえば、七隈線開業によって、都心への需要が増加しても、他のODペアへの需要が減少し、生成交通量は変化しない、と考えることになる。これに対し、本研究は、一般化交通費用の低減による潜在需要の顕在化について、都心部への集中交通量にのみ着目しつつ、明示的に扱ったものといえる。後述のように、地下鉄3号線沿線居住者にとって、福岡都心部は、唯一で、最大の商業地であり、生成交通量も増加している可能性が高い。

ち、都心への交通需要が増加する、と仮定しているが、それは次のような消費者の行動仮説にもとづいてと解釈できる。

沿線に住む消費者は、地元で購入するローカル財と都心で購入する都心財をもち、これらの財の価格には、一般化交通費用が含まれていると仮定する。地下鉄3号線の開通によって、沿線から都心への所要時間が短縮し、一般化交通費用が下がることで、都心財の価格が低下し、ローカル財と比べて都心財の価格が相対的に低下するので、都心財への需要を増加させる、と考えられる。本研究では、一般化交通費用が低減した分だけ、都心への交通需要が開通前よりも増加し、都心への入込み者数が増えるものと仮定した。

本研究の目的は、以上の考え方に従って、都心部への来街者を対象に福岡大学都市空間情報行動研究所が実施した交通行動調査のデータを用いて、(1) 交通手段選択モデル、および、(2) 都心への出向頻度予測ポアソン回帰モデルを、まず構築し、次いで、これらのモデルを用いて、福岡市の人口データやGISにより作成した町丁目別の都心への交通手段別所要時間、交通費のデータをもとに、(3) 開通後にどの程度、地下鉄3号線にシフトするか、また、(4) 開通後にどの程度、都心への出向頻度が増加するか、を予測し、(5) 増加した来街者が都心部で落とす支出額を、地下鉄3号線による都心部への経済効果と定義し、これを事前に予測することである。

2. 地下鉄3号線の概要と分析対象地区

図2-1は、福岡市地下鉄3号線の路線と地下鉄3号線沿線の福岡市中央区、南区、西区、早良区、城南区の位置と分析対象地区を示した地図である。2005年2月に開業予定の福岡市地下鉄3号線は、中央区の天神南駅から、西区の橋本駅までの16駅を24分で結ぶ路線である。この開通によって、地下鉄沿線の地区では、都心部までの所要時間が大きく短縮される。例えば、天神～福大前間はこれまでバスで、24分かかっていたものが、16分と、現状の約3分の2に短縮されることになる。

地下鉄3号線が走る福岡市西南部は、昭和40年以降、ベッドタウン化が急速に進み、現在では、福岡市の約4割にあたる約50万人が住む地域となっている。それにもかかわらず、公共交通機関は、バスや

図2-1 福岡市地下鉄3号線と分析対象地区

表 2-1 福岡市 5 区の町丁目数と地下鉄 3 号線沿線町丁目数

	町丁目数	地下鉄 3 号線沿線町丁目数
中央区	122	51
南 区	161	0
西 区	129	29
城南区	93	84
早良区	167	114
合 計	672	278

タクシーなどといったものしかなく、主要道路では、慢性的な渋滞が起こる状況が現在も続いている。地下鉄 3 号線開通によって、沿線地域の渋滞の緩和などが期待されている。

分析対象地区は、福岡市の 5 区 672 町丁目のうち、地下鉄 3 号線沿線、もしくは、地下鉄 3 号線を使用と思われる 278 町丁目としている。詳細を表 2-1 に示す。残りの町丁目は、既存の地下鉄 1 号線や西鉄天神大牟田線に近く、開通後も地下鉄 3 号線利用による所要時間の短縮がない町丁目のため、分析対象から除いている²。

