

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

EVALUATING METHOD OF CONGESTION COST BY THE MODEL OF PASSENGER'S BOARDING BEHAVIOR

美谷邦章^{*}・家田 仁^{**}・畠中秀人^{***}

By Kuniaki MITANI, Hitoshi IEDA and Hideto HATAKENAKA

In a big city, the congestion state in peak hour is very heavy. But in case of commuter's train, its congestion cost is not evaluated sufficiently. In order to promote to supply infrastructure of good quality, it's very important to investigate the method of evaluating congestion cost. In this paper, the model of passenger's behavior in selecting boarding points, including their congestion avoiding behavior is made, and congestion disutility function is newly proposed. And an actual survey is made at commuter's station in which congestion avoiding behavior is observed. Using the result of the survey, the form and the parameters of congestion disutility function is estimated. And upon the investigation of relationship between the parameters of the function and boarding time, the quantity of congestion cost is considered.

1. はじめに

大都市のピーク時における通勤鉄道、道路の混雑状況は甚だしいもので、都市交通投資の多くが混雑緩和を目的とするものといっても過言ではない。しかしながら、投資評価の際の混雑緩和の便益あるいは混雑の費用は道路の場合の時間短縮効果を除いて十分定量的評価に加えられているとはいえず、特に通勤鉄道投資においては混雑率の低下という定性的かつ補助的評価がなされているにすぎない。しかし、今後充実した質の高い社会資本施設の整備を進めて

いく上では、この混雑費用の評価方法を検討することは極めて重要であると考えられ、また列車計画等の運用計画を適切に策定していく上でも有用な課題であると考えられる。

さて、混雑費用の概念そのものは歴史の長いものであるが、これを実証的に把握しようとする試みは必ずしも多くない。生理学的な実験的アプローチからは橋本による研究¹⁾がみられる。また、交通機関選択の際の要因の一つに混雑の要素を取り入れたものとして、自家用車と公共交通の分担率に関するマクロなデータを扱った研究²⁾や仮想的なアンケート調査による評価を行った研究³⁾等がみられ、利用者の交通サービス全般に対する総合的評価の中に車内混雑を取り入れたアンケート調査により解析した研究⁴⁾等がみられる。

一方、混雑費用の形態について述べると、道路交通の場合には、混雑は直ちに所要時間の増大となって現れるのに対して、鉄道交通の場合、通常は混雑

* 学生会員 東京大学工学部大学院修士課程

(〒113文京区本郷7-3-1)

** 正会員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科

(同上)

***学生会員 東京大学工学部大学院修士課程

(同上)

が直ちに列車の運行時間増大となって現れるわけではなく、混雑は利用者の身体的・精神的ストレスとして蓄積されることになる。この場合、内在化されたストレスは、それが所要時間や旅行費用に転嫁可能な場合にのみ、利用者の混雑回避行動となって外部に現れるわけである。

本研究では、既述の従来の研究に対して、利用者の混雑回避行動が明瞭に観測できる鉄道駅ホーム上の乗車位置選択行動に着目し、行動実測による混雑費用（以下では、混雑費用を時間の単位で表したものととして、混雑不効用と呼ぶ）の定量的評価法を提案する。そして、その評価法を、短距離通勤駅での実測調査によって得られたデータを適用して検討し、その結果を述べる。なお、乗車位置選択行動に關しての従来の研究としては、観察的研究がいくつかみられるほか⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾、所要時間の要素のみを扱ってモデル化した研究⁽⁹⁾があるが、混雑に着目した研究は見あたらない。

2. 混雑不効用を考えた乗車位置選択行動モデルの定式化

(1) 列車の混雑と乗車位置選択行動

鉄道旅客輸送においては、前述のように混雑は直ちに所要時間の増大となって現れるわけではなく、一次的には利用者のストレスとして蓄積されるが、このストレスが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立脚した各利用者の混雑回避に対する支払い意志に応じて、これらへと費用が転嫁されることがある。

