

和歌山工業高等専門学校と連携した 土砂災害防災学習教材の開発

嵯山 雄亮¹・有田 貴洋²

¹和歌山県土砂災害啓発センター (〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町大字市野々3027-6)

²和歌山県東牟婁振興局農林水産振興部林務課 (〒647-8551 和歌山県新宮市緑ヶ丘 2-4-8)

和歌山県土砂災害啓発センターでは、過年度より、国立和歌山工業高等専門学校と共同で、土砂災害に関する研究および防災学習教材作成を行っている。高専の学生とともに取り組むため、災害復旧におけるDX推進や、若年層が興味を持って取り組める防災学習教材の開発など、比較的新しい課題の解決をテーマとして取り組んでいることが特徴である。本発表では、令和5年度に実施した取り組み3件の概要を報告する。

キーワード 土砂災害, 防災学習, すぐろく, プログラミング, バーチャル現場

1. はじめに

和歌山県土砂災害啓発センター（以下、当センター）は、平成23年紀伊半島大水害により甚大な被害を受けた那智勝浦町に、土砂災害に関する研究および啓発の拠点として設置された施設である。

当センターでは、子ども向けの防災学習を重視している。これは、子どもから家族へ、そして地域の方々へと防災意識が伝達されていくことを意図しているためである。そのため、子どもたちが興味を持って学習できる教材開発は非常に重要な意味を持つ。

そこで、当センターは国立和歌山工業高等専門学校（以下、和高専）と共同で土砂災害に関する防災学習教材を開発してきた。過去には、防災RPG¹⁾ 2) や防災学習砂場³⁾ などを開発し、それらを県内の小中学校での出前授業や防災関連のイベントで活用している。

今回の発表では、令和5年度に当センターと和高専が共同開発した2件の防災学習教材の概要を報告する。

また、防災学習教材の開発ではないが、令和5年度に共同で取り組んだ研究の概要についても併せて報告する。

2. 防災すぐろく～土砂災害編～の開発

防災学習はそのテーマ上「堅く」「難しい」というイメージを持たれることが多く、教材としての「敷居の低さ」は重要である。

そのため、誰もが遊んだことのある「すぐろく」の形式で土砂災害の知識を学べる教材として「防災すぐろく～土砂災害編～（以下：防災すぐろく）」を開発した。

(1) 教材の概要

防災すぐろくはPC上で遊べるようにMicrosoft Excelを用いて開発した。プログラミングはVBAで行っている。

プレイヤーが行う操作は、基本的にマウスの左クリックのみで完結するため、子どもでも操作がわかりやすい。

この防災すぐろくは一度のプレイで1名～4名まで遊ぶことができる。スタートは自宅に設定しており、ゴールは避難所である。「サイコロを振る」ボタンを押すと、画面上でサイコロが振られ、サイコロの目の分だけ自動でプレイヤーが進んでいく。

止まったマスには、マスのコメントとともに「土砂災害に関するクイズ」や「ゲーム」が仕込まれており、それに正解したり勝ったりすることでアイテム（非常持ち出し品）が手に入る。反対に、アクシデントによりアイテムを落とすこともある（図-1）。

すぐろくのマスはプレイヤーが進むにつれて「自宅」「がけ崩れ警戒エリア」「土石流警戒エリア」「洪水警戒エリア」「地すべり警戒エリア」「避難所」へと移り変わっていく。そこで起こるイベントや出題されるクイズもそのエリアにちなんだものである。

通常のすぐろくは一番早くゴールにたどり着くことを目的とするが、この防災すぐろくでは、最終的にクイズの正解（：土砂災害に関する知識）数や持っているアイテム（：非常持ち出し品）数も加味して、最終的な総合順位を決めるようにしている。早く避難することだけに気を取られて知識や物資を軽視してほしくないためである。

