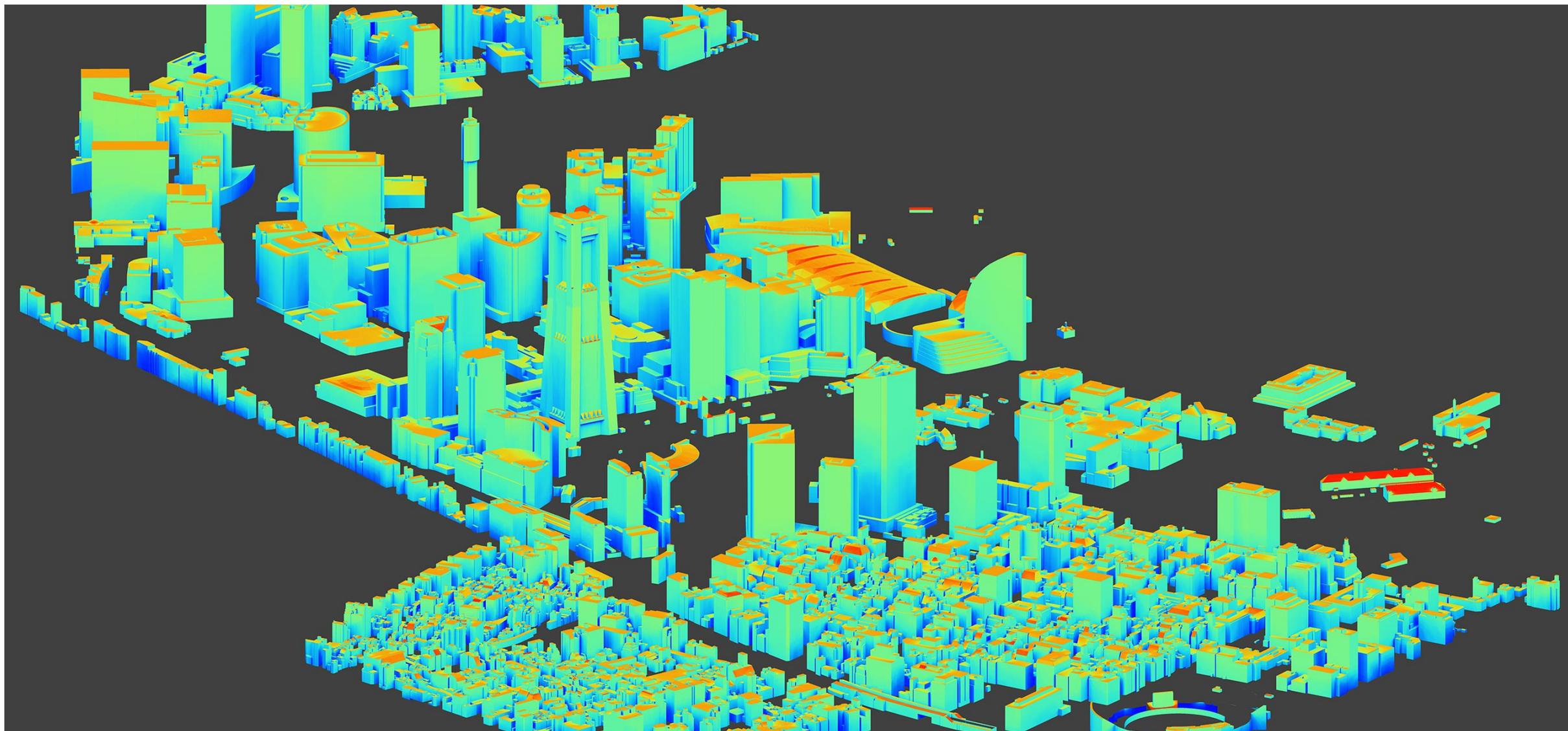


# 壁面太陽光発電のポテンシャル推計技術検証レポート

Technical Report for Estimation of Wall Solar Power Potential



PLATEAU  
by MLIT



# 目次

## I. 実証概要

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

## II. 実証技術の概要

1. 活用技術	9p
2. 国際航業社製ソフトウェア	10p
3. VC Publisher / Map	11p
4. FZKViewer	12p

## III. 実証システム

1. 実証フロー	14p
2. 業務要件	15p
3. アーキテクチャ全体図	16p
4. システム機能	19p
5. アルゴリズム	52p
6. データ	75p
7. ユーザーインターフェース	82p
8. システムテスト結果	83p

## IV. 実証技術の検証

1. システム検証	85p
① 検証内容	85p
② 検証結果	86p
2. 政策活用に向けた検証	122p
① 検証内容	122p
② 検証結果	145p

## V. 成果と課題

1. 今年度の実証で得られた成果	148p
① 3D都市モデルによる技術面での優位性	148p
② 3D都市モデルによる政策面での優位性	149p
2. 今後の取り組みに向けた課題	150p

## 用語集

## 付録

1. 既存技術の調査	153p
------------	------

# 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)

<b>ユースケース名</b>	壁面太陽光発電のポテンシャル推計
<b>実施場所</b>	神奈川県横浜市
<b>目標・課題 ・創出価値</b>	<p>カーボンニュートラルの実現に向けて太陽光発電パネルの設置が進められているが、都市部では太陽光発電パネルの屋上設置スペースが限られている建物が多い。都市部では建物の外壁で発電するパネルの設置が有効だと考えられるが、壁面の日射量や発電量を推計する手法が確立されていない。</p> <p>3D都市モデルと気象データ等を組み合わせることで、他の建物による影の影響が大きい都市部の建物壁面においても、発電ポテンシャルの推計を実施する。また、推計結果が自治体の脱炭素推進の施策や、面的なエネルギー計画策定のエビデンスとして利用されることを目指す。</p>
<b>ユースケース の概要</b>	<p>オープンデータとして提供される3D都市モデルを活用し、NEDO日射量データベースや気象データ、太陽方位・太陽高度といったオープンデータを組み合わせることで、壁面ごとの発電ポテンシャルを推計するシミュレーションシステムを開発。その算出結果を自治体や再生可能エネルギー事業者、次世代太陽光発電の研究機関と共に閲覧・考察し、地球温暖化対策計画の改訂作業の基礎データとしての活用を目指す。</p>

# I. 実証概要 > 1. 全体概要

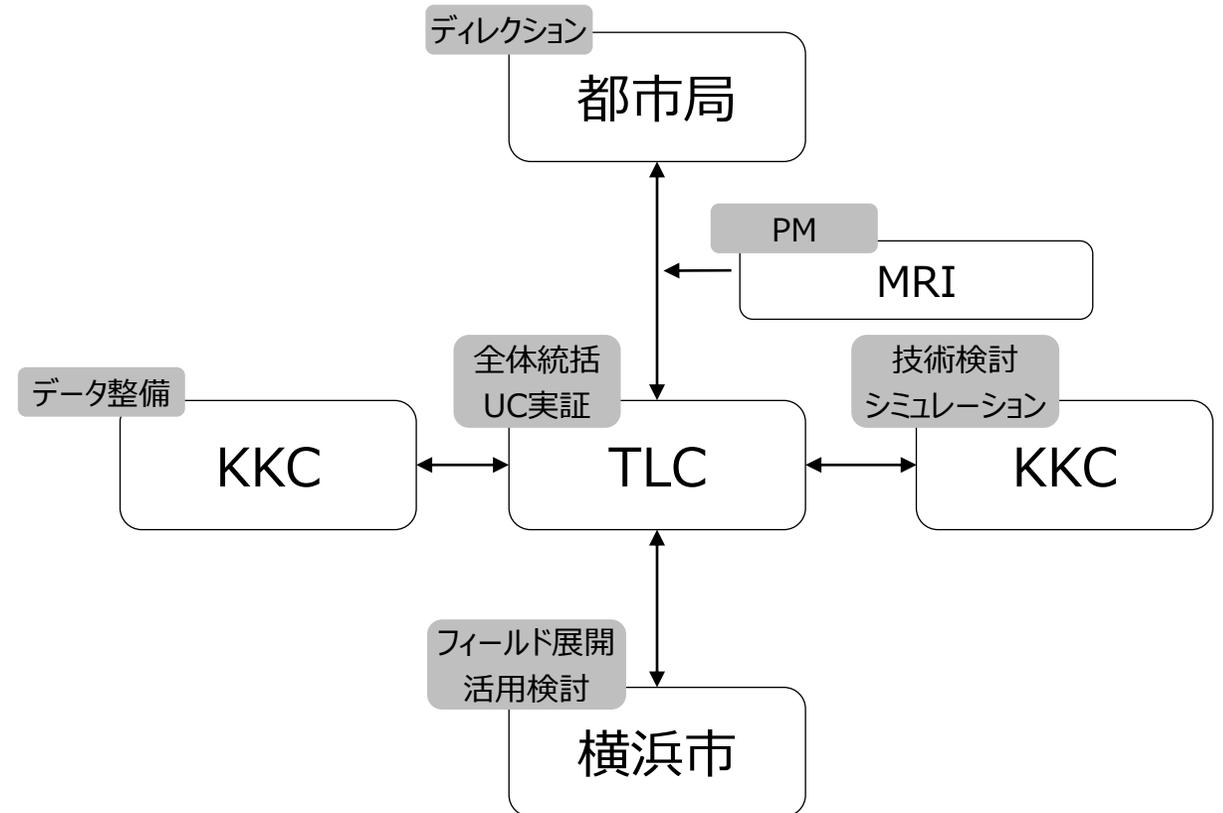
## 全体概要 (2/2)

<b>実証仮説</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D都市モデルと気象データ等を組み合わせることで、他の建物による影の影響が大きい都市部の建物壁面においても、日射量の推計や、発電ポテンシャルを推計できるのではないか。</li> <li>• 推計結果が自治体の脱炭素推進の施策や、面的なエネルギー計画策定のエビデンスとして利用できるのではないか。</li> </ul>
<b>検証ポイント</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 壁面発電ポテンシャル推計を行うためのアルゴリズム検討           <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存アルゴリズム（対象点から太陽を見る方法）と比較した計算時間、精度の妥当性検証</li> </ul> </li> <li>● 壁面発電ポテンシャル推計の精度の検証           <ul style="list-style-type: none"> <li>・日射量推計精度の検証(NEDO日射量データベースと比較)</li> <li>・発電ポテンシャル推計精度の検証(環境省が提供する再生可能エネルギー情報システム [REPOS(リーポス)] と比較)</li> </ul> </li> </ul>

# I. 実証概要 > 2. 実施体制 実施体制

表 各主体の役割

主体	役割
横浜市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実証フィールドの提供</li> <li>・実証成果の活用性検討</li> </ul>
国際航業株式会社 (KKC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日射量・太陽光発電ポテンシャル推計手法の検討</li> <li>・日射量・太陽光発電ポテンシャル推計の実施</li> <li>・技術成果とりまとめ</li> </ul>
東急不動産株式会社 (TLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体統括</li> <li>・ユースケース実証のコーディネート</li> <li>・成果のとりまとめ</li> </ul>
国際航業株式会社 (KKC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3D都市モデル(LOD2)のデータ整備</li> <li>※本ユースケースとは別事業にて実施</li> </ul>
株式会社 三菱総合研究所 (MRI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ユースケース実証に係るマネジメント</li> </ul>



# I. 実証概要 > 3. 実証エリア 実証エリア

神奈川県 横浜市 西区・中区の一部地域（みなとみらい21地区を含む）（3.46km<sup>2</sup>）



※プロトタイプエリアは、R2年度  
LOD2整備範囲(赤枠)全域を予定

# 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. 3D都市モデルの活用方策の検討		← 実証内容の協議・合意 →					← プロトタイプ推計結果を基に横浜市と協議 →				← REASP意見交換 →			
2. 推計手法の検討		← 横浜市と実証活用方針協議 →					← 有識者会議に向けた協議・調整 →				← 有識者会議 →			
3. データの収集・取得		← データ取得 →					← LOD2拡張分を取得 →							
4. 日射量推計・検証					← プロトタイプでの実証・評価 →		← 本番での実証・評価 →							
5. 発電ポテンシャル推計・検証						← プロトタイプでの実証・評価 →		← 本番での実証・評価 →						
6. 成果とりまとめ											← 実証内容・課題のとりまとめ →			

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 | 一覧

活用技術は以下の通りである。

本ユースケースにおいて、既存技術のうちArcGIS、FME Desktopなどは使用していない。

表 活用技術一覧

活用技術	内容
国際航業社製ソフトウェア	国際航業が開発・保有する太陽光の日射量、ポテンシャル推計ソフトウェア。 本ユースケースでは、このソフトウェアを改良することで、壁面への対応を行った。
VC Publisher/Map	独virtualcitysystems社製の3D都市モデル表示環境。 変換したCityGMLの可視化の確認に利用した。 VC MAPは、表示エンジンにCesiumを使用したウェブビューアである。 VC Publisherは、CityGMLデータをVC MAPに入力する3DTilesに変換するツールである。
FZK Viewer	独カールスルーエ工科大学（KIT）が開発し無償で提供する BIM および GIS 関連のデータを可視化するためのソフトウェア。 変換したCityGMLの可視化の確認に利用した。

# Ⅱ. 実証技術の概要 > 2. 国際航業社製ソフトウェア

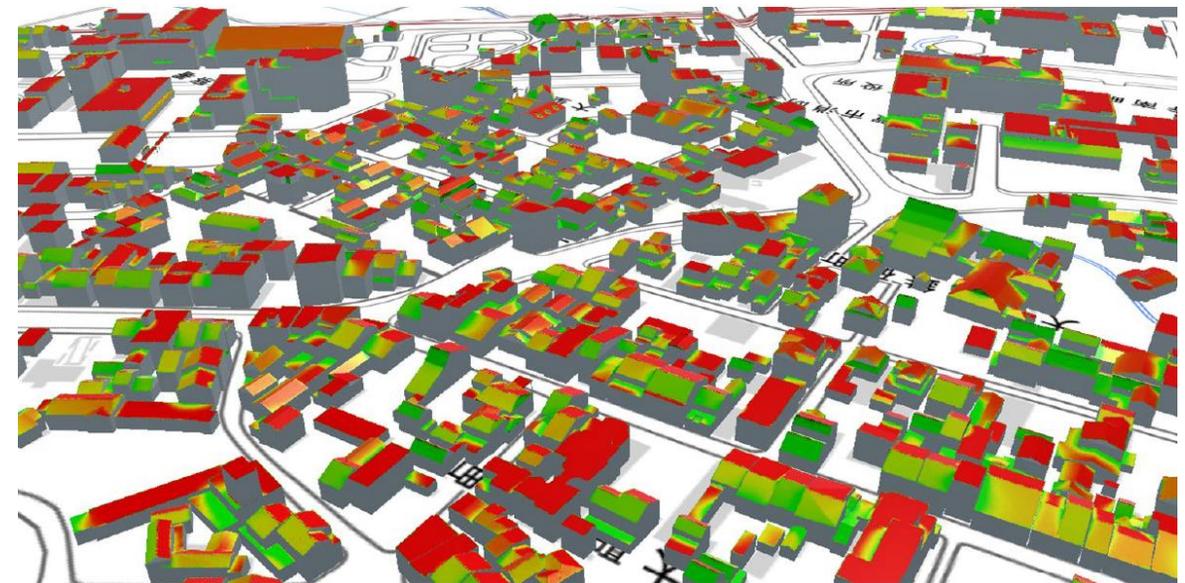
## 国際航業社製ソフトウェアについて

太陽光の日射量、ポテンシャルを推計するソフトウェア

### 概要

本ソフトウェア処理結果による日射量テクスチャの可視化イメージ

項目	内容
名称	国際航業社製ソフトウェア
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>国際航業が開発・保有する太陽光の日射量、ポテンシャル推計ソフトウェア</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>屋根面の日射量推計機能</li><li>屋根面のポテンシャル推計機能</li><li>テクスチャ生成機能</li><li>CityGMLに属性・テクスチャを付与する機能</li></ul>
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>本ユースケースでは、このソフトウェアを改良することで、壁面への対応を行った</li></ul>



# Ⅱ. 実証技術の概要 > 3. VC Publisher/Map

## VC Publisher/Mapについて

独virtualcitysystems社製の3D都市モデル表示環境

### 概要

項目	内容
名称	VC Publisher/Map
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>独virtualcitysystems社製の3D都市モデル表示環境</li> </ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>VC Publisherは、CityGMLデータをVC MAPに入力する3DTilesに変換するツール。</li> <li>VC MAPは、表示エンジンにCesiumを使用したウェブビューア</li> </ul>
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>変換したCityGMLの可視化の確認に利用</li> </ul>

### VC MAPによる可視化



# Ⅱ. 実証技術の概要 > 4. FZK Viewer

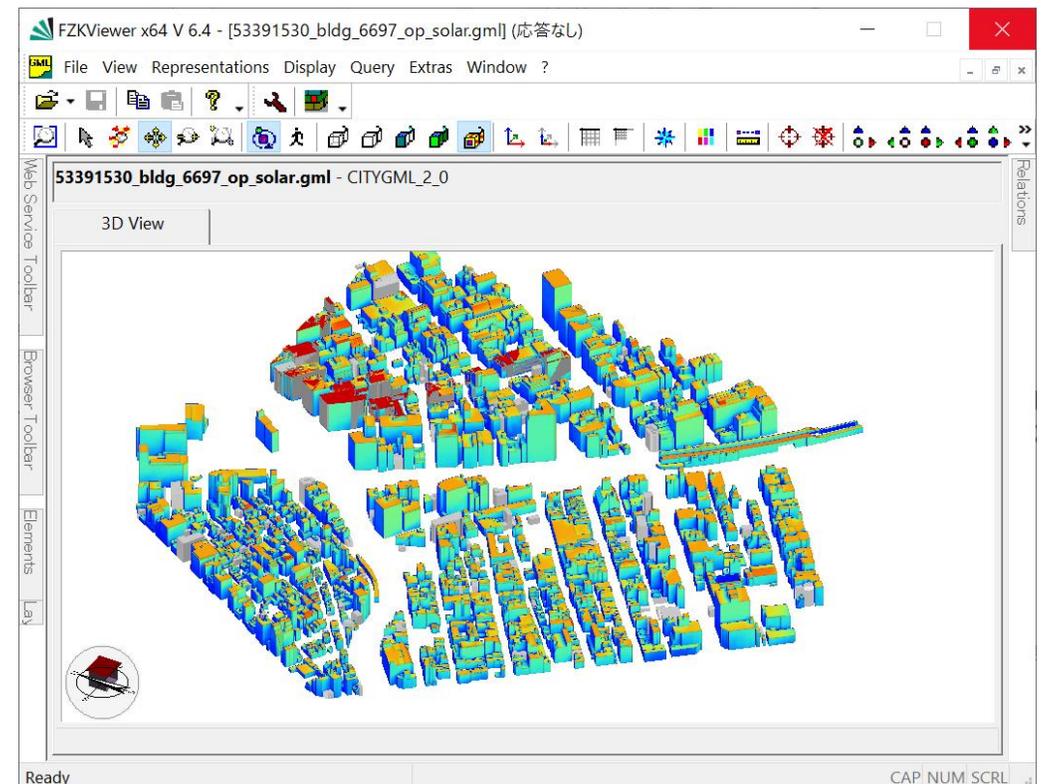
## FZK Viewerについて

BIM および GIS 関連のセマンティックデータモデルを可視化するためのソフトウェア

### 概要

項目	内容
名称	FZK Viewer
概要	<ul style="list-style-type: none"><li>独カルスルーエ工科大学（KIT）が開発し無償で提供する BIM および GIS 関連のデータを可視化するためのソフトウェア</li></ul>
主な機能	<ul style="list-style-type: none"><li>CityGMLの可視化機能</li></ul>
利用する機能	<ul style="list-style-type: none"><li>変換したCityGMLの可視化の確認に利用</li></ul>

### FZK Viewerによる可視化



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

本ユースケースでは、建物壁面の日射量・発電ポテンシャル推計を実施した後に、得られた結果の活用について検討し、事業者・有識者と意見交換を行う

### 要件定義

- 日照有無の判定・散乱光モデルの選定・計算対象格子点の設定・発電ポテンシャル推計式の設定など、3D都市モデルを活用し建物壁面の日射量および発電量を計算するためのアルゴリズムを検討する。

### システム開発 プロトタイプ推計・検証

- プロトタイプ推計実施範囲において、日射量の推計および発電ポテンシャルの推計を行い、下記を検証する。
  - 日射量推計の検証（壁面ごとの日射量、周辺建物等による影の影響等）
  - 発電ポテンシャルの検証（パネル配置パターンの比較、REPOSとの比較(屋根面のみ)）

### 本番環境推計

- 本番推計実施範囲において、日射量推計および発電ポテンシャル推計を実施する。

### 出力結果の活用検討

- 出力結果を分析し、本取組みおよび推計結果の活用案について検討する。

### 事業者・有識者との 意見交換

- 再生可能エネルギー事業者や、壁面活用が期待される次世代太陽電池の知見を有する関係者や有識者と意見交換を行い、壁面発電ポテンシャル推計の有用性や、活用可能性を検証する。
  - 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)との意見交換
  - 壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議の開催

# Ⅲ. 実証システム > 1. システム全体 業務要件

## 従来の業務フロー

## 本システムが目指す業務フロー

<p>①太陽光発電による 発電量の目標値検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国の目標値等を参考に、社会的なニーズを基にCO2排出削減量の目標値を設定する。</li> <li>目標達成に向けた施策の一つとして太陽光発電の設置促進を検討する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自治体が地球温暖化対策実行計画など、面的なエネルギー計画を策定するに当たり、都市全体の再生可能エネルギーポテンシャルの総量を把握するため、計画対象区域全域の太陽光発電ポテンシャルを把握する。</li> <li>自治体が面的なエネルギー計画の目標値を設定する際に、壁面太陽光発電の普及率を考慮して経年的な目標値を発電ポテンシャル推計結果から根拠づけて設定する際に活用する。</li> </ul>
<p>②脱炭素先行地域等の 対象エリア検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱炭素に向け再生エネルギー活用の実証が進んでいるなどの既存の取組み等を考慮し、脱炭素のポテンシャルがある地域を脱炭素先行地域の候補として検討する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自治体がエリア毎に発電ポテンシャルの高さを比較することで脱炭素先行地域を選定する際や、脱炭素先行地域においてより効果的な太陽光発電の設置に活用する。</li> <li>発電ポテンシャルの高いエリアで再開発事業が行われる際に、自治体や事業者が壁面太陽光発電の設置促進や設置検討を行う際に活用する。</li> </ul>
<p>③個別施設への 壁面太陽光発電 設置促進施策検討</p>	<p>—</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自治体が個別施設への壁面太陽光発電の設置施策を検討するに当たり、建物壁面を含む太陽光発電ポテンシャルの大きい建物を特定するため、発電ポテンシャル推計結果を建物の色分け等で可視化することにより、太陽光発電ポテンシャルの多寡を容易に把握する。</li> <li>個別施設の発電ポテンシャル推計結果を用い、自治体が発電ポテンシャルの大きい施設の所有者に対し壁面太陽光発電の設置を支援する等の施策を検討する際に活用する。</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

