

2013年度前期論文ゼミ#1

Bierlaire, M., Toint, P.L.: MEUSE: an origin-destination matrix estimator that exploits structure, *Transportation Research Part B*, Vol.29, No.1, 47-60, 1995.

2013/04/19(Fri)

浦田 淳司

Outline

1. Introduction
2. Data for O-D matrix estimation
3. The MEUSE model for O-D matrix estimation
4. Solving the model
5. An example
6. Application to a real case study
7. Sensitivity
8. Perspectives
9. Conclusions

1. Introduction

- プランニングにおける需要予測の必要性
- 交通行動モデルの適用にあたって、完璧なODデータの収集が困難
- 一方で、様々な調査主体による交通データは存在
- 住宅～商業地の行動データや交通量データはOD推定に利用可能



- MEUSE (Matrix Estimation Using Structure Explicitly) の提案
- 詳細な情報を元にしたOD予測の手法
 - 駐車場におけるサンプル的な発地調査データ(情報が詳細)
 - リンクの交通量調査データ(廉価に入手できる)

2. Data for O-D matrix estimation

2.1 利用データ(Usual data types)

①事前OD分布(a priori matrix)

- 過去の調査から作成したOD表(訪問調査や路上調査で取得)
- 調査による質の差などがあり, 信頼性は低い
- 交通量との整合は図られていない

②交通量データ

- 廉価で調査可能なため, 比較的調査地点は多い
- 交通量データだけでは, OD表を求めることはできない

2.2 駐車場調査データ(Parking Survey)

- 追加データとして, ベルギー国内の市中心部駐車場での調査結果を利用する(抽出率は20%)
- 自動車の持ち主の住所は把握可能

2.2 Parking Surveys

データを使うにあたっての3つの仮定

- ①自動車は持ち主の自宅から直接駐車場に来た
- ②ゾーンのセントロイドは駐車場とする。
(私有自動車交通行動のみを検討対象とする)
- ③到着自動車の空間的分布の時間の影響は無視する

•調査時間とOD推定したい時間帯が異なる場合は、充足率 f を利用

$$f_j = \frac{\text{(推定時間帯における駐車場jの到着台数)}}{\text{(調査時間帯における駐車場jの利用台数)}} \quad (1)$$

•充足率 f_j も観測されている場合があるので、その推定が必要となるケースも本研究で検討する

3. The MEUSE model for O-D matrix estimation

- Generalized least-squares (一般化最小二乗法) に類する方法で推定を行う
- 新しいOD表をOD事前分布と観測交通量から推定する

目的関数

$$\underbrace{\sum_{i \in O, j \in D} w_{ij}^t (T_{ij} - t_{ij})^2}_{\text{OD交通量}} + \gamma \underbrace{\sum_{a \in A} w_a^v (V_a - v_a)^2}_{\text{リンク交通量}} \quad (2)$$

リンク交通量算出

$$\sum_{i \in O, j \in D} p_{ij}^a T_{ij} = V_a \quad (3)$$

※(3)式はflow independentで
簡易に算出した結果を利用

i: 出発地

O: 出発地群

j: 到着地(駐車所)

D: 到着地群

A: 交通量観測リンク

T_{ij} : ij間のOD交通量の推定交通量

t_{ij} : ij間のOD交通量の事前推定交通量

V_a : リンクaの推定リンク交通量

v_a : リンクaの実測リンク交通量

w_{ij}^t : tijのパラメータ(重み付け, 相対信頼度)

w_{ij}^v : vaのパラメータ(重み付け, 相対信頼度)

γ : リンク交通量の重み付けパラメータ

p_{ij}^a : ij間のOD交通量のうちのリンクaへの配分割合

3.2 Parking surveys

- 駐車場調査の結果も含めた目的関数に拡張する
- 出発地の空間分布が駐車場調査により誤差なく与えられていると仮定

$$T_{ij} = f_i t_{ij} \quad (4)$$

- (1)式で定義されるが、正確には未知の f_j に対して、実測値 \bar{f}_j を用いて、(2)式の第1項を次のように置き換える

$$\sum_{i \in O, j \in D \setminus S} w_{ij}^t (T_{ij} - t_{ij})^2 + \sum_{j \in S} w_j^s (f_j - \bar{f}_j)^2 \quad (2)'$$

