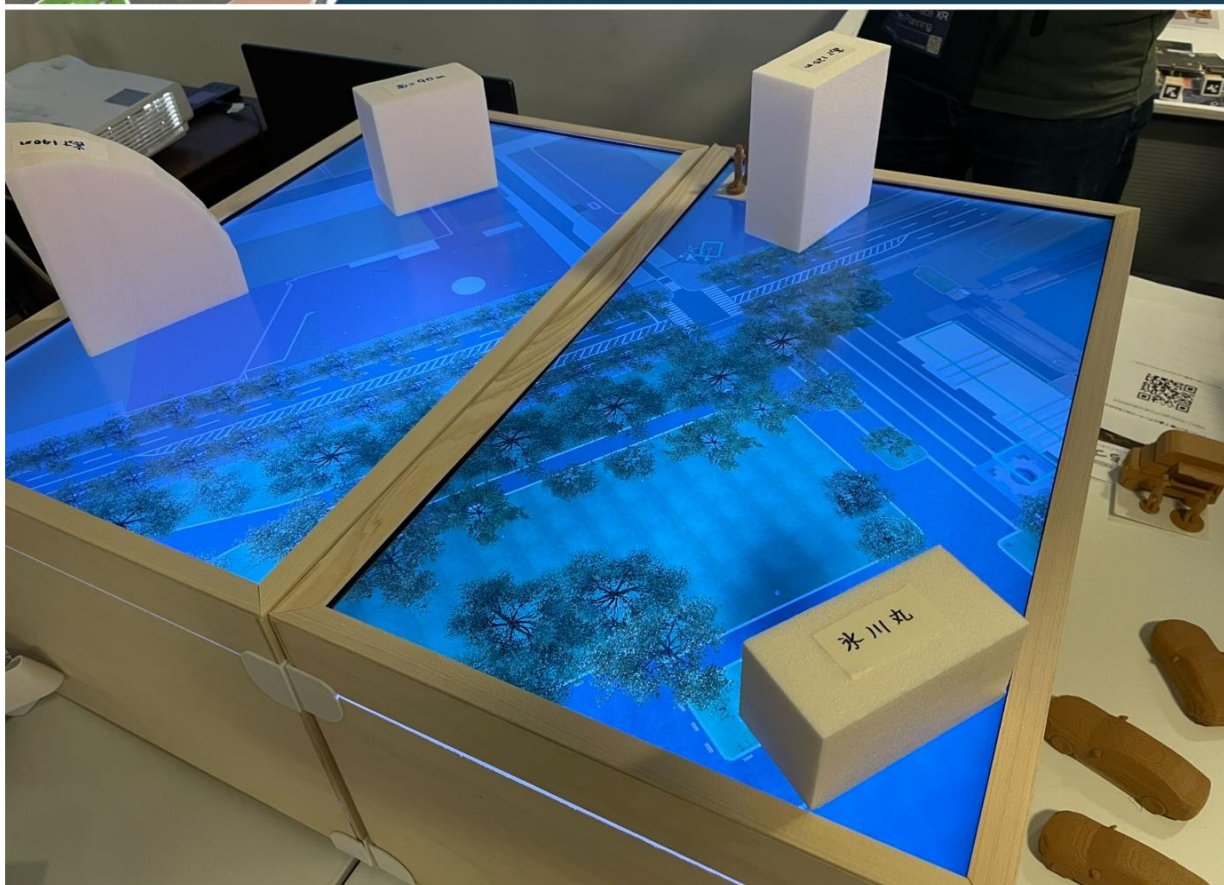
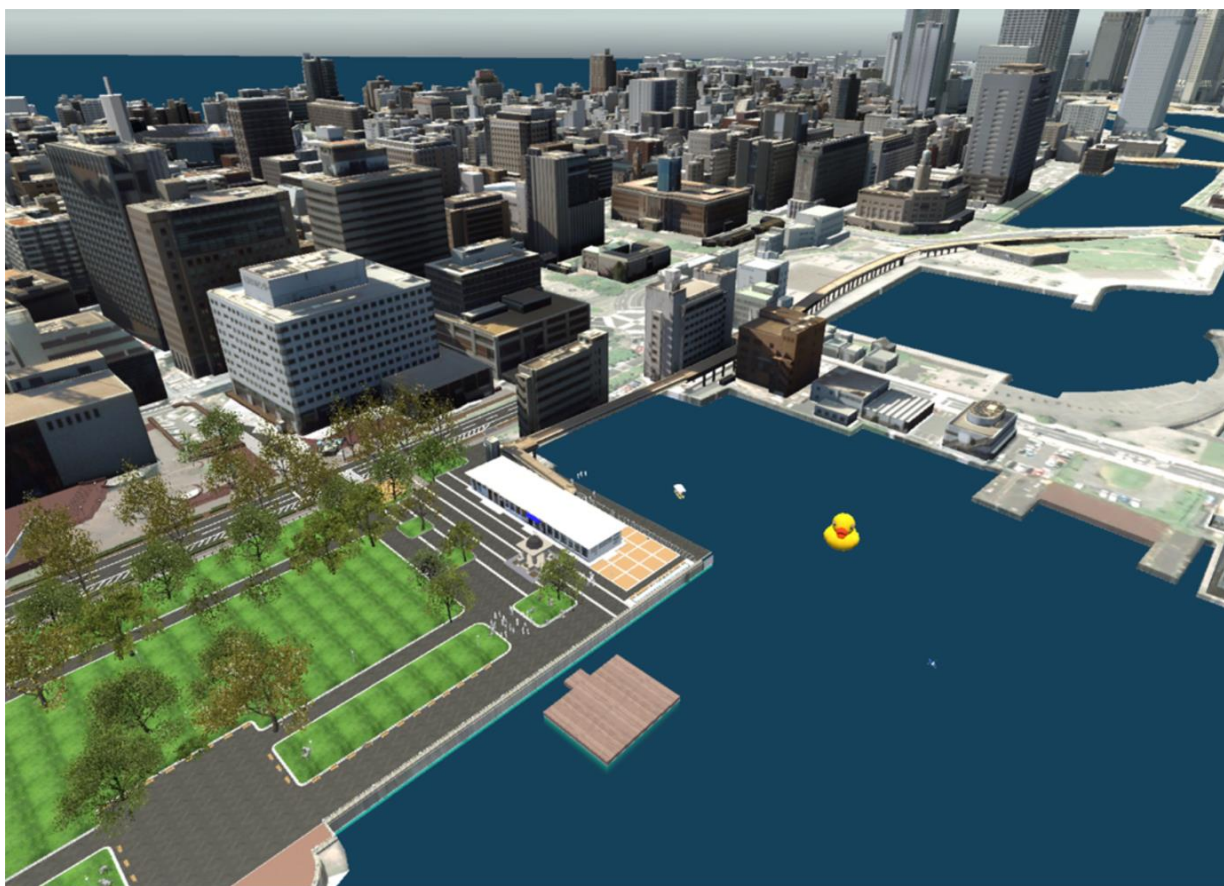




タンジブルインターフェースを活用した 住民参加型まちづくり等 技術検証レポート

series No. 79

Technical Report on Community-Driven Urban Development Utilizing Tangible Interfaces

目次

1. ユースケースの概要	- 1 -
1-1. 現状と課題	- 1 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 2 -
1-3. 創出価値	- 5 -
1-4. 想定事業機会	- 5 -
2. 実証実験の概要	- 6 -
2-1. 実証仮説	- 6 -
2-2. 実証フロー	- 6 -
2-3. 検証ポイント	- 6 -
2-4. 実施体制	- 7 -
2-5. 実証エリア	- 8 -
2-6. スケジュール	- 8 -
3. 実証システム	- 9 -
3-1. アーキテクチャ	- 9 -
3-1-1. システムアーキテクチャ	- 9 -
3-1-2. データアーキテクチャ	- 11 -
3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 12 -
3-2. システム機能	- 20 -
3-2-1. システム機能一覧	- 20 -
3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 23 -
3-2-3. 開発機能の詳細要件	- 23 -
3-3. アルゴリズム	- 47 -
3-3-1. 利用したアルゴリズム	- 47 -
3-3-2. 開発したアルゴリズム	- 47 -
3-4. データインタフェース	- 47 -
3-4-1. ファイル入力インタフェース	- 47 -
3-4-2. ファイル出力インタフェース	- 48 -
3-4-3. 内部連携インタフェース	- 49 -
3-4-4. 外部連携インタフェース	- 56 -
3-5. 実証に用いたデータ	- 78 -
3-5-1. 活用したデータ一覧	- 78 -
3-5-2. 生成・変換したデータ	- 81 -
3-6. ユーザーインタフェース	- 81 -
3-6-1. 画面一覧	- 81 -
3-6-2. 画面遷移図	- 82 -
3-6-3. 各画面仕様詳細	- 84 -

3-7. 実証システムの利用手順.....	- 96 -
3-7-1. 実証システムの利用フロー.....	- 96 -
3-7-2. 各画面操作方法.....	- 96 -
4. 実証技術の検証.....	- 109 -
4-1. ウェブアプリを利用したワークショップの効率化	- 109 -
4-1-1. 検証目的	- 109 -
4-1-2. KPI.....	- 109 -
4-1-3. 検証方法と検証シナリオ	- 110 -
4-1-4. 検証結果	- 110 -
4-2. タンジブルインターフェースの可搬性の向上.....	- 113 -
4-2-2. 検証方法と検証シナリオ	- 113 -
4-2-3. 検証結果	- 114 -
5. 地方公共団体向けワークショップの有用性検証.....	- 117 -
5-1. ワークショップの概要.....	- 117 -
5-1-1. ワークショップの全体像	- 117 -
5-1-2. ワークショップの背景	- 118 -
5-1-3. ワークショップの目的	- 120 -
5-2. ワークショップの詳細.....	- 122 -
5-2-1. Day1 従来型のワークショップ（現状把握等）	- 122 -
5-2-2. Day2 タンジブルインターフェースを使用したワークショップ	- 136 -
5-3. 参加者視点の検証	- 151 -
5-3-1. 検証目的	- 151 -
5-3-2. 検証項目	- 152 -
5-3-3. 検証方法	- 152 -
5-3-4. 集計結果.....	- 158 -
5-3-5. 検証結果.....	- 170 -
6. 実証の成果と課題、今後の展望	- 173 -
6-1. 本実証で得られた成果.....	- 173 -
6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	- 173 -
6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	- 173 -
6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性	- 173 -
6-2. 実証実験で得られた課題と対応策.....	- 174 -
6-3. 今後の展望.....	- 175 -
7. 用語集.....	- 176 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

都市開発やにぎわい創出、景観保全等を目的としたまちづくりにおいては、構想や計画を地方公共団体や事業者だけではなく地域住民を交えて議論し、理解を深めるワークショップ等が行われることが通例であるが、開発計画等は複雑になりがちであり、地域住民が共通の課題認識や都市構造の理解を持ち、地方公共団体等とまちの将来像について活発な討議を行うことには課題がある。また、VR や AR によって都市を直感的にわかりやすく表現する手法は普及しつつあるが、操作性や編集機能の扱いが技術的に難しく、非技術者が使いこなすのは難しい。

またアーバンプランニングやアーバンマネジメントでは、開発する側であるデベロッパーや地方公共団体は地域住民に寄り添った考え方を重視するとしながら、実際はプランの検討、実行、運用といったプロセス全般に亘って、暮らす側である地域住民が直接関与できる余地は少ない。

地域住民にもサービスを受ける側から、自ら行動を起こしていく側へと考え方の変化が求められているが、未だ十分な状態とは言えない。

上記課題の解決に向け、2022 年度の「XR 技術を用いた体感型アーバンプランニングツール」では、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であるタンジブルインター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。

しかし、タンジブルインターフェースは可搬性に課題があり、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である。そしてタンジブル駒の制作に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。

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り、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、タンジブルインターフェースを使いながら、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。

タンジブルインター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利用者に配慮し、ユーザーインタフェースの改善の余地もある。

1-2. 課題解決のアプローチ

今年度の実証実験では、「駒」を盤面に置くことで 3D 都市モデルや様々なオブジェクトを VR 都市空間へ反映するタンジブルインターフェース活用システムを開発。誰でも簡単に都市空間を編集できるまちづくり支援ツールを実現する。また、システム筐体の小型化や一部機能のクラウド化を実現することで、全国に展開可能な汎用システムとして構築する。

本システムを活用することで、専門家ではない住民も含め、行政や学識など幅広い関係者がまちの未来について様々なスケールで議論し、議論の結果を即座に可視化することができる。加えて、まちの将来像について明確なイメージを共有可能とすることで、関係者が多岐にわたるまちづくりにおける議論の解像度を高めることが可能になる。

本事業では以上の目的を達成するため、次のように具体的課題を設定した。

1. 現行システム

現行のタンジブルインターフェースは、主に 3 つの機能により構成されている。

- ① タンジブル駒の位置読み取り
- ② タンジブル駒の VR 表示
- ③ 模型の背景地図表示

タンジブル駒の位置はデバイスカメラで 2 次元マーカーを撮像し、その画像を Unity 内で処理して座標値を得ている。得られた座標値を VR 内の座標に変換して、対応する位置に建物やストリートファニチャーなどのオブジェクトを表示している。また、タンジブルインターフェースのテーブルトップには地図を投影しており、その映像も Unity から出力している。

2. 今年度の機能開発の Scope

- ① タンジブル駒の位置読み取り

3D 都市モデル等のオブジェクトを配置し、Web ブラウザから自由視点移動及びウォークスルーが可能な機能。この機能には、WebGIS エンジンを用いたビューアー、オブジェクト等を管理するための API。広域エリアと詳細エリアを切替える機能が含まれる。

- ② タンジブル駒の VR 表示

3D 都市モデル等のオブジェクトを配置し、VR デバイスから自由視点移動及びウォークスルーが可能な機能。この機能には、天候や時間等のシェーダー設定を切替える機能及び広域エリアと詳細エリアを切替える機能が含まれる。この機能は①のデータベースと連携して提供される。

③ 模型の背景地図表示

3D 都市モデル等のオブジェクトの配置を、タンジブルインターフェースを通じて変更し、VR デバイス又は Web ブラウザからその結果を複数人でリアルタイムに共有する機能。この機能には、タンジブルインターフェースを用いたオブジェクト等の配置結果を保存、管理、再現する機能及びタンジブルインターフェースと VR 上で表現される 3D オブジェクトのひもづけを管理する機能が含まれる。タンジブルインターフェースの読み取り機能は「タンジブル駒」に貼付けられた AR マーカーを光学的に認識する方法を基本とし、盤面上の背景地図等の投影と両立させる手法を開発する。一度に認識可能な「タンジブル駒」は最大 100 個程度とする。この機能は①と連携して提供される。

3. 今年度の改善点

① タンジブル駒の位置読み取りシステムのクラウド化

現行のタンジブルインターフェースシステムでは全てのシステムが Unity で構築されており、動作させるには Unity アプリを実行可能なハイスpekゲーミング PC が必要となる。また、ワークショップごとに地図範囲を想定して 3D 都市モデルを準備しておく必要がある。本事業ではシステムの一部をクラウド化することによって汎用性を高める。

クラウドシステムは、Web ブラウザから操作し、ワークショップごとに必要となる地図範囲や使用するタンジブル駒など各種設定を行う。また、タンジブルインターフェースと連動しタンジブル駒の位置情報をリアルタイムで受信、Web3D エンジンを用いて 3D 都市モデルを表示する。また、タンジブルインターフェースでの検討内容の記録再現機能を実装する。

② タンジブル駒の VR 表示の高機能化

昨年から引き続き、Unity を活用し VR 表示機能を追加したアプリと併せて提供する。本事業で実装するクラウドシステムと連動し、タンジブル駒の位置情報や各種設定情報を取得して表示する。高性能なゲーミング PC の利点を活かした高精細な 3D 表現を可能とし、VR 内で天候や時間等を切替えも可能とする。

③ 模型の背景地図表示をおこなうタンジブルインターフェースの小型化

可搬性と汎用性の向上を狙って、タンジブルインターフェースの筐体を小型ユニット化する。各ユニットのテーブルトップのサイズは A3 用紙サイズ程度とし、ユニット複数台を連結することで、検討内容に応じてテーブルトップのサイズを自由に変更できるようにする。

各ユニットには小型 PC をコアとして、デバイスカメラ、通信機能をそれぞれ内蔵し、ユニットごとにタンジブル駒の座標の読み取り、クラウドシステムへの送信、背景地図の投影を可能とする。

④ 上記を前提としたまちづくり検討ワークショッププログラムの開発

都市開発やにぎわい創出、景観保全等を目的としたまちづくりのプロセスを導入することを想定した市民参加型のワークショップを開発する。実証実験の有効性をより高いレベルで検証するため、横浜市の関

連部署と連携して、リアリティのある検討シナリオを設定する。なお、タンジブルインターフェースの汎用性を確認するため、縮尺の異なる地図範囲で複数地点を設定する。

本取組の狙いは、既存の業務フローは変えず、対話の場のあり方や質に変化をもたらすことである。

表 1-1 本システム導入による改善点

実施項目	実施主体	本システム導入による改善点
①計画の説明	地方公共団体	従来の紙や映像、3D による説明に加えて、本ツールを導入することで、新旧や複数案の違いを視覚的かつ体験的に説明できる
	市民	従来の紙や映像、3D による説明に加えて、本ツールを利用することで、新旧や複数案の違いを視覚的かつ体験的に理解できる
②意見募集	地方公共団体	- 従来の模造紙や付箋を用いたワークでは得られなかった、ビジュアルを伴う検討結果を得ることができる - 操作が簡単なのでリテラシーにかかわらず参加してもらいやすい
	市民	- 絵を描いたり、言葉で表現したりするのが苦手な人でも、リアルな 3D イメージを描くことができ、自分のイメージを伝えやすい - 短時間で試行錯誤を繰り返すことができる。何度もやり直しできる。

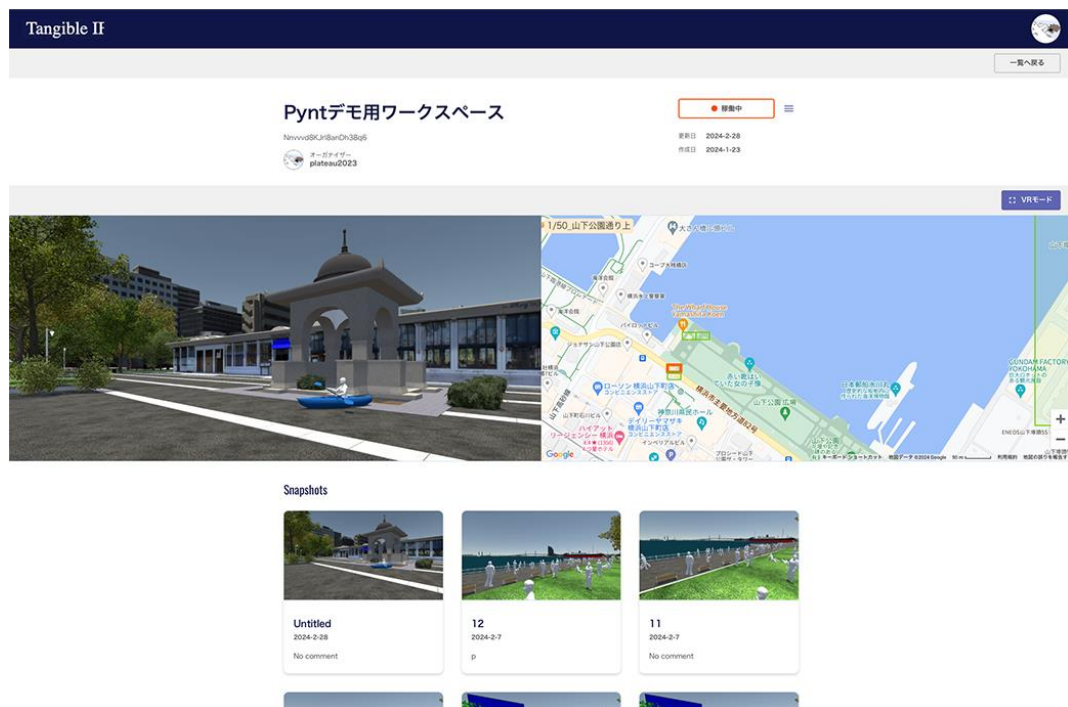


図 1-1 開発したシステムのイメージ



図 1-2 タンジブルインターフェースを活用したワークショップの様子

1-3. 創出価値

- 本業務で開発するワークショップ手法やツールを導入することによって、アーバンプランニングやアーバンマネジメントのプロセスの中で市民参加が促進され、より納得感のあるまちづくりが可能。
- タンジブルインターフェースの可搬性や汎用性の面を改良することや、本実証の成果からハード、システム、運用などのそれぞれの観点で実用性を高めることにより、実際にまちづくりの現場で活用可能。

1-4. 想定事業機会

表 1-2 想定事業機会

項目	内容
利用者	● 地方公共団体 ● 開発事業者 ● エリアマネジメント団体
提供価値	● 市民を対象とする開発計画の説明や意見の収集、また、市民主体による空間の活用方法の検討など幅広い層が参加して一緒に検討できる
サービス仮説	● コミュニケーションの質が向上、合意形成にメリット、幅広い層に参加してもらえる

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

- 従来の都市開発では地域住民への説明に図面やパース図を用いて説明している。これに対して、3D 都市モデルを活用することで、専門知識のない一般市民にも再開発計画の内容が容易かつ直感的に理解できるようになる。
- タンジブルインターフェースを用いることで自身や他人が提供した情報を都市空間や地図上で表現ができ、共通認識の構築により、アイデア発散・収束が起こりやすくなる。
- デバイスの小型化及び複数連結方式、クラウドとの連携機能を実装することにより、汎用性や可搬性が向上することで、他地域による展開が容易となる。

2-2. 実証フロー

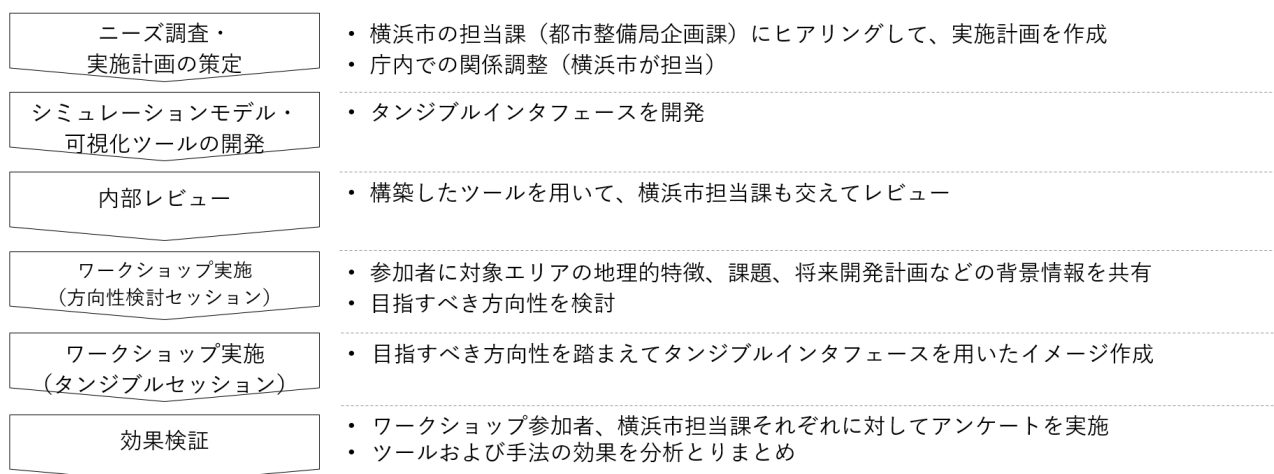


図 2-1 実証フロー

2-3. 検証ポイント

本実証を通じて、以下の検証ポイントを定める。

ワークショップにおける検証ポイント

（「5. 地方公共団体向けワークショップの有用性検証」に検証結果を記載）

- 説明性：直感的な情報提示により理解を深められるか
- 透明性：市民の意見・アイデアを検討プロセスも含めて可視化し、トレース可能な状態となるか

- 公民性：検討プロセスを 3D 都市モデル上に可視化し、市民・地方公共団体・民間事業者間の理解を促進できるか
- 創造性：参加者の創造性を刺激することでアイディアの創出を支援できるか
- 斬新性：新しさや面白さをフックに新たな参加者層の獲得と関心を高められるか

システムにおける検証ポイント

（「4. 実証技術の検証」に検証結果を記載）

- 操作性：短い時間で操作を理解でき、ワークショップの進行を妨げない、シンプルで使いやすい UI が実現できるか
- 汎用性：昨年度と比べて汎用性は向上したか
- 可搬性：昨年度と比べて可搬性は向上したか

2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国土交通省 都市局	プロジェクト全体ディレクション
	アクセンチュア	プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	インフォ・ラウンジ	PM・システム開発
	サイバネットシステム	3D モデル制作・VR 開発
	株式会社山手総合計画研究所	ハードウェア製造・ワークショップ設計実施
実施協力	Code for YOKOHAMA	ワークショップ実施支援
	横浜市	監修

2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア

項目	内容
実証地	横浜市 横浜港インナーハーバー
面積	18.98 km ²
マップ (対象エリアをハイライト)	凡例 - 令和5年_LOD2整備範囲 15.52km² - 令和4年_LOD2整備範囲 1.19km² - 令和2年_LOD2整備範囲 2.27km² - 横浜市LOD2(内港)

2-6. スケジュール

表 2-3 スケジュール

実施事項	2023 年									2024 年		
	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. 実証準備	←→											
2. システム設計	←→											
3. システム実装		←→	←→	←→	←→	←→						
4. ハードウェア制作			←→	←→	←→							
5. 総合テスト			←→	←→	←→	←→						
6. ワークショップ (計 2 回)							←→	←→				
7. 成果の取りまとめ (技術検証レポート、OSS、等)									←→	←→	←→	←→

3. 実証システム

3-1. アーキテクチャ

3-1-1. システムアーキテクチャ

今回の実証実験では、タンジブルインターフェースの筐体を小型ユニット化し、複数台の連結を可能にすることで可搬性を改善するとともに、コンテンツ管理やビューワーなど一部の機能をクラウド化することでシステムの汎用性を向上させた。

タンジブルインターフェース筐体の小型ユニット化は、テーブルトップに映像を映し出す装置を、従来プロジェクターから液晶ディスプレイに置き換えることで実現した。従来のプロジェクター方式は、既製品を組み合わせて構成できる手軽さがある反面、光量、焦点距離、プロジェクターのサイズ、投影面とプロジェクターの固定、これらを総合的に扱い、ちょうど良いサイズにパッケージするように設計しなければならず、小型するには高度な設計製造技術が必要とされる、といった課題があった。これを液晶ディスプレイに置き換えることで、内蔵される装置の構成をシンプルにすることが可能となったが、液晶ディスプレイ上に置かれた2次元マーカ―を光学的に読み取るための工夫が必要とされた。本実証実験では透過液晶ディスプレイを採用することで、筐体の内側に設置したカメラから2次元マーカ―を読み取れるようにした。

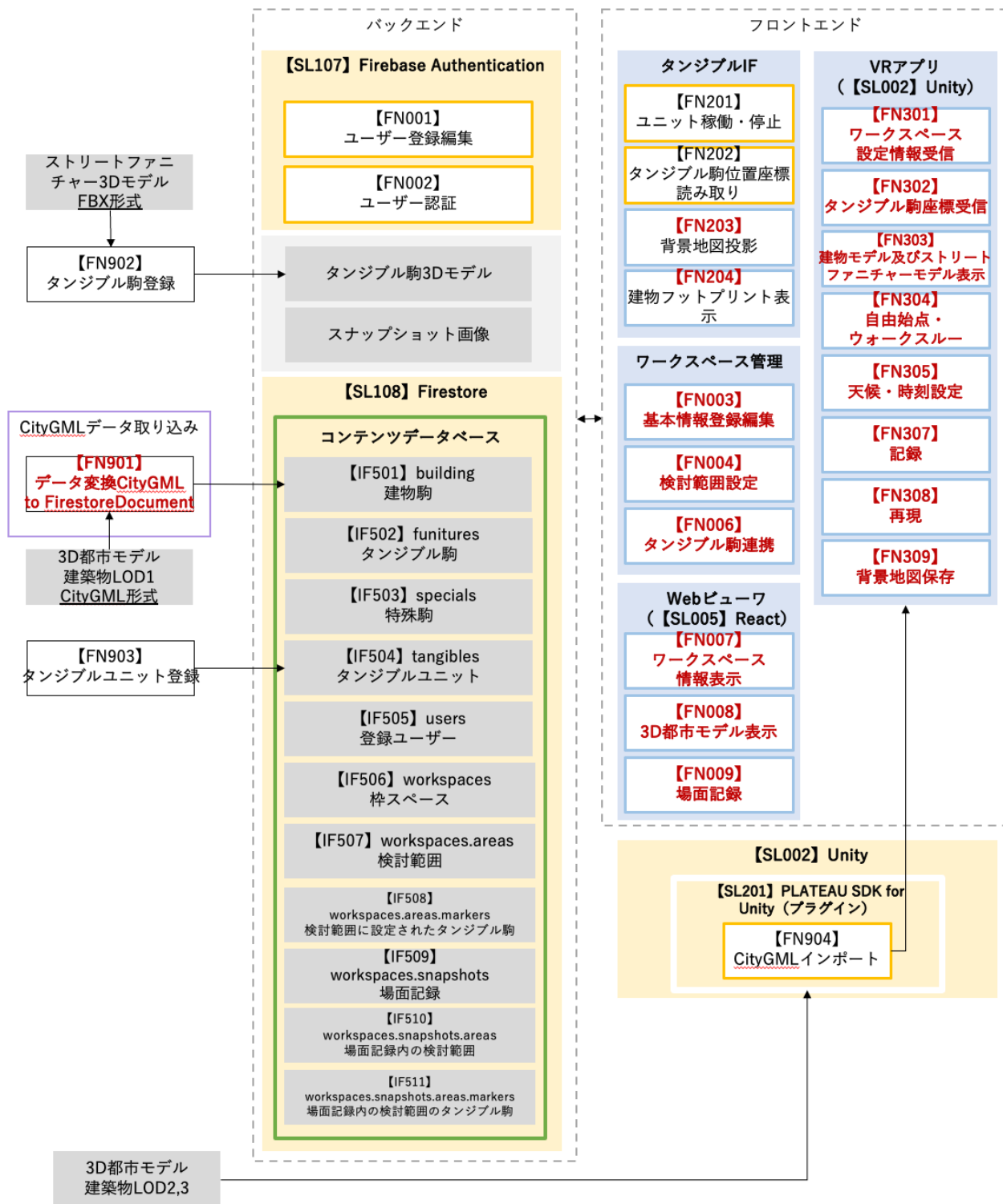
また、各筐体ユニットに Raspberry Pi を内蔵させることで、建築物等を表す駒の位置の読み取りと読み取った位置データのクラウドシステムへの送信を自動で行う機能を実装した。従来、すべての設定情報は Unity アプリ内に持っており、設定を変更するには Unity アプリを変更、再パッケージ化する必要があった。また、複数ユニットを同時に連動させるような機能は備わっていなかった。今回の実証実験では、Raspberry Pi の内蔵によるエッジコンピューティングとクラウドシステムの仕組みの導入によりこれらの課題を解消している。すべての設定値はクラウドシステムに集約することで、設定の変更の柔軟性、複数ユニットの連携を同時に実現した。

筐体上に配置される駒（タンジブルインターフェース）の位置の読み取りは、ユニットに内蔵した Raspberry Pi と小型カメラ、ソフトウェアは OpenCV の ArUco を用いた。駒に貼付けられた2次元マーカ―は常時読み取られ、クラウドシステムに座標値が送信される。

システムのクラウド化は、コンテンツ管理、ビューワー機能を Firebase 上に Node.js (React) でウェブアプリとして実装した。Unity アプリや Raspberry Pi との間で、検討エリアの設定情報や駒の座標値の連携に用いる API は、同じく、Firebase の CloudFunctions 上に Node.js で実装した。

前述のとおり、各ユニットと Unity アプリはクラウドを介し疎結合化することで、ワークショップのチーム編成をはじめとする設計が柔軟になり、同じ空間にいない参加者と一緒にワークショップに参加することができるようになった。また、ウェブアプリ内のビューワーを用いることで、ハイスペックな PC を用いずに本ツールを利用することが可能となった。

本システムのシステムアーキテクチャは下図の通りである。

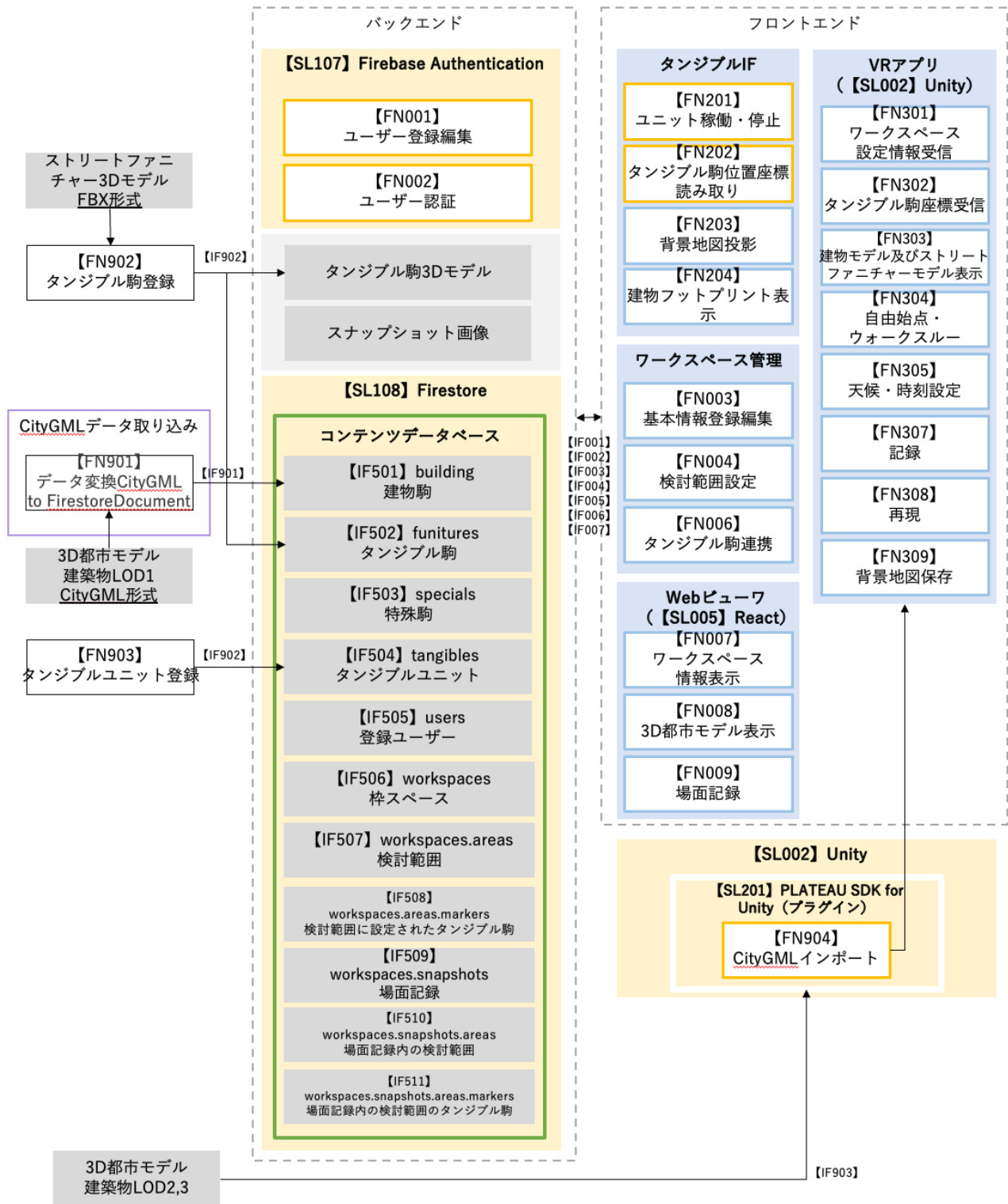


凡例

既存のソフトウェア 開発したソフトウェア 既存機能 開発した機能 データ ファイルストレージ データベース

図 3-1 システムアーキテクチャ

3-1-2. データアーキテクチャ



凡例

UI入力

データ

データベース

ファイル
ストレージ

ソフトウェア

データ
処理

図 3-2 データアーキテクチャ

3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

3-1-3-a. 利用したハードウェア一覧

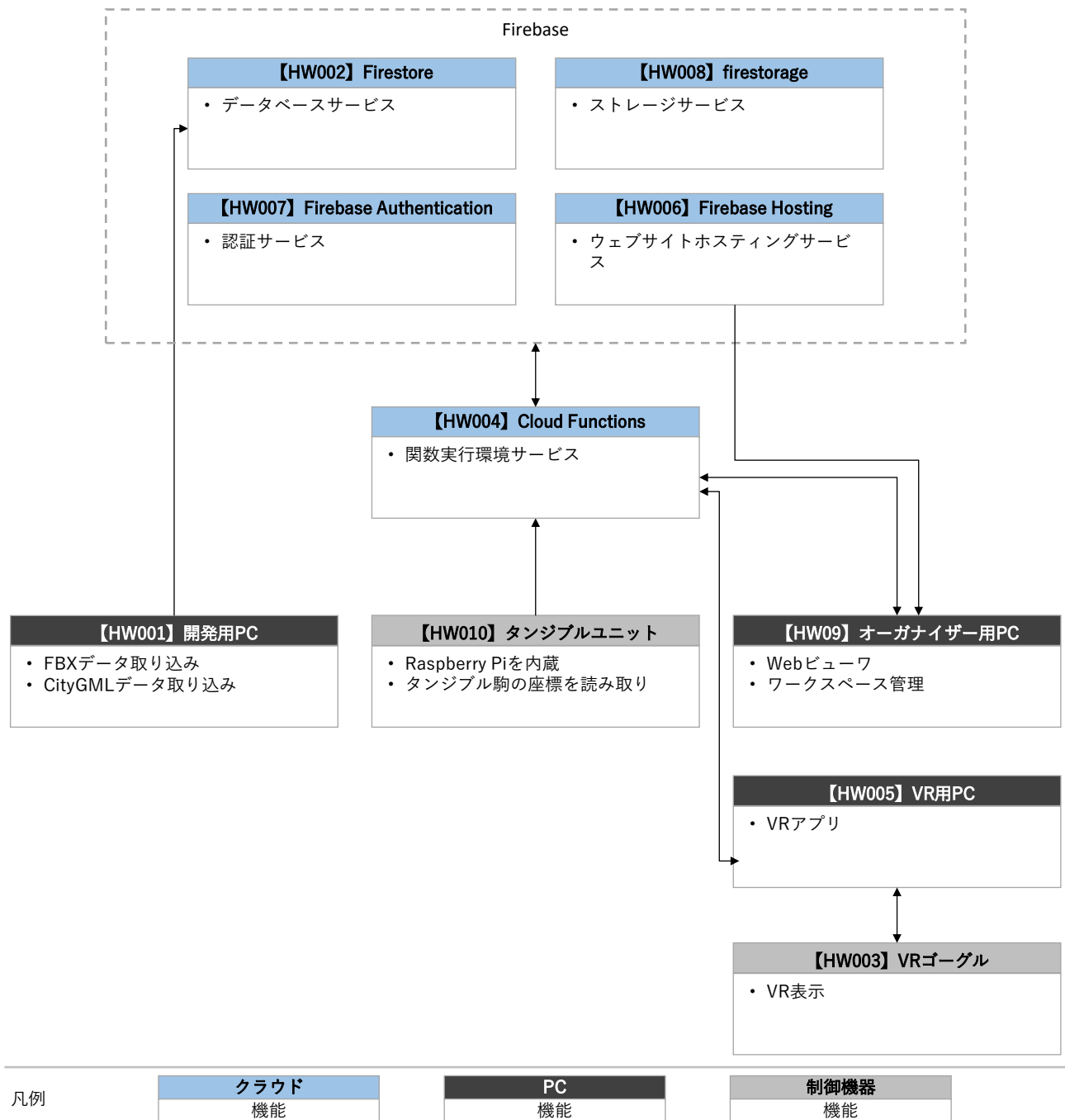


図 3-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 3-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	開発用 PC	MacBookAir	● PLATEAU データから建物形状データを抽出 ● クラウドシステムにアップロード
HW002	データベースサービス	Fire store	● タンジブル駒の設定データを保存 ● 建物ルーフトップ形状を保存 ● タンジブルインターフェースから送られる駒座標データを保存 ● ワークスペースの設定データを保存 ● スナップショット情報を保存
HW003	VR ゴーグル	Meta Quest3	● Unity がレンダリングした VR 空間をウォークスルー
HW004	関数実行環境サービス	Cloud Functions	● タンジブルインターフェースやオーガナイザーPC に対してデータベースのデータを仲介
HW005	VR 用 PC	ROG Zephyrus M16 (2022) GU603	● Unity で作成した VR アプリを動作
HW006	ウェブサイトホスティングサービス	Fire Hosting	● アプリをホスティング
HW007	認証サービス	Fire Authentication	● ユーザー認証
HW008	ストレージサービス	firestorage	● タンジブル駒の形状データを保存 ● 作成中の VR 画像（スナップショット）を保存
HW009	オーガナイザー用 PC	MacBook Air	● Unity アプリを動作。駒の座標やオブジェクトを読み込んで、VR 空間をレンダリング
HW010	タンジブルユニット	Raspberry Pi	● テーブル上の駒の座標を読み取ってクラウドに送信

3-1-3-b. 利用したハードウェア詳細

1) 【HW001】開発用 PC : MacBook Air (M2、2022)

- 選定理由
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - メモリ 24G
 - SSD 2TB
- イメージ



図 3-4 MacBook Air¹

¹ 公式 HP より抜粋：<https://www.apple.com>

2) 【HW002】 データベース : Fire store

- 選定理由
 - セットアップ不要
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックが開示されているかどうかは不明

3) 【HW003】 VR ゴーグル : Meta Quest3

- 選定理由
 - VR を再生するのに十分な性能があった
 - 最新の機種で安定性が向上している
- 仕様・スペック
 - チップセット : Snapdragon XR2 Gen 2
 - メモリ : 8GB
 - ストレージ : 128GB
- イメージ



図 3-5 Meta Quest 3²

² 公式 HP より抜粋 : <https://www.meta.com/jp/quest/quest-3/>

4) 【HW004】 API サーバ：Cloud Functions

- 選定理由
 - セットアップ不要
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックが開示されているかどうかは不明

5) 【HW005】 VR 用 PC：ROG Zephyrus M16 (2022) GU603

- 選定理由
 - Unity で作成した VR アプリを動作するのに十分な性能があった
- 仕様・スペック
 - サイズ
 - ✧ 幅 355mm×奥行き 243.5mm×高さ 19.9～22.3mm
 - CPU
 - ✧ インテル® Core™ i9-12900H プロセッサー 2.5GHz/5.0GHz インテル® スマート・キャッシュ 24MB
 - グラフィックス機能
 - ✧ NVIDIA® GeForce RTX™ 3060 Laptop GPU (NVIDIA® Optimus™ Technology 対応)
 - ✧ ビデオメモリ 6GB ※ ※ 専用ビデオメモリ
- イメージ



図 3-6 ROG Zephyrus M16 (2022) GU603

6) 【HW006】ウェブサイトホスティングサービス：Fire Hosting

- 選定理由
 - セットアップ不要
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックが開示されているかどうかは不明

7) 【HW007】認証サービス：Fire Authentication

- 選定理由
 - セットアップ不要
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックが開示されているかどうかは不明

8) 【HW008】ストレージ：Fire Storage

- 選定理由
 - セットアップ不要
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックは不明

9) 【HW009】オーガナイザー用 PC：MacBook Air（M2、2022）

- 選定理由
 - 高機能かつ高性能
 - 扱いに慣れている
- 仕様・スペック
 - サイズ：縦 100mm×横 72mm
 - CPU：Intel®i7-8665UE
 - Storage：256GB
- イメージ



図 3-7 MacBook Air

10) 【HW010】 タンジブルユニット: Raspberry Pi 内蔵

- 内蔵 Raspberry Pi の選定理由
 - 小さい
 - 扱いに慣れている
 - 対応パーツが充実している
- 仕様・スペック
 - CPU : Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz
 - メモリ : 4GB LPDDR4-3200 SDRAM
 - 通信 : 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE



