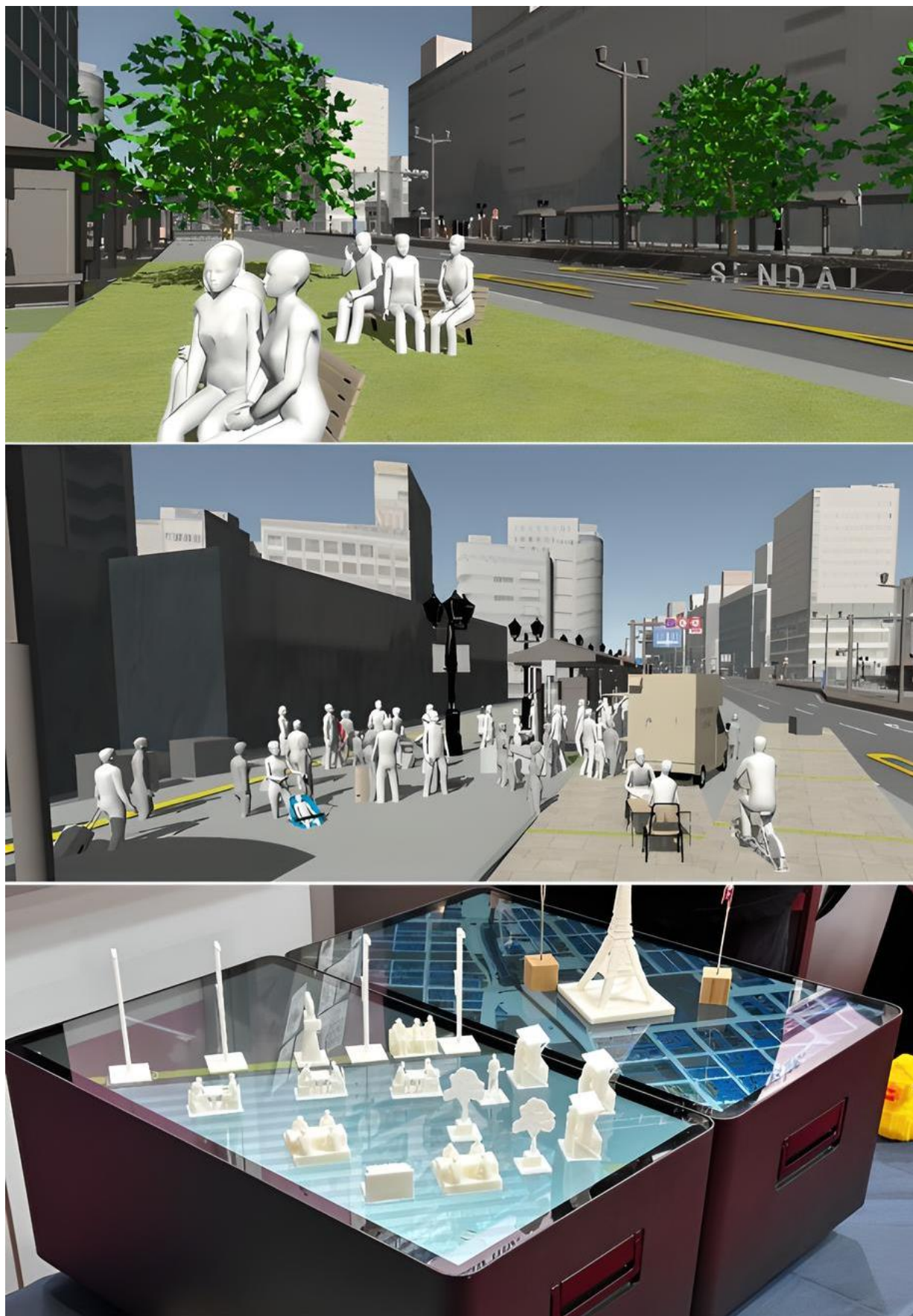




タンジブルインターフェースを活用した住民参加型 まちづくり等 v2.0 技術検証レポート

series
No. 104

Technical Report on Community-Driven Urban Development Utilizing Tangible Interfaces v2.0

目次

1. ユースケースの概要	- 5 -
1-1. 現状と課題	- 5 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 6 -
1-3. 創出価値	- 7 -
1-4. 想定事業機会	- 8 -
2. 実証実験の概要	- 9 -
2-1. 実証仮説	- 9 -
2-2. 実証フロー	- 10 -
2-3. 検証ポイント	- 11 -
2-4. 実施体制	- 12 -
2-5. 実証エリア	- 13 -
2-6. スケジュール	- 17 -
3. 開発スコープ	- 18 -
3-1. 概要	- 18 -
3-2. 開発内容	- 18 -
4. 実証システム	- 19 -
4-1. アーキテクチャ	- 19 -
4-1-1. システムアーキテクチャ	- 19 -
4-1-2. データアーキテクチャ	- 20 -
4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 21 -
4-2. システム機能	- 28 -
4-2-1. システム機能一覧	- 28 -
4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 31 -
4-2-3. 開発機能の詳細要件	- 33 -
4-3. アルゴリズム	- 65 -
4-3-1. 利用したアルゴリズム	- 65 -
4-3-2. 開発したアルゴリズム	- 65 -
4-4. データインタフェース	- 66 -
4-4-1. ファイル入力インタフェース	- 66 -
4-4-2. ファイル出力インタフェース	- 71 -
4-4-3. 内部連携インタフェース	- 72 -
4-4-4. 内部連携インタフェース（API）	- 82 -
4-5. 実証に用いたデータ	- 111 -
4-5-1. 活用したデータ一覧	- 111 -
4-5-2. 生成・変換したデータ	- 119 -
4-6. ユーザーインタフェース	- 119 -

4-6-1. 画面一覧	- 119 -
4-6-2. 画面遷移図	- 120 -
4-6-3. 各画面仕様詳細	- 121 -
4-7. 実証システムの利用手順	- 144 -
4-7-1. 実証システムの利用フロー	- 144 -
4-7-2. 各画面操作方法	- 145 -
5. システムの非機能要件	- 149 -
5-1. 社会実装に向けた非機能要件	- 149 -
6. 品質	- 152 -
6-1. 機能要件の品質担保	- 152 -
6-2. 非機能要件の品質担保	- 153 -
7. 実証技術の検証	- 154 -
7-1. 検証目的	- 154 -
7-2. KPI	- 154 -
7-3. 検証方法と検証シナリオ	- 154 -
7-4. 検証結果	- 155 -
8. 実証技術の非機能要件の検証	- 160 -
8-1. 検証目的	- 160 -
8-2. KPI	- 160 -
8-3. 検証方法と検証シナリオ	- 161 -
8-4. 検証結果	- 162 -
9. ワークショップの概要	- 164 -
9-1. ワークショップの全体像	- 164 -
9-2. ワークショップの詳細（仙台）	- 165 -
9-2-1. ワークショップの背景	- 165 -
9-2-2. ワークショップの目的	- 165 -
9-2-3. ターゲット参加者	- 165 -
9-2-4. プログラム	- 165 -
9-2-5. 利用したツール	- 166 -
9-2-6. 実施場所	- 174 -
9-2-7. 会場設置図	- 175 -
9-2-8. 使用した端末・備品等	- 175 -
9-2-9. 通信環境	- 175 -
9-2-10. 運営メンバーの人数・役割	- 175 -
9-2-11. 参加者	- 176 -
9-2-12. 参加者のグループ分け	- 177 -
9-2-13. 集客方法	- 177 -
9-2-14. WS 運営における工夫	- 177 -

9-2-15. 実証実験の様子	- 177 -
9-2-16. 実証実験の成果	- 179 -
9-3. ワークショップの詳細（曳舟）	- 181 -
9-3-1. ワークショップの背景	- 181 -
9-3-2. ワークショップの目的	- 181 -
9-3-3. ターゲット参加者	- 181 -
9-3-4. プログラム	- 182 -
9-3-5. 利用したツール	- 183 -
9-3-6. 実施場所	- 188 -
9-3-7. 会場設置図	- 189 -
9-3-8. 使用した端末・備品等	- 189 -
9-3-9. 通信環境	- 190 -
9-3-10. 運営メンバーの人数・役割	- 190 -
9-3-11. 参加者	- 190 -
9-3-12. 参加者のグループ分け	- 191 -
9-3-13. 集客方法	- 191 -
9-3-14. WS 運営における工夫	- 191 -
9-3-15. 実証実験の様子	- 191 -
9-3-16. 実証実験の成果	- 193 -
9-4. ワークショップの詳細（関内）	- 194 -
9-4-1. ワークショップの背景	- 194 -
9-4-2. ワークショップの目的	- 194 -
9-4-3. ターゲット参加者	- 194 -
9-4-4. プログラム	- 195 -
9-4-5. 利用したツール	- 197 -
9-4-6. 実施場所	- 199 -
9-4-7. 会場設置図	- 199 -
9-4-8. 使用した端末・備品等	- 199 -
9-4-9. 通信環境	- 199 -
9-4-10. 運営メンバーの人数・役割	- 200 -
9-4-11. 参加者	- 200 -
9-4-12. 参加者のグループ分け	- 201 -
9-4-13. 集客方法	- 201 -
9-4-14. WS 運営における工夫	- 201 -
9-4-15. 実証実験の様子	- 202 -
9-4-16. 実証実験の成果	- 203 -
9-5. ワークショップの詳細（浅草）	- 205 -
9-5-1. ワークショップの背景	- 205 -

9-5-2. ワークショップの目的	205 -
9-5-3. ターゲット参加者	205 -
9-5-4. プログラム	205 -
9-5-5. 利用したツール	206 -
9-5-6. 実施場所	214 -
9-5-7. 会場設置図	214 -
9-5-8. 使用した端末・備品、等	215 -
9-5-9. 通信環境	215 -
9-5-10. 運営メンバーの人数・役割	215 -
9-5-11. 参加者	215 -
9-5-12. 参加者のグループ分け	216 -
9-5-13. 集客方法	216 -
9-5-14. WS 運営における工夫	216 -
9-5-15. 実証実験の様子	217 -
9-5-16. 実証実験の成果	219 -
10. ワークショップの有用性検証	221 -
10-1. 検証の全体像	221 -
10-1-1. 検証目的	221 -
10-1-2. 検証項目	222 -
10-1-3. 検証方法	223 -
10-2. 主催者視点の検証	224 -
10-2-1. 検証結果	224 -
10-2-2. 検証結果（構想段階）	225 -
10-2-3. 検証結果（開発段階）	230 -
10-2-4. 検証結果（活用段階）	234 -
10-3. 運営者視点の検証	237 -
10-3-1. 検証結果	237 -
11. 成果と課題	239 -
11-1. 本実証で得られた成果	239 -
11-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性	239 -
11-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性	239 -
11-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性	239 -
11-2. 実証実験で得られた課題と対応策	239 -
11-3. 今後の展望	242 -
12. 用語集	243 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

まちづくりは構想、開発、活用という3つのフェーズで進められる。これらの各段階において、開発等のまちづくりにおいて、構想や計画を行政や事業者のみならず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、専門知見を持たない地域住民がその内容を深く理解し、行政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 によって都市をわかりやすく表現する手法は普及しつつあるが、操作や編集の技術的ハードルが高く、非技術者による活用や準備作業に大きな負担があった。

具体的には、まちづくりにおける3つのフェーズごとに、それぞれ以下のような課題が存在する。

構想段階：プランの検討において地域住民が直接関与できる余地が少なく、行政等との深い討議が困難

開発段階：デベロッパーや地方公共団体が地域住民に寄り添った考え方を重視するとしながら、実際の実行プロセスへの住民参画が限定的

活用段階：地域住民がサービスを受ける側から主体的に行動を起こす側への転換が十分でない

これらの課題に対して、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](#)」と2023年度の「[タンジブルインターフェースを用いた体感型のアーバンプランニングツール](#)」の取り組みでは構想段階にフォーカスして、3D都市モデルを活用したタンジブルインターフェースを導入したまちづくりワークショップを実施することで、その有用性を示すことができた。タンジブルインターフェースとは、実物の形のある物体を介してデジタル情報を操作できるインターフェースのことである。従来のキーボードやマウスによる操作とは異なり、ユーザーが直接手で触れて動かすことができる駒をインターフェースとすることで、直感的な操作が可能となる。その結果、年齢や技術的な知識に関係なく、参加者と行政との間で深い議論が実現し、構想段階における住民参画の課題解決に有用性を示すことができた。さらに、社会実装に向けた主催者側の利便性・運用のしやすさを向上させるため、タンジブルインターフェース筐体の小型ユニット化と複数台連結による可搬性の改善、コンテンツ管理やビューワーのクラウド化によるシステムの汎用性向上を実現した。

ただし残課題として、技術的な問題と運用的な問題が存在する。技術的な問題としては、タンジブルユニットの長時間稼働時の不安定性や、煩雑な再起動・デバッグ操作が挙げられる。また、運用的な問題としては、Webアプリの複数ユニット設定時の煩雑さ、3Dモデルの不具合、駒の同時使用制限、VRアプリのカメラ駒と画面表示の対応認識の困難さ、表示更新の不具合、実施フィールドごとのパッケージ化の必要性による汎用性の阻害が挙げられる。

また、過年度までの取り組みにおいては横浜市臨海都心部におけるまちづくりの構想段階にフォーカスしており、社会実装に向けては他都市・他フェーズでの活用可能な汎用性の担保も必要となる。

1-2. 課題解決のアプローチ

このシステム活用により、専門家と専門知識を持たない地域住民との間にある情報の非対称性を解消し、ワークショップに参加する全ての人が対等な立場で楽しみながら生産的な議論を可能とし、納得感とともに高い満足度が得られる手法として確立させることを目指す。

【技術面の課題】

安定性改善・UX 改善のためのタンジブルインターフェースシステムの性能向上

- タンジブルユニットの演算装置をより高い性能を持つ Raspberry Pi 5 へ換装
 - 処理性能向上によるタンジブルユニットの処理速度（マーカー読み取り、データ送信）向上により、VR 空間とタンジブルインターフェース間の連携におけるボトルネックを解消し遅延低減につなげる
- Unity アプリの最適化処理による UX の改善
 - 3D 都市モデルの不要オブジェクトを削除、軽量モデルを作ることでメモリ使用量を抑え、アプリの動作速度が向上、結果、操作感が向上

【運用面の課題】

エリアおよびまちづくりのフェーズが異なっても、等しく有用であることを目指し、運営者の業務効率化とワークショップ品質向上を目的とした以下の機能の追加・改善する

- タンジブル駒の管理システム改善
 - 複数ワークスペース・複数ユニット間での駒設定を共有化することによって駒の登録管理工数を削減、運営の業務効率化
- ベースモデルおよび、特殊駒の挙動設定の外部化
 - Unity アプリで使用する背景となる 3D 都市モデルおよび、背景モデルに対する表示切り替えなどのイベント設定（特殊駒の挙動）について、事前に管理画面からアップロード、利用時はインターネット経由でダウンロードして使用する方式に変更。Unity アプリの汎用性が向上し、ワークショップ毎にアプリをパッケージしなおす必要がなくなることによる、ワークショップ準備の効率化

エリアおよびまちづくりのフェーズが異なる際の本ソリューションの有用性を確認する

- 地域特性の異なるフィールドでの活用
- まちづくりのフェーズが異なることによる、多様な参加者属性に対する有効性の確認

1-3. 創出価値

本プロジェクトで開発するワークショップ手法やツールは、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における市民参加を大きく変革する可能性を持っている。3D 都市モデルとタンジブルインターフェースの組み合わせにより、専門知識を持たない市民でも都市計画を空間的に理解し、具体的な提案や建設的な議論を行うことが可能となる。また、その場での計画変更とリアルタイムな可視化により、市民からのフィードバックを即座に計画に反映できるため、市民の声をより確度高く計画に反映可能な住民参加型まちづくりが実現する。

このような直感的な理解促進は、行政・事業者と市民間の認識齟齬を低減し、合意形成の効率化にも貢献する。複数案の比較検討が容易になることで、関係者間での選択肢の検討と意思決定のプロセスも円滑化される。さらに、市民の多様な視点やニーズを早期に把握・反映することで、地域特性に応じた質の高い計画立案が可能となり、様々なシナリオのシミュレーションにより、計画の実現可能性や課題を事前に検証することもできる。タンジブルインターフェースの可搬性や汎用性を改良し、本実証の成果からハード、システム、運用などの観点で実用性を高めることで、これらの効果を実際のまちづくりの現場で実現することが可能となる。特に、システムの安定性向上と運用負荷の軽減により、行政や事業者が主体的に活用できる実用的なツールとして普及することが期待される。

1-4. 想定事業機会

表 1-1-1 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
サービス仮説	● タンジブルインターフェースの提供・運用 ➤ ハードウェアおよびソフトウェアのレンタルハードウェア（ユニット、駒）のレンタルサービス ➤ ソフトウェア（クライアントアプリ、管理システム）の利用ライセンス提供 ➤ システムの運用保守サービス ● ワークショップの実施支援サービス ➤ ワークショップの企画設計支援 ➤ 現地での運営サポート ➤ 結果のとりまとめ支援
提供価値	● 3D 都市モデルを活用した行政やデベロッパーなどまちづくりを推進する主体によるワークショップの企画・運営支援による、まちづくりプロセスの高度化 ● 直感的な操作による景観シミュレーションを通じた、合意形成の円滑化 ● VR 空間での即時的な空間検討による、創造的な対話の実現

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

- 参画促進とコミュニケーションの質的向上
 - 3D 都市モデルによる直感的な情報提示により、専門知識の有無に関わらず、参加者全員が議論の内容を具体的にイメージでき、建設的な意見交換が促進される
 - 立場の異なる参加者が、共通の視覚体験を通じて相互理解を深めることができる
- 創造的な議論とアウトプットの質的向上
 - 実際の模型と VR 空間の連動による具体的な空間体験を通じて、参加者の関心・探求心が向上し、新たなアイデアの創出が促進されることで検討内容が具体化される
- システムの運用性向上
 - システム開発により、様々な開発フェーズに対応できる汎用性を持たせたうえでワークショップの事前準備や企画のしやすさが向上する

2-2. 実証フロー

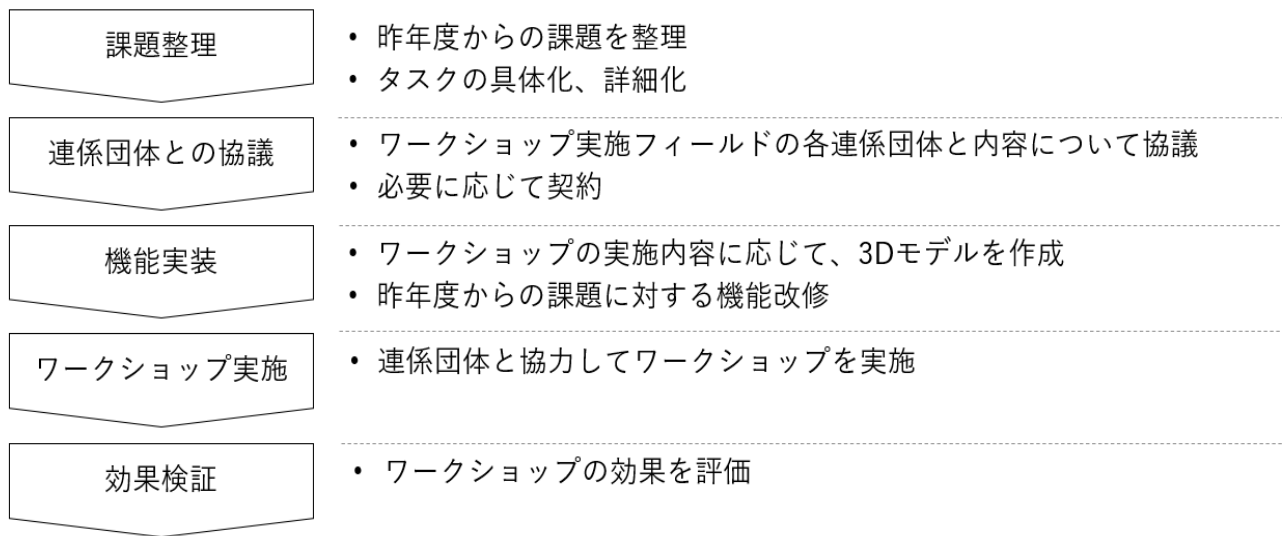


図 2-1 実証フロー

2-3. 検証ポイント

①コミュニケーションの質的向上

- 本システムの直観的な操作や 3D 都市モデルを活かしたリアルタイム可視化により、専門知識の有無に寄らずまちづくりのイメージを多角的に理解し、自分の意見を的確に他者に伝えることが容易になることで、コミュニケーションの質向上に繋がるかを確認する

②相互理解の深化

- 実体のある駒を用いながら、自らが持つまちづくりのイメージを他者に共有する、また、他者が持つまちづくりのイメージを理解することで、参加者間での相互理解が深まるかを確認する

③創造的な議論とアウトプットの質的向上

- 本システムの直観的な操作や 3D 都市モデルを活かしたリアルタイム可視化により、参加者の創造性や関連な議論を引き出し、新たなアイデアが創出されることで、検討内容が具体化されるかを確認する

④システムの運用性の向上

- 様々な開発フェーズへの適用を可能とする汎用性の実現に繋がるかを確認する
- 運営者の準備負担軽減と参加者の操作習熟時間の短縮に繋がるかを確認する

上記 4 点の検証ポイントは、【ワークショップの有用性検証】において検証結果を記載。

2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国交省 都市局	● プロジェクト全体ディレクション
	アクセントチュア	● 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
	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
	ミックス株式会社（再委託先）	● 3D モデル制作
実施協力	仙台市	● ワークショップの実施
	台東区・浅草エリアマネジメント団体	● ワークショップの実施
	独立行政法人都市再生機構 UR	● ワークショップの実施
	三菱地所	● ワークショップの実施

2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア

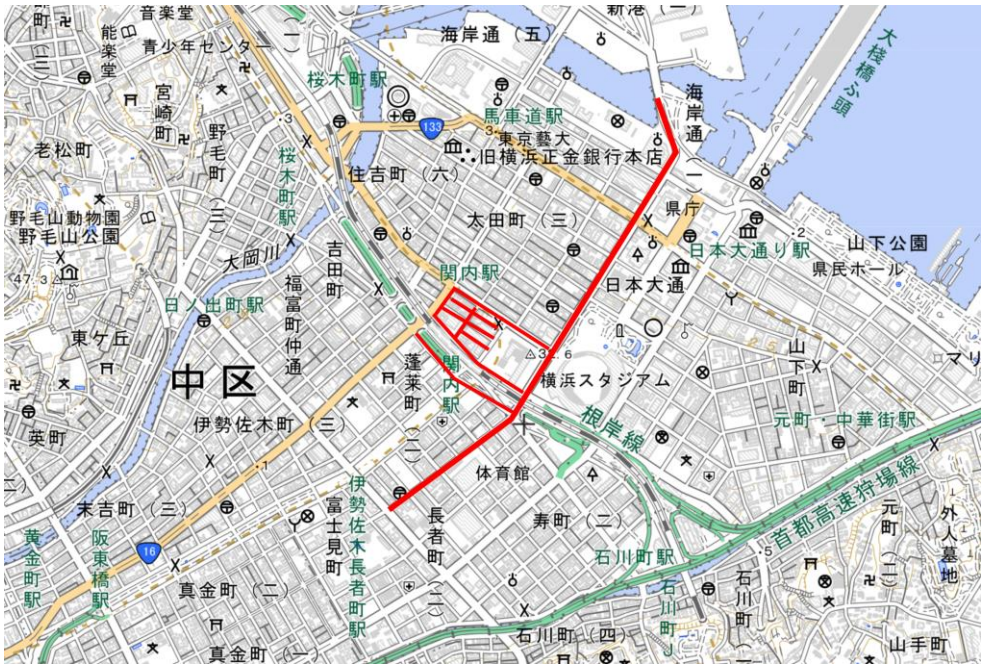
項目	内容
実証地	横浜市関内駅付近
面積	約 5km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	

表 2-3 実証エリア

項目	内容
実証地	宮城県仙台市駅前
面積	約 5km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	

表 2-4 実証エリア

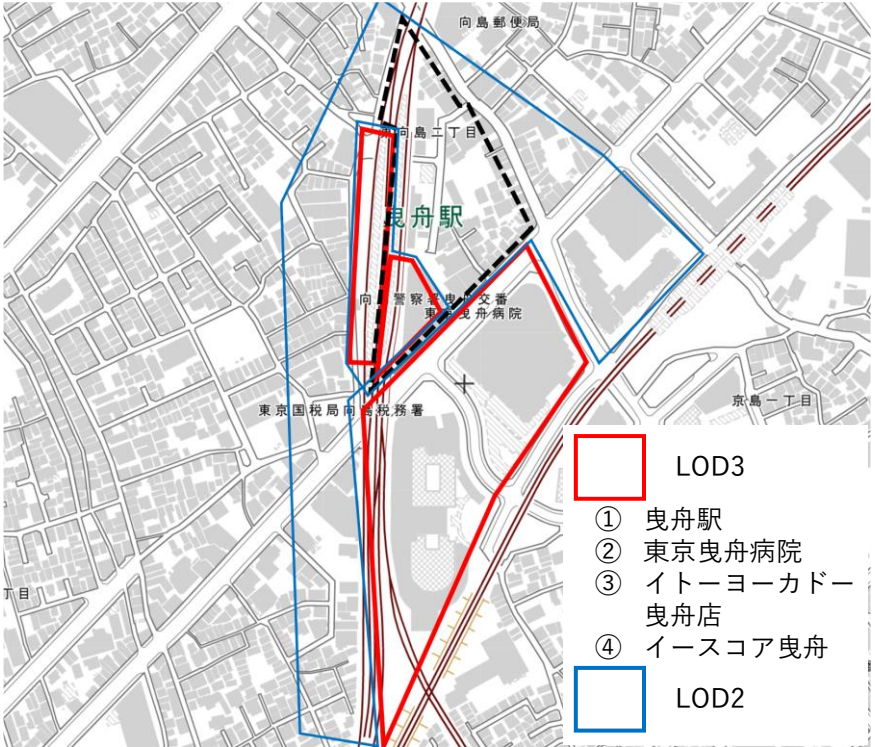
項目	内容
実証地	東京都 曳舟エリア
面積	約 5 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	 向島郵便局 向島二丁目 曳舟駅 向島警察交番 東京曳舟病院 東京国税局向島税務署 京島一丁目 □ LOD3 ① 曳舟駅 ② 東京曳舟病院 ③ イトーヨーカドー 曳舟店 ④ イースコア曳舟 □ LOD2

表 2-5 実証エリア

項目	内容
実証地	浅草六区エリア
面積	約 5 km ²
マップ (対象エリア は赤枠内)	 The map shows a street grid in Asakusa 6-chome. A red arrow points to a specific intersection labeled '浅草警察署公園六区交番' (Asakusa Police Station Park 6-chome Intersection). To the left, '浅草駅' (Asakusa Station) is marked with a green 'S' and a red dashed line. A blue line representing a river or canal is visible on the right side of the map. A label 'LOD3' is present in the upper right corner of the map area.

2-6. スケジュール

表 2-6 スケジュール

実施事項	2024 年									2025 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. ハードウェア改修		←→										
5. 結合テスト				←→								
6. ワークショップ実施 (関内、仙台市、台東区、UR)				←→								
7. 成果とりまとめ (技術検証レポート、OSS 等)								←→				

3. 開発スコープ

3-1. 概要

今回の実証実験では、前年度の開発成果を基盤として、システムの安定性向上とユーザビリティ改善を目的とした開発を実施した。開発は以下の3つのサブシステムに対して行っている。

まず、タンジブルユニットについては、ハードウェアの刷新と運用性の向上を図った。具体的には、最新のハードウェアへの換装検証を行うとともに、画像処理の最適化による処理速度の改善を実施した。また、周辺機器との接続方法を見直し、リモコンによる遠隔操作機能を実装することで、運用時の利便性を向上させた。さらに、エラー監視機能を強化し、システムの安定性とデバッグ性の向上を実現している。

次に、Web アプリケーションについては、駒の管理機能の強化を中心に改修を行った。カメラ駒へのラベル付与機能を新たに実装するとともに、駒の登録方法と管理方法を全面的に見直し、より効率的な運用を可能とした。最後に、VR アプリについては、システムの安定性向上と拡張性の確保を目指した開発を実施した。エラー監視機能を強化してデバッグ性を向上させるとともに、ベースモデルと特殊駒の外部化を実現した。特殊駒とは、通り全体の路面変更や都市設備の表示制御など、特別な機能を持たせた駒を指す。これらの外部化により、柔軟なカスタマイズと効率的な運用が可能となっている。

これら3つのサブシステムの改修により、システム全体の安定性とユーザビリティの向上を実現する。

3-2. 開発内容

本来、都市計画にはプランナーや設計者、地方公共団体担当者、地域住民といったあらゆる主体が関わり、相互に意見を交わしながら、可能な限り全員が納得感を得られるような形で進められるべきである。しかし、現状では、まちづくりに関わる人それぞれが持つ背景知識や空間認知能力の差など、非対称性によって生じるコミュニケーションのギャップが問題となり、各主体が相互に対話し理解を深めるための有効な機会が設けられているとはいいがたい。本プロジェクトでは、タンジブルインターフェースを用いた体験型のワークショップ手法を通じて、そのような課題を解消していくことを目的としている。

本プロジェクトでは、2023 年度までに開発してきた「[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](#)」を基礎として、タンジブルインターフェースの性能や使いやすさに関する課題を改善することで、より多くの現場で活用機会が得られ、多くの主体が直接的にまちづくりに参加できるような環境を提供する。また、過年度までの実証地である横浜市に加えて複数の都市計画の現場での利用を通じて、さまざまな場面で本システムを活用できるよう、より詳細な現場のニーズを反映し、社会実装に向けて汎用的なツール開発を目指す。

4. 実証システム

4-1. アーキテクチャ

4-1-1. システムアーキテクチャ

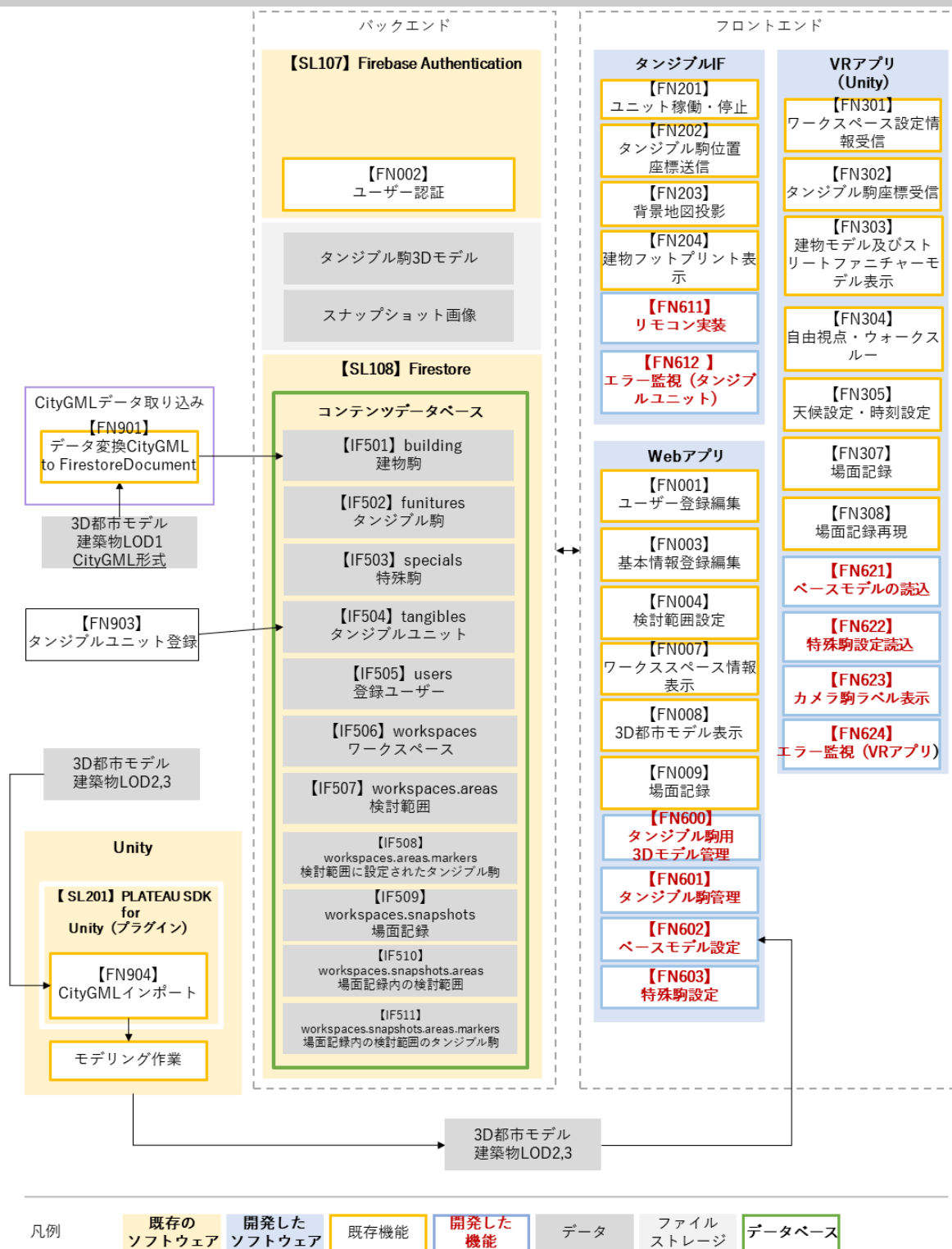


図 4-1 システムアーキテクチャ

4-1-2. データアーキテクチャ

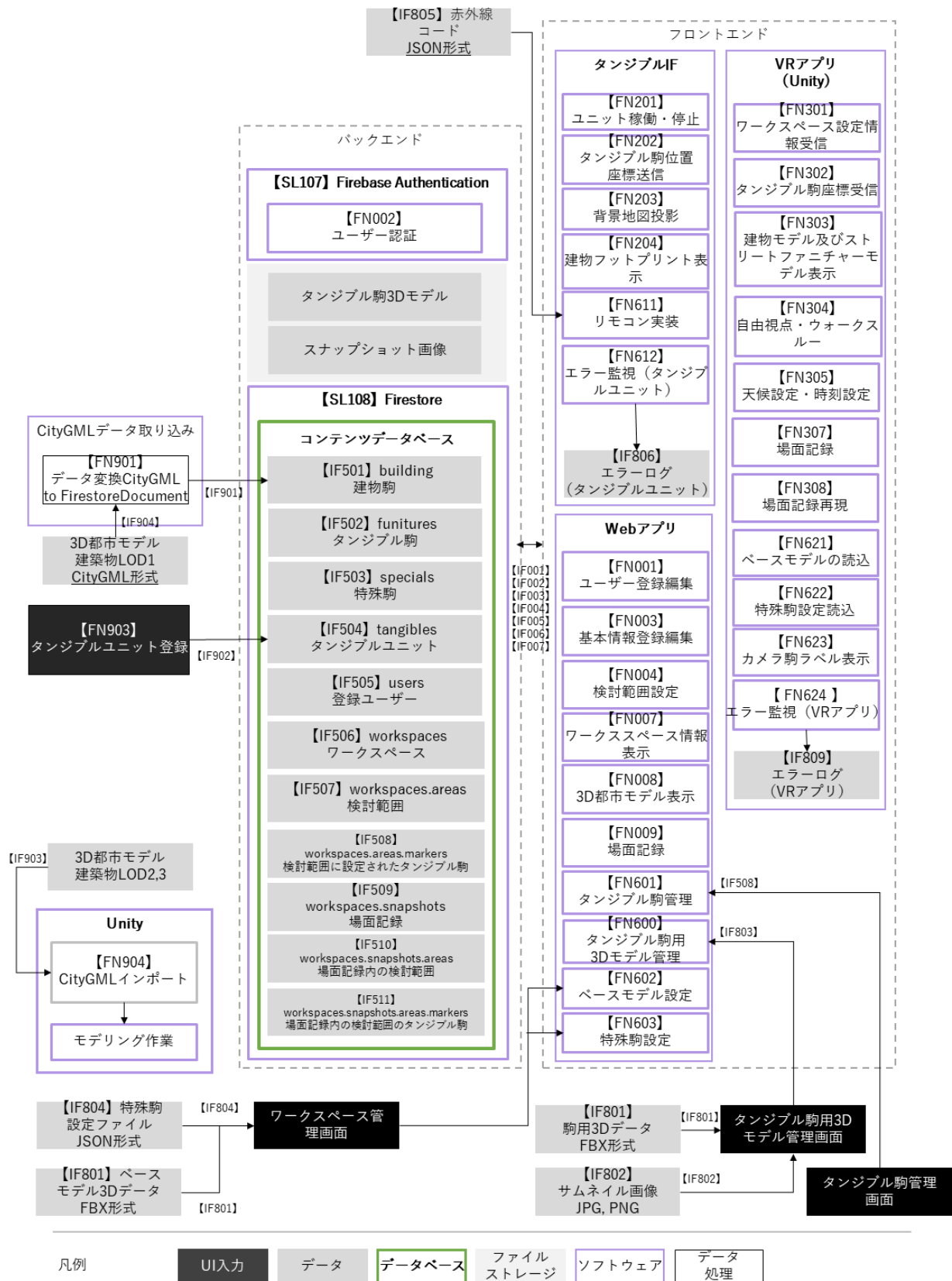


図 4-2 データアーキテクチャ

4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

4-1-3-1. 利用したハードウェア一覧

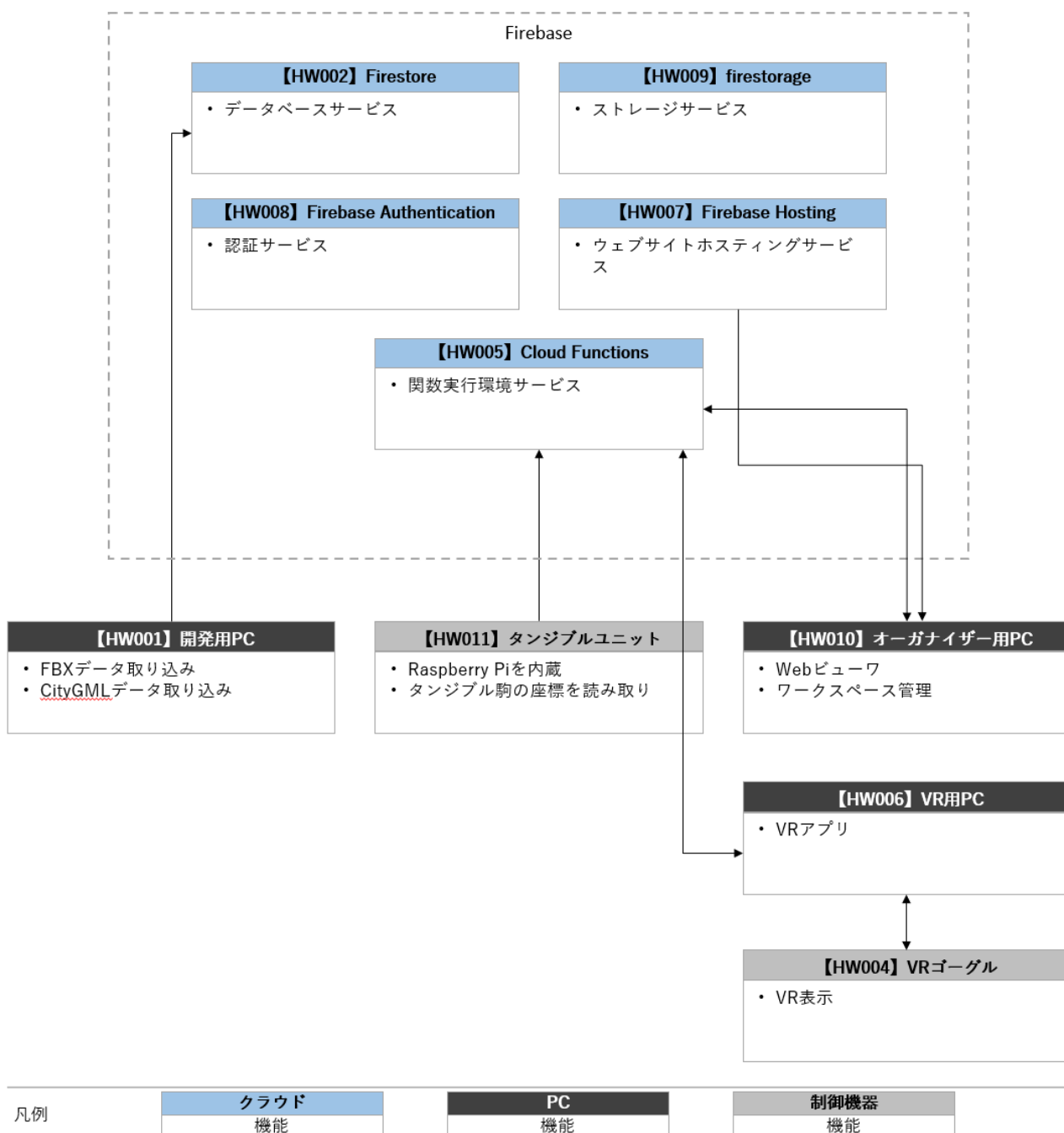


図 4-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 4-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	作業用 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
HW004	VR ゴーグル	Meta Quest 3	● Unity がレンダリングした VR 空間をウォークスルー
HW005	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
HW006	オーガナイザー PC	MacBookAir	● 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
HW007	Web 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
HW008	認証サービス	Fire Authentication	● ユーザー認証
HW009	ストレージサービス	Fire Storage	● 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
HW011	タンジブルインターフェース	Raspberry Pi5	● テーブル上の駒の座標を読み取ってクラウドに送信

4-1-3-2. 利用したハードウェア詳細

1) 【HW001】作業用 PC : MacBook Air (M2、2022)

- 選定理由
 - 普段から活用している
- 仕様・スペック
 - メモリ 24GB
 - SSD 2TB
- イメージ



図 4-4 MacBook Air¹ 6

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
- 仕様・スペック
 - ハードウェアの仕様やスペックは不明

¹ 公式 HP より抜粋 : <https://www.apple.com>

3) 【HW003】関数実行環境サービス：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は不明

4) 【HW009】ストレージサービス：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

5) 【HW008】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は不明

6) 【HW007】Web サイトホスティングサービス

- 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

7) 【HW005】 タンジブルインターフェース：Raspberry Pi5

- 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
 - Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz
 - 1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
 - 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
 - Gigabit Ethernet
 - 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
 - Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
 - 2 × micro-HDMI® ports (up to 4kp60 supported)
 - 2-lane MIPI DSI display port
 - 2-lane MIPI CSI camera port
 - 4-pole stereo audio and composite video port
 - H.265 (4kp60 decode) , H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
 - OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
 - Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
 - 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)
 - 5V DC via GPIO header (minimum 3A*)
 - Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
 - Operating temperature: 0 – 50 degrees C ambient
- イメージ



図 4-5 Raspberry Pi 5²

² 公式 HP より抜粋：<https://www.raspberrypi.com>

8) 【HW006】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
 - メモリ 24GB
 - SSD 2TB
- イメージ



図 4-6 オーガナイザー用 PC

9) 【HW004】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 4-7 Meta Quest 3³

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

4-2. システム機能

4-2-1. 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

※赤文字：新規開発・既存改修

表 4-2 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
	FN600	タンジブル駒用 3D モデル管理	● タンジブル駒に使用する 3D モデルを登録する ● 3D モデルは管理画面から FBX ファイルをアップロードできる
	FN601	タンジブル駒管理	● タンジブル駒はユーザーごとに管理し、すべてのワークスペース、および、利用するタンジブルユニットで共通化する
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 ● 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
	FN903	タンジブルユニット登録	● 使用可能なタンジブルユニットを登録する ● 登録済みのタンジブルユニットをワークスペースに紐付け可能 ● 管理者のみ操作可能
	FN901	データ変換 CityGML to Firestore	● CityGML から建物のフットプリント形状を取得してデータベースに登録
	FN602	ベースモデル設定	● ワークスペースで利用する地表や道路、駒と連動しない建物モデルなどをベースモデルと

			して登録
	FN603	特殊駒設定	● 通り全体を車道から芝生に変更したり、ガードレールを消したりなど、特別な機能を与えられた駒を特殊駒と呼称しているが、これら、特殊駒の設定情報を記述したファイルを登録
	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を投影
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 4-3 タンジブルインターフェース機能一覧

※赤文字：新規開発・既存改修

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
	FN202	タンジブル駒位置座標送信	● 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 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	背景地図投影	● タンジブルユニットが対応する範囲の 2 次元地図を背景としてテーブルトップに投影する
	FN611	リモコン実装	● ソフトウェアの再起動を実行する赤外線リモコンを実装
	FN612	エラー監視	● デバッグを効率化するためエラー監視を強化

2) VR システム機能一覧

表 4-4 VR システム機能一覧

※赤文字：新規開発・既存改修

分類	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
	FN621	ベースモデル読込	● 「ワークスペース情報 API」からベースモデルの URL を取得し、動的に読込
	FN622	特殊駒の読込	● 「ワークスペース情報 API」から特殊駒の設定情報を取得し、動的に読込
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ーリー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
	FN623	カメラ駒ラベル表示	● カメラ駒に設定されたラベルを表示することで、ユニット上に置かれた駒と画面に表示されたビューの対応を認識しやすくする
	FN305	天候設定・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	場面記録	● 「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	場面記録再現	● 「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
その他	FN624	エラー監視	● デバッグモードを実装し、エラーコードやメッセージ等を表示
	FN904	CityGML インポート	● CityGML を PLATEAU SDK for Unity を使ってインポート

4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

利用したソフトウェア、ライブラリを表に示す。なお、本業務において新規利用する要素を赤字で示す。

表 4-5 利用したソフトウェア・ライブラリ

※赤字：新規開発・既存改修

ID	項目	内容
SL001	FirestoreSDK	● Google 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	● サーバサイドで JavaScript を動作させるための環境
SL005	React.js	● JavaScript の UI ライブラリ
SL006	three.js	● Web で 3 次元データを扱う JavaScript ライブラリ
SL007	Firebase Authentication Google	● 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
SL013	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
SL014	pigpio	● RaspberryPI で赤外線信号のパターンを処理するためのライブラリ
SL015	TriLib2	● Unity 向けの 3D モデルローダー。さまざまな 3D ファイルフォーマットを Unity アプリケーション内で直接読み込むことができる

4-2-3. 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) Web アプリ機能

1. 【FN600】タンジブル駒用 3D モデル管理

● 機能概要

- 駒に使う 3D モデルを登録
 - ✧ 3D モデル管理用のメタデータを登録
 - ✧ 表示用サムネイル画像を登録
- 3D モデル、画像ファイルいずれも、FirebaseSDK を利用して Cloud Storage にファイルを格納
- メタデータは Firebase の SDK を利用して Firesore にファイルを格納
- 操作はすべて Web アプリの管理画面上で行う

