

CEDEC+KYUSHU2024

地理空間情報のススメ！ オープンデータ×データドリブンな プロシージャル処理による都市の樹木自動配置

シリコンスタジオ株式会社
研究開発室
大道 博文

2024/11/23



後日資料公開

はじめに

- 大道博文
 - シリコンスタジオ株式会社
 - 2021年新卒入社
 - 研究開発室所属
 - PLATEAUなどの地理空間情報を活用したデジタルツインの研究開発に従事

カンファレンス登壇歴：
Procedural PLATEAU: プロシージャル技術と3D都市モデル
「Project PLATEAU」を組み合わせたファサード自動生成と
テクスチャ付き3Dモデル自動生成の取り組み（CEDEC2023）



- 本セッションでは地理空間情報に重きを置く
 - 地理空間情報 > プロシージャル
- 特に断りがない限り、以下の地理空間情報を使用
 - 航空写真 : PLATEAU-Ortho^[1]
 - 3D都市モデル : Project PLATEAU^[2]
 - 歩道・分離帯 : 基盤地図情報^[3]
 - 樹冠高モデル : High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta^[4]

[1]: <https://github.com/Project-PLATEAU/plateau-streaming-tutorial/blob/main/ortho/plateau-ortho-streaming.md>

[2]: <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

[3]: <https://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>

[4]: <https://registry.opendata.aws/dataforgood-fb-forests/>

1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

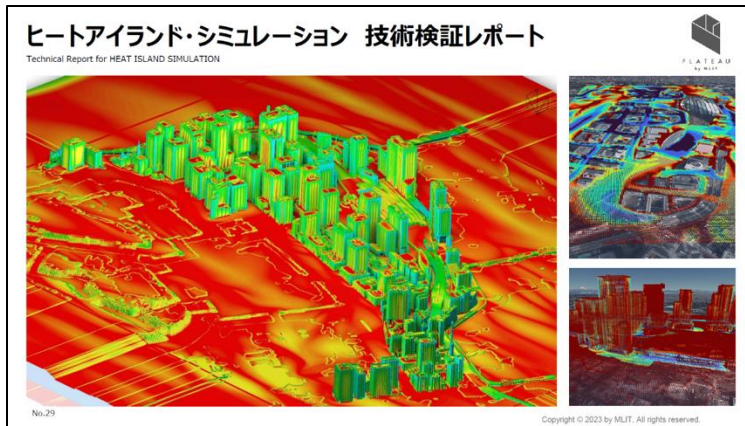
1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

デジタルツインがつくる社会

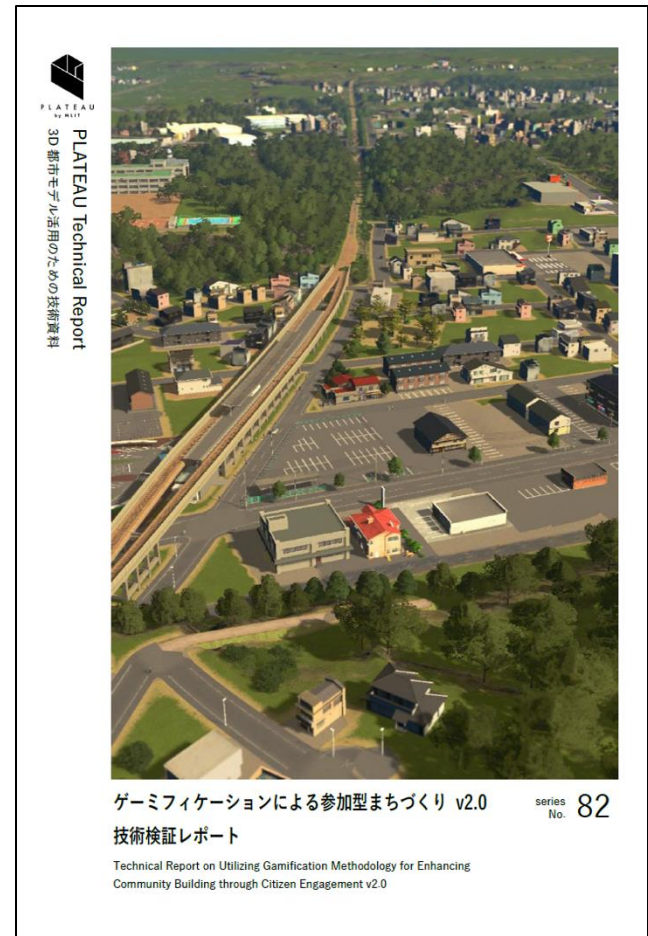
- 社会課題の解決や新しい価値を創造する

– 事例

- ヒートアイランド・シミュレーション
- ゲーミフィケーションによる参加型まちづくりv2.0



出典：[ヒートアイランド・シミュレーション 技術検証レポート](#)



出典：[ゲーミフィケーションによる参加型まちづくりv2.0 技術検証レポート](#)

都市のオープンデータ



- Project PLATEAU
 - 日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト
 - 国土交通省が主導
 - 210都市を整備（2023年度現在）
 - 建築物や道路、植生などさまざまな地物を整備
 - 地物：地球上にあるありとあらゆる対象物のこと

出典：[PLATEAU VIEW 3.0](#)



出典：[総務省 第3回メタバース研究会](#)
[デジタルツイン実装モデル「PLATEAU」の取組みについて](#)

都市のオープンデータ



lio
nology

- Project PLATEAU
 - 日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト
 - 国土交通省が主導
 - 210都市を整備（2023年度現在）
 - 建築物や道路、植生などさまざまな地物を整備
 - 地物：地球上にあるありとあらゆる対象物のこと



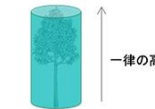
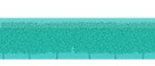
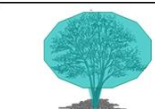
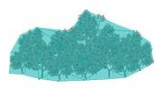

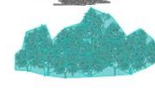
出典：[PLATEAU VIEW 3.0](#)



出典：[総務省 第3回メタバース研究会](#)
[デジタルツイン実装モデル「PLATEAU」の取組みについて](#)

オープンな植生データの現在地

- 植生データ
 - 「単独木」と「植被」から構成
 - 2次元的な位置情報だけでなく、高さなどの情報も持つ
 - LOD（詳細度）は整備都市によって様々
 - LOD3のみ存在する場合もある
 - LOD0：詳細度が低い
 - LOD3：詳細度が高い

		LOD0	LOD1	LOD2	LOD3
イメージ		独立樹（広葉樹）の例  挿入位置 田の例  挿入位置	 一律の高さ 	 	 
形状	図形	点又は線	立体	立体又は面の集まり	
	単独木	中心位置	外周の正射影に一律の高さを与えた立体	簡略化した立体を組み合わせた立体	外形を構成する特徴点により作成した立体
	植被	記号表示位置及び植生界		3m以上の高さの差を表現した立体	1m以上の高さの差を表現した立体
高さ		なし（2D）	あり（3D）		

出典：[3D都市モデル標準作業手順書（第4.1版）](#)

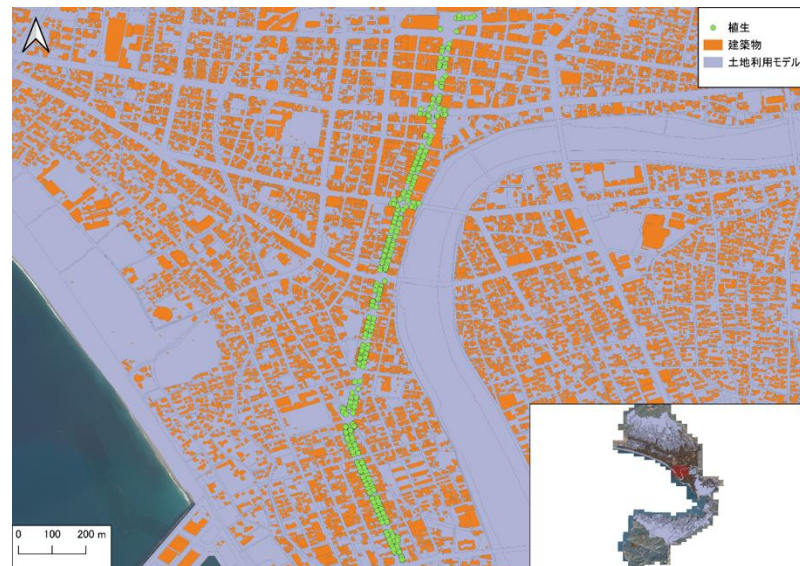


静岡県沼津市 沼津駅付近（出典：[PLATEAU VIEW 3.0](#)）

現状のオープンな植生データの課題

- 整備都市数
 - 地物ごとの整備都市数（2023年度現在）
 - 建築物：210都市
 - 土地利用モデル*1：195都市
 - 植生：28都市
- 整備範囲
 - 基本的に駅周辺などに限られる
 - 例：静岡県沼津市の他の地物との比較

地物一覧	整備範囲*2	備考
建築物	186.96km ²	市内全域
土地利用モデル	186.96km ²	市内全域
植生	2.20km	沼津駅～沼津港



静岡県沼津市の地物を可視化
(出典：PLATEAUの建築物、土地利用モデルを使用し、
植生は加工して表示)

*1: 住宅用地や商業用地、道路用地などの土地の用途情報
*2: 最小のLODも含める

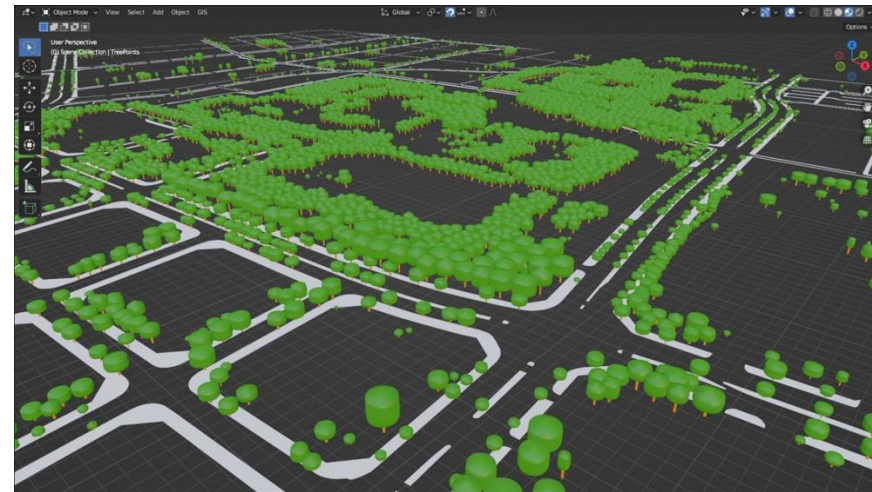
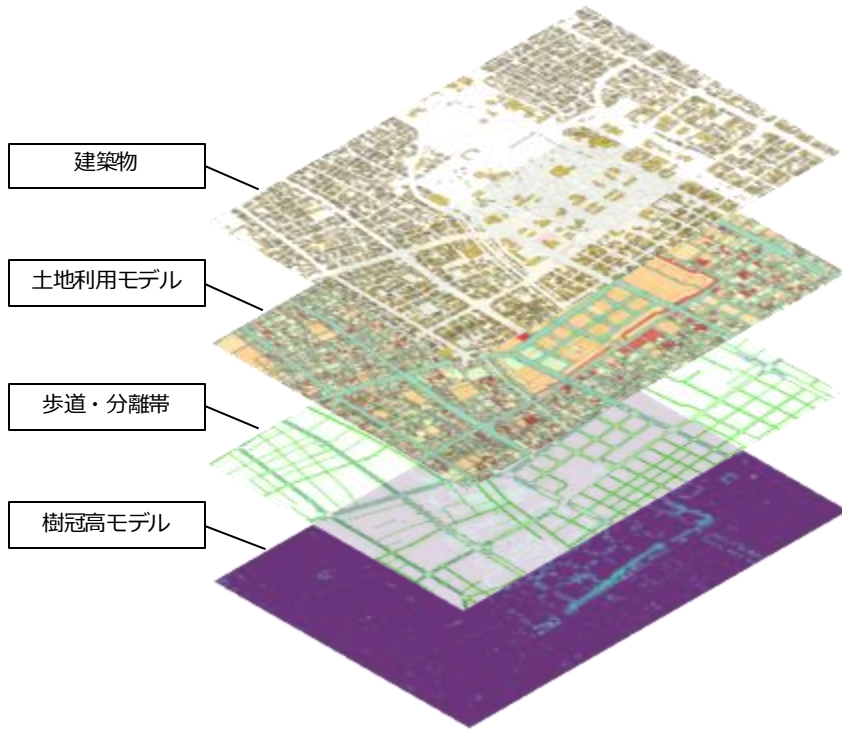
植生データを作成/配置する上での課題

- 現実世界の広大で複雑な都市構造
 - 人手で樹木の位置や高さを作るのは困難
- 現実世界の樹木
 - 意味のある位置
 - 街路樹は歩道や分離帯に配置されている
 - 区画内の樹木は建物や広場などを考慮
 - 意味のある高さ
 - 街路樹や区画内の樹木の高さはそれぞれエリアごとで異なる



**現実世界の地理空間情報に基づいた
樹木の作成/配置の自動化が必要**

課題に対するアプローチ



広範囲に整備されたオープンな地理空間情報を用いた樹木の自動配置を目指す

※本スライド以降に登場する歩道・分離帯ポリゴンは土地利用モデルと歩道・分離帯をQGISで加工して作成

1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

- 国土地理院^[1]より引用
 - “地理空間情報とは、空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報（位置情報）とそれに関連付けられた様々な事象に関する情報、もしくは位置情報のみからなる情報をいう。”

