

平成21年04月07日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17310093  
 研究課題名（和文） 滞留人口分布の時空間分析に基づく地域防災計画に関する研究  
 研究課題名（英文） Modeling of Spatio-Temporal Distribution of Population  
 for Disaster Prevention Planning  
 研究代表者  
 大佛 俊泰（OSARAGI TOSHIHIRO）  
 東京工業大学・大学院情報理工学研究科・准教授  
 研究者番号：00211136

## 研究成果の概要：

大地震を想定した地域防災計画の策定のために必要となる基盤データを供することを目的として、「どのような人(性別・年齢)が、いつ(時刻)、どこで(場所・施設)、何を(目的)しているのか」といった都市内滞留者・移動者のミクロな時空間分布を記述するモデルを構築した。さらに、これらのモデルを用いて帰宅困難者や災害時要援護者の時空間分布について分析し、地域防災計画のための基礎的考察を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	3,800,000	0	3,800,000
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	6,800,000	420,000	7,220,000

## 研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：滞留者，移動者，時空間分布，パーソントリップ調査，地域防災計画，  
地理情報システム，大地震

## 1. 研究開始当初の背景

首都圏においては、近い将来、大規模な地震が発生すると考えられており、地域防災計画への要請が高まっている。兵庫県南部地震（1995年）は、多くの人々が自宅内に滞在している早朝に発生したが、もし昼間に発生していたら被害状況は大きく異なっていた可能性がある。詳細な防災計画を策定するためには、時刻によってダイナミックに変化する都市内滞留者の空間分布を滞留者の属性と併せて把握しておく必要は高い。

大震災に伴う物的被害（建造物の倒壊や市

街地火災など）に関する研究は、建造物の物性に関する研究の蓄積などに支えられ、ますます精緻化されている。しかし、人的被害については、「時々刻々と変化する人々の都市内滞留分布をどのように想定するのか」という基本的、かつ、根本的な問題に大きく依存することから、推計モデルの改良だけでは克服できない困難な問題に直面している。具体的には、時刻や曜日などに応じてダイナミックに変化する都市内滞留者や移動者の空間分布を直接観測することは極めて困難であるため、従来までの大地震や市街地大火など

を想定した国内外における広域避難行動シミュレーションなどにおいては、国勢調査等から得られる夜間・昼間人口分布などのステイックな人口分布が用いられてきた。しかし、首都圏においては、交通網の高度化を背景として人々の空間移動が非常に活性化しており、国勢調査レベルのステイックな人口分布をもとにした従来までの議論には限界があり、また、重要な点を見落としている可能性もあると考えられる。そのため、昨今、東京都市圏パーソントリップ調査のデータ（以下、PTデータ）をもとに、動的な人口分布を用いて分析されるようになった。しかし、データはあらかじめ設定された調査地区単位での集計量であるため、各種シミュレーションに直接用いることができないという問題がある。また、都市内を高速移動手段によって移動している都市内移動者の時空間分布については、PTデータから直接抽出することはできない。人々の時刻別の活動状況に着目したアンケート調査を行い、属性（年齢や職業の有無など）別に時刻別行動パターン比率を求めた研究も試みられているが、滞留者・移動者の位置情報について、首都圏のような広域にわたって調査を実施しデータを得ることは極めて困難である。

## 2. 研究の目的

本研究では、「どのような人（性別・年齢）が、いつ（時刻）、どこで（場所・施設）、何を（目的）しているのか」といった人々の時空間行動特性を記述するモデルを構築し、さらに、このモデルを用いて任意の空間範囲・空間単位における、都市内滞留者・移動者の時空間分布を求める方法を確立する。さらに、この方法によれば、従来まで曖昧で不十分な想定をもとになされていた各種分析の精緻化を図ることができることを検証するため、構築した都市内滞留者・移動者の時空間分布のデータベースを活用して、大震災時を想定した詳細な地域防災計画支援のための基礎的な分析を試みる。具体的には、昨今、マスメディアを通して関心を集めている、帰宅困難者や徒歩帰宅者、災害時要援護者の問題などについて基礎的な分析を試みる。

## 3. 研究の方法

都市空間の物的環境（建物や道路ネットワークなどの地物）に関する情報に関しては、昨今の急速なコンピュータ技術の進展を背景として整備が進められている数値地図データをもとに抽出する。一方、人々の滞留と移動に関する情報については、首都圏で行われた大規模なパーソントリップ調査のデータ（平成10年大都市圏パーソントリップ調査のデータ：以下、PTデータ）をもとに抽出する。PTデータには、人々の施設内の滞