S: 駐車場調査を行った目的地(駐車場)

3.2 Parking surveys

- (4)式の充足率もODにより異なることを考慮する
- t_{ij} の観測有無で分類

$$P_j \equiv \{i \mid i \in O \text{ and } t_{ij} > 0\} \text{ and } Q_j \equiv \{i \mid i \in O \text{ and } t_{ij} = 0\}$$

$$T_{ij} = f_{ij} t_{ij} \text{ with } f_{ij} \approx f_j \quad (4)'$$

- 目的関数として次の項も追加する

$$w_{ij}^f (f_{ij} - f_j)^2 \quad (j \in S, i \in P_j, w_{ij}^f > 0) \quad (5)$$

$$f_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i \in P_j} f_{ij} \quad (j \in S) \quad (6) \quad \text{※ } f_{ij} \text{の平均は観測されている } f_j \text{となる}$$

3.3 The MEUSE model

以上から、目的関数は次となる

$$\sum_{i \in O, j \in D \setminus S} w_{ij}^t (T_{ij} - t_{ij})^2 + \gamma \sum_{a \in A} w_a^v (V_a - v_a)^2 + \sum_{j \in S} w_j^s (f_j - \bar{f}_j)^2 + \sum_{j \in S, i \in P_j} w_{ij}^f (f_{ij} - f_j)^2 + \sum_{j \in S, i \in Q_j} w_{ij}^t T_{ij}^2 \quad (7)$$

制約条件

$$V_a = \sum_{i \in O, j \in D \setminus S} p_{ij}^a T_{ij} + \sum_{j \in S, i \in Q_j} p_{ij}^a T_{ij} + \sum_{j \in S, i \in P_j} p_{ij}^a f_{ij} t_{ij} \quad (8)$$

$$f_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i \in P_j} f_{ij} \quad (j \in S) \quad (9)$$

$$T_{ij} \geq 0 \quad (10)$$

4. Solving the model

- 非線形最適化の問題であり, LAMCELOTを用いて算出
- (7)式における重み付けを与える必要がある((2)式の w_{ij}^t , γ , w_a^v は Cascetta(1984)の手法がある)
- w_j^s は f_j の相対信頼性で定まるため, 実測結果の信頼性が高ければ, w_a^v と同等に扱ってよいが, 信頼性が小さければ w_j^s も小さくする
- w_{ij}^f は収集データの分散に関する項であり, また駐車場調査での出発地情報の正確性に影響をうける
- 3つの仮説を満たすij間の真の交通量を b_{ij} とし, (11)式で定義

