

# 電力中央研究所報告

69-1000000000

CI0000000000

省エネルギーのための交通計画手法の検討  
—大都市の通勤通学時利用交通手段と交通サービスレベルとの重回帰分析—

研究報告：T96002

RECEIVED

JUL 31 1997

OSTI

平成8年8月

財団法人 **電力中央研究所**

**DISCLAIMER**

**Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.**

省エネルギーのための交通計画手法の検討  
—大都市の通勤通学時利用交通手段と交通サービスレベルとの重回帰分析—

須永孝隆\*

キーワード：交通手段,  
都市交通,  
交通計画,  
省エネルギー,  
交通需要予測

Investigation of Transportation Planning Method for Saving Energy  
—Analysis of Relation between Transportation Modes and Transportation Services for Commutation in Metropolitan Area—

by Y. Sunaga

Abstract

In order to relieve excessive concentration to Tokyo urban area, transfer of the capital, distribution of a part of the function to some core cities in environs of Tokyo urban commuting area, and enhancement of the activity of central cities in the provinces, have been discussed. In general, these cities having populations around 500,000 persons, increasingly depend on road traffic, it is essential to establish public transportation systems such as railways, in order to reduce energy consumption in transportation and to improve urban environments. So, relation of modes of transportation to the service levels are analyzed.

4 central cities in the provinces, 4 core cities in environs of Tokyo urban commuting area, and 23 ku in Tokyo are selected, and data of the 1990 population census are used for the analysis. As the result, a prediction formula on share by mode of transportation, that is applicable to every urban commuting areas having populations around 300,000 or over in Japan, is developed.

The results of estimation by changing some parameters on transportation services, show that shortening access time and train operation interval is effective to improve share of railways in short distance trips, and increase of train velocity or decrease of motor vehicle velocity is also effective in long distance trips.

Basic statistical factors about commuting trip in metropolitan area are summarized, for example, relation of proportion of persons commuting from the suburbs to the central cities, to commuting time, average velocities of motor vehicles and trains, and so on.

(Komae Research Laboratory Rep No. T96002)

**MASTER**

(平成8年7月29日承認)

\*電気物理部 上席研究主幹

**DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED**

## 背 景

東京一極集中による弊害の緩和策として首都機能移転や業務核都市への機能分散、地方都市の活性化方策が議論されている。対象となる人口50万人前後の都市は、近年道路交通への依存度が高くなってきており、省エネと環境改善のため鉄道等の公共交通機関整備の必要性が高まっている。電気事業は、公益事業として地域経済の発展に寄与すると同時に、エネルギー・資源および環境問題の解決にも取り組んでおり、都市交通問題も電気事業がその解決に貢献できる分野である。

## 目 的

鉄道などのエネルギー消費が少なく環境負荷の小さい電気利用公共交通機関を基軸とした交通システムへのモーダルシフトによる省エネと環境改善効果の評価を目的として、通勤通学交通を対象に交通手段と交通サービスとの関係を分析し、自動車から鉄道などの省エネ型交通システムへの転換を促進するための交通サービス要因とその効果を明らかにする。

## 主な成果

通勤通学者の交通実態を分析するとともに、鉄道などのサービスレベルを考慮して都市圏の交通手段分担率を予測する手法を開発し、省エネ型交通システムに必要なサービス要件を明らかにした。

1. 全国の人口50万人規模の都市を中心に東京23区を含めた9都市圏について、国勢調査データを基に利用交通手段(鉄道と自動車の利用者の比率)と交通サービスレベルとの重回帰分析を行った。この結果、都市間の所要時間、鉄道と自動車との時間差、アクセス時間および列車の運転間隔が利用交通手段に有意な影響を与える因子であることが明らかになった。この分析により、地域区分を行うことなく全国各都市圏に適用できる利用交通手段分担率の回帰式を得た。回帰式の重相関係数は0.78で実績値とよい相関を示し、これを用いた鉄道分担率の計算値は実績値とほぼ一致した(図1)。
2. 上記回帰式を用いて、各都市圏の鉄道分担率の推定を行った結果、都市圏毎に平均した分担率はおおむね実績値と一致し、東京区部、首都圏周辺核都市および地方中核都市の間の分担率の相違が、交通サービスレベルでほぼ説明できることが明らかになった。
3. 交通サービスレベルのパラメータを変えて試算を行い、短距離ではアクセス時間と運転間隔の短縮が、長距離では鉄道の速度向上あるいは自動車の速度低下が鉄道分担率の向上に対する影響因子であることを定量的に示した(図2)。

鉄道分担率：(鉄道利用者数) / (鉄道+自動車利用者数)  
 鉄道駅のある市町村について都市圏ごとに集計

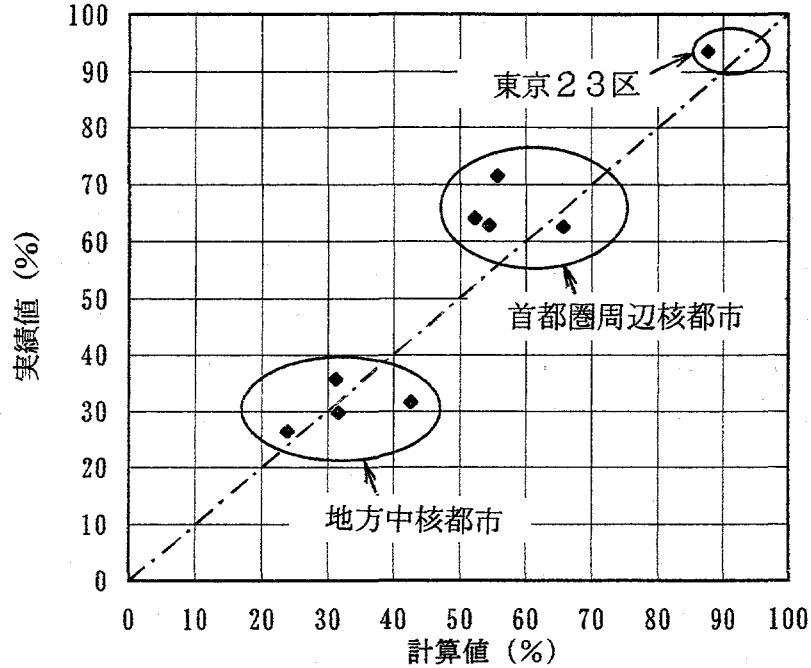


図1 鉄道分担率の計算値と実績値との比較

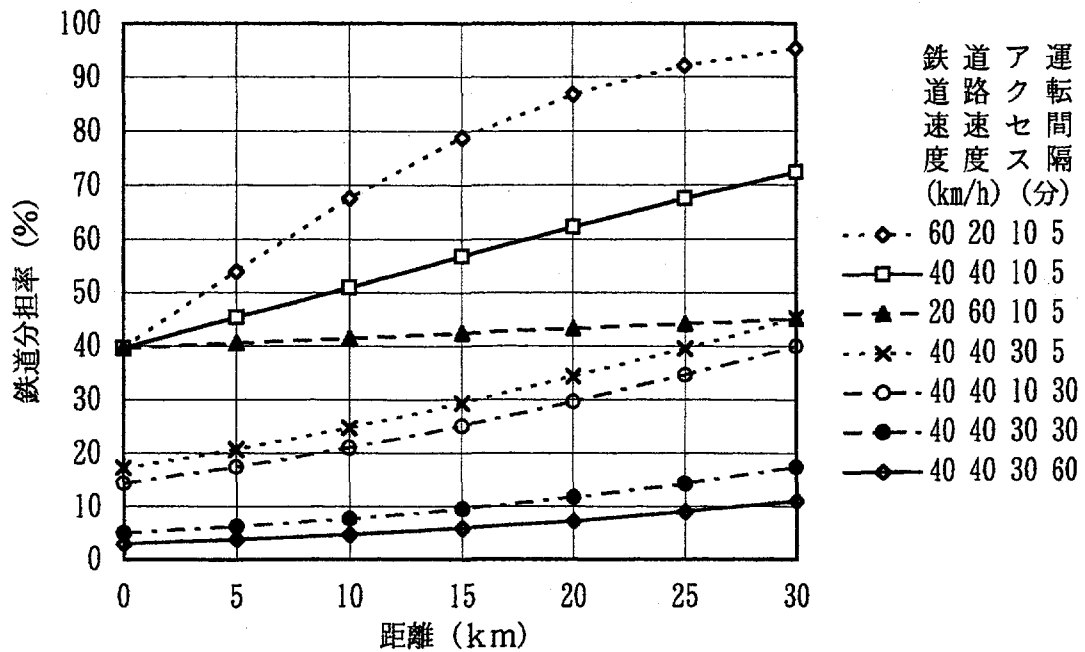


図2 鉄道のサービスレベルと分担率

# 目 次

1. まえがき .....	5
2. 都市交通の現状分析 .....	7
2. 1 各交通手段のエネルギー・環境特性の比較 .....	7
2. 2 都市交通の問題点 .....	9
2. 3 通勤通学時利用交通手段の動向 .....	10
2. 4 都市規模と利用交通手段との相関 .....	11
3. 交通サービスレベルと利用交通手段との重回帰分析 .....	14
3. 1 分析手法 .....	14
3. 2 地域別分析 .....	16
3. 3 全国の都市交通手段分担率回帰式 .....	17
4. 鉄道および自動車による所要時間の比較 .....	19
5. 都市圏中心都市への通勤通学率と通勤通学時間 .....	20
6. まとめ .....	22
謝辞 .....	23
参考文献 .....	23

## 1. まえがき

運輸部門のエネルギー消費量は全体の24%を占め、エネルギー源の98%を石油に依存している<sup>[1]</sup>。社会のアメニティー志向が強まる中で、運輸部門の占める割合は年々増加しており、エネルギー消費原単位も増加傾向にあり、省エネルギーと環境対策が急務となっている。運輸部門のCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排出抑制のため、燃費改善やモーダルシフトなどの対策が指摘されているが<sup>[2]</sup>、社会的には環境より利便性やアメニティー志向のほうが強いいため、実態はこれに逆行している。したがって、快適で便利で環境負荷の小さい省エネルギー交通システムのあり方を検討することが、運輸部門の省エネルギーを進めていく上で必要である。

