

# 行動選択フローとハザードマップの連携による水害・土砂災害時の 避難行動選択支援アプリの開発と評価

北川悠一<sup>1</sup> 佐野 将<sup>2</sup> 田中孝治<sup>3</sup> 堀 雅洋<sup>1</sup>

**概要**：近年、集中豪雨等の大雨に伴う水害および土砂災害による人的被害が全国で発生している。災害時の避難行動選択を支援する紙媒体の行動選択フローでは、ハザードマップアプリを適宜表示・参照しながら災害時に想定される災害状況を確認する必要がある。しかし、ハザードマップアプリに表示されている浸水想定区域の浸水深を正しく読み取ることが難しかったため、適切な避難行動を選択できなかった。本研究では、所在地に応じた避難行動の選択を支援するために、行動選択フローで入力した災害の種類に対して、想定される災害状況をハザードマップアプリから自動で取得し、行動選択フローに反映する仕組みを実現した避難行動選択支援アプリを作成した。作成したアプリの有用性を、避難行動選択および避難先特定の正確さの観点から検証するためにユーザ評価を行った。その結果、避難行動選択支援アプリでは、避難行動選択および避難先特定いずれにおいても9割以上の正答率が確認された。

**キーワード**：避難行動、行動選択フロー、水害ハザードマップ、アプリケーション

## Development and evaluation of application to support selection of evacuation action linking action selection flow and hazard map

YUICHI KITAGAWA<sup>†1</sup> SHO SANO<sup>†2</sup> KOJI TANAKA<sup>†3</sup> MASAHIRO HORI<sup>†1</sup>

**Abstract**: It is not difficult for residents to understand the knowledge of disaster prevention. However, people sometimes cannot easily use such knowledge to take safe evacuation actions at the time of disaster. For example, it is difficult to decide safe evacuation action taking account of various preconditions such as types of disaster, hazardous areas and height of the location in the building. An action selection flow diagram to select an appropriate evacuation action according to a present location by specifying the preconditions along the flow need to use in combination with a flood hazard map. The action selection flow diagram and the flood hazard map are provided as online applications in recent years. In this study, we propose an application to support selection of evacuation action that associates two application for the action selection diagram flow and the flood hazard map. As results of the user evaluation, it was confirmed that the proposed application allowed users to select safe evacuation actions and to specify evacuation area in less time with correct answer rates more than 90%.

**Keywords**: evacuation actions, action selection flow, flood hazard map, application,

### 1. はじめに

2018年の7月に発生した西日本豪雨に代表されるように、集中豪雨等に伴う水害や土砂災害によって日本各地で甚大な人的被害が発生している[1]。豪雨災害時は、これまで避難所等の施設へ移動して安全を確保する立退き避難（水平避難）が前提とされていたが、危険が差し迫った状況で避難所への移動を強行したことによる被災事例も発生していた[2][3]。そのため、災害時の避難方法として、立退き避難だけでなく、自宅等の屋内で安全な場所に留まる屋内安全確保（垂直避難）を考慮することが2013年の災害対策基本法改正[4]により新たに定められた。さらに、避難勧告等の避難情報や災害発生情報は一定の区域ごとに発表される。

そのため、住民はそれぞれの居住状況（居住地の地理的条件や住宅構造等）を勘案した上で、自らの判断で避難行動をとることが求められている[5]。災害時にとるべき避難行動については、「立退き避難」「屋内安全確保」のいずれかを選択するだけでなく、避難先として立退き避難の場合は避難所等の施設を、屋内安全確保の場合は安全を確保できる建物の階数を特定しなければならない[5]。

災害発生情報をもとに、所在地でとるべき避難行動の選択を支援する方法として、避難行動の確認手順をフローチャート形式で表現した行動指南型ハザードマップ（以下、行動選択フローと呼ぶ）が提案されている[6][7]。行動選択フローでは、災害の種類に応じて所在地周辺で想定される災害リスク等を水害ハザードマップで確認し、住居建物の階数等を指定することによって、とるべき避難行動を導くことができる。水害ハザードマップは、水害時に想定される浸水範囲とその深さ等の災害リスクとともに避難所等の災害関連施設を表示した地図[8]で、浸水想定区域に指定さ

1 関西大学大学院 総合情報学研究科  
Graduate School of Informatics, Kansai University  
2 関西大学 総合情報学部  
Faculty of Informatics, Kansai University  
3 金沢工業大学 情報フロンティア学部  
College of Informatics and Human Communication, Kanazawa Institute of  
Technology

表 1 入力支援アプリにおいて入力すべき項目

Table 1 Input items in the input support application

災害の種類	危険区域の種類	浸水の程度	住居建物の階数
外水はん濫 (水害)	早期立ち退き避難が必要な区域 (区域外) 早期立ち退き避難が必要な区域 (区域内)	5.0m 以上 3.0m~5.0m 未満 0.5m~3.0m 未満 0.5m 未満 浸水想定なし	4 階以上 3 階 2 階 1 階
内水はん濫 (水害)		1.0m 以上 0.5m~1.0m 以上 0.5m 未満 浸水想定なし	
土砂災害	*1 土砂災害警戒区域 (区域外) *1 土砂災害警戒区域 (区域内) *2 土砂災害特別警戒区域 (区域外) *2 土砂災害特別警戒区域 (区域内)		

