

東京圏の通勤鉄道旅客における混雑費用の試算

EVALUATION OF TRAIN COMMUTERS' CONGESTION COST IN TOKYO METROPOLITAN AREA

家 田 仁*・ 畠 中 秀 人**, 美 谷 邦 章*** 松 本 嘉 司****

By Hitosi IEDA , Hideto HATAKENAKA , Kuniaki MITANI and Yoshiji MATUMOTO

Today, the level of infrastructure in Japan is not so high in general. And in those, the level of commuter transportation is specially low, so commuter's train in a big city is very congested. But congestion cost is accumulated in passengers as phisical or mental stress, so that it is not so sufficiently evaluated. And as the result of that, the congestion state in a big city is not solved now. But in order to supply good infrastructure, it's very important to evaluate congestion cost and congestion mitigation benefit. In this paper, congestion cost and congestion mitigation benefit in Tokyo metropolitan area is estimated using congestion disutility function. And the result of the estimation, largeness of congestion cost and congestion mitigation benefit is estimated.

1. はじめに

今日のわが国の社会基盤サービスは、一定の水準に達したものもあるが、総じて低水準にとどまっており、先進主要国と比較するとかなり低水準である。その中でも、特に整備の遅れているものが大都市における通勤輸送であり、ピーク時の混雑状況には甚だしいものがある。しかしながら、混雑費用が直ちに所要時間の増大となって現れる道路交通と異なり、混雑費用が乗客の身体的・精神的ストレスとして蓄積される鉄道交通においては、混雑費用の定量的評

- * 正会員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科
(〒113文京区本郷7-3-1)
- ** 学生会員 東京大学工学部大学院修士課程
(同上)
- *** 学生会員 東京大学工学部大学院修士課程
(同上)
- **** 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科
(同上)

価とその分析は十分にはおこなわれてはおらず、大都市における通勤鉄道の混雑は十分には解消されないまま現在に至っている。(表1)

しかし、今後21世紀に向けて生活のゆとり、潤いを重視するという流れの中で、質の高い社会基盤の整備が必要となってきたおり、通勤鉄道の混雑の

表1 東京圏主要路線の混雑率

線 名	区 間	混雑率(%)
国鉄	山手線	新大久保→新宿 258
	京浜東北線	上野→御徒町 255
	中央線快速	新宿→四谷 258
	総武線緩行	平井→亀戸 261
	常磐線快速	松戸→北千住 284
	常磐線緩行	亀戸→綾瀬 265
営団	銀座線	赤坂見附→虎ノ門 251
	千代田線	町屋→西口蔭里 228
西武	池袋線	椎名町→池袋 201
小田急	小田原線	世田谷代田→下北沢 204
東急	東横線	祐天寺→中目黒 201

(昭和59年度)

緩和も重要な課題の一つとして取り上げられるようになってきた。また、高齢化社会の進む今後は社会基盤整備にかけられる余力が減退するために、効率的な投資を行わなければならないことを考えると、この混雑費用と混雑緩和便益の定量的評価をおこなうことが極めて重要であると考えられる。

ところで、これまでの混雑緩和の具体的な目標はどのようなものだったのだろうか。昭和60年7月11日に運輸政策審議会から出された答申第7号によれば、東京圏において最混雑区間における最混雑1時間の混雑率がおおむね200%を越える路線について新線建設、複線化を行うこととし、答申路線を全て整備することにより、平均混雑率が昭和75年に約180%になるものと見込まれている。¹⁾さらに、同年に運輸省がまとめた東京圏での鉄道網の整備計画でも、最終的には150%位の混雑率を努力目標にしている。²⁾

しかし、これらの目標値は、あくまで感覚的なものであり、費用便益的な裏付けを実際の利用者行動から実証的に把握したものではないため、努力目標として理解はできるものの実際の整備事業に対する経済的説得力には乏しい。なお、実証的な値としては橋本らによる生理学的な実験からの研究³⁾によれば、混雑の身体的影響は260%を越えた後に現れるとされているが、心理的な効果も考慮するとこの値は実際の混雑緩和の目標として使える数字ではない。

