

# 電力中央研究所報告

997-55117-1  
T96003

省エネルギーのための交通計画手法の検討  
—都市圏の人口分布に基づく通勤通学交通流の数値計算モデルの構築—

研究報告：T96003

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.**

CRIE-T-96003

省エネルギーのための交通計画手法の検討  
 —都市圏の人口分布に基づく通勤通学交通流の数値計算モデルの構築—

須永孝隆\*

キーワード：交通流,  
 交通手段分担率,  
 交通計画,  
 都市交通,  
 省エネルギー

Investigation of Transportation Planning Method for Saving Energy  
 —Numerical Model of Commuting Traffic Flow based on Population Distribution in Metropolitan Area—

by Y. Sunaga

Abstract

Modal shift to transportation systems having small amount of energy consumption and little environmental effects, such as railways, is considered to be leading, as a measure for saving energy and reducing amount of CO<sub>2</sub> exhaust in transportation.

A method to predict possible amount of population using railways in commuting, which occupies the largest amount of traffic flow, is developed. This method enable to obtain adequate traffic routes by using generally available data such as population of cities and geographical data, and to calculate number of commuting persons by railways or by motor vehicles along the traffic routes.

In the traffic route calculation model, population in cities are substituted for electrical charge and generated characteristic lines are regarded as traffic routes such as railways and roads.

In the calculation model of traffic flow distribution, it is assumed that the traffic flow is decided by attraction force dependent of daytime population of the central city and by influence proportional to the population of cities or towns along the traffic route.

Differences between predicted and actual number of commuting persons are less than 3% on the average. Differences between predicted and actual share of railways among modes of transportation are less than 9% on the average.

(Komae Research Laboratory Rep No. T96003)

**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

RB

## 背景

都市環境の改善と省エネルギーによる地球温暖化抑制に寄与するために、都市内の交通量を抑制し、自動車への依存度を極力削減する交通体系と都市構造への転換が欧米の多くの都市で試みられている。当所では、これまで、省エネルギーのための交通計画手法の検討を進めてきた。

## 目的

一般に容易に得られる市町村人口データや地理データを用いて、通勤通学交通量を予測する数値計算手法を開発する。

## 主な成果

人口と電気量とのアナロジーに基づいた交通流<sup>(注1)</sup>の数値計算モデルを開発した。モデルは、2つのステップからなり、最初に人口の多い市町村を結ぶ交通ルートを求め、次にこのルートに沿った交通量を計算するものである。

### 1. 交通ルートの計算

電荷の回りには電気力が作用する場が形成される。市町村人口を電荷量で置き換え、電気力の方向を追跡計算すると、人口の多い市町村を結ぶ交通ルートが得られる(図1)。またこれを金沢都市圏に適用した1例を図2に示す。

### 2. 交通量の計算

交通路に沿った交通量分布を求める数値計算法を開発した。計算法は、交通量分布の計算と交通手段分担率の計算からなる。分布交通量の計算では、交通路に沿った通勤通学者数は、中心都市の昼間人口と距離によって決まる集中力(圏域の広がり)と沿線市町村人口に比例するという仮定を用いた。交通手段分担率は、全国9都市圏の交通サービス要因に基づく重回帰式<sup>(注2)</sup>を用いた。

### 3. 開発した数値計算モデルの妥当性の検討

開発した手法を東京都市圏および地方中核都市の1例に適用して、中心都市への交通手段別通勤通学者数の実態と比較した。その結果、図3に示すようによく一致した。このことから、一つの大都市を中心として都市圏が形成されている場合には、本モデルが適用できると考えられる。

## 今後の展開

鉄道や新交通システムと電気自動車との連携輸送を想定した交通流の数値計算モデルを開発し、エネルギー・環境・利便性等の各種指標からの評価にもとづいて、各交通手段の導入分野と導入効果について検討する。

(注1)交通流：人や車の動きを流れとしてとらえたときの表現。交通流の状態を表わす指標として交通量，速度，密度などがある。交通量は単位時間(本報告では1日片道)当り1地点を通過する旅客数。

(注2)須永「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—」，電中研報告：T96002

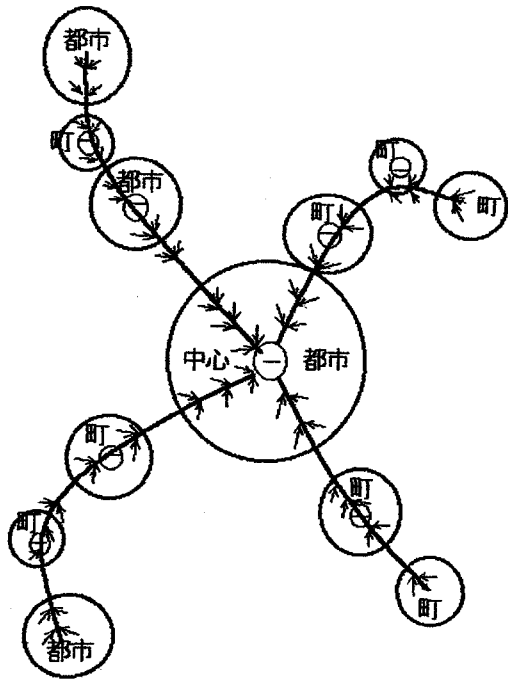


図1 交通と電気量とのアナロジーに基づくモデル

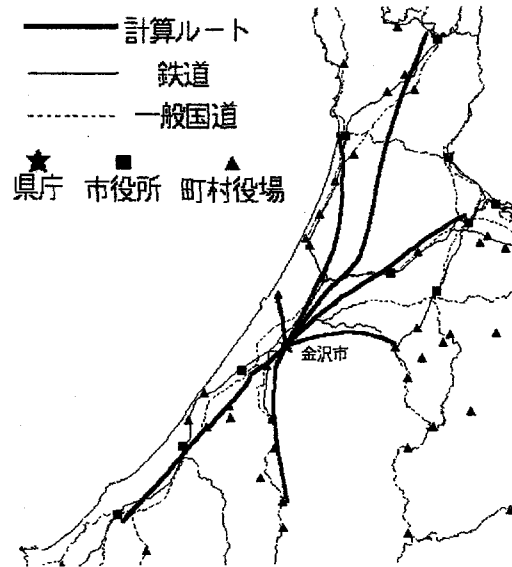
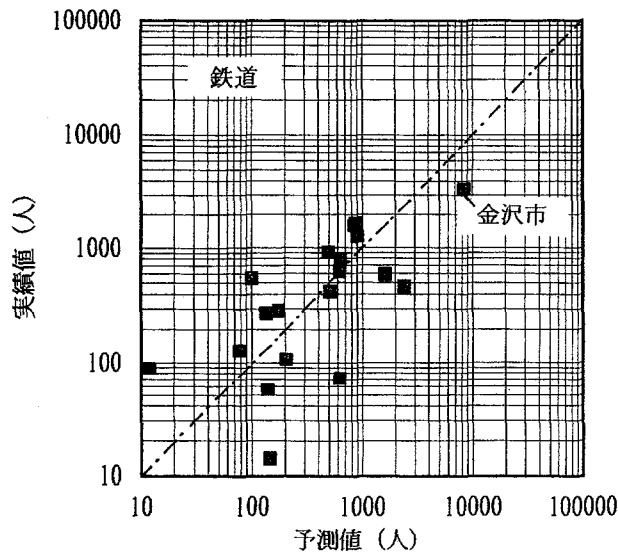
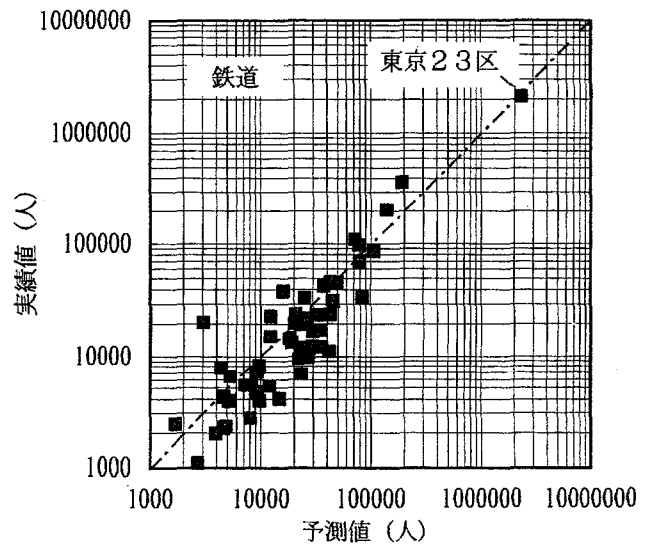


図2 交通路の計算例



(a) 金沢都市圏



(b) 東京都市圏

図3 周辺市町村から中心都市への鉄道利用通勤通学者数の予測値と実績値との比較 (各市町村毎にプロット)

