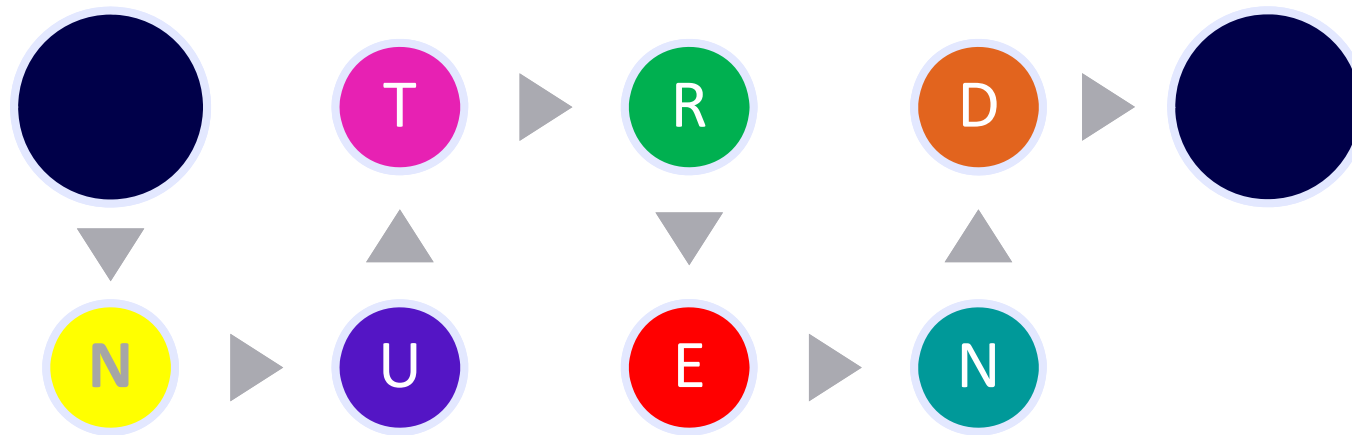


都心での歩行経路選択分析における トリップ距離の異質性の影響

Effects of heterogeneity in trip distance
on pedestrian route choice analysis in a downtown area



名古屋大学 山本俊行
パシフィックコンサルタンツ 高村真一
名古屋大学 森川高行

背景と目的



経路選択モデルにおける選択枝集合

- 選択枝集合の設定方法はモデルの推定結果に大きな影響を及ぼす
- ネットワークが密な場合、選択枝集合の列挙は困難



選択枝集合のサンプリング (Frejinger et al., 2009)

- 実ネットワークでは、トリップ距離により物理的な選択枝数が大きく異なる

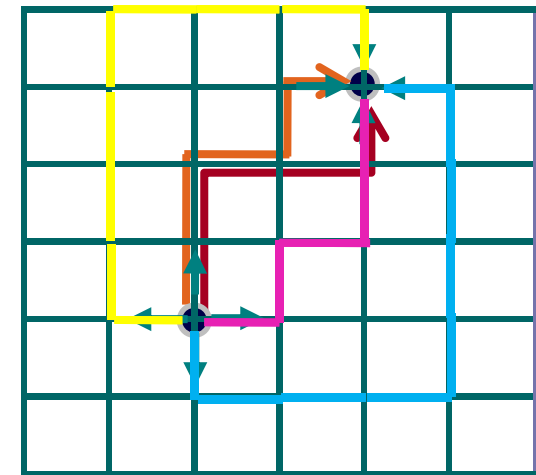


サンプリングパラメータの構造化 (高村ら, 2010)

