

## ICT-DIG を用いた津波避難ルートのバリアフリー環境情報共有の検討

近藤晴香<sup>1,a)</sup> 浦上美佐子<sup>2,b)</sup> 大内清香<sup>3</sup> 岡村健史郎<sup>2,c)</sup> 松野浩嗣<sup>4,d)</sup>

本校所在地である山口県周防大島町は南海トラフ地震防災対策推進地域に指定されている。また、高齢者先進地域でもあり、津波に対する不安の声も多い。各市町村地域防災計画では、津波警戒避難体制として避難施設、避難ルート、避難訓練、情報伝達等が取りまとめられているが、実際の津波避難では高齢歩行者の場合、最短避難ルートではなく、一人一人の身体状況に応じた最適避難ルートが選択されなければ、円滑に避難できず命の危険性が高くなる。この最適避難ルートを平常時に検討する際に活用されている災害図上訓練の一つとして DIG (Disaster Information Game) がある。これは、地域の災害特性、伝承、安全な情報等を多く知る住民らが集まり、白地図の上に持ち寄った情報を重畳表示することで、安全な避難ルートや避難場所等を導き出し、共有化する手法である。しかし、DIG で作成された地理情報は参加者の記憶に残しているのみであり、貴重な防災地理情報を捨てている現状である。一方、対象としている高齢者先進地域は過疎高齢化地域でも多く、津波災害特別警戒区域に指定されていない場合、津波避難を目的とした高齢歩行者に対する歩道設置や段差・傾きの解消などのバリアフリー整備事業を期待することは難しい。本研究では、DIG を ICT 化し、得られた防災地理情報を重畳化するシステムを構築する。そして、本システムを用いて、過疎高齢化地域において、健康不安のある高齢歩行者一人一人に応じた、「津波発生時にいる可能性の高い場所」から「避難するルート」を経て「避難する場所」に到達するまでのバリアフリー環境が整った最適避難ルートを導出する方法を検討し、提案する。

### 1. はじめに

本校所在地である山口県大島郡周防大島町は、平成 24 年 4 月東南海・南海地震防災対策推進地域に山口県で唯一指定され、平成 26 年 3 月南海トラフ地震防災対策推進地域に山口県内の瀬戸内海沿岸の全 15 市町村と共に指定されている。周防大島町は、65 歳以上の高齢者の割合を示す高齢化率が 51.8% (平成 28 年 4 月現在) で、全国の 26.7% と比較して高齢者先進地域である。この割合は毎年 1% から 2% の上昇傾向を持つ。また、山口県健康福祉部健康増進課の健康格差縮小のための取組みである「健康やまぐち 21 (第 2 次)」の統計調査<sup>1)</sup>によると、全国からみた山口県の健康寿命と平均寿命の差は小さく、地域とのつながりが強いと思う者の割合も高いことが分かった。その一方で、身体状況によっては歩行困難な高齢者も在住し、地震発生時の安全な場所への津波避難に対する不安の声も多い。平成 25 年 6 月に改正された災害対策基本法第 49 条では、全ての市町村が避難行動要支援者の名簿を作成し、それに基づく個別計画の策定も必要と言及されている<sup>2)</sup>。しかし、高齢者先進地域では、対象となる高齢単身世帯や高齢夫婦世帯が多いため、自分の命は自分で守る(自助)が必要である。この自助を支援するために、各市町村地域防災計画では、津波警戒避難体制<sup>3)</sup>として避難施設、避難ルート、避難訓練、情報伝達等について取りまとめているが、実際の津波避難では、最短避難ルートではなく、身体状況に応じた最適避難ルートが選択されなければ、円滑に避難できず命の危険性が高

くなる。

一方、本校学生は、ICT を使い、地域の高齢者一人一人の QOL (Quality of Life, 生活の質) 向上を目指して、平成 25 年度からパソコンカフェ (ICT 教室) を運用している<sup>4)</sup>。この ICT 教室での講座目標は、参加している高齢者が、平時/非常時の両利用が出来ることである。例えば、「情報検索」は、観光・購買情報検索/緊急災害情報検索、「デジタルカメラ操作」は、趣味撮影/罹災証明書申請のための被害状況撮影、「電子メールや LINE」は、家族・友人との連絡手段/不通が予測される電話連絡以外の通信手段、といった内容で行っている。この教室で用いる情報端末は学校側で準備するタブレット、または、参加者所有のタブレットやスマートフォンを用いている。この教室参加者は、ICT 利用技術を獲得することが QOL 向上に役立つと考えて、タブレットの有用性に期待している高齢者であるため、ICT に対する抵抗感が低い。このような特徴を持つ参加者を対象に、津波防災における ICT の有用性を評価するために、ICT を使う講座と使わない講座の二種類の講座を実施し、ヒヤリングや講座後のアンケートを実施した。これらの結果から、津波防災における ICT の有用性が高いという多くの意見が得られた。また、自治体主催の津波避難訓練に参加したくても、訓練当日の健康不安で参加できず、避難ルートを歩き避難体験ができない高齢者が多いことも分かった。この避難体験をしていない方々を含めた高齢者に対して、白地図とペンを使った災害図上訓練の DIG (Disaster Imagination Game)<sup>5)</sup> を実施した。白地図の上に、地

1 大島商船高等専門学校 電子・情報システム工学専攻  
2 大島商船高等専門学校 情報工学科  
3 大島商船高等専門学校 元研究支援員  
National Institute of Technology, Oshima College.  
1095-9, Komatsu, Suo-Oshima-cho, Yamaguchi, 742-2193, Japan.

