

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656299

研究課題名(和文)被災地支援学のための位置センシングデータ利用手法の開発

研究課題名(英文) Usage of large scale positioning data for disaster area support

研究代表者

奥村 誠 (OKUMURA, Makoto)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：00194514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、近年ようやく一定程度の比率の人々に普及してきたGPS機能つき携帯電話による被災者の位置情報データに着目し、住民の被災状況、各避難所に実際に居住する人数などの基礎的な情報を取り出す方法を提案し、被災地ニーズの定量モデル分析を行うことを目的とした。研究の結果として、個人情報保護の制約により集計された位置情報データを用いて、復興過程の時空間的なパターンを把握できることを示した。一方集計データでは、被災地ニーズとの定量的な対応付けを行うことは困難であった。今後、時間情報のみを残した非集計データなど、個人情報保護とのバランスについて検討を継続することが望まれる。

研究成果の概要(英文)：When a city is hit by a huge disaster, activities and functions of the city necessary for people are lost and damaged. Total loss of the disaster is not only determined by the direct damage but also by recovering speed. The aim of this analysis is to extract spatio-temporal patterns in a city during a disaster recovery process based on aggregated positioning data of mobile phones. In this analysis, we classified activities and functions decreased through spatial patterns of population distribution during a disaster recovery process through a factor analysis, and confirmed difference in recovering speed. Moreover, we suggested that each spatial pattern is related to the spatial pattern in normal time.

研究分野：社会システム工学・安全システム

キーワード：防災計画 位置情報 GPS ビッグデータ

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月の東日本大震災のような巨大な災害では、被災地に対して様々な人、モノに関する支援が必要となるが、被害が深刻な地域ほど自らニーズを外部に伝えることができないという問題が生じる。そのため、極めて限定された情報の中で、被災地の外部から内部での状況と支援ニーズを推測し、迅速に効果的な支援を進めるための方法を「被災地支援学」という一つの学術分野を創生することが求められていた。

(2) この被災地支援学の最大の柱は、被災地のニーズを的確に想定することであるが、その根拠となる住民の被災状況、各避難所に実際に居住する人数などの基礎的な情報が不明であった。本研究は、GPS機能つき携帯電話による被災者の位置情報データから、上記のような基礎的な情報を取り出す方法の開発をめざすこととした。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、近年ようやく一定程度の比率の人々に普及してきたGPS機能つき携帯電話による被災者の位置情報データに着目し、住民の被災状況、各避難所に実際に居住する人数などの基礎的な情報を取り出す方法を提案し、被災地ニーズの定量モデル分析を行うことを目的とした。

(2) 本研究では第1に、位置情報の集計データから、居住者、避難者、移動者に分解する手法の開発を試みた。第2に、被災者の空間分布の変化プロセスを把握し、被災者の移動量と燃料消費との関係の分析を試みた。第3に、生活活動の回復パターンと支援物資ニーズとの関係の分析を行った。

(3) 本研究は東日本大震災時のデータを事後分析するものであるが、実際に災害が発生した後に通信事業者から得られる位置情報のデータに基づいてオンラインで分析し、避難所への物資の配送を効率化できることを例示すれば、プライバシー保護の観点から秘匿されがちなデータに対する携帯電話利用者の理解が進み、災害時のデータの開示への合意が進むことが期待できると考えた。

3. 研究の方法

(1) 位置データからの居住・移動パターン分解手法の開発

提供されるデータは、1時間ごと250mメッシュごとの存在人数を自宅と推定される場所からの距離帯別に集計したデータである。隣接する時点の人数の差に基づいて、これを自宅居住者、避難所居住者、業務等による訪問者及び移動中の者に分解することを考えた。

しかし、データの提供元との折衝の過程で、この分析は秘匿されている個人属性の逆解

析としてデータ使用契約で禁止されていることが確認されたため、全域での移動量と滞在量の時間的な変動という集計的な分析にとどめることとした。

(2) 属性の偏りに基づくバイアスの見積り手法の開発

提供されるデータは複数の個人を集計したデータであるが、性別や年齢層、職業、あるいは被災の程度という点で偏りが存在するため、その偏りに基づくバイアスの大きさを見積もることが望ましい。

