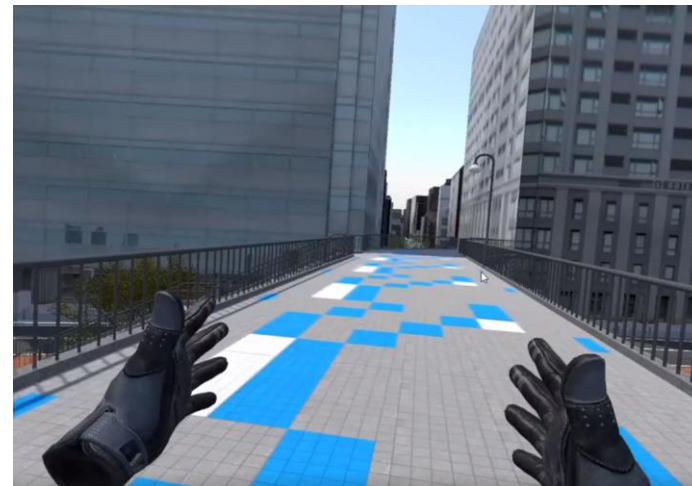
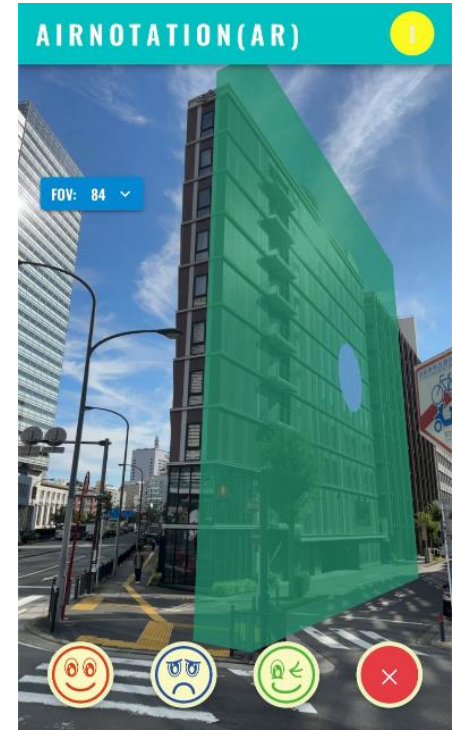


# XR技術を用いた体感型アーバンプランニングツール技術検証レポート

Technical Report for "Development of an immersive urban planning tool using XR technology"



PLATEAU  
by MLIT



# 目次

<b>I. 実証概要</b>		
1. 全体概要	4p	
2. 実施体制	6p	
3. 実証エリア	7p	
4. スケジュール	8p	
<b>II. 実証技術の概要</b>		
1. 活用技術	10p	
2. Firebase	11p	
3. Next.js	12p	
4. AR.js/Three.js	13p	
5. Unity	14p	
6. OpenCV	15p	
7. SteamVR Plugin	16p	
<b>III. 実証システム</b>		
1. システム全体		
実証フロー	18p	
業務要件	19p	
構築するシステムの全体像	20p	
2. ARタグ付けアプリ		
2.1 アーキテクチャ全体図	21p	
2.2 システム機能	23p	
2.3 データ		
①活用データ	32p	
②データ処理	33p	
③出力データ	38p	
2.4 ユーザインタフェース	40p	
2.5 システムテスト結果	47p	
3. タンジブルインターフェース/VR表示アプリ		
3.1 システムアーキテクチャ全体図	48p	
3.2 システム機能	50p	
3.3 アルゴリズム	53p	
3.4 データ		
①活用データ	57p	
②データ処理	71p	
3.5 タンジブルインターフェースUI・UX	74p	
3.6 VR表示アプリ ユーザーインターフェース	78p	
3.7 システムテスト結果	79p	
4. タンジブル架台設計・製作	80p	

# 目次

## IV. 実証技術の検証

1. 検証の流れ
  - ① 検証内容（全体フロー） 85p
  - ② 検証方法 86p
2. 検証の実施 ARセッション
  - ① 検証内容 89p
  - ② 検証結果 93p
3. 検証の実施 行政セッション
  - ① 検証内容 105p
  - ② 検証結果 108p
4. 検証の実施 タンジブルセッション
  - ① 検証内容 112p
  - ② 検証結果 118p

## V. 成果と課題

1. 今年度の実証で得られた成果
  - ① 3D都市モデルによる技術面での優位性 136p
  - ② 3D都市モデルによる政策面での優位性 137p
2. 今後の取り組みに向けた課題 138p

用語集 139p

# 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

# I. 実証概要 > 1. 全体概要

## 全体概要 (1/2)

<b>ユースケース名</b>	XR技術を用いた体感型アーバンプランニングツール
<b>実施場所</b>	神奈川県横浜市
<b>目標・課題 ・創出価値</b>	<p>行政機関やデベロッパーによる新規開発・再開発、にぎわいの創出、景観の保全などを目的とした、アーバンプランニングやアーバンマネージメントのプロセスにおいて、これまでも開発側のデベロッパーや行政は住民参画の促進を試みてきたが、実際には現状やプランの認知の難しさやコミュニケーションツールの不足といった課題があった。</p> <p>人々の暮らしや働き方が多様化している昨今、地域の住民が主体的にプランの検討、実行、運用といったプロセス全般にわたって直接関与し、都市に対するニーズや目指すべき姿の共有を図ることの重要性が高まっており、より効果的な市民参加の手法が求められている。</p>
<b>ユースケース の概要</b>	<p>本ユースケースでは、3D都市モデルおよびVRを用いたアーバンプランニングにおけるコミュニケーションツールを開発することで、直感的かつ体感的な方法でアーバンプランニングの各プロセスにおける住民の認知や理解レベルの向上をはかる。3D都市モデルを活用することで、参加者それぞれの想像力、指示能力、認知能力の差を補完することができ、対話の共通のプラットフォームができると期待する。</p>

# I. 実証概要 > 1. 全体概要

## 全体概要 (2/2)

<b>実証仮説</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 他人と共有することで役立つ情報などをタグ（テキストおよび画像）として3D空間に配置（マッピング）できるスマートフォン用ARアプリケーションを開発し、街に暮らす人々が街をどのように感じ、観察しているかを可視化、共有する。</li><li>• 目の前の模型の配置を変えたり、入れ換えたりすることで、VR空間内のモデルも対応して変化する「タンジブルインターフェイス」の技術を用い、議論に基づき参加者自らがインタラクティブな操作でその場で「街の未来イメージ」を具体化させることで、街に対する多様な視点の発見や議論の活性化を促す。</li></ul>
<b>検証ポイント</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● ARアプリケーション<ul style="list-style-type: none"><li>• 従来、市民参加によるまちづくりワークショップは、個の意見は「主な内容」に留まり、全体での意見交換の場においては発言力のある人の意見が目立ち、市民一人一人の声を満遍なく吸い上げるにはハードルがあった。</li><li>• ARアプリケーションを用いることにより、短時間に多くの市民意見を集められるとともに、一人ひとりの意見の吸い上げを可能とし、さらには市民意見の分析を効率化できることを検証する。</li></ul></li><li>● VR・タンジブルインターフェイス<ul style="list-style-type: none"><li>• タンジブルインターフェイスを用いることにより、参加者全員による共同作業が成立し、短時間で多様なイメージを生み出せることを検証する。</li></ul></li></ul>

# 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
インフォ・ラウンジ株式会社	全体統括、ウェブシステム開発、ワークショップ企画実施
サイバネットシステム株式会社	3D統括、3Dオーサリング
株式会社 山手総合計画研究所	ワークショップ企画実施協力、タンジブルインタフェース開発
ミクス株式会社	3Dモデリング作成
Code for YOKOHAMA	コーディネート協力
横浜市	データ提供協力、企画協力
国際航業株式会社 (KKC)	3D都市モデルデータ整備
株式会社三菱総合研究所(MRI)	ユースケース実証に係るマネジメント

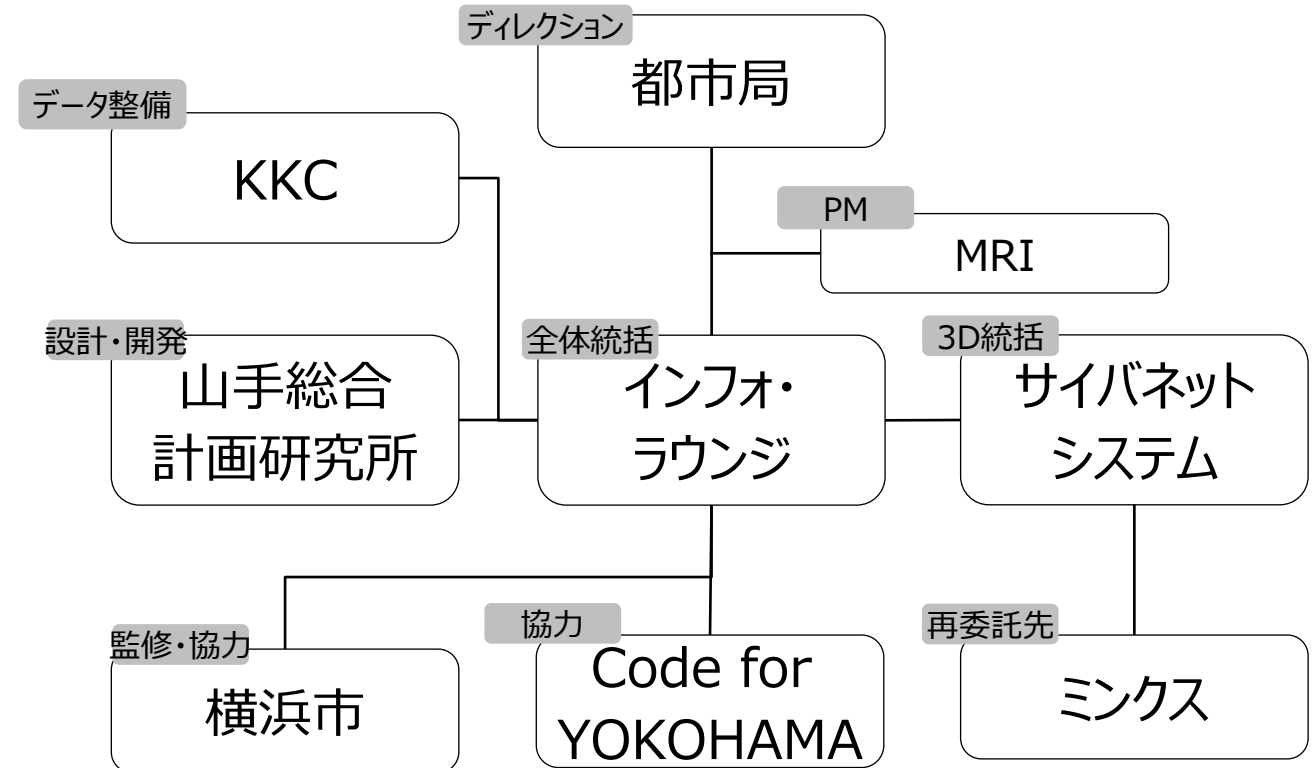


図 実施体制図





# I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

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
<b>【実施計画書作成】</b>													
1.現地調査		■	■	■	■								
2.ワークショップ（WS）企画						■	■	■	■	■			
3.ステークホルダー説明			■	■	■	■							
<b>【システム設計・開発】</b>													
4.ARタグ付け機能開発			■	■	■	■	■	■	■	■			
5.3Dモデル作成・調整				■	■	■	■	■	■	■			
6.WSテスト・企画調整								■	■	■			
<b>【ユースケース実証】</b>													
7.WS参加者募集										■	■	■	■
8.フィールドワークWS実施												■	
9.3D可視化およびモデリング機能開発										■	■	■	■
10.3DモデリングWS準備											■	■	■
11.3DモデリングWS実施													■
<b>【事業成果取りまとめ】</b>													
12.提言とりまとめ											■	■	■

- 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

## Ⅱ. 実証技術の概要 > 1. 活用技術 活用技術 | 一覧

- ARタグ付けアプリ及びタンジブルインタフェース／VR環境の構築のため、下記のライブラリ等を使用した。

システムまたはアプリ	ライブラリ等	内容
ARタグ付けアプリ	Firestore	Googleが提供しているモバイル・Webアプリケーション開発プラットフォーム（PaaS）Webアプリケーション開発に必要な機能が揃っており、サーバー管理することなく利用することができる。
	Next.js	Node.js上に構築されたオープンソースのWebアプリケーションフレームワーク。サーバーサイドスクリプトや静的Webサイトの生成などの、ReactベースのWebアプリケーション機能を有している。
	AR.js／Three.js	ウェブブラウザで動作するARコンテンツを手軽に扱えるようにしたJavaScriptライブラリ。Three.jsはWebGLに対応しており、GPUアクセラレーションを利用したりアルタイムレンダリングによる3Dコンテンツの表示が可能。
タンジブルインタフェース／VR	Unity	ユニティ・テクノロジーズが開発・提供しているゲームエンジン。ゲーム開発に必要なライブラリや素材などのさまざまな機能を一元的に有している。
	OpenCV	インテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ
	SteamVR	Valve社が提供するPC用VRプラットフォーム「SteamVR」向けのUnity用開発モジュール

# II. 実証技術の概要 > 2. Firebase

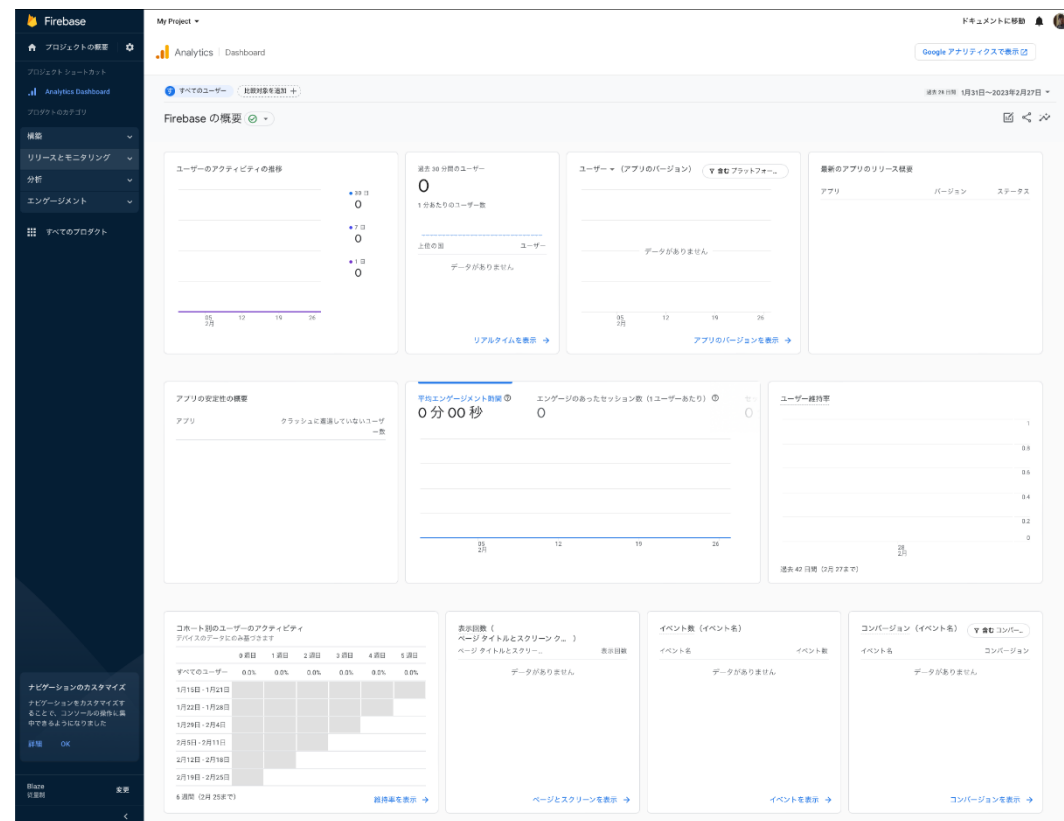
## Firestore

- FirebeseはGoogleが提供するアプリ開発のためのプラットフォームである。

### 概要

### 管理画面

項目	詳細
名称	Firestore
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Googleが提供しているモバイル・Webアプリケーション開発プラットフォーム</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• アプリケーションにおけるバックエンド処理の実行</li> <li>• リアルタイム同期型のデータベース</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ユーザ認証 (Authentication)</li> <li>• ARタグのデータベース (Cloud firestore)</li> <li>• ARタグに付随する画像等の保存 (Cloud Storage)</li> <li>• 各種APIの実行環境 (Cloud functions)</li> </ul>



## Ⅱ. 実証技術の概要 > 3. Next.js

# Next.js

- Next.jsはReactをベースに開発されたWebアプリケーションフレームワークである。

### 概要

項目	詳細
名称	Next.js
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reactをベースに開発されたオープンソースのWebアプリケーションフレームワーク</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• 静的Webサイトの生成</li><li>• サーバーサイドレンダリング</li></ul>
本ユースケースで 利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• ARタグ付けアプリのフロントエンド生成</li><li>• ARタグ付けアプリ動作におけるサーバーサイドレンダリング</li></ul>

## Ⅱ. 実証技術の概要 > 4. AR.js/Three.js

# AR.js/Three.js

- AR.js及びThree.jsはARアプリケーション作成のためのJavaScriptライブラリである。

### 概要

項目	詳細
名称	AR.js/Three.js
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARアプリケーション作成のためのオープンソースのJavaScriptライブラリ</li> </ul>
主な機能	<p>【AR.js】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• マーカーベースやGPSベースでの、カメラ画像上でのコンテンツ表示</li> </ul> <p>【Three.js】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• カメラ画像上でのリアルタイムレンダリングによる3Dコンテンツの表示</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARタグ付けアプリのカメラ起動時の3D都市モデルオブジェクト表示</li> </ul>

### AR.js/Three.jsを用いて作成したARの画面



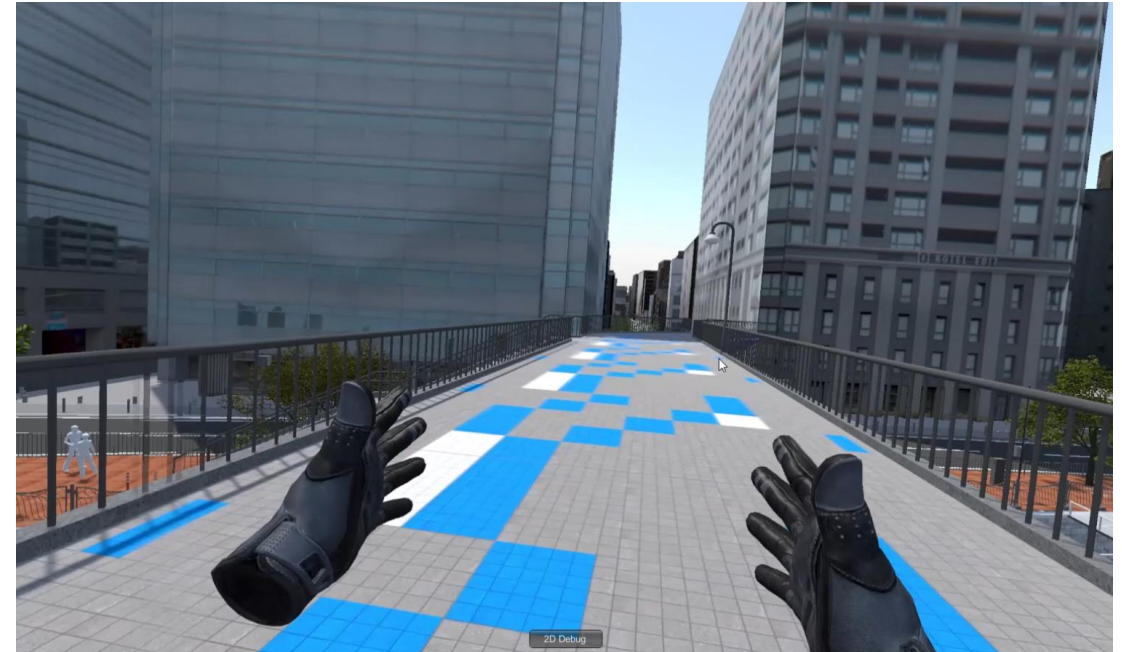
# Ⅱ. 実証技術の概要 > 5. Unity Unity

- Unityはユニティ・テクノロジーズが開発・提供しているゲームエンジンである。

## 概要

項目	詳細
名称	Unity
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>• ユニティ・テクノロジーズが開発・提供しているゲームエンジン</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3D空間アプリケーション開発</li><li>• 物理演算</li><li>• XR開発</li></ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• VR開発</li><li>• 内蔵ライブラリを用いたOpenCVとの連携</li></ul>

## VR操作画面



# Ⅱ. 実証技術の概要 > 6. OpenCV

## OpenCV

- OpenCVはインテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリである。

### 概要

項目	詳細
名称	OpenCV
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>• インテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• 画像処理</li><li>• 構造解析</li><li>• モーション解析と物体追跡</li></ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• ARマーカ―認識機能 (ArUco Module) 高解像度の画像に対応しており、最長約2m先のマーカ―を認識可能</li></ul>

### OpenCVの画像処理による物体検出





## Ⅱ. 実証技術の概要 > 7. SteamVR Plugin

# SteamVR Plugin

- SteamVR PluginはValve社が提供するPC用VRプラットフォーム「SteamVR」向けのUnity用開発モジュールである。

### 概要

### SteamVR ダッシュボード画面

項目	詳細
名称	SteamVR Plugin
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>• Valve社が提供するPC用VRプラットフォーム「SteamVR」向けのUnity用開発モジュール</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• VRアプリケーションの実行機能</li><li>• VR入力やVR表示などの基本機能</li><li>• 一つのメーカーに拠らない多機種対応のVR入力変換機能</li></ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>• VRアプリケーションの実行機能</li><li>• VR入力やVR表示などの基本機能</li><li>• 汎用性を考慮し多機種対応のVR入力変換機能</li></ul>



- 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

# Ⅲ. 実証システム > 1. 実証フロー

## 実証フロー

- 一連のセッション（ワークショップ）を通じ、市民の意見からまちのリ・デザインの方向性及びビジュアルイメージを取りまとめる。

### 事前準備

- システムに用いる3Dモデルの構築及びシステムの開発を行う。

#### ① 3Dモデル構築

#### ② ARタグ付けアプリ開発

#### ③ タンジブルインタフェース開発

#### ④ VR表示アプリ開発

### シミュレーションの実施

### 市民意見の収集

#### 【ARセッション】

- ARタグ付けアプリを用い、参加者の意見をARタグとして収集する。

### 新たなまちの 検討

#### 【タンジブルセッション】

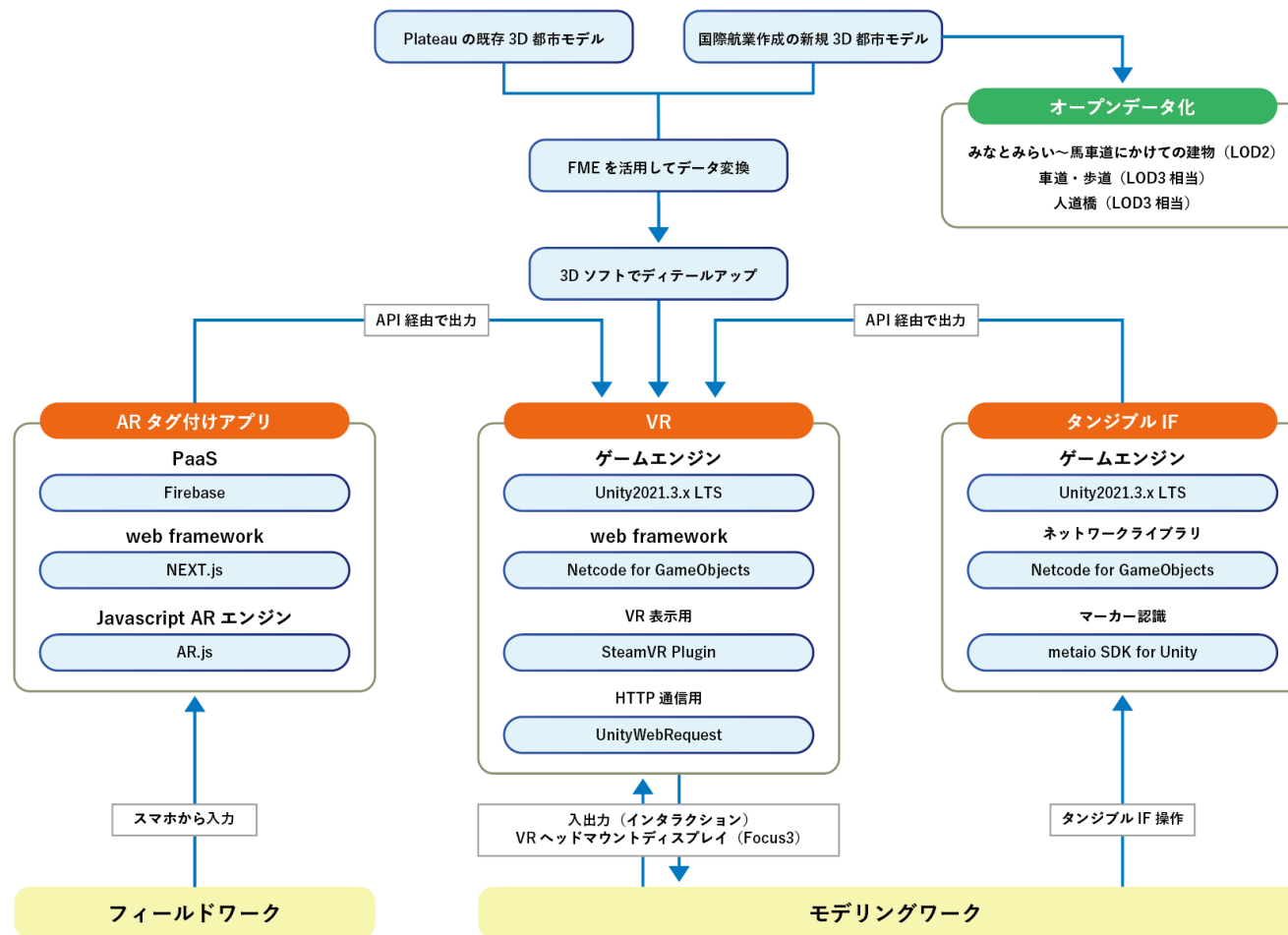
- タンジブルインタフェース及びVR表示アプリを用い、ストリートファニーチャー等の新たな配置案を検討する。