4 山口大学大学院創成科学研究科  
a) d502@oshima-k.ac.jp  
b) misako@oshima-k.ac.jp  
c) okamura@oshima-k.ac.jp  
d) matsuno@sci.yamaguchi-u.ac.jp

域の災害特性、伝承、自治体が公表しているハザードマップ等の参加者が持ち寄った情報を書込み、安全な避難ルートをブレインストーミングで意見交換し、情報を取捨選択し、一人一人の身体状況を考慮しながら、各自が考える最適な「避難ルート」の候補を導き出すことができた。参加者全員が、DIGの有用性について評価した。このDIGは、地方自治体主催や地域住民による自治会主催で行われているが、津波防災訓練と同様、DIGが開催される日時に体調不安を感じて参加できない高齢者も多いのではないかとこの意見が多かった。

以上のことを踏まえて、本研究では、本校所在地のような過疎高齢化地域において、健康不安のある高齢者が、いつでもどこでも、ICTを活用したDIGにより、バリアフリー環境情報を共有し、一人一人の身体状況に応じた最適避難ルートの導出を目的とする。ここで、文献6)において、高齢者や障害者等の避難ルートのバリアフリー化は、「津波発生時にいる可能性の高い場所」から「避難するルート」を経て「避難する場所」に到達するまでのバリアフリー環境を整えることである、と定めている。しかし、本研究で対象としている高齢者先進地域は過疎地域でも多く、津波災害特別警戒区域に指定されていない場合、高齢歩行者に対する歩道設置や段差・傾きの解消などの津波避難を目的とした「避難するルート」のバリアフリー整備事業を期待することは難しい。従って、高齢歩行者向けに最短避難ルートのハード的なバリアフリー化を目指すのではなく、一人一人の身体状況に対応したバリアフリー環境が整った最適避難ルートをソフト的に導出し、推奨することを目指す。

具体的には、まず、DIGをICT化し（以下、ICT-DIGと呼ぶ）、得られた防災地理情報を重畳化するシステムを構築する。次に、住民が津波避難訓練等で実際に歩行することで安全確認された避難ルートや伝承されてきた地域の安全情報等から導いた避難ルートを、安全ルートとして、ICT-DIGのデータベースに蓄積していく。これによりバリアフリー環境が整った安全ルートをICT-DIGで共有することを目指す。そして、ICT-DIG画面に重畳化されたバリアフリー環境情報をもとにICT-DIG利用者自身の身体状況から円滑に避難可能なルートを選択ルートとする。そしてSmith-Waterman法(以下SW法)<sup>7)8)9)</sup>を適応し、その蓄積された複数の安全ルートと、選択ルートを文字配列として扱い、各文字配列から類似する部分文字列のペアを検出することで一致度を評価する。このSW法のアルゴリズムを利用することにより、「津波発生

時にいる可能性の高い場所」から「避難する場所」までの最適避難ルートを導き出すことを検討した。

以上のように、ICT-DIGを活用することで、高齢者先進地域の高齢者の津波に対する不安を軽減すると共に、避難円滑化の促進を行うことで高齢者一人一人のQOL(Quality Of Life)向上を提供する。

## 2. バリアフリー環境情報の定義

高齢歩行者の歩行空間において、移動障害がないルートのことを「バリアフリー環境の整った避難ルート」とする。この移動障害となる事柄には身体状況で異なることに注意する。そして、一人一人の身体状況における移動障害がないバリアフリー環境の整った避難ルートを「最適避難ルート」、避難の際に移動障害となる事柄の情報を「バリアフリー環境情報」とする。このバリアフリー環境情報を3つに分類し、表1に示す。

表1 バリアフリー環境情報の分類

歩行のしやすさ	歩行空間において円滑に移動することを妨げる事柄
安全性	移動する際に安全性を脅かす事柄
分かりやすさ	移動する際の目的地や目印となる事柄

## 3. 災害図上訓練DIGのICT化実現に向けた調査

### 3.1 DIGの有用性

DIGは、1997年に三重県の災害救援ワークショップで初めて行われたとされており、ゲーム感覚で防災に関するブレインストーミングを行うことで防災意識を高める新感覚の防災訓練である。災害時に指示を司る自治体の防災関係者、防災ボランティア組織、自主防災組織などの防災関係機関や自衛隊等において、災害対策本部を含む状況を図上において想定した上で、危機管理演習などのノウハウを参考に、行動を再現して研究する<sup>10)</sup>。当初は、参加者自身に自学自習を促し、災害救援についての関心を高める効果を持つ災害救援訓練として捉えられていた。しかし、近年、一般市民が参加するゲーム感覚の防災訓練として、全国で展開されている。具体的には、図1の①～④に示すように、津波避難時のバリアフリー環境情報を考える上で重要な4つの情報を白地図に書き込む。まず、図1①自宅や避難所（一時避難所や生活避難所等）の建物データや安全な場所の位置を書き込む（表1「分かりやすさ」）。次に、図1②津波、洪水、高潮、土砂崩れ等の公的なハザードマップ情報を書き込む（表1「安全性」）。そして、図1③参加者達が、伝承されてきた地域の危険情報や安全情報も書き込む（表1「安全性」）。最後に、図1④

高齢者にとって円滑に移動することを妨げるバリアとバリアのないバリアフリーの情報(表1「歩行のしやすさ」)を書き込み、最適避難ルートを検討していく。この図1のDIGの事例において、自宅から避難所までの最適避難ルートは、ルートAは浸水の危険性があり、ルートCは高齢者には急坂は危険であるため、ルートBかルートDが推奨される。