# 目 次

1. まえがき .....	5
2. 従来の交通量予測手法と問題点 .....	5
3. 人口分布に基づく交通流ルート探索モデルの構築 .....	6
3. 1 概要 .....	6
3. 2 イオン流と交通流とのアナロジー .....	6
3. 3 解析手法 .....	7
3. 3. 1 発散型ルートモデル .....	7
3. 3. 2 集中型ルートモデル .....	8
3. 4 東京および地方都市圏への適用例 .....	8
3. 4. 1 発散型ルートモデル .....	8
3. 4. 2 集中型ルートモデル .....	9
4. 人口分布に基づく分布交通量予測モデルの構築 .....	10
4. 1 イオン流と交通流とのアナロジー .....	10
4. 2 解析手法 .....	10
4. 3 東京および地方都市圏への適用例 .....	12
5. 予測値の評価 .....	15
6. まとめ .....	19
謝辞 .....	19
参考文献 .....	19

## 1. まえがき

運輸部門のCO<sub>2</sub>排出抑制と石油代替エネルギーへのシフトおよび都市環境改善のために、化石燃料自動車から電気鉄道や新交通システム、電気自動車などのエネルギー・環境特性に優れた交通機関へのモーダルシフトの必要性が指摘されている<sup>[1]</sup>。モーダルシフトを進めるためには、需要にあった適切な交通システムの計画が必要となるが、交通手段の選択は交通サービスに依存するため、新たな交通システムへの転換交通量を的確に予測するにはかなりの困難を伴う。当所では、都市圏の自動車交通の一部を新交通システムや電気自動車などの電気利用輸送システムに転換したときの省エネルギーと環境改善効果の検討を行う一方、交通のサービスレベルと利用交通手段との関係について分析を行い、都市圏内通勤通学交通における鉄道分担率の予測式を求めた<sup>[2]</sup>。

本研究では、人口と電気量、交通とイオン（空間電荷）の流れとのアナロジーに基づき、一般に容易に得られる市町村人口データや数値地図データを用いて、合理的な交通路のルートおよびこのルートに沿った通勤通学時利用交通手段別分布交通量を予測する数値計算手法について検討を行った。

## 2. 従来の交通量予測手法と問題点

従来から、鉄道新線や新交通システム、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が広く行われている。

交通量の予測法としては、大きく分けて大規模な旅客流動調査に基づく集計モデルと、

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ある。マクロな交通量予測には通常集計モデルが用いられており、その中では四段階推定法が多く用いられている。種々の方法が提案されているが代表的な方法は次のようなものである<sup>[3]</sup>。

### ① 発生・集中交通量

基本的には、夜間人口や昼間、就業人口、産業別人口、通学人口などが指標として用いられる。

### ② 分布交通量

交通量の地域分布は、都市人口と都市間距離または所要時間の関数として求めるグラビティーモデルが多く用いられる。他に、人はできるだけ近いところで目的を達成しようとして行動するという、人の交通行動についての確率的な考え方にたった介在機会モデルも用いられる。

### ③ 交通機関別交通量

交通手段分担率は、主に2種類の交通機関のサービスレベルの差（所要時間がよく用いられるが、このほかの要因として、費用、アクセス歩行時間、乗り継ぎ時間、待ち時間などがある。）

### ④ 配分交通量

最短距離のルートに輸送量を配分する方法や、道路交通の場合は混雑度によって所要時間が変化するため、総走行時間を最小になるように配分する方法がある。

予測法開発のためには、交通量に関連したデータが必要になるが、交通量調査としては大都市圏毎に独立に鉄道や道路交通を含めた全交通手段を対象にして行うパーソントリップ調査が最も多く用いられている。この他に、三大都市圏の鉄道、路面電車、バスのみを対象に行う大都市交通センサスおよび国勢調査で10年に1回行われる通勤通学時利用交通手

段の調査がある。いずれの方法を用いるにしても、調査には莫大な労力を必要とするため、少数のデータから一般性の高い予測式を得ることが望ましいが、実際には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。

また、集計モデルによって分布交通量や交通機関別交通量の予測を行う場合、交通のサービス要因としては所要時間が用いられる程度で、この他の要因については組み込まれないことが多い。このため、新しい交通システムを導入するようなケースでは十分な精度で予測することは難しい。鉄道や新交通システムなどの大量輸送機関は、維持していくためにまとまった輸送需要を引き出すことが必要であり、都市群をできるだけ効率的に結ぶためのルート決定が重要である。そこで、交通の地理学的な空間構造の分析が行われている<sup>[4]</sup>。この中に、グラフ理論を用いたネットワーク分析があるが、この方法は現状の鉄道や道路の空間的構造の分析はできても、新しいルートを示すことはできない。

### 3. 人口分布に基づく交通流ルート探索モデルの構築

#### 3. 1 概要

通常交通計画では、起点から終点までのゾーン間の交通量が計算され、この輸送量から交通機関とルート数が決定される。物理モデル（重力モデル）は、ゾーン間交通量を求めるために用いられるが、交通ルートは別途与える必要がある。全部の交通ネットワークを考慮して交通量を配分し、各ルートの交通量分布が求められる。

これに対し、本章に示した手法（イオン流

モデル）は、人口密度の高い地域を通る交通路のルートを求めるもので、第4章の示す分布交通量の解析手法と併せて、人口分布を基にして効率的な交通路を求めると同時に、その交通路に沿った交通量分布を予測しようとするものである。この手法は、基本的に、分布交通量、交通機関別交通量および配分交通量を同時に計算し、その積分から発生集中交通量を求めるもので、交通流の増減すなわち経過地からの発生集中量を交通路に沿って線状に連続的に計算するため、荒いゾーン分割でも比較的精度よく計算できると考えられる。また、別途報告した<sup>[2]</sup>交通サービスの要因を含めた交通手段分担率の予測式を用いているため、新しく交通システムを導入する際の交通手段の選択評価にも用いることができる。

#### 3. 2 イオン流と交通流とのアナロジー

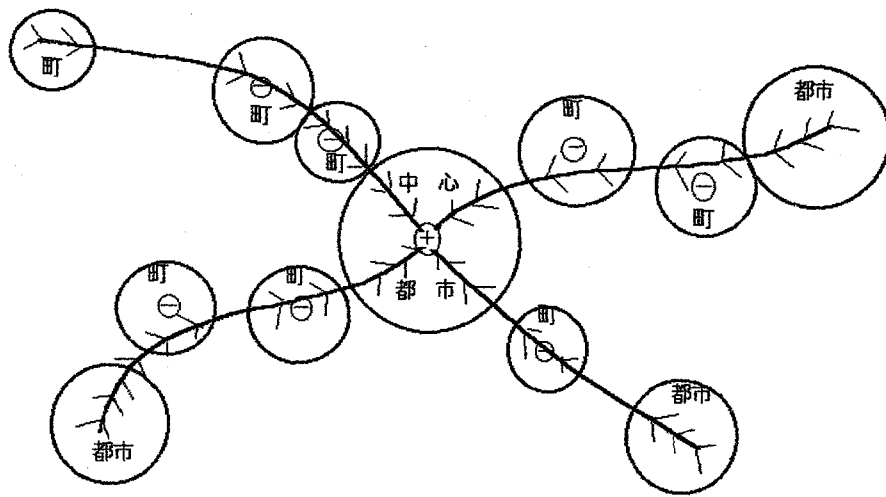
都市圏の中心都市と周辺都市との間の通勤・通学交通を、二次元イオン流場とのアナロジーで考える。

イオン流の場合、空間電荷の湧き出し源は高電圧電線、流れ込む先は周囲の導体または地面となり、この間の電気力線の方向が空間電荷のパスとなる。周囲の導体に引き込まれる電気力線の数は導体の持つ電荷量に比例し、湧き出し源からの距離が離れるほど減少する。

通勤通学交通を考えた場合、第3.1図のように、湧き出し源は中心都市、流れ込む先は周囲の都市、あるいはこの逆に周辺都市から中心都市への交通となり、この間に交通路が必要になる。流れ込む交通量は都市の人口に比例し、発生源からの距離が離れるほど減少する<sup>[2]</sup>。

電気力線は、導体間で空間的な広がりを持って無数に形成されるが、交通流は都市間を





第3.1図 交通と電気量とのアナロジーに基づくモデル

Fig. 3.1 A Model based on Analogy between Traffic and Electrical Phenomena

最短時間で到達するために、直線で結ぶのが効率的である。したがって、交通流をイオン流とのアナロジーで考える場合には、得られた電気力線の内の最短のものを交通路のルートとして採用すればよい。

イオン流は、電荷分布で決まる電界の方向に一方向に移動するのに対し、交通流は人の意志によって決まるため、方向は不定である。しかし、都市圏の通勤通学交通を扱う場合には、住宅都市と業務都市との間に比較的一定した方向性を持つ交通流が発生すると考えられること、特に鉄道など幹線交通路を設定するためには、このような流れの主方向を見いだすことが重要と考えられる。

流れの通路を集約して、仮想の鉄道などの交通路を設定したとき、どの程度利便性向上と輸送効率の向上が可能となるかを予測できれば、鉄道と自動車の適正な役割分担による省エネと環境改善方策を都市交通計画に反映できるものと考えられる。