図 3-8 Raspberry Pi 4³

³ 公式 HP より抜粋 : <https://www.raspberrypi.com>

3-2. システム機能

3-2-1. システム機能一覧

システム機能一覧を表に示す。なお、本業務において新規開発した要素（機能名）を赤字で示す。

1) クラウドシステム機能一覧

表 3-2 クラウドシステム機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
ユーザー管理	FN001	ユーザー登録編集	システムを利用するにはオーガナイザーとしてユーザー登録が必要
	FN002	ユーザー認証	登録ユーザーを認証
ワークスペース管理	FN003	基本情報登録編集	ワークスペースのタイトルや説明などの基本情報を登録・編集
	FN004	検討範囲設定	タンジブルインターフェースと連動させる検討範囲（空間範囲）を2次元地図上で指定する。複数の検討範囲を設定できる。また、検討範囲それぞれに対応するタンジブルユニットをひもづける。ひも付けにはタンジブルユニットごとにあらかじめ設定されたIDを用いる。
	FN006	タンジブル駒連携	検討範囲それぞれで使用するタンジブル駒（建物モデルとストリートファニチャーモデル）を指定する
Webビューワー	FN007	ワークスペース情報表示	ワークスペースに関する登録情報を表示する
	FN008	3D都市モデル表示	Webブラウザの3D描画機能を用いて、検討範囲が示す建物モデル及びストリートファニチャーモデルを表示 自由視点、ウォークスルーを可能とする
	FN009	場面記録	任意のタイミングで検討範囲上のタンジブル駒の位置情報を記録する。 記録した場面（スナップショット）

			は Web ビューワー上又は VR 上で再現できる
--	--	--	---------------------------

2) タンジブルインターフェース機能一覧

表 3-3 タンジブルインターフェース機能一覧

分類	ID	機能名	機能説明
タンジブルインターフェース	FN201	ユニット稼働・停止	タンジブルユニットが起動して利用可能になったことをクラウドに通知する。逆に、プログラム終了時には利用不可であることをクラウドに通知。次
	FN202	タンジブル駒位置座標読み取り	テーブルトップ上に配置されたタンジブル駒の位置を読み取る。読み取りには 2 次元マーカを用いる。1 台のタンジブルインターフェースで同時に読み取るマーカは約 50。 1 秒に 1 度程度の読み取り頻度。 読み取ったタンジブル駒の座標を「タンジブル駒座標 API」を使用してクラウドシステムに送信する。送信するデータは必要に応じて所定の JSON 形式に整形する。
	FN203	背景地図	地図画像（クラウドシステムが地理院地から生成した画像か、Unity アプリが生成した画像）をクラウドから受信して盤上に投影。
	FN204	建物フットプリント表示	地図画像に重ねて建物のフットプリント形状投影

3) VR システム機能一覧

表 3-4 VR システム機能一覧

カテゴリー	ID	機能名	機能説明
ワークスペース設定 情報受信	FN301	ワークスペース設定 情報受信	「ワークスペース情報 API」を使用して、ワークスペースの基本情報や設定情報を取得する
タンジブル駒座標受信	FN302	タンジブル駒座標 受信	「タンジブル駒座標 API」を使用してタンジブルユニットごとのタンジブル駒の位置情報を取得する
3D 都市モデル表示	FN303	建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示	PLATEAU をベースとしてあらかじめ作成した 3D 都市モデルを表示。取得した座標情報を VR 内の座標系に変換し、それぞれの位置に対応するモデルを表示する
	FN304	自由視点・ウォークスルー	VR 内では自由視点を提供し、ヘッドマウントディスプレイを用いてウォークスルー体験できる
	FN305	天候・時刻設定	VR 空間の天候を晴れ、曇り、雨等切替える。VR 空間内で設定したとき刻で日差しを変化させる
場面記録	FN307	記録	「場面記録 API」を用いて、タンジブルインターフェース上のタンジブル駒の配置情報、VR 画面のキャプチャ、メモなどを添えてスナップショットとして記録する。記録したデータはクラウドシステムに送信する
	FN308	再現	「場面記録 API」を用いて、指定した場面記録を呼び出して VR 内に再現する
タンジブルユニット 用画像生成	FN309	背景地図保存	タンジブルユニット投影用の VR 画像を生成してクラウドにアップロード。直上からのカメラの視点で VR ろレンダリングして画像を生成。

3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

表 3-5 利用したソフトウェア・ライブラリ

ID	項目	内容
SL001	FirebaseSDK	● Firebase 社が提供する、Web アプリを構築するための PaaS
SL002	Unity	● Unity 社が提供する、VR アプリをオーサリングするゲームエンジン
SL003	Python3	● Python Software Foundation が提供する、スクリプト言語
SL004	Node.js	● Node.js Developers が提供する、サーバサイドで JavaScript を動作させるための環境
SL005	React.js	● Meta 社が提供する、JavaScript の UI ライブラリ
SL006	three.js	● Three.js Authors が保有する、Web で 3 次元データを扱う JavaScript ライブラリ
SL007	Firebase Authentication	● Google が提供するユーザー認証の仕組み。アプリケーションにユーザー認証機能を独自で実装することなく追加することができる
SL008	Firestore	● Google が提供する Firebase と Google Cloud からのモバイル、ウェブ、サーバ開発に対応した NoSQL クラウドデータベース
SL009	PLATEAU SDK for Unity	● 国土交通省が提供する、3D 都市モデルを Unity に簡便にインポートして扱えるようにするための SDK
SL010	Firebase Firestore	● Google が提供するオンラインストレージサービス
SL011	Firebase Cloud Functions	● Google が提供する関数実行環境およびサービス
SL012	OpenCV	● オープンソースの画像解析に特化したライブラリ。AR マーカーの識別に使用。
SK013	UniStorm	● Unity に天候や時刻のシミュレーション機能を追加するアセット

3-2-3. 開発機能の詳細要件

開発機能の詳細要件を記す。なお、本業務において新規開発した要素（機能名）を赤字で示す。

1. クラウドシステム機能

クラウドシステムはウェブビューワーと API で構成される。ここではウェブビューワーに実装されている機能について述べる。ウェブアプリでは、タンジブルユニットの利用を開始するにあたって必要な各種設定を行う。なお、ワークスペースとは目的ごとに区別できる情報領域で、複数の検討範囲※1 とそこにひもづくタ

ンジブルユニットをよびタンジブル駒※2 の情報を持つ。また、記録されたスナップショット（場面記録）についても、ワークスペースごとにまとめて扱われる。ウェブ VR 表示機能も有している。

※2 タンジブル駒とは 2 次元マーカーで識別できる ID と、建物や都市設備などの 3D 都市モデルを対応付けたもの

※1 検討範囲とは、タンジブルユニットの盤面と対応する特定の空間範囲を示し、その範囲における建物やストリートファニチャーの配置情報のまとまりを伴う。

- システム構成

プラットフォームに Firebase の各種サービスを利用してサーバレス構成としている。認証基盤には Firebase Authentication、データベースには Firestore、ストレージに Storage をそれぞれ利用している。アプリの実装は React.js で構築。クライアントとデータベースの連携は Firebase の API を使うか、一部機能は独自実装（後述）の API を経由させている。

- データベース仕様

データベースには Firebase の Firestore を使用している。コレクションの定義については、「3-4-3. 内部連携インターフェース」を参照。

- 利用するライブラリ

FirebaseAPI を React.js（Node.js）から利用

1) 【FN001】ユーザー登録編集

- フローチャート

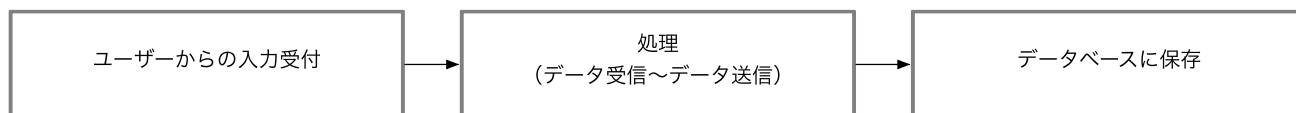


図 3-9 【FN001】フローチャート

- 機能概要

- アプリにユーザー登録

- データ仕様

- 入力
 - ◇ ウェブフォームからの入力
- 出力
 - ◇ FirebaseAPI からのレスポンスオブジェクト
- 関連する IF
 - ◇ ファイル入力インターフェース 【IF901】 FirebaseAPI
- 関連する主なコレクション
 - ◇ 内部連携インターフェース 【IF505】 users

- 機能詳細

- 処理内容
 - ✧ ウェブフォームから入力を受付（ID と PW）
 - ✧ Firebase の Firebase Authentication に新規ユーザ登録
 - ✧ レスポンスを得る
- 利用するライブラリ
 - 【SL007】 Firebase Authentication
 - 【SL008】 Firebase Firestore
 - 【SL010】 Firebase Firestorage
- 利用するアルゴリズム
 - なし

2) 【FN002】 ユーザー認証

- フローチャート

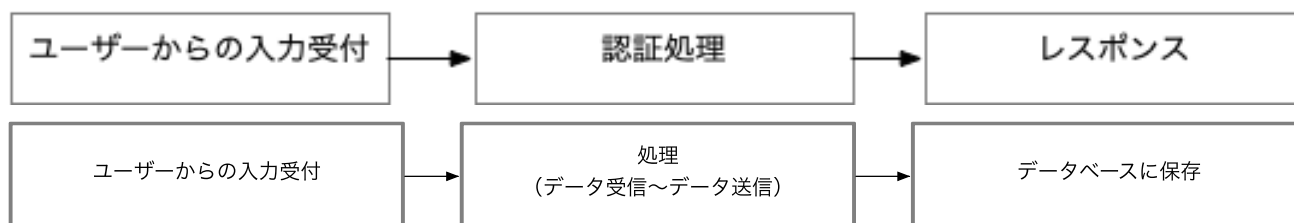


図 3-10 【FN002】 フローチャート

- 機能概要
 - アプリの利用ユーザーを認証
- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ウェブフォームからの入力
 - 出力
 - ✧ FirebaseAPI からのレスポンスオブジェクト
 - 関連する IF
 - ✧ ファイル入力インタフェース 【IF901】 FirebaseAPI
 - 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部連携インタフェース 【IF505】 users
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ✧ ウェブフォームから入力を受付（ID と PW）
 - ✧ Firebase の Firebase Authentication に照会
 - ✧ レスポンス（Firebase の認証オブジェクト）を得る
- 利用するライブラリ
 - 【SL007】 Firebase Authentication

- 【SL008】 Firebase Firestore
- 【SL010】 Firebase Firestorage
- 利用するアルゴリズム
 - なし

3) 【FN003】 基本情報登録編集

- フローチャート

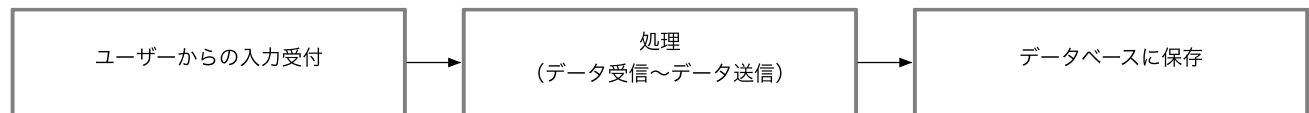


図 3-11 【FN003】 フローチャート

- 機能概要
 - ワークスペースのタイトルや説明を登録・編集
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ ウェブフォームからの入力
 - 出力
 - ◇ FirebaseAPI からのレスポンスオブジェクト
 - 関連する IF
 - ◇ ファイル入力インタフェース 【IF901】 FirebaseAPI
 - 関連する主なコレクション
 - ◇ 内部連携インタフェース 【IF506】 workspaces
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ウェブフォームから入力を受付
 - Firebase の Firestore に保存
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】 Firebase Firestore
- 利用するアルゴリズム
 - なし

4) 【FN004】 検討範囲設定

- フローチャート

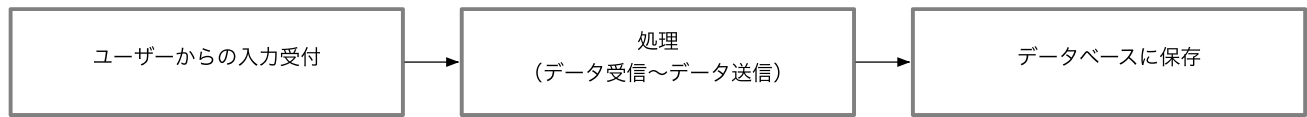


図 3-12 【FN004】 フローチャート

ワークスペースではそれぞれ、複数のタンジブルユニットおよび検討範囲をひもづけて管理することができる。タンジブルユニットは製造時に付番されるユニークな ID を持ち、あらかじめ Firestore に登録（コンソールから手入力）されている。

- 機能概要
 - ワークスペースに連係させるタンジブルユニットを指定
 - タンジブルユニットごとに検討範囲（地図上の範囲と縮尺）を指定
- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ウェブフォームからの入力
 - 出力
 - ✧ FirebaseAPI からのレスポンスオブジェクト
 - 関連する IF
 - ✧ 【IF901】 FirebaseAPI
 - 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部連携インタフェース 【IF507】 workspaces.areas
 - ✧ 内部連携インタフェース 【IF504】 tangibles
- 機能詳細
 - 処理内容
 - タンジブルユニットを指定（ドロップダウンメニューから選択）
 - タンジブルユニットに対応させる検討範囲を指定（地図で指定）
 - 検討範囲の名称をフォームに入力
 - Firebase の Firestore に保存
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】 Firebase Firestore
 - 【SL011】 Firebase Cloud Functions
- 利用するアルゴリズム
 - なし

5) 【FN006】 タンジブル駒関係

フローチャート

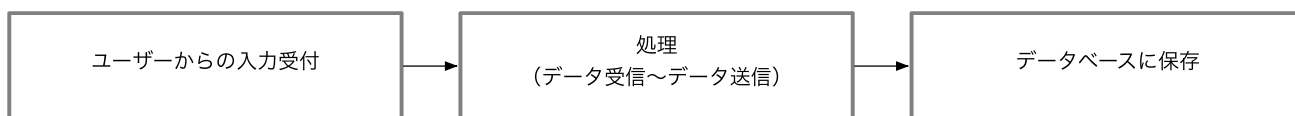


図 3-13 【FN005】 フローチャート

検討範囲ごとに2次元マーカーのIDと対応するタンジブル駒のペアを設定する。タンジブル駒の情報はあらかじめFirestoreに登録（コンソールから手入力）されているので、使用する駒を画面上で選択して保存する。

- 機能概要
 - 画面上で設定する検討範囲を指定し、一覧から利用するタンジブル駒を指定する
- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ウェブフォームからの入力
 - 出力
 - ✧ FirebaseAPIからのレスポンスオブジェクト
 - 関連するIF
 - ✧ ファイル入力インタフェース【IF901】FirebaseAPI
 - 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部連携インタフェース【IF508】workspaces.areas.markers
 - ✧ 内部連携インタフェース【IF502】furnitures
 - ✧ 内部連携インタフェース【IF501】buildings
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ✧ 検討範囲を指定
 - ✧ データベースからすべての駒一覧を取得し画面表示
 - ✧ 選択された駒をFirebaseのFirestoreに保存
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】Firebase Firestore
 - 【SL010】Firebase Firestorage
- 利用するアルゴリズム
 - なし

6) 【FN007】ワークスペース情報表示

- フローチャート

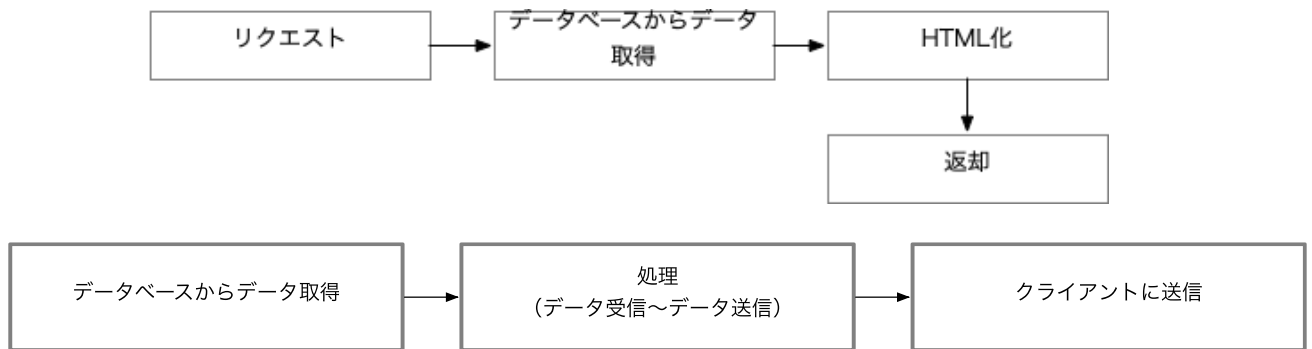


図 3-14 【FN007】フローチャート

- 機能概要

- ワークスペースに設定された情報をウェブ画面に表示

- データ仕様

- 入力

- ✧ ウェブブラウザからの HTTP リクエスト
(認証のためのトークンなどセッション情報を含む)

- 出力

- ✧ HTML

- 関連する IF

- ✧ ウェブブラウザおよびウェブサーバー間一般的なプロトコル

- 関連する主なコレクション

- ✧ 内部連携インタフェース 【IF506】 workspaces
- ✧ 内部連携インタフェース 【IF507】 workspaces.areas
- ✧ 内部連携インタフェース 【IF508】 workspaces.areas.markers
- ✧ 内部連携インタフェース 【IF509】 workspaces.snapshots

- 機能詳細

- 処理内容

- ✧ データベースからワークスペースに関する情報を取得し画面表示

- 利用するライブラリ

- 【SL008】 Firebase Firestore
- 【SL010】 Firebase Firestorage

- 利用するアルゴリズム

- なし

7) 【FN008】 3D 都市モデル表示

- フローチャート

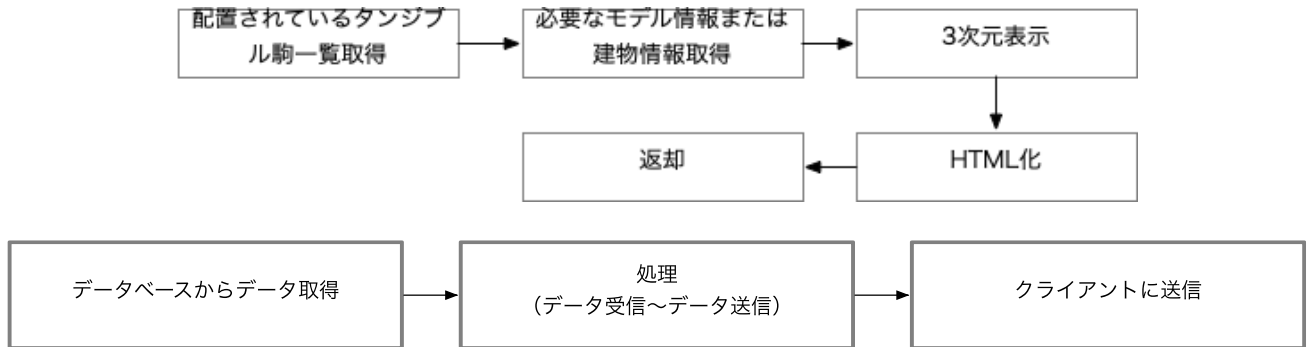


図 3-15 【FN008】 フローチャート

- 機能概要

- ワークスペースごとに、タンジブル駒の配置情報に基づき 3D 描画
- スナップショットとして記録された情報を使って 3D 描画

- データ仕様

- 入力
 - ✧ ウェブブラウザからの HTTP リクエスト
(認証のためのトークンなどセッション情報を含む)
- 出力
 - ✧ HTML
- 関連する IF
 - ✧ ウェブブラウザおよびウェブサーバー間一般的なプロトコル
- 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部連携インターフェース 【IF510】 workspaces.snapshots.areas
 - ✧ 内部連携インターフェース 【IF511】 workspaces.snapshots.areas.markers
 - ✧ 内部連携インターフェース 【IF501】 buildings

- 機能詳細

- 処理内容
 - ✧ 表示するワークスペースのすべての検討範囲のタンジブル駒の配置情報、または、指定したスナップショットに含まれるすべての検討範囲と、タンジブル駒の配置情報を取得
 - ✧ 検討範囲内の建物オブジェクト (LOD1) はコレクション「building」からクエリしてきて取得し、その場でフットプリント情報 (lod0footprint) に建物高さ情報 (height) を加えて 3D オブジェクト化
 - ✧ ストリートファニチャーの 3D オブジェクトはコレクション「funitures」に記録されている、Storage 内に保存されている FBX ファイルへの参照情報 (objName) を使用
 - ✧ 3D 描画 (Three.js を利用)

- 利用するライブラリ

- 【SL008】 Firebase Firestore

- 【SL010】 Firebase Firestore
- 【SL006】 Three.js
- 利用するアルゴリズム
 - なし

8). 【FN009】 場面記録

- フローチャート

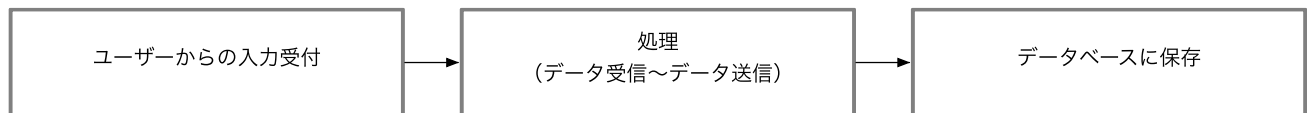


図 3-16 【FN009】 フローチャート

- 機能概要
 - 3D 都市モデル表示機能で表示した 3D 画像を保存登録
 - タイトルとメモも保存
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ ウェブフォームからの入力
 - 出力
 - ◇ FirebaseAPI からのレスポンスオブジェクト
 - 関連する IF
 - ◇ ファイル入力インタフェース 【IF901】 FirebaseAPI
 - 関連する主なコレクション
 - ◇ 内部連携インタフェース 【IF509】 workspaces.snapshots
 - ◇ 内部連携インタフェース 【IF510】 workspaces.snapshots.areas
 - ◇ 内部連携インタフェース 【IF511】 workspaces.snapshots.areas.markers
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ 3D 都市モデル表示機能で表示中の 3D 画像を静止画として保存 (Blob 形式)
 - ◇ フォームにタイトルとコメントを入力
 - ◇ 画像は Storage に保存
 - ◇ その他の情報は Firestore に登録
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】 Firebase Firestore
 - 【SL010】 Firebase Firestore
- 利用するアルゴリズム
 - なし

2. タンジブルインターフェース機能

タンジブルインターフェースは盤上に配置されたタンジブル駒（2次元マーカー）を内蔵カメラで読み取り、そのIDと座標をクラウドに送信する。また、クラウドから受信した画像を盤面のディスプレイに投影する機能を有する。

なお、システムで利用するすべてのタンジブルインターフェースはその情報を Firebase の Firestore に登録されている必要がある。

- システム構成

Raspberry Pi を内蔵しており、クラウドと連動するアプリケーションが実装されている。利用している主なソフトウェアは OpenCV で Python を使って実装されている。

- 利用するライブラリ

【SL012】 OpenCV

1). 【FN201】ユニット稼働開始・停止

- フローチャート（起動時）

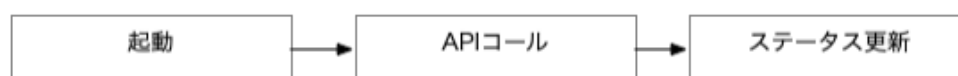


図 3-17 【FN201】フローチャート（起動時）

- フローチャート（システム終了時）

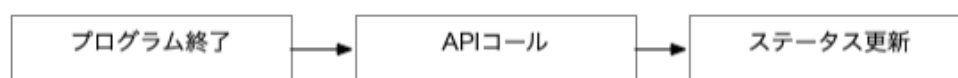


図 3-18 【FN201】フローチャート（システム終了時）

- 機能概要

- タンジブルユニットの起動・停止をクラウドに通知する

- データ仕様

- 入力

- ✧ API 仕様を参照

- 出力

- ◇ API 仕様を参照
- 利用する API
 - ◇ 外部連携インタフェース【IF003】タンジブルユニット API
 - /tangibles/(:tangibleId)/activate (起動)
 - ◇ 外部連携インタフェース【IF003】タンジブルユニット API
 - /tangibles/(:tangibleId)/inactivate (停止)
- 機能詳細
 - 処理内容
 - 自身の ID を指定して API にリクエスト
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

2) 【FN202】タンジブル駒位置座標読み取り

- フローチャート

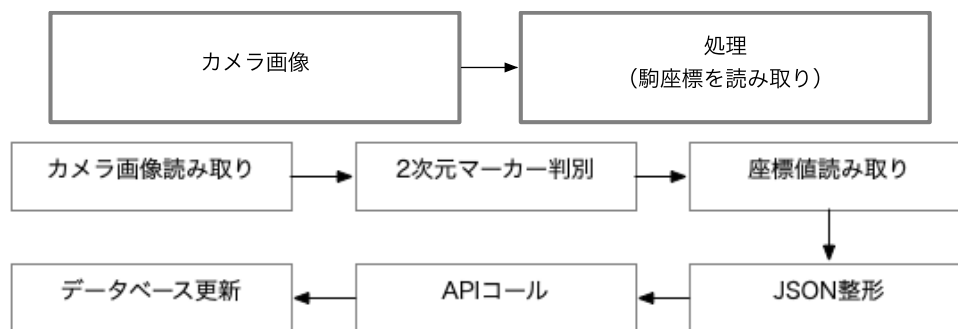


図 3-19 【FN202】フローチャート

- 機能概要
 - タンジブルユニットに置かれたタンジブル駒（2次元マーカー）の位置を読み取りクラウドに送信
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 出力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ◇ 外部連携インタフェース【IF003】タンジブルユニット API
 - /tangibles/post
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ OpenCV の機能を使ってカメラ画像内の 2 次元マーカーを判定し座標値を得る
 - ◇ 取得した座標値を JSON 形式に加工

◇ API で POST

- 利用するライブラリ
 - 【SL012】 OpenCV
- 利用するアルゴリズム

なし

3) 【FN203】 背景地図投影

タンジブルユニット稼働時に盤上に検討範囲の地図画像を表示する。地図画像はウェブアプリで検討範囲を設定すると自動で作成登録される。また、Unity アプリでは検討範囲の直上からの 3D レンダリング画像をクラウドに登録する機能を有しており、どちらか新しい方の画像が採用される。

- フローチャート

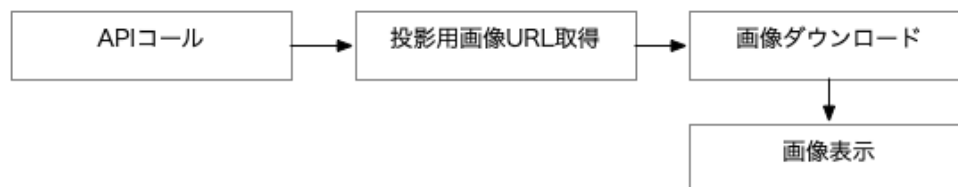


図 3-20 【FN203】 フローチャート

- 機能概要
 - 背景地図画像（地理院地図か Unity のレンダリング画像）を盤上に表示する
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 出力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ◇ 外部連携インターフェース 【IF003】 タンジブルユニット API
 - /tangibles/(:tangibleId)/map
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ 自身の ID を指定して API にリクエスト
 - ◇ 画像 URL が返却されるので、画像を取得して画面上に表示
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

4) 【FN204】建物フットプリント投影

- フローチャート

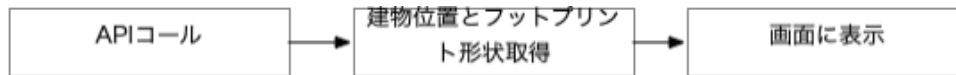


図 3-21 【FN204】フローチャート

- 機能概要

- 検討範囲に含まれる建物オブジェクトのフットプリントを背景地図と重ね合わせて盤上に表示する

- データ仕様

- 入力
 - ◇ API仕様を参照
- 出力
 - ◇ API仕様を参照
- 利用する API
 - ◇ 外部連携インターフェース【IF003】タンジブルユニット API
 - ◇ /tangibles/(:tangibleId)/footprints/buildings

- 機能詳細

- 処理内容
 - ◇ 自身の ID を指定して API にリクエスト
 - ◇ 建物情報の JSON データが返却されるので、フットプリント情報を抽出して画面上に描画

- 利用するライブラリ

- なし

- 利用するアルゴリズム

- なし

3. VR システム

タンジブルユニットの盤上に配置されたタンジブル駒の位置に応じて 3D 描画するアプリ。再現された VR 空間は自由視点で移動することができる。また、スナップショット機能を用いれば、作成した場面を記憶しておくことができる。

- システム構成

アプリは Unity で実装。ワークスペースやタンジブルユニットの情報、タンジブル駒の座標など、3D 描画するのに必要な情報は API 経由でクラウドから取得する。ベースモデルおよび特殊駒※の挙動についてはあらかじめアプリに組み込んでおく必要がある。

※ 特殊駒とは、3D オブジェクトの配置をコントロールする以外の機能の操作ができる駒。たとえば、広場の地面の材料を全面張り替えたり、車道に自転車専用道路を出現させたりするなど、比較的大きな範囲の 3D モデルを切り換えるために使用している。

1) 【FN301】 ワークスペース設定情報受信

- フローチャート

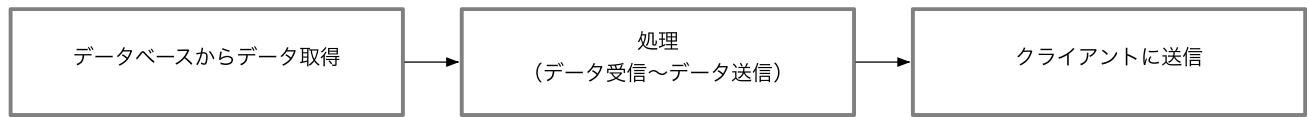


図 3-22 【FN301】 フローチャート

- データ仕様
- 機能概要
 - 接続するワークスペースの設定情報を取得
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 出力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ◇ 外部連携インタフェース 【IF004】 ワークスペース API
 - /workspaces/(:wsID)
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ 接続するワークスペースの ID を画面上で入力
 - ◇ API コール
 - ◇ 各種情報を基に初期設定
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

2) 【FN302】 タンジブル駒座標受信

- フローチャート

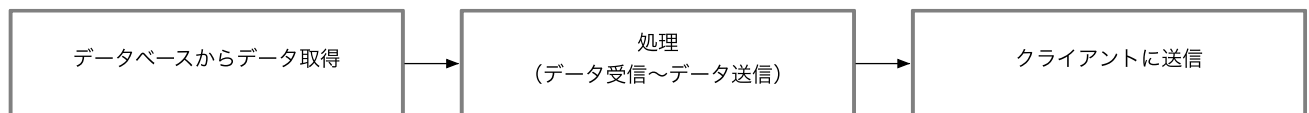


図 3-23 【FN302】 フローチャート

- 機能概要
 - 指定したワークスペースに含まれるタンジブルユニット上のタンジブル駒の座標情報を取得
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ API 仕様を参照

- 出力
 - ✧ API 仕様を参照
- 利用する API
 - ✧ 外部連携インタフェース【IF006】ワークスペース内タンジブルユニット API
 - ✧ /workspaces/ (:wsID) /tangible
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ✧ タンジブル駒の座標情報は API 経由でクラウドから取得する
 - ✧ API コール (1 秒おきに定期実行)
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

3) 【FN303】建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示

- フローチャート

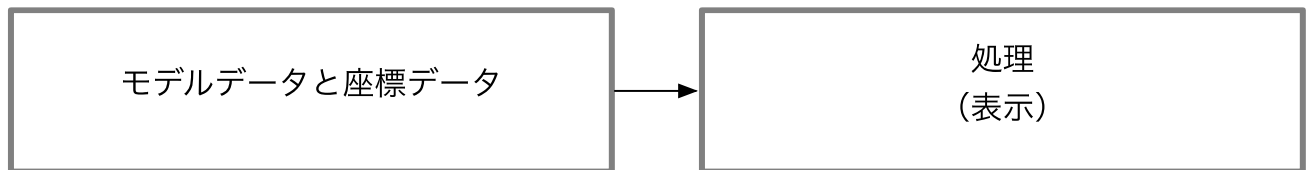


図 3-24 【FN303】フローチャート

- 機能概要
 - 取得した座標情報に基づき、3D 描画する（駒を除くと、3D 上から削除される）
 - API から取得した緯度経度をもとに、Unity の空間内の平面座標に変換して配置
- データ仕様
 - 入力
 - ✧ API 仕様を参照
 - 出力
 - ✧ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ✧ 【IF006】ワークスペース内タンジブルユニット API
 - ✧ /workspaces/ (:wsID) /tangible
- 機能詳細
 - 取得したタンジブル駒の情報にもとづき、必要な 3D オブジェクトをクラウドからダウンロード（初回のみ実行）
 - タンジブル駒に紐づけられた 3D オブジェクトを配置する
 - ✧ 平面座標は、下記「利用するアルゴリズム」-「地理座標-3D 空間座標変換」を用いる

- ◇ あらかじめ PLATEAU SDK のインポートした原点地理座標を 3D 空間座標に変換しておく（原点座標）
 - ◇ タンジブル駒の地理座標を 3D 空間座標に変換し、原点座標を減算して相対座標を求める（平面座標）
 - ◇ 平面座標が決定したら、その位置の上空 400m から下に向けて探索を行い、衝突した地点に 3D オブジェクトを配置する
- 利用するライブラリ
 - なし
 - 利用するアルゴリズム
 - 地理座標-3D 空間座標変換
 - ◇ 緯度・経度をもとに緯度方向を z、経度方向を x とした 3D 空間座標（メートル単位）を算出する※1

※1 本来、地理座標変換では地球を楕円体として扱うことが望ましいが、計算負荷を考慮し、ここでは球として扱っている。これにより緯度 1° あたりの距離は一定となるため、緯度をメートルに変換する係数を次のように求める。

＜緯度をメートルに変換する係数＞＝＜地球の円周(m)＞÷ 360

経度 1° あたりの距離は緯度によって変動するため、次の計算式により、先に同じ緯度を通る円の円周を求める。

＜同じ緯度を通る円の円周(m)＞＝Cos<緯度(°)> × <地球の円周(m)>

続いて経度をメートルに変換する係数を次のように求める。

＜経度をメートルに変換する係数＞＝＜同じ緯度を通る円の円周(m)＞÷ 360

最後に 3D 空間座標への代入を行う。

$x = \text{<経度(°)>} \times \text{<経度をメートルに変換する係数>},$

$y = 0,$

$z = \text{<緯度(°)>} \times \text{<緯度をメートルに変換する係数>}$

4) 【FN304】 自由視点・ウォークスルー

- フローチャート

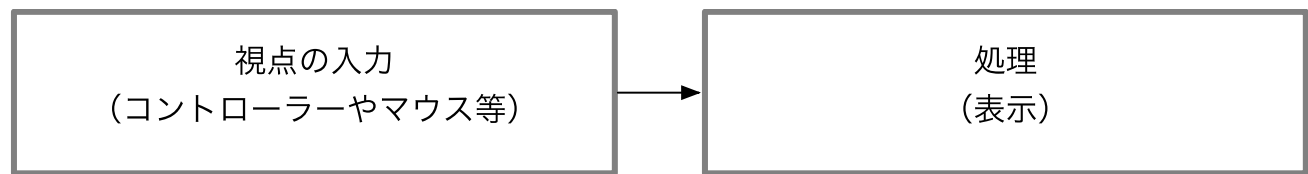


図 3-25 【FN304】 フローチャート

- 機能概要
 - ドローンカメラと呼ぶことにした
 - ドローンの位置や向きはキーボード操作で自在
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ ボタン入力
 - 出力
 - ◇ とくになし（画面が変化する）
 - 利用する API
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ キーボードからの入力に応じてカメラの位置を変更
 - ◇ カメラの視点で 3D 画像をレンダリング
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

5) 【FN305】天候・時刻設定

- フローチャート

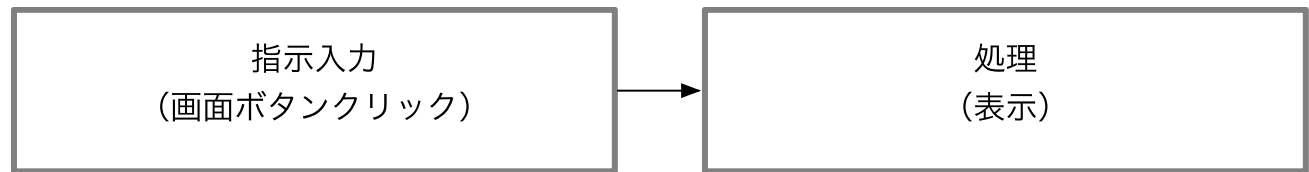


図 3-26 【FN305】フローチャート

- 機能概要
 - VR空間の天候や時刻による日差しを変更
 - 時刻、晴れ、曇り、雨、雪が選択できる
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ ボタ入力
 - 出力
 - ◇ とくになし（画面が変化する）
 - 利用するAPI
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ 画面脇のボタンを操作することでVR空間の時刻や天候を変更できる
 - ◇ シミュレーションにはUnityのアセットストアから入手したUniStormを使用
- 利用するライブラリ
 - 【SL012】UniStorm
- 利用するアルゴリズム
 - なし

6) 【FN307】 場面記録

● フローチャート

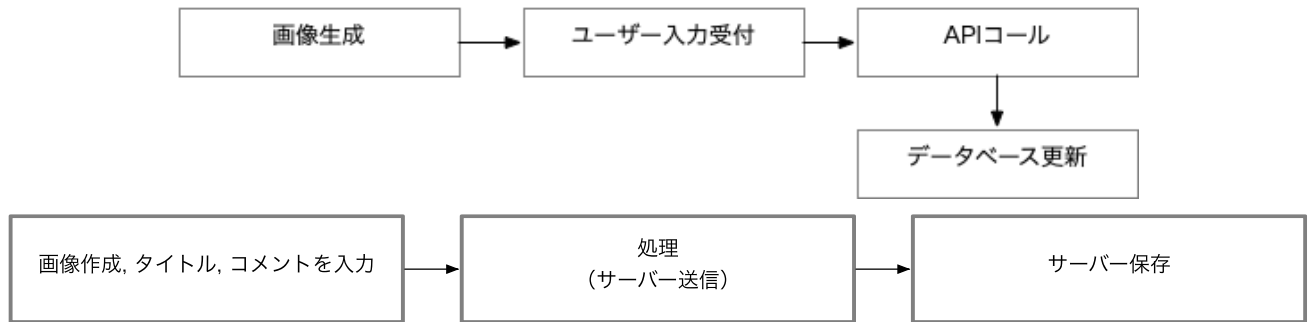


図 3-27 【FN307】 フローチャート

● 機能概要

- 別名スナップショット保存機能
- VR 空間内 3D 描画画像およびタイトルとコメントを保存
- その時点でのタンジブル駒の配置情報も保存 (API 側機能)

● データ仕様

- 入力
 - ✧ 画像、タイトル、コメントを入力
- 出力
 - ✧ API 仕様を参照
- 利用する API
 - ✧ 外部連携インタフェース 【IF005】 スナップショット API
 - /workspaces/ (:wsID) /snapshots/ (:snapID)

● 機能詳細

- 処理内容
- 視点が定まったら、「スナップショット」を押す
- 3D 描画画像が生成される
- タイトルとコメントを入力
- API に POST

● 利用するライブラリ

- なし

● 利用するアルゴリズム

- なし

7) 【FN308】 場面再現

- フローチャート

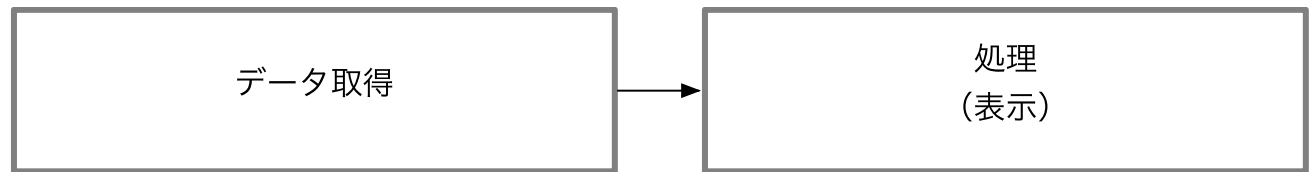


図 3-28 【FN308】 フローチャート

- 機能概要
 - 別名スナップショット再現機能
 - クラウドから取得したスナップショット情報に基づき、VR 空間に再現
- データ仕様
 - 入力
 - ✧ API 仕様を参照
 - 出力
 - ✧ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ✧ 外部連携インターフェース 【IF005】 スナップショット API
 - ✧ /workspaces/ (:wsID) /snapshots/ (:snapID)
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ✧ 画面上の一覧から開くスナップショットを指定
 - ✧ API をコール
 - ✧ 返却値にしたがって、VR 空間を再構成
 - ✧ 画面表示
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

8) 【FN309】 背景地図保存

- フローチャート



図 3-29 【FN309】 フローチャート

- 機能概要
 - タンジブルユニットの盤上に投影するための VR レンダリング画像を作成してクラウドに保存
- データ仕様
 - 入力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 出力
 - ◇ API 仕様を参照
 - 利用する API
 - ◇ 外部連携インタフェース 【IF007】 Unity 用地表画像 API
 - /workspaces/(:wsID)/areas/(:arealD)/unitymap
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ タンジブルユニットに設定されている範囲を直上から捉えた VR 画像を作成
 - ◇ 作成した画像を API 経由でクラウドに保存
- 利用するライブラリ
 - なし
- 利用するアルゴリズム
 - なし

4. その他機能

事前のデータ加工やファイルアップロード等のユーティリティ機能を以下に列挙する。

1) 【FN901】データ変換 CityGML to Firestore

- フローチャート

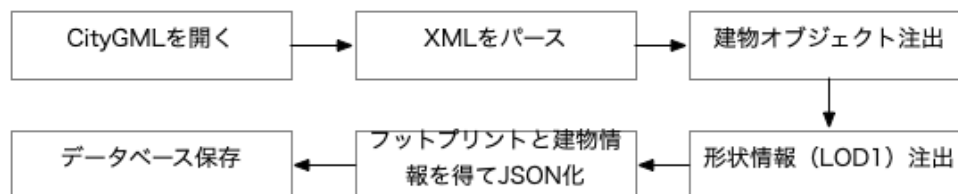


図 3-30 【FN901】フローチャート

- 機能概要

- CityGML ファイルから指定した範囲の建物情報を抽出
- Firebase の Firestore に保存
- Node.js で実装

- データ仕様

- ファイル入力 IF
 - ✧ ファイル入力インタフェース 【IF901】 Firebase API
- 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部連携インタフェース 【IF501】 buildings

- 機能詳細

- 処理内容
 - ✧ CityGML を開く
 - ✧ XML をパースして建物オブジェクトを注出
 - ✧ 建物オブジェクトのうち、形状情報(LOD1)を注出
 - ✧ フットプリント、高さ情報などに変換し、JSON 形式に整形
 - ✧ Firebase の Firestore に保存

- 利用するライブラリ

- 【SL008】 Firebase Firestore

- 利用するアルゴリズム

- なし

2) 【FN902】 タンジブル駒登録

- フローチャート



図 3-31 【FN902】 フローチャート

- 機能概要
 - Firebase にタンジブル駒として使用する FBX 形式の 3D オブジェクトを登録
- データ仕様
 - ファイル入力 IF
 - ✧ ファイル入力インタフェース 【IF902】 Firebase コンソール
 - 関連する主なコレクション
 - ✧ 内部入力インタフェース 【IF501】 furnitures
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ✧ Firebase のコンソール（ウェブ管理画面）で操作
 - ✧ FBX をアップロード、参照用のパスを確定
 - ✧ Firestore にドキュメントを作成して、必要な情報を入力
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】 Firebase Firestore
 - 【SL010】 Firebase Firestorage
- 利用するアルゴリズム
 - なし

3) 【FN903】 タンジブルユニット登録

- フローチャート



図 3-32 【FN903】 フローチャート

- 機能概要
 - Firebase にタンジブルユニットを登録
- データ仕様
 - ファイル入力 IF
 - ✧ ファイル入力インタフェース 【IF902】 Firebase コンソール
 - 関連する主なコレクション

