

10. 愛知工業大学八草キャンパスにおける大規模災害発生時の帰宅困難者数の推計

森田匡俊・正木和明・奥貫圭一（名古屋大）・落合鋭充・小林広幸・倉橋奨

1. はじめに

東日本大震災時、首都圏では約 515 万人の帰宅困難者が発生した（首都直下地震帰宅困難者対策協議会 2012）。将来、南海トラフ巨大地震などの大規模災害が起こった際には、再び多くの帰宅困難者の発生することが危惧されている。首都直下地震帰宅困難者対策協議会（2012）は、東日本大震災を教訓とし、首都直下地震発災時を想定した場合に必要な帰宅困難者対策として「一斉帰宅の抑制」、「一時滞在施設の確保」、「帰宅困難者等への情報提供」、「駅周辺等における混乱防止」、「徒歩帰宅者への支援」、「帰宅困難者の搬送」などを検討し、各主体が帰宅困難者対策を実施する際のガイドラインを作成している。

今後、こうしたガイドラインを参考にした各主体の取り組みによって、社会全体における大規模災害発生時の帰宅困難者対策の底上げが求められている。しかしながら、各主体が対策に取り組む上で基礎的なデータとして必要な主体ごとの帰宅困難者数の推計は、必要なデータ収集上の制約や推計に必要な分析上の煩雑さなどから、十分に行われているとはいえない。

そこで本報告では、愛知工業大学という一主体を対象として、帰宅困難者数の推計を行ない、愛知工業大学の帰宅困難者対策に資すること、加えて、個別の主体単位で帰宅困難者数を推計する際の課題を明らかにすることを研究目的とする。なお、本報告では帰宅困難者を「大規模災害発生時に愛知工業大学八草キャンパスに滞在している学生のうち、自宅までの距離が 10km 以上あるもの」として扱う。中林（1992）では「帰宅距離 10km までは 100% 帰宅でき、それ以降は 1km 増すごとに帰宅可能率が 10% 減り、20km ですべての人が帰宅困難になる」と論じており、本報告ではこれを参考にした。10km 以上を一律に帰宅困難者とするのは、帰宅困難者となる可能性のある学生は、本人の帰宅意思に関わらず、大学に滞在させることを優先させるべきと考えるためである。

2. 分析の概要

2.1. 分析に用いた地理データ

学生居住地点データ（図 1）

愛知工業大学の 2012 年度在学生 6,316 名の住所データを利用する。住所データは、東京大学空間情報科学研究センターが提供する「CSV アドレスマッチングサービス」を用いて、各住所の行政区域代表点の緯度経度情報を取得し、分析に利用する。なお、住所データは、学生の入学時点におけるものであるため、現在は異なる住所に居住している場合がある点に注意を要する。

道路網データ（図 1）

大学から居住地点までの道路距離を算出するために、『道路ナビゲーションデータ 2007』の道路網データを用いる。ただし、徒歩による帰宅を想定した分析を実施するため、全道路網から高速道路や有料道路などの自動車専用道路は除いて分析に用いる。

