

公共輸送機関の経路探索が非集計交通機関選択モデルに及ぼす影響

Effects of the Level-of-Service Measured by the Public Transport Network
on the Specification of Disaggregate Mode Choice Models

杉恵 頼寧*・薬師寺 聡**

By Yoriyasu SUGIE and Satoshi YAKUSHIJI

The paper is concerned with the aggregation bias of the LOS provided by network measurements and its effects on the specification of disaggregate modal choice models. Five LOS calculated by different minimum indices including travel time, cost, transfer times, and generalised cost in public transport network are compared with the individual LOS given by attitude survey. The LOS coded by each minimum index is significantly different and the coded measurements by the minimum travel time with transfer penalty are superior to other ones in terms of estimation accuracy. The difference of LOS affects the specification of BL models less significantly, but the aggregation bias of LOS has an important effect on the model accuracy as compared with the ones specified by individual perceived LOS.

1 はじめに

近年非集計行動モデルの普及とともに各交通機関の正確なサービス指標が必要になり、現実のサービス指標に近い値を算出することが精度の高いモデルを構築する上で必須の条件となっている。サービス指標の算出方法はいくつかあるが、都市圏規模の交通政策を評価する場合、一人一人のデータを手作業で設定するのは到底無理で、ネットワークを構成して電子計算機で機械的に計算せざるを得ない。ところが、電子計算機でサービス指標を算出するためには、都市圏のゾーンニングを行い、交通機関別のネットワークを作成して経路探索を行わなくてはならない。これによって得られるサービス指標はゾーン

間の平均値であり、このサービス指標を用いて非集計レベルのモデル構築を行うと集計バイアスが生じる¹⁾。そこで、これに関していくつか実証的な研究が行われている。Talvitie等はトリップの軌跡をたどって個人ごとに作成した計測値とネットワークによる計算値から非集計モデルを構築し、両者のモデルには差があり、適合度は前者の方が優れていることを明らかにしている²⁾。Train はアクセス、エグレス時間に対してゾーンの大きさによるバイアスをバス停までの直線距離で修正し、非集計モデルを構築したが、モデルの適合度はほとんど上昇しなかったことを報告している³⁾。Ortuzar 等は時間帯を考慮してサービス指標を修正することによってモデルの適合度が若干改善されることを示している⁴⁾。

しかし、これらの既存の研究はいずれもネットワークによる計算値そのものは問題にしていない。ネットワークを作成して最短経路探索によるサービス

* 正会員 工博 広島大学助教授 工学部第四類
(建設系) (〒724 東広島市西条町下見)

** 正会員 工修 広島県庄原市土木建築事務所
(〒727 庄原市本町新庄家131-1)

指標を設定することは、乗用車の場合比較的簡単であるが、公共輸送機関の場合、多くの交通機関が含まれているようなわが国の大都市圏ではその経路探索そのものが容易ではない。そこで、本研究は公共輸送機関の経路探索そのものを問題にし、その経路探索の違いによってサービス指標にどのような差が生じるかまず明らかにし、その違いがモデルにどの程度バイアスを生じさせるか意識調査のデータを用いたモデルと比較検討してみる。それによって、ネットワークによるサービス指標の設定方法の問題点を明らかにするとともに、モデルの適用範囲についても言及する。

2 公共輸送機関の経路探索の適合度

道路網の経路探索は1957年のMoore, Dantzig以降多くのアルゴリズムが開発されているが⁵⁾、公共輸送機関の経路探索のアルゴリズムはまだ非集計レベルに適用できるほど精緻なものは提案されていない。その理由の一つとしては、公共輸送機関の中心となるバスには路線系統があり、また運行間隔も各時間帯によって大きく異なるので、経路探索のアルゴリズムが非常に複雑になることである。その他に経路探索の最適基準として所要時間、コスト、乗換回数あるいはその組合せがあり、組合せの場合は各指標の重みをどの程度にすればよいか問題になる。そこで、本研究ではまず公共輸送機関のサービス指標を電子計算機で計算する場合、経路探索の最適基準を何にとればよいかということとそのサービス指標および経路が実際の値とどの程度適合しているか検討してみることにする。

