

パーソントリップ調査を活用した帰宅困難人口の推定—静岡中部都市圏を例として—

穴口 智也¹・北川 剛弘²・平本 健二³・田口 勝則⁴・森田 紘圭⁵

¹正会員 大日本コンサルタント株式会社 中部支社 技術部 (〒451-0044 愛知県名古屋市中区菊井2-19-11)
E-mail: anaguchi@ne-con.co.jp

²大日本コンサルタント株式会社 中部支社 技術部 (〒451-0044 愛知県名古屋市中区菊井2-19-11)
E-mail: kitagawa_take@ne-con.co.jp

³正会員 大日本コンサルタント株式会社 関東支社 横浜支店 (〒231-0013 神奈川県横浜市中区住吉町2-24)
E-mail: hiramoto@ne-con.co.jp

⁴大日本コンサルタント株式会社 中部支社 技術部 (〒451-0044 愛知県名古屋市中区菊井2-19-11)
E-mail: taguchi@ne-con.co.jp

⁵正会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 (〒451-0044 愛知県名古屋市中区菊井2-19-11)
E-mail: morita_hiroyoshi@ne-con.co.jp

先の東日本大震災では、首都圏において広範囲にわたり道路の寸断や公共交通機関のマヒが発生し、各地で多くの帰宅困難者が発生した。この経験をもとに、帰宅困難者対策の重要性が指摘されている。本論文では、静岡中部都市圏を事例として、パーソントリップ調査を活用した、災害発生時を想定した帰宅困難人口を推計し、その防災関連対策検討への活用可能性を考察した。その結果、1)滞留人口や帰宅困難者は中心市街地に集中する傾向があるだけでなく、郊外などにも広く分布していること、2)特に都市圏中心の静岡都心部で帰宅困難者数及びその割合が大きいこと、などが明らかとなった。これにより、PT調査結果を活用することで、大規模災害発生時の初期避難対策の検討が可能であることが示唆された。

Key Words : *person trip survey, big data, stranded persons*

1. はじめに

パーソントリップ調査（以下、PT調査と記す）は、都市圏内の人の動きに着目し、その詳細な行動を調査するものである。個々のサンプルについて、利用交通機関や所要時間だけでなく、乗り換え行動や駐車・駐輪など様々な項目を調査しており、都市圏の将来を見据えた都市交通マスタープランの策定や人口・土地利用等の把握など、幅広い分野で活用することが可能である。

静岡中部都市圏（静岡市、藤枝市、焼津市、島田市の計4市）では、平成24年度に第4回PT調査を実施した。調査課題の1つとして、駿河トラフ・南海トラフ沿いで想定されている地震、それに伴う津波等の大規模災害に対する防災が挙げられ、災害の影響を交通の面から把握することも1つの目的とされている。また、先般の東日本大震災で首都圏において広範囲にわたり公共交通機関がマヒし、各地で多くの帰宅困難者が発生した実態から、静岡中部都市圏においても、中心市街地での帰宅困難者

が発生することが予想される。大規模災害時における交通課題を把握する際、都市圏内の人の移動状況を分析することができるPT調査データの活用は有効である。個々の交通行動が把握できるため、単に移動している人だけでなく、ある時間帯、ある場所に滞在する人数を把握することが可能であるため、地区別や時間帯別の災害による都市交通へのインパクトを詳細に分析できる。

以上から、本論文ではPT調査データを活用して、災害発生時を想定した滞留人口および帰宅困難人口の推計を行い、防災関連計画への活用可能性を考察する。

2. 静岡中部都市圏 PT 調査の概要

(1) 調査の概要

平成 24 年度に実施された第 4 回 PT 調査の対象地域は、図-1 に示す静岡中部都市圏を構成する静岡市・藤枝市・焼津市・島田市の 4 市である。平成 13 年に実施された

第 3 回から 11 年が経過しており、その間に市町村の合併、静岡市の政令指定都市への移行が行われている。また、調査時点の都市圏内人口は 1102 万人 (H24.6.30 時点) である。