\*1: 急傾斜地, 土石流, 地すべりの 3 種類が該当

\*2: 急傾斜地, 土石流の 2 種類が該当

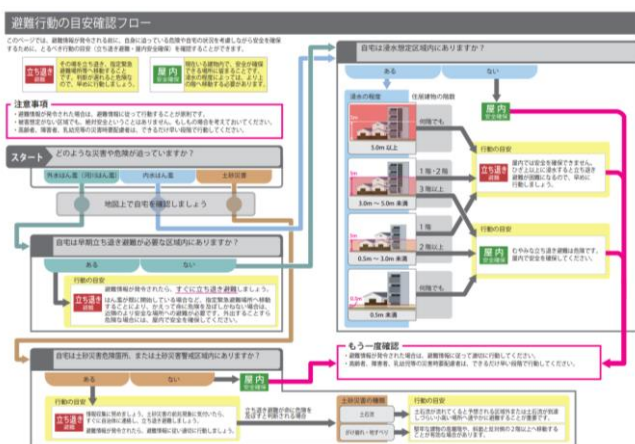


図 1 行動選択フローの例  
 Figure 1 Action selection flow

れた市町村では水防法により作成が義務付けられている [9].

行動選択フロー (図 1) については, 指示された項目を順次確認することによって, 初めての利用者でも適切な避難行動を選択可能であることがユーザ評価によって確認されている [10]. ただし, 先行研究 [10] での評価は, 行動選択フローそれ自身を対象として行われ, 評価中に参照するハザードマップには対象地域で想定される様々な災害リスクのうち, 評価課題が前提とする状況を抜粋して記載した紙媒体の地図が用いられた. さらに, 行動選択フローについても, フローチャート表現の有用性評価を目的としたため, 選択手順全体が一覧できるように A3 用紙に印刷した行動選択フローが用いられていた [10].

本研究では, 災害時に活用することを念頭に置き, 避難行動選択を支援するアプリとして行動選択フローを発展させることを目指している. そのため, ハザードマップについても, 前提とする災害状況を抜粋した地図ではなく, ハザードマップとして想定されたすべての状況が確認できるものを用いる. その上で, 対象地域の水害・土砂災害ハザード

ードマップを読み取る段階を含め, 避難行動の選択から避難先の特定に至るまでの一連の過程を考慮した検討を行う.

水害・土砂災害ハザードマップについては, 災害の種類 (外水氾濫や土砂災害等) を選択することで, 地図上の表示内容 (災害状況や開設される避難施設) の切り替えが可能なハザードマップアプリも公開されている. しかし, ハザードマップに記載された浸水深や避難所等を確認するだけでなく, 行動選択フローとともにそれらの情報を活用しなければ, とるべき避難行動を判断することはできない. 筆者らは, ハザードマップアプリと連携しながら, 行動選択フローで順次必要とされる情報の入力を支援する機能を開発し, とるべき避難行動を判断する状況への適用可能性について検討を行ってきた [11]. 以下, 本研究で提案する避難行動選択支援アプリの構成について述べ (2 章), その有用性を評価するために行ったユーザ評価の概要 (3 章), その評価結果と結果に基づく考察 (4 章), 最後に本研究のまとめ (5 章) について述べる.

## 2. 避難行動選択支援アプリ

筆者らは, 大阪府高槻市の水害・土砂災害ハザードマップアプリ試作版を開発し [12], 避難行動の選択を支援できる環境とするためにユーザビリティの評価と改善に取り組んできた [13] [14]. このハザードマップアプリは, 他の水害・土砂災害ハザードマップアプリ [9][15][16] と同様に, 想定される浸水範囲や開設される避難所の位置等を災害の種類に応じて地図上で適宜切り替え可能となっている. 本研究では, 高槻市ハザードマップアプリ試作版 (以下, マップアプリと呼ぶ) を用いて避難行動の選択支援機能について検討した.

### 2.1 行動選択に必要な情報の入力支援

行動選択フローの指示された項目 (以下, 入力項目と呼ぶ) には, 災害の種類や危険区域の種類, 浸水の程度, 住居建物の階数がある (表 1). これらの項目のうち必要最小限の項目を指定することで適切な避難行動を導くことがで



図 2 避難行動選択支援アプリの画面

(左側: 入力支援アプリ, 右側: マップアプリ)

Figure 2 Screenshot of an application to support selection of evacuation actions (input support function on the left, and flood hazard map on the right)

きるように、行動選択フローの構造に基づいて入力項目が順次提示され、全ての入力項目の設定が終わると、とるべき避難行動が提示される入力支援アプリを開発した[11].

ただし、入力支援アプリとマップアプリを個別に提供し、相互に行き来しながら避難行動を求めると、マップアプリに表示された浸水深等の災害状況を誤って読み取り、適切な入力項目の値を指定できない場合がある[11]. そのため、所在地で想定される災害状況に関する情報のうちマップアプリで保持される情報については、ユーザに入力を求めることなく、入力支援アプリがマップアプリから取得して入力項目の値を自動選択する機能を実現した.

