

観測リンク交通量のみを用いた OD 交通量の推定可能性に関する一考察

名城大学 学生員 谷 幸成
名城大学 正会員 松本 幸正

1. はじめに

観測交通量を用いて OD 交通量を推定するモデルはこれまでに数多く提案されている。それらのモデルは、観測交通量の他に経路利用率や事前 OD 情報を必要とするものがほとんどである。しかしながら、実際の調査からこれらの観測値を得ることは困難である。そこで、できるだけ少ない入力データから精度良く OD 交通量を推定でき、かつ実規模のネットワークに適用可能なモデルが必要となる。

本研究では、事前 OD に関する情報が全くなく、観測リンク交通量のみが入手可能な状況を想定する。OD 交通量の推定モデルは、均衡リンク交通量の残差平方和最小化と利用者均衡配分との 2 段階最適化問題として定式化され、遺伝的アルゴリズムを用いて解を求める。そして、簡易なネットワーク上で最適化計算を行い、本手法の適用可能性を検証する。

2. OD 交通量推定モデルの定式化

本研究では、OD 交通量の推定モデルを 2 段階最適化問題として以下のように定式化を行った。

【Upper Level】

$$\min \sum_a (x_a - \hat{x}_a)^2 \quad (1)$$

【Lower Level】

$$\min \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (2)$$

$$\text{subject to } \sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} - x_a = 0 \quad (3a)$$

$$\sum_k f_k^{rs} q^{rs} = 0 \quad (3b)$$

$$x_a \geq 0 \quad (3c)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad (3d)$$

ここで、記号 $\hat{\cdot}$ は与件であることを表し、各変数の意味は以下のようである。

x_a : リンク a のリンク交通量

$t_a(x_a)$: リンク a のリンクコスト関数

f_k^{rs} : OD ペア rs 間の第 k 経路の経路交通量

q^{rs} : OD ペア rs 間の OD 交通量

$\delta_{a,k}^{rs}$: OD ペア rs 間の第 k 経路にリンク a が含ま

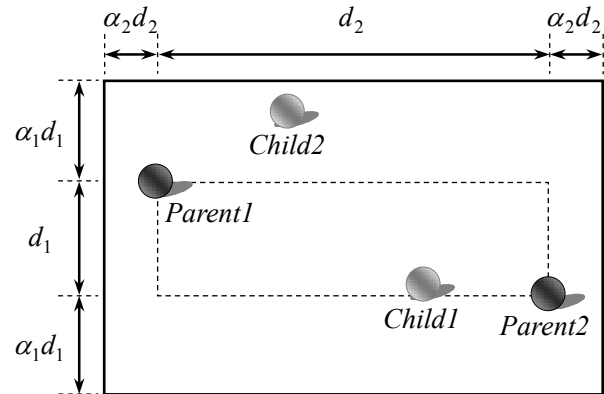


図1 BLX- α のイメージ図

れるとき 1, そうでないとき 0 とするダミー変数

このモデルは、上位問題を観測交通量と結果として求まる均衡リンク交通量の残差平方和最小化モデル、下位問題を利用者均衡配分とし、配分均衡リンク交通量が観測交通量に一致するような OD 交通量を解とする。なお、この問題は一般に唯一解を持たない。

3. GA による推定モデルの計算アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム(GA)は、生物の進化の過程を模擬した最適化アルゴリズムで、解析的に解くことが困難な問題に対して比較的良好な準最適解を効率的に探索することができる。本研究では、遺伝的アルゴリズムの中でも、特に連続的な解空間をもつ問題に対して有効だとされる実数値 GA を用いる。以下に、本手法の計算手順を示す。

Step 0: OD 交通量の初期個体群 $\mathbf{u}_{(n)}$ を生成する。世代数 $n=0$ とする。

Step 1: この $\mathbf{u}_{(n)}$ を用いて下位問題である式(2)を解き、配分リンク交通量 $\mathbf{x}_{(n)}$ と OD ペアごとのリンク利用率 $\boldsymbol{\eta}_{(n)}$ を得る。

Step 2: $\mathbf{x}_{(n)}$ を式(1)に代入し、初期個体群の目的関数値を計算する。目的関数値をスケールリングし、適合度 $\mathbf{F}_{(n)}$ を得る。

Step 3: 計算した $\mathbf{F}_{(n)}$ に基づいて選択淘汰を行う。選択にはルーレット選択を用いる。

Step 4: 交叉, 突然変異を行い, 次の世代の解 $\mathbf{u}_{(n+1)}$ を得る. 交叉法は BLX- α を用い, 突然変異は一様突然変異を用いる.

