



異なる尺度を持つデータの統融合手法を
援用した移動-活動シミュレーションの開発
伊藤創太
都市工学専攻修士論文,2013.

2013/6/21
理論談話会
B4 森部伸一

研究の背景

▶ 交通需要分析の変化

-PT調査・Activity based model・PP調査などの交通需要分析が行われるようになってきた

▶ 交通行動と交通政策の変化

-高齢化が進むため、非義務的な活動の分析が必要
-中心市街地活性化のために、1km四方程度の詳細な行動の記述が必要

▶ 計算技術の進展

-スーパーコンピュータの性能は3~4年で10倍になっている

研究の目的

- ▶ 交通行動の記述について、**観測 / モデリング** / 配分において整合性のもった理論をスケールごとに整理し、構築すること
- ▶ **マルチスケールシミュレーションの手法**により、計算負荷の大きい都市圏レベルで実用可能なミクロ交通シミュレーションを開発すること

今日の内容

PT / PP調査のデータの融合による活動パターン生成
マルチスケールシミュレーションの構築

第3章

PT/PPデータを用いた活動 パターン生成とデータ拡大

PT/PP調査の比較

▶ PT調査

調査形式 : 大規模・ゾーン単位(数km四方)

課題 : 時間空間の解像度が低い
記録の抜け落ちによるバイアス

▶ PP調査

調査形式 : 小規模・ドット単位

課題 : 母集団代表性がない
GPS測位誤差の考慮



PT/PP調査の長所を生かした活動
パターン選択モデルを構築したい



図: PT調査用紙とPPデータによる観測

使用したデータ

PTデータ

第五回東京都市圏PT調査(2008)
横浜市内居住者のみ抽出



図:横浜市中心部におけるPP調査小ゾーン区割

PPデータ

2008,2009,2010に行われた
データを合わせて使用
移動軌跡の観測・webダイアリーによる
目的・同行者の有無等記録

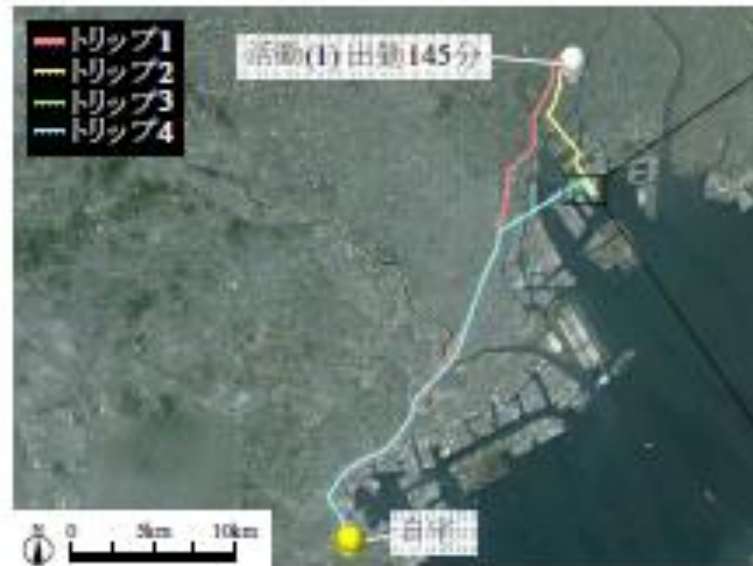
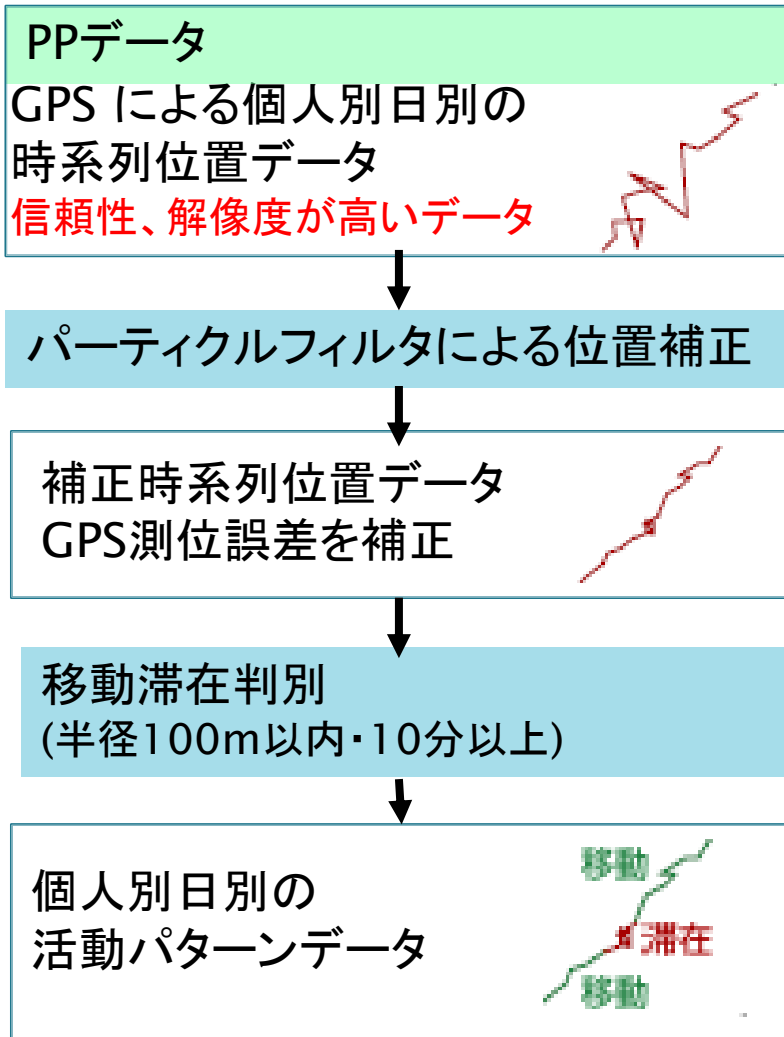