端的に言うと、
位置情報 or **位置情報と属性情報を持つデータ**

[1]: <https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>

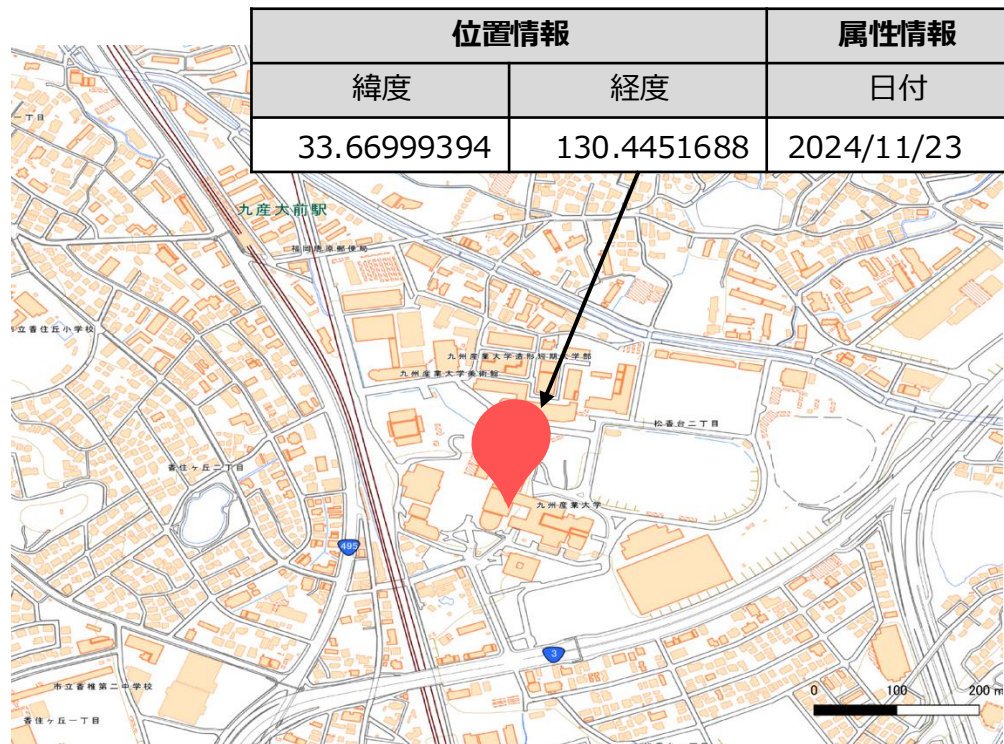
- 身近な地理空間情報
 - スマートフォンの位置情報
 - GPS機能をオンにすると
地図上に現在地が表示される



CEDEC+KYUSHU2024の会場にピンを置いた例
(出典：地理院地図を使用)

地理空間情報とは？

- 身近な地理空間情報
 - スマートフォンの位置情報
 - GPS機能をオンにすると
地図上に現在地が表示される

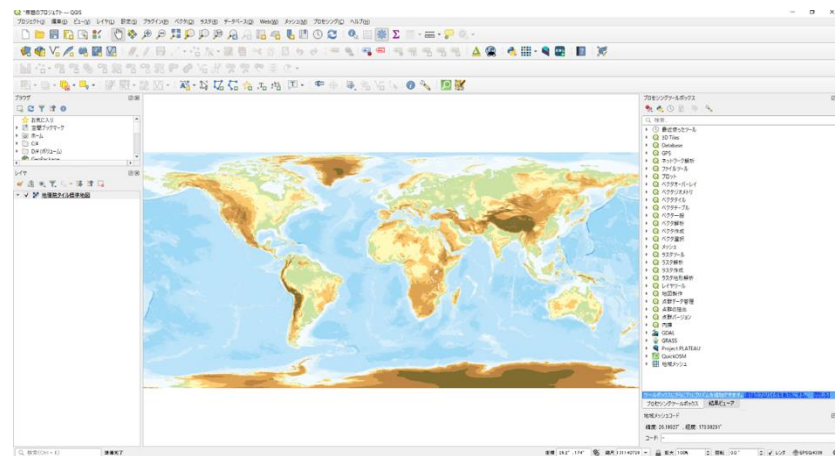


CEDEC+KYUSHU2024の会場にピンを置いた例
(出典：地理院地図を使用)

どのように地理空間情報を使う？

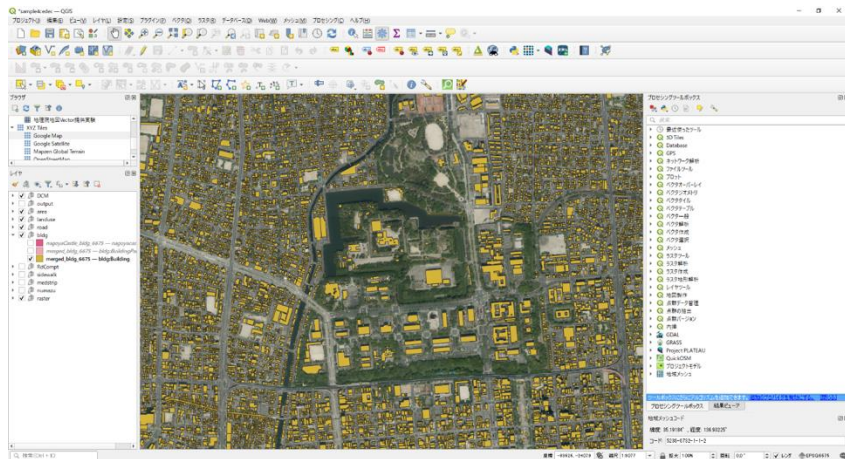
- 地理情報システム（GIS: Geographic Information System）
 - 地理空間情報を可視化・分析・作成などをコンピュータ上で行うシステム
 - 例：Google MapはGIS（より正確に言うとWebGIS）
 - 代表的なソフトウェア
 - QGIS
 - ArcGIS
 - MANDARA
 - etc...

- オープンソースGISソフトウェア
 - フリーで多機能
 - プラグインで機能の拡張も可能
 - 空間参照系（後述）の変換も容易
 - 緯度経度<->平面直角座標
 - 行政機関^[1]や民間^[2]でも活用例が多い

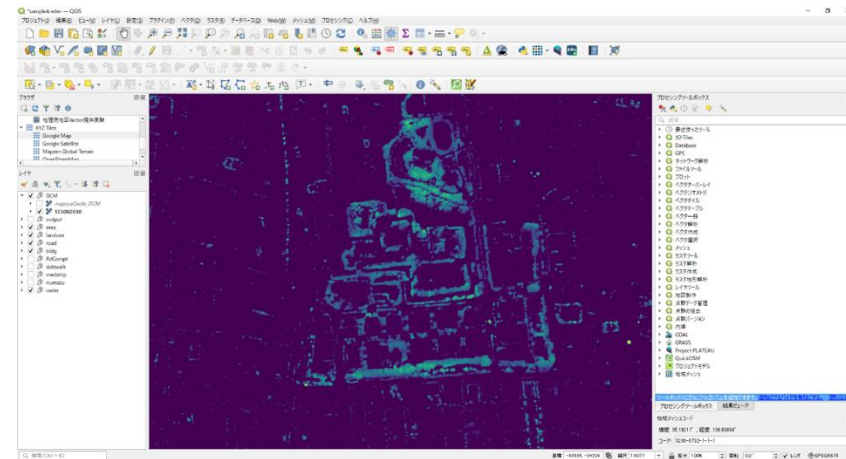


[1]: <https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/tpc05-1/>
 [2]: <https://qgis.mierune.co.jp/>

QGISで地理空間情報を可視化



ベクタ (建築物)



ラスタ (樹冠高モデル)

データ表現	説明	例
ベクタ	<ul style="list-style-type: none">点・線・面で表現データの粒度は座標値に依存地物ごとに属性情報を持つ	<ul style="list-style-type: none">建築物道路歩道
ラスタ	<ul style="list-style-type: none">ピクセルで表現データの粒度は解像度に依存連続した値を持つ地物が多い	<ul style="list-style-type: none">航空写真樹冠高データ数値標高モデル (DEM)

可視化するときが一番大切なこと

- 空間参照系

- 測地系と座標系の2つから構成

- 測地系：地球の形や原点・高さの基準などを定義した地球上で位置を測る際のルール
 - 座標系：地球上の位置を座標で表すときの原点や座標の単位などのルール

**地理空間情報を扱うときは
空間参照系の確認が大事**



出典：[TOPIC 3 | 3D都市モデルデータの基本\[4/4\]](#) | [CityGMLの座標・高さとデータ変換 3.5.1 空間参照系](#)

QGISで空間参照系の確認

レイヤプロパティ - Building - 情報

空間参照システム(CRS)

名前	EPSG:6668 - JGD2011
単位	地理的 (経緯度を座標に使用)
型	地理座標系 (2D)
方法	Lat/long (Geodetic alias)
天体	Earth
参照	静的 (プレート固定のデータに依拠)

識別

Identifier

Title	名前	EPSG:6668 - JGD2011
Type	単位	地理的 (経緯度を座標に使用)
Language	型	地理座標系 (2D)
Abstract	方法	Lat/long (Geodetic alias)
Keywords	天体	Earth
	参照	静的 (プレート固定のデータに依拠)

領域

CRS

Spatial Extent

Temporal Extent

スタイル | OK | キャンセル | 適用 | ヘルプ

建築物の空間参照系

レイヤプロパティ - 133002030 - 情報

空間参照システム(CRS)

名前	EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator
単位	メートル
型	出カレイヤ
方法	Mercator
天体	Earth
精度	World Geodetic System 1984 ensemble (EPSG:6326) では最大 2 メートルの精度しかありません
参照	動的 (プレート固定でないデータに依拠)

識別

Identifier

名前	EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator
単位	メートル
型	出カレイヤ
方法	Mercator
天体	Earth
精度	World Geodetic System 1984 ensemble (EPSG:6326) では最大 2 メートルの精度しかありません
参照	動的 (プレート固定でないデータに依拠)

CRS

Spatial Extent

Temporal Extent

スタイル | OK | キャンセル | 適用 | ヘルプ

樹冠高モデルの空間参照系

※EPSGコード: 特定の空間参照系を一意に識別する番号

使用頻度の高い空間参照系

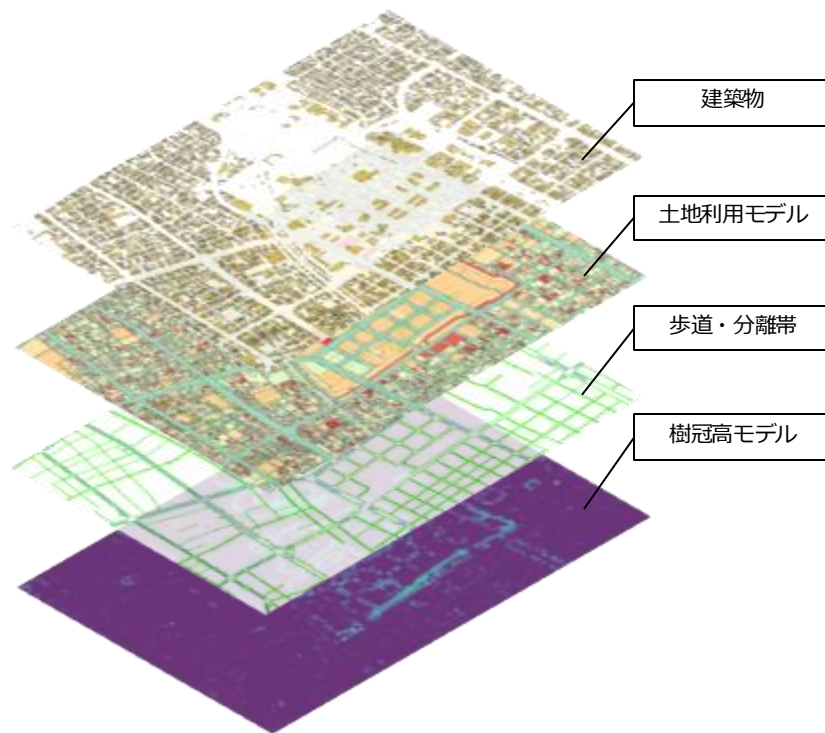
測地系	座標系	EPSGコード*1	説明
世界測地系 WGS84	緯度経度座標系	4326	<ul style="list-style-type: none">最も標準な測地系GPSはこの座標系
	Webメルカトル座標系	3857	<ul style="list-style-type: none">Google Mapで採用されている座標系地図全体を正方形で表現
日本測地系*2 JGD2011	緯度経度座標系	6668, 6697 (高さを含む)	<ul style="list-style-type: none">日本が採用している測地系PLATEAUはこの座標系
	平面直角座標系	6669~6687	<ul style="list-style-type: none">大縮尺で使用する座標系距離を計算するときに便利

*1: 特定の空間参照系を一意に識別するコード

*2: 高さ以外は世界測地系と考えてよい

• データを重ねること

- とても単純 (But とても重要)
- 空間参照系がカギ
 - 同じ座標系に合わせる
- 正しく重ねることのできる
 - データ間の関係性を可視化
 - 複数のデータを対象にした分析
 - 様々なデータから新しいデータを作成



1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

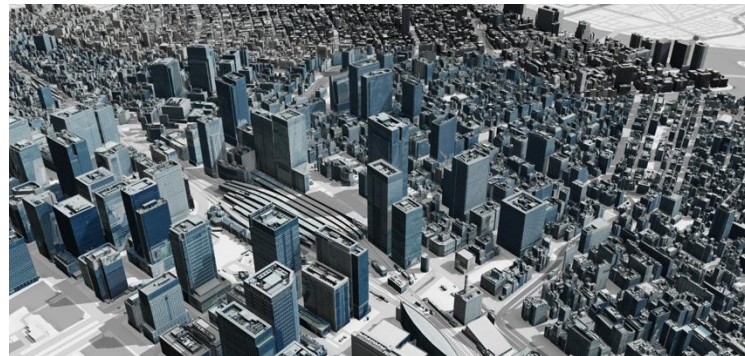
- 地理空間情報

- 3D

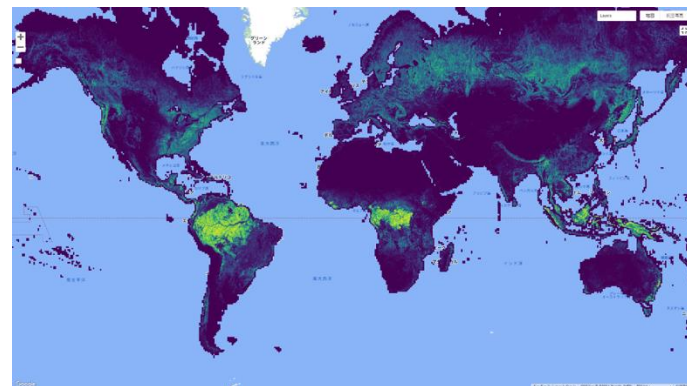
- Project PLATEAU
 - VIRTUAL SHIZUOKA
 - オープンナガサキ
 - 東京都3次元点群データ（23区を含む）