経路探索の方法は英国の旧RRL法を基本とし⁶⁾、路線系統を考慮したアルゴリズムを新しく開発した。この方法だと経路探索の途中、経路の組合せおよびその比較が膨大になってしまうので、計算時間を短縮する工夫をいくつか行った⁷⁾。最適基準はまず上記3指標で行った。対象地域は広島都市圏で、昭和54年実施された「公共旅客輸送機関整備基本計画策定調査」の際作成された発生集中ゾーン126、ノード500、リンク600、路線系統70のネットワークを基本として⁸⁾、路線系統、運行間隔を再調査して精度を高めた。

経路探索の結果が現実の値とどの程度適合してい

るかどうかは現実の値が実際の所入手不可能なので、昭和54年に上記基本計画策定の際実施された「交通問題に関する意識調査」の結果を用いることにする。同調査は通勤交通を対象にし、通常利用している交通機関とその代替となる交通機関のサービス指標を細かくアンケート調査している。

交通機関を乗用車と公共輸送機関（鉄道、バス、路面電車）の2種に分け、同調査では広島都市圏に通勤する5,083人分のデータが回収された。しかし、このデータ全てがモデル構築に利用可能ではなく、通常利用している交通機関以外を利用したことのない人、広島都市圏外に通勤している人を除くと4,440となり、その内訳を示すと表-1のようになる。サービス指標の回答が不完全なデータとしては、サービス指標の一部が回答されていないもの（Ⅰ）、代替交通機関のサービス指標を全然回答していないもの（Ⅱ、Ⅳ）、非論理的な回答をしているもの（Ⅴ）があり、これらを合わせると2,044となり全体の46%となる。ただし、乗用車を利用できないと答えている人（Ⅲ）が663あり、これを差引くと1,381(31%)の人が不完全な回答をしていることになる。残りの2,396(54%)は両交通機関のサービス指標が完全にそろっているので、調査データのみからモデル構築が可能である。なお、非論理的なデータの基準は、広島都市圏での通勤の実態から勘案して経験的

表-1 利用可能な調査データの内訳

総 サ ン プ ル		4440 (100%)
Ⅰ	サービス指標の一部が欠けている	360 (8.1)
Ⅱ	乗用車が代替でそのサービス指標が無回答	924 (20.8)
Ⅲ	Ⅱのデータのうち利用可能な車がない	663 (14.9)
Ⅳ	公共輸送機関が代替でそのサービス指標が無回答	687 (15.5)
Ⅴ	サービス指標の一部が非論理的	73 (1.6)
Ⅵ	両交通機関のサービス指標を非論理性がなく完全に回答	2396 (54.0)
Ⅶ	経路探索の計算値を用いてモデルの構築が可能	3557 (80.1)

() 内は総サンプル数に占める割合

に定めた。

公共輸送機関の経路探索の結果が実態にどの程度適合しているか調べるためには、個人ごとに実際の値が必要になるが、その値を入手することは非常に困難である。そこで、通常通勤に利用している交通機関のサービス指標の回答値の信頼性は比較的高いことが同調査結果を用いた従来の研究で実証されているので⁹⁾、この値と経路探索の結果を比較してみる。データ数は通常公共輸送機関を利用している743個である。ここで経路探索の最適基準として所要時間最小をA、乗換回数最小で乗換回数が同じならば所要時間最小をB、コスト（料金）最小をCとして、これらの計算結果と意識調査の回答値の相関係数および平均値をサービス指標ごとに比較すると表-2のようになる（D、Eについては後述）。

サービス指標は同調査で得られた7項目とし、それぞれの相関係数をA、B、Cごとに比較するとあまり大きな差は見られないようである。サービス指標間では、総所要時間、乗車時間、コストの相関係数は比較的高いが、アクセス、エグレス時間の相関は全くないと言ってよい。これはネットワークのアクセス、エグレスリンクの所要時間がゾーン重心から最寄りのバス停または駅までの道路距離を平均徒歩速度で割った値になっており、同一ゾーンから同じゾーンに通勤する人は全て計算値は同じ値になるためである。運行間隔も相関係数が低くなっているが、これは通勤者の通勤時間帯にバラツキがあるにもかかわらず計算では一つの値しか出力していないためである。乗換回数はそのほとんどが0回と1回であり、その変動が小さいためと考えられる。