本システムの処理の詳細な流れを以下に示す。必要なパラメータを予め指定しておくことで、システムでは(1)(2)(3)(4)の枠線ごとに一括で処理することができる。

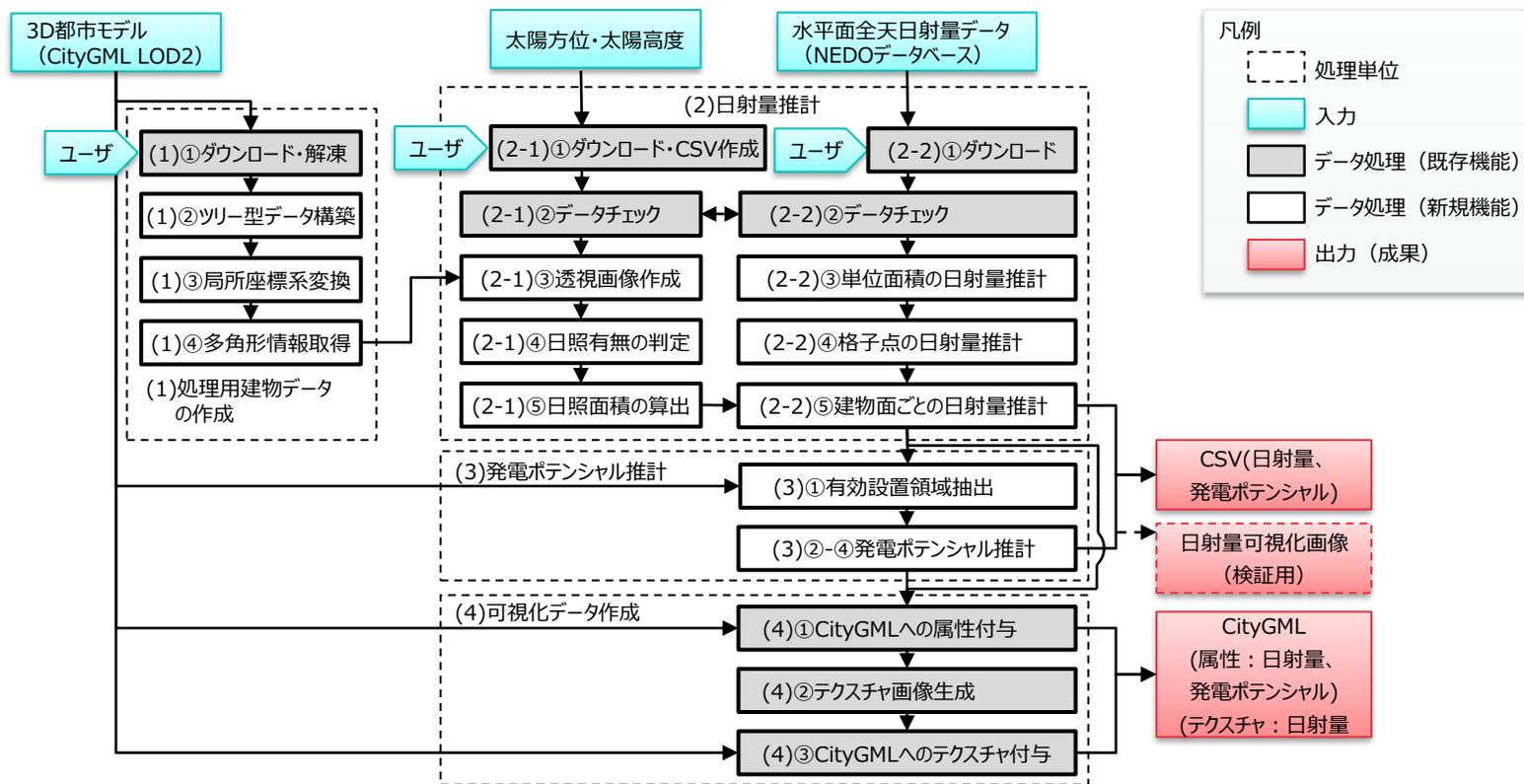


図 システムアーキテクチャ全体図

# 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

本システムのデータの流れを以下に示す。

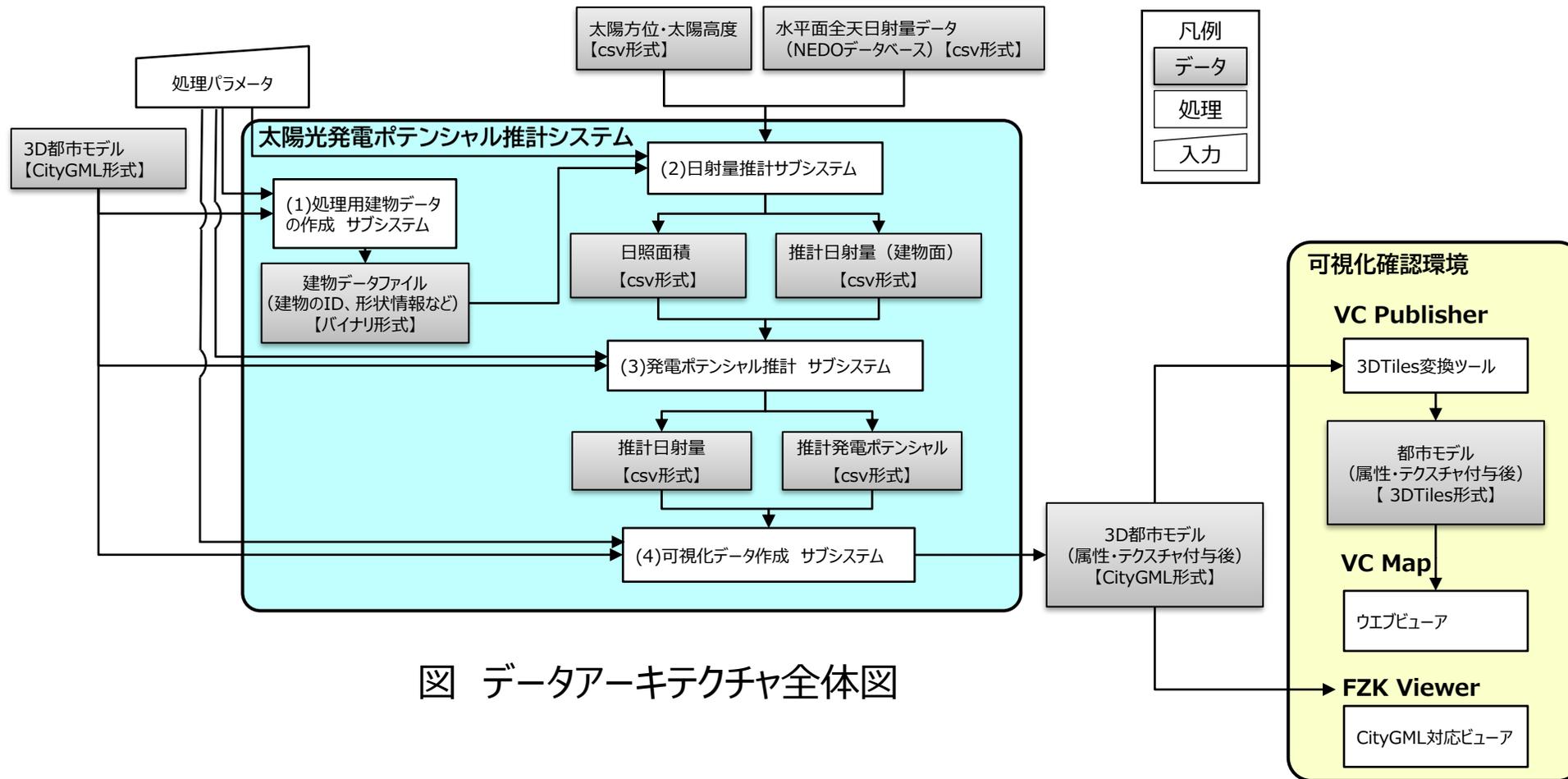


図 データアーキテクチャ全体図

# Ⅲ. 実証システム > 3. アーキテクチャ全体図 入出力データの配置

以下の形でデータ入出力が行われる。なお、実際に処理をする際には、フォルダ名を引数で指定できるため、必ずしもこのフォルダ構成である必要はない。

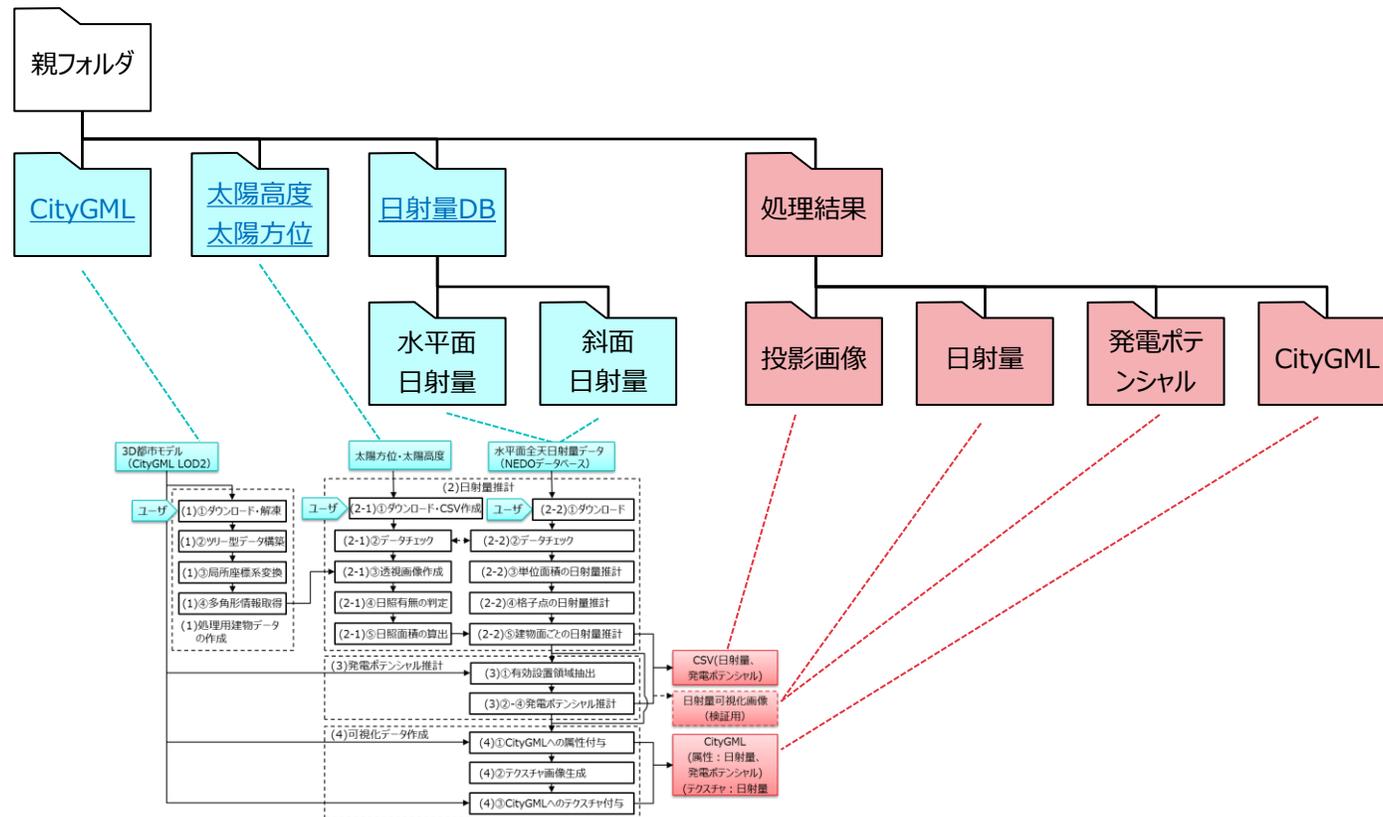


図 入出力データ配置と処理の関係

## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

### システム機能

プログラムの実装言語は、処理速度の観点から、C++とし、フルスクラッチで開発した。  
 本システムは以下(1)～(4)のステップに分けられる。  
 次頁以降で、それぞれの詳細を説明する。

機能名	説明
(1)処理用建物データの作成	CityGMLファイルから、処理用建物データを作成する。
(2)日射量推計	日照有無の判定、日照面積の算出と建物面ごとの日射量推計を行う。 以下2つに分けて詳細を記載する。 (2-1)日照の有無の判定機能 (2-2)日射量(直達成分・散乱成分)推計機能
(3)発電ポテンシャル推計	発電ポテンシャル推計を行う。
(4)可視化データ作成	テクスチャ画像を生成し、CityGMLファイルへの属性付与、テクスチャ画像付与を行う。

## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

### (1) 処理用建物データの作成機能

入力された3D都市モデルCityGMLデータを用いて、処理で用いる建物データを作成する。

表 処理用データの作成の処理内容

ステップ	入力	出力	処理内容
①ダウンロード・解凍	-	3D都市モデルCityGMLデータ(.gml)	zipファイルを解凍し、gmlファイルとする。
②ツリー型データ構築	①出力結果	ツリー型データ	ツリー型データ構造を構築する。
③局所座標系変換	②出力結果	頂点（局所直交座標系）	多角形の頂点の座標を局所直交座標系に変換する。
④多角形情報取得	③出力結果	出力建物データファイル(.dat)	多角形の位置・方向（方位・傾斜）・法線ベクトル・面積を計算し、記録する。

## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

### (1) 処理用建物データの作成機能

処理用建物データの作成にあたっては、以下のパラメータを設定する必要がある。  
 パラメータはテキストファイルを用いて設定するため、データを格納するフォルダや対象地域によって自由に変更することができる。

表 処理用建物データ作成におけるパラメータ

No	パラメータ	説明	設定値 (例)
1	入力CityGMLファイル	入力するCityGMLのパス	K:¥横浜市¥CityGML¥Yokohama.gml
2	出力建物データファイル	出力する建物データファイルのパス	K:¥横浜市¥CityGML¥Yokohama.dat
3	平面直角座標系の系番号	対象とする地区の平面直角座標系、系番号※1 横浜市であればIXとなり、アラビア数字で記載	9
4	局地座標系原点の緯度	局地座標系原点とする北緯を10進で指定	35.458333333
5	局地座標系原点の経度	局地座標系原点とする東経を10進で指定	139.637500000
6	局地座標系原点の標高	局地座標系原点の標高をメートル単位で指定	0.000000000

※1 出所) 国土交通省国土地理院, 平面直角座標系(平成十四年国土交通省告示第九号)  
<https://www.gsi.go.jp/LAW/heimencho.html>

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (1) 処理用建物データの作成機能

### ①ダウンロード・解凍

zipファイルをダウンロード・解凍し、gmlファイルとする。なお複数のgmlファイルを対象とする場合、gmlファイルを1つのファイルに結合する必要がある。ファイルの結合はOSのcopyコマンド等を使用する。出力ファイルは3D都市モデルCityGMLデータ(.gml)である。

結合コマンド：

```
copy /A 53391520_bldg_6697_op.gml + 53391530_bldg_6697_op.gml + 53391531_bldg_6697_op.gml +
53391449_bldg_6697_op.gml + 53391540_bldg_6697_op.gml + 53391541_bldg_6697_op.gml +
53391459_bldg_6697_op.gml + 53391550_bldg_6697_op.gml + 53391560_bldg_6697_op.gml
bldg_6697_op.gml
```

	53391560	
53391459	53391550	
53391449	53391540	53391541
	53391530	53391531
	53391520	



複数の図郭の  
CityGMLファイルを1つに結合

bldg\_6697\_op.gml

図 結合のイメージ

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (1) 処理用建物データの作成機能

### ② ツリー型データ構築

①で作成したgmlファイルを入力として、ツリー型データ構造 [建物 – 面 (壁面・屋根面) – 多角形 – 頂点] を構築する。このデータ構造は、推計された日射量・発電ポテンシャルの集計や、出力結果の属性付与に利用する。このデータの論理構造を以下に示す。図は論理構造を示しており、実際のファイルはバイナリデータである。次ページに仮想的なサンプルを示す。

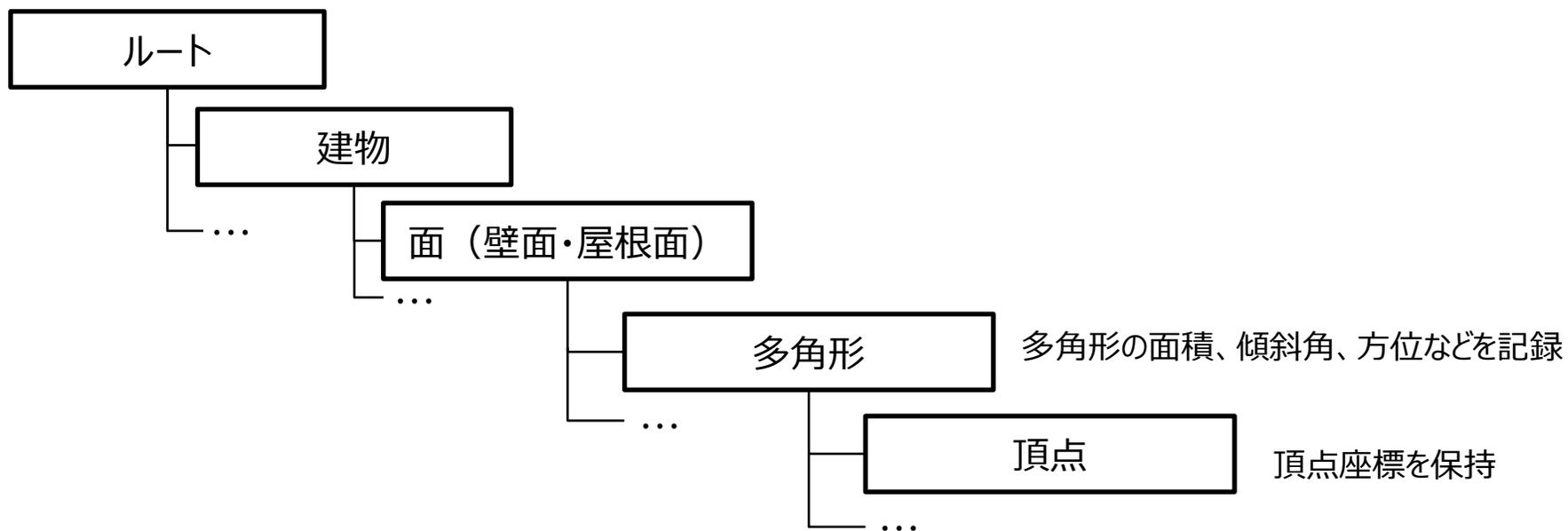


図 ツリー型データの論理構造

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (1) 処理用建物データの作成機能

### ② ツリー型データ構築

ツリー型データの仮想的なイメージを以下に示す。

Building	Surface	種類	Polygon	頂点X	頂点Y	頂点Z
BLD_60133bf8-aaa5-47b6-b2c0-e0e27536cb66	ID_9e9ef327-12ac-41d6-bff5-95b8644bd47d	RoofSurface	ID_c758cd6c-bc02-4344-80b8-ffdacc6189df	517.9026	-1106.2249	5.4077
			面積 : 26.83	513.7115	-1103.6842	5.4077
			方位 : -121.2253	510.8857	-1108.3454	4.8977
	ID_abe59690-57c8-4008-9f1f-9680d39821c1	GroundSurface	ID_0ad68f2a-7337-42ea-842c-9afdfca3ce1	517.9026	-1106.2249	2.2993
			面積 : 26.72	515.0768	-1110.8862	2.2993
			方位 : -90.0000	510.8857	-1108.3454	2.2993
	ID_97a521c1-c508-472c-9369-1a39fa6694bb	WallSurface	ID_759b1a84-a142-4270-8cfd-6dfa2d1ee103	515.0768	-1110.8862	4.8977
			面積 : 12.73	510.8857	-1108.3454	4.8977
			方位 : -121.2253	510.8857	-1108.3454	2.2993
	ID_bb2dfcf5-6a7c-46e8-8e2c-7650ba505634	WallSurface	ID_51df85c6-5e40-4085-811c-f0827991c51e	513.7115	-1103.6842	5.4077
			面積 : 7.78	512.2986	-1106.0148	2.2993
			方位 : 148.7747, 傾斜 : 0.0000	510.8857	-1108.3454	4.8977
ID_51df85c6-5e40-4085-811c-f0827991c51e	WallSurface	ID_51df85c6-5e40-4085-811c-f0827991c51e	513.7115	-1103.6842	5.4077	
		面積 : 4.24	513.7115	-1103.6842	2.2993	
		方位 : 148.7747, 傾斜 : 0.0000	512.2986	-1106.0148	2.2993	
ID_d6e87a63-4380-41d4-9a76-959384be9aef	WallSurface	ID_f2400330-095a-45ac-9901-07721705e563	512.2986	-1106.0148	2.2993	
		面積 : 3.54	510.8857	-1108.3454	2.2993	
		方位 : 148.7747, 傾斜 : 0.0000	510.8857	-1108.3454	4.8977	
ID_c68d61e7-fc8a-4209-94b1-2397337ec651	WallSurface	ID_27096172-0126-482d-8e55-346a7dd23d11	517.9026	-1106.2249	2.2993	
		面積 : 15.23	513.7115	-1103.6842	2.2993	
		方位 : 58.7747	513.7115	-1103.6842	5.4077	
ID_deadfcae-81ab-44af-929b-457355376aa3	WallSurface	ID_09faca45-4ef2-421c-85ee-b0d60a4df0a1	517.9026	-1106.2249	5.4077	
		面積 : 15.55	515.0768	-1110.8862	4.8977	
		方位 : -31.2253	515.0768	-1110.8862	2.2993	
BLD_327ac16d-98e8-46f4-b890-31b36101c58e	ID_54a01296-7060-40eb-baaf-53fc8d3b3b66	RoofSurface	ID_ae6d7825-3220-4275-a6c1-8aac51ea6932	671.1238	-1108.1172	9.9403
			面積 : 19.91	668.3583	-1099.5176	9.3921
			方位 : 146.1566, 傾斜 : 85.5760	665.2382	-1104.1707	9.3921
ID_31089644-abbe-45cc-be6b-c117e6b66ef1	RoofSurface	ID_31089644-abbe-45cc-be6b-c117e6b66ef1	680.5308	-1094.0882	9.9658	
		面積 : 60.03	668.3583	-1099.5176	9.3921	

