WebGIS技術を用いた水害対策アプリケーションの開発 技術検証レポート

P L A T E A U

Technical Report on the Development of a Flood Risk Management Application via WebGIS Technology







I.	実証概要		③ 出力データ	89
	1. 全体概要	3	7. ユーザインタフェース	96
	2. 実施体制	5	8. システムテスト結果	112
	3. 実証エリア	6		
	4. スケジュール	9	IV. 実証技術の検証	
			1. 実装に向けたシステム検証	115
II.	実証技術の概要		1. 避難ルート検索・AR表示システム	115
	1. 活用技術	13	① 検証内容	115
	2. ArcGIS	14	2 検証結果	116
	3. FME Desktop	16	2. 河川整備効果の見える化支援システム	121
	4. pgRouting	17	① 検証内容	121
	5. PostGIS	18	② 検証結果	122
	6. Re:Earth	19	2. 実証イベント等	128
	7. Re:Earthプラグイン	20	1. 板橋区での実証イベント	128
	8. Re:Earthストーリーテリング	21	2. 蓮田市での実証イベント	133
	9. ARアプリケーション	22	3. 茂原市での実証イベント	137
III	.実証システム		V. 成果と課題	
	1. 実証フロー	25	1. 今年度の実証で得られた成果	156
	2. 業務要件	26	① 3D都市モデルによる技術面での優位性	156
	3. アーキテクチャ全体図	32	② 3D都市モデルによる政策面での優位性	157
	4. システム機能	34	2. 今後の取り組みに向けた課題	158
	5. アルゴリズム	67	用語集	
	6. データ	72		
	① 活用データ	72		
	② データ処理	82		

Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved.



I. 実証概要

Ι. 実証技術の概要

田. 実証システム

N. 実証技術の検証

V. 成果と課題

I. 実証概要 > 1. 全体概要 全体概要(1/2)



ユースケース名	WebGIS技術を用いた水害対策アプリケーションの開発
実施場所	東京都板橋区·埼玉県蓮田市·千葉県茂原市
目標·課題 ·創出価値	水害に対する避難行動や地域一体となった対策の推進を促進していくためには、水害リスクの理解や防災意識の向上が必要である。この ため、これまで官民様々な主体によって防災教育や地域の防災意識を啓発するためのワークショップ、ハザードマップの周知、防災訓練など が行われてきている。 一方で、水害リスクに関する情報は専門的であり、一般の住民等が直感的にこれを理解したり、自主的な避難行動に繋げることには課 題があった。 そこで、本業務では、3D都市モデルの優れたビジュアライゼーションの機能を活用し、WebGISの技術と組み合わせることで、住民等が水 害リスクを直感的に理解しやすくするとともに、個人の避難行動や地域全体での取組みを加速させるためのソリューションを提供することを目 的とする。
ユースケース の概要	本業務では、以下の2つのシステムを開発し、東京都板橋区、埼玉県蓮田市、千葉県茂原市の3地域において実証を行った。 ■避難ルート検索・AR表示システム 3D都市モデルを活用し、洪水による浸水の広がりや、浸水範囲に応じた適切な避難ルートを可視化するシステムと、本システムで作成し た避難ルート及び洪水による最大浸水深をAR空間に臨場感を持って表現するアプリケーションを開発することで、住民の水害に対する意識 啓発および避難行動変容を促す。 ■河川整備効果の見える化支援システム 3D都市モデルを活用した現状の水害リスクと河川改修工事によるリスク低減効果を可視化するツールを開発することで、河川管理や 防災政策のアカウンタビリティを向上させる。

I. 実証概要 > 1. 全体概要 全体概要(2/2)



実証仮説	 避難ルート検索・AR表示システム 3D都市モデルを活用し、洪水による浸水の広がりや、浸水範囲に応じた適切な避難ルートを可視化するシステムと、本システムで作成した避難ルート及び洪水による最大浸水深をAR空間に臨場感を持って表現するアプリケーションを開発することで、住民の水害に対する意識啓発および避難行動変容を促すことができるのではないか。 河川整備効果の見える化支援システム 3D都市モデルを活用した現状の災害リスクと河川改修工事によるリスク低減効果を可視化するツールを開発することで、河川管理や防災政策のアカウンタビリティを向上させることができるのではないか。
検証ポイント	 避難ルート検索・AR表示システムの有用性検証 アプリケーションによる水害リスクへの理解と早期避難行動の必要性への理解の促進効果について住民へのヒアリング等を通じて検証する。 河川整備効果の見える化支援システムの有用性検証 システムによる河川整備事業に係るアカウンタビリティ向上の効果について住民等へのヒアリングを通じて検証する。

I. 実証概要 > 2. 実施体制 実施体制



表各主体の役割

主体	役割
都市局	プロジェクトの統括
株式会社福山コンサルタント (FCC)	全体取りまとめ、避難ルート検索システム開発、実証
板橋区都市計画課 蓮田市都市計画課 茂原市都市計画課	庁内調整、システム開発への助言と評価、地元住民調整、実証 フィールドおよび必要となるデータの提供
千葉県県土整備部	ー宮川河川改修計画資料や浸水シミュレーション等水害ハザード 情報・データ提供
高島平地区自治会 新河岸地区自治会 千葉県茂原市内の自治会	システム評価、防災意識向上への訴求力の評価、必要となるデータ の提供
三菱総合研究所(MRI)	ユースケース実証プロジェクトマネジメント、国交省都市局との調整
株式会社Eukarya	ReEarthプラグイン開発 ARアプリケーション開発
国際航業株式会(KKC)	3 D都市モデルデータ整備
大東文化大学 飯塚准教授	学識からの助言
一宮川流域治水協議会	システム開発への助言と評価



Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved. 6



I. 実証概要 > 3. 実証エリア



P L A T E A U

I. 実証概要 > 3. 実証エリア 実証エリア

実証対象地域





Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved. 8

I. 実証概要 > 3. 実証エリア 実証エリア

実証対象地域





I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

実施スケジュール (板橋区)

実施事項	令和4年				令和5年								
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1).実施計画・システム開発計画 ▼①:実施計画書確定 ▼②:要件定義確定													
1)実施計画書作成		V 1											
2)システム開発計画(要件定義)				▼2									
3)資料の収集・整理													
(2).浸水シミュレーション結果(▽1:荒川浸水想定図電子データの入手(国交省荒川下流)	▽2:浸水	深データの展開]				-		-				
1)条件整理(最大浸水深・流速の確認)			\bigtriangledown 1										
2) 水害リスクの再整理(避難ルート・避難先情報)													
3)時系列浸水深データ変換(Shape→CZML)				▽ 2									
(3).システム開発(3DARコンテンツ) ▽3:プロトタイプ箇所のLOD2(他箇所はLOD1) △	2 : 浸水深デ	ータの受取▼	③:システム開	発完了・プロト	実証成果確認	۵ ۵							
1)時系列浸水深データの可視化(Re:Earth)				△ 2									
2) PCデバイスでの3D可視化※避難ルート表示を含む				▽ 3									
3) ARデバイスでの3D可視化(Re:Earth)					追加				追加				
4)システム実装と検証								▼3	改良	改良	改良	改良	
(4).協議と実証 ▽4:要件定義のための関係者協議 ▽5:システムプロトタイプの評価 ▽6													
板橋役所および関係者との協議(※学識含む)			⊽4					⊽5					
住民参加型防災訓練(都市復興訓練)										⊽6	⊽6		
(5).評価と報告書作成											▼④		



I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

実施スケジュール(蓮田市)

実施事項				令和4年							令和5年			
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
(1).実施計画・システム開発計画 ▼①:実施計画書確定 ▼②:要件定義確定														
1)実施計画書作成		▼1)												
2)システム開発計画(要件定義)				▼2										
3) 資料の収集・整理														
(2).浸水シミュレーション(内水氾濫シミュレーション) ▽1:元荒川河川整備資料の入手 ▽2	:浸水シミュ	レーションデータ	の展開											
1)条件整理			\bigtriangledown 1											
2)解析モデル作成とモデル検証														
3) シミュレーションの実行と結果の出力・変換						⊽2								
(3).システム開発(浸水深とルートリスクから避難ルート検索) ▽3:プロトタイプ箇所のLOD1 △	2:浸水シ	ミュレーションデ・	-9の受取 ▼	③:システム閉	発完了・プロ	>実証成果確認	一切							
1) 道路ネットワークの取得														
2)避難先建物情報のDB化(国際航業)					⊽3		LOD1							
3) 道路ネットワークへの浸水深を考慮した通行不能情報の付与						∆2								
4)浸水リスク考慮の最短経路経路探索を行うAPI開発(pgRouting)														
5) フロントエンド開発(Re:Earth)														
6)システム実装と検証								▼3	改良	改良	改良			
(4).協議と実証 ▽4:要件定義のための関係者協議 ▽5:システムプロトタイプの評価 ▽6:	住民参加型	防災訓練(仮	[称) ▼④:	全体実証成界	見の確認等				(←7	ィードバッ	ל→↑			
1) 蓮田市役所および関係者との協議			⊽4					⊽5						
2)住民参加型防災訓練(自治会対象)			⊽4					⊽5		⊽6				
(5).評価と報告書作成											▼④			



I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

実施スケジュール(茂原市)

実施事項	令和4年					令和5年							
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1).実施計画・システム開発計画 ▼①:実施計画書確定 ▼②:要件定義確定													
1)実施計画書作成		▼ ①											
2)システム開発計画(要件定義)				▼2									
3) 資料の収集・整理													
(2).浸水シミュレーション(一宮川) ▽1:一宮川河川改修等の情報 ▽2:浸水シミュレーションデータの展開	荆							-					
1)条件整理			\bigtriangledown 1										
2)解析モデル作成とモデル検証													
3)シミュレーション実行と結果出力・変換(浸水深・流速)								⊽2					
(3).システム開発(水害リスク評価) ▽3:プロトタイプ箇所のLOD1 ▽2:浸水シミュレーションデータの受取	▼③:システ.	ム開発完了・プロ	卜実証成果確認										
1) 社会経済指標データの収集とCityGML変換													
2) 3D都市モデルの属性情報を用いたリスク指標の算出					⊽3		LOD1	⊽2					
3)浸水深と3D都市モデルによる建物別浸水リスクの算出													
4) フロントエンド開発(Re:Earth)													
5)システム実装と検証								▼3	改良	改良	改良		
(4).協議と実証 ▽4:要件定義のための関係者協議 ▽5:システムプロトタイプの評価 ▽6:実証 ▼④:													
1) 茂原市役所			⊽4					⊽5		⊽6			
2) 一宮川流域治水協議会(県土整備部·流域自治体)			⊽4					⊽5		⊽6			
3) 地元自治会を対象としたWS・説明会による実証										⊽6			
(5).評価と報告書作成											▼④		





I. 実証概要

Ⅱ.実証技術の概要

Ⅲ. 実証システム

N. 実証技術の検証

V. 成果と課題

Ⅱ.実証技術の概要 > 1. 活用技術 活用技術 | 一覧

本実証に関わる技術は以下の通り



	活用技術	内容					
ArcGIS ArcGIS 3D A	nalyst	ArcGISは、Esri社によって提供されているGISプラットフォーム。 ArcGIS 3D Analystは、ArcGISの中でも3D解析機能を提供するエクステンション製品。					
FME Deskto	p	空間データを包括的にサポートする唯一のエンタープライズ統合プラットフォーム。 IFC等450種類以上のフォーマットの変換に対応し、画面操作だけでデータ、サーバー、外部APIデータに接続し、データ変換、各種ビュー アへの取り込みが可能。					
pgRouting		PostGIS / PostgreSQLの地理空間データベースを拡張して、地理空間ルーティング機能を提供するオープンソースライブラリ。					
PostGIS		オープンソースのデータベース管理システムであるPostgreSQLを、拡張モジュールであるPostGISにより地理空間情報を扱えるようにした もの。					
Re:Earth		3D-WebGISのプラットフォーム。					
Re:Earthプラク	ブイン	ユーザー自身が開発・実装することにより、目的に応じた機能追加が可能なRe:Earthの既存機能。					
Re:Earthストーリーテリング		Re:Earthの既存機能であり、位置に紐づけてフラグ、画像、テキスト等の多様な情報の作成・編集・可視化(インフォボックス)や、レイ ヤーを表示することが可能。					
ARアプリケー Unity		ユニティ・テクノロジーズ社が提供する、ゲーム開発プラットフォーム。					
ション ARFoundation		各モバイルOSに対応するARライブラリ・フレームワークにアクセスできる、Unity上のAR開発フレームワークパッケージ。					
	ARCore XR Plugin	Androidアプリの開発に使用するXRプラグイン。					
	XR Plugin Management	XRプラグインを管理するパッケージ。					

II.実証技術の概要 > 2.ArcGIS ArcGIS

地理的位置情報を視覚化、管理、分析するための包括的なプラットフォーム

概要

ArcGIS イメージ

項目	内容				
名称	ArcGIS(ver.Pro3.0.3を使用)		<u> </u>		
概要	 ArcGISは、地理情報システム(GIS)を作成、管理、 分析するためのソフトウェアスイートであり、Esri社によって 開発された。 GISは、地理空間データを収集、管理、分析、可視化す るためのツールとして使用される。 	Arc	GIS		
主な機能	 ・地図作成 ・地理空間データの管理 ・空間解析 	Desktop	Web	Smartphones & Tablets	Other N Devices
利用する機能	 3Dビジュアライゼーション 地理空間データの管理 				8

参考: ArcGIS とは? | ArcGIS Resource Center https://resources.arcgis.com/ja/help/getting-started/articles/026n00000014000000.html



lobile

II.実証技術の概要 > 2. ArcGIS ArcGIS 3D Analyst

3Dデータの視覚化、分析、編集に特化したツールセットを提供するGISソフトウェア



概要

項目	内容
名称	ArcGIS 3D Analyst
概要	 ArcGIS 3D Analyst は、GIS プロフェッショナル向けのより多彩な3Dデータモデルの作成や高度な3D解析機能を提供するエクステンション製品であり、環境、都市計画、 土木、防災などの幅広い分野で高度な3DGIS解析を行うことができる。
主な機能	 LIDAR データの活用 地層解析 見通し解析 日影解析 サーフェス作成・解析 3D空間データ作成
利用する機能	 ● 3D空間データ作成

ArcGIS 3D Analyst 解析結果イメージ









参考: ArcGIS 3D Analyst | ESRIジャパン製品 https://www.esrij.com/products/3d-analyst/

II.実証技術の概要 > 3.FME Desktop FME Desktop

概要

空間データを包括的にサポートするエンタープライズ統合プラットフォーム



項目	内容
名称	FME Desktop (FME Desktop 2022.1.3を使用)
概要	 FMEは、Feature Manipulation Engineの略で、空間データを包括的にサポートするエンタープライズ統合プラットフォームであり、Safe Software社によって開発・販売されている。 GIS、CAD、BIM、データベース、Webサービスなど、450 種類以上のデータ接続と、フォーマットの変換に対応している。
主な機能	 データワークフローの自動化 あるフォーマットから別のフォーマットへのデータ変換 データセットのマージと集約 空間分析
利用する機能	● データ変換機能、データセットのマージと集約



FME データ変換のイメージ

参考: Safe Software | FME | Data Integration Platform <u>https://www.safe.com/</u>

I.実証技術の概要 > 4.pgRouting pgRouting



地理空間ルーティング機能とネットワーク解析のサポートを提供するオープンソースライブラリ

概要

項目	内容
名称	pgRouting (ver.3.0.0)
概要	 PostGIS地理空間データベースを拡張して、地理空間 ルーティング機能とネットワーク解析のサポートを提供する オープンソースライブラリである。 道路網における2点間の最短経路の発見、移動時間や 距離の計算、最も近い施設の特定など、さまざまなルー ティングとネットワーク分析のタスクを実行することができる。
主な機能	 SQL関数のセットの提供 ネットワークにおける最短経路探索
利用する機能	● 最短経路探索のSQL関数

最短経路探索 イメージ



参考: pgRouting Project — Open Source Routing <u>https://pgrouting.org/</u>

II.実証技術の概要 > 5. PostGIS PostGIS

概要

オープンソースのデータベース管理システム



PostGIS イメージ

項目	内容	postgres=# SELECT seq, node, edge, cost FROM pgr_dijkstra('SELECT id, source, target, len AS cost FROM hasuda00960r 6959, 13026, false); sed Londe Ledge L cost
名称	PostGIS	1 6959 8221 58.85149504690204 2 6958 8220 34.58907812244216
概要	 PostGISにより専用のデータ型が追加され、GIS オブジェ クト、すなわち緯度・経度情報や経路線、領域などの要 素をPostgreSQLに格納することが可能となる。また、 GIS オブジェクトを操作するための多数の関数も追加され る。 PostgreSQLデータベースで地理空間情報を扱えるように する拡張機能である。 	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
主な機能	 空間データの格納 空間クエリのサポート 空間データの解析 空間データのマッピング 	20 6933 8199 20 15014598195922 21 6935 8201 104 15180740968877 22 6937 17496 56 040884370174005 23 13026 -1 0 (23 rows) -1 0 postgres=# _
利用する機能	● 空間データの格納、解析	参考:About PostGIS PostGIS <u>https://postgis.net/</u>