従来から、鉄道新線やモノレール等の新しい交通システム、高速道路の建設計画および都市計画において、交通流の予測やこれに基づいた交通計画は広く行われている。交通需要の予測法として、従来は大規模な旅客流動調査に基づく集計モデルが多く用いられている。この方法では、交通の発生量や分布の予測の際に、交通のサービス特性はほとんど考慮されていなかった。これに対し、近年ではアンケート調査により求めた交通手段やルート選択確率に基づく非集計モデルが提案され、新しい都市交通システムの計画等の際に用いられるようになった<sup>[3]</sup>。双方とも得られるモデルの地域差が大きく、十分なデータの得られた地域にしか適用できないという限界がある。非集計モデルでは、種々のサービス要因の影響について分析している例はあるが、事例研究的なものが多く、適用地域は調査対象地域に限定される。

近年、主に米国で、自動車交通による大気汚染等の環境影響対策から、自動車交通の抑

制に重点をおいた交通需要管理(TDM)が重視されるようになった<sup>[4]</sup>。わが国でも、混雑地域の交通円滑化と環境改善を目的として、自動車交通の抑制と公共交通の整備を志向した交通需要管理を導入する動きがある<sup>[5]</sup>。

日本におけるこれまでの交通計画は、自動車や鉄道などの輸送実績をもとに交通需要を予測し、道路や鉄道の必要量を決定していくという需要追随型のものであった<sup>[6]</sup>。また、鉄道・バスなどの交通事業、道路建設、道路交通管理、交通による環境問題を扱う部門がそれぞれ異なり、交通計画も道路交通と鉄道・バス等の公共交通について独立に策定されている。公共交通は独立採算制をとっているため、このもとで経営が成り立つことが大前提としてあり、鉄道については、採算性が交通計画策定上の決定的な要素であった。

このように、鉄道やバスなどの省エネ交通手段である公共交通事業は独立採算性をとり、輸送効率が低い自動車交通のための道路建設を公共事業として推進するという方策は、輸送力を確保するための投資効率からみると必ずしも合理的でなく、さらに、CO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>、媒塵などによる環境悪化を環境コストとして評価した場合、公共交通のための社会資本に投資するほうがコスト面からも合理的と思われる。ドイツでは、道路混雑の解決策として新しく道路を作るより軌道を作ったほうがコスト的に有利であり、都市環境対策にもなることから、軌道交通のためのインフラを公共事業として整備し、自動車交通を軌道系へ転換させる施策がとられている<sup>[7]</sup>。米国のロスアンゼルス、サンフランシスコ、ポートランド、シアトルなどやオランダでも同様な施策がとられている。

これまでの日本の交通計画では省エネルギーや環境改善のための自動車交通抑制政策はとられていなかった。しかし、今後環境・エ

エネルギー問題の重要性がますます増大することは確実で、日本でも、価値観の転換とともに、新たな視点のもとに交通システムを再構成せざるをえなくなる時代を迎えると予想される<sup>[8]</sup>。

運輸経済研究センターでは、CO<sub>2</sub>排出抑制のための税制対策、燃費規制、鉄道運賃補助と課徴金によるモーダルシフト促進対策などの各種施策の効果を、交通計画手法を用いたシミュレーションにより試算している。その結果、モーダルシフト促進対策が極めて大きな効果を持つことが明らかになっている<sup>[9]</sup>。

また、鉄道は基本的に高密度の線輸送に適しているのに対し、自動車は低密度広範囲の面輸送に適しており、両者の特徴を生かした連携によって合理的な輸送が可能になる。しかし、交通手段の機能分担を含めた総合的な交通計画は行われておらず、鉄道の整備は、それ自体で大量の輸送需要の見込まれる大都市圏に限定されていた。一方、大都市では交通基盤を整備するには莫大な建設費を要する上、利便性が増すことによって人口の都市集中が加速され、新たな交通需要が発生するため、種々の都市環境問題、交通問題を発生する。そこで、都心部に新たな道路や鉄道を新設することは最小限にとどめ、交通需要を抑制するような政策をとるべきとの主張も提案されている<sup>[10]</sup>。交通流は固定したものでなく、利便性の高いルート、交通サービスレベルの高い地域にシフトすると考えられる、したがって、省エネルギーおよび環境面からみた最適交通ネットワーク構造および交通手段の最適配分を求めることができれば、これに接近する方向に交通需要を誘導するような交通ネットワークの基本構造を示すことができる可能性がある。

当所では、種々の交通機関の輸送実態の調査とエネルギー効率・環境特性の評価を行っ

た結果、省エネルギー・環境対策として、燃費向上など個別対策には限界があり、電気利用公共交通システムの整備が有効であることを明らかにした。すなわち、中心都市人口30万人以上の大都市圏で、新しい交通システムの導入を含めた公共交通システムの利便性向上によって、自家用車による輸送量の40%が公共交通システムに転換できると仮定した場合の省エネルギーと環境改善効果を試算した。その結果、エネルギー消費量およびCO<sub>2</sub>排出量は全国の旅客輸送部門の20%程度、NO<sub>x</sub>排出量は15%程度削減されると算定された。

また、東京都市圏について、自家用車利用より鉄道利用の方が所要時間が短いトリップを鉄道利用に転換した場合、12~15%省エネルギーとなることが試算されている<sup>[11]</sup>。これは現状の鉄道、道路施設および所要時間を前提としたもので、パークアンドライド施設などの鉄道アクセスの改善でかなりの省エネルギーが可能となることを示している。一方、30km以内の短距離トリップをガソリン自動車から電気自動車に転換した場合、10~15%のエネルギー消費を削減できると試算されている。ここでは、電気自動車の性能もほぼ現状レベルで評価しており、今後新型バッテリーの開発などにより、電気自動車の性能が向上した場合には、さらに大幅な省エネルギーの可能性を示している。

以上は、現状の都市を前提にした検討であるが、この他に、新しく都市を作る場合に運輸・民生両部門のエネルギー消費を最小化するための都市の最適土地利用構造を検討している例<sup>[12]</sup>があるが、ここでは鉄道は考慮していない。また、既計画の新線建設後の人口や土地利用変化に伴う鉄道および道路交通量の変化を考慮してエネルギー評価を行っている例<sup>[13]</sup>もある。



## 2. 都市交通の現状分析

### 2.1 各交通手段のエネルギー・環境特性の比較

各輸送機関のエネルギー効率、CO<sub>2</sub>排出量およびNO<sub>x</sub>発生量を比較する。エネルギー消費量は1993年度の全国統計データ<sup>[1]</sup>を用いたが、CO<sub>2</sub>排出量については1990年度

の原単位データ<sup>[14]</sup>を用いた。NO<sub>x</sub>発生量については1986年度の統計データ<sup>[15]</sup>から原単位を求め、1993年度のエネルギー消費量から同年度のCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排出量および人キロ当たりの原単位を求めた。これらの結果を第2.1表、第2.2表および第2.3表に示した。

さらに大都市内の道路交通については、交差点や信号機が多く道路混雑の影響も受けやすいため自動車の走行環境が悪く、エネルギ

第2.1表 NO<sub>x</sub>発生原単位 (1986年度)

Table 2.1 NO<sub>x</sub> Generation per Energy Consumption by Modes of Transportation

施設・輸送機関	燃料	エネルギー消費量 (kcal)	NO <sub>x</sub> 発生量 (NO <sub>2</sub> 換算:ト)	原単位 (g/kcal)
発電所		1494.58×10 <sup>12</sup>	174.1×10 <sup>3</sup>	1.16×10 <sup>-4</sup>
乗用車		260.83×10 <sup>12</sup>	88.9×10 <sup>3</sup>	3.41×10 <sup>-4</sup>
バス		15.60×10 <sup>12</sup>	42.6×10 <sup>3</sup>	27.31×10 <sup>-4</sup>
鉄道	軽油	3.44×10 <sup>12</sup>	13.1×10 <sup>3</sup>	38.07×10 <sup>-4</sup>
	電力	31.66×10 <sup>12</sup>	-	1.16×10 <sup>-4</sup>

第2.2表 旅客輸送におけるエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>・NO<sub>x</sub>発生量 (1993年度)  
CO<sub>2</sub>原単位は1990年度ベース、NO<sub>x</sub>原単位は1986年度ベース

Table 2.2 Energy Consumption, CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Generation by Modes in Passenger Transportation

輸送機関	燃料	エネルギー消費量 (10 <sup>10</sup> kcal)	CO <sub>2</sub> 排出量		NO <sub>x</sub> 発生量	
			原単位 ( $\frac{\text{kgC}}{10^4 \text{kcal}}$ )	排出量 (10 <sup>6</sup> kgC)	原単位 ( $\frac{\text{kgNO}_2}{10^4 \text{kcal}}$ )	発生量 (10 <sup>6</sup> kgNO <sub>2</sub> )
自家用乗用車	ガソリン	34,182	0.7658	26,177	0.00341	116.6
営業用乗用車	LPG	2,033	0.6833	1,389	0.00341	6.9
自家用バス	軽油	376	0.7839	295	0.02731	10.3
営業用バス	軽油	1,361	0.7839	1,067	0.02731	37.2
JR (電化)	電力	2,306	0.4532	1,045	0.00116	2.7
(非電化)	軽油	221	0.7839	173	0.03807	8.4
民鉄 (電化)	電力	1,537	0.4532	697	0.00116	1.8
(非電化)	軽油	19	0.7839	15	0.03807	0.7

第2.3表 旅客輸送における人キロ当りエネルギー消費、CO<sub>2</sub>・NO<sub>x</sub>発生量

Table 2.3 Energy Consumption, CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Generation per Person per Kilometer

輸送機関	人キロ (10 <sup>9</sup> 人キロ)	人キロ当 エネルギー消費量 (kcal/人キロ)	人キロ当 CO <sub>2</sub> 排出量 (gC/人キロ)	人キロ当 NO <sub>x</sub> 発生量 (gNO <sub>2</sub> /人キロ)
自家用乗用車	568.00	602	46.1	0.21
営業用乗用車	15.17	1341	91.6	0.46
自家用バス	26.74	141	11.0	0.39
営業用バス	76.17	179	14.0	0.49
JR	250.02	101	4.9	0.044
民鉄	152.71	102	4.7	0.016

一消費原単位が低下する。一方、鉄道については輸送効率が向上するため、原単位も改善される。東京、大阪、名古屋、福岡の各大都市圏のサンプルベースでの調査結果例<sup>[14]</sup>を第2.4表に示す。

