

縮約ネットワークを用いた 経路選択と交通状態推定

伊藤 創太¹・羽藤 英二²

¹学生会員 東京大学大学院 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: itoh@bin.t.u-tokyo.ac.jp

²正会員 東京大学大学院 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

都市圏レベルでの交通管制や将来予測において、従前の四段階推定法に代わって非集計のアクティビティモデルベースの交通シミュレーションモデルが用いられつつある。ネットワーク上での交通配分とミクロ交通シミュレーションを用いた分析手法は交通需要の発生要因の相互依存・相互作用の考慮や、個人の行動や都市生活の形態の多様化を考えると有用性は高いが、計算負荷や選択肢集合の考慮などの課題も多い。本研究では、ネットワークデータを縮約したバーチャルネットワークを用いて一般道路/高速道路/公共交通を統合的に記述する方法を提案し、縮約ネットワークの密度による計算負荷や精度を検証する。また、縮約ネットワークと実ネットワークを一体的に用いて都市空間での交通フローを記述するモデルを提案する。構築したシミュレーションでは、中心市街地施策による経路選択や交通状態の変化を地区内と都市圏を結び付けて表現し、分析を行う。

Key Words : *reduced network, probe person data, traffic flow assignment*

1. はじめに

1.1. 本研究の背景と目的

都市圏での交通需要分析では、従来四段階推定法が手法として確立され用いられてきた。しかしながら、四段階推定法はパーソントリップ (PT) 調査などのゾーン単位でのデータを用いていることから、中心市街地の空間改変の問題や、高齢化社会を背景とした小さな圏域で行われるような交通行動の分析には対応することができない。また、従来の手法では交通需要の発生、分布、分担、配分がそれぞれ独立したモデルであり、それらの選択間での相互依存が考慮されておらず、また個々人の多様な価値観や交通行動の異質性を表すこともできない。

こうした問題を解決することから、近年では非集計型のデータを用いた行動理論を基盤とした活動モデルやシミュレーションモデルによる交通需要予測が開発されるようになってきている。その背景として、プローブパーソン (PP) データや検知器データなど新たな技術や計算機、通信の技術進歩による継続的かつ高精度のデータが取れつつあることがあり、これらの豊富なデータをどのように利用して交通需要予測や交通管制へと活用していくかが関心となっている。

本研究では、都市圏レベルで適用が可能な統合型ミク

ロ交通シミュレーションを開発することを目標とする。複数交通手段で統合的に交通行動を扱うモデルでは、円山(2004)¹⁾や金森ら(2009)²⁾はNested Logit モデルでの交通手段と経路の選択モデルを構築している。本研究では、統合的な経路選択を表すモデルとして、自動車交通と公共交通のネットワークを一般化費用から経路が選択される枠組みで記述する。このとき、都市圏規模の計算を行う場合、道路ネットワークをはじめとしてネットワークの規模が大きくなり、経路探索や配分計算が膨大になることが問題となる。道路ネットワーク情報の縮約については、ネットワークデータを再連結してリンク・ノード数を減らす方法を提案した安田ら(2004)³⁾などの例が既往研究に存在する。

ここでは、道路上の行動について出発地から到着地までの途中の厳密な経路は必ずしも必要がないと考え、山川ら⁴⁾でプローブデータの情報パッケージとして提案された、空間をセル単位で分割してネットワークを集約化するバーチャルネットワーク (VN) によりネットワークを記述する方法を導入する。縮約ネットワークを用いる場合、解像度を粗く取れば計算負荷は軽くできる一方、蓄積される誤差が拡大するトレードオフの関係が存在する。VNの大きさによる計算規模と誤差、そして収束性