# Ⅲ. 実証システム > 1. システム全体 業務要件

	従来の業務フロー	本システムが目指す業務フロー
①市民意見の収集	<ul style="list-style-type: none"> <li>市民が参加するワークショップを実施。机上で紙面に意見を書き込むなどにより、市民それぞれの意見を共有する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市民が参加するワークショップを実施。まちに暮らす人々がまちをどのように感じ、観察しているかを3D空間を用いて可視化、共有することで、まちに対する多様な視点の発見を促す。</li> </ul>
②市民意見の分析と方向性の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>付箋などで集められた意見を整理・分類し、地域で求められる将来像を把握、将来ビジョンの方向性を検討する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政職員や専門家によるワークショップを実施。収集したARタグを分析して、まちの将来ビジョンに対する方向性を導き出す。</li> </ul>
③バーチャル空間を活用した将来ビジョンの検討	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>参加者が相談して検討したまちの将来ビジョンを再現するツール「タンジブルインターフェース」を用いた、市民が参加するワークショップを実施する。</li> </ul>
④将来ビジョンの取りまとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>②の方向性の検討を踏まえ、将来ビジョンを文書化し取りまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>③のワークショップで生まれた視覚的イメージを用いながら、将来ビジョンを取りまとめる。</li> </ul>

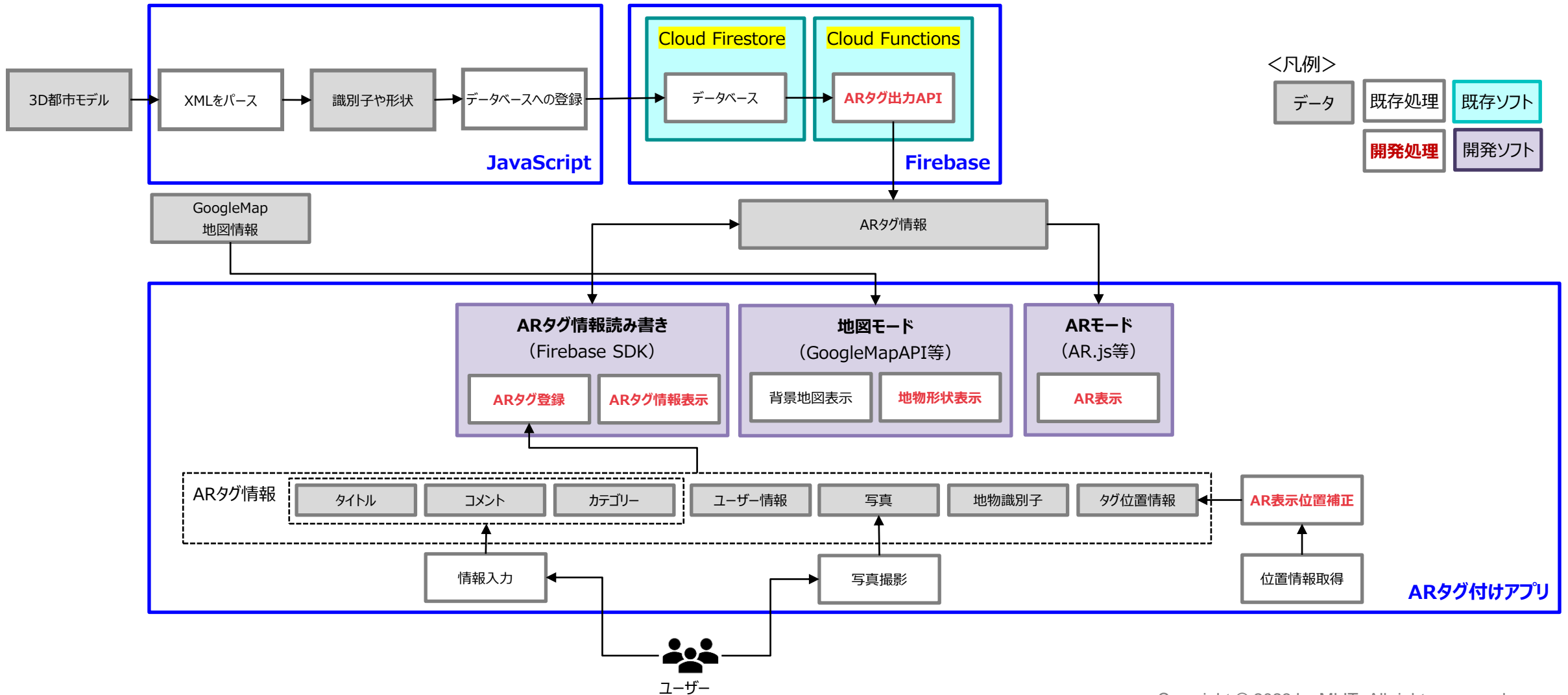
# Ⅲ. 実証システム > 1. システム全体構築するシステムの全体像

- ARタグ付けアプリからはARタグ情報を、タンジブルIFからは建物位置等の情報をAPI経由で出力することにより、VRと連携した。



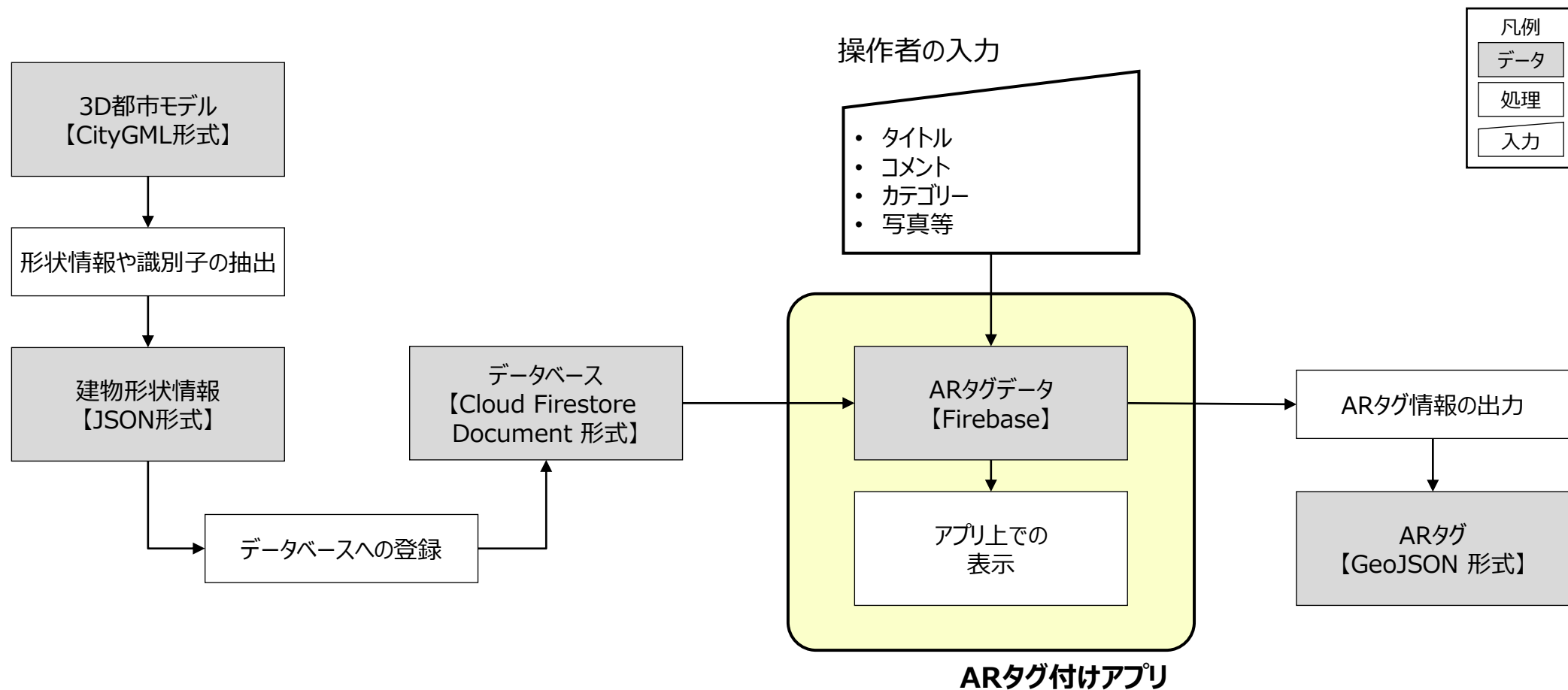
# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.1 アーキテクチャ全体図 ①システムアーキテクチャ全体図



### Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.1 アーキテクチャ全体図 ②データアーキテクチャ全体図



# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

- バックエンドにFirebaseを採用することで開発コストを抑えつつ、高機能なアプリ実行環境を実現した

表 機能一覧

機能名	説明
①AR表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>• フロント開発にNext.js + 3D描画にAR.jsとThree.jsを採用</li> <li>• 画面上に建物形状を表示（AR表示と地図表示）</li> <li>• ユーザーが指定する任意の地点の周辺のタグ情報を取得し、デバイス画面上に表示する</li> <li>• ユーザーがカテゴリやグループを指定することでタグの絞り込みができる</li> </ul>
②-1 AR表示位置補正 ②-2 地物形状表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 端末GPSの精度が不足している場合に生じる表示のずれを補正</li> <li>• 画面上のスワイプ操作で位置補正</li> <li>• CityGMLから取得した形状データおよび、座標情報を用いて平面ポリゴンを描画</li> </ul>
③ARタグ登録	<ul style="list-style-type: none"> <li>• データベースにCloud Firestoreを利用</li> <li>• 画像ストレージにCloud Storageを利用</li> <li>• ユーザーがARタグ情報を登録・更新・削除できる</li> </ul>
④ARタグ情報出力API	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARタグ情報を出力</li> <li>• Cloud Functions上に実装</li> </ul>



# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ① AR表示 1/4 (おおまかな流れ)

- AR表示のおおまかな流れは以下のとおり



- 地物形状データを使って仮想空間に3Dオブジェクトを生成 (Three.js)
- 世界座標系に変換 (AR.js)
- ブラウザの【window.navigator.geolocation.watchPosition】を利用してデバイスの座標情報を取得
- 世界座標系に変換 (AR.js)
- カメラオブジェクト化 (Three.js)
- 地物3DオブジェクトとカメラオブジェクトをAR表示 (Three.js)

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

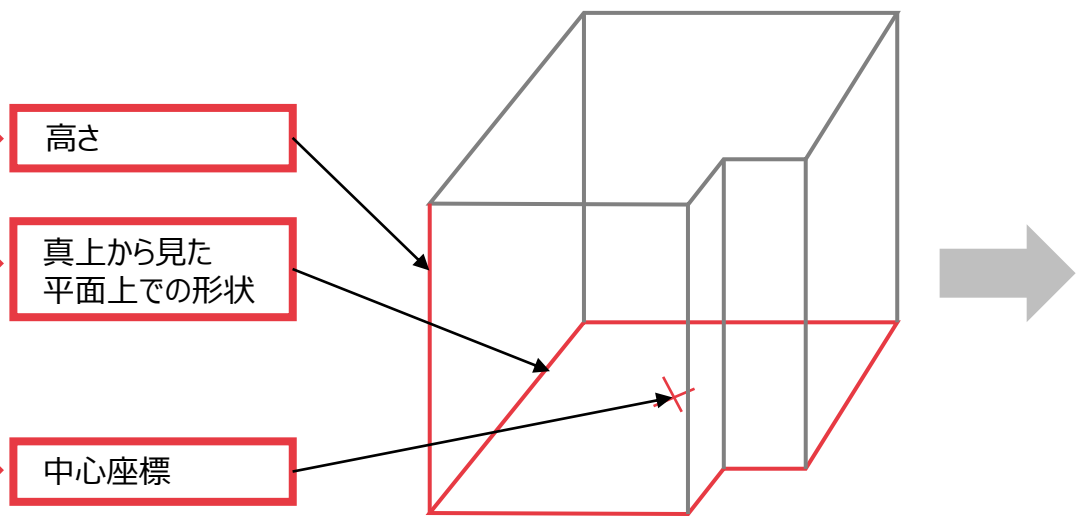
## 2.2 システム機能

### ① AR表示 2/4 (3Dオブジェクト生成の概念)

- アプリ画面上で、CityGMLから取得した形状データおよび、座標情報を用いてAR表示を実現した
- 「真上から見た平面上での形状」と「中心座標」は2次元地図表示にも使用した
- 3Dを描画するのにThree.jsの関数を利用
- AR表示にThree.jsの関数を利用

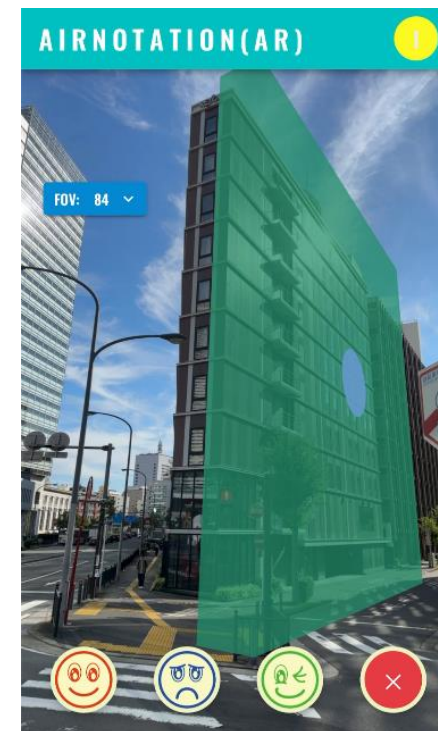
```

# 建物オブジェクト
{
  gmlID: string,
  bldgID: string,
  height: number,
  footprint: [{
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }..],
  center: {
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }
}
  
```



①データベースからデータ取得

②3Dオブジェクトを描画



③AR表示

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ① AR表示 3/4 (3Dオブジェクト生成のサンプルコード)

```
function createFootPrint(lod0, type, height) {
  const valueList = lod0.split(' ');
  const length = (valueList.length / 3)
  const coordsList = []
  for(let i = 0; i < length; i++) {
    let altitude = 0
    if(type == 1) {
      altitude = Number(valueList[i * 3 + 2])
    } else if(type == 2) {
      altitude = Number(valueList[i * 3 + 2]) - height
    }
    coordsList.push({
      latitude: Number(valueList[i * 3]),
      longitude: Number(valueList[i * 3 + 1]),
      altitude: altitude
    })
  }
  return coordsList
}
```

```
function createCenter(coordsList) {
  let latitude = 0;
  let longitude = 0;
  let altitude = 0;
  for(const coord of coordsList){
    latitude = latitude + coord.latitude
    longitude = longitude + coord.longitude
    altitude = altitude + coord.altitude
  }

  return {
    latitude: latitude / coordsList.length,
    longitude: longitude / coordsList.length,
    altitude: altitude / coordsList.length
  }
}
```



```
_makeBuildingShape2(obj) {
  let material = new THREE.MeshToonMaterial({color: 0xffcc33, opacity: 0.3, transparent: true})
  if (this.isBaseBuilding(obj.bldgID)) {
    material = new THREE.MeshToonMaterial({color: 0x0000ff, opacity: 0.3, transparent: true});
  }
  const shape = new THREE.Shape();
  const worldPosition = this.controller.transformPosition(obj.center, obj.footprint)
  worldPosition.footprint.forEach((pW, index) => {
    if(index === 0) {
      shape.moveTo(pW[0], -pW[1])
    } else {
      shape.lineTo(pW[0], -pW[1])
    }
  })
  const extrudeSettings = {
    steps: 1,
    depth: obj.height,
    bevelEnabled: false
  }
  const extrudeGeom = new THREE.ExtrudeBufferGeometry(shape, extrudeSettings);
  extrudeGeom.rotateX(-Math.PI / 2);
  const mesh = new THREE.Mesh(extrudeGeom, material);
  mesh.name = obj.gmlID
  mesh.position.x = worldPosition.center[0]
  mesh.position.y = obj.center.altitude
  mesh.position.z = worldPosition.center[1]
  // console.log(mesh)
  if(this.isBaseBuilding(obj.bldgID)) {
    console.log(obj.bldgID + ', ' + obj.gmlID + ' is base.')
    mesh.visible = true
  } else {
    mesh.visible = false
  }
  this.addBuilding(mesh, worldPosition.center, obj.center.altitude)
}
```

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ① AR表示 4/4 (AR表示のコアロジック)

```
this.scene = new THREE.Scene();
```

#### ①シーンを作成

```
// Camera
this.camera = new THREE.PerspectiveCamera(75,
window.innerWidth / window.innerHeight,
0.1,
50000);

this.cameraWrap = new THREE.Group();
this.cameraWrap.name = 'camera_wrap';
this.cameraWrap.add(this.camera);
this.scene.add(this.cameraWrap);
```

#### ②カメラオブジェクトを設定して、シーンに配置

```
// Buildings
this.buildingWrap = new THREE.Group();
this.buildingWrap.name = 'building_wrap'
this.scene.add(this.buildingWrap)
this.buildings = []
```

#### ③3Dオブジェクトをシーンに配置 (配列の中身は後で必要なだけ生成して追加)

```
class SphMercProjection {
  constructor() {
    this.EARTH = 40075016.68;
    this.HALF_EARTH = 20037508.34;
  }

  project(lon, lat) {
    return [this.lonToSphMerc(lon), this.latToSphMerc(lat)];
  }

  unproject(projected) {
    return [this.sphMercToLon(projected[0]), this.sphMercToLat(projected[1])];
  }

  lonToSphMerc(lon) {
    return (lon / 180) * this.HALF_EARTH;
  }

  latToSphMerc(lat) {
    var y = Math.log(Math.tan(((90 + lat) * Math.PI) / 360)) / (Math.PI / 180);
    return (y * this.HALF_EARTH) / 180.0;
  }

  sphMercToLon(x) {
    return (x / this.HALF_EARTH) * 180.0;
  }

  sphMercToLat(y) {
    var lat = (y / this.HALF_EARTH) * 180.0;
    lat =
      (180 / Math.PI) *
      (2 * Math.atan(Math.exp((lat * Math.PI) / 180)) - Math.PI / 2);
    return lat;
  }

  getID() {
    return "epsg:3857";
  }
}
export { SphMercProjection };
```

参考) 世界座標への変換コード (AR.js)

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ②-1 AR表示位置補正

- 端末GPSの精度が不足している場合に生じる表示のずれを補正
- 像が重なるまでスワイプ操作で位置を補正

```

this.controller.on("pan", (eventType) => {
  //if(self.mode !== "adding_tag") {
  if(eventType === 'panright') {
    self.calibration.rotation = self.calibration.rotation + MathUtils.degToRad(0.5)
    self.controller.updateCameraRotationOffset(
      self.orientationControls.compassOffset + self.calibration.rotation
    )
  }
  ... // 上下左も同様の処理を記述
  //}
})

```

#### ①タップイベントをキャッチして、移動幅を取得

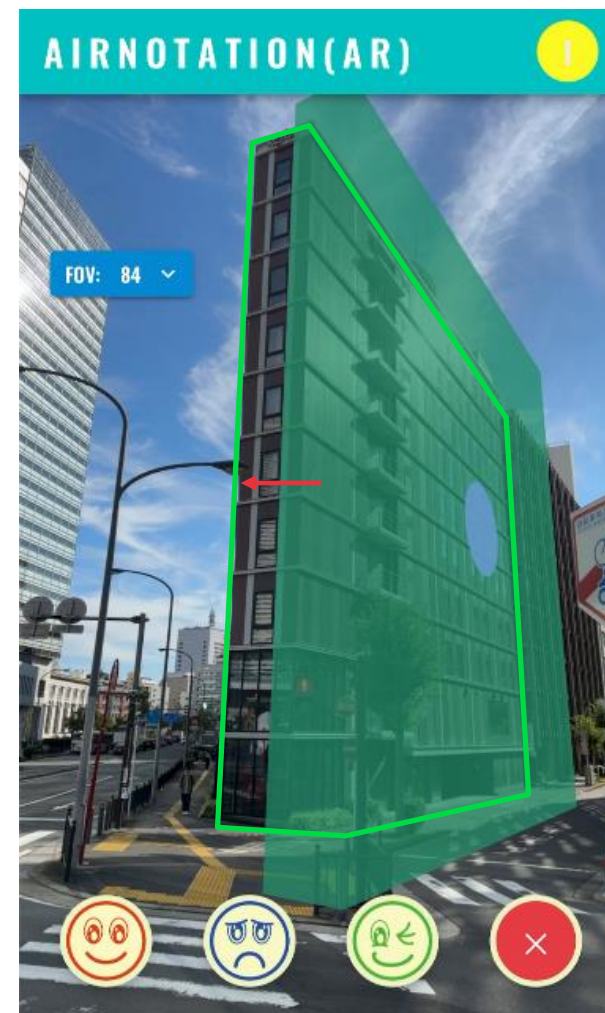
```

updateCameraRotationOffset(rotation) {
  this.cameraOffset.rotation = rotation;
  this._camera.rotation.y = this.cameraOffset.rotation;
}

updateCameraHeightOffset(height) {
  this.cameraOffset.height = height;
  this._camera.position.y = this._lastCoords.altitude + this.cameraOffset.height;
}

```

#### ②取得した値を使って、カメラの位置を調整



# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ②-2 地物形状表示

- CityGMLから取得した形状データおよび、座標情報を用いて平面ポリゴンを描画
- 背景地図に重ねて表示した
- GoogleMapAPIを使用した

```
// <GoogleMap> オブジェクト内にポリゴンオブジェクトを描画
// 後略
{polyBldgs.map((bldg) => {
  const [paths, opt] = makePolyParams(bldg, 'building')
  return (
    <Polygon
      paths={paths}
      options={opt}
      key={bldg.gmlID}
      onClick={(event) => onClickBuilding(event, bldg.gmlID)}
    />
  )
})
// 後略
```

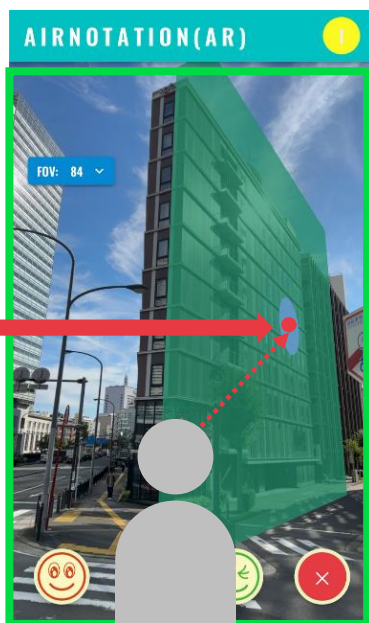


# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ③ ARタグ登録

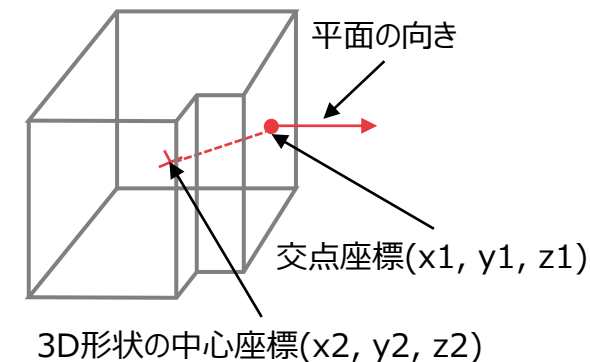
1. ブラウザのCanvasオブジェクトのタッチイベントから画面上のXY座標を取得
2. 得られた座標をCanvasの縦幅横幅をそれぞれ-1 ~ +1としたときの相対的な数値に変換（これをCanvas座標と呼ぶことにする）
3. Three.jsのRaycastクラスを使用すると、3D空間内のカメラ座標とCanvas座標の間に存在する3Dオブジェクトを特定することができる（これを対象3Dオブジェクトとよぶことにする）
4. 対象3Dオブジェクトの情報には、交点の情報と面の情報が含まれる。これらを使って、3Dオブジェクトの位置を基準とするARタグの相対的な位置と向きを計算して、ARタグ座標とする
5. 地物ID、ARタグ座標に加えて、ユーザーが入力するコメント、カテゴリー、写真などの情報をJSON化してFirebase Cloud Firestoreに保存する（データモデルについては後述）



③ユーザーデバイス位置 = カメラ座標と  
Canvas座標の間の3Dオブジェクトを取得

```
// cam はカメラオブジェクト
// targets は位置を判定する対象の3Dオブジェクトの配列
const pointer = { x:0.4, y:0.1 }
raycaster.setFromCamera(pointer, cam)
const intersects = raycaster.intersectObjects(targets)
```

```
const mesh = intersects[0].object // 3D形状
const touchPoint = intersects[0].point // 交点座標
const normal = intersects[0].face.normal // 平面情報の法線ベクトル
```



④3D形状の中心座標を基準として  
交点座標の相対座標を計算（ARタグ  
の座標）。平面情報から平面の向  
きを取得（ARタグの向き）

#### Canvas座標

- ①Canvas上のXY座標を取得  
{ x:450px, y:350px }
- ②-1 ~ +1 の範囲で変換  
{ x:0.4, y:0.1 }

ユーザーデバイスの位置 = 3D空間内のカメラ座標

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.2 システム機能

### ④ ARタグ情報出力API

- リクエストに応じて、ARタグ情報をJSON形式で出力するREST形式のAPI（Getのみ）
- Cloud Functions上に実装

```

1  {
2    "type": "FeatureCollection",
3    "features": [
4      {
5        "type": "Feature",
6        "geometry": {
7          "type": "Point",
8          "coordinates": [
9            139.63309656705886,
10           35.44581001067016,
11           2.7139055982170346
12         ]
13       },
14       "properties": {
15         "title": "TEST",
16         "id": "AVd5T5RoZtTmDNzrZzz9",
17         "description": "れきけん",
18         "bldgID": "14100-bldg-515957",
19         "hashtag": [],
20         "category": "G00D",
21         "created": "2022-10-28T09:23:24.890Z",
22         "modified": "2022-10-28T09:23:24.890Z",
23         "createdBy": {
24           "id": "Qb6o3oxRYiRyL0g6byoIUnC0Cm02",
25           "displayName": "yar44"
26         },
27         "group": "y-ar-g15",
28         "photo": [],
29         "markerUrl": "https://plateauyokohama-development.web.app/images/G00D_300.png"
30       }
31     }
32   ]
33 }
34

```

出力データの例



## Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

### 2.3 データ ①活用データ | 3D都市モデル一覧

- 3D都市モデルの各種属性をタグ付け対象とする地物としてデータベース化した。

地物名	地物	属性区分	属性名	内容
建築物LOD2	bldg:Building	主題	gen:stringAttribute	汎用属性 (文字列)
		用途	bldg:usage	用途
		主題	bldg:measuredHeight	計測高さ
		空間	bldg:lod0FootPrint	lod0接地面
		空間	bldg:lod0RoofEdge	lod0屋根面
		空間	bldg:lod1Solid	lod1立体
		関連役割	bldg:consistsOfBuildingPart/uro:buildingID	建物ID
	bldg:BuildingPart	主題	gen:stringAttribute	汎用属性 (文字列)
		主題	bldg:measuredHeight	計測高さ
		空間	bldg:lod0FootPrint	lod0接地面
		空間	bldg:lod0RoofEdge	lod0屋根面
		空間	bldg:lod1Solid	lod1立体
		主題	uro:buildingIDAttribute/uro:buildingID	建物ID