平均値の方は相関係数の低かった指標を除いて相

互にかなり大きな差が見られ、経路探索の違いによって経路が大幅に異なってくるものと想定される。

以上いずれも経路探索による計算値の方はゾーン間の平均値を用いたことによって集計バイアスが生じていると考えられるので、それを具体的に明らかにするために同一駅間の調査値の変動係数を示すと表-3のようになる。サービス指標としては乗車時間、運行間隔、運賃を用いた。やはり運賃が一番変動係数が小さい。本来、この値は時間変動がないため0となるべき所であるが、個人の認識値に若干の差のあることがわかる。実績（通常利用している交通機関）と代替の比較では、実績の方の値が小さくなっており、実績の方の信頼性が高いことを示している。運行間隔の変動係数が一番大きくなっているのは、主に通勤時間帯によって変動が大きいためであり、代替の方が必ずしもあまり大きくないことは、個人の両者に対する認識値の差よりも実際の変動の方がはるかに大きいためと考えられる。乗車時間は上記2指標の中間に位置し、交通機関別に変動係数に大きく差が出ていないことが特徴となっている。

つぎに、ゾーンニングの影響を調べるために、同

表-3 同一駅間を通勤する人のサービス指標の変動

交通機関		駅間での変動係数の平均値(%)			同一駅間数	サンプル数
		乗車時間	運行間隔	運賃		
国鉄	実績	1.7	4.4	1.0	2.2	203
	代替	2.4	3.7	1.6	3.8	343
宮島線 路電	実績	2.0	4.1	3	8	41
	代替	2.0	4.3	7	2.3	109
バス	実績	1.8	4.9	5	2.8	142
	代替	2.5	4.5	9	9.2	472
全体	実績	1.8	4.6	7	5.6	386
	代替	2.4	4.2	1.1	15.3	924

表-2 計算値と調査値の相関係数と平均値

サービス指標	相 関 係 数					平 均 値					
	A	B	C	D	E	調査値	A	B	C	D	E
総所要時間 (分)	0.749	0.725	0.721	0.748	0.750	53.5	54.7	57.6	61.9	55.3	55.4
乗車時間 (分)	0.721	0.675	0.717	0.728	0.731	36.5	29.4	33.6	34.3	30.7	29.5
コスト (円)	0.781	0.808	0.787	0.813	0.821	205	211	200	181	201	197
乗換回数 (回)	0.531	0.465	0.505	0.596	0.548	0.37	0.58	0.27	0.46	0.40	0.47
運行間隔 (分)	0.311	0.357	0.166	0.374	0.315	17.5	16.1	15.2	14.7	15.4	15.9
アクセス時間 (分)	-0.040	-0.032	-0.009	-0.020	-0.035	7.1	5.7	5.6	5.4	5.5	5.6
エグレス時間 (分)	0.100	0.045	0.025	0.040	0.050	6.5	6.4	7.2	7.4	7.1	7.0

注) N=743 A:時間最小 B:乗換回数最小 C:コスト最小 D:時間最小(乗換抵抗) E:一般化コスト最小

一ゾーンを通勤している人の実績交通機関のサービス指標別変動係数の平均値を示すと表-4のようになる。ここでゾーン間に一定数以上通勤者のいるゾーンペアを取りあげ、乗用車と公共輸送機関を比較するために同程度の数とした。総所要時間の比較では乗用車の方の変動係数が大きくなっており、道路混雑の時間帯の影響がより大きく現れているものと考えられる。公共輸送機関の乗車時間、コスト、運行間隔の変動係数はいずれも表-3の平均値よりも大きくなっており、ゾーン間平均値を用いることの集計バイアスが生じている。アクセス時間とエグレス時間は運行間隔と同程度の変動係数となっており、ゾーンの集計バイアスが最も大きく現れている。

さらに、最小化指標A、B、Cによってどの程度経路が異なってくるかということと実際の経路にどの程度適合するか検討してみる。実際の経路はわからないので、やはり先の意識調査の実績回答結果と比較する。その比較は全て手作業で行うが、先のデータ数では作業が膨大になるので、データをランダムに300に減らした。調査では直接経路について質問を行っているわけではないので、質問した乗降駅、乗換駅、バス停、電停、利用交通機関から経路を類推して比較した。そこで、乗換回数、途中利用した交通機関の組合せ、経路（乗降駅、乗換地点、バス停）がどの程度一致しているか比較してみると表-5のようになる。乗換最小が乗換回数、交通機関組合せ、経路いずれも的中率が高くなっている。それでも経路的中率は50%以下で必ずしも高いとはいえない（D、Eについては後述）。