このDIGは、以下に示す4つの特徴を持つ。

- 【想像のしやすさ】地図上にバリアとバリアフリーの情報を書き込むため、視覚的に移動可能な空間認知が可能になる
- 【想定外事象への柔軟さ】利用者がバリア情報とバリアフリー情報を地図上に書き込み、一枚の地図に記憶を整理できるため、災害発生時の想定外な事象への対応も柔軟に行うことができるので教育的価値が高い
- 【移動の円滑さ】最短避難ルートではなく、一人一人の身体状況(杖使用等)に合わせた避難ルートの導出が可能であるため、避難移動が円滑になる
- 【被災状況の伝承しやすさ】完成された地図を用いらず、利用者自らが作成するため、通常の写真にはないその地に住む人達の貴重な知見を反映・蓄積・伝承することが可能となる

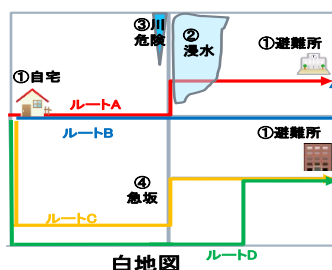


図1 DIGの事例

### 3.2 防災訓練の参加率

防災訓練に関する文献調査を行った。文献11)において、平成25年、東日本1,203人、西日本750人にインターネットによるアンケートを実施したところ防災訓練・催事への参加率は20%であった。文献12)では、平成5年度長崎市扇町避難訓練の参加率は47%であった。このときの不参加の理由は「時間がなかった」が最も多く、続いて「訓練を知らなかった」「その他」となっている。このことについて、地域社会へのとけ込み不足や普段の自治会活動に対する消極的な態度が、大きな不参加要因ではないかと述べられている。一方、山口県周防大島町では、年に一回、津波避難訓練が行われているが、消防団員、消防署や役場職員を除いた一般住民の参加者数は平成24年度603名、平成25年度853名、平成26年度1,924名と

いったように年々訓練参加者が増加傾向にある。しかし、他の高齢過疎地と同じように避難ルートは公的な指定がされておらず、津波避難の目安となる海拔表示も小中学校や公的機関や主たるバス停に表記されているだけで、その存在さえも知らない住民がいる。

### 3.3 関連研究

3.2を受けて、防災訓練に参加できなくても避難支援を行うことができるシステムや歩行空間のバリアフリーに関するシステムを調査することで、DIGの特徴を考慮した本研究の位置づけをする。

文献13)においては、沿岸過疎地域の浸水災害を対象とし、津波遡上シミュレーションや家屋倒壊に伴う道路閉塞、避難時の歩行速度など現実的な避難シミュレーションを行っている。しかし、一般住民に対しては仮想的な被害を体験するだけの防災教育となり、実際の災害発生時がシミュレーションと違う状況であった場合には、現場対応できない可能性も問題点として挙げられる。また、平成23年東日本大震災の教訓として、地域住民による被害体験の記憶や伝承などの情報も考慮する必要があることが公言されているため、これらも情報を含めることを検討すべきである。文献14)は、地震発生時に、よりリスクの少ない避難ルートによる津波避難行動の支援を行うもので、エリアワンセグを併用し、リアルタイムで発災状況を伝達できるナビゲーションシステムを提案し、実証実験を行っている。しかし、発災状況の確認目的で設置しているカメラや通信回線が非常時に使用可能とは限らないこと、かつ高齢者のような歩行弱者に対する移動障害がないバリアフリー環境の整った避難ルートについては言及されていない。次に、歩行空間に着目した文献15)は、高齢者・障害者をはじめとする全ての歩行者に、歩行空間アクセシビリティを提供する歩行者支援GIS(Geographic Information System)について、歩道のユニバーサルデザインを提案・評価したものである。この歩行者支援GISは、定義した詳細なアクセシビリティ項目に従って、調査員が歩行空間の実地調査を行い、身体状況に応じた目的地までのルートを推奨することを目標としている。しかし、防災目的ではないため公的なハザードマップ情報や過去の被災情報を含まないため、危険回避のための判断を行うことが難しい。したがって、この歩行者支援GISを利用し実際の災害時に避難ルートとして推奨してもよいのかの判断は難しい。文献16)は、災害発生前後の平常時と非常時の支援をそれぞれ行うことを想定した常時利用型災害時避難支援システムである。Android端末を利用し、

災害発生前の支援として、地図画面とウィジット機能、避難支援情報の閲覧を促す通知機能、システム利用のモチベーション維持のためのゲーミフィケーション機能がある。平常時には災害時対応機能を体験するために、災害モードで操作に慣れてもらう教育支援を行う。災害発生後のオフライン時は、災害発生前に取得した避難支援情報を端末に保存し、それを基に支援を行う。このような様々な工夫により、常時利用を可能にしているが、高齢者にとって移動障害がないバリアフリー環境の整った避難ルートについては言及されていない。

### 3.4 DIGに関するアンケートとヒヤリング

3.1 で述べた DIG の特徴を考慮した ICT-DIG を開発する前に、DIG を知らない高齢者(平均年齢 70 歳)に対して、DIG の有用性とバリアフリー環境情報の事柄について調査した。本校で開催している高齢者を対象としたパソコンカフェ (ICT 教室) の参加者に対して調査を実施した (図 2 参照)。

