

災害時の避難行動選択のための逆思考問題を用いた 学習支援アプリの開発と評価

上郡 智幸^{*1}, 北川 悠一^{*1}, 田中 孝治^{*2}, 堀 雅洋^{*1}

^{*1} 関西大学大学院総合情報学研究科

^{*2} 金沢工業大学情報フロンティア学部

Development and evaluation of a learning support application using reverse-thinking problems to select safe action in case of disaster evacuation

Tomoyuki KAMIGORI^{*1}, Yuichi KITAGAWA^{*1}, Koji TANAKA^{*2}, Masahiro HORI^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics, Kansai University

^{*2} College of Informatics and Human Communication,
Kanazawa Institute of Technology

災害時の避難行動は災害状況や所在地の階数など様々な条件を考慮して選択する必要があるため、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を簡便に導き出せるようにする行動指南型ハザードマップ（行動選択フロー）が提案されている。しかし、災害時にとるべき避難行動を主体的に判断できる素養を身につけるには、行動選択フローを避難行動選択のためだけでなく、個人が利用できる学習支援環境として活用することが求められる。逆思考問題を用いた学習支援方式を提案した前報では、紙媒体の選択フローを用いた評価を行い、発話内容から避難行動選択時の情報解釈能力が向上することを確認した。本研究では、紙媒体で提示されていた行動選択フローを、ブラウザで利用可能なアプリとして実装し、逆思考問題を取り入れた学習支援環境としての有用性を評価実験によって検証した。

キーワード: 防災学習, 行動選択フロー, 逆思考問題, 学習支援アプリ

1. はじめに

災害時の避難行動（安全確保行動）には、「立退き避難」と「屋内安全確保」の2種類あり、災害状況や所在地の階数など様々な条件を考慮して選択する必要がある。このような避難行動の選択を支援するツールとして、前提条件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、選択フロー）が提案されている⁽¹⁾。選択フローは所与の状況でとるべき避難行動を簡便に選択するもので、それ以外の行動をとることによってどのような危険に遭遇する可能性があるかを利用者に考えさせることは想定されていない。しかし、自然災害への対応では自治体による避

難指示の発令を待つだけでなく、住民自らの判断で行動することが必要とされている⁽²⁾。そのため、避難行動の選択に必要な情報を災害状況から読み取り、適切な避難行動を見極める情報解釈能力を高めることが重要となる⁽¹⁾。

先行研究⁽³⁾では、逆思考問題に取り組むことで選択フローを的確に解釈できると捉え、避難行動選択のための逆思考問題を用いた学習支援方式を提案している。フローチャート全体を俯瞰できるように A3 用紙に印刷した選択フローを用いて、提案方式の効果を確かめていた。その際、評価手法としては、行動選択の過程で災害関連情報がどのように解釈されていたかを、学

習者自身が選択フロー使用中に考えたことを発話してもらって発話思考法⁽⁴⁾が用いられ、発話内容の分析を中心とした評価が行われた。そのため、評価協力者数が少なく（実験群と統制群各6名）、評価のための発話を伴わない実際の状況において、その効果を定量的に検証することが必要と考えられる。

紙媒体による学習支援では、個人で利用できる環境としては適さないため、同じ所在地でも状況によってとるべき行動が異なることを一人ひとりが事前学習で学べるようにするには、個人が利用できる学習支援環境を提供する必要がある。そのような学習支援環境を提供するためには、提案方式による学習支援環境を、ブラウザなどで利用可能とすることが課題となる。学習支援アプリとして実現する場合、紙媒体でA3サイズとなる選択フロー全体を画面上に表示すると細部が読み取りにくくなる。一方、フローの一部を適度な大ききで表示すると、フローに沿ってどのような選択を行ったか一覧することが難しくなる。よって、アプリで選択フローを表現する場合は、限られた表示スペースで選択フローの機能が利用できるインタフェースを

提供する必要がある。

本研究では、選択フロー利用時に過剰な情報を表示することなく、選択状況を適宜確認できるトレース表示を用いた学習支援アプリを開発し、紙媒体と同等の学習効果を保てるかを、評価実験によって検証した。