## 2.2 入力支援アプリとマップアプリの連携

入力支援アプリの入力項目(表 1)のうち危険区域の種類や浸水の程度はハザードマップで確認する項目である. これらの情報については、リスク情報の読み取り誤りを回避するために、入力支援アプリがマップアプリから取得するようにした. そのため、入力支援アプリとマップアプリを連携させ、単一アプリとして利用可能な避難行動選択支援アプリ(以下、行動選択支援アプリと呼ぶ)を開発した(図 2).

行動選択支援アプリでは、画面の左側に「入力支援アプリ」を、右側に「マップアプリ」が配置される. 入力支援アプリ(図 2, 左側)は、所在地に該当する入力項目等の値を選択する欄と避難行動の目安を提示する欄から構成される. 入力支援アプリで選択することが求められる入力項目とその値は、災害時の避難行動指針[17]と大阪府高槻市の水害・土砂災害ハザードマップの内容[18]に準拠し、災害の種類(3種類)、危険区域の種類(6種類)、浸水の程度(9種類)、住居建物の階数(4種類)とした(表 1). 災害の種類のうち水害として考慮した「外水はん濫」とは、河川の水が堤防からあふれ出る、または河川の堤防が切れる

ことで家屋や田畑等が浸水する現象、「内水はん濫」とは、河川の水位上昇等により、堤防の内側の地域において雨水が排水できずに浸水する現象を意味する[19]. 結果として出力される避難行動は、内閣府によるガイドライン[17]に基づき、避難所等の施設へ移動する立退き避難と、自宅等の屋内の安全な場所に留まる屋内安全確保の2種類とした. 入力支援アプリでは、提示された入力項目の値を選択すると、順次入力項目の選択欄が追加され、最終的に選択された入力項目の値に基づいてとるべき避難行動が提示される.

入力支援アプリの内部処理手順を表現したフローチャートを図 3 に、入力支援アプリとマップアプリの連携について図 4 に示す.

入力支援アプリでは、最初にユーザが3種類の災害の種類(外水はん濫, 内水はん濫, 土砂災害)の中から該当するものを一つ選択する(図 3-a と図 4-a). 災害の種類が選択されると、マップアプリに対して災害の種類を送信し、選択された災害の種類に応じた災害状況や避難施設がマップ上に表示され、災害の種類に応じた入力項目の選択欄が入力支援アプリに順次追加される(図 3-b~d, f~h と図 4- b~d, f, h). 外水はん濫では、早期立退き避難が必要な区域(2種類)・浸水の程度(5種類)・住居建物の階数(4種類)の3種類、内水はん濫では、浸水の程度(4種類)・住居建物の階数(4種類)の2種類の入力欄、土砂災害では、土砂災害警戒区域(3種類)・土砂災害特別警戒区域(2種類)の2種類の選択欄が入力項目として提示される. これらの入力項目のうち危険区域の種類(図 3-b, h と図 4-b, h)および浸水の程度(図 3-c, f と図 4-c, f)は、マップアプリから入力支援アプリに対して災害の種類に応じた所在地の災害状況の値が送信され、その値が入力支援アプリの該当する入力項目に反映される(図 3-b, c, h, f と図 4-b, c, h, f). 住居建物の階数は、ユーザが4種類の選択肢から所在地の建物の階数を選択する(図 3-d, g と図 4-d, g).

全ての入力項目の選択が終了すると、「避難行動の目安」の欄に、所在地でとるべき避難行動として立退き避難または屋内安全確保のいずれかが提示(図 3-e と図 4-e)されると同時に、各避難行動に対する補足説明が示される. 屋内安全確保の場合は、所在地で想定されている浸水の程度を考慮した安全を確保できる階数を提示した. 立退き避難の場合は、「避難所の選び方」および「ハザードマップで確認」の2種類のボタンを配置した. 避難所の選び方ボタンでは、避難所を選ぶ際の注意事項に関する説明がサイドパネルで表示される. ハザードマップで確認ボタンでは、マップ上の避難所アイコンの説明と、避難所アイコンを選択すると現在地からその避難所までの最短経路が赤線で表示されることに関する説明がサイドパネルで表示される. 屋内安全確保が提示された場合は避難すべき階数を、立退き避難が提示された場合はマップアプリ上の避難所の中から避難すべき避難所を確認する.

