

需要の変動を考慮した最適道路網形成

京都大学工学部 正員 佐佐木 綱
 京都大学工学部 正員 朝倉 康夫
 京都大学工学部 学生員 0井上 陽一

1. はじめに

道路網計画の代替案策定における計画者の意志決定を支援することを目的として、従来より数理最適化手法を用いた道路網形成に関する研究が進められてきた。本研究では、従来、外生的に与えられていたOD分布交通量を内生的に決定しうる最適道路網形成問題の数値計算を実際規模の道路網に対して実行し、その適用可能性について考察した。

2. 分布・配分同時決定問題

ネットワーク均衡条件を満足するOD分布交通量と配分交通量を同時に決定できる分布配分同時決定問題を定式化すると

$$\begin{aligned} (P1) \quad \min F &= \sum_a \int_0^{V_a} S_a(x) dx - \sum_i \sum_j \int_0^{T_{ij}} W_{ij}(y) dy \\ \text{s.t.} \quad T_{ij} &= \sum_m h_{mij} \\ V_a &= \sum_m \sum_i \sum_j \delta_{amij} h_{mij} \\ \sum_j T_{ij} &= O_i \quad \sum_i T_{ij} = D_j \\ T_{ij} &\geq 0 \quad h_{mij} \geq 0 \end{aligned}$$

である。ここに、

$S_a(x)$; リンク a の走行時間関数

$W_{ij}(y)$; ODペア i, j の需要関数の逆関数

T_{ij} ; ODフロー, h_{mij} ; バスフロー

V_a ; リンクフロー, O_i ; 発生量 D_j ; 集中量

δ_{amij} ; ノード i, j 間のバス m がリンク a を通るときは 1、それ以外は 0

この問題を、京都府南部地区の道路網に対して計算し、現況ネットワークフローの再現

を試みた。ネットワークの規模は、リンク数 306 本、ノード数 92 個、発生集中ノード数 33 個である。計算に用いた発生、集中量、交通容量は、昭和 55 年道路センサスより得た。問題を解くために用いたアルゴリズムは Evans のアルゴリズムである。内々交通量は、計算の過程で排除した。リンク走行時間 S_a および需要関数 D_{ij} は次に示すとおりである。

$$S_a(V_a) = t_a \{1 + r (V_a/C_a)^k\}$$

t_a : リンクの自由走行時間

C_a : リンクの交通容量

k, r : パラメータ $r = 2.62, k = 5.0$

$$D_{ij}(t_{ij}) = \exp(-\gamma t_{ij})$$

t_{ij} : i, j の所要時間

γ : パラメータ $\gamma = 0.04$

目的関数およびフローは、約 30 回のくり返しではば収束する。リンクフローおよび OD フローの推計値は実測の値と高い相関を示している (図-1)。

エントロピー法および等時間配分法により、分布交通量と配分交通量を別々に計算した結果と比較すると、配分交通量の推計精度は同程度であるが分布交通量の推計精度は大きく向上することがわかった。ネットワークフローの実測値そのものに誤差が含まれているので、単純に結論づけることは難しいが、この例でみる限り、分布・配分同時決定問題の現況再現性は良好であると言えよう。

3. 最適道路網形成問題

総建設費用一定のもとで、総走行時間を最小にする各リンクの容量、および利用者均衡条件を満足する分布交通量と配分交通量を決定する最適道路網形成問題は、2段階計画問題として次のように定式化できる。

(P2)

$$\min F = \sum_a V_a S_a(V_a, Z_a)$$

$$\text{s.t. } \sum_a G_a(Z_a) \leq G$$

$$Z_a \geq 0$$

and (P1)

ここに、

$G_a(z_a)$; リンクの建設費用関数

G ; 総建設費用の上限

Z_a ; リンクの拡幅容量

2. で用いた道路網の一部のリンクを拡幅対象として、この問題の数値計算を実行した。発生集中量は現在の値をそのまま用いる。リンク走行時間関数 S_a および需要関数 D_{ij} は、さきに示したものであり、建設費用関数 G_a は拡幅容量の線形関数とした。

$$G_a(z_a) = g_a z_a$$

g_a : 単位容量あたりの建設費用

上位問題と下位問題をくりかえし解くというヒューリスティックな方法を用いて、総建設費用の異なる2つのケースについて計算した。総走行時間とリンク容量の収束状況を表-1に示す。得られた結果をまとめると、

- 1) 総走行時間および拡幅リンク容量はステップを重ねるごとに収束している。
- 2) 現在の総走行時間と比較して必ずしも改良効果が大いとは言えないが、総建設費用を増加させることにより総走行時間を減じることができる。
- 3) 総建設費用の少ない場合には混雑の激しいリンクのみを集中的に拡幅する傾向がある。
- 4) 建設費用を増加させると、部分的ではなく

全体として効果的な投資が行われ、そのため長距離ODペア間のOD交通が増加する。

4. おわりに

実際規模のネットワークに対しても、分布配分同時決定問題を制約条件とする最適道路網形成問題の計算は可能であることが確認できた。総建設費用に加え発生集中パターンをも変化させてケーススタディを実行すれば、将来道路網を整備するための効果的な投資方法を知ることができると思われる。

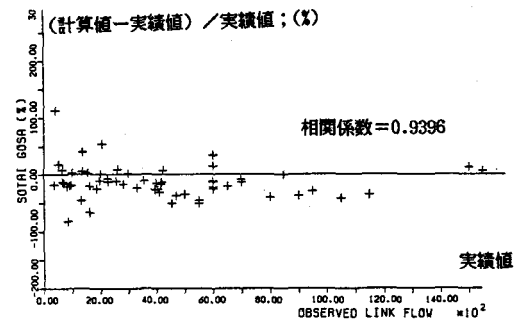


図1.a リンクフローの再現性

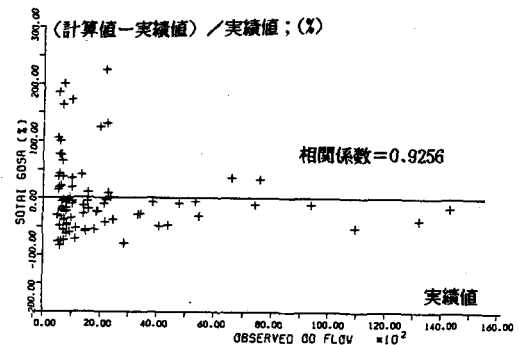


図1.b ODフローの再現性

表-1 収束状況

iteration	総走行時間(1000 min.)		リンク容量*	
	建設費=小	建設費=大	建設費=小	建設費=大
n				
1	28,483	28,483	2,387,400	70,163,000
3	27,344	26,713	592,380	4,083,200
5	27,236	26,630	87,141	433,190
7	27,217	26,576	44,403	158,330
9	27,210	26,560	31,153	105,210
11	27,205	26,583	30,812	104,550
13	27,203	26,553	20,113	28,309
15	27,211	26,536	16,433	69,964

$$*) \sum_a (Z_a^n - Z_a^{n-1})^2$$