

福井大学 地域貢献事業支援金 成果報告集

令和 6 年度



国立大学法人 福井大学

地域創生推進本部

Headquarters for Regional Revitalization

事業一覧

1. ものづくりを通して繊維・染色技術の楽しさを伝える取組

..... P 2

教育学部 准教授 守田 弘道

連合教職開発研究科 教職開発専攻 2 年 松田 美穂子

2. Another Morning Festival 2024 in Fukui

～こどもたちの医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する～

..... P 5

医学部 助教 福元 進太郎

3. 福井市空き家情報バンク魅力向上プロジェクト P11

工学部 准教授 菊地 吉信

大学院工学研究科 1 年 水野 峻輔

4. 地域と道路の特性に基づく安全かつ速やかな避難経路誘導

のためのデータ収集と実験 P13

工学部 准教授 川上 朋也

大学院工学研究科 2 年 岡本 宙

5. 勝山市の多文化共生社会の実現に向けた国際交流イベント等の実施 P33

事務局企画力向上プロジェクトチーム

事務局 経営戦略課 主査 酒井 千裕

ものづくりを通して繊維・染色技術の楽しさを伝える取組

事業責任者： 守田 弘道（教育学部・准教授）

代表学生： 松田 美穂子（連合教職開発研究科教職開発専攻・2年）

概 要	
<p>本事業は、ものづくりを通して児童生徒、大学生、社会人に「捺染」や「浸染」という繊維・染色技術の楽しさを伝えることを目的とした。2024年度は、2023年度の活動を改善しながら、福井県内小学校第4学年～第6学年の児童18名を対象に、クラブ活動で捺染によるコースターやバッグ、ランチョンマットづくりをした。また、事業責任者指導のもと、代表学生が福井県内高等学校工業科第2学年の生徒29名を対象に、2023年度の授業（科目：「繊維・染色技術」）モデルを改善し、指導を行った。加えて、福井大学を拠点に繊維・染色に関わる学外者1名の協力を得ながら、大学生や社会人18名を対象に、植物染料を利用した絹の浸染を行った。その結果、対象者に繊維・染色技術の楽しさを伝えることができた。</p>	
関連キーワード	ものづくり、繊維・染色技術、捺染・浸染、楽しさ、SDGs4、福井のみらい創り

事業の背景および目的

福井県は、繊維産業が盛んで染色加工の歴史も古い¹⁾。また、「次世代を担う繊維産業企業100選」²⁾に12社の福井県の企業が選ばれており、日本の持続可能な繊維産業の発展にも牽引の期待ができる。繊維産業の継承や発展を持続するためにも人材育成が必要となってくるが、福井県の初等・中等教育において、専門的に繊維・染色技術を学ぶことができる学校は、福井県内高等学校工業科の1学科のみである。このような背景の中、事業責任者は、次世代の人材育成のための計画的・継続的な取組が必要であると考えた。ものづくりをしながら繊維・染色技術の楽しさに触れ、興味を促し、幼児教育から高等教育・継続教育で質の高い教育をすることで、福井のみらい創りができる高度専門職業人を育成できると仮説を立てた。

そこで、ものづくりを通して園児、児童生徒、大学生、社会人に繊維・染色技術（捺染）の楽しさを伝えることを目的として2023年度より本事業をはじめた。2024年度は、ものづくりを通して児童生徒、大学生、社会人に「捺染」や「浸染」という繊維・染色技術の楽しさを伝えることを目的として本事業を実施した。

事業の内容および成果

【学校教育内】

事業責任者が、2023年度の学校教育外活動を改善しながら、福井県内小学校第4学年～第6学年の児童18名を対象に、クラブ活動で捺染によるコースターやバッグ、ランチョンマットづくりをした（実施日は、2024年7月8日と9月30日）。その結果、クラブ活動でもものづくりを通して繊維・染色技術（捺染）の楽しさを継続して伝えることができた。また、事業責任者の指導のもと、代表学生が福井県内高等学校工業科第2学年の生徒29名を対象に、2023年度の授業（科目「繊維・染色技術」）モデルを改善し、指導を行った（実施日は、2024年12月2日）。その結果、工業科の科目「繊維・染色技術」において、質の高い教育（指導）が継続できた。また、ものづくりを通して繊維・染色技術（捺染）の楽しさを継続して伝えることができた。

【学校教育外】

山村染織工芸の施設見学及び浸染技法体験などを参考に、植物染料と絹を使ったものづくり教材を開発した。また、開発した教材を学校教育外のワークショップ用にプログラム化し、福井大学内で「日本の伝統的な染色技法にふれよう～着る薬として玉ねぎの効能をシルクに閉じ込める～（別紙2）」として、大学生や社会人18名を対象に実施した（実施日は、2024年12月1日）。その結果、繊維・染色に関わる学外者1名の協力を得ながら、事業責任者1名、代表学生1名（合計3名）でプログラム通りに実施できた。対象者は、けがもなく玉ねぎの植物染料によるスカーフづくり（写真1）や、講師の植物染料の効能とシルクの魅力の話を聴くことができた。ワークショップ実施後の感想では、染色や体験時間を楽しむ記述や、植物染料や絹のすばらしさを感じる記述などが伺えた。以上のことより、スカーフづくりを通して対象者である大学生や社会人に、繊維・染色技術の楽しさを伝えることが示唆できた。



写真1 スカーフづくりの様子

参考文献・添付資料および特記事項等

- 1) 一般社団法人 福井県繊維協会（最終アクセス日 2025年3月28日）：福井県繊維産業 歴史、<http://www.fukui-seni.or.jp/20rekishi/index.html>
- 2) 経済産業省（最終アクセス日 2025年3月28日）：繊維 次世代を担う繊維産業企業100選 事例集、https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/fiber/

日本の

伝統的な染色技法にふれよう

～着る薬として玉ねぎの効能をシルクに閉じ込める～



日時:2024年12月1日(日)

時間:10:00～12:00(受付9:30～)

会場:福井大学 文京キャンパス 教育系3号館1階 木工実習室

対象:社会人・大学生など 参加費:無料

定員:先着20名

プログラム

- 9:30～10:00
受付(※会場:木工実習室)
- 10:00～10:05
開会のあいさつ
- 10:05～11:55
染色体験と講話
10:05～11:25 玉ねぎの植物染料によるスカーフづくり
11:25～11:55 植物染料の効能とシルクの魅力のおはなし
- 11:55～12:00
閉会のあいさつ

講師

山村染織工芸 代表

山村あゆみ氏

福井大学学術研究院
教育・人文社会系部門 准教授

守田 弘道

アクセス

福井大学までの交通アクセス(下のQRを参照ください)



- ① 正門よりお入りいただき、左側守衛所にて入構手続きを行い、会場地図をお受け取りください(入構料無料)
- ② お車でお越しの際は、駐車場をご利用ください
- ③ 教育系3号館に入られましたら、1階 木工実習室 へお越しください



お問い合わせ・お申し込み

福井大学 守田弘道

TEL:0776-27-8963 (直通) e-mail:mamo@u-fukui.ac.jp

右のQRコードから事前にお申し込みください



事業名称:ものづくりを通して繊維・染色技術の楽しさを伝える取組

事業責任者: 守田 弘道 (教育学部・准教授) 代表学生: 松田 美穂子 (連合教職開発研究科教職開発専攻・2年)

【目的】

関連キーワード: ものづくり, 繊維・染色技術, 捺染・浸染, 楽しさ, SDGs4, 福井のみらい創り

ものづくりを通して児童生徒, 大学生, 社会人に「捺染」や「浸染」という繊維・染色技術の楽しさを伝える

【取組Ⅰ(学校教育内活動)】2023年度の学校教育外活動を改善しながら, 福井県内小学校第4学年～第6学年の児童18名を対象に, クラブ活動で捺染によるコースターやバッグ, ランチョンマットづくり(7月, 9月)

【評価】

- 1) クラブ活動でものづくりを通して繊維・染色技術(捺染)の楽しさを継続して伝えることができた



取組Ⅰ: 捺染の体験の様子

【取組Ⅱ(学校教育内活動)】事業責任者の指導のもと, 代表学生が福井県内高等学校工業科第2学年の生徒29名を対象に, 2023年度の授業(科目「繊維・染色技術」)モデルを改善し, 指導(12月)

【評価】

- 1) 工業科の科目「繊維・染色技術」において, 質の高い教育(指導)が継続できた
- 2) ものづくりを通して繊維・染色技術(捺染)の楽しさを継続して伝えることができた

2024年度: 繊維・染色企業等連携による 学校教育内外活動

【取組Ⅲ(学校教育外活動)】山村染織工芸の施設見学及び浸染技法体験などを参考に, 植物染料と絹を使ったものづくり教材を開発。開発した教材を学校教育外のワークショップ用にプログラム化し, 福井大学内で「日本の伝統的な染色技法にふれよう～着る薬として玉ねぎの効能をシルクに閉じ込める～」として, 大学生や社会人18名を対象に実施(12月)

【評価】

- 1) 繊維・染色に関わる学外者の協力を得ながら, 事業責任者, 代表学生(合計3名)でプログラム通りに実施できた
- 2) 体験の様子や染色やワークショップ実施後の感想(体験時間を楽しむ記述, 植物染料や絹のすばらしさを感じる記述など)より, スカーフづくりを通して対象者である大学生や社会人に, 繊維・染色技術の楽しさを伝えることが示唆できた



取組Ⅲ: 浸染の体験の様子と完成したスカーフ

2025年度以降: 持続可能な 事業展開

児童生徒を対象とした授業等学校教育内活動

※小学校, 中学校, 高等学校工業科に継続して提供

大学生, 社会人を対象にした活動

※学び直しができる事業を展開

Another Morning Festival 2024 in Fukui

- 子どもたちの医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する -

事業責任者： 福元 進太郎（医学部・助教）

概 要	
<p>2024 年 11 月 23 日、24 日の 2 日間、福井大学 文京キャンパスで、「子どもたちの医療・教育・福祉・芸術」をテーマにしたフェスティバルを開催した。</p> <p>1 日目は、子どもから大人までだれでも参加できるイベントで、子どもたちによるステージ（音楽、ダンス、演劇、ファッションショー）、子どもの支援に関わる諸団体によるブース出展、児童精神科医による特別講演を実施し、多くの来場者で賑わった。</p> <p>2 日目は、子どもに関わる多職種の支援者による講演会・座談会を実施した。職種や職場の垣根を超えて様々な分野について学びを深め合い、今後のよりよい連携の足掛かりを作ることができた。</p>	
関連キーワード	子ども、医療、教育、福祉、芸術、多職種連携、多機関連携

事業の背景および目的

事業責任者は、児童精神科医として児童思春期の外来および入院治療に関わっているが、子どもたちの心身の健康のためには、医療のみでなく福祉や教育といった様々な分野との連携が重要であると感じている。また、児童養護施設や特別支援学校で子どもたちと一緒に楽器演奏を楽しむ活動を行っており、芸術活動によるメンタルヘルスや自尊心向上の効果を強く感じている。

各機関において、多職種カンファレンスなどが開かれていることはあるものの、現場の支援者からは、「ほかの分野の関係者が、どういったことを実際にやっているのか、よく分かっていない」といった声を多く耳にした。子どもに関わる支援者が「職種の垣根を超えて」学びを深め合うことがよりよい連携にとって重要と考え、2021年4月に研究会を立ち上げた。医師（精神科、小児科、産婦人科、内科）、看護師、養護教諭、放課後児童クラブ職員、大学教員、音楽療法士、児童養護施設職員、精神保健福祉士といった多職種メンバーで運営し、オンラインでの講演会を定期開催し、多職種で学びを深め合い、活発な質疑応答を行っている。また、当事者の視点を大切に、子どもの声・想いがきこえてくるような講演を目標にし、現場で活動している支援者を中心に講演を依頼している。これまでに全国各地から1800名以上の参加があり、こうした多職種での学習会の重要性、ニーズを強く感じている。

2023年12月には、福井大学 文京キャンパスで、「Another Morning Festival 2023 in Fukui ～子どもたちの医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する～」を対面イベントとして開催した。医療機関（精神科、小児科、看護師、心理士、ソーシャルワーカー）、教育機関（学校教諭、養護教諭、特別支援学校、教育委員会）、福祉機関（児童相談所、児童養護施設、放課後児童クラブ）、法務省、学生団体、自助グループなどといった施設から、計80名が参加した。様々なテーマの講演会で学び合い、質疑応答をして交流を深めた。また、特別支援学校の子どもの作品展示・販売、就労支援事業所の製品販売、障害をもつ当事者グループによるコンサートを行った。本事業は、上記のイベントをさらにパワーアップさせた催しとして企画した。

事業の内容および成果

<事業の内容>

講演会：子どもたちの医療・教育・福祉・芸術など様々な分野に関わる支援者による講演を実施した。

座談会：医療関係者、教育関係者、福祉関係者によるトークイベントを開催し、多職種による連携を深めた。

ステージ：子どもたちによる音楽、ダンス、演劇、ファッションショーなどを実施した。

ブース出展：子どもの支援に関わる諸団体によるブース出展、大学の部活・サークルによる作品展示を実施した。

<事業の成果>

- ・地域の子どもから大人まで多くの来場があり、芸術を楽しむ場、余暇活動の場、学びの場を作ることができた。
- ・参加者それぞれが、子どもに関する様々な分野について学びを深め、各職場での実践に役立てることができる足掛かりを作ることができた。

- ・支援者同士が交流を深め、「顔の見える」関係になることで、他機関との連携など日々の業務がよりスムーズになり、結果的に子どもたちにとって大きな利益となる。

- ・ステージ発表、作品展示を行い、子どもたちが輝く場をつくることで、自尊心の向上、心身の健康を高めることを目指した。また、参加者に、子どもたちの輝き・強さを感じてもらえる機会を作ることができた。

- ・福井県内の6大学（福井県立大学、福井医療大学、仁愛大学、福井工業大学、敦賀市立看護大学、福井大学）の教員による講演を実現し、大学同士の親睦を深めることができた。今後は本事業のようなイベントを他大学でも開催し、さらに連携を広げていくことを検討している。

参考文献・添付資料および特記事項等

イベントフライヤー

特別講演

ステージ

作品展示

ブース出展

Another Morning Festival 2024 in Fukui

11
23
Sat
10:30
16:30

福井大学

文京キャンパス 教育系1号館
福井県福井市文京3-9-1

入場無料 (入退場自由)

X、Instagram
フォローしてね！



大会長 | 福元進太郎 (福井大学 医学部 精神医学)
運営事務局 | AMF2024実行委員会 (福井大学 医学部 精神医学教室内)
問合せ先 | another.morning.festival@gmail.com
福井大学地域貢献事業支援金から一部助成

子どもたち、医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する

Illustration | 岩佐しおり (福井工業大学附属福井高校)

NPO法人夢ノ森伴走者CUE
「みんなでつくる里山秘密基地」

泥団子と一緒に作ってみませんか？
来年、姫路の里山にみんなの秘密基地をオープンします！
クラフト体験、農業体験、楽器作り、天体観測…
里山で一緒にいろんなことにチャレンジしよう！



折紙研究会

可能性が∞！？
おりがみ講習&クイズ
展示も見てね。

**NPO法人
ふくいこどもホスピス**

闘病中の子ども
たちとご家族の
笑顔と一緒に
つくる活動につ
いてご紹介します。



BonBon株式会社

輪投げと綱引きで視力検査が
できる楽しいゲームを出展し
ています！
ぜひお越し
ください！



99 BonBon

NPO法人かさじぞう

物資提供(食品、お菓子、
日用品など)
※数量限定、先着順

からくり工房 I.Sys

イヤホンの
仕組みと
学ぶ電話の
しくみ



**公益財団法人
ふくい女性財団**

【知っていますか？DVのこと】
気軽に質問してくれてOK！
ミニ講座(11時半、14時)も
有り。



**11/23
Sat**

**特別講演
11:00-12:00**



「子どもたちの遊びと居場所」

関 正樹 (大湫病院)

児童精神科医。福井医科大学医学部卒業。岐阜大学
医学部附属病院、土岐市立総合病院を経て、現在
は大湫病院に勤務。

発達障害や不登校の子どもの診療にあたり
ともに、親の会や療育施設の座談会など
に出席し、家族支援を行っている。

Smile No.1

今回のイベントのために
結成したアーティスト集団★
アクリルやクレヨンを使って、
参加型のライブペインティング
をするので、皆さんぜひ
ご一緒にどうぞ！

**福井大学医学部
邦楽部**

お箏でJ-POPや有名
曲を演奏してみよう！
初心者大歓迎！

こみかるユース福井

エルパの新フード
コート内で毎週金
曜日17時半から
若者の場づくりを
しています！
プログラミング、
VR体験、ガチャ
もあるよ



株式会社越前隊

福井県伝統薬味
「山うに」のたこ焼き

福井大学 書道部

作品展示と書道体験を
行います。筆を使って
字を書いてみよう！

ハスの実の家

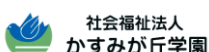
天然酵母や国産小麦
など素材にこだわった
パンやお菓子を障害の
ある仲間と一緒に製造
しています。

**あそびば
(託児スペースあり)**

おもちゃ、ボードゲーム
などを用意してお待ち
しています！

**社会福祉法人かすみが丘学園
就労支援センター ワークかすみ
生活介護事業所 ハーモニーかすみ**

オリジナリティあふれる手作りの
自主製品を作っています。ぜひ、
お手に取ってご覧ください！



福井大学 漫画研究会

過去に作成
した部誌、
色紙の展示
やお絵描き
体験



まぜテクネ

VR空間でお絵描き
をしよう！



**劇団【プラム】/認定NPO法人
福井県子どもNPOセンター**

中高生劇団 劇団【プラム】の映像作品
を上映！これまでの上演作品台本や
衣装、写真などを展示します。



福井県子どもNPOセンター



子どもたちの医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する

11
24
Sun
09:30
16:30

Another Morning Festival 2024 in Fukui

講演会

座談会

福井大学

文京キャンパス 教育系1号館 1階 13講義室
福井県福井市文京3-9-1

対象 | 子どもたちに関わる職種・大学生・専門学生のみなさん

要申込 定員70名 参加費無料



大会長 | 福元進太郎 (福井大学 医学部 精神医学)
運営事務局 | AMF2024実行委員会 (福井大学 医学部 精神医学教室内)
問合せ先 | another.morning.festival@gmail.com
福井大学地域貢献事業支援金から一部助成

Illustration | 岩佐しおり (福井工業大学附属福井高校)

// 11/24(Sun) Time Table //

9:00 受付開始

9:30 開会の挨拶 | 福元進太郎 (福井大学 医学部 精神医学)

講演会

9:40 神経発達症の青少年のインターネット利用 - 福井県での調査の中間報告 -
片山千枝 (福井工業大学 経営情報学部 経営情報学科)

10:00 知的障がい児・者の性の健康と権利を考える
野々山未希子 (敦賀市立看護大学 助産学専攻科)

10:20 性の多様性について知る ～子どもと関わる大人のために～
織田暁子 (仁愛大学/ELLY福井)

10:50 ”正しく知ってもらおう”を大切に ～デートDV予防啓発授業～
東野香里 (公益財団法人ふくい女性財団)

11:10 児童精神科の診察室から ～神経発達症・虐待・摂食障害など～
小坂浩隆 (福井大学 医学部 精神医学)

11:30 不登校生の居場所から ～適応指導教室の取組～
岩本明裕 (福井市チャレンジ教室)

昼休憩

座談会

12:40 学校の先生たちと語り合おう ～どうして学校に行くの？～
島田千晶 (鯖江中学校) 小尾康友 (児童養護施設ゆうりん)
廣澤愛子 (福井大学 教育学部) 東琢磨 (福井県立病院 こころの医療センター) and more...

