

災害時の自動車利用を前提とした 共助支援機能の設計

佐藤希咲[†] 高橋秀幸^{††}

近年、地球温暖化や地形等の影響により、自然災害が増加傾向にある。自然災害では、逃げ遅れなどによる高齢者の被災が多い。また、コロナ禍やペットなどの理由から災害時に在宅避難や車避難などの避難所以外の場所で避難生活を送る被災者が増加傾向にある。その中には、問題を抱えた要支援者も存在する。自治体は、災害発生後に在宅避難者や車避難者を直接訪問することで状況把握を行うため、すぐに被災者への支援を行うことが難しい。また、要支援者の増加により、共助を行うことも難しい。本稿では、分散避難者の状況把握の効率化および共助支援を行うシステムを実現するための避難者情報入力機能、避難者状況把握機能、共助支援機能について述べる。なお、共助支援を行うシステムを実現するためには、住民同士のマッチングを行う機能が必要となる。そのため、本稿では、マッチングを用いた共助支援機能の提案を焦点として述べる。

Design of Mutual Aid Support Functions based on Vehicle Utilization during Disasters

Misaki Sato[†] Hideyuki Takahashi^{††}

In recent years, natural disasters have been on the increase due to the effects of global warming and landforms. Elderly people are often affected by natural disasters due to delayed escape. In addition, an increasing number of disaster victims are taking refuge in places other than evacuation centers, such as home or car evacuation centers, due to reasons such as corona disasters or pets. Some of them are in need of support and have problems. Local governments are unable to provide support to disaster victims immediately after a disaster strikes because they have to visit home- and car-based evacuees in person to assess their situation. In addition, it is difficult to provide mutual assistance due to the increase in the number of people in need of assistance. This paper describes an evacuee information input function, an evacuee situation monitoring function, and a mutual aid support function to realize a system that efficiently assesses the situation of distributed evacuees and provides mutual aid support. In order to realize a system that supports mutual aid, it is necessary to have a function for matching residents with each other. Therefore, this paper focuses on the proposal of a mutual aid support function using matching.

1. はじめに

近年、地球温暖化や地形等の影響により、土砂災害や地震などの自然災害が増加傾向にある。自然災害では、逃げ遅れなどによる高齢者の被災が多い傾向にある。また、コロナ禍の影響やペットがいるなどの様々な理由から災害発生時に在宅避難や車避難などの避難所以外の場所で避難生活を余儀なくされる被災者が増加傾向にある[1][2]。その中には、支援物資を受け取りに行けないなどの問題を抱えた要支援者も存在する。自治体は、災害発生後に在宅避難者や車避難者を直接訪問することで状況把握を行うため、すぐに被災者への支援を行うことが難しい。そのため、被災者が支援を受ける際には、自治体による状況把握が完了するまで待機するか、被災者自ら避難所などの支援を受けられる場所へ移動し、自治体へ情報伝達や支援要請を行う必要がある。また、要支援者の増加により、災害時に高齢者など自力で避難を行うことが困難な住民に対して、周囲の住民が協力し共に避難を行うといった共助を行うことも難しい。自治体では、近年の自然災害の頻発化によって、高齢者や障がい者など避難行動要支援者の被災が多いことから、共助がスムーズに行えるように避難行動要支援者の個別避難計画の作成が努力義務となったが、要支援者の増加などにより個別避難計画の作成が追いつかない、進まないなどの課題がある。

本研究では、SNSを用いた自治体の在宅避難者や車避難者の効率的な状況把握とマッチングによる共助支援の実現を目指す。具体的には、SNSを活用することで情報収集を行い、そこから得た情報を用いて自治体の迅速な在宅避難者や車避難者の位置情報、必要な支援などの確認や状況の把握と自治体の状況把握業務の負担軽減の実現を目指す。また、SNSを用いて得られた情報から支援者と要支援者のマッチングを行い、共助を行いやすくする仕組みを提案することで、被災者が支援を受けやすい環境の実現を目指す。なお、本研究では災害発生時の自動車を利用した共助を想定する。

本稿では、分散避難者の状況把握の効率化および共助支援を行うシステムの概要、本提案システムを構成する3つの基本機能として、(1)SNSを用いて情報収集を行う避難者情報入力機能、(2)自治体が避難者の位置情報などの状況把握を行う避難者状況把握機能、(3)要支援者と支援者のマッチングを行う共助支援機能について述べる。特に、本稿では、住民同士の避難等における共助支援を行うシステムを実現するために、住民同士の所在地の情報と目的地などの情報に基づくマッチングによる共助支援機能の提案を焦点とする。加えて、基本機能の設計を行い、基本機能を用いた予備実験結果および共助支援機能の評価について述べる。