◇ 内部連携インターフェース【IF504】tangibles

- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ Firebase のコンソール（ウェブ管理画面）で操作
 - ◇ Firestore にドキュメントを作成して、必要な情報を入力
- 利用するライブラリ
 - 【SL008】 Firebase Firestore
- 利用するアルゴリズム
 - なし

4) 【FN904】 CityGML インポート

- フローチャート



図 3-33 【FN904】フローチャート

- 機能概要
 - PLATEAU SDK for Unity を使って、3D 都市モデルをインポート
- データ仕様
 - ファイル入力 IF
 - ◇ ファイル入力インターフェース【IF903】 PLATEAU Unity SDK
 - 入力ファイル
 - ◇ CityGML 形式
- 機能詳細
 - 処理内容
 - ◇ PLATEAU SDK for Unity を使用
 - ◇ 読込範囲を指定
- 利用するライブラリ
 - 【SL009】 PLATEAU SDK for Unity
- 利用するアルゴリズム
 - なし

3-3. アルゴリズム

3-3-1. 利用したアルゴリズム

なし

3-3-2. 開発したアルゴリズム

なし

3-4. データインタフェース

3-4-1. ファイル入力インタフェース

1) 【IF901】 FirebaseAPI

- インタフェースの概要
 - Firebase が用意する開発用 API
 - Firestore に Firestore ドキュメント形式のデータをアップロード
 - Firebase Storage からファイルを参照
 - Firebase Authentication でユーザー認証
 - 本プログラムでは Node.js 用を利用
 - 詳しくはオフィシャルドキュメントを参照
https://firebase.google.com/docs?hl=ja&_gl=1*1wpq8j4*_up*MQ..*_ga*NTU1OTA3NDcyLjE3MTk0MTgxNjY.*_ga_CW55HF8NVT*MTcxMTQxODE2Ni4xLjAuMTcxMTQxODE2Ni4wLjAuMA..
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN901】 データ変換 CityGML to FirestoreDocument

2) 【IF902】 Firebase コンソール

- インタフェースの概要
 - Firebase が用意する管理画面（ウェブブラウザから利用）
 - データの追加編集削除などひとつおりの操作が可能
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN902】 タンジブル駒登録
 - 【FN903】 タンジブルユニット登録

3) 【IF903】 PLATEAU Unity SDK

- インタフェースの概要
 - PLATEAU の 3D 都市モデルデータを Unity で利用するための API やユーティリティ
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN904】 CityGML インポート

3-4-2. ファイル出力インタフェース

なし

3-4-3. 内部連携インターフェース

Firestore の Firestore にデータベースを構築している。以下各コレクションの構造を示す。

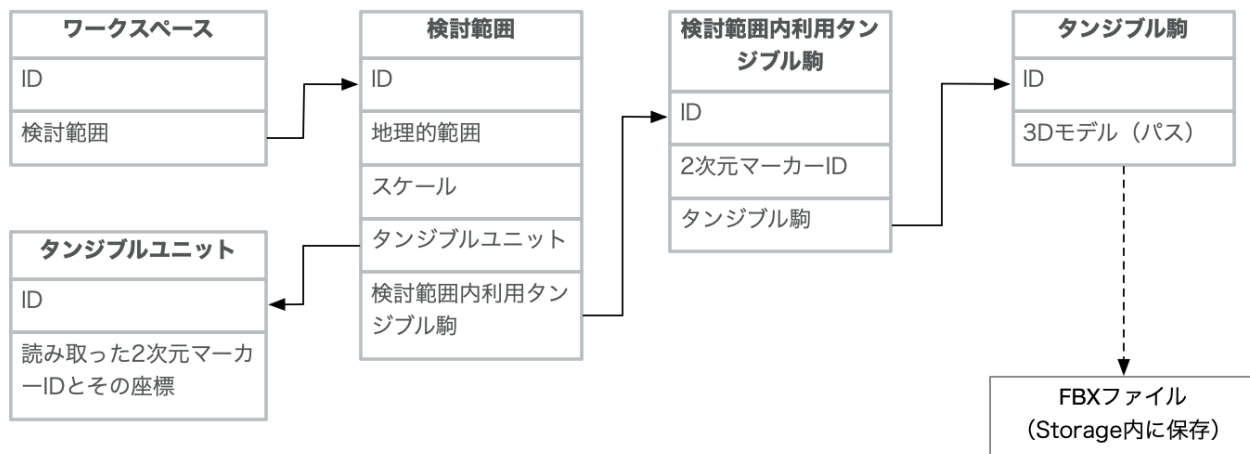


図 3-34 本システムのデータベース構造の主要部分

1) 【IF501】 buildings

- 建物。一般建築物。アプリ上不変データ

表 3-6 buildings コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値 (gmIID)	✓
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 として定義

2) 【IF502】 furnitures

- 建物。一般建築物。アプリ上不変データ

表 3-7 furnitures コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値※1	✓
名称	name	string	✓
ユニットタイプ	type	string※2	✓
オブジェクト URL	objName	string※3	✓
サムネイル URL	thumbnail	string※4	✓
登録日	created	timestamp	✓

※1: frnID データベースの自動発番

※2: 例) facility、car

※3: .fbx ファイルへのパス

※4: サムネイル画像へのパス

3) 【IF503】 specials

- アプリ上不変データ。特殊駒枠

表 3-8 specials コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ユニーク	✓
名称	name	string	✓
駒タイプ	type	camera or special※1	✓
内容	body	object※2	✓

※1: カメラ駒と特殊駒が利用する

※2: カメラ駒の場合は以下のような例

```
{
  mode : "human" | "drone" | "heli",
  angle: number, // 上下角度
  view: number, // カメラ視野角
  height: number, // 高度
}
```

4) 【IF504】 tangibles

- タンジブルユニット。タンジブルユニットのキーとメタデータは不変

表 3-9 tangibles コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
登録日	created	timestamp	✓
更新日	modified	timestamp	✓
生データ	rawData	object※1	-
エリアデータ※2	area	object※3	✓
稼働状態※4	active	boolean	✓
カメラ画像の横幅	width	number	✓
カメラ画像の縦幅	height	number	✓
ディスプレイの実測値 ※5	meterPerPixel	number	✓

※1: タンジブルユニット送られてきた生データ。数秒間隔で更新される履歴としては残さない

※2: このタンジブルユニットが現在どの検討エリアを表しているか。アプリ側で area と紐づけるときに更新される

※3: 紐づけ情報

```
{
  workspaceID: number,
  areaID: number
  center: {
    lat: number,
    lng: number
  },
  zoom: number,
}
```

※4:稼働状態。タンジブルユニットから API で activate することでステータス変更できる。アプリ側では active=true であれば稼働中と判断

※5:ディスプレイの実測値。1 ピクセルあたりのメートル数

5) 【IF505】 users

- 登録ユーザー

表 3-10 users コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値※1	✓
表示名	displayName	string	✓
プロフィール写真	profile	string※2	-
登録日	created	timestamp	✓
変更日	modified	timestamp	✓

※1: firebase auth で登録されたハッシュ値。

※2: 画像ファイル名

6) 【IF506】 workspaces

- ワークスペース

表 3-11 workspaces コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
表示名	title	string	✓
説明	description	string	✓
オーガナイザー	organizer	string	✓
登録日	created	timestamp	✓
変更日	modified	timestamp	✓
検討範囲	areas	collection	✓
スナップショット	snapshots	collection	-

7) 【IF507】 workspaces.areas

- 検討範囲

表 3-12 workspaces.areas コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
タンジブル ID	tangibleID	string	✓
タイトル	title	string	✓
範囲	area	object※1	✓
登録日	created	timestamp	✓
変更日	modified	timestamp	✓
配置駒	markers	collection	-

※1: zoom と center が決定すればタンジブルユニット側のサイズと解像度の制限で範囲は決定されるため、NE, SW は計算可能ではある

```
{
  NE: { /* North East */
    lat: number,
    lon: number
  },
  SW: { /* South West */
    lat: number,
    lon: number
  },
  center: {
    lat: number,
    lng: number
  },
  zoom: number,
  rotation?: number,
  map: string // 国土地理院のデータより作成した検討範囲画像ファイル名
  unity: string // Unity で作成した検討範囲画像ファイル名
}
```

8) 【IF508】 workspaces.areas.markers

- 検討範囲に設定されたタンジブル駒の情報ジブルユニット

表 3-13 workspaces.areas.markers コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
マーカーID	markerID	string※1	✓
マーカータイプ	type	string※2	✓
オブジェクト ID	objID	string※3	✓
コメント	comment	string	✓
登録日	created	timestamp	✓
更新日	modified	timestamp	✓

※1: マーカーID

※2: マーカーの区分 ("furniture" | "building" | "special")

※3: 建物オブジェクトビルであれば buildings コレクションの gmlID。ファニチャーであれば furnitures コレクションの frnID。スペシャルは camera_01 などがオブジェクト ID として用いられる

9) 【IF509】 workspaces.snapshots

- 場面記録（スナップショット）セーブデータ

表 3-14 workspaces.snapshots コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
保存日	created	timestamp	✓
スクリーンショット	screenshot	string※1	✓
タイトル	title	string	-
コメント	comment	string	-
カメラ位置	camera	object※2	✓
検討範囲	areas※3	collection	✓

※1: 画像ファイル名。URL は id などから生成。unity など外部からの場合も同様

※2: VR 用のカメラ座標

```
{
  position: {
    lat: number,
    lng: number,
```

```

    alt: number
  },
  target: {
    lat: number,
    lng: number,
    alt: number
  }
}

```

※3: エリア情報。ドキュメント ID ごとコピー

10) 【IF510】 workspaces.snapshots.areas

- 場面記録時点の検討範囲の状態

表 3-15 workspaces.snapshots.areas コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
タンジブル ID	tangibleID	string	✓
タイトル	title	string	✓
範囲	area	object	✓
登録日	created	timestamp	✓
変更日	modified	timestamp	✓
配置駒	markers※1	collection	-

※1: タンジブルユニット上に配置されている駒の情報への参照

11) 【IF511】 workspaces.snapshots.areas.markers

- 場面記録時点の検討範囲内に配置されたタンジブル駒の状態
- workspaces.areas.markers と完全な同一構造ではない
- workspaces.areas.markers で登録だけして配置していない駒は記録されない

表 3-16 workspaces.snapshots.areas.markers コレクションの構造

項目	field	type	必須
id	id	ハッシュ値	✓
マーカーID	markerID	string	✓
タイプ	type	string	✓
オブジェクト ID	objID	string	✓
登録日	created	timestamp	✓
更新日	modified	timestamp	✓
座標	position	object※1	✓
方向	rotation	number※2	✓

※1: 緯度経度座標情報

```
{
  lat: number,
  lng: number,
  alt?: number
}
```

※2: 北を 0 ラジアンとしたマーカーの向き情報

3-4-4. 外部連携インターフェース

今回開発したシステムではエッジ端末としてのタンジブルユニット、クライアント端末としての Unity アプリや Web ブラウザ、いずれも、クラウドシステム上に実装された Rest 形式の API を経由してデータの入出力がなされる。API の仕様は以下のとおり。

1) 共通事項

- プロトコル
 - HTTPS
- 認証方法
 - ヘッダに以下を記載
 - Authorization: Bearer *** API KEY ***

2) 【IF001】建物駒 API

/buildings/ (:gmlID)

- インタフェースの概要
 - PLATEAU の 3D 都市モデルから取得した建物データを取得するための API
 - 緯度経度座標はオリジナルデータ由来
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース【IF501】 buildings
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN008】 3D 都市モデル表示
 - 【FN204】 建物フットプリント表示
- メソッド
 - GET (認証必要)
- レスポンスサンプル

```
{
  "gmlID": "bldg_****",
  "footprint": [
    {
      "altitude": ***,
      "latitude": ***,
      "longitude": ***
    },
    {
      "altitude": ***,
      "latitude": ***,
      "longitude": ***
    },
    ...
  ],
  "center": {
    "altitude": ***,
    "latitude": ***,
    "longitude": ***
  },
  "bldgID": "14100-bldg-****",
  "created": {
```



```
"_seconds": 1684318649,
"_nanoseconds": 126000000
},
"modified": {
  "_seconds": 1684318649,
  "_nanoseconds": 126000000
},
"height": *****,
"radius": *****
}
```

3) 【IF002】ストリートファニチャーAPI

Furniture/furnitures/ (:frnID)

- インタフェースの概要
 - 単一のストリートファニチャー情報を取得
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース【IF502】funitures
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN008】3D 都市モデル表示
 - 【FN303】建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示
- メソッド
 - GET（認証必要）
- レスポンスサンプル

```
{
  "objName": "Fairlady_Z.fbx",
  "name": "Fairlady_Z",
  "thumbnail": "Nissan_Z_Proto_2020.png",
  "type": "car",
  "created": {
    "_seconds": 1690383600,
    "_nanoseconds": 271000000
  },
  "thumbUrl":
  "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/*****.appspot.com/o/frn%2Fcar%2FNissan_Z_Proto_2020.png?alt=media&token=*****",
}
```

```
"objUrl":  
"https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/*****.appspot.com/o/frn%2Fcar%2FFairlady_Z.fbx?alt=media&token=*****"  
}
```

4) 【IF003】タンジブルユニット API

/tangibles/post

- インタフェースの概要
 - 対象タンジブルユニットから最新データを投稿
 - 対象タンジブルユニットが active でないとエラー
 - タンジブルユニットをアクティブにするには、tangibles/ (:tangibleId) /activate をコール
 - coordinates の値はタンジブルユニットが読み取った 2 次元マーカーの座標値
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース【IF504】 tangibles
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN202】タンジブル駒位置座標読み取り
- メソッド
 - POST (認証必要)
- Body サンプル

```
{  
  "unitID": "100000005e387919",  
  "timestamp": "yyyy-mm-ddThh:mm",  
  "data":  
  [  
    {  
      "markerID": 1,  
      "coordinates": {  
        "x1":1182.0,  
        "x2":1381.0,  
        "x3":1373.0,  
        "x4":1172.0,  
        "y1":673.0,  
        "y2":684.0,  
        "y3":888.0,  
        "y4":876.0,  
        "cx":1277.0,
```

```
        "cy":780.25
      }
    },
    {
      "markerID": 2,
      "coordinates": {
        "x1":1182.0,
        "x2":1381.0,
        "x3":1373.0,
        "x4":1172.0,
        "y1":673.0,
        "y2":684.0,
        "y3":888.0,
        "y4":876.0,
        "cx":1277.0,
        "cy":780.25
      },
    },
    ...
  ]
}
```

/tangibles/ (:tangibleId) /

- インタフェースの概要
 - 対象 tangible の最新データを取得
- 関連する主なコレクション
 - Tangibles 内部連携インタフェース 【IF504】
- 本インタフェースを利用した機能
 - タンジブルユニット起動時初期設定
- メソッド
 - GET（認証必要）

/tangibles/ (:tangibleId) /activate

- インタフェースの概要
 - 対象 tangible を稼働状態にする。tangibles/post で、データを POST できるようになる
- 関連する主なコレクション

- tangibles 内部連携インターフェース 【IF504】
- 本インターフェースを利用した機能
 - タンジブルユニット起動時初期設定
- メソッド
 - GET（認証必要）

/tangibles/ (:tangibleId) /inactivate

- インタフェースの概要
 - 対象 tangible を停止状態にする
- 関連する主なコレクション
 - Tangibles 内部連携インターフェース 【IF504】
- 本インターフェースを利用した機能
 - タンジブルユニット停止時
- メソッド
- GET（認証必要）

/tangibles/ (:tangibleId) /map

- インタフェースの概要
 - 国土地理院の画像データ URL を取得（storage に保存している）
 - URL はパブリックなものなのでそこから画像をダウンロードする
 - unity 画像がある場合は unity 画像の url を返却
- 関連する主なコレクション
 - Tangibles 内部連携インターフェース 【IF504】
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN203】背景地図投影
- メソッド
 - GET（認証必要）
- レスポンスサンプル

```
{
  "message": "OK",
  "url":
  "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/*****.appspot.com/o/*****.png?alt=media&token=*****"
}
```

/tangibles/ (:tangibleId) /footprints/buildings

- インタフェースの概要
 - tangible ユニットの表示範囲にいる plateau 建物を取得する
 - マーカーではない。マーカーとして選択されているものも含まれている。
- 関連する主なコレクション
 - Buildings 内部連携インタフェース 【IF501】
 - tangibles 内部連携インタフェース 【IF504】
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN204】建物フットプリント表示
 - 【FN004】検討範囲設定
- メソッド
 - GET（認証必要）
 - レスポンスサンプル

```
[
{
  "gmIID": "bldg_*****",
  "footprint": [
    {
      "latitude": 35.-----,
      "longitude": 139.-----,
      "altitude": 3.-----
    },
    {
      "latitude": 35.-----,
      "longitude": 139.-----,
      "altitude": 3.-----
    },
    ...
  ],
  "center": {
    "latitude": 35.-----,
    "longitude": 139.-----,
    "altitude": 3.-----
  },
  "bldgID": "14100-bldg-*****",
  "created": {
    "_seconds": 1686895725,
    "_nanoseconds": 740000000
  }
}
```

```
    },  
    "modified": {  
      "_seconds": 1686895725,  
      "_nanoseconds": 740000000  
    },  
    "height": ***  
  },  
  ...  
]
```

5) 【IF004】ワークスペース API

/workspaces/ (:wsID)

- インタフェースの概要
 - ワークスペースの基本情報を取得（検討範囲や使用するタンジブル駒）
 - タンジブル駒の本体情報や座標情報は含まない
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース【IF506】workspaces
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN301】ワークスペース設定情報受信
- メソッド
 - GET（認証必要）
- レスポンスサンプル

```
{  
  "created": {  
    "_seconds": 1689658954,  
    "_nanoseconds": 386000000  
  },  
  "description": "ワークスペース詳細",  
  "title": "新規ワークスペース",  
  "organizer": "*****",  
  "modified": {  
    "_seconds": 1693790275,  
    "_nanoseconds": 819000000  
  },  
  "areas": [  
    {
```

```
"area": {
  "SW": {
    "lng": 139.---,
    "lat": 35.---
  },
  "NE": {
    "lng": 139.---,
    "lat": 35.---
  },
  "center": {
    "lng": 139.---,
    "lat": 35.---
  },
  "rotation": 0,
  "zoom": 20.14,
  "map": "map_*****.png"
},
"created": {
  "_seconds": 1693183069,
  "_nanoseconds": 659000000
},
"title": "area04",
"tangibleID": "*****",
"modified": {
  "_seconds": 1693790275,
  "_nanoseconds": 500000000
},
"docId": "1CzDqsPrBpHHs7K70Kqc",
"markers": [
  {
    "objID": "*****",
    "comment": "",
    "type": "furniture",
    "markerID": "02",
    "created": {
      "_seconds": 1693790275,
      "_nanoseconds": 719000000
    },
  },
]
```

```
    "modified": {
      "_seconds": 1693790275,
      "_nanoseconds": 719000000
    },
    "docId": "02"
  },
  {
    "created": {
      "_seconds": 1693183120,
      "_nanoseconds": 989000000
    },
    "objID": "bldg_****",
    "comment": "",
    "type": "building",
    "markerID": "00",
    "modified": {
      "_seconds": 1693790275,
      "_nanoseconds": 719000000
    },
    "docId": "00"
  }
]
},
...
]
```

6) 【IF005】スナップショット API

/workspaces/ (:wsID) /snapshots

GET

- インタフェースの概要
 - 指定したワークスペースのスナップショットのリストを取得
 - タンジブル駒の情報は含まない
- 関連する主なコレクション
 - 【IF509】 workspaces.snapshots
- 本インタフェースを利用した機能

- 【FN303】再現（場面記録の再現）
- 【FN008】3D 都市モデル表示
- メソッド
 - GET（認証必要）
- レスポンスサンプル

```
[
  {
    "comment": "つくれているかな？",
    "screenshot": "snapshot_2023-08-03-17-36-52.png",
    "camera": {
      "position": {
        "lng": 139.***,
        "alt": 255.***,
        "lat": 35.***
      },
      "target": {
        "lng": 139.***,
        "alt": 96.***,
        "lat": 35.***
      }
    },
    "title": "スナップショットつくってみた",
    "unityimage": "",
    "created": {
      "_seconds": 1691051813,
      "_nanoseconds": 570000000
    },
    "docId": "2023-08-03-17-36-52",
    "screenUrl":
      "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/*****.appspot.com/o/workspaces%2F*****%2Fsnapsh
      ot_2023-08-03-17-36-52.png?alt=media&token=*****"
  },
  ...
]
```

POST

- インタフェースの概要
 - スナップショットを作成する

- タンジブルユニットが最低 1 つ起動中であることが条件
 - 関連する主なコレクション
 - 内部連携インターフェース【IF509】workspaces.snapshots
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN307】記録（場面記録）
 - 【FN309】場面記録
- メソッド
 - POST（認証必要）

表 3-17 パラメーター

クエリ種別	内容	必須
file	画像ファイル	必須
title	スナップショットタイトル	必須
comment	スナップショットコメント	-
camera	ディスプレイカメラの情報※1	必須

※1: position はカメラ座標（緯度経度高度）、target はカメラ視点座標（緯度経度高度）

- リクエストサンプル

```
curl -X POST ¥
```

```
http://***apibase***/workspaces/ (:wsId) /snapshots/ ¥
```

```
-H "Authorization: Bearer ***apikey***" ¥
```

```
-F "file=@sample.png"
```

```
-F 'title=API Snapshot' ¥
```

```
-F 'comment=comment sample' ¥
```

```
-F 'camera={"position":{"alt":16,"lat":35.***,"lng":139.***},"target":{"alt":3,"lat":35.***,"lng":139.***}}'
```

```
/workspaces/ (:wsID) /snapshots/ (:snapID)
```

- インタフェースの概要
 - ワークスペース (wsID) の単一スナップショット (snapID) の詳細情報を取得
 - snapID を"latest"にすると最新のスナップショット情報を返却
 - marker にはタンジブル駒の本体情報を付与。タイプは"bldg", "frn", "specia"がある
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インターフェース【IF509】workspaces.snapshots
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN007】ワークスペース情報表示
 - 【FN301】ワークスペース設定情報受信
- メソッド

➤ GET（認証必要）

● レスポンスサンプル

```
{
  "comment": "つくれているかな？",
  "screenshot": "snapshot_2023-08-03-17-36-52.png",
  "camera": {
    "position": {
      "lng": 139.***,
      "alt": 255.***,
      "lat": 35.***
    },
    "target": {
      "lng": 139.***,
      "alt": 96.***,
      "lat": 35.***
    }
  },
  "title": "スナップショットつくってみた",
  "unityimage": "",
  "created": {
    "_seconds": 1691051813,
    "_nanoseconds": 570000000
  },
  "docId": "2023-08-03-17-36-52",
  "screenUrl": "*****",
  "areas": [
    {
      "area": {
        "SW": { "lng": ***, "lat": *** },
        "NE": { "lng": ***, "lat": *** },
        "center": { "lng": ***, "lat": *** },
        "rotation": 0,
        "zoom": 18
      },
      "created": {
        "_seconds": 1689658954,
        "_nanoseconds": 471000000
      }
    }
  ]
}
```

```

"title": "area1",
"tangibleID": "*****",
"modified": {
  "_seconds": 1691051813,
  "_nanoseconds": 625000000
},
"docId": "*****",
"markers": [
  {
    "created": {
      "_seconds": 1689658954,
      "_nanoseconds": 556000000
    },
    "rotation": 4.6718208444643565,
    "objID": "bldg_*****",
    "comment": "",
    "position": { "lng": ***, "lat": *** },
    "type": "building",
    "bldg": {
      "gmlID": "bldg_*****",
      "footprint": [
        {
          "altitude": ***,
          "latitude": ***,
          "longitude": ***
        },
        ...
      ],
      "center": {
        "altitude": ***,
        "latitude": ***,
        "longitude": ***
      },
      "bldgID": "14100-bldg-*****",
      "created": {
        "_seconds": 1684318649,
        "_nanoseconds": 126000000
      },

```

```

    "modified": {
      "_seconds": 1684318649,
      "_nanoseconds": 126000000
    },
    "height": "*****",
    "radius": "*****"
  }
  "markerID": "02",
  "modified": {
    "_seconds": 1691051813,
    "_nanoseconds": 677000000
  },
  "docId": "02"
},
{
  "created": {
    "_seconds": 1689658954,
    "_nanoseconds": 556000000
  },
  "rotation": 4.750831570405878,
  "objID": "*****",
  "comment": "",
  "position": { "lng": "***", "lat": "***" },
  "type": "furniture",
  "frn": {
    "objName": "Fairlady_Z.fbx",
    "name": "Fairlady_Z",
    "thumbnail": "Nissan_Z_Proto_2020.png",
    "type": "car",
    "created": {
      "_seconds": 1690383600,
      "_nanoseconds": 271000000
    },
    "thumbUrl": "https://*****",
    "objUrl": "https://*****"
  }
  "markerID": "00",
  "modified": {

```

```
        "_seconds": 1691051813,
        "_nanoseconds": 677000000
    },
    "docId": "00"
},
...
]
},
...
]
}
```

7) 【IF006】ワークスペース内タンジブルユニット API

/workspaces/ (:wsID) /tangible

- インタフェースの概要
 - タンジブルユニットが稼働状態のとき、最新のタンジブル駒の情報を緯度経度、回転情報付きで返す
 - tangible.markers にはタンジブル駒の本体情報を格納
 - 緯度経度情報は 2 次元マーカーの座標とタンジブルユニットの実測サイズから算出※1
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース 【IF509】 workspaces.snapshots
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN303】建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示
- メソッド
 - GET (認証必要)
- レスポンスサンプル

```
[
{
  "area": {
    "SW": { "lng": 139.***, "lat": 35.*** },
    "NE": { "lng": 139.***, "lat": 35.*** },
    "center": { "lng": 139.***, "lat": 35.*** },
    "rotation": 0,
    "zoom": 18
  },
  "title": "area2",
  "tangibleID": "*****",
}
```

```
"created": {
  "_seconds": 1690184599,
  "_nanoseconds": 428000000
},
"modified": {
  "_seconds": 1690184599,
  "_nanoseconds": 428000000
},
"docId": "*****",
"markers": [
  {
    "objID": "bldg_*****",
    "comment": "",
    "type": "building",
    "markerID": "04",
    "created": {
      "_seconds": 1690184599,
      "_nanoseconds": 660000000
    },
    "modified": {
      "_seconds": 1690184599,
      "_nanoseconds": 660000000
    },
    "docId": "04"
  },
  {
    "objID": "*****",
    "comment": "",
    "type": "furniture",
    "markerID": "00",
    "created": {
      "_seconds": 1690184599,
      "_nanoseconds": 660000000
    },
    "modified": {
      "_seconds": 1690184599,
      "_nanoseconds": 660000000
    },
  },
```

```
"docId": "00"
},
...
],
"tangible": {
  "active": true,
  "timestamp": "2023-07-26T16:12",
  "markers": [
    {
      "objID": "bldg_****",
      "comment": "",
      "type": "building",
      "markerID": "02",
      "created": {
        "_seconds": 1690184599,
        "_nanoseconds": 660000000
      },
      "modified": {
        "_seconds": 1690184599,
        "_nanoseconds": 660000000
      },
      "docId": "02",
      "center": { "lat": 35.***, "lng": 139.*** },
      "rotation": ***,
      "bldg": {
        "gmlID": "bldg_***",
        "footprint": [
          {
            "altitude": 3.-,
            "latitude": 35.-,
            "longitude": 139.-
          },
          {
            "altitude": 3.-,
            "latitude": 35.-,
            "longitude": 139.-
          },
          ...
        ]
      }
    }
  ]
}
```



```
    ],  
    "center": {  
      "altitude": 3.-,  
      "latitude": 35.-,  
      "longitude": 139.-  
    },  
    "bldgID": "14100-bldg-*****",  
    "created": {  
      "_seconds": 1686895725,  
      "_nanoseconds": 740000000  
    },  
    "modified": {  
      "_seconds": 1686895725,  
      "_nanoseconds": 740000000  
    },  
    "height": *****,  
    "radius": *****  
  }  
},  
{  
  "objID": "*****",  
  "comment": "",  
  "type": "furniture",  
  "markerID": "00",  
  "created": {  
    "_seconds": 1690184599,  
    "_nanoseconds": 660000000  
  },  
  "modified": {  
    "_seconds": 1690184599,  
    "_nanoseconds": 660000000  
  },  
  "docId": "00",  
  "center": { "lat": 35.-, "lng": 139.- },  
  "rotation": ***,  
  "frn": {  
    "created": {  
      "_seconds": 1686236400,
```

```
        "_nanoseconds": 197000000
      },
      "name": "Note",
      "type": "car",
      "objName": "Note.fbx",
      "thumbnail": "Note.jpg",
      "thumbUrl": "https://*****",
      "objUrl": "https://*****"
    }
  },
  ...
]
}
},
...
]
```

※1 本システムではデータベース内にタンジブル駒の地理座標は保持しないので、API のレスポンスに含むタンジブル駒の地理座標はその場で算出している。算出には以下の値や条件を用いる。

1. 検討範囲について設定時に GoogleMap から取得した範囲情報およびスケール情報を持つ（データベース内に保持）
2. タンジブルユニットの液晶モニタの画素数および実測サイズ（内部的に保持）
3. 検討範囲の縦横比とタンジブルユニットの縦横比は一致するように設定される
4. タンジブルユニットが読み取った 2 次元マーカーの座標値（データベース内に保持）

以上より、2 次元マーカーの座標値を検討範囲の中での相対値に変換することが可能。

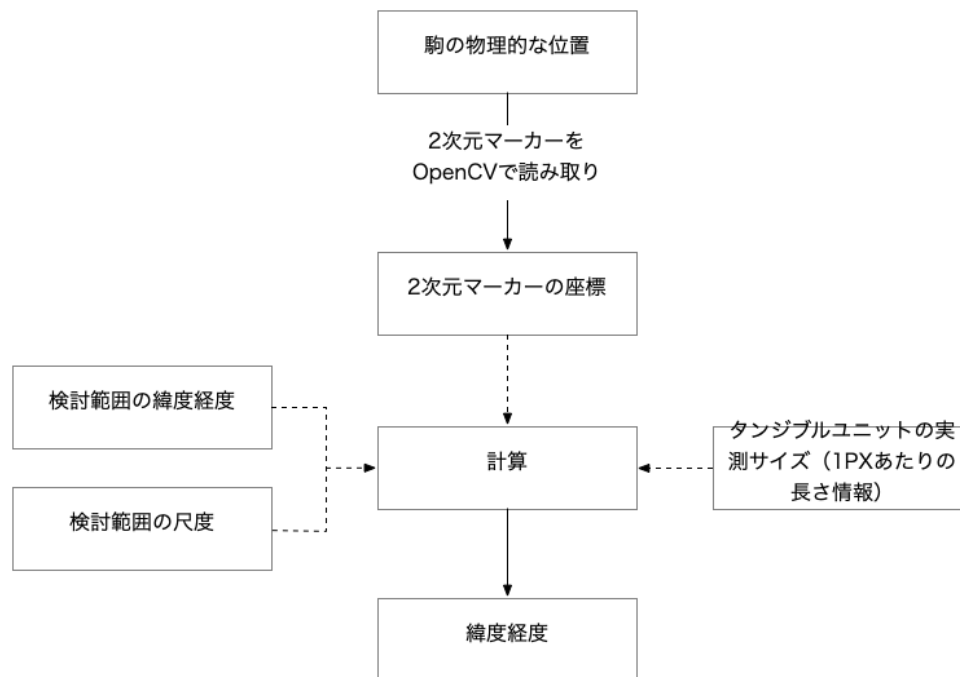


図 3-35 タンジブル駒の緯度経度算出フロー

主な計算ロジックは以下のとおり。

1. タンジブルユニット検討範囲を中心緯度経度座標、スケール情報から緯度経度で取得（北東、南西）
2. 2次元マーカの座標値を得て、検討範囲の中心座標と表示範囲座標の中での相対座標に変換（縦横 0.0-1.0）
3. 検討範囲の緯度経度情報に照らして2次元マーカの緯度経度座標を特定
4. 検討範囲の座標値から長方形の傾きを求めることができるので、それを回転角度として特定

8) 【IF007】Unity 用地表画像 API

/workspaces/ (:wsID) /areas/ (:areaID) /unitymap

- インタフェースの概要
 - POST はタンジブルユニットの盤上に投影するための地表画像を保存
 - GET は画像の URL 取得
 - タンジブル駒の本体情報や座標情報は含まない
 - area 情報に含まれる NE（North East）から SW（South West）の範囲の 1920*1080 の画像として POST すること
 - レスポンスは GET/POST 同様
- 関連する主なコレクション
 - 内部連携インタフェース 【IF507】 workspaces.areas

uc23-09_技術検証レポート_タンジブルインターフェースを活用した住民参加型まちづくり等

- 本インターフェースを利用した機能
- 【FN309】背景地図保存

GET（認証必要）

- レスポンスサンプル

```
{"url":"https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/*****"}
```

POST（認証必要）

- 画像ファイルを multipart/formdata として POST。キーは"file"

```
curl -X POST ¥
```

```
http://***apibase***/workspaces/ (:wsld) /areas/ (:areald) /unitymap ¥
```

```
-H "Authorization: Bearer ***apikey***" ¥
```

```
-F "file=@sample.png"
```

3-5. 実証に用いたデータ

3-5-1. 活用したデータ一覧

1) 利用した 3D 都市モデル

- ◇ 年度：2023 年度
- ◇ 都市名：横浜市
- ◇ ファイル名：07204_iwaki-shi_2020_citygml_4_op
- ◇ メッシュ番号
 - LOD2
 - ◇ 53391459
 - ◇ 53391522
 - ◇ 53391531
 - ◇ 53391532
 - ◇ 53391535
 - ◇ 53391541
 - ◇ 53391543
 - ◇ 53391544
 - ◇ 53391546
 - ◇ 53391552
 - ◇ 53391553
 - ◇ 53391564
 - ◇ 53391574
 - ◇ 53391582
 - LOD3
 - ◇ 53391562

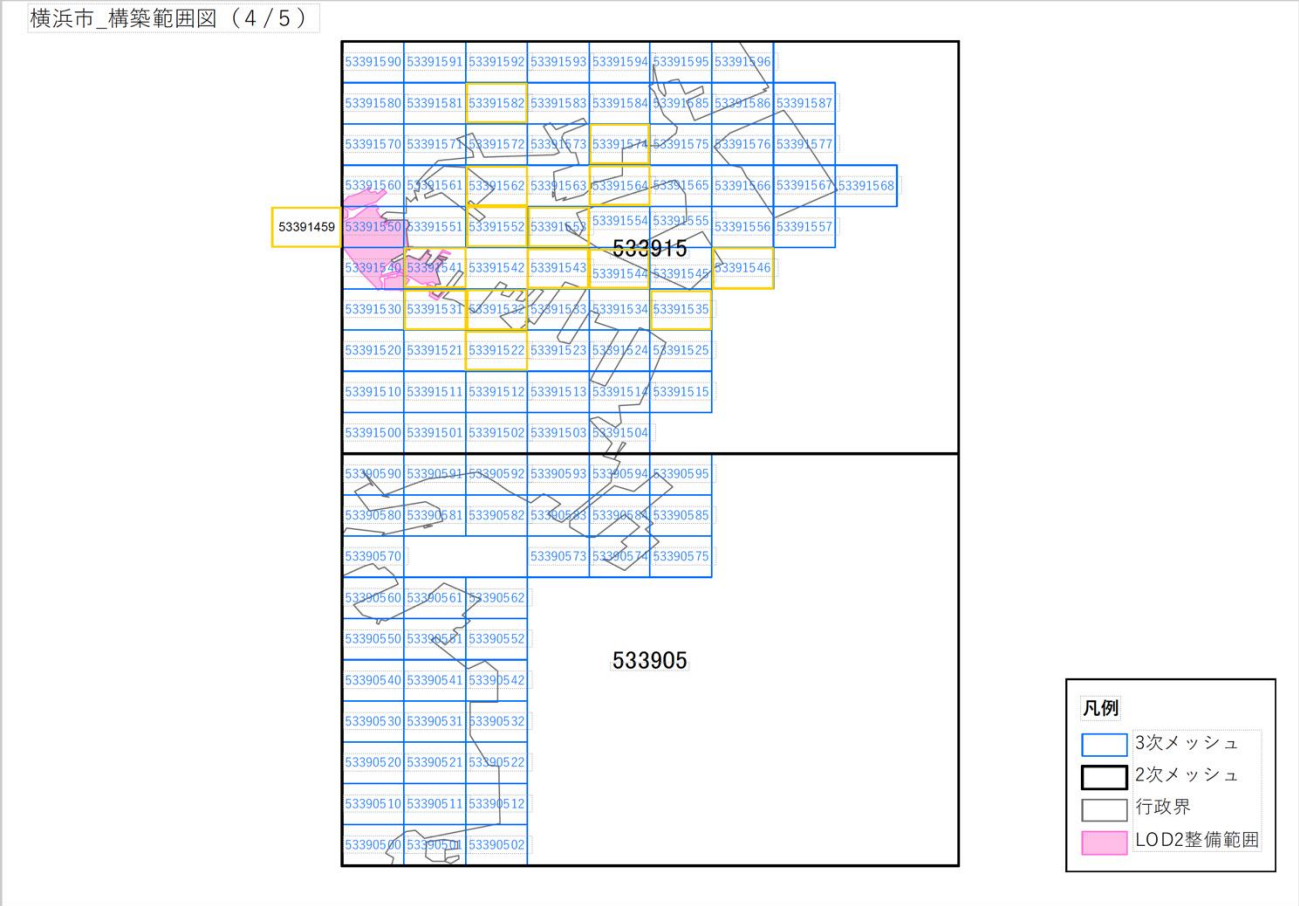


図 3-36 インデックスマップ (横浜市)

表 3-18 利用した 3D 都市モデル

地物	地物型	属性区分	ID	属性名	内容	データを利用した機能 (ID)
建築物・LOD1・LOD2・LOD3	bldg:Building	形状データ	DT001	bldg:lod2Solid、bldg:lod3Solid	VR 内での表示	FN901 FN903

2) 利用したその他のデータ

1. データ一覧

表 3-19 利用したその他データ（一覧）

ID	エリア (都市)	活用データ	内容	データ 形式	更新情報	出典	データを利用した機能 (ID)
DT101	なし	ストリート ファニチャー	ベンチや車 等の 3D モ デル	FBX	なし	独自作成	FN902



図 3-37 ストリートファニチャーの例（ベンチ）

3-5-2. 生成・変換したデータ

表 3-20 生成・変換したデータ

ID	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)	データを利用した機能 (ID)
DT201	3D 都市モデル CityGML 形式	Unity に読み込み	PLATEAU SDK for Unity で CityGML を処理	PLATEAU SDK for Unity	XXX	FN903

3-6. ユーザーインターフェース

3-6-1. 画面一覧

1) Unity アプリ

表 3-21 Unity アプリ画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC001	SC002	メイン画面	VR を表示し、視点を操作、時刻や天候を設定、スナップショットを作成	FN303, FN304, FN305, FN308
SC002	SC001	スナップショットアップロード ウィンドウ	- スナップショットをアップロード - 独立した画面ではなく、モーダルウィンドウ	FN307

2) ウェブアプリ

表 3-22 スマートフォン用画面一覧

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC101	-	ログイン	● ID と PW でログイン	FN002
SC102	SC103	ワークスペース一覧	● 作成済みのワークスペースが一覧表示	FN007
SC103	SC104, SC105, SC106	ワークスペース	● ワークスペースの情報を表示	FN007
SC104	-	基本設定	● ワークスペースの基本情報を設定	FN003
SC105	-	検討範囲設定	● ワークスペースの検討範囲を設定	FN004
SC106	-	タンジブル駒設定	● 検討範囲で使用するタンジブル駒を設定	FN006
SC111	-	検討範囲名称設定	● 検討範囲に名前を設定	FN004
SC108	-	スナップショット表示	● 登録済みスナップショットを表示	FN009
SC109	SC110	VR モード	● ウェブブラウザ上で VR 表示	FN008
SC110	-	スナップショット作成	● 表示中の VR 画像をスナップショットとして登録	FN009

3-6-2. 画面遷移図

1) Unity アプリ

画面遷移なし（スナップショットのモールド起動のみ）

2) ウェブアプリ

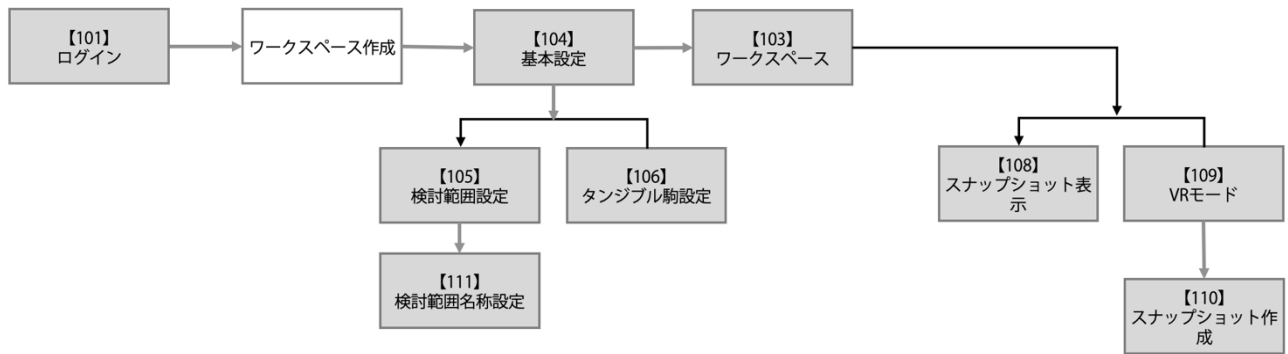


図 3-38 ウェブアプリ画面遷移図

3-6-3. 各画面仕様詳細

1) Unity アプリ画面

1. 【SC001】メイン画面

- 画面の目的・概要
 - VR を表示
 - 視点を操作
 - 時刻や天候を設定
 - スナップショットを作成
 - 天候や時刻変更
- 画面イメージ

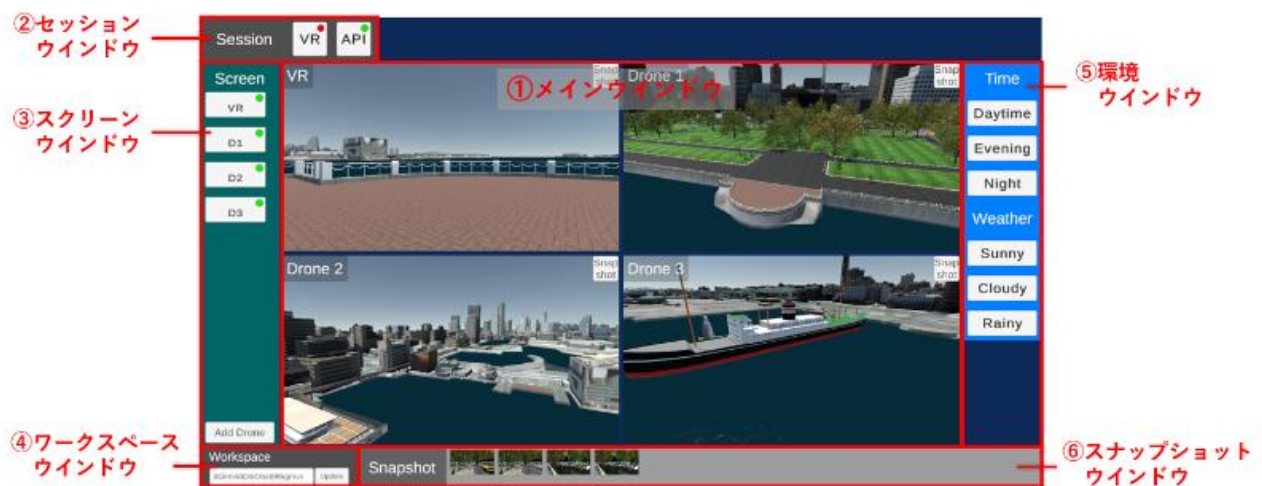


図 3-39 メイン画面のイメージ

2. 【SC001】地図画面

- 画面の目的・概要
 - スナップショットをアップロード
 - 独立した画面ではなく、モーダルウィンドウ
- 画面イメージ

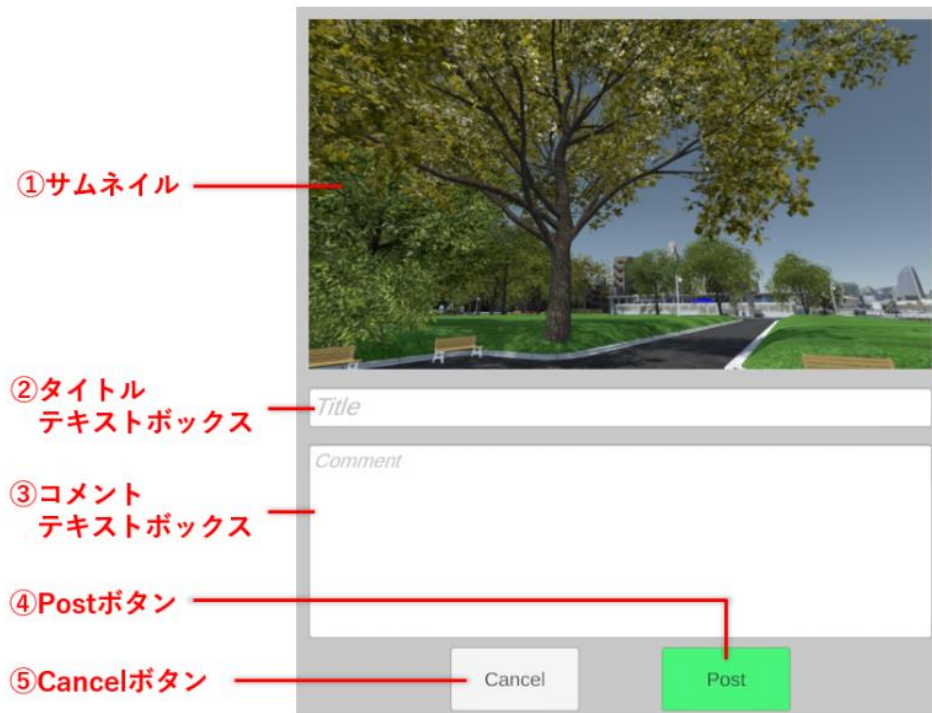


図 3-40 地図画面のイメージ

2) ウェブアプリ画面

1. 【SC101】ログイン画面

- 画面の目的・概要
 - ID と PW でログイン
- 画面イメージ

A white rectangular box with a light gray border. At the top, the word "ログイン" is written in blue. Below it is a horizontal line. Further down, the text "ID" is followed by another horizontal line. Below that, the text "パスワード" is followed by a third horizontal line. Under the password field, there is a link that says "> 新規ID登録" in purple. At the bottom center of the box is a blue button with the white text "ログイン".