一方、都市鉄道の通勤交通については、座席獲得行動を扱った文献¹⁰⁾¹¹⁾等で明らかにされたように、状況によっては、目的地への時間が余分にかかって混雑していない列車や車両を選択しようとする乗客が少なくない。つまり、乗客に対して所要時間や金銭的費用（通勤交通の場合はあまり考えられないが）の自主的増大により混雑を回避するという選択の余地がある場合には、然るべき犠牲を支払うことにより混雑が回避されることがあるわけである。そこで、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、本研究では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含んだ乗車位置選択行動を対象

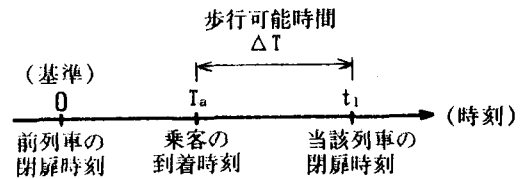


図1 時間に関する記号

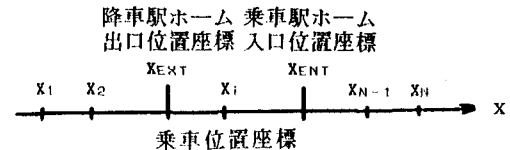


図2 乗車位置に関する記号

として、混雑費用を定量的に評価することを考えた。

乗客が乗車駅で列車の各ドア位置の中から乗車位置を選択する際の判断基準としては、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、③各位置の着席可能性、④乗車駅ホームの構造（売店、屋根の有無、等）などが考えられる。本研究では、混雑費用を考慮した乗車位置選択行動モデルを構築するという意味で③と④の影響を考えなくてもよい場合をとりあげた。③については、ここでは立席状態での混雑に対する評価を行うことを目的とするため、到着列車内にはすでにある程度乗客が乗車していて、ホーム上の乗客が座席を求めて行動することはないものとした。また、④についても、乗客が乗車駅ホーム上で、自由な乗車位置選択行動ができるような条件を考えるため、影響をうけないと仮定した。こうした条件下では、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、その大小にしたがって乗客は乗車位置を選択するものと考えられる。

(2) 時間不効用および混雑不効用の導入

ここで、前項の①と②をモデルの中にとりいれることを考える。なお、使用する記号については図1および図2に示す。また、ここでは、列車運行間隔は一定であると仮定している。

前項の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ホーム上での歩行時間に関連して所要時間に影響することによる要素である。そこでまず、所要時間に関して検討する。

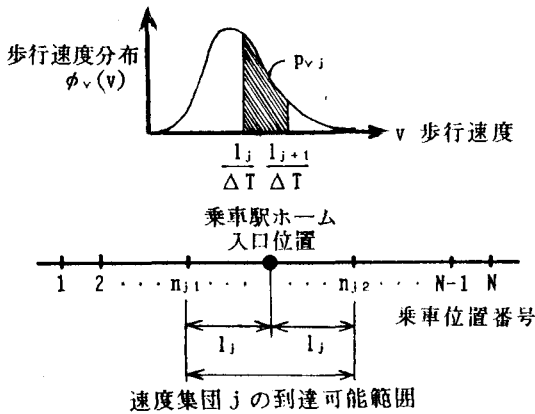


図3 速度集団jの乗車可能位置

今、歩行速度 v のある乗客が、乗車駅ホーム上で i 点から列車に乗車すると考えると、

$$\text{発駅での歩行時間} : t_1 = \frac{|x_i - x_{\text{EXT}}|}{v}$$

$$\text{発駅での列車待ち時間} : t_2 = \Delta T - t_1$$

$$\text{着駅での歩行時間} : t_3 = \frac{|x_{\text{EXT}} - x_i|}{v}$$

となる。

ここで、乗車位置を i 点に選択した場合の、乗車時間を除いた発駅ホーム入口への到着から着駅ホーム出口への到着までの乗客の総所要時間を、乗車位置 i の所要時間上の不効用、すなわち時間不効用として u_{ti} とすれば、 u_{ti} は、

$$u_{ti} = t_1 + t_2 + t_3 = \Delta T + \frac{|x_{\text{EXT}} - x_i|}{v} \quad (1)$$

