

水害時の初動を促す共助避難支援手法の提案

湯浅 太貴^{1,a)} 川野 瑛士² 落合 慶広² 爰川 知宏¹

概要：災害対応において、誰一人取り残すことなく住民の命や財産を守ることは国や自治体にとっての大きな責務である。自力での避難が困難で支援が必要な人に対しては共助が重要となるが、属人性やコミュニティに頼らない新たな共助の仕組みが必要である。本研究は、都市部における水害を対象に、支援が可能な人（以下、支援者と記す。）と支援が必要な人をマッチングし、避難の初動を促すための新しい共助避難支援手法の提案を目的としている。そのために、改良型遺伝的アルゴリズムを活用したマッチング方法の提案、および共助避難の初動を促すための情報提示と提示方法の提案を行う。

1. はじめに

日本では多くの自然災害が発生し続けており [1], [2], 人々の生活に深刻な影響を与えているため、対策が重要視されている。災害対策の基本として自助、共助、公助の3種類が存在し、その中でも共助による災害対策が注目を集めている [3]。実際、2024年1月1日に発生した能登半島地震では、日ごろ築き上げた人間関係や訓練によって共助による支援活動が実施されたことにより、多くの住民が助かった事例が報告されている [4]。日本では災害対策基本法において、災害発生時に自らの力だけで避難することが困難な人（避難行動要支援者）個別に避難支援等を実施するための計画（個別避難計画）を策定することを自治体の努力義務と定めている。2024年4月1日時点の調査結果（図1）[5]によると、令和4年1月1日から令和5年1月1日には約12万件、令和5年1月1日から令和6年4月1日には約18万件策定されている。

しかし、このままのペースで現時点のすべての要支援者の個別避難計画（現時点で約290万件）を策定しようとしただけでも単純計算で約11年かかる。すなわち、行政による取り組み（公助）には予算や人的リソースの面でも限界があるため、より多くの要支援者の避難には共助の活用が重要であると考ええる。

2. 関連研究

本章では、本研究に関する既存研究について紹介する。

（参考）個別避難計画策定の進捗状況（策定された個別避難計画数）

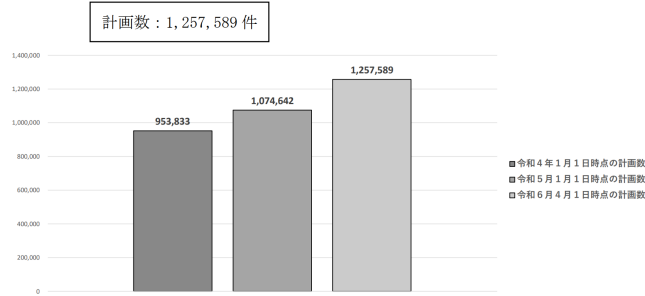


図1: 個別避難計画策定の進捗状況（策定された個別避難計画数）[5]より引用）

2.1 迅速な救助支援を可能にする自治体向け共助システム [6]

避難行動要支援者と地域の人を結びつけるマッチング共助サービスである。災害発生時や避難指示があった際に、避難行動要支援者が電話や携帯電話アプリ上で避難支援を要請すると、当システムが移動サポーターと呼ばれる地域の自主防災組織等に支援が必要な人の位置情報を開示する。その後、移動サポーターが避難支援を行う。

しかし、当システムでは支援者が被害に遭わずに安全に支援活動が行える時間的猶予（以下、安全限界時間と記す。）が考慮されていない点や、支援者が地域の自主防災組織等とのコミュニティの確立が前提となっている点が課題である。

2.2 災害時における携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発および小規模避難実験 [7]

災害発生時の人的被害の低減を目的とした、屋内外の避難行動を支援するシステムである。独自の通信技術を用いることで、異常挙動の状態を検知した携帯端末の数が一定

¹ 東京国際工科大学

² 情報経営イノベーション専門職大学

^{a)} taiglb@gmail.com

数を超えた場合に災害が発生したと判断する。次に、位置情報をもとに安全な避難経路の検索および提示を行う。さらに、リアルタイムで近くの他人の行動を追跡し、お互いの現在地を共有することによって共助を促すことができる。

しかし、当システムでは災害時に避難が困難な人を考慮していない点や、MANET を用いた通信のため狭いエリア内での避難に限定されてしまう点が課題である。

3. 新たな共助の仕組みと解決すべき課題

本研究が目指す共助の仕組みは、「支援が必要な人」と「支援者」を効果的に結びつけることで、属人性によらず「支援が必要な人」の避難をより多く実現することが目的である。その概念を図2に示す。