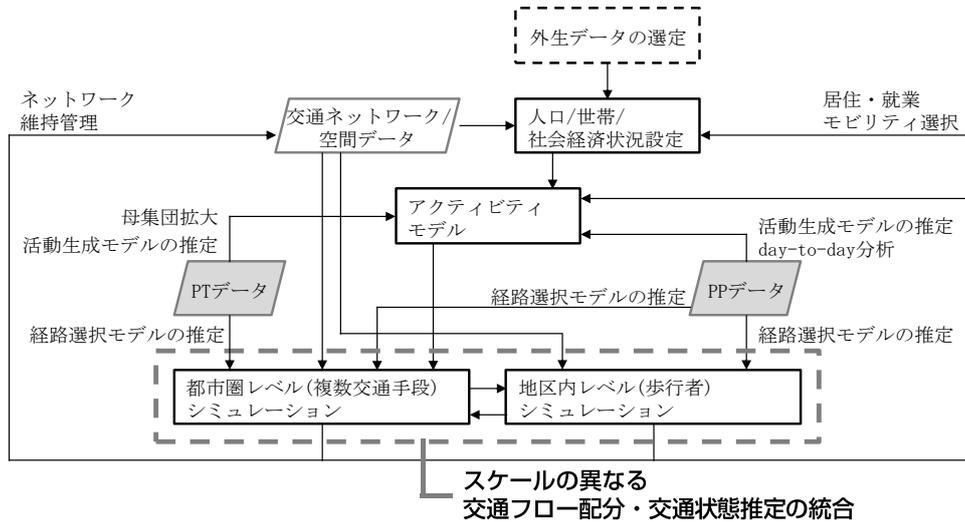


図1 シミュレーションモデルの全体フレームワーク

表1 プローブパーソンデータを用いた
スケール別モデルの概要

	アクティビティレベル	ネットワークレベル	地区内レベル
Model	活動内容選択 目的地選択 交通手段選択 相互作用	均衡配分 追従理論	経路選択 相互作用
Input	PTデータ PPデータ 交通センサス	交通フロー PPデータ 交通ネットワーク LOSデータ 駐車場データ 検知器データ	PPデータ 交通ネットワーク 図面 動画データ 交通フロー
Output	活動場所 OD交通量	経路データ 経路交通量 時系列位置座標	経路データ 時系列位置座標
Parameter	交通ネットワーク 居住/従業人口分布	所要時間, 料金 割引因子, 学習	目的地, 街路環境 進行角度, 相互作用

について議論を行うことにより、適正なサイズについて考察を行う。

都市圏レベルの交通行動の計算では、注目すべき都心部は実ネットワークを用いて自動車交通及び歩行者交通を表し、郊外部はVNで記述することにより、詳細部分の行動も考慮しながら、より計算負荷の少ない都市圏レベルでの交通の配分を可能とする。本研究では、都心部-郊外部を接続した計算でのシナリオ分析例を提示し、一体的に用いて評価する方法も提案する。

本論文では、2章で目標とするシミュレーションモデルのフレームを示し、3章でVNを用いた計算設定を示す。4章ではVNのセルの大きさによる特性の違いを議論する。5章では、神戸都市圏を対象とした実証分析により実ネットワークとVNを接続した方法を用いて、駐車場施策や街路空間変更の簡単な評価を試みる。

2. シミュレーション全体の構成

本研究では、PPデータ、PTデータなどのデータを統

合的に用いて、都市圏レベルでの交通行動を記述する非集計型のシミュレーションモデルの構築を目指す。非集計型のシミュレーションモデルについては、飯田ら(2000)⁵⁾の生活行動シミュレータPCATSとマイクロ交通シミュレーションDEBNetSを統合させたモデルや、Waddell et al. (2003)⁶⁾のUrbanSim, Goulias et al. (2012)⁷⁾のSimAGENTなどが存在するが、地区内での動きや細かな交通行動などに注目したモデルは存在しない。

シミュレーションモデルの全体のフレームを図1に示す。PPデータやPTデータを用いてアクティビティモデルやネットワーク上での交通行動モデルを構築する。その中でも交通行動の記述においては、都市圏レベルの複数交通手段の選択を含むスケールと、地区内の歩行者行動の記述といった、スケールの異なる交通フロー配分や交通状態推定が必要となる。スケール別のモデルの概要を表1に示す。それぞれの個別のスケールでは、表現する対象もデータも異なり、それらを交通フローの受け渡しによりどのように接続させるかが課題となる。各レベルでのモデルの概要と接続関係を説明する。