図 3-41 ログイン画面のイメージ

2. 【SC102】ワークスペース一覧画面

- 画面の目的・概要
 - 登録済みのワークスペースを一覧表示
- 画面イメージ

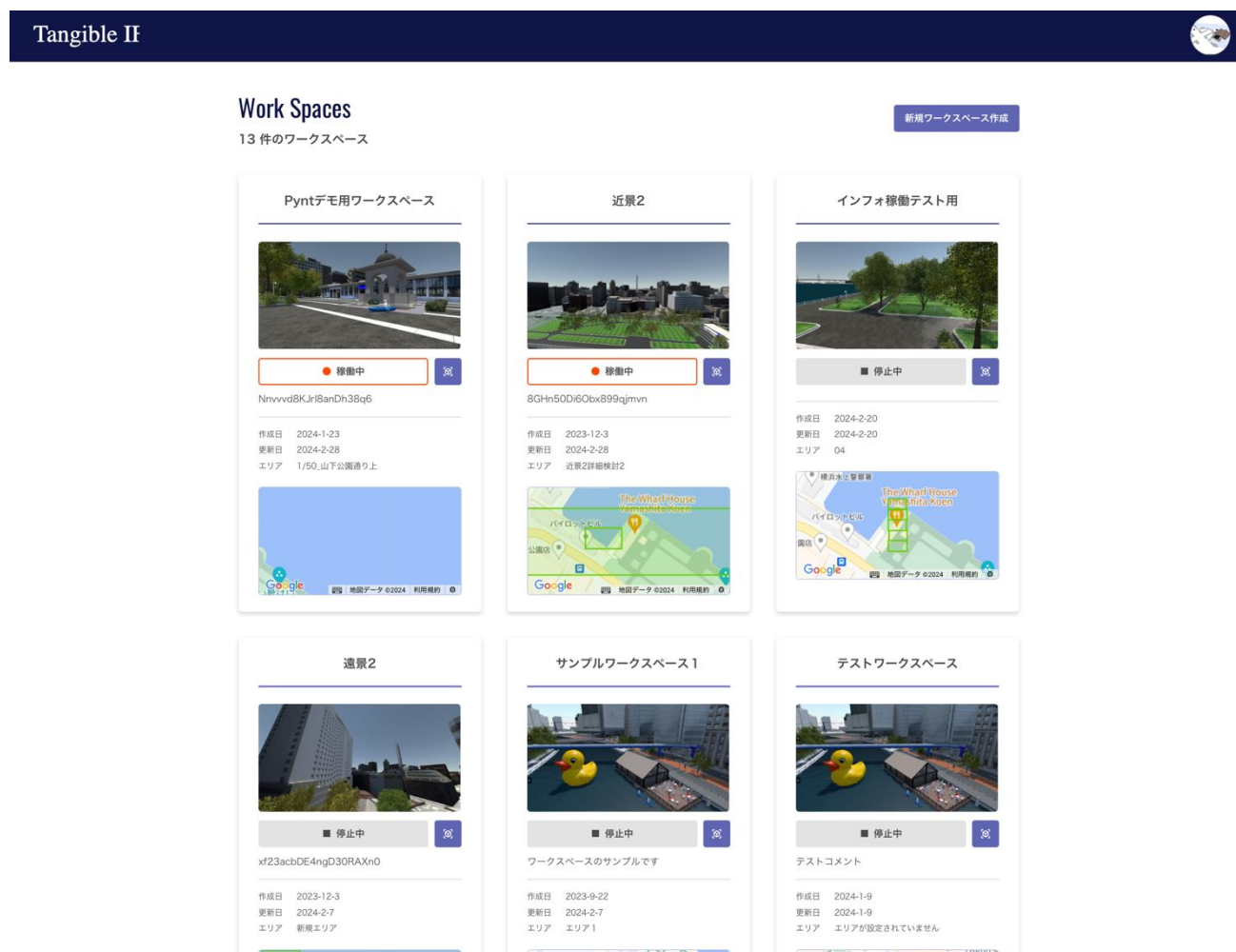


図 3-42 ワークスペース一覧画面のイメージ

3. 【SC103】ワークスペース一覧画面

- 画面の目的・概要
 - ワークスペースの情報を表示
- 画面イメージ

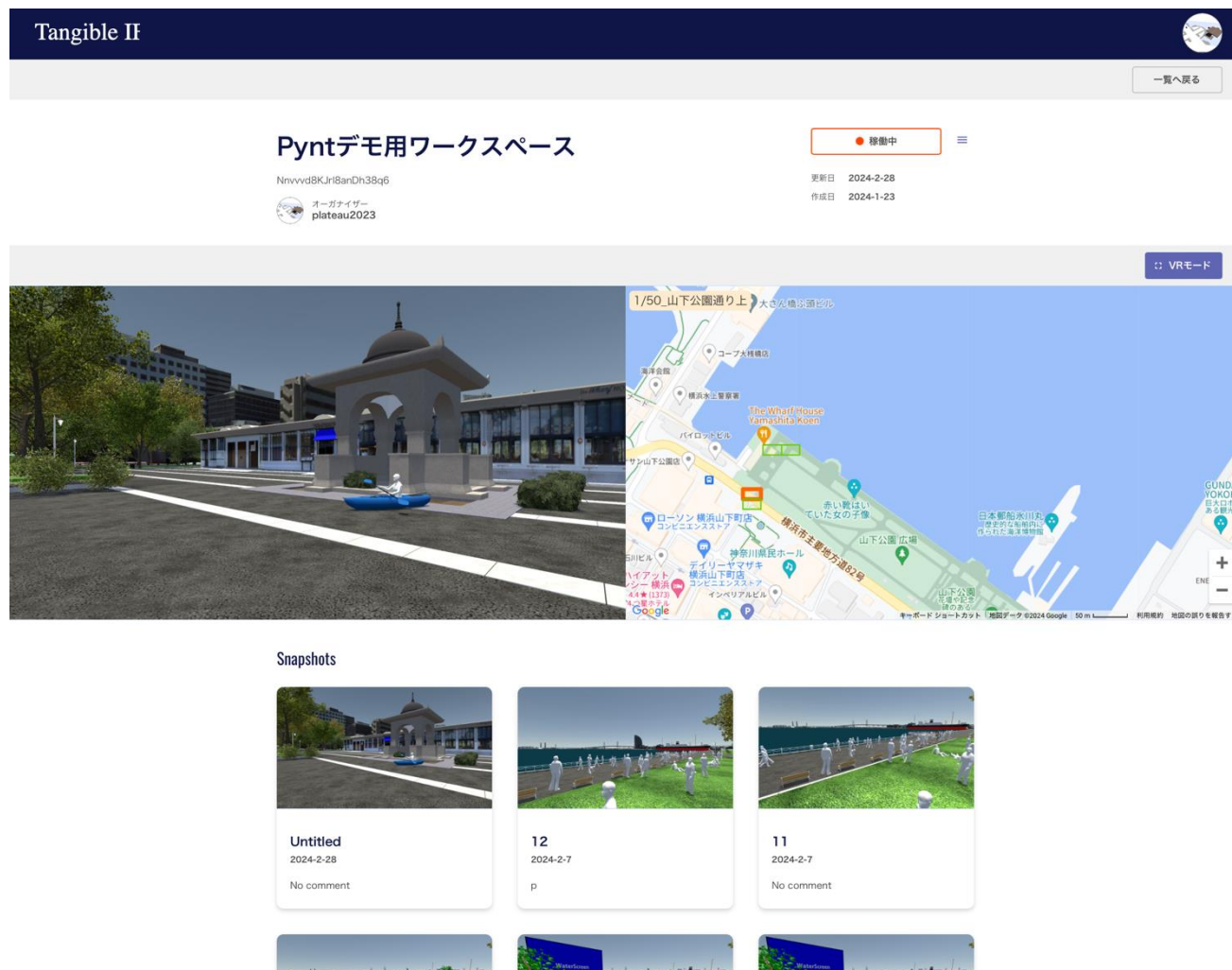


図 3-43 ワークスペース一覧画面のイメージ

4. 【SC104】 基本設定画面

- 画面の目的・概要
 - ワークスペースの基本情報を登録
- 画面イメージ

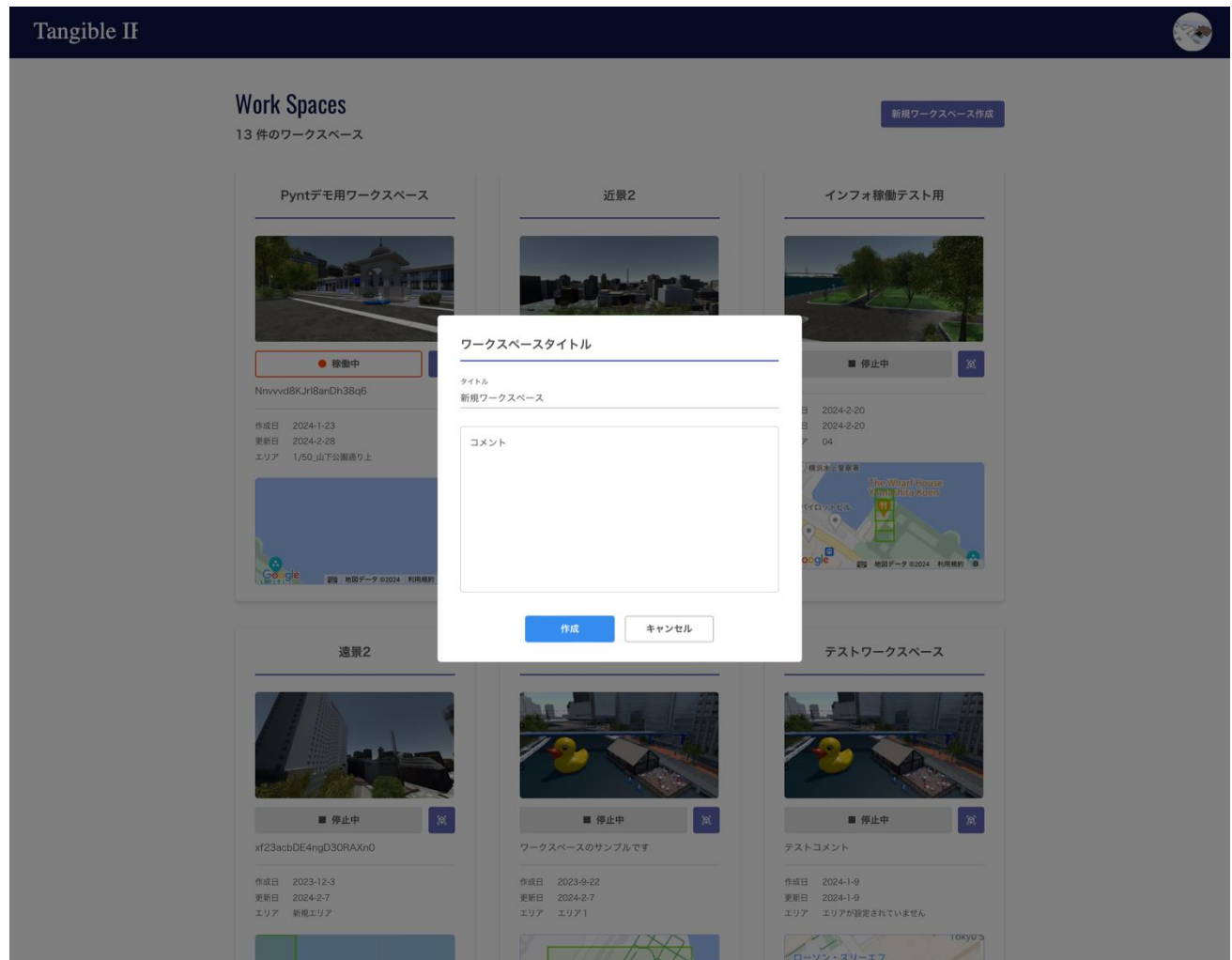


図 3-44 基本設定画面のイメージ

5. 【SC105】 検討範囲設定画面

- 画面の目的・概要
 - 検討範囲を設定
- 画面イメージ

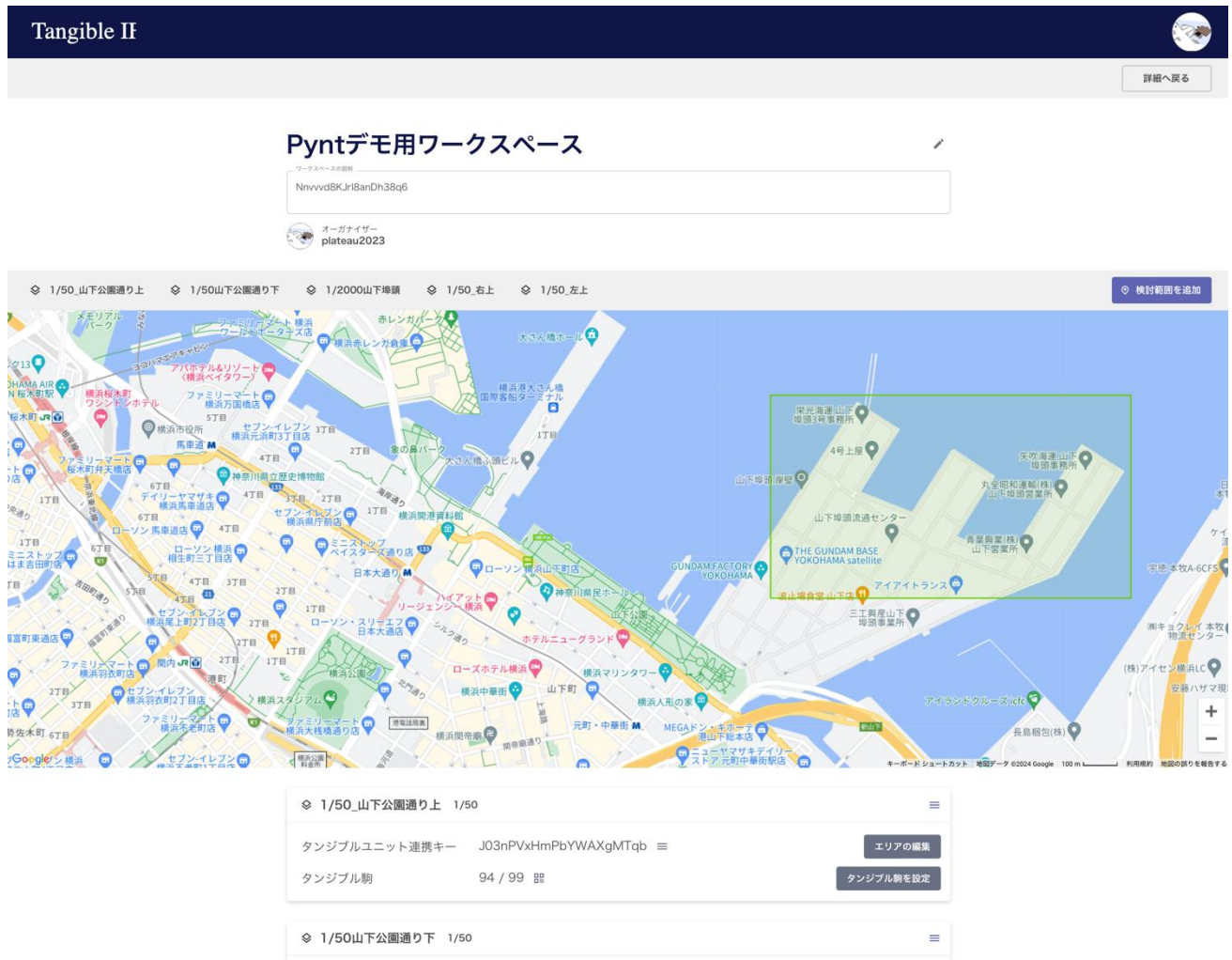


図 3-45 検討範囲設定画面のイメージ

6. 【SC106】タンジブル駒設定画面

- 画面の目的・概要
 - 検討範囲で使用するタンジブル駒を設定
- 画面イメージ

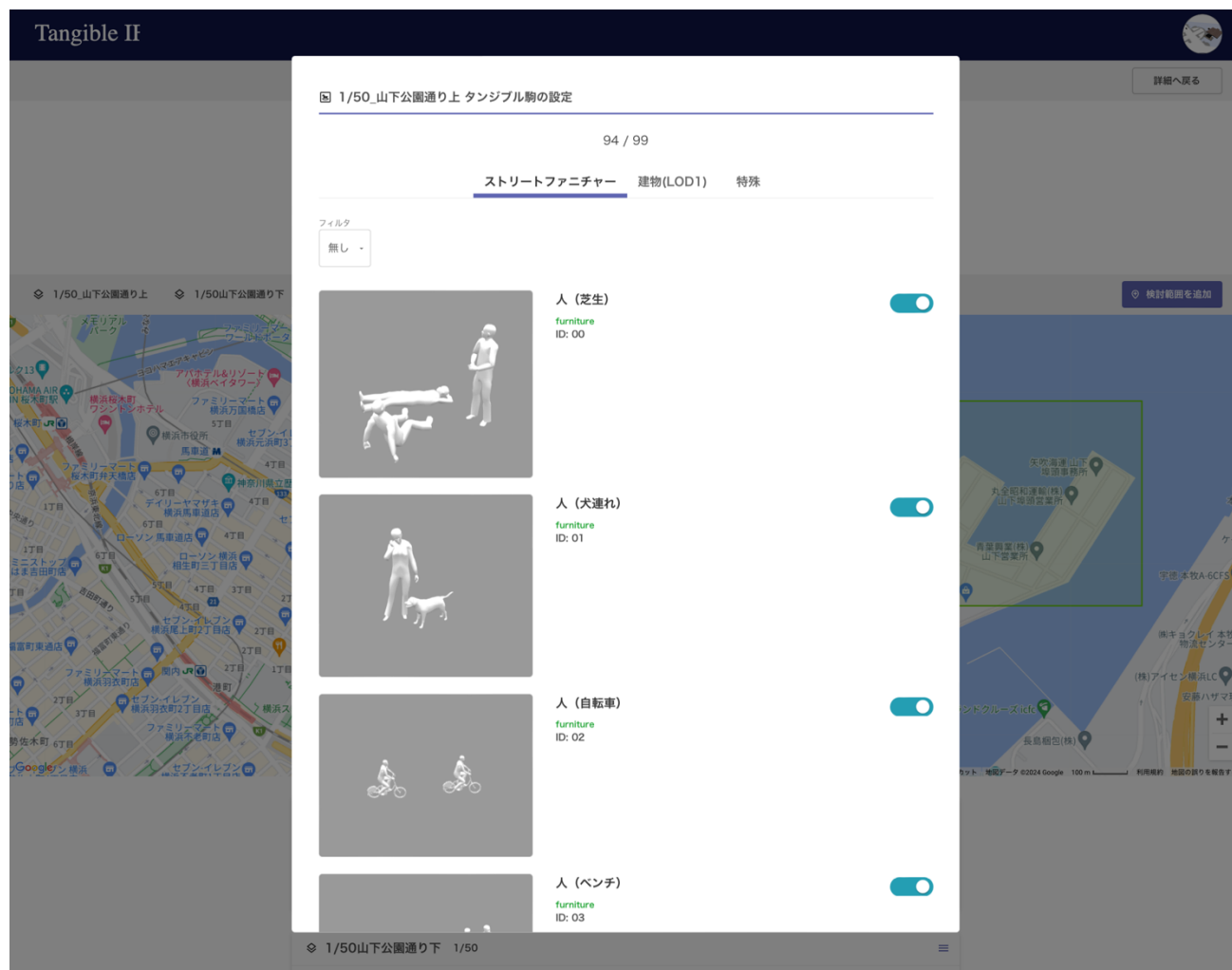


図 3-46 タンジブル駒設定画面のイメージ

7. 【SC108】スナップショット表示画面

- 画面の目的・概要
 - スナップショットを表示
- 画面イメージ

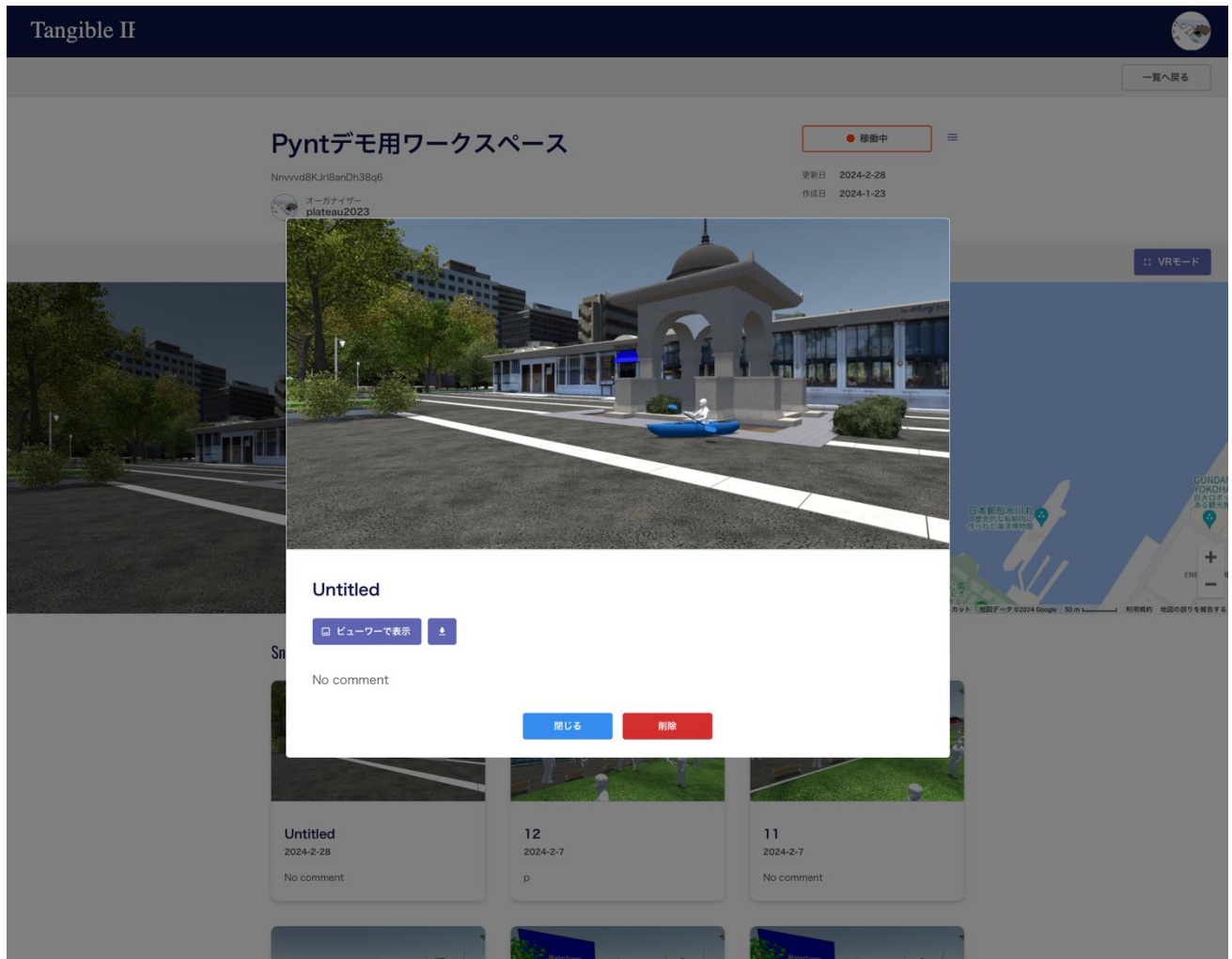


図 3-47 スナップショット表示画面のイメージ

8. 【SC109】 VR モード

- 画面の目的・概要
 - VR 表示
- 画面イメージ

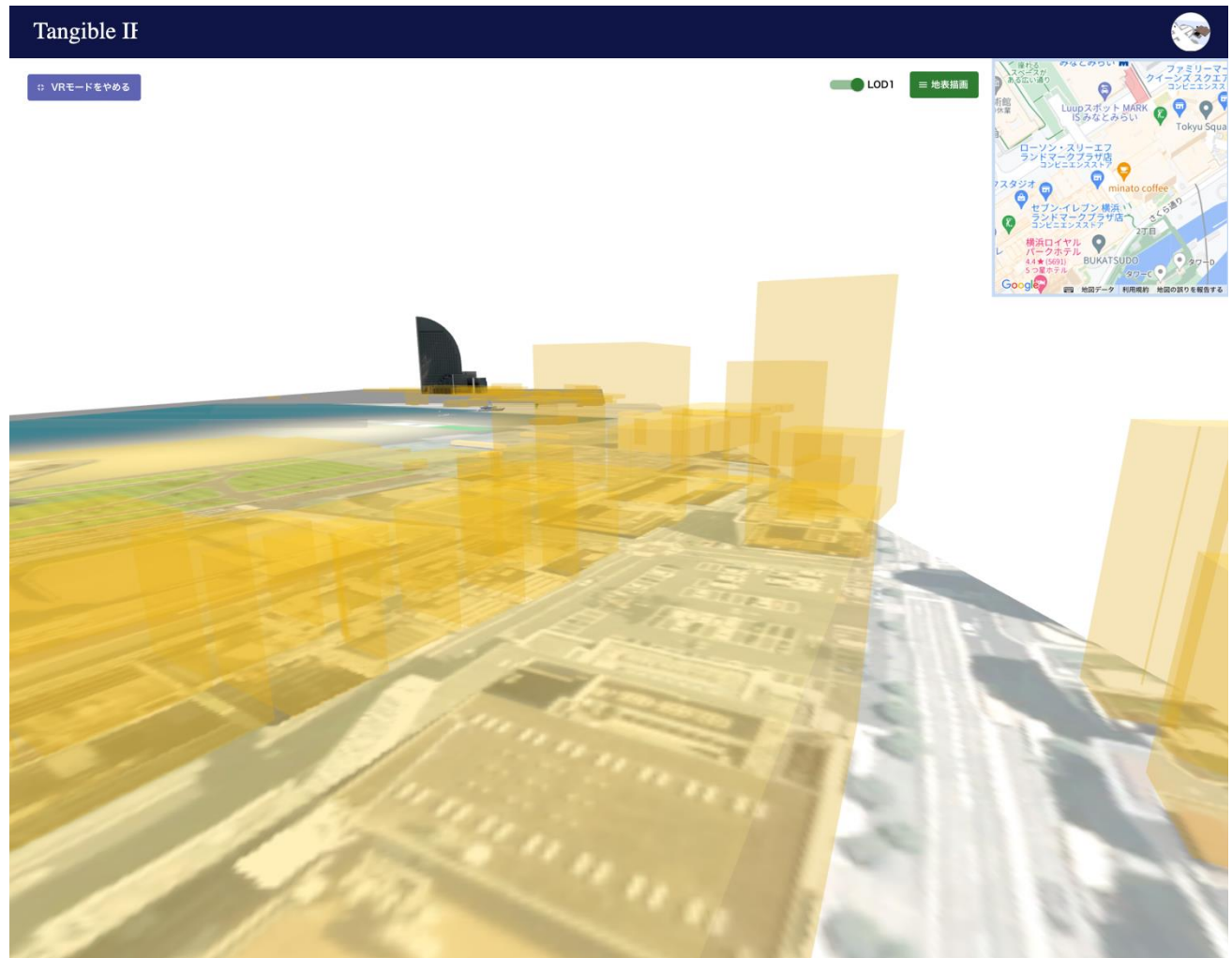


図 3-48 VR モード画面のイメージ

9. 【SC110】スナップショット作成

- 画面の目的・概要
 - スナップショットを作成
- 画面イメージ

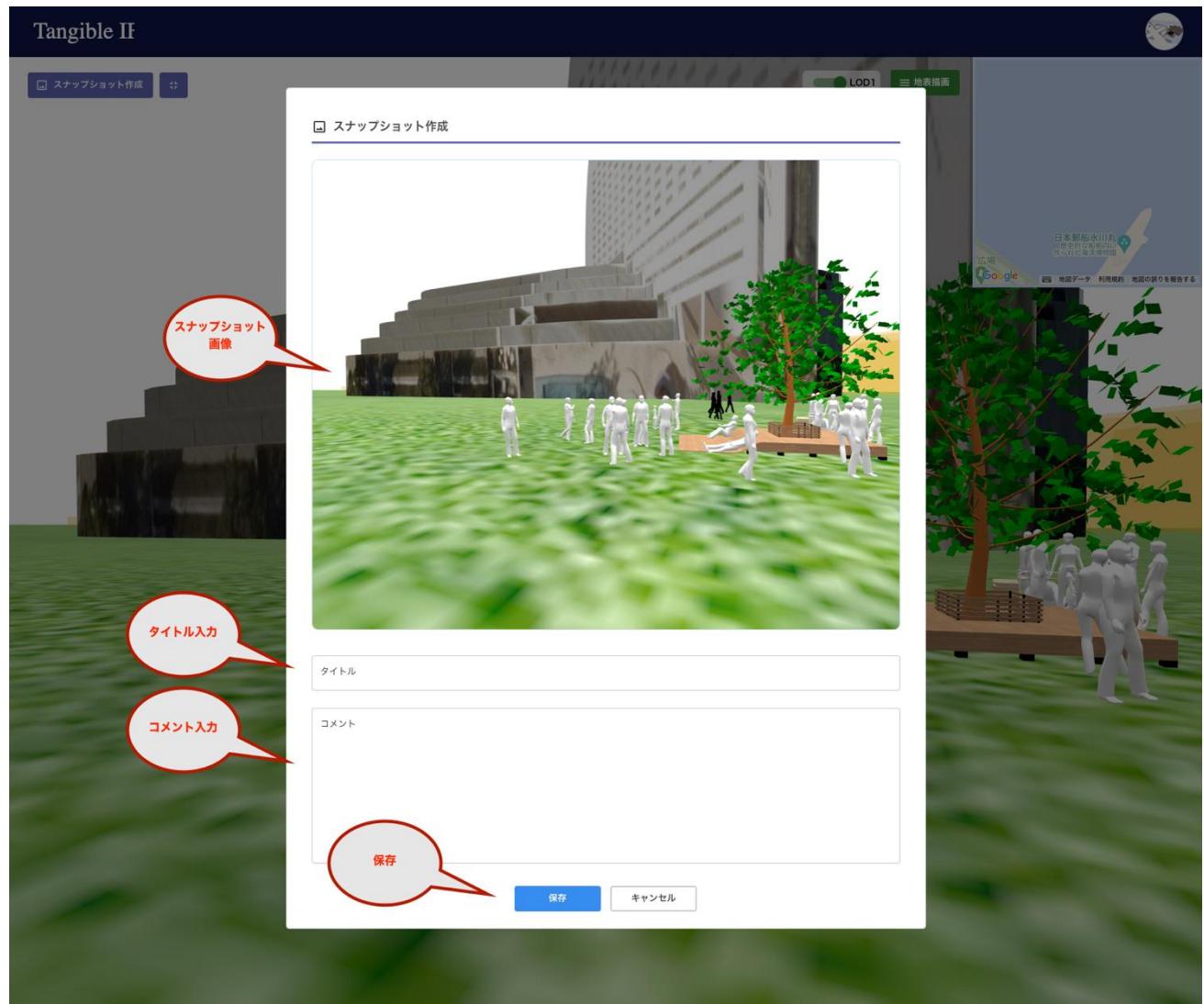


図 3-49 スナップショット作成画面のイメージ

10. 【SC111】 検討範囲名称設定

- 画面の目的・概要
 - 検討範囲に名称を設定
- 画面イメージ

検討範囲名称設定画面のイメージ

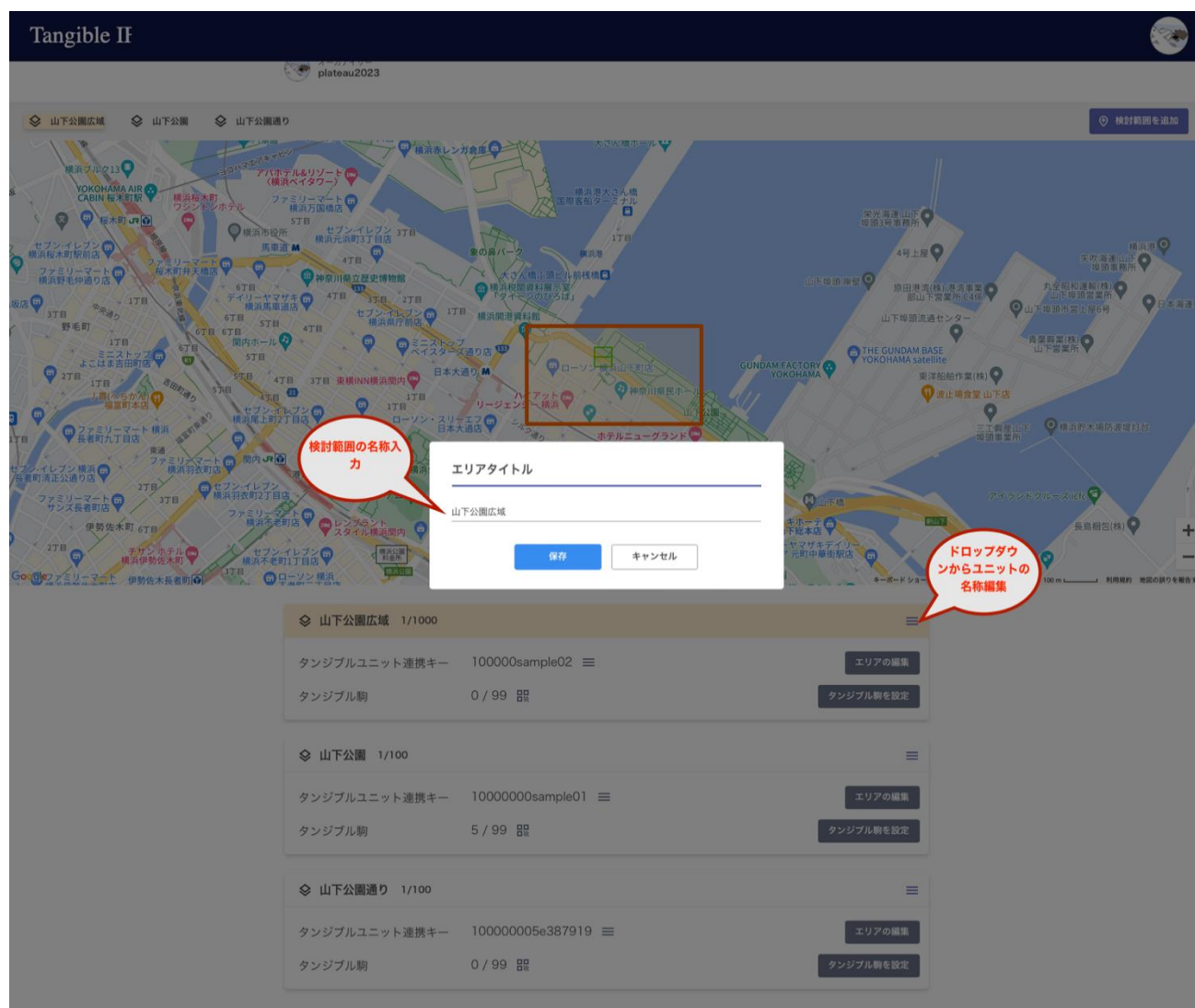


図 3-50 検討範囲名称設定画面のイメージ

3-7. 実証システムの利用手順

3-7-1. 実証システムの利用フロー

- Unity アプリはメイン画面からすべての機能にアクセスできる
- ウェブアプリの操作フローは以下のとおり

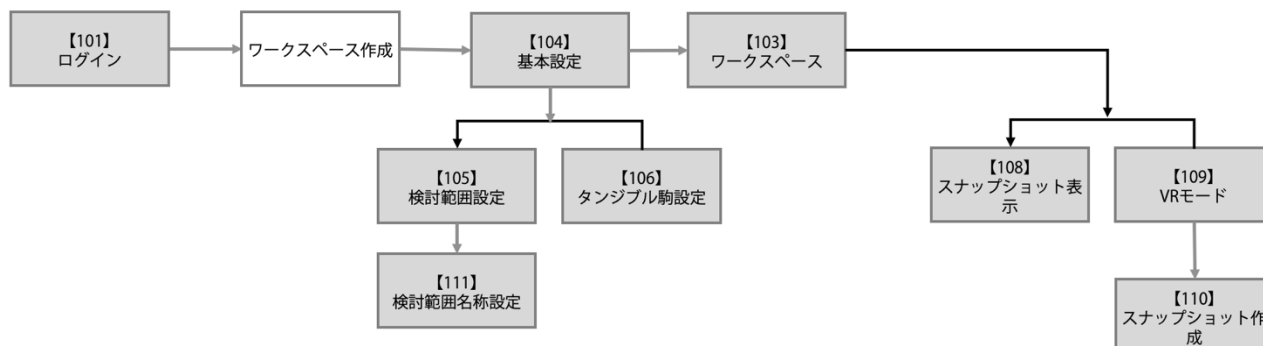


図 3-51 ウェブアプリの操作フロー

3-7-2. 各画面操作方法

1) Unity アプリの操作

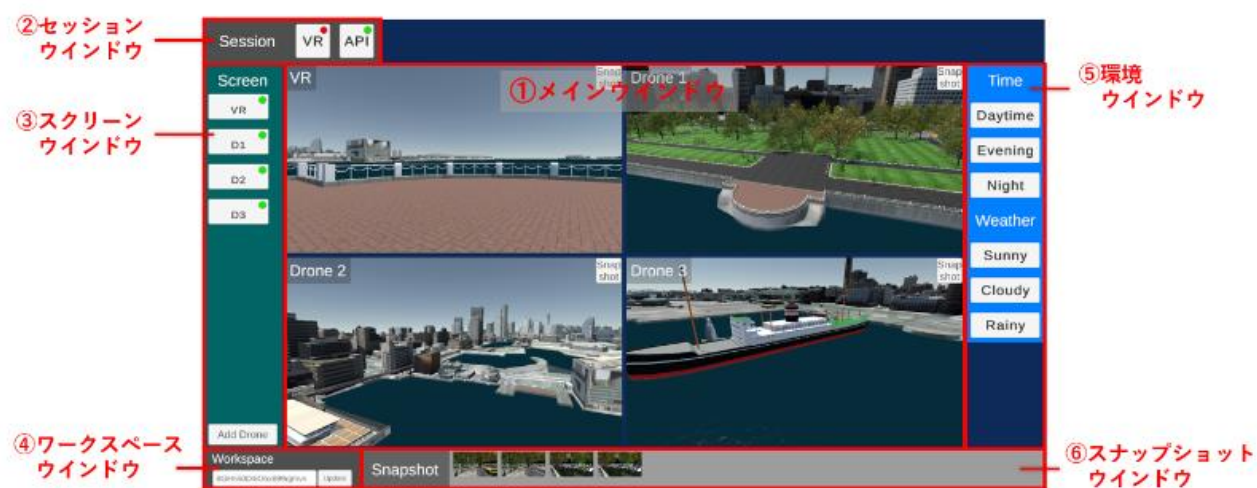


図 3-52 Unity アプリの利用

1. メイン画面

① メインウインドウ

VR 空間上に存在するカメラの画像を、カメラごとに対応したスクリーンに表示する。

各スクリーンの表示の有無は③スクリーンウインドウで制御できる。

スクリーンが持つ機能の詳細については後の B スクリーンの項目で説明する。

② セッションウインドウ

外部との通信を制御するためのウインドウ。

セッションウインドウは以下 2 つのボタンで構成される。

- API ボタン

- Web アプリとの API 通信をオン・オフにする。

ボタンの右上部分にはシグナルが付いており、オンならグリーン、オフならレッドで表示される。

- VR ボタン

- VR デバイスとの接続をオン・オフにする。

ボタンの右上部分にはシグナルが付いており、オンならグリーン、オフならレッドで表示される。

③ スクリーンウインドウ

メインウインドウに表示するスクリーン制御を行うウインドウ。

スクリーンウインドウは以下のボタンで構成される。

- 表示切替ボタン

- 対応するスクリーンの表示をオン・オフにする。

表示可能なスクリーンに対応して、同数の表示切替ボタンが表示される。各ボタンの右上部分にはシグナルが付いており、オンならグリーン、オフならレッドで表示される。

- Add Drone ボタン

- ドローンカメラを追加する。

④ ワークスペースウインドウ

接続するワークスペースの切り替えや、再読み込みを行うウインドウ。

ワークスペースウインドウは以下の要素で構成される。

- ワークスペース ID テキストボックス

- ワークスペース ID を入力するテキストボックス。

- Update ボタン

- テキストボックスに入力された ID に対応するワークスペースと接続を行う。

同時に、タンジブルユニットに表示するための上面図のアップロードと、スナップショットの読み込みを行う。

⑤ 環境ウインドウ

VR 空間の環境を制御するウインドウ。

以下の 6 つのボタンで構成される。

- Daytime ボタン
 - VR 空間内の時間を日中(2023 年 12 月 1 日 12 時 0 分)に切り替える。
- Evening ボタン
 - VR 空間内の時間を夕方(2023 年 12 月 1 日 18 時 0 分)に切り替える。
- Night ボタン
 - VR 空間内の時間を夜(2023 年 12 月 1 日 20 時 0 分)に切り替える。
- Sunny ボタン
 - VR 空間内の天候を晴れに切り替える。
- Cloudy ボタン
 - VR 空間内の天候を曇りに切り替える。
- Rainy ボタン
 - VR 空間内の天候を雨に切り替える。

⑥ スナップショットウインドウ

スナップショットの読み込みを行うウインドウ。

以下の要素で構成される。

- スナップショット読み込みボタン
 - ワークスペースに接続した際、ワークスペースの持つスナップショットに対応して同数のスナップショット読み込みボタンが表示される。ボタンの外観は、スナップショットのサムネイルとなっている。