● フローチャート

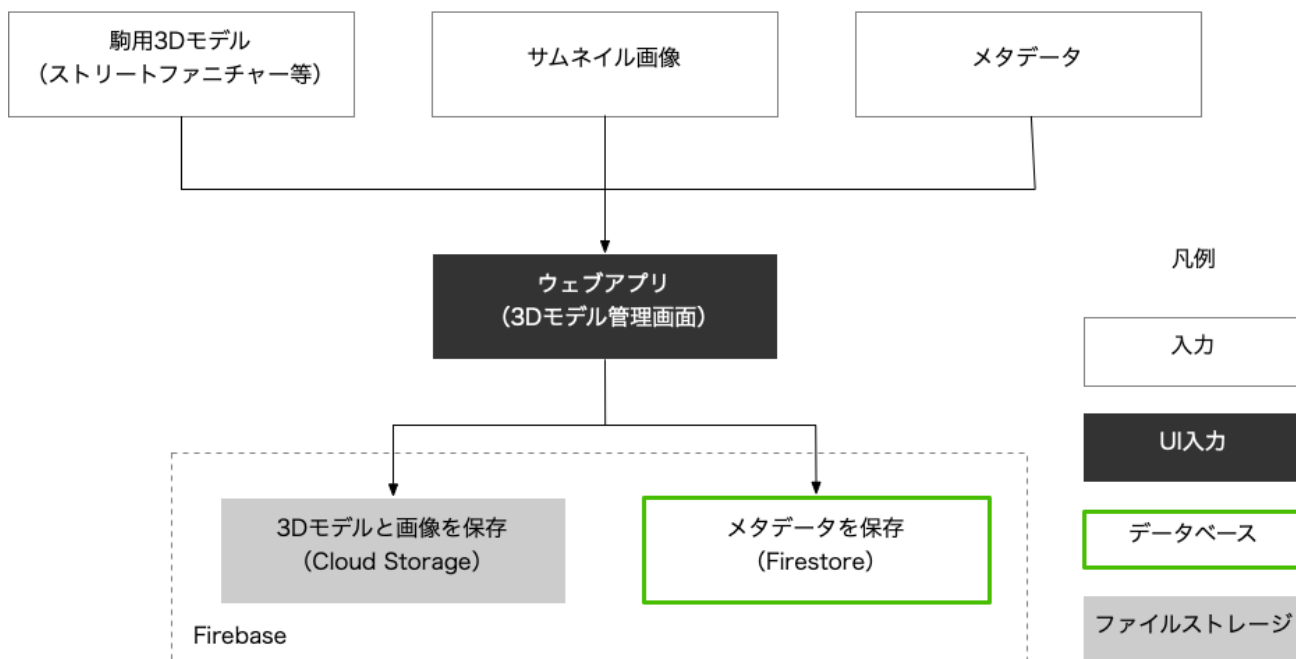


図 4-8 Web アプリと VR アプリのフローチャート_タンジブル駒用 3D モデル管理

● データ仕様

- 入力
 - ✧ 3D モデルデータ
 - 内容
 - 駒として使う 3D モデル
 - 形式

- Web フォームからアップロード
 - FBX
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF801】FBX を参照
- 入力
 - ◇ サムネイル画像データ
 - 内容
 - 駒として使う 3D モデルのサムネイル画像
 - 形式
 - Web フォームからアップロード
 - jpg,png
 - データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF802】サムネイル画像を参照
- 入力
 - ◇ 3D モデルのメタデータ
 - 内容
 - 登録する 3D モデルのメタデータ
 - 形式
 - Web フォームからテキスト形式で入力
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF803】3D モデルメタデータを参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 駒に使う 3D モデルを登録
 - ◇ 処理内容
 - Web フォームから 3D モデル（FBX データ）とサムネイル画像（jpg,png）をアップロード
 - Firebase の Cloud Storage に保存
 - メタデータを Firestore も保存
 - ◇ 利用するライブラリ
 - 【SL001】FirebaseSDK
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

2. 【FN601】タンジブル駒管理

- 機能概要

- タンジブル駒を登録
 - ✧ 参照する 3D モデルを指定して登録
 - ✧ 参照するマーカーID を指定して登録
- 参照情報は Firebase の SDK を利用して Firestore にファイルを格納
- 操作はすべて Web アプリの管理画面上で行う

- フローチャート

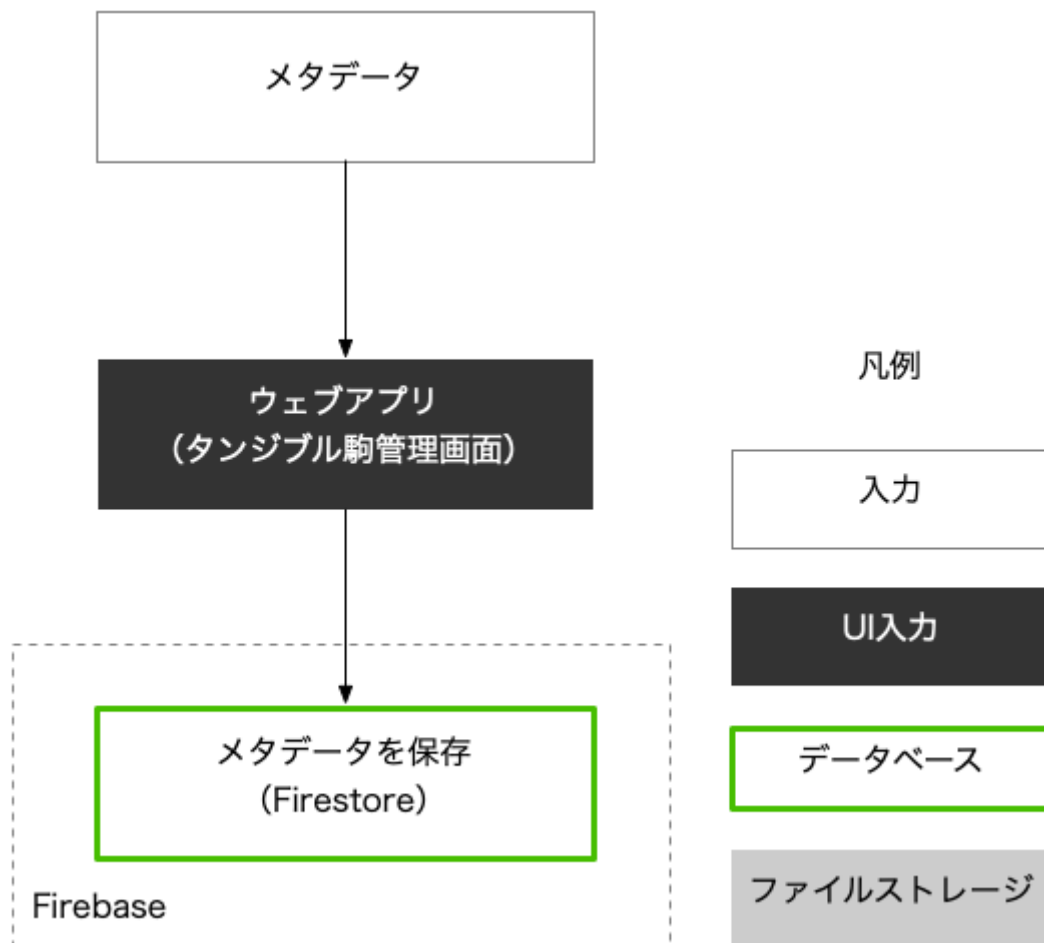


図 4-9 Web アプリと VR アプリのフローチャート_タンジブル駒管理

- データ仕様

- 入力
 - ✧ タンジブル駒設定情報
 - 内容
 - 参照する 3D モデルの ID
 - 参照するマーカーの ID
 - 駒のタイプ

- 形式
 - Web フォームからテキスト形式で入力
- データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF508】workspaces.areas.markers を参照
- 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 駒情報を登録
 - ◇ 処理内容
 - Web フォームから駒情報をアップロード
 - メタデータを Firestore に保存
 - ◇ 利用するライブラリ
 - 【SL001】FirebaseSDK
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

3. 【FN602】 ベースモデル設定

- 機能概要
 - ワークスペースで利用する地表や道路、駒と連動しない建物モデルなどをベースモデルと呼ぶ
 - ベースモデルを FBX 形式で登録

- フローチャート

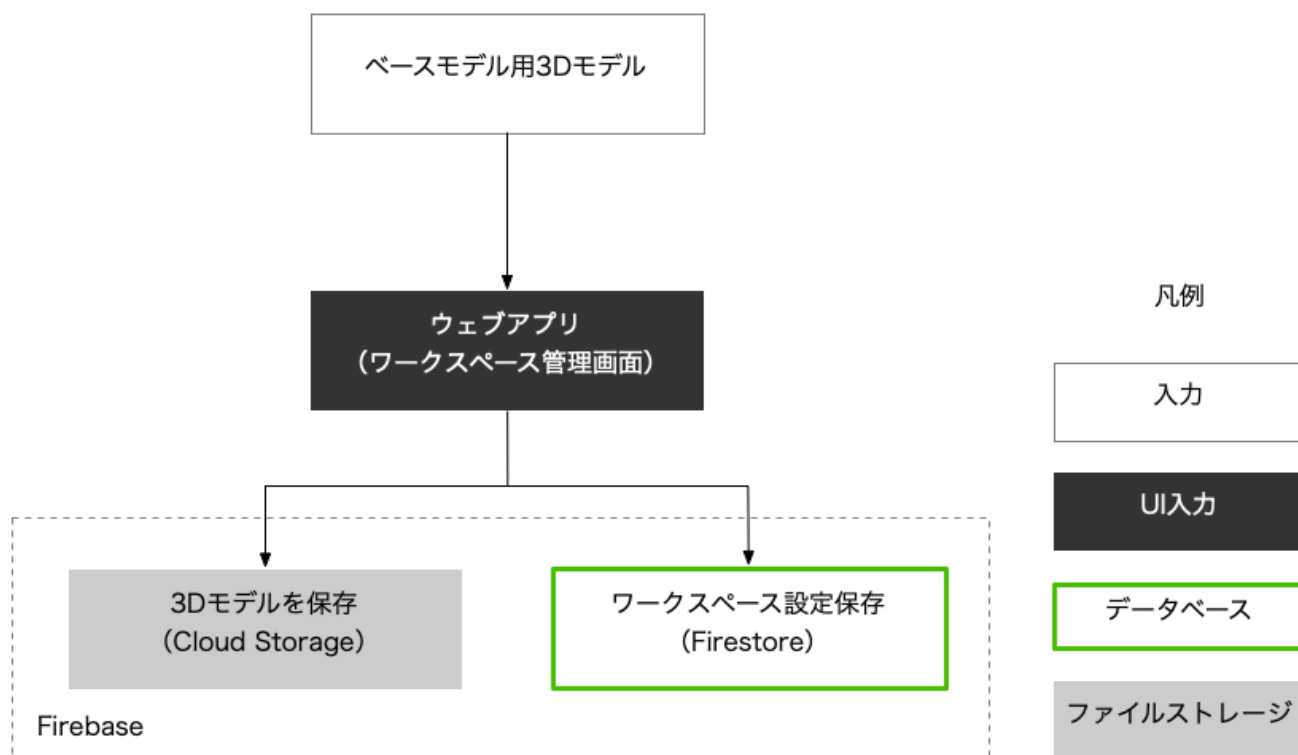


図 4-10 Web アプリと VR アプリのフローチャート_ベースモデル設定

- データ仕様
 - 入力
 - ◇ 3D モデルデータ
 - 内容
 - ベースモデルとして使う 3D モデル
 - 形式
 - Web フォームからアップロード
 - FBX
 - データ詳細
 - ファイル入力インターフェース【IF801】駒用 3D データを参照
 - 出力
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - ベースモデルに使う 3D モデルを登録
 - ◇ 処理内容

- Web フォームから 3D モデル (FBX データ) をアップロード
- Firebase の Cloud Store に保存
- ✧ 利用するライブラリ
 - 【SL001】 FirebaseSDK
- ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

4. 【FN621】 ベースモデルの読込

- 機能概要

- Web アプリでワークスペースに設定されたベースモデルの 3D データを Unity アプリでダウンロードして利用する機能

- フローチャート

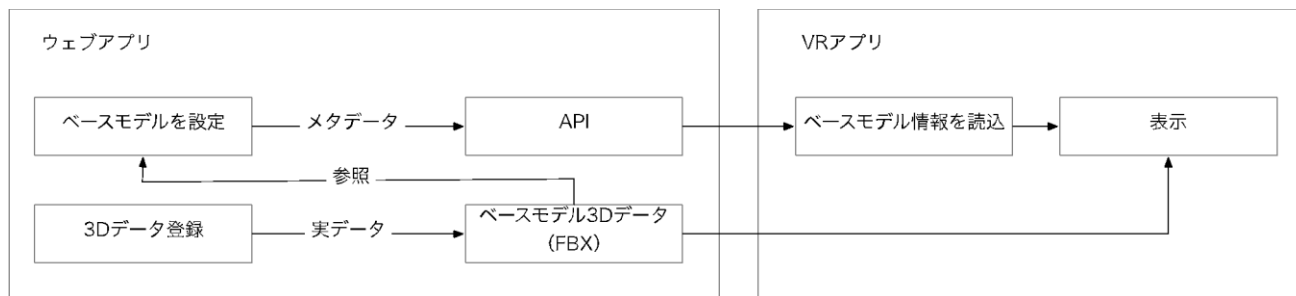


図 4-11 Web アプリと VR アプリのフローチャート_ベースモデル設定

- データ仕様

- 入力

- ✧ API からダウンロードパスを取得してベースモデルの 3D データをダウンロード
 - 3D データ (FBX)
- ✧ ワークスペース情報
 - データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF004】ワークスペース API

- 出力

Unity アプリ内利用

- 機能詳細

- ベースモデル取得

- ✧ 処理内容

- API をコール
- ワークスペースの情報を取得、ベースモデルの 3D データのダウンロードパスを参照
- ベースモデルの 3D データをダウンロード
- 内部利用

- ✧ 利用するライブラリ

- 【SL002】 Unity
- 【SL015】 TriLib2

- ✧ 利用するアルゴリズム

- なし

5. 【FN603】特殊駒設定

● 機能概要

- 通り全体を車道から芝生に変更したり、ガードレールを消したりなど、特別な機能を与えられた駒を特殊駒と呼ぶ
- ユニット上に配置してイベントを発火することができる
- 特殊駒の設定情報を記述したファイルを登録

● フローチャート

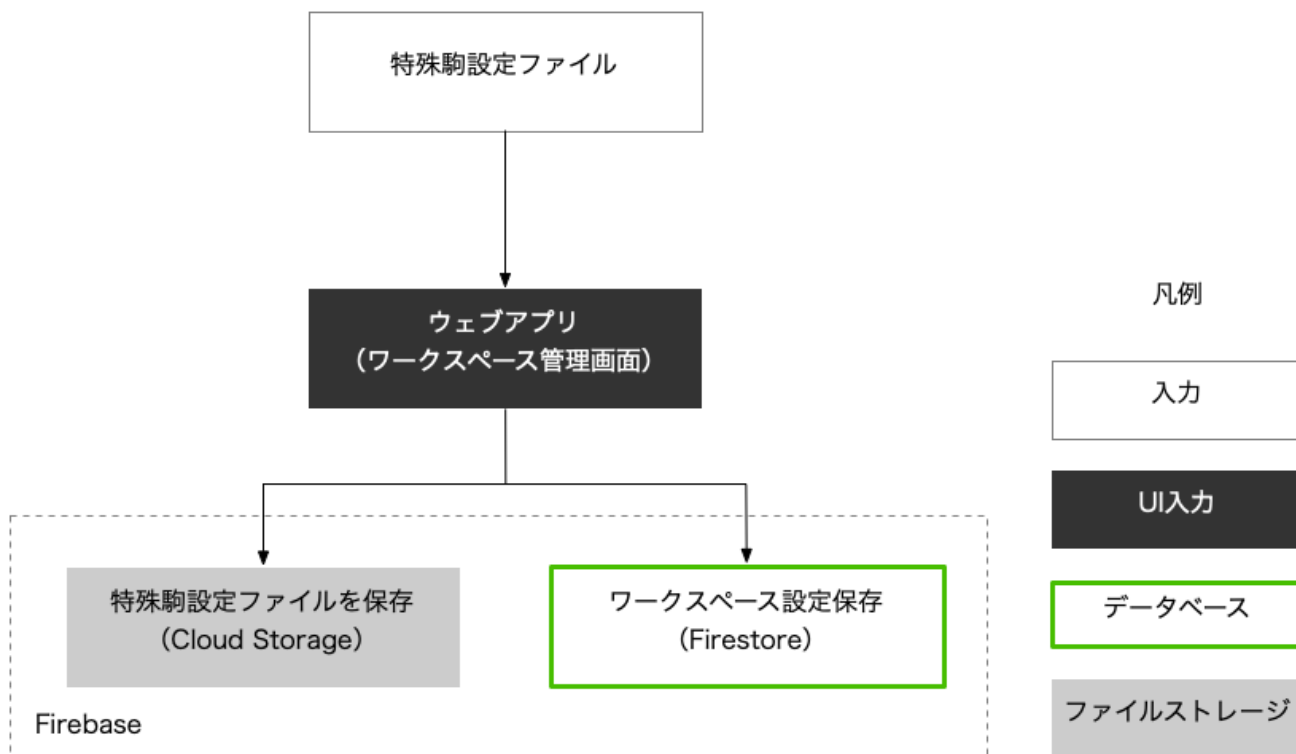


図 4-12 Web アプリと VR アプリのフローチャート_特殊駒設定

● データ仕様

➤ 入力

◇ 特殊駒設定ファイル

● 内容

- イベント発火時にベースモデル内のオブジェクトに対する挙動を指示
- 挙動として、オブジェクトを消すか表示するかを指定できる

● 形式

- Web フォームからアップロード
- JSON

● データ詳細

- ファイル入力インタフェース【IF804】特殊駒設定ファイルを参照

◇ 出力

- なし
- 機能詳細
 - 特殊駒設定ファイルを登録
 - ✧ 処理内容
 - Web フォームから設定ファイル（JSON）をアップロード
 - Firebase の Cloud Store に保存
 - ✧ 利用するライブラリ
 - 【SL001】 FirebaseSDK
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

6. 【FN622】特殊駒設定読込

- 機能概要
 - 特殊駒の設定情報をダウンロードして読み込み
- フローチャート

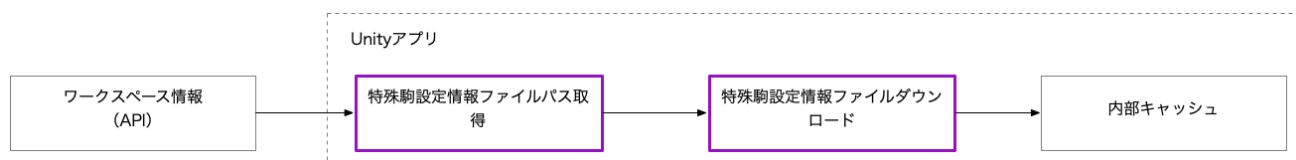


図 4-13 特殊駒設定読込のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ ワークスペース情報 API
 - 内容
 - ワークスペースに関する情報を集約した API
 - 特殊駒設定ファイルのダウンロードパスが含まれる
 - 形式
 - API
 - 返却値 JSON
 - データ詳細
 - 内部連携インターフェース【IF004】ワークスペース API を参照
 - ✧ 出力
 - なし（内部キャッシュ）
- 機能詳細
 - 特殊駒設定ファイルを読込
 - ✧ 処理内容

- API をコール
- 返却値を内部キャッシュして利用
- ✧ 利用するライブラリ
 - なし
- ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

7. 【FN611】リモコン実装

- 機能概要
 - タンジブルユニットのソフトウェアの再起動を実行する赤外線リモコンを実装
 - 市販の赤外線リモコンを使用
 - リモコンからの信号を受信してソフトウェアを制御

- フローチャート

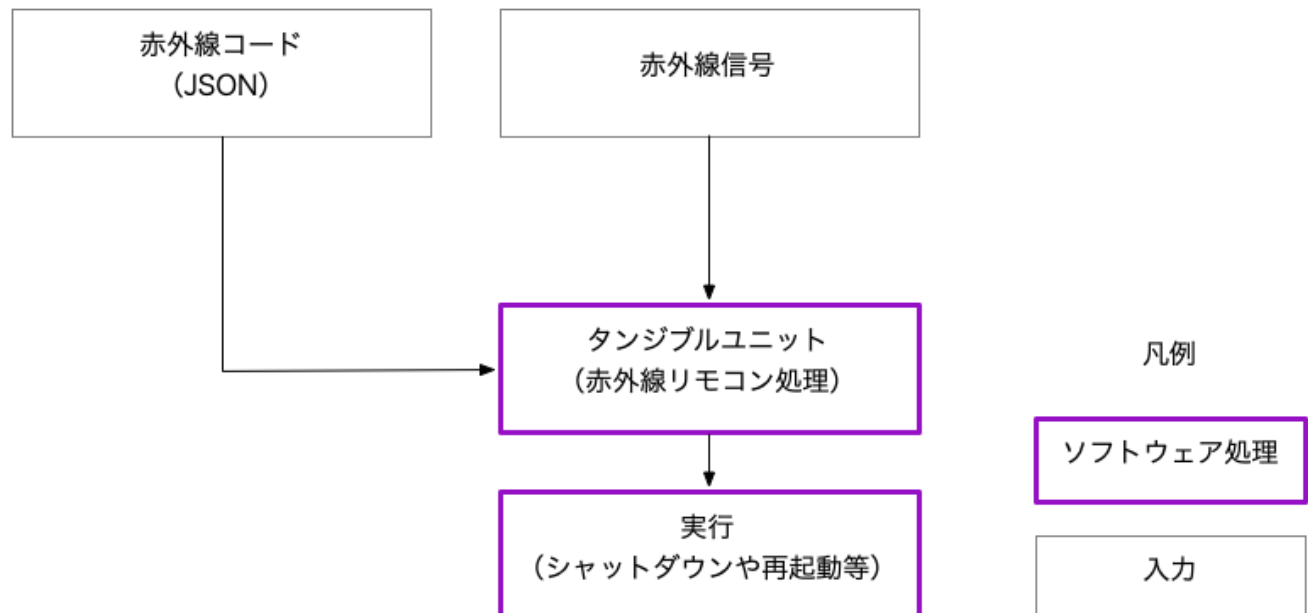


図 4-14 赤外線リモコンのフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ 赤外線リモコンからの信号
 - 内容
 - Raspberry Pi のシャットダウン
 - Raspberry Pi の再起動
 - 実行中のプログラムを停止
 - プログラムを再起動
 - 形式

- 赤外線信号（IR）を受信モジュールで受信
- データ詳細
 - ファイル入力インタフェース【IF805】赤外線コードを参照
- 出力
 - ✧ なし
- 機能詳細
 - 赤外線リモコンをつかってユニットを制御
 - ✧ 処理内容
 - 赤外線信号を受信して対応するコードを返却する
 - コードに対応する処理を実行する
 - ✧ 利用するライブラリ
 - 【SL014】 pigpio
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

8. 【FN612】エラー監視（タンジブルユニット）

- 機能概要
 - タンジブルユニットのデバッグを効率化するためエラー監視を強化
 - 通信エラーなどを監視、エラーが発生した場合画面上にエラーメッセージを表示する
- フローチャート

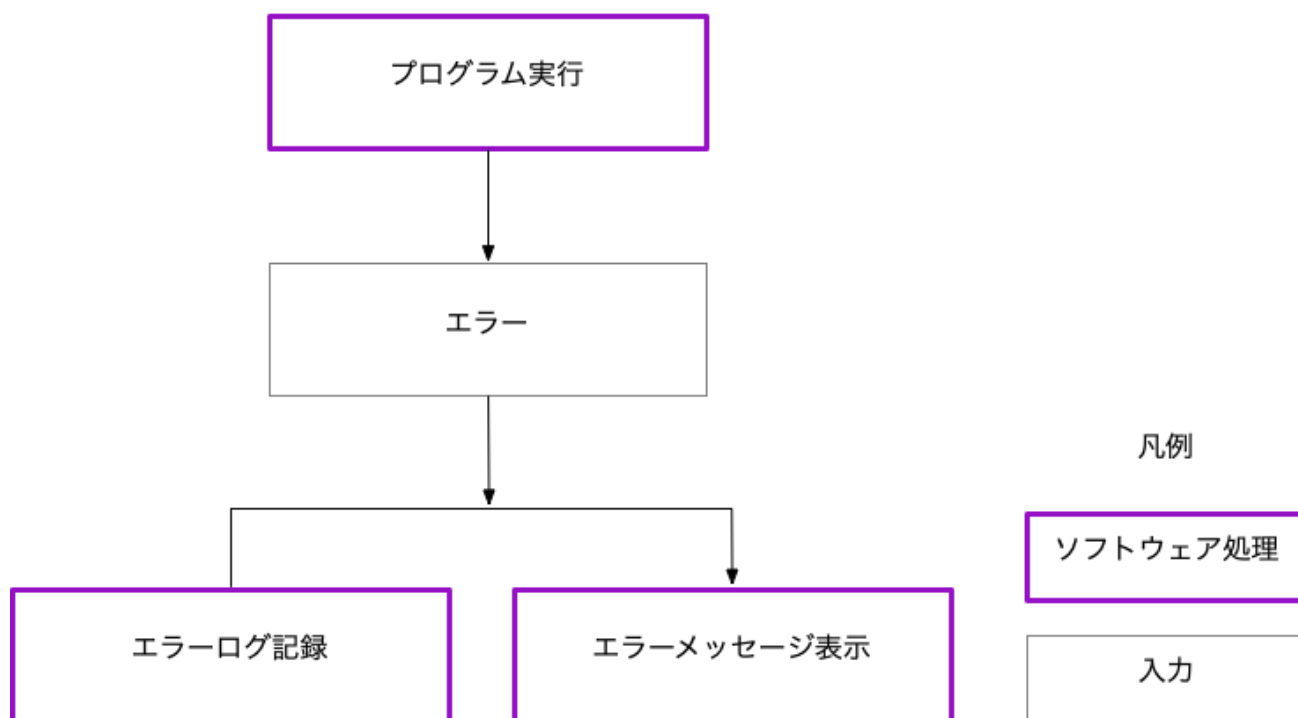


図 4-15 エラー監視（タンジブルユニット）のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ プログラムの処理を実行中にエラーが発生
 - 内容
 - ネットワーク通信エラー
 - サーバーからのエラーレスポンス
 - 地図データの取得・保存失敗
 - ArUco マーカー検出エラー
 - システムの異常終了
 - 形式
 - ✧ 各処理からのエラーオブジェクト
 - データ詳細
 - ✧ なし
- 出力
 - エラーログ
 - ✧ 内容
 - エラーログ
 - ✧ 形式
 - エラーメッセージの文字列
 - ✧ データ詳細
 - ファイル出力インタフェース【IF806】エラーログ（タンジブルユニット）を参照
- 出力
 - エラーメッセージ画面出力
 - ✧ 内容
 - エラーメッセージ
 - ✧ 形式
 - エラーメッセージの文字列
 - ✧ データ詳細
 - 内部連携インタフェース【IF807】エラーメッセージ一覧（タンジブルユニット）を参照
- 機能詳細
 - エラー内容をログファイルに出力する
 - ✧ 処理内容
 - 各処理の中で発生するエラーオブジェクトを補足
 - 処理に応じたエラーメッセージをログファイルに書き込み
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

- エラー内容を画面に表示
 - ✧ 処理内容
 - 各処理の中で発生するエラーオブジェクトを補足
 - 処理に応じたエラーメッセージを画面表示
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

9. 【FN624】エラー監視（VR アプリ）

- 機能概要
 - VR アプリのデバッグを効率化するためエラー監視を強化
 - 通信エラーなどを監視、エラーが発生した場合画面上にエラーメッセージを表示する

- フローチャート

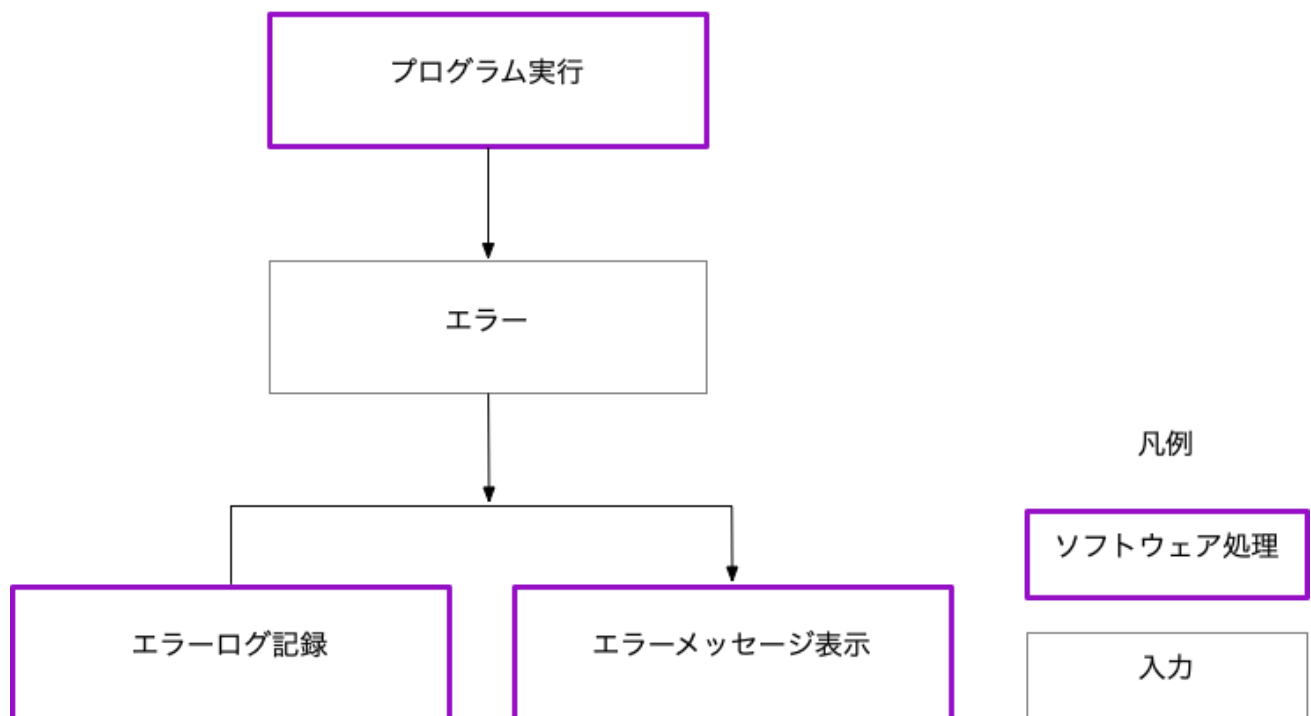


図 4-16 エラー監視（VR アプリ）のフローチャート

- データ仕様
 - 入力
 - ✧ プログラムの処理を実行中にエラーが発生
 - 内容
 - Http 通信エラー
 - UDP 通信エラー

- Firebase 通信エラー
 - 3D モデルインポートエラー
 - 形式
 - 各処理からのエラーオブジェクト
 - データ詳細
 - なし
- 出力
 - ✧ エラーログ
 - 内容
 - エラーログ
 - 形式
 - エラーメッセージの文字列
 - データ詳細
 - ファイル出力インタフェース【IF809】エラーログ（VR アプリ）を参照
- 機能詳細
 - エラー内容をログファイルに出力する
 - ✧ 処理内容
 - 各処理の中で発生するエラーオブジェクトを補足
 - 処理に応じたエラーメッセージを画面表示
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし
 - エラー内容を画面に表示
 - ✧ 処理内容
 - 各処理の中で発生するエラーオブジェクトを補足
 - 処理に応じたエラーメッセージを画面表示
 - ✧ 利用するライブラリ
 - なし
 - ✧ 利用するアルゴリズム
 - なし

10. 【FN001】ユーザー登録編集

- 機能概要
 - アプリの利用ユーザーを登録
- フローチャート

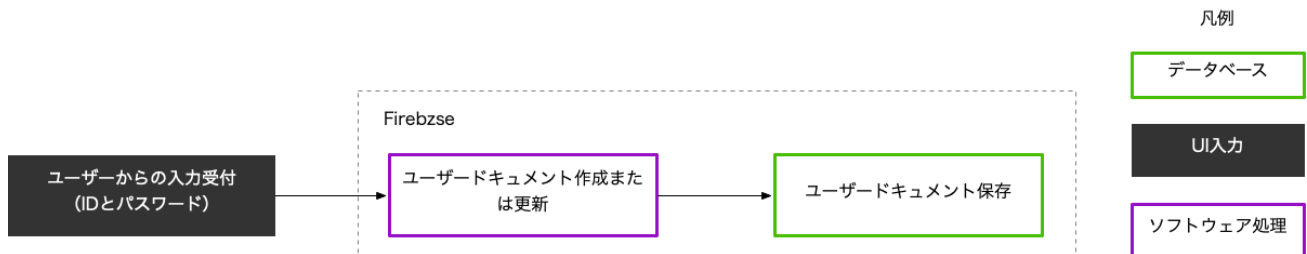


図 4-17 ユーザー認証のフローチャート

- 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 に新規ユーザー登録または更新
 - ✧ 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

11. 【FN002】ユーザー認証

- 機能概要
 - アプリの利用ユーザーを認証
- フローチャート

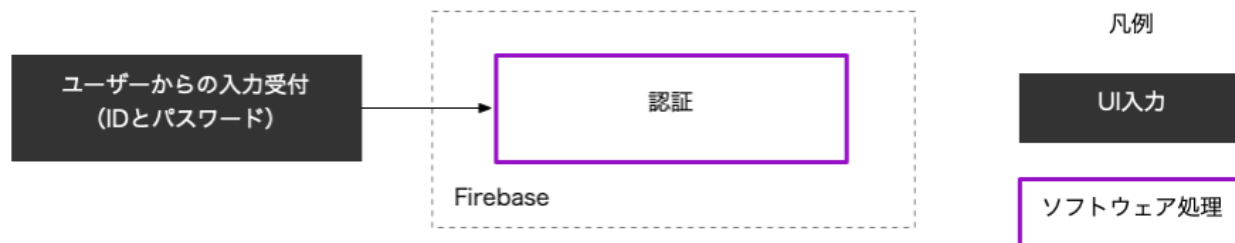


図 4-18 ユーザー認証のフローチャート

- データ仕様
 - 関連する主なコレクション
 - ◇ 【IF505】 users
- 機能詳細
 - ユーザー認証
 - ◇ 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

12. 【FN003】基本情報登録編集

- 機能概要
 - ワークスペースのタイトルや説明を登録・編集
- フローチャート

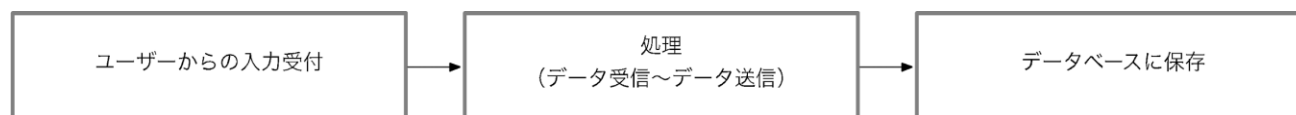


図 4-19 基本情報登録のフローチャート

- データ仕様
 - 関連する主なコレクション
 - ◇ 【IF506】 workspaces

- 機能詳細
 - 基本情報登録編集
 - ◇ 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

13. 【FN004】 検討範囲設定

- 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
- フローチャート

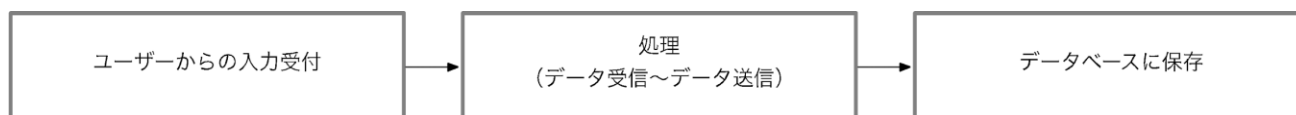


図 4-20 検討範囲設定のフローチャート

- データ仕様
 - 関連する主なコレクション
 - ◇ 【IF507】 workspaces.areas
 - ◇ 【IF504】 tangibles
- 機能詳細
 - 検討範囲設定
 - ◇ 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

14. 【FN901】データ変換 CityGML to Firestore

- 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
- フローチャート

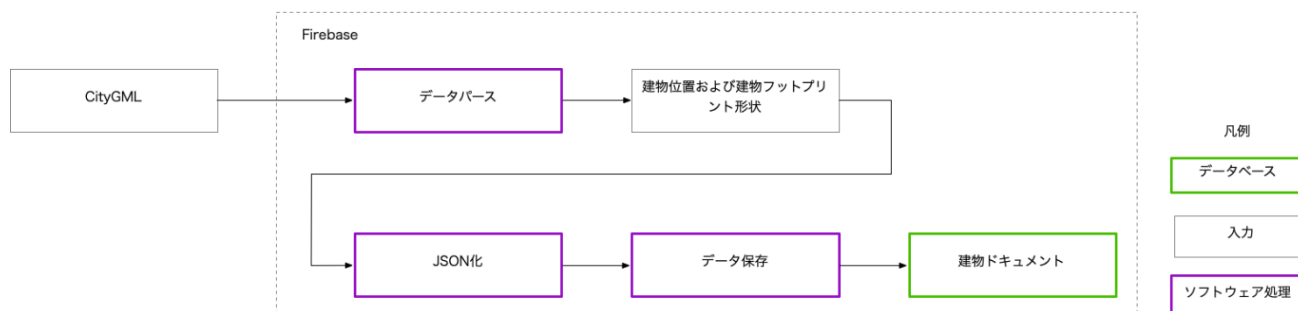


図 4-21 データ変換 CityGML to Firestore フローチャート

- 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抽出
 - ✧ 建物オブジェクトのうち、形状情報(LOD1)を抽出
 - ✧ 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

15. 【FN903】タンジブルユニット登録

- 機能概要
 - Firebase にタンジブルユニットを登録
- フローチャート

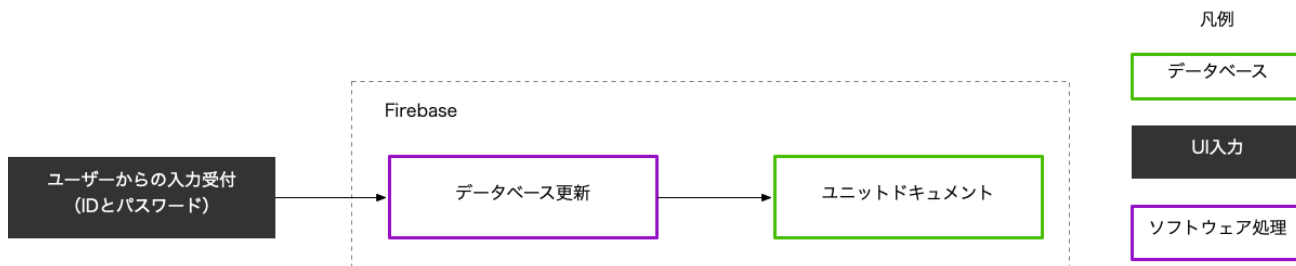


図 4-22 【FN903】タンジブルユニット登録 のフローチャート

- 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

16. 【FN904】CityGML インポート

- 機能概要
 - PLATEAU SDK for Unity を使って 3D 都市モデルをインポート
- フローチャート

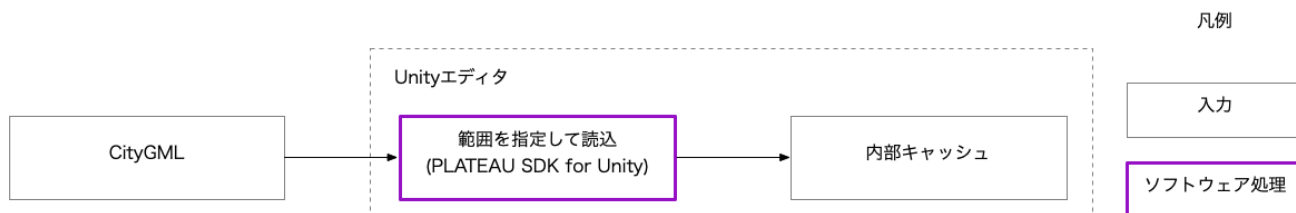


図 4-23 【FN904】CityGML インポート のフローチャート

- 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【IF903】PLATEAU Unity for 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
 - ✧ 読み込み範囲を指定
- 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

17. 【FN007】 ワークスペース情報表示

- 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
- フローチャート

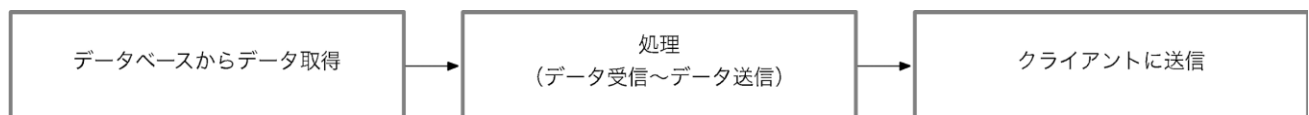


図 4-24 ワークスペース情報表示のフローチャート

- データ仕様
 - 関連する主なコレクション
 - ✧ 【IF506】 workspaces
 - ✧ 【IF507】 workspaces.areas
 - ✧ 【IF508】 workspaces.areas.markers
 - ✧ 【IF509】 workspaces.snapshots
- 機能詳細
 - ワークスペース情報表示
 - ✧ 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

18. 【FN008】 3D 都市モデル表示

● 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

● フローチャート

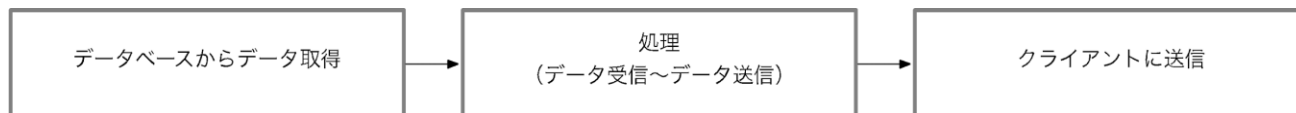


図 4-25 3D 都市モデル表示のフローチャート

● データ仕様

- 関連する主なコレクション
 - ◇ 【IF510】 workspaces.snapshots.areas
 - ◇ 【IF511】 workspaces.snapshots.areas.markers
 - ◇ 【IF501】 buildings

● 機能詳細

➤ 3D 都市モデル表示

◇ 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 Firestorage
- 【SL006】 Three.js

◇ 利用するアルゴリズム

- なし

19. 【FN009】場面記録

● 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

● フローチャート

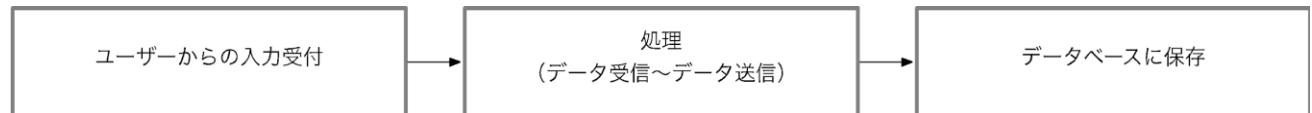


図 4-26 場面記録のフローチャート

● データ仕様

- 関連する主なコレクション
 - ◇ 【IF509】 workspaces.snapshots
 - ◇ 【IF510】 workspaces.snapshots.areas
 - ◇ 【IF511】 workspaces.snapshots.areas.markers

● 機能詳細

- 場面記録
 - ◇ 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 Firestorage
 - ◇ 利用するアルゴリズム
 - なし

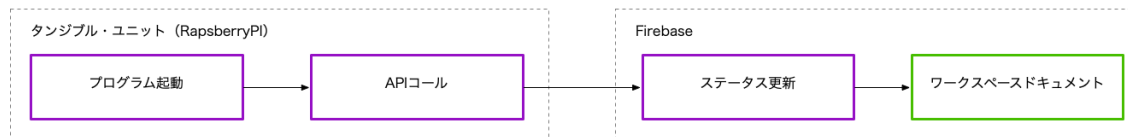
20. 【FN201】ユニットの稼働・停止

- 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

- フローチャート

プログラム起動時



プログラム終了時

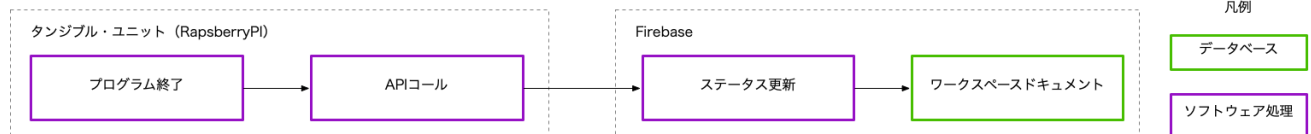


図 4-27 タンジブルユニットの起動・停止のフローチャート

- データ仕様

- 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)/activate (起動)

- ✧ 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)/inactivate (停止)

- 機能詳細

- タンジブル駒位置座標読取

- ✧ 処理内容

- 自身の ID を指定してリクエスト

- ✧ 利用するライブラリ

- なし

- ✧ 利用するアルゴリズム

- なし

21. 【FN202】タンジブル駒位置座標送信

- 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

- フローチャート

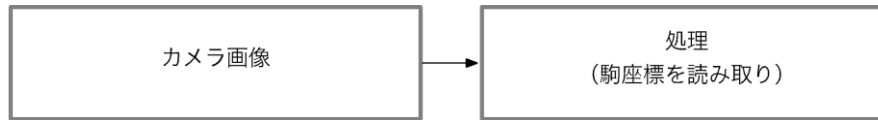


図 4-28 タンジブル駒位置座標読み取りのフローチャート

- データ仕様

- 利用する API

- ✧ 【IF003】タンジブルユニット API

- /tangibles/post

- 機能詳細

- タンジブル駒位置座標読み取り

- ✧ 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

22. 【FN203】背景地図投影

- 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

- フローチャート

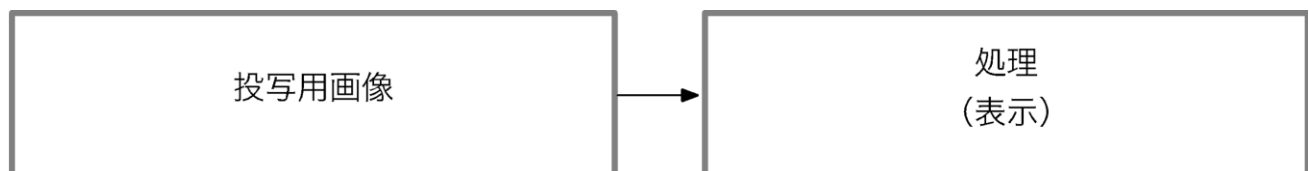


図 4-29 背景地図投影のフローチャート

- データ仕様

- 利用する API

◇ 【IF003】 タンジブルユニット API

- /tangibles/(:tangibleId)/map

- 機能詳細

- 背景地図投影

- ◇ 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

23. 【FN204】 建物フットプリント投影

- 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

- フローチャート

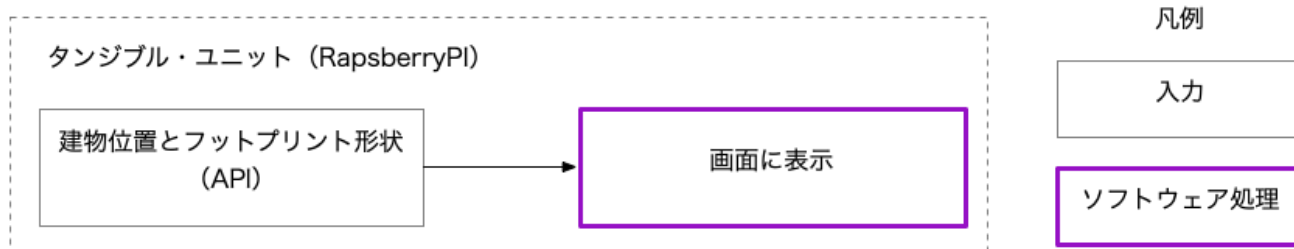


図 4-30 建物フットプリント投影のフローチャート

- 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

24. 【FN301】ワークスペース設定情報受信

- 機能概要

- 接続するワークスペースの設定情報を取得

- フローチャート

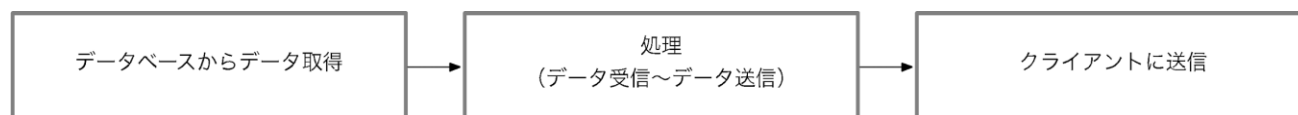


図 4-31 ワークスペース設定情報受信のフローチャート

- データ仕様

- 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

- タンジブル駒座標受信

- ✧ 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
- 各種情報を素に初期設定

- ✧ 利用するライブラリ

- なし

- ✧ 利用するアルゴリズム

- なし

25. 【FN302】タンジブル駒座標受信

- 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

- フローチャート

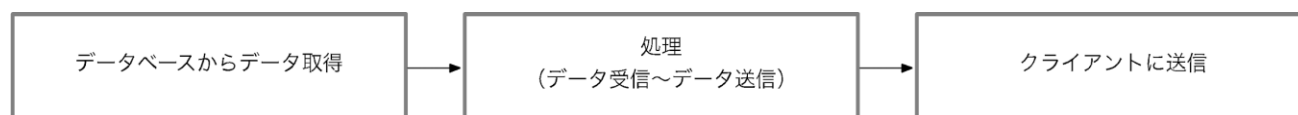


図 4-32 タンジブル駒座標受信のフローチャート

- データ仕様

- 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

- タンジブル駒座標受信
 - ✧ 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

26. 【FN303】建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示

- 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

- フローチャート

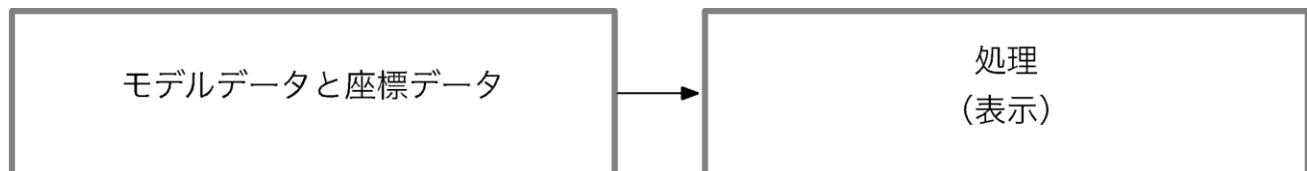


図 4-33 建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示のフローチャート

- データ仕様

- 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

- 建物モデル及びストリートファニチャーモデル表示
 - ✧ 処理内容
 - 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
 - なし