### 3.3 解析手法

#### 3.3.1 発散型ルートモデル

都市圏中心都市の昼間人口を+の電荷、周辺にある各都市（市町村）の夜間人口を-の電荷で置き換え、それによる電界の方向を交通の流れの方向と考える。こうして形成される電界の特性線（電気力線）を中心都市から追跡した軌跡を交通路とみなす。

都市人口分布によって決まる場Eを表す式は以下ようになる。

$$E = P_{dA} D_A / D_A^2 - \sum_k P_{nk} D_k / D_k^2 \quad (1)$$

- $P_{dA}$  : 中心都市Aの昼間人口 (+電荷)
- $P_{nk}$  : 周辺都市kの夜間人口 (-電荷)
- $D_A$  : 中心都市Aからの距離
- $D_k$  : 周辺都市kからの距離

ここで、ゴシックで記した変数は、ベクトル量である。

計算手順を以下に示す。

- ① 中心都市の中心（便宜上市役所の位置を中心とする）から距離  $0.1R_{DID}$  ( $R_{DID}$ は都市の人口集中地区面積に等しい円に置き換えたときの半径) だけ離れた点を交通路の出発点とする。
- ② (1) 式の場合を表す関数Eの方向を追跡計算して特性線を求め、これを交通路とする。

特性線が都市  $j$  の中心から一定距離  $R_{lim}$  (ここでは500m) または  $0.5R_{DID}$  以内に到達した場合、あるいは、都市  $j$  の中心から  $R_{tw}$  (都市の面積に等しい円に置き換えたときの半径) 以内を通過したときは、都市  $j$  の人口を  $P_{nj} = 0$  と置き換えてさらに追跡計算を続行する。

③特性線の延長距離  $T_d$  が一定値  $T_{dmax}$  を超えた時点で追跡計算を打ち切る。

なお、都市中心の経緯度は、資料[5]を用いた。

### 3. 3. 2 集中型ルートモデル

都市圏内にある各都市(市町村)の夜間人口を-の電荷で置き換え、それによって形成される電界の方向を交通の流れの方向と考える。都市圏の最も外側にある周辺都市(郊外の住宅都市など)の一つ(都市B)のみ夜間人口を0とし、都市Bを起点として電界の特性線(電気力線)を追跡した軌跡を交通路とみなす。

都市人口分布によって決まる場  $E$  を表す式は以下ようになる。

$$E = -P_{dB} D_B / D_B^2 - \sum_k P_{nk} D_k / D_k^2 \quad (2)$$

$P_{dB}$ : 中心都市Bの昼間人口(-電荷)

$P_{nk}$ : 都市B以外の都市圏内の都市  $k$  の夜間人口(-電荷)

$D_B$ : 周辺都市Bからの距離

$D_k$ : 都市圏内にある都市  $k$  からの距離

計算手順を以下に示す。

- ①都市圏周辺の都市Bの中心(便宜上市役所の位置を中心とする)を交通路の出発点とする。
- ②(2)式の場合を表す関数  $E$  の方向を追跡計算して特性線を求め、これを交通路とする。特性線が都市  $j$  の中心から一定距離  $R_{lim}$  または  $R_{DID}$  以内に到達した場合、あるいは、

都市  $j$  の中心から  $R_{tw}$  以内を通過したときは、都市  $j$  の人口  $P_{nj} = 0$  と置き換えてさらに追跡計算を続行する。

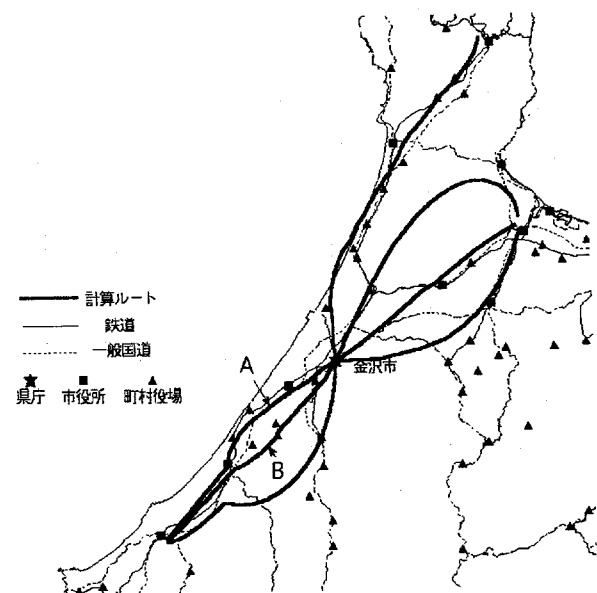
- ③一般に中心都市Aが最も人口が多くまた都市圏の中央部に位置しているため、このような方法によって特性線を追跡計算すると、特性線は多くの場合、中心都市Aに到達する。中心都市に到着した時点で、追跡計算を終了する。

計算結果の座標値(km単位)は、資料[6]の変換式を用いて経緯度座標に変換し、これを数値地図(FDマップ)<sup>[7]</sup>上に表示するため、さらに座標変換を行った。

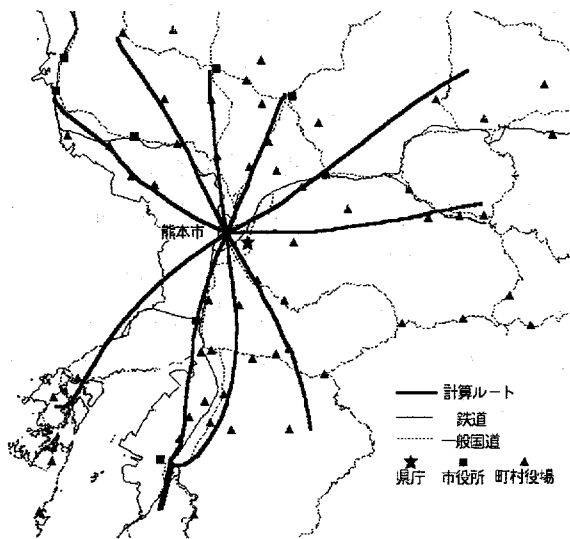
## 3. 4 地方および東京都市圏への適用例

### 3. 4. 1 発散型ルートモデル

3. 3. 1に示したモデルを、地方中核都市4市および東京23区に適用して、中心都市から放射状に出発した交通路の軌跡を描いた結果の例を第3. 2図および第3. 3図に



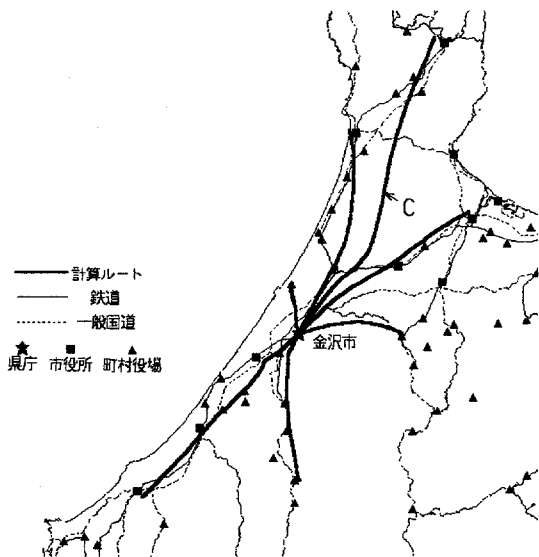
第3. 2図 発散型ルートモデルの例(金沢)  
Fig. 3.2 Divergent Type Route Model (Kanazawa)



第3.3図 発散型ルートモデルの例(熊本)  
Fig.3.3 Divergent Type Route Model (Kumamoto)

示す。このモデルは、周辺都市が少数しかない場合には、第3.2図に典型的に見られるように、中心都市付近で交通路が発散し周辺都市で合流するパターンとなる。輸送密度の低い道路交通に適した構造であるが、交通量が極大となる方向、または最短時間をとるルートを鉄道ルートと設定すればよい。

一方、熊本市のように周辺に多くの町村が分散して存在するような場合には、第3.3図のように単純な放射状のパターンとなる。

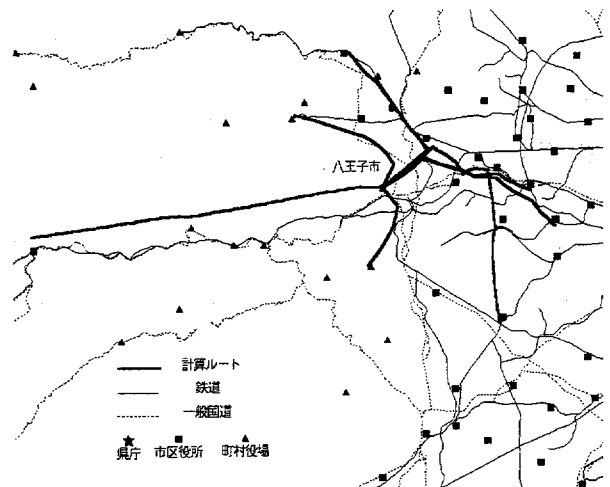


第3.4図 集中型ルートモデルの例(金沢)  
Fig.3.4 Concentrated Type Route Model (Kanazawa)

