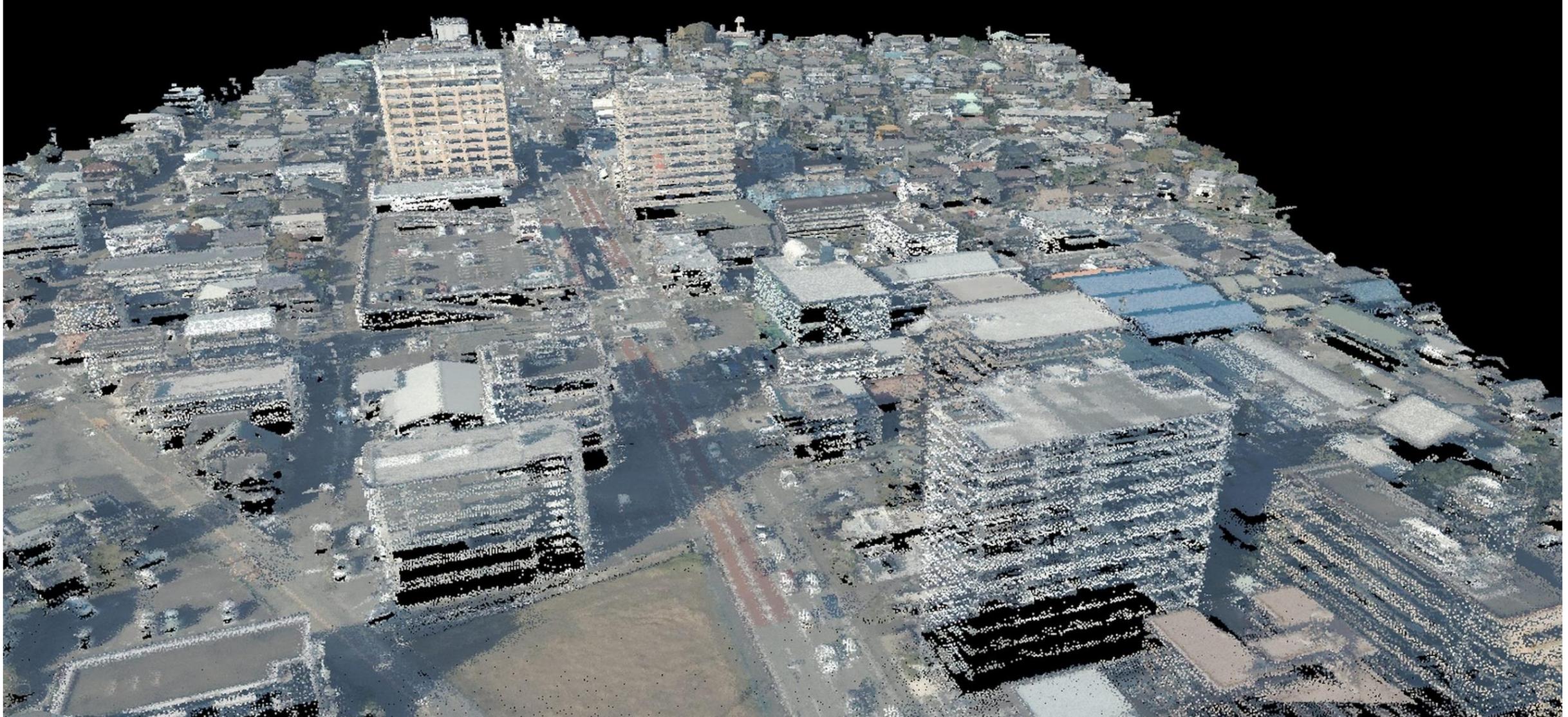


# 3D都市モデルを基礎としたIDマッチング基盤 技術検証レポート



Technical Report for ID Matching System based on 3D City Models

PLATEAU  
by MLIT



# 目次

## I. 実証概要

1. 全体概要	3
2. 実施体制	5
3. 実証エリア	6
4. スケジュール	7

## II. 実証技術の概要

1. 活用技術	9
2. PostGIS	10
3. QGIS	12
4. GDAL	13
5. GeoPandas	14
6. Leaflet	15
7. Open3D	16

## III. 実証システム

1. 実証フロー	18
2. 想定事業機会	19
3. アーキテクチャ全体図	20
4. システム機能	22
5. アルゴリズム	49
6. データ	
① 活用データ	62
② データ処理	68
③ 出力データ	71
7. ユーザインタフェース	74
8. システムテスト結果	78

## IV. 実証技術の検証

1. 分析精度の検証	
①住宅地図マッチング検証	80
②航空写真マッチング検証	83
③3D点群マッチング検証	85
④テクスチャマッピング検証	88
2. 実証システムの価値検証	
①検証内容	146
②検証結果	147

## V. 成果と課題

1. 今年度の実証で得られた成果	
① 3D都市モデルによる技術面での優位性	149
② 3D都市モデルによるビジネス面での優位性	150
2. 今後の取り組みに向けた課題	151

## 用語集

用語集	152
-----	-----

# I. 実証概要

## II. 実証技術の概要

## III. 実証システム

## IV. 実証技術の検証

## V. 成果と課題

# I. 実証概要 > 1. 全体概要

## 全体概要 (1/2)

ユースケース名	3D都市モデルを基礎としたIDマッチング基盤
実施場所	静岡県沼津市
目標・課題 ・創出価値	<ul style="list-style-type: none"><li>● 近年、様々な主体による建物に関わるデータ提供（ゼンリン住宅地図、都市計画基礎調査、不動産登記、3D点群データ、航空写真、車載カメラ画像）が増えてきているが、防災・まちづくり・都市活動モニタリングなどの検討においてこれらのデータを活用する際に、同じ建物データであるかどうかの判別（マッチング）が課題となっている。</li><li>● 建物データを基礎として様々なデータを統合するためには、建物を一意に特定するために建物IDを使ったデータ連携が重要であるが、建物に共通に用いられるIDは普及していない。住所によるマッチングは、住所記載の揺らぎ等の問題もありマッチングが難しく、また建物単位での判別ができないため、より詳細な建物の幾何形状をベースとして同一建物として判別するマッチングが必要である。</li><li>● 本ユースケースでは3D都市モデルを基礎データとして、建物の同一性を幾何形状を用いてマッチングすることで、3D都市モデルの建物IDを介したデータ結合を行う建物IDマッチング基盤の構築とWeb APIの整備を進め、BtoB・BtoC向けのサービス開発を行う。</li><li>● 将来的には民間企業を含めた各種建物データホルダーと連携してデータを集約し、建物に関するあらゆる情報を提供できるプラットフォームの構築を行い、行政・民間サービス（不動産、観光等）での建物情報の利活用の活性化を目指す。</li></ul>
ユースケース の概要	<ul style="list-style-type: none"><li>● 3D都市モデルの建物の幾何形状を基礎データとして、多様な建物属性情報を持つ住宅地図や、航空写真、点群データの幾何情報とのマッチングを行い、3D都市モデルの建物IDを介してデータ結合を行う基盤を構築する。</li></ul>

# I. 実証概要 > 1. 全体概要

## 全体概要 (2/2)

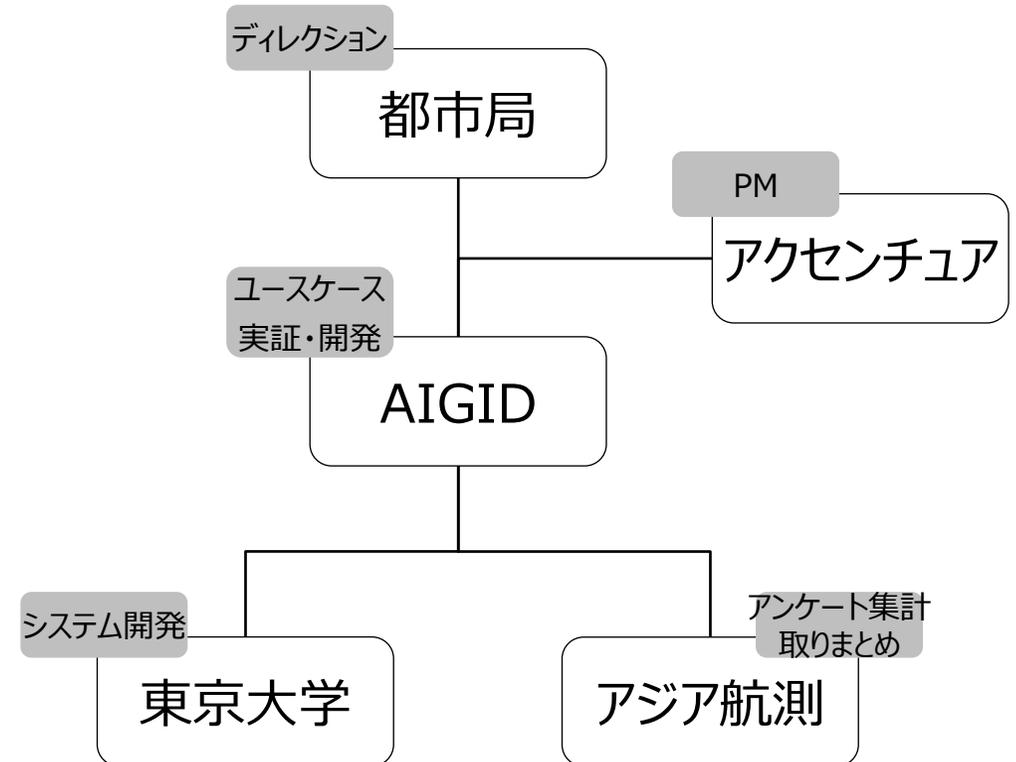
<b>実証仮説</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 建物に共通に付与される標準的なIDが普及していない現状において、3D都市モデルをベースデータとした、2Dの幾何形状にも3Dの幾何形状にも対応可能なマッチング基盤を構築することで、従来用いられている住所によるマッチングよりも高い精度でマッチングが可能となる。</li><li>• 3D都市モデルの建物IDを介して、多様な建物データホルダーからのデータ結合が可能となり、建物情報の集約が可能となる。</li></ul>
<b>検証ポイント</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3D都市モデルとのマッチングにより、建物に関する情報を一元的に集約することが可能かどうか。<ul style="list-style-type: none"><li>- 建物IDマッチング<ul style="list-style-type: none"><li>• 住宅地図・航空写真・点群データとのマッチングを行うツールをデータ整備事業者向けに開発し、その精度・性能の向上余地と有用性を確認する。</li></ul></li><li>- テクスチャ自動生成<ul style="list-style-type: none"><li>• 点群データを3D都市モデルとマッチングさせて、屋上や壁面に貼り付けるべきテクスチャを建物ごとに点群データから自動生成できるか検証する。</li></ul></li></ul></li></ul>

# I. 実証概要 > 2. 実施体制 実施体制

各主体の役割

主体	役割
AIGID	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユースケース開発の検討</li> <li>実施計画策定</li> <li>システム開発 (UI/UX設計・開発)</li> </ul>
東京大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム開発 (建物ID自動マッチング基盤)</li> </ul>
アジア航測	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムテスト</li> <li>アンケート・実証結果の集計</li> <li>技術資料のとりまとめ補助</li> </ul>
アクセンチュア	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトマネジメント</li> </ul>

実施体制図



# I. 実証概要 > 3. 実証エリア

## 実証エリア

静岡県 沼津市 (全域191.527km<sup>2</sup>、LOD1作成範囲 187.10km<sup>2</sup>、LOD2作成範囲 4.427km<sup>2</sup>)



# I. 実証概要 > 4. スケジュール スケジュール

実施事項	令和4年										令和5年		
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1.民間サービス創出型ユースケース開発の検討		←→											
2.実施計画の策定			←→										
3.検証用データの収集・取得			←→										
4.住宅地図マッチングシステム開発				←→									
5.航空写真マッチングシステム開発						←→							
6.点群マッチングシステム開発				←→									
7.WebAPIシステム開発						←→							
8.ユースケース実証										←→			
9.報告書作成											←→		

I. 実証概要

**II. 実証技術の概要**

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題

## II. 実証技術の概要 > 1. 活用技術 活用技術

項目	内容
PostGIS	<ul style="list-style-type: none"><li>データベースシステムであるPostgreSQL上でGIS（地理情報システム）を取り扱うための拡張モジュール</li><li>- PostgreSQLは代表的なオープンソースのリレーショナルデータベースマネジメントシステム（RDBMS）</li></ul>
QGIS	<ul style="list-style-type: none"><li>オープンソースの地理情報システムアプリケーション</li></ul>
GDAL	<ul style="list-style-type: none"><li>オープンソースの地理情報データフォーマット変換ライブラリ</li></ul>
GeoPandas	<ul style="list-style-type: none"><li>Python用の地理空間データ操作のためのオープンソースライブラリ</li></ul>
Leaflet	<ul style="list-style-type: none"><li>ウェブマップ用のJavaScriptライブラリ</li></ul>
Open3D	<ul style="list-style-type: none"><li>3Dデータを扱うソフトウェアの迅速な開発をサポートするオープンソースライブラリ</li></ul>

## II. 実証技術の概要 > 2. PostGIS PostGISについて

PostGIS は地理情報システム（GIS : Geographic Information Systems）を扱うためのPostgreSQL の拡張モジュール

項目		詳細	
名称		PostGIS	
概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>PostGISは、オープンソースのリレーショナルデータベースマネジメントシステム（RDBMS）であるPostgreSQLの地理情報を取り扱うための拡張モジュールである</li> <li>PostgreSQL本体と独立してオープンソースソフトウェアとして開発されている*</li> </ul>	
主な機能	データ管理	空間テーブル作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジオメトリ・地理空間データを保持するためのテーブルを作成する</li> </ul>
		空間データの読み込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>作成した空間テーブルにジオメトリ・地理空間データを登録する</li> </ul>
		ジオメトリ検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>OGC（Open Geospatial Consortium）のOpenGIS仕様に基づいたジオメトリの妥当性（ねじれや交差のない単純な形状であること）を検証する</li> </ul>
		インデックス作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>データベースのレコードの検索速度を向上させるためのインデックスを作成する</li> </ul>
	空間クエリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>データベースに対してクエリを実行し、レコードの抽出、解析、出力を行う</li> </ul>	
本ユースケースで利用する機能		<ul style="list-style-type: none"> <li>上記すべての機能を利用</li> </ul>	

\*出典 : <https://postgis.net/>

# II. 実証技術の概要 > 2. PostGIS PostgreSQLについて

拡張性とSQL準拠を特徴とするオープンソースのリレーショナルデータベース管理システム

## 概要

項目	詳細
名称	PostgreSQL
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>拡張性とSQL（データの操作や定義を行うためのデータベース言語）準拠を特徴とするオープンソースのリレーショナルデータベース管理システム（RDBMS）*</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>リレーショナルデータベースを管理する機能               <ul style="list-style-type: none"> <li>データベース言語（SQL）によるデータベースの参照・編集</li> <li>複数人での同時アクセス処理</li> <li>セキュリティ保護</li> </ul> </li> <li>拡張モジュールによる機能拡張（PostGIS等で利用）</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>PostGISと組み合わせたGISデータベース機能</li> </ul>

## リレーショナルデータベースのイメージ

顧客番号	顧客氏名	住所	電話番号
A001	AAAAA	東京都新宿区	03-XXXX
A002	BBBBB	神奈川県横浜市	03-XXXX
A003	CCCCC	東京都武蔵野市	0422-XXXX

販売日	顧客番号	商品ID	商品名
2023/1/3	B001	12345	VVVVV
2023/1/5	N003	23456	WWWWW
2023/1/15	A001	34156	XXXXX
2023/1/19	A002	256324	YYYYY
2023/1/23	C003	241245	ZZZZZ

- リレーショナルデータベース
  - 行と列を持った表形式のデータを相互に関係づけたデータベース
  - 上記表では顧客番号がキーとなって紐づけが行われる

# II. 実証技術の概要 > 3. QGIS

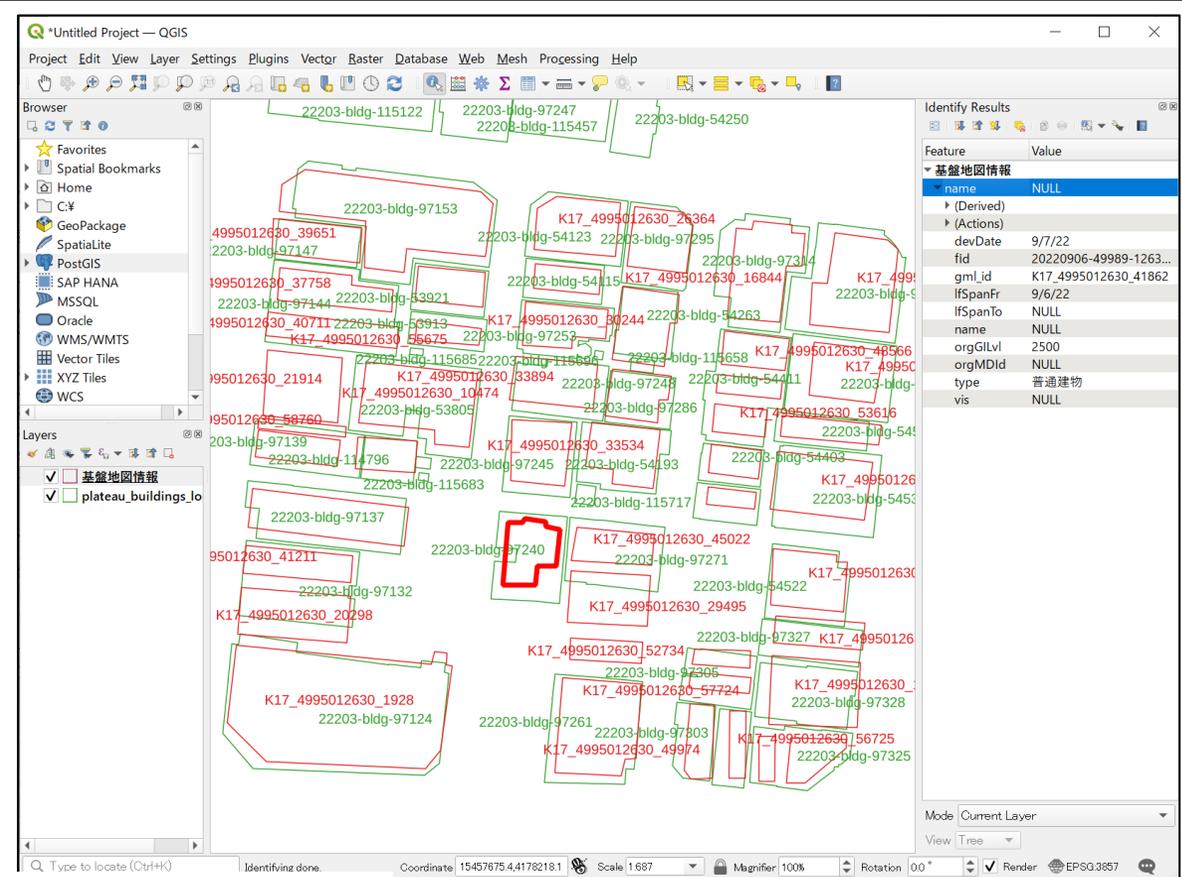
## QGISについて

オープンソースの地理情報システムアプリケーション

### 概要

項目	詳細
名称	QGIS
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>PC上で単体動作するGISアプリケーション*</li> <li>オープンソースソフトウェア・多言語対応</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>地図や航空写真などの地理空間データをファイルやDBと入出力</li> <li>地理空間データを地図上で重ね合わせ表示、幾何属性や付属情報の作成・編集</li> <li>他のデータフォーマットや空間参照系への変換</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空写真から作成した建物ポリゴンの確認</li> <li>地図データ（住宅地図など）とPLATEAU建物データのマッチング結果の目視確認</li> </ul>

### イメージ



\*出典 : <https://qgis.org/>

# II. 実証技術の概要 > 4. GDAL

## GDALについて

オープンソースの地理情報データフォーマット変換ライブラリ

### 概要

### イメージ

項目	詳細
名称	GDAL
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>ラスターとベクターの地理空間データフォーマットの変換ライブラリ*</li> <li>C, C++で実装、Python用のラッパーライブラリも提供</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種の変換コマンドを利用した地理空間データ、ファイルフォーマットの変換</li> <li>ライブラリとして他のプログラムから呼び出し、地理空間データの変換機能を提供</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>PLATEAU 3D都市モデル（建物）のGMLをPostGIS用のSQLに変換</li> <li>参照データベースに登録</li> </ul>

```
<bldg:Building gml:id="BLD_90fdb95e-be9a-447b-bd5e-e1d8b11070e1">
  <gen:stringAttribute name="建物ID">
    <gen:value>22203-bldg-7999</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
  <bldg:class codeSpace=".../codelists/Building_class.xml">3001</bldg:class>
  <bldg:measuredHeight uom="m">2.0</bldg:measuredHeight>
  <bldg:lod0RoofEdge>
    <gml:MultiSurface>
      <gml:surfaceMember>
        <gml:Polygon>
          <gml:exterior>
            <gml:LinearRing>
              <gml:posList>35.109645553807226 138.87500964651352 16.904
                35.10962740999962 138.87500887228637 16.904 35.109626472163235
                138.87504103199555 16.904 35.10964461593666 138.87504181719964 16.904
                35.109645553807226 138.87500964651352 16.904</gml:posList>
            </gml:LinearRing>
          </gml:exterior>
        </gml:Polygon>
      </gml:surfaceMember>
    </gml:MultiSurface>
  </bldg:lod0RoofEdge>
</bldg:Building>
```

```
# ogr2ogr -f postgresql postgresql://postgres:postgres@pg15/postgres data/52385730_bldg_6697_op.gml -nln plateau -nlt GEOMETRYZ -skipfailures -append -lco SPATIAL_INDEX=NONE -forceNullable
```

### GDALコマンド

```
ogr2ogr -f postgresql postgresql://postgres:postgres@pg15/postgres data/52385730_bldg_6697_op.gml -nln plateau -nlt GEOMETRYZ -skipfailures -append -lco SPATIAL_INDEX=NONE -forceNullable
```

ogr_fid	integer	NOT NULL	REALVAL
plateau_ogc_fid_seq	::regclass)		
gml_id	character varying		
bldid	character varying(32)		
class	integer		
measuredheight	double precision		
measuredheight_uom	character varying(1)		
prefecture	integer		
city	integer		
surveyyear	integer		
key	integer		
codevalue	integer		
lod0	geometry(GeometryZ,6668)		
lod1	geometry(GeometryZ,6668)		
lod2	geometry(GeometryZ,6668)		

Indexes:  
"plateau\_pkey" PRIMARY KEY, btree (ogc\_fid)

### PostGISテーブル

\*出典 : <https://gdal.org/>

# II. 実証技術の概要 > 5. GeoPandas

## GeoPandasについて

Python用の地理空間データ操作のためのオープンソースライブラリ

### 概要

項目	詳細
名称	GeoPandas
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pythonで地理空間データを簡単に扱えるようにするためのオープンソースプロジェクト*</li> <li>データフレームPandasのデータ型に空間属性を拡張</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>ライブラリとしてPythonプログラムから呼び出し、地理空間データの操作機能を提供</li> <li>地理空間データファイルやデータベースとの入出力を行い、内部のデータに対する細かい処理をプログラム可能にする</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>GeoJSON形式で入力された2D建物データに含まれる建物情報の型をチェック</li> <li>マッチング用にPostGISの一時テーブルに登録</li> </ul>

### イメージ

```

{"features": [
  { "bbox": [138.85837, 35.104587, 138.858716, 35.104743], "geometry": { "coordinates": [[ [138.858384, 35.104743], [138.85837, 35.104645], [138.85843, 35.104596], [138.858675, 35.104587], [138.858698, 35.10461], [138.858716, 35.104717], [138.858707, 35.104718], [138.858708, 35.104733], [138.858689, 35.104735], [138.858684, 35.104719], [138.858384, 35.104743] ] ], "type": "Polygon" }, "id": 1928, "properties": { "devDate": "2022-09-07", "fid": "20220906-49989-12636-s-5392", "gml_id": "K17_4995012630_1928", "lfSpanFr": "2022-09-06", "lfSpanTo": null, "name": null, "orgGILvl": "2590", "orgMDId": null, "type": "普通建物", "vis": null }, "type": "Feature" },
  { "bbox": [138.85845, 35.105214, 138.858779, 35.105344], "geometry": { "coordinates": [[ [138.858454, 35.105325], [138.85845, 35.105291], [138.858583, 35.105279], [138.858581, 35.10522], [138.858642, 35.105214], [138.858646, 35.105244], [138.858767, 35.105234], [138.858779, 35.105301], [138.85876, 35.105316], [138.85849, 35.105344], [138.858454, 35.105325] ] ], "type": "Polygon" }, "id": 4103, "properties": { "devDate": "20220906-49989-12636-s-5501", "gml_id": "K17_4995012630_4103", "lfSpanFr": "2022-09-06", "lfSpanTo": null, "name": null, "orgGILvl": "2590", "orgMDId": null, "type": "普通建物", "vis": null }, "type": "Feature" },
]

```

入力されたGeoJSON

GeoPandasで型チェック  
PostGISに登録

```

Table "public.tmp_features_64925"
  Column | Type | Collation | Nullable | Default
-----+-----+-----+-----+-----
 geometry | geometry(Polygon, 4326) | | | 
 devDate | text | | | 
 fid | text | | | 
 gml_id | text | | | 
 lfSpanFr | text | | | 
 lfSpanTo | text | | | 
 name | text | | | 
 orgGILvl | text | | | 
 orgMDId | text | | | 
 type | text | | | 
 vis | text | | | 
Indexes:
  "tmp_features_64925_geometry" gist (geometry)

```

作成された一時テーブル  
"properties" の属性情報を  
テーブルの列として格納

\*出典 : <https://geopandas.org/>

# Ⅱ. 実証技術の概要 > 6. Leaflet

## Leafletについて

ウェブマップ用のJavaScriptライブラリ

### 概要

項目	詳細
名称	Leaflet
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>ウェブアプリケーションに対話的な地図表示・操作機能を提供するJavaScriptライブラリ*</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>ウェブページ上にベース地図（主にラスタタイル）を表示</li><li>ベース地図上に図形やマーカを表示</li><li>地図領域上での操作（マウス・キーボード・タッチ）イベントを取得</li></ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>地理院タイルの描画</li><li>2Dおよび3Dのマッチング結果を地図上に表示</li></ul>

### イメージ



\*出典 : <https://leafletjs.com/>

## II. 実証技術の概要 > 7. Open3D

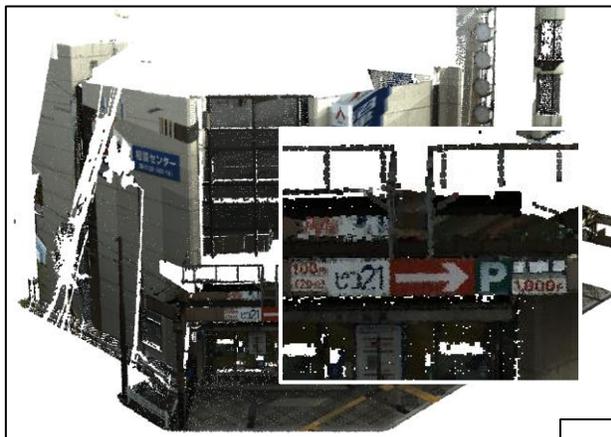
# Open3Dについて

3Dデータを扱うソフトウェアの迅速な開発をサポートするオープンソース ライブラリ

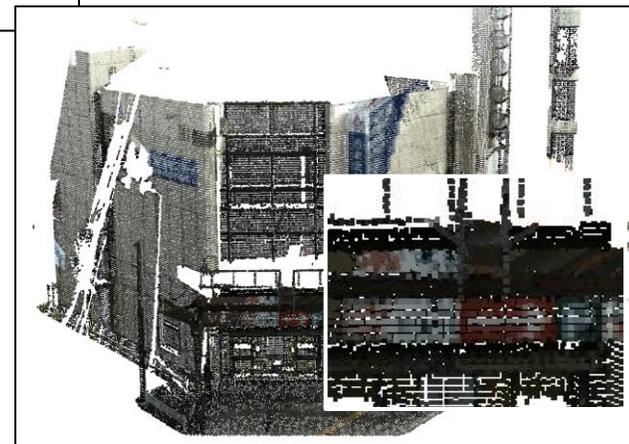
### 概要

項目	詳細
名称	Open3D
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dデータを扱うソフトウェア開発用のオープンソースライブラリ*</li> <li>C, C++で実装、Python用のラッパーライブラリも提供</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dデータ構造のデータ表現</li> <li>3Dデータに対する処理アルゴリズム</li> <li>3Dデータの可視化</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群 (Point cloud) のダウンサンプリング</li> </ul>

### イメージ



- 元の点群(1,433,319点)
- 精細なテクスチャを作成できる
  - マッチング処理には計算時間がかかるため不向き



- ダウンサンプリング後の点群  
(94,408点)
- 粗いテクスチャ作成には十分
  - 短時間でマッチング処理が可能

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

**III. 実証システム**

IV. 実証技術の検証

V. 成果と課題



# Ⅲ. 実証システム > 1. 実証フロー

## 実証フロー

実証実験では建物データと3D都市モデルのマッチング精度を検証の上、本サービスの有用性を有識者にヒアリングする

### マッチングアルゴリズム 検討

- 3D都市モデルと2D建物ポリゴンとのマッチング、3D都市モデルと3D点群データとのマッチング、3D点群データから3D都市モデルのテクスチャを生成しテクスチャ付きの3D都市モデルを生成するためのそれぞれのアルゴリズムを検討する
- 航空写真から建物形状を抽出する技術などの必要な技術の検討、入手を行う

### システム開発

- 3D都市モデルと住宅地図の建物ポリゴンや航空写真から抽出した建物ポリゴンとの2Dマッチング、3D都市モデルと3D点群データとの3Dマッチング、マッチングした3D点群データから3D都市モデルのテクスチャを生成するテクスチャマッピングの各機能を開発、WebAPI化する

### マッチング状況の 精度検証

- 3D都市モデルと、各データ（住宅地図の建物ポリゴン、航空写真より抽出した建物ポリゴン、3次元点群データ）とのマッチング率を検証する

### マッチングサービスの 有用性評価検証

- 想定ユーザーである3D都市モデル整備事業者に対し、有用性に関するヒアリングを行う
  - テクスチャ生成サービス、テクスチャ以外の属性付与サービスでの有用性を確認する
- 将来的な想定ユーザーである建物ID利用事業者（3D都市モデル構築事業者、地図事業者）に対し、将来的な利用・連携の有用性に関するヒアリングを行う
  - 将来的な建物IDマッチング基盤の利用、データ・ライブラリとの連携における有用性を確認する

# Ⅲ. 実証システム > 2. 想定事業機会

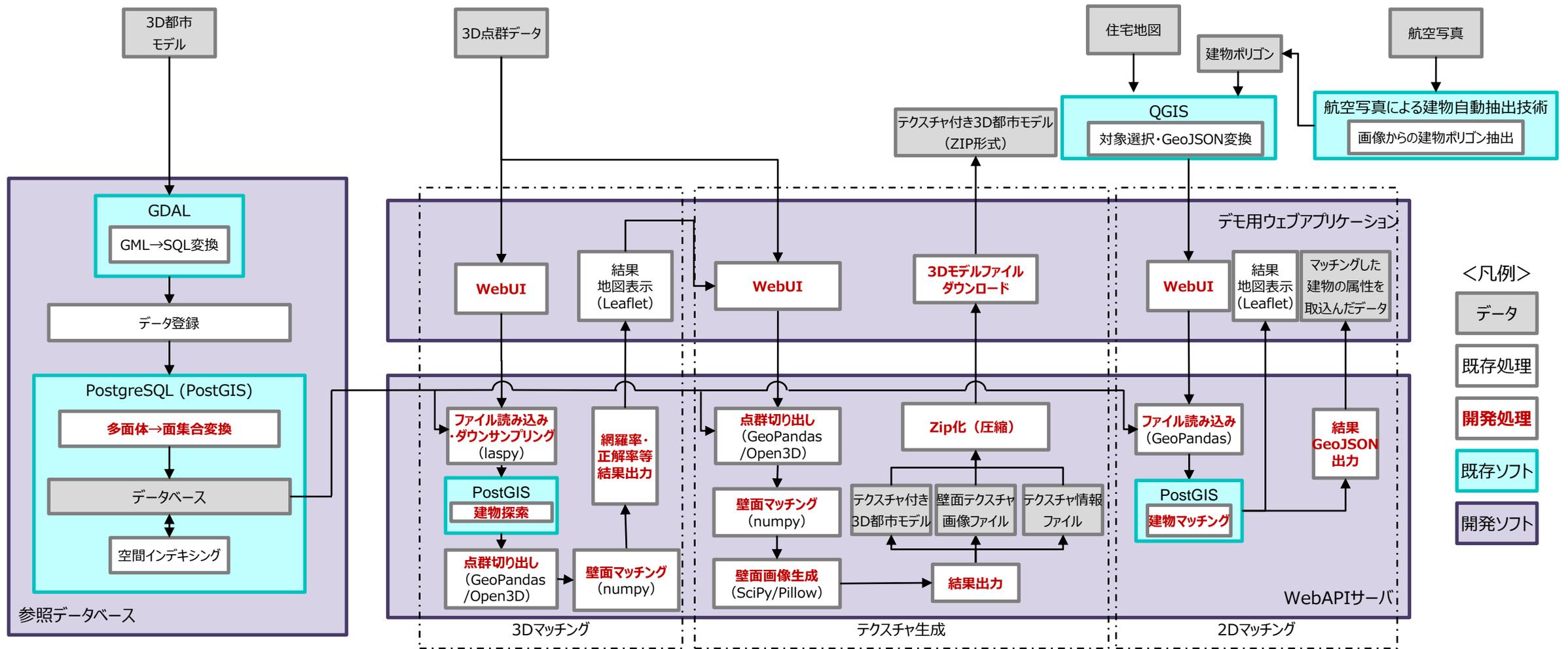
## 想定事業機会

3D都市モデルの構築事業者への3D都市モデルのテクスチャ生成・データ連携サービスや地図事業者の建物情報の取得支援に活用できるサービスの提供が事業機会として見込まれる