講演会

13:50 表現と子どものチカラ
天方あすか (認定NPO法人福井県子どもNPOセンター)

14:10 発達障害のあるお子さんのハビリテーション ～PT・OT・STからの視点～
村田里佳 (福井医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科)

14:30 療育現場の願い ～特別ではなく身近なものへ～
馬淵唯 (敦賀市立子ども発達支援センターパラレル)

15:00 思春期の現場から見えること、見えないこと
田中勤 (総合病院南生協病院 産婦人科)

15:20 子どもたちの睡眠リズムを整えるために
小坂拓也 (福井大学 医学部 小児科)

15:40 「きょうも1日楽しかったね」を日常に
石田千尋 (NPO法人ふくいこどもホスピス)

16:00 小児がんを経験した子どもたちが、人を好きになる
道信良子 (福井県立大学)

16:20 閉会の挨拶 | 前之園ゆりか (児童養護施設 一陽)

特別講演

ステージ

作品展示

ブース出展

詳しくは
X、Instagram
フォローしてね！

11
23
Sat
10:30
16:30



前日はお祭り開催

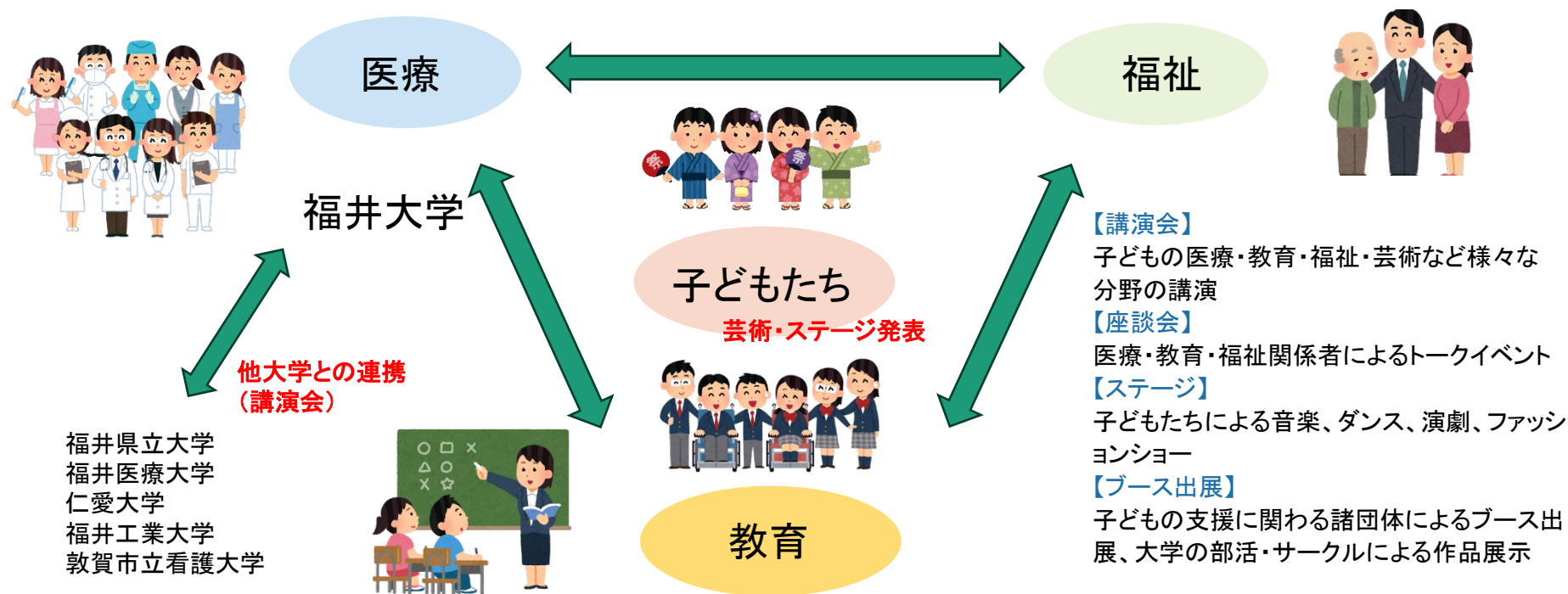
事業名称: Another Morning Festival 2024 in Fukui

- 子どもたちの医療、教育、福祉、芸術をみつめて、行動する -

事業責任者：福元進太郎（医学部・助教）

- ・2024年11月23日、24日の2日間、福井大学 文京キャンパスで、「子どもたちの医療・教育・福祉・芸術」をテーマにしたフェスティバルを開催
- ・1日目は、子どもから大人までだれでも参加できるイベントで、子どもたちによるステージ（音楽、ダンス、演劇、ファッションショー）、子どもの支援に関わる諸団体によるブース出展、児童精神科医による特別講演を行った
- ・2日目は、子どもに関わる多職種の支援者による講演会・座談会を実施し、職種や職場の垣根を超えて様々な分野について学びを深め合った

【関連キーワード】子ども、医療、教育、福祉、芸術、多職種連携、多機関連携



- ・地域の子どもから大人まで、芸術を楽しむ場、余暇活動の場、学びの場を作ることができた。
- ・参加者それぞれが、子どもに関する様々な分野について学びを深め、各職場での実践に役立てることができる足掛かりを作ることができた。
- ・支援者同士が交流を深めて顔の見える関係になり、他機関との連携などがよりスムーズになり、結果的に子どもたちにとって大きな利益となる。
- ・子どもたちが輝く場をつくることで、自尊心の向上、心身の健康を高めることを目指した。参加者に、子どもの輝き・強さを感じてもらえた。
- ・県内の6大学（福井県立大学、福井医療大学、仁愛大学、福井工業大学、敦賀市立看護大学、福井大学）の教員による講演を実現し、大学同士の親睦を深めることができた。今後は本事業のようなイベントを他大学でも開催し、さらに連携を広げていくことを検討している。

福井市空き家情報バンク魅力向上プロジェクト

事業責任者： 菊地 吉信（工学研究科建築建設工学講座・准教授）

代表学生： 水野 峻輔（工学研究科安全社会基盤工学専攻・博士前期課程1年）

概 要	
本事業は、福井市における空き家の利用拡大に貢献するため、福井市空き家情報バンク掲載物件について学生の提案力を生かした魅力的な利用提案に取り組んだ。福井市では平成19年度から空き家情報バンクを運営している。本事業を通じて、学生の柔軟で新しい発想により空き家情報バンクの利用拡大策や登録物件の魅力を効果的にPRする情報発信の方法を提案する。実施期間中に3件の空き家を対象とした実測調査ならびに利用イメージ図等の作成を学生主体により行い、成果は福井市空き家情報バンクのサブサイトとして一般公開された。	
関連キーワード	空き家、空き家情報バンク、福井市、住環境

事業の背景および目的

本事業は福井市における空き家の利用拡大に貢献するため、空き家情報バンク掲載物件について学生の提案力を生かした魅力的な情報発信を行うことを目的とする。

福井市では、民間市場に流通していない空き家が管理不全な状態になる前に流通につながるよう、平成19年度から空き家情報バンクを運営している。しかし、空き家所有者の認知度は低く、また売却や賃貸には消極的な所有者も多い。そのため、空き家の所有者と利用希望者の双方にとって、利用したいと思える空き家情報バンクに改善することが課題となっている。

そこで本事業では、学生の柔軟で新しい発想により、空き家情報バンクの利用拡大策や登録物件の魅力を効果的にPRする情報発信の方法を提案する。

事業の内容および成果

福井市住宅政策課と連携し、同市空き家情報バンク掲載物件の中から所有者および管理者の同意が得られた3物件を対象として、実測調査ならびに利用イメージ図等の作成を学生主体で行った。

主な成果として、参加学生にとっては実践的な課題に取り組むことにより高い教育効果が得られるとともに、地域課題に対する理解を深めることができた。また、空き家問題に対する社会的関心は高く、その解決に向けて本学学生の取り組みが一定の貢献を果たすことができたと考えている。



実測調査の様子



福井市空き家情報バンクサブサイトと利用イメージ図の例

参考文献・添付資料および特記事項等

福井大学建築学生コラボ 福井市空き家情報バンク魅力向上プロジェクト（福井市空き家情報バンクサブサイト）：<https://www.city.fukui.lg.jp/kurasi/jutaku/akiyataisaku/bankmiryoku.html>

事業名称：福井市空き家情報バンク魅力向上プロジェクト

事業責任者：菊地 吉信（工学研究科・准教授） 代表学生：水野 峻輔（工学研究科安全社会基盤工学専攻・博士前期課程1年）

概要

本事業は、福井市における空き家の利用拡大に貢献するため、福井市空き家情報バンク掲載物件について学生の提案力を生かした魅力的な利用提案に取り組んだ。福井市では平成19年度から空き家情報バンクを運営しており、利用拡大が課題となっている。そこで、学生の柔軟で新しい発想により、事業期間中に3件の空き家を対象とした実測調査ならびに利用イメージ図等の作成を学生主体で行うことにより、空き家情報バンク登録物件の魅力を効果的にPRする情報発信の方法を提案した。成果は福井市空き家情報バンクのサブサイトという形で一般に公開された。

（参考）福井大学建築学生コラボ 福井市空き家情報バンク魅力向上プロジェクト（福井市空き家情報バンクサブサイト）

<https://www.city.fukui.lg.jp/kurasi/jutaku/akiyataisaku/bankmiryoku.html>



実測調査の様子



地域と道路の特性に基づく 安全かつ速やかな避難経路誘導のためのデータ収集と実験

事業責任者： 川上 朋也（工学部・准教授）

代表学生： 岡本 宙（大学院工学研究科・2年）

概 要	
事業責任者らは災害時に避難誘発・誘導を速やかに行う手法を提案している。避難誘導においては、現在広く利用されている経路推薦サービスでは、出発地点や目的地の情報を入力し、距離や時間が最小となる経路を推薦されるものが多い。これらの経路推薦では、地域や自動車の運転者によっては事故の起こりやすい道路区間を通る経路が推薦され、災害時には避難の遅れや交通事故などの二次災害につながる。本事業では福井県と損害保険会社が主催する安全エコドライブコンテストを通して、安全かつ速やかな避難誘発・誘導のために必要なデータ収集に貢献した。また、損害保険会社から提供された実際の走行データ（テレマティクスデータ）を用い、福井市内の一部において主要な道路ネットワークの抽出を行った。	
関連キーワード	防災、避難誘導、テレマティクス、運転特性、危険度

事業の背景および目的

日本では地震が多く発生し、緊急事態においては現在、自治体などによって早期かつ頻繁に避難指示が発令される。安全かつ速やかに避難するためには、避難経路の選択が重要である。特に、日常的に自動車を用いることが多い地域では災害発生時に特定の道路が混雑し、避難の遅れや交通事故などの二次災害につながる。現在、自動車などの移動体と無線通信によるテレマティクス技術を活用し、災害時に実際に通行できた道路の情報をリアルタイムに公開する道路通行実績マップなどが運用されている。しかし、安全かつ速やかに避難するには、災害発生前から各道路の特性をある程度把握しておくことが望まれる。また、道路や店舗、住民などの地域の特徴、車両の性能は日々変化し、定期的かつ継続的にデータを収集する必要がある。そこで本事業では、本仕組みの実現・事業化のために必要な車両の走行データをテレマティクス技術により収集する。

事業の内容および成果

本事業ではまず、本仕組みの実現・事業化のために必要なデータ収集に貢献した。事業責任者らはいあいニッセイ同和損害保険株式会社から、福井県交通安全マップなどに活用されるテレマティクスデータを提供されている。当該データは車載器を自動車のダッシュボードに付けて収集される。事業責任者と代表学生、その他本学学生を含む合計5名は同社が令和6年10月1日から10月31日に福井県で開催した安全エコドライブコンテストに参加し、データ収集に貢献した。また、今回のコンテストで収集されたデータは「交通安全マップ2024」として一般に公開されている（図1）[1]。

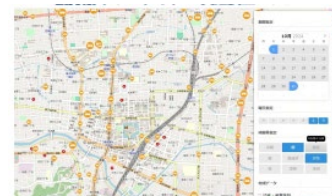


図1：交通安全マップ2024

現在広く利用されている経路推薦サービスでは、出発地点や目的地の情報を入力し、距離や時間が最小となる経路を推薦するものが多い。これらの経路推薦では、地域や自動車の運転者によっては事故の起こりやすい道路区間を通る経路が推薦され、災害時には避難の遅れや交通事故などの二次災害につながる。本事業で収集したデータは危険度や距離、時間などを重視した柔軟な避難経路の選択に活用でき、関連業績[2]などの避難誘発・誘導を安全かつ速やかに行えることが期待される。提供された福井市内の一部のデータをもとに、OpenStreetMap上で主要な道路を抽出した例を図2に示す。

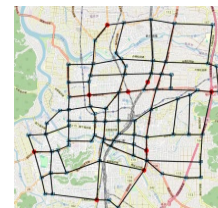


図2：取得データをもとにした福井市内の一部の主要道路

参考文献・添付資料および特記事項等

- [1] 福井県報道発表資料, "「第2回事業所対抗 安全エコドライブコンテスト」の表彰式・交通安全マップ贈呈を行います！," Dec. 2024.
<https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/kenan/koutuu/koutuuanzenmapr6.html>
- [2] S. Okamoto and T. Kawakami, "A Message Reduction Scheme Based on Geographical Information in Initiative-Evacuation Induction Using Social Graphs," Journal of Information Processing, Vol. 32, pp. 1023-1032, Nov. 2024.
- [3] 岡本 宙, 川上朋也, "避難者間の関係性を考慮した率先避難誘発手法の検討," 情報処理学会研究報告, Vol. 2025-DPS-202, No. 1, pp. 1-8, Mar. 2025.

A Message Reduction Scheme Based on Geographical Information in Initiative-evacuation Induction Using Social Graphs

SORA OKAMOTO^{1,a)} TOMOYA KAWAKAMI¹

Received: March 8, 2024, Accepted: July 23, 2024

Abstract: In Japan, tsunamis and landslides are frequently caused as secondary disasters after earthquakes, and early evacuation is an important issue to reduce the damage. In this study, the authors propose a method to reduce the number of evacuation messages based on geographical information while maintaining the time to complete evacuation using social graphs. We define evacuation target areas and evacuate only designated targets within these areas. The proposed method relays evacuation status only when there is a person (node) within the evacuation area. This method reduces the number of messages while maintaining the evacuation completion time. The evaluation results confirmed that the proposed method can reduce the number of messages during evacuation while maintaining the time required to complete the evacuation, compared to the case where all nodes outside the evacuation target area relay the evacuation status and the case where no relay is performed.

Keywords: disaster prevention, evacuation guidance, initiative evacuee, social networking, Multi-Agent Simulation (MAS), social graph

1. Introduction

In Japan, earthquakes occur frequently, and trench earthquakes cause tsunami damage in coastal areas. In recent years, an increase in extreme weather events has caused landslides and river flooding, resulting in deaths and missing persons. Additionally, terrorism may require global-scale evacuations. Numerous studies on disaster prevention and evacuation have been conducted [1], [2], [3], [4], [5]. In emergency situations, local governments issue evacuation status early and often. Early evacuation is crucial to mitigate damage. However, it is known that residents do not evacuate early or often, even if they receive evacuation instructions from the local government, influenced by various psychological factors.

The concepts of “normalization bias,” “reverse functioning of experience,” and the “cry-wolf effect” as factors that prevent residents from evacuating [6], [7], [8], [9]. Normalization bias, also known as normalcy bias, is the belief that one is okay in the face of an abnormal situation and the inability to take appropriate action. The reverse function of experience refers to the psychological tendency to believe that one will be fine this time, based on past experiences of disasters. The “cry-wolf effect” refers to the tendency of people to underestimate the reliability of evacuation status issued by local governments due to multiple false alarms. These concepts can explain the factors that delay evacuation actions and prevent people from taking evacuation actions

themselves.

In order for many people to evacuate quickly, the trigger that initiates the evacuation is important. One such trigger is known as an “initiative evacuee” [10], [11], [12]. An initiative evacuee is a person who takes the initiative in evacuating by calling out to those around him or her. By calling out to those around them to evacuate, the need to evacuate is recognized and evacuation decisions are guided more easily. Our previous study examined to reduce the evacuation time by initiative evacuees based on social graphs, which is a graphical representation of social relationships [13].

Currently, many online services are used for disaster prevention such as governmental websites and SNS. During also disasters, many people are expected to obtain and provide information via those services. In our assuming scenario, others’ evacuation is one of important factors for people to decide to evacuate, especially close people such as family, friends, and colleagues. For example, one family decides to evacuate by the post on SNS showing the evacuation of the close friend’s family.

One problem with the previous study [13] is that when the target area for evacuation is set, the message is sent to all nodes inside and outside the target area. In this case, messages are sent even to nodes that do not need to be evacuated. As a result, a huge number of messages may reduce the reliability of each message and cause psychological factors such as the cry-wolf effect. If the messages are not sent, it is also possible that psychological factors such as normalcy bias may be induced because the residents association has issued an evacuation advisory, but they do not know whether the people around them are evacuating or

¹ Graduate School of Engineering, University of Fukui, Fukui 910–8507, Japan

^{a)} mf230366@u-fukui.ac.jp

not. To solve this problem, this study proposes an approach in which messages are sent only when there are people eligible for evacuation up to n nodes away.

