

# 災害時避難行動の指針習得のための逆思考問題 による学習支援方式の検討 —発話思考法による問題解決過程の分析—

久山勝生<sup>\*1</sup>, 池内惟真<sup>\*2</sup>, 北川悠一<sup>\*1</sup>, 田中孝治<sup>\*3</sup>, 池田 満<sup>\*3</sup>, 堀 雅洋<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 関西大学大学院, <sup>\*2</sup> 関西大学, <sup>\*3</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

## Study of a method using reverse-thinking problems to learn guidelines for safe action: Investigation of the problem-solving process by think-aloud usability testing

KUYAMA Masaki<sup>\*1</sup>, IKEUCHI Tadamasa<sup>\*2</sup>, KITAGAWA Yuichi<sup>\*1</sup>, TANAKA Koji<sup>\*3</sup>,  
IKEDA Mitsuru<sup>\*3</sup>, HORI Masahiro<sup>\*2</sup>,

<sup>\*1</sup> Kansai University Graduate School, <sup>\*2</sup> Kansai University,

<sup>\*3</sup> Japan Advance Institute of Science and Technology

近年多発する豪雨災害による人的被害を軽減させるには、災害時にとるべき行動の指針として整備されたガイドラインにしたがって、住民一人ひとりが自らの判断で適切な避難行動を取れるようにする必要がある。しかし、水害時の避難行動は浸水の被害状況や家屋形式等の条件により異なり、その場から立ち退くことだけが適切な避難行動であるとは限らない。そのため、前提となる災害時の状況から、適切な避難行動を導く順思考型の学習だけでなく、災害状況の進展や新たな危険箇所の発覚等に備えて当初前提とした状況を見直す可能性も考慮する逆思考型の学習が必要となる。本稿では、水害時の前提条件から避難行動を特定する流れをフローチャートで表現した安全確保行動の選択フローに基づき、逆思考問題を取り入れた学習支援方式を提案するとともに、発話思考法に基づくユーザ評価によって課題遂行中の思考過程を検討した結果について報告する。

キーワード: 防災学習, 逆思考問題, 発話思考法

### 1. はじめに

近年、大雨による洪水被害が多発し<sup>(1)</sup>、平成27年9月の関東・東北豪雨では一級河川である鬼怒川の氾濫による洪水で立退き避難が必要な区域から多くの人々が逃げ遅れた。適切なタイミングで住民が避難行動を開始できなかった要因の一つとして、避難指示発令の遅れが指摘されている。内閣府は、自然災害に対して住民一人ひとりが自らの判断で適切な避難行動を取れるように、災害時にとるべき行動の指針をガイドラインとして整備している<sup>(2)</sup>。しかし、災害時に想定される浸水深や避難所等をハザードマップに記載するだけ

では、災害時の状況変化を想定しながら、避難所に移動するべきかその場に留まるべきか適切に判断することは必ずしも容易でない<sup>(3)</sup>。例えば、所在地の浸水深が0.5m未満であればほとんどの場合、その場に留まることで危険を回避できるとされているが、所在地が河川沿いや住居の1階である場合は、その場に留まり続けるとかえって危険を招く恐れもある。

このことから、特定の災害状況や居住建物の状況においてとるべき避難行動を確認するだけでなく、異なる場所で災害に遭遇した場合や、危険がさらに切迫した状況等も想定しながら災害状況と避難行動の関係性を理解することが重要と考えられる。災害状況と避難

行動の関係性を理解するには、前提となる災害時の状況から、とるべき避難行動を導く順思考型の学習だけでなく、災害状況の進展や新たな危険箇所の発覚等に備えて当初前提とした状況を見直す可能性も考慮する逆思考型の学習が必要となる。このような逆思考に着目した学習支援方式として、算数における数量関係の理解を深めるために逆思考問題を学習者自身が作問する方法<sup>(4)</sup>、経済学における競争と価格に関するルールの意味を理解するために前提と結果を入れ替えて教示する方法<sup>(5)</sup>が提案されている。しかし、災害時にとるべき行動は、変数間の数量関係として表現できない。