現在用いられている交通手段のうちでエネルギー効率および環境特性から見て最も優れているものは自転車、徒歩である<sup>[9]</sup>が、これに次いでエネルギー・環境特性のよい交通機関は鉄道である。(電気)鉄道のエネルギー消費原単位は自家用車の1/10、バスの1/3、鉄道のCO<sub>2</sub>排出量は自家用車の1/15、バスの1/5、鉄道のNO<sub>x</sub>発生量は自家用車の1/20、バスの1/40程度であり、特に都市交通の分野においては、自動車から鉄道へのモーダルシフトが交通の省エネルギーと環境改善のために有効である<sup>[14]</sup>。

第2.5表はECにおいて検討された各種交通機関の外部費用(交通機関が与える騒音や大気汚染などのマイナスの影響に相当するコストのうち自らで負担しないコスト)の試算結果を示したものである<sup>[16]</sup>。ECの場合、鉄道建設は公共事業として行われており、建

設/維持管理に対する外部費用が相当額見積もられているが、これを含めても外部コストは道路の1/5程度である。日本の場合、鉄道建設/維持管理費用は原則的に内部化されており、鉄道の外部コストはかなり小さくなると思われる。

一般に、大量輸送機関は省エネルギー性に優れているが、輸送需要に対するフレキシビリティに乏しく、まとまった需要がないと経営的に成り立たない。自家用乗用車は輸送力が小さく、需要が少ない場合には最も便利な交通手段であるが、エネルギー効率および環境特性は劣っている。

電気利用交通システムはCO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>の発生量が少なく、特に鉄道やモノレール等の新しい都市交通システムはエネルギー効率面では有利である。また、電気自動車は、ガソリン車やディーゼル車に比べてエネルギー効率がよく、特にNO<sub>x</sub>(火力発電所からの)発生量が少ないため、短距離の用途に限定すれば、ガソリン/ディーゼル自動車よりエネルギー効率は高く環境特性も良い。したがって、端末の輸送手段としては適している。

第2.4表 大都市圏の旅客輸送におけるエネルギー消費原単位・CO<sub>2</sub>排出原単位

Table 2.4 Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Generation per Person per Kilometer in Urban Area

	輸送機関	人キロ当 エネルギー消費量 (kcal/人km)	人キロ当 CO <sub>2</sub> 排出量 (gC/人km)
4大都市圏 サンプルベース	営業用乗用車(LPG)	1663	114
	自家用乗用車(ガソリン)	845	65
	路線バス(軽油)	283	22
	鉄道(地下鉄)(電力)	89	4

第2.5表 交通機関の外部費用(ECの例)

Table 2.5 External Costs by Modes of Transportation (European Communities)

外部費用	航空	鉄道	内陸水運	道路	合計 (%)
大気汚染	2	4	3	91	100
騒音	26	10	0	64	100
土地の占有	1	7	1	91	100
建設/維持管理	2	37	5	56	100
交通事故犠牲者	1	1	0	98	100
合計 10億DM/年	2	14	2	68~77	85~99

## 2.2 都市交通の問題点

都市化の進展と東京圏への一極集中に伴って、都心部の昼間人口の増加と夜間人口の減少、住宅地の周地域の拡大による通勤距離の増加など、都市圏内の人と物の移動量の増加をもたらしている。このような弊害を緩和するための対策として、首都移転構想や首都圏周辺の業務核都市の再開発、地方中核都市の活性化・地域振興が検討されている。

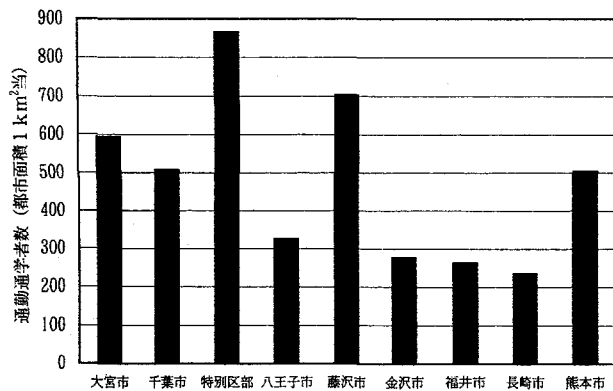
首都圏周辺部の核都市や地方中核都市の機能強化や都市再開発を行う際に、公共輸送システムを基軸とした都市交通体系への転換・再編を図り、都市圏内交通の輸送力を確保することは、都市交通の省エネや都市環境改善を進める上で重要である。

一般に、都市交通が便利になると都市は発展するといえる。東京・大阪都市圏では歴史的に鉄道中心とした交通体系ができており、これを中心に核のある都市が形成され、都市の発展とともに鉄道も輸送力増強を行ってきた。鉄道は都心から放射状、道路は放射+環状のクモの巣構造をなし、都心中心の交通体系を形成している。したがって、鉄道ネットワークに組み込まれていても、周辺核都市の利便性は高くない。

一方、比較的歴史の新しい地方都市には自動車交通中心に発展した都市が多くあるが、このような都市では都市機能が広い範囲に分散しているため新しく鉄道を建設してもその機能を生かすのは困難な場合が多い。また、古くからある地方中核都市でも、鉄道が都市交通機能として機能していない都市が多くあり、道路混雑のためバス利用者が減少し、さらに道路混雑に拍車をかけるという悪循環を生じている。さらに、道路交通を緩和するために新たな道路を建設すると、鉄道需要が減少する結果鉄道が不便になり、さらに道路混

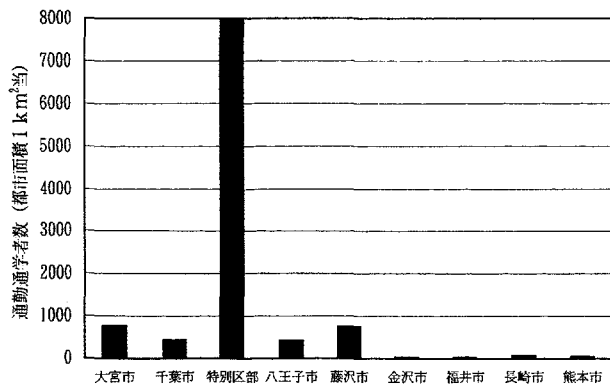
雑を激化させることがある(Downs-Thomsonのパラドックス)<sup>[17]</sup>。このような市街地には鉄道や新交通システムのような専用走行路をもった大量輸送機関を必要としているが、既存の鉄道の利用率が低下している場合、交通実態データに基づく従来の交通計画手法では新しい交通システムの建設あるいは既設鉄道の活性化によって誘発される潜在需要を的確に予測することは極めて困難であり、人口50万人規模の地方中核都市では、数十年前から新交通システムの建設計画が検討されながらいまだに具体化しない都市が数多くある。このため、交通サービスレベルの向上により顕在化する需要や、都市開発により誘発される交通需要を予測し、交通流密度に応じた適切な交通手段を割り当てることによる、合理的な交通ネットワーク構成のための交通計画手法が必要とされている。

第2.1図は、地方中核都市4都市、首都圏周辺の業務核都市またはこれに準ずる都市4都市および東京23区への自家用車および鉄道利用通勤通学者数を都市面積1km<sup>2</sup>当りに換算して示したものであるが、通勤通学者総数が東京の1/20程度しかない地方都市でも単位都市面積当たり自家用車利用者は東京の1/2~1/3程度あり、さらに道路1km当りに換算すると第2.2図のように東京と同程度かやや地方都市の方が上回るようになる。これは道路混雑を直接に表す指標ということはないが、上に記したように、地方都市では、道路交通の混雑解消策としての道路整備が逆効果を生ずることがあるので、既存鉄道の強化あるいは新交通システム等の代替交通手段の整備と併せて検討する必要がある、重要な問題である。



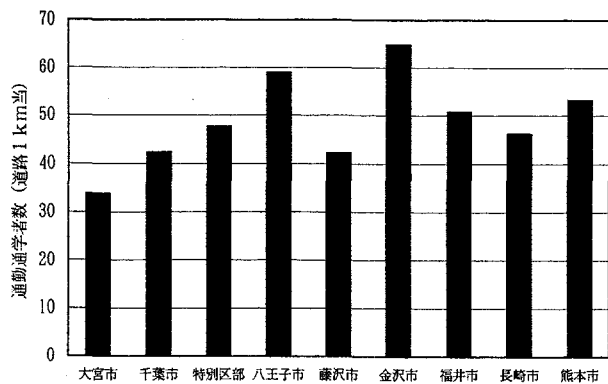
第2.1図 (a) 自家用車利用通勤通学者数

Fig. 2.1(a) Number of Commuting Persons by Private Cars in Several Cities



第2.1図 (b) 鉄道利用通勤通学者数

Fig. 2.1(b) Number of Commuting Persons by Railways in Several Cities



第2.2図 自家用車利用通勤通学者数 (道路1km当)

Fig. 2.2 Number of Commuting Persons by Private Cars 1km in road length

## 2.3 通勤通学時利用交通手段の動向

国勢調査では10年毎に利用交通手段の調査を行っているが、1980年と1990年との比較<sup>[18]</sup>を第2.6表に示す。これによると全国で自家用車だけを利用する通勤通学者が56%増加しているのに対し、鉄道利用者の増加率は12%で分担率は低下している。また全国の人口30万人以上の都市のうちで鉄道分担率が上昇した都市は15都市あるが、2都市を除いてすべて三大都市圏または政令指定都市で、地方中核都市の鉄道分担率は低下している。また、バスの利用者が32%減少しているが、これは自家用車の普及および道路混雑の影響によるものとみられている。この結果、地方中核都市では公共交通機関の分担率の低下傾向が著しく、省エネルギーおよび環境対策から、公共交通システムへのモーダルシフトの必要性が指摘されている。

一方、鉄道の端末輸送手段として自転車を利用する人が89%、自家用車を利用する人が56%と大幅に増加しており、特に大都市圏でその傾向が著しい。全国の人口30万人以上の都市のうち、自転車の分担率が4%以上上昇している都市は、首都圏で4都市、近畿圏で8都市、北海道で3都市ある。自家用車単独の利用者の増加は運輸部門のエネルギー消費量の増加要因となるが、電気鉄道+自転車あるいは自家用車の複合輸送は省エネルギーおよび道路交通混雑の緩和に有効である。このため、鉄道駅や高速道路・団地のバス停付近にパークアンドライド用駐車場・駐輪場を設置する例が増えている<sup>[19]</sup>。

今後大都市内では道路混雑のため自家用車による大幅な交通の増加は困難で、交通需要の大きい地域では、鉄道や新交通システムの等の軌道系交通システムを整備するとともに、転換を促進させていくための方策の1つとし

