



Title	情報流動量を考慮した都市間交通における誘発交通量の予測手法に関する研究
Author(s)	高橋, 清; 高野, 伸栄; 佐藤, 馨一; 五十嵐, 日出夫
Citation	北海道大學工學部研究報告, 167, 137-146
Issue Date	1994-01-14
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/42389
Type	bulletin (article)
File Information	167_137-146.pdf



[Instructions for use](#)

情報流動量を考慮した都市間交通における 誘発交通量の予測手法に関する研究

高橋 清 高野 伸栄
佐藤 馨一 五十嵐日出夫

(平成5年8月31日受理)

Forecasting Travel Demand for the Induced Traffic Volume in the Intercity Transport

Kiyoshi TAKAHASHI, Shin'ei TAKANO,

Keiichi SATOH, Hideo IGARASHI

(Received August 31, 1993)

Abstract

The objective of the study is to build the induced traffic volume by using information flow. For planning the intercity transport system, it is very important to consider the travel demand forecasting. The paper describes the estimation of a logit model between induced the traffic volume and the apparent traffic volume, for traffic resistance. Next, we built the modal split model, where the data used for model estimation were obtained from the intercity traffic volume. We try to predict the future traffic volume in the intercity transport between Sapporo and other main cities in Asahikawa. This conclusion contributes to the intercity traffic system in Hokkaido.

1. 研究の背景

北海道における都市間交通は、地方空港の整備や高速道路の延伸などにより、今後益々大きな変貌を遂げようとしており、今まで以上に総合交通体系を踏まえた都市間交通システムの整備が必要となっている。しかし、都市間における交通機関整備には多額の投資が必要であり、交通量の需要予測が一層重要となってくる。

一般的に、新たに交通機関が整備されたり、既存の交通機関のサービス水準が向上した場合には、今までにない交通量が誘発される。実際、北海道の都市間においては、札幌-旭川間や札幌-函館間等で、JRと都市間バス、またはJRと航空機が現交通量の奪い合いではなく、各交通機関がそれぞれ輸送量を増加させており、交通サービスの改善による誘発交通量が顕著に現れている例が多く存在する。

しかし、この誘発交通量を踏まえた需要予測手法は、MDモデル等の方法が提案されているが、

未だ確立されていないのが現状である。

そこで本研究は、情報流動量に着目し、誘発交通量を踏まえた将来交通量推定のモデル構築を行うことを目的としている。本研究では、都市間の電話回数を情報流動量としてとらえている。なぜなら、都市間の結びつき、つまり親和度を量的に示すのが都市間のOD交通量であるが、都市間の電話回数は交通以上に都市間の結びつき、ひいては潜在的な交通量を示す指標と考えることができるからである。さらに、本研究では構築された推定モデルを北海道の都市間交通に適用し、モデルの有効性の検討を行うことを目的とする。

2. 情報流動量を考慮した誘発交通量の予測

2.1 誘発交通量予測の既存手法¹⁾

将来交通量は大きく、①基本交通量と②増加交通量とに分類できる。基本交通量は、OD調査によって求められる現在交通量と他の交通機関等から転移してくる転移交通量からなる。

増加交通量は、①自然増加交通量、②誘発交通量、③転換交通量から構成される。自然増加交通量は地域の人口増加、所得水準の向上等に起因する交通量の増加であり、誘発交通量は、交通機関のサービス向上がもたらす交通量、転換交通量は、他の輸送機関から転換してくる交通量である。以上将来交通量の概念を図-1により整理する。

