

# 京都市における来訪者の歩行移動を考慮した帰宅困難者の推計と避難施設の適正配置に関する研究

○北本 英里子<sup>\*1</sup> 山田 悟史<sup>\*2</sup>  
及川 清昭<sup>\*3</sup>

キーワード：避難施設 帰宅困難者 パーソンとリップ調査 京都

## 1. はじめに

近年、都市災害に対する災害発生後の対策が行われている。例えば、避難経路の提案や避難施設の確保が挙げられる。京都市でも大型地震が発生することが予測され、公共施設や宿泊施設を避難施設<sup>1)</sup>として提供している。

筆者らは「京都市における帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置に関する研究」<sup>2)</sup>で、人の流れデータ<sup>3)</sup>から京都市外からの京都市への来訪者を算出し、ボロノイ図を用いて帰宅困難者数の推計、及び、帰宅困難者のうち、最寄りの避難施設に収容されない人数（以降、未収容者数）を把握し、避難施設の適正配置の考察を行った。

本稿では、道路ネットワークを用いて未収容者数を把握し、避難施設の適正配置の考察を行う。

## 2. 研究概要

本稿は、帰宅困難者の推計と分布（3章）を利用し、避難施設の収容可能人数を算出した上で、避難行動を設定し、現状の避難施設の収容能力を把握する（4章）。そして、現状把握から施設の数と配置の考察を行う（5章）。

## 3. 帰宅困難者の推計と人口分布

本研究では、平成12年度京阪神都市圏人の流れデータ（空間配分版）<sup>3)</sup>を利用して、京都市外から京都市を訪れる人数（非居住滞留人口）を算出する。人の流れデータは、京阪神の移動のみのデータであるが、全国からの非居住滞留人口を把握するため、拡大係数の調整を行った。本研究では、人の流れデータから京都市内に多く人が集まると把握した平日14時の人の流れデータを使用した。

なお、拡大係数の調整については、前稿では、移動目的コード「不明」の非居住滞留人口を全て全国からの来訪者に変換して推計を行った。本項では移動目的コードごとに従業員者（通勤・通学など）と外部来訪者（買物、食事・社交・娯楽、レクリエーションなど）に分け、移動目的コード「不明」に該当する人数を、従業員者と外部来訪者の人数比に分配した。また、居住地別来訪者数<sup>4)</sup>を利用して、外部来訪者に該当するデータの拡大係数を全国からの拡大係数に変換した（式1）。結果、従業員者136,451人、外部来訪者304,436人、全体で440,887人が帰宅困難者になると推計できる。

表1 帰宅困難者の推計

|           | 人の流れデータ | 移動コード「不明」 | 合計      | 調整後     |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| 従業員者等     | 10,097  | 123,162   | 133,162 | 136,451 |
| 外部来訪者等    | 8,131   | 991,801   | 991,801 | 304,436 |
| 移動コード「不明」 | 222,343 |           |         |         |
| 合計        | 240,571 |           |         | 440,877 |

京都市内を除く全国からの来訪者の拡大係数

= 京阪神都市圏の拡大係数

$$\times \frac{\text{全国からの来訪者} - \text{京都市内の来訪者}}{\text{京阪神都市圏からの来訪者}} \quad (\text{式1})$$

## 4. 帰宅困難者の収容能力と現状把握

本章では帰宅困難者の位置と人数、避難施設（避難所・一時滞在施設）の位置と収容可能人数<sup>5) 6)</sup>（図1）から、未収容者数を把握する。避難施設は534施設、収容可能人数は188,159人である。なお、避難所の収容可能人数は、一時収容施設の一人あたりの床面積から算出した。

前稿では、帰宅困難者が最短直線距離で最寄りの避難施設へ向かう場合の未収容者数を把握したが、本稿では、帰宅困難者の避難行動モデルを下記のように設定する。

①災害発生時における位置から、道路ネットワーク距離が最短となる施設を探索し、移動を行う。

②施設に到着し、収容される場合は避難を完了する。到着したもの、収容されない場合はその位置から道路ネットワーク距離が最短となる施設を再探索し、収容されるまで移動を繰り返す。