また、特定のアイテム（水や携帯電話など）を持っていない場合、避難所エリアにたどり着いた際にトラブル

防災すごろく (土砂災害編)									
21:→ 石につまづいちゃった。 (アイテムロス)	22:↓ さらにいやな予感がする。 (クイズ)		27:→ 水かさが増している気がする。 (クイズ)	28:↓ 急ごう！		33:→ そうか〜。こういう場所で「アレ」が起こるのか〜。	34:↓ 道路に段差ができています。 (クイズ)	38:→ 親戚のおじさんに連絡したい。携帯電話がなければ7マス戻る。 (アイテム→戻る)	39:↓ 緊張がゆるんで眠くなってきた。毛布がなければ8マス戻る。 (アイテム→戻る)
20:↑ いやな予感がする。 (クイズ)	23:↓ 川が近づいてきた。		26:↑ あ！水たまりにはまっちゃった。 (アイテムロス)	29:↓ 水が堤防に激しく打ち付けられている。 (クイズ)		32:↑ 緩い斜面に棚田が広がっている。 (映像問題)	35:↓ 足をねんざした。 (アイテムロス)	37:↑ 避難所に到着。水を飲んで一休み。水がなければ6マス戻る。 (アイテム→戻る)	40:→ な ご か ル み た
19:↑ あ！この地形、なんて言ったっけ？ (クイズ)	24:→ ちょっと休憩。ゲームしよう。 (ゲーム)		25:↑ 大きな川に差し掛かる。 (クイズ)	30:→ ヤバイよ、ヤバイよ。	31:→↑ 洪水の浸水危険区域を抜けた。		36:→↑ 地すべりの危険区域を抜けた。ゲームデモしよう。 (ゲーム)		
18:↑ 谷川に差し掛かる。 (映像問題)									
	14:→↓ もう少しで頂上だ。		13:→ 山の険しさが気になる。 (クイズ)		8:↓ 防災無線が鳴り「避難指示」発表。 (クイズ)	7:→ おじさん、おばあさんに連絡する。 (クイズ)	2:↓ リビングで非常持ち出し品を見つける。 (水をゲット)		
17:↑ かけ崩れの危険区域を抜けた。 (クイズ)	15:↓ いやな予感がする。 (クイズ)		12:↑ 足がすべった。 (アイテムロス)		9:↓ 避難場所に迷う。 (クイズ)	6:↑ 裏山の安全性が気になる。 (クイズ)	3:↓ ついついゲームをしてしまう。 (ゲーム)	1:→↑ スタート	
	16:→↑ あ〜疲れた。ゲームしよう。 (ゲーム)		11:↑ 山道に入る。 (映像問題)		10:→ 避難しよう。忘れ物はないかな？	5:↑ 天気予報が気になる。 (クイズ)	4:→ 雨が強まった。避難準備だ。もう一つ非常持ち出し品を見つける。 (懐中電灯をゲット)		

図-1 防災すごろくの盤面

に見舞われ「6マス戻る」などの結果になる。アイテムの重要性を到着順位にも反映するための処置である。

さらに、すごろくの特性として「自分が止まったマスに他のプレイヤーも止まる」ことや、「自分が止まらなかったマスに他のプレイヤーが止まる」ことが多々ある。これにより、同じクイズを復習したり、他のプレイヤーの回答を見て新たな知識を得たりする効果が期待できる。

(2) ふれあい土木展における実践

実践のフィールドとして、国道交通省近畿地方整備局近畿技術事務所で行われた「ふれあい土木展」にて展示させていただき、来場の方々に遊んでいただいた(写真-1)。

小学生から社会人まで幅広い年齢層の方々に楽しそうに遊んでいただけた。中には親子で対戦し、負けた子どもが泣き出すほど白熱した場面もあった。

遊んでいただいた後アンケートを実施し、15の回答を得た。いただいた回答の中で、「楽しかった」「避難中に起こりそうな場面が想定されていて良かった」「単純に進めるだけでなく、ゲットしたアイテムを失ったり特定のアイテムがないと戻されるという要素がいいと思った」など、おおむね好意的な感想をいただいた。一方、「持っていないでもゲームに影響のないアイテムが複数あったのが少し気になった」「クイズに正解/不正解したときの演出がわかりにくい」「もう少し長いバージョン

があってもよい」など改善点も書いていただいたので、それを反映し改良ができれば、当センターの展示や出前授業等に活用していこうと考えている。



写真-1 ふれあい土木展の様子

3. プログラミング学習を取り入れた土砂災害防災学習の実践

2020年の小学校学習指導要領の改正で、防災学習の必要性が指摘され、「自然災害に関する知識を得ること」などの指導が追記された。また、同時に「プログラミング」に関しても必修化された。

上記2点の改定は小学校の先生にとってなじみの薄い分野である。さらに先生自身が多忙であることも相まって、新しい教材開発は容易ではない。

以上のような状況を踏まえ、プログラミング学習の要素を取り入れて、生徒がゲーム感覚でロボットの動きをコントロールしながら、土砂災害について楽しく学習できる教材を開発し、実践授業を実施した。