$$\hat{b}_{ij} = m_{ij} t_{ij} = \frac{m_{ij}}{p} t'_{ij} \quad (11)$$

m_{ij} : ij間ODのうち3つの仮定に従っている割合

p : 駐車場調査のサンプル率

t'_{ij} : 出発地がiとなる駐車場jでの観測数

4.1 determination of the weight

超幾何分布を用いて、次の関係式で、観測OD交通量と真のOD交通量の関係は整理

$$t'_{ij} = H(D_j, t^*_{ij}, pD_j) \quad (12)$$

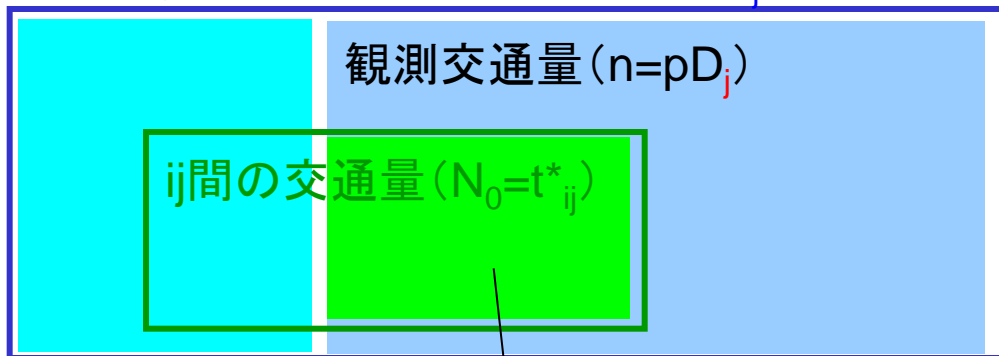
D_j : 駐車場jが到着地となる交通量(観測可能)

t^*_{ij} : (観測できない) 真のij間のOD交通量

超幾何分布

$H(N, N_0, n)$ は $f(x) = \frac{N_0 C_x \times_{N-N_0} C_{n-x}}{N C_n}$ の確率分布に従う。

駐車場jが到着地となる交通量 ($N=D_j$)



超幾何分布の分散

$$V(x) = n \frac{N_0}{N} \frac{N - N_0}{N} \frac{N - n}{N - 1}$$

4.1 determination of the weight

駐車場jの交通量のうち、3つの仮説に該当する割合を m_j とする。

$$m_j = \frac{\sum_{i \in O} m_{ij} t_{ij}}{\sum_{i \in O} t_{ij}} \quad (11)'$$

充足率 f_{ij} を平均値周辺の値として推定する。

$$\hat{f}_{ij} = \bar{f}_j \frac{\hat{b}_{ij}}{m_j t_{ij}} \quad (13)$$

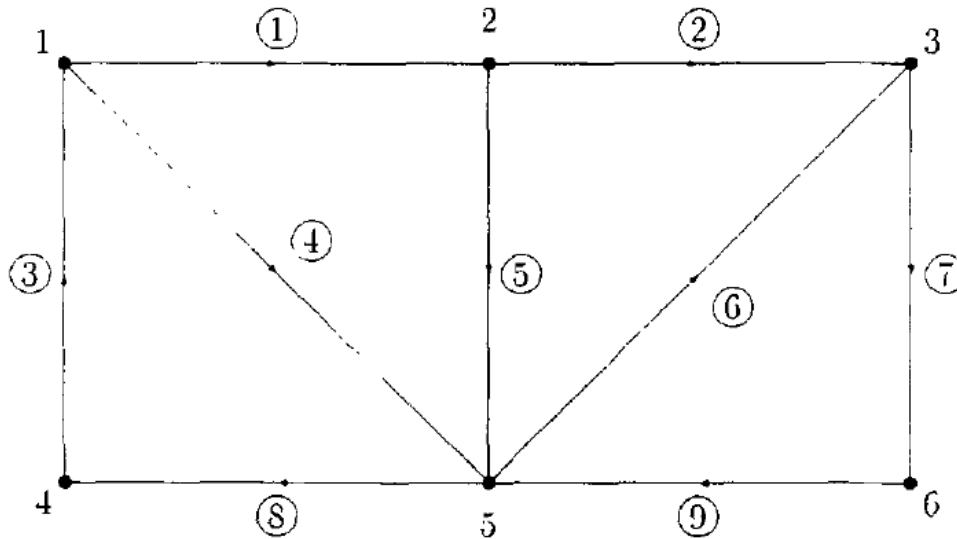
この分散の逆数を w_{ij}^f とする。((11), (12), (13) 式より(14)式を導出)

$$w_{ij}^f = \frac{m_j^2 p t_{ij} (D_j - 1)}{\bar{f}_j^2 m_{ij}^2 (1 - p) (D_j - t_{ij})} \quad (14)$$

$$\left(\frac{1}{\left(\frac{\bar{f}_j}{m_j t_{ij}}\right)^2} V(\hat{b}_{ij}) = \frac{1}{\left(\frac{\bar{f}_j}{m_j t_{ij}}\right)^2} \left(\frac{m_{ij}}{p}\right)^2 V(H(D_j, t_{ij}^*, p D_j)) \right)$$

5. An Example

小規模ネットワークでの試計算



事前のOD表は真のOD表から $\epsilon=1.15$ で分布させて作成

Fig. 1. The network for the small example.