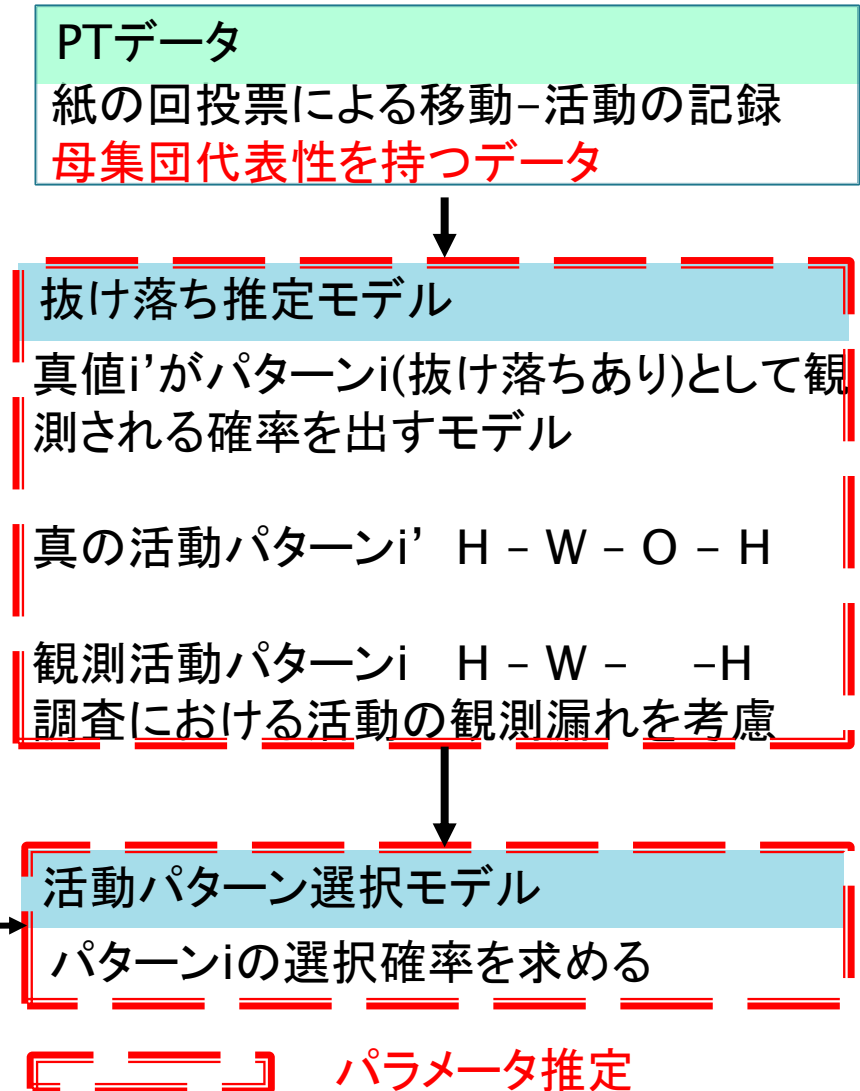
図:PP調査の観測データ例

PT/PPデータの融合による活動パターン選択モデル

個人の1日の行動



個人の1日の行動



抜け落ち推定モデル

活動パターン

1日の活動を義務(W),非義務(O),帰宅(H)の列で表す

活動ベース

Wが含まれる活動パターンをWベース、Wが含まれない活動パターンをOベースとする

パターン*i*に含まれる*j*番目の活動を a_{ij} とする。このとき、実際に行われた活動パターン*i'*がパターン*i*として観測される確率 $Pr^{obs}(i|i')$ は、活動 a_{ij} が観測される確率 $Pr(a_{ij})$ を用いて以下のように表せる

$$Pr^{obs}(i|i') = \sum_{\delta_{i'} \in \Delta_{i'i}} \prod_{j=1}^{N_{i'}} (\Pr(a_{i'j}))^{\delta_{i'j}} (1 - \Pr(a_{i'j}))^{(1-\delta_{i'j})}$$

$N_{i'}$:実際に行われたパターン*i'*に含まれる活動数

$\delta_{i'}$:活動パターン*i'*の個別の活動が観測されるかどうかの組合せ

ex.)HWOHのパターンにおいてWは観測されてOは観測されない場合

$$\{\delta_{(HWOH)_1}, \delta_{(HWOH)_2}\} = \{1, 0\}$$

$\Delta_{i'i}$:活動パターン*i'*が活動パターン*i*と観測される $\delta_{i'}$ の組合せの集合

$Pr(a_{ij})$:個別の活動の観測確率(プロビット選択モデルを用いて定める)

抜け落ち推定モデル(計算例)

$$Pr^{obs}(i|i') = \sum_{\delta_{i'} \in \Delta_{i'}} \prod_{j=1}^{N_{i'}} (\Pr(a_{ij}))^{\delta_{i'j}} (1 - \Pr(a_{ij}))^{(1-\delta_{i'j})}$$

$N_{i'}$: 実際に行われたパターン*i'*に含まれる活動数

$\delta_{i'}$: 活動パターン*i'*の個別の活動が観測されるかどうかの組合せ

ex.) HWOHのパターンにおいてWは観測されてOは観測されない場合

$$\{\delta_{(HWOH)1}, \delta_{(HWOH)2}\} = \{1, 0\}$$

$\Delta_{i'}$: 活動パターン*i'*が活動パターン*i*と観測される $\delta_{i'}$ の組合せの集合

$\Pr(a_{ij})$: 個別の活動の観測確率(プロビット選択モデルを用いて定める)

計算例

実際の活動パターン*i'* (HWOOH)が活動パターン*i* (HWOH)と観測される確率を求める。

活動パターン*i'*が活動パターン*i*と認識されるとき

$\{\delta_{i'1}, \delta_{i'2}, \delta_{i'3}\} = \{1, 1, 0\}$ or $\{1, 0, 1\}$ の2通り

