1版

様　式　C－19、F－19－1、Z－19　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６年　５月２８日現在

機関番号：５４７０１

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：２１K１２１８８

研究課題名（和文）わがまち「４次元」災害疑似体験型避難行動学習教材の開発

研究課題名（英文）Development of evacuation behavior learning materials based on 4-dimensional simulated disasters in home town

研究代表者

辻原　治（TSUJIHARA, OSAMU）

和歌山工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：５０１８８５４６

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　1,900,000円

研究成果の概要（和文）：　地域の土砂災害リスクをハザードマップや現地撮影の映像などを利用した地域特化型の防災RPGを制作した。このアプリは、和歌山県日高川町のすべての小学校（9校）と中学校（5校）合計14校について、それぞれの学校周辺のハザード等を取り入れてカスタマイズしたものを日高川町教育委員会に提供した。
　ハザードマップの理解には、地図から地形を読み取ることが重要となる。砂の動きに合わせて等高線などが砂の上にリアルタイムで4次元的に表示される装置を開発・実践した。
　防災教育にプログラミング教育を取り入れ、土砂災害のフィールド上でロボット体験を通じて避難行動について学ぶ教材を開発・実践した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
　たとえ警報が出ていても避難行動をとる人は極めて少ない。原因として考えられる災害時の心理を打ち破り、主体的な避難行動をとる姿勢を醸成するためには、自分が住んでいる地域が災害に見舞われるような疑似体験が有効である。一方、地図の表現力と人の想像力の間には相当のギャップがあり、ハザードマップが災害時の状況を、臨場感を持って表現することには限界がある。また、他の地域で発生した被害の映像を見ても、自分の地域に置き換えて考えることは難しい。
　本研究課題の学術的・社会的な意義は、地域についてカスタマイズした災害体験空間を利用した防災学習を実践し、その効果について研究したことである。

研究成果の概要（英文）：A region-specific disaster prevention RPG was created using hazard maps and video images taken in the field to identify the risk of landslides in the region. The application was customized for all 14 elementary schools and 5 junior high schools in Hidakagawa Town, Wakayama Prefecture, incorporating hazards and other information around each school, and was provided to the Hidakagawa Town Board of Education. Reading the topography from the map is important for understanding the hazard map. We developed and implemented a device that displays contour lines and other information on the sand in real time and in four dimensions according to the movement of the sand.
 Programming education was incorporated into disaster prevention education, and teaching materials were developed and practiced to learn about evacuation behavior through robot experience on a landslide disaster field.

研究分野：防災工学

キーワード：防災　教育　教材　ゲーム性　RPG　地域特化　実写映像　AR

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

2011年の東日本大震災において約2万人の尊い命が犠牲になった。溺死者のうち約5割～6割は逃げ遅れが原因とする調査結果がある。災害時の心理として、異常を異常と考えない「正常性のバイアス」、専門家の知見を信じて思考停止に陥る「エキスパートエラー」、異常を感じても自ら行動を起こさない「多数派同調バイアス」などがあるとされ、たとえ警報や避難情報が出ていても避難行動をとる人は極めて少ない。そのような心理を打ち破り、主体的な避難行動をとる姿勢を醸成するためには、自分が住んでいる地域が災害に見舞われ「対応しなければ死ぬかもしれない」といった疑似体験が有効である。

これまで、地域の地図を利用した災害図上訓練が自主防災組織などで実施されているが、地図の表現力と人の想像力の間には相当のギャップがあり、災害時の状況を、臨場感を持って表現することには限界がある。また、他の地域で発生した被害の映像を見ても自分の地域に置き換えて考えることできない。そのため、従前の教材や方法で、防災教育の効果を十分にあげることができず、防災・減災啓発教育のための新たな教材や方法の開発が課題となっていた。