3. 経済効果予測の手順

本研究では、以下の手順で、福岡都心部への経済効果を予測する。

- (1) 福岡大学都市空間情報行動研究所による福岡都心部交通行動調査への回答データから、天神地区への当日の交通手段とその交通費、所要時間のデータと、別途 GIS 等によって計測した回答代替交通手段の交通費、所要時間の補完データとを用いて、交通手段選択モデルのパラメータを推定する。
- (2) (1) と同じデータを用いて、天神地区への出向頻度、天神地区までの交通費、所要時間から、出向頻度予測ポアソン回帰モデルのパラメータを推定する。
- (3) 町丁目別交通手段別に天神地区までの交通費、所要時間を GIS を用いて計測し、(1) の交通手段選択モデルを用いて、現状での町丁目別のバスと自家用車の 2 モードの選択確率と開通後の地下鉄 3 号線が加わった 3 モードでの選択確率を予測する。
- (4) (3) で使用した、GIS で計測した町丁目別交通手段別の天神地区までの交通費、所要時間にもとづいて、(2) の出向頻度予測ポアソン回帰モデルを用いて、町丁目別交通手段別に、現状と開通後の出向頻度を予測する。
- (5) 福岡市より得られる各町丁目の人口データと (3)、(4) から、現状と開通後の交通手段別の都心への来街者数を予測し、開通後の来街者の増加数を計算する。
- (6) 別途、回遊行動調査で得られた 1 来街当たりの平均支出額を使って、(5) とかけることにより、福岡都心部への経済効果を予測する。

² 薬院駅で地下鉄 3 号線と西鉄天神大牟田線が接続しているので、地下鉄 3 号線の薬院―渡辺通―天神南駅間と西鉄薬院―西鉄福岡(天神)駅間との間で路線が競合している。本研究では、沿線の各町丁目の居住者がもっとも距離の短いバス停および地下鉄駅から乗車して、天神地区へ行くことと仮定している。薬院駅が最寄り駅の町丁目については、本研究では、地下鉄、バス、自家用車のみを考慮しており、徒歩、自転車などと同様に、西鉄天神大牟田線は、選択肢の中から排除している。今後の課題としたい。

以下、4章で(1)、(2)の推定の部分を、5章で、(3)～(6)の予測の部分を説明する。

4. 交通手段選択モデルと出向頻度予測ポアソン回帰モデルの推定

4.1. 使用するデータ

主に使用するデータは、福岡大学都市空間情報行動研究所が、福岡都心部で実施した、来街者聞き取りインタビュー調査である福岡都心部交通行動調査によって得られたデータである。本調査では、被験者の調査協力への負担を軽減するため、当日利用した交通手段については、その所要時間と交通費は聞いているが、代替交通手段については、手段のみを聞き、その所要時間と交通費については、聞いていない。交通手段選択モデルの推定には、代替交通手段の所要時間と交通費のデータが必要であり、そのため、GISを用いて、サンプルごとに代替交通手段の所要時間と交通費の補完データを作成している。

4.1.1. 福岡都心部消費者交通行動調査

本研究では、2002年6月28日(金)、29日(土)、30日(日)の3日間、福岡大学都市空間情報行動研究所が実施した第1回福岡都心部消費者交通・回遊行動調査データと2002年9月6日(金)、7日(土)、8日(日)に実施した第1回福岡都心部消費者交通行動調査を使用している。第1回福岡都心部消費者交通・回遊行動調査は、都心を訪れた地下鉄3号線沿線居住者を対象に、天神地区に複数の調査地点を設け、自宅から天神地区までの当日の交通手段と所要時間、その費用、その他の代替交通手段などの都心部までの交通行動と、都心部内での調査当日の立ち寄り場所、目的、支出額、天神地区への出向頻度(1ヶ月当たり)などの都心部内での回遊行動を同時に聞いた、15分程度の聞き取りアンケート調査である。調査時間は、12:00から20:00までの8時間、大丸/エルガーラ、福岡三越、ソラリアプラザ、岩田屋Zサイド、ソラリアステージ、ショッパーズ・ダイエーの6ヶ所に調査地点を置き、59票の有効サンプルを得た。

さらに十分なサンプル数を得るため、2002年9月に、質問を交通行動の項目に絞って、追加調査を第1回福岡都心部消費者交通行動調査として実施した。第1回福岡都心部消費者交通行動調査の調査時間は、第1回福岡都心部消費者交通・回遊行動調査と同様、12:00から20:00までの8時間、大丸/エルガーラ、ソラリアプラザ、福岡三越の3地点で、240票の有効サンプルを得た。

両調査とも、モデル推定に必要な居住地から都心までの距離を、GISを用いて計測するために、(a) 最寄りのバス停、(b) 自宅から最寄りのバス停までの時間(徒歩)を被験者に聞いている。