2. 逆思考問題による検討／解釈

先行研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾は、算数文章題において問題文が表す事象構造と答えを求める計算構造が一致する場合を順思考問題、一致しない場合を逆思考問題としており、逆思考問題に取り組むことで、問題の背後にある算数的・数学的知識を様々な観点から解釈したり、既知でない情報を推定したりできるようになることを報告している。この研究では、算数文章題に関わる領域固有知識の生成が中心的な課題となり、学習者自身が算数の文章題を作る作問学習をベースとしたアプローチを採用している。それに対して、選択フローに逆思考問題を適用した先行研究⁽³⁾では、選択フローを領域固有の知識として捉えており、前提条件の一つについてそ

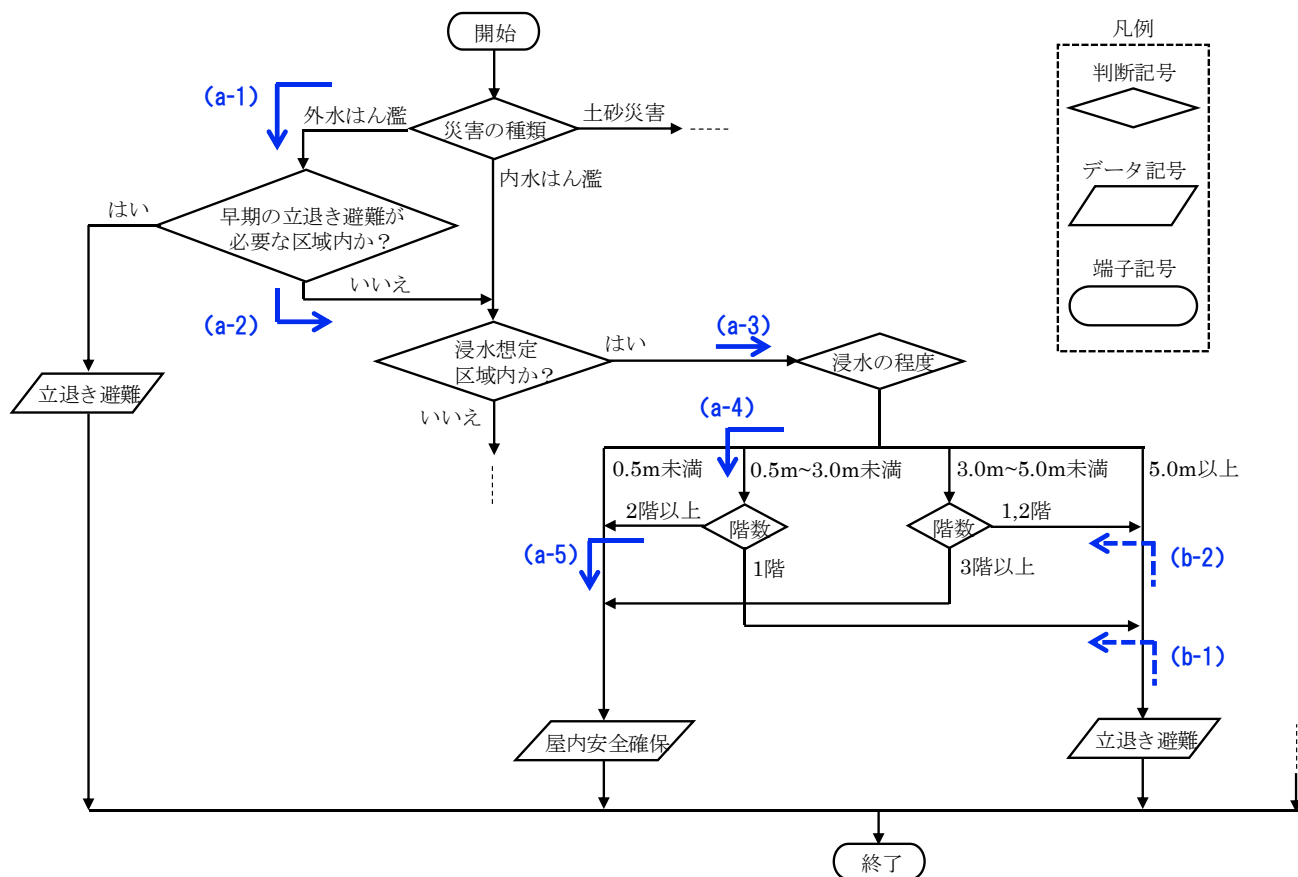


図1 避難行動の選択フロー

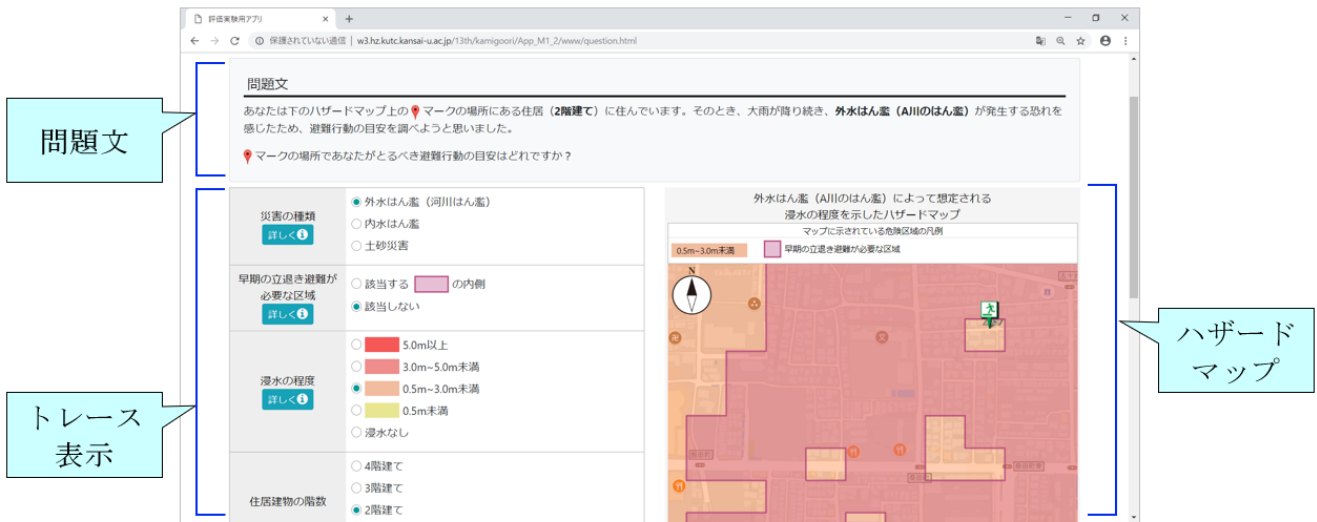


図2 学習支援アプリの画面

の値を未知とした上で、それ以外の前提条件と避難行動を所与として未知の前提条件を推測する設問構成を逆思考問題としている。