$\{1, 1, 0\}$ の確率

$$(\Pr(a_{i'1}))^1 \times (\Pr(a_{i'2}))^1 \times (1 - \Pr(a_{i'3}))^{(1-0)}$$

$\{1, 0, 1\}$ の確率

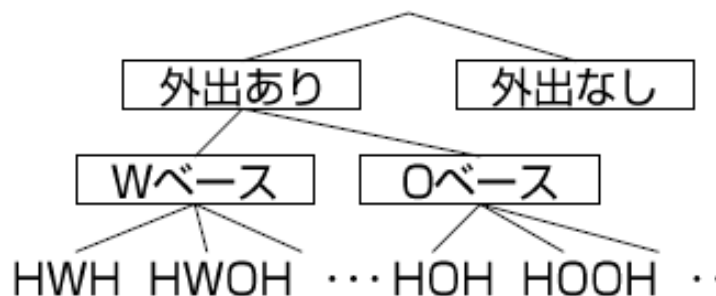
$$(\Pr(a_{i'1}))^1 \times (1 - \Pr(a_{i'2}))^{(1-0)} \times (\Pr(a_{i'3}))^1$$

和が $Pr^{obs}(i|i')$ となる

活動パターン選択モデル

ベースパターン k , パターン i を個人 n が選択する確率はNested Logitモデルを用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned} \Pr_n(i) &= \Pr_n(i | k) \Pr_n(k) \quad (i \in k) \\ &= \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_{i' \in k} \exp(V_{ni'})} \frac{\exp(\mu_{nk} V_{nk})}{\sum_{k \in K} \exp(\mu_{nk} V_{nk})} \end{aligned}$$



その他

- ・外出率についてはPTのデータより性別年齢階層別外出率を設定
- ・活動パターン別活動時間を自然対数の正規分布に従うとして仮定
- ・出発時刻も活動パターン別に定義、活動時間を平均、分散の説明変数にして正規分布に従うと仮定

第4章

都市圏規模マルチスケール シミュレーションの構築と計 算評価

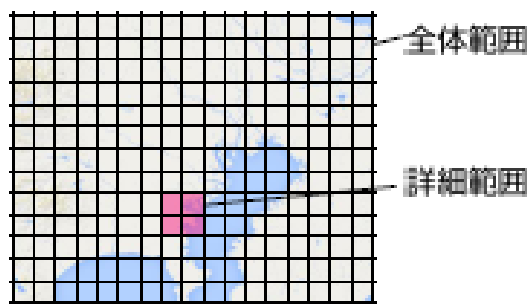
マルチスケールシミュレーションについて

マルチスケールシミュレーションの意義

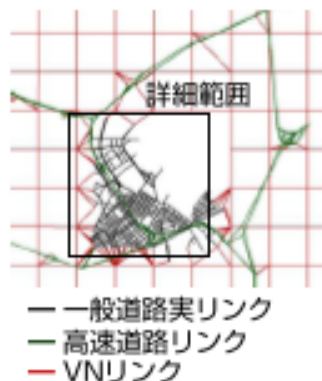
一人一人の挙動を精緻に表現したシミュレーションは首都圏規模で計算するには負荷が大きすぎる