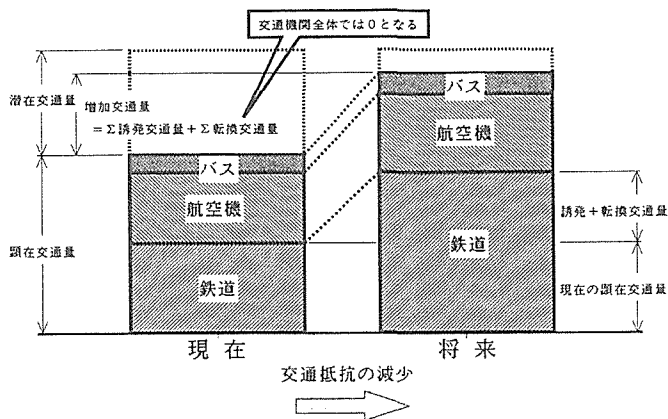


図1 将来交通量の概念図

中でも潜在交通量は、交通機関のサービス水準向上により従来潜在化していた交通が顕在化するもので、推定することが困難とされている。それゆえ、誘発交通量推計に関する研究は²⁾極めて数少ない。そのなかでも、塚原（運輸調査局）により実用化されたMD(Modal Demand)モデルは、MS(Modal Split)モデルの改良版として比較的広く用いられている。このモデルの特徴は、基本的な発想において、各モードの選択（配分）と旅行の意思決定（需要）とが、所要時間、費用等を総合した各利用者の主観的な犠牲感の大きさによって定まるとしている点にある。しかしMDモデルは、モデルが国家的規模のプロジェクトを想定して構築されている点、また、効用分布にどのような分布をあてはめるか等の問題点が指摘されている。

2.2 情報流動量を考慮した将来交通量の推定

一般に交通とは、人、物、情報の流動であると定義されている。これまで交通を用いて都市間の結びつきや親和度を量的に示す場合、都市間 OD が用いられてきた。しかし、都市間 OD は常に交通抵抗が介在しており、抵抗を除いた都市間の結びつきや親和度を分析する場合、情報流動に着目する方法が考えられる。情報流動を考えるにあたっては、都市間の電話使用回数等を指標とする場合が多い。

宮川³⁾らは都市間の交通流動（都市間 OD）と情報流動の関係について、①代替、②補完、③相乗関係の3種類の分類に整理している。中でも、情報流動は交通流動の代替、あるいは補完手段として捉えられることが一般的である。つまり、交通による移動の場合には、時間や費用等による交通抵抗が少なからず伴い、抵抗が大きいときには交通そのものをあきらめて、通信等其他の手段により目的を達する（代替性）。また盛んに情報が流動することで交通そのものが喚起され易くなる（補完性）。

以上の考え方における代替性に注目し、情報流動を用いた都市間の結びつきから、現存しない交通機関の需要量を渡辺⁴⁾らが、北海道のコミューター航空を例にモデル化し、推計を行っている。また、文⁵⁾は都市内の交通需要と情報の関連について、企業立地の観点から分析を行っている。

しかし、都市間交通において情報流動に着目し、誘発交通量をも含めた総合的な需要予測に関する研究はあまり例がなく、今後極めて重要な課題であると考えられる。

3. 誘発交通量推定モデルの理論構築

3.1 誘発交通量推定モデル理論展開

単位情報流動量当たりの交通流動量を一つの尺度として捉え、交通量を推定することを考える。

本研究ではまず、重力モデルより次式をそれぞれ交通流動量、および情報流動量と定義する。ここで、情報流動量の情報抵抗（例えば電話料金）は実際には生じているが、交通抵抗に比べれば相対的に極めて小さく無視でき得るものと仮定した。

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{R_{ij}} \quad (1)$$

$$I_{ij} = m P_i \cdot P_j \quad (2)$$

T_{ij} : 都市 i と j 間の交通流動量

I_{ij} : 都市 i と j 間の情報流動量

P_i, P_j : 都市 i と j の人口

R_{ij} : 都市 i と j 間の交通抵抗

k, m : 定数

都市規模の異なる箇所を同じ尺度で評価するため、各都市圏の人口積により基準化を行い指標をつくる必要がある。ここでは、(3)、(4)式から次式をそれぞれ交通流動係数 T'_{ij} 、情報流動係数 I'_{ij} と定義した。式形より明らかなように、流動係数は『相互都市間の人口積当たりの交通（情報）流動量』にほかならない。

$$T'_{ij} = \frac{T_{ij}}{P_i P_j} \quad (3)$$

$$\Gamma_{ij} = \frac{I_{ij}}{P_i P_j} \quad (4)$$

T'_{ij} : 都市 i と j 間の交通流動量係数

Γ_{ij} : 都市 i と j 間の情報流動量係数

ここで、前述したように情報量で基準化した尺度を単位情報量当たりの顕在交通量 K_{ij} と表し、(5)式のように定式化する。

$$K_{ij} = \frac{T'_{ij}}{\Gamma_{ij}} = \frac{\frac{T_{ij}}{P_i P_j}}{\frac{I_{ij}}{P_i P_j}} = \frac{T_{ij}}{I_{ij}} \quad (5)$$