押すことでスナップショットアップロード時の検討状況を VR 空間上に再現する。再度押すことで現在の検討状況に戻る。

2. スクリーン

メイン画面のメインウィンドウ上に表示される、カメラ画像を表示するウィンドウ

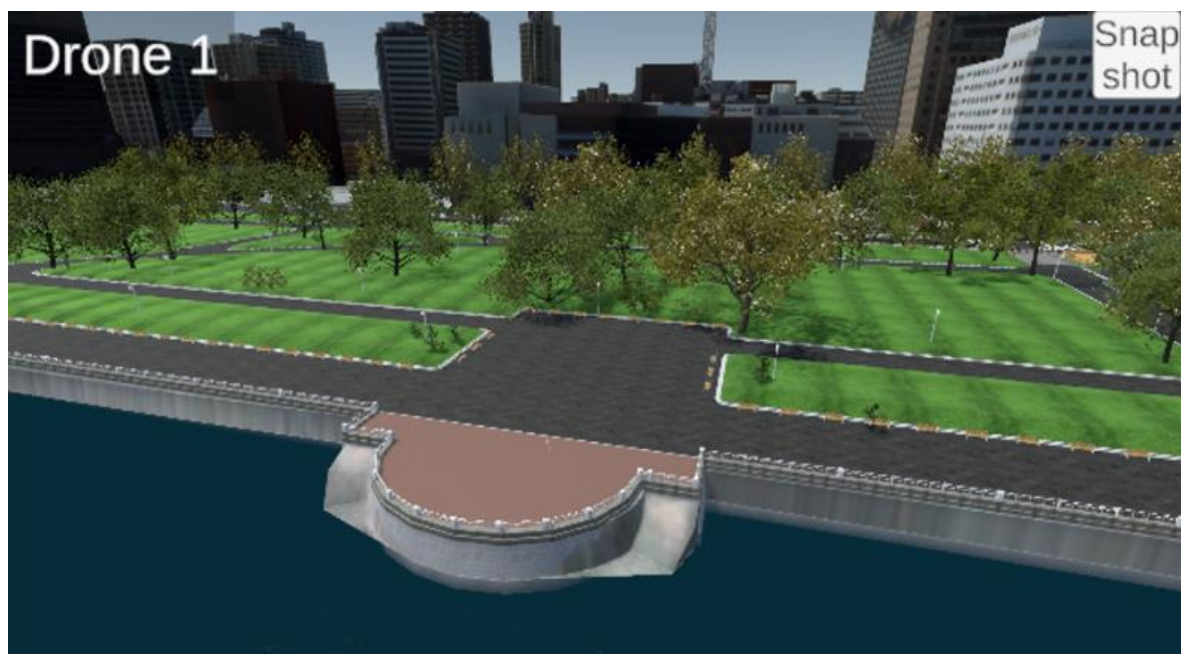


図 3-53 スクリーンの操作

以下の機能を持つ。

- 操作対象に設定
 - スクリーンを押下することで、スクリーンに対応するカメラを操作対象として設定する。操作対象となってカメラは以下の機能を得る。

表 3-23 機能説明

機能名称	機能説明	機能喪失条件
天候の中心座標設定	カメラを天候の中心座標として設定する。	別のカメラが操作対象に設定される
移動・回転	スクリーンを押下したままドラッグすることで、カメラの角度を変更。 カメラの位置を W/A/S/D キーで 前/左/後/右 に、 E(Space)/Q(Shift) キーで 上/下 に移動。	スクリーン外が押下される

- スナップショットアップロード機能
 - スクリーン右上の Snapshot ボタンを押すことで、スナップショットアップロードウィンドウを表示する。また、現在のスクリーンの表示をアップロードするスナップショットのサムネイルとして設定する。

3. スナップショットアップロードウィンドウ

スナップショットのアップロードを行うポップアップウィンドウ

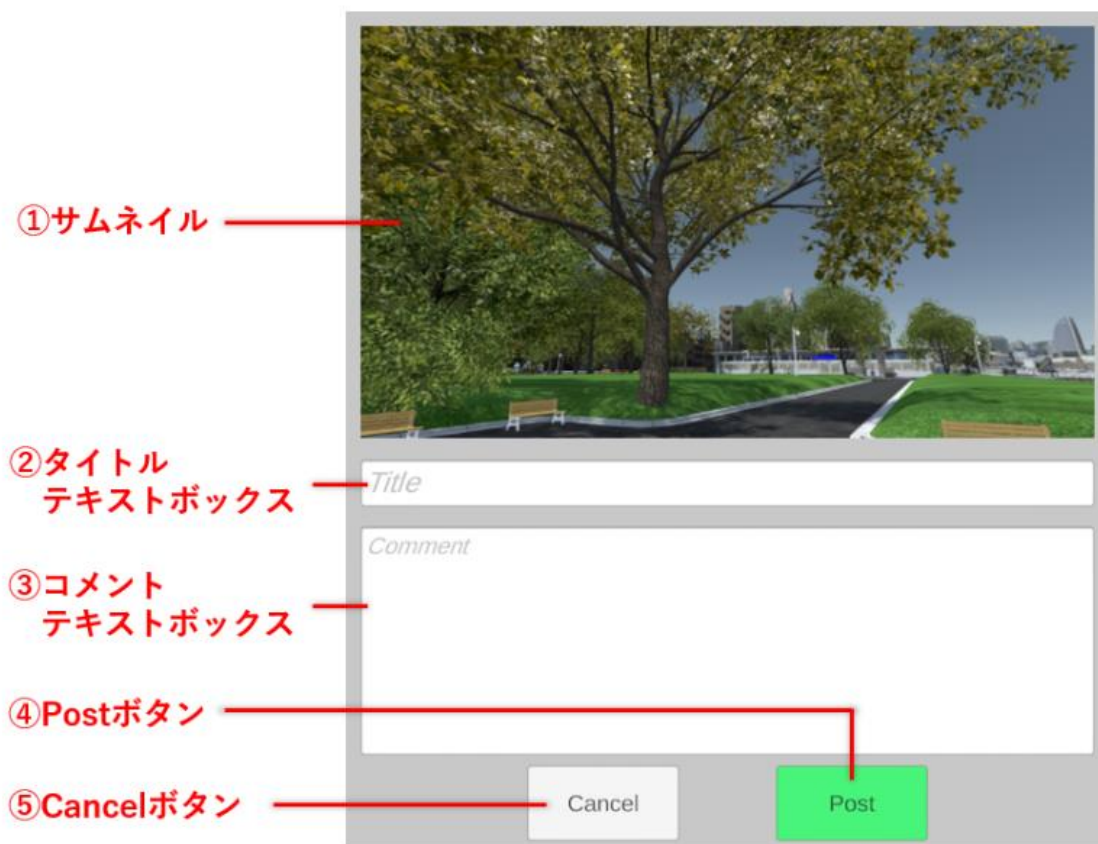


図 3-54 スナップショットアップロードウィンドウの操作

以下の要素で構成される。

① サムネイル

アップロードするスナップショットのサムネイル表示。

② タイトルテキストボックス

アップロードするスナップショットのタイトルを入力するテキストボックス。入力せずにアップロードすると自動で「Untitled」に設定される

③ コメントテキストボックス

アップロードするスナップショットのコメントを入力するテキストボックス。

④ Post ボタン

アップロードを実行するボタン。

⑤ Cancel ボタン

アップロードを中止するボタン。

2) ウェブアプリの操作（ワークスペースの新規作成）

1. 新規ワークスペースを作成

新規ワークスペース作成方法は以下の通り。

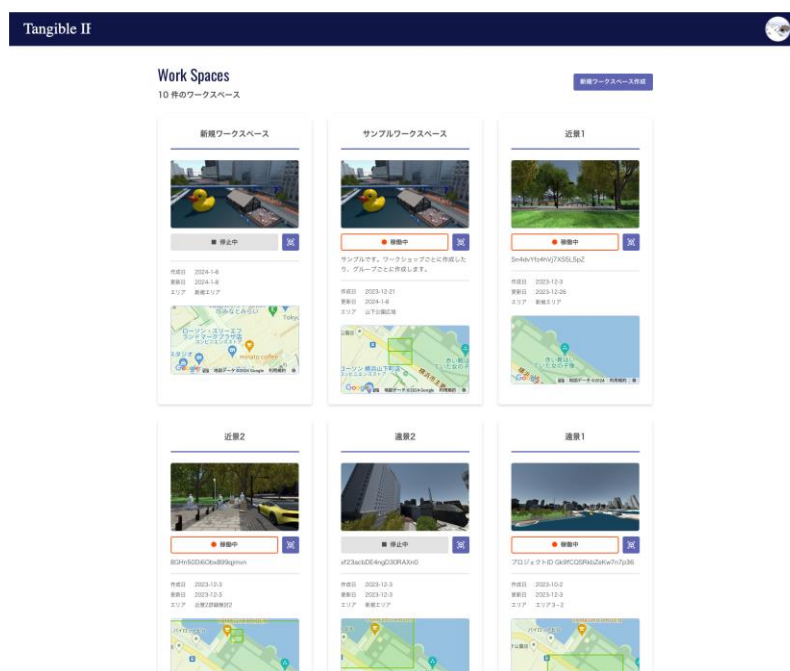


図 3-55 ワークスペース一覧から「新規ワークスペースを作成」

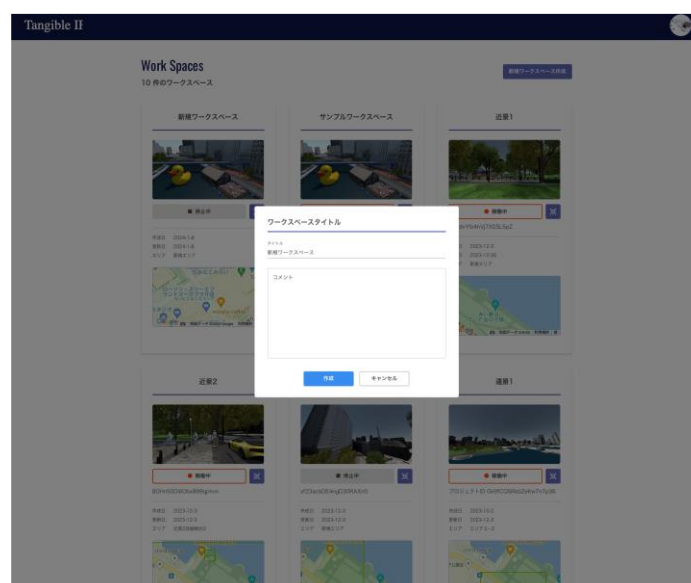


図 3-56 タイトルと概要を入力して決定

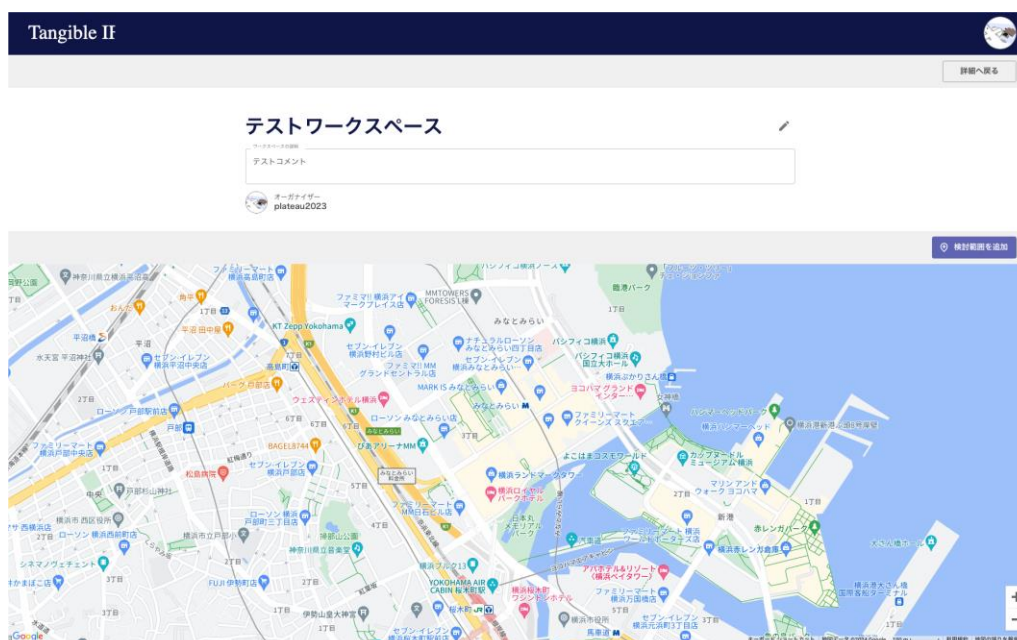


図 3-57 の利用フロー（ワークスペースの新規作成）

2. 検討範囲の設定

検討範囲の設定方法は以下の通り。

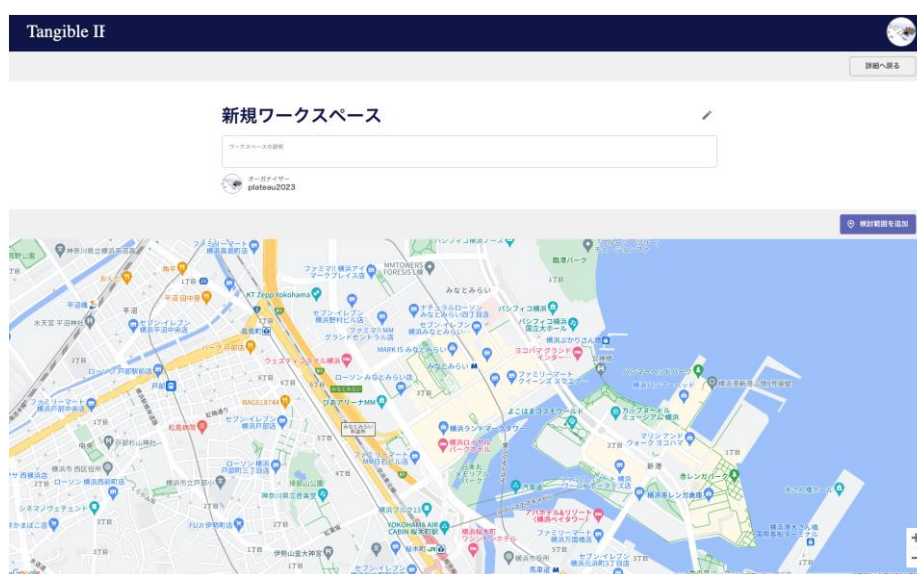


図 3-58 「検討範囲を追加」にて範囲の追加

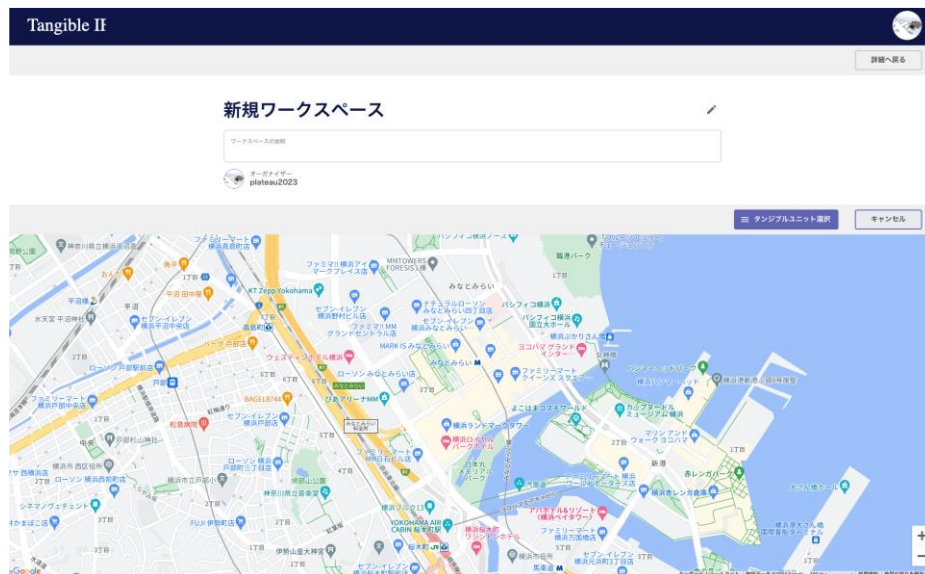


図 3-59 「タンジブルユニット選択」からユニットの選定画面へ移行

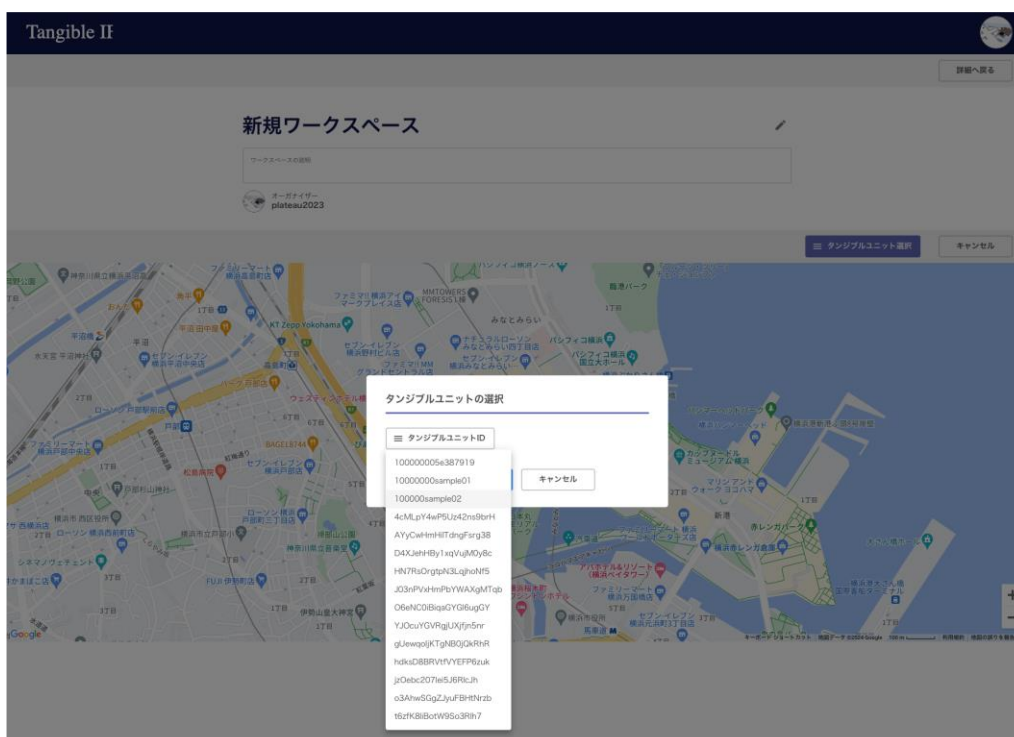


図 3-60 タンジブルユニットの選択

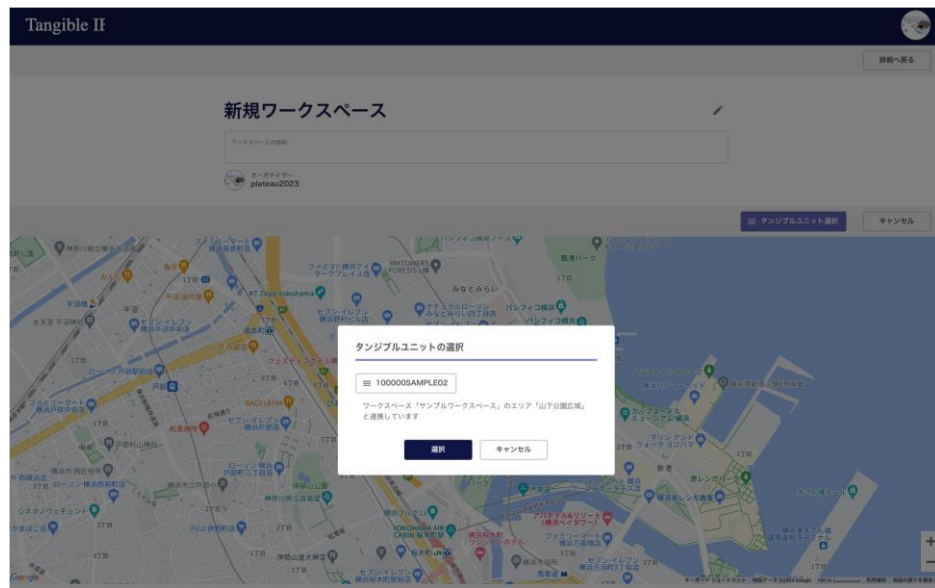


図 3-61 タンジブルユニットの決定

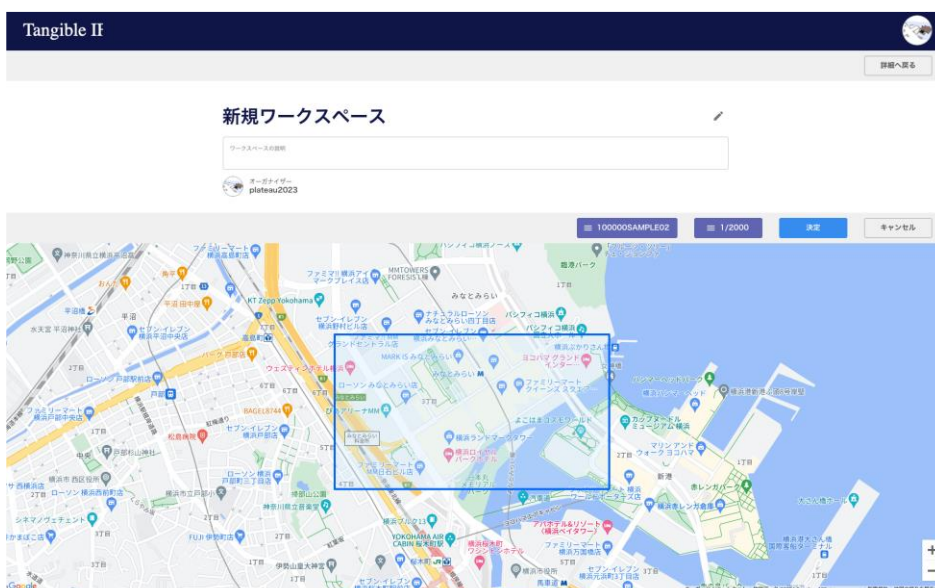


図 3-62 ワークスペースから「検討範囲」を追加

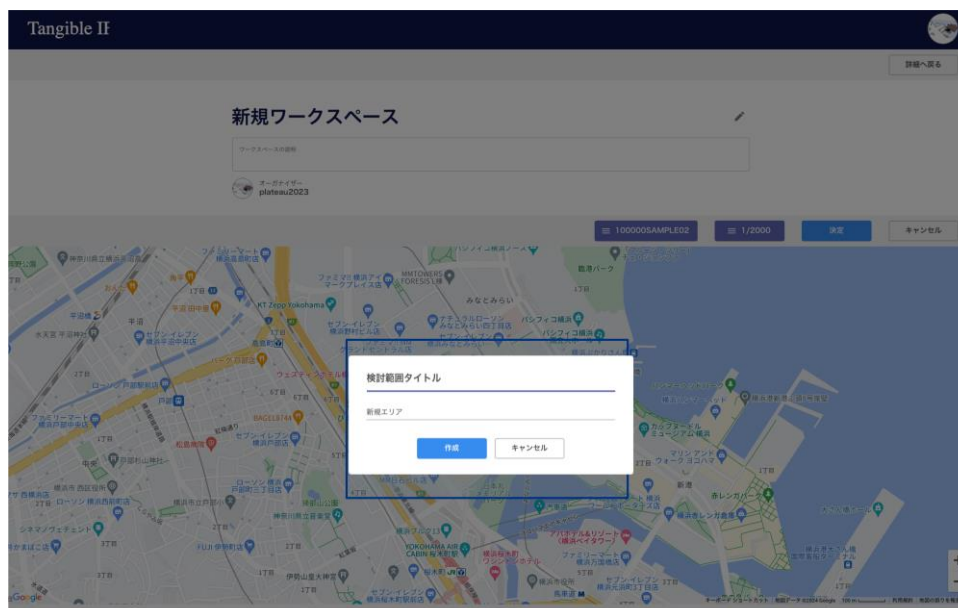


図 3-63 連携させるタンジブルユニットを指定

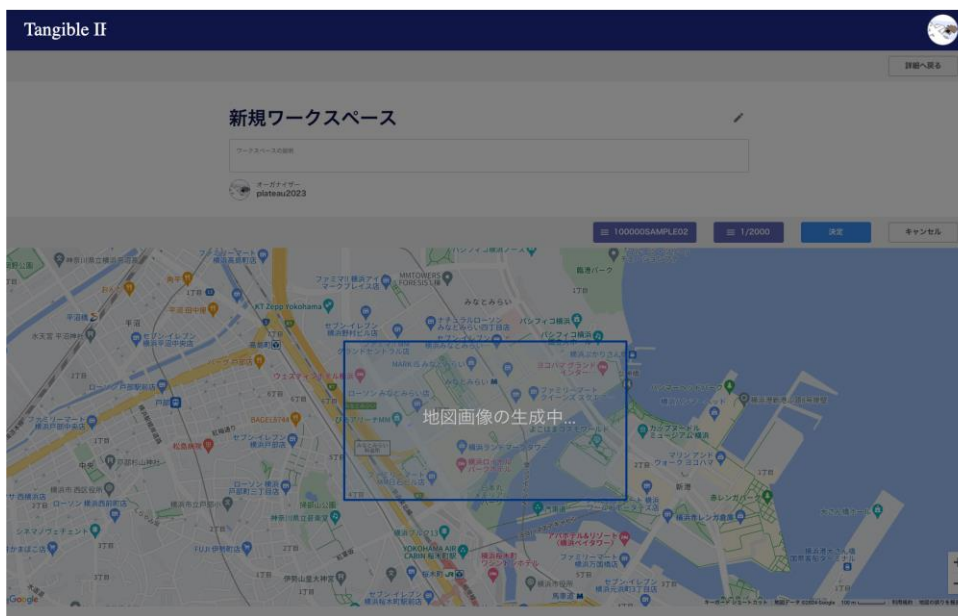


図 3-64 地図上をクリックして検討範囲を指定（スケールも指定可能）

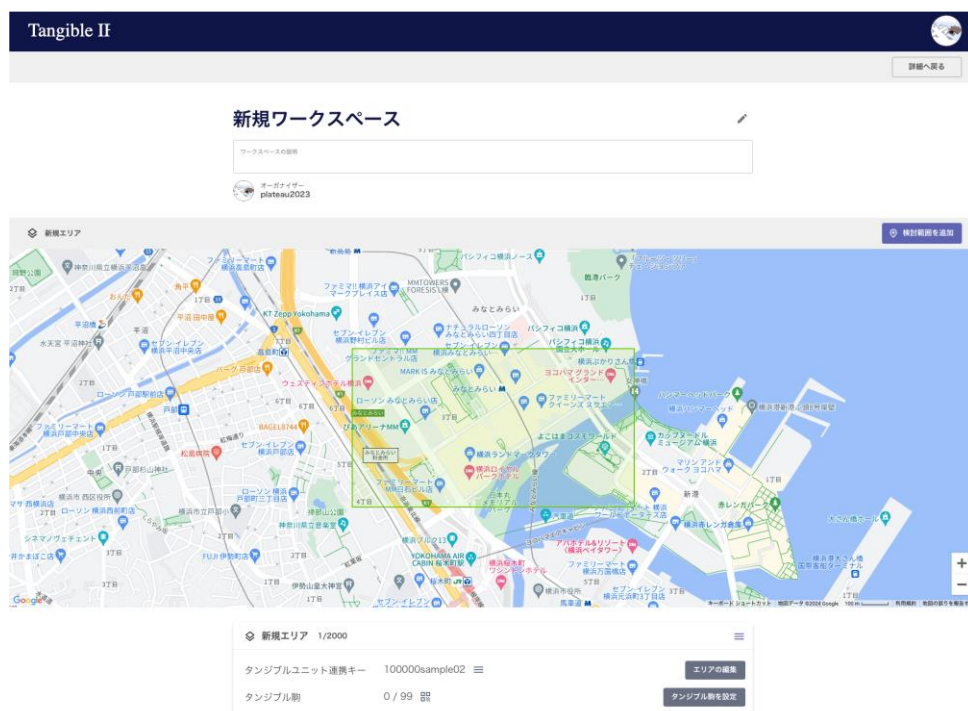


図 3-65 検討範囲に名前を付ける

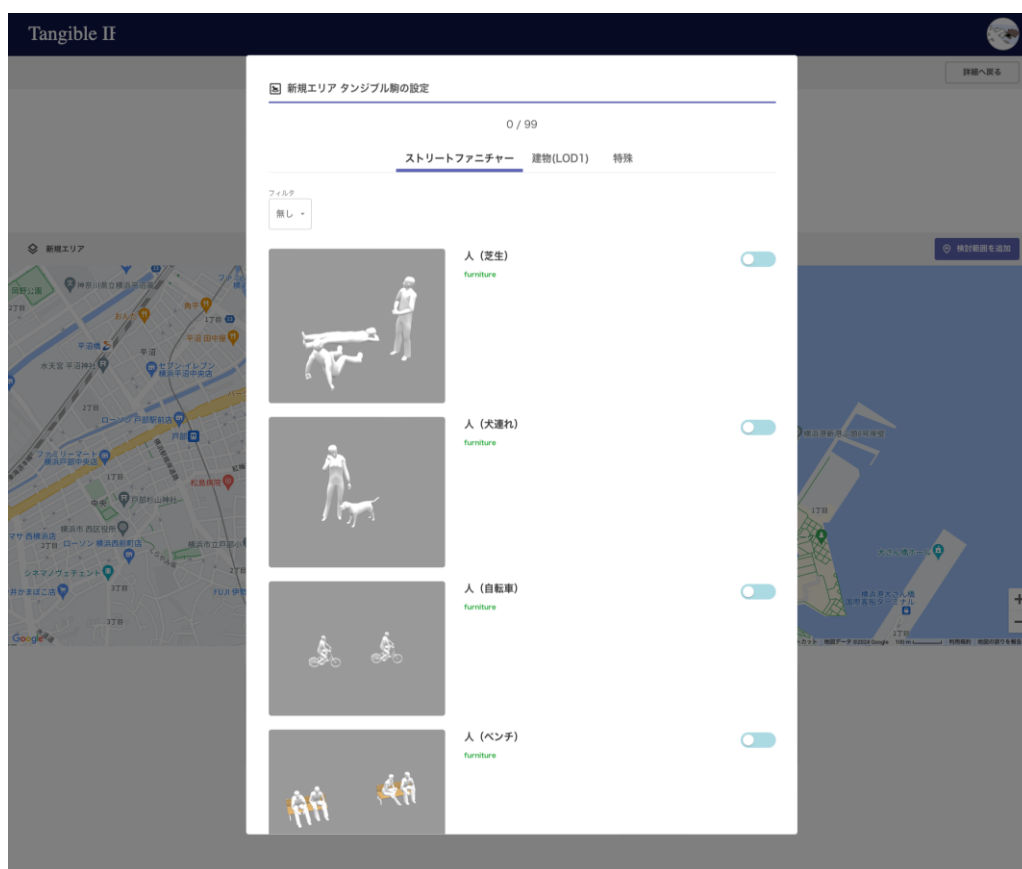


図 3-66 検討範囲ごとに使用するタンジブル駒を指定

3. スナップショット作成

スナップショット作成方法は以下の通り。

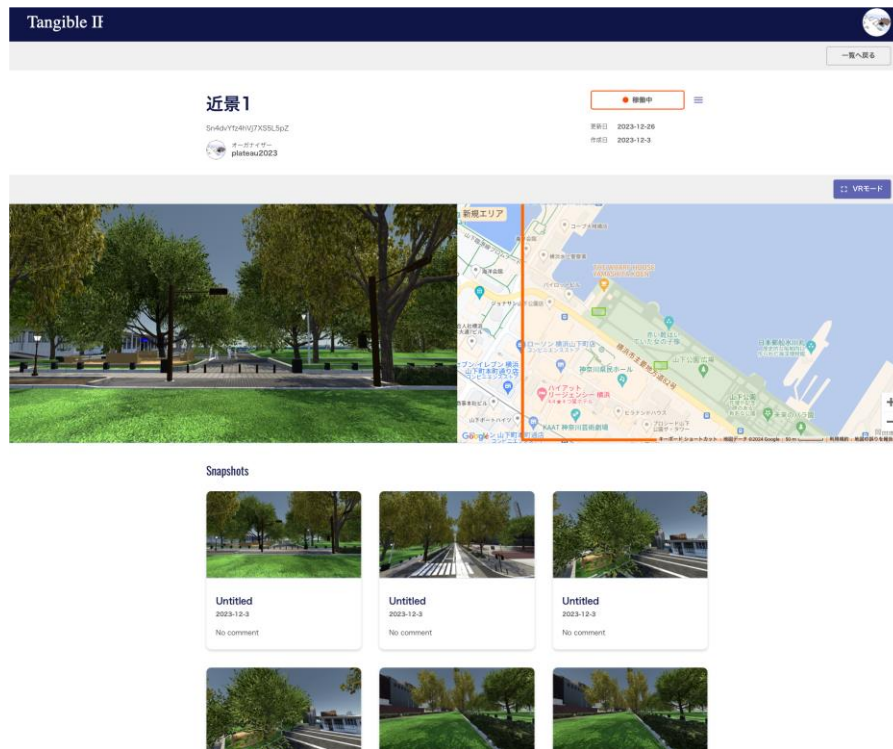


図 3-67 ワークスペースから「VR モード」

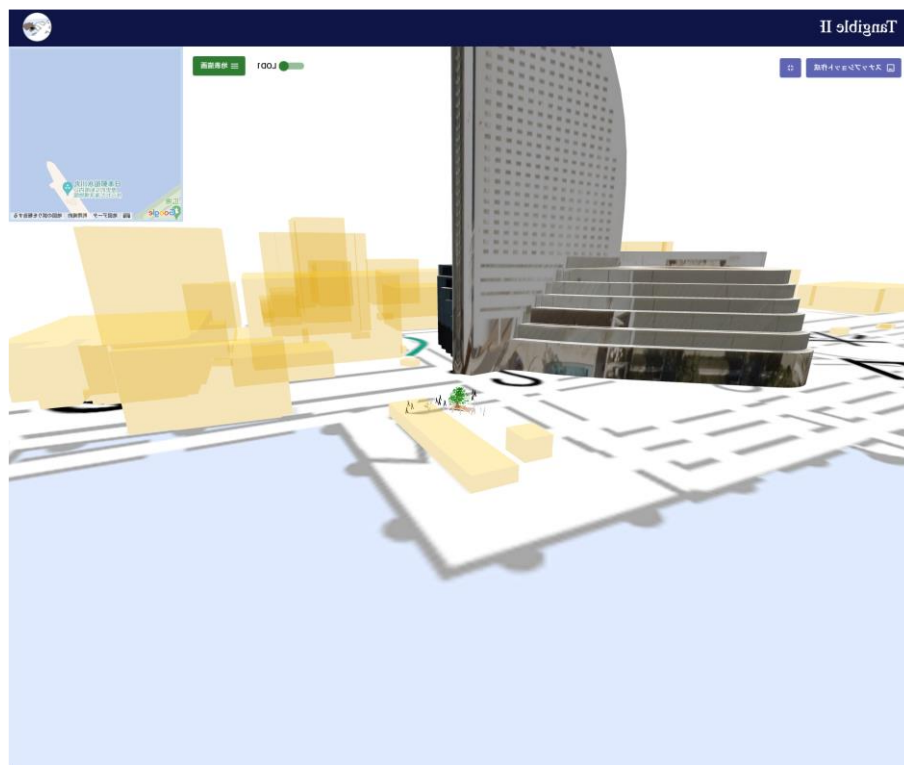


図 3-68 VR モードで「スナップショット作成」

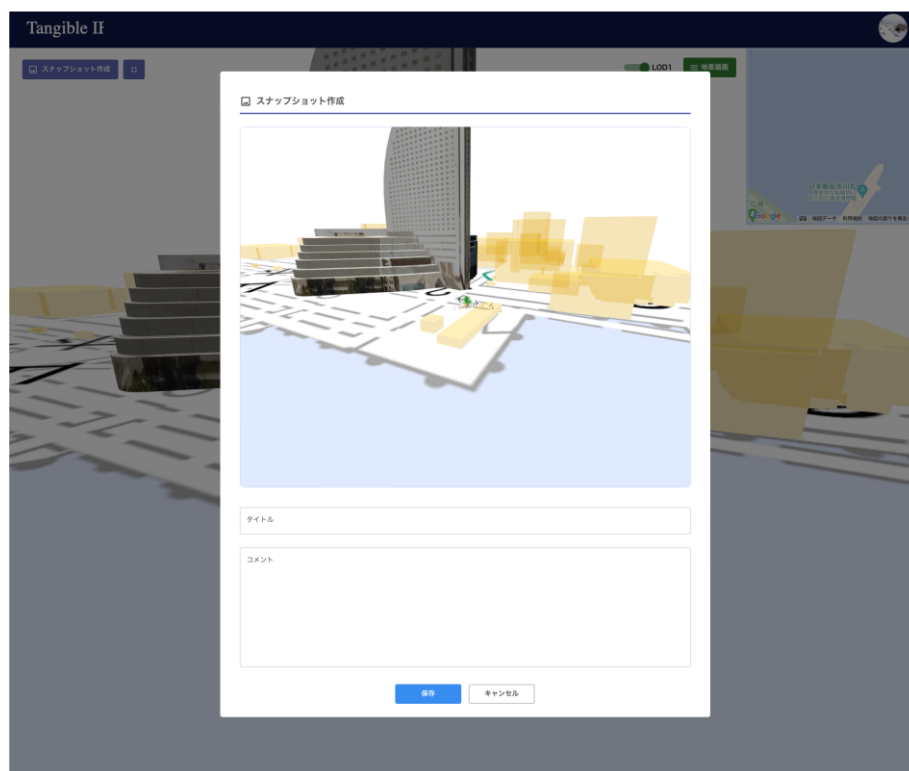


図 3-69 タイトルと概要を入力して保存

4. 実証技術の検証

4-1. ウェブアプリを利用したワークショップの効率化

4-1-1. 検証目的

ワークショップの準備を効率化する目的で、ウェブアプリを開発した。このアプリを使うことで、タンジブルインターフェースの使用方法を簡単に設定することができる。

今回のワークショップでは複数グループがそれぞれ複数台のタンジブルユニットを用いて、別々の検討エリア、スケール、タンジブル駒を使うことが想定された。昨年度の仕様では、Unity のプログラム上で各種設定を変更する必要があった。また、今年度の仕様では、タンジブルユニット自体がコンピューターを内蔵しており、Unity と連動するように設定する必要が生じるなど、設定項目も増えていた。それらの設定をウェブアプリで一元的に管理することで、ワークショップの準備、運営の効率化を図った。

4-1-2. KPI

ツールの使いやすさ、セッティングの容易さ、汎用性を KPI とした。

表 4-1 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	ツールの使いやすさ	100%	● 新規に開発するであり、使いやすさを追求すべきなので	● 運営者の立場から定性的に評価
2	セッティングの手間	-50%	● 昨年度より大幅に改善が見込めたため	● 昨年度版とセッティングにかかる手間を比較

4-1-3. 検証方法と検証シナリオ

1) ツールの使いやすさ

ワークショップ運営者の立場から定性的に評価。使いやすいか否かの二値（100%か0%）で評価した。

2) セッティングの手間

昨年度のバージョンとの比較を交えて、設定の手間を定量的に比較評価。

検討エリアを変更するためのセッティングを題材として、昨年度版と今年度版で設定変更にかかる手間を比較する。

4-1-4. 検証結果

赤セル：KPI 達成

青セル：KPI 未達

表 4-2 検証結果サマリー

検証内容	評価指標・KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
ツールの使いやすさ	ツールの使いやすさ	75%以上	使いやすさ	100%	● 初期バージョンとしては十分に使いやすいと評価できる
セッティングの手間	セッティングの手間	-50%	手間	-89%	● 昨年度版より大幅に手間が減った

a. ツールの使いやすさ

ウェブブラウザからアクセスすることで利用でき、利用環境の制約はインターネット接続環境くらいであり、特別な環境を用意する必要がない点は評価できる。タンジブルインターフェースを利用開始するまでに必要な操作について、検討エリアの指定は地図上をクリックすればよく、利用する駒の選択もサムネイルが表示されるのでわかりやすい。スナップショットの閲覧機能も一覧から画像をクリックするだけなので、わかりやすい。総じて、使いやすいと評価できる。

タンジブルユニットには Raspberry Pi を内蔵し、ウェブアプリと連動させることで、汎用性や柔軟性が大きく向上した。ウェブアプリ側でタンジブルユニットの設定を変更することができるので、タンジブルユニットの入替え、増設などのワークショップごとに異なるニーズ対応する場合など、都度 Raspberry Pi のプログラムを書き換える必要がない。基本的には Raspberry Pi のプログラムは再起動すれば、ウェブアプリから読み込んだ新しい設定が適用されるように実装されている。また、駒の読み取りからウェブアプリへの送信も

Raspberry Pi のみで実現しており、タンジブルユニットを連結して複数台を同時に運用できるなど、汎用性と柔軟性向上の面で大きな利点となっている。

その他、Unity アプリの利用者の立場からウェブアプリ連携による使い勝手の評価を下記の表に記した。

表 4-3 Unity アプリの使い勝手評価

機能	内容	機能性について	使いやすさについて
ウェブアプリデータ送受信	ウェブアプリ上の設定データ及びタンジブルデータの送受信	タンジブル情報を一度クラウドで管理して得る形により、遠隔地から連携動作できることを確認	タンジブルユニット側やネットワーク速度に起因する安定性やアップデートの速度を改善すると、もっと気持ちのいい使い心地になり、議論が円滑になると考察した
3D 都市モデル表示	建物モデル表示	タンジブルからの情報に基づき建物が表示、アップデートされることを確認した	特になし
3D 都市モデル表示	ストリートファニチャーモデル表示	タンジブルからの情報に基づきストリートファニチャーが表示、アップデートされることを確認した	初回だけ登録モデルデータのダウンロードを行うので、表示反映までに時間を要する。待ち時間自体は負荷にはならないが、その旨をユーザーにわかりやすく示せる UI デザインがあればよいと考察した
3D 都市モデル表示	イベント表示	タンジブルからの情報に基づきイベントが起きることを確認した。ただし、ワークショップまでのスケジュールがタイトであり準備に不完全さがあった	イベントは検討シナリオごとにユニークな内容として実装される可能性が高い。今後多くの場所でワークショップを行うことを想定したとき、この部分の実装を合理的かつ確実に行うようにするワークフローを検討すべきと考える
3D 都市モデル表示	自由視点・ウォークスルー	複数の視点により多角的にデザインできる機能は評価できる	カメラの数を増やすとアプリケーションの処理速度に悪影響があるので、最適なりソースコントロールが必要と考察した

3D 都市モデル表示	天候時刻変更	天候がリアルタイムに変更できる表示は興味深く、デザイン構想の幅を広げるが、リソースコントロール上の仕様で複数のカメラの全てにエフェクトを適用するのが困難であった	切替え操作でシームレスに天候が変化するので、使いやすく臨場感も高い
検討状況の記録・再現	記録	検討状況に付記するタイトル、コメントおよびサムネイル画像の送信機能を確認。ワークショップではこのサムネイル画像を成果発表に用いることができた	うまく送信されているのかユーザーに分かりやすくする UI デザインがあってもよいと考える
検討状況の記録・再現	再現	パソコン画面上にサムネイルが一覧表示され、選択した検討状況が VR 空間上に再現することを確認	特になし

b. セッティングの容易さ

システムの汎用化に伴い、セッティング作業に掛かる時間が 90% の削減ができた。

昨年度バージョンの手順を以下に示す。(要する時間は約 45 分)

1. Unity アプリのプログラムを更新して実行ファイルを作成
2. 実行ファイルをワークショップで利用する端末に転送して実行
3. タンジブルインターフェースの盤上の投影画像にあうように駒の読み取り座標の調整

今年度バージョンの手順を以下に示す。(要する時間は約 5 分)