In this paper, we propose a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets (connected nodes) when evacuating based on geographical information, by extending the previous study [13]. The initial version of this paper was published in Ref. [14]. In the proposed method, we set a target evacuation area and evacuate only the targets (nodes) within the area. Only when there is a node in the target area n nodes away, a node outside the target area relays the evacuation status, aiming to speed up the evacuation completion time and reduce the number of messages.

As simulation results with the conventional method, we confirmed that the proposed method improves the evacuation complete rate by eliminating the equilibrium state. The evacuation does not proceed in the equilibrium state, and the problem arises when specific evacuation target areas are set. In addition, we also confirmed that the proposed method reduces the number of messages compared to the conventional method. The contributions of this paper are the following;

- A fast and high evacuation completion rate by initiative evacuees based on social graphs.
- Message reduction for evacuation based on geographical information.
- Clarification of the influence of multiple evacuation target areas.

As for the rest of this paper, we describe the related work in Section 2. Section 3 describes the proposed method to reduce the number of messages based on geographic information, and Section 4 evaluates the proposed method in simulation. Finally, we conclude this paper in Section 5.

2. Related Work

Normalization bias, reverse functioning of experience, and the cry-wolf effect are known as psychological factors to prevent evacuation. In this section, we discuss studies related to the cry-wolf effect and the evacuees who take the initiative in evacuation. Previous research is also discussed.

2.1 Cry-wolf Effect

One of the psychological mechanisms that prevent people from evacuating is the “cry-wolf effect” [6], [7], [8], [9]. The cry-wolf effect refers to the fact that repeated misinformation about disasters leads to a decline in trust in such disaster information, so that when a disaster strikes, no one trusts the evacuation advisory issued and suffers the damage. The “cry-wolf effect” is so called after Aesop’s fable “The Boy Who Cried Wolf.”

In Ref. [6], an equilibrium solution between a municipality issuing evacuation information and evacuees receiving evacuation information during an emergency is sought using game theory in order to investigate the impact of the cry-wolf effect. Two types of players, i.e., a municipality that decides whether to order evacuation and evacuees who decide whether to take evacuation actions, are set up, and their respective strategies are defined. The solution that maximizes the gain of each player is then obtained using se-

quential equilibrium. Furthermore, when an unannounced evacuation drill is conducted, the benefits of the drill must be carefully evaluated in light of the reduction in reliability due to the cry-wolf effect. One way to prevent inefficiency due to the cry-wolf effect is to improve the accuracy of threat detection devices such as fire alarms. This is also the case in the literature that analyzes the cry-wolf effect in false alarms of tornadoes based on a survey of 4,165 people in the United States [9]. However, it is difficult to improve the detection accuracy sufficiently due to technical and cost limitations.

2.2 Initiative-Evacuation

To prevent the cry-wolf effect and reduce the rate of people who do not evacuate, the presence of “initiative evacuees” [10], [11] is one of important factors and is known to lead evacuation for other people [12]. Taking the initiative in evacuation while calling out to those around you is called “initiative-evacuation,” and the person who takes the initiative in evacuation is called an “initiative evacuee.” In the case of terrorist attacks, tsunamis, and landslides, it is difficult to recognize the increasing danger as in the case of rising water in rivers. Therefore, the presence of the initiative evacuee is considered to be particularly effective in promoting evacuation.

Our previous study examined a method to shorten the evacuation completion time by initiative evacuees based on the social graph [13]. A social graph represents social relationships by assigning individuals to nodes (vertices) and links (branches) of a graph [15]. The social graph is also called a “social network” [16], [17]. In addition, social network sensors immediately detect crises by analyzing social networks in real time [18], [19], [20]. In the previous study, we aimed to accelerate evacuation by propagating messages from initiative evacuees based on social graphs. Graphs can be broadly divided into directed and undirected graphs. In the previous study, we used an undirected graph that shows a bidirectional relationship because we assume that people know each other in their relationships. Social graphs, which represent real relationships, are represented as scale-free networks where the degree (number of links) of each node is biased and the distribution of the degree follows a power law.

One possible method to promptly evacuate the target population is to offer some kind of reward (incentive) to the target population. However, even if incentives such as money, goods, or coupons are offered, there is a limit to the financial resources of the local government that calls for evacuation. In addition, the initiative evacuees themselves evacuate and induce other evacuees to evacuate as well. Therefore, in the previous study, the target evacuees to whom incentives were given were not randomly selected but were chosen from among those who were more effective as initiative evacuees. The more effective subjects as the initiative evacuees can induce other subjects to evacuate more efficiently, thereby improving the percentage of subjects who evacuated (evacuation completion rate), the time to start the evacuation, and the time to complete the evacuation of all the subjects. Efficiently here means that more subjects can be evacuated quickly at a limited cost (incentive). Therefore, nodes with more links are selected as candidates for the initiative evacuee in order of

the number of links, because selecting a node with more links as the initiative evacuee will promote the evacuation of the entire population. Our previous study assumes that existing social network analysis (SNA) [21] tools are used to obtain the number of links on social networks such as Social Blade [22]. Previous studies have shown that the time required for all the evacuees to complete the evacuation differs depending on the method used to select the initiative evacuee.

2.3 Position of This Study

In Ref. [23], evacuation simulations were conducted using models of Ishinomaki and Kamaishi cities that were hit by the tsunami in the 2011 Great East Japan Earthquake. The simulation result showed that initiative evacuees improve evacuation behavior. However, the challenge is that people are encouraged to evacuate by calling out to those in front of them to evacuate, but if there are residentially isolated people, they will be left behind and become victims of the disaster. Therefore, this study assumes to use SNS to encourage people to evacuate. By using online tools such as SNS, the problem can be solved for residentially isolated people. In addition, our previous study showed that the time to complete evacuation can be reduced by efficiently selecting the initiative evacuees. However, geographical information is not considered in the previous study. When the target area for evacuation is set, evacuees with a small number of links cannot evacuate, and the evacuation completion time becomes long.

The novelty of this paper is to consider geographical information and make evacuation also for geographically isolated people. The target area for evacuation is set, and messages are sent from people outside the target area to the victims in the target area, urging them to evacuate, using SNS. However, the method in the previous study has a problem when the target area for evacuation is set. If the nodes connect to the isolated evacuees (nodes with extremely few links) and they are outside the target area for evacuation, they do not evacuate. In addition, if evacuation messages are sent to the out-of-area nodes in order to solve this problem, the number of unnecessary messages increases, which increases costs and possibly cause a cry-wolf effect. Therefore, the proposed method in this study takes geographical information into account and sends messages to nodes outside the target area only when there is a node in the target area for evacuation up to n nodes away, and relays the message to nodes in the target area. Therefore, isolated people can be evacuated and the number of messages can be reduced.

3. Proposed Method

Evacuation experiments in Refs. [10], [12] have shown that initiative evacuees increase the evacuation rate. In addition, our previous study [13] also showed that the time to complete an evacuation is reduced by appropriately selecting initiative evacuees. One problem with the existing method is that it does not take into account the evacuation target area or the current location of the evacuees. If an evacuation target area is set, when a node in the evacuation target area evacuates, a message is sent to all surrounding nodes in the unevacuated state to inform them that they have evacuated. However, because the message is sent to all the

surrounding nodes in the unevacuated state, the message is sent to the target nodes outside the evacuated area that do not need to be evacuated. This resulted in an increase in the number of redundant messages.

When an evacuee in an evacuation target area (whether or not the initiative evacuee is in the target area) starts evacuating, the message is used to send information about his/her evacuation status to those who have not yet evacuated (neighboring nodes). If there are multiple routes from the node that initiated the evacuation to the node to be evacuated, it is assumed that this message will be sent from all of them. This is because each node does not know if it has connectivity with any other node except its neighbors. In this paper, the message is delayed, and it is assumed that the message is transmitted from the evacuation target to the unevacuated evacuation target after the time (in steps) of the least delay of the multiple routes has elapsed. Therefore, we propose a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets when they are evacuated based on geographical information, extending the previous study [13] that uses social graphs to reduce the evacuation completion time, with the aim of evacuating nodes in an evacuation target area more quickly and reducing the number of messages sent when the area is in an evacuation state.

3.1 Outline

The initiative evacuee is paid a coupon as a reward for taking the initiative in evacuation. Also, Incentives for those who relay evacuation status are not addressed in this paper. The method of selecting the initiative evacuees is the method proposed in the previous research, in which nodes with the largest number of links are selected in descending order.

In this paper, we assume that SNS applications such as X (formerly Twitter) are installed on residents' smartphones and that evacuation statuses are sent out using the specific functions within these applications that can be used in the event of a disaster. The main focus of this study is to use social media such as X to automatically send the evacuation situation messages to others to encourage evacuation. This online approach can be used in parallel with face-to-face approach such as calling for evacuation to those in front of people.

The system configuration and flow are shown in Fig. 1, which is the system configuration of the previous study with additional target evacuation areas. First, the municipality calling for evacuation detects threats such as disasters and terrorist attacks using observation equipment. Next, based on the detected information, the municipality reviews the information and decides whether to issue an evacuation status to the target population. The local government then decides who to request for priority evacuation based on incentives, but the proposed method assumes that some kind of social graph has been constructed among the evacuees and determines the candidates based on this information. In this case, we shall select the initiative evacuees in descending order from the node with the highest number of links, which is the most effective. This study assumes that an SNS application is installed among evacuees with real-time disaster information updates, and that immediately after a disaster occurs, the local government can

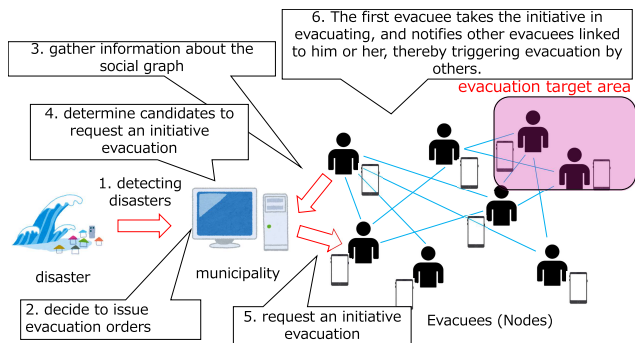


Fig. 1 System configurations.

collect information on the social graph among evacuees. It is also assumed that the method of selecting people with many links as initiative evacuees is by obtaining the number of links (in the case of X , the number of followers) using an analysis tool of this SNS application. After the candidates are determined, the municipality requests the initiative evacuee who is the target person to take the initiative in evacuation. The initiative evacuee requested by the municipality takes the initiative to evacuate, triggering the evacuation of unevacuated targets in the target evacuation area. In the process of inducing evacuation, it is assumed that information can be communicated based on the social graph. In addition to the timing of collecting information and providing incentives immediately after the occurrence of a disaster, it is also possible to provide incentives on a regular basis during normal times. The collection of detailed information is difficult due to privacy issues and may be limited to information such as node connection status, location information of neighboring nodes, and whether the link is unidirectional or bidirectional.

There is no need to share the location information of all people except among adjacent nodes, and it is only a matter of the local government issuing evacuation warnings, etc., knowing the location of all people. It is up to the municipality to decide whether to have its own evacuation status relayed and since this evacuation status prevents psychological factors that may hinder evacuation, it is not necessary to know the location information of each person. When the initiative evacuees and evacuees start evacuating, they send a message to their neighboring nodes in the evacuation area that have not yet evacuated, informing them of their evacuation status. When an evacuee including the initiative evacuees sends a message, this research does not assume an active method such as confirming the transmission of each message but assumes that the message is sent simultaneously to all the targets when the evacuee presses a button or performs some other operation when the decision to evacuate is made.

3.2 Establishment of Evacuation Target Areas

An example of a social graph for an evacuation target area is shown in Fig. 2. The original decision criterion for evacuation was whether or not each evacuee (node) evacuates, and it was assumed that if $x\%$ of the nodes adjacent to the node had completed evacuation, the node would also evacuate. In Fig. 2, the red nodes are those that have not evacuated, and the green nodes are those that are the initiative evacuees. The gray background indicates that the node is within the evacuation zone. Therefore, the nodes

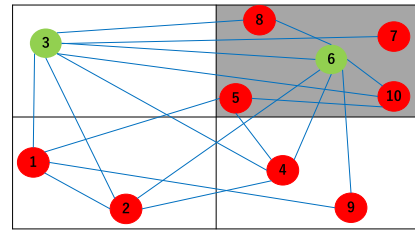


Fig. 2 Example of a social graph when setting up an evacuation target area.

to be evacuated are Nos. 5, 7, 8, and 10, which are in the unevacuated state. Here, the initiative evacuee is selected regardless of the target evacuation area. This is because the initiative evacuee is selected from the node with the largest number of links, and the node with the largest number of links can send evacuation status to more targets regardless of whether it is inside or outside the evacuation target area. For example, let $x = 30\%$ in the social graph shown in Fig. 2, and consider the case of whether to evacuate node 10. Since the number of adjacent nodes is three, $3 \times 0.3 = 0.9$, one or more nodes must be in the evacuation state. Here, node 10 can be evacuated because two nodes are in the evacuation state.

Thus, while it would be desirable if evacuation could proceed using only the original evacuation method, when an evacuation target area is set, only nodes within the target area will evacuate. Therefore, if nodes outside the evacuation target area do not relay evacuation status, an equilibrium state is reached such that the evacuation rate does not increase from a certain state. In this case, the result is a longer time to complete the evacuation. Therefore, the method proposed in Section 3.3 is used to solve this problem. Relaying an evacuation status means that if there is a node in the evacuation target area that does not satisfy the condition that its node also evacuates if $x\%$ of the surrounding nodes have completed evacuation, the node outside the evacuation target area that is adjacent to the node in the evacuation state relays the evacuation status to the node in the area. This means that the target node is evacuated by relaying the evacuation status to a node in the region. For example, in Fig. 2, node 5 cannot evacuate unless node 10 evacuates because there is no adjacent node in the evacuation state. Therefore, node 4 outside the region can evacuate node 5 by relaying an evacuation status from adjacent node 6, which is in the evacuation state, in the order of $6 \rightarrow 4 \rightarrow 5$.

Therefore, the definition of evacuation completion in this paper is defined as the completion of evacuation when either the criterion of evacuation when $x\%$ of the surrounding nodes have evacuated, which is the conventional method, or the criterion of evacuation when the proposed method sends a message informing the evacuation status only when there is an evacuation target n nodes away from the person (node) who has already evacuated, and when the node receives the message, which is the proposed method. The evacuation is considered to be complete when one of the criteria is met. Although this paper does not assume movement, the time required for evacuation is included in the delay in sending the message. Therefore, it is assumed that the evacuation is completed after several steps (time in the simulation) have elapsed since the start of the evacuation, even though no movement has occurred in the simulation.

3.3 Methods for Reducing the Number of Messages

If all nodes outside the evacuation zone relay the evacuation, the time to complete the evacuation will be faster. However, as mentioned earlier, this will also inform the nodes that do not need to evacuate that they have evacuated, increasing the number of redundant messages. If the number of messages increases, two problems may occur. The first problem is that if a message is sent to people outside the evacuation target area notifying them that others around them have evacuated, this may promote evacuation, but is more likely to cause a cry-wolf effect when they are targeted for evacuation. Therefore, it can be said that reducing the number of messages sent to people outside the evacuation target area will reduce the possibility of causing the cry-wolf effect and prevent a decrease in reliability. The second problem is the load on the network. If messages are sent that are not needed during a disaster, they will overload the network, which is critical during a disaster. These factors call for a reduction in the number of messages during a disaster.

Therefore, we propose a method to relay evacuation status only when there is a node in the region up to n nodes away, without sending evacuation status to nodes outside the evacuation target area. It is assumed that evacuation orders are broadcast from the local government to all residents in the event of a disaster or emergency. In this paper, what is relayed is the evacuation status, which indicates whether the target person (node) in the evacuation area has evacuated or not. Therefore, the system can promote evacuation by not only relaying the evacuation instructions received by the node when it starts evacuating but also by informing the people around it of the status of its own evacuation. Figure 2 illustrates the proposed method. Messages are sent to neighboring unevacuated nodes when a node changes to the evacuated state. Therefore, when node 6, the initiative evacuee, switches to the evacuated state, messages are sent to its neighbors 2, 4, 8, 9, and 10 nodes that have not evacuated, so the total number of messages sent is five. However, nodes 2, 4, and 9 are outside the evacuation area and therefore do not need to be evacuated, so the number of redundant messages will increase. The proposed method relays the evacuation status only when there is a node in the region up to n nodes away. $n = 2$ and node 6, which is the initiative evacuee, is considered to have already evacuated. First, the message is sent to nodes 8 and 10 in the evacuation area. Next, looking at nodes 2 and 9, messages are not sent to nodes 2 and 9 because they are not connected to nodes in the evacuation target area, which are nodes that need to be evacuated. Finally, looking at node 4, a message is sent to node 4 because it is connected to node 5, which is a node in the evacuation target area. The number of messages sent is reduced from five to three.

The next case is when $n=3$ and node 6 is evacuated. Nodes 8 and 10 remain the same and receive the message. Node 2 is connected to node 5 in the evacuation target area via node 1 and 4, so it receives the message and relays the message to node 5. In addition, node 9 is also connected to node 5 in the evacuation target area via node 1, so it receives a message and relays the message to node 5. Here, the message to node 5 is duplicated, but since this paper considers the reliability of the message, it is assumed that all messages are sent if they satisfy the conditions of the pro-

posed method, even if they are duplicated. Here, the number of messages is 3 since messages are sent from 6 to 2 to 1 to 5, and the number of messages sent from node 6 to node 5 is 9 since there are 3 different routes. Thus, if $n = 3$ and node 6 is evacuated, the total number of messages is 11. As the number of messages is larger for $n = 3$ than for $n = 2$, it can be seen that the larger n is in the proposed method, the larger the number of messages is. In this example, when comparing the number of messages for the proposed method with $n = 3$ and the case where messages are sent to nodes that do not need to be evacuated, the number of messages for the proposed method with $n=3$ is larger, but the increase in the number of messages for the proposed method with $n = 3$ becomes slower as the evacuation proceeds, whereas the number of messages for the case where messages are sent to nodes that do not need to be evacuated is smaller than that for the proposed method with $n = 3$. However, as the evacuation progresses, the number of messages for the proposed method with $n = 3$ slows down, whereas the number of messages for the method with $n = 3$ remains the same and increases.