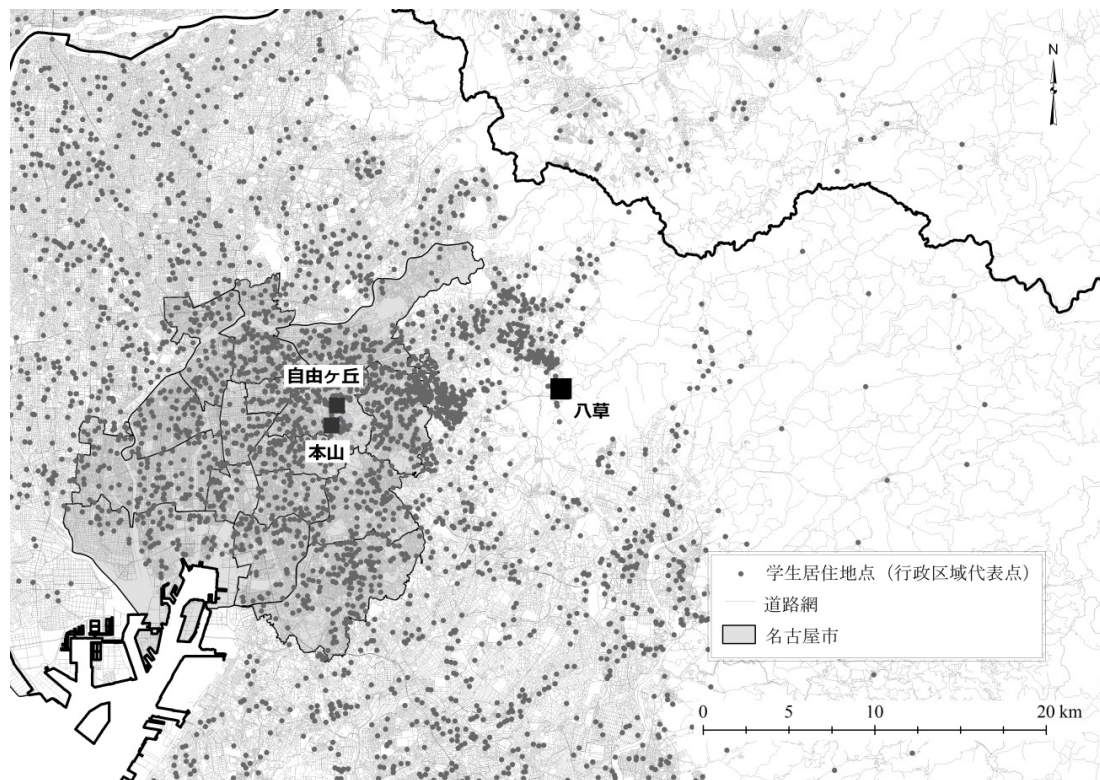


図1 分析に用いた地理データ

災害時の危険箇所データ (図2)

帰宅ルート上の危険箇所を考慮した分析を実施するため、『国土数値情報 土砂災害危険箇所データ』に収められている「急傾斜地崩壊危険箇所」、「急傾斜地崩壊危険区域」、「地すべり危険箇所」、「地すべり危険区域」のデータ(以下、まとめて土砂災害危険箇所と呼ぶ。)を用いる。