2.1. 人口、世帯の発生モデル

都市圏単位を対象としたシミュレーションモデルでは、まずはじめに人口構成や社会経済属性の設定が必要となる。国勢調査やPTデータなどで直接取得されているデータや、従業地分布等のデータにより、都市圏での人口分布や土地利用分布をシミュレーションの中で変数として扱うことを試みる。また、自動車保有モデルや住宅保有モデル、職業選択モデルを個人属性や社会条件設定から推定し、各世帯や個人の設定を推定するアプローチも考えられよう。推定したモデルでは、この後の活動や交通行動に関するモデルの説明変数とするべき変数を考慮し、非集計モデルを適用する母集団を設定することを考える。

2.2. アクティビティモデル

活動の発生に関するアクティビティモデルである。離散選択モデルや重力モデルが用いられ、活動内容、活動場所、交通手段などが推定対象となる。

都市圏を対象としたシミュレーションを考える場合、非集計モデルで推計した交通行動を、母集団全体に拡大して、時空間的に分布する交通需要量を予測するため、PPデータなどの小サンプルの非集計データと、PTデータや道路交通センサなどの母集団分布への拡大が担保された集計データとのデータフュージョン手法が必要となる。伊藤・羽藤(2012)⁹ではPP/PTデータを用いた融合的な活動発生モデルを検討している。Chandra (2008)⁹のMDCEVモデルでは、離散連続モデルのアプローチから活動への時間配分のモデルが提案されている。

モデルで用いる説明変数に交通のサービスレベル等のデータが用いられる場合、次ステップ以降の交通量配分や交通流シミュレーションによる結果をフィードバックし、交通需要が収束するまで計算を繰り返すことにより、四段階推定法の欠点であった誘発需要の考慮や、意思決定間の相互依存の影響の考慮を行うことができる。

この段階で活動に伴う交通行動からなるOD交通量と、出発時刻の分布を求めることができる。

2.3. ネットワークフローモデル

ネットワークフローモデルでは、主にグラフ表現されたネットワーク上における交通量配分を扱う。ネットワーク上での均衡配分理論に必要なOD表は、アクティビティモデルから受け渡すことを考える。ネットワークデータに基づいた交通フロー計算が分析には必要となるため、ネットワークデータの作成や処理方法自体も計算過程において検討対象となる。配分方法も静的、準動的、動的など、多くの方法が適用されている。

動的な交通流の再現のためには、追従理論を用いたマイクロ交通流シミュレーションが用いられる。近年の計算機処理速度の向上により、交通現象を個々の車両の挙動単位で再現することが可能となりつつある。個々の車両挙動とそれらの相互作用の記述により、道路混雑渋滞の正確な再現や、車線変更挙動の影響などが評価する。シミュレーションアプローチによる交通流の再現では、車線変更や車間距離に関する加減速モデルを設定する。

また、経路の選択についても、従来得ることが難しかった経路の観測が、GPS機器や携帯端末技術の向上により、可能となっている。さらに、加速度データから交通機関の判別が可能となることを羽藤ら(2012)¹⁰は示している。PPデータなどの移動軌跡データとネットワークデータを組み合わせることにより、オンライン/オフラインでの通行経路の同定や、確率的な推定が可能となる。

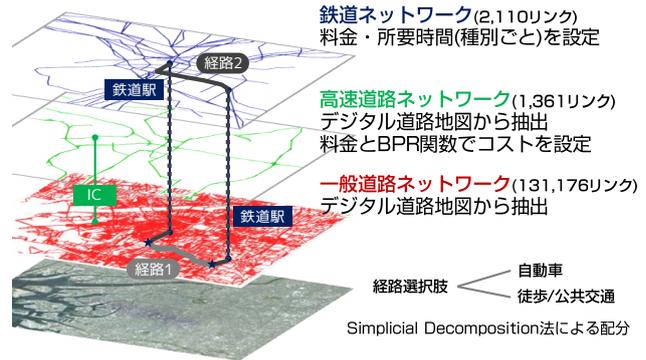


図2 設定ネットワーク全体フレーム

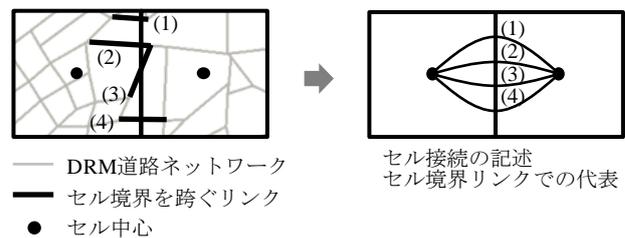


図3 バーチャルネットワークの構築

3. 都市圏レベルシミュレーション

都市圏レベルの交通行動の配分計算では、道路ネットワークをはじめとしてネットワーク規模による計算負荷が課題となる。本研究では、縮約したネットワークを用いて、都市圏レベルと地区内レベルを結合させた一般道/高速道路/公共交通を用いた広域交通量配分を行う。