③再探索の際に、その時点で満員である施設は、探索の対象としない。

④移動距離が10km<sup>注1)</sup>を超えた場合は、避難が完了しなかったとする。

②及び③の設定から、再探索は施設に到着した際のみ行われるため、施設への移動中に当施設が満員になっても、その時点では再探索をせず、そのまま移動を続ける。

なお、③の設定にはいくつかの考え方があられる。例えば、空き施設の情報共有のあり方が考えられる。これは、帰宅困難者の避難行動や施設の収容能力に大きく影響すると考えられるので、今後検討する予定である。本稿では施設に到着した時のみ、空き施設の情報が得られる条件で、全ての帰宅困難者に対して、この避難行動モデルを適用し、一斉に避難を開始させ、解析を行った。

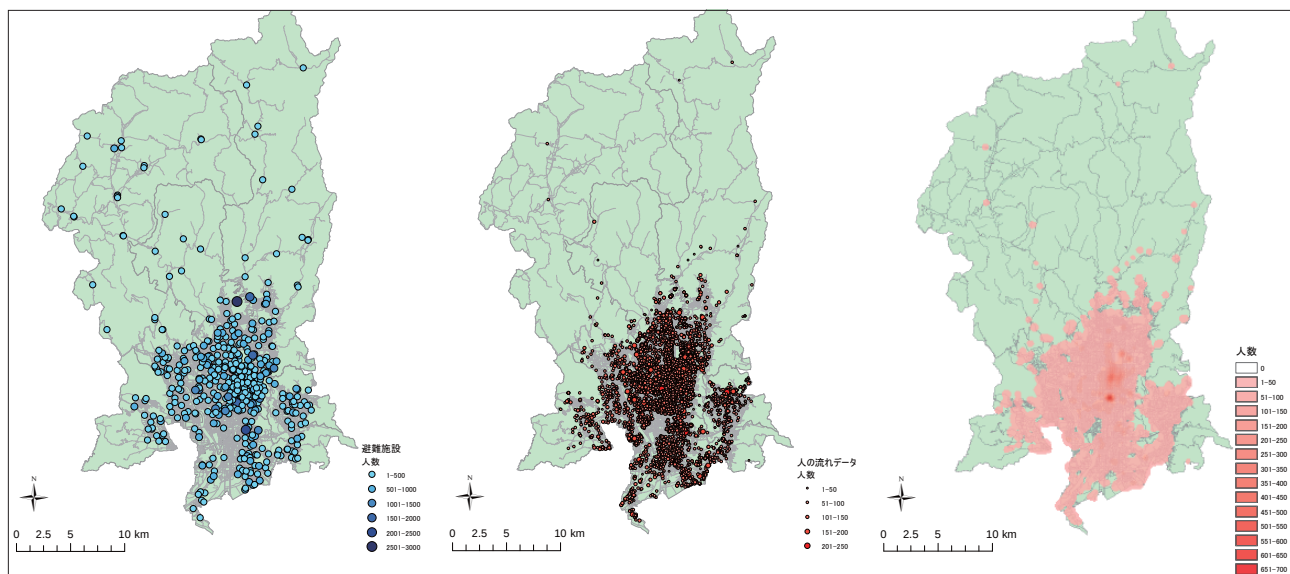


図1 移動開始時の避難施設の収容可能人数と位置（左）、未収容者数と位置（中）、帰宅困難者数の分布（右）

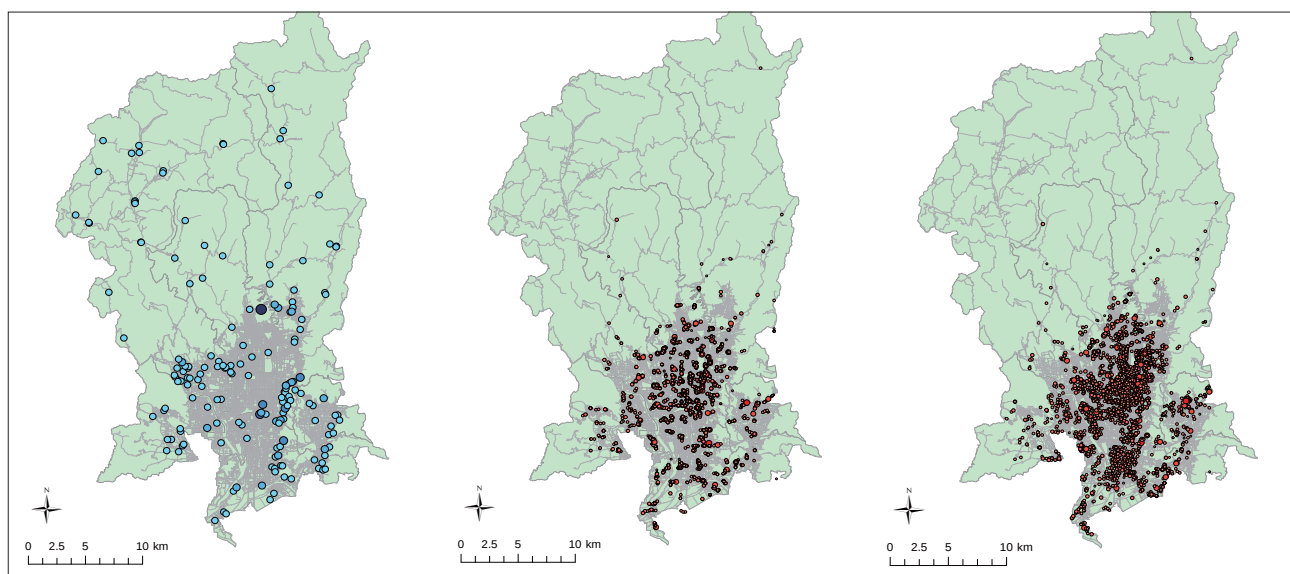


図2 移動1 kmの避難施設の収容可能人数と位置（左）、未収容者数と位置（中）、移動開始時の位置と人数（右）

帰宅困難者と避難施設の設定は、3章で推計をした京都市外からの来訪者の人数と位置データ、避難施設の収容可能人数と位置データを使用する。また、道路ネットワークは幅員、高低差、一方通行の有無の設定は行わず、移動距離は直線距離で解析を行っている。