4.1.2. GISによる補完データ

第1回福岡都心部消費者交通・回遊行動調査と第1回福岡都心部消費者交通行動調査では、天神地区までの当日の交通手段、所要時間、交通費、天神への出向頻度と代替交通手段については聞いているが、代替交通手段の所要時間、交通費については聞いていない。そこで、別途、GISで計測した距離および各交通機関のホームページ([4], [11])に出ている所要時間と交通費を用いて、補完データを作成した。補完データの作成方法は以下の通りである。

天神地区までの交通手段がバス、地下鉄1号線、西鉄電車、自家用車の内、2つ選択しているサンプルにしばらく、(a) GISによって自宅から都心までの距離を計測し、これを用いて各交通手段別の(b) 所要時間と交通費を計算している。

(1) GISソフトによる距離計測

自宅から都心までの距離を計測するために、GISとして、ゼンリン電子地図帳Z6([24])を使用した。最終的には、自宅から都心まで物理距離を、交通手段別に、その所要時間と交通費に変換する。したがって、鉄道の場合には、最寄りバス停から最寄り駅まで、自家用車の場合には、最寄りバス停から天神地

区までの距離を計測している。計測距離は、最寄りバス停から目的地までの最短の道路距離である。

(2) 所要時間・交通費の計算

交通手段別に所要時間・交通費の計算を行っている。自家用車については、駐車待ち時間 20 分、駐車料金 800 円、時速 18 km、燃費 6 km/リットル、燃費代 100 円/リットルとしている。また、西鉄天神大牟田線・地下鉄 1 号線利用者による鉄道利用者の待ち時間は 15 分としている³。鉄道・バスについては、それぞれのホームページから所要時間・交通費を割り出した。バイクについては、時速 18 km、自転車は、時速 8 km を想定している。

各交通手段別の所要時間と交通費の計測方法をまとめると、以下の通りである。

(2-1) バス

所要時間：自宅から最寄りバス停までの所要時間(調査項目)＋最寄りバス停から天神地区バス停までの所要時間(西鉄ホームページに記載されている所要時間 [11])

交通費：最寄りバス停から天神地区バス停までの料金(同上に記載されている料金 [11])

(2-2) 地下鉄 1 号線

所要時間：自宅から最寄りバス停までの所要時間(調査項目)＋最寄りバス停から最寄り駅までの計測距離(GIS)÷時速 4 km＋最寄り駅から地下鉄天神駅までの所要時間(福岡市地下鉄ホームページに記載されている所要時間 [4])＋待ち時間 15 分

交通費：最寄り駅から地下鉄天神駅までの料金(同上に記載されている料金 [4])

(2-3) 西鉄電車

所要時間：自宅から最寄りバス停までの所要時間(調査項目)＋最寄りバス停から最寄り駅までの計測距離(GIS)÷時速 4 km＋最寄り駅から西鉄福岡(天神)駅までの所要時間(西鉄ホームページに記載されている所要時間 [11])＋待ち時間 15 分

交通費：最寄り駅から西鉄福岡(天神)駅までの料金(同上に記載されている料金 [11])

(2-4) 自家用車

所要時間：最寄りバス停から天神地区までの距離(GIS)÷時速 18 km＋駐車場待ち時間 20 分

交通費：最寄りバス停から天神地区までの距離(GIS)÷燃費 6 km/リットル×100 円/リットル＋駐車料金 800 円

4.2. 交通手段選択モデルの推定

4.2.1. 交通手段選択モデル

i 居住地に住む年齢 k 、性別 s の人が天神地区へ交通手段 m を使う選択確率 $P_m^{i,k,s}$ を、ロジットモデルで、次のように表す。

$$P_m^{i,k,s} = \frac{\exp(V_m^{i,k,s})}{\sum_{j=1}^n \exp(V_j^{i,k,s})}, \quad j=1 \cdots n \quad (4.1)$$

ただし、 $V_m^{i,k,s}$ は、 i 居住地に住む年齢 k 、性別 s の人が天神地区へ交通手段 m を使うときに得られる確定効用である。

³ 自家用車の時速は、信号待ちや渋滞を考慮し、設定した時速である。一方、バスの所要時間については、時刻表に掲載されている時間をそのまま使用しており、バスの時刻表の所要時間が渋滞を完全に考慮したものとなっているとは言い難い。渋滞時間を考慮したバスの所要時間を使用することが望ましいが、それは、今後の課題としたい。