そこで、本研究では文献4)により定義された混雑不効用関数の概念と、そこで推定された関数形及びパラメーターを東京圏等の通勤鉄道路線に適用することにより、実際の路線における混雑費用と混雑緩和による便益を試算したものである。

2. 混雑費用の計測方法⁴⁾

(1) 混雑費用を考慮した乗車位置選択行動の定式化

鉄道交通のような計画的運行が行われる公共交通においては、混雑は直ちに交通機関それ自身の所要時間の増大となって現れるわけではなく、一次的には乗客のストレスとなって蓄積される。このストレスは、所要時間や旅行費用の増大として転嫁可能な

場合には、ストレスの大きさに応じた各乗客の混雑回避に対する支払い意志額によって、これらへと混雑費用が転嫁されることがある。

そこで、行動調査から利用者に内在するストレスを直接計測するのは困難であるため、利用者の混雑回避に対する支払い意志が行動となって外部に現れるこれらの混雑回避行動を計測対象とすることにより、混雑費用の定量的な評価を行う方法を提案した。これは、乗客の乗車位置選択行動から乗客の混雑回避に対する支払い意志の大きさを推定するものである。

乗客が乗車駅で列車の各ドア位置から乗車位置を選択する際の判断基準としては、主として①乗車駅のホーム入口位置及び降車駅のホーム出口位置、②各位置の列車混雑度が考えられる。①と②によってホーム各位置で乗客が得られる効用の差異が生じ、乗客はその大小にしたがって乗車位置を選択するものと考えられる。

①は乗車駅と降車駅のホーム出入口の相対的位置関係が乗車駅と降車駅のホーム上での歩行時間に影響することによる要素である。もし、乗客が所要時間の最小化に基づいて行動するならば、乗客は乗車駅での列車到着までの待ち時間の許す範囲で降車駅の出口位置の方向へ移動し、乗車するものと考えられるが、実際には列車の混雑状況によっては混雑を回避しつつ乗車位置を決定する行動が見られる。そこで、列車内の混雑により乗客が受けるストレスを時間の次元で表現された混雑不効用としてとらえ、乗車位置 i に対応して混雑不効用 u_{ci} とし、また乗車時間を除いた発駅ホーム入口への到着から着駅は一む出口への到着までの総所要時間を乗車位置 i の所要時間の不効用、すなわち時間費用として u_{ti} とする。

したがって、乗車位置 i を選択することの総費用の確定項 V_i は、時間費用と混雑費用を加えたものとして表現されたとすると、 $V_i = u_{ti} + u_{ci}$ となる。この効用関数に対して、選択確率がロジット型のモデルに従うものと定式化した。(図1)

(2) 混雑不効用関数の定義

時間単位で表される混雑費用は、列車内の立席乗車密度 r (人/m²) と乗車時間 t_i (分) とで変化する関数として定義し、これを混雑不効用関数と呼ぶこと

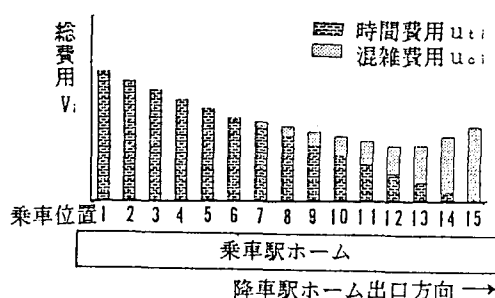


図1 時間費用と混雑費用

とする。

3. 混雑費用の試算方法

(1) 実測調査による混雑不効用関数の推定

前章で述べた混雑不効用関数の具体的な関数形とパラメーターの推定を行うために京王帝都電鉄井の頭線で混雑現象も含めた乗車位置選択モデルに適合する乗客行動の実測調査を行った。その結果得られた関数形は次の通りであった。(図2, 図3)

$$u_c(r, t_i) = 0.425 \cdot t_i \cdot (r - 7.4)$$

ここで

$$\begin{aligned} u_c(r, t_i) &: \text{混雑不効用} & (\text{単位: 分}) \\ t_i &: \text{乗車時間} & (\text{単位: 分}) \\ r &: \text{立席乗車密度} & (\text{単位: 人/m}^2) \end{aligned}$$