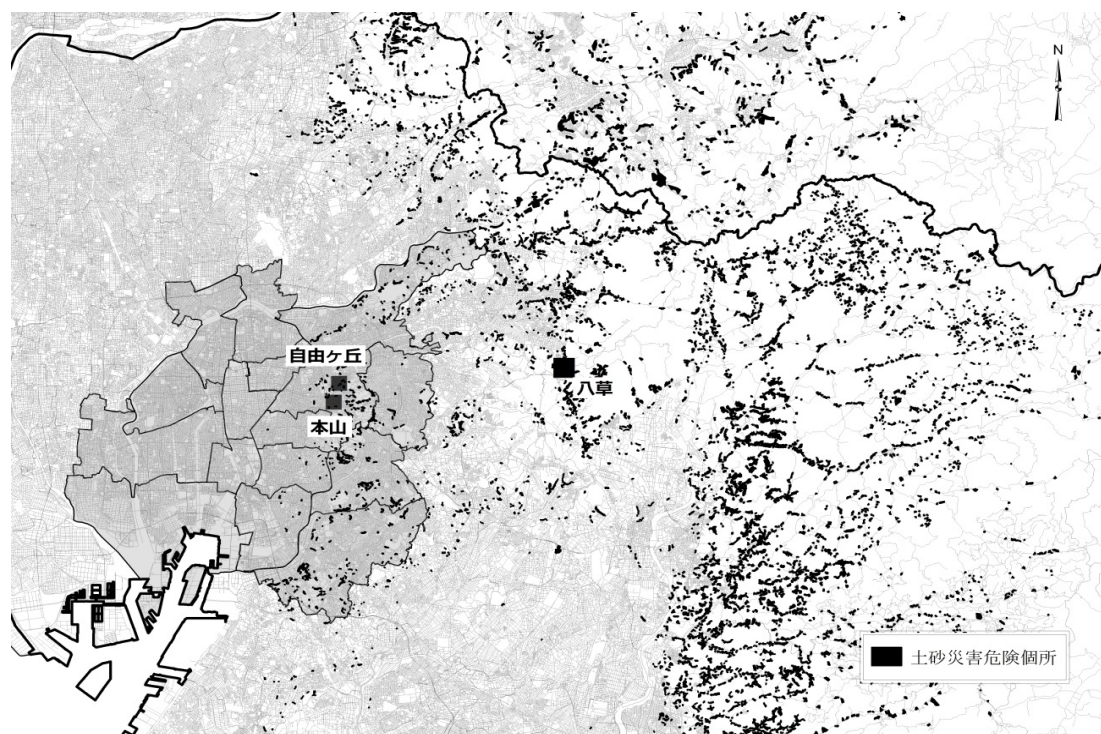


図2 八草キャンパス周辺の土砂災害危険箇所

大学キャンパス所在地データ

愛知工業大学の八草キャンパスの所在地データを作成する。また、帰宅途中に経由地がある場合を想定した分析を実施するために、愛知工業大学の本山キャンパスと自由ヶ丘キャンパスの所在地データも作成する。

2.2. 学生を対象としたアンケート調査

2012年10月24日(水)に八草キャンパスで行われた愛知工業大学防災訓練に参加した学生を対象にアンケート調査を実施した。このアンケートを通じて、大規模災害発生時の帰宅意思を把握すると同時に、回収したアンケート調査票の数から、平日の日中にどの程度の学生が八草キャンパスに滞在しているのかを把握する。

3. 帰宅困難者数の推計結果

3.1. 直線距離による帰宅困難者数推計

図3に愛知工業大学八草キャンパスから居住地点までを直線距離で計測した場合の学生分布を示す。また、表1に直線距離別の学生数を示す。帰宅困難者となる学生数（八草キャンパスから居住地点までの直線距離が10km以上の学生）は、4,785名（75.8%）である。しかし、直線距離による推計では、災害発生時に実際に歩く距離を過小評価している。そこで次節では、道路距離による帰宅困難者数の推計を実施する。