II.実証技術の概要 > 6. Re:Earth Re:Earth

オープンソースの3D-WebGISプラットフォーム

概要

項目	内容
名称	Re:Earth
概要	 ノンコードでの3Dマップ上へのデータの描画を可能にした オープンソースのWebGISプラットフォーム。
主な機能	 3D地図サイトの構築 プラグインシステム(機能拡張システム) ストーリーテリング
利用する機能	 各種データの描画とそのためのメニュー画面のプラグインによる構築およびストーリーテリング機能の実装



Re:Earth 動作イメージ



II.実証技術の概要 > 7.Re:Earthプラグイン Re:Earthプラグイン

Re:Earthの機能を拡張可能な仕組み

概要

項目	内容
名称	Re:Earthプラグイン
概要	 Re:Earthプラグインは、ユーザーの目的に応じた機能を自由に開発し追加することができるRe:Earthの既存機能。
主な機能	● ユーザーの機能開発・拡張システム
利用する機能	 3D地図上の任意の地点のクリック 避難ルート検索の出発地の取得 最大浸水深・浸水継続時間の表示 避難ルート検索の実行

PLATEAU

Re:Earthプラグイン 画面イメージ



II.実証技術の概要 > 8. Re:Earthストーリーテリング Re:Earthストーリーテリング

3D-WebGISプラットフォーム上でのわかりやすい情報伝達を支援する機能

概要

Re:Earthストーリーテリング イメージ

項目	内容	王····································	〈 Ⅲ 過去水害振り返り 2/22 〉
名称	Re:Earthのストーリーテリング機能	の戦略。ことの水害リスク評価	+
概要	 Re:Earthのストーリーテリングは、3D-WebGISプラット フォーム上での情報伝達を支援する機能。 この機能を使うことで、地理情報やセンサーデータ、画像な どを基に、ストーリーを作成することができる。 	段階整備毎の水害リスク 凡例 ・ 令和元年度10月景雨 ○ 外水対策 ○ 内水対策② 回 病報	A和元年10月豪雨の再現 [操作] 令和元年度10月豪雨を選択の上、可視化タブの浸水範囲を回して ください Ft合同 Ft合 Ft合同 Ft合同 Ft合同 Ft合 Ft合同 Ft合同 Ft合 Ft合同 Ft合 Ft合同 Ft合同 Ft合 Ft合
主な機能	 テキスト、画像、動画などを組み合わせたストーリーの作成 ストーリーに沿った地図や3Dモデルの表示 ストーリーの進行に合わせたカメラアングルの自動設定 	人的以25避難率0% 0.0445人 遊離率40% 0.0266人 遅難率80% 0.0089人 経済的被害リスク 593億円 浸水水屋数 60/94T	
利用する機能	● ストーリーテリング構成に沿ったコンテンツ作成	1108/1928 温水ボリューム 927万立米 通 可視化 図 浸水範囲 図 建物浸水	

○ 3D棒表示
 ○ メッシュ表示



Ⅱ. 実証技術の概要 > 9.ARアプリケーション Unity

多様な開発環境に対応するマルチプラットフォームゲームエンジン



概要

項目	内容
名称	Unity
概要	 3Dオブジェクトの作成やアニメーション、物理エンジン、音声エンジン、AI機能など、多様な機能を備えており、、 WindowsやMacOS、Linuxなど、様々なプラットフォームで利用できる。 主にC#を用いたプログラミングでコンテンツの開発が可能である。
主な機能	 3Dオブジェクトの作成 物理エンジン アニメーション AR/VRアプリケーションの開発
利用する機能	● AR/VRアプリケーションの開発

AR+GPS LOCATION



II. 実証技術の概要 > 9.ARアプリケーション AR Foundation/ARCore XR Plugin/XR Plugin Management

Unity上のAR開発フレームワークパッケージ

概要

項目	内容
名称	Unity
概要	 AR Foundationは、Unity上のAR開発フレームワーク パッケージである。 Androidアプリを開発するため、ARCore XR Pluginと 連携する。 XR Plugin Managementにより、XR(拡張現実、仮 想現実、混合現実)に関連するプラグインを管理する。
主な機能	 カメラのアクセス 空間追跡 物体検出 ライト処理
利用する機能	● AR/VRアプリケーションの開発

ARFoundation 選択画面

	I	Pac	kage Manager
Package Manager Packages: Unity Registry ▼ Sort: Name ↓ ▼			÷ •
Alembic			APCore XP Diugin Verified
Analytics Library	3.5.3		
Android Logcat	1.2.3		Version 4.1.7 - April 08, 2021
Animation Rigging	1.0.3		
AR Foundation	4.1.7 🗸		
ARCore XR Plugin	4.1.7 🗸		multi-platform XR API.
ARKit Face Tracking	4.1.7		Supports the following features:
▶ ARKit XR Plugin	4.1.7		Registry Unity
▶ Burst	1.4.11		
▶ Cinemachine	2.6.10		
▶ Code Coverage		U	
Core RP Library	10.5.1		
Editor Coroutines			
► FBX Exporter	4.1.1		
▶ High Definition RP	10.5.1		
► In App Purchasing	3.1.0		
► Input System	1.0.2		
▶ iOS 14 Advertising Support			
▶ JetBrains Rider Editor	2.0.7 🗸		
▶ Magic Leap XR Plugin	6.2.2	_	
Last update Oct 12, 10:05	C		

<u>参考)</u>

https://unity.com/ja/unity/features/arfoundation https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoun dation@5.0/manual/index.html



I. 実証概要

Ι. 実証技術の概要

Ⅲ. 実証システム

N. 実証技術の検証

V. 成果と課題

Ⅲ. 実証システム > 1. 実証フロー 実証フロー



本実証は、下記のフローに沿って実施した。また、システム体験前後のアンケートにより、水災害のリスク等に関する防災意識の向上・理解への促進を検証した。

データ整備	● 3D都市モデル・インフラ情報・浸水深データ・道路ネットワークデータを収集する。 ● 3D都市モデル・インフラ情報・浸水深データを三次元可視化が可能なデータ形式へ変換を行う。
システム開発	 ネットワークDBを作成し、避難ルート検索APIを開発する。 Re:Earthプラグインにより、「避難ルート検索システム」、「降雨波形画像の可視化」、「地点のリスク情報の可 視化」、「河川整備効果の見える化支援システム」のシステムを実装する。 ARアプリケーションの開発を行う。
Re:Earth上での可視化 ARアプリケーション	 3D都市モデル・インフラ情報・浸水深データをRe:Earthに入力し、三次元可視化を行う。 Re:Earthプラグインにより実装した機能を確認する。 ARアプリケーションによる可視化を確認する。
実証	● 実証では、地域住民を対象としてRe:Earthを用いた水害対策アプリケーションのシステム体験を行う。
実証参加者からの アンケート回答	 システム体験を踏まえた防災意識の向上等に関するアンケートや、意見交換を実施する。

Ⅲ. 実証システム > 2. 業務要件 業務要件│避難行動判定フロー概要



板橋区・蓮田市における、水害発生時の住民の「避難行動判定フロー※」の概要を以下に示す。 「避難行動判定フロー」は、ハザードマップに基づいた居住する地域の災害リスクや自身の避難に係る条件を考慮した上で、とる べき避難行動や適切な避難先を判断できるように内閣府によって整理されたフローである。

実施項目		実施事項概要
ハザードマップによる 自宅位置の確認		自宅の水害リスクを把握することを目的に、自治体が公開しているハザードマップを行政窓口や行政ホーム ページ等から入手し、ハザードマップに自宅位置を確認する。
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	避難要否の 判定	ハザードマップで自宅の「最大浸水深」「洪水継続時間」を確認し、浸水の有無などの水害リスクを確認する。 水害リスクがある場合は、原則「立退き避難」が必要と判定する。ただし、「浸水する深さよりも高いところにい る場合」や「浸水しても水がひくまで乗り切れる水・食糧などの備えが十分である場合」は、自宅に留まり安全 確保をすること(在宅避難)も検討する。
の判定	早期避難の 要否判定	避難行動要支援者もしくは避難行動の支援を行う者である場合は、避難に要する時間がかかることから、早 期避難が必要、すなわち「警戒レベル3 <高齢者等避難>」で避難開始が必要と判定する。
	避難ルート の判定	行政が指定する避難場所の位置を確認するとともに、自宅から避難場所までの安全な避難ルートを判定す る。安全な場所に親戚・知人宅がある場合、そこへの避難を行うことも検討する。
避難の実施		行政の避難情報(「警戒レベル3 <高齢者等避難>」「警戒レベル4 <避難指示>」)を確認し、 上記の判定内容に応じて避難行動を開始する。
—————————————————————————————————————		

表 避難行動判定フロー概要※

# Ⅲ. 実証システム > 2. 業務要件業務要件 | ボトルネック特定



行政および住民へのヒアリングにより、水害発生時における早期避難の必要性の理解促進には、地域住民において 「①自宅の水害リスクを正しく理解する」「②最寄りの避難場所までの避難ルートを正しく理解する」必要があること が確認された。







#### 現行の避難行動判定フローにおけるボトルネックについて、「改善を図る業務要件一覧」として定義した。

改善項目	内容
①自宅の水害リスクを正 しく理解する	<ul> <li>・ 任意地点の水害リスク(最大浸水深と洪水継続時間)を定量的に示すことで、水害リスクの理解を深める。</li> <li>・ 3D都市モデルを活用した時系列浸水深推移データの可視化システムにより、浸水の広がりや避難の時間的 制約の具体的なイメージを伝える。</li> <li>・ 実際の自宅や自宅周辺の風景に、ARによる最大浸水深表示機能で最大浸水深を実際のスケールで見せ ることで、具体的な水害リスクの理解を促す。</li> </ul>
②最寄りの避難場所まで の避難ルートを正しく理解 する	<ul> <li>・避難に要する時間と避難ルートを、利用者属性に応じた避難ルート検索機能で示すことで、避難ルートの把握と早期の避難開始の必要性の理解を促す。</li> <li>・浸水の広がりに応じて避難ルートが閉塞されていく様子を避難ルート検索機能で可視化することで、浸水が広がる前に避難行動を開始する必要性の理解を促す。</li> <li>・実際の自宅や避難ルートの風景に、ARによる避難ルート表示機能で避難ルートを示すことで最寄りの避難所までのルートを正しく理解すると共に、避難ルート上での安全な避難を阻む起伏やバリアの有無を把握する。</li> </ul>

#### 表 改善を図る業務要件一覧

### ■. 実証システム > 2. 業務要件 業務要件 | 河川整備対策の検討フロー概要



一宮川上流域・支川における浸水対策案の検討フローと実施事項の概要を以下に示す。

表 一宮川上流域・支川における浸水対策案の検討フロー

実施項目	実施事項概要
①浸水シミュレーション	<ul> <li>降雨の規模等外力の計算条件を設定し、浸水シミュレーションを実施し、被害想定を行う。</li> <li>計画規模(年超過確率1/10)で外水氾濫を解消できる河川整備を検討し事業を進める。</li> <li>計画規模を超過する想定外力で、上記の河川整備で防ぎきれない内水は、内水対策事業での解消</li></ul>
に基づく被害想定	を検討する。
②河川整備事業の	<ul> <li>想定降雨規模に対応する河川整備事業(本川整備の河道拡幅、調節池、支川整備の排水機場・</li></ul>
計画検討、設計施工	ポンプ場整備、排水能力の増強)を計画・検討、設計・施工完了まで10年程度で実施している。
③河川整備事業の実施前	<ul> <li>河川整備事業の効果や河川整備の進捗状況は、一宮川流域治水協議会での報告や一宮川流域</li></ul>
後の浸水被害軽減効果	通信(千葉県一宮川改修事務所)を通じて住民向けに定期的な情報発信を実施している。

# Ⅲ. 実証システム > 2. 業務要件 業務要件 | ボトルネック特定



河川整備事業の進捗と河川整備事業の住民への情報発信におけるボトルネック特定の概要を示す。河川整備効 果の沿川住民への情報発信には、「河川整備等による浸水軽減効果を分かり易く伝える」「河川整備等の定量的 な効果を算出して可視化する」が必要である。



### Ⅲ.実証システム > 2.業務要件 業務要件一覧整理



前項の河川整備事業の情報発信におけるボトルネックについて、「改善を図る業務要件一覧」として定義した。

改善項目	内容
河川整備等による浸水 軽減効果を分かり易く伝 える	<ul> <li>河川整備の進捗に伴い、浸水範囲が減少することを説明することで、各整備段階における水害リスクの具体的な変化状況をイメージしやすくなる。</li> <li>河川整備の進捗に応じて、浸水範囲や人的・経済的被害リスクの定量的な指標値が逓減していくことを3D可視化で視覚的にわかりやすく伝達することで、自分ゴト化の醸成を促す。</li> </ul>
河川整備等の効果を定 量的かつ俯瞰的に可視 化する	<ul> <li>河川整備効果を定量的に説明するためマニュアル(※)に準拠した「経済的被害・人的被害リスク」を定量 的に算出し、3D都市モデル上で可視化することで、流域全体における河川整備効果を俯瞰的に把握しやす く、洪水リスク管理も可能。</li> </ul>
	※経済的被害リスクの算定:国土交通省水管理保全局「治水経済調査マニュアル(案)」、R2.4 ※人的被害リスクの算定:国土交通省水管理保全局「水害の被害指標分析の手引き(H25試行版)」、H25.7

表 改善を図る業務要件一覧

### Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図 システムアーキテクチャ全体図





### Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図 データアーキテクチャ全体図





### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 システム機能



システム機能一覧(Re:Earthデフォルト機能の活用、降雨波形画像およびタイムライン情報の取得・表示、避難ルート検索システム)

• Re:Earthデフォルト機能の活用、降雨波形画像およびタイムライン情報の取得・表示、避難ルート検索システムにおけるシステム機能 一覧は以下通り。

		機能名	説明
既存活用	А	時系列浸水深推移データの可視化	● Re:Earthのレイヤー機能により、CZML形式の時系列浸水深を可視化する。
	В	垂直避難可能な建物の表示 インフラ情報の表示	● Re:Earthのマーカー機能により、最大浸水深時においても安全な上層階を有する建物およびインフラ情報を3D地図上 に可視化する。
	С	ストーリーテリング機能	● Re:Earthのストーリーテリング機能の活用する。コンテンツを登録することにより、テキスト、画像、動画などを組み合わせたストーリーとして3D地図上のコンテンツを表示した。
新規開発		機能名	説明
	D	時系列浸水深と連動した降雨波形画 像の表示・タイムラインと連動した破堤 /越水からの時刻表示	● シミュレーションで用いた時系列降雨グラフを3D地図上に可視化する。 ● タイムラインと連動した破堤/越水からの時刻表示を行う。
	E	地図上からの出発地点の取得	● API(Re:Earth)を通じて、避難ルート検索の出発地点の座標を地図上でのクリック操作により取得 する。
	F	出発地点のリスク情報の取得・表示	● 避難ルート検索の出発地点(例:自宅)を指定すると、地点の最大浸水深・継続時間を表示する。
	G	避難ルート検索	<ul> <li>● 浸水により通行不能となる道路の情報を加味し、避難ルート検索(出発地点から目的地までの最短経路探索)を行う。</li> </ul>
	Н	避難ルート検索結果の可視化	● 検索した避難ルートを3D地図上に可視化する。 ● 検索した避難ルートに関する情報(距離と時間)をテキスト表示する。

### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 システム機能



システム機能一覧(河川整備効果の見える化支援システム・避難ルートAR表示システム)

• 河川整備効果の見える化支援システム、避難ルートAR表示システムにおけるシステム機能一覧は以下通り。

		機能名	説明
新規開発機能	Ι	125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの可視化(3D棒グ ラフ)	● 125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの集計値を可視化する。(3D棒 グラフ)
	J	125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの可視化(メッシュ 色の表現)	● 125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの集計値を可視化する。(メッシュ 色の表現)
	К	浸水深による色分けが付与された建物の表示	● 3D都市モデルに付与された、整備段階毎の浸水深に応じた浸水リスクにより 建物毎を着色する。
	L	人的・経済的被害リスク集計値のテキスト表示	● 地域全体の人的・経済的リスク指標の集計値をテキスト表示する。
	Μ	可視化する機能の選択	●人的・経済的被害リスクの可視化切替および浸水深による色分けが付与された建物の表示切替、浸水範囲の表示切替を可能とする。
	Ν	可視化する河川整備段階の選択	● 河川整備段階を選択することで、表示している情報が切り替わる機能を実装 する。
	0	避難ルートAR表示システムで最大浸水深を可視化する機能	● 最大浸水深表示をAR空間上で可視化する
	Р	避難ルートAR表示システムで避難ルートを可視化する機能	● 避難ルートをAR空間上で可視化する
	Q	避難ルートAR表示システムでインフラ情報を可視化する機能	● インフラ情報をAR空間上で可視化する
#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 時系列浸水深推移データの可視化【機能A】