JIS 規格の情報処理用流れ図記号に基づいて表現された選択フロー³⁾の一部を図1に示す。順思考問題では開始記号から所与の前提条件をあてはめながら流れ線をたどり、適切な避難行動を選択する。それに対して、前提条件の一つについてその値を未知としたうえで未知の前提条件を推測する逆思考問題では、流れ線で結ばれた要素間を任意の向きに参照することとなる。

例えば、所在地の階数を未知の前提条件とした場合、浸水の程度が“0.5m～3.0m 未満”で、適切な避難行動が“立退き避難”であるなら、建物の何階に居ると考えられるかという設問構成となり、この条件に当てはまる値は“1階”〔図1 (b-1)〕となる。その際、浸水の程度が“3.0m～5.0m 未満”ならば、“1階”と“2階”では立退き避難が必要〔図1 (b-2)〕で、3階以上の場合には屋内安全確保が可能であることを確認する必要がある。このように、逆思考問題では、未知の前提条件項目について妥当な値を求めるために、その項目についてとり得る値のうち妥当な値とそうでない値を見極める必要がある。

3. 学習支援アプリの設計目標

本研究では、逆思考問題を取り入れた学習支援環境をブラウザで利用可能なウェブアプリとして実現した。ブラウザを利用するため、パソコンやタブレット端末等での利用が想定されるが、紙媒体で A3 サイズとな