て、駅に駐輪場や駐車場を増設したり、レンタカー（タウンカー）の施設を設けるなど、末端交通手段を利用しやすくしていくことがニーズにあった省エネ方策と考えられる。

電気自動車は、現在の価格レベルでは自家用車としての普及見通しはないが、環境対策と位置づけた助成やレンタカーシステムなど何らかの普及方策の検討が必要と考えられる。電気自動車の特性を生かし、駅からの末端交通手段として、自転車とともに小型電気自動車を貸し出すようなシステムをとったり、駅に併設した駐車場に電気自動車用充電設備を設置すれば、モーダルシフトによる省エネと都市環境改善と同時に電気自動車の普及促進効果も期待できる。電気事業としては、電気利用分野を通じて省エネと環境改善に貢献できる方策について検討することも意義のあることと考えられる。

## 2.4 都市規模と利用交通手段との相関

鉄道は大量輸送に適した交通機関であるため、大都市ほど利用交通手段に占める鉄道分担率が高くなることはよく知られている。人口10万人以上の都市人口と交通手段分担率との関係<sup>[18]</sup>を、三大都市圏とその他の地方都市とに分けて図示すると、第2.3図および第2.4図となる。両図を比較して分かるように、同一人口規模でも三大都市圏と地方都市圏とでは利用交通手段分担率に明確な差が認められ、三大都市圏内の方が鉄道分担率が高く自家用車分担率が低い。この理由として、①鉄道の歴史的役割、すなわち三大都市圏では古くから鉄道ネットワークが発達しており鉄道の発展とともに都市も発展してきたため、②三大都市圏は鉄道のサービスレベルが高く、便利だからよく利用されるため、③人口密度が高いため、④都市圏が広く広域の鉄道ネットワークが形成されているため、等が考えられる。

都市圏の中には、新しい地下鉄が都市交通

第2.6表 利用交通手段別15歳以上通勤・通学者数

Table 2.6 Numbers of Commuting Persons over 15 Years Old by Mode of Transportation

利用交通手段	15歳以上通勤・通学者数(1000人)			割合(%)	
	平成2年	昭和55年	増加率	平成2年	昭和55年
総数	59,520	49,259	1.21	100.0	100.0
徒歩だけ	6,081	7,326	0.83	10.2	14.9
鉄道・電車だけ	8,732	7,896	1.11	14.7	16.0
乗合バスだけ	2,646	3,904	0.68	4.5	7.9
勤め先・学校のバスだけ	866	1,121	0.77	1.5	2.3
自家用車だけ	22,051	14,140	1.56	37.1	28.7
ハイヤー・タクシーだけ	137	142	0.97	0.2	0.3
オートバイだけ	2,766			4.7	
自転車だけ	7,632	8,096	1.28	12.8	16.4
鉄道・電車と乗合バス	2,604	2,609	1.00	4.4	5.3
鉄道・電車と勤め先・学校のバス	142	115	1.24	0.2	0.2
鉄道・電車と自家用車	443	289	1.53	0.7	0.6
鉄道・電車とオートバイ又は自転車	1,861	984	1.89	3.1	2.0
その他	3,169	2,629	1.21	5.3	5.3

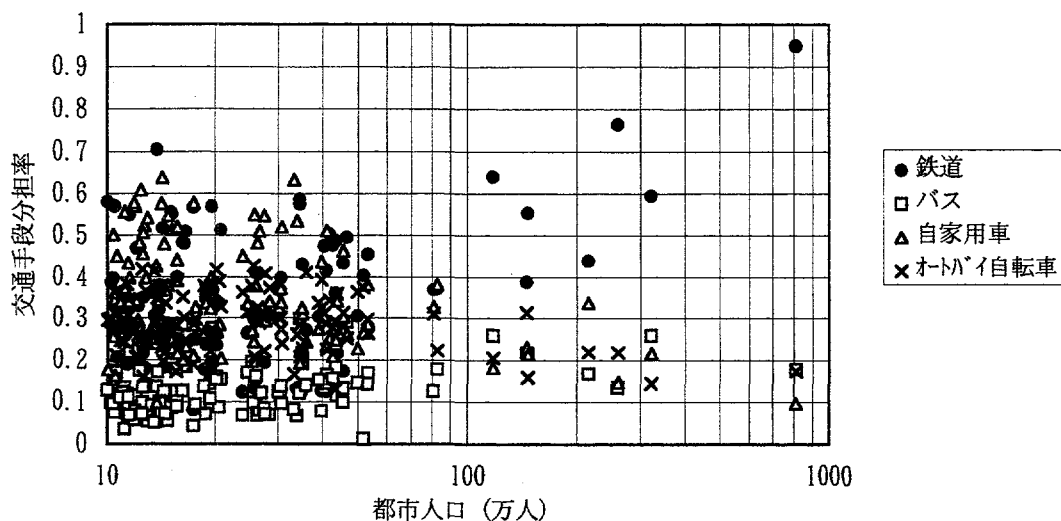
の中で重要な役割を果たしている例や、京都、四日市、久留米などのように複数の高速鉄道によって緊密に接続されていても独立した都市圏を形成している例があり、①や④は決定的な理由にはならないと推定される。

次に③の人口との関係を調べる。相互に強い交流のある複数の都市が集まって1つの圏域を形成する場合、圏域の中心都市の通勤圏人口（都市圏人口）で代表させ、その都市圏人口と利用交通手段分担率との関係を整理した。圏域の区分けについては鈴木氏らの分析結果<sup>[20]</sup>を用いた。この文献には都市圏人口50万人以上の都市のみ記されているため、これ以下の圏域人口を持つ都市については、三大都市圏以外の県庁所在地のみを対象とした。整理結果を第2.5図に示す。人口10万人以上の全都市人口で整理した第2.3図、第2.4図と比較して、ばらつきが小さくなっており、交通手段分担率は都市圏人口と強い相関

を持っていることが分かる。

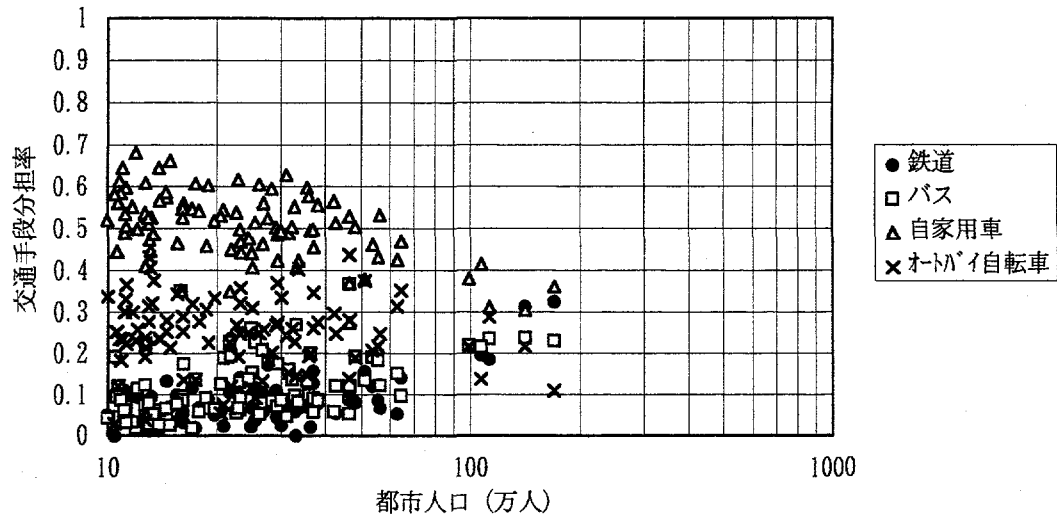
鉄道などの大量輸送機関は、都市人口が大きく交通需要が多いほどその特性を発揮でき、利便性が高くなるため、三大都市圏とその他の都市圏との分担率の相違は②の理由でも説明できる。一方、地方中核都市のように比較的人口の少ない都市でも、同等のサービスが得られるような鉄道システムの改良あるいは新しい省エネ交通システムの導入方策を示すことができれば、都市交通に伴う諸問題の改善に寄与することができる。地方中核都市程度の規模においてどのような交通システムが適しているかを検討するために、三大都市圏でどのような種類の交通サービスが鉄道の分担率に影響を与えているかを分析することは意味のあることと考えられる。

そこで、利便性の影響を検討するため、次の章で交通サービスレベルの内容と交通手段分担率との関係について分析を行う。



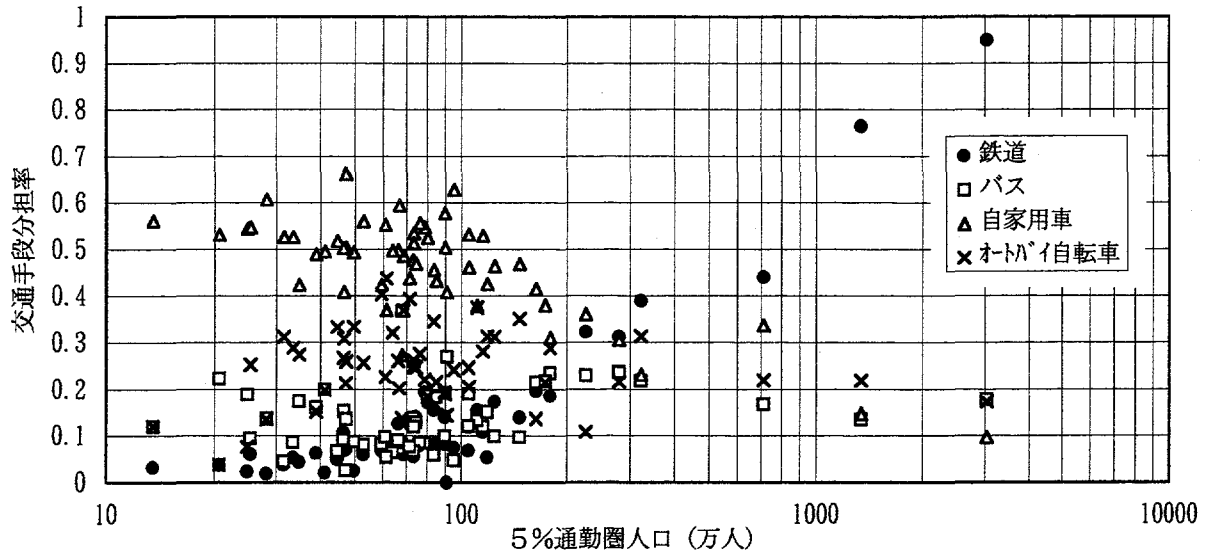
第2.3図 都市人口と交通手段分担率（三大都市圏）

Fig. 2.3 Population of Cities vs. Share by Modes of Transportation (Three Major Urban Area)