図 ツリー型データの仮想的なイメージ

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (1) 処理用建物データの作成機能

### ③局所座標系変換

②で作成したツリー型データから、多角形の頂点の座標（緯度・経度・標高）を抽出し、システム内部で使用する局所直交座標系に変換する。緯度・経度を平面直角座標系に変換後、原点付近に平行移動した局所直交座標系に変換する。平面直角座標系の系番号、平行移動量はパラメータファイルで指定する。



図 局所座標系への変換イメージ

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (1) 処理用建物データの作成機能

### ④ 多角形情報取得

③で作成したツリー型データ（局所座標系）から、多角形の位置・方向（方位・傾斜）・法線ベクトル・面積を計算し、記録する。これらの計算結果は、日射量の推計や太陽光パネル設置条件の適合度検定に利用する。出力ファイルの形式は、読み書きの速度とファイルサイズの観点からバイナリ形式とする。

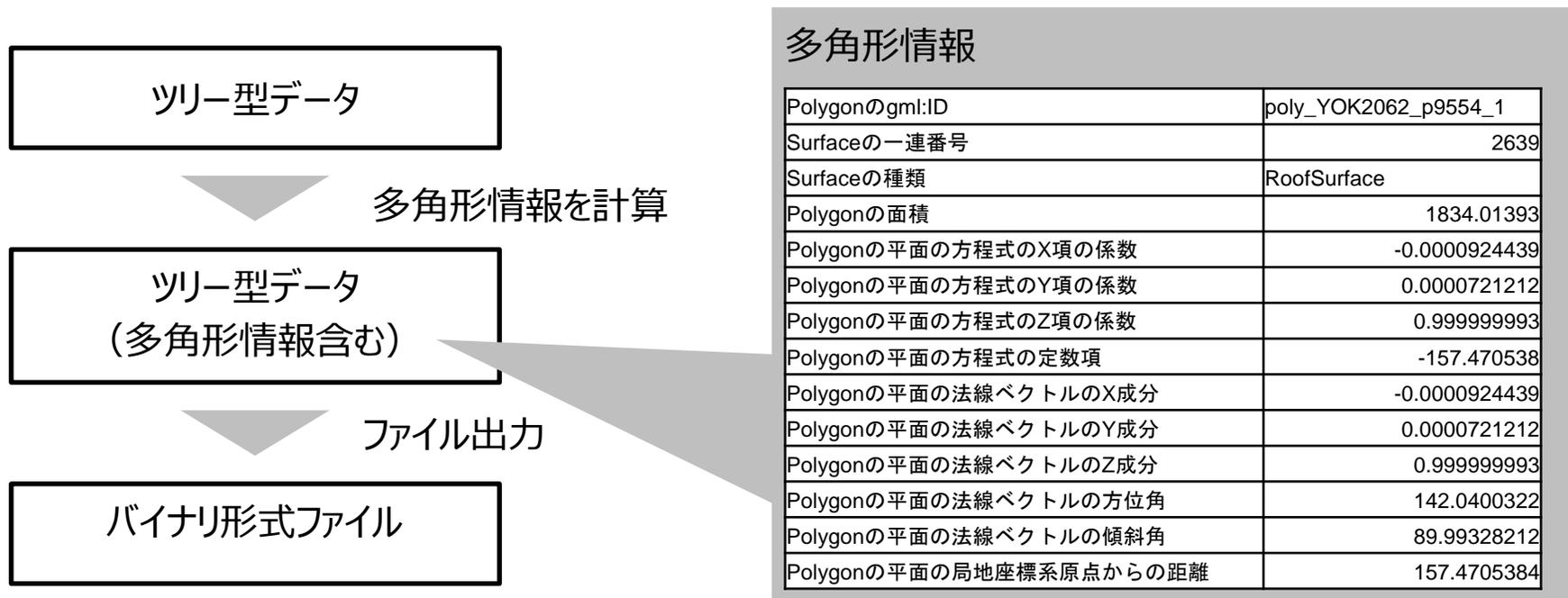


図 多角形情報の取得・記録イメージ

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

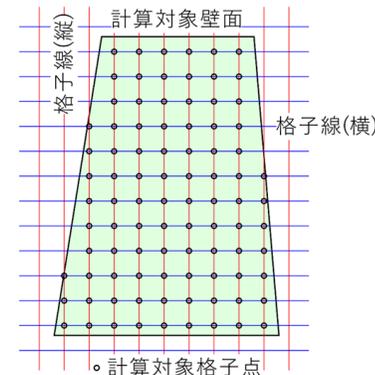
### (2-1) 日照の有無の判定機能

3D都市モデルと毎時の太陽方位・太陽高度を用いて、建物面の各格子点の日照の有無を判定する。それぞれのステップにおける入出力と処理内容を以下に示す。

表 日照有無判定の処理内容

ステップ	入力	出力	処理内容
①ダウンロード・CSV作成	太陽方位・太陽高度データ (.csv)	時刻、太陽方位、太陽高度 (.csv)	「太陽系天体の高度と方位（国立天文台暦計算室）」※1にて、毎時の太陽高度・太陽方位データを入手し、時刻、太陽方位、太陽高度から成るCSVファイルを作成する。
②データチェック	時刻、太陽方位、太陽高度 (.csv)	-	太陽方位、太陽高度等のチェックを行う。
③透視画像作成	ツリー型データ・①出力結果	透視画像（メモリに保持）	毎時の太陽を視点とする透視画像（平行投影画像）を作成する。
④日照有無の判定	①出力結果 ③出力結果	日照有無（メモリに保持）	対象となる建物面上に正方格子を設定し、格子点における毎時の日照の有無を判定する。
⑤日照面積の算出	④出力結果	日照面積 (.csv)	毎時の日照がある建物面上の格子点の数より、建物面ごと（屋根面・壁面）の毎時の日照面積を算出する。

図 格子点のイメージ



※1 出所) 国立天文台, “太陽系天体の高度と方位” トップページ(2023)

<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/cande/horizontal.cgi>



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

日射量推計処理にあたっては、以下のパラメータを設定する必要がある。設定値はテキストファイルから読み込まれる。設定値は、データを格納するフォルダや格子点の間隔等によって自由に変更することができる。

表 日射量推計におけるパラメータ

No	パラメータ	説明	設定値例 (括弧内は設定可能な値)
1	入力建物データファイル	入力する建物データファイルのパス	K:¥横浜市¥CityGML¥Yokohama.dat
2	入力太陽データファイル	入力する太陽データファイル(時刻、太陽高度、太陽方位で構成されるファイル)のパス	K:¥横浜市¥太陽高度・太陽方位¥平均年¥横浜市 平均年.csv
3	入力水平面日射量データファイル	入力する水平面日射量データファイルのパス	K:¥横浜市¥NEDO日射量データベース¥平均年¥hm46106year.csv
4	入力斜面日射量データファイル基本名	入力する斜面日射量データファイルのパス	K:¥横浜市¥NEDO日射量データベース¥平均年¥rm46106year.csv
5	出力投影座標データフォルダ	投影画像からポリゴン座標を求めるための変換パラメタ情報(III.4 日照有無の判定アルゴリズムで用いる情報)の格納パス	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥投影座標¥
6	出力投影画像データフォルダ	投影画像の格納パス	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥投影画像¥
7	出力日射量データファイル	日射量推計数値データの格納先パス。同フォルダに“.dat”形式のファイルも出力される。csvと.datの違いは、前者が建物面の粒度であるのに対し、後者は格子点毎/太陽光成分毎のものであることである。	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥日射量¥YokohamaRadiation.csv
8	投影面画像解像度	投影画像のレンダリングスケール(単位:m/pixel)	0.2
9	建物面画像解像度	日射量推計の空間的粒度、建物屋根面/壁面上に設定される日射量推定の格子点間隔(単位:m)	0.2
10	全天空一様散乱光考慮	Perez散乱光モデルの各要素を考慮するかどうか(付録1.iii参照)	はい(はい/いいえ)
11	太陽周辺光考慮		はい(はい/いいえ)
12	地平線光考慮		はい(はい/いいえ)
13	係数推定利用最小方位角	NEDO日射量データベース(METEV-20)のデータ参照時、方位角をどの範囲で/どの程度丸めて扱うかの設定(METEV-20は1°単位で出力可能(※1)だが、計算量削減のため、ある程度丸める)	0
14	係数推定利用最大方位角		330
15	係数推定利用方位角間隔		30
16	係数推定利用最小傾斜角	傾斜角について最小値/最大値およびどの程度丸めて扱うかの設定	10
17	係数推定利用最大傾斜角		90
18	係数推定利用傾斜角間隔		10
19	処理開始太陽番号	1月1日0時を1とした毎時のデータ番号	1
20	処理終了太陽番号	(例は1月分の日射量を求める場合)	744

※1 出所) NEDO, “日射量データベース閲覧システム” WEB版 Ver3.0操作マニュアル,  
<https://www.nedo.go.jp/content/100484811.pdf>, p28他

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

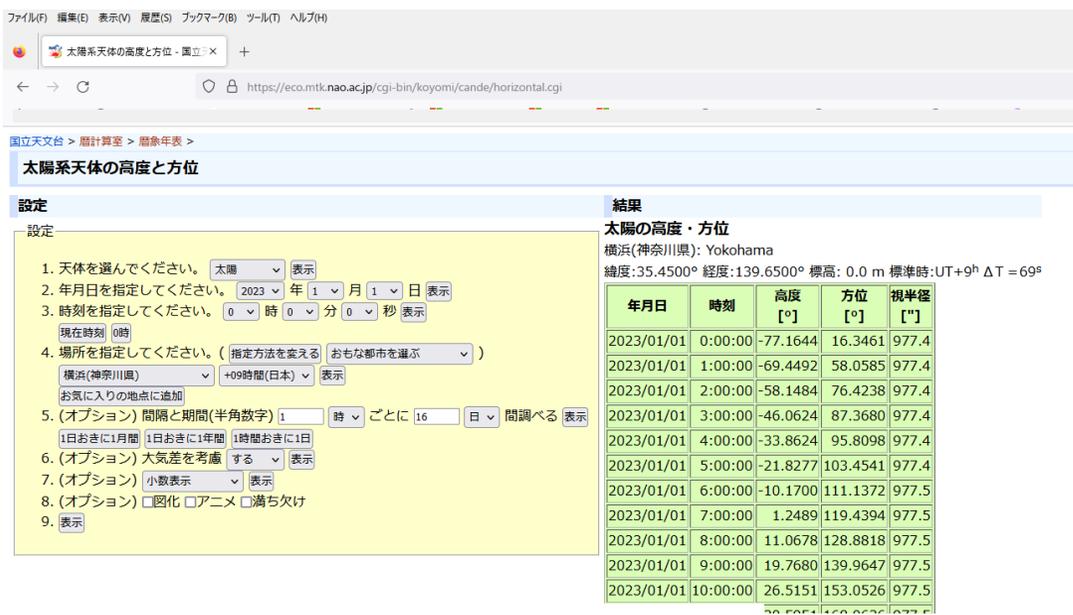
## (2) 日射量推計

### (2-1) 日照の有無の判定機能

#### ① ダウンロード・CSV作成

「太陽系天体の高度と方位（国立天文台暦計算室）」※1)にて、毎時の太陽高度・太陽方位データを入手し、時刻、太陽方位、太陽高度から成るCSVファイルを作成する。

なお一度に表示できるのは400時間以内なので、最大16日分ずつ取得する必要がある。



国立天文台 > 暦計算室 > 暦象年表 > 太陽系天体の高度と方位

設定

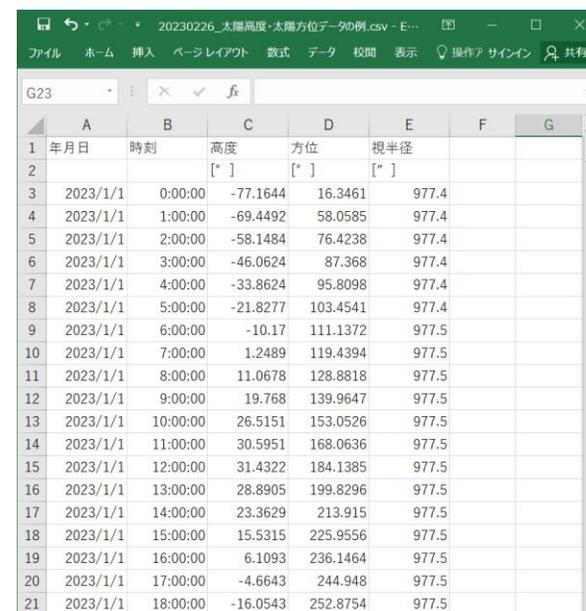
- 天体を選んでください。太陽 表示
- 年月日を指定してください。2023 年 1 月 1 日 表示
- 時刻を指定してください。0 時 0 分 0 秒 表示
- 場所を指定してください。(指定方法を変える おもな都市を選ぶ) 横浜(神奈川県) +09時間(日本) 表示
- (オプション) 間隔と期間(半角数字) 1 時 ごとに 16 日 間調べる 表示
- (オプション) 大気差を考慮 する 表示
- (オプション) 小数表示 表示
- (オプション) 図化  アニメ  満ち欠け  表示

結果

太陽の高度・方位  
横浜(神奈川県): Yokohama  
緯度: 35.4500° 経度: 139.6500° 標高: 0.0 m 標準時: UT+9<sup>h</sup> ΔT = 69<sup>s</sup>

年月日	時刻	高度 [°]	方位 [°]	視半径 [″]
2023/01/01	0:00:00	-77.1644	16.3461	977.4
2023/01/01	1:00:00	-69.4492	58.0585	977.4
2023/01/01	2:00:00	-58.1484	76.4238	977.4
2023/01/01	3:00:00	-46.0624	87.3680	977.4
2023/01/01	4:00:00	-33.8624	95.8098	977.4
2023/01/01	5:00:00	-21.8277	103.4541	977.4
2023/01/01	6:00:00	-10.1700	111.1372	977.5
2023/01/01	7:00:00	1.2489	119.4394	977.5
2023/01/01	8:00:00	11.0678	128.8818	977.5
2023/01/01	9:00:00	19.7680	139.9647	977.5
2023/01/01	10:00:00	26.5151	153.0526	977.5

図 太陽系天体の高度と方位



年月日	時刻	高度	方位	視半径
		[°]	[°]	[″]
2023/1/1	0:00:00	-77.1644	16.3461	977.4
2023/1/1	1:00:00	-69.4492	58.0585	977.4
2023/1/1	2:00:00	-58.1484	76.4238	977.4
2023/1/1	3:00:00	-46.0624	87.368	977.4
2023/1/1	4:00:00	-33.8624	95.8098	977.4
2023/1/1	5:00:00	-21.8277	103.4541	977.4
2023/1/1	6:00:00	-10.17	111.1372	977.5
2023/1/1	7:00:00	1.2489	119.4394	977.5
2023/1/1	8:00:00	11.0678	128.8818	977.5
2023/1/1	9:00:00	19.768	139.9647	977.5
2023/1/1	10:00:00	26.5151	153.0526	977.5
2023/1/1	11:00:00	30.5951	168.0636	977.5
2023/1/1	12:00:00	31.4322	184.1385	977.5
2023/1/1	13:00:00	28.8905	199.8296	977.5
2023/1/1	14:00:00	23.3629	213.915	977.5
2023/1/1	15:00:00	15.5315	225.9556	977.5
2023/1/1	16:00:00	6.1093	236.1464	977.5
2023/1/1	17:00:00	-4.6643	244.948	977.5
2023/1/1	18:00:00	-16.0543	252.8754	977.5

図 作成したCSVファイル

※1 出所) 国立天文台, “太陽系天体の高度と方位” トップページ(2023) <https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/cande/horizontal.cgi>

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

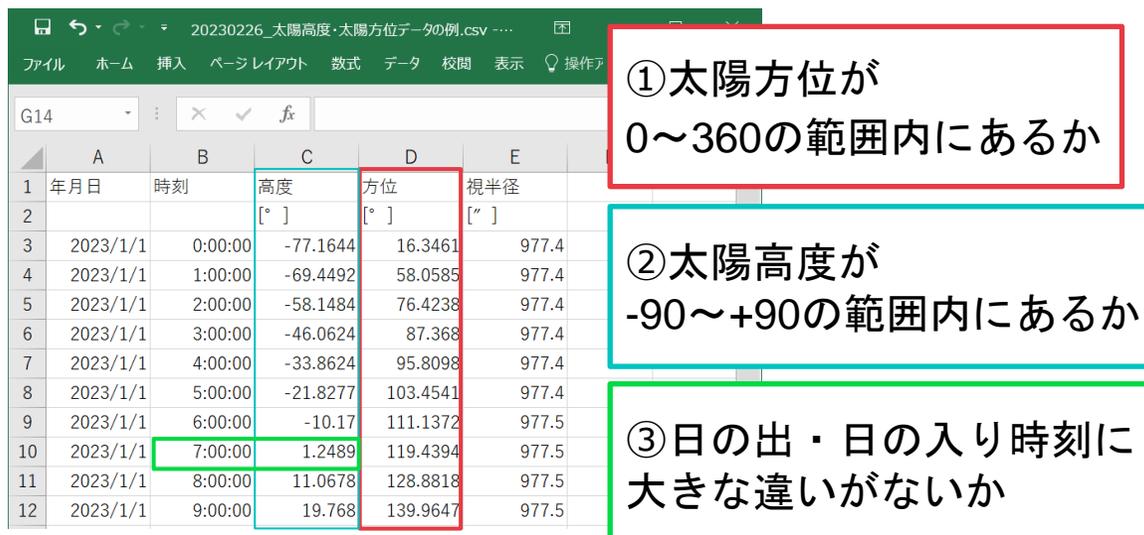
## (2) 日射量推計

### (2-1) 日照の有無の判定機能

#### ② データチェック

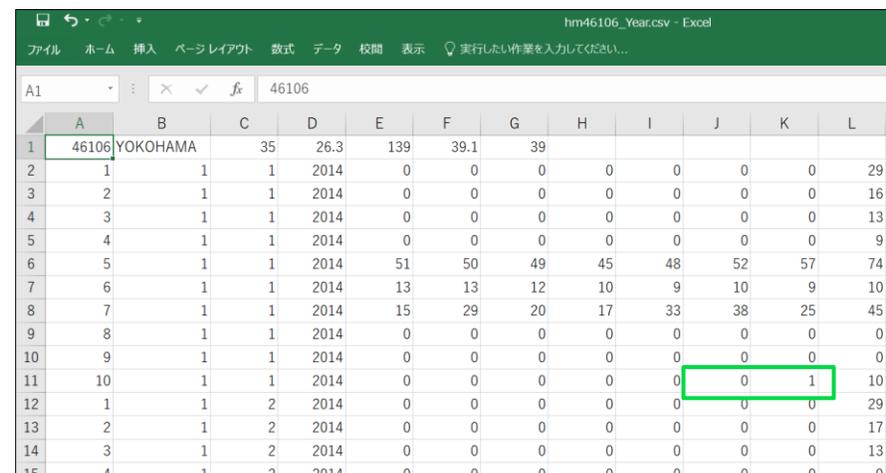
時刻、太陽方位、太陽高度のCSVファイルについて、以下の項目をシステム内で自動でチェックする。

- ① 太陽方位が0～360の範囲内にあるか
- ② 太陽高度が-90～+90の範囲内にあるか
- ③ NEDO日射量データベースの水平面日射量データファイル中の可照時間データと比較して、日の出・日の入り時刻に大きな違いがないか



	A	B	C	D	E
1	年月日	時刻	高度	方位	視半径
2			[°]	[°]	[°]
3	2023/1/1	0:00:00	-77.1644	16.3461	977.4
4	2023/1/1	1:00:00	-69.4492	58.0585	977.4
5	2023/1/1	2:00:00	-58.1484	76.4238	977.4
6	2023/1/1	3:00:00	-46.0624	87.368	977.4
7	2023/1/1	4:00:00	-33.8624	95.8098	977.4
8	2023/1/1	5:00:00	-21.8277	103.4541	977.4
9	2023/1/1	6:00:00	-10.17	111.1372	977.5
10	2023/1/1	7:00:00	1.2489	119.4394	977.5
11	2023/1/1	8:00:00	11.0678	128.8818	977.5
12	2023/1/1	9:00:00	19.768	139.9647	977.5

図 時刻、太陽方位、太陽高度のCSV



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	46106	YOKOHAMA	35	26.3	139	39.1	39					
2	1	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	29
3	2	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	16
4	3	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	13
5	4	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	9
6	5	1	1	2014	51	50	49	45	48	52	57	74
7	6	1	1	2014	13	13	12	10	9	10	9	10
8	7	1	1	2014	15	29	20	17	33	38	25	45
9	8	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
10	9	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	1	10
12	1	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	29
13	2	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	17
14	3	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	13
15	4	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	9

図 NEDO日射量データベース



# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-1) 日照の有無の判定機能

#### ③ 透視画像作成

1月1日における毎正時の透視画像の例を示す。

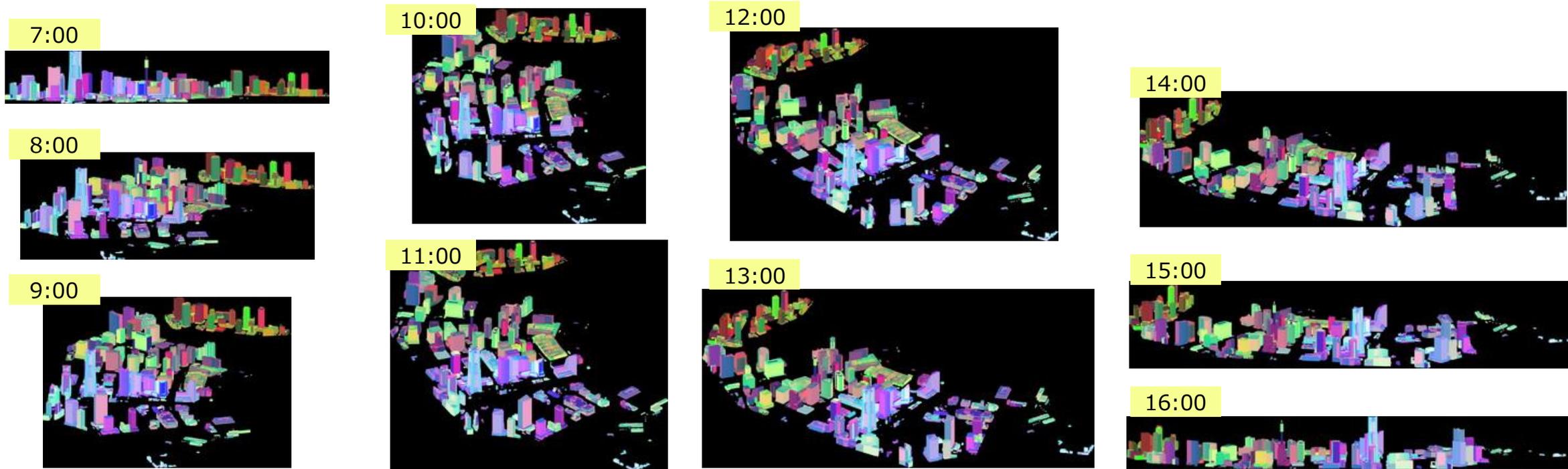


図 毎正時の平行透視画像の例 (1月1日)