さらに、災害時の避難行動選択を対象とする場合、複数の前提条件を確認することによって、とるべき避難行動を住民自身が容易に確認できる行動指針としてだけでなく、災害状況と避難行動の関係性を学ぶための防災学習教材として活用できるように表現されなければならない。本研究では、前提条件と結果の関係性を俯瞰することができ、逆思考問題を取り入れた学習支援に利用可能な教材表現としてフローチャート形式を採用した。本稿では、水害時の前提条件から避難行

動を特定する流れをフローチャートで表現した安全確保行動の選択フローに基づき、逆思考問題を取り入れた学習支援方式の有効性について、課題遂行中の思考過程を考慮することによって評価した結果を報告する。

## 2. フローチャートに基づく逆思考学習

自然災害による被害を予測し、その被害の範囲を地図化したハザードマップは災害時の避難や防災学習に活用されるもので、専門知識を有しない住民にも必要な情報をわかりやすく提供しなければならない<sup>(6)</sup>。しかし、水害時の避難行動は浸水の被害状況や家屋形式等の条件により異なり、その場から立ち退くことだけが適切な避難行動であるとは限らない。そのため、水害時の避難行動を適切に指南できるようにフローチャート形式で表現された行動指南型洪水ハザードマップが提案されている<sup>(7)</sup>。この行動指南型洪水ハザードマップは、水害ハザードマップについて高い情報解釈能力（リテラシー）を有しない場合でも、前提条件を確認しながら適切な行動を簡便に導くことが可能だが、逆思考型の学習支援への適用は想定されていない。