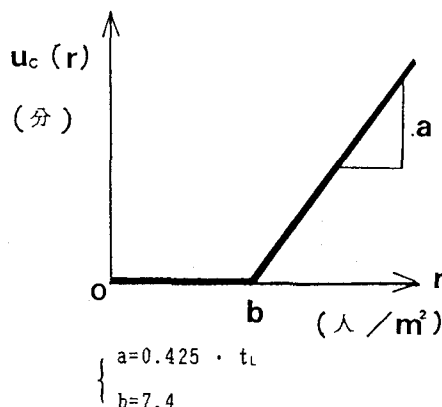
である。

本研究ではこの関数形を用いて以後の試算を行った。

(2) 試算における諸仮定

実際の路線においては、乗客がどのように各列車、各車両に乗車しているかについての詳しい調査はほとんど行われていない。そのため、得られるデータはかなり限られたものになってしまう。よって、本研究においては、以下のような仮定のもとに昭和61年版都市交通年報⁵⁾の昭和59年度のデータを用いて試算を行った。

①朝ラッシュ時の1時間の通過乗客数は、同一線区内では年間定期客通過乗客数に比例するものと仮定し、朝ラッシュ1時間の通過乗客数の判明している駅間のデータから同一線区内の集中率を推定し、これを用いて他の駅間のラッシュ1時間の通過乗客数



ただし t_i : 乗車時間(分)

図2 混雑不効用関数

※注 混雑率と立席乗車密度の関係の一例を図3に示す。この図はJR103系車両のものであって、他車両は吊革の数などで定員が異なるため、各車両で両者の関係は異なる。

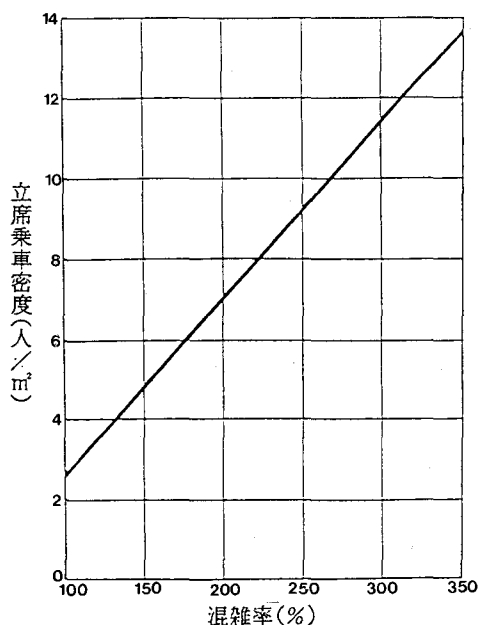


図3 混雑率と立席乗車密度 (JR103系)

を年間定期客通過乗客数から推定する。

②同一線区内において、通過乗客数の類似した2、3駅間を1単位として混雑費用の算出を行い、それ

らを加えることによって路線全体の混雑費用とする
これは混雑不効用関数が乗車時間に対して線形である
ことにより裏付けられるものである。その場合通過
乗客数は2、3の駅間での平均値を用いる。

③乗客はラッシュ1時間の列車に平均乗車する。す
なわち、ラッシュ1時間内のどの列車も、1列車の
うちのどの車両も、混雑率は同じであるとする。

④混雑費用の計算は朝ラッシュ時の1時間について
行い、これを1日の混雑費用の全てとする。また、
年間のうちこのようなラッシュが起こるのは

$$365日 \times \frac{5.5}{7} = 258日$$

であるとし、1日の混雑費用を258倍して年間の
混雑費用とする。こうした仮定は、通学客の夏期休
業による混雑緩和、夕方のラッシュ時を考慮にいれ
ていない点を考えると問題がないわけではない。

