

水害リスクの自分事化を促進する デジタルツインの構築と小学校教育現場での実証

A DIGITAL TWIN FOR PROMOTING PERSONAL RELEVANCE OF FLOOD RISK: AN EMPIRICAL STUDY IN
ELEMENTARY SCHOOLS

●大槻順朗 | 山梨大学大学院准教授 総合研究部附属地域防災・マネジメント研究センター

Mail: kotsuki@yamanashi.ac.jp

中村涼乃・中島健一・飯田進史 | パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部 防災事業部

原谷日奈子 | 前 山梨大学 工学部土木環境工学科(現 山梨県庁)

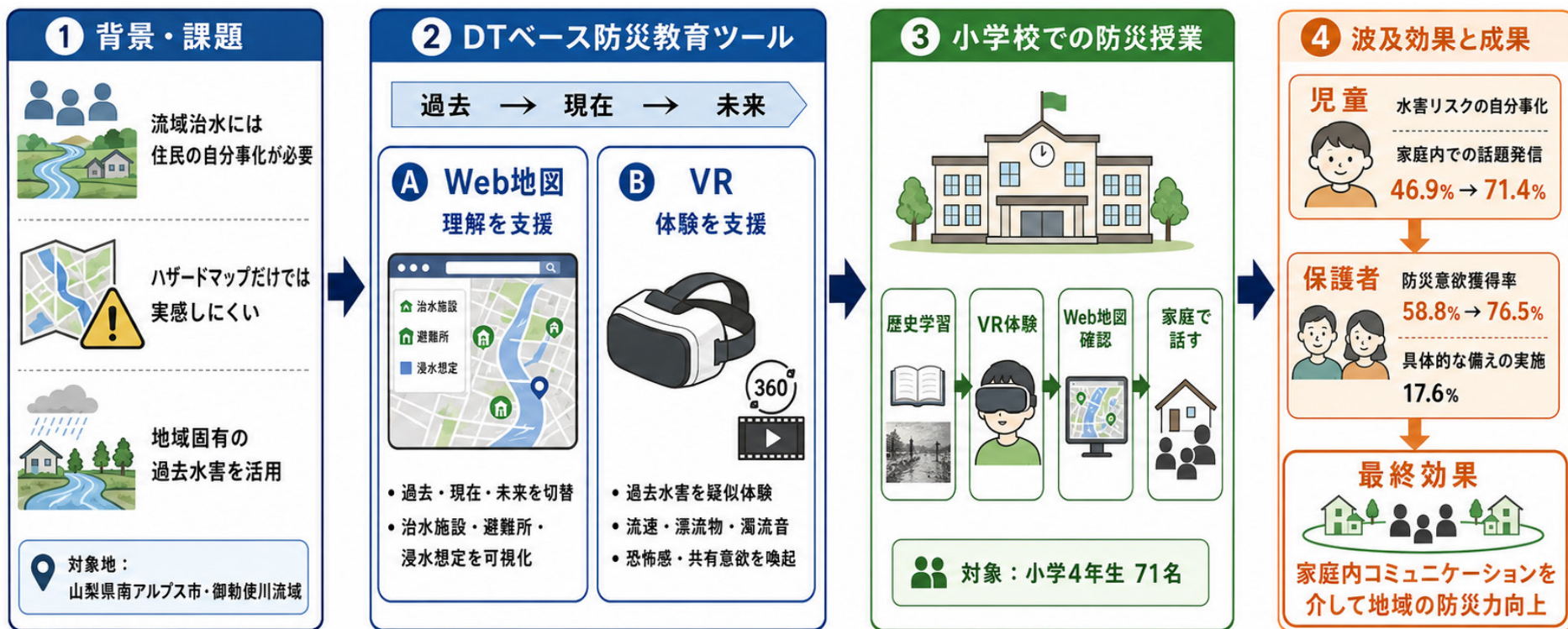
今泉貴善 | 山梨大学大学院 医工農学総合教育部工学専攻

斎藤秀樹 | 南アルプス市教育委員会文化財課



本研究の目的と概要

VRとWeb地図を組み合わせたDT教材を構築し、小学校防災教育での実装を通じ教育効果と家庭への波及効果を定量評価した