- Re:Earthデフォルト機能であるレイヤー機能を活用し、時系列浸水深推移データを三次元可視化を行った。
- 入力するデータ形式はCZML形式である。
- 時系列浸水深推移は、Re:Earthのタイムラインを再生・停止することで時系列表現が可能である。



図 Re:Earth上での時系列浸水深推移の三次元可視化

#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 垂直避難可能な建物/インフラ情報の表示【機能B】



- Re:Earthデフォルト機能であるマーカー機能を活用し、3D地図上の座標を指定して、垂直避難可能な建物およびインフラ情報を可視 化した。
- 処理方針については以下の通りである。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理方針
垂直避難が可能な建 物の表示	• 浸水深に応じて、建物への避難 可否を色別表示する。	Re:Earth	<ul> <li>・垂直避難可能な建物の候補をあらかじめ指定し、整理した。</li> <li>・最大浸水深と建物用途、高さ、階数の組み合わせにより、最大浸水深でも垂直避難可能な建物を抽出し、アイコンで表示した。抽出の基準は以下を参考にした。</li> <li>※抽出した建物への実際の避難可否については、関係者との協議・確認を行うことが必要。</li> <li>・最大浸水深が3mを超える場合、2階建て以下建物(2階床相当)は安全ではないとみなした。(参考:洪水浸水想定図作成マニュアル(第4版)P33より)</li> <li>・最大浸水深が5mを超える場合、3階建て以下建物は安全ではないとみなした。(参考:同上)</li> <li>・家屋倒壊等氾濫想定区域に存在する家屋は、安全でないとみなした(参考:「利根川水系中川流域洪水浸水想定図・水害リスク情報図」)</li> <li>・建物用途が住宅等に該当する建物は個人所有の建物のため、避難の対象から除外した。</li> <li>※今回の実証エリア内に「氾濫流」による家屋倒壊範囲は無かった。「河岸浸食」については、元荒川沿いに対象家屋が存在した。</li> </ul>
インフラ情報の可視化	• 位置情報からインフラ情報をアイ コン表示する。	Re:Earth	・ 指定避難所、通り名・交差点名・ランドマークをアイコン表示した。

## □.実証システム > 4.システム機能 ストーリーテリング機能【機能C】



- Re:Earthデフォルト機能であるストーリーテリング機能を活用し、河川整備効果の見える化支援システムと合わせて、過去水害の振り返りや、河川整備の整備内容といったストーリーのコンテンツを表示した。
- ・ 処理方針については以下の通りである。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理方針	× ▲ < := 令和元年10月楽雨の塩り返り 3/22 >
ストーリーテリング機能	<ul> <li>河川整備効果の見 える化支援システムと 合わせて、過去水害 の振り返りや、河川 整備の整備内容と いったストーリーのコン テンツを表示した。</li> </ul>	Re:Earth	<ul> <li>コンテンツを登録することにより、テキスト、画像、動画などを組み合わせたストーリーとして3D地図上のコンテンツを表示した。</li> <li>コンテンツの登録では、ストーリーに沿った地図や3Dモデルの表示の設定およびストーリーの進行に合わせたカメラアングルの自動設定を行った。</li> </ul>	<complex-block></complex-block>

#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能



- Re:Earthプラグインの開発により、降雨波形画像と時刻をタイムラインと連動して表示した。 ٠
- Re:Earthプラグインの詳細については、OSS(https://github.com/Project-PLATEAU/reearth-plugin-routesearch-widget)を参照。 •

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理方針
時系列浸水深と連動した 降雨波形画像の表示 タイムラインと連動した破 堤/越水からの時刻表 示	<ul> <li>・時系列浸水深データの降雨波形画像を ウィジェットでタイムライン情報に連動して表示する。</li> </ul>	Re:Earth プラグイン	<ul> <li>現時点を示すタイムバーつきの降雨波形の画像と時刻表示を時系列浸水深推移と 連動して表示した。</li> <li>Re:Earthプラグインにて、Re:Earthのタイムライン情報を取得し、タイムラインが示す 時間に応じてあらかじめ時系列浸水深推移と連動するよう設定した画像を画面へ表 示するプラグインを開発した。</li> </ul>



図 タイムラインと連動した降雨波形画像の表示の仕組み



図 タイムラインと連動した降雨波形画像の表示(プラグイン)

## □. 実証システム > 4. システム機能 地図上からの出発地点の取得【機能E】



- Re:Earthプラグインにより、Re:Earthの3D地図上をクリックすることで、座標を取得し、避難ルートの出発地として設定した。
- 座標値の取得は、地図上でのクリック時において、マウスイベントの実行およびRe:EarthのプラグインAPIを活用した。
- Re:Earthプラグインの詳細については、OSS(<u>https://github.com/Project-PLATEAU/reearth-plugin-routesearch-widget</u>) を参照。



図 Re:Earthプラグインよる出発地点取得



## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 出発地点のリスク情報の取得・表示【機能F】



- Re:Earthプラグインにより、出発地の座標を指定すると、その地点のリスク情報として、「最大浸水深」・「浸水継続時間」を表示する機能を 実装した。
- 座標値をPOSTメソッドで送信することで、その地点の「最大浸水深」・「浸水継続時間」 を返すリクエストAPI (選択地点の浸水情報取得API)を開発した。
- ・ プラグインでは【機能E】による座標値の取得を実行すると同時にリクエストAPIを実行した。
- リクエストAPIのプロトコルはHTTPSとし、情報の送信にはPOSTメソッド、レスポンスはJSON形式で通信するようにした。
- Re:Earthプラグインの詳細については、OSS(<u>https://github.com/Project-PLATEAU/reearth-plugin-routesearch-widget</u>) を参照。



#### □. 実証システム > 4. システム機能 避難ルート検索・避難ルート検索結果の可視化【機能G・H】

- P L A T E A U
- 浸水範囲の拡大に従って通行可能な避難ルートが限定されていく状況を再現するため、OpenStreetMap(OSM)を用いて対象地域の 道路ネットワークを構築し、pgRoutingを用いて目的地までの最短経路探索を行うAPI (避難ルート検索API)機能を実装した。
- 最短経路探索では、時系列の浸水範囲と道路ネットワークを重ね合わせたネットワークDBにより、 「浸水範囲に含まれる道路ネットワークは通行不能」と判定させる仕組みとした。
- 以下の流れでシステム構築を行った。

#### ①道路ネットワークデータ作成(Ⅲ>6.データに記載)

- OSMからネットワークデータを取得
- ・ トポロジー変換が行いやすい形式にネットワークを構築(ArcGIS)
- ②ネットワークデータと浸水データの衝突判定(Ⅲ>6.データに記載)
  - 5mメッシュの浸水深とネットワークデータとの衝突判定(ArcGIS)
  - ・ 時系列毎に、ネットワークデータへネットワーク毎の浸水深データを付与
  - ネットワークデータへ土砂災害警戒区域の情報を付与

#### ③ネットワークデータのDB化(III>6.データに記載)

 浸水深による通行不能情報が付与されたコストを属性として作成し、ネットワークをDBへ格納 (PostgreSQL)

#### ④最短経路探索(次頁以降に記載)

- 出発地と利用者属性をRe:Earthから受信
- PostGIS (pgRouting) で浸水リスク考慮の最短経路探索

#### ⑤避難ルート検索結果表示 (次頁以降に記載)

- ルート検索結果をRe:Earthへ提供
- 受け渡しのためのRe:Earthプラグインを開発



## エ.実証システム > 4.システム機能 避難ルート検索【機能G】



#### ④最短経路探索

• 最短経路探索の機能は以下の通りである。最短経路探索のアルゴリズムについてはⅢ>5.アルゴリズム(P.67)に記載する。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理詳細
ネットワークDBの読 み込み	<ul> <li>ネットワークDBをPostGIS上に読み込み、</li> <li>pgRoutingを使用出来るようにした。</li> </ul>	PostGIS	<ul> <li>PostGISでDBの読み込みを行った。</li> </ul>
出発地と目的地と 利用者属性の入力	<ul> <li>出発地と目的地の緯度経度情報から、ネットワーク DBの出発地と目的地を設定出来るようにした。</li> <li>利用者属性による移動速度の違いを考慮できるよう にした。</li> </ul>	PostGIS	<ul> <li>PostGISで緯度経度からトポロジー上の最寄りのノードを検索した。</li> <li>入力された利用者属性により、以下のとおり移動速度(※)を設定した。</li> <li>歩行者1.3km/h、高齢者1.0km/h、要介助者0.5km/h</li> <li>(※)本実証では「森下ほか、要介護者の避難行動速度、自然災害科学. JSNDS 37 -4 397 -406 (2019)」を参照。</li> </ul>
最短経路探索	<ul> <li>浸水深が付与されたネットワーク上でpgRoutingを</li> <li>活用し、設定した出発地と目的地の最短経路探索</li> <li>をした。</li> </ul>	PostGIS	<ul> <li>pgRoutingにより、最短経路探索を行うアルゴリズムを用いて、出発地点から最短経路で目的地へ向かう最短経路探索を行った。</li> <li>浸水深による通行不能情報を元に避難ルートなしを判定する。</li> </ul>
CZML変換	<ul> <li>最短経路探索から受け取ったラインデータの緯度経 度情報と所要時間、距離をCZML形式のラインデー タおよびビルボードに変換した。</li> </ul>	PostGIS	<ul> <li>・時系列毎に算出した避難ルート検索結果を1つのCZML形式にまとめた。</li> <li>・通行可能なルートで到達しない場合、「避難ルートがみつかりませんでした」というビルボードを表示した。</li> </ul>



#### □. 実証システム > 4. システム機能 避難ルート検索・避難ルート検索結果の可視化【機能G・H】



#### ⑤避難ルート検索結果表示

 リクエストAPIにより避難ルート検索が実行された結果として、避難ルート検索結果(CZML形式)をRe:Earthプラグインに返し、 Re:Earthプラグイン側では、受け取った避難ルート検索結果(CZML形式)をRe:Earth上で一時レイヤーデータとして可視化した。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理詳細
Re:Earthへのデータ受け渡し	<ul> <li>CZMLデータをRe:Earthへ受け渡した。</li> </ul>	Re:Earth プラグイン	<ul> <li>APIリクエスト結果として、Re:Earthプラグイン側でデータを受信 する。</li> </ul>
避難ルートの可視化	• ラインデータをRe:Earth上で可視化した。	Re:Earth プラグイン	<ul> <li>CZML形式のデータをラインデータとしてRe:Earth上で可視化した。</li> </ul>

#### □.実証システム > 4.システム機能 避難ルート検索・避難ルート検索結果の可視化【機能G・H】



④~⑤のシステムフロー図

④最短経路探索~⑤避難ルート検索結果表示にあたる部分のRe:EarthプラグインとPostGIS間でのシステムフロー図は以下のとお
り。



図 避難ルート検索のシステムフロー図

#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 避難ルート検索結果の可視化【機能H】



• Re:EarthのCZML形式を可視化出来る一時レイヤー機能を用いて、避難ルートAPIの実行により受け取った避難ルート検索結果 (CZML形式)を可視化した。



#### 図 避難ルート結果が時系列により変化する様子

#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 125mメッシュ毎の人的被害リスク・経済的被害リスク指標の可視化【機能I・J】



・最大浸水深に応じた人的被害リスク・経済的被害リスク指標をCZML形式へ変換した。 ・Re:Earth上で、125mメッシュ単位での水害リスクデータ(CZML形式)を可視化した。 ・指標算出アルゴリズムはⅢ>5.アルゴリズム(P.69)に記載する。

○リスク評価値(メッシュ単位)を縦軸とした3D棒グラフ可視化表示【機能I】 ・評価結果を縦軸とした3D棒グラフの可視化 ※あくまでメッシュ単位で着色し、個別建物に対応するものではない。



○リスク評価値(メッシュ単位)の可視化表示【機能】】 ・評価結果を色合いとしたメッシュ表現の可視化 ※あくまでメッシュ単位で着色し、個別建物に対応するものではない。



#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 125mメッシュ毎の人的被害リスク・経済的被害リスク指標の可視化【機能I・J】



#### 125mメッシュ毎の3D棒グラフによる可視化【機能I】

- Re:Earth上の3D-WebGISにて、一宮川沿川地域の河川整備 事業の各段階において、水害リスク指標値として算出した人的・経 済的被害リスクを、3D都市モデルの高さを表現可能な特性を活 かして、立体的な3D棒グラフの可視化を図った。
- Re:Earthプラグインにて、ユーザーが可視化を表示する項目を自 由選択できる機能を実装した。



#### 125mメッシュ毎の色の表現による可視化【機能J】

- Re:Earth上の3D-WebGISにて、一宮川沿川地域の河川整 備事業の各段階において、水害リスクとして算出した人的・経済 的被害リスクを125mメッシュに色付ける表現で可視化した。
- Re:Earthプラグインにて、ユーザーが可視化を表示する項目を自 由選択できる機能を実装した。



## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 浸水深による色分けが付与された建物の表示【機能K】



• 3D都市モデル上で個別建物の属性に、建物単位での浸水リスク指標データ(3D-Tiles)を付与し、最大浸水深に応じた建物ごとの 浸水状況を可視化した。

○建物別浸水深評価の建物データへ格納

・ 浸水深と建物属性の衝突判定のアルゴリズムはⅢ>5.アルゴリズム(P.68)に記載する。



## Ⅱ. 実証システム > 4. システム機能 浸水深による色分けが付与された建物の表示【機能K】

- P L A T E A U
- 人的・経済的被害リスクの算出の際に行った個別建物の浸水リスク評価を3D都市モデルへ付与し、三次元可視化を行った。
- 3D-Tilesのスタイル設定を用いることで付与した属性から建物の色分けを行った。
- 可視化の切り替え選択機能は、Re:Earthプラグインにて実装した。



#### 浸水深に応じた浸水リスクによる建物毎の着色

凡例(	建物浸水)
	浸水なし
	50cm未満浸水
	50cm以上浸水

#### Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能



人的・経済的被害リスク集計値のテキスト表示および可視化する機能・河川整備段階の選択【機能L・M・N】

■ Re:Earthプラグインを活用した以下機能を実装した。Re:Earthプラグインの詳細については、OSS(<u>https://github.com/Project-</u> PLATEAU/reearth-plugin-floodrisk-widget)を参照。

- ・ 人的・経済的被害リスク集計値のテキスト表示する機能【機能L】
- 人的・経済的被害リスクの可視化切替および浸水深による色分けが付与された建物の表示切替、浸水範囲の表示切替【機能M】
- 可視化する河川整備段階の選択【機能N】





ARアプリケーション機能一覧

#### • 実装する機能は以下の通りである。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理詳細
最大浸水深のAR表現【O】	<ul> <li>・最大浸水深をAR可視化</li> <li>・浸水深の表示・非表示の切り替えを行う機能</li> <li>・浸水深位置の手動による位置調整機能</li> </ul>	ネイティブアプリ	• 静的な浸水深を可視化
避難ルートのAR表現【P】	<ul> <li>・避難ルートをAR上にてライン表示 (GeoJSON)</li> <li>・避難ルートのライン描画の手動に よる位置調整機能</li> </ul>	ネイティブアプリ	<ul> <li>避難ルート検索システムで算出した避難 ルートCZMLデータを読み込み、ARで可 視化</li> </ul>
インフラ情報のAR表現【Q】	<ul> <li>インフラ情報(テキストおよびアイ コン)をAR可視化</li> </ul>	ネイティブアプリ	<ul> <li>インフラ情報をテキストBOXでバルーン表示</li> <li>可視化するインフラ情報は現在地から 50mの範囲内のみとした。</li> </ul>

ARアプリケーションの開発環境

- ARアプリケーションの開発はUnity(2020.3)を使用した。 •
- ARアプリケーションのフレームワークは以下とした。 •
  - □ ARFoundation 4.1.9
  - □ ARCore XR Plugin 4.1.9
  - **D** XR Plugin Management 4.0.1
- 以下のセンサー情報を利用した。(※精度はデバイス依存)

センサー情報
重力加速度
加速度
デバイスの方向
機器回転・傾き
深度センサー(デバイスからの距離を区別)
モーションセンサー(デバイスの動きを感知)

デバイスのOSは、Androidを対象とした。





ARアプリケーションアーキテクチャ

- ・ 避難ルート検索システムで算出した避難ルートをARで表示するアプリケーション。
- 避難ルート検索システムで算出した避難ルート(CZML)が登録されているRe: Earthのプロジェクトをダウンロード。
- アプリケーション内で座標を取得し、配置用のオブジェクトを生成。ARFoundationを用いてAR上の配置を行う。





システムフロー



【最大浸水深表示①】Re:Earthでのプロジェクトの作成

本アプリではRe:Earthで保存されているプロジェクト関連czmlデータ(data.json)に対してアクセスし、アプリ描画に必要となるオブジェクト情報を取得している。