となる。

なお、歩行可能時間 ΔT は、図1に示すように、列車間隔 t_i と到着時刻 T_0 により、

$$\Delta T = t_i - T_0$$

と表されるから、 u_{ti} は到着時刻 T_0 と歩行速度 v の関数である。

次に、前項②の列車内の混雑度について考える。乗車状況の観察によると、乗客は先に述べたような時間効用のみで乗車位置を選択するのではなく、列車の混雑状況によっては混雑を回避して乗車位置を決定する行動がみられる。そこで、本研究では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} とする。したがって、

乗車位置 i の総不効用の確定項 V_i は、時間不効用 u_{ti} と混雑不効用 u_{ci} を加えたものとして表現されたとすると、到着時刻 T_0 と歩行速度 v の条件付で、

$$V_i(T_0, v) = u_{ti} + u_{ci} \quad (2)$$

となり、前項の①と②が定式化できたことになる。

なお、具体的な u_{ci} の推定法については、4.で述べる。

(3) 乗車位置選択率の定式化

到着時刻 T_0 の乗客について、同一の歩行可能時間の範囲でも歩行速度の大小によって、到達可能な乗車位置の範囲は異なってくる。そこでまず、乗車駅ホーム入口から各乗車位置までの距離を求め、距離の小さな順に l_j ($j=1, \dots, K$)とする。そして、図3に示すように乗車駅ホーム入口から距離 l_j の範囲にある乗車位置を $n_{j1} \leq i \leq n_{j2}$ とすると、歩行速度 v が $l_j/\Delta T \leq v < l_{j+1}/\Delta T$ の範囲にある乗客は、歩行可能時間 ΔT の間に n_{j1} から n_{j2} の範囲の乗車位置に到達することができる。乗車位置の数に依存した l_j の数が K 個とすると、このようにして乗客は K 個の速度集団に区分することができる。

ここで、速度集団 j の発現確率 p_{vj} は、乗客の歩行速度分布を $\phi_v(v)$ とすると、

$$p_{vj} = \int_{l_j/\Delta T}^{l_{j+1}/\Delta T} \phi_v(v) dv \quad (3)$$

と表される。

次に、前項であらわされた効用関数に基づき、各乗車位置での選択確率をロジットモデルを用いて定式化する。

到着時刻 T_0 、速度集団 j の条件付で乗車位置 i の選択確率は、(4)式のように表される。なお、 θ は効用関数の未知のパラメーターである。また、前項では $V_i = V_i(T_0, v)$ としたが、本項では乗客の歩行速度の違いを速度集団の違いとしてとらえたため、歩行速度 v を速度集団 j に対応させ、 $V_i = V_i(T_0, j)$ と考えることにする。

$$P(i | j, T_0) = \frac{\exp(\theta(-V_i))}{\sum_{k=n_{j1}}^{n_{j2}} \exp(\theta(-V_k))} \quad (4)$$

なお、ロジットモデルを用いた理由は、非集計行動モデルを含めて、比較的多く用いられていること及び取扱が容易であることによるものである。

速度集団 j を1から K まで加算すると、到着時刻 T_0

表1 実測調査日時（京王帝都井の頭線）

駅名	調査月日	調査時間帯
駒場東大前	6月25日(水)	7:30～9:00
池ノ上	6月26日(木)	7:30～9:00
	10月30日(木)	6:30～8:00
永福町	6月25日(水)	7:30～8:30

