

**Geroliminis, N., Daganzo, C.F.,
Existence of urban-scale
macroscopic fundamental
diagrams: Some experimental
findings, Transportation Research
Part B, Vol.42, pp.759-770, 2008.**

MFDについての知見

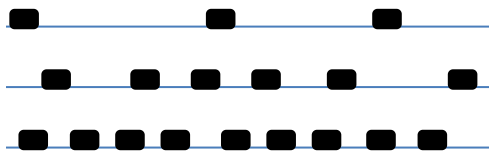
M1 瀧口洋平

背景

- ミクロな交通流の把握
 - 速度, 密度, 交通量
 - 検知器, プローブデータ
 - Q-V曲線, BPR関数で指標の関係性がわかる
- マクロな交通流の把握
 - 検知器, プローブデータの集計値
 - 速度, 密度, 交通量の集計値(平均, 分布)
 - これらを関数として表したい

ミクロな交通量と速度の関係

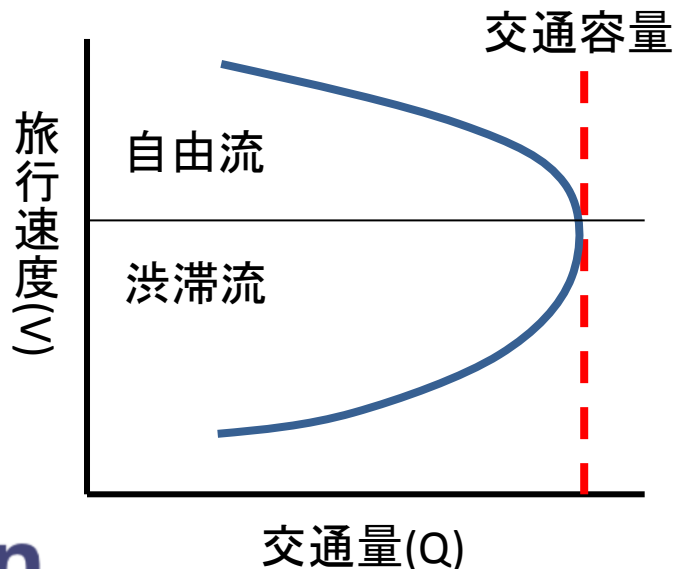
- 速度, 密度, 交通量の対応関係は右のようになる



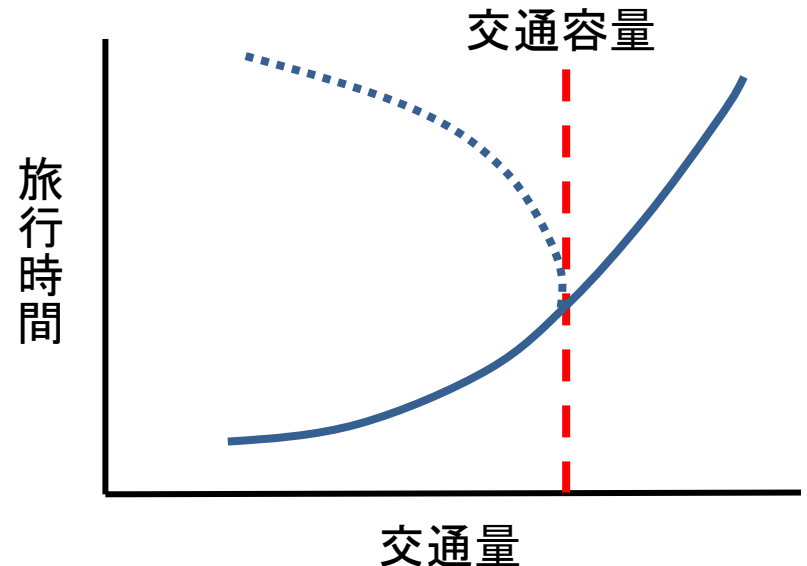
速度	密度	交通量
速い	低い	少ない
中間	中間	多い
遅い	高い	少ない

あるリンクにおいて, 速度と交通量の間には一定の関係性が見られる.

→Q-V曲線



所要時間を交通量の関数として定式化
→BPR型リンクパフォーマンス関数



既往研究

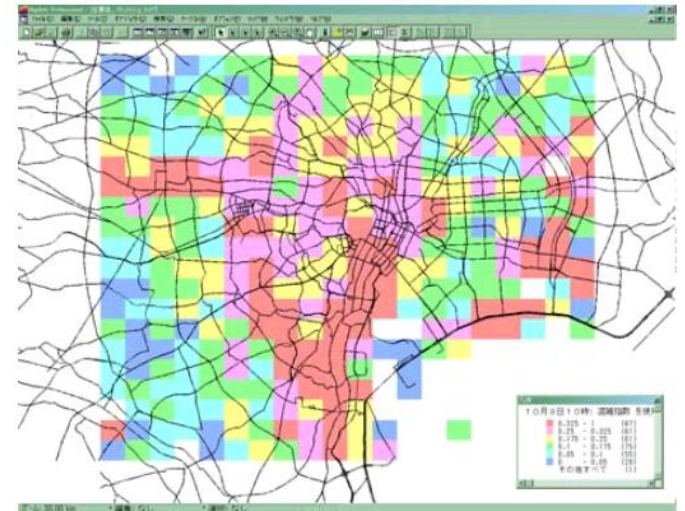
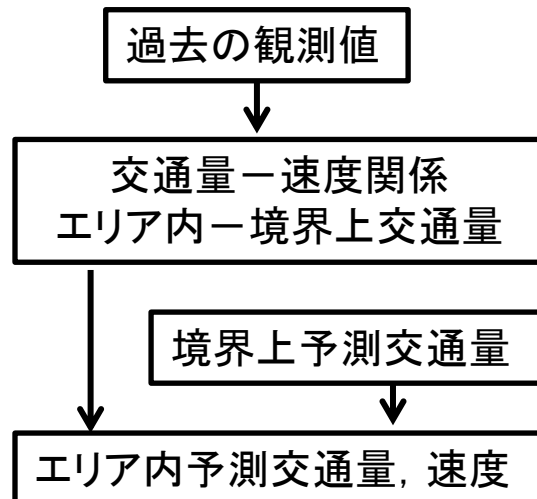
- 都市面積や平均道路幅などから交通量を表現
→ 単調な関係, 自由流時のみ
- 密度から平均速度を表現
 - Herman and Prigogine(1979), Herman and Ardekani(1974)
- 一様な密度を持つ”neighborhoods”というエリアを定義し, 観測値のみからエリア内の平均交通量を把握.
 - MFD(Microscopic Fundamental Diagram)という概念を提案
 - Geroliminis and Daganzo(2007)