留と施設間の移動に関する情報が時刻情報とともに蓄えられている。また、詳細な属性情報や移動目的、移動手段に関する情報も備わっている。ただし、PTデータは、直接、地図情報とリンクしていないため、このままでは数値地図情報と一体的に利用することはできない。そこで、PTデータの集計単位である「小ゾーン」を構成する町丁目・字を地図情報から検索するという「小ゾーンの位置の同定作業（アドレスマッチング）」を行う。

アドレスマッチングを終えたPTデータを原データとして、まず、時刻別建物用途別の施設内滞留者の数を、建物をはじめとする地物の情報やアクセシビリティなどの地域特性に関連する情報を用いて記述する施設内滞留者推定モデルを構築する。さらに、鉄道利用者・自動車利用者の時空間分布については、鉄道ネットワーク・道路ネットワーク上を移動する利用者の空間移動をシミュレートするモデルをそれぞれ構築する（鉄道利用者モデル、自動車利用者モデル）。次に、PTデータは、平日の人々の空間移動について調査したデータであるので、休日における人々の時空間分布を捕らえることができない。そこで、平日ベースのPTデータを休日ベースのPTデータに変換する方法を構築する。この方法で変換されたPTデータに、上記の各モデルを適用すれば、休日における都市内滞留者・移動者の時空間分布を知ることが可能となる。

次に、昨今、大都市における地震災害の新たな側面として注目されている帰宅困難者の問題について検討するため、都市内滞留者・移動者が、発災後に帰宅行動をとるのか否かを記述する帰宅意思モデルを構築する。さらに、帰宅意思のある人が自宅まで徒歩で帰宅できるか否かを記述するモデルなどと統合し、発災時刻や人々の属性（年齢・性別）、さらに、家族の安否情報などが、どのように作用し、結果的に帰宅困難となるのかを推定し、その時空間分布の推定を試みる。

## 4. 研究成果

(1) 近年のコンピュータ技術の進展とハードウェア、ソフトウェアの低廉化を背景として、数値地図の整備が進み比較的容易に入手できるようになった。まず、こうした数値地図データをもとに、建築物の用途や規模などの属性、鉄道駅までの時間距離などの場所性に関する情報を抽出し、これを用いて施設内に滞留している人々の時空間分布を推定するモデルを開発した。また、推計する空間単位の大きさと推計精度との関係について検討し、本モデルは小さな空間単位であっても良好な推計精度を有することを示した。すなわち、本モデルによれば、推定誤差の大きさ

を考慮しながら、分析対象とする空間範囲の大きさを設定し、施設内滞留者の時空間変動を容易に知ることが可能である。本モデルをもとに構築したデータベースは、今までに開発されてきた広域避難行動モデルや帰宅困難者推計モデルをはじめとする、各種シミュレーションモデルや大地震災害分析のための原データとして活用することが可能である。

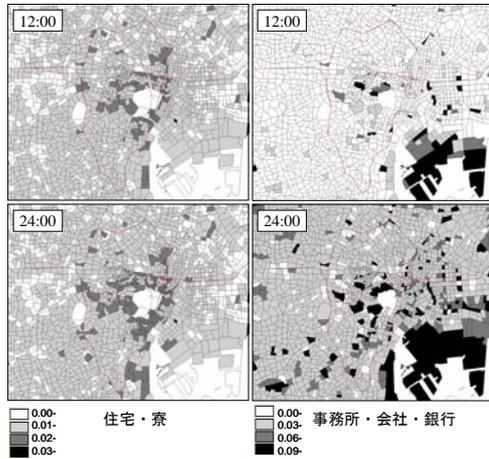


図1 施設内滞留者の推定精度の時空間分布

(2) 大都市圏においては、人々は高速鉄道網を利用して長い空間距離を絶え間なく移動している。朝夕のラッシュ時に大地震が発生する可能性もあり、大量の鉄道利用者の存在は無視することはできない。そこで、鉄道利用者の時空間分布を推定する方法を構築し、時刻や場所に応じて変動する鉄道利用者の時空間分布を明らかにした。具体的には、電車の乗り換え時に発生する手間や待ち時間、初乗り料金などを考慮しながら、発駅から着駅まで鉄道ネットワーク上を利用者がどのように移動するかを推定するモデルを構築した。さらに、これを用いて鉄道利用者の時空間分布の推定を行い、昨今、大都市災害の新たな様相として注目されている帰宅困難者に注目し分析を試みた。量的には少ないものの無視することのできない属性の人々（鉄道を利用して遠距離通学している小学生児童や自宅から離れたデパートまで買物にでかける高齢者など）の存在について十分配慮しながら、きめの細かい地域防災計画を立案することが必要であることを示した。