→人の動きを詳細に把握する必要がある重要範囲と、大まかな表現で表す全体部分で、対象空間を切り分けて、マルチスケールシミュレーションを行う

マルチスケールなネットワークの生成

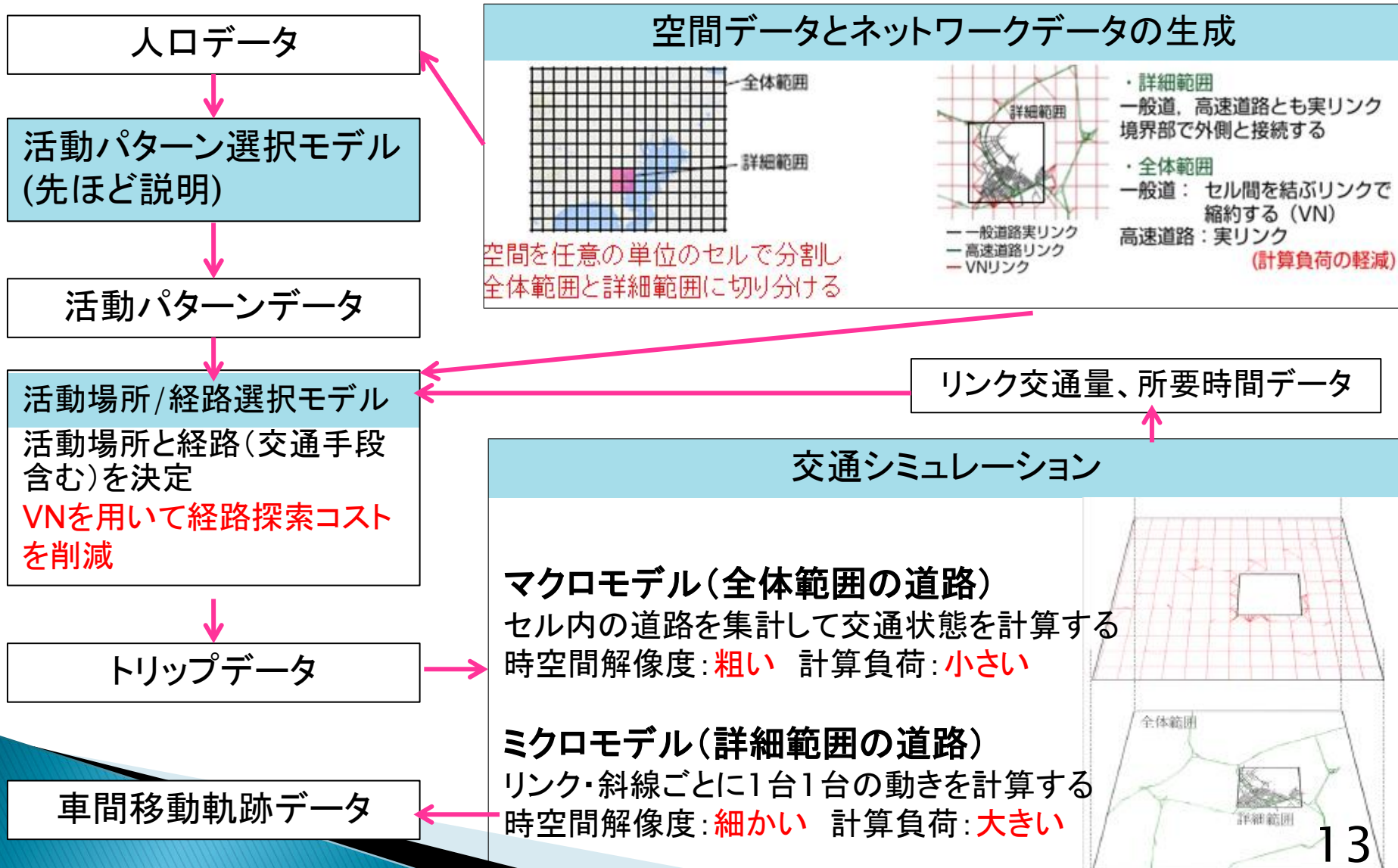


空間を任意の単位のセルで分割し
全体範囲と詳細範囲に切り分ける



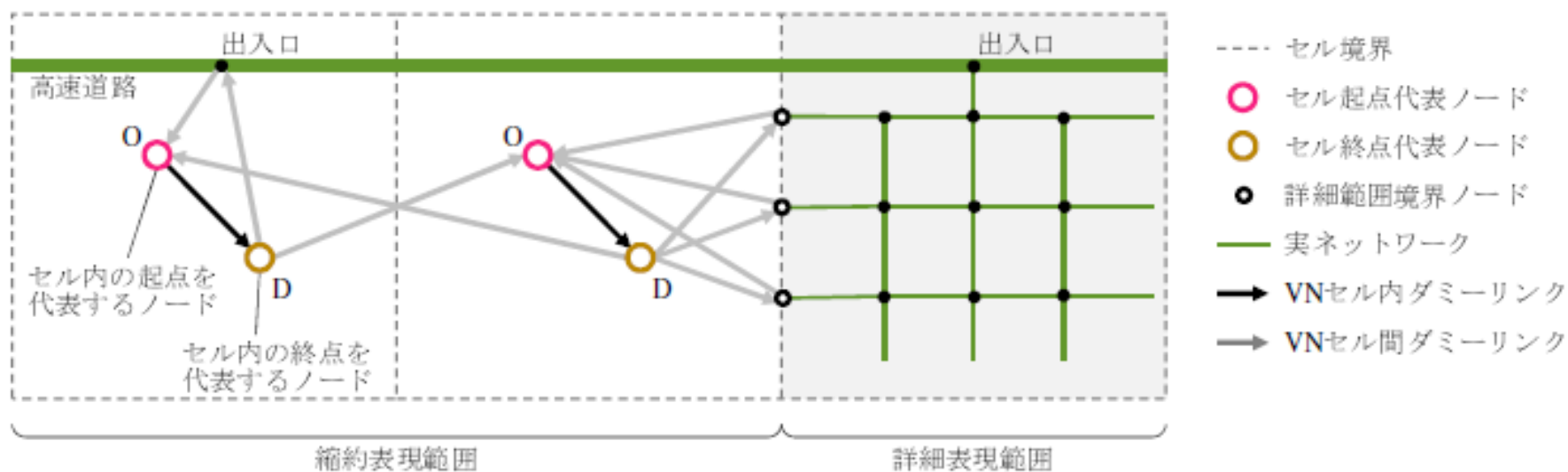
- ・ 詳細範囲
一般道、高速道路とも実リンク
境界部で外側と接続する
- ・ 全体範囲
一般道：セル間を結ぶリンクで縮約する (VN)
高速道路：実リンク
(計算負荷の軽減)

マルチスケールシミュレーションモデルの全体の構成



ネットワークの縮約表現の方法

連続体表現であるヴァーチャルネットワーク(VN)を使用



セル間のダミーリンクのコストは0

セルを通過する時間はセル内ダミーリンクで動的に与えられる

ミクロレベルの自動車挙動の計算

ミクロ交通シミュレーションSMOOTHの適用

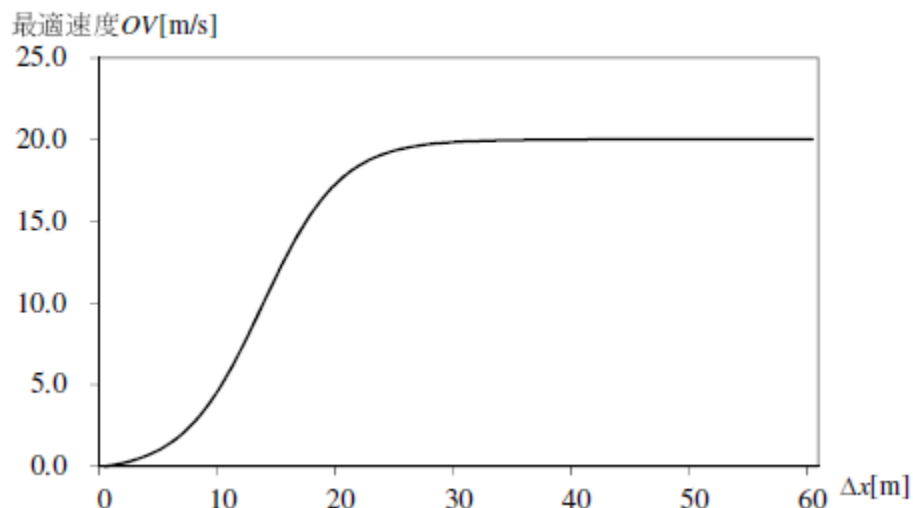
時刻 t における車両 n の最適速度 $OV_{n,t}$ は

$$OV_{n,t} = v_{max} \cdot \frac{\tanh(\Delta x_{n,t} \cdot dsc - 2.0) + \tanh(2.0)}{1 + \tanh(2.0)}$$

$\Delta x_{n,t}$: 時刻 t における車両 n と前方車両の車間距離

v_{max} : 走行車線と走行車両を考慮した走行可能な最高速度

dsc : スケールパラメータ



$v_{max} = 20.0$ [m/s], $dsc = 0.15$ のとき
車両距離と最適距離の関係

時刻 t における車両 n の加速度 $a_{n,t}$ 速度 $v_{n,t}$ 位置 $x_{n,t}$

$$a_{n,t} = (OV_{n,t} - v_{n,t-1}) / \Delta t$$

$$v_{n,t} = v_{n,t-1} + a_{n,t-1} \Delta t$$

$$x_{n,t} = x_{n,t-1} + v_{n,t} \Delta t$$

Δt : 計算間隔

マクロレベルの自動車挙動の計算

セル内の交通状況が一様であると仮定し、セル内ダミーリンクを通過する所要時間は、セル流入時の集計的な交通状況をもとにして以下のように設定

$$t_c = t_{c0} \left(1.0 + \alpha \left(\frac{Vol_c}{Cap_c} \right)^\beta \right)$$