地域固有の『過去』をVRで体験し、Web地図で生活空間と結び付けることで、児童から家庭へ防災行動が波及する

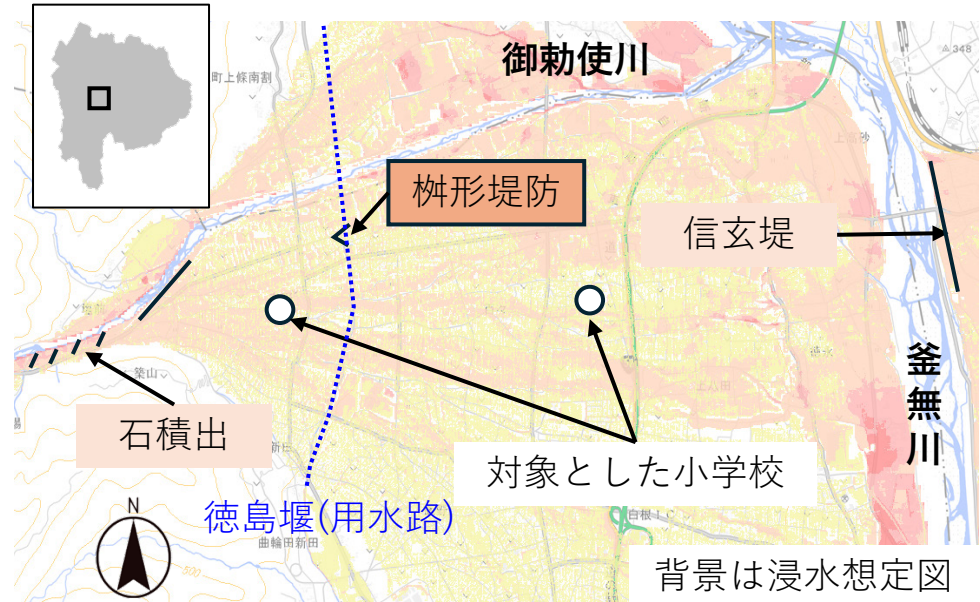
なぜこれがDTやDXの研究なのか？

本研究は, DTを“再現する技術”から“行動変容を支援する情報基盤”へ拡張する試み

- DTを単なる再現・蓄積の技術で終わらせず, 地域で使われるためには, 誰のどの行動につなげるかを設計する必要がある.
- 本研究ではデジタルツインを,
「過去・現在・未来」の水害リスク情報を統合し, 住民の認知や行動変容につなげるための「情報基盤」として位置付けている.
- 「情報の再現・蓄積」から「住民の認知・行動変容を支援する情報基盤」に拡張する具体的な方法を提供し, 目的ベースの「地域で使える」DTにする

研究対象地(南アルプス市・御勅使川流域 柵形堤防)

- 対象地:
 - 史跡「御勅使川旧堤防(将棋頭・石積出)」の柵形堤防とその周辺
- 地域性:
 - 地域のランドマークであり, 自分事化に繋がりやすい
- ストーリー性:
 - 災害と水の恵みの歴史
(明治29年水害&徳島堰)
- 潜在的水害リスク:
 - 浸水深は低いが, ひとたび氾濫すると流速は大