3.1. ネットワークの設定

経路は一般道/高速道路/公共交通をそれぞれのレイヤーごとに設定して結合したネットワーク上で探索を行う。設定ネットワークの全体フレームを図2に示す。それぞれの階層は、リンクのコストは各交通手段別のネットワークごとに決定され、交通ノードである駅や駐車場で結合されることで、連続的に経路が設定可能となるようにする。ネットワークのフレームを図に示す。一般道路のネットワークと高速道路ネットワークは、インターチェンジやランプで、接続リンクを用いて結合する。また、一般道路のネットワークと鉄道ネットワークは、鉄道駅にて接続リンクを用いて結合する。接続リンクでは高速道路の均一料金や鉄道の初乗り運賃が加算される。

経路探索例を図中に示す。星印間の経路1では一般道を通る自動車経路が、経路2では鉄道駅の接続リンクを経由して鉄道ネットワークを通る経路を表している。これらの経路は一般化費用を用いて同一の枠組みで経路探索が行われる。

3.2. 一般道路ネットワーク

一般道路のネットワークは、デジタル道路地図 (DRM) から作成する。都市圏レベルでは道路ネットワークは膨大な量となり、全ての実道路を計算で考慮することは困難である。計算負荷の軽減方法として、本研究では、VNを用いて表すこととする。

DRMデータを用いたVNの構築方法を図3に示す。VNは、空間をセルで分割し、隣接セル間の接続関係をセル中心間を結ぶリンクで代表させて表現する方法である。DRMデータをもとに、隣接したセル同士の境界を跨ぐリンクが存在する場合は、そのリンクがセルの中心同士を結ぶものとして、リンクを張ることでネットワークを形成する。

本研究での自動車の経路では、都心部は実ネットワークで表し、外側の厳密な経路が重要でない部分はVNで表す。VNと各セルの実ネットワークの間は、各辺ごとに接続関係をリンクコスト0の仮想リンクで結んでネットワークデータの一部として用意しておく。実ネットワークとVNを組み合わせたネットワーク上での経路探索は連続的に行われる。

リンクコスト関数はBPR関数を用いて以下のように表す。

$$t_a = t_{a_0} \left(1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right) + \frac{f_a}{\omega} \quad (1)$$

t_{a_0} : 自由旅行時間 (制限速度で走行時の所要時間)

C_a : リンク交通容量

x_a : リンク交通量

f_a : 走行コスト (リンクに対応した料金)

ω : 時間価値

α, β : パラメータ

本研究では、パラメータを $\alpha=1.0$, $\beta=3.0$ として設定した。また、交通容量は、道路構造令にの設計基準交通量を参考に、1500台/時間/車線で設定した。

3.3. 高速道路ネットワーク

高速道路ネットワークは経路データが一般街路に比して大きくないため、実ネットワークデータを用いる。デジタル道路地図中から高速自動車道と都市高速道路を抽出して作成する。高速道路ネットワークでのリンクコスト関数も、式(1)同様のBPR関数により設定する。

リンク通行料金については、初乗り料金にあたるターミナルチャージは入口ランプまたは料金変更部で加算し、対距離料金は各リンクで加算されるものとする。阪神高速道路料金は、2013年現在距離制料金となっているが、キャリブレーションで用いるデータが2010年のパーソナルトリップ調査データであることから、ここでは当時のエ