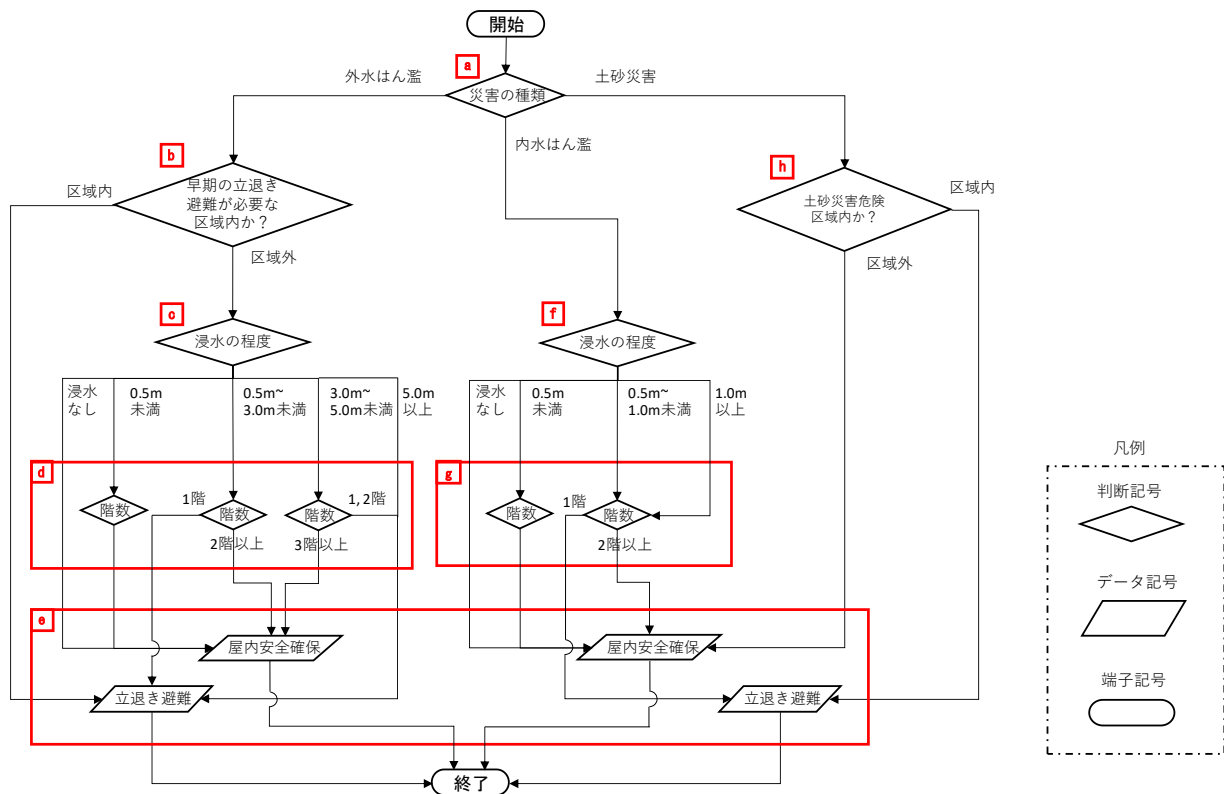


図 3 避難行動選択支援アプリの処理手順

Figure 3 Processing procedure of an application to support selection of evacuation actions

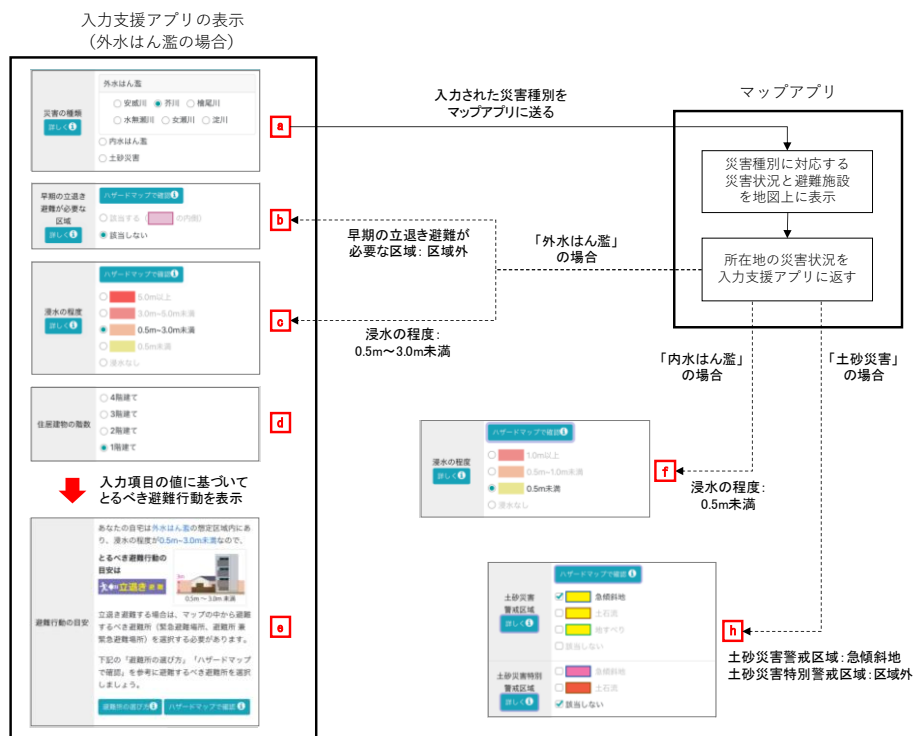


図 4 入力支援アプリとマップアプリの連携機能 (例: 外水はん濫)