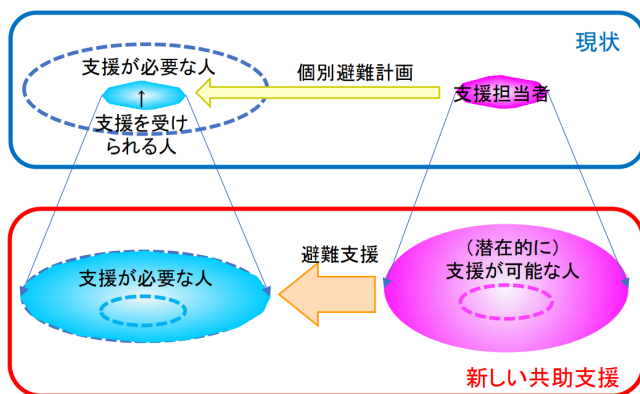


図 2: 新たな共助の仕組み

本研究の目的を達成するために解決すべき課題のうち、根幹となるのは以下の2つである。

- (1) 支援が必要な人を一人でも多く助けるための、支援者との最適マッチングの実現
- (2) 支援者に初動を促し、かつ面識のない人による支援を信頼できるための情報提示

4. 共助支援プラットフォームの提案

4.1 支援者と支援が必要な人のマッチング

共助避難を実現するためには、支援者と支援が必要な人の組み合わせを考慮することが必要不可欠である。マッチング（組み合わせ）の課題を解決するための要素として以下の3つが存在する。

1. 支援者の位置 (赤○印)
2. 支援が必要な人の位置 (緑×印)
3. 避難所の位置 (青□印)

項番 [1,2,3] のマッチング（組み合わせ）課題は、全員の避難経路長が最短となる組み合わせを求める問題（組み合わせ最適化問題）として定式化することにより解決できると考える（図3）。

遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた場合、交差および突然変異により、救助することのできない支援が必要な人が

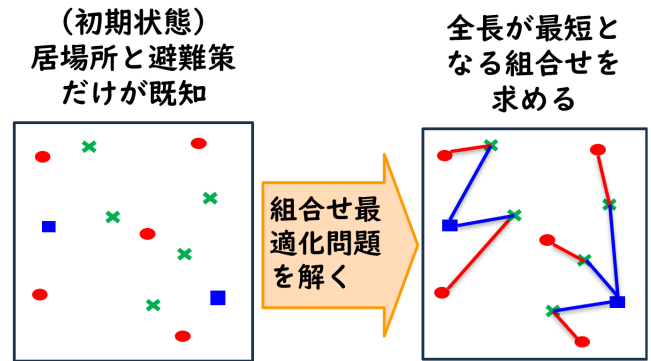


図 3: マッチング課題を組み合わせ最適化問題として解く

発生することがわかった。そのため、経路の張り直し操作を入れた改良型遺伝的アルゴリズムを検討している。

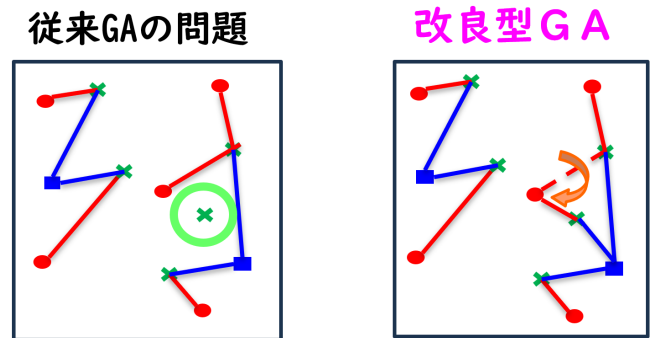


図 4: 改良型遺伝的アルゴリズム (GA) の検討

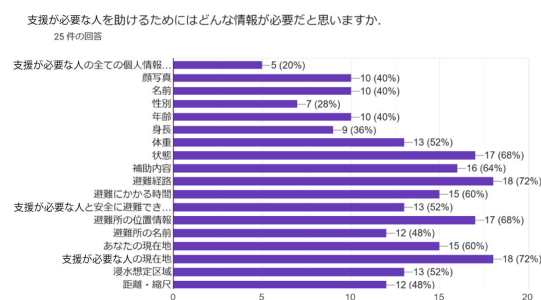
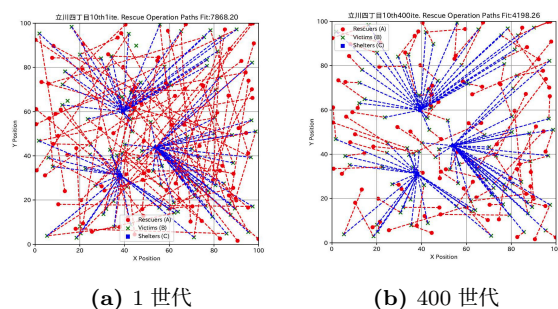
4.1.1 墨田区全域での避難シミュレーション

