

大規模災害発生時における徒歩帰宅グルーピング手法の提案

森田匡俊・小林哲郎・奥貫圭一

A method to form groups of commuters getting home on foot in a time of devastating disaster

Masatoshi MORITA, Tetsuo KOBAYASHI and Kei-ichi OKUNUKI

Abstract: Support to commuters unable to get home is one of critical aspects of emergency management especially when a devastating disaster occurs. Various organizations such as local governments and private sectors provide solutions by providing information regarding safe routing on foot as well as storing relief supplies for those commuters. In addition to these efforts, it is desirable for commuters to travel as a group as far as they can until they get their homes with the minimum travel cost as a group in terms of safety. This study develops a method to cluster a group of people into subgroups based on the criteria mentioned above. Moreover, an empirical case study of commuters of a private sector provides results of the group clustering based on different criteria. The discussion of the results leads to development of more effective grouping methods.

Keywords: devastating disaster, commuters unable to get home, commuters getting home by foot, group commuting, clustering

1. はじめに

大規模災害発生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、行政による支援ルートの設定や、徒歩帰宅者への支援物資を各主体が備蓄する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なるべく居住地近くまで複数名（グループ）で帰宅することが望ましい。しかし、グループで帰宅することによる遠回りはなるべく少ない方がよい。そこで本研究では、これらを考慮した徒歩帰宅のための主体構成員のグルーピング手法を提案する。また、提案した手法を実データに適用

した結果を検討することで、より効果的なグルーピング手法について考察を行う。

主体構成員の居住地点を基にグループ分けすることができれば、大規模災害時により安全な徒歩帰宅が可能となる。加えて、グループごとに時間をずらして帰宅を始めることで「一斉帰宅の抑制（首都直下地震帰宅困難者対策協議会、2012）」につながる。さらに、グループごとに無事に帰宅できたかどうかを確認することで、効率的に情報収集することができる。主体構成員の居住地情報を基にしたグルーピング手法を開発する意義は大きい。

2. グルーピング手法

大規模災害時のグループによる徒歩帰宅実現には、何らかの基準によって主体構成員をグループ分けし、グループメンバーの遠回りが最も少な

森田匡俊 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247

愛知工業大学地域防災研究センター

Phone: 0565-48-8121 (代表)

E-mail: morita_masatoshi@aitech.ac.jp

くなるような経路を各グループについて探索するという方法がありうる。しかし、この方法による経路探索は、巡回セールスマン問題（山本・久保，1997）となるため、グループメンバー数が多くなると経路探索が困難になるという欠点がある。そこで本研究では、すべての主体構成員について、出発地点（たとえば、会社オフィスや工場）から各主体構成員居住地点（たとえば、社員の居住地点）までの最短経路の情報をを用いたグルーピング手法を提案する。以下、図-1 に示すサンプルデータを例に具体的な手順を示す。

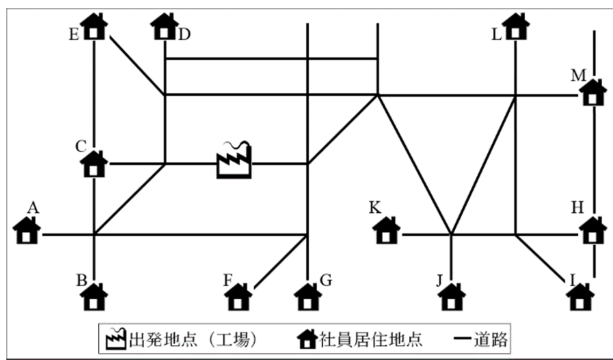


図-1 サンプルデータ

出発地点から居住地点までの最短距離木の作成

まず、すべての社員について、工場から居住地点までの最短経路を探索し、最短経路木 (Dijkstra, 1959) を求める。図-2 は、図-1 についての最短経路木と工場のノード、通過する最短経路上の交差点ノード、居住地点ノードを示したものである。

