

河川砂防技術研究開発【成果概要】

①研究代表者	氏 名 （ふりがな）	所 属	役 職
	上杉昌也（うえすぎまさや）	福岡工業大学	准教授
②研究テーマ	名称	避難促進と流域治水のための防災 Go!の開発	
③研究経費 （単位：万円） ※端数切り捨て。	令和4年度	令和5年度	合 計
	296 万円	296 万円	592 万円
④研究者氏名			
氏 名		所属機関・役職（※令和6年3月31日現在）	
森山聡之		福岡工業大学・研究員	
小山和孝		株式会社CTI グランドプランニング・グループ長	
⑤技術研究開発の目的・目標			
前回本公募地域課題分野（河川）に応募し採択された「避難促進のための防災 Go!プロトタイプの開発（研究代表者 上杉昌也 令和元年～三年度）」（以下、前公募）では、一部の地域において防災アプリ「防災 Go!」の検証実験を行い、防災意識の向上や地域に対する興味関心の喚起において一定の成果は得られたものの、ゲーム機能と一連の環境データは統合されておらず、一元的にアクセスできないという課題が残った。さらにクイズの内容も防災関連に限定されており、広く都市・地域づくりに活用できるアプリとして発展させていくためには、現在の単なる延長では不十分であると考えた。 上記を踏まえて本研究では、防災ゲームである「防災 Go!」ver2.0を開発し、住民の水意識の向上を目指し、併せて追加機能の実装を行う。最終的な目的は、避難モチベーションの向上及び全員参加の流域治水である。 そこで前公募で開発した「防災 Go!」1.0の機能に加え、IoTにより取得した水位のデータを表示し、さらに WCPM により予測した水位や、SEAM により発生予測した土砂災害の警告をプッシュ型で伝達する機能、河川周辺の状況をドローンによる 3D 写真や 360 度 VR 写真を表示する Stream View 機能を開発検証する。 データは、前公募分に加え、Stream View のデータやホテル等の環境データや球磨川の土砂災害データを拡充することにより、流域治水に貢献することが可能となる。前公募では福岡熊本長崎の各県 1 自治体あるいは住民が協力体制にあるが、さらに九州各県の複数の市町村から参加者を募り、現地でマッピングパーティを行い、クイズ作成を行う。クイズの内容も防災に限らず、歴史、観光、グルメ等を楽しめる地域アプリとして発展させ、通常から使えるアプリとする。さらに防災意識の向上に加えて地域の理解や地域への愛着の醸成に繋がるかについても、アンケート調査により解析し、その結果を踏まえて最終的に「防災 Go!」2.0 をリリースし、1,000 ユーザの登録を目指す。 「防災 Go!」2.0 は、河川管理にも活用可能であり、住民と河川管理者の有機的な連携、例えば、住民が堤防の状況がおかしいなどの状況をスムーズに共有可能な機能も同時に実装する。			

⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

1. 防災ゲームアプリ「防災 Go!」の改良

本アプリでは、まずモバイル端末上の画面に表示されるハザードマップの情報とともに、端末のGPS から取得された自分の現在地が表示される(図1)。実際に端末を持って移動することで自分の現在地も更新され、災害危険箇所や避難施設などの設定されたスポットに入ったかどうかは端末の位置情報により判定される。続いて、そのスポットで災害や防災知識に関するクイズが出題され、正解するとポイントが付与されるという仕組みになっている。ポイントは蓄積されるため、リアルタイムでのランキングを表示しながら他の利用者と競うことで楽しむこともできる。

アプリのベースマップには、既に国や自治体等で整備されているハザードマップが利用される。ハザードマップには洪水浸水想定区域や土砂災害警戒区域などの災害危険箇所や避難施設等が面や点などの形状の地物として含まれている。アプリで出題されるクイズについては、対象地域の災害危険箇所や避難施設等の各スポットに四択の災害・防災クイズを設定している。これまでクイズ作成は主に福岡工業大学の学生によって行っている。なお災害・防災クイズに加えて、地域への関心を高めるため、地元組織の協力も得て、地域の歴史や文化に関するご当地クイズも新たに設定するようにしている。

