

バス乗降客アンケートを用いた情報量最小化による 乗り換えOD推計法

金沢大学工学部

正会員

高山純一、学生員 ○ 宮崎耕輔

(株) 計画情報研究所 正会員

四藤一成、正会員 北原良彦

1. はじめに

地方都市におけるバス交通は、面的な公共サービスを担う非常に重要な交通機関であるが、最近の自動車交通の進展により、バス利用者数は年々減少する傾向にある。バス交通を整備するためには、バス交通の利用実態を詳細に把握する必要があるが、一般によく用いられるパーソントリップ調査やバス乗降客調査によるOD交通量では、調査精度上、あるいは調査不能トリップ（乗り換えOD交通量）が存在するなどの問題点がある。そのようなことより、本研究では、バス利用者（乗降客）を対象とした簡単なアンケート調査と情報量最小化理論により、乗り換えODを考慮した新しいOD交通量推計法を提案する。今回は、本モデルの適用性を検討するために、モデルネットワークを用いたシミュレーションにより、単純拡大によって求めたOD交通量との比較検討を行う。

2. 乗り換えバス停に関する情報量最小化モデル

道路区間交通量に関するIMA（情報量最小化）法を、本研究において次のように解釈する。

乗り換えバス停 k で乗り換える乗降客数を X_k と考え、ゾーン i から j へのOD交通量を Q_{ij}^k 、OD交通量 T_{ij} が乗り換えバス停 k を選択する確率を p_{ij}^k とする。すると、 X_k は次のようになる。

$$X_k = \sum_i \sum_j Q_{ij}^k = \sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2-1)$$

そこで、そのOD交通量の構成の仕方を確率的に捉え、最も起こりやすい状態で各OD交通量 Q_{ij}^k が生起する考えると、その同時生起確率 $P(X_k)$ は式(2-2)のようになる。

$$P(X_k) = \frac{X_k!}{\prod_i \prod_j Q_{ij}^k!} \prod_i \prod_j \{p_{ij}^k\}^{Q_{ij}^k} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2-2)$$

ここで、 r_{ij}^k は、ゾーン ij 間のトリップがバス停 k で乗り換える先験確率（事前確率）を表し、また、 t_{ij}^* は既存OD交通量、あるいはアンケート調査によって得られるサンプルOD交通量であるので、次式のように表される。

$$r_{ij}^k = \frac{t_{ij}^* p_{ij}^k}{\sum_j \sum_i t_{ij}^* p_{ij}^k} \quad (2-3)$$

よって、式(2-2)は次のように変形できる。

$$P(X_k) = \frac{X_k!}{\prod_i \prod_j (T_{ij} p_{ij}^k)!} \prod_i \prod_j \left\{ \frac{t_{ij}^* p_{ij}^k}{\sum_j \sum_i t_{ij}^* p_{ij}^k} \right\}^{T_{ij} p_{ij}^k} \Rightarrow \text{Max.} \quad (2-4)$$

$$I(X_k) = -\log \left[\frac{X_k!}{\prod_i \prod_j (T_{ij} p_{ij}^k)!} \prod_i \prod_j \left\{ \frac{t_{ij}^* p_{ij}^k}{\sum_j \sum_i t_{ij}^* p_{ij}^k} \right\}^{T_{ij} p_{ij}^k} \right] \Rightarrow \text{Min.} \quad (2-5)$$

式(2-4)の最大化と式(2-5)の最小化は同値なので、計算の便宜上、式(2-5)を用いる。以下、スターリングの公式を用いて式の変形を行うと、次のようになる。

$$I(X_k) = \sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k \log \left(\frac{T_{ij} \sum_j \sum_i t_{ij}^* p_{ij}^k}{X_k t_{ij}^*} \right) \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2-6)$$

また、乗り換えバス停 k について加え合わせると式(2-7)のようになる。

$$I = \sum_k I(X_k) = - \sum_k \sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k \log \left(\frac{T_{ij} \sum_j \sum_i t_{ij}^* p_{ij}^k}{X_k t_{ij}^*} \right) \Rightarrow \text{Min.} \quad (2-7)$$