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ②データ処理 | 一覧

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)
データベース (Cloud Firestore Document形式)	ARタグ付けアプリでの表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>緯度経度でエリアを絞り込み建物モデルを取得</li> <li>必要な属性情報を抽出</li> <li>JSONを生成の上、データベースに登録</li> <li>データベースの操作には、FirebaseのSDKを使用</li> </ul>	Javascriptで XMLをパース	3Dモデルデータ (CityGML形式)

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ②データ処理

### データベースの生成

- 以下の手順でCityGMLから必要な情報を取得する (1/2)

#### **gml ファイルより必要なデータを抽出3Dモデル構築**

例:建物の場合 bldg:Building要素内より、次の属性を抽出。

- gml:id ※1
- uro:buildingID ※2
- bldg:measuredHeight(建物高さ)
- bldg:lod0FootPrint内の最後のgml:posList ※3

※1: ユニークであるもの。

※2: bldgID等。"bldg:consistsOfBuildingPart"を含む場合は1つのbldgIDに対し、複数のgmlIDが生まれるため、この値はユニークではない。また<gen:stringAttribute name="建物ID">の値である可能性もある。

※3: "bldg:lod0FootPrint"ではなく"bldg:lod0RoofEdge"の場合もある。場合によっては"bldg:lod1Solid"より底面を抽出し、それをfootprintとみなす。都市設備(frn)、植生(veg)においてもfootprintに準ずるものを抽出する。

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ②データ処理

### データベースの生成

- 以下の手順でCityGMLから必要な情報を取得する (2/2)

#### JSON 形式に整形

posList は以下のように配列に変換

```
{ latitude: Number, longitude: Number, altitude: Number }
```

またジオクエリに対応するためオブジェクトの中心座標を計算 (平均値)。

```
# 建物オブジェクト
{
  gmlID: string,
  bldgID: string,
  height: number,
  footprint: [{
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }..],
  center: {
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }
}
```

```
{
  "bridID": "brid_7d59c753-b53f-4bd4-b485-1effb2af7c02",
  "polyID": "poly_YOK1827_p6371_0",
  "polygon": [
    {
      "latitude": 35.45312664074834,
      "longitude": 139.63773837555513,
      "altitude": 5.25563792
    },
    {
      "latitude": 35.45312127452268,
      "longitude": 139.63773755422463,
      "altitude": 5.25563801
    },
    {
      "latitude": 35.45312512295051,
      "longitude": 139.63775444587748,
      "altitude": 2.557796
    }
  ],
  "center": {
    "longitude": 139.63774345855242,
    "latitude": 35.45312434607384,
    "altitude": 4.35635731
  },
  "type": "Building"
},
```

実データの例

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ②データ処理

### データベースの生成

- 以下のようにデータベースを構成している

表 Firebaseのコレクション一覧

コレクション	説明
buildings	• CityGMLから取得した建物情報を格納
frns	• CityGMLから取得した信号機や標識等の都市設備の情報を格納
vegs	• CityGMLから取得した植栽の情報を格納
tags	• ユーザーが投稿したタグ情報を格納
users	• 登録ユーザーの情報を格納

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ②データ処理

### データベースの生成

- 3D都市モデルの各種属性をタグ付け対象とする地物としてデータベース化した。

表 地物データベース

項目	field	type
gml:id	id	ハッシュ値 (gmlID)
建物 ID	bldgID	string
緯度経度	geopoint	geopoint
高度	altitude	number
geohash※1	geohash	geohash
lod0footprint*2	footprint	array
建物高さ	height	number
登録日	created	timestamp
更新日	modified	timestamp

※1: firebase のジオクエリ用の拡張機能で使用

※2: {latitude: number, longitude: number, altitude: number}の array

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ③出力データ

- 利用者からの投稿は下表に示した構造を持つデータベースに格納される。
- 一部の項目はCloud Functions上に実装したAPIを通じてGeoJsonとして出力できる。

表 ARタグデータベース

項目	field	type	API出力
id	id	ハッシュ値 (DB 自動付番)	✓
ラベル	label	string	✓
グループ※1	group	string	✓
カテゴリー※2	category	string	✓
ハッシュタグ	hashtag	array	✓
説明	description	string	✓
写真	photo	array	✓
登録ユーザー※3	createdby	string	✓
編集可能ユーザー	allowedtoedit	array	
タグ付け対象物	subject	string	✓※7
緯度経度	geopoint	geopoint	✓
高度	altitude	number	✓
geohash※4	geohash	geohash	
like	like	array	
表示非表示	hide	boolean	
最新コメント投稿日	commented	timestamp	
コメント投稿数	counts	number	
タグ位置微調整値※5	offset	object	
登録日	created	timestamp	✓
更新日	modified	timestamp	✓
コメント※6	comments	collection	

- ※1: 事業やクライアントなど別に区別するのに使用
- ※2: あらかじめ用意したリストに定めたコード値が入る
- ※3: ユーザードキュメントへの参照
- ※4: firebase のジオクエリ用の拡張機能で使用
- ※5: 緯度経度、高度は建物の情報なので、そこからどれくらいずれているかの相対距離(position[m])とタグの回転 (rotation[rad])を表す

```

{
  position: {
    x: number,
    y: number,
    z: number
  },
  rotation: {
    x: number,
    y: number,
    z: number
  }
}

```

- ※6: /tag/comment/を参照
- ※7: GeoJsonではkeyを「bldgID」として出力

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.3 データ ③出力データ

### 出力データ

- 出力されるGeoJSONファイルのサンプルを以下に示す。

```

1  {
2    "type": "FeatureCollection",
3    "features": [
4      {
5        "type": "Feature",
6        "geometry": {
7          "type": "Point",
8          "coordinates": [
9            139.63309656705886,
10           35.44581001067016,
11           2.7139055982170346
12         ]
13       },
14       "properties": {
15         "title": "TEST",
16         "id": "AVd5T5RoZtTmDNzrZzz9",
17         "description": "れきけん",
18         "bldgID": "14100-bldg-515957",
19         "hashtag": [],
20         "category": "GOOD",
21         "created": "2022-10-28T09:23:24.890Z",
22         "modified": "2022-10-28T09:23:24.890Z",
23         "createdBy": {
24           "id": "Qb6o3oxRYiRyL0g6byoIUnC0Cm02",
25           "displayName": "yar44"
26         },
27         "group": "y-ar-g15",
28         "photo": [],
29         "markerUrl": "https://plateauyokohama-development.web.app/images/GOOD_300.png"
30       }
31     }
32   ]
33 }
34

```



# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.4 ユーザーインターフェース

- 直感的に操作できるUI/UXを目指して構築した。

表 機能とユーザーインターフェースの関係

機能名	関連するUI
ユーザー管理	(1) ログイン・ユーザー情報設定
タグ登録管理	(2) AR表示機能を利用したタグ付け
	(3) 地図表示機能を利用したタグ付け
タグ表示	(4) タグ確認モード地図表示
	(5) タグ詳細表示
	(6) タグリスト表示
	(7) タグ検索絞込

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.4 ユーザーインターフェース

### (1) ログイン～ユーザー情報設定



<https://plateauyokohama-development.web.app>

①QRコードあるいは、規定のURLよりアプリを開く



②アドレス、パスワードを入力しログインを行う  
※アカウントを持っていない場合、赤丸の「ユーザー新規作成」よりアカウントを登録を行う



③ログイン後、右上の赤丸を押すとユーザー登録編集画面に遷移するボタンが出てくるので、押して編集画面に行く



④アプリ内での表示名、グループ、プロフィール画像を設定し事前登録が完了する

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.4 ユーザインタフェース

### (2) AR機能を利用したタグ付け



① 右上のアイコンマークをクリックする。街歩きモードを選択するとモードが代わり画面が遷移する



② 街歩きモードにて、右下の赤いピンボタンを押す。周りの建物が黄色く囲まれることを確認する。その後タグを付けたい場所を選択。「AR起動」と「タグ付け」が表示され、「AR起動」をクリック



③ ARカメラが起動するので、STARTを押す。対象の建物が色で覆われるので、その建物を選択し3種類のタグをつける Good, Bad, Possibleのアイコンいずれかを選択し、詳細画面に遷移



④ タグのタイトルや説明文を加え、対象の建物の写真も撮影しておく。コメントは必須項目ではないが、何か思い浮かんだら記入する。登録画面の最下部に、登録ボタンがあるので登録をする

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.4 ユーザーインターフェース

### (3) 地図機能を利用したタグ付け



① 右上のアイコンマークをクリックする。街歩きモードを選択するとモードが代わり画面が遷移する



② 街歩きモードにて、右下の赤いピンボタンを押す。周りの建物が黄色く囲まれることを確認する。その後タグを付けたい場所を選択。「AR起動」と「タグ付け」が表示され、「タグ付け」をクリック



③ タグの作成画面に遷移するので、タグのカテゴリやタグのタイトルや説明文を加え、対象の建物の写真も撮影しておく。コメントは必須項目ではないが、何か思い浮かんだら記入する。登録画面の最下部に、登録ボタンがあるので登録をする

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

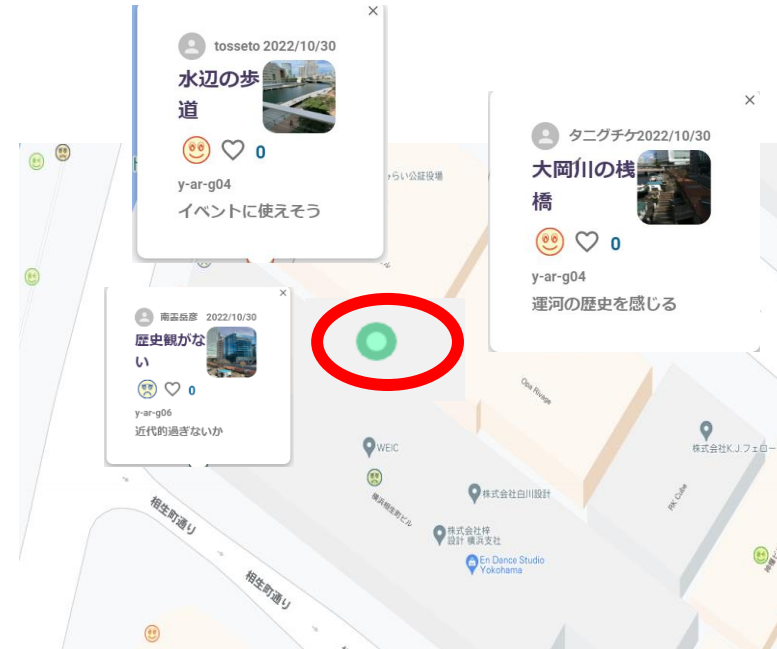
## 2.4 ユーザーインターフェース

### (4) タグ確認モード地図上・(5) 詳細表示

#### タグ確認モード地図上～マーカータップ～詳細表示



①右上のアイコンマークをクリックする。  
タグ確認モードを選択するとモードが  
代わり画面が遷移する



②タグ情報を閲覧したいエリアをクリックすると、  
左図のように緑のポインターが表示される。  
その付近のタグ情報  
(Good,Bad,Possible) が閲覧可能である

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.4 ユーザインタフェース

### (6) リスト表示

#### リスト表示



① 右上のアイコンマークをクリックする。  
タグ確認モードを選択するとモードが  
代わり画面が遷移する



② View Itemより「List」を選択する



③ 画面上に表示される全てのタグ一覧が  
表示される

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

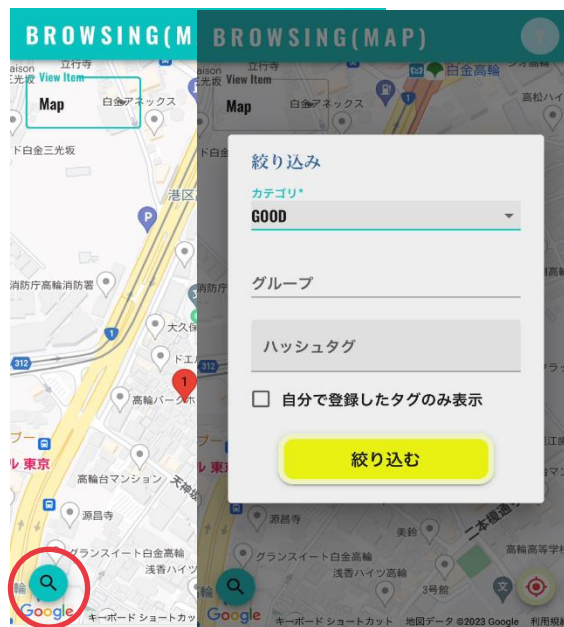
## 2.4 ユーザインタフェース

### (7) タグ検索絞込

地図に戻って、検索Goodで絞り込み～絞り込み解除



①View Itemより「Map」を選択する



②赤丸の検索ボタンを押すと絞り込み画面に遷移する。カテゴリを「Good」に選択し、黄色の絞り込みボタンを押す



③Goodのみのタグが表示される事がわかる。絞り込みを解除したい場合は再度検索ボタンを押し、カテゴリを「None」に変更するか、赤枠のばつ印を押すと解除される

# Ⅲ. 実証システム > 2. ARタグ付けアプリ

## 2.5 システムテスト結果

- システムテストの結果表

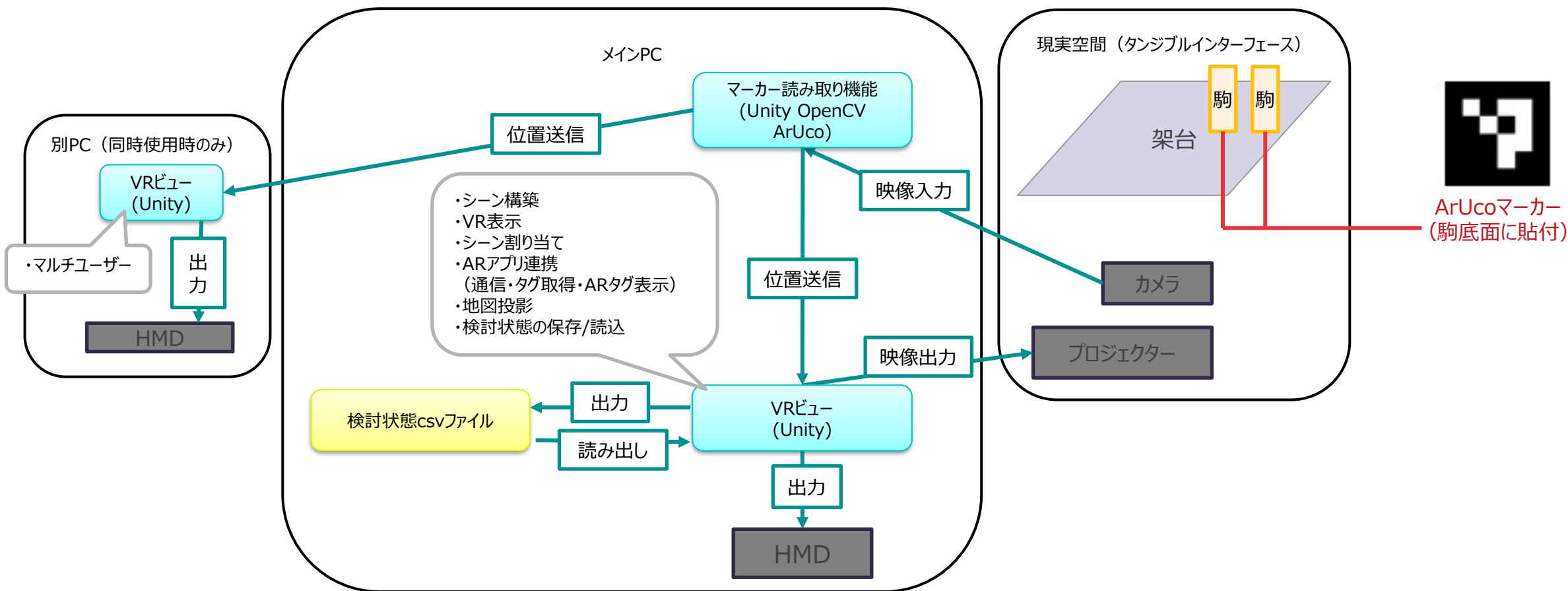
機能	試験項目	試験内容	結果
ユーザー管理	ユーザー管理	メールアドレスとパスワードによる認証できるか	合格
		情報登録できるか	合格
タグ登録管理	タグ登録管理	タグ情報登録・更新・削除できるか	合格
		タグコメント登録・更新・削除できるか	合格
		タグ「いいね！」できるか	合格
タグ表示	タグ一覧表示	位置情報を基準に周辺のタグ情報を取得してデバイス画面上に表示できるか	合格
		位置の変化に応じて自動で範囲を変更して表示を更新できるか	合格
		カテゴリやグループでタグを絞り込みできるか	合格
		ビュー切り換えできるか	合格
		2次元地図ビュー表示できるか	合格
		リストビュー表示できるか	合格
		ARビュー表示できるか	合格
	タグ情報表示	タグの情報を表示できるか	合格
		写真表示できるか	合格



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.1 アーキテクチャ全体図 ① システムアーキテクチャ全体図

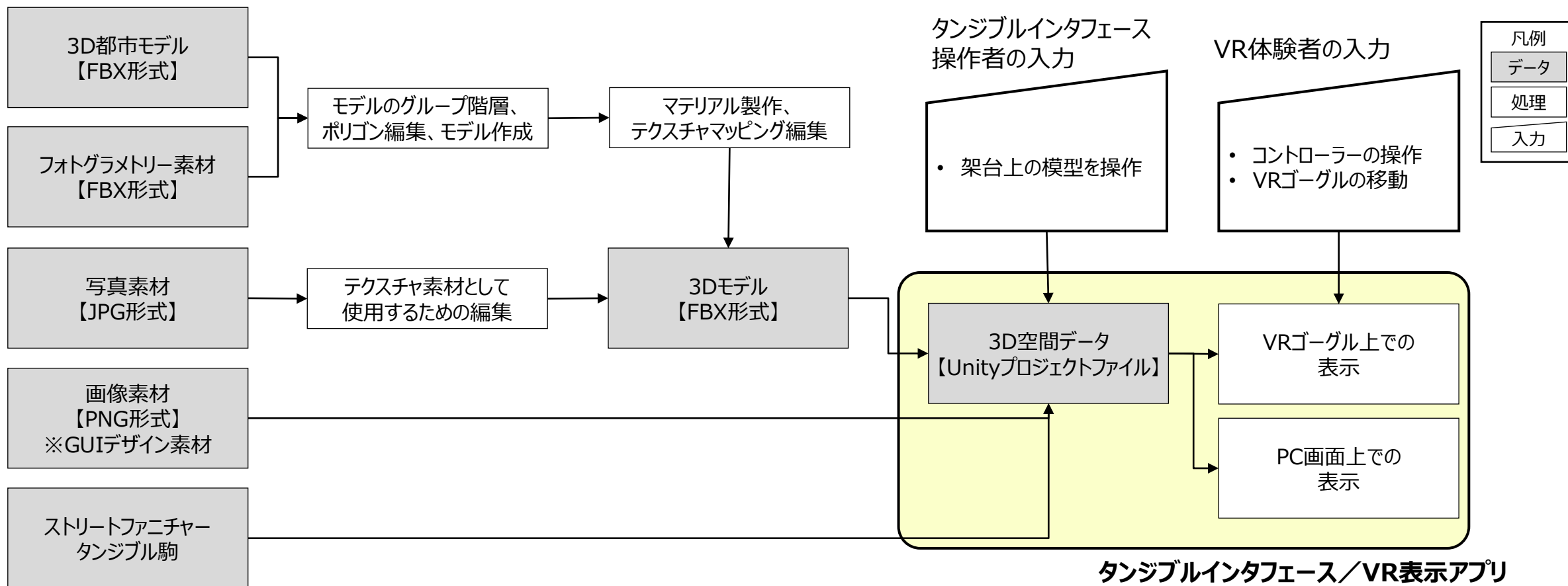
模型の底面に配置した2次元マーカ―をテーブル下部のカメラから読み取り、画像処理のライブラリであるOpenCV及び、ARマーカ―を扱うライブラリであるArUcoを用いて2次元マーカ―の位置を Unity内の座標に変換する。



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.1 アーキテクチャ全体図 ②データアーキテクチャ全体図

- UnityでVRシーンを製作するために、3D都市モデルと追加モデル、デザイン素材を活用した。  
ARアプリとの連携のためにARタグ情報を、タンジブルIFとの連携のために建物位置等の情報を活用した。



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.2 システム機能

### VR表示アプリのシステム機能

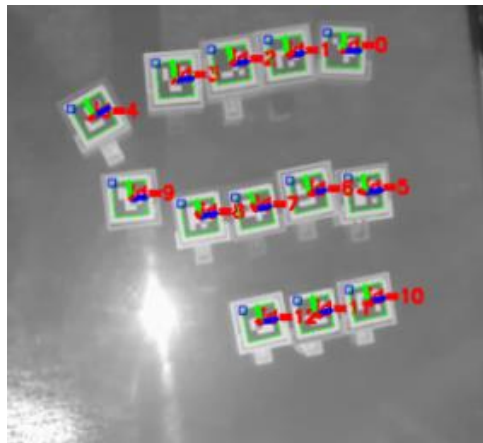
機能名	説明
シーン構築・VR表示	<ul style="list-style-type: none"><li>• タンジブルインタフェースの架台上の模型（マーカー）の位置情報をリアルタイムに取得、送信</li><li>• マーカーの位置情報を受信し、シーン（3D空間）を構築</li><li>• シーンの人視点での景観をヘッドマウントディスプレイに表示</li></ul>
ARタグ表示	<ul style="list-style-type: none"><li>• シーン上に、ARアプリで取得したタグ情報を表示</li></ul>

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

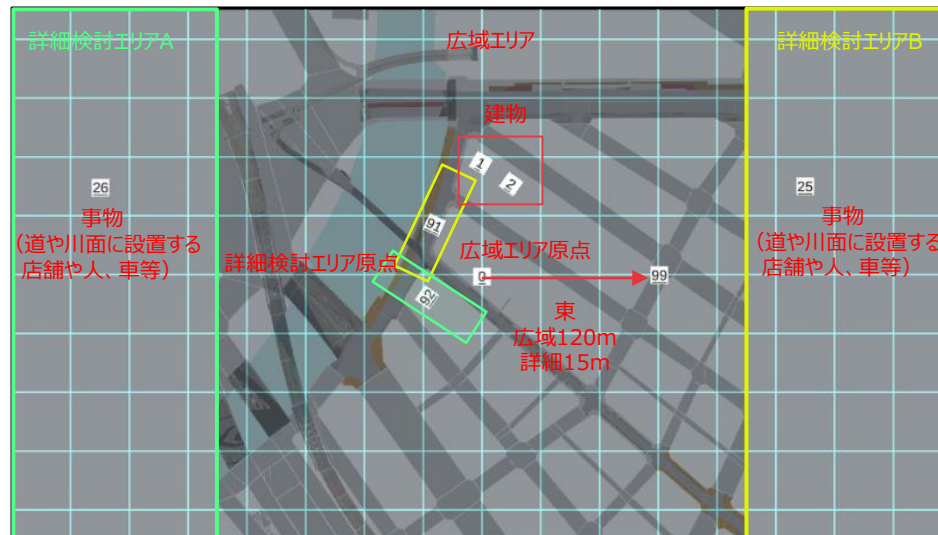
## 3.2 システム機能

### シーン構築・VR表示

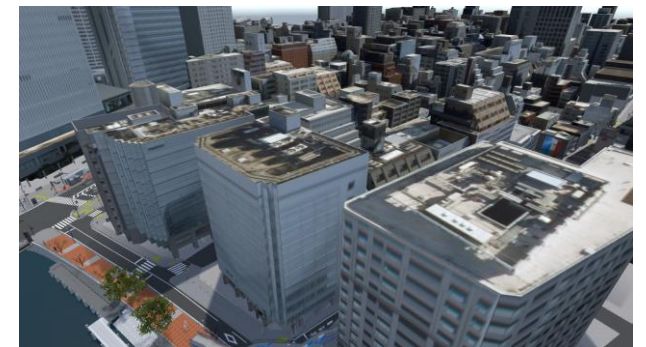
- OpenCV ArUcoモジュールを使用し、架台上の駒底面に貼り付けたArUcoマーカの二次元座標を取得・送信する。
- UNetを使用し、ArUcoマーカの二次元座標を受信し、0番のマーカを原点、0番のマーカから99番のマーカへの方向を東、距離を120mとして三次元座標に変換する。
- 変換した三次元座標をもとに、3D空間上に対応する3Dモデルを配置する。
- SteamVR Pluginの表示機能を使用し、3D空間のVR映像をヘッドマウントディスプレイに表示する。
- PCに拡張ディスプレイとしてモニターやプロジェクターが接続されている場合、2番目のディスプレイに、あらかじめ登録しておいた地図画像に事物の検討状況を重ね合わせた検討エリアの上面図を表示する。
- 事物の種類、座標をCSV形式で入出力する。入力された場合、出力時の事物の種類、座標をもとに事物の複製を配置し表示する。



①駒の二次元座標取得



②座標変換・シーン構築



③VR表示

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.2 システム機能

### ARタグ表示

- UnityのHTTP通信機能を使用し、ARタグ付けアプリのデータベースにアクセスする。
- ARタグ付けアプリのデータベースから、ARタグのID、座標を取得。
- ARタグ付けアプリ、VR表示アプリそれぞれの原点とスケールをもとにした差分を各タグの座標に加算することでVR表示アプリ用に座標変換。
- 変換された座標をもとに、3D空間上にタグを表す球体を生成し、表示する。

```
# 建物オブジェクト
{
  gmlID: string,
  bldgID: string,
  height: number,
  footprint: [{
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }..],
  center: {
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }
}
```