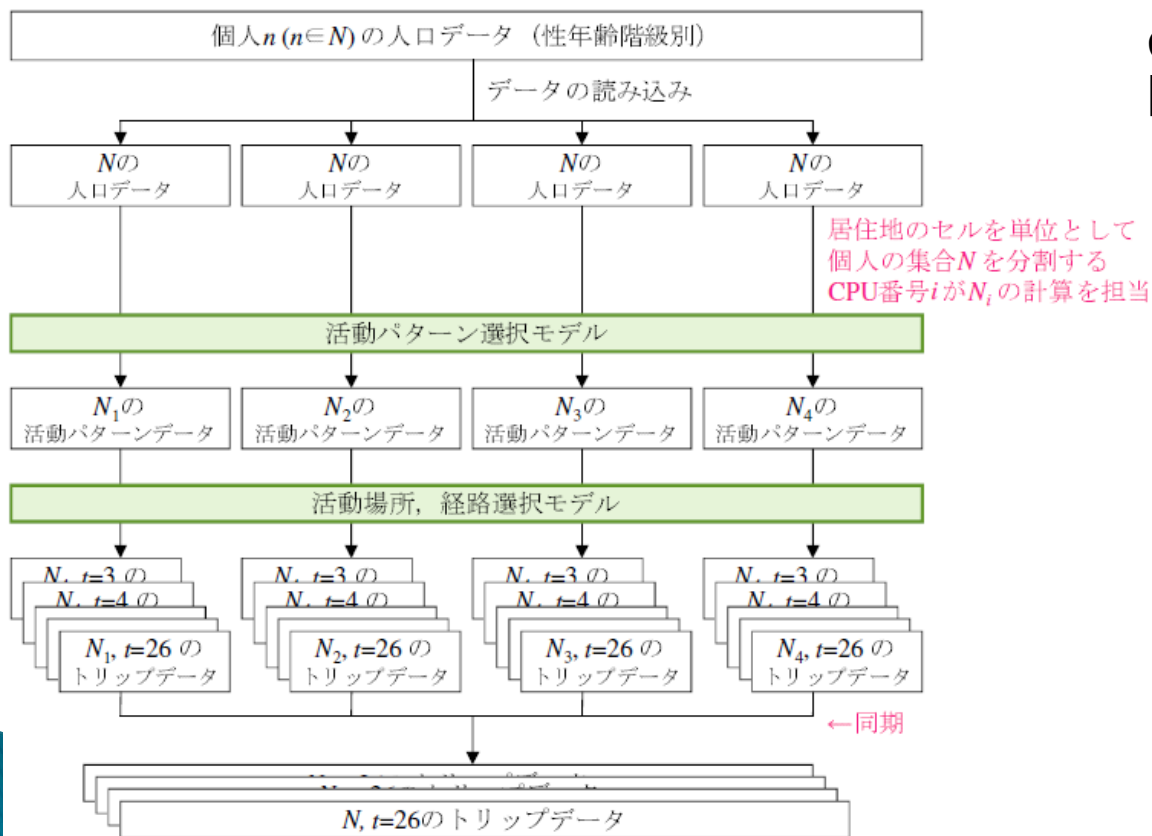
t_c :セルcを通過する所要時間

Vol_c :セルc内の交通量

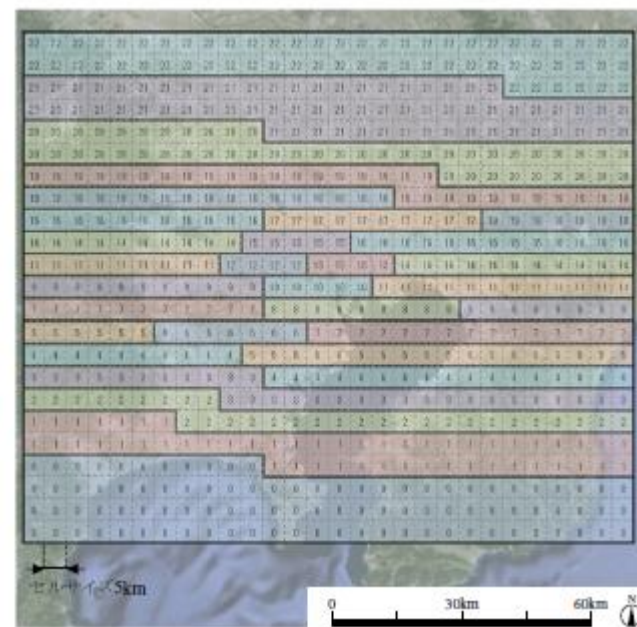
Cap_c :セルc内の一般道総延長(リンク長×車線数)