また、確定効用は、所要時間 t と交通費 c に関する線形関数として、次のように表す。

$$V_m^{i,k,s} = \alpha t_m^i + \beta c_m^i \quad (4.2)$$

ここで、 t_m^i 、 c_m^i はそれぞれ、 i 居住地の消費者が、交通手段 m を選択したときの、所要時間、交通費である。パラメータ α 、 β は、最尤推定法を使って推定する。

4.2.2. モデルの推定結果

表 4-1 は、交通手段選択モデルのパラメータの推定結果である。推定に用いた交通手段は、バス、自家用車、鉄道(地下鉄 1 号線、西鉄)、その他(自転車、徒歩、バイク)の 4 手段である。推定結果を見ると、パラメータの符号は時間・費用ともにマイナスであり、仮説に適合しており、時間価値 (α/β) は 656 円/時間となる。しかし、 t 値はどちらも 10% で有意となっていない。的中率については、56.1%でそれほど高いとはいえず、自由度調整済み決定係数をみると、0.0277 で、モデルの適合度はあまりよいとはいえない。 $-2 \times$ 対数尤度比をみると、所要時間と費用を説明変数としたモデル全体としては 5% で有意であるとの結果となっているが、今後、モデルの精度の向上が課題である。

4.3. 出向頻度予測ポアソン回帰モデルの推定

4.3.1. 出向頻度予測ポアソン回帰モデル

ポアソン回帰モデルは、出向頻度を被説明変数とし、出向頻度が、互いに独立な平均 λ_i のポアソン分布 Y_i に従っていると考え、平均 λ_i の対数 $\log(\lambda_i)$ を、説明変数 x_i と未知パラメータ β の線形関数と仮定し、最尤推定法を使って、パラメータ β を推定するモデルである。

本調査データは来街地ベースでのサンプリング調査であり、出向頻度を推定するときには、choice-based バイアスが生ずる。この場合に、choice-based バイアスを除くため、出向頻度を予測するモデルとして、斎藤ら([14], [15])は、重み付きポアソン回帰モデルを提案している。本研究でも、重み付きポアソン回帰モデルを使用する。(詳しくは、斎藤・梶井・中嶋 [14] や斎藤・熊田・石橋 [15] を参照されたい。)

さて、消費者 i の出向頻度の平均 λ_i を、所要時間 t と交通費 c を説明変数とする線形関数として、以下のように表す。

$$\log \lambda_i = \beta_0 + \beta_1 t_m^* + \beta_2 c_m^* \quad (4.3)$$

表 4-1 パラメータの推定結果

	推定値	t 値	標準偏差
所要時間(分) α	-0.008313	-0.88	0.00948
所要費用(円) β	-0.000760	-1.31	0.000582
的中率	56.1%		
すべての係数値が 0 の時の対数尤度 $L(0)$	-109.53		
推定された係数を用いたときの対数尤度 $L(\hat{\beta})$	-106.45		
$-2 \times$ 対数尤度比 $\rho = -2[L(0) - L(\hat{\beta})]$	6.1609		
McFadden の決定係数 $\rho^2 = 1 - L(\hat{\beta})/L(0)$	0.0281		
自由度調整済み決定係数 $\bar{\rho}^2 = 1 - (L(\hat{\beta}) - K)/L(0)$	0.0277		

*: 10% 有意, K : パラメータ数

表 4-2 出向頻度予測モデルのパラメータの推定結果

	推定値	t 値	標準偏差
定数項	1.375437	7.09***	0.1939
所要時間 (分)	-0.015105	-3.18**	0.0047
所要費用 (円)	-0.000622	-2.00**	0.0003

*: 10% 有意, **: 5% 有意, ***: 1% 有意

 $L(0) = -325.56$, $L(\beta) = -282.60$, $\rho = 85.9314$, $\rho^2 = 0.1320$, $\bar{\rho}^2 = 0.1258$

ただし, t_m^* , c_m^* は消費者 i が当日選択した交通手段の所要時間, 交通費である。また, 出向頻度は, 買物, レジャー, 食事によるもので, 通勤通学, 業務は含まないことに注意しておく。

4.3.2. モデルの推定結果

重み付きポアソン回帰モデルによるパラメータの推定結果が, 表 4-2 である。推定結果では, 時間, 費用の符号も, マイナスであり, 符号条件を満たしている。また, すべてのパラメータで t 値が大きく, いずれも 1% または 5% で有意となっている。しかし, 自由度調整済み決定係数をみると, 0.1258 で, モデルの適合度はそれほど高くない。この出向頻度予測ポアソン回帰モデルを用いて, 町丁目ごとに各交通手段別に, 出向頻度を予測する。