OD表

Table 1. The true O-D matrix (T_{ij})

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1 | | 120.0 | 100.0 | 50.0 | 20.0 | 25.0 |
| 2 | 100.0 | | 90.0 | 70.0 | 30.0 | 30.0 |
| 3 | 240.0 | 200.0 | | 60.0 | 20.0 | 70.0 |
| 4 | 60.0 | 510.0 | 80.0 | | 60.0 | 150.0 |
| 5 | 180.0 | 90.0 | 300.0 | 60.0 | | 20.0 |
| 6 | 280.0 | 160.0 | 90.0 | 40.0 | 20.0 | |

リンク交通量

Table 2. Nonzero assignment coefficients

| Arc | Flow | (i,j) such that $p_{ij}^a = 1$ |
|-----|------|---|
| 1 | 1460 | (1,2) (1,3) (1,6) (3,2) (4,2) (4,3) (4,6) (5,2) (6,2) |
| 2 | 500 | (1,3) (1,6) (2,3) (2,6) (4,3) (4,6) |
| 3 | 2110 | (2,1) (3,1) (3,2) (4,1) (4,2) (4,3) (4,5) (4,6) (5,1) (5,2) (6,1) (6,2) |
| 4 | 130 | (1,4) (1,5) (4,5) |
| 5 | 200 | (2,1) (2,4) (2,5) |
| 6 | 410 | (5,3) (5,6) (6,3) |
| 7 | 840 | (1,6) (2,6) (3,1) (3,2) (3,4) (3,5) (3,6) (4,6) (5,6) |
| 8 | 1530 | (1,4) (2,1) (2,4) (3,1) (3,2) (3,4) (5,1) (5,2) (5,4) (6,1) (6,2) (6,4) |
| 9 | 1110 | (3,1) (3,2) (3,4) (3,5) (6,1) (6,2) (6,3) (6,4) (6,5) |