項目	内容
利用事業者	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3D都市モデル構築事業者</li><li>• 地図事業者</li></ul>
提供価値	<ul style="list-style-type: none"><li>• 各事業者が公開している建物データを統合して利活用できるよう、同一建物を識別しマッチングする基盤を提供する</li><li>• 3D都市モデルの建物IDをベースとして様々なデータを連携させることが可能になり、3D都市モデルのデータ整備ツールとして活用できる<ul style="list-style-type: none"><li>- 点群データや航空写真・衛星画像から、建物の屋上に貼り付けるべきテクスチャを自動生成し、整備を容易にする</li><li>- 3D都市モデルとマッチングするデータを増加させることで、多様な建物の属性値を持ったデータを利用可能にする</li></ul></li></ul>
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"><li>• 建物のテクスチャ生成・データ連携サービス<ul style="list-style-type: none"><li>- 建物IDマッチング基盤を通じ、各建物のテクスチャ画像・属性付与された各建物データを提供する</li></ul></li><li>• 建物情報取得支援サービス<ul style="list-style-type: none"><li>- 他データベースに建物IDを紐づけることにより、第三者が提供するデータベースからの建物情報の取得を可能とする</li></ul></li></ul>

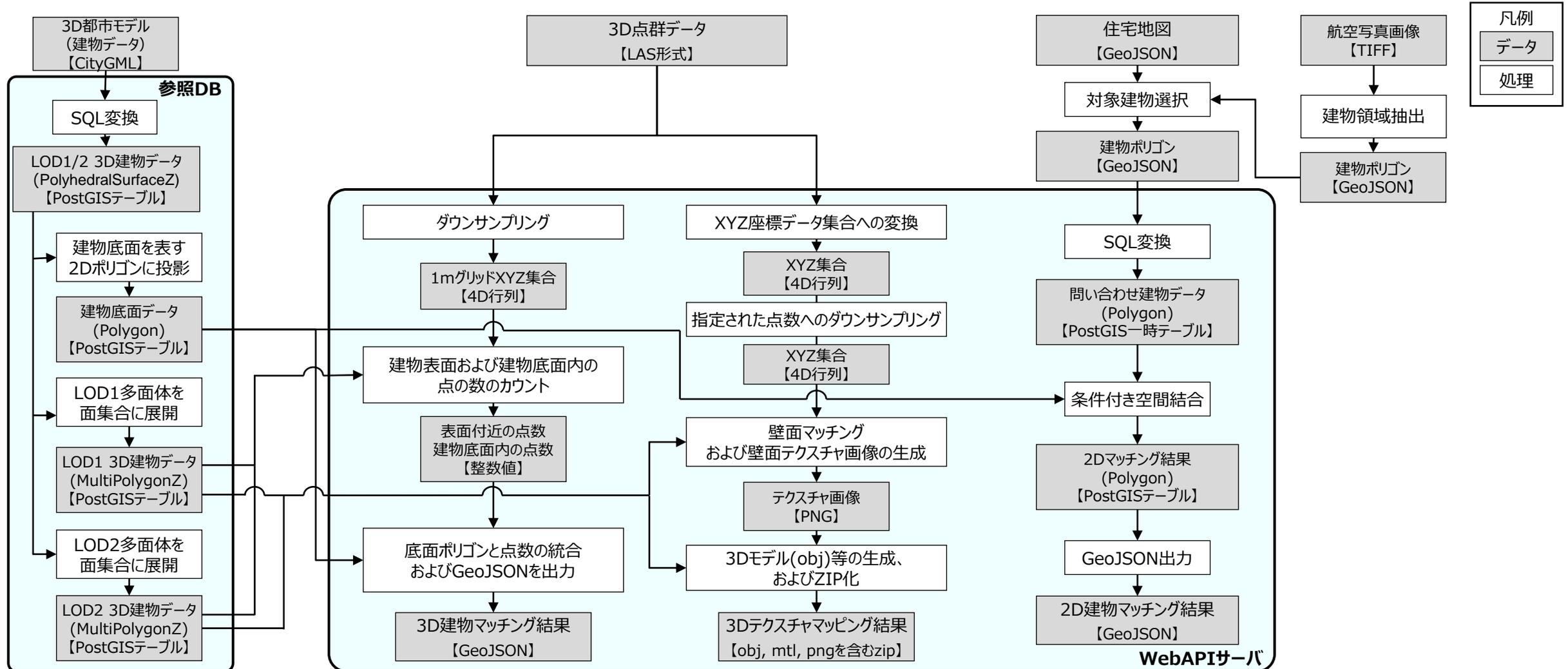
# Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図

## システムアーキテクチャ全体図



# Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図

## データアーキテクチャ全体図



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 システム機能一覧 (1/2)

<凡例> **赤太字**：新規開発機能

分類	機能名	説明
参照データベース	GML→SQL変換	3D都市モデルの建物モデル（CityGML形式）をPostGISに登録可能なSQL/MMに変換する
	データ登録	PostGISに登録する
	<b>多面体→面集合変換</b>	多面体（Polyhedral）建物ジオメトリを面集合（Multi Polygon）に変換する
	空間インデキシング	空間検索を最適化するために空間インデックスを作成する
3Dマッチング	<b>WebUI</b>	マッチング対象の3D点群データファイル（Las形式）、座標系を指定する
	結果地図表示	結果を地図上に表示する
テクスチャ生成	<b>WebUI</b>	地図上からのテクスチャを生成する建物、テクスチャを生成する建物のLOD、処理に使用する点数、テクスチャの貼り付け方法、テクスチャ画像の解像度を指定する
	<b>3Dモデルダウンロード</b>	3Dテクスチャマッピング機能が生成した3Dモデルをサービス利用者にファイルとして送信（ダウンロード）する
2Dマッチング	<b>WebUI</b>	マッチング対象の建物ポリゴンのGeoJSONを指定する
	結果地図表示	マッチング結果を地図上に表示する

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 システム機能一覧 (2/2)

<凡例> **赤太字**：新規開発機能

分類	機能名	説明
3Dマッチング	<b>ファイル読み込み</b>	3D点群データ（LAS形式）を、指定した座標系で読み込みを行う
	<b>建物探索</b>	点群データの範囲に含まれる3D都市モデルの建物モデルをDBから検索する
	<b>点群切り出し</b>	建物から1mの柱状内部、および壁面から±1m以内の点群を切り出す
	<b>ダウンサンプリング・壁面マッチング</b>	切り出した点群を1mグリッドにダウンサンプリングし、壁面内および壁面付近の点数を計算する
	<b>網羅率・正解率等結果出力</b>	網羅率・正解率等のマッチング結果をGeoJSON形式で出力する
テクスチャ生成	<b>点群切り出し</b>	建物から1mの柱状内部、および壁面から±1m以内の点群を切り出す
	<b>壁面マッチング</b>	点を壁面へ割り当てる
	<b>壁面画像生成</b>	点を壁面に投影して画像を生成する
	<b>結果出力</b>	テクスチャ付き3D都市モデルを、ジオメトリ定義ファイル（OBJ形式）、壁面テクスチャ画像ファイル（PNG形式）、テクスチャ情報ファイル（MTL形式）で出力する
	<b>Zip化（圧縮）</b>	出力した3つのファイルを、Zip圧縮する
2Dマッチング	<b>ファイル読み込み</b>	GeoJSONを読み込む
	<b>建物マッチング</b>	SQL変換し、建物ポリゴン集合に一致するデータベース上の建物集合を検索し、属性情報を結合して返す
	<b>結果GeoJSON出力</b>	GeoJSONに出力する

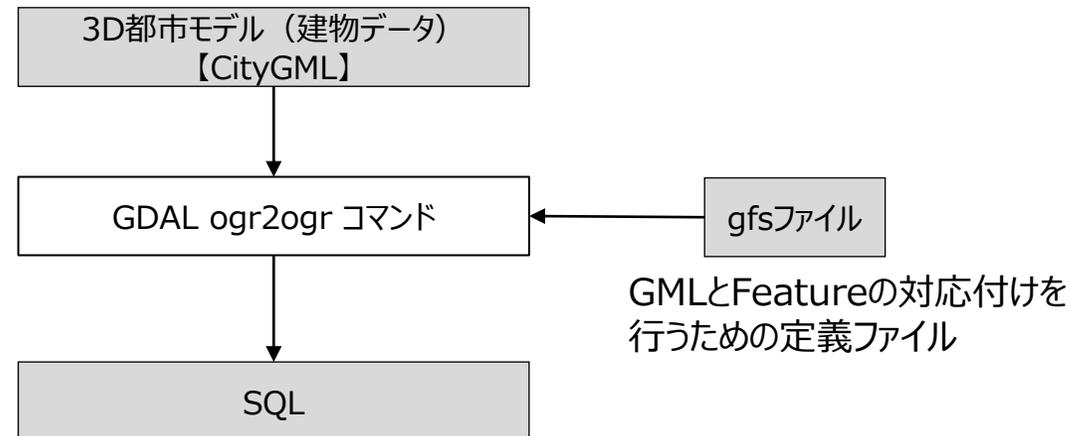
# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## 参照データベース | GML→SQL変換

システム機能

項目	内容
機能概要	3D都市モデル CityGML を PostGIS に登録可能な SQL に変換する機能
入力データ仕様	3D都市モデル CityGML のudx/bldg/ フォルダに含まれる GML ファイル群
出力データ仕様	3D都市モデル CityGML の構造をマップした SQL
利用するライブラリ	GDAL

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 参照データベース | データ登録

## システム機能

項目	内容
機能概要	変換したSQLをデータ変換作業用の PostGIS に登録する機能
入力データ仕様	3D都市モデル CityGML の構造をマップした SQL
出力データ仕様	3D都市モデル CityGML の構造をマップした PostGIS 上のテーブル

### 備考

- ここで作成したテーブルは本システムに必要な情報をすべて含んでいるが、3Dジオメトリの構造がそのままでは2D/3Dマッチング機能で利用できない

## データスキーマ

- 作成されるテーブル public.plateau の構造は以下の通り

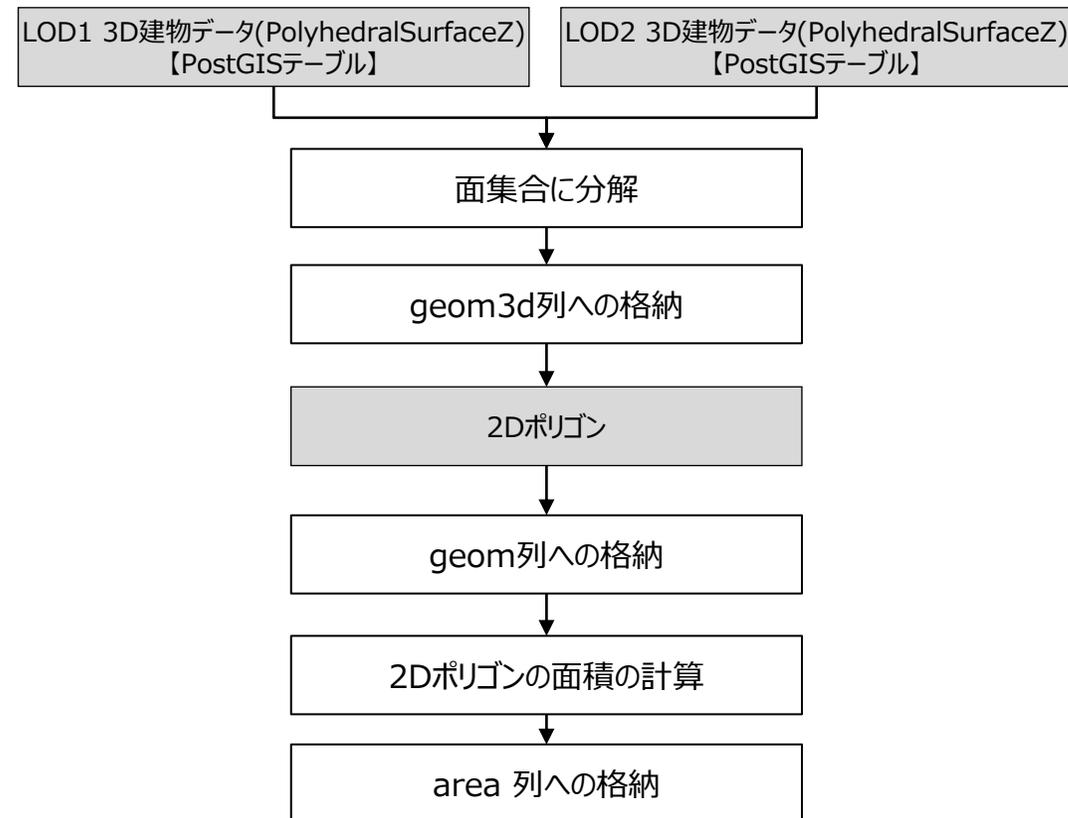
Column	Type	Collation	Nullable	Default
ogc_fid	integer		not null	
gml_id	character varying		not null	
bldid	character varying(32)			
class	integer			
measuredheight	double precision			
measuredheight_uom	character varying(1)			
prefecture	integer			
city	integer			
surveyyear	integer			
key	integer			
codevalue	integer			
lod0	geometry(GeometryZ,6668)			
lod1	geometry(GeometryZ,6668)			
lod2	geometry(GeometryZ,6668)			

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 参照データベース | 多面体→面集合変換

システム機能

項目	内容
機能概要	データ変換作業用の PostGIS に登録したテーブルから、本システムのマッチング機能で効率的に検索できる構造を持ったテーブル群に変換する機能
入力データ仕様	CityGML から変換したテーブル (3Dデータは PolyhedralSurfaceZ 形式, CRSは6668で格納)
出力データ仕様	マッチング機能で利用しやすい形式に変換したテーブル群 (3DデータはMultiPolygonZ 形式, CRSは4326で格納)
利用するライブラリ	PostgreSQL (PostGIS)

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 参照データベース | 多面体→面集合変換

データスキーマ (LOD1)

- LOD1用テーブル plateau\_buildings\_lod1 のデータスキーマは以下の通り

Column	Type	Collation	Nullable	Default
fid	bigint			
bldid	text			
olc	text			
geom3d	geometry(MultiPolygonZ,4326)			
geom	geometry			
area	double precision			

データスキーマ (LOD2)

- LOD2用テーブル plateau\_buildings\_lod2 のデータスキーマは以下の通り (lod1 と同じ)

Column	Type	Collation	Nullable	Default
fid	bigint			
bldid	text			
olc	text			
geom3d	geometry(MultiPolygonZ,4326)			
geom	geometry			
area	double precision			

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 参照データベース | 空間インデキシング

## システム機能

項目	内容
機能概要	本システムのマッチング機能で利用する LOD1, LOD2 用テーブルに空間インデックスを作成する機能
入力データ仕様	LOD1用テーブルおよびLOD2用テーブル
出力データ仕様	個々の建物の底面を表す2Dポリゴンに対して GiST インデックスを作成する
利用するライブラリ	PostgreSQL (PostGIS)
利用するアルゴリズム	CREATE INDEX

※入力されたマッチング対象データ（2D, 3D）と一致する可能性がある建物を底面の交差判定で粗く高速に見つけるために利用する

## 使用した関数

- PostGIS のGiSTインデックスを利用
  - GiSTは Generalized Search Tree（汎用検索ツリー）の略で、さまざまな型に対して異なるインデックス戦略を実装できるバランス木である
    - <https://dsf.berkeley.edu/papers/vldb95-gist.pdf>
  - PostGISでは幾何属性の外接長方形（boundary box）をキーとするR木空間インデックス（次頁）の実装に利用されている
    - <http://postgis.net/workshops/postgis-intro/indexing.html>

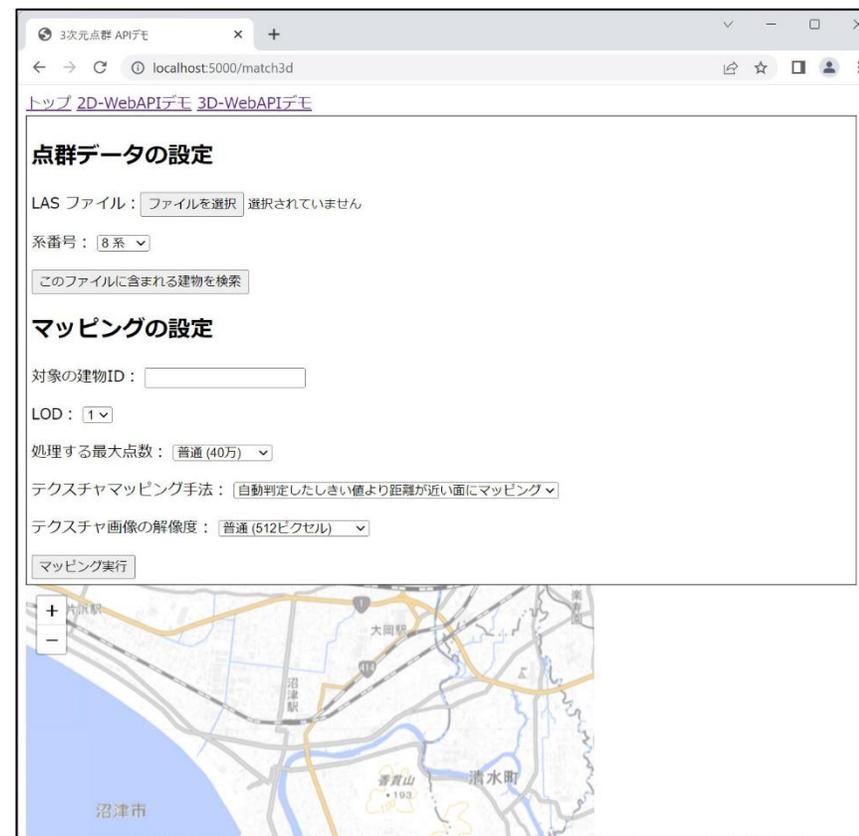
データ型の例	GiSTインデックスにより検索できる対象
box, circle, point, polygon	交差・包含関係にある図形
inet, cidr	ネットワークアドレスの上位・下位のアドレス
tsquery	一連の単語の並びを含むテキスト
tsvector	単語の集合を含むテキスト

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 3Dマッチング | WebUI

## システム機能

項目	内容
機能概要	3Dマッチング WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションにUIを提供する機能
入力データ仕様	マッチングするためにアップロードするLASファイル名とその系番号
出力データ仕様	結果を地図表示
利用するライブラリ	Leaflet

## 画面表示



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 3Dマッチング | 結果地図表示

## システム機能

項目	内容
機能概要	3Dマッチング WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションで、3Dマッチングの結果を確認するための地図を表示する機能
入力データ仕様	3DマッチングWebAPIが返すGeoJSONデータ
出力データ仕様	以下の情報をポップアップする 建物ID、建物面積、テクスチャ面積（GeoJSONに含まれる値）、網羅率、エラー率（GeoJSONに含まれる値から算出、式は右の通り） 建物の色は網羅率を視覚化
利用するライブラリ	Leaflet

## 画面表示

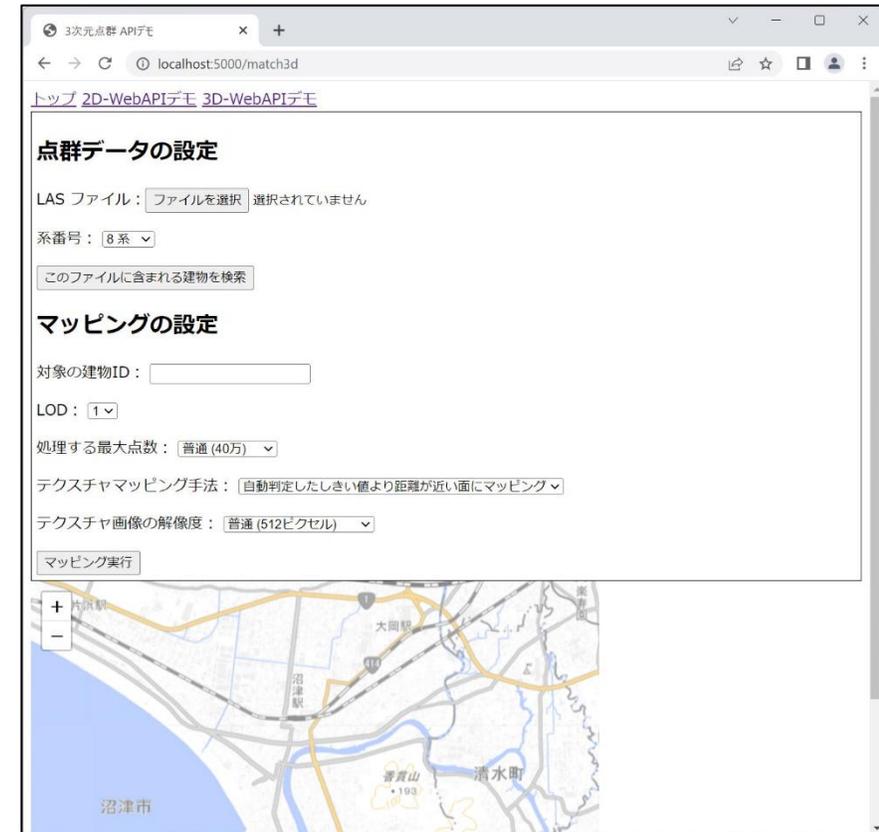


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | WebUI

## システム機能

項目	内容
機能概要	テクスチャ生成 WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションにUIを提供する機能
入力データ仕様	テクスチャ情報を含むLASファイル名とその系番号、マッピングしたい建物のID、マッピングする3DモデルのLOD、最大処理点数、テクスチャマッピング手法、テクスチャ画像（1壁面ごと）の長辺の画素数
出力データ仕様	ファイルとしてダウンロードするため、このUIには出力されない

## 画面表示

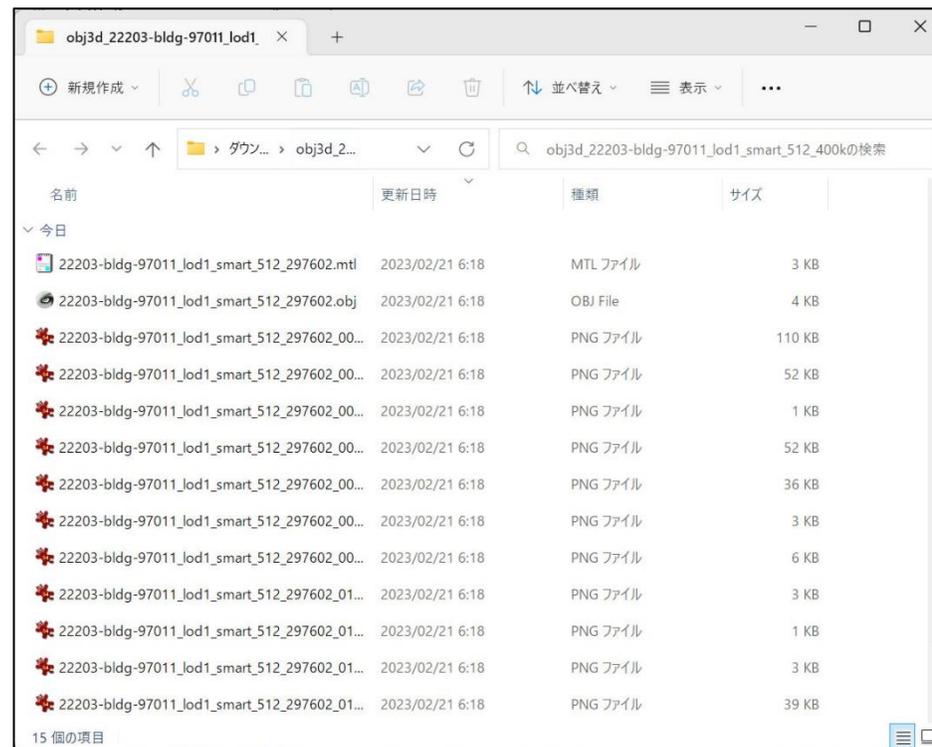


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | 3Dモデルダウンロード

## システム機能

項目	内容
機能概要	テクスチャ生成 WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションの実行結果をファイルとして返す（ダウンロードさせる）機能
入力データ仕様	テクスチャ生成 WebAPI の実行結果
出力データ仕様	以下のファイルを含むzipファイル obj: 座標および隣接関係を含む3Dモデルファイル mlt: モデルの面とテクスチャ画像を関連づけるマテリアルファイル png: 壁面ごとのテクスチャ画像ファイル

## 結果例

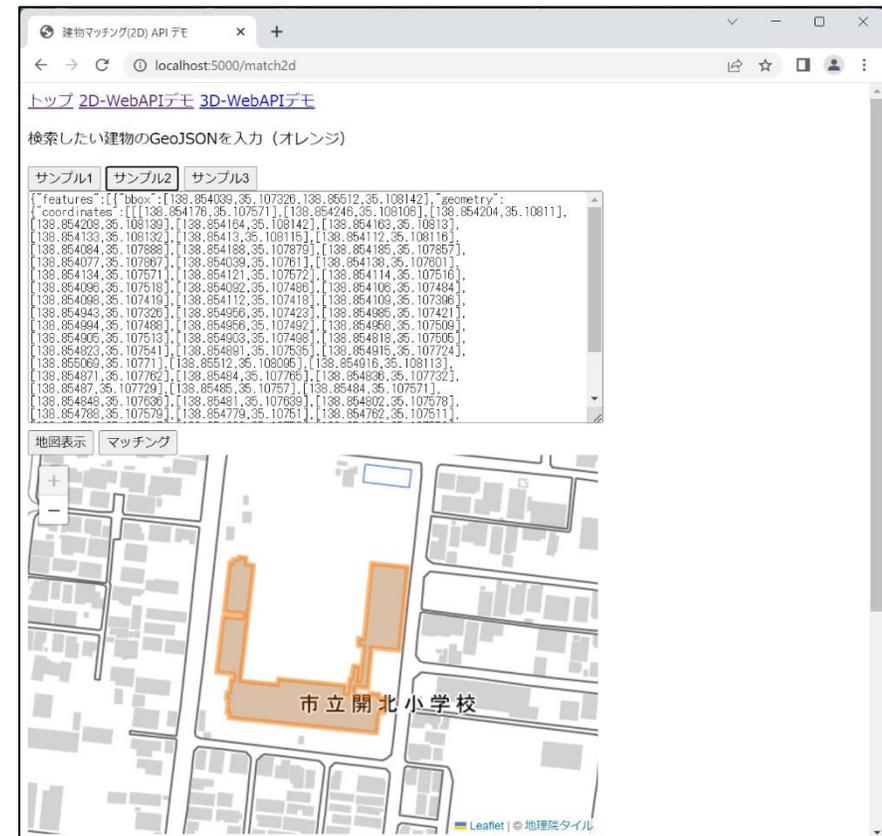


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 2Dマッチング | WebUI

## システム機能

項目	内容
機能概要	2Dマッチング WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションにUIを提供する機能
入力データ仕様	マッチングしたい建物群のデータを表現するGeoJSON
出力データ仕様	WebAPI が返す GeoJSON を地図およびテキストボックスに表示

## 画面表示



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 3Dマッチング | 結果地図表示

## システム機能

項目	内容
機能概要	2Dマッチング WebAPI 機能を確認するためのデモアプリケーションで、2Dマッチングの結果を確認するための地図を表示する機能
入力データ仕様	2DマッチングWebAPIが返すGeoJSONデータ
出力データ仕様	入力と出力のジオメトリの一致度を視覚的に判定するために地図に描画し、詳細を確認するためにGeoJSONテキストも出力する 入力データ（オレンジ）, 出力データ（緑）を地図上に描画 出力データ GeoJSON をそのままテキストエリアに表示
利用するライブラリ	Leaflet

## 画面表示



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## 3Dマッチング | ファイル読み込み・ダウンサンプリング

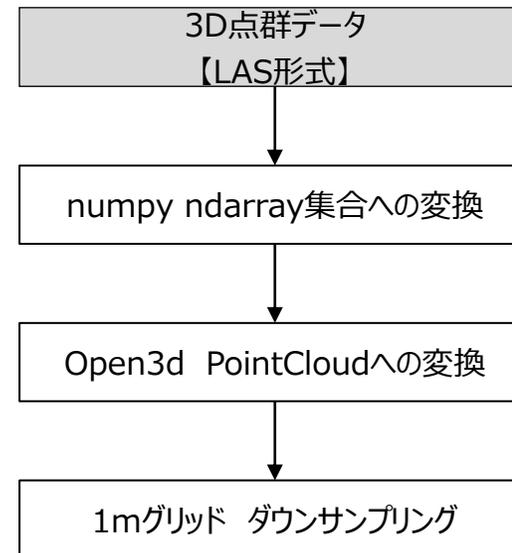
システム機能

項目	内容
機能概要	LAS形式のデータファイルを読み込み、各点を1mグリッドにダウンサンプリングして内部点群データに変換する機能
入力データ仕様	LASデータ
出力データ仕様	第1軸を各点の3次元座標, 第2軸を点の番号とする2軸のテンソル ((x, y, z), w)
利用するライブラリ	laspy, open3d

### 備考

- 1mグリッドにダウンサンプリングすることには以下の意味がある
  - 処理する点の数を減らして高速化する
  - 壁面からの距離が1m以下の点の数と、点群がその壁面を網羅する面積とがおおよそ一致する

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## 3Dマッチング | 建物探索

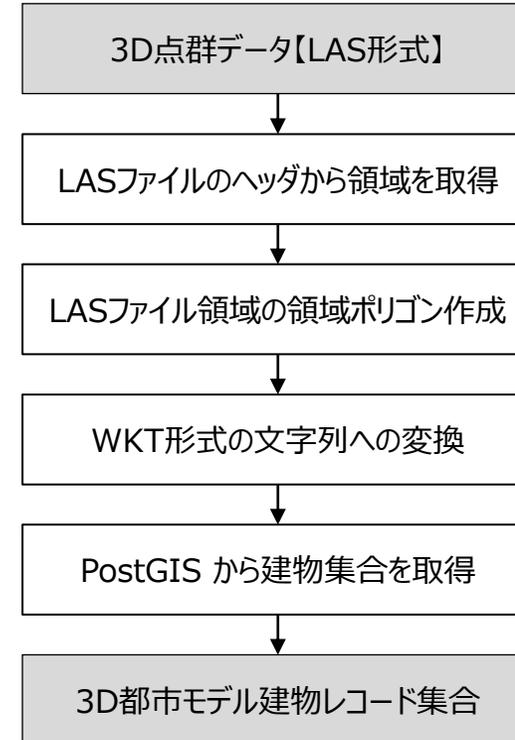
システム機能

項目	内容
機能概要	LAS形式のデータファイルのヘッダ部分を読み込み、点群が含まれている領域を取得し、その領域内の 3D都市モデル 建物レコードを参照データベースから取得する機能
入力データ仕様	LASデータ、系番号
出力データ仕様	3D都市モデル 建物レコード集合
利用するライブラリ	laspy

### 備考

- 点群が含まれている領域に含まれる建物は、参照データベースの空間インデックスを利用することで高速に検索できる
- 取得した建物は点群が表現する建物の候補として利用する

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 3Dマッチング | 点群切り出し

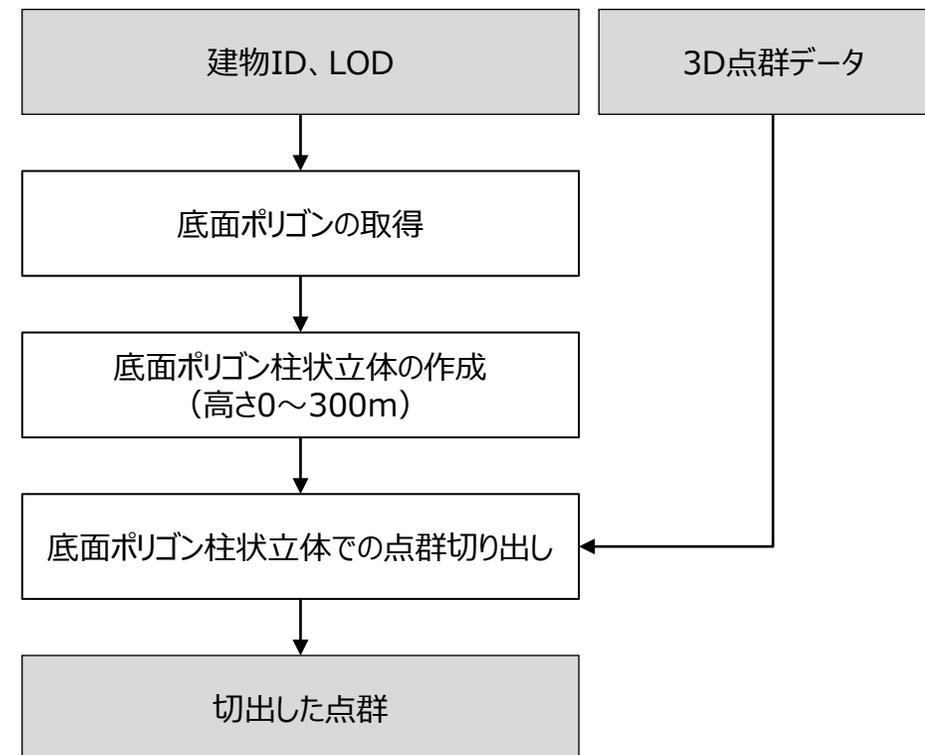
システム機能

項目	内容
機能概要	各3D都市モデル建物に対し, その底面から鉛直に伸ばした柱状立体内に含まれる点群データ (1mグリッド) を切り出す機能
入力データ仕様	点群データ、建物ID、LOD、CRS
出力データ仕様	切り出した点群
利用するライブラリ	GeoPandas、Open3D

