

Chen, J., Newman, J., Bierlaire, M., Modeling Route Choice Behavior From Smart-phone GPS data, Proceedings of the The 12th International Conference on Travel Behaviour Research (IATBR), 2009.

- Bierlaire, M., Chen, J., Newman, J., A probabilistic map matching method for smartphone GPS data, Transportation Research C, Vol. 26, pp. 78-98, 2013.
- Bierlaire, M., Frejinger E., Route choice modeling with network-free data, Transportation Research C, Vol. 16, pp. 187-198, 2008.



2013年6月14日 論文ゼミ#8
M2 伊藤 創太

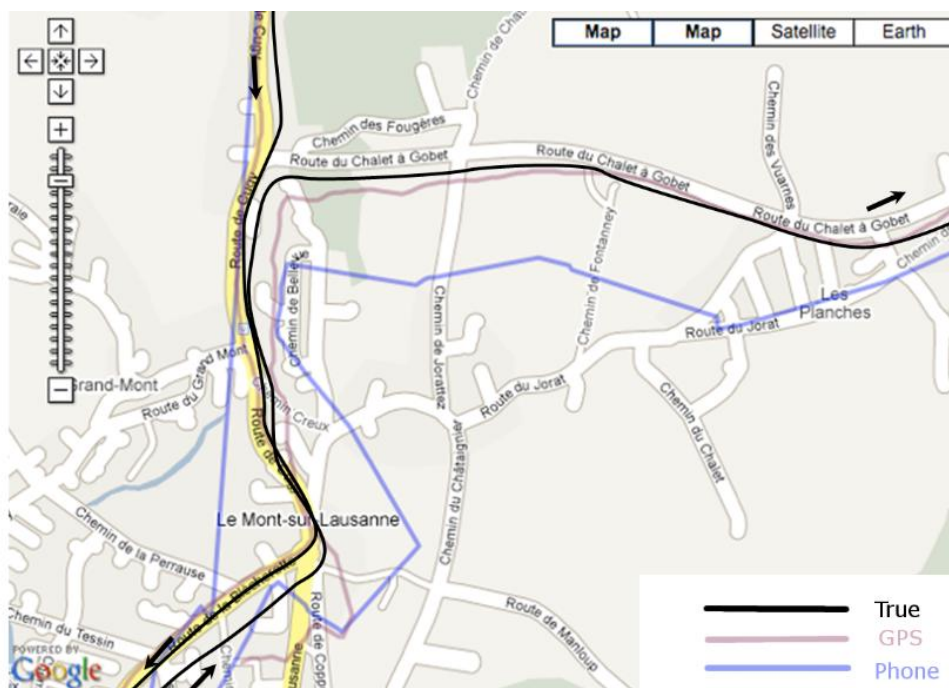
ネットワークフリーの経路データ

GPS機能により、network-free（ネットワークデータに結び付けられていないデータ）が得られるようになっている

経路選択モデルでネットワーク上での経路が必要

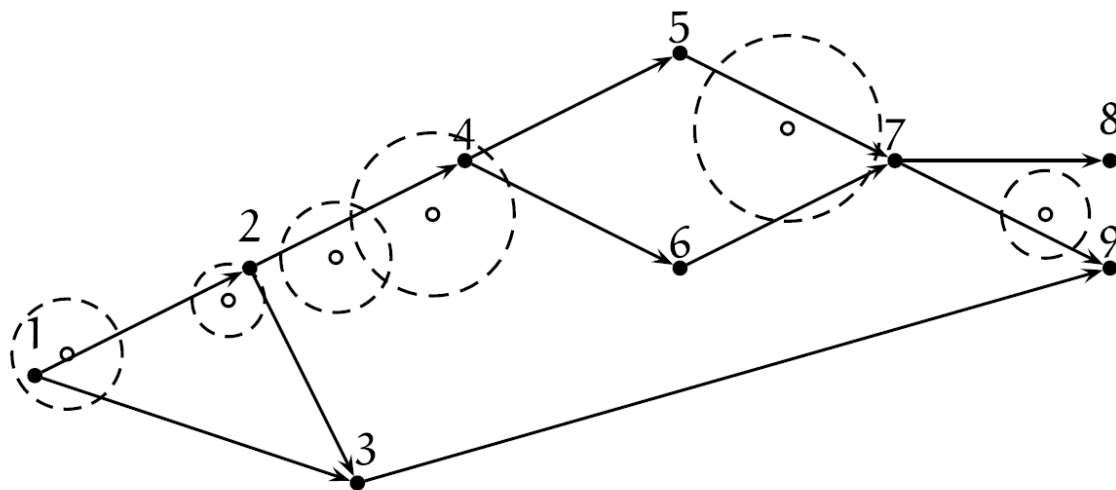
データの不確実性を含んだ経路生成、モデリング

→観測が疎で不確実性を持つスマートフォンGPSで効果アリ



DDR (Domain of data relevance)