[†] 東北学院大学教養学部情報科学科
Department of Information Science, Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University

^{††} 東北学院大学情報学部データサイエンス学科
Department of Data Science, Faculty of Informatics, Tohoku Gakuin University

2. 関連研究と技術課題

災害発生時における自治体や被災者の支援を行うための様々な研究開発が行われている。例えば、災害発生時のみ要配慮者を含めた最新の居住者リストが共有され、避難行動要支援者を速やかに確認することが可能なシステムがある[3]。具体的には、事前に避難行動要支援者として登録を行った人、災害発生時に救援が必要であると安否確認に登録を行った人の情報をユーザ全員にリストとして共有することによって共助支援を行っている。次に、住民が安否情報や避難場所等の情報を自治体に送信でき、自治体からは避難所の混雑状況や支援情報の提供を行うことが可能なシステムがある[4]。このシステムでは、LINE を通して入力された住民の避難状況に関する様々な情報をもとに、自治体による住民情報把握業務の負担軽減に加えて、住民に対する避難所状況や支援情報等の情報共有を行うことが可能である。しかし、これらの既存研究やシステムでは、自治体と被災者の支援の両立ができていないため、支援を必要としている人に適切な支援を提供することができないという課題がある。また、顧客の相乗りに関する研究[5]では、地点の緯度経度情報を用いて、地点間のコサイン類似行列を作成し、参加者の総移動距離が小さくなるように k-medoids 法を適用しクラスタリングを行っているが、この方法では、河川や森林などの理由により道路はないが、直線距離では近い地点同士でもマッチングしてしまうため、実際の移動距離で考えた場合には遠回りしなければならなくなり、移動距離が大きくなってしまいう可能性がある。本研究では、SNS を用いた効率的な情報収集と移動距離を用いたマッチングによる共助支援を行うために自治体と被災者の支援を両立した、在宅避難者・車避難者支援システムを提案する。

3. 在宅避難者・車避難者支援システムの提案

3.1 提案システムの概要

図 1 に提案システムの概要を示す。本研究では、LINE などの SNS を用いた自治体の効率的な避難状況の把握および住民同士の共助支援を行うことで、災害発生後の被災者へ支援を行うまでの時間短縮を可能にするため、自治体の支援と共助支援を行う。本提案システムは、(1)避難者情報入力機能、(2)避難者状況把握機能、(3)共助支援機能の 3 つの基本機能から構成される。

3.2 (1) 避難者情報入力機能

避難者が、自治体に避難場所や状況などを報告する機能である(図 2)。住民は、LINE を用いて、Chatbot との対話形式で事前に氏名、性別、住所、電話番号などの基本情報の登録を行う。災害発生後、在宅避難や車避難などの分散避難を行った住民は、Chatbot との対話による避難先の位置情報、状況、必要な支援の入力を行う。避難先の位置情報、状況、必要な支援は、住民が移動した場合や必要な支援が生じた場合などには、

再度入力することが可能である。例えば、薬が必要になった場合や怪我をした場合には、再度入力を行うことで、自治体に対して状況の変化や必要な支援に関する情報を送信することが可能である。



図 1 提案システムの概要

3.3 (2) 避難者状況把握機能

自治体に住民の避難状況や避難場所などの情報を可視化する機能である(図 3)。住民によって入力された避難先の位置情報、氏名、状況などの情報を用いて、マップ上に在宅避難者・車避難者の位置情報をピンで表示する。また、マップ上のピンを選択することによって、その場所にいる住民の氏名、状況、位置情報など住民の情報が表示される。



図 2 避難者情報入力機能の例

3.4 (3) 共助支援機能

災害発生時において、要支援者と支援者のマッチングを行う機能である(図 4)。災害発生後、住民は要支援者または支援者として現在地と目的地等の情報入力と登録を行う。その情報から目的地別にマッチングを行う。マッチングでは、クラスタリングを

用いてマッチング結果における支援者および要支援者の総移動距離が最小になる組み合わせを導出し、マッチングさせることで、要支援者の避難支援などの共助に要する時間の短縮を実現する。