第2.4図 都市人口と交通手段分担率 (地方都市圏)

Fig.2.4 Population of Cities vs. Share by Modes of Transportation (Urban Area in the Provinces)



第2.5図 都市人口と交通手段分担率 (都市圏中心都市)

Fig.2.5 Population of Central Cities in Urban Commuting Area vs. Share by Modes of Transportation

### 3. 交通サービスレベルと利用 交通手段との重回帰分析

#### 3.1 分析手法

日本の都市交通分野におけるモーダルシフト可能地域および可能量の推定法を開発することを目的として、地域と鉄道などのサービスレベルが利用者の交通手段選択に与える影響について検討し、交通流のモデル化に反映させるとともに、人口50万人程度の都市圏における省エネ型交通システムの具備すべきサービス要因について評価する。具体的には、通勤・通学交通の地域分布と利用交通手段の国勢調査データ<sup>[21]</sup>を、都市間の道路・鉄道に沿った距離および所要時間などの交通路の状況に関する要因と対比し、交通手段分担率に対する影響要因を分析する。

従来、交通計画で必要となる交通需要の予測法として、交通の実態調査に基づいた集計モデルによる四段階推定法が多く用いられてきた<sup>[22]</sup>。この方法では多数の説明要因の導入が困難で、例えば、文献[23]ではコスト変数と所要時間変数との内部相関が高いためにコストを説明要因から除外して分析している。そこで、交通手段のサービス特性を交通手段の選択要因として分析するために、個人行動のアンケート調査に基づく非集計モデルが多く用いられている<sup>[24-29]</sup>。非集計モデルは、基本的にミクロ分析の手法で、個人の多様な意思を反映できるという特徴がある。新線建設など交通施設整備に伴う需要予測に多く用いられているが、都市圏毎の交通体系調査への適用例もある<sup>[30]</sup>。非集計モデルは、適用地域の状況に依存し、広域の交通量予測には適していないといわれているが、普遍化のための影響要因の整理が試みられており、文献[31]では、費用、所要時間、疲労の3つのカ

テゴリーに整理している。

本研究は、全国のモーダルシフト可能量の推定のため、地域間の差異を含む広域の交通手段分担率の予測法を得ることを目的としているが、これまで、三大都市圏や地方都市圏を含めて統一的に説明できる分担率モデルは確立されていないと思われる。そこで、このようなマクロな分析を行うため、交通手段分担率として国勢調査における通勤通学時利用交通手段の調査結果に基づいた集計モデルを用いる。

上に記したように、集計モデルでは相互に相関の強い説明要因を整理する必要がある。

交通サービスの種類による利用者の交通機関選択の動機づけ要因とその評価指標として第3.1表のような項目が考えられる。これらのサービス要因を、時間、費用、利便性、快適性の4つのカテゴリーに集約する。しかし、通勤の場合交通費を企業で負担しているところが多く、通学の場合自動車利用は極めて少ないと考えられるため、費用については分析対象から除外した。また、自動車と鉄道との快適性を比較することは非常に難しいこと、通勤通学交通では快適性が交通手段選択で支配的な要因になるとは考えがたいことから、快適性についても分析対象から除外した。

また、2.4節に示したように、交通手段分担率は都市規模と相関を持つことが明らかであるが、都市規模と鉄道のサービスレベルとの間にも強い相関があると考えられる。そこで、交通のサービスレベルの影響を調べることを目的とした分析では、都市圏人口など都市規模を表す説明要因は含めないこととする。

そこで、交通サービス指標のうち、時間要因として平均通勤通学時間（広域都市圏中心都市までの所要時間）および鉄道と自動車との所要時間差、利便性要因として、列車の平



第3.1表 公共交通サービスの種類

Table 3.1 Variety of Public Transportation Services

サービス要因	動機づけ要因	評価指標
1. 時間 (所要時間)	できるだけ早く行きたい。	全所要時間
2. 費用	できるだけ安く行きたい。	全費用
1. 時間 (定時性)	決まった時刻までに目的地に行きたい	渋滞による遅れ
3. 利便性 (機動性)	途中あちこちに寄って行きたい。	駅密度、運転間隔
3. 利便性 (接続時間)	バス、鉄道との接続が悪い。	接続時間、運転間隔
4. 快適性	ゆったりと座って行きたい。	混雑度、占有空間。
4. 快適性	乗り換えの階段が大変。	乗換回数、乗換時間
4. 快適性	知らない人と隣あって座りたくない。	混雑度、(個室定員)
1, 3, 4	駅 (バス停) が遠い。待ち時間が長い	駅密度、運転間隔

均運転間隔および駅までの距離（1駅当たり半径（駅密度の逆数を等価円半径に換算した値））をとり、これらの交通サービス指標と交通手段選択率のデータとの重回帰分析によって、各要因のパラメータ分析を行った。

詳細分析の対象都市としては、地方中核都市および首都圏周辺の核都市で、人口30万人程度以上の都市（以下中心都市と記す）の中から各4都市、および都心の代表として東京千代田区を選定し、その都市への通勤・通学者の存在する市町村（国勢調査の表に出ているもの）（以下通勤圏市町村と記す）について調査する。対象として選定した市町村は以下の通りである。

地方中核都市：福井、金沢、熊本、長崎

首都圏周辺核都市：千葉、大宮、八王子、藤沢

東京都心：東京都千代田区または東京23区

鉄道の整備水準は地域によって大きく異なり、これによって分担率に影響を与える交通サービス要因も変わってくるのが予想されるため、分析はまず各都市圏毎に行い、次に9都市圏全体を対象として分析を行って全国の平均的な特性を求めることとした。

研究の目的は、現在の都市構造を前提とし、交通ネットワークの整備、鉄道のスピードアップ、輸送力増強、端末輸送手段の確保などによりサービス水準を向上したときの交通手段別旅客流動量の予測を行うことであるが、

ここでは、現在の都市構造、交通ネットワークとサービス水準のもとで、交通手段分担率を説明するモデルを求める。

重回帰分析で用いる目的変数およびモデル変数としては、以下の要因を選定した。

目的変数：

- ・自家用車利用通勤通学者数と鉄道利用通勤通学者数との比

自家用車利用者数：他の交通手段を使わず自家用車のみを利用している15才以上の通勤通学者数

鉄道利用者数：鉄道や路面電車だけ、あるいはバスや自転車、乗用車と鉄道や路面電車を乗り継いで利用している15才以上の通勤通学者数

モデル変数：

- ・平均通勤通学時間（分）：自宅から勤務先または学校までの所要時間の平均値

- ・鉄道と道路との時間差（分）：鉄道所要時間－道路所要時間

鉄道所要時間：路線別に市町村の代表駅を定め、常住市町村の代表駅から就業就学地の市町村の代表駅までの所要時間を求め、複数のルートがある場合にはそのうちの最短時間をとった。待ち時間は含まないが接続がある場合は平均の接続時間を加算している。有料の特急、急行は原則として対象としないが、これを利用

しないと所要時間が過大となり通勤通学に明らかに不相当となる場合のみ特急・急行の所要時間を採用した。

道路所要時間：道路時刻表に掲載されている幹線道路毎の市町村の代表地点のうち最も都市中心にあると思われる地点を選定し、常住市町村の代表地点から就業就学地の市町村の代表地点までの所要時間を求めた。通勤通学時間帯は道路が混雑していると考えられるため、方向により所要時間に差がある場合、あるいは混雑時の所要時間が掲載されている場合は、最も所要時間の長い値を採用した。

・列車平均運転間隔(分)：(14時間×60分) ÷ (一日片道利用可能列車本数)  
早朝深夜の運転本数の少ない時間帯を除いた列車運行時間帯を14時間とし、これを利用可能列車本数で割って平均運転間隔を求めた。

一日片道利用可能列車本数：常住市町村を通る鉄道路線毎の代表駅における方向別利用可能列車本数のうち大きいほうの値をとった。東京のように多数の線区の列車が集まっている場合は1線区の列車本数の最大値をとった。

・1駅当たり半径(km)： $\sqrt{(\text{市町村面積}) \div (\text{駅数}) \div \pi}$

駅数：市町村にある鉄道路線の駅数で路面電車の駅数は除いた。

分析で用いたデータの出典は以下の通りである。

- ・自家用車利用通勤通学者数・平成2年国勢調査報告：従業地・通学地集計結果<sup>[21]</sup>
- ・鉄道利用通勤通学者数・・・同上
- ・平均通勤通学時間・・・同上
- ・鉄道所要時間・・・駅すばあと全国版Windows版<sup>[32]</sup>
- ・道路所要時間・・・道路時刻表92年度

版<sup>[33]</sup>

・一日片道利用可能列車本数・・・国土数値情報 鉄道駅台帳<sup>[34]</sup>

・鉄道駅数・・・駅名辞典<sup>[35]</sup>中の駅所在地の住所をもとに集計した。

### 3.2 地域別分析

全国9都市について、交通サービスと交通手段分担率との関係について分析を行った結果を、第3.2表に示す。目的変数として鉄道利用者と自家用車利用者との比の対数をとっているため、回帰係数が+のときはモデル変数の値が大きくなるほど鉄道利用者が増加することを、回帰係数-はモデル変数値が小さくなるほど鉄道利用者が増加することを示している。

各都市圏にほぼ共通してみられる傾向として、自動車に比べて鉄道の所要時間が短いほど鉄道利用者が増加すること、および通勤通学時間が長くなるほど鉄道利用者が増加することが明らかになっている。一方、1駅当たり半径の影響については都市圏によって異なる傾向が現れており、金沢、大宮、千代田区については1駅当たり半径が大きくなるほど、すなわち駅密度が低くなるほど鉄道利用者が増加するのに対し、熊本、千葉、藤沢、八王子では逆の傾向が現れている。これについては通勤通学時間等の要因が交絡因子として影響を与えている可能性があるが、前者の3都市圏については駅間隔やアクセス、鉄道ネットワーク構成等に改善の余地が残されているものと推定される。文献[36]では、駅間距離が短いほど鉄道利用密度が高いという分析結果が報告されている。さらに、列車運転間隔については、熊本と藤沢でのみ有意な結果が得られているが逆の傾向をとっており、都市圏別の分析では相関はないようにみえる。

第3.2表 利用交通手段分析結果（都市圏別）

Table 3.2 Results of Analyses on Relations of Transportation Services to Share of Transportation (Each Urban Commuting Area)

