

利用者の混雑回避に対する支払い意思額の検討

○ [土] 新倉 淳史 (財団法人 運輸政策研究機構)

[土] 土居 厚司 (株式会社 ライテック)

The Study of the willingness to pay for the congestion mitigation of urban railway

○ Atsushi Niikura (Institution for Transport Policy Studies)

Atsushi Doi (Litec)

This paper is intended to analyze issues of the willingness to pay for the congestion mitigation of urban railway. It is the situation that the people pay an additional charge to evade congestion, and take a pay train. We understood that there was a problem for the after peak and night congestion from the actual situation of the congestion of every time. We understood that a user has high the willingness to pay for the congestion reducing. We carried out a case study about a congestion mitigation measure (increase of the number of trains by night and a pay train) and inspected the expense and an effect.

キーワード：交通需要分析，交通ネットワーク計画，交通プロジェクト

Key Words：Traffic demand analysis, Traffic network plan, Railway project

1. 背景と目的

これまで、都市鉄道の混雑問題に対しては、朝のピーク時間帯を対象に新線整備や複々線化などハード面の整備が取組まれてきた。しかし、近年の利用者ニーズの多様化により、朝のピーク直後（ピークサイド）や夜間などピーク時以外の時間帯の混雑状況にも着目する必要性が増してきたと考えられる。これらの混雑状況については、今まであまり着目されておらず、実態についても十分に把握されていないという状況である。一方、混雑を回避するために、有料着席列車が利用されている状況から混雑回避に対する利用者の支払い意思額は高いと考えられる。

そこで本調査では、時間帯別混雑率の推計を行い混雑の実態を把握し、利用者の混雑緩和に対する支払い意思額について検討を行い、夜間の混雑緩和のための施策実現へ向けたケーススタディを行う。ケーススタディでは、夜間の運行本数増加と有料着席列車の運行の実施による増加コストと得られる効果について検討を行う。

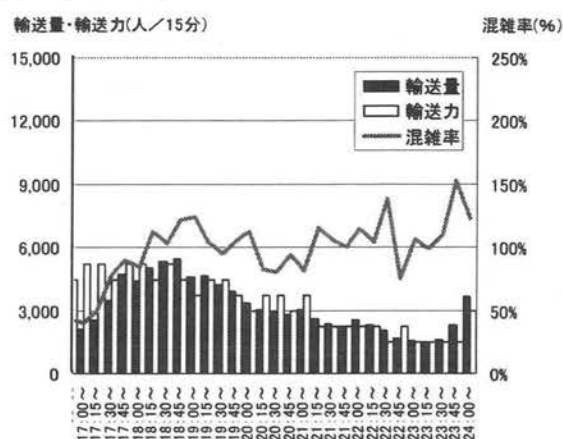
2. 混雑の実態

これまで混雑率は、最混雑区間ピーク 1 時間値で公表されており、時間帯別などのより詳細なデータは整備されて

いない。本研究では、自動改札機データや大都市交通センサスデータを用いて時間帯別混雑率の推計を行った。

推計結果をみると、朝ピーク時間帯の混雑よりは混雑していないが、朝ピーク時以降や夜間において輸送力の減少による混雑率の上昇がみられた。特に、夜間の遅い時間帯に向けて、混雑率が上昇していることが分かった。（図－1）

以上から、時間帯別の混雑率を把握することが可能となり、本調査で問題としたピークサイドや夜間の混雑の課題が明らかとなった。



図－1 夜間の混雑率の推移(15分ピッチ)

3. 利用者の混雑回避に対する支払い意思額の検討

3.1 基本方針

時間帯別混雑率の推計結果より、夜間の時間帯等で混雑の問題が発生していることが確認された。一方、夜間時間帯については、有料着席列車が運行されている状況を見ると、利用者は混雑緩和に対して追加的な料金を支払う可能性があることが分かる。そこで、H17大都市交通センサスデータを用いて、有料着席列車を含む列車選択行動を分析し、混雑回避に対する利用者の支払い意思額の検討を行う。