27. 【FN304】自由視点・ウォークスルー

- 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
- フローチャート

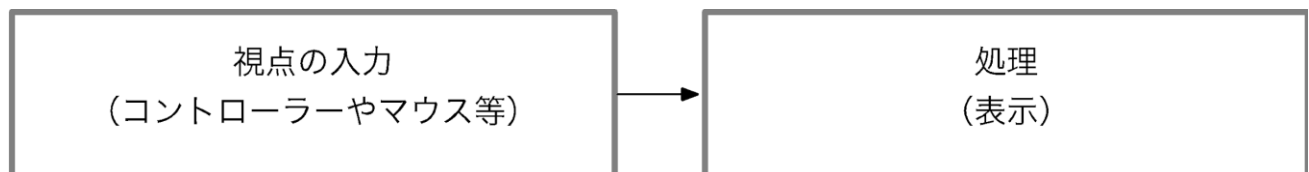


図 4-34 視点・ウォークスルーのフローチャート

- データ仕様
 - 利用する API
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 自由視点・ウォークスルー
 - ◇ 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

28. 【FN623】カメラ駒ラベル表示

● 機能概要

- アプリ上に表示されるビューとカメラ駒の対応がわかるようにカメラ駒に設定されたラベルを表示する
- 情報は API から取得

● フローチャート

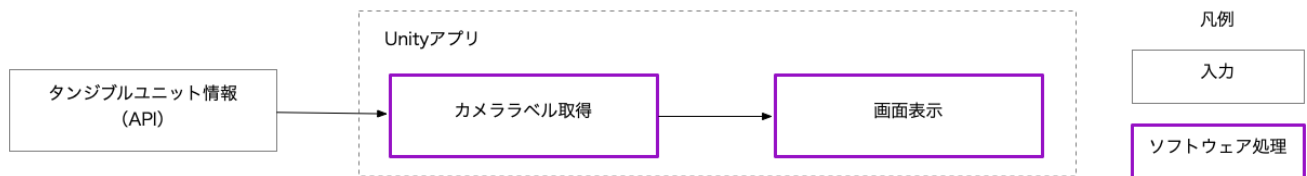


図 4-35 カメラ駒ラベル表示のフローチャート

● データ仕様

➤ 入力

- ◇ タンジブルユニットの設定情報を API で取得

● 内容

- カメラ ID
- カメララベル

● 形式

- API
- 返却値は JSON

● データ詳細

- 内部関係インターフェース 【IF004】 ワークスペース API

➤ 出力

- ◇ 画面表示

● 機能詳細

- アプリのビューと対応するカメラのラベルを画面に表示

◇ 処理内容

- API でカメラ情報を取得
- 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

29. 【FN305】天候設定・時刻設定

- 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

- フローチャート

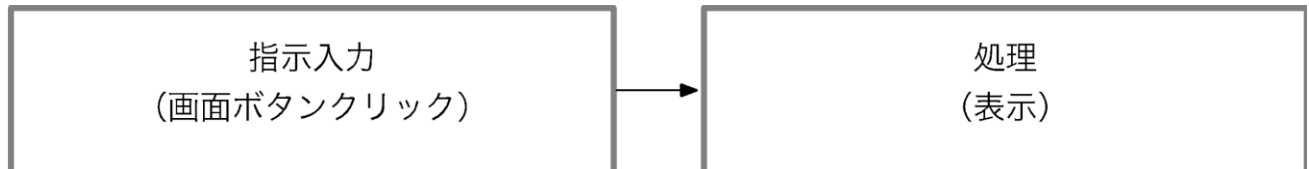


図 4-36 天候設定のフローチャート

- データ仕様
 - 利用する API
 - ◇ なし
- 機能詳細
 - 天候設定
 - ◇ 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

30. 【FN307】場面記録

- 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）

- フローチャート

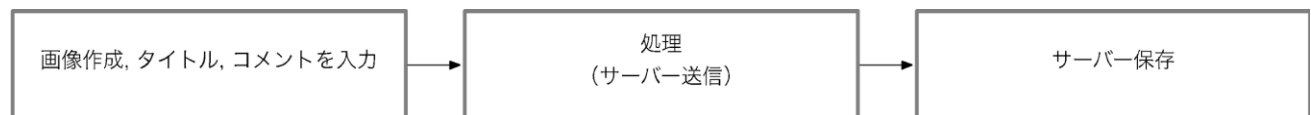


図 4-37 場面記録のフローチャート

- データ仕様

- 利用する API
 - ◇ 【IF005】スナップショット API
 - /workspaces/ (:wsID) /snapshots/ (:snapID)

- 機能詳細

- 場面記録
 - ◇ 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

31. 【FN308】場面記録再現

- 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

- フローチャート

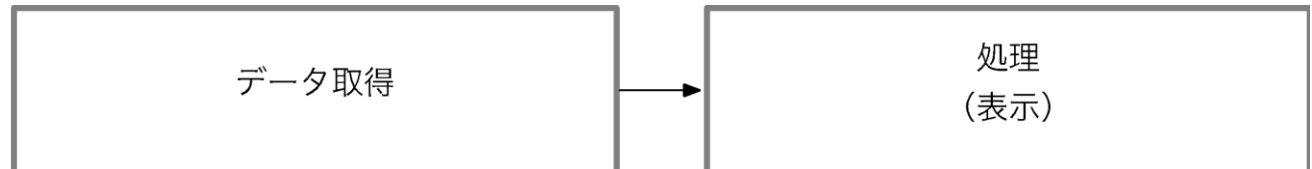


図 4-38 場面記録再現のフローチャート

- データ仕様

- 利用する API
 - ◇ 【IF005】スナップショット API
 - /workspaces/ (:wsID) /snapshots/ (:snapID)

- 機能詳細

- 場面記録再現
 - ◇ 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

4-3. アルゴリズム

4-3-1. 利用したアルゴリズム

なし

4-3-2. 開発したアルゴリズム

なし

4-4. データインタフェース

4-4-1. ファイル入力インタフェース

1) 【IF805】 赤外線コード

利用するリモコンの各ボタンの信号を記録して、pigpio で解析できる形式で JSON ファイルとして保存しておく。

- インタフェースの概要
 - 赤外線コードのパターン
- 本インタフェースを利用した機能
 - **【FN611】** 赤外線リモコン対応

表 4-6 【JF805】のデータ構造

キー	値	形式
任意のキー名	赤外線の信号パターン	配列形式

データサンプル

```
# keys.json
```

```
{ "proc_restart": [9029, 4469, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 543, 582,  
543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582,  
543, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582,  
543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582],  
  
"proc_stop": [9029, 4469, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 543, 582, 543,  
582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 543,  
582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543,  
582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 1668, 582],  
  
"raspi_restart": [9029, 4469, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 543, 582,  
543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582,  
543, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668,  
582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582],  
  
"raspi_stop": [9029, 4469, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 543, 582,  
543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582,  
543, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 543, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582, 1668, 582,  
543, 582, 543, 582, 1668, 582, 543, 582, 543, 582],  
  
...  
}
```

2) 【IF801】FBX

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN600】タンジブル駒用 3D モデル登録
 - 【FN602】ベースモデル設定

表 4-7 【IF801】の対応フォーマット

項目	フォーマット	型
3D モデル	FBX	バイナリ

3) 【IF802】サムネイル画像

- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN600】タンジブル駒用 3D モデル登録

表 4-8 【IF802】の対応フォーマット

項目	フォーマット	型
画像	JPG、PNG	バイナリ

4) 【IF804】特殊駒設定ファイル

- インタフェースの概要
 - 特殊駒使用時のベースモデルの挙動について記載
 - FBX の階層構造を利用してオブジェクトを指定
 - JSON 形式で保存
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN603】特殊駒設定

表 4-9 【IF804】の対応フォーマット

大項目	説明	値
baseCoordinates	ベースモデルの原点に対応する地理座標	object
baseCoordinates.lng	ベースモデルの原点に対応する地理座標の経度	double
baseCoordinates.lat	ベースモデルの原点に対応する地理座標の緯度	double
respawnPoint	VR プレイヤーおよびドローンカメラの初期位置の地理座標	object
respawnPoint.lng	VR プレイヤーおよびドローンカメラの初期位置の地理座標の経度	double
respawnPoint.lat	VR プレイヤーおよびドローンカメラの初期位置の地理座標の緯度	double

	ラの初期位置の地理座標の緯度	
objects	ベースモデルに含まれるメッシュ オブジェクトに関するデータの配 列	object 配列
name	ベースモデルに含まれるメッシュ オブジェクトの名称	string
active	ベースモデルに含まれるメッシュ オブジェクトの表示と当たり判定 のマスター設定	bool
renderer	ベースモデルに含まれるメッシュ オブジェクトの表示設定	bool
collider	ベースモデルに含まれるメッシュ オブジェクトの当たり判定設定	bool
eventData	特殊駒に対応したイベントのデー タ	object
eventData.eventCode	特殊駒に対応したイベントの番号	int
eventData.onPut	対応する特殊駒が配置された際の イベント（Appear=表示、Hide=非 表示、None=アクション無し）	object
eventData.onRemove	対応する特殊駒が取り除かれた際 のイベント（Appear=表示、Hide= 非表示、None=アクション無し）	object
eventData.comment	特殊駒に対応したイベントについ てのコメント	string

- データサンプル

```
# sample.json

{
  "baseCoordinates": {
    "lng": 140.88125,
    "lat": 38.2625
  },
  "respawnPoint": {
    "lng": 140.88088495211384,
    "lat": 38.26092880261538
  },
  "objects": [
    {
      "name": "BaseModel_Sendai",
      "active": true,
      "renderer": false,
      "collider": false,
      "eventData": {
        "eventCode": 0,
        "onPut": "",
        "onRemove": "",
        "comment": ""
      }
    }
  ],
}
```

- データサンプル

```
{
  "name": "BaseModel_Sendai/04100_sendai-shi_city_2022_citygml_3_op",
  "active": true,
  "renderer": false,
  "collider": false,
  "eventData": {
    "eventCode": 0,
    "onPut": "",
    "onRemove": "",
    "comment": ""
  },
  ...
},
]
```

5) 【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
 - Node.js で実装
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN901】 データ変換 CityGML to FirestoreDocument

6) 【IF902】 Firebase コンソール

- インタフェースの概要
 - Firebase が用意する Web 画面情報の管理画面
 - 3D ファイル (FBX) を直接アップロードしている
- 本インタフェースを利用した機能
 - ストリートファニチャーの 3D モデルをアップロードする際に使用

7) 【IF903】 PLATEAU Unity SDK

- インタフェースの概要
 - PLATEAU の 3D 都市モデルを Unity にインポートする機能を備える
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN902】 Firebase コンソール

8) 【IF904】 Node.js

- インタフェースの概要
 - Node.js から OS のファイルシステムを利用してファイルをメモリ上に展開
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN901】 データ変換 CityGML to FirestoreDocument

4-4-2. ファイル出力インタフェース

1) 【IF806】 エラーログ（タンジブルユニット）

- インタフェースの概要
 - ソフトウェア内で発生したエラーのログ
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN612】 エラー監視（タンジブルユニット）

表 4-10 【IF806】のエラーログ内容

エラー種別	エラー内容	ログメッセージ	処理
ネットワークエラー	サーバーに接続できない	[Exe]Network connection lost	アラート表示、継続実行
HTTP エラー	404 Not Found, 403 Forbidden, 500 Internal Server Error	[Exe]postrequest failed...¥n<res.text>	アラート表示、異常終了
ArUco マーカー検出 エラー	OpenCV からのエラー など	[Exe]Error:OpenCV processing failed	アラート表示、継続実行
地図データ取得エラー	HTTP リクエスト が 404 や 403 を返す	[Exe] set_map invalid URL...¥n<res.text>	アラート表示、異常終了
画像保存エラー	/home/pi/plateau_select/image/ に保存失敗	[Exe] No image was found...len(image): 0	アラート表示、継続実行
プログラム異常終了	例外が発生	[Exe] Error: <exception message>	ログ出力、プログラム終了
再起動指示	result == RESTART_CODE (400)	[Exe]### restart_code :400	sys.exit(40)
提示指示	result == END_CODE (500)	[Exe] ### end_code :500	sys.exit(0)

2) 【IF809】エラーログ（VR アプリ）

- インタフェースの概要
 - ソフトウェア内で発生したエラーのログ
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN624】エラー監視（VR アプリ）

表 4-11 【IF809】のエラーログ内容

エラー種別	エラー内容	ログメッセージ	処理
Http 通信エラー	Web アプリとの Http 通信に失敗またはエラーが返ってくる	UnityWebRequestException: HTTP/1.1 <エラーメッセージ>	ログ表示、継続実行
UDP 通信エラー	UDP 通信でソケットへのアクセスに失敗	Socket Exception.	ログ表示、継続実行
Firebase 通信エラー	Firebase へのアクセスに失敗	Firebase Exception	アラート表示、継続実行
3D モデルインポートエラー	3D モデルインポートに失敗	TriLibCore.General.ContextualizedError	アラート表示、継続実行

4-4-3. 内部連携インタフェース

1) 【IF501】buildings

建物。一般建築物。アプリ上不変データ

表 4-12 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 4-13 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 4-14 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 4-15 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

<pre>{ workspaceID: number, areaID: number center: { lat: number, lng: number }, zoom: number, }</pre>
--

※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 4-16 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 4-17 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	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 4-18 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 4-19 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 4-20 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 4-21 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 4-22 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

<pre>{ lat: number, lng: number, alt?: number }</pre>

※2: 北を 0 ラジアンとしたマーカーの向き情報

12) 【IF807】 エラーメッセージ一覧（タンジブルユニット）

タンジブルユニットが画面表示に対応しているエラーメッセージ。

- 概要
 - エラーメッセージ
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN612】エラー監視（タンジブルユニット）

表 4-23 【IF807】のエラーメッセージ内容

エラー種別	表示メッセージ	補足説明
Http 通信エラー	UnityWebRequestException: HTTP/1.1 <エラーメッセージ>	API との Http 通信に失敗
UDP 通信エラー	Socket Exception.	UDP 通信でソケットへのアクセスに失敗
Firebase 通信エラー	Firebase Exception	Firebase へのアクセスに失敗
3D モデルインポートエラー	TriLibCore.General.ContextualizedError	ファイル破損などによるベースモデルおよび事物の 3D モデルのインポートに失敗
Null 参照エラー	Null Reference Exception	アクセスした参照変数が参照を持っていない
その他のプログラムエラー	An unexpected error occurred.¥nPlease contact administrator.¥n¥n<エラーメッセージ>	例外発生時

13) 【IF808】 エラーメッセージ一覧 (VR アプリ)

VR アプリで画面表示に対応しているエラーメッセージ。

- 概要
 - エラーメッセージ
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN624】 エラー監視 (VR アプリ)

表 4-24 【IF808】 のエラーメッセージ内容

エラー種別	表示メッセージ	補足説明
ネットワーク エラー	Network connection lost.¥n¥nWait for automatic reconnection or¥nrestart the app with your remote control	サーバーまたは インターネット に接続できない 場合
HTTP エラー (404Not Found)	Requested resource was not found.¥nPlease contact administrator.¥n¥n<エラーレスポンス>	指定されたデー タがサーバー上 に存在しない
HTTP エラー (403 Forbidden)	Access denied.¥nPlease check your authentication or contact administrator.	認証・認可エラー (権限不足)
HTTP エラー (500 Internal Server Error)	Server error occurred.¥nPlease try again later or contact administrator.	サーバー側の問 題 (メンテナン ス・障害など)
JSON デコード エラー	Invalid data format received.¥nPlease contact administrator.	受信データが不正な場合 (JSON 解析失敗)
地図データ取 得エラー	Failed to load map data.¥nPlease try again or contact administrator.	地図画像取得で エラー発生時
地図データ保 存エラー	Failed to save map image.¥nCheck disk space or file permissions.	/home/pi/... へ の保存失敗
ArUco マーカ ー検出エラー	Error in marker detection.¥nPlease adjust camera position or lighting.	OpenCV でエラ ー発生時 (カメラ の問題など)
リモコンによ る再起動指示	System will restart now.	result== RESTART_CODE (400)
リモコンによ る停止指示	System will shut down now.	result == END_CODE (500)

その他のプログラムエラー	An unexpected error occurred.¥nPlease contact administrator.¥n¥n<エラーメッセージ>	例外発生時
--------------	--	-------

14) 【IF803】 3D モデルメタデータ

- 概要
 - 登録される 3D モデルのメタデータのデータ構造
 - コレクション名：funitures
- 本インターフェースを利用した機能
 - 【FN600】 タンジブル駒用 3D モデル登録

表 4-25 【IF803】 のデータ使用

項目	内容	型
Created	作成日	Time Stamp
Creator	作成者の参照 ID	String
Modified	変更日	Time Stamp
Name	3D モデルの名前	String
ObjName	3D モデルのファイルのパス	String
Organizations	利用可能な組織の参照 ID	Array
Thumbnail	サムネイル画像ファイルのパス	String
Type	タイプ	String

4-4-4. 内部連携インターフェース（API）

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。

- 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***

1) 【IF001】建物駒 API

/buildings/ (:gmlID)

- インタフェースの概要
 - 単一の建物駒の情報を取得
- 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、【FN008】3D モデル表示
- 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": *****
}
```

2) 【IF002】ストリートファニチャーAPI

Furniture/furnitures/ (:frnlID)

- インタフェースの概要
 - ストリートファニチャー情報を取得
 - 一覧は複数のストリートファニチャーのデータが配列で返却される
- 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）

表 4-26 レスポンスサンプル（通常時）

属性	説明	値のレンジ	必須	例
Id	データベース内での識別子	String	✓	-
type	駒の種類を示す	String	✓	Car
Keyword	検索用のキーワード	Array	-	“車”, “car”
name	駒の表示名	String	✓	Fairlady Z
description	駒の説明	String	-	日産のスポーツカー
created-by	駒の作成者のデータベース内での識別子	String	✓	-
objName	3D データの参照ファイル名（カメラ駒の場合は不要）	String	-	Fairlady_Z.fgb
thumbnail	サムネイル画像の参照ファイル名（カメラ駒の場合は不要）	String	-	Fairlady_Z.jpg
objUrl	3D データのダウンロード URL	String	-	-
thumbUrl	サムネイル画像のダウンロード URL	String	-	-
license	駒のライセンス情報	String	-	CC-BY4.0
acr	アクセス権限のあるユーザーの ID を列挙	Array	✓	“xxx”, “yyy”, “zzz”
created	駒の作成日	Timestamp	✓	2024-05-22T16:37

● 駒のサンプルデータ

```
{
  id: xxxx,
  type: "Car",
  keyword: ["車", "car"],
  name: "Fairlady Z",
  description: "Fairlady Z Nissan",
  created-by: xxxx,
  objName: "Fairlady_Z.fbx",
  thumbnail: "Nissan_Z_Proto_2020.png",
  objUrl: "https://xxxx/xxxx/Fairlady_Z.fbx",
  thumbUrl: "https://xxxx/xxxx/Nissan_Z_Proto_2020.png",
  license: "CC-BY 4.0",
  acr: [xxx,yyy,zzz],
  timestamp: "2024-05-22T16:37"
}
```

表 4-27 レスポンスサンプル (カメラ)

属性	説明	値のレンジ	必須	例
id	データベース内での識別子	String	✓	-
type	駒の種類を示す、カメラ駒は「Camera」	String	✓	Camera
keyword	検索用のキーワード	Array	-	"カメラ", "camera"
name	駒の表示名	String	✓	人の目線 (大人)
description	駒の説明	String	-	大人の目線 (地上高 150cm)、標準レンズのカメラ
created-by	駒の作成者のデータベース内での識別子	String	✓	-
angle	カメラの画角 (カメラレンズの焦点距離を 35mm フィルム換算)	Number	✓	35
height	カメラの地表からの高さ (cm)	Number	✓	150
tilt	カメラの垂直方向の角度 (度)	Number	✓	180
acr	アクセス権限のあるユーザーの ID を列挙	Array	✓	"xxx", "yyy", "zzz"
created	駒の作成日	Timestamp	✓	2024-05-22T16:37

- カメラ駒のサンプルデータ

```
{
  id: xxxx,
  type: "Camera",
  keyword: ["カメラ", "camera"],
  name: "人の目線（大人）",
  description: "大人の目線（地上高 150cm）、標準レンズのカメラ",

  created-by: xxxx,
  angle: 35,
  height: 150,
  tilt: 180,
  acr: [xxx,yyy,zzz],
  timestamp: "2024-05-22T16:37"
}
```

3) 【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、
taigibles/ (:tangibleId) /activate をコール
- 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送信
- 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
- 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 を停止状態にする
- 本インタ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
 - 国土地理院地図の画像データ URL を取得（storage に保存している）
 - URL は public なものなのでそこから画像をダウンロードする
 - その他の背景画像がある場合は Unity 画像の URL を返却
- 本インタ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。
- 本インタ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

```
[
  {
    "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": ***
  },
  ...
]
```

4) 【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（エリア、マーカ）
 - マーカの本体情報や座標情報は含まない
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN007】ワークスペース情報表示
 - 【FN623】カメラ駒ラベル表示
 - 【FN622】特殊駒設定読込
- 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
  },
  "basemap": {
    id: xxxx,
    name: "関内駅前",
    description: "関内駅前、新規開発建物を含む",
    created-by: xxxx,
    path: xxxx,
    coordinates: {
      lefttop: {
        lat: "xxx",
        long: "yyy"
      },
      rightbottom: {
        lat: "xxx",
        long: "yyy"
      }
    },
    speciaplfigure: "https://xxx/xxx/xxx/hoge.json"
    timestamp: "2024-05-22T16:37"
  },
}
```

```
"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"
    }
  ],
  ...
]
```

表 4-28 ベースモデルオブジェクトのデータモデル

属性	説明	値のレンジ	必須	例
id	データベース内での識別子	String	✓	-
name	ベースモデルの名前	String	✓	関内駅前
description	ベースモデルの説明	String	-	関内駅前、新規開発建物を含む
created-by	ベースモデルの作成者のデータベース内での識別子	String	✓	-
path	3D モデルのストレージ上の参照パス	String	✓	-
cordinates	WGS84 系での配置座標(北西端と南東端の座標)	Object	✓	-
acr	アクセス権限のあるユーザーの ID を列挙	Array	✓	"xxx","yyy","zzz"
timestamp	ベースモデルの作成日	Timestamp	✓	2024-05-22T16:37

表 4-29 特殊駒のデータモデル

属性	説明	値のレンジ	必須	例
key	特殊駒として使用するマーカーID	Number	✓	999
behavior	オブジェクトとその挙動を指定	Object	✓	-
object	アップロードするベースモデルの FBX ファイルないでのオブジェクトの指定	String	✓	xxxx/yyyy/A
appearance	指定したオブジェクトをどのような状態に変更するか の指定。【出現】true/ 【消去】false が指定できる。	String	✓	appear

```
# behavior.json
# 999 番マーカで、"B_Building/B_1F/B_1F_Floor"オブジェクトを非表示、
"B_Building/B_1F/B_1F_GlassA"オブジェクトを表示。
[
  {
    key: 999,
    behavior: [
      {
        object: 'B_Building/B_1F/B_1F_Floor',
        appearance: false
      },
      {
        object: 'B_Building/B_1F/B_1F_Glass',
        appearance: true
      },
    ]
  },
  ...
]
```

5) 【IF005】スナップショット API

/workspaces/ (:wsID) /snapshots

GET

- インタフェースの概要
 - ワークスペース (wsID) のスナップショットのリストを取得
 - マーカー情報は含まれない
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN009】場面記録、【FN308】場面記録再現
- 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*****%2Fsnapshot_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
- 本インタ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
 - POST（認証必要）

表 4-30 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 は本体情報を付与。"bldg","fun","specia"がある
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN008】 3D 都市モデル表示
 - 【FN308】 場面記録再現
- 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": "*****",
```

```
"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"
},
...
]
},
...
]
}
```

6) 【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
 - タンジブルが稼働状態のとき、最新マーカ情報を緯度経度、回転情報付きで返す
 - Tangible.markers のマーカにはマーカ本体情報を付与
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN008】3D 都市モデル表示、【FN302】タンジブル駒座標受信
- 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": {
  "gmIID": "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://*****"
  }
},
...
]
```

```
},  
...  
]
```

7) 【IF007】 Unity 用地表画像 API

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

- インタフェースの概要
 - Unity がレンダリングしたタンジブルユニット地表画像保存、URL 取得
 - マーカー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 East) 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
- 本インタフェースを利用した機能
 - 【FN307】 場面記録
- メソッド
 - GET (認証必要)
- レスポンスサンプル

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

POST

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

curl -X POST ¥

http://**apibase**/workspaces/ (:wsId) /areas/ (:arealD) /unitymap ¥

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

-F file=@sample.png

4-5. 実証に用いたデータ

4-5-1. 活用したデータ一覧

1) 利用した 3D 都市モデル

- 年度：2024 年度
- 都市名：横浜市
- ファイル名：14100_yokohama-shi_city_2024_citygml_1_op
- メッシュ番号：5339-1530、5339-1531、5339-1520、5339-1521

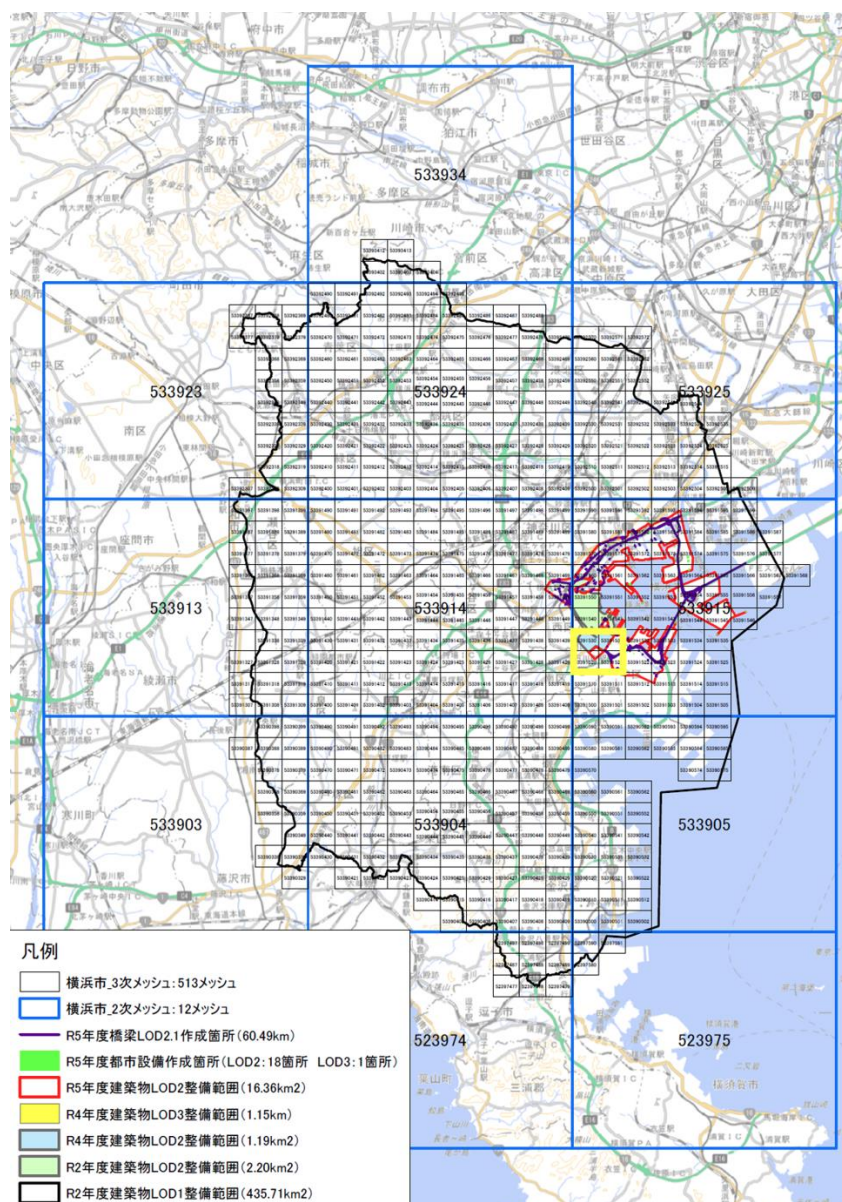


図 4-39 インデックスマップ (横浜市)

表 4-31 利用した 3D 都市モデル

建物 ID	フットプリント、建物高さ、中心緯度軽度	活用データ	内容	データ形式	出所
uro:buildingIDAttribute -> uro:BuildingIDAttribute -> uro:buildingID より 建物 ID を取得	bldg:lod1Solid より計算	建築物 LOD1、 LOD2、LOD3	対象エリア（調整中）の建物形状を利用	CityGML 形式	PLATEAU
		独自構築 3D 都市モデル	ワークショップの内容に応じて整備	FBX 形式	独自
		ストリートファニチャー 3D モデル	ワークショップの内容に応じて整備	FBX 形式	独自

- 年度：2024 年度
- 都市名：墨田区
- ファイル名：13107_sumida-ku_city_2024_citygml_1_op
- メッシュ番号：5339-4655、5339-4665

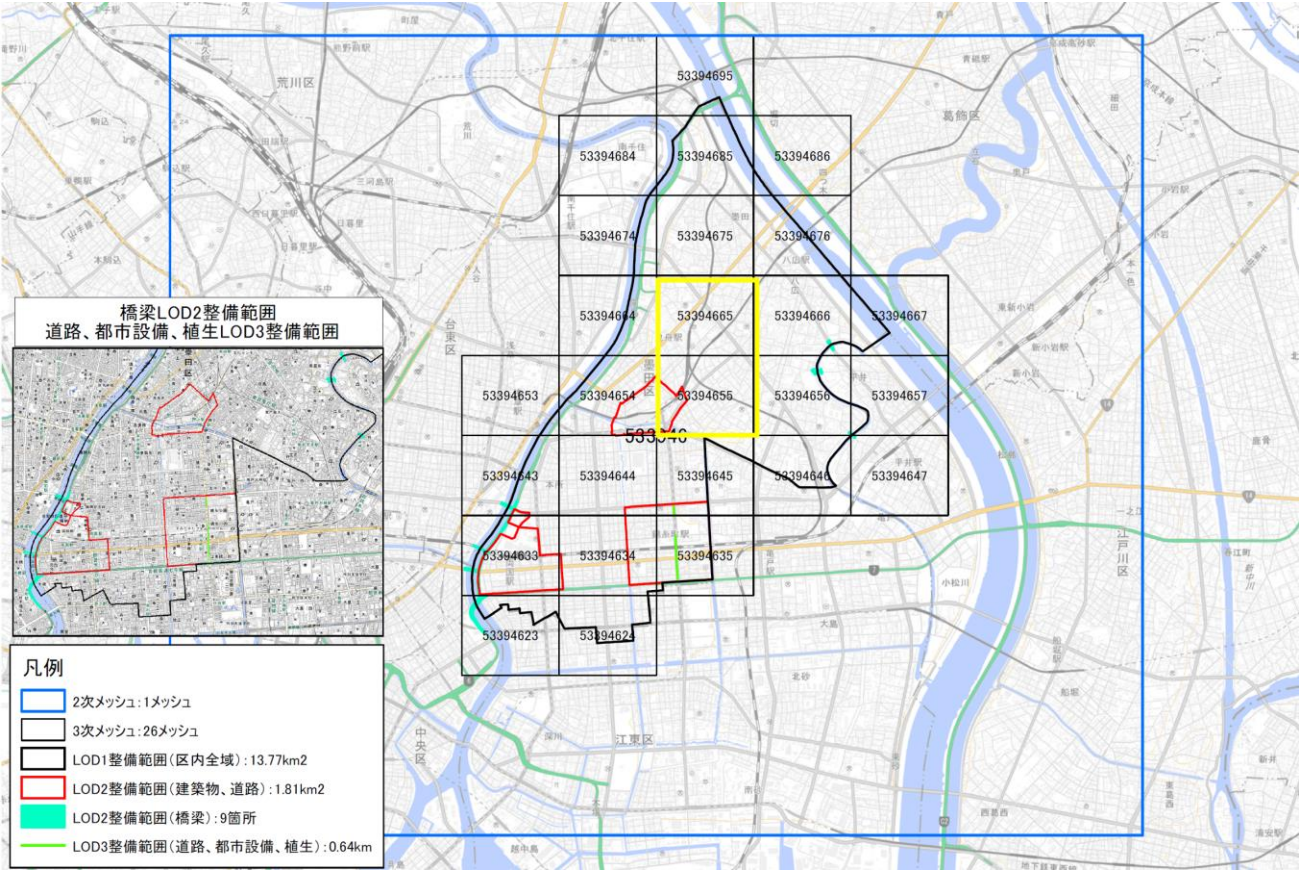


図 4-40 インデックスマップ（曳舟エリア）

表 4-32 利用した 3D 都市モデル

建物 ID	フットプリント、建物高さ、中心緯度経度	活用データ	内容	データ形式	出所
uro:buildingIDAttribute -> uro:BuildingIDAttribute -> uro:buildingID より建物 ID を取得	bldg:lod1Solid より計算	建築物・LOD1、LOD2、LOD3	対象エリア（調整中）の建物形状を利用	CityGML 形式	PLATEAU
		独自構築 3D 都市モデル	ワークショップの内容に応	FBX 形式	独自

			じて整備		
		ストリート ファニチャー 3Dモデル	ワークシ ョップの 内容に応 じて整備	FBX 形式	独自

- 年度：2024 年度
- 都市名：仙台市
- ファイル名：04100_sendai-shi_city_2024_citygml_1_op
- メッシュ番号：5740-3619、5740-3710

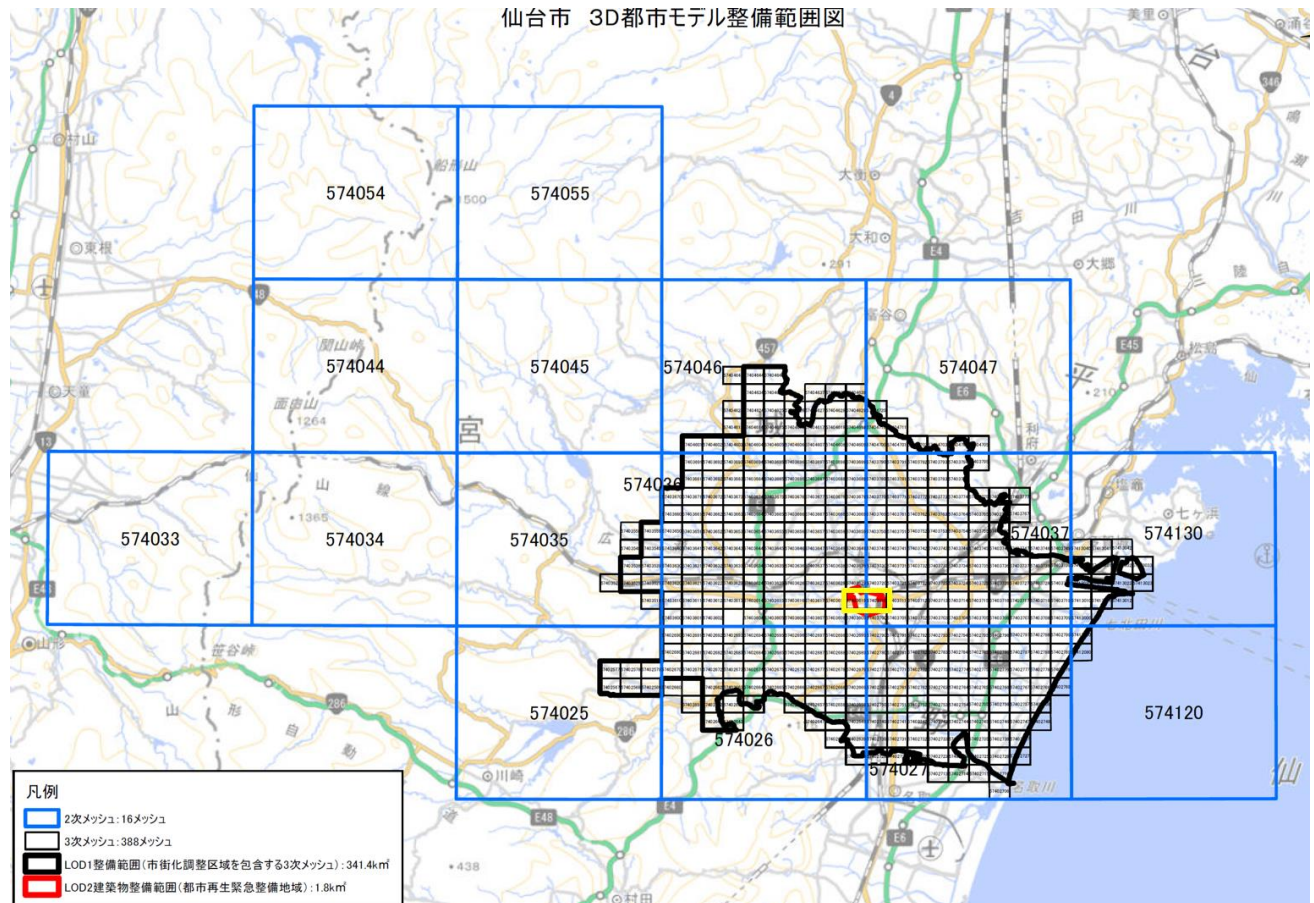


図 4-41 インデックスマップ (仙台エリア)

表 4-33 利用した 3D 都市モデル

建物 ID	フットプリント、建物高さ、中心緯度軽度	活用データ	内容	データ形式	出所
uro:buildingIDAttribute -> uro:BuildingIDAttribute -> uro:buildingID より 建物 ID を取得	bldg:lod1Solid より計算	建築物 LOD1、 LOD2、LOD3	対象エリア（調整中）の建物形状を利用	CityGML 形式	PLATEAU
		独自構築 3D 都市モデル	ワークショップの内容に応じて整備	FBX 形式	独自
		ストリートファニチャー 3D モデル	ワークショップの内容に応じて整備	FBX 形式	独自

- 年度：2024 年度
- 都市名：台東区
- ファイル名：13106_taito-ku_city_2024_citygml_1_op
- メッシュ番号：5339-4653

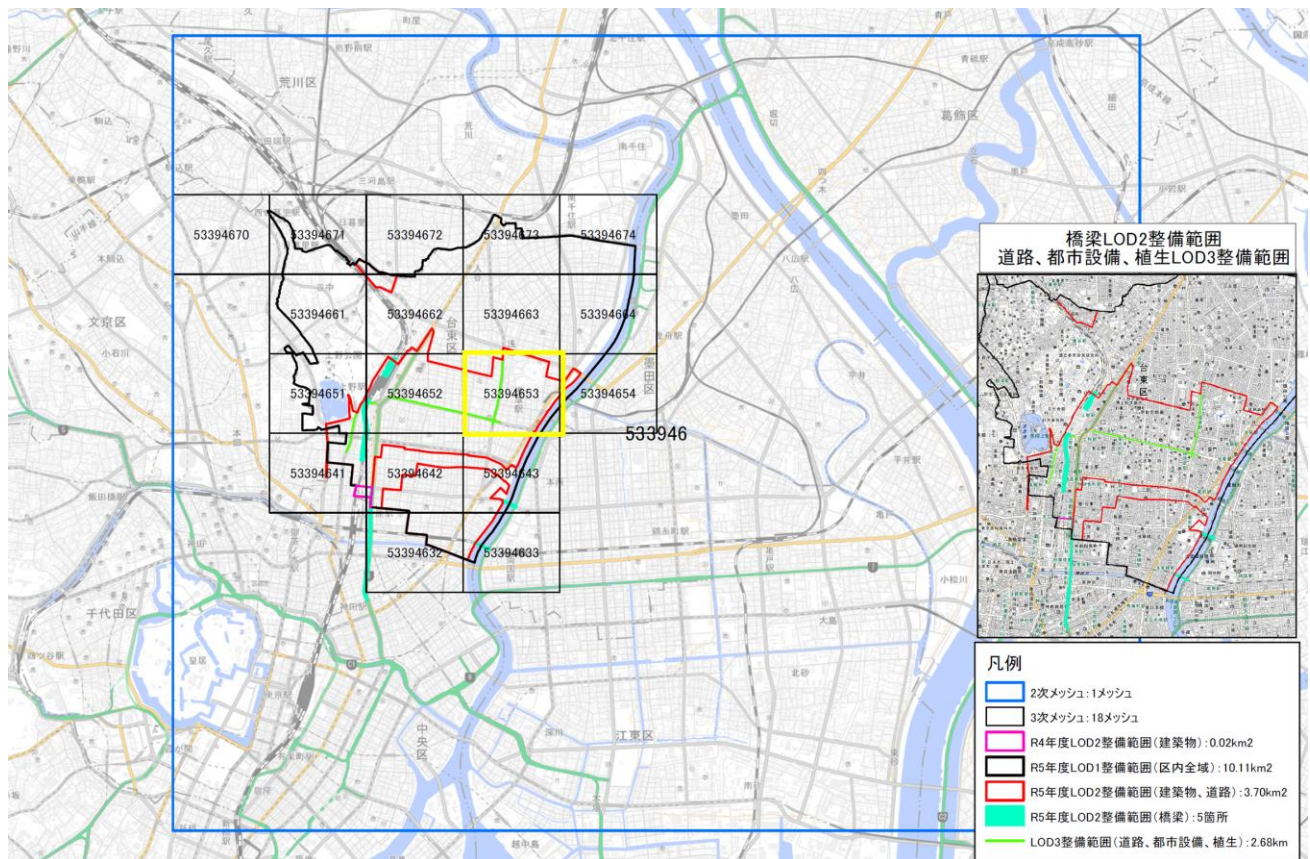


図 4-42 インデックスマップ（浅草エリア）

表 4-34 利用した 3D 都市モデル

建物 ID	フットプリント、建物高さ、中心緯度軽度	活用データ	内容	データ形式	出所
uro:buildingIDAttribute -> uro:BuildingIDAttribute -> uro:buildingID より 建物 ID を取得	bldg:lod1Solid より計算	建築物・LOD1、 LOD2、LOD3	対象エリア（調 整中）の建物形 状を利用	CityGML 形式	PLATEAU
		独自構築 3D 都 市モデル	ワークショッ プの内容に応 じて整備	FBX 形式	独自
		ストリートフ ァニチャー3D	ワークショッ プの内容に応	FBX 形式	独自

		モデル	じて整備		
--	--	-----	------	--	--

4-5-2. 生成・変換したデータ

表 4-35 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	3D 都市モデル CityGML 形式	FN903

4-6. ユーザーインターフェース

4-6-1. 画面一覧

表 4-36 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	-	ログイン	ユーザー認証	-
SC002	-	ワークスペース一覧表示	ワークスペースを一覧表示	-
SC003	-	ワークスペース設定	ワークスペースを設定	-
SC010	-	基本設定	ワークスペースのタイトルと説明を登録	-
SC011	-	検討範囲設定	タンジブルインターフェースと対応する検討範囲を地図上で指定し、設定する	-
SC012	-	タンジブル駒設定	ワークスペースを使用するタンジブル駒を設定する	-
SC013	-	ベースモデル登録	ワークスペースで使用するベースモデルを登録する	-
SC014	-	特殊駒登録	ワークスペースで使用する特殊駒を登録する	-
SC020	-	スナップショット表示	保存済みのスナップショットをロードして再現	-
SC021	-	VR 表示	その時点のタンジブル駒の配置情報にもとづき、VR 表示	-
SC022	-	スナップショット	タンジブル駒の配置情報、レンダリング画像、	-

		作成	タイトル、コメントをクラウドに保存	
SC110	-	ワークスペース選択	● 表示するワークスペースを選択	-
SC111	-	VR表示	● その時点のタンジブル駒の配置情報にもとづき、VR表示	-
SC112	-	スナップショット表示	● 保存済みのスナップショットをロードして再現	-
SC113	-	時刻・天候選択	● VR表示したい時刻・天候を指定	-
SC114	-	スナップショット作成	● タンジブル駒の配置情報、レンダリング画像、タイトル、コメントをクラウドに保存	-
SC601	-	エラー監視	● デバッグの表示	-