Re:Earth側で行う作業

専用のプロジェクトを作成
 専用のレイヤーを作成
 レイヤー名を「Flood」にする。
 ファイルURLにおいて、対象となる
 czmlデータを設定する。
 (洪水キューブの矩形データが表示される。)









【最大浸水深表示②】Re:Earthからのデータ取得・パース処理

1. プロジェクトに紐づいたczml形式のJSONファイル(https://[プロジェクトID]. reearth.io/data.json)よりFloodに紐づいたデータが格 納されているJSON URLを抽出する。

```
"schemaVersion": 1,
"id": "01gm4ekx8hhvw7pvp9xzjzhtce",
"publishedAt": "2023-01-13T02:35:26.711356005Z",
"property": {
  "tiles": [
      "id": "01gm4ekx8hhvw7pvp9y7mswanf"
   "id": "01gm4ez5fj1j8339z0f7x2n51z",
    "pluginId": "reearth",
    "extensionId": "resource",
    "name": "ファイル",
    "propertyId": "01gm4ez5fj1j8339z0fb3k2v4w",
    "isVisible": true
   "id": "01gpmfn52mttb7zgv4ff89yc5e",
    "pluginId": "reearth",
   "extensionId": "resource",
    "name": "Flood",
    "propertyId": "01gpmfn52mttb7zgv4fhrjj0zq",
    "property": {
      "default": {
       "type": "czml",
       "url": "https://static.reearth.io/assets/01qpmfnmew86b3gn4tq7624rh0.czml"
   "isVisible": true
"widgets": [],
"widgetAlignSystem": null,
"tags": [],
"clusters": []
```

nameが"Flood"になっているレイヤーから

"property">"default">"url"

に該当する文字列を抽出する。

【最大浸水深表示②】Re:Earthからのデータ取得・パース処理

2. 抽出したJSONファイルのURLにアクセスし、該当数分の矩形データ座標を抽出する。



1
"id": "409eae30_c420_4e16_bc7c_3944aeee4e10"
$  n_1  _{(1,1)} = \int   n_1  _{(1,1)}   n_2   n_2   n_2   n_2   n_2   n_2   n_2   n_2   n_2   $
Potygon . 1
cartographicDegrees": [
139.93610203002282,
35.713892576516606,
39.63149726685299,
139.93609202742095,
35.71388092354864,
39.65917517564203,
139.93613613856633,
35,71385775898392,
39,66277296324834.
139,93614788358715.
35,71387049355277.
39,594131047849764
1
S, Ubalasta []
notes ; [], Nava a dua intenti data
"extrudedHeight": "I",
"material": {
"solidColor": {
"color": {
"rgbaf": [
0.4980392156862745,
1,
0.8313725490196079,
0.3
}.
"outline": true.
"outlineColor": {
"robaf": [
0 4980392156862745
1
A 9212725400106070
1
"outlinewidth": 2



【最大浸水深表示③】洪水キューブのAR空間座表変換

- 「AR+GPS LOCATION」アセットを利用し、緯度緯度情報からAR空間座標に変換する。
- AR空間座標は、端末の位置からの相対座標となる。(なお現状は中心座標のみ設定し、矩形サイズは一律となっている。)





【最大浸水深表示③】描画対象洪水キューブの選定アルゴリズム

- 多数のキューブを配置すると描画処理負荷に影響することから、現在地に最も近い洪水キューブを選定した上で表示オブジェクトを決定 する。
- 矩形座標リストの対象データ内で検索を行い、現在地(端末のGPSから取得)から最も中心点が近い矩形を表示対象矩形とする。



【最大浸水深表示④】表示仕様

• データロード後に洪水キューブがAR空間において静的に配置される。





【経路表示①】Re:Earthでのプロジェクトの作成

本アプリではRe:Earthで保存されているプロジェクト関連czmlデータ(data.json)に対してアクセスし、アプリ描画に必要なるオブジェクト情報を取得している。

#### Re:Earth側で行う作業

 専用のプロジェクトを作成
 専用のレイヤーを作成
 レイヤー名を「route」にする。
 ファイルURLにおいて、対象となる czmlデータを設定する。
 (経路の線分データが表示される。)







【経路表示②】Re:Earthからのデータ取得・パース処理

1. プロジェクトに紐づいたczml形式のJSONファイル(https://[プロジェクトID]. reearth.io/data.json)よりrouteに紐づいたデータが 格納されているJSON URLを抽出する。

"schemaVersion": 1,	
"id": "01ggpft5nd4ncejwsp4bsnzedb",	
"publishedAt": "2023-03-07T13:15:20.569325795Z",	
"property": {	
"tiles": [	
"id": "01ggpft5nedwmjq3009ndvhxm1"	
"plugins": {},	
"layers": [	
"id": "01ggpfv0axah28vtxs66p49e03",	
"pluginId": "reearth",	
"extensionId": "resource",	
"name": "route",	
"propertyId": "01ggpfv0axah28vtxs6747fc6k",	
"property": {	
"default": {	
"url": "https://static.reearth.io/assets/01ghagnbv9a56sbrwjp34p600t	.czml"
"isVisible": true	
"id": "01gktz9nhjqsyxnwv1ap4gbh59",	
"pluginid": "reearth",	
"extensionid": "resource",	
"name": "Flood",	
propertyla : @igkt29mijqSyxnwviapag4mip ,	
property : {	
uclault . l "url", "https://static reearth in/assets/01aktze2pp250p1pv0pvkpz2mf	c.zm1!!
l	• CZIII C
J, "icVicible", true	
"widnets". [].	
"widget&lignSystem", pull	
"tane" [].	
"clusters": []	
}	
<u> 1</u>	

nameが"route"になっているレイヤーから

"property">"default">"url"

に該当する文字列を抽出する。





【経路表示②】Re:Earthからのデータ取得・パース処理

2. 抽出したJSONファイルのURLにアクセスし、線分の経由点データ座標を抽出する。





【経路表示③】経路ラインオブジェクトのAR空間座表変換

- 「AR+GPS LOCATION」アセットを利用し、緯度緯度情報からAR空間座標に変換する。
- AR空間座標は、端末の位置から現在地を基準点として、相対距離でルートを表示している。
- そのため、グローバル座標に対応しているわけではない。





P L A T E A U

65

Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved.

# P L A T E A U

#### 【経路表示④】表示仕様

- 読み込んだ座標の2点間を、点線が進むようなアニメーションを描画した。
- Unityのコンポーネントを用いて、丸型のオブジェクトをロードして点線が進むようなアニメーションとした。



# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 避難ルート検索【機能G】



- 時系列毎の最短経路探索において、具体の処理フローは下記の通りとした。
- 1. 出発地と目的地の座標より道路ネットワーク上の最寄り地点を検索する
- SQL文: SELECT id FROM [トポロジー化されたネットワークDB名] ORDER BY the_geom <-> ST_GeomFromText('POINT ([緯度] [経度])', 4326) LIMIT 1;
- 2. 時系列毎に出発地と目的地の最短経路探索を行う
- SQL文: SELECT seq, node, edge, cost FROM pgr_dijkstra( 'SELECT id AS lineID, source, target, ST_Length(way) AS cost FROM [ネットワークDB名]', [出発地のノード番号], [目的地のノード番号], false);
  - ✓ 上記の処理を時系列毎のネットワークDBで実施し、緯度経度情報とコスト(距離)を算出した。
- 3. 通行不能情報の判定
- 最短経路探索の結果、通行不能のラインが含まれている場合、距離が99999m以上となる。この時には、「避難ルートが見つかりませんでした」という情報を付加する。
- それ以外の場合には、属性情報から所要時間を計算し、距離と所要時間の情報を付加する。

## Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 浸水深による色分けが付与された建物の表示【機能K】



■浸水深と建物属性の衝突判定は、以下の手法で行った。

- 個別建物には最大浸水深を付与した。
- 整備段階毎の浸水深と建物属性の衝突判定により、整備段階に応じた建物水害リスクが求めた。
- この情報を3D都市モデル内で、整備段階毎建物水害リスク(色別で表現)を可視化するシステムを開発した。
   (ArcGISにて分析→3D都市モデルへ属性付与)
- なお、個別建物の浸水リスクの評価にあたって、ArcGISによる分析・処理プロセスは以下の通り。

○建物の浸水リスクの評価プロセス(ArcGISによる分析・処理) ①建物毎の最大浸水深=建物高さデータ(CityGML)×5mメッシュ浸水深データの重ね合わせより最大値を抽出 ②建物水害リスク判定=建物高さと最大浸水深の比較によりリスクを判定(浸水無し、浸水50cm未満、浸水50cm以上の3段階) ※一部浸水は、一部でも浸水エリアと重複する建物かつ、最大浸水深が建物高さ未満の建物

#### Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 125mメッシュ毎の人的被害リスク・経済的被害リスク指標の可視化【機能I・J】



水害リスクの評価は、以下の処理フローで行った。 ٠

沭】

- ■インプット 水害リスクの評価は、ArcGISで最大浸水 オープンデータ等 ハザードデータ 3D都市モデル【3DTiles】 ⇒外部データで補完 深と125mメッシュ内の建物種類(階数) ·建物用涂 ·床面積 ·階数 ·世帯数 ・人口メッシュ・従業人口小地域(産業分類別) ・浸水想定区域メッシュ と人口のクロス分析により、人的被害リスク 及び経済的被害リスクを125mメッシュごと ■ArcGISによる処理 に水害リスク指標値を算出した。【インプット データ構築プロセス(ArcGISによる処理) ・建物種類別人口配分: 「人口メッシュ」×「建物用途(住居系)」×「床面積」 ・建物別浸水深(建物の浸水リスク) 水害リスク指標値の算出⇒P70-71に詳 「建物ポリゴン」×「浸水想定区域メッシュ」 ·建物種類別従業人口配分:「従業人口小地域」×「建物用途(業務系)」×「建物数」
- ■水害リスクの評価・分析 河川整備段階別毎の最大浸水深に応じた ٠ ・人的被害リスク(メッシュ単位で集計) 水害リスクを算出することで、整備段階につ (浸水区域内65歳以上の被害者数¹⁾+浸水区域内65歳未満の被害者数²⁾) れ、125mメッシュごとの水害リスク指標値が ※1)浸水区域内人口(65歳以上)×(1-避難率)×住宅階数・浸水深に応じた被害率(65歳以上) 求まる。この情報を3D都市モデル上で、整 ※2)浸水区域内人口(65歳未満)×(1-避難率)×住宅階数・浸水深に応じた被害率(65歳未満) 備段階毎の水害リスク(125mメッシュ単 ・経済的被害リスク(メッシュ単位で集計) (家屋被害額1)+家庭用品被害額2)+事業所償却·在庫資産被害額3)) 位での色別による表現)を可視化するシス ※1)家屋床面積×床1m2あたり評価額×建物階数による補正×浸水深に応じた被害率 テムを開発した。(ArcGISにて分析→ ※2)世帯数×世帯あたり家庭用品評価額×建物階数による補正×浸水深に応じた被害率 ※3)従業者数×従業者1人あたり評価額×建物階数による補正×浸水深に応じた被害率 CZML形式データに変換→Re:Earth上に 可視化) ■アウトプット ■可視化 ・メッシュ別人的被害リスク・経済的被害リスク【Shape】 •Re:Earth(CZML)

#### 水害リスクの評価(人的被害リスク・経済的被害リスク)

#### Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 125mメッシュ毎の人的被害リスク・経済的被害リスク指標の可視化【機能I・J】



- 人的被害リスク・経済的被害リスクの評価に関するインプットデータ構築は、以下のフローで行った。
- 〇人的被害リスク・経済的被害リスクの評価に関するインプットデータ構築プロセス(ArcGISによる処理)

①メッシュ内建物種類(用途(住居系or業務系)及び階数)別床面積の算定 ※都市計画基礎調査や建物現況調査、市販の建物データより算定

- ②メッシュ内建物種類別年齢別人口の算定=メッシュ年齢別人口※(65歳以上、 65歳未満)×建物種類別床面積(①)/延べ床面積(Σ①)
- ※住居系用途は夜間人口(国勢調査等)、業務系用途は従業人口(国勢 調査等)を用いて算定する。
- ③メッシュ内建物種類(階数)別世帯数の算定(住居系)=メッシュ内世帯数 ×建物階数別床面積(①)/延べ床面積(Σ①)

※世帯数は国勢調査等より

④浸水深別人口の算定=建物種類別年齢別人口(②)とメッシュ内建物別浸水 深(P.68建物の浸水リスクの可視化【機能K】)より算定

(建物ごとに割り振られた人口(②)を建物別浸水深に応じて積み上げ)

⇒上記で算定されるデータを次頁のリスク(人的被害リスク・経済的被害リスク) 算定式にインプットした。



#### Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 125mメッシュ毎の人的被害リスク・経済的被害リスク指標の可視化【機能I・J】



• 水害リスク指標値の算定は、以下の算定式を用いて行った。

■水害リスク指標値の算定式

前頁に示した水害リスク評価用インプットデータを以下の式に代入し、メッシュごとのリスクを算定。算定結果を3D都市モデルのメッシュ内の全ての建物に付与した。なお、リスクはメッシュごとに算定するためメッシュ内の建物には同一の評価結果が付与される。

#### 〇経済的被害リスク(円)= (家屋被害額+家庭用品被害額+事業所償却・在庫資産被害額)

- ここで、家屋被害額=家屋床面積×床1m²あたり評価額×建物別浸水深に応じた被害率(建物階数¹⁾による補正) 家庭用品被害額=世帯数(前頁③)×世帯あたり家庭用品評価額×建物別浸水深に応じた被害率(建物階数¹⁾による補正) 事業所償却・在庫資産被害額=従業者数(前頁④)×従業者1人あたり評価額×建物別浸水深に応じた被害率(建物階数¹⁾による補正) 1)3D都市モデルから入手
- 出典)国土交通省水管理保全局「治水経済調査マニュアル(案)」、R2.4

https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf

#### 〇人的被害リスク(人)=(浸水区域内65歳以上の被害者数+浸水区域内65歳未満の被害者数)

- ここで、浸水区域内65歳以上の被害者数の算出=浸水区域内人口(65歳以上)¹⁾×(1-避難率²⁾)×住宅階数・浸水深に応じた被害率³⁾(65歳以上) 浸水区域内65歳未満の被害者数の算出=浸水区域内人口(65歳未満)¹⁾×(1-避難率²⁾)×住宅階数・浸水深に応じた被害率³⁾(65歳未満) 1)浸水区域内人口は、H27国勢調査(125mメッシュ単位)より取得。
  - 1/ 这小区場内入口は、Π2/国労詞且(12300777年12/より以待。
  - 2) 避難率は、0%、40%、80%と設定しそれぞれ算出(水害の被害指標分析手引きに基づく)
  - 3)前頁④で算定する浸水深別人口を適用は、年齢別による避難可能先が異なるため、浸水深に応じた被害率はLIFESimモデルに準拠 (避難可能先に応じた安全水位の基準設定は、65歳以上の場合は最上階の床面、65歳未満の場合には最上階の天井とする。)
- 出典)国土交通省水管理保全局「水害の被害指標分析の手引き(H25試行版)」、H25.7 https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/pdf/higaisihyou_h25.pdf
### Ⅱ. 実証システム > 6. データ ①活用データ | 3D都市モデル一覧



地物	地物型	属性区分	属性名	内容
建築物LOD1	bldg:Building	空間属性	bldg:lod1Solid	建築物のLOD1の立体
建築物LOD2	bldg:Building	空間属性	bldg:lod2Solid	建築物のLOD2の立体
		主題属性	bldg:usage	用途
			bldg:storeysAboveGround	地上階数
			bldg:measuredHeight	計測高さ
		関連役割	uro:keyValuePairAttribute	拡張属性

# エ.実証システム > 6. データ ① 活用データ | その他活用データ



活用データ	内容	データ形式	出所
洪水浸水想定区域図	<ul> <li>・荒川洪水浸水想定区域図</li> <li>→洪水浸水想定区域図作成業務報告書および浸水シミュレーション</li> <li>結果</li> <li>・元荒川洪水浸水想定区域図</li> <li>→洪水浸水想定区域図作成業務報告書および浸水シミュレーション</li> <li>結果</li> <li>・一宮川洪水浸水想定区域図</li> <li>→令和元年10月25日の大雨に対する総合的内水対策検討業務</li> <li>委託にて作成</li> </ul>	PDF Shape CSV	国交省荒川下流河川事務所 埼玉県の河川課 茂原市都市建設部土木建設課
インフラ情報	地域住民へ浸透している、通り名・交差点名・ランドマーク名をヒアリン グにより取得	_	地域住民·自治体
OpenStreetMap道路ネット ワーク	避難ルート検索システムの道路ネットワークに使用	Shape	OSM
指定避難所	指定避難所の場所	_	自治体HP
外部建物データ	建物データの補完として利用	Shape	ゼンリン
平成27年国勢調査	夜間人口、世帯数	Shape	国土交通省
平成26年経済センサス-基礎 調査 / 町丁・大字別集計	│ 従業人口 │	Shape	総務省統計局

#### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ①活用データ 洪水浸水想定区域図



荒川洪水浸水想定区域図

浸水シミュレーション結果の出力・変換と可視化

(1)情報収集

• 1級河川荒川(下流)の浸水想定区域図データ(電子)を入手※国土交通省荒川下流河川事務所

(2) 浸水データ

舟渡・新河岸地区での最大浸水深が発生する破堤点は、「荒川28.80km 右岸」(国土交通省:地点別浸水シミュレーション検索システムHPより)。



#### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ①活用データ 洪水浸水想定区域図



元荒川洪水浸水想定区域図

- 西新宿地区(対象箇所)における時系列浸水氾濫結果(出典:「利根川水系水害リスク情報図作成業務委託」、R2.3、埼玉県)
- 浸水シミュレーション結果の時間間隔は、1時間毎の出力とした。
- 対象降雨は想定最大規模降雨である596mm/48時間(W=1/3,800)とした。(出典:「利根川水系水害リスク情報図作成業務 委託」、R2.3、埼玉県)
- 内水域の湛水量が最大となる「昭和33年9月型降雨」とした。

	利根川工事実施基本計画資料	近年降雨追加した場合の	時刻
	(中川・綾瀬川)※参考資料	中川流域における雨量確率評価	0 5 10 15 20 25 30 35
資料数及び資料期間	N=92 (56ヶ年)	N=93 (93ヶ年)	│
	(大正11年~昭和52年)	(大止15年~平成30年)	
確率規模 1/100	355mm/48 時間	276.7~321.7mm/48 時間	
		(※表 4. 2. 2、図 4. 2. 3 参照)	
確率規模 1/1000	505mm/48 時間	343.2~491.6mm/48 時間	
		(※表 4.2.2、図 4.2.3 参照)	
相完最大相構悠雨		平均值 552mm/48 時間 (W=1/50,000)	60 +
(海城市積 1-0871/m2)	596mm/48 時間(W=1/3,800)	(405.5~686.7mm/48 時間)	
(1)ルッ実由17頁 A=307 Km /		(※表 4.2.2、図 4.2.3 参照)	80
	•	•	

表4.2.1 確率雨量算定結果と確率規模

図 対象降雨波形

### II.実証システム > 6.データ> ①活用データ 法水浸水想定区域図



一宮川洪水浸水想定区域図

• 河川整備前の現況として、令和元年豪雨を再現した浸水被害シミュレーションデータを以下に示す。



### □.実証システム > 6. データ> ①活用データ 洪水浸水想定区域図



一宮川洪水浸水想定区域図

• 河川整備段階における本川整備事業による浸水被害シミュレーションデータを以下に示す。

PHASE	項目	内容
PHASE2	外水対策	本川や調節地の整備を実施を想定し、一定程度の浸水被害が軽減されるが、氾濫源には浸水が残るようなシミュレーショ ンデータを使用した。



### II.実証システム > 6.データ> ①活用データ 法水浸水想定区域図



一宮川洪水浸水想定区域図

• 河川整備段階における支川溢水対策①による浸水被害シミュレーションデータを以下に示す。

PHASE項目内容PHASE3内水対策① 早野排水機場・驚巣稲荷前水門ポンプ ゲート・長清水水門ポンプゲートPHASE2 (本川整備)で残る浸水被害を軽減することを目的に実施する事業(茂原市事業)。施設整備は、 整備より前倒したなるが、効果の発現は、本川整備の事業完了後たなる。ここでは、本川整備後に残る浸水被害を 整備より前倒したなるが、効果の発現は、本川整備の事業完了後たなる。ここでは、本川整備後に残る浸水被害を となる、水機場・ポンプなどを設置することで、浸水被害が軽減されるシミュレーションデータを使用した。			
PHASE3         内水対策① 野排水機場・鷲巣稲荷前水門ポンプ ゲート・長清水水門ポンプゲート          PHASE2 (本川整備) で残る浸水被害を軽減することを目的に実施する事業(茂原市事業)。施設整備は、 整備より前倒しとなるが、効果の発現は、本川整備の事業完了後となる。ここでは、本川整備後に残る浸水被害を 水機場・ポンプなどを設置することで、浸水被害が軽減されるシミュレーションデータを使用した。                 ・             ・	PHASE	項目	内容
	PHASE3	内水対策① 早野排水機場・鷲巣稲荷前水門ポンプ ゲート・長清水水門ポンプゲート	PHASE2(本川整備)で残る浸水被害を軽減することを目的に実施する事業(茂原市事業)。施設整備は、本川 整備より前倒しとなるが、効果の発現は、本川整備の事業完了後となる。ここでは、本川整備後に残る浸水被害を、排 水機場・ポンプなどを設置することで、浸水被害が軽減されるシミュレーションデータを使用した。
			Abharestatilization

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ①活用データ 洪水浸水想定区域図



一宮川洪水浸水想定区域図

• 河川整備段階における支川溢水対策②による浸水被害シミュレーションデータを以下に示す。

PHASE4 内水対策② 川中島終末処理場雨水ポンプ能力増強 PHASE3に加えて、PHASE3と目的は同様であるが、整備完了時期が異なる対策の実施	を想定している。
APHASE424KB	

### III. 実証システム > 6. データ> ①活用データ OpenStreetMap道路ネットワーク・インフラ情報



OpenStreetMap道路ネットワーク

オープンデータの道路ネットワークデータ(出典:<u>http://download.geofabrik.de/</u>)であり、ShapeファイルをArcGISにより、蓮田市とその周辺地域の道路ネットワークの抽出を行った。

#### インフラ情報

- ・ 地域住民に浸透しているインフラ情報(通り名・交差点名・ランドマーク名等)をヒアリングにより取得した。
- 各インフラ情報の名称と地図上の位置をRe:Earth上でマーカーにより表示し、ユーザーエクスペリエンスを向上させるために活用した。



図 OSMネットワークデータ



図 インフラ情報

## □.実証システム > 6. データ> ①活用データ 外部建物データ



- 水害リスクの人的・経済的被害リスク算出のために各種属性(建物用途、地上高さ、階数)を参照することを想定していたが、建築物動 態調査では、「建物用途」しかなかったため、解析に必要な属性情報は外部建物データ(ゼンリン)を参照することとした。
- 水害リスク指標値の算出において、3D都市モデルデータでは必要な属性情報を持つオブジェクトが少なく、評価精度を向上させるためにゼンリン住宅データを購入し情報を補完した。







システムに入力する データ (データ形式)	用途	処理内容	データ処理 ソフトウェア	活用データ (データ形式)
時系列浸水深推移 /最大浸水深デー タ(CZML形式)	浸水シミュレーションの三次元 可視化	<ul> <li>浸水シミュレーションのShape形式からCZML形式に変換した。</li> </ul>	ArcGIS 3D Analyst FME Desktop	洪水浸水想定区域図 (Shape形式)
最大浸水深·浸水 継続時間(CSV)	最大浸水深・浸水継続時間 の表示	<ul> <li>浸水シミュレーションのCSV形式から必要なデータ を抽出し、DB化した。</li> </ul>	PostgreSQL	洪水浸水想定区域図 (CSV形式)
道路ネットワークDB	避難ルート検索システム	<ul> <li>道路ネットワークのShape形式からネットワーク DBを構築した。</li> </ul>	ArcGIS PostGIS	OSMネットワーク(Shape 形式)
建物データ (Shape)	人的・経済的被害リスク算出 建物浸水リスクの算出	<ul> <li>3D都市モデル(CityGML)に外部建物データ (Shape)の属性を付与した。</li> </ul>	ArcGIS	3D都市モデル (CityGML形式) 外部建物データ(Shape 形式)

#### ■. 実証システム > 6. データ> ②データ処理 時系列浸水深推移/最大浸水深データの生成



- ・ 洪水浸水想定区域図データ(Shape)をArcGIS 3D Analystの機能を活用し、TINメッシュ(Shape)へ変換する。
- TINメッシュをFMEにてJSONへと変換を行った後、JSONファイルから緯度経度、高さ、浸水深情報を抽出し、CZML形式 レコードに編集し、CZMLを生成する。

※TINメッシュ形式、JSON形式への変換については、PLATEAU公式HPにて公開されている「3D都市モデルを活用した災害リスク情報の可視化マニュアル」を参考に実施した。 出典:https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_doc_0005_ver01.pdf



#### Ⅱ.実証システム > 6.データ> ②データ処理 最大浸水深・浸水継続時間



• 浸水シミュレーション結果(CSV)をPostgreSQLの機能を活用し、緯度経度情報・最大浸水深・浸水継続時間をDB化した。

カラム名	型	カラムの説明
最大浸水深	float	最大浸水深(m)
浸水継続時間	integer	浸水継続時間(分)
緯度(北東)	geometry(EPSG:4326)	緯度のジオメトリデータ
経度(北東)	geometry(EPSG:4326)	経度のジオメトリデータ
緯度(南西)	geometry(EPSG:4326)	緯度のジオメトリデータ
経度(南西)	geometry(EPSG:4326)	経度のジオメトリデータ

### **II.** 実証システム > 6. データ> ②データ処理 ネットワークDBの生成



#### ①道路ネットワークデータ作成

- OSM地図データから、道路ネットワークを抽出した。
- ArcGISにより、交差するラインを分割し、ラインの端点にノードを付与することで、道路ネットワークのトポロジー化を行った。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理詳細
ネットワークデータの取得	• OSMよりネットワークデータを取得した。		<ul> <li>         ・ 蓮田市(西新宿地区) + 白岡市一部を含む範囲を対象として、OSMネットワークデータを取得した。     </li> </ul>
ネットワークデータのトポロジー 化	<ul> <li>OSMネットワークデータをトポロジー化に適した形へ変換 を行った。</li> </ul>	ArcGIS	OSMネットワークデータについて、経路探索が可能なトポロジ     一化を行った。



### **Ⅲ.** 実証システム > 6. データ> ②データ処理 **ネットワークDBの生成**



②ネットワークデータと浸水データの衝突判定

- ArcGISを用いて、道路ネットワークと浸水データ(洪水浸水想定区域図)および土砂災害警戒区域の空間結合を行った。
- その結果として、通行不能の道路に対して、道路ネットワークの距離を極大(99999m)となるように付与した。

機能の構成要素	処理内容	ソフトウェア	処理詳細
道路ネットワークデータと5mメッシュ 浸水データの衝突判定	<ul> <li>道路ネットワークデータに時間ごとの最大浸水深を 付与した。</li> </ul>	ArcGIS	<ul> <li>ArcGISでの空間結合 (Spatial Join) による解析処理を行った。</li> <li>時系列浸水深の時間間隔は1時間とした。</li> </ul>



#### **II.** 実証システム > 6. データ> ②データ処理 ネットワークDBの生成



#### ③ネットワークのDB化

- 浸水深・土砂災害警戒区域の情報を付与した道路ネットワークデータについて、PostgreSQLでDB化を行った。
- DB設計は以下の通りである。

#### 表 ネットワークDBのカラム表

#### 表 トポロジー化されたネットワークDBのカラム表

カラム名	型	カラムの説明	カラム名	型	カラムの説明
lineID	integer	ラインデータの通し番号	nodeID	integer	トポロジーのノードの通し番号
geom geometry		緯度経度のジオメトリデータ	lineID	integer	ラインデータの通し番号
	(EPSG:4326)		the geom	aeometry	緯度経度のジオメトリデータ
cost	numeric	距離(m) 浸水深・土砂災害警戒区域による通行不 能の場合、99999を設定		(EPSG:4326)	

## Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ②データ処理 建物データの生成

建物ポイントデータの照合・精査

- ・ ゼンリン住宅データの緯度経度情報をArcGIS上でポイント化し、3D都市モデルのポリゴンデータとのマッチングを行った。
- ゼンリン住宅データと3D都市モデルのマッチングにおいては、3D都市モデルの全37,224データの内、33,437データが整合と、約9割程度位置が整合された。マッチングしなかった3,787データは、最寄りポリゴンとのマッチングで処理を実施した。
- ゼンリン住宅データから、建物用途、床面積、階数、世帯数の属性情報を付与した。
- 複数ポイントが1棟の建物ポリゴンに含まれる箇所は、長屋形式の建物などで、面積等は合計値とした。





図 マッチングしなかったポイントの最寄りポリゴンとのマッチング処理



Ⅱ. 実証システム > 6. データ ③出力データ | 一覧



出力データ	内容	データ形式
時系列浸水深推移データ	浸水シミュレーション結果を三次元化して時系列で表現したもの	CZML
避難ルート検索結果	避難ルート検索結果を三次元化して時系列で表現したもの	CZML
最大浸水深データ	河川整備の整備段階毎の浸水シミュレーション結果を三次元化して表現したもの	CZML
人的・経済的被害リスク	河川整備の整備段階毎の人的・経済的被害リスクを3D棒グラフおよびメッシュ表現を 行ったもの 人的被害リスクは、避難率0%、避難率40%、避難率80%のものを出力	CZML
建物の浸水リスク	河川整備の整備段階毎の浸水シミュレーション結果から建物浸水リスクを3D都市モデ ルに付与し、3D-Tilesのスタイル設定により色分け表現したもの	3D-Tiles

#### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 時系列浸水深推移・最大浸水深データ



#### 概要

Re:Earthで時系列浸水深推移および最大浸水深の描画を行うCesium専用のCZML形式(JSON形式に従う)のファイル 【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】

設定項目	説明
id	ポリゴンのID
name	Re:EarthのInfoBoxに表示されるオブジェクト名
description	Re:EarthのInfoBoxに表示される説明文
availability	描画時間範囲(+09で日本時間として記述可)
positions	cartographicDegrees:【経度、緯度、高さ】の3つの組 合せを順に繰り返し記述
material	solidColor: ポリゴンの色を記述
height	浸水面の高さを記述

#### 浸水データ(CZML形式)の記述例 1浸水断面分

"id": 1, "name": "name1", "description": "name1", "availability": "2021-11-01T00:00:00.000Z/2021-11-01T00:10:00.000Z", "polygon": { "positions": { "cartographicDegrees": [ 139.644375, 35.797708, 0, 139.644063, 35.797708, 0, 139.64375, 35.797708, 0, 139.64375, 35.7975, 0, ] }, "material": { "solidColor": { "color": { "rgba": [ 100, 160, 190, 230 1 } 3 }, "height": 5.195523247833897

}

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 避難ルート検索結果



#### 概要

Re:Earthで避難ルートのラインの描画を行うCesium専用のCZML形式 (JSON形式に従う)のファイル

【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】

設定項目	説明
id	ポリゴンのIDを記述
name	Re:EarthのInfoBoxに表示されるオブジェクト名
description	Re:EarthのInfoBoxに表示される説明文
availability	描画時間範囲(+09で日本時間として記述可)
positions	cartographicDegrees: 【経度、緯度、高さ】の3つの組 合せを順に繰り返し記述
material	solidColor: ポリゴンの色を記述
width	ラインの太さを記述
clampToGro und	描画の際に、接地した状態で描画するかを記述

#### 避難ルート(CZML形式)の記述例(ポリライン)

	{
	"id": "1_1_route_0",
	"name": "1_1_route",
	"description": "1_1_route",
1	"availability": "2021-11-01T00:00:00.000Z/2021-11-01T00:10:00.000Z",
Ш	"polyline": {
	"positions": {
1	"cartographicDegrees": [
H	139.6579245,
	35.7877285,
H	100,
	139.6580665,
1	35.7882113,
H	100
	1
11	},
H	"material": {
	"solidColor": {
H	
	"gba": [
	"255", "e"
1	U , "100"
H	}
H	
1	"width": 10.
H	"clampToGround": true
1	}
1	}
]	

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 避難ルート検索結果



#### 概要

Re:Earthで避難ルートの所要時間・距離の描画を行うCesium専用のCZML 形式(JSON形式に従う)のファイル 【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】

設定項目	説明
id	ビルボードのIDを記述
name	Re:EarthのInfoBoxに表示されるオブジェクト名
description	Re:EarthのInfoBoxに表示される説明文
availability	描画時間範囲(+09で日本時間として記述可)
label	fillColor: 文字の色を記述 font: フォントサイズとフォントのを記述 horizontalOrigin: 中央揃えであることを記述 text: 表示するテキストを記述 backgroundColor: ビルボードの背景色を記述
position	cartographicDegrees: 【経度、緯度、高さ】の3つの組 合せを順に記述

#### 避難ルート(CZML形式)の記述例 (ビルボード)

4
"description" "1 1"
"hillboard": {
"imace" "m1"
"scale" 0.2
"abo". f
"fillcolor" {
incoder (
"755"
 "255".
 "755"
"255" ] }.
"font": "Jot Lucida Console".
"horizontalOrigin": "CENTER"
"pixelOffset": {
"cartesian2": [
8.
012
"style": "FILL",
"text": "渡難所まで¥n所要時間:21分¥n距離:1619m".
"showBackground": true,
"backgroundColor": {
"rgba": [
"112",
"89",
"57",
"200" ] } },
"position": {
"cartographicDegrees": [
139.657624,
35.78041,
100]}}