As for the tool used to send messages, it is assumed that SNS applications such as X (formerly Twitter) are installed on residents' smartphones and that the specific functions within these applications that can be used in the event of a disaster are used to disseminate the evacuation status. When a person starts evacuating, the SNS application is used to notify people who meet the above criteria. $n = 2$, when node 6 evacuates, node 4 is outside the evacuation area, but node 5 is inside the evacuation area, so the message is sent from 6 to 4 to 5. In this case, the message is sent from node 5 to node 4. In this case, we are considering displaying a message on the smartphone of node 5, to which the message was sent, via an SNS application, stating that "a friend of node 4 has started evacuating". At this time, to protect privacy, we will not send personal information such as names of people with whom we are not directly connected.

4. Evaluation

In this study, the proposed method is evaluated by simulation.

4.1 Simulation Environment

The artisoc Cloud is a platform for multi-agent simulation, which is used for designing social systems [24]. By describing the behavior of the agents themselves and their interactions with each other, changes in the state of the agents can be observed over time (steps). **Figure 3** shows the artisoc Cloud execution screen. The program can be edited, compiled, and executed on a Web browser without the need to build an environment. In addition, program inheritance is easy, making it relatively easy to modify the model. Python is used as the programming language. Several functions are provided in advance to manipulate the agents in the simulation.

In artisoc Cloud, the first step is to set up the space in which the agent will run. There are two types of spaces: continuous space and square lattice space. In continuous space, the coordinates of the agent are real numbers, while in square lattice space, they are only integers. When simulating a chess or Othello game in which the field is lined, the agents must be correctly placed within the

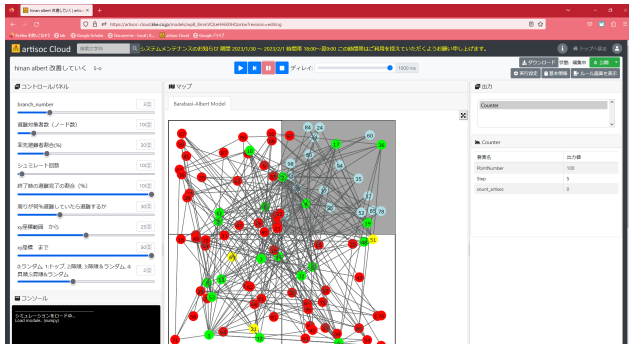


Fig. 3 Execution screen of the artisoc Cloud.

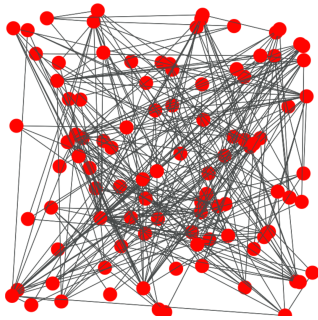


Fig. 4 Example of a social graph created with 100 nodes.

lined field. In such cases, a square lattice space that takes only integers should be set up. Since this research is a simulation of evacuation, it can be said that detailed coordinate settings are necessary. In addition, since the agents are not supposed to move, a continuous space is used in this study. Next, we set up agents that move into the space. Although multiple agents can be set up for each action, in this study, only “point,” which corresponds to an evacuation target, is used.

Many types of social graphs represent social relationships. The social graph assumed in this study was generated using the Barabasi-Albert model, which is a scale-free graph in which some nodes have many links. The graph of the Barabasi-Albert model was created by repeating (1) to (5) until a given number of nodes is reached.

- (1) Add one new node
- (2) Generate a random number between 1 and N , where N is the total number of links in the graph, and set R
- (3) Number all links sequentially
- (4) Linking nodes with R th link and the added node
- (5) Return to (1)

The algorithm generates a graph by adding nodes one by one. When adding nodes, the probability of forming a new link is increased for nodes that already have more links, resulting in a bias in the number of links per node. In addition, the number of links tends to be higher for initially created nodes. An example of a social graph created using the algorithm with 100 nodes is shown in Fig. 4.

In this simulation, the number of steps required for all nodes in the evacuation area to complete evacuation was evaluated as the evacuation completion time as an evaluation index. The number of steps required for all the nodes in the evacuation area to complete the evacuation was used as the evaluation index. The

Table 1 Simulation conditions.

item	terms
Number of nodes	100
Rate of priority evacuees l	10, 20%
Selection of priority evacuees	Number of links
Surrounding evacuation rate $x\%$	15, 30%
Percentage of evacuation completed at the end of the simulation	100%
Number of simulations	100 times
Simulation area	$0 \leq x, y \leq 50$
Evacuation area	$25 \leq x, y \leq 50$

number of messages sent at each step to notify the initiative evacuee and the nodes in the evacuation area that they have evacuated was evaluated as the cumulative number of messages sent at each step. The evaluation items, reducing the time to complete evacuation and reducing the number of messages, are important in evacuation, and there is a trade-off between the two. Therefore, this paper evaluates the evacuation completion time and the number of messages. These two evaluations were conducted by comparing the following four methods.

- (1) Relay only when there are nodes in the evacuation area up to $n = 2$ nodes away (proposed method)
- (2) Relay only when there are nodes in the evacuation area up to $n = 3$ nodes away (proposed method)
- (3) A method in which nodes outside the evacuation area relay all evacuation status to nodes within the area (WithRelay)
- (4) A method in which nodes outside the evacuation area do not relay evacuation status to nodes within the area (WithoutRelay)

The simulation conditions are shown in Table 1. The total number of nodes was set to 100, and the percentages of the initiative evacuees were set to 10 and 20%. 20 nodes were selected as the initiative evacuees when the percentage was 20%. The initiative evacuees are selected in descending order from the node with the highest number of links, which is the number of connected nodes. This is because our previous study reduces the most evacuation completion time by the initiative evacuees selected with the highest number of links first. In addition, we assume to obtain the number of links using existing social network analysis tools. If $x\%$ of the surrounding nodes are evacuating, the percentage of evacuees is set to 15% and 30%, respectively. This means that if there are three connected nodes and one of them is evacuated, $1/3 = 0.333... = 33\%$ and if the value of x is smaller than this value, the node can be evacuated. The simulation is terminated when 100% of the nodes in the evacuation area have completed evacuation. The simulation is repeated 100 times from the creation of the social graph to the evacuation. The simulation area is defined as 0 to 50 in x, y coordinates, and the target evacuation area is defined as 25 to 50 in x, y coordinates, which is one-fourth of the simulation area.

We also analyzed the effects on the evacuation completion time and the number of messages when the evacuation target areas are divided into several groups in the proposed method. In the case of an actual disaster, there is rarely a single evacuation target area, and usually, several areas at a distance from each other are targeted for evacuation. Therefore, this study uses simulation to evaluate the impact on evacuation completion time when the tar-

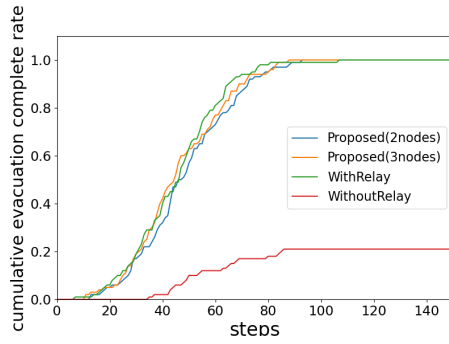


Fig. 5 Evacuation completion rate by elapsed time (steps) at $x = 15\%$, $l = 10\%$.

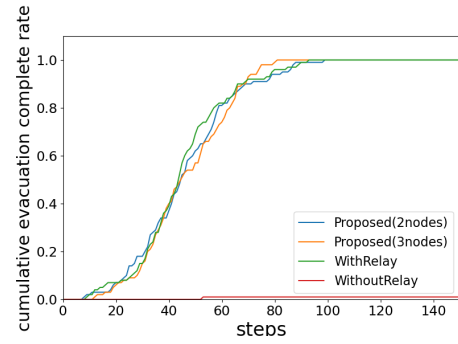


Fig. 7 Evacuation completion rate by elapsed time (steps) at $x = 30\%$, $l = 10\%$.

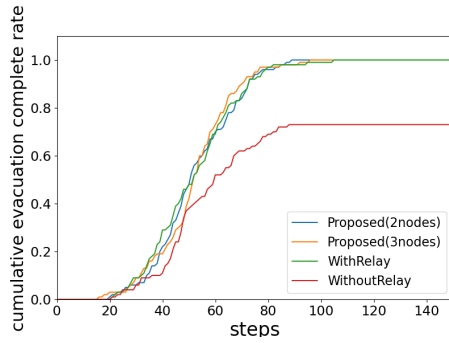


Fig. 6 Evacuation completion rate by elapsed time (steps) at $x = 15\%$, $l = 20\%$.

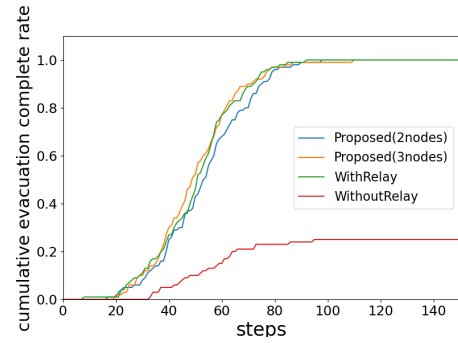


Fig. 8 Evacuation completion rate by elapsed time (steps) at $x = 30\%$, $l = 20\%$.

get areas for evacuation are divided into groups of 1, 2, 4, 8, 16, 32, and 64 without changing the total area of the target areas for evacuation.

4.2 Simulation Results for a Single Area

The number of steps required for all nodes in the evacuation target area to complete the evacuation was evaluated as the evacuation completion time. The number of messages sent at each step to inform the initiative evacuee or the nodes in the evacuation target area that they have evacuated was also evaluated as the cumulative number of messages sent at each step. The simulation was performed with two different parameters: $l = 10, 20\%$ for the percentage of the initiative evacuees, and $x = 15, 30\%$ for the parameter x indicating whether a node would evacuate itself if $x\%$ of its surrounding connected nodes had evacuated.

4.2.1 Evacuation Completion Time

The results of the evacuation completion time, which is the number of steps required for all nodes in the evacuation target area to complete the evacuation (the evacuation completion rate in terms of elapsed time), are shown in **Fig. 5** to **Fig. 8**. The horizontal axis represents the number of steps (time in the simulation), and the vertical axis represents the cumulative percentage of subjects who completed the evacuation (evacuation completion rate). The evacuation completion rate indicates what percentage of all nodes in the evacuated area have completed evacuation. Therefore, it is calculated by dividing the number of nodes in the evacuated area that have been evacuated by the number of all nodes in the evacuated area. In all graphs, (1) the proposed method for $n = 2$ is shown in blue, (2) the proposed method for $n = 3$ is shown in orange, method (3) is shown in green, and method (4) is shown in green.

As the parameter x is increased, the evacuation completion rate decreases in the case of no relay. This means that the node is in an early stage of equilibrium where it cannot evacuate itself without an increase in the evacuation rate of surrounding nodes.

The lower the percentage of the initiative evacuees, the greater the number of steps required to complete the evacuation. In addition, when no relay is used, the evacuation completion rate decreases significantly for both $x = 15, 30\%$. However, the number of steps to complete the evacuation is almost unchanged in the proposed method. In all graphs, the proposed method proceeds with evacuation almost as fast as WithRelay.

4.2.2 Number of Messages

Figure 9 to **Fig. 12** show the cumulative number of messages sent at each step to inform the initiative evacuees and the nodes in the evacuation area that they have evacuated. The message is used to send the status of the evacuation to neighbors who have not yet evacuated when evacuees in the target area (regardless of whether the initiative evacuees are in the target area or not) begins evacuating. If there are multiple routes from the node that initiated the evacuation to the node to be evacuated, it is assumed that this message will be sent from all of them. This is because each node does not know if it has connectivity with any but its neighbors. This is also because this paper takes message reliability into account. The message is delayed in this paper, and it is assumed that after the time (in steps) of the least delay of the multiple paths has elapsed, the message is transmitted simultaneously from the evacuation target to the unevacuated evacuation target. The horizontal axis represents the number of steps (time in the simulation) and the vertical axis represents the accumulated number of evacuation messages sent in each step. The methods (3) and (4) are assumed to have information only on adjacent nodes. Because of privacy

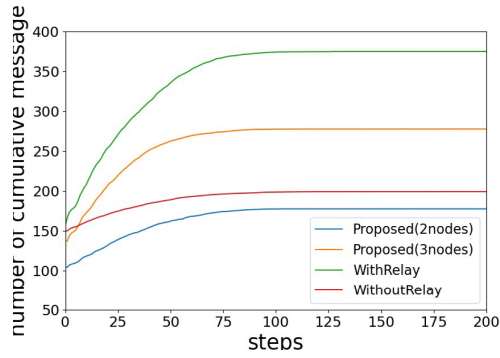


Fig. 9 Cumulative number of messages sent in each step at $x = 15\%$, $l = 10\%$.

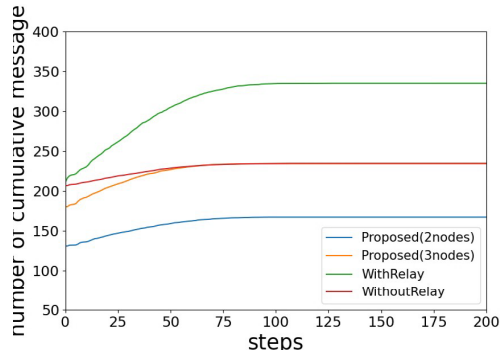


Fig. 10 Cumulative number of messages sent in each step at $x = 15\%$, $l = 20\%$.

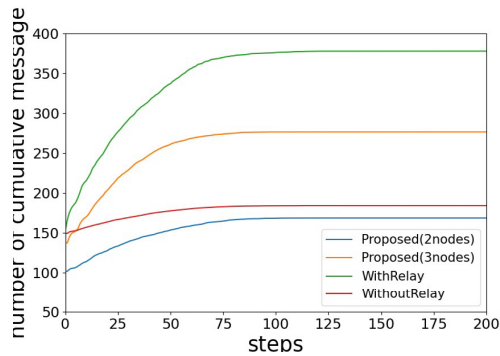


Fig. 11 Cumulative number of messages sent in each step at $x = 30\%$, $l = 10\%$.

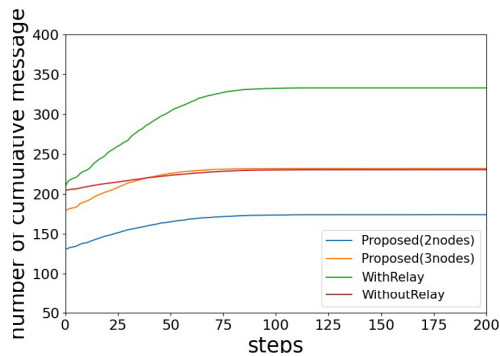


Fig. 12 Cumulative number of messages sent in each step at $x = 30\%$, $l = 20\%$.

issues, this information is assumed to be limited to the status of whether or not a node is evacuating and its location. For this reason, messages sent to neighboring unevacuated nodes when they change to evacuation status are sent regardless of whether or not

the node to which they are connected has a node to be evacuated. In the case of methods (1) and (2), it is assumed that information is available up to n nodes away. Therefore, as in the proposed method, a message is sent only if there is a node to be evacuated up to n nodes away. When the parameter x is varied, there is little change in any of the graphs. This indicates that this parameter is not related to the number of messages.

It can be said that the number of messages at step 0 is generally smaller when the percentage of the initiative evacuees, l , is lowered. This is because messages sent when the initiative evacuee is switched to evacuation status are sent at step 0, so the number of messages decreases relatively when the number of initiative evacuees is reduced. As the number of initiative evacuees decreases, the number of unevacuated nodes outside the area to be evacuated and the number of unevacuated nodes inside the area to be evacuated increase relative to each other, resulting in an overall increase in the final number of messages for the $l = 10\%$ case compared to the $l = 20\%$ case.

The number of messages is compared between the proposed method and the comparison method. The proposed method significantly reduces the number of messages compared to WithoutRelay (3), which had almost the same evacuation completion time. Also, for $l = 10\%$, the proposed method (2) with $n = 3$ has a larger number of messages than WithoutRelay (4), but in the proposed method (1) with $n = 2$, the proposed method (1) with $n = 2$ reduces the number of messages more than the method (4) without relaying.

Comparing proposed methods (1) and (2), proposed method (2) with $n = 3$ completes evacuation slightly earlier than proposed method (1) with $n = 2$ in the evacuation completion rate by elapsed time. On the other hand, the proposed method (1) with $n = 2$ can significantly reduce the number of messages compared to the proposed method (2) with $n = 3$. Here, the proposed method (1) for $n = 2$ is superior to the proposed method (2) for $n = 3$ because the objective of this study is to reduce the number of messages and the time to complete evacuation is almost the same.

In this study, with the objectives of evacuating the targets (nodes) in the evacuation target area more quickly and reducing the number of messages sent to them when they are in an evacuation state, we extended previous research that used social graphs to reduce the evacuation completion time and proposed a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets (connected nodes) when they evacuate, based on geographic information [13]. We proposed a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets (connected nodes) based on geographical information. In addition, the proposed method does not send evacuation status to nodes outside the evacuation area but relays evacuation status only when there is a node within the evacuation area up to n nodes away. In the evaluation, the four methods were compared, and it was confirmed that the proposed method reduced the number of messages while maintaining the evacuation completion rate, even when simulations were performed with various parameters.

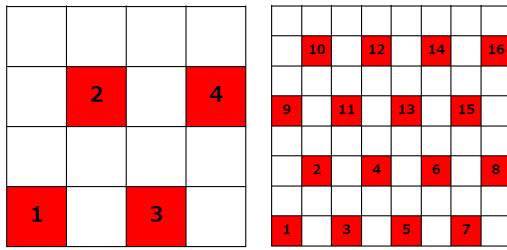


Fig. 13 Examples of evacuation target areas when grouped into 4 and 16.