本研究のデータは個人属性を、仙台都市圏で最も近年に行われた2002年のパーソントリップ調査データを用い、移動と滞在の時間情報部分のみから行動者の属性を逆推定する手法を開発した。全域での傾向の把握はできるものの、空間的な分布データとの結合は困難であることがわかった。

(3) 被災者の空間分布の変化プロセスの分析

対象地域に設定したメッシュにおける自宅居住者、避難者数を推定し、夜間と昼間の比較により通勤者の割合を算出する。以上の計算をデータ取得期間にわたり行い、災害の社会的な影響の広がりや回復の様子を把握する。

(4) 被災者の移動量と燃料消費・購入の分析

隣接する時点の人数の差に基づき、自動車の移動速度に対応する移動人口を推測し、燃料消費原単位を乗じて燃料消費量を算出する。これと道路渋滞やガソリンスタンドの待ち行列の情報を重ね合わせて、燃料の需給の推移を考察することを計画した。

しかし(1)に述べた分析内容の制約により空間的な分布に基づく実証的な分析は不可能となったため、消費者の燃料購入行動の理論的な分析と、最適施設配置計画モデルによるガソリンスタンドの営業回復戦略の検討を行った。

(5) 被災地ニーズの定量的分析

複数時点の被災者の空間分布を説明変数として、各避難所における救援物資のニーズの定量的な分析を計画した。

仙台市の避難所の物資要望書における内容の時間的な変化を明らかにした。また、個別の避難所については、公的支援ルート以外の供給や、人の移動に伴う物資の搬入の影響があり、明瞭な関係は確認できなかった。

4. 研究成果

(1) 位置データからの居住・移動パターン分解手法の開発(学会発表)

仙台市内12900個の250mメッシュの震災を挟む2011年3月1日から4月30日までの1時間ごとの存在人数データの解析を行った。

最初に震災直後のデータ取得数を確認したところ、震災発生日から3日間は携帯基地局の停電等の影響で欠損が著しく、信頼性を保証できないことがわかった。

ついて、震災後の3月14日～4月末日までの昼間14時・夕方18時の時間帯の人口の空間分布を、震災前の3月1日～3月10日の早朝2時、昼間14時、夕方18時の空間分布で回復した。昼間14時の係数の変化より、震災翌週ではモビリティは約50%低下し平常時の早朝2時の分布に近づいていた。3月末までに約80%は平常時の昼間14時の分布に回復し、残りの20%程度は平常時の夕方18時の空間分布をとっていた。夕方18時の係数は直後の1週間は60%が早朝2時の分布、40%が昼間の分布で説明され、モビリティの低下のために活動内容が変化したことが確認できた。4月以降の回復も遅く、仕事などの必然性の高い用務に比べて、買い物・食事等の行動は平常時のパターンになかなか戻らないことが確認できた。

(2) 属性の偏りに基づくバイアスの見積り手法の開発(学会発表)

個人ごとの携帯電話位置情報データから個人特定につながる位置情報部分を取り除き、当該日の移動時間分布のみを抽出したデータを用いて、行動者の属性を逆推定する手法を開発した。仙台都市圏で最も近年に行われた2002年のパーソントリップ調査データを用い、移動時間情報を用いた決定木を作成し、行動者の属性を逆推定した。

その結果、総滞在時間、トリップ数、午後の滞在時間、最初の移動時刻の情報を順次組み合わせると8つのグループに判別すれば、当該サンプルが、正規雇用者、非正規雇用者、学生、専業主婦・無職のいずれであるか、当日のトリップに車の移動、登校、通院が含まれているかを精度よく推定できることが確認できた。

この手法を携帯位置情報から時間だけを取り出したデータに活用すれば、就業状態などの地域の活動レベルを表現でき、地域間での比較や、同一地域での時系列での比較を通して復興状況の把握に利用できる可能性を示した。

(3) 被災者の空間分布の変化プロセスの分析(平成27年11月発行雑誌論文投稿中)

ここでは、震災からの復興過程の時空間パターンを分析するため、(1)で用いたデータからサンプル数の多い仙台市中心部を抽出し、平常時の都市活動の空間分布との対応を見るため、まず国勢調査及び企業事業所統計調査の地域メッシュデータに整合するように1kmメッシュに集計したデータを用いた。

図-1には震災前の昼間人口を示しており、仙台駅(ゾーン25)、あおば通駅(ゾーン15)勾当台公園駅(ゾーン14)長町駅(ゾーン26)周辺の活動が多い。図-2は仙台中心部の

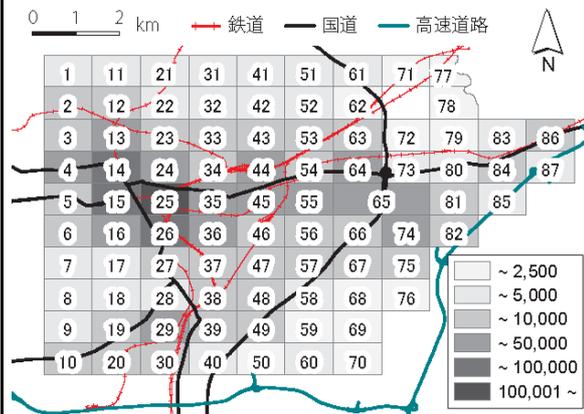


図-1 仙台市中心部の昼間人口の分布と分析ゾーン

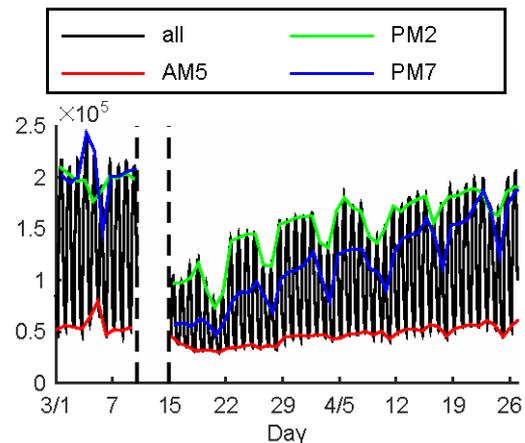


図-2 中心部の2ゾーンにおける滞在人口の推移

ゾーン25と15(仙台駅、あおば通駅周辺)の1時間ごとの人口変動を図示したもので、明らかに24時間単位での変動が見られるとともに、週末には人口が減少するという週間変動が観察され、震災後の数週間は都市活動や機能が縮小したが、4月末にはほぼ平常時の状況に回復したことが確認できた。

震災後の各時間帯の滞在人口について、震災前の対応する時間帯の滞在人口からの差分を取り、因子分析を用いて主要な空間成分を抽出し、その時間別の得点の推移を通して回復速度の違いを検討した。さらに各因子の空間パターンと社会・経済変数の空間パターンとの相関係数を確認し、各因子に対応する活動や機能を考察した。

分析の結果、震災の影響は5つの空間的な因子にまとめられ、それらの回復スピードが異なることがわかった。最も説明力が高かった「外出行動」因子の空間分布を図-3、因子得点から計算される回復曲線を図-4に示す。この「外出行動」と「平日における昼間活動」の回復が早く、「夕方の活動」、週末における昼間活動」の回復が遅い。他方、図-5に示すように沿岸部を中心とした「居住機能の低下」というパターンが震災後に露見した。

(4) 被災者の燃料購入行動の分析(雑誌論文, , 学会発表, , 図書)

データ使用契約の問題をかんがみ、空間的

な分布に基づく実証的な分析を断念し、消費者の燃料購入行動の理論的な分析と、最適施設配置計画モデルによるガソリンスタンドの営業回復戦略の検討を行った。

燃料入手のためのガソリンスタンドへの殺到という現象を取り上げ、その行動の背後に在る意思決定過程と不完全な情報獲得プロセスをモデル化して、整理券配布や給油量制限などの各種の混雑緩和策の効果を理論的に分析した。その結果、将来の供給体制が不安定な状況下で品切れ時に整理券配布を行うと、当日中に並ぼうとする車が増え、殺到状況が悪化する可能性を明らかにした。

第2の内容として、地域利便施設配置と利用に関する既存のモデルには施設の待ち時間が考慮されていないことに着目し、待ち時間を考慮した施設選択モデル、施設配置モデルの定式化と、前者の仙台市北部地域への震災時給油問題への適用を行なった。図-6は、復旧するガソリンスタンドの数に対して、消費者1人当たりの移動時間の変化を算定した結果であり、他の目的での移動中に給油を行うことができる平常時とは異なり、自宅から給油のためだけに移動が必要となる震災時には、移動時間を犠牲にしても待ち時間を節約するという行動が見られることが確認できた。

(5) 被災地ニーズの定量的分析(雑誌論文, 学会発表)

仙台市の避難所の物資要望書に基づき、各避難所における救援物資のニーズの分析を行い、仙台市の中でも津波の影響を受けた地域とそれ以外の地域では、要望される物資の内容に違いがあることを明らかにした。

ただし、公的支援ルート以外の供給があるため、定量的な分析は困難であることがわかった。

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 9件)

大窪 和明、奥村 誠、河本 憲、震災時における消費者のガソリン購入行動に関する研究、応用地域学研究、査読有、No.18, pp.17-28, 2014

奥村 誠、金 進英、関連産業の存在が生産性に与える影響 - 拡張された産業間の関連性概念を用いて、都市計画論文集、査読有、Vol.49(3)、909-914、2014

古橋 隆行、多々納 裕一、梶谷 義雄、玉置 哲也、奥村 誠、東日本大震災による産業部門への経済被害の推計方法に関する研究、土木学会論文集 D3、査読有、Vol.70、No.5、I-197-210、2014

大窪 和明、奥村 誠、吾妻 樹、更新・廃止計画のための多時点最適施設配置モデル、土木学会論文集 D3、査読有、Vol.70、No.5、I-211-220、2014