調査対象数、回収サンプル数および回収率は表-1 のとおりである。サンプル数は個人票で 6.9 万サンプルであり、これは都市圏内人口の 6.3%にあたる。調査方法が今回調査から郵送・Web 併用となったため、回収率は世帯票・個人票ともに 30%前後となっている。

(2) 調査結果の概要

第4回調査における外出率および一人あたりトリップ数 (原単位) を図-2, 図-3に示す。外出率は86.1%となっており、過去調査と比べやや減少傾向にある。同様に、一人あたりトリップ数 (原単位) も減少傾向にあり、高齢化による外出率の低下等の影響が想定される。

移動距離帯別の交通手段分担率を図-4に示す。2km以内の短距離移動では徒歩と自転車の分担率が約50%となっているが、3kmから50kmの移動では自動車の分担率が過半数を占めている。バスの利用は2~10kmの距離帯に多いが、その分担率は最大で5%程度である。都市圏を東西に結ぶ鉄道については5km以上から徐々に利用が確認でき、10km以上から特に比重が大きくなっている。

図-5に市区間のトリップ数を示す。都市圏の中心的な役割を持つ静岡市、特に葵区や駿河区と他市との結びつきが強いほか、藤枝市と焼津市など隣接する都市間の結びつきも強い。静岡市内では、各区の間で活発に移動が行われており、葵区と駿河区との結びつきが強く、次いで葵区と清水区のトリップ数が多い。災害が発生した場合に、これらの交通にどのような影響があるかが重要となる。

(3) 避難行動に関するアンケート結果

第4回PT調査では、交通実態調査と合わせ、住民交通意識アンケート調査を実施しており、その調査で災害時の避難行動意識に関する項目を設けている。

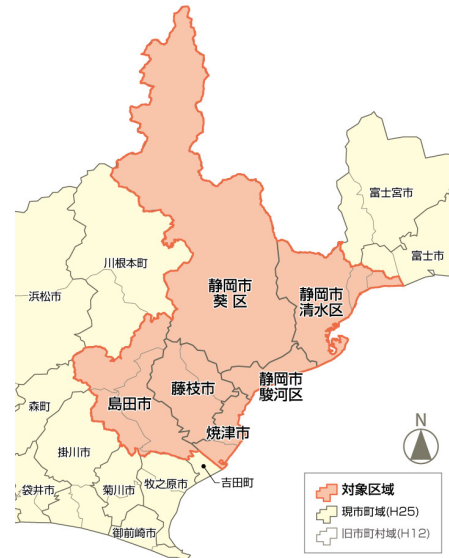


図-1 対象地域 (静岡中部都市圏)

表-1 調査票の配布・回収数

調査対象数	世帯票：9.5万世帯 個人票：23.5万人
回収サンプル数	世帯票：3.0万世帯 個人票：6.9万サンプル
回収率 (%)	世帯票：31.4% 個人票：29.5%

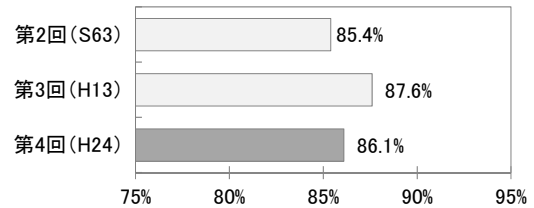


図-2 外出率

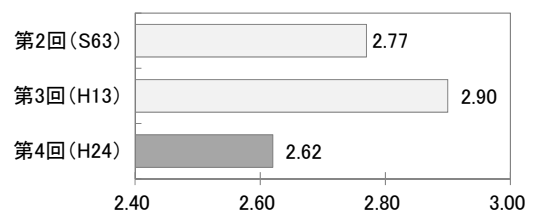


図-3 一人あたりトリップ数 (原単位)