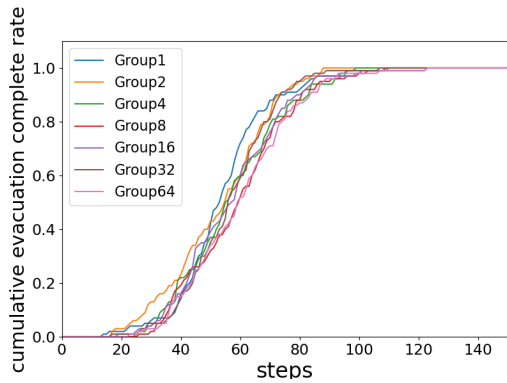


Fig. 14 Evacuation completion rate by elapsed time in the proposed method for $n = 2$ (1) when the evacuation target areas are divided into multiple areas.

4.3 Simulation Results for Multiple Areas

In this section, we analyze the impact on the evacuation completion time and the number of messages when the evacuation target area is divided into several groups in the proposed method. This is because, in the case of actual disasters, evacuation target areas are rarely limited to a single region. The reality is that usually several distant areas are targeted for evacuation. **Figure 13** shows an example when the evacuation target areas are grouped into 4 and 16 groups. Each evacuation target area is arranged in a regular manner so that they are not adjacent to each other. Therefore, this paper evaluates the impact on the evacuation completion time when the evacuation target areas are divided into multiple groups of 1, 2, 4, 8, 16, 32, and 64 without changing the total area of the evacuation target areas in the proposed methodology through simulations. The two methods used for evaluation are the proposed methods (1) and (2), and the evaluation items are the evacuation completion time and the number of messages.

Figure 14 and **Fig. 15** show the evacuation completion rate by elapsed time (step) for groups of 1 to 64 without changing the size of the evacuation area itself. Although there is a slight difference in the progress of evacuation, the evacuation completion rate by elapsed time is almost the same, and it can be said that there is almost no effect on the evacuation completion time when the evacuation target area is divided into several groups.

Figure 16 and **Fig. 17** shows the cumulative number of messages according to the elapsed time (step) when the target evacuation area itself was divided into 1 to 64 groups without changing the size of the target evacuation area. Similarly, the division of the target evacuation area into multiple groups has almost no effect on the number of messages.

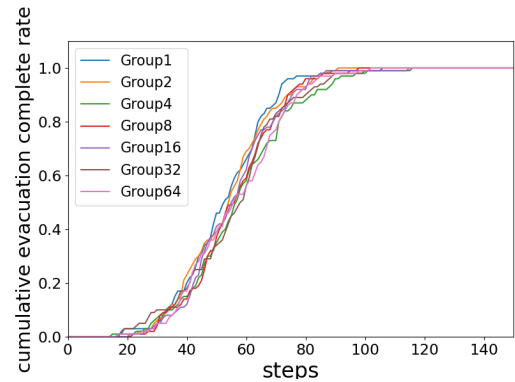


Fig. 15 Evacuation completion rate by elapsed time in the proposed method for $n = 3$ (2) when the evacuation target areas are divided into multiple areas.

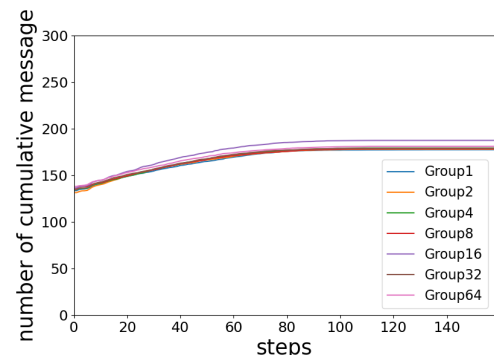


Fig. 16 Cumulative number of messages in the proposed method for $n = 2$ (1) when the evacuation target area is divided into multiple areas.

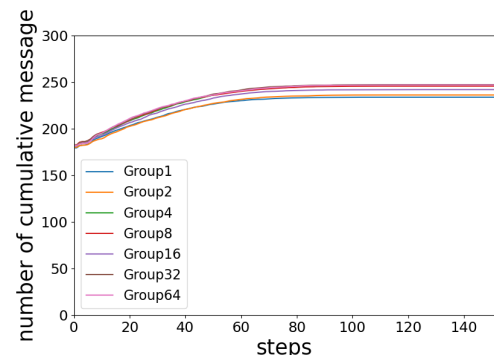


Fig. 17 Cumulative number of messages in the proposed method for $n = 3$ (2) when the evacuation target area is divided into multiple areas.

5. Conclusion

In this paper, with the objectives of evacuating the targets (nodes) in the evacuation target area more quickly and reducing the number of messages sent to them when they are in an evacuation state, we extended previous research that used social graphs to reduce the evacuation completion time and proposed a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets (connected nodes) when they evacuate, based on geographic information. We proposed a method to reduce the number of messages sent to surrounding targets (connected nodes) based on geographical information. In addition, the proposed method does not send evacuation status to nodes outside the evacuation area but relies on evacuation status only when there is a node within the evacuation area up to n nodes away. In the evaluation, the

four methods were compared, and it was confirmed that the proposed method reduced the number of messages while maintaining the evacuation completion rate, even when simulations were performed with various parameters.

Future issues include the consideration of the actual region and current location of evacuees and the weight of links that represent relationships among social graphs. The relationship here can be weighted individually according to the depth of the relationship value. In addition, the time associated with the movement of agents is included in the message delay time in this paper. However, the actual evacuation may require a longer time for evacuation, so the time associated with agent movement should be considered separately.

Acknowledgments This work was partially supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP22K12009, the Okawa Foundation for Information and Telecommunications, Hokuriku Regional Management Service Association, and community contribution projects for FY 2024, University of Fukui.

References

- [1] Ahn, J. and Han, R.: An Indoor Augmented-Reality Evacuation System for the Smartphone Using Personalized Pedometry, *Human-centric Computing and Information Sciences*, Vol.2, No.18 (2012).
- [2] Fajardo, J.T.B. et al.: Disaster Information Collection with Opportunistic Communication and Message Aggregation, *Journal of Information Processing*, Vol.22, No.2, pp.106–117 (2014).
- [3] Wada, T., Higuchi, H., Komaki, K., Iwahashi, H. and Ohtsuki, K.: Disaster Detection Using SVDD Group Learning for Emergency Rescue Evacuation Support System, *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering*, Vol.3, No.1, pp.79–96 (2016).
- [4] Mori, K. et al.: A New Disaster Recognition Algorithm for ERESS: Buffering and Bagging-SVM with the Grid Method, *IEICE Communications Express*, Vol.9, No.8, pp.371–376 (2020).
- [5] Wada, T. et al.: Decision Method of Holding a Mobile Terminal and Abnormal Behavior by Machine Learning for ERESS, *IEICE Communications Express*, Vol.10, No.5, pp.271–276 (2021).
- [6] Rigos, A., Mohlin, E. and Ronchi, E.: The Cry Wolf Effect in Evacuation: A Game-Theoretic Approach, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, Vol.526, No.120890 (2019).
- [7] Wickens, C.D., Rice, S., Keller, D., Hutchins, S., Hughes, J. and Clayton, K.: False Alerts in Air Traffic Control Conflict Alerting System: Is There a “Cry Wolf” Effect?, *Human Factors*, Vol.51, No.4, pp.446–462 (2009).
- [8] Uchida, K.: A Model Evaluating Effect of Disaster Warning Issuance Conditions on “Cry Wolf Syndrome” in the Case of a Landslide, *Eur. Jour. Operational Research*, Vol.218, No.2, pp.530–537 (2012).
- [9] Lim, J.R. and Liu, B.F.: Cry Wolf Effect? Evaluating the Impact of False Alarms on Public Responses to Tornado Alerts in the Southeastern United States, *AMS Weather, Climate, and Society*, Vol.11, No.3, pp.549–563 (2019).
- [10] Urata, J. and Hato, E.: Dynamics of Local Interactions and Evacuation Behaviors in a Social Network, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.125, No.103056, pp.1–18 (2021).
- [11] Kuhlman, C.J. et al.: Natural Disaster Evacuation Modeling: The Dichotomy of Fear of Crime and Social Influence, *Social Network Analysis and Mining*, Vol.12, No.13 (2021).
- [12] Fujimura, K., Fujimi, T., Tanaka, A. and Aulady, M.F.N.: Investigation of Leading Evacuees Using VR, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (in Japanese)*, Vol.75, No.5, pp.1.61–1.68 (2019).
- [13] Ichinose, T. and Kawakami, T.: An Induction Scheme of Fast Initiative-Evacuation Based on Social Graphs., *Journal of Information Processing Systems*, Vol.18, No.6, pp.770–783 (2022).
- [14] Okamoto, S. and Kawakami, T.: A Message Reduction Method Based on Geographical Information in Initiative-Evacuation Induction Using Social Graphs, *Proc. IEEE COMPSAC 2023 Workshops*, pp.1266–1271 (2023).
- [15] Drobyshevskiy, M. et al.: Random Graph Modeling: A Survey of the Concepts, *ACM Computing Surveys*, Vol.52, No.6, pp.1–36 (2019).
- [16] Cao, H.: Personalized Web Service Recommendation Method Based on Hybrid Social Network and Multi-Objective Immune Optimization, *Journal of Information Processing Systems*, Vol.17, No.2, pp.426–439 (2021).
- [17] Sun, L.: POI Recommendation Method Based on Multi-Source Information Fusion Using Deep Learning in Location-Based Social Networks, *Journal of Information Processing Systems*, Vol.17, No.2, pp.352–368 (2021).
- [18] Christakis, N.A. and Fowler, J.H.: Social Network Sensors for Early Detection of Contagious Outbreaks, *PLoS ONE*, Vol.5, No.9, e12948, pp.1–8 (2010).
- [19] Tsugawa, S. et al.: Dynamic Social Network Analysis with Heterogeneous Sensors in Ambient Environment, *Social Networking*, Vol.3, No.1, pp.9–18 (2014).
- [20] Shao, H. et al.: Forecasting the Flu: Designing Social Network Sensors for Epidemics, *Proc. KDD 2018 Workshops*, pp.21–28 (2018).
- [21] Logan, A.P. et al.: Social Network Analysis of Twitter Interactions: A Directed Multilayer Network Approach, *Social Network Analysis and Mining*, Vol.13, No.65, pp.1–18 (2023).
- [22] Social Blade: available from (<https://socialblade.com/>) (accessed 2024-06-01).
- [23] Makinoshima, F. et al.: Urban Structure Reinforces Attitudes Towards Tsunami Evacuation, *Sci. Reports*, Vol.13, No.7992, pp.1–10 (2023).
- [24] artisoc Cloud: available from (<https://mas.kke.co.jp/artisoccloud/>) (accessed 2023-10-31).

Editor’s Recommendation

This study proposes a method to maintain the evacuation completion rate while reducing the overall number of messages of evacuation supporting system by using geographic information and social graphs during a disaster. One of the most critical pieces of information for making evacuation decisions during a disaster is the information posted by family, friends, colleagues, and other close people on social networking services (SNS). Since these messages are sent both inside and outside the evacuation area, using social graphs and geographic information can promote effective evacuation while reducing network traffic. The effectiveness of the method is evaluated through simulations under various conditions. This paper is interesting study that anticipates the creation of new consumer-oriented services and is recommended by the COMPSAC CDS workshop 2023 organizers.

(Chief Examiner of IPSJ SIG on Consumer Devices & Systems, CDS 2023 Workshop Organizer, Hiroshi Mineno)



Sora Okamoto received his B.E. degree from the University of Fukui in 2023. Since April 2023, he has been studying for his M.E. degree at the University of Fukui. His research interests include disaster prevention. He is a member of the IPSJ.



Tomoya Kawakami received his B.E. degree from Kindai University in 2005 and his M.I. and Ph.D. degrees from Osaka University in 2007 and 2013, respectively. Since April 2022, he has been an associate professor at the University of Fukui. His research interests include distributed computing, rule-based systems, and stream data processing. He is a member of the IPSJ, IEICE, and IEEE.

避難者間の関係性を考慮した率先避難誘発手法の検討

岡本 宙^{1,a)} 川上 朋也¹

概要：日本では地震の二次災害として津波や土砂災害の被害が多くなっており、早期に避難を進めることが被害を減らす上で重要な課題である。先行研究では、ソーシャルグラフを用いて避難完了時間を短縮し、避難におけるメッセージ数を地理的情報に基づいて削減する手法を提案していた。しかし、ソーシャルグラフ間のリンクの重みを考慮しておらず、避難対象者間の関係性を無視していた。そこで、本論文では、ソーシャルグラフ間の重みを追加し、従来手法を改善した。そして、より現実的な信頼度に基づく避難判断基準とした場合に先行研究で実現できていた避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数を削減できるかどうかを検討した。また、実際の地域では、人々が均等に広がっていることは考えられず、都市部に人々が集中し、山間部にまばらに人が存在しているということが考えられる。そこで、本研究では、ノードの配置に偏りのあるソーシャルグラフを作成し、ノードの配置の偏りの有無によって、避難完了率が変化するかどうかや、複数の避難対象地域を設定した際に、地域間で避難率や避難完了時間に差が生じるかどうかを評価した。

1. はじめに

日本では地震が多く発生し、海溝型地震では沿岸部にいて津波の被害が起こる。また、近年では異常気象の増加により土砂災害や河川の氾濫が起き、死者や行方不明者が出ている。緊急事態においては自治体から早期かつ頻繁に避難指示が発令されている。また、被害を軽減するために早期に避難することが重要な課題となっている。しかし、自治体から早期かつ頻繁に避難指示を受けたとしても、住民はいくつかの心理的な要因で避難しないことが知られている。住民が避難しない要因として、「正常化の偏見」、「経験の逆機能」、「オオカミ少年効果」の概念がある [1-5]。

現在、行政のウェブサイトやSNSなど、多くのオンラインサービスが防災に活用されている。また、災害時には、多くの人がこれらのサービスを通じて情報を入手し、提供することが予想される。筆者らが想定するシナリオでは、避難を決断する際に、他人の避難は重要な要因の一つである。例えば、ある家族は、親しい友人の家族が避難している様子をSNSに投稿することで、避難を決意する。

先行研究 [6] では、関連研究 [7] を拡張し、地理的情報に基づいて避難時に周囲の対象（接続しているノード）に送信するメッセージ数を削減する手法を提案していた。避難対象地域を設定してその地域内の対象者（ノード）のみを

避難させる。 n ノード先に避難対象地域内のノードがある場合にのみ、避難対象地域外のノードが避難状況を中継することにより、避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数の削減を目指していた。

しかし、先行研究 [6] ではソーシャルグラフ間のリンクの重みを考慮しておらず、避難対象者間の関係性を無視していた。そこで、本研究ではソーシャルグラフ間のリンクの重みを追加した場合に、先行研究で実現できていた避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数を削減できるかを検証する。また、先行研究 [6] の課題として、避難対象者の実際の地域や現在地を考慮していない点もあった。先行研究では、シミュレーションのフィールド上に、人々が均等に広がるようにランダムにノードを配置していた。実際の地域では、人々が均等に広がっていることは考えられず、都市部に人々が集中し、山間部にまばらに人が存在しているということが考えられる。そこで、本研究では、ノードの配置に偏りのあるソーシャルグラフを作成し、偏りの有無によって、避難完了率が変化するかどうかや、複数の避難対象地域を設定した際に、地域間で避難完了率や避難完了時間に差が生じるかどうかを評価する。

2. 関連研究

避難を妨げるような心理的な働きとして加藤は、正常化の偏見や経験の逆機能、オオカミ少年効果があるとしている。この章では特にオオカミ少年効果と避難を率先して行う率先避難者について関連した研究を述べる [2]。また、先

¹ 福井大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, University of Fukui, Fukui
910-8507, Japan
^{a)} mf230366@u-fukui.ac.jp

行研究についても述べる [7].

2.1 才力ニ少年効果

避難を行わない心理的なメカニズムの一つとして、「オオカミ少年効果 (Cry Wolf Effect)」がある [1-5]. オオカミ少年効果とは、災害情報の誤報が繰り返されることで、それら災害情報に対する信頼が低下していくことであり、実際に災害が発生した際に避難勧告が出されても誰も信用せずに被害を受けてしまうものである。オオカミ少年効果はイソップの寓話「オオカミ少年」にちなんでそうように呼ばれている。

2.2 率先避難者

本研究の基礎となった研究として、社会的な関係をグラフにしたものであるソーシャルグラフに基づいて避難完了時間を削減する手法がある [7]. ソーシャルグラフはソーシャルネットワークとも呼ばれる。また、ソーシャルネットワークセンサーは、ソーシャルネットワークをリアルタイムに分析することで、危機を即座に検知する [8–10]. ソーシャルグラフとは、個人をグラフのノード（頂点）に、個人同士のつながりをリンク（枝）にそれぞれ割り当てることで、社会的関係を表したものである [11, 12]. 先述したオオカミ少年効果を防ぎ、全体の避難時間を早めるために周囲に声をかけながら率先して避難を行う人のことを指す「率先避難者」を避難のきっかけとして用意することにより、避難完了時間の削減を行っている。周囲に声をかけながら率先して避難をすることは「率先避難」、その率先避難を行う人は「率先避難者」と呼ばれる [13–15]. 率先避難者の存在は準拠情報の一つであり、他人の避難に影響を与えることが既存研究において知られている。

対象者を速やかに避難させる方法の一つとしては、何らかの報酬（インセンティブ）を対象者へ与えることが考えられる。しかし、金銭や物品、クーポンなどをインセンティブとしても、避難を呼びかける自治体の財源には上限がある。また、率先避難者は自身が避難するとともに、ほかの対象者の避難を誘発する。先の研究では率先避難者の選択方法の違いによって全員が避難を完了するまでの時間が異なることを示している。そこで、率先避難者としてより多くのリンクを持つノードを選択した方が、全体の避難促進につながられるため本研究では、リンク数の多いノードから順に率先避難者の候補としている。また、本研究では、Social Blade [16] のような既存のソーシャルネットワーク分析（SNA）ツール [17] を用いてソーシャルネットワーク上のリンク数を取得することを前提としている。

2.3 先行研究

既存研究 [7] の問題点として、避難対象地域や避難対象者の現在地を考慮していない点があった。また、避難対象

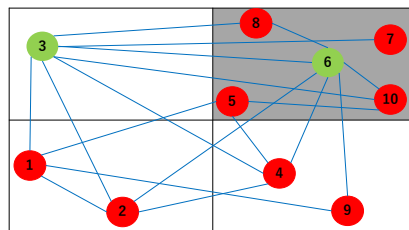


図 1 避難対象地域を設定した際のソーシャルグラフの例

地域を設定した場合、避難対象地域内のノードが避難した（避難状態になった）際に接続しているすべての未避難状態のノードへ自身が避難したことを知らせるメッセージが送信されていた。しかし、この方法では避難の必要がない対象、例えば避難対象地域外のノードにもメッセージが送られるため、冗長なメッセージが増加する問題が生じていた。