- トリップ距離が異なるトリップデータに対して同一の経路選択行動を仮定している



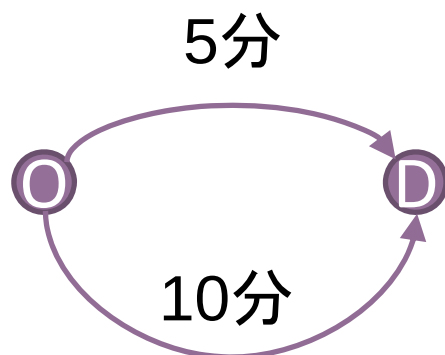
今回のテーマ



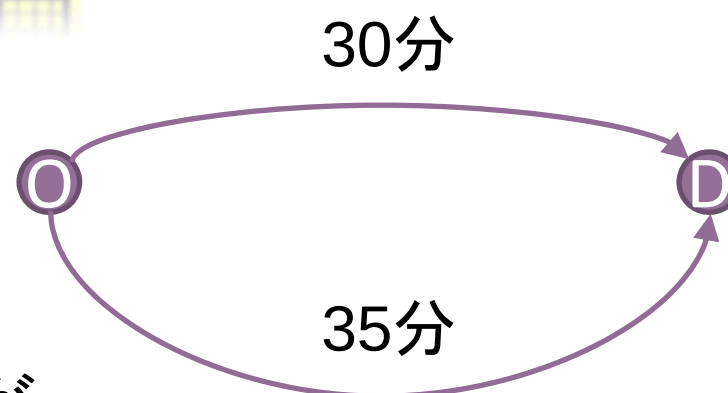
背景と目的



短いOD

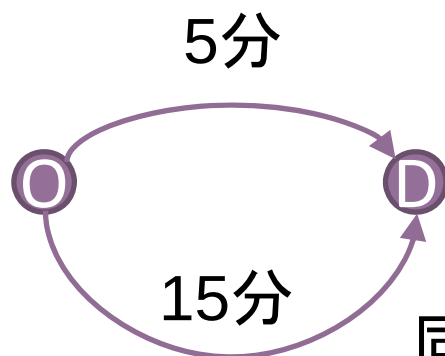


長いOD

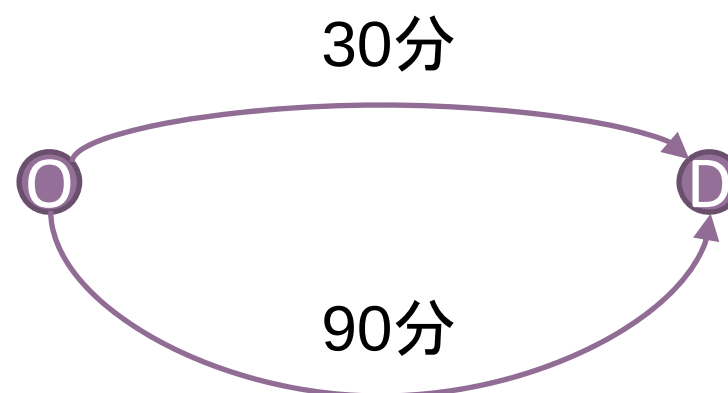


同じ5分差だが...

Frejinger et al. (2009)でサンプリングすると



同じ比率だが、
90分は体力的に...