アプリに関しては前年度までの実証実験の結果を踏まえ、以下のようないくつかの改良によるバージョンアップを行った。

- ・アプリの動作のスムーズ化を図るため、独自の位置データベースへ改変した。
- ・防災教育など防災機能の向上にむけて子供向けクイズの設置と防災クイズへの解説の追加を行った。
- ・地域組織の協力を得て、防災情報以外の地域の歴史や文化等も含めた地域関連クイズを充実化した。
- ・ハザードマップ情報を地図上で見やすく表示するため、情報表示を選択的に変更できるようにした。
- ・利用者と管理者が双方向コミュニケーションできるようにコメント投稿機能を追加した(投稿情報はリアルタイムで地図上に反映され共有される)。

さらに、より多くの利用者が各自のモバイル端末にアプリをインストールできるように、iOS および Android 向けにアプリを公開した。2024 年 5 月 28 日時点でのダウンロード件数は、iOS が 278 件、Android が 71 件となっている。

2. アプリの地域展開

本アプリの活用可能性と課題を検証するため、複数の対象地域において検証実験を行った。緑川流域以外での検証実験により、本アプリは異なる特性を持つ地域への展開性も高く、他地域での今後の防災や河川管理に寄与できるものと期待できる。

(1) 緑川流域(熊本県甲佐町)での検証実験

当該地域は、西側は一級河川緑川に面し、東側は山地に囲まれた、河川氾濫や土砂災害の危険箇所が点在するエリアであり、アプリのベースマップには熊本河川国道事務所「緑川水辺空間マップ」に含まれるハザードマップ情報を採用した。2023 年 1 月 29 日に甲佐町周辺に居住する児童生徒 13 名とその保護者等の大人 12 名に参加頂き、甲佐町役場で最初に簡単な趣旨説明やアプリの操作説明をした後、親子で構成される世帯ずつのグループに分かれ、アプリを使用しながら一時間程度の散策を自由に行ってもらい、獲得ポイントを競ってもらった。なおアプリの使用中には、端末の GPS を利用して参加者の移動ログも取得し、実験後に本アプリの効果や課題に関するアンケート調査を児童生徒・保護者別に行った。実施には国交省熊本河川国道事務所と甲佐町 PTA 連絡協議会の協力を得た。

生徒児童アンケート調査に関して、表 1 はアプリの効果に関する調査結果であるが、本アプリの目的である Q1 の災害・防災への関心の向上や、Q2 および Q3 の災害危険や避難施設の認知については、



図1 防災アプリ「防災 Go!」2.0

8割以上が「当てはまる」「やや当てはまる」と回答した。単に地図上で確認するだけでなく、実際に自分の足を使って目で確認することの効果と推測される。さらに、甲佐町に関する地域クイズも導入したことにより、Q4のまちへの関心向上に関しても肯定的な評価が得られた。

Q5～Q7の反復性や娯楽性、事後学習意欲についても高い評価となっており、位置情報を活用したゲーミフィケーションの効果が直接的に反映されているものと考えられる。防災学習は一過性で終わるものではないため、主体的な学習意欲に結び付く娯楽性のような要素も重要である。位置情報ゲームの特徴として、利用者の場所によって利用可能なゲームアクションが異なる点で他のゲームとは差別化されるため、より多くの場所を訪れてみたいという興味をひくことが肝要であると考えられる。

さらに保護者向けのアンケート調査では、利用段階別のどの程度親子でコミュニケーションをとったかも尋ねた。いずれのグループでもすべての段階で親子間でのコミュニケーションが確認され(表2)、子供の理解度が不足していた場合には親子間の対話等で補っていたことも推察される。また、保護者アンケートの自由記述コメントからは、アプリの課題・改善点として、アプリの反応が遅い点や、画面の拡大・縮小などの希望が指摘された。後者に関しては、学習過程の中で地域を異なるスケールでとらえることも地理的な見方・考え方を育む上で重要であるため、任意のスケールでゲームを進められるようにすることは学習効果の向上の面でも意義は大きいと考えられる。