注) すべて昭和61年に実施した。

の条件付乗車位置 i の選択確率は、

$$P(i | T_0) = \sum_{j=1}^K p_{vj} \cdot P(i | j, T_0) \quad (5)$$

となる。これらより、乗客の発駅への到着時刻 T_0 の確率密度関数を $\phi_i(T_0)$ とし、到着時刻 T_0 を 0 から t_i について加算すると、乗車位置 i の選択確率は、

$$P(i) = \int_0^{t_i} \sum_{j=1}^K p_{vj} \cdot \frac{\exp(\theta(-V_i))}{\sum_{k=n_{j1}}^{n_{j2}} \exp(\theta(-V_k))} \cdot \phi_i(T_0) dT_0 \quad (6)$$

となる。

こうして、時間不効用と混雑不効用を考慮した、乗客の乗車位置選択モデルが構築されたことになる。

3. 短距離通勤鉄道駅における実測調査

(1) 調査概要

本研究では、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を実測する必要があるため、まず次のような条件を考慮して、調査路線・調査駅の選定を行った。

調査路線に関しては、乗客の降車駅が一駅に集中していること、降車駅の出口が一箇所であること、一つの列車で乗車位置により混雑に偏りがあり乗車位置を選択することにより混雑を回避することが可能であること、対象時間帯の中では各列車の乗車状況などに大きな差異がみられないこと、等であり、また調査駅については、乗客がホーム上を自由に移動できること、ある程度乗車人数が多いこと、どの乗車位置においても着席不可能であること、ホーム上で乗客が到着列車に乗らずに次の列車を待つという行動が見られないこと、等である。

これらの条件をふまえ、昭和55年大都市交通セン

表2 混雑状況のランク（京王帝都井の頭線）

①	②	③	車内の混雑状況
1	0	～30	着席可能
2	1	50	着席できないが立っている人はまばら
3	2.5	80	ドアや吊革付近にある程度の乗客が立っている（車内歩行は容易である）
4	4	110	吊革付近で乗客同士の肩がふれあう（ドア付近には乗客が多い）
5	6	140	からだかふれあい窮屈だと感じる
6	8	180	身動きができないくらい窮屈である

※数値は概算値

①ランク ②立席乗車密度（人／m²） ③乗車効率（％）

サスの結果を解析することによりいくつかの路線を選び、さらに視察等を行い検討した結果、京王帝都電鉄井の頭線の池ノ上駅・永福町駅・駒場東大前駅を調査対象に決定した。京王帝都井の頭線は、吉祥寺と渋谷を結ぶ東京西部の路線で、平日の朝のラッシュは主として渋谷駅にむかう通勤通学利用で混雑する。

調査時間帯では井の頭線はすべて各駅停車であり、調査対象駅については列車運行間隔は約2分である。また、列車は5両編成であり、各車両3箇所のドアがある。

調査対象は、渋谷方面へ向かう乗客である。渋谷駅は頭端式で、ホーム末端に一箇所のみ改札口がある。大都市交通センサスによると、池ノ上駅、駒場東大前駅からの乗客はほとんど渋谷駅に向かう。永福町駅からの乗客は6割は渋谷駅にむかい、3割は明大前駅で下車するが、明大前駅のホーム出口も一箇所のみ最前部にある。

調査は、表1のような日時で行った。

(2) 調査項目

a) 乗客の乗車位置分布

調査時間範囲内のすべての到着列車を対象として各ドア位置からの乗車人数を計測・記録した。

b) 列車の混雑度

4. で述べるが、本研究の解析には各乗車位置での車内の立席乗車密度を必要とするが、これを正確に測定することは、非常に困難である。そこで、あらかじめ写真撮影等により、車外からみた列車の混雑状況と車内立席乗車密度との関係を調査し、混雑状況を段階別にランクを定め(表2)、そのランクを乗車人数とともに測定員が、視察により判断・記録