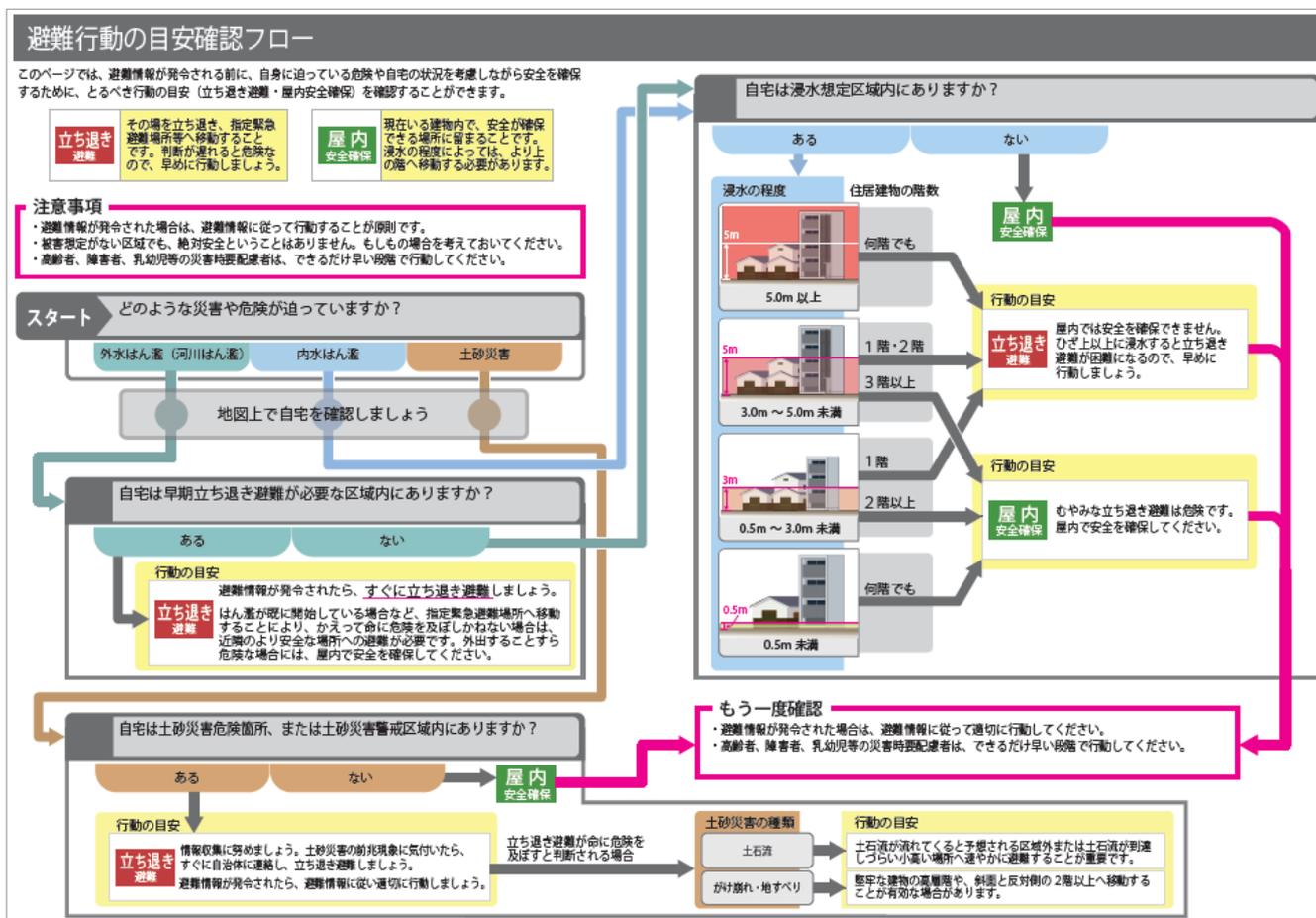


図1 安全確保行動の選択フロー

それに対して、本研究ではフローチャート形式で表現された安全確保行動の選択フロー<sup>(8)</sup>（以下、選択フロー）を用い、適切な回答を簡便に導く順方向の支援だけでなく、前提条件と避難行動の関係性を考慮した情報解釈能力を高めるために逆思考型の学習支援を取り入れた方式を提案している。

## 2.1 安全確保行動の選択フロー

内閣府による最新のガイドライン<sup>(2)</sup>では、災害時の安全確保行動は、指定緊急避難場所や近隣の安全な場所に移動する「立ち退き避難」、屋内に留まって安全を確保する「屋内安全確保」の2種類に区分されている。筆者らが作成した選択フロー（図1）は、前提となる災害種別、所在地が危険区域内かどうか、浸水の程度、居住建物の状況等に関する質問等に順次回答しながら矢印に沿ってフローをたどることで、「立ち退き避難」「屋内安全確保」どちらの安全確保行動をとるべきか判定するものとなっている。

ただし、浸水深と居住建物の状況については、浸水深が0.5m未満（床下浸水）の場合は1階建ての建物でも屋内安全確保が選択可能であるが、災害状況が変化し、浸水深が0.5mを越えた時点で1階部分が浸水するため1階建ての建物からは立ち退き避難する必要がある。このことから、特定の条件について避難行動を確認するだけでなく、災害状況の変化によって異なる避難行動をとるべき事態が発生する可能性を勘案し、災害状況と安全確保行動の関係性について理解することが重要となる。

## 2.2 逆思考問題による学習支援

安全確保行動の選択フローにおいて災害状況の変化を想定した学習は、最初に特定の前提条件に対してとるべき避難行動を確認し、その上で異なる避難行動をとらなければならないとなったとすれば前提条件の1つがどのように変化したと考えるべきかを問うことによって行うことができる。この場合、前段は前提条件から避難行動を確認する順思考問題、後段は異なる避難行動をとるべき状況を仮定して、前提条件を確認する逆思考問題に対応する。逆思考問題では、選択フローの終端にあたる避難行動から、フローを逆向きにたどりながら前提条件をどのように見直すべきか検討が求

められる。

また、逆思考問題では、災害状況や居住建物の状況を推測する課題だけでなく、立ち退き避難が必要な区域（もしくは、屋内安全確保が可能な区域）を地図上から推測する課題など、どの前提条件を検討対象とするかによって様々な課題が作成可能となる。

## 3. 発話思考法によるユーザ評価

評価にあたっては、課題遂行中に評価協力者が考えたこと感じたことをその都度声に出して語ってもらう発話思考法<sup>(9)</sup>を用いた。

逆思考問題に取り組むことによって前提条件と避難行動の関係性を考慮する情報解釈能力が高まることを検証するために、安全確保行動の選択フローを用いる学習課題と、実施後の効果を確認するための確認課題を用いた。学習課題は順問題学習群（統制群）と逆問題学習群（実験群）において実施し、確認課題において統制群と実験群の発話内容を比較した。