経路的中部分の重なり具合を3最小化指標で比較すると図-1のようになる。A、B、Cのいずれの方法でも的中したのは78で全体の26%であり、やはりどの手法を採用するかは重要となる。逆にA、B、Cのいずれかが的中するものは175(58.3%)で、残りの125は的中しないことがわかる。またCのみしか的中しないのが17あり、3手法の中で一番多い。

乗換回数最小にすると遠回りして現実の経路と大幅に異なる場合が生じる。表-2から調査値の平均値よりかなり乗換回数が少なくなっていることがわかる。そこで、時間最小に加えて乗換抵抗を設定した方がより現実に近い経路が得られるものと想定される。乗換抵抗をいくつか設定し、乗換回数の計算

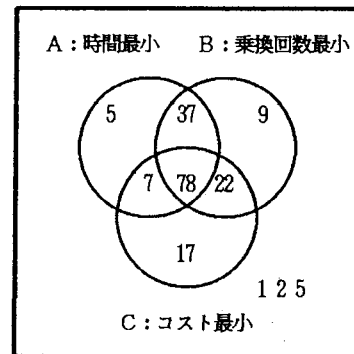
表-4 同一ODゾーン間を通勤する人のサービス指標の変動

サービス指標		C. V. (%)	C.V.: OD間の変動係数の平均値
車	総所要時間	3.3	OD数
	乗車時間	2.6	
公	総所要時間	2.0	乗用車 65
	乗車時間	2.6	
共	コスト	1.6	公共 63
	運行間隔	5.5	
輸	アクセス時間	5.2	データ数
	エグレス時間	5.7	
送	乗車時間	2.6	乗用車 341
	コスト	1.6	
機	運行間隔	5.5	公共 359
	アクセス時間	5.2	
関	乗車時間	2.6	
	コスト	1.6	

表-5 計算経路的中率

最適指標	乗換回数	交通機関組合せ	経路(利用駅)
時間最小 A	66.7 % (200)	48.7 % (146)	42.3 % (127)
乗換回数最小 B	76.7 % (230)	56.3 % (169)	48.7 % (146)
コスト最小 C	73.3 % (220)	51.3 % (154)	41.3 % (124)
時間最小(乗換抵抗) D	77.3 % (232)	56.0 % (168)	48.7 % (146)
一般化コスト最小 E	73.0 % (219)	54.7 % (164)	46.3 % (139)

注) () 内は的中サンプル数 N=300



注) 円内が一致した数 N=300

図-1 最適指標と的中数の関係

値と調査値の相関係数を比較すると10分の時が0.596と最も高く、乗換回数も232が的中し、乗換抵抗が無制限大Bに対してわずかながら良くなっている。乗換回数の平均値も0.4となり、調査値とかなり近似した値が得られた。つぎに、時間価値を別途11.4

円／分と求め、時間とコストを合わせた一般化費用最小で経路探索を行い、経路の適合度を求めると139の経路が的中し、コスト最小よりも大幅に適合度が改善されたが、乗換回数最小よりも適合度は悪かった。これらの結果はいずれも表-2、表-5にD、Eとして示されている。

3 最小化指標の違いによるモデルの比較

前節では5つの最小化指標を用いて経路探索を行い、その経路のサービス指標を比較するとそれらの間には大きな差のあることがわかった。本節ではこれらの指標を用いて2項選択のロジットモデルによる非集計交通機関選択モデルの構築を行い、経路探索の違いがモデルのパラメータおよび適合度にどのような影響を及ぼすか先の調査結果のデータを用いて検討する。なお乗用車の経路は時間最小を用いた。

モデルの説明変数は6つのサービス指標および通勤先と乗用車の有無の2つの個人属性を加えた2種のモデルで比較してみる。通勤先の変数は通勤先が都心部にあると1、それ以外は0のダミー変数とした。乗用車の有無は乗用車が利用可能ならば1、不

可能ならば0のダミー変数とした。5つのモデルを比較する場合、真のサービス指標を用いたモデルと比較すべきであるが、真のサービス指標が不明なので、先の調査で得られたデータのうち両交通機関のサービス指標を答えており、かつ論理チェックに合格した2,396のデータを用いる(表-1参照)。このうち公共輸送機関を実績とするものは758(31.6%)である。この調査データを用いてモデルのパラメータおよび適合度を計算すると表-6のS1、S2のモデルのようになる。S1はサービス指標のみ用いたものであり(タイプ1)、S2はそれに個人属性を加えたものである(タイプ2)。いずれもパラメータの符号の論理性は満足している。t値についてはモデルS2の乗換回数のみが5%の危険率で有意となっていない。モデルの適合度を示す的中率、 $\bar{\rho}^2$ 、 χ^2 値ともモデルS2の方がはるかに高くなっており、個人属性の寄与率の大きいことがわかる。