5. An Example

計算条件

$$w_{ij}^t = 1/t_{ij} \quad (i \in O, j \in D)$$

$$\gamma w_a^v = 1000 \quad (a \in A)$$

$$w_{ij}^f = 1000$$

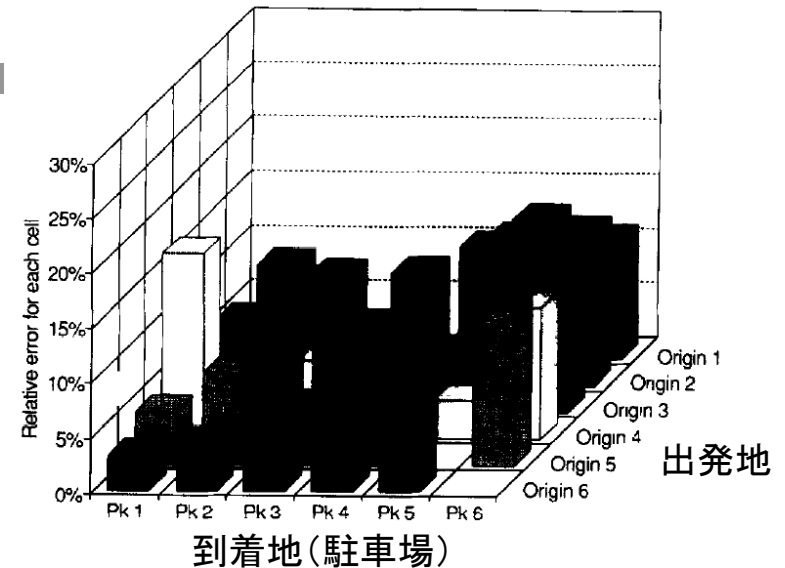
同じ重み

$$\bar{f}_j = 1 \quad (j \in S)$$

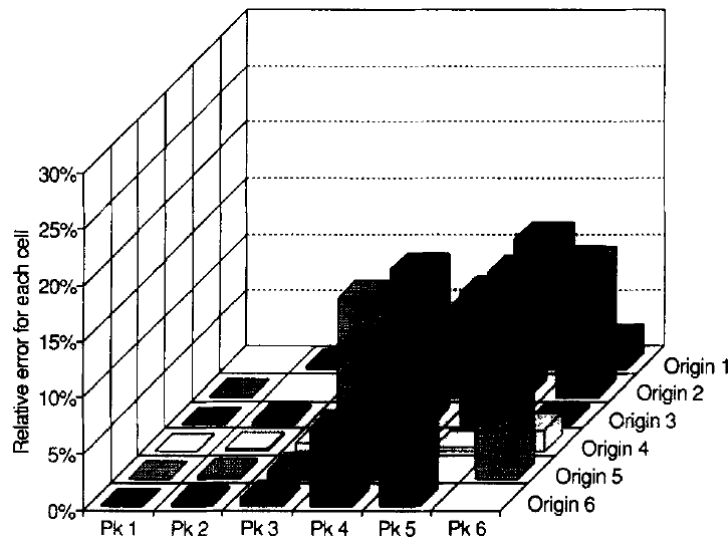
小さい重み

$$w_j^s = 0.001 \quad (j \in S)$$

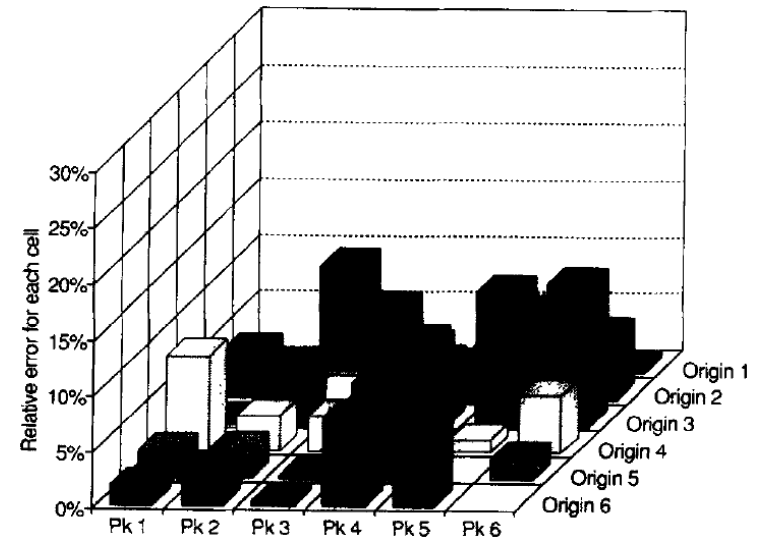
OD表の各セルの誤差割合



一般化最小二乗法による結果



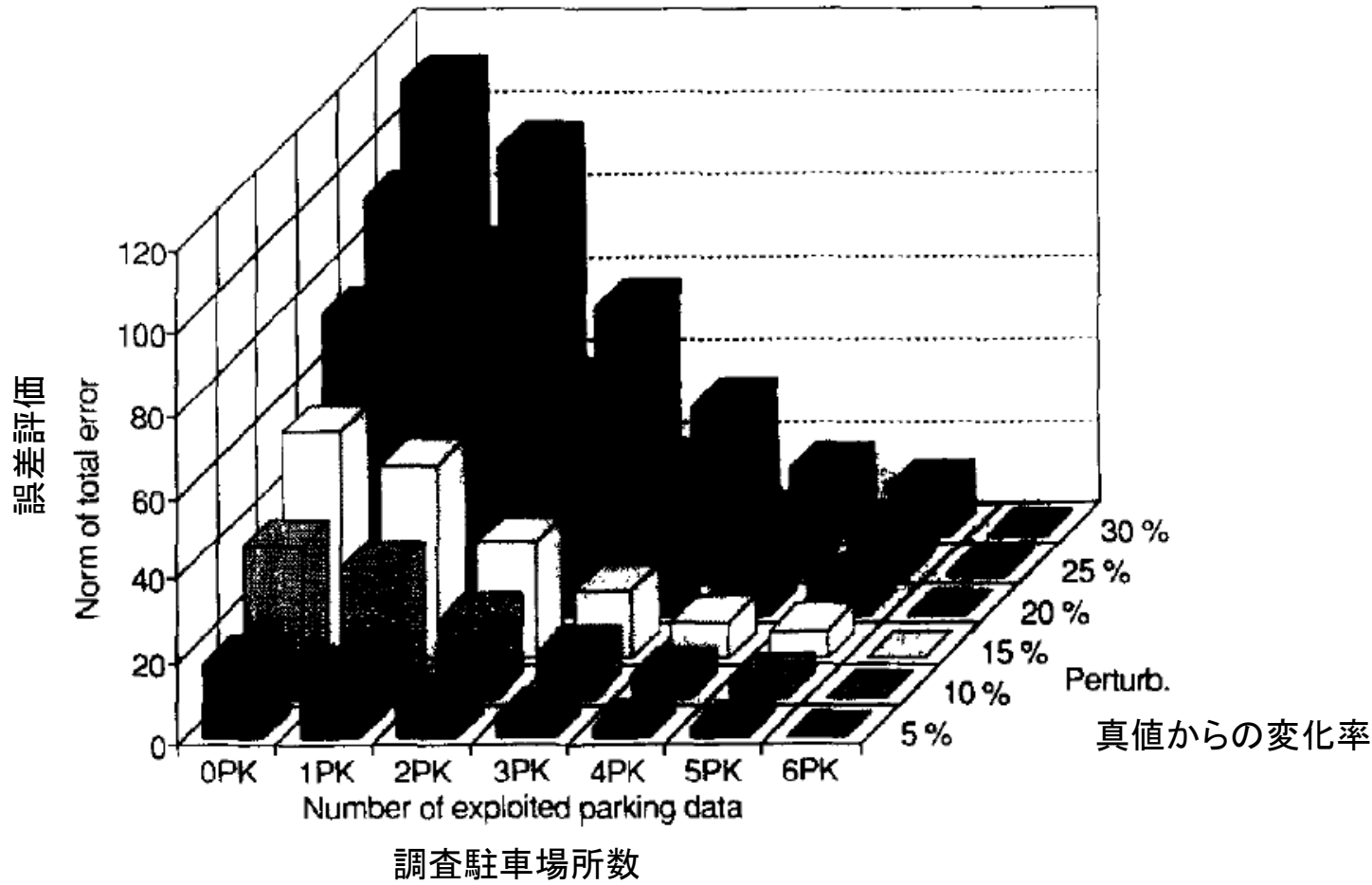
MEUSEによる結果(PK=1,2,3で調査)



SATURN/ME2 (Van Vliet 1982)による結果

5. An Example

MEUSEによる結果 (事前分布と調査駐車場数を変化)



誤差評価の算出式
$$\sqrt{\sum_{i,j=1}^6 (T_{ij} - t_{ij}^*)^2}$$

6. Application to a real case study

- City of Namur (Belgium)
- 106 centroids (in the city centre)
- 事前ODは人口とリンク交通量から算出
- 63,470リンクに配分
- 交通量調査地点は146地点
- 駐車場調査箇所数は60

Area 175.69km²
Population 109,765人
(by Wikipedia)