Figure 4 Function of linking input support application and map application

入力支援アプリでは、入力項目名とマップアプリの表示内容についての補足説明を表示するために、入力項目の選

択欄に「詳しく」ボタンと「ハザードマップで確認」ボタンを配置した。詳しくボタンでは、各入力項目の事象等に

表 2 評価課題の内容

Table 2 Evaluation tasks

	災害の種類	危険区域の種類	浸水の程度	住居建物の階数	とるべき避難行動
1	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域外)	浸水想定なし	1階	屋内安全確保
2	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域外)	0.5 未満	2階	屋内安全確保
3	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域外)	0.5~3.0m 未満	2階	屋内安全確保
4	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域外)	0.5~3.0m 未満	1階	立退き避難
5	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域外)	0.5~3.0m 未満	1階	立退き避難
6	外水はん濫	早期の立退き避難が必要な区域 (区域内)	3.0~5.0m 未満	2階	立退き避難
7	内水はん濫		0.5m 未満	1階	屋内安全確保
8	内水はん濫		0.5~1.0m 未満	2階	屋内安全確保
9	土砂災害	土砂災害警戒区域 (区域外)		1階	屋内安全確保
10	土砂災害	土砂災害警戒区域 (区域内:急傾斜地)		2階	立退き避難

関する説明が閲覧可能であり、入力項目のうち「災害の種類」、「危険区域の種類」、「住居建物の階数」の選択欄に配置した。「災害の種類」では、3種類の災害に関する事象の説明が、「危険区域の種類」と「浸水の程度」では、危険区域や浸水の程度等に関する事象の説明がサイドパネルに表示される。「ハザードマップで確認」ボタンでは、マップアプリの凡例等に関する説明が閲覧可能で、「危険区域の種類」、「浸水の程度」の選択欄に配置した。

### 3. ユーザ評価

行動選択支援アプリにおける入力項目の自動選択の有用性を検証するために、所在地でとるべき避難行動を求める「避難行動選択課題」を用いてユーザ評価を実施した。避難行動を確認した場合は、避難先を確認しておく必要がある[5]ため、安全を確保できる避難先を求める「避難先特定課題」も併せて用いた。

行動選択支援アプリの有用性を示すためには、従来の確認方法である行動選択フローとマップアプリを用いて避難行動と避難先を求めた場合の結果と比較する必要がある。そこで、先行研究で作成した行動選択フロー[10]をデジタル文章(PDFファイル)としてウェブブラウザに表示し、マップアプリと併用しながら避難行動と避難先を求める「入力支援なし&独立型」条件を用意した。入力支援アプリ[11]は、入力項目の値に応じた避難行動が示唆されるため、適切な入力項目の値を選択できた場合に避難行動を確認する方法として有用と考えられる。そのため、行動選択支援アプリから入力項目の自動選択機能を除いた入力支援アプリと、マップアプリを独立した状態で使用し、避難行動と避難先を求める「入力支援あり&独立型」条件を用意した。この条件と行動選択支援アプリを利用する「入力支援あり&連携型」条件の結果の比較により、入力支援アプリとマップアプリの連携による支援方式の有用性を示す。

#### 3.1 評価協力者

18~24歳までの大学生36名(平均年齢20.8歳)が協力

し、3つの操作条件に12名ずつ割り当てた<sup>a</sup>。本ユーザ評価では高槻市のハザードマップを用いて課題に解答するため、ハザードマップ利用経験および高槻市居住経験が課題遂行に影響を与える可能性がある。そのため、ハザードマップ利用経験者および高槻市在住者が特定の条件に偏らないように協力者を配置した。

#### 3.2 評価環境

ユーザ評価は、評価者(1名)と評価協力者(1名)以外に誰もいない静かな部屋で実施した。ユーザ評価のための実行環境としては、タブレット端末(9.7インチ, 2048×1536ピクセル, 264ppi)を利用した。

評価課題に用いるアプリはウェブブラウザ(Safari)で表示し、初期状態では画面の左側に行動選択フローに関するアプリ(行動選択フローのデジタル文書/入力支援アプリ)を、右側にマップアプリを配置した。協力者がアプリを操作する様子を記録するために、あらかじめ評価協力者の同意を得て課題遂行中の様子をビデオカメラで撮影した。

#### 3.3 評価課題

行動選択支援アプリが対象とする災害の種類(外水はん濫, 内水はん濫, 土砂災害)を想定した評価課題10問を用意した(表2)。なお、高槻市では内水はん濫時に避難所が開設されないため、内水はん濫で立ち退き避難が正解となる問題は用いなかった。

各協力者には、「状況文」と「避難行動選択欄」を記載した問題用紙を配布した。「状況文」には、現在地で想定されている災害の種類や住居建物の階数といった行動選択フローを利用する際に必要な情報を示した。「避難行動選択欄」には解答として、とるべき避難行動と安全を確保するための避難先を、それぞれ選択肢から選んで記入する。避難行動としては、屋内安全確保または立退き避難のいずれか一つを選択する。そして、屋内安全確保を選択した場合は建物内で移動すべき階数を、立退き避難を選択した場合はマップアプリに表示されている避難所の中から避難すべき避難所を一つ選択する。