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 人的・経済的被害リスク(3D棒グラフ)



#### 概要

Re:Earthで人的・経済的被害リスクの3D棒グラフの描画を行うCesium専用のCZML形式(JSON形式に従う)のファイル 【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】

設定項目	説明
id	ポリゴンのIDを記述
name	Re:EarthのInfoBoxに表示されるオブジェクト名
positions	cartographicDegrees: 【経度、緯度、高さ】の3つの組 合せを順に繰り返し記述
material	solidColor: ポリゴンの色を記述
perPosition positionsの高さを使用するかどうかを記述 Height	
extrudedHei ght	底面の高さを記述
outline	ポリゴンの外枠の有無を記述
outlineColor	ポリゴンの外枠の色を記述

#### 3D棒グラフ(CZML形式)の記述例 1メッシュ分

"polygon": { "positions": { "cartographicDegrees": [ 140.3, 35.460416667, 6.881058, 140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
"positions": {     "cartographicDegrees": [     140.3,     35.460416667,     6.881058,     140.3015625,     35.460416667,     6.881058,	
"cartographicDegrees": [ 140.3, 35.460416667, 6.881058, 140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
140.3, 35.460416667, 6.881058, 140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
35.460416667, 6.881058, 140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
6.881058, 140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
140.3015625, 35.460416667, 6.881058,	
35.460416667, 6.881058,	
6.881058,	
140.3015625,	
35.461458333,	
6.881058,	
140.3,	
35.461458333,	
6.881058,	
140.3,	
35.460416667,	
6.881058 ]	
},	
"material": {	
"solidColor": {	
"color": {	
"rgba": [	
255,	
254.41511007,	
0,	
100 ]	
}	
}	
},	
"perPositionHeight": true,	
"extrudedHeight": 0,	
"outline": true,	
"outlineColor": {	
"rgba": 4	

# II. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 人的・経済的被害リスク(125mメッシュ)



#### 概要 メッシュ表現(CZML形式)の記述例 1メッシュ分 Re:Earthで人的・経済的被害リスクのメッシュ表現の描画を行うCesium専用 のCZML形式(JSON形式に従う)のファイル "id": 417, "name": "name417", 【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】 "polygon": { "positions": { "cartographicDegrees": [ 設定項目 説明 140.3, 35,460416667. 6.881058. id ポリゴンのIDを記述 140.3015625, 35.460416667, 6.881058. Re:EarthのInfoBoxに表示されるオブジェクト名 name 140.3015625, 35.461458333, 6.881058. cartographicDegrees:【経度、緯度、高さ】の3つの組 positions 140.3, 35.461458333. 6.881058. 合せを順に繰り返し記述 140.3, 35.460416667, 6.881058 solidColor: ポリゴンの色を記述 material }, "material": { perPosition positionsの高さを使用するかどうかを記述 "solidColor": { "color": { Height "rgba": [ 255, 254.41511007, classificatio ポリゴンが地形、3Dタイル、またはその両方を分類するかどう 0 100 かを記述 nType "perPositionHeight": false, "classificationType": "Both'

メッシュ 実祖(C7MI 形式)の記述例 1 メッシュ分

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ> ③出力データ 建物浸水リスクが付与された3D都市モデル



概要 Re:Earthで建物浸水リスクの色分けの描画を行う3D-Tiles形式のファイル 【描画したい内容に応じて以下のような設定項目についてそれぞれ記述】 (着色なし) 浸水なし 50cm未満浸水 設定項目 説明 属性値の内訳 50cm以上浸水 令和元年度10月25日豪雨(現 R01 「0」:浸水なし 50cm以上の浸水 況)の浸水状況可視化用のフラグ 「11:50cm未満の浸水 50cm未満の浸水 [2]:50cm以上の浸水 ▲50cm未満の浸水 外水対策(本川整備)の浸水状況 ken 可視化用のフラグ 内水対策①(排水機場改良)の浸 shi1 水状況可視化用のフラグ shi2 内水対策②(雨水幹線・ポンプ対 策)の浸水状況可視化用のフラグ

▲50cm以上の浸水

個別建物の浸水リスク 可視化イメージ



避難ルート検索システム(全体) 避難ルート検索 降雨波形グラフ プラグイン 越水から01:46:3× 西新宿地区湯水游路ルート検索 -15 -12 -5 4 5 10 15 20 25 10 55 開始点を漫 38.00091,139.65079 ۰ 振; 指定避難所 移動方法 1761116 ● 歩行者 〇 高齢者 〇 激動時要支援者 開始点情報 3.4 x-ML 最大邊水深 西域沼公園 5.3 結構時間 垂直避難可能な建物 (HONDA) 五元步公園 インフラ情報 直避駐可能な建物(マルエツ 再創新鮮可能な運物 垂直避難可能な建物 ※ 垂直建雜可能是建物(西松屋) 越水ポイント タイムバー Nov 1 2021 05:00:00 UTC Nov 1 2021 42:00:00 UTC Nov 1 2021 18:00:00 UTC Nov 2 2021 00:00:00 UTC

機能名	説明
避難ルート検索 プラグイン	避難ルート検索プラグイン (次頁にて説明)
降雨波形グラフ	越水からの時間と降雨波形グラフを表示した。
タイムバー	時系列浸水深と避難ルート検索結果のアニ メーションの再生停止や速度調整を行った。
垂直避難可能 な建物表示	緑色のマーカーにて垂直避難可能な建物を 表示した。
越水ポイント	赤色のマーカーにて、越水が始まる地点を表 示した。
インフラ情報の 可視化	白色のマーカーにて、通り名や、交差点名、ラ ンドマーク名を表示した。
指定避難所	避難所(緑色)のマーカーにて、避難ルート 検索システムにて避難先となる指定避難所を 表示した。



避難ルート検索システム(避難ルート検索プラグイン)

	💐 蓮田市商	本 ヘ の の の の の の の の の の の の の の の の の の
	開始点を選	出発地設定
	択:	
	移動方法 ● 歩行者	【移動方法設定】 ○ 高齢者 ○ 避難時要支援者
ルート検索	実行	Q ルート検索
	開始点情報	出発地のリスク情報表示
	最大浸水深	0.0 _{×-トル}
	継続時間	0.0

機能名	説明
出発地設定	地図上をクリックして避難ルート検索の出発 地を設定できるようにした。 緯度経度の直接入力にも対応した。
移動方法設定	利用者の属性に応じた移動方法を選択でき るようにした。
ルート検索実行	設定した出発地および移動方法でルート検 索を実行し、地図上にルート検索結果を表 示した。
出発地のリスク 情報表示	設定した出発地の最大浸水深と浸水継続 時間を表示した。



避難ルート検索システム(避難ルート検索の実行)

1) 出発地から目的地までの避難ルート検索結果の表示(プラグインの開発によりAPI を通じて取得)①





避難ルート検索システム(避難ルート検索の実行)

2) 出発地から目的地までの避難ルート検索結果の表示(プラグインの開発によりAPI を通じて取得)時系列浸水深と避難ルート表示② ※①より浸水が増えて避難ルートが遠回りに





避難ルート検索システム(避難ルート検索の実行)

3) 出発地から目的地までの避難ルート検索結果の表示(プラグインの開発によりAPI を通じて取得)時系列浸水深と避難ルート表示③ ※②より浸水が増えて避難ルートが閉ざされる





避難ルート検索システム(避難ルート検索の実行)

4) 3D地図上の任意の地点のクリックまたは緯度・経度の入力による、避難ルート検索の出発地の取得及び当該地点の最大浸水深や浸水 継続時間の表示



#### ARアプリケーション(プロジェクトの読み込み)



自造拍		
中选小	機能名	
タンを	地盤面位置の指 定	AR を打 SC 択 な
句けると、 つれた枠	プロジェクトの読み込 み	Re デ-
、それを ける「地	地盤面位置の再 指定	Ca AR を耳
2指定し Enter flood size		

機能名	説明
盤面位置の指	AR空間における「地盤面位置」 を指定する。 Scanボタンを押すことにより、選 択する地表面の再取得が可能と なる。
]ジェクトの読み込	Re:Earthプロジェクトを読み込み、 データを読み込む。
盤面位置の再 定	Calibrateボタンを押すことにより、 AR空間における「地盤面位置」 を再指定が可能となる。





ARアプリケーション(AR上でのデータ可視化)





河川整備効果の見える化支援システム(全体)







河川整備効果の見える化支援システム(Re:Earthストーリーテリング)

① ボタンをクリックすることで、次のコンテンツを表示します。表示するコンテンツによって、カメラの画角が自動で移動します。

- ② 過去水害の振り返りや、河川整備の整備内容といったストーリーのコンテンツが表示されます。
- ③ Re:Earthプラグイン

④ 拡大・縮小や移動は、マウス操作により可能です。

※ストーリーテリング内容構成は、Ⅳ. 実証技術の検証> 2. 実証イベント等> 3. 茂原市での実証イベント(P.138)を参照してください。





#### 河川整備効果の見える化支援システム(可視化メニューの選択)

 ① 画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。
 「A:整備段階の選択」にて、整備段階(4段階)をクリックすると、それぞれの整備段階のデータを表示するよう設定します。
 「B:リスク情報」では、Aで選択した整備段階の茂原市で合算したリスク情報を確認することが出来ます。

× 千葉県技原市河川協構 の投稿ごとの水害リスク評価		Aで整備段階(4段階)を選択 ┏	Bの情報が切り替わる 💌
<ul> <li>※昭容広毎の水舎リスク 凡創</li> <li>※ 令和元年昭憲両再現</li> <li>○ 外水対策</li> <li>○ 内水対策の</li> </ul>		千葉県茂原市河川整備の段階ごとの水害リスク評価	千葉県茂原市河川整備 の段階ごとの水害リスク評価
<ul> <li>○ 内水対策②</li> <li>○ 内水対策③</li> <li>○ 情報</li> <li>人的切び避難率0% 0.0445人</li> <li>□ 2005 ↓</li> </ul>		段階整備毎の水害リスク 凡例	段階整備毎の水害リスク 凡例
通知率40% 0.0089人 通期率80% 0.0089人 経済的被害リスク 593億円 浸水家屋敷 6079軒 湛水面積 1108万平米 湛水ホリューム 927万立米		<ul> <li>令和元年度豪雨再現</li> <li>外水対策</li> <li>内水対策①</li> </ul>	<ul> <li>令和元年度豪雨再現</li> <li>外水対策</li> <li>内水対策①</li> <li>内水対策②</li> </ul>
<ul> <li>□ 副秋位</li> <li>□ 湯水範囲</li> <li>□ 課約書水</li> <li>經済(県水</li> <li>經済(リスク</li> <li>○ 3D(県窓示</li> <li>○ 14(2)</li> </ul>			
		人的以功避難率0% 0.0445人	D 人的リスク避難率0% 0.0047人
	CN -25	避難率40% 0.0266人	避難率40% 0.0028人
AT THE ALL SE		避難率80% 0.0089人	避難率80% 0.0009人
		経済的被害リスク 593億円	経済的被害リスク 130億円
		浸水家屋数 6079軒	浸水家屋数 2,169軒
		湛水面積 1108万平米	湛水面積 211万平米
		湛水ボリューム 927万立米	湛水ボリューム 109万立米



河川整備効果の見える化支援システム(可視化メニューの選択)

 ① 画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。

 「C1:浸水範囲」にて、浸水範囲を可視化することが出来ます。



#### C1:浸水範囲を選択


河川整備効果の見える化支援システム(可視化メニューの選択)

① 画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。 「C2:建物浸水」にて、建物が浸水するかどうかを色別に表示することが出来ます。

#### C2:建物浸水を選択





### 河川整備効果の見える化支援システム(可視化メニューの選択)

画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。
 「C3:リスク指標値可視化」にて、表示したいリスク指標値(例:経済リスク)の「3D棒表示」をクリックすることで、
 125mメッシュごとに集計したリスク指標値の結果の3D棒グラフを表示することが出来ます。



#### C3: 経済的被害額·人的被害(3D棒表示)を選択



### 河川整備効果の見える化支援システム(可視化メニューの選択)

画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。
 「C3:リスク指標値可視化」にて、表示したいリスク指標値の「メッシュ表示」をクリックすることで、
 125mメッシュごとに集計したリスク指標値を地表面に色分けして表示することが出来ます。

#### C3: 経済的被害額·人的被害(3D棒表示)を選択



河川整備効果の見える化支援システム(凡例表示)

画面左のウィジェットを操作することで、可視化メニューを選択することが出来ます。
 「D:凡例表示」にて、凡例を表示します。





## Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 システムテスト結果



システムテスト結果(避難ルート検索システム)

#### • システムテスト結果は以下のとおりである。

	試験項目	確認内容	結果
А	時系列浸水深推移データの可視 化	• 時系列浸水深データが問題なくが可視化出来ているかを確認する。	確認済
В	垂直避難可能な建物の表示	• 最大浸水深時においても避難可能な建物が問題なく表示されているかを確認する。	確認済
С	インフラ情報の表示	• インフラ情報が問題なく表示されているかを確認する。	確認済
D	時系列浸水深と連動した降雨波 形画像の表示・タイムラインと連動 した破堤/越水からの時刻表示	<ul> <li>・時系列浸水深と連動して降雨波形画像が表示されるかを確認する。</li> <li>・タイムラインと連動して破堤/越水からの時刻が表示されるかを確認する。</li> </ul>	確認済
Е	地図上からの出発地点の取得	• 地図上の任意の地点のクリックにより座標を問題なく取得出来るかを確認する。	確認済
F	出発地点のリスク情報の取得・表 示	・ 【機能E】で取得した座標の水位リスクを取得し、問題なく表示されるかを確認する。	確認済
G	避難ルート検索	• 【機能E】で取得した座標を起点とし、選択した利用者属性を基に避難ルート検索を問題なく実施出来るかを確認する。	確認済
Η	避難ルート検索結果の可視化	・【機能G】で検索した避難ルートが問題なく表示されるかを確認する。 ・【機能G】で検索した避難ルート情報(距離と時間)が問題なくテキスト表示されるかを確認する。	確認済

## Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果 システムテスト結果



システムテスト結果(河川整備効果の見える化支援システム・避難ルートAR表示システム)

• システムテスト結果は以下のとおりである。

	試験項目	確認内容	結果
Ι	125mメッシュ毎の人的・経済的被 害リスクの可視化(3D棒グラフ)	• 人的・経済的リスク指標が3D棒サイズにより表現されているかを確認する。	確認済
J	125mメッシュ毎の人的・経済的被 害リスクの可視化(メッシュ色の表 現)	• 人的・経済的リスク指標がメッシュ色での識別により表現されているかを確認する。	確認済
К	浸水深による色分けが付与された建 物の表示	• 最大浸水深における建物毎の浸水リスクが表現されているかを確認する。	確認済
L	人的・経済的被害リスク集計値のテ キスト表示	• 人的・経済的リスク指標がテキスト表示されているかを確認する。	確認済
М	可視化する機能の選択	・ 【機能I】~【機能K】の可視化する情報を選択して表示出来るかを確認する。	確認済
Ν	可視化する河川整備段階の選択	・ 【機能I】~【機能L】の可視化する情報の整備段階を選択して表示出来るかを確認する。	確認済
0	避難ルートAR表示システムで最大 浸水深を可視化する機能	• ARアプリケーション表示用のデバイスで、ネイティブアプリを用いて浸水深が表示されているかを確認する。	確認済
Р	避難ルートAR表示システムで避難 ルートを可視化する機能	• ARアプリケーション表示用のデバイスで、ネイティブアプリを用いて避難ルートが表示されているかを確認する。	確認済
Q	避難ルートAR表示システムでインフ ラ情報を可視化する機能	<ul> <li>ARアプリケーション表示用のデバイスで、ネイティブアプリを用いてインフラ情報が表示されているかを確認する。</li> </ul>	確認済



## I. 実証概要

# Ⅱ. 実証技術の概要

## Ⅲ. 実証システム

## **IV. 実証技術の検証**

## V. 成果と課題



①検証内容(避難ルート検索・AR表示システム)

- Re:Earth上にて、時系列浸水深推移データが適切に三次元可視化されており、避難ルート検索システムを実行出来るかを確認する ためにシステム検証を行った。
- ARアプリケーションにて、最大浸水深および避難ルート、インフラ情報がAR空間上で可視化されているかを確認するためにシステム検証 を行った。
- 以下に検証フローを示す。

#### 避難ルート検索システム





②検証結果(i時系列浸水深推移の三次元化)

• 洪水浸水想定区域図より作成した時系列浸水深推移データが三次元可視化されており、時間の経過と共に浸水が広がる様子を表示できていることを確認した。





②検証結果(i時系列浸水深推移の三次元化)

洪水浸水想定区域図より作成した時系列浸水深推移データが三次元可視化されており、時間の経過と共に浸水が広がる様子を表示できていることを確認した。





②検証結果(ii避難ルートシステムの実装)

• 入力した出発地点から目的地までのルートを検索・表示できていることを確認した。





②検証結果(iii.AR可視化)