5. 福岡都心部への経済効果の予測

本章では, 福岡都心部への経済効果の予測を行うが, 次の 2 つのケースについて予測する。

ケース 1 地下鉄 3 号線の利用については, 各駅から徒歩で 15 分未満の圏内は, 徒歩で駅へアクセスし, 15 分以上からは, 時速 25 km の交通手段で駅にアクセスすると想定したケース。パークアンドライドやバスとの乗り継ぎなど, 駅勢圏を拡大する政策をとることを想定したケースであり, パークアンドライドのケースとする。

ケース 2 徒歩 15 分以上の利用者も含めて, すべての利用者が, 徒歩でアクセスすると想定したケース。これを, パークアンドライドのないケースとする。

5.1. 予測に必要なデータ

2 種類のデータが必要である。一つは, 福岡市町丁目別 (男女別年齢別) 人口データである。これは福岡市のホームページに公表されている ([2])。もう一つは, 町丁目ごとに, バス, 自家用車, 地下鉄 3 号線を利用したときの, それぞれの所要時間, 交通費のデータである。このデータは存在しないので, 本研究では, GIS を用いて, 町丁目別交通手段別の都心部への所要時間, 交通費の補完データを作成している。

5.1.1. 町丁目別人口データ

各町丁目別の人口は, 福岡市ホームページ [2] に公表されている町別年齢別人口及び世帯数 (2003 年 9 月 30 日現在) を使用した。このデータは, 福岡市 7 区の町丁目別年齢階級別男女別の人口データとなっている。年齢区分は, 0~4 歳, 5~9 歳, の順で 100 歳以上までの 5 歳区分となっており, 合計で 21 歳階級ある。ただし, 本研究では, 14 歳以下と 80 歳以上を除いた 15 から 79 歳までの年齢階層を予測に用いている。

対象地区の年齢 3 区分別男女別の人口を表 5-1 に示しておく。沿線人口は約 26 万人である。

表 5-1 対象地区年齢 3 区分別男女別人口

	15～29 歳	30～49 歳	50～79 歳	合計
男 性	35,296	41,025	47,060	123,381
女 性	36,533	44,464	56,515	137,512
合計	71,829	85,489	103,575	260,893

5.1.2. GIS による町丁目別交通手段別所要時間・交通費データの作成

後述するように、予測では、バス、自家用車、地下鉄 3 号線の 3 つの交通手段をとりあげる。したがって、対象地区 278 町丁目のすべてに対して、これら 3 交通手段別の天神地区への所要時間、交通費のデータが必要となる。しかし、これらについては公表データがないため、GIS を用いてデータを作成している。方法は、上述 (4.1.1) の交通手段選択モデルの推定に使用した GIS による補完データの作成と同様である。異なっているのは次の点である。まず、各町丁目に基準点を定め、自家用車の場合は、そこから天神地区までの道路距離を計測し、前述と同様に所要時間と交通費に換算している。バスについては、基準点からもっとも近い最寄りバス停を求め、その道路距離を計測し、基準点から最寄りバス停までの徒歩による所要時間を求めている。最寄りバス停から天神地区バス停までの所要時間、料金は、前述と同様に西鉄ホームページ ([11]) によっている。地下鉄 3 号線についても、基準点からもっとも近い最寄り駅を求め、その道路距離を計測し、基準点から最寄り駅までの徒歩による所要時間を求めている。ただし、地下鉄 3 号線については、最寄り駅から地下鉄天神南駅までの所要時間、料金は、未だ公表されていなかったもので、福岡市交通局への聞き取りによってこれらのデータを得ている ([3])。

5.2. 交通手段選択の予測結果

5.2.1. 町丁目別交通手段選択の変化予測の仮定

4.2 節で推定したパラメータを使って、町丁目別の分担率を予測する。まず、予測の時に、以下の 2 つの仮定を置いている。

- (1) 都心への交通手段は、現状では、バスと自家用車の 2 つとし、開通後、地下鉄 3 号線が加わるものとする。
- (2) 地下鉄の開通によって、渋滞が緩和され、バスと自家用車の所要時間が変化する状況は、想定していない。すなわち、バス、自家用車の都心への所要時間は、現状、開通後ともに同じとする。