- ・データの有効範囲，データが関連をもつ領域
ネットワークフリーデータとネットワークを結びつける
- ・DDRの大きさは観測データの正確さを表す
- ・データのDDRがネットワークのいずれかの部分を含むようにDDRを定義する
- ・経路はDDRの範囲の中で**経路集合**として決定する
- ・ヒアリングデータにも適用可能



点線範囲が点 x^i のDDR

左の場合、

1-2-4-5-7-9と

1-2-4-6-7-9の2経路が考えられる

マップマッチングとDDRの違い

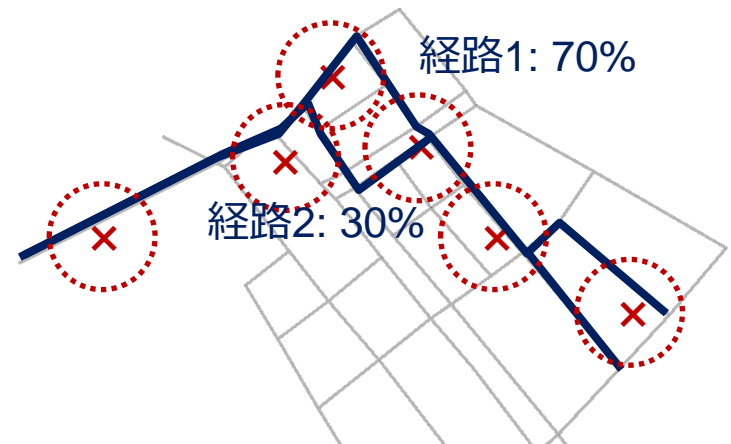
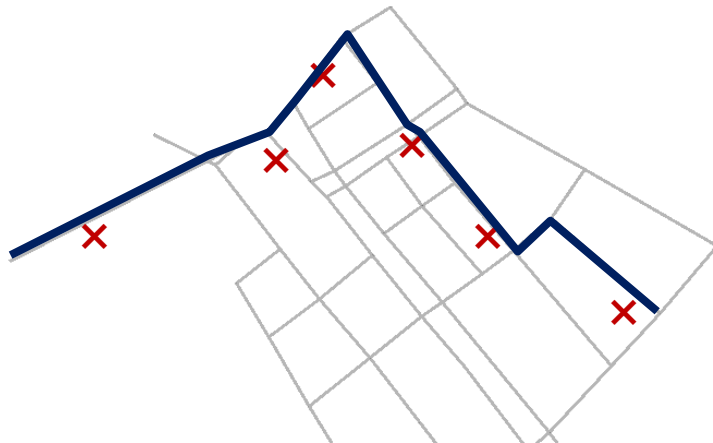
マップマッチング

観測データに対してネットワーク上の経路を一意に決定

DDR

DDRにより決定される経路集合内の経路の観測確率を決定

- ・ 経路選択モデルでは観測経路が一意に決まる必要はない
- ・ 観測誤差を持つデータの場合、マップマッチング結果はバイアスを持つ



DDRの観測確率式

推定される経路に関してのデータの観測確率を計算する

$$\Pr(\check{g}_j, \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1 | p) = \underbrace{\Pr(\check{g}_j | \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1, p)}_{j\text{番目観測データの観測確率}} \cdot \underbrace{\Pr(\check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1 | p)}_{\text{経路に対する1}\sim j-1\text{番目観測データの観測確率}}$$

$$\begin{aligned} \Pr(\check{g}_j | \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1, p) &= \frac{\sum_{a \in (D_j \cap p)} \Pr(\check{g}_j, a | \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1, p)}{\text{DDRは各リンクが範囲内かどうかで考える}} \\ &= \sum_{a \in (D_j \cap p)} \underbrace{l_a \int_0^1 f_{g, \varepsilon}(\check{g}_j, \varepsilon_a)}_{\text{観測誤差を考慮した確率分布}} \cdot \underbrace{f_\varepsilon(\varepsilon_a | \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1, p)}_{\text{遷移の確率}} d\varepsilon_a \end{aligned}$$