## 備考

- 点群を切り出すことには以下の意味がある
  - 処理する点の数を減らして高速化する
  - 建物付近に存在する物体 (標識や植え込みなど) の表面の点群が壁面に映り込むことを防ぐ

処理フロー

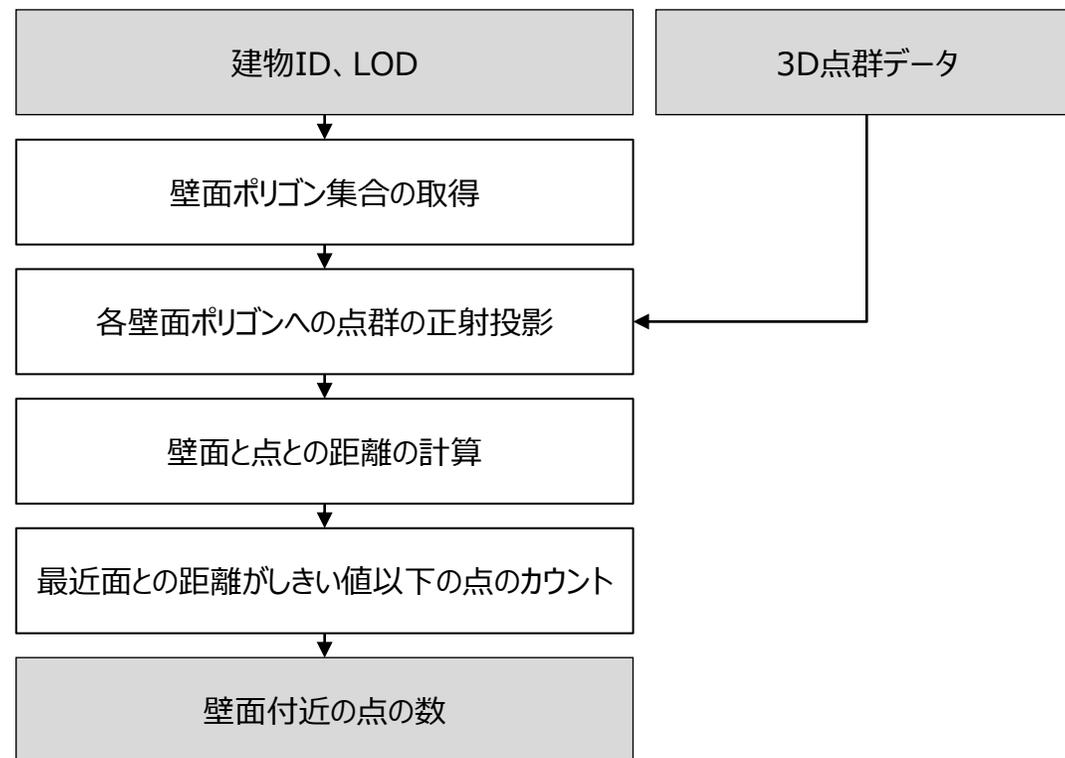


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 3Dマッチング | 壁面マッチング

システム機能

項目	内容
機能概要	各3D都市モデル建物に対し, その各壁面から1m以内にある点 (1mグリッド) を数える機能
入力データ仕様	点群データ、建物ID、LOD、CRS
出力データ仕様	壁面付近の点の数
利用するライブラリ	numpy

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## 3Dマッチング | 網羅率・正解率等結果出力

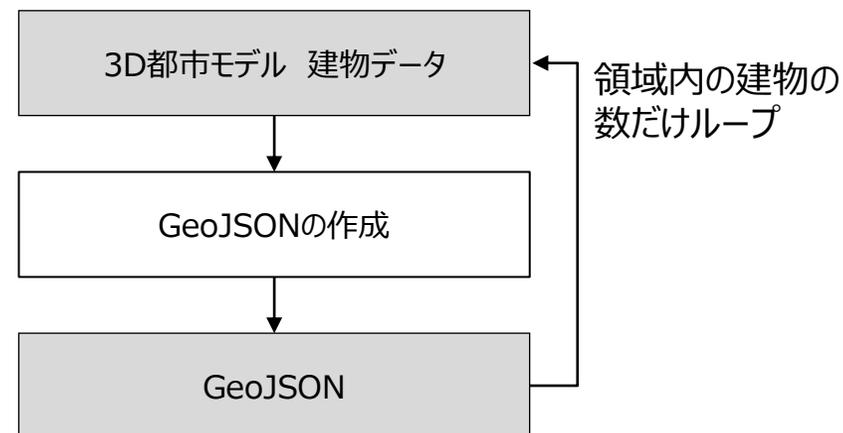
システム機能

項目	内容
機能概要	LASデータ範囲内の3D都市モデル建物データごとに網羅率・正解率等の結果を出力する機能
入力データ仕様	LAS、3D都市モデル建物
出力データ仕様	GeoJSON（底面ポリゴンからジオメトリ、壁面ポリゴン集合から表面積の総和、領域内の点の数、壁面付近の点の数、網羅率、正解率）

### 備考

- 点群は1mグリッドなので、網羅率・正解率は以下のように近似計算する
  - 網羅率 = 壁面付近の点の数 / 表面積
  - 正解率 = 壁面付近の点の数 / 領域内の点の数

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | 点群切り出し

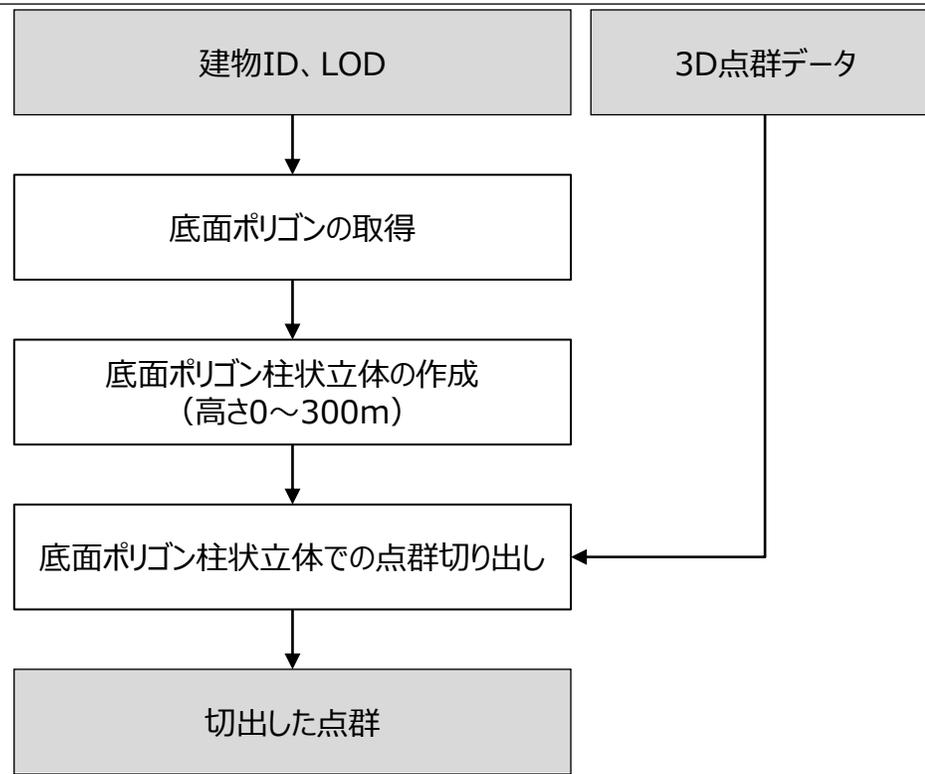
システム機能

項目	内容
機能概要	指定した3D都市モデル建物に対し、その底面から鉛直に伸ばした柱状立体内に含まれる点群データを切り出す機能
入力データ仕様	点群データ、建物ID、LOD, CRS
出力データ仕様	切り出した点群
利用するライブラリ	GeoPandas、Open3D

## 備考

- 点群を切り出すことには以下の意味がある
  - 処理する点の数を減らして高速化する
  - 建物付近に存在する物体（標識や植え込みなど）の表面の点群が壁面に映り込むことを防ぐ

処理フロー



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | 壁面マッチング

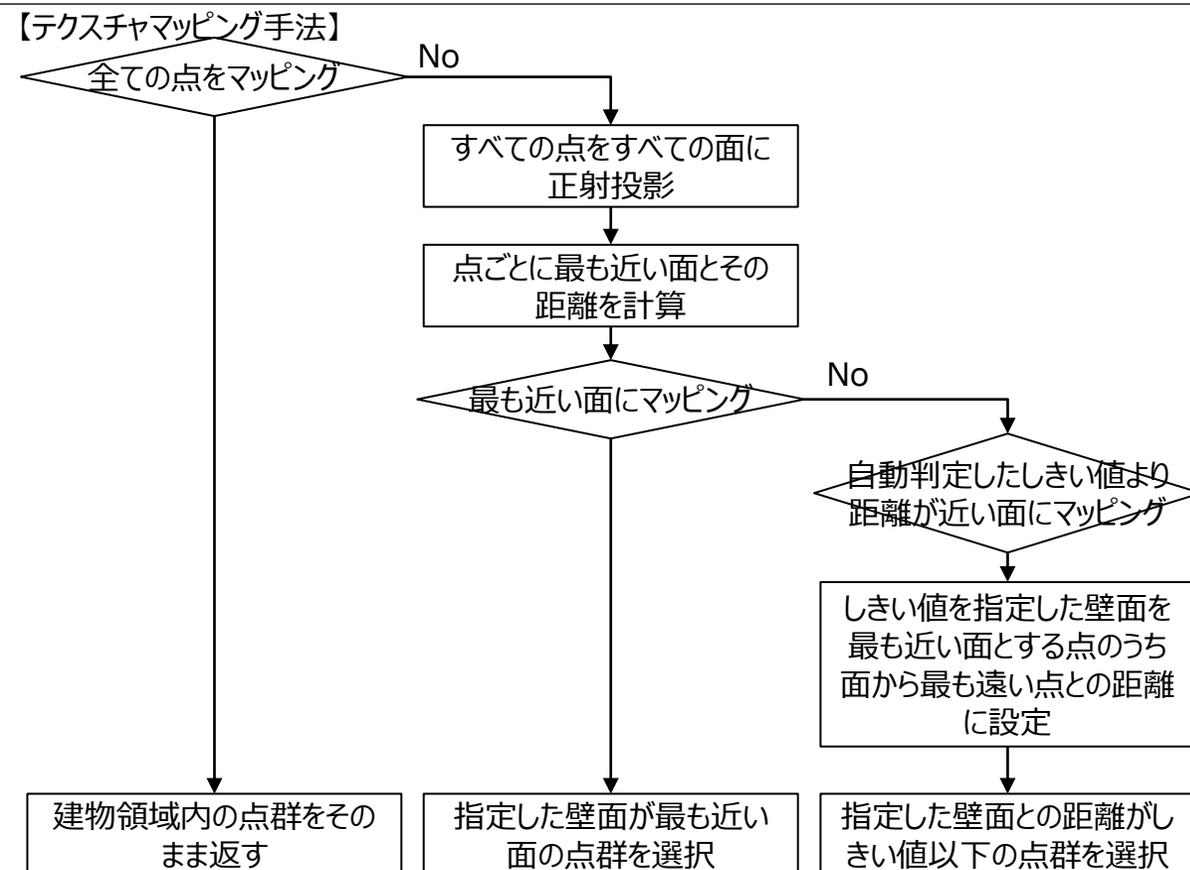
システム機能

項目	内容
機能概要	指定した3D都市モデル建物の壁面に対し、その面に射影する点群を選択する機能
入力データ仕様	点群データ, 建物ID、LOD、CRS、壁面番号、テクスチャマッピング手法
出力データ仕様	射影する点の要素番号をTrue、射影しない点をFalse に指定したマスク
利用するライブラリ	numpy

## 備考

- 点群のリストではなくマスクを返すのは以下の理由がある
  - 大きな配列を複製しないことで処理速度とメモリ利用量を効率化する
  - 点ごとの色情報（RGB）も同じ要素番号で参照できる

フローチャート

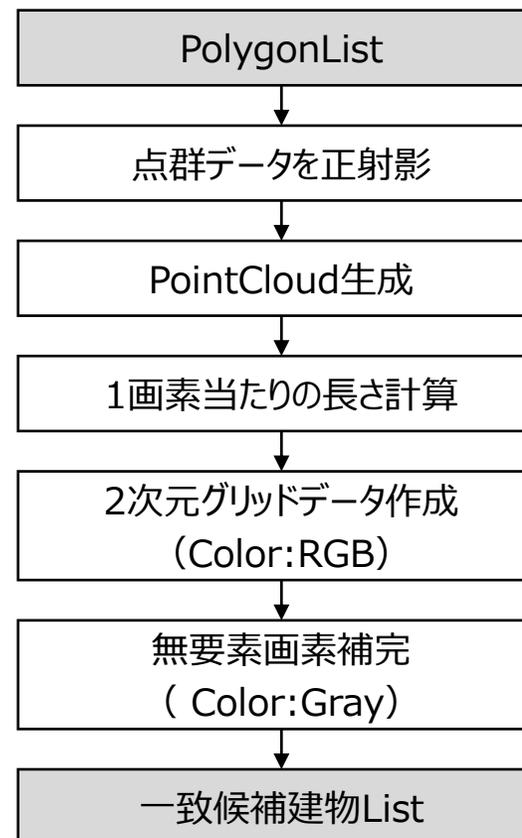


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | 壁面画像生成

システム機能

項目	内容
機能概要	指定した3D都市モデル建物の壁面に対し、その面のテクスチャ画像を作成する機能
入力データ仕様	点群データ、カラーデータ、建物ID、LOD、CRS、壁面番号、点群マスク、画像サイズ
出力データ仕様	PNG形式のテクスチャ画像
利用するアルゴリズム	scipy.interpolate.griddata 関数

フローチャート

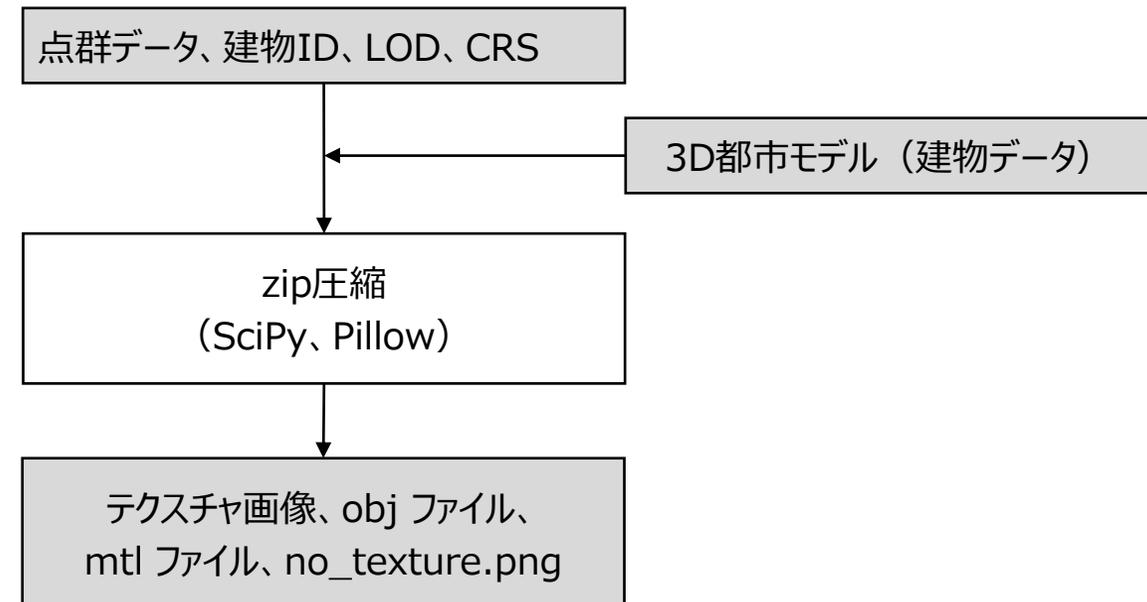


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | 結果出力

システム機能

項目	内容
機能概要	指定した3D都市モデル建物の3Dモデルをファイルに出力する機能
入力データ仕様	点群データ、建物ID、LOD、CRS
出力データ仕様	OBJ形式のモデルファイル、MTL形式のマテリアルファイル、テクスチャが存在しなかった壁面に割り当てる no_texture.png ファイル
利用するライブラリ	SciPy、Pillow

フローチャート

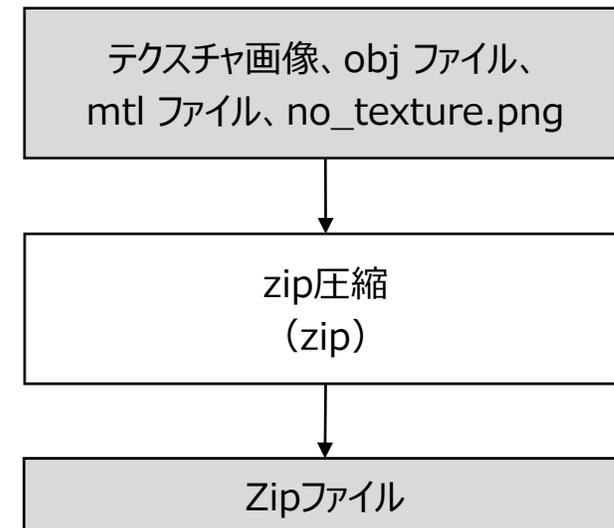


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 テクスチャ生成 | Zip化 (圧縮)

システム機能

項目	内容
機能概要	指定した3D都市モデル建物の3Dモデルやテクスチャ画像を Zip アーカイブ化する機能
入力データ仕様	テクスチャ画像 (複数) 、obj ファイル、mtl ファイル、no_texture.png
出力データ仕様	Zip ファイル Zip ファイル名は “obj3d_<建物ID>_lod<LOD>_<テクスチャマッピング手法>_<画像サイズ>_<最大処理点数>.zip” とする (ただしテクスチャマッピング手法はすべての点:all, 最も近い面:nearest,自動判定:smartという内部コードを利用)
利用するライブラリ	zip

フローチャート

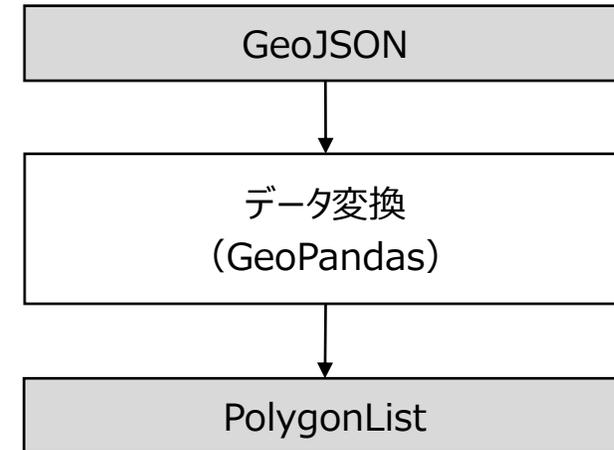


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 2Dマッチング | データ読み込み

システム機能

項目	内容
機能概要	POSTされたGeoJSONデータを読み込み、建物データと突合できる形式に変換する機能
入力データ仕様	以下のいずれかの GeoJSON ・Polygon ・Polygon または MultiPolygon を geometry メンバとする Feature ・Polygon または MultiPolygon を geometry メンバとする FeatureCollection
出力データ仕様	geometry メンバが Polygon である Feature Object の list
利用するライブラリ	GeoPandas

フローチャート

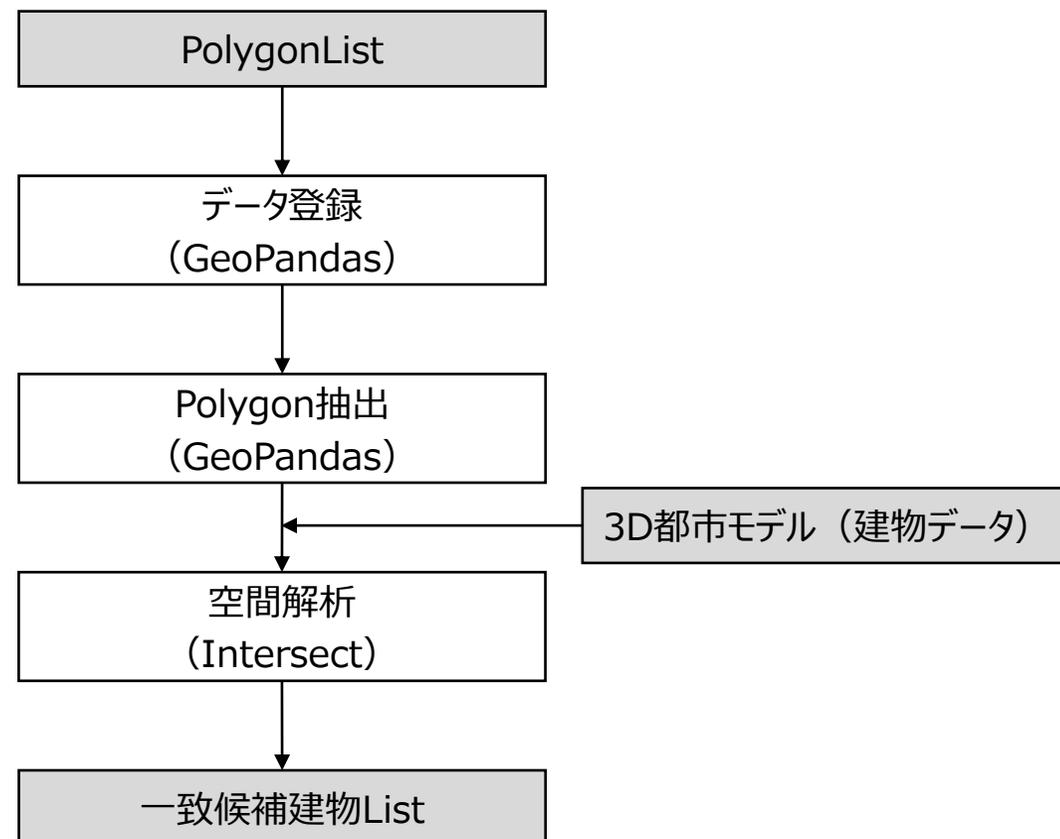


# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 2Dマッチング | 建物マッチング

システム機能

項目	内容
機能概要	入力されたPolygon集合と一致する可能性が高い参照データベース上の3D都市モデル建物集合を一括検索する機能
入力データ仕様	geometry メンバが Polygon である Feature Object の list
出力データ仕様	入力Polygonと3D都市モデル建物を空間結合したテーブルから、一致する可能性が高いと判定されたレコードを選択した集合
利用するライブラリ	GeoPandas、PostGIS、
利用するアルゴリズム	Intersect

フローチャート



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 2Dマッチング | 建物マッチング

データスキーマ

- GeoPandasで登録した t0 のスキーマ例
- geometry のタイプは入力データ依存
- devDateからvisまでは入力データの properties 属性で入力データ依存

Column	Type	Collation	Nullable	Default
geometry	geometry(Polygon,4326)			
devDate	text			
fid	text			
gml_id	text			
lfSpanFr	text			
lfSpanTo	text			
name	text			
orgGILvl	text			
orgMDId	text			
type	text			
vis	text			

データスキーマ

- 空間結合した t2 のスキーマ例
- \_\_geomには入力データを展開したポリゴン, \_\_areaには入力データを展開したポリゴンの面積が格納される

Column	Type	Collation	Nullable	Default
devDate	text			
... (以下入力ポリゴンの properties 属性が格納される)				
vis	text			
__geom	geometry			
__area	double precision			
plateau_bldid	text			
plateau_area	double precision			
plateau_geom	geometry			
intersection_area	double precision			
source_area	double precision			
area_ratio	double precision			
dist	double precision			

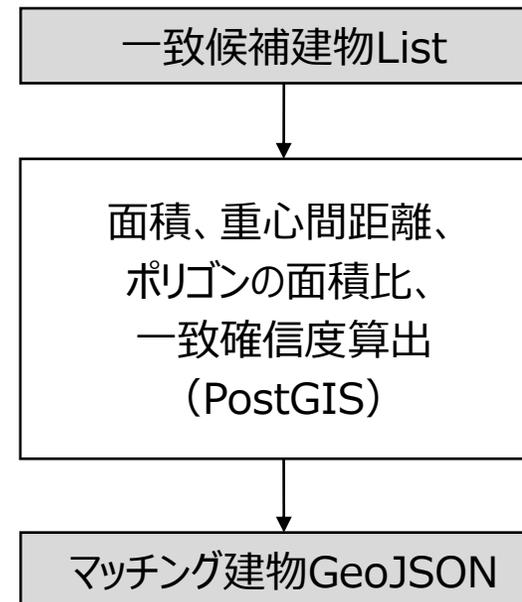
# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## 2Dマッチング | 結果GeoJSON出力

システム機能

項目	内容
機能概要	入力されたPolygon集合と一致する可能性が高い参照データベース上の3D都市モデル建物集合に、入力Polygonの属性値を紐づけたGeoJSONを返す機能
入力データ仕様	入力Polygonと3D都市モデル建物を空間結合したテーブルから、一致する可能性が高いと判定されたレコードを選択した集合
出力データ仕様	3D都市モデル 建物データの底面ポリゴンをgeometryに持ち、以下の属性を properties にもつ FeatureCollection タイプの GeoJSON <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力ポリゴンの全属性</li> <li>・建物底面ポリゴンの面積, 入力ポリゴンの面積、交差部分の面積、重心間距離、ポリゴンの面積比、一致確信度</li> </ul>
利用するライブラリ	PostGIS

フローチャート



# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## アルゴリズム一覧

本実証で開発したアルゴリズムは、下表のとおり

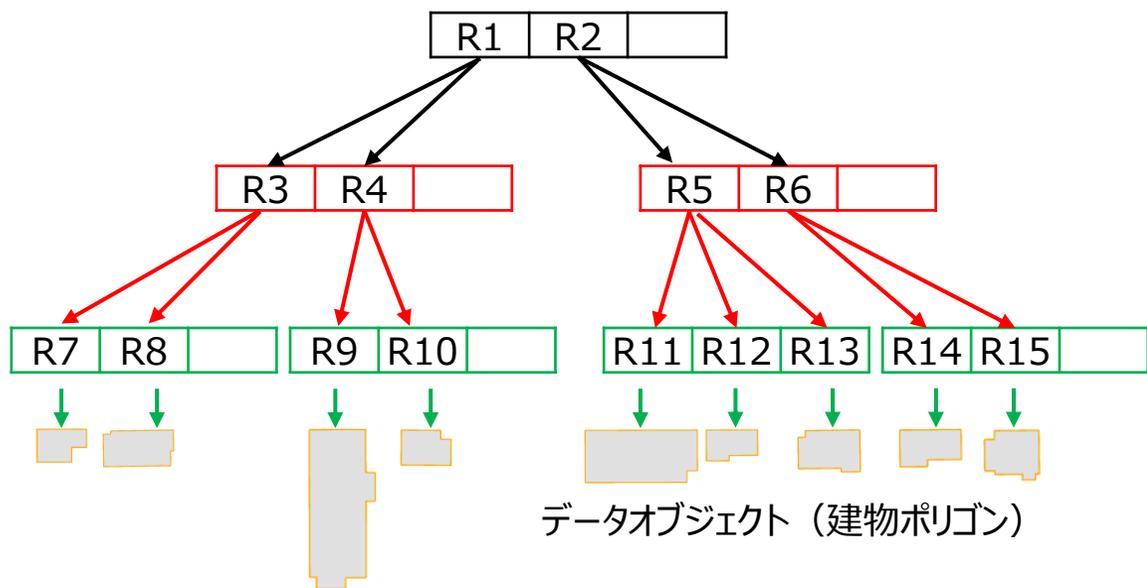
アルゴリズム名	説明
3D都市モデルの空間インデキシング	地理空間データが格納されたデータベースにおいて空間検索を高速化する
建物抽出アルゴリズム	東京大学関本研究室で開発された航空写真から建物のフットプリントを抽出する
2Dマッチング（住宅地図/航空写真）アルゴリズム	3D都市モデルの建物モデルの図形と住宅地図の建物図形や航空写真より抽出した建物の図形を照合し、両者が空間的に交差する建物を一致する可能性が高い建物として抽出し、交差部分の面積比に応じて一致信頼度を判定する
3Dマッチングアルゴリズム	3D都市モデルと点群データをマッチングし、さらに点群データから画像を作成し、3D都市モデルの建物壁面に画像を貼り付ける
テクスチャマッピングアルゴリズム	点群マッチングで壁面単位で割り当てられた点群データを画像として壁面に割り当て、補間処理を行い壁面画像を作成した後、3D都市モデルの建築物LOD1/2にテクスチャとして貼り付ける

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 3D都市モデルの空間インデキシング

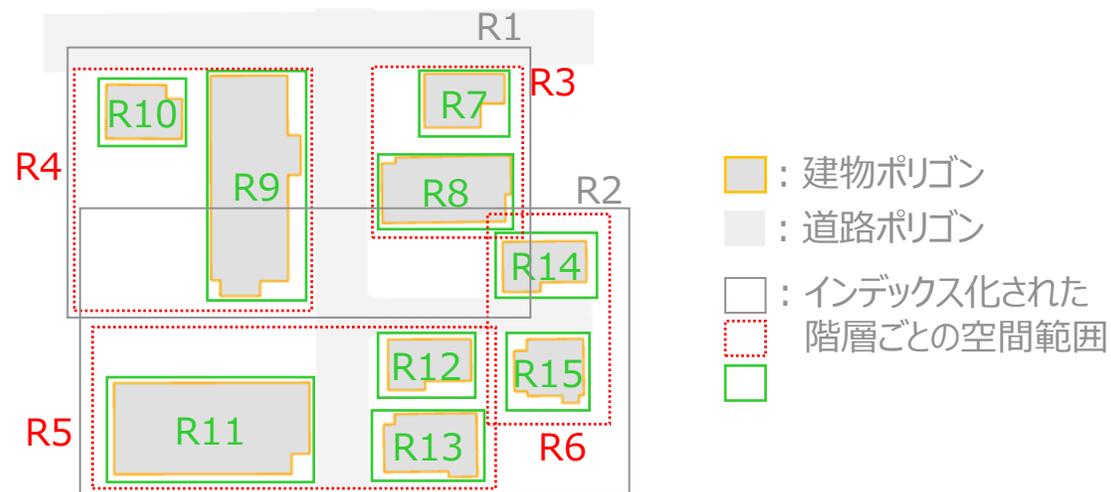
3D都市モデルのフットプリントを空間インデキシングすることでマッチングを高速化

空間インデキシングのツリーイメージ



- 空間インデックス (R-tree) はデータを検索ツリーに整理し特定のレコードを素早く検索できるようにすることで検索を高速化する手法
  - 空間インデックス化しない場合、検索する際に、データベース内のすべてのレコードを順次スキャンが必要

空間インデキシングの2次元空間展開イメージ



- 空間インデキシングを2次元空間に適用すると、階層ごとに空間範囲が絞られていく形で表現される
- 本実証ではこの仕組みを用いて、PostGISに3D都市モデルを格納しマッチングを高速化している

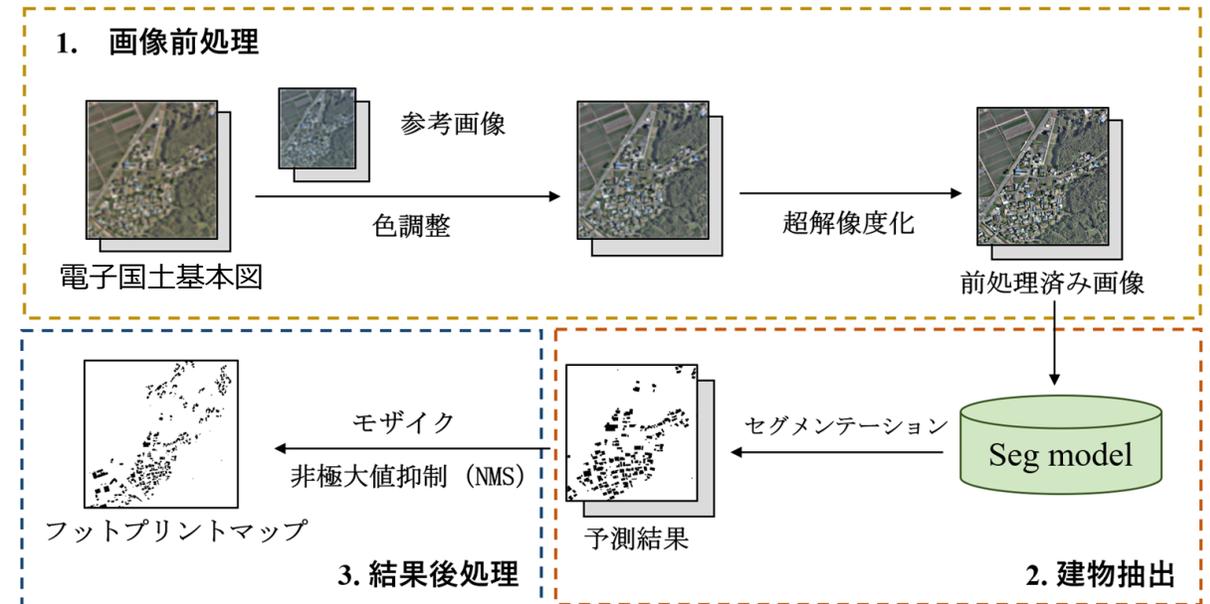
# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 建物抽出アルゴリズム（航空写真による建物自動検出技術）