結果、歩行距離10 km（大人の歩行速度80m/分とすると歩行時間約2時間）未満で避難施設に収容される人数は184,305人であった。また、この時点で未収容者数は256,582人であり、30施設・3,845人分の収容能力があった。更に全ての施設が収容可能人数を満たすまでには、最後に避難施設に収容される人が55 km（約11時間後）歩き続けた場合であった。図3は歩行距離（歩行時間）と未収容者数の関係を表している。歩行距離1 km（約13分）以内で142,937人が収容されている。人の歩行距離（時間）毎の避難施設の収容可能人数と未収容者数のと位置と分布の推移を図2・4・5に示す。

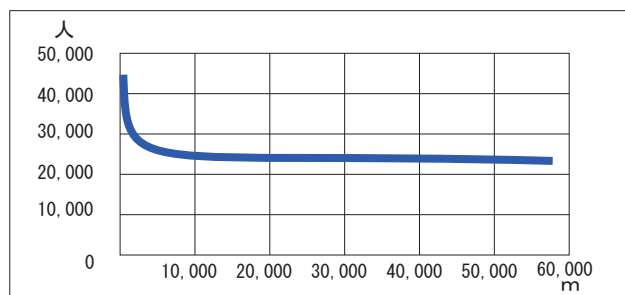


図3 移動距離（時間）と未収容者数

## 5. 帰宅困難者の収容施設の適性配置

4章で把握した、未収容者の移動開始時の位置とその地点に含まれている人数（3,776地点266,752人）から、新施設の位置と収容人数の提案を行い、考察を行う。前稿と同様、京都市を500mメッシュに分割し、その中心点を施設の候補地点（3,322地点）とし、道路ネットワークを用いた。本稿では、以下の2パターンを行った。