①データベースからデータ取得



②3Dオブジェクトを生成






③3D空間上に表示

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.3 アルゴリズム

### VR表示アプリのアルゴリズム

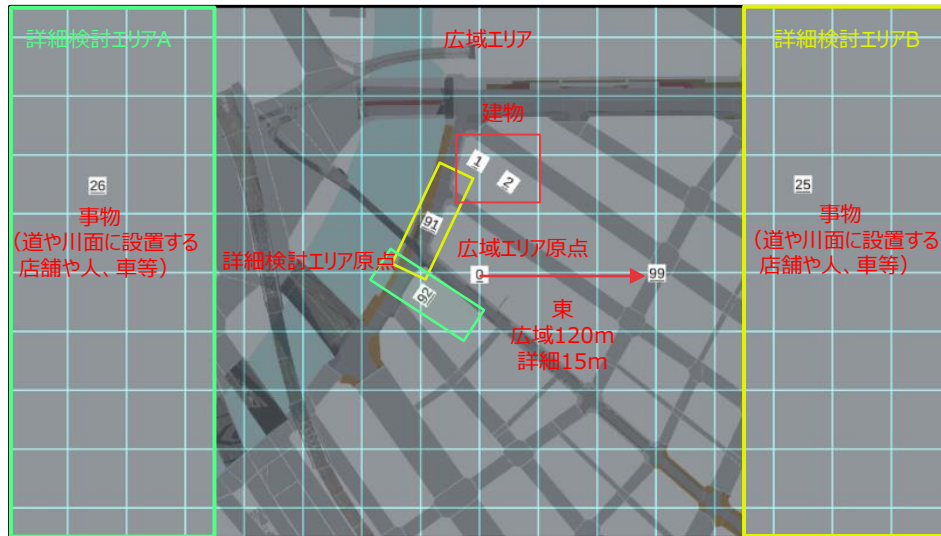
アルゴリズム	説明
① タンジブル座標読み取り 	OpenCV ArUcoモジュールを使用し、架台上の駒底面に貼り付けたArUcoマーカの二次元座標を取得・送信する。
② タンジブル/VR座標変換 	UNetを使用し、ArUcoマーカの二次元座標を受信する。 受信した二次元座標を三次元座標に変換し、シーンを構築する。 次ページで詳細を説明する。
③ プロジェクター用画像生成 	PCに拡張ディスプレイとしてモニターやプロジェクターが接続されている場合、2番目のディスプレイに検討エリアの上面図を表示する。
④ ARタグ表示	ARタグ付けアプリ、VR表示アプリそれぞれの原点とスケールをもとにした差分をタグの座標に加算することで座標変換を行い、 変換された座標をもとに、シーン上にタグを表す球体を表示する。

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.3 アルゴリズム

### タンジブル/VR座標変換のアルゴリズム詳細

アルゴリズム	説明
②-1 タンジブル座標 → 広域エリア座標	OpenCV ArUcoモジュールを使用し、架台上の駒底面に貼り付けたArUcoマーカの二次元座標を取得・送信する。UNetを使用し、ArUcoマーカの二次元座標を受信し、0番のマーカを原点、0番のマーカから99番のマーカへの方向を東、距離を120mとしてスケール値を設定し、三次元座標に変換する。
②-2 広域エリア座標 → 詳細エリア座標	91番、92番のマーカは詳細検討エリアの原点となり、置かれた向きと、広域エリアの8倍のスケール値からなる独自の詳細座標系を設定する。左右の詳細検討エリアに配置された事物はこの詳細座標系に従って配置される。



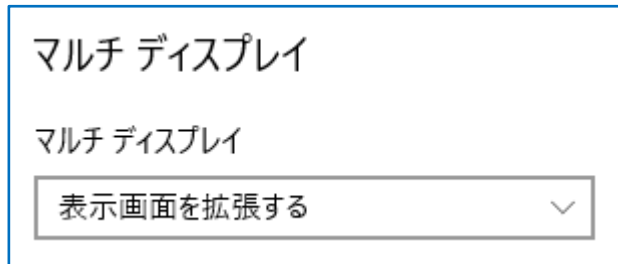
マーカ配置イメージ

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

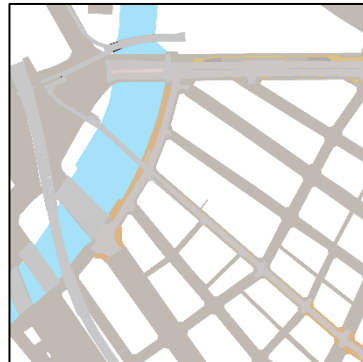
## 3.3 アルゴリズム

### タンジブル/プロジェクター用画像生成

アルゴリズム	説明
③-1 ウィンドウ生成	起動時、拡張ディスプレイが設定されていることを確認し、設定されている場合は上面図表示用のウィンドウを生成する。尚、プロジェクターもディスプレイとして扱われる。
③-2 上面図生成	上面図は以下の要素を重ね合わせて生成する。 <ul style="list-style-type: none"><li>• あらかじめ登録した地図の画像</li><li>• 上面図生成用に用意した事物の映像</li></ul> 事物の映像は平行投影（遠近差による大きさの変化を考慮しない投影方法）で、3D空間上の上空400mから真下に向けて撮影される。
③-3 上面図描画	生成された上面図を上面図表示用のウィンドウに表示する。



マルチディスプレイ設定画面



地図画像



事物の映像



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

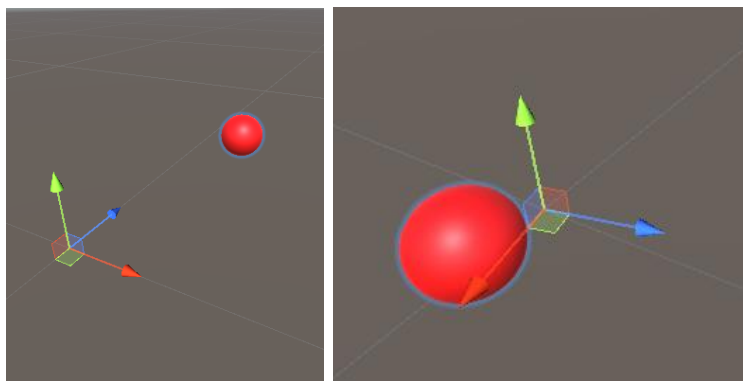
## 3.3 アルゴリズム

### タンジブル/ARタグ表示

アルゴリズム	説明
④-1 ARタグデータ取得	UnityのHTTP通信機能を使用し、ARタグ付けアプリのデータベースにアクセスする。 データベースから、座標系の方向とスケール、各ARタグのIDと座標を取得。
④-2 座標変換	ARタグ付けアプリ、VR表示アプリそれぞれの原点とスケールをもとにした差分を算出する。 各タグの位置座標に差分を加算することで、VR表示アプリ用に座標を転換し、3D空間上の位置を算出。
④-3 表示	変換された座標をもとに3D空間上の、Unity内に標準で用意されている球体の3Dモデルを生成し、表示する。

```
# 建物オブジェクト
{
  gmlID: string,
  bldgID: string,
  height: number,
  footprint: [{
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }..],
  center: {
    latitude: number,
    longitude: number,
    altitude: number
  }
}
```

ARタグデータ取得



座標変換

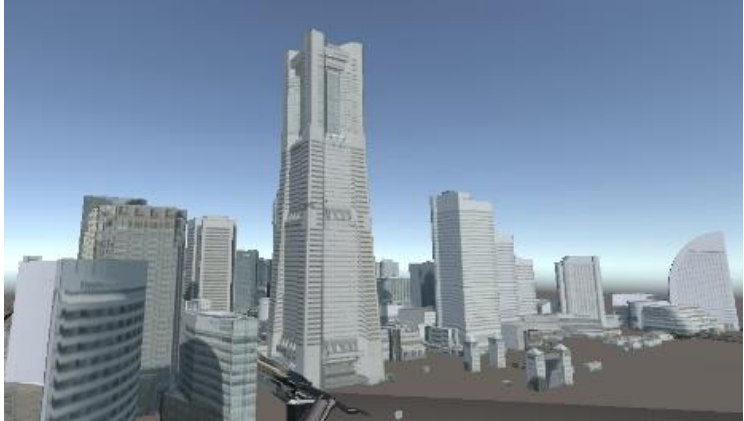


表示

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 3D都市モデル一覧

表 活用した3D都市モデル（1）

地物	形式	モデル
建築物LOD2モデル	<ul style="list-style-type: none"><li>FBX形式</li><li>53391520_bldg_6677.fbx</li><li>53391530_bldg_6677.fbx</li><li>53391531_bldg_6677.fbx</li><li>53391540_bldg_6677.fbx</li><li>53391541_bldg_6677.fbx</li><li>53391550_bldg_6677.fbx</li><li>53391560_bldg_6677.fbx</li><li>53391449_bldg_6677.fbx</li></ul>	 

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 3D都市モデル一覧

表 活用した3D都市モデル（2）

地物	形式	モデル
建築物LOD3モデル	<ul style="list-style-type: none"><li>FBX形式 53391530_bldg_6677.fbx 53391540_bldg_6677.fbx</li></ul>	
道路LOD3モデル	<ul style="list-style-type: none"><li>FBX形式 53391530_tran_6677.fbx 53391540_tran_6677.fbx</li></ul>	
都市設備LOD3モデル	<ul style="list-style-type: none"><li>FBX形式 53391530_frn_6675.fbx 53391540_frn_6675.fbx</li></ul>	

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ


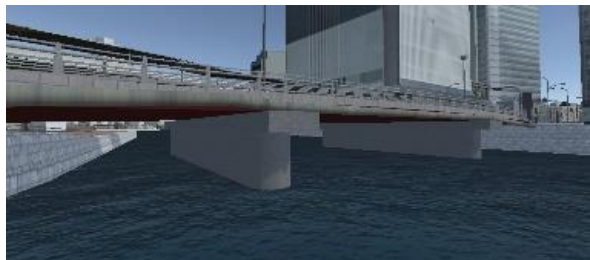

## 3.4 データ ①活用データ | その他の活用データ一覧

活用データ	内容	データ形式	出所
ビル敷地モデル	ビル下面の敷地部分、道路との接続部までのモデル	FBX	独自作成
歩道・橋モデル	歩道や橋のディテール（手すり、床面等）のモデル	FBX	独自作成
植栽モデル	植物のモデル	FBX	独自作成
河川・河岸モデル	水面の動き、反射を含む河川のモデル	FBX	独自作成
ストリートファニチャーモデル	ワークショップでエリアに配置検討する事物のモデル	FBX	独自作成

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル


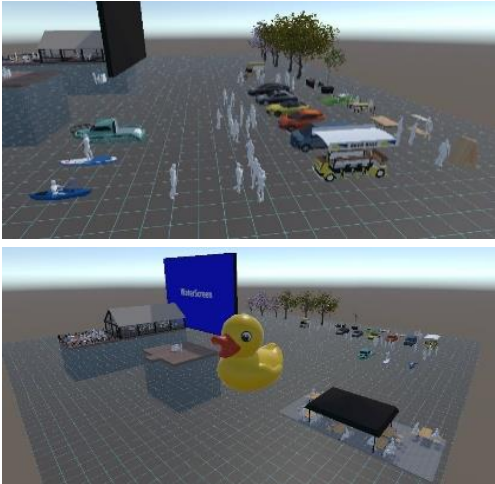
表 独自に作成したモデル（1）

対象モデル	作業工程/内容	モデル	使用ソフトウェア
ビル敷地	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビル下面の敷地部分、道路との接続部までを製作</li> <li>敷地部分のマテリアルを製作</li> </ul> ※3D都市モデルには含まれていない部分であったため、現地取材した写真等をもとに製作した		3DsMax
歩道・橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩道や橋のディテールがVRにおけるアイレベルでの提示において不十分な部分を追加製作 (手すり、床面のテクスチャー、橋の横及び下面、橋げた)</li> </ul> ※3D都市モデルには含まれていない部分であったため、フォトグラメトリによるモデルや現地取材した写真等をもとに製作した		3DsMax
植栽	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該エリア内植物の製作と配置</li> </ul>		3DsMax Unity

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

表 独自に作成したモデル (2)

対象モデル	作業工程/内容	モデル	使用ソフトウェア
河川・河岸	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川の製作、水面の動き、反射表現</li> <li>3D都市モデルの整備範囲外である河岸形状の追加製作</li> </ul>		3DsMax
ストリートファニチャー	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワークショップでエリアに配置検討する事物を製作 (追加歩道、追加河岸形状、人 (アニメーション付き)、看板、ウッドデッキ、テーブル/イス、芝生床、ハンモック、植木鉢、自動車、ピアバイク、船、ポート、カヌー、オープンカフェ、巨大オブジェ、水上ステージ、水上スクリーン、水上レストラン)</li> </ul>		3DsMax

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

### フォトグラメトリーによる基礎データ測量

- PLATEAUモデルには含まれないオブジェクトの寸法や護岸等のテクスチャの参考データを得るため、フォトグラメトリーによる測量を実施した。
- フォトグラメトリーとは、複数の写真から3Dモデルを作成する技術で、対象のオブジェクトに対して全体をくまなく撮影することで、精度の高い3Dモデルを作成することが出来る。

#### フォトグラメトリー測量の概要

実施目的	対象物の3Dmodel化のための基礎データ測量 (モデリング作業で寸法や位置あわせテクスチャなどの参考とする)
対象物	大岡川護岸、さくらみらい橋、住吉橋
撮影日	2022年6月20日(月) 曇り / 6月22日(水) 曇り (補足)
撮影人数	3名
カメラモデル	下記5種 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insta360 one R (Arashi Vision)</li> <li>• XF10 (FUJIFILM)</li> <li>• Canon PowerShot G9 X ( Canon )</li> <li>• Canon EOS M2 ( Canon )</li> <li>• Pixel 6 ( Google )</li> </ul>

## Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

### 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

フォトグラメトリーによる基礎データ測量

- フォトグラメトリーによるモデル化作業は、写真から3Dモデルを作成することができるReality Capture（ソフトウェア）を使用した。

#### ■使用ソフトウェア：Reality Capture

- 使用写真枚数：3979枚（うち、2910枚合成成功）
- モデル化範囲：200m×300m
- model情報：101パーツ、5.0M tris
- Modelテクスチャ：20x（簡素化ツール）
- 縮尺設定：コントロールポイント（起点・終点）



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

フォトグラメトリーによる基礎データ測量

- 撮影した写真から高密度点群データを生成した。

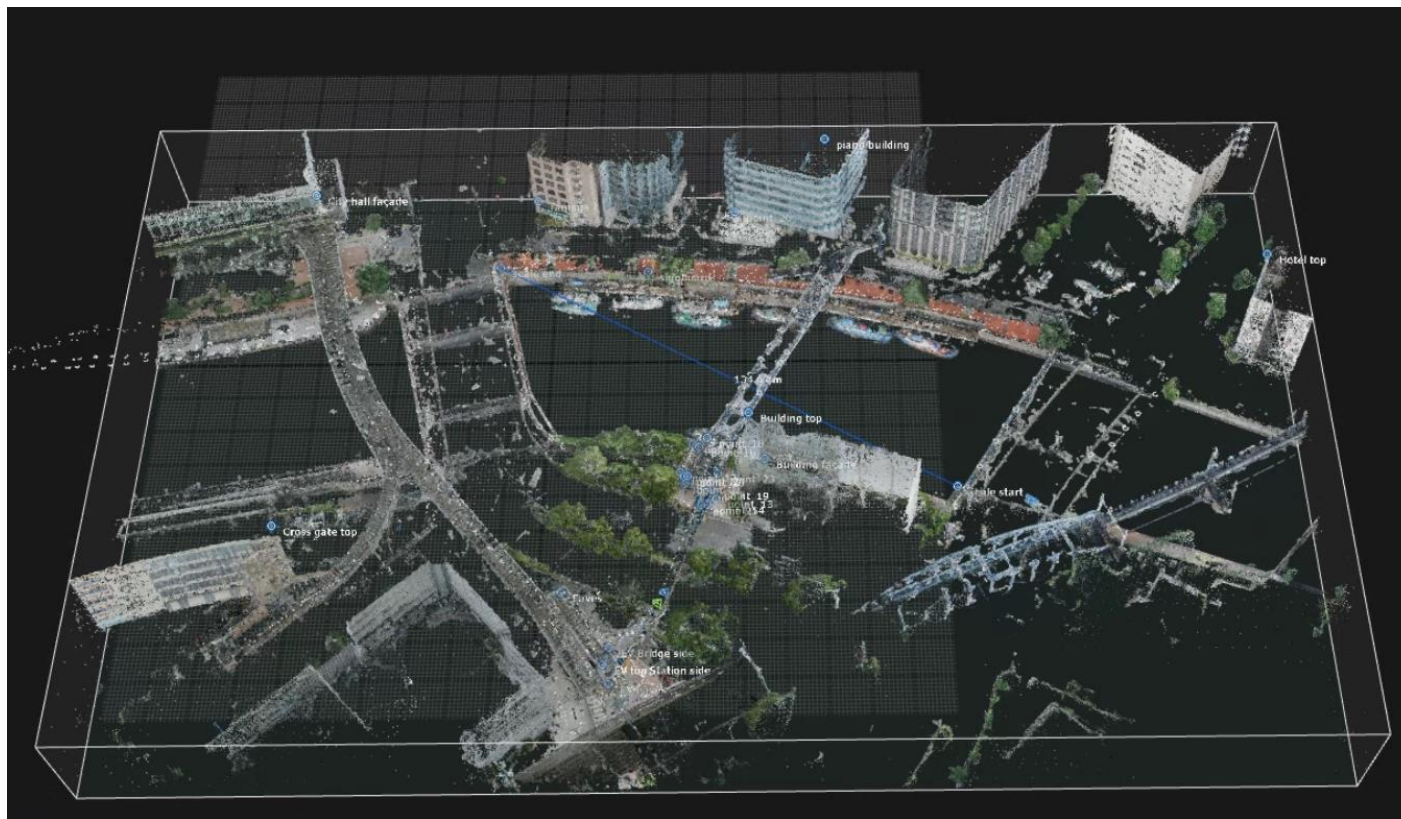


図 フォトグラメトリーによる点群データ



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

### ストリートファニチャータンジブル駒

- タンジブルセッション（WS）での参加者操作用のストリートファニチャーの3Dモデルを3dsMaxを用いて作成した。

表 ストリートファニチャーオブジェクトのリスト

	オブジェクト名		オブジェクト名		オブジェクト名
1	ピアノ	1 1	ビアバイク	2 1	水上スクリーン
2	キッチンカー	1 2	車	2 2	プロムナード
3	ベイバイクポート	1 3	樹木（プラタナス）	2 3	栈橋（新設部 1 箇所）
4	大看板（マルシエ等）	1 4	樹木（桜）	2 4	歩道（新設部 4 箇所）
5	マルシエスタンド	1 5	シーカヤック		
6	ウッドデッキ	1 6	サップ		
7	ベンチ&テーブル	1 7	水上タクシー		
8	芝生&ハンモック	1 8	水上ステージ		
9	プランター	1 9	水上アート（ビッグダッグ）		
1 0	オープンカフェ	2 0	水上レストラン		

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

### ストリートファニチャータンジブル駒

ピアノ	キッチンカー	バイクポート	大看板	マルシェスタンド
				
ウッドデッキ	ベンチ&テーブル	芝生&ハンモック	大きなプランター	オープンカフェ
				
ビアバイク	車	樹木 2種	歩道拡幅	
		 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カワイ楽器前</li> <li>・ホテルエディット前</li> <li>・駅の食卓前</li> <li>・バイ サイトビュー橋演(マンション)前 計4箇所</li> </ul> 	

図 ストリートファニチャーオブジェクト一覧 (1)

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

ストリートファニチャータンジブル駒

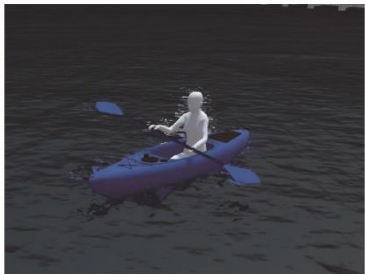
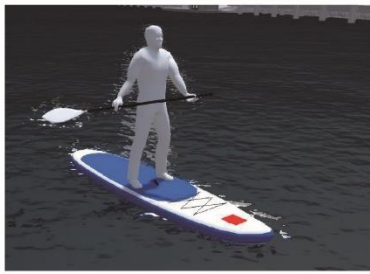









シーカヤック	サップ	水上タクシー	水上ステージ	水上アート(ビックダッグ)
				
水上レストラン	水上スクリーン	プロムナード	栈橋接続(新設)	
		 	 	

図 ストリートファニチャーオブジェクト一覧 (2)

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

ストリートファニチャータンジブル駒

### 3Dプリンターを用いた操作駒の製作

- 3Dプリンター用いて1/50スケールで操作用の駒を作成
- 各駒の底面には対応するArUcoMarkerを貼り付け  
※ArUcoMarkerは、カメラの姿勢推定に使用できるバイナリの正方形の基準マーカー



図 3Dプリンターによるストリートファニチャー模型



図 駒を用いたシーン検討の様子

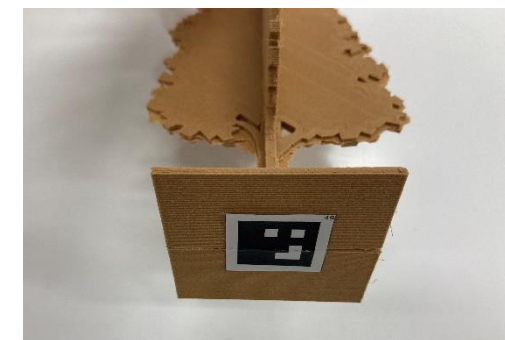


図 ArUcoMarker貼り付け

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ①活用データ | 独自作成モデル

ストリートファニチャータンジブル駒

### 模型のマーカーIDと3Dオブジェクトとの対応づけ

- 模型のマーカーID（0-99）は下表のように3D空間上のオブジェクト（建物やストリートファニチャー等）との対応付けを行った
- 幾つかのIDは、タンジブルインタフェース用機能として予約

マーカーID	種類	説明
0	基準マーカー1	座標変換時、3D空間の原点を指定するマーカー
1-16	建物	移動可能なビル
17	欠番	他のIDと誤認識が発生するため
18-20	建物	壁面アート追加ビル（川辺側、入船通川）
25-89	事物	道や川面に設置する店舗や人、車等
90	ユーザー	VR表示時、3D空間上のユーザーの位置を指定するマーカー
91	詳細検討エリアA	座標変換時、詳細検討エリアAの原点および方向を指定するマーカー
92	詳細検討エリアB	座標変換時、詳細検討エリアBの原点および方向を指定するマーカー
99	基準マーカー2	座標変換時、3D空間の方向、スケールを指定するマーカー

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ②データ処理 | 一覧

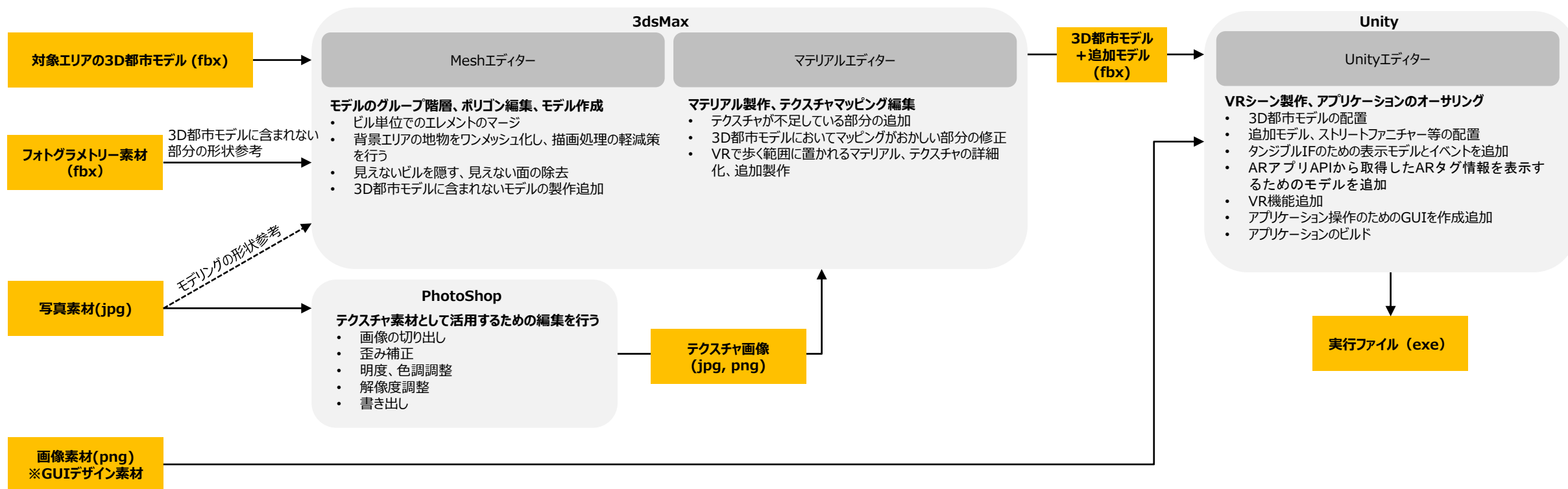
システムに入力するデータ (データ形式)	用途	処理内容	データ処理ソフトウェア	活用データ (データ形式)
建築物LOD2データ (FBX形式)	VR空間の再現	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3dsMax Meshエディターによる、モデルのグループ階層、ポリゴン編集、モデル作成</li> <li>• 3dsMax マテリアルエディターによる、マテリアル製作、テクスチャマッピング編集</li> <li>• Unityエディターによる、VRシーン製作、アプリケーションのオーサリング</li> </ul>	3dsMax・Unity	Unityプロジェクトファイル
建築物LOD3データ (FBX形式)				
道路モデルデータ (FBX形式)				
都市設備モデルデータ (FBX形式)				
フォトグラメトリー素材 (FBX形式)				
写真素材 (JPG形式)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photoshopによる、テクスチャ素材として活用するための編集</li> <li>• 同上</li> </ul>	Photoshop・3dsMax・Unity	
画像素材 (PNG形式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unityエディターによる、VRシーン製作、アプリケーションのオーサリング</li> </ul>	Unity		



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ② データ処理

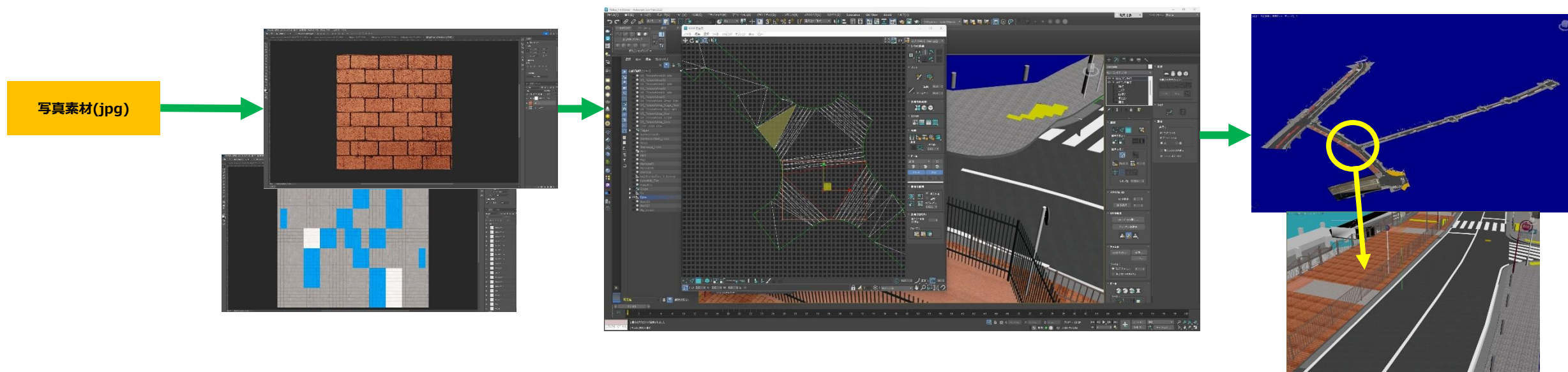
### 3D空間の再現



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.4 データ ②データ処理

### 3D都市モデルのテクスチャ編集



Photoshopにより、写真素材からテクスチャとして使用する部分を切り出し、テクスチャ画像として使用できるように編集を行う

3dsMaxのUVWマップモディファイアにより、テクスチャ画像を3D都市モデルに適用し、マッピング編集を行う

マッピングしたテクスチャ画像を含んだFBXデータとして出力する

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.5 タンジブルインタフェースUI・UX

### UI・UXの概要

- PLATEAU YOKOHAMA : Tangible は、実証エリアを再現した建築模型と、同エリアを再現したVR空間をダイナミックに連動させるツール
- 模型を使って検討した内容は、その場でVRゴーグルを使って原寸大で体験できる