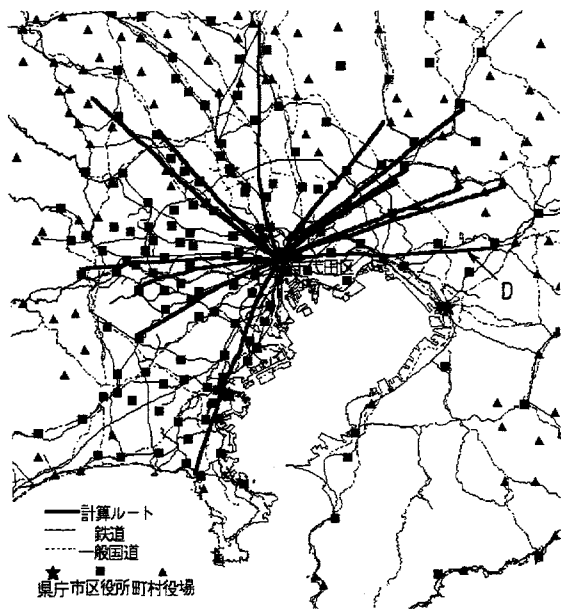
東京都市圏も同様の放射状のパターンとなり、これは、首都圏の鉄道網のパターンとよく類似している。

### 3.4.2 集中型ルートモデル

3.3.2に示したモデルを、地方中核都市、首都圏周辺核都市および東京23区に適用して、都市圏周辺都市から中心都市に向かう交通路の軌跡を描いた結果を第3.4図～第3.6図に示す。このモデルは、周辺都市が少数しかない場合には、第3.4図に見られるように、中心都市に向かう途中で接近ないしは集約されるパターンとなる。この場合は金沢市の北東側からの3ルートが金沢市の手前で1つの町を通過している。同一市町村間を結ぶルートを1つに集約すれば、幹線からフィーダーが伸びた形となる。集約輸送型の鉄道によく見られる構造である。また、中心都市と同程度の人口を持つ都市が多数存在する場合は、第3.5図のように、1つの都市から出発して他の都市を経由した後中心都市に向かうパターンが見られる。



第3.5図 集中型ルートモデルの例(八王子)  
Fig.3.5 Concentrated Type Route Model (Hachioji)



第3.6図 集中型ルートモデルの例(東京)  
Fig. 3.6 Concentrated Type Route Model (Tokyo)

## 4. 人口分布に基づく分布交通 量予測モデルの構築

### 4.1 イオン流と交通流とのアナロ ジー

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中心都市からの距離に対して指数関数的に減少することが明らかになっている<sup>[2]</sup>。

そこで、中心都市Aからの交通路に沿った通勤・通学者数は、中心都市のもつポテンシャルの影響と沿線の都市人口に比例するとみなすことができる。

イオン流の場合、正負イオンの再結合あるいはイオンのエアゾル粒子への付着などによって失われる空間電荷の割合は、空間電荷密度に比例するが、この場合正または負空間電荷密度は指数関数的な減少傾向をとる<sup>[8]</sup>。

交通の場合も、業務交通あるいは買物その

他の私用交通においては、交通密度および沿線人口に比例して減少する介在機会モデルのようにイオン流と類似した特性をとると考えられる。しかし、通勤通学交通においては、交通路が通過する沿線市町村から中心都市に向かう通勤通学者数の比率は、中心都市からの交通路に沿った距離または時間に従って指数関数的に減少するとみなされるため、イオン流の場合と若干異なった特性をとると考えられる。

### 4.2 解析手法

3章に記した手法を用いて求めた交通路に沿って、次の一次元の式を解く。

交通路に沿った距離  $l$  の位置が、都市  $j$  および  $k$  の中心から各都市の等価半径（都市面積に等しい円の半径）以内の距離にあるとき、都市  $j$  および  $k$  からの自動車利用および鉄道利用通勤通学者数の変化量を次式のように表す。

$$\frac{d}{dl} F_{carj} = -R_{com} S_{carj} D_{nj} \frac{d_k}{d_j + d_k} \quad (3)$$

$$\frac{d}{dl} F_{car k} = -R_{com} S_{car k} D_{nk} \frac{d_j}{d_j + d_k} \quad (4)$$

$$\frac{d}{dl} F_{railj} = -R_{com} S_{railj} D_{nj} \frac{d_k}{d_j + d_k} \quad (5)$$

$$\frac{d}{dl} F_{rail k} = -R_{com} S_{rail k} D_{nk} \frac{d_j}{d_j + d_k} \quad (6)$$

$$F_{car} = F_{carj} + F_{car k} \quad (7)$$

$$F_{rail} = F_{railj} + F_{rail k} \quad (8)$$

また、移動速度を  $v$  とすると、

$dl = v dt$  だから

$$\frac{d}{dl} t_{car} = \frac{1}{v_{car}} \quad (9)$$

$$\frac{d}{dl} t_{rail} = \frac{1}{v_{rail}} \quad (10)$$

$$R_{com} = 0.5 K_m \exp(-L_d/L_c) \quad (11)$$

$$L_c = 6 P_{day1} K_m / (20000 n_r) \quad (12)$$

$$D_{nj} = 5 P_{nj} / A_{twnj} \quad (13)$$

$A_{twnj}$  : 交通路が通過している都市  $j$  の都市面積 ( $km^2$ )

$d_j, d_k$  : 都市  $j$  および都市  $k$  からの直距離 ( $km$ )

$D_{nj}$  : 交通路が通過している都市  $j$  の沿線人口 ( $5 km$  幅を仮定) ( $人/km$ )

$F_{car}$  : 自動車利用発生交通量 ( $人$ )

$F_{carj}, F_{car k}$  : 都市  $j$  および都市  $k$  からの自動車利用発生交通量 ( $人$ )

$F_{rail}$  : 鉄道利用発生交通量 ( $人$ )

$F_{railj}, F_{rail k}$  : 都市  $j$  および都市  $k$  からの鉄道利用発生交通量 ( $人$ )

$l$  : 交通路に沿った距離

$L_d$  : 交通路の出発点から交通路に沿った距離 ( $km$ )

$L_c$  : 中心都市  $A$  の規模によって決まる中心都市の影響度の距離減衰係数

$K_m$  : 広域都市圏全体の中での中心都市  $A$  のポテンシャルの占める比率

$n_r$  : ルート数

$P_{day1}$  : 中心都市の昼間人口 ( $人$ )

$R_{com}$  : 中心都市の相対吸引力 (魅力度)

中心都市では  $R_{com} = 0.5 K_m$

付近に大都市がない場合 :  $K_m = 1.0$

$P_{nj}$  : 交通路が通過している都市  $j$  の夜間人口 ( $人$ )

$t_{car}$  : 自動車の所要時間 ( $分$ )

$t_{rail}$  : 鉄道の所要時間 ( $分$ )

鉄道分担率としては、全国 9 都市の通勤通学時利用交通手段の国勢調査データをもとに求めた次の重回帰式<sup>[2]</sup>を用いた。

$$A = \log(P_{rail}/P_{car}) = 0.6 + (t_{car} - 0.3 t_{rail} - 1.5 t_{access})/60 - 0.75 \log t_{int} \quad (14)$$

$$S_{car} = 1.0 / (1.0 + 10^A) \quad (15)$$

$$S_{rail} = S_{car} 10^A \quad (16)$$

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 ( $分$ )

$t_{int}$  : 列車平均運転間隔 ( $分$ )  
=  $(14 \times 60 \text{分}) / (\text{一日片道列車運転本数})$

$t_{access}$  : 都市内通勤通学時間 ( $分$ )  
= アクセス・イグレス時間

$S_{car}$  : 自動車分担率

$S_{rail}$  : 鉄道分担率

1つの交通路の沿線人口  $D_{nj}$  は、交通路を中心に  $5 km$  幅の区域の居住人口とした。ただし、人口密度は都市面積に等しい円内で一定とする。(3)~(8)式を、都市  $j$  あるいは都市  $k$  内を通過する区間について積分すれば、その都市からの自動車あるいは鉄道利用通勤通学者数が計算される。1つの市町村を複数の交通路が通過する場合は、そのうちの最大値をとった。また、常住市町村内での通勤通学者は、徒歩、自転車およびバス利用が多く、この計算で求めるような幹線交通路を利用しない比率が高いものと思われる。そこで、中心都市内々の通勤通学者総数は、計算で求めた中心都市内全交通路の  $5 km$  幅のエリアの面積と都市面積との比をかけて補正した。一方、中心都市内々の鉄道利用通勤通学者数は、実際にある鉄道ルート数に相当する鉄道利用者のみをカウントした。こうして求めた通勤通学者総数から鉄道利用者を差し引いたもの