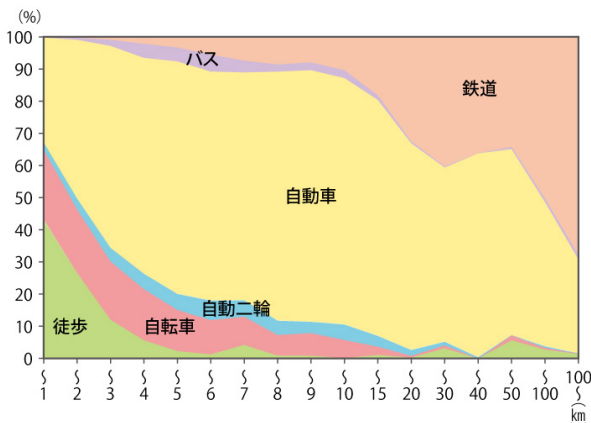


図-4 移動距離帯別交通手段分担率

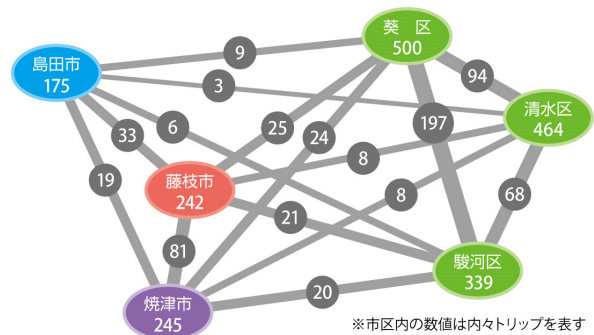


図-5 市区間トリップ数

※市区内の数値は内々トリップを表す
[単位:千トリップ/日]

図-6に避難時に想定される行動内訳を示す。自宅で被災した場合にはそのまま自宅に留まるとした人の割合が最も高く、避難を開始するとした人の割合を上回っている。また、自宅以外で被災した場合にもその場に留まるとした人の割合が最も高く、避難を開始する、自宅に帰るとした人の割合を上回っている。

図-7は避難を行う場合に想定される利用交通手段の内訳を示している。徒歩で避難するとした人の割合が66%を占めており、避難交通行動の中心となる。次いで自動車（運転+同乗）が20%であり、公共交通が利用できない状況下では徒歩による避難者が多数発生することが想定される。

3. 静岡県における大規模災害時被害想定

静岡県では、平成23年に発生した東日本大震災による被害状況や、国が実施した南海トラフ巨大地震の被害想定¹⁾を踏まえた、静岡県第4次地震被害想定²⁾（第一次報告：平成25年6月，第二次報告：平成25年11月）が公表されている。この被害想定では、JR東海道新幹線やJR東海道本線，静岡鉄道が遮断された場合には運行再開までに1か月以上，大井川鉄道では1週間～1か月を要すると想定されており，都市間移動の中心である鉄道交通に大きな影響を与える可能性が示唆される。

この被害想定を踏まえて作成された地震・津波対策アクションプログラム2013³⁾では，想定される犠牲者を8割減少させることを減災目標として，162のアクションが盛り込まれている。

4. 帰宅困難人口の推計

以上の状況を踏まえ，本研究ではPT調査データを活用した，滞留人口および帰宅困難人口の推計を行う。

検討フローは図-8のとおりである。まず，PTデータの時間帯別交通行動から各地区（小ゾーン）別の時間帯別滞留人口を求める。その上で，任意の時刻（本検討では14時台を中心に分析）による災害発生時に応じて，その際の滞留人口から帰宅距離を割り出し，帰宅距離に応じて帰宅困難率を乗じ帰宅困難人口を集計する。