⑤文献6)を参考に、乗客の時間費用はさしあたり1
時間当たり2000円であるとして、時間の単位で表
された混雑費用を貨幣単位に換算する。

4. 東京圏通勤鉄道の混雑費用試算結果

(1) 各路線における混雑費用

昭和59年度の東京50キロ圏の全通勤鉄道路線
における混雑費用の試算を行った。その結果、表2
に示す区間において特に高い混雑費用が認められた。
それらの区間について、以下の事項を求めた。

①車内立席乗車密度(人/m²)

②所要時間(分)

③乗客1人1日当り混雑費用(分/人・日)

④全乗客1年・路線延長1km当り混雑費用

(億円/年・km)

⑤全乗客30年分・路線延長1km当り混雑費用

(億円/km)

⑤の算出については、現在の混雑が30年継続す
ると仮定し、その累積費用を割引率7%で現在価値
に変換して示した。(図4)

特に混雑費用の大きい常磐線緩行・千代田線につ
いて、路線縦断面での混雑率、混雑費用を図5に示
した。

試算の結果、混雑の累積費用は最大の区間で1km
当り150億円弱にも達していることがわかった。
現在、地下鉄の建設コストは1km当り約200億円
であり、それと比較しても支払い意志額としての混
雑費用がかなり大きいものであることがわかる。

また、東京圏において最も混雑が激しいのは常磐

表2 東京圏各路線の混雑費用試算結果

区 間	①	②	区 間	①	②
松戸→北千住(常磐線)	* 9.08 10.79	142.7	新小岩→錦糸町(総武線)	* 9.78 7.89	146.4
北千住→日暮里(常磐線)	10.79	108.0	新宿→渋谷(山手線)	8.72	108.7
日暮里→上野(山手線)	8.14	122.5	新宿→四谷(中央線)	7.92	61.9
上野→東京(山手線)	7.89	69.7	四谷→御茶ノ水(中央線)	7.80	43.6
綾瀬→西日暮里(千代田線)	9.90	131.5	東陽町→大手町(東西線)	8.02	46.5
北千住→入谷(日比谷線)	8.00	29.5	池袋→新宿(山手線)	9.12	135.3
入谷→秋葉原(日比谷線)	7.77	20.0	蒲田→品川(京浜東北線)	8.67	66.8
浦和→赤羽(京浜東北線)	8.64	39.0	赤坂見附→銀座(銀座線)	9.18	82.0
赤羽→池袋(赤羽線)	8.74	36.0	武蔵小金井→三鷹(中央線)	7.89	32.0

※ * の欄の上段は緩行、下段は快速

①車内立席乗車密度(人/m²)

②全乗客30年分・路線延長1km当り混雑費用(億円/km)