大都市交通センサスデータを用いることにより、鉄道利用者の列車種別（有料着席列車、優等列車、各駅列車）の選択行動を分析し、混雑指標（混雑不効用）を定式化することによって、混雑状況と等価な運賃額、乗車時間を求めることとした。具体的には、列車種別の選択行動を再現する離散選択ロジットモデル（列車種別選択モデル）を推定することによって、混雑指標、運賃、乗車時間等を説明変数にもつ効用関数を定式化する。また、定式化した混雑指標を用いて利用者の支払い意思額の試算を行う。

なお、本調査では、サービス向上施策の1つとして、夜間における増発や有料着席列車の導入を検討するため、分析対象とするのは夜間における列車種別選択行動を基本とする。また、利用目的は、日常的な行動である通勤（定期券利用）の帰宅を対象とすることを基本とする。ただし、比較検証のため、朝（出勤）の列車種別選択行動についても分析を行うこととする。

3.2 列車種別選択モデルの推定

(1) モデルの構造

①モデルの基本式

大都市交通センサスデータを用いて、同一駅間で、有料着席列車を利用しているデータと利用していないデータの組み合わせを設定し、列車種別選択モデル（離散選択ロジットモデル）の推定を行う。

$$P_e = \frac{\exp(V_e)}{\sum \exp(V_i)}$$

$$V_i = \alpha \cdot T_i + \beta \cdot F_i + \omega \cdot con_i + \dots$$

V_i : 列車種別 i (有料着席列車, 急行・快速, 各駅) を利用した場合の効用

T_i : 列車種別 i を利用した場合の所要時間

F_i : 列車種別 i を利用した場合の運賃

con_i : 当該駅間の混雑指標

α, β, ω : パラメータ

②モデル推定用データ

大都市交通センサスの定期券マスターデータから、有料着席列車が運行している路線を利用しているデータを抽出し、代替案として他の列車種別を利用した場合を設定する。

列車選択以外にも経路選択行動として他の路線を選択することも考えられるが、本分析では、同一路線内（同一駅間）での列車選択行動を対象を絞って分析を行うこととする。また、複数の料金設定（特急料金、グリーン料金、ライナー券等）の有料列車や、定員制と定員制でない有料列

車が混在して運行している路線では、大都市交通センサスデータからは、実際に利用した列車の料金や着席していたか否かが把握できないため、本試算では、有料着席列車が運行している3路線を対象として行った。

③選択肢（列車種別）の設定

列車種別として、有料着席列車を利用する場合、快速・急行などの優等列車を利用する場合、各駅のみを利用する場合の3つの選択肢を設定することを基本とする。

④説明変数（LOSデータ）の設定

モデルへの導入を検討する説明変数は所要時間、運賃、混雑指標に加え、着席することが可能な始発であることを表すダミー変数を用いた。

なお、混雑指標については、有料着席列車を除く列車種類別の混雑率を用いて計算することを検討する。また、混雑指標（混雑不効用関数）としては、鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005¹⁾ や既存研究を参考に示されている指標の適用を検討する。このような混雑指標（混雑不効用関数）が定式化されることにより、混雑状況と等価な運賃額や乗車時間を求めることが可能となる。

(2) パラメータ推定結果

本検討で実施した列車種別選択モデルのパラメータ推定結果を表-1に示す。帰宅モデル、出勤モデルともの中率、尤度比が高いモデルを推計することができた。帰宅モデルについては、始発駅ダミーや着席可能性については、変数として有意とはならなかった。

表-1 パラメータ推定結果

	帰宅モデル	出勤モデル
時間(分)	-0.3741 (-35.855)	-0.5110 (-39.79)
料金(円)	-0.0206 (-30.819)	-0.0319 (-28.143)
混雑率指標※1	-0.0587 (-23.883)	-0.0442 (-25.979)
着席可能性※2 (各駅・優等)		0.8303 (8.828)
始発駅ダミー※3 (各駅・優等)		3.1623 (10.928)
始発駅ダミー※3 (有料着席列車)		6.8182 (22.67)
時間価値(円/分)	18.14	16.03
的中率	86.7	87.4
尤度比	0.559	0.517
サンプル数	5,299	8,283

注) 下段の()の数値はt値

※1 混雑率指標として、以下を適用した。

①混雑指標 = $\sum$ [乗車時間(分) × (混雑率(%) / 100)²]