- 2D

- 国土数値情報
 - OpenStreetMap
 - 基盤地図情報
 - High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta



Project PLATEAU (出典 : [PLATEAU VIEW 3.0](#))



High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta
(出典 : [Global Canopy Height on Earth Engine](#))

- 地理空間情報

- 3D

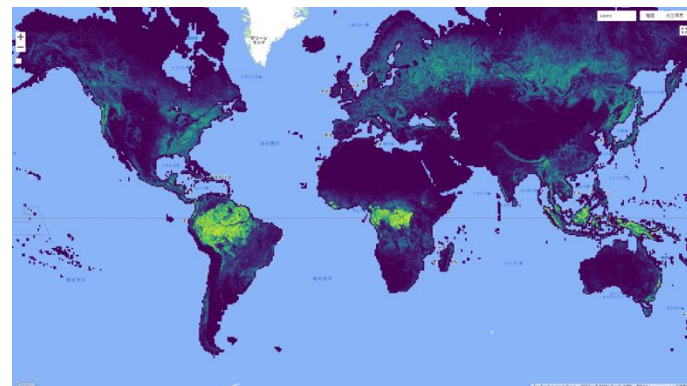
- Project PLATEAU
 - VIRTUAL SHIZUOKA
 - オープンナガサキ
 - 東京都3次元点群データ（23区を含む）

- 2D

- 国土数値情報
 - OpenStreetMap
 - 基盤地図情報
 - High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta



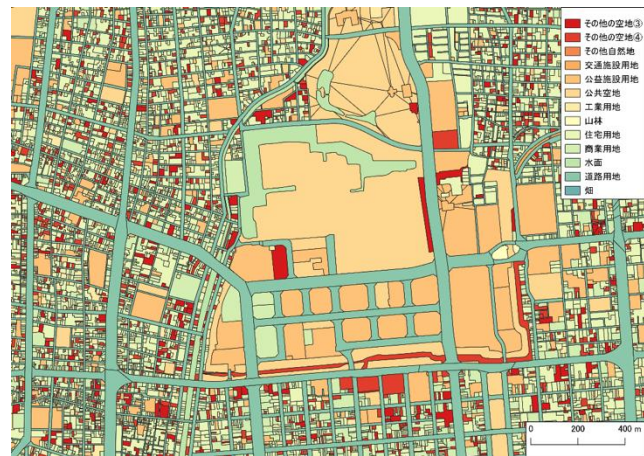
Project PLATEAU (出典 : [PLATEAU VIEW 3.0](#))



High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta
(出典 : [Global Canopy Height on Earth Engine](#))

使用するオープンデータ（1）

- Project PLATEAU
 - 日本全国の3D都市モデルのオープンデータ
 - 建築物や道路、植生などを整備
 - データフォーマット：CityGML形式*1
 - 本セッションでは
名古屋市の建築物と土地利用モデルを使用
 - 名古屋市の理由：高解像度の航空写真があり、
樹木の自動配置結果と比較しやすいため



*1: 3D都市モデルを扱うための標準フォーマット

- 基盤地図情報

- 電子地図における位置の基準となる情報^[1]

- 基本項目では測量の基準点、道路縁など13項目を定める
- データフォーマット：GML形式

- 本セッションでは
名古屋市の道路構成線に含まれる
以下の地物を使用

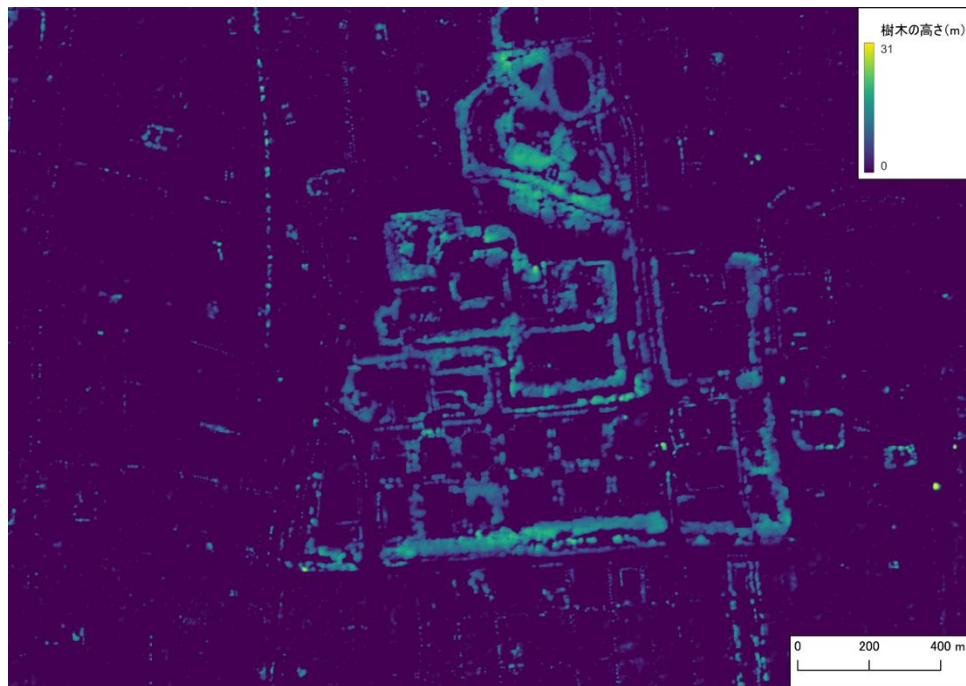
- 歩道
- 分離帯



[1]: <https://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>

使用するオープンデータ (3)

- High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta
 - 世界規模の樹冠高モデル
 - 深層学習で樹木の高さを推定
 - 1pixelあたり1m解像度
 - 単独木の検出も可能
 - データフォーマット：
GeoTIFF形式
 - 本セッションでは
名古屋市を含む領域を使用



使用するオープンデータ一覧

	整備都市	データフォーマット	空間参照系	データの品質
Project PLATEAU	210都市	CityGML形式	EPSG:6697 or 6668	地図情報レベル*1 2500
基盤地図情報 (基本項目)	日本全国	GML形式	EPSG:6668	地図情報レベル 2500 or 25000
High Resolution Canopy Height Maps by WRI and Meta	全世界	GeoTIFF形式	EPSG:3857	観測日やオルソ補正の 違いによるズレあり

*1: 位置がどれだけ正確であることを示す基準

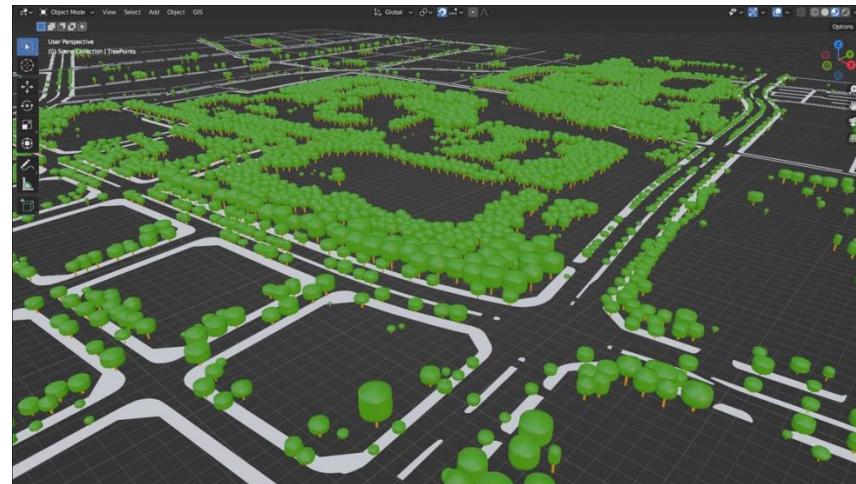
1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

樹木自動配置手法の概要



2段階のプロセスを採用

- **GIS Process**
 - 樹木の自動配置に向けたデータ作り
- **Procedural Process**
 - ジオメトリと属性情報に基づいた樹木の自動配置



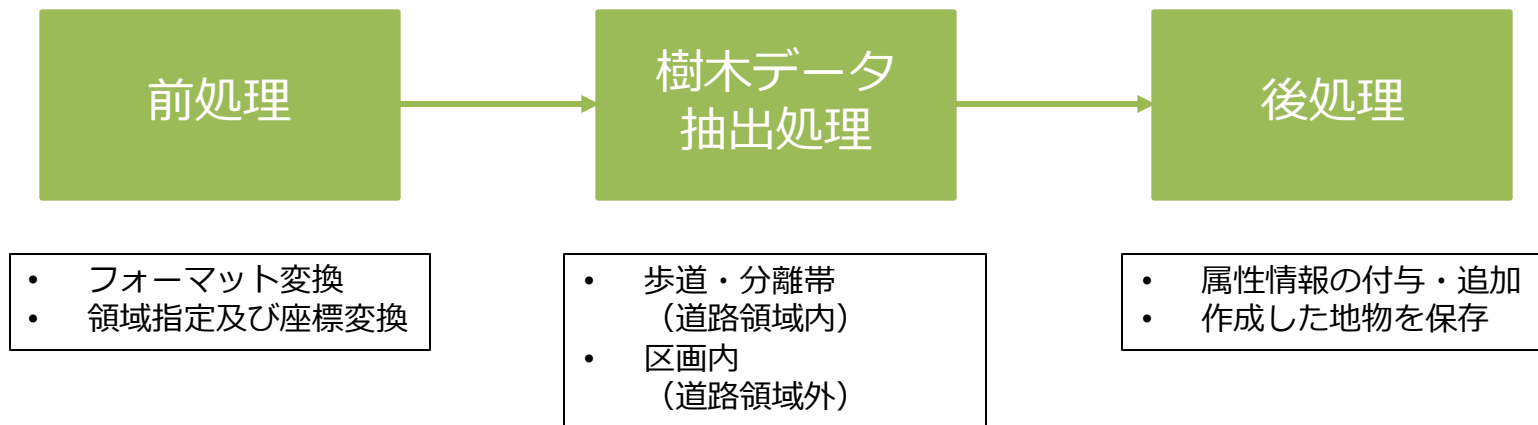
樹木自動配置手法の概要



2段階のプロセスを採用

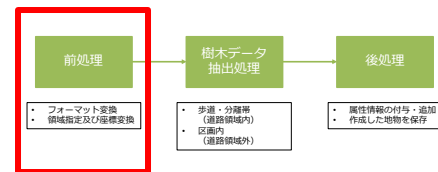
- **GIS Process**
 - 樹木の自動配置に向けたデータ作り
- **Procedural Process**
 - ジオメトリと属性情報に基づいた樹木の自動配置





※フォーマット変換以外はQGISのモデルデザイナーを使用

GIS Process (前処理)



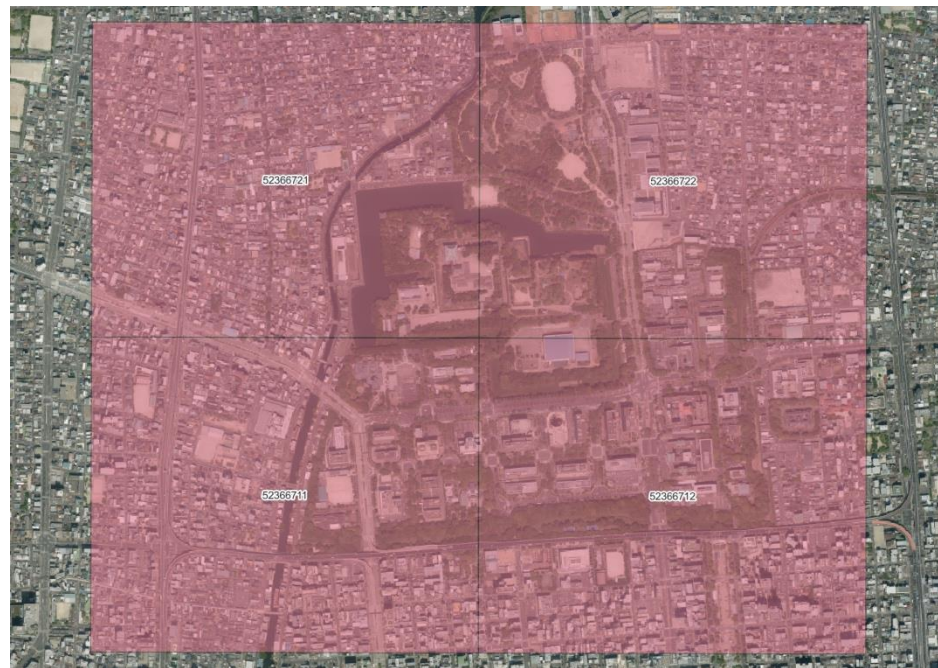
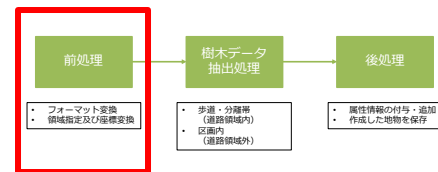
- フォーマット変換 (PLATEAUのみ)
 - PLATEAU GIS Converter^[1]を使用
 - ファイル形式
 - CityGMLから指定したGISフォーマットに変換
 - 右図ではGeoPackageを選択
 - 空間参照系 (座標参照系)
 - 後程まとめて変換するため、緯度経度座標系に設定
 - 出力の詳細設定
 - 最小LODに設定



