

# 大規模な GPS 情報をもとにした 東京都市圏における震災時の行動分析

関本 義秀<sup>1</sup>・中村 敏和<sup>2</sup>・増田 祐介<sup>3</sup>・金杉 洋<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 東京大学空間情報科学研究センター 特任准教授 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: sekimoto@csis.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: ki\_ki\_gu@csis.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 (株)長大 社会事業本部 (〒114-0013 東京都北区東田端2-1-3)  
E-mail: masuda-y@chodai.co.jp

<sup>4</sup>非会員 東京大学地球観測データ統融合連携研究機構 特任研究員  
(〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5) E-mail:yok@iis.u-tokyo.ac.jp

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、首都圏においても震災当日に様々な交通障害が発生し、帰宅困難等、日常とは大きく異なる行動をとらざるを得なかった。これは世界最大の都市圏である東京が、大規模災害時に都市システムがどうあるべきかの教訓を残したと言える。本研究では、首都圏の震災当日～翌朝にかけての個々人の行動状況の詳細を知ることにより、震災前の期間を含む大規模・長期のGPSデータを用いて分析を行う。実際に震災当日は通信網も輻輳状態にあり、必ずしも十分にデータが得られる訳ではなく断片的な観測データになりがちであるが、こうした状況を想定して分析を行うことは、今後の大規模災害への対応を考えても意義があることと云えよう。

**Key Words :** *Human mobility analysis, GPS, large-scale data, disaster analysis*

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、東北地方を中心に、1万9千人にのぼる死者・行方不明者だけでなく、ピーク時の避難者が40万人以上等、地震・津波・原発事故などの複合的な大規模災害が人々の日常生活に大きな影響を与えた。

また、首都圏においても震災当日に様々な交通障害が発生し、帰宅困難等、日常とは大きく異なる行動をとらざるを得なかった。これは世界最大の都市圏である東京が、今後も何かしらの大規模災害時に大混乱に陥らないための都市システムがどうあるべきかの教訓を残したと云えよう。

一方で、情報通信技術は、緊急時に様々な立場の人々のサポートを有機的につなぐという意味で大きな可能性を与えた。ボランティアベースによる復興支援プラットフォームである「sinsai.info」<sup>注1)</sup>や、各自動車業界によるプローブカー情報をITSJapanがまとめた「通行実績情報マ

ップ」<sup>注2)</sup>、NTTドコモ社の「モバイル空間統計」<sup>注3)</sup>などは全体の傾向を俯瞰し、日々の状況の変化を伝えたものとして、すでに多くの人に知られている。

しかし、先ほどの首都圏の震災当日～翌日にかけての個々人の行動状況の詳細を知ることにより、約2000人のアンケートにより帰宅困難者が2割程度であったとした災害と情報研究会とサーベイリサーチセンターの調査<sup>注4)</sup>や、約5300人のアンケートにより震災当日の帰宅困難者人口が約515万人(外出時人口に占める割合が約3割)とした首都直下地震帰宅困難者等対策協議会が行った調査<sup>注5)</sup>があるものの、GPS等の詳細な位置情報を使った状況分析はほとんど見られない。

従って本研究では、震災前の期間を含む大規模・長期のGPSデータを用いて、震災当日～翌日にかけての行動状況の分析を行う。具体的には、長期のGPSデータから家や職場を推定し、その上で、震災当日～翌朝にかけて、どの位置にいたかの分析を行う。実際に震災当日は通信網も輻輳状態にあり、必ずしも十分にデータが得られる

訳ではなく断片的な観測データになりがちであるが、こうした状況を想定して分析を行うことは、今後の大規模災害への対応を考えても意義があることと言えよう。

なお、長期の位置情報を用いた人間行動の分析研究としては、海外ではGonzalez<sup>1)</sup>以降、盛んになりつつあり、国内でも交通の分野では例えば、山田ら<sup>2)</sup>などがある。