まず、タブレット機器は、高齢者でも操作に興味を持っている場合、容易に使えるようになることが分かった。次に、実際に白地図を用いた DIG を実施した後、DIG の有用性に関するアンケート調査を実施した結果を表 2 に示す。防災講座を開催した後、避難訓練への参加状況に関するアンケート実施した結果を表 3 に示す。そして、バリアフリー環境情報に関するアンケートを実施した結果を一部抜粋したものを表 4 に示す。

表 2 より、室内で行う DIG は、身体状況に不安があっても、白地図の上で津波避難訓練の疑似体験ができるため、参加者全員が有用であると評価した。また、DIG を初めて体験する高齢者でも、抵抗なく行うことができ、自助のためにあきらめずに避難行動に移せそうだといった意見も多かった。表 3 より、避難訓練に参加する意思があっても健康不安が理由で、参加出来ない人がいることが分かった。表 4 より、避難時の障害や考慮対象として考えられる項目については、同居家族や近所の人と同じ避難ルートを選択すると考えていたが、個人でバリアフリー環境だと考える項目が違っていた。以上のことから、個人の身体状況に応じたバリアフリー環境をもとに最適避難ルートを考える必要があることが分かった。このような地域に多く存在する高齢者の教育的な避難支援を行うための、在宅したまま DIG を経験できる ICT-DIG の有用性は評価できる。



図 2 パソコンカフェの風景 (右下図が DIG 実施時)

表 2 DIG に関するアンケート (平成 27 年 7 月 8 日、回答者 4 名)

アンケート内容	回答	人数
[1]DIG はどうだったか	役に立つと思う	4
	役に立たないと思う	0
	わからない	0
[2]DIG にまた参加したいか	はい	4
	いいえ	0
[3]実際に避難所までのルートを歩いてみたい/車で行ってみたいか	はい	3
	いいえ	1
[4]DIG が自宅で、タブレットなどで行えたらいいと思うか	はい	4
	いいえ	0
[5]今回の内容は良かったか(複数回答)	楽しかった	2
	役立つと感じた	2
	防災意識が向上した	3

表 3 避難訓練参加に関するアンケート (平成 28 年 7 月 14 日、9 名)

アンケート内容	回答	人数
[1] これまでに避難訓練に参加したことはあるか	はい	3
	いいえ	6
[2] [1]で「はい」と答えた人は①実際の避難経路で障害となる事柄(自由回答)②避難訓練は役立つと感じるか③また避難訓練に参加したいか	① 道路の段差	1
	道路の勾配	1
	② はい	3
	いいえ	0
	③ はい	3
	いいえ	0
[3] [1]で「いいえ」と答えた人は①不参加の理由(自由回答)②①の理由が解決できるなら参加したいか	① 気温が、高い/低い日だった	1
	体調がすぐれない/不安だった	1
	② 訓練が実施されていない	2
	その他	2
	はい	5
[4] ①避難所をいくつ②避難経路を複数、知っているか	② いいえ	0
	① 1 個	5
	2 個	1
	3 個	1
	② 複数	4
限られた数	3	
[5] もし、自宅でタブレットなどを用いて身体状況に合った避難経路が確認できるサービスがあれば利用したいか	はい	9
	いいえ	0

表 4 バリアフリー環境情報に関するアンケート (平成 27 年 1 月 20 日、7 名)

アンケート内容	回答
[1] 障害や考慮項目となるもの(自由回答)	ハザードマップ
	避難場所(一時避難所)
	避難所(二次避難所)
	防災倉庫
	勾配
	歩道幅
	道の状態
	植生の浸食度
	避難所の海拔



## 4. ICT-DIG のシステム構成

### 4.1 システムの設計指針

本研究で提案する ICT-DIG のシステムは、3 章で示した DIG の特徴を持ち、一般住民である高齢者が、健康不安で防災訓練や DIG に参加できない場合でも、自宅等からインターネットに接続されたタブレットを用いて、バリアフリー環境情報を地図上に入力し、地域内において共有化できることを目標とする(図 3 参照)。

このように地図上に各情報を入力し、重ね合わせることで、地域を俯瞰的な視点から捉えることができる。これは平常時における自助のための教育支援になる。加えて、ブレインストーミングで参加者の意見やバリアフリー環境情報を書き込むことができることから、他人の意見を知り、個人の意見が反映される経験をすることで、防災意識の向上も期待できる。そして、得られた貴重な防災地理情報を紙媒体の DIG では参加者の記憶のみに残しているが、ICT-DIG では蓄積し伝承することが可能となる。

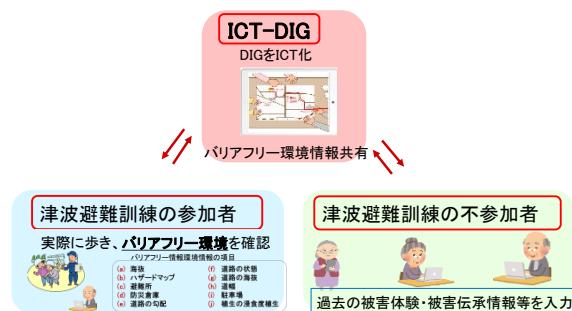


図 3 ICT-DIG の設計指針

### 4.2 DIG と ICT-DIG の対応

表 5 に、DIG を ICT-DIG で実現する際の対応項目とその内容を示す。まず、地図について説明する。DIG では、国土地理院の白地図を利用する。白地図は、詳細な道路データはあるが具体的な建物データ等は持たない。これは、DIG では参加者同士で付加価値を作り上げていくことが大切なためである。一方 ICT-DIG では、GIS (Geographic Information System) を用いる。次に、白地図上に津波避難時のバリアフリー環境情報を考える上で重要な情報を書き込む方法について説明する。DIG では透明なテーブルクロスを使用するが、ICT-DIG では各情報等をレイヤーとして個別管理でき、かつ重畳表示することで実現する。そして実際の書き込みは、DIG ではハザード情報や避難ルートなど線やエリアを書き込む時にはマジックペンを利用し、建物の印等の点を書き込む時にはシールを利用する。一方、ICT-DIG では、GIS のシンボル入力機能やポリゴン入力を用いる。なお、ICT-DIG で使用する

