

経路選択の変化を考慮した最適土地利用配分について

愛媛大学工学部 正員 柏谷増男 愛媛大学工学部 正員 朝倉康夫
日本道路公団 正員 下岡英智 ○愛媛大学大学院 学員 矢島徹也

1. はじめに

これまで筆者らは、道路網容量を考慮した最適土地利用配分モデルの基本構造について研究を行ってきた。しかしながら、このモデルでは経路選択を固定としていたため、最適解が得られた時点でもあるODペア間で利用可能な経路が存在する可能性があった。そこで、本研究では経路選択の変化を考慮した新たな最適土地利用配分モデルを開発し、そのモデルの特性の検討と従来モデルとの比較を行った。

2. 経路選択の変化を考慮した最適土地利用配分モデル

従来のモデルを道路利用パターンの変化をも考慮できるように改良したモデル¹⁾を以下に示す。なお、モデル中の括弧内の添字は計算の繰返し回数を表している。また、モデル中で使用している記号は次の通りである。 $K_{ij}^{(n)}$ は第 n 段階におけるODペア ij 間の選択可能経路集合、 $G_{im}^{(n)}$ は第 n 回目の計算までで配分された各ゾーンの立地主体別床面積、 $V_a^{(n)}$ はリンク a の交通量、 $r_{ijk}^{(n)}$ は経路選択率、 $Q_{ai}^{(n)}$ は影響係数で発ゾーン i から 1 単位の交通が発生したときにリンク a を利用する割合、 θ は負のパラメータ、 t_{ijk} はODペア ij 間の k 番目経路の走行時間、 q_{ij} は目的地選択率、 δ_{ijka} はバス-インシデンス行列の要素、 $X_{im}^{(n)*}$ は第 n 回目の最適解、 b_{ik} は立地主体別の単位床面積あたり付け値、 S は需要床面積パラメータ、 D_m は立地主体別需要床面積、 u_m は立地主体別の地区環境条件を考慮した容積率、 α_m は立地主体別発生原単位、 R はリンク切断判定基準、 C_a はリンク a の交通容量、 I は発ゾーンの集合、 J は着ゾーンの集合、 M は立地主体の集合、 A はリンクの集合である。

初期設定: $n=1$ (繰返し回数) とする。 $K_{ij}^{(1)}$ を定め、 $G_{im}^{(1)}$ 、 $V_a^{(1)}$ を 0、(既存の床面積から発生してリンク a を利用する交通量) とおく。

step 1: $K_{ij}^{(n)}$ に対応して、 $r_{ijk}^{(n)}$ と $Q_{ai}^{(n)}$ を次式より算出する。

$$r_{ijk}^{(n)} = \frac{\exp(\theta \cdot t_{ijk})}{\sum_{k \in K_{ij}^{(n)}} \exp(\theta \cdot t_{ijk})} \quad \dots (1)$$

$$Q_{ai}^{(n)} = \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}^{(n)}} r_{ijk}^{(n)} \cdot q_{ij} \cdot \delta_{ijka} \quad \dots (2)$$

step 2: 以下のモデルを解きその解を $X_{im}^{(n)*}$ とする。

$$\max. \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} b_{im} \cdot X_{im} \quad \dots (3)$$

sub. to

$$\sum_{i \in I} (X_{im} + G_{im}^{(n)}) = S \cdot D_m \quad \dots (4)$$

$$\sum_{m \in M} (X_{im} + G_{im}^{(n)}) / u_m \leq N_i \quad \dots (5)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} Q_{ai}^{(n)} \cdot \alpha_m \cdot X_{im} \leq R \cdot C_a - V_a^{(n)} \quad \dots (6)$$

$$X_{im} \geq 0 \quad \dots (7)$$

step 3: リンク交通量、配分床面積の更新

$$V_a^{(n+1)} = V_a^{(n)} + \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} Q_{ai}^{(n)} \cdot \alpha_m \cdot X_{im}^{(n)*} \quad \dots (8)$$

$$G_{im}^{(n+1)} = G_{im}^{(n)} + X_{im}^{(n)*} \quad \dots (9)$$

step 4: $V_a^{(n)} = R \cdot C_a$ となる、すなわち、リンク容量に達したリンクを含む全ての経路を $K_{ij}^{(n)}$ から除き、 $K_{ij}^{(n+1)}$ を得る。

step 5: $K_{ij}^{(n+1)} = \phi$ となる、すなわち、非連結となるODペアが 1 つでもあれば計算終了。そうでなければ $n=n+1$ として step 1 へ。

このモデルの step 2 において、式 (4)、(5) の面積制約が有効とならなければ、あるリンクが交通容量に達してそのリンクを含む経路が通行不能となる。このとき、選択可能な経路が残っておれば、その経路を使って目的地へ到達することができるからODペアは非連結ではない。従って、残った経路に対して経路選択率を再度計算し、影響係数を求め直せば更に床面積の配分が可能となる。どれか 1 つのODペア間で経路がなくなるまで、すなわち、OD間が非連結となるか、あるいは式 (4)、(5) の面積制約に達するまでこの手順を繰返せば、最終的な床の最適配分を求めることができる。