東京大学関本研究室で開発された航空写真から建物のフットプリントを抽出する技術

## 概要

項目	詳細
名称	航空写真による建物自動抽出技術
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空写真から深層学習により建物を抽出する技術</li> <li>東京大学関本研究室にて開発</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空写真から建物のフットプリントの識別</li> <li>分析前の色調補正・高解像度化（超解像処理）</li> </ul>
本ユースケースで利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッチング処理の前工程として航空写真から建物のフットプリントを取得</li> </ul>
入力データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土地理院 地理院タイル（電子国土基本図オルソ画像：2012年撮影 解像度0.6m）</li> </ul>
アプットデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物領域が抽出されたポリゴン（GeoJSON形式）</li> <li>IDおよび抽出元の画像のファイル名を含む。</li> </ul>

## 建物自動検出（セグメンテーション）のフロー\*



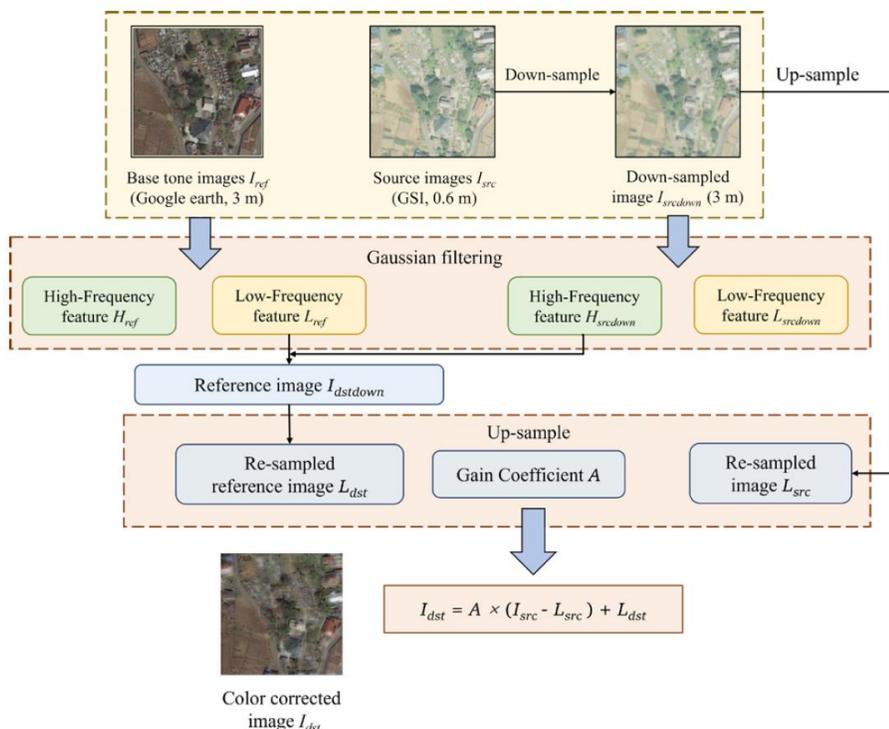
\*出典 : Chen, Ogawa, Sekimoto(2022):Developing of approach for building extraction from open-sourced satellite image based on instance segmentation approach with watershed algorithm,第31回地理情報システム学会講演論文集

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 建物抽出アルゴリズムの詳細 (1/2)

東京大学関本研究室で開発された航空写真から建物のフットプリントを抽出する技術

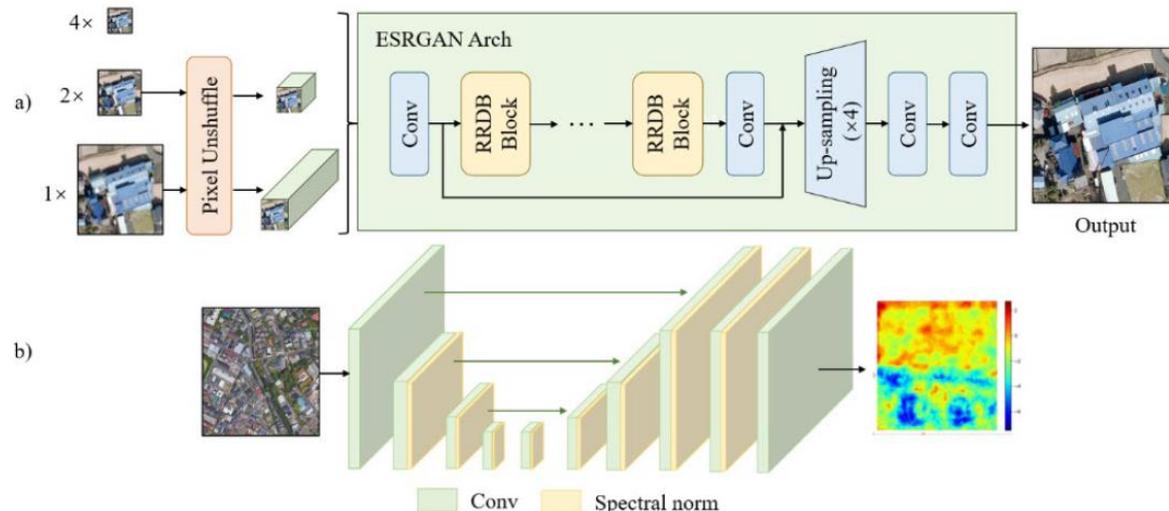
## 画像前処理 色調整アルゴリズム (参照画像に基づく色正規化) \*

ソース画像と参照画像の高周波数情報と低周波数情報をガウスフィルタリングで分離する。その後、ソース画像の高周波数情報とリファレンス画像の低周波数情報を合成して、色補正画像を生成する。



## 画像前処理 超解像化アルゴリズム\*

Real-ESRGAN networkによる超解像化を実施する。生成ネットワーク (ESRGAN) とu-net判別器からなり、U-Net判別器は、生成画像の真偽をピクセル単位で判定することができ、生成画像の細部に着目しながら全体の真偽を確保する。



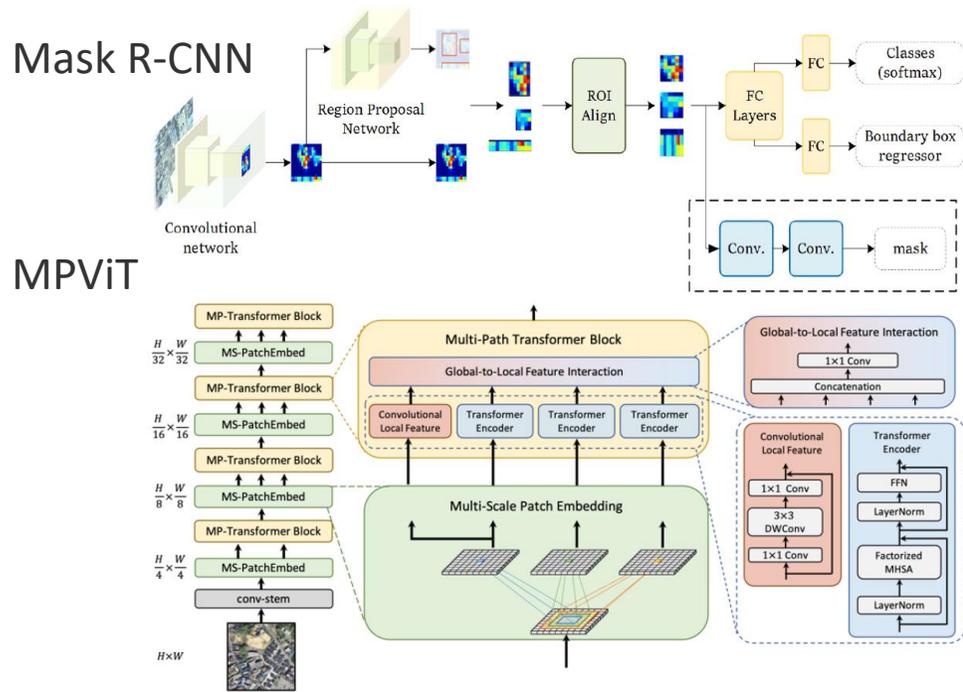
\*出典 : Chen, Ogawa, Sekimoto(2022):Developing of approach for building extraction from open-sourced satellite image based on instance segmentation approach with watershed algorithm,第31回地理情報システム学会講演論文集

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 建物抽出アルゴリズムの詳細 (2/2)

東京大学関本研究室で開発された航空写真から建物のフットプリントを抽出する技術

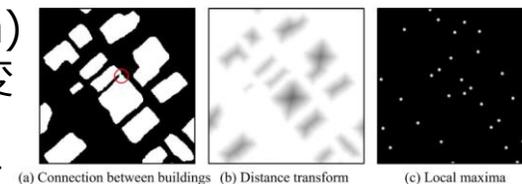
## 建物抽出アルゴリズム\*

Mask R-CNNとMulti-Path Vision Transformer (MPViT) の組合せ:Mask R-CNNの畳み込みネットワークに、異なるスケールでの特徴量抽出が可能なMPViTを採用することで、建物抽出のような異なるサイズのオブジェクトを区別する性能を強化。

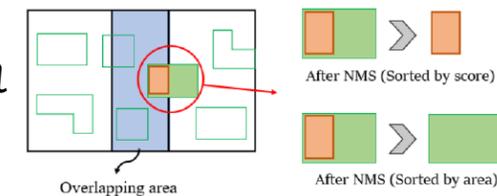


## 結果後処理 ウォーターシェッドアルゴリズムとシーンモザイクング\*

ウォーターシェッドアルゴリズムは、隣接する建物のつながりをなくすために行う。(a)の赤丸部分の接合部に対して、距離変換 (distance transform) により (b)、距離の局所最大値 (c) を求め、これを使って、接続された建物を分離する。



建物抽出の際には、画像の接合部での抽出具合の影響を避けるため、画像それぞれは20%のオーバーラップをもって抽出を行っている。重複部分を除外するため、重複している部分を面積に応じてソートし、それらの間のIoU (Intersection-Over-Union) を計算し、面積が小さい重複部分を除外する。

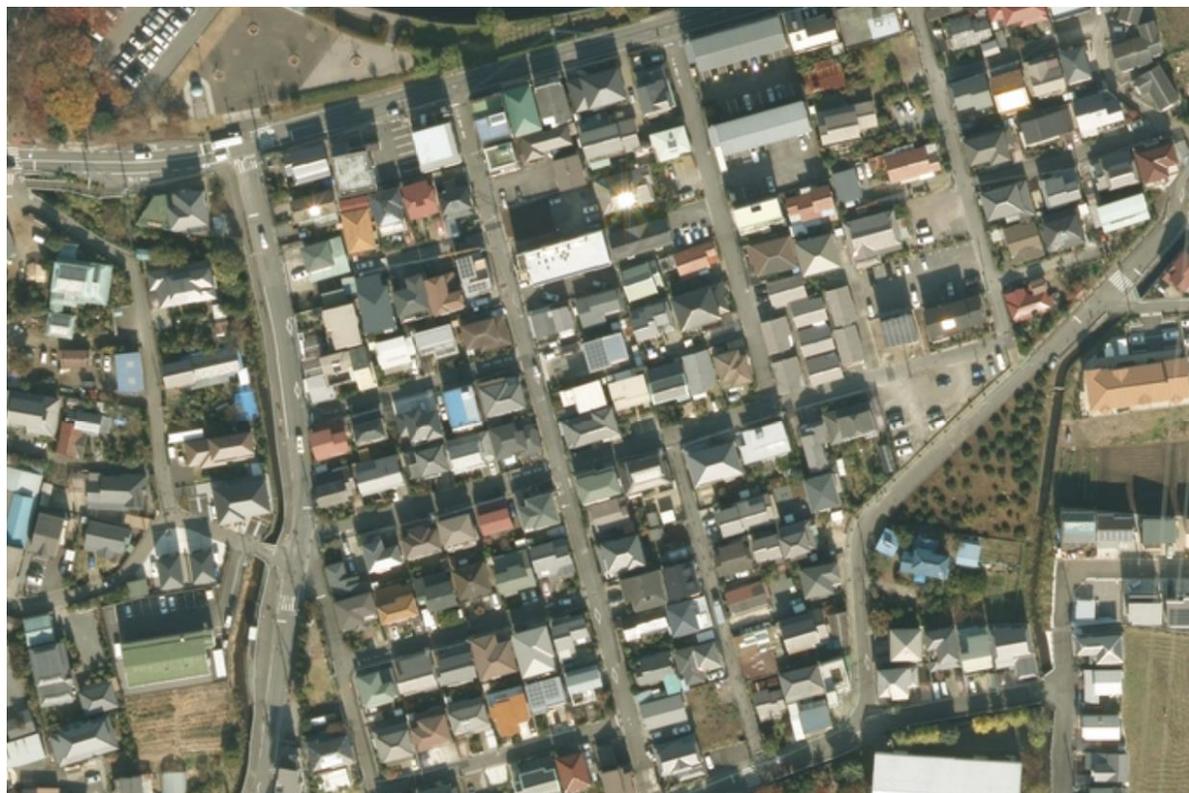


\*出典 : Chen, Ogawa, Sekimoto(2022):Developing of approach for building extraction from open-sourced satellite image based on instance segmentation approach with watershed algorithm,第31回地理情報システム学会講演論文集

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 建物抽出アルゴリズム | 建物自動検出イメージ

航空写真から建物のフットプリントを抽出を行った一例を示す

航空写真



自動抽出された建物（赤）

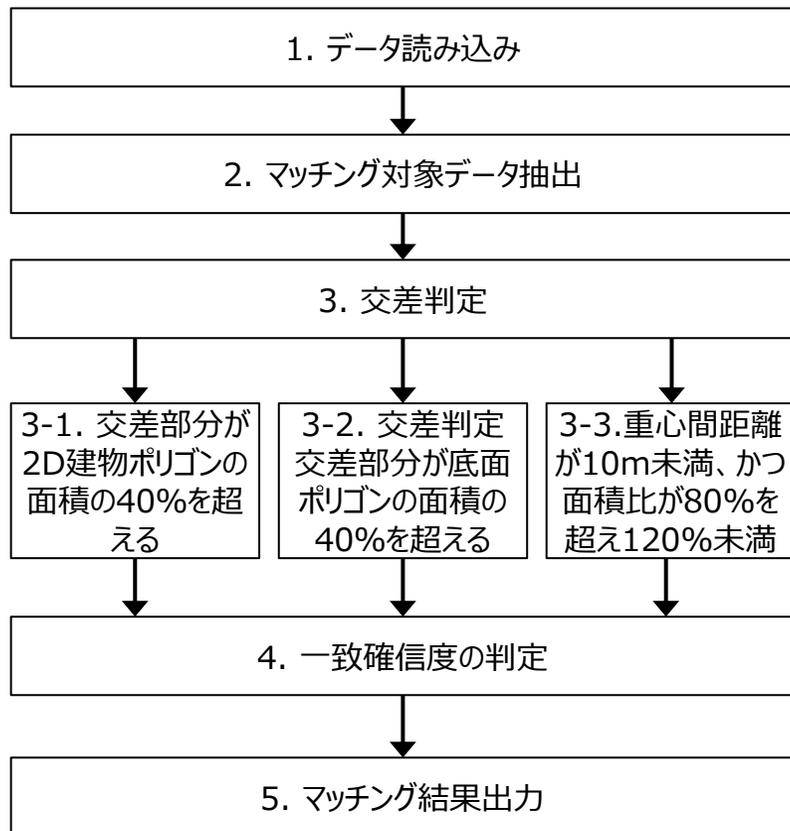


# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 2Dマッチング（住宅地図/航空写真）アルゴリズム

3D都市モデルの建物モデルの図形と住宅地図の建物図形や航空写真より抽出した建物の図形を照合し、両者が空間的に交差する建物を一致する可能性が高い建物として抽出し、交差部分の面積比に応じて一致信頼度を判定する

### 処理フロー



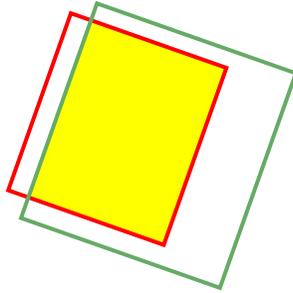
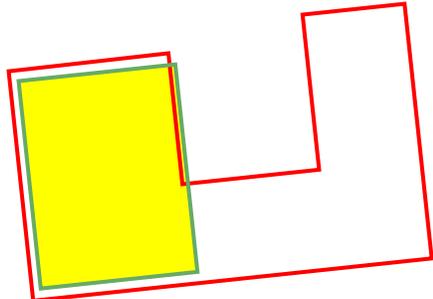
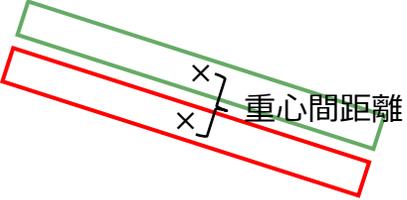
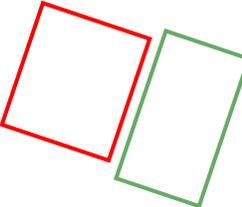
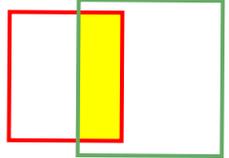
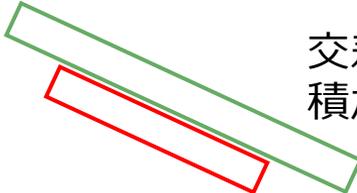
### 処理の詳細

1. 住宅地図や航空写真より抽出した2D建物ポリゴンデータのGeoJSONデータを読み込み、3D都市モデルの建物データと突合できる形式に変換する
2. 住宅地図や航空写真より抽出した2D建物ポリゴンデータと、3D都市モデルの建物の建物底面ポリゴンが空間的に交差するものを抽出する
3. 2で抽出した交差する建物について、以下のいずれかの条件を満たすデータを、一致する可能性が高い建物として抽出する
  - 3-1. 交差する部分の面積が、2D建物ポリゴンの面積の40%を超える建物を抽出する
  - 3-2. 交差する部分の面積が、底面ポリゴンの面積の40%を超える建物を抽出する
  - 3-3. 2D建物ポリゴンと底面ポリゴンの重心間距離が10m未満、かつ2D建物ポリゴンと底面ポリゴンの面積比が80%を超え120%未満の建物を抽出する
4. 交差部分の面積が、2D建物ポリゴン面積の40%を超えるか底面ポリゴン面積の40%を超える場合は一致確信度をhighとし、そうでない場合は一致確信度をlowとする
5. 2D建物ポリゴンの全属性と、建物底面ポリゴンの面積、2D建物ポリゴンの面積、交差部分の面積、重心間距離、ポリゴン面積比、一致確信度の属性を加えたGeoJSONとして出力する

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 2Dマッチングアルゴリズムの判定イメージ

2D建物ポリゴン      建物底面      交差部分

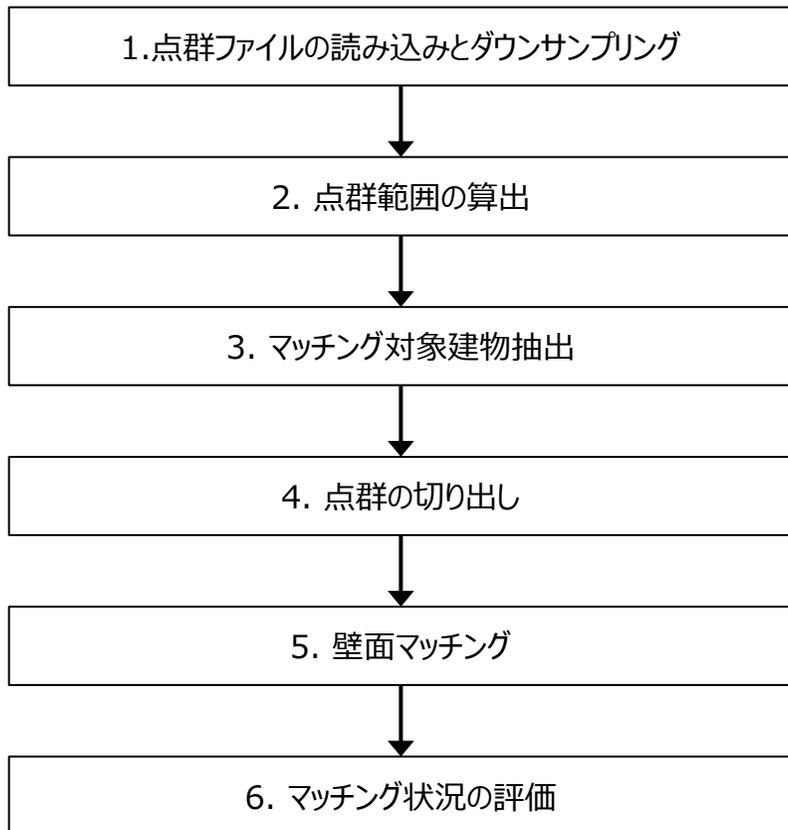
<p>同定成功</p>	<p>3-1. 交差部分が2D建物ポリゴンの面積の40%を超える</p>  <p>入力ポリゴン（赤）はPLATEAU建物（緑）と同じ建物であると判定（確信度 = 高）</p>	<p>3-2. 交差部分が底面ポリゴンの面積の40%を超える</p>  <p>入力ポリゴン（赤）はPLATEAU建物（緑）と同じ建物であると判定（確信度 = 高）</p>	<p>3-3. 重心間距離が10m未満、かつ面積比が80%を超え120%未満</p>  <p>重心間距離</p> <p>入力ポリゴン（赤）はPLATEAU建物（緑）と同じ建物の可能性がある」と判定（確信度 = 低）</p>
<p>同定失敗</p>	 <p>交差しない、かつ重心が遠い</p>	 <p>交差部分の面積が建物ポリゴン・底面ポリゴンのどちらに対しても40%以下、かつ重心が遠い</p>	 <p>交差しない、かつ面積が大きく異なる</p>

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 3Dマッチングアルゴリズム

3D都市モデルと点群データをマッチングし、さらに点群データから画像を作成し、3D都市モデルの建物壁面に画像を貼り付ける

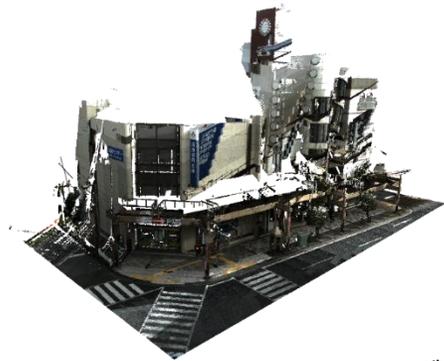
### 処理フロー



### 処理の詳細

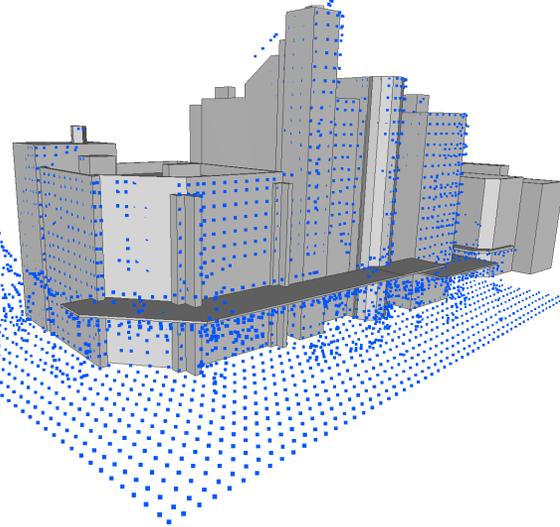
1. 点群データファイルを読み込み、1mグリッドにダウンサンプリングする
2. 3D点群データから平面位置の最大最小値を算出し、範囲を特定する
3. 1で算出した範囲内の3D都市モデルデータを抽出する
4. 2で抽出した3D都市モデルの建物に対し、その建物底面から鉛直に伸ばした柱状立体内に含まれる点群データを切り出す
5. 3で切り出した点群データについて、3D都市モデルの建物の各壁面から正射投影した距離で1m以内にある点の数を算出する
6. 建物ごとに、建物の表面積に対する壁面付近の点の数、領域内の点の数に対する壁面付近の点の数から網羅率と正解率を算出し、マッチングの評価とする

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 3Dマッチングアルゴリズムの判定イメージ



入力点群データ

↓  
ダウンスampling



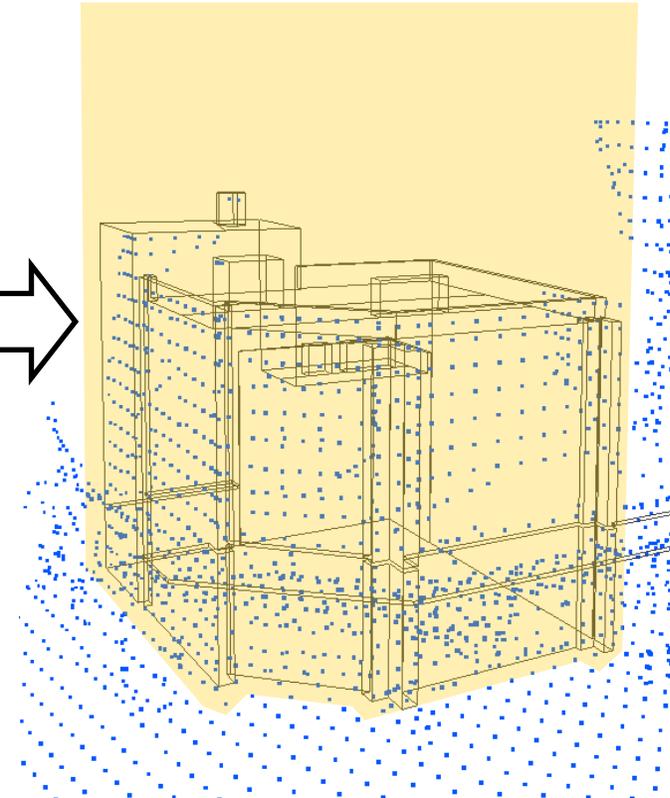
↓  
範囲検索



赤線：LASファイルのヘッダに記載されている範囲

1mグリッドにダウンスamplingした点群（青）とデータベースから範囲検索した建物モデル

→



建物ごとに床面を垂直に伸ばした柱状領域で点群を切り出し、壁面から1m以内の点の数を数える

- 建物表面積に対する壁面付近の点の数≒網羅率
- 壁面付近にない点の数≒エラー

↓  
網羅率で色分け  
緑：40%以上  
橙：20%以上  
赤：20%未満



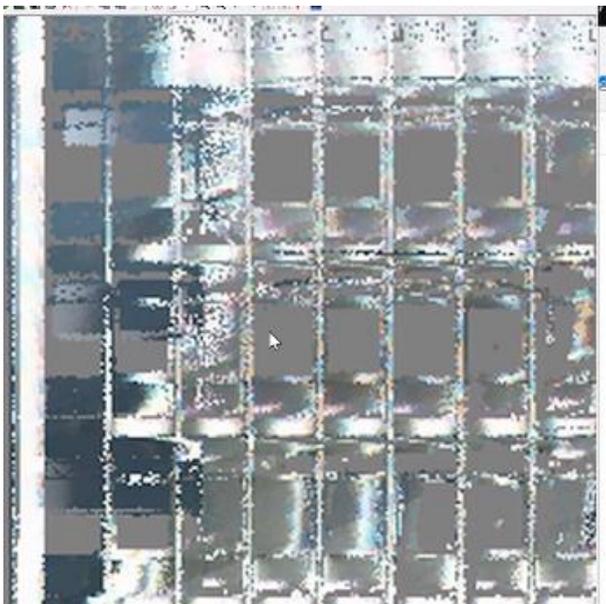
# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム テクスチャマッピングアルゴリズム (1/2)

点群マッチングで壁面単位で割り当てられた点群データを画像として壁面に割り当て、補間処理を行い壁面画像を作成した後、3D都市モデルの建築物LOD1/2にテクスチャとして貼り付け

## 点群データ割り当て (Python)

- 壁面の点群データを最寄りの壁面に割り当てる

壁面に割り当てた点群



## 壁面画像の作成 (Python)

- 点群データは点の集合なので、そのままプロットすると大半の画素が背景色になる

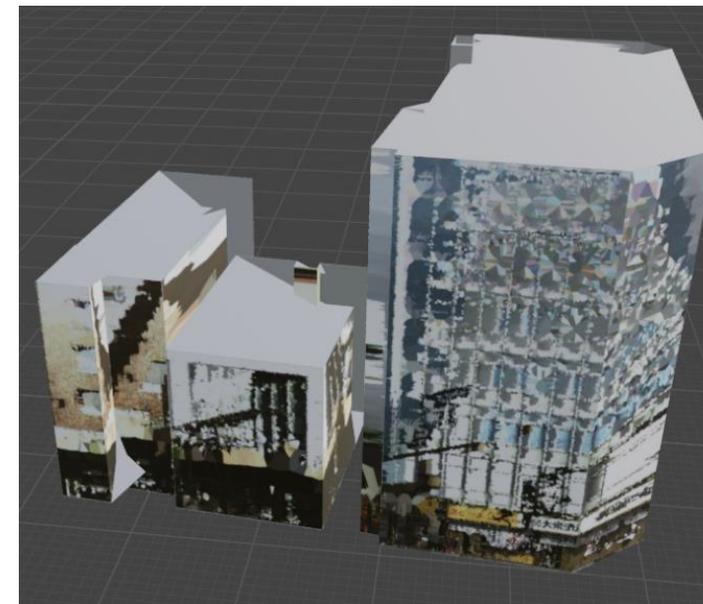
壁面画像例



## テクスチャとして貼り付け (Blender/Python)

- 点群データを最近傍補間することでテクスチャ画像の画質を改善

点群データを最近傍補間

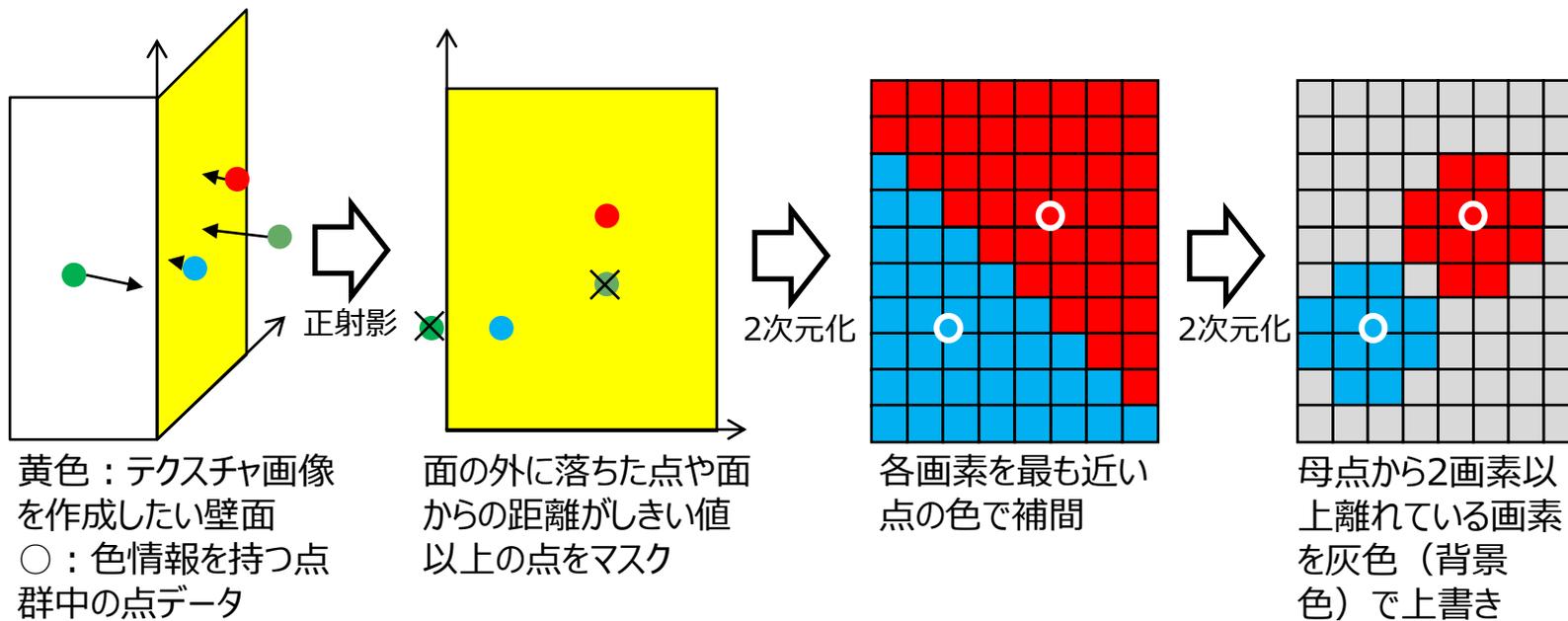


# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## テクスチャマッピングアルゴリズム (2/2)

### アルゴリズム

- 点群データを指定した面に正射影する
- 点群データとカラーデータにマスクを適用し、点の座標とカラーから PointCloud を作成する
- 壁面の長辺の長さから、テクスチャ画像1画素当たりの長さを計算する
- `scipy.interpolate.griddata` 関数を利用して、PointCloud から1画素1グリッドとなる2次元データ (各要素はRGB値) を作成する
- 点からの距離が2画素分より離れている画素は(128,128,128) (灰色) で埋める
- 2次元データから PIL.Image を作成し、PNG 形式で保存する



# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム テクスチャマッピングアルゴリズム | LOD別テクスチャ生成イメージ