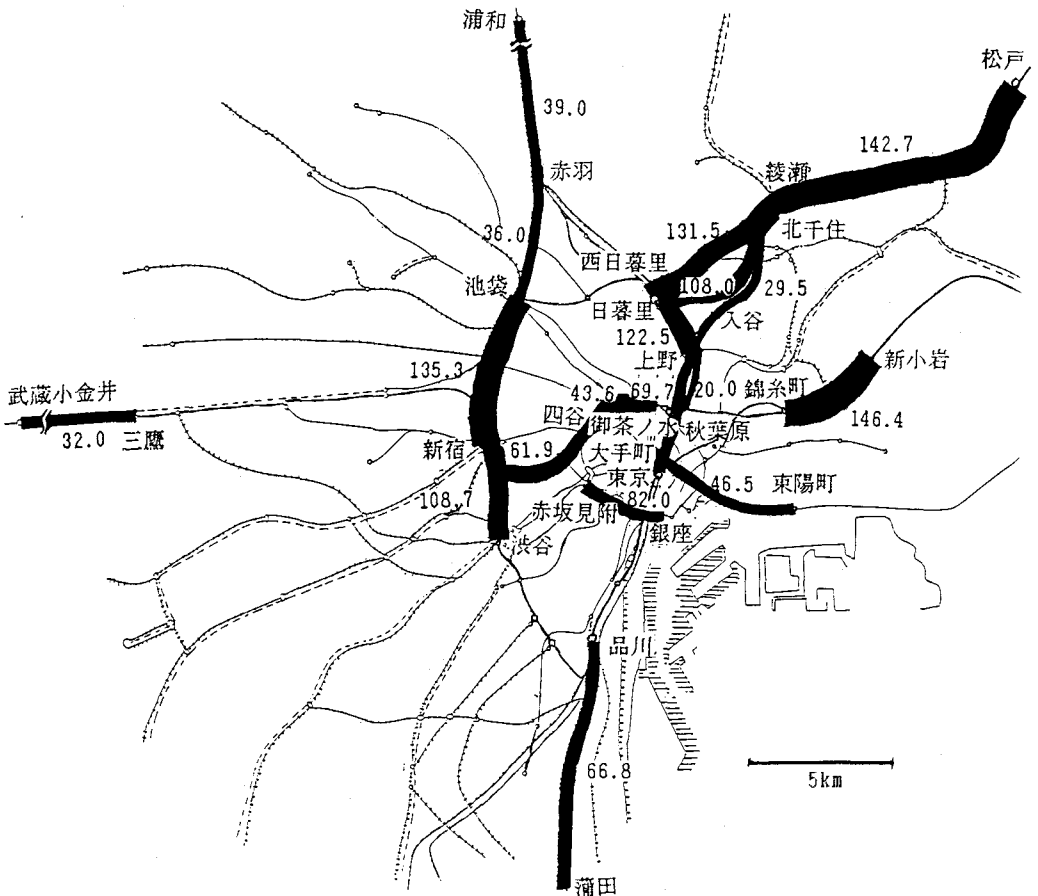
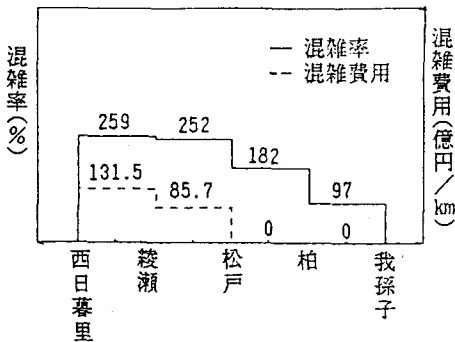