(1) 滞留人口の集計

基準時間帯の滞留人口および出発人口，到着人口より，各時間帯における滞留人口の算出式は次のとおり表せる。

$$P_t^s = P_0 + \sum_i P_{i-1}^A - \sum_i P_{i-1}^D \quad (1)$$

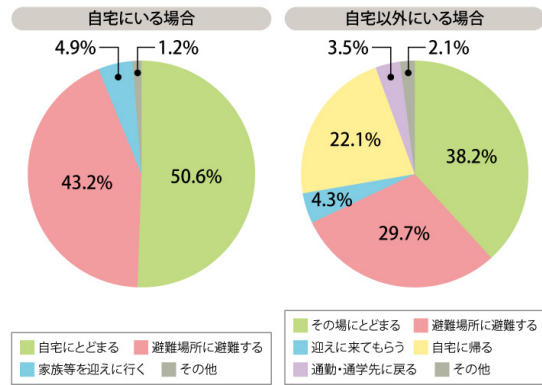


図-6 避難時に想定される行動

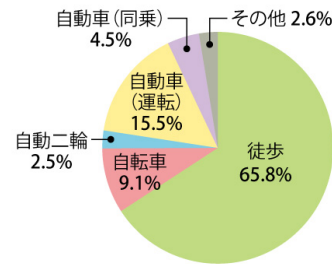


図-7 避難時に想定される利用交通手段

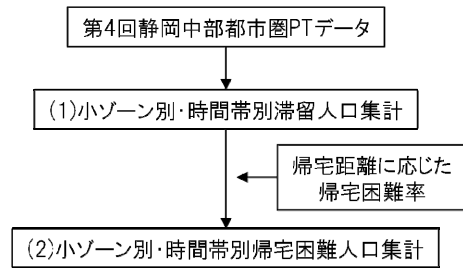


図-8 推計フロー

ここで， P_t^s は時間帯 t における滞留人口， P_0 は基準時間帯（午前 3 時とする）における滞留人口， P_{t-1}^A ・ P_{t-1}^D はそれぞれ各時間帯の到着人口・出発人口である。

式(1)より算出した滞留人口の例を図-9に示す。静岡中心部（御幸町，呉服町，両替町，追手町を対象）においては，昼間滞留人口と夜間滞留人口の差が約20倍となっており，12時台に滞留人口が最も多くなっている。日中に災害が発生した場合，これらの人口の避難は大きな課題となる可能性がある。

(2) 帰宅困難人口の推計

各時間帯の滞留人口および自宅までの距離，内閣府による距離別帰宅困難率⁴⁾より，帰宅困難人口および徒歩帰宅可能者数の推計式は次のとおり書き表せる。

$$\bar{q}_t^u = P_t^s - \sum_i P_{t,i}^s \cdot r_i \quad (2)$$

$$q_t^u = P_t^s - \bar{q}_t^u \quad (3)$$

ここで、 q_i^u は時間帯 i における避難困難人口、 q_i^d は帰宅可能人口、 r_l は自宅までの距離 l における帰宅困難率である。帰宅困難率は、既往文献⁴⁾に従い、表-2 のとおり設定する。

5. 分析結果および考察

(1) 都市圏全体での帰宅困難人口

都市圏全体での滞留人口および帰宅困難人口の例を図-10に示す。自宅外滞留人口について、静岡中部都市圏全体では14時台で最大(約58万人)となる。これは、都市圏人口全体の約5割にあたる。また、帰宅困難と予測される人口は約10万人、都市圏人口全体の10%近くを占めることから、災害発生時に公共交通機能が停止した場合、帰宅困難者の対応は必要不可欠である可能性がある。

(2) ゾーン別帰宅困難人口分布

都市圏で自宅外滞留人口および帰宅困難人口が最大となる14時台を対象として、PT調査小ゾーン単位ごとの自宅外滞留人口および帰宅困難人口の分析結果を図-11、図-12に示す。

滞留人口では、業務・商業施設の集まる各市中心部への集中傾向とともに、主要駅からやや離れた郊外部においても多い。中心部においては、オフィスや商業施設への集中によるものと考えられるが、郊外部が多くなる理由としてはゾーン面積が郊外へ行くほど大きくなることによる影響も大きい。帰宅困難人口も滞留人口と同様、各市中心部への集中傾向が明らかとなっているが、滞留人口と比べ更に郊外部で多い傾向が見られる。これは居住地との距離が離れていることが主な要因である。自動車通勤が多いことから帰宅困難人口がやや過大であるが、長距離トリップを伴う滞留人口が多く、道路の損壊等によっては局所的に帰宅困難者が集中する可能性が示唆される。