4-6-2. 画面遷移図

1) PC用画面

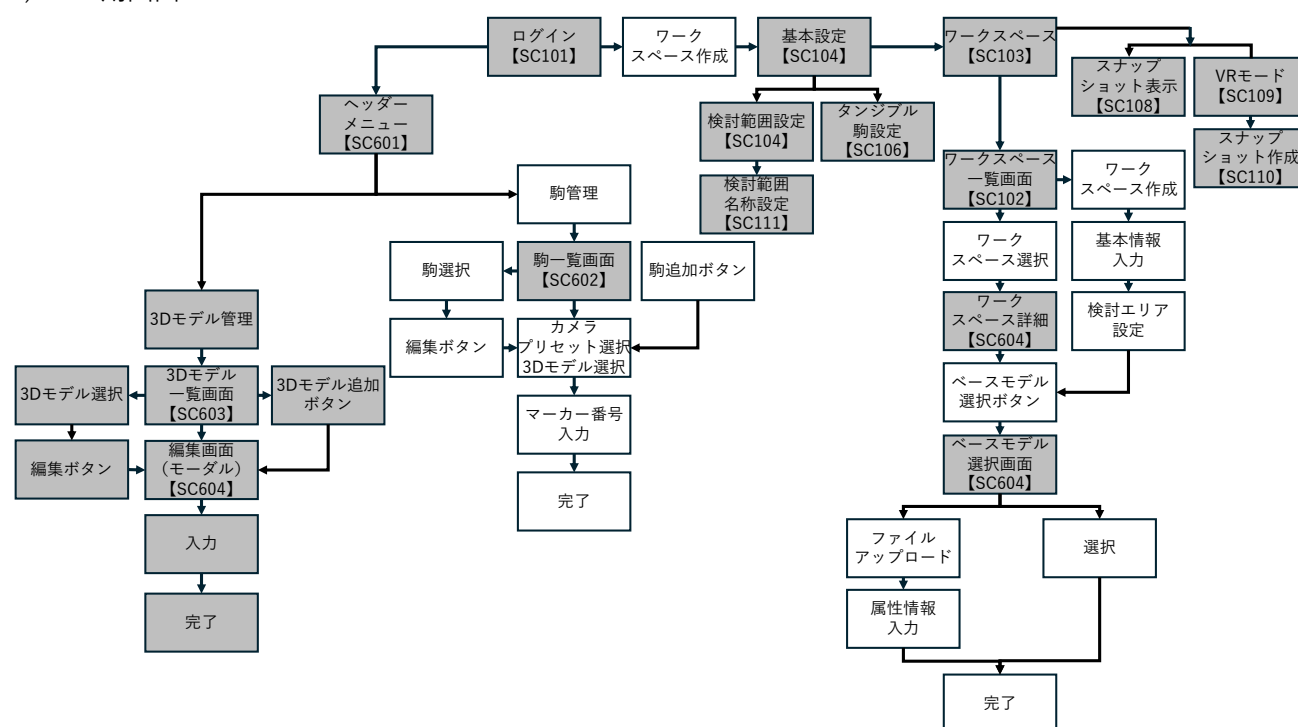


図 4-43 Web アプリの操作フロー

4-6-3. 各画面仕様詳細

1) Unity アプリ画面

1. 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
 - 天候の変更
- 画面イメージ

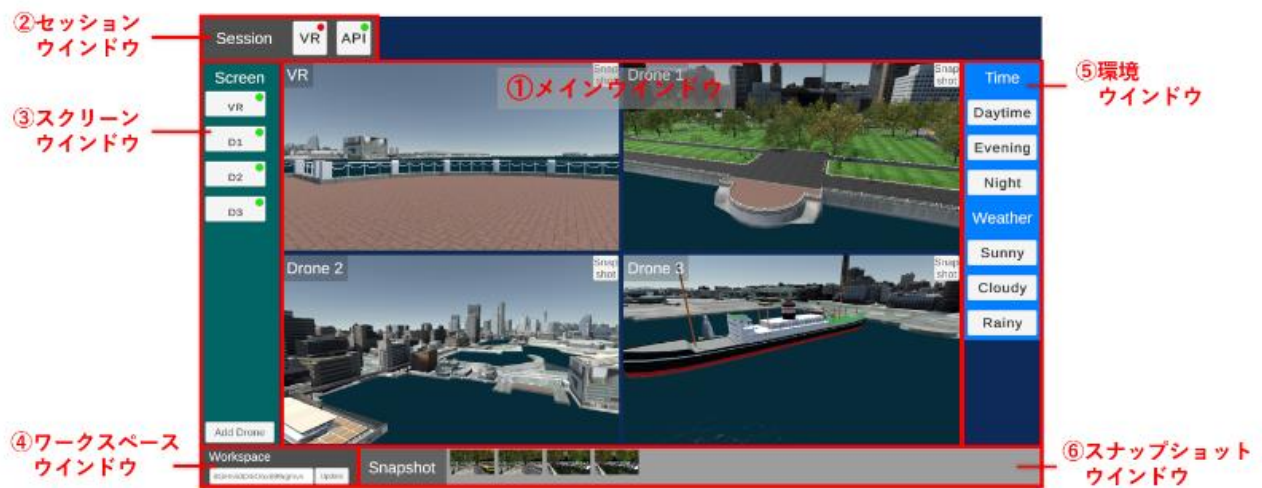


図 4-44 メイン画面のイメージ

2. 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

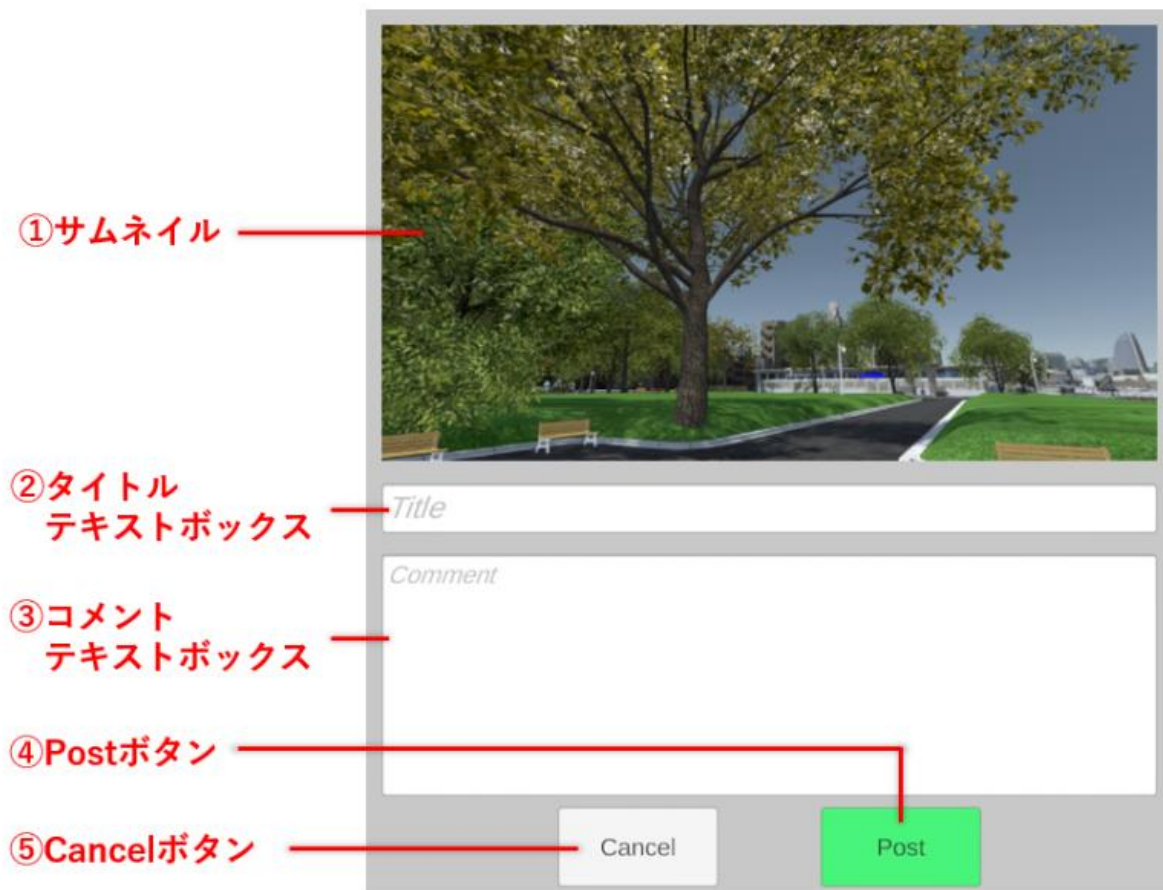


図 4-45 地図画面のイメージ

3. エラー監視

- 画面の目的・概要
 - デバッグの確認
- 画面イメージ

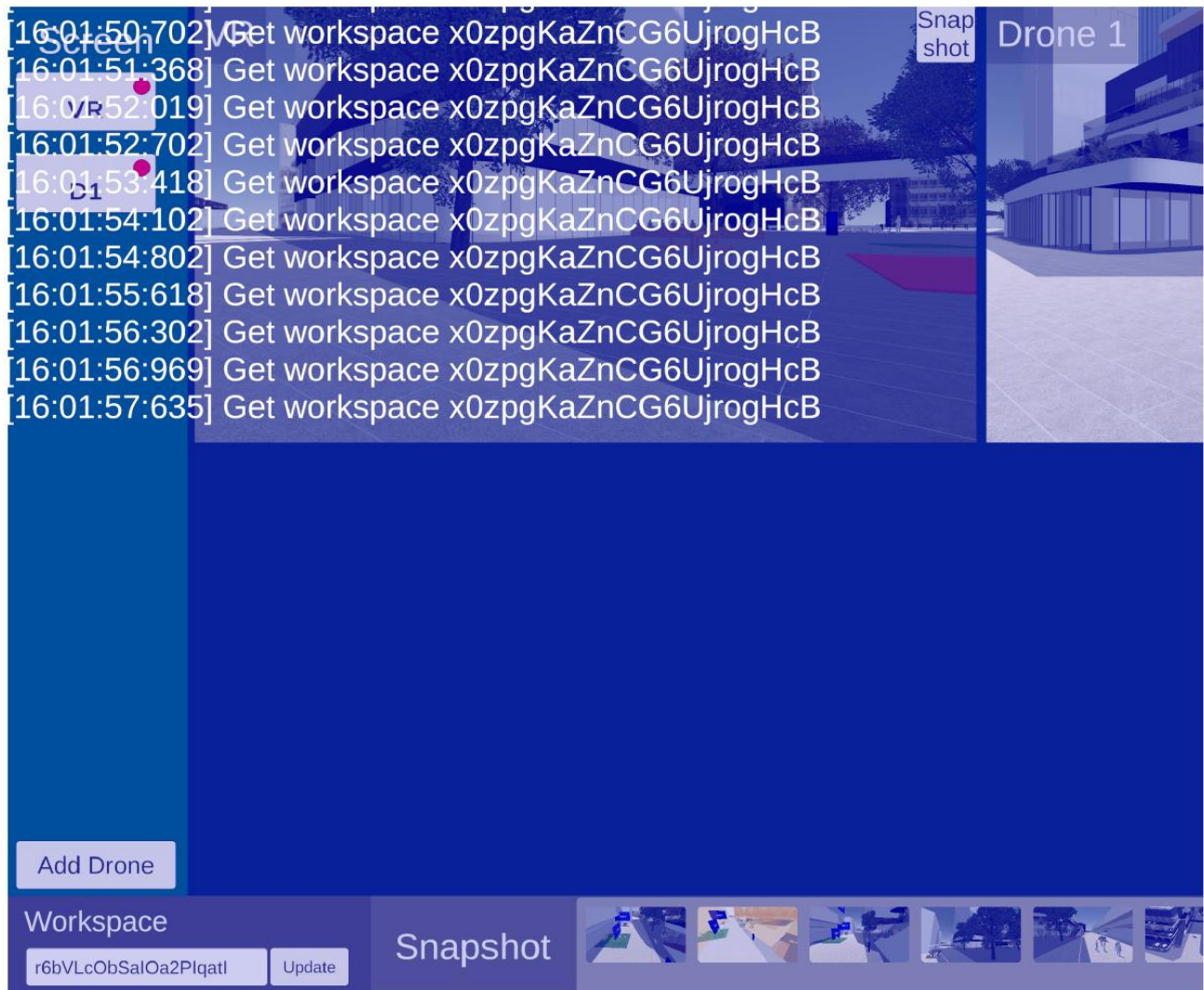


図 4-46 VR アプリ上でのデバッグ画面

2) Web アプリ画面

1. 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, it says "ログイン" in blue. Below it is a horizontal line. Then "ID" is followed by another horizontal line. Below that is "パスワード" followed by a horizontal line. Underneath is a link "> 新規ID登録" in blue. At the bottom center is a blue button with the text "ログイン" in white.