この結果、基準化した K_{ij} は実質的には、両都市の人口の大小という影響には左右されず、交通と情報の絶対量で定まることがわかる。この尺度を単位情報量当たりの顕在交通量 K_{ij} と表し、以下のように定式化を行う。

$$K_{ij} = \frac{T_{ij}}{I_{ij}} = F(R_{ij}) \quad (6)$$

以上の式について、尺度化した顕在交通量 K_{ij} と交通抵抗指数 R_{ij} の関係を図-2のように仮定し、モデル構築を行う。

①交通抵抗指数 R_{ij} が少なくなっても、顕在交通量 K_{ij} はある一定の値 γ を超えることはない。

②交通抵抗指数 R_{ij} がある値まで減少したときの誘発効果は著しいが、ある域値からの交通抵抗改善効果は鈍くなる。

以上の仮定を基に、 K_{ij} と R_{ij} のデータをロジスティック曲線で回帰し、パラメータ推定を行った結果、誘発交通量と交通抵抗との関係モデルは(7)式のように定式化される。

$$K_{ij}^{(p)} = \frac{\gamma}{1 + \exp [G(R_{ij})]} \quad (7)$$

$K_{ij}^{(p)}$: 顕在交通量

γ : 単位情報量当たり交通量の上限值

R_{ij} : 交通抵抗指数

また、誘発率 ψ_{ij} を以下のように定義する。

$$\psi_{ij} = \frac{Y_{ij}^{(p)}}{K_{ij}^{(p)}} = \frac{K_{ij}^{(p)} - K_{ij}^{(p)0}}{K_{ij}^{(p)}} \quad (8)$$

ψ_{ij} : 誘発率

$Y_{ij}^{(p)}$: 整備後の誘発交通量

$K_{ij}^{(p)}$: 整備後の顕在交通量

$K_{ij}^{(p)0}$: 整備前の顕在交通量

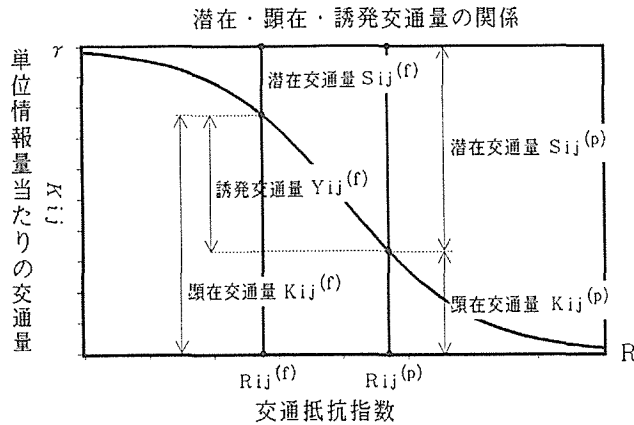


図2 潜在・顕在・誘発交通量の関係

3.2 交通抵抗の算出

モデルのパラメータ推定を行うにあたり、都市間の交通抵抗を算出し、交通抵抗指数 R_{ij} として定式化する。これは社会現象の場所的・時間的差異を捉えるため経済統計等で利用されている総合指数の考え方を交通抵抗の表現に援用したものである。今回用いた交通抵抗は、①時間距離、②頻度抵抗、③料金抵抗から構成されている。

ここでは、都市 i を札幌、また基準都市として、全ての種類の公共交通機関が整備されている札幌一函館間を1.0とし、各都市間の指数を求めた。

$$R_{ij} = \sum_{\alpha} \frac{\sum_{k=1}^n \frac{r_{ij}^{k(\alpha)}}{r_{i0}^{k(\alpha)}}}{n} \cdot S_{ij}^{(\alpha)} \quad (9)$$