<sup>a</sup> 先行研究[11]の評価協力に参加した者は含まれないようにした。

なお、デジタル文章の行動選択フローを用いて課題に取り組み協力者（支援なし&独立型条件）の問題用紙には、課題遂行中に確認した入力項目の値を選択肢から選んで記録する「入力項目選択欄」を設けた。外水はん濫または内水はん濫の入力項目である早期立退き避難が必要な区域、浸水の程度、住居建物の階数については、提示された選択肢の中から該当するものを一つ選択する。土砂災害の入力項目である土砂災害警戒区域／特別警戒区域については、提示された選択肢の中から該当するものを全て選択する。

### 3.4 実施手順

最初に、2種類の避難行動と各条件で使用するアプリの操作方法について説明した。マップアプリの機能説明については、課題遂行中に適宜参照できるようにした。入力支援あり&連携型条件では機能説明を行動選択支援アプリで閲覧できるようにし、入力支援なし&独立型条件および入力支援あり&独立型条件では同等の内容を記載した説明資料を配布した。評価課題（10問）は問題用紙に1問ずつ印刷して配布し、指定された順に解答するように求めた。順序効果を打ち消すために出題順はカウンターバランスを考慮した。

## 4. 結果と考察

評価結果を表3に示す。本節では、避難行動選択課題および避難先特定課題の平均正答率、評価課題の平均解答時間を条件間で比較した結果と考察について述べる。

### 4.1 避難行動選択課題

避難行動選択課題では、選択された避難行動のみから正誤を判定した場合、その前提となる入力項目の確認を誤っていたとしても偶然正解となる可能性がある。そのため、すべての入力項目を誤りなく指定した上で、正しい避難行動が選択された場合を正解とした。避難行動選択課題の平均正答率について、Shapiro-Wilk検定で正規性を、Levene検定で等分散を確認したところ、共に帰無仮説が棄却されたためKruskal-Wallis検定<sup>b</sup>を適用した。その結果、有意差が認められた ( $\chi^2 = 17.30, df = 2, p = .000 < .05$ ) ため、Mann-WhitneyのU検定による多重比較(Bonferroni補正有)を行った(表4)。入力支援あり&連携型条件の正答率(99.2%)は、入力支援なし&独立型条件(82.5%)より有意に高かった ( $p = .009 < .05$ )。また、入力支援あり&連携型条件の正答率(99.2%)は、入力支援あり&独立型条件(61.7%)よりも有意に高かった ( $p = .000 < .05$ )。一方、入力支援なし&独立型条件(82.5%)と入力支援あり&独立型条件(61.7%)に有意差はなかった ( $p = .270 > .05$ )。

入力支援あり&連携型条件では、入力項目の選択の誤りは1問だけ(災害の種類)であった(1問/120問)。一方、

表3 評価課題の結果 (N=36)

Table 3 Result of evaluation tasks.

条件名	避難行動選択 (%)	避難先特定 (%)	解答時間 (秒)
入力支援なし&独立型 (n=12)	82.5 (18.2)	75.0 (15.1)	116.6 (24.5)
入力支援あり&独立型 (n=12)	61.7 (33.0)	55.0 (31.5)	96.2 (36.2)
入力支援あり&連携型 (n=12)	99.2 (2.9)	90.0 (8.5)	54.7 (18.8)

括弧内は標準偏差を示す

表4 避難行動選択課題の多重比較の結果

Table 4 Multiple comparison method result

(Tasks of selecting evacuation actions)

条件名	有意確率	有意差
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&独立型	$p = .270$	<i>n.s.</i>
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .009$	**
入力支援あり&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .000$	**

\*\* :  $p < .01$ , *n.s.* : 非有意

表5 避難先特定課題の多重比較の結果

Table 5 Multiple comparison method result

(Tasks of selecting a place to evacuation)

条件名	有意確率	有意差
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&独立型	$p = .359$	<i>n.s.</i>
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .039$	*
入力支援あり&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .002$	**

\*\* :  $p < .01$ , \* :  $p < .05$ , *n.s.* : 非有意

表6 回答時間の多重比較の結果

Table 6 Multiple comparison method result (Answer time)

条件名	有意確率	有意差
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&独立型	$p = .179$	<i>n.s.</i>
入力支援なし&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .000$	**
入力支援あり&独立型 vs. 入力支援あり&連携型	$p = .002$	**

\*\* :  $p < .01$ , *n.s.* : 非有意

入力支援なし&独立型条件と入力支援あり&独立型条件では、所在地で想定されている災害状況の確認の誤りが多く確認された(入力支援なし&独立型条件: 15問/120問, 入力支援あり&独立型条件: 20問/120問)。特に浸水の程度については、0.5m~3.0m未満と3.0m~5.0m未満の浸水色が区別しにくかったため選択を誤った(入力支援なし&独立型条件: 4問, 入力支援あり&独立型条件: 8問)と考えられる。さらに、入力支援あり&独立型条件では、入力

<sup>b</sup> Kruskal-Wallis検定: 対応のない3つのグループの平均値に差があるかどうかを検定するもの[20]であり、正規性および等分散の帰無仮説が棄却された場合に用いる[21]。