- ARアプリケーションで、最大浸水深データおよび避難ルートの可視化を行った。
- Re:Earthのプロジェクトを読み込むことで、Re:Earthプロジェクトで登録した最大浸水深および避難ルートが正しい位置で表示されることを 確認した。





▲Re:Earthプロジェクトの避難ルート





②検証結果(iii.AR可視化)

- ARアプリケーションで、インフラ情報の可視化およびインフラ情報にひもづけられた最大浸水深・浸水継続時間が表示されることを確認した。
- Re:Earthのプロジェクトを読み込むことで、Re:Earthプロジェクトで登録したインフラ情報が正しい位置で表示されることを確認した。



▲Re:Earthプロジェクトのインフラ情報





①検証内容(全体フロー)

- 河川整備が進むにつれて、浸水状況が推移する状況を確認するため、浸水状況の可視化が行われているかのシステムの検証を行った。
- 人的・経済的被害リスクが、河川整備段階が進むにつれて軽減していく状況を確認するため、水害リスク指標の可視化が行われているかのシステム検証を行った。

i 浸水状況の可視化	
ii 水害リスク指標の可視化	

- i. 浸水状況の可視化:河川整備段階ごとの浸水状況推 移を三次元で可視化する。
- ii. 水害リスク指標の可視化:河川整備段階ごとの人的・ 経済的被害リスクを三次元で可視化する。



②検証結果(i浸水状況の可視化)

• Re:Earth上で、河川整備段階毎の浸水深が三次元化されているかを確認できた。





②検証結果(ii 水害リスク指標の可視化)

125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの可視化(3D棒グラフ)

- Re:Earth上でRe:Earthプラグインを用いて、水害リスク指標を可視化するシステムの実装を行った。
- 水害リスク指標値が、河川整備段階毎、人的・経済的被害リスク毎に可視化されることを確認できた。





②検証結果(ii 水害リスク指標の可視化)

125mメッシュ毎の人的・経済的被害リスクの可視化(メッシュ色の表現)

- Re:Earth上でRe:Earthプラグインを用いて、水害リスク指標を可視化するシステムの実装を行った。
- 水害リスク指標値が、河川整備段階毎、人的・経済的被害リスク毎に可視化されることを確認できた。





②検証結果( ii 水害リスク指標の可視化)

可視化する機能の選択

• 人的・経済的被害リスク毎にリスク指標値が可視化されているかを確認できた。





②検証結果(ii水害リスク指標の可視化) 整備段階毎の最大浸水深の浸水範囲の表示

• 整備段階毎に浸水範囲が可視化されているかを確認できた。





②検証結果(ii水害リスク指標の可視化)

可視化する整備段階の選択

• 整備段階毎にリスク指標値が可視化されているかを確認できた。





①実証内容

目的	開発したシステムを通じて、地域の水害リスク及びそれに応じた避難行動の重要性の理解を通し、防災に対する住民の意識向上を検証すること。		
実施期間	2022年12月15日(木)18:30~20:00	2023年1月18日(水)10:30~12:00	
実施場所	新河岸一丁目集会所	徳丸ヶ原公園内集会所	
主な参加者	舟渡・新河岸地区の住民・10名ほど		
実施内容       1時間から1時間30分         ・本実証の目的説明         ・板橋区の水害リスク説明(PPT・システム画面)         ・【操作】我が家の水害リスク(最大浸水深・浸水継続時間)         ・【操作】避難ルート検索(時系列3D浸水・避難ルート検索システム)         ・座学総括(マイタイムライン情報の総括と記入)         ・全体総括、意見交換		<ul> <li>本実証の目的説明</li> <li>板橋区の水害リスク説明(PPT・システム画面)</li> <li>【操作】我が家の水害リスク(最大浸水深・浸水継続時間)</li> <li>【操作】避難ルート検索(時系列3D浸水・避難SIM)</li> <li>【現場】ARによる現地水害体験</li> <li>全体総括、意見交換</li> </ul>	
実施ポイント	<ul> <li>・居住地の水害リスクを正しく理解すること、そしてマイタイムライン作成に必要な情報が、開発したシステムから分かり 易く収集できているかを検証する。</li> <li>・事前・事後のアンケート調査により効果検証を行う。</li> </ul>		



①実証内容(2022/12/15当日の様子)





▲PPT・システム画面による説明の様子





▲システム体験中の様子



①実証内容(2023/1/18当日の様子)





▲PPT・システム画面による説明の様子





▲システム体験中の様子





②検証結果(KPI)

- 「住民の防災に対する意識改善」を本実証の効果検証のためのKPIとして設定した。
- ・ 実証の実施前・実施後それぞれでアンケート調査を行い、KPIの達成状況を確認した。



▲システム体験前のリスク把握状況 ▲システム体験後のリスクについての理解度 ▲早期避難の必要性についてのアンケート結果 ※2022/12/15実証のアンケート結果のため、ARアプリケーションの体験を除くシステム体験とマイタイムライン作成の体験のみを対象としている。



②検証結果

実証イベント時には、参加者全員へのアンケートおよびヒアリングを実施し、システム利用による防災意識の変容やシステムの利用しやすさ・改善要望などの意見を収集した。

- 避難ルート検索については、ルートの道路勾配の考慮など、ルート検索の高度化要望があがった。
- 行政職員より、防災分野において3D都市モデルは有効であるとの意見を頂いた。さらに、今回開発したシステムを広く市民へ周知し、市の HPなどでのWeb公開要望もあがった。

項目	成果	課題
避難ルート 検索システ ムについて	<ul> <li>避難ルート検索システムにより、出発地を設定することで指定避難所までの避難ルートと所要時間および距離が把握出来るようになった。</li> </ul>	<ul> <li>現時点では浸水リスクのみを考慮した場合の最短経路検索であり、ルートの勾配等は考慮されないため、要配慮者にとって避難が困難な急な坂道等が検索結果に含まれる場合がある。</li> <li>道路ネットワークのみを対象とした検索になるため、地域住民の間で知られているような裏道等が検索結果に含まれないことが挙げられる。そうした裏道を使うことでより短い経路で避難ができる可能性も示唆されたため、今後はより地域の実態に即した避難ルート検索を実現することが望ましい。</li> </ul>
避難ルート AR表示シ ステムでの 可視化に ついて	<ul> <li>避難ルート検索結果を見た後にARで現地でルートを見ることによって、地図上でしか見られなかったルート上にある障害物や起伏を把握できた。</li> <li>AR上での避難ルート可視化により、ルート案内で迷いづらくなった。</li> <li>ARアプリケーションで建物の浸水状況が可視化できるようになり、実際に暮らしている街中での浸水イメージを想像できるようになった。</li> </ul>	<ul> <li>ARアプリケーションのボタンの表現を、ボタンの表示の日本語への変換や、各ボタンの配置の工 夫などで学生や高齢者でも分かりやすいユーザーインターフェースにする。</li> <li>ARアプリケーション上のルートの表現が、現状は丸が動く方向で進行方向を示しているが、より進 行方向がわかりやすい表現(矢羽根等)にする。</li> <li>浸水の描画範囲の広さの大小により、遠近次第で高さの見え方が少し変わってしまうため、(浸 水の描画範囲が大きすぎると、高さが小さく見えてしまう)可視化する高さを考慮して浸水の描 画範囲を調整する必要がある。</li> <li>最大浸水深だけではなく時系列の浸水深表示を行う。</li> <li>ユーザーインターフェースの改善で、横画面への対応、データ設定表示ON/OFF機能を実装する。</li> </ul>



①実証内容

目的	地域の水害リスク及びそれに応じた避難行動の重要性の理解促進による住民の防災意識向上に向けた、本システ ムの活用可能性を検証すること。	
実施期間	2022年12月17日(土)	
実施場所	黒浜西自治会館	
主な参加者	蓮田市(西新宿地区および西城地区)地域住民:17人	
実施内容	<ul> <li>本実証の目的説明</li> <li>蓮田市西新宿地区の水害リスク説明(PPT・システム画面)</li> <li>【操作】我が家の水害リスク(最大浸水深・浸水継続時間)</li> <li>【操作】避難ルート検索(時系列3D浸水・避難SIM)</li> <li>座学総括(マイタイムライン情報の総括と記入)</li> <li>全体総括、意見交換</li> </ul>	
実施ポイント	<ul> <li>参加住民が居住地の水害リスクを正しく理解できているか、そしてマイタイムライン作成に必要な情報を、開発したシステムから分かり易く収集できているかを検証した。</li> <li>事前・事後のアンケート調査により、防災に対する住民の意識変容の効果検証を行った。</li> </ul>	



①実証内容(当日の様子)



▲PPT・システム画面による説明の様子



▲システム体験中の様子



②検証結果(KPI)

- 「住民の防災に対する意識改善」を本実証の効果検証のためのKPIとして設定した。
- ・ 実証の実施前・実施後それぞれでアンケート調査を行い、KPIの達成状況を確認した。





②検証結果(システムの成果・課題)

実証中の質疑応答やディスカッションおよびアンケートの実施を通じて、参加者からシステムの成果・課題に関する意見を収集し、以下のとおり整理した。

項目	成果	課題
避難ルート検索システ ムについて	<ul> <li>避難ルート検索システムにより、出発地を設定することで指定避難所までの 避難ルートと所要時間および距離が把握出来るようになった。</li> </ul>	<ul> <li>現時点では浸水リスクのみを考慮した場合の最短経路検索であり、<u>ルートの</u> <u>勾配等は考慮されない</u>ため、要配慮者にとって避難が困難な急な坂道等が 検索結果に含まれる場合がある。</li> <li>道路ネットワークのみを対象とした検索になるため、<u>地域住民の間で知られて</u> <u>いるような裏道等が検索結果に含まれない</u>ことが挙げられる。そうした裏道を 使うことでより短い経路で避難ができる可能性も示唆されたため、今後はより 地域の実態に即した避難ルート検索を実現することが望ましい。</li> </ul>
時系列浸水深推移に ついて	<ul> <li>時系列浸水深推移により、3D都市モデルが水没していく様子や、避難 ルートが閉ざされていく様子を可視化することで、水害リスクをより自分事 として捉えられた。</li> <li>上記により、早期避難の必要性の理解にもつながり、防災意識が向上した。</li> </ul>	● 特になし
自治体業務での活用 について	● 行政職員より、防災分野において3D都市モデルは有効であるとの意見が あった。	● 行政職員より、今回開発したシステムを <u>広く市民へ周知</u> し、市のHPなどで Web公開できるとよいとの意見があった。
Re:Earthについて	● 浸水データや、3D都市モデルデータを3D地図上で可視化が出来た。また、 Re:Earthプラグインにより高い拡張性を持っていた。	● 3D地図上で自宅を探すことに苦労している様子も散見されたため、住所検索 機能やGPSによる現在位置取得機能により、より簡単に出発地点を設定で きるような機能があることが望ましい。



①実証内容

• 実証内容は以下のとおりである。

目的	開発したシステムを通じて、地域の水害リスク及びそれに対する河川整備による水害リスクの低減効果の重要性の理 解を通し、河川管理や防災政策のアカウンタビリティの向上を検証すること。	
実施期間	2022年12月22日(木)	
実施場所	茂原市役所会議室(「一宮川流域治水協議会茂原市部会自治分科」の閉会後に実施)	
主な参加者	茂原市地域住民:16人	
実施内容	<ul> <li>本実証の目的説明</li> <li>【説明】過去災害の振り返りコンテンツ紹介(ストーリーテリング)</li> <li>【操作】河川整備効果を可視化するシステム</li> <li>【操作】一宮川洪水浸水想定の時系列3D浸水シミュレーション</li> <li>座学総括(防災意識と河川整備効果に対する理解度)</li> <li>全体総括、意見交換</li> </ul>	
実施ポイント	<ul> <li>居住地の水害リスクを正しく理解すること、そして河川整備内容やその必要性をどの程度理解できたかを検証するためのアンケート調査を実施する。</li> </ul>	



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリング型GISを活用した内容構成は以下のとおりである。

項目	内容	概要
イントロ	<ul> <li>目的を説明</li> </ul>	✓河川整備効果の見える化支援システムによるアカウンタビリティ向上
過去水害 振り返り	<ul> <li>令和元年度10月豪雨の振り</li> <li>返り</li> </ul>	✓茂原市における水害リスクの把握 ✓降雨データと被災履歴を併記することで、避難の目安とする降雨強度を理解
	• 外水対策	<ul> <li>✓一宮川の本川整備を行った場合を想定したシミュレーション結果</li> <li>✓浸水範囲や人的・経済的被害リスクを整備前後で比較する</li> </ul>
河川整備 事例の紹介	• 内水対策①	<ul> <li>✓内水対策として、排水機場やポンプゲートの整備を行った場合を想定したシミュレーション結果</li> <li>✓浸水範囲や人的・経済的被害リスクを整備前後で比較する</li> </ul>
	• 内水対策②	<ul> <li>✓内水対策として、雨水ポンプ能力強化を行った場合を想定したシミュレーション結果</li> <li>✓浸水範囲や人的・経済的被害リスクを整備前後で比較する</li> </ul>



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリング型GISを活用した説明の河川事業の紹介は以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph1	令和元年豪雨 被災状況 【一宮川整備前】	<ul> <li>令和元年10月25日豪雨</li> </ul>	<ul> <li>■R元年10月豪雨の被災状況</li> <li>✓ 令和元年10月豪雨の浸水シミュレーション</li> <li>✓ 浸水実績(画像)とシミュレーションを同時表示</li> </ul>
		【令和元年10月の水害リスクを可視化】	■河川整備前の水害リスクとして、令和元年豪雨の浸水域、人的・経済被害リスクの可視化 (3D棒/メッシュ/建物着色)
Ph2	外水対策 【千葉県整備】	• 外水対策	<ul> <li>■外水対策</li> <li>✓ 調節地の暫定供用</li> <li>✓ 河道断面の拡大 等</li> </ul>
		【外水対策の水害リスクを可視化】	■外水対策後の水害リスクとして、浸水域、人的・経済リスクの可視化(3D棒/メッシュ/建物着 色)
Ph3	内水対策① 【茂原市整備】	• Ph2県整備以降に残る支川対策	<ul> <li>■内水対策①整備メニュー</li> <li>✓ 早野排水機場</li> <li>✓ 鷲巣稲荷前水門ポンプゲート</li> <li>✓ 長清水水門ポンプゲート</li> </ul>
		【排水機場などの整備完了後の水害リスクを可視化】	■支川溢水①整備後の水害リスクとして、浸水域、人的・経済リスクの可視化(3D棒/メッシュ/ 建物着色)
Ph4	内水対策② 【茂原市整備】	• Ph3排水機場整備後に残る支川対策	<ul> <li>■内水対策②整備メニュー</li> <li>✓川中島終末処理場の雨水ポンプ能力を強化</li> </ul>
		【川中島終末処理場雨水ポンプ能力増強後に残る浸水 域を可視化】	■支川溢水②整備後の水害リスクとして、浸水域、人的・経済リスクの可視化(3D棒/メッシュ/ 建物着色)



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
	イントロ	• 本事業の目的を説明	✓ 河川整備効果の見える化支援システムによるアカウンタビリティ向上
の 段間     の 段間     の 段間     の 段間     の 段間     の の 日本     の 内水     の     の 内水     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の     の	ギ電視茂原市河川整備 ごとの水害リスク 序例 売年度10月京市 対策 対策② 27遊躍準9% 0.0445人 降40% 0.0266人 総約% 0.0089人 防勝害リスク 533億 取選致 6079軒 面積 1108万平米 だりユーム 927万立米 化 水 水 水 水27 20陸表示 9 メッシュ表示	Abba       1/2         Big nbg fig       Big nbg fig         Big nbg fig       Big nbg fig	○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」」 ○」「」 ○」「」」 ○」「」 ○」「」

図 ストーリーテリングの画面キャプチャ

図 ストーリーテリング上で表示するテキスト



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

○ メッシュ表示

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
	過去水害振り返り	<ul> <li>これまでの被災履歴</li> <li>令和元年10月豪雨の振り返り</li> </ul>	<ul> <li>✓ 茂原市における水害リスクの把握</li> <li>✓ 降雨データと被災履歴を併記することで、避難の目安とする降雨強度を理解</li> </ul>
		<ul> <li>         ・</li></ul>	2 / 22     1 / 10月素曲の再現     旧作れ5年度10月素曲の再現     日常れ10月素曲の再現     日常れ10月素曲の可以     日常れ10月素曲の可以     日常れの中度     日本の中度     日本の中度     日本の中     日本の     日本の

図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph1	過去水害振り返り	<ul> <li>令和元年10月25日豪雨</li> </ul>	<ul> <li>✓ 令和元年10月豪雨の浸水シミュレーション</li> <li>✓ 浸水実績(画像)とシミュレーションを同時表示</li> </ul>





①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。




①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph3	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※県整備以降に残る内水対策</li> <li>【③:②から排水機場などの整備完了後に残る</li> <li>浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 早野排水機場</li> <li>✓ 鷲巣稲荷前水門ポンプゲート</li> <li>✓ 長清水水門ポンプゲート</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>