図 4-47 ログイン画面のイメージ

2. 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

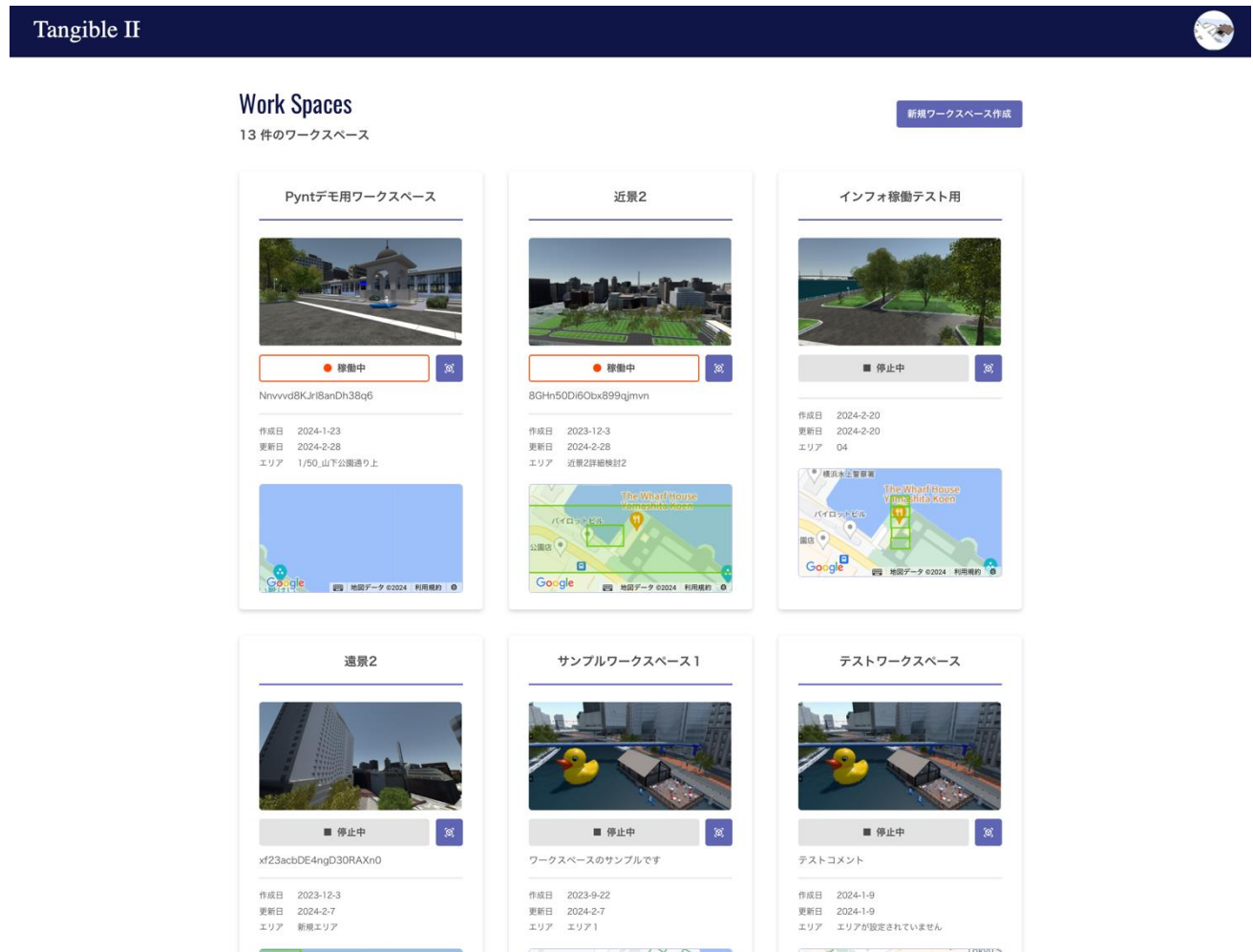


図 4-48 ワークスペース一覧画面のイメージ

3. ワークスペース詳細画面

- 画面の目的・概要
 - ワークスペースの詳細情報を表示
- 画面イメージ

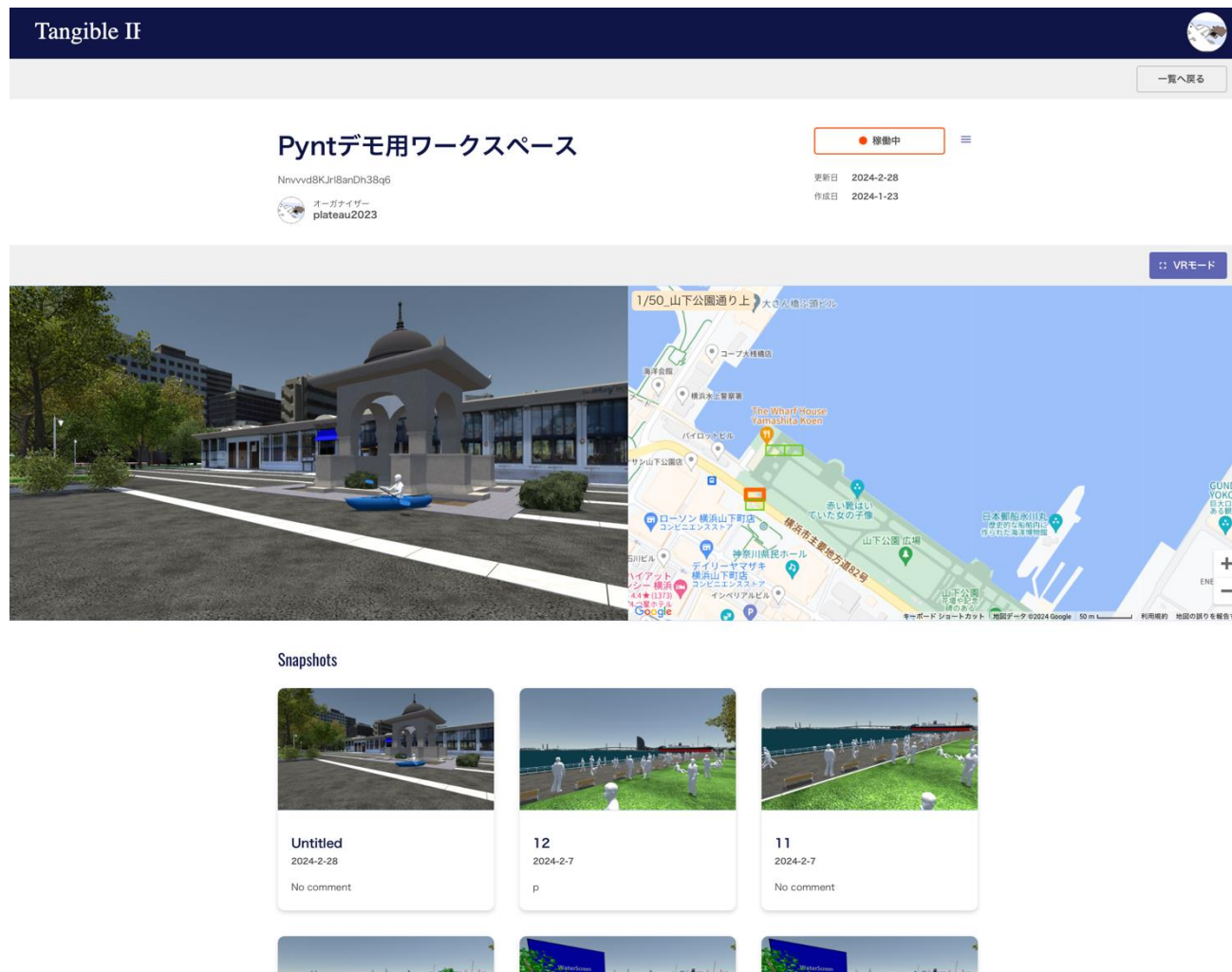


図 4-49 ワークスペース詳細画面のイメージ

4. 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

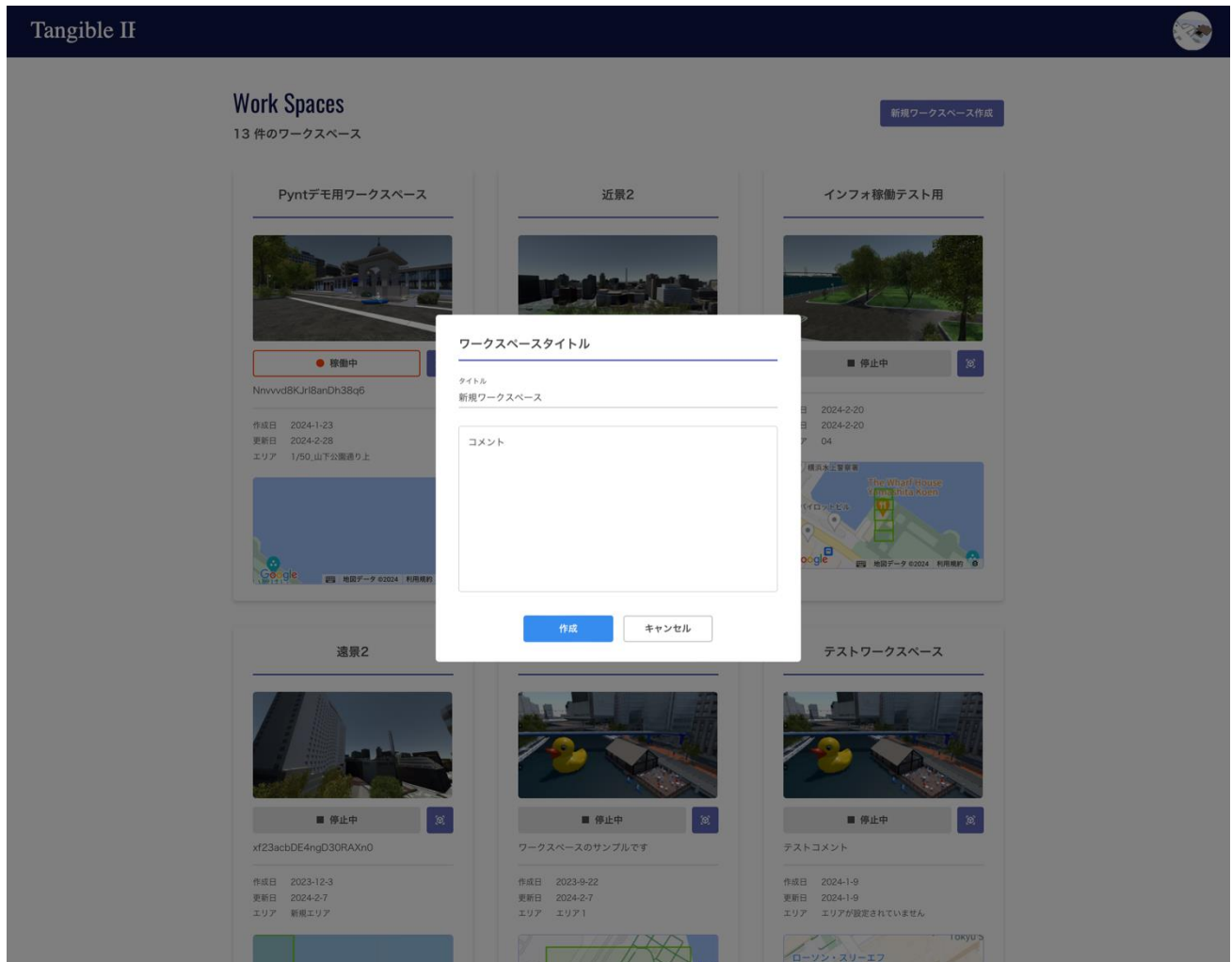


図 4-50 基本設定画面のイメージ

5. 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

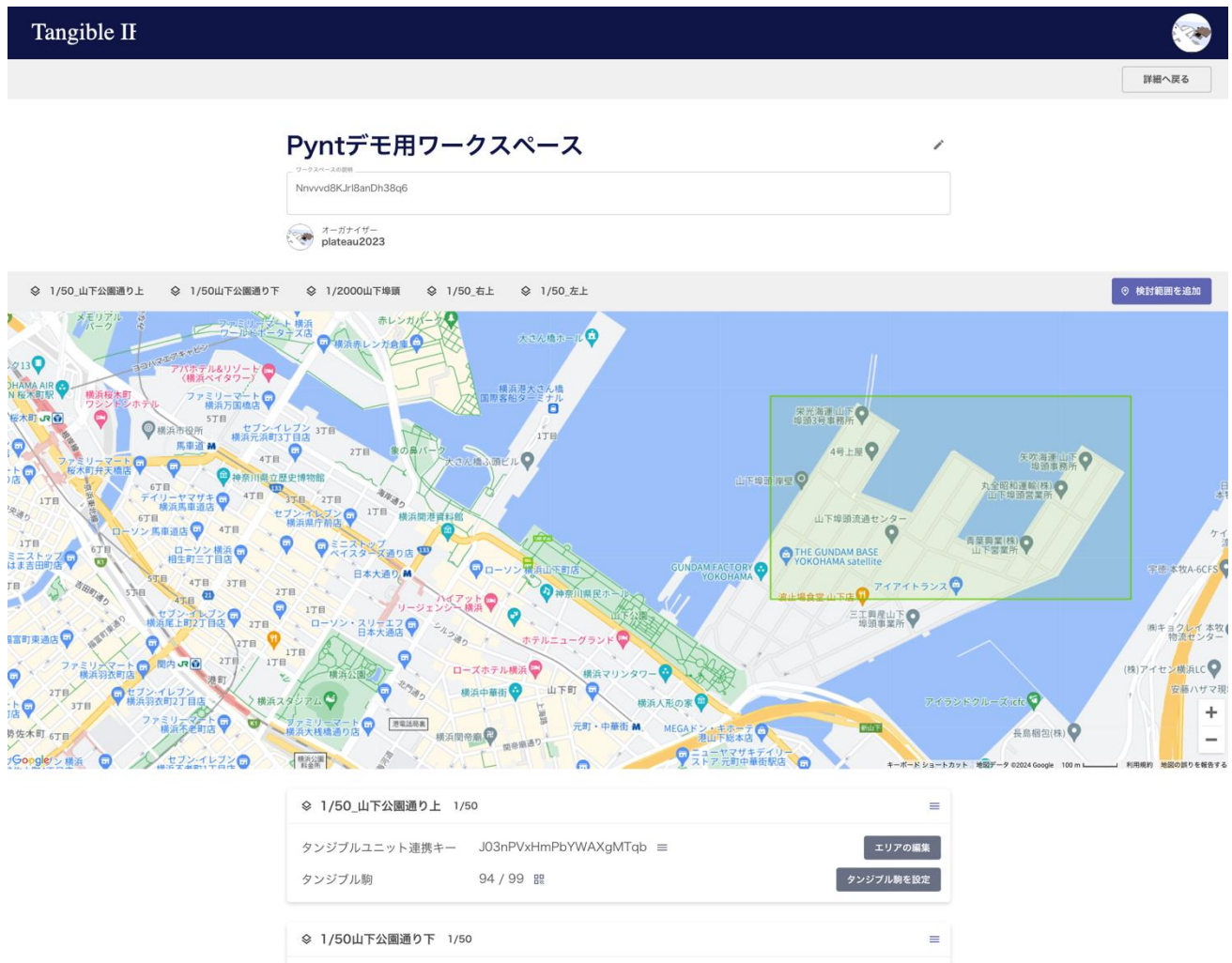


図 4-51 検討範囲設定画面のイメージ

6. 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

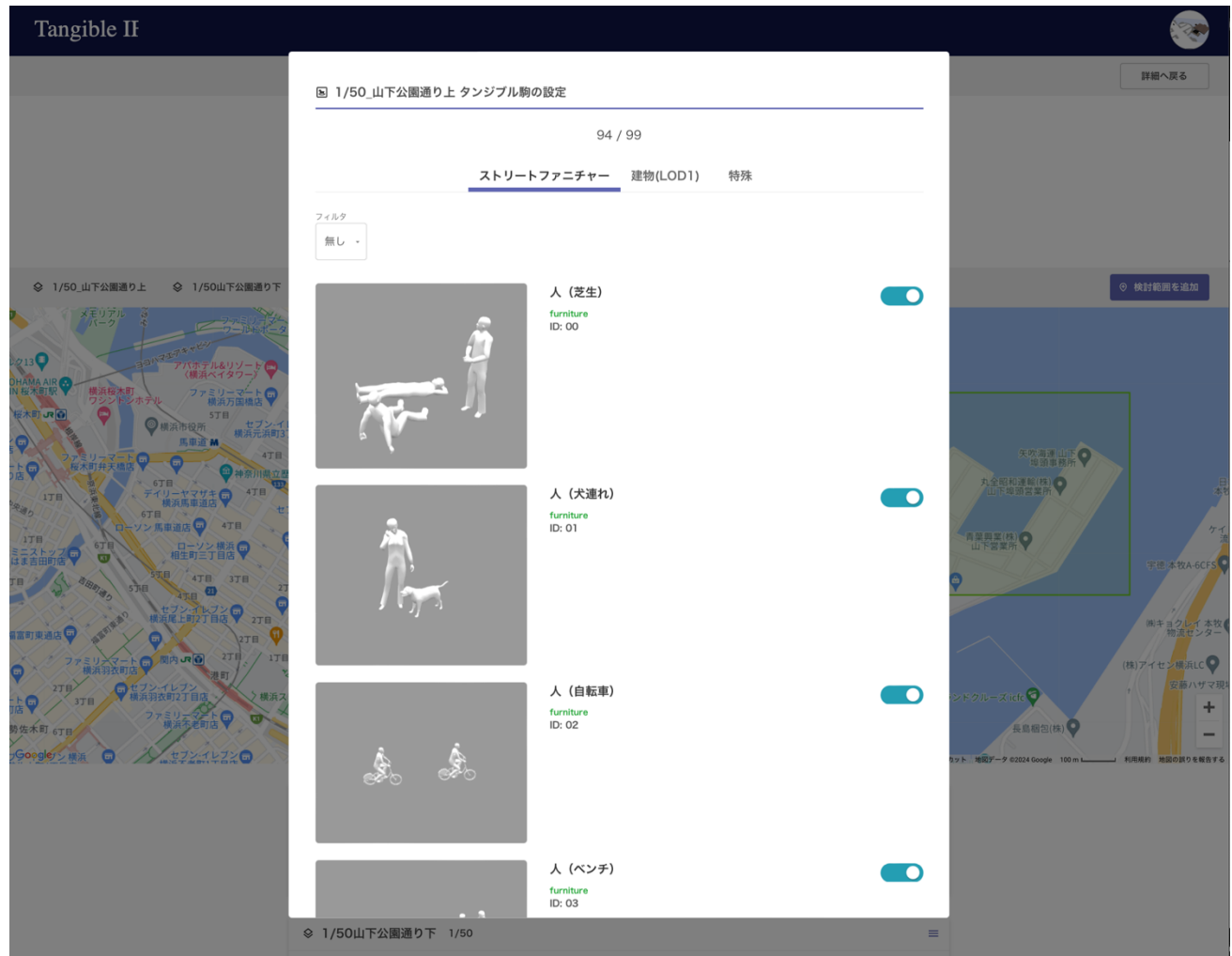


図 4-52 タンジブル駒設定画面のイメージ

7. 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

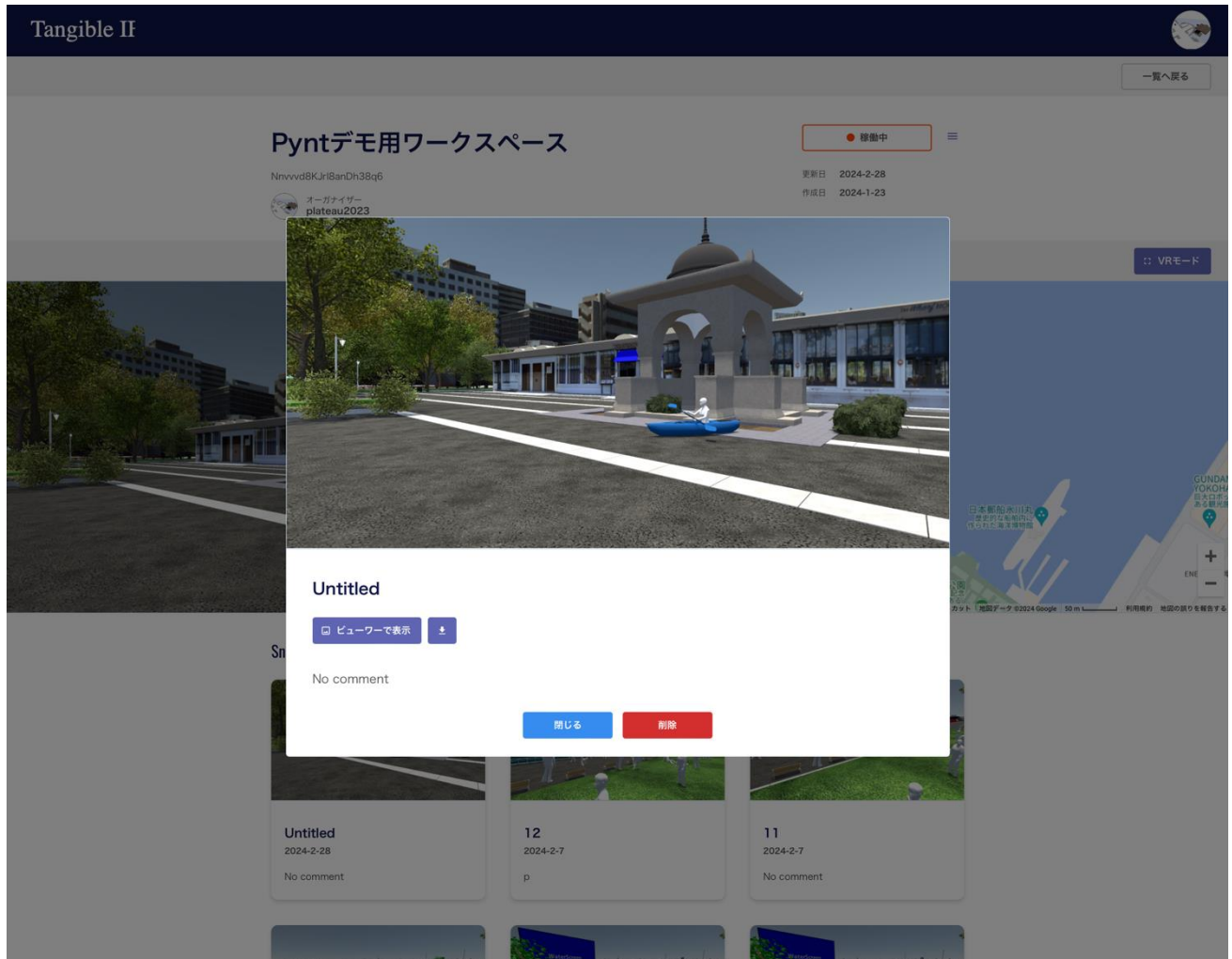


図 4-53 スナップショット表示画面のイメージ

8. VR モード表示画面

- 画面の目的・概要
 - VR 表示
- 画面イメージ

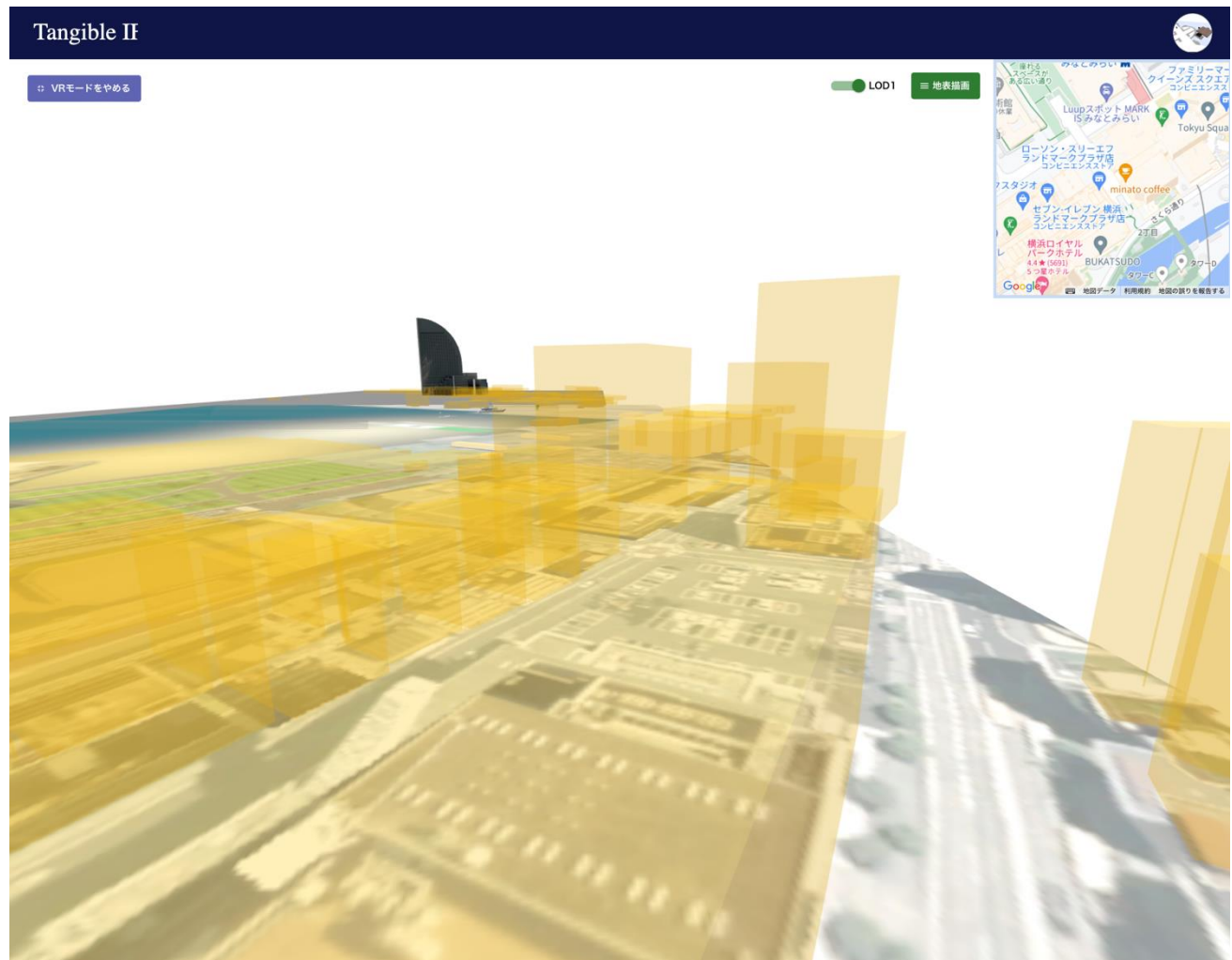


図 4-54 VR モード表示画面のイメージ

9. 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

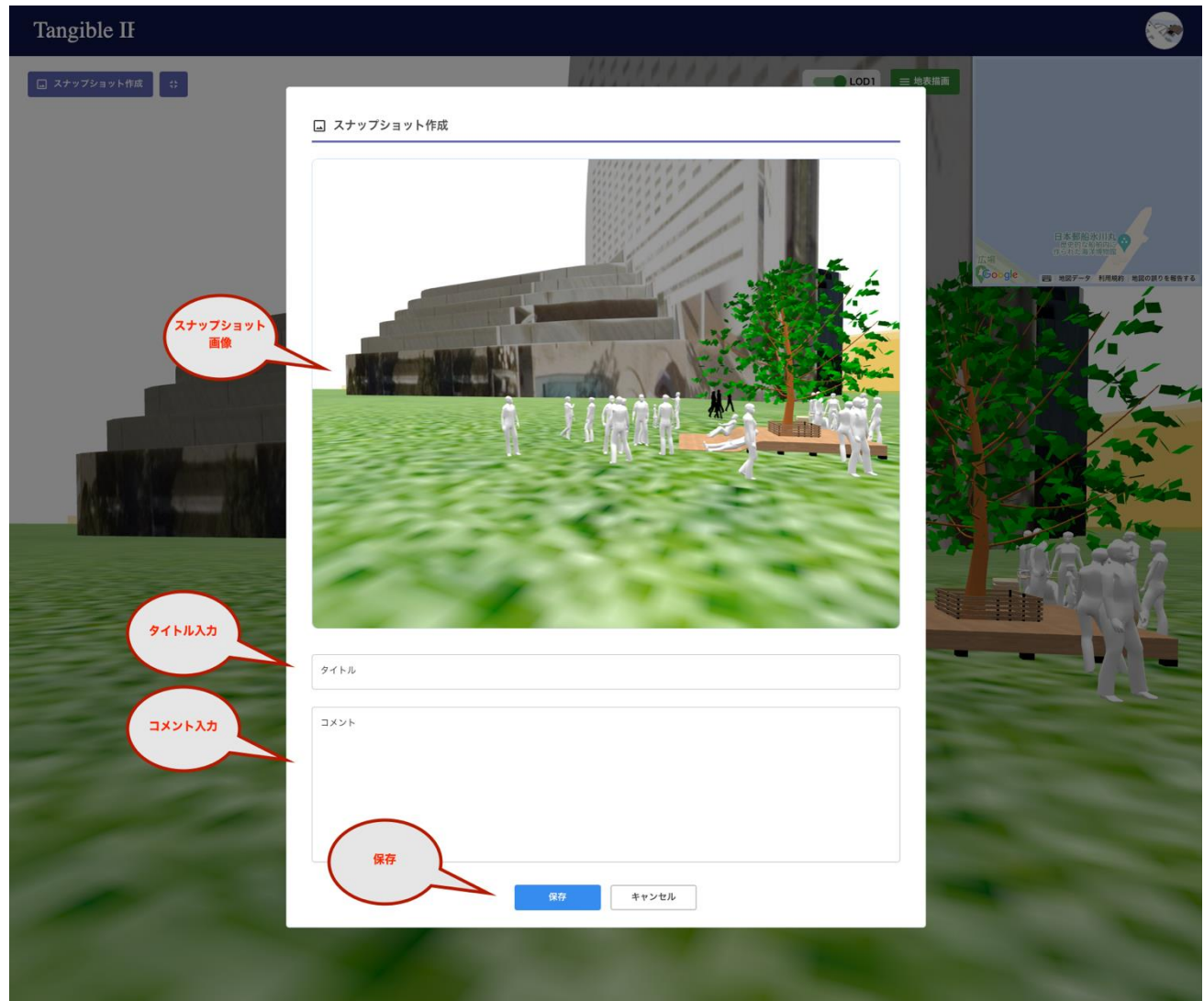


図 4-55 スナップショット作成画面のイメージ

10. 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

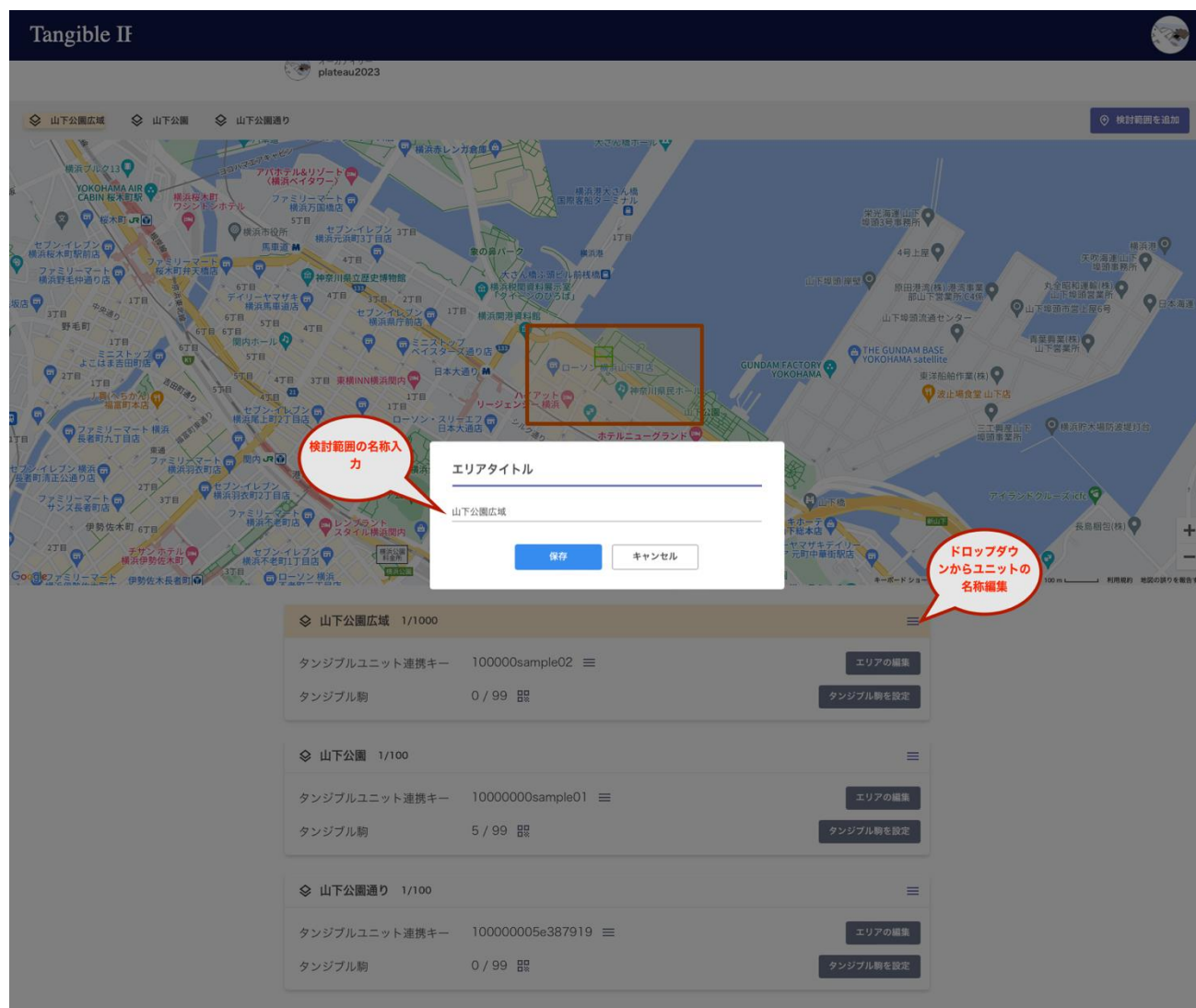


図 4-56 検討範囲名称設定画面のイメージ

11. エラーメッセージ画面

- 画面の目的・概要
 - エラーメッセージの表示
- 画面イメージ

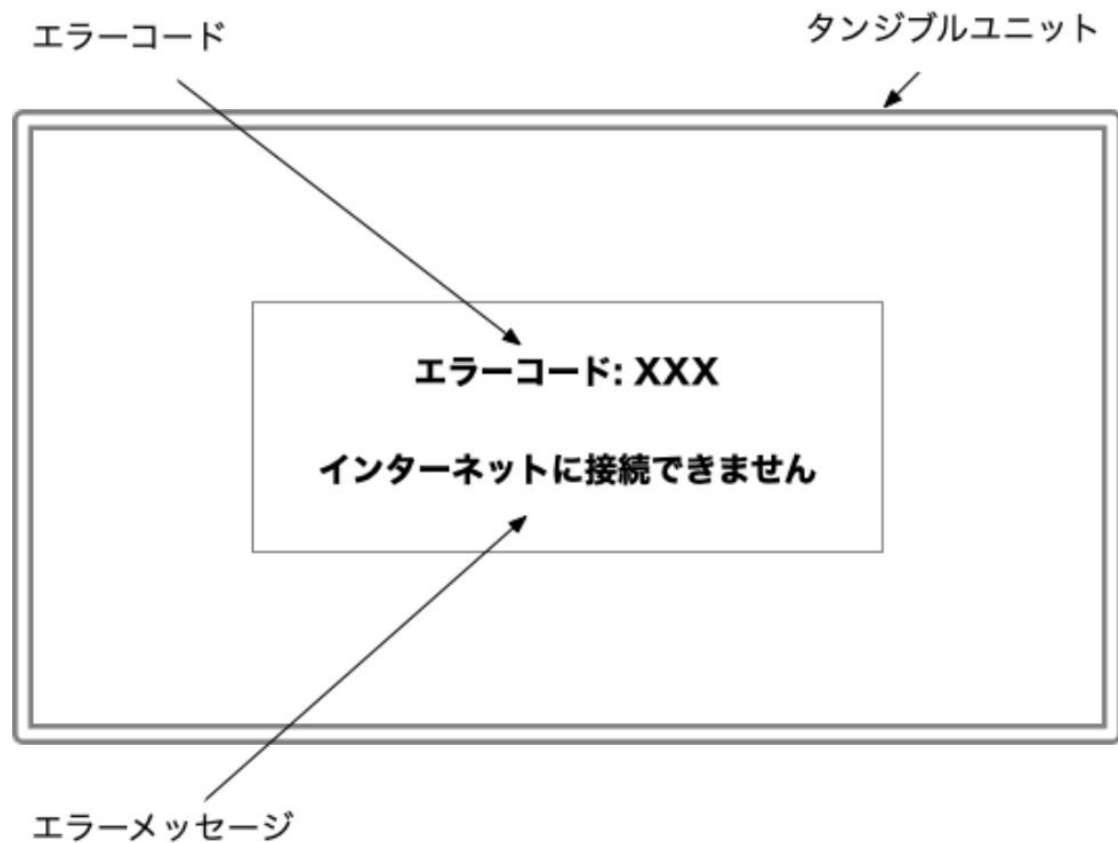


図 4-57 エラーメッセージ画面

12. マーカー読み取り正常サイン表示画面

- 画面の目的・概要
 - マーカー読み取りの正常サイン表示
- 画面イメージ

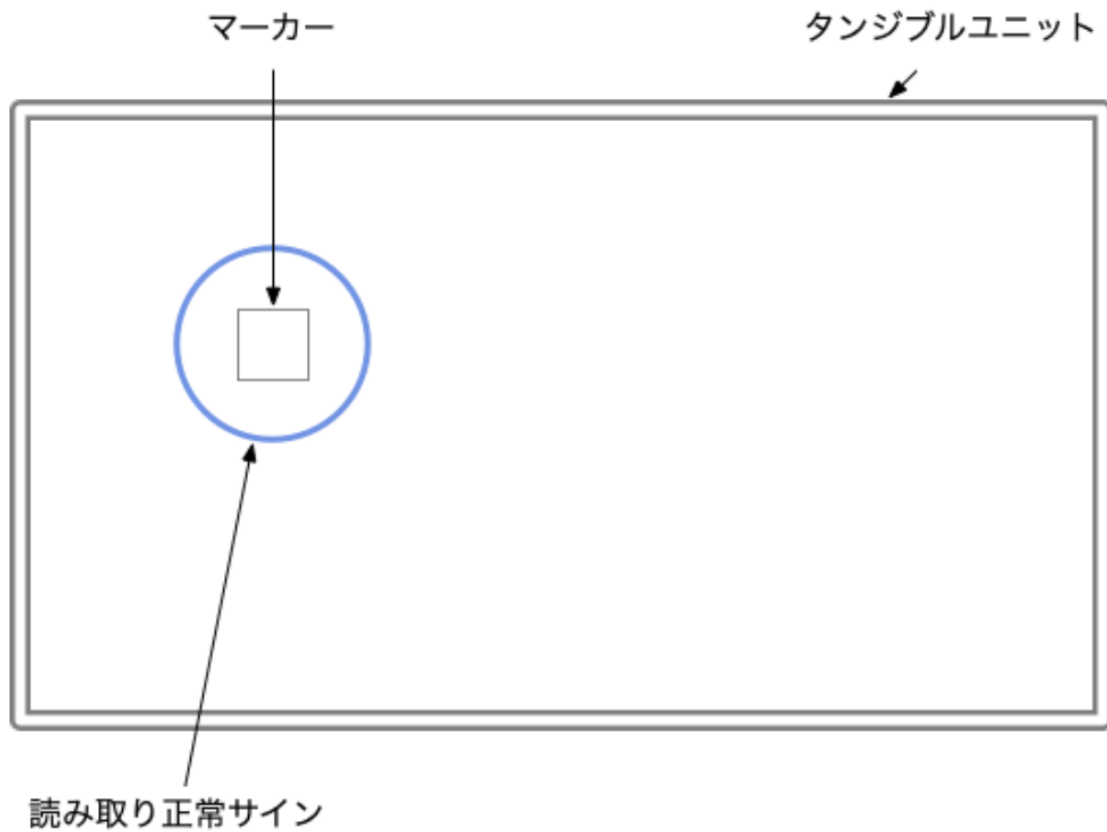


図 4-58 マーカー読み取り正常サイン表示

13. ヘッダーメニューの変更

- 画面の目的・概要
 - ユーザーに許可された主な操作への導線
- 画面イメージ

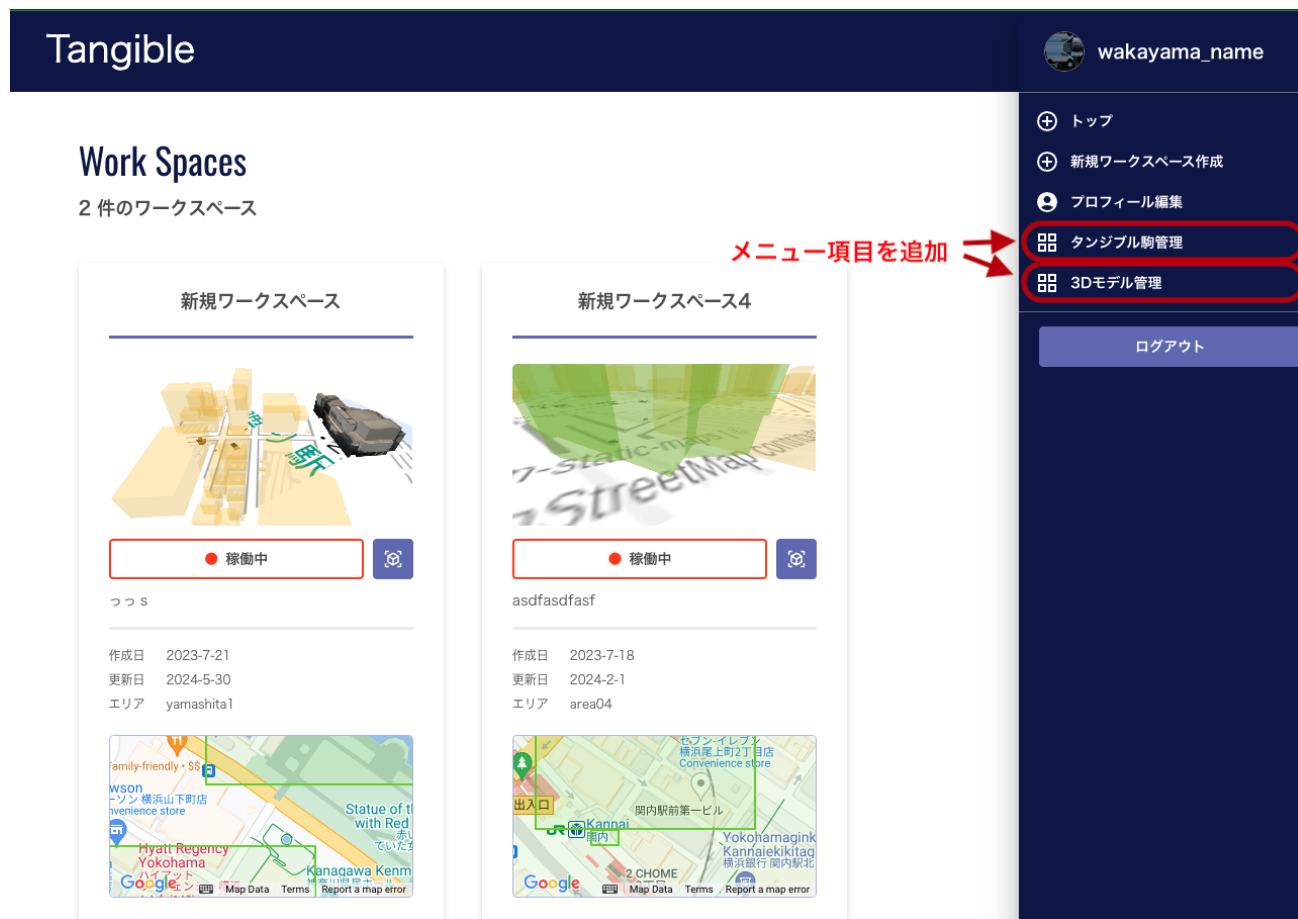


図 4-59 ヘッダーメニューの改修イメージ

14. 3D モデルの管理画面

- 画面の目的・概要
 - 駒に利用するための 3D モデルを登録する
- 画面イメージ



図 4-60 登録済み 3D モデル一覧画面イメージ



図 4-61 3D モデル新規登録画面イメージ

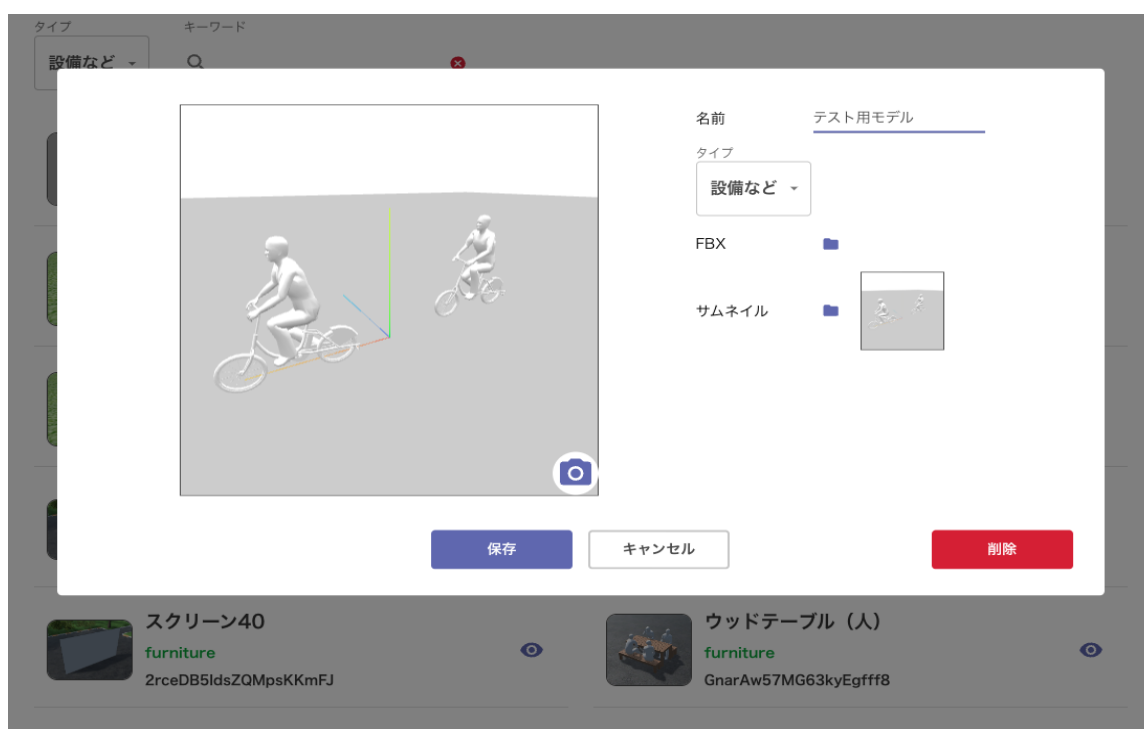


図 4-62 入力済み画面イメージ

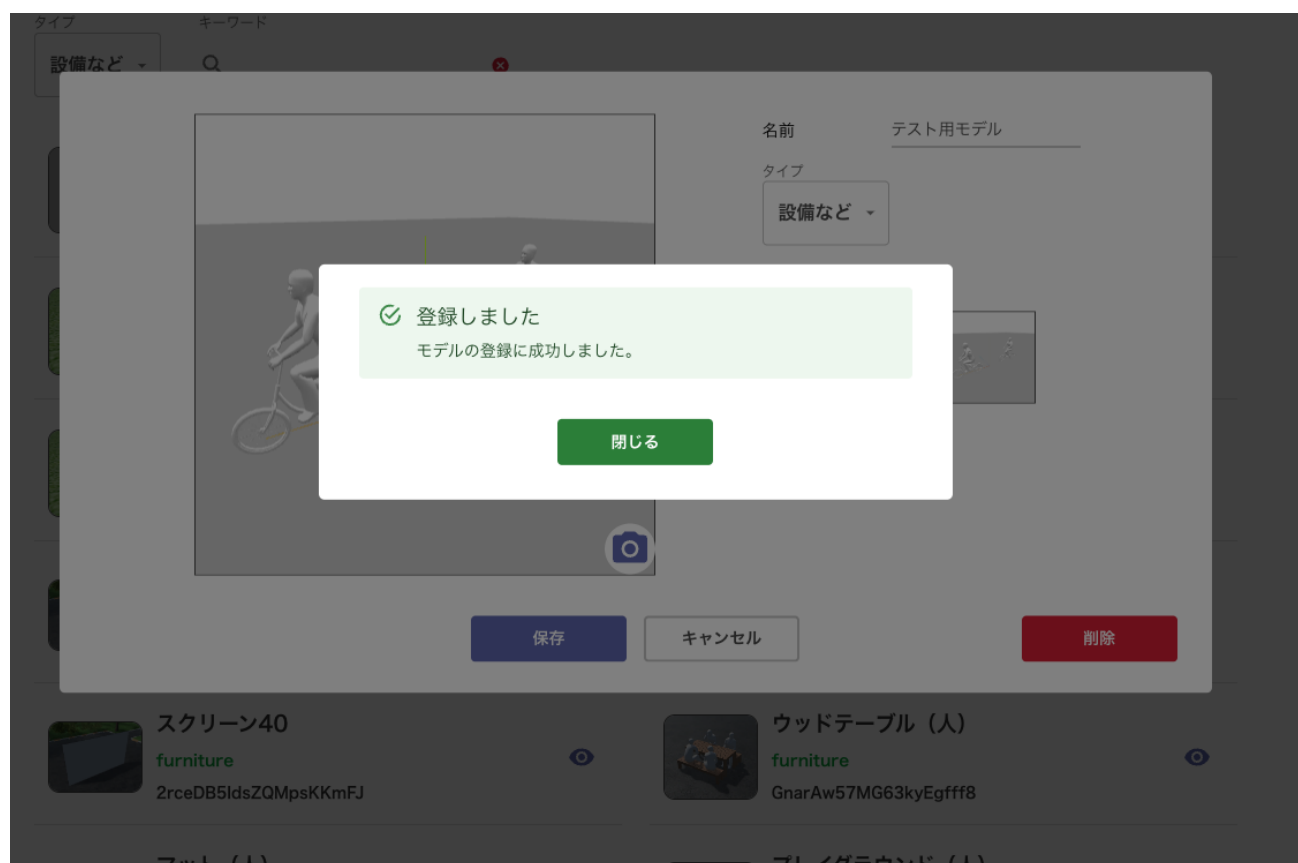


図 4-63 登録完了画面イメージ

15. タンジブル駒管理画面

- 画面の目的・概要
 - 利用するタンジブル駒を設定する
- 画面イメージ

タンジブル駒の管理

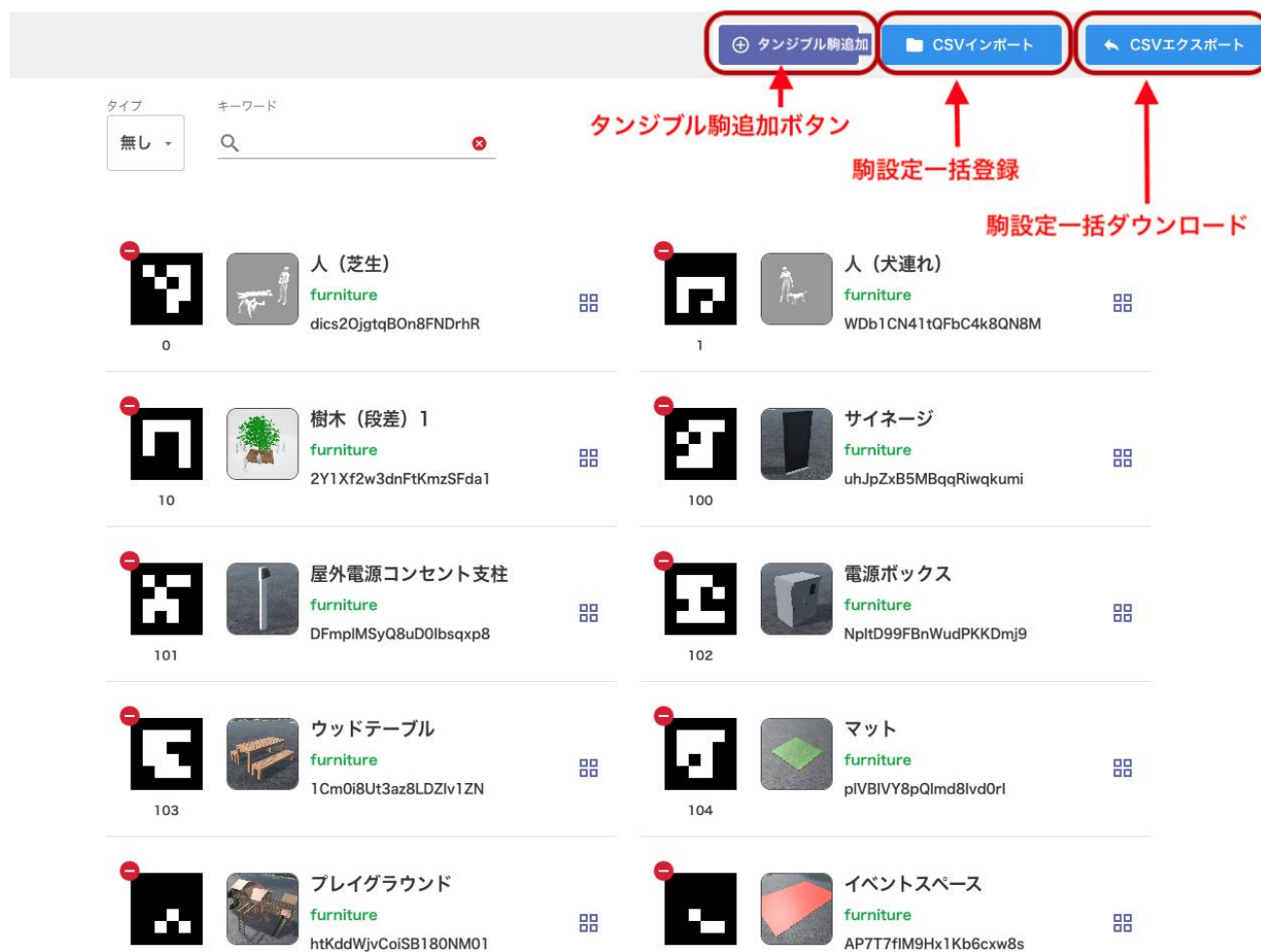


図 4-64 登録済みタンジブル駒一覧画面イメージ

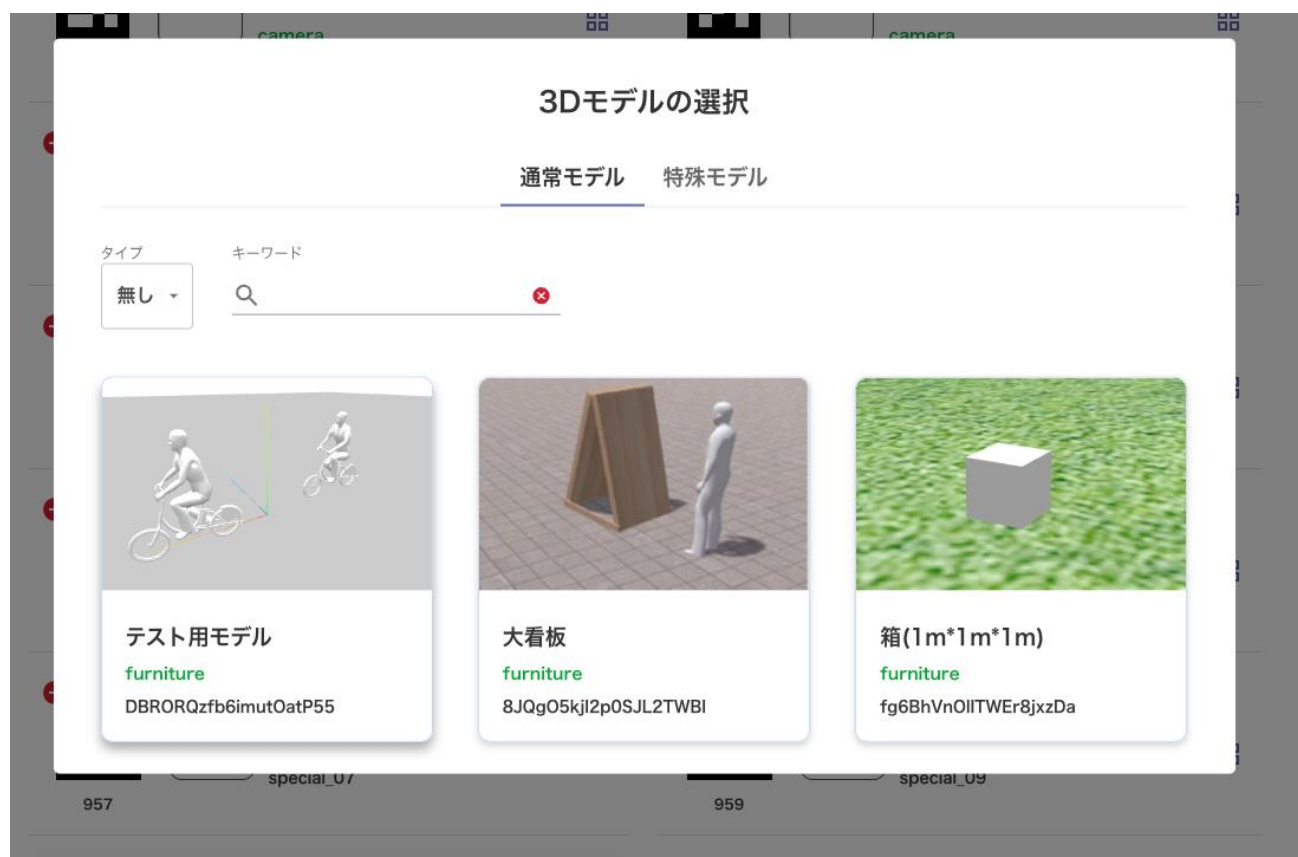


図 4-65 3D モデル選択モーダル画面イメージ



図 4-66 マーカー番号編集操作イメージ

16. ワークスペース画面改修

- 画面の目的・概要
 - ワークスペースの設計を行う
 - 【R6】 ベースモデルを登録
 - 【R6】 特殊駒の設定情報を登録
- 画面イメージ



図 4-67 ワークスペース設定画面改修イメージ

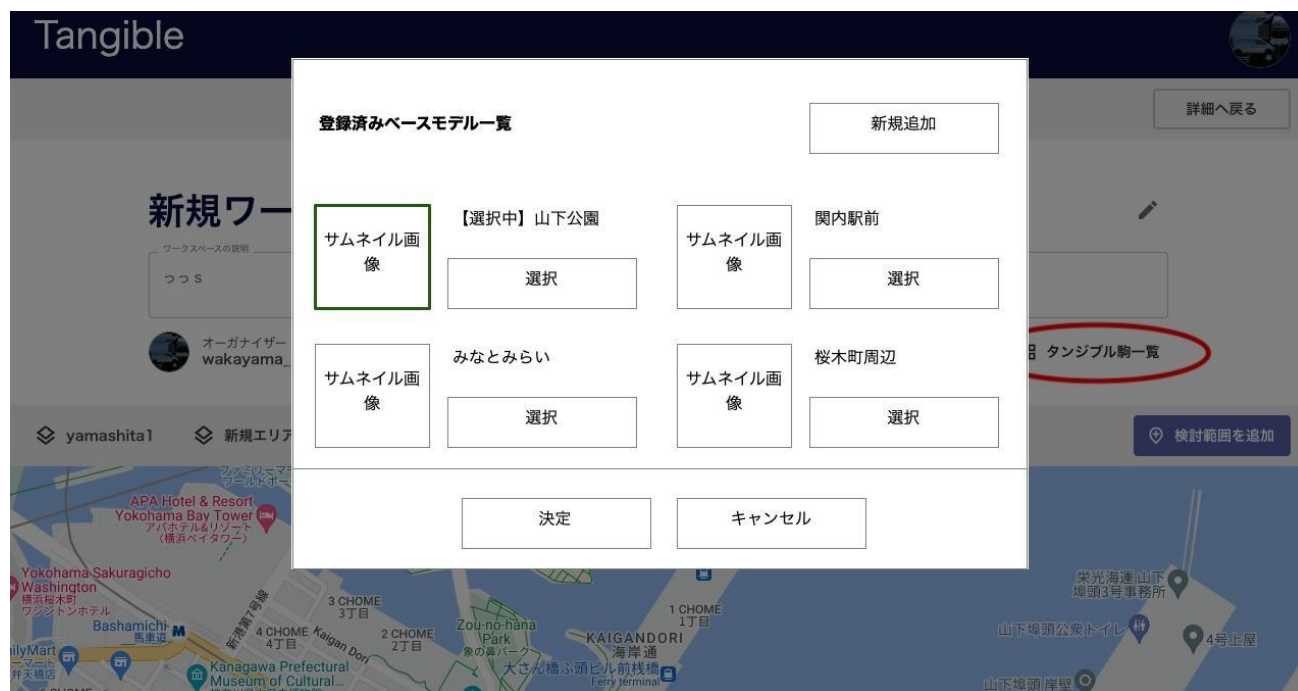


図 4-68 ベースモデル選択時イメージ

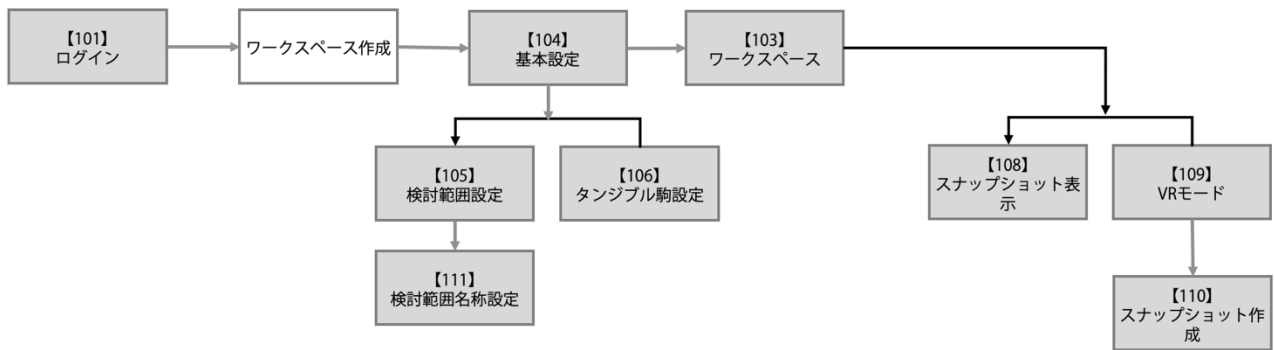


図 4-69 ベースモデル新規登録画面イメージ

4-7. 実証システムの利用手順

4-7-1. 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
- Web アプリの操作フローは以下のとおり



4-7-2. 各画面操作方法

1) Unity アプリの操作

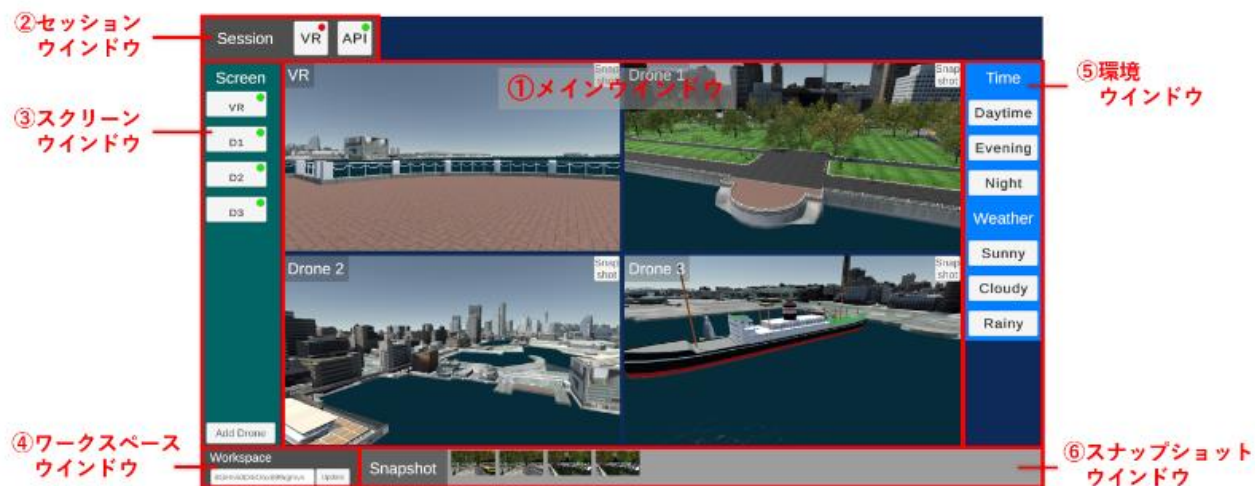


図 4-71 Unity アプリの利用

A) メイン画面

➤ ①メインウィンドウ

- ✧ 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スクリーンウィ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セッションウィンドウ

- ✧ 外部との通信を制御するためのウィンドウ。
- ✧ セッションウィンドウは以下 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スクリーンウィンドウ

- ✧ メインウィンドウに表示するスクリーン制御を行うウィンドウ。
- ✧ スクリーンウィンドウは以下のボタンで構成される。

● 表示切り替えボタン

- 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。
 - ✧ 以下の構成で構成される。
 - 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。

B) 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

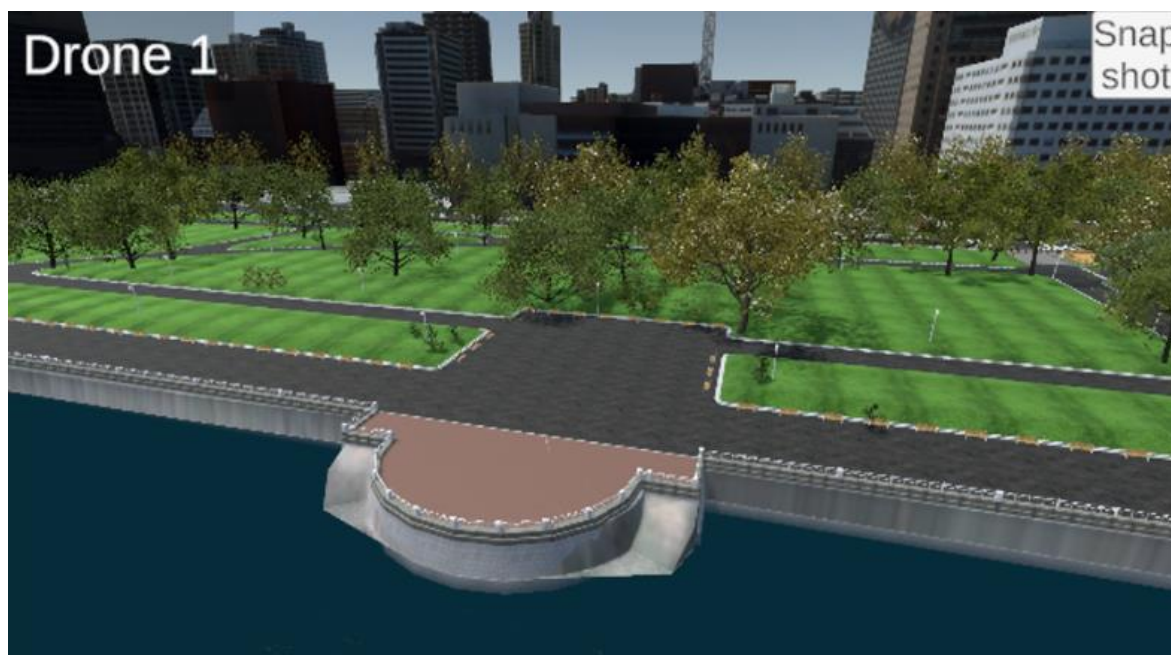


図 4-72 スクリーンの操作

- 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 4-37 機能紹介

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。

C) 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

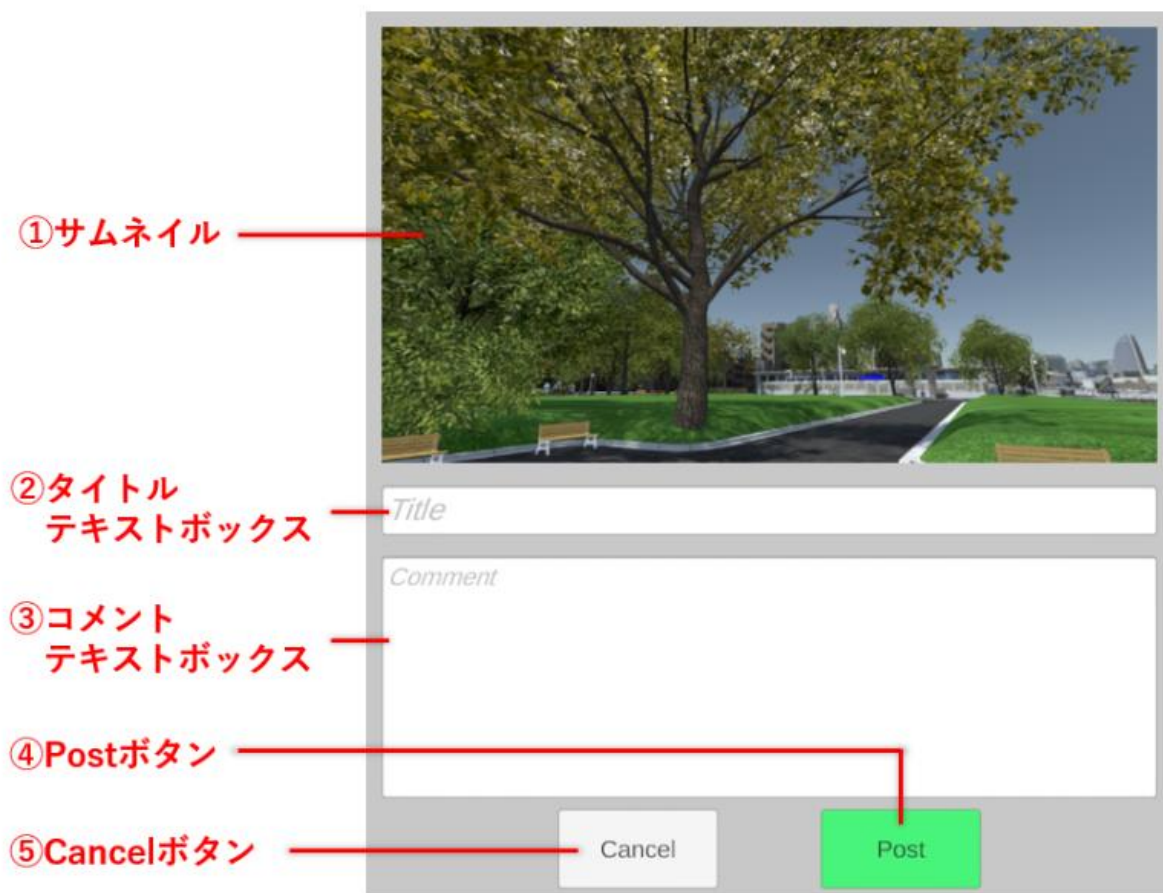


図 4-73 スナップショットアップロードウィンドウの操作

- 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

✧ ④Post ボタン

- アップロードを実行するボタン

✧ ⑤Cancel ボタン

- アップロードを中止するボタン

5. システムの非機能要件

5-1. 社会実装に向けた非機能要件

表 5-1 非機能要件一覧

カテゴリ	ID	項目	詳細
可用性	NR001	システムの稼働時間	● 3 時間程度を担保する ● ワークショップの実施時間が 2～3 時間程度のため
	NR002	システムの安定稼働時間	● 3 時間程度を担保する ● ワークショップの実施時間が 2～3 時間程度のため
	NR003	データ保管期間	● スナップショットのデータや登録された 3D モデルデータについて、実証期間はデータを保持しておく
性能・拡張性	NR004	マーカー位置の読取および VR 表示にかかる時間	● 1 秒以内。因果関係は示すことはできないが、1 秒以内にとどめれば、実用的だと考えている
	NR005	ユニットの複数台同時稼働	● 9 台。3 グループ同時に検討を行い、1 グループにつき、3 台使用するワークショップを想定
運用・保守性	NR006	セキュリティ	● API の利用には認証キーを設定
	NR007	認証	● Web アプリの利用には、メールアドレスとパスワードで認証

【NR001】システムの連続稼働時間

- 本非機能要件を適用するシステム
 - ワークショップで稼働させるユニットと Unity アプリ
- 目標値
 - 3 時間
- 設定理由
 - ワークショップの実施時間が 2～3 時間程度であるため
- 評価方法
 - テストを実施しトラブルがあれば記録

【NR002】安定動作時間

- 本非機能要件を適用するシステム
 - ワークショップで稼働させるユニットと Unity アプリ
- 目標値
 - 3 時間
- 設定理由

- ワークショップの実施時間が2～3時間程度であるため
- 評価方法
 - テストを実施しトラブルがあれば記録

【NR003】データの保管期間

- 本非機能要件を適用するシステム
 - Web アプリで接続するストレージサービス
- 目標値
 - 4ヶ月
- 設定理由
 - 実証期間の間はデータを保持しておく必要があるため
- 評価方法
 - 評価不要
 - Firebase の Storage を利用するため、システム障害が原因でデータが消えることはない

【NR004】マーカの位置読み取り

- 本非機能要件を適用するシステム
 - タンジブルユニット
- 目標値
 - 1秒以内
- 設定理由
 - 因果関係は示すことはできないが、速ければ速いほど体感の良さは向上すると考えている。現在のシステム構成上、現実的には1秒以内というのが妥当な目標だと考えているため
- 評価方法
 - テストを実施、速度を計測する

【NR005】マーカの位置読み取り及びVR表示

- 本非機能要件を適用するシステム
 - タンジブルユニット
- 目標値
 - 1秒以内
- 設定理由
 - 因果関係は示すことはできないが、速ければ速いほど体感の良さは向上すると考えている。現在のシステム構成上、現実的には1秒以内というのが妥当な目標だと考えているため
- 評価方法
 - テストを実施、速度を計測する

【NR006】セキュリティ

- 本非機能要件を適用するシステム
 - ユニットおよび Unity アプリ
- 目標値
 - クライアント側には API キーを設定する
 - サーバー側はアクセスに対して API キーの認証が必要のように設定する
- 設定理由
 - 今後、システムを安全にスケールさせていくためには、アクセスをコントロールが必要であるため
- 評価方法
 - サーバー側に設定をし、クライアント側からアクセスできるか確かめる

【NR007】認証

- 本非機能要件を適用するシステム
 - Unity アプリおよび Web アプリ
- 目標値
 - 認証機能を実装する
- 設定理由
 - 今後、システムを安全にスケールさせていくためには、アクセスをコントロールが必要であるため
- 評価方法
 - クライアント端末から認証機能を使ってログインできるか確かめる

6. 品質

6-1. 機能要件の品質担保

表 6-1 機能要件の品質担保方針

対象プロセス/サブシステム	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
Web アプリベースモデルの外部化	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか	実装できており、正しく動作する	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
特殊駒の外部化	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか	実装できており、正しく動作する	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
タンジブル駒の管理方法の変更	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか、ワークショップの運用上問題ないか	実装できており、正しく動作し、また、ワークショップの運用上も問題ない	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
安定性の向上	昨年度と同様の使用方法をして、安定性をはかる	ワークショップの最中、システムが停止しないで動作し続ける	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
デバッグ性の向上 (エラーログの表示画面の実装)	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか	実装できており、正しく動作する	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
カメラ駒にラベルを持たせる	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか	実装できており、正しく動作する	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト
操作リモコンの実装	要件で定めたとおりに、機能が実装できているか、正しく動作するか	実装できており、正しく動作する	2024 年 6 月～7 月	関係者によるテスト

6-2. 非機能要件の品質担保

表 6-2 非機能要件の品質担保方針

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
タンジブルインターフェース	システムの稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間連続稼働する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	システムの安定稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間安定的に稼働する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	データ保管期間	4 ヶ月データが保管される	2024 年 12 月～2025 年 3 月	外部サービスの利用なのでアクティビティなし
	マーカー位置の読取および VR 表示にかかる時間	読み取りから表示にかかる時間が 1 秒である	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	ユニットの複数台同時稼働	同時に稼働させるユニットの台数が 9 台である	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	セキュリティ	API の利用には API キーが必要なように実装されており、正しく動作する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	認証	Web アプリや Unity アプリを利用するには認証が必要なように実装されており、正しく動作する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施

7. 実証技術の検証

7-1. 検証目的

- 過年度より開発してきた、タンジブルユニットの性能向上を狙って、内蔵コンピューターを Raspberry Pi4 から Raspberry Pi5 に換装する。主な処理について性能評価を行う

7-2. KPI

表 7-1 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	Raspberry Pi5 のスペック間の処理速度比較 (4GB/8GB)	4 GB よりも処理速度が向上しているか	● タンジブルユニットの処理速度(マーカー読み取り、データ送信) 向上により、VR 空間とタンジブルインターフェース間の連携におけるボトルネックを解消し遅延低減につなげるため	● 条件を変えて処理時間を計測する
2	Raspberry Pi4 を Raspberry Pi5 に換装した際の処理速度	Raspberry Pi4 よりも処理速度が向上しているか	● 同上	● 同上

7-3. 検証方法と検証シナリオ

1) コンピューターのスペック比較

Raspberry Pi5 について、メモリ 4GB と 8GB の場合の処理時間を計測する

2) 処理速度比較

Raspberry Pi4 と Raspberry Pi5 で GET 処理時間、マーカー検出、POST の処理時間を比較する

- (1) GET 処理時間にかかる時間 (GET Request、10 回実行した平均処理時間)
- (2) Detect 処理時間 (ArUco マーカーの個数は 1 個と 100 個で計測する)
- (3) POST 処理時間 (POST Request、10 回実行した平均処理時間)

※ GET 処理時間：クラウドアプリから WorkSpace の地図画像を取得する処理

※ArUco マーカー検出：ユニット上の ArUco マーカーを識別し、座標情報を得る処理

※ POST：取得したマーカー座標をクラウドシステムに送信する処理

7-4. 検証結果

1) コンピューターのスペック比較

メモリ 4GB と 8GB を比較した際に、GET 処理時間、Detect 処理時間、POST 処理時間全てにおいて、マーカー検出処理改善において 8GB の方が、処理速度が速いという結果が得られた。

表 7-2 結果データ一覧

#	Raspberry Pi (モデル/メモリ)	①Raspberry Pi5/4GB	②Raspberry Pi5/8GB	差 (①-②)
1	GET 処理時間 (秒)	2.5256	2.2015	0.3241
2	Detect 処理時間 (秒) ArUco マーカー1 個	0.6906	0.4235	0.2671
3	Detect 処理時間 (秒) ArUco マーカー約 100 個	0.6373	0.6349	0.0024
4	POST 処理時間 (秒)	0.2790	0.3957	0.1167

2) 処理速度比較

処理速度比較の結果から、Raspberry Pi 5（8GB）は Raspberry Pi 4（4GB）と比較して全体的に優れたパフォーマンスを示している。特に GET 処理と Detect 処理（マーカー100 個）において、Pi 5 の処理速度の優位性が顕著である。ワークショップ運営では多数のマーカーを同時に活用する場面が多いため、Raspberry Pi 4 から Raspberry Pi 5 への換装は作業効率の向上に大きく貢献したと評価できる。この結果は、実践的な使用環境下での処理パフォーマンス向上を裏付けており、アップグレードの妥当性を示す。

表 7-3 結果データ

#	処理内容	Raspberry Pi モデル/ メモリ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均時間
1	Get 処理時間 (秒)	Raspberry Pi 4/ 4GB	2.5962	2.5334	2.4283	2.3590	2.4482	2.5433	2.6058	2.5442	2.5988	2.5993	2.5256
2	Get 処理時間 (秒)	Raspberry Pi 5 / 8GB	0.5506	0.5004	0.4650	0.4635	0.9156	0.6458	0.8392	0.5107	0.4023	0.4454	0.5739
3	Detect 処理時間 (マーカー約 1 個) (秒)	Raspberry Pi 4 / 4GB	1.1182	0.6984	0.6336	0.6665	0.6182	0.6064	0.5667	0.6914	0.6116	0.6947	0.6906
4	Detect 処理時間 (マーカー 1 個) (秒)	Raspberry Pi 5 / 8GB	0.8009	0.2852	0.3573	0.3087	0.8563	0.2853	0.3687	0.2965	0.2831	0.3935	0.4235
5	Detect 処理時間 (マーカー約 100 個) (秒)	Raspberry Pi 4 / 4GB	0.6404	0.6526	0.6498	0.6225	0.6513	0.6360	0.6392	0.6181	0.6324	0.6311	0.6373

6	Detect 処理時間 (マーカー 約 100 個) (秒)	Raspberry Pi 5 / 8GB	0.8152	0.2525	0.2490	0.2420	0.2451	0.2580	0.2504	0.3410	0.2715	0.2784	0.3203
7	Post 処理時間 (秒)	Raspberry Pi 4 / 4GB	0.2755	0.2708	0.2675	0.2933	0.2801	0.2668	0.2911	0.2741	0.2847	0.2863	0.2790
8	Post 処理時間 (秒)	Raspberry Pi 5 / 8GB	0.2502	0.3422	0.2433	0.2461	0.2297	0.2447	0.2413	0.2215	0.2570	0.2199	0.2496