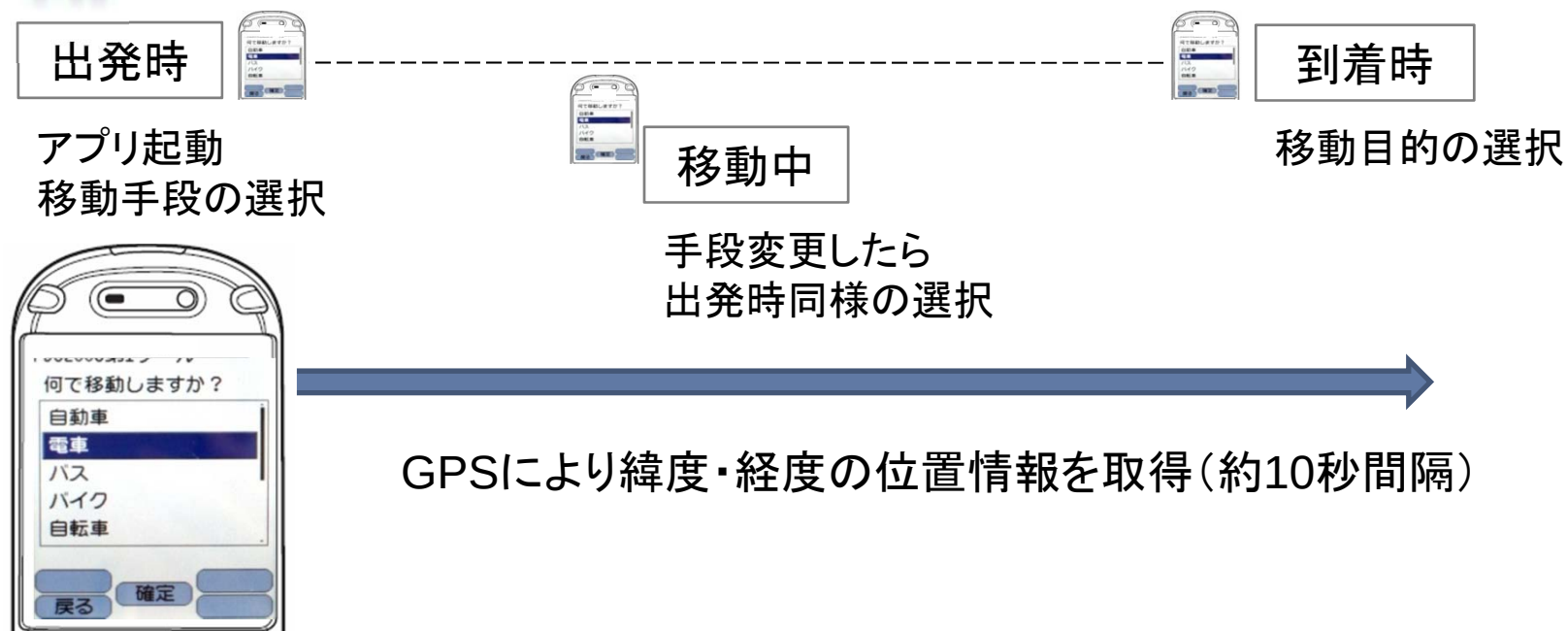


分析データ

○ PDS(駐車デポジットシステム)社会実験の概要

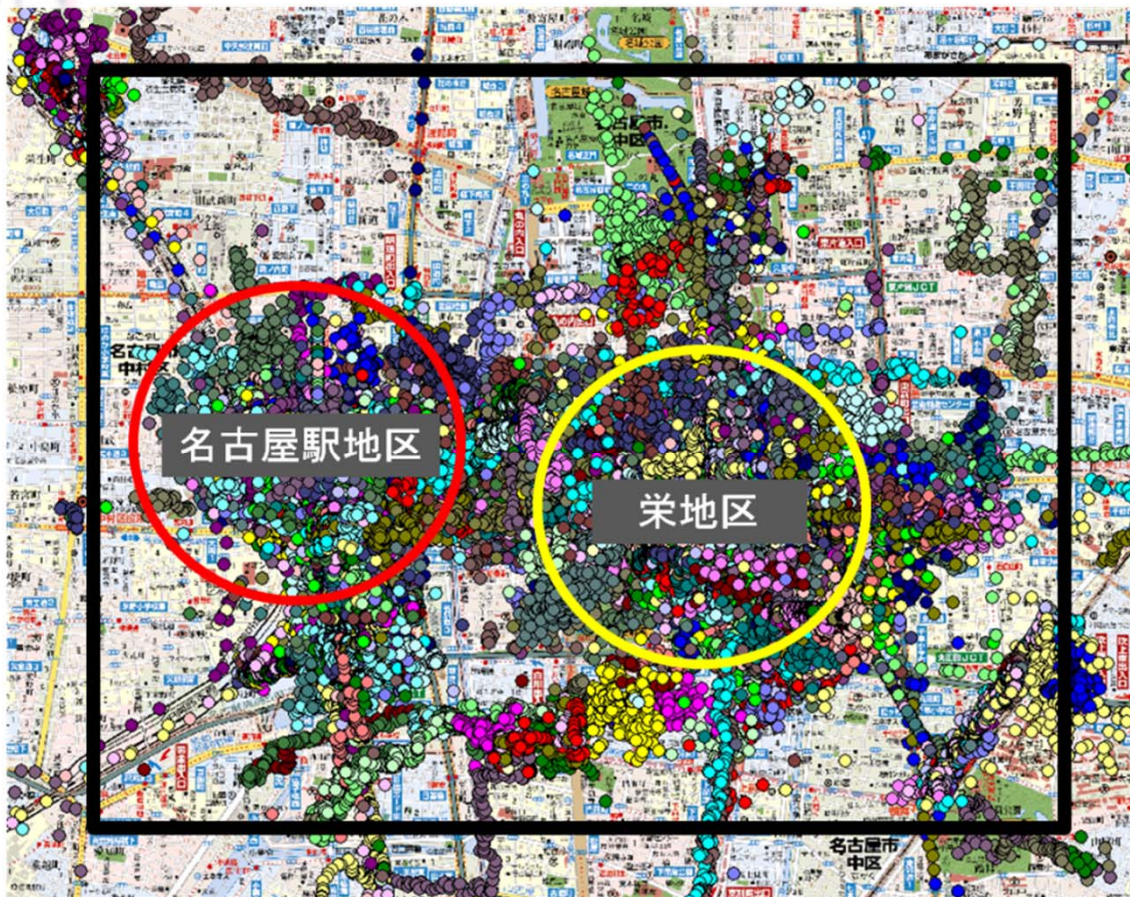
- 【目的】 : 都心内の通過交通を減らすためのPDSの効果検証
【期間】 : 2008年9月~12月
【モニター】 : 関係者及び一般市民, 合計76名

■ ケータイ操作と得られるPP(プローブパーソン)データ



分析データ

対象地域



徒歩トリップの多い
名古屋駅, 栄地区
含むエリア

全徒歩トリップのプロット(モニター毎の色分け)