図 今回製作したTANGIBLE Interfaceツール



図 検討シーンをVRで確認する様子

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.5 タンジブルインタフェースUI・UX

### タンジブルインタフェースの盤面構成

- 盤面は「広域検討エリア」と「詳細検討エリア（A/B）」の2種類の検討エリアを用意
- 詳細検討エリアについては、ワークショップの円滑な進行のため、2グループが同時に検討できるようにAとBの2テーブルを用意
  - ◆ 広域検討エリア…建物を動かしたり、出現・消去させるなど、都市スケールの改変検討が可能
  - ◆ 詳細検討エリア…アイレベルのシーン検討が可能



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインターフェース/VR表示アプリ

## 3.5 タンジブルインターフェースUI・UX

### 建物・事物の移動

- 左図のように模型を動かすことで、シーン内の建物や事物を移動できる



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインターフェイス/VR表示アプリ

## 3.5 タンジブルインターフェイスUI・UX

### 建物・事物の設置/消去


- 左図のように模型を置いたり/取り外したりすることで、シーン内の建物や事物を設置/消去できる



# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.6 VR表示アプリ ユーザーインターフェース

- VR表示アプリの機能紹介



The screenshot displays a VR application interface with a central 3D scene showing white human figures in a virtual environment. The interface is divided into several panels:

- Network Panel:**
  - Connection:
  - Buttons: Start Client, Stop Client
  - Address: localhost
- Control Panel:**
  - Adjust: [Button]
  - Flip Horizontal: [Button] | Flip Vertical: [Button]
  - Lock Tangible Items:
  - Projection Intensity: [Slider]
- Weather Panel:**
  - Time: Daytime, Evening, Night
  - Weather: Sunny, Rainy, Cloudy
- Save Tangibles Panel:**
  - Slot 1: Save, Load, yyyy/mm/dd hh:mm:ss
  - Slot 2: Save, Load, yyyy/mm/dd hh:mm:ss
  - Slot 3: Save, Load, yyyy/mm/dd hh:mm:ss
  - Slot 4: Save, Load, yyyy/mm/dd hh:mm:ss
  - Slot 5: Save, Load, yyyy/mm/dd hh:mm:ss

Callouts provide additional information:

- Marker reading function (reception)
- Connection PC IP address (multi-user use)
- Scene construction, map projection adjustment
- Projector image rotation
- Marker position lock
- Projector image color correction
- Scene construction time zone/weather change
- Save/load status of tangibles (5 slots)

# Ⅲ. 実証システム > 3. タンジブルインタフェース/VR表示アプリ

## 3.7 システムテスト結果

- タンジブルワークショップの流れに従いシステムテストを行い、いずれも問題なく動作した。

“#”の内容はシステム動作に関連しないため試験項目外

サーバー	クライアント1 (サーバーと同一PC)	クライアント2 (サーバーと別PC)	結果
システム起動、通信開始	起動、TUIプロジェクトに接続通信開始 & 位置調整 (Flip後にAdjust)	起動 (#会場投影用プロジェクトに接続) サーバーのIPアドレス設定して通信開始 & 位置調整 (クライアント1のAdjustのタイミングに合わせてAdjust)	合格
-	参加者が詳細検討エリアの模型操作	参加者が詳細検討エリアの模型を操作	合格
-	タンジブルの地図の輝度を上げる #グループ1がタンジブルの周りに集めて、操作説明をする 地図の輝度を元に戻す	タンジブルの地図の輝度を上げる #グループ2がタンジブルの周りに集めて、操作説明をする #説明の様子を会場プロジェクトに投影 地図の輝度を元に戻す	合格
-	検討状況に合わせて、カメラ位置を変更 最後の検討状況を保存する (クライアント1と2同時)	検討状況に合わせて、カメラ位置を変更 最後の検討状況を保存する (クライアント1と2同時)	合格
-	検討状況の保存を確認 (シーンのロード、確認、削除)	検討状況の保存を確認 (シーンのロード、確認、削除)	合格
-	-	発表に合わせて、カメラ位置を変更	合格
VR準備のため、通信終了、VR接続済みのクライアントと再度通信開始	VRヘッドマウントディスプレイ起動 クライアントを終了し、VRヘッドマウントディスプレイを接続し クライアントを再起動 通信開始 & 位置調整	VRヘッドマウントディスプレイ準備 クライアントを終了し、VRヘッドマウントディスプレイを接続しクライアントを再起動 サーバーのIPアドレス設定して通信開始 & 位置調整	合格
	参加者がVR内でのウォークスルーを体験 参加者がVR内でARタグを確認	参加者がVR内でのウォークスルーを体験 参加者がVR内でARタグを確認	合格
システム終了	システム終了	システム終了	合格



## Ⅲ. 実証システム > 4. タンジブル架台設計・製作

# タンジブル架台設計・製作

- マーカー読み取りカメラ及びプロジェクターの焦点距離を考慮し、盤面サイズ及び架台高を決定
- 架台は、移動運搬を可能とするため組み立て式とし、部材はオーダー寸法による製作が可能なミスミ（MISUMI）のアルミフレームを選択
- アクリル板盤面には、リア投射の可能性を見出せた窓用不透明ガラスフィルムを採用

□架台構造：骨格フレーム — アルミフレーム40mm角 ミスミ（MISUMI）

盤面素材 — 透明アクリル板 厚5.0mm

盤面表層 — 窓用半透明ガラスフィルム貼り付け

サイドパネル — プラダン 厚4.0mm

脚部 — ストッパー付キャスター ミスミ（MISUMI）

フレーム固定金具 — L型ブラケット ミスミ（MISUMI）

□構成機器：タンジブル操作PC

投影用単焦点プロジェクター（Vivitek DW282-ST）

プロジェクター投影反射用鏡

マーカー読み取り用WEBカメラ（ロジクールBRIO 4Kウェブカメラ）

# Ⅲ. 実証システム > 4. タンジブル架台設計・製作

## タンジブル架台設計・製作

架台設計図1

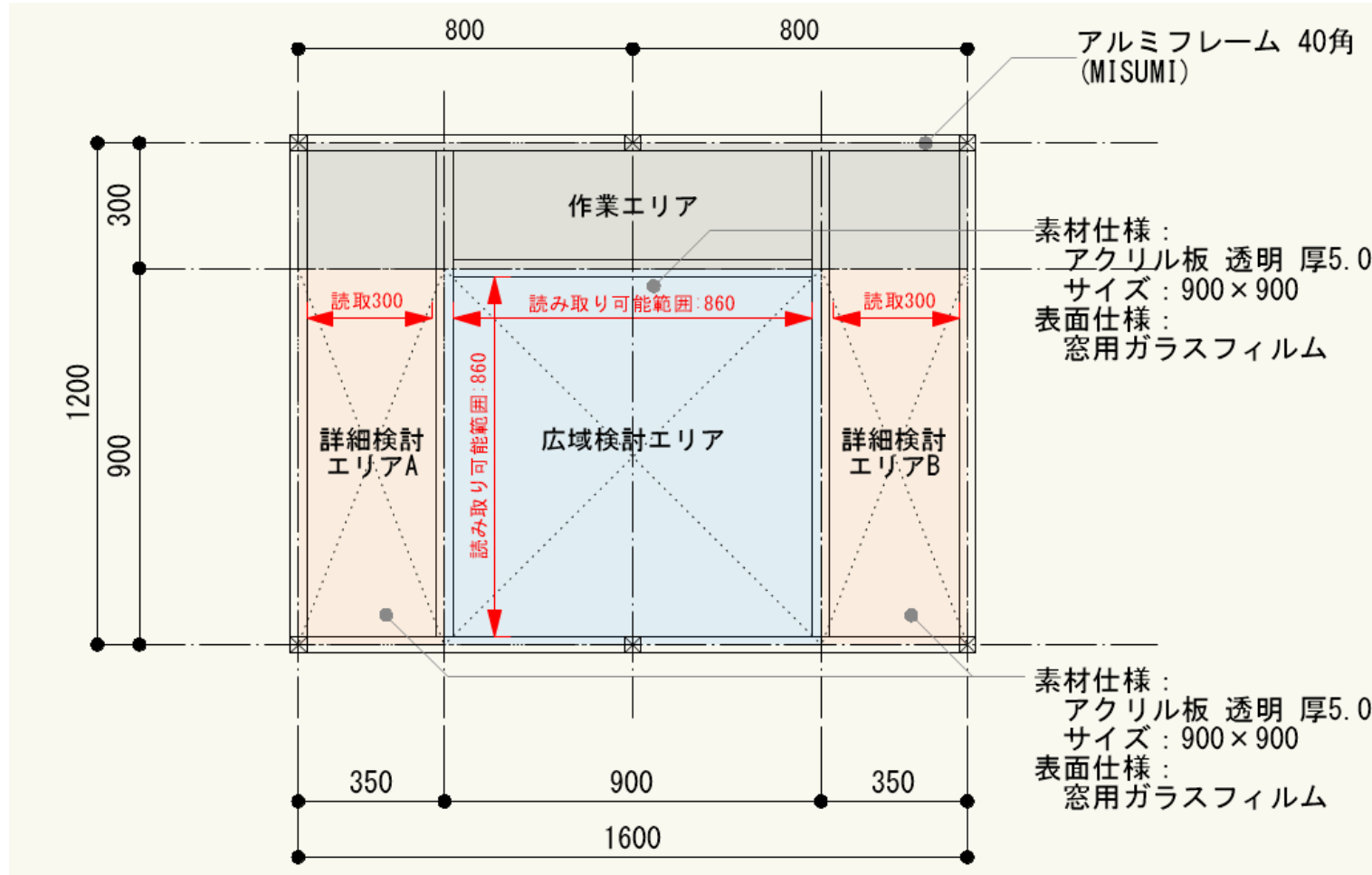


図 架台平面図

# Ⅲ. 実証システム > 4. タンジブル架台設計・製作

## タンジブル架台設計・製作

架台設計図2

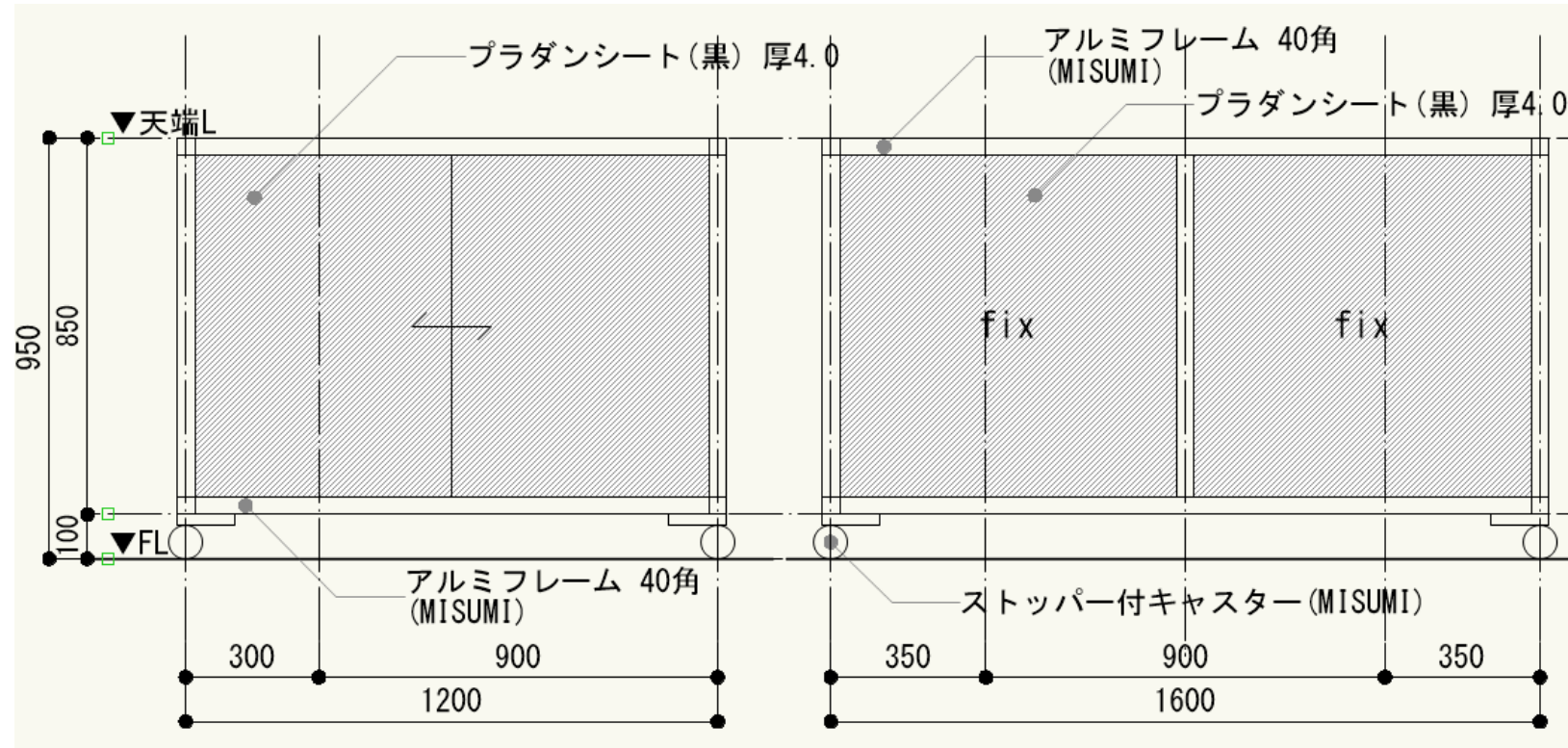


図 架台横立面図

図 架台正面立面図

# Ⅲ. 実証システム > 4. タンジブル架台設計・製作 タンジブル架台設計・製作

完成品



図 架台完成品



図 架台フレーム

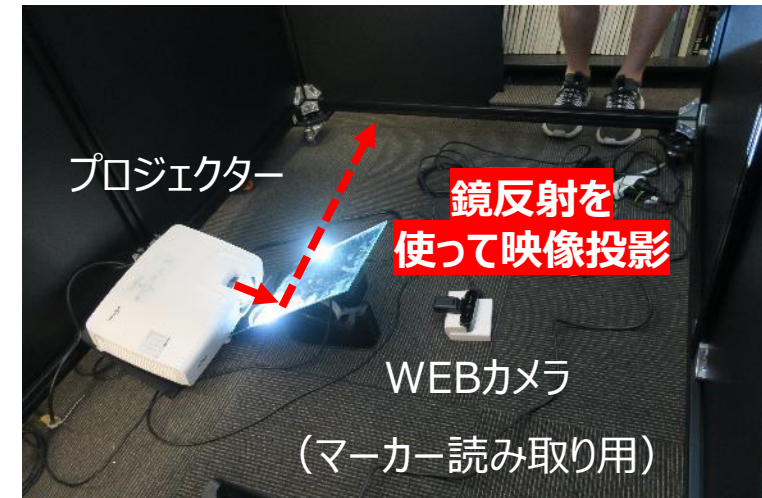


図 架台内部

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

## IV. 実証技術の検証 > 1. 検証の流れ

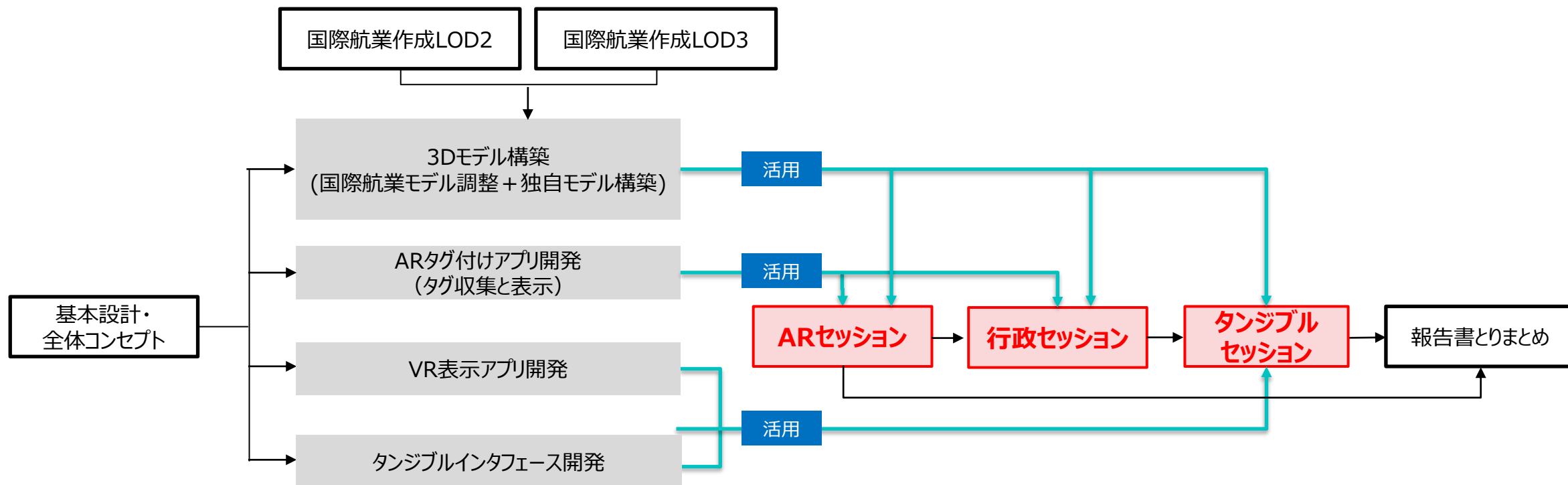
### ① 検証内容（全体フロー）

#### 検証目的

- 目標のイメージが共有でき、専門家と市民、さらには行政が対話しやすく、議論がポジティブに進行されるような道具であるかを検証する。
- 全体WSの目標は、『イリフネ・オオカガワエリアをみんなで楽しめるストリート&水辺にする！』とする。

#### 検証フロー

- 開発ツールを用いた検証フローは以下のとおり。



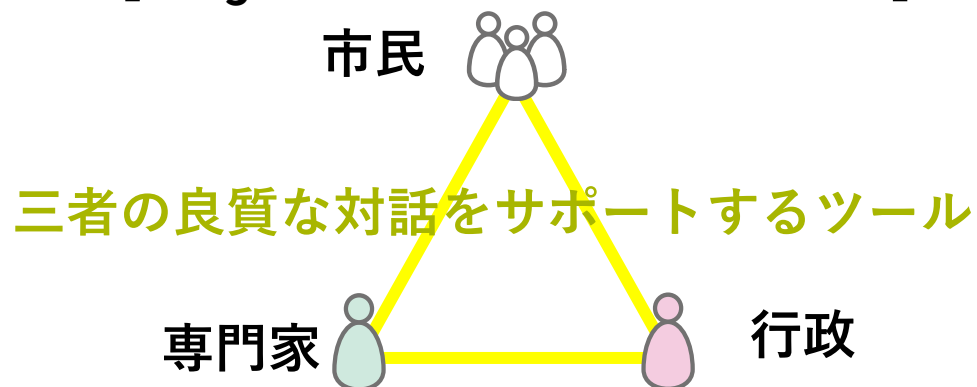
## IV. 実証技術の検証 > 1. 検証の流れ

### ② 検証方法

#### 検証の狙い

- 現在、都市に住む人々の生活様式、趣味嗜好はますます多様化している。一人一人が思い描く理想の生活、理想の働き方は異なるが、そうした人々が同じ都市空間を共有している。
- 従来、都市開発やまちづくりは、行政やデベロッパーなど、いわゆる開発する側が主導的にプロジェクトを進めてきた。
- しかしながら、今後は、都市に暮らし働く人々を中心に、都市に関わるあらゆる主体が一緒になって、自分たちの都市の未来を考え、作りあげていくことが求められる。
- “PLATEAU YOKOHAMA”のプロジェクトにおいては、空間に関する専門家と市民等の有効なコミュニケーションのためのタングブルインタフェースツールの開発とワークショップの企画を行い、実際に市民や専門家、行政を対象にワークショップを開催し、その実用性を検証する。

[Tangible Interface XRが目指すもの]



# IV. 実証技術の検証 > 1. 検証の流れ

## ② 検証方法

### 対象エリアの選定

- 横浜市庁舎の移転に伴って、新市庁舎周辺には大きな人の流れが生まれたのに対して、近接する大岡川沿いの通りや馬車道に抜ける横の通りは人通りが増えつつも、街の賑わいは従前と変わらず、点の魅力に留まり、エリアとしてのポテンシャルが活かしきれていない。
- この「もったいない」エリアを魅力的な街にするためにを議論のテーマに据え、今回はケーススタディとして「イリフネ・オオカガワ」エリアを選定。

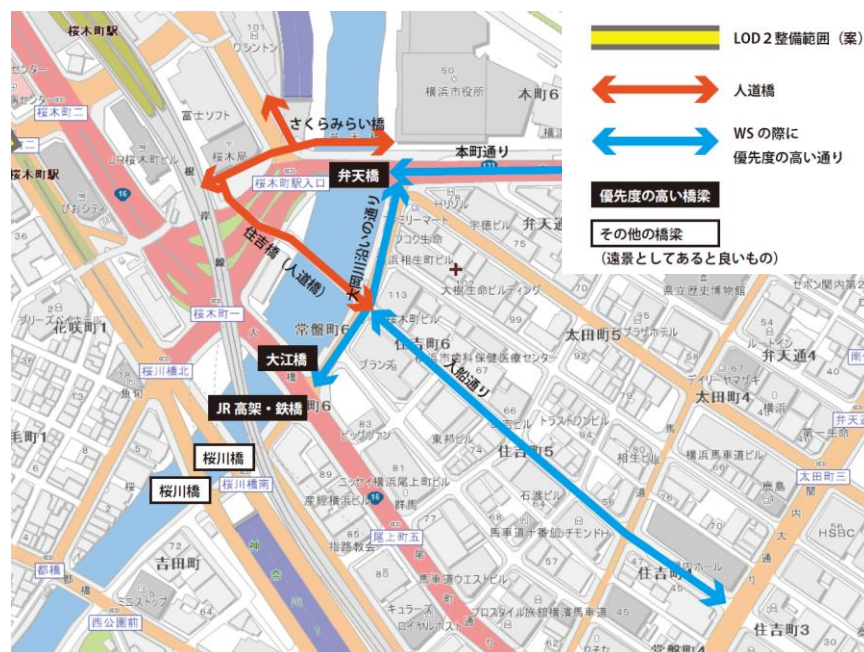


図 対象エリア



写真 大岡川側沿いの通り

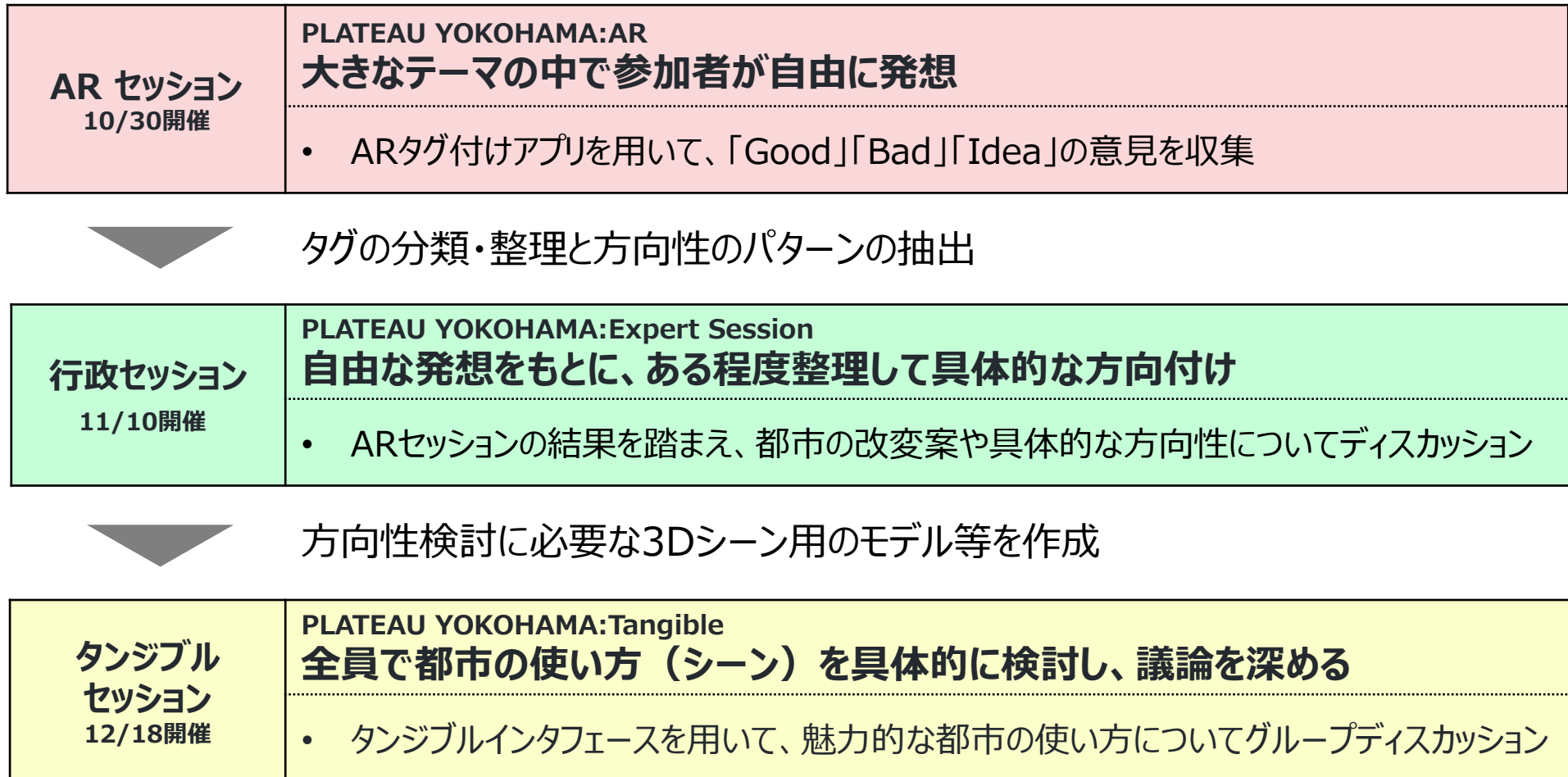
\* 本実験では横浜市市庁舎周辺の入船通り、大岡川沿岸地域を主対象エリアとしている。



