

## 鉄道分野におけるITの積極的活用方策に関する検討 (混雑緩和に関する検討)

### 1— 調査の背景と目的

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、混雑緩和施策のメニューと課題の整理を行う。混雑緩和施策については、利用者の混雑緩和に対する支払い意思額や施策実施による増加コストの検討を行い、施策実施による増加コストの負担方法について検討し、望ましい混雑緩和施策のあり方を提案することを目的とする。

### 2— 混雑の実態把握

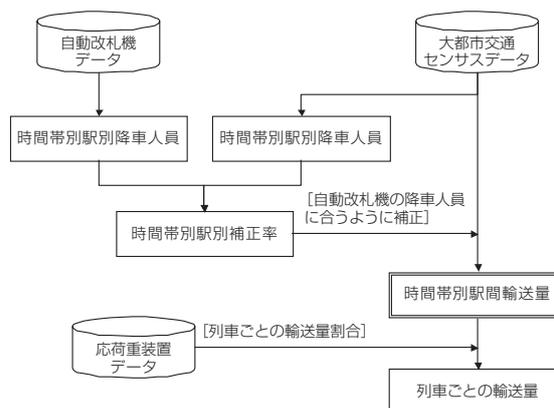
これまで混雑率は、最混雑区間ピーク1時間値で公表されており、時間帯別などのより詳細なデータは整備されていない。時間帯別混雑率の推計には、自動改札データや大都市交通センサスを用いる方法が考えられる。しかし、表—1に示す課題もみられる。

■表—1 自動改札機および大都市交通センサスの特徴と課題

	特徴	課題
自動改札機データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 駅別時間帯別乗降者数がほぼ全数把握可能</li> <li>・ 自路線内では、降車時間帯別駅間OD利用者が把握可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 利用経路が特定できない</li> <li>・ 他事業者との相互直通利用者のODが把握できない</li> </ul>
大都市交通センサス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉄道利用者の利用経路と乗降時間が把握可能である。</li> <li>⇒ 時間帯別駅間輸送量が推計可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 帰宅行動がすべて網羅されていない。</li> <li>・ 5年おきのサンプル調査のため、データの精度に限界</li> <li>・ 汎用性に課題</li> </ul>

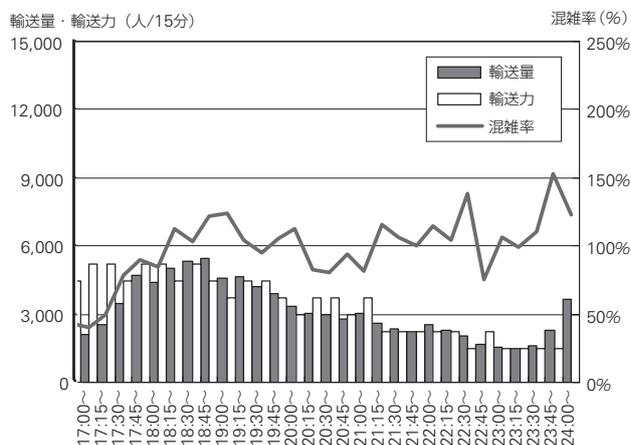
以上を踏まえると、自動改札機データから把握可能な利用者数をベースとし、自動改札機データでは特定できない利用経路（他事業者との相互直通、複数の経路が考えられる

場合)については、大都市交通センサスデータから把握できる利用経路のパターンを用いて補完推計する方法が望ましいと考える(図—1)。



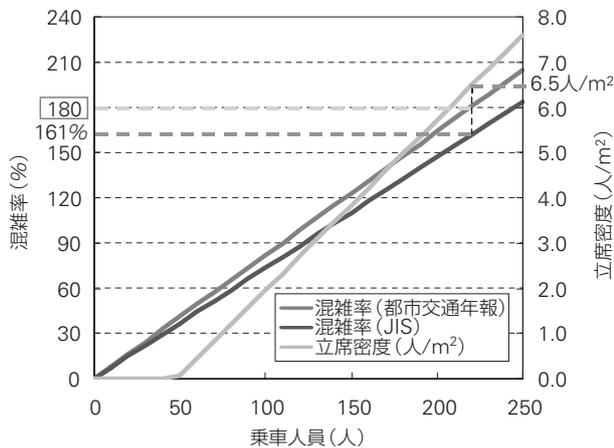
■図—1 時間帯別利用者推計方法

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—2)。



■図—2 夜間の混雑率の推移 (15分ピッチ)