図3 避難者状況把握機能の例

また、移動予定の目的地別に支援者と要支援者のマッチングを支援することで、自力で避難することが不可能な人や支援が必要な人が同じ目的地の支援者と一緒に目的地まで向かうことが可能となる。例えば、図4左のように自力で避難所へ行くことができない要支援者と同じ目的地に向かう支援者のマッチングを行い、支援者は要支援者と合流し目的地となる避難所へ一緒に向かうといった効率的な共助を行うための支援が可能となる。



図4 共助支援機能の例

4. 提案システムの設計と実装

4.1 設計

試作システムの設計について述べる。図5に試作システムの構成を示す。試作システムでは、LINE アカウントの作成・管理に LINE Messaging API[6]を用いた。また、自治体に避難者の位置情報を表示するためのマップには、だれでも自由に利用や編

集が可能なオープンデータの地図である Open Street Map[7]を用いた。共助支援機能では、要支援者または支援者として登録された現在地と目的地等の情報を用いて、マッチングを行う。マッチングでは、k-medoids 法[8]を用いて、クラスタリングを行う。ここで、k-medoids 法とは、クラスタ内のデータ点である medoid とデータ点の距離の総和を最小化する手法である。はじめに、クラスタリングを行うデータからクラスタ数と同じ数のデータ点を選択し、選択したデータ点を初期メドイドとして設定する。次に、2 点間の距離に基づいて、各データ点を最も近いメドイドに割り当てる。すべてのデータ点が割り当てられた後、メドイドとそのメドイドに割り当てられたデータ点の距離の合計を計算する。最後に、この合計値が最小となる新しいデータ点をメドイドとして更新する。なお、メドイドに変化がなくなるまで繰り返し行う。

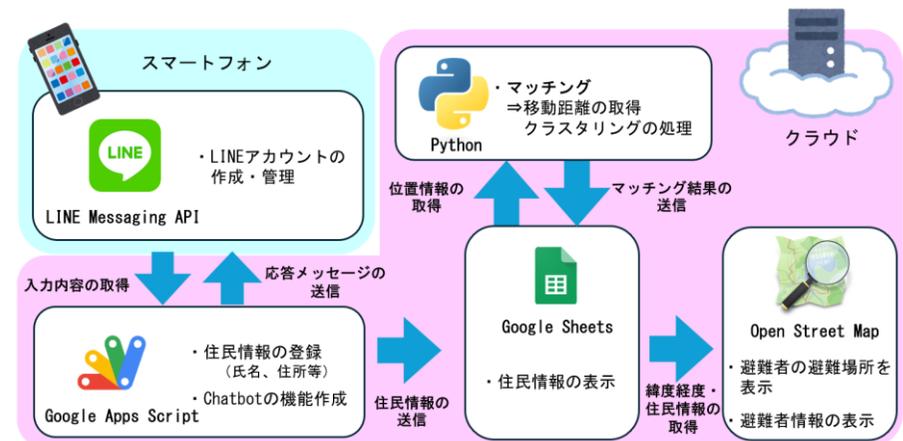


図5 試作システムの構成

4.2 実装

4.2.1 避難者情報入力機能

LINE Messaging APIを用いて、LINE アカウントの作成および管理を行う。Chatbot の機能作成には、Google Apps Scriptを用いた。Chatbot は、LINE 上で動作し、住民が Chatbot との対話形式で入力した情報に対し、Google Apps Script を用いて応答メッセージを住民に送信する。本研究においては、Chatbot との対話形式によって入力された情報は、スプレッドシートとして Google Sheets を使い、Google Sheets 経由で自治体職員が確認できるものとした。本実装では、対話形式で、氏名、電話番号、状況、必要な支援、避難先の位置情報を入手する仕組みを開発した。

4.2.2 避難者状況把握機能

分散避難を行った住民の位置情報、氏名、状況などが入力されている Google Sheets から緯度経度情報を取得し、Open Street Map 上にピンで表示を行う。マップ上のピンを選択することによって、その場所にいる住民の情報を自治体職員が確認することが可能である。