1. ウェブアプリで設定
2. タンジブルユニットの再起動

一方で、安定性が低下するトラブルも発生した。

- ネットワーク接続エラーの場合に Post エラーとなってプログラム終了するケースが確認されている。適切なエラー処理を実装する必要がある。
- 駒検出の安定性の向上が必要。カメラの画質、コンピューターのスペック、内蔵バックライトの具合など、複数の端末を横断した要素が絡んでおり、原因の解析が必要。
- 上記に関して、駒を配置した場所に何らかの印を表示することで、駒が認識できていることをユーザーにフィードバックする機能があるとよい。

- トラブルでプログラムがダウンした場合など、プログラムを再起動するためには、Raspberry Pi にキーボードとマウスを接続して対処する必要がある。赤外線などを利用しリモートでコントロールできる機能があるとよい。
- Raspberry Pi のプログラムをバージョンアップするには、Raspberry Pi にログインしてコマンドを実行する必要があるが、自動アップデートなどの機能を実装するとよい。

4-2. タンジブルインターフェースの可搬性の向上

4-2-1-a. 検証目的

ワークショップの円滑な運営（設営・撤収等の負担軽減）、ワークショップの柔軟な運営（複数グループによる検討の実現）を実現するため、ハードウェアに改良を施し、適切に機能することを確認する。

4-2-1-b. KPI

可搬性の改良として、小型化、設営のしやすさ、持ち運びのしやすさを KPI とした。

表 4-4 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	小型化	100%	● 小型化できたか否かを二値（100%か0%）で評価する	● 昨年度版とサイズを比較
2	設営のしやすさ	100%	● 設営しやすいか否かを二値（100%か0%）で評価する	● 昨年度版と設営にかかる手間を比較
3	持ち運びのしやすさ	100%	● 持ち運べるか否かを二値（100%か0%）で評価する	● 持ち運べるかを確認する

4-2-2. 検証方法と検証シナリオ

1) 小型化

昨年度版と寸法を比較する。

2) 設営のしやすさ

昨年度版との比較を交えて、設営にかかる設定の手間を比較

仕様通りに完成すれば、組立の手間はなく、設営自体が不要になる。

3) 持ち運びのしやすさ

昨年度版ではサイズが大きく、重量もあり、各種パーツが固定されていなかったもので、手での運搬は不可であった。

仕様通りに完成すれば、手で運搬が可能となる。

4-2-3. 検証結果

赤セル：KPI 達成

青セル：KPI 未達

表 4-5 検証結果サマリー

検証内容	評価指標・KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
小型化	小型化	100%	小型化できたか	100%	● 初期バージョンとしては十分に使いやすいと評価できる
設営のしやすさ	設営のしやすさ	100%	設営しやすいか	100%	● 組立不要、設営不要となった
持ち運びのしやすさ	持ち運びのしやすさ	100%	持ち運びしやすいか	100%	● 大人一人が片手で持ち運べるようになった

1) 小型化

1ユニット幅約 60cm、高さ約 30cm、奥行き高さ約 30cm のサイズ。昨年度版は幅約 160cm、高さ約 95cm、奥行き約 120cm であった。大幅に小型化できたと言える。

2) 設営のしやすさ

組み上がったユニットをワークショップ会場に持ち込めばよく、昨年度版のように会場で組み立て、解体する必要がなくなった。

3) 持ち運びのしやすさ

小型化したこと、重量も軽くできたことから、大人一人が片手で運搬できるようになった。



図 4-1 タンジブルインターフェースを組み立てた時のイメージ

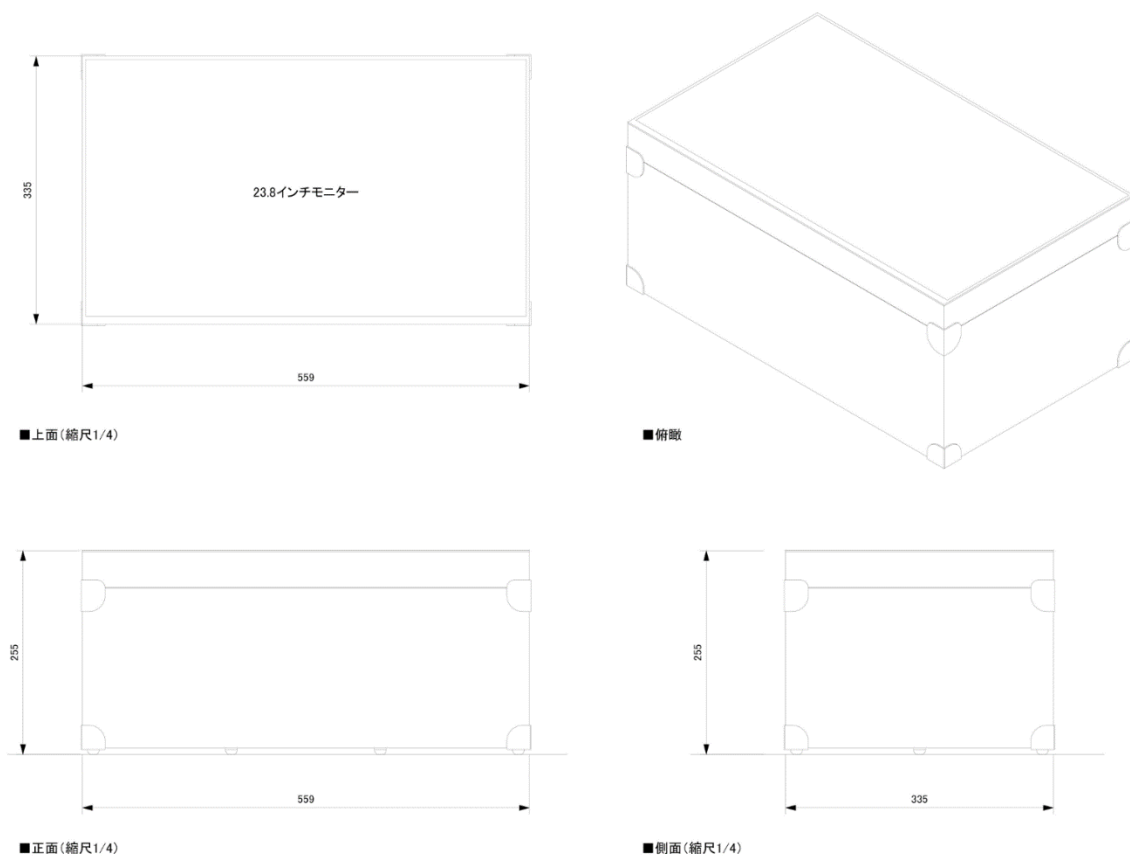


図 4-2 縮尺イメージ

改善点

- 小型化に伴い耐久性が下がった。今回は発生しなかったがワークショップ利用時の破損や運搬時の故障等も中長期的には発生する可能性
 - 本体材質の変更、本体強度の向上、積み重ね保管
 - バッテリー内蔵による、起動中（WS 中）の運搬性の向上
 - 長距離運搬や多様な駒の配置に対応するための本体や画面の強度の向上

- 小型化に伴い性能が下がった。今後の安定的なワークショップ運営のために、特に以下の観点における性能強化や性能を保管するオペレーションが必要
 - 性能の高いマイコンの搭載への対応や拡張性の向上
 - USB マウス、キーボードを物理的に接続するコネクターのアクセス性改善：マイコンの初期設定や更新、エラー発生時のデバッグ作業等への対応
 - 読み取りの改善：カメラの設置及び照明方法改善等のオペレーションや性能の強化

5. 地方公共団体向けワークショップの有用性検証

5-1. ワークショップの概要

5-1-1. ワークショップの全体像

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。従来は都市開発やまちづくりは、開発する主体は行政やデベロッパーなど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、つくりあげていくことが求められる。そこで“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などの有効なコミュニケーションのためのタンジブルインター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、その有用性を検証する。

今年度は、横浜にある都心臨海部・インナーハーバー全体を対象エリアとしたワークショップの実施を前提に、拡張性、可搬性の改良を行ったタンジブルインターフェースツール（タンジブルユニット）を開発した。ワークショップ（まちづくりハンズオン）を通じて PLATEAU のデータを活用したタンジブルユニットを一般の方々に利用してもらい、これからの時代の都市デザインとして市民と専門家や行政などとの対話のあり方を体験してもらうことで、参加者にどのような意識・認識の変化が起こるのかを探る。

本企画では、参加者の 5 つのフェーズを、2 回のハンズオンに振り分ける。

第 1～第 3 フェーズを DAY1 のハンズオンで実施し、第 4～第 5 フェーズを DAY2 のハンズオンで実施する。

ディスカッションテーマは「山下公園と山下公園通りのミライ（都市軸のミライの都市体験を考える）」と「インナーハーバーのミライ（遠景の風景を考える）」を設定した。

ハンズオンの前後でアンケートを行うことで、参加者の意識・認識の変化などを探っていき、本ソリューションの有効性を確認する。

表 5-1 フェーズごとの検討内容

対象ハンズオン	参加者のフェーズ	位置づけ・検討内容
DAY1 (従来型ワークショップ)	第1フェーズ	● 事前の意識調査 タンジブルユニットを活用し、あり得たかもしれない未来等をアイスブレイクとして体験
	第2フェーズ 現状を体感する	● リアルフィールドワーク→緑の軸線～WF 軸の確認 ● 船上・対岸・上空からの見え方などのバーチャルフィールドワーク
	第3フェーズ 情報をインプットする	● これまでの都市形成の経緯などの情報をインプット ● アイディアなどをディスカッション
DAY2 (タンジブルインターフェースを利用したワークショップ)	第4フェーズ 未来を考える	● タンジブルユニットを使ったワークの実施 ディスカッションテーマは「山下公園と山下公園通りのミライ(都市軸のミライの都市体験を考える)」と「インナーハーバーのミライ(遠景の風景を考える)」を想定
	第5フェーズ 気づきを得る	● 意識・認識の変化を言語化する

5-1-2. ワークショップの背景

今回のワークショップは横浜市都市整備局の協力のもと実施された昨年度の 2022 年度のワークショップを参考としている。タンジブルユニットの改良結果や検討対象の変更に合わせてワークショッププログラムを変更し実施する。

以下にその背景となる 2022 年度のワークショップの概要を記述する。

2022 年度はタンジブルインターフェースの効果の有無の検証をすることを目的とした。具体的にはまちづくりに関する「目標のイメージ共有」、「専門家と市民、行政の対話のポジティブな進行」に効果を及ぼすかを検証した。ワークショップの検討テーマは、横浜市の市庁舎移転に伴う新市庁舎周辺のまちづくりを想定して、川沿いやストリートのエリアのポテンシャルを生かした魅力的な街づくりの手法や目標についてであり、『イリフネ・オ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！』というキャッチフレーズを定めた。

下表に各セッションの検討内容と成果を示す。

表 5-2 対象別の検討内容

セッション	対象者	検討内容・成果
AR セッション	一般・専門家・行政	<検討内容> ● AR タグ付けアプリを用いて、「Good」「Bad」「Idea」の意見を収集 <成果> ● 45 分程の短時間の街歩き（フィールドワーク）200 件近い投稿が寄せられた ● 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
行政セッション	専門家・行政	<検討内容> ● AR セッションの結果を踏まえ、都市の改変案や具体的な方向性についてディスカッション <成果> ● タンジブルインターフェースのデモンストレーションを実施し、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 ● 都市の改変案に対する細部のパターンの提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検討する提案を準備することができた。 ● 用意すべき駒のアイディア出しができた

タンジブルセッション	一般	<検討内容> ● タンジブルインターフェースを用いて、魅力的な都市の使い方についてグループディスカッション <成果> 技術面 ● 2つのスケール（広域&詳細）を連動させ、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までシームレスに検討できるシステムが完成した ● 一般の人でも 3D モデルを直感的に扱えるシステムが完成した ● タンジブル駒を 3D プリントして用意することで、オブジェクトやその配置が直感的に分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 合意形成や対話プロセス面 ● 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、それをもとにディスカッションができる ● タンジブルインターフェースと VR ゴーグルによるディスカッションと疑似的な都市体験機会を提供し、円滑なディスカッションと参加者の満足度の向上を実現
------------	----	---

5-1-3. ワークショップの目的

まちづくりハンズオンでは、3D 都市モデルを活用したタンジブルユニットを一般の方々に利用してもらい、これから時代の都市デザインの市民と専門家や行政などとの対話のあり方を体験してもらうことで、参加者にどのような意識・認識の変化がでるのかを探っていく。

まちづくりハンズオンでは、3D 都市モデルを活用したタンジブルユニットを一般の方々に利用してもらい、これから時代の都市デザインの市民と専門家や行政などとの対話のあり方を体験してもらうことで、参加者にどのような意識・認識の変化がでるのかを探っていく。

昨年度のタンジブルツールは、全員で一つのテーブルを使用する形態であったため、タンジブルセッションにおいては、全員が同時にタンジブルツールを用いて議論することができなかった。その他、ツールの仕様に応じてワークショップの内容や運営方法に一定の制約があった。こうした課題を踏まえて今年度の検討においては、タンジブルツールの拡張性、可搬性を向上させる下表のような改良を行った。この新しいタンジブルツールを用い、今年度はより広範な検討テーマに対応可能で、複数人数が同時に検討を進行できる柔軟なワークショッププログラムを企画し、実施可能であることを検証する。またアンケート等を通してワークショップの参加者意識を把握（後述）し、ワークショップの有効性を確認する。

表 5-3 ワークショップ実施に関する昨年度からの課題

昨年度の タンジブルツールの 特徴	今年度の改良点	昨年度の課題と 改良により期待される改善効果
テーブル型 (1台)	ユニット化 (10台)	● 全グループにタンジブルツールを割り当て、全てのグループが 並行して議論を進行可能
テーブル型 (重量比較大)	小型・軽量化	● 物品の運搬やワークショップの会場設営等のワークショップ運 営負担を軽減 ● ワークショップ中でも容易に運搬可能なユニットによりグルー プの移動等が可能となるなどより柔軟なワークショップ企画運 営が可能となる
プロジェクターに よる 背面投影による映 像表示	透過液晶化	● ユニット内に映像表示装置を一体化、投影距離を確保せず液晶 パネルに直接映像が表示され、ユニットの小型化に貢献、より 明るく鮮明な映像表示が可能で情報を視認しやすくなる
固定スケール (1/50、1/400)	複数スケールの可 変設定可能	● スケールを自由を選んでユニットに設定でき、検討したい内容 によって柔軟なスケール設定が可能
検討範囲固定	検討範囲可変	● 検討範囲を自由を選んでユニットに設定でき、検討したい内容 によって柔軟な範囲設定が可能
検討に使用する駒 固定 駒追加比較的困難	検討に使用する駒 可変 駒追加比較的容易	● 事前に登録した駒の中から検討に使用する駒を自由を選んでユ ニットに割り当てられ、検討したい内容にあわせて様々な駒が 比較的簡単に追加可能
(管理設定画面なし)	ウェブアプリケー ションによる管理	● 使用するユニット、ユニットに設定するスケール・検討範囲・ 使用する駒などの初期設定や、検討中任意のタイミングで保存 できる駒配置情報・スクリーンショット画像・画像へのコメン ト情報がウェブアプリケーションで一括管理可能
(カメラ駒なし)	カメラ駒の導入	● 参加者がカメラ駒を操作しVR空間内の任意の視点から検討状 況を把握可能

5-2. ワークショップの詳細

5-2-1. Day1 従来型のワークショップ（現状把握等）

5-2-1-a. プログラム

対象ハンズオン Day1 のワークショップは設定した参加者の 5 つのフェーズのうち、1～3 のフェーズに対応する。

プログラムは大きく分けて個人ワークシート記入、フィールドワーク（街歩き）、情報インプット、ディスカッションの 4 段階を実施した。

4 段階の検討後にはグループ発表を行い、グループ別の検討内容を全体に共有した。

ワークショップ終了後にアンケート記入時間を設け、参加者全員からの意見等を収集した。

表 5-4 プログラムの時間割

時間	プログラム
15:00～15:15	各種説明
15:20～15:40	個人ワークシート記入
15:40～15:45	グループ分け
15:45～16:00	フィールドワーク説明
16:00～17:00	フィールドワーク
17:00～17:10	休憩
17:10～17:20	情報インプット
17:20～18:15	ディスカッション
18:15～18:30	グループ発表
18:30～18:45	アンケート記入

5-2-1-b. 実施場所

横浜港大さん橋国際客船ターミナル T-1・T-3 会議室

リンク：<https://osanbashi.jp/meetingroom/>

5-2-1-c. 会場設置図

4つのグループ別検討用のテーブル及びタンジブルユニットのデモ、体験用スペースを設けた。

大さん橋 T-3 会議室

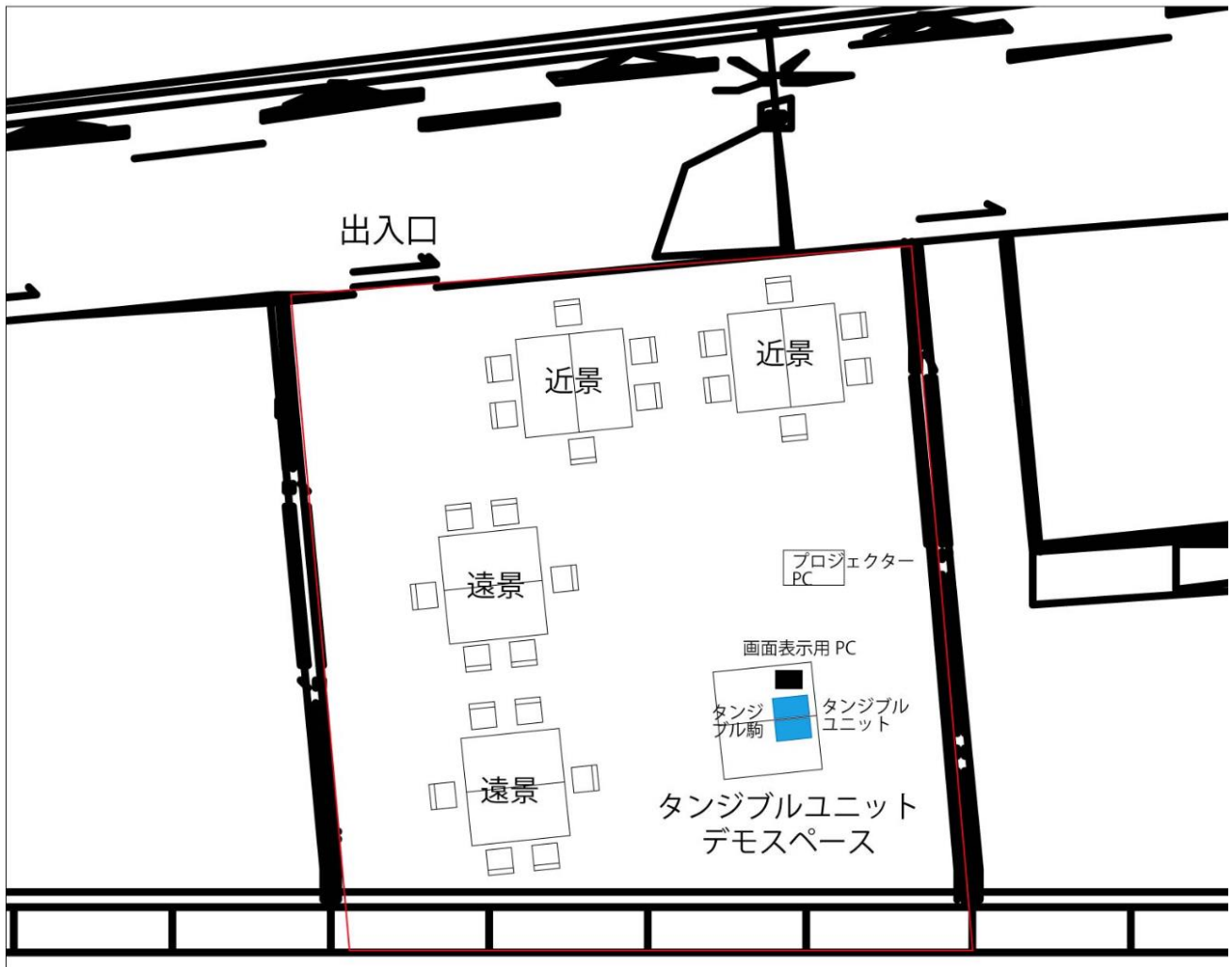


図 5-1 会議設置図

5-2-1-d. 利用したツール

- 個人ワークシート
- グループワークシート
- 付箋・筆記具

5-2-1-e. 使用した端末・備品、等

- タンジブルユニット（デモンストレーション）
- ノートパソコン
- プロジェクター
- モバイル Wi-Fi（タンジブルユニット通信用）

5-2-1-f. 通信環境

- モバイル Wi-fi
 - 5G 対応モバイルルーター「Speed Wi-Fi 5G X11」（NEC プラットフォームズ製）
 - 5G ネットワークの最大通信速度は、受信:2.7Gbps、送信:183Mbps
 - 端末との接続は Wi-Fi 6 に対応し、最大 1.2Gbps の通信可能

5-2-1-g. 運営メンバーの人数・役割

運営はプロジェクトメンバー11名で対応した。

また運営メンバーはそれぞれ、タンジブルユニットの設定調整、ワークショップ全体の進行、ワークショップのグループ別のファシリテーション、その他ワークショップの受付、記録、設営等の運営を行った。

表 5-5 運営の概要

運営	備考
人数	11 名
役割	タンジブルユニット設定調整 WS 進行 WS グループファシリテーション WS 運営（受付、記録、設営他）

5-2-1-h. 参加者

- 参加者は一般から公募した。
- 基本的に全2回のワークショップに参加できることを条件として募集した。
- 公募に当たっては Peatix を使用した。



図 5-2 Peatix 募集画面

<https://plateauyokohama2023.peatix.com/view>

5-2-1-i. 参加者のグループ分け

- 参加者は、検討内容により4人×4グループに分けて実施した。
- 検討内容は大きく遠景（遠くから見える風景）、近景（近くに見える風景）の2つに分けた。
 - 個人ワークを終えた時点で、遠景、又は近景のいずれか検討したい方を参加者が選択

5-2-1-j. 運営上の工夫

参加者に、タンジブルインターフェースのイメージを持ってもらう必要はあるが、本年度の業務においては、効果検証の比較対象としてタンジブルインターフェースを使わない議論も必要であるため、対象ハンズオンのDay1は、従来型の紙やポストイットを使った議論とした。

フィールドワークでは、スマートフォンで写真や情報を投稿できる WEB アプリを使い、参加者同士で即座に情報を共有できるようにした。後半のディスカッションではその投稿内容を見ながら議論を行った。WEB アプリからも、対象ハンズオンの Day2 で必要な駒のオーダーを出せるようにした。

投稿は参加者に公開されます。個人情報等は入力しないようにご注意ください。

タイトル（「〇〇な△△」「～～したい！」など形容詞や気持ちの表現も忘れずに！）*

写真

位置*

35.445968, 139.632984



希望

変えたい

残したい

わからない

予測

変わるかも

残るかも

わからない

希望

変えたい

残したい

わからない

予測

変わるかも

残るかも

わからない

投稿内容の主な対象であてはまるものをすべて選択してください。

眺望やスカイライン

ランドマーク

街並み（複数の建物群）

建物の低層部

建物のデザイン

緑

ストリートファニチャー

道路

歩行者環境

歴史

活動・賑わい

人々の行動

Happy / Unhappy の度合いを「マイナス側:Unhappy ⇄ プラス側: Happy」として入力してください。直感でOKです。*

-3

-2

-1

1

2

3

駒が欲しいと思う場合はボタンを押してください。もう一度押すとキャンセルできます。

駒が欲しい！

図 5-3 WEB アプリイメージ図

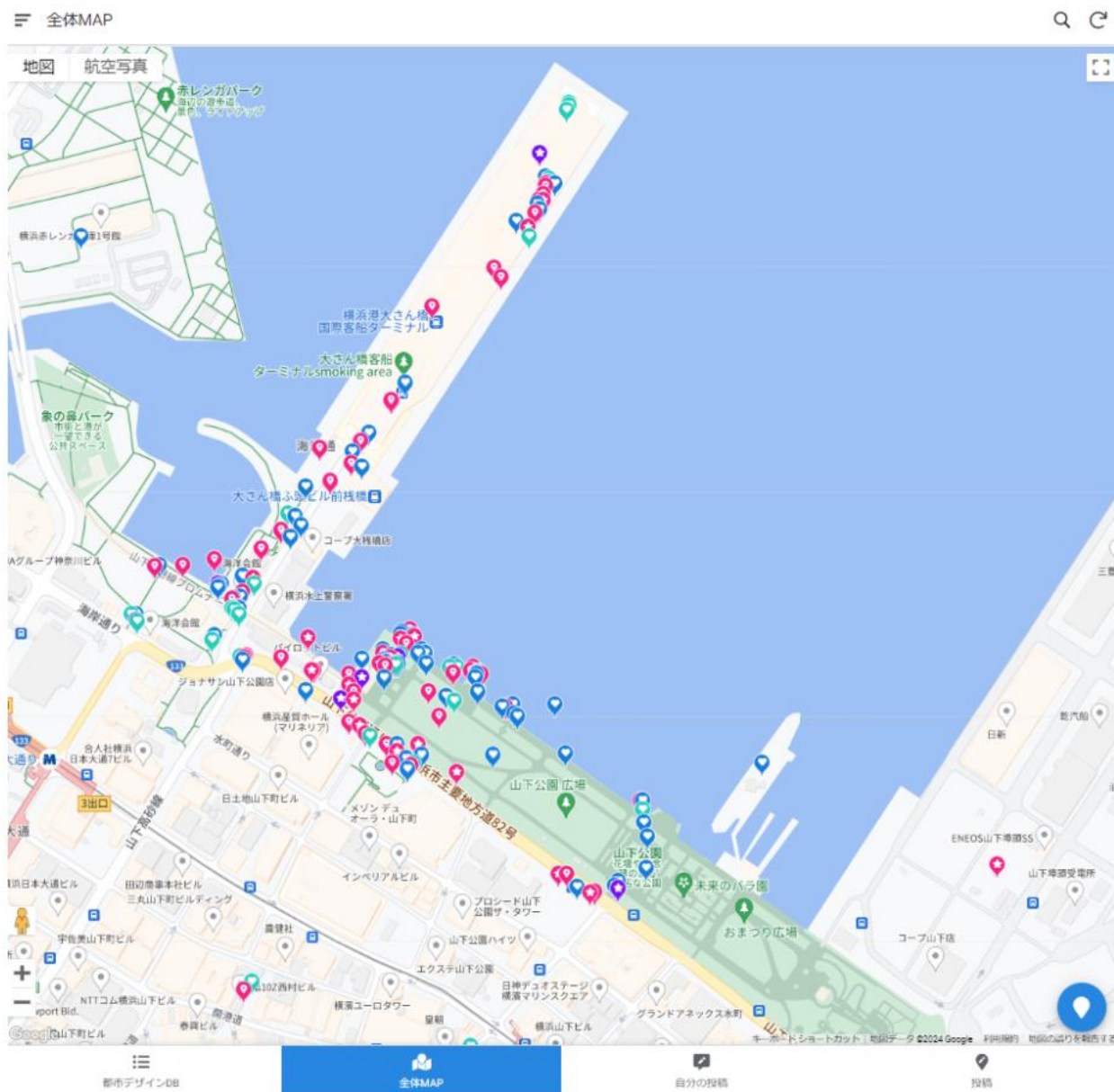


図 5-4 全体 MAP

「残したい」「残るかも」 「残したい」「変わるかも」

「変えたい」「残るかも」 「変えたい」「変わるかも」

検討対象を「変えたいかどうか」（自分の希望）という質問と「変わるかどうか」（未来予測）という質問の二つの選択肢で、以下4つに色分けしている。

5-2-1-k. ワークショップの成果

近景 1 グループ：道路や公開空地の活用と公園の一体的な景観形成等が検討された

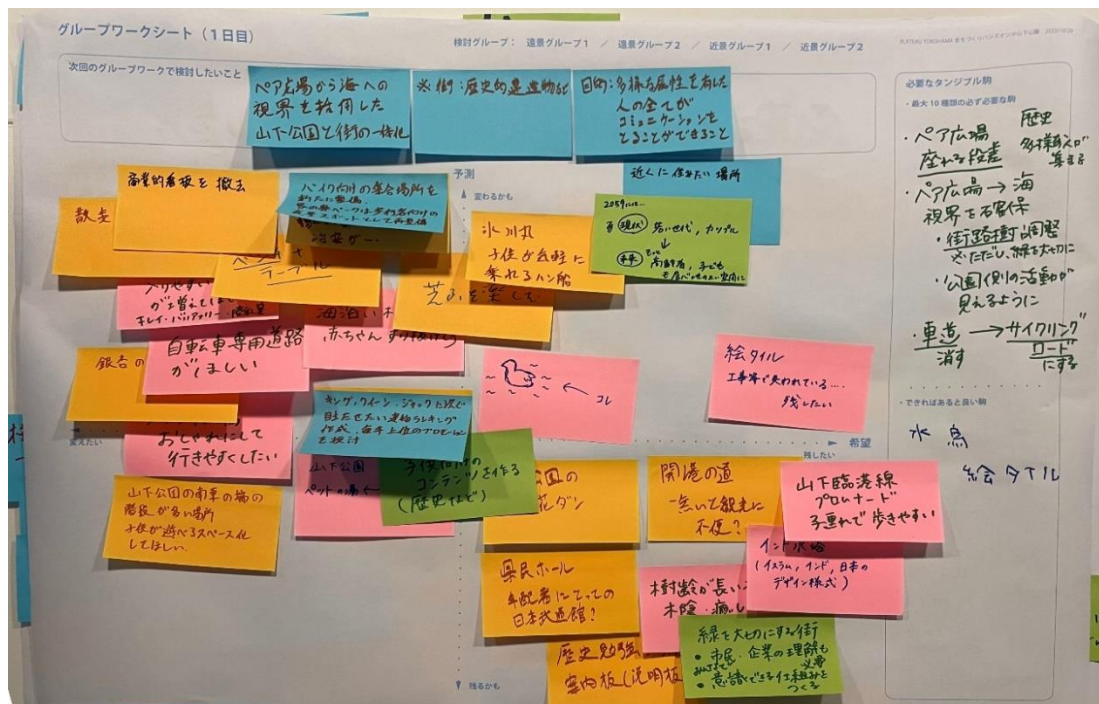


図 5-5 近景 1 グループの成果

近景 2 グループ：公園の憩いの空間や街と一体で波及する利用シーン等が検討された

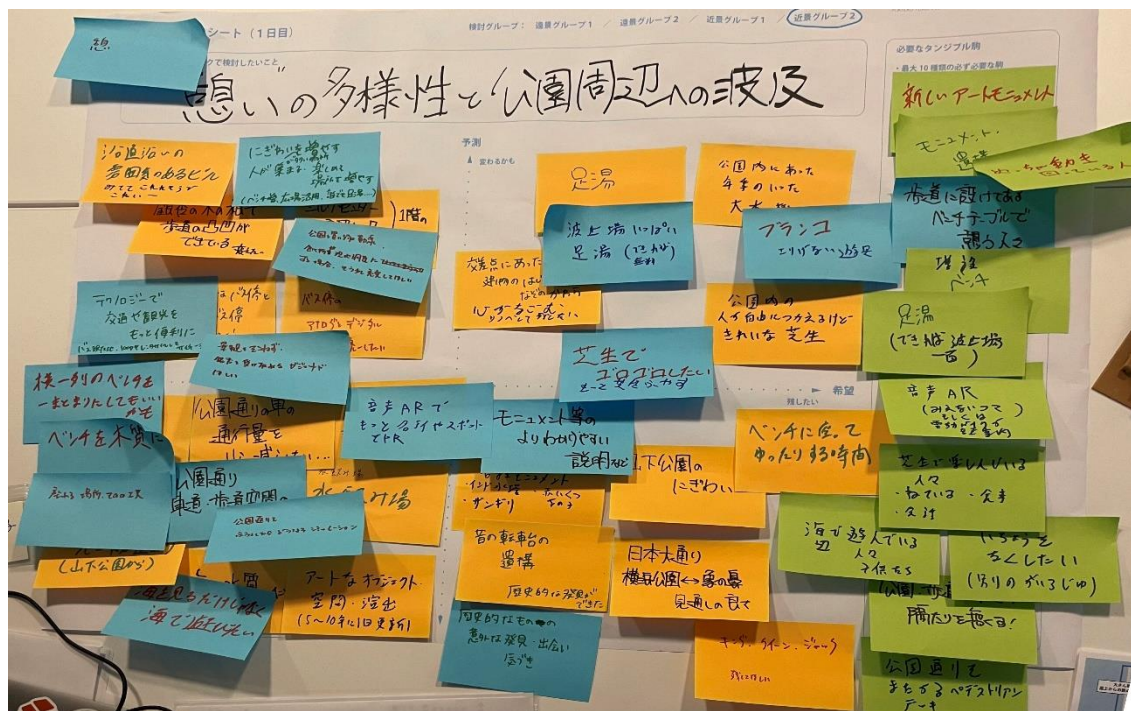


図 5-6 近景 2 グループの成果

遠景 1 グループ：公園前の内水面活用や周辺水際線の空間活用や景観形成が検討された

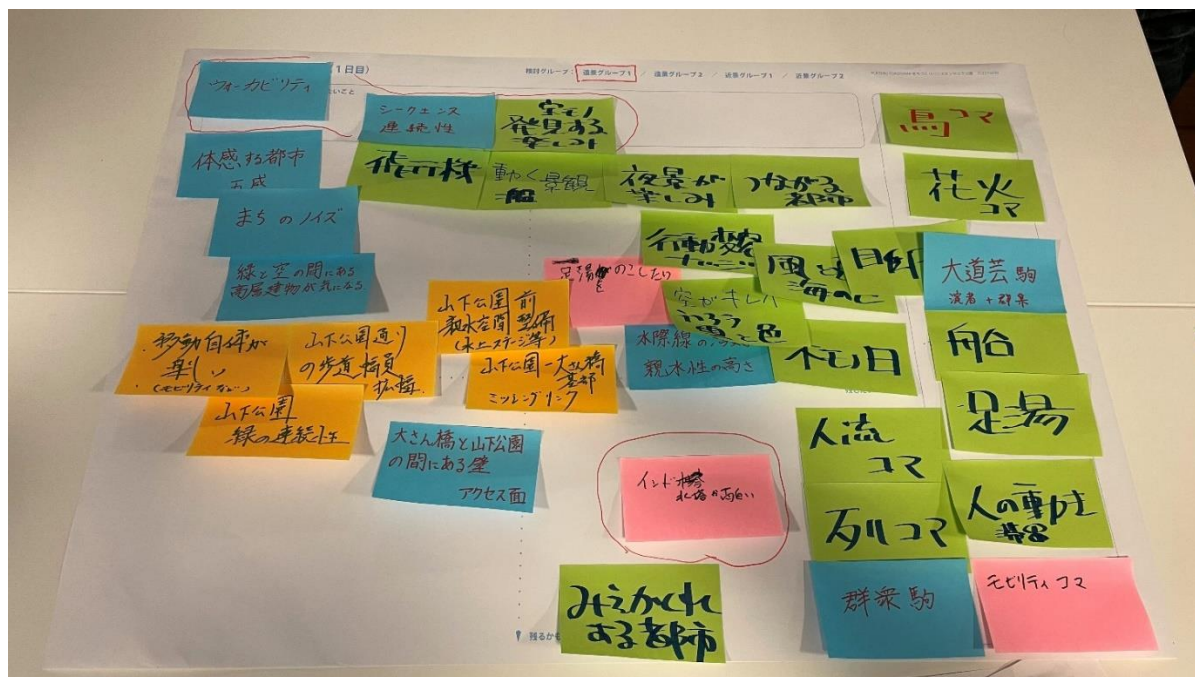


図 5-7 遠景 1 グループの成果

遠景 2 グループ：公園前面の水面利用に合わせた公園内の魅力的な街づくり等が検討された

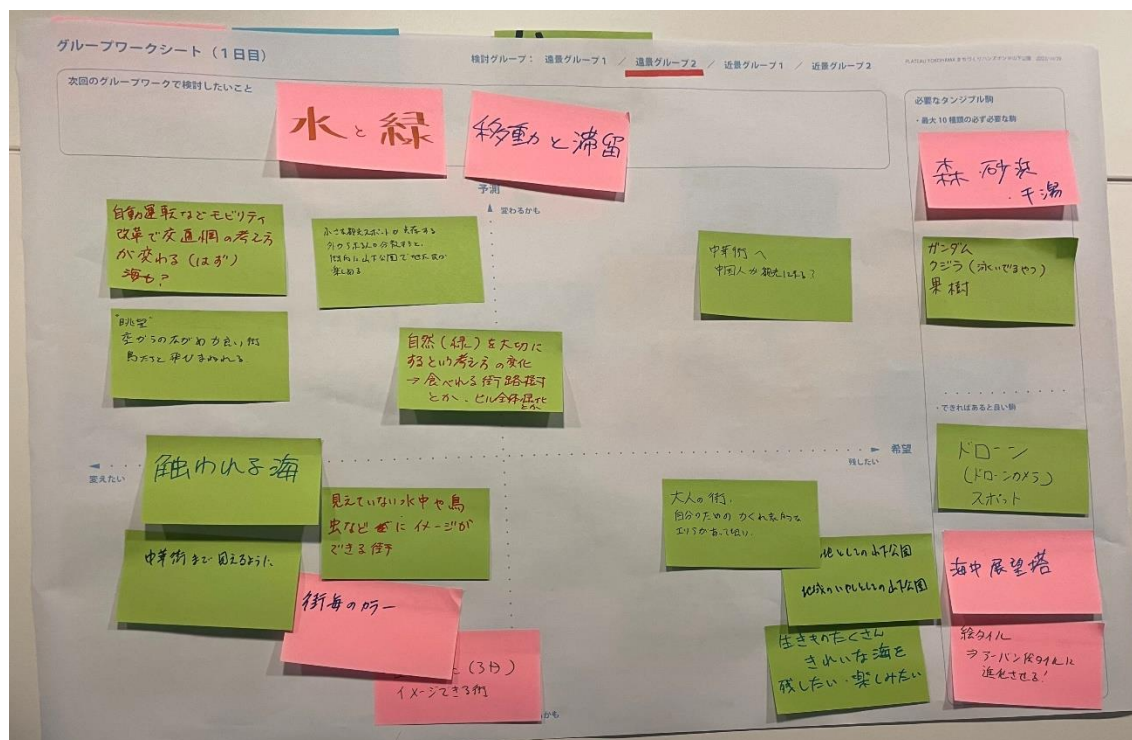


図 5-8 遠景 2 グループの成果

5-2-1-l. ワークショップの様子

ワークショップの様子は以下の通り。



図 5-9 フィールドワークの様子



図 5-10 グループワークの様子



図 5-11 グループ内での議論の様子



図 5-12 グループワーク検討結果の発表時の様子



図 5-13 タンジブルインターフェースの説明及び体験会

5-2-2. Day2 タンジブルインターフェースを使用したワークショップ

5-2-2-a. プログラム

対象ハンズオン Day2 のワークショップは設定した参加者の 5 つのフェーズの内、4 ～ 5 のフェーズに対応する。

プログラムは 4 グループごとにシーンの検討が主体となっている。これを前半、後半で分けて実施し、途中経過を共有する発表を中間に設けた。

検討後にはグループ発表を行い、グループ別の検討内容を全体に共有した。

ワークショップ終了後にアンケート記入時間を設け、参加者全員からの意見等を収集した。

表 5-6 プログラムの時間割

時間	プログラム
13:30～13:40	開始あいさつと前回振り返り
13:40～13:50	進め方の説明
13:50～14:30	前半：4 グループごとにシーンの検討
14:30～14:45	前半の内容共有（各グループ発表）
14:45～15:35	後半：4 グループごとにシーンの検討
15:25～15:35	グループ発表
15:35～15:50	アンケート記入
15:50～16:15	参加者の感想コメント、横浜市・国土交通省コメント

5-2-2-b. 実施場所

横浜市市民協働推進センター（スペース A・B）

リンク：<https://kyodo-c.city.yokohama.lg.jp/>

5-2-2-c. 会場設置図

グループ別検討用のテーブルを4か所及び全テーブルで共有する、タンジブル駒配置用のテーブルを1か所に設定した。

タンジブルユニットは4か所テーブルごとに2台～3台設置し、検討状況を表示するためのノートパソコンを設置した。

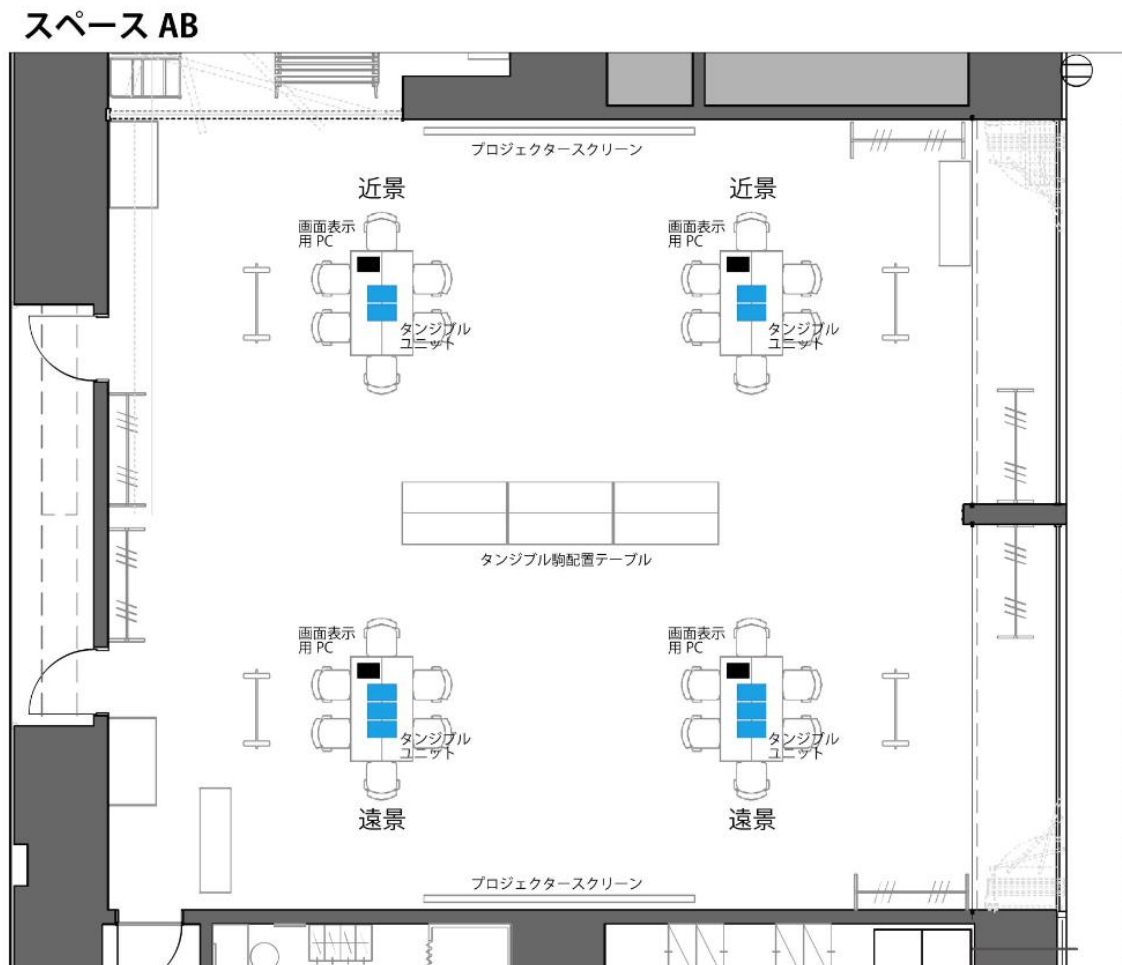


図 5-14 会場設置図

5-2-2-d. 利用したツール

- タンジブルユニット
- タンジブル駒
- 画面表示用ノートパソコン

5-2-2-e. 使用した端末・備品、等

- タンジブルユニット
- ノート PC
- プロジェクター
- Wi-Fi（タンジブルユニット通信用）

5-2-2-f. 通信環境

- 会場のインターネット回線を使用
- 会場内における端末の通信は Wi-Fi ルーターを使用
 - ASUS RT-AX92U ルーター
 - ✧ データ帯域
 - 802.11n：最大 300Mbps
 - 802.11n TurboQAM：最大 400Mbps
 - 802.11ac (1024QAM)：最大 867Mbps
 - WiFi 6 (802.11ax) (5GHz)：up to 4804 Mbps
 - ✧ アンテナ仕様
 - 2.4GHz 帯 2×2
 - 5GHz-1 帯 2×2
 - 5GHz-2 帯 4×4