なお、本企画は、(株)村田製作所の取り組み「動け!! せんせいロボット」⁴⁾に刺激を受けており、令和5年5月に同所を訪問した際、担当者からアドバイスを受けた。また、独自の技術で低コストの人間ロボットを作成して防災教育を行う企画に賛同していただいた。

(1) 教材の概要

土砂災害の発生するフィールドを設定し、危険を避けるルートを考えて、ロボット役に指示をして避難所(ゴール)へと導くことを目的とする。

学習内容として、防災に関しては、土砂災害に対する知識、有効な対策、そしてそれらを考慮した避難行動に重点を置いた。プログラミングに関しては、行動を分析し組み合わせていくアルゴリズム的思考を意識させることに重点を置いた。

教材は、小学校で使うタブレットまたはPC、教育向けマイコンボードの「micro:bit」、ロボットの頭部、土砂災害の模型とそれを設置したフィールドなどから構成される。ロボットの頭部や土砂災害の模型は段ボール等で作成しており、デジタル一辺倒とならず親しみを持ちやすいよう工夫している。

ロボットの動きを指示する仕組みとして、多くの小学校で導入されているビジュアルプログラミング言語「Scratch」を用いる。ロボットの頭部内には「micro:bit」が設置されており、「Scratch」でプログラミングした指令(進行方向)が信号(矢印)となって「micro:bit」に無線転送される。ロボット役は、その信号を頼りにフィールドを進み、避難所(ゴール)を目指す。(図-2)

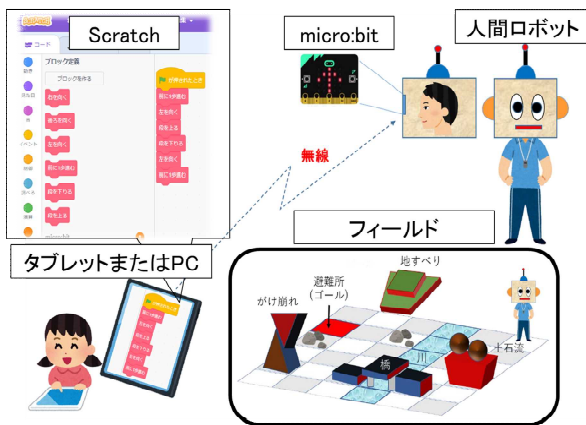


図-2 教材の概要

(2) 小学校における実践授業

実践授業には、那智勝浦町立市野々小学校5、6年生にご協力いただいた。

最初に代表的な土砂災害及びその対策工について講義を行った。

次に、教材の説明や各個人でのプログラミング練習を行った。

最後に、3つの班に分けてそれぞれに土砂災害の対策状況が異なるフィールドを課題として出題し、班ごとに相談してロボットを避難させるようにした(写真-2)。

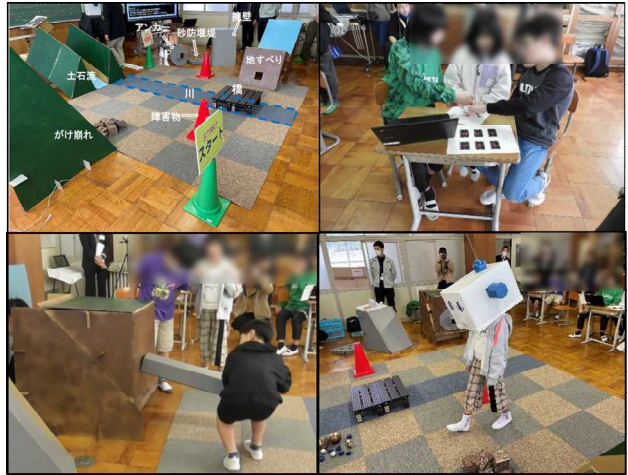


写真-2 授業の様子

特に授業で工夫した点は下記の通りである。

- ・班ごとに土砂災害の位置・対策工の有無を変更した。これに伴い避難ルートが変わり、フィールドのバリエーションをつくることができる。
- ・土砂災害に児童自らが対策工を実施することで、課題のとなるフィールドが完成するようにした。これにより土砂災害に対応する対策工が何だったか(最初の講義の内容)を復習する効果を狙った。
- ・災害時にパニックにならず行動するには、前もって、順序立てて考えておくことが大切であることを強調した。ゴールするためには20個程度のプログラミングブロックが必要となるが、これを順序立てて組み合わせるには時間がかかる。実際の避難行動はより複雑な選択肢から自分の行動を選ぶ必要があり、その分パニックを起こしやすい。そのため、事前に「どのような行動パターン(プログラミングブロック)があるか」、そして「どのような組み合わせ方(プログラミング方法)があるか」を考えておくことが大切になる。