そこで先行研究 [6] では、避難対象地域を設定した際に、避難対象地域内のノードの避難完了時間を維持しつつ、避難状態になったときに送られるメッセージ数を削減することを目的として、ソーシャルグラフを用いて避難完了時間を短縮する既存研究 [7] を拡張し、メッセージ数を地理的情報に基づいて削減する手法を提案していた。

先行研究の提案手法について図 1 を用いて説明する。従来の避難判断基準は、各避難者（ノード）が避難したかどうかに基づいており、避難対象のノードに隣接する $x\%$ 以上のノードが避難を完了していれば、そのノードも避難することができるとしていた。

また、図 1 を見てみると、率先避難者は避難対象地域に
関係なく選ばれている。これは、率先避難者がリンク数の
最も多いノードから選ばれているためであり、リンク数の
多いノードは避難対象地域内外を問わず、より多くのノ
ードに避難状況を伝達できるためである。また、既存研究 [7]
において、率先避難者をリンク数の最も多いノードから順
に選んだ場合が、ランダムや昇順に選んだ場合に比べて避
難完了時間が最も小さくなると述べられていたためでもあ
る。このように、既存の避難手法のみで避難を進めること
ができればよいが、避難対象地域を設定した場合、避難地
域内のノードしか避難しないため、避難対象地域外のノ
ードが自身の避難状況を知らせるメッセージの中継を行わ
ないと、ある一定の状態から避難率が増えないような均衡状
態になってしまう。ここでメッセージを中継するとは、既
存の手法において、周囲のノードの $x\%$ が避難を完了した
場合に自ノードも避難するという条件を満たさない避難対
象地域内のノードが存在する場合に、避難状態のノードと
隣接する避難対象地域外のノードが避難命令を地域内の
ノードへ中継することによって、対象ノードを避難させる
ことを指す。例えば、図 1 において 5 のノードは隣接して
いる避難状態のノードがないため 10 のノードが避難しな

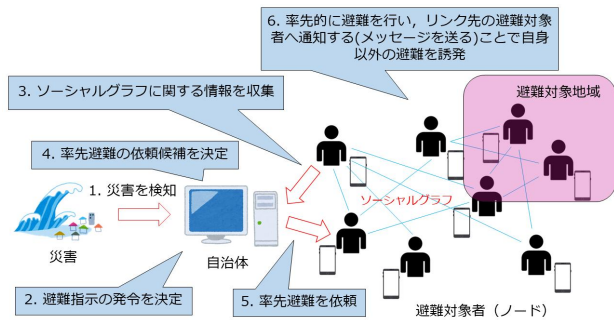


図2 システム構成

い限り避難することができない。そこで地域外の4のノードが隣接している避難状態の6のノードから6→4→5のようにメッセージを中継することによって5のノードを避難させることができる。また、すべての避難対象地域外のノードが中継を行えば避難を完了するまでの時間は早くなり、避難を進めることはできるが、先でも述べた通り避難の必要のないノードにも自身が避難したことを知らせることによって冗長なメッセージ数が増えてしまう。

そこで、先行研究では、避難対象地域外のノードには基本的に避難命令を送らず、 n ノード先までに地域内のノードがある場合にのみメッセージを中継する手法を提案していた。

3. 提案手法

先行研究では、ソーシャルグラフを用いて避難完了時間を維持しつつ、避難におけるメッセージ数を地理的情報に基づいて削減する手法を提案していた。しかし、ソーシャルグラフ間のリンクの重みを考慮しておらず、避難対象者間の関係性を無視していた。そこで、本研究では避難対象地域間の関係性を考慮するためにソーシャルグラフ間に個別の重みを追加することで従来手法を改善する。

3.1 概要

今回想定する避難システムは先行研究で用いたシステム構成と同様のものである。システム構成と流れを図2に示す。まず、避難を呼びかける自治体が観測機器などから災害やテロなどの脅威を察知する。次に、察知された情報に基づいて自治体が検討を行い、対象者への避難指示の発令を決める。その後、自治体はインセンティブによって優先避難を依頼する対象者を決定するが、提案手法では避難対象者間に何らかのソーシャルグラフが構築されているものとし、その情報に基づいて依頼候補を決定することを考える。今回は優先避難者を、最も効果的であるリンク数の多いノードから降順に選択することとする。本研究では、避

難者の端末にリアルタイムの災害情報を受け取れるSNSアプリケーションがインストールされていることを前提とする。災害発生直後、自治体が避難者間のソーシャルグラフ情報を収集できる環境が整備されていると仮定している。さらに、SNSアプリケーションの分析ツールを利用して、リンク数（例としてSNSのフォロワー数）を取得することで、優先避難者を選択する方法を採用する。候補が決定した後、自治体は対象者である優先避難者へ優先避難を依頼する。自治体から依頼のあった優先避難者は優先避難を行い、避難対象地域内にいる未避難の対象者の避難を誘発する。誘発の過程においても、ソーシャルグラフに基づいて情報を伝達できるものとする。また、ソーシャルグラフに関する情報の収集やインセンティブを与えるタイミングは災害発生直後のほか、あらかじめ平常時に定期的に行うことも考えられる。情報の収集についてはプライバシーの問題などから詳細な情報を取得することは困難でありノードの接続状態や隣接しているノードの位置情報、リンクが単方向か双方向かなどの情報に限られることが考えられる。全員の位置情報を共有する必要はなく、隣接ノード間のみで位置情報を把握する仕組みがあれば十分である。自治体は避難警告を発する際に全住民の位置情報を知る必要はない。また、避難状況の中継するか否かの判断は自治体が行う。この避難状況の共有により、心理的な要因で避難が妨げられる事態を防ぐことができるため、個別の位置情報の把握は不要である。

優先避難者や避難者は避難を開始すると、まだ避難していない避難対象地域内の隣接ノードに避難状況を知らせるメッセージを送信する。本研究では、優先避難者を含む避難者がメッセージを送信する際に、つながっている避難者ごとに各メッセージの送信を確認するような能動的な方法を想定せず、避難者が避難を決定する際にボタンを押すなどの操作を行うことで、全対象に一斉にメッセージが送信されることを想定する。

3.2 リンクの重みの設定

先行研究では、ソーシャルグラフ間のリンクの重みを考慮しておらず、知り合いと比べて家族からのメッセージの方が避難に前向きになるなどの避難者間の関係性を考えていなかった。このように、リンクの重みを実装することで、より現実的なシナリオを再現可能になる。そこで、本研究では、Zipf分布を用いて、リンクの重みを追加することとする。一部のリンクのみが高い信頼度が割り当てられ、大多数のリンクについては低い信頼度を割り当てられる分布である。この性質を持つZipfの法則はSNSでの人々の関係性を表すのに適している。これは、SNSにおいて、一部のユーザーは非常に多くのフォロワーや友人を持つが、大多数のユーザーは比較的少ないフォロワーや友人しか持たないという特徴に類似しているためである。例えば、X（旧

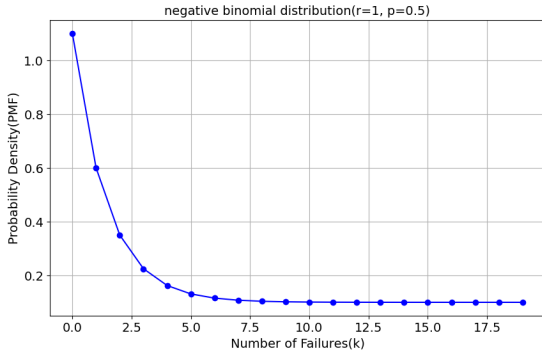


図 3 負の二項分布の確率質量関数 (PMF) の例

Twitter) のような SNS では、一部の有名人 (芸能人や企業アカウントなど) は何百万ものフォロワーを持つが、大多数の一般ユーザーは数十～数百のフォロワーしか持たない。このように、SNS のような大規模なネットワークデータの特徴を表現するのに、Zipf の法則は直感的かつ統計的に有用であることが知られている。

Zipf 分布は以下の数式を用いることで得た。

$$f(k, s, c) = \frac{\frac{1}{k^s}}{\sum_{n=1}^C \frac{1}{n^s}} \quad (1)$$

ここで変数 C は全体の要素数 (リンクの総数) を示し、変数 k は順序を表す添え字を意味する。また、 s は $s \geq 0$ を満たし、その値に応じてデータの偏り方が変化するが、本研究では $s = 1$ とした。また、それぞれのノードが持つリンク数を合計することで総リンク数を計算し、その結果を C とした。リンクの重みは非対称に設定しており、避難対象者 A から避難対象者 B への信頼度と、避難対象者 B から避難対象者 A への信頼度は異なる値を持つようにした。

また、避難者間の関係性をより現実的に表すため、負の二項分布を用いてメッセージを送受信する避難者間の距離によって信頼度を変化させた。この設定の背景には、職場や学校、家族、近隣住民といった物理的に近い人々同士が日常的に関わることが多いという社会的な特性がある。また、負の二項分布を用いた理由として、距離による避難者間の関係性の変化が単純な線形ではなく、一定の距離を超えると急激に変化する特徴を考慮した点が挙げられる。負の二項分布の確率質量関数 (PMF) の例を図 3 に示す。

負の二項分布の PMF は以下の式を用いることで得た。

$$P(X = k) = \binom{k+r-1}{k} \cdot p^r \cdot (1-p)^k \quad (2)$$

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (3)$$

ここで：

- k : 成功までに観測される失敗の回数
- r : 必要な成功の回数
- p : 各試行で成功する確率

- $\binom{k+r-1}{k}$: 組み合わせ (コンビネーション)、式 (3) によって計算する
- p^r : 必要な成功が起きる確率
- $(1-p)^k$: k 回の失敗が起きる確率

今回は、距離を考慮した重みをリンクの重みとして実装する。リンクの重みは、Zipf 分布を用いて設定した重みの値と PMF の値の積を用いることとする。ここで、PMF の値が大きすぎたり小さすぎると、比較が難しいため、最大値が 1 になるように、PMF の正規化を行った。また、正規化した PMF は最小値が 0 となり、掛け算をした場合リンクの重みが 0 になってしまう。そこで、式 (2) の計算で求めた PMF を正規化した値に 0.1 を足した値を本研究では、PMF の値としている。この処理を行った後の PMF の値の例が図 3 である。また、本研究で行うシミュレーションの領域は $0 \leq x, y \leq 50$ であるため、避難者間の距離の最大値は、 $50\sqrt{2} = 70.7$ となる。そこで、避難者間の距離を 4 で整数除算した値を図 3 の横軸 k に割り当てることで、距離に応じた避難者間の関係性を再現することとする。ここまで、距離に応じて避難者間の関係性を表すリンクの重みの値を変化させてきたが、物理的な距離に関係なく密接な関係を持つケースも考えられる。例えば、海外に留学している留学生や、オンライン上で仲の良い友達などが挙げられる。これらのケースにも対応するため、10% の確率で PMF の値を用いずに Zipf 分布で求めた値をそのままリンクの重みとすることで、距離による避難者間の関係性の影響を受けないケースも用意した。そして、これらのリンクの重みの実装を手順で表すと以下ようになる。

- (1) Zipf 分布を用いた式 (1) でリンクの重みを設定する
- (2) 負の二項分布を用いた式 (2) で PMF を計算する
- (3) 手順 2 で求めた PMF を正規化し、0.1 加算する
- (4) 避難者間の距離 $distance$ を求め、 $\lfloor \frac{distance}{4} \rfloor$ の結果を k に割り当てる
- (5) 10% の確率で、手順 1 で求めた値のままリンクの重みとして設定し、残りの確率で、手順 1 で求めた値と k に対応する手順 3 で求めた PMF を掛け算した値をリンクの重みとして設定する

3.3 避難判断基準

先行研究では既存手法の避難対象ノードと隣接しているノードのうち $x\%$ が避難していたら避難することができるようにしていた。また、 n ノード先までの避難地域内に避難対象ノードが存在する場合に限り、地域外のノードにメッセージを送信し、対象エリア内のノードにメッセージを中継する手法を提案した。そして、本研究では、避難者間の関係性を考慮するためにリンクの重みを追加する。次に示す信頼度の計算方法で計算した信頼度が重みのしきい値 $ratio_others$ を超えた場合に避難を行う。

- 重みの計算方法は、避難対象のノードを i とすると、
- (1) 隣接しているノード p が避難している場合
ノード p からノード i への重みを加算する
 - (2) n ノード先のノード q が避難している場合
ノード q からノード i までに経由したノードまでの重みの平均を求め、その値を 2 で割った値を重みを加算する
例: $n = 2$ の場合 ($i \leftarrow p \leftarrow q$)
 $((q \rightarrow p \text{ の重み} + p \rightarrow i \text{ の重み} / 2) / 2$

4. 評価

本研究では、重みを考慮した提案手法をシミュレーションにより評価する。

4.1 シミュレーション環境

4.1.1 評価指標

本研究のシミュレーションには artisoc Cloud [18] を用いた。artisoc Cloud はマルチエージェントシミュレーションのプラットフォームであり、社会システムの設計などに用いられる。エージェント自身の動作とエージェント同士の相互作用を記述することで、経過時間（ステップ）ごとの状態の変化を観察できる。

本シミュレーションでは評価指標として、先行研究と同様の指標を用いる。避難対象地域内の全ノードが避難を完了するまでのステップ数を避難完了時間として評価を行った。また、率先避難者や避難対象地域内のノードが避難した際に自身が避難したことを知らせるために各ステップで送信されるメッセージ数の累積で評価を行った。これら 2 つの評価は、次の 4 通りの手法を比較することにより、評価を行った。

- (1) $n = 2$ ノード先までに避難地域内のノードがある場合にのみメッセージを中継する手法（提案手法）
- (2) $n = 3$ ノード先までに避難地域内のノードがある場合にのみメッセージを中継する手法（提案手法）
- (3) 避難地域外のノードが地域内のノードに避難命令をすべて中継する手法 (WithRelay)
- (4) 避難地域外のノードが地域内のノードに避難命令を中継しない手法 (WithoutRelay)

これらの指標を用いて、本研究ではソーシャルグラフ間の重みを追加した場合に、先行研究で実現できていた避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数を削減できるかどうかを検証する。

4.1.2 シミュレーション環境

シミュレーションの環境を表 1 に示す。全体のノード数を 100 個、率先避難者の割合を 10, 20% とした。20% の場合、ノード 20 個が率先避難者となる。またその率先避難者の選択方法はつながっているノードの数であるリンク数が多いノードから降順に選択する。つながっている周囲

表 1 シミュレーション環境

項目	条件
ノード数	100 個
率先避難者の割合 x	20%
率先避難者の選択方法	リンク数の多いノードから降順
周囲のノードが 1% 避難していれば避難するか	30%
シミュレーション終了時の避難完了割合	100%
シミュレーション回数	100 回
シミュレーション領域	$0 \leq x, y \leq 50$
避難対象地域	$25 \leq x, y \leq 50$
重みのしきい値 $ratio_others$	0.0001
ガウス分布の x 座標の平均 μ_x	35
ガウス分布の y 座標の平均 μ_y	15
ガウス分布の標準偏差 σ	10, 15, 20

のノードがどの程度避難すればそのノードも避難するかは 15, 30, 50% とした。また、シミュレーションを終了するときの避難完了割合を 100% つまり避難対象地域内のすべてのノードが避難を完了したときにシミュレーションを終了する。ソーシャルグラフ作成から避難するまでのシミュレーションの回数を 100 回繰り返すこととする。また、シミュレーション領域を x, y 座標で $0 \sim 50$ とし、避難対象地域をその 4 分の 1 の範囲である x, y 座標で $25 \sim 50$ とした。

4.2 シミュレーション結果

4.2.1 避難完了率と避難完了時間

本論文における避難完了の定義は、以下のいずれかの基準を満たした時点で避難が完了したとみなすものである。一つは、従来の方法に基づき、周囲のノードの $x\%$ が避難した時点で避難が完了するという基準であり、もう一つは、先行研究で提案した方法に基づき、既に避難した人物（ノード）から n ノード先に避難対象が存在し、つながっているリンクのすべての重みの合計が重みのしきい値 $ratio_others$ を超えた場合のみ避難状況を知らせるメッセージが送信され、そのメッセージを受け取った時点で避難が完了するという基準である。避難は、いずれかの基準を満たした時点で完了したと判断される。本研究では移動を前提としていないが、避難にかかる時間はメッセージ送信の遅延として含まれている。そのため、シミュレーション内では移動が発生しなくても、避難が開始されてから数ステップ（シミュレーション内の時間）が経過した時点で避難が完了すると仮定する。

ソーシャルグラフ間の重みを追加した場合に、先行研究で実現できていた避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数を削減できるかどうかを検証するために、リンクの重み無しの場合と、重みありの場合を比較する。また、重みありの場合の避難を判断する重みのしきい値 $ratio_others$ を $ratio_others = 0.0001$ とし比較した。