柵形堤防…河原の真ん中（現在は住宅地）に設置された分水施設を防御するためのV字の石積み堤防



対象地と「過去」を扱う意義

- 実際に起きた過去の事実は「リアリティ」を持つ
 - 「将来予測」だけでは、「机上の仮想的な結果」として過小評価される懸念
 - 居住地スケール(大字単位)での提示が関心を集めやすい
- 過去・現在・未来をつなぐ「ストーリー」を構築可能
 - DTを単に与えても、情報が膨大すぎて「傍観者」になる.
 - ストーリー＝情報の整理
 - その地域の過去だから自分事化しやすい
- 「恐怖の緩和」: 恐怖だけでなく歴史として受け止められる
 - DTは「流れ」も伝えられ、リスクの表現が多彩なことは利点.
 - DTがもたらす「恐怖の心理的衝撃」を緩和

地域での使われ方をイメージ

目標設定

- ・防災教育で使えて、小学生を介して保護者（社会）へ波及させる

ペルソナ分析

- ・誰がDTを使う？特性は？
- ・彼らがDTに対するニーズは？

具体的な
コンテンツ
検討

Web地図:過去・現在・未来のレイヤ

- ・位置関係, 施設理解
 - ・学校や自宅を中心に空間を把握
- ・過去:水害絵図, 写真, M29再現計算
- ・現在:避難所, ランドマーク
- ・未来:「もし石積出」がなかったら計算



VR:リスク認知・避難促進・共有意欲促進

- ・氾濫流
 - ・ゲームエンジンで再現. わりと簡単に作れる.
 - ・物理計算に基づく流れ→見せかけではない
- ・漂流物, 濁流音
- ・見せ方. 「桝形すごい」から「怖い」に接続



DT教材：VR桝形堤防



- UnrealEngineと物理演算(Fluid Flux)によるリアリスティックな氾濫流の描写. 漂流物・音を付加.
- YouTube上で手軽にVR体験を提供可能(論文にQRコードあり)

- 検証1:従来手法・Web地図とVRの比較
- 検証2:児童の行動変容と保護者への波及効果

評価のベース：流域治水行動変容のルーブリック

流域治水の「3段階」と行動変容ステージモデル「5段階」からルーブリック作成

行動変容の5つのステージ(Prochaska et al., 1983)

- 1.無関心期 (Precontemplation)：6ヶ月以内に改善する意思がない。
- 2.関心期 (Contemplation)：6ヶ月以内に改善する意思はあるが、準備はできていない。
- 3.準備期 (Preparation)：1ヶ月以内に改善する意思があり、行動を始めている。
- 4.実行期 (Action)：行動を変えてから6ヶ月未満。
- 5.維持期 (Maintenance)：行動を変えて6ヶ月以上持続している。

自分事 の観点	説明	国交省	①知る	②捉える（自分事として捉える）		③行動する	
		ステージモデル	1.無関心	2.関心	3.準備	4.実行	5.維持
治水 利水	過去から現在の治水・利水の歴史や伝統的治水施設の役割を <u>理解し</u> 、自らの <u>生活の一部として捉えられているか</u>		歴史や治水施設の役割等を <u>理解していない</u>	歴史や治水施設の役割等を <u>理解しているが、自身の生活と関連付けられていない</u>	歴史や治水施設の役割と自身の生活との <u>関連付けが理解できている</u>	-	-
水害 リスク	過去の水害や想定最大の浸水図から <u>地域の水害リスクを理解し</u> 、 <u>自らの水害リスクとして捉えられているか</u>		地域の水害リスクを <u>理解していない</u>	地域の水害リスクを理解しているが、 <u>自身の水害リスクとして捉えていない</u>	地域の水害リスクを理解し、 <u>自身に及ぼす水害リスクを考えられている</u>	左記に加え、これらを <u>保護者にも伝えている</u>	-
流域 治水	流域治水の必要性を理解し、 <u>家族や地域で自らが実施できる流域対策や避難対策を考</u> えることができるか		流域治水の必要性を <u>理解していない</u>	流域治水の必要性を理解しているが、 <u>家族や地域の避難対策を考</u> えられていない	流域治水の必要性を理解し、 <u>家族や地域の流域対策や避難対策を考</u> えられている	流域治水の必要性を理解し、 <u>家族や地域の流域対策や避難対策を考</u> えた上で、 <u>保護者に伝えている</u>	左記に加え、 <u>流域対策や避難対策を継続的に見直している</u>

