

所要時間および料金の差に着目した 路線バスフィーダー輸送成立条件に関する研究

秋枝 隆浩¹・大枝 良直²・角 知憲³

¹学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: akieda@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 工博 九州大学大学院工学研究院 准教授 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: oeda@doc.kyushu-u.ac.jp

³フェロー 工博 九州大学大学院工学研究院 教授 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地)

E-mail: sumi@doc.kyushu-u.ac.jp

本論文は、路線バスの鉄道駅からのフィーダー輸送を考える際の基礎的資料として、郊外から都心部に向かう際、「路線バスのみを利用する場合」、及び「路線バスと鉄道との両方を乗り継いで利用する場合」、の2パターンの手段を比較し、フィーダー輸送の促進による効果が生じる条件を分析した。内容は、まずある地域から都心部までの所要時間をバスの遅延や鉄道駅の移動時間、乗り継ぎの待ち時間などを考慮しつつ算出し、次にそれを用いて途中で鉄道に乗り換えることによる短縮時間を算出した。さらに、「短縮時間と鉄道に乗り換える人の割合との関係」、また、「乗り継ぎによる増加料金と鉄道に乗り換える人の割合との関係」を分析し、フィーダー輸送の促進が効果的となる公共交通サービスの条件を分析したものである。

Key Words: Public Transportation System, Feeder transport, Time cost

1. はじめに

路線バスは路面電車や地下鉄などと共に、人々の足として各都市の発展に貢献してきた。しかし、近年自家用車の普及、モータリゼーションの進展、地方都市の少子高齢化、過疎化といった要因により、日本においては路線バスの利用者は減少する一方である。そのため不採算路線の減便・廃止が相次ぎ、運行している路線、およびバス事業者は赤字になっていることが多いという背景がある。そのため、地域住民の需要に合わせ、効率的な路線バスの運行について考える必要がある。

このような状況において、各路線バス事業者の中で利便性の高い路線の開発や観光目的に特化した路線の開発、バス同士の乗り継ぎ割引の導入や乗り放題の定期券の開発など、路線バスのサービスを上げ

る取り組みが行われている。さらに、路線バスに関する数多くの研究がなされており、日々結果や実績が蓄積されている。例えば荒井¹⁾らは、バス交通同士の乗り継ぎ抵抗を減らすにはどのような対策が効果的であるかについて考察している。秋田市南部において路線バス利用者アンケートを実施し、その結果から、乗り継ぎの所要時間の改善、乗り継ぎ割引の導入、バスの発車時間や現在地を示す電光掲示板のバス停への設置が効果的であることを示している。また、谷島²⁾らは、バスと鉄道の乗り継ぎ時間と、バス利用者の増減との関係を考察している。路線バスが鉄道駅までのフィーダー輸送として活用されている郊外地域、埼玉県日高地区においてアンケート調査を行い、その結果から、特に鉄道やバスの本数が少なく駅周辺に商業施設がない、乗り継ぎ抵抗の多い郊外地域においては、乗り継ぎ時間に関して利