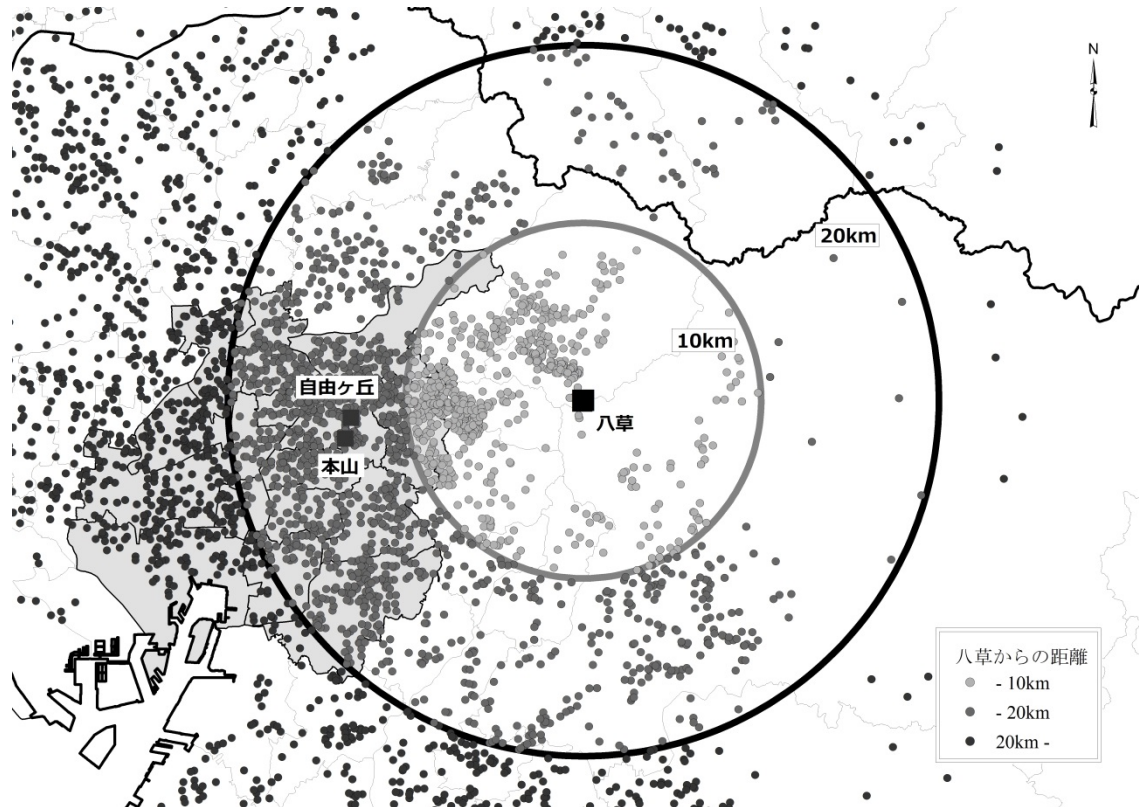


図3 八草キャンパスからの直線距離別学生分布

3.2. 道路距離による帰宅困難者数推計

図4に愛知工業大学八草キャンパスから居住地点までを道路距離で計測した場合の学生分布を示す。また、表1に道路距離別の学生数を示す。帰宅困難者となる学生数（八草キャンパスから居住地点までの道路距離が10km以上の学生）は、4,987名（79.0%）である。直線距離に比べて10km以上の距離となる学生が、約200名増加している。図4から、道路密度の低い八草キャンパス東側の居住地点は、直線距離と比べて道路距離が、他の居住地点よりも長くなるのがわかる。