LOD1とLOD2でフレーム形状に差があるものの、双方のフレームに合う形でテクスチャが貼り付けることが可能

点群とLOD1のフレーム



テクスチャ貼り付け



点群とLOD2のフレーム



テクスチャ貼り付け



# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 3D都市モデル一覧

地物	地物型	属性区分	属性名	内容
建築物LOD2	bldg:Building	空間属性	bldg:lod2Solid	建築物のLOD2の立体
			bldg:lod0FootPrint	建築物フットプリント
		主題属性	uro:buildingIDAttribute/uro:buildingID	建物ID
建築物LOD1	bldg:Building	空間属性	bldg:lod1Solid	建築物のLOD1の立体
			bldg:lod0FootPrint	建築物フットプリント
		主題属性	uro:buildingIDAttribute/uro:buildingID	建物ID

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ その他活用データ一覧

活用データ	内容	データ形式	出所
住宅地図	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本全国1,741市区町村の地域情報・住宅情報を網羅したデータ               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 沼津市域のデータを使用</li> <li>- 2021年度版データ（2016年～2020年に更新されたもの）を利用</li> </ul> </li> </ul>	GeoJSON、CSV	ゼンリン株式会社
航空写真	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土地理院が整備し、地理院タイルとして提供している電子国土基本図（オルソ画像*1）               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 全国のデータが網羅されており、順次更新されている</li> <li>- デジタル航空カメラ、GNSS/IMU装置により取得される*2</li> </ul> </li> <li>沼津市域の最新データを利用（平成22/24年度撮影*3、解像度は20cm）</li> </ul>	オルソ画像（JPEG・GeoTIFF）	国土地理院
3次元点群データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>VIRTUAL SHIZUOKA（静岡県富士山南東部・伊豆全域点群データ）を利用               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 航空レーザ測量（LP）および移動計測車両（MMS）で取得したデータ                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空レーザ測量では、GNSS/IMU装置、レーザ測距装置、解析ソフトウェアからなる測量システムにより取得、解析される</li> <li>• 移動計測車両では、自車位置姿勢データ取得装置、数値図化用データ取得装置、解析ソフトウェアで取得、解析される*2</li> </ul> </li> <li>- 本データの作成日：2020年3月27日</li> </ul> </li> </ul>	LAS	静岡県

\*1 オルソ画像とは、標高の違いによる位置の歪みなどを補正した画像

\*2 データ取得機材等は、「公共測量作業規定の準則」にて規定されている（[https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/r2/r2\\_junsoku.pdf](https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/r2/r2_junsoku.pdf)）

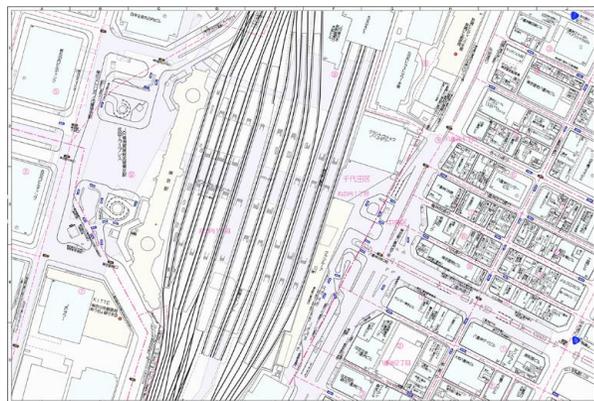
\*3 電子国土基本図はデジタル社会形成基本法第31条に規定する「公的基礎情報データベース」として利用されており撮影時期は古いものの、最新データとされているため本実証実験においてはマッチング対象として利用

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 住宅地図

株式会社ゼンリンが販売しているデータを住宅地図として活用する

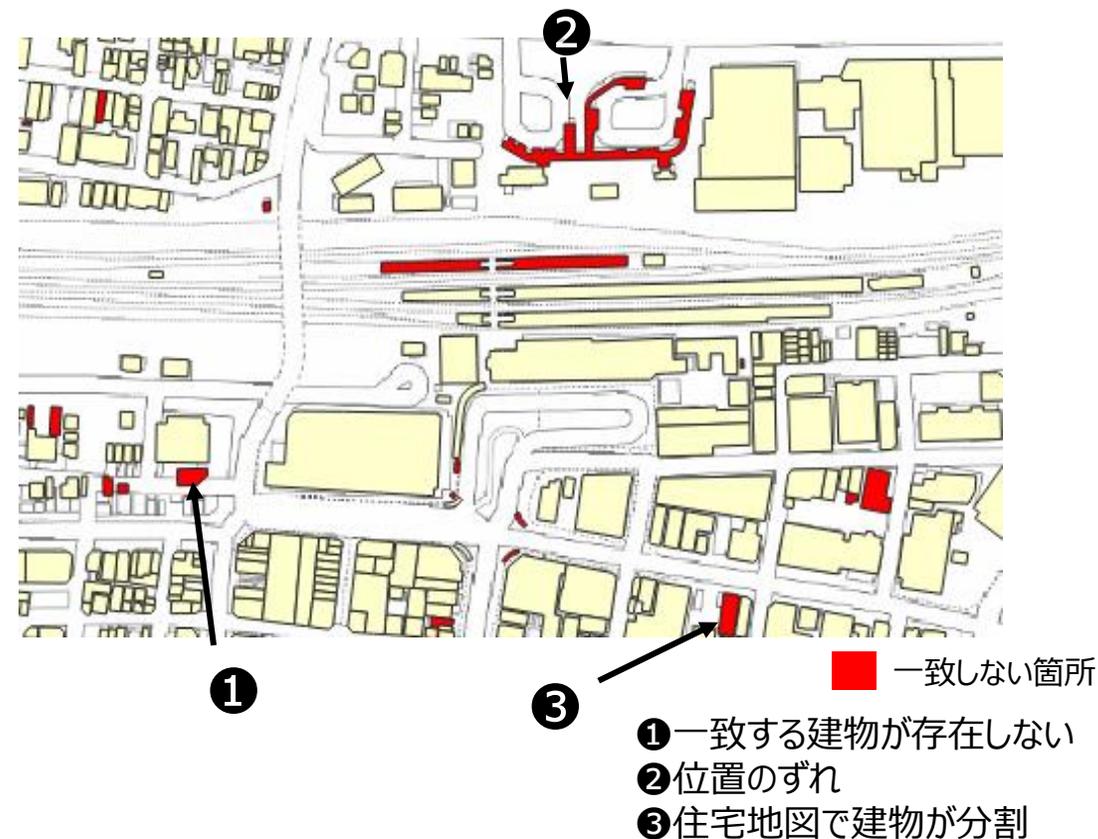
## 概要

- 株式会社ゼンリンが販売している2Dの地図データで、戸建やマンション・アパートもカバーし、ビル名称なども詳細に記載
- 事前検証の結果、3D都市モデルの建築物データとの相違は以下が要因と想定（右図の赤色の建物が一致する建物がなかった住宅地図）
  - 時点の違いから建物に変更になっており、一致する建物が存在しない
  - 特に大型の建物で、位置のずれが生じている（基準の取り方に起因すると想定）
  - 住宅地図で建物が分割されている



株式会社ゼンリン販売データ

## 3D都市モデルと住宅地図との相違の一例



# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ

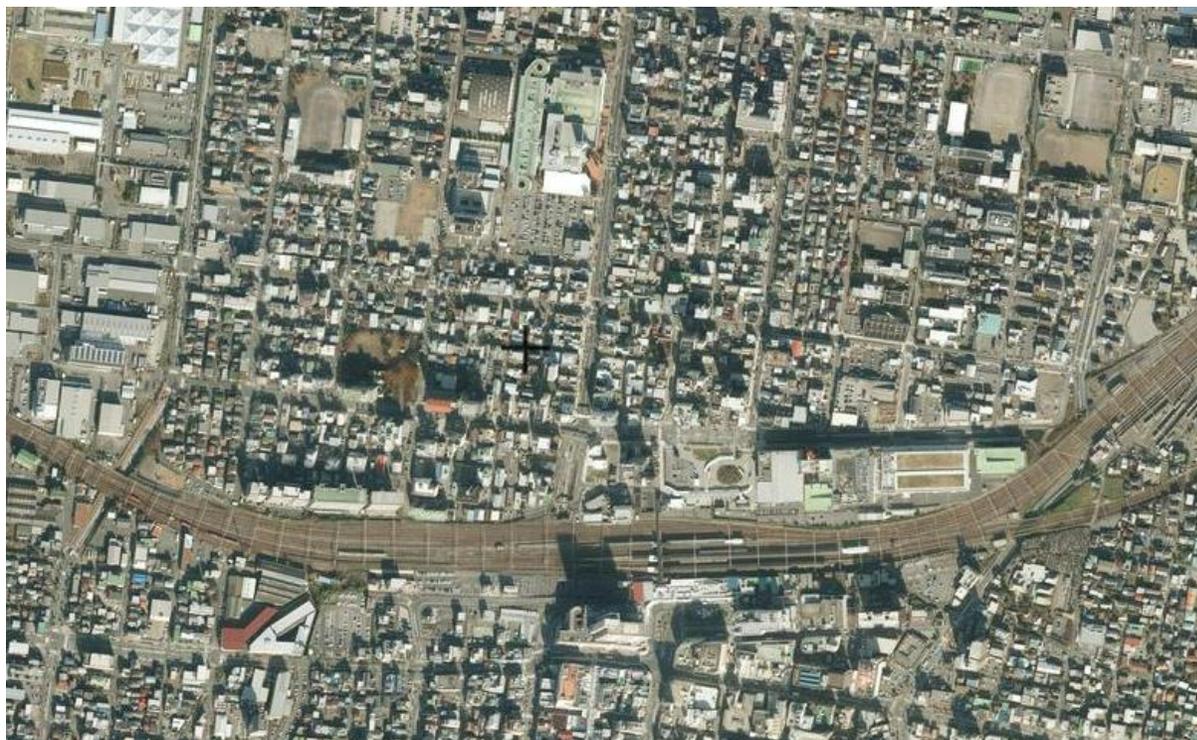
## 航空写真

国土地理院の地理院タイルから取得した航空写真をオルソ画像に変換したものを利用する

### 概要

- 国土地理院「地理院タイル」を使用し、航空機に搭載されたカメラより撮影された画像を基データとする
- カメラにより撮影された画像は、そのまま利用すると位置ズレが発生するためオルソ画像に変換する
  - 航空機からの撮影は中心投影のため撮影範囲の中心から離れるほど位置ズレが大きくなり、また土地の起伏や建物の高さによっても位置のズレが発生する
  - 地図と同じく真上から見たような傾きのない「オルソ画像」に正射変換することで航空写真の位置のズレをなくした

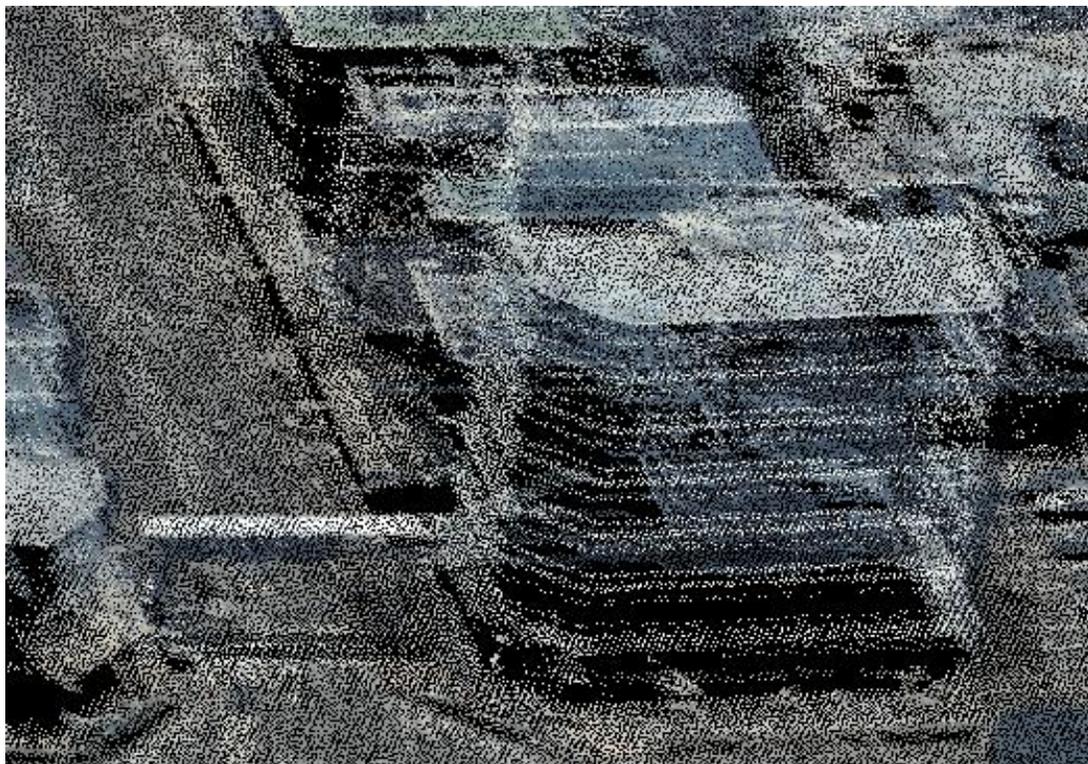
### 沼津市周辺の航空写真サンプル



# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 3次元点群データ (1/2)

点群データは航空レーザー測量及び移動計測車両による測量で取得したものを活用する

航空レーザー測量 (LP) で取得した点群データ



移動計測車両 (MMS) による測量で取得した点群データ



LPと比較して、MMSはより近接して計測するため点密度の細かいデータを取得可能

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ①活用データ 3次元点群データ (2/2)

使用したデータ\*1

データ	内容
3D点群データ (航空レーザ)	使用したファイル:08NE3801.las ファイルの空間範囲:X 400.09 Y 300.12 Z 54.32 含まれていた点数:5,924,196
3D点群データ (MMS)	使用したファイル:08NE3801.las ファイルの空間範囲:X 99.911 Y 299.999 Z 50.466 含まれていた点数:96,580,423

(メタデータは付属されていないため、詳細不明)

使用機材 (「公共測量作業規定の準則」\*2にて規定されている内容)

データ	取得機材
3D点群データ (航空レーザ)	航空レーザ測量システム <ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS/IMU装置</li> <li>レーザ測距装置</li> <li>解析ソフトウェア</li> </ul>
3D点群データ (MMS)	車載写真レーザ測量システム <ul style="list-style-type: none"> <li>自車位置姿勢データ取得装置 (GNSS測量機、IMU (慣性計測装置)、走行距離計等)</li> <li>数値図化用データ取得装置 (レーザ測距装置、計測用カメラ/参照用カメラ)</li> <li>解析ソフトウェア</li> </ul>

\*1 出典 : 静岡県 VIRTUAL SHIZUOKA (静岡県富士山南東部・伊豆全域点群データ)  
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/shizuoka-2019-pointcloud>

\*2 出典 : [https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/r2/r2\\_junsoku.pdf](https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/jyunsoku/pdf/r2/r2_junsoku.pdf)

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 データ処理一覧 (1/3)

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)
LoD1/2 3D建物データ (PolyhedralSurfaceZ)	3D建物モデルをPostGISで 高速に検索する	<ul style="list-style-type: none"> <li>CityGML から建物レイヤを選択</li> <li>SQL/MM に変換して PostGIS に登録</li> </ul>	参照データベース (GML→SQL変換)	3D都市モデル (CityGML形式)
建物底面データ (Polygon)	2Dポリゴンとのマッチングおよび 3D建物マッチングの結果を地 図上に表示する	<ul style="list-style-type: none"> <li>多面体データを2Dに投影し、0mバッ ファを生成して一つのポリゴンにまとめる</li> </ul>	参照データベース (多 面体→面集合変換)	LoD1/2 3D建物データ (PolyhedralSurfaceZ 形式)
LoD1 3D建物データ (MultiPolygonZ)	3Dテクスチャマッピングの対象 となる建物の3Dモデルとして利 用する	<ul style="list-style-type: none"> <li>多面体データを面ポリゴンの集合に展開 する</li> </ul>		
LoD2 3D建物データ (MultiPolygonZ)	3D建物マッチングの検索対象、 および3Dテクスチャマッピングの 対象となる建物の3Dモデルと して利用する	<ul style="list-style-type: none"> <li>多面体データを面ポリゴンの集合に展開 する</li> </ul>		
建物ポリゴン	属性付き2D建物データの入 出力	<ul style="list-style-type: none"> <li>機械学習により航空写真から建物領域 を抽出</li> <li>領域輪郭をポリゴンとして取得</li> </ul>	航空写真による建物 自動抽出技術	航空写真画像 (JPEG形式)

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理 データ処理一覧 (2/3)

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)
問い合わせ建物データ (Polygon)	建物底面データと空間 結合する	<ul style="list-style-type: none"> <li>GeoJSONの型を判定</li> <li>Feature型の場合はPropertyに含まれる情報をSQLに展開</li> <li>MultiPolygon型の場合は複数のPolygonに展開</li> </ul>	2Dマッチング (データ読み込み)	建物ポリゴン (GeoJSON)
2Dマッチング結果 (Polygon)	2D建物マッチングの結果として返す	<ul style="list-style-type: none"> <li>問い合わせ建物データと建物底面データを空間結合</li> <li>重なる面積の割合および重心間の距離が条件を満たすレコードを選択</li> <li>最も一致度が高い組から組み合わせ</li> </ul>	2Dマッチング (建物マッチング)	問い合わせ建物データ (Polygon) 建物底面データ (Polygon)
1mグリッドXYZ集合(4D 行列)	3D建物データと比較して一致する建物を検索する	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群データファイルを読む</li> <li>1mグリッドにダウンサンプリング</li> </ul>	3Dマッチング (ファイル読み込み・ダウンサンプリング)	3D点群データ (LAS)
表面付近の点数・建物底面内の点数	3D建物マッチングの結果として、建物ごとの一致率を算出する	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の表面から1m以内にある点の数を数える</li> <li>建物底面ポリゴンを垂直に伸ばした柱状領域内にある点の数を数える</li> </ul>	3Dマッチング (壁面マッチング)	1mグリッドXYZ集合 (4D行列)

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ②データ処理

## データ処理一覧 (3/3)

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)
XYZ集合 (4D行列)	建物表面のテクスチャ画像を生成する	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群データファイルを読む</li> <li>対象建物の底面ポリゴンから1mのバッファを生成</li> <li>バッファ領域を垂直に伸ばした柱状領域内の点群を抽出</li> <li>指定した点数上限以下までダウンサンプリング</li> </ul>	テクスチャ生成 (点群切り出し)	3D点群データ (LAS)
テクスチャ画像 (PNG)	3Dモデルのテクスチャ画像として利用する	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群を建物の各表面に正射投影</li> <li>面からの距離がしきい値以下の点を抽出</li> <li>欠損部分を画像1ピクセル分線形補間</li> <li>テクスチャ画像ファイルとして出力</li> </ul>	テクスチャ生成 (壁面画像生成)	XYZ集合 (4D行列) LoD1またはLoD2 3D建物データ (MultipolygonZ)

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③出力データ データ一覧

本実証により出力したデータは、下表のとおり

出力データ	内容	データ形式
マッチングした建物の建物ID等の属性を取り込んだデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッチングした建物の建物ID等の属性データを取り込んだ建物データ</li> </ul>	GeoJSON
テクスチャ付き建物モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D都市モデル（LOD1、LOD2）にテクスチャを貼り付けたデータ</li> </ul>	OBJ

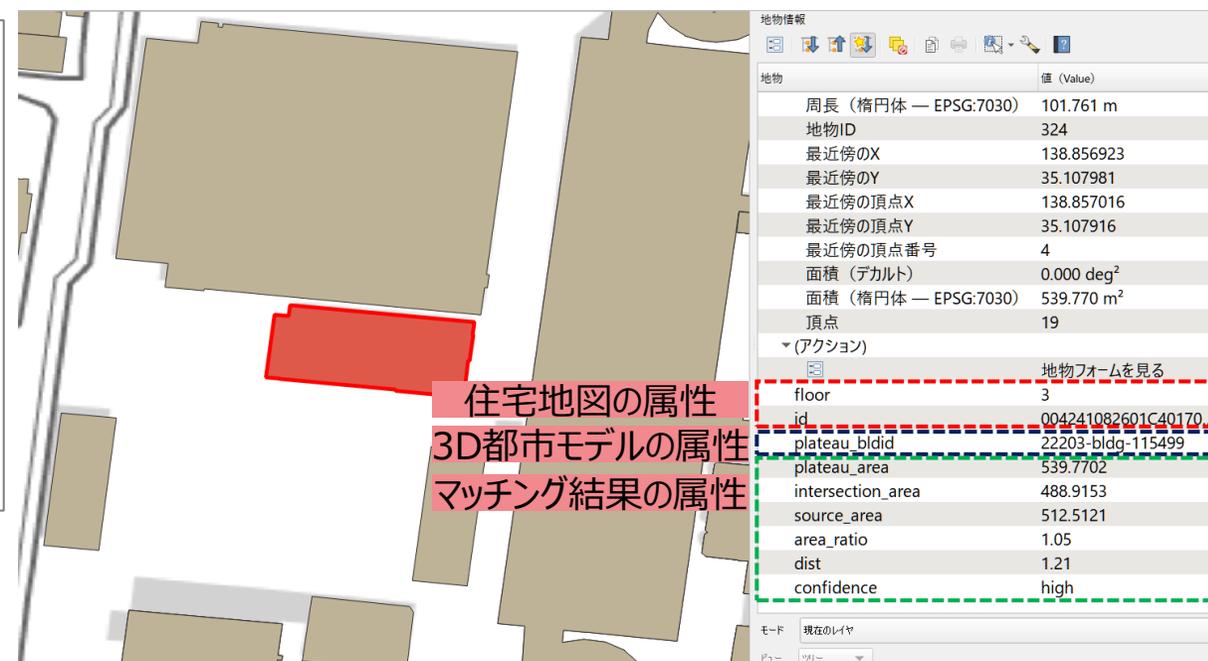
# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③ 出力データ マッチングした建物の建物ID等の属性を取り込んだデータ

- マッチング結果は、下記のGeoJSONデータ（一部抜粋）となる。このデータをQGISで表示した結果が下図右になる
- GeoJSONデータの赤文字部分が住宅地図の属性（floorとid）、青文字部分が3D都市モデルの属性（建物ID）、緑字部分がマッチング結果の属性（3D都市モデルの建物面積、重なり合った面積、住宅地図の建物面積、面積比、中心点間距離、信頼度）である

GeoJSONデータ

```
{
  "type": "Feature",
  "geometry": {
    "type": "Polygon",
    "coordinates": [
      [
        [138.856768713713, 35.1079398237767],
        [138.8567950788, 35.107937385283],
        [138.856795017572, 35.1079369284272],
        [138.857016193982, 35.1079164462494],
        [138.857015841489, 35.1079140990061],
        [138.857128180078, 35.1079036529384],
        [138.857131259604, 35.1079281164738],
        [138.857148929454, 35.1079268014858],
        [138.857151499798, 35.1079454377348],
        [138.857151795666, 35.1079481313019],
        [138.857154405809, 35.107971866945],
        [138.857157290842, 35.1079716114478],
        [138.857164424222, 35.1080208331247],
        [138.85716301736, 35.1080209616699],
        [138.85716646911, 35.108045501632],
        [138.856814885679, 35.1080780462817],
        [138.856811968165, 35.1080572592827],
        [138.856785151271, 35.1080597405767],
        [138.856768713713, 35.1079398237767]
      ]
    ]
  },
  "properties": {
    "floor": 3,
    "id": "004241082601C40170050000000000",
    "plateau_bldid": "22203-bldg-115499",
    "plateau_area": 539.7702,
    "intersection_area": 488.9153,
    "source_area": 512.5121,
    "area_ratio": 1.05,
    "dist": 1.21,
    "confidence": "high"
  }
}
```

QGIS表示画面



The screenshot shows a 3D city model with a building highlighted in red. A table of attributes is displayed on the right side of the interface. The table has two columns: '属性' (Attribute) and '値 (Value)' (Value). The attributes listed are: 周長 (楕円体 — EPSG:7030) 101.761 m, 地物ID 324, 最近傍のX 138.856923, 最近傍のY 35.107981, 最近傍の頂点X 138.857016, 最近傍の頂点Y 35.107916, 最近傍の頂点番号 4, 面積 (デカルト) 0.000 deg<sup>2</sup>, 面積 (楕円体 — EPSG:7030) 539.770 m<sup>2</sup>, 頂点 19. Below these are the '属性' (Attribute) and '値 (Value)' (Value) for the selected building: floor 3, id 004241082601C40170050000000000, plateau\_bldid 22203-bldg-115499, plateau\_area 539.7702, intersection\_area 488.9153, source\_area 512.5121, area\_ratio 1.05, dist 1.21, and confidence high. The '属性' (Attribute) and '値 (Value)' (Value) columns are highlighted with a red dashed box, and the '属性' (Attribute) and '値 (Value)' (Value) columns are highlighted with a green dashed box.

属性	値 (Value)
周長 (楕円体 — EPSG:7030)	101.761 m
地物ID	324
最近傍のX	138.856923
最近傍のY	35.107981
最近傍の頂点X	138.857016
最近傍の頂点Y	35.107916
最近傍の頂点番号	4
面積 (デカルト)	0.000 deg <sup>2</sup>
面積 (楕円体 — EPSG:7030)	539.770 m <sup>2</sup>
頂点	19
▼ (アクション)	
地物フォームを見る	
floor	3
id	004241082601C40170050000000000
plateau_bldid	22203-bldg-115499
plateau_area	539.7702
intersection_area	488.9153
source_area	512.5121
area_ratio	1.05
dist	1.21
confidence	high

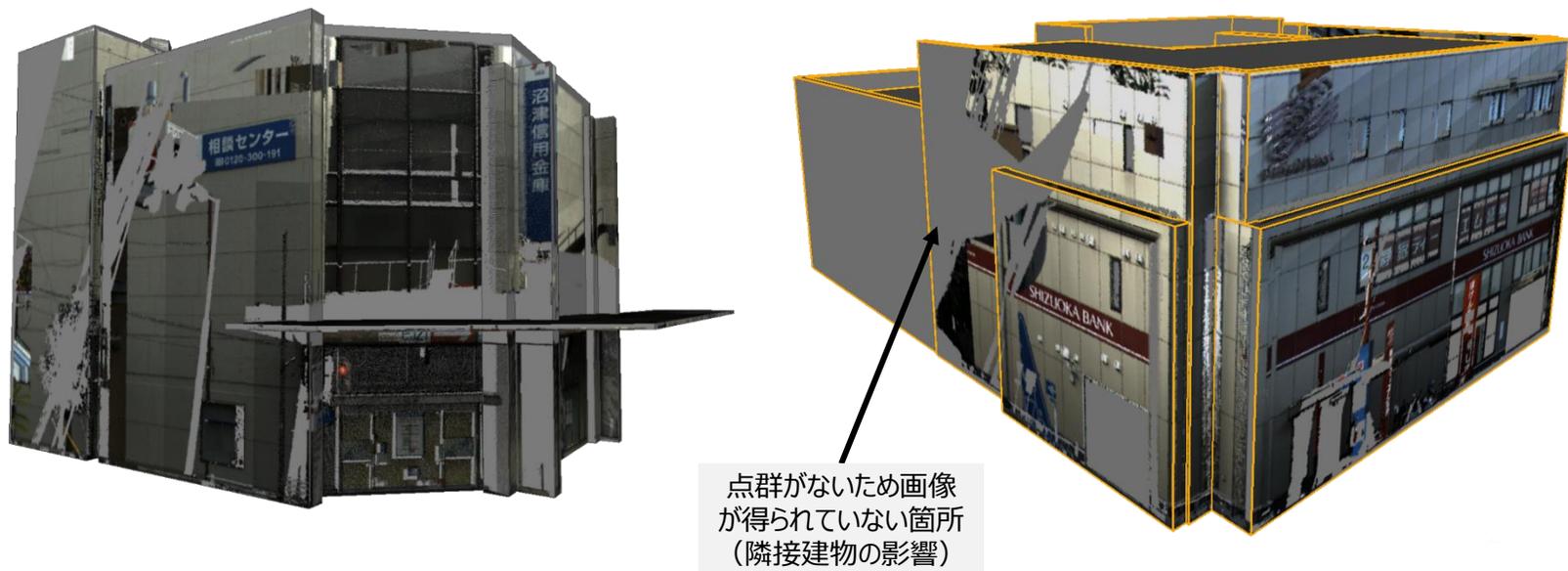
# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③ 出力データ テクスチャ付き建物モデル

3D都市モデル（LOD1、LOD2）にテクスチャを貼り付け、obj形式でデータを出力する

## 概要

- MMS点群データより生成されたテクスチャが張り付けられた3D都市モデル（LOD2）
- MMSは、車両に取り付けたセンサーによるレーザーを照射するため、遮蔽物（他の建物、街路樹、信号機等）により建物まで届かない場合がある
  - 右図の中で一部画像が得られていない領域が取得できていない

## データ画像



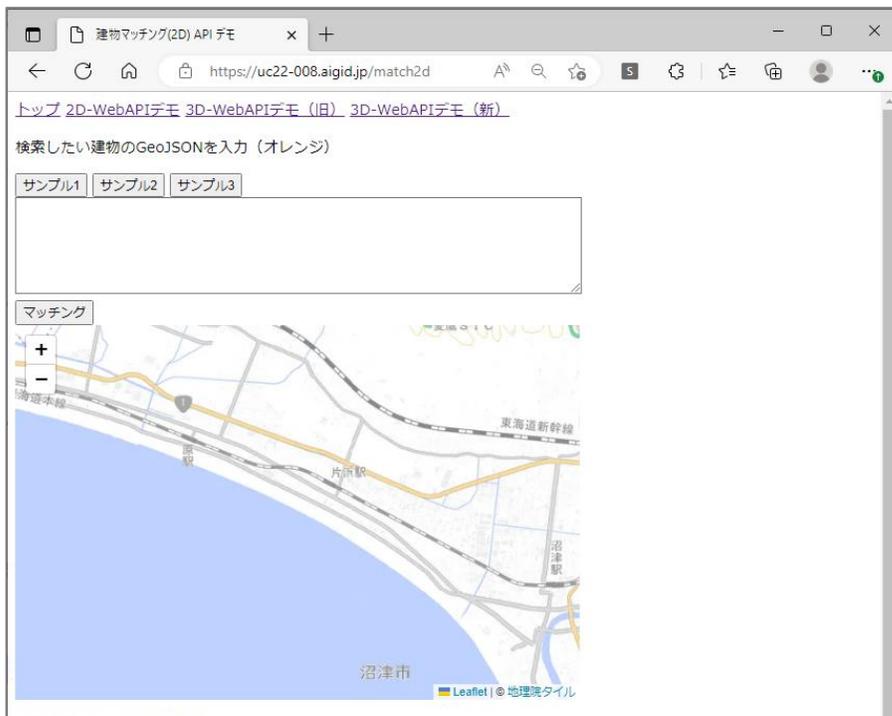
沼津市のテクスチャ付き3D都市モデル

# Ⅲ. 実証システム > 7. ユーザインタフェース

## ユーザインタフェースの全体像

ユーザインタフェースは、2Dデータを扱う住宅地図・航空写真マッチングの画面と3Dデータを扱う点群マッチング・テクスチャマッピングの2つが設けられている

### ①住宅地図/航空写真マッチング



### ②点群マッチング/テクスチャマッピング



# Ⅲ. 実証システム > 7. ユーザインタフェース

## ① 住宅地図/航空写真マッチング

住宅地図や航空写真から得られる建物データと3D都市モデルの建物データをマッチングし、結果として得られた建物の属性情報が出力ボックスに表示される

The screenshot displays three main components of the interface:

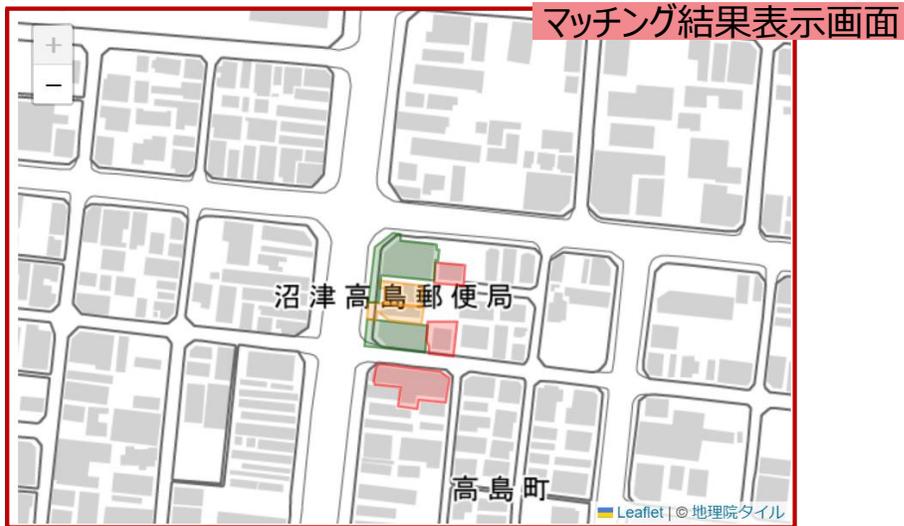
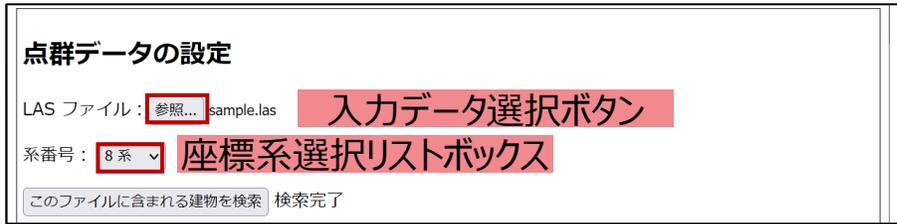
- Input Box:** A text area containing a GeoJSON feature for a polygon. The coordinates are: `[[138.8003875, 35.13010889], [138.80037333, 35.13007917], [138.80032722, 35.13009361], [138.79989444, 35.12913833], [138.79994056, 35.12912361], [138.79992194, 35.12908333], [138.80013222, 35.12901861], [138.80030583, 35.12940306], [138.80060306, 35.12931222], [138.80078889, 35.12922104]]`
- Matching Map:** A map view showing a street grid. A specific building footprint is highlighted in orange, and a corresponding 3D model building is overlaid in yellow-green. Labels on the map include "原町中二丁目" and "沼津西郵便局".
- Output Box:** A text area titled "検索結果のGeoJSON (グリーン)" showing a list of features. The first feature is a polygon with coordinates: `[[138.799865867, 35.129134295], [138.799901707, 35.129123299], [138.799885999, 35.129088812], [138.800117809, 35.129017565], [138.800191038, 35.129178473], [138.80033631, 35.129134579], [138.800357635, 35.129187345], [138.800225016, 35.129228058], [138.800229883, 35.129238683], [138.800218922, 35.129242046], [138.800228104, 35.129262306], [138.799994321, 35.129334099], [138.799975626, 35.129293039], [138.799942746, 35.129303217], [138.799865867, 35.129134295]]]`