し、後の解析の際に立席乗車密度に変換して用いる、という方法をとった。なお、乗車効率は、同じ混雑状況でも吊革など車両の構造により異なるもので、例えば表2の180%はJR103系の230~240%に相当する。また、本研究ではランク1の状態は対象としていない。

c) 到着時刻分布

調査対象時間帯の乗客のホーム到着時刻および到着列車の閉扉時刻を、クロック機能を内蔵したポケットコンピューターを用いて記録した。

(4) 調査結果

調査結果を図4に示す。ここでは、各駅につき一例のみをとりあげた。データは、時間帯により列車の混雑度が変化する可能性があることを考慮し、30分ごとに整理した。乗車人数分布は30分間の合計人数で、混雑度はその間の平均値となっている。

4. 混雑不効用の評価

(1) 混雑不効用関数の導入

本研究では、時間単位であらわされる混雑不効用は、列車内の立席乗車密度 r (人/m²) との間に関数関係があると仮定し、これを混雑不効用関数と呼ぶことにした。立席乗車密度を用いた理由は、本研究が混雑現象を捉えるためのものであり、着席不可能な場合をとりあげているからである。

乗客の混雑不効用を評価するためには、この混雑不効用関数を推定し、各乗車位置の乗車人数分布を計算し、実測値と比較してその妥当性を検討する必要がある。

(2) 混雑不効用関数の推定

混雑不効用関数の推定計算は、次のような方法で行った。

まず、混雑不効用関数 $u_c(r)$ の関数形式を決定するために、一次関数や指数関数などいくつかの形式を仮定した。それぞれの関数形について、パラメーターにある値を与えれば、乗客の到着時刻分布、歩行速度分布、駅構造（乗車駅ホーム入口および降車駅のホーム出口位置）、車両構造（乗車駅での各乗車位置）、各乗車位置での列車内立席乗車密度、を用いて各乗車位置の乗車確率および乗車人数分布を計算することができる。そこで、各関数形式ごとにパラメーターを考えられる範囲内で順次変化させ、

乗車人数分布の推定値と実測値の誤差二乗和が最小になるようなパラメーターを推定し、その中でも、誤差二乗和が最小となる関数形を混雑不効用関数として用いた。

なお、選択行動モデルとしてロジットモデルを用いたことにより、混雑不効用の基準は任意の立席乗車密度のレベルに設定できることとなるから、この計算では立席乗車密度が0の時の混雑不効用を基準とした。

$u_c(r)$ の関数形を決定するにあたって、池ノ上駅は、永福町駅や駒場東大前駅に比して、多くの時間帯、各種の混雑度について調査を行い、採用できるデータが豊富なため、この駅のデータを用いて計算した。また、計算にあたっては、測定時間帯を30分毎の時間帯域に分け、混雑不効用関数が共通であるとして、各時間帯域の乗車人数分布の推定値と実測値の二乗和の総和が最小となるようにパラメーターを推定した。その結果、(7)式が最適な関数形であった。a, b はパラメーターである。

$$u_c(r) = \begin{cases} 0 & (0 \leq r \leq b) \\ a \cdot (r - b) & (r \geq b) \end{cases} \quad (7)$$

永福町駅、駒場東大前駅については、この関数形を前提とした上で、最適なパラメーターを推定する、という計算を行った。

なお、乗客の到着時刻分布は調査で測定したデータを、10秒ごとの離散的な関数に整理して用いた。また、歩行者速度分布は文献9)を参考に、対数正規分布を仮定した(8)式を用いた。 μ , σ は歩行速度 v の対数をとったものの平均値と標準偏差である。 μ , σ の値はその実測値から求められた平均値 ($\mu = 0.246$, $\sigma = 0.249$, v の単位は m/s) を採用した。

$$\phi_v(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma v} \cdot \exp \left\{ -\frac{(\log v - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (8)$$