## 2. 利用したGPSデータ

### (1) データの特性

本研究ではゼンリンデータコム社の「混雑統計データ」を用いている。「混雑統計データ」はNTTドコモ社が提供するオートGPS機能によって取得したGPSデータをもとにして、個人が特定されないように秘匿処理を行っている統計データであるが、今回はゼンリンデータコム社の協力のもと、個人属性を除き、個人特定できない状態にした非集計データを用いている。オートGPS機能は、NTTドコモ社のドコモ地図ナビなどのサービス提供の際に、利用者承諾のもと最短5分間隔で取得し、圏外時を除けば、動きがあれば常に位置を取得・送信している。位置精度についてはGPS衛星を捕捉できる場合から携帯電話の基地局を用いた測位まで、誤差範囲を測位レベルを1~3に分類しており、具体的には、レベル1 (300m以上)、レベル2 (300m未満)、レベル3 (50m未満) となっている<sup>注4)</sup>。なお、オートGPSデータの利用者は現在、7~8万人と言われ、人口の0.5%強程度である。

### (2) 通信状況

しかし、震災当日は、周知のように、通信の輻輳が激しく、思うようにGPSデータが送信されないことに加え、その場から動くことができなかつた人も多かつたため、GPSデータ量は極端に少なく、1~3時間に1回程度の断片的な位置データしか知ることはできなかつた。図-1は、震災当日と前日に首都圏にGPSデータが存在した約24.1万人を対象に、GPSデータ数の時間変化を比較したものであるが、例えば15時台では平常時は1人あたり約2データであるものの、震災当日は0.41と1/5程度となっている。

また、実際に震災直後から翌朝6時までの15時間の1人あたりのデータ数の頻度分布 (1つ以上ある人を対象) をまとめたものが図-2であるが、95%程度の人が20点以下しか得られていない。

### (3) データの処理概要

そこで、本研究では各人の1年間の長期データを活用することとしている。まず、1都3県 (埼玉・千葉・神奈川) のオートGPSユーザー約50万人のそれぞれから家と職場 (以下、home/office データと呼ぶ) を推定する

こととした。具体的には、homeは、夜0~6時に年間を通じて最もGPSデータが存在するメッシュ位置とし、officeは、昼は10~16時に年間を通じて存在するメッシュ位置としている。

また、今回の分析では、ある程度通勤行動が明示的に見られる対象に絞るため、home/officeデータの距離 (メッシュ中心の距離) が2km~30kmのものとし、さらに実際に震災直後~明朝6時まで1人以上GPSデータが存在している人に絞ったところ、最終的に6万人弱となった。

図-3はそれらの中から、20点以上、GPSデータがあるものの何人かを例示したものであり、これくらいあれば何とか当日の移動状況をうかがい知ることができる可能性が出てくるが、これより少ない場合はこれらのデータだけから当日の動きの詳細をうかがい知ることがなかなか難しい。