避難シミュレーションのケーススタディとして、墨田区全域を対象に、4.1 節で示したマッチング（組み合わせ）の課題を解決するための3つの要素（支援者、支援が必要な人、避難場所）を結ぶ全避難経路長が最短となる組み合わせを改良型 GA で解いた結果を図5に示す。シミュレーションの条件は以下のとおりである。

- 墨田区全域：104 町丁
- 支援が必要な人の数：14,723 人（80 歳以上 [8] より）
- 104 町丁単位で最適解を求める

支援者、支援が必要な人、および避難場所の位置は乱数で設定し、10 回の初期値試行（初期の組み合わせの変更）を行い、最短の経路長を求める（10(試行)×104(町丁)=1040(simulation)）

シミュレーションの所要時間は約 72 時間（3 日間）であったが、図5より、400 世代で最適解を求めた結果、準最適解を求めることができた。しかし、初期値の設定方法を検討することや、高齢者が多い都営住宅地区での垂直避難による人員削減を考慮することで解く時間を短縮しなければならない点が課題である。

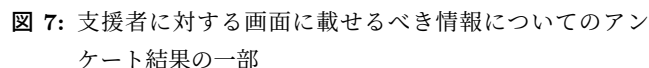


4.2 初動を促すための情報提示と全く面識のない人による支援の信頼

第1章で述べたように、共助による避難の注目がされてはいるものの、能登半島地震での事例のように、共助による防災活動は地域のコミュニティが重要である。しかし、内閣府の社会意識に関する世論調査の結果 [9], [10] によると、日本における近隣関係は年々希薄になっていることが分かる。従って、顔見知りや地域のコミュニティのみでの共助には限界があるため、地域のコミュニティがなく（全く面識のない人たち）とも助け合えるような取り組みをすることによって共助による防災活動を活性化できると考える。

4.2.1 支援者に対する画面

2024年9月12日(16:50)からGoogle Formにて「共助支援プラットフォームの構築に関わるアンケート」を行っており、支援者に対する画面に載せるべき情報について調査している*1。アンケート内容は、初めに「災害時にボランティアをする意欲がありますか?」という質問を答える。あると答えた人は、1～5種類の地図(図6)に対して「この地図を見て支援が必要な人を助けますか?」という質問に「助ける」もしくは「助けない」を選択する。ボランティア意欲がある人ない人に関わらず、最後に「支援が必要な人を助けるためにはどんな情報が必要だと思いますか?」という質問に答える流れである。ボランティア意識のある人にアンケートの対象者は学生、教員、学外の方など年齢関係なくすべてである。図7にアンケートの調査結果の一部を示す。



報が必要だと思いますか。」という質問に対して 25 件の回答の内、最も多かったのは避難経路、および支援が必要な人の現在地（18 件）であった。また、回答者の半数以上が支援が必要な人の体重、状態、補助内容、避難経路、避難にかかる時間、要支援者と安全に避難できる時間、避難所の位置情報、支援者の現在地、要支援者の現在地、浸水想定区域、距離・縮尺の合わせて 11 項目の情報が必要であると答えた。さらに、その他の意見として、「どのくらい時間の余裕があるか表示するとよい」、「知人であれば助ける」、「一般人の救助が困難および危険と判断できる情報」、「地形の高低差」、「土砂崩れの想定区域および既に起きている場所」、「要支援者を助けるには通常何人必要な仕事量なのか」といった意見が挙がった。

著者の仮説として、支援者に対する画面の理想を図8に示す。また、図8の理想の地図とアンケート結果を比較した結果を図9に示す。



図 8: 支援者に対する画面の理想

図9より、情報の提示が多いことにより「助ける」と答えた人が多くなっていることが分かる。また、支援が必要な人(距離)および(時間)を提示した場合「助ける」と答えた人が多くなることや、支援者の現在地から支援が必要な人までの時間および支援が必要な人の現在地から避難

[illegible]

