

直線距離に基づく時空間通過量モデル

02302690 慶應義塾大学大学院
01107680 慶應義塾大学大学院

*田中健一 TANAKA KEN-ICHI
栗田 治 KURITA OSAMU

1. はじめに

本稿では、移動の起点と終点が一樣かつ独立に分布する領域を想定し、直線距離に基づく通過量の時空間分布を導出する。これまでに数多く研究されてきた単純な都市形状における通過量の理論モデル(例えば [4])が、[2, 3] では時間的変動を明示的に扱った通過量モデルに拡張された(放射・環状距離モデルと直交距離モデル)。既存研究 [1, 4] で示された直線距離に基づく通過量モデルを時空間的な通過量モデルに拡張することで、都市形状や出社時刻の分布パターンが交通量の時空間分布に与える影響を巨視的に解析することが可能となる。

2. 移動に関する仮定

通勤者の移動に関して以下を仮定する：

- (i) 通勤者は起点と終点を結ぶ直線距離で移動する；
- (ii) 移動速度は一定値 v とする；
- (iii) 通勤者の出社時刻 t は密度関数 $f(t)$ に従う*1。

3. Flow density の定義とその拡張

Holroyd と Miller によって導入された *flow density* の定義 [4] を述べ、その時刻に関する密度を導入する。図 1 に示す領域 D の地点 P を φ 方向に通過する移動量を表す flow density $q(P|\varphi)$ は、以下のように定義される。地点 P に設けられた (φ 方向に垂直な) 微小幅 δw の線分を角度 $[\varphi, \varphi + \delta\varphi]$ の範囲で通過するトリップ数 $q(P|\varphi)\delta w\delta\varphi$ となるような $q(P|\varphi)$ が Holroyd と Miller が導入した flow density である。

$q(P|\varphi)$ の時刻 t に関する密度 $p(P, t|\varphi)$ を導入する：

$$p(P, t|\varphi) = q(P|\varphi) \cdot \xi(t|P, \varphi). \quad (1)$$

ここで、 $\xi(t|P, \varphi)$ は地点 P を φ の向きに通過する人々の通過時刻 t の密度関数を意味する。起・終点が一樣に分布する凸領域における $q(P|\varphi)$ は [1, 4] に示されており、非凸な図形においても同様に $q(P|\varphi)$ を導くことができる。 $\xi(t|P, \varphi)$ は [2, 3] に示されている方法を図 1 の直線 g 上で考えることにより導くことができる(紙面の制約上具体的な計算は割愛する)。

*1 時間区間 $[t, t + dt]$ に出社する割合が $f(t)dt$ で与えられる密度関数を想定しており、出社時刻を確率変数とは考えない。

$p(P, t|\varphi)$ を φ について積分して得られる関数

$$p(P, t) = \int_0^{2\pi} p(P, t|\varphi) d\varphi \quad (2)$$

は Smeed の *travel intensity* [4] の時刻に関する密度を意味する。本稿で導入した $p(P, t)$ は任意の地点 P を時刻 t に様々な方向から横切る量を表し、通勤時の交通渋滞やエネルギー消費構造などの時空間分布を記述する基礎的な指標と見做せる。

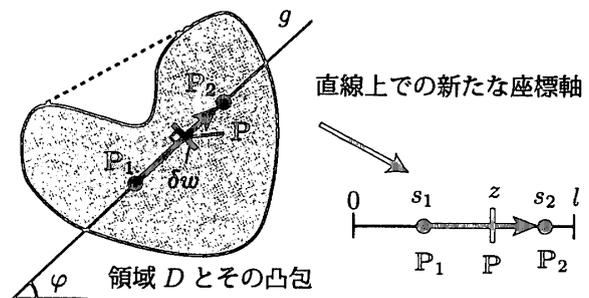


図 1: Holroyd と Miller の flow density $q(P|\varphi)$ の定義。

4. 数値例

東京 23 区の境界を頂点数 58 の多角形で近似した領域(図 2)における $p(P, t)$ の計算例を示す。所要時間の最大値を 1h と定める(最長距離が約 34.3km となることから $v=34.3\text{km/h}$)。出社時刻分布は 8 時から 9 時の間の以下に定める二次関数を用いた：

$$f(t) = 6(t - 8)(9 - t) \quad (8 \leq t \leq 9). \quad (3)$$

この想定の下では、移動は 7 時から 9 時の間に観測されることになる。また、移動が観測される領域は図 2 の点線で示した 23 区の凸包で与えられる。

図 2 は (2) 式の $p(P, t)$ を 7 時 6 分から 8 時 54 分まで 6 分刻みで描いたものである。この図から領域の中心付近が混雑する様子、8 時 12 分付近で大きなピークが現れる様子などが見て取れる。