一方、輸送力を設定する際に使用している列車の乗車定員については、事業者や車両によって設定方法が異なっている。また、定員の定義が同じでも座席数や車両形式が異なる場合は、同じ混雑率であっても実際の混雑状況が異なり、混雑率の値を単純に路線間や事業者間で比較することには問題がある。そこで、乗車定員から座席定員を引いた立席定員ならびに立席の混雑状況を表現する指標の検討を行い、以下の図—3の様な関係を明らかにした。



■図—3 都市交通年報とJIS定義による混雑率と立席密度

### 3—混雑緩和施策のメニューと課題の整理

前章で把握された時間帯別混雑状況から、ピーク時のみならず、ピークサイドや夜間においても混雑している状況がうかがえた。ピーク時の混雑対策としては、運輸政策審議会答申第18号で示されているが、ピークサイドや夜間における混雑施策の検討も必要であると考えられる。しかし、それらの時間帯に対する具体的な混雑緩和施策の検討は十分になされていない。そこで本調査では、混雑緩和施策のメニューとして、朝のピーク時前後のピークサイドと夜間における増発を考え、実施可能性や課題について検討を行う。また、近年の利用者のニーズの多様化に対応し、夜間における有料着席サービスの導入を考え、同様に実施可能性や課題について検討を行う。

## 4—利用者の混雑回避に対する支払い意思額の検討

### 4.1 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。

## 4.2 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

$\alpha, \beta, \omega$ : 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。

### (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—2に示す。帰宅モデル、出勤モデルとの中率、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。

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、

■表—2 パラメータ推定結果

	帰宅モデル	出勤モデル
時間 (分)	-0.3741	-0.5110
	(-35.855)	(-39.79)
料金 (円)	-0.0206	-0.0319
	(-30.819)	(-28.143)
混雑率指標*1	-0.0587	-0.0442
	(-23.883)	(-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=Σ[乗車時間(分)×(混雑率(%)/100)<sup>2</sup>]

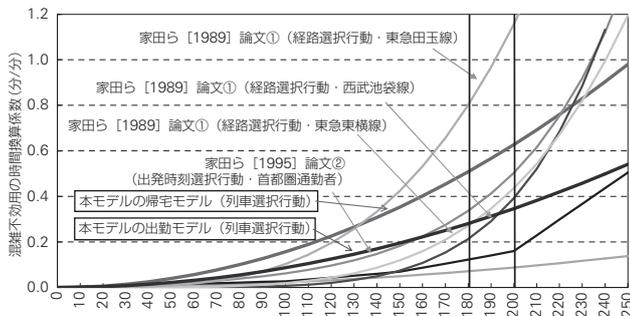
\*2 初乗駅での混雑率が35%未満の場合は「1」、それ以外は「0」

\*3 始発駅の場合は「1」、それ以外は「0」

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価値はやや高くなっている。

#### 4.3 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—4に示す。なお、参考のため、代表的な既存研究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。



■図—4 混雑不効用の時間換算係数の比較

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

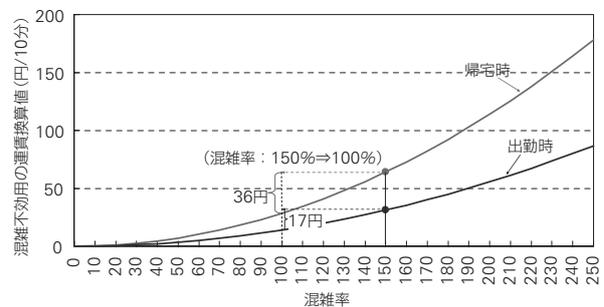
という結果である。また、料金換算すると、混雑率180%の列車に1分乗車した場合の混雑不効用は、帰宅時で9.2円、出勤時で4.5円という結果である。