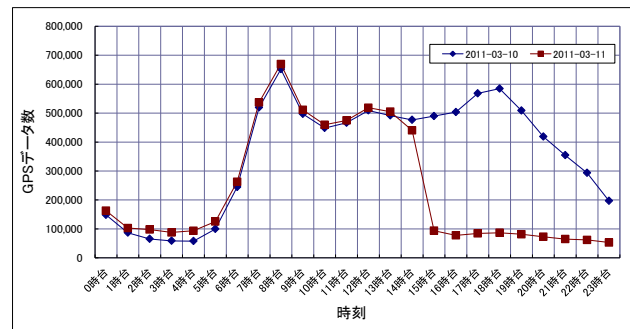


図-1 GPSデータの状況

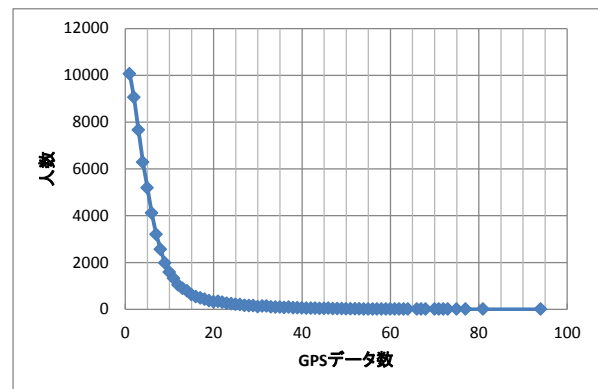


図-2 震災直後から翌朝までの間の各人のGPSデータ数の分布

表-1 データの内訳

項目	人数
1都3県 (埼玉・千葉・神奈川) でのオートGPSユーザー	約50万人
うち、home/officeデータがある人	約34万人
うち、homeとofficeの距離 (メッシュ中心の距離) が2km以上30km以下.	約11万人
うち、震災直後~明朝6時までデータがある人	57,295人