※2 初乗駅での混雑率が35%未満の場合は「1」、それ以外は「0」

※3 始発駅の場合は「1」、それ以外は「0」

モデルパラメータ推定結果から時間評価値を算出すると、帰宅モデルが約18円/分、出勤モデルが約16円/分となり、一般的な通勤時の経路選択モデルと比較すると低くなっている。これは、有料着席列車を利用する場合、その追加分の料金は会社から支給されず、自分で支払っていることが多いと考えられる。よって、本モデルにおいては、会社から定期代等の交通費が支給されることが多い一般的

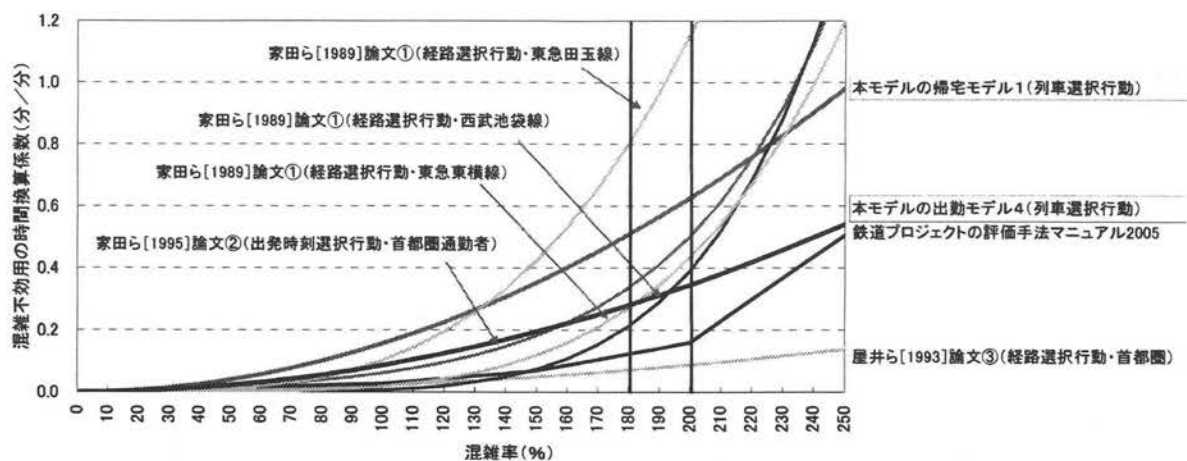


図-2 混雑不効用の時間換算係数の比較

な通勤時の経路選択行動と比較して、時間評価値が低くなっていると考えられる。また、朝の出勤時と夜の帰宅時を比較すると、ほぼ同様であるが、夜の帰宅時の方が時間評価値はやや高くなっている。

3.3 混雑不効用関数の定式化

パラメータ推定結果から、混雑不効用関数を算定した結果を図-2に示す。なお、参考のため、代表的な既存研究²⁾³⁾⁴⁾の混雑不効用関数と比較している。混雑不効用の時間換算係数をみると、本モデルにおいては、同じ混雑率に同じ時間乗車している場合、朝の出勤時より夜の帰宅時の方が不効用は大きいという結果である。

例えば、混雑率180%の列車に1分乗車した場合の混雑不効用は、乗車時間換算で帰宅時が0.5分、出勤時が0.3分という結果である。また、料金換算すると、混雑率180%の列車に1分乗車した場合の混雑不効用は、帰宅時で9.2円、出勤時で4.5円という結果である。

3.4 混雑回避に対する支払い意思額の試算

混雑不効用関数を用いて、運行本数の増発によって混雑が緩和されることに対する支払い意思額と有料着席型列車の導入に対する支払い意思額について算出する。

(1) 混雑回避に対する支払い意思額

例えば、運行本数が2本で混雑率が150%の路線において、1本増発すると混雑率が100%に緩和される。この路線に10分乗車している場合、この増発による混雑回避に対して、帰宅時には36円、出勤時には17円を支払う意思があるという結果である(図-3)。