[1]: <https://github.com/Project-PLATEAU/PLATEAU-GIS-Converter>

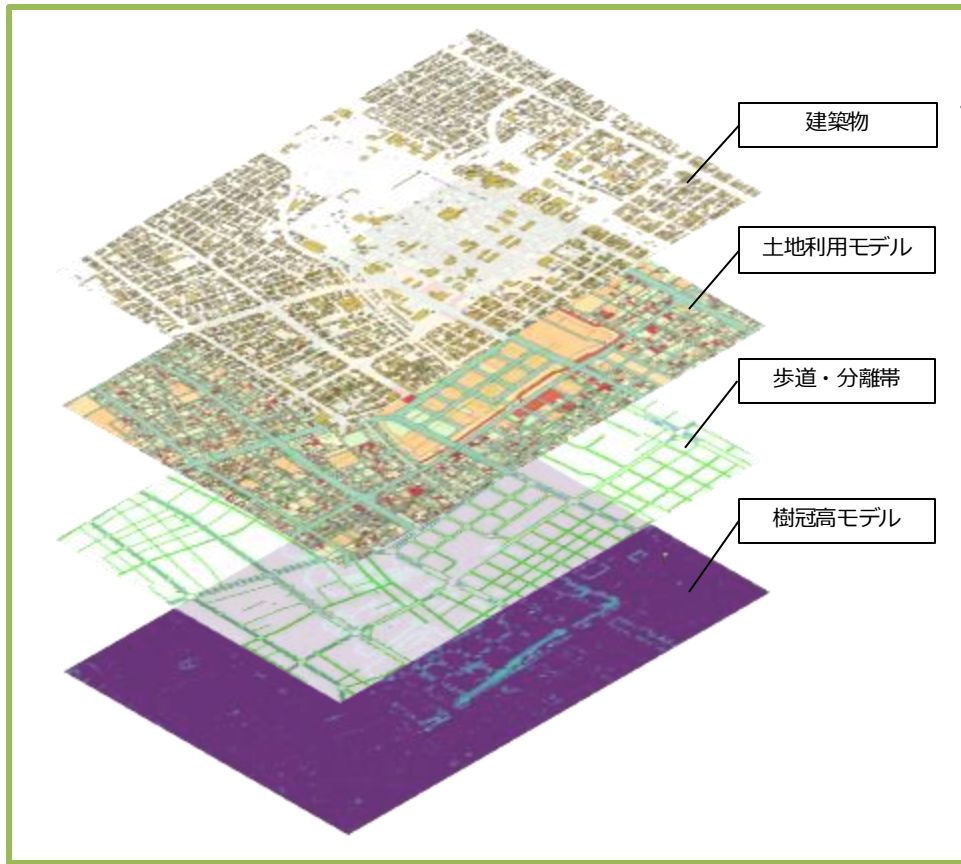
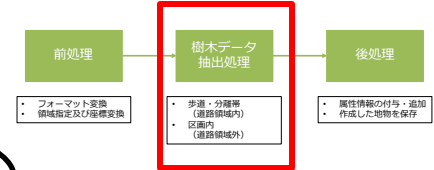
GIS Process (前処理)

- 領域指定及び座標変換
 - それぞれの地理空間情報のデータ領域と空間参照系を揃える
 - 対象エリア
 - 名古屋城周辺2km四方
 - 空間参照系
 - 名古屋（愛知県）の平面直角座標に設定（EPSG: 6675）



名古屋城周辺2km四方（出典：[qgis-japan-mesh](https://github.com/qgis-japan-mesh)を使用）

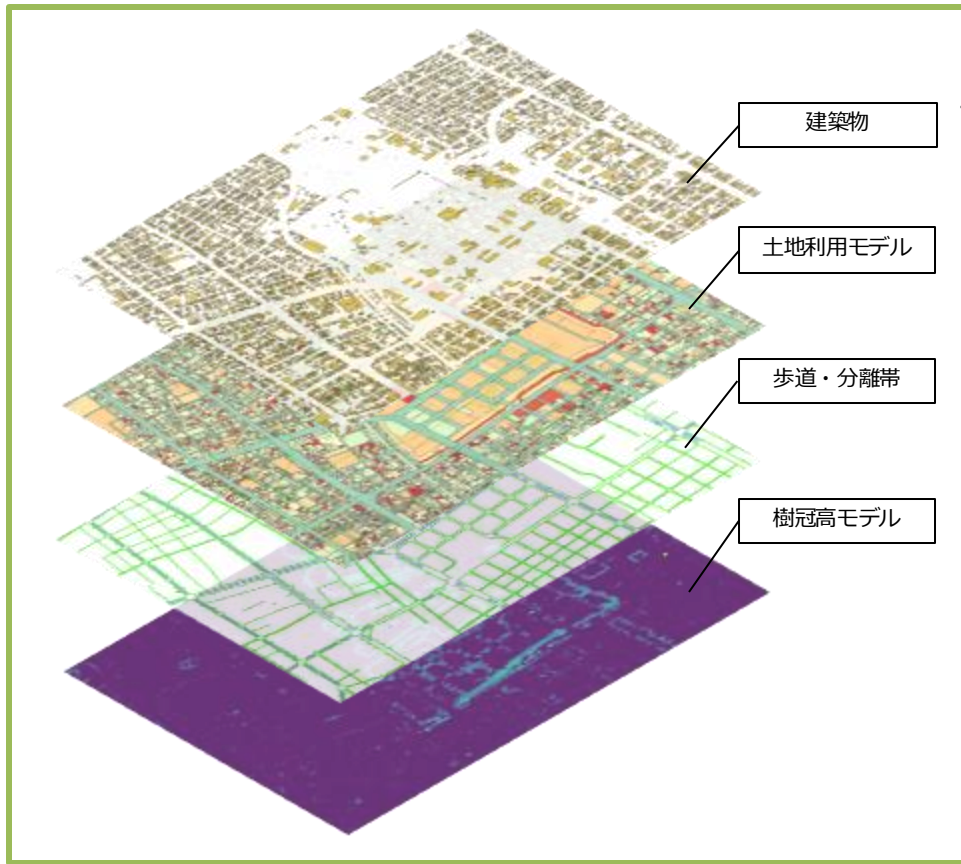
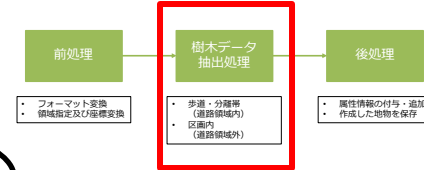
GIS Process (樹木データ抽出処理)



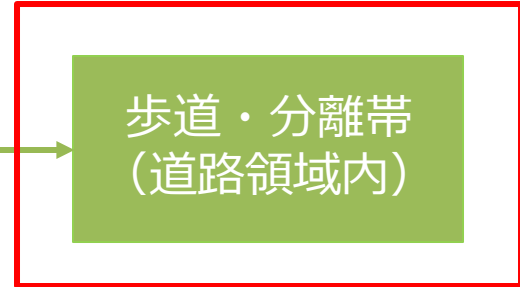
歩道・分離帯
(道路領域内)

区画内
(道路領域外)

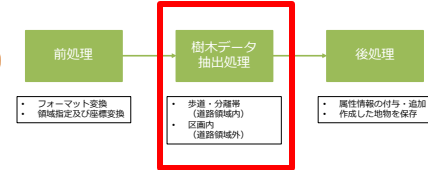
GIS Process (樹木データ抽出処理)



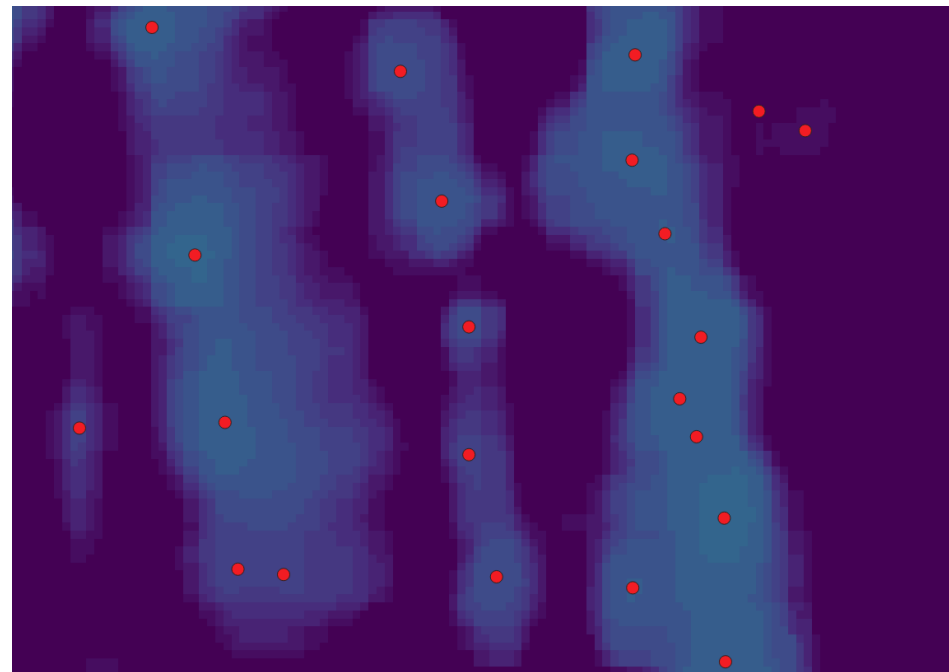
前処理済みのデータ



GIS Process (歩道・分離帯の樹木データ抽出処理)



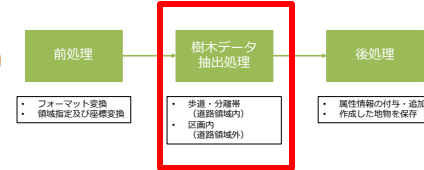
- ・ 樹冠高モデルから樹頂点を抽出
 - 画像処理でピーク値を抽出[1][2]



樹冠高モデルから樹頂点を抽出

[1]: https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/attach/pdf/matukui_R3-13.pdf
[2]: <https://www.gsi.go.jp/chirijoho/chirijoho40069.html>

GIS Process (歩道・分離帯の樹木データ抽出処理)



- 誤差を考慮した道路領域の樹頂点抽出
 - 航空写真や道路と重ねるとデータがシフトしている
 - 道路領域にバッファを持たせて樹頂点を抽出

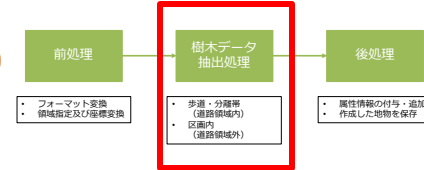


航空写真や道路と重ねると樹頂点がずれている

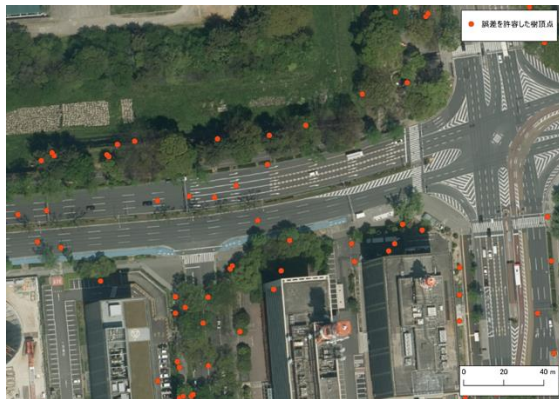


道路にバッファを持たせて誤差を許容する

GIS Process (歩道・分離帯の樹木データ抽出処理)



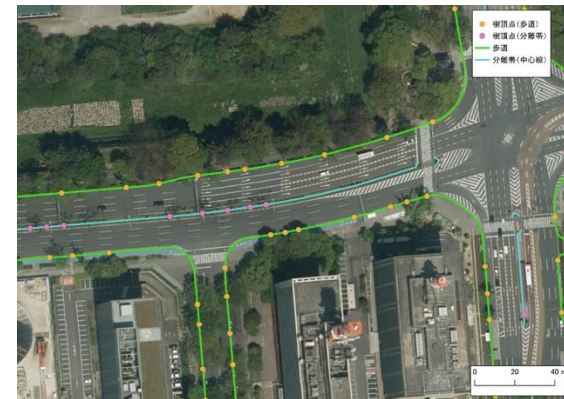
- ・ 歩道・分離帯を重ねて樹頂点をアライメント
 - 誤差を許容した樹頂点に歩道・分離帯を重ねて表示
 - 一定距離の閾値で樹頂点を歩道・分離帯にそれぞれスナップ
 - ・ 点同士の距離は街路樹の植樹間隔^[1]を参考にして調整



誤差を許容した道路内の樹頂点を表示



歩道・分離帯 (中心線) を重ねる

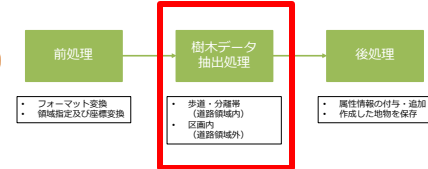


一定距離の閾値で樹頂点を歩道・分離帯にスナップ&点同士をマージ

※分離帯 (中心線) の地物は事前に加工して作成

[1]: <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/13058658/www.env.go.jp/air/report/h23-01/04-ref2-3.pdf>

GIS Process (歩道・分離帯の樹木データ抽出処理)



- ・ 歩道における樹頂点のオフセット
 - 各樹頂点から区画データ*1に向けて一定距離にオフセット
 - 歩道からの距離^[1]や幅員による街路樹の配置基準^{[2][3]}を参考



歩道のライン上から区画データに向けて点をオフセット

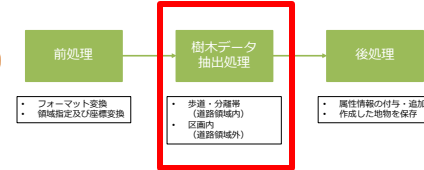
[1]: https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000821452.pdf