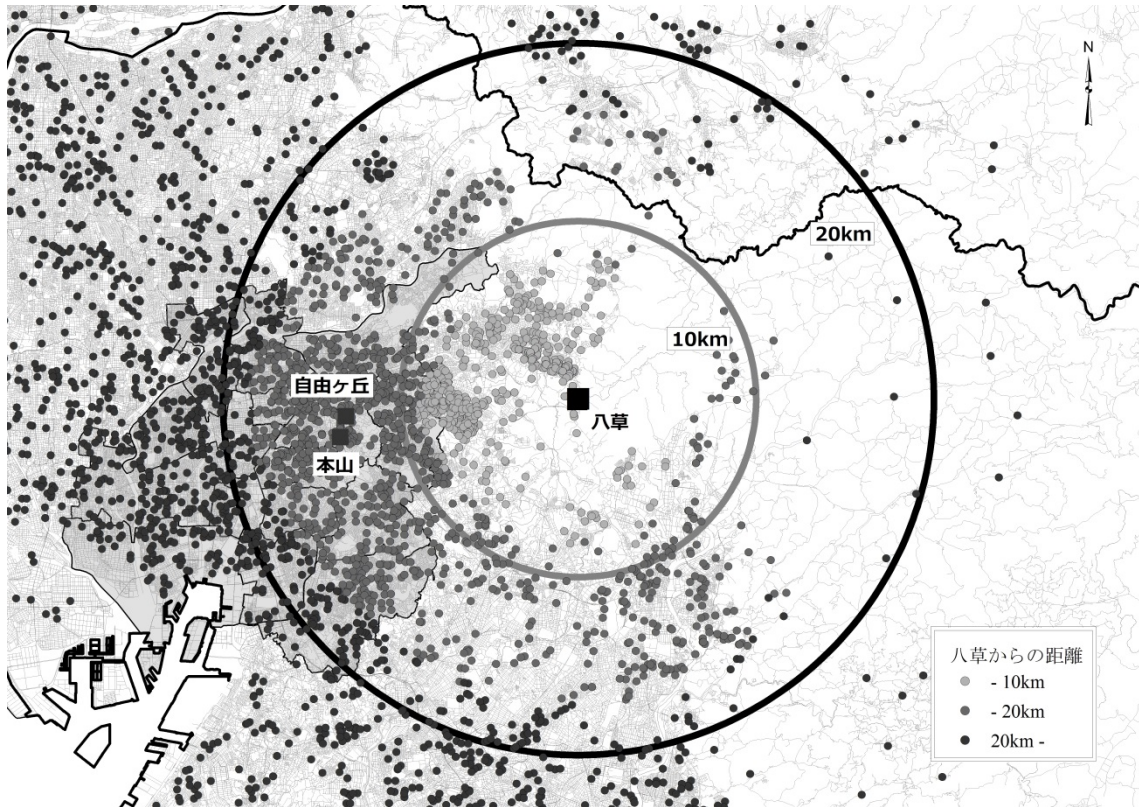


図4 八草キャンパスからの道路距離別学生分布

3.3. 帰宅経路の被害を想定した帰宅困難者数推計の試み

ここでは、大規模災害によって道路網に被害が生じた場合を想定して帰宅困難者数の推計を試みた結果について述べる。まず、道路網データと土砂災害危険箇所データとの重ね合わせを行ない、災害時に土砂災害の危険性のある道路（危険道路）を抽出した。次に、危険道路を除いた道路網データを用いて八草キャンパスから居住地点までの道路距離の計測を行った。その結果を図5と表1に示す。