それぞれの駅に関する最適パラメーター値を表3

表3 混雑不効用関数のパラメーター

駅名	a	b
駒場東大前	2.2	7.7
池ノ上	2.6	7.4
永福町	4.2	7.0

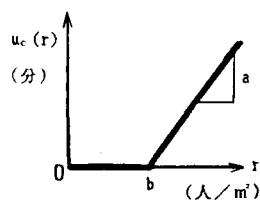


表4 AICによる適合性の検定結果

駅名	月日	時間帯	AIC(0)	AIC(1)
駒場東大前	6/25	7:30~8:00	4593.78	< 4599.00
		8:00~8:30	5137.65	< 5145.01
		8:30~9:00	3890.86	< 3905.17
池ノ上	6/26	7:30~8:00	6094.30	< 6095.47
		8:00~8:30	5627.27	> 5626.29
		8:30~9:00	4593.49	< 4594.11
	10/30	6:30~7:00	1261.75	> 1261.07
		7:00~7:30	2656.22	< 2661.30
永福町	6/25	7:30~8:00	15936.1	< 15947.5
		8:30~9:00	15423.9	< 15433.0

に示す。混雑不効用関数 $u_c(r)$ の単位は分、立席乗車密度 r の単位は人/m²である。また、その時の乗車人数分布の推定値を図4に示した。さらに、比較のため、混雑不効用を考慮しない時間不効用のみで計算した場合の乗車人数も図中に示した。なお、駒場東大前駅はホーム入口が2箇所あるが、これはそれぞれの入口からの乗客について混雑不効用関数が同一であると仮定し、得られる各位置乗車人数を重ね合わせて計算を行っている。

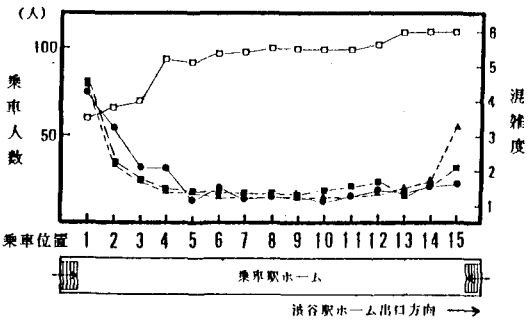
(3) 混雑不効用関数に関する考察

求められた混雑不効用関数は(7)式のような形となったが、これは、乗客は混雑の激しさがある程度を超えるまではあまり不快感を感じないで乗車するが、それを超えると混雑に対する不快感が急に増加する、と理解することができる。

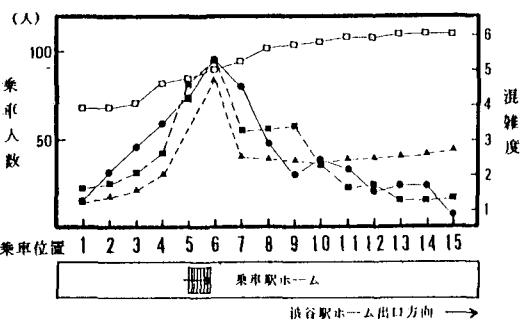
図4を見れば、各乗車位置の実際の乗車人数と混雑不効用を考えた乗車人数、さらに混雑不効用を考えないで時間不効用のみを考えた乗車人数の比較ができる。各位置乗車人数の実測値をみると、混雑の激しい車両を避けるような行動が数値として表されている。そして、他の二つと比べると、時間効用と混雑不効用の両者をあわせてモデルにとりいれることにより、実測値にかなり近い値を推定値として得ることがわかる。

これについては、モデル選択に用いられる情報量規準AIC⁽²⁾により、適合性の検定を行った。その結果を表4に示す。一部のケースを除き、推定値と実測値が合致するとみなした場合のAIC値(AIC(0))が両者が相異なるとみなした場合のAIC値(AIC(1))に