#### 4.4 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

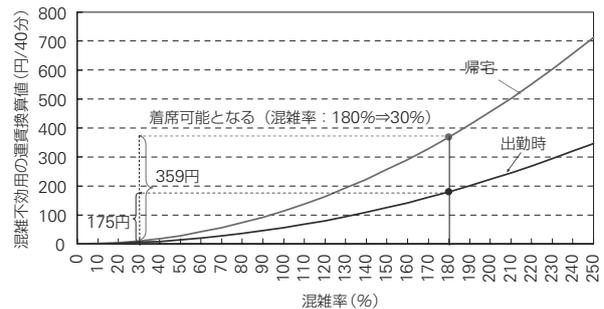
例えば、運行本数が2本で混雑率が150%の路線において、1本増発すると混雑率が100%に緩和される。この路線に10分乗車している場合、この増発による混雑回避に対して、帰宅時では36円、出勤時では17円を支払う意思があるという結果である(図—5)。



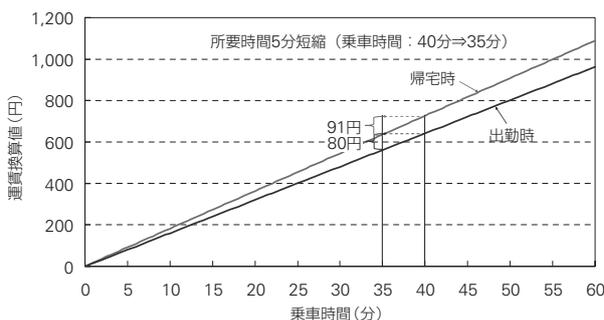
■図—5 10分乗車した場合の混雑に対する支払い意思額

##### (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—6、図—7のようになる。



■図—6 40分乗車した場合の混雑に対する支払い意思額



■図—7 乗車時間に対する支払い意思額

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(図一六)。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(図一七)。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。

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。

## 5—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、表一三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。

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

■表一三 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	増発による列車キョ・車両キョ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

■表一四 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

同額である(表一四)。

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) 有料着席型列車の運行

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」の他に表一五示す項目に着目した。

■表一五 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

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(表一六)。

■表一六 利用者便益と料金収益

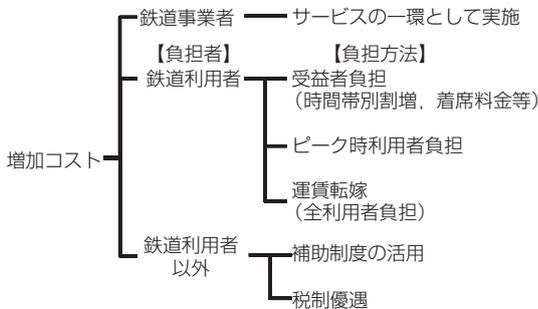
ケース	利用者便益(円/日)			初期コスト (千円)
	有料着席列車利用者	有料着席列車を利用しない、または利用できない人	合計	
ケース1	687,665	377,576	1,065,241	
ケース2	781,602	-1,223,202	-441,599	
ケース	料金収益(円/日)			
	着席料金収入 (千円)	ランニングコスト 増加分(千円)	純益 (千円)	初期コスト (千円)
ケース1	734	252	482	1,235,000
ケース2	734	85	650	1,235,000

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

## 6—混雑緩和施策実施による増加コストの負担についての検討

施策実施による増加コストについては、鉄道事業者自ら現行の運賃の中で、サービス改善の一環として、検討する必要がある。しかしながら、施策によっては、鉄道事業者のサー

ビス改善として、コスト増加の負担ができなかった場合、増加コストの負担者としては、大きく鉄道利用者とそれ以外が考えられ、鉄道利用者については、負担方法として、施策実施により実際に便益を受ける者が負担する場合と、それ以外の鉄道利用者も含めた全利用者が負担する場合が考えられる。また、鉄道利用者以外が負担する方法として、補助制度や税制の優遇が考えられる(図—8)。