接続台数 21 台

5-2-2-g. 運営メンバーの人数・役割

運営はプロジェクトメンバー14名で対応した。

また運営メンバーはそれぞれ、タンジブルユニットの設定調整、ワークショップ全体の進行、タンジブルユニット操作サポート、その他ワークショップの受付、記録、設営等の運営を行った。Day2においては、タンジブルユニットの効果を検証するため、グループのファシリテーションは実施しないこととした。

表 5-7 運営の概要

運営	備考
人数	14 名
役割	タンジブルユニット設定調整 WS 進行 タンジブルユニット操作サポート WS 運営（受付、記録、設営他）

5-2-2-h. 参加者

参加者は一般から公募した。詳細は前述（4.3-2-1-h. 参加者）のとおり。



12月3日 PLATEAU YOKOHAMA まちづくりハンズオン@山下公園 オブザーブ参加

イベントは終了です (日) 13:30 | 横浜市中区本町6丁目50-10 | By PLATEAU YOKOHAMA

社会貢献/地域活性 まちづくり 地域活性 社会課題 デジタルファブリケーション 都市開発

PLATEAU YOKOHAMA Project が開発を進めている、最新の市民参加型まちづくりの手法「まちづくりハンズオン ワークショップ」を開催します。

本ワークショップでは、地域の人、市民、専門家、行政職員など、さまざまな立場の人たちと、フィールドワーク、対話、そして、タンジブルインターフェースを使った模型によるワークを組み合わせ、楽しみながらまちの将来像を検討します。

対象エリアは横浜のインナーハーバー全体、そして山下公園です。

チケット
オブザーブ
満席

日時
2023/12/03 (日)
13:30 - 17:00 JST

図 5-15 Peatix 募集画面

<https://plateauyokohama2023dec.peatix.com/view>

5-2-2-i. 参加者のグループ分け

- グループ分けは1回目のワークショップと共通とした。
- 第2回目」からの新規参加者は、全体のバランスを見て、運営側でグループの割当てを行った。

5-2-2-j. 運営上の工夫

- ワークショップ開始時にタンジブルユニットやタンジブル駒 PC の操作方法の概要説明を行った。
- タンジブル駒の種類やタンジブルカメラ駒の使い方など基本的な操作方法の説明は行うこととしたが、駒の組合せ、カメラの視点の置き方、議論の進め方については参加者グループそれぞれに任せ、自由に議論できることとした。
- 議論中についてもタンジブルユニットの操作方法の説明やエラー時の対応はスタッフが行うが、議論の進行に関してファシリテーションは行わず、参加者自身がタンジブルを使った議論の方法を考えられる

こととした。

5-2-2-k. ワークショップの成果

1) 遠景チーム

遠景 1 グループ：ウォーカビリティと街の連続性に着目し、人や群衆の動きに焦点を当てた遠景の検討がされた



図 5-16 遠景 1 グループ：ウォーターフロントの創出

遠景 2 グループ：公園前面の水面利用に合わせた公園内の魅力的な街づくり等が検討された



図 5-17 遠景 2 グループ：足湯ムービー

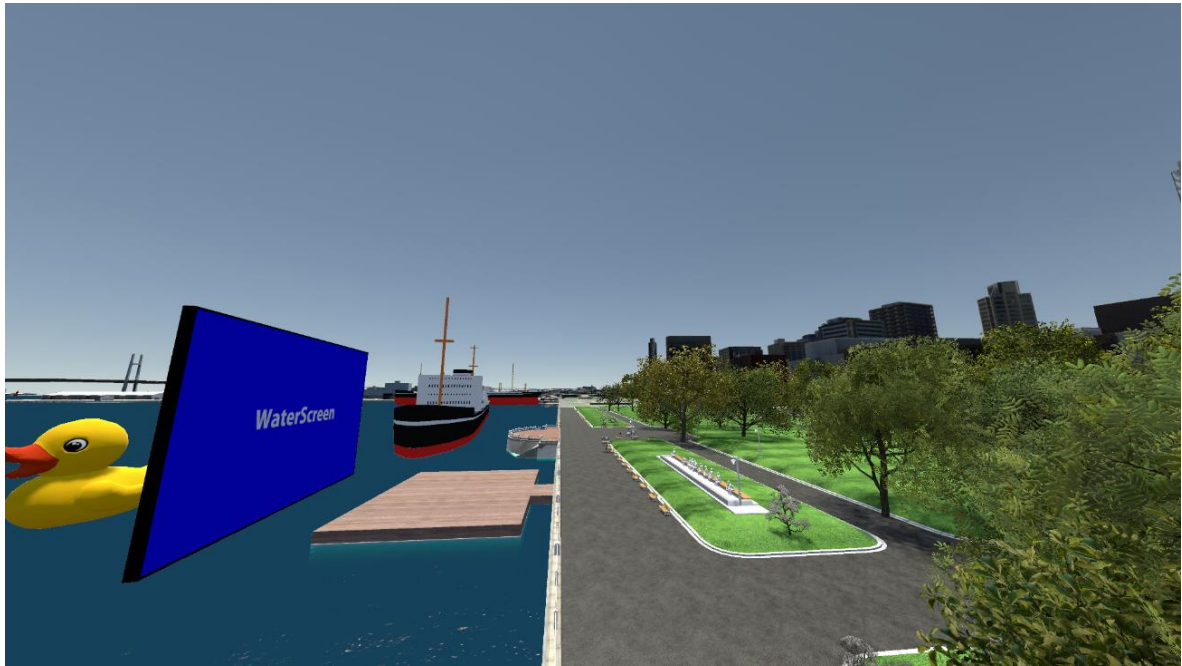


図 5-18 遠景 2 グループ：山下公園の新たな魅力

2) 近景チーム

近景 1 グループ：道路や公開空地の活用と公園の一体的な景観形成等が検討された



図 5-19 近景 1 グループ：歩道拡張 & サイクリングロード設置

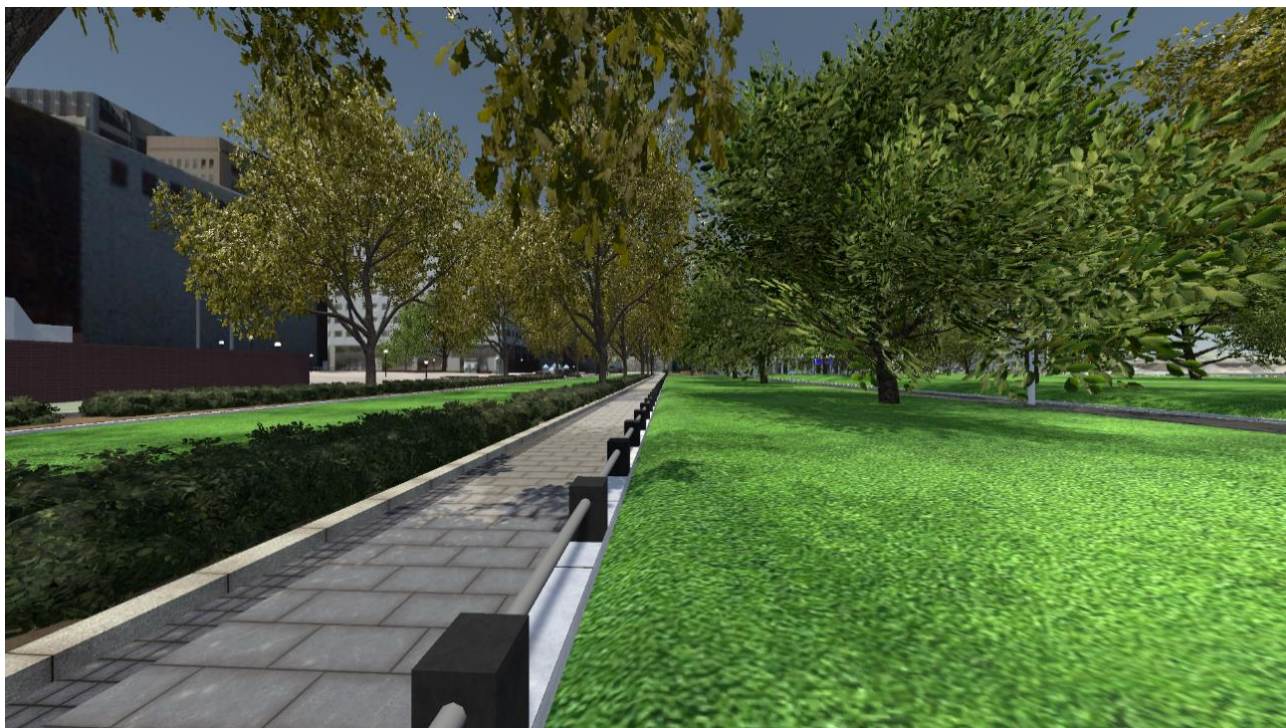


図 5-20 近景 1 グループ：神奈川県産の木を設置した親しみやすい空間デザイン

近景 2 グループ：公園の憩いの空間や街と一体で波及する利用シーン等が検討された

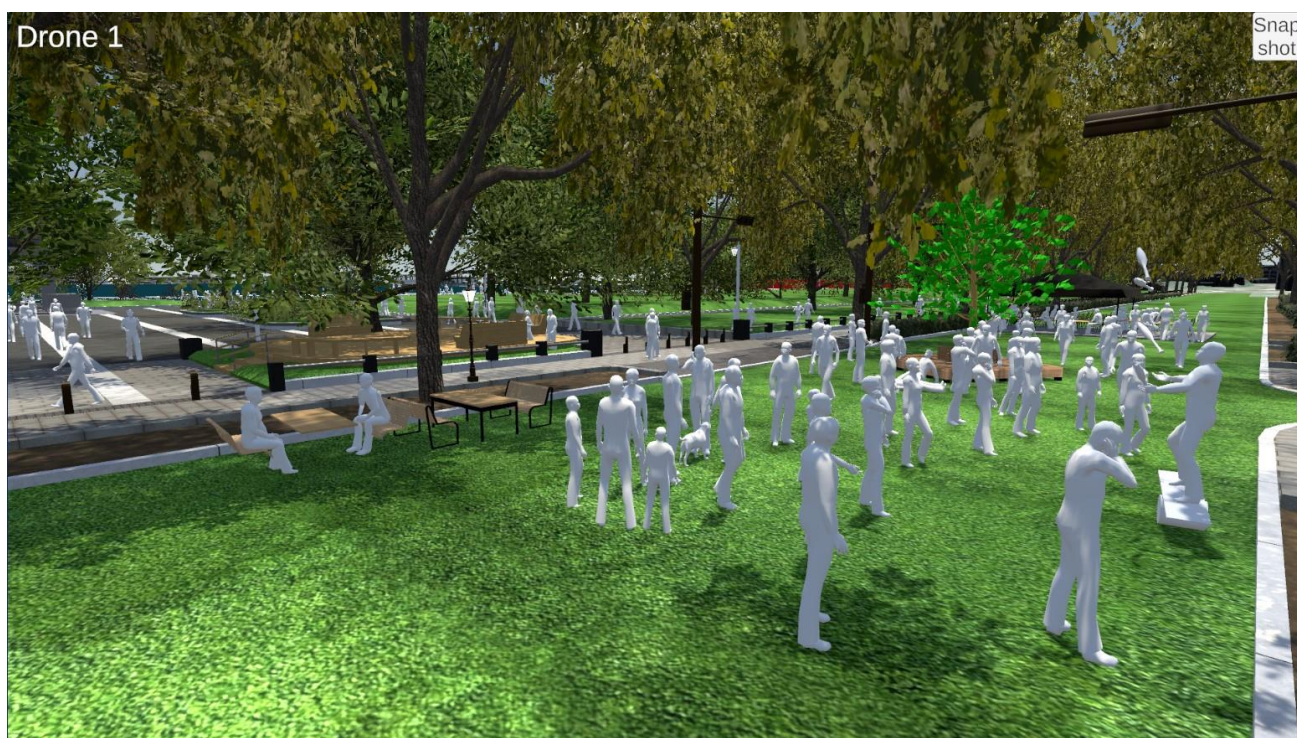


図 5-21 近景 2 グループ：道路全面芝生化



図 5-22 近景 2 グループ：歩道拡幅、自転車通行空間の設置

5-2-2-I. ワークショップの様子

ワークショップの様子は以下の通り。



図 5-23 ワークショップの風景



図 5-24 各グループにての検討の様子



図 5-25 駒を置いて検討している様子



図 5-26 各グループの発表



図 5-27 各グループ発表後の統括



図 5-28 筐体と内部構造



図 5-29 複数のユニットを同時接続

5-3. 参加者視点の検証

5-3-1. 検証目的

2022 年度のワークショップにおいては、主にタンジブルインターフェースの効果の有無の検証を目的とした。2022 年度の成果を踏まえ、今回のワークショップではタンジブルユニットの有効性の質的側面、タンジブルユニットの参加者満足度への影響、タンジブルユニットの機能に対する参加者の評価・ニーズについてそれぞれ把握し、タンジブルインターフェース導入の有効性をより詳細に把握・検証することを目的とした。

5-3-2. 検証項目

- タンジブルユニットの有効性の質的側面
 - ワークショップに対する有効な機能性
 - ワークショップ（参加者）に対する効果
- タンジブルユニットの参加者満足度への影響
 - タンジブルユニットによる参加者の満足度の変化
 - ワークショップ全体の満足度
- タンジブルユニットの機能への参加者の評価・ニーズ
 - 参加者が実感できるタンジブルユニットの機能性
 - タンジブルユニットの機能改善への参加者のニーズ

5-3-3. 検証方法

検証に当たっては、まずワークショップの内容に合わせたアンケートを作成した。これをもとに2回のワークショップそれぞれで質問項目と合わせてアンケートを実施した。このアンケート集計結果を比較し、2回のワークショップのグループワークに対する参加者の評価やその変化を確認することとした。集計結果については、ワークショップ実施方法の違いによる影響を考慮した上で、評価の量的な変化や質的な変化を捉え、タンジブルユニットに関する各種の検証項目を考察した。

※ アンケート実施協力：横浜市立大学 国際教養学部 都市学系 4 年

横浜市立大学大学院 都市社会文化研究科 早期履修 1 年 藤原颯人

1) 参加者の意識に関する質問

ワークショップの進行に合わせて参加者や検討グループに次のプロセスで心理的な変化があることを想定した。こうした変化としてワークショップ（参加者）に対する効果が表れることを仮定した。これを測定するための質問を設定した。

表 5-8 質問内容

対象	質問 ※1	記入方法 ※2
DAY1・2	「コミュニケーションの不安の解消」に関係があったと思いますか	5 段階評価
DAY1・2	「知識不足に関する不安の解消」に関係があったと思いますか	5 段階評価
DAY1・2	「テーマへの関心・探求心の増加」に関係があったと思いますか	5 段階評価
DAY1・2	「自分の視点・意見を確立すること」に関係があったと思いますか	5 段階評価
DAY1・2	「多角的視点、複数視点を得ること」に関係があったと思いますか	5 段階評価

DAY1・2	「複数の意見を整理、分類すること」に関係があったと思いますか	5段階評価
DAY1・2	「自分の意見が変化することや深まること」に関係があったと思いますか	5段階評価
DAY1・2	「チームメンバーの個別の意見が集約すること」に関係があったと思いますか	5段階評価
DAY1・2	「チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること」に関係があったと思いますか	5段階評価

2) ワークショップの評価に関する質問

ワークショップ参加者の主観としてタンジブルユニットの使用やワークショップの評価を測定するための質問を設定した。これにより、参加者の意識に関する質問と合わせて、相互にタンジブルユニットやそれを使用したワークショップの効果を検証できるものとした。

表 5-9 質問内容

対象	質問	記入方法 ※3
DAY1・2	議論に対して、あなたは良いアイデアを出していたと感じますか	5段階評価
DAY1・2	他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか	5段階評価
DAY1・2	グループワーク時に、建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか	5段階評価
DAY1・2	本日のワークショップに参加する上で、どの程度の期待値がありましたか	5段階評価
DAY1・2	ワークショップの結果は、本日のワークショップ参加前の期待値を超えていましたか	5段階評価
DAY2	ワークショップ全体の満足度はどうでしたか	5段階評価

3) タンジブルユニットの機能性に関する質問

ワークショップ参加者の主観としてタンジブルユニットの機能性に関する評価を測定するための質問を設定した。想定される選択肢を複数用意するとともに、自由記入欄を設け、幅広い意見に対応できるものとした。

表 5-10 質問内容

対象	質問	記入方法
DAY1	前回のワークショップと比較して、今回タンジブルツールを使用してみて感じたことを選択してください	複数選択・自由記入 ※4
DAY2	タンジブルツールについて、今後追加してほしい・改良してほしいと感じることを選択してください	複数選択・自由記入 ※5

※1 ワークショップの各段階（個人ワーク、街歩き、情報インプット、グループワーク（DAY1）、グループ発表（DAY1）、グループワーク（DAY2）、グループ発表（DAY2））での活動に対するそれぞれの項目の評価を質問。

※2 「全く関係がなかった」を1、「ほとんど関係がなかった」を2、「どちらとも言えない」を3、「少し関係があった」を4、「関係があった」を5とした5段階評価。

※3 「全く当てはまらない」を1、「とても当てはまる」を5とした5段階評価。

※4

前回のワークショップと比較して、今回タンジブルツールを使用してみて感じたことを選択してください

1. 視覚的に情報を表現できる
2. アイディアをすぐに表現できる
3. その場にいる雰囲気を実際に表現・体験できる
4. 誰でも操作でき、議論に参加しやすい
5. 思いついたアイディアを何度も試すことができる
6. テーマに対して、具体的に空間的な手法を検討できる
7. 検討している内容について、実際の模型に置き換えて検討できる
8. 建物・物の位置やデザインを、模型やVRでリアルに表現・体験できる
9. その他（記述）

※5

タンジブルツールについて、今後追加してほしい・改良してほしいと感じることを選択してください

1. 駒の種類や数を増やす
2. 駒のできる操作の種類を増やす
3. 操作に対する反応速度の向上
4. タッチパネル機能の追加
5. 本体ディスプレイの拡大
6. 本体の小型化・薄型化
7. シミュレーション機能やデータ投影機能の追加
8. スマホなどのモバイルデバイスとの連携
9. 進捗の保存と共有機能の強化
10. その他（記述）

1. 以下の設問に対して最も当てはまると思う段階を1つずつ選んでください。

評価基準				
1: 全く関係がなかった	2: ほとんど関係がなかった	3: どちらとも言えない	4: 少し関係があった	5: 関係があった
以下のワークショップの各段階での活動が「コミュニケーションの不安の解消」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「知識不足に関する不安の解消」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「テーマへの関心・探求心の増加」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「自分の視点・意見を確立すること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「多角的視点、複数視点を得ること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「複数の意見を整理、分類すること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「自分の意見が変化したり深まること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「チームメンバーの個別の意見が集約すること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
以下のワークショップの各段階での活動が「チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること」に関係があったと思いますか				
個人ワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループワーク	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			
グループの発表・レビュー	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5			

図 5-30 アンケート用紙イメージ図 (1/2)

2. 以下の設問に対して最も当てはまると思う段階を1つずつ選んでください

議論に対して、あなたは良いアイデアを出していたと感じますか		
全く当てはまらない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても当てはまる
他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか		
全く当てはまらない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても当てはまる
グループワーク時に、建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか		
全く当てはまらない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても当てはまる
本日のワークショップに参加する上で、どの程度の期待値がありましたか		
全く当てはまらない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても当てはまる
ワークショップの結果は、本日のワークショップ参加前の期待値を超えていましたか		
全く当てはまらない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても当てはまる
ワークショップ全体の満足度はどうでしたか		
全く満足していない	1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5	とても満足している

3. 以下の設問に対して当てはまると思う選択肢を選んでください。（複数選択）

前回のワークショップと比較して、今回タンジブルツールを使用してみて感じたことを選択してください。（複数選択）		
1. 視覚的に情報を表現できる	2. アイデアをすぐに表現できる	
3. その場にいる雰囲気をリアルに表現・体験できる	4. 誰でも操作でき、議論に参加しやすい	
5. 思いついたアイデアを何度も試すことができる	6. テーマに対して、具体的に空間的な手法を検討できる	
7. 検討している内容について、実際の模型に置き換えて検討できる		
8. 建物・物の位置やデザインを、模型やVRでリアルに表現・体験できる		
9. その他（		）
タンジブルツールについて、今後追加してほしい・改良してほしいと感じることを選択してください（複数選択）		
1. 駒の種類や数を増やす	2. 駒のできる操作の種類を増やす	3. 操作に対する反応速度の向上
4. タッチパネル機能の追加	5. 本体ディスプレイの拡大	6. 本体の小型化・薄型化
7. シミュレーション機能やデータ投影機能の追加	8. スマホなどのモバイルデバイスとの連携	
9. 進捗の保存と共有機能の強化		
10. その他（		）

4. あなたの属性について教えてください。

peatixにて本ワークショップ参加申し込みを行ったアカウント名を教えてください	
アカウント名：	
あなたの年代を教えてください	
10代以下 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・ 60代 ・ 70代以上	
あなたの職業を教えてください	
学生 ・ 公務員 ・ 会社員 ・ 自営業 ・ 研究者 ・ その他（	

5. 自由記述

感想・意見などご自由にお書きください

図 5-31 アンケート用紙イメージ図（2/2）

5-3-4. 集計結果

参加者の意識に関する質問集計結果（全体）

以下の表は参加者の意識に関する質問の集計結果をまとめたものである。表内の数値は、対応する設問の全回答者の平均値を示している。またその数値が相対的に高くなるにつれて赤い背景色、数値が低くなるにつれて青い背景色となるようにした。また、同一プロセス内における時系列別の有意差の有無を確認するための検定を行い、同一プロセス内で有意差が認められた場合には「有意差あり」と記載した。

これを見ると、「個人ワーク」、「街歩き」、「情報インプット」はプロセスグループ①と表示した「コミュニケーションの不安の解消」「知識不足の不安解消」「テーマへの関心増加」「自分の視点・意見の確率」に高い評価があり、「グループワーク」「グループ発表・レビュー」はプロセスグループ②と表示した「多角的視点、複数視点が得られた」「複数の意見が整理された、分類できた」「自分の意見が変化した、深まった」「チームメンバーの個別の意見が集約できた」と、プロセスグループ③と表示した「チームメンバーと共感を得た、共通理解を得た」に高い評価が集まっている。

こうした傾向を踏まえて、タンジブルユニットを使用しなかった第1日目とタンジブルユニットを使用した第2日目のグループワークの評価に違いが表れるかを検討する。

表 5-11 質問集計結果

		プロセスグループ①				プロセスグループ②			プロセスグループ③		有意差 有無
		コミュニケーションの不安の解消	知識不足の不安の解消	テーマへの関心の増加	自分の視点・意見の確立	多角的視点、複数視点が得られた	複数の意見が整理された、分類できた	自分の意見が変化した、深まった	チームメンバーの個別の意見が集約できた	チームメンバーと共感を得た、共通理解を得た	
第1回	個人ワーク	2.90	2.44	3.38	3.75	2.88	2.94	2.88	2.50	2.69	有意差あり
	街歩き	4.00	3.94	3.94	4.06	4.06	3.31	3.81	3.56	3.88	—
	情報インプット	3.20	3.56	3.75	3.88	3.50	3.56	3.88	3.25	3.63	—
	グループワーク	3.90	3.63	3.94	4.06	4.25	4.31	4.25	4.00	4.13	—
	グループの発表・レビュー	3.60	3.25	3.81	3.88	4.06	3.88	4.00	3.69	3.88	—
	有意差有無	有意差あり	有意差あり	有意差あり	—	有意差あり	有意差あり	有意差あり	有意差あり	有意差あり	
第2回	グループワーク	4.13	3.88	4.38	3.81	4.44	4.13	3.87	4.06	4.25	有意差あり
	グループの発表・レビュー	3.69	3.69	4.00	3.88	4.19	3.88	3.93	3.56	3.94	—
	有意差有無	有意差あり	—	有意差あり	—	—	—	—	有意差あり	—	

時系列比較の 有意差 (比較低)	時系列比較の 有意差 (比較高)
------------------------	------------------------

平均値 高い				平均値 低い
-----------	--	--	--	-----------

上表の凡例

参加者の意識に関する質問集計結果（グループワークの個別結果）

以下のグラフは、第1回と第2回のワークショップの内、グループワーク部分の参加者の意識に関する質問集計結果であり、1～5（1：低評価～5：高評価）の評価ごとの回答者数を示している。

これを見ると、第1回と第2回の変化について次のことが分かる。

- 「コミュニケーションの不安の解消」は、低い評価（2）が減り、4以上の評価が比較的増えた。
- 「知識不足に関する不安の解消」は、低い評価（3以下）が減り、4の評価が大幅に増えた。
- 「テーマへの関心・探求心の増加」は、低い評価（2）が減り、5の評価が比較的増えた。
- 「自分の視点・意見を確立すること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ12件で同一であり、評価は比較的变化しなかった。
- 「多角的視点、複数視点を得ること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ14件、15件で同一であり、評価は比較的变化しなかった。
- 「複数の意見を整理、分類すること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ13件、12件で同一であり、評価は比較的变化しなかった。
- 「自分の意見が変化することや深まること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ13件、11件で同一であり、評価は比較的变化しなかったか、やや4の評価に集中する傾向がみられた。
- 「チームメンバーの個別の意見が集約すること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ12件、12件で同一であり、評価は比較的变化しなかった。
- 「チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること」は、4と5の評価を合計したプラス側の評価に着目するとそれぞれ14件、13件で同一であり、評価は比較的变化しなかったか、やや4・5の評価に集中する傾向がみられた。

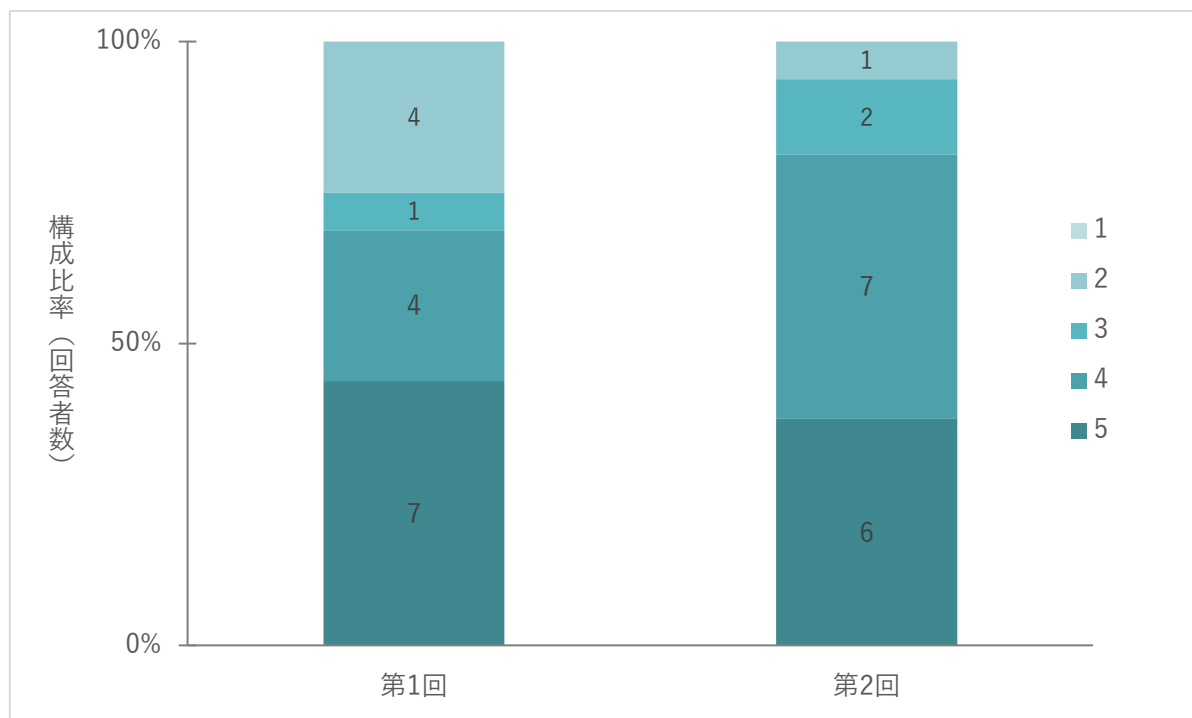


図 5-32 コミュニケーションの不安の解消

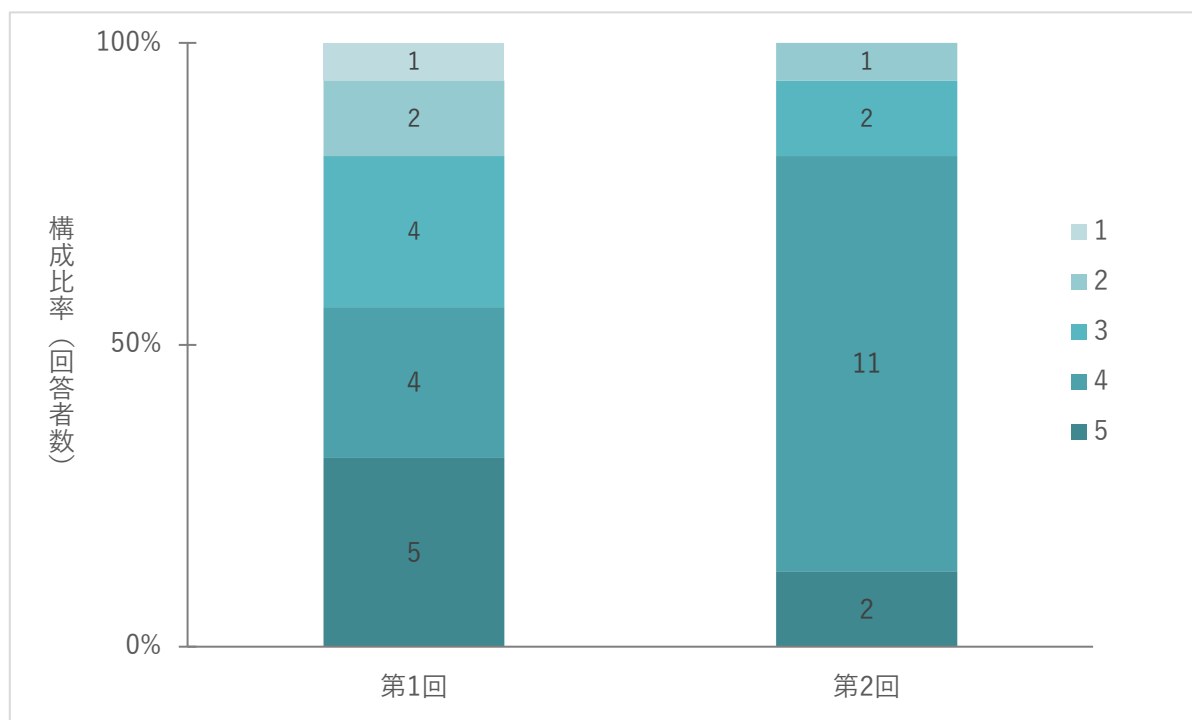


図 5-33 知識不足に関する不安の解消

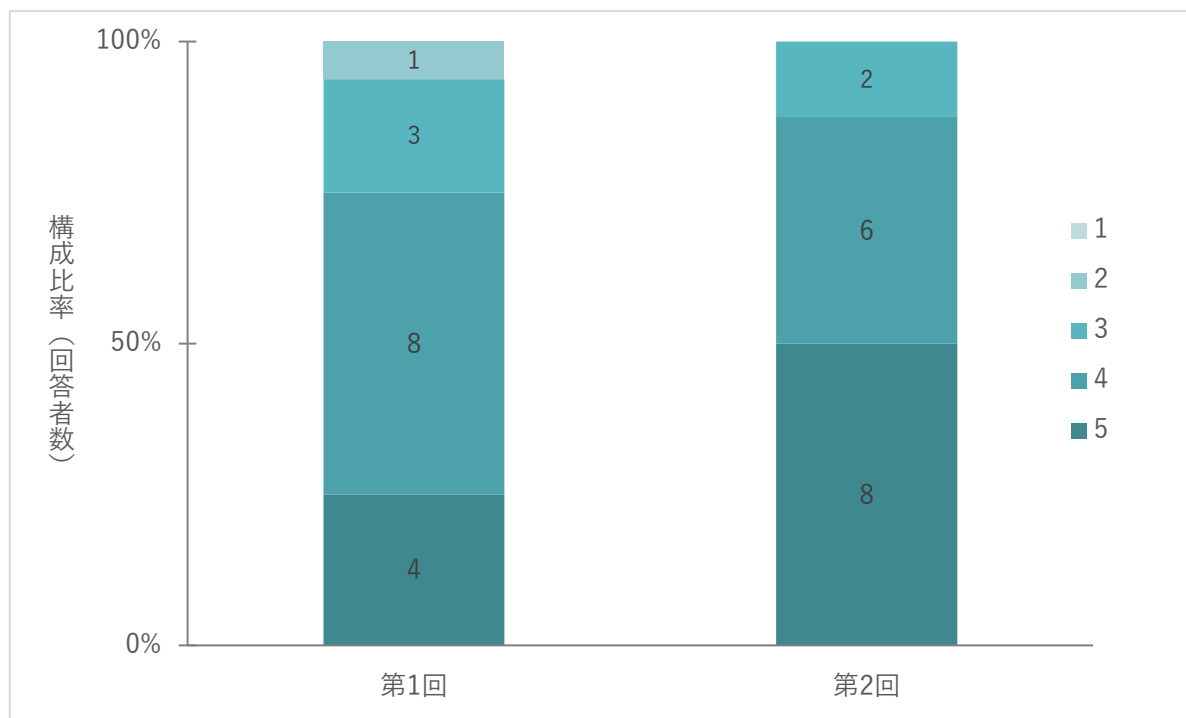


図 5-34 テーマへの関心・探求心の増加

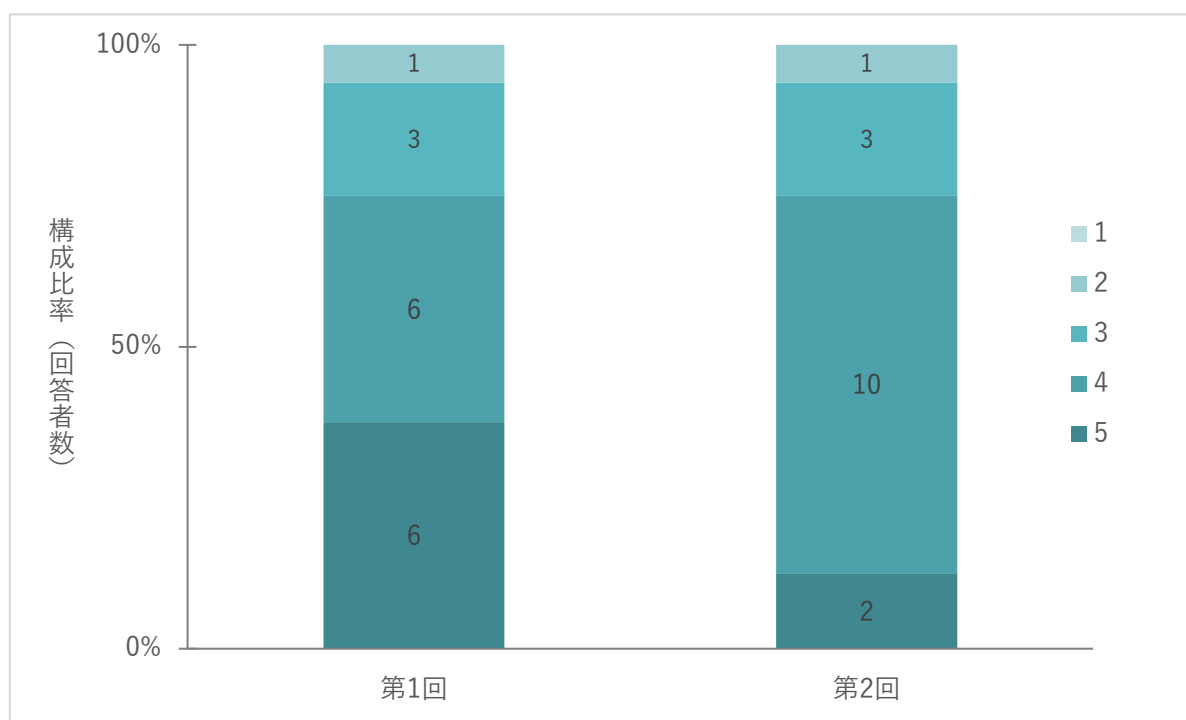


図 5-35 自分の視点・意見を確認すること

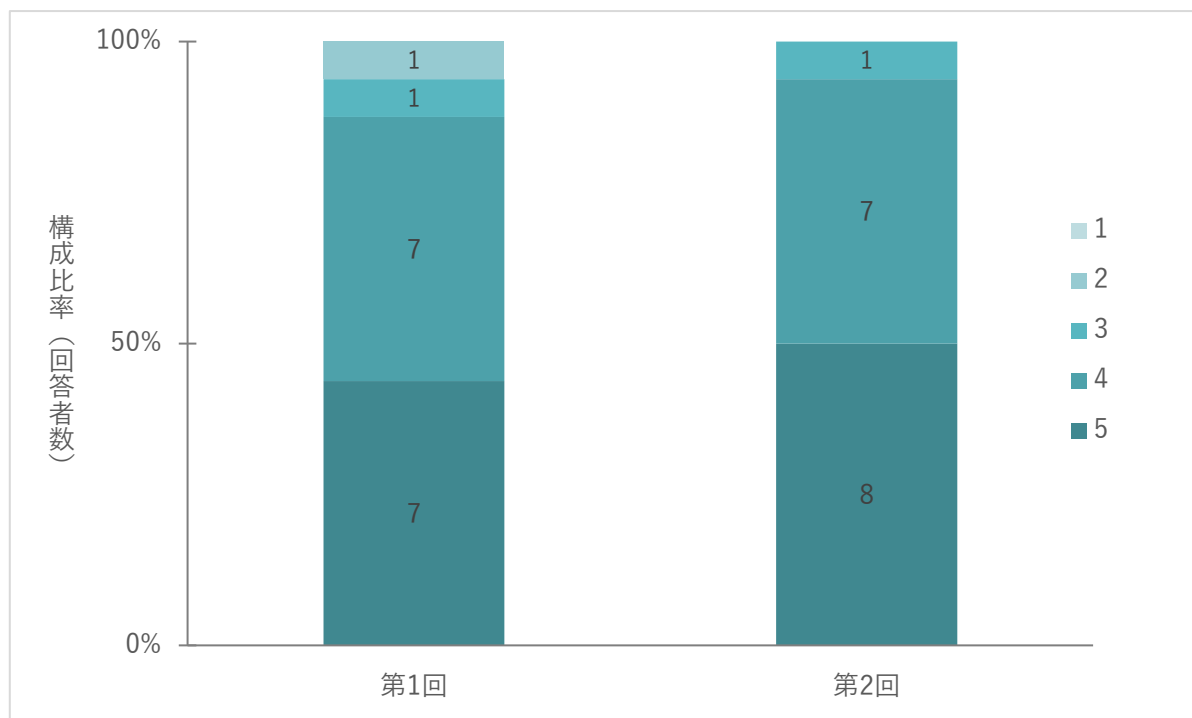


図 5-36 多角的視点、複数視点を得ること

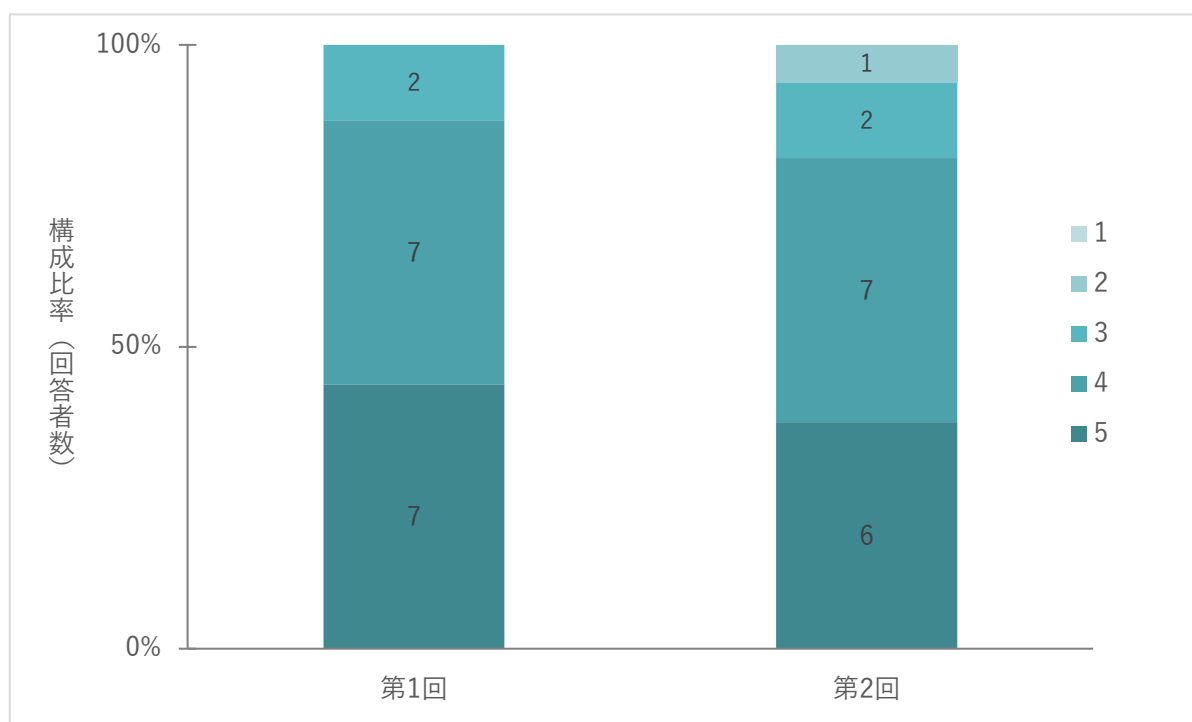


図 5-37 複数の意見を整理、分類すること

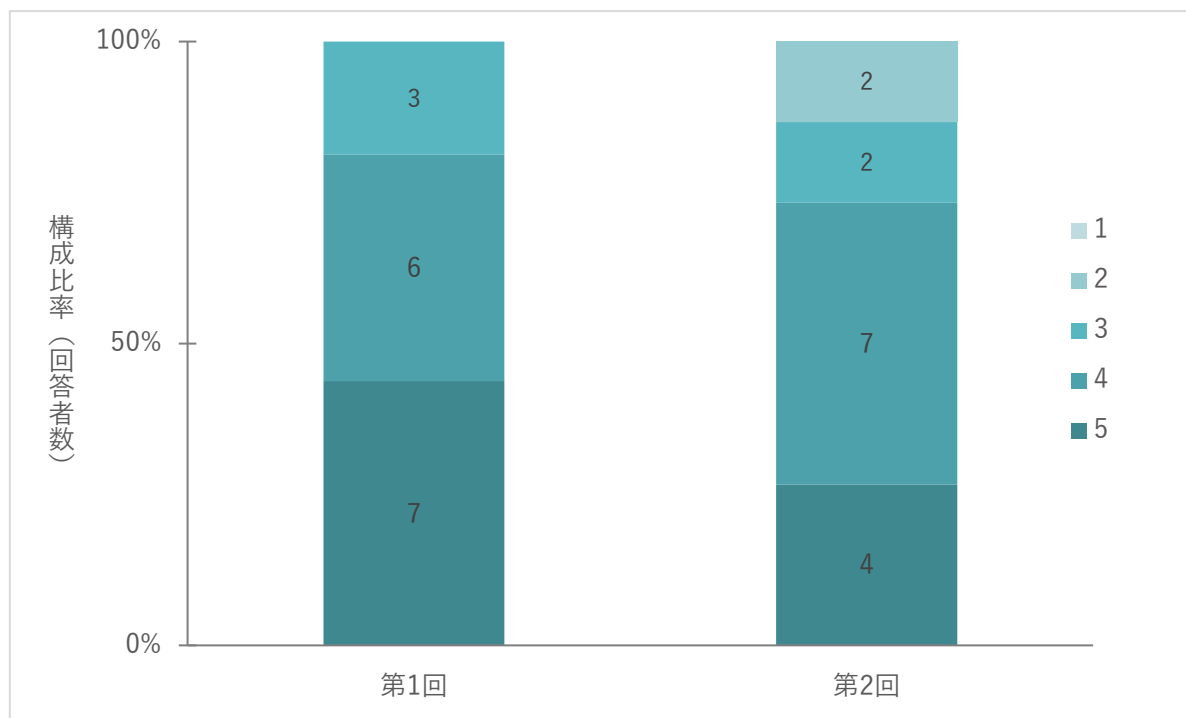


図 5-38 自分の意見が変化することや深まること

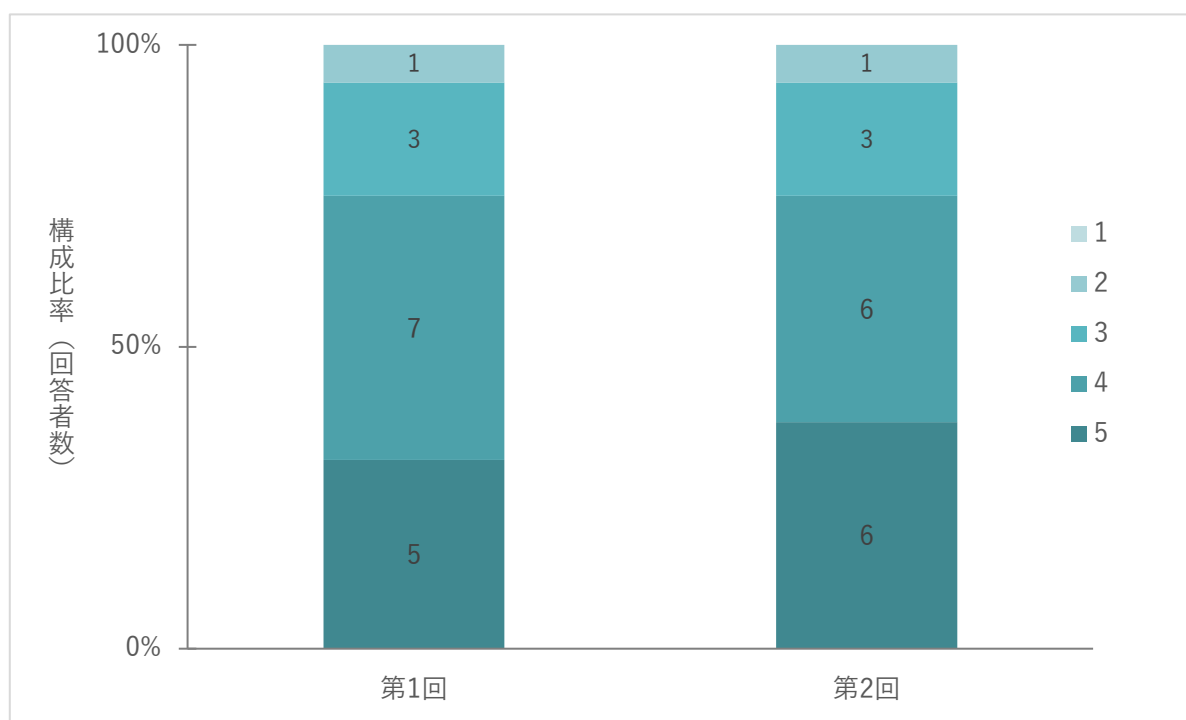


図 5-39 チームメンバーの個別の意見が集約すること

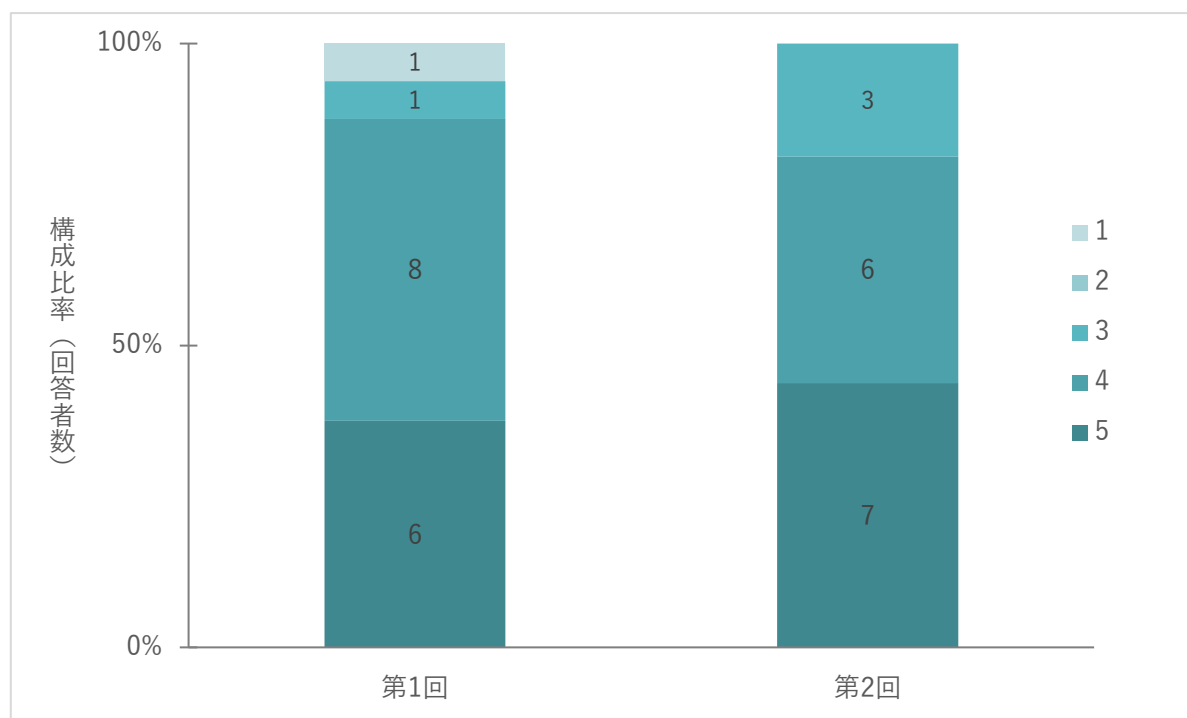


図 5-40 チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること

ここでグループワークの実施方法の違いは下表の通りである。

表 5-12 実施方法

DAY1	DAY2
ポストイット・模造紙	タンジブルユニット・PC
ファシリテーター有り	ファシリテーター無し
個人ワーク等の前半プログラム有	個人ワーク等の前半プログラム無