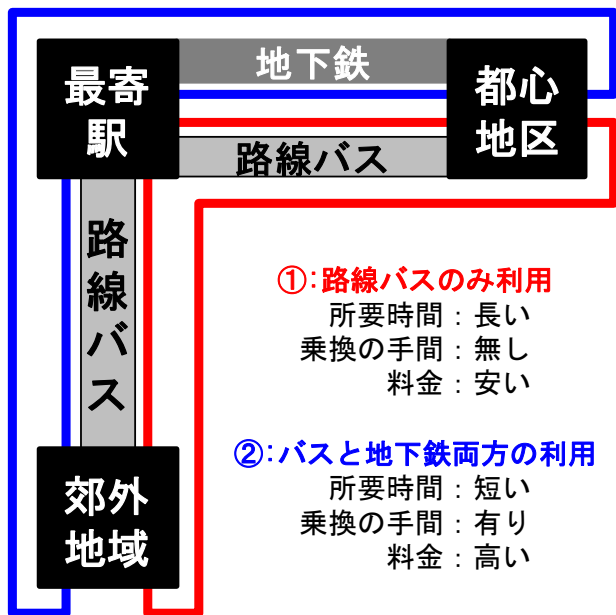


図-1 都心部への2種類のアクセス手段

ユーザーの意向を正確に把握した上でバスダイヤを調整することによって利用者の評価が向上することを示している。

しかし、鉄道と路線バスとの間に乗り継ぎ割引を導入している事例は少ない。また、郊外部から都心部へバス一本で行く場合と、途中で鉄道に乗り換えて都心部に向かう（前者に比べて所要時間は少ないが手間がかかり料金が余計にかかる）場合について比較した研究は見当たらない。さらに、バス事業者と鉄道事業者は異なる会社であって競合関係にある場合が多く、鉄道と路線バスの事業者が協力して両者をうまく使い分けることが難しい現状がある。福岡市においては都市高速道路を活用する路線バスが多く存在し、鉄道に乗り換えるほうが時間が余計にかかる地区も存在するが、都市高速経由の路線がなく鉄道利用で所要時間が短縮するその他の地区では、うまくバスと鉄道との棲み分けができてなく、日中はバスと鉄道が並走する区間では両者とも利用者が少なく非効率となっている現状がある。

そこで、本研究では路線バスの、鉄道駅からのフィーダー輸送を効率的に行うことによる利点を実証する基礎的段階として、「路線バスのみの利用」から「路線バスと地下鉄両方の利用」に変えた場合の、都心部までの短縮される所要時間と、途中で鉄道に乗り換える人の割合について分析し、どのような地区条件だったらフィーダー輸送がうまく機能するかについて明らかにすることを目的としている。その後は、バスと鉄道との間に乗り継ぎ割引を導入し、都心部までの運賃が鉄道に乗り換えても同じになる

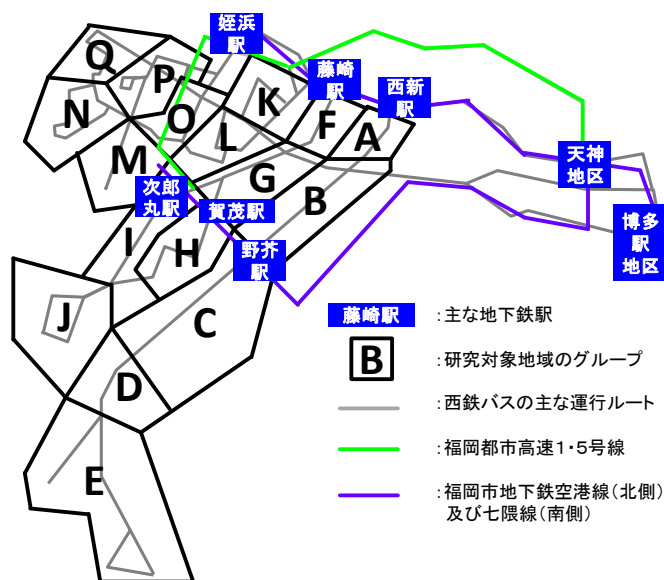


図-2 研究対象地域の概略とグループ分け

ようにした場合、鉄道に乗り換える人の割合がどう変化するかについて分析し、それに基づいたバスダイヤを実施することによりバス事業者及び鉄道事業者、利用者にとどの程度の利点が生じるかについて明らかにする。

2. 短縮所要時間の算出

(1) 研究対象地域の選定

本研究では、都心部へのアクセスとして「路線バスのみの利用」と「路線バスと地下鉄両方の利用」の、図-1に示す二つの手段を比較するため、この二種類の手段がある地区を探し、福岡市早良区中部および西区東部を研究対象とした(図-2参照)。なお、対象地域を路線バスのサービスの違いによって分け、図-2のようにA~Qの17の地区に区分した。この地域、特に西区東部(図-2のM~Qの地区)は最近ベッドタウンとして開発が進んでおり、西日本鉄道により都心部へ直通する路線バスが多く運転されている。また、西区・早良区北部(図-2の藤崎駅・姪浜駅付近)では1981年度より福岡市交通局により地下鉄空港線が運転されており、2005年度春には中南部に地下鉄七隈線が開通し、地下鉄に乗り換えることによって都心部への所要時間を短縮することが可能となっている。