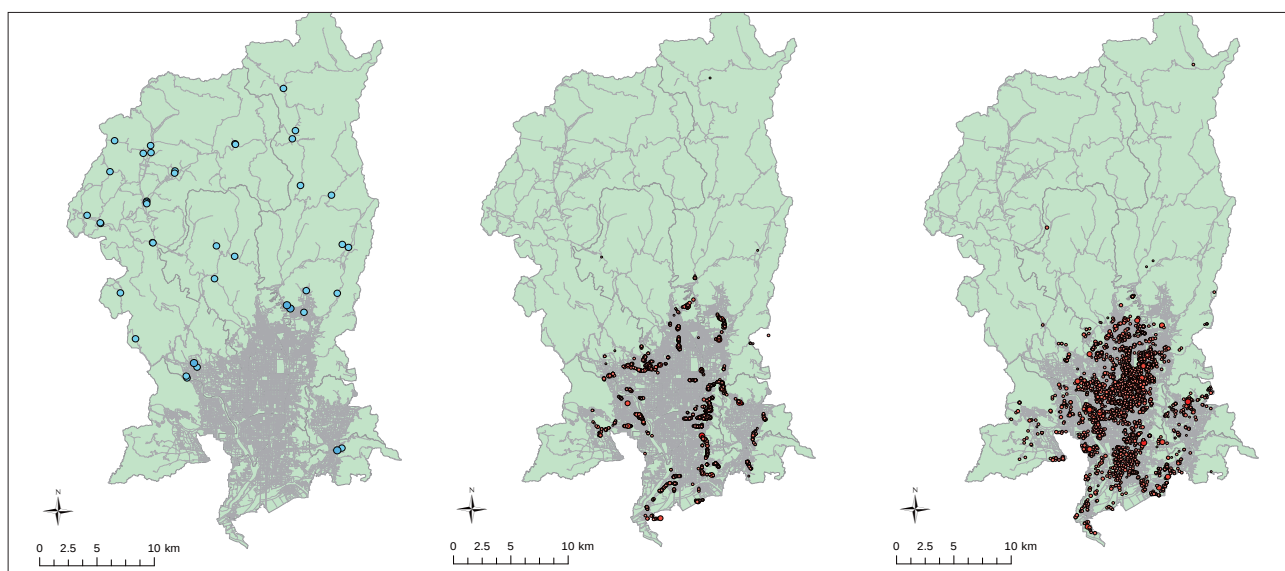


図4 移動5 kmの避難施設の収容可能人数と位置（左），未収容者数と位置（中），移動開始時の位置と人数（右）

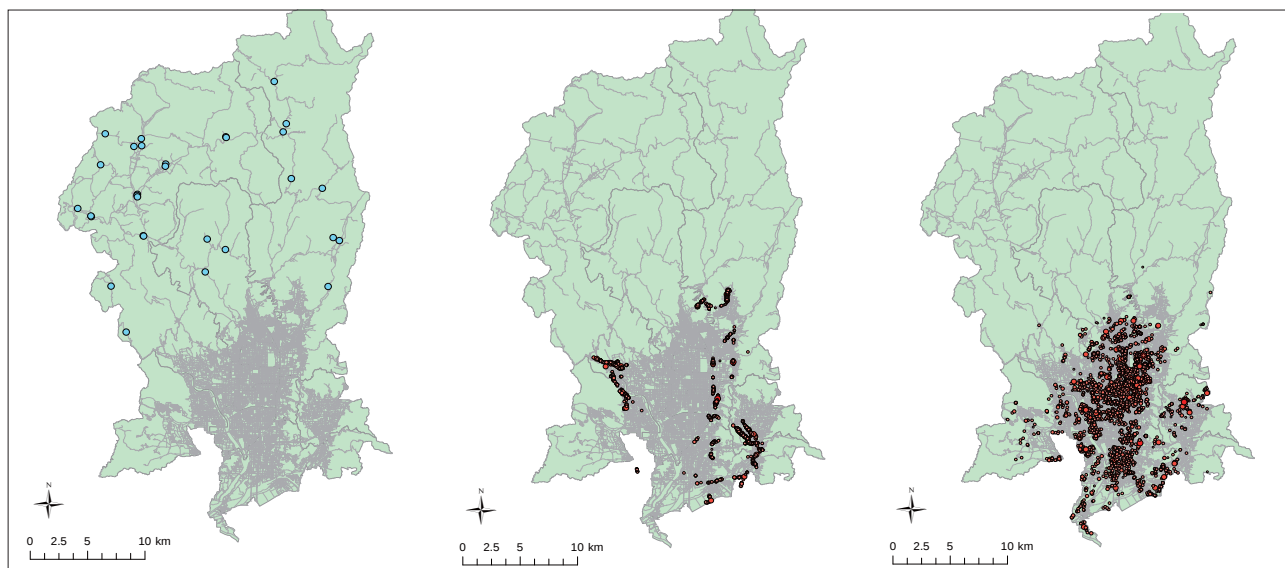


図5 移動5 kmの避難施設の収容可能人数と位置（左），未収容者数と位置（中），移動開始時の位置と人数（右）

#### 【パターン1】

- ① 1施設当たりの人数が3000人を超えないものとする。
- ② 施設数を90施設に設定し，未収容者が出来るだけ多く収容されるように候補地点数を増やす。
- ③ 未収容者は移動開始場所から，10km以内の候補地点に可能な限り収容される。この時，施設の収容人数の上限が優先されるので，全ての未収容者が最短の候補地点に収容されるのでは無く，2番目，3番目と，出来るだけ近い候補地点が選択される。