MFDの概要

- 都市内に境界線を引くことで一様な密度を持つ”neighborhoods”を切り取る
- 観測データのみから, エリア内平均交通量と速度の関係, エリアに出入りする交通量の関係がわかる
- 出入りする交通量を変化させたとき, どれくらいエリア内の交通状況が変化するか予測できる



出入りする交通量
(境界上の交通量)



論文構成

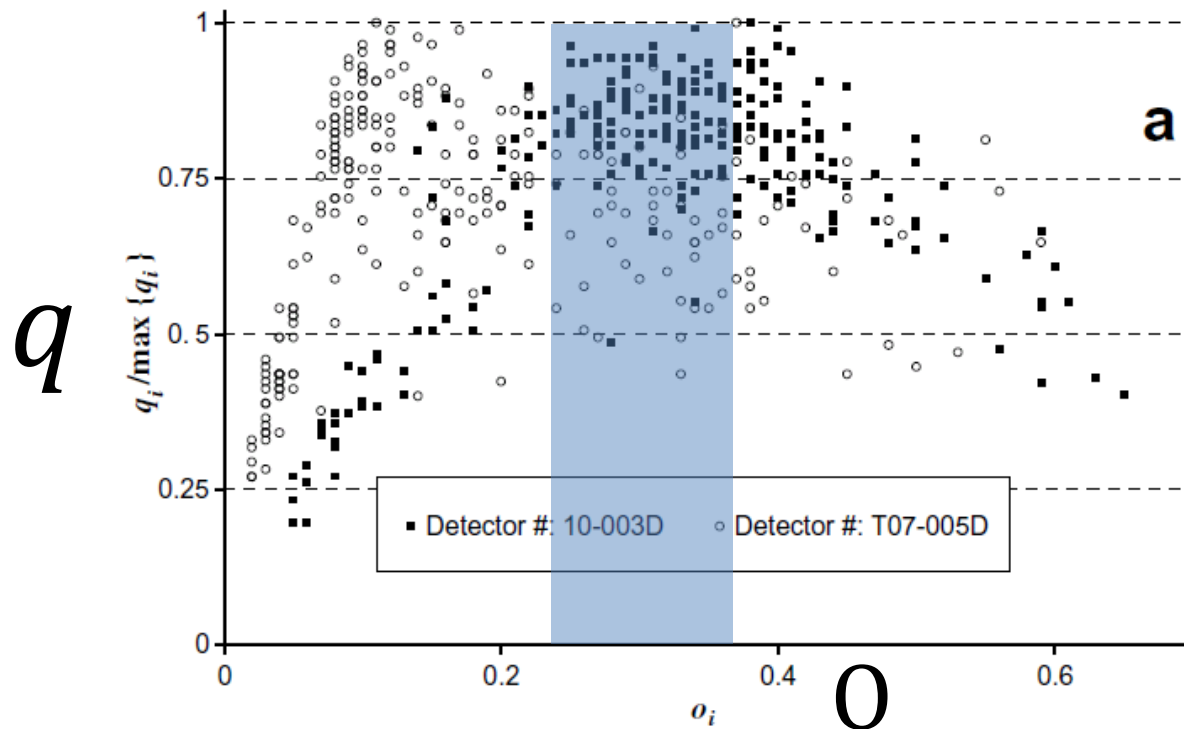
- データ概要
- 検知器(固定式)データからMFDの存在を確認
 - 密度と交通量の関係
 - 境界上の交通量とエリア内の交通量の関係
- プローブデータからMFDの存在を確認
 - 平均トリップ長の導出

データ概要

- 対象地: 横浜駅, 元町中華街駅, 新保土ヶ谷駅を結ぶ約10km²の三角形の範囲
- 調査期間: 2001年12月の一ヶ月
- 検知器: 主要交差点付近に500個
 - 5分毎の台数, オキュパンシ(占有率)を取得
- プローブ: タクシー140台分のトリップデータ
 - パーキングブレーキ, ウィンカー, ハザードランプの状況

データの性質 (検知器単位)