検証1: 従来手法・Web地図とVRの比較

「知る」「自分事と捉える」

「行動する」に関する6項目で調査

- 調査1(一般対象):
 - 対象: 地域イベント等参加者 132名
 - 比較:
従来方法(地図・模型・写真等) vs. VR
 - 地図(ハザードマップ)や模型, 写真による樹形堤防の機能の説明のあと, VRを見せてアンケート.
- 調査2(児童対象):
 - 対象: 南アルプス市小学校4年生 71名
 - 比較: web地図 vs. VR
 - Web地図/スライドによる授業とVR視聴を行った後アンケート.

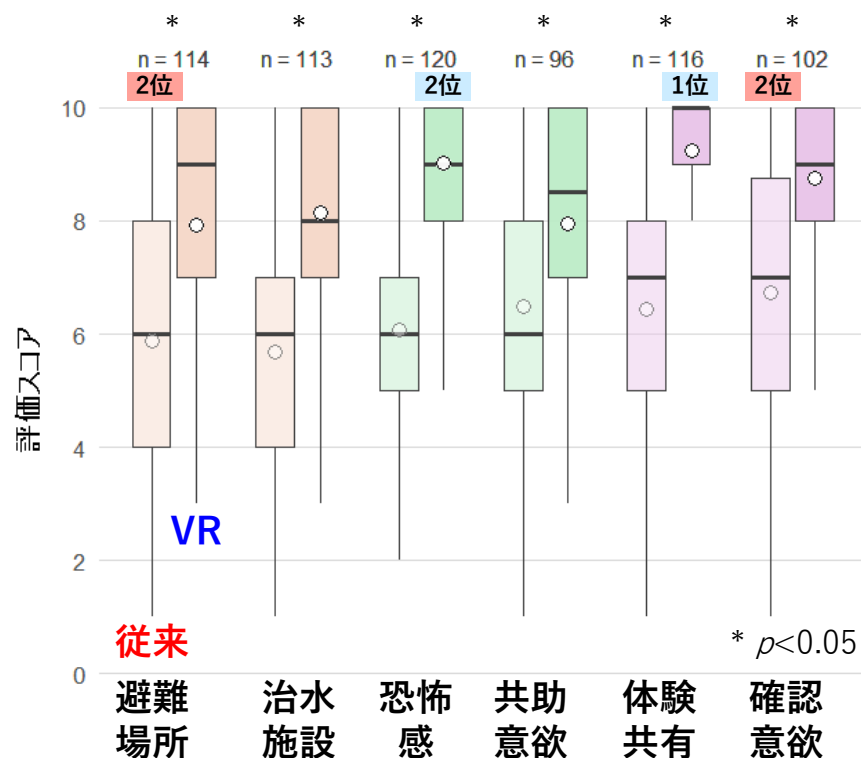


検証1: 従来手法・Web地図とVRの比較(箱ひげ図)