なお，①②においては，既存の避難施設の最大収容人数が約3000人であり，4章より未収容者数の移動開始の位置とその地点に含まれる人数が約27万人であったため，未収容者数を施設の最大収容人数で除した結果，最小施設数を90施設と設定した。

結果，90施設で265,372人，95施設で266,194人，100施設で266,251人，103施設で266,296人で，これ以上増やしても収容人数は増加しなかった。（図6）。

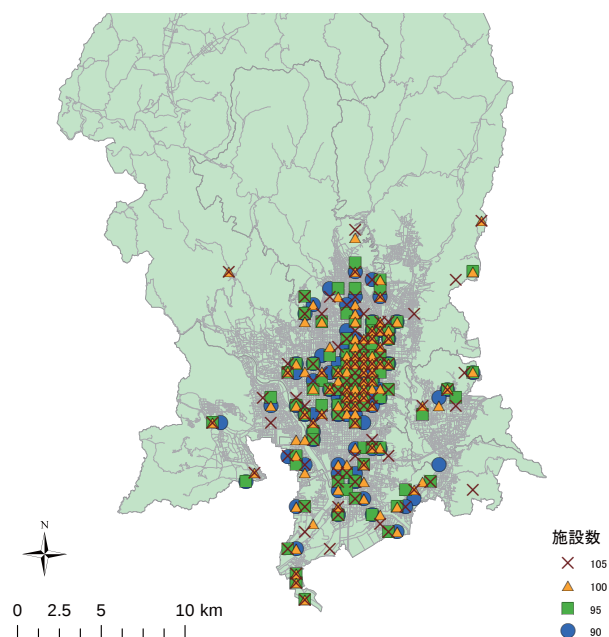


図6 選択された候補地点

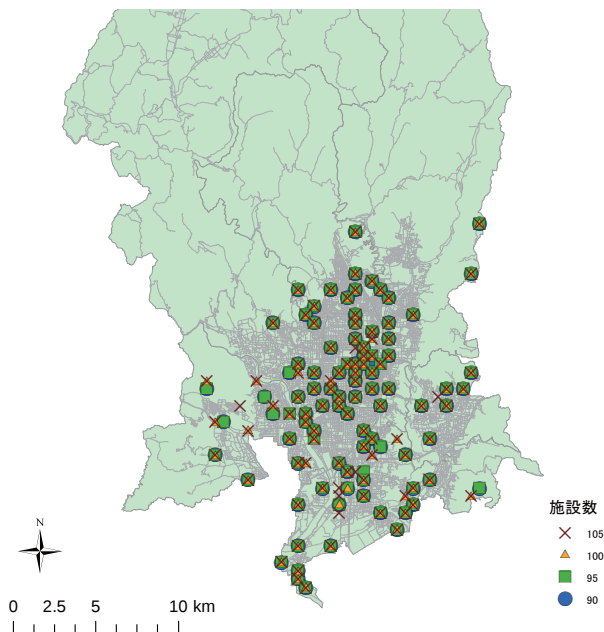


図7 選択された候補地点

### 【パターン2】

- ① 1施設当たりの収容人数の上限は設定しない。
- ② 帰宅困難者の全体の99.83%が収容できるように候補地点数を選ぶ。
- ③ 未収容者は移動開始場所から、10km以内の候補地点に収容される。この時、未収容者の位置から10km以内の候補地点が複数ある場合は、距離の逆比で未収容者の人数が分配される。また、未収容者の総移動距離が最小になるように候補地点が選択される。

なお、②においては、【パターン1】の結果から最大収容可能人数が266,296人であり、【パターン2】でもこれ以上の収容人数の解析は不可能であった。

結果、最小施設数は11施設で最小収容人数45人、最大収容人数96,753人であった。図7は施設数を増やした結果の一部である。また、【パターン1】の結果で103施設が選ばれた時、総移動距離158794.032km、最小収容人数45人、最大収容人数3000人であった。施設数103を【パターン2】に適用すると、総移動距離933864.969km、最小収容人数45人、最大収容人数6974人であった。さらに、選択された候補地点の収容人数の累計から、優先的に配置すべき場所は中京区の丸太町付近と考察する(図8)。

