

15. 大規模災害発生時におけるグループ帰宅に関する研究

—愛知県に所在するA社を事例に—

森田匡俊・奥貫圭一・落合鋭充

1. はじめに

大規模災害時の帰宅困難者対策の一つに「徒歩帰宅者への支援」が挙げられており（首都直下地震帰宅困難者対策協議会 2012）、行政による支援ルートの設定や、各主体による徒歩帰宅支援物資の備蓄といった対策が進みつつある。こうした対策に加え、より安全な徒歩帰宅の実現のためには、単独で帰宅するのではなく、居住地の近くまで複数名（グループ）で帰宅することが望ましい。しかし同時に、グループで帰宅することによって居住地までの距離が大幅に長くなることは望ましくない。複数名で帰宅しつつも、居住地までの遠回りが少なくなるような徒歩帰宅グループを、各主体があらかじめ準備しておくことが、大規模災害時の安全な徒歩帰宅につながると考えられる。

森田ほか（2014）では、出発地点から居住地点までの最短経路に基づくグループ作成手法を提案し、愛知県に所在するA社データに適用した結果から、手法の有効性や課題の検証を行なった。提案した手法を用いた場合、同一グループとなる居住地点の分布は、道路網に沿った細長い形状となり、複数名で帰ることによる遠回りの少ないグループ作成が可能である事がわかった。しかしその一方で、メンバー数の非常に多いグループが作成されてしまったり、居住地点間は近隣であるにもかかわらず、異なるグループに分けられてしまったりする場合があります。また、運用面での大きな課題として、居住地点までの最短経路に基づくグループ作成手法では、主体構成員の入れ替わりがあるたびにグループ作成作業が必要になること、同時に、その度にグループメンバーの変更が生じることが挙げられる。そこで、本研究では、以上の課題克服を目的としたグループ作成手法の修正を目指す。また修正した手法をA社データに適用し、修正した手法の有効性について検討する。

2. 二段階の徒歩帰宅グループ作成手法

森田ほか（2014）では、出発地点（たとえば会社オフィスや工場、大学キャンパス）から全主体構成員の居住地点までの最短経路情報と、グループ数やメンバー数を閾値として用いるグループ作成手法を提案した。主要な手順は下記のとおりである。

手順1：出発地点からすべての居住地点までの最短経路を探索し、最短距離木と通過ノードリストの作成を行なう。最短距離木全体を仮グループとする。

手順2：仮グループの根に接続するすべてのリンクについて、そのリンクに接続する他方のノードを根とする部分木をより細かい仮グループとする。

手順3：仮グループごとに以下の判定を行う。メンバー数が閾値より大きい場合は、手順2に戻る。メンバー数が閾値より小さい場合は、隣接する仮グループに統合する。ただし、隣接する仮グループが複数ある場合は、根までの距離が近い方に統合する。メンバー数が閾値の上限と下限値内の場合はグループを確定する。

手順4：手順2、3によりグループを順次作成する。確定したグループ数が閾値以上となる場合にはグループ作成を終了する。

森田ほか（2014）では、以上の手順による徒歩帰宅グループ作成手法を愛知県に所在するA社従業員データに

適用することで、提案した手法の有効性を検証した。結果、提案した手法によりある程度有効なグループ作成が可能であることを確認できた。しかし例えば、居住地点が比較的近いにもかかわらず異なるグループに属する可能性があるといった課題も明らかになった。その他、非常にメンバー数の多いグループが出来てしまい、一斉帰宅の抑制が難しいといったことも課題として残された。また特に実用面において、居住地点までの最短経路情報に基づいてグループ作成を実施すると、従業員の入れ替わりなどによって居住地点の変更があった場合には、再度のグループ作成作業が必要になり、作業負担が大きくなってしまふことが大きな課題として残された。再度グループ作成を実施できたとしても、グループに継続性がなく円滑な運用の実現が難しくなることも懸念される。

