都道府県間総流動データに基づく純流動量の逆推定

広島大学大学院　学生員　○杤元　淳平
広島大学大学院　正会員　塚井　誠人
広島大学大学院　正会員　奥村　誠

1. はじめに

幹線旅客のトリップデータには「総流動データ」と「純流動データ」という 2 種類のデータが存在する。総流動は純流動トリップが利用した経路上で観測される流動であるため、純流動量を経路配分すると総流動量が得られる。これに対し、総流動量に基づいて純流動量を推定する「逆推定」ができれば、容易かつ経済的に純流動量を把握することが可能となるが、幹線交通においてはこれまで議論されてこなかった。

本研究では、全国の航空･鉄道網を対象に、総流動データに基づいて純流動量を逆推定する方法を提案する。観測総流動と観測純流動の両方のデータが得られる 1995 年の総流動データを用いて逆推定を行う。

2. 逆推定の方法

(1) 幹線交通ネットワーク

全国 46 都道府県間を対象とし、主要駅･主要空港をノード、新幹線･特急路線、国内定期航空路、および鉄道駅と空港を結ぶ端末交通をリンクとする幹線交通ネットワークを設定した。各リンクのサービス水準（所要時間、運行本数、距離、運賃）は JR 時刻表から得た。

(2) 総流動と純流動の関係式

総流動量と純流動量の関係は式（1）で表される。

$$y_S = \sum_{OD} \mu_S^{OD} T_{OD} \tag{1}$$

$$\mu_S^{OD} = \sum_{l} P_l^{OD} \rho_{S,l}^{OD} \tag{2}$$

y_S　：区間 S の総流動量
T_{OD}　：OD 間の純流動量（航空･鉄道純流動の合計）
μ_S^{OD}　：OD 間の純流動トリップの区間 S の利用率
P_l^{OD}　：OD 間の純流動トリップの幹線経路 l の選択確率
$\rho_{S,l}^{OD}$　：OD 間の幹線経路 l が区間 S を通るなら 1, そうでなければ 0 を表すダミー変数

経路 l を選択する確率はロジットモデルで表されるとする。その際、あらかじめ第 k 経路探索法によって探索された経路のうち、互いに類似していない経路のみを選択肢とする。

１つの総流動区間に対しては、無数の純流動 OD パターンが存在し得るため、純流動を一意に逆算することはできない。そこで、純流動の分布に重力モデルを仮定し、式（1）の T_{OD} に代入する。これにより、総流動の推定値 $\hat{y}_S$ として式（3）が得られる。

$$\hat{y}_S = \sum_{OD} \mu_S^{OD} \left[(N_1)^{\alpha_1} (N_2)^{\alpha_2} (d_{OD})^{\gamma} \prod_n (LOS_{OD})^{\delta_n^{OD} \phi_n} \prod_m \exp(\varepsilon_m^{OD} \kappa_m) \right] \tag{3}$$

$$LOS_{OD} = \sum_m \exp(V_m) \tag{4}$$

N_1, N_2　：OD の人口($N_1 \geqq N_2$)
d_{OD}　：OD 間距離
LOS_{OD}　：OD 間の交通サービス水準

幹線経路選択モデルの幹線経路 l の効用 V_l を代表交通機関 m ごとにまとめた効用を V_m とし、LOS_{OD} は V_m を用いて式（4）のように表す。δ_n は OD の距離帯に関するダミー変数である。ε_m は OD の地域区分（表-1）に関するダミー変数である。 $\alpha_1, \alpha_2, \gamma$, ϕ_n, κ_m はモデルパラメータである。

表-1　都道府県の分類

北日本	北海道 東北地方
中日本	関東、中部 近畿地方
西日本	中国、四国 九州地方

(3) 純流動の逆推定方法

各区間の総流動は互いに独立であると仮定し、式（3）で表される総流動量の推定値が観測値と合うように重力モデルのパラメータを推定する。

キーワード：総流動、純流動、幹線旅客、逆推定
連絡先　：〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1
TEL&FAX　0824-24-7849

総流動量は複数の OD からの純流動トリップが重ね合わさったものであることを踏まえれば、観測総流動量 y_S が多い区間ほど誤差分散は大きいと考えられる。

そこで、y_Sが平均 $\hat{y}_S$ の対数正規分布に従うと仮定する。ただし、確率密度関数の加重項はσy_S であり y_S に比例して大きくなることを表現する。全総流動区間についての同時確率密度は式（5）のように定式化でき、これを尤度と考えて最尤推定によりパラメータを求める。

$$L=\prod_S \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 y_S{}^2}}\exp\left(-\frac{1}{2}\frac{\{\ln(y_S)-\ln(\hat{y}_S)\}^2}{\sigma^2}\right) \qquad (5)$$