計算条件

11,276variables
(10.542T_{ij}, 146V_a, 588f_{ij})

$$\mathcal{W}_a^v = 1/v_a \quad (a \in A)$$

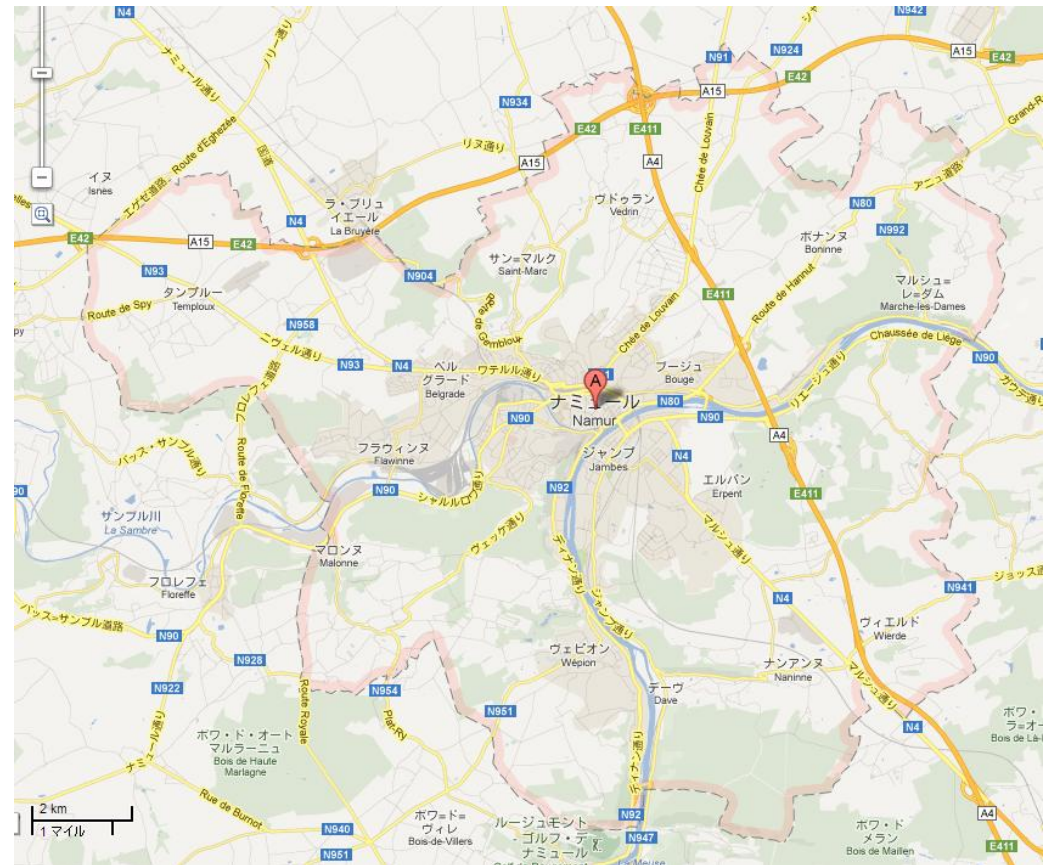
$$w_{ij}^t = 0.001 \quad ((i, j) \in Z)$$