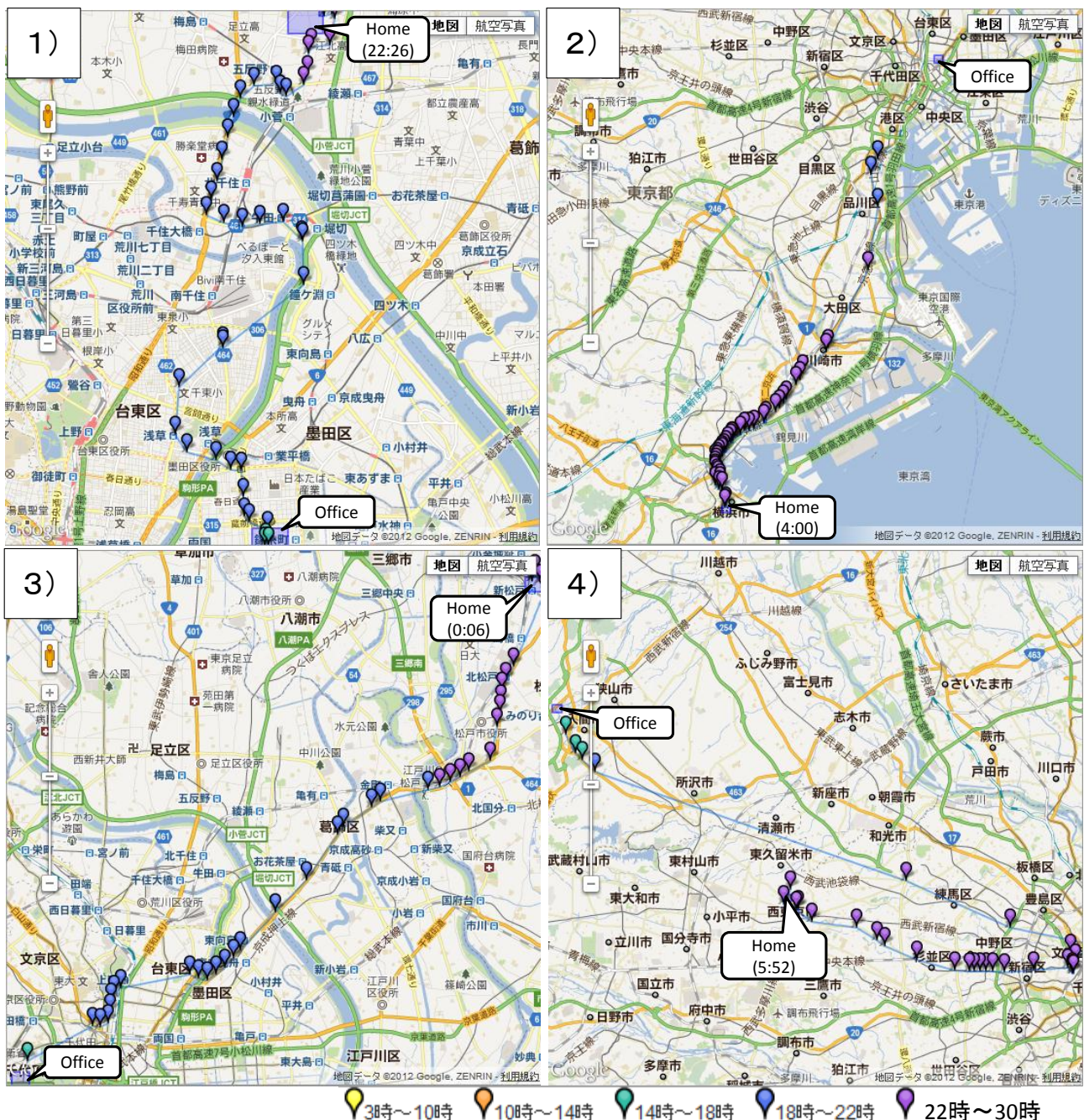


図3 GPSデータによる震災当日の帰宅例（1年間のデータを通じhome/office抽出を予め行い、震災直後～翌朝までにGPSデータが20点以上あった人（1）～4）をピックアップ。多くは幹線道路を歩いて帰宅していると思われる。）

### 3. 翌朝までに辿り着いた場所の分析

#### (1) 地震発生時と最終的に移動できた場所の比較

次に、抽出した対象の人々に対し、震災直前にいた場所（以下、震災直前地点と呼ぶ）と翌朝6時までの最終的にいた場所（以下、最終到達地点）の分析を行う。ただし、本分析ではあくまで、存在するGPSデータを用いるため、前者は震災発生時刻より前で最もその時刻に近いGPSデータの位置を指し、後者は翌朝6時より前で最もその時刻に近いGPSデータの位置を指す。

表3は実際に震災直前地点が、家や職場、それ以外で

あった内訳で家や職場である判定の閾値は500m以内としている。これによると震災直前地点が自宅外であった人数（すなわちofficeかhome/office以外の総和）が50,365人となっている。その中で最終到達地点がofficeのままという人が8,641人（約17%）である。ただしhome/office以外の人が22,872人（約45%）と判定されており、両者を合計すると約62%の人が帰宅できなかったことになってしまう。しかしこれは、前述のアンケート調査<sup>1,2)</sup>で帰宅困難者（震災当日中に帰れなかった人）の割合が2～3割であることと比べるとかなり過大な推定である。

これは、閾値を500m以内としているのがやや厳しす

ざる判断基準である可能性があることと、最終到達地点と判断したデータが途中で電池が切れたあるいは輻輳等で取得・送信されなかった等の理由で、帰宅途中の位置データとなってしまう、本当の最終到達地点を表していないものがかなり存在する可能性がある。

表-3 震災直前と翌朝までに到達できた位置関係の内訳 (N=54,937人)

		3/11 14:46直前 (データが最終的に存在した地点)			
		home	office	home/office 以外	合計
3/11 14:47以降 (翌朝6:00 までの最終地)	home	3,096	10,549	8,303	21,948
	office	206	6,491	2,150	8,847
	home/office 以外	1,270	9,874	12,998	24,142
	合計	4,572	26,914	23,451	54,937

そこで前者の閾値設定の影響を調べるために、震災直前地点と職場・自宅位置の距離関係を表したものが図-4である。例えば職場との位置関係は、500m以内にいたのは49%，2000m以内とすると56%で約7%の差異がある。また、自宅についても500m以内が11%，2000m以内が16%で約5%の差異である。

また、同様に、最終到達地点と直場・自宅位置の距離関係を表したものが図-5である。職場からの距離が500m以内が17%，2000m以内が24%である。また、自宅は500m以内が32%，2000m以内が42%である。これらからは閾値の設定によりある程度の変動があるものの、後者の帰宅途中までしかデータが記録されていなかったことの方が影響が多いようである。