確認課題では、両群とも順思考問題を提示し、選択フローを用いずに学習課題の回答経験を踏まえて安全確保行動を特定するように求めた。さらに、学習課題では、水害または土砂災害のどちらか一方が発生した状況を前提とした設問であったのに対して、確認課題では学習課題での想定を超えた状況として水害と土砂災害の同時発生を前提としたより難易度の高い設問を含めた。それによって、確認課題への回答では一定の試行錯誤は避けられないが、避難行動と前提条件を相互に関連づけながら課題を遂行する際の発話を分析することによって、順思考学習群と逆思考学習群における思考傾向の違いを比較・検討した。

### 3.1 評価協力者

ユーザ評価には情報学を専攻する大学生および大学院生12名（平均年齢：22.3歳、うち女性3名）が参加した。このうち順思考学習群に6名、逆思考学習群に6名を割り当てた。なお、課題遂行中の様子と発話はあらかじめ評価協力者の許可を得てビデオカメラとマイクで記録した。

### 3.2 評価素材

各評価協力者には、評価課題、安全確保行動の選択

表 1 学習課題一覧

課題種別	課題番号	回答する項目	想定浸水深	危険区域	居住建物の階数	安全確保行動	正解
順思考問題	F1	安全確保行動	なし	○外	2階	—	屋内安全確保(1階)
	F2		0.5m未満	◇外	2階	—	屋内安全確保(1階)
	F3		0.5m～3.0m未満	◇付近	2階	—	屋内安全確保(2階)
	F4		3.0m～5.0m未満	◇付近	4階	—	屋内安全確保(3階)
	F5		3.0m～5.0m未満	◇外	2階	—	立ち退き避難
	F6		5.0m以上	◇内	4階	—	立ち退き避難
	F7		0.5m～3.0m未満	◇外	1階	—	立ち退き避難
逆思考問題	R1	居住建物の階数	0.5m～3.0m未満	◇付近	2階	立ち退き避難	1階
	R2		3.0m～5.0m未満	◇外	2階	屋内安全確保	3階, 4階, 4階以上
	R3	想定浸水深	0.5m～3.0m未満	◇外	1階	屋内安全確保	0.5m未満, 浸水なし
	R4		3.0m～5.0m未満	◇付近	4階	立ち退き避難	5.0m以上
	R5	安全確保が可能な区域	5.0m以上	◇内	4階	屋内安全確保	(地図上で特定)
	R6		なし	○外	2階	立ち退き避難	(地図上で特定)
	R7	安全確保行動	0.5m未満	◇外	2階	—	屋内安全確保(1階)

危険区域： ○ 土砂災害危険箇所，◇ 早期立ち退き避難が必要な区域

表 2 確認課題（順思考問題）一覧

課題区分	課題番号	回答する項目	想定浸水深	危険区域	居住建物の階数	正解
単一災害	T1	安全確保行動	0.5m～3.0m未満	◇付近	2階	屋内安全確保(2階)
	T2		3.0m～5.0m未満	◇付近	4階	屋内安全確保(3階)
複数災害	T3		なし	○内	2階	立ち退き避難
			0.5m～3.0m未満	◇外	2階	屋内安全確保(2階)
	T4		0.5m未満	◇外	1階	屋内安全確保(1階)
			0.5m～3.0m未満	◇外	1階	立ち退き避難

危険区域： ○ 土砂災害危険箇所，◇ 早期立ち退き避難が必要な区域

フロー（図1）、ハザードマップに記載される避難所や危険箇所、および地図上の凡例表記について説明した資料を配布した。

評価課題（学習課題、確認課題）はA3サイズの用紙1枚に横向きで印刷され、左側に災害状況説明文、課題説明文と回答欄を配置し、右側には危険箇所や避難所を表示したハザードマップを掲載した。ハザードマップには、現在地を示すアイコンと避難所アイコン、各課題で想定された浸水深および危険区域（表1、表2参照）が記載された地図を示した。

課題用紙の回答欄には、3つの問を記載した。問1は現在地の浸水深を「①なし、②0.5m未満、③0.5m

～3.0m未満、④3.0m～5.0m未満、⑤5.0m以上」から一つ選択する問題。問2は、「回答する項目」（表1、表2参照）に示された項目について回答を求める問題である。問2のうち安全確保行動について回答する場合（順思考問題）は、状況説明文と行動選択フローから適切な安全確保行動として「①屋内安全確保、②立ち退き避難」のうち適切な安全確保行動を選択（複数選択可）し、①屋内安全確保を選択した場合は移動先の階数を記入し、②立ち退き避難を選択した場合はハザードマップ上から避難所を一つだけ選択する。問3は、問2で選択した回答の確信度を7段階（1：あまり自信がない～7：大変自信がある）から一つ選択する問