そこで本研究では実用面での課題克服を目指し、二段階のグループ作成手法をA社従業員データに適用することとした。まず、森田（2014）で提案したグループ作成手順を適用する前に、同一の小学校区内の居住地点をあらかじめグループ化する。これを「子グループ」と呼ぶことにする。次に、A社（出発地点）から各小学校の立地地点までの最短経路情報を用いて手順1から4を実施し、複数の子グループからなる「親グループ」を作成するという二段階のグループ作成手法である。小学校区を利用した二段階のグループ作成のメリットは下記のとおりである。

+ 居住地点が近隣であっても別グループになるという問題をほぼ回避できる。

+ 主体構成員の入れ替わりによるグループ再作成が容易になる。新規の構成員や居住地点に変更のあった構成員は小学校区による子グループに加える、あるいは子グループから除くという作業だけで良い。このため親グループの継続性は確保できる。

+ 親グループメンバー数が大きくなった場合の一斉帰宅の抑制に関して、子グループごとに段階的に帰宅させることで対応がしやすい。

+ 小学校は災害時の避難場所である場合の多いことから、グループの到着目的地を小学校とすれば、仮に居住地点が被災していたときの対応や家族との合流などが容易になる。

+ 知らない者同士が同一グループに所属した場合にも、小学校区という地理的な関係による繋がりを確保できるため、心理的抵抗感を軽減できる可能性がある。

3. A社社員データへの適用によるグループ作成結果と考察

ここでは、二段階の徒歩帰宅のためのグループ作成手法を、愛知県に所在するA社の従業員居住地点データに適用した結果とその有効性についての検討を行う。

3.1 利用する地理データとソフトウェア

A社から提供された約1,700名（情報保護の観点から正確な数字は記載しない。）の社員居住地住所情報を用いて居住地点の緯度経度情報（居住地点データ）を取得した。緯度経度情報は、Esriジャパン社のArcGIS10.1と「ArcGIS Data Collection 住居レベル住所」を利用したアドレスマッチングによって取得した。道路データはEsriジャパン社の「ArcGIS Data Collection 道路網2012」を用いる。ただし、徒歩による利用が困難な道路（高速道路や自動車専用道路）は除いて分析を行う。二段階のグループ作成に用いる小学校所在地および小学校区データは、国土数値情報から入手したものをを用いる。最短経路探索には、オープンソースのpgRouting (<http://pgrouting.org/>)を用いて実施し、最短経路木の作成に必要な情報を取得する。

分析に必要なデータを用意したのち、A社が徒歩帰宅を許可する社員、すなわちグループによる徒歩帰宅の対象となる社員の絞り込みを行った。A社では中林（1992）を参考に、A社所在地から10km以内を大規模災害時の徒歩帰宅を許可する範囲としている。そこで、A社から道路距離で10km以内に位置する小学校99校を選択し、その

小学校区内の居住地点をグループ作成対象として抽出した（図1）。結果、従業員909名分の居住地点がグループ作成対象となった。なお、99校区の内、居住地点の無い校区が8あり、これらの小学校所在地はグループ作成手順から除外した。