Scratchを用いたプログラミング実践は避難行動(移動)のみに限定しているが、プログラミング的思考は避難行動全般に通じるものである。実際の避難行動では、

- ①ハザードマップを見て自宅、避難所、ハザードの位置を確認する。また、対策工の有無を確認しておく。
- ②避難ルートを検討する。
- ③避難ルートの安全性を検証する。もし安全であればそ

のルートで避難する。安全でなければ再度ルート検討を行う。

となる。これは授業で用いたフィールドで実践した内容と同じである。普段無意識に行っていることではあるが、手順を分解し、順序立てて物事を考え、条件によってルートの通行可否を考えることなどを含んでおり、プログラミング的思考と避難行動全般の親和性は高いといえる。

授業実施後、児童及び教職員を対象にアンケートを実施した。児童には「楽しく学習できた」と好意的に受け止められた。また、教職員からは、プログラミング要素を取り入れるという視点や、児童が関心を持って取り組めたことに対し好意的な意見をいただいた。一方、「もう少し難度を上げてよかった」「場の設定、準備や片付け等をいかに負担少なくするか」といった指摘をいただき、難易度調整や準備・運営の簡便化が今後の課題といえる。

4. フリーウェアによる土砂災害応急対応バーチャル現場の作成

令和5年度には、防災学習教材開発以外でも共同で研究を実施した。

i-ConstructionやBIM/CIMなどDX技術を用いて建設業界の働き方改革を行おうという動きが活発化している一方、システムの導入費用や専門知識の壁などのため、地方まで普及しきっていないのが現状であり、担当者がその有用性を実感するに至っていない。

そのため、土木におけるDX技術の代表例として取り上げられることも多い「3次元バーチャル現場」を、地方自治体や学生レベルでも「安全・安価・迅速」に実現できないかを試みた。

(1) 3次元バーチャル現場作成の流れ

3次元バーチャル現場作成の流れを下記①～④に示す。基本的な流れは土木研究所地すべりチーム作成の「地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料」⁵⁾を参考にしている。

- ①発災後の崩壊地形をUAV（本研究ではMAVIC AIR2（DJI社）を使用）にて空中写真撮影を行う。
 - ②撮影した写真データから、SFMソフトウェア（本研究ではwebODMを使用）により3次元バーチャル現場を作成する。また、同ソフトより3次元点群データを取得する。
 - ③発災前の同箇所3次元点群データをオープンソースにより取得する。
 - ④発災前後の3次元点群データをGISソフトウェア（本研究ではQGISを使用）により地図上に展開し、差分から崩壊土量を算出する。
- ①で用いるMAVIC AIR2は空撮用の入門機という位置づ

けであり、比較的安価な部類である。②で用いるwebODMと③で用いるQGISは無料で利用できるソフトウェアである。地方自治体や学生にとって、①②④で使用する機材・ソフトウェアが高額になることは避けたいので、できる限り費用を抑えた選択となっている。

(2) 災害現場での実践

実践のフィールドとして、和歌山県日高振興局建設部管内にある県道たかの金屋線で発生した災害現場を撮影させていただいた（写真-3）。



写真-3 災害現場

まず、UAV（MAVIC AIR2）により、崩壊後の地形を空撮した。115枚の写真を約30分で撮影できた。機材や飛行アプリのセッティング等を含めても所要時間は約1時間であった。

次に、SFMソフトウェア（webODM）に、現場で撮影した写真データをアップロードし、画像解析を行った。約50分で解析が完了し、3次元バーチャル現場が再現できた（図-3）。このバーチャル現場はPC画面上で拡大、縮小、回転、延長・高さ・表面積などの測定も可能である。また、画像解析後、3次元点群データをテキストデータとして取得できる。

