

発生・集中段階の需要変動を内包した最適道路網計画モデル

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 ○寺本 泰久

1. はじめに

数理最適化手法を用いた道路網形成に関する研究は、従来より多く行われてきた。しかし、これらの研究では、ネットワークの形成と土地利用が切り離して取り扱われてきた。

そこで本研究では、これらを結びつけるために土地利用から得られた指標を導入することにより、発生・集中段階の需要変動を内生的に決定する最適道路網計画モデルを提案した。このモデルを実際規模の道路網に対して適用し、その妥当性を検討した。

2. 需要変動型ネットワーク均衡問題

土地利用形態から得られた指標を導入し、道路ネットワークフロー（OD分布交通量および配分交通量）を記述する需要変動型ネットワーク均衡問題を定式化すると、

$$(P1) \quad \min. F = \sum_a \int_0^{V_a} S_a(x) dx - \sum_i \sum_j \int_0^{T_{ij}} W_{ij}(y) dy$$

$$\text{s.t.} \quad T_{ij} = \sum_m h_{mij} \\ V_a = \sum_m \sum_i \sum_j d_{amij} h_{mij} \\ h_{mij} \geq 0 \quad \sum_i \sum_j T_{ij} = T$$

となる。ここに、 V_a ；リンクフロー

$S_a(x)$ ；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， T ；生成トリップ数

h_{mij} ；バスフロー， d_{amij} ；ノード i, j 間のバス m がリンク a を通る時 1、それ以外は 0

この問題を、京都府南部地域の道路網に適用し、現況フローの再現性を検討した。ネットワークの規模は、リンク数306本、ノード数92個、うち発生・集中ノード33個である。交通容量その他のデータは昭和55年道路センサスより作成した。リンク走行時間関数 S_a および需要関数 D_{ij} は、以下のように定めた。

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

t_a ；リンク a の自由走行時間

C_a ；リンク a の交通容量

K, r ；パラメータ $K=5.0, r=2.62$

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

t_{ij} ；ODペア i, j 間の所要時間

γ ；パラメータ $\gamma=0.04$

A_i, B_j ； i および j の土地利用指標

なお、ここでは土地利用指標として、従業者数を用いた。内々交通量は排除し、Frank-Wolfe法による解法のアルゴリズムを用いた。

目的関数およびフローは、約30回の繰り返し計算でほぼ収束する。フローの相関を表-1に示したが、これより現況再現性はほぼ良好であると思われる。

表-1 実測値と推計値の相関

実測 発生集集中量	と 推計 発生集集中量の相関係数	0.89291
"	の回帰直線	$Y=0.99008X+290.1$
実測 ODフロー	と 推計 ODフローの相関係数	0.76517
"	の回帰直線	$Y=0.75148X+121.8$
実測リンクフロー	と 推計リンクフローの相関係数	0.93445
"	の回帰直線	$Y=0.88318X-123.9$
実測発生集集中量と 推計発生集集中量の差の自乗和		0.54839×10^{10}
実測ODフローと 推計ODフローの差の自乗和		0.11435×10^{10}

回帰直線…(推計値) = $b \times$ (実測値) + a

3. 最適道路網計画モデル

発生集中段階の需要変動を内包した最適道路網計画モデルは、主問題に総建設費用一定のもとで総走行時間を最小化するシステム最適化問題、子問題に利用者均衡条件を満足した道路ネットワークフローを記述するネットワーク均衡問題を持つ2段階問題として(P2)のように定式化される。

なお、主問題の決定変数は従来リンク容量であったのに対し、本モデルでは一定の路線に沿った経路容量とした。

(P2)

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

$$\text{s.t.} \quad \sum_k G_k (Z_k) \leq G$$

$$L_k \leq Z_k \leq H_k$$

and (P1)

ここに、

$G_k (Z_k)$; 経路 k の建設費用関数

G ; 総建設費用の上限

Z_k ; 経路 k の拡幅容量

Z_a ; リンク a の拡幅容量 (リンク a が経路に含まれる時 $Z_a = Z_k$ 、それ以外は0)

L_k ; Z_k の下限 H_k ; Z_k の上限

2. で用いた道路網のうちある路線(計8本)を拡幅対象経路としてこのモデルを適用した。現況の土地利用形態、および一部のゾーンで土地利用変化があった場合(ある6つのゾーンで従業者数が現在の3倍になった状況を想定した。)について、それぞれ総建設費用を3通りに変化させて計算を実行した。リンク走行時間関数 S_a および需要関数 D_{ij} は、2. と同様であり、建設費用関数 G_a は、次のような拡幅容量の線形関数とした。

$$G_k (Z_k) = g_k \cdot Z_k$$

g_k ; 単位容量あたりの建設費用

また解法は、主問題・子問題を交互にくり返し解くヒューリスティックな解法を用いた。

現況および土地利用変化があった場合、ともに次のような結果が得られた。

- 1) 総走行時間および拡幅容量ともに、ステップを重ねるごとに収束している。
- 2) 総建設費用の増加により、拡幅効果が増大し、総走行時間が減少する。
- 3) 拡幅対象経路上のノードにおいて発生・集中交通量の増加が著しい。
- 4) 拡幅による混雑緩和は、拡幅された経路ばかりではなく、ネットワーク全体に及ぶ。

次に、現況の土地利用形態において本モデルを適用した結果と、土地利用変化があった場合において適用した結果を比較することにより、以下のことがわかった。

- 1) 土地利用が変化したゾーン周辺においてフローの著しい増加がみられる。
- 2) 土地利用形態が変化したゾーン周辺において拡幅対象経路では、拡幅容量が増加している。これより、土地利用変化があった場合には、変化の起きた部分に重点的に投資がされていることがわかる。
- 3) 土地利用変化によるネットワークの混雑を考慮して拡幅対象経路を設定することにより、拡幅効果を大きくすることができる。

4. おわりに

実際規模のネットワークを対象に本モデルを適用した結果、モデルの挙動はほぼ妥当であり、土地利用変化の影響を道路網形成に組み込むことの可能性が示された。

□ 参考文献

佐佐木 他 (1986):『交通混雑と需要変動を考慮した最適ネットワーク形成に関する研究』 文部省科学研究費、一般研究、研究成果報告書