(ε_a が g_{j-1} のDDRより下流ならば1)

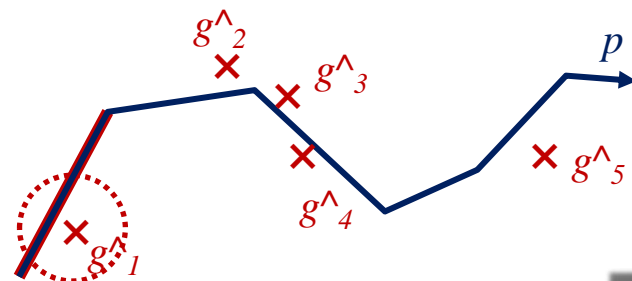
$\check{g}_j, \check{g}_{j-1}, \dots, \check{g}_1$: トリップの j 番目のGPS観測データ

p : 推定経路

D_j : \check{g}_j のDDR

a : リンク

ε_a : リンク a 上の位置



DDRの観測確率式

DDR内の点に対しての観測確率

$$\Pr(\tilde{g}_j | \tilde{g}_{j-1}, \dots, \tilde{g}_1, p) = \sum_{a \in (D_j \cap p)} l_a \int_0^1 f_{g,\varepsilon}(\tilde{g}_j, \varepsilon_a) \cdot f_\varepsilon(\varepsilon_a | \tilde{g}_{j-1}, \dots, \tilde{g}_1, p) d\varepsilon_a$$

$$f_{g,\varepsilon}(\tilde{g}_j, \varepsilon_a) = \exp\left(-\frac{\|\tilde{x}_j - x\|^2}{(2\sigma_j^x)^2}\right)$$

j番目観測データの水平観測誤差

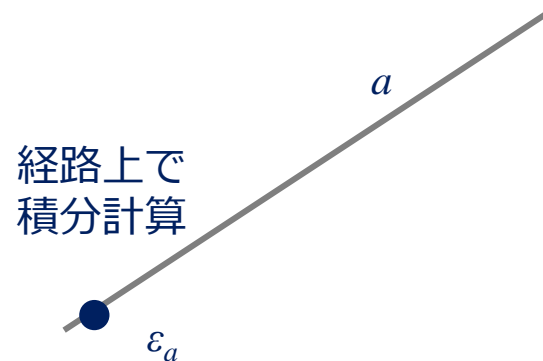
$\tilde{g}_j, \tilde{g}_{j-1}, \dots, \tilde{g}_1$: トリップのj番目のGPS観測データ

p : 推定経路

D_j : \tilde{g}_j のDDR

a : リンク

ε_a : リンク a 上の位置



DDRの設定

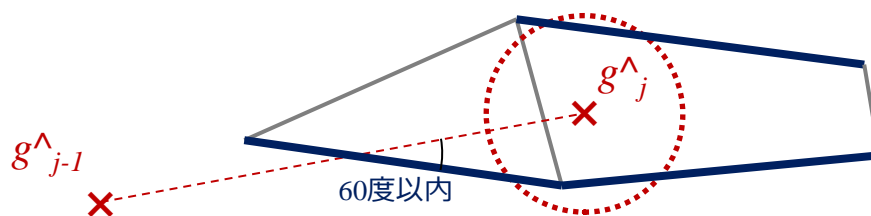
GPSデータはNOKIA社スマートフォンで10秒間隔で取得

$$(1) \quad \exp\left(-\frac{\|\hat{x} - x\|_2^2}{2\sigma^2}\right) \geq \theta$$

σ (=GPS観測誤差)を100m、 θ を0.65とすると、DDR半径96.9m

(2) 時速5km/h以上のときは、GPS測位点方向とリンク方向の角度差が60度以内

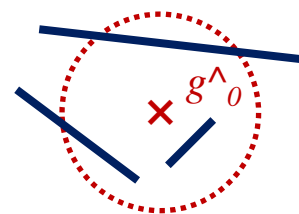
(自動車を想定した移動軌跡)