機能名	説明
入力ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>入力する建物データ（住宅地図、航空写真の建物抽出データ）のGeoJSONファイルの内容を入力するテキストボックス</li> <li>シェープ形式等の建物データの場合は、QGISなどを用いて、GeoJSON形式に変換したものを使用する</li> </ul>
結果表示画面	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッチング結果が可視化されるイメージボックス</li> <li>入力した建物は橙色で表示され、マッチングできた3D都市モデルの建築物は黄緑色で表示される</li> </ul>
出力ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッチングできた3D都市モデルの建築物のGeoJSONが表示される</li> <li>マッチングの結果、入力された建物属性とマッチング判定が追加される</li> </ul>

### Ⅲ. 実証システム > 7. ユーザインタフェース

## ②点群マッチング/テクスチャマッピング：3D点群データマッチング

点群データを入力し、3D都市モデルの建物データとマッチングを行い、壁面面積に対する点群の網羅率を色で分けて表示する



機能名	説明
入力データ選択ボタン	<ul style="list-style-type: none"><li>入力する点群データ（LAS）を選択するボタン</li></ul>
座標系選択リストボックス	<ul style="list-style-type: none"><li>平面直角座標の座標系を選択するリストボックス（LASファイルには座標参照系の情報が含まれていないため）</li></ul>
マッチング結果表示画面	<ul style="list-style-type: none"><li>入力した点群にマッチした3D都市モデルの建築物を表示するイメージボックス</li><li>建物の着色は壁面面積に対する点群が貼りついた壁面面積を表す<ul style="list-style-type: none"><li>- 緑色：40%以上</li><li>- 橙色：20%以上</li><li>- 赤色：20%未満</li></ul></li></ul>

### Ⅲ. 実証システム > 7. ユーザインタフェース

## ② 点群マッチング/テクスチャマッピング：テクスチャマッピング

マッチングした建物図形に対して、粗さや解像度などテクスチャを貼り付ける設定を行う

#### マッピングの設定

対象の建物ID :  **テクスチャ貼付建物ID入力ボックス**

LOD :  **LOD選択リストボックス**

処理する最大点数 :  **処理点数選択リストボックス**

テクスチャマッピング手法 :  **貼付手法選択リストボックス**

テクスチャ画像の解像度 :  **解像度選択リストボックス**



**マッチング結果表示画面**

機能名	説明
テクスチャ貼付建物ID入力ボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>テクスチャを貼り付ける建物IDを入力するテキストボックス</li> <li>下部マッチング結果表示画面に着色されている建物図形をクリックすることにより、自動的にIDが入力される</li> </ul>
LOD選択リストボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象となる3D都市モデルの建築物のLODを選択するリストボックス</li> </ul>
処理点数選択リストボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>点群処理の最大点数を選択するリストボックス</li> <li>- 点群が選択した最大点数を超える場合はダウンサンプリングを行う</li> <li>「粗い（10万点）」、「普通（40万点）」、「細かい（80万点）」、「制限なし」から選択</li> </ul>
貼付手法選択リストボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>テクスチャを貼り付ける方法を「最も近い面」、「全ての点」、「しきい値より近い面」から選択</li> </ul>
解像度選択リストボックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>出力する解像度を選択するリストボックス</li> <li>「粗い（256px）」、「普通（512px）」、「細かい（1024px）」から選択</li> </ul>

# Ⅲ. 実証システム > 8. システムテスト結果

## システムテスト結果

システムテストの結果は下表のとおり

試験項目	確認内容	結果
住宅地図マッチング	• 入力データの属性は出力データに反映されているか	合格
	• マッチング結果が1対多の場合（住宅地図の建物1棟に対して3D都市モデルの建物が複数マッチングする場合）は、複数の出力データに同じ入力データの属性が追加されているか	合格
	• マッチング結果が、多対1の場合（住宅地図の複数建物が3D都市モデルの建物1棟に対してマッチングする場合）は、入力データのうちマッチング確度が最も高いデータの属性が出力データに反映されているか	合格
航空写真マッチング	• 航空写真から建物ポリゴンを自動抽出できたか	合格
	• 自動検出された建物ポリゴンと建物はマッチしたか	合格
点群マッチング	• 点群データからマッチングした建物の点群を抽出できたか	合格
点群からのテクスチャ生成	• 入力データの点群データと、テクスチャの張り付けられた建物データに相違ないか	合格

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

**IV. 実証技術の検証**

V. 成果と課題

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証

## 精度検証の全体像

検証の全体像

種別	内容
①住宅地図マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅地図と3D都市モデルの建物モデルとのマッチング               <ul style="list-style-type: none"> <li>建物形状から適切な建物を抽出</li> <li>建物ポリゴンデータマッチングの適合率を検証</li> </ul> </li> </ul>
②航空写真マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空機から撮影した写真と3D都市モデルの建物モデルとのマッチング               <ul style="list-style-type: none"> <li>航空写真をゆがみのないオルソ画像に変換し、建物形状から適切な建物を抽出</li> <li>建物ポリゴンデータマッチングの適合率を検証</li> </ul> </li> </ul>
③3D点群マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群データと3D都市モデルの建物モデルとのマッチングする               <ul style="list-style-type: none"> <li>走行する車両の搭載カメラで3D点群データを撮影し、建物モデルとのマッチングを実施する</li> </ul> </li> </ul>
④テクスチャマッピング	<ul style="list-style-type: none"> <li>点群データからテクスチャを生成する               <ul style="list-style-type: none"> <li>壁面画像をPythonを利用して生成し、建物モデルの壁面に貼り付ける</li> </ul> </li> </ul>

検証環境

種別	スペック
クラウド環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>AWS EC2 t3.xlarge               <ul style="list-style-type: none"> <li>Memory 16GB</li> <li>HDD 200GB</li> </ul> </li> </ul>
ローカルPC環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mac mini 2020               <ul style="list-style-type: none"> <li>OS : macOS</li> <li>CPU: M1 (4p+4e)</li> <li>GPU: 8core</li> <li>Memory: 8GB</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>マウスノートPC               <ul style="list-style-type: none"> <li>OS : Windows</li> <li>CPU: Core i7-1165G7 (4c)</li> <li>GPU: 内蔵 iRIS Xe</li> <li>Memory: 32GB</li> </ul> </li> </ul>

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ①住宅地図マッチング検証

## 検証内容 | 検証の概要

3D都市モデルデータとゼンリンデータを重ね合わせ、住宅とのマッチング率を検証を行う

### 検証内容

#### 目的

- 住宅地図マッチングの精度と処理速度を実用性の観点で検証する

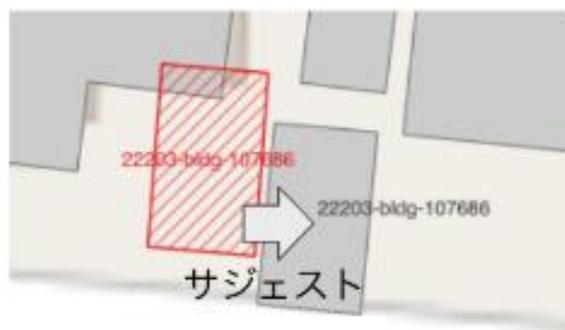
#### 検証方法

- 住宅地図建物ポリゴンについて、3D都市モデルとマッチングした建物数を計測する
  - マッチング判定においてはサジェスト機能による補完も対象とする
  - マッチング率 (%) = 3D都市モデルの建物IDが付与された建物ポリゴン数 ÷ 入力した住宅地図の建物ポリゴン数
- AWS上に配置したプログラムで処理を行い、処理完了までの速度を計測する

### マッチング判定とサジェストの一例



-  3D都市モデルの建築物とマッチングしたゼンリンポリゴン
-  信頼率が低くマッチングはしなかったがサジェストされたゼンリンポリゴン
-  建物が存在しない等からリジェクトされたゼンリンポリゴン
-  3D都市モデルの建築物の建物ポリゴン



- サジェストとは
- マッチング率向上のため、信頼性が低い建物についてもマッチング対象とする機能
  - この機能により、同一建物と思われるものが適切にサジェストされたものが確認できた



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ①住宅地図マッチング検証 検証結果

マッチング率は目標を上回る結果が得られたが処理に時間を要しており、サービス化においては、並列処理や処理対象のデータ範囲の分割等によるマッチング処理の高速化が必要である

住宅地図建物ポリゴンに対するマッチング結果

項目	ポリゴン数	全建物に占める割合
ゼンリン住宅地図の建物ポリゴン数	88,525	100.0%
3D都市モデルの建物IDがマッチングされた数	81,771	92.4%
3D都市モデルの建物IDがサジェストされた数	684	0.7%
3D都市モデルの建物ID付与がリジェクトされた数	6,070	6.9%

住宅地図マッチングの精度検証結果

評価項目	評価基準*	結果	示唆
建物ポリゴンデータとのマッチング率	90%	92.4% (サジェストを含めると93.1%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッチング率は高いものの、処理速度の評価基準として設定した60秒に対し、9倍の時間が掛かっており、実用面においては改善の余地がある</li> </ul>
建物ポリゴンデータとのマッチング処理速度（沼津市全域）	60秒	8分52秒	

\* 学識との協議およびの上で評価基準を設定

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ②航空写真マッチング検証

## 検証内容 | 検証の概要

地理院地図より自動検出された建物ポリゴンと3D都市モデルの建築物データとのマッチングを行う

### 検証内容

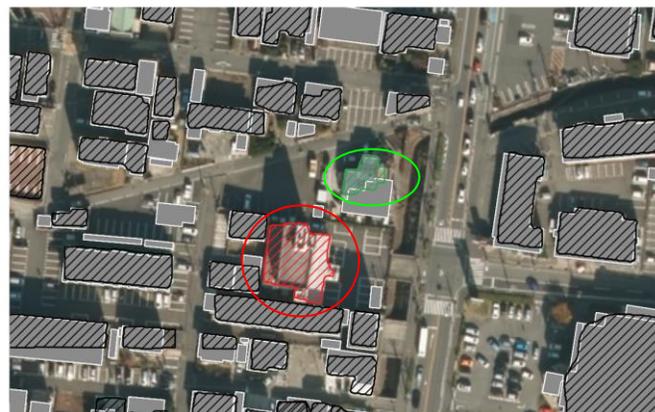
#### 目的

- 航空写真マッチングの精度と処理速度を実用性の観点で検証する
- 「航空写真による建物自動検出技術」で抽出された建物ポリゴンと開発したマッチングシステムとの相性を確認する

#### 検証方法

- 航空写真から自動検出した建物ポリゴンに対して、3D都市モデルの建築物データとマッチングした建物数を計測する
  - マッチング判定においてはサジェスト機能による補完も対象とする
  - マッチング率 (%) = 3D都市モデルの建物IDが付与された建物ポリゴン数 ÷ 航空写真から抽出された建物ポリゴン数
- AWS上に配置したプログラムで処理を行い、処理完了までの速度を計測する

### マッチング判定とサジェストの一例



- 航空写真から抽出されたポリゴン
- ▨ 3D都市モデルの建築物データとマッチングした建物ポリゴン
- ▨ 信頼率が低くマッチングはしなかったがサジェストされた建物ポリゴン
- ▨ 建物が存在しない等からリジェクトされた建物ポリゴン

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ②航空写真マッチング検証 検証結果

マッチング率は目標を上回る結果が得られたが、サービス化においては、並列処理や、処理対象のデータ範囲を分割するなどによるマッチング処理の高速化が必要である

住宅地図建物ポリゴンに対するマッチング結果

項目	ポリゴン数	全建物に占める割合
航空写真から検出されたポリゴン数	61,304	100.0%
3D都市モデルの建物IDがマッチングされた数	58,530	95.4%
3D都市モデルの建物IDがサジェストされた数	91	0.2%
3D都市モデルの建物ID付与がリジェクトされた数	2,683	4.4%

航空写真マッチングの精度検証結果

評価項目	評価基準*	結果	示唆
航空写真とのマッチング率	90%	95.4% (サジェストを含めると95.6%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• マッチング率は高いものの、処理速度に時間がかかっており、実用面においては改善の余地がある</li> <li>• マッチングの前処理である航空写真からの自動抽出に時間がかかっており、まずはこのアルゴリズムの改善が重要</li> <li>• F1の結果から比較的高い水準で正否判定ができています</li> <li>• 適合率が高いことから、取りこぼしが少なく手作業でのマッチングの前処理としての有用性あり</li> </ul>
航空写真とのマッチング処理速度	10分	3時間29分53秒 - 航空写真からの自動抽出：3時間24分 - 建物抽出データとのマッチング：5分53秒	
F1（適合率と再現率の調和平均）	（参考）	84% - 適合率：90% - 再現率：78%	

\* 学識との協議およびの上で評価基準を設定

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ③3D点群マッチング検証

## 検証内容 | 検証の概要

MMS点群に対する3D都市モデルの建築物データとのマッチングを行った結果、道路沿いの建物については網羅率20%以上で建物の検出でき、これらの建物を対象としてマッチング率を検証した

### 検証内容

### 網羅率の考え方

#### 目的

- 3D点群マッチングの精度を実用性の観点で検証する

#### 検証方法

- AWS上に配置したプログラムで処理を行い、マッチングしたポリゴン数を評価する
  - マッチング率の評価対象は、今回利用する点群データの特性（MMS計測による道路からの測定）を踏まえ、道路面を対象とした、網羅率20%の建物に設定
  - マッチング結果から対象の建物を抽出して評価を行う
  - マッチング率 (%) = 点群から抽出できた壁面数の合計 ÷ 該当する3D都市モデルの壁面数の合計

※処理時間は後続のテクスチャマッピングにて合わせて評価を行う

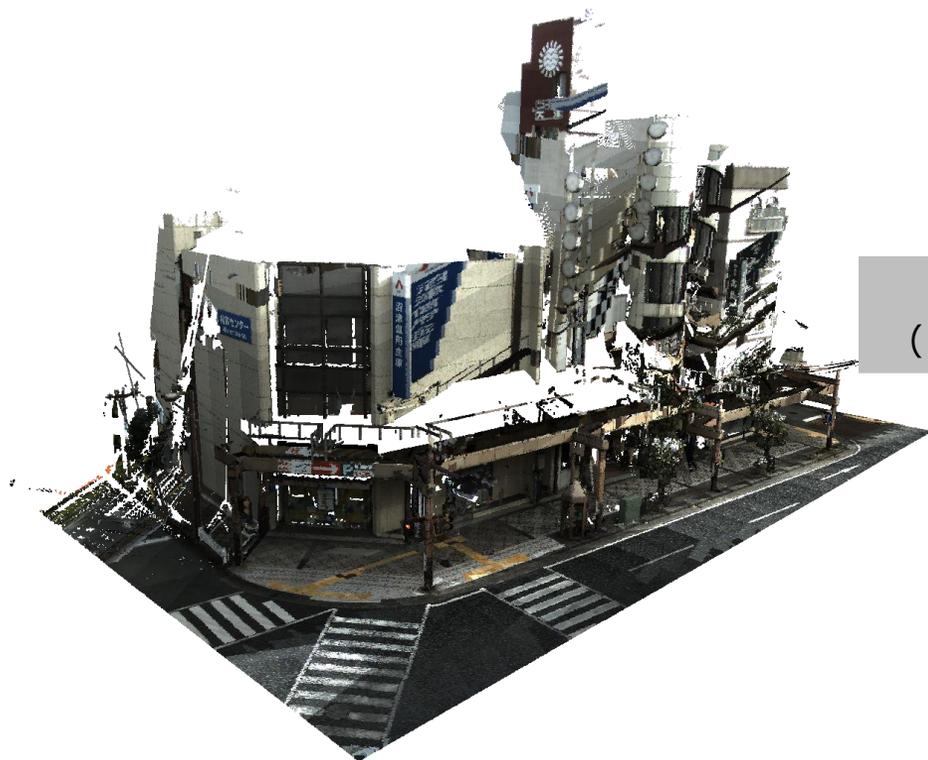
- 後続のテクスチャマッピングにおける、テクスチャ品質確保のため、建物の壁面に対して点群がどれくらいカバーしているかという指標として網羅率を設定する
  - 網羅率 = 3D都市モデルの建物内側にある壁面付近の点群の点数（最近傍） / 壁面の面積を1mグリッドで分割した際のグリッド数で算出
  - 網羅率算出は処理速度を加味して、点群を1mグリッドにダウンサンプリングしている
- 網羅率が低い場合、テクスチャ生成に必要な点群数を満たさないとして、網羅率を条件として、マッチング率を算出する

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ③ 3D点群マッチング検証 検証内容 | 網羅率算出の前処理 (ダウンサンプリング)

建物検索における網羅率算出では、1mグリッドにダウンサンプリングを行い、建物の壁面に対し、含まれる点数により計算を行った。なお、このダウンサンプリングは検索時の高速化にも寄与している

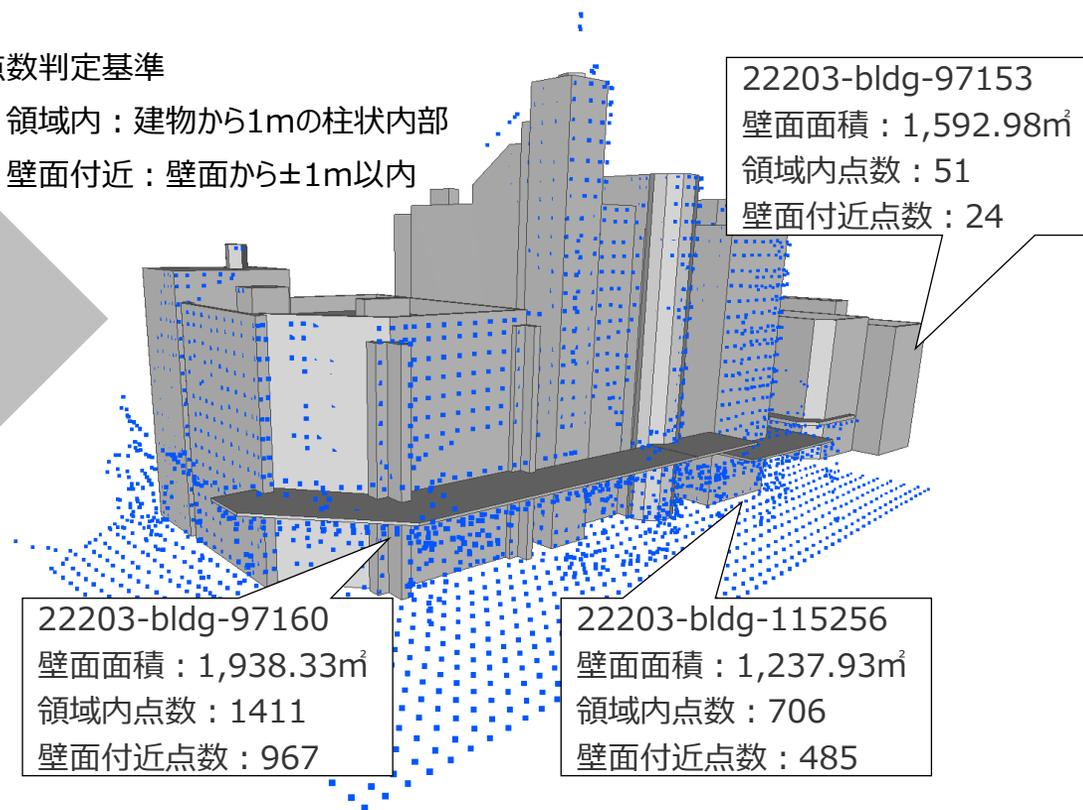
元データ

ダウンサンプリング後データ



ダウンサンプリング  
 (1mグリッド、色情報除去)

- 点数判定基準
  - 領域内：建物から1mの柱状内部
  - 壁面付近：壁面から±1m以内



22203-bldg-97153  
 壁面面積：1,592.98㎡  
 領域内点数：51  
 壁面付近点数：24

22203-bldg-97160  
 壁面面積：1,938.33㎡  
 領域内点数：1411  
 壁面付近点数：967

22203-bldg-115256  
 壁面面積：1,237.93㎡  
 領域内点数：706  
 壁面付近点数：485

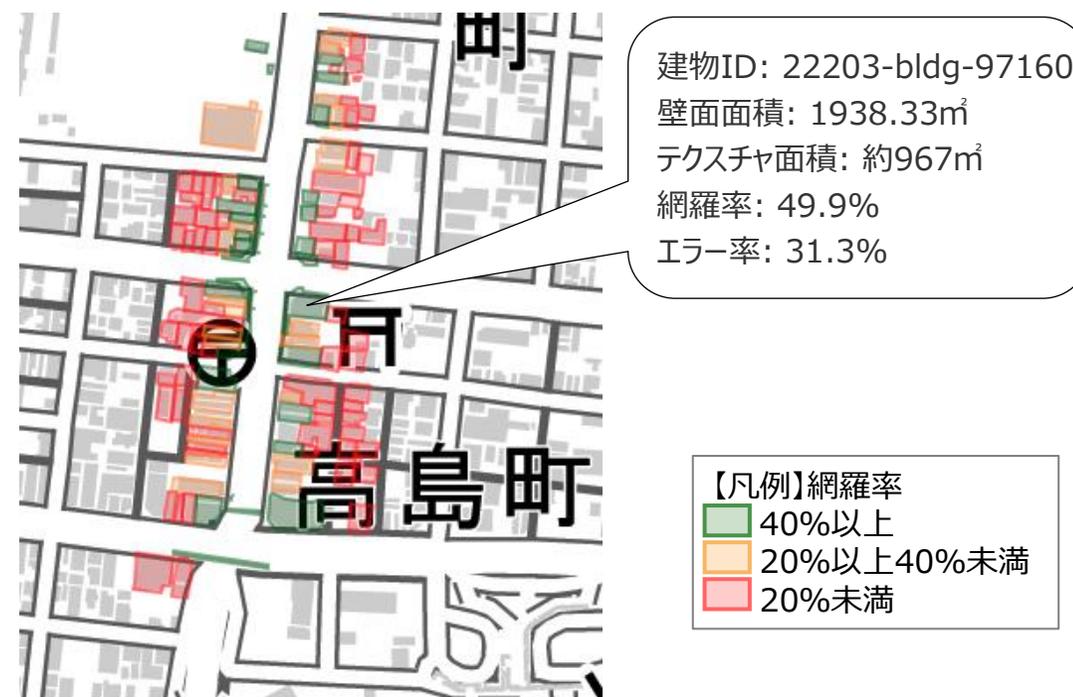
# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ③3D点群マッチング検証 検証結果

20%以上の網羅率を有していてもマッチング率は76%にとどまり、すべての建物への適用は困難であることが分かった

3D点群マッチングの精度検証結果

評価項目	評価基準	結果	示唆
点群データとの マッチング率 (網羅率20%以上)	90%	76%	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定した評価基準を満たすことができなかった</li> <li>アルゴリズムの改善においては、MMSに特化するなど点群の取得方法に合わせたチューニングが必要と考えられる</li> </ul>

点群データのマッチング状況と網羅率の分布 (一例)



\* 航空レーザ計測による点群データでは期待するテクスチャの生成ができなかったため、MMSによる点群データでの検証とした

\* MMSは道路を走行する車両から計測されるため、マッチングする建物は道路沿いの建物のみ限定される

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証

## 検証内容 | 検証の概要

データマッチングの結果得られた点群を使い3D都市モデルにテクスチャをマッピングする処理時間をテクスチャの品質の観点も踏まえて検証を行った

### 検証内容

### テクスチャマッピングのイメージ

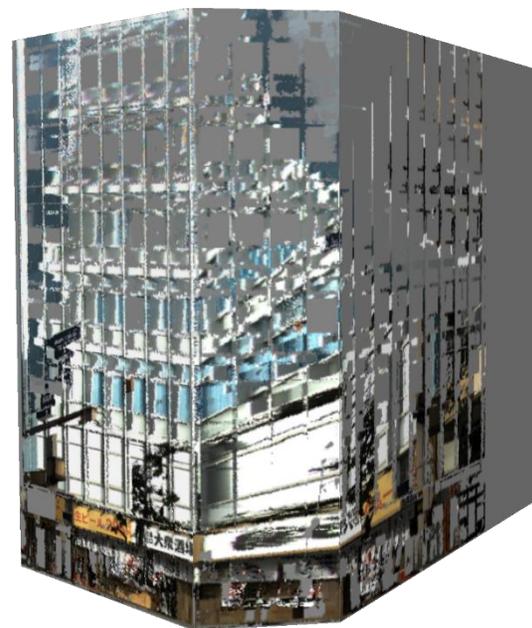
#### 目的

- 3D点群マッチングによるテクスチャマッピングの処理速度とテクスチャ品質を実用性の観点で検証する

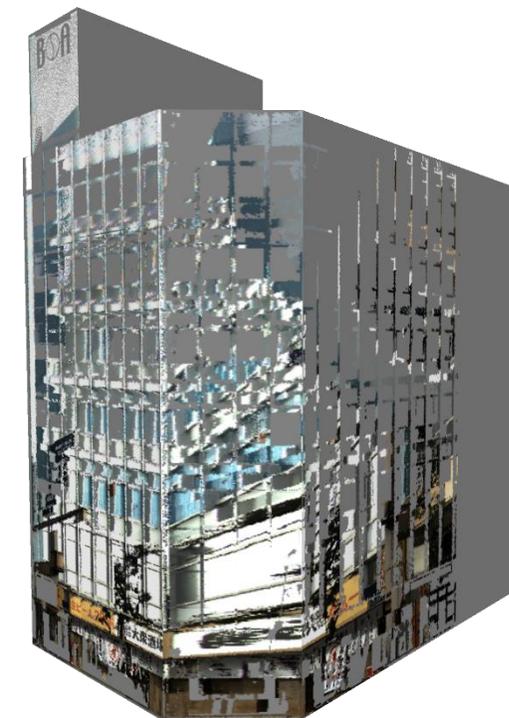
#### 検証方法

- AWS上に配置したプログラムで処理を行い、処理完了までの速度を計測する
  - 点群の間引きや生成するテクスチャ品質のバランスを加味して検証を行う

LOD1



LOD2



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 測量手段の違いによるテクスチャ品質比較

航空レーザ測量による点群データは点密度が低いため、MMS点群データから生成されるようなテクスチャを生成することはできず、航空写真により生成されたものの方が不明瞭なものになる可能性があることが確認できた

航空写真により生成されたテクスチャ画像

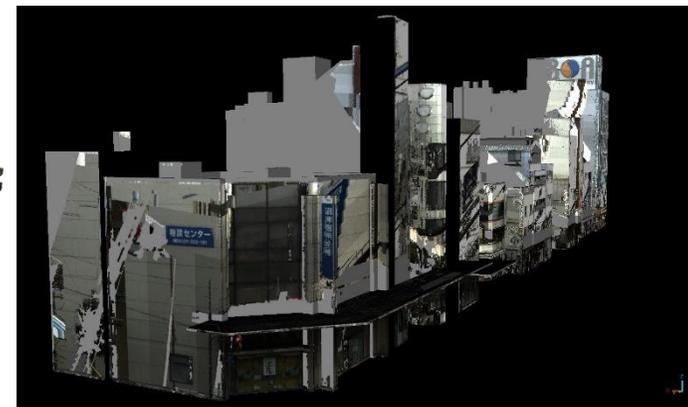
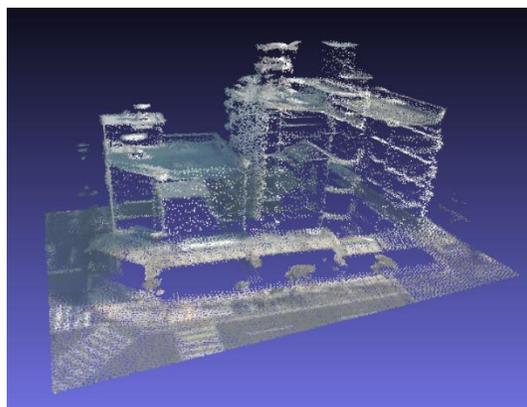
本実証でMMS点群データにより生成されたテクスチャ画像

航空レーザ測量データ

LOD2テクスチャ貼り付け結果

MMS点群データ

LOD2テクスチャ貼り付け結果

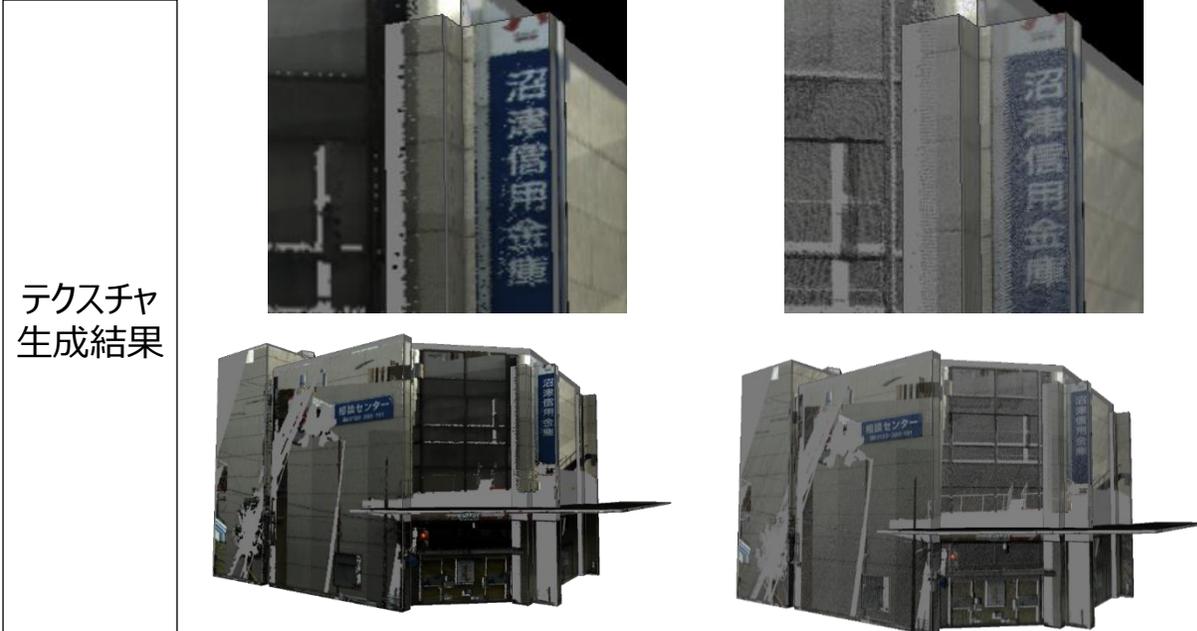


# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 処理点群数・テクスチャサイズでの品質比較

LOD2において、利用する点の数やテクスチャ画像のサイズが上がるほど、基本的に画質は向上するが、画像サイズが1,024ピクセルの場合、点群密度に対する画像解像度が高く、生成されたテクスチャ画像が淡い色となった

LOD2における利用する点数と画質の関係

テクスチャ画像のサイズと画質の関係

画像 点数	n=94,408	n=1,433,319	画像 サイズ	size=256	size=1,024
テクスチャ 生成結果					

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | テクスチャ生成において発生した課題

壁面への点の割り当て処理において、最寄りの面に割り当てると期待通りに描画されない問題が発生した

期待通りに描画されない例①（隙間が発生する）

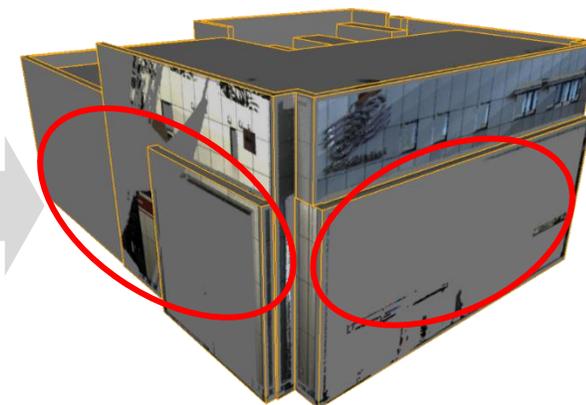
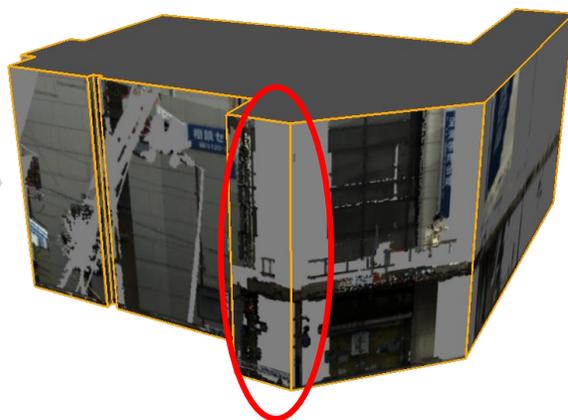
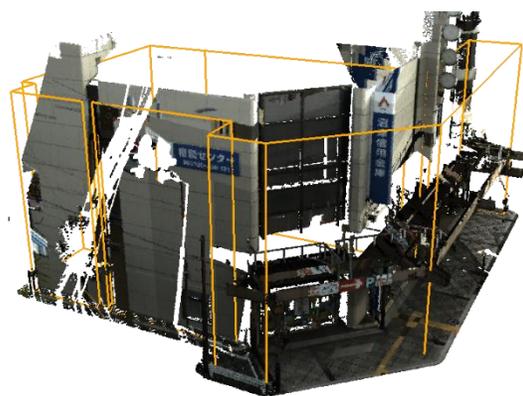
期待通りに描画されない例②（面が描画されない）