ソフトウェアや地理データは、全て著作権の影響を受けないライセンスフリーのものを利用した。なぜなら、今後全国的に増えていくことが予測される全国の過疎高齢化地域においても、開発した ICT-DIG を利用する際にライセンス制限がかからず、誰でも利用できるようにするためである。

表 5. DIG と ICT-DIG の対応表

	DIG	ICT-DIG	
地図	国土地理院	GIS ソフト (国土地理院、OSM のデータ)	
透明シート	テーブルクロス等	レイヤー	
小道具	建物の印	マジックペン、シール	GIS ソフトのシンボル入力
	危険/安全領域の印	マジックペン	GIS ソフトのポリゴン/シンボル入力
	誤りの修正	ペンジン、ティッシュペーパー	選択して Delete キー

### 4.3 ICT-DIG のユーザーインターフェース

図 4 にシステムの構成図を示す。利用者は、図 4(1)の ICT-DIG の画面で DIG を行う。これには QGIS(Quantum GIS)<sup>17)</sup>を使用した。また、ICT-DIG において、3.1 の図 1 で示した DIG の実施方法と同様に、QGIS の白地図上に、①建物データ等の目印、②ハザードマップ情報、③その地域の危険/安全情報、④バリア・バリアフリー情報を入力し、最適避難ルートを検討する。この QGIS では、白地図と②ハザードマップ情報のレイヤーは表示/非表示とチェックを入れることで重畳表示を容易に変更することが出来る。これらのレイヤーに、①建物データ、③その地域の危険/安全情報、そして、④バリア・バリアフリー情報は、QGIS の機能を用いて入力する。もちろん、他の利用者が入力した各情報も重畳表示させることが可能であり、これらの情報から利用者自身の身体状況を考慮した避難ルートを検討し、データベースに蓄積された情報を基に、SW 法により推奨された最適避難ルートを ICT-DIG 上に表示する。

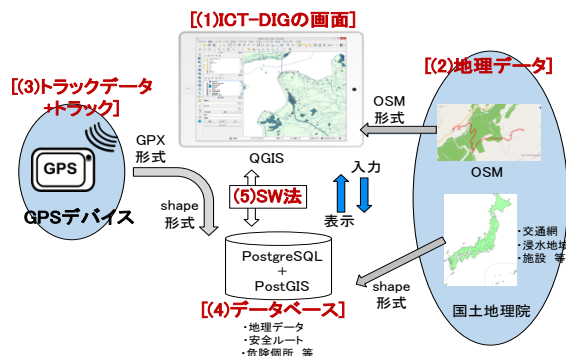


図 4 ICT-DIG システムの構成図

#### 4.4 ICT-DIG で用いる地理データ

図 4(2)の ICT-DIG で用いる地理データについて説明する。QGIS は地理データを保有していないため、白地図と②ハザードマップ情報は国土地理院の地球地図日本（100 万分 1 国際図）と国土数値情報（2 万 5000 分 1 地形図），および OSM（Open Street Map）<sup>18)</sup>を用いた。しかし、本研究目的である過疎高齢化地域のようなエリアは、ライセンスフリーの地理データのみでは地理データが不足していた。そこで、詳細な道路データや目印となる建物等の情報を得るために図 4(3)に示すように GPS デバイス（本研究では GPS トラッキング携帯アプリ Strava<sup>19)20)</sup>を用いて、歩行をトラッキングすることで、詳細な地理データを作成する。4.4.1 と 4.4.2 に実際の地理データの作成について述べる。

##### 4.4.1 GPX データの概念定義

GPS トラッキング携帯アプリから得られるデータは GPX（GPS eXchange Format）である。図 5 に本研究で扱う GPX データであるトラック、ウェイポイント、ルートの概念定義を示す<sup>21)</sup>。トラックとは、図 5 中のウェイポイント（大島商船）からウェイポイント（ガソリンスタンド）までの軌跡のことを指す。本研究では、このトラックにトラック番号を付けて文字列配列にしたものをルートとする。

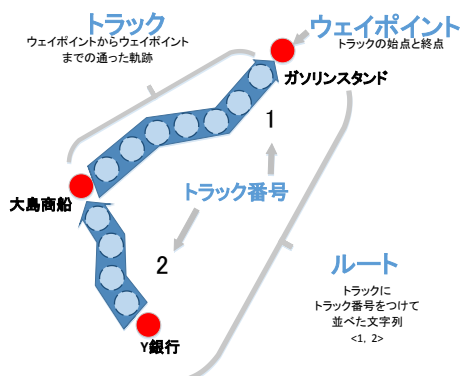


図 5 GPX データの概念

##### 4.4.2 ウェイポイントの設定

4.4.1 で説明したトラックの始点と終点であるウェイポイントには、以下に示す 2 種類を設定した（図 6 参照）。一つ目は、交差点（分岐点）をウェイポイントとして設定する。例えば、交差点 A にウェイポイントを設定しない場合は、トラック 1 のように直線のルートパターンのみになる。一方、交差点 A にウェイポイントを設定すると、トラック 2 の次ルートがトラック 3、トラック 4、またはトラック 5 のように、ルートパターンが増える。二つ目は、避難所やバス停等の公共物や耐震性のある建造物等（誰が見て