題とした。

順思考学習群の学習課題（表 1，F1～F7）ではフローをたどることによって導かれる安全確保行動について、異なる前提条件の組合せを用いた。逆思考学習群の学習課題（表 1，R1～R7）では、逆思考によって異なる前提条件を確認する逆思考問題 6 問に加えて、選択フローを順方向に利用する経験を与えるために順思考問題 1 問（R7）の計 7 問を用いた。

確認課題（表 2）では、単一の水害（河川はん濫）による浸水を前提とした課題 2 問（表 2 の T1,T2），土砂災害と水害など異なる災害が同時に発生した状況を想定した課題 2 問（表 2，T3,T4）の計 4 問を用いた。

### 3.3 実施手順

評価の実施にあたっては、最初に安全確保行動の選択フローの使い方、および発話思考法の実行要領について説明を行った。その後、発話思考法に慣れてもらうために防災と異なる分野のフローチャートを用いる練習課題（1 問）に回答してもらった。練習課題終了後、順思考学習群には順思考問題冊子、逆思考学習群には逆思考問題冊子をそれぞれ配布して学習課題（7 問）に回答してもらった。

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に影響しないようにするため、5 分間の遅延課題を実施した。その後、学習課題の回答経験から、災害状況と安全確保行動の関係性を考慮しながら安全確保行動を選択できるかどうかを確認するための確認課題（4 問）を提示し、両群とも選択フローを用いずに回答してもらった。確認課題終了後、各課題の回答理

由についてヒアリングを行った。

## 4. 結果と考察

### 4.1 課題の正答率

学習課題と確認課題における平均正解率と回答選択時の確信度（1：あまり自信がない～7：大変自信がある）の平均を図 2 に示す。

課題文に示された災害状況や家屋形式を読み取り、選択フローをたどることによって安全確保行動を選択する順思考学習群における学習課題では、総出題数 42 問（6 名×7 問）に対する正解数は 39 問（正解率：93%）だった。順思考問題への回答には安全確保行動の選択指針について高い情報解釈能力が求められないため、正解率 9 割は選択フローが有効活用された際の正答率の目安と考えることができる。

逆思考学習群の学習課題では、総出題数 42 問（6 名×7 問）に対する正解数は 25 問（正解率：62%）だった。未確定とされた前提条件を回答する逆思考問題で特に不正解者が多かったのは、屋内安全確保ができる状況での想定浸水深を回答する問題（表 1,R3）であった。この問題では、1 階建て住居が屋内安全確保できる基準として 0.5m 未満の浸水と、浸水しない状況を選択することが正解となるが、6 名中 5 名が屋内安全確保すべき状況として 0.5m 未満の浸水深だけを回答したため不正解となった。選択フローを用いて屋内安全確保ができる状況での想定浸水深を回答する逆思考問題では、浸水の程度を考慮することはできたが、浸水しない状況での屋内安全確保の可能性は想定できなかったと考えられる。