Step 5: 次世代の解 $\mathbf{u}_{(n+1)}$ を用いて下位問題, 上位問題を解き, 個体群の適合度 $\mathbf{F}_{(n+1)}$ を得る.

Step 6: 適合度が終了条件を満たしていれば, 計算を終了する. 満たしていなければ, Step3 へ戻り, $n=n+1$ とする.

BLX- α は, 図 1 に示すように親固体の各変数の区間 d_i を両側に拡張した超直方体区間から一様乱数に従ってランダムに子固体を生成する手法である. 探索の効率化のため, BLX- α のパラメータ α を次式により算出した OD ペアごとの誤差率 e^{rs} の大小により決定することにした. この設定方法により, OD ペアごとのリンク交通量の誤差を次世代に継承できると考えられる.

$$e^{rs} = \sum_a \eta_a^{rs} (x_a - \hat{x}_a) \quad (4)$$

4. シミュレーション結果

図 2 に示すノード数 12, リンク数 34 で構成されるテストネットワークに推定モデルの適用を行う. 真値となる OD 交通量は, 区間[1000,3000]に乱数を発生させて設定した. この OD 交通量をネットワーク上に均衡配分し, リンク交通量の観測値を生成した. GA のパラメータについては, 集団サイズ 50, 最大世代数 200, 交叉確率 0.75, 突然変異確率 0.05 とした. OD 交通量, リンク交通量の推定値には, GA の計算回数内で得られた最良個体の値を採用した.

200 世代の GA 計算を 1 セットとし, この計算を 10 セット行った. 図 3 に GA による探索結果の一例を示す. この図より, GA が 80 世代に到達する頃に, 最良固体が出現していることがわかる. しかし, これ以降は目的関数値はほとんど減少しなかった. 図 4 は GA により得られた推定結果である. 図より, 推定 OD 交通量は比較的高い再現性を有していることがわかる. 10 セットの計算結果から得られた推定精度の幅を表 1 に示す. 表より, リンク交通量の精度にはほとんど差はないが, OD 交通量の精度は相関係数 0.4 の中とかなり差がある. この理由として, リンク交通量の観測値を再現できる OD 交通量の組合せが無数に存在することがあげられる.

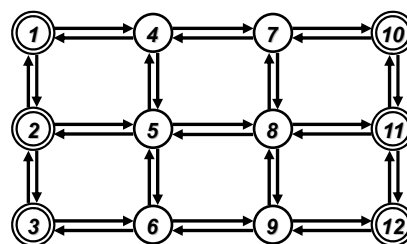


図 2 テストネットワーク

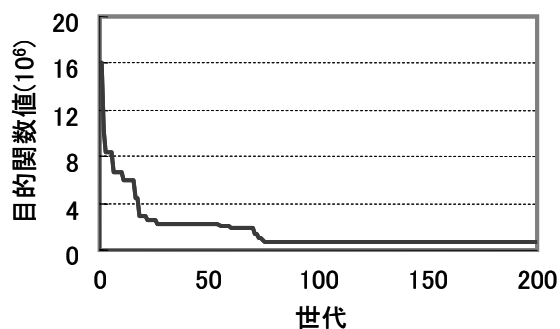


図 3 GA による探索結果

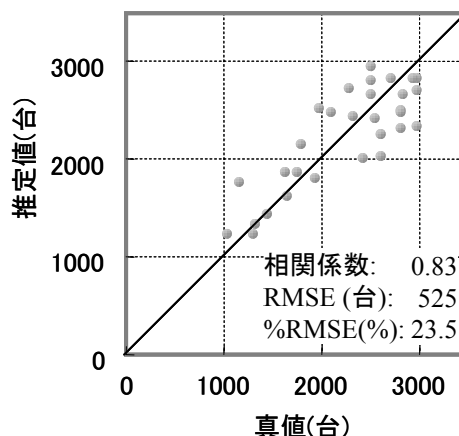


図 4 OD 交通量の相関図

表 1 数値実験結果

	OD 交通量		リンク交通量	
	相関係数	%RMSE	相関係数	%RMSE
上限値	0.83	21.41	1.00	2.02
下限値	0.45	27.01	0.99	3.10

5. おわりに

本研究では, OD 交通量の推定モデルを 2 段階最適化問題として定式化を行い, GA を用いた高速な解法によりモデルの適用可能性を検証した. その結果, OD 交通量の再現性は相関係数 0.83 と比較的良好な結果も得られたが, その推定範囲は依然として大きいという課題が残った. 今後, 既存モデルを進展させ, OD 交通量の推定範囲を小さくすることができるモデルへと改良していく必要がある.