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-1) 日照の有無の判定機能

#### ④ 日照有無の判定

対象となる建物面（壁面・屋根面）上に、縦横の格子線間隔が等しい正方格子を設定する。格子点の間隔は任意に設定できる（本検証では0.2mとしている）。太陽視点の透視画像を用いて、格子点（縦横の格子線の交点）における毎時の日照の有無を判定する。判定結果はメモリに保持される。

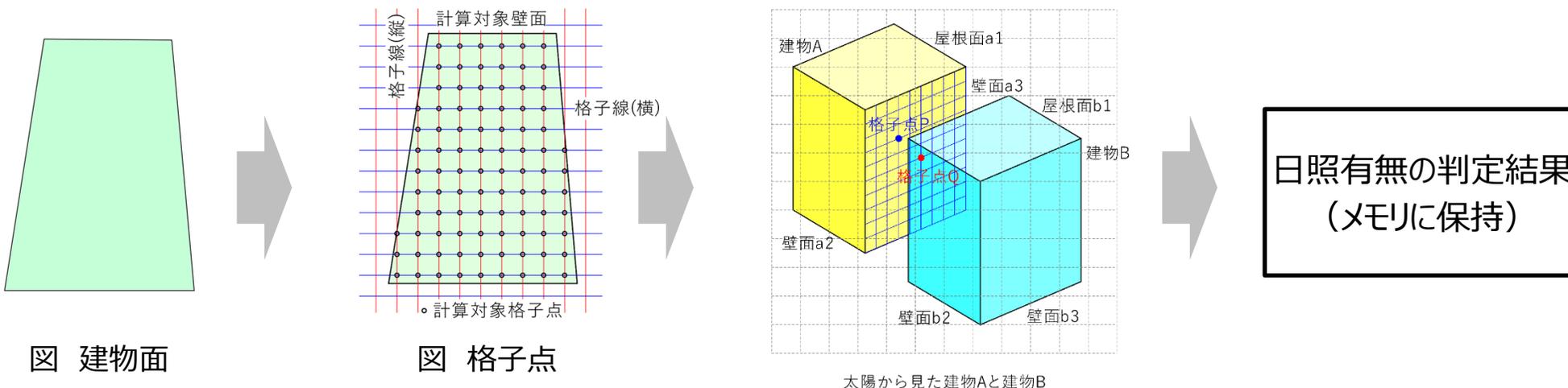


図 建物面

図 格子点

太陽から見た建物Aと建物B

図 格子点（太陽視点）

※図では建物面a1の格子のみを表示しているが、実際には全ての建物面について格子が生成される

手法の詳細は、Ⅲ.5 アルゴリズムの項を参照

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-1) 日照の有無の判定機能

#### ⑤ 日照面積の算出

④の出力結果を入力とし、毎時の日照がある建物面上の格子点の数より、建物面ごと（屋根面・壁面）の毎時の日照面積を算出する。毎時の日照がある建物面上の格子点の数より、建物面ごと（屋根面・壁面）の毎時の日照面積を算出する。日照面積は、格子線間隔横×格子線間隔縦×日照あり格子点数 によって求められる。算出結果は、CSV形式で出力する。

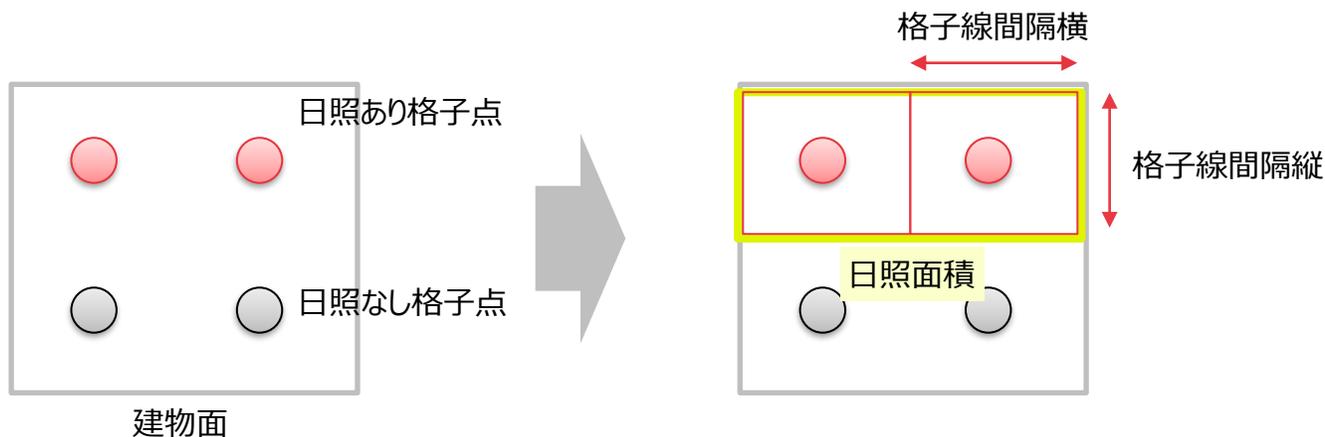
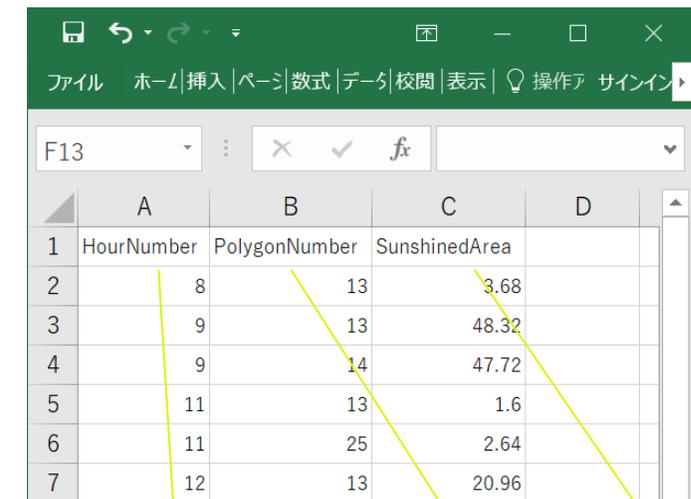


図 日照面積算出イメージ



HourNumber	PolygonNumber	SunshinedArea
8	13	3.68
9	13	48.32
9	14	47.72
11	13	1.6
11	25	2.64
12	13	20.96

時間の通し番号。  
1月1日1時を1とする

多角形の  
通し番号

日照面積  
(㎡)

図 算出結果のCSV例

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

(2-1)で判定した日照有無に基づき、(2-2)にて日射量を推計する。(2-2)では、3D都市モデル、毎時の太陽方位・高度、日射量データベースを用いて、日射量（直達成分・散乱成分）を推計する。

表 日射量推計機能の処理内容

ステップ	入力	出力	処理内容
①ダウンロード	NEDO日射量データベース	時刻、太陽方位、太陽高度(.csv)	「日射量データベース閲覧システム（NEDO）」※1)の日射量データをダウンロードする。
②データチェック	①出力結果	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平面日射量データと斜面日射量データを比較し、ファイル1行目の地点名が同一であるかをチェックする。</li> <li>・太陽高度と比較して、日の出・日の入り時刻に大きな違いが無いかチェックする。</li> </ul>
③単位面積ごとの日射量推計	①出力結果	日射量原単位	各建物面（屋根面・壁面）の直達日射成分と天空散乱成分の毎時の単位面積あたりの日射量（日射量原単位）を求める。
④格子点ごとの日射量推計	③出力結果	推計日射量（格子点）	建物面上の格子点の推計日射量（月別・年間）を求める。
⑤建物面ごとの日射量推計	④出力結果	推計日射量（建物面）(.csv)	建物面ごとの推計日射量（月別・年間）を求める。

※1 出所) NEDO “日射量データベース閲覧システム” トップページ(2023)  
<https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/index.html>

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

#### ① ダウンロード

「日射量データベース閲覧システム (NEDO)」※1)を利用して、年間時別日射量データベースMETPV-20の水平面データと斜面日射量データの年間時別日射量データのCSVファイルをダウンロードする。

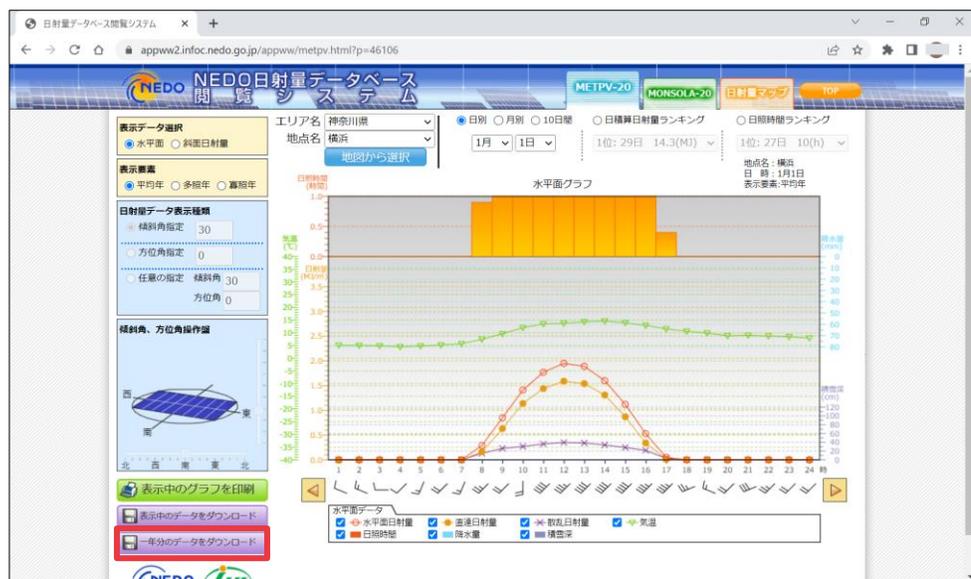


図 NEDO日射量データベース閲覧システム

※1 出所) NEDO, “日射量データベース閲覧システム” トップページ(2023)  
<https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/index.html>



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	46106	YOKOHAMA	35	26.3	139	39.1	39						29	85	141	177	195	189
2	1	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	16	63	114	144	159	154
3	2	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	13	23	27	32	35	34
4	3	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	9	10	10	10	10	10
5	4	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10
6	5	1	1	2014	51	50	49	45	48	52	57	74	96	120	135	137	143	
7	6	1	1	2014	13	13	12	10	9	10	9	10	10	8	10	10	10	
8	7	1	1	2014	15	29	20	17	33	38	25	45	44	36	79	69	77	
9	8	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	9	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	10	1	1	2014	0	0	0	0	0	0	1	10	10	10	10	10	10	
12	1	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	29	88	142	177	194	188	
13	2	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	17	66	115	144	159	154	
14	3	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	13	21	27	32	35	34	
15	4	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	9	10	10	10	10	10	
16	5	1	2	2014	77	69	66	59	65	81	82	85	98	116	108	118	121	
17	6	1	2	2014	11	12	14	13	10	10	10	11	12	16	1	1	16	
18	7	1	2	2014	41	31	14	22	43	56	41	37	48	33	49	34	27	
19	8	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	9	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	10	1	2	2014	0	0	0	0	0	0	0	1	10	10	10	10	10	
22	1	1	3	2014	0	0	0	0	0	0	0	14	55	62	65	110	181	
23	2	1	3	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	1	25	125	
24	3	1	3	2014	0	0	0	0	0	0	0	14	39	58	64	85	56	

図 CSVファイル

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

#### ② データチェック

①のCSVに対して、以下の項目をシステム内で自動でチェックする。

- 水平面日射量データと斜面日射量データを比較し、ファイル1行目の地点名が同一であるか。
- 太陽高度と比較して、日の出・日の入り時刻に大きな違いが無い。 ※(2-1)③と同様の処理

両ファイルの地点名が同一であるか確認。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	46106	YOKOHAMA	35	26.3	139	39.1	39	
2	1	1	1	2014	0	0	0	
3	2	1	1	2014	0	0	0	
4	3	1	1	2014	0	0	0	
5	4	1	1	2014	0	0	0	
6	5	1	1	2014	51	50	49	4
7	6	1	1	2014	13	13	12	1
8	7	1	1	2014	15	29	20	1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	46106	YOKOHAMA	35	26.3	139	39.1	39	
2	0	30	1	1	2014	0	0	
3	0	30	1	2	2014	0	0	
4	0	30	1	3	2014	0	0	
5	0	30	1	4	2014	0	0	
6	0	30	1	5	2014	0	0	
7	0	30	1	6	2014	0	0	

図 水平面日射量データ

図 斜面日射量データ

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

(2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

③ 単位面積ごとの日射量推計

「①の日射量データベースより得た太陽位置情報 + 斜面日射量情報」、「3D都市モデルから得た建物面情報(III.4.(1)④の多角形情報)」を用い、直達日射あり/なしの場合の日射量(日射量原単位)を求める。計算結果はメモリ内に保持される。

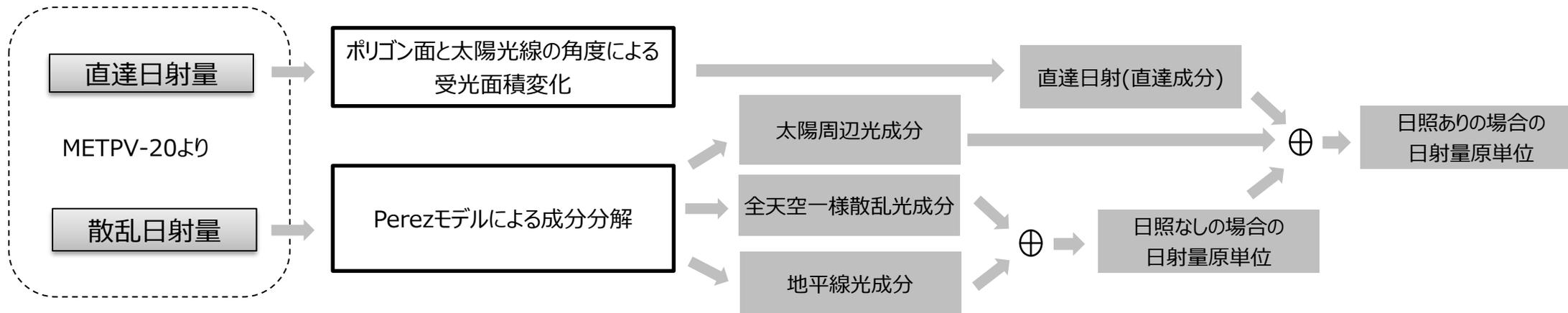


図 日射量原単位の推計処理フロー

表 日射量原単位推計例

日付	時刻	ポリゴンID	全天日射 (MJ/m <sup>2</sup> )	直達成分 (MJ/m <sup>2</sup> )	散乱成分 (MJ/m <sup>2</sup> )	一様分布散乱 (MJ/m <sup>2</sup> )	太陽周辺 (MJ/m <sup>2</sup> )	地平付近日射 (MJ/m <sup>2</sup> )
1/1	8	1	12.4821	7.2505	5.2316	0.5370	3.8502	0.8444
1/1	9	1	23.3922	14.8809	8.5113	1.4666	4.3741	2.6705
1/1	10	1	24.6977	16.1399	8.5578	1.9172	2.2349	4.4057
1/1	11	1	40.9659	30.5305	10.4354	2.0500	2.5962	5.7892
...	...	...	...	...	...	...	...	...

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

#### ④ 格子点ごとの日射量推計

③で計算された日射量原単位を用いて、建物面上の格子点の推計日射量（日時毎）を求める。  
 具体的には、日照有無の情報、③の日射量原単位を用いて格子点毎、日時毎に日射量を推計する。  
 これらの値を元に、月間・年間日射量の集計を格子点毎に行う。計算された格子点の推計日射量は、メモリ内に保持される。

```

for month in (1..=12):
  for day in month:
    for hour in (日照あり時間):
      for ポリゴン in 建物群:
        for 格子点 in ポリゴン
          日照=(2-1 日照有無判定)
          格子点日射量[日時]=(2-2③日射量推計(日照))
  
```

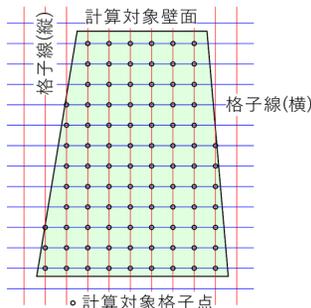


図 格子点毎・日時毎の日射量集計イメージ(青緑面がポリゴン)

表 格子点日射量の推計例

日付	時刻	ポリゴンID	格子点ID	日照	全天日射量(MJ/m <sup>2</sup> )	
1/1	8	8	1	1	なし	0.05526
1/1	8	8	1	2	あり	1.174700
1/1	8	8	1	3	なし	0.055259
1/1	8	8	1	4	なし	0.055259
...	...	...	...	...	...	...
1/31	18	18	1	1	なし	0.05189
1/31	18	18	1	2	なし	0.051888
1/31	18	18	1	3	なし	0.051888
1/31	18	18	1	4	なし	0.051888
...	...	...	...	...	...	...

表 格子点日射量の集計例

ポリゴンID	格子点ID	1月日射量(MJ/m <sup>2</sup> )	2月日射量	3月日射量	...	12月日射量	年間日射量
1	1	341.35	316.05	343.63		237.31	3404.22
1	2	438.98	308.73	332.68		370.61	3669.56
1	3	162.01	228.86	314.03		113.62	2777.23
1	4	88.16	93.98	210.89		72.54	2201.21
...	...	...	...	...	...	...	...

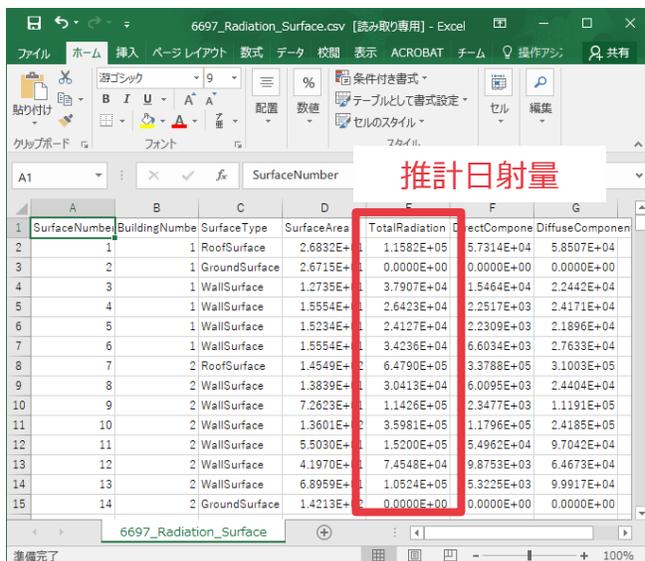
# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (2) 日射量推計

### (2-2) 日射量(直達成分・散乱成分)推計機能

#### ⑤ 建物面ごとの日射量推計

④の計算結果に対して、建物面ごとの推計日射量（月別・年間）を求める。  
 具体的には、各建物面に含まれる格子点の日射量を集計することで、毎時の面ごとの推計日射量を求める。  
 月別あるいは年間の推計日射量は、毎時の推計日射量を積算して求める。  
 計算された建物面の推計日射量は、CSVファイルで出力される。



SurfaceNumber	BuildingNumber	SurfaceType	SurfaceArea	TotalRadiation	DirectComponent	DiffuseComponent
1	1	RoofSurface	2.6832E+04	1.1582E+05	5.7314E+04	5.8507E+04
2	1	GroundSurface	2.6715E+04	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	1	WallSurface	1.2735E+04	3.7907E+04	1.5464E+04	2.2442E+04
4	1	WallSurface	1.5554E+04	2.6423E+04	2.2517E+03	2.4171E+04
5	1	WallSurface	1.5234E+04	2.4127E+04	2.2309E+03	2.1896E+04
6	1	WallSurface	1.5554E+04	3.4236E+04	6.6034E+03	2.7633E+04
7	2	RoofSurface	1.4549E+04	6.4790E+05	3.3788E+05	3.1003E+05
8	2	WallSurface	1.3839E+04	3.0413E+04	6.0095E+03	2.4404E+04
9	2	WallSurface	7.2623E+03	1.1426E+05	2.3477E+03	1.1191E+05
10	2	WallSurface	1.3601E+04	3.5981E+05	1.1796E+05	2.4185E+05
11	2	WallSurface	5.5030E+03	1.5200E+05	5.4962E+04	9.7042E+04
12	2	WallSurface	4.1970E+03	7.4548E+04	9.8753E+03	6.4673E+04
13	2	WallSurface	6.8959E+03	1.0524E+05	5.3225E+03	9.9917E+04
14	2	GroundSurface	1.4213E+04	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

- SurfaceNumber  
システム内Surface番号
- BuildingNumber  
Surfaceが属するBuildingのシステム内番号
- SurfaceType  
Surfaceの種類
- SurfaceArea  
Surfaceの表面積
- TotalRadiation  
Surfaceの日射量 (MJ)
- DirectComponent  
Surfaceの日射量の直達成分 (MJ)
- DiffuseComponent  
Surfaceの日射量の散乱成分 (MJ)

図 日射量推計結果のCSVファイル

## Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

### (3) 発電ポテンシャル推計機能

3D都市モデル、建物面（屋根面・壁面）上のグリッド点の推計日射量、太陽光発電パネルの設置条件（設置最小面積、設置許容傾斜角）、太陽光発電パネルの発電効率を用いて、発電ポテンシャルを推計する。それぞれのステップにおける入出力と処理内容を以下に示す。

表 発電ポテンシャル推計機能の処理内容

ステップ	入力	出力	処理内容
①有効設置領域抽出	-	有効設置領域	設置最小面積、設置許容傾斜角等の設置条件に適合する建物面を抽出し、有効設置領域を求める。
②格子点の発電ポテンシャル推計	①出力結果	発電ポテンシャル（格子点）	抽出された建物面ごとに、有効設置領域に含まれる格子点の推計発電ポテンシャル（月別・年間）を集計する。
③ポリゴンごとの発電ポテンシャル推計	②出力結果	日射量・発電ポテンシャル（ポリゴン）(.csv)	ポリゴンごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（月別・年間）を、CSV形式で出力する。
④壁面ごとの発電ポテンシャル推計	③出力結果	日射量・発電ポテンシャル（Building, WallSurface /RoofSurface）(.csv)	壁面多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（月別・年間）を、3D都市モデルデータ（CityGMLデータ）における属性付与単位（Building、またはWallSurface / RoofSurface）ごとに集計し、CSV形式で出力する。