σ^2：分散パラメータ

実際には式（5）の対数を最大にするパラメータ $\alpha_1,\alpha_2,\gamma,\phi_n,\kappa_m,\sigma^2$ を求める。計算の都合上、y_s=0 あるいは $\hat{y}_S$=0 となる区間は計算から除く。

3. 1995 年の純流動量の逆推定

観測総流動データとして、1995 年の「地域旅客流動調査」の定期航空と JR のデータを用いる。このうちから本研究では考慮していない自動車など他の交通機関の影響を除外するため、自動車で 1 時間以内で到達できる総流動区間を計算対象から除いた。

表-2 に逆推定のモデル推定結果と、比較用に 1995 年の幹線旅客純流動データに直接当てはめた重力モデルの推定結果を示す。図-1 には逆推定した純流動量と観測純流動量を対数軸上にプロットしてある。

逆推定した場合の R^2 は 0.788 である。通常の重力モデルのそれが 0.817 であることから、逆推定した純流動量は十分に高い再現性を有している。

逆推定モデルの推定値は、比較用の重力モデルと同様の傾向を示したが、人口、距離、LOS[0-300]、[300-600]は逆推定モデルがより強い影響を及ぼすという結果が得られた。

図-1 から、流動の少ない OD の逆推定純流動量は、観測純流動量よりも過小に推定される傾向にある。しかし、幹線旅客純流動調査は平日 1 日のみを対象にして調査しており、このような流動の少ない OD ではサンプリング誤差の影響が大きいため、この差異は逆推定法が不利であることを意味するわけではない。

表-2 モデル推定の結果

パラメータ		逆推定	比較モデル
人口(大)	(10万人)	1.763 **	1.334 **
人口(小)	(10万人)	1.202 **	1.139 **
距離	(km)	-0.683 **	-0.165 *
距離帯別 LOS	0-300	0.581 **	0.363 **
	300-600	0.350 **	0.319 **
	600-900	0.167 **	0.248 **
	900- (km)	0.074	0.256 **
地域ダミー（表−1 参照）	北－北	0.376	-1.123 **
	北－中	-0.896	-2.162 **
	北－西	-1.279 *	-2.100 **
	中－中	-1.816 **	-2.387 **
	中－西	-1.592 *	-2.289 **
	西－西	-0.503	-1.675 **
分散パラメータ	σ^2	1.126 **	-
最終尤度		-4.199	-
有効サンプル数		1056	1020

*:5%有意　　**:1%有意

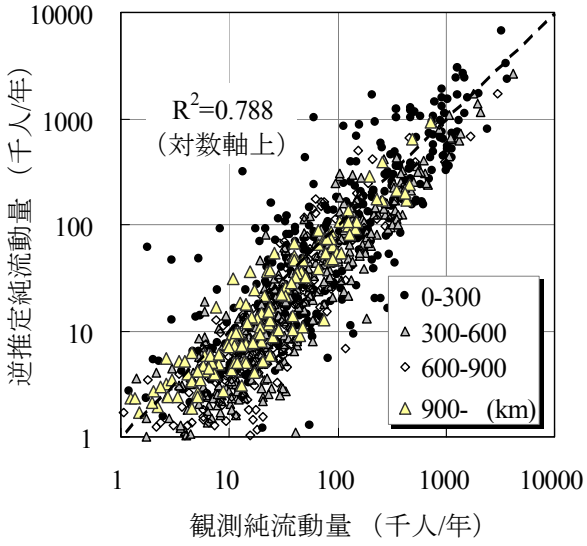

図-1 逆推定純流動量の再現性

4. おわりに

本研究では、総流動データに基づいて純流動量を求めるフレームワークを示した。1995 年の総流動を用いて純流動量を逆推定したところ、ある程度高い再現性が得られた。この方法により、純流動調査がない年次についても純流動の大まかな情報を提供することが可能である。

今後の課題としては、手法の多時点への適用により純流動量を経年的に分析することが挙げられる。

＜参考文献＞

土木学会：交通ネットワークの均衡分析　12 章, pp.241-263，1995