分析データ



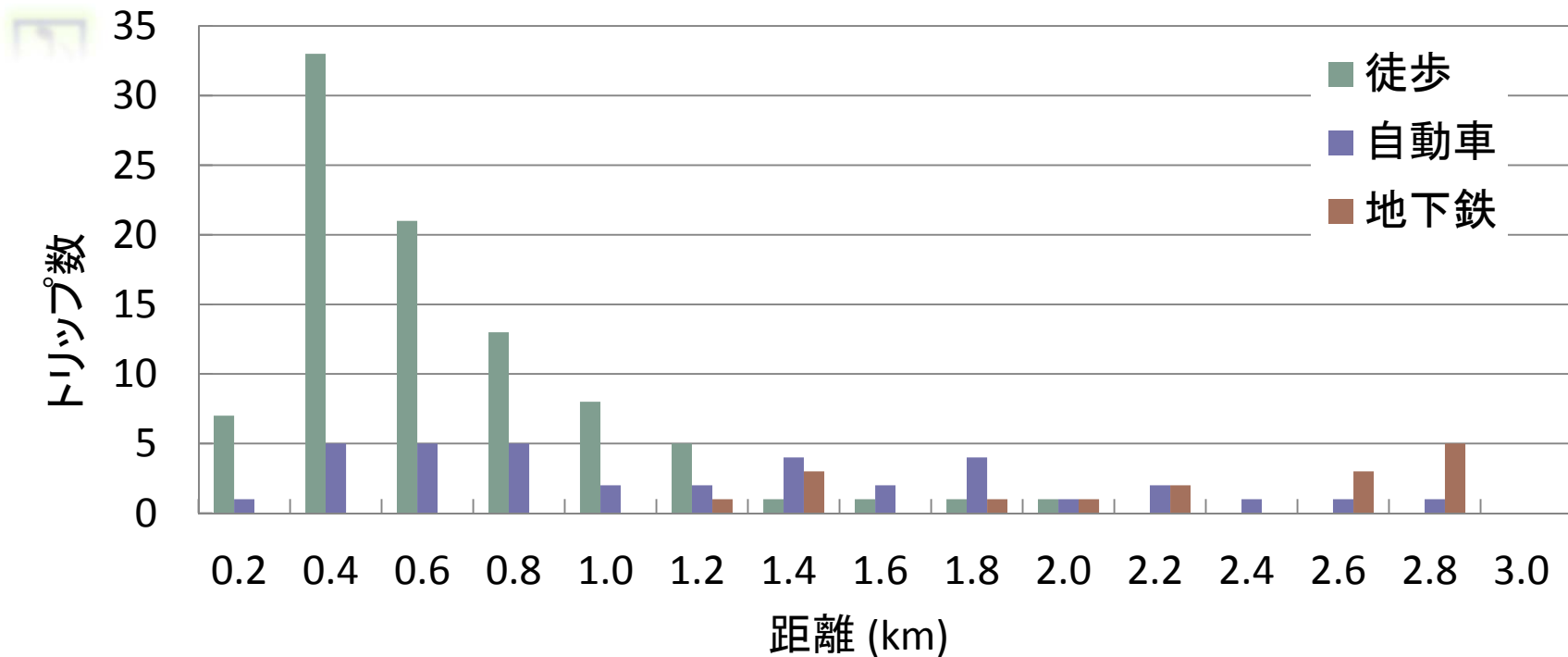
対象ネットワーク



密なネットワーク

分析データ

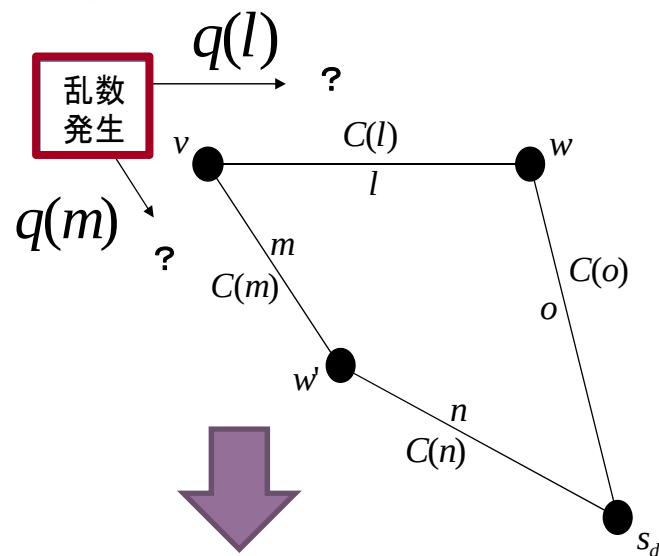
🎵 トリップ距離の分布



- 多くの徒歩トリップは0.5km程度のトリップ距離
- 1.5~2.0kmのトリップ距離を持つ徒歩トリップも発生している

分析方法

選択枝のサンプリング: ランダムウォーク (Frejinger et al., 2009)