通勤通学時利用交通手段（自家用車と鉄道利用者との比）  
 目的変数： 自家用車と鉄道利用者との比  $: \log(P_{rail}/P_{car})$   
 モデル変数： 平均通勤通学時間（分）  $: T_{ave}$   
 鉄道道路時間差（分）=鉄道所要時間-道路所要時間  $: T_{rail}-T_{road}$   
 列車平均運転間隔（分）=  $(14 \times 60 \text{分}) / (\text{一日片道列車運転本数})$   $: T_{int}$   
 1駅当たり半径（km）=  $\sqrt{(\text{市町村面積} / \text{駅数}) / \pi}$   $: R_{sta}$

都市圏	サンプル数	鉄道道路時間差 (分)		列車平均運転間隔 (分)		平均通勤通学時間 (分)		1駅当たり半径 (km)		定数項		重相関係数	R <sup>2</sup>
		回帰係数	F値	回帰係数	F値	回帰係数	F値	回帰係数	F値	回帰係数	標準偏差		
金沢	29	-0.00816	5.2	-	-	0.0059	3.6	0.08671	2.6	-1.04031	0.25117	0.57	0.325
福井	17	-0.01732	5.3	-	-	0.02018	19.1	-	-	-1.32741	0.20766	0.82	0.673
熊本	25	-	-	-0.00362	5.6	0.01764	55.4	-0.06122	3.1	-0.97330	0.15067	0.855	0.731
長崎	18	-0.01215	8.0	-	-	-	-	-	-	-0.37246	0.10716	0.906	0.821
千葉	31	-0.00870	17.3	-	-	0.00619	21.9	-0.07543	4.2	-0.10327	0.11025	0.824	0.679
大宮	50	-0.00350	4.0	-	-	-	-	-0.09434	4.5	0.02580	0.10012	0.470	0.221
藤沢	26	-0.00710	10.2	0.00711	2.1	0.00955	13.0	-0.10167	6.1	-0.31393	0.16107	0.744	0.554
八王子	34	-0.01010	13.5	-	-	0.01062	15.9	-0.12138	7.7	-0.05538	0.17849	0.738	0.544
千代田区	42	-0.00741	10.9	-	-	-	-	-0.18770	9.0	1.26623	0.06530	0.760	0.578
9都市	50	-0.00931	6.7	-0.01372	19.1	0.03161	37.7	-0.19058	8.7	-0.70216	0.25605	0.860	0.739

次に、全国の9都市圏のそれぞれについて、中心都市への通勤通学者の比率の高い市町村を各都市圏について5~6市町村選定し、合計50市町村を対象として同じモデル変数を用いて重回帰分析を行った。この結果によると、運転間隔が短いほど鉄道利用者が増加する傾向が、F値19.09とかなり強く現れている。これは、1つの都市圏内の列車運転間隔が地域によってあまり差がないのに対し、都市圏間の差が大きいことによると思われる。したがって、列車運転間隔は、鉄道分担率に対する影響の強い交通サービス要因と考えられる。

3.3 全国の都市交通手段分担率回帰式

第3.3表に示したように、全国50市町村を対象にした分析結果では、重相関係数0.86というよい相関が得られた。しかし、この重回帰式では、通勤通学時間に対する回帰係数が非常に大きく、中心都市から20 km程度以上離れるとほとんど鉄道利用に移行すると予測され、実態と大きく乖離する結果となった。これは、分析に用いた市町村（これを対象都

市群Aとする）の中心都市からの距離帯が偏っていたためと推定された。そこで、各都市圏の中心都市を対象に含めたほか、都市圏毎に中心都市への距離帯ができるだけ均等に分散するように分析対象市町村を選定し直した（対象都市群B）。前節と同じモデル変数（モデル変数A）をとって分析を行った結果は、第3.3表に示すように、中心都市への通勤率の小さな都市を対象としたため、重相関係数は0.677となり、都市群Aの場合の0.860に比べて小さくなった。そこで、①通勤通学時間から都市内アクセス時間を差し引く、②鉄道道路時間差に都市内アクセス時間を加算する、③列車運転間隔の対数を変数にとる、の3カ所について変数の変更を行い（モデル変数B）、対象都市群Bについて分析を行った。その結果は同じ表に示すように重相関係数0.783となり、モデル変数Aの場合に比べてかなり改善された。しかし、対象都市群Bの分析では、一駅当たり半径の影響について有意な結果が得られなかった。

以上の結果より、分担率についての提案予測モデルは以下のようなになる。

第3.3表 交通サービスと利用交通手段の分析結果（9都市圏全体）

Table 3.3 Results of Analyses on Relations of Transportation Services to Share by Modes of Transportation

目的変数	: 自動車と鉄道利用者との比	: $\log(P_{rail}/P_{car})$
モデル変数A	平均通勤通学時間(分) 鉄道道路時間差(分) = 鉄道所要時間 - 道路所要時間 列車平均転り半径(分) = $(14 \times 60分) / (一日片道列車運転本数)$ 1駅当たり半径(km) = $\sqrt{(市町村面積/駅数)} / \pi$	: $T_{ave}$ : $T_{rail} - T_{road}$ : $T_{int}$ : $R_{sta}$
モデル変数B	都市間所要時間(分) = 平均通勤通学時間 - 都市内通勤通学時間 鉄道道路時間差(分) = 鉄道所要時間 - 道路所要時間 + 都市内通勤通学時間 log(列車平均転り半径(分)) = $\log((14 \times 60分) / (一日片道列車運転本数))$ 1駅当たり半径(km) = $\sqrt{(市町村面積/駅数)} / \pi$	: $T_{ave} - T_{access}$ : $T_{rail} - T_{road} + T_{access}$ : $\log(T_{int})$ : $R_{sta}$
対象都市群A	: 中心都市への通勤通学者の比率の高い50市町村を選定	
対象都市群B	: 中心都市への距離帯が広範囲に分散するよう中心都市を含めて市町村を選定	

モデル変数 対象都市群	A			A			B			
	回帰係数	標準偏差	F値	回帰係数	標準偏差	F値	回帰係数	標準偏差	F値	
鉄道道路時間差(分)	-0.00931	0.00381	6.7	-0.01094	0.00465	5.5	鉄道道路時間差(アクセス含)	-0.01172	0.00371	10.0
列車平均転り半径(分)	-0.01372	0.00314	19.1	-0.01046	0.00334	9.8	log(列車平均転り半径(分))	-0.76348	0.15642	23.8
平均通勤通学時間(分)	0.03161	0.00515	37.7	0.01092	0.00412	7.0	都市間所要時間(分)	0.0133	0.00347	14.8
1駅当たり半径(km)	-0.19058	0.0645	8.7	-	-	-	1駅当たり半径(km)	-	-	-
定数項	-0.70216	0.25805	-	-0.3831	0.20329	-	定数項	0.60215	0.1972	-
重相関係数(R)	0.86	-	-	0.677	-	-	重相関係数(R)	0.783	-	-
R <sup>2</sup>	0.739	-	-	0.459	-	-	R <sup>2</sup>	0.613	-	-

提案予測モデル : モデル変数B

$$\log(P_{rail}/P_{car}) = 0.6022 + 0.01333(T_{ave} - T_{access}) - 0.01172(T_{rail} - T_{road} + T_{access}) - 0.76348 \log T_{int}$$

$$= 0.6022 + 0.01839 T_{road} - 0.00506 T_{rail} - 0.02505 T_{access} - 0.76348 \log T_{int}$$

$P_{rail}$ : 鉄道利用者数  
 $P_{car}$ : 自家用車利用者数

$$\log(P_{rail}/P_{car}) = 0.602 + 0.0133(T_{ave} - T_{access}) - 0.0117(T_{rail} - T_{road} + T_{access}) - 0.7635 \log T_{int}$$

$$= 0.602 + 0.0184 T_{road} - 0.00506 T_{rail} - 0.0251 T_{access} - 0.7635 \log T_{int} \quad (1)$$

ここで、

- $P_{rail}$ : 鉄道利用者数 (人)
- $P_{car}$ : 自家用車利用者数 (人)
- $T_{ave}$ : 平均通勤通学時間 (分)
- $T_{rail}$ : 鉄道所要時間 (分)
- $T_{road}$ : 道路所要時間 (分)
- $T_{int}$ : 列車平均転り半径 (分)  
=  $(14 \times 60分) / (一日片道列車運転本数)$
- $R_{sta}$ : 1駅当たり半径 (km)  
=  $\sqrt{(市町村面積/駅数)} / \pi$
- $T_{access}$ : 都市内通勤通学時間 (分)

この予測式を用いて、鉄道および自動車の速度、鉄道アクセス時間、列車転り半径をパ

ラメータとして、鉄道分担率の変化について試算した。ここで、鉄道と自動車の速度は20、40、60km/h、アクセス時間は10分および30分、列車転り半径は5、30、60分とした。計算結果は、第3.1図のようになる。図より以下のことが分かる。

- 自動車に比べて鉄道の走行速度が速い場合、都市間の距離が離れるほど鉄道利用者の割合は増加するが、自動車に比べて鉄道の方が遅い場合は、距離に対して分担率はほとんど変化しない。
- アクセス時間が10分程度と短く、列車が5分間隔で転りされている場合でも、鉄道と自動車の速度が同じ場合、短距離の鉄道利用者は自動車に比べて少ない。
- アクセスが悪い場合あるいは転り間隔が長い場合は、特に短距離の鉄道利用者が減少する。地方都市でよくみられる30分または60分間隔の転りでは、鉄道と自動車の速度

が同じであっても鉄道利用者の割合は10～20%程度となる。

各都市圏内分析対象市町村の鉄道分担率の平均値を、上記回帰式を用いた計算値と実績値との間で比較して示すと第3.4表となる。

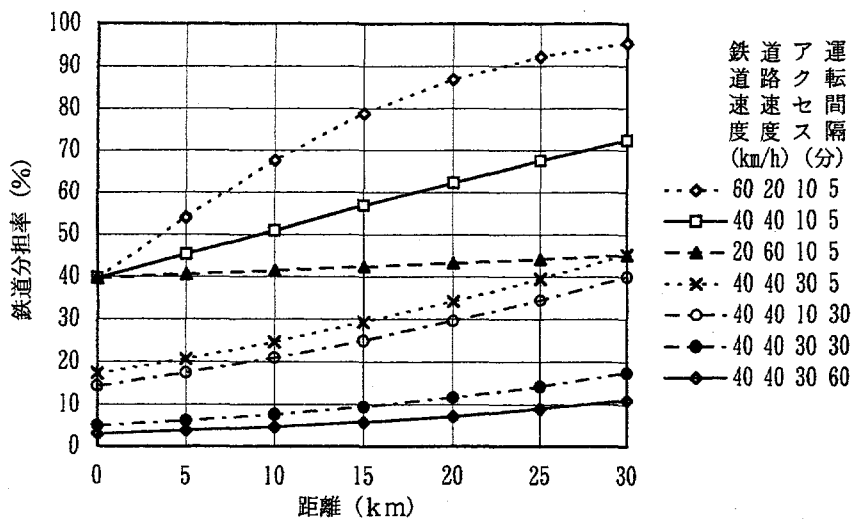
1例を除いて全体に計算値は実績値と同程度かやや低めで、両者の差は15%程度以下となっている。