(2) 緑川流域(熊本県熊本市川尻地区)での実証実験

当該地域は、緑川流域の中でも河口から約8kmの熊本市南部に位置する歴史のある市街地で、洪水浸水想定区域が広がり災害危険箇所が点在するエリアである。2021年11月にも改良前のプロトタイプアプリを使用して実証実験を行った地域であるが、前回よりもやや範囲を広くしている(川尻、杉島、御船手、中緑、中無田)。そのため、必ずしも参加者は同じではないものの、アプリの改良の効果についても一定程度は確認できるものと考えられる。今回は2024年1月13日に、地域に居住する約60名に参加を頂き、川尻公会堂を基点にアプリを使用しながら一時間程度の散策を自由に行ってもらい、獲得ポイントを競ってもらった。なおアプリの使用中には、端末のGPSを利用して参加者の移動ログも取得し、実験後に本アプリの効果や課題に関するアンケート調査を行った。実施には国交省熊本河川国道事務所の協力を得た。

本実験ではコメント投稿機能も追加したため、その利用状況についても投稿地点と投稿内容を確認する(図3)。「道ガタガタ」や「行き止まりでした」、「みちがせまい」など、地図上では把握しにくい避難の際には障害となりうる情報などが投稿されており、このような情報が地域住民や行政などに共有されることは有用であると考えられる。なお実験後のアンケート調査でも、意外な災害危険性として「水位が低くても車は動かせないことがわかりました」

表1 児童生徒によるアプリの評価

	当てはまる	やや当てはまる	どちらでもない	あまり当てはまらない	当てはまらない
Q1 災害や防災への関心が高まった	4 (30.8%)	7 (53.8%)	2 (15.4%)	0 (0%)	0 (0%)
Q2 どこに災害危険があるか分かった	5 (38.5%)	7 (53.8%)	1 (7.7%)	0 (0%)	0 (0%)
Q3 どこに避難所があるか分かった	3 (23.1%)	9 (69.2%)	1 (7.7%)	0 (0%)	0 (0%)
Q4 このまちへの関心は高まった	5 (38.5%)	6 (46.2%)	2 (15.4%)	0 (0%)	0 (0%)
Q5 これからもやりたいと思う	9 (69.2%)	3 (23.1%)	1 (7.7%)	0 (0%)	0 (0%)
Q6 ゲームは楽しかった	11 (84.6%)	2 (15.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Q7 防災についてさらに学んでみたい	5 (38.5%)	6 (46.2%)	1 (7.7%)	1 (7.7%)	0 (0%)
Q8 今日の体験を他の人にも伝えたい	5 (38.5%)	6 (46.2%)	1 (7.7%)	0 (0%)	1 (7.7%)

表2 保護者によるアプリの評価

	当てはまる	やや当てはまる	どちらでもない	あまり当てはまらない	当てはまらない
ゲームのルールを説明する	6 (66.7%)	3 (33.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
訪問場所やルートを決める	3 (30%)	7 (70.0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
クイズ回答と一緒に考える	7 (70.0%)	3 (30.0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
解説の内容を説明補足する	7 (77.8%)	2 (22.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)



図3 コメント投稿状況

※無関係なコメントについては省略

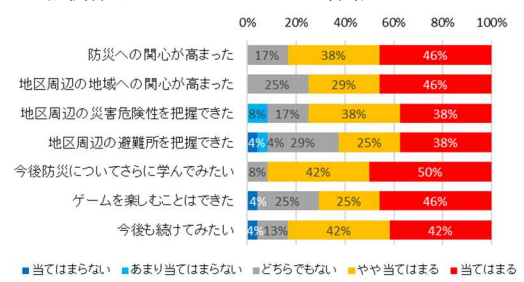


図4 アプリの効果

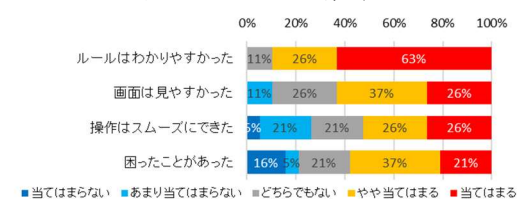


図5 アプリの使用感

「行き止まりの道があるので、緊急時にそこを選ばないようにしたいと思った」といったコメントが寄せられており、さらに住民の「気づき」を積極的に投稿してもらえようような仕組みも必要である。