経路探索によって得られたサービス指標の計算値はゾーン内の値が得られないため、それを除くと利用できるデータは2,310となった。そのうち公共輸送機関の利用者は740(32.0%)である。これらのデー

表-6 公共輸送機関の経路探索の最小化指標別モデルのパラメータと適合度

モデル	調査値		時間最小		乗換最小		コスト最小		時間最小(乗換抵抗)		一般化コスト最小	
	S1	S2	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2
定数項	-0.105	0.758	-0.167	**0.611	-0.108	**0.637	*-0.222	**0.517	-0.135	**0.615	-0.172	**0.592
通勤先 ダミー		0.582 (10.3)		0.526 (8.06)		0.537 (8.73)		0.569 (9.57)		0.529 (8.22)		0.532 (8.31)
車の有無 ダミー		-1.412 (16.7)		-1.383 (16.3)		-1.385 (16.3)		-1.384 (16.3)		-1.386 (16.3)		-1.391 (16.4)
乗車時間 (分)	-0.0124 (8.89)	-0.0131 (8.33)	-0.0126 (5.73)	-0.0092 (3.67)	-0.0080 (4.57)	-0.0082 (4.22)	-0.0064 (3.43)	-0.0061 (2.98)	-0.0126 (5.95)	-0.0099 (4.14)	-0.0131 (5.99)	-0.0103 (4.19)
コスト差 (千円)	-1.103 (12.1)	-1.000 (9.89)	-1.127 (11.6)	-1.031 (8.59)	-1.187 (12.0)	-1.077 (8.76)	-1.244 (12.6)	-1.106 (9.18)	-1.156 (11.8)	-1.053 (8.62)	-1.158 (11.8)	-1.060 (8.71)
乗換回数 (回)	-0.119 (2.67)	-0.0621 (1.23)	-0.169 (5.02)	-0.105 (2.80)	-0.337 (6.76)	-0.159 (2.71)	-0.217 (5.66)	-0.0831 (1.93)	-0.237 (5.65)	-0.134 (2.80)	-0.224 (5.82)	-0.143 (3.30)
運行間隔 (分)	-0.0081 (5.82)	-0.0049 (3.15)	-0.0053 (2.71)	-0.0029 (1.42)	-0.0081 (3.13)	-0.0049 (1.90)	-0.0054 (2.60)	-0.0019 (0.92)	-0.0080 (3.22)	-0.0051 (2.00)	-0.0062 (3.01)	-0.0041 (1.89)
アクセス時間差 (分)	-0.0166 (3.61)	-0.0133 (2.59)	*0.0032 (0.44)	*0.0009 (0.11)	-0.0057 (0.80)	-0.0019 (0.23)	-0.0010 (0.14)	*0.0003 (0.04)	0.0006 (0.09)	*0.0015 (0.18)	0.0029 (0.41)	*0.0032 (0.39)
エgress時間差 (分)	-0.0168 (4.23)	-0.0185 (4.01)	-0.0458 (7.88)	-0.0180 (2.51)	-0.0266 (5.26)	-0.0107 (1.95)	-0.0237 (4.93)	-0.0087 (1.69)	-0.0379 (6.68)	-0.0126 (1.87)	-0.0394 (7.22)	-0.0126 (1.94)
的中率(%)	75.8	81.4	75.2	80.5	75.1	80.4	75.6	80.4	75.2	80.5	75.1	80.6
$\bar{\rho}^2$ 値	0.130	0.293	0.117	0.262	0.118	0.265	0.108	0.261	0.119	0.264	0.119	0.265
χ^2 値	396	883	347	768	349	776	320	765	352	773	352	777