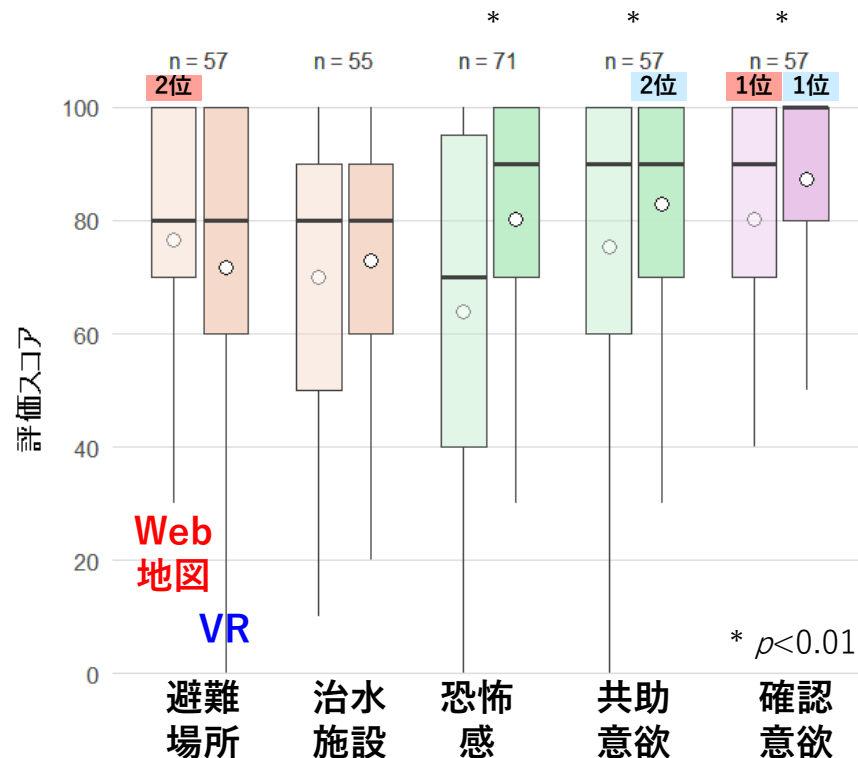
VRは恐怖感と共有意欲を強く喚起

- ほぼ全項目でVRが高評価
- 特に恐怖感, 共有意欲で差が大きい
- 順位でみると, VRが得意なものと, 地図が得意なものに評価が分かれる。

調査1 (一般市民) : 従来手法(被験者の経験)とVRの比較



調査2 (小学生) : Web地図とVRの比較



検証2: 児童の行動変容と保護者への波及効果

• 実施内容

- VRとWeb地図を組み合わせた授業
(計3回)を実施
- 南アルプス市立白根源小学校(2回)
白根百田小学校(1回)
- 対象: 児童71名, 保護者49名

• 調査の流れ

- Web地図とスライドによる授業
- VR防災授業
- 児童にアンケート調査
- 保護者にアンケート調査



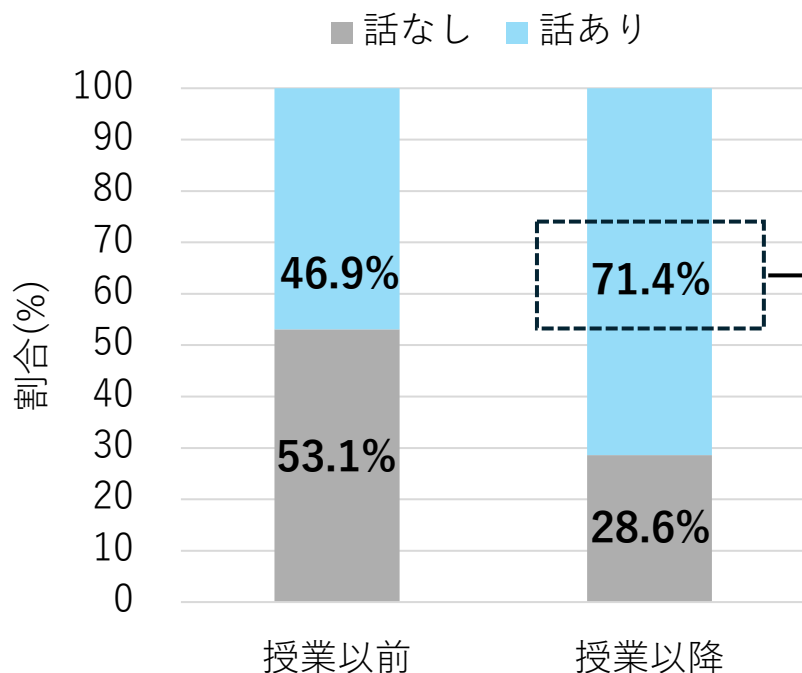
結果:共有意欲の喚起と児童から家庭への波及

* Exact McNemar検定, $p < 0.01$

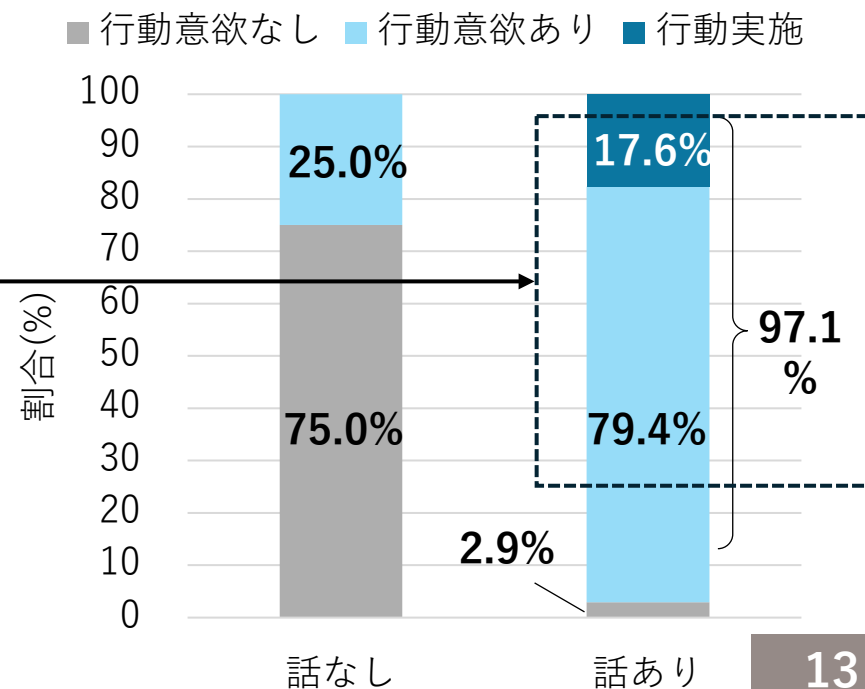
VRは共有意欲を喚起し,それが家庭の行動変容につながる

- ・ 児童からの話:授業前の46.9%から授業後の71.4%へと有意に増加