も目印となる場所）をウェイポイントとして設定する。これは避難ルートの目印として用いるためである。そして、各避難者の自宅から安全な場所へ避難する場合、全世界にウェイポイントを設定することは困難であるため、自宅から最も近い目印となる場所をウェイポイントの始点とした。

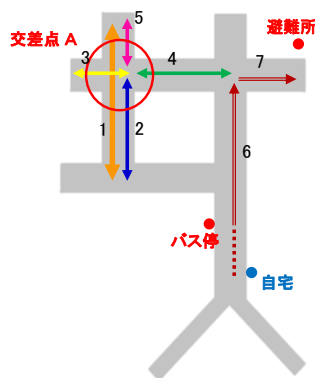


図 6 ウェイポイントの設定

#### 4.5 データベース

4.3 と 4.4 で得られたデータは、図 4(4)のデータベースの PostgreSQL<sup>22)</sup>とその拡張である PostGIS に蓄積して表示する。そして、住民が津波避難訓練等で実際に歩行することで安全確認された避難ルートや伝承されてきた地域の安全情報等から導いた避難ルートを、安全ルートとして、ICT-DIG のデータベースに蓄積していく。さらに、ICT-DIG 利用者が選択した避難ルートも蓄積する。以上のように、DIG では白地図の上で各参加者が持ち寄ったデータを参加者全員で共有するように、ICT-DIG ではデータベースを用いてデータを一元管理することにより、利用者全員が利用時点以前の全データを共有することを実現した。

#### 4.6 SW 法を用いた避難ルートの導出

##### 4.6.1 推奨する避難ルートの導出方法

避難ルートの推奨には SW 法を用いる。SW 法は、二つの文字列の中から類似する部分文字列のペアを検出するアルゴリズムである。このアルゴリズムは類似する部分文字列の中にいくつかのギャップが含まれていても検出できるという特徴を持つ。本研究では、利用者が自身の身体状況に応じて最適だと判断した選択ルートに対して、図 4(4)のデータベースに蓄積されている安全ルートの中で最も一致度が大きかった避難ルートを、図 4(1) の ICT-DIG 上に表示することで、利用者自身の身体状況に応じた最適避難ルートを推奨する。

図 7 は、推奨する避難ルートを導出する方法である。事前に、図 7 左図のように、全トラックにトラッ

ク番号が割り当てられている。まず、ICT-DIG 利用者は、津波被害が予測される広場 A 付近に自宅があり、自宅で地震が発生した場合、トラック 1, トラック 2, そしてトラック 3 を経由して標高の高い広場 C に避難する場合、(1, 2, 3) を避難ルートの文字配列として、選択ルートテーブルに格納する。既にデータベースには、いくつかの安全な避難ルートが文字配列として、安全ルートテーブルに格納されている。利用者が選んだ選択ルートテーブルの避難ルート文字配列と安全ルートテーブルの複数の避難ルートの文字配列に対して、SW 法を適用することで、最大一致度の最適避難ルートを推奨する。もし、選択ルートテーブルに入力した避難ルートが安全ルートテーブルには無い場合は、利用者の意思で安全だと判断すれば、この避難ルートを新規に安全ルートテーブルに格納する。加えて、多くの利用者が最適避難ルートだと評価したルートに重みを付与することで、より精度の高い避難ルートを推奨できると考えた。

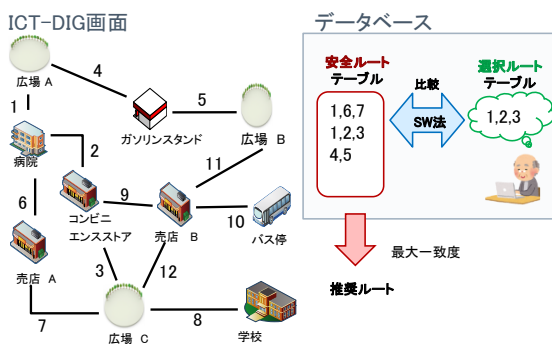


図 7 避難ルートの推奨方法

#### 4.6.2 SW 法のアプローチ

SW 法のアプローチについて説明する。安全ルートテーブルに格納している  $k$  種類の安全ルートを  $\text{Safe\_route}[\ell]$  ( $\ell=1, 2, \dots, k$ ) =  $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$  とする。選択ルートテーブルに格納された選択ルートを  $\text{Choice\_route} = \langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle$  とする。ここで、 $a_1, a_2, \dots, a_n$  は安全ルートテーブルに格納された  $\text{Safe\_route}[\ell]$  の各トラック番号を表し、 $b_1, b_2, \dots, b_m$  は  $\text{Choice\_route}$  内の各トラック番号を表す。そして、 $(n+2) \times (m+2)$  の表を作成する。作成された表の 1 列目に  $a_1, a_2, \dots, a_n$  を各セルに割り当てる。次に、 $b_1, b_2, \dots, b_m$  を 1 行目の各セルに割り当てる。2 行目と 2 列目は 0 を割り当て初期化する。そして、残りのセルのスコアを式(1)(2)を用いて計算する。ここで、式(1)の  $H_{ij}$  は  $i, j$  番目のセルのスコア、 $a_i$  は  $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$  の  $i$  番目のトラック番号、 $b_j$  は  $\langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle$  の  $j$  番目のトラック番号を示す。そして、 $s(a_i, b_j)$  は  $a_i$  と  $b_j$  の類似度を表す。また、SW 法には式(1)(2)に示すように、 $\text{match}$  (文字列の一致)、