相対的迂回度

$$x_l = \frac{SP(v, s_d)}{C(l) + SP(w, s_d)}$$

各リンクの重み

$$\omega(l | b_1, b_2) = 1 - (1 - x_l^{b_1})^{b_2}$$

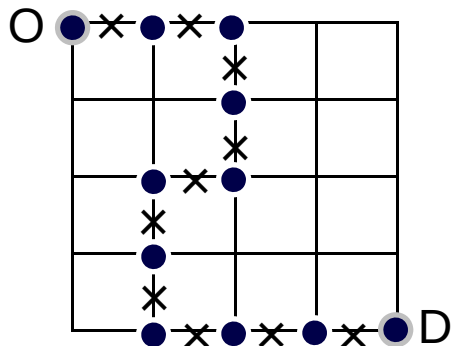
リンク選択確率

$$q(l | \varepsilon_v, b_1, b_2) = \frac{\omega(l | b_1, b_2)}{\sum_{m \in \varepsilon_v} \omega(m | b_1, b_2)}$$

経路抽出確率

$$q(j) = \prod_{l \in \Gamma_j} q(l | \varepsilon_v, b_1, b_2)$$

目的地にたどり着くまで各ノードで繰り返し、
経路をサンプリング



s_d : 終点ノード

$C(l)$: リンク l のコスト

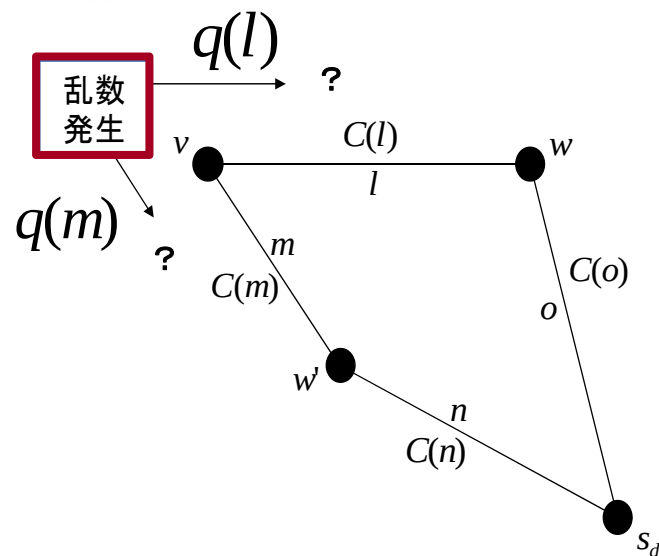
$SP(v, w)$: v から w への最小コスト

b_1 b_2 : パラメータ

ε_v : ノード v から出るリンクの集合

分析方法

選択枝のサンプリング: ランダムウォーク (Frejinger et al., 2009)



相対的迂回度

$$x_l = \frac{SP(v, s_d)}{C(l) + SP(w, s_d)}$$

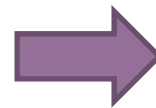
各リンクの重み

$$\omega(l | b_1, b_2) = 1 - (1 - x_l^{b_1})^{b_2}$$

リンク選択確率

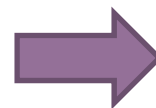
$$q(l | \varepsilon_v, b_1, b_2) = \frac{\omega(l | b_1, b_2)}{\sum_{m \in \varepsilon_v} \omega(m | b_1, b_2)}$$

b_1 が大きいほど最短経路が抽出される確率が高くなる



抽出される選択枝数が少なく推定精度が低くなる

b_1 が小さいほど迂回経路が抽出される確率が高くなる



非常に長い経路が抽出され推定精度が低くなる

$$b_1 = a + b_0 d_n \text{ でトリップ距離 } d_n \text{ による構造化 (高村ら, 2010)}$$

分析方法

サンプルングを考慮した推定

【ロジットモデル】

$$P(i | \varphi_n) = \frac{e^{\mu V_{in} + \ln\left(\frac{k_{in}}{q(i)}\right)}}{\sum_{j \in \varphi_n} e^{\mu V_{jn} + \ln\left(\frac{k_{jn}}{q(j)}\right)}}$$