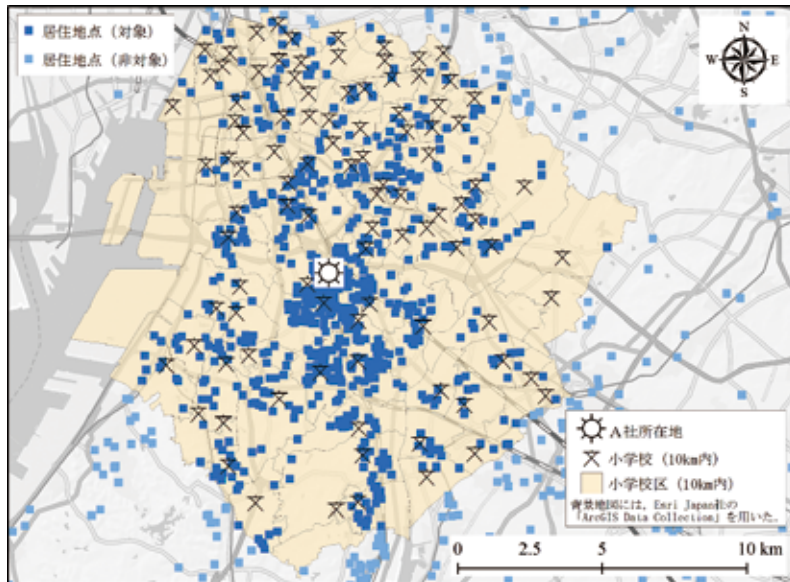


図1 グループ作成対象とする居住地点の分布

プ数とする必要があり、A社の場合はその数を20とすることとした。

3.3 居住地点までの最短経路情報に基づくグループ作成結果

二段階のグループ作成の有効性を検討する際の比較対象とするため、まずは居住地点までの最短経路情報によるグループ作成結果を図2と表1に示す。表1には、「グループ帰宅距離」として、メンバーの帰宅経路距離の平均と標準偏差とを求めた。また「単独帰宅距離」は、同じ経路を共有するメンバーがおらず、単独で帰宅することとなる帰宅経路距離の平均と標準偏差とを求めたものである。

メンバー数の平均は45.5名、標準偏差は18.5、最少のメンバー数は20名、最大は76名であった。図2から、居住地点が比較的近距离にあるにも関わらず、異なるグループとなっている場合のあることがわかる。また、表1のグループ帰宅距離から、グループ内での帰宅距離のばらつきが大きいことがわかる。これは、図2からも明らかであるが、A社から比較的短距離の居住地点と遠距離の居住地点とが同一グループとなっている場合の多いことが原因である。メリットとしては、グループ帰宅途中に、なんらかのアクシデントにより徒歩帰宅を中断せざるを得ない状況となった時、その場所から最寄りの



図2 居住地点までの最短経路情報によるグループ作成結果

3.2 グループ数とメンバー数

制約条件としてグループ数を20以下、メンバー数を5名以上とし、徒歩帰宅グループを作成することとした。グループ数を20以下とした理由は、グループごとに段階的に帰宅させる際の運用面での手間である。グループ数が多くなるほど、居住地点が近い人たちのみでグループを構成できるものの、すべてのグループを段階的に帰宅させ終わるまでの時間と手間は増加する。大規模災害後の混乱時にスムーズなグループ帰宅を実現させるためには“適度な”グループ

グループメンバー居住地点を一時的な避難所として利用するといった対応が取りやすいことが挙げられる。一方、デメリットとしては、上述した通り、居住地点の変更が生じた場合に再びグループ作成作業が必要となり、グループの継続性を保つことができないことである。また、グループメンバー間での地理的なつながりが希薄であり、実用上、従業員に心理的抵抗が生じることも懸念される（A社防災担当者への聞き取り結果）。

表1 居住地点までの最短経路情報にグループ作成結果

ID	メンバー数	グループ帰宅距離 (m)		単独帰宅距離 (m)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1	42	6667.4	2046.2	505.8	867.5
2	36	4837.1	2033.4	353.9	385.0
3	76	7354.4	1932.4	193.6	469.1
4	74	3881.1	1673.7	164.5	721.5
5	71	6719.9	2415.0	111.6	190.1
6	65	4749.1	2550.8	300.6	393.9
7	64	6294.8	1941.5	260.1	334.1
8	63	4836.4	2405.4	324.3	579.4
9	54	3776.8	2113.7	253.1	394.6
10	53	4876.9	2708.5	253.8	384.0
11	52	1333.9	593.6	34.7	69.0
12	47	4061.6	1936.8	216.8	322.1
13	38	2255.3	1162.5	44.2	72.4
14	31	5526.2	2211.1	330.1	367.7
15	27	7614.4	1418.2	565.3	428.0
16	27	3403.6	993.0	86.3	139.1
17	26	6088.5	1925.3	242.0	332.2
18	23	1659.6	616.9	72.5	108.7
19	20	1104.3	527.6	41.0	81.6
20	20	2322.4	212.7	20.4	46.2

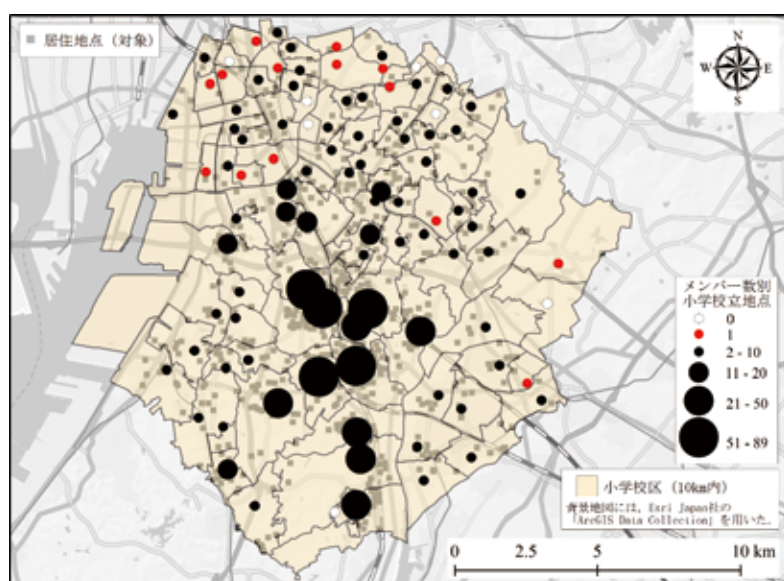


図3 子グループ作成結果

3.4 二段階のグループ作成結果と有効性の検証

ここでは、小学校区による子グループを作成した後に、小学校までの最短経路情報を基に親グループを作成するという二段階のグループ作成手法を適用した結果について述べ、居住地点までの最短経路情報によるグループ作成結果と比較することで二段階のグループ作成手法の有効性について検討を行なう。

図3は子グループの作成結果を示したものである。A社から道路距離10km以内の小学校は計99校あり、そ

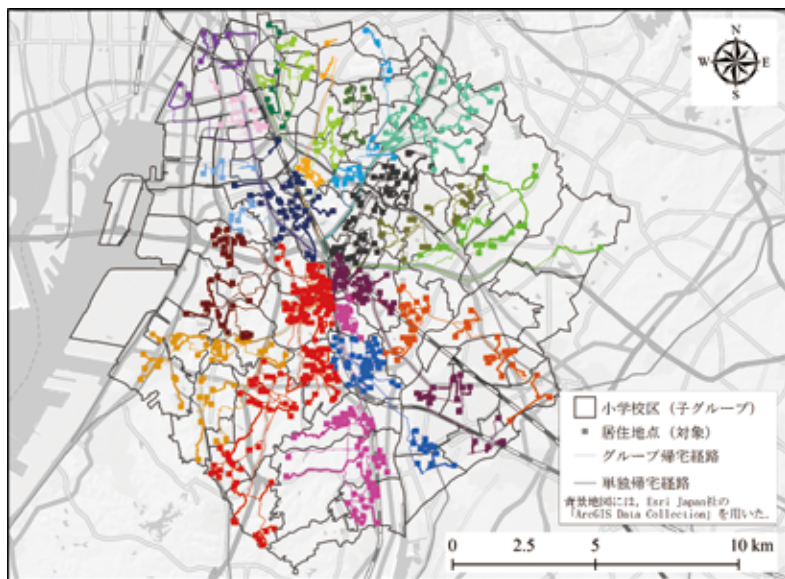


図4 親グループ作成結果

これらの校区内に居住地点のある小学校が91校であった。よって子グループの数は91となった。子グループの平均メンバー数は10.0名、標準偏差は14.8、1名のみの子グループは14グループ、最大規模のグループのメンバー数は89名となった。

図4と表2に、親グループを作成した結果を示す。メンバー数の平均は45.5名、標準偏差は54.9、最少のメンバー数は8名、最大は252名であった。メンバー数の標準偏差や最小、最大から、二段階のグループを作成した場合、グループ間でのメン

バー数の偏りが大きくなることがわかる。図3からもわかる通り、A社近くの小学校区に居住地点が集中していることが原因である。このことが一斉帰宅の抑制の障害になるものと思われるものの、親グループの中で子グループごとに順番に帰宅を開始するといった対応が取りやすい。また、規模の大きい子グループのほとんどが会社から近距離の為、人数が多くてもその影響は限定的なものになると期待できる。

表2 親グループ作成結果

ID	メンバー数	グループ帰宅距離 (m)		単独帰宅距離 (m)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
1	121	7522.3	2789.4	134.0	400.7
2	75	5002.9	1674.2	129.6	209.6
3	31	8373.1	1102.4	487.8	368.8
4	20	7819.0	1423.2	476.0	266.2
5	44	7483.5	1492.4	403.7	399.1
6	252	3979.7	2796.2	126.8	276.7
7	53	4504.4	1200.6	237.7	313.1
8	42	6479.3	1791.2	320.9	345.1
9	22	5933.5	1149.3	148.0	221.9
10	22	7661.4	1432.3	580.8	584.7
11	17	6247.2	1876.6	398.6	343.8
12	8	10348.5	446.0	736.5	387.2
13	11	7392.8	630.9	331.7	315.7
14	71	4376.1	2721.7	181.7	258.2
15	15	5517.7	760.2	241.6	265.1
16	43	3862.8	888.5	269.3	453.6
17	33	5063.5	569.4	283.8	357.4
18	9	7878.2	1392.4	418.3	260.4
19	12	5593.4	1879.7	246.8	274.0
20	8	7451.0	573.7	299.4	274.2

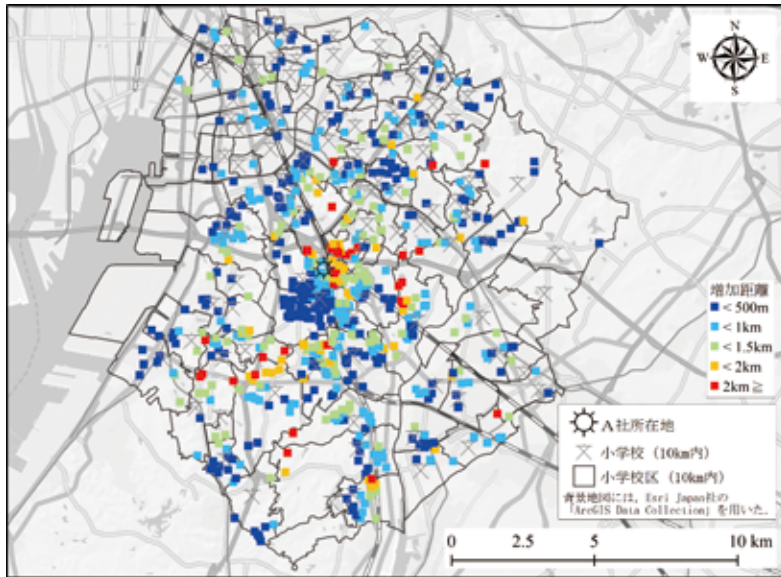


図5 小学校経由による帰宅距離の増加

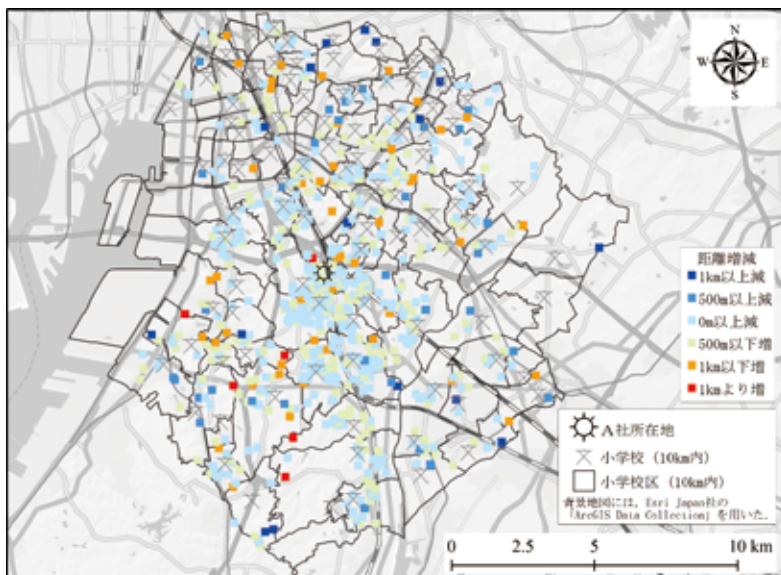


図6 単独帰宅距離の増減

図4や表2のグループ帰宅距離やその標準偏差から、グループ内での帰宅距離のばらつきが小さい、すなわち、居住地点の比較的近い者同士が同一グループとなっていることがわかる。これは小学校区による子グループ作成を経たことによる効果であり、グループ帰宅時の心理的抵抗の軽減、グループ分け根拠の分かり易さ、防災担当者によるグループ帰宅実施時の説明のしやすさに繋がるものと期待できる。続いては、小学校を経由して帰宅することによる、帰宅距離の増減に着目して、二段階のグループ作成手法の有効性について検討を行なう。