4.2.3 共助支援機能

本研究では、要支援者の人数が支援者の人数よりも多いと仮定する。また、クラスタリングにおいて、クラスタ数は支援者の人数と等しくなるように設定する。マッチング機能の開発言語には、Python を用いた。マッチングでは、要支援者または支援者として登録された住民の現在地と目的地等の情報を用いて、k-medoids 法でクラスタリングを行う。マッチングには、Google Maps API を用いて取得する地点間の移動距離を用いた。k-medoids 法は初期値に依存するため、要支援者と支援者間での総移動距離が最小となる組み合わせを初期メドイドとしてクラスタリングを行う。ここで、メドイドとは、クラスタ内のデータの中で他のデータ点との距離が最小となる点を表す。要支援者と支援者の位置情報を用いて行列を作成し、その行列を用いて総移動距離が最小となるよう、組み合わせを求める。その後、求めた組み合わせにおける要支援者の位置情報を初期メドイドとして要支援者全体においてクラスタリングを行い、クラスタリング結果の最終的なメドイドと支援者の地点間の総移動距離が最小となるようにマッチングを行う。このとき、最終的なメドイドとなった要支援者の位置情報と支援者の位置情報を用いて移動距離の行列を作成し、その行列をもとに地点間の総移動距離が最小となるマッチング結果を求める。

5. 予備実験

5.1 避難者情報入力機能の予備実験

予備実験として、LINE を用いて Chatbot との対話形式で氏名や避難場所の位置情報を入力し、入力した情報を表示する実験を行った。住民が行う Chatbot との対話形式による入力画面を図 6 に示す。図 6(a)では、ユーザが「分散避難完了」と入力後、そこから氏名、電話番号、状況を取得している。図 6(b)では、必要な支援と避難先の位置情報を取得している。取得した住民の情報を表示した Google Sheets の画面を図 7 に示す。図 7 には、氏名、電話番号、避難先の位置情報、状況、必要な支援といった情報が保存されていることが分かる。これにより、住民が LINE を用いて入力した情報を取得し、Google Sheets に表示することが可能であることを確認した。

5.1 避難者状況把握機能の予備実験

自治体が分散避難者の位置情報を把握するために利用するマップの画面を図 8 に

示す。この例では、岩手県から無作為に選択した位置で実験を行っている。

なお、避難者情報入力機能により入力された情報を用いて、マップ上に住民の位置情報をピンで表示し、ピンを選択することによって住民の氏名、住所、状況を把握することが可能である。

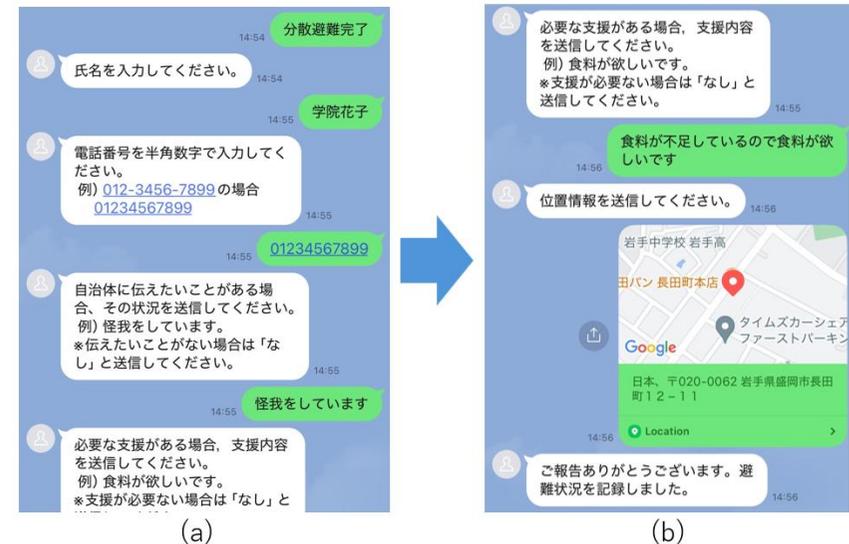


図 6 Chatbot との対話形式による入力画面

<分散避難者一覧>				
番号	氏名	電話番号	登録日時	現在地
1	学院花子	01234567899	2025/1/22 14:56:13	日本、〒020-0062 岩手県盛岡市
2	学院太郎	12345678910	2025/1/22 14:54:11	日本、〒028-0503 岩手県遠野市

氏名	現在地	状況	必要な支援
学院花子	日本、〒020-0062 岩手県盛岡市長田町1 2-1 1	怪我をしています	食料が不足しているので食料が欲しいです
学院太郎	日本、〒028-0503 岩手県遠野市青笹町青笹8 地割3 0	なし	なし