注1) *は5% **は1%の有意水準でパラメータ間に差が認められる

注2) #は符号が論理的に逆

注3) () 内はt値

タを用いたモデルの構築結果は、表-6に示す通りである。まずモデルタイプ1の適合度を比較すると、あまり大きな差は見られないが、コスト最小の計算値のモデルの適合度が若干他のモデルよりも悪く、経路探索の適合度の悪かった影響が一部現れているものと考えられる。モデルタイプ2の比較では、個人属性の寄与率が大きいいためか、モデルC2の適合度は他のモデルに比べてそれほど大きく劣っていない。

モデルSとA～Eを比較するとモデルSの適合度がかなり良くなっており、個人間のサービス指標の変動が説明できないゾーン平均を用いたバイアスが大きく作用しているものと考えられる。計算値によるモデルの個々のパラメータの符号をみるとアクセス時間の符号が+になり、非論理的な符号となっているモデルが多い。また、符号条件を満足しても、 t 値が極端に小さく、ゾーン平均値のバイアスが大きく生じている。エグレス時間の方はこの問題が比較的小さくなっているのは、ゾーニングの影響が出ているものと思われる。今回のゾーニングでは、従来の交通調査のゾーンを基本としているため、都心部では細かく、郊外部では大きくなっている。郊外部から都心部に通勤する人が圧倒的に多いため、アクセス時間により大きなバイアスが生じており、非集計モデル構築のためのサービス指標を設定するゾーニングは従来のものとは違って、郊外も都心部と同程度細かくする必要があるように思える。

つぎに、個々のパラメータに差があるかどうか統計学的検定を行う¹⁰⁾。いま、2つのモデルがあり、ある変数のパラメータを β_1, β_2 、パラメータの t 値を t_1, t_2 とすると

$$t' = \frac{|\beta_1 - \beta_2|}{\sqrt{\left(\frac{\beta_1^2}{t_1}\right) + \left(\frac{\beta_2^2}{t_2}\right)}} \quad (1)$$

t' が t 分布の t 値よりも大きいとパラメータ間に差がないという帰無仮説を棄却することができる。モデルA～E間のパラメータの差を比較するにはその組合せが非常に多くなるので、モデルSを基本として他のモデルとの t 検定を行い、モデルA～E間のパラメータに差があるかどうか検討する。その結果については表-6の*, **で示されている。やはりモデルタイプ1ではアクセス、エグレス時間にパラメータの差が現れている。両変数のパラメータ

に差がないモデルBでは乗換回数、モデルCでは乗車時間および定数項に差が現れている。モデルBは乗換回数が極端に少なかったために、モデルにもその影響が現れているものと思われる。ところが、モデルタイプ2になるとモデルBの乗換回数およびモデルCの乗車時間を除いてパラメータに差がでていないが、定数項に全て差が生じている。これは定数項の t 値が非常に大きな値になっているためである。サービス指標にあまり大きな差が出てきていないのは、個人属性のような寄与率の高い変数が組込まれたために、サービス指標の t 値がモデルタイプ1に比べて相対的に低くなったためと考えられる。

4 非選択層がモデル構築に及ぼす影響

前節までの分析では、意識調査において明らかに代替交通機関を有するデータのみを対象にしてきた。もし詳細な意識調査がなければ代替交通機関を有するかどうか明確にならない。計算値のサービス指標を用いることを前提とした場合、全てのデータに対して乗用車と公共輸送機関のサービス指標が自動的に求まる。これらの全てのデータを用いてモデル構築を行った場合、代替交通手段を積極的に持たない非選択層まで含まれてしまうのでモデルのパラメータにバイアスが生じると考えられる。そこで、データを代替交通機関を有する選択層、積極的に有しないと考えられる非選択層に分けて両者のモデルのパラメータを比較検討してみる。前者の選択層は前節で用いたデータ2,310が該当し、後者は表-1に示したように代替交通機関のサービス指標を答えていないサンプルから利用可能な車のないサンプルを除いた948人のグループとする。前者と後者の中間として、サービス指標の一部を答えていないサンプルと非論理的な回答を含むサンプルを合わせた433人をもう一つのグループとする。後者とその中間のグループにはゾーン内内交通も含まれているので、それを除くとそれぞれ838,409となる。

経路探索だけのサービス指標を用いると、自己負担の駐車料金が不明なので本節ではコストの変数から駐車料金を除くことにする。サービス指標は第2節で求めたDの10分間の乗換抵抗を課した所要時間最小の計算値を用いることにする。変数の組合せは前節と同様にモデルタイプ1と2とする。まず、選