[2]: <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/13058658/www.env.go.jp/air/report/h23-01/04-ref2-3.pdf>

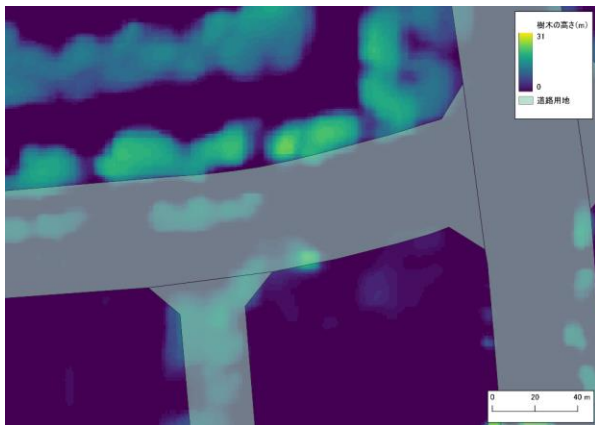
[3]: <https://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/19880622ryokuka.pdf>

*1: 土地利用モデルから道路用地以外を抽出したデータ

GIS Process (歩道・分離帯の樹木データ抽出処理)



- 道路に樹木の高さ (中央値) 情報を保存
 - 樹冠高モデルと道路を重ね、各樹木領域の高さ (最大値) を計算
 - 道路領域内にある各樹木領域の最大値から中央値を抽出し、属性情報として保存



樹冠高データと道路

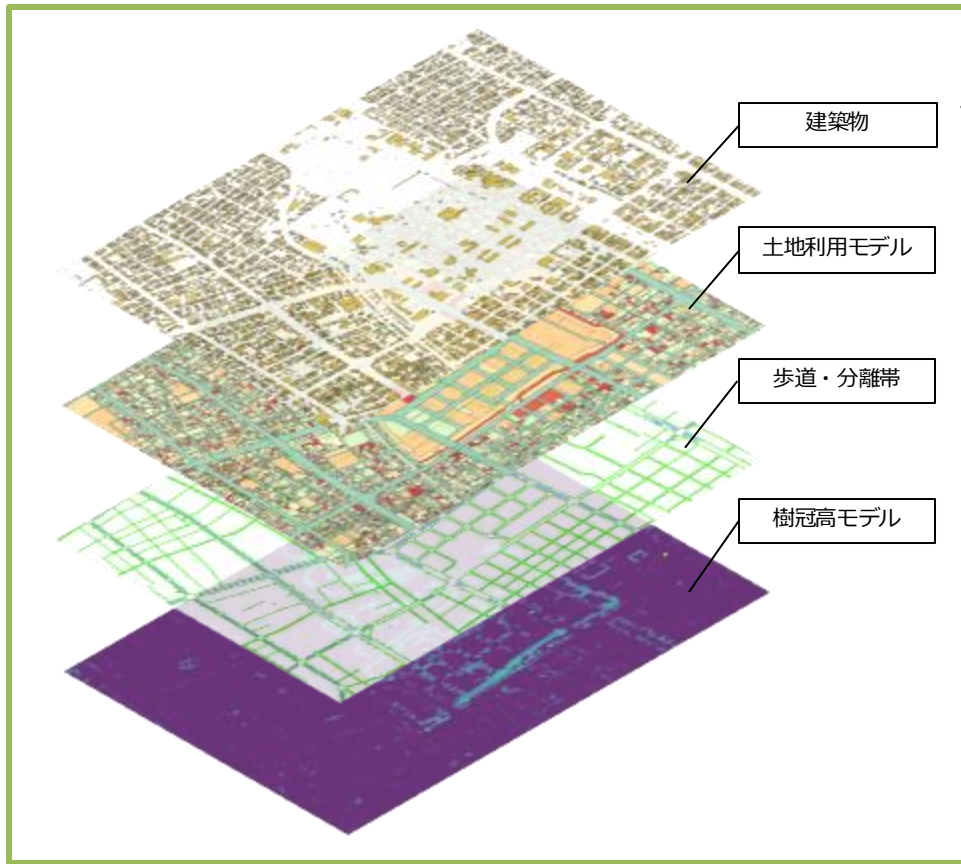
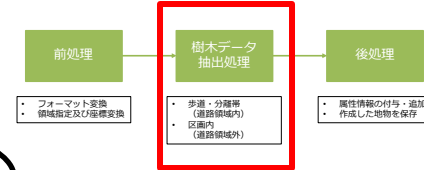


道路領域内の樹木領域に対して
樹冠高モデルの最大値を計算



道路領域内の各樹木領域の最大値から
中央値を抽出して道路に付与

GIS Process (樹木データ抽出処理)

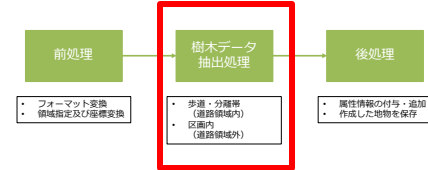


前処理済みのデータ

歩道・分離帯
(道路領域内)

区画内
(道路領域外)

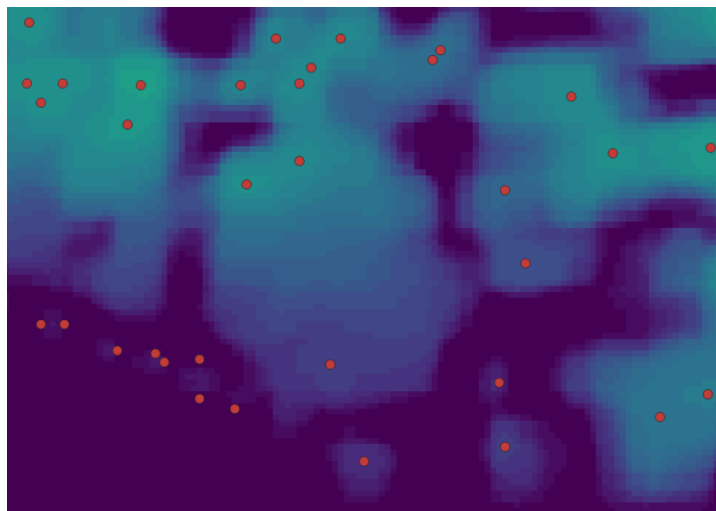
なぜ区画内は歩道・分離帯の処理とは別なのか？



高さ情報の信頼性問題

– 樹冠高モデルはあくまで深層学習の推定値

- ・ 現実の樹木の高さとは異なる可能性
- ・ 密な樹木に対して、ピーク値から樹頂点を抽出する方法には限界がある

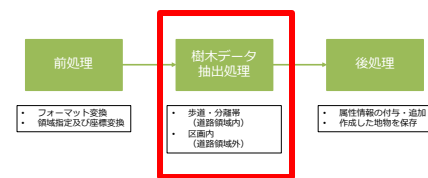


樹冠高モデルと樹頂点



樹頂点を航空写真と重ねると不自然な分布になる

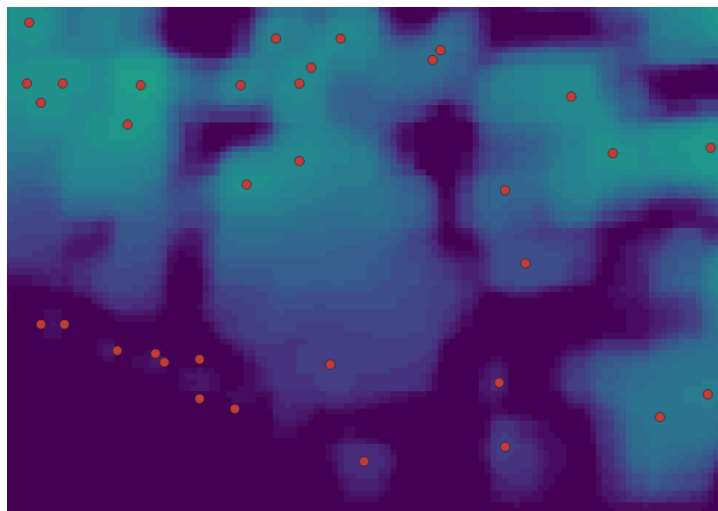
なぜ区画内は歩道・分離帯の処理とは別なのか？



高さ情報の信頼性問題

– 樹冠高モデルはあくまで深層学習の推定値

- 現実の樹木の高さとは異なる可能性
- 密な樹木に対して、ピーク値から樹頂点を抽出する方法には限界がある

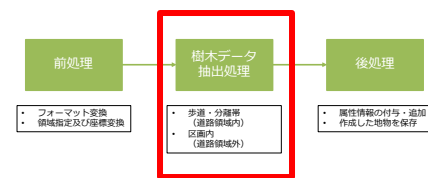


樹冠高モデルと樹頂点

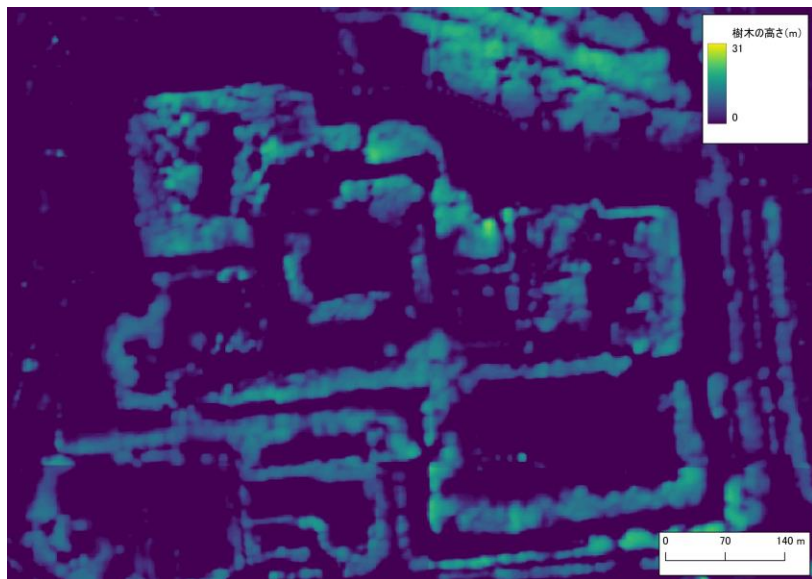


樹頂点を航空写真と重ねると不自然な分布になる

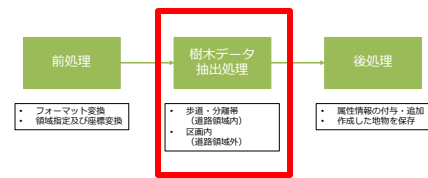
GIS Process (区画内の樹木データ抽出処理)



- ・ 樹冠高モデルから樹木領域 (ベクタ) の抽出
 - ラスタデータからベクタデータに変換し、単純化



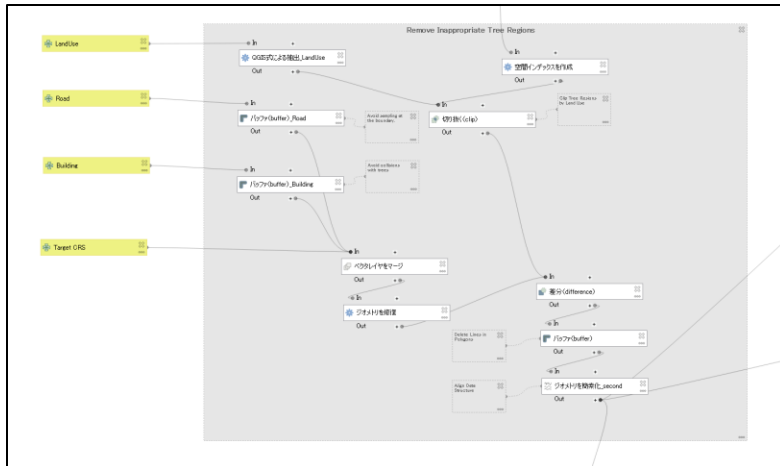
GIS Process (区画内の樹木データ抽出処理)



不適切な樹木領域の削除

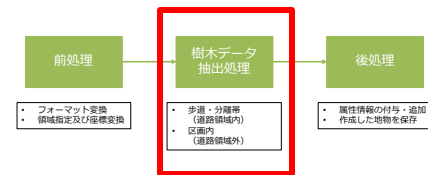
– 区画データ*1と建築物を重ねて適切な樹木領域を作成

- 建物や道路などにバッファを持たせて樹木領域を調整



*1: 土地利用モデルから道路領域や水面などを除いたデータ

GIS Process (区画内の樹木データ抽出処理)



• 樹木領域の高さ情報の抽出

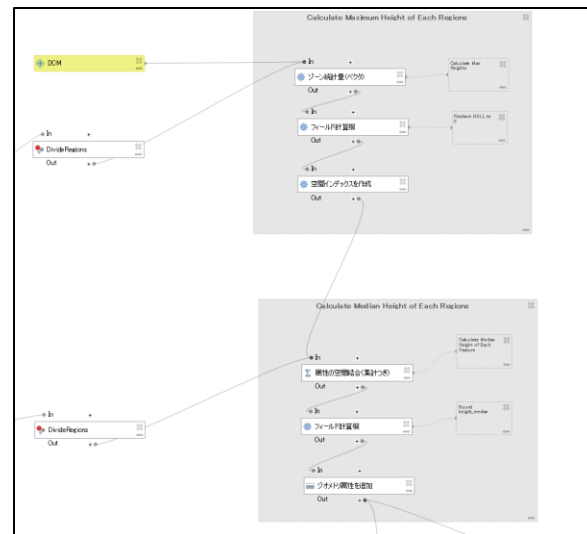
– 2段階の属性情報抽出

1. 樹木領域を細かい単位で空間分割

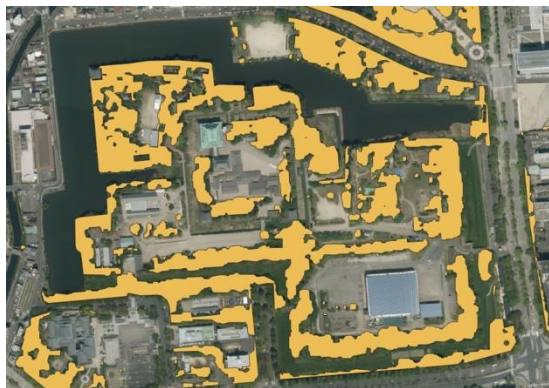
– 分割した領域ごとで樹冠高モデルから高さの最大値を抽出

2. 1より大きい単位で樹木領域を空間分割

– 2の領域ごとで1の領域から高さの中央値を抽出



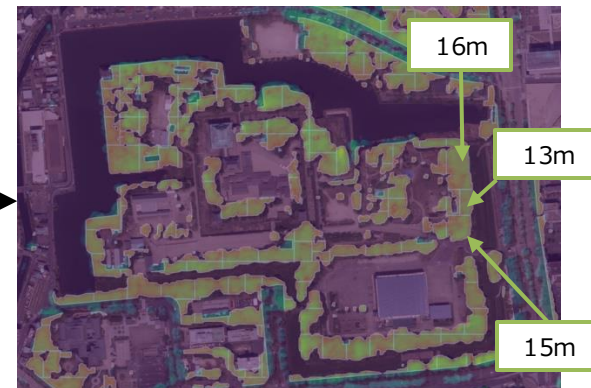
GIS Process (区画内の樹木データ抽出処理)