帰宅困難者となる学生数は、5,021名（79.5%）である。そのうち、居住地点までの経路がなくなり、距離に関わらず帰宅すること自体が不可能になる学生は74名である。図5から、帰宅が不可能になる居住地点は、道路密度の低い八草キャンパスの東側に集中していることがわかる。また、北部から南東部にかけて、危険道路を迂回することで3.2.で求めた道路距離よりも距離が長くなり、八草キャンパスからの距離が10km以上となる居住地点が多く分布していることがわかる。

表1 距離別の学生数（割合）

	直線距離	道路距離	災害時の危険性を考慮した道路距離
10km 圏内	1531 (24.2%)	1330 (21.1%)	1221 (19.3%)
10-20km 圏内	1594 (25.2%)	1407 (22.3%)	1258 (19.9%)
20km 圏外	3191 (50.5%)	3579 (56.7%)	3763 (59.6%)
帰宅不可	0 (0%)	0 (0%)	74 (1.2%)
帰宅困難者 (10km 以上)	4785 (75.8%)	4987 (79.0%)	5021 (79.5%)
全学生数	6316 (100%)	6316 (100%)	6316 (100%)

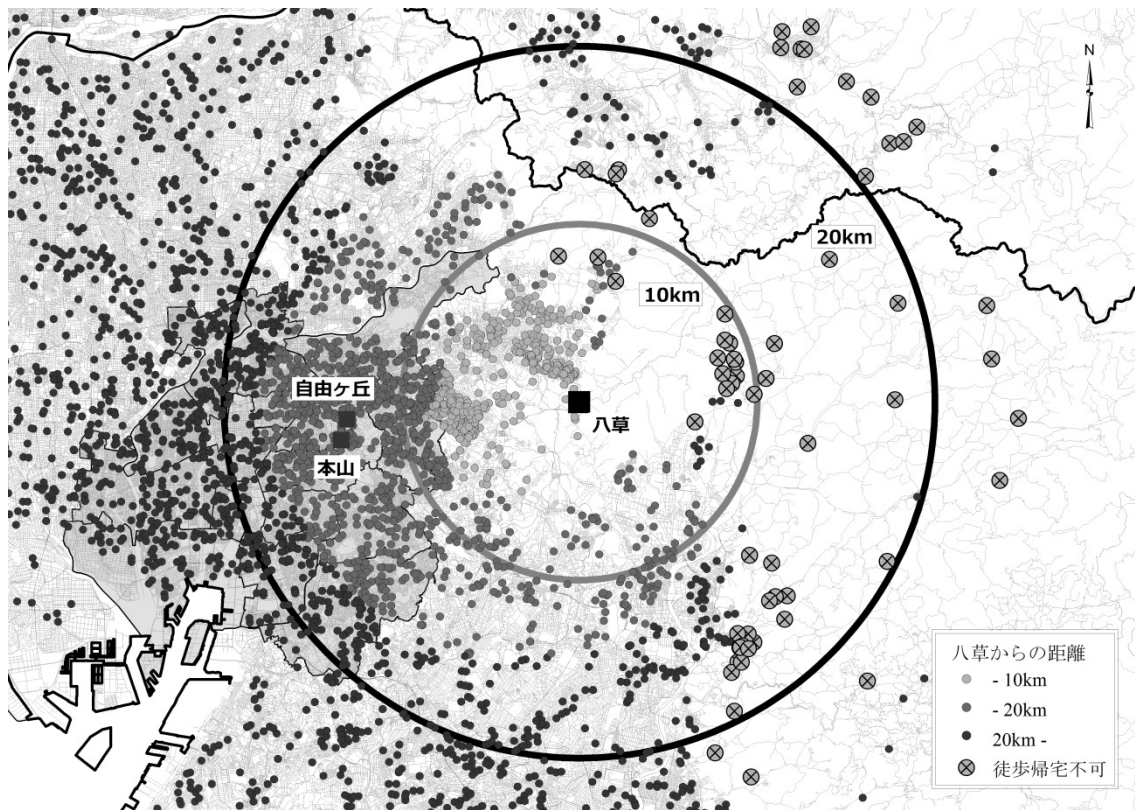


図5 八草キャンパスからの災害時の危険性を考慮した道路距離別学生分布

3.4. 経由地を考慮した帰宅困難者数推計

本報告では居住地点まで10km以上あるものを帰宅困難者としているものの、実際には、10km以上であっても、何らかの理由により帰宅を希望する学生がいる場合が考えられる。そのような場合には、経由地を利用することを推奨し、徒歩による帰宅を許可することが現実的な対応策の一つとなる。そこで、ここでは本山もしくは自由ヶ丘キャンパスを経由地として帰宅すること（経由帰宅）が可能かどうかを考慮した帰宅困難者数の推計を行う。なお、本山キャンパスと自由ヶ丘キャンパスは、八草キャンパスから共に道路距離で約15kmに位置している。

経由帰宅の可否の基準は、本山もしくは自由ヶ丘キャンパスから道路距離10km以内に居住地点があることとする。経由地を考慮した帰宅困難者数の推計結果を表2と図6に示す。八草キャンパスから道路距離10-20km圏内に居住地点があり、かつ、本山もしくは自由ヶ丘キャンパスから道路距離10km以内に居住地点のある学生は957名である。これらの学生が帰宅を望む場合には、本山や自由ヶ丘キャンパスを経由地として、あるいは帰宅を断念した場合の退避場所として想定することで、帰宅を許可するという判断が可能である。その他、八草キャンパスから20km以上あるものの、本山もしくは自由ヶ丘キャンパスから10km以内の学生が302名となっている。うち、本山キャンパスからの方が近い学生が210名、自由ヶ丘キャンパスからの方が近い学生が92名である。これらの302名の学生は、居住地点までの道路距離が20km以上であり、本来であれば、帰宅困難者となるものの、経由地のあることを考慮すると徒歩による帰宅が可能になると考えられる。

以上のように、帰宅途中の経由地を考慮することで、帰宅困難者数を最大で1,259名減らすことが可能となり、その場合の帰宅困難者数は3,727名(59.0%)と推計できる。

表2 経由地を考慮した場合の学生数（割合）

		学生数（割合）
直接帰宅	八草キャンパスから道路距離 10km 以内	1330 (21.1%)
経由帰宅 1	本山/自由ヶ丘キャンパスから 10km 以内 かつ八草キャンパスから 10-20km 以内	957 (15.2%)
経由帰宅 2	本山/自由ヶ丘キャンパスから 10km 以内 かつ八草キャンパスから 20km 超 (本山キャンパスからの方が近い)	210 (3.3%)
経由帰宅 3	本山/自由ヶ丘キャンパスから 10km 以内 かつ八草キャンパスから 20km 超 (自由ヶ丘キャンパスからの方が近い)	92 (1.5%)
帰宅困難		3727 (59.0%)
全学生数		6316 (100%)