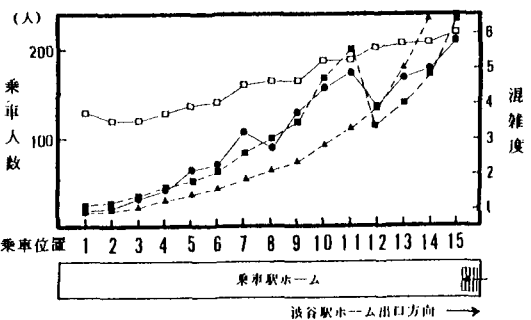
①駒場東大前駅 6月25日 (8:30~9:00) 合計人数 377人



②池ノ上駅 6月26日 (7:30~8:00) 合計人数 600人



③永福町駅 6月25日 (7:30~8:00) 合計人数 1581人



乗車人数
● 実測値
■ 推定値 (時間不効用 + 混雑不効用)
▲ 推定値 (時間不効用)
□ 列車混雑度

図4 調査結果の一例

比べ小さく、全般的にみて混雑不効用関数を用いたモデルが実際の現象にも適合することが明らかとなった。(注)

注) AICは、値そのものではなく値の差に意味がある。差が1~2程度以上なら有意と考えられ、値の小さいほうが良いとされる。

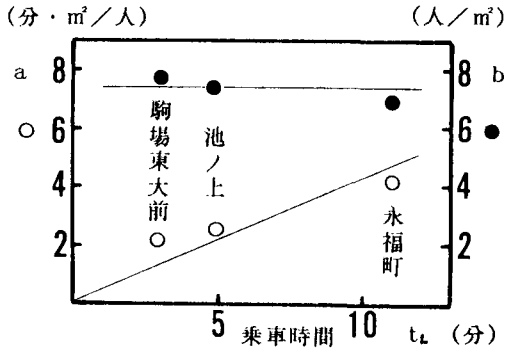


図5 パラメーター値と乗車時間

次に、推定されたパラメーターについて考えると、混雑不効用関数のパラメーターは3駅によって差異がある。着駅までの乗車時間が短ければ、長く乗車する場合に比べ、混雑をより我慢して乗車する、という行動は納得できるものであるが、それを利用して、パラメーターの3駅による違いは乗車時間の差によるものであると考えて、それぞれのパラメーターと乗車時間の関係を検討した。

パラメーター a、bの値と、乗車駅から降車駅までの乗車時間 t_b との関係をあらわしたものが図5である。なお、永福町駅については、約6割の乗客が渋谷駅、3割の乗客が明大前駅まで乗車するため、乗車時間は両駅の荷重平均値をとった。(両駅のホーム出口はいずれも最前部)これをみると、bの値は t_b の変化に大きく影響しないようであるが、aの値は明らかに t_b の値に関与している。すなわち、 u_0 は r のみの関数ではなく、 t_b の関数でもあったと考えられる。そこで、bの値は t_b によらず一定であるが、aの値は t_b と比例関係がある、という仮定において、混雑不効用関数 $u_0(r, t_b)$ を回帰式として推定した。その結果を、(9)式に示す。

$$u_0(r, t_b) = 0.425 \cdot t_b \cdot (r - 7.4) \quad (9)$$

次に(9)式を利用して、井の頭線車両に約180%の乗車効率で10分間乗車した場合の混雑費用を試算した結果を示す。このとき、立席乗車密度は8.0(人/㎡)であるから、10分間乗車した場合の、乗客一人あたりの混雑不効用は2.6分となる。これは、文献13)を参考に時間費用を一時間あたり2000円と仮定すると、約85円に相当する。5両編成の井の頭線で、全車両が一樣な乗車状況で乗客全員が10分間

乗車したままであるとすれば、一列車あたり95000円の損失となる。さらに、列車運行間隔を2分とすれば、この路線におけるラッシュ時一時間の損失は約290万円となり、一年間で250日この状態が繰り返されるならば、一年につき約7億円の損失となる。また、単位路線延長あたりの損失は、列車の表定速度を30(km/時)とすれば、1億4000万円/年・kmとなっていることがわかる。

