日本オペレーションズ・リサーチ学会
2004年春季研究発表会

交通流の都市空間に与える影響のモデル化

01207660　育英工業高等専門学校　*島川 陽一　SHIMAKAWA Yoichi
育英工業高等専門学校　二村 雄史　FUTAMURA Yuji

1 はじめに

本稿では交通流が都市空間に与えている影響のモデルを提案する．

道路網の交差点をノードとし，交差点間の道路をリンクに対応させてネットワークを作る．出発地と目的地はノードとし，この間に単位交通量の交通需要があると仮定する．利用者は交差点を出発地とし，目的地まで最短所要時間の 1.2 倍程度の所要時間の経路を選択するように経路別交通量を配分する．得られた交通量から都市空間への影響度を計算し，商業施設の分布と比較する．

2 解析の手法

2.1 交通流の都市空間への影響

ノード v_a，v_b 間の道路を a_k とし，その上下線の交通流を f_k とする．空間上の点 P における交通流 f_k の影響 B_k を求める．v_a と P の距離を r_1，v_b と P の距離を r_2 とする．a_k 上の任意の位置に点 C をとり，CP の距離を r とする．これを図 1に示す．

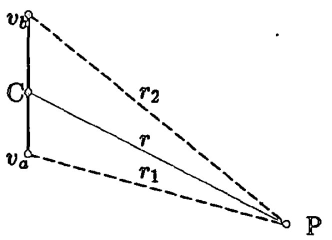

図 1.　点 P における交通流の影響

道路 a_k の交通の点 P における影響は，

$$\mathrm{d}B_k = f_k e^{-\zeta r} \tag{1}$$

とする．ここで ζ は影響の程度の範囲を与えるパラメータである．道路 a_k に流れる交通量 f_k により点 P に与える影響は

$$\begin{aligned} B_k &= \int \mathrm{d}B_k = f_k \int_{r_1}^{r_2} e^{-\zeta r}\mathrm{d}r \\ &= -\frac{f_k}{\zeta}(e^{-\zeta r_2} - e^{-\zeta r_1}) \end{aligned} \tag{2}$$

である．したがって，すべての道路網の交通による点 P への影響は

$$\bar{B} = \sum_{k\in E} B_k \tag{3}$$

で与えられる．

2.2 道路の交通流量

道路の交通量は等時間原則による交通量配分問題を解くことにより求める．すなわち，「利用される経路の旅行時間は皆等しく，利用されない経路の旅行時間よりも小さいかせいぜい等しい」ように経路別交通量を配分する．このとき道路ネットワークの各リンクにはコスト関数が定義され，また，起終点間の交通需要は与えられる．

各リンクに以下のコスト関数を定義する．

$$t_a(x_a) = t_a^0 \left\{1 + \alpha\,(x_a)^\beta\right\} \tag{4}$$

ここで t_a^0 はリンク a に交通量がないときの通行時間，x_a は交通流量，α，β はパラメータである．

道路網をネットワーク $G(\mathbb{V}, \mathbb{E})$ で表現し，$\mathbb{V}$ をノードの集合，$\mathbb{E}$ をリンクの集合とする．OD の集合を Ω とする．OD の起点を r，終点を s とし，OD(r,s) 間の交通量を Q_{rs} とする．また，OD(r,s) 間の有向経路集合を $\mathbb{K}_{rs}$，第 k 経路の経路交通量を f_k^{rs} とする．

これらを用いて等時間原則を最適化問題の解が満たすべき条件とみなすと，以下に示す制約条件つき非線型最適化問題として定式化できる [3].

$$\min \quad Z_p(x_a) = \sum_{a\in E}\int_0^{x_a} t_a(w)\mathrm{d}w \tag{5}$$

$$\text{制約条件：} \sum_{k\in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0, \quad {}^\forall(r,s)\in\Omega \tag{6}$$

$$x_a = \sum_{k\in K_{rs}}\sum_{rs\in\Omega} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs}, \quad {}^\forall a \in \mathbb{E} \tag{7}$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \tag{8}$$

ただし，$\delta_{a,k}^{rs}$ は以下のような経路とリンクの関係を表す．

$$\delta^{rs}_{a,k} = \begin{cases} 1 & \mathrm{OD}(r,s)\text{ 間の第 } k \text{ 経路がリンク } a \text{ を含むとき} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