アルゴリズム

1. 初期化

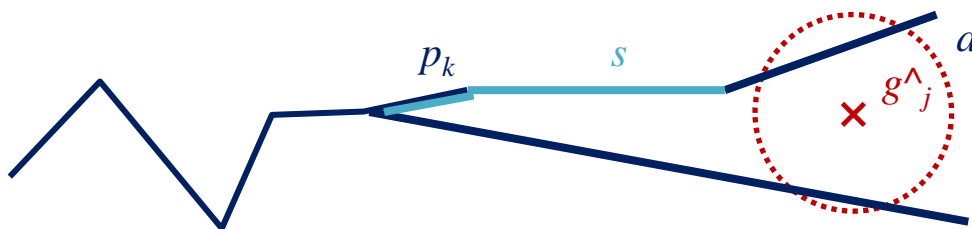
- (a) 最初のGPS観測点 g^{\wedge}_0 のDDR範囲を探索
- (b) DDRに含まれるリンクを経路集合 P_0 に入れる



2. 観測点 g^{\wedge}_j ごとに計算

観測点における速度 v_j が5km/h以上のとき . . .

- (a) DDR内のリンクを探索
- (b) 現在の経路集合 P_{nr} 内の経路 $p_k \in P_{nr}$ について
 - p_k からDDR内リンク $a \in D_j$ への最短経路 s を探索
 - s がUターンを含まない経路であれば、 p_k-s-a を新たな経路集合 P_j に入れる



アルゴリズム

2. 観測点 g_i ごとに計算

観測点における速度 v_j が5km/h以上のとき・・・

- (c) 時速5km/h未満の測位点集合 L の観測点を p_k 結び付ける
- (d) 経路集合 P_j の経路数が一定数(20本)以上になったとき
経路確率を各経路について計算し、累積上位9割を残す
- (e) $j = j+1$