図 4 は、アプリの効果に関するアンケート調査結果であるが、防災への関心向上や、災害危険性の把握については参加者の 8 割前後が肯定的な回答を示している。また今後の防災学習意欲やアプリの継続利用意向についても 8 割以上が肯定的な回答を示している。避難所の把握についての効果が他の項目と比較して低いのは、周辺に避難施設の数が多いために体験期間中に実際に避難施設にアクセスした参加者が限られていたためと考えられる。さらに、実際に地域を歩くことで地域への関心向上の効果も期待できることも示された。

2021 年に実証実験を実施した際の結果と比べると、アンケート回答者は同一ではないことには注意する必要があるが、いずれの項目の評価も上がっている。その背景として、これまでに実施したアプリの改善の影響も考えられる。実際、図 5 に示すアプリの使用感に関するアンケート調査結果を見ると、前回と比べて「画面は見やすかった」の評価は「当てはまる・やや当てはまる」が約 3 割から 6 割以上に向上、また「操作はスムーズにできた」の評価は約 2 割から約 5 割に向上している。一方で、「困ったことがあった」と回答した参加者もまだ半数程度いるため、今後も継続的にアプリの課題を抽出し、普段から利用してもらえようアプリに進化させていく必要がある。

(3) 他地域（福岡県古賀市）での検証実験

緑川流域以外の地域への横展開の可能性を検証するため、福岡工業大学が包括的連携協定を締結している福岡県古賀市（総務部危機管理課）に協力を得て、2022 年 9 月 23 日に花鶴小学校 PTCA が主催する古賀市立花鶴小学校での防災キャンプの一環として検証実験を行った。当該地域は、福岡都市圏内に位置する市街地エリアであるが、周辺には二級河川・大根川や土砂災害危険箇所などがみられる地域である。参加者は 17 世帯 57 名（小学生とその保護者）で、実験中参加者は自由に一時間程度体験してもらった。本実験において、参加者の行動ルートや挑戦したクイズを特定するため、アプリの移動ログ機能を使い、参加者の移動データを記録した。

防災の関心の有無によるアプリの利用状況の違いを検証するため、それぞれアンケートで防災に関心があると答えた人とならない人との移動ログから推定した移動距離を算出した。両者の中央値は約 750m と大きな差は見られず、防災関心の低い参加者であっても、防災関心が高い参加者と同等の利用がなされていることがわかった。

3. オンライン避難訓練機能の検討

防災訓練機能（ハザトラ）の搭載の可能性を検証するため、まずはトラッキング機能の実装と移動ログ解析の検証実験を行った。防災 Go!アプリには、スマホ端末の GPS に基づいて、一定の時間ごとに位置座標を取得する機能を実装した。図 6 は、先述の熊本県甲佐町での検証実験における参加者グループの移動ログである。図に示す通り、実装したトラッキング機能により精緻な位置情報を取得できることを確認した。

しかしハザトラで用いられる高度情報に関しては、現在のスマホに搭載されている加速度センサーと気圧センサーで同一機種でのバラツキは少ないものの、異なる機種だと真値に対する偏差が大きいものがあることが分かった（杉本ら 2022）。そのため、オンライン避難訓練機能の実装は困難であると判断した。

上記の点に対応するには、スマホ以外に計測装置を用意して全機種にわたる校正を行い、偏差のデータベースを構築する必要がある。その前に特定の機種に統一して高度情報の有用性を検討する検証実験も考えられる。