２．研究の目的

(1)「都合の悪い情報をカットしてしまう」、「自分だけは死なないと思っている」など、人が本能的に持っていると考えられている心理が防災教育の大きな妨げになる。しかし、「対応しなければ死ぬかもしれない」という体験は、知識の定着といった観点からも効果は大きい。本研究では、防災教育の対象者が暮らす地域の実写映像を元に、同地域において想定されるハザードを拡張現実(AR)空間として「4次元」（3次元＋時系列）で表現する。そして、予想されるハザードが疑似体験でき、自らの行動が生死を分けるようなゲーム性を取り入れた教材を構築する。

(2)　地域の災害リスクの理解にはハザードマップが重要である。特に山間部の地域においては、土砂災害のリスクが中心になるが、地形とハザードとの関係を理解する必要がある。しかし、等高線図から地形のイメージを持つのは容易ではない。そこで、簡易砂場で３次元の地形を作成し、これに等高線図をプロジェクションマッピングする。砂を動かすことで４次元的に変化する地形の動きに合わせて等高線図がそれに追随するような教材を開発する。

(3)　小学校の指導要領が改定され、プログラミング教育と防災教育が盛り込まれた。しかし、共に教科化されず、既存の科目や総合学習で取り組むこととされている。本研究では、プログラミングにより、災害を模擬したフィールド上でロボットを避難所まで誘導する新たな教材を開発する。

３．研究の方法

(1)　日高川町立山野小学校を対象として、ロールプレイングゲーム（以下ではRPG）「命を守るハザードマップ」を試作した。シナリオ作成→現場撮影→ツクールVX AceによるRPGの制作→小学校での実践→アンケート調査→改良、のフローで研究を行った。ゲームは「学習編」と「実践編」の２部構成になっている。「学習編」では、ドローン撮影した小学校周辺の映像で臨場感を与え、過去の災害の現場の写真や近くの砂防堰堤等の写真、また土石流の実験映像などを使って学習し、簡単なクイズなどをクリアしながら土砂災害に対する理解を深めていく。「実践編」では、自宅にいるときに徐々に雨が強くなり、避難情報が発表される中、対応しなければ死んでしまうかもしれない状況で、数々の判断に迫られるようなシナリオになっている。

(2)　小学校でも地形の等高線図の見方は学習している。しかし、地形の等高線図と土砂災害のハザードとを関連付けることは容易ではない。開発した「防災学習砂場」を利用した授業を和歌山県日高川町立山野小学校や那智勝浦町立市野々小学校において実施し、アンケート調査によって効果の検証を行った。

(3)　小学校でのプログラミング教育においては、プログラミング言語として Scratch がよく用いられている。直感的にプログラミングが行えることと無料で使えることが特徴である。この Scratch には Bluetooth による通信機能があり、電子基板である micro:bit と通信できる。micro:bit には 5×5 の LED ディスプレイがあり、簡単な文字や矢印などが表示できる。一方、一辺 50cm の正方形の絨毯を格子状に敷き詰めたフィールドに土砂災害の大型模型（土石流、がけ崩れ、地滑り）などを配置し、災害空間を作成する。そして、フィールド上のロボットを安全に避難所まで誘導する教材を開発し、那智勝浦町立市野々小学校において実践した。また、アンケート調査によって効果の検証を行った。

４．研究成果

(1)　開発したRPGを用いて山野小学校で授業を行い、児童と先生に対してそれぞれアンケート調査を行った（図-1参照）。仮想現実空間おいて災害を疑似体験したことで、避難行動やハザードマップの大切さを自覚し、全体的に肯定的な回答が得られた。児童に対するアンケートで、「自分が住んでいるところで、避難することになったとき、自分でちゃんと避難できると思いますか。」の質問に対して75%が肯定的な回答をしており、多くの児童が自分事として捉えることができたと評価できる。また、特に先生からの回答で、「子供たちは、家に帰ってハザードマップを確認したようで、目につくところに掲示しているそうです。」とあり、児童の行動変容が確認できたことも成果である。