- R_{ij} : 都市間 i と j 間の交通抵抗指数
- r_{ij} : 都市間 i と j 間の交通抵抗値
- r_{i0} : 都市間 i と基準都市 0 間の交通抵抗値
- S_{ij} : 都市間 i と j 間の交通機関別シェア
- α : 交通機関
- k : 交通抵抗要因
- n : 交通抵抗要因数

以上の交通抵抗要因を用い、札幌と各都市間における交通抵抗指数を算出したものが、図-3である。

3.3 モデルのパラメータ推定

3.2 で求めた交通抵抗指数を用い、式(7)におけるパラメータ推定を行った。推定結果が式(10)である。

$$K_{ij}^{(f)} = \frac{45}{1 + \exp [2.035R_{ij} - 1.043]} \quad (10)$$

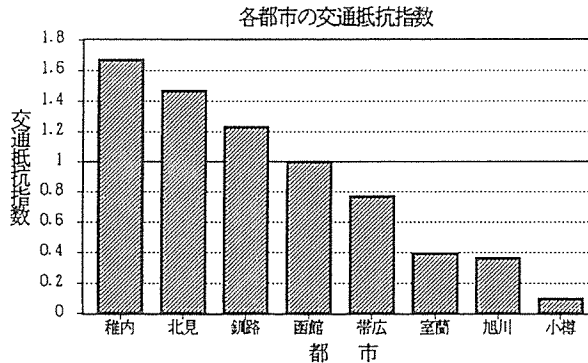


図3 交通抵抗指数

ただし、単位情報量当たり交通量の上限值 γ は、十分に公共交通機関が整備されている、札幌—小樽間の交通量をもとに設定した。

4. 交通機関別選択モデルの構築

4.1 ロジットモデルの誘導⁹⁾

ここでは、交通サービスの向上による増加した交通量に関して、交通機関選択モデルを用いて各交通手段の選択率を推定する。交通機関選択モデルはロジットモデルや重回帰モデル、数量化理論をベースとして、意識データ及び行動データによってパラメータを推計し、構築する。本研究では選択モデルとして集計ロジットタイプのモデルを用いる。

$$P_i = \frac{\exp(a_0 + \sum_{j=1}^n a_j X_{ij})}{\sum_{i=1}^m \exp(a_0 + \sum_{j=1}^n a_j X_{ij})} \quad (11)$$

ここで P_i : 交通機関の分担率
 X_{ij} : 交通機関の選択要因
 j : 要因数 ($j=1, \dots, n$)
 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$: パラメータ

式(11)に示すロジットモデル(Logit Model)は交通機関選択モデルとして用いる場合、次に示すような機能を有している。

- ① 選択確率 P_i が必ず $[0, 1]$ に入る。
- ② 式(11)を変形することにより、 a_0, a_1, \dots, a_n のパラメータを容易に計算することができる。
- ③ データの内挿が可能であり、選択モデルとしての操作性が優れている。

そこで本研究では、ロジットモデルを情報理論に基づいて誘導することを試みる。

我々はロジットモデルを、「交通機関の選択はエントロピーを最大化するように決定される」という仮定のもとで、次のように誘導する。

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \rightarrow \text{Max} \quad (12)$$

式(12)を式(13)のように変形する。

$$-H = \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \rightarrow \text{Min} \quad (13)$$

これを次の3条件のもとで解く。

$$\sum_{i=1}^m P_i = 1 \quad (14)$$

$$P_i = \delta_i \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^n P_i X_{ij} = \sum_{j=1}^n \delta_j X_{ij} \quad (16)$$

ここで P_i : 交通機関 i の選択性
 i : 交通機関の種類
 j : 選択要因数
 δ_j : 実現確率
 X_{ij} : i 交通機関の j 選択要因

ここで, Lagrange の未定係数法を用いるため, 関数 Φ を次のように定義する。

$$\Phi = \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i - \theta \left(\sum_{i=1}^m P_i - 1 \right) - a_0 (P_i - \delta_i) - a \left(\sum_{j=1}^n P_j X_{ij} - \sum_{j=1}^n \delta_j X_{ij} \right) \quad (17)$$