点群データ

生成されたテクスチャ

点群データ

生成されたテクスチャ

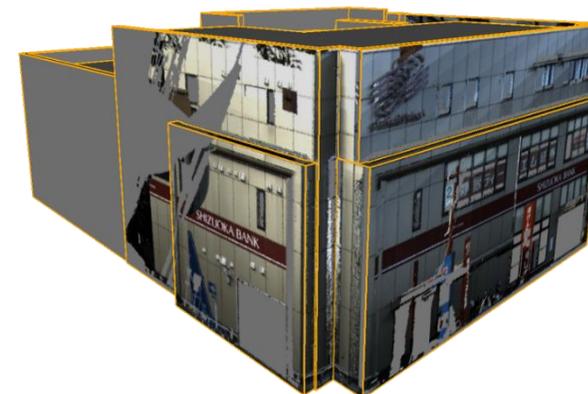
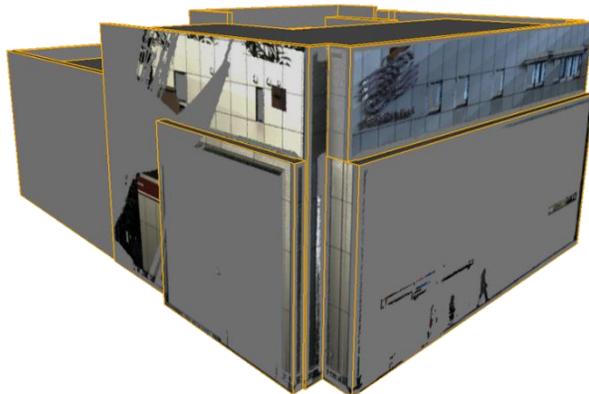
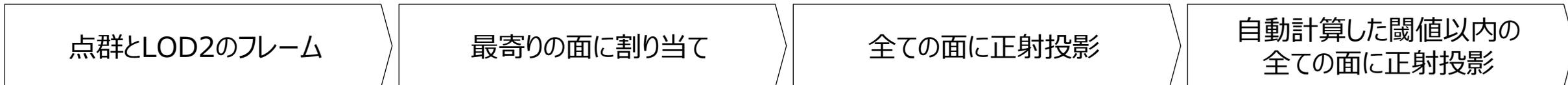


- 最寄りの面に割り当てると、全ての点は1つの面にのみ描画されるため隙間が生じることがある

- LOD2では見えない面が存在することがあり、その面が最寄りの面となる点は描画されない

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 課題への対策：テクスチャの割り当て面の変更

壁面への点の割り当て処理の不具合に対して、自動計算した閾値以内のすべての面に点群を正射投影することで、期待するテクスチャが生成されるよう、改善を行った



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質：まとめ

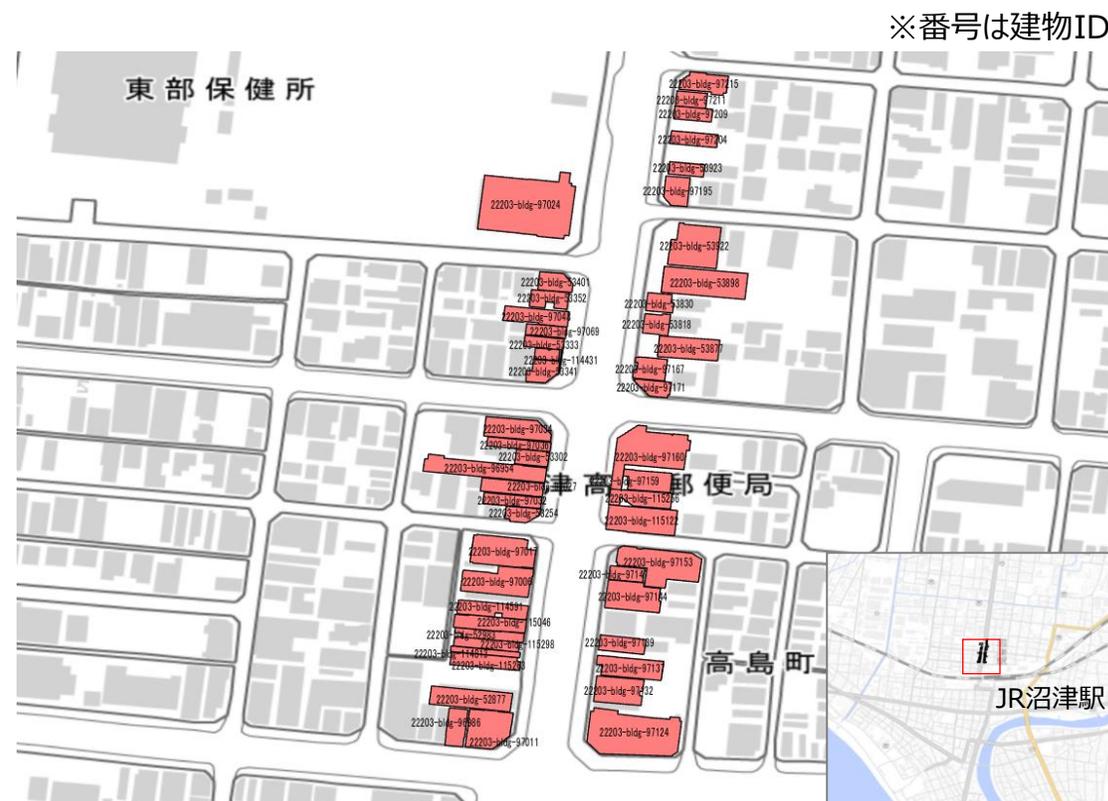
道路に面した建物のテクスチャの品質について、下記の評価基準に基づき、定性評価を行った

テクスチャ品質評価結果

評価建物位置図

対象建物数：51棟

評価	評価基準	割合
◎	欠測も少なく、色合いも良好	6%
○	欠測、画像や色合いの異常が認められるが、概ね良好	15%
△	欠測、画像や色合いの異常が認められ、利用がやや厳しい	25%
×	欠測が多い、もしくは画像や色合いに異常が認めら、利用に不適	54%



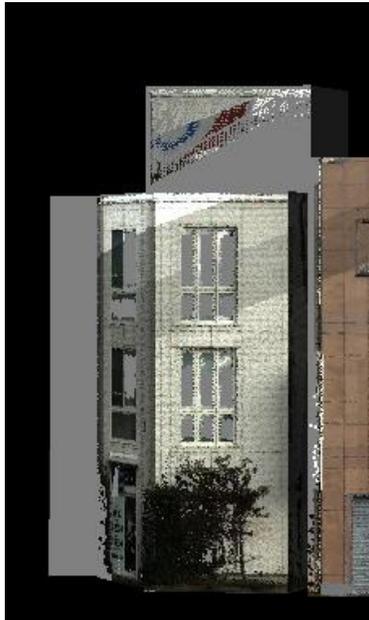
※背景地図は地理院地図を使用

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (1/51)

対照番号 : 22203-bldg-97215

住所 : 新宿町6-8

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



概ね、現地写真のとおり作成されている

評価 :

◎

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (2/51)

対照番号 : 22203-bldg-97211

住所 : 新宿町6-6

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



階段部分が異なる（点群データの問題）が、概ね現地写真の状況を再現している

評価 :

◎

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (3/51)

対照番号：22203-bldg-97024

住所：高島本町1-1

テクスチャ

現地写真

3D点群データ



一部ガラス部分が作成されておらず、色合いが異なるものの、文字も含めて現地状況を再現できている

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (4/51)

対照番号 : 22203-bldg-97209		
住所 : 新宿町6-5		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		上部に看板の映り込みがある (点群データの問題)
評価 :	<input type="radio"/>	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (5/51)

<p>対照番号：22203-bldg-97024</p> <p>住所：高島本町1-1</p>		
<p>テクスチャ</p>	<p>現地写真</p>	<p>3D点群データ</p>
		
<p>評価： ○</p>		<p>建物上部に画像の乱れが生じている（点群データの問題）が、概ね現地写真通りに作成されている</p>

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (6/51)

対照番号 : 22203-bldg-53923

住所 : 新宿町6-2

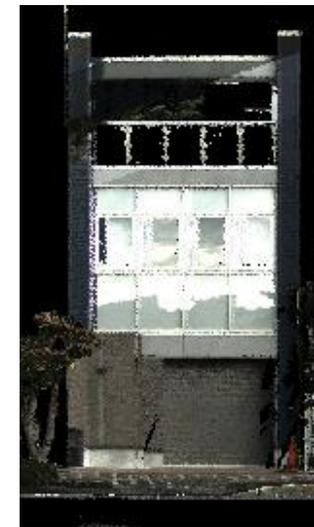
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



窓部分などに画像の乱れがみられる（点群データの問題）が概ね現地写真を再現している

評価 :

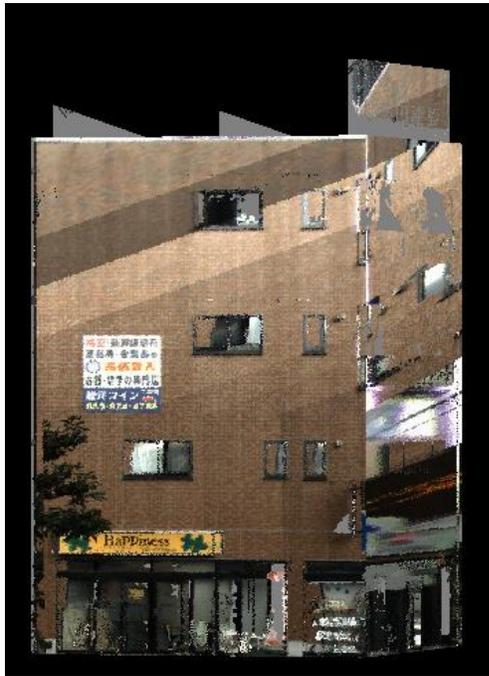


# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (7/51)

対照番号：22203-bldg-97195

住所：新宿町6-1

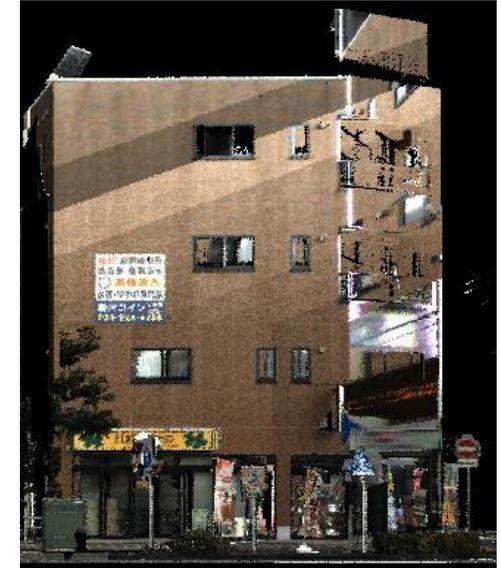
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



概ね現地写真が再現されているが、画像右側の部分は、看板部分に  
の画像の乱れ、バルコニー部分の不良がみられる（点群データの問  
題）

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (8/51)

対照番号 : 22203-bldg-53830

住所 : 新宿町1-5

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



概ね現地写真通り再現されているが、異常な未表示部分が存在する  
(点群データの問題)

評価 :



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (9/51)

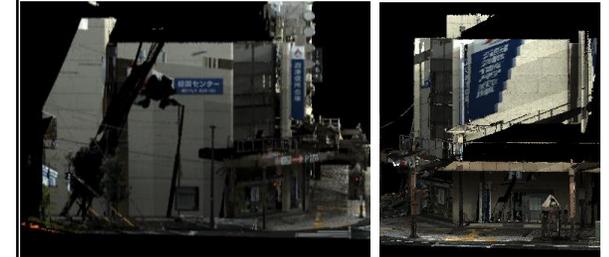
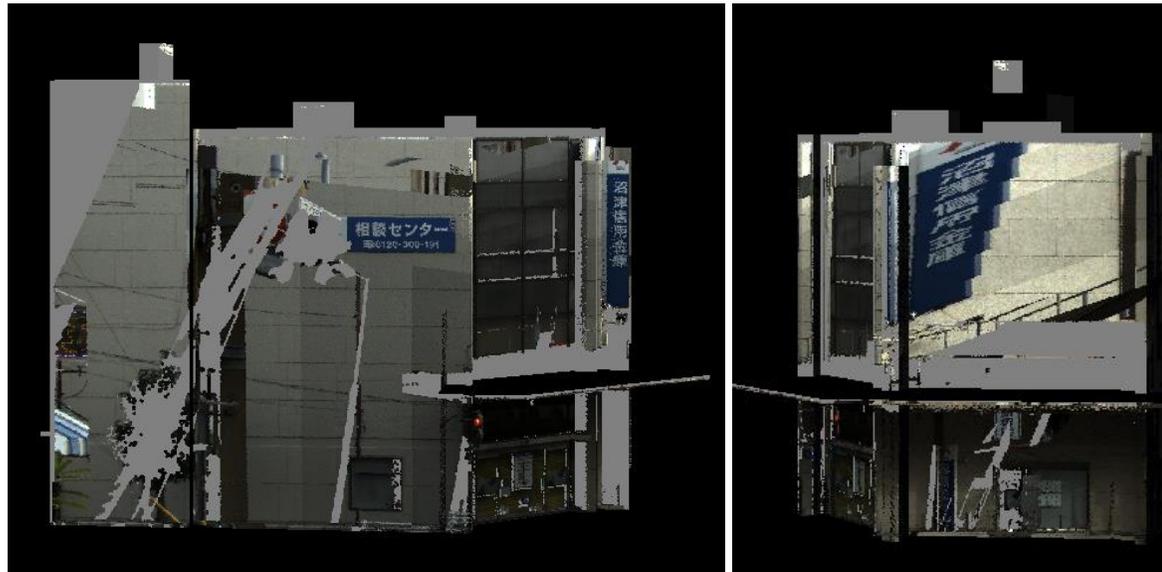
対照番号：22203-bldg-97160

住所：高島町15-5

テクスチャ

現地写真

3D点群データ

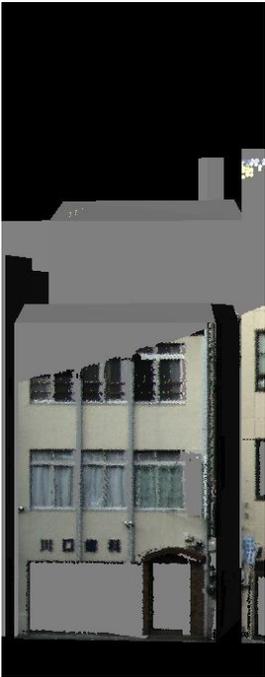
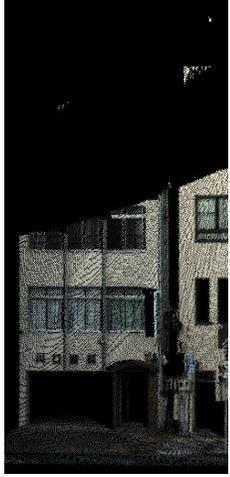


壁面の一部に作成されていない箇所や看板の映り込みがみられるが、概ね現地状況が再現されている

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (10/51)

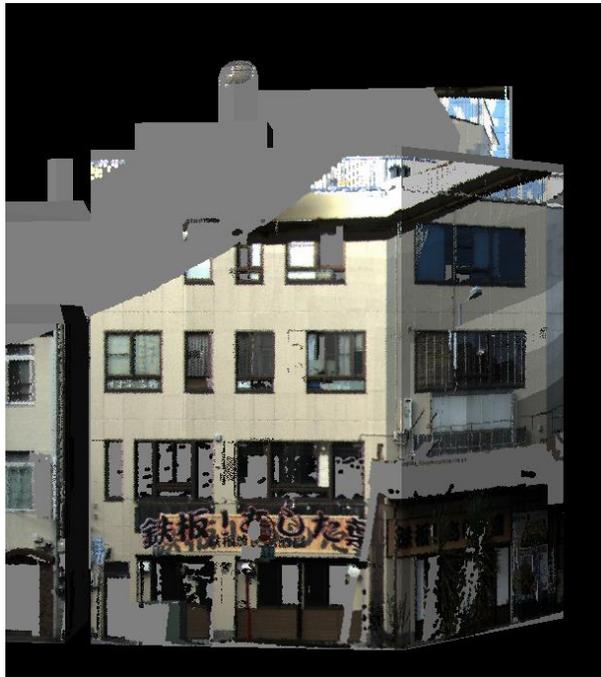
対照番号 : 22203-bldg-96986		
住所 : 高島町21-2		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		現地を概ね再現できているが、上方部が作成されていない（点群データの問題）
評価 :	<input type="radio"/>	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (11/51)

対照番号：22203-bldg-97011

住所：高島町21-1

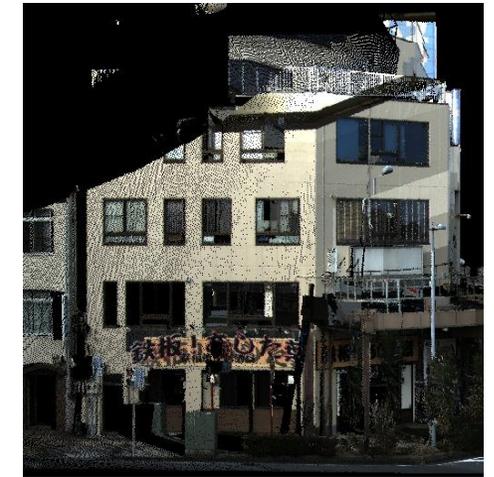
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



現地を概ね再現できているが、上方部が作成されていない（点群データの問題）

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (12/51)

対照番号 : 22203-bldg-53898

住所 : 新宿町1-6

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



壁面に看板の映り込みがみられ、窓部分も画像の乱れが生じている  
(点群データの問題)

評価 :



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (13/51)

対照番号：22203-bldg-53818

住所：新宿町1-4

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



看板の文字が明瞭に表現されているが、1階のガラス面が不鮮明で、2階窓部分もやや画像が乱れている（点群データの問題）

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (14/51)

対照番号：22203-bldg-97167

住所：新宿町1-2

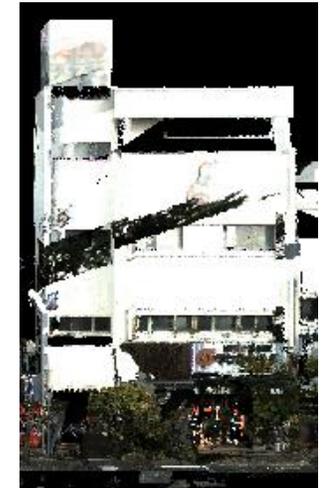
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



影のような画像の映り込みが見られ、1階部分が不鮮明な状況となっている（点群データの問題）。壁が白色のためか、変色のようにも見える

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (15/51)

対照番号 : 22203-bldg-115256		
住所 : 高島町15-2		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		窓ガラスの反射による画像の乱れがある (点群データの問題)
評価 :	△	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (16/51)

対照番号：22203-bldg-97153

住所：高島町3-11

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



看板の模様は明瞭であるが、影の映り込み（点群データの問題）、ガラス面が作成されていない部分がある

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (17/51)

対照番号：22203-bldg-97144

住所：高島町3-7

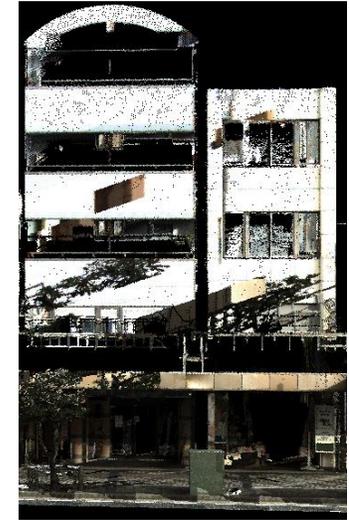
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



壁面色が十分に再現されておらず、影の映り込みも生じている（点群データの問題）。アーケードにより作成されていない部分がある

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (18/51)

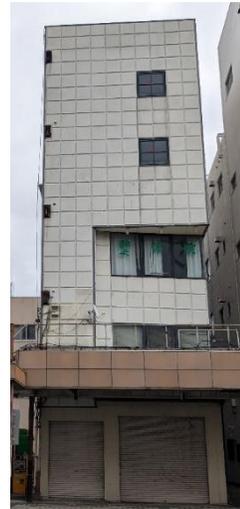
対照番号：22203-bldg-97139

住所：高島町3-5

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



壁が白色のためか、変色のようにも見え、また壁面に影の映り込みが生じている（点群データの問題）。アーケードにより作成されていない部分がある

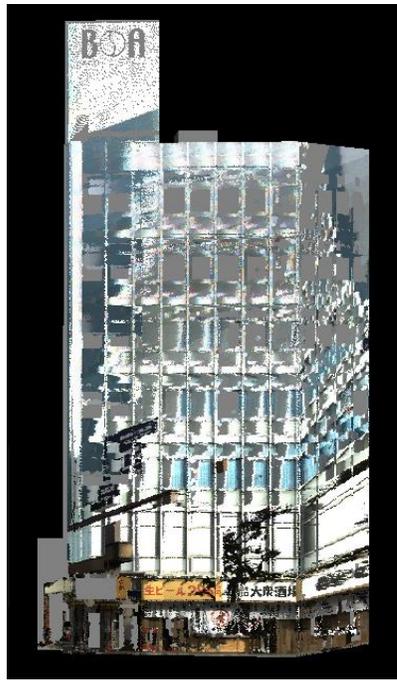
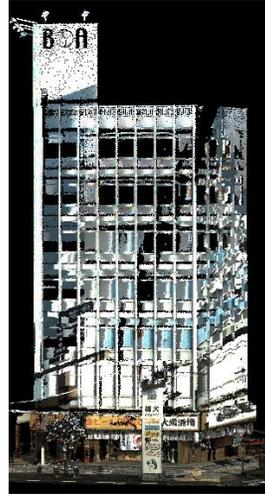
評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (19/51)

対照番号：22203-bldg-97137		
住所：高島町3-4		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
評価： <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; transform: rotate(45deg);"></span>		壁面色が十分に再現されておらず、影の映り込みも生じている（点群データの問題）。アーケードにより作成されていない部分がある

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (20/51)

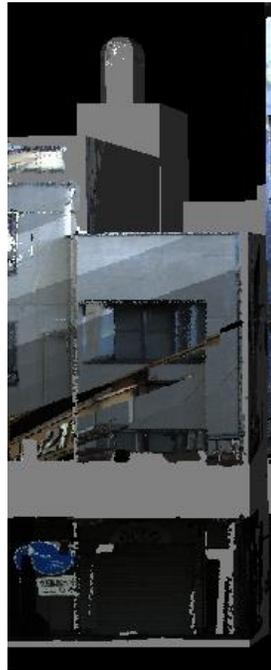
対照番号 : 22203-bldg-97124		
住所 : 高島町3-1		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
評価 :		△
特に上方階で、窓ガラス面に画像の乱れが生じている。画像右端部にゆがみが生じている（点群データの問題）		

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (21/51)

対照番号 : 22203-bldg-52877

住所 : 高島町21-27

テクスチャ



現地写真



3D点群データ

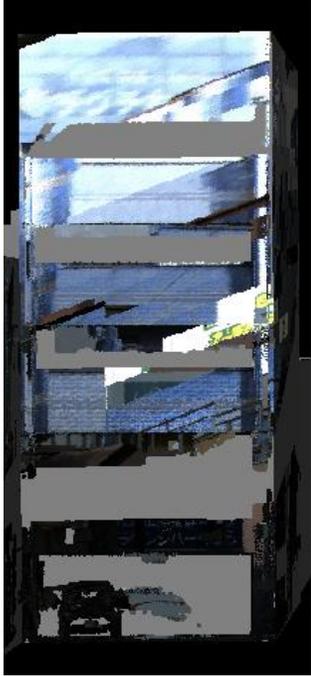


現地を概ね再現できているが、作成されていない部分がある

評価 :



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (22/51)

対照番号 : 22203-bldg-52877		
住所 : 高島町21-27		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
壁面色は再現されているが、窓部分など作成されていない部分が多い		
評価 :	△	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (23/51)

対照番号：22203-bldg-114591

住所：高島町21-22

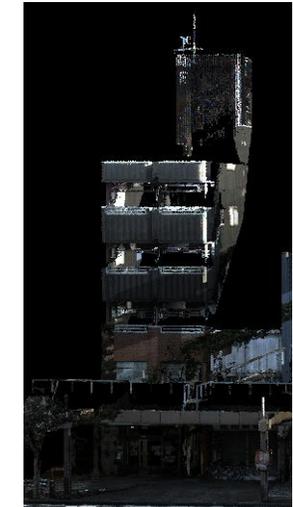
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



建物色は再現されているが、窓部分が作成されていない

評価：

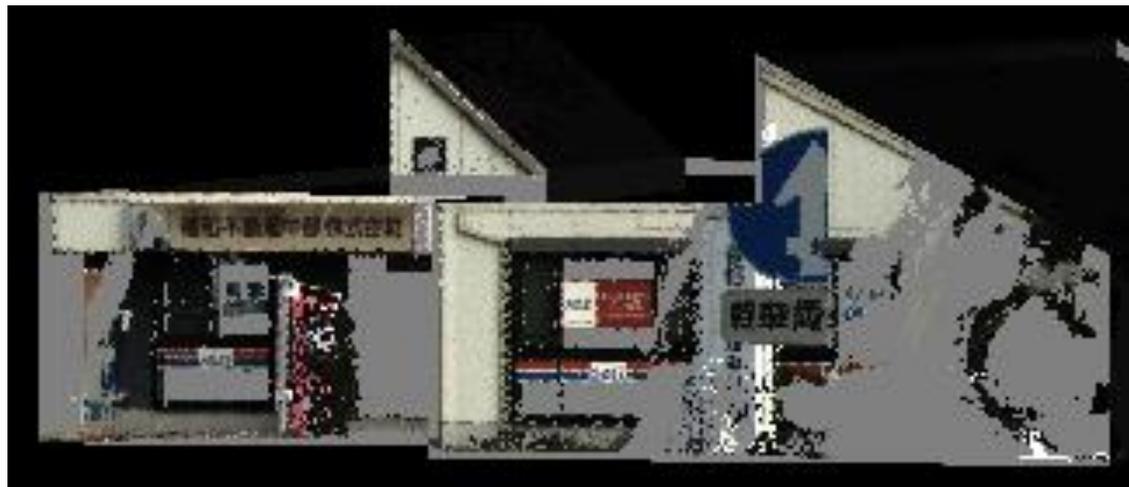


# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (24/51)

対照番号 : 22203-bldg-53922

住所 : 新宿町1-7

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



壁面やガラス窓部分の未取得が多い。また、道路標識の映り込みも見られる (点群データの問題)

評価 :

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (25/51)

対照番号 : 22203-bldg-53877

住所 : 新宿町1-3

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



隣の建物の壁面の映り込みにより、現地状況と全く異なるテクスチャが生成されている（点群データの問題）

評価 :

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (26/51)

対照番号：22203-bldg-97171

住所：新宿町1-1

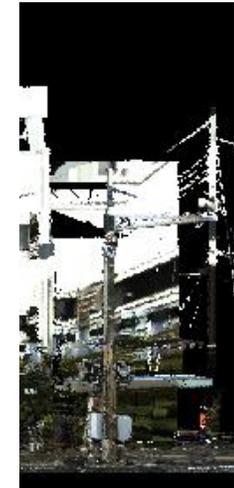
テクスチャ



現地写真



3D点群データ

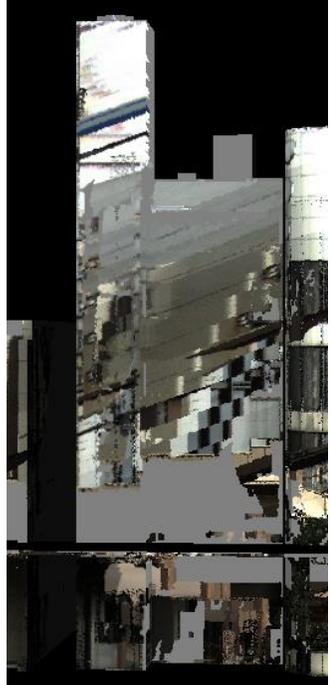
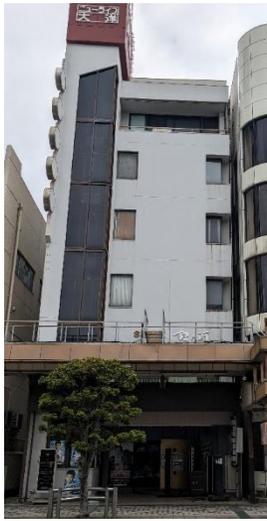
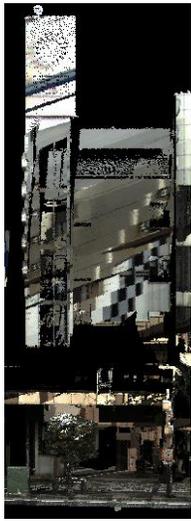


隣の建物の壁面の映り込みにより、現地状況と全く異なるテクスチャが生成されている（点群データの問題）

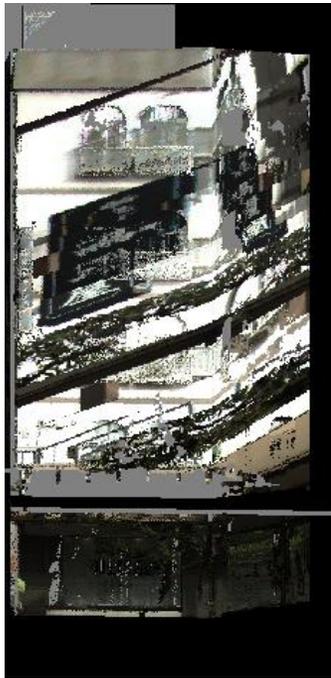
評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (27/51)

対照番号 : 22203-bldg-97159		
住所 : 高島町15-3		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		<p>全体に別の建物の映り込みが生じており、1階部分はデータが作成されていない部分もある (点群データの問題)</p>
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (28/51)

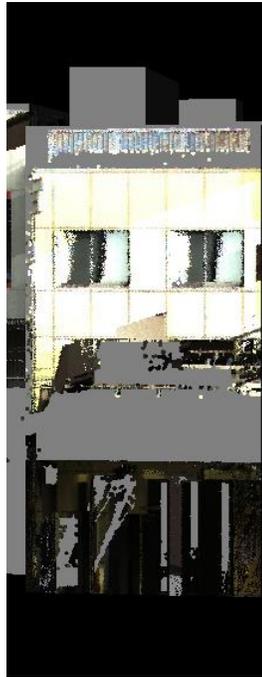
対照番号 : 22203-bldg-115122		
住所 : 高島町15-1		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		影のような映り込みが生じている (点群データの問題)
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (29/51)

対照番号：22203-bldg-97147

住所：高島町3-8

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



壁面色が十分に再現されていない（点群データの問題）。アーケードにより作成されていない部分がある

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (30/51)

対照番号：22203-bldg-97132

住所：高島町3-3

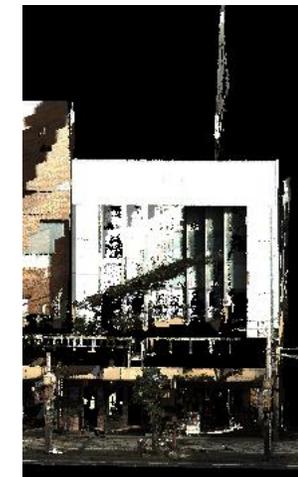
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



ガラス面の画像に乱れが生じている（点群データの問題）。アーケードにより作成されていない部分がある

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (31/51)

対照番号 : 22203-bldg-115263		
住所 : 高島町21-25		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		アーケードの影で作成されていない部分が多い
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (32/51)

対照番号 : 22203-bldg-114813		
住所 : 高島町21-24		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		アーケードの影で作成されていない部分が多い
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (33/51)

対照番号 : 22203-bldg-115298

住所 : 高島町21-24

テクスチャ



現地写真



3D点群データ

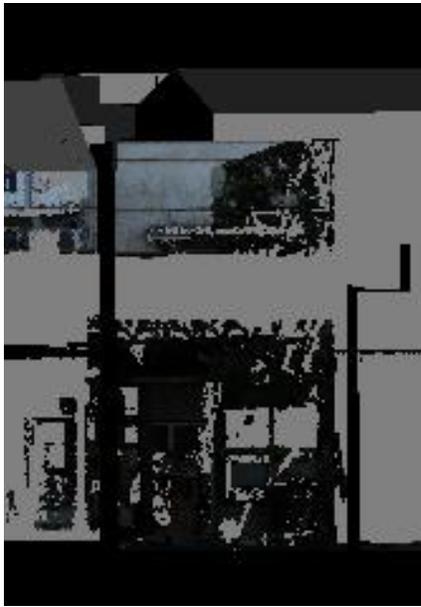
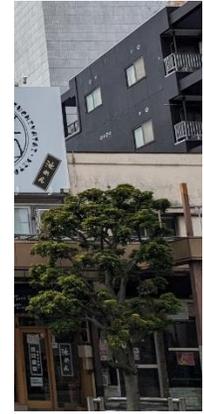
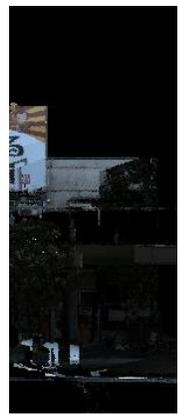