## 6. まとめ

本稿では、京阪神都市圏の人の流れデータから、平日14時の京都市における非居住滞留人口を把握した。次に帰宅困難者の避難行動モデルから、未収容者の位置と人数を把握した。最後に、避難施設の配置と収容人数についての提案・考察を行った。また、今後の課題として

- ① 人の流れデータにおいて、平日14時以外の休日や朝夕にも対応した提案が可能であり、検討する必要がある。
- ② 帰宅困難者の現状把握において本稿では、避難行動の

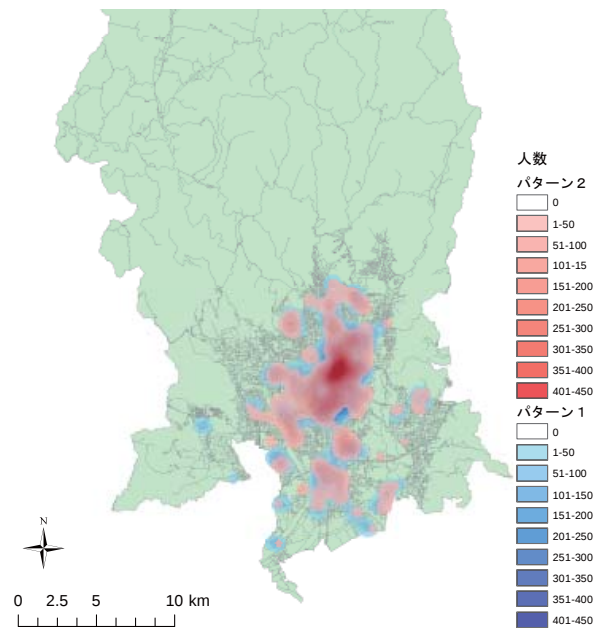


図8 候補地点が優先的に選択される場所

モデルを、目的施設に到着してから空き施設の情報が得られるなど、行動に制限を設けた。今後は、情報の共有や移動中の移動先の施設の変更など、より現実に近い避難行動を考える必要がある。

- ③ 適正配置では、既存施設を含め、候補地点の組み合わせ、収容人数など条件を設定し、最適化を行う必要がある。

### 【謝辞】

本研究は、立命館大学歴史都市防災研究所の研究助成を受け行われた。また、東京大学空間情報科学研究センターとの共同研究「地理空間情報を用いた避難施設及び避難経路の計画手法に関する研究」として借用しているデータを用いた。

### 【注釈】

注1) 10kmまでは全員が徒歩で帰宅可能であり、10～20kmでは1km遠くなるごとに10%づつ帰宅困難者が増加し、20kmを超えると全員が帰宅困難者となることより、避難施設までの移動距離は10kmの以内と設定する<sup>7)</sup>。

### 【参考文献】

- 1) 京都市消防局：京都市事業所帰宅困難者対策指針 ～ おもてなしの心で観光客にもやさしく～, 2010
- 2) 東京大学空間情報科学研究センター:動線解析プラットフォーム, WEB API 仕様書 Ver. 2.70
- 3) 北本英里子, 山田悟史, 及川清昭：京都市における帰宅困難者の推計と一時収容施設の適正配置に関する研究, 第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム, pp. 259-262, 2014. 12
- 4) 京阪神都市圏交通計画協議会：京阪神都市圏における休日の観光交通実態について～京阪神都市圏中間年次調査 中間報告～
- 5) 京都市ホームページ：京都市情報館, 京都指定避難所一覧
- 6) 京都市ホームページ：京都市情報館, 観光客緊急避難所広場と紀南誘導, 観光客一時滞在施設一覧と位置図
- 7) 中林一樹：地震災害に起因する帰宅困難者の想定手法の検討, 総合都市研究 (47), p35-75, 1992, 12

\* 1 立命館大学大学院 理工学研究科 博士後期課程 環境都市専攻

\* 2 早稲田大学 人間科学学術院 人間環境学科 助教・博士(工学)

\* 3 立命館大学大学院 理工学研究科 教授・工学博士