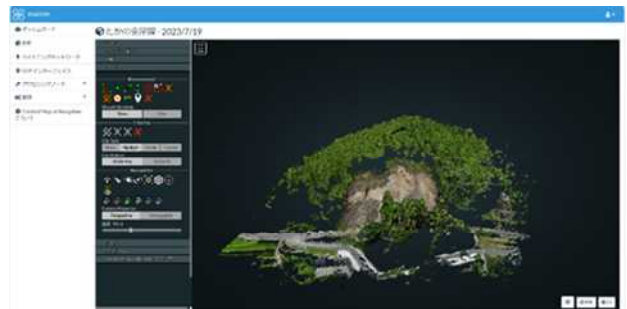


図-3 3次元バーチャル現場

次に、このようにして取得した3次元点群データ（以下「発災後データ」）をGISソフトウェア（QGIS）上でレイヤとして重ねる。QGISの無償プラグインを用いれば、発災後データの断面形状を任意の位置で確認することが可能である。

また、和歌山県HPよりダウンロードした地形図データ（以下、発災前データ）をレイヤとして重ねることで、発災後－発災前の断面図を比較することも可能である（図-4）。

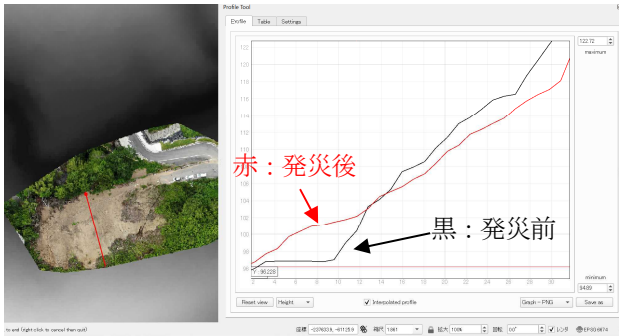


図-4 発災前後の断面比較

さらに、発災後データと発災前データの標高の差分をとり、それを新たなレイヤ（以下：差分レイヤ）とすることで、土砂が崩壊した箇所と堆積した箇所が明確になる（図-5）。この差分レイヤを崩壊箇所と堆積箇所に分類した上でそれぞれを積分することで、崩壊土砂量と堆積土砂量を求めることができた。断面図確認から崩壊土砂量の求積まで、一定の手順に従えば約1時間で実施可能である。



図-5 発災前後の標高差分(土砂の差分)

以上に示した流れは合計約3時間で実現できた。実際にはこれに加えて事務所から災害現場への往復時間を考慮する必要がある。

発災時には現場状況をいかに迅速に把握できるかが求められる。災害報告第一報として必要な情報（例えば、崩壊延長・高さ・面積・崩壊土砂量の概算）は、自らの手持ちの機材とこの程度の手順で得ることができると認

識できることが、自治体等の災害復旧活動の助けになると考えている。

また、現場経験の浅い職員が災害現場を確認して上司に報告する場合、撮影すべき・計測すべきポイントのずれや見落としなどで手戻りが発生することがある。今回の手法であれば、事務所でモニター上の現場を見ながら上司と相談しつつ計測ができるので、OJT用の手法としても効果があると考えている。

5. おわりに

以上、令和5年度に和歌山工業高等専門学校と共同で実施した取り組みを紹介した。地方自治体職員と学生が共同でテーマを持って取り組むことで、異なる視点を得られるなど双方にとってメリットは大きいと考えている。

参考文献

- 1) 岸畑明宏, 坂口隆紀, 筒井和男, 宮崎徳生, 西萩一喜, 辻原治, 木下篤彦: 土砂災害ロールプレイングゲーム「土砂災害が発生したとき」の開発とゲームを用いた防災教育の検証, 第70回令和3年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 169~170, 2021.
- 2) 西萩一喜, 辻原治, 坂口隆紀, 岸畑明宏, 筒井和男, 宮崎徳生, 木下篤彦: 土砂災害啓発のためのRPGコンテンツの開発と評価, 砂防学会誌, Vo. 74, No. 4, pp. 48-53, 2021.
- 3) 辻原治, 田中勇摩, 山添成毅, 稲田健二, 筒井和男, 岸畑明宏, 有田貴洋: 学官連携によるAR砂場の構築と土砂災害啓発教育の取り組み, 土木学会第78回年次学術講演会公演概要集, pp. CS1-06_1- CS1-06_2, 2023.
- 4) 株式会社村田製作所: 体験型プログラミング教育「助け!!せんせいロボット」紹介映像, <https://video.murata.com/ja-jp/detail/video/6025379553001>, 2024. 7. 9 閲覧.
- 5) 国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム: 地すべり災害対応の BIM/CIM モデルに関する技術資料 (土木研究所資料 第 4412 号), 2021.