図 7 住民の情報を表示する Google Sheets の画面

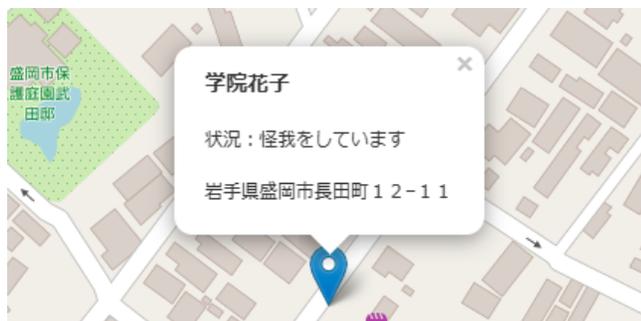


図8 住民の避難場所を表示したマップの画面

5.2 共助支援機能の予備実験

今回の予備実験では、岩手県を対象に無作為に抽出した27地点を用いて、要支援者20名、支援者7名を設定し、マッチングの動作確認および予備実験を行った。また、要支援者が支援者よりも多いと仮定し、支援者1人に対して要支援者が1人または複数人マッチングする場合を想定して実験を行った。まず、k-medoids法を用いてクラスタリングを行うために、初期メドイドを取得する。初期メドイドは、支援者数をクラスタ数とすることを考慮し、要支援者と支援者の位置情報を用いて地点間の移動距離を求め、地点間の移動距離を用いた20×7行列を作成後、作成した行列を用いて7個の要素をもつ全ての組み合わせのうち、総移動距離が最小となる組み合わせを取得する。取得した組み合わせのうち、要支援者の位置情報を初期メドイドとして設定する。図9に、移動距離の合計、総移動距離が最小となる組み合わせ、初期メドイドの出力画面を示す。図9では、総移動距離が最小となる組み合わせ結果の総移動距離を「Minimum sum」、各地点のインデックスを用いた組み合わせ結果を「Combination」、初期メドイドとなる地点のインデックスを「Medoids」として出力した。

次に、要支援者全員の位置情報をもとに求めた地点間の移動距離を用いて、20×20の正方行列を作成する。取得した初期メドイドとなる7地点と作成した正方行列を利用して、k-medoids法でクラスタリングを行う。図10にクラスタリングを行った結果の最終的なメドイドとクラスタの出力画面を示す。図10では、クラスタリング結果のクラスタ数を「Cluster count」、最終的なメドイドなる地点のインデックスを「Medoids(indexes)」、各地点が割り当てられているクラスタのインデックスを「Cluster Assignments」として出力した。

最後に、支援者の位置情報とクラスタリング結果の最終的なメドイドとなった要支援者の位置情報を用いた地点間の移動距離の行列を作成し、その行列を利用し、総移動距離が最小となる組み合わせを求める。図11に、総移動距離が最小となる組

み合わせと総移動距離の出力画面を示す。図11では、クラスタリング結果の最終的なメドイドと支援者のマッチング結果の組み合わせの総移動距離を「最小の合計値」、マッチング結果の各組み合わせの移動距離を「そのときの組み合わせ」として出力した。

予備実験では、要支援者数が支援者数よりも多いと仮定したが、支援者と要支援者が同じ人数の場合は、予備実験において最後に行った支援者の位置情報とクラスタリング結果の最終的なメドイドとなった要支援者の位置情報を用いた地点間の移動距離の行列を作成し、その行列を利用し、総移動距離が最小となる組み合わせを求める方法と同様の方法を用いることによって、総移動距離が最小となるようにマッチングを行うことが可能である。

```
Minimum sum: 23.086000000000002  
Combination: ((1, 5, 13, 14, 16, 17, 19), (1, 5, 6, 2, 0, 3, 4))  
Medoids: (1, 5, 13, 14, 16, 17, 19)
```

図9 総移動距離、組み合わせ、初期メドイドの出力画面

```
Cluster count: 7  
Medoids (indexes): [np.int64(2), np.int64(5), np.int64(13), np.int64(1), np.int64(6),  
np.int64(16), np.int64(19)]  
Cluster Assignments: [3 3 0 6 6 1 4 4 5 0 2 2 6 2 3 3 5 5 4 6]
```

図10 クラスタリング結果の出力画面

```
最小の合計値: 32480  
そのときの組み合わせ: [np.int64(15598), np.int64(3113), np.int64(1409), np.int64(10980), np.int64(898),  
np.int64(367), np.int64(115)]
```