樹木領域



細かく空間分割



樹冠高モデルを重ねて各領域の
高さの最大値を抽出

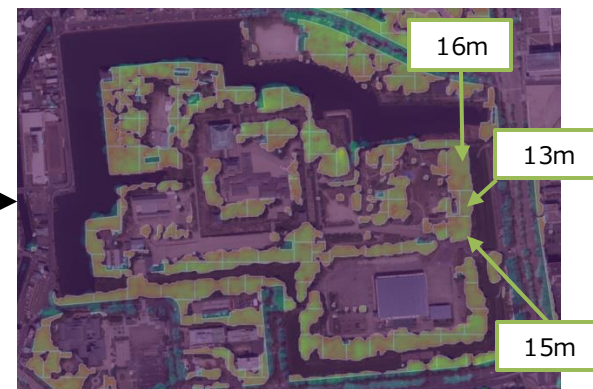
GIS Process (区画内の樹木データ抽出処理)



樹木領域



細かく空間分割

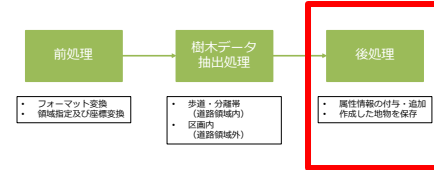


大まかに空間分割



上記の領域を重ねて各領域の高さの中央値を計算

GIS Process (後処理)



- 属性情報の付与・追加
 - 歩道・分離帯の樹頂点
 - 道路用地が持つ樹木の高さを樹頂点に付与
 - 区画内の樹木領域
 - 大まかに空間分割した樹木領域ごとに面積情報を追加
 - 樹木の高さはすでに保存されている

樹木領域が持つ属性情報	
樹木の高さ (m)	面積 (m ²)
15	9580



道路用地が持つ属性情報
樹木の高さ (m)
13



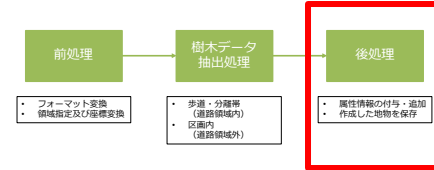
歩道と分離帯の樹頂点に属性情報を付与



区画内の樹木領域に面積の属性情報を追加

GIS Process (後処理)

- 作成した地物を保存
 - 歩道・分離帯の樹頂点
 - CSV形式
(ジオメトリ+属性情報)
 - 区画内の樹木領域
 - ESRI Shapefile形式
(ジオメトリ)
 - CSV形式
(属性情報)



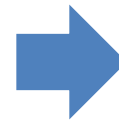
歩道・分離帯の樹頂点



ジオメトリ+属性情報



区画内の樹木領域

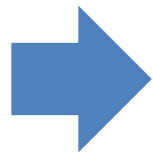
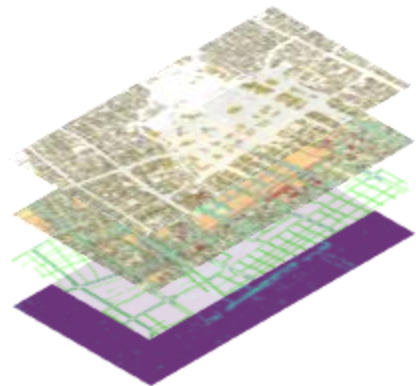


ジオメトリ

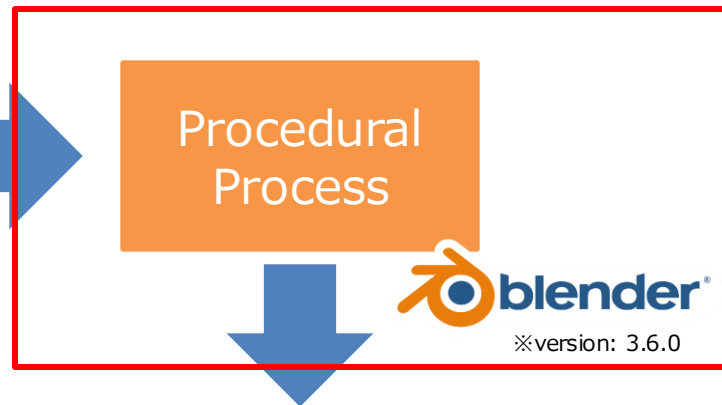


属性情報

樹木自動配置手法の概要



QGIS
※version: 3.34.6



2段階のプロセスを採用

- **GIS Process**
 - 樹木の自動配置に向けたデータ作り
- **Procedural Process**
 - ジオメトリと属性情報に基づいた樹木の自動配置



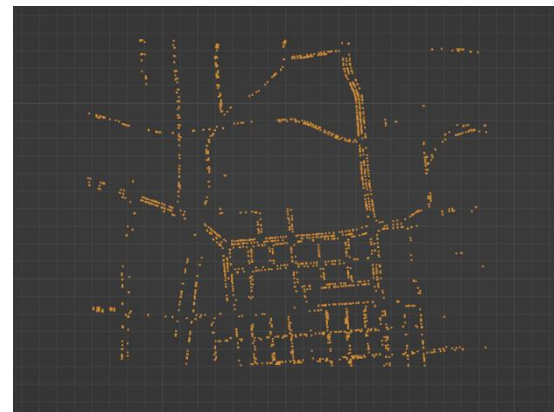
- QGISで作成した地物をBlenderアドオンでインポート
 - Blender GIS^[1]
 - 区画内の樹木領域 (.shape)
 - Geometry Nodes上に属性情報はインポートされない
 - Blender Spreadsheet Importer^[2]
 - 歩道・分離帯の樹頂点 (.csv)
 - 樹木の高さなどの属性情報も含む
 - 区画内の樹木領域に対応付けされた属性情報 (.csv)

[1]: <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>

[2]: https://github.com/simonbroggi/blender_spreadsheet_import

Procedural Process (データの受け取り)

歩道・分離帯



区画内

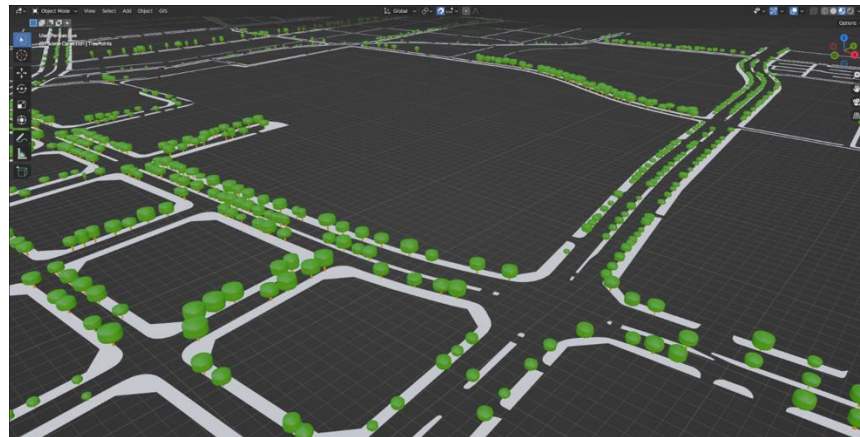


QGIS

Blender

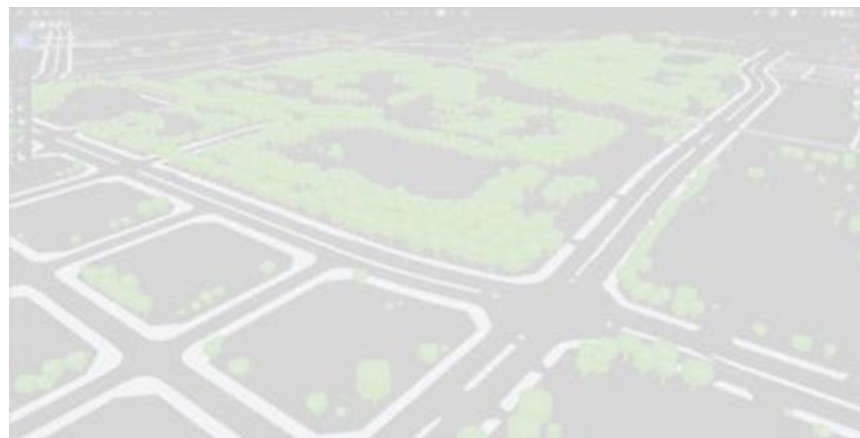
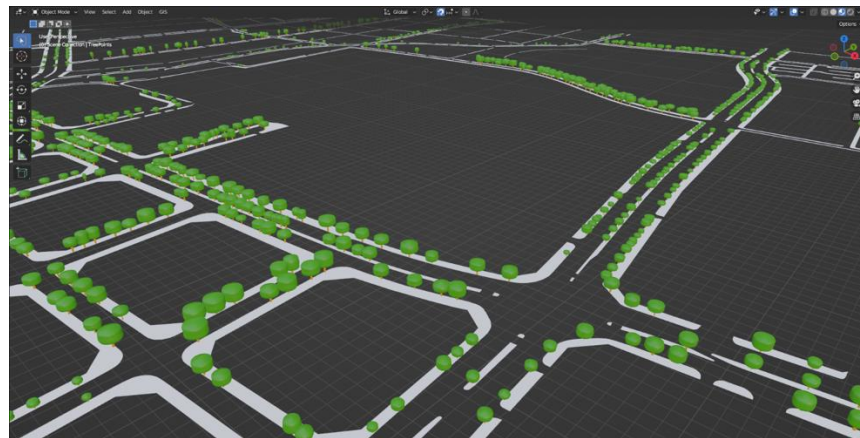
Procedural Process (Geometry Nodes)

- 歩道・分離帯
- 区画内



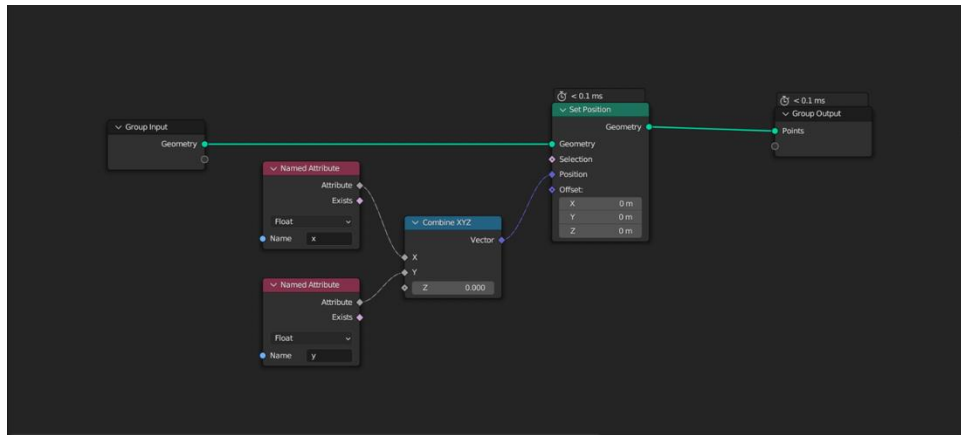
Procedural Process (Geometry Nodes)

- 歩道・分離帯
 - 属性情報から点の座標を設定
 - 高さ情報と樹頂点の位置情報から木の属性情報を計算
 - 木の属性情報を基に樹木を作成&配置
- 区画内



Procedural Process (歩道・分離帯)

- 属性情報から樹頂点の座標を設定
 - 平面直角座標のxとyをpositionに設定
 - 樹木の高さはすでに属性情報に格納されている



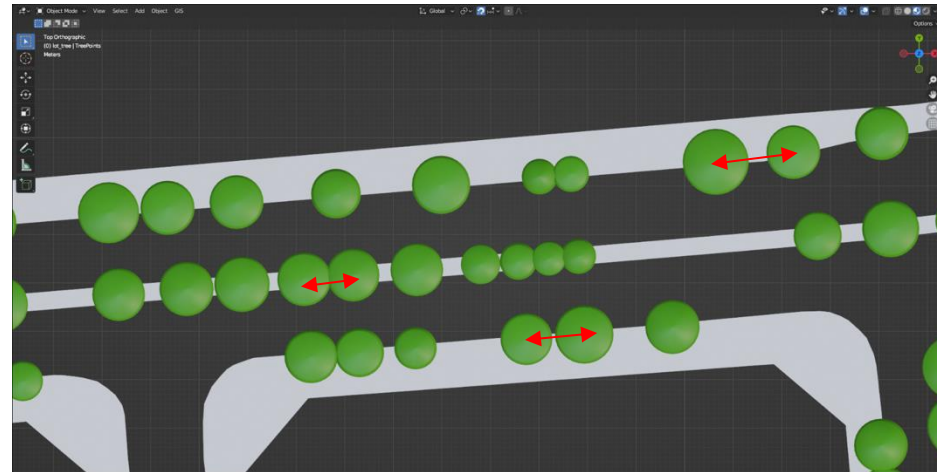
	position	y	x	height
0	-25338... -91175...	0.000	-91175... -25338...	3
1	-25338... -91175...	0.000	-91175... -25338...	3
2	-25360... -91174...	0.000	-91174... -25360...	3
3	-25370... -91173...	0.000	-91173... -25370...	3
4	-25392... -91172...	0.000	-91172... -25392...	3
5	-25357... -90468...	0.000	-90468... -25357...	4
6	-25417... -90448...	0.000	-90448... -25417...	4
7	-25207... -91204...	0.000	-91204... -25207...	11
8	-25207... -91204...	0.000	-91204... -25207...	11
9	-25180... -91184...	0.000	-91184... -25180...	11
10	-25180... -91184...	0.000	-91184... -25180...	11
11	-25273... -91179...	0.000	-91179... -25273...	3
12	-25288... -91178...	0.000	-91178... -25288...	3
13	-25296... -91178...	0.000	-91178... -25296...	3
14	-25222... -90516...	0.000	-90516... -25222...	4
15	-25242... -90508...	0.000	-90508... -25242...	4
16	-25034... -90582...	0.000	-90582... -25034...	6
17	-25042... -90579...	0.000	-90579... -25042...	6