リア別均一料金を用いて計算を行う。なお、時間価値については、国土交通省の乗用車の時間価値原単位40.10円/分を参考に、40円/分とする。

3.4. 公共交通ネットワーク

公共交通については各駅間にリンクを設定し、駅間での移動に要する所要時間と運賃からコストを設定する。

公共交通における運賃と所要時間についてネットワーク上で均衡配分を行う場合、通常は経路のコストがリンクごとのコストの線形和によって表される。しかしながら、大都市圏での鉄道サービスでは長距離の都市間輸送を担っていることから、速達列車が多く設定され、そうしたサービスの影響により通勤圏や生活圏の拡大がみられる。今回対象とする京阪神圏で並行する路線間で競合する区間について、速達列車の設定や、特別割引運賃の設定がみられる。

リンク従属的でないリンクコストの設定は、Yang et al. (2004)¹¹や井上(2005)¹²でみられ、本研究においても列車種別別のハイパーネットワークを用いて特定の駅間のコストを設定し、公共交通の所要時間について均衡配分計算を行った後に交通フローについてはもとの路線に割り当て直す方法で計算を行う。

3.5. 配分計算

本分析では、ロジット型SUE配分に対するSimplicial Decomposition法を用いて都市圏レベルのネットワーク上での確率的利用者均衡配分を行う。Simplicial Decomposition法は経路を明示的に扱うことができることが特徴であり、本分析においては初期の経路集合に自動車と公共交通のそれぞれの経路を列挙して計算が可能となるため、適用した。また、Larsson and Patriksson (1992)¹³ではFrank-Wolfe法などに比べてSimplicial Decomposition法は収束が早いことが示されている。

計算ステップは以下の通りである。

Step 0: 初期可能実行解の準備

ODペア rs の経路集合を K_{rs} として、各リンクの交通量が0のときのリンクコストパターン $t_a^{(0)}$ のもとで自動車経路と公共交通経路のそれぞれの最小コスト経路を探索し、2つの経路を K_{rs} に加える。初期経路交通量はロジット型の選択確率式より、以下のように求める。

$$f_{rs,k}^{(1)} = q_{rs} \frac{\exp(-\theta_{rs,k}^{(1)})}{\sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta_{rs,k}^{(1)})} \quad (2)$$

$f_{rs,k}^{(1)}$ によるリンク交通量を $x_a^{(1)}$ とする。繰り返し回数を $m=1$ とする。

Step 1: 初期設定

$x_a^{(n)}$ に対するリンクコストを $t_a^{(n)}$ とする. $t_a^{(n)}$ のもとで最小コスト経路探索を行い, 得られた経路を K_{rs} に加える.

Step 2: 部分線形化問題を解く

Step 2-1: 降下方向の探索

K_{rs} の全経路の経路コストを求める.

$$c_{rs,k}^{(n)} = \sum_{a \in A} t_a^{(n)} \delta_{a,rs,k} \quad (3)$$

ロジック型選択確率式を用いて, 補助経路交通量 $g_{rs,k}^{(n)}$ およびそれに対するリンク交通量 $y_a^{(n)}$ を計算する.

$$g_{rs,k}^{(n)} = q_{rs} \frac{\exp(-\theta c_{rs,k}^{(n)})}{\sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta c_{rs,k}^{(n)})} \quad (4)$$

$$y_a^{(n)} = \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K_{rs}} g_{rs,k}^{(n)} \delta_{a,rs,k} \quad (5)$$

Step 2-2: 一次元探索

以下の一次元探索問題を解き, 目的関数 Z を最小化するステップサイズ α を求める.

$$\min_{\alpha} Z(x^{(n)} + \alpha^{(n)}(y^{(n)} - x^{(n)}), f^{(n)} + \alpha(g^{(n)} - f^{(n)})) \quad (6)$$

ただし, $0 \leq \alpha^{(n)} \leq 1$ である.

Step 2-2: 打ち切り判定

$g^{(n)} \doteq f^{(n)}$ ならば, $f^{(n)} = g^{(n)}$ として Step3 に進む. そうでなければ, $n=n+1$ として Step2-1 に戻る.

Step 3: 収束判定

収束条件が満たされていれば, リンク交通量 $x_a^{(n+1)}$ と経路交通量 $f_{rs,k}^{(n+1)}$ を解として終了する. そうでなければ, $m=m+1$ として Step1 に戻る.

4. バーチャルネットワーク縮約密度の考察

4.1. セルの大きさの設定

ここでは, セルの違いによる計算負荷と計算精度について, 考察を行う. VNではセルの大きさ次第で, ネットワークの密度を変化させることができる. セルサイズ及びその形状を変化させて実際のDRMデータに対して適用させた例を図4に示す. 図のように, セルサイズを細かくとるほど実ネットワークに近づいていき, また粗くとるほどネットワークの規模は小さくなり, 簡素化される.

4.2. 計算負荷と計算結果

ここでは, ベンチマークテストとして, 図4に示した2次メッシュ1区画にあたる約11km×約9kmの範囲について, VNを構築して配分計算を行う. ネットワーク上に流すデータはPTデータのうち代表交通手段が自動車であり, 範囲内のセントロイドを出発または到着するも

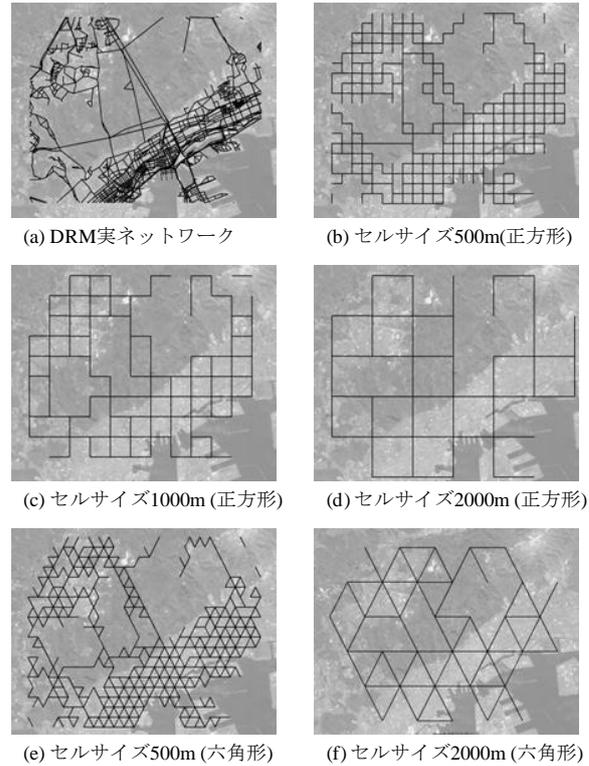


図4 VNの設定例

表2 セルの違いによる計算コストとデータ容量

セル形状: 正方形			セル形状: 正六角形		
セルサイズ[m]	収束計算時間[s]	NWデータ容量[KB]	セルサイズ[m]	収束計算時間[s]	NWデータ容量[KB]
(DRM)	25.40	2179	(DRM)	25.40	2179
500	7.63	361	500	25.85	497
1000	4.21	114	1000	4.31	146
1500	2.02	69	1500	3.16	86
2000	1.43	44	2000	1.59	51

表3 セルの違いによる収束状況

計算反復回数	セルサイズ			
	500m	1000m	1500m	2000m
1	26.7915	25.9129	17.6789	17.2134
2	26.6939	23.1569	17.2174	15.9596
3	26.6825	23.1529	16.7491	15.8848
4	26.6808	23.1524	16.0058	15.8595
5	26.6806	22.7519	15.9351	15.6876
6	26.6805	22.7430	15.9351	15.6876
7	26.6805	22.7245	-	-
8	-	22.6381	-	-
9	-	22.6381	-	-
10	-	-	-	-

※目的関数値の単位は[10⁴s]

のを抽出して配分した. 簡単のため, 通過交通等は考慮しない.

表2に, セルサイズおよびセル形状を変化させた時の配分計算の収束に要する時間およびネットワークのデータ容量を示す. 表中には参考として, DRMの実データをそのまま利用して配分を行った結果も示している. セルサイズを細かくするほど収束計算に時間が掛かっていることがわかる. 今回の試行の範囲では, 500m間隔の