項目を正しく解答できた協力者は全員正解したが、入力支援なし&独立型条件では入力項目を正しく確認できたにも関わらず、適切な避難行動を選択できない場合があった(4問)。それに対して、行動選択支援アプリを使用した入力支援あり&連携型条件では、入力項目を正しく選択し、適切な避難行動を選択できた。以上の結果から、入力支援アプリで選択した災害の種類に対して想定される災害状況をマップアプリから自動取得し、入力支援アプリに反映する仕組みは、適切な避難行動の選択の支援に有用と考えられる。

#### 4.2 避難先特定課題

避難先特定課題では、避難行動選択課題に正解し、とるべき避難行動として屋内安全確保が求められた問題では安全を確保できる階数を、立退き避難が求められた問題では危険箇所を回避した経路で最寄りの避難所を解答した場合を正解とした。避難先特定課題の平均正答率について、Shapiro-Wilk 検定で正規性を、Levene 検定で等分散を確認したところ、共に帰無仮説が棄却されたため Kruskal-Wallis 検定を適用した。その結果、有意差が認められた  $\chi^2=13.42$ ,  $df=2$ ,  $p=.001<.05$  ため、Mann-Whitney の U 検定による多重比較 (Bonferroni 補正有) を行った (表 5)。入力支援あり&連携型条件の正答率 (90.0%) は、入力支援なし&独立型条件 (75.0%) よりも有意に高かった ( $p=.039<.05$ )。また、入力支援あり&連携型条件 (90.0%) は、入力支援あり&独立型 (55.0%) 条件よりも有意に高かった ( $p=.002<.05$ )。一方、入力支援あり&独立型条件 (55.0%) と入力支援なし&独立型条件 (75.0%) に有意差はなかった ( $p=.359>.05$ )。

入力支援あり&連携型条件では、避難先特定課題の正答率は 90%であった。このことから、行動選択支援アプリは、水害・土砂災害ハザードマップを読み取る段階を含め、避難行動の選択から避難所の特定に至るまで一連の確認手順の支援に有効と考えられる。ただし、立退き避難時の避難所特定では、先行研究[13][14]と同様に、用水路にかかる橋や用水路付近を通過する避難所が特定されたため、移動中の危険を適切に回避できない場合もあった。この点については、避難所への移動経路が用水路等の危険箇所付近を通過するかどうか、ハザードマップアプリ側で検知してユーザーに注意を促すといった工夫が必要と考えられる。近年は、町を歩きながら防災マップを作成する活動を通して、地域の危険性への理解・関心を向上させる取り組みが実践されている[22]。行動選択支援アプリに加えて、防災マップづくり等のツールも活用することによって、災害時に安全を確保するための総合的な支援が可能と考えられる。

#### 4.3 評価課題の回答時間

課題 1 問あたりの平均解答時間について、Shapiro-Wilk 検定で正規性を、Levene 検定で等分散を確認したところ、共に帰無仮説が棄却されなかったため一元配置の分散分析を適用した。その結果、有意差が認められた ( $F(2, 33) =$

$15.83$ ,  $p=.000<.05$ ) ため、Tukey の HSD 法による多重比較を行った (表 6)。入力支援あり&連携型条件の解答時間 (54.7 秒) は、入力支援なし&独立型条件 (116.6 秒) よりも有意に短かった ( $p=.000<.05$ )。また、入力支援あり&連携型条件 (54.7 秒) は、入力支援あり&独立型条件 (92.5 秒) よりも有意に短かった ( $p=.002<.05$ )。一方、入力支援あり&独立型条件 (92.5 秒) と入力支援なし&独立型条件 (116.6 秒) に有意差はなかった ( $p=.179>.05$ )。

避難行動を選択する際に、入力支援なし&独立型条件では、行動選択フローとマップアプリを、入力支援あり&独立型条件では、入力支援アプリとマップアプリを併用し、入力項目および避難行動の選択を行う必要があった。両条件とも避難行動の選択までに、ユーザに選択を求める操作が多かったため、解答時間が長くなったと考えられる。

### 5. おわりに

本研究では、所在地でとるべき避難行動の選択を支援する行動選択支援アプリを開発し、ユーザ評価によってその有用性を検証した。行動選択支援アプリでは、入力支援アプリで選択した災害の種類に対して想定される災害状況をマップアプリから自動取得し、入力支援アプリに反映する仕組みを取り入れた。その結果、入力支援アプリとマップアプリを独立した 2 つのアプリとして操作した場合[11]には避けられなかったハザードマップの読み誤りによる問題を大きく改善することができた。それによって、行動選択支援アプリでは、避難行動選択課題と避難先特定課題の正答率はいずれも 9 割を超えた。さらに、避難行動選択から避難先特定までに要する解答時間も、他の 2 条件に比べて 5~6 割程度まで短縮することができた。

本研究では、画面サイズ 9.7 インチのタブレット端末を用いて評価を行った。避難行動選択アプリを常時携帯していつでも利用できるようにするには、スマートフォンに相当する 5~6 インチ程度の画面サイズでユーザ評価を実施するとともに、ユーザインターフェースの改善について今後検討していく必要があると考えられる。