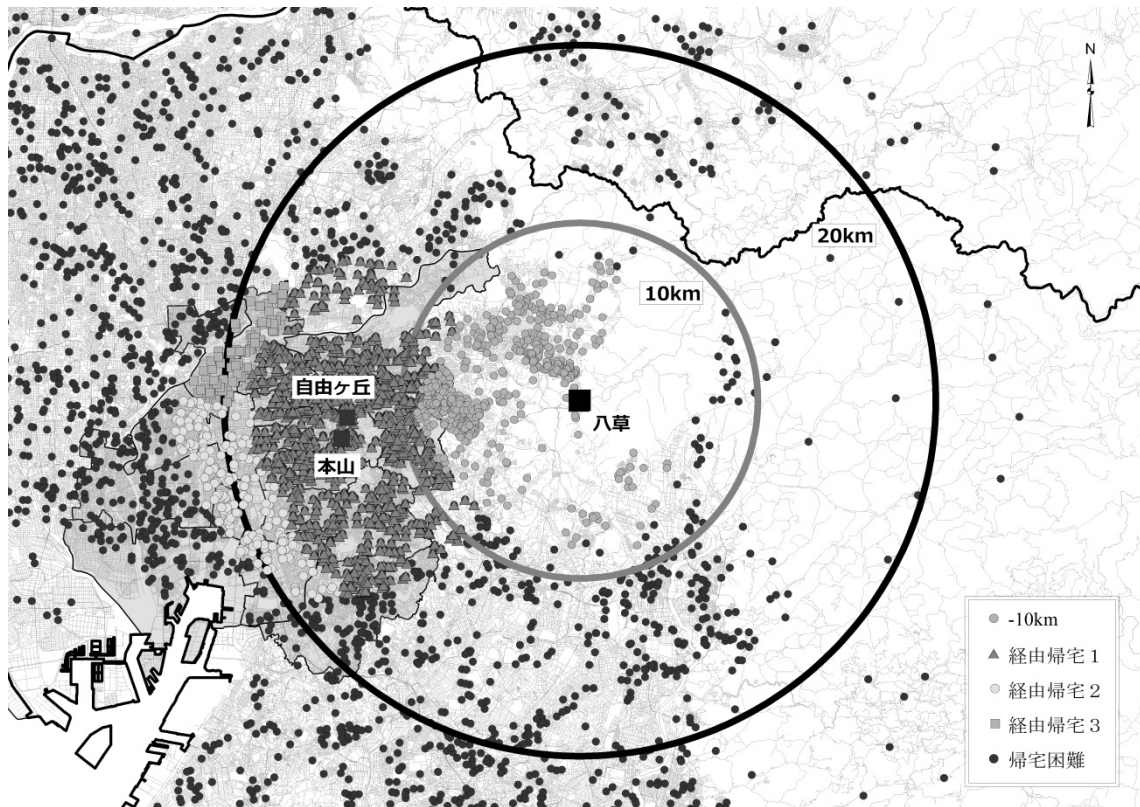


図6 経由帰宅を考慮した分析結果

3.5. 学内滞在者数を考慮した帰宅困難者数推計

ここまでの推計は、全学生が大学に滞在していると仮定して行ってきた。しかし、大学の場合、季節や曜日、時間帯による滞在者数の変動が大きい。そこで、八草キャンパスにおける避難訓練時に、学生を対象とした大規模災害発生時の帰宅意思に関するアンケート調査を実施し、併せて学内滞在者数の把握を試みた。避難訓練は当日大学に滞在中の学生員が参加するため、そこでのアンケート回収数を大学に滞在している学生数と考えることが出来る。表3はアンケート調査結果をまとめたものである。アンケートの回収数から、平日（避難訓練は水曜日の午前11時に実施）の八草キャンパスには約2,500名の学生が滞在していると推計することができる。これは全学生の約4割である。

前節までの分析結果とアンケート回収数を利用して、愛知工業大学八草キャンパスにおける大規模災害発生時

の帰宅困難者数の推計を行なってみる。推計手順は下記の通りである。

【手順 1】

大規模災害発生時に八草キャンパスに滞在している学生数（滞在学生数）を全学生数の 4 割とする。

$$\text{滞在学生数} = 6,316 \times 0.4 = 2,526 \text{ 名}$$

【手順 2】

距離別の滞在学生数は、3.2. で求めた道路距離別の学生割合と同じものとする。すなわち、

$$\text{道路距離で徒歩 10km 圏内の学生数} \quad 2,526 \times 21.1\% \approx 531 \text{ 名}$$

$$\text{道路距離で徒歩 10 ～ 20km 圏内の学生数} \quad 2,526 \times 22.3\% \approx 563 \text{ 名}$$

$$\text{道路距離で徒歩 20km 圏外の学生数} \quad 2,526 \times 56.7\% \approx 1,432 \text{ 名}$$

となり、滞業者数を考慮した場合の八草キャンパスにおける帰宅困難者となる学生は 1,995 名（31.6%）と推計できる。

3.6. 学内滞業者数と帰宅意志を考慮した帰宅困難者数推計

表 3 より、大規模災害発生時に大学に残ることを選択するものは約 1200 名、滞在している学生の約 5 割であることがわかる。ここでは、アンケート調査から把握できた帰宅意志と道路距離別の学生割合を利用して帰宅困難者数の推計を行なう。今回のアンケート調査では、距離帯別の帰宅意志を把握することができなかつたため、帰宅意志の取扱い方が複数考えられる。そのため、下記の通り、帰宅意志について 3 パターンに分けて推計を行なった。