を自動車利用者とした。

交通流の数値計算モデルで用いている前提条件あるいは制約条件をまとめると以下のようになる。

- ・通勤・通学交通を対象にする。
- ・発生・集中交通量は通勤・通学者数に等しいとみなす。
- ・利用交通手段は、鉄道+端末交通手段と乗用車とする。現実にはバスは中心都市内の交通機関としてかなりの分担率を占めているが、地域差が極めて大きく一般化が困難なこと、利用者が急減しており将来の都市交通の中での役割を明確に打ち出せないことから、ここでは無視した。
- ・鉄道・自動車所要時間、鉄道端末交通所要時間、列車運転本数から鉄道分担率を求める。
- ・鉄道および自動車の走行速度は一定とする。
- ・鉄道所要時間、自動車所要時間は、現実の都市に対する値を用いた。
- ・アクセス・イグレス時間は中心都市常住者（東京の場合は千代田区）の平均通勤通学時間をとった。

#### 4. 3 東京および地方都市圏への適用例

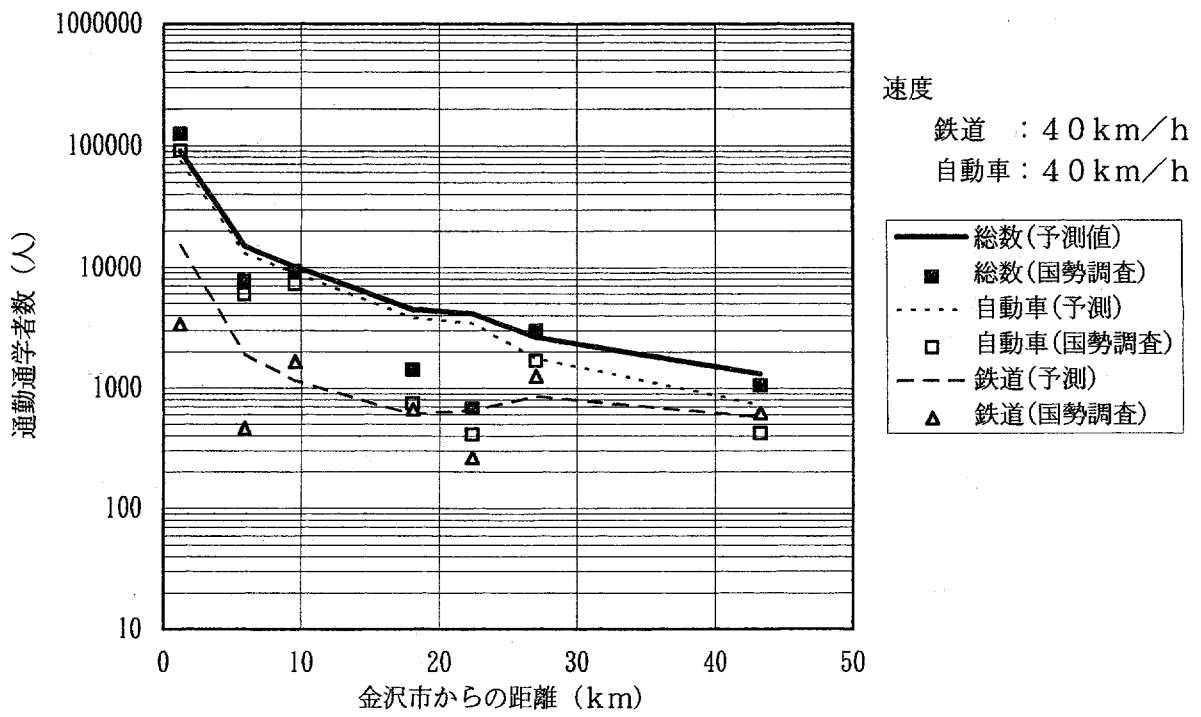
上記交通流モデルの妥当性について検討するため、東京都市圏および地方中核都市の1例として金沢市に適用して、中心都市への交通手段別通勤通学者数の実態と比較した。金沢の場合、自動車及び鉄道の平均速度は、地方中核都市圏における平均的な値として、どちらも40 km/hとし、(11)式の $K_m$ は1.0とした。都市圏周辺市町村から中心都市への交通手段別通勤通学者数（鉄道、バス、自動車利用者のみ）の予測値を実績値と比較した結果を、第4. 1図に示す。図(a)は、手法A

の発散型ルートモデルによって得られた交通路が、既存の鉄道や道路と平行している場合の例で、この場合は、予測値と実績値は概略一致している。一方、図(b)は、中心都市から10~17 kmの区間で計算により求めた交通路に沿った鉄道がない場合の例で、計算では鉄道が通過しない市町村の鉄道利用者はゼロとしているのに対し、実績では若干の鉄道利用者が存在するため、双方の値は一致しないが、この区間以外についても全体的に一致度は悪い。

一方、手法Bの集中型ルートモデルを金沢都市圏に適用した例でもほぼ同様の傾向を持ち、計算により得られた交通路が既存鉄道と平行していない場合でも、計算結果は第4. 2図の例のように実績値と概略一致した。ここでは総数（国勢調査）に全交通手段を含む。

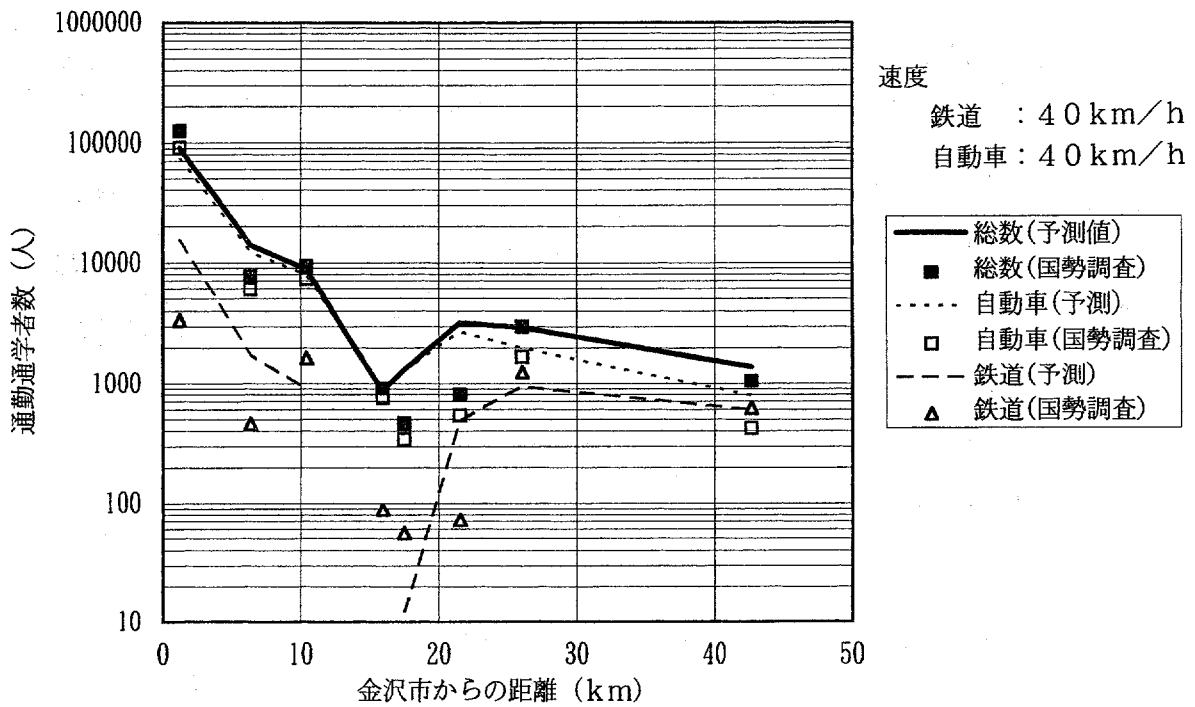
東京都市圏の鉄道および自動車の平均速度はそれぞれ47.1 km/h、24.0 km/h<sup>[2]</sup>、両者の差は23.1 km/hである。そこで、鉄道と自動車の間に速度差のあることを考慮し、鉄道の平均速度はそのまま40 km/hとし、自動車の走行速度を20 km/hとして予測計算を行った。また、(11)式の $K_m$ は0.75とした。

東京都市圏の場合は、鉄道ルートが放射状に形成されており、計算で求めたルートと実際の鉄道ルートがかなり接近しているため、第4. 3図の例のように、交通手段別通勤通学者数の予測結果は全体に実績値に近い値をとっている。