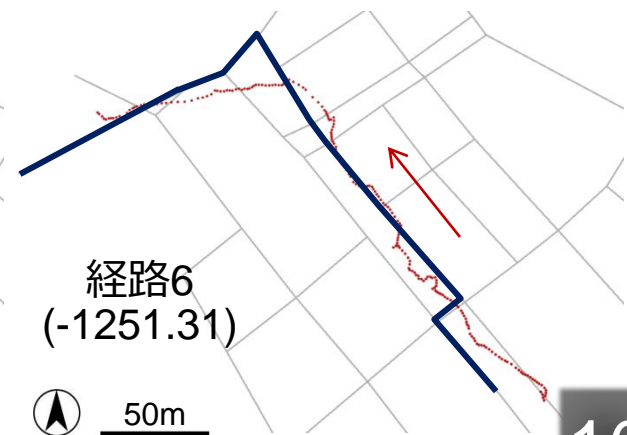
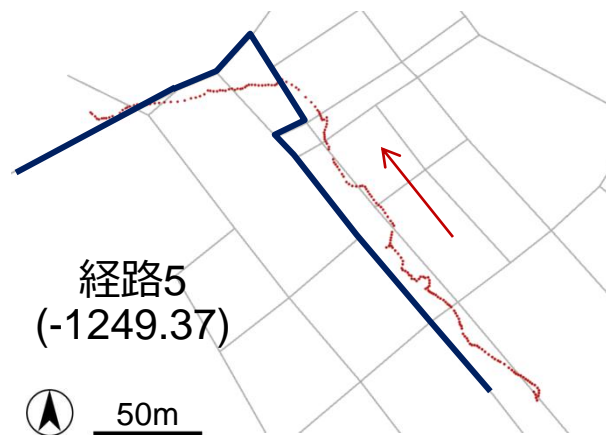
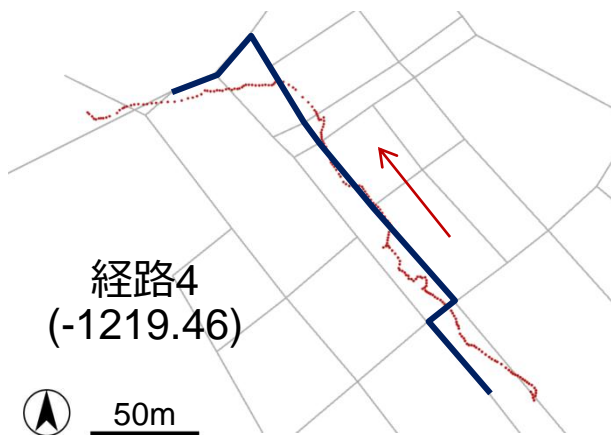
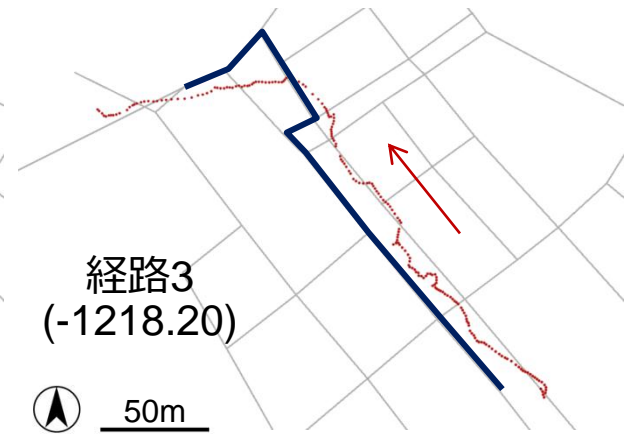
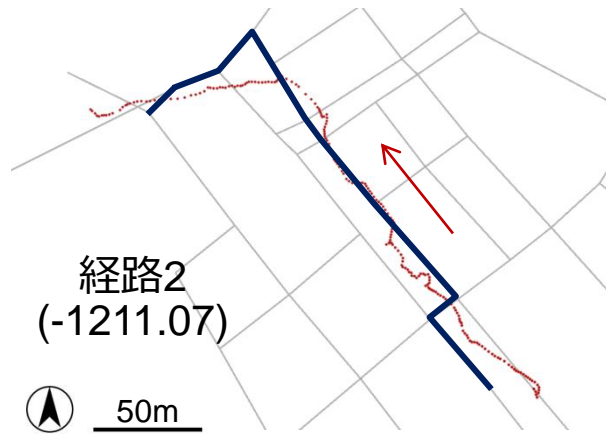
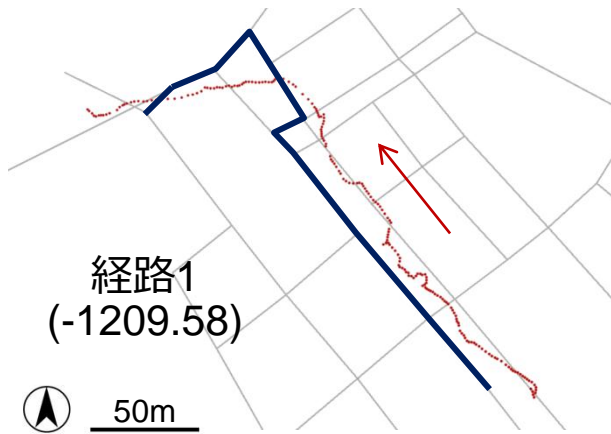
観測点における速度 v_j が5km/h未満のとき・・・

- (a) 観測点を時速5km/h未満の測位点集合 L に入れる
- (b) $j = j+1$

5km/h未満の点は経路生成には用いず、尤度計算のみに利用

計算例

周南PPデータでの実証例、上位6傑経路（カッコ内は尤度）



実データを用いた経路選択モデル

Path size logitモデルによる
経路選択

$$V_i = \beta_{PS} \ln PS_i + \beta_l Length_i + \beta_{TS} NbTS_i$$

Path size
経路長
信号の数

$$PS_i^U = \sum_{a \in p_i} \frac{l_a}{l_p} \frac{1}{\sum_{p_j \in U} \delta_{aj}}$$

経路集合Uのもとでの
経路i内の重複率



推定結果：

Table 2: Estimation result

Coefficient	Value	Rob. Std. Error	Rob. t-test
ln(Path Size)	3.56	1.656	2.16
Path length	-41.9	15.4	-2.72
Number of traffic signals	-1.23	0.402	-3.05

Number of observations: 21
 Null log-likelihood: -81.619
 Final log-likelihood: -28.592
 Adjusted rho-square: 0.613
 Model estimated by BIOGEME (Bierlaire 2007)

結論と展望

- ・スマートフォン移動軌跡から、確率的に経路を扱い生成する方法を提案
- ・交通手段や加速度等の事前情報により精度が高まる可能性がある
- ・DDRによる経路選択モデル推定において妥当な結果が得られた