る選択フロー全体を画面上に表示すると細部が読み取りにくくなる。一方、フローの一部を適度な大きさで表示すると、フローに沿ってどのような選択を行ったか一覧することが難しくなる。筆者らが開発した学習支援アプリでは、所与の問題において考慮すべき前提条件を限られたスペースで表示するために、確認済の項目と次に考慮すべき項目を選択経過のトレースとして表示する。トレース表示の詳細は後述するが、考慮すべき前提条件項目を順番に表示していくため、それに合わせて参照すべき前提知識へのリンクを設置することができる。

アプリ画面には上部に災害状況を記述した問題文、左側に選択フローのトレース、右側にハザードマップ画像が表示される(図2)。問題文とハザードマップから想定される災害の前提条件を確認し、選択フローのトレース表示から該当するものを選択していく。選択フローのトレース表示には、前提条件の入力欄が操作中に順次追加され、入力された内容に基づいてとるべき避難行動が提示される。例えば、トレース表示の初期状態(図3の①)で災害の種類として“外水はん濫”を選択すると、選択フローにおいて次に確認すべき前提条件(図3の②)が提示される。この段階は、図1の選択フローにおいて(a-1)で示された流れに対応する。ここで、図3の②の設問に対して“該当しない”と回答すると、次に確認すべき前提条件として浸水の程度が提示される(図3の③、図1ではa-2)。同様に、

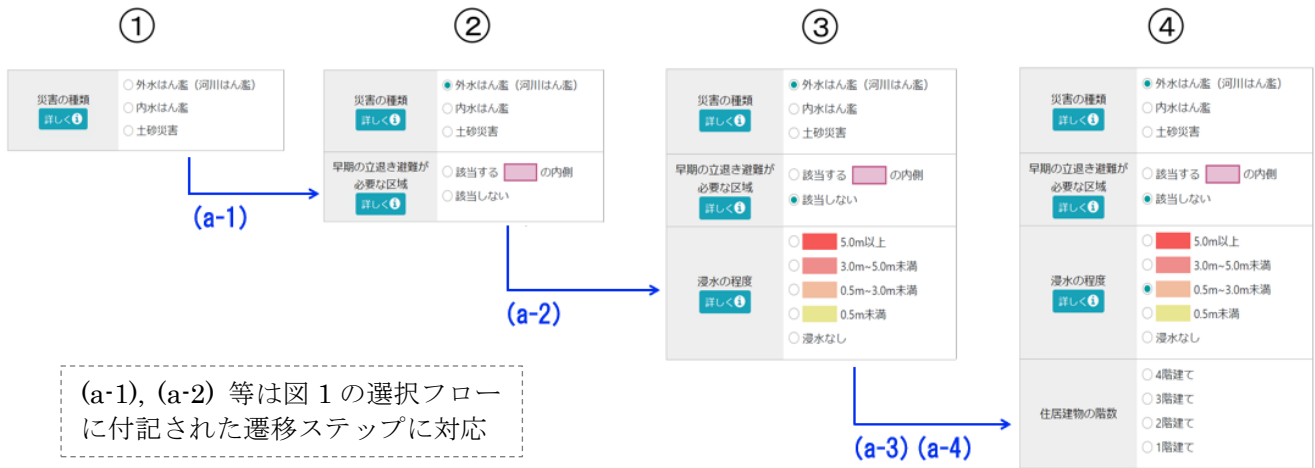


図3 選択経過のトレース表示

図3の④は図1の(a-3)と(a-4)に対応する。このように、追加で表示される前提条件をすべて選択すると、最後にとるべき避難行動が提示され、図4の状態が図1の(a-5)に対応する。

本アプリでは、選択フローに基づく入力に対して結果を提示するだけでなく、関連項目間の関係性について確認を促すことによって逆思考問題の設問形式を実現している。提示された避難行動と所与の前提条件を関連付けて改めて確認する機会を与えるために、浸水の程度・住居建物の階数・とるべき避難行動の原則的な関係を図示したイラストが提示される(図4, 図5)。それによって、入力を求められた前提条件だけでなく、とるべき行動として示された避難行動に該当しない条件(住居建物の階数や浸水の程度)について学習者が考えを深めることができるようにしている。最後に、提示された避難行動とその前提条件の相互関係についてイラストに基づいた補足説明が示される(図5)。