#### 4. 鉄道および自動車による所要時間の比較

回帰分析の結果より、鉄道と自動車の所要時間差が交通手段分担率を決める重要な要因

であることが明らかである。第4.1図には、地方中核都市について、中心都市までの鉄道あるいは道路に沿った距離と鉄道あるいは自動車の所要時間との関係をプロットした例を示す。

次に9都市圏の全てについて回帰分析を行い、回帰直線の傾きから平均速度を求めると、第4.1表のようになった。表に見られるように、鉄道の走行速度は長崎を除いて41～47 km/hで、都市圏によって大きな差はない。これに対し自動車の走行速度は、地方都市圏で約40m/hであるのに対し、首都圏では千葉が40 km/hであるほかは24～35 km/hとなっている。鉄道、道路ともばらつきが大きい、地



第3.1図 鉄道のサービスレベルと分担率

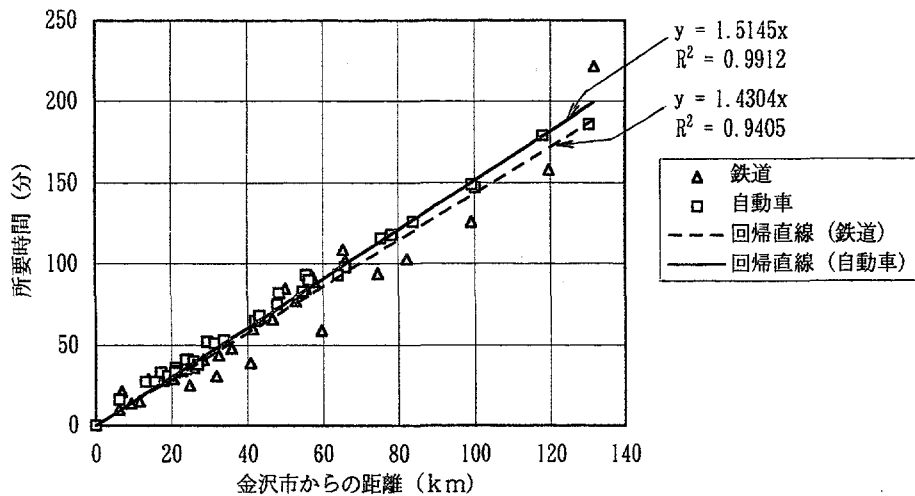
Fig. 3.1 Service Levels of Railways vs. Share by Modes of Transportation

第3.4表 鉄道分担率の計算値と実績値との比較

Table 3.4 Comparison between Calculated and Actual Shares of Railways

都市圏	サンプル数	鉄道利用者数 / (鉄道 + 自動車利用者数) (%)	
		計算値	実績値
金沢	26	42.6	31.6
福井	10	23.9	26.4
熊本	17	31.2	35.7
長崎	15	31.6	29.8
千葉	30	54.4	62.8
大宮	29	52.2	64.1
藤沢	21	65.6	62.6
八王子	21	55.7	71.5
東京	23	87.7	93.5

鉄道駅が存在する市町村のうち道路所要時間のデータのあるものについて集計



第4.1図 鉄道と自動車の所要時間の例 (金沢市)

Fig. 4.1 Time Required by Railways and by Motor Vehicles (Kanazawa)

第4.1表 都市圏の鉄道と自動車の平均速度

Table 4.1 Average Velocity of Railways and Motor Vehicles in Urban Commuting Area

都市圏	鉄 道				自 動 車			
	サンプル数	係数 b	標準偏差	平均速度 (km/h)	サンプル数	係数 b	標準偏差	平均速度 (km/h)
金沢	33	1.430	0.037	41.9	33	1.514	0.014	39.6
福井	17	1.367	0.091	43.9	16	1.466	0.033	40.9
熊本	26	1.458	0.097	41.2	31	1.579	0.029	38.0
長崎	18	1.819	0.106	33.0	25	1.579	0.017	38.0
千葉	43	1.284	0.032	46.7	32	1.471	0.018	40.8
大宮	50	1.342	0.055	44.7	31	1.696	0.035	35.4
藤沢	47	1.320	0.051	45.4	22	2.102	0.070	28.5
八王子	57	1.427	0.040	42.1	21	2.027	0.077	29.6
東京	98	1.273	0.029	47.1	23	2.499	0.065	24.0

$$d_{town} = b t_{com}$$

$d_{town}$  : 周辺都市から中心都市までの鉄道距離または道路距離 (km)

$t_{com}$  : 鉄道または自動車による所要時間 (分)

方都市では鉄道と道路との所要時間差は小さいのに対し、首都圏では鉄道に比べて道路の所要時間がかなり大きい。

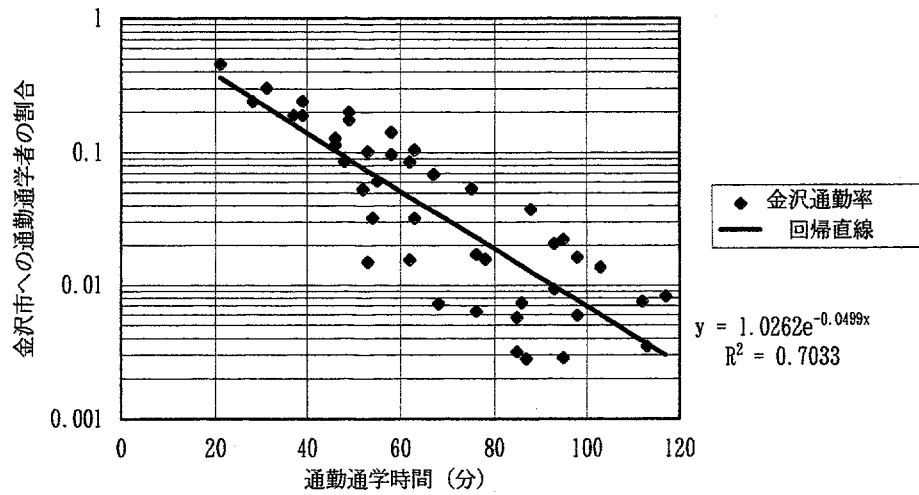
以上のことから、首都圏において鉄道分担率が高い理由は、列車の運行頻度が高いことと、市街地が多く自動車の走行速度が小さいことによるものと判断される。

## 5. 都市圏中心都市への通勤通学率と通勤通学時間

都市圏の周辺市町村から中心都市への通勤通学者の割合は、通勤通学時間が長くなる程

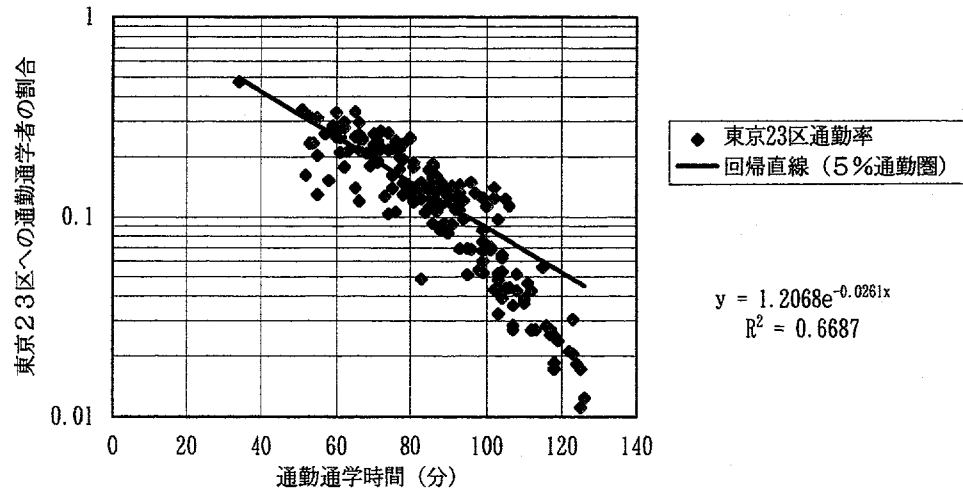
減少する。従来の交通量予測において最も多く用いられている重力モデルでは、都市間の交通量は都市間距離または都市間の所要時間に逆比例するとしているが、距離が小さい場合に過大に見積もる傾向があることが指摘されている。新たな交通量予測手法を検討する場合、中心都市への交通量の実態を把握しておく必要がある。そこで、代表9都市圏内常住市町村内全従業員通学者に対する中心都市への通勤通学者の割合と通勤通学時間との関係を整理した。

第5.1図および第5.2図はそれぞれ地方中核都市および東京23区への通勤通学者



第5.1図 金沢市への通勤通学率と通勤通学時間

Fig. 5.1 Proportion of Persons Commuting to Kanazawa City vs. Commuting Time



第5.2図 東京23区への通勤通学率と通勤通学時間

Fig. 5.2 Proportion of Persons Commuting to 23 Ku in Tokyo vs. Commuting Time

の割合と通勤通学時間との関係の例を示したものであるが、ほぼ所要時間に対して指数関数的に減少していることが分かる。このうち、東京23区については東京への通勤通学者の比率が5%以上ある比較的東京に近い市町村では、所要時間に対する減衰傾向が小さく、遠方の市町村では、大きな減衰傾向をもつことが分かる。通勤通学時の交通計画を考える場合、特に中心都市への通勤通学者比率の大きいグループ、すなわち減衰の小さいグループの特性が重要であるためこれに着目すると、