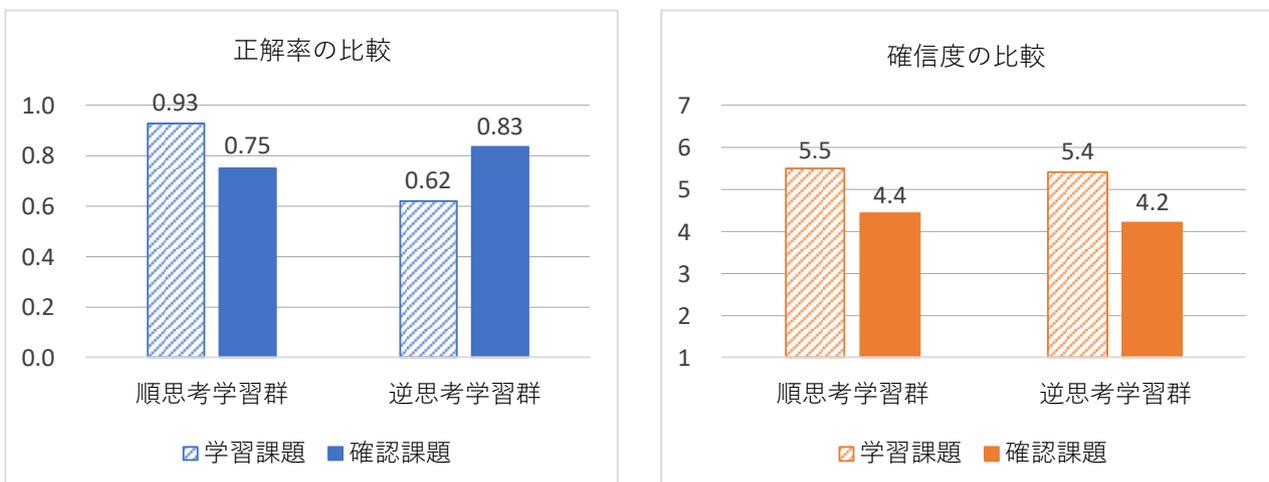


図 2 正解率と確信度の比較

表 3 確認課題において考慮された要因とその思考傾向が確認された回答数

前提条件		安全確保行動		順思考学習群		逆思考学習群	
想定 浸水深	居住建物の 階数	立ち退き 避難	屋内安全 確保	単一災害 課題	複数災害 課題	単一災害 課題	複数災害 課題
○	○	×	○	8 (8)	—	9 (9)	—
○	×	○	×	2 (0)	7 (7)	1 (0)	9 (9)
○	×	×	○	2 (1)	3 (0)	1 (1)	1 (0)
×	×	○	×	—	2 (2)	1 (0)	2 (2)

括弧内の数字は、該当する回答数における正解数を表す。

一方、選択フローを用いずに安全確保行動を特定する確認課題については、順思考学習群では総出題数 24 問（6 名×4 問）に対して正解数 18 問（正解率:75%）、逆思考学習群では総出題数 24 問（6 名×4 問）に対して正解数 20 問（正解率:83%）であった。したがって、逆思考学習群は、学習課題の正解率（62%）では順思考学習群を大きく下回っていたが、確認課題の正解率（83%）は順思考学習群を上回る正答率を達成した。

回答に対する確信度（図 2 参照）については、学習課題、確認課題とも両群に大きな違いは見られなかった。ただし、行動選択フローを順方向にたどる逆思考問題は本来の使い方と異なるため、逆思考学習群では、学習課題の 1 問目で回答要領を把握するまでに若干時間を要していた。一方、選択フローが与えられない状況で回答を求められた確認課題の確信度では、両群とも回答中に試行錯誤を伴うためどちらも学習課題より低い値を示した。

逆思考問題による学習効果は、与えられた条件に従って選択フローをたどるだけの順思考問題と異なり正解率によって定量的に評価できないが、逆思考学習群では前提条件と避難行動に内在する様々な関係性を考慮する機会を学習者に与えられると考えられる。以下では、課題遂行中の発話と事後ヒアリングの結果に基づき、学習者の課題遂行中の思考傾向について検討する。

#### 4.2 確認課題遂行中の思考傾向

表 3 に、確認課題において考慮された要因（前提条件、避難行動）とそれらが考慮された回答数および正解数を、両学習群における単一災害課題（表 2 の T1, T2）および複数災害課題（表 2 の T3, T4）ごとに示した。

単一災害課題については、順思考学習群では総出題数 12 問（6 名×2 問）に対して正解数 9 問、逆思考学習群では総出題数 12 問（6 名×2 問）に対して正解数 10 問であった。なお、順思考学習群では、屋内安全確保を選択した際に、浸水の危険から回避できない居住建物の階数が選択された回答が 1 件あった。また、災害状況と安全確保行動の関係性を理解できず、屋内に待機して安全確保すべき状況で、立ち退き避難を選択した回答が両群とも 2 件あった。しかし、不正解となった逆思考学習群における 1 件は、ハザードマップ上で想定浸水深を正しく読み取ることができず、立ち退き避難すべき浸水が見込まれると判断したために屋内安全確保を選択することができなかった。順思考学習群では適切な浸水深を判断できたとしても、適切な安全確保行動を選択できなかった回答が 2 件確認されたことから、順思考学習群は単一災害が発生した際の前提条件と避難行動の関係性について考慮できていなかったと考えられる。