■図—8 費用負担の考え方

鉄道利用者が増加コストを負担する場合、自動改札機とICカードで柔軟な運賃収受が可能になると考えられる。しかし実際には、システムが巨大化しているため、柔軟な運賃収受が困難な状況であり、システムの改良時など中長期的にはこれらの課題について克服する必要がある。

鉄道利用者以外では、法制度上の障壁はないと考えられるが、受益者が特定されている施策に対して、公的な税金を使うことについては、国民の理解を得られるかが最大の問題である。

## 7—まとめと今後の課題

これまで、都市鉄道の混雑問題に対しては、主にピーク時における混雑緩和を目指して、新線整備や複数線化などハード面の整備が取組まれてきており、ピーク時の混雑緩和に関しては着実に改善が図られている状況にある。しかし、とくに首都圏においては、運輸政策審議会答申第19号の目標値である混雑率150%を依然として上回っている路線も多くあるのが現状である。これらの路線については、ピーク時においては、既に現状の設備上の最大限の輸送力が確保されており、さらに輸送力を増強するには大規模な施設改良等が必要と考えられている。

一方、少子高齢化により今後の需要の大幅増が見込めない中で、大規模な設備投資を行うことが困難な状況であることから、オフピーク通勤の推進等のソフト面からの混雑緩和施策についても検討が進められている。このような状況のもと、今後の望ましい混雑緩和施策の方向性と課題について以下に整理する。

### ○ピーク時以外の混雑率状況の把握

本調査では、大都市交通センサスのデータを用いて、時間帯別の混雑状況の把握を行ったが、今後、ピーク時以外

の混雑にも着目する際には、自動改札機データや車両の応加重装置データの利用などITを用いながらの、より詳細な混雑状況の把握が必要となると考えられる。

また、同じ混雑率であっても車両の形状等の違いによって混雑状況が異なることがわかった。よって、車両の座席数や立席面積の異なる路線間で混雑状況を比較するための指標として、着席している人を除いた立席の混雑状況を表現する立席密度を提案した。今後は、混雑率だけではなく、こういった指標についても公表されることが望まれる。

### ① ピークサイドの輸送力増強

ソフト施策によってピーク時の需要分散が推進されているところではあるが、ピーク時からの需要転換をより効果的に推進するためには、需要の転換先となるピークサイドの輸送力を増加させ混雑緩和を図ることが重要である。

今後、利用者の要請に応じてピーク前後とも輸送力増強を図ることが利用者の立場からは望ましいが、まずは、施設整備に比べて投資の懐妊期間の短い要員の確保、車両の新規導入により実現ができるとしている事業者が多いピーク後の輸送力増強から、費用をより抑える方策やサービス導入による経営への影響等に関して、鉄道事業者においても具体的な検討を始めることが期待される。

### ② 夜間の輸送力増強

夜間の混雑率や日常の利用状況を見るに、いくつかの路線では夜間の輸送力増強が求められる状況にあり、十分なサービスが提供できているというわけではなく、より良好なサービスの提供を目指して努力することが望まれる。

夜間の輸送力増強については、要員の確保が必要としているものの、施設の整備、改良、車両の新規導入を必要とする可能性は少なく、ピークサイドの輸送力増強に先んじて導入に向けた具体的な検討を鉄道事業者において始めることが期待される。

なお、利用者は混雑回避に対する支払い意思を持っているため、有料着席サービスと同様に、利用者に追加的な負担を求めてサービス提供をすることの検討も必要であると考えられる。

### ③ 有料着席サービスの導入

有料着席サービスについては、これまでも鉄道事業者各社により提供がなされており、既に利用者による追加的な料金負担の下で事業者が着席サービスを提供する形態が定着しており、更なるサービスの向上が期待される。なお、有料着席列車の導入に際しては、一部の利用者の不便益が極端に大きくなるような場合には、ダイヤ設定等の検討が必要である。

本稿は、平成18年度、19年度に実施した国土交通省から受託調査の結果を取りまとめたものである。

(要約：調査室調査員 新倉淳史)