**謝辞** 本研究において実験素材の作成に携わった本間くるみさん (関西大学, 当時所属), 上郡智幸君 (関西大学大学院) に謝意を記す。

### 参考文献

- [1] 牛山素行, 本間基寛, 横幕早季, 杉村晃一. 平成 30 年 7 月豪雨災害による人的被害の特徴. 自然災害科学, 2019, vol. 38, no. 1, p. 29-54.
- [2] 牛山素行. 2004~2007 年の豪雨災害による人的被害の原因分析. 河川技術論文集, 2008, vol. 14, p. 175-180.
- [3] 牛山素行, 片田敏孝. 2009 年 8 月佐用豪雨災害の教訓と課題. 自然災害科学, 2010, vol. 29, no. 2, p. 205-218.
- [4] 内閣府. 災害対策基本法等の一部を改正する法律. 2013, [http://www.bousai.go.jp/taisaku/minaoshi/pdf/kihonhou\\_01\\_3.pdf](http://www.bousai.go.jp/taisaku/minaoshi/pdf/kihonhou_01_3.pdf),

- (参照 2018-11.09).
- [5] 内閣府. 避難勧告等に関するガイドライン①(避難行動・情報伝達編). 2019, [http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan\\_guideline\\_01.pdf](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/pdf/hinan_guideline_01.pdf) (参照 2019-08-15).
  - [6] 片田敏孝, 及川 康, 児玉 真. 行動指南型洪水ハザードマップの開発. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2011, vol. 67, no. 4, p. 528-541.
  - [7] 久山勝生, 堀 雅洋, 田中孝治, 池田 満. 安全確保行動選択フローのユーザ評価に基づく検討. 日本災害情報学会研究発表大会予稿集, 2016, vol. 18, p. 224-225.
  - [8] 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室. 水害ハザードマップ作成の手引き. 2016, [http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai\\_hazardmap\\_tebiki\\_201604.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai_hazardmap_tebiki_201604.pdf) (参照 2017-03-29).
  - [9] 藤井夢佳, 上芝卓也, 吉松直貴, 大角光司. さらに使いやすい「国土交通省ハザードマップポータルサイト」を目指して. 国土地理院時報, 2018, vol. 130, p. 119-122.
  - [10] 北川悠一, 久山勝生, 池内惟真, 田中孝治, 池田 満, 堀 雅洋. 災害時の避難行動選択に関わる情報解釈能力向上のための逆思考問題による学習支援方式の検討. 教育システム情報学会誌, 2018, vol. 35, no. 2, p. 122-133.
  - [11] 北川悠一, 本間くるみ, 田中孝治, 池田 満, 堀 雅洋. 行動選択フローとマップアプリの連携による災害状況に応じた安全確保行動確認アプリの提案. 日本災害情報学会第 20 周年学会大会予稿集, 2018, p. 226-227.
  - [12] 辻 俊光, 北川悠一, 堀 雅洋. Web ハザードマップにおけるコンテキストウェアな情報提示に関する検討. 電子情報通信学会第 22 回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会, 2012, p. 59-64.
  - [13] 久山勝生, 北口寿明, 田中孝治, 池田 満, 堀 雅洋. 洪水ハザードマップアプリにおける避難所選択手順の学習用意性に関する研究. 第 29 回人工知能学会全国大会論文集, 2015, 2N3-1.
  - [14] 久山勝生, 堀 雅洋, 田中孝治, 池田 満. 洪水ハザードマップアプリにおける避難所選択手順のユーザ評価に基づく検討. 日本災害情報学会第 17 回研究発表大会予稿集, 2015, p. 8-9.
  - [15] “重ねるハザードマップへ災害リスク情報などを地図に重ねて表示”. <https://disaportal.gsi.go.jp/maps/index.html?ll=35.371135,138.735352&z=5&base=pale&vs=c1j0l0u0>, (参照 2020-01-13).
  - [16] “いばらきデジタルマップ” <https://www2.wagmap.jp/ibaraki/PositionSelect?mid=23> (参照 2020-01-13)
  - [17] 内閣府(防災担当). 避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン”. 2015, [http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/150819\\_honbun.pdf](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/150819_honbun.pdf) (参照 2017-03-29).
  - [18] “高槻市水害・土砂災害ハザードマップ”. <http://www.city.takatsuki.osaka.jp/kakuka/toshi/gesuikik/gyomuannai/kasen/1496821198477.html> (参照 2019-02-15).
  - [19] 日本災害情報学会. 災害情報学事典. 朝倉書店, 2016, 408p.
  - [20] 内田治. R によるノンパラメトリック検定. オーム社, 2017, 198p.
  - [21] 岩淵千明, 石井滋, 神山貴弥, 浦光博, 西田公昭. あなたもできるデータの処理と解析. 福村出版, 1997, 226p.
  - [22] 榎田宗丈, 福島拓, 吉野孝, 杉本賢二, 江種伸之. まち歩き型の情報収集に対応した防災マップづくり一貫支援システムの提案. 情報処理学会論文誌, 2018, vol. 59, no. 3, p. 992-1004.