5.2.2. 開通後の交通手段選択の変化の予測結果

交通手段選択モデルで予測した町丁目別分担率と人口データから、現状と開通後の各交通手段別の利用人数の変化を見ていくことにする。

(1) パークアンドライドのケース

表 5-2 は、パークアンドライドをするケースの現状と開通後の各交通手段別の利用者数を示している。結果は、開通後、約 12 万 5 千人が、地下鉄 3 号線にシフトするという結果が出た。つまり、沿線人口約 26 万人が、天神に出向くとして、どの交通手段を選択するかを予測した結果である。現状では、バスを約 16 万人、自家用車を約 10 万人が選択しているが、地下鉄 3 号線開通後では、バスから約 7 万 5 千、自家用車から約 5 万人が、地下鉄にシフトするとの結果である。

(2) パークアンドライドのないケース

一方、パークアンドライドのないケースの現状と開通後の交通手段別利用者数を表 5-3 で示している。

表 5-2 現状と開通後の利用数の変化予測結果
(パークアンドライドのケース)

(単位：人)

	現 状		開 通 後		
	バス	自家用車	バス	自家用車	地下鉄 3 号線
全体	163,465	97,428	84,759	50,617	125,517

表 5-3 現状と開通後の利用数の変化予測結果
(パークアンドライドのないケース)

(単位：人)

	現 状		開 通 後		
	バス	自家用車	バス	自家用車	地下鉄 3 号線
全体	163,465	97,428	89,737	53,513	117,643

表 5-4 現状と開通後の都心への来街者数（1 ケ月当たり）の変化
(パークアンドライドのケース)

(単位：人/月)

	現 状		開 通 後		
	バス	自家用車	バス	自家用車	地下鉄 3 号線
全 体	255,205	96,865	134,222	51,321	379,490
合 計	352,071		565,033		
開通後-現状	212,962				

表 5-5 現状と開通後の都心への来街者数（1 ケ月当たり）の変化
(パークアンドライドのないケース)

(単位：人/月)

	現 状		開 通 後		
	バス	自家用車	バス	自家用車	地下鉄 3 号線
全 体	255,205	96,865	140,617	53,523	299,348
合 計	352,071		493,488		
開通後-現状	141,417				

この場合は、地下鉄 3 号線に約 12 万人がシフトする結果となり、ある場合に比べて、約 1 万人少なくなっている。

5.3. 都心への来街者数の予測結果

次に、出向頻度予測モデルを用いて、各交通手段別に、各町丁目に住む消費者 1 人が、都心へ 1 ケ月当たり何回出向するかを予測し、この結果と、上述の交通手段選択モデルによる各町丁目での 3 交通手段の選択者数を使って、都心への来街者数がどの程度増加するのかを予測しよう。

(1) パークアンドライドのケース

表 5-4 は、パークアンドライドをするケースでの現状と開通後での 1 ケ月当たりの都心へ来街者数の変化を示したものである。現状では、1 ケ月当たり約 35 万人だったものが、開通後、約 57 万人と、約 21

万人増加するという結果となった。

(2) パークアンドライドのないケース

表 5-5 は、パークアンドライドのないケースでの現状と開通後での 1 ケ月当たりの出向頻度の変化である。開通後、約 14 万人の増加に留まり、パークアンドライドがある場合と比べて、約 7 万人少なくなる。これは、パークアンドライドやフィーダー輸送などの政策がない場合は、地下鉄利用者が減り、駅勢圏が小さくなることを表している。

5.4. 都心への 1 出向当たり平均支出額

2003 年 7 月に行った第 8 回福岡都心部回遊行動調査の調査結果から、福岡都心部での主目的を買物・食事目的に限った場合、来街 1 回あたりの支出額のサンプル平均は 6,925 (円/人) であった。この結果を使用する。

5.5. 経済効果の予測結果

以上より、福岡都心部への経済効果は、平均支出額 6,925 円の場合、次となった。

(1) パークアンドライドのケース

176 億 9,714 万円 = $212,962(\text{人/月}) \times 6,925(\text{円/人}) \times 12(\text{ヶ月})$

(2) パークアンドライドのないケース

117 億 5,175 万円 = $141,417(\text{人/月}) \times 6,925(\text{円/人}) \times 12(\text{ヶ月})$