こうしたグループワークの質的な違いも踏まえた上で、タンジブルユニットによる影響を考えると次のことが分かる。

- 「コミュニケーションの不安の解消」「知識不足に関する不安の解消」「テーマへの関心・探求心の増加」は、個人ワーク等の前半プログラムが無いことによる評価の集中（評価の上振れ）を考慮しても、比較的低い評価（評価2や評価3）から比較的高い評価（評価4や評価5）への増加していることが見える。このため、これらの参加者の心理に対してタンジブルユニットが影響を及ぼしたことが想定される。
- 「多角的視点、複数視点を得ること」「複数の意見を整理、分類すること」「チームメンバーの個別の意見が集約すること」「チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること」は、ファシリテーターがいなかったことによるディスカッションの質の低下（評価の下振れ）を考慮しても、比較的评价の変化が少なかったと思われる。これは、タンジブルユニットの使用によってファシリテーターの役割を一部代替する機能を果たした可能性があり、これにより、参加者の心理に対してタンジブルユニットが影響を及ぼしたことが想定される。

ワークショップの評価に関する質問集計結果(全体)

以下の表はワークショップの評価に関する質問の集計結果をまとめたものである。表内の数値は、対応する設問の全回答者の平均値又は第2回の平均値と第1回の平均値の差を示している。またその数値に応じて背景色を変化させている。これを見ると次のことが分かる。

- 「他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか」「グループワーク時に、建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか」「本日のワークショップに参加する上で、どの程度の期待値がありましたか」の評価の平均は、第1回が3.0位以上～4.0未満だったが、第2回では4.0位以上5.0未満となっている。
- 「議論に対して、あなたは良いアイデアを出していたと感じますか」「ワークショップの結果は、本日のワークショップ参加前の期待値を超えていましたか」は2.0以上3.0未満と比較的変化が小さい。

表 5-13 質問集計結果

	議論に対して、あなたは良いアイデアを出していたと感じますか	他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか	グループワーク時に、建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか	本日のワークショップに参加する上で、どの程度の期待値がありましたか	ワークショップの結果は、本日のワークショップ参加前の期待値を超えていましたか	ワークショップ全体の満足度はどうでしたか
第1回	3.63	3.88	3.44	3.56	3.75	-
第2回	3.38	4.25	4.50	4.07	3.81	4.25
第2回と第1回の差 (第2回-第1回)	-0.25	0.38	1.06	0.50	0.06	-

凡 例		
2.0以上3.0未満	3.0以上4.0未満	4.0以上5.0未満

ワークショップの評価に関する質問集計結果（個別）

以下のグラフは、ワークショップの評価に関する質問の1～5の評価ごとの回答者数を示している。これを見ると、第1回と第2回の変化について次のことが分かる。

- 「議論に対して、あなたは良いアイデアを出していたと感じますか」は、回答の分布が概ね同じであるため、評価は比較的变化はしなかった。
- 「他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか」は、回答の分布が第1回では3、4、5に評価が分布していたが、第2回では4、5の評価に分布しているため、評価は比較的上昇した。
- 「グループワーク時に、建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか」は回答の分布が第1回では2、3、4に評価が分布していたが、第2回では4、5の評価に分布しているため、評価は比較的上昇した。
- 「本日のワークショップに参加する上で、どの程度の期待値がありましたか」は回答の分布が第1回では2、3、4に評価が分布していたが、第2回では4の評価を中心に分布しているため、評価は比較的上昇した。

- 「ワークショップの結果は、本日のワークショップ参加前の期待値を超えていましたか」は、回答の分布が概ね同じであるため、評価は比較的变化はしなかった。

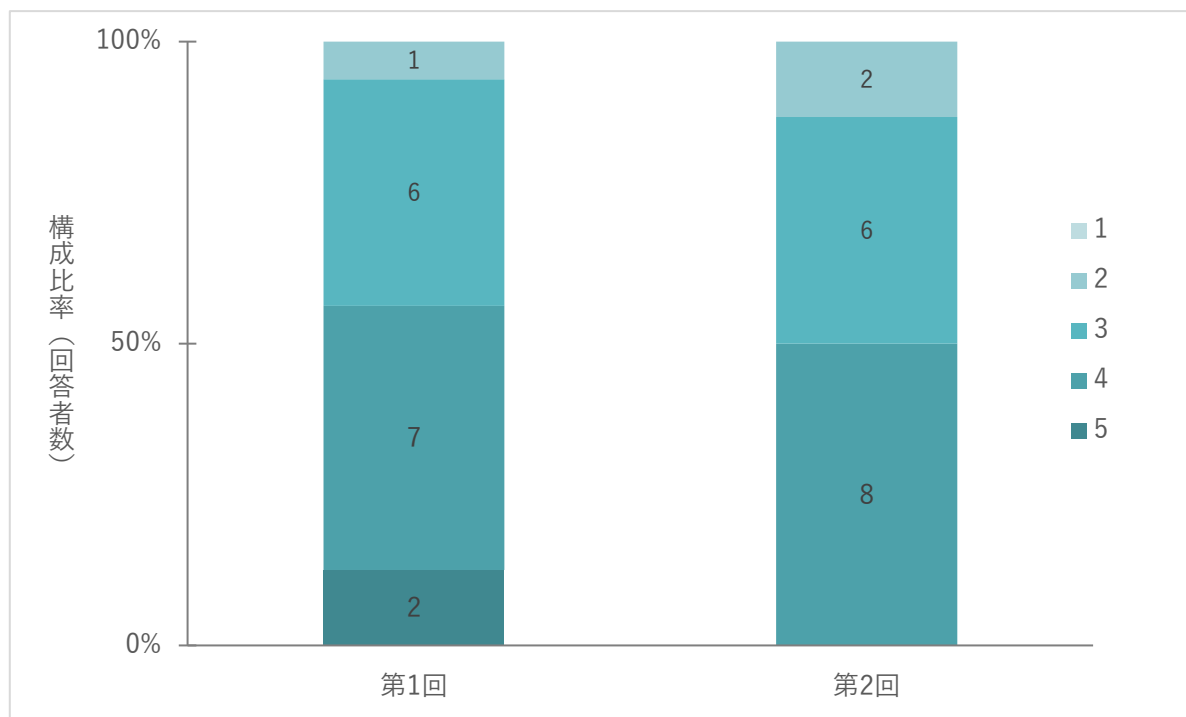


図 5-41 議論に対してあなたは良いアイディアを出していたと感じますか

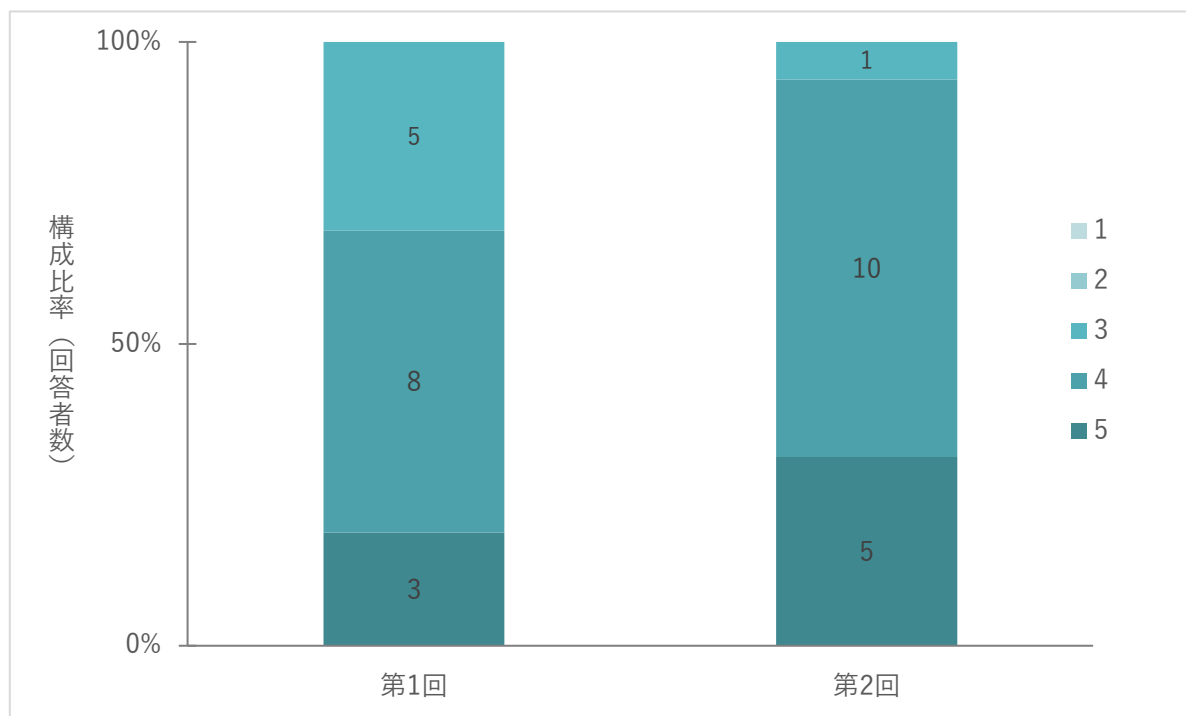


図 5-42 他の参加者との意見の共有（伝達、理解）がしやすいと感じましたか

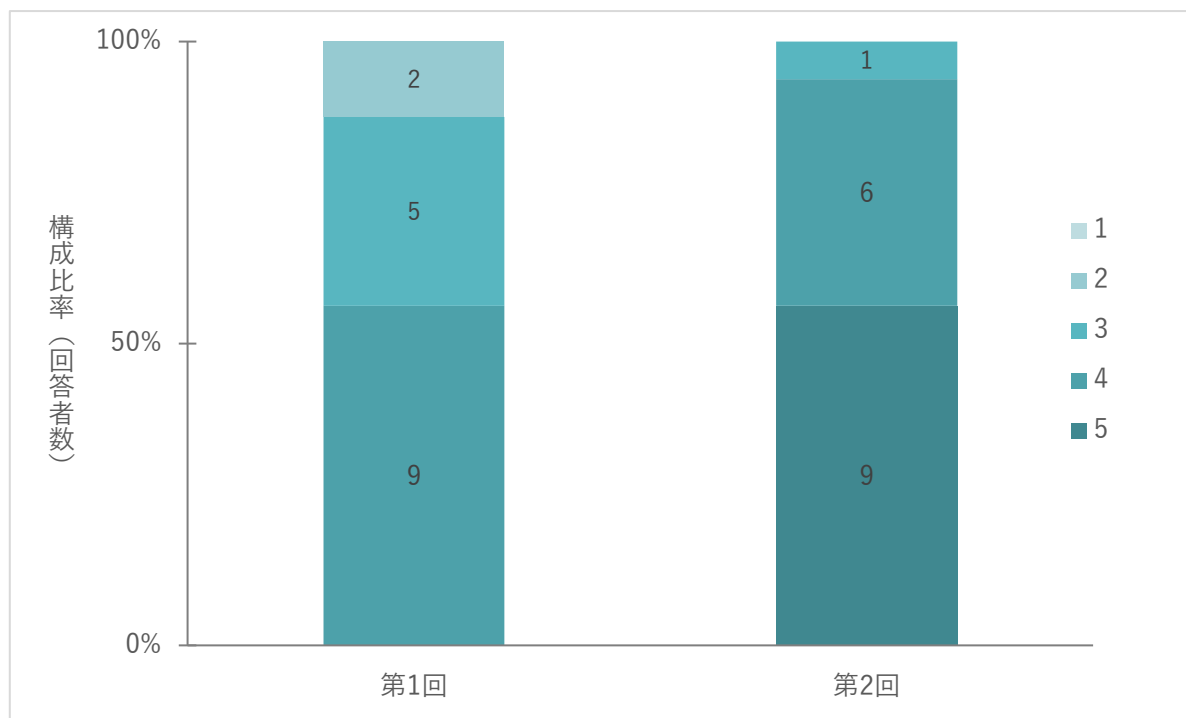


図 5-43 グループワーク時に建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできましたか

こうした結果を踏まえてタンジブルユニットによる影響を考えると次のことが分かる。

- タンジブルユニットの使用により「他の参加者との意見の共有（伝達、理解）」がしやすくなる。
- タンジブルユニットの使用により「空間を具体的にイメージ」しやすくなる。
- タンジブルユニットの使用によりワークショップ全体の期待値を高める可能性がある。
- 意見の共有のしやすさや空間の具体的なイメージをしやすくすることでディスカッションの質を向上させることから、ワークショップ満足度を向上させる可能性がある。

この結果として、ワークショップ全体の満足度は平均 4.25（4・5 の評価に分布）となり、比較的高い満足度の評価を得ることができた。

タンジブルユニットの機能性に関する質問集計結果（評価された機能）

以下の表は、タンジブルユニットの機能性に関する質問の集計結果を示している。表内の数値は回答者数及び全回答者数に対する割合を示し、背景に回答者数に応じたグラフを表示するとともに、全選択肢の回答者数の平均を破線で示している。

これを見ると次のことが分かる。

- 「視覚的に情報を表現できる」「思いついたアイデアを何度も試すことができる」「アイデアをすぐに表現できる」「誰でも操作でき、議論に参加しやすい」は平均以上の人数に選択されている。
- 「視覚的に情報を表現できる」「思いついたアイデアを何度も試すことができる」は 7 割強の参加者に選択されている。
- 「アイデアをすぐに表現できる」「誰でも操作でき、議論に参加しやすい」は 6 割程度の参加者に選択されている。

- 「検討している内容について、実際の模型に置き換えて検討できる」「テーマに対して、具体的に空間的な手法を検討できる」は比較的選択される割合が低かった。

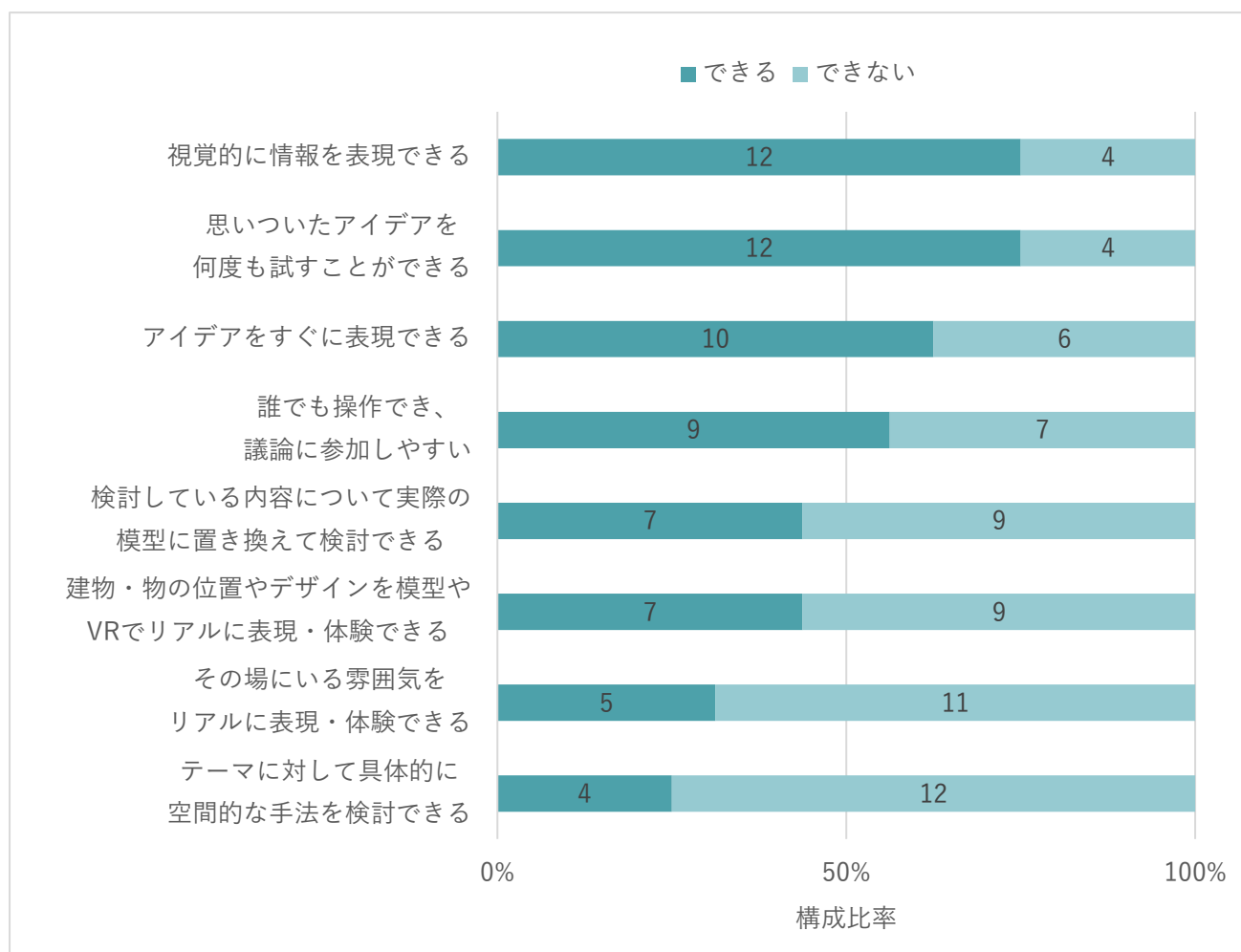
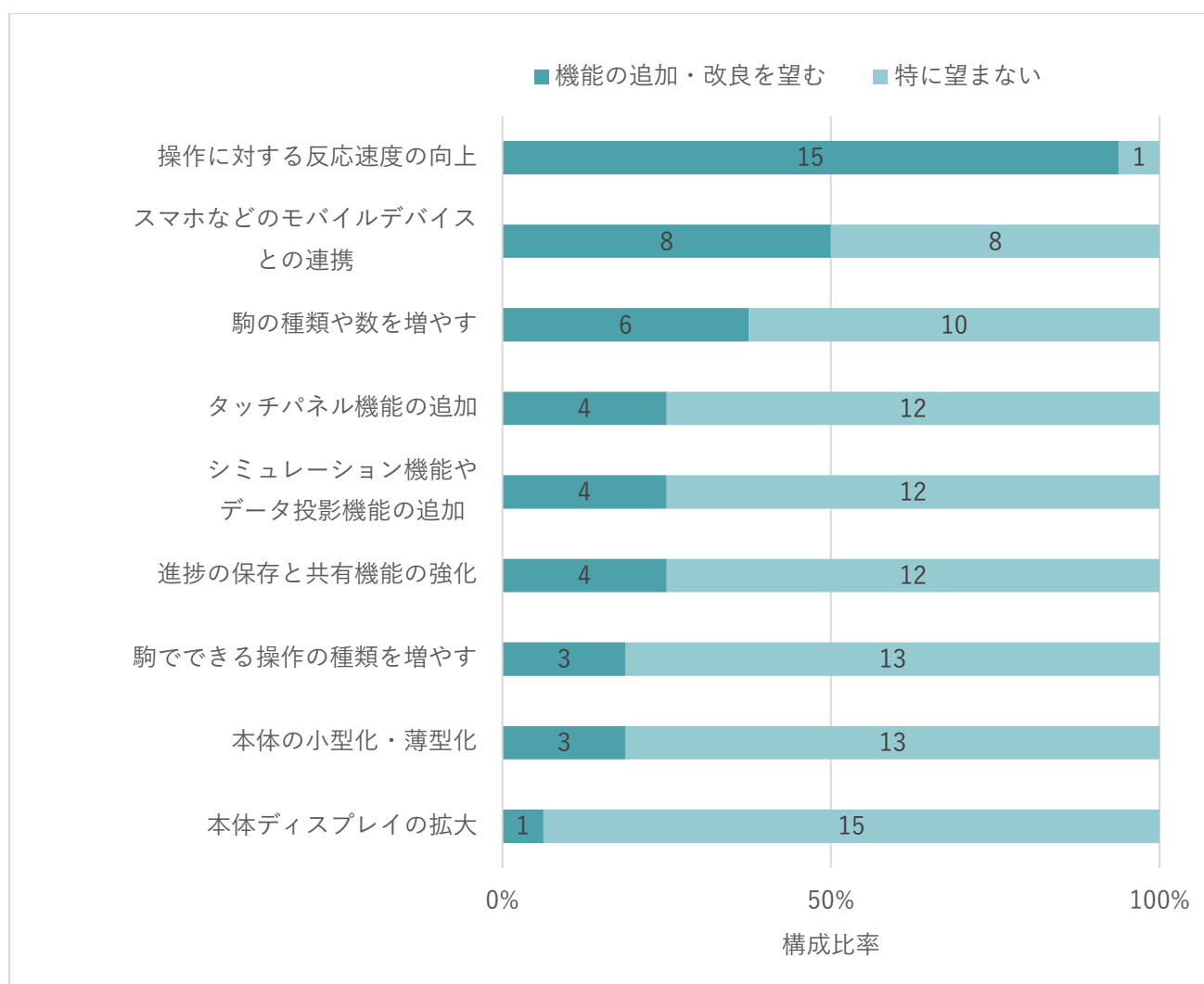


図 5-44 集計結果

タンジブルユニットの機能性に関する質問集計結果（追加・改善してほしい機能）

- 「操作に対する反応速度の向上」「スマホなどのモバイルデバイスとの連携」「駒の種類や数を増やす」は平均以上の人数に選択されている。
- 「操作に対する反応速度の向上」は9割強の参加者に選択されている。
- 「スマホなどのモバイルデバイスとの連携」「駒の種類や数を増やす」は4～5割程度の参加者に選択されている。
- 「建物・物の位置やデザインを、模型やVRでリアルに表現・体験できる」や「その場にいる雰囲気をリアルに表現・体験できる」は比較的に選択される割合が低かった。



5-3-5. 検証結果

ワークショップ評価

前述のアンケート結果から、ワークショップにタンジブルユニットを用いることにより、タンジブルユニットを使用しない場合に比べて以下のような変化を及ぼしたことが想定される。

参加者の意識に対する影響

「コミュニケーションの不安の解消」「知識不足に関する不安の解消」「テーマへの関心・探求心の増加」に対してタンジブルユニットが好影響を及ぼしたことが想定される。

「多角的視点、複数視点を得ること」「複数の意見を整理、分類すること」「チームメンバーの個別の意見が集約すること」「チームメンバーと共感を得ることや、共通理解を得ること」に対して、タンジブルユニットの使用によってファシリテーターの役割を一部代替する機能を果たし、タンジブルユニットが好影響を及ぼしたことが想定される。

参加者のワークショップの評価

- タンジブルユニットの使用により「他の参加者との意見の共有（伝達、理解）」がしやすくなる。
- タンジブルユニットの使用により「空間を具体的にイメージ」しやすくなる。
- タンジブルユニットの使用によりワークショップ全体の期待値を高める可能性がある。
- 意見の共有のしやすさや空間の具体的なイメージをしやすくなることでディスカッションの質を向上させることから、ワークショップ満足度を向上させる可能性がある。

これらの結果から以下のような好影響があったことが想定される。

- ワークショップ初期の不安解消への寄与
- ワークショップに対する心理的なハードルや議論に対するハードルの低下への寄与
- 議論を建設的に進める環境の形成への寄与

1. ワークショップ初期の不安解消への寄与

「誰でも操作でき、議論に参加しやすい」ことが「コミュニケーションの不安の解消」や「知識不足の不安の解消」に影響することが想定される。このことからワークショップ初期の不安を解消し、議論を始める心理状態をつくることに寄与したと見ることができる。

2. ワークショップに対する心理的なハードルや議論に対するハードルの低下への寄与

一般の人でも建物や物の配置など街の空間を具体的にイメージできる、思いついたアイディアを何度も試すことができることで、検討に多角的視点が加わることが想定される。また、ワークショップ参加者の他者の意見も視覚的情報としてわかりやすく表現され、アイディアをすぐに表現できるため、複数視点を得ることができる。このことにより、容易に検討を進められることから、ワークショップに参加している実感が得られやすくなりテーマへの関心の増加へ影響することが想定される。以上からワークシ

ヨップに対する心理的なハードルや議論に対するハードルの低下に寄与したとの見方ができ、これによりアイデアを出しやすくなったと見ることができる。

3. 議論を建設的に進める環境の形成への寄与

空間の具体的なイメージが1つの検討グループで共通のタンジブルツール上に表現されることやアイデアを何度も即時試すなどの繰り返しにより、チームメンバーの個別の意見が集約への確率も高まると予測される。このことから、議論を建設的に進める環境の形成に寄与したと見ることができる。

以下の図はこれらをまとめたものである。

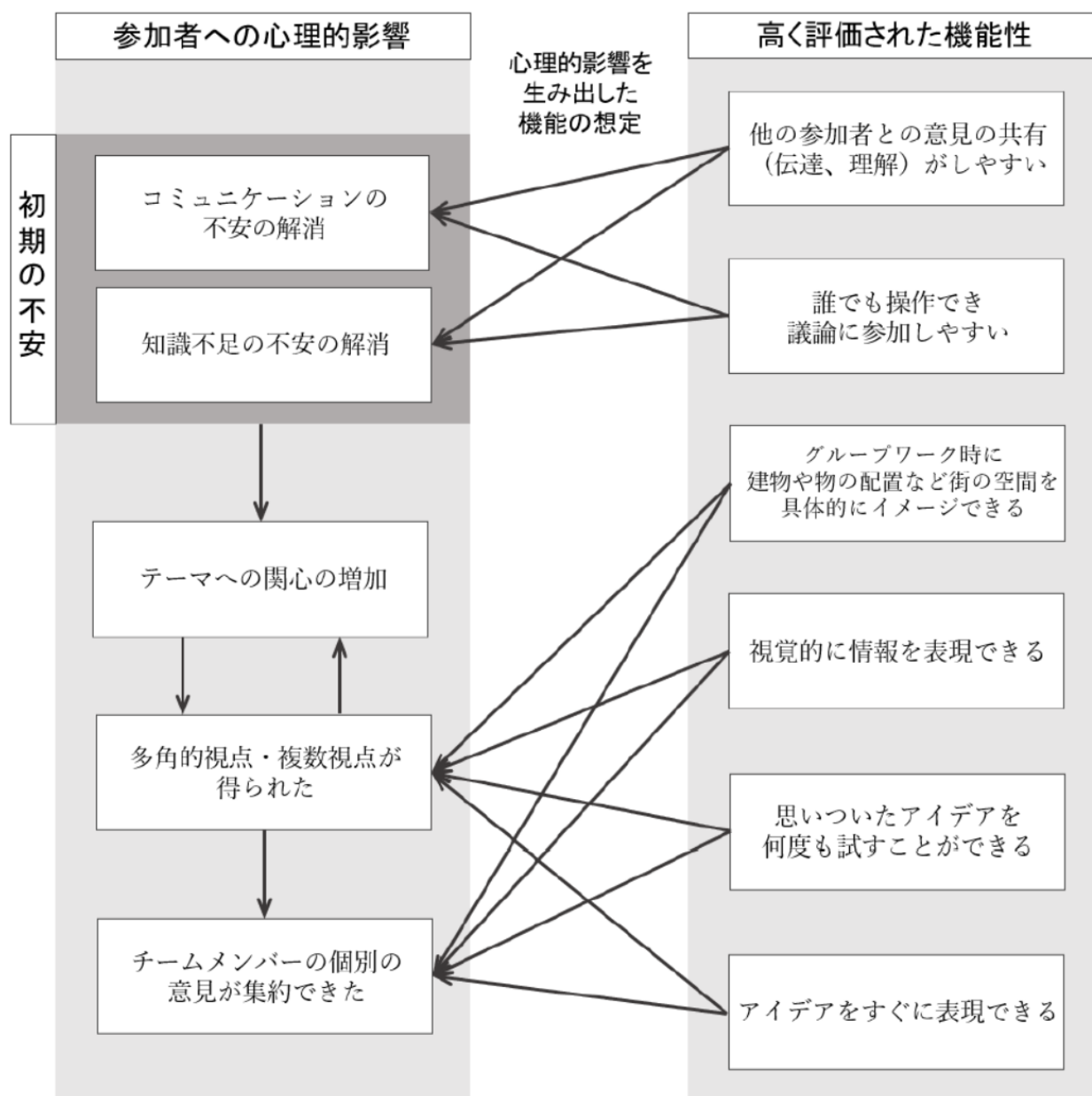


図 5-45 建設的な議論イメージ図

UI/UX 評価

ワークショップに関連する UI/UX 評価については次のようにまとめることができる。

- 「触って操作できる」「模型や CG で即時空間が可視化される」というタンジブルユニット自体が持つ基本的な機能は満たし、これがワークショップの検討に生かされた。
- 「操作に対する反応速度の向上」を改善することがワークショップの体験の質を向上させることにつながり、UX は改善の余地がある。
- 更なる機能追加や駒の追加については、参加者のタンジブルユニットの操作方法理解の容易性とトレードオフの関係にある。ワークショップ全体の目的等に合わせて必要な機能追加や改善を検討することが求められる。
- 参加者からは「他の参加者との意見の共有（伝達、理解）」「空間を具体的にイメージ」しやすくなると評価されていることがアンケート結果からわかる。このことから、「触って操作できる」「模型や CG で即時空間が可視化される」といったタンジブルユニット自体が持つ基本的な機能は満たしており、これがワークショップの検討に活かされていたと評価できる。
- 一方で、「操作に対する反応速度の向上」は9割強の参加者に選択されていた。これは、タンジブルユニット上で駒を操作してから、操作の結果が PC 画面上に反映されるまでのタイムラグが大きかったことが影響している。操作がスムーズに PC 画面上に反映されることがワークショップの体験の質を向上させることににつながるため、この点の UX は改善の余地がある。
- 上記に関連して、「スマホなどのモバイルデバイスとの連携」「駒の種類や数を増やす」は4～5割程度の参加者に選択された。これについては、タンジブルの操作結果の確認を PC 画面からスマートフォンに置き換えること、複数視点での確認をスマートフォンの画面で自由に行えるようにすること、カメラの操作をスマートフォンから行えるようにすることなどが改善の方向性として想定される。「駒の種類や数を増やす」については、用意するタンジブル駒の決定プロセスにワークショップへの参加者の関わりを持たせることで、参加者が望む検討内容をより実現しやすくする可能性がある。また、今回はシステムの制約上、一つのタンジブルユニットに置けるタンジブル駒が1個となる駒があった。（例：ベンチは複数台を並べて検討することができなかった。）同一の種類のタンジブル駒でも複数のマーカーを割り当てることで同一種類複数駒の認識が可能になる。

これらの機能追加や駒の追加は、参加者によるタンジブルユニットの操作方法を理解する容易性とトレードオフの関係にある。ワークショップ全体の目的や検討内容も踏まえて、参加者との負担とのバランスを取りながら、必要な機能改善について検討していくことが求められる。

6. 実証の成果と課題、今後の展望

6-1. 本実証で得られた成果

6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

表 6-1 3D 都市モデルの技術面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
システム・機能	複数視点のシームレスな切替え	従来では模型やパースや図面を用いて検討するところ、本実証では景観の再現に 3D 都市モデルを使用した。3D 都市モデルを VR 表示することによる、尺度の選択を含む自由視点はイメージの共有において優位性がある。

6-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

表 6-2 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
コスト面での優位性	-	本実証におけるワークショップではアイレベルの景観検討や構造物の配置検討を実施したが、既存の 3D 都市モデルがオープンデータとして入手できることで、検討対象エリアの VR 内での再現コストを抑えることができた。全国的により高精細な 3D 都市モデルが整備されるのであれば、ワークショップの多地域展開などスケールメリットを得やすくなると考えられ、3D 都市モデルを採用することはビジネス面での優位性があるといえる。

6-1-3. 3D 都市モデルの政策面での優位性

表 6-3 3D 都市モデルの政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの政策面での優位性
都市計画プロセスにおける市民参加の送信	なし	本実証で実装したシステムを用いることで、都市計画段階において、あらゆる可能性をその場で可視化して検討できること、そして、都市計画プロセスのあらゆる段階で多様な市民参加の機会をアレンジできること、これらは、政策面での大きな優位性である。この優位性は、3D 都市モデルの技術面での優位性の上に成立している。

6-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 6-4 実証実験で得られた課題

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
事業化に向けた課題	-	都市計画プロセスにおける市民参加の社会全体での機運の向上	本実証の課題意識で述べたとおり、従来の都市計画における一方的なやり方から、双方向なやり方に転換することが求められる。こうした、機運を社会全体で醸成することで、マーケットが広がると考えられる。
	-	3D 都市モデルの整備	ワークショップを全国に多地域展開を目指すうえで、3D 都市モデルの整備が大きなコスト負担となる。3D 都市モデルの整備が進みオープンデータ化されるのであれば、コスト面で大きなメリットがある。
商品・サービスの課題	-	システムの安定稼働	タンジブルユニットの稼働中にラズベリーパイがシャットダウンする現象が確認できている。シャットダウンした場合、再起動が必要で検討が中断するので、UX を著しく損ねることになる。再現性について調査中。電力タップにタンジブルユニットを複数台接続した場合の電力不足の疑い、タンジブルユニット内に熱が籠もることによるラズベリーパイが安定稼働できる限界を超えている疑い、ラズベリーパイとクラウド間の通信が不安定になることによるラズベリーパイの停止の疑い、クラウド側の処理がスタックして処理速度が落ちていることの疑い、これらについて、順番に調査を進める予定である。
	-	タンジブルユニットの反応速度の向上	UX の向上を目指す上で、タンジブルユニットの反応速度の向上は欠かせない。ラズベリーパイを更新することによる処理速度の向上、通信ロジックの最適化などの方向性が考えられる。
	-	タンジブルユニットの堅牢性向上	今年度はコンパクト化に成功し、可搬性が向上している。ただし、あらたな課題として、タンジブルユニットの堅牢性向上に対する必要性を感じている。運搬時の破損や、重ねることができないので、不便を感じている。現状のタンジブルユニットは、外装は木製であるが、金属製にするなど考

			えられる。
	-	● 価格	● タンジブルユニットの製造に価格課題があると考えている。量産体制が構築できれば、価格も抑えることができる。その前の段階でマーケットの開拓が必要。前述のとおり、3D 都市モデルの整備費用に課題がある。
	-	● 販路	● 認知度の向上については、引き続き展示会への出展、メディアへの露出、パートナー企業の獲得、セールス体制の確立、それぞれについて、また、複合的に戦略を立てる必要がある。

6-3. 今後の展望

今回の実証実験では、20代から50代まで、また、大学教員や公務員、会社員、学生など約20名の多様なワークショップ参加者と一緒に地域を代表する公園の将来イメージについて検討した。その中で、本ツールによって、参加者から出される多様な視点やアイデアがその場で可視化されることで、社会的属性を超えてワークを楽しみ、議論を深めることが可能であることが確認できた。

今回のワークショップでは、グループごとにタンジブルユニットを2～3台を使用し、それぞれ異なる検討エリアとスケールを設定して全体で10台を同時に稼働させた。システムの基幹部分をクラウド化するアーキテクチャとしたことによって、スケーラビリティについて大きな可能性を感じることができた。一方で、システムの安定稼働やハードの堅牢性などについて課題も見つかった。今回見つかった課題を踏まえて本ツールを改善していくとともに、ワークショップの設計についても、より自由で活発な対話の場を実現するための改善に取り組んでいきたい。今後、継続して対象エリアやテーマを変え、多様なニーズに応えていけるようにしていくことで、各地での都市開発や再開発に非専門家である市民の参画を促し、より多様な視点を実現する新たなまちづくりを全国規模での展開を目指す。

7. 用語集

A) アルファベット順

表 7-1 用語集（アルファベット順）

No.	用語	説明
1	AR	AR（拡張現実）とは、Augmented Reality の略称である。現実の環境から視覚や聴覚、触覚などの知覚に与えられる情報を、コンピューターによる処理で追加あるいは削減、変化させる技術の総称である。
2	ArUco	ArUco、又は ArUcoMarker とは、2 次元のマーカーを用いた AR 技術の一種。カメラを使用して、2 次元のマーカーを認識し、そのマーカー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
3	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。
4	OpenCV	OpenCV は、コンピュータビジョン（コンピューター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。
5	Raspberry Pi	Raspberry Pi（ラズベリーパイ）は、プリント基板の上に CPU やメモリがあり、HDMI や USB コネクターなどもついた手のひらサイズのコンピューターである。
6	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。
7	Unity	Unity は、Unity Technologies が開発・販売している、IDE を内蔵するゲームエンジンである。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。PC だけでなくモバイルやウェブブラウザ、家庭用ゲーム機といったクロスプラットフォームに対応しており、VR/AR/MR 機器向けのコンテンツ開発にも対応している。
8	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。

9	VR	VR（仮想現実）とは、Virtual Reality の略称である。人間の感覚器官に働きかけ、現実ではないが実質的に現実のように感じられる環境を人工的に作り出す技術である。
10	WebGIS	WebGIS とは、インターネット上で利用可能な地理情報システム（GIS : Geographic Information System）のことである。

B) 五十音順

表 7-2 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	エリアマネジメント	エリアマネジメントとは、地域における良好な環境や地域の価値を維持・向上させるための、住民、事業主、地権者、等による主体的な取り組みである。
2	疎結合	疎結合（loose coupling）とは、システムの構成要素間の結びつきや互いの依存関係、関連性などが弱く、各々の独立性が高い状態のこと。逆に、要素間の結びつきが強く独立性が低い状態のことは「密結合」（tight coupling）という。
3	タンジブルインターフェース	タンジブルインターフェースとは、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フェース。このインタフェースは、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インタフェースされている。タンジブルインターフェースインターフェースを使用して、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。
4	透過液晶ディスプレイ	透過ディスプレイとは、背後が透けて見えるディスプレイである。窓ガラスのように透明な平面状のものに、画像や映像を映し出すことができる。

以上

タンジブルインターフェースを活用した住民参加型まちづくり等
技術検証レポート

2024 年 3 月 発行

委託者：国土交通省 都市局

受託者：インフォ・ラウンジ株式会社/株式会社山手総合計画研究所/
サイバネットシステム株式会社