アーケードの影で作成されていない部分が多い

評価 :

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (34/51)

対照番号 : 22203-bldg-52983		
住所 : 高島町21-24		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		アーケードの影で作成されていない部分が多い
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (35/51)

対照番号：22203-bldg-115046

住所：高島町21-24

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



作成されていない

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (36/51)

対照番号：22203-bldg-97006 (3棟が3D都市モデルでは1棟)

住所：高島町21-21

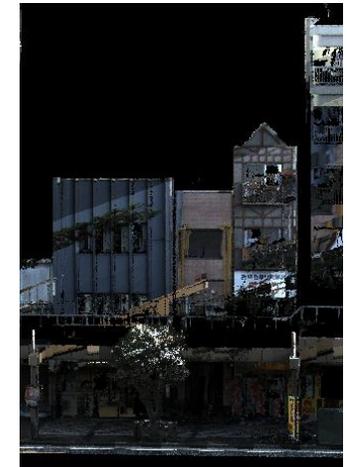
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



アーケード部分が陰で作成されていない

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (37/51)

対照番号 : 22203-bldg-97017		
住所 : 高島町21-20		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		他の建物が写りこんでいる (点群データの問題)
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (38/51)

対照番号：22203-bldg-53254

住所：高島町27-1

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



他の建物等が映りこんでいる（点群データの問題）

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (39/51)

対照番号 : 22203-bldg-97032		
住所 : 高島町27-1		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
	他の建物等が映りこんでいる (点群データの問題)	
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (40/51)

対照番号：22203-bldg-97027

住所：高島町27-1

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



他の建物等が映りこんでいる (点群データの問題)

評価：



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (41/51)

対照番号：22203-bldg-96954

住所：高島町27-16

テクスチャ



現地写真



3D点群データ

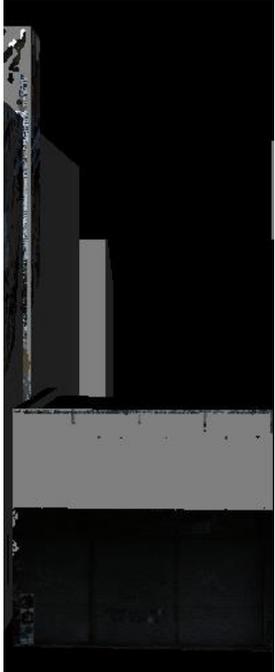


影のような映り込みが生じている（点群データの問題）

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (42/51)

対照番号 : 22203-bldg-53302		
住所 : 高島町27-15		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
	 <p>2階部分のテクスチャが作成されていない (点群データにも映っていない)</p>	
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (43/51)

対照番号 : 22203-bldg-97036		
住所 : 高島町27-13		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		アーケード部分が陰で作成されていない。他の建物等が映りこんでいる (点群データの問題)
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (44/51)

対照番号：22203-bldg-97034

住所：高島町27-13

テクスチャ



現地写真



3D点群データ



アーケード部分が陰で作成されていない。他の建物等が映りこんでいる  
(点群データの問題)

評価：

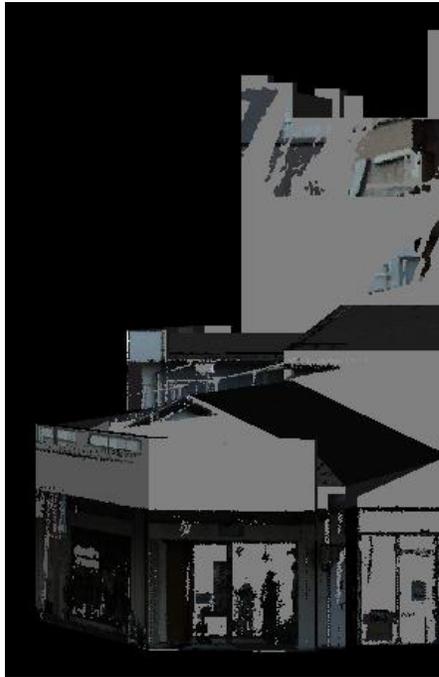
×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (45/51)

対照番号：22203-bldg-53341

住所：高島町28-16

テクスチャ



現地写真



3D点群データ

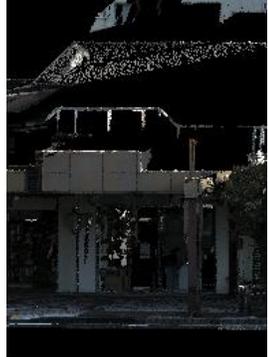


アーケード部分が陰で作成されていない

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (46/51)

対照番号 : 22203-bldg-53395		
住所 : 高島町28-15		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
	アーケード部分が陰で作成されていない	
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (47/51)

対照番号 : 22203-bldg-53333		
住所 : 高島町28-15		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
アーケード部分が陰で作成されていない		
評価 :	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (48/51)

対照番号：22203-bldg-97069

住所：高島町28-15

テクスチャ



現地写真



3D点群データ

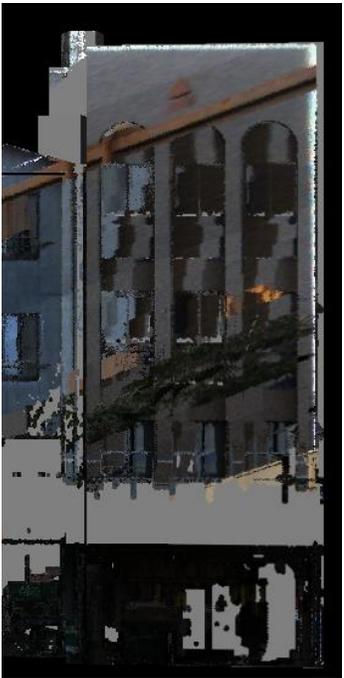


アーケード部分が陰で作成されていない。他の構造物が映りこんでいる  
 (点群データの問題)

評価：

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (49/51)

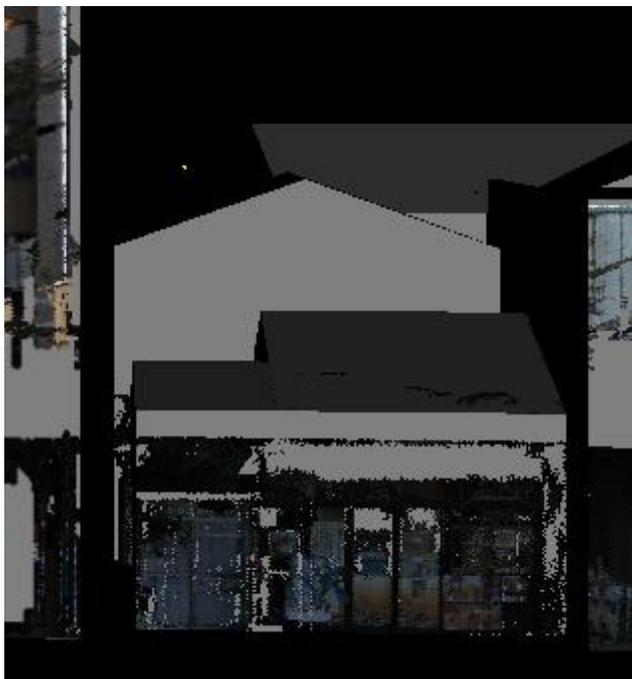
対照番号：22203-bldg-97048		
住所：高島町28-14		
テクスチャ	現地写真	3D点群データ
		
		アーケード部分が陰で作成されていない。他の構造物が映りこんでいる (点群データの問題)
評価：	×	

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (50/51)

対照番号 : 22203-bldg-53352

住所 : 高島町28-13

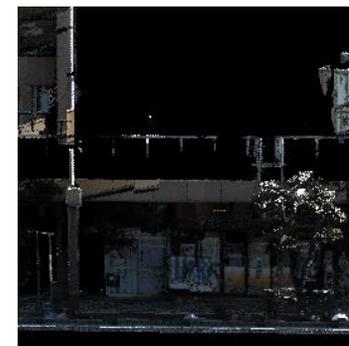
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



アーケード部分が陰で作成されていない

評価 :

×

# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | 作成されたテクスチャの品質 (51/51)

対照番号：22203-bldg-53401

住所：高島町28-12

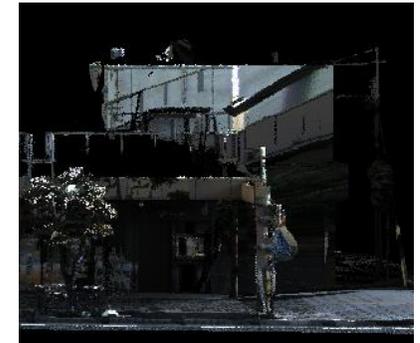
テクスチャ



現地写真



3D点群データ



アーケード部分が陰で作成されていない。建物右側が斜めの画像になっている（点群データの問題）

評価： ×



# IV. 実証技術の検証 > 1. 分析精度の検証 > ④ テクスチャマッピング検証 検証結果 | マッチング処理時間サマリ

サービス化においては、処理ハードウェアのメモリの増強、並列処理や、処理対象のデータ範囲を分割するなどによる高速化が必要である

検証結果

評価項目	評価基準	結果	示唆
点群データとのマッチング処理速度	10分 (沼津市全域)	計測不可 (1棟あたり 90秒程度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• テクスチャマッピングの処理が重く、沼津市全域での計測は不可となった</li> <li>• 計算時間はアップロード時間&gt;計算時間のためストリーミング処理などを埋め込み並列性を改善することで処理時間の短縮が見込まれる</li> </ul>

1棟の処理時間の内訳 (一例)

処理項目	アップロード時間 (秒)	計算時間 (秒)	合計時間 (秒)
①建物マッチング	27.89	3.41	31.30
②テクスチャマッピング	25.15	22.30	47.45
① + ②	53.04	25.71	78.75

\* 建物のスペック：22203-bldg-97160 (沼津信金)、LOD2、点数40万、自動しきい値、512ピクセルの場合

\* 具体的な時間の定義：「点群データによる建物マッチング」から「テクスチャマッピング (テクスチャ作成)」までの処理時間

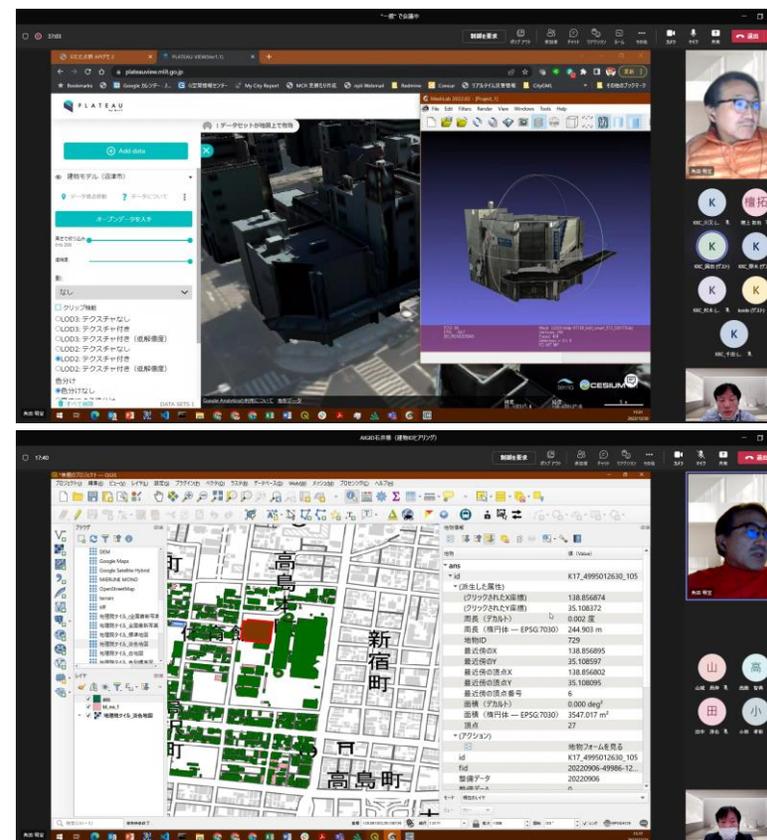
# IV. 実証技術の検証 > 2. 実証システムの価値検証 > ① 検証内容 想定事業者への実証ヒアリング

当面の想定ユーザーとなる3D都市モデルの整備事業者と将来的なユーザーとして想定する事業者にヒアリングを実施した

実証ヒアリング実施概要

対象事業者	3D都市モデルの整備事業者	将来的な利用を想定する事業者
目的	本サービスが3D都市モデルの整備業務で有用か確認する	本サービスが参加者の業務に有用か確認する
実施期間	2022年12月	
実施場所	Web	
主な参加者	アジア航測株式会社 朝日航洋株式会社 国際航業株式会社 株式会社パスコ	株式会社ゼンリン
実施内容	開発したWebサービスについて、実際にマッチング等の実演を行い、結果を確認	

各社とのデモ・ディスカッション状況



# IV. 実証技術の検証 > 2. 実証システムの価値検証 > ② 検証結果 事業者への実証ヒアリング

実業務や将来的な利用可能性に対して好意的な意見があった一方で、テクスチャの精緻化やユースケースの拡張等を求める声もあり、サービス拡大に向けて更なる開発が必要であることがわかった

分類	評価項目	評価方法	結果	コメント
実業務での利用可能性	属性付与での実業務での利用可能性	属性付与機能を実業務で利用するか4社から意見を聴取	有効との回答：100% (4社)	<ul style="list-style-type: none"> <li>経年変化の確認、棟割りの違いの抽出、属性付与基準の検討に有効など、大幅な作業短縮につながる</li> </ul>
	テクスチャ生成サービスの実業務利用可能性	3次元点群データ・空中写真等からのテクスチャ生成サービスを実業務で利用するか4社から意見を聴取	有効との回答：75% (3社) (1社は、「あるとよいが、点群だと遮蔽物等の影響で品質を満たさない可能性あり」と回答)	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空写真のテクスチャでは粗い</li> <li>データ容量を小さくするためにテクスチャのUVマップ化は検討してほしい</li> <li>CityGMLへの直接出力ができると、業務に有効になる</li> <li>業務利用だけでなく、3D都市モデルの一部のテクスチャを精緻化するというユースケースに有効である</li> <li>ベースとなるデータを利用者側で変更できると活用の幅が広がる</li> </ul>
将来的な利用可能性	将来的に建物IDマッチング基盤を利用する可能性	デモンストレーションにより、1社より意見を聴取	可能性あり：1社	<ul style="list-style-type: none"> <li>(コメントなし)</li> </ul>
	不動産IDとの連携の可能性		可能性あり：1社	<ul style="list-style-type: none"> <li>(コメントなし)</li> </ul>
	土地・不動産情報ライブラリとの連携の可能性		可能性あり：1社	<ul style="list-style-type: none"> <li>不動産事業者との取引は現状もあるため、不動産IDがキーとなると、有効になると考える</li> </ul>

I. 実証概要

II. 実証技術の概要

III. 実証システム

IV. 実証技術の検証

**V. 成果と課題**



## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

# ① 3D都市モデルによる技術面での優位性

3D都市モデルの建物データとのマッチングやテクスチャの生成が実現できることが本実証実験を通じて確認された

項目	想定される技術面での優位性
様々な次元の建物データとのマッチングの実現	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデルの建物データを利用することで、2次元の建物データ（ポリゴン）とのマッチングに加えて、3次元の建物データとのマッチングも可能となる<ul style="list-style-type: none"><li>2次元の建物データについては、ゼンリン住宅地図の建物ポリゴン、航空写真から抽出した建物ポリゴン等と、3次元の建物データについては、3D点群データとのマッチングができることを確認した</li></ul></li></ul>
属性によるマッチングの可能性	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデルの建物データが保有する属性を活用して、本実証で実施したジオメトリによるマッチングだけでなく、属性によるマッチングにも対応可能となる<ul style="list-style-type: none"><li>マッチングした建物データの属性を取込めるため、マッチング方法をできる</li></ul></li></ul>
詳細な建物形状による建物認識の可能性	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデルの上位のLODを利用することで、本実証で実現した3D点群データによるテクスチャ生成のように、現実世界に近いテクスチャ情報の生成が実現できる<ul style="list-style-type: none"><li>写真を利用したテクスチャ整理への応用も考えられる</li></ul></li></ul>
位置正確度が保証された情報への置き換えの可能性	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデルは、公共測量成果として、標準製品仕様では地図情報レベル2500の位置正確度が適用されているため、マッチングを行った結果として位置正確度の劣る建物データを置き換えることが可能となる</li></ul>
オープンデータの利用による他地域への展開	<ul style="list-style-type: none"><li>3D都市モデルは、オープンデータとして本実証地域以外でも入手可能であるため、他地域への展開も容易である</li></ul>

# V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

## ② 3D都市モデルによるビジネス面での優位性

建物データとのマッチングを行い、建物の属性情報を付与したりテクスチャを生成する機能が事業者からのニーズがあり、今後さらに拡大しうる可能性が確認された

項目	想定されるビジネス面での優位性
3D都市モデル建物データ整備の際の作業効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D都市モデル作成の属性付与の場面において、元データと、属性を流し込むデータとの間の時点の違い等による差異の確認に有効であることが確認でき、作業時間の短縮等につながる               <ul style="list-style-type: none"> <li>3D都市モデル整備のコスト低減につなげられ、3D都市モデルの整備・更新の推進につなげられる</li> </ul> </li> </ul>
精緻なテクスチャ情報を持つ3D都市モデルの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D点群データにより、より精緻なテクスチャ情報を作成することができるため、オープンデータとして公開されている3D都市モデルのテクスチャ情報を更新し、VRやメタバースなどで建物をよりリアルに見せるなどのニーズに対して、本サービスが活用できる余地がある</li> <li>まだこのようなツールが作成されていない状況にあるため、今後MMSデータのオープンデータ化等が進む中で、本サービスが有効に利用できる可能性がある</li> </ul>

## V. 成果と課題 > 2. 今後の取り組みに向けた課題

### 今後の取り組みに向けた課題

価値検証により得られた意見も踏まえて、今後の取り組みに向けた課題は以下のとおり

項目	活用にあたっての課題
建物マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 将来的な利活用を想定した場合、住宅地図・航空写真・点群データ以外にも、不動産情報やスマホ・ドローン・車載カメラなどの建物に関するデータに対するマッチングのニーズへの対応が必要である</li> <li>• 開発した建物マッチングサービスは、幾何情報が存在していることが前提であるため、より多くの建物情報をマッチングするためには、属性データなどの幾何情報以外の情報とのマッチング手法も組み込む必要がある</li> <li>• より広域のマッチングに向けて、アルゴリズム変更や並列処理化による処理速度の改善が必要である</li> </ul>
テクスチャ生成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 膨大な点群データを取り扱うため、処理には十分なメモリ容量が必要となっている。WEBサービスとする場合には、メモリ容量の増強とともに、複数の処理への対応（処理の制御）などが必要である</li> <li>• 業務利用の場合には、1棟1棟の処理では作業に支障があるため、複数建物を一括で処理できるような方法についても検討する必要がある</li> <li>• MMS点群データの場合、取得されている範囲が道路沿いのみであるため、それ以外の壁面のテクスチャ生成についても検討が必要である</li> <li>• 点群データの場合、遮蔽物等により壁面に点が届いていない場合がある。よりきれいなテクスチャ生成のためには、アイレベルでの撮影データが得られる車載全方位カメラ（ドライブレコーダー）などへの対応も必要である</li> </ul>



# 用語集 (1/9)

用語	内容
ア行	
アーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none"><li>コンピュータやソフトウェア、システム、あるいはそれらの構成要素などの、基本設計や共通仕様、設計思想のこと</li></ul>
IMU	<ul style="list-style-type: none"><li>Inertial Measurement Unitの略</li><li>慣性計測装置のことで3次元の慣性運動（直行3軸方向の並進運動および回転運動）を検出する</li></ul>
Win	<ul style="list-style-type: none"><li>Microsoft Windowsの略</li><li>Microsoft社が開発・販売している、コンピュータのオペレーティングシステム（OS）製品</li></ul>
Web API	<ul style="list-style-type: none"><li>Web Application Programming Interfaceの略</li><li>コンピュータプログラムの提供する機能を外部の別のプログラムから呼び出して利用するための手順・規約（API：Application Programming Interface）の種類の一つで、HTTPなどWebの技術を用いて構築されたもの</li><li>Web APIを使用することで異なるプログラムやサイト間でデータをやり取りすることが可能となる</li></ul>
AWS	<ul style="list-style-type: none"><li>Amazon Web Servicesの略</li><li>Amazon社が事業者向けに提供しているクラウドサービス</li><li>企業などが情報システムの運用やオンラインサービスの運営のために必要とするITインフラや様々な個別の情報処理機能を、インターネットを通じてサービスとして販売している</li></ul>
XML	<ul style="list-style-type: none"><li>Extensible Markup Languageの略</li><li>文書やデータの意味や構造を記述するためのマークアップ言語（タグ）で、特定の文字列で地の文に情報の意味や構造、装飾などを埋め込むことができる</li></ul>
FME	<ul style="list-style-type: none"><li>Feature Manipulation Engineの略称</li><li>国土交通省の「Project PLATEAU」でも使用されている、地理情報の抽出、変換、読み込みのプラットフォーム</li></ul>

# 用語集 (2/9)

用語	内容
ア行	
MMS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mobile Mapping Systemの略</li><li>• 車両にGNSS、レーザースキャナ、カメラなどの機器を搭載し、走行しながら3次元の道路の形状・データを高精度で効率的に取得する方法</li></ul>
MTL	<ul style="list-style-type: none"><li>• コンピュータレンダリングの目的のための、フォン反射モデルに関する面の光反射特性を定義するASCIIファイル</li><li>• 異なるコンピュータソフトウェアパッケージの間に広範なサポートがあり、便利なマテリアル交換形式である</li></ul>
LP	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laser Profilerの略</li><li>• 航空機等からレーザー光を地表に照射し、その反射光から地形を精密に測定する技術</li></ul>
OLC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Open Location Codeの略</li><li>• Googleが開発した位置を特定するコード</li><li>• 緯度と経度から作成され、数字と文字で表わされる</li></ul>
OGR2OGR	<ul style="list-style-type: none"><li>• gdalのコマンドの一つで、シンプルフィーチャデータをファイル形式間で変換するために使用できる</li><li>• 空間または属性の選択、属性セットの削減、出力座標系の設定、移動中のフィーチャの再投影など、プロセス中にさまざまな操作を実行することもできる</li></ul>
OBJ	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3次元コンピュータグラフィックス (3DCG) で用いる物体の形状データを記録するファイル形式の一つ</li><li>• 三次元空間における物体の形状を表すデータで、頂点の座標、物体表面を構成する面の情報、曲線や曲面を表すパラメータなどをテキスト形式で記述する</li></ul>
オルソ画像	<ul style="list-style-type: none"><li>• 写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換 (以下、「正射変換」という) したもの</li><li>• 地理情報システム (GIS) などにおいて、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能で、地図データなどと重ね合わせて利用することができる地理空間情報</li></ul>

# 用語集 (3/9)

用語	内容
カ行	QGIS <ul style="list-style-type: none"><li>• Quantum Geographical Information Systemの略</li><li>• フリーの地理空間情報データの閲覧、編集、分析機能を有するクロスプラットフォームのオープンソースソフトウェア・GISソフト</li><li>• 有料・高額なGISソフトに近い機能・操作性を備えており、機能の追加も無料のプラグインで行うことができる</li></ul>
	空間インデキシング <ul style="list-style-type: none"><li>• 地理空間情報を格納するデータベースにおける、空間検索を効率よく行うための索引付け</li></ul>
	交差 <ul style="list-style-type: none"><li>• Intersectとも言う</li><li>• シミュレーション中にキャラクター同士の移動が交わり、キャラクター同士が衝突または衝突回避をおこなった状態</li><li>• もしくは入力レイヤとオーバーレイレイヤの交差部分を抜き出す機能</li></ul>

# 用語集 (4/9)

用語	内容
サ行	GNSS <ul style="list-style-type: none"> <li>Global Navigation Satellite Systemの略</li> <li>「全球測位衛星システム」を意味</li> <li>米国のGPS、日本の準天頂衛星（QZSS）、ロシアのGLONASS、欧州連合のGalileo等の衛星測位システムの総称</li> </ul>
	GDAL <ul style="list-style-type: none"> <li>Geospatial Data Abstraction Libraryの略</li> <li>ラスタおよびベクター地理空間情報データフォーマットのための変換用ライブラリ</li> </ul>
	CPU <ul style="list-style-type: none"> <li>Central Processing Unitの略</li> <li>中央処理装置を意味する</li> <li>コンピュータの主要な構成要素の一つで、他の装置・回路の制御やデータの演算装置と制御装置を統合したもの</li> </ul>
	GPU <ul style="list-style-type: none"> <li>Graphics Processing Unitの略</li> <li>コンピュータに搭載される半導体チップの一種で、画面表示や画像処理に特化した演算装置</li> <li>特に、3次元グラフィックス（3DCG）描画や動画の圧縮・展開などに必要な演算を高速化する並列処理に優れた構造のもの</li> </ul>
	JGD2011 <ul style="list-style-type: none"> <li>日本測地系2011のこと</li> <li>日本で構築・維持されている世界測地系であり、2001年の測量法改正により、日本測地系（旧測地系）から日本測地系2000（JGD2000）に移行し、さらに2012年の測量法改正により日本測地系2011（JGD2011）に移行した</li> </ul>
	SHPファイル <ul style="list-style-type: none"> <li>Shapefileの略</li> <li>地理情報システム（GIS）間でのデータの相互運用におけるオープン標準として用いられるファイル形式</li> <li>ESRI社が開発した地理空間データを保存するためのフォーマットで、地理空間データを点や線、面で表現することができる</li> </ul>

# 用語集 (5/9)

用語	内容	
サ行	Generic拡張	<ul style="list-style-type: none"><li>プログラミング言語の機能・仕様の一つで、同じプログラムコードで様々なデータ型のデータを処理できるようにするもの</li><li>ジェネリックと拡張メソッドを使えば、より汎用的で使いやすくなる</li></ul>
	GeoJSON	<ul style="list-style-type: none"><li>JSONを用いて空間データをエンコードし、非空間属性を関連付けるファイルフォーマット</li></ul>
	Geopackage	<ul style="list-style-type: none"><li>地理空間情報を転送するための、プラットフォームに依存しない標準的なデータ形式</li></ul>
	GeoPandas	<ul style="list-style-type: none"><li>Pythonで地理空間データを扱うためのライブラリのひとつ</li><li>Pandasの拡張で、地理データを含むデータをpandasのように表形式で扱うことができる</li></ul>
	正射変換	<ul style="list-style-type: none"><li>写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換すること</li></ul>
	セグメンテーション	<ul style="list-style-type: none"><li>区分け、区分、分割などの意味</li><li>全体を何らかの基準や規則に基づいて、いくつかの部分・断片に分割すること</li><li>ネットワークの分野では、大規模なネットワークを小規模なネットワークに分割して管理することが該当</li><li>自動運転の分野では、車載カメラの映像をAIで分析し、映像に映っているものを「車両」「人」「建物」などに分類することが該当</li></ul>

# 用語集 (6/9)

用語	内容
タ行	WGS 84 <ul style="list-style-type: none"> <li>地図作成、測地学、およびGPSを含む衛星ナビゲーションで使用される標準のうち、地球中心の地球固定座標系と測地基準系を定義し、関連する地球重力モデル(EGM)と世界磁気モデル(WMM)についても説明されたもの</li> </ul>
	中心投影 <ul style="list-style-type: none"> <li>三次元の物体を平面上で表現するための図法</li> </ul>
	地理院タイル <ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省が測量を行った全国の地形データを、タイル状に分割し公開している情報  <a href="https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html">https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html</a></li> </ul>
	データクレンジング <ul style="list-style-type: none"> <li>データベースなどに保存されているデータの中から、重複や誤記、表記の揺れなどを探し出し、削除や修正、正規化などを行ってデータの品質を高める処理や作業</li> </ul>
	データベースマネジメントシステム <ul style="list-style-type: none"> <li>データベースを管理し、外部のソフトウェアからの要求に応じてデータベースの操作を行う専門のソフトウェア</li> <li>DBMS (データベース管理システム) とも言う</li> </ul>
	テクスチャ <ul style="list-style-type: none"> <li>3Dモデルの表面に貼り付ける画像</li> <li>テクスチャを使うことで、3Dモデルに質感や模様を与えることができる</li> </ul>
ナ行	numpy <ul style="list-style-type: none"> <li>数値計算を効率的に行うPythonのライブラリ</li> </ul>

# 用語集 (7/9)

用語	内容
八行	Python <ul style="list-style-type: none"> <li>1990年代初頭ごろから公開されているプログラミング言語</li> <li>2020年度からは、国家資格である基本情報技術者試験で出題されるプログラミング言語に追加された</li> </ul>
	B,L <ul style="list-style-type: none"> <li>緯度 (latitude) 、経度 (longitude) を意味する略</li> <li>latitude (緯度) : ラテン語のlātus (= Broad : 広い) 、longitude (経度) : ラテン語のlongus (= Long : 長い) のラテン語が語源</li> </ul>
	ピクセル <ul style="list-style-type: none"> <li>デジタル画像や画面などを構成する最小単位である、色のついた微細な点</li> <li>また、その数を表す単位</li> <li>単位を表す場合は “px” と略記されることもある</li> </ul>
	Pillow <ul style="list-style-type: none"> <li>Python Image Library (PIL : Python画像ライブラリ)から派生したライブラリ</li> <li>画像のサイズ変更やトリミング、輝度やコントラストの変更など画像に関するさまざまな処理を行うことができる</li> </ul>
	フィーチャー <ul style="list-style-type: none"> <li>建物、道路、鉄道、河川などの実在するものをベクター データ化した個々の地物</li> </ul>
	不動産ID <ul style="list-style-type: none"> <li>1つの不動産に関するさまざまな情報を紐付けるための固有番号</li> </ul>
	Precision <ul style="list-style-type: none"> <li>適合率</li> <li>「正」と予測したデータの中で、実際に「正」が正解だった確率</li> </ul>
	Blender <ul style="list-style-type: none"> <li>3DCGアニメーションを作成するための統合環境アプリケーション</li> <li>2D/3DCG製作、2D/3DCGアニメーション製作、VFX向けデジタル合成、動画編集が可能</li> <li>プラグインを追加することで、CityGMLファイルを開くことやobjへの変換、またはSecium ionへのファイル送信が可能となる</li> </ul>
	PostgreSQL <ul style="list-style-type: none"> <li>RDB (リレーショナルデータベース) の作成や操作、管理ができるオープンソースのデータベース管理システム (DBMS) の一つ</li> </ul>



# 用語集 (8/9)

用語		内容
ハ行	PostGIS	<ul style="list-style-type: none"><li>• PostgreSQLデータベースで地理空間情報を扱うための拡張機能</li><li>• オープンソースの関係データベース管理システムであるPostgreSQLで地理空間情報を扱うための拡張ライブラリ</li></ul>
	ポリゴン	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3Dのコンピュータグラフィックスで立体を表現する際に用いられる、多角形の平面データ</li></ul>
マ行	Mac	<ul style="list-style-type: none"><li>• Macintoshの略</li><li>• Apple社のパーソナルコンピュータの製品シリーズ名</li><li>• 1984年に「Macintosh」（マッキントッシュ）の名称で登場し、2010年以降は愛称だった「Mac」（マック）が正式名称となった</li></ul>
	Mem	<ul style="list-style-type: none"><li>• memory cache daemonの略</li><li>• 分散メモリキャッシュシステムを構築することができるキャッシュサーバの一つ</li><li>• サーバのメインメモリ上にファイルやデータベースの内容を一時保管して高速に読み出せるようにしている</li></ul>
	モザイク	<ul style="list-style-type: none"><li>• 複数の画像を接合して 1 つの画像にする処理</li></ul>
	モジュール	<ul style="list-style-type: none"><li>• 機器やソフトウェア・ハードウェア・システムの一部を構成するひとまとまりの機能</li></ul>
ヤ行	UC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unified Communications（ユニファイド コミュニケーションズ）の略</li><li>• 様々な通信・伝達手段を統合し、一貫した使用感により利用することができるような技術やシステム、サービス</li></ul>



# 用語集 (9/9)

用語		内容
ラ行	LAS	<ul style="list-style-type: none"><li>• LiDARによって取得された点群の標準フォーマット</li><li>• 米国写真測量学会が制定している</li></ul>
	laspy	<ul style="list-style-type: none"><li>• LAS形式の読み取りと書き込みを行うPythonのライブラリ</li></ul>
	Recall	<ul style="list-style-type: none"><li>• 再現率</li><li>• 正解値に対して、予測値も正解だった確率</li></ul>
	レコード	<ul style="list-style-type: none"><li>• データそのもののこと</li><li>• 対して、「テーブル」や「カラム」はデータが保管される場所のことを表す</li></ul>

# 3D都市モデルを基礎としたIDマッチング基盤 技術検証レポート

**令和5年3月 発行**

**委託者：国土交通省 都市局 都市政策課**

**受託者：一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会**

本報告書は、一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会が国土交通省との間で締結した業務委託契約書に基づき作成したものです。受託者の作業は、本報告書に記載された特定の  
手続や分析に限定されており、令和5年3月までに入手した情報にのみ基づいて実施しております。従って、令和5年4月以降に環境や状況の変化があったとしても、本報告書に記載されている  
内容には反映されていません。