



交通ネットワーク上での パラメータ推定問題

中山晶一郎
(金沢大学 環境デザイン学系)



パラメータ推定

交通ネットワーク分析でも
パラメータ推定は重要

- OD交通量推定
- ロジットモデルパラメータ
- 経路選択等の行動モデルのパラメータ
- 旅行時間関数パラメータ



ネットワーク上の推定問題

マクロ推定

- リンク交通量による推定

ミクロ推定

- 個々人の経路選択を用いた推定



ネットワーク上の経路選択の問題

解決策

- 選択肢数が多い → Dial配分
マルコフ配分
- 選択肢間の重複 → Dial-Cロジット (Russo)
Dial-PSロジット (兵藤)
- 選択肢集合もあいまい
 - サイクル経路
 - 収束時の選択肢集合変化

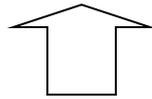
リンクベース
逐次選択



リンク交通量による推定問題

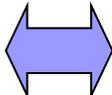
(リンク間の独立を前提とする)

最小二乗法は使えない



リンク交通量は独立ではない

リンク間相関を考慮するには,

最尤推定法 

観測リンク交通量の
生起確率の最大化



最尤法の利点

最尤推定法 \leftrightarrow リンク間相関を考慮

データが**独立同一分布**で**多量**ならば
最尤推定量は:

- 一貫性 : バイアスなく推定
- 漸近有効性: 最小分散
- 漸近正規性: 正規分布

残念ながら,

リンク交通量は**独立同一分布**ではない



ネットワーク上の最尤法の課題

交通行動分析

各個人の経路選択は独立

⇒ 最尤推定量: 一致性, 漸近有効・正規性は有

交通ネットワーク分析

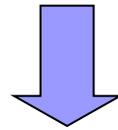
リンク交通量データは独立ではない

- 一致性? (バイアスなく推定?)
- 漸近有効性?
- 漸近正規性?

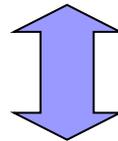


ネットワーク上の最尤法

確率的な交通量を持つ
確率的交通ネットワーク均衡



リンク交通量の確率密度関数



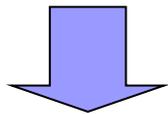
Max \Rightarrow リンク交通量の尤度関数



交通量の確率分布

確率的交通均衡配分モデル (交通量が確率的に変動)

ex. Watling(2002), 中山ら(2004, 2006),
Lam et al. (2008), 内田(2009)



μ : 平均リンク交通量

Σ : リンク交通量の分散・共分散行列

が得られる



尤度関数

リンク交通量: 多変量正規分布

リンク交通量の同時確率密度関数:
(観測交通量 \mathbf{x} の生起確率)

$$f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |\boldsymbol{\Sigma}|}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})\right\}$$

$\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}$ は θ の(陰)関数
(確率均衡より与えられる)

対数尤度関数: $L(\boldsymbol{\theta}|\mathbf{x}) = \ln f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x})$



MPEC としての最尤法

$$\max_{\theta} L(\theta | \tilde{\mathbf{x}}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$$

s.t. 確率的均衡制約
($\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}$ を与える)

L : 対数尤度関数

$\tilde{\mathbf{x}}$: 観測リンク交通量

$\boldsymbol{\mu}$: 平均リンク交通量

$\boldsymbol{\Sigma}$: リンク交通量の分散・共分散行列

θ : パラメータ, $\boldsymbol{\theta}$: パラメータベクトル



局所従属性

離れたリンクの間は独立

$\exists \kappa < \infty$

距離が κ 以上離れたリンク間は独立

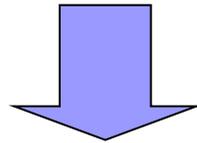
リンク交通量データ: 局所従属



局所従属下での中心極限定理と 大数の弱法則

局所従属データについて,

- 中心極限定理
- 大数の弱法則 の成立を証明

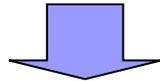


局所従属データに対する最尤推定量:
一致性, 漸近有効性・正規性

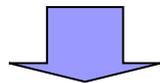


リンク交通量データによる最尤法

- ネットワークが非常に大きい
- OD交通量が偏らずに分布



リンク交通量データ: 局所従属



- 最尤推定量:
- 一緻性
 - 漸近有効性
 - 漸近正規性



問題設定

全リンクの交通量が1回のみ観測
データ: 観測リンク交通量

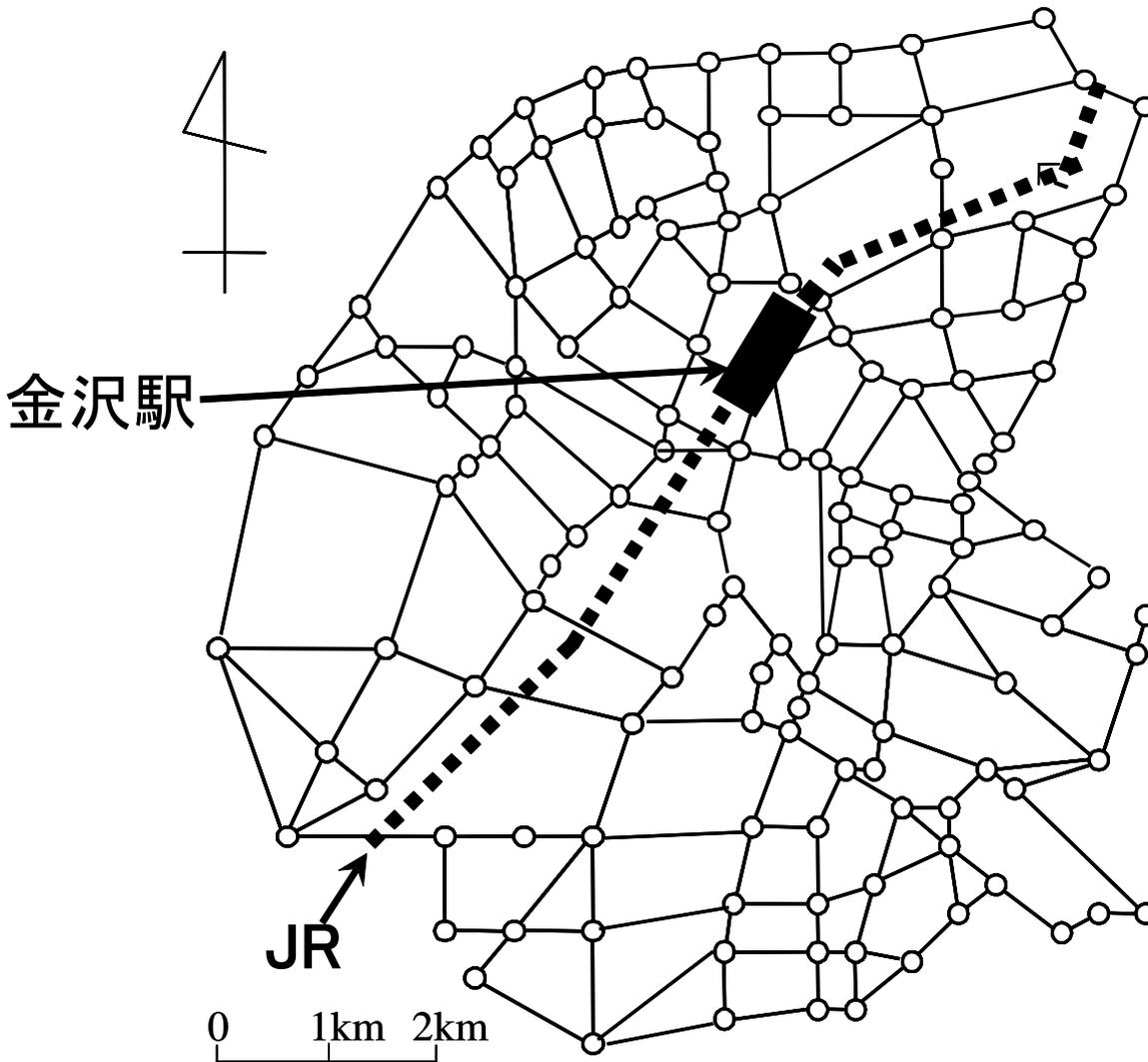
確率交通ネットワーク均衡を仮定

問題:

経路選択のロジットモデル内の
パラメータ θ の推定



対象ネットワーク



140ノード
472リンク

ODペア: 1,383
経路: 9,934



最尤法による推定結果

推定された θ : 0.169

(標準偏差: 0.00243)

t -値: 69.7

99% 信頼区間: [0.163, 0.175]

最小二乗法による推定値 : 2.08

交通行動分析と同じような推定が可能



まとめ

- 交通ネットワーク上の推定問題の課題抽出
- リンク交通量データを用いて最尤法によるパラメータ推定問題を定式化
- 局所従属の概念導入
- 局所従属データの最尤推定量の性質の解明
- 金沢ネットワークでの推定の例