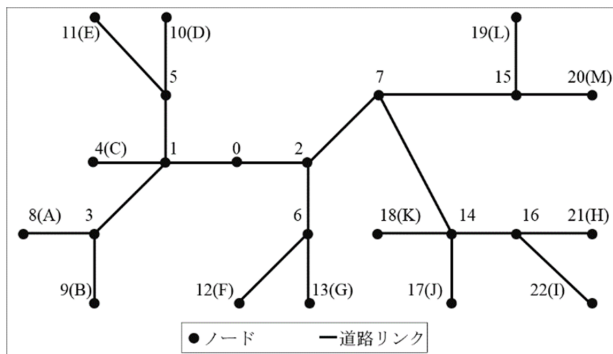


図-2 最短経路木

通過する交差点ノードを用いたグルーピング

分割するグループ数の上限 N_G が所与とする。このとき、まず、出発地点となるノード（工場のノード 0）で分割される部分木上の社員ノードを第一段階の徒歩帰宅グループとする。図-2 の場合は、この段階でノード 1 を根とする部分木とノード 2 を根とする部分木によって計 2 つの徒歩帰宅グループが作成される。次に、部分木の根となるノードによりさらに分割される部分木を用いて、第 1 段階のグループを再分割する。この第 2 段階で作成される徒歩帰宅グループ①～⑤を図-3 に示す。この作業をグループ数が N_G に達するまで繰り返す。ただし、図-3 のグループ①，③，④のように、グループ数が N_G に達する前であっても、メンバー数が 2 人となるグループが作成された場合にはグループを確定させる。また、グループ②のように、1 人だけのグループが作成された場合には、グルーピング終了後に最近隣のグループに統合する（図-3 の場合、グループ②はグループ①，あるいはグループ③に統合する）。

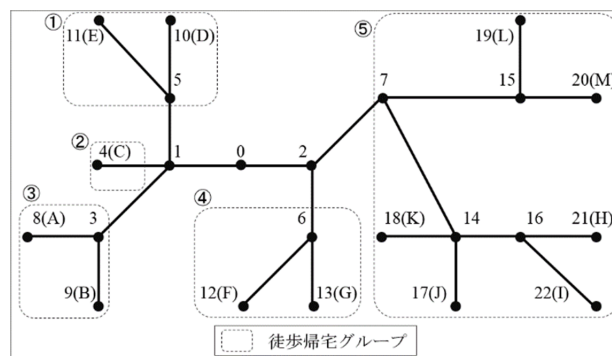


図-3 サンプルデータのグルーピング

3. A 社社員データへの適用

ここでは、提案した徒歩帰宅のためのグルーピング手法について、愛知県に所在する A 社の社員居住地点データに適用することで、有効性の検証を行ってみる。この作業によって、より効果的なグルーピング手法についての考察を行う。

3.1 検証に用いる地理データとソフトウェア

A 社より提供された約 1,700 名（情報保護の観点から正確な数字は記載しない。）の社員の居住地住所情報から、各住所の行政区域代表点の緯度経度情報を取得した。本研究では、この緯度経度情報を社員の居住地点として扱う（図-4）。緯度経度情報の取得には、東京大学空間情報科学研究センターによる「CSV アドレスマッチングサービス（<http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/>）」を用いた。なお、A 社から居住地点までの道路距離が 20km 以上となる社員約 300 名についてはグルーピングから除外した。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」と論じている。これを参考に本研究では、居住地点まで道路距離で 20km 以上の社員を帰宅困難者として扱うこととし、A 社から道路距離 20km 以内に居住する約 1,400 名の社員について、災害時のための徒歩帰宅グルーピングを実施する。

道路データは Esri ジャパン社の「ArcGIS Data Collection 道路網 2012 愛知県版」から、徒歩による利用が困難な高速道路と自動車専用道路を除いた道路網データを用いた。この道路網データ

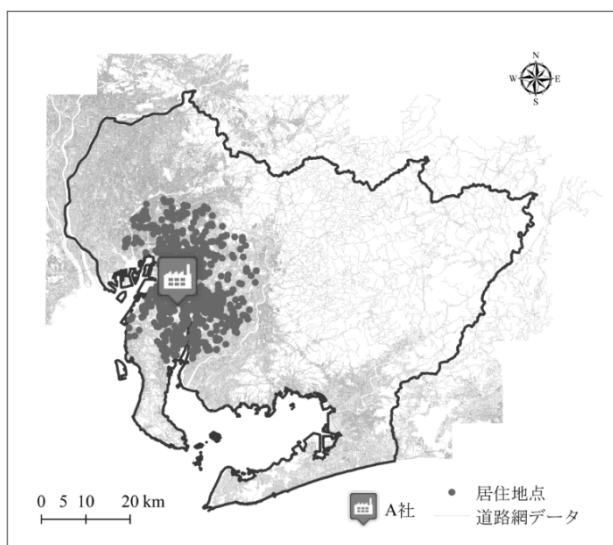


図-4 検証に用いる地理データ

を用いた最短経路探索は、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した。

3.2 グルーピング結果

提案した手法を用いて、グループ数の上限を 101 としてグルーピングを行った。得られた 101 グループの平均メンバー数は 14 名、メンバーの居住地点までの平均距離は 3.1km であった。この点について詳しく見てみる。図-5 は、縦軸にメンバー人数、横軸にメンバーの居住地点までの道路距離の平均を求めた値とし、101 グループをプロットしたものである。図-5 を見ると、会社の近くに少人数のグループが多数できていることがわかる。一方、会社から遠くには大人数のグループが作られていることがわかる。たとえば、図-5 中のグループ A のメンバーの居住地点分布を地図上で確認してみると、図-6 のようになり、居住地点までの距離や方向がメンバーによってかなり異なっており、“大雑把な”グルーピングになっているといえる。この原因は、グルーピングの際に、メンバー数が 2 人になった場合はグループを確定させる手順を取っているため、会社ノード 0 から部分木を求めていった際に、早い段階で多く

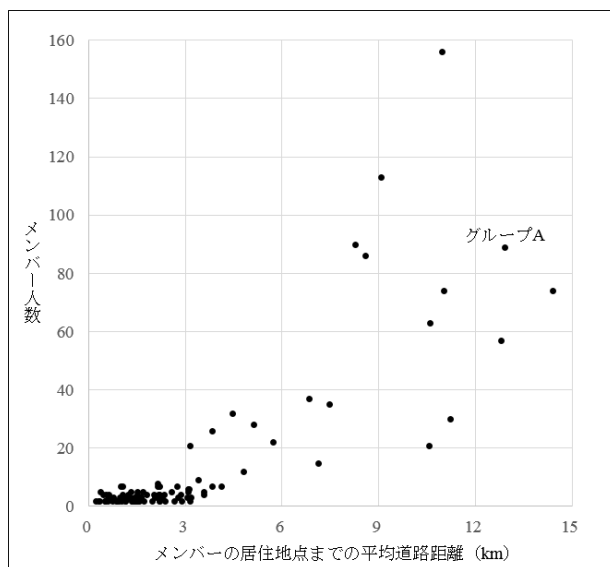


図-5 グループ別のメンバー人数と居住地点までの平均道路距離(グループ数上限を 101 とした場合)

のグループが確定してしまうこと、また、任意のグループ数を 100 としたため、会社から遠くのノードでは部分木の分割に至らず、遠方の居住地点がかなり早い段階で一つのグループとなってしまうことなどが考えられる。

以上の点の改良を意図したグルーピングを実施するため、グループのメンバー数を 5 名以上にするという制約条件を加え、さらに、グループ数の上限を 1,000 とし、実際上のグループ数の制限をなくして再度グルーピングを行った。その結果、202 グループが得られ、グループ別の平均人数は 7 名、メンバーの居住地点までのグループ別平均距離は 7.9km であった。図-7 にメンバー人数と居住地点までの平均道路距離をもとに、202 グループをプロットしたものを示す。

図-7 を見ると、すべての距離帯に偏りなくグループが作られており、会社から遠い居住地点についても偏りなくグルーピングできていることがわかる。また、グループによるメンバー数の差異が小さいこともわかる。例外的にメンバー数の多いグループ B は、複数名の社員が同一居住地点であることによるものである。

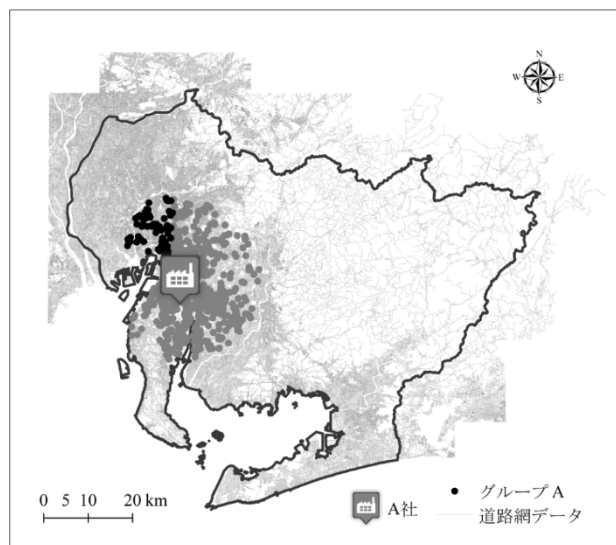


図-6 グループ A のメンバーの居住地点分布

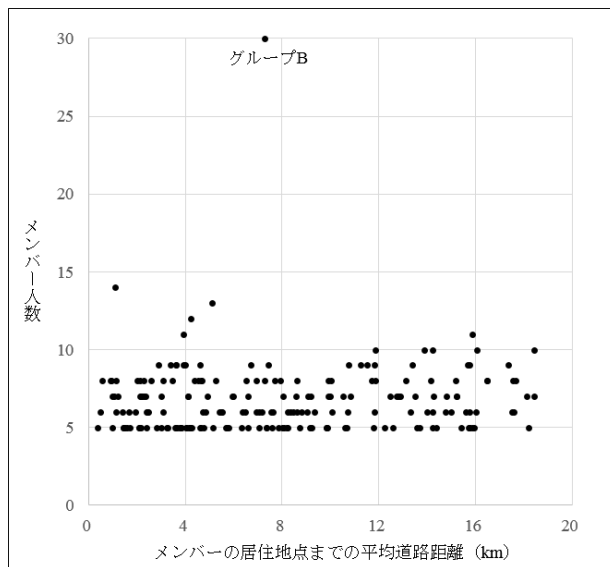


図-7 グループ別のメンバー人数と居住地点までの平均道路距離（グループのメンバー数を 5 名以上、グループ数の上限を 1,000 とした場合）

4. おわりに

本研究では、大規模災害時の徒歩帰宅対策のための、主体構成員のグルーピング手法について提案した。また、提案した手法を実データに適用して検討を行うことで、より効果的なグルーピング手法へと修正することができた。具体的には、グループのメンバー数に制約条件を設けることで、会社から遠方の居住地点についても効果的にグルーピングできる手法とすることができた。今後は、異なる地域で異なる主体を対象とした検証作業を積み重ねることで、より良いグルーピング手法へと改良していく。

参考文献

- Dijkstra, E., 1959. *A note on two problems in connexion with graphs*. *Numerische Mathematik*, 1, 269-271.
- 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: 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.
- 山本芳嗣・久保幹雄 (1997): 「シリーズ [現代人の数理] 12 巡回セールスマン問題への招待」, 朝倉書店.