経過時間による避難完了率の結果を図 4、図 5 に示す。横軸はステップ数（シミュレーション内の時間）、縦軸は避難が完了した対象者の累積値の割合を表している。つま

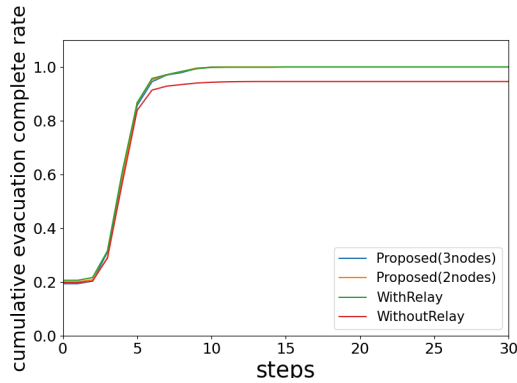


図 4 リンクの重みを考慮しない場合の経過時間（ステップ）による避難完了率

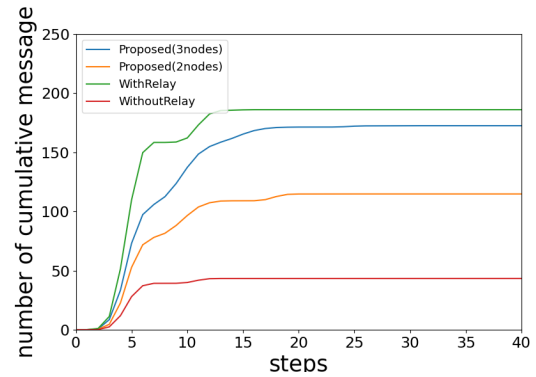


図 6 リンクの重みを考慮しない場合の各ステップで送られたメッセージ数の累積

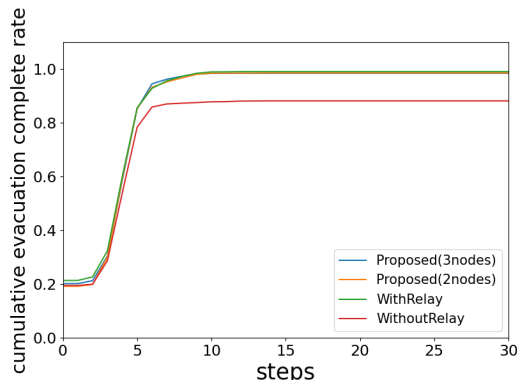


図 5 重みのしきい値 $ratio_others = 0.0001$ の場合の経過時間（ステップ）による避難完了率

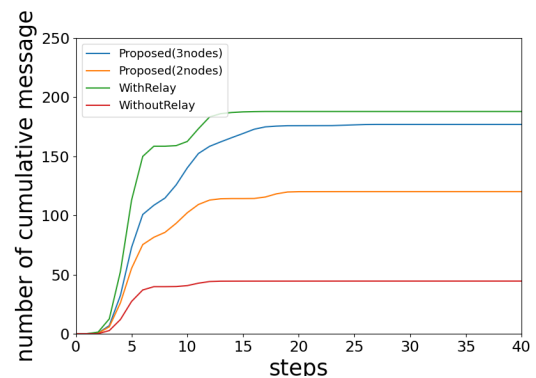


図 7 重みのしきい値 $ratio_others = 0.0001$ の場合の各ステップで送られたメッセージ数の累積

り、縦軸の値が 1.0 になったら、避難対象地域内のノードがすべて避難したといえる。また、いずれのグラフにおいても、 $n = 3$ の場合の提案手法 (1) を青色、 $n = 2$ の場合の提案手法 (2) をオレンジ色、避難対象地域外のノードがすべて中継する手法 (3) を緑色、避難対象地域外のノードが全く中継を行わない手法 (4) を赤色で示している。

提案手法においてどちらの場合も、同様に素早く累積の避難完了率が上昇し避難完了ができています。また、10 ステップ以内には避難対象地域のすべてのノードが避難できていることがわかる。このことから、先行研究で実現できていた避難完了率がリンクの重み（避難対象者感の関係性）を考慮した場合においても維持できているといえる。

4.2.2 メッセージ数

改めて、メッセージの仕様について説明する。

メッセージは、率先避難者も含め、避難を完了した避難者から、自身の避難状況を周りに知らせるために送信される。このメッセージを送信することにより、避難を促し、避難を始めるきっかけとなる。今回の比較する手法の 4 通りすべてで、隣接するノードに関する情報のみが利用可能であることを想定する。これは、プライバシー保護の観点から、ノードが避難中であるか否かという状態とその位置情報に限定されるためである。そのため、接続先のノード

に避難対象が存在するかどうかに関わらず、避難状態に変化した際には隣接する未避難ノードにメッセージが送信される。また、一度 a から b のノードへ送られたメッセージは重複してメッセージを送らないこととする。提案する手法 1 および 2 では、避難対象地域において、避難者が避難を開始すると、その避難状況を知らせるメッセージが提案手法と同様に、 n ノード先までに避難対象ノードが存在する場合にのみメッセージが送信される。この際、避難を開始したノードから未避難状態のノードへの複数の経路が存在する場合、すべての経路を通じてメッセージが送信される仕組みとなっている。これは、各ノードが自身の隣接ノード以外のノードとの接続状況を把握できないためである。また、メッセージの信頼度を考慮しているためでもある。本研究では、このメッセージに遅延が生じることを考慮し、複数の経路の中で最小の遅延時間（ステップ数）が経過した後に、避難を完了したノードから避難対象地域内の未避難のノードに同時にメッセージが送信されることを想定している。

メッセージ数の累積の結果を図 6、図 7 に示す。横軸はステップ数（シミュレーション内の時間）、縦軸は各ステップで送信された避難メッセージ数の累積を表している。

重みの有無の結果を比較すると、どちらの場合もほぼ同

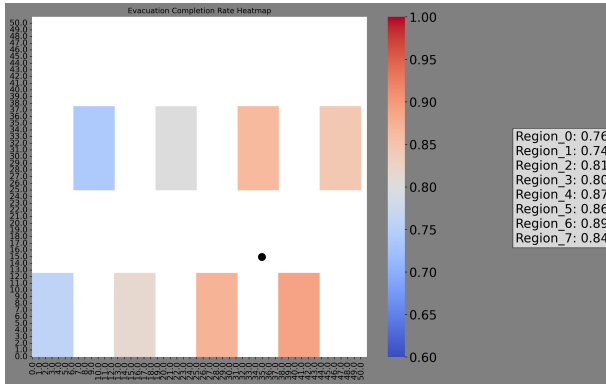


図 8 提案手法 (1), 標準偏差 $\sigma = 15$ の場合の避難完了率

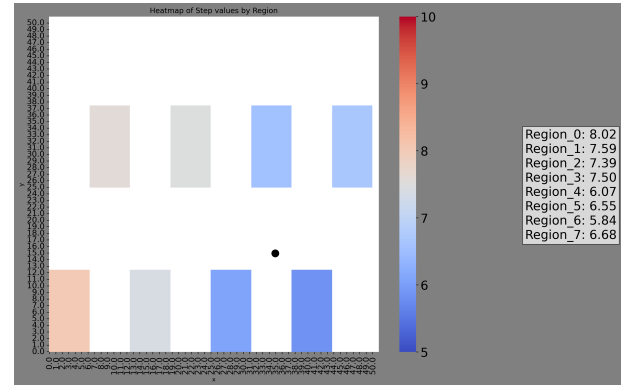


図 10 提案手法 (1), 標準偏差 $\sigma = 15$ の場合の避難ステップ数

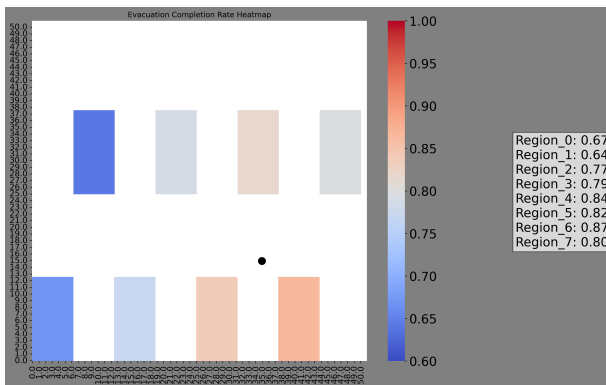


図 9 比較手法 (3), 標準偏差 $\sigma = 15$ の場合の避難完了率

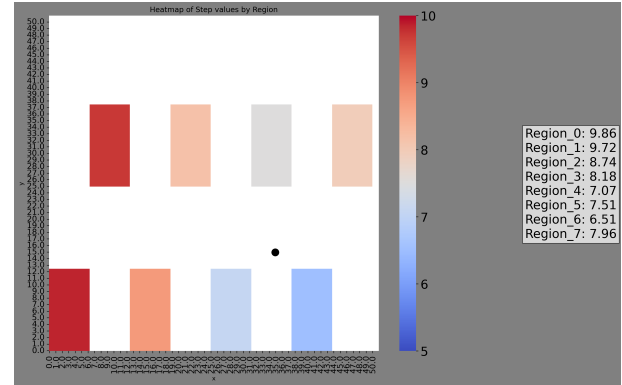


図 11 比較手法 (3), 標準偏差 $\sigma = 15$ の場合の避難ステップ数

じで、比較手法 3 が最もメッセージ数が多くなっており、提案手法のどちらにおいても比較手法 3 よりもメッセージが削減できている。

これらより、リンクの重みを考慮した場合においてもメッセージの削減に影響はないといえる。

4.2.3 ノードの配置の偏りによる避難への影響

先行研究の課題として、避難対象者の実際の地域や現在地を考慮していない点があった。先行研究では、シミュレーションのフィールド上に、ノードが均等に広がるようにランダムにノードを配置していた。実際の地域では、人々が均等に広がっていることは考えられず、日常生活では都市部に人々が集中し、山間部にまばらに人が存在することが考えられる。そこで、ノードの配置に偏りのあるソーシャルグラフを作成し、偏りの有無によって、避難完了率が変化するかどうかや、複数の避難対象地域を設定した際に、地域間で避難率や避難完了時間に差が生じるかどうかを評価する。また、左上に山間部があり、人々がまばらに存在することを本研究では想定する。今回は、ソーシャルグラフの偏りがあった場合に避難完了率が影響するかどうかを簡単に調査するため、ソーシャルグラフ作成時に左上から右下へ徐々に人の数が増えるように配置した。

ノードの配置は、正規分布（ガウス分布）を用いて配置を行った。ガウス分布の確率密度関数（PDF）は以下の数式で表される。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (x \in \mathbb{R}) \quad (4)$$

μ は平均（データの中心）を表し、 σ は標準偏差を表している。このガウス分布を用いて各ノードの x, y 座標をそれぞれ決めてソーシャルグラフに偏りを与えた。

今回は右下に人が集まるようにするため、データの中心となる x, y 座標の μ をそれぞれ x 座標の μ である $\mu_x = 35$, y 座標の μ である $\mu_y = 15$ とした。

また、標準偏差 σ を変化させることによりデータのばらつきを変化させ、4.1.1 節で示した $n = 2$ の場合の提案手法 (1) と比較手法 (3) を比較することで、ソーシャルグラフの偏りによる避難ステップ数と避難完了率の影響を調べることにした。

まず、4.1.1 節で示した $n = 2$ の場合の提案手法 (1) と比較手法 (3) において、標準偏差 σ を $\sigma = 15$ とした場合の領域ごとの避難完了率の結果を図 8, 図 9 に示す。

図 8, 図 9 は 50×50 のフィールドでの避難対象地域ごとの対象ノードの避難完了率の平均をヒートマップで表している。図の右側で各領域ごとの避難完了率の値を表示している。また、データの中心となる x 座標の μ である $\mu_x = 35$, y 座標の μ である $\mu_y = 15$ の点を各図に黒点でプロットした。提案手法 (1) と、比較手法 (3) を比較すると、提案手法の方が全体的に避難完了率が高くなっていることが分かる。すべてのグラフにおいて左側から右側の領

域にいくにつれて避難完了率が高くなっている。これは、距離によって信頼度を変化させているため、ノードの密度が高くなる右側の方が避難しやすくなっていると考えられる。また、特に左側の領域0, 1の避難完了率が改善できていることが分かる。よって、提案手法は孤立した避難者がいた場合の避難の改善が期待できる。

次に、4.1.1節で示した $n = 2$ の場合の提案手法(1)と比較手法(3)において、標準偏差 σ を $\sigma = 15$ とした場合の避難ステップ数の結果を図10、図11に示す。

図10、図11は 50×50 のフィールドでの避難対象地域ごとの避難にかかるステップ数の平均をヒートマップで表している。図の右側で各領域ごとの避難ステップ数の値を表示している。また、避難対象地域の中で、信頼度が重みのしきい値を超えず避難を行わないノードがあった場合、避難ステップ数を20とするようにした。

提案手法(1)と比較手法(3)を比較すると、提案手法の方が全体的に避難ステップ数が減少している。これは、提案手法の方が避難完了率が高くなっており、避難を行わないノードのペナルティが少なくなっているためであると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究ではソーシャルグラフ間のリンクの重みを考慮していない先行研究の課題を解決するため、ソーシャルグラフ間の重みを追加した場合に、先行研究で実現できていた避難完了時間を維持しつつ、メッセージ数を削減できるかを検証した。評価では4つの手法の比較を行い、さまざまなパラメータでシミュレーションを行った場合でも提案手法において避難完了率を維持しながらメッセージ数の削減ができることを確認した。また、偏りのあるソーシャルグラフを作成し、ノードの配置の偏りの有無によって、地域間で避難完了率や避難ステップ数に差が生じるを評価した。その結果、ノードの配置の偏りによって避難対象地域間の避難完了率は変化し、提案手法は比較手法と比較して孤立したノードのいる地域の避難完了率や避難ステップ数を改善できることを示した。

今後の課題として、実際の地域の人の密度などの具体的な値を反映することや、シミュレーションの結果から避難が進まない地域に率先避難者を配置することで避難を促すことなどが挙げられる。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費JP22K12009および「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業、大川情報通信基金、福井大学地域貢献事業支援金による成果である。

参考文献

[1] Rigos, A., Mohlin, E. and Ronchi, E.: The Cry Wolf Effect in Evacuation: A Game-Theoretic Approach, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*,

Vol. 526, No. 120890 (2019).
[2] 加藤 健: 体内警報システムの機能不全—非避難行動の心理的メカニズム, 災害情報, Vol. 8, pp. 42–54 (2010).
[3] Wickens, C. D., Rice, S., Keller, D., Hutchins, S., Hughes, J. and Clayton, K.: False Alerts in Air Traffic Control Conflict Alerting System: Is There a “Cry Wolf” Effect?, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 51, No. 4, pp. 446–462 (2009).
[4] Uchida, K.: A Model Evaluating Effect of Disaster Warning Issuance Conditions on “Cry Wolf Syndrome” in the Case of a Landslide, *European Journal of Operational Research*, Vol. 218, No. 2, pp. 530–537 (2012).
[5] Lim, J. R. et al.: Cry Wolf Effect? Evaluating the Impact of False Alarms on Public Responses to Tornado Alerts in the Southeastern United States, *Weather, Climate, and Society*, Vol. 11, No. 3, pp. 549–563 (2019).
[6] Okamoto, S. and Kawakami, T.: A Message Reduction Scheme Based on Geographical Information in Initiative-evacuation Induction Using Social Graphs, *Journal of Information Processing (JIP)*, Vol. 32, pp. 1023–1032 (2024).
[7] Ichinose, T. and Kawakami, T.: An Induction Scheme of Fast Initiative-Evacuation Based on Social Graphs., *Journal of Information Processing Systems*, Vol. 18, No. 6 (2022).
[8] Christakis, N. A. and Fowler, J. H.: Social Network Sensors for Early Detection of Contagious Outbreaks, *PLoS ONE*, Vol. 5(9), No. e12948, pp. 1–8 (2010).
[9] Tsugawa, S. et al.: Dynamic Social Network Analysis with Heterogeneous Sensors in Ambient Environment, *Social Networking*, Vol. 3, No. 1, pp. 9–18 (2014).
[10] Shao, H. et al.: Forecasting the Flu: Designing Social Network Sensors for Epidemics, *Proc. KDD 2018 Workshops*, pp. 21–28 (2018).
[11] 大向一輝: ソーシャルグラフ, 映像情報メディア学会誌, Vol. 65, No. 8, pp. 1161–1165 (2011).
[12] Drobysheskiy, M. and Turdakov, D.: Random Graph Modeling: A Survey of the Concepts, *ACM Computing Surveys*, Vol. 52, No. 6, pp. 1–36 (2019).
[13] 藤村幸大, 藤見俊夫, 田中歩夢, Aulady, M. F. N.: VRを用いた率先避難者の有効性の検討, 土木学会論文集 D3, Vol. 75, No. 5, pp. L61–L68 (2019).
[14] 熊谷兼太郎, 小野憲司: 率先避難者情報を津波避難トリガーとして活用するIoT技術に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol. 55, pp. 1–6 (2017).
[15] Urata, J. and Hato, E.: Dynamics of Local Interactions and Evacuation Behaviors in a Social Network, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 125, No. 103056, pp. 1–18 (2021).
[16] Social Blade: Available at <https://socialblade.com/> (accessed June 1, 2024).
[17] Logan, A. P. et al.: Social Network Analysis of Twitter Interactions: A Directed Multilayer Network Approach, *Social Network Analysis and Mining*, Vol. 13, No. 65, pp. 1–18 (2023).
[18] 小川 倫, 北上靖大: マルチエージェント・シミュレーション用ソフトウェア artisoc Cloud の紹介, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 65, No. 4, pp. 206–211 (2020).