$\text{mismatch}$  (文字列の不一致)、 $\text{gap}$  (スペース発生に関する値) の 3 つのパラメータがある。ここでは、一般的によく利用されるパラメータとして  $\text{match} = 1$ ,  $\text{mismatch} = -1$ ,  $\text{gap} = -1$  と定める。そして、 $H_{ij}$  の値が最大となるセルのスコアが  $\text{Safe\_route}[i]$  の一致度  $M$  である。これを安全ルート数の  $k$  回繰り返し最大の一貫度  $M$  を持つ  $\text{Safe\_route}[0]$  のルートが推奨される。

$$H_{ij} = \max \begin{cases} H_{i-1, j-1} + S(a_i, b_j) \\ H_{i-1, j} + \text{gap} \\ H_{i, j-1} + \text{gap} \\ 0 \end{cases} \quad \dots \text{式(1)}$$

$$S(a_i, b_j) = \begin{cases} \text{match} (a_i = b_j) \\ \text{mismatch} (a_i \neq b_j) \end{cases} \quad \dots \text{式(2)}$$

#### 4.6.3 重みの導入による避難ルートの推奨方法

図 8 は、地点 A を始点とした安全ルートテーブルに格納されたルートのすべてを木構造で表現した。図 8 を用いて、最適避難ルートを推奨するアルゴリズムを示す。なおリンクの数字は、図 7 と同様のトラック番号、ノードのアルファベット文字は単に広場やバス停等の目印を記号化したものである。

選択ルートが、トラック 1, 2, 9, 11 であった場合、安全ルートとの一致度  $M$  を SW 法により算出する。図 8 では、SW 法により得られた一致度  $M$  は、トラック 1, 2, 9, 11 の避難ルートが  $M=4$  で最も高く、続いてトラック 1, 2, 9, 12 の避難ルートが  $M=3$  である。なお、ICT-DIG の履歴情報として、一致度の大きかった避難ルートに重み  $W$  を推奨回数としてカウントしている。したがって、推奨する避難ルートは、一致度  $M$  と重み  $W$  を加算した結果が最大値であるトラック 1, 2, 9, 12 となった。以上のアルゴリズムにより、多数の人が最適だと判断したルートが推奨されるようになることで、DIG の特徴である白地図を用いたブレインストーミング手法を再現した。

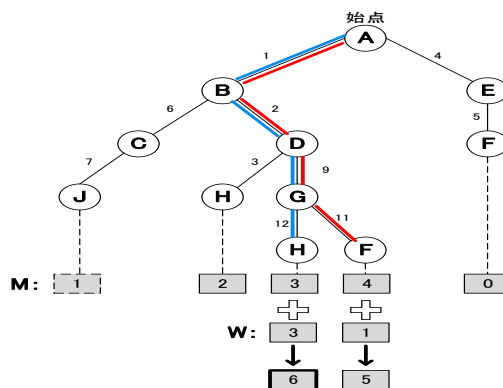


図 8 SW 法と重みの導入による避難ルートの推奨方法

## 5. 提案手法による避難ルートの推奨結果

### 5.1 避難場所と避難ルートの選定

実際に避難場所と避難ルートを選定する際には、(I) 避難場所を標高10[m]以上、(II) 一時避難場所に空地も設定、(III) 避難ルートに目印を付加、というルールを定めた。

(I) は山口県周防大島町の浸水域<sup>23)</sup>の情報を基に設定した。(II) は周防大島町地域防災計画<sup>24)</sup>において、一時避難所として空地(校庭、公園等)も定義されているため設定した。(III) は避難する際に、避難の手助けとなる目印のため、普遍的な建物や交差点に設定した。

### 5.2 対象地域

DIG は津波避難や土砂災害避難などテーマによって地図の尺度を選定する。一方、ICT-DIG はタブレット画面操作で地図の拡大縮小が容易に行えるため、4.4 で示した尺度の地図を用いる。図9は、山口県周防大島町の大島商船高専から津波避難ルートの推奨を行った結果である。道幅の狭いルートを除いた避難場所までの最適ルートが推奨された。



図9 一致度が最大の推奨避難ルートの表示結果

## 6. おわりに

本研究では、高齢者先進地域において、避難ルートや避難所、危険箇所などを地図上で把握する防災訓練の一つであるDIGを、会場に集まることなく個々のICT端末から行うことを可能にするためのICT-DIGシステムを提案した。

そして、健康な地域住民や散歩ができる程度の健康状態がよい時の高齢者が、実際に、現在いる場所からの道路情報を歩いて取得し、最適な避難ルートとして利用可能な小道なども地理データとして取得し、地域を俯瞰的視点から捉えることができる地図をより詳しいものにする取り組みも行った。このように提案するICT-DIGを用いることで、今まで、その地に長く住む住民が持つ、貴重な過去の被災体験や被

災伝承の情報を、自宅に居ながら地域で共有化し、生かすことが可能になると考える。このことは、実際の被害に応じていくつかの選択肢から避難する手助けになる教育効果も期待できる。