図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph3	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※県整備以降に残る内水対策</li> <li>【③:②から排水機場などの整備完了後に残る</li> <li>浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 早野排水機場</li> <li>✓ <u>鶯巣稲荷前水門ポンプゲート</u></li> <li>✓ 長清水水門ポンプゲート</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>



図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

- 副 可視化
 ☑ 浸水範囲
 ☑ 建物浸水
 経済リスク

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Ph3	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※県整備以降に残る内水対策</li> <li>【③:②から排水機場などの整備完了後に残る</li> <li>浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 早野排水機場</li> <li>✓ 鷲巣稲荷前水門ポンプゲート</li> <li>✓ 長清水水門ポンプゲート</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>	
		Славноство 2 лин Славноство		

図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph3	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※県整備以降に残る内水対策</li> <li>【③:②から排水機場などの整備完了後に残る</li> <li>浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 早野排水機場</li> <li>✓ 鷲巣稲荷前水門ポンプゲート</li> <li>✓ 長清水水門ポンプゲート</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>



### 図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※ポンプ整備後に残る内水対策</li> <li>【④:③から川中島終末処理場雨水ポンプ能力</li> <li>増強後に残る浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 川中島終末処理場雨水ポンプ能力増強</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>



図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
Ph4	内水対策 【茂原市整備】	<ul> <li>内水対策(茂原市)</li> <li>※ポンプ整備後に残る内水対策</li> <li>【④:③から川中島終末処理場雨水ポンプ能力</li> <li>増強後に残る浸水域を可視化】</li> </ul>	<ul> <li>✓ 川中島終末処理場雨水ポンプ能力増強</li> <li>✓ 内水対策前後の被害リスクの比較</li> </ul>



図 ストーリーテリングの画面キャプチャ



①実証内容(ストーリーテリング型GISを活用した説明)

• ストーリーテリングのコンテンツは以下のとおりである。

浸水	項目	内容	概要
_	まとめ	<ul> <li>令和元年度10月豪雨時点から内水対策整 備完了後の、被害想定額の比較</li> </ul>	✓ 令和元年度10月豪雨と内水対策後の被害リスクの比較





①実証内容(当日実証の風景)



▼システムによる水害リスク説明の様子



▼住民によるシステム体験操作の様子







### ②検証結果

- アンケート結果やシステム検証から、以下の意見を得た。
  - > 浸水深を最大浸水深のみでなく時系列浸水深で見たい。システム上で、浸水高さ50cmの基準値を明示した方が分かりやすい。
  - ▶ 利活用する側が使いやすくしてもらいたい。システムを作る際には地域の状況を踏まえて作ってもらいたい。
  - > 3D地図上でどの方向から見ていて、どの地点にいるのかが分かりづらい。
  - ▶ 使い勝手について、例えば「大人用」や「子供用」のユーザーインターフェースを作る、専門用語をなくす、文字を大きくする、などの工夫が必要。
- 実証の実施前・実施後それぞれでアンケート調査を行い、KPIの達成状況を確認した。





②検証結果

• 実証イベントによる成果と課題は以下のとおりである。

項目	成果	課題
水害リスク指標値の算出 ・可視化	<ul> <li>水害リスク指標値の3次元化により、自宅の水害リスク把握 状況についての理解が深まったと考えられる。</li> </ul>	<ul> <li>床上浸水の目安となる「浸水高さ50cm以上」の基準値をシステム上で明示したほうが住民自助への気づきが促される。</li> <li>現状のシステムでは個別建物の嵩上げが未考慮であり、今後システムの細緻化を図るため、建物属性の地盤高さに加えて床面高さを格納することが望ましい。</li> </ul>
最大浸水深の可視化について	<ul> <li>最大浸水深の可視化により、建物の3D都市モデルが水没 する様子や、浸水範囲を可視化することで、水害リスクの実 感を受けることから防災意識の向上に繋がった。</li> </ul>	<ul> <li>河川整備の整備段階に従い、推移する浸水状況は、静的な画面を切り替えて表示するため、実際の浸水時の切迫性、臨場感が伝わりにくい懸念がある。課題の解決として、静的な最大浸水深だけでなく、動的な時系列で推移する浸水深表現を河川整備の整備段階毎に用意することが考えられる。</li> </ul>
Re:Earthについて	● 準備したデータを用いて、データの三次元可視化、 Re:Earthプラグインを用いて表示データの切り替えを行うこ とが可能となった。	<ul> <li>ユーザーの操作性について、3D地図をキーボード+マウスを 用いた操作が難しいという意見があった。</li> <li>3D地図上で自宅が分からない等の位置情報を把握出来 ていないケースがあった。</li> </ul>



②検証結果

- システムでは、浸水深と建物被害を説明する旨を凡例の「建物浸水」に注釈として追加した。
  - 床上浸水の目安となる「浸水高さ50cm以上」の基準値、建物の嵩上げは未考慮の2点をシステムの凡例で明示した。







## I. 実証概要

Ⅱ. 実証技術の概要

# Ⅲ. 実証システム

# N. 実証技術の検証

# V. 成果と課題

## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果 今年度の実証で得られた成果



①3D都市モデルによる技術面での優位性

• 今年度の実証による、想定される技術面での優位性は以下のとおりである。

項目	想定される技術面での優位性
ハザードマップの 三次元化	従来の平面的なハザードマップに比べ、3D都市モデル上で三次元の可視化にすることで、水害リスクについて、より切迫 性かつ臨場感のあるイメージが伝わりやすく、住民個人の水害リスク認知への向上に寄与できる。
建物の浸水度合い の把握	3D都市モデルに浸水深データを付与することで、建物の浸水度合いを可視化することができる。
被害リスクの把握	三次元での可視化を行うことで、河川整備段階における河川整備効果による被害の軽減が俯瞰的に把握できる
最大浸水深と浸水 継続時間の把握	指定した任意地点における「最大浸水深」と「浸水継続時間」を数値で取得でき、マイ・タイムライン作成時に活用する ことができる。
避難ルートの把握	3D都市モデルを活用することで、自宅から避難所までのルートの距離と所要時間を正しく把握するとともに、早期避難の必要性、適切な避難のタイミングをより分かりやすく精緻に伝えられる。また、立体的な浸水状況の表現により、近隣の垂直避難可能な建物が発見できる。
WebGIS上での操 作	インターネットブラウザ上で操作可能なWebGIS(ウエブアプリケーション)とすることで、別途アプリケーションをダウンロー ドするなどの手間が不要であることから、情報へのアクセスが容易となる。

## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果 今年度の実証で得られた成果



②3D都市モデルによる政策面での優位性

• 今年度の実証による、想定される政策面での優位性は以下のとおりである。

項目	想定される政策面での優位性
避難ルートAR表示 システムでの可視化	ARアプリケーションにより、浸水の様子やルート案内と、街の様子をAR上で重ねて可視化することで、イメージが伝わりや すく防災意識が向上が期待できる 3D-WebGISとARアプリケーションを連携させることで、3D-WebGIS上の避難ルート検索システムにより算出された パーソナルな避難ルートをARアプリケーション上で表現することでパーソナルな避難誘導を可能とした。
地域防災教育での 活用	自治会単位などで開催する防災訓練においては、特に防災訓練をターゲットとしたデジタルコンテンツが不足している。これまでの紙やスライドをベースとした平面コンテンツに比べ、3D都市モデルを活用したデジタルコンテンツの場合は、「情報を3次元での表示が可能(浸水深の3D表現)」かつ「時系列データの表現が可能(浸水広がりの可視化)」であることから、より具体的なイメージと共に、より分かりやすい形で、住民に災害リスクを伝えられるため、教育効果も高まると考えられる。また、ストーリーテリング型GISを提供することで、説明内容構成に沿って、レイヤー毎の表示情報を順序立てて説明することができ、行政が発信したい情報をピンポイントで提供することが可能となった。
Web発信による水 害リスクの周知	3D都市モデルを活用したデジタルコンテンツ(ここでは、Re:Earthベースで活用)は、Web上での公開が可能であることから、多くの市民との情報共有が実現する。情報発信のうえで優位性がある。
適切な避難タイミン グの把握、マイ・タイ ムラインへの反映	クリック操作で浸水リスクを考慮した避難場所までのルートの「距離」と「所要時間」を検索・表示できるため、適切な避 難のタイミングを簡単・効率的に把握できる。また、検索結果をマイ・タイムラインに反映することで、早期避難に向けた避 難行動計画の策定・見直しにもつながる。

## V.成果と課題 > 2.今後の取り組みに向けた課題 今後の取り組みに向けた課題(1/2)



• 今年度の実証による、今後の取り組みに向けた課題は以下のとおりである。

項目	活用にあたっての課題
避難ルート検索の高 度化	今回の実証における避難ルート検索では、OSM(OpenStreetMap)のネットワークデータを適用したが、地元市民し か知らない、ローカルなルート情報などを付与することで、より現実に沿ったルート検索が実現する。さらに、ルートの勾配 などを考慮するルート検索機能を実装することで、避難時要支援者(例えば、車いす利用者)に対して、より現実的 な避難ルート情報を提供することが可能となる。
防災デジタルコンテン ツとしてのプラット フォーム活用	市民・企業・行政など多くの地元関係者間での災害情報等の共有・利活用を目的とした、「防災プラットフォーム」への 発展を目指し、例えば、民間企業が所有している「安全な垂直避難が可能な建物」を水害発生時の一時的な避難先 として施設管理者が指定し、その情報をプラットフォーム上で共有するなどの施策を講ずることで、さらなる地域防災力向 上を目指す。
リアルタイムデータとの 連携	上記の防災プラットフォームの更なる発展形として、降雨や水位情報・避難所開設情報などの災害時における有益なリ アルタイムデータとの連携を図ることで、防災教育コンテンツから防災・減災のための情報プラットフォームへと発展させる。
システムのUI・UXの 改善	河川整備事業効果の可視化が可能なシステムのUIを向上させるための改良が必要である。例えば、ユーザーインター フェースを直感的に理解できるよう改良、住所入力や地点名の選択により、特定地点への視点移動が容易となる機能 を具備させるなど、システムの操作を可能な限りシンプルにする工夫を行う必要がある。 避難ルート可視化では、より避難ルートが見やすい表現に工夫する必要がある。

## V.成果と課題 > 2.今後の取り組みに向けた課題 今後の取り組みに向けた課題(2/2)



#### • 今年度の実証による、今後の取り組みに向けた課題は以下のとおりである。

項目	活用にあたっての課題
ストーリーテリングにつ いて	ストーリーテリング作成にあたっては、ストーリー構成にあたり、逐次・個別にアイコンの緯度・経度・高さ等位置情報や、ア イコンの種類、サイズ、地図上での名称表示ラベルといったレイヤーに掲載される各々情報の詳細設定や、ストーリー上 でのカメラの画角設定、インフォボックスに掲示する画像やテキストの設定等、細部に渡る様々な調整設定を行う必要が あることから、現状のシステムでは、コンテンツの組み立てに労力・手間を要する。
避難ルートAR表示 システムの改良	ARアプリケーションのボタン表示の言語表記を日本語に変換するほか、ボタン配置を工夫するなど、学生や高齢者でも 分かりやすいユーザーインターフェースにする。また、ARアプリケーション上のルートの表現が、現状は丸が動く方向で進行 方向を示しているが、より進行方向がわかりやすい表現(矢羽根等)にする。 浸水の描画範囲の広さの大小により、遠近次第で高さの見え方が少し変わってしまうため、(浸水の描画範囲が大き すぎると、高さが小さく見えてしまう)可視化する高さを考慮して浸水の描画範囲を調整する必要がある。また、最大浸 水深だけではなく時系列の浸水深表示を行う。 ユーザーインターフェースの改善として、横画面への対応、データ設定表示ON/OFF機能を実装する。
浸水の広がりの表現	河川氾濫につれ、時系列に沿った浸水の広がりの移り変わりをより切迫的かつ臨場感のあるイメージが伝わるように、動 的な表現も取り入れながらリアリティー性を加味した工夫を検討する。
河川整備の進捗状 況の情報発信	河川整備効果の発信に留まらず、今後は河川整備の進捗状況を伝えるなど、情報共有ツールとしての活用が期待され る。





用語		内容
ア行	FME	空間データを包括的にサポートする唯一のエンタープライズ統合プラットフォームで、IFC等400種類以上のフォーマットの変換に対応し、画面操作だけでデータ、サーバー、外部APIデータに接続し、データ変換、各種ビューアへの取り込みが可能。
	OSM (OpenStreetMap)	オープンデータの道路ネットワークデータ
サ行	ストーリーテリング	Re:Earthの機能の一つで、デジタルアース上のレイヤーに表示順を与えることができる。※レイヤーとは、マーカーやフォトオーバーレ イなどの総称で、物語のようにユーザーにデータを提示することが可能
	CZML	CZMLは、Cesiumでの空間データの表現に適したデータ形式で、JSON形式を基本としており、三次元データや、時系列データの 表現が多彩
	Cesium	3D地理空間により、3Dデータを表現するために設計されたソフトウェアアプリケーションのオープンプラットフォーム
	3D-Tiles	立体の建築物など、様々なオブジェクトを広い範囲にわたって表示することができるデータフォーマット
八行	排水機場	ポンプによって河川または水路の流水を河岸、または堤防を横断して排水するために、河岸または堤防の付近に設けられる施設
	pgrouting	PostGIS / PostgreSQL地理空間データベースを拡張して、地理空間ルーティング機能を提供するオープンソースライブラリ
	プラグイン	WebブラウザやCMSなどに機能を追加し、使いやすくするためのプログラム。Re:Earthでは拡張機能の追加に使用する。
	PostgreSQL	拡張性とSQL準拠のオープンソースの関係データベース管理システム
	PostGIS	PostgreSQLに「空間拡張」を導入するための拡張機能
ラ行	Re:Earth	高い機能拡張性を持ったフリーでオープンな3D-WebGISプラットフォーム



### WebGIS技術を用いた水害対策アプリケーションの開発 技術検証レポート

#### 令和5年3月 発行 委託者:国土交通省都市局都市政策課 受託者:株式会社福山コンサルタント

本報告書は、株式会社福山コンサルタントが国土交通省との間で締結した業務委託契約書に基づき作成したものです。受託者の作業は、本報告書に記載された特定の手続や分析に限定さ れており、令和5年3月までに入手した情報にのみ基づいて実施しております。従って、令和5年4月以降に環境や状況の変化があったとしても、本報告書に記載されている内容には反映されてお りません。

Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved.

## ^{別添資料} システム操作説明書

浸水状況の3D可視化

● 想定最大降雨時における元荒川からの越水・溢水による浸水シミュレーション結果の3D可視化

① 画面下のタイムバーを操作することで、浸水状況が時系列で動きます。

- 「A:再生」: クリックすると、時系列浸水データの再生を開始します。
- 「B:再生スピード調整」: ▲を移動させることで、時系列浸水データの再生速度が調整できます。
- 「C:時間スライド」: ▼を移動することで、任意の時間帯の浸水状況を確認することができます。

「D:越水からの経過時間」 : ここでは、「西新宿第一排水機場」から越水した時点を「越水開始時間:0時間」としております。あわせて、浸水シミュレーションで用いている降雨波形 を示しており、↓がシミュレーション上での時間となります。

② 拡大・縮小や移動は、マウス操作により可能です。操作方法は下図をご参照下さい。





#### Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved. 163

# 避難ルート検索システム ● 指定避難場所までの避難ルート検索機能

① 9 をクリックすると、出発地点を指定するモードとなります。

システム操作説明書

別添資料

- ② 地図上で「出発地点(例えば、自宅)」をクリックします。
- ③出発地点の「最大浸水深」と「浸水継続時間」が表示されます。
- ④ 移動方法を「歩行者」「高齢者」「避難時要支援者」の中から1つ選択します。
- - 浸水により道路が寸断され、通れない場合は、その道路を迂回するようなルートが表示されます。









別添資料



※実証場所であった板橋区の最大浸水深



#### Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved. 165

徳丸ヶ原公園

Go

④避難ルートとインフラ情報が表

示されます

※実証場所であった徳丸ヶ原公園から紅梅小学校までの避難ルート



②スマホの高さ取得

Show Flood

Lat: 35.79145000

✓ InfoBox

③避難ルートとインフラ

情報を取得

避難ルートAR表示システム

Show Flood

Lat: 35,7914500

ます。

Scan

別添資料 システム説明書

● 操作マニュアル (避難ルートとインフラ情報) ①地盤面の選択 2ス



#### Copyright © 2023 by MLIT. All rights reserved. 166

Go

FloodPos Mode

Yup

Y down

X down

Zup

Z down

Calibrate

Xun

### 避難ルートAR表示システム

システム説明書

別添資料

● 操作マニュアル (避難ルートおよび浸水ポリゴンの地盤面調整)

スマートフォンの位置情報取得の精度等により、浸水ポリゴン位置の微調整が必要なケースが発生する場合があります。 その場合は、下記の手順に従い微調整をお願い致します。