事業名称: 地域と道路の特性に基づく安全かつ速やかな避難経路誘導のためのデータ収集と実験

事業責任者: 川上 朋也 (工学部・准教授) 代表学生: 岡本 宙 (大学院工学研究科・2年)

背景

関連キーワード: 防災、避難誘導、テレマティクス、運転特性、危険度

- 災害時に安全かつ速やかに避難するためには、避難経路の選択が重要
- 既存の経路推薦サービスの多くでは、距離や時間が最短となるような経路を推薦

目的 安全かつ速やかな避難経路誘導のためのデータ収集

事業の内容

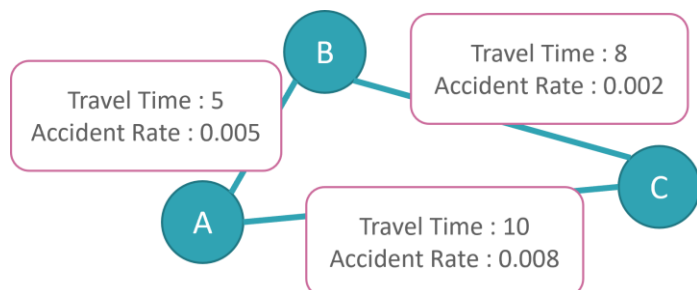
- 運転者特性に基づき、各道路区間で事故を起こす確率(危険度)を推定
 - 損害保険会社から提供されたテレマティクスデータを活用
- 運転者ごとに安全な避難経路を誘導
 - 危険度や距離、時間などを重視した柔軟な避難経路を選択
- 福井県と損害保険会社が主催する安全エコドライブコンテストを通して、提案手法の実現・事業化のために必要なデータ収集に貢献
- 提供された福井市内の一部のデータをもとに、地図サービス上で主要な道路を抽出
- 研究業績: 論文誌1件、国内研究会等1件



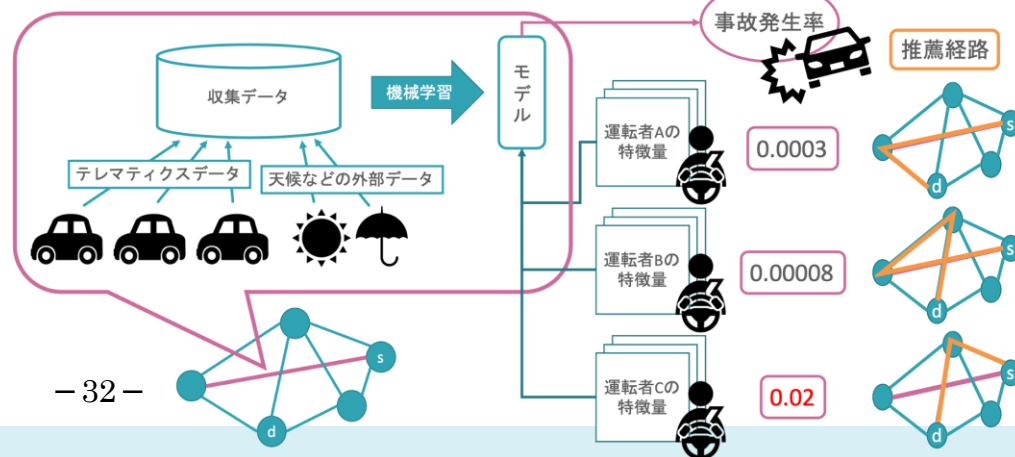
交通安全マップ2024



抽出した主要道路



所要時間を最小とする経路: A → C
 事故発生率を最小とする経路: A → B → C



勝山市の多文化共生社会の実現に向けた国際交流イベント等の実施

事業責任者：酒井 千裕（経営戦略課・主査／事務局企画力向上プロジェクトチーム
・勝山グループリーダー）

概 要	本プロジェクトは、地域の課題解決に係る実践型プログラムを「教・職・学」により企画・実施し、多様なステークホルダーとの連携・交流を通して、主体的に課題解決に取り組むことを目的としている。その中で、人口に占める外国人労働者の割合が増加している「福井県勝山市」において、外国人材の定着を見据えた多文化共生社会の実現を目指しており、その課題に対し勝山市と協働して取り組むものである。 令和4年度から活動を開始し、初年度は勝山市の外国人労働者に対するヒアリング調査、2年目には、前年度のヒアリング調査を踏まえた国際交流イベントの実施、3年目はイベントの継続のほか、情報伝達手段の企画・実装を行っている。
関連キーワード	勝山市、外国人労働者、多文化共生社会の実現、かつやま WakuWaku 文化フェスタ、福井大学事務局企画力向上プロジェクトチーム

事業の背景および目的

本プロジェクトは、地域の課題解決に係る実践型プログラムを「教・職・学」により企画・実施し、多様なステークホルダーとの連携・交流を通して、より深く多角的に地域を理解し、よりよい地域づくりに向け主体的に課題解決に取り組むことを目的としている。その中で、福井県勝山市においては、少子高齢化が進む一方で、近年、外国人労働者が増加傾向にあり、外国人材の定着が期待されている。そのため、勝山市においては「多文化共生社会※」の実現を目指し、外国人住民が暮らしやすい環境づくりに係る取組を行っており、本学と勝山市が協働し、その課題解決に向け取り組んでいる。なお、これらは勝山市総合行政審議会から提言され、第6次総合計画に掲げる、市としての重要施策である。

本取組の実施にあたっては、地域のニーズを丁寧にヒアリングし、密に相談・連携しつつ、地域の課題解決に真に必要な取組に対し、学生・教員・職員とが協働して取り組んでいる。その中で、学生においては自治体から強く要望のある若者ならではの新規性のあるアイディアから、教員においては教員の専門性の観点から、そして職員は、職員が強みとする調整力や管理運営の観点から、それぞれ個々の強みを活かしつつ、有機的に連携した活動を行っている。

※多文化共生社会：性別、年齢、障害の有無、国籍・文化的背景、性的指向・性自認などにかかわらず一人ひとりが違った個性や能力を持つ個人として尊重され、全ての人がともに思いやり、ともに責任を担いあう中で、誰もが能力を発揮し、参画・活躍できる社会

事業の内容および成果

本プロジェクトは令和4年度から活動を実施している。プロジェクトの立ち上げに先立ち、まずは外国人住民のニーズ調査を行うため、行政と本学とが協働し、外国人労働者へのヒアリングによる質的調査を実施した。対象者の年齢は20～30代が多く、普段、市役所の職員や企業の同僚には相談しづらい内容も、年齢の近い本学学生には本音を漏らす様子が見られ、もっと同世代の日本人と交流したい、祭りに参加したい、交通や病院など生活情報を入手するための支援が欲しいなど、情報伝達手段や日本人との交流機会等に係るニーズを確認した。その後、これらのニーズへの対応策を議論し、次年度以降の施策として勝山市の担当者へ提案を行ったところ、令和5年度からの市の施策として予算化された。

令和5年度は、前年度実施した調査結果等から得られた日本人との交流機会に係る課題への対応として、勝山市の行政や地域団体と連携し、地域イベントである「かつやま WakuWaku 文化フェスタ」において、外国人住民の出身国の文化をポスターや体験を通して紹介するブース出展等を行うなど多様な国際交流イベントを企画・実施した。

令和6年度は、前年度実施した国際交流イベントを継続実施するだけでなく、外国人住民にも当日スタッフとしてイベントに参画してもらい、来場者対応を通して日本人住民との交流機会に繋げる工夫を行った。その結果、外国人住民からはコミュニティの広がり満足する声が聞かれ、また来場者アンケートでも地域住民の多様性への理解度が向上していることを確認した。また、今年度はイベントに限らず、本学国際地域学部のPBL活動にも広げ、情報伝達手段としての動画制作の企画を開始し、令和7年度の実装に向け、勝山市と調整を行っている。

これまでの活動を踏まえ、勝山市からはさらに多様な活動の提案や協力要請を受けていることから、支援強化のため、令和7年度以降は地域の国際化の推進を目的とする学内組織「グローバル・エンゲージメント推進本部」に実施主体を移し、今後も勝山市の多文化共生社会の実現に向けた取組を発展的かつ継続的に支援していく。

参考文献・添付資料および特記事項等

添付資料（第6次勝山市総合計画、国際交流イベントの実施状況、各種アンケート結果等）

事業名称:勝山市の多文化共生社会の実現に向けた国際交流イベント等の実施

事業責任者:酒井 千裕(経営戦略課・主査/事務局企画力向上プロジェクトチーム)

目的

勝山市の外国人住民比率が増加していることを受け、少子高齢化・生産年齢人口減少の地域課題解決に向け、外国人材の定着に繋がる勝山市の多文化共生社会の実現に向けたまちづくり

<活動の方向性>

令和4年度外国人住民ニーズ調査から得られた主な課題

- 移動手段
- 医療機関での診察等
- 災害時の情報伝達
- 日本人との交流不足

課題解決の手段(勝山市施策)

- 手段① 外国人労働者の実態を調査し(アンケート調査)課題を明確にする。
- 手段② 外国人と日本人の共通理解を図るため交流機会(イベントの開催など)を増やす。
- 手段③ 外国人に対する情報伝達手段を強化する。
- 手段④ 外国人と日本人を繋ぐ組織(市民主体)を立ち上げる。
- 手段⑤ 日頃から外国人と日本人が気軽に交流できる拠点を設置する。
- 手段⑥ 外国人が使いやすい移動手段を確保する。

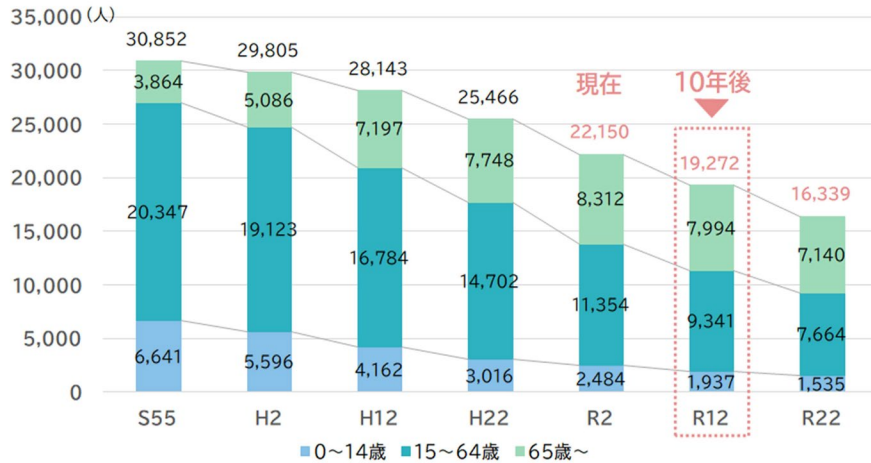


	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度～(予定)
【活動内容】	ニーズ調査(外国人住民ヒアリング)	○国際交流イベントの実施【手段②】	○国際交流イベントの実施【手段②】 ○生活情報動画の制作(国際地域学部PBL)【手段③】	○国際交流イベントの実施【手段②】 ○生活情報動画の制作【手段③】 ○外国人と日本人の交流拠点の設置【手段⑤】 ○English Summer Clubの企画・運営 ○その他地域の国際化に係るもの (※赤字・・・新規の取組(予定を含む))
【実施主体】		事務局企画力向上プロジェクトチーム (地域ニーズの掘り起こし、自治体との関係強化期間)		グローバル・エンゲージメント推進本部

令和6年度
活動の様子



1. 第6次勝山市総合計画(抜粋)



出典：総務省「国勢調査」(R2 まで)、第2期勝山市人口ビジョン(R12 以降)
 注)R12 以降は、「人口動向分析・将来人口推計のための基礎データおよびワークシート
 (令和元年6月版)」による推計値

(「基本的な考え方」より)

2 性別、年齢等にとられない多くの人の参画

現状

人口減少・少子高齢化にともない地域の担い手や労働者不足が予想され、性別や年齢、国籍、障害の有無などを問わない多様な人材の活用が求められています。またLGBT*等の性的マイノリティ*の方に対する理解など、全ての人の様々な人権が尊重される社会の形成が求められています。

課題

地域の担い手や労働者が不足する中、性別や年齢、国籍、障害の有無などを問わず、多くの人が活躍できる社会を実現するため、人権問題について市民や事業者などが自らの課題として関心を持ち、理解を深める必要があります。

方針

全ての人がお互いの人権を尊重し、支え合いながら地域で活躍できる社会の実現に向けて、人権教育・啓発に取り組みます。今後、市内で生活する外国人に対応し、多文化共生*を進めるため、相談体制の強化、外国語による生活情報等の提供に取り組みます。そして若者、高齢者等をはじめ多様な人々がお互いに歩み寄り、地域や企業でそれぞれの役割をもって活躍できる社会をつくります。

2. 勝山市の現状(勝山市の人口・人口に占める外国人割合)



3. 外国人住民へのヒアリングに基づく手段・方向性・方針

3.手段・方向性・今後の方針

外国人が暮らしやすい環境をつくる

【課題】※外国人材を雇用している事業所に聞き取り

○移動手段 ○医療機関での診療等 ○災害時の情報伝達 ○日本人との交流不足など

- 外国人労働者の実態を調査し(アンケート調査)課題を明確にする。→R5 アンケート調査実施
- 外国人と日本人の共通理解を図るため交流機会(イベントの開催など)を増やす。→R5 より強化
- 外国人に対する情報伝達手段を強化する。→多言語対応(防災 LINE)、R6 福井大学と検討
- 外国人と日本人を繋ぐ組織(市民主体)を立ち上げる。→R5 より市民団体活動開始
- 日頃から外国人と日本人が気軽に交流できる拠点を設置する。→検討中
- 外国人が使いやすい移動手段を確保する。→市内公共バスのフルデマンド化

4. 国際交流イベントの実施(国際交流員との協力イベント、かつやまWakuWaku文化フェスタ)

<10月6日(日) 村岡山登山イベント>

チラシ→



←当日の様子



**村岡山で
楽しみましょう!**

村岡山を登って、
山頂でピクニックや遊びをしましょう!

山頂で美味しい
プレゼント
あり!

👉ハイキング、運動が好き
👉秋を感じたい
👉子どもから大人まで誰でも

対象: 小学生以上(先着20名)
※小学生は要付き添い

参加費: 1人100円(保険料)

申込: [Googleフォーム](#)
10/8(木)まで

場所: 村岡山登山口駐車場 →
911-0035 梶井県山市郡町2丁目9

日時: 10/6(日)
11時集合、14時頃解散

持ち物: お弁当・飲み物・
レジャーシート
歩きやすい靴や服装でご参加ください。

雨天中止となりますので、その場合は、
前日連絡させていただきます。

担当: 県山市未来創造課 ビーター・ウォレス
お問合せ: TEL 0779-88-1115 Email mirai@city.katsuyama.lg.jp

<11月3日(日) かつやまWakuWaku文化フェスタ>

【文化交流体験ブースの出展】

外国人住民出身の6ヶ国について、衣・食・住・遊びに関わる各国の文化を、パネルの展示・ワークショップを通じて紹介。

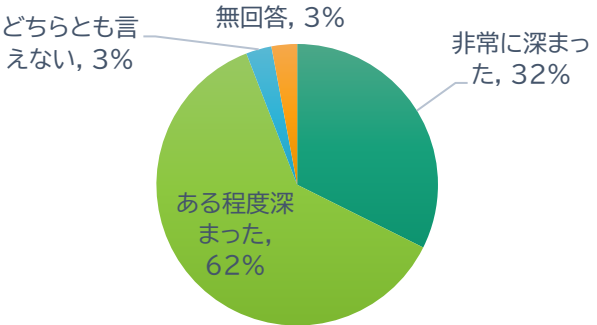
- 中国:
ビン(食)の体験
- ベトナム:
チャー(食)の体験、アオザイ(衣)、
伝統的なおもちゃ(遊び)の展示
- インドネシア:
ノナ・マニスやアボカドジュース(食)の体験
- ミャンマー:
ロンジー(衣)の展示、タナカ(住)の体験
- インド:
チャイやスパイス(食)の体験、サリー・クルタ(衣)の展示
- ブラジル:
バタタケンチ(遊び)の体験、
コーヒー豆挽き・試飲(食)の体験



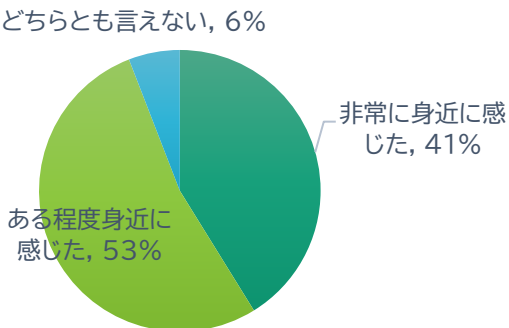
5. 各種アンケート調査結果

かつやまWakuWaku文化フェスタ2024
来場者アンケート結果(関連部分抜粋)

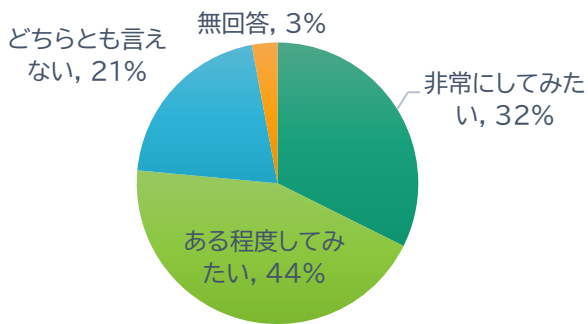
○今回の体験を通して、それぞれの国の文化について
の理解が深まりましたか？



○今回の体験やそれぞれの国の人々との交流を通して、各国の
人々を身近に感じるようになりましたか？



○今後国際関連(国際交流、多文化共生)のイベントに参加し
てみたいですか？

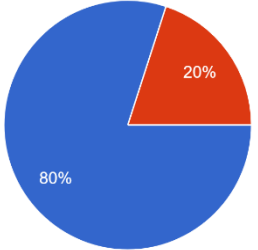


かつやまWakuWaku文化フェスタ2024
参加学生アンケート結果(関連部分抜粋)

◎福大グローバル・リーダーシップ・プログラム(GLP)(※)の活動目的に
即した調査項目に加え、地域への安着心を測定する項目により検証

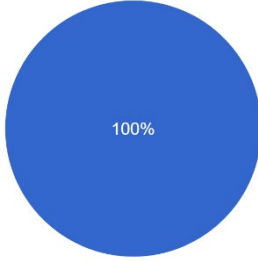
1.【語学・コミュニケーション】

- ・外国語を習得して使用する能力
- ・外国語を使い、自分の伝えたいことを正確に伝達できる能力
- ・対人的なやりとりにおいて意思疎通、協調性、自己表現するための能力



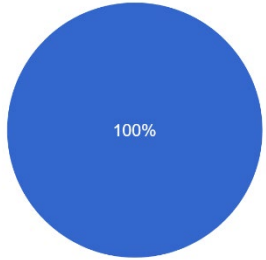
2.【国際教養】

- ・世界の広範な事象に関する幅広い知識と深い理解、物事の本質を見抜く洞察力や思考力を身に付け、グローバルな視野をもつ
- ・異文化のみならず自身を取り巻く文化をも理解し、自身と他者の立場を客観的に、かつ共感をもって把握する能力



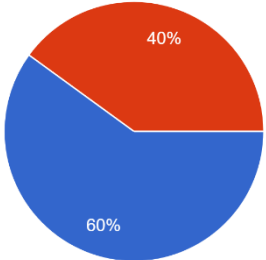
3.【異文化適応(留学・海外研修等)】

- ・考えや理論に基づいて目的を設定し、それを実際に行動に移す力
- ・ボランティア活動などにおいて異文化へ適応する力



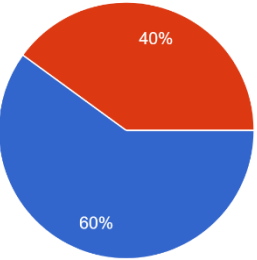
4.【実践・貢献】

- ・考えや理論に基づいて目的を設定し、それを実際に行動に移す力
- ・本学や地域社会・地域企業のために役立つ活動



5.地域への多角的な
理解や愛着

- ・地域の課題や取組に対する理解
- ・地域の人とのつながりや地域をより良くしていきたいという気持ち



(※)勝山市の取組においては、GLPIに
位置づけており、GLPの養成人材スキル
に準じた測定項目としている。