児童用アンケート

児童数：8人（小学校6年生全員）

児童用アンケートの問題（抜粋）内容と肯定的解答の割合

番号	問題内容	回答	選択した割合[%]
1	山野地区は土砂災害の危険があることを理解できましたか。	よく理解できた	100
2	ハザードマップを日ごろから見ておくことが大切だと思いましたか。	そう思った	100
3	家に帰ったら、ハザードマップを見て確認しておこう、と思いますか。	そう思う	100
4	自分の命は、自分で守らなければならないと思いましたか。	そう思った	100
5	自分が住んでいるところで、避難することになったとき、自分でちゃんと避難できると思いますか。	できると思う	75
6	今日ゲームをしたことや、知ったことを、家に帰って話そうと思いますか。	そう思う	100
7	ゲームをもう一度、自分でしてみたいですか。	そう思う	100

※設問1は4択、他の設問は2択とした。

先生用アンケート

質問1
災害や避難についての学習でこのゲームを教材として用いる場合、生徒の好奇心や、やる気の向上に役立つでしょうか。

（回答）
役立つと思います。
迷路などもあり、楽しんで取り組んでいました。

質問2
このゲームを利用したときの生徒の様子はどう感じましたか。

（回答）
楽しかったようで、「またゲームをさせてください！」という声が挙がりました。また学級活動の時間や避難訓練の際に振り返りたいと思います。

質問3
このゲームをより効果的な教材にするため、改善のポイントなどについて、自由にご意見をお書きください。また、教材としてどのような使い方ができるかなど、アイデアがありましたらお書きください。

（回答）
本校に特化したゲームを作ってくださり、ありがとうございました。子供たちは、家に帰ってハザードマップを確認したようで、目につくところに掲示しているそうです。大変実になる学習をありがとうございました。

図-1　RPG「命を守るハザードマップ」による授業に対するアンケート結果

和歌山県日高川町には小学校 9 校と中学校 4 校が存在する（現在は一部合併）。山野小学校用に作成した RPG を他のすべての学校用にそれぞれカスタマイズし、日高川町の教育委員会に寄贈した。これらの教材は、それぞれの学校で有効利用されている。

(2)　土砂災害における重要な素因である地形を正しく認識するには、地形図を読み取る能力が必要となる。しかし、小中学生にとって地形図は日常的に扱うものでもなく、地形図から尾根や谷などの地形的特徴を把握するのは困難との指摘がある。そこで、土砂災害学習教材として、地形と地形図（等高線）との関係性を学習するツールとしてAR（拡張現実）技術を用いた防災学習砂場（AR砂場システム）の開発に取り組んだ（図-2参照）。併せて立体地形模型への