現在、地下鉄七隈線においては利用者が予測より低迷し黒字化が難しくなっているため、地下鉄七隈線の有効活用を考え、利用者を増やすことを考える必要がある。

(2) 路線バスのみを用いた場合の所要時間 T_{B+B}

路線バスの特徴として、特に都心部を走行する場合は道路の混雑状況によって遅延することが挙げられる。また、通勤ラッシュ時間帯（朝 7:00-9:00 の都心方面）および帰宅ラッシュ時間帯（夕 16:00-20:00 の郊外方面）においては交通量が多いため、もともと所要時間が通常時間帯に比べて長く定められている上に遅延する時間も通常時間よりも長くなっている。そのため、バスを利用した場合の都心部への所要時間は「日中のダイヤ上でのバス所要時間」 T_{b+b} と「路線バス遅延時間」 λ_a 、「ラッシュ時間帯のダイヤ上のバス所要時間増加分」 λ_b の和で与えられ、(1) 式のように表わされる。

$$T_{B+B} = T_{b+b} + \lambda_a + \lambda_b \quad (1)$$

T_{B+B} : バスのみで都心部に向かう際の所要時間 (分)

T_{b+b} : 日中のダイヤ上での都心部までのバス所要時間 (分)

λ_a : 路線バス遅延時間 (分)

λ_b : ラッシュ時間帯のダイヤ上のバス所要時間増加分 (分)

通常時の所要時間 T_{b+b} およびラッシュ時との所要時間の差 λ_b は時刻表を用いて地域ごとに調査した。また、バスの遅延時間 λ_a については時間帯及び運行経路によって異なってくる。この値に関しては、西鉄バスを日常的に利用している学生数人から聞き取り調査を行い、以下表-1 に示すように定めた。

表-1 バス遅延時間 λ_a の値

時間帯	λ_a (分)
通常時間帯	3
通勤ラッシュ (朝・上り)	5
帰宅ラッシュ (夕・下り)	5
帰宅ラッシュ (夕・下り・渡辺通及び国体道路を経由する場合)	8

(3) バスと地下鉄を乗り継ぐ場合の所要時間 T_{B+R}

バスと地下鉄を乗り継ぐ場合、バス停と駅のホームとの間との移動が必要であり、所要時間が増加する。(利用者は IC カードを利用してバス及び地下鉄を利用することを前提とし、切符を買う時間は 0 分と仮定する。) また、乗り継ぐ際の待ち時間があるので、これについても考慮する必要がある。ここでは、都心方面は地下鉄、郊外方面は路線バスの運行間隔を調べ、運行間隔の半分の時間を平均待ち時間とする。以上のことを考慮して、バスと地下鉄を乗り継

いだ場合の都心部への所要時間は「日中のダイヤ上での最寄り駅までのバス所要時間」 T_b と「ダイヤ上での地下鉄所要時間」 T_r 、「バス停と駅ホームとの移動時間」 λ_c 、「バスと地下鉄を乗り継ぐ際の平均待ち時間」 λ_d の和で与えられ、(2) 式のように表わされる。

$$T_{B+R} = T_b + T_r + \lambda_c + \lambda_d \quad (2)$$

T_{B+R} : バスと地下鉄を乗り継いで都心部に向かう際の所要時間 (分)

T_b : 日中のダイヤ上での最寄り駅までのバス所要時間 (分)

T_r : ダイヤ上での地下鉄所要時間 (分)

λ_c : バス停と駅ホームとの移動時間 (分)

λ_d : バスと地下鉄を乗り継ぐ際の平均待ち時間 (分)

(4) 地下鉄に乗り継いだ場合に短縮できる時間 T_d

地下鉄に乗り継いだ場合のメリットとなる、短縮時間に関しては、(1) 式および(2) 式との差をとることにより、(3) 式のように表わされる。

$$T_d = T_{B+B} - T_{B+R} \quad (3)$$

T_d : 地下鉄に乗り継いだ場合の短縮時間 (分)