択層のグループのモデルのパラメータと適合度を求めると表-7のFようになる。前節のモデルDに比べて適合度が極端に悪くなっている。これはコストに駐車料金が含まれていないので、コスト差のパラメータのt値が5%の危険率で有意とならず、その影響が大きいものと考えられる。

選択層と非選択層の中間に位置すると考えられるモデルGをみると適合度は非常に低く、個人属性を含めたモデルタイプ2も非常に低くなっている。パラメータのt値をみると危険率5%で有意となる変数は1つも存在しない。このグループはこれらの変数ではほとんど説明できないことを意味している。乗用車を実績とするものが83.6%あり、むしろ非選択層のグループに入るのではないかと思われる。

モデルHはモデルタイプ1ではモデルFよりも適合度は良く、変数のパラメータの符号も全て論理的で、5%の危険率で有意となっている。しかし、個

人属性を含んだモデルタイプ2では、個人属性の寄与率が非常に低く、モデルの適合度はほとんど改善されていない。しかも、車の有無は符号が逆になっている。これは、車の利用可能な人が98%あり、モデルGの90%に比べても非常に多く、一部その影響が現れているものと考えられる。

モデルIはモデルF、G、Hに使用したデータを全て使用したモデルであり、車が利用できない人全てを除いたモデルである。モデルFとIの適合度を $\bar{p}^2$ で比較すると、モデルIのタイプ2の値が非常に低くなっており、モデルIにデータG、Hのグループが大きく作用していることがわかる。

モデルのパラメータの差については前節と同様にモデルFを基本としてFとG、FとH、FとIの間のt検定を(1)式を用いて行った。その結果については表-7の*、**で示されている。FとGの間ではモデルタイプ1に定数項を除いて差があるバ

表-7 データのグループ別モデルのパラメータの比較

モ デ ル	両交通機関のサービス指標を完全に回答		サービス指標の回答値が一部欠如、非論理的		代替モードに無回答		全 デ ー タ	
	F 1	F 2	G 1	G 2	H 1	H 2	I 1	I 2
定 数 項	0.0133	0.620	** -0.660	** -0.843	** 0.186	** 0.139	-0.0077	** 0.396
通勤先ダミー (CBD:1)		0.660 (10.6)		0.024 ** (0.16)		0.0133 ** (0.16)		0.345 ** (7.99)
乗用車の有無 ダミー (有:1)		-1.337 (17.0)		* 0.206 ** (0.89)		* 0.0476 ** (0.42)		-0.803 ** (15.0)
乗車時間差 (分)	-0.0153 (7.27)	-0.0106 (4.40)	-0.0046 (0.85)	-0.0048 (0.88)	-0.0140 (3.85)	-0.0140 (3.79)	-0.0134 (8.17)	-0.0110 (6.08)
コスト差 (千円)	-0.396 (1.34)	-0.624 (1.83)	-0.680 (0.91)	-0.659 (0.88)	-2.438 ** (4.75)	-2.437 ** (4.71)	-0.847 ** (3.56)	-1.135 * (4.56)
乗換回数 (回)	-0.246 (6.23)	-0.128 (2.77)	-0.153 (1.42)	-0.158 (1.47)	-0.361 (5.09)	-0.362 ** (5.10)	-0.268 (8.24)	-0.220 (4.56)
運行間隔 (分)	-0.0075 (2.93)	-0.0045 (1.71)	* 0.0026 (0.48)	* 0.0025 (0.45)	-0.0085 (2.35)	-0.0086 (2.37)	-0.0063 (3.28)	0.0044 (2.29)
アクセス時間差 (分)	* 0.0012 (0.18)	* 0.0037 (0.47)	-0.0058 (0.29)	-0.0061 (0.30)	-0.0271 * (2.17)	-0.0267 * (2.13)	-0.0058 (1.04)	-0.0095 (1.59)
エグレス時間差 (分)	-0.0418 (7.59)	-0.0108 (1.62)	-0.0206 (1.34)	-0.0209 (1.35)	-0.0558 (5.35)	-0.0556 ** (5.25)	-0.0439 (9.54)	-0.0260 (5.93)
デ ー タ 数	2310 (32.0%)		409 (16.4%)		838 (30.2%)		3557 (29.8%)	
的 中 率 (%)	67.8	76.4	83.6	83.6	71.8	72.0	70.0	73.0
$\bar{p}^2$ 値	0.051	0.231	0.0005	0.0019	0.090	0.088	0.055	0.127
χ^2 値	156	678	6	7	100	100	245	560