【推計 1】滞業者 2,526 名の帰宅意思とした場合

$$\text{帰宅困難者} \quad 2,526 \times 49.7\% \text{ (大学に留まると回答した割合)} \approx 1,255 \text{ 名}$$

【推計 2】3.5 で推計した帰宅困難者 1,995 名の帰宅意思とした場合

$$\text{帰宅困難者} \quad 1,995 \times 49.7\% \approx 992 \text{ 名}$$

【推計 3】3.5 で推計した 10km 圏内 531 名の帰宅意思とした場合

$$10\text{km 圏内の学生数} \approx 531 \times 49.7\% \approx 264 \text{ 名}$$

$$10\text{km 圏外の学生数} \approx 1,995 \text{ 名}$$

$$\text{帰宅困難者} \approx 2,259 \text{ 名}$$

以上より、学内滞業者数と帰宅意志とを考慮した場合、帰宅困難者数は、最少で 992 名、最大で 2,259 名と推計できる。

表 3 アンケート調査結果

	回収数	帰宅意志（滞業者数に占める割合）		
		帰宅する	大学に残る	不明
1 年生	941	390	512	39
2 年生	564	289	248	27
3 年生	510	245	247	18
4 年生	373	184	180	9
大学院	59	27	30	2
合計	2,447	1,135 (46.4%)	1,217 (49.7%)	95 (3.9%)

4. おわりに

最後に、本報告での推計作業を事例として、各主体における帰宅困難者数の推計作業や帰宅困難対策に関する今後の課題を記しておく。

一つ目は、主体構成員の居住地データの精度向上である。本報告で用いた学生の住所データは、入学時のものであり、入学後に下宿先へ転居したものや八草キャンパス内の寮に居住したものについては把握できていない。そのため、実際には徒歩によって帰宅可能な学生を帰宅困難者として推計している場合が相当数あるものと思われる。今後、入学後の住所について調査・把握し推計精度を向上させる必要がある。

二つ目は、距離の計測方法の改良である。3.3. で災害時の危険個所を考慮した道路距離の計測を試みたように、災害の種類に応じた危険個所について把握した上で、道路距離を計測する必要がある。実際の災害時にどのようにして、周辺地域の被災状況を把握するのも含めて検討しておくことが重要である。特に、危険道路のあることにより、そもそも帰宅が不可能になる居住地点の発生する場合があるので、それらについて、あらかじめ、もしくは災害後に把握しておかなければ、帰宅を許可することで二次被害を誘発させる危険性がある。

三つ目は、季節や時間帯による主体構成員の滞在者数の推計精度向上である。特に大学をはじめとする教育機関では、季節や時間帯によって構成員が大きく変動するため、この課題を克服する必要性は大きい。今回は、避難訓練に参加した学生数を分析に用いた。そのため、特定曜日の特定時間における滞在者数しか把握できていない。今後、授業の履修データを入手したり、パーソントリップ調査を実施したりするなどして、より精緻な学生数の把握を実施する必要がある。

四つ目は、帰宅意思についてである。今回のアンケートでは、居住地（大学からの距離帯）に応じた帰宅意志を知ることはできなかった。居住地まで 10km 以下であっても滞在を希望したり、10km 以上であっても徒歩による帰宅を希望したりといったことも考えられる。こうしたことを把握した上で分析を行い、推計精度を高める必要がある。

五つ目は、経路地の確保についてである。愛知工業大学にはキャンパスが複数あり、それらを経路地として利用することが帰宅困難者対策になりうることを 3.3 の分析で示せた。しかし、経路地までの距離が道路距離で 10km 以上あるため、経路地としての機能を十分に果たすことができないとは言えない。今後、経路地による帰宅困難者対策を考えていくためには、他大学キャンパスなどとの相互利用に関する連携が必須であろう。八草キャンパスは愛知環状鉄道やリニモに近く、それらの沿線には他大学のキャンパスが数多くある。大規模災害発生時に備えて、帰宅困難者の相互受け入れや物資の備蓄分担などでお互いに協力しあえることは多いと考えられ、今後の課題としていきたい。

参考文献

首都直下地震帰宅困難者対策協議会 2012.『首都直下地震帰宅困難者等対策協議会最終報告』<http://www.bou-sai.go.jp/jishin/syuto/kitaku/pdf/saishu02.pdf>（最終閲覧日：2013年5月16日）

中林一樹 1992. 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: 35-75.