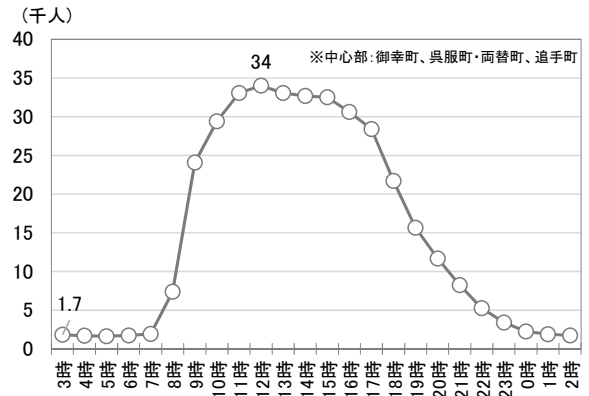


図-9 滞留人口の算出例(静岡中心部)

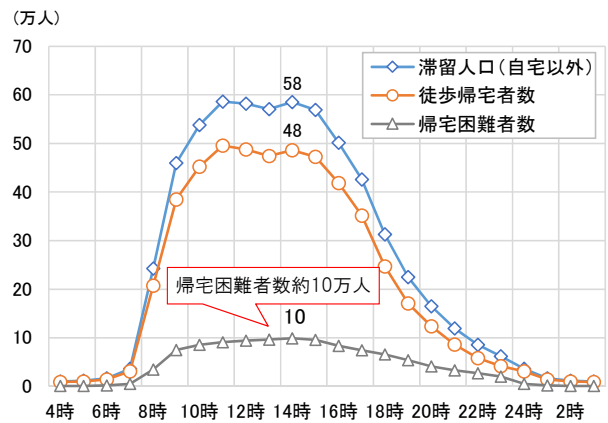


図-10 帰宅困難および徒歩帰宅可能者数の推計例(静岡中部都市圏全域)

表-2 距離別の帰宅困難率⁴⁾

自宅までの距離	帰宅困難率
～10km	全員帰宅可能 (帰宅困難割合=0%)
10km～20km	被災者個人の運動能力の差から、帰宅困難割合は1km遠くなるごとに10%増加
20km～	全員帰宅困難 (帰宅困難割合=100%)