昼間人口が大きい都市すなわち就業就学人口の大きい都市ほど遠距離からの人の流入が必然的に発生し、これによって減衰傾向が小さくなっているものと推定される。

以上のことから、大都市周辺市町村から中心都市への通勤通学者の割合は次の回帰式で近似的に表される。

$$R_{com} = K \exp(-a t_{com}) \quad (2)$$

ここで、

$R_{com}$ : 周辺市町村常住者のうち中心都市への通勤通学者の割合

第5.1表 大都市周辺市町村から中心都市への通勤通学者の割合

Table 5.1 Proportion of Commuting Persons from the Suburbs to the Central City

都市圏	サンプル数	K	係数 a	R <sup>2</sup>	適用範囲
金沢	43	1.0262	0.0499	0.7033	$t_{com} \geq 21$
福井	26	1.1142	0.0565	0.7775	$t_{com} \geq 17$
熊本	59	1.2385	0.0581	0.8530	$t_{com} \geq 20$
長崎	26	1.9809	0.0613	0.8497	$t_{com} \geq 26$
千葉	52	0.2920	0.0333	0.4959	$t_{com} \geq 25$
大宮	57	0.2583	0.0546	0.6471	$t_{com} \geq 19$
藤沢	51	0.3359	0.0616	0.8516	$t_{com} \geq 20$
八王子	60	0.5003	0.0565	0.8948	$t_{com} \geq 22$
東京23区	140	1.2068	0.0261	0.6687	$t_{com} \geq 34$

$t_{com}$ : 周辺市町村から中心都市までの通勤通学時間 (分)

である。

分析を行った9都市すべてについて、回帰係数をまとめると第5.1表のようになる。中心都市への通勤通学者比率の指数回帰式のR<sup>2</sup>値は、1都市圏を除いて0.6以上となり、回帰式が比較的よい近似であることを示している。また、この表より、大都市では減衰係数aが小さいこと、首都圏周辺の都市ではKの値が小さく、対象とする中心都市以外の都市に通勤通学先をもつ通勤通学者の比率が大きいかを示している。

## 6. まとめ

鉄道や新交通システムなど、エネルギー消費が少なく環境負荷の小さい電気利用公共交通機関へのモーダルシフトによる都市交通分野の省エネと都市環境改善方策の評価を目的として、通勤通学時の利用交通手段と交通のサービスレベルとの関係を分析するとともに、モーダルシフトを進めるための交通サービス要因とその効果の評価を行った。

主な成果は以下の通り。

1. 全国の人口10万人以上の都市について、都市人口と利用交通手段との関係の分析を行

い、都市人口が同一でも通勤通学時交通手段分担率は、三大都市圏内と地方都市圏との間で異なること、都市圏全体の人口と強い相関をもつことを明らかにした。

2. 全国の人口30万~80万人の都市のうちから、地方中核都市4都市、首都圏周辺の核都市4都市および比較のため東京23区の計9都市を代表都市として選定し、国勢調査のデータを用いて交通手段分担率と交通サービスレベルとの関係の重回帰分析を行った。

都市圏毎の分析では通勤通学時間と鉄道道路時間差が、また9都市圏全体の分析では、上記要因に加えて列車運転間隔が優位との結果が得られた。この分析により、適用範囲の広い交通手段分担率の回帰式を求めた。

3. 上記回帰式を用いて、各都市圏の鉄道分担率の計算を行った結果、分担率は15%以内で一致し、東京、首都圏周辺核都市および地方中核都市の間の分担率の相違が、交通サービスレベルで説明できることが明らかになった。

4. 交通サービスレベルのパラメータを変えて試算した結果によると、短距離ではアクセス時間と運転間隔の短縮が、長距離では鉄道の速度向上あるいは自動車の速度低下が鉄道分担率の向上に有意な影響を与える。

5. 9都市圏について、都市間距離と鉄道



や道路の所要時間との回帰分析により、鉄道と自動車の平均速度を求めた。鉄道の平均速度は都市圏によって大きな差はないが、自動車の走行速度は、地方都市圏の約 40 km/h に対し首都圏では 24~35 km/h で、首都圏において鉄道分担率が高い理由は、列車の運行頻度が高いことと、市街地が多く自動車の走行速度が小さいことによるものと判断される。

6. 9都市圏の中心都市への通勤通学者の割合と通勤通学時間との関係の分析を行い、通勤通学時間に対する減少傾向は指数関数で近似でき、大都市では減衰係数が小さくなることが明らかになった。

7. 以上の結果より、都市圏通勤通学交通の基本的特性を表す近似式が得られた。これは交通手段別通勤通学交通量の予測を行う際に用いることができる。

なお、本報告書の作成にあたっては、国土情報整備事業の一環として建設省国土地理院において作成された国土数値情報の鉄道駅台帳を使用した。御提供いただいた財団法人日本地図センターに謝意を表す。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、筑波大学社会工学系講師 鈴木勉氏および当所経済社会研究所技術評価グループ田頭直人担当役員には、交通計画手法に関する研究の現状と問題点についてご教示、御討論をいただきました。東京経済大学姫野 侑教授には地方都市交通の問題点と対策について、城西大学小淵洋一教授には交通需要マネジメント方策についてご教示いただきました。また、新交通システムについては、京都大学宅間 董教授よりご意見をいただきました。厚くお礼申し上げます。

研究の必要性や進め方については、当所狛江研究所田中祀捷理事、情報研究所福島充男

所長、経済社会研究所技術評価グループ内山洋司リーダー、社会システムグループ大河原透リーダー、研究開発部若谷佳史次長から貴重なご意見をいただきました。

本研究の遂行に際し、尾崎勇造特別顧問、鈴木俊男研究開発部長、狛江研究所町田武彦所長、小川哲次副所長、岡本尚武副所長、高橋一弘参事、植田清隆参事、佐々木三郎研究コーディネータおよび電気物理部横山 茂部長には、ご指導ご鞭撻およびご助力いただきました。ここに深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 運輸省運輸政策局情報管理部編、「平成7年版運輸関係エネルギー要覧」、大蔵省印刷局、1995
- 2) 運輸省運輸政策局技術安全課編集、「人と環境にやさしい21世紀を展望した運輸技術施策」、ぎょうせい、1992
- 3) 伊吹山、「交通量の予測」、p.135、交通工学研究会、1986
- 4) 太田、「都市における自動車交通適正化政策の考察」、交通学研究/1993年研究年報、p.45、1994
- 5) 小淵、「道路混雑・環境問題と交通需要マネジメント政策」、交通学研究/1995年研究年報、p.65、1996
- 6) 小淵、「大都市交通問題とロードプライシングの現代的意義」、交通学研究/1992年研究年報、p.109、1993
- 7) 青木、「地域交通資本の整備と公共交通機関の運営の調整」、交通学研究/1991年研究年報、p.51、1992
- 8) 塚口、塚本、日野、「交通システム」、p.222、国民科学社、1996
- 9) 運輸経済研究センター、「地球温暖化防止等の観点からの運輸部門におけるエネルギー対策のあり方に関する調査報告書」、p.69、1991
- 10) 角本、「鉄道と自動車 21世紀への提言」、

- p. 44、交通新聞社、1994
- 11) 田頭、鈴木、「旅客交通におけるモーダルシフトによるエネルギー削減効果の分析」、電力中央研究所報告 研究報告 Y93002、1993
  - 12) 秋澤、浅野、茅、「都市内エネルギー消費を最小化する最適土地利用構造」、第11回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集、2-1、p. 21、エネルギー・資源学会、1995
  - 13) 佐々木、森、「土地利用を考慮した交通流のエネルギー評価」、第11回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集、12-4、p. 359、エネルギー資源学会、1995
  - 14) 運輸経済研究センター、「環境と運輸・交通環境にやさしい交通体系を目指して」、p. 79、1994
  - 15) (財)計量計画研究所、「日本の大気汚染物質排出状況表(1986年度)」(未公表資料)、1991
  - 16) 運輸経済研究センター、「ECとヨーロッパ諸国の運輸政策」、p. 205、1992
  - 17) 竹内、「代替交通機関の存在下における都市交通の投資・補助政策について」、交通学研究/1992年研究年報、p. 97、1993
  - 18) 総務庁統計局、平成2年国勢調査摘要 シリーズNo. 1、「通勤通学人口及び昼間人口」、1994
  - 19) 都市交通適正化研究会編著、「都市交通問題の処方箋 都市交通適正化マニュアル」、大成出版社、1995
  - 20) 鈴木、竹内、「全国圏域構造の分析—80年代の人口分布動向—」、電力経済研究 No. 33、p. 49、1994
  - 21) 総務庁統計局、「平成2年国勢調査報告第6巻 従業地・通学地集計結果その1 従業地・通学地による人口—男女・年令・産業(大分類) 第1部 全国、第2部 都道府県、市区町村、11埼玉県、12千葉県、13東京都、14神奈川県、17石川県、18福井県、42長崎県、43熊本県、1993
  - 22) 土木学会編、「交通需要予測ハンドブック」、P. 63、技報堂出版、1981
  - 23) 千葉、村山、「集計型ロジットモデルによる将来交通量の推計」、交通工学、21、No. 3、P. 7、1986
  - 24) 小野、「首都圏の通勤交通の現状とルート選択」、RRR 第46巻、第9号、p. 17、1989
  - 25) 柴田、野末、「地理情報処理に基づいた交通計画」、鉄道総研報告 第8巻、第2号、p. 15、1994
  - 26) 石井、野末、「非集計需要予測システム(DAISY)の開発」、鉄道総研報告 第8巻、第2号、p. 21、1994
  - 27) 野末、「仮想質問に基づく非集計行動モデルの推定」、鉄道総研報告 第8巻、第2号、p. 27、1994
  - 28) 小野、小谷、「アクセス交通機関の分担モデルに関する一考察」、鉄道総研報告 第8巻、第2号、p. 33、1994
  - 29) 野末、「交通ネットワークを最適化する」、鉄道総研報告 第8巻、第4号、p. 1、1994
  - 30) 森地、山形、「土木学会編 新体系土木工学60 交通計画」、P. 135、技法堂出版、1993
  - 31) 青山、芝原、岩瀬、村上、「交通機関分担モデルにおける影響要因選定の分類と構造に関する研究」、土木計画学研究・論文集 No. 6、P. 193、1988
  - 32) ヴァル研究所、「駅すばあと全国版 for Windows」、1995
  - 33) 道路時刻表研究会編集、「道路時刻表1992年版」、道路整備促進期成同盟会全国協議会、1992
  - 34) 建設省国土地理院、「国土数値情報鉄道駅台帳」、1987
  - 35) 中央書院編集部、「駅名辞典 第5版」、1995
  - 36) 松澤、「大都市交通システム整備における一つの方向—昼間時自動車交通について考える—」、交通学研究/1992年研究年報、1993