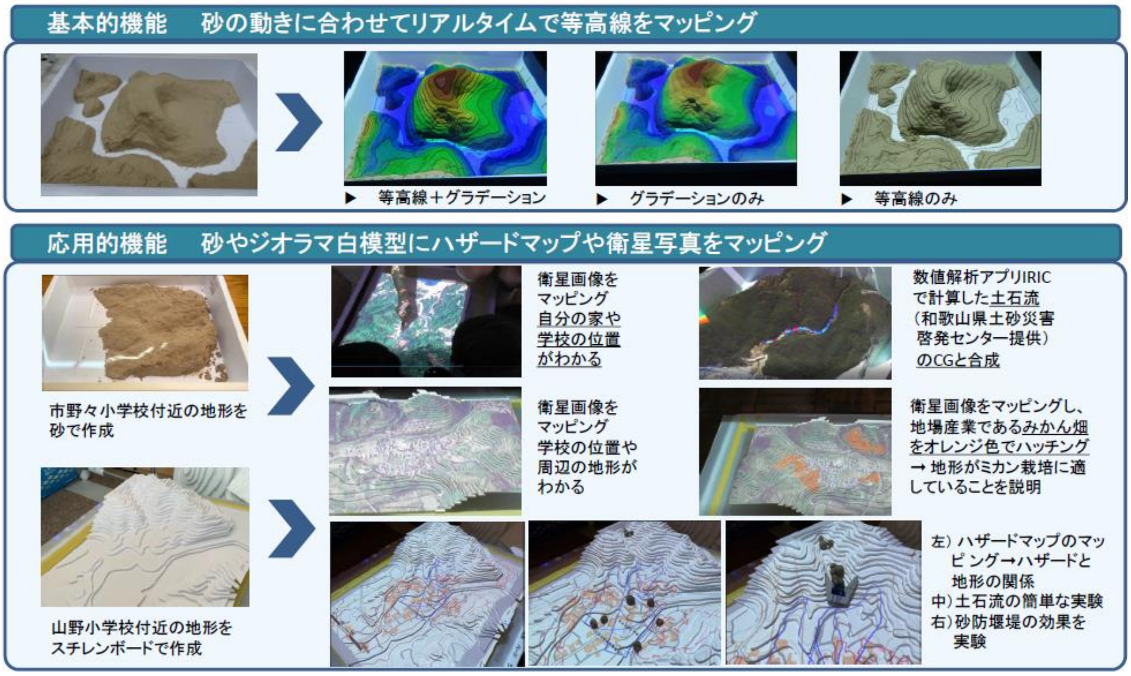

図-2　開発した防災学習砂場の機能

プロジェクションマッピングも用いることで、土砂災害に関する防災学習をより効果的に行うことを目指した。特に防災学習砂場は、砂で作った地形とその変化に合わせて等高線などがリアルタイムで表示できる。地形を理解すると、土砂災害が発生しやすい場所が特定でき、プロジェクションマッピングやARによって、災害を疑似体験することができる。開発した教材を活用し、和歌山県内の山間部に位置する二つの小学校を対象として、「わがまち」周辺の地形模型を用意して実践し、アンケート調査を行って有効性を検討した。その結果の一部を図-3に示す。これより、開発した教材は、児童の知的好奇心を刺激し、等高線の見方の理解が深まるとともに、土砂災害やハザードマップに対する理解も深めることができたと評価できる。

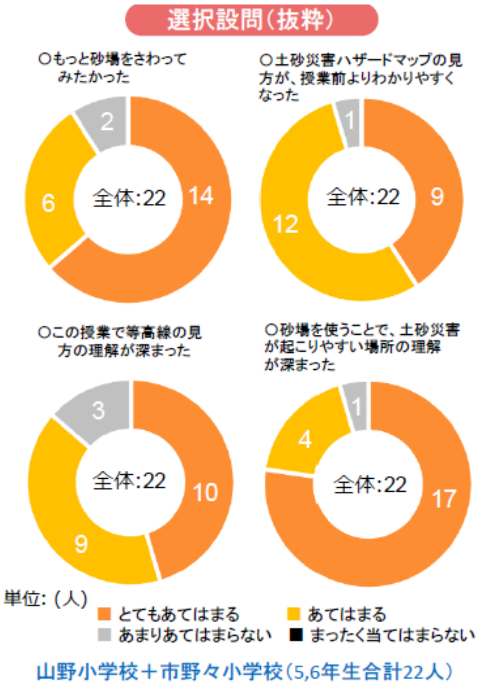

図-3 開発した防災学習砂場に対するアンケート結果

(3)　また令和４年度に、災害が発生した時にどのような避難行動を行うかを考えるという点に着目し、マイ・タイムラインを作成しながら自身が行う避難行動を考えていくことができるアプリケーションを開発した。マイ・タイムラインとは住民一人ひとりの防災行動計画であり、災害時に自分自身がとる標準的な防災行動を時系列

的に整理し、自ら考え命を守る避難行動のための一助とするものである。既存のアプリケーションも存在するが、一般に高機能であり、小中学生には扱いづらい。そこで、機能を限定し、小中学校に用意されているタブレットや PC にダウンロード可能で、教員も指導しやすい仕上がりとした。作成したアプリを用いた授業を小学校で展開し、児童にアンケート調査を行って効果を検討した。

(4) 小学生に対する防災教育において、「自然災害に関する知識を得ること」、「災害から身を守ること」、「災害から人々を守る行動」の指導の重要性を考慮し、土砂災害の３つのカテゴリ（がけ崩れ、地すべり、土石流）の大型模型と、砂防堰堤などの対策工の模型も作成した。これらの模型により、現象の理解、対策工の役割などについて学習してもらった。