図4 東京圏各路線の混雑費用試算結果



※注 ここにおける混雑費用とは全乗客30年分・路線延長1km当りの混雑費用である。

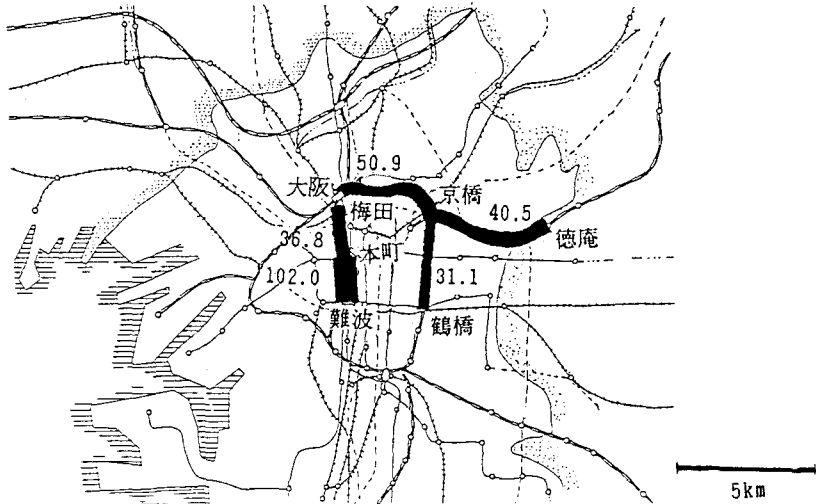
図5 常磐線緩行路線縦断混雑率および混雑費用

線方面であり、この方面の輸送力増強が急務であることがよくわかる。また私鉄各線が輸送力増強対策の結果混雑緩和を図っていることも理解できる。⁷⁾

(2) 京阪神圏との比較

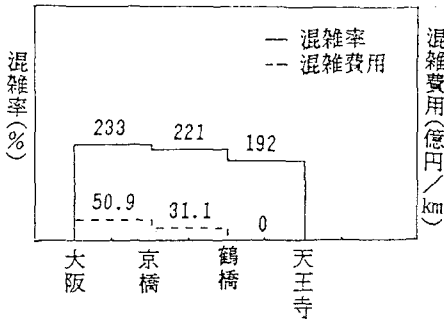
東京圏全体の混雑状況が他の地域と比較してどのようなものであるかを知るために、京阪神50km圏の全通勤鉄道について前項と同じように混雑費用を試算した。その結果、京阪神圏と比較した場合、東京圏の混雑費用は、著しく大きいものであることがわかった。(図6、図7、表3、表4)

これは、東京圏の人口集中度、通勤距離の長さ、それに対する交通網整備の立ち遅れなどによるものと考えられるが、詳細は今後の検討を待ちたい。



図の混雑費用は全乗客30年分・路線延長1km当りの混雑費用(億円/km)である。

図6 京阪神圏各路線の混雑費用試算結果



※注 ここにおける混雑費用とは全乗客30年分・路線延長1km当りの混雑費用である。

図7 大阪環状線縦断混雑率および混雑費用

表3 京阪神圏各路線の混雑費用試算結果

区 間	①	②
鶴橋→京橋(大阪環状線)	8.03	31.1
京橋→大阪(大阪環状線)	8.56	50.9
徳庵→京橋(片町線)	9.03	40.5
梅田→本町(御堂筋線)	8.05	36.8
難波→本町(御堂筋線)	8.86	102.0

①車内立席乗車密度(人/m²)

②全乗客30年分・路線延長1km当り混雑費用(億円/km)

表4 東京圏と京阪神圏の総混雑費用の比較

	全混雑費用(億円/年)
東京圏	608.7
京阪神圏	64.4

※全混雑費用とは全乗客・全路線1年当り混雑費用

(3) 輸送力増強による混雑緩和便益

今日の都市交通投資の多くは混雑緩和を目的とするものである。しかしながら、混雑緩和が直接的に時間短縮効果となる道路交通と異なり、通勤鉄道においては、投資の評価の際に混雑緩和の便益は十分な定量的評価を受けておらず、混雑率の低下というはなはだ定性的な評価しか与えられてこなかった。

そこでここでは、通勤鉄道投資による混雑緩和の便益を、投資の前後の輸送を比較することによって示す。

①有楽町線輸送力増強(昭和58年6月24日)

営団有楽町線の池袋-営団成増間の開通に伴う輸送力の増強(5両編成→10両編成化)による有楽町線池袋-有楽町間と営団丸の内線池袋-東京間の混雑緩和効果について、昭和57年11月と昭和58年11月の比較を行った。(表5)

②埼京線開業（昭和60年9月30日）

国鉄埼京線の大宮～池袋間の開業による東北本線、高崎線の中距離電車および京浜東北線の混雑緩和効果について、昭和59年度の輸送量実績と、昭和61年度の国鉄想定値の比較を行った。（表6）

③埼京線新宿乗り入れ（昭和61年3月3日）

国鉄埼京線の池袋～新宿間の開業による山手線同区間の混雑緩和効果について、昭和60年10月の池袋開業直後と、昭和61年4月の新宿開業直後の比較を行った。（表7）

ここにおいて評価された混雑緩和便益は建設コストと比較してもかなり大きなものであり、ここにあげた数例のような輸送力増強の場合には投資が費用便益分析的にみて非常に効果的であることを示している。