今後は、身体状況(杖、車椅子など)で感じるバリアフリー環境が異なることによる推奨ルートを決定するための重みを検討したい。この取組みを通じて、実際に高齢者自らが、ICT機器を用いて津波避難ルートのバリアフリー化に関わる情報をオープンデータ化し、地区防災計画に取り組む津波避難ルートを定量的に決定するために活用していきたい。

謝辞：本研究の一部は、ECOMO交通バリアフリー研究(第51-6号)の助成を受けたものである。また、先行研究において、使用するソフトウェアやデータの選定等の知識提供をして頂いた福田祐樹氏、SW法の基盤となるプログラム作成補助を頂いた井上仁志氏に対してここに付記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 山口健康増進福祉健康増進課、やまぐち健康マップと県民意識調査の実施結果~県内の健康状態が見える化~(平成26年10月)、[www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201410/029358\\_f1.pdf](http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201410/029358_f1.pdf), 平成28年6月20日閲覧。
- 2) 内閣府、災害基本法,<http://www.bousai.go.jp/taisaku/kihonhou/>, 平成28年5月30日閲覧。
- 3) 国土交通省、津波防災地域づくりについて、[http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/tsunamibousaitiiki/dai01kai/dai01kai\\_siryou2-2.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tsunamibousaitiiki/dai01kai/dai01kai_siryou2-2.pdf), 平成28年8月23日閲覧。
- 4) 近藤晴香, 福田祐樹, 井上仁志, 大内清香, 浦上美佐子, 岡村健史郎, 津波避難のためのICT-DIGシステムの開発, 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会講演論文集, pp208, 2016。
- 5) “DIG”, [http://www.bousaihaku.com/bousai\\_img/houkokusyo/kunren/z06.pdf](http://www.bousaihaku.com/bousai_img/houkokusyo/kunren/z06.pdf), 平成28年5月30日閲覧。
- 6) 国土交通省総合政策局安心生活政策課、高齢者、障害者等の災害時・緊急時の避難におけるバリアフリー化方策について—災害時・緊急時に対応した避難経路等のバリアフリー化と情報提供のあり方に関する調査研究報告書とりまとめ—(2013年3月), [http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/sosei\\_barrierfree\\_tk\\_000035.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/sosei_barrierfree_tk_000035.html)
- 7) T.F.Smith&M.S.Waterman, “Identification of Common Molecular Subsequences”, Reprinted from J.Mol.Biol, pp195-197, 1981.
- 8) 西井琢真, 廣安知之, 吉見真聡, 三木光範, 横内久猛, fNIRSデータのSmith Waterman法を利用した類似部分抽出システムの提案と評価. 同志社大学理工学研究報告. 52巻, 4号, pp267-275, 2012.
- 9) 黒島理礼, 村本祥吾, 渡邊貴弓, 浦上美佐子, 松野浩嗣, 被災情報共有無線ネットワークの平常時利用: 適応的観光ルート推奨手法の提案と有用性確認実験, 電子情報通信学会技術研究報告. SIS, スマートインフォメディアシステム 112巻, 465号. PP.103-108, 2013.
- 10) 小村隆志, 平野昌. 図上訓練DIG(Disaster Imagination Game)



- について,地域安全学会論文報告集, No.7, pp136-139, 1997.
- 11) 一般財団法人経済広報センター, 災害への備えと対応に関する意識・実態調査報告書, 2013.
  - 12) 西原純, 自主防災組織の「避難訓練」における住民の参加・不参加要因, 長崎大学教育学部社会科学論叢, No.45, pp27-41, 1993.
  - 13) 松見吉晴, 蘆田哲也, 沿岸過疎地域の浸水災害を対象とした避難シミュレーション開発, 土木学会, 海岸工学論文集, No55, pp1376-1380, 2008.
  - 14) 板宮朋基, 山岸亨, エリアワンセグを併用した津波避難ナビシステムの実証実験, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, pp61-62, 2014.
  - 15) 矢入(江口)郁子, 猪木誠二, 高齢者・障害者を含むすべての歩行者を対象とした歩行空間アクセシビリティ情報提供システムの研究, 情報処理学会論文誌, 46 巻, 12 号, pp.2940-2951, 2005.
  - 16) 濱村朱里, 福島拓, 吉野考, 江種伸之, 日常利用可能なオフライン対応型災害時避難支援システム“あかりマップ”の実環境における利用可能性, 情報処理学会論文誌, 57 巻, 1 号, pp.319-330, 2016.
  - 17) “QGIS”. <http://qgis.org/ja/site/>
  - 18) “OSM”. <https://www.openstreetmap.org/>
  - 19) “Strava”. <https://www.strava.com/>
  - 20) 森下慈也, 諏訪博彦, 荒川豊, 安本慶一, 自転車ツーリングにおける適正ルート推奨システム, 情報処理学会 DPS 研究会, マルチメディアと分散処理ワークショップ, pp206-208, 2015.
  - 21) GPX についての基礎知識. <http://www.joyful-log.jp/hpgen/HPB/entries/11.html>
  - 22) PostgreSQL. <https://www.postgresql.jp/>
  - 23) 周防大島町のホームページ, 周防大島町津波ハザードマップ. [http://www.town.suo-oshima.lg.jp/soumu/tsunami\\_hazard\\_1.html](http://www.town.suo-oshima.lg.jp/soumu/tsunami_hazard_1.html), 平成 28 年 5 月 30 日閲覧.
  - 24) 山口県公式ウェブサイト, 公共事業事後評価調査. <http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cmsdata/8/d/d/8ddfed34364a78b2e489f5cec2089596.pdf>, 平成 28 年 5 月 30 日閲覧.