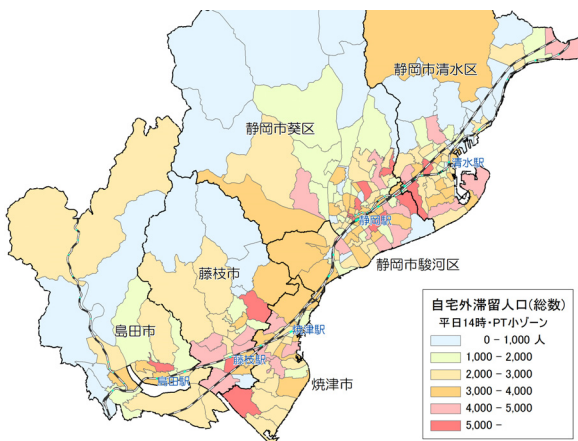


図-11 自宅外滞留人口

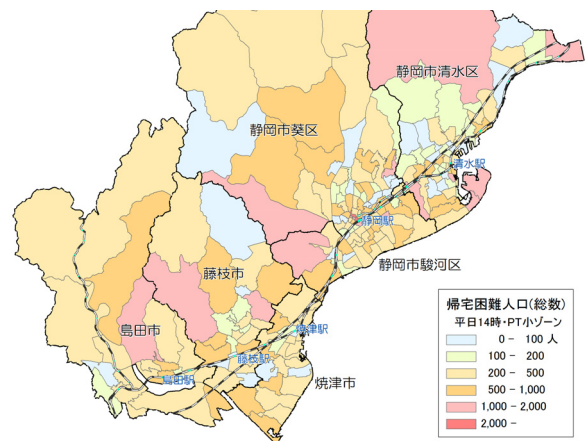


図-12 帰宅困難人口

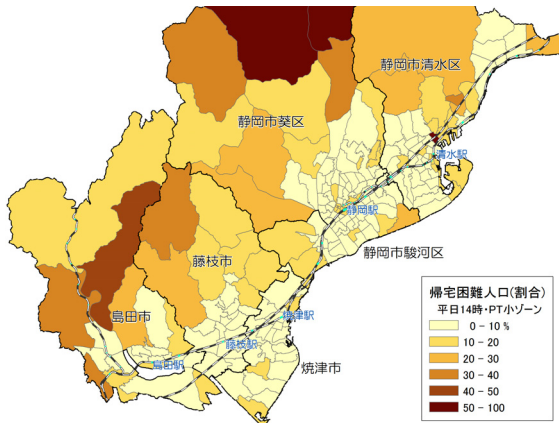


図-13 帰宅困難人口割合

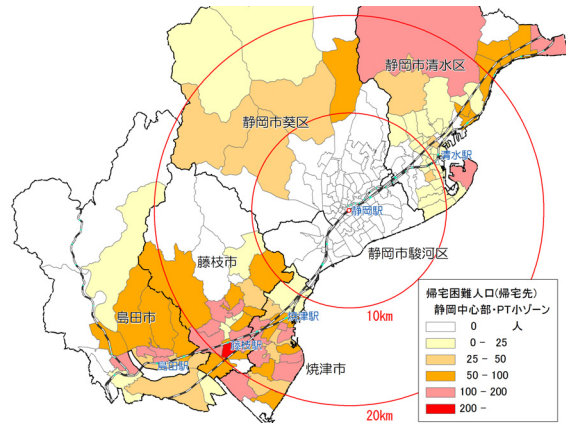


図-15 静岡中心部からの帰宅困難者分布(14時台)

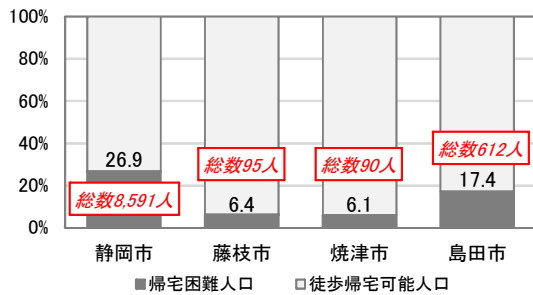


図-14 各中心市街地の帰宅困難人口割合(14時台)

※静岡市は御幸町, 呉服町, 両替町, 追手町の計4ゾーンを, 他3市はJR駅のある各1ゾーンを集計対象とした。

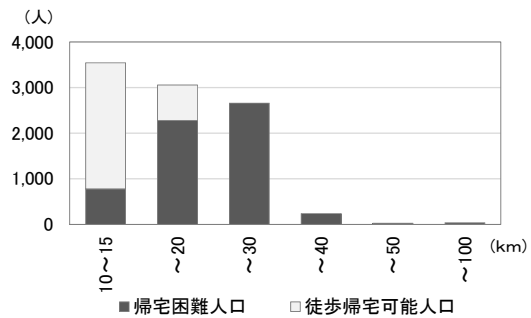


図-16 静岡中心部の滞留人口内訳(14時台)

ゾーンごとの滞留人口に占める帰宅困難人口割合を図-13に示す。各市中心部は帰宅困難人口割合がやや高く、その周りである近郊区は小さい。一方、郊外部において帰宅困難人口割合が高くなる傾向にある。これは郊外部における滞留人口の多くが10km以上の長距離移動を行っていることを示しているためと考えられる。