サンプルングバイアスの修正項

φ_n : 選択肢集合

V_{in} : 経路 i の確定効用

μ : スケールパラメータ

$q(j)$: 経路 j の抽出確率

k_{in} : 経路 i の抽出回数

分析方法



誤差項の異分散性

- サンドイッチ推定量: 誤差項に異分散性が存在する場合にも一致性を持つ分散共分散推定量 (White, 1982)

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = [\hat{\mathbf{H}}]^{-1} \hat{\mathbf{B}} [\hat{\mathbf{H}}]^{-1}$$

$\hat{\mathbf{H}}$: ヘシアン行列, $\hat{\mathbf{B}}$: 尤度関数の一階微分のクロス積

- 最短経路距離による誤差項の構造化 (三輪ら, 2005)

$$\mu_n = \mu_0 d_n^\gamma$$

d_n : 最短経路距離, μ_0, γ : パラメータ

分析結果



サンドイッチ推定量と通常の推定量の比較

ランダムウォークパラメータを構造化した場合 ($b_1 = 10 + 0.2d_n$)

分散共分散行列推定量	Coef.	通常法		サンドイッチ	
		s.e.	t-stat.	s.e.	t-stat.
経路長 (100 m)	-2.62	0.47	-5.62	0.52	-5.00
デパート沿い経路長 × 50代以上 (100 m)	2.42	0.66	3.68	0.53	4.57
飲食店沿い経路長 × 休日 (100 m)	3.26	1.38	2.36	0.70	4.67
無店舗経路長 (100 m)	2.01	0.84	2.40	0.52	3.89
lnEPS	0.65	0.30	2.18	0.26	2.45

- 通常法では標準誤差が過大な係数もあるがt値は有意

分析結果



サンドイッチ推定量と通常の推定量の比較

ランダムウォークパラメータが一定値の場合 ($b_1 = 20$)

分散共分散行列推定量	Coef.	通常法		サンドイッチ	
		s.e.	t-stat.	s.e.	t-stat.
経路長 (100 m)	-2.48	0.43	-5.71	0.43	-5.71
デパート沿い経路長 × 50代以上 (100 m)	1.53	0.40	3.80	0.28	5.48
飲食店沿い経路長 × 休日 (100 m)	3.51	2.24	1.57	0.67	5.23
無店舗経路長 (100 m)	1.45	0.87	1.68	0.68	2.14
lnEPS	0.60	0.30	1.98	0.26	2.29

- サンドイッチ法の標準誤差はランダムウォークパラメータを構造化した場合と差がない
- 通常法では標準誤差が過大でt値が有意にならない

分析結果



誤差項の構造化(分散共分散行列はサンドイッチ推定量)

ランダムウォークパラメータ	一定値			構造化		
	Coef.	s.e.	t-stat.	Coef.	s.e.	t-stat.
経路長 (100 m)	-6.14	3.83	-1.60	-5.89	1.37	-4.30
デパート沿い経路長 × 50代以上 (100 m)	3.83	2.24	1.71	5.36	1.36	3.93
飲食店沿い経路長 × 休日 (100 m)	8.76	5.42	1.62	7.34	1.88	3.91
無店舗経路長 (100 m)	3.37	2.35	1.43	4.61	1.78	2.60
lnEPS	1.55	1.20	1.29	1.58	0.66	2.41
異分散パラメータ (γ)	-0.59	0.37	-1.62	-0.56	0.24	-2.37

- ランダムウォークパラメータが一定値のモデルでは異分散パラメータは有意にならず, 構造化モデルでは有意
- 構造化モデルでは等分散を仮定したモデルより推定精度が向上

結論

○ 得られた知見

- トリップ距離のばらつきが誤差項に異分散性を生じさせる
- 誤差項に異分散性がある場合でもサンドイッチ推定量を用いることで一致性を持つ標準偏差の推定量が得られる
- 誤差項を構造化することでモデルの推定精度が向上する

○ 今後の課題

- サンプル数を増やして政策変数を説明変数として導入