$$m_{ij} = 0.8$$

$$p = 0.2$$

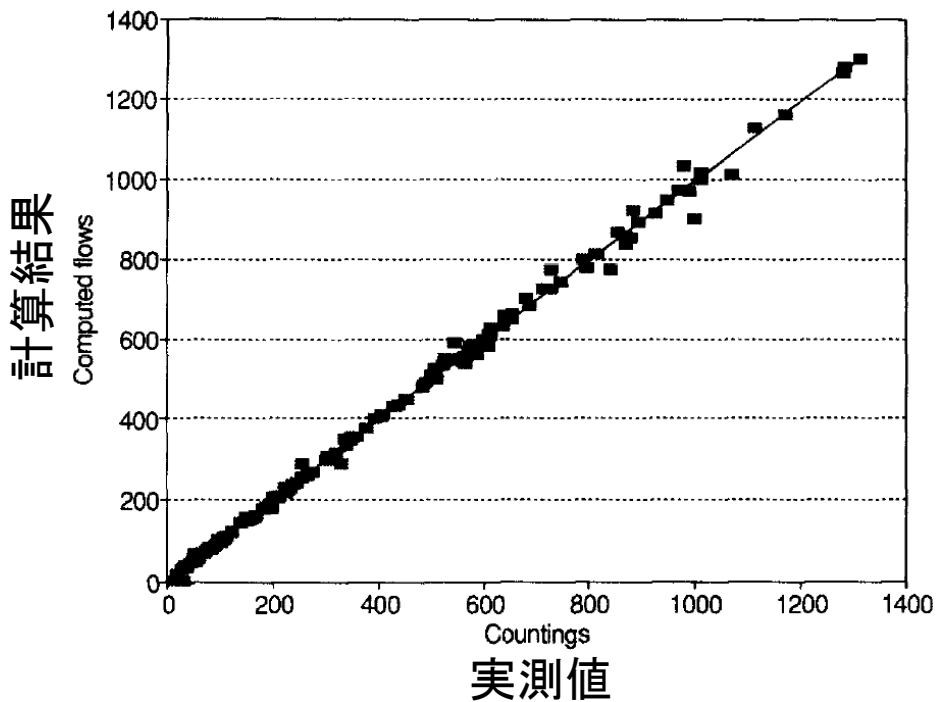
$$w_{ij}^t = 1/t_{ij}^2 \quad (i \in O, j \in S)$$

$$w_j^s = 1/\bar{f}_j^2 \quad (j \in S)$$

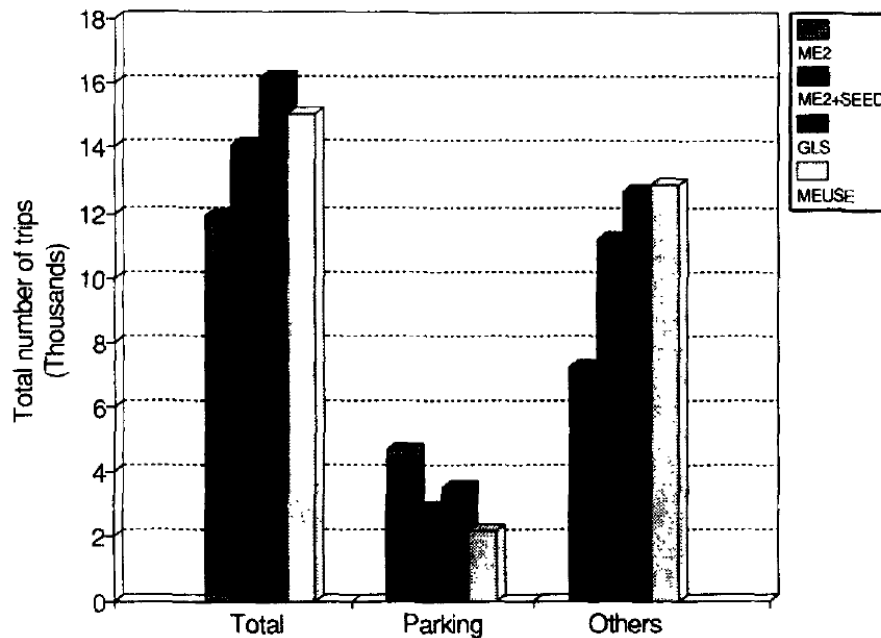


6. Application to a real case study

OD表の正値はわからないので、
リンク交通量により比較



トリップ数の計算結果



まとめ

- OD推定の手法の開発
 - 駐車場調査データの活用
 - 適用結果からも手法の優位性あり
- 配分はflow independentでやっており, 改善の余地あり

ご清聴ありがとうございました.