ただし, θ, a_0, a_j : 未定係数
 式(17)を P_i, θ, a_0, a_j で偏微分すると
 $\partial \Phi / \partial P_i = 0$ より

$$1 + \ln P_i - \theta - a_0 - \sum_{j=1}^n a_j X_{ij} = 0 \quad (18)$$

となる。式(18)をさらに変形すると,

$$P_i = \exp(\theta - 1) \exp(a_0 - \sum_{j=1}^n a_j X_{ij}) = 0 \quad (19)$$

すべての交通機関について考えると, $\sum_{i=1}^m P_i = 1$ より

$$\sum_{i=1}^m P_i = \exp(\theta - 1) \sum_{i=1}^m \exp(a_0 - \sum_{j=1}^n a_j X_{ij}) = 1 \quad (20)$$

式(20)を式(19)へ代入すると, ロジットモデルの一般形が得られる。

$$P_i = \frac{\exp(a_0 + \sum_{j=1}^n a_j X_{ij})}{\sum_{i=1}^m \exp(a_0 - \sum_{j=1}^n a_j X_{ij})} \quad (21)$$

ロジットモデルは効用理論からも誘導できるが, 理論前提を吟味すると情報理論からのアプローチが妥当性が高いように思われる。なぜならば効用理論にもとづく場合, 誤差変動がワイブル分布すると仮定した時のみロジットモデルになるからである。もし, 誤差変動が正規分布に従うとしたならば, 誘導されるモデルはプロビットモデルになる。これに対して情報理論からのアプローチは, 「エントロピーを最大化する」という仮説を用いている。この行動仮説は, マクロ的には公理とみなされており, 交通機関選択行動においても成立すると考えられるからである。

4.2 モデルのパラメータ推定

以上構築されたロジットタイプのモデルにより、各交通機関の選択率を推定する。

今回は、すべての都市間に存在する JR に着目し、JR の整備により交通サービスが向上した際の誘発交通量の推定を行う。式(22)は定式化された、JR 選択モデルである。モデル式に取りあげた説明要因は、都市間シェアより JR と対抗していると考えられる交通機関を取りあげ、その運賃差、所要時間差、競合交通機関種別を説明要因としている。

以上の要因を用い、各交通における平成 2 年度実績データにより回帰し、パラメータを決定した。

$$P_{JR} = \frac{1}{1 + \exp [F(X)]} \quad (22)$$

$$F(X) = 0.000180X_1 - 0.659X_2 - 2.12X_3 - 0.0839$$

$$r^2 = 0.79$$

X_1 : 運賃差 (競合交通機関と JR の運賃差)

X_2 : 時間差 (競合交通機関と JR の所要時間差)

X_3 : 対抗交通機関の種別 (0 : バス、1 : 航空機)

モデルより推定された各都市間の予測値と実績値とを比較したものが図-4 であり、ほとんどの都市間において現状を良く再現している。

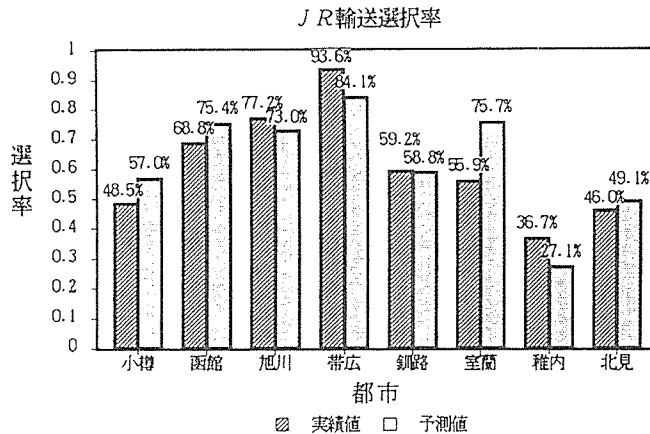


図4 交通機関選択モデルの現状再現性

5. 誘発交通量推定モデルの現状再現性

5.1 札幌-旭川間の現状

以上構築されたモデルを用い、札幌-旭川間においてモデルの再現性の検証を行った。

札幌 (人口170万人)、旭川 (人口36万人) の両市は北海道における 2 大都市である。両都市間距離が約135kmであり、高速都市間バスと JR との競合関係において注目されている区間である。高速都市間バスは、札幌-旭川間的高速道路延伸に伴って、低料金、高頻度等のサービス水準向上によりシェアを伸ばしてきた。一方 JR は、最高速度を130km/h とする高速化や、企画乗車券による料金見直しを行い、バスに対抗している。