図 6: 地図 1~5 の情報

図7より、「支援が必要な人を助けるためにはどんな情

*1 <https://forms.gle/SeUFX8Vc9zsuygteA>

ミニマム		標準		標準		マキシマム	
	単位	60分	72分	72分	72分	60分	60分
① 初年度		0	27分	17分	33分	0	63分
② 2年度		0	27分	17分	33分	0	63分
③ 3年度		0	27分	17分	33分	0	63分
④ 4年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑤ 5年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑥ 6年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑦ 7年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑧ 8年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑨ 9年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑩ 10年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑪ 11年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑫ 12年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑬ 13年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑭ 14年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑮ 15年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑯ 16年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑰ 17年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑱ 18年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑲ 19年度		0	27分	17分	33分	0	63分
⑳ 20年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉑ 21年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉒ 22年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉓ 23年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉔ 24年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉕ 25年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉖ 26年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉗ 27年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉘ 28年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉙ 29年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉚ 30年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉛ 31年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉜ 32年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉝ 33年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉞ 34年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉟ 35年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊱ 36年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊲ 37年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊳ 38年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊴ 39年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊵ 40年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊶ 41年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊷ 42年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊸ 43年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊹ 44年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊺ 45年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊻ 46年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊼ 47年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊽ 48年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊾ 49年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㊿ 50年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉑ 51年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉒ 52年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉓ 53年度		0	27分	17分	33分	0	63分
㉔							

所までの時間を提示しない場合「助ける」と答えた人が少なくなることも分かる。従って、支援が必要な人（距離）および（時間）と支援者の現在地から支援が必要な人までの時間および支援が必要な人の現在地から避難所までの時間は支援者にとって重要な情報であると考えることができる。このようにして災害時に情報の提示による混乱を防ぐために、ある程度の情報の選定をしなければならない。

4.2.2 支援が必要な人に対する画面

2024 年 12 月 20 日から Google Form にて「共助支援プラットフォームの構築に関わるアンケート」を行っており、支援が必要な人に対する画面に載せるべき情報について調査している*2。支援者のアンケートと同じく、対象者は学生、教員、学外の方など年齢関係なくすべてである。



5. おわりに

本研究では、「支援が必要な人」と「支援者」を効果的に結びつけることで、属人性によらず「支援が必要な人」の避難をより多く実現することが目的である。目的を達成するために、以下の2つの提案を行った。

- (1) 改良型遺伝的アルゴリズムを用いた支援者と支援が必要人のマッチングを解く方法の提案
- (2) 共助避難の初動を促すための情報提示と提示方法の提案

本提案手法を用いることにより、支援が必要になる人をより多く避難させることが可能になると考える。

参考文献

- [1] 内閣府防災：最近の主な自然災害について（阪神・淡路大震災以降）（オンライン），入手先〈<https://www.bousai.go.jp/updates/shizensaigai/shizensaigai.html>〉（参照 2024-12-13）。
- [2] 内閣府防災：最近の激甚災害の指定状況について（オンライン），入手先〈<https://www.bousai.go.jp/taisaku/gekijinhukko/status.html>〉（参照 2024-12-13）。
- [3] 内閣府防災：防災白書 令和 6 年版（2024）。
- [4] 内閣府防災：特集 2 能登半島地震でのコミュニティの共助による防災活動（オンライン），入手先〈<https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/r06/110/special.02.html>〉（参照 2024-12-13）。
- [5] 内閣府防災：避難行動要支援者名簿及び個別避難計画の作成等に係る取組状況の調査結果（オンライン），入手先〈<https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/pdf/r6chosa1.pdf>〉（参照 2024-12-13）。
- [6] PASONA：防災ヘルプサービス PASONA BIZ ― パソナグループ各社のソリューション・HR お役立ちコラム（オンライン），入手先〈https://www.pasonagroup.biz/service/bousaihelp_tech〉（参照 2024-12-18）。
- [7] 吉田成宏，下田滉貴，池本敏和，山口裕通，高田良宏，宮島昌克：災害時における携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発及び小規模避難実験，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 73, No. 2, pp. L.91–L.96（2017）。
- [8] 東京都墨田区：墨田区人口集計表（町丁別・年齢階層別）7 月分（オンライン），入手先〈https://www.city.sumida.lg.jp/kuseijoho/sumida.info/population/nenrei_kaisou/ta301000R0604.html〉（参照 2024-12-19）。
- [9] 消防庁国民保護・防災部・防災課：災害対応能力の維持向上のための地域コミュニティのあり方に関する検討会（オンライン），入手先〈https://www.fdma.go.jp/pressrelease/houdou/items/h21/2105/210508-1houdou/02_houkokusyo.pdf〉（参照 2024-12-13）。
- [10] 内閣府世論調査：「社会意識に関する世論調査」の概要（オンライン），入手先〈<https://survey.gov-online.go.jp/r05/r05-shakai/gairyaku.pdf>〉（参照 2024-12-13）。

*2 <https://forms.gle/CCYFuuYEs55UwFyt5>