- ・ 保護者への波及:児童から「話を聞いた」保護者が防災意欲を持った確率は97.1%であったのに対し,「聞いていない」保護者では25.0%

VR防災授業前後での「児童からの話」の有無



「児童からの話」の有無と「保護者の防災行動」



地域固有の過去をVRで体験し、家庭で共有したことが波及の鍵

- VRが強い情動喚起→家庭に共有するつよいトリガー
 - 豊沢ら(2010):小学生への防災教育が保護者の防災行動に波及する要因として、子どもの感情変化と家庭内でのコミュニケーションの重要性
 - 児童の生活圏を対象にしたのも有効だった可能性.
- 恐怖の取り扱いの注意
 - 「こわい」と言ってVR体験をやめてしまう子供もいる.
 - 「恐怖体験」の負の側面に注意(片田, 2012)
- 結果の解釈
 - 本研究結果は, VR + Web地図 + 授業設計の複合効果として解釈する必要

- VRとWeb地図を組み合わせ、地域の過去を扱うDT教材は、共有意欲や避難行動意図を強く喚起し、有効.
- ペルソナ分析による教育モデルと実証授業では、VR体験を契機とした、児童から家庭への波及効果に有効.
- 「その地域の過去」を体験することが、水害リスクを家庭の行動へつながる。DTはそのための強力なツールとして機能する.
- 「こわい」だけではダメ。地域の担い手離れが進む中、「地域を好きになる」「地域を守りたい」と思ってもらえるような情報伝達を.