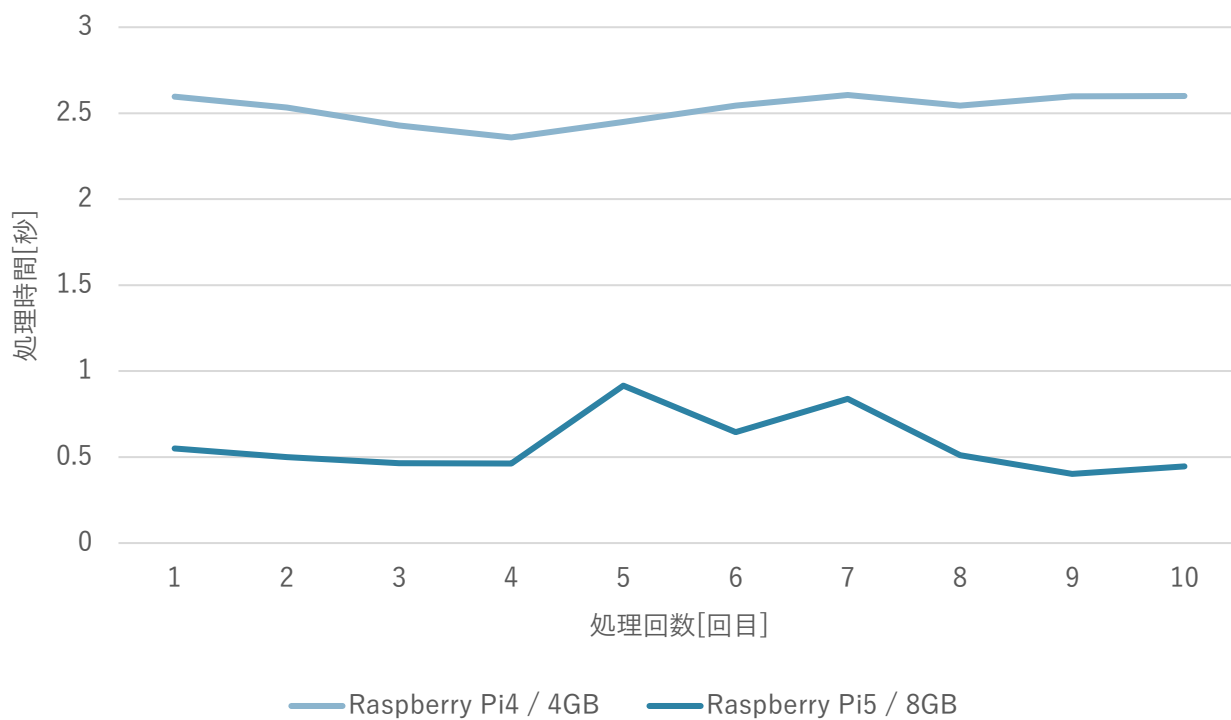


図 7-1 GET 処理時間（地図表示）

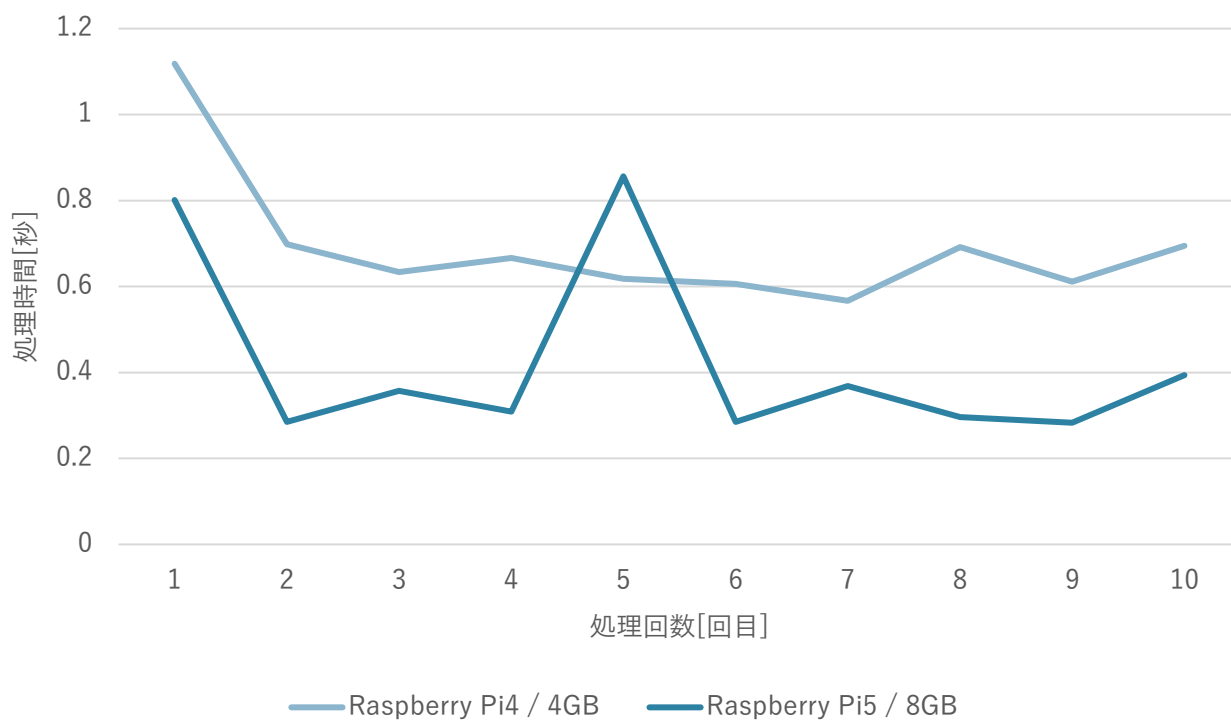


図 7-2 Detect 処理時間（マーカー1 個）

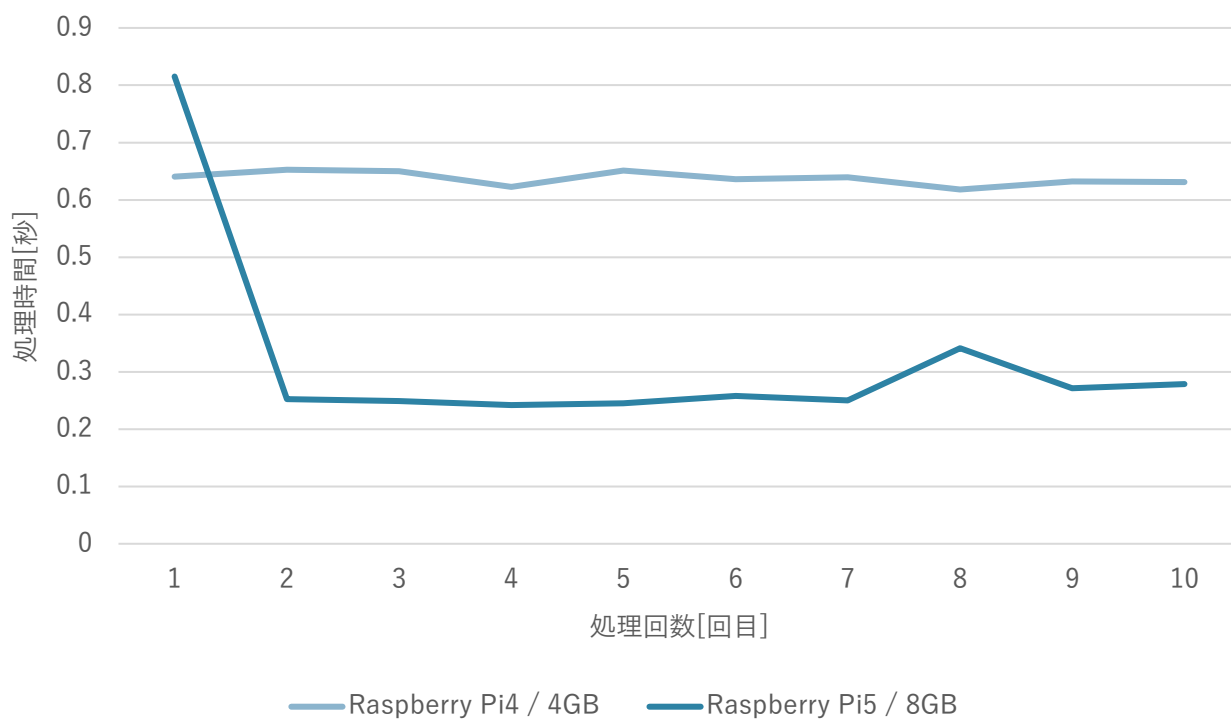


図 7-3 Detect 処理時間（マーカー100 個）

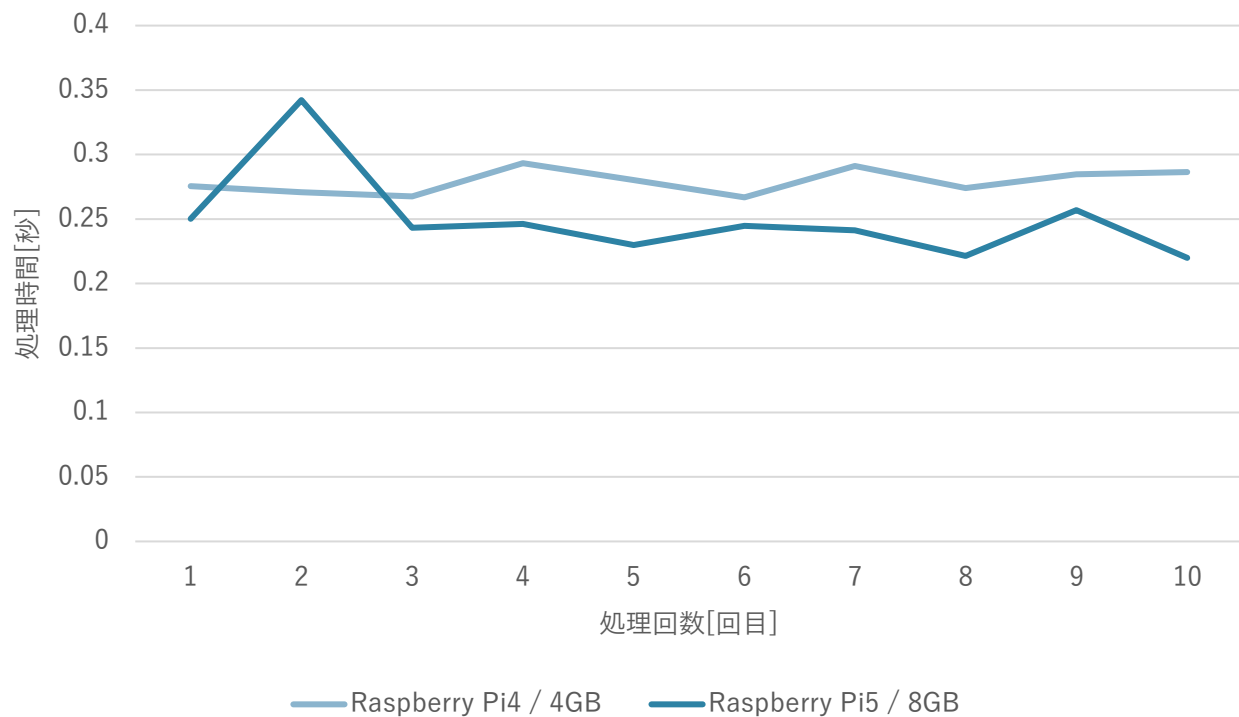


図 7-4 POST 処理時間（マーカース座標送信）

8. 実証技術の非機能要件の検証

8-1. 検証目的

- 非機能要件について、期待した通りの結果を得ることができており、ワークショップ実施などシステムを利用するうえでの体験の質が向上しているか検証する

8-2. KPI

表 8-1 非機能要件の KPI 一覧

カテゴリ	ID	項目	詳細
可用性	NR001	システムの稼働時間	● ワークショップ実施時間である 3 時間連続稼働する
	NR002	システムの安定稼働時間	● ワークショップ実施時間である 3 時間安定的に稼働する
	NR003	データ保管期間	● スナップショットのデータや登録された 3D モデルデータについて、実証期間はデータを保持しておく
性能・拡張性	NR004	マーカー位置の読取および VR 表示にかかる時間	● 1 秒以内。因果関係は示すことはできないが、1 秒以内にとどめれば、実用的だと考えている
	NR005	ユニットの複数台同時稼働	● 9 台。3 グループ同時に検討を行い、1 グループにつき、3 台使用するワークショップを想定
運用・保守性	NR006	セキュリティ	● API の利用には API キーが必要のように実装されており、正しく動作する
	NR007	認証	● Web アプリや Unity アプリを利用するには認証が必要のように実装されており、正しく動作する

8-3. 検証方法と検証シナリオ

表 8-2 非機能要件の検証方法

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
タンジブルインターフェース	システムの稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間連続稼働する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	システムの安定稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間安定的に稼働する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	データ保管期間	4 ヶ月データが保管される	2024 年 12 月～2025 年 3 月	外部サービスの利用なのでアクティビティなし
	マーカー位置の読取および VR 表示にかかる時間	読み取りから表示にかかる時間が 1 秒である	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	ユニットの複数台同時稼働	同時に稼働させるユニットの台数が 9 台である	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	セキュリティ	API の利用には API キーが必要なように実装されており、正しく動作する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施
	認証	Web アプリや Unity アプリを利用するには認証が必要なように実装されており、正しく動作する	2024 年 10 月～11 月	テストを実施

8-4. 検証結果

表 8-3 検証結果サマリー

				赤セル：KPI 達成	青セル：KPI 未達
検証項目	評価指標・KPI	目標値	結果	示唆	
タンジブルインターフェース	システムの稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間連続稼働する	まれにシステムがフリーズするケースがあった。	● 同じ条件で複数のユニットを稼働させたが、ユニットごとに個体差がみられた ● 直ちに再起動したらすぐに復旧したので、ワークショップの運営には問題はなかった	
	システムの安定稼働時間	ワークショップ実施時間である 3 時間安定的に稼働する	まれにシステムがフリーズ、不安定になるケースがあった。	● 同じ条件で複数のユニットを稼働させたが、ユニットごとに個体差がみられた ● 通信速度が不安定な場合に、動作が不安定になる可能性が考えられる ● 直ちに再起動したらすぐに復旧したので、ワークショップの運営には問題はなかった	
	データ保管期間	4 ヶ月データが保管される	○	● 4 カ月のデータ保管を確認した	
	マーカー位置の読取および VR 表示にかかる時間	読み取りから表示にかかる時間が 1 秒である	平均 1 秒	● 通信環境の影響を受けるが、平均すると 1 秒に収まった	
	ユニットの複数台同時稼働	同時に稼働させるユニットの台数が 9 台である	10 台	● 9 台以上の同時稼働を確認した	
	セキュリティ	API の利用には	○	● 正しく動作したこと	

		API キーが必要なように実装されており、正しく動作する		を確認した
	認証	Web アプリや Unity アプリを利用するには認証が必要なように実装されており、正しく動作する	○	● 正しく動作したことを確認した

9. ワークショップの概要

9-1. ワークショップの全体像

過年度より開発を進めてきたタンジブルインターフェースと、それを活用したワークショップ手法の実用化を目指している。タンジブルインターフェース通じて、異なる主体、異なるフィールド、そして、まちづくりにおける三つのフェーズの中で、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を実施し、多様なニーズへの適用可能性を検証する。

なお、まちづくりにおける三つのフェーズとは、以下のように定義する。

表 9-1 検討内容

フェーズ	検討内容
構想段階	将来の開発計画に向けて方向性を検討する。専門家、地権者、地元行政、一般市民等がそれぞれの意見を出し合って将来像を検討する。
開発段階	開発計画の内容について、景観や機能など具体的な設計をする段階。専門家、地権者、地元行政が中心となって議論される。
活用段階	既存の空間の演出やイベントの実施、タンジブルユニットの配置変更'などによって、快適性やにぎわいの創出を狙った検討を行う。主に、エリアマネジメント団体、地域行政、その他地域のステークホルダーが参加して議論する。

本実証では、以下の4エリアでワークショップを実施する。

表 9-2 ワークショップ実施エリア

エリア	主な検討テーマ	フェーズ	協力主体
JR 仙台駅前青葉通駅前	「仙台の顔」となる駅前青葉通りの景観作り	構想段階	仙台市都市整備局 市街地整備部 都心まちづくり課
東武曳舟駅再開発地区	再開発後の広場活用	開発段階	UR 都市機構
JR 関内駅北口付近再開発地区	再開発後の歩行者空間のあり方	開発段階	開発事業者 設計事務所
台東区浅草6区	歩行者の再編を想定した空間活用	活用段階	浅草六区エリアマネジメント協会 台東区役所 都市づくり部 都市計画課

9-2. ワークショップの詳細（仙台）

9-2-1. ワークショップの背景

JR 仙台駅前青葉通エリアについては、社会環境の変化を考慮して、エリアのあり方について官民が連携して検討が開始された。令和3年度には青葉通駅前エリアのあり方検討協議会が設立され、検討会や社会実験が実施されてきた。

参考：AOBA DORI MOVE (<https://aoba-dori-move.com/about/>)

9-2-2. ワークショップの目的

本ワークショップでは「仙台の顔」と呼べるような機能や景観について協議会のメンバー等からアイデアを募る前段階として、地方公共団体職員が歩道の拡幅によって拡張される空間の使い方について事前検討した。

9-2-3. ターゲット参加者

地方公共団体職員（仙台市）が参加し、将来的な検討の土台となる意見交換が行われた。

9-2-4. プログラム

表 9-3 プログラム詳細

時間	内容	補足	担当者
13:00	趣旨説明	-	仙台市担当職員・小林
13:10	タンジブルインターフェースを体験しながら、現在の「仙台の顔」について理解してもらう	デモンストレーションとエリア現況の確認	片岡・山口
13:35	将来の「仙台の顔」を体験	車線減少パターンごとに3セット	片岡・山口
14:35	グループ発表	各グループ3分程度	片岡・山口
14:55	総括	各自、感想や意見などをコメント	片岡・山口
15:00	アンケート記入	-	片岡
15:10	VR体験	各自、作成した場면을VR体験	神戸

9-2-5. 利用したツール

- タンジブルユニット
 - タンジブルユニット（12 台）を利用して、各車線減少パターン（片側 1 車線～2 車線減少、片側 3 車線減少、全面広場化）に 3 台ずつ割り振り、同じエリアを同時に検討できる設定とした
 - 別途、俯瞰地図確認用に 3 台を設定した

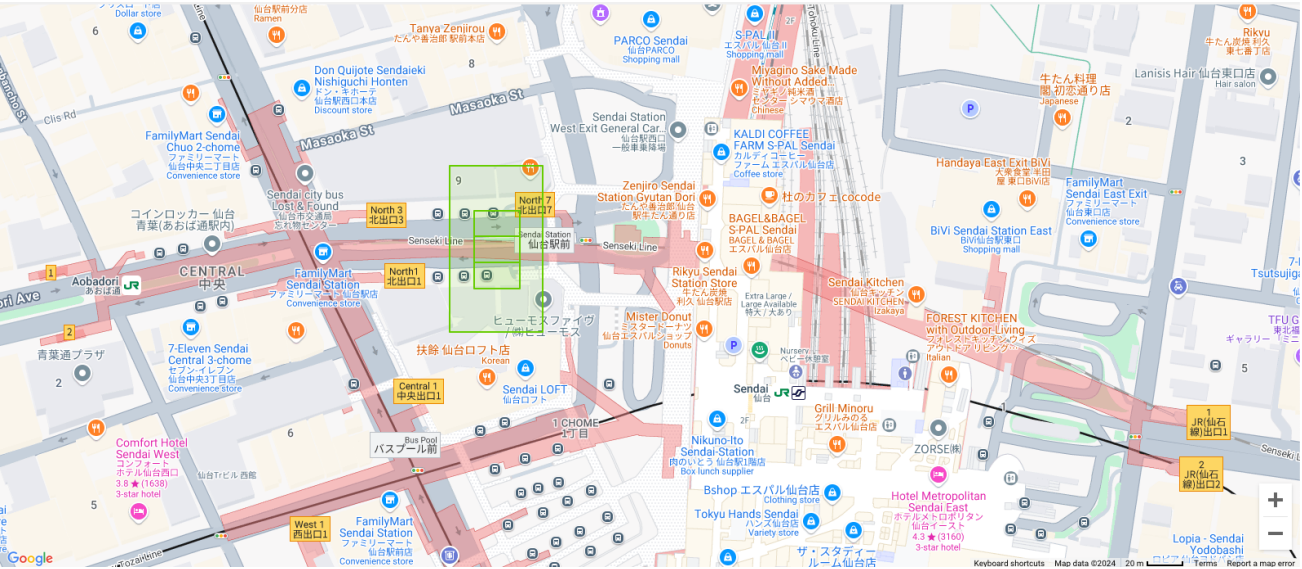
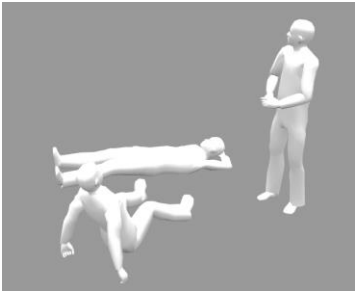
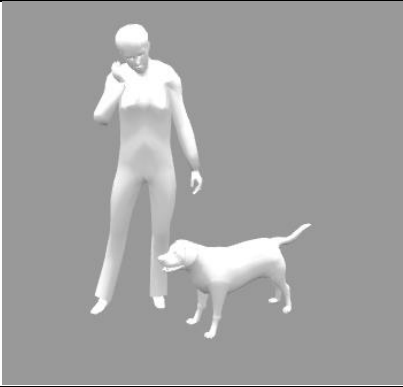
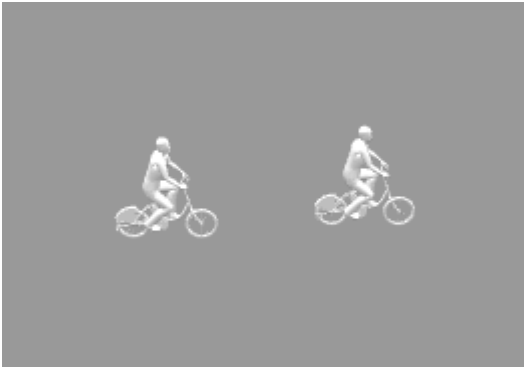
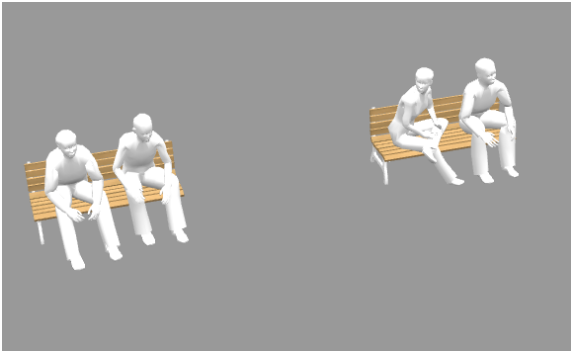


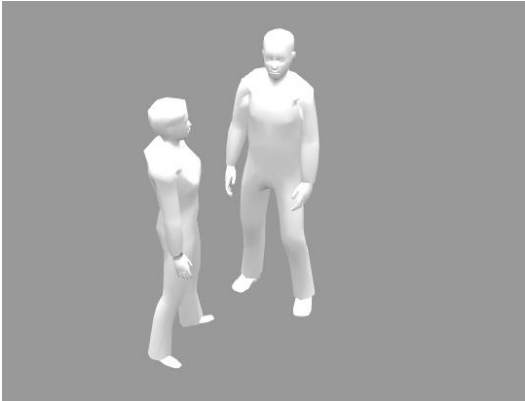
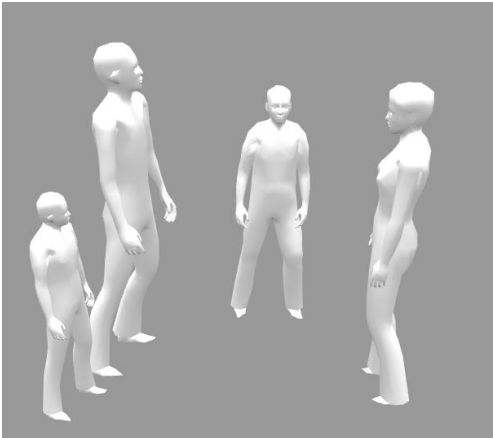
図 9-1 アプリ上でのユニット設定

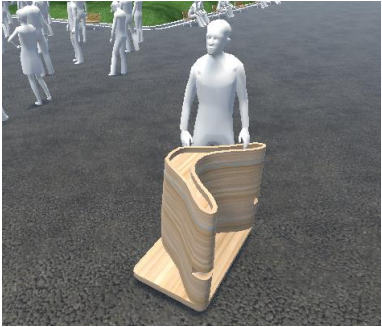
- タンジブル駒
 - 定番の駒に加えて、過去の社会実験の結果を踏まえ、いくつかの駒を追加で作成した
 - 本ワークショップで使用した主なタンジブル駒は以下のとおり

表 9-4 使用したタンジブル駒一覧

駒名称	イメージ
自撮り女性	

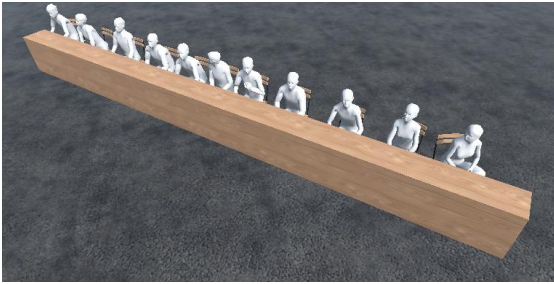
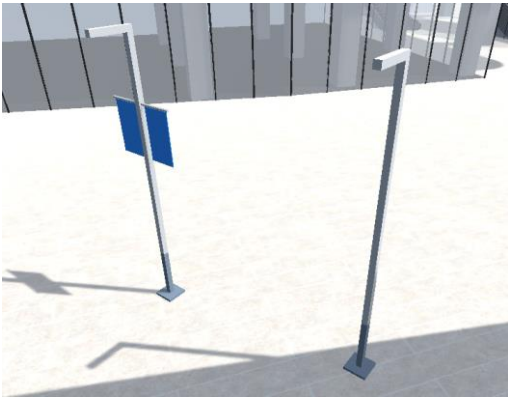
人（芝生）	
人（犬連れ）	
人（自転車）	
人（ベンチ）	

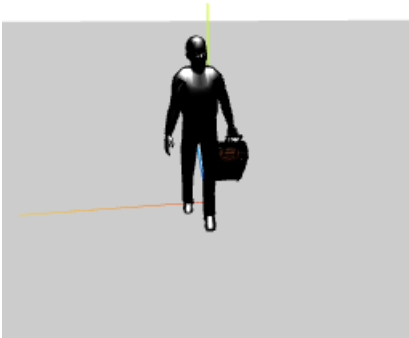
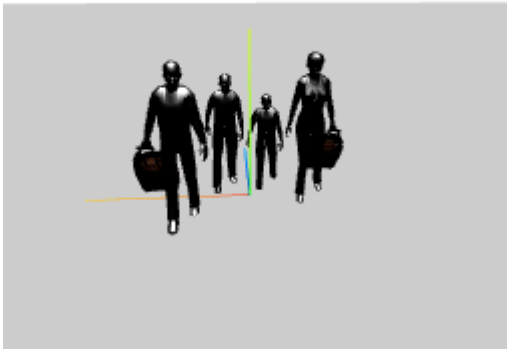
人（男女）	
人（家族）	
樹木（段差）	
群衆（少）	

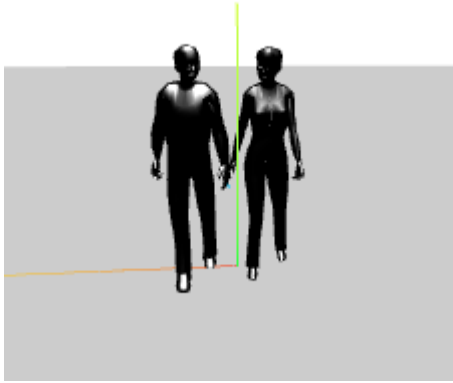
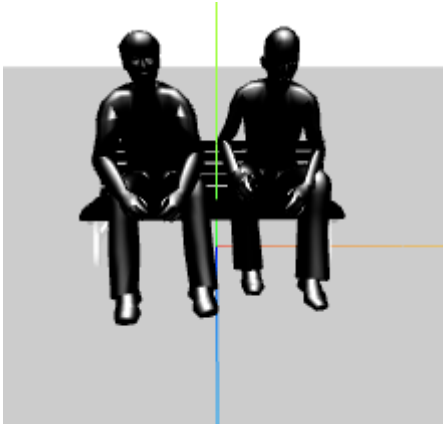
大道芸（群衆少）	
モビリティ小	
モビリティ大	
マルシェスタンド+人	
大看板+人	

ピアバイク	
テーブル	
キッチンカー	
ピアノ + 親子 3 人	

プランター	
ペイバイクポート	
芝生 & ハンモック	
オープンカフェ + 人	
子供用遊具	

電源設備（BOX）	
長いテーブル	
ベンチ	
フラッグ付き街灯	

縦型サイネージ	
キャリーケース男性	
キャリーケース家族4人	

通行大人 2 人	
ベンチに座って話をする人‘	

9-2-6. 実施場所

会場：仙台市青葉区役所 9 階 第 1・2 会議室

住所：〒980-8701 宮城県仙台市青葉区上杉一丁目 5 番 1 号

広さ：100 m²程度

URL：<https://www.city.sendai.jp/aoba-kusesuishin/aobaku/shokai/chosha/kuyakusho.html>

9-2-7. 会場設置図

①片側1車線~2車線減少、②片側3車線減少、③全面歩道化の3グループをつくる

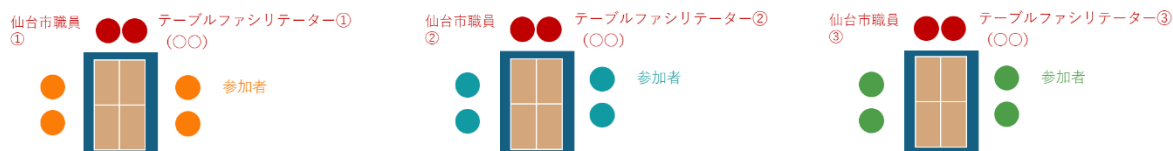


図 9-2 会場設置図

9-2-8. 使用した端末・備品等

- プロジェクター×3+大型スクリーン×3
- テーブル大×8
- 延長コード×4
- ゲーミング PC (Unity アプリ投影用) ×4
- ゲーミング PC (Unity アプリ VR 用) ×1
- ヘッドマウントディスプレイ×1
- WiFi ルーター (タンジブルユニット用) ×1
- WiFi ルーター (VR 用) ×1
- モバイルルーター×1

9-2-9. 通信環境

- モバイル回線 (UQ WiMAX) を使用した

9-2-10. 運営メンバーの人数・役割

- メンバー
 - IL:インフォ・ラウンジ株式会社
 - YP:株式会社山手総合計画研究所
 - CS:サイバネットシステム株式会社

● 役割

- 司会進行：片岡（YP）
- グループファシリテーター：小林（IL）、山口（YP）、木綿（YP）、高野（YP）、仙台市役所担当職員
- サポート：若山（IL）、加川（IL）、良田（IL）
- 記録：神戸（CS）

9-2-11. 参加者

表 9-5 参加者リスト

所属	部署
都市整備局	-
都市整備局	-
都市整備局	-
都市整備局	-
都市整備局	総務課
都市整備局	総務課
都市整備局	総務課
都市整備局	計画部
都市整備局	都市計画課
都市整備局	都市計画課
都市整備局	都市計画課
都市整備局	都市計画課
都市整備局	交通政策課
都市整備局	交通政策課
都市整備局	市街地整備部
都市整備局	都心まちづくり課
都市整備局	都心まちづくり課
都市整備局	都心まちづくり課
都市整備局	都心まちづくり課
都市整備局	都心まちづくり課
まちづくり政策局	プロジェクト推進課
（株）オリエンタルコンサルタンツ	-
（株）オリエンタルコンサルタンツ	-
	計 24 名

9-2-12. 参加者のグループ分け

仙台市担当職員が所属や職位を考慮してバランス良くグループを分けた。

9-2-13. 集客方法

仙台市担当職員が庁内で呼び掛けた。

9-2-14. WS 運営における工夫

現状、青葉通りは片側 3 車線の通りだが、車線を減少することで生まれる空間の活用方法について比較検討できるようにベースモデルを準備し、ワークスペースを設定した。各グループは異なる車線減少パターンが設定されたテーブルを順番に回り、検討を行った。

9-2-15. 実証実験の様子



図 9-3 体験前のグループワークの様子



図 9-4 VR空間で置いた駒を確認している様子

9-2-16. 実証実験の成果

グループごとに異なる車線減少パターンで場面を作成し、スナップショットを多数記録した。主な場面を紹介する。



図 9-5 全面広場化では LRT を導入するアイデアが試された



図 9-6 全面広場化では LRT を導入するアイデアが試された

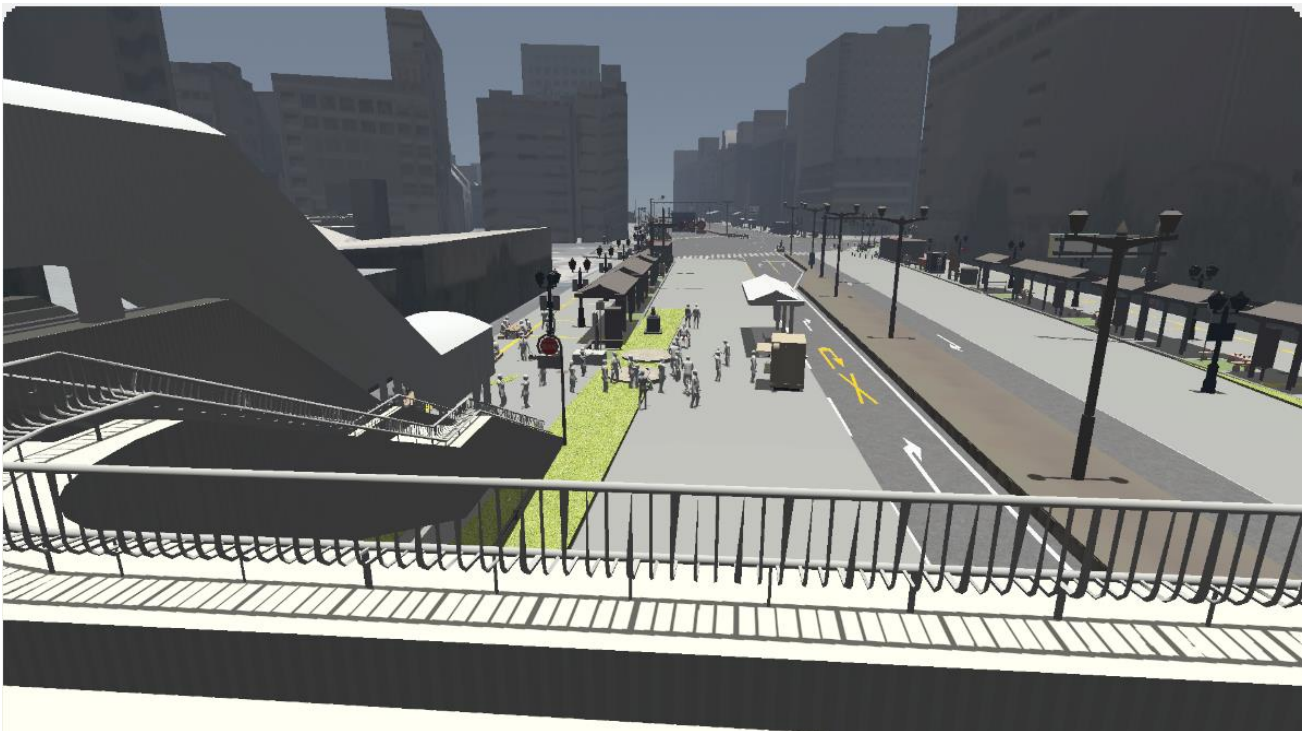


図 9-7 片側 3 車線減少では駅前のペデストリアンデッキ上からの視点でにぎわっている様子を再現した

9-3. ワークショップの詳細（曳舟）

9-3-1. ワークショップの背景

東武曳舟駅再開発地区エリアでは、独立行政法人都市再生機構（UR 都市機構）による再開発プロジェクトが進められている。開発プロジェクトは都市計画の決定段階にあり、今年度は計画されている公園の具体的なあり方について地域関係者等から多くの参考意見を聞いた。

「東武曳舟駅前地区のまちづくりについて」地域産業都市委員会資料 令和4年3月22日より

https://www.city.sumida.lg.jp/kugikai/kaigi_info/teireikai/2021/0302giantou.files/0302t19.pdf

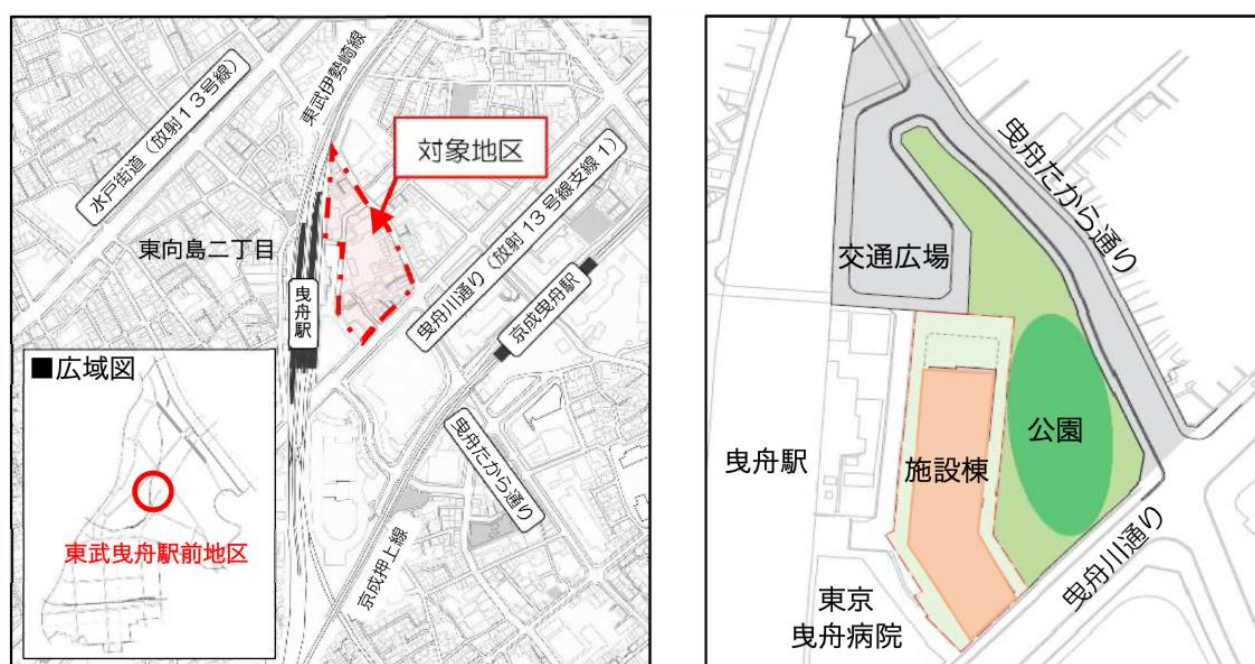


図 9-8 左：位置図 右：まちづくり計画案イメージ

9-3-2. ワークショップの目的

再開発プロジェクトの関係者を中心に、地権者に提示する前段階として、再開発する予定の公園の具体的なあり方について事前検討した。

9-3-3. ターゲット参加者

UR 都市機構職員、ランドスケープデザイナー、地域拠点運営者、その他地域関係者で構成され、具体的な空間活用のアイデアが共有された。

9-3-4. プログラム

表 9-6 プログラム詳細

時間	内容	補足	担当者
16:00	趣旨説明	-	UR・小林
16:05	体験、タンジブルインターフェースを理解してもらう	基本操作を説明、体験してもらう	片岡・山口
16:10	現況と将来のイメージの比較 (広場やストリートファニチャーのスケールも確認)	開発予定の広場とバスケットボールコート of の広さを比較	片岡・山口
16:20	グランドルールの説明とグループ分け	グランドルール (平等、傾聴、認め合う)	小林
16:25	POD の解説	STGK がデザインした各種機能を持った什器やストリートファニチャーである POD について説明	STGK
16:30	グループワーク前半 (Session : 01)	広場でやりたいことを自分視点で可視化	小林
17:20	グループワーク後半 (Session : 02)	広場でやりたいことを他人視点で可視化	小林
17:40	発表	各グループ 3 分程度	小林
17:55	総括	UR、STGK、コトラボ	小林
18:00	アンケート記入、VR 体験	アンケート記入後、希望者は VR 体験	片岡・神戸

9-3-5. 利用したツール

- タンジブルユニット
 - タンジブルユニット（10 台）を利用して検討エリアを設定し、タンジブルユニット（3 台）を俯瞰地図確認用に設定した

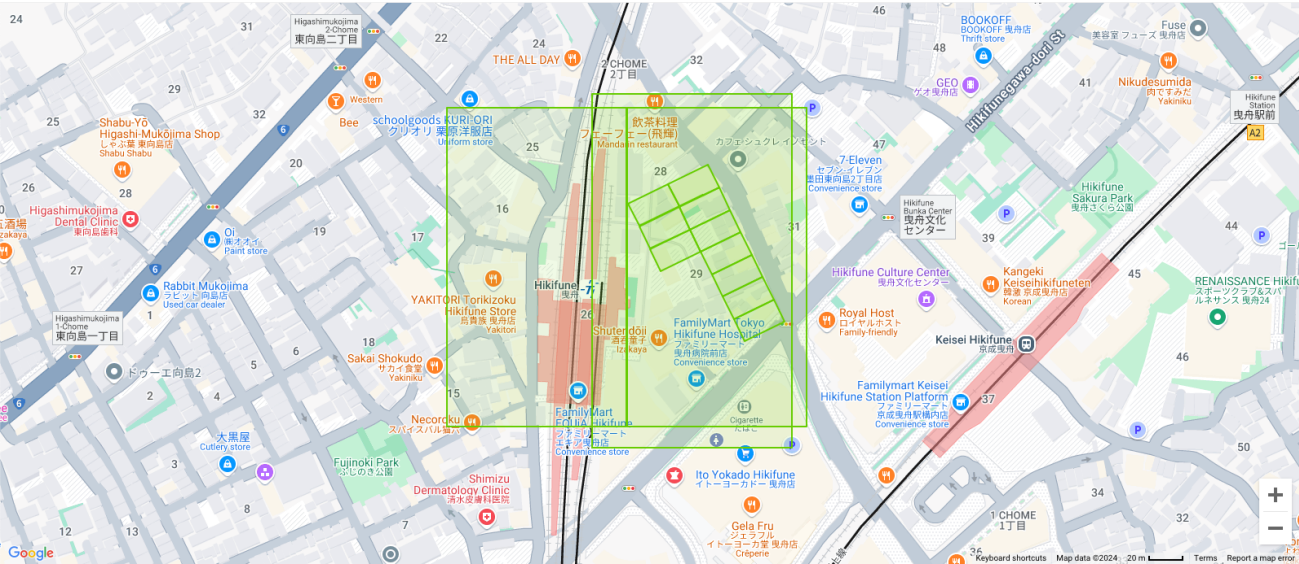
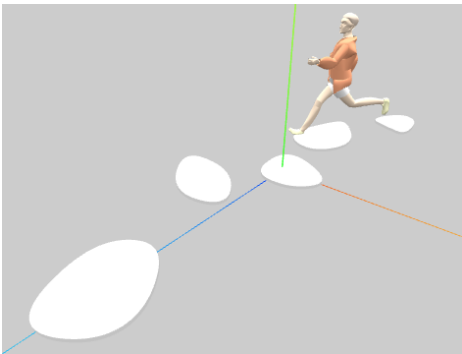
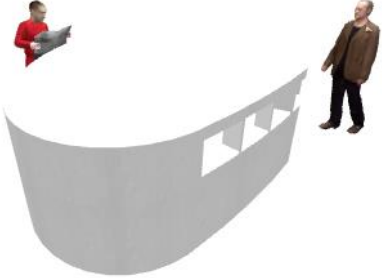


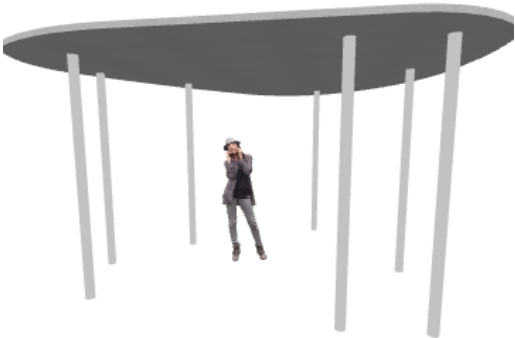
図 9-9 アプリ上でのユニット設定

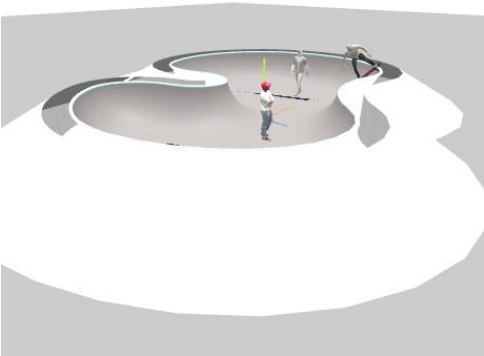
表 9-7 使用したタンジブル駒一覧

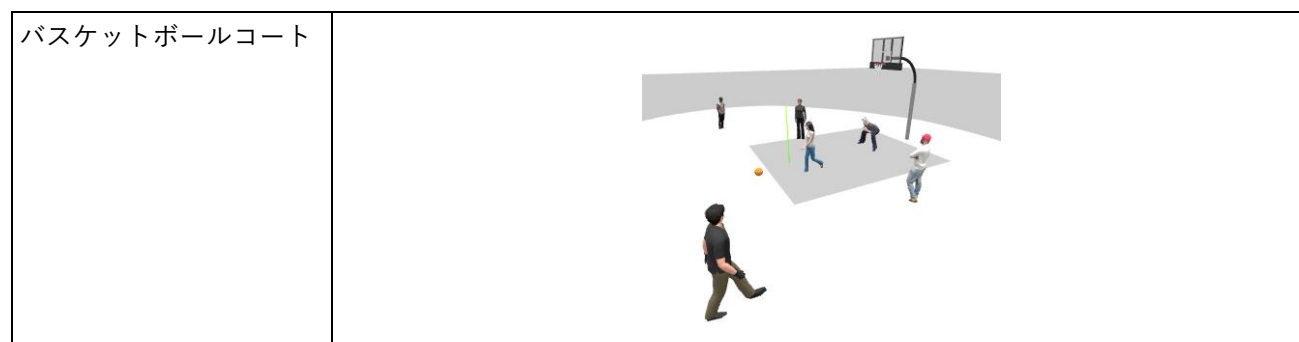
駒名称	イメージ
緑台 S	

緑台 M	
緑台 L	
パタン S (遊び)	
プランター	

ハイテーブル（小）	
ポール	
車両耐用舗装	
ご自由にお取りください	

囲い	
パーゴラ	
ハイテーブル（大）	
水景演出	
運動に適した舗装	

スケボー	
天然芝	
人工芝	
デッキ	



9-3-6. 実施場所

会場：ノウドひきふね

住所：〒131-0032 東京都墨田区東向島 2-29-13

広さ：60 m²程度

URL：<https://www.node-hikifune.com>

9-3-7. 会場設置図

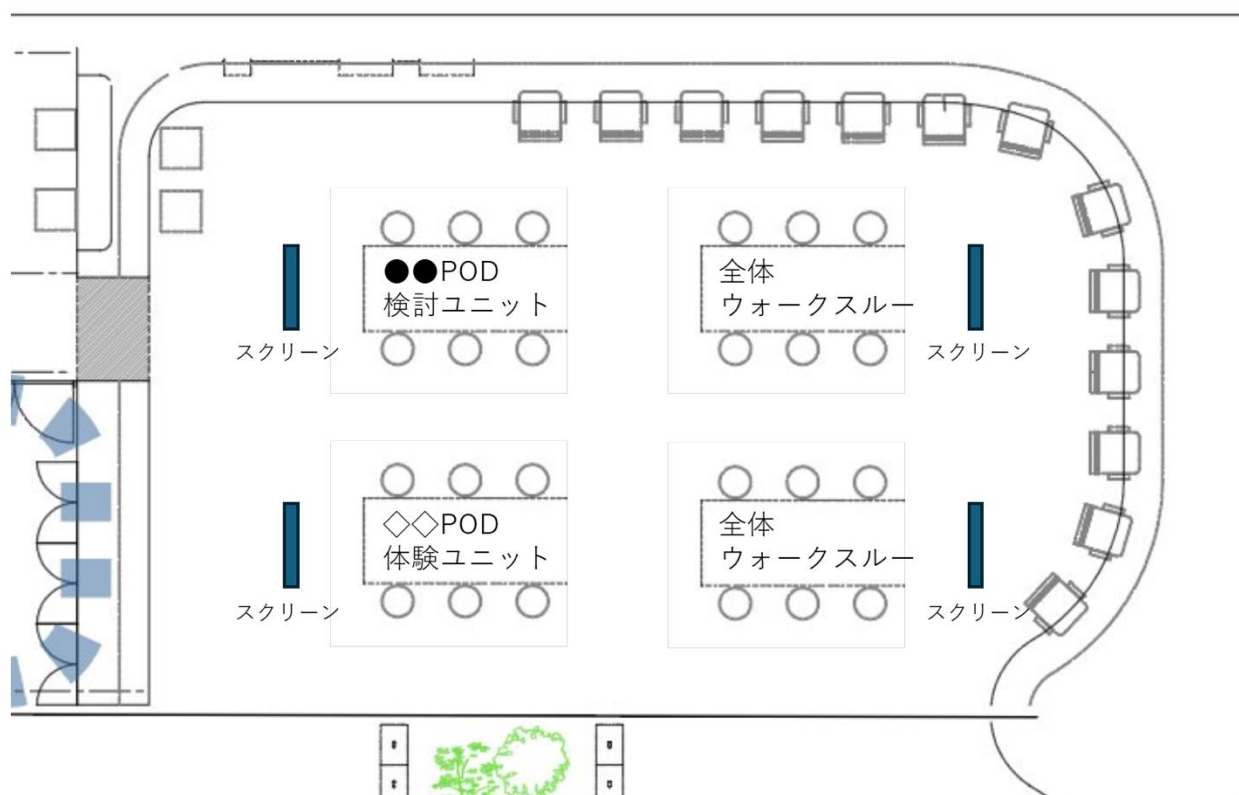


図 9-10 会場設置図

9-3-8. 使用した端末・備品等

- プロジェクター×3+大型スクリーン×1
- 大型モニター×1
- テーブル大×2
- テーブル中×1
- テーブル小×2
- 延長コード×4
- ゲーミング PC (Unity アプリ投影用) ×2
- ゲーミング PC (Unity アプリ VR 用) ×1
- ヘッドマウントディスプレイ×1
- WiFi ルーター (タンジブルユニット用) ×1
- WiFi ルーター (VR 用) ×1
- モバイルルーター×1

9-3-9. 通信環境

- モバイル回線（UQ WiMAX）を使用した

9-3-10. 運営メンバーの人数・役割

- メンバー
 - IL：インフォ・ラウンジ株式会社
 - YP：株式会社山手総合計画研究所
 - CS：サイバネットシステム株式会社
 - UR：UR 都市開発機構
- 役割
 - 司会進行：小林（IL）
 - グループファシリテーター：山口（YP）、片岡（YP）、戸田（YP）
 - サポート：若山（IL）、加川（IL）、良田（IL）
 - 記録：神戸（CS）