(3) 自動車利用者の時空間分布を推定する方法を構築し、時刻や場所に応じて変動する自動車利用者の時空間分布を明らかにした。本モデルを用いれば、個人属性や移動目的、自宅からの距離などの詳細な情報とともに自動車利用者の時空間分布を推定することが可能である。大地震を想定した簡単な分析事例として、緊急車両の走行を阻害する要因ともなりうる自動車の分布を占有面積率（自動車が道路上で占有する面積の割合）に着目

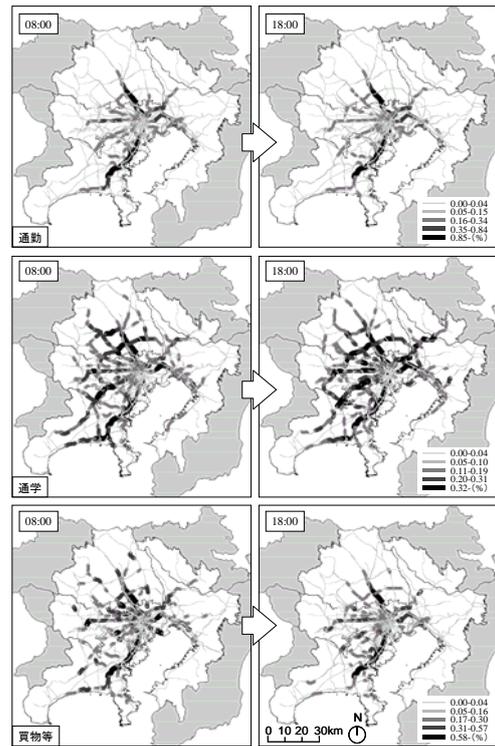


図2 移動目的別にみた鉄道利用者の時空間分布

し考察した。自動車利用者が集中する都心部よりも、むしろ郊外部において占有面積率が高い地域が多く存在することを示した。さらに、東京都が公表している地域危険度測定調査データを占有面積率の情報と合わせて考察し、自動車が緊急車両の交通に影響する可能性の高い地域を抽出した。

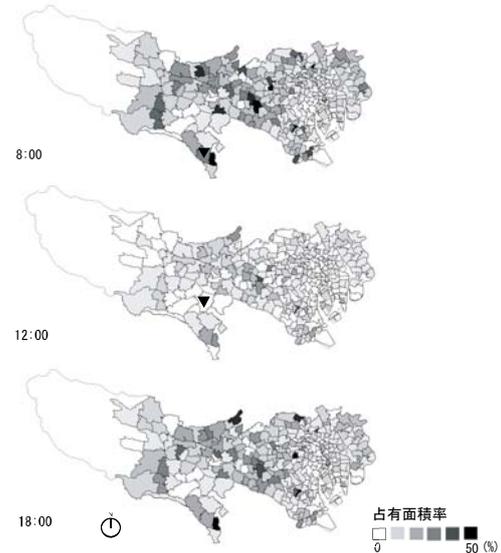


図3 自動車の占有面積割合の時空間分布

(4) 平日のPTデータを休日のPTデータへ変換する方法を構築し、その変換精度を確認するため、鉄道駅の乗降客数などのデータを用いて検証し、本手法が良好な適合性を有することを示した。すなわち、変換後のデー

タを用いて、上述した各種モデルを適用すれば、平日とは大きく異なる休日における都市内滞留者・移動者の時空間分布を、滞留者の属性とともに把握することが可能である。地域防災計画のためのケーススタディとして、東京都世田谷区を対象に分析を試みた。世田谷区のように住宅が多く立地する地域においては、休日に大地震が発生した方が在宅率が高いため人的被害は大きくなるが、平日の昼間には災害時要援護者の割合が高くなるため、発災後の救助活動の視点からすれば、むしろ平日の方がリスクは高い。地域防災計画立案のプロセスにおいては、平日と休日の違いや都市内滞留者の詳細な属性について考慮する必要があることを示した。