4. 評価実験

4.1 実験目的

学習支援アプリでは、前提条件ととるべき避難行動の関係性の確認を促すように、逆思考問題の設問形式を工夫している。それにより、紙媒体による評価と比較して、評価課題の平均正答率が同等かそれ以上になるかを検証する。

4.2 評価方法

本研究で開発した学習支援アプリの有用性を検証するために、紙媒体と比較しながら評価した。そのため、

災害の種類 詳しく①	<input checked="" type="radio"/> 外水はん濫 (河川はん濫) <input type="radio"/> 内水はん濫 <input type="radio"/> 土砂災害
早期の立退き避難が必要な区域 詳しく①	<input type="radio"/> 該当する の内側 <input checked="" type="radio"/> 該当しない
浸水の程度 詳しく①	<input type="radio"/> 5.0m以上 <input type="radio"/> 3.0m~5.0m未満 <input checked="" type="radio"/> 0.5m~3.0m未満 <input type="radio"/> 0.5m未満 <input type="radio"/> 浸水なし
住居建物の階数	<input type="radio"/> 4階建て <input type="radio"/> 3階建て <input checked="" type="radio"/> 2階建て <input type="radio"/> 1階建て
避難行動	とるべき避難行動は <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"> 屋内安全確保 </div> です。 現在地の建物で最低でも何階に移動しなければなりませんか？ <input type="radio"/> 5階以上 <input type="radio"/> 4階 <input type="radio"/> 3階 <input type="radio"/> 2階 <input type="radio"/> 1階 <input type="radio"/> 該当なし

現在地の状況

図4 選択フローのトレース表示 (全体)

紙媒体を用いて評価課題に取り組む群を統制群とし、学習支援アプリを用いて評価課題に取り組む群を実験群として評価実験を実施した。

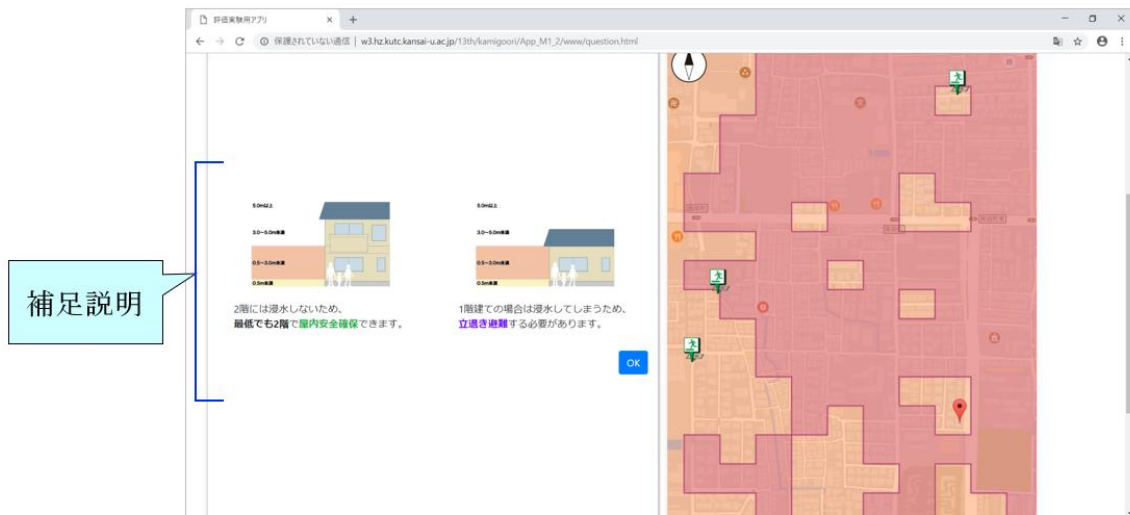


図5 補足説明（前提条件ととるべき避難行動の関係性の比較を含む）

4.3 評価協力者

評価実験には情報学および理工学を専攻する大学生および大学院生 24 名（平均年齢：22.4 歳，うち女性 3 名）が参加した。このうち統制群に 12 名，実験群に 12 名を割り当てた。評価協力者は先行研究^③で行った評価実験の参加経験がない者に限定した。また，評価協力者 24 名のうち，ハザードマップについて熟知している者はいなかった。