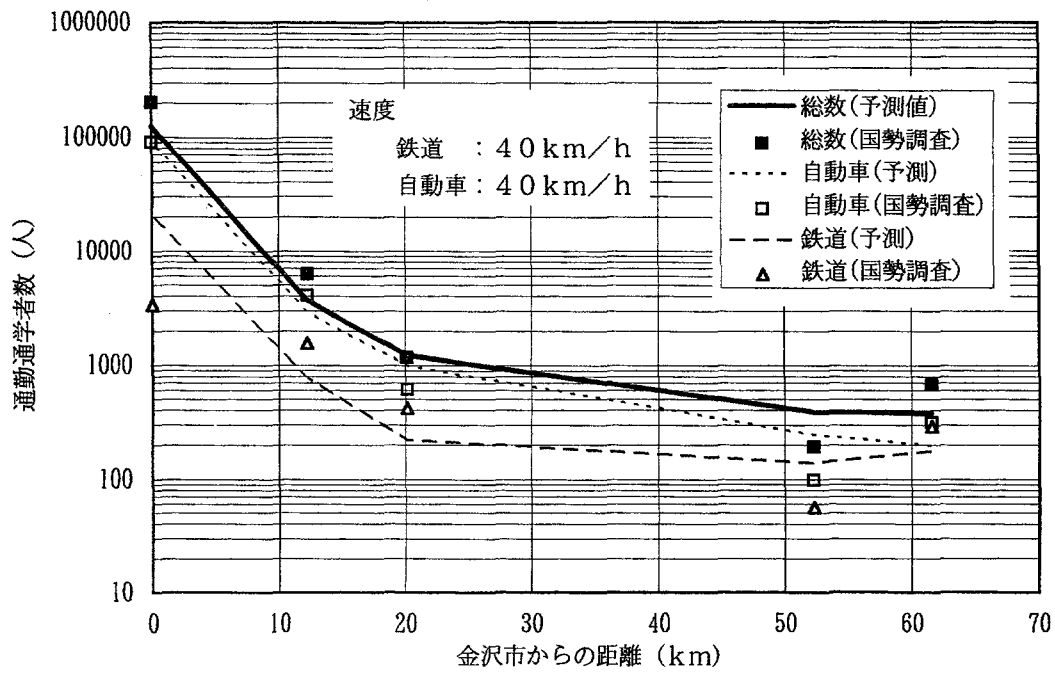
第4.1図(a) 金沢市からの距離と通勤通学者数(第3.2図、ルートA)

Fig. 4.1(a) Distance from Kanazawa City vs. Number of Commuting Persons (Fig. 3.2, Route A)



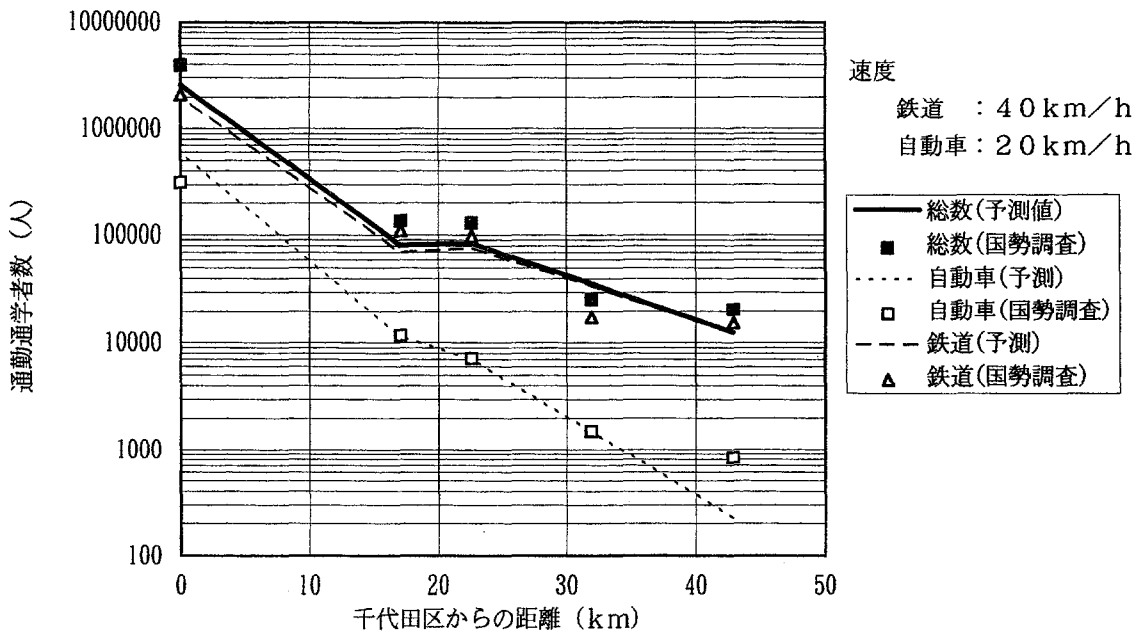
第4.1図(b) 金沢市からの距離と通勤通学者数(第3.2図、ルートB)

Fig. 4.1(b) Distance from Kanazawa City vs. Number of Commuting Persons (Fig. 3.2, Route B)



第 4. 2 図 金沢市からの距離と通勤通学者数 (第 3. 4 図、ルート C)

Fig. 4.2 Distance from Kanazawa City vs. Number of Commuting Persons (Fig. 3.4, Route C)



第 4. 3 図 千代田区からの距離と通勤通学者数 (第 3. 6 図、ルート D)

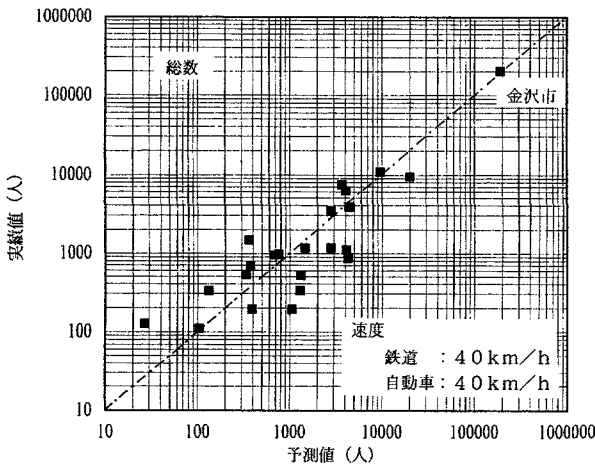
Fig. 4.3 Distance from Chiyoda Ku vs. Number of Commuting Persons (Fig. 3.6, Route D)



## 5. 予測値の評価

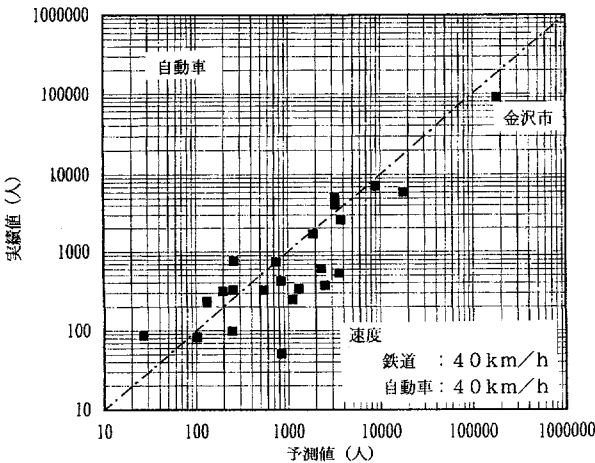
地方中核都市および東京都市圏について、中心都市への交通手段別通勤通学者数の予測値と実績値を比較した。

金沢市の例をそれぞれ第5.1図～第5.3図に示す。この場合、他の都市圏と一部でオーバーラップしていること、山間部が多く、計算ルートと実際の鉄道等のルートが離れている。



第5.1図 金沢市への通勤通学者数（総数）の予測値と実績値

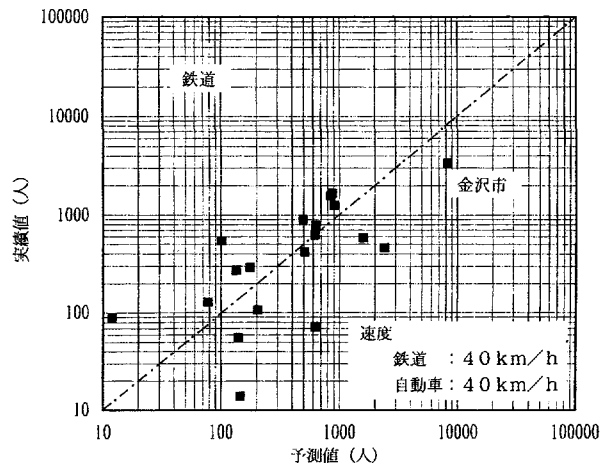
Fig. 5.1 Predicted and Actual Number of Persons Commuting to Kanazawa City



第5.2図 金沢市への通勤通学者数（自動車）の予測値と実績値

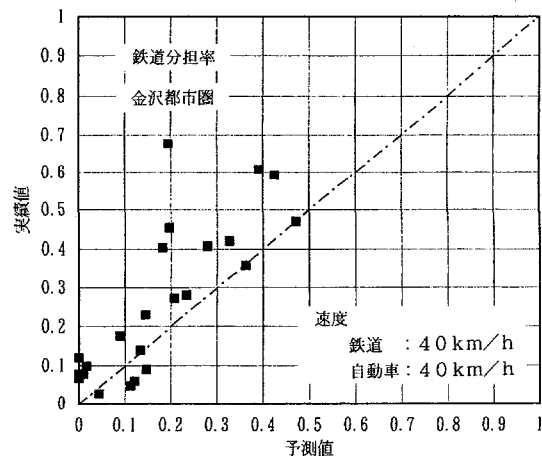
Fig. 5.2 Predicted and Actual Number of Persons Commuting by Motor Vehicles to Kanazawa City