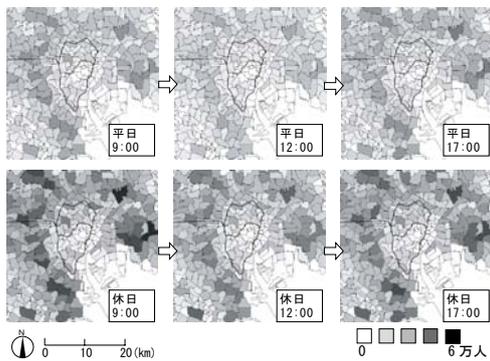


図4 在宅者の時空間分布

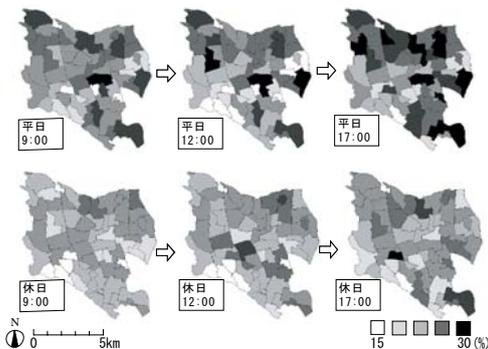


図5 災害時要援護者率の時空間分布（世田谷区）

(5) 帰宅困難者・徒歩帰宅者の推計を精緻に行うため、都市内滞留者の帰宅意思を記述する「帰宅意思モデル」を構築した。本モデルでは、発災時における滞留場所から自宅までの距離（帰宅距離）のみならず、発災時刻や滞留者の属性、家族の安否情報なども考慮している。さらに、滞留者が自宅まで徒歩で帰宅する過程を再現する「帰宅行動モデル」を構築し、帰宅意思モデルと合わせて帰宅行動シミュレーションを試みた。道路混雑度や帰宅困難者、帰宅断念者などの時空間分布を推定し、地震防災計画に資する基礎的資料を示した。