図11 総移動距離が最小となる組み合わせと総移動距離の出力画面

6. 評価

6.1 評価方法

本実験では、共助支援機能におけるマッチングについて、既存手法と提案手法を用いた総移動距離の比較によって評価を行う。既存手法として、クラスタリングにおいては、地点間の緯度経度情報をもとに作成したコサイン類似行列を用いてk-medoids法を行う既存研究の手法を適用し、初期メドイドや支援者とのマッチングでは、緯度経度情報を用いた地点間の直線距離で計算を行う。提案手法では、移動

距離を用いた行列を用いて、初期メドイドの決定、k-medoids 法によるクラスタリング、支援者とのマッチングを行う。また、対象地域としては、岩手県の過疎地域と認定されており、人口密度が低い地域の1つである岩手県西和賀町と岩手県の県庁所在地であり、岩手県において人口密度が高い市町村の1つである岩手県盛岡市の2つの地域を対象としている。今回、2つの地域を用いて人口密度別に、既存手法と本研究の共助支援機能における提案手法の総移動距離を用いて比較を行うことで評価を行った。

6.2 比較結果および評価

6.2.1 比較結果

既存手法と提案手法について、総移動距離を用いて比較を行った結果のグラフを図12~図14に示す。すべてのグラフについて、x軸を要支援者数、y軸を総移動距離とする。また、提案手法を実線、既存手法を破線で示している。

図12は、初期メドイドの決定を行う際に求める、支援者と要支援者間の距離行列を用いた合計値が最小となる組み合わせの総移動距離で比較を行った結果のグラフである。実験結果として、過疎地域である岩手県西和賀町では、要支援者数が増加した場合、既存手法と提案手法の両手法において初期メドイドの総移動距離が減少していくという結果となった。都市部の岩手県盛岡市では、要支援者数が増加した場合、はじめは、初期メドイドの総移動距離は減少傾向にあるが、途中から初期メドイドの総移動距離の変化はほとんど生じない結果となった。また、2つ地域のどちらでも、初期メドイドの総移動距離について提案手法が既存手法より大きくなることはなく、小さくなる割合が多い結果となった。

図13は、クラスタリングを行った結果全体の総移動距離で比較を行った結果のグラフである。実験結果として、要支援者数が増加した場合、クラスタリング結果の総移動距離も増加するという結果となった。2つの地域で比較した場合、過疎地域である岩手県西和賀町におけるクラスタリング結果の総移動距離の方が、都市部である岩手県盛岡市のクラスタリング結果の総移動距離よりも、既存手法と提案手法の差が大きくなる結果となった。また、どちらの地域でも、既存手法のクラスタリング結果の総移動距離が減少しているが、提案手法のクラスタリング結果の総移動距離は増加している地点が存在するという結果となった。

図14は、クラスタリング結果の最終的なメドイドと支援者のマッチングを行った最終的な結果における総移動距離で比較を行ったグラフである。実験結果として、マッチング結果の総移動距離はどちらの地域の結果も要支援者数が増加すると、既存手法と提案手法の総移動距離の差も増加するという結果となった。特に、過疎地域である岩手県西和賀町における総移動距離について、都市部である岩手県盛岡市の結果に比べて、提案手法の結果が既存手法の結果よりも総移動距離が小さくなる結果となった。