現在のところ、実測駅数が3駅と少ないので、(9)式の適合性を検討することは差し控え、今後の課題としたいが、いずれにしても、こうした解析によって、混雑費用を旅客の行動に裏付けされたデータにより評価することができると考えられる。

5. 結論および今後の課題

本研究では、通勤鉄道において乗客の受ける混雑費用を乗客の混雑回避行動を利用して定量的に評価することを提案し、短距離鉄道に適用することによりその適合性を検討したが、この結果、以下のような点が明らかになった。

- ①所要時間に関する不効用と列車混雑による不効用を考え、混雑回避行動を考慮した乗車位置選択行動を、ロジットモデルを用いて定式化することができた。
- ②短距離鉄道において実測調査を行い、各乗車位置の乗車人数、各位置の列車混雑度、乗客のホーム到着時刻分布を計測し、乗客の混雑回避を含んだ乗車位置選択行動を数値として把握することができた。
- ③混雑による不効用を、列車の立席乗車密度の関数であると仮定し、混雑不効用関数を提案し、②で述べた調査結果を用いて、その関数形及びパラメーター値を推定した。これを用いた各位置乗車人数の推定値は実測値に概ねよく適合した。
- ④さらに、混雑不効用関数は乗車時間と立席乗車密度の関数であるとして評価式を求めることができた。これを利用すれば、実際の混雑路線によって利用者が受ける混雑費用を試算することができる。

以上のように、利用者行動の実測による混雑費用評価の方法を提案したわけであるが、混雑不効用関数については、さらに調査対象を拡大することによって、より信頼できる評価式を構成することが今後の課題であると思われる。

6. おわりに

本研究の推進にあたって、京王帝都電鉄の方々は、調査実施に関して御協力いただき感謝の念に耐えない。また、東京大学工学部松本嘉司教授、島崎敏一助教授には、モデルの構築など全般にわたり御指導を得たが、ここに深く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 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，p.33-58，1966
- 2) 青山吉隆・芝原靖典：混雑費用を考慮した一般化費用による Modal Choice モデル，土木学会論文報告集第275号，pp.91-101，1978
- 3) 毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集第343号，pp.63-72，1984
- 4) 河上省吾・広島康裕：交通サービスに対する利用者の評価構造の分析法とその適用例，土木学会論文報告集第319号，pp.129-140，1982
- 5) 上原孝雄ほか4名：ホームにおける通勤降車客分布，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.377-378，1969
- 6) 飯田茂隆ほか9名：建築のための心理学，pp.171-180，彰国社刊，1969
- 7) D.Geoffrey Hayward：Behavioral Perspective for Transportation Planning, Proceedings of the Specialty Conference on Man/Transportation Interface, ASCE, pp.27-36, 1972
- 8) D.Szplett・S.C.Wirasinghe：An Investigation of Passenger Interchange and Train Standing Time at LRT Stations (i) Alighting, Boarding and Platform Distribution of Passengers (ii) Estimation of Standing Time, Journal of Advanced Transportation 18:1, pp.1-24, 1984
- 9) 赤松 隆・家田 仁・後藤貞二：鉄道利用通勤者の乗車位置選択行動に関する基礎的研究，第40回土木学会年次学術講演会講演概要集第4部/IV-73，1985
- 10) 家田 仁・松本嘉司：列車選択行動における着席効用度の定量的評価，土木学会論文集第365号/IV-4，pp.69-78，1986
- 11) 家田 仁・前田洋明・松本嘉司：座席容量に変動がある場合の着席効用度の解析，土木計画学研究論文集No.4，pp.221-228，1986
- 12) 坂元慶行・石黒真木夫・北川源四郎：情報量統計学，pp.42-64，共立出版，1983
- 13) 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