計算方法：並列計算

個人に適用されるモデルは同一のモデルであり、それらの計算プロセスは複数の演算処理装置を用いることで、左下の図のように並列化することが可能



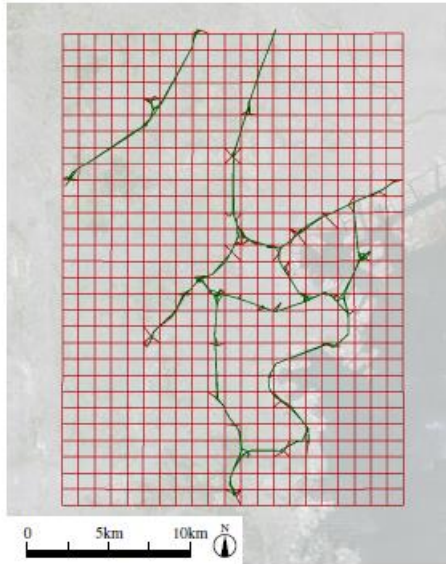
CPUごとに人口按分で担当する範囲を決める



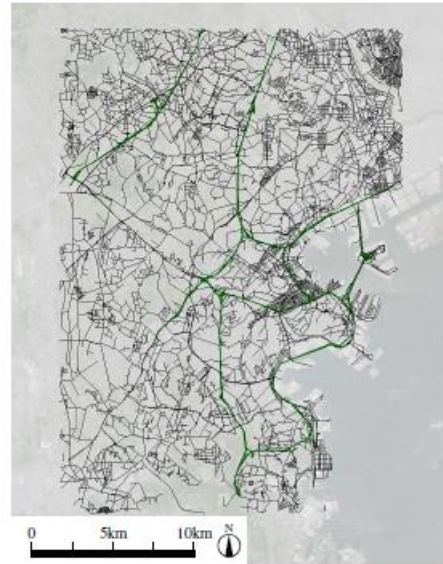
VNを用いた計算の評価1

横浜市周辺453万人規模の計算

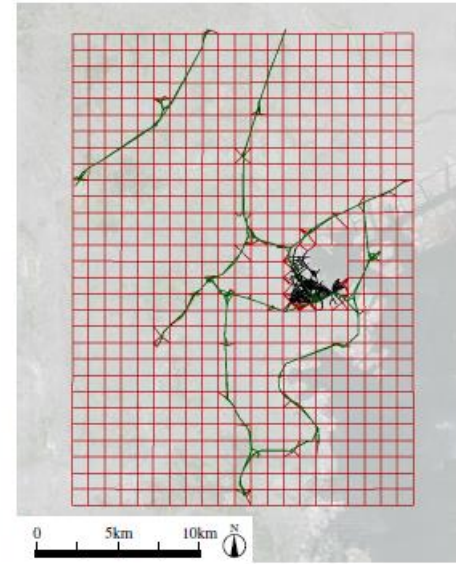
凡例: — 一般道路実リンク — 高速道路リンク — VNリンク



(a) 全範囲VN(1kmセル)の場合



(b) 全範囲実ネットワークの場合



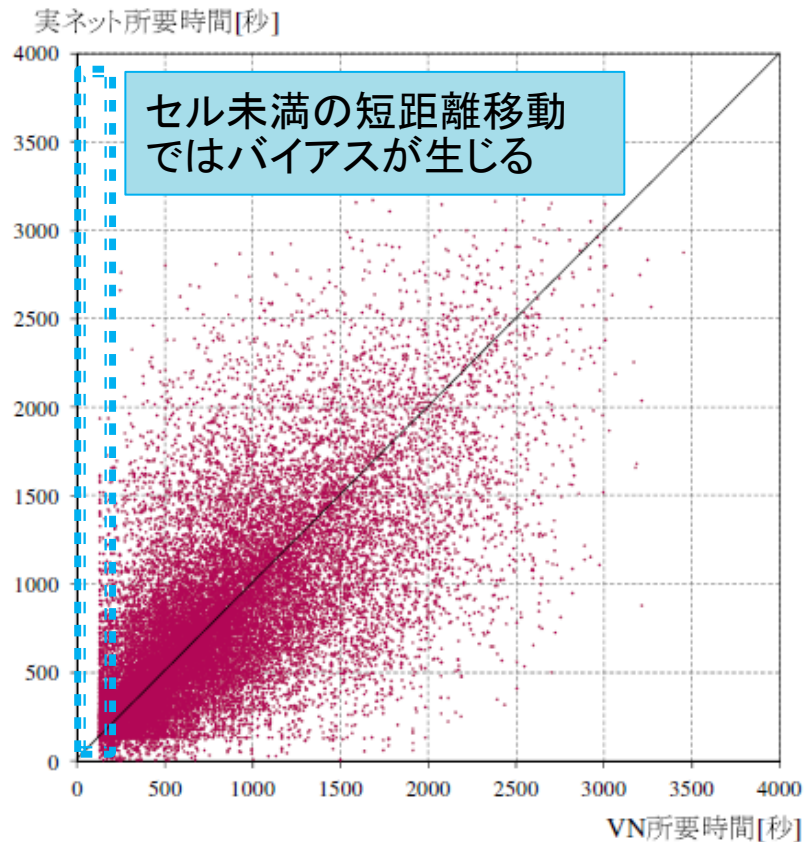
(c) マルチスケールネットワークの場合

ノード数	1899	13953	2439
リンク数	4175	34912	5972
経路探索 所要時間[s] (24時間分)	1172	1644	1195
フロー計算 所要時間 (1時間分)	209	7529	818