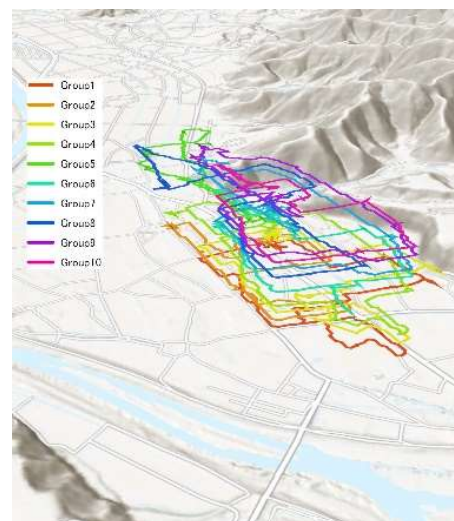


図 6 取得した移動ログ
※熊本県甲佐町での検証実験において取得

4. 河川水位予測・土砂災害検出

(1) 河川水位センサー

超音波水位センサーをベースにしたモジュール式の水位センサーノードを Braveridge 社と共同で開発した (図 7)。Braveridge 社の知見から無線の浸透性が高い ELTRES を用いた。折り悪く半導体不足もあって試作が遅れ、試作機が完成した 2023 年 10 月に検証実験を行い、将来の水位センサーノード設置予定地点 8 箇所のうち 7 ヶ所で良好な結果を得た (表 3)。2024 年 5 月 16 日に福岡市内の樋井川に 3 基の水位センサーを設置した (図 8)。



図7 試作した2台の超音波水位センサー

(2) 土砂災害検出センサー

土砂災害検出センサーについては、当初振動センサーを用いる予定であったが、検証の結果、都市部では車の走行振動等の影響を受けやすいことが判明した。対策としては超音波水位センサーに濃度センサーを加えて、高濃度の流体が通過した場合に土石流と判定する方法が考えられるが将来への課題としたい。

表3 Brave Gate経由で得られた水位の例

送信Timestamp	計測Timestamp	battery(%) RSSI	UplinkType	計測値(m)	計測地点
2023/10/26 12:51	2023/10/26 12:50	78 4	1	0.20	高廻り橋
2023/10/26 12:56	2023/10/26 12:55	73 1	3	0.21	高廻り橋
2023/10/26 13:01	2023/10/26 13:00	72 3	2	3.03	高廻り橋
2023/10/26 14:11	2023/10/26 14:10	63 3	1	0.24	田島橋
2023/10/26 14:17	2023/10/26 14:15	60 2	2	7.22	田島橋
2023/10/26 14:31	2023/10/26 14:30	60 4	0	0.20	新川橋
2023/10/26 14:36	2023/10/26 14:35	59 5	2	7.65	新川橋
2023/10/26 15:01	2023/10/26 15:00	56 10	0	4.68	城西橋
2023/10/26 15:31	2023/10/26 15:30	61 10	0	4.61	城西橋
2023/10/26 16:32	2023/10/26 16:30	54 3	0	7.65	横内橋
2023/10/26 18:46	2023/10/26 18:30	48 1	0	0.80	屋内(CTI-
2023/10/26 20:15	2023/10/26 19:30	43 1	0	6.73	屋内(CTI-
2023/10/26 21:13	2023/10/26 21:00	47 2	0	7.65	屋内(CTI-

5. Stream View (SV) の充実

(1) 環境モニタリング

成道寺川におけるホタル観測のデータを蓄積して道路工事の影響を解析すると共に、ホタル出現個体数のカウント自動化の検討を行った。ホタル出現個体数のデータを道路工事開始前の2012年より前と、開始後2012年よりあとに分けた場合、出現個体数の平均値自体には差があるが、統計的に有意な差は認められなかった。



図8 左から樋井川の桜橋、横内橋、下屋敷橋の水位センサー

(2) Stream View (SV)

SVには、球磨川の土砂災害の画像と成道寺川の画像を追加した。2022年の木山川の氾濫も撮影したので今後追加する予定である。球磨川の土石流発生現場 (図9) はドローン (DJI Phantom 4) を用いて撮影した画像をMeta Shapeを用いて複数枚重ねて3Dにしたものである。成道寺川の360VR画像 (図10) はInsta360Proを用いて撮影および編集を行ったものである。