# IV. 実証技術の検証 > 1. 検証の流れ

## ② 検証方法

### ワークショップ実施フロー



## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ① 検証内容

#### ARセッションの概要

- ARタグ付けアプリを用いて、まちに対する多様な意見の収集を実施。

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>一人一人がふと気づくような多様な意見を集め、まちのデータを集め、方向性検討の材料とする</li> <li>ARタグ付けアプリを使用した意見の収集方法の確立</li> </ul>
実施日時	令和4年10月30日（日） 10時30分～13時
実施場所	横浜市庁舎 1階市民協働オフィススペースAB 及び 現地まち歩き
対象者	地域の事業者・団体、まちづくり関係者、横浜市職員、都市開発デベロッパー、市民
参加者	23名（ほかオブザーバー2名）
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>本プロジェクトで開発したスマートフォン用のARタグ付けアプリを用いて、「Good」「Bad」「Idea」の意見を収集。</li> <li>実際のアーバンマネジメントの現場で使われることを想定し、そのエリアに住む住民や事業者、団体、市職員、それぞれの立場を仮定して対話を進める。</li> <li>川の水面利用、通りの活用を軸に、現在の実証エリアに存在する建物や設備などに対してのタグ付けコメントを収集。</li> </ul>

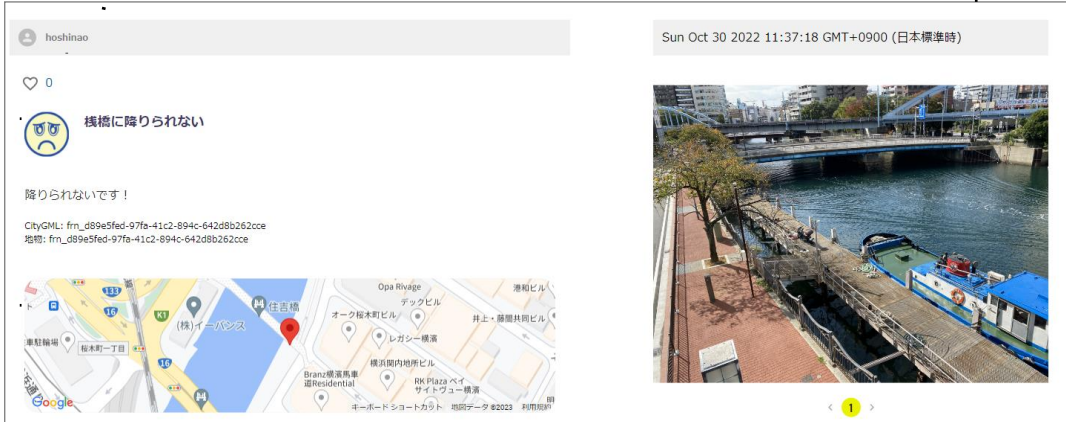
# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ① 検証内容

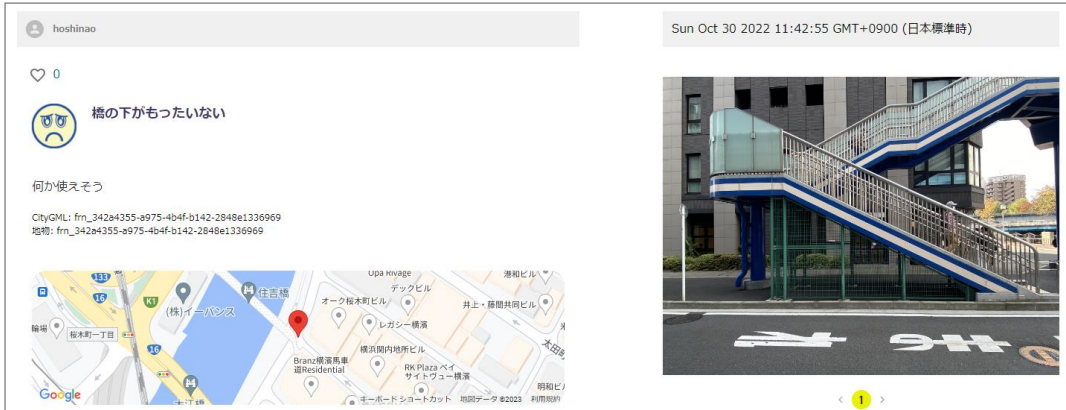
### ARアプリの投稿リスト表示の一例

いいね!数  
投稿タイトル  
Good/Bad/Idea タグ  
コメント  
位置情報

投稿写真



hoshinao  
0  
橋に降りられない  
降りられないです!  
CityGML: frn\_d89e5fed-97fa-41c2-894c-642d8b262cce  
地物: frn\_d89e5fed-97fa-41c2-894c-642d8b262cce  
Sun Oct 30 2022 11:37:18 GMT+0900 (日本標準時)



hoshinao  
0  
橋の下がもったいない  
何か使えそう  
CityGML: frn\_342e4355-a975-4b4f-b142-2848e1336969  
地物: frn\_342e4355-a975-4b4f-b142-2848e1336969  
Sun Oct 30 2022 11:42:55 GMT+0900 (日本標準時)

### タグの種類

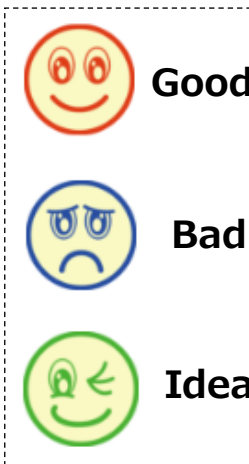


図 投稿リストの一例

## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ① 検証内容

#### 当日の流れ

- ワークショップは全3部での構成で実施
- 実証実験エリアにある「通り」と川の「水面」の活用を想定し、コメントとタグを収集
- コミュニケーションの質を高めるため少人数でのグループワーキングを設定

#### 10:30~11:10 第1部 説明&課題提起

プロジェクト紹介  
進行説明  
課題提起（横浜市都市デザイン室：桂氏）  
ARアプリ操作説明

#### 11:10~12:10 第2部 現地まちあるき

Turn1 (25分) Good とBad 小グループ単位で行動  
Turn2 (15分) Idea (GoodとBad気づいたら適宜投稿)

#### 12:10~13:00 第3部 振り返り

各小グループ（3人程度）ごとに振り返り  
各小グループごとにコメント（1分×10）& 全体振り返り  
今後について説明/アンケート協力をお願い

## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ① 検証内容

#### まちあるきの視点設定

##### ● 水辺／オオオカガワ

- ・ 川の水面・護岸活用の視点から賑わいを創出する想定でタグ付をする
- ・ 川側から見た通りや、通り側から見た川など視点を変えて周囲をみる

##### ● 通り／イリフネ

- ・ 通りの活用の視点から賑わいを創出する想定でタグ付をする

#### まちあるきの進め方

##### ● まちあるきTurn1 Good/Badを集める

- ・ まずは対象地に対する一人一人の気づきとして Good/Badを投稿してもらう
- ・ Good…良い所、おすすめの所、好きな所、好感をもてた所など
- ・ Bad…いやな気持ちになった所、もったいないと思った所など

##### ● まちあるきTurn2 Ideaを集める

- ・ Turn1で得られたGood/Badの情報及び、他投稿者のタグ付けを踏まえて、よりよい街にするためのIdeaを投稿してもらう
- ・ 適宜、Good/Badも追加

# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

まちあるきおよび  
ワーキングの様子



写真 アプリ操作のレクリエーションの様子



写真 大岡川側沿いの通り

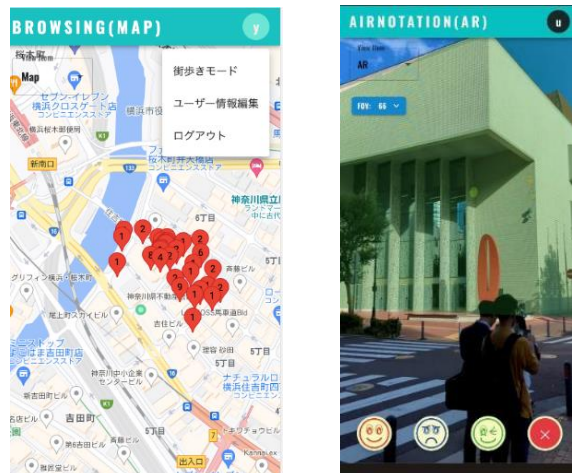


図 ARタグ付けアプリ画面



写真 グループごとのテーブルワークの様子



## ② 検証結果

### ARタグ付け投稿結果の概要

- ARタグ付けアプリによる投稿結果は右表の通り
- 45分程の短時間のまちあるきで200件近い投稿が得られた

表 ARタグ付け投稿数

Good	82件
Bad	61件
Idea	52件
合計	195件

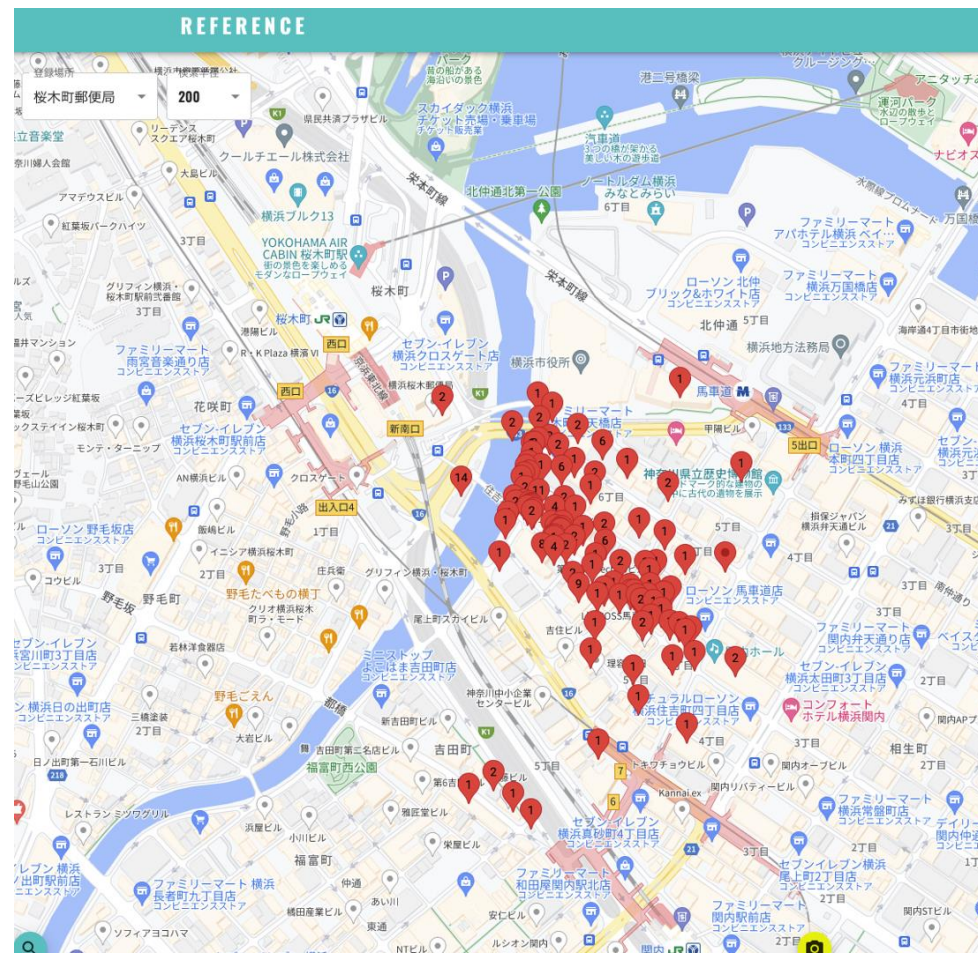


図 ARタグ付け投稿結果

# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

### ARタグ付け投稿の整理：水辺

- 投稿内容を「水辺」「通り」に分類
- 「水辺」の投稿結果について、「Good」「Bad」「Idea」のタグ種別ごとに投稿を項目分類して結果を整理

GOOD	BAD	IDEA
<p><b>— 景観</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>川辺歩道のデザインされた照明</li> <li>川辺歩道の植栽</li> <li>住吉橋の色彩の統一感</li> <li>栈橋の歴史を感じる雰囲気が良い</li> <li>住吉橋の高欄・照明のデザインが素敵</li> </ul> <p><b>— エリアの魅力、気つき</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋：昔ながらの横浜の風景が残っていて素敵！ みなとみらいの景色との対比も魅力！</li> <li>意外と川の水がきれい</li> <li>住吉橋の裏面に映る水面が映えている</li> </ul> <p><b>— 建物</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プライベート空間担っているが、川を望みながら休憩できるテラスがある（㈱イーパンス）</li> </ul> <p><b>— 活動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>サップが気持ちよさそう</li> </ul>	<p><b>— エリア全体</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>場所は良いので、シンボル性が欲しい</li> </ul> <p><b>— 橋梁関連</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>桜木町駅側の住吉橋の下が暗い</li> <li>住吉橋にエレベーターが整備されていない</li> <li>住吉橋と建物（㈱イーパンス）が接続されていない</li> <li>柳宗理デザインであることが一般の人は分からない</li> </ul> <p><b>— 川辺の道路空間</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大岡川沿いの歩道へアクセスしにくい</li> <li>川辺の歩道へのアクセスのしにくさが、川辺に対する心理的意識のハードルになっている</li> <li>川辺歩道と車道間の柵が高く閉鎖感を感じる</li> </ul> <p><b>— 活動</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋や船に一般の人がアクセスできない、開放されてない</li> </ul>	<p><b>— 新しい取組み（新規）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プロムナード整備（段々と川に降りていくような / 川に向かって開放する設え）</li> <li>川辺の歩行者動線と市役所街区との連続性創出（弁天橋の下に歩行者通路を設置）</li> <li>水上バー、水上レストラン、水上ショップ</li> <li>川辺を活かしたゲストハウス</li> <li>大岡川を眺めるカフェが欲しい（㈱イーパンス）</li> </ul> <p><b>— 既存を活かした新たな展開（回帰）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋、荷揚げ場の活用</li> <li>ルーフトップバー（㈱イーパンス）</li> <li>住吉橋の下を活用したストリートピアノ（河合楽器と連携）</li> </ul> <p><b>— 維持継続していきたい内容（継続）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋や護岸等の「らしさ」を大切にしていく。</li> </ul>

図 「水辺」に関する投稿結果の整理表1



# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

### ARタグ付け投稿の整理：水辺

- ARタグに添付される画像についても同様に、コメントと合わせて整理


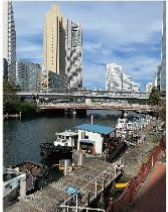











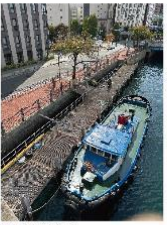







GOOD	BAD	IDEA
 <p>橋の裏に水面が映ってて良い</p>  <p>棧橋：昔ながらの横浜の風景が残っていて素敵！みなどみらいの景色との対比も魅力！</p>  <p>荒々しい棧橋：基礎の甘い手すり、グレーチング、棧橋の上に置かれたバイク。昔の港を彷彿とさせる、男たちの水辺</p>	 <p>入船通り端：横断歩道が無くフェンスで塞がれて大岡川にアクセスしづらい</p>  <p>弁天橋橋詰：横断歩道が欲しい！</p>	 <p>タグボート棧橋：らしい雰囲気。大切にしたい。水上バーの一軒でもあると嬉しい。</p>  <p>船上ショップとかレストランとか</p>
 <p>SAPしてる：気持ちよさそうですね！どんな景色が見えるのだろうか？</p>  <p>大岡川の棧橋：運河の歴史を感じる</p>  <p>川辺のビル：テラス席で休んでいる人</p>	 <p>橋から入らない：ホテルエディット 素敵なのに橋から入れない</p>  <p>橋の下が暗くて少し怖い：行きやすいとベター</p>  <p>エレベーターがない：ベビーカーで、知らずにここまで来てしまうとガッカリそう</p>  <p>船に降りたい 橋に降りられない</p>	 <p>橋の方向に開く入り口とか川を眺めるカフェとか欲しい</p>  <p>川に向かって開放する設えにして欲しい：段々で川に下がっていったりプロムナード整備したり</p>
 <p>橋の照明：橋の照明が丸っこくてかわいい</p>  <p>橋載</p>  <p>川を眺めながら一休みしてる：ビルのプライベートな空間</p>	 <p>フェンスがある事で歩道にはいりにくかったり、通りに移動しづらい</p>  <p>通行不可な区間が長すぎる：川に対する心理的なハードルになっている</p>	 <p>橋の下のストリートピアノ：河合楽器さん協力</p>  <p>川辺にゲストハウス：すっごく細くても構わないので、川辺でお酒飲めたら飲まれるゲストハウスを立てて欲しい 柳宗理とか嶋マニアが来そう</p>  <p>船デッキを活用した入口：もっと開けた感じにできないか</p>  <p>荷揚げ場：活用</p>

図 「水辺」に関する投稿結果の整理表2

# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

### ARタグ付け投稿の整理：通り

- 投稿内容を「水辺」「通り」に分類
- 「通り」の投稿結果について、「Good」「Bad」「Idea」のタグ種別ごとに投稿を項目分類して結果を整理

GOOD	BAD	IDEA
<p>—まちなにぎわい</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>街へのにじみ出しがよい感じ（ラ・テンラロッサ、驛の食卓）</li> <li>路上に開いたお店（驛の食卓）</li> <li>防火帯建築のリノベーションが魅力的</li> <li>外から店舗内の様子が見える感じがよい</li> <li>セットバックされた空間はイベントに使えそう</li> <li>ピアノの発表会の音が聞こえる</li> <li>飲食店の音楽が聞こえる、入りやすい</li> </ul> <p>—エリアの魅力、気づき</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>飲食店を発見（おでん、うどん屋、イタリアン、ステーキ &amp; グリル、トースター、パン屋、フルーツサンド、ワインショップ、ベーカリーカフェ、クラフトビール、）</li> <li>飲食店の集積地、個人店が多くあって魅力的</li> <li>好きな通り、美味しいお店が沢山（東邦ビル前面）</li> <li>お店の屋上の素敵な空間</li> <li>歴史性（防火帯建築、西洋歯科医学発祥の地の碑）</li> <li>バリアフリー化された飲食店</li> <li>レトロな雰囲気</li> </ul> <p>—景観</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>いい感じの看板群</li> <li>街路樹</li> <li>電柱が地中化されていて街並がスッキリ</li> </ul>	<p>—エリア全体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ブランディング迷子 ・ 通りが狭い ・ 暗い雰囲気</li> <li>公開空地の境の壁・柵・ゴミ箱（セットバックの意味なし）</li> <li>通りの入口で賑やかさが切れている、ビジネス街っぽい感じ</li> </ul> <p>—活用、にぎわい</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>テナントが入っていないビル ・ 低未利用の駐輪場</li> <li>道路空間活用上、歩道と道路空間を遮る植栽帯が邪魔</li> <li>公開空地の使い方がもったいない（ベイサイトヴュー横濱）</li> <li>1階の店舗等がまちに開かれて欲しい（河合楽器など）</li> </ul> <p>—道路・建物・橋梁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>川沿いの通りは一方通行でよい ・ 車椅子の難所</li> <li>住吉橋から入船通の降り口、ホテルエディットに入れない</li> </ul> <p>—景観</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>看板のテイストがいまいち（「ラ・テンラロッサ」上）</li> <li>歩道の植栽の手入れが不十分</li> <li>トランスボックス（変圧器）が店舗正面にあるのは邪魔</li> <li>ウォークアビリティとしては車の出入口はいまいち</li> <li>オープンスペースを塞ぐほどの大きな看板（横浜福島ビル）</li> <li>物が置かれているだけの花壇 ・ 路上駐車</li> <li>花や緑が少ない（川沿いの歩道） ・ 自販機</li> <li>案内板への落書き ・ 通りの標識がない</li> </ul>	<p>—新しい取組み（新規）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>川沿いの通りをパークレット化、車道を人のための空間へ</li> <li>街なかにベンチなどの休憩スポットを設置</li> <li>歩行者天国</li> <li>人との繋がりが出来る場が必要</li> <li>入船通の道路幅員を狭めて、歩道を拡幅</li> </ul> <p>—既存を活かした新たな展開（回帰）</p> <p>[ハード]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>住宅用途の1階はにぎわいを生む用途にする</li> <li>敷地内の駐車場などを貸しスペースとして活用</li> <li>小規模店舗等の屋上活用、緑化 + 開放</li> <li>歩道橋の階段下活用（みんなの本棚的な活用とか）</li> <li>壁面の活用（プロジェクトマッピング、ウォールアートなど）</li> </ul> <p>[ソフト]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>お店から歩行者への発信、知る入るきっかけづくり</li> <li>エリアの魅力的なお店の繋がりが見えるといい</li> </ul> <p>OTHER</p> <p>—システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ARで文化遺産などは見渡せるとよい</li> <li>自分が向いている方向が分からない</li> </ul>

図 「通り」に関する投稿結果の整理表1

# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果



PLATEAU  
by MLIT

### ARタグ付け投稿の整理：通り

- ARタグに添付される画像についても同様に、コメントと合わせて整理




















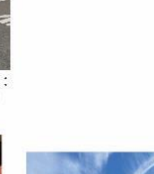







GOOD	BAD	IDEA
 <p>通りが良い：美味しい店がたくさんある</p>  <p>防火建築帯の建物をうまくリノベしている</p>	 <p>変圧器：邪魔</p>  <p>もったいない通り：一方通行が良い</p>	 <p>緑の柵を撤去してみんなの本格的なのをやろう</p>
 <p>雰囲気良い：個人店も多くありそう 街灯もありメイン通りの雰囲気がある</p>  <p>セットバック：広くセットバックされている。イベントなど何か使えそう</p>  <p>電柱の地中化：電柱が地中化されスッキリしている</p>	 <p>謎の看板：オープンスペースを塞いでいる</p>  <p>自動販売機</p>  <p>車椅子の難所：案内は地盤沈下のため路面が下がり、歩道が急傾斜になっている場所があります。</p>	 <p>住宅の一帯は別用途に：ウェルカムなまちに</p>  <p>トランスボックスを避けよう</p>
 <p>テラスのにじみ出し</p>  <p>ピアノの発表会？</p>	 <p>セットバックしても、柵があると良くない：ゴミ箱置き場になっている</p>  <p>道りが狭い：植栽は立派でよいけど、側に通りが狭い。</p>  <p>人通橋入船降り口：見通しを遮る</p>	 <p>もったいない、使いたい：なにかに使える階段下の屋根付き空間</p>  <p>道幅の変更：一通なに通幅が広いので、いっその車幅員を減らし歩道を拡張したら、もっと人を呼べると思う</p>
 <p>音楽がよい：道を歩いてて明るくなる、入りやすい</p>  <p>街路樹</p>	 <p>都会的：賑やかさが切れてしまう感じ。回遊性が途切れる</p>  <p>橋の下がもったいない：何か使えそう</p>  <p>河合楽器：入船通りが完全に裏手</p>	 <p>うまく使いたいオープンスペース：うまく使えないか</p>  <p>壁面の有効活用：やや古びてきているので、プロジェクションマッピングなどで有効活用できないか？ウォールアートとかできないか</p>

図 「通り」に関する投稿結果の整理表2

## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ② 検証結果

#### ARセッションで得られたアイデア

##### 水辺／オオカガワ

- 川辺に近い歩行者通路
- 棧橋・荷揚げ場の活用

##### 通り／イリフネ

- 通りの歩行者天国化、人中心のパークレット空間の創出
- ベンチ等を置いた居場所づくり
- 低層部のにぎわいづくり
- 川沿いの通りの一方通行化
- 公開空地の活用
- 歩行者空間へのにじみ出し
- 通りの縦横比を活かした上部を覆うような仕掛け、演出

# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

### 参加者アンケートによる検証

#### アンケート設問構成

1. 回答者属性（性別/職業/所属/年齢）
2. ARタグ付けアプリについて
  - アプリの分かりやすさや操作性、機能性などについて
3. ARアプリ×WS企画について
  - まちづくりWSにおけるARタグ付けアプリの有用性などについて
  - 総合評価
4. 自由意見

#### アンケート回収結果

- 80%以上の回答を得た

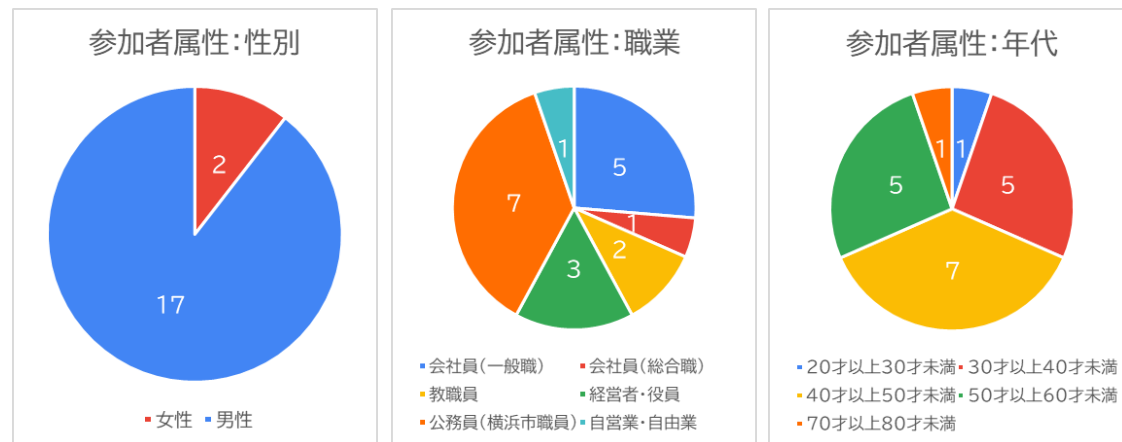
表 アンケート回答率

(参加者数)	23名
回答者数	19名
<b>回答率</b>	<b>82.6%</b>

### 参加者アンケートの結果

[参加者属性]

- 参加者は男性割合が多かった
- 職業は横浜市職員や1/3を占めたが、行政・専門家・市民の対話というプログラム構成から参加比率はおおむね適当であった
- 年代では30-50才代が8割を占めた



# IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

## ② 検証結果

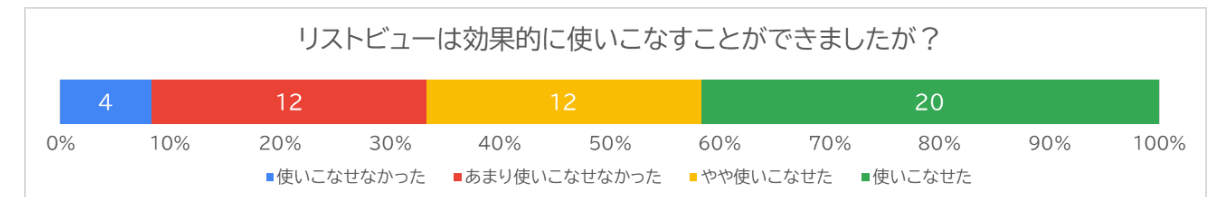
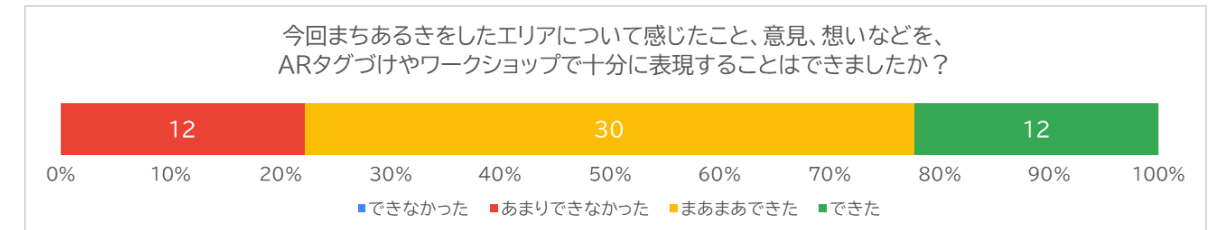
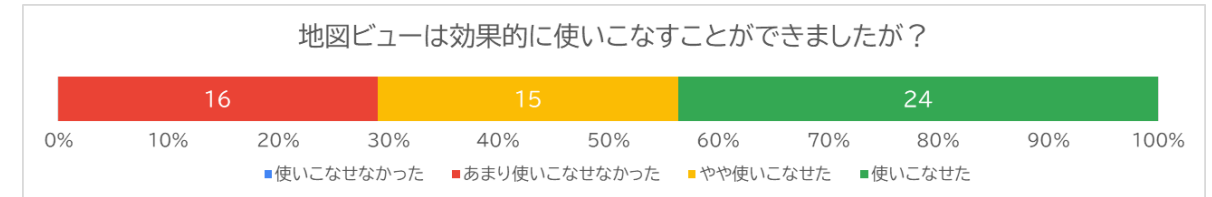
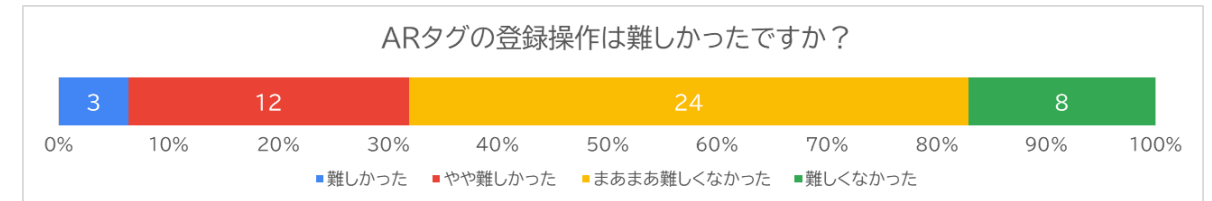
### 参加者アンケートの結果

#### [ARタグ付けアプリについて]

- ARでのタグ付け位置を合わせる操作に対しては、6割以上が難しさを感じた一方で、タグ投稿自体は約7割がスムーズな操作ができたと回答
- 投稿結果のリアルタイム共有について、地図ビュー及びリストビュー共に約7割が使いこなせた

#### 自由回答 (ARアプリ関連)

- プラトーのオブジェクトにタグ付けすることがまだ難しいですが、ここが簡単にできると非常にワークショップツールとして汎用性が出てくる
- デバイス操作やコメントを簡略化してもよい



## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ② 検証結果

#### 参加者アンケートの結果

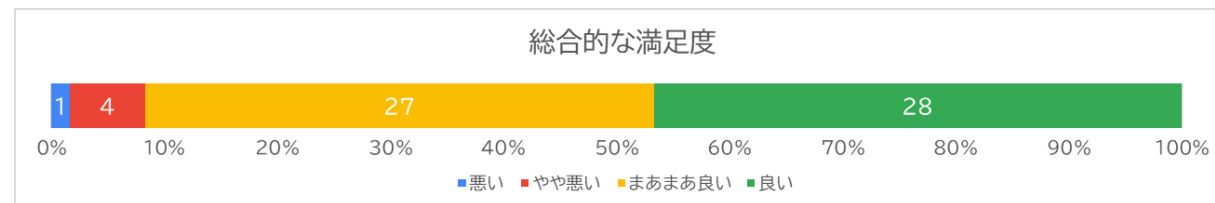
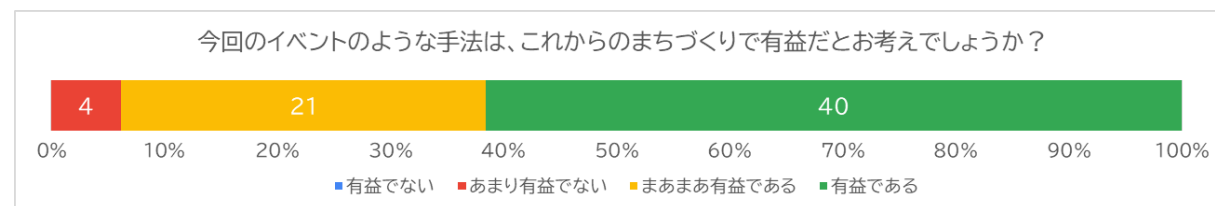
[ARアプリ×WS企画について]

- ARアプリを用いて多角的な視点からまちのデータを集める手法に対して、9割以上が有益と感じた

##### ARアプリの有益性を感じた主な理由

- いろいろな立場の人の意見、今までのWSで拾い切れていなかったような参加者の声も可視化することができる
- アイデアの集積・活用につながる
- 共有されていない良さ悪さはたくさん暗黙知として眠っている、コンセプトやつくられているアプリにとっても共感できた
- 言葉だけでは共有できない部分をより体験的なイメージを補うことができる
- 多くの人がスマホを持っているので、スマホとカメラでgood bad など簡単な感想をその場で入力していくのは良い
- 企画側の動機づけがあったので、タグ付けの観点に悩むことなく、まち歩きを楽しみながらワークショップを行えた

- ARセッションの総合満足度は、約9割が「良い」「まあまあ良い」と評価したが、残る1割はアプリ操作等に困難さを感じたことによるものと考えられる



## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ② 検証結果

#### 参加者アンケートの結果

##### [主な意見]

- デジタルで可視化してデータを合算できる点が有効
- 趣旨や取組み内容は非常に面白かった反面、ツールとしては発展途上な印象が有りました。ただ、今後の都市づくりに活かせる可能性を強く感じた
- まち歩きのタグ付け中は、操作でいっぱいになりがちだが、タグ付けしながら、立ち止まって、途中途中でグループで話し合う時間や何気ない会話から、いろいろなアイデアを考えるきっかけになった
- プラトーのオブジェクトにタグ付けすることがまだ難しいですが、ここが簡単にできると非常にワークショップツールとして汎用性が出てくると思った
- 街あるき時間が短かったので、もう少し確保してもらえるとアプリの使い方も含めて良かった



## IV. 実証技術の検証 > 2. 検証の実施 ARセッション

### ② 検証結果

#### 成果と課題

##### 【技術面について】

- これまで、同様のアプリでは空間座標に対してタグ付けすることが一般的であったが、CityGML由来のデータを活用することで、地物に対してタグ付けすることが可能となった。
- AR表示において、現実風景と3Dモデルの位置あわせに課題があった。今回実装した位置合わせ機能はユーザー端末のGPSの座標情報を利用して、3Dモデルが持つ位置情報と比較することで実現している。この方式では、ユーザー端末のGPS精度が十分でない場合にズレが生じることがわかった。また、一般的に普及しているユーザー端末のGPS精度は十分でないこともわかった。

##### 【合意形成や対話プロセス面について】

- これまでのフィールドワーク手法と比べて、参加者の様々な意見を写真と位置情報付きでその場でデータベースに記録できるメリットが大きい。少ない時間でも多くの意見を収集整理することができる。
- 振り返りワーク等で収集した情報を活用する場合、集計や可視化など簡易分析結果がすぐに閲覧できるなど、対話の際にも使いやすい機能やUIがあると、さらに活用の可能性が広がる。

## IV. 実証技術の検証 > 3. 検証の実施 行政セッション

### ① 検証内容

#### 行政セッションの概要

- ARタグ付け結果を踏まえて、専門的な視点での都市の改変案や具体的なアイデア・方向性のディスカッションを実施。

<b>目的</b>	ARセッションの結果を受けて、専門的な視点から意見を集約・整理し、タンジブルセッションに向けた具体的な方向付けやタンジブル駒のアイデア出しを目的とする
<b>実施日時</b>	令和4年11月10日（木） 18時30分～20時
<b>実施場所</b>	横浜市庁舎18階みなと2会議室
<b>対象者</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>横浜市職員</li> <li>専門家 参加型GISやシビックテック・オープンデータに関する専門家 1名 都市計画・都市デザインに関する専門家 1名</li> </ul>
<b>参加者</b>	10名（ほかオブザーバー1名）
<b>実施内容</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ARセッションの結果を踏まえ、都市の改変案、具体のアイデア・方向性などについてディスカッションを行う</li> <li>今回議論されたアイデアは、次回のセッションでタンジブルインターフェイスを用いた一般の方とのコミュニケーションツールの材料とする</li> </ul>

## IV. 実証技術の検証 > 3. 検証の実施 行政セッション

### ① 検証内容

#### 当日の流れ

- AR投稿結果の振り返り
- タンジブルインターフェイスツールの操作イメージの共有
- まちの改変案のアイデアや方向性について議論・検討、最終的に具体的な改変案 2 案を立案

#### 18:30~18:50 本日の概要説明

プロジェクトの流れ（確認）  
タンジブルインターフェイスの紹介  
本日の進行  
ARタグ付けWSの投稿結果

#### 18:50~20:00 アイデアや方向性について

テーマ：ストリート

- ARタグ付けWSの振り返り
- まちの構造の変更プランを検討（2案）

テーマ：水辺

- ARタグ付けWSの振り返り
- 水辺を活かした変更プランを検討（2案）

#### 20:00 クロージング

トランクタンジブルによるデモンストレーション & 体験会

# IV. 実証技術の検証 > 3. 検証の実施 行政セッション

## ① 検証内容

### 議論の進め方

- 「水辺」「通り」の各テーマに分かれて、都市の変更案を検討（2×2＝4案を想定）
- タンジブルセッション時のシーン検討に必要なオブジェクトのアイデアも合わせて議論



図 行政セッションの様子



図 水辺グループディスカッションの様子



図 ARタグ付け投稿を眺めながら検討

### 主な議題

- エリアの魅力を高める都市の改変像について
- エリア特性を活かした魅力的な都市の使い方（シーン）について
- タンジブルインタフェースを用いた都市の検討内容やアイデアについて

## ② 検証結果

### 議論まとめ 「水辺」

#### ◆ 目指す姿：水辺が人々の目的となる場所へ

- ・ 大岡川の川辺の魅力が増進することで、桜木町と馬車道を結ぶ動線の中で新たなスポットとして認識されるようになる
- ・ 野毛、吉田町、都橋との連結イメージをつくる

#### □ 議論1：水辺でのアトラクションを考える

立地のポテンシャルを活かす

- ・ 大きな水上ステージを浮かべる
- ・ 水上レストランやバーを浮かべる
- ・ 夜はライトアップして隠れ家的チルスポット
- ・ ライブや演劇をやって橋の上から観覧
- ・ 巨大アートを浮かべてライトアップ
- ・ 昼はサップや渡し船で立ち寄り、カフェで一休み
- ・ みなとみらいの景色を借景



図 水辺チームの発表の様子

## ② 検証結果

### 議論まとめ 「水辺」

#### □ 議論 2 : 水辺へのアプローチを考える

歩道部分や護岸部分を変更することで、空間的な開放感、水辺へのアプローチのしやすさ、水辺との一体的な空間演出を可能とする。

- 歩道のマテリアルを変更
- 芝生、ウッドデッキ、石畳
- キッチンカーが入れるように
- 護岸に座って一休みできるとよい、キッチンカーや水上カフェでコーヒーを買って、護岸に座って食べる
- 歩道の道幅を広げる
- 歩道の柵をなくす
- 歩道から護岸への下り口をデザインする
- 自転車を止められるようにしてあげても良さそう

## ② 検証結果

### 議論まとめ 「通り」

#### ◆ 目指す姿：入船通りのもったいないを魅力に変える

- 桜木町駅からのもう一つの顔となるストリートとして認識されるようにする
- 「近い未来」「遠い未来」の時間軸に応じたまちの姿を議論
- 関内ホールの利用者が入船通を通りたいと思えるストリートをつくる

#### □ 議論内容

- 低未利用の公開空気をフルに活用してみる（ベンチを置いて市民の居場所を作り出す、変圧器の撤去など）
- 防火帯建築などのビル壁面をアートの的に活用し、通り・まちに彩りを生む
- 住吉橋の階段下の暗い空間を活用する
- 樹種、樹幹の異なる植栽を置いてみる
- 未来の入船通のユニバーサルデザインシティを描いてみる
- 大きく変革した将来の都市の在り方、モビリティを創造してみる
  - 人中心の歩道空間をつくる、フルフラットな路面整備など
  - 車道及び歩道計画は横浜元町のようなゆとりある空間イメージ
  - 低層部はすべてにぎわい施設（ショップ、飲食等）空間にガラッと都市イメージを変えてみる

## ② 検証結果

### 検証成果

- 簡易持ち運び可能なタンジブルインターフェイスによるデモンストレーションを実施したことで、具体的なタンジブルの操作手法や検討イメージを持って議論が行われ、より有意義な意見が得られた
- 今回の議論において、都市の改変案に対する細部のパターン案を複数得ることができ、タンジブルセッションに向けた大きな材料が得られた
- タンジブル駒として用意すべきストリートファニチャーのアイデア出しができた



図 トランクサイズのタンジブルインターフェイスツール



図 体験会の様子



## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ① 検証内容

#### タンジブルセッションの概要

- タンジブルインターフェイスツールを用いて、都市の改変案や使い方（シーン）の検討を実施。

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• タンジブルインターフェイスを用いて都市の使い方（シーン）を具体的に検討する</li> <li>• 目標のイメージが共有でき、専門家と市民、さらには行政が対話しやすく、議論がポジティブに進行されるような道具であるか検証する</li> </ul>
実施日時	令和4年12月18日（日） 14時～16時30分
実施場所	横浜市庁舎 1階市民協働オフィススペースAB
対象者	地域のステークホルダー、横浜市役所関係職員、都市開発デベロッパー、市民
参加者	16名（ほかオブザーバー2名） ※別途、タンジブルインタフェース体験会参加者5名
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• タンジブルインタフェースの操作説明</li> <li>• 実際にタンジブルインタフェースを用いて、魅力的な都市の使い方（シーン）をつくり、グループで議論・検討する</li> </ul>

## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ① 検証内容

#### 当日の流れ

- 動画を用いてタンジブルインターフェイス操作について丁寧に説明
- 各グループに行政ディスカッション参加者が1名以上含むチーム編成
- 4グループがタンジブルインターフェイスを用いてディスカッションできるようにローテーションを組む
  - 水辺1/通り1：タンジブルディスカッション→テーブルディスカッション→（繰り返し）
  - 水辺2/通り2：テーブルディスカッション→タンジブルディスカッション→（繰り返し）
- ワークショップ後に、自分たちがつくったシーンをVRで体験できる時間を確保

<b>13:30~13:33</b>	<b>あいさつ</b>	
<b>13:33~13:40</b>	<b>ARセッションと行政セッションの振り返り</b>	
<b>13:40~13:50</b>	<b>インストラクション</b>	
		タンジブルインターフェイスの紹介 & デモ 本日のワーク内容について
<b>13:50~14:50</b>	<b>グループワーク</b>	
		グループ分け 場面シナリオ検討
<b>14:50~15:10</b>	<b>グループ発表</b>	
<b>15:10~15:30</b>	<b>参加者・行政の方のコメントと全体振り返り</b>	（終了後、タンジブルインターフェイス体験会）

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ① 検証内容

### ディスカッション進行と議論の視点

- 1ローテーション目のディスカッション

- テーマ：「自分だったらこうしたい」を考える

- 水辺×2、通り×2に分かれ、それぞれ議論
- 各自使いたい駒を決め、それを詳細エリア等に配置してみて、どのようなシーンができるかを体験してみる



- 2ローテーション目のディスカッション

- テーマ：「誰か」から見たまちを考える

- 各グループ4名のうち、2名が移動。ストリート班の2名は水辺班の各グループに移動。水辺班の2名はストリート班の各グループに移動
- 各グループでどのような議論があったかを簡単に共有
- 「誰か」というターゲットをディスカッションして決めたとうえで、「誰か」から見たまちのシーンを考える



- まとめディスカッション

- オオカガワ・イリフネエリアのシナリオ検討

- 発表で使うスクリーンショットを決定し、デジタル紙芝居のシナリオを確認

各ターンでレイアウトした  
状態を保存・読込が可能

お気に入りシーンは  
逐次スクリーンショットを  
撮影して保存可能

共有ファイルを通じて、  
参加者はリアルタイムで  
シーン確認が可能

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ① 検証内容

### タンジブルインタフェースの操作と検討フローについて



#### シーン検討の「駒」

- タンジブルインタフェース内に魅力的なまちのシーンを検討するためのツールとして、「駒」を3Dプリンタで作成
- それぞれの駒の底面にArUcoMarkerを仕込んでおり、自由に出現させたり、移動したりできる



建物を操作する



「駒」を盤面に配置する

- 建物模型を移動したり、無くしてみたり、都市をダイナミックに体験・検討できる
- 様々な「駒」を盤面に置いて、詳細なシーンを検討できる



モニター・スクリーンでシーンを確認しながらの検討

- 思い描くシーンを共有しながらグループで議論



VRゴーグルでのシーンのリアル体験

- グループ議論終了後には、VRゴーグルをかけて、空間に入り込んで、リアルに体験できる



# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ① 検証内容

### タンジブルインタフェースの操作説明動画の作成

- 操作説明動画は事前に参加者へ案内するとともに、WS開始前よりタンジブルに触れられる体験時間を設けるなど、操作に慣れる工夫を講じた
- 操作説明には、このタンジブルで検討可能な操作の一つ一つを、アクションを交えてどうVR上で変化するかをビジュアルに示した動画を作成した

動画はこちら <https://youtu.be/bKonG4EkySU>



# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ① 検証内容

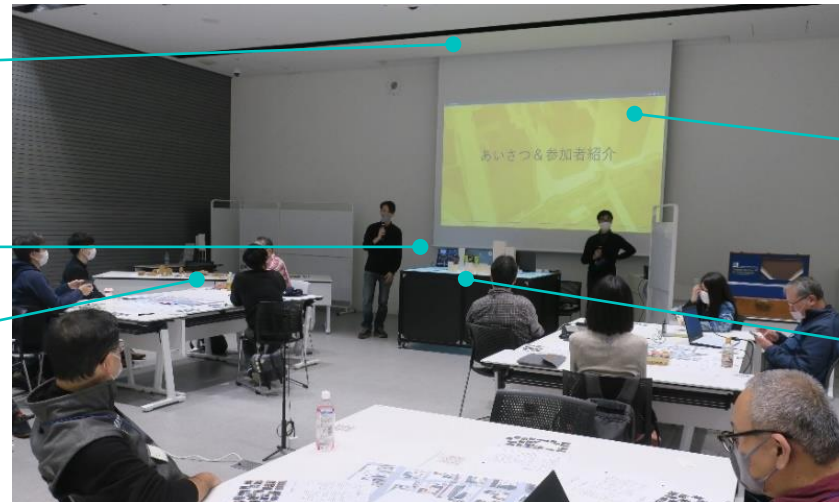
### 運営及び会場設営の配慮事項

- 会場設営
  - ・ タンジブルインタフェースは、盤面への投影画像の濃淡（見やすさ）とArUcoMarkerの読取精度の両方をクリアする必要があり、特に設営にあたっては、部屋の明るさ及びライティング角度などに注意して架台を設置
  - ・ 2つの詳細検討エリアのVR映像を投影するため、会場内の大型スクリーンとモバイルモニターを用意
- WS運営面
  - ・ タンジブルインターフェイスの表示画面（視点）操作はスタッフが対応、参加者指示でシーン保存やスクショ対応
  - ・ 「駒」は3Dプリンタで分かりやすく表現したほか、VR画像も合わせてセッティングすることで分かりやすさに配慮
  - ・ グループ発表は極力デジタル機器を駆使して、グループワークのまとめ資料の作成をお願いし、検討したシーン画像はDropboxで参加者へリアルタイムに共有（自分のグループのみでなく、他グループのシーン画像も共有）

タンジブルインタフェース上部は  
照明ダウン

VR投影用モバイルモニター

タンジブル駒テーブルを用意



VR投影用スクリーン

スクリーン前にタンジブルイン  
タフェースを設置

図 WS会場の様子

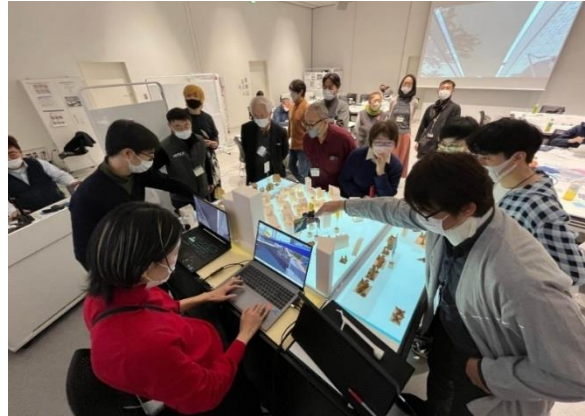
# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果



PLATEAU  
by MLIT

### ディスカッションの様子



## ② 検証結果

### グループワークの結果

[水辺1]

**コンセプト：水辺を眺めながら楽しむ！**

- キーは水上レストランだと思い提案、非常に魅力的なオブジェクト
- 水上レストランを対岸側に水辺景観の中にとけこんだ感じで置くことで、通りに対する圧迫感もなく、景観的な魅力も高まり、さらには川辺の回遊性にもつながると考えた
- 住吉橋も滞留が生まれる空間となると面白いと考え、橋上に歩行者交通を妨げないように片側にマルシェスタンドを並べて、にぎわいを生むようなシーンをつくった
- プロムナードからも水辺を眺める仕掛けができると思った



図 検討シーン：対岸側に水上レストランを配置



図 検討シーン：住吉橋上に賑わい創出



# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### グループワークの結果

[水辺2]

**コンセプト：水辺ににぎわいを生む！水辺を楽しむ！**

- 弁天橋から大江橋までの水辺空間をフルに活用した
- 住吉橋の右岸下辺りに水上レストランを配置し、レストラン内からみなとみらいの景観を楽しみながら食事できる場所をつかった
- 水辺側から[通り]の検討の様子も垣間見えて、水辺と通り側が一体となった空間も魅力的だった



図 検討シーン：水辺をフルに活用してみる



図 検討シーン：水上レストランからみなとみらいの眺望

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### グループワークの結果

[通り1]

コンセプト：ダイナミックに建物を無くしてみる！

- 大きなヴォリュームの建物（ホテルエディット）を無くしてみると、川の方と一体的な拡がりが出て気持ちいい空間が生まれ、そこを広場化した
- 広場空間に人を呼び込むためには、イベントやブランディングが必要と考え、例えばゲームやアニメなどを使ったブランディングが出来たらいいなという議論があった
- 大岡川の歴史的文脈も踏まえて、染物や陶芸などができたり、新しいコンテンツを加味していくのがいいのではないかと思った



図 検討シーン：ホテルエディットの場所を広場化



図 検討シーン：ホテルエディットの場所を広場化

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### グループワークの結果

[通り2]

#### コンセプト：空地の有効活用

- 既存のコインパーキングを活用
  - キッチンカーやマルシェスタンド、ベントなどを置いたシーンを描いてみたところ、リアルに出来そうだという可能性を感じることができた
- ダイナミックにビルを無くしオープンスペースを創出
  - KAWAIビルを無くし、オープンスペースでどんなシーンが生まれるか検討もおこなった



図 検討シーン：コインパーキングの有効活用



図 検討シーン：KAWAIビルをの場所を広場活用

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### グループワークの結果

- その他の検討シーンの一例



図 検討シーン：水上レストラン内部



図 検討シーン：水上レストランとアヒルを配置



図 検討シーン：みなとみらいを望む遠景



図 検討シーン：水辺沿いの屋台街（夕景）

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### グループワーク結果に対する概評

<b>共通</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>グループワークでの意識共有がスムーズに行われ、一歩踏み込んだまちづくりの対話が行なわれた</li><li>タンジブル操作は圧倒的に「楽しい！」という声が多く、それによってポジティブな議論進行が行なわれた</li><li>各グループ共に、別エリアの検討状況も把握しながら行うことで、エリアの一体的な魅力創出についても議論が及んだ</li></ul>
<b>「水辺」</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>弁天橋から大江橋間の水上やその両岸、橋上など水辺エリア全体を俯瞰した視点からアイデアが示された</li><li>「水辺」の検討は、既設ビル等のオブジェクトがないため発想が柔軟で、かつ場所ごとに周辺環境や特性なども考慮してシーン検討が行われていた印象が強く、周辺環境、さらには遠景も含めた広い視野での提案が行なわれた</li><li>橋上などの限られたスペースに対する提案は、オブジェクトを置いてスケール感をチェックしたり、最大限に活用するためのオブジェクト配置が提案されるなど、専門家と一般の人が共通認識を持った上で議論が進展していた</li></ul>
<b>「通り」</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>都市の中長期的な視点から、ダイナミックな改変像の提案が印象的で、都市空間の余白の活用や水辺との一体性などを焦点に議論が行われた</li><li>低未利用地の駐車場や空地等のスペースを活用したシーン検討案では、短期的な実現性を高く感じる提案で、地元説明や地域の合意を得るには、直ぐにも使えるツールであると実感した</li><li>道路の利活用などにおいても、沿道や遠景の建物を背景としながら、ストリートファニチャーの配置を考えたり、通りの使い方を考えることができた。特に、専門家でなくても魅力的な利活用シーンを簡単に作ることができ、即座に参加者同士で「このようなシーンが良い」という話し合いができた</li><li>今回は決められたオブジェクトツールを用いて魅力的な都市のシーンを作るというプログラムであったが、人流を増やすためには、人を呼び込むためにはという点で、ハード整備だけでなくソフト面での仕掛けやエリアブランディングなどの踏み込んだ議論が行われ、タンジブルによるビジュアルなシーンイメージがあることで、エリア情報をしっかり共有した話し合いが出来た</li></ul>