Procedural Process (歩道・分離帯)

- 樹木の高さ情報と樹頂点の位置情報から木の属性情報を計算
 - 木の幹の高さなどを自動計算
 - 手続き内で樹木の高さに多少バラつきを持たせている
 - 樹冠の大きさは樹頂点間の距離や樹木の高さ、建物などを考慮



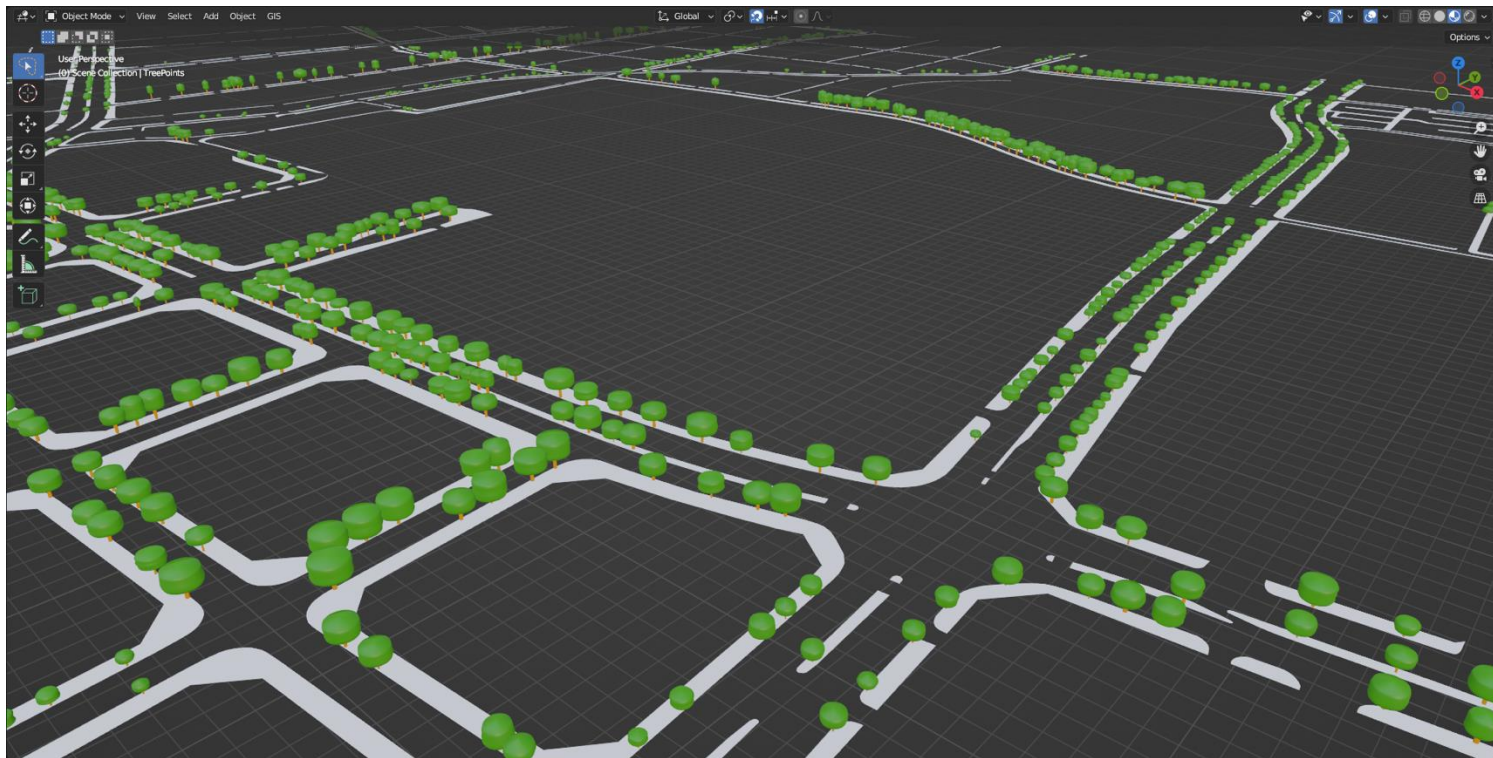
木の属性情報を自動計算



樹冠の大きさは樹頂点ごとの距離などから自動計算

Procedural Process (歩道・分離帯)

- 木の属性情報を基に樹木を作成&配置



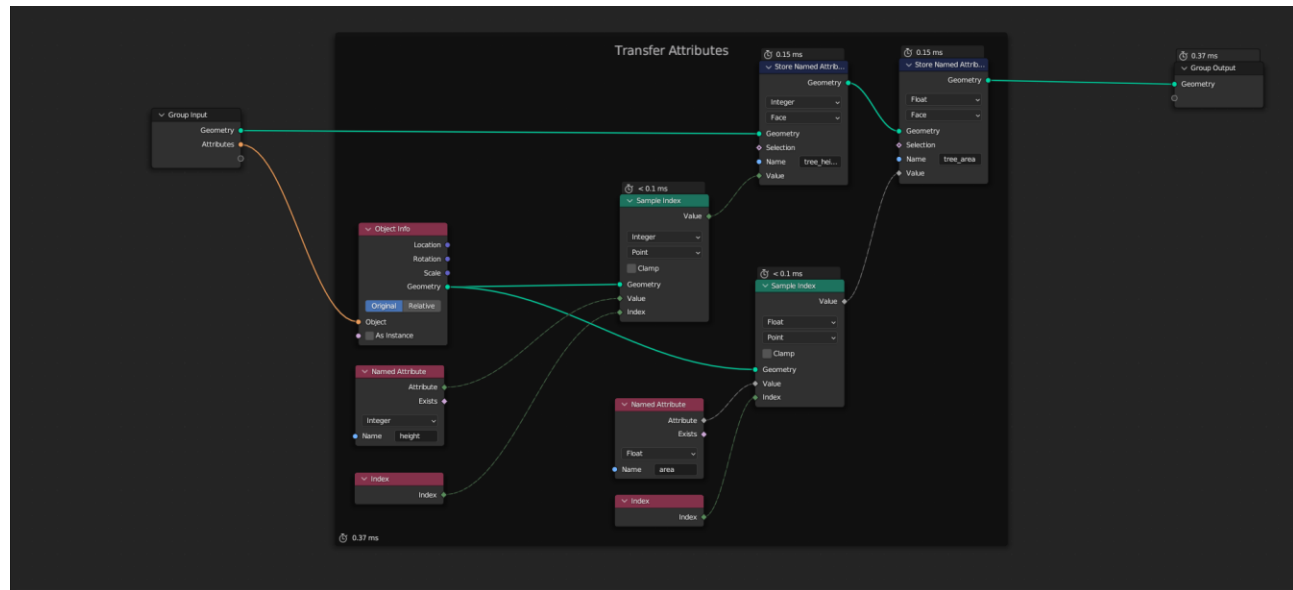
Procedural Process (Geometry Nodes)

- 歩道・分離帯
- 区画内
 - ジオメトリに属性情報を設定
 - ジオメトリと属性情報に基づいて点をサンプリング
 - 木の属性情報を基に樹木を作成&配置



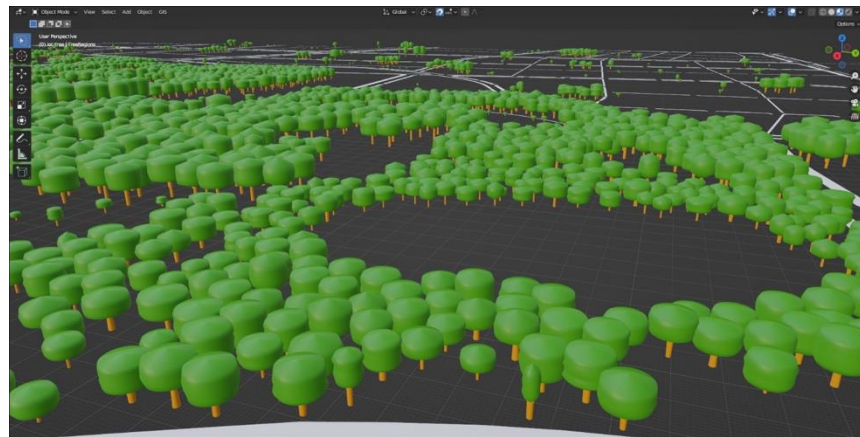
Procedural Process (区画内)

- ジオメトリに属性情報を設定
 - CSV形式のデータを樹木領域の属性情報に設定
 - インデックスの対応付けを行うだけ



Procedural Process (区画内)

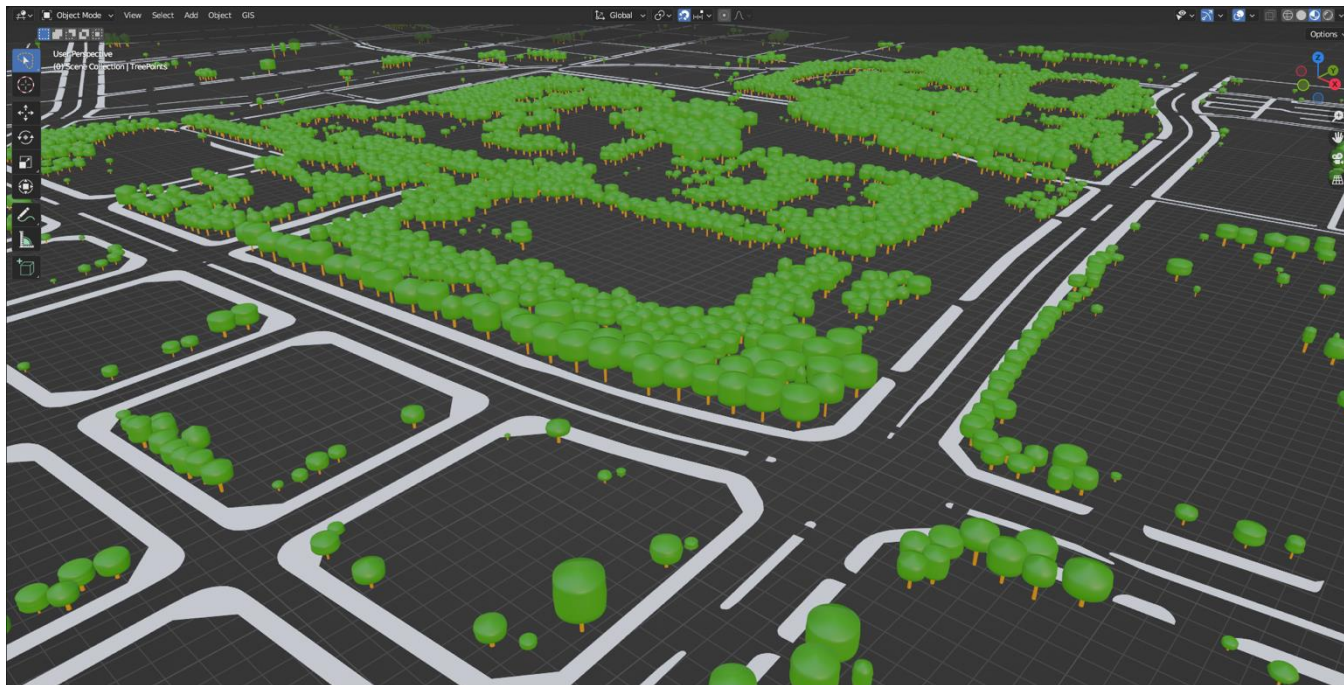
- ジオメトリと属性情報に基づいて点をサンプリング
 - 樹木の高さや面積からサンプリングの間隔を制御
 - 高いほど点同士の間隔を大きく設定
 - 配置の方法は[Niese et al. 2022]を参考



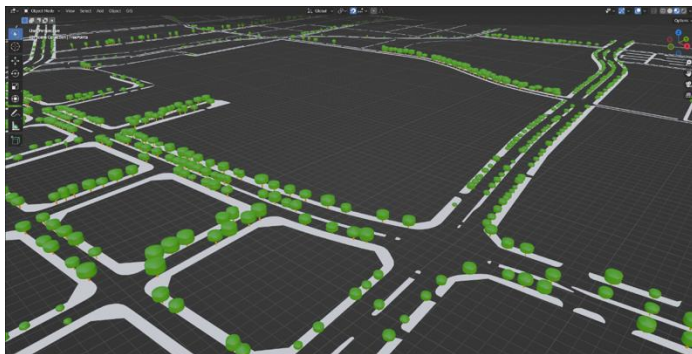
[Niese et al. 2022] Niese, Till, et al. "Procedural Urban Forestry." ACM Trans. Graph., vol. 41, no. 2, Association for Computing Machinery, Mar. 2022, doi:10.1145/3502220.