自然災害のリスクを事前に確認し、前もって、避難の手順やルートを順序立てて考えておく。いざ災害が発生し、避難行動のスイッチが入ると、そのとおり実行できる。このような災害に対する思考と行動連鎖の過程が「プログラミング的思考」と共通する。この取り組みでは、小学生が自分たちで、ロボットを安全に避難させるための経路を考え、プログラミング＋通信機能でロボットに伝えて避難させる授業を展開した（図-4参照）。研究の成果を以下に示す。

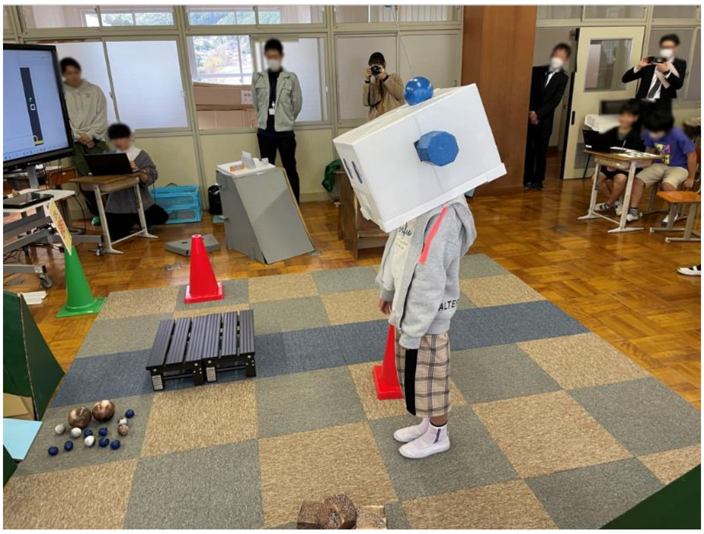

図-4　ロボット役の児童

・小学校で普段使われているプログラミング言語Scratchを使うことで、無理なく授業が行えた。
・那智勝浦町立市野々小学校で実践し、児童と教員にアンケート調査を行った結果、良好な評価が得られた。
・同校での授業を和歌山県教育委員会、那智勝浦町教育委員会の教育長が視察した。また、テレビ局や新聞社の取材があり、大きな反響がった。
・ロボットは安価に製作できるため、横展開も可能である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、和歌山県砂防課および和歌山県土砂災害啓発センターには多大なる協力をしていただいた。また、本研究の成果の一部は第 4 回高専防災コンテスト（独立行政法人国立高等専門学校機構、国立研究開発法人防災科学技術研究所主催）、第 1 回高専防災減災コンテスト（独立行政法人国立高等専門学校機構、国立研究開発法人防災科学技術研究所、公益財団法人国際科学振興財団主催）および第 2 回高専防減災コンテスト（独立行政法人国立高等専門学校機構、国立研究開発法人防災科学技術研究所、公益財団法人国際科学振興財団主催）において発表させていただいた。同コンテストにおいて防災科学技術研究所の研究員にいただいた助言が本研究を進めるにあたって参考になった。ここに記して謝意を表す。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計3件（うち査読付論文　3件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 岸畑明宏，辻原治，西萩一喜，鈴木義幸，露峰周，稲田健二，筒井和男，有田貴洋	４．巻 none
２．論文標題 和歌山県日高川町におけるデジタルコンテンツを用いた土砂災害防災教育の取り組み	５．発行年 2022年
３．雑誌名 第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集	６．最初と最後の頁 221-226
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 辻原治，尾崎嘉紀，角希美	４．巻 16
２．論文標題 1946年南海地震における新宮市の火災延焼動態	５．発行年 2022年
３．雑誌名 歴史都市防災論文集	６．最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 西萩一喜，辻原治，坂口隆紀，岸畑明宏，筒井和男，宮﨑徳生，木下篤彦	４．巻 74
２．論文標題 土砂災害啓発のためのRPGコンテンツの開発と評価	５．発行年 2021年
３．雑誌名 砂防学会誌	６．最初と最後の頁 48-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計14件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 谷口晃祥，片島将人，辻原治，はげ山雄亮，稲田健二，有田貴洋
２．発表標題 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
３．学会等名 令和6年度砂防学会研究発表会
４．発表年 2024年