3 交通流の都市空間へ与える影響の分析

3.1 道路データおよび計算方法

国土交通省国土地理院刊行の数値地図 2500（空間データ基盤）から杉並区西武新宿線下井草駅周辺の道路ネットワークデータを抽出する．対象地区の大きさは南北 1.5km，東西 2km で，ノード数は 1405，リンク数は 3782 である．

退勤時における鉄道駅から自宅までの交通を想定し，利用者の出発地は自宅の最近隣鉄道駅の出口があるノード，目的地はすべてのノードとする．利用者均衡配分問題 (5)〜(8) は Frank-Wolfe 法を用いて解く [4]．コスト関数 (4) のパラメータ α，β は利用される経路の長さの平均が最短経路の 1.2 倍程度になるように設定する．これは退勤時の買物行動において，通勤所要時間は自宅までの最短所要時間の 1.2 倍程度になることによっている [2]．

3.2 数値計算結果

図 2 に杉並区西武新宿線下井草周辺の交通流の集中する道路と影響度を等高線で示す．交通流の大きさは最大流量に対する各リンクの流量の比を 5 段階の太さで示している．図中，中央左部分に井荻駅，中央右部分に下井草駅がある．井荻駅北口の大規模商業施設がある地域と南口の駅前商店街が存在する地域では，交通流の影響が大きいことが等高線からわかる．また，下井草駅南口の小規模商業店舗が密集している地域の影響度も非常に高い．等高線で表された影響度の高い部分が商業施設の分布とほぼ一致していることがわかる．

4 おわりに

本稿では道路網をネットワークとして表現し，等時間原則による交通量配分問題を解き，道路の交通量を求めた．交通需要には起終点間の単位交通を仮定した．得られた交通量から都市空間に与える影響を計算し，商業施設分布と比較した．交通流の集中する路線近くに商店街が集まっていることから，鉄道駅への交通が商業施設の分布に大きな影響を与えていることがわかった．駅前商店街の商圏の分析に交通流の考慮が重要であることを示した．

文献

[1] 島川 陽一，二村 雄史，堀越 智之: 交通流配分を用いた商圏分析モデルの提案．「地理情報システム学会講演論文集」, 12, pp.359-362, 2003.

[2] 田中 耕市: 女性就業者の買い物行動に関する時空間的分析．「地理情報システム学会講演論文集」, 11, pp.131-134, 2002.

[3] AZUMA Taguchi: Braess' paradox in a two-terminal transportation network. *Journal of the Operation Research Society of Japan*, Vol.25, No.4, December 1982.

[4] Sang Nguyen: An algorithm for the traffic assignment problem. *Transportation Science*, Vol.8, pp.203-216, 1974.

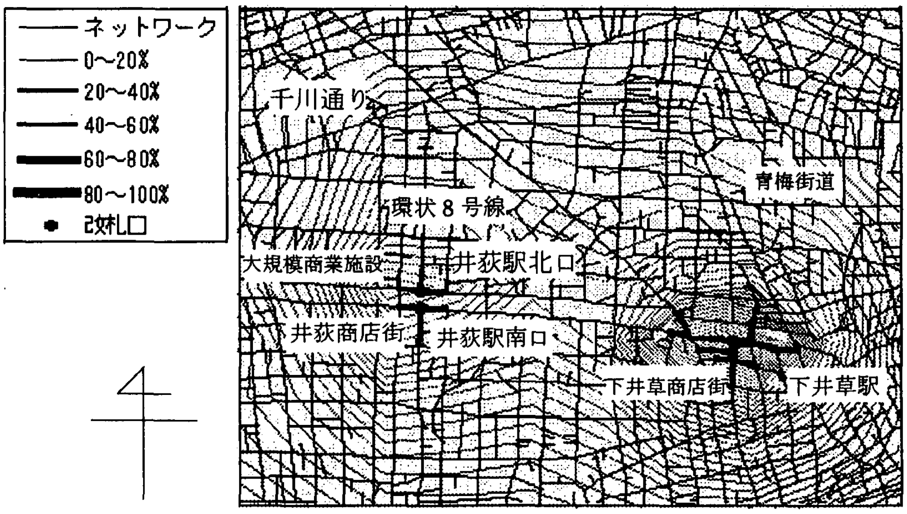

図 2. 杉並区下井草付近の影響度の空間分布