その結果、札幌－旭川間においては鉄道における利用者がバス同様に増加傾向を示しており、誘発効果が着実に現れている区間である。

5.2 モデルの適用

今回構築したモデルにより、札幌－旭川間の誘発交通量を考慮した需要予測の推計を行う。

最終的な増加率は全体の誘発率によって定まる。従って、以下の手順で計算できることになる。

1) 交通抵抗指数より、単位情報当たりの交通量を求め、整備後の誘発率算出を行う。

2) 全交通機関の OD 交通量を次式より求める。

全交通機関の OD 交通量 = 現在の OD 交通量 $(1 + \text{誘発率}) \times \text{情報の増減率}$

3) JR のサービスレベルによる JR 選択率を推計し、JR の OD 交通量の算出を行う。

JR の OD 交通量 = 全交通機関の OD 交通量 \times JR 選択率

以上の手順より、今回は平成元年と平成3年において、JR および都市間バスの所要時間の変化による交通抵抗の減少が、誘発交通量をどの程度増加させたかについて検証する。その際、情報の増減率はない(1.0)と仮定し推計を行う。

既存データによると、平成元年の札幌-旭川間における全公共交通機関 OD 交通量は、約203万人である。また、平成元年の札幌市と旭川市間の交通抵抗指数を求めると、 $R_1=0.451$ である。また、同様に平成3年の2都市間の交通抵抗指数は、 $R_2=0.360$ となる。

そこで、今回は情報の増減率を1.0と仮定しているのので、誘発率(ψ)は8.8%となり、平成3年における札幌－旭川間の公共交通機関による総 OD 交通量は約203万人 $\times (1 + 0.88) \times 1.0 = 220.8$ 万人と推計される。この予測値と実績値を比較すると、平成3年の実績値は、225万人であるので、その予測精度は97.8%と極めて高く、モデルの有効性が検証された。

6. おわりに

本研究は、都市間交通において情報流動量に着目し、誘発交通量を含めた将来交通量推定モデルの構築を行なった。この方法により、今まで推計が困難とされてきた誘発交通量を理論的に推計することが可能となった。

さらに、札幌－旭川間にモデルを適用し、交通サービス水準の向上による誘発交通量を含めた将来交通量の推計を行った結果、極めて高い予測精度であることが検証された。

今後は、全く新しい交通機関が都市間に整備された場合、たとえば、北海道における新幹線の整備に際しての将来交通量推計を行い、その計画情報としての有効性を検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 五十嵐日出夫：都市計画の数学的手法 ー将来交通量推定理論ー
- 2) 海外プロジェクト研究会：空港プロジェクトに関する輸送需要と利用者便益の推定，運輸と経済第46巻第8号，1986年8月
- 3) 長山泰久・矢守一彦：空間移動の心理学，1992年11月
- 4) 渡辺英章，佐藤馨一，高野伸栄：ネットワークの成長サイクルを考慮した通勤航空計画に関する研究，土木学会北海道支部論文報告集第46号，1990年2月
- 5) 文 世一：情報通新技術の進歩がオフィス企業の交通需要と立地分布及び都市の規模に及ぼす影響，土木計画学研究論文集10，1992年11月

- 6) 田北俊昭 他：交通と通信による情報流動の概念整理と各種情報関連研究について，土木学会東北支部技術研究発表会，1993年3月
- 7) 高橋清：北海道における都市間バスの現状と課題，運輸と経済第52巻第11号，1992年11月
- 8) 佐藤馨一：交通機関選択意識のモデル化とその検証，オペレーションズ・リサーチ，1990年4月