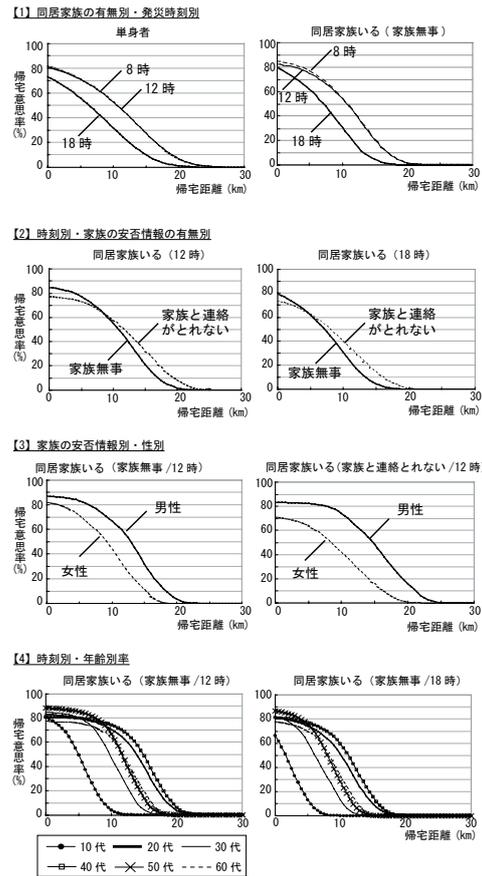


図6 属性別・状況別の帰宅意思率

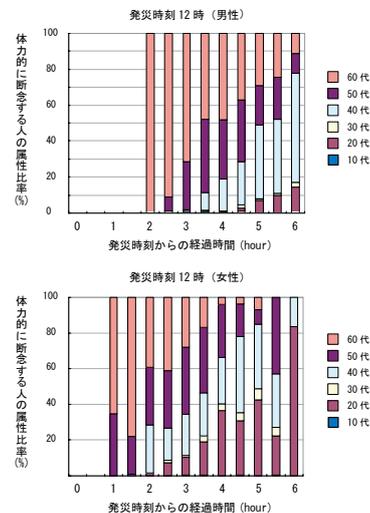


図7 体力に起因する帰宅断念者の属性比率

(6) 本研究で構築した都市内滞留者・移動者の時空間分布を求める各種モデルは、他のシミュレーションモデルと統合して用いることにより、時刻や場所によって大きく異なる震災時の人的被害の程度を具体的な被災者のプロフィールとともに把握することができ、時刻や場所に応じて詳細に検討されるべき地域防災計画のための基礎データとすることができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① T. Osaragi, Estimating spatio-temporal distribution of railroad users and its application to disaster prevention planning, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Advances in GIScience, Eds. M.Sester et al., pp. 233-250, Springer, 2009, 査読有り
- ② 大佛俊泰・島田 廉, 都市防災計画のための自動車利用者の時空間分布推定, 日本建築学会計画系論文集, no.641, pp.1561-1568, 2009, 査読有り
- ③ 大佛俊泰, 都市防災計画のための鉄道利用者の時空間分布推定, 日本建築学会計画系論文集, no.635, pp.137-144, 2009, 査読有り
- ④ 大佛俊泰・島田 廉, 平日と休日における都市内滞留者の時空間分布と地震被害想定への応用, 日本建築学会計画系論文集, no.635, pp.145-152, 2009, 査読有り
- ⑤ 大佛俊泰, 大地震時における都市内滞留者の帰宅意思と帰宅行動, 日本建築学会計画系論文集, no.634, pp.2679-2687, 2008, 査読有り
- ⑥ 大佛俊泰, 数値地図を用いた都市内滞留者の時空間分布推定, 日本建築学会計画系論文集, no.634, pp.2673-2678, 2008, 査読有り

[学会発表] (計 15 件)

- ① 守澤貴幸・大佛俊泰, 大地震時における避難・帰宅行動シミュレーションモデル, 地理情報システム学会, 2008年10月23日, 東京
- ② 守澤貴幸・大佛俊泰, 市街地延焼を考慮した避難シミュレーションモデルによる広域避難場所の評価, 日本建築学会, 2008年9月20日, 広島
- ③ 守澤貴幸・大佛俊泰, 広域避難場所の混雑情報を組み込んだ避難行動シミュレーション, 日本建築学会, 2008年3月7日, 東京
- ④ OSARAGI, T., Otani, I., Space-Time Distribution of Railroad Passengers for Disaster Prevention Planning, Center for Urban Earthquake Engineering, 2008年3月5日, 東京
- ⑤ 島田廉・大佛俊泰, 休日における都市内滞留者の時空間分布推定, 地理情報システム学会, 2007年10月20日, 北海道
- ⑥ 田中 怜・大佛俊泰, 大地震発生時における帰宅意思のモデル化, 地理情報システム学会, 2007年10月21日, 北海道
- ⑦ 守澤貴幸・大佛俊泰, 避難人口と空間分布からみた広域避難場所の評価, 地理情報シ

テム学会, 2007年10月21日, 北海道

- ⑧ 大佛俊泰, 休日パーソントリップの推定方法について, 日本建築学会, 2007年8月29日, 福岡
- ⑨ 島田廉・大佛俊泰, 自動車利用者の時空間分布推定と都市防災計画への活用, 日本建築学会, 2007年8月30日, 福岡
- ⑩ 田中 怜・大佛俊泰, アンケート調査に基づく大地震発生時の帰宅意思について, 日本建築学会, 2007年8月29日, 福岡
- ⑪ 守澤貴幸・大佛俊泰, 時刻別・属性別避難人口からみた広域避難場所の評価, 日本建築学会, 2007年8月29日, 福岡
- ⑫ 島田廉・大佛俊泰, 都市防災計画のための道路混雑を考慮した自動車利用者の時空間分布推定, 日本建築学会, 2007年3月9日, 東京
- ⑬ 島田廉・大佛俊泰, 都市防災計画のための自動車利用者の時空間分布推定, 日本建築学会, 2006年9月9日, 東京
- ⑭ 星野雄・大佛俊泰, 施設内滞留者と歩行者の時空間分布推定, 地理情報システム学会, 2005年10月14日, 大阪
- ⑮ 大佛俊泰・大谷郁子, 首都直下型地震を想定した防災計画のための鉄道利用者の時空間分布推定, 地理情報システム学会, 2005年10月14日, 大阪

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大佛 俊泰 (OSARAGI TOSHIHIRO)

東京工業大学・大学院情報理工学研究所・准教授

研究者番号：00211136

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし