

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 21 日現在

機関番号：82113

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560180

研究課題名(和文)統計情報を利用した人口の時空間分布推定モデルの開発と自然災害リスク評価への展開

研究課題名(英文)Development of a Statistics-based Spatio-temporal Population Distribution Model and its Application to the Risk Assessment of Natural Disasters

研究代表者

樋本 圭佑(Himoto, Keisuke)

国立研究開発法人建築研究所・その他部局等・その他

研究者番号：90436527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国勢調査、経済センサス、社会生活基本調査といった全国的に整備される統計情報を利用することで、任意の時刻における広域圏内人口分布を推定するためのモデルの開発を行った。同モデルにより、京阪神都市圏の時刻別人口分布の推定を行い、交通網の被害発生状況や徒歩による通勤・通学者の帰宅可能距離が、大規模自然災害時における帰宅困難者の発生に及ぼす影響を分析した。また、2011年東北地方太平洋沖地震が発生した際の気仙沼市における人口分布の推知を行い、立地施設の種別や規模が津波浸水区域内の滞在人口に及ぼす影響を分析した。

研究成果の概要(英文)：Extent of fatality due to natural disaster depends largely on spatial distribution of population at the moment disaster occurs. In this study, a computational model for estimating day-long spatio-temporal distribution of population is developed using a number of country-wide statistical data. The model estimates behavior of individuals by considering their attributes including age, gender, occupation, place of work, and place of residence. As a case study, the model is applied to the Keihanshin metropolitan area. Estimated maximum number of commuters unable to return home in an expecting earthquake scenario was between 1.1 and 1.9 million depending on the assumptions on traffic disruption following disaster. The model is also applied to the Kesennuma city which is struck by the huge tsunami at the occasion of the 2011 Tohoku earthquake. The result showed that the number of people in the tsunami inundated area ranges between 23,500 and 26,000 depending on the time of its occurrence.

研究分野：防災計画

キーワード：流動人口 暴露人口 統計情報 自然災害リスク

1. 研究開始当初の背景

大規模災害時の被害の様相は、災害が発生する時間帯によって大きく変化する。2011年東北地方太平洋沖地震では、東北・関東地方の太平洋沿岸市町村を中心に甚大な津波被害が発生したが、地震発生が平日の昼間であったこともあり、夜間と比べると避難行動をとる者の比率は高く、避難行動に要する時間も短かったものと考えられる。一方で、平日の昼間は多くの人が外出する時間帯でもあり、家族が別々の場所に避難することを余儀なくされ、その後の通信・交通傷害と相まって、安否確認に多大な時間を要する例も少なくなかった。また、首都圏では、顕著な物理的被害こそ発生しなかったものの、遠距離を通勤・通学する人々が帰宅できなくなるなどの混乱が生じた。しかし、このように帰宅困難問題が大規模化した背景には、やはり就業・就学時間帯である平日の昼間に地震が発生したことがあり、仮に地震の発生時間帯が異なっていれば、被害の様相は異なっていた可能性が高い。

2. 研究の目的

本研究では、防災計画の前提となる流動人口分布の把握を目的として、国勢調査、経済センサス、社会生活基本調査といった全国的に整備される統計情報を活用することで、任意の時刻における広域圏内人口分布を推定するためのモデルを開発する。さらに同モデルによる推定結果を災害の外力の推定結果と重ね合わせることで、災害発生時の人的被害発生過程の特徴を分析する。

3. 研究の方法

流動人口分布推定モデルでは、統計調査の結果を利用することで、対象とする圏域内における住民一人一人の一日の行動の軌跡を推定し、その結果を集計することで地域単位の人口分布の時刻変動を推定する。

ここでは、対象を、平日の外出先を比較的推測しやすい就業者・学生と、その他の非就業者・非学生に分けて検討した。まず、就業者・学生については、「常住地を出発、就業・就学地に到着、就業・就学地に滞在、就業・就学地を出発、常住地に到着」という行動が定型的に行われていると仮定し、各行動を起こす時刻を個々の就業者・学生の属性に応じて確率的に与えることとした。一方、非就業者・非学生については、睡眠や食事、身の回り行動など必須と考えられる行動以外の行動の組み合わせを、社会生活基本調査の結果に基づいて確率的に決定し、決定された行動が外出行動を伴う場合に、外出行動目的に適合した目的地を離散選択モデルにより選択することとした。

移動交通手段については、過去に実施されたパーソントリップ調査から得られた通勤距離別の利用交通手段比率を抽出し、これに基づいて確率的に選択を行うこととした。移

動経路については、いずれの交通手段の場合でも、主要な道路・鉄道網を利用した場合の時間コストを考慮した最短経路分析に基づいて決定した。

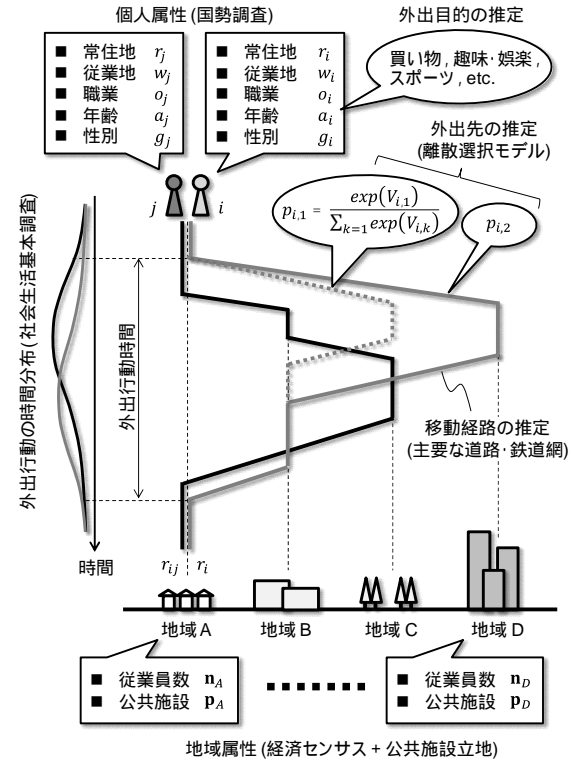


図1 推定モデルの概要 (非就業者・非学生)

4. 研究成果

1) 京阪神都市圏における帰宅困難者数の推定

本研究で開発したモデルを京阪神都市圏に適用し、帰宅困難者数の推定を行った。検討条件は表1、図2に示す通りである。図3に、条件A~Dにおける帰宅困難者総数の時間変化を示す。帰宅困難者数は、午前の通勤・通学時間帯に入ってから急激に増加し、その後しばらく変化の小さい時間帯が続くものの、夕方の通勤・通学時間帯に入ると急激に減少した。推定によると、各条件とも11時30分から45分にかけての時間帯に帰宅困難者数が最大となり、条件Aで188.2万人、条件Bで190.9万人、条件Cで141.3万人、条件Dで114.7万人となった。

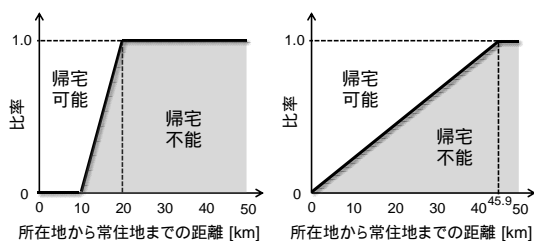
なお、鉄道網のみの不通を仮定した条件CとDでは、新基準の帰宅困難者数の方が小さく推定された。これに対し、全ての交通網の不通を仮定した条件AとBでは、帰宅困難者数が同じような時間変化を示している。これは、道路網を利用する就業者・学生の帰宅困難率が、新基準において大きく推定されていることを示している。図2の徒歩による帰宅可能距離の判定基準を比較すると、旧基準では0~10kmにかけて全て帰宅可能と判定されていたものが、新基準では一部帰宅不能と判定されるようになった。すなわち、京阪神都市圏においては、この区間に道路網を利用

した就業者・学生が多いことが推定結果に反映されているものと考えられる。

帰宅困難者数が最も多い11時45分における条件Bの帰宅困難者の分布を図4に示す。これによると、就業者・学生の分布は、京都、大阪、神戸の三都市の都心部に集中しているが、帰宅困難者の分布は、その中のさらに特定の地域に集中していることが分かる。こうした地域には、特に遠距離からの就業者・学生が集まる施設が集積しているものと考えられる。

表1 帰宅困難者分布の推定条件

条件	交通網の被害状況	帰宅可能距離 (中央防災会議)
A	・全ての鉄道網が不通	旧基準
B	・全ての道路網が不通	新基準
C	・全ての鉄道網が不通	旧基準
D	・全ての道路網が利用可能	新基準



(1) 旧基準(中央防災会議) (2) 新基準(中央防災会議)

図2 徒歩による帰宅可能距離の判定基準

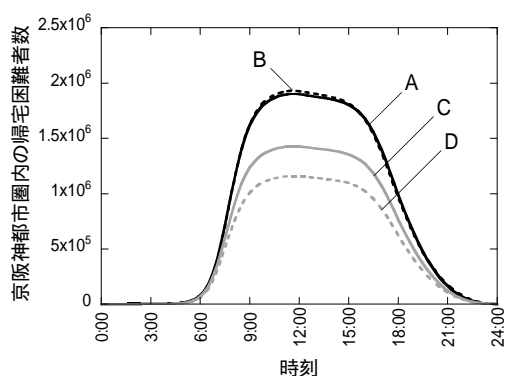


図3 帰宅困難者数の時間変化

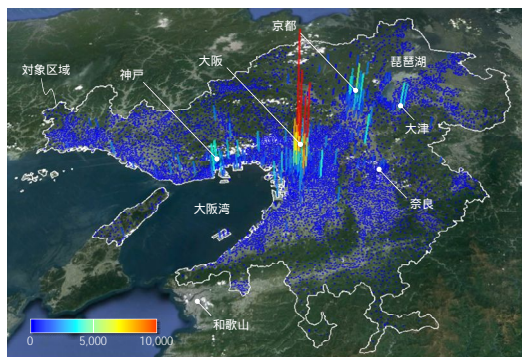
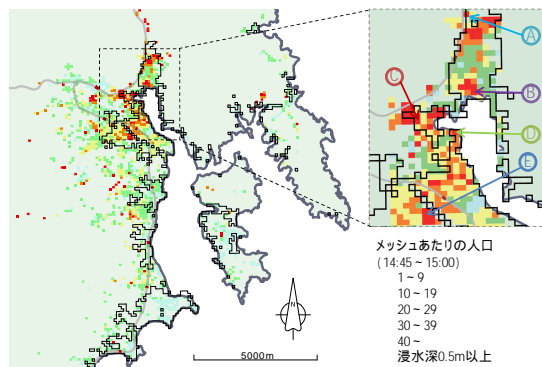


図4 帰宅困難者の分布(条件B, 11:45)

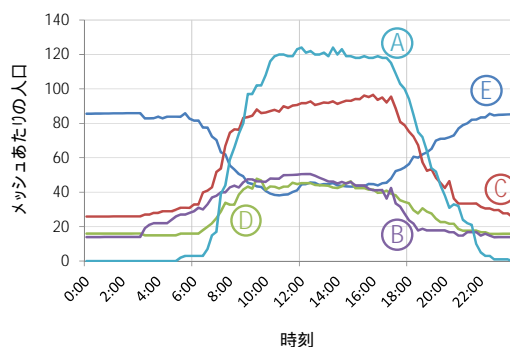
2) 気仙沼市における津波浸水区域内人口の推定

本研究で開発したモデルを、2011年東北地方太平洋沖地震で被害を受けた気仙沼市に適用した結果を図5に示す。当時の津波浸水区域と重ね合わせを行った結果、津波浸水区域内の人口は、津波が襲来する時間帯によって23,500人から26,000人間で変動することが分かった。

図5は、特徴の異なる5つの100mメッシュ(A~E)における滞在人口の変化を示している。メッシュAには小学校が、メッシュBには工場が、メッシュCには商店街が、メッシュDには飲食店や漁業関連業者が、メッシュEには商店と住宅がそれぞれ立地している。地域内の流動人口は、立地施設の種別や規模によって変化の特徴が異なることが確認できる。こうした地域特性の違いが流動人口の変化に及ぼす影響を反映させていくことで、実効性のある防災計画等の作成が可能になるものと考えられる。



(1) 地震発生時の人口分布



(2) メッシュ人口の時間変化

図5 気仙沼市内の津波浸水区域内人口

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 1 件)

木全淳平・樋本圭佑・西野智研・田中哮義：全国的に整備される統計資料を利用した都市圏内就業者の時刻別空間分布の推定 -平日の京阪神大都市圏を対象とし

たケーススタディ-, 日本建築学会計画系
論文集, 査読有, Vol.78, No.686,
pp.891-898, 2013
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/78/686/78_891/pdf

〔学会発表〕(計 6 件)

Kimata J, Himoto K. A statistics-based trip model of non-workers for the estimation of region-wide human exposure to natural hazards, 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2015

木全淳平・樋本圭佑: 社会生活基本調査に基づく非就業者・非学生の外出行動の分析, 日本建築学会大会(近畿) 学術講演梗概集, pp.913-914, 2014

Himoto K, Kimata J, Nishino T, Tanaka T. Estimation of Day-long Population Dynamics of Workers by Using Nation-wide Statistical Data and its Application to Keihanshin Metropolitan Area, Japan, 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2013

樋本圭佑・木全淳平: 標準的統計情報を利用した広域圏内人口分布の時間変化の推定, エストレーラ, No.234, pp.28-33, 2013

木全淳平・樋本圭佑: 統計情報を用いた広域都市圏内の流動人口分布推定に関する研究 - その1 推定モデルの概要, 日本建築学会大会(北海道) 学術講演梗概集, F-1, pp.139-140, 2013

樋本圭佑・木全淳平: 統計情報を用いた広域都市圏内の流動人口分布推定に関する研究 - その2 平日の京阪神都市圏における帰宅困難者分布の推定, 日本建築学会大会(北海道) 学術講演梗概集, F-1, pp.141-142, 2013

〔図書〕(計 1 件)

Himoto K, Kimata J. A Model for Spatio-temporal Distribution of Population Using Country-wide Statistical Data and its Application to the Estimation of Human Exposure to Disasters, H.-N. Teodorescu et al. (eds.), Improving Disaster Resilience and Mitigation - IT Means and Tools, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, pp.73-87, 2014

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.kenken.go.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

樋本 圭佑 (HIMOTO, Keisuke)

国立研究開発法人建築研究所・防火研究グループ・主任研究員
研究者番号: 90436527

(2) 研究分担者

寶 馨 (TAKARA, Kaoru)
京都大学防災研究所・教授
研究者番号: 80144327