4.4 評価課題

評価実験で用いた学習課題と確認課題は，先行研究^③と同じ問題を用いた。学習課題では 3 種類の前提条件項目（危険区域の種類，浸水の程度，住居建物の階数）についてそれぞれの値を未知とした問題 2 問ずつ（計 6 問）の他に，選択フローを順方向に辿る経験を与えるための順思考問題 1 問を加えた合計 7 問を提示した。

確認課題は学習課題に取り組んだことによる学習効果を測るためのものである。両条件群とも同一の順思考問題（4 問）を提示した。確認課題は単一災害課題と複数災害課題から構成され，単一災害課題には外水はん濫による浸水を前提とした問題（2 問），複数災害課題には 3 種類の災害の中から二つの異なる災害が同時に発生した場合を想定した問題（2 問）を用いた。

4.5 実施手順

最初に事前アンケートに回答してもらい，評価課題取り組み時の実施要領を説明した。その後は学習課題

として，実験群は評価協力者の前に学習支援アプリを起動したノートパソコン（15.6 インチの解像度 1920 × 1080）を設置し，マウスを用いて課題に取り組んでもらった。統制群は紙媒体の選択フローとハザードマップ説明資料を配布し，それらを用いて問題用紙に解答を記入してもらった。

学習課題終了後，学習課題による直後再生効果が確認課題の解答に影響しないようにするために，5 分間の遅延課題を実施した。その後，確認課題を提示した。確認課題終了後は，事後アンケートに回答してもらった。

5. 結果と考察

5.1 平均正答率

各条件群の学習課題と確認課題の平均正答率の 1 要因 2 水準の分散分析の結果を表 1 に示す。学習課題の平均正答率を比較すると，両条件群の間で明確な差がないのに対し，確認課題の平均正答率を比較すると，約 20% の差が生じており，有意差が見られた ($p=.03$)。

実験群では，入力した前提条件ととるべき避難行動の関係性だけでなく，とるべき避難行動が異なる際の前提条件の差異についても説明し，前提条件ととるべき避難行動の関係性の確認を促していた。それにより，統制群と比較し実験群では，学習課題の限られた問題数の中で関連項目間の関係性を理解でき，確認課題の平均正答率向上につながったと考えられる。

表 1 平均正答率 (%)

	統制群 [n=12]	実験群 [n=12]	有意差
学習課題	71.42 (16.11)	70.23 (14.23)	<i>n. s.</i>
確認課題	62.50 (25.00)	83.33 (19.46)	*

丸括弧内の値は標準偏差, * $p < .05$, *n. s.* 非有意

表 2 平均解答時間 (分:秒)

	統制群 [n=12]	実験群 [n=12]	有意差
学習課題 (7 問)	21:08 (625.90)	11:32 (133.38)	**
確認課題 (4 問)	05:33 (156.44)	02:56 (37.62)	**
全体	25:41 (696.17)	14:28 (153.48)	**

丸括弧内の値は標準偏差 (秒), * $p < .05$, ** $p < .01$

表 3 事後アンケートの結果

質問番号	質問文	7 件法の平均値		有意差
		統制群 [n=12]	実験群 [n=12]	
1	問題に取り組んだことで、水害・土砂災害時の安全を確保する行動は変わると思いますか？	4.08 (1.31)	5.83 (0.84)	**
2	問題はどの程度難しかったですか？	5.00 (1.13)	4.67 (0.89)	<i>n. s.</i>
3	避難行動の判断基準に関する理解が、問題に取り組んだことで深まったと思いますか？	5.67 (0.78)	6.33 (0.49)	*
4	問題に取り組んだことで、想定される浸水の程度が浅くても、避難を視野に入れて行動できると思いますか？	4.08 (1.24)	5.00 (1.41)	<i>n. s.</i>

括弧内の値は標準偏差, * $p < .05$, ** $p < .01$, *n. s.* 非有意

5.2 平均解答時間

各条件群の学習課題と確認課題の平均解答時間の 1 要因 2 水準の分散分析の結果を表 2 に示す。平均解答時間については、学習課題の平均解答時間には有意な差が見られ ($p = .005$)、確認課題の平均解答時間にも有意な差が見られた ($p = .003$)。また、統制群と実験群の結果の標準偏差を確認すると、統制群の結果はばらつきがあり個人差が大きいと解釈できるのに対し、実験群の結果は個人差が小さいと解釈できる。