複数災害課題では、程度が異なる二種類の災害状況が想定され、一方の災害のみ考慮すると屋内安全確保が適切な安全確保行動となり、もう一方の災害のみ考慮すると立ち退き避難が適切な安全確保行動となる。複数災害課題については、順思考学習群では総出題数 12 問（6 名×2 問）に対して正解数 9 問、逆思考学習群では総出題数 12 問（6 名×2 問）に対して正解数 11 問であった。なお、複数災害課題においても、両群で 2 件ずつ浸水の程度を見誤った回答が確認されたが、課題で設定された浸水深よりさらに深い浸水深であると想定されたため、立ち退き避難を適切な安全確保行動として選択することができた。このことから、複数災害が同時に発生した場合、逆思考学習群は順思考学

習群に比べてより危険度の高い状況を想定するように解釈していたと考えられる。

一方、浸水深を正しく解釈することができたにも関わらず、立ち退き避難を選択できなかった回答は、順思考学習群で総出題数 12 問 (6 名×2 問) に対して 3 問、逆思考学習群で総出題数 12 問 (6 名×2 問) に対して 1 問であった。この点については、複数災害問題においては、浸水の程度を正しく解釈できていたとしても、土砂災害による被害を同時に考慮しなければならない場合 (表 2 の T3) など、水害による浸水の程度に関係なく立ち退き避難を選択しなければならない問題において、前提条件と避難行動の関係性を的確に考慮することが困難であったと考えられる。したがって、両群とも学習課題において、土砂災害危険箇所内の安全確保行動について順思考問題もしくは逆思考問題による学習を経験していたが、土砂災害時の状況と安全確保行動の関係性を理解するには至らなかったといえる。このことから、土砂災害と水害の影響が相互に関連しあう複合的な災害状況について、逆思考問題の構成と利用法をさらに検討していく必要がある。

## 5. おわりに

安全確保行動の選択は、災害状況だけでなく居住建物の状況等を考慮して検討する必要がある。しかし、順思考学習群では、屋内安全確保を選択した場合、すべての学習者が居住建物の階数しか考慮しなかったことから、災害状況と安全確保行動の関係性が十分意識されていなかったと考えられる。また、立ち退き避難を選択した場合についても、順思考学習群では 6 名中 4 名が現在地における浸水深のみを選択理由として挙げている。災害時に適切な避難行動を選択するには、単に災害状況と安全確保行動の関係性を理解するだけでなく、検討対象となる前提条件の危険性について様々な状況を想定できる必要がある。今後は、逆思考問題による学習支援方式の適用可能性について、異なる年齢層の学習者を対象とした検討も必要と考えられる。

## 参 考 文 献

(1) 財賀美希, 藤井俊久, 雁津佳英, 松見吉晴: "住民の洪水災害に対する防災意識の把握と向上化施策に関する研

- 究", 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol. 67, No.2, pp185-190 (2011)
- (2) 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", [http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/150819\\_honbun.pdf](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/guideline/pdf/150819_honbun.pdf) (2015)
- (3) 内閣府中央防災会議・災害時の避難に関する専門調査会: "災害時の避難に関する専門調査会報告～誰もが自ら適切に避難するために～", <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/saigaijihinan/pdf/report.pdf> (2012)
- (4) 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)
- (5) 進藤聡彦, 麻柄啓一: "ルール適用の促進要因としてのルールの方向性と適用練習-経済学の「競争と価格のルール」の教授法に関する探索的研究-", 教育心理学研究, Vol.47, No.4, pp.462-470 (1999)
- (6) 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", [http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyoo\\_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai\\_hazardmap\\_tebiki\\_201604.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyoo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/suigai_hazardmap_tebiki_201604.pdf) (2016)
- (7) 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, Vol.67, No.4, pp.528-541 (2011)
- (8) 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", 日本災害情報学会第 18 回研究発表大会予稿集 (2016)
- (9) Ericsson, K. A. and Simon, H. A.: "Protocol Analysis: Verbal Reports as Data", Cambridge, MA: MIT Press (1993)