

道路走行パターンが混雑に及ぼす影響

01207300
01015653

神奈川工科大学
防衛大学校

*塩野 直志 SHIONO Naoshi
鶴飼 孝盛 UKAI Takamori

1. はじめに

本研究では、稠密な格子状道路網を有する正方形都市を対象に、道路走行パターンごとに都市平面上の任意の地点を通過する交通量を算出する。連続平面における交通量の研究は、直線での移動と格子状道路網を左折一回で移動した場合の比較[1]、時空間の概念を導入した研究[2]をはじめ、数多くの研究が存在する。本研究では複数の解析的に求まる道路走行パターンを取り上げ、各走行パターンの最大交通量を導出し比較を行う。

2. 格子状道路モデル

無限に稠密な格子状道路網を有する一辺の長さ L の正方形都市を対象とする。移動の前提として、

(1) 起点、終点は一様(密度1)かつ独立に分布

(2) 起点から終点までは最短距離で移動

することとし、起点 $\mathbf{x}_0 = (x_0, y_0)$ から終点 $\mathbf{x}_D = (x_D, y_D)$ への移動(トリップ)量を1とおく。本前提の下で対象領域内のすべてのトリップが行われたときの総移動距離は $2L^2/3$ である。

本研究では、起点から終点までの道路走行パターンに関して、以下の三ケースを設定する。

ケース1) 左折一回

ケース2) 右左折上限二回まで

ケース3) 右左折一回、ただし右折/左折する点が中心からより離れている経路を選択

ケース2では、無数に最短経路が存在するが、それらを一様な割合で利用するものとする。これにより、右左折回数に制約が緩められ、経路選択の自由度が増すことによる混雑へ及ぼす影響を評価することができる。ケース3は「中心が混雑する」という

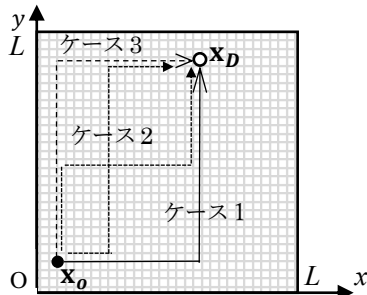


図1: 対象領域

意識から中心を意図的に避けることが混雑に及ぼす影響を評価することができる。

本研究では、[2]の定義をもとに、定常状態のもと、 $\mathbf{x} = (x, y)$ におけるケース i の水平方向の断面交通密度を $p_{ih}(x, y)$ 、鉛直方向の断面交通密度を $p_{iv}(x, y)$ 、総断面交通密度を $p_i(x, y) (= p_{iv}(x, y) + p_{ih}(x, y))$ とおく。なお、ケース1における交通密度は $p_{1h}(x, y) = 2yL(L - y)$, $p_{1v}(x, y) = 2xL(L - x)$ と導出されている[1]。

3. 断面交通密度(ケース2)

本研究では、点 \mathbf{x} における上向きのトリップに対する水平方向の断面交通密度を求める。断面交通密度は、図2に示す起終点と \mathbf{x} の位置関係

i) $x_0 = x$ かつ $x_D \neq x$

ii) $x_0 \neq x$ かつ $x_D = x$

iii) i, ii 以外 ($x_0 \neq x$ かつ $x_D \neq x$)

により異なるため場合分けを行う。i~iii に該当する起終点の領域を D_i, \dots, D_{iii} 、各断面交通密度を $p_{2h}^{iN}(x, y), \dots, p_{2h}^{iiN}(x, y)$ とおくと、

$$p_{2h}^{iN}(x, y) = \iint_{\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_D \in D_i} \frac{y_D - y}{\|\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_D\|_1} d\mathbf{x}_0 d\mathbf{x}_D$$

$$p_{2h}^{iiN}(x, y) = \iint_{\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_D \in D_{ii}} \frac{y - y_0}{\|\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_D\|_1} d\mathbf{x}_0 d\mathbf{x}_D$$

$$p_{2h}^{iiiN}(x, y) = \iint_{\mathbf{x}_0, \mathbf{x}_D \in D_{iii}} \frac{1}{\|\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_D\|_1} d\mathbf{x}_0 d\mathbf{x}_D$$

$$p_{2h}^N(x, y) = p_{2h}^{iN}(x, y) + p_{2h}^{iiN}(x, y) + p_{2h}^{iiiN}(x, y)$$

(ただし $\|\cdot\|_1$ は L^1 -ノルム) と表される。なお、 $p_{2h}^N(x, y)$ は解析的に求められる。 $p_{2h}^N(x, y)$ を活用することで、 $p_{2h}(x, y) = p_{2h}^N(x, y) + p_{2h}^N(x, L - y)$ と求まり、対称性を活用し $p_{2v}(x, y)$ 、さらには $p_2(x, y)$ を求めることができる。

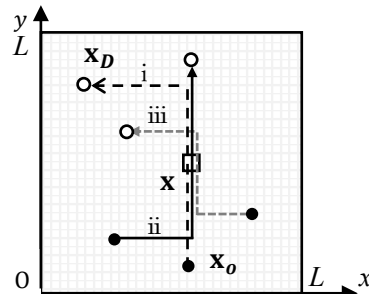


図2: ケース2におけるトリップの分類

4. 断面交通密度(ケース3)