制約条件式(2-1)のもとで、式(2-7)の最小化問題

をラグランジェの未定乗数法を用いて解く。

$$L = \sum_k \sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k \log \left\{ \frac{T_{ij} \sum_i \sum_j t_{ij}^* p_{ij}^k}{X_k t_{ij}^*} \right\} + \sum_k \lambda_k \left(\sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k - X_k \right) \quad (2-8)$$

式(2-8)を T_{ij} 、 λ_k で偏微分し、それぞれ零(0)と置くと、次のようになる。

$$\frac{\partial L}{\partial T_{ij}} = \sum_k p_{ij}^k \log \left\{ \frac{T_{ij} \sum_i \sum_j t_{ij}^* p_{ij}^k}{X_k t_{ij}^*} \right\} + \sum_k p_{ij}^k (1 + \lambda_k) = 0 \quad (2-9)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_k} = \sum_i \sum_j T_{ij} p_{ij}^k - X_k = 0 \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2-10)$$

式(2-9)の変形を行っていくと、以下に示す式が導かれる。

$$\therefore T_{ij} = t_{ij}^* \prod_k \left[\left(\frac{X_k}{\sum_i \sum_j t_{ij}^* p_{ij}^k} \right) \exp \{ -(1 + \lambda_k) \} \right]^{\sum_i p_{ij}^k} \quad (2-11)$$

式(2-11)を式(2-10)に代入すると、次のようになる。

$$\sum_i \sum_j p_{ij}^k t_{ij}^* \prod_k \left[\left(\frac{X_k}{\sum_i \sum_j t_{ij}^* p_{ij}^k} \right) \exp \{ -(1 + \lambda_k) \} \right]^{\sum_i p_{ij}^k} - X_k = 0 \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2-12)$$

ここで、アンケート調査データより既知となるものは X_k 、 Q_{ij}^k 、 t_{ij}^* である。また、次式により p_{ij}^k が与えられる。

$$p_{ij}^k = \frac{Q_{ij}^k}{t_{ij}^*} \quad (2-13)$$

よって、式(2-12)において未知であるものは、 λ_k だけである。式(2-12)の非線形連立方程式を解くだけで、式(2-11)より、OD交通量 T_{ij} が求められる。

3. モデルネットワークへの適用

(1) 仮想ネットワークの概要

今回、本モデルの適用例として図3-1に示す仮想ネットワークを用いた。図3-1のノード1、2、3、4、5、6は、市内中心部のバス停である。1、2、3、4は、乗り換え地点として考えられるバス停で特に今回は、2、3、4でアンケート票を配布したものと想定する。なお、配布当日の降客数も同時に調査する。

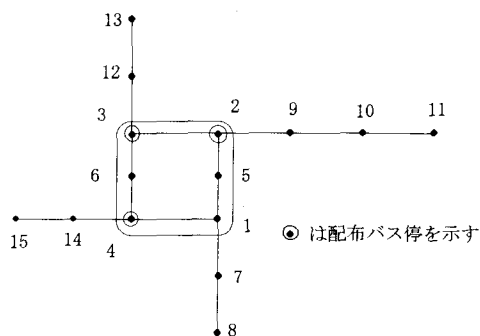


図3-1 モデルネットワーク図

(2) 調査データの概要

アンケート調査は、行き、帰りを記入してもらう方式で、乗り換えは1回まで記入できる調査票である。これは、地方中核都市を対象にしたものであり、1回乗り換えればだいたいどこにでも行けると考えているからである。仮想リンク上でも1度乗り換えればどこにでも行けると想定する。配布日数は1日とし、各バス停の降客を対象に配布する。また、同時に降客数を配布バス停にて調査するものとする。

4. 本モデルの適用性の検討

本モデルの適用性の検討は、仮想ネットワークに対する単純集計により求められたOD交通量との比較検討により行う。なお、単純集計に用いる拡大係数は、配布バス停での降客数が既知であるのでそれを利用すれば乗り換えODを含めた形で推計可能である。

なお、詳しい計算結果等については、講演時に発表する。

5. 参考文献

- 1) 高山純一：リンクフロー観測値に基づいた道路網交通需要分析モデルに関する方法論的研究、京都大学博士学位論文、昭和63年2月