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (3) 発電ポテンシャル推計機能

発電ポテンシャル推計にあたっては、以下のパラメータを設定する必要がある。

パラメータはテキストファイルを用いて設定するため、データを格納するフォルダやパネルのサイズ等によって自由に変更することができる。

表 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ

No	パラメータ	説明	設定値 (例)
1	入力建物データファイル	本項(1)で作成された建物データファイル(.dat)のパス	K:¥横浜市¥CityGML¥Yokohama.dat
2	入力日射量データファイル	本項(2)で作成された日射量推計データファイル(.dat)のパス	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥日射量 ¥YokohamaRadiation.dat
3	出力発電ポテンシャルファイル	出力する発電ポテンシャル推計データファイル(.dat)のパス 同時に.csv (建物単位、建物部位単位、屋根面/壁面単位) も出力される。両者の違いは本項(2)と同様	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥発電ポテンシャル ¥YokohamaPower.csv
4	設置想定太陽光パネルサイズ横 (長さ)	パネル配置シミュレート時のパネルサイズ (単位: m)	0.9
5	設置想定太陽光パネルサイズ縦 (幅)	壁面はz値大小を縦方向、屋根面は南北方向を縦と置く	1.1
6	設置最小面積	屋根面/壁面単位で見て、これを下回る場合にはパネル設置しない、という最小面積 (単位: m <sup>2</sup> )	10
7	設置許容傾斜角	この角度を超える接地面についてはパネル設置しない、という最大の許容角度 (単位: deg)	90
8	太陽光パネル単位面積当たり容量	標準試験条件での面積あたり発電量 (単位: kW / m <sup>2</sup> )	0.167
9	太陽光パネル基本設計係数	経年劣化や温度上昇による出力低下を踏まえた補正係数	0.88
10	標準試験条件における日射強度	太陽光パネル容量に関し、標準試験条件の日射強度 (単位: kW・m <sup>2</sup> )	1

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (3) 発電ポテンシャル推計機能

### ① 有効設置領域抽出

設置最小面積、設置許容傾斜角等の設置条件に適合する建物面を抽出し、有効設置領域を求める。具体的な基準値は、本ユースケースでの事前検証結果（アルゴリズムの項に記載）、REPOS（環境省）、壁面太陽光パネルメーカーのWebサイト等を参考にして決定する。計算結果はメモリ内に保持される。

表 事前検証で検討したパラメータ

パラメータ
(a) 配置パターン
(b) 発電原単位
(c) 設置離隔距離
(d) 設置間隔（横×縦）
(e) 有効発電領域（横×縦）
(f) 設置最低日射量（単位面積あたり）
(g) 最少設置枚数

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (3) 発電ポテンシャル推計機能

### ② 格子点の発電ポテンシャル推計

- (2)で算定された予測日射量、および①の出力結果である格子点を用いて、抽出された建物面ごとに、有効設置領域に含まれる格子点の推計発電ポテンシャル（月別・年間）を集計する。
- 各格子点の発電ポテンシャルは以下の式を用いて推計する。※1  

$$EPY = P * HAY * KPY * 1/GS$$
- 各パラメータの詳細は右表に示す通りである。
- 集計した発電ポテンシャルは、メモリに保持される。

表 パラメータの詳細

記号	内容	設定値	単位	算定根拠
EPY	年間予測発電量	-	kWh/年	本算定対象
P	設置可能システム容量	-	kW	設置可能面積 × 単位面積あたり設備容量
	設置可能面積	-	m <sup>2</sup>	①にて算定した値
	単位面積あたり設備容量	0.167	kW/m <sup>2</sup>	
HAY	年間予測日射量	-	kWh/m <sup>2</sup> ・年	(2)で算定した格子点ごとの値
KPY	基本設計係数	0.88	無次元	REPOSの値を利用
GS	標準試験条件における日射強度	1	kW・m <sup>2</sup>	JIS規格標準値

※1 出所) JIS, C 8907:2005 太陽光発電システムの発電電力量推定方法(2005)「5. 年間システム発電電力量推定方法」  
 (公式のweb公開情報なし)

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (3) 発電ポテンシャル推計機能

### ③ ポリゴンごとの発電ポテンシャル推計

②で集計した格子点の発電ポテンシャルをもとに、ポリゴンごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（月別・年間）を、CSV形式で出力する。CSVファイルの記載項目は「年間日射量、1月日射量、…、12月日射量、年間発電ポテンシャル、1月発電ポテンシャル、…、12月発電ポテンシャル」である。この情報は、格子点が属するポリゴン、および格子点毎/1時間毎に行われている、発電ポテンシャル推計が属する期間がどこにあたるかの情報を用いることで得ることができる。

PolygonNumber	PolygonID	SurfaceType	Area	RadiationYear	RadiationJanuary	RadiationFebruary	RadiationMarch	RadiationApril	RadiationMay	RadiationJune	RadiationJuly	RadiationAugust	RadiationSeptember	RadiationOctober	RadiationNovember	RadiationDecember	PotentialYear	PotentialDecember
1	poly_YOK	GroundSu	1054.648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	poly_YOK	RoofSurfa	7.556914	9518.986	594.4697	587.807	808.7782	885.6558	1111.557	980.5042	1086.518	1052.163	767.6329	620.8495	532.0132	491.0372	10550.	
3	poly_YOK	RoofSurfa	216.5213	305354.3	19083.64	18681.25	26507.63	29548.18	36993.23	30511.36	35187.93	34175.91	23379.67	19554.8	16217.63	15513.12	96969	
4	poly_YOK	RoofSurfa	0.683152	1224.506	66.75339	70.67845	105.6826	121.989	154.8168	130.8435	148.3012	141.7572	94.66077	76.51041	59.33962	53.17295	122.69	
5	poly_YOK	RoofSurfa	23.57475	32451.58	1674.622	1801.39	2797.4	3283.387	4203.128	3524.293	4030.699	3830.688	2516.05	1964.853	1508.826	1316.241	11220.	
6	poly_YOK	RoofSurfa	0.696208	1364.849	84.51459	83.3975	118.8097	131.9516	164.65	137.3025	157.4205	152.4419	105.6003	87.87549	72.43573	68.44931	139.36	
7	poly_YOK	RoofSurfa	0.401344	843.8635	50.41122	53.60493	78.56547	85.18869	96.79583	85.85285	93.13363	92.33224	68.62816	55.27463	44.86952	39.20636	49.672	
8	poly_YOK	RoofSurfa	2.710673	1614.775	82.94488	89.5342	129.3355	150.1976	197.4427	207.3799	203.1018	173.8643	130.1233	98.87063	82.68162	69.29842	641.97	
9	poly_YOK	RoofSurfa	0.998784	1066.68	40.10095	50.15963	81.9171	104.9584	148.9727	141.3549	148.0076	127.5684	89.86342	56.88562	44.21726	32.67444	156.25	
10	poly_YOK	RoofSurfa	279.0246	353296	19973.5	20610.25	30492.29	34859.13	44136.71	37416.62	42389.84	40440.33	27337.1	22052.39	17642	15945.84	144581	
11	poly_YOK	RoofSurfa	1.771295	2555.543	157.59	160.5497	229.6452	258.7738	297.5044	254.6595	286.9034	292.3307	199.9856	167.6711	133.6558	116.2743	663.90	
12	poly_YOK	RoofSurfa	2.710607	2431.837	115.1661	133.96	211.8285	239.5696	326.2168	260.6127	309.8305	291.8005	206.4058	142.9648	104.8117	88.6701	966.79	
13	poly_YOK	RoofSurfa	131.1039	168632.6	11104.02	10960.72	15307.51	16333.86	19052.37	16177.54	18210.59	18162.56	13263.72	11539.61	9557.679	8962.458	32425	
14	poly_YOK	RoofSurfa	205.5416	262140.8	14578.09	15146.44	22615.33	25948.94	32975.1	27873.47	31630.39	30176.77	20313.4	16269.2	12958.53	11655.17	79025	
15	poly_YOK	RoofSurfa	42.99906	52262.64	4595.747	3956.353	4998.544	4843.43	5252.347	4151.882	4724.418	4999.082	3717.155	3853.771	3524.237	3645.679	32959.	
16	poly_YOK	RoofSurfa	0.942835	1583.006	103.3117	97.95416	147.6897	160.1067	178.3935	153.0333	169.5861	174.614	129.0641	106.1177	85.52813	77.6071	218.9	
17	poly_YOK	RoofSurfa	0.972119	1074.209	42.74896	51.61533	81.10384	104.7187	150.5721	139.3652	147.84	129.8488	87.60648	57.82181	45.95778	35.01026	153.1	
18	poly_YOK	RoofSurfa	2.402656	2121.681	75.42618	94.49372	163.4467	207.7238	300.372	282.1969	308.5783	255.9124	176.9399	110.6927	82.1936	63.70433	747.65	
19	poly_YOK	RoofSurfa	0.607197	571.3795	32.68522	34.41333	49.27817	55.08324	67.29272	65.01815	65.7679	61.84865	46.57641	36.21676	30.67332	26.52562	50.884	
20	poly_YOK	RoofSurfa	0.055728	202.2585	9.254786	11.00412	16.21886	19.11288	25.43697	25.91708	26.05848	22.51771	17.00111	12.25733	9.955224	7.523934	1.6531	
21	poly_YOK	RoofSurfa	19.08477	12518.27	521.5102	612.057	1015.534	1282.93	1753.465	1575.641	1682.669	1510.512	943.0794	675.5724	519.008	426.2951	35039.	

図 ポリゴンごとの発電ポテンシャル推計結果の例

<b>PolygonNumber</b>	シリアル番号
<b>PolygonID</b>	gml:id
<b>SurfaceType</b>	サーフェスの種類 (RoofSurface / WallSurface等)
<b>Area</b>	面積 (㎡)
<b>RadiationYear</b>	年間日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>RadiationJanuary</b>	1月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
...	...
<b>RadiationDecember</b>	12月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>PotentialYear</b>	年間発電量 (kWh)
<b>PotentialJanuary</b>	1月発電量 (kWh)
...	...
<b>PotentialDecember</b>	12月発電量 (kWh)

表 CSVの項目および内容

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 (3) 発電ポテンシャル推計機能

## ④ 壁面ごとの発電ポテンシャル推計

③の出力結果に対して、壁面多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（月別・年間）を、3D都市モデルデータ（CityGMLデータ）における属性付与単位（Building、またはWallSurface / RoofSurface）ごとに集計し、CSV形式で出力する。CSVファイルの記載項目は「年間日射量、1月日射量、…、12月日射量、年間発電ポテンシャル、1月発電ポテンシャル、…、12月発電ポテンシャル」である。この情報については、集計単位を変えることで容易に得られる。

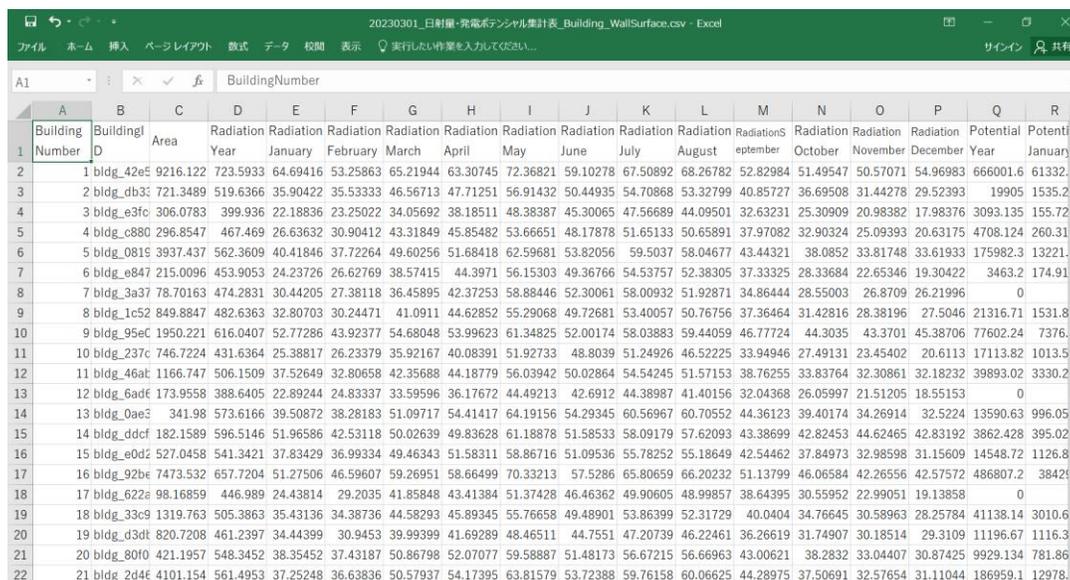


図 壁面ごとの発電ポテンシャル推計結果の例

<b>BuildingNumber</b>	シリアル番号
<b>BuildingID</b>	gml:id
<b>Area</b>	面積 (㎡)
<b>RadiationYear</b>	年間日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>RadiationJanuary</b>	1月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
...	...
<b>RadiationDecember</b>	12月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>PotentialYear</b>	年間発電量 (kWh)
<b>PotentialJanuary</b>	1月発電量 (kWh)
...	...
<b>PotentialDecember</b>	12月発電量 (kWh)

表 CSVの項目および内容

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 (4)可視化データの作成

推計の結果を可視化するためのデータを作成する。

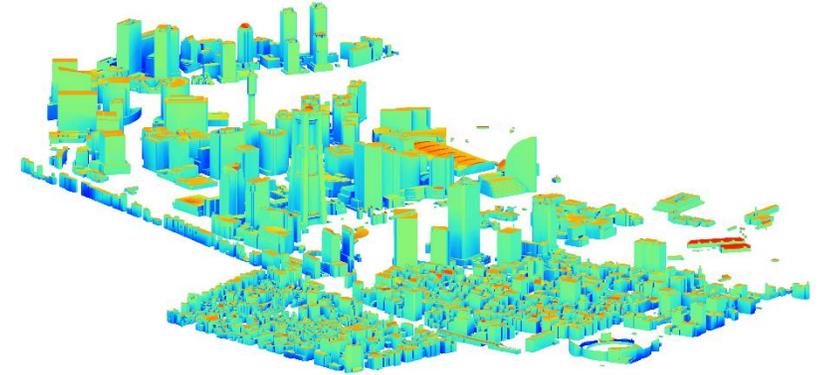


図 日射量テクスチャの可視化イメージ

表 発電ポテンシャル推計機能の処理内容

ステップ	入力	出力	処理内容
①CityGMLへの属性付与	推計日射量(.csv)・ 推計発電ポテンシャル(.csv)・ 3D都市モデルCityGMLデータ	3D都市モデルCityGMLデータ (属性を付与)	内部的に得られた日射量推計、発電ポテンシャル推計値をCityGMLの構成単位で集計し、CityGML内の属性値として結果を格納できるようにする。
②テクスチャ画像生成	推計日射量	テクスチャ画像	建物面多角形における日射量分布のテクスチャ画像を生成する。具体的には、内部的に得られた建物表面における推計値を元に、対応するテクスチャ領域に推計値に応じた色付けを行う。
③CityGMLへのテクスチャ付与	①出力結果・②出力結果・3D都市モデルCityGMLデータ	3D都市モデルCityGMLデータ (テクスチャを付与)	①で生成したCityGML属性値、②で生成したテクスチャデータを元に、PLATEAU VIEWなどのシステムで可視化できる、新たな (元のCityGMLに情報を追加した) CityGMLデータを出力する。

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (4) 可視化データの作成

可視化データ作成にあたっては、以下のパラメータを設定する必要がある。設定値はテキストファイルから読み込まれる。設定値は、データを格納するフォルダや格子点の間隔等によって自由に変更することができる。

表 可視化データ作成におけるパラメータ

No	パラメータ	説明	設定値例
1	入力CityGMLファイル	本項(1)で入力としたCityGMLのパス	K:¥横浜市¥CityGML¥53391449_bldg_6697.gml
2	入力建物データファイル	本項(1)で生成した建物データファイル	K:¥横浜市¥CityGML¥Yokohama.dat
3	入力建物面日射量データファイル	本項(2)で生成した日射量推計結果	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥日射量¥YokohamaRadiation.dat
4	入力Buildingデータファイル	本項(3)で生成した発電ポテンシャル推計結果 (建物単位)	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥発電量¥YokohamaPower_Building.csv
5	入力BuildingPartデータファイル	同上 (建物部位単位)	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥発電量¥YokohamaPower_BldgPrt.csv
6	入力Surfaceデータファイル	同上 (屋根面および壁面単位)	K:¥横浜市¥処理結果¥平均年¥発電量¥YokohamaPower_Surface.csv
7	出力CityGMLファイル	入力CityGMLファイルをベースとし、属性値付与/テクスチャ付与が行われたCityGMLの格納先パス	K:¥横浜市¥CityGML¥53391449_bldg_6697_solar.gml
8	出力日射量画像サブフォルダ名	テクスチャ画像を格納するためのサブフォルダ名	53391449_bldg_6697_solar_appearance

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (4) 可視化データの作成

### ① CityGMLへの属性付与

- 内部的に得られた日射量推計、発電ポテンシャル推計値をCityGMLの構成単位で集計し、CityGML内の属性値として結果を格納する。
- 年間予想日射量と年間予測発電量をBuilding、RoofSurfaceおよびWallSurfaceに付与する。
- 汎用属性 (measureAttribute) としている。
- CityGMLへの属性付与は、P10に記載した国際航業製ソフトウェアによって行う。本ソフトウェアは、CityGMLファイルの構造を解析して、属性を記述するのに相応しい箇所に、日射量・発電量を記述した行を挿入する処理を行っている。

#### ■ Buildingの属性

```
<bldg:Building gml:id="bldg_c093e09a-37ea-4a19-ba14-
cf690d6b622e">
  <gen:measureAttribute name="年間予測日射量">
    <gen:value uom="kWh/(m2・年)">1134</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
  <gen:measureAttribute name="年間予測発電量">
    <gen:value uom="kWh/年">2999</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
```

#### ■ RoofSurfaceの属性

```
<bldg:RoofSurface gml:id="ID_4752440f-b009-48de-bbdb-
dae62e6c0968">
  <gen:measureAttribute name="年間予測日射量">
    <gen:value uom="kWh/(m2・年)">200</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
  <gen:measureAttribute name="年間予測発電量">
    <gen:value uom="kWh/年">300</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
```

#### ■ WallSurfaceの属性

```
<bldg:WallSurface gml:id="ID_075ea975-abf8-4bb3-8bfe-
a9f0a2ab86f8">
  <gen:measureAttribute name="年間予測日射量">
    <gen:value uom="kWh/(m2・年)">113</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
  <gen:measureAttribute name="年間予測発電量">
    <gen:value uom="kWh/年">299</gen:value>
  </gen:stringAttribute>
```

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能 (4)可視化データの作成

## ②テクスチャ画像生成

テクスチャ画像は、P10に記載した国際航業製ソフトウェアを使って作成した。作成方法の概略は以下の通りである。

1. Polygonの格子点1点を1ピクセルとする画像を作成する。ピクセルの色は、下図に示すようなカラーコーディング指標に基づき、格子点の日射量に応じて決める。
2. Polygonごとの画像について、Building / BuildingPartごとに1つの画像ファイルにまとめる。画像ファイルの大きさは、そのBuilding / BuildingPartに属するPolygon画像の面積の合計に基づいて決定する。画像内での並べ方は、できるだけ無駄がないように、Polygon画像が大きい順に左下から並べる。

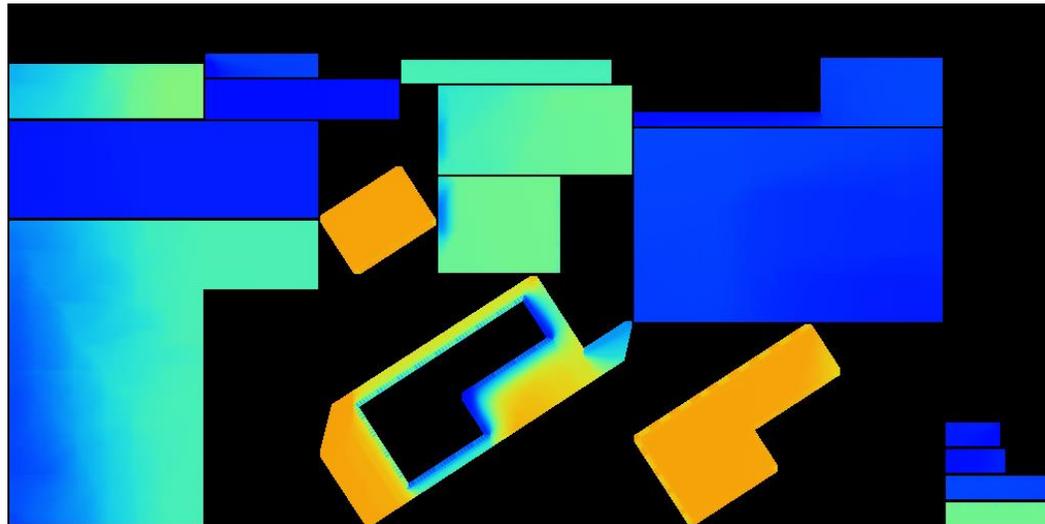


図 Building / BuildingPartごとにまとめたカラーコーディング画像

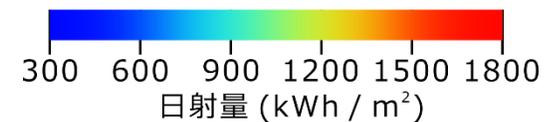


図 カラーコーディング指標

# Ⅲ. 実証システム > 4. システム機能

## (4) 可視化データの作成

### ③ CityGMLへのテクスチャ付与

CityGMLへのテクスチャ付与は、P10に記載した国際航業製ソフトウェアを使って作成した。作成方法の概略は以下の通りである。

1. Building / BuildingPartごとの集合画像ファイルを [3次メッシュコード]\_bldg\_6697\_appearanceフォルダに格納する。
2. Building / BuildingPartに属するPolygonの頂点の(X,Y,Z)座標から集合画像の画像座標(s,t)を計算する。
3. CityGMLファイルの構造を解析して、既存のテクスチャ画像の画像ファイル名 (app:imageURI) と画像座標 (app:textureCoordinates) を、集合画像の画像ファイル名と計算された集合画像の画像座標(s,t)に置き換える。

```

...
<app:surfaceDataMember>
  <app:ParameterizedTexture>
    <app:imageURI>53391530_bldg_6697_solar_appearance/14100-bldg-514492.png</app:imageURI>
    <app:mimeType>image/png</app:mimeType>
    <app:target uri="#poly_YOK1118_p3570_0">
      <app:TexCoordList>
        <app:textureCoordinates ring="#line_YOK1118_p3570_0">0.404187 0.582883 0.372382 0.681202
0.300781 0.588554 0.332586 0.490234 0.404187 0.582883</app:textureCoordinates>
      </app:TexCoordList>
    </app:target>
  </app:ParameterizedTexture>
</app:surfaceDataMember>
...