いる部分が多いためばらつきが大きくなっている。鉄道+自動車+バス（実績値）を分母にとったときの鉄道分担率を予測値と実績値で比較すると、第5.4図にみられるように、予測値は鉄道分担率を9%程度低めに評価している。また、自家用車分担率の予測値は実績値より16%程度高めに評価しているが、予測では鉄道と自家用車以外の交通手段は考慮していないことを考慮すると鉄道以外の交通手段の分担率の予測と実績との差は数%となる。



第5.3図 金沢市への通勤通学者数（鉄道）の予測値と実績値

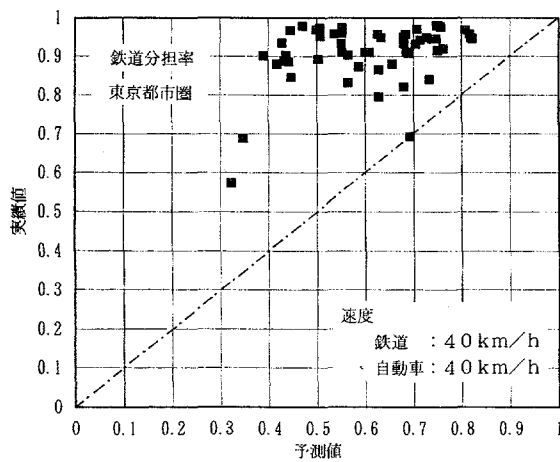
Fig. 5.3 Predicted and Actual Number of Persons Commuting by Train to Kanazawa City



第5.4図 鉄道分担率（金沢）

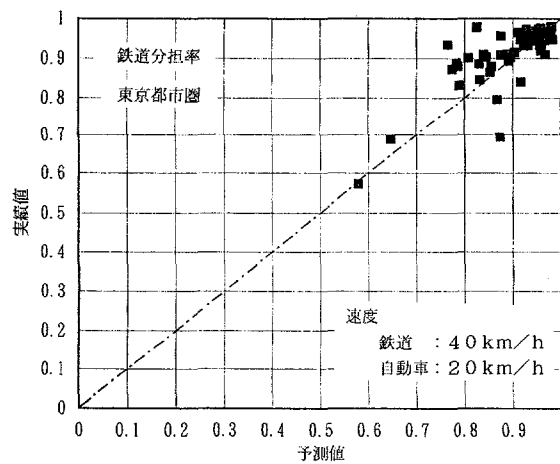
Fig. 5.4 Share of Railways (Kanazawa)

東京都市圏についても、金沢の場合と同様に、鉄道、自動車とも走行速度を 40 km/h 一定として予測計算を行い、鉄道分担率を求めると、第 5. 5 図となる。この場合、予測により得られた自動車分担率は実際より過大、鉄道分担率は過小となり、実績値と一致しない。しかし、東京都市圏の実態に合わせて、鉄道 40 km/h、自動車 20 km/h、 $K_m=0.75$  として求めた分担率は、第 5. 6 図に示したように、実績値と平均 5% 程度以下の差で一致した。また、東京 23 区への通勤通学者の実数についても、第 5. 7 図～第 5. 9 図のよう



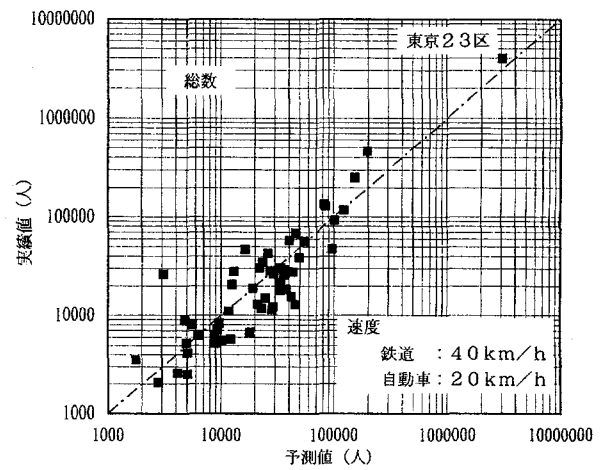
第 5. 5 図 鉄道分担率 (東京)  
(自動車の速度: 40 km/h)

Fig. 5.5 Share of Railways (Tokyo) (Velocity of Motor Vehicles : 40 km/h)



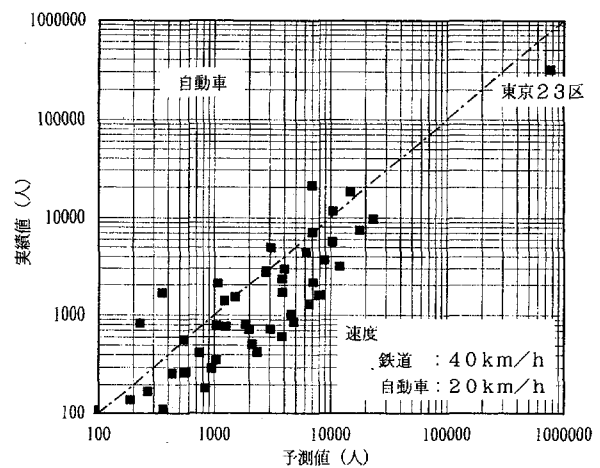
第 5. 6 図 鉄道分担率 (東京)  
(自動車の速度: 20 km/h)

Fig. 5.6 Share of Railways (Tokyo) (Velocity of Motor Vehicles : 20 km/h)



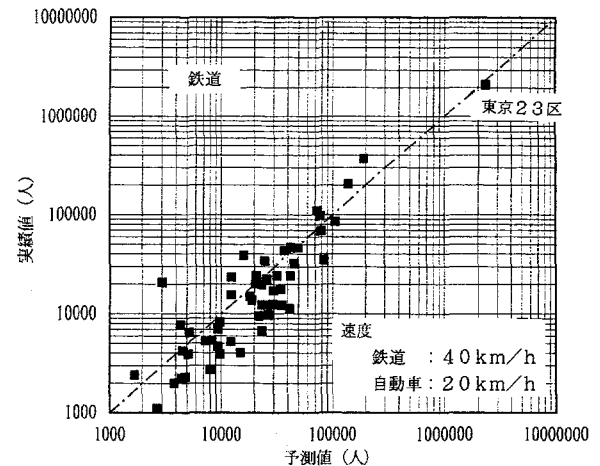
第 5. 7 図 東京 23 区への通勤通学者数  
(総数) の予測値と実績値

Fig. 5.7 Predicted and Actual Numbers of Persons Commuting to Tokyo



第 5. 8 図 東京 23 区への通勤通学者数  
(自動車) の予測値と実績値

Fig. 5.8 Predicted and Actual Number of Persons Commuting by Motor Vehicles to Tokyo



第 5. 9 図 東京 23 区への通勤通学者数 (鉄道)  
の予測値と実績値

Fig. 5.9 Predicted and Actual Number of Persons Commuting by Railways to Tokyo

にほぼ一致した。自家用車利用者に差がみられるのは、上と同様に、予測において鉄道と自家用車以外の交通手段を無視しているためである。

以上の結果を要約すると第5.1表となる。中心都市への通勤通学者数の予測値と実績値との差は $3 \pm 13\%$ （平均値 $\pm$ 標準偏差）以内、鉄道分担率予測値の実数との差の平均は、金沢で $-9 \pm 12\%$ 、東京で $-2 \pm 7\%$ となった。これまでの交通量予測法の精度は、調査を行った都市圏にのみ適用できる予測式で相対誤差3~6%程度といわれており<sup>[9]</sup>、これに比べると精度は悪いが、より一般性の高い予測法とみることができる。