実験群の学習課題の平均解答時間が短くなった要因としては、トレース表示の中で参照すべき前提知識をどのタイミングで参照すべきかが分かり、それが余計な時間をかけずに課題に取り組めた要因になっていると考えられる。確認課題の平均解答時間が短くなった

要因としては、前述のとおり、実験群の方が前提条件ととるべき避難行動の関係性を理解できており、時間をかけずにとるべき避難行動を導き出せたと考えられる。

5.3 事後アンケート

各条件群の事後アンケートの回答内容の 1 要因 2 水準の分散分析の結果を表 3 に示す。事後アンケートは質問項目について 7 段階 (1:まったくそう思わない～7:非常にそう思う) で回答を求めた (7 件法)。質問 1 については有意な差が見られた ($p = .001$)。よって、学習支援アプリを利用することで、前提条件ととるべき避難行動の関係性を考慮しながら、避難行動を選択することができるようになると考えられる。質問 2 については有意な差は見られなかった ($p = .43$)。よって、

学習支援アプリから課題に取り組んだとしても、個人が感じる難しさは紙媒体とあまり差がないと考えられる。質問3については有意な差が見られた($p=.02$)。よって、学習支援アプリから課題に取り組む方が、学習効果の向上に伴い、個人が感じる理解度が高くなったと考えられる。質問4については有意な差は見られなかった($p=.105$)。しかし、7件法の平均値を確認すると、両条件群ともに高めの値になっている。よって、媒体は問わず逆思考問題に取り組むことで、想定される浸水の程度が浅くても、避難所への立退き避難を視野に入れることができおり、災害イメージの固定化の問題に関する意識改善の効果があったと考えられる。

6. おわりに

本稿ではトレース表示を用いた学習支援アプリを開発し、紙媒体のものと比較し学習効果が同等かそれ以上になるかを評価実験によって検証した。評価の結果、確認課題では平均正答率には明確な差が生じたことから、学習効果の向上が確認された。また、平均解答時間についても紙媒体と比較してアプリでは短くなっていったことも合わせ、学習支援アプリが有用であることが確認された。

災害イメージの固定化の問題に関しては逆思考問題に取り組むことで一定の効果が確認されたが、学習支援アプリを利用することによってさらに高い効果を期待するためには、そのための工夫を施すことが必要である。また、利用者の意識についての質問項目を増やす等、より詳細な調査をする必要がある。

個人で利用できる学習支援環境の展望を考えた際に、ユーザの解答状況に応じて、次に出題する問題を操作する案が挙げられる。正解した場合は災害状況が異なる問題を出題し、間違えた場合は災害状況が類似する問題を出題する等、ユーザの理解度に応じて出題する問題を操作することで、学習意欲の低下を引き起こすことなく問題に取り組んでもらえるのではないかと考えられる。また、本稿では問題数を固定して評価実験を行ったが、理解度に応じて出題する問題を操作する他に、出題する問題数を操作することで、さらに個人に適した学習所要時間で学習効果の向上が期待できる学習支援環境を構築できるのではないかと考えられる。

参考文献

- (1) 片田敏孝, 及川 康, 児玉 真: “行動指南型ハザードマップの開発”, 土木学会論文集, Vol. 67, No. 4, pp. 528-541 (2011)
- (2) 内閣府 (防災担当): “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)”平成 29 年 1 月, http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/h28_hinankankoku_guideline/pdf/hinankankokugaidorain_01.pdf (参照年月: 2019 年 2 月 5 日)
- (3) 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, Vol. 35, No. 2, pp. 122-133 (2018)
- (4) Ericsson, K. A. and Simon, H. A: “Protocol Analysis: Verbal Reports as Data”, Cambridge, MA: MIT Press (1993)
- (5) 倉山めぐみ, 平嶋 宗: “逆思考型を対象とした算数文章題の作問学習支援システム設計開発と実践的利用”, 人工知能学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.82-91 (2012)
- (6) 平嶋 宗, 林 雄介: “問題作りによる学習を指向した算数文章題の三文構成モデル”, 第 28 回人工知能学会全国大会, 1B4-OS-12a-3 (2014)