表5 有楽町線輸送力増強前後の混雑費用

区 間		①		②		③	
		前	後	前	後	前	後
有楽町線	池袋→飯田橋	7.88	5.80	90	0	5.8	0
	飯田橋→永田町	6.60	4.59	0	0		
	永田町→有楽町	4.36	2.81	0	0		
丸の内線	池袋→茗荷谷	8.32	7.54	86	13	19.8	3.2
	茗荷谷→御茶ノ水	8.16	7.55	99	20		
	御茶ノ水→東京	6.69	6.30	0	0		
計						25.6	3.2
						前後差	22.4

①車内立席乗車密度(人/m²)

②乗客1人1日当り混雑費用(円/人・日)

③全乗客1年当り混雑費用(億円/年)

表6 埼京線開業前後の混雑費用

区 間		①		②		③	
		前	後	前	後	前	後
中 電	大宮→浦和	4.61	4.28	0	0	0	0
	浦和→赤羽	6.56	6.14	0	0		
京浜東北線	大宮→浦和	5.97	4.43	0	0	28.3	0
	浦和→赤羽	8.05	6.09	94	0		
埼 京 線	大宮→武蔵浦和	4.41	0	0	0	0	0
	武蔵浦和→赤羽	6.06	0				
計						28.3	0
①車内立席乗車密度(人/m ²)						前後差	28.3

①車内立席乗車密度(人/m²)

②乗客1人1日当り混雑費用(円/人・日)

③全乗客1年当り混雑費用(億円/年)

表7 埼京線新宿乗り入れ前後の混雑費用

区 間		①		②		③	
		前	後	前	後	前	後
山 手 線	池袋→新宿	9.21	7.06	304	0	55.4	0
埼 京 線	池袋→新宿	5.05	0	0	0	0	0
計						55.4	0
						前後差	55.4

①車内立席乗車密度(人/m²)

②乗客1人1日当り混雑費用(円/人・日)

③全乗客1年当り混雑費用(億円/年)

5. 結論及び今後の課題

本研究では、混雑不効用関数を適用することによって、東京圏の通勤鉄道における乗客の混雑費用の試算を行った。その結果として明らかになったことは以下のとおりである。

- ①東京圏の主要路線において混雑費用の試算を行った結果、混雑緩和に対する支払い意志額としての混雑費用は、建設コストと比較しても、かなり大きい。
- ②東京圏の混雑費用は、京阪神圏との比較においてかなり大きい。
- ③輸送力増強による混雑緩和の便益を定量的に評価した結果、混雑費用の減少分をみても投資額に対してかなり大きい額となった。

以上のように、東京圏における混雑費用の試算を行ったわけであるが、より信頼できる混雑不効用関数を用い、さらに詳しいデータを解析することによってより正確な混雑費用を算出すること及び混雑緩和投資に対する乗客の費用負担の問題、列車ダイヤの最適化、ピーク・ロード・プライシングなどのソフト的方法を含めた混雑緩和方策の具体的評価が今後の課題と考える。

6. おわりに

本研究を進めるにあたっては、東日本旅客鉄道株式会社建設工事部の山崎隆司氏、帝都高速度交通営団建設本部の宮崎宣勝氏にデータ提供の御協力を頂いた。ここに深く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 伊藤泰司：大都市・東京を支える社会資本（2）
- ①通勤鉄道，土木学会誌Vol.72，pp.29-31，1987

- 2) 奥西 勝：都市交通の現状と今後の課題，モノレールNo.61，pp.32-44，1987
 - 3) 橋本邦衛ほか14名：通勤電車およびバスの車内混雑度と通勤の疲労について，鉄道労働科学No.19，pp.33-58，1966
 - 4) 美谷邦章・家田 仁・畠中秀人：乗車位置選択行動モデルを用いた混雑費用の定量的評価法，土木計画学研究論文集No.5，1987
 - 5) 運輸省地域交通局監修：昭和61年版都市交通年報，pp.175-268，財団法人運輸経済研究センター刊，1986
 - 6) 下石ジョゼ秣生：目的地の選好過程を考慮した都市間誘発交通量の推定方法，東京大学工学部学位論文，pp.1-239，1986
 - 7) 川島令三：東京圏通勤電車事情大研究，草思社，1986
-