```

図 CityGMLへの記載例

## Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 既存事例の調査

国内では実証事例のない取組であるため、参考となる海外事例などを収集した。  
調査事例における個別のシステム、アルゴリズムの詳細等については、本資料付録1.に記載した。

表 収集した海外事例の概要

実施主体	システム名称	入力データ	出力データ	日照有無の判定	散乱光モデル	概要
<a href="#">独 virtualcitysystems</a>	VirtualcitySOLAR	CityGML 気象データ 数値地形モデル (DTM)	建物壁面を含む日射量推計 天空率 (SVF)	既存アルゴリズム(付録1.iv参照)	Fu and Richモデル	Fu and Richモデルを使用し、日射量を推計
<a href="#">欧州エネルギー研究所</a>	GLASS GIS	CityGML 気象データ	建物壁面を含む日射量推計		Munnerモデル HDKRモデル	Munnerモデル、HDKRモデルを使用し、日射量を推計
<a href="#">独シュツットガルト大</a>	SimStadt	CityGML 気象データ	建物壁面を含む日射量推計 太陽光パネル設置面積 発電ポテンシャル推計		Hayモデル Perezモデル	Hayモデル、Perezモデルを使用し、日射量、公称電力などを推計
<a href="#">OGC (Open Geospatial Consortium)</a>						

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定・日射量推計

既存システムの調査結果を踏まえ、下図の流れで3D都市モデルを用いた日射量推計を行った。

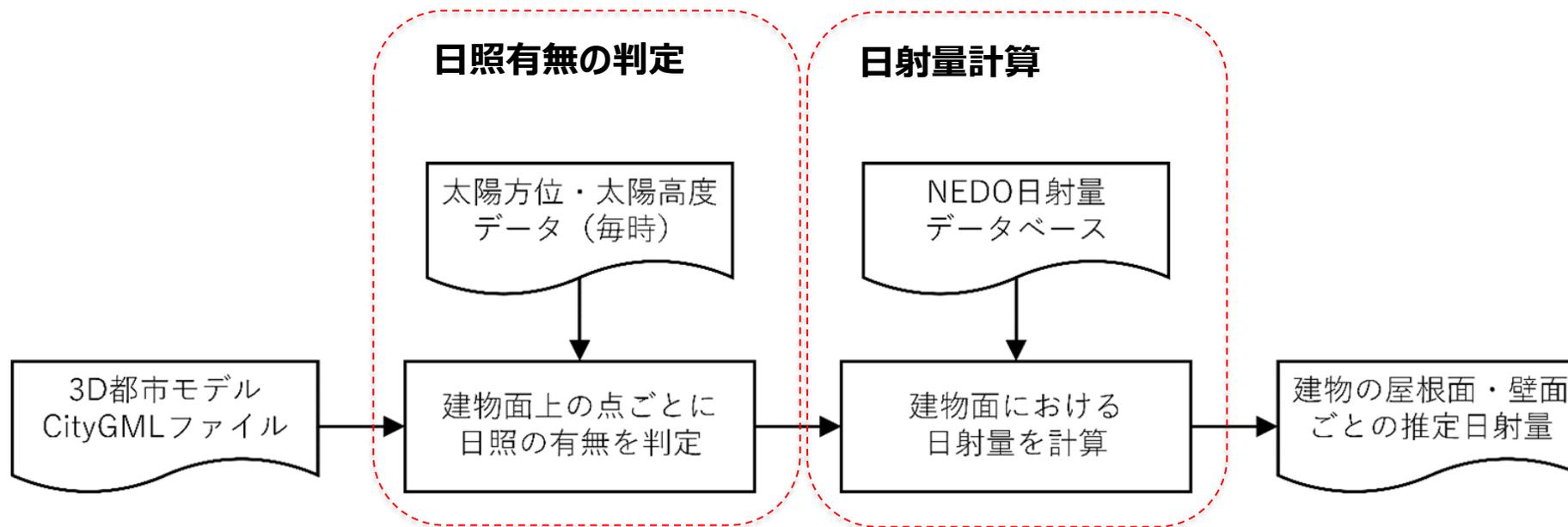


図 システムの流れ

日照の有無の判定と日射量計算については、複数の処理アルゴリズムが存在する。それらについて、次頁以降に分析結果を示す。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定アルゴリズム

### 日照有無の判定手法比較

日照の有無の判定方法について、「太陽から判定点を見る」独自のアルゴリズムの方が既存のアルゴリズムに比べ計算時間が短い

表 日照の有無の判定アルゴリズムの比較

		既存アルゴリズム (判定点から太陽を見るアルゴリズム)	独自アルゴリズム (太陽から判定点を見るアルゴリズム)
判定に利用する画像		全天可視領域画像 枚数：判定点数	太陽視点の透視画像 枚数：可照時間数 ※1
日照有無の判定精度		原理的には同精度 判定精度は利用する画像の解像度に依存する。	
年間日射量の計算時間 (作成画像数を基にした相対評価)	①建物が少ない場合/ 判定点が少ない場合 ※2	○ (作成画像数：100枚 / 100点)	△ ※3 (作成画像数：4,430枚)
	②建物が多い場合/ 判定点が多い場合 ※2	× (作成画像数：250,000枚 / 250,000点)	◎ (作成画像数：4,430枚)
採用されているシステム		<ul style="list-style-type: none"> <li>・SimStadt</li> <li>・virtualcitySYSTEMS</li> <li>・EIFER SoLAR</li> <li>・ArcGIS Pro 等</li> </ul>	—

※1 可照時間：年間で約4,430時間

※2 判定点数：①面積100m<sup>2</sup>×1面、1m×1m間隔で100点、②面積100m<sup>2</sup>×100面、0.2m×0.2m間隔で250,000点。本UCでは②に近い

※3 独自アルゴリズムは、建物数によらず可照時間で作成画像数が決まるため、建物数が少ない場合は相対的な計算時間が長くなる

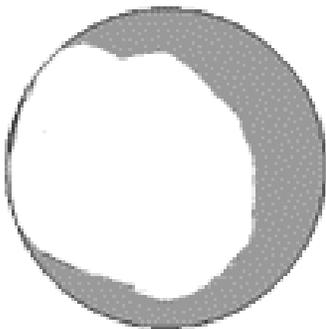
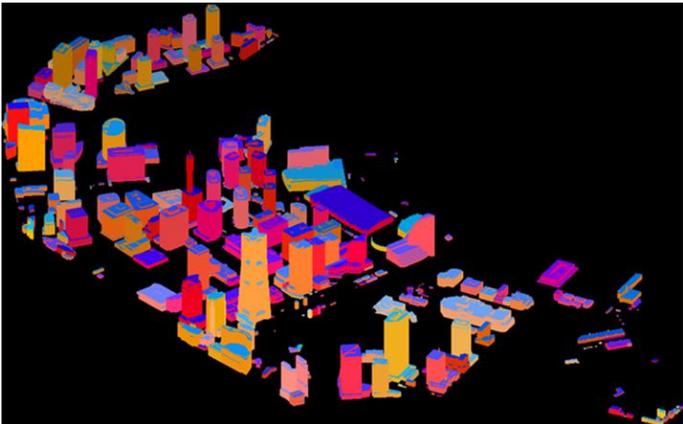
# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定アルゴリズム

日照有無の判定手法比較

太陽から判定点を見ることにより、従来から精度を低下させることなく計算時間の短縮が可能

表 日照の有無の判定アルゴリズムの比較

<b>既存アルゴリズム</b> ・SimStadt ・virtualcitySYSTEMS ・ArcGIS Pro等	<b>独自アルゴリズム</b>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <p>図 全天球画像</p> <p>図 全天可視領域画像</p> </div>	 <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">       図 冬至正午の投影画像の試作図        (建物面IDに応じて色付け)        (青系 : RoofSurface、赤系 : WallSurface)     </p>

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定アルゴリズム

### 計算対象格子点の設定

本実証では、処理時間を短縮するために、建物の壁面上に設定した各格子点での日射量を推計した。

- 対象となる建物の壁面上に、縦横の格子線間隔が等しい正方格子を設定し、壁面上の格子点（縦横の格子線の交点）における日射量を計算した。格子線間隔は1m~0.2m程度とし、検証結果に基づき、決定した。
- 計算対象格子点における日照の有無は、コンピュータグラフィックス(CG)技術のZバッファアルゴリズムを用いて、毎時の太陽を視点とする透視画像を作成し、判定した。
- 毎時の日照がある壁面上の格子点の数より対象となる壁面の毎時の日照面積を算出した。
- 毎時の単位面積あたりの水平面全天日射量データを用いて、対象となる建物の壁面ごとの毎時の日射量を計算した。日・月・年の日射量は、毎時の推計日射量の積算値として求めた。また各格子点の単位面積あたりの日射量（積算値）も同時に求めた。
- 計算結果は、NEDO日射量データベース閲覧システムを用いて推計した当該壁面の日射量と比較することで検証を行った。

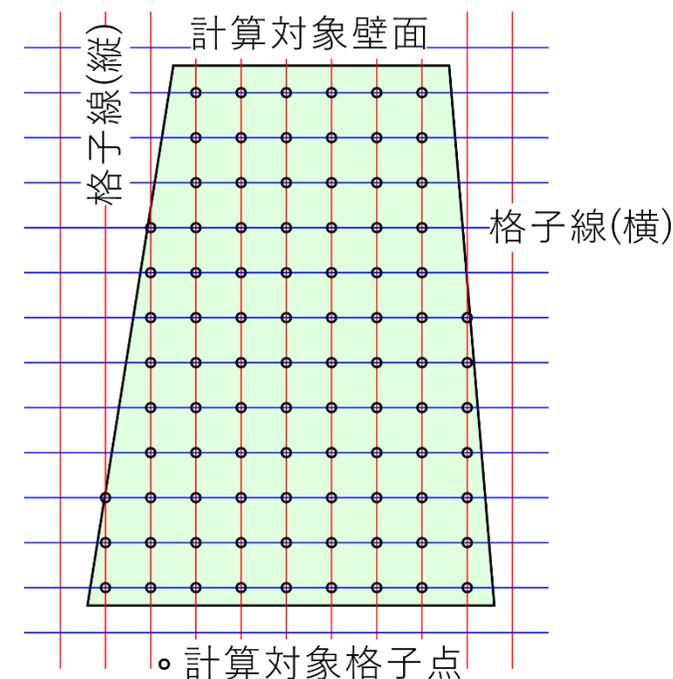


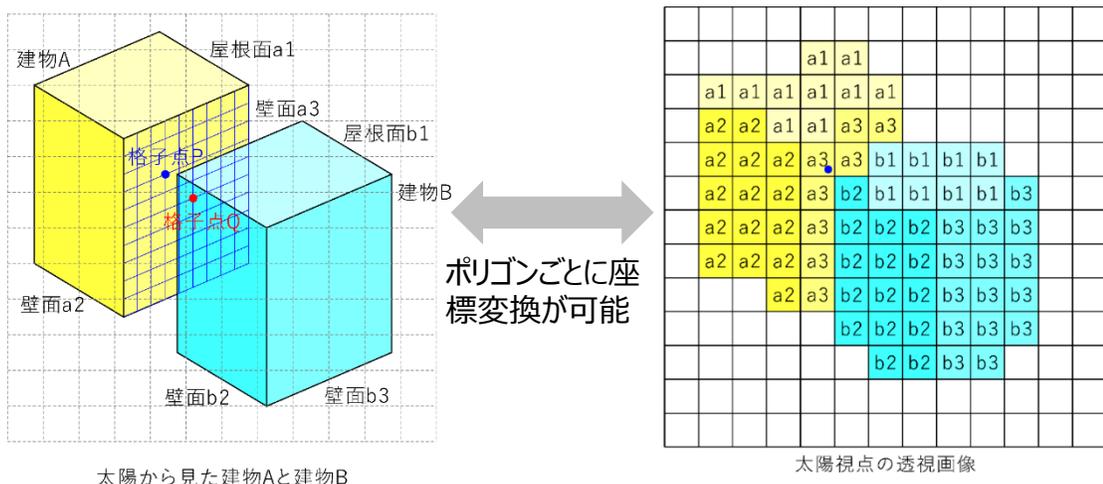
図 格子点のイメージ

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定アルゴリズム

### 日照の有無の判定機能

- ステップ③透視画像作成では、CGアルゴリズムのZバッファアルゴリズム（次頁に詳細を記載）を利用して、指定した時間ごと（本推定では毎正時）の**太陽視点の透視画像**を生成する。
- ステップ④日照有無の判定では、各ポリゴン上に設けた**格子点の日照の有無を判定**するが、ステップ③で作成された透視画像において、奥にある格子点は手前の格子点に遮られるため、日照がないと判定できる。
- 透視画像の座標と元の座標は、ポリゴンごとに座標変換式を持っているため、透視画像上の各格子点の日照有無の情報を**元のポリゴンデータにフィードバック**できる。具体的には、座標変換式を介して、透視画像上の座標→3次元空間座標→格子点座標に変換する。これによって、透視画像における日照有無の情報を、対応する各格子点に付与する。
- 透視画像では奥行き情報も持っているため、**奥のポリゴンにも日照がないという情報をフィードバック**できる。



壁面a3上の点	太陽視点の透視画像	太陽から点P/点Qが	点P/点Qから太陽が
格子点P	写る	見える	見える
格子点Q	写らない	見えない	建物Bに遮られ、見えない

図 透視画像と日光直達の関係

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日照の有無の判定アルゴリズム

日照の有無の判定機能

Zバッファアルゴリズムについて

- Zバッファアルゴリズムは、3次元の物体を2次元の画像に投影するレンダリング手法の1つである。具体的には、以下の計算がされる。
- 描画対象の画像と同じ画素数のZバッファを用意する。各物体（建物面上の格子点）について、視点（平行投影のため、設定した投影面）からの距離をZバッファに格納する。格子点は3次元座標(X, Y, Z)を保持しているため、この座標と投影面までの距離が計算できる。これによって、より距離が近いものを画像に描画することができる。

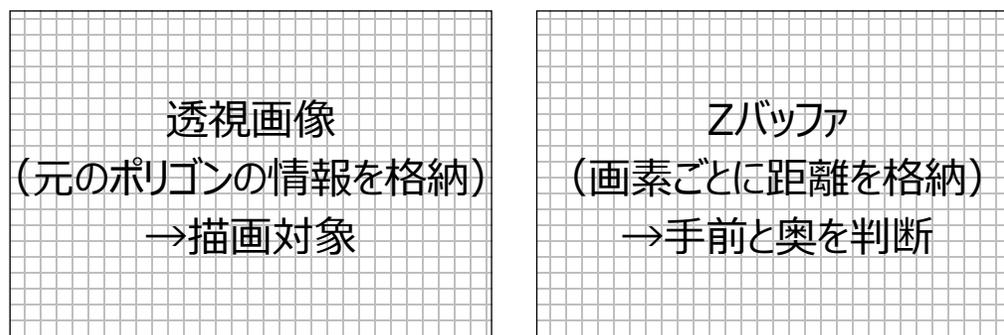


図 Zバッファアルゴリズムのイメージ

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日射量計算のアルゴリズム

### 日射量計算で用いる散乱光モデルの採用状況

日射量の計算において、システム毎に使用している散乱光モデルが異なることから、それぞれのモデルの比較を行った。Fu and RichモデルよりもHayモデル、Perezモデル、Muneerモデル、HDKRモデルの方が高精度である。なお各モデルの詳細は付録1を参照のこと。

表 既存の散乱光モデルの採用状況

散乱光モデル	Fu and Richモデル	Hayモデル / Perezモデル / Muneerモデル / Hay-Davies-Klucher-Reindlモデル(HDKRモデル)
利用システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>virtualcitySYSTEMS</li> <li>ArcGIS Pro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SimStadt</li> <li>欧州エネルギー研究所SoLAR</li> <li>NEDO日射量データベース</li> </ul>
考え方	散乱光として、斜面への入射角に依存する太陽周辺光のみを考慮する。	散乱光を <ul style="list-style-type: none"> <li>全天一様散乱光（斜面の傾斜角に依存）</li> <li>太陽周辺光（斜面への入射角に依存）</li> <li>地平線光（斜面の傾斜角に依存）などに分けて考える。</li> </ul>
推計精度	△	○～◎ (モデルにより異なるが、太陽周辺光以外も考慮しているため推計精度が高い)
備考		モデル間の違いは、 <ul style="list-style-type: none"> <li>取り上げる要素の違いと、</li> <li>個々の要素に関するパラメータの求め方の違いである。</li> </ul>

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 日射量計算のアルゴリズム

### 散乱光モデルの比較

既存研究において、最も推計精度が高い散乱光モデルはPerezモデルとされている。

表 既存の散乱光モデルの比較

散乱光モデル		Fu and Rich モデル	Hayモデル	HDKRモデル	Munnerモデル	Perezモデル
モデル の特徴	光の 要素	太陽周辺光	全天一様散乱光 太陽周辺光	全天一様散乱光 太陽周辺光 地平線光		
	その他の 特徴	全天可視領域画像の利用 を前提として考案	HDKRモデル、Munnerモ デル、Perezモデルの基礎 となったモデル	欧州向けにチューンアップ	・天空状態を晴天と曇天に分 けて算出 ・欧州向けにチューンアップ	天空状態を 8つに分けて 算出
推計精度※1		△ 太陽周辺光のみ考慮のた め精度に課題	○	○	○	◎ 既存研究にて 最も推計精度が高いとの結 果 / NEDO日射量デー タベース作成にも利用

※1 曾我ほか(1998, 1999)、永村・坂本(1991)による検証をもとに評価 (Fu and Richモデルを除く)

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 日射量計算のアルゴリズム

今回採用する散乱光モデル

既存システムの調査結果およびアルゴリズムの検討結果を下表に整理した。

本実証で開発したシステムでは、散乱光モデルにPerezモデルを組み込んだ独自システムにより、高精度かつ高速に日射量を推計する。

表 既存システムの調査結果およびアルゴリズムの検討結果

		SimStadt (OGC)		virtualcity SYSTEMS	欧州エネルギー研究所SoLAR		本実証で開発したシステム
日照有無の判定	方法	判定点から太陽を見る 全天可視領域画像で日照を判断					太陽から判定点を見る 太陽視点の透視画像で日照を判断
	計算時間	×					◎
散乱光モデル	モデル	Hayモデル	Perezモデル	Fu and Richモデル	Muneerモデル	HDKRモデル	Perezモデル
	精度	○	◎	△	○	○	◎
対象地域における総合評価		○		×	△		◎
備考					散乱光モデルが欧州向けにチューンアップされている		対象地域の気象を処理パラメータとして考慮することができるので、推計精度の向上が見込める

❖ ◎ ○ △ × : 対象地域の処理を想定した相対評価 (◎ : 特に良い ○ : 良い △ : 普通 × : やや劣る)

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計における処理の順序

- 2021年度「太陽光発電のポテンシャル推計及び反射シミュレーション」※1で採用した発電量推計方法（日射量推計を含む）では、鉛直壁面の日射量を求められず、これに伴い、発電量を推計できないため、本実証では、日射量を推計したのちに有効設置領域を抽出することとした。

表 発電量推計方法の比較

2021年度太陽光発電のポテンシャル推計及び反射シミュレーション 対象：屋根面	本実証 対象：壁面・屋根面
CityGML建物データをDSMに変換して解析	CityGML建物データ（壁面・屋根面）を直接解析
<p>推計手順：（青字：処理対象選定ステップ、赤字：計算処理ステップ）            設置対象面の選定①②→            日射量の推計③④→            発電量の推計⑤</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 地上1 m × 1 m屋根メッシュを抽出する。</li> <li>② 太陽光発電パネル設置対象屋根を抽出する。</li> <li>③ 設置対象屋根上で、地上1 m × 1 m屋根メッシュ毎に年間日射量密度を推計する。</li> <li>④ 屋根メッシュの年間日射量密度へ屋根メッシュ面積を乗算したものを集計して、屋根面全体の年間日射量を算出する。</li> <li>⑤ 屋根面全体の年間日射量に発電原単位を乗算し、年間発電量を算出する。</li> </ol> <p>※ 日射量密度：単位面積あたりの日射量            発電原単位 = 発電量 / 日射量</p>	<p>推計手順：（青字：処理対象選定ステップ、赤字：計算処理ステップ）            日射量の推計①②→            設置対象パネルの選定・日射量の算出③～⑦→            発電量の推計⑧⑨</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 壁面・屋根面上に0.2 m × 0.2 m格子点を設定する。</li> <li>② 壁面・屋根面上0.2 m × 0.2 m格子点毎に年間日射量密度を推計する。</li> <li>③ 太陽光発電パネルの設置条件に従い、壁面・屋根面上にパネルを配置する。</li> <li>④ 配置されたパネル毎に該当パネルに含まれる日射量推計格子点を求め、その年間日射量密度の平均値を計算する。</li> <li>⑤ 年間日射量密度の平均値が設置最低日射量密度を上回る場合のみ、パネルを設置することにする。</li> <li>⑥ 設置パネルの枚数が最少設置枚数以上の場合のみ、その面を推計対象とする。</li> <li>⑦ 設置決定パネル毎に、年間日射量密度の平均値にパネルの面積を乗算し、年間日射量を求める。</li> <li>⑧ 設置決定パネル毎の年間日射量に発電原単位を乗算し、年間発電量を計算する。</li> <li>⑨ 対象面の発電量を設置パネルの年間発電量の和として計算する。</li> </ol>

※1 出所) 国土交通省, 3D都市モデルを活用した太陽光発電施設の設置シミュレーション技術検証レポート (2022)  
[https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau\\_tech\\_doc\\_0001\\_ver01.pdf](https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0001_ver01.pdf)

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

発電量の推計において、パネルの配置パターンや設置最低日射量などのパラメータによって推計結果が変わる。そのため、パラメータの値について比較検討を行い、実際に使用するパラメータ値を選定することとした。具体的には、以下(a)～(g)のパラメータの検討を行った。

表 発電量推計で検討したパラメータ

パラメータ	内 容
(a) 配置パターン	ソーラーパネルの配置パターン
(b) 発電原単位	= 発電量 / 日射量
(c) 設置離隔距離	面の境界からの距離
(d) 設置間隔 (横×縦)	[設置間隔 (横) × 設置間隔 (縦)]。ソーラーパネルの面積と等価である。
(e) 有効発電領域 (横×縦)	ソーラーパネルの枠など、発電に寄与しない部分を除いた領域である。 ソーラーパネルの配置を決定した後の処理で利用する。 [有効発電領域 (横) × 有効発電領域 (縦)] が有効発電面積である。
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	日射量が少ないソーラーパネルは設置しないことにする。 ソーラーパネルの配置を決定した後、それぞれのソーラーパネルの受光日射量を求め、それが設置最低日射量 (単位面積あたり) を満足する場合のみ設置することにする。
(g) 最少設置枚数	1面あたりのソーラーパネルの数量