注1) *は5%、**は1%の有意水準でパラメータ間に差が認められる 注2) #は符号が論理的に逆
 注3) () 内はt値 注4) データ数の () 内は公共交通機関の利用率

ラメータは全然存在しないが、個人属性に大きな差が見られる。FとHの間では、モデルHのタイプ1のモデルはコストとアクセス時間にパラメータの差が見られる。モデルタイプ2ではさらに個人属性も大きな差が生じた。FとIの間では、モデルタイプ1でコスト、タイプ2で個人属性にも差が生じ、選択層のグループにモデルIを適用すると大きなバイアスが生じるものと予想される。

5 おわりに

本研究は広島都市圏の通勤交通を対象に、ネットワークの経路探索によるサービス指標が非集計交通機関選択モデルにどの程度集計バイアスを生じさせるか一つの実例を示したものである。その分析結果と評価をまとめると次のようになる。

1) 公共輸送機関の経路探索の違いによって利用経路およびサービス指標が大きく異なり、乗換抵抗10分を課した所要時間最小の計算値の適合度が総合的に判断して最も良く、コスト最小は一番悪かった。

2) 個人の変動係数が大きかったサービス指標はアクセス、エグレス時間、運行間隔であったが、モデルに対する計算値の集計バイアスとしては、アクセス時間のパラメータに顕著に現れ、運行間隔への影響はあまり大きく現れなかった。

3) 計算値を用いてモデル構築を行うと、モデルの適合度には経路探索の違いによる影響はあまり大きく現れなかったが、パラメータ間にはいくつか差が生じた。

4) 調査値のみを用いたモデルと計算値を用いたモデルを比較すると、パラメータ間にはほとんど差のないモデルも見られたが、モデルの適合度については前者の方が優れていた。これは計算値の集計バイアスによるものと考えられるが、計算値の入手の容易さを考慮した場合、その適合度の優位性の程度はモデルの適用に当たって必ずしも決定的なものとは言えず、今後通勤時間帯等を考慮したサービス指標の設定を工夫していくことが望まれる。

5) 調査データをいくつかのグループに分けると、サービス指標の回答の仕方によってモデルのパラメータ、適合度が大きく異なることがわかった。代替交通機関のサービス指標があいまいなグループは交通機関の競合を前提としたモデルにバイアスを生じ

させることになり、計算値の利用に当たってはその適用グループに十分注意する必要がある。

6) サービス指標を設定する場合のゾーニングについては、郊外部も都心部と同程度細かくすることが望ましいが、それをどの程度にすればよいか定量的には十分明らかにすることはできなかった。この点については今後の検討課題にしたい。

参考文献

- 1) Horowitz, J: Sources of error and uncertainty in behavioural travel demand models, In P. R. Stopher et al (eds), New Horizons in Travel Behaviour Research, Lexington Books, pp543~575, 1981.
- 2) Talvitie, A et al.: Comparison of observed and coded network travel time and cost measurements, TRB Record 723, pp46 ~50, 1979.
- 3) Train, K.E.: The sensitivity of parameter estimates to data specification in mode choice models, Transportation, Vol.7, pp301 ~309, 1978.
- 4) Ortuzar, J.de Dios et al.: Effects of using more accurately measured level of service variables on the specification and stability of mode choice models, Transpn Planning Methods, PTRC, pp117 ~129, 1987.
- 5) Matsoukis, E.C.: Road traffic assignment-a review, Part I, Transportation Planning and Technology, Vol.11, pp69~79, 1986.
- 6) Martin, B.V.: Minimum Path Algorithms for Transportation Planning, Dept of Civil Eng, MIT, pp24 ~31, 1963.
- 7) 加藤晃編: ネットワークに関する交通流理論および計画手法に関する体系的研究, 科学研究費補助金研究成果報告書, pp24~31, 1988.
- 8) 広島市: 公共旅客輸送整備基本計画策定調査, 資料編Ⅶ 将来交通需要の予測, 1981.
- 9) 杉恵頼寧: 交通機関の選択とサービスレベルの評価の関連分析, 日本都市計画学会学術研究論文集22号, pp499 ~504, 1987.
- 10) G.P.ウォォース 他 (長谷川節訳): 確率/統計の理論と応用, ブレイン図書, pp358 ~363, 1986.