表-2 地下鉄乗継による短縮時間 T_d の値

			上り				下り			
			天神		博多		天神		博多	
地域	最寄駅	主な地区	通常	ラッシュ	通常	ラッシュ	通常	ラッシュ	通常	ラッシュ
A	西新	祖原	9	12	16	19	8	12	13	19
B	西新	飯倉	4	8	6	14	3	11	5	11
C	野芥	野芥	8	14	6	14	10	23	4	16
D	野芥	東入部	12	16	6	14	12	21	2	14
E	野芥	内野	12	16	6	14	7	18	-3	11
F	藤崎	弥生	6	15	16	25	8	14	20	25
G	藤崎	原	4	10	8	11	4	14	6	16
H	賀茂	田隈	5	12	8	11	5	13	0	15
I	次郎丸	次郎丸	1	10	6	14	1	9	4	12
J	次郎丸	金武	2	9	4	13	-1	7	-1	12
K	藤崎	室見団地	-3	3	5	10	3	8	9	17
L	藤崎	室住団地	-3	3	5	10	-4	3	2	12
M	姪浜	野方	1	8	9	16	2	8	-	-
N	姪浜	生松台	-4	5	3	6	-1	4	8	6
O	姪浜	橋本	-6	0	2	2	-3	2	9	-2
P	姪浜	拾六町	-5	1	3	3	-5	2	13	-1
Q	姪浜	ウエストビルズ	-5	2	2	8	0	5	8	14

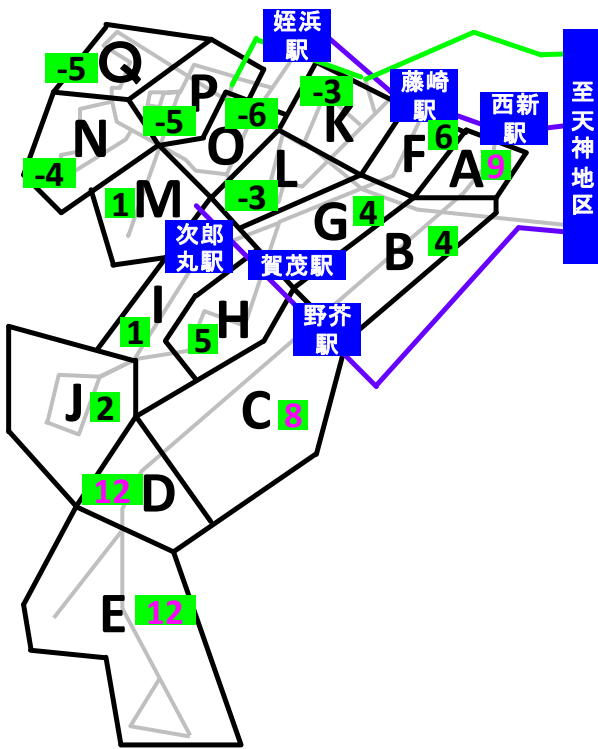


図-3 地下鉄による短縮時間 T_d の値
(上り・日中・天神方面)

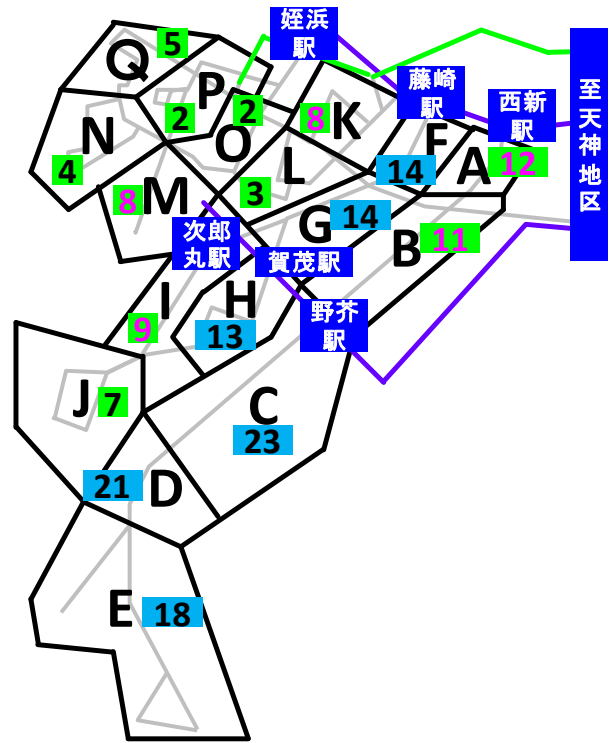


図-4 地下鉄による短縮時間 T_d の値
(下り・帰宅ラッシュ・天神方面)