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

- パラメータは、以下の方法で決定する。

表 パラメータの決定方法

パラメータ	決定方法
(a) 配置パターン	複数の配置パターンを設定して推計されたソーラーパネルの受光日射量の比較結果に基づき、決定する。
(b) 発電原単位	発電量推計式に基づき、自動的に定まる。
(c) 設置離隔距離	各種ソーラーパネルの仕様を考慮して複数設定して推計した発電量の比較結果に基づき決定する。
(d) 設置間隔	各種ソーラーパネルの仕様を考慮して複数設定して推計した発電量の比較結果に基づき決定する。
(e) 有効発電領域	各種ソーラーパネルの仕様を考慮してソーラーパネルの枠の幅を決定する。有効発電領域はソーラーパネルの枠の幅より自動的に求まる。
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	REPOSの設置可能面積算定条件を考慮して複数設定して推計した発電量の比較結果に基づき決定する。
(g) 最少設置枚数 (1面あたり)	REPOSの設置可能面積算定条件を考慮して複数設定して推計した発電量の比較結果に基づき決定する。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

### (a) 配置パターンの決定

- ①～④の配置パターンについて比較検討を行う。
  - ① 格子状配置A  
離隔確保後の領域に外接する長方形を配置基準位置とする。
  - ② 格子状配置B  
離隔確保後にソーラーパネル設置可能となった領域に外接する長方形の左上を配置基準位置とする。
  - ③ 縦ずれ配置  
まずソーラーパネル設置可能領域の左端にソーラーパネルを配置する。  
その後、ソーラーパネルの幅ごとに右端に向けて、ソーラーパネルの列を配置する。
  - ④ 横ずれ配置  
まずソーラーパネル設置可能領域の上端にソーラーパネルを配置する。  
その後、ソーラーパネルの高さごとに下端に向けて、ソーラーパネルの行を配置する。

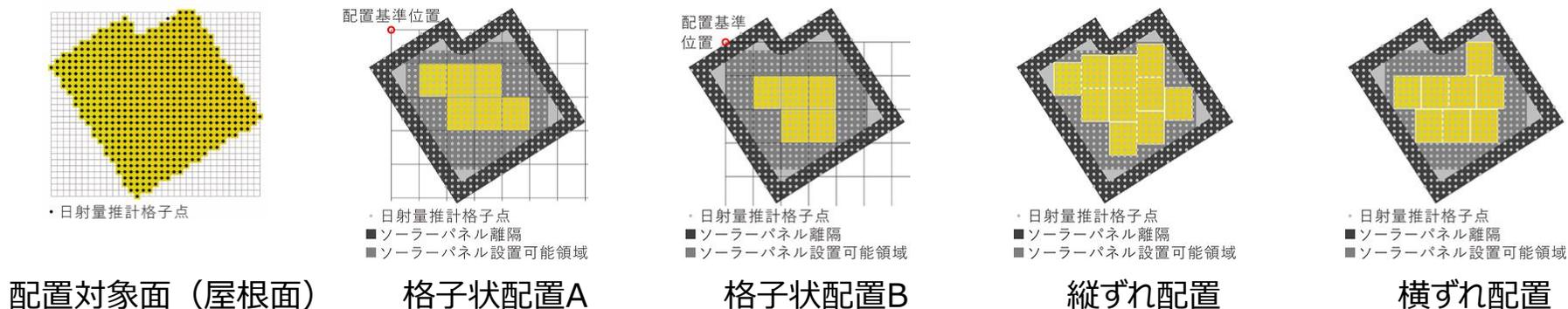


図 パネル配置パターン

- プロトタイプ全域460棟の実験結果に基づき、対象地域全域の処理で用いる配置パターンを決定する。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

#### (a) 配置パターンの決定

- 4種類の配置パターンごとの設置枚数・受光日射量を比較した。
- ソーラーパネル設置条件は以下の通りである。
  - i. 配置パターンの比較に重要な影響を与える可能性があるとして想定された (c) 設置間隔のみ複数の値を設定した。
  - ii. (d) 有効発電領域、(g) 発電原単位は、設置枚数・受光日射量には影響しないため、設定していない。

表 パラメータの設定値

パラメータ	設定値	備 考
(a) 配置パターン	① 格子状配置A ② 格子状配置B ③ 縦ずれ配置 ④ 横ずれ配置	比較対象である。
(b) 設置離隔距離	0.5 m	
(c) 設置間隔 (横×縦)	[縦長] 0.9 m×1.1 m 0.9 m×1.6 m [横長] 1.1 m×0.9 m 1.6 m×0.9 m	a. 2021年度の加賀市の解析では、1 m×1 mの正方メッシュで発電量を算出していたが、それに類似した大きさで、正方形でない0.9 m×1.1 mと1.1 m×0.9 mを採用した。 b. 縦横比が大きく異なるような、長辺を1.5倍とした0.9 m × 1.6 mと1.6 m × 0.9 mについても検証を行う。 c. ソーラーパネルのサイズは様々であるが、想定した設置間隔に近似したサイズのソーラーパネルとしては、シャープ NQ-180BM (925 mm × 1,055 mm)、パナソニックVBHN255WJ01 (1,580mm × 812 mm) などがある。
(e) 設置最低日射量	0 MJ/m <sup>2</sup>	単位面積あたりの値である。
(f) 最少設置枚数	1枚	1面あたりの数量である。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

### (a) 配置パターンの決定

- プロトタイプ全域460棟の実験結果に基づき、配置パターン①～④を比較する。

表 配置パターンの比較結果

上段：壁面 下段：屋根面	① 格子状配置A		② 格子状配置B		③ 縦ずれ配置		④ 横ずれ配置	
	設置間隔	パネル枚数	日射量 (×10 <sup>9</sup> MJ)	パネル枚数	日射量 (×10 <sup>9</sup> MJ)	パネル枚数	日射量 (×10 <sup>9</sup> MJ)	パネル枚数
0.9 m×1.1 m	1,978,038	4.4034	1,978,593	4.4044	1,988,803	4.4276	1,988,151	4.4259
	431,191	1.6840	430,889	1.6829	451,703	1.7619	456,991	1.7848
1.1 m×0.9 m	1,968,986	4.3811	1,969,687	4.3827	1,981,671	4.4107	1,977,198	4.3998
	432,027	1.6875	432,358	1.6890	457,666	1.7856	454,197	1.7745
0.9 m×1.6 m	1,340,667	4.3454	1,341,086	4.3468	1,348,124	4.3700	1,350,691	4.3784
	279,592	1.5902	279,470	1.5898	293,075	1.6649	304,431	1.7320
1.6 m×0.9 m	1,319,101	4.2744	1,319,837	4.2766	1,330,560	4.3122	1,324,864	4.2931
	282,938	1.6091	283,145	1.6104	307,413	1.7453	297,673	1.6933

- ・ 配置パターンの最小値と最大値で比較しても、差異は小さい。

最小値

最大値

表 最小値と最大値の比較

最小値 / 最大値	壁面		屋根面	
	設置間隔	パネル枚数	日射量	パネル枚数
0.9 m × 1.1 m	99.5%	99.5%	94.3%	94.3%
1.1 m × 0.9 m	99.4%	99.3%	94.4%	94.5%
0.9 m × 1.6 m	99.3%	99.2%	91.8%	91.8%
1.6 m × 0.9 m	99.1%	99.1%	92.0%	92.2%

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

### (a) 配置パターンの決定

- 比較検討結果を踏まえ、配置パターンを「**①格子状配置A**」とする。
  - プロトタイプ全域460棟の実験結果に対する考察
    1. 壁面：配置パターンごとの差は1%以下であり、ほとんど差がないと言える。
    2. 屋根面：配置パターンごとの差が最大で8%程度であった。  
縦長パネルの場合は「④横ずれ配置」が、横長パネルの場合は「③縦ずれ配置」が、最も効率的であった。  
壁面に比べて、配置パターンごとの差が大きくなったのは、多くの水平屋根面の主軸が東西南北と一致しないことに依るものと考えられる。
  - 発電ポテンシャルの検証では、ソーラーパネルを「**①格子状配置A**」に従い、配置することにする。
    - 比較検討結果では、配置パターンごとの差が小さかったため、今後の解析では、設計・施工の制約が少ないと想定される「**①格子状配置A**」を採用することにした。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

### (b) 発電量原単位の決定

- 発電量の推計式は、2021年度加賀市UCと同一のものを用いる。  
この推計式は、日射量が求められていれば、鉛直壁面にも適用できる。

$$\begin{aligned} \text{年間予測発電量 (kWh)} &= \text{設置可能システム容量 (kW)} * \text{年間予測日射量 (kWh/m}^2\text{)} * \text{基本設計係数} * 1 / \text{標準試験条件における日射強度 (kW / m}^2\text{)} \\ &\quad \left| \begin{array}{l} \text{パネル面積 (m}^2\text{)} * \text{単位面積当たり容量 (kW/m}^2\text{)} \end{array} \right. \end{aligned}$$

JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」(2005年)に基づく

表 パラメータ設定値と根拠

パラメータ	設定値	根拠
基本設計係数※1	0.88	有識者へのヒアリングを基に設定したREPOSでの値を活用
単位面積当たり容量 (kW/m <sup>2</sup> )	0.167	メーカー別設置係数の平均 (6.00m <sup>2</sup> /kW) から算出
標準試験条件における日射強度 (kWm <sup>2</sup> )※2	1	GSはJIS規格の標準値

※1：基本設計係数：日射量が少ない年や、経年劣化による発電量の減少の積

※2：標準試験条件における日射強度：表面の単位面積当たりに、単位時間に太陽から入射する放射エネルギー。主として太陽光を利用するシステムで用いる。

※3 出所 “平成 30 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書” p41,p43 (2019)

[https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/h30/h30\\_whole.pdf](https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/h30/h30_whole.pdf)

※4 出所 “日本工業規格 JIS 8960:2012 太陽光発電用語” (1997)  
<https://kikakurui.com/c8/C8960-2012-01.html>

### 【参考】REPOSでの条件値 ※3

※4

なお年間予想発電量は下式により算定した。なお **総合設計係数**と標準日射強度は太陽光の設計を手掛ける有識者にヒアリングを実施し、総合設計係数 88%、標準日射強度 1kW/m<sup>2</sup>とした。

$$\begin{aligned} \text{年間発電電力見込量 (kWh/年)} &= \text{発電最大出力 (kW)} * \text{日射量 (kWh/m}^2\text{・日)} * 365 \text{ 日} * \text{総合設計係数} * \text{標準日射強度 (kW/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

表 3.3-1 戸建住宅への設置を想定したメーカー別設置係数

メーカー	容量	設置面積 (パネルのみ)	設置係数
東芝	4.00kW	19.8m <sup>2</sup>	4.95m <sup>2</sup> /kW
ソーラーフロンティア	4.08kW	29.5m <sup>2</sup>	7.23m <sup>2</sup> /kW
パナソニック	4.06kW	20.5m <sup>2</sup>	5.05m <sup>2</sup> /kW
シャープ	4.18kW	21.9m <sup>2</sup>	5.24m <sup>2</sup> /kW
三菱	4.05kW	25.6m <sup>2</sup>	6.32m <sup>2</sup> /kW
京セラ	4.00kW	27.0m <sup>2</sup>	6.75m <sup>2</sup> /kW
Qセルズ	4.16kW	26.7m <sup>2</sup>	6.42m <sup>2</sup> /kW
カナディアンソーラー	4.05kW	23.4m <sup>2</sup>	5.78m <sup>2</sup> /kW
トリナソーラー	4.10kW	25.6m <sup>2</sup>	<b>6.24m<sup>2</sup>/kW</b>
平均値			6.00m <sup>2</sup> /kW

出典：各メーカーホームページ

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

#### (c)設置離隔距離～(g)最少設置枚数の決定

- 各パラメータにどのような値を設定すれば適当であるかや、設定値が発電量に与える影響の大きさを調べるため、以下のような値を設定して、検証を行った。

表 パラメータの設定値

パラメータ	設定値	設定理由
(a) 配置パターン	格子状配置A	発電量推計前にソーラーパネルの受光日射量から決定した。
(b) 発電原単位	0.0407 kWh/MJ	総合設計係数0.88、設置密度0.167 kW/m <sup>2</sup> 、標準日射強度1 kW/ m <sup>2</sup> より算出した。
(c) 設置離隔距離	0.0 m、0.5 m	
(d) 設置間隔 (横×縦)	[縦長] 0.9 m×1.1 m 0.9 m×1.6 m [横長] 1.1 m×0.9 m 1.6 m×0.9 m	a. 2021年度の加賀市の解析では、1 m×1 mの正方メッシュで発電量を算出していたが、それに類似した大きさで、正方形でない0.9 m×1.1 mと1.1 m×0.9 mを採用した。 b. 縦横比が大きく異なるような、長辺を1.5倍とした0.9 m × 1.6 mと1.6 m × 0.9 mについても検証を行う。 c. ソーラーパネルのサイズは様々であるが、想定した設置間隔に近似したサイズのソーラーパネルとしては、シャープ NQ-180BM (925 mm × 1,055 mm)、パナソニックVBHN255WJ01 (1,580mm × 812 mm) などがある。
(e) 有効発電領域 (横×縦)	0.82 m×1.02 m 0.82 m×1.52 m 1.02 m×0.82 m 1.52 m×0.82 m	ソーラーパネルの枠の幅を0.04 mとし、上記設置間隔から両端の枠サイズを差し引いた値を設定した。
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	3000 MJ/m <sup>2</sup>	NEDO日射量データベースの平均年日射量が、東向き鉛直面で2954 MJ/m <sup>2</sup> 、西向き鉛直面で2904 MJ/m <sup>2</sup> であることを考慮して設定した。
(g) 最少設置枚数	1枚、10枚	

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

#### (c)設置離隔距離～(g)最少設置枚数の決定

- **縦長**ソーラーパネルの設置条件と発電量は以下の通りである。

表 パラメータの設定値

パラメータ	設定値
(a) 配置パターン	格子状配置A
(b) 発電原単位	0.0407 kWh/MJ (総合設計係数0.88、設置密度0.167 kW/m <sup>2</sup> 、標準日射強度1 kW/m <sup>2</sup> )
(c) 設置離隔距離	0.0 m、0.5 m
(d) 設置間隔 (横×縦)	0.9 m×1.1 m、0.9 m×1.6 m
(e) 有効発電領域 (横×縦)	ソーラーパネルの枠を0.04 mとする。0.82 m×1.02 m、0.82 m×1.52 m
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	0 MJ/m <sup>2</sup> 、3000 MJ/m <sup>2</sup> (東向き鉛直面2954 MJ/m <sup>2</sup> ・西向き鉛直面2904 MJ/m <sup>2</sup> )
(g) 最少設置枚数 (面あたり)	1枚、10枚

設置離隔距離	設置間隔 (横×縦)	設置最低日射量	最少設置枚数	壁面発電量	屋根面発電量
0.0 m	0.9 m × 1.1 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.748億 kWh (78.6%)	0.698億 kWh (67.6%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.605億 kWh (27.2%)	0.631億 kWh (61.1%)
0.5 m	0.9 m × 1.1 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.516億 kWh (68.1%)	0.580億 kWh (56.1%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.533億 kWh (24.0%)	0.528億 kWh (51.2%)
	10枚		0.530億 kWh (23.8%)	0.524億 kWh (50.7%)	
	0.9 m × 1.6 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.532億 kWh (68.9%)	0.561億 kWh (54.3%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.540億 kWh (24.3%)	0.513億 kWh (49.6%)
			10枚	0.535億 kWh (24.0%)	0.506億 kWh (48.9%)

( ) 内 : 推計格子点の総発電量 (壁面 : 2.225億 kWh、屋根面 : 1.033億 kWh) に対する比率

REPOSとの比較に使用

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

(c)設置離隔距離～(g)最少設置枚数の決定

- **横長**ソーラーパネルの設置条件と発電量は以下の通りである。

表 パラメータの設定値

パラメータ	設定値
(a) 配置パターン	格子状配置A
(b) 発電原単位	0.0407 kWh/MJ (総合設計係数0.88、設置密度0.167 kW/m <sup>2</sup> 、標準日射強度1 kW/m <sup>2</sup> )
(c) 設置離隔距離	0.0 m、0.5 m
(d) 設置間隔 (横×縦)	1.1 m×0.9 m、1.6 m×0.9 m
(e) 有効発電領域 (横×縦)	ソーラーパネルの枠を0.04 mとする。1.02 m×0.82 m、1.52 m×0.82 m
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	0 MJ/m <sup>2</sup> 、3000 MJ/m <sup>2</sup> (東向き鉛直面2954 MJ/m <sup>2</sup> ・西向き鉛直面2904 MJ/m <sup>2</sup> )
(g) 最少設置枚数 (面あたり)	1枚、10枚

設置離隔距離	設置間隔 (横×縦)	設置最低日射量	最少設置枚数	壁面発電量	屋根面発電量
0.0 m	1.1 m × 0.9 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.734億 kWh (77.9%)	0.702億 kWh (67.9%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.602億 kWh (27.0%)	0.634億 kWh (61.4%)
0.5 m	1.1 m × 0.9 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.508億 kWh (67.8%)	0.581億 kWh (56.2%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.531億 kWh (23.9%)	0.530億 kWh (51.3%)
	10枚		0.527億 kWh (23.7%)	0.525億 kWh (50.8%)	
	1.6 m × 0.9 m	0 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	1.507億 kWh (67.7%)	0.567億 kWh (54.9%)
		3000 MJ/m <sup>2</sup>	1枚	0.532億 kWh (23.9%)	0.518億 kWh (50.2%)
	10枚		0.528億 kWh (23.7%)	0.511億 kWh (49.4%)	

( ) 内：推計格子点の総発電量 (壁面：2.225億 kWh、屋根面：1.033億 kWh) に対する比率

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム 発電ポテンシャル推計

## 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

### (c)設置離隔距離～(g)最少設置枚数の決定

- ここまでの結果を踏まえ、ソーラーパネル設置条件が発電量に与える影響を考察した。

#### A) 発電量にほとんど影響を与えないパラメータ

- **設置間隔** (横×縦)

縦長パネルの0.9 m × 1.1 m、0.9 m × 1.6 m、横長パネルの1.1 m × 0.9 m、1.6 m × 0.9 mの間の違いは1～2%程度であった。

- **最少設置枚数** (面あたり)

1枚と10枚では、最大1%程度の違いであった。

#### B) 発電量にやや影響を与えるパラメータ

- **設置離隔距離**

0.5 mとすると、0.0 mの場合に比べて、約10%程度発電量が減少する。

#### C) 発電量に大きな影響を与えるパラメータ

- **設置最低日射量** (単位面積あたり)

この検証では、REPOSの発電ポテンシャル推計で想定している設置可能面積算定条件レベル3に、東西壁面が含まれており、NEDO日射量データベースの平均年日射量が、東向き鉛直面で2954 MJ/m<sup>2</sup>、西向き鉛直面で2904 MJ/m<sup>2</sup>であることを考慮して、設置最低日射量として3000 MJ/m<sup>2</sup>を設定した。

設置最低日射量を3000 MJ/m<sup>2</sup>とすると、0 MJ/m<sup>2</sup>の場合に比べて、**壁面では、発電量が1/3程度まで大きく減少**した。一方、屋根面では、減少率は10%程度であった。

格子点の日射量の平均が、壁面で2220.67 MJ/m<sup>2</sup>、屋根面で3875.84 MJ/m<sup>2</sup>であり、壁面では、日射量が平均的に少ないことが、設置最低日射量を3000 MJ/m<sup>2</sup>としたときに、壁面での発電量が大きく減少する原因であると考えられる。

# Ⅲ. 実証システム > 5. アルゴリズム

## 発電ポテンシャル推計

### 発電ポテンシャル推計におけるパラメータ値の選定

#### (c)設置離隔距離～(g)最少設置枚数

- 複数の設定値で比較した発電量の推計結果に基づき、パラメータの設定値を以下の値に決定した。

表 決定したパラメータ

パラメータ	設定値	決定理由
(a) 配置パターン	格子状配置A	ソーラーパネルの受光日射量の比較結果に基づき、決定した。
(b) 発電原単位	0.0407 kWh/MJ	発電量推計式に基づき、自動的に決定された。
(c) 設置離隔距離	0.5 m	REPOSにおいて、屋根面積に対する設置可能比率（設置可能面積算定係数）を考慮していることに対応して設定した。
(d) 設置間隔 (横×縦)	0.9 m × 1.1 m 0.9 m × 1.6 m	発電量にほとんど影響を与えないため、左記の2種類の値を採用して、REPOSの発電ポテンシャルと比較した。
(e) 有効発電領域 (横×縦)	0.82 m × 1.02 m 0.82 m × 1.52 m	ソーラーパネルの枠の幅0.04 mより自動的に算出された。
(f) 設置最低日射量 (単位面積あたり)	3000 MJ/m <sup>2</sup>	発電量に大きな影響を与えるが、REPOSの発電ポテンシャル推計で想定している設置可能面積算定条件レベル3に対応して設定した。
(g) 最少設置枚数 (1面あたり)	10枚	発電量にほとんど影響を与えないため、REPOSの発電ポテンシャル推計で想定している設置可能面積算定条件を考慮して設定した。

## 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

今回開発したシステムで活用する3D都市モデル（入力データ）を以下に示す。

表 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 および bldg:BuildingPart	空間属性	bldg:lod1Solid	建築物および建築物部分のLOD1の立体
			bldg:lod2Solid	建築物および建築物部分のLOD2の立体
		関連役割	bldg:boundedBy	建築物および建築物部分の境界面
		主題属性	uro:buildingIDAttribute / uro:buildingID	建物ID
	bldg:RoofSurface	空間属性	bldg:lod2MultiSurface	屋根面のLOD2面
	bldg:WallSurface		bldg:lod2MultiSurface	壁面のLOD2面
	bldg:GroundSurface		bldg:lod2MultiSurface	設置面のLOD2面
	bldg:OuterFloorSurface		bldg:lod2MultiSurface	屋外床面のLOD2面
	bldg:OuterCeilingSurface		bldg:lod2MultiSurface	屋外天井面のLOD2面
	bldg:ClosureSurface		bldg:lod2MultiSurface	閉鎖面のLOD2面
	地形（起伏）	dem:TINRelief	空間属性	dem:tin