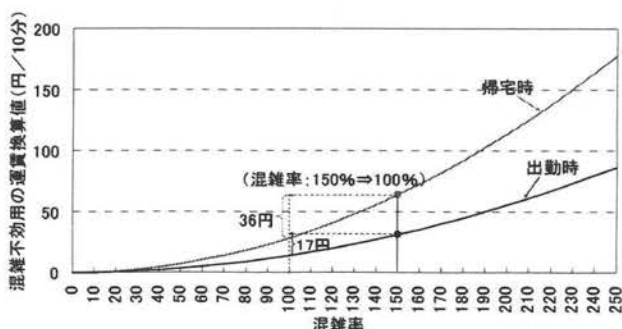


図-3 10分乗車した場合の混雑に対する支払い意思額

(2) 有料着席サービスに対する支払い意思額

次に、混雑率180%の優等列車に40分乗車している状況を想定して、混雑および乗車時間に対する支払い意思額を算出すると図-4、図-5のようになる。

例えば、帰宅時に、混雑率180%の列車に40分乗車している状況から、着席できるようになるためには、359円支払う意思があるという結果である(図-4)。同様に、乗車時間40分が5分短縮するためには、91円を支払う意思があるという結果である(図-5)。これら2つのサービス(着席可能・所要時間5分短縮)に対して、帰宅時で450円、出勤時で255円の支払い意思があることが分かった。これは、現在の有料着席型の料金とほぼ一致する結果となった。

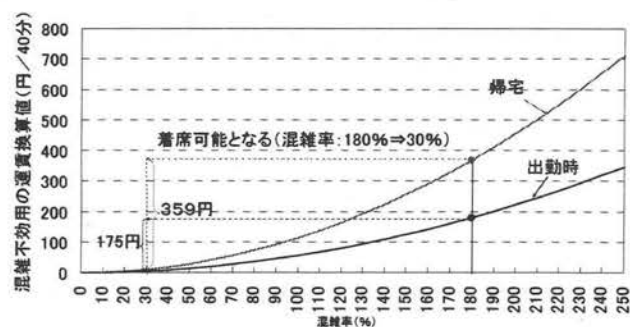


図-4 40分乗車した場合の混雑に対する支払い意思額

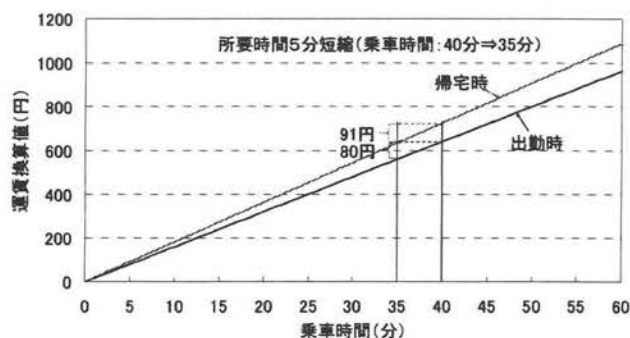


図-5 乗車時間に対する支払い意思額

定式化した混雑指標の結果より、朝の出勤時の混雑よりも、帰宅時の方が、混雑に対する不効用が大きいことが分かった。また、定式化した混雑指標から求めた混雑緩和等に対する利用者の支払い意思額と現在提供されている有料

着席サービスの追加料金がほぼ一致することが分かり、現在の料金設定が妥当であることが、確認された。

以上の検討結果より、夜間の混雑緩和施策として、有料着席サービスを実施した場合、利用者は追加的に費用を負担する可能性があることが確認された。

4. ケーススタディ

前述の結果より、利用者は混雑回避に対して、追加的な負担の可能性があることが確認された。そこで、ケーススタディとして、夜間の運行本数の増発、有料着席列車の導入について、必要となるコストと利用者の効果を検討する。

(1) 夜間の運行本数の増発

本検討では、相互直通運転をしていない路線でかつ、1運行（始発駅から終着駅）が50分程度の路線を想定する。利用者の多い終端駅において、21時以降に以下に示す増発の実施のコストおよび効果について検討を行った。増加するコストについては、表2に示す項目のみに着目し、鉄道統計年報から各項目の原単位を作成し試算した。