特筆すべきは、2023年に成道寺川最下流の観測ラインL1でコンクリート簡易橋が設置され、ホタルの出現個体が顕著に減少するようなネイチャーネガティブが発生した場合 (図11) に、以前の健全な状態がどのような状態であったかをSVで図10のように子細に検証可能であるという事実である。



図9 SVで表示した球磨川の支流行徳川の上流における土石流発生の様子



図10 成道寺川L1末端
(2019.5.12撮影)
※SVの360VR画像から抽出



図11 成道寺川L1末端に設置された簡易コンクリート橋
(2023.5.21撮影)

⑦研究成果の発表状況・予定

- ・上杉昌也・森山聡之・小山和孝・和田亨・新山悠紀・石本俊亮「平常時からの地域防災に向けた現地散策型アプリの開発とその有効性の検証」都市計画論文集 57(3), 1431-1438, 2022 年 10 月.
- ・上杉昌也・森山聡之・小山和孝・和田亨・新山悠紀・石本俊亮「防災アプリ「古賀市版防災 Go!」の効果と課題」福岡工業大学総合研究機構所報 5, 83-88, 2022 年 10 月.
- ・上杉昌也「地域防災に向けた防災アプリ「防災 Go!」の展開：熊本県緑川流域・長崎県島原市・福岡県古賀市での検証実験を通じて」第 7 回国公私 3 大学環境フォーラム講演, 熊本県立大学, 2022 年 12 月 10 日.
- ・森山聡之・中鳥暁翔・森光大朗「段波対応型 IoT 水位計の開発」第 24 回日本災害情報学会大会, 2022 年 3 月.
- ・有吉雄哉・森山聡之「熊本県成道寺川におけるホタルの出現個体数の変動と河川環境の関係について」ELR2022つくば発表予稿集, 2022年9月.
- ・上杉昌也・森山聡之・小山和孝・和田亨・新山悠紀・石本俊亮「地域防災のための防災教育に向けた位置情報ゲームアプリケーションの活用可能性」都市計画報告集22(2), 287-292, 2023年9月.
- ・アプリの一般公開
App Store for iOS (<https://apps.apple.com/us/app/%E9%98%B2%E7%81%BDgo/id6474410314>)
Google Play for Android (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ctigp.bosaigo>)

⑧研究成果の社会への情報発信

- ・2022.05.13 NHK 「みみより！くらし解説「ゲームで防災を学ぼう」」
<https://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/700/468278.html> (最終閲覧日 2022.05.30)
- ・2022.08.31 RKB 毎日放送 「いまそこにある危険：拡充進む災害情報 効果的な活用は」
- ・2024.01.17 熊本日日新聞朝刊 「防災ゲームアプリの実証実験」

⑨表彰、受賞歴

無し

⑩技術研究開発の今後の課題・展望等

本研究で開発したアプリを様々な地域で継続的に運用していくためのサーバ管理やコンテンツの更新などが課題になっている。また、期間内で実装したアプリの対象地域を流域全体に展開していくことも限られた期間・予算の中では課題となる。既に、福岡県古賀市など緑川流域以外の地域での実証実験も進んでいるが、新たに連携頂ける自治体との関係の構築や維持なども技術研究開発の更なる発展に向けた課題として残っている。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

- ・身近な地域情報を追加することで、水防災意識の向上に繋がる。
- ・流域に親しみやすくなることで、河川環境改善にも繋がる。
- ・Stream View は、河川の現状や歴史を体験できる広報ツールとして期待できる。
- ・360° VR 画像やドローンによるオルソ航空写真を経年的に蓄積することで、河川周辺の変化や、砂州や河床の移動など流砂系の経年変化を把握するツールとして期待できる。
- ・住民や河川管理者による河川に関する投稿機能を追加したことで、河川の変状等をいち早く把握できるため、河川管理の効率化ツールとして期待できる。
- ・本研究は他流域への展開性も高く、他流域での今後の河川管理に寄与できるものと期待できる。