図5 神戸市中心市街地の内外接続ポイント

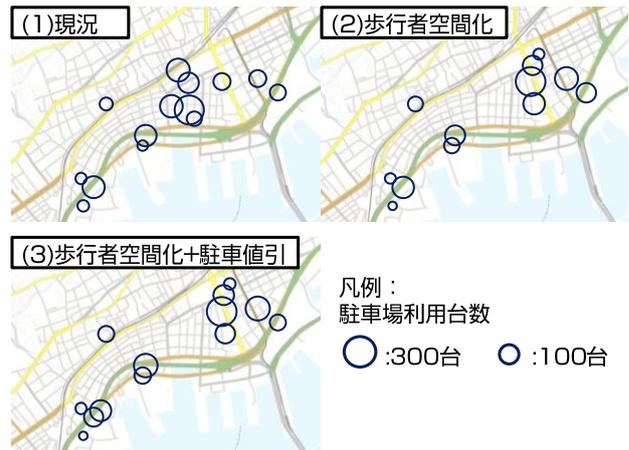


図7 シナリオシミュレーション結果

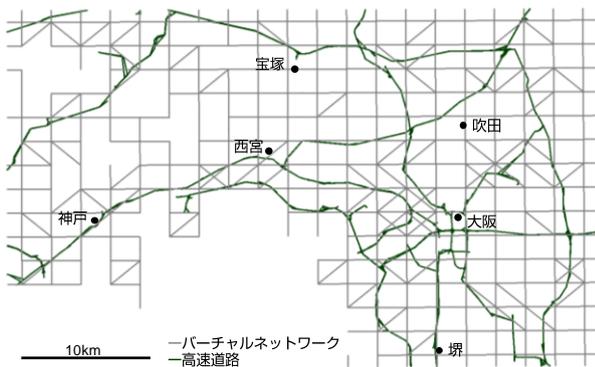


図6 阪神都市圏道路ネットワーク

VNとした場合の計算時間は実ネットワークに比べて約3分の1であった。また、データ容量についてもセルが粗いほど容量は小さく、セルサイズ500mの場合は実ネットワークの約6分の1である。また形状では間隔が同一であっても、六角形の方が密度が大きく、計算負荷は大きく収束も遅い。

さらに、表3に収束計算の過程での目的関数値の変化をセルサイズごとに比較する。収束までにかかる計算ステップ数に違いはみられない。ただし、収束値をみるとサイズ間で違いがあり、セルサイズを大きくすると全体に目的関数の値が低くなっており、ネットワークを粗く設定したことによりバイアスがかかることがわかる。以上の結果から、セルの大きさは計算負荷と精度のトレードオフの関係が存在することがわかり、許容される計算コストと計算範囲に応じて設定することが望ましい。

5. 実証分析

5.1. 対象範囲と条件設定

本研究では、シミュレーションを阪神圏のネットワークデータおよびPTデータに適用し、都市圏レベルの交通量配分によるシナリオ分析を行う。

本分析では神戸市の中心市街地を対象とする。図5に

設定した中心市街地の入口としての鉄道駅及び駐車場の分布を示す。駐車場は神戸市駐車場実態調査から50台以上の収容台数を持つ駐車場を抽出し設定した。

本研究では図6の範囲を対象にシミュレーションを行う。対象範囲は約40km×30kmであり、大阪と神戸の市街地が含まれる。本報告では、図の範囲について、高速道路/一般道路/公共交通のネットワークを作成し、配分を行った。

計算においては以下のような仮定や設定とした。

- ODデータは2010年京阪神PT調査のトリップを使用
- 発着地が区域内外を跨ぐ場合、区域外の発着地を対象区域の周縁部にランダムに再配置する
- 通過交通は考慮しない
- 貨物交通は考慮しない
- ODは郵便番号単位で、区域内2779のセントロイドで発生させる

5.2. シナリオ内容

駐車場の選択や、都心部の経路選択と、中心市街地に関する施策の評価を結び付けて検討したい。ここでは、対象とした神戸市中心部について、以下のパターンについて計算を行った。

・(1) 現況

図5に示す駐車場、鉄道駅、ネットワークデータをそのまま用いて、計算を行う。

・(2) 歩行者空間化

中心市街地内を歩行者空間化したものと仮定し、地区内は車両の流入を抑止し、また地区内の駐車場は配分上で削除して周辺部の駐車場へと誘導させる。

・(3) 歩行者空間化+料金割引

海岸部の駐車場の料金を300~500円/時間から200円/時間として、駐車場割引施策を想定する。

5.3. 結果

配分結果での駐車場でのフローの入込数を図7に示す。結果をみると、現況では利用者の多い商店街や百貨店に近い中心部近くの駐車場に多くの利用者が来る結果となっていることがわかる。施策実施時の流動予測をみると、歩行者空間化が行われた場合は、周辺部の駐車場利用台数が大きく増加し、特に東側の国道2号線やフラワーロード沿いの駐車場で利用の増加が大きい。料金施策を同時に実施したことを想定した結果では、しない場合と比べて今回の結果では大きな違いは見られず、料金への感度は鈍くなっている。