１．発表者名 谷口晃祥，辻原治，片嶋将人
２．発表標題 アルゴリズム学習を付加した土砂災害防災学習教材の開発と実践
３．学会等名 第29回高専シンポジウム
４．発表年 2024年

１．発表者名 蔦尾栄俊，辻原治
２．発表標題 カスタマイズ可能な防災すごろくの開発
３．学会等名 第29回高専シンポジウム
４．発表年 2024年

１．発表者名 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
２．発表標題 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
３．学会等名 土木学会第78回年次学術講演会
４．発表年 2023年

１．発表者名 筒井和男，有田貴洋，岸畑明宏，稲田健二，田中勇摩，山添成毅，辻原治
２．発表標題 AR技術を活用した土砂災害防災学習の実践
３．学会等名 令和5年度砂防学会研究発表会
４．発表年 2023年

１．発表者名
西萩一喜，辻原治，坂口隆紀，岸畑明宏，筒井和男，宮﨑徳生，木下篤彦

２．発表標題
学官連携によるRPGを用いた土砂災害啓発教育の取り組み（その２）

３．学会等名
土木学会第77回年次学術講演会講演概要集

４．発表年
2022年

１．発表者名
渕川直紀，辻原治，岸畑明宏，筒井和男

２．発表標題
防災教育教材としてのマイ・タイムラインアプリの開発

３．学会等名
第28回高専シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
岸畑明宏，坂口隆紀，筒井和男，宮﨑徳生，西萩一喜，辻原治，木下篤彦

２．発表標題
土砂災害防災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効果検証

３．学会等名
第70回令和3年度砂防学会研究発表会概要集

４．発表年
2021年

１．発表者名
西萩一喜，辻原治

２．発表標題
土災害啓発を目的としたRPG防災教育教材の開発

３．学会等名
令和3年度国土交通省近畿地方整備局研究発表会

４．発表年
2021年

１．発表者名
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

２．発表標題
学官連携によるRPGを用いた土砂災害啓発教育の取り組み

３．学会等名
土木学会第76回年次学術講演会講演概要集

４．発表年
2021年

１．発表者名
露峰周，辻原治，筒井和男，坂口隆紀

２．発表標題
防災教育教材としてのハザードマップアプリの開発

３．学会等名
第27回高専シンポジウム

４．発表年
2022年

１．発表者名
鈴木義幸，辻原治，坂口隆紀，岸畑明宏，西萩一喜

２．発表標題
避難行動シミュレーション教材の開発

３．学会等名
第27回高専シンポジウム

４．発表年
2022年

１．発表者名
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

２．発表標題
土砂災害啓発のためのRPG防災教育教材の開発

３．学会等名
第27回高専シンポジウム

４．発表年
2022年

１．発表者名 角希美，尾崎嘉紀，辻原治
２．発表標題 1946年南海地震における新宮市の火災の調査及び延焼シミュレーション
３．学会等名 第27回高専シンポジウム
４．発表年 2022年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究の成果の一部は、以下のコンテストで発表した。
1)第2回高専防災減災コンテスト　最優秀賞（「文部科学大臣賞」、令和6年））
氏名：谷口晃祥，片嶋将人，辻原治（顧問）
タイトル：ロボット先生をプログラミングで動かして学ぶ防災学習
2)第1回高専防災減災コンテスト　最優秀賞（「文部科学大臣賞」、令和5年））
氏名：田中勇摩，山添成毅，辻原治（顧問）
タイトル：防災学習砂場の開発
3)第4回高専防災コンテスト　最優秀賞（令和4年）
氏名：西萩一喜，辻原治（顧問）
タイトル：土災害啓発を目的としたRPG防災教育教材の開発

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	和歌山県土砂災害啓発　センター (WAKAYAMAKEN DOSHASAIGAI KEIHATSU SENTA)		

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関