

11月1日 地理情報システム学会

# 触れるGISのための3次元地理 情報プラットフォームの開発

– Three.jsとARマーカーを用いたWebベース実装 –

---

石黒 希海 中村 暉佑 中山 俊  
専修

# 目次

- 背景・関連研究（触れるGIS）
- 実装（認識／通信／描画／空間解析）
- ユースケース
- 考察・今後・まとめ

## 2D中心では直感理解に限界—模型×Web3Dで“触ってわかる”へ

- 市民参加の場では立体関係の解釈が一致しにくい問題がある。
- 物理操作と3D表示を直結し、理解の非対称性を低減することを目的とする。

図・表：平面地図 vs 模型 + 3D表示の対比

# 従来のGISは専門的で、非専門家が都市を“直感的に理解する”ことが難しかった

- 避難や回遊の評価は上下方向や遮蔽の影響を考慮する必要がある。
- WebGL普及によりブラウザのみで高品質3Dが実用段階にある。

図・表：高さ／遮蔽／経路アイコン 2D地図 vs 模型の比較イメージ？

## 触れるGISは物理操作と3D表示を直接結ぶ

- モニタ表示型の触れるGISをWebベースで実装する立場をとる。
- 参照系は「手→模型→カメラ→WebSocket→Three.js」の直列連携である。

図・表：フロー図（手→模型→カメラ→Web→3D）

## Web上で模型操作がリアルタイムに反映される「3D 触れるGIS基盤」を構築する

- 認識・通信・描画・空間解析の **四モジュール分割**を提案する。
- 代表環境で遅延は概ね **0.2秒**であり次フレーム反映を確認した。
- 誰でもアクセス可能な**Web**環境で運用できる点に新規性がある。

## 従来投影中心型からWeb3Dモニタ型へ一名所運用と即時生を重視

- 既往は投影型や専用装置への依存が多く、暗所前提の運用が課題であった。
- 本研究は一般照明下での認識とWeb配信を前提に設計した。

図・表：比較表（投影型／モニタ型の差分）

# 実装

# 認識・通信・描画・経路探索の4モジュールで即時反映を実現

- 認識（Python+OpenCV）, 通信（WebSocket）, 描画（Three.js）, 空間解析（経路探索）で構成する。
- 認識結果はJSONで送出し, 描画と解析が更新を受けて再計算・再描画する。



# Python + OpenCVでARマーカーを検出し、位置とIDをJSON化して送信する

- 一辺約3cmのマーカーを約1mの距離で安定検出する構成である。
- 歪み補正後に位置・向きを推定し、{id, 位置, 回転} を生成する。
- 照明・反射・遮蔽は認識安定性に影響するため配置指針を設ける。

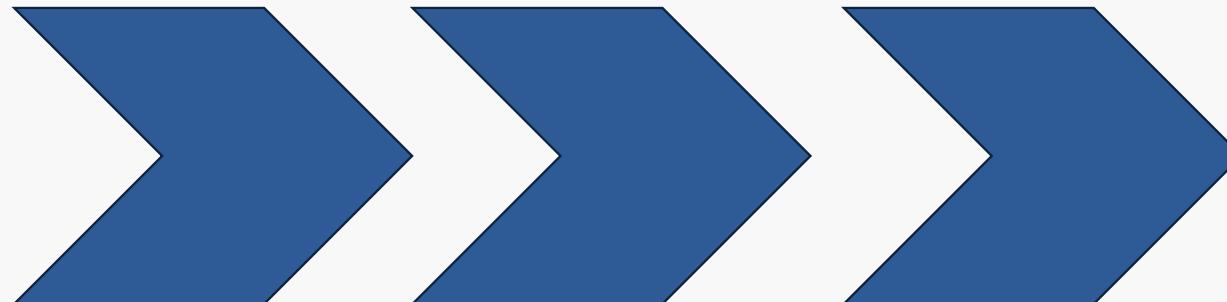
図・表：Camera→OpenCV(ArUco)→JSON流れがわかるように

## WebSocketによる常時接続で、認識結果をリアルタイムに送信

- サーバからのプッシュ配信でポーリングを回避し遅延を抑制する。
- 変更が小さい場合は差分送信に切替可能なストリーム設計である。

図・表：タイムライン (detect→send→render) push通信のタイムライン図

- 



## Three.jsで地形・建物・経路をレイヤごとに描画し、変化を即時反映

- 地形・建物・道路・経路・注記をレイヤとして分離しON/OFFを提供する。
- 表示負荷が高い場合は影・マテリアルを簡略化し速度を優先する。
- glTFおよびLODへの拡張を想定したシングラフ構成である。

図・表：Sceneツリー（Groupsの階層）

# 歩行可能領域からグラフを更新しA\*で最短経路を計算

- 建物追加・移動に応じてノード・エッジを再生成し経路を再計算する。
- 解像度と対象範囲を調整し体感速度を維持する。

図・表：格子と最短経路（==で強調）モニターの画面（経路ネットワークが見えるものを配置）

## 新しい建物配置が避難経路や収容力に与える影響を 3Dで可視化

- 対象は町の施設・主要道路・避難所を含む仮想の街区である。
- ①配置 → ②認識 → ③表示更新 → ④経路再計算 → ⑤表示、の順に処理される

図・表：建物を変える前の変えた後で避難所の人数がオーバーした画像？

## 即時同期し、非専門家でも理解可能に。ただし認識安定性と描画負荷が課題

- 代表環境において、操作後ただちに表示が更新されることを確認した。
- 強い反射・逆光・遮蔽条件下では一時的な認識途絶が発生した。
- 建物配置の変更に応じて最短経路が再表示され、通行不可区間の変化を視認できた。

図・表：避難場所設定して動く動画

## Web3Dは配布性・参加性に優れるがスケール拡大で最適化が要る

- ブラウザのみで動作するため配布・更新の負担が小さい。
- 都市スケールでは描画負荷が増大するため LOD と軽量化が不可欠である。
- 詳細解析は既存GISと役割分担するのが妥当である。

図・表：考え中です

## 触れるGISは、市民が都市を理解するための新しいしくみ

- 本研究で得られたこと
  - ・ Three.js と ARマーカーを用いて、Web上で触れるGIS基盤を構築した
  - ・ 模型操作が即座に3D都市に反映され、誰でも理解できる体験を実現した
- 今後の展望
  - ・ RFIDや画像認識との組み合わせで、より安定した運用へ
  - ・ 防災・まちづくり・教育分野など、多様な応用の可能性