パークアンドライドがないケースでは、パークアンドライドのケースと比較して、約 60 億円少ない結果となった。

6. 結論と今後の課題

本研究の意義は、地下鉄開通による経済効果を、消費者行動アプローチにもとづいて、沿線居住者の地下鉄開通による交通行動の変化と、都心までの所要時間短縮による出向頻度の変化から、都心という一定地域において、計測する枠組みを提案し、実数ベースで予測したことである。

今回の経済効果の予測では、各町丁目から当該駅までの徒歩 15 分圏外については、当該駅へのバスでのアクセス、また、車による送迎やパークアンドライドが機能している場合とそのような政策がない場合の予測結果を出した。その結果、地下鉄利用者は、パークアンドライドが機能しているときよりも、約 7 万人減り、都心部への経済効果が 60 億円少なくなるとの予測結果を得た。今後、郊外駅でのパークアンドライドやバスの乗り入れなど、極力、駅勢圏を拡大する政策を取り、地下鉄の利用者増をはかることが重要であると判断される。

今後の課題としては、開通後にモデルの予測精度の事後評価を行うことや、年齢や性別など個人属性の違いによる支出額を考慮した場合の経済効果の計測、などがあげられる。さらに、本研究では、予測を町丁目単位で行っていることから、パークアンドライドやフィーダー輸送といった、駅までの利便性を向上させる政策を取った場合と取らない場合で、駅勢圏がどのように変化するのか、また、地下鉄の利用率が、特にどの町丁目で大きく変化するのかといった、沿線地域の詳細な分析を行うことも今後の課題である。

謝 辞

本論文は、山崎・竹本・河口 [23] の分析をもとに作成されたものである。調査実施、補完データ作

成, 分析を行った福岡大学経済学部斎藤研究室の卒業生, 山崎大君, 竹本章宏君, 河口裕和君に, ここに記して, 厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [1] Forster, C.D. and Beesley, M.E., "Estimating the Social Benefit of Constructing and Underground Railway in London," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 126, No. 1, 1963, pp. 46-93.
- [2] 福岡市ホームページ (FUKUOKA city online), (<http://www.city.fukuoka.jp/index.html>)
- [3] 福岡市交通局からの聞き取りによる.
- [4] 福岡市地下鉄ホームページ, (<http://subway.city.fukuoka.jp/>)
- [5] 肥田野登・中村秀夫・荒津有紀・長沢一秀, "資産価値に基づいた都市近郊鉄道の整備効果の計測," 『土木学会論文集』 No. 365/IV-4, 1986 年, pp. 135-144.
- [6] 肥田野登著『環境と社会資本の経済評価—ヘドニック・アプローチの理論と実際—』勁草書房, 1997 年.
- [7] Kanemoto, Y., "Hedonic Proces and the Benefits of Public Projects," *Econometrica*, Vol. 56, 1988, pp. 981-989.
- [8] Kanemoto, Y. and Mera, K., "General Equilibrium Analysis of the Benefits of Large Transportation Developments," *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 15, 1985 年, pp. 343-363.
- [9] 森杉壽芳編著『社会資本整備の便益評価—一般均衡理論によるアプローチ—』勁草書房, 1997 年.
- [10] 森杉壽芳・宮城俊彦編著『都市交通プロジェクトの評価—例題と演習—』コロナ社, 1996 年.
- [11] にしてつグループホームページ, (<http://www.nishitetsu.co.jp/>).
- [12] 野村友哉・青山吉隆・中川大・松中亮治・白柳博章, "EVGC を用いた都市間高速鉄道プロジェクトの便益評価に関する研究," 『土木計画学研究・論文集』 Vol. 18, No. 4, 2001 年, pp. 627-636.
- [13] Pines, D. and Weiss, Y., "Land Improvement Projects and Values: An Appendum," *Journal of Urban Economics*, Vol. 11, 1982 年, pp. 199-204.
- [14] 斎藤参郎・梶井昌邦・中嶋貴昭, "来街地ベースサンプリングによる都心商業地への入込者数予測モデルの構築と評価," 『地域学研究』 Vol. 29, No. 1, 1999 年, pp. 55-74.
- [15] 斎藤参郎・熊田禎宣・石橋健一, "来街者調査ベースポアソン回帰集客数予測モデルの提案とその応用—小倉都心再開発に伴う入込み客数および消費者行動回遊パタンの変化予測と評価—," 『都市計画論文集』 30 巻, 1995 年, pp. 1-6.
- [16] 斎藤参郎・中嶋貴昭・梶井昌邦, "消費者回遊行動からみた大規模再開発による都心部の構造変化に関する実証的研究," 『地域学研究』 Vol. 29, No. 3, 1999 年, pp. 107-130.
- [17] 斎藤参郎・山城興介, "回遊行動からみた都心 100 円バスの経済効果の推計—福岡都心部におけるケーススタディー—," 『地域学研究』 Vol. 31, No. 1, 2001 年, pp. 57-75.
- [18] 斎藤参郎・山城興介・梶井昌邦・中嶋貴昭, "都心における買物客の時間価値の計測とその応用—福岡都心 100 円バス導入による交通分担率の変化の事前・事後予測への適用—," 『地域学研究』 Vol. 33, No. 3, 2003 年, pp. 269-286.
- [19] Small, K.A. and Rosen, H.S., "Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models," *Econometrica*, Vol. 49, 1981 年, pp. 105-129.
- [20] 田村三智子・斎藤参郎・中嶋貴昭・山城興介・岩見昌邦, "消費者行動調査にもとづくモノレール開通の影響予測—那覇市でのケーススタディー—," 『地域学研究』 Vol. 35, No. 1, 2005 年, pp. 125-142.
- [21] 運輸省鉄道局『鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99』運輸政策研究機構, 1999 年.
- [22] Wheaton, W.C., "Residential Decentralization, Land Rends, and the Benefits of Urban Transportation Investment," *American Economic Review*, Vol. 67, No. 2, 1977 年, pp. 136-143.
- [23] 山崎大・竹本章宏・河口裕和, "地下鉄 3 号線開通後の福岡都心部への影響予測の基礎的研究," 2003 年度福岡大学経済学部卒業論文, 2003 年.
- [24] (株)ゼンリン『ゼンリン電子地図帳 Z6』2003 年.