9-3-11. 参加者

表 9-8 参加者リスト

所属	部署
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	東日本都市再生本部 密集市街地整備部
UR 都市機構	本社 都市再生部
コトラボ	-
STGK	-
STGK	-
Waiwai	-
Waiwai	-
	計 12 名

9-3-12. 参加者のグループ分け

その場で、ランダムに3グループを編成した。

9-3-13. 集客方法

UR 都市機構が関係者に呼びかけを実施した。

9-3-14. WS 運営における工夫

開発後の公園の広さを一般の人に認識してもらえるよう、工夫を施した。まず、既存の建物が密集して建っている状態を PLATEAU の 3D 都市モデルで見せ、それらを一度消去した後で、開発後の構想建物と公園を出現させた。さらに、広さを比較するための駒として用意したバスケットボールコートや「ノウドひきふね」を公園に重ねて置いて見せた。ワークショップ参加者はこれらの体験を通じて、広場の広さをリアルに実感することができた。

9-3-15. 実証実験の様子



図 9-11 ワークショップ全体の様子



図 9-12 駒を選んでいる様子

9-3-16. 実証実験の成果

グループごとに3つのテーマを検討して場面を作成し、スナップショットを多数記録した。主な場面を紹介する。



図 9-13 広場のバーカウンターで日本酒を楽しむ場面が提案された

9-4. ワークショップの詳細（関内）

9-4-1. ワークショップの背景

横浜市の中心エリアでは大規模再開発プロジェクトが進行中であり、このプロジェクトを実証フィールドとして、開発事業者の協力を得ながら、3 街区にわたる開発エリアの中で、歩行者専用道路、街区間広場、交通広場などの歩行者空間のプランニングをしたいというニーズがあった。

9-4-2. ワークショップの目的

再開発プロジェクトの関係者を中心に、新たに開発が計画されている歩行者空間に必要な機能を検討するための意見収集と具体的な方向性を検討した。

9-4-3. ターゲット参加者

再開発プロジェクトの中でプランニングに関わる関係者が中心となり、実務的かつ具体的な議論が展開された。

9-4-4. プログラム

- JR 関内駅北口の再開発エリアをフィールドとする。
 - 実際の再開発プロジェクトに際して、主に歩行者空間のあり方を検討する
 - ①交通広場、②B 街区前歩行者専用道路+AB 間高架下、③BC 間広場に、必要な機能を検討する

表 9-9 交通広場の検討テーマ

視点（風景を見る場所）	いつ	シーン（使い方と空間のパターン）	検証したいこと
● 地下鉄から出てきた人（行先によってパターンあり） ● バスを降りた人 ● 桜通りから関内駅側を眺める人 ● BC 間広場から桜通り側に行きたいと思っている人 ● くすのきモール側から地下鉄やバス停にアクセスする人	● 日常 ● 小規模なポップアップ実施時	● 待ち合わせ ● 行きたい方向に円滑にいきたい（迷わず行けるか） ● 地域の人々がポップアップ出店しているポップアップを楽しむ	● 人が行きたい方向に円滑・快適に流れていきそうか（交通結節点としての機能） ● 地域の情報発信の場・役割を果たせそうか ● その風景が魅力的か、使いたくなるか ● 空間の使い方のスケール感の把握・検証

表 9-10 BC 間広場の検討テーマ

視点（風景を見る場所）	いつ	シーン（使い方と空間のパターン）	検証したいこと
● 関内駅北口側から ● くすのきモールから ● AB 間歩専道から ● 関内駅南口から ● BC 間広場 ● 関外側（大通り公園側）	● 歩専道と高架下空間が連動したイベント集客 ● 日常時における来街者、周辺ビル入居者が滞留する使い方	● アーバンスポーツ ● パーソナルモビリティハブ ● キッチンカーや牽引車 ● マルシェやポップアップ ● 仮設チャレンジショップ等 ● ランドマークとなる交差点 ● まちのビルボード（地域情報の発信）	● 魅力的な空間の使い方となっているか ● 各方面（視点）からの吸引力（見えるかどうか、活動が感じられるか）があるか ● 空間の使い方のスケール感の把握・検証

		● ・子どもや学生が集まる空間	
--	--	-----------------	--

表 9-11 ワークショップ進行

時間	内容	補足	担当者
13:00	解説・趣旨説明	-	開発 JV
13:10	体験、タンジブルを理解してもらう	基本操作を説明、体験してもらう	片岡
13:15	ハンズオン進行説明 与件（シナリオ）説明	-	片岡
13:25	グループワーク（前半）	いつ・誰が・何を？の設定を 考えて、場面を作成	片岡
14:20	休憩	-	-
14:25	グループワーク（後半）	いつ・誰が・何を？の設定を 考えて、場面を作成	片岡
15:20	発表		片岡
15:45	振り返り	他グループの検討結果も 踏まえて自由討議	片岡
15:55	アンケート～VR 体験	アンケート記入後各自希望者は VR 体験	片岡・神戸

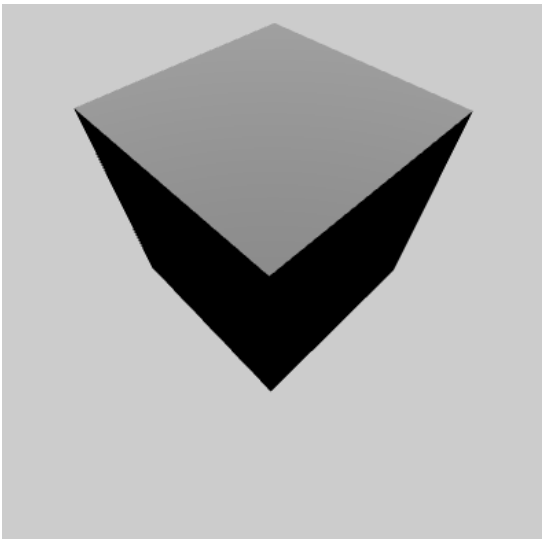
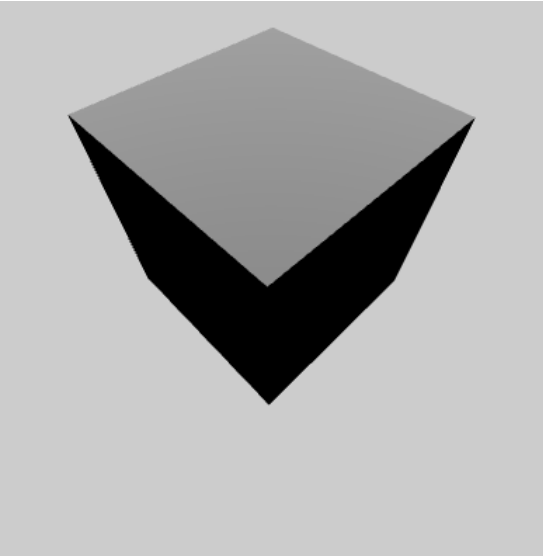
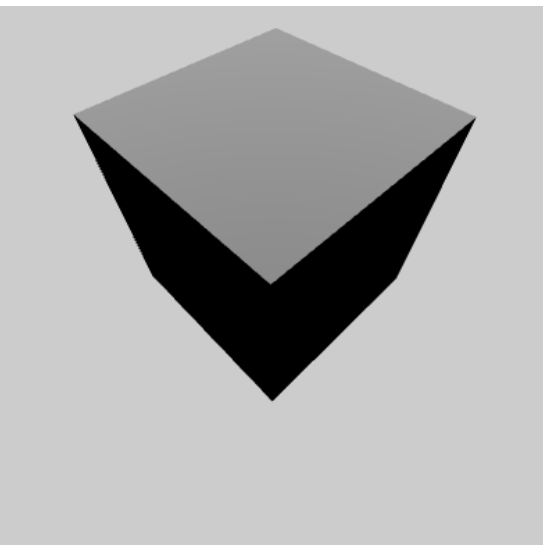
9-4-5. 利用したツール

- タンジブルユニット
 - タンジブルユニット（10 台）を 3 個所の検討範囲に対応するように配置した



図 9-14 アプリ上でユニット設定

- タンジブル駒
 - 定番の駒に加えて、サイズ検討に使えるキューブ駒を複数サイズ用意した
 - 本ワークショップ専用を用意した主なタンジブル駒は以下の通り

駒名称	イメージ
箱（5m5m5m）	
箱（3m3m3m）	
箱（1m1m1m）	

9-4-6. 実施場所

会場：belle 関内 601

住所：横浜市中区蓬莱町 1-1-3 belle 関内 601

URL：<https://smartrentalspace.com/>

9-4-7. 会場設置図

- 開発 JV 各社メンバーが混ざり合うようにグループを設定
- グループごとにタンジブルユニットと駒置き場を準備

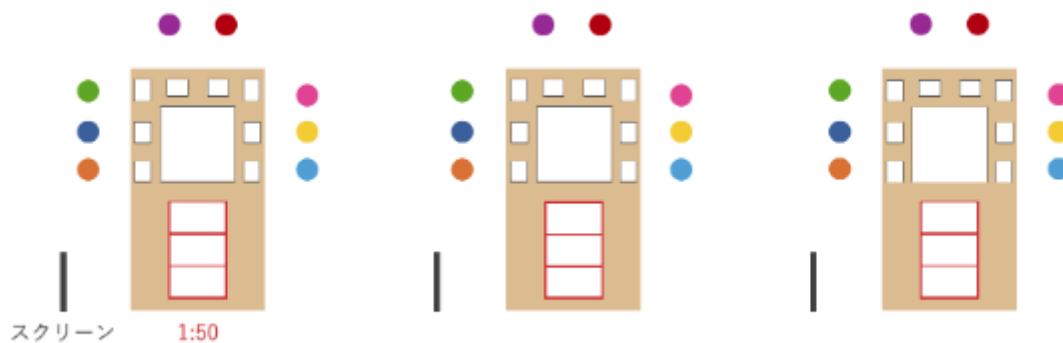


図 9-15 会場設置図

9-4-8. 使用した端末・備品等

- プロジェクター×3
- テーブル×15
- 延長コード×4
- ゲーミング PC
- ルーター

9-4-9. 通信環境

- 会場の有線 LAN を使用

9-4-10. 運営メンバーの人数・役割

- メンバー
 - IL:インフォ・ラウンジ株式会社
 - YP:株式会社山手総合計画研究所
 - CS:サイバネットシステム株式会社
- 役割
 - 司会進行:片岡 (YP)
 - グループファシリテーター:小林 (IL)、高野 (YP)、戸田 (YP)
 - サポート:若山 (IL)、加川 (IL)
 - 記録:神戸 (CS)

9-4-11. 参加者

表 9-12 参加者リスト

所属	部署
設計事業者	建築設計四部
設計事業者	建築設計四部
開発事業者	都市開発マネジメント部
開発事業者	都市環境計画部
開発事業者	街開発事業企画二部
開発事業者	街開発事業企画二部
開発事業者	街開発事業企画二部
開発事業者	住宅事業ユニット再開発事業第二部
開発事業者	住宅事業ユニット再開発事業第二部
開発事業者	再開発推進第三部
開発事業者	東日本開発事業部
設計事業者	事業開発部
設計事業者	企画部
設計事業者	企画部
設計事業者	企画部
開発事業者	横浜支店開発ユニット
開発事業者	横浜支店開発ユニット
開発事業者	横浜支店開発ユニット
開発事業者	横浜支店開発ユニット
開発事業者	横浜支店開発ユニット

開発事業者	横浜支店開発ユニット
開発事業者	横浜支店開発ユニット

9-4-12. 参加者のグループ分け

参加者の属性が重複しないように振り分けを実施、テーマごとに3チーム組成した。

9-4-13. 集客方法

開発事業者が直接参加呼びかけを実施した。

9-4-14. WS 運営における工夫

ワークショップの目的を踏まえて、期待するアウトプットが出やすいような問いかけを心がけた。具体的には、対象エリアに求められる機能をハード面とソフト面の両方から具体的に検討する必要があったので、成果発表ではその2点について含めるように促したほか、振り返りのセッションでも改めて、ソフトとハードについての意見を求めるようにした。

9-4-15. 実証実験の様子



図 9-16 タンジブルインターフェースを使いながらのグループワークの様子



図 9-17 多数の駒を用意

9-4-16. 実証実験の成果

グループごとに3つのテーマを検討して場面を作成し、スナップショットを多数記録した。主な場面を紹介する。



図 9-18 歩行者専用道路の活用案



図 9-19 高架下の活用案 1

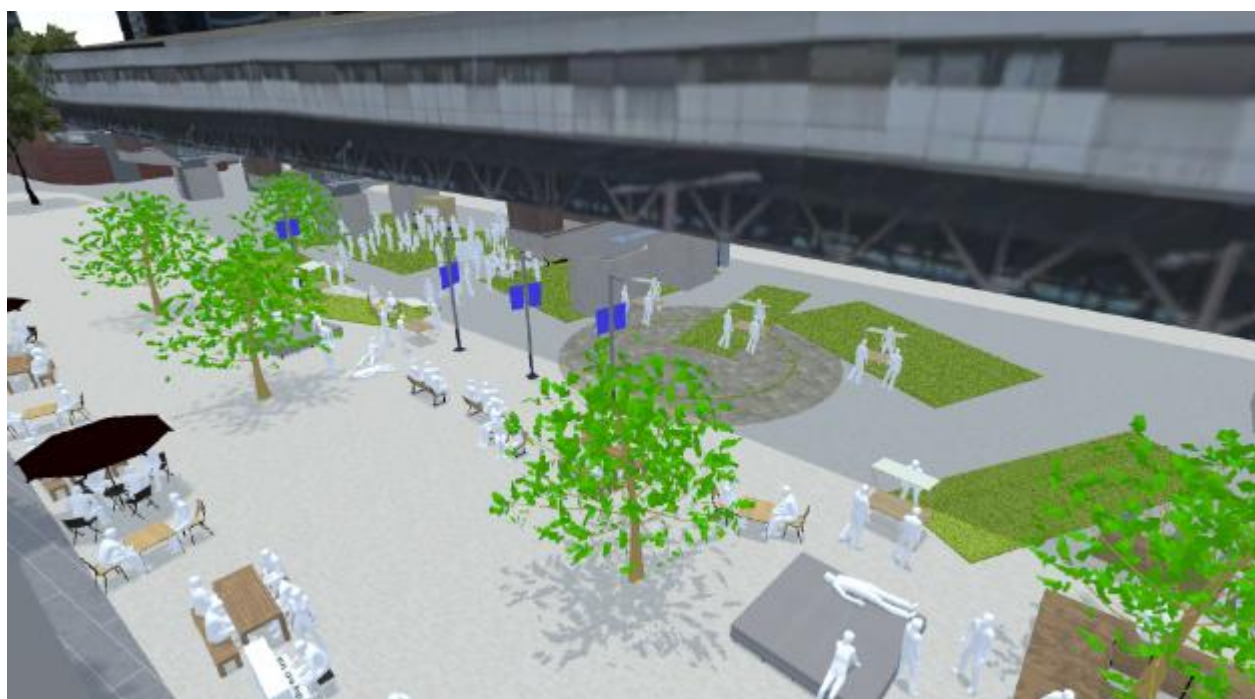


図 9-20 高架下の活用案 2

9-5. ワークショップの詳細（浅草）

9-5-1. ワークショップの背景

台東区浅草六区では、従来から通りの活性化に力を入れており、景観にも配慮がされている。日々各種イベントが行われるなど、活気のある通りであるため、エリアマネジメント団体では、中長期的視点で、地域のブランディング強化と、より効果的な空間の活用方法を検討したいというニーズがあった。

9-5-2. ワークショップの目的

エリアマネジメント団体を中心に、浅草六区ブロードウェイ商店街の現状課題を空間的に可視化し、関係者間で共有し、今後の商店街の空間活用におけるビジョンの方向性を検討した。

9-5-3. ターゲット参加者

エリアマネジメント団体関係者や地域関係者が参加し、既存空間の新たな活用方法や将来ビジョンについて意見交換が行われた。

9-5-4. プログラム

表 9-13 プログラム一覧

時間	内容	補足	担当者
16:00	趣旨説明	-	片岡
16:10	参加者紹介	デモンストレーションとエリアの現況確認	安田
16:15	課題感の共有	エリアマネジメント団体が考える地域の課題感を共有	安田
16:30	現況再現	タンジブルインターフェースを使って現況を確認	片岡
17:00	グループワーク	2 グループに分かれて観光振興目線と住人目線でエリアのあり方を検討	片岡
17:50	アンケート記入	-	片岡
18:00	VR 体験	各自作成した場面を VR 体験	神戸

9-5-5. 利用したツール

- タンジブルユニット
 - 「六区ブロードウェイ」商店街に沿って、タンジブルユニット(10 台)を連結した
 - 俯瞰地図確認用にタンジブルユニット（3 台）を設定した

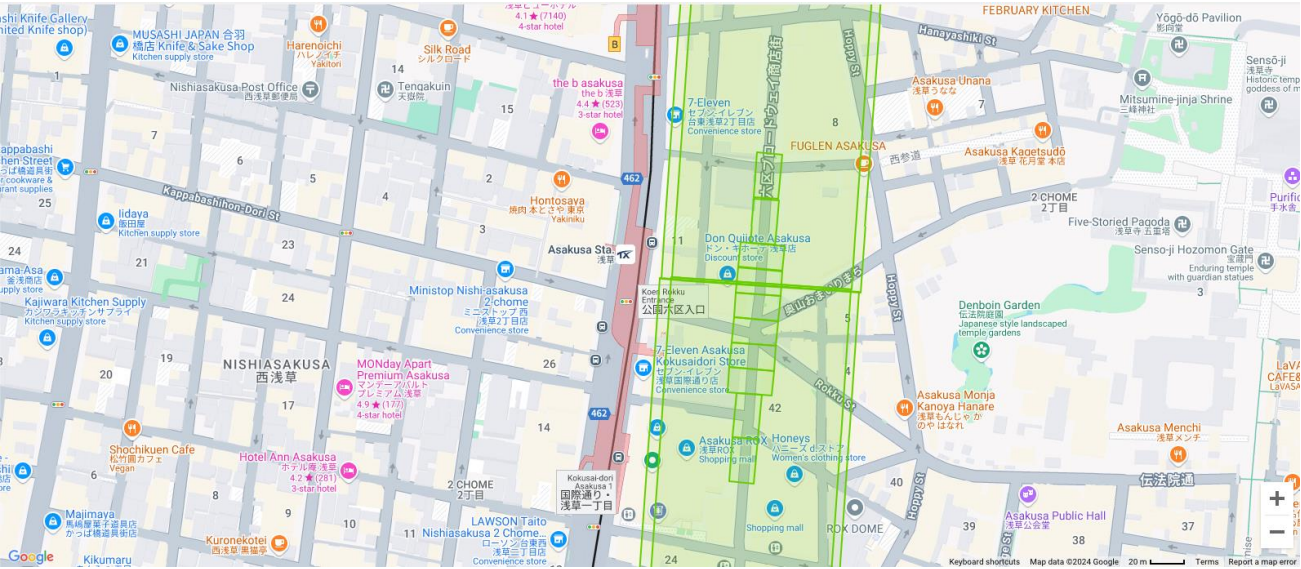
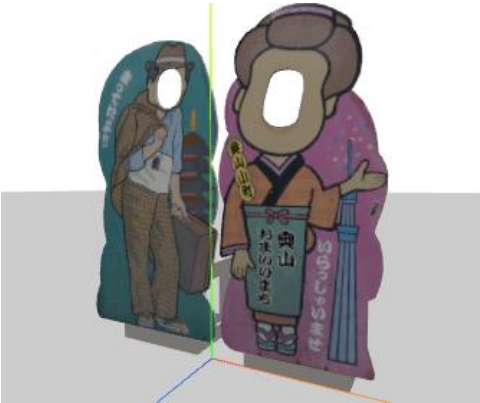


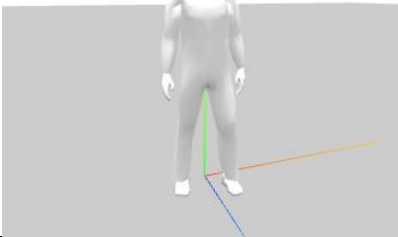
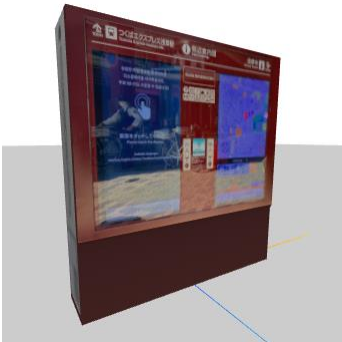
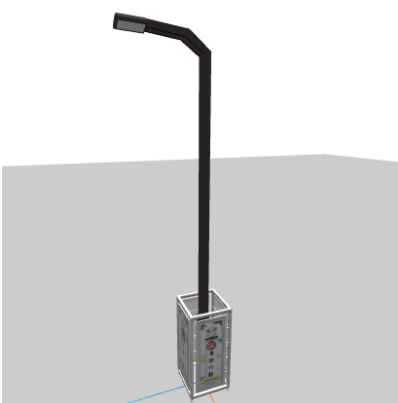
図 9-21 アプリ上でのユニット設定

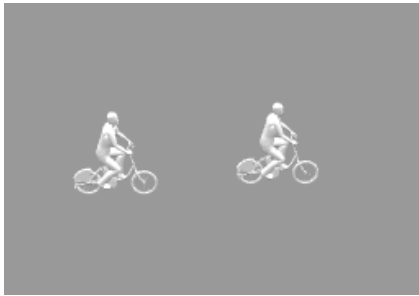
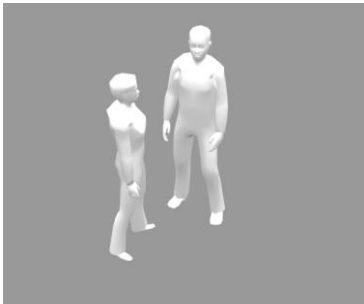
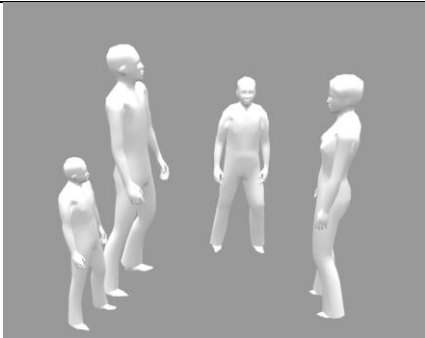
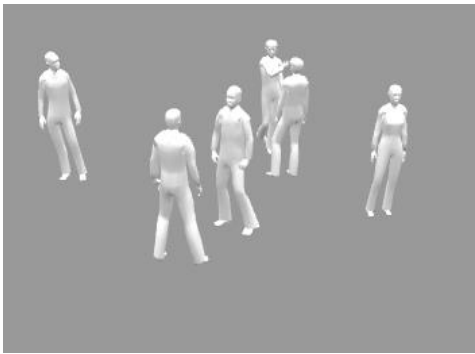
- タンジブル駒
 - 定番の駒に加えて、同フィールド専用に変徴的な駒をいくつか追加で作成した
 - 本ワークショップで使った主なタンジブル駒は以下のとおり

表 9-14 使ったタンジブル駒一覧

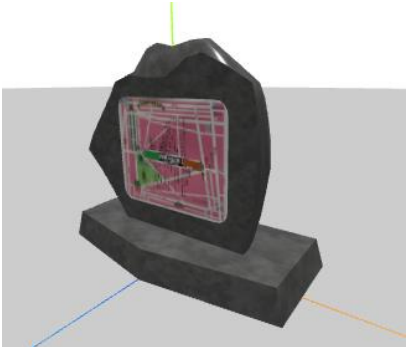
駒名称	イメージ
車椅子	

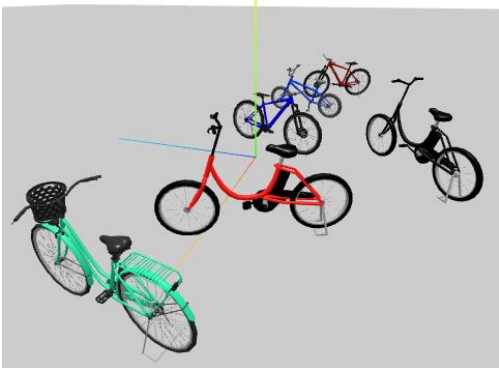
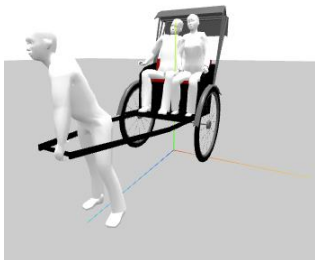
ベビーカー	
ステージ	
ハイテーブル+人	
顔はめパネル	

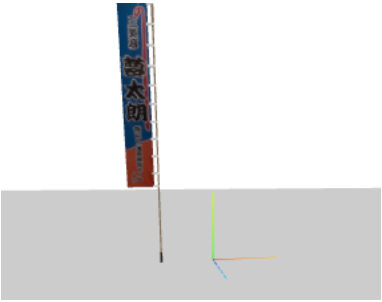
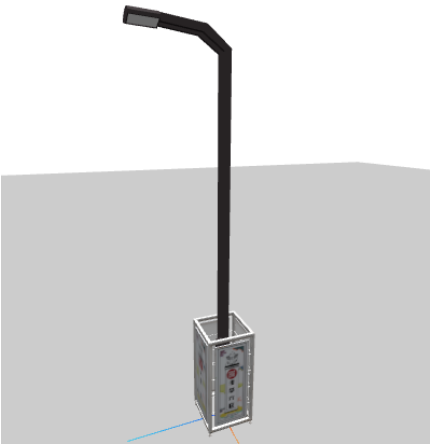
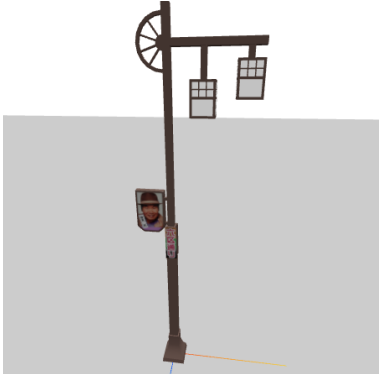
警察官	
浅草デジタルサイネージ	
ディスプレイラック	
街灯（看板なし）	

人（自転車）	
人（男女）	
人（家族）	
群衆（少）	
群衆（多）	

大道芸（群衆少）	
大道芸（群衆多）	
縦型サイネージ	
駐輪禁止看板	
まねきねこ看板	

六区案内版	
灯籠	
駐輪禁止三角コーン	
浅草六区看板	

自転車散らばり 1	
自転車間隔空き	
人力車+二人乗り	
カフェ	
ハイテーブル	

のぼり	
街灯_浅草六区	
街灯_六区通り	
街灯_六区花道	

9-5-6. 実施場所

会場：浅草文化観光センター 大会議室

住所：〒111-0034 東京都台東区雷門2丁目18番9号

URL：https://www.city.taito.lg.jp/bunka_kanko/kankoinfo/info/oyakudachi/kankocenter/01575686.html

9-5-7. 会場設置図

会場配置イメージ

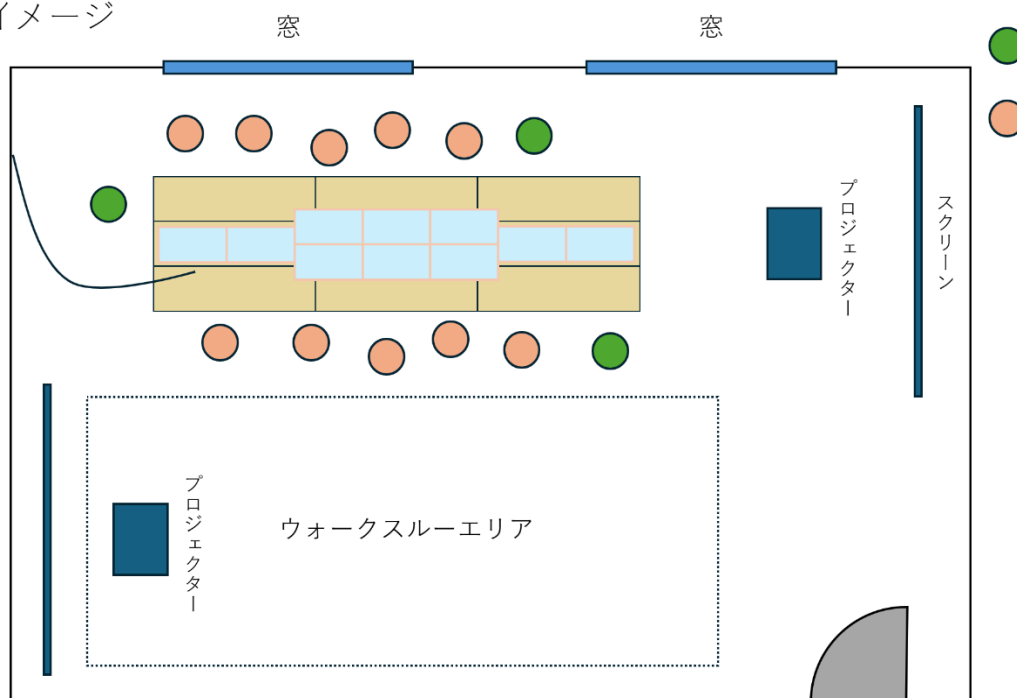


図 9-22 会場設置図

9-5-8. 使用した端末・備品、等

- プロジェクター2+大型スクリーン×2
- テーブル大×10
- 延長コード×4
- ゲーミング PC（Unity アプリ投影用）×2
- ゲーミング PC（Unity アプリ VR 用）×1
- ヘッドマウントディスプレイ×1
- WiFi ルーター（タンジブルユニット用）×1
- WiFi ルーター（VR 用）×1
- モバイルルーター×1

9-5-9. 通信環境

- モバイル回線（UQ WiMAX）を使用した

9-5-10. 運営メンバーの人数・役割

- メンバー
 - IL:インフォ・ラウンジ株式会社
 - YP:株式会社山手総合計画研究所
 - CS:サイバネットシステム株式会社
 - EM:エリアマネジメント団体
- 役割
 - 司会進行:片岡（YP）、安田（EM）
 - グループファシリテーター:小林（IL）、山口（YP）、木綿（YP）
 - サポート:若山（IL）、加川（IL）、良田（IL）
 - 記録:神戸（CS）

9-5-11. 参加者

表 9-15 参加者一覧

所属	属性
一般社団法人浅草六区エリアマネジメント協会	代表理事
一般社団法人浅草六区エリアマネジメント協会	事務局長
一般社団法人浅草六区エリアマネジメント協会	事務局

一般社団法人浅草六区エリアマネジメント協会	事務局
一般社団法人浅草六区エリアマネジメント協会	事務局
-	区民 A
-	区民 B
-	区民 C
-	区民 D
-	区民 E
八千代エンジニアリング株式会社	部長
八千代エンジニアリング株式会社	-

9-5-12. 参加者のグループ分け

その場でランダムに 2 グループを組成した。

9-5-13. 集客方法

主催者であるエリアマネジメント団体が呼びかけを実施。

9-5-14. WS 運営における工夫

タンジブルユニット 10 台を使って、今回の検証エリアの主要な通りである、6 区ブロードウェイを広範囲にわたって検討できるよう設定した。通りに設置されている配置物や街灯などの都市設備を除去し、配置を変更して比較検討しやすいように準備をした。ワークショップ後半では、2 グループに別れて、観光振興目線と住人目線でそれぞれがエリアのあり方を検討した。

9-5-15. 実証実験の様子



図 9-23 ディスカッションの様子

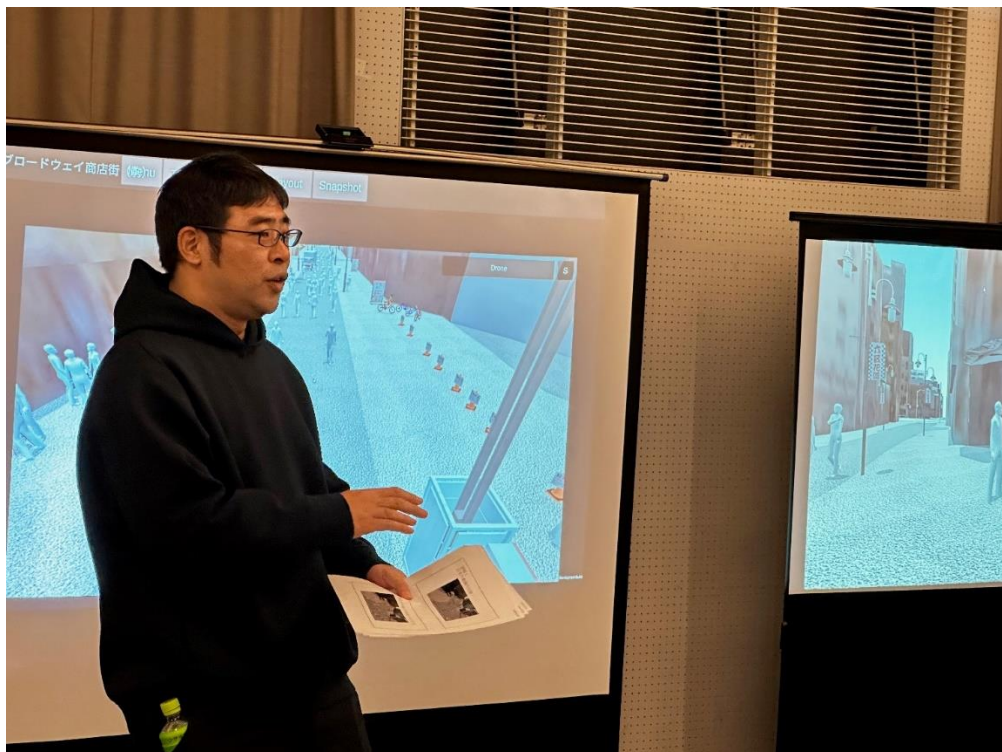


図 9-24 エリアマネジメント団体から参加者に向けて地域の課題感が共有された

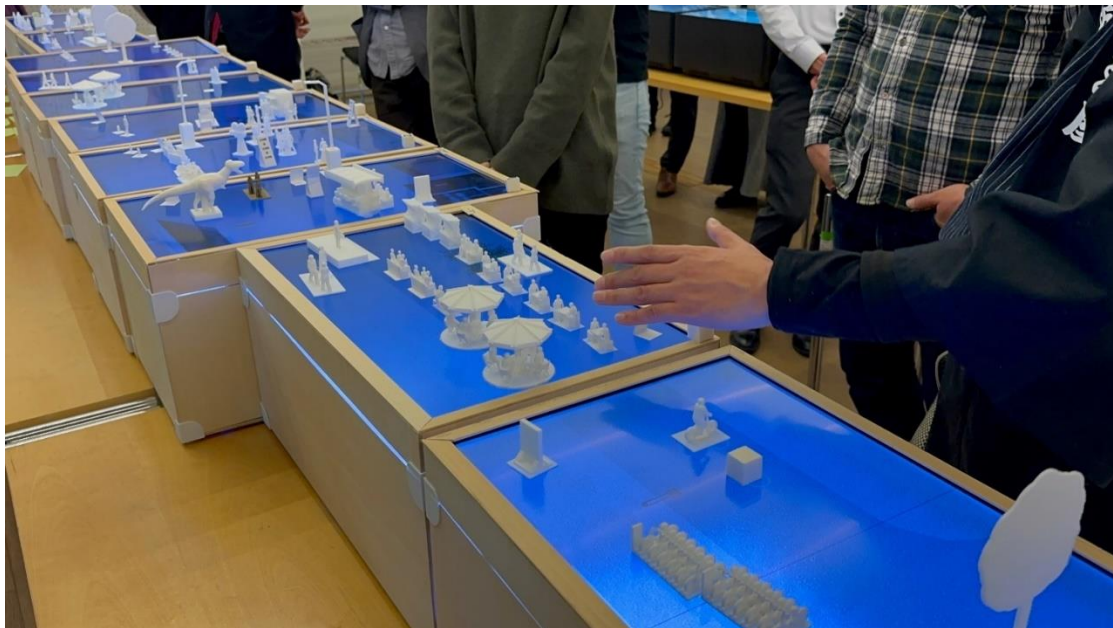


図 9-25 タンジブルユニット 10 台を連結して、エリアを広くカバーする設定

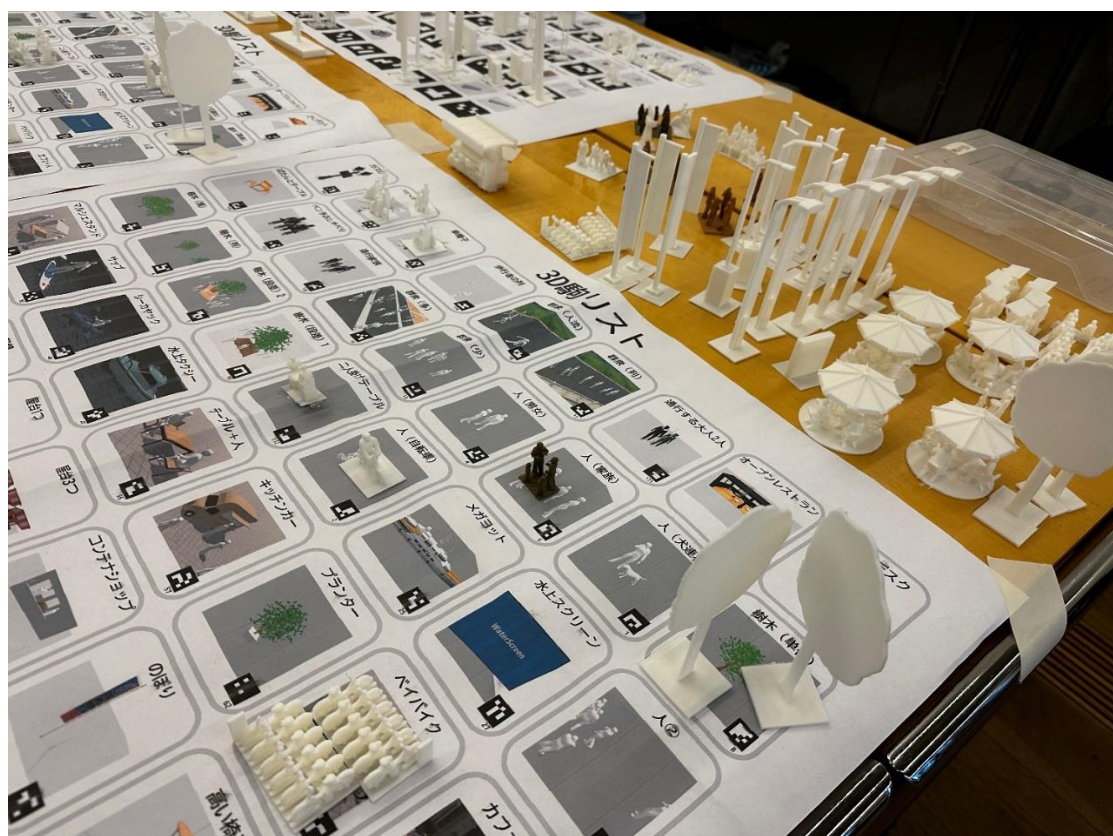


図 9-26 駒の一覧

9-5-16. 実証実験の成果

グループごとにテーマを検討して場面を作成し、スナップショットを多数記録した。主な場面を紹介する。



図 9-27 通りの中央に街灯などを集約して、両側を広く使う案



図 9-28 通りの中央に街灯などを集約して、両側を広く使う案



図 9-29 住人の視点で、歩行者導線と自転車導線を分けた案

10. ワークショップの有用性検証

10-1. 検証の全体像

10-1-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証目的を設定する

- 3D 都市モデルによる直感的な情報提示により、専門知識の有無に関わらず、参加者全員が議論の内容を具体的にイメージでき、建設的な意見交換が促進される
- 立場の異なる参加者が、共通の視覚体験を通じて相互理解を深めることができる
- 実際の模型と VR 空間の連動による具体的な空間体験を通じて、参加者の関心・探求心が向上し、新たなアイデアの創出が促進されることで検討内容が具体化される
- システム開発により、様々な開発フェーズに対応できる汎用性を持たせたうえでワークショップの事前準備や企画のしやすさが向上する

上記の検証目的に基づき、主に以下の4点について、本ワークショップの有用性を検証した。

①コミュニケーションの質的向上

- 本システムの直観的な操作や 3D 都市モデルを活かしたリアルタイム可視化により、専門知識の有無に寄らずまちづくりのイメージを多角的に理解し、自分の意見を的確に他者に伝えることが容易になることで、コミュニケーションの質向上に繋がるかを確認する

②相互理解の深化

- 実体のある駒を用いながら、自らが持つまちづくりのイメージを他者に共有する、また、他者が持つまちづくりのイメージを理解することで、参加者間での相互理解が深まるかを確認する

③創造的な議論とアウトプットの質的向上

- 本システムの直観的な操作や 3D 都市モデルを活かしたリアルタイム可視化により、参加者の創造性や関連な議論を引き出し、新たなアイデアが創出されることで、検討内容が具体化されるかを確認する

④システムの運用性向上

- 様々な開発フェーズへの適用を可能とする汎用性の実現に繋がるかを確認する
- 運営者の準備負担軽減と参加者の操作習熟時間の短縮に繋がるかを確認する

10-1-2. 検証項目

表 10-1 検証項目

検証観点	検証項目		検証対象	
	#	項目	主催者	運営者
①コミュニケーションの質的向上	1	テーマへの関心、探究心が増加した	✓	-
	2	自分の視点、意見を確率できた	-	-
	3	多角的な視点、複数視点を得られた	✓	-
	4	複数の意見を分類、整理できた	✓	-
	5	自分の意見が変化したり深まったりした	✓	-
	6	出された複数の意見を集約できた	✓	-
	7	グループ内で共感を得たり、共通理解を得られたりした	✓	-
②相互理解の深化	8	自分の意見をまとめること	✓	-
	9	自分の意見を他者に正しく伝えること	✓	-
	10	他者の意見を自分の中でイメージすること	✓	-
	11	他者の意見を正しく理解すること	✓	-
	12	自分の意見と他者の意見を関連させること	✓	-
	13	複数の視点をイメージすること	✓	-
	14	多角的な視点を獲得すること	✓	-
③創造的な議論とアウトプットの質的向上	15	まちづくりの公共空間の活用に役立ったと感じたか	✓	-
	16	まちづくりのイメージが醸成されたか	✓	-
	17	今回のワークショップは満足できるものがあったか	✓	-
④システムの運用性向上	18	システムの汎用性が向上したか	-	✓
	19	ワークショップの準備負担が軽減したか	-	✓

10-1-3. 検証方法

主催者に対しては、紙面でアンケートを実施。満足度評価等で定量的な評価を実施し、自由回答で定性コメントも収集した。

運営者に対しては、直接ヒアリングを実施し、コメントを収集した。

表 10-2 検証方法（全 WS 共通）

検証観点	検証項目	定量評価	定性評価
①コミュニケーションの質的向上	テーマへの関心、探究心が増加した	● 選択肢は「ほとんど期待できない」を1、「とても期待できる」を5とした5段階で設定	● アンケートの最後部に自由記入欄を設定
	自分の視点、意見を確率できた		
	多角的な視点、複数視点を得られた		
	複数の意見を分類、整理できた		
	自分の意見が変化したり深まったりした		
	出された複数の意見を集約できた		
	グループ内で共感を得たり、共通理解を得られたりした		
②相互理解の深化	自分の意見をまとめること	● 選択肢は「難しかった」を1、「簡単だった」を5とした5段階評価で設定	
	自分の意見を他者に正しく伝えること		
	他者の意見を自分の中でイメージすること		
	他者の意見を正しく理解すること		
	自分の意見と他者の意見を関連させること		
	複数の視点をイメージすること		
	多角的な視点を獲得すること		

③創造的な議論とアウトプットの質的向上	まちづくりの公共空間の活用に関与したと感じたか	● 選択肢は「全くそう思わない」を1、「とてもそう思う」を5とした5段階評価で設定	
	まちづくりのイメージが醸成されたか		
	今回のワークショップは満足できるものがあったか		
④システムの運用性向上	システムの汎用性が向上したか	● -	● 運営者ヒアリングにて回答を収集
	ワークショップの準備負担が軽減したか		

10-2. 主催者視点の検証

10-2-1. 検証結果

コミュニケーションの質的向上の観点では、「自分の意見が変化、深化した」という設問に関して、ワークショップ参加者のうち高評価（5段階評価中4以上）が構想段階では50%、開発段階では79%、活用段階では37%であった。「多角的な意見を分類、整理できた」という設問に関して、ワークショップ参加者のうち高評価が構想段階では90%、開発段階では88%、活用段階では82%であった。開発段階では、本システムを用いた自分の意見と他者の意見を交換しながら一つの案を作り上げることが有用であったといえる。一方で、活用段階で低めの評価になっているのは、「どう考えるか」から「どう使うか」へと関心に移り、思考の深化よりも実務的な活用法に焦点が当たっているからと考えられる。

また、ワークショップで出た多様な意見を集約することについては、本ワークショップが各まちづくりのフェーズにおいて一貫して効果的であることがわかる。

相互理解の深化の観点では、「本システムを用いた対象地の検討を通じて、将来像について、自分の意見と他者の意見を関連させて考えること」という設問に関して、ワークショップ参加者のうち高評価（5段階評価中4以上）が構想段階では54%、開発段階では48%、活用段階では27%であった。「今回のディスカッションを通じて、グループ内で共感を得たり、共通理解を得られたりした」に関して、ワークショップ参加者のうち高評価の回答が、構想段階では45%、開発段階では84%、活用段階では82%であった。構想段階では、システムを用いることで個々の意見の関連付けは容易になるものの、構想を考えるという抽象的な議論においては、本システムを活用してもなお共通理解の形成がしづらいことがわかった。一方、開発・活用段階では、より専門的な関係者間での議論となることから、個々の意見の関連付けは難しいものの、具体的な空間イメージを共有することで、最終的には高い割合で共通理解が形成される可能性について確認できた。

創造的な議論とアウトプットの質的向上の観点では、「タンジブルインターフェースによる可視化で、まちづ

くりのイメージがより醸成されたか」に関して、ワークショップ参加者のうち高評価（5段階評価中 4 以上）の回答が構想段階では 92%、開発段階では 84%、活用段階では 82%、「まちづくりの公共空間の活用に役立ったと感じたか」に関して、ワークショップ参加者のうち高評価の回答構想段階では 100%、開発段階では 94%、活用段階では 73%であった。これらの高評価の結果に加えて、市民や地域の方々との認識やイメージを共有するためのツールとしてとても有効である、との意見もあり、タンジブルインターフェースの活用がまちづくりの異なるフェーズすべてにおいて具体的なアイデアの創出や議論の深化に寄与することが示された。

このように、タンジブルインターフェースの活用により、参加者は自身のアイデアを即座に空間上に表現でき、同時に他者の提案も視覚的に把握することができる。また、空間の特徴やアイデアを直感的に理解できることから、新たな気づきや共通認識が生まれやすい環境を醸成することができる。

10-2-2. 検証結果（構想段階）

①コミュニケーションの質的向上

計 13 名の回答者のうち、「とても感じた」もしくは「やや感じた」を選択した割合が、「テーマへの関心、探究心が増加した」については 82%、「多角的な意見を分類、整理できた」については 90%、「自分の視点、意見を確立できた」については 55%であった。

特に、「多角的な意見を分類、整理できた」については高く評価されており、システムを利用することによるコミュニケーションの質を担保するという点に関しては有効的であることがわかる。一方で出された複数の意見を集約できたについては課題が残る結果となっていることから、システム利用をしながら意見を出すことは可能なものの、構想段階という抽象的な段階において、意見を調整・整理するニーズには十分に対応できていないことが想定される。