6. 結論

本研究では、PPデータやPTデータなどを用いたシミュレーションモデルの枠組みを示し、その中でも都市圏レベルの交通量配分の計算にVNを導入し、縮約ネットワークによる計算の負荷や精度について、サイズや形状を変えた場合で検討を行った。また、VNと実ネットワークを組み合わせた交通量配分計算を神戸都市圏にて実証計算を行い、駐車場施策や街路空間変更の評価が可能となることを確認した。

本研究の課題として、ネットワーク上に流す交通フローを発生させるアクティビティモデルを構築することや、地区内の歩行者行動を表すモデルとの接合についてモデル間のフィードバックを行うことや、繰り返しデータを用いた動的な経路選択や来街の表現などを挙げるができる 科研。

謝辞：本研究は文部科学省科研費21246080基盤 A「プローブ技術を援用したデータフュージョン理論による総合的交通行動調査の高度化（代表：羽藤英二）」の助成を受けたものである。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 円山琢也: ネットワーク均衡モデルを応用した都市圏レベルの交通政策分析, 東京大学博士論文, 2004.
- 2) 金森亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生: 総合交通戦略の策定に向けた統合型交通需要予測モデルの開発, 土

木学会論文集 D, Vol. 65, pp. 503-518, 2009.

- 3) 安田幸司, 鷹尾和亨, 東徹: デジタル道路地図の集約による交通量配分ネットワークデータの構築に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, CD-ROM, 2004.
- 4) 山川佳洋, 羽藤英二: プローブパーソンデータを基本にした更新型情報プラットフォーム, 土木計画学研究・講演集, Vol. 40, CDROM, 2009.
- 5) 飯田祐三, 岩辺路由, 菊池輝, 北村隆一, 佐々木邦明, 白水靖郎, 中川大, 波床正敏, 藤井聡, 森川高行, 山本俊行: マイクロシミュレーションアプローチによる都市交通計画のための交通需要予測システムの提案, 土木計画学研究・論文集, No. 17, pp. 841-848, 2000.
- 6) Waddell, P., Borning, A., Noth, M., Freier, N., Becke, M., Ulfarsson, G.: Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim, Networks and Spatial Economics, Vol. 3, pp. 43-67, 2003.
- 7) Goulias, K.G., Bhat, C.R., Pendyala, R.M., Chen, Y., Paleti, R., Konduri, K.C., Huang, G., Hu, H.: Simulator of activities, greenhouse emissions, networks, and travel (SimAGENT) in Southern California, the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2012.
- 8) 伊藤創太, 羽藤英二: 観測規模と精度が異なる PT/PP データを同時に用いた活動場所選択モデル, 第 46 回土木計画学研究・講演集, CDROM, 2012.
- 9) Chandra, R. B.: The multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model: Role of utility function parameters, identification considerations, and model extensions, Transportation Research B, Vol. 42, pp. 274-303, 2008.
- 10) 羽藤英二, 大村朋之, 三谷卓摩: 位置-加速度記録を用いた活動パターンと移動負荷の計測に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, CDROM, 2012.
- 11) Yang, H., Zhang, X., Meng, Q.: Modeling private highways in networks with entry-exit based toll charges, Transportation Research B, Vol. 38, pp. 191-213, 2004.
- 12) 井上紳一: 経路コストの加法性の仮定を緩和した利用者均衡配分モデル, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, CDROM, 2005.
- 13) Larsson, T., Patriksson, M.: Simplicial Decomposition with Disaggregated Representation for the Traffic Assignment Problem, Transportation Science, Vol. 26, pp. 4-17, 1992.

(2013.5.7 受付)

Estimation of route choice and traffic conditions using reduced network

Sohta ITOH and Eiji HATO