本研究では、最初に $0 \leq x \leq L/2, 0 \leq y \leq L/2$ の断面交通密度を求める。 $p_{3h}(x, y)$ は図3 のとおり場合分けされ、 I~IV の領域における $p_{3h}(x, y)$ は

$$\text{I: } p_{3h}(x, y) = -L^3/6 + 8x(x^2 + 3y^2)/3 + L^2(x + 4y) - 2L(x^2 + 4xy + 2y^2)$$

$$\text{II: } p_{3h}(x, y) = 4x^3/3 - 4x^2y + 4xy(y - L) - y(-9L^2 + 6Ly + 4y^2)/3$$

$$\text{III: } p_{3h}(x, y) = -L^3/6 + 4(x + y)^3/3 + L^2(x + 4y) - 2L(x^2 + 4xy + 2y^2)$$

$$\text{IV: } p_{3h}(x, y) = Ly(3L - 2(2x + y))$$

と求まる。 $p_{3v}(x, y) = p_{3h}(y, x)$ であり、正方形都市としての対称性を活用することにより、対象領域全体の $p_{3h}(x, y), p_{3v}(x, y)$ 、さらには $p_3(x, y)$ を求めることができる。

5. 数値例と考察

図4 にケースごとの $L = 1$ における総断面交通密度 $p_i(x, y)$ を示す。 ケース1 と2 を比較するとケース2の中心部がより混雑し、右左折回数の制約を緩めると却って中心部が混雑する結果となる。ここで、混雑を示す定量的指標として

$$p_i^{\max} = \max_{x,y} p_i(x, y)$$

を導入すると、

$$p_2^{\max}/p_1^{\max} = \frac{88 \log 2 - 54 \log 3 + 2}{3}$$

($\cong 1.224$) となり、ケース2はケース1と比較し約1.2倍の総断面交通密度となる。

一方、ケース3は中心を回避した分、中心部の混雑は緩和される一方、領域境界部の混雑が増すことになる。もっとも、

$$p_3^{\max}/p_1^{\max} = 5/6 (\cong 0.833)$$

と、ケース3はケース1と比較し約0.83倍の総断面交通密度となり、混雑という観点ではケース1より幾分緩和が見込める状況となる。

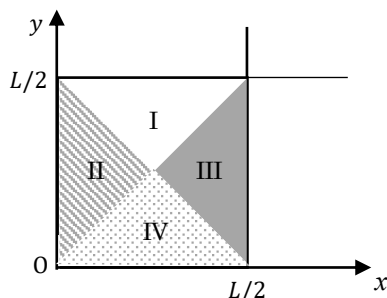


図3: ケース3における領域分割

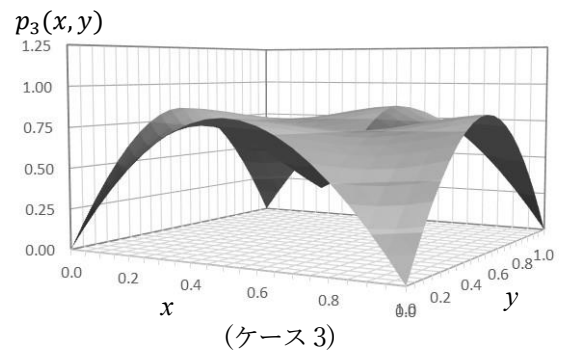
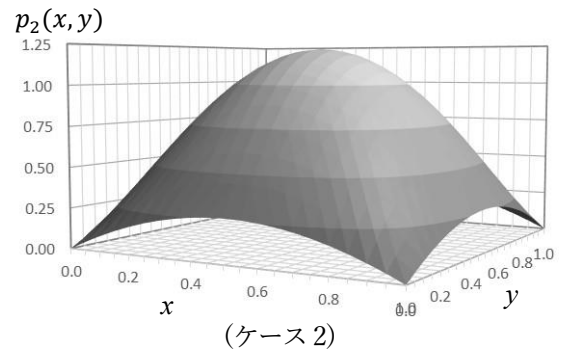
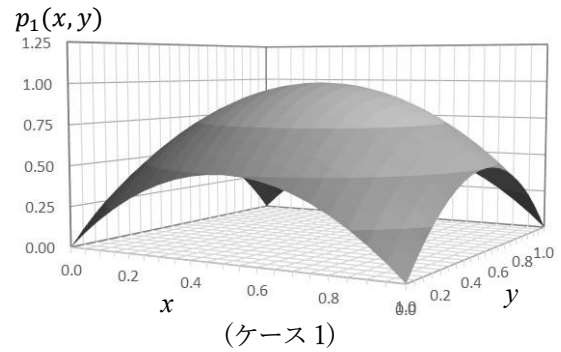


図4: ケース別総断面交通密度

6. おわりに

本研究では、稠密な格子状道路網を対象に、複数の道路走行パターンを基に、混雑の特徴を見出すことが出来た。単純なパターンではあるものの、右左折回数を緩和すると却って中心部が混雑する点、中心の混雑を避けて移動すると中心部より外部部が混雑するが幾分混雑が緩和されることが新たな知見である。

なお、紙面の都合上割愛したが、発表時は他の結果についても提示する。

参考文献

- [1] 腰塚武志・西野嘉彦(1994). 道路走行パターンと混雑現象, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, 37-38.
- [2] 田中健一・栗田治(2002). Recti-linear 移動経路に基づく交通量の時空間的分布, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, 112-113.