表2 対象とする増加するコストの項目

コストの増加項目	内容
増員による人件費	増発による列車キロ・車両キロの増加に伴う運輸関連（運転士、車掌等）および車両関連職員の増加による人件費の増加
運転動力費	増発による動力費の増加分

表3 増加コストと利用者便益

	増発本数 (本/日)	増員数 (人)	増加コスト(千円/年)			利用者便益 (千円/年)
			人件費	運転動力費	計	
ケース1	7	9	73,630	17,856	91,486	85,897
ケース2	15	19	155,441	38,263	193,705	185,206

ケース1: 21時以降に7本増発
ケース2: 21時以降に15本増発

夜間の増発による混雑緩和便益は、ケース1（7本増発）で約9千万円、ケース2（15本増発）では、約1億9千万円という結果となり、これは増発による増加コストの試算値とほぼ同額である。（表3）

ただし、増発によって直接的に事業者の収入が増加することはないため、増加コストを事業者が負担する場合には、企業の効率性の面で課題がある。

(2) 有料着席列車の運行

本検討では、有料着席列車の運行に際して、現状の各駅や優等列車の運行本数を変化させない場合と、優等列車を有料着席列車に代替する場合の2ケースを想定した。増加するコストについては、「初期投資」の他に表4に示す項目に着目した。

今回の試算では、着席料金収入によりランニングコストの増加分（人件費・動力費の増分、システム維持費）を十分に賄えると試算された。また、初期投資費用（車両購入費の増分、システム導入費、その他施設の設置費用）についても、着席料金収入による純収益（ランニングコストと

の差分）によって、ある程度の期間で償還可能であるという結果であった。ただし、有料着席列車導入にあたって大規模な施設改良が必要な場合は、コスト負担が大きくなる。

表4 対象とする増加するコストの項目

コストの増加項目		内容
増員による 人件費		運行にかかわる以下の人件費 ・乗務員（6人） ・駅職員（4.2人）
運転動力費		6運行にかかる動力費
初期投資	車両購入	通常車両購入費用からの増分
	システム導入	ライナー券販売システム導入費
	券売機の設置	専用券売機の設置費用
	案内表示等設置	案内表示板等、案内表示の設置費用
維持費	システム	ライナー券販売システムの維持費
	券売機	専用券売機の維持費

表5 利用者便益と料金収益

ケース	利用者便益(円/日)		
	有料着席列車利用者	有料着席列車を利用しない、または利用できない人	合計
ケース1	687,665	377,576	1,065,241
ケース2	781,602	-1,223,202	-441,599

ケース	料金収益(円/日)			初期コスト (千円)
	着席料金収入 (千円)	ランニングコスト増加分 (千円)	純益 (千円)	
ケース1	734	252	482	1,235,000
ケース2	734	85	650	1,235,000

ケース1：新規に有料着席列車を6運行導入

ケース2：優等列車の6運行を有料着席列車に代替

※着席料金収入は、平日で有料着席列車が満席の状態を想定

4. まとめ

今回の検討で、時間帯別混雑率の推計から、ピーク時間帯以外の混雑状況の実態が分かり、これからの課題となることが確認された。更に、混雑緩和に対する利用者の支払い意思額の測定を行い、帰宅時の混雑に対する不効用が大きいことが分かった。また、混雑緩和の対策として、夜間の運行本数増加、有料着席列車の導入について検討を行い施策実施の効果があることが確認された。

本論文は、国土交通省からの受託調査の成果の一部をとりまとめたものであり、WGの東京大学家田座長をはじめとした関係各位には多くの有益なご意見・ご示唆をいただいた。ここに謝意を表する次第である。

参考文献

- 国土交通省鉄道局監修：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル，運輸政策研究機構発行，2005
- 志田州弘，古川敦，赤松隆，家田仁：通勤鉄道利用者の不効用関数パラメータの移転性に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.12，pp519-525，1989
- 竹村宗能，家田仁，佐野可寸志，三島大輔：フレックスタイム制度化における鉄道通勤者の出発時刻の分布，土木学会第50回年次学術講演会，1995
- 屋井鉄雄，岩倉成志，伊東誠：鉄道ネットワークの需要と余剰の推計方法について：土木計画学研究・論文集，No.11，pp81-88，1993