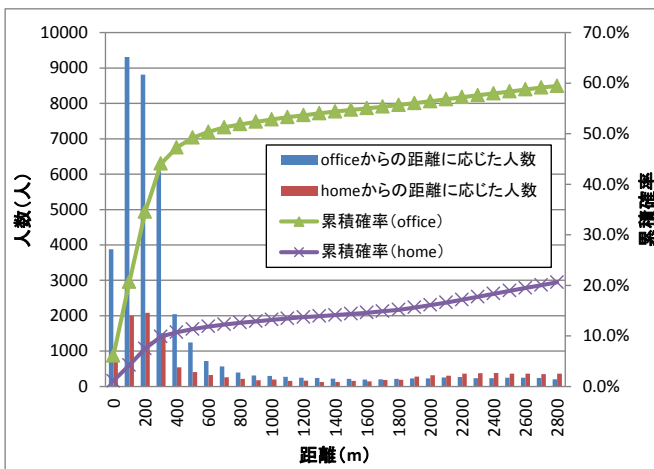


図-4 震災直前地点と職場・自宅位置との距離関係 (N=63,719)

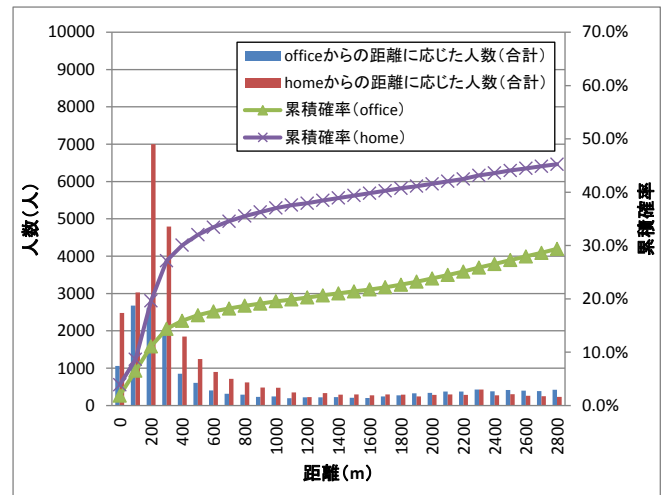


図-5 最終到達地点と職場・自宅位置との距離関係

## (2) 日常の行動との差異

そこで、別の角度からの分析として、日常行動との差異を見ることとし、1週間前の3月4日の状況と比較を行った。表-4はそれを表しているが、実際に3/4でも最終到達地点にいるのは36,819人で全体の約70%でしかない。これは3/4の翌朝が土曜日であることを考えると、かなり低い数値である。しかし、図-6で示すように、閾値を2000m以内としても、累積確率は80%程度であるため、前節と同様に帰宅時まで十分に記録できていないか、あるいはhome/office抽出に精度が悪い可能性もあり、今後の課題としたい。

表-4 3/4と3/11の最終到達地点の比較 (N=52,449人)

		3/4 最終到達地点 (データが最終的に存在した地点)			
		home	office	home/office 以外	合計
3/11 最終到達地 点	home	16,848	443	3,659	20,950
	office	5,573	955	1,946	8,474
	home/office 以外	14,398	876	7,751	23,025
	合計	36,819	2,274	13,356	52,449

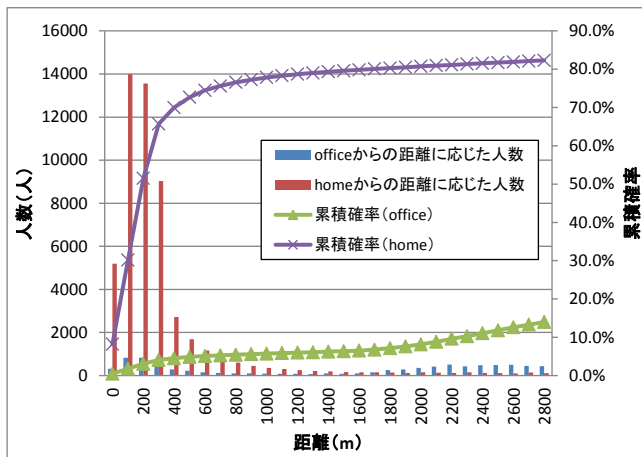


図-6 3/4の最終位置と職場・自宅位置との距離関係  
(N=63,557)