(5) 地下鉄による短縮時間 T_d の実測値

地下鉄に乗り継いだ場合の短縮時間をまとめると表-2 のようになった。求める際には地域ごとに分けただけでなく、都心方面（上り）と郊外方面（下り）、天神方面および博多駅方面、日中時間帯とラッシュ時間帯（朝 7:00-9:00 の都心方面、夕 16:00-20:00 の郊外方面）に分けて求めた。

値が負の場合は地下鉄に乗り換えるとかえって所要時間が増えることを示している。 T_d の値は地下鉄に乗る区間の割合が長い博多駅地区方面のほうが大きくなる傾向がある。また、朝・帰宅ラッシュ時間帯に関しても値が大きくなる傾向がある。これは、ラッシュ時間帯は道路混雑により都心部を通行する際の路線バスの遅延時間が長くなること、一方で鉄道駅における地下鉄と路線バスの運行本数が通常時間帯に比べて増えることによって待ち時間が減ることが背景にある。

さらに、地区ごとによる違いを見るために、 T_d の値のうち「上り・郊外→天神方面・通常時間帯」および「下り・天神→郊外方面・帰宅ラッシュ時間帯」に関して地区ごとに示すと図-3 および図-4 に示すようになった。

T_d の値はおおむね正の値となるが、地域ごとにみると、都市高速道路を通行する路線バスが一

日中多数運行されている地区（図-3・4 の K～Q の地域）では値が小さく、場合によっては負の値となっている場合もある。これにより、ラッシュ時間帯を除くと、都市高速道路を活用した路線を設定できる地理的条件である場合、都心方面直通バスを運行したほうが鉄道に乗り換える場合よりもメリットが大きいことが言える。しかし、都市高速道路を活用した路線バスが運行されている地域、都市高速道路を経由することによって大きなメリットとなる地域は日本国内において他に例が少ないため、多くの場合は地下鉄に乗り換えることによる効果が期待できる。また、地下鉄と並走する区間がある地域（図-3・4 の A・F の地域、全てのバスが地下鉄駅を経由する）は値が大きくなる傾向がある。さらに、C～E までの早良区南部の地区の値も大きくなる傾向があるが、これに関しては北部から野芥駅を通過し C～E の南部方面に向かうバスが比較的多く運行されていて乗り継ぐ際の待ち時間が少ないことが背景として考えられる。

これから、今求めた「地下鉄乗り継ぎによる短縮時間」と、「バスを用いて都心部へ向かう利用者に占める、地下鉄に途中で乗り換える利用者の割合」との関係について分析する。

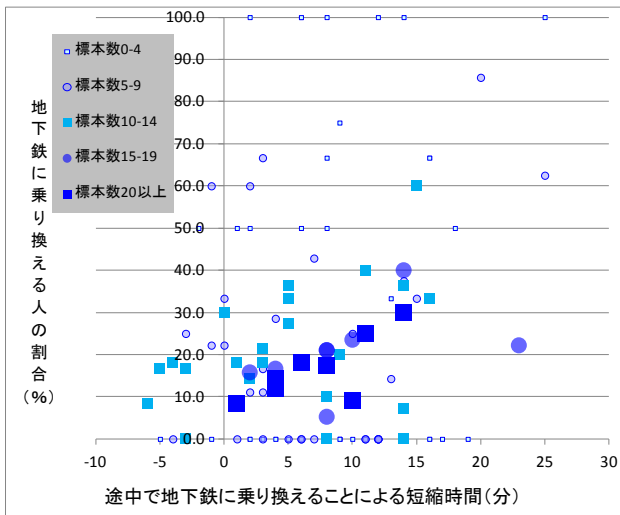


図-5 バスと地下鉄両方を乗り継いで利用している人の割合（集約前）

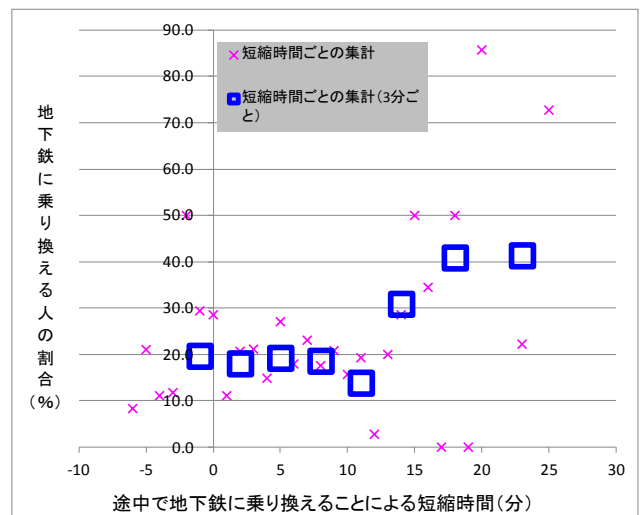


図-6 バスと地下鉄両方を乗り継いで利用している人の割合（集約後）

3. 地下鉄乗り換えによる短縮時間と地下鉄を乗り継ぐ利用者割合との関係

(1) 公共交通機関の利用者のデータ

都心部へのアクセス手段としては、車利用や自転車と鉄道との乗換など多様な手段があるが、本研究ではそのうち「路線バスのみの利用」と「路線バスと地下鉄との乗り継ぎ」の、二つの手段に着目している。この二つの手段の利用者数の計測については2005年度に行われた「第4回北部九州パーソントリップ調査」のデータを用いた。

第4回北部九州パーソントリップ調査は2005年10月～2006年1月までの火・水・木に実施され（年末年始を除く）、福岡市民のデータは58815人含まれていた。

(2) 公共交通機関利用者に占める、地下鉄乗り継ぎ利用者の割合

AからQまでの区域ごとに公共交通機関を用いて天神・博多駅地区に出かけた人のデータを絞り、上に挙げた二つの手段の利用者をそれぞれ数えた。このうち「バスと地下鉄を乗り継いで利用」の人数を公共交通機関を用いて都心部に向かった人数で割り、地区ごとに「バスと地下鉄を乗り継いで利用」している人の割合を求めた。

この割合を縦軸、地下鉄に乗り継ぐことによる短縮時間（各地区・各時間帯・都心郊外方面別）を横軸にとってグラフ化すると図-5のようになった。ただ、図-5を見ると分かるように、ある程度データがある地域は相関がみられる一方でデータが少ない地

域ではバラバラになっている。そこで、地下鉄乗り継ぎによる短縮時間ごとに集約し、さらに短縮時間を3分ごとに分け集約して、それぞれをグラフに示すと図-6のようになった。

前者（図-6 赤×印）に関してはやはりデータの量が少ない部分があって少しばらつきが見られ、相関係数は0.38であったが、3分ごとに集約した後者（図-6 青□印）に関してはばらつきが収まり、相関係数も0.82となった。

以上の結果から、地下鉄による短縮時間が12分以下の場合には地下鉄に乗り換える人の割合は20%程度で一定、13分を超えると割合が増加し、20分程度になると40%程度まで到達することが明らかになった。

4. 地下鉄乗り継ぎによる追加料金と地下鉄を乗り継ぐ利用者の割合との関係

図-6の結果は、地下鉄に乗り換える際に移動する手間だけでなく料金も余計にかかる前提である。よって、地下鉄に乗り換えても都心部までの料金が変わらない条件であれば地下鉄に乗り換える人の割合はもっと高くなると考えられる。実際図-7に示すように、バスサービスの要望の中に鉄道との乗り継ぎに関する項目が4つあるが、そのうち「鉄道との乗り継ぎ割引を行う」という要望の割合が最も大きい。そこで、この、「バスと地下鉄との乗り継ぎによる追加料金」と「地下鉄乗り継ぎ利用者の割合」との関係を見てみた。

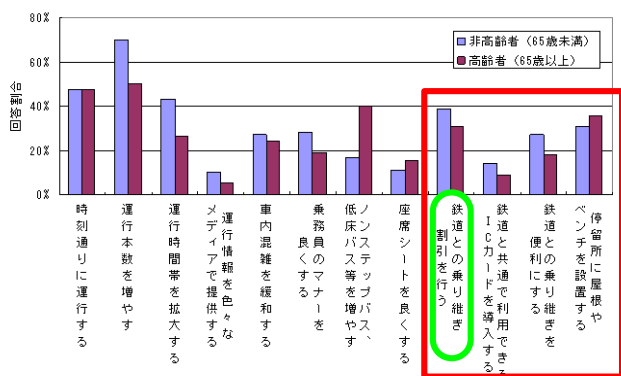


図-7 千里ニュータウンにおけるバスサービス要望項目³⁾

乗り継ぎによる追加料金を 10 円単位でグラフに示すとデータが極端に少ない要素があったため、20 円単位で集計して横軸とし、地下鉄との乗り継ぎ利用者の割合を縦軸にとると右上の図-8 のようになった。