第5.10図および第5.11図は金沢および東京都市圏の市町村人口と鉄道および自

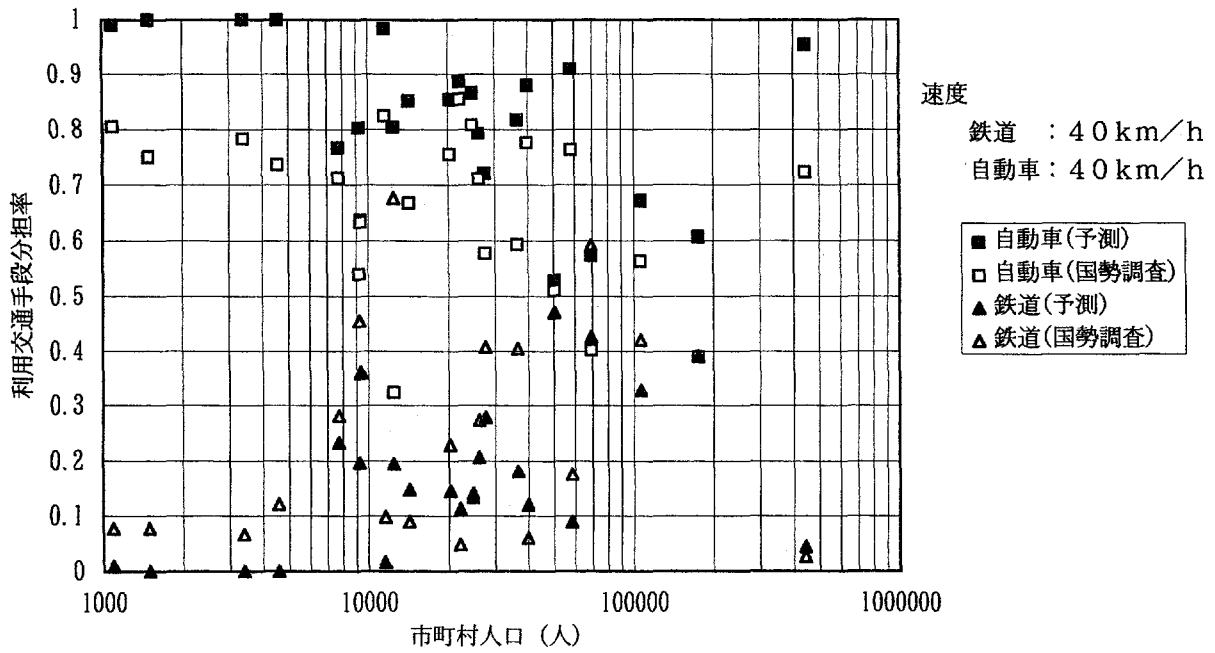
家用車分担率の予測値と実績値をプロットしたもので、交通手段分担率は市町村人口によって決まるのではなく、交通サービスの面から決まるということを示している。ただし、鉄道は大量輸送に適した交通機関であり、都市圏全体の人口規模が大きいほどサービスレベルを高めることが容易となるため、都市圏が大きくなるほど鉄道分担率が高くなるといえる。したがって、人口規模のより小さい都市圏でも、より少ない輸送量に適した交通システムを用いて、鉄道と同等のサービスを提供できれば、交通の省エネと環境改善を実現できると考えられる。これを実現するための具体的な交通システムの構成法の検討は、今後の課題である。

第5.1表 交通手段別通勤通学者数の予測値と実績値との比較

Table 5.1 Comparison of Predicted and Actual Number of Commuting Persons by Modes of Transportation

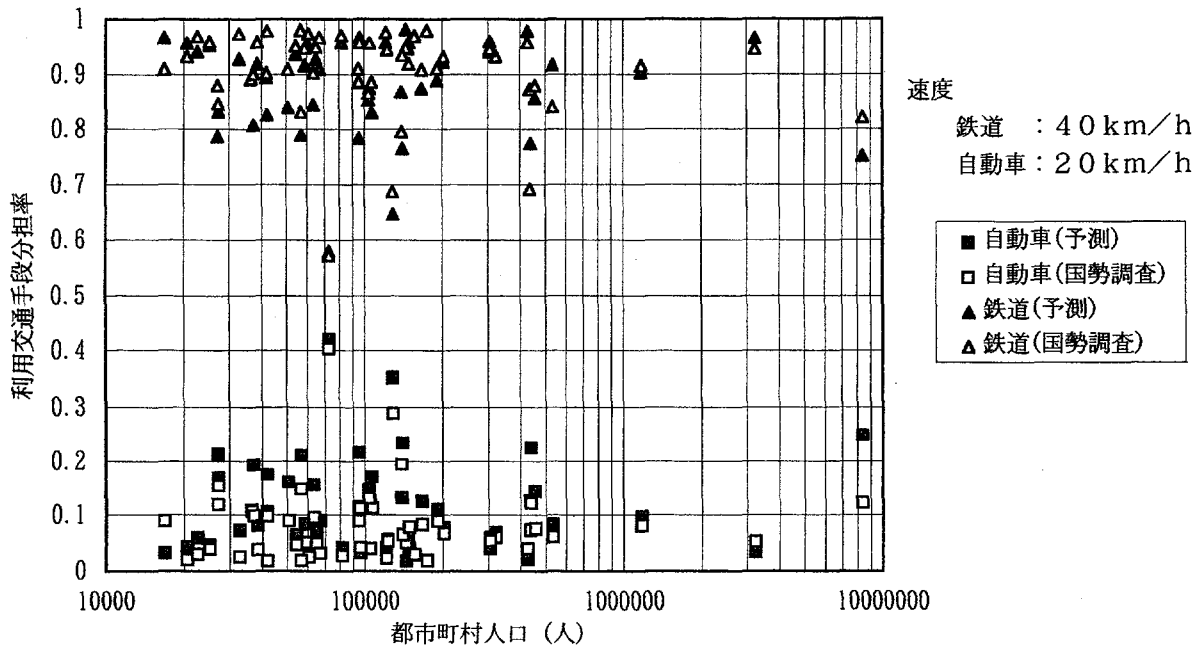
都市圏			金沢		東京	
			平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
平均速度 (km/h)	鉄道 自動車		40 40		40 20	
中心都市への通勤通学者数 実績値の予測値に対する 偏差率 (%)	総数 鉄道 自動車		-1.8 +0.1 -4.5	9.9 1.7 9.4	-3.1 -5.3 -1.7	13.0 11.0 2.5
利用交通手段分担率 (%)	鉄道	実績値	26.8	19.8	91.6	6.2
		予測値	17.8	14.0	90.1	6.9
		実績-予測	9.0	12.0	1.5	7.4
	自動車	実績値	66.1	15.0	6.4	3.5
		予測値	82.2	14.3	9.9	6.9
		実績-予測	-16.1	10.6	-3.4	5.7

(通勤圏各市町村の平均)



第 5. 1 0 図 都市人口と交通手段分担率 (金沢)

Fig. 5.10 Population of Cities vs. Share by Modes of Transportation (Kanazawa)



第 5. 1 1 図 都市人口と交通手段分担率 (東京)

Fig. 5.11 Population of Cities vs. Share by Modes of Transportation (Tokyo)

## 6. まとめ

### 1. 都市の人口データを基にした数値計算による交通路追跡モデルの開発

交通流とイオン流とのアナロジーに基づいて交通路を追跡する2種類の数値計算モデルを開発した。

手法Aは中心都市の昼間人口を+の電荷、周辺都市の夜間人口を-の電荷で置き換え、形成される電界の特性線（電気力線）を中心都市から追跡した軌跡を交通路とみなす方法で、中心都市付近で交通路が発散し周辺都市で合流するパターンとなる。輸送密度の低い道路交通に適した構造であるが、交通量が極大となる方向、または最短時間をとるルートを鉄道ルートと設定すればよい。

手法Bは中心都市の昼間人口および周辺都市の夜間人口を-の電荷で置き換え、形成される電気力線を周辺都市から追跡した軌跡を交通路とみなす方法で、中心都市に向けて交通路が集中するパターンとなる。集約輸送型の既存鉄道ルートに近い構造である。

### 2. 交通路経過地の人口データを基にした交通流の数値計算モデルの開発

交通流とイオン流とのアナロジーに基づいて、交通路に沿った交通流分布を求める数値計算手法を開発した。計算法は、分布交通量の計算と交通手段分担率の計算を一体化したものである。分布交通量の計算は、中心都市からの交通路に沿った通勤・通学者数は、中心都市の昼間人口によって決まる集中力（圏域の広がり、魅力度）と沿線の都市人口に比例するという仮定に基づいている。交通手段分担率は、全国9都市圏の分析より得られた重回帰式に基づいている。

### 3. 交通流モデルの妥当性の検討

上記交通流モデルの妥当性について検討するため、東京都市圏および地方中核都市の1

例として金沢市に適用して、中心都市への交通手段別通勤通学者数の実態と比較した。手法Bによる交通路が既存鉄道とほぼ平行している場合の計算結果は、実績値と概略一致した。

中心都市への通勤通学者数はほぼ15%以内で一致し、鉄道分担率予測値の実数との差の平均は、金沢で-9%、東京で-2%となった。

なお、本研究における分析および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およびFDマップを使用した。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研究員には、交通計画手法についてご教示、御討論をいただきました。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
- 2) 須永、「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」、電力中央研究所報告 研究報告 T96002、1996
  - 3) 土木学会編。「交通需要予測ハンドブック」、P. 63 技法堂出版、1981
  - 4) 村山、「交通流動の空間構造」、古今書院、1991
  - 5) 建設省国土地理院「日本の市区町村位置情報要覧(平成5年度版)」、国土地理院技術資料 E. 1-No. 216、(財)日本地図センター、1993
  - 6) 建設省国土地理院監修、「数値地図ユーザーズガイド」、p. 49、(財)日本地図センター地図研究所、1992
  - 7) 建設省国土地理院、「国土数値情報集約データ(FDマップ)」、(財)日本地図センター地図研究所、1992~1995
  - 8) 例えば、須田、須永、「直流送電線の大イオン密度の予測計算法」、電力中央研究所報告 研究報告 T91066、1992
  - 9) 松本、「交通計画学」、p. 77、培風館、1985