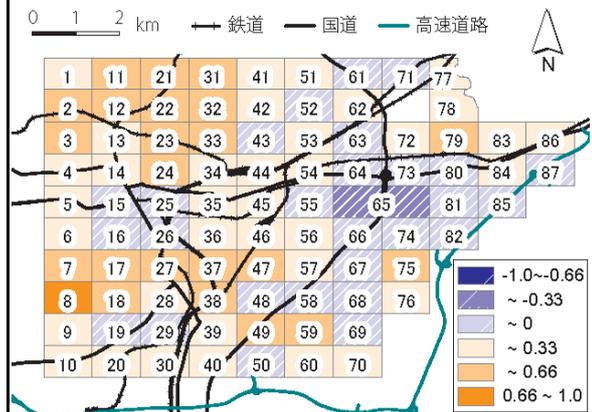


図-3 「外出行動」を表す因子負荷量の空間分布

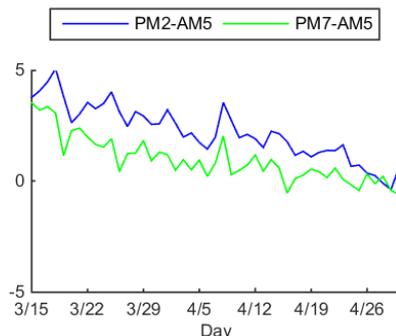


図-4 「外出行動」因子得点に基づく復旧曲線

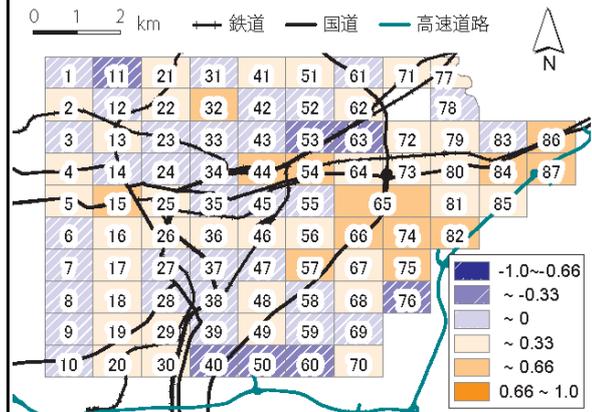


図-5 「居住機能低下」を表す因子負荷量の空間分布

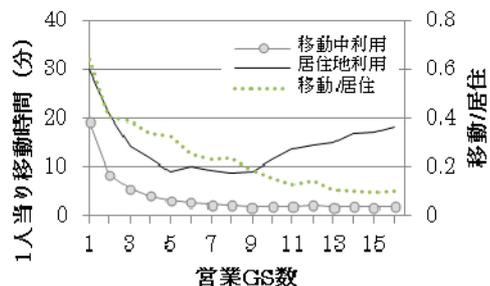


図-6 営業スタンド増加に対する移動時間の変化

奥村 誠、ブンボン 健人、大窪 和明、東日本大震災時の救援物資ニーズの発生順序の分析-、運輸政策研究、査読有、Vol.16(1)、59-67、2013

大窪 和明、奥村 誠、河本 憲、震災時における消費者のガソリン購入行動に関する研究、応用地域学研究、査読有、No.18、17-28、2014

奥村 誠、河野 達仁、人口減少・高齢化地域における交通システム - 東日本大震災被災地を念頭に、日本不動産学会誌、査読無、Vol.26、No.4、39-46、2013

奥村 誠、「都市仙台」の存在意義と期待 - 統計データが語りかけること - : 新都市、査読無、Vol.67、No.7、65-71、2013

岩坂 友也、大窪 和明、奥村 誠、待ち時間を考慮した施設選択モデルと震災時給油問題への適用、都市計画論文集、査読有、Vol.47(3)、997-1002、2012

〔学会発表〕(計 8 件)

Makoto Okumura, Jinyoung Kim and Kento Bunphong: Human Mobility Decline in Disaster Analyzed by Large-scale Positioning Data, The 4th Asian Regional Science Conference, 2014.8.6, Seoul (Korea)

奥村 誠、越村 俊一、寺田 賢二郎: 災害対応技術におけるシミュレーションの役割と限界, 第 47 回土木計画学研究発表会、土木計画学研究講演集、Vol.47、No.252、2013.6.2、広島工業大学(広島市)

ブンボン 健人、奥村 誠、大窪 和明、パーソントリップ調査の行動データによる個人属性逆推定手法の研究、第 47 回土木計画学研究発表会、土木計画学研究講演集、Vol.47、No.132、2013.6.1、広島工業大学(広島市)

奥村 誠、大窪 和明、金 進英、TIRTOM Huseyin、復興土地利用計画のための持続的都市構造の計画モデル、応用地域学会第 26 回研究発表大会、2012.11.17、青森公立大学(青森市)

Makoto Okumura, Relief goods delivery facilities, learned from the Great East Japan earthquake, The 8th APRU Research Symposium, 2012.9.21, 東北大学(仙台市)

岩坂 友也、奥村 誠、大窪 和明、震災時における給油利便性低下の空間的要因分析、第 45 回土木計画学研究発表会、土木計画学研究講演集、Vol.45、No.5、2012.6.2、京都大学(京都市)

大窪 和明、奥村 誠、河本 憲、震災時におけるガソリン販売政策と消費者の殺到防止効果、第 45 回土木計画学研究発表会、土木計画学研究講演集、Vol.45、No.4、2012.6.2、京都大学(京都市)

ブンボン 健人、奥村 誠、大窪 和明、東日本大震災における救援物資ニーズの時間的变化に関する研究、第 45 回土木計画学研究発表会、土木計画学研究講演集、

Vol.45、No.2、2012.6.2、京都大学(京都市)

〔図書〕(計 1 件)

奥村 誠(編著)、藤原 潤子、植田 今日子、神谷 大介(共著)、東北大学出版会、東北アジア学術読本 3 途絶する交通、孤立する地域、2013、170 ページ

〔その他〕

ホームページ等

http://strep.main.jp/modules/pico3/index.php?content_id=5

本研究では、ゼンリンデータコム社による「メッシュ混雑統計データ」を購入して使用した。データの概要は以下のサイト参照 <http://www.zenrin-datacom.net/business/other/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥村 誠 (OKUMURA, Makoto)
東北大学・災害科学国際研究所・教授
研究者番号: 00194514

(2) 研究分担者

大窪 和明 (OKUBO, Kazuaki)
埼玉大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号: 50546744