VNを用いた計算の評価2

所要時間

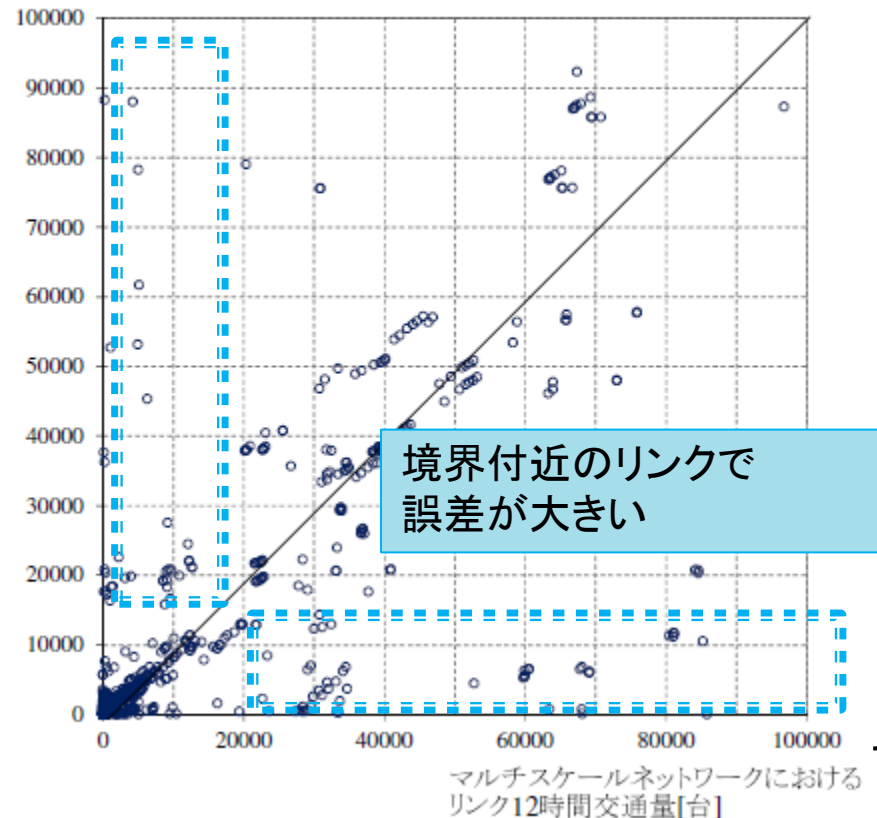
実ネットワーク/VN のシミュレーション
OD 所要時間の比較



リンク交通量

実ネットワーク/マルチスケールのリンク
交通量の比較

実ネットワークにおける
リンク12時間交通量[台]



感想

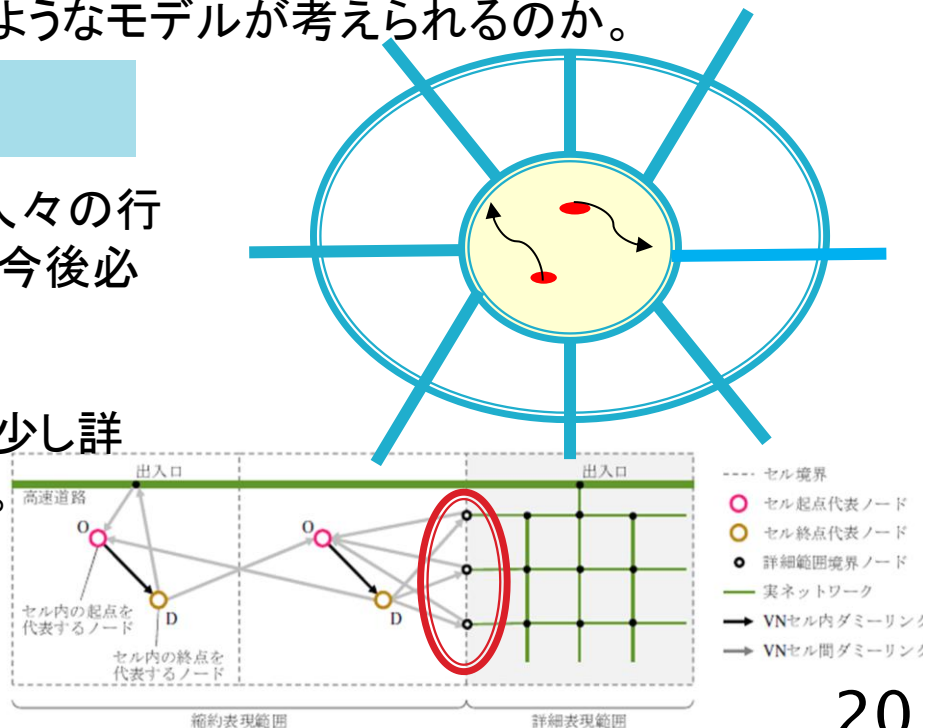
PTデータをPPデータを用いて補正

PPデータを中心としたモデルは作れないのか。
(もちろんPTデータという母集団代表性のあるデータがあるのだから融合すべき)
PPデータを用いることで、交通手段や目的に関する程度の精度で推定できるのではないか。
プライバシーの問題から、データ量や個人属性には欠点があるが、そこをどうしていくのか。
また、大量のPPデータが入った場合には、どのようなモデルが考えられるのか。