## 5. 結論

本研究では、大規模なGPSデータをもとにした東京都市圏の震災時の行動分析を行った。具体的にはオートGPSのデータを用いて震災当日、GPSデータが存在した6万人弱のデータから、1年分のデータからの自宅・職場を推定した位置データなども用いて、震災直前の位置、翌朝までに存在した位置、平常時との行動の差異などを分析した。実際にはGPSの点数が少ない人も多く、帰宅時の位置データが必ずしも得られていないことや自宅・職場の推定状況も十分ではないこともあり、実態とは多少の差異が出ている状況でもある。これらについての詳細な分析は今後の課題としたい。

また、本研究は一次的な分析であるが、今後、移動速度や利用ネットワーク等との関係性から、利用交通機関、利用経路等、さらに詳細な分析を進めたい。

謝辞：株式会社ゼンリンデータコムの皆様には分析用データを提供等、多大なる支援を頂いた。ここに深謝の意

## HUMAN MOBILITY ANALYSIS IN THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE IN TOKYO METROPOLITAN AREA USING LARGE-SCALE GPS DATA

Yoshihide SEKIMOTO, Toshikazu NAKAMURA, Yusuke MASUDA and Hiroshi KANASUGI

The Great East Japan Earthquake in March 11, 2011, caused various traffic hazards, such as stranded commuters, in Tokyo metropolitan area. This implies that Tokyo, world's greatest metropolitan city, leaves the message what urban system should be in the large-scale disaster. In this study we focus on an individual activity from the day to the next day, and analyse large-scale and long-term GPS data including a period before the disaster.

Actually, telecommunication network congestion caused the fragmentary data acquisition comparing with the usual, and it is very significant to assume these situation for the large-scale disaster prevention.

を表します。また、文部科学省科学研究費若手 (A) 「社会インフラとしての『人の流れ』データの効率的な再現技術の構築」の支援を受けて実施しています。

## 付録

注1) オープンストリートマップファウンデーションジャパン, [sinsai.info](http://www.sinsai.info) : 東日本大震災みんなでつくる復興支援プラットフォーム, <http://www.sinsai.info>, (アクセス: 2012年5月7日)

注2) ITSJapan, 通行実績情報マップ, <http://www.its-jp.org/saigai/>, (アクセス: 2012年5月7日)

注3) NTTドコモ, モバイル空間統計, [http://wirelesswire.jp/News\\_in\\_Japan/201105251956.html](http://wirelesswire.jp/News_in_Japan/201105251956.html), (アクセス: 2012年5月7日)

注4) NTTドコモ, オートGPS測位方法, <http://www.nttdocomo.co.jp/service/safety/search/usage/gps/>, (アクセス: 2012年5月7日)

## 参考文献

- 1) 国土交通省, 平成22年度首都圏整備に関する年次報告要旨(平成23年6月), [http://www.mlit.go.jp/hakusyo/syutoken\\_hakusyo/h23/h23syutoken\\_files/01.pdf](http://www.mlit.go.jp/hakusyo/syutoken_hakusyo/h23/h23syutoken_files/01.pdf)
- 2) 首都直下地震帰宅困難者等対策協議会, 帰宅困難者対策の実態調査結果について(平成23年11月22日開催資料) [http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku\\_syuto/kitaku/2/4.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_syuto/kitaku/2/4.pdf), 2012年5月7日確認.
- 3) Gonzalez, M., Hidalgo, C. et al : Understanding Individual Human Mobility Pattern, Nature, No.435, pp.779-782, 2008.
- 4) 山田孝太郎, 羽藤英二: 位置データ指向型交通機関選択モデルのパラメータ特性, 第30回交通工学研究発表会論文集, pp.225-228, 2010.