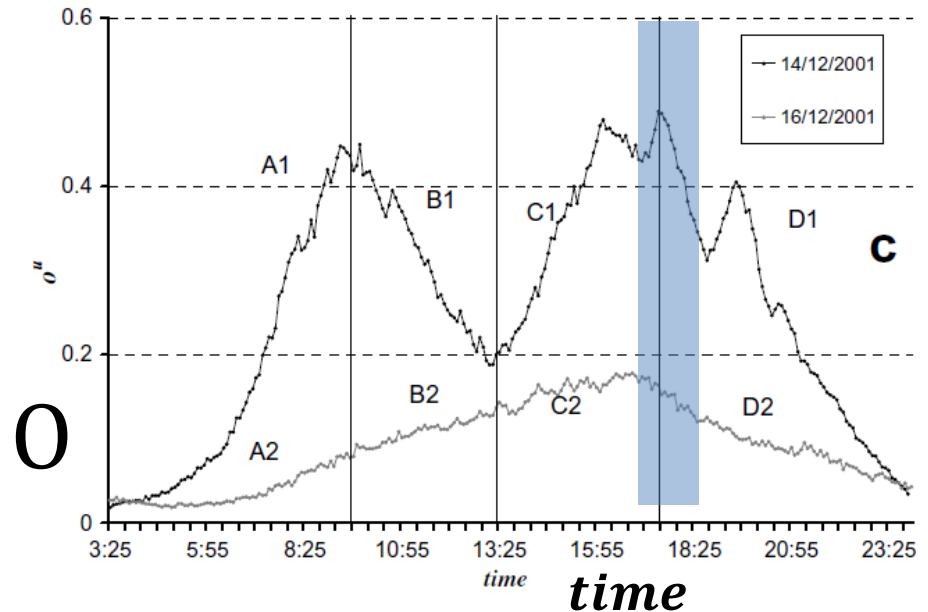
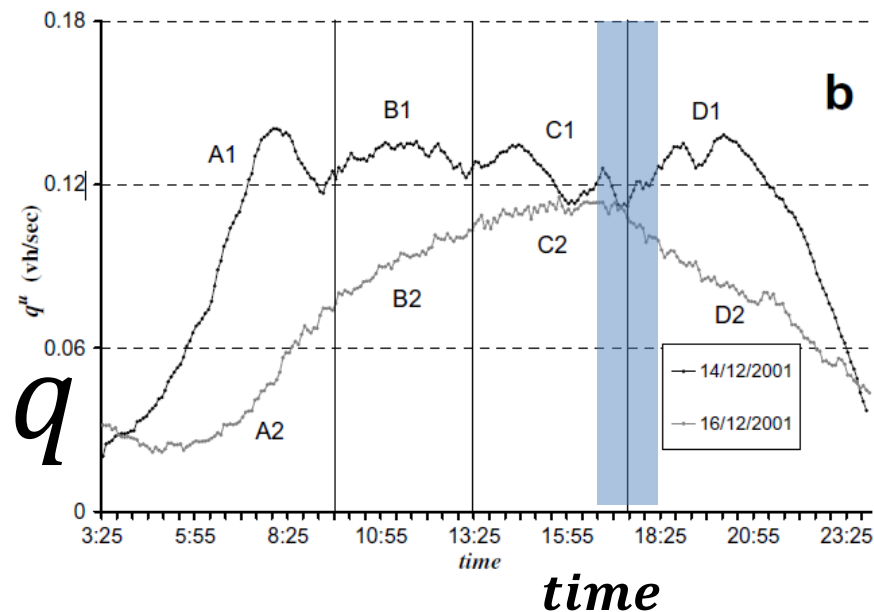
- 平日5分間の q , o の関係
 - 交通量を q , 占有率を o とし, 車線番号(通し)を i と



$o_i \cong 0.3$ で q はほぼ最大だがばらつきが大
→車線による影響がある

データの性質 (エリア単位)

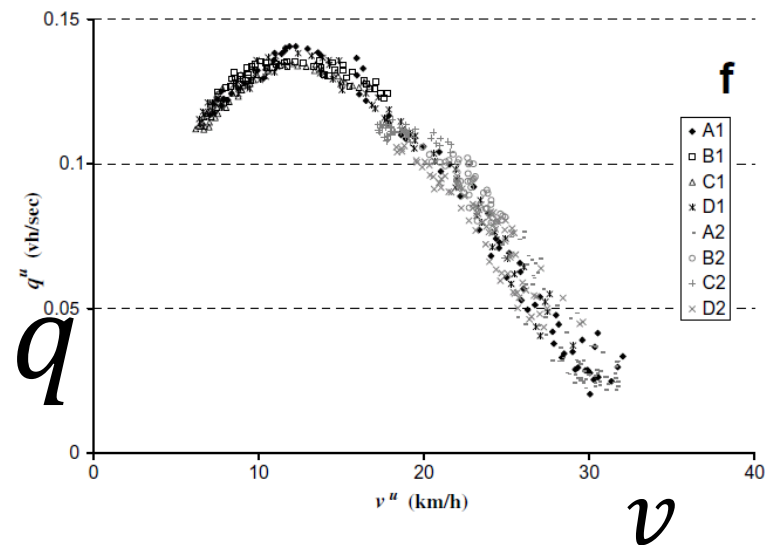
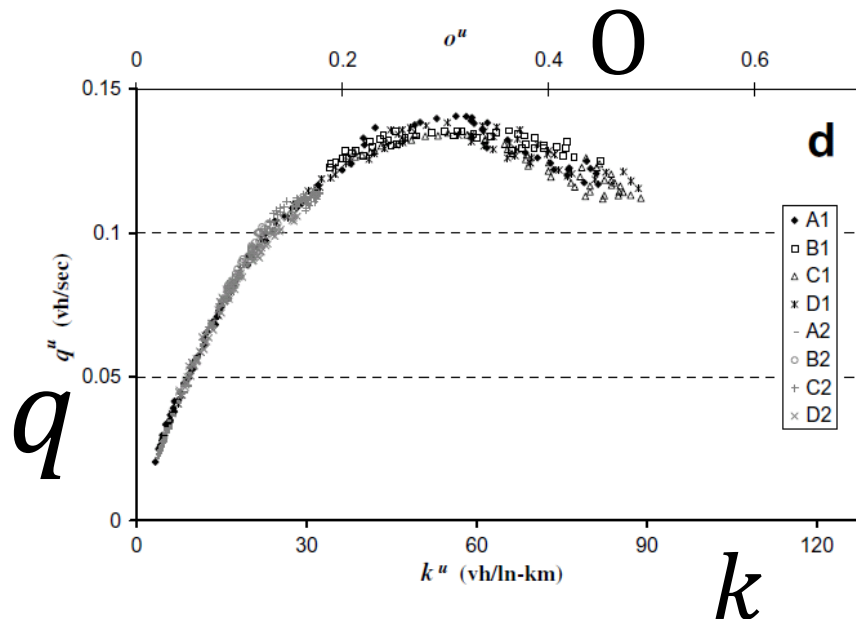
- 平日 (濃線) 休日 (薄線) の q^u , o^u の時間変化
 - q^u を平均交通量, o^u を平均占有率とする. A1~D2 はグラフを恣意的に分類した番号である.



o^u は17:00で両日共に最大だが, 同時刻平日の q^u は小
→ラッシュアワーの影響. q^u , o^u は時間差が大きい

MFDの存在

- 車両密度: $k^u = o^u / s \quad \dots(1)$
- 車両の長さ: $s \cong 5.5\text{m}$
- 平均速度: $v^u = q^u / k^u \quad \dots(2) \quad \text{とする}$



リンク平均交通量, 密度, 速度の間に明確な関係性

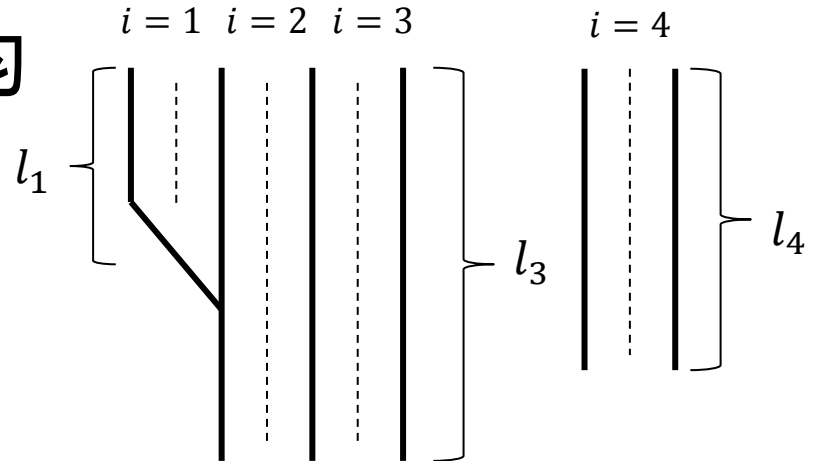
→MFDの存在を示す

→A1~D2のプロットからどの時間帯でもMFDは存在する

重み付き平均

- q^u は交通量 q_i の単純平均

$$q^u = \sum_i q_i / \sum_i 1 \quad \dots(3)$$



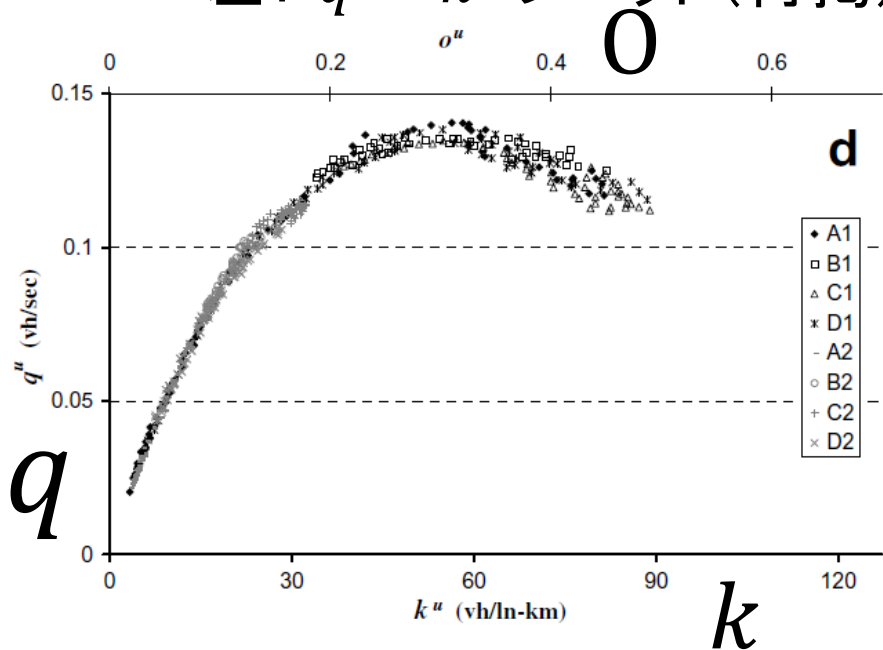
- 図のように車線やリンクごとに長さが異なる場合バイアスがかかるので, 修正する.
- 車線の長さによる重み付き平均 q^w を考える

$$q^w = \sum_i q_i l_i / \sum_i l_i \quad \dots(4)$$

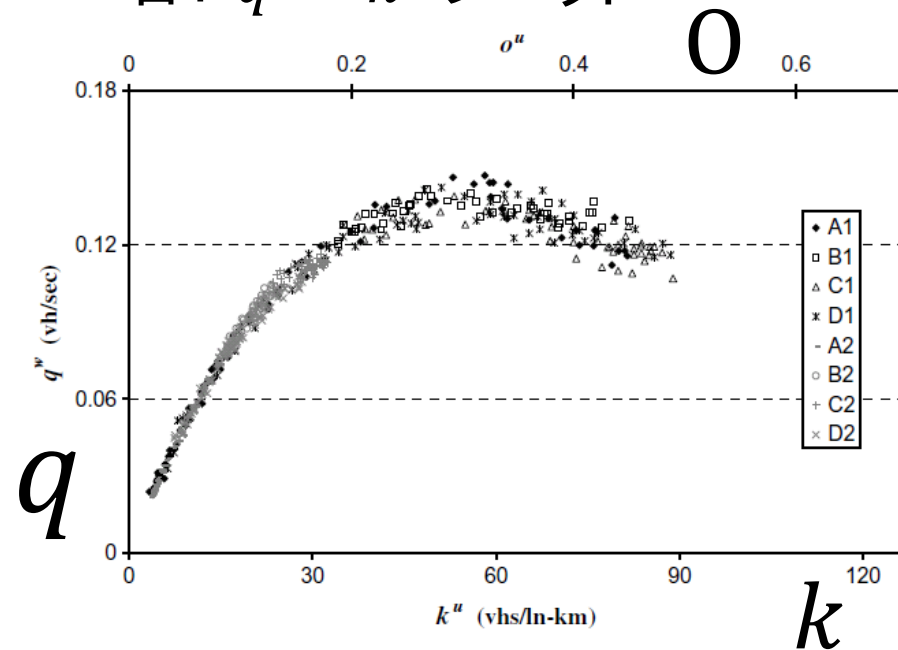
重み付き平均

- k^u と q^w , q^u の関係を比較

左: $q^u - k^u$ プロット(再掲)



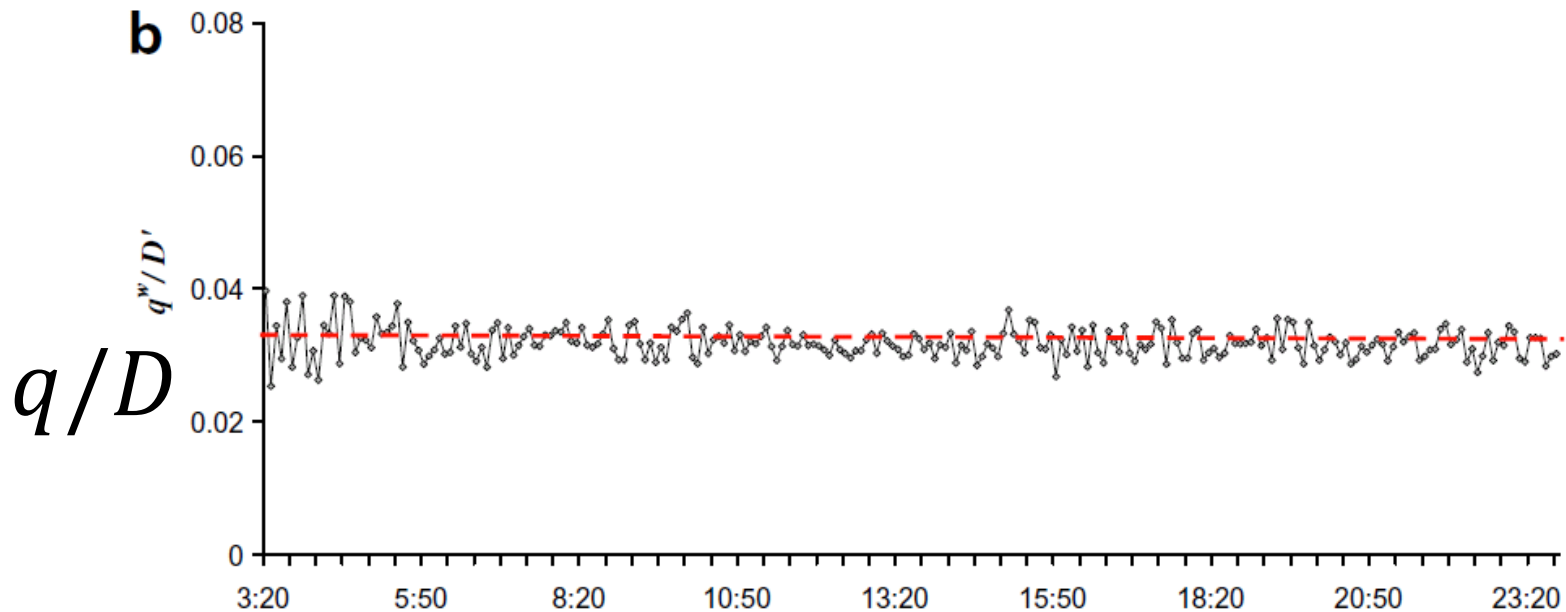
右: $q^w - k^u$ プロット



q^w でもMFDは存在すると言える
単純平均である k^u から重み付き平均 q^w を出せる

境界条件

- エリア内交通量 q^w をエリア間交通量から推測
- D' : エリア外に出る交通量 (境界線を通り外に出るリンク上の交通量) とする

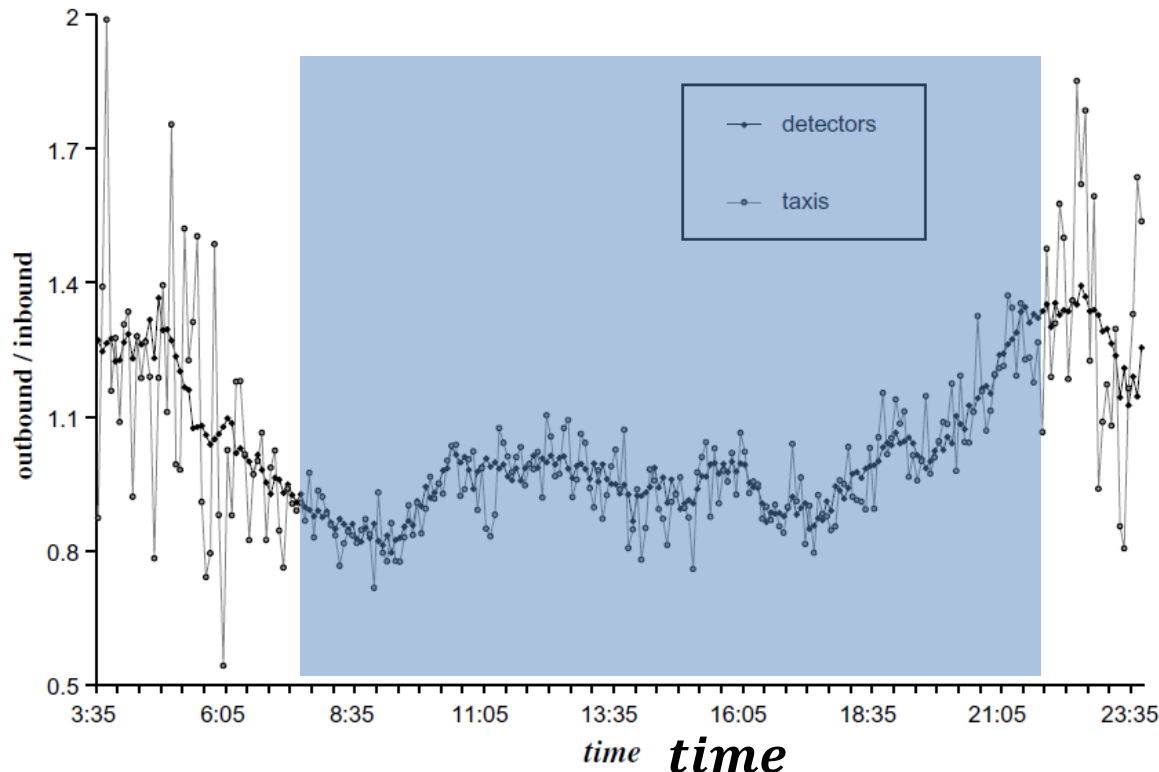


q^w/D' が 0.033 でほぼ一定
→ D' を計測できれば q^w を予測できることが示された.

プローブデータの利用

- 乗車中のタクシーのプローブデータを抽出
 - MFDが検知器特有の性質ではない事を示す
 - 乗車中の動きは自家用車と大きな差はない
- タクシーと検知器の出入り台数 D' の割合の比較

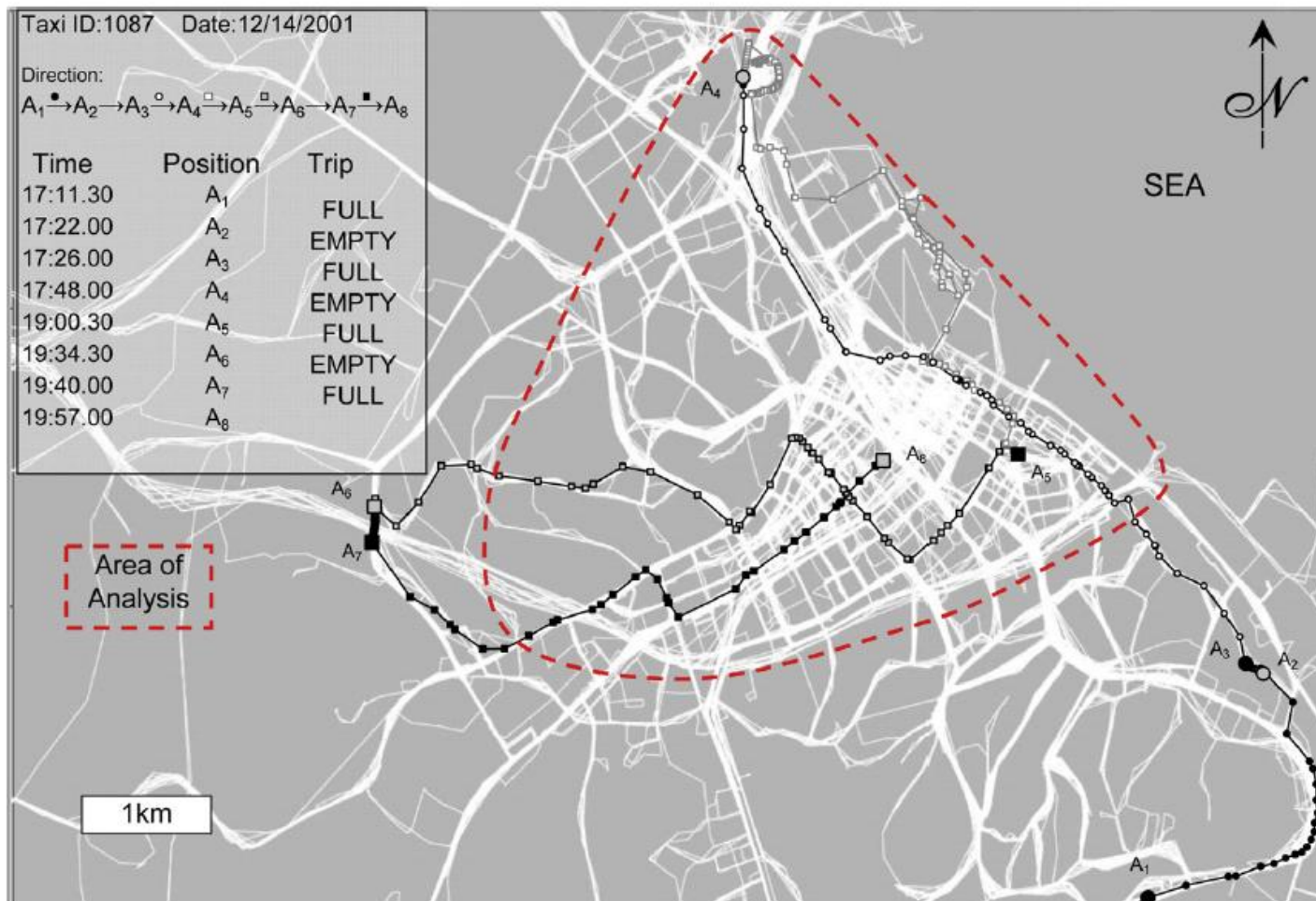
出る台数/
入る台数



日中は両者の差
はほとんどない
→検知器と同様
に考えてよい

データクリーニング済み移動軌跡

- あるタクシーの移動軌跡と乗車の有無



白線は一週間のタクシーの通過軌跡

プローブデータの利用

- プローブデータから直接分かる指標
 - エリア内総移動距離: σ
 - エリア内総移動時間: τ
 - 平均タクシー速度: $v_T = \sigma/\tau$
 - 一定時間当たり存在タクシー台数: n_T
 - エリア境界上にいるタクシー台数: N_T
 - 検知器のある境界にいるタクシー台数: N'_T
 - エリア内でトリップを終えたタクシー台数: M_T
- 検知器からわかるデータ
 - 検知器のある境界にいる車両台数: $N' = D' \Delta t$

速度と密度の近似 (タクシー→全車両)

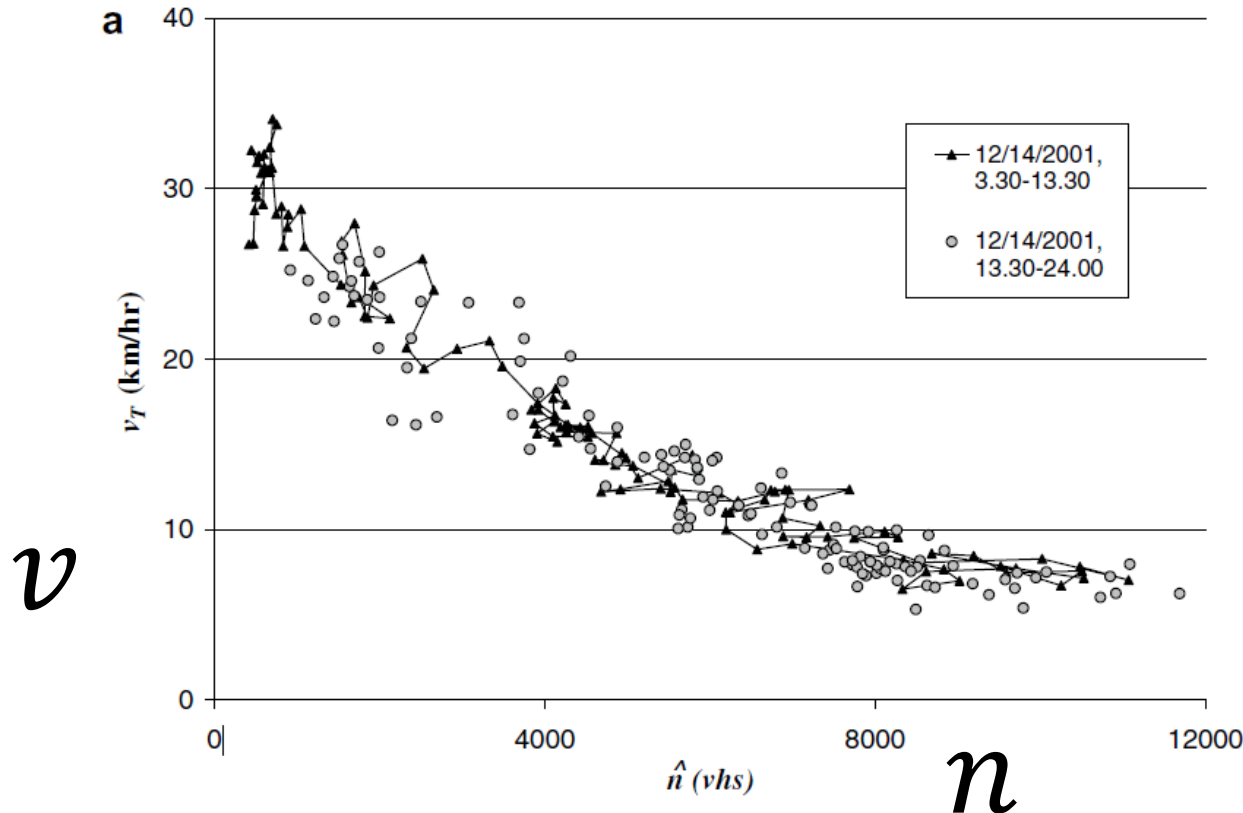
- エリア内平均車両速度の近似
 - $\hat{v} \equiv v_T \cong v$
 - と考える. v_T を v の推定値 \hat{v} とみなす.
 - 普通は5分, 台数が少ないときは30分間隔で集計する.
- 存在車両台数 n (車両密度 $q=n/L$ の代わり)の近似
 - データから $N'_T \cong 0.7N_T$ と近似できる.
 - (≡エリア境界のリンクの70%に検知器がある)
 - 車両台数と境界上の台数比は $n/N' \cong n_T/N'_T$ と近似できる.

$$n \cong n_T N' / N'_T \cong n_T N' / [0.7N_T] \equiv p n_T \equiv \hat{n} \quad \dots(5)$$

$p \equiv N' / [0.7N_T]$ は検知器のあるリンクからエリアをでる自動車とタクシーの割合から観測的に設定される拡大係数.

MFDの存在

- \hat{v} と \hat{n} の関係をプロット(図は記号のミス)



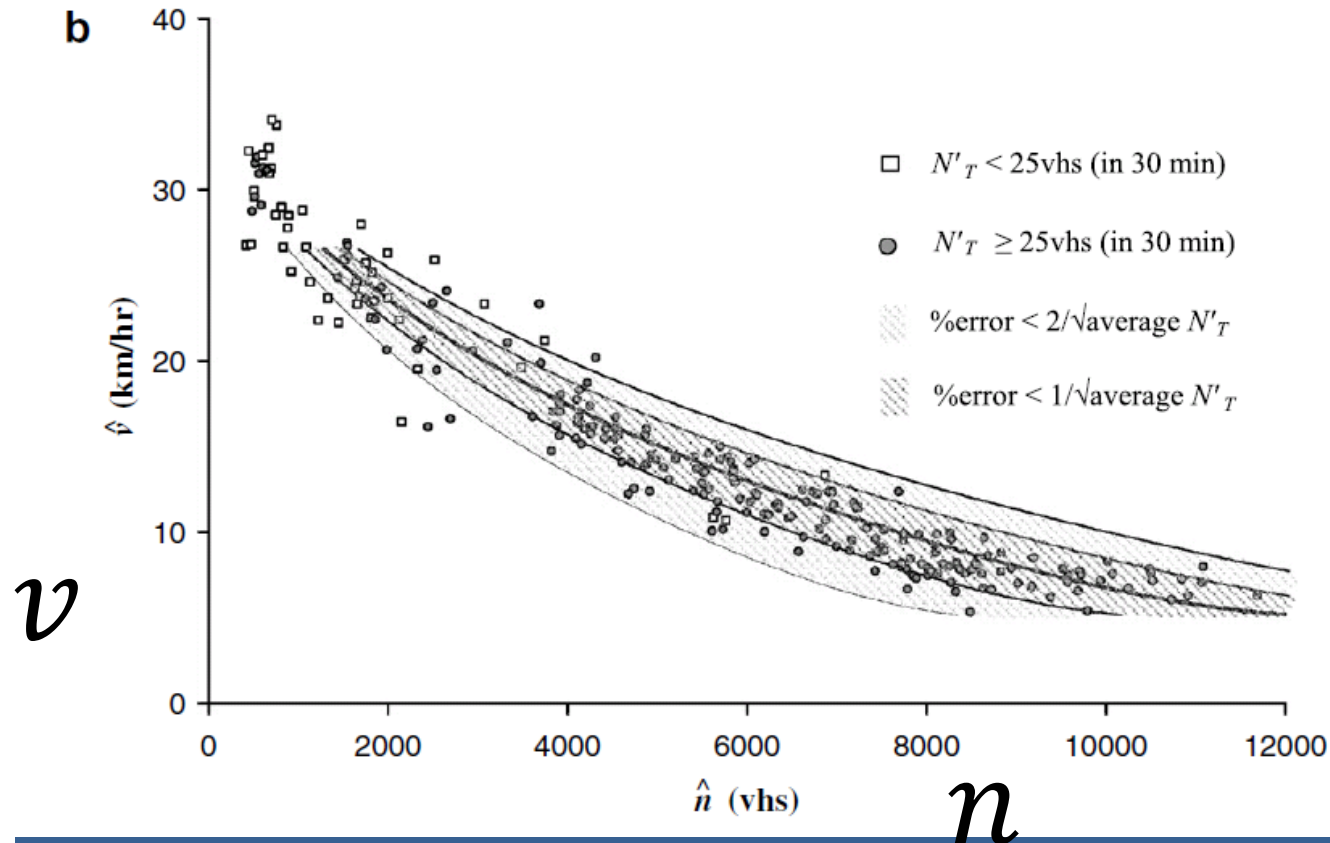
異なる時間帯の結果からもMFDの存在が示されている。
しかし、これは誤差によってたまたま生じた可能性もある

誤差の考慮

- 車両の発生をポアソン分布に従うとすると

$N'_T > 25$ のとき平均誤差は $N'_T^{-1/2}$ となる

$N'_T > 25$ に対し1階, 2階標準偏差バンド幅を示す



平均トリップ長の算出

- エリア内だけでトリップが行われる数を D とする

$$\hat{D} = p(N_T + M_T)/\Delta t \quad \dots(6)$$

として近似できる.

- L (タクシーの通過した道路長)が不明のため

$$q = \frac{\sigma}{\Delta t L} \quad \dots(7)$$

は算出できない. そのため

$$P = qL = \frac{\sigma}{\Delta t} = \hat{P} \quad \dots(8)$$

を代わりに求める.

平均トリップ長の算出

- ある一日における \hat{P} と \hat{D} の関係をプロット

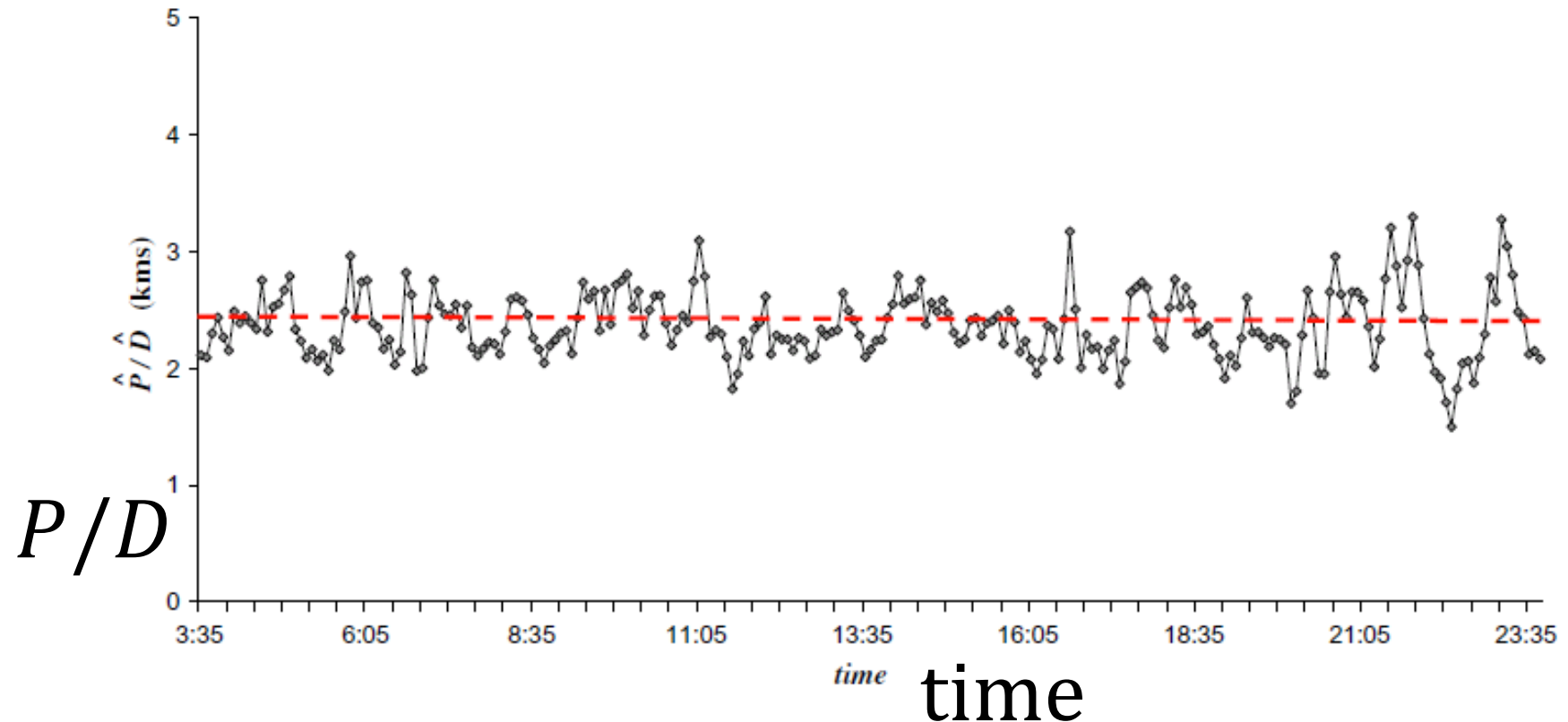


Fig. 8. Total production over trip completion rate time-series (12/14/2001).

2.3kmでほぼ一定. これよりプローブデータからもMFDの存在が示される. また, これはエリア内平均トリップ長である.

まとめ

- 需要や過去の状況とは独立にMFDが存在することを示した.
- プローブデータからもMFDの存在が認められた.
- 政策で変化するエリア内の交通量や速度を予測でき, アクセシビリティ向上に役立てられる.
- 車の駐車場を探すような移動や, インフラ整備がアクセシビリティに与える影響は研究中.