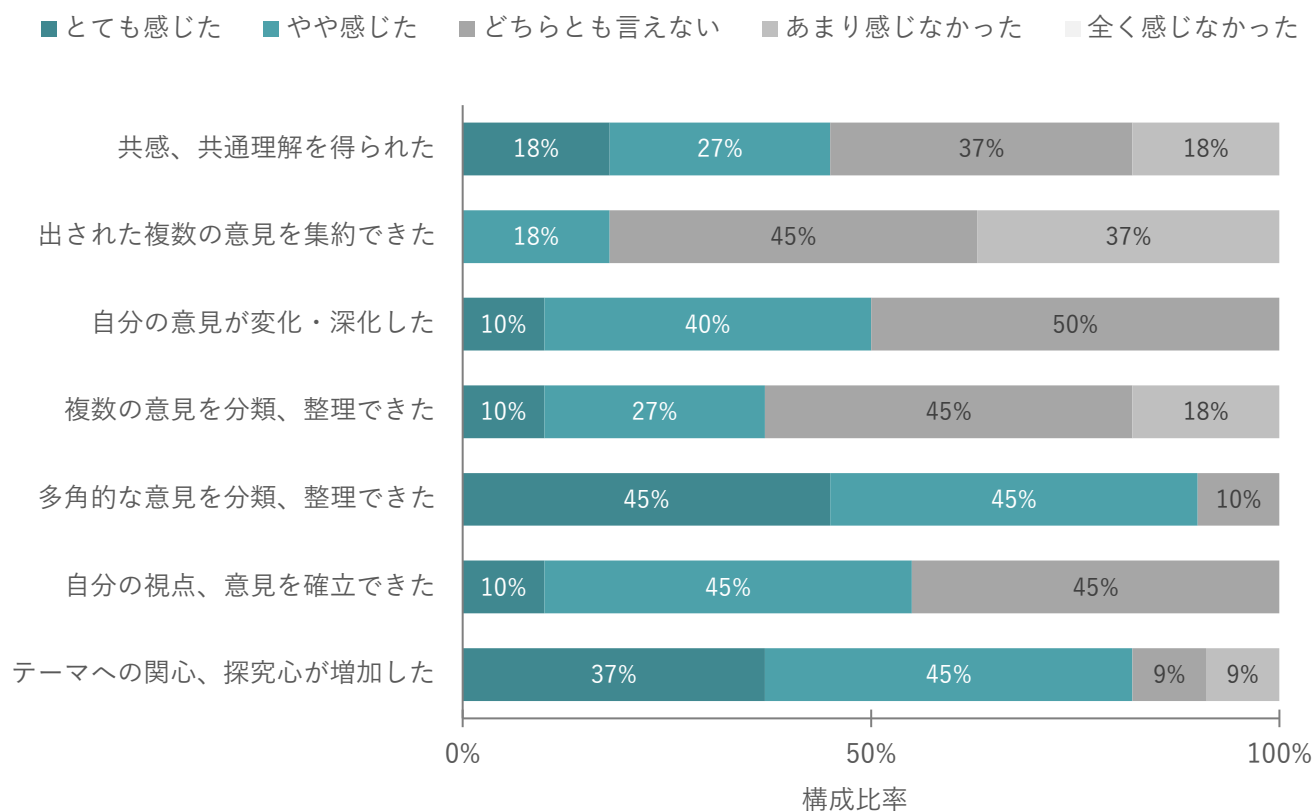


図 10-1 コミュニケーションの質的向上に関連するアンケート結果

②相互理解の深化

回答者のうち、「とても簡単だった」もしくは「簡単だった」を選択した割合が、対象エリアについて、実際の対象地と 3D 都市モデル上の対象地を重ねて考えることは 91%、将来像について、自分の中でイメージすることについては 83%、自分の意見やアイデアを他者に伝えることについては 66%であった。

特に、将来像について、自分の中でイメージすることや実際の対象地と 3D 都市モデル上の対象地を重ねて感上げることは高く評価されており、システムを利用することでまちの将来像の検討のしやすさやビジョン化することが効果的であることがわかる。

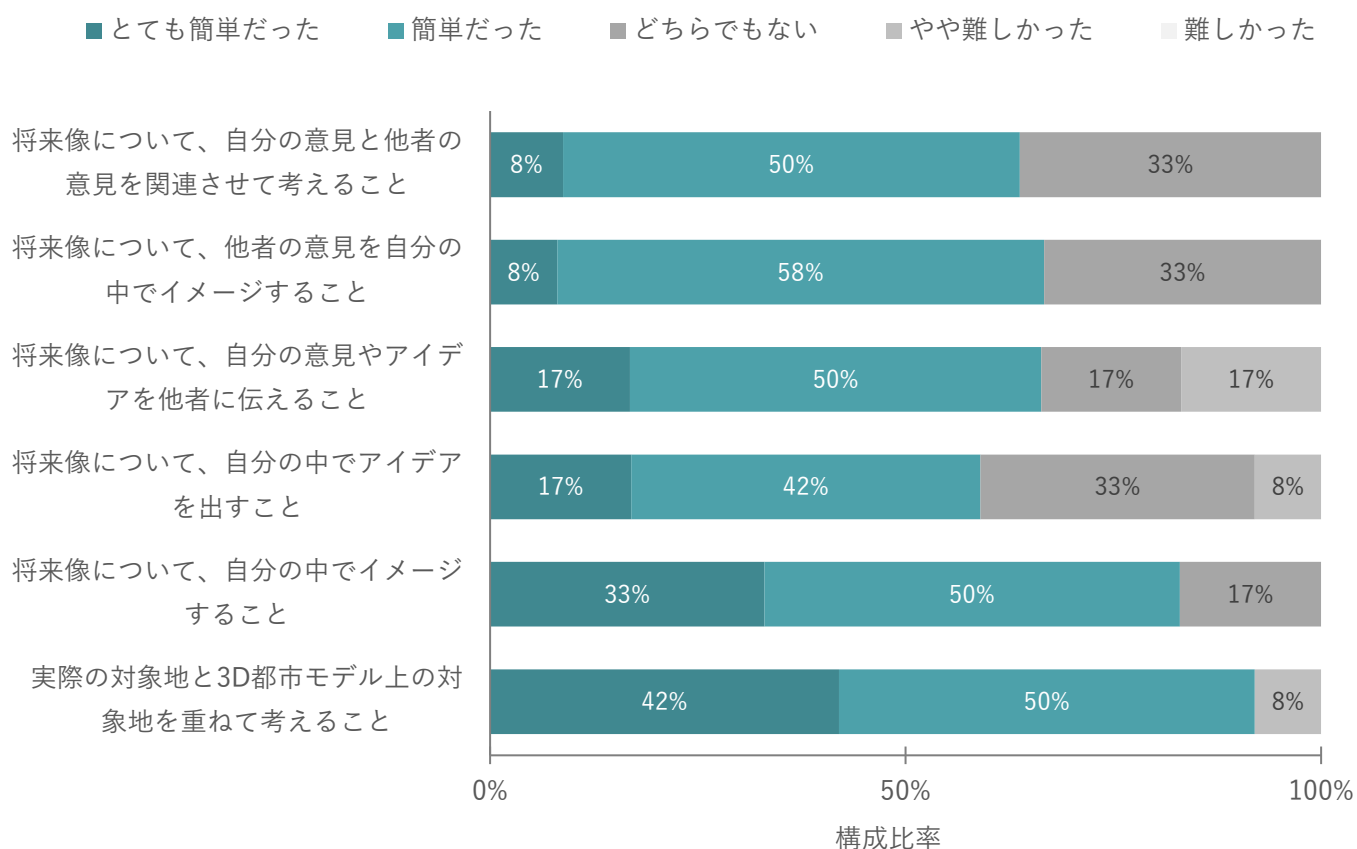


図 10-2 相互理解の深化に関連するアンケート結果

③創造的な議論とアウトプットの質的向上

回答者のうち、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」と回答した割合が、公共空間の活用に役立ったかについては 100%、まちづくりのイメージが醸成されたかは 92%という結果であった。満足度についても 84%と高い結果となっていることから、ワークショップを通して、各参加者の目的ごとに十分答えることができるとツールであったことが検証できた。

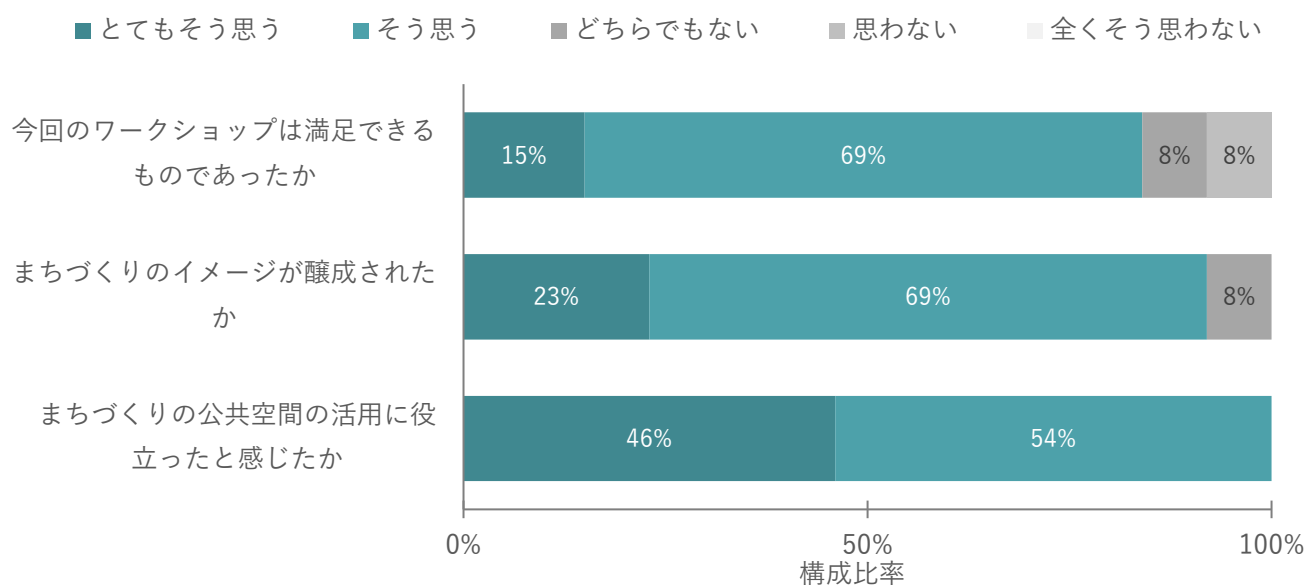


図 10-3 創造的な議論とアウトプットの質的向上関連するアンケート結果

表 10-3 関連する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	コミュニケーションを取ることに不安	- 空間表現は、専門的な技術が必要だったが、このツールを使うことで、だれでも、自由に空間をイメージして、アイデアを表現し、共有することができる - 空間コミュニケーションツールとして、活用できる
2	自分の意見が変化したり深まったりした	ワークショップ参加の前後で他者の意見にふれたり、自分の考えが可視化されることによって、参加者の意見が変化していきたりする様子がみられた
3	まちづくりの公共空間の活用に役立ったと感じたか	- 市民や地域の方々との認識やイメージを共有するためのツールとして、とても有効であると感じた。再現精度や操作性が今後さらに向上して使いやすくなることに期待している 3D 都市モデルと VR はパースや模型と違って、いろいろな視点から対象をみることができる点で優れている

		● 街路灯や中央分離帯を消したいという要望や、街路樹の種類がもっと欲しいという要望があった ● 駒やベースモデルとして用意されていないものはスナップショット(可視化)には反映されないので、どのような意見があったかも併せて記録しておくなど将来の検討に活かせるように心がける必要がある
4	今回のワークショップは満足できるものがあったか	● 市民や地域の方々との認識やイメージを共有するためのツールとして、とても有効であると感じた。再現精度や操作性が今後さらに向上して使いやすくなることに期待している ● 地域の再整備に向けた機運醸成などを目的として、子どもや家族連れ、普段から地域活性化にとりくんでいる主体など、参加者のターゲットを変えながらワークショップを実施してみたい ● 朝～昼～夕方など時間帯ごとの景観も見え方の違いを比べてみるような促しがあってもよかった ● アイレベルの検討と沿道の建物（ファサードの違い、建物の高さの違いなど）を含めた少し引いたスケールでの検討と融合させるプログラムを考えてみたい

10-2-3. 検証結果（開発段階）

①コミュニケーションの質的向上

計 31 名の回答者のうち、「とても感じた」もしくは「やや感じた」を選択した割合が、「テーマへの関心、探究心が増加した」については 88%、「多角的な意見を分類、整理できた」についても 88%、「複数の分類を意見、整理できた」については 75%であった。

特に、「多角的な意見を分類、整理できた」と「テーマへの関心、探究心が増加した」については高く評価されており、システムを利用することによるコミュニケーションの質を担保するという点に関しては有効的であることがわかる。一方で「自分の視点、意見を確立できた」については課題が残る結果となっていることからシステムの活用自体に没入しコミュニケーションを十分にとることが難しかった可能性があるという示唆も得られた。

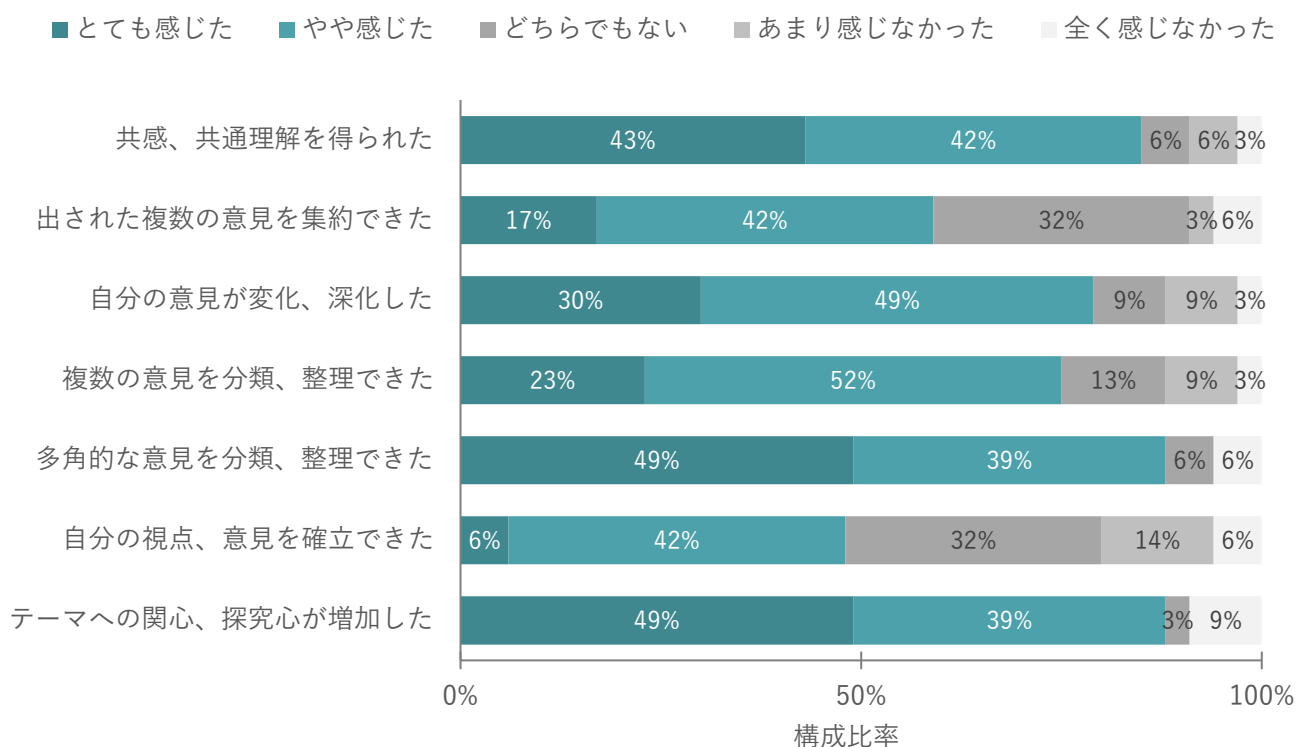


図 10-4 コミュニケーションの質的向上に関連するアンケート結果

②相互理解の深化

回答者のうち、「とても簡単だった」もしくは「簡単だった」を選択した割合が、将来像について、自分の中でイメージすることは74%、将来像について、自分の意見と他者の意見を関連させて考えることは77%、他者の意見を自分の中でイメージすることについても77%であった。

比較的どの設問についても高く評価されており、システムを利用することにより他者との相互理解を深めることができていると言える。

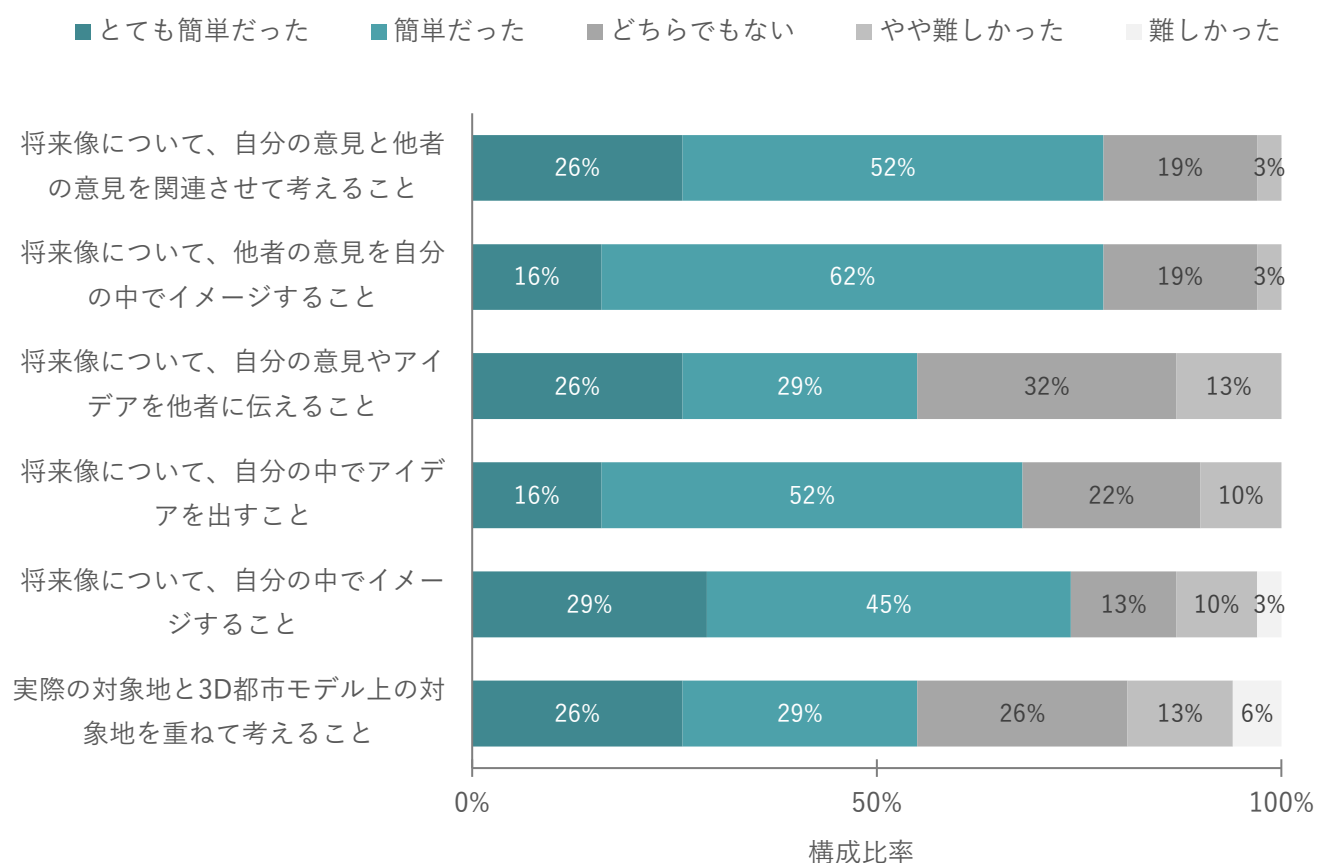


図 10-5 相互理解の深化に関連するアンケート結果

③創造的な議論とアウトプットの質的向上

回答者のうち、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」と回答した割合が、公共空間の活用に役立ったかについては 93%、まちづくりのイメージが醸成されたかは 83%という結果であった。満足度についても 93%と高い結果となっていることから、ワークショップを通して、参加者同士の関連な対話を引き出し、各参加者の目的ごとにあった有用なツールであることが検証できた。

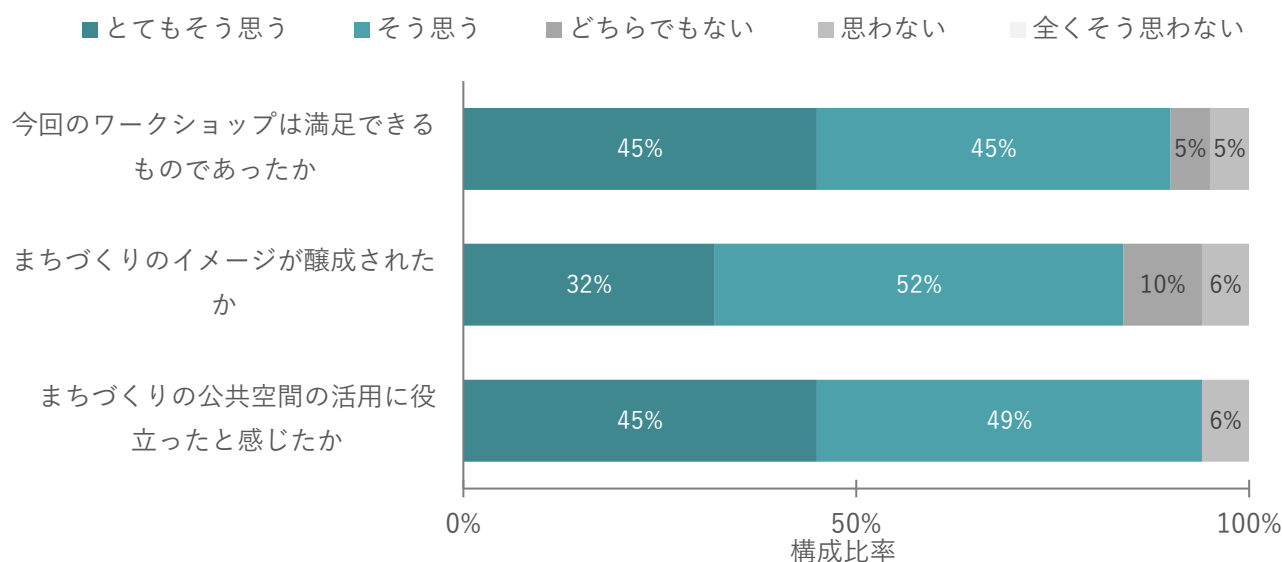


図 10-6 創造的な議論とアウトプットの質的向上に関連するアンケート結果

表 10-4 関連する定性コメント

No	検証項目	関連する定性コメント
1	出された複数の意見を集約できた	● タンジブルインターフェースの操作に気を取られていると、議論の密度が高まっていけない。また、グループでの対話の一体感を得るためにも運営上の工夫が必要
2	多角的な意見を分類・整理できた	● 短時間で多くの視点がビジュアル化できる点で優れている
3	将来像について、他者の意見を自分の中でイメージすること	● 使い方がわかりやすく、参加者の頭の中のイメージを可視化できていた。これは、アナログ的なワークショップ手法では不可能 ● 意図を補足説明することで、感想を言い合えるのが良かった
4	将来像について、自分の中でイメージすること	● 今回のシステムは 3D でビジュアル化されるので、よりリアルなイメージを持つことが出来、参加者にとっては分かりやすいという特徴を強く感じた
5	実際の対象地と 3D 都市モデル上の対象地	● そもそも 1/50 のスケールでの検討が主だった

	を重ねて考えること	め、マクロな視点での検討ができなかった。広域の図面も組み合わせて俯瞰的な視点を与えるなどワークを設計上の工夫が必要
6	今回のワークショップは満足できるものがあったか	● とても画期的なツールだと思います。その分、目新しさにばかり気をとられるので、慣れるまでは本題である都市空間を検討することが難しいと思いました ● 開発後の空間がとても理解しやすいので、一般の方向けのワークショップでは、より効果的に活用できそう ● ファシリテーターに求められる予備知識が少なくてすむと感じた。視覚的な感覚に基づいて対話ができるので、他者の意見やアイデアを引き出すことに集中すれば良い議論ができると感じた ● 地権者、周辺企業や施設運営に携わる企業、行政の方にも参加してもらって、開発エリアを中心に周辺エリアも含めてまち全体がどう変化していくかを検討してみたい ● 議論の内容、そして、検討結果の3Dイメージが残せるスナップショット機能もあり、アウトプットは期待以上であった
7	まちづくりのイメージが醸成されたか	● 開発範囲の規模感を地権者が意識できたのではないかと。本当はもっといろんな人に参加してほしいので今後もこういう機会が欲しい ● 権利者はタンジブルインターフェースの操作をスムーズに理解して理想とする姿を目指してワークに参加していたことから理解しやすいシステムだと実感した。また同じような機会が欲しい ● 権利者と街の将来を考えるという前向きな議論ができたことが非常に有意義であったし、こんなに強いツールがまちづくりにあると感じもっと活用したいと感じた ● まちづくりというと、平面図上で言葉でのやりとりが多いと思っていたが、この手法なら直感的で老若男女問わず参加できると感じた ● 検討した場面内の幅や大きさ距離など数値的な情報が得られると後工程での精緻なプランニングに使えると思う

8	まちづくりの公共空間の活用に役立ったと感じたか	● 市民や地域の方々との認識やイメージを共有するためのツールとして、とても有効であると感じた ● 再現精度や操作性が今後さらに向上して使いやすくなることに期待している
---	-------------------------	--

10-2-4. 検証結果（活用段階）

①コミュニケーションの質的向上

計 11 名の回答者のうち、「とても感じた」もしくは「やや感じた」を選択した割合が、多角的な意見を分類、整理できたについては 81%、グループ内で共感、共通理解が得られたについては 72%であった。

特に、多角的な意見を分類、整理できたについては高く評価されており、システム利用におけるコミュニケーションの質が向上するという点に関しては有効的であることがわかる。自分の視点、意見を確立できたかの観点では課題が残る結果となっていることから、活用段階においてシステム活用における意見の確立が難しかったことがわかる。

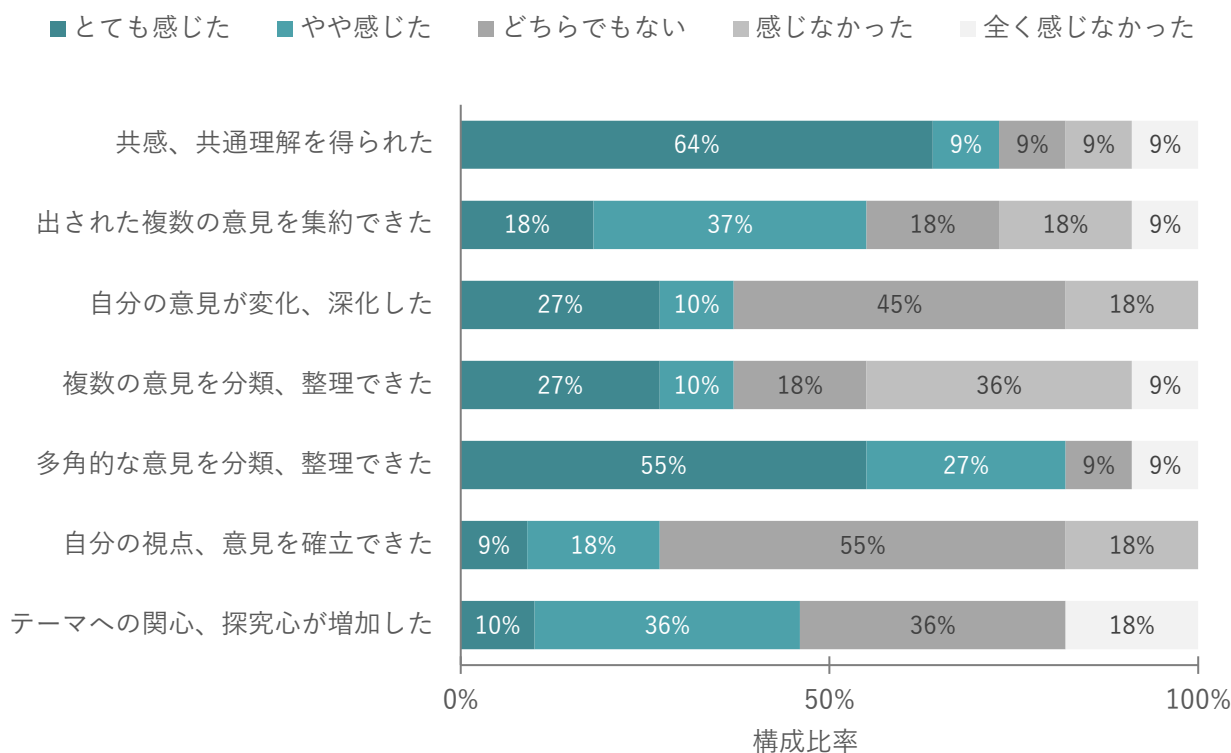


図 10-7 コミュニケーションの質的向上に関連するアンケート結果

②相互理解の深化

回答者のうち、「とても簡単だった」もしくは「簡単だった」を選択した割合が、将来像について、自分の中でイメージすることは72%、将来像について、自分の意見と他者の意見を関連させて考えることについては81%であった。ただし、論点を絞った議論に向いている気がしたとの意見がある通り、活用段階においては議論が発散しがちであり、将来像について自分の意見やアイデアを他者に伝えることについては55%とやや低めの評価となった。

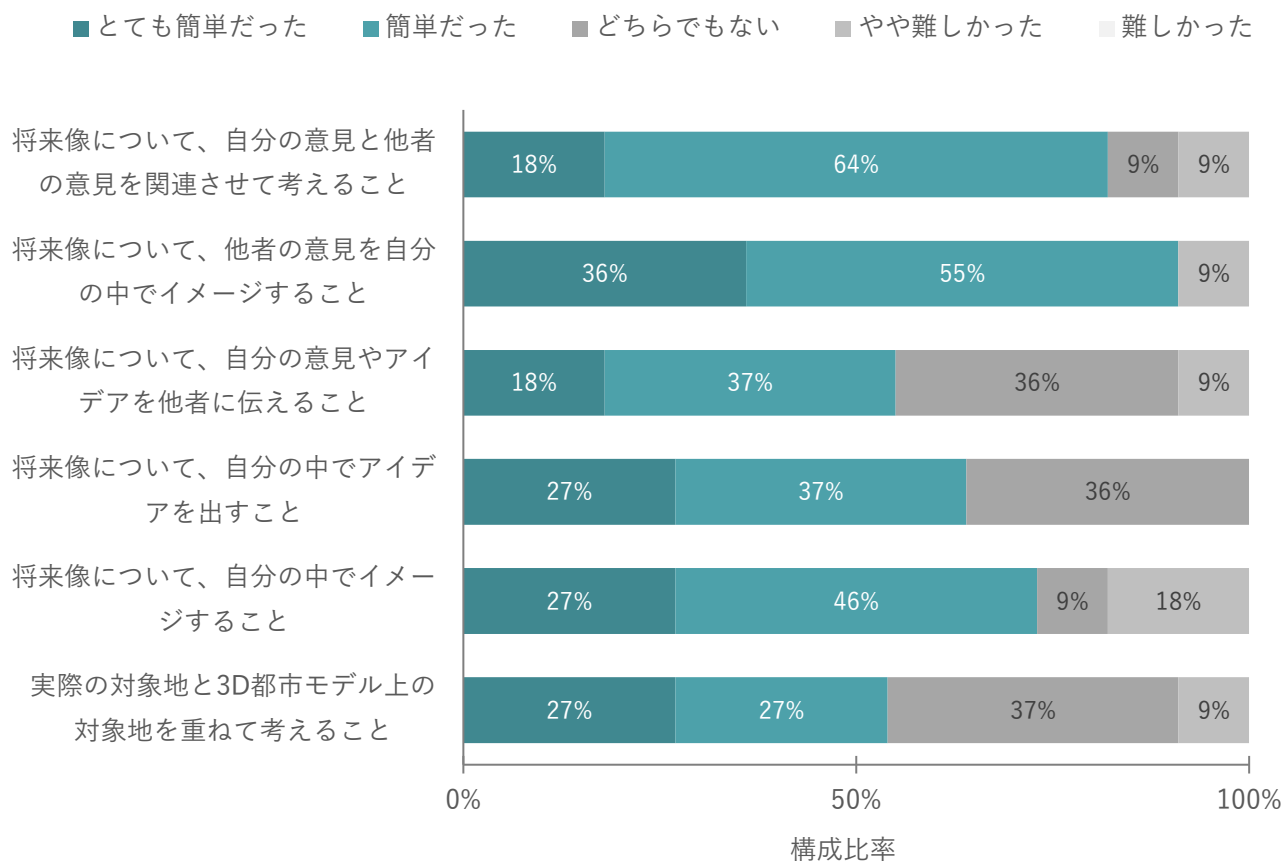


図 10-8 相互理解の深化に関連するアンケート結果

③創造的な議論とアウトプットの質的向上

回答者のうち、「とてもそう思う」もしくは「そう思う」と回答した割合が、公共空間の活用に役立ったかについては72%、まちづくりのイメージが醸成されたかは81%という結果であった。満足度についても72%と高い結果となっていることから、活用段階においてはワークショップを通して、参加者同士の闊達な対話を引き出し、各参加者の目的ごとにあった有用なツールであることが検証できた。

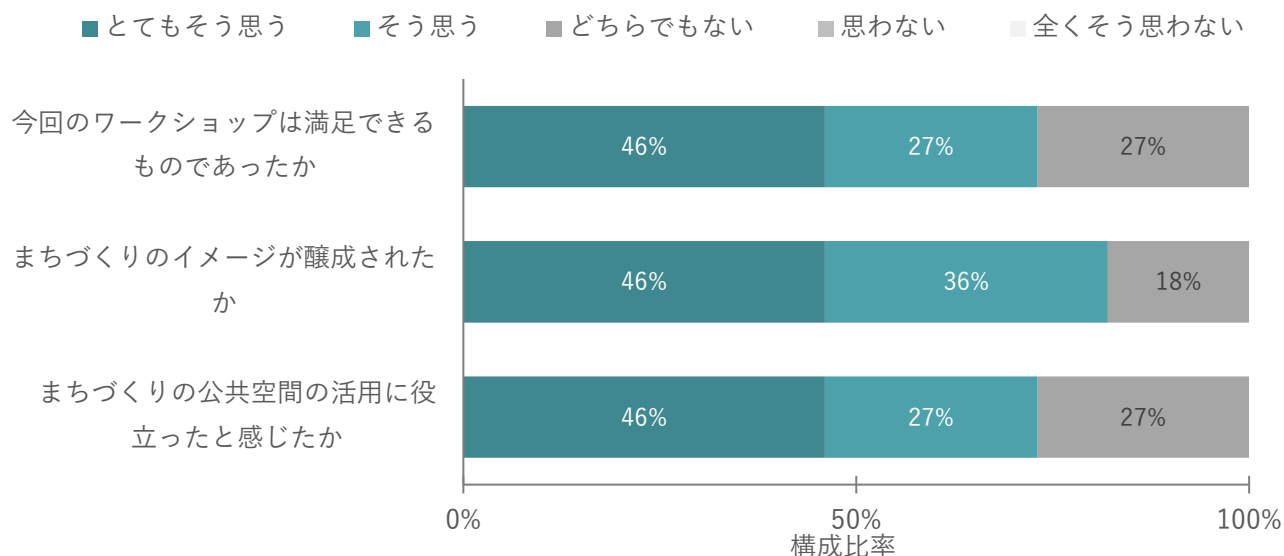


図 10-9 創造的な議論とアウトプットの質的向上に関するアンケート結果

表 10-5 関連する定性コメント

No.	検証項目	関連する定性コメント
1	自分の視点、意見を確立できた	● 全員が納得する案は難しいが、より多くの人間が幸せになれる空間を考えてみたいと思った
2	将来像について、他者の意見を自分の中でイメージすること	● 言葉だけに頼ることなく、その場で可視化して見せることができるので、相互理解が進みやすい
3	将来像について、自分の意見と他者の意見を関連させて考えること	● 住民目線と観光振興目線といった異なる視点から同じ場で意見を交わすことができたのが良かった
4	将来像について、自分の中でアイデアを出すこと	● これだけ多様なパーツを用意しても、「新たなアイデア」を考えるには「要素」が足りない ● フリートークよりは論点を絞った議論に向いている気がした ● 参加していない人が誰もいない、みんなが参加できる仕組みであった
5	将来像について、自分の中でイメージすること	● 3D 都市モデル、VR を活用することで、共通イメージを持つことができた

6	今回のワークショップは満足できるものであったか	● 今回の WS は 2 階建てでやった方がいい気がしました。まずは個人/チームのコンセプト立案→配置という流れ ● 人数や密度など日常に近い状態のデータを基にして再現したい
---	-------------------------	--

10-3. 運営者視点の検証

10-3-1. 検証結果

システムの運用性向上に関して、様々な開発フェーズへの適用を可能とする汎用性の実現の観点では、ワークスペースの切り替えや物理で設定エリアを切り替える機能を実装した。これにより、ワークショップの前後、また、グループごとに別の指定エリアを設定することができるため、ワークショップの設計の自由度が向上した。一方で、駒の数が増えてきていることから、駒の入れ替えの負荷が重くなっている。そのため、管理画面上での分類機能やグルーピング機能、検索機能を実装するとよいと考える。

運営者の準備負担軽減と参加者の操作習熟時間の短縮の観点では、ベースモデルや特殊駒設定を外部化と Web 画面上から 3D モデルや駒の設定が出来る機能を実装した。その結果、ワークショップの準備時間は数時間程度短縮された。一方で、テクスチャやマテリアルの設定がベースモデルに含まれない状態となっており、これは 3D で出力した際のイメージに影響するため、改善が必要である。

表 12-2 検証結果

観点	項目	結果	示唆
システムの汎用性	ワークスペースの切り換え操作で検討エリアを切り替える機能を実装	● ワークショップの前後半、また、グループごとに別の検討エリアを設定することができるため、ワークショップの設計の自由度が向上した	● ワークスペース切り替え機能は有用である
	様々なワークショップで活用できるように駒を追加で制作	● 駒の数が増えてきており、ArUco マーカーの上限値が 1,000 であるため、駒の入れ替え作業が発生し得る	● 駒管理に関して、管理画面上での分類機能やグルーピング機能、検索機能などがあるとよい
ワークショップの準備負担軽減	ベースモデルや特殊駒設定を外部化し、Unity の実行ファイルや駒管理を共通化	● ワークショップの準備時間が数時間程度短縮された	● ベースモデルや特殊駒の外部化が有用である
		● テクスチャやマテリア	● テクスチャやマテリア

		ルの設定、オブジェクト間の衝突判定の設定などがベースモデルに含まれない状態となった	ルの設定がないことは出力される 3D イメージの質に影響するので課題である ● FBX データの仕様のあいまいさによってシステムの実装負荷が高くなっているとも考えられるため、FBX 以外のファイル形式を積極的に採用するとよい
	Web 画面から 3D モデルのアップロードや駒の設定ができる機能を実装	● 駒の追加が容易になり、ワークショップの準備時間が数時間程度短縮された	● Web 画面からの管理が有用である
		● 一方で、依然として数十分～1 時間ほど用意に時間がかかっており、なお負担	● 3D モデル生成について、架空の建物、設備、道路の自動生成やテクスチャの高精細化など AI による実装を試みたい

11. 成果と課題

11-1. 本実証で得られた成果

11-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルの技術面での優位性が示された。

表 11-1 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	複数の視点のシームレスな切替え	従来は模型やイメージパース、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 都市モデル活用しており、VR 表示で尺度の選択を含む自由視点が可能になる

11-1-2. 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルのビジネス面での優位性が示された。

表 11-2 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
サービス開発期間・コストの削減	オープンデータによる開発・運用コスト削減	3D 都市モデルがオープンデータとして入手できたことで、検討対象エリアの VR 内での再現コストを抑えられる（モデリング工数・データ収集コスト等）

11-1-3. 3D 都市モデルの公共政策面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルの公共政策面での優位性が示された。

表 11-3 3D 都市モデルの公共政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの公共政策面での優位性
行政業務自体の価値/品質向上	都市計画プロセスにおける市民参加の促進	本実証で実装したシステムを用いることで、3D 都市モデルの技術による空間の視覚的認知のしやすさが向上し、開発事業の構想、開発、活用の各段階において、多様な住民参加の機会をアレンジできる

11-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 11-4 実証実験で得られた課題と対応策

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	都市開発プロセスの構想段階における改善	● 駒として用意されていないものはスナップショットには反映されず、その場で出た意見を記録できなかった ● 朝～昼～夕方など時間帯ごとの景観も見え方の違いを比べられなかった	● 構想段階においては、概念的なイメージを共有し合うため、細かなイメージや文言を記録するようなワークショップ設計とする ● 時間帯による景観の変化を可視化するため、時間軸シミュレーション機能を取り入れる
	都市開発プロセスの開発段階における改善	● 1/50 のスケールでの検討が主だったため、マクロな視点での検討ができなかった	● 開発段階においては、具体的な配置検討だけでなく、俯瞰的視点から全体の調和を評価することが重要であるため、異なるスケールでの検討プロセスを導入するなど、ワークショップ設計において工夫が必要である
	都市開発プロセスの活用段階における改善	● 活用段階のワークショップでは具体案を話し合うため、議論が発散しやすい状況にあった	● 活用段階においては、各々が持つ活用イメージが異なることが多いため、①ビジョン検討②具体検討の2階建てで行うなど、ワークショップの設計上、工夫が必要である
	3D 都市モデルの整備	● ワークショップについて、参加者から多拠点での実施の要望があった。しかし、ワークショップ開催にあたっては、モデルの整備に多額の費用がかかるため断念せざるを得ないという状況が多くあった	● ワークショップを全国に多地域展開する際、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生まれる ● 建物モデル、都市設備モデル、道路モデルなど汎用的なモデルを充実させることができれば、3D 都市モデルの整備がされていない場合でもワークショップの実施が可能となる
商品・サービスに関する課題	システムの安定稼働	● 曳舟、浅草エリアにてユニットの動作が重くスケ	● プログラムの処理に改善の余地がないかを検証する

		ジュールに影響が出たケースがあった	● モデルのデータ量に原因があることも考えられるので、その観点でも精査する
	タンジブルユニットの反応速度向上	● 4 拠点でのワークショップを行い、速度性について若干の遅さについて言及をされた。運営にあたって支障はなかったが、活発な議論とスムーズな運営を行うにあたって課題が残った	● 速度は向上したが、さらに速度を向上させる必要がある。内蔵コンピューターの変更、駒の読み取り方式の変更なども含めて継続的に検討する

11-3. 今後の展望

実証実験を通じて、タンジブルインターフェースによるワークショップは、専門知識の有無に関わらず、参加者が空間イメージを共有しながら建設的な議論を展開できることが確認された。また、異なる立場の参加者間でも、実物の模型を介した直感的な操作により、従来の図面やパースでは困難だった空間認識の共有が可能になることが実証された。

一方で、複数の技術的・運用的課題も明らかになった。具体的には、多人数での同時操作時のシステム応答性や、長時間運用時の安定性に改善の余地があることが判明した。また、「より詳細な空間スケールでの検討がしたい」「参加者の属性に応じた操作方法の調整が必要」といった現場からの具体的なニーズも把握できた。さらに、まちづくりの各フェーズに応じて、システムの使い方や提示する情報の粒度を適切に調整する必要性も明確になった。

これらの課題に対応するため、システムの基本性能の向上と併せて、より直感的な操作体験の実現に向けた改良を進める。具体的には、実証実験で得られた参加者の行動データや意見を活かし、操作方法の簡略化や、まちづくりの各フェーズに適した機能の実装を行う。また、各主体だけでワークショップを実施できるよう、運営マニュアル⁴やチュートリアル動画の整備を進め、各地域での自律的な展開を支援する体制を構築する。

このような取り組みを通じて、まちづくりのどのようなフェーズにおいても、専門家と市民をつなぐ標準的な対話ツールとしてタンジブルインターフェースによるワークショップの仕組みを確立し、より創造的で民主的なまちづくりプロセスの実現を目指す。

⁴ 運営ノウハウブック：<https://xdior.jp/>

12. 用語集

A) アルファベット順

表 12-1 用語集（アルファベット順）

No.	用語	説明
1	ArUco マーカー	画像認識に使用される特殊なパターンを持ったマーカー
2	City GML	都市の 3 次元モデルを表現するためのデータ形式
3	Cloud Functions	サーバーレスでコードを実行できるクラウドサービス
4	Cloud Storage	クラウド上にファイルを保存できるストレージサービス
5	FBX	3D モデルデータの交換フォーマット
6	Firebase	Google が提供するモバイル・ウェブアプリ開発プラットフォーム
7	Firestore	Firebase が提供する NoSQL データベース
8	JSON	JavaScript Object Notation、データ交換形式の一つ
9	LOD	Level of Detail、3D モデルの詳細度レベル
10	OpenCV	オープンソースのコンピュータビジョンライブラリ
11	PNG	Portable Network Graphics、画像ファイルフォーマット
12	Raspberry Pi	小型のシングルボードコンピュータ
13	React.js	ユーザーインターフェース構築のための JavaScript ライブラリ
14	REST API	REpresentational State Transfer に基づいた Web API
15	SDK	Software Development Kit、ソフトウェア開発キット
16	Three.js	WebGL を使用した 3D グラフィックスライブラリ
17	UDP	User Datagram Protocol、通信プロトコルの一つ
18	Unity	クロスプラットフォーム対応のゲーム開発エンジン
19	URL	Uniform Resource Locator、ウェブ上のリソースの場所を示す識別子
20	VR	Virtual Reality、仮想現実
21	Web API	ウェブを通じてアクセスできるプログラミングインターフェース
22	WebGL	Web ブラウザで 3D グラフィックスを表示するための技術
23	WiFi	無線 LAN の規格
24	WiMAX	無線通信規格の一つ
25	XR	Extended Reality、拡張現実技術の総称
26	XML	Extensible Markup Language、マークアップ言語の一つ

B) 五十音順

表 12-2 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	アーバンプランニング	都市計画やまちづくりの設計プロセス
2	アーバンマネジメント	都市や地域の維持管理や運営
3	アイスブレイク	参加者の緊張をほぐすための活動
4	イベント発火	プログラムで特定の動作が実行されるきっかけとなる事象
5	エリアマネジメント団体	特定の地域の管理・運営を行う組織
6	オーガナイザー	企画や運営を担当する人
7	カメラ駒	カメラの視点を設定するためのタンジブル駒
8	キッチンカー	移動販売車
9	グランドルール	基本的なルールや原則
10	グループファシリテーター	グループ活動を促進・支援する役割の人
11	コンテキスト	背景や文脈
12	サムネイル	縮小された画像
13	シミュレーション	実際の状況を模擬的に再現すること
14	スケール感	大きさの感覚や比率の認識
15	スナップショット	ある時点での状態を記録したもの
16	ストリートファニチャー	街路に設置される公共の家具や設備
17	タンジブルインターフェース	物理的な操作が可能なユーザーインターフェース
18	タンジブル駒	タンジブルインターフェースで使用される操作部品
19	タンジブルユニット	タンジブルインターフェースのハードウェア一式
20	デバッグ	プログラムの不具合を特定し修正する作業
21	特殊駒	特別な機能を持たせたタンジブル駒
22	パブリックビューイング	公共の場での映像の上映
23	汎用性	様々な用途や状況に適用できる性質
24	ファシリテーター	会議やワークショップの進行役
25	フットプリント	建物の地面に接する部分の形状や面積
26	ベースモデル	基本となる 3D モデル
27	ポップアップ	一時的に出現する店舗やイベント
28	マルシェ	市場や露店市
29	ユーザビリティ	使いやすさ
30	ワークショップ	参加型の学習や創作の場

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 v2.0
技術検証レポート

発 行：2025 年 3 月

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