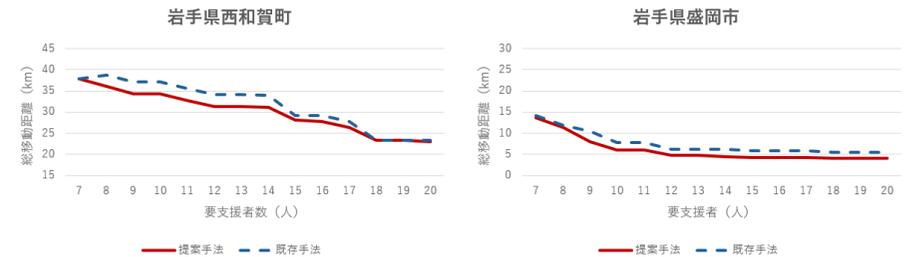


図12 初期メドイドとなる組み合わせの総移動距離の結果

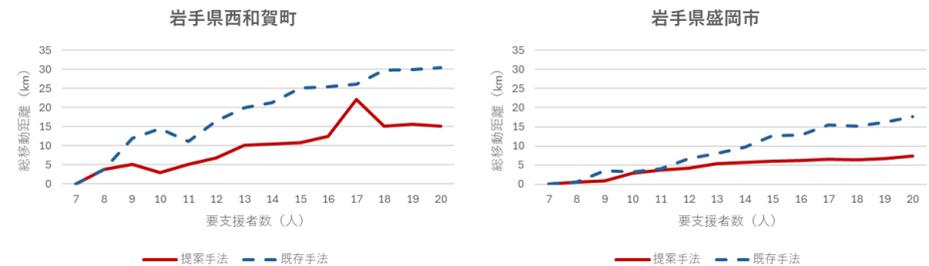


図13 クラスタリング結果の総移動距離の結果

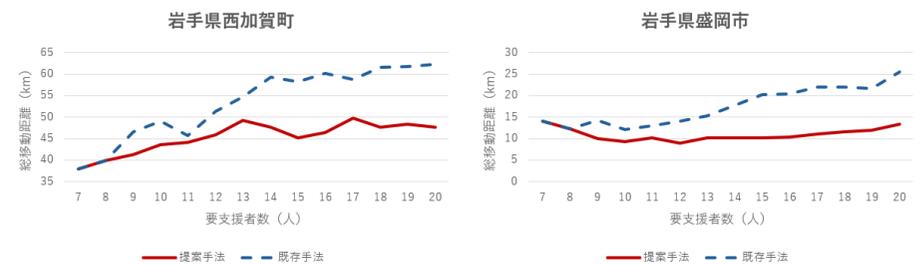


図14 マッチング結果の総移動距離の結果

6.2.2 評価

実験結果より、地点間の移動距離を用いた本提案手法は、既存手法である緯度経度情報を用いたコサイン類似行列と直線距離を用いた結果と比べて、初期メドイドの決定、クラスタリング、支援者とのマッチングのすべての段階において、

総移動距離がより小さくなる結果を出力できていることが確認できた。初期メドイドの決定やクラスタリングの段階では、既存手法と提案手法の総移動距離の差は小さいが、最終的な結果の段階では、提案手法の総移動距離の結果が既存手法のおよそ半分の総移動距離となっている。従って、既存手法と比較した際、本提案手法を用いたマッチングを用いることによって、より正確な総移動距離の最小化につながるといえる。すなわち、本提案手法に基づくマッチングを用いた共助支援を行うことによって、共助に要する時間が短縮され、より多くの要支援者が災害発生後すぐに支援を受けることが可能になるといえる。

7. おわりに

本稿では、災害時における SNS を利用した自治体の住民状況把握の効率化およびマッチングによる共助支援を目的とした、在宅避難者・車避難者支援システムの設計について述べた。また、共助支援機能について既存手法との比較実験および評価を行った。今後は、様々なパターンを考慮した実験と柔軟な条件に対応可能な共助支援機能の改善を検討している。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 24K07933 の助成を受けたものである。また、本研究の一部は東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究により実施されたものである。

参考文献

- 1) 河本尋子, 安井拓哉, 重川希志依, "コロナ禍における避難への考え・避難先選択の変化とその影響要因に関する分析," 地域安全学会論文集, No.42, pp.11-18, Mar 2023.
- 2) 勝野 幸司, 大野 洋輔, 垣野 義典, "避難所外での生活実態からみた熊本地震の避難生活の特徴", 日本建築学会技術報告集, vol.23, No.55, pp. 969-972, Oct 2017.
- 3) 災害共助 SNS 「ゆいぽた」, <https://yuipota.net/site/> (参照 2025/01/21)
- 4) LINE を活用した分散避難・支援システム, <https://www.digital-gyosei.com/post/2022-11-22-case-ehimepref/> (参照 2025/01/21)
- 5) 吉田岳人, 矢野正基, 堀川健一郎, 佐藤啓太, 南翔太, 繁野麻衣子, "共通の目的地をもつ顧客によるタクシー相乗りのためのモデル作成と評価," 情報処理学会研究報告, Vol.2018, MPS-117, Feb 2018.
- 6) LINE Messaging API, <https://developers.line.biz/ja/services/messaging-api/> (参照 2025/01/21)
- 7) OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/> (参照 2025/01/21)
- 8) Kaufman, Leonard, Peter Rousseeuw, "Clustering by means of medoids," North-Holland, 1987.