付録

ペルソナ分析とヒアリングによる課題の整理

地域での使われ方をイメージ

目標設定

- ・防災教育で使えて、小学生を介して保護者（社会）へ波及させる

ペルソナ分析

- ・誰がDTを使う？
- ・対象はどのような特性がある
- ・彼らがDTに対するニーズは？

対象	特性
児童	デジタル受容性が高く直感的な学習を好む一方で、地図情報からリスクや具体的な防災行動を考えることはまだ難しい。
保護者	防災対策を進めたいと思いながら十分できておらず自身の理解にも不安を感じている。「子どものため」がきっかけとなりやすい。
教諭	防災教育の実施責任があるが、必ずしも地域に精通しておらず、自身の理解促進とともに児童の印象に残る教材が欲しい。
学芸員	人々の歴史への関心の高さを感じている一方、歴史資料の維持・活用が課題。防災へ活用していきたいが手法に課題を抱えている。
河川管理者	流域治水の理念の普及を目指すが、行政情報が住民の行動に結びついておらず、関心のない層への伝え方に課題を感じている。

DTの構築

Web地図：

過去・現在・未来の接続
空間情報の認知

VR：

リスク認知（恐怖感）
避難意欲促進
共有意欲促進

具体的な
コンテンツ
検討

検証1:従来手法・Web地図とVRの比較

VRは恐怖感と共有意欲を強く喚起

- ・全項目でVRが高評価. 特に恐怖感, 共有意欲で差が大きい
- ・順位でみると, VRが得意なものと, 地図が得意なものに評価が分かれる.

カテゴリ	質問	内容
知る	① 避難場所の理解	洪水氾濫が起きたとき、どこに避難すればよいか分かった
	② 治水施設の理解	桁形堤防の効果を他の人に説明できるようになったと思う
自分事と捉える	③ 災害時の恐怖感	洪水氾濫の怖さや避難の必要性を感じた
	④ 共助の感情	災害が起こった時に、誰かを助けたいと思った
行動する	⑤ 体験の共有意欲	今回の体験について他の人に伝えたいと思った
	⑥ 避難所の確認意欲	避難所の確認をしてみようと思った

調査1: 従来手法(被験者の経験)とVRの比較 (一般市民)

質問	n	VR		従来手法	
		順位	平均(±s.d.)	順位	平均(±s.d.)
①	114	6	7.93(±2.34)	6	5.88(±2.42) *
②	113	4	8.15(±1.82)	3	5.67(±2.25) *
③	120	2	9.03(±1.04)	4	6.07(±2.15) *
④	96	5	7.95(±2.41)	1	6.49(±2.09) *
⑤	116	1	9.24(±1.04)	6	6.45(±2.40) *
⑥	102	3	8.75(±1.70)	2	6.74(±2.36) *

* $p<0.05$

調査2: Web地図とVRの比較 (小学生)

質問	n	VR		Web地図	
		順位	平均(±s.d.)	順位	平均(±s.d.)
①	57	5	71.8(±28.5)	2	76.5(±25.5)
②	55	4	77.2(±24.4)	4	70.0(±26.1)
③	71	3	80.1(±27.7)	5	63.9(±30.9) *
④	57	2	82.8(±25.1)	3	75.3(±28.9) *
⑥	57	1	88.2(±19.7)	1	80.4(±24.9) *

⑤は保護者に話をする指示をしたため除外 * $p<0.01$

検証2:児童の行動変容と保護者への波及効果

保護者へのアンケート

質問項目		回答の評価
① VRを用いた防災授業 以前 に、子供から水害に関する話を聞きましたか		1.はい
		2.いいえ
② VRを用いた防災授業 以前 に、子供と一緒に水害への備えや対策をしましたか		記述式
③ VRを用いた防災授業の話を子供から聞きましたか		1.はい
		2.いいえ
④ VRを用いた防災授業以降に、子供と一緒に水害への備えや対策をしましたか		1.行動実施（水害への備えや対策を実施した）
		2.行動意欲あり（水害への備えや対策を実施したいと思った（実際には未実施））
		3.行動意欲なし（子供から聞いていない・よくわからなかった）