Procedural Process (区画内)

- 木の属性情報を基に樹木を作成 & 配置
 - この処理は歩道・分離帯と同様



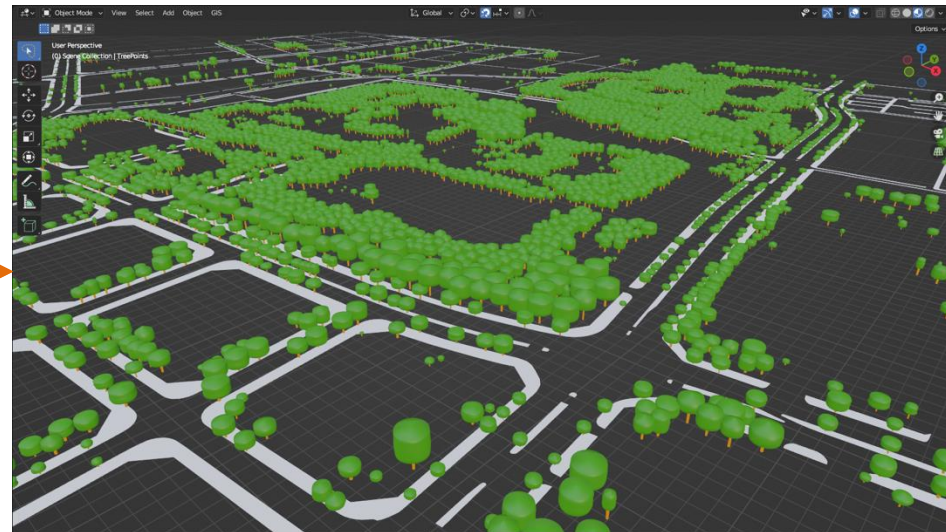
Procedural Process 最終結果



歩道・分離帯



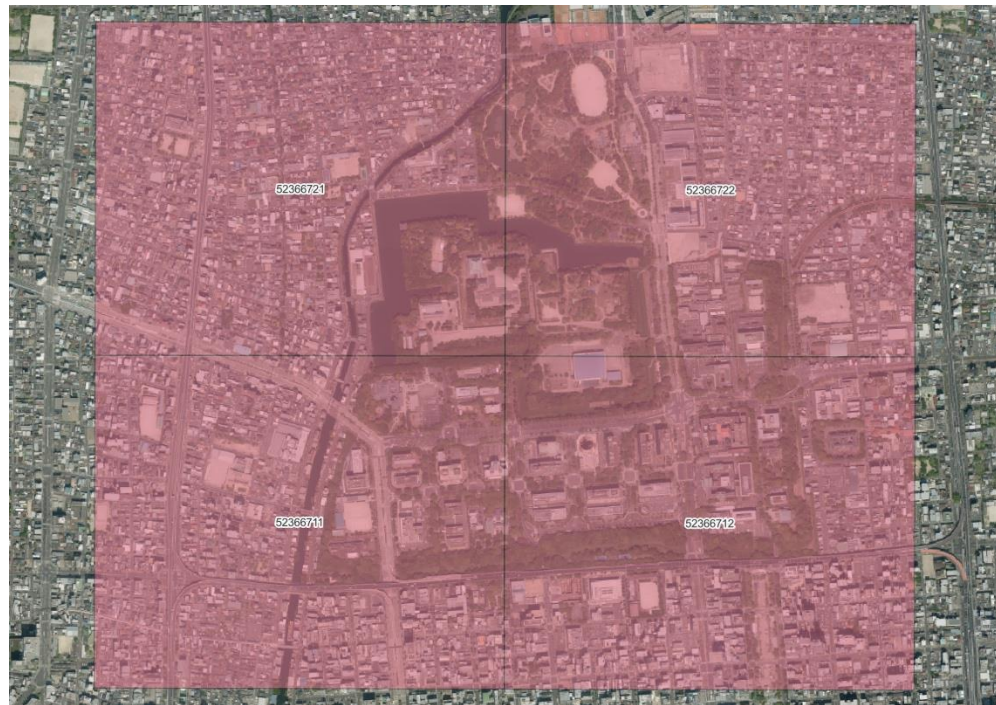
区画内



歩道・分離帯 + 区画内

1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

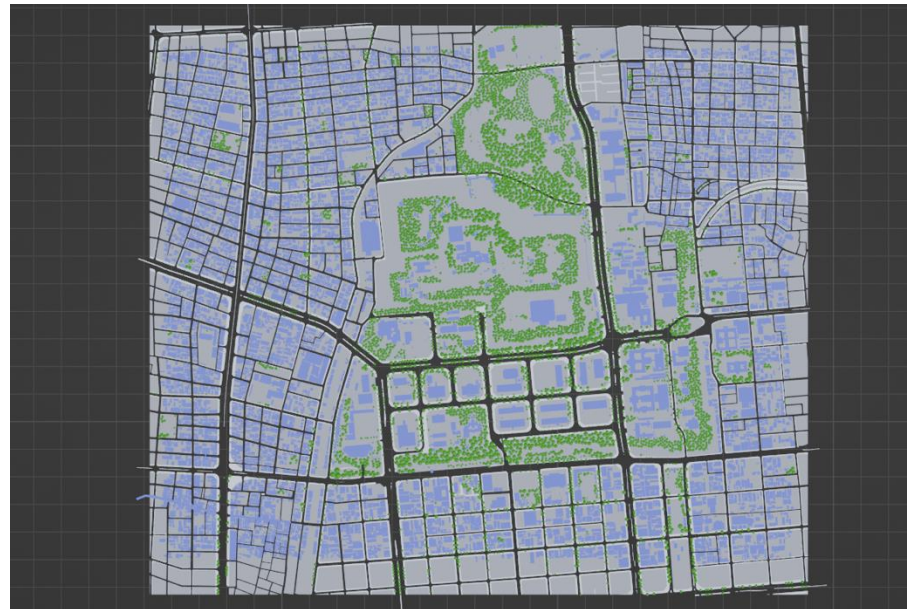
- 以下の項目ごとに紹介
 - 航空写真 vs. 自動配置結果
 - 樹木なし vs. あり
 - 本手法の効果検証
 - 地理空間情報の貢献度
 - 処理時間の確認
 - GIS Process
 - Procedural Process



オルソ比較 (航空写真 vs. 自動配置結果)



航空写真



自動配置結果

オルソ比較 (航空写真 vs. 自動配置結果)

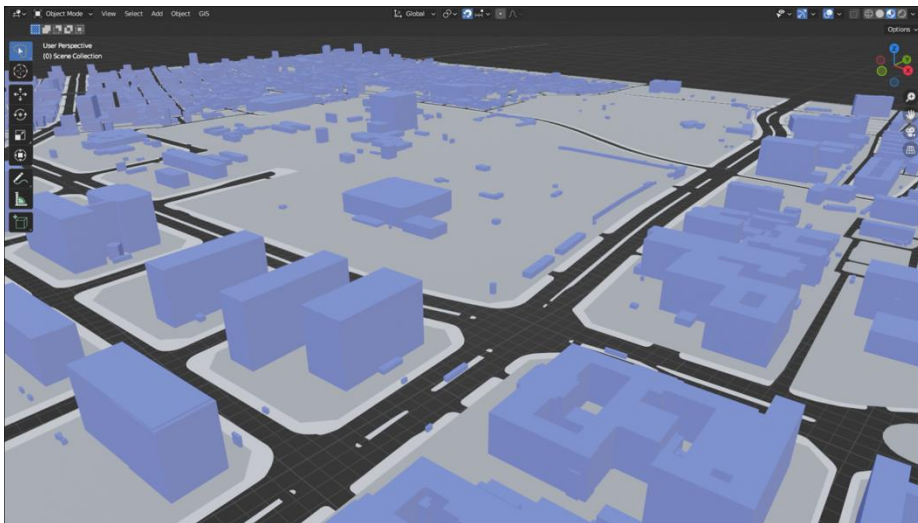


航空写真

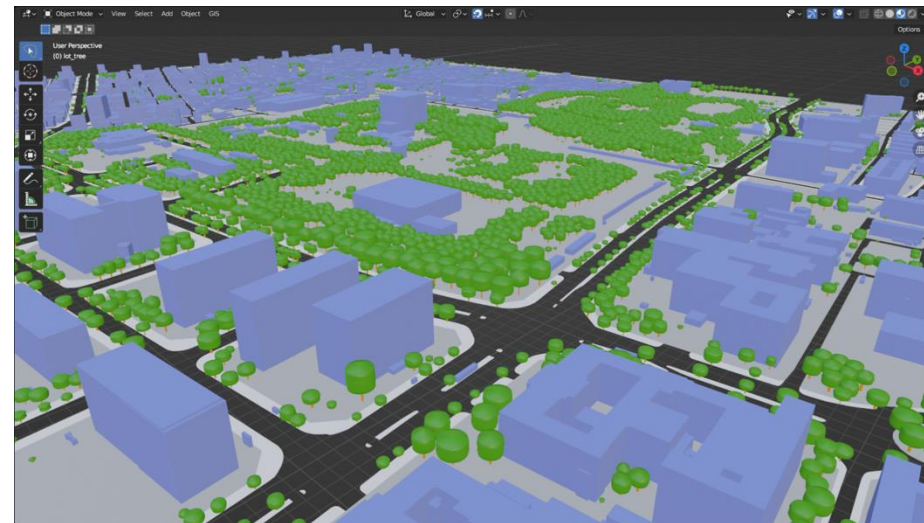


自動配置結果

樹木の有無 比較（樹木なし vs. 樹木あり）



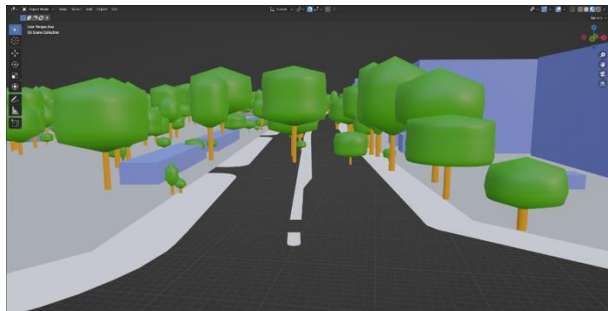
樹木なし



樹木あり（自動配置結果）

- 地理空間情報（位置情報・属性情報）はどの程度貢献しているのか
 - 歩道や分離帯などの位置情報
 - 樹木の高さなどの属性情報
- 以下の3パターンで検証
 - 位置補正なし・属性情報なし
 - 位置補正あり・属性情報なし
 - 位置補正あり・属性情報あり

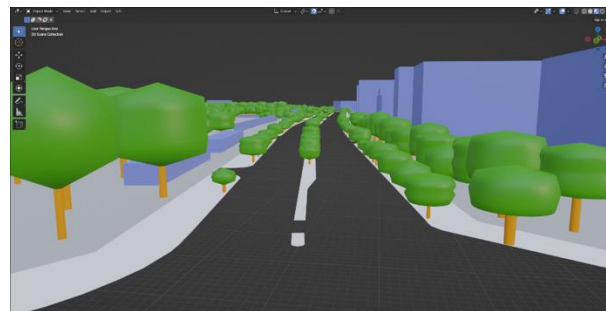
本手法の効果検証（結果）



位置補正なし・属性情報なし



位置補正あり・属性情報なし



位置補正あり・属性情報あり

樹冠高データから樹頂点を抽出してそのまま配置

- 歩道・分離帯の位置補正がないため、車道に樹木が配置されている
- 樹木の高さ情報がないので一体感がない

歩道・分離帯や区画内の位置補正を行い、樹木を配置

- 歩道・分離帯や区画内の適切な位置に樹木が配置されている
- 樹木の高さ情報がないため、一体感がない

歩道・分離帯や区画内の位置補正を行い、樹木の長さ情報などに基づいて配置

- 適切な位置に樹木が配置され、樹木の長さ情報を用いることで一体感のある景観を作り出せた

- 名古屋城周辺2km四方
 - GIS Process（樹木データ抽出処理のみを対象）
 - 歩道・分離帯：約90秒
 - 区画内：約30秒
 - Procedural Process（Geometry Nodes）
 - 歩道・分離帯：約0.08秒
 - 区画内：約1秒

- 樹種（イチヨウ・ケヤキなど）を考慮していない
- 低木・植被は非対応
 - 高木（3m以上）のみを対象
- 自動配置結果≠現実の樹木の位置/高さ情報
 - あくまで似たような位置/高さ
- 樹冠高モデルなどの更新頻度
 - 地理空間情報自体の課題

1. 背景と現状の課題
2. 地理空間情報の簡単な基礎知識と考え方
3. オープンな地理空間情報の紹介
4. 樹木自動配置手法の説明
5. 本手法の結果と課題
6. まとめ

- デジタルツインがつくる社会と都市のオープンデータの課題
 - 建築物や土地利用モデルなどに比べて、植生は数が少ない
 - 現実の都市構造は複雑で「意味のある樹木の位置や高さ」が必要
- 広範囲に整備されたオープンな地理空間情報を用いた樹木の自動配置手法の提案
 - GISとプロシージャルの役割分担
 - GIS: 樹木の自動配置に向けたデータ作り
 - プロシージャル: ジオメトリと属性情報に基づいた樹木の自動配置

- Good
 - クローズドなデータに依存しないアプローチ（オープンデータのみ）
 - 信頼性のあるデータに基づいた樹木の配置を実現
 - 樹木の高さ情報も考慮した配置を実現
 - PLATEAUの整備都市が広がるほど適用可能な自治体が増える
- Bad
 - 自動配置結果 = 現実と似た位置情報や高さ情報
 - 樹種や低木などは考慮していない

- 低木・植被なども対象とした植生配置の検討
- 他の地理空間情報との連携
 - 横断歩道
 - 信号機
 - etc...
- 名古屋市以外での樹木自動配置の検証



Ideas × Art × Technology

技術力・表現力・発想力を兼ね備えたCGソリューションプロバイダー

| その他参考文献

- [政春 2011] 政春尋志: 地図投影法 地理空間情報の技法, 朝倉書店, 2011
- [中川 2015] 中川雅史: 絵でわかる地図と測量, 講談社, 2015