Predicting economic impacts of a new subway line on city center retail sector

— A case study at Fukuoka City based on consumer behavior approach —

Saburo SAITO*, Kosuke YAMASHIRO**, Takaaki NAKASHIMA**
and Yasufumi IGARASHI***

This study aims to forecast what amount of economic effects the new Fukuoka City Subway Line 3 would induce on city center retail sector. The new Subway Line 3 connects the southwest part of suburban residential area to the city center retail district of Fukuoka. If residents in this area change their travel mode from bus to subway, they drastically can reduce their travel time to the city center from the present 40 or 50 minutes to the coming 20 minutes. The improvement of accessibility would increase their frequency of visits to the city center. We regard this phenomenon as the increase of travel demand to city center since for the residents along Subway Line 3, the relative price of city center goods declines as the generalized travel cost falls. Since the residents increase their frequency of visits, the number of visitors at the city center increases. Thus the turnover of city center retail sector must increase. This increase of turnover was estimated, regarded as the economic effects on city center retail sector induced by the new subway line. We call the above procedure as consumer behavior approach because all the estimation processes hinge on the predictive behavioral changes of consumers after the new subway line, i.e., policy is introduced.

To estimate the economic effect, most of traditional transport studies have relied on the user benefits accrued to the decrease of travel time caused by the introduction of new railway. While those previous studies are appropriate for estimating the net economic benefits it must not be so for our present purpose to estimate the economic effects on the retail sector at the restricted area such as city center.

Based on the above consumer behavioral approach, first we constructed two models: modal change and visit frequency models. Parameters of these two models are estimated from data obtained from the survey about consumer travel behavior that was conducted at the city center for respondents sampled from visitors there. We delineate the border of the residential tract whose inhabitants have the possibility to use the new subway line. The resulted tract contains divisions of 278 residential addresses. Using these two estimated models we forecast modal choice, frequency of visits to the city center, and expenditure at the city center by residents for each of 278 residential divisions and then sum them up. As a result, the amount of economic effects of the new subway line on the city center retail sector of Fukuoka City turns out to be 17.7 billion yen per year.

JEL Classification : D12, R41

Keywords : Economic Effects of Subway, City Center Retail Sector, Fukuoka, Consumer Behavior Approach, Visit Frequency Model, Modal Choice Model

* Director, Fukuoka University Institute of Quantitative Behavioral Informatics for City and Space Economy (FQBIC) ; Professor, Faculty of Economics, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, JAPAN

** Post Doctor, Fukuoka University Institute of Quantitative Behavioral Informatics for City and Space Economy (FQBIC), 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, JAPAN

*** Associate Professor, Faculty of Economics, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, JAPAN