3. 小規模ネットワークでの試算例

(1) 使用データ

配分対象ゾーンは5ゾーンとし、立地主体は簡単のためアパート、商業、業務の3つとした。対象道路網はリンク数34本、ノード数11個である。また、影響係数は式(2)を、 K_{ij} は Dial 法を用いて与えた。なお、 $N_i, q_{ij}, b_{ijk}, D_m, \alpha_m, u_m$ の値を表-1,2に示す。

(2)計算結果と考察

以下では、 $\theta = -0.1$ 、(各ODペア間の初期選択可能経路数)=3、 $R = 0.70$ 、 $S = 1.0$ を基準ケースとし、検討を行う要因以外はこの基準ケースの設定値を用いる。ここでは以下のような要因について検討する。

① 各ODペア間の初期選択可能経路数が 2 本までの時と 3 本までの時について計算する。

② $\theta = -0.1, -0.2, -1.0, -10.0, -40.0$ とその値を与えて計算する。

③ 従来のモデルと道路利用パターンの変化を考慮した最適土地利用配分モデルとの違いを検討する。

計算結果を表-3～5に示す。これより、本研究で提案した最適土地利用配分モデルの特性として ① 最大容量の値に大きな影響を与えられた各ODペア間の初期選択可能経路数を変えると、目的関数値やアパート・商業の配分パターンではあまり差がないものの、業務の床の配分パターンでは大きな違いがある、② 式(1)中のパラメータ θ の値を変更すると、目的関数値やアパート・商業の配分パターンではあまり差がないものの、業務の配分パターンはその値が大きくなるにつれ分散することが分かった。これは、 θ の値を大きくすると等時間原則に近づくためボトルネックリンクに交通が集中するためと考えられる。

このことから、各ODペア間の初期選択可能経路については、できるだけ多くの選択可能経路を与える必要があるといえる。次に、パラメータ θ についてであるが、その値を交通流の再現性により決定する必要があるといえる。しかしながら、その値を微量変化($\theta = -0.1$ から -0.2 へ)させても提案したモデルの計算結果には殆ど差がなかったため、交通流の再現性に多少の誤差を認めれば、パラメータ θ を求める計算量は少なくできる。

次に、従来モデルとの比較を行った結果、本モデルの方がかなり小さい R でも解が得られることがわかった。このことより、従来のモデルより高い道路環境水準下でも床面積の配分ができるため、このモデルの有効性が確認できた。

《参考文献》

1) 柏谷増男 等：道路網容量制約の下での最適土地利用配分モデル、土木計画学研究・講演集 No16(1), 1993

表-1 ゾーン別立地可能面積、目的地選択率と付け値

ゾーン		1	2	3	4	5
面積(千 m^2)		108.3	86.7	101.8	165.3	211.5
目的地選択率	1	0.235	0.304	0.137	0.067	0.257
	2	0.246	0.291	0.185	0.138	0.140
	3	0.196	0.218	0.178	0.174	0.234
	4	0.156	0.192	0.191	0.238	0.223
	5	0.194	0.143	0.124	0.145	0.394
付け値	アパート	42.7	48.1	51.2	60.6	54.4
	商業	199.0	223.6	238.7	90.1	140.1
	業務	92.0	103.5	110.3	70.5	85.5

なお、付け値の単位は(円/千 m^2)

表-2 立地主体別データ

立地主体	アパート	商業	業務
需要床面積(千 m^2)	74.	24.	167.
発生原単位(台/千 m^2)	9.11	38.18	75.52
容積率(%)	400	600	600

表-3 初期選択可能経路数を変更した時の計算結果
(括弧内は3本の時の計算結果)
目的関数値：246億円(256億円)

ZONE	アパート	商業	業務
2	.0(.0)	.0(.0)	23.3(18.8)
3	.0(.0)	24.0(24.0)	47.6(74.4)
4	74.0(74.0)	.0(.0)	96.1(73.8)

表-4 $\theta = -0.2$ の時の計算結果
(括弧内は $\theta = -1.0$ の時の計算結果)
目的関数値：256億円(243億円)

ZONE	アパート	商業	業務
2	.0(.0)	.0(.0)	18.9(7.9)
3	.0(.0)	24.0(24.0)	74.4(61.1)
4	74.0(74.0)	.0(.0)	73.7(98.1)

表-5 $\theta = -10.0$ の時の計算結果
(括弧内は $\theta = -40.0$ の時の計算結果)
目的関数値：251億円(257億円)

ZONE	アパート	商業	業務
1	.0(.0)	.0(.0)	67.3(60.7)
2	.0(.0)	5.4(.0)	22.1(31.5)
3	.0(.0)	18.6(24.0)	.0(13.0)
4	74.0(74.0)	.0(.0)	13.0(2.5)
5	.0(.0)	.0(.0)	64.6(59.4)