小学校は地域の避難場所となっている場合がほとんどであるから、会社から直接居住地点に向かうよりも、小学校をまずは目指して徒歩帰宅することが良いと考えられる。たとえば、居住地点の安全が確保されない場合には、そのまま小学校に留まることが可能であったり、居住地点から家族が避難していた場合に合流が容易となったりするためである（家族間で大規模災害時の合流場所を小学校として決めておくといった対策にもつながる）。しかし、そう

したメリットも小学校経由による帰宅距離が大幅に増加するのであれば相殺されてしまう。こうした懸念を検討する為、最短経路で居住地点まで帰宅した場合と比べて、小学校を経由した場合にはどの程度帰宅距離が増加するかを居住地点毎に求めた。結果を図5に示す。図5から、ほとんどの居住地点で1.5km未満の増加となっていることがわかる。平均は775.9mである。帰宅距離の増加が2kmより大きくなる居住地点は会社から比較的近距離の居住地点と南西部に多いことが分かる。前者は、小学校よりも居住地点の方が会社から近い居住地点であり、後者は、南西部の比較的広い小学校区内の居住地点である。以上より、一部帰宅距離が大幅に増加する場合もあるものの、全般的な傾向として徒歩帰宅の到着目的地を小学校とすることは可能であるといえる。

最後に、グループによる徒歩帰宅の最終段階において単独で帰宅することになる距離（単独帰宅距離）が、居住地点までの最短経路情報によるグループ作成時と二段階のグループ作成時とでどのように増減するのかを検討しておく。図6は、最短経路情報によるグループ作成時の単独帰宅距離と二段階のグループ作成時の単独帰宅距離との差分を居住地点ごとに求めた結果である。図6より、ほとんどの居住地点において±500m以下となって

いることや、二段階グループ作成時の単独帰宅距離の方が0～500m未満短くなる居住地点が最も多いことがわかる。また、二段階グループ作成時の単独帰宅距離の方が1 km以上短くなる居住地点が、逆に1 km以上長くなる居住地点よりも多くあり、極端に単独帰宅距離が長かった居住地点を減少させることができたことがわかる。

4. おわりに

本研究では、森田ほか（2014）で提案した大規模災害時の徒歩帰宅グループ作成手法を実用上より有効なものとして利用することを目的として、愛知県に所在するA社データを用いて検討を行なった。結果、同一小学校区の居住地点をあらかじめ子グループとして作成しておき、各小学校までの最短経路情報によって複数の子グループからなる親グループを作成するという二段階の徒歩帰宅グループ作成手法の有効性を確認できた。課題としては、適用事例がA社一社のみであるため、今後、構成員居住地点の分布がA社とは異なる事例や、主体が位置する地理的条件が異なる対象地域での事例における検証を積み重ねていく必要が挙げられ、今後取り組んでいきたい。

本研究を実施するにあたってA社の防災担当者の方々には大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。なお本研究は、科学研究費・若手研究（B）「マイクロジオデータを用いた災害時帰宅困難者対策ガイドラインに関する研究」（平成25～27年度代表森田匡俊：課題番号25870863）による成果の一部である。

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.bousai.go.jp/jishin/syuto/kitaku/pdf/saishu02.pdf>（最終閲覧日：2015年1月27日）
- 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，47，35-75，1992.
- 森田匡俊，小林哲郎，奥貫圭一，落合鋭充，小林広幸：大規模災害発生時の徒歩帰宅グループ作成手法の開発，平成25年度愛知工業大学地域防災研究センター年次報告書 vol.10，51-55，2014.