今後の展開としては、1) 領域間の移動に基づく通過量モデルへの拡張、2) 港湾や山岳等の通行不可能な領域を考慮したモデルへの拡張などが考えられる。

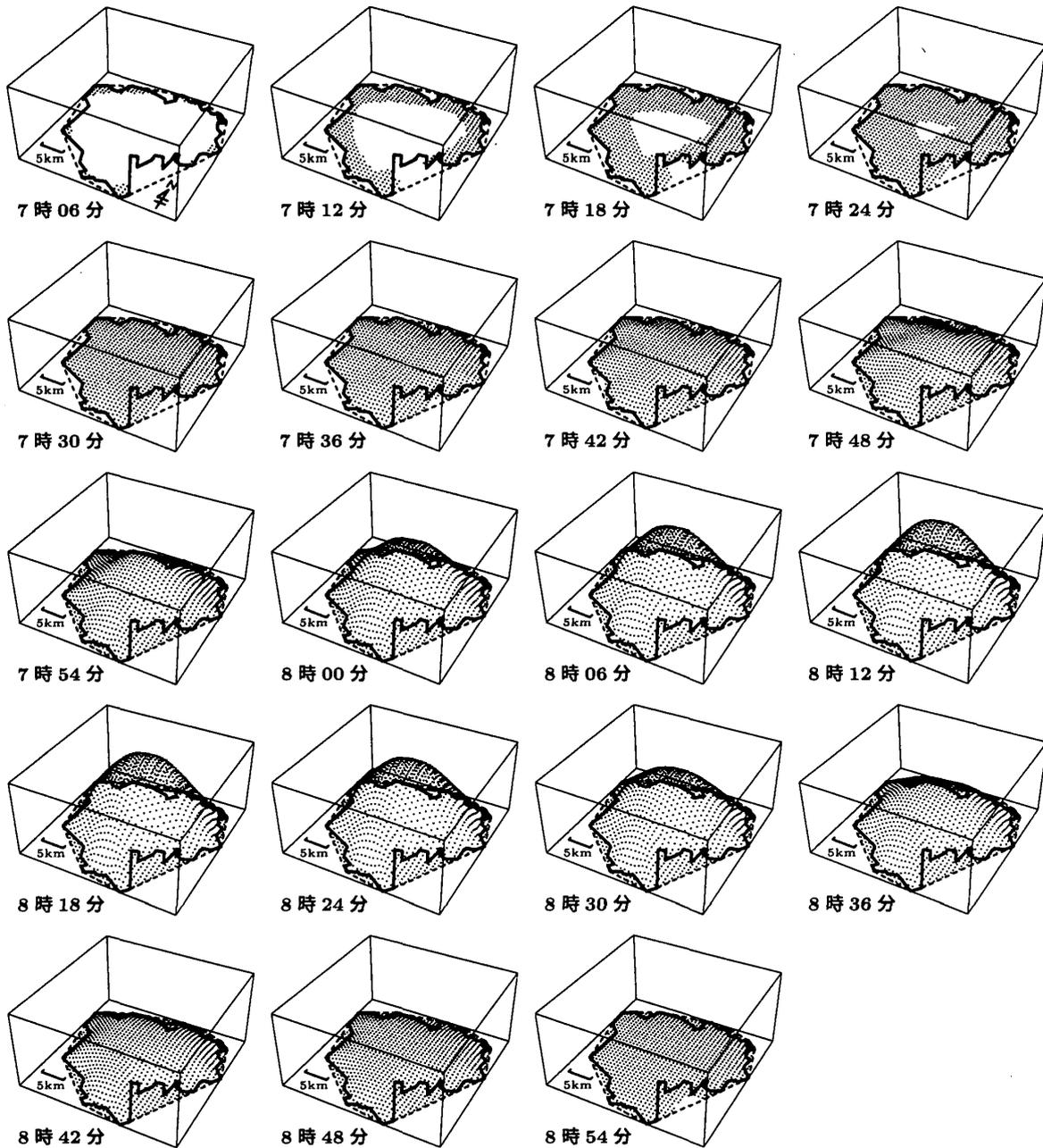


図 2: 東京 23 区における通過密度 $p(P, t)$ の計算例.

謝辞

本研究は、文部科学省平成 15 年度 21 世紀 COE プログラム『知能化から生命化へのシステムデザイン』の補助を受けました。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- [1] 大津 晶・腰塚武志 (1998): 都市内流動量分布に関する基礎的研究, 都市計画論文集, No. 33, pp. 319-324.
- [2] 田中健一・栗田 治 (2003): 領域内通過量からみた放射・環状道路網の数理的分析, -通勤時を想定した交通量の空間的・時間的分布-, 日本応用数理学会論文誌, Vol. 13, No. 3, pp. 321-352.
- [3] Ken-ichi TANAKA and Osamu KURITA (2003): Time dependent traffic flow in a rectangular city with rectilinear distance, *FORMA*, Vol. 18, pp. 165-186.
- [4] Vaughan, R. J. (1987): *Urban Spatial Traffic Patterns*, Poin Limited.