この結果より、地下鉄への乗り継ぎによる追加料金が少ない (10 円~30 円) 場合は乗り継ぎ利用者の割合が大きく、50 円を超えると高くなるにつれて乗り継ぎ利用者の割合が低くなり、100 円以上になると 20%程度まで下がっている。

この結果より、追加料金が地下鉄乗り継ぎ利用者の割合を低くする要因になっていることが言えた。よって、鉄道と路線バスとの乗り継ぎ割引を実施することによって図-6 の結果はもっと大きな割合に変化すると考えられる。

5. おわりに

本研究ではフィーダー輸送を効率的に行うことによる利点を実証する基礎的段階として、「路線バスのみの利用」から「路線バスと地下鉄両方の利用」に変えた場合の、都心部までの短縮される所要時間と、途中で鉄道に乗り換える人の割合について分析し、どのような公共交通サービスの条件だったらフィーダー輸送がうまく機能するかについて考察した。結果、地下鉄乗り継ぎによる短縮時間に応じて、途中で地下鉄に乗り換える人の割合が変化し、12 分以下の場合は 20%程度で一定、13 分を超えると増加し、20 分程度になると 40%に到達することが明らかになった。よって、地下鉄乗り継ぎにより短縮できる時間が 12 分以下の地域・時間帯では都心部直通バスを多く運行し、13 分以上の地域・時間帯の場合はバ

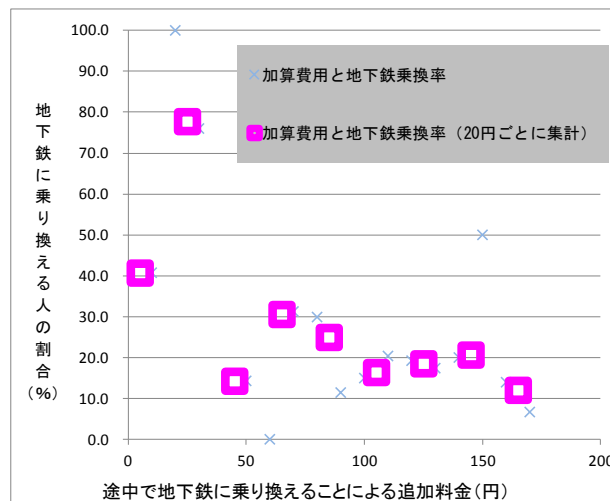


図-8 バスと地下鉄両方を乗り継いで利用している人の割合 (追加料金20円単位)

スと鉄道との乗り継ぎのサービスを良くし、都心方面への直通バスを減らし、駅から郊外を結ぶバスを増やすほうが効率がいいことを示すことができた。

今後は本研究の地域、もしくは路線バスと最寄り駅から都心を結ぶ鉄道の事業者が同一である福岡市南区西部・南部や那珂川町・春日市北部において、鉄道とバスとの乗り継ぎ割引の実施 (都心部へバスで向かって鉄道に乗り換えて向かって同じ金額になるようにする) によって鉄道に乗り継ぐ人の割合がどのくらい増加するかをアンケートによって調査し、それに基づくバスダイヤにした場合、事業者および利用者にとどのくらいの便益が生じるかについて分析する予定である。

参考文献

- 1) 荒井誠, 木村一裕: バス交通の乗り継ぎ抵抗に関する研究, 2006 年度土木学会東北支部技術研究発表会
- 2) 谷島賢, 坂本邦宏, 船戸諒子, 鈴木健一, 久保田尚: 郊外地域における路線バスと鉄道の接続時間に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol. 38, No.106, 2008.
- 3) 平成 17 年度大都市交通センサス 解析結果

(2012.8.2 受付)