マルチスケールシミュレーション

あくまで調べたいのは、実ネットワークの中の人々の行動なのだから、接続部の誤差にこだわるのが今後必要だと考えられる。

実ネットワークとの接合部分VNに関してはもう少し詳細な計算をしていくことは可能なのではないか。



付録

PT/PPデータの活動パターン比較

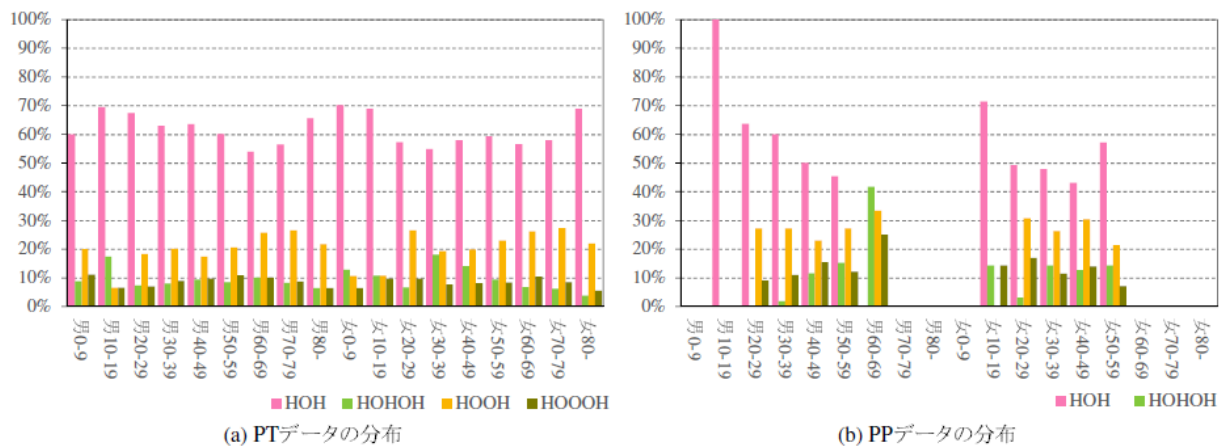


図 3.10 PT/PP データの性別年齢階層別 O ベース活動パターン分布

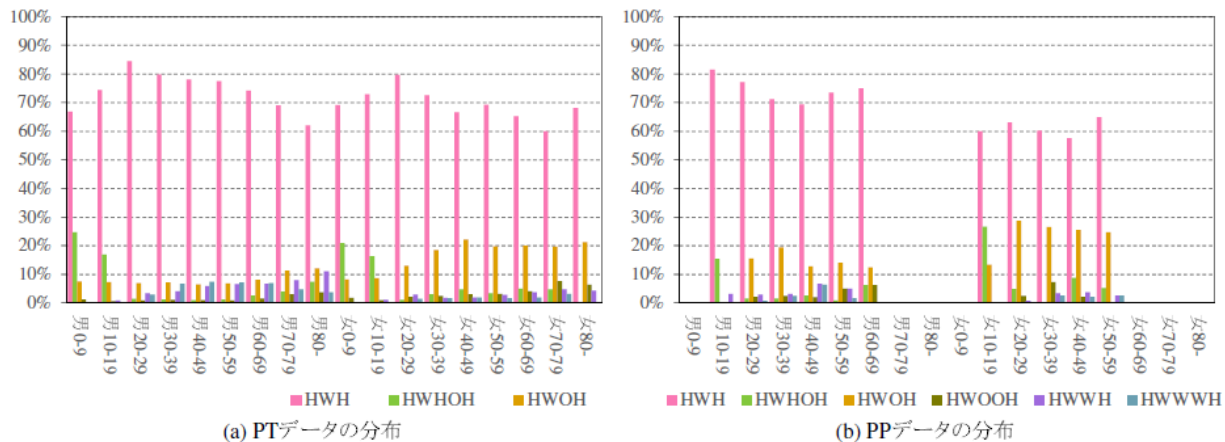


図 3.11 PT/PP データの性別年齢階層別 W ベース活動パターン分布

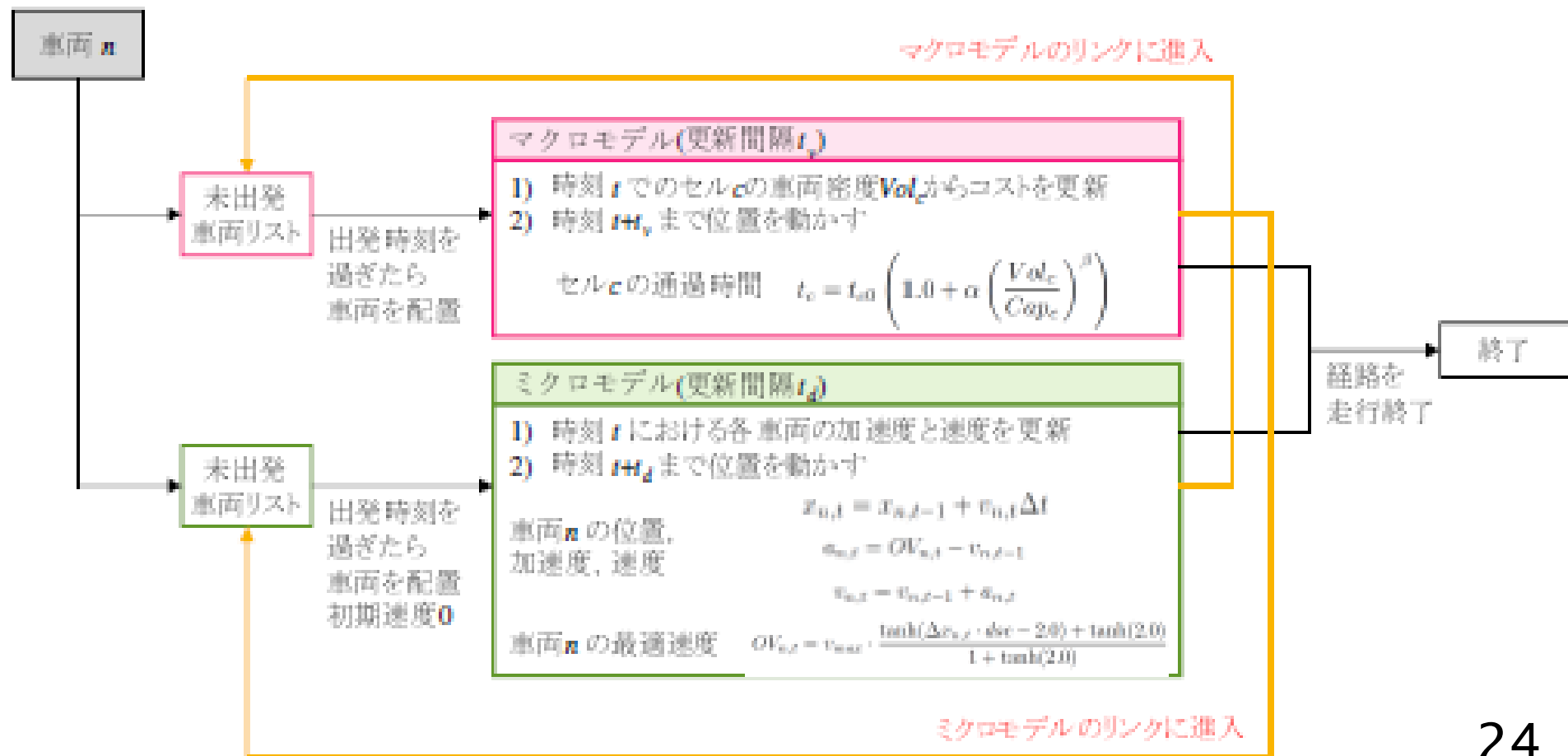
マクロレベルの自動車挙動の フロー関数のパラメータ推定

10km²の道路ネットワークについて
出発地・到着地・出発時刻を乱数発生

OD間の最短経路を経路としてトリップを生成

発生させたトリップを実ネットワーク上でのミクロレベル
シミュレーションで流して、全車両を軌跡を求め5分ごと
にセル内の車両密度と平均セル通過時間を集計し最
小二乗法によってパラメータを推定

マルチスケールシミュレーションモデル 車両移動計算フロー



活動場所・経路選択モデル

- ▶ 活動場所と経路の選択に関してもNested Logitモデルを用いて説明(帰宅時は経路のみを選択)
- ▶ 活動場所は、全セルからランダムに20肢列挙し推定説明変数(経路選択モデルの結果を用いたログサム変数・事業者数・従業員数・居住人口・病院数・学校数)
- ▶ 経路は、自動車・公共交通・自転車・徒歩についてそれぞれ設定