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 参加者の主な感想

良かった点	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>素直に楽しいツールで、WSによくあるやらされ感がないのが非常によかった。</u></li><li>• <u>誰でも操作できるのが非常に大事で、年代などの立場を超えたコミュニケーションができてよかった。</u></li><li>• <u>PLATEAUの3D都市モデルデータの整備・公開が進んでいるが、それを活用して、実際に触れる段階にきていることがすごい良かった。</u></li><li>• <u>PLATEAUが持っているモデルとしてのリアルさや可変性が童心に帰らせるみたいな意見もあったが、そこは大人も子供も関係なく童心に帰って、みんなでこういうことできたらいいよねと無邪気に話せるという意味で、面白いツールだと思った。</u></li><li>• <u>一般の人は図面で見てもあまりわからないが、実際に扱えるというツールがあると自由に楽しく関わりやすいのではないかと感じた。</u></li><li>• <u>メタバーは全てデジタルで完結しているが、今回のツールは模型（ブロック）を動かすことが出来るというアナログな手法がデジタルと連動しているのがとてもよかった。</u> 子供でもやることとができるし、そういう参加者がふれて体験できる要素が残っているのがよかった。</li><li>• <u>VR内で人が動いたり、遠景でみなとみらいのロープウェイが動いていたり、適度なリアルさが参加者を夢中にしたと感じた。</u></li></ul>
今後の可能性や期待すること	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>従来の合意形成は、何回もWSを重ねて毎回コツコツ積上げていって最終的に絵を描いてみる、みたいな合意形成を今まではやっていた。しかし、今回のツールは直感的にどう変化させたらこうなるというようなシミュレーションが視覚的に一瞬で分かり、また市民の方が操作出来るという点も含めて、今までのまちづくりWSのやり方を全部変える可能性があると感じた。</u> 1回目こういうのやって2回目は具体的にもう少し作りこんでいくという感じで進めていくと、スピード感とか、意見の集まり方とかが全然違う形の合意形成が図れるようになる可能性を感じた。</li><li>• 一般化させていく次のステップに期待したい</li></ul>
課題点など	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>方向感覚をつかむのが難しかった。</u></li><li>• <u>ダイナミックな発想で検討が出来る一方で、発想が0か1かに陥らないか懸念がある。</u></li><li>• <u>今回は地上を主とした検討であったが、屋上空間とかも気になった、屋上空間をどうにかできないかというのが一点心残りであった。</u></li><li>• <u>アートペイントや舗装を一括で変えるようなツールや、ファサードも変えたりできれば、もっとリアルな検討が出来るのではないかと感じた。</u></li></ul>

## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ② 検証結果

#### プロジェクト協力を得た行政職員の感想

- これからの都市デザインを考える意味で、色々な立場の人々が同じ目線で議論できるツールだと感じた。（デジタルデザイン室）
- ハードを整備する側で携わっていきだが、使い方をどうするか、整備した後どうするかという視点は、行政職員でもあまり持っていないかもしれないと痛感した。空間をどう活用するかのアイデアは、使ってもらう側の意見をどう集めるかが非常に重要だと感じた。行政が管理している道路や水辺、公園などを検討していく際に、市民意見をどう把握するかという観点で非常にいい機会を頂いた。（都市整備局企画課）
- 参加者みんなが楽しそうなのが印象的なWSだった。WSをあれだけ盛り上げるには非常にパワーがいることで、そこにツールとしての可能性を感じた。実際のまちづくりの中で使っていこうとすると、ステークホルダなど多数の関係者との合意形成が必要となるまちづくりの現場において、このツールを活用することで、双方が楽しみながら議論を展開することができるのではないかと感じた。模型はまちづくりのツールでよく用いられるが、「駒」を操作することで、VR内で瞬時に作りたいシーンが生み出せるのは非常にすごいと感じた。（都市デザイン室）

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 参加者アンケートによる検証 アンケート設問構成

1. 回答者属性（性別/職業/所属/年齢）
2. 他セッションへの参加状況
3. イベント進行について
4. タンジブルインターフェイスについて
  - 操作性、コミュニケーションツールとしての有用性、立体模型のメリットについて
5. VRについて
  - シーンのイメージのしやすさ、3D都市モデルがあることのメリットなど
6. 総合評価・自由回答

### アンケート回収結果

- 約7割の回答が得られた

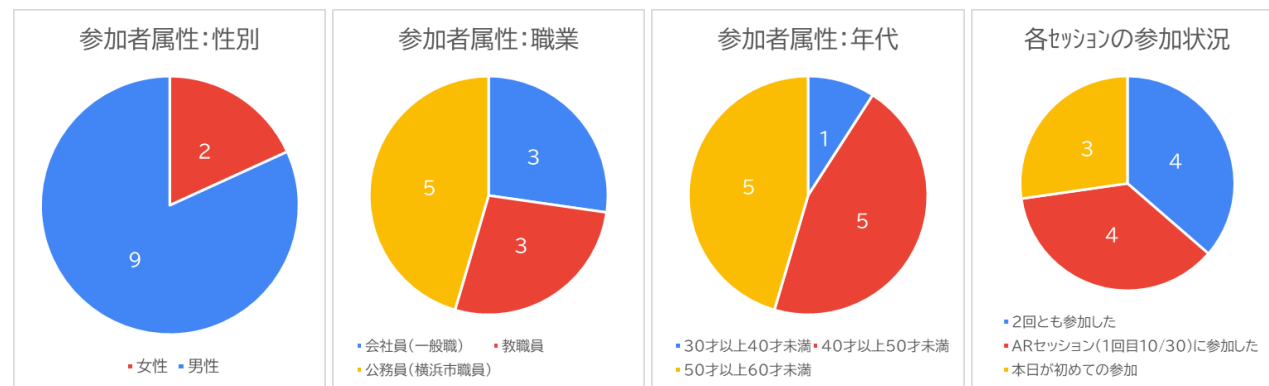
表 アンケート回答率

(参加者数)	16名
回答者数	11名
<b>回答率</b>	<b>68.8%</b>

### アンケートの結果

#### [参加者属性]

- 参加者属性は下表のとおり
- タンジブルセッション参加者の約7割がARセッションや行政セッションの参加者で継続的な参加が得られた





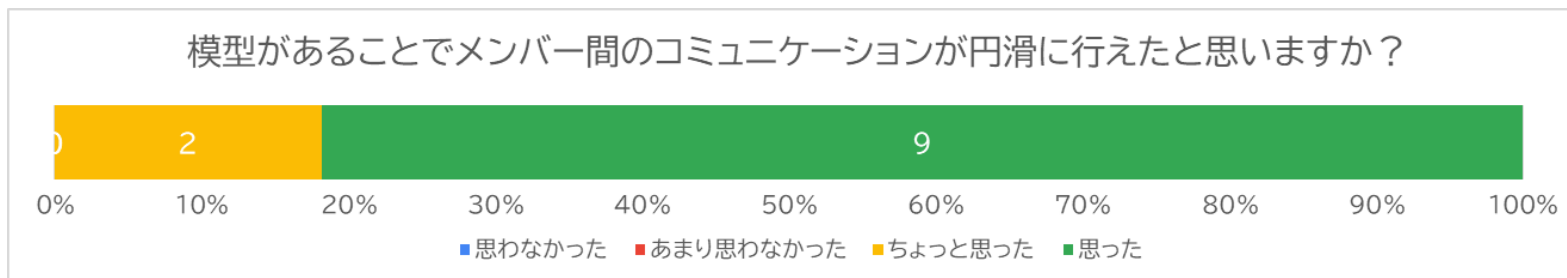
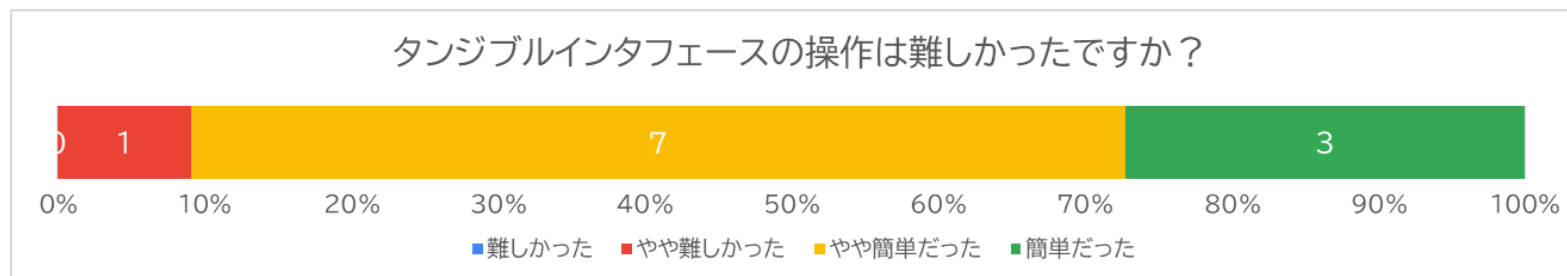
# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 参加者アンケートの結果

[タンジブルインターフェイスについて]

- タンジブル操作は、大多数が容易に操作できたと回答
- タンジブル操作で「やや難しかった」と回答した方の理由としては、投影画面と模型の方向感覚をつかむのが難しかったとの意見が挙げられた
- 模型を操作しながらの議論については、ほとんどの参加者が円滑なコミュニケーションが図れたと感じられたと回答



## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ② 検証結果

#### 参加者アンケートの結果

[PLATEAU YOKOHAMA:Tangibleについて]

- まちづくりの議論において、模型があることのメリットはかなり高いとの回答が得られた



模型があることで具体的に良かった点（自由回答）

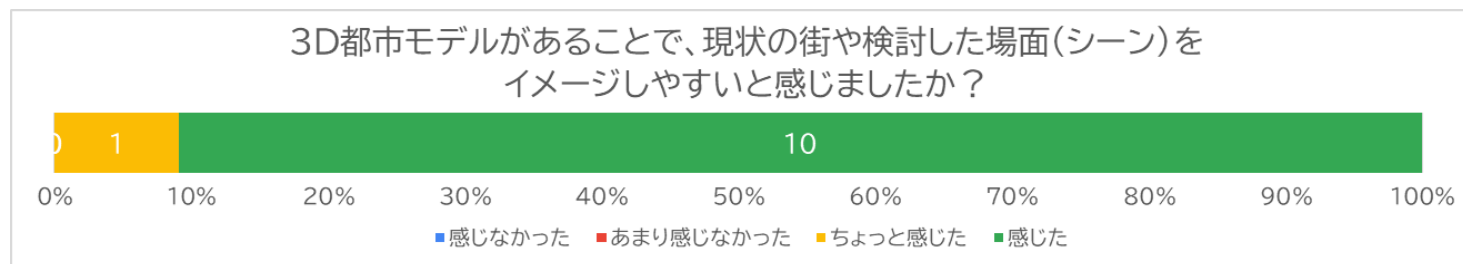
- VRとの連動で空間、風景がよく分かった
- すぐ風景になるところ
- 見える化されていること
- パソコンなどを使わなくても参加出来る
- リアルにものを動かすのは実感がちがう
- 楽しい、盛り上がる
- 参加者同士の感覚の共有がしやすかった
- カメラ（視点）を動かせるのがとてもよかった

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 参加者アンケートの結果

[PLATEAU YOKOHAMA:VRについて]



#### 3D都市モデルがあることで具体的に良かった点 (自由回答)

- ▶ 適度にリアル／リアル感が出てイメージしやすい
  - ▶ 話し合った内容が、すぐ画面に反映し確認、共有がし易いところ
  - ▶ リアルタイムに画面が変わるところ
  - ▶ きれい、感覚に近い、または、想いよりもきもちを想起する
  - ▶ 他のグループの検討シーンをすぐ横で見られるのはおもしろかった
- ほとんどが3D都市モデルのメリットを痛感できたと回答し、特に「色々と制約なしでイメージが作れる」「VRの活用用途として最適」等のコメントが得られた



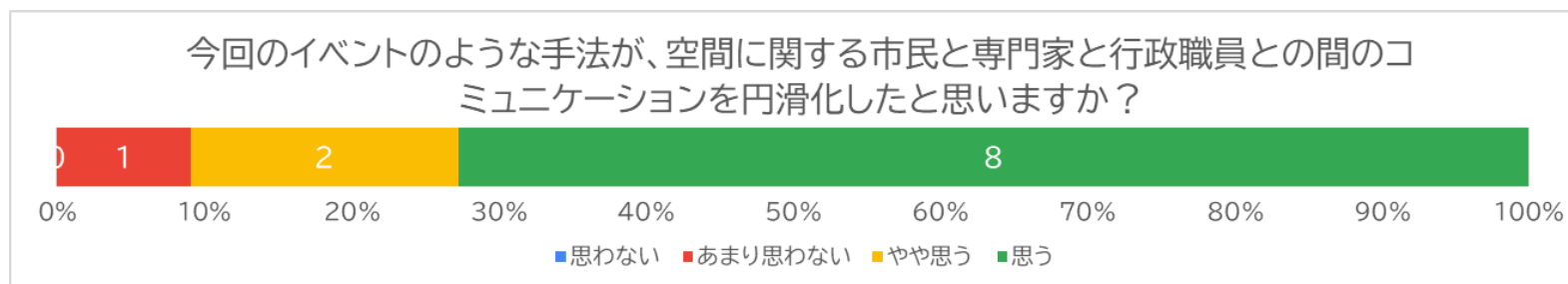
## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ② 検証結果

#### 参加者アンケートの結果

[総合評価について]

- 今回のイベント手法に対して、多数がコミュニケーションが円滑化したと回答



#### 理由（自由回答）

- 誰でも感覚的に参加出来る
- イメージの共有が容易である点
- 子どもが砂場で遊ぶうちに、いつのまにか仲良くなっているような感覚
- 慣れていないと難しい、空間把握がしやすくなるため
- まちのことをよく知っている行政の方が活発に意見する仕組みができていたと思うので、それはとてもいいですね
- オブジェクトを囲むのは話をしやすい
- 市民でも空間をイメージしやすい
- 行政的な意見がなかった

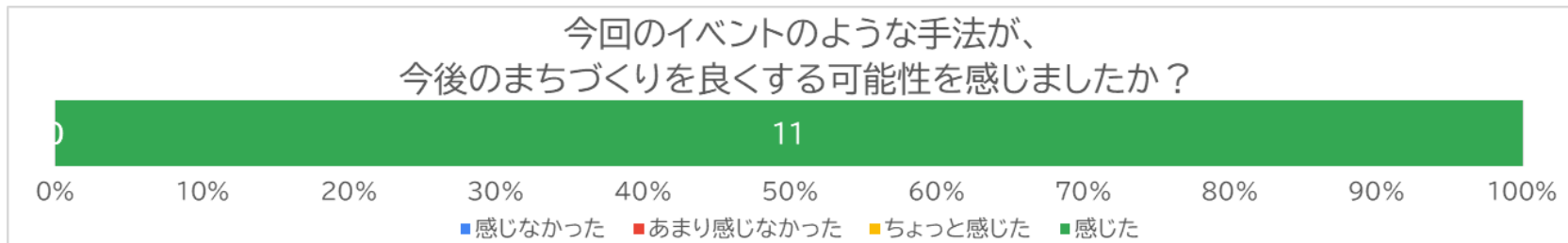
# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 参加者アンケートの結果

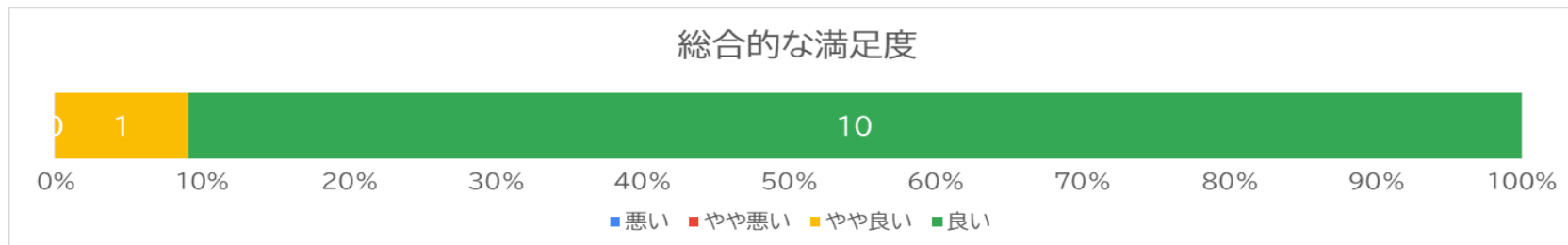
[総合評価について]

- 今回のタンジブルインタフェースを用いたWS手法に対して、今後のまちづくりの議論手法として高い可能性と期待が得られた



- 理由 (自由回答)
- やり方やスピードが変わる
  - 参加者でイメージが共有し易いところ/ディスカッションする場としてよい
  - デジタルとアナログのハイブリットというところがよい

- 今回WSは参加者満足度の高い企画となった



## IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

### ② 検証結果

#### 参加者アンケートの結果

[総合評価について]

- 今回のWSの手法や活用したツールが応用できそうな分野や場面について（自由回答）
  - ・ イベント会場などの設計
  - ・ 都市に限らず、地方とのコミュニケーション方法として利用
  - ・ 商店街の景観調整、小中学校外構設計
  - ・ 合意形成ツールとして有用性を感じた。このツールを用いることで、意見が対立する双方の視点で多様な考えがあるということを理解することが容易になり、ステークホルダー全員で、立場の差を無くしたフラットな議論ができると感じた
  - ・ 難しいかもしれませんが、屋内・住環境の検討とかができたらいいなと思った（例えば、認知症の方にやさしい住環境など）
- WSの感想・意見など（自由回答）
  - ・ 会場の回線環境がやや厳しく、タスク（WS内でやるべき事）が多く初見だと大変だったが、タンジブルインターフェイス自体は直感的にわかりやすく良かった
  - ・ 駒の種類がもっと増えるといい

# IV. 実証技術の検証 > 4. 検証の実施 タンジブルセッション

## ② 検証結果

### 成果と課題

<b>技術面</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ふたつのスケール（広域&amp;詳細）を連動させることにより、一般的なモデルでは実現不可能な、ヒューマンスケールから都市モデルのスケールまでの検討をシームレスに行うことのできるシステムが完成した。</li><li>• タンジブルインターフェースを用いることで、3Dモデルを扱う技術がない人でも、直感的に扱えるシステムが完成した。</li><li>• 鉄橋や人道橋などの特徴的な形状のモデルやストリートファニチャーなどを、3Dプリントして用意することで、地図を呼んだりすることが苦手な人でもわかりやすいタンジブルインターフェースとすることができた。</li></ul>
<b>合意形成や 対話プロセス面</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 参加者の建築やIT等のリテラシーにかかわらずイメージしたものがすぐにビジュアライズされ、それを基にディスカッションができることは、今後可能性がある。</li><li>• ディスカッション自体はタンジブルインターフェースとモニターやプロジェクターを見ながら行い、最後にVRゴーグルを被って実際に体験できる機会を提供したことで、円滑なディスカッションと、参加者の満足度を高めることの両立ができた。</li><li>• 今回は、一般参加を募って開催したが、例えば地権者の集まりなど、関係者による具体的な対話の際にどのような成果をもたらすかは、今後の実践と検証が必要である。</li></ul>

- 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**



## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

### ① 3D都市モデルによる技術面での優位性

- 本実証にて得られた3D都市モデルによる技術面での優位性を以下に示す。

項目	想定される技術面での優位性
地物へのタグ付け	3D都市モデルの情報をARタグ付けアプリに搭載することにより、感じた印象やアイデアをタグ付けするにあたって、地物を直接指示することができた。タグ付けしたい対象が明確な場合に有効で、タグに高さ情報を持たせることが可能となった。また、地物を起点とした検索や表示も可能となった。
VRによる景観再現	3D都市モデルが都市スケールで整備されていることにより、検討対象の周辺の3D都市モデル（今回であれば、検討対象地区外ではあるが、検討対象地区からの景観としては重要なランドマークタワーなども含む）を容易に入手することができ、近景から遠景までの検討をシームレスに行うことができた。特に、LOD3まで整備されることで、都市スケールからアイレベルまでの検討をシームレスに行うことができる。 また、3Dモデルのモデリングは、モデリングのスキルと作業量の両方が必要になるが、3D都市モデルが整備されることで、モデリングスキルがなくても、VR空間が実装可能となり、今回のような検討がやりやすくなる可能性がある。
タンジブルインタフェースによるフィジカルとサイバーの連携	タンジブルインタフェースを構築することにより、テーブル上の模型の配置情報を読み取り、VR空間上に三次元の景観を再現することができた。ここでは、3D都市モデルが「ジオメトリとセマンティクスの統合モデル」であることにより、建物を1棟動かす、除くといった動作を容易に再現することができた。 また、VR内に配置する地物（ストリートファニチャー）を同じ形状を持つタンジブル駒として3Dプリンターで出力することができた。

## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

### ② 3D都市モデルによる政策面での優位性

- 本実証にて得られた3D都市モデルによる政策面での優位性を以下に示す。

項目	想定される政策面での優位性
意見収集・分析の効率化	ARタグ付けアプリにより、短い時間の中に多くの意見が集められるとともに、対象物を特定した意見を収集することができた。これにより、まちに関する多様な意見を効率的に集めることが可能になるとともに、従来のように言語情報から対象を抽出する作業が不要になり、意見の分析を省力化することが可能になる。
VRによるイメージの共有化	3D都市モデルをVR空間に組み込むことにより、広域の景観の再現度が高く表せるとともに、自由視点によるアングルの指定が可能となった。これにより、ワークショップ参加者間の空間認知能力や想像力の差を埋め、イメージの共有化を可能とし、議論を活発にした。
タンジブルインターフェースによる体験価値	3D都市モデルのコントロールにタンジブルインターフェース（駒など）を使うことで、年代やテクノロジーのリテラシーにかかわらず、誰もが3D都市空間をコントロールできるようになる。自ら手を動かして検討し、その結果がVR空間内に即座に反映されるため、参加者の持つさまざまなアイデアを次々に可視化することができるなど、タンジブルインターフェースと3D都市モデルを融合させることによる優位性が高い。
一連のWSの革新性・実用性	一連のツールを活用することでスピード感や意見の集まり方などが全く変わるため、まちづくり検討の進め方を大きく変えるポテンシャルがある。これにより、横浜市の職員や有識者からワークショップの手法の革新性と実用性について高い評価を得ることができた。

## 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

- 今後の取り組みに向けた課題を以下に示す。

項目	活用にあたっての課題
ARタグ付けアプリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実風景に建物等の地物モデルを重ねる際のズレが生じた。位置合わせは端末のGPS精度に依存していることが課題。VPS技術を導入することで改善する可能性がある。</li> <li>• 都市設備など建物以外の地物が充実することは全体としては望ましい方向だが、アプリ化する際は軽快な動作を維持するための工夫が必要となる。</li> <li>• 収集したタグ情報を表示、分析するようなUIがあるとよい。</li> </ul>
VR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D都市モデルをVR利用する場合、LOD3相当以上のモデルの詳細度があることが望ましいが、その整備に手間とコストがかかる。また、都市に新たな要素（ストリートファニチャー等）を取り込むことの検討に当たっては、当該地物のモデル整備も必要。</li> <li>• 都市全体の様々なシーンを検討していくためには、河川や民地内の地面のモデルなど、整備が必要なデータが多くある。</li> </ul>
タンジブルインタフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>• タンジブルインタフェースは可搬性に課題がある。セットアップの簡略化や筐体のコンパクト化などの改良が必要。</li> <li>• タンジブル駒の制作にも手間とコストがかかるため、共通ライブラリを充実させていく必要がある。（できれば駒の3Dデータがオープンデータとなることが望ましい）</li> <li>• 一方、各検討エリアに応じたモデルの作成も重要な検討の要素である。共通ライブラリのみを使った表面的な検討だけではなく、タンジブルIFを使いながら、都市を本質的に変えていく設計・計画をビジュアライズする体制を各検討地域で実現していく必要がある。</li> <li>• タンジブルインタフェース上で異なるスケールが同じVR空間に再現される場合、方向や位置などの空間認知が難しい人もいる。UIには改善の余地がある。</li> </ul>

# 用語集

用語		内容
A～G	ArUcoMarker	ArUcoMarkerとは、2次元のマーカを用いたAR技術の一種。カメラを使用して、2次元のマーカを認識し、そのマーカに関連付けられた仮想オブジェクトを表示することができる。これにより、ARを使用したゲームや仮想空間を実現することができる。
	Canvas	Canvasは、インターネット上で動作するコンテンツを作成するためのプログラミングインターフェイス。Canvasを使用すると、2Dグラフィックス、ビデオ、オーディオなどの多様なコンテンツを作成し、Webページに埋め込むことができる。
	FBX	FBXとは、Autodesk社が開発した3Dモデリング、アニメーション、レンダリングなどのソフトウェア間でのデータ交換を可能にするファイルフォーマットである。
	GeoJSON	GeoJSONは、ジオグラフィックデータをJSON（JavaScript Object Notation）形式で表現するためのフォーマット。GeoJSONは、地理空間データをWeb上で表現するためのオープンな標準フォーマットであり、GIS（地理情報システム）ソフトウェアやWebサービスなどで使用されている。
H～Z	OpenCV	OpenCVは、コンピュータビジョン（コンピュータが視覚的な情報を理解する技術）を実現するためのオープンソースのライブラリ。OpenCVを使用すると、画像処理、物体検出、画像認識などのタスクを容易に実行できる。
	SDK	SDKは、Software Development Kitの略で、ソフトウェア開発を行うために必要なプログラムやツールなどをまとめた開発キット。SDKを使用することで、開発者はソフトウェア開発を行うために必要なプログラムやツールを簡単に取得し、開発を行うことができる。
	UX	UXとは、ユーザーエクスペリエンス（User Experience）の略称である。ユーザーエクスペリエンスとは、ユーザーが製品やサービスを使用する際に感じる全ての経験を指す。UXは、ユーザーが製品やサービスを使用する際に、最高の体験をするために必要な要素を構築することを目的としている。
タ行	タンジブルインタフェース	タンジブルインタフェースとは、コンピューターと人間が相互に情報を交換するためのインターフェイス。このインターフェイスは、人間がコンピューターに対して自然な方法で指示を出すことができるように設計されている。例えば、グラフィカルなインターフェイスを使用して、ユーザーがコンピューターに対して指示を出すことができる。
ハ行	パークレット	パークレットは、歩道に隣接する道の一部を人々のためのパブリックスペースとして再利用するもので、座席、植栽、駐輪場、アートなどのアメニティが提供される。

※ 本用語集は用語の一般的な定義を示すものではなく、本ユースケース開発に当たっての各用語の使い方を示すものである。

# XR技術を用いた体感型アーバンプランニングツール 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：インフォ・ラウンジ株式会社・サイバネットシステム株式会社・株式会社山手総合計画研究所**

本報告書は、インフォ・ラウンジ株式会社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。