(3) 各中心市街地の帰宅困難人口推計

各中心市街地における自宅外滞留人口に占める帰宅困難人口割合を図-14に示す。静岡中心市街地で帰宅困難人口割合が高く、滞留人口の約 26.9%、約 8.6 千人が中心部に留まる帰宅困難者となることが予想される。一方、他市では帰宅困難者の割合も小さく、その数も少ない。

静岡中心市街地の帰宅困難者の帰宅先分布を図-15に示す。帰宅先は静岡市の東端や藤枝市・焼津・島田各市の鉄道駅周辺に多く、20km を超える通勤者も多く存在している。また、静岡中心部から帰宅先への距離帯別滞留人口を図-16に示す。滞留人口は 30km 圏内に集中しているため、帰宅困難人口が特に 20km~30km のあたりで多いことが分かる。

(4) 防災関連計画への活用可能性

以上の結果から今後の防災関連対策への活用可能性を

考察する。まず、都市圏全体の帰宅困難人口が日中で最大約10万人（都市圏内人口全体の約10%）と推計され、これらは避難誘導に大きな影響がある。これらの結果から、帰宅困難者対策やその優先度の分析が可能となる。

帰宅困難者対策は大きく2つある。1点目は帰宅困難者が速やかに避難できる場所の確保、2点目は徒歩で長距離帰宅を可能とするための経路対策である。分析の結果、静岡市の中心市街地は滞留人口が集中し、災害発生時には特に多くの帰宅困難者が発生する可能性があり、避難施設配置・容量、物資の備蓄量など拠点対策にPT調査データを活用することが可能となる。また、他市の中心部や郊外など帰宅可能者数が多い地域では、そのODが把握できることから、経路上における給水やトイレ等の必要容量の検討が可能である。全体として、必要となる避難施設や備蓄規模を検討する際、PT調査データを活用することは有効であると考えられる。

6. おわりに

本論文では、PT調査データを活用し、災害発生時を想定した滞留人口および帰宅困難人口の推計を行った。また、推計された結果について、防災関連計画への活用可能性を考察した。その結果、1)滞留人口や帰宅困難者

は中心市街地に集中する傾向があるだけでなく、郊外などにも広く分布していること、2)特に都市圏中心の静岡都心部で帰宅困難者数及びその割合が大きいこと、などが明らかとなった。これにより、大規模災害発災時の避難対策検討において、PT調査結果の活用により地区の特性に応じた対策をが有用であることが示された。

本研究では、都市圏全体の滞留人口がピークとなる14時台に限り、すべての交通機関が停止することを前提として帰宅困難者の推計を実施したが、発災の時間帯や災害規模によって、交通インフラへの被害や顕在化する課題も異なることが予想される。より具体的な災害シナリオを適用することで、地域特性に応じた初期避難における交通システムの脆弱性や効果的な対策、優先度の詳細分析が可能となる。

謝辞：本論文は「静岡中部都市圏総合都市交通体系調査業務」の成果を活用した。また、静岡中部都市圏総合都市交通計画協議会における検討内容を参考とした。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ, 2011.12
- 2) 静岡県：静岡県第4次地震被害想定, 2013
- 3) 静岡県：静岡県地震・津波対策アクションプログラム 2013, 2013.11
- 4) 内閣府中央防災会議 首都直下地震避難対策等専門調査会：帰宅困難者に係る用語の定義について, 2005.2
- 5) 静岡中部都市圏総合都市交通計画協議会：第4回静岡中部都市圏総合都市交通体系調査報告書, 2013-2015
- 6) 静岡中部都市圏総合都市交通計画協議会：第4回静岡中部都市圏パーソントリップ調査トリップマスターデータ

ESTIMATION OF STRANDED PERSONS USING THE PERSON TRIP SURVEYS - A CASE OF CENTRAL SHIZUOKA METROPOLITAN AREA

Tomonari ANAGUCHI, Takehiro KITAGAWA, Kenji HIRAMOTO,
Katsunori TAGUCHI and Hiroyoshi MORITA