## Ⅲ. 実証システム > 6. データ

# ① 活用データ | その他の活用データ一覧

今回活用した、3D都市モデル以外のデータを以下に記す。

表 活用データ（その他）一覧

活用データ	内容	データ形式	出所
水平面全天日射量データ	推計地域・推計時期、日射角などに応じた日射量データが得られる。次頁に詳細記載。	CSVファイル	<a href="#">NEDO日射量データベース (METPV-20)</a>
太陽高度・太陽方位データ	推計地域に応じた太陽方位、仰角などが得られる。	CSVファイル	<a href="#">国立天文台“太陽系天体の高度と方位”</a>
ソーラーパネル発電効率データ	ソーラーパネルの、日射量に対する発電効率の数値が記載されている。	テキスト形式 (PDFファイルより取得)	<a href="#">環境省資料 「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」</a>
既存の発電ポテンシャル量データ	発電ポテンシャルの推計方法が記載されている。	テキスト形式 (PDFファイルより取得)	<a href="#">環境省資料 「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」</a>

### Ⅲ. 実証システム > 6. データ

## ① 活用データ | NEDO日射量データベース (METPV-20)

NEDO日射量データベース (METPV-20) は、期間2010年～2018年の全国835地点における平均年、多照年、寡照年の毎時の推定値を収録したデータベースである (※1、※2)。任意の方位角・傾斜角における日射量が計算できることから、壁面の日射量も計算することができる。

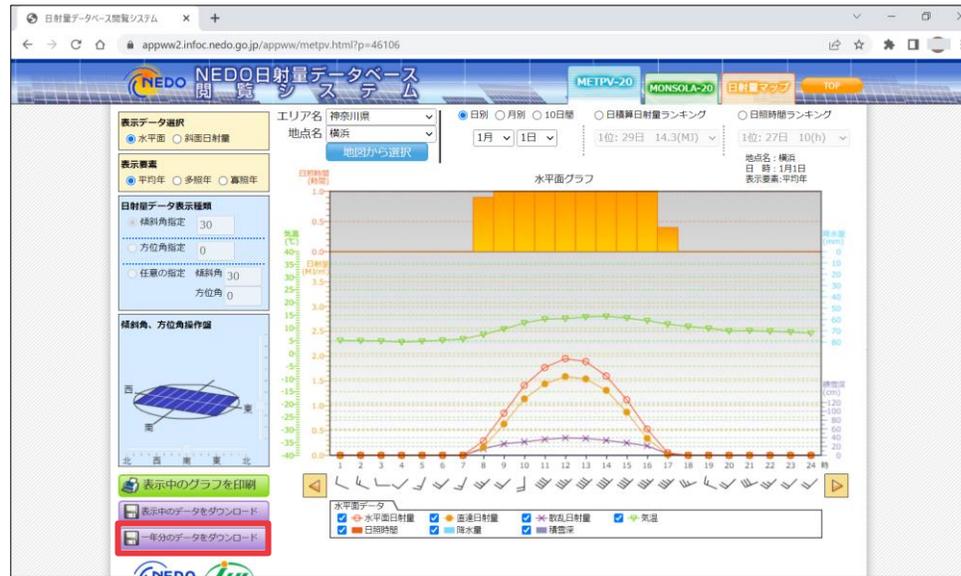


図 NEDO日射量データベース閲覧システム

※1 出所) NEDO “日射量データベース閲覧システム” トップページ(2023) <https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/index.html>

※2 出所) NEDO NEDO日射量データベースの解説書 <https://www.nedo.go.jp/content/100930737.pdf>

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ

## ② データ処理 | 一覧

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)
3Dモデルデータ (CityGML形式)	シミュレーション用の3D都市モデル	なし	なし	3Dモデルデータ (CityGML形式)
水平面全天日射量データ (CSV形式)	日射量の推計に利用する。推計地域・推計時期、日射角などに応じた日射量データを得る。	なし	なし	水平面全天日射量データ (CSV形式)
太陽高度・太陽方位データ (CSV形式)	日射量の推計に利用する。推計地域に応じた太陽方位、仰角などを得る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>テキストデータをCSV形式に変換する</li> </ul>	Excel	太陽高度・太陽方位データ (テキスト形式)
ソーラーパネル発電効率データ (テキスト形式)	日射量を発電ポテンシャルに変換するのに利用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>PDFファイルから当該テキストデータを抽出する</li> </ul>	Adobe Acrobat テキストエディタ	<a href="#">環境省資料「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」</a> (PDF形式)
既存の発電ポテンシャル量データ (テキスト形式)	発電ポテンシャルの推計結果の検証に利用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>PDFファイルから当該情報を抽出する</li> </ul>	Adobe Acrobat テキストエディタ	

## Ⅲ. 実証システム > 6. データ

### ③ 出力データ | 一覧

横浜市の地球温暖化対策計画の改訂作業の基礎データとして利用可能な情報を入力する。

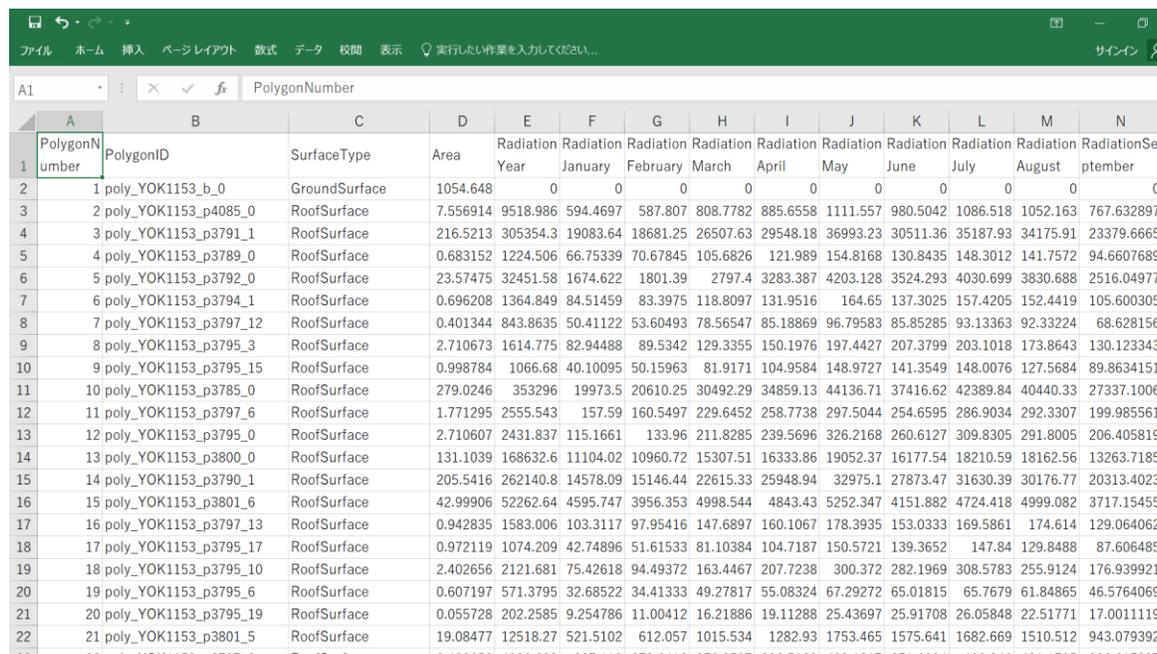
表 出力データ一覧

出力データ	内容	データ形式
建物面多角形ごとの推計値	・建物面（壁面・屋根面）多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（年間・月別）	CSV
3D都市モデルデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CSV形式で出力された建物面（壁面・屋根面）多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（年間・月別）を、3D都市モデルデータ（CityGMLデータ）における属性付与単位（Building、またはWallSurface / RoofSurface）ごとに集計し、それを属性として付与したもの</li> <li>・3D都市モデルデータには、建物面多角形における日射量分布がテクスチャとして付与されるものとする。</li> <li>・PLATEAU VIEWなどで、推計結果を可視化できるものとする。</li> </ul>	CityGML

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③ 出力データ 建物面多角形ごとの推計値

表 項目名と記載事項

PolygonNumber	シリアル番号
PolygonID	gml:id
SurfaceType	
Area	面積 (m <sup>2</sup> )
RadiationYear	年間日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationJanuary	1月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationFebruary	2月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationMarch	3月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationApril	4月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationMay	5月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationJune	6月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationJuly	7月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationAugust	8月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationSeptember	9月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationOctober	10月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationNovember	11月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
RadiationDecember	12月日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )
PotentialYear	年間発電量 (kWh)
PotentialJanuary	1月発電量 (kWh)
PotentialFebruary	2月発電量 (kWh)
PotentialMarch	3月発電量 (kWh)
PotentialApril	4月発電量 (kWh)
PotentialMay	5月発電量 (kWh)
PotentialJune	6月発電量 (kWh)
PotentialJuly	7月発電量 (kWh)
PotentialAugust	8月発電量 (kWh)
PotentialSeptember	9月発電量 (kWh)
PotentialOctober	10月発電量 (kWh)
PotentialNovember	11月発電量 (kWh)
PotentialDecember	12月発電量 (kWh)



PolygonNumber	PolygonID	SurfaceType	Area	RadiationYear	RadiationJanuary	RadiationFebruary	RadiationMarch	RadiationApril	RadiationMay	RadiationJune	RadiationJuly	RadiationAugust	RadiationSeptember	RadiationOctober	RadiationNovember	RadiationDecember	PotentialYear	PotentialJanuary	PotentialFebruary	PotentialMarch	PotentialApril	PotentialMay	PotentialJune	PotentialJuly	PotentialAugust	PotentialSeptember	PotentialOctober	PotentialNovember	PotentialDecember
1	poly_YOK1153_b_0	GroundSurface	1054.648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	poly_YOK1153_p4085_0	RoofSurface	7.556914	9518.986	594.4697	587.807	808.7782	885.6558	1111.557	980.5042	1086.518	1052.163	767.632897																
3	poly_YOK1153_p3791_1	RoofSurface	216.5213	305354.3	19083.64	18681.25	26507.63	29548.18	36993.23	30511.36	35187.93	34175.91	23379.6665																
4	poly_YOK1153_p3789_0	RoofSurface	0.683152	1224.506	66.75339	70.67845	105.6826	121.989	154.8168	130.8435	148.3012	141.7572	94.6607689																
5	poly_YOK1153_p3792_0	RoofSurface	23.57475	32451.58	1674.622	1801.39	2797.4	3283.387	4203.128	3524.293	4030.699	3830.688	2516.04977																
6	poly_YOK1153_p3794_1	RoofSurface	0.696208	1364.849	84.51459	83.3975	118.8097	131.9516	164.65	137.3025	157.4205	152.4419	105.600305																
7	poly_YOK1153_p3797_12	RoofSurface	0.401344	843.8635	50.41122	53.60493	78.56547	85.18869	96.79583	85.85285	93.13363	92.33224	68.628156																
8	poly_YOK1153_p3795_3	RoofSurface	2.710673	1614.775	82.94488	89.5342	129.3355	150.1976	197.4427	207.3799	203.1018	173.8643	130.123343																
9	poly_YOK1153_p3795_15	RoofSurface	0.998784	1066.68	40.10095	50.15963	81.9171	104.9584	148.9727	141.3549	148.0076	127.5684	89.8634151																
10	poly_YOK1153_p3785_0	RoofSurface	279.0246	353296	19973.5	20610.25	30492.29	34859.13	44136.71	37416.62	42389.84	40440.33	27337.1006																
11	poly_YOK1153_p3797_6	RoofSurface	1.771295	2555.543	157.59	160.5497	229.6452	258.7738	297.5044	254.6595	286.9034	292.3307	199.985561																
12	poly_YOK1153_p3795_0	RoofSurface	2.710607	2431.837	115.1661	133.96	211.8285	239.5696	326.2168	260.6127	309.8305	291.8005	206.405819																
13	poly_YOK1153_p3800_0	RoofSurface	131.1039	168632.6	11104.02	10960.72	15307.51	16333.86	19052.37	16177.54	18210.59	18162.56	13263.7185																
14	poly_YOK1153_p3790_1	RoofSurface	205.5416	262140.8	14578.09	15146.44	22615.33	25948.94	32975.1	27873.47	31630.39	30176.77	20313.4023																
15	poly_YOK1153_p3801_6	RoofSurface	42.99906	52262.64	4595.747	3956.353	4998.544	4843.43	5252.347	4151.882	4724.418	4999.082	3717.15455																
16	poly_YOK1153_p3797_13	RoofSurface	0.942835	1583.006	103.3117	97.95416	147.6897	160.1067	178.3935	153.0333	169.5861	174.614	129.064062																
17	poly_YOK1153_p3795_17	RoofSurface	0.972119	1074.209	42.74896	51.61533	81.10384	104.7187	150.5721	139.3652	147.84	129.8488	87.606485																
18	poly_YOK1153_p3795_10	RoofSurface	2.402656	2121.681	75.42618	94.49372	163.4467	207.7238	300.372	282.1969	308.5783	255.9124	176.939921																
19	poly_YOK1153_p3795_6	RoofSurface	0.607197	571.3795	32.68522	34.41333	49.27817	55.08324	67.29272	65.01815	65.7679	61.84865	46.5764069																
20	poly_YOK1153_p3795_19	RoofSurface	0.055728	202.2585	9.254786	11.00412	16.21886	19.11288	25.43697	25.91708	26.05848	22.51771	17.0011119																
21	poly_YOK1153_p3801_5	RoofSurface	19.08477	12518.27	521.5102	612.057	1015.534	1282.93	1753.465	1575.641	1682.669	1510.512	943.079392																

図 多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果のCSVファイル

# Ⅲ. 実証システム > 6. データ > ③出力データ 3D都市モデルデータ

## 概要

- ・CSV形式で出力された建物面（壁面・屋根面）多角形ごとの日射量・発電ポテンシャルの推計結果（年間・月別）を、3D都市モデルデータ（CityGMLデータ）における属性付与単位（Building、またはWallSurface / RoofSurface）ごとに集計し、それを属性として付与する。
- ・3D都市モデルデータには、建物面多角形における日射量分布がテクスチャとして付与されるものとする。
- ・CityGMLを、VC Publisherで3DTiles形式（Batched 3D Model (b3dm)）に変換して表示している。

## 日射量分布テクスチャの可視化結果（VC MAPで確認）



# 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

本システムは、CUIで動作するツール群である。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - C:\横浜市¥53391540.bat
* [LOD2] Polygon数          : 14756
* [LOD2] LinearRing数       : 14767
* [LOD2] posList数          : 14767
* [LOD2] 頂点数             : 52790

# すべての処理に要した時間      : 2.721

ExtractBuildingLOD2 は正常に終了しました。

C:\横浜市>pause
続行するには何かキーを押してください . . .

C:\横浜市>rem (2) 日射量推計

C:\横浜市>¥Software¥EstimateSolarRadiation¥x64¥Release¥EstimateSolarRadiation.exe ¥EstimateSolarRadiation
53391540.ini
< Date: 03/08/23, Time: 10:56:33 >
- 入力建物データファイル      : ¥横浜市¥処理結果¥建物データ¥53391540_bldg_6697_op.dat
- 入力太陽データファイル      : ¥横浜市¥太陽高度・太陽方位¥平均年.csv
- 入力水平面日射量データファイル : ¥横浜市¥日射量データベース¥水平面日射量¥hm46106_Year.csv
- 入力斜面日射量データファイル基本名 : ¥横浜市¥日射量データベース¥斜面日射量¥平均年¥rm46106year.csv
- 出力建物面日射量データファイル : ¥横浜市¥処理結果¥日射量¥53391540_bldg_6697_op_Radiation.dat
- 出力日射量リストファイル     : ¥横浜市¥処理結果¥日射量¥53391540_bldg_6697_op_Radiation.csv
- 全天空一様散乱光考慮        : はい
- 太陽周辺光考慮              : はい
- 地平線光考慮                : はい
- 係数推定利用最小方位角      : 0
- 係数推定利用最大方位角      : 359
- 係数推定利用方位角間隔      : 30
- 係数推定利用最小傾斜角      : 10
- 係数推定利用最大傾斜角      : 90
- 係数推定利用傾斜角間隔      : 10
- 推計処理開始太陽番号        : 1
- 推計処理終了太陽番号        : 168

+ 建物数 LOD2                  : 132
+ 面数                          : 3809
+ 多角形数                      : 14767
+ 頂点数                        : 52790
+ 太陽データ数                  : 8760
+ 有効太陽データ数              : 4421
+ 水平面日射量データのデータ数 : 8760
+ 斜面日射量データのファイル数 : 109
  
```

図 CUI上でのツール動作状況

処理ステップ	実行ファイル名
処理用建物データ作成	ExtractBuildingLOD2.exe
日射量推計	EstimateSolarRadiation.exe
発電ポテンシャル推計	EstimateSolarPower.exe
可視化データ作成	CreateCityGML.exe

# 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

全てのテスト項目において、本システムが適切であることを確認した。

表 システムテスト結果

業務内容	要件	適否
1. データ入力機能	・システムで使用するデータを定義・入力しチェック	○
2. 処理用建物データの作成機能	・システムに入力された3D都市モデルCityGMLデータを変換・処理・計算 (ツリー型データ構造の構築、多角形の頂点座標の抽出・変換、多角形の位置・形状・面積・方向の計算)	○
3. 日照の有無の判定機能	・毎時の太陽視点の透視画像を作成 ・対象建物に正方格子を設定し、日照の有無を判定	○
4. 日射量（直達成分・散乱成分）推計機能	・各建物面の直達日射成分と天空散乱成分の日射量を算出 ・建物面上の格子点の日射量を算出（年間・月別） ・建物面ごとの日射量を算出（年間・月別）	○
5. 発電ポテンシャル推計機能	・設置条件(設置最小面積・設置許容傾斜角)の設定 ・設置条件に適合する建物面を抽出し有効設置領域を算出 ・抽出された建物面ごとに、有効設置領域内の発電ポテンシャルを集計	○
6. 可視化データの作成	・壁面多角形ごとに推計結果を出力(csv) ・推計結果を付与された3D都市モデルデータとして出力(CityGML形式) (3D都市モデルデータへの属性付与・テクスチャ画像として表現)	○

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. システム検証

### ① 検証内容

今回開発したシステムについて、日射量推計結果の妥当性、発電ポテンシャル推計結果の妥当性、処理時間、専門家によるアルゴリズムの評価の4つの観点で検証を行った。

表 検証項目および検証方法

検証項目	検証方法
(1)日射量の検証	日射量について妥当な推計結果が得られている事を確認する。
(2)発電ポテンシャルの検証	建物単位で集計した発電ポテンシャルにおいて妥当な推計結果が得られている事を確認する。
(3)処理時間の検証	対象エリア全体の処理が3日以内で行える事を確認する。
(4)専門家による評価	今回提案したシステムについて、既往アルゴリズムの有識者に評価してもらい、本手法が妥当であることを確認する。具体的には、太陽光発電ポテンシャル推計サービスを手掛ける会社等へのヒアリングと、本手法について述べた論文の学術雑誌への投稿とする。

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (1) 日射量推計の検証

今回システムが妥当な日射量推計が行えるかを、以下の方法で検証する。検証は、全体を概観しての確認（概要調査）と部分としての詳細な確認（建物別調査）の2種類において行う。なお定量的検証は、他の建物の影の影響を除外するため、建物別調査にて実施した。調査範囲はR2年度整備範囲（みなとみらい地区を中心とした2.27km<sup>2</sup>範囲）とした。

表 日射量推計機能に関する検証内容

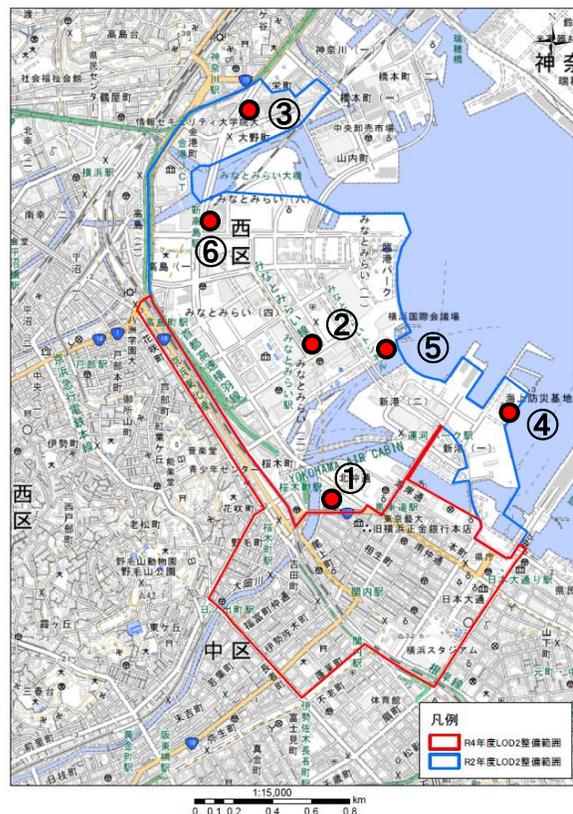
<b>検証対象</b>	ポリゴン上の格子点における単位面積あたりの日射量	
<b>比較対象</b>	NEDOの日射量データベース閲覧システム ・ 水平面：全天日射量、直達成分、散乱成分 ・ 傾斜面：斜面日射量（NEDOデータベースにおいて、直達成分と天空散乱成分に分けられていないため）	
<b>概要調査</b>	定性的検証	主として鉛直壁面を対象に、年間日射量分布画像を目視することにより行う。 ・ 推計日射量がNEDOの日射量データベースの値と矛盾しないことを、透視画像の壁面の色で確認する。 ・ 壁面の向きによって壁面の日射量が異なることを確認する。また、その変化（増減）方向に矛盾がないことを確認する。 ・ 鉛直壁面の推計日射量の分布に、他の建物の影の影響が反映されていることを確認する。
<b>建物別調査</b>	検証対象	検証エリア全体における位置、建物形状、周囲の建物の位置、建物面の大きさ、建物面の傾斜角・方位角などを考慮して、数棟を選定する。
	定性的検証	壁面・屋根面の年間日射量分布画像を目視することにより行う。 ・ 壁面・屋根面の推計日射量の分布に、他の建物の影の影響が反映されていることを確認する。
	定量的検証	NEDOの日射量データベースの月別および年間の日射量と比較する。 ・ 実際に壁面太陽光パネルが設置できる箇所での検証とするため、設定した面積以上のポリゴン上の格子点を対象とする。 ・ NEDOの日射量データベースの日射量が影を考慮していない値であるため、ほとんどの時間で他の面の影にならない点（日射量が最大になる点）を対象とする。

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

概要調査は、R02年度整備範囲（みなとみらい地区を中心とした2.27km<sup>2</sup>範囲）とし、建物別調査は以下①～⑥を選定した。



① 横浜市役所
② みなとみらいセンタービル
③ ヨコハマポートサイドロア壱番館
④ 海上保安資料館 横浜館
⑤ パシフィコ横浜
⑥ 富士ゼロックスR&Dスクエア

図 日射量推計、建物別調査対象建物の位置および名称

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- 概要調査 - 定性的検証

- ① 検証方法

- 本システムで出力した**年間日射量分布画像**を目視で確認する。
- 目視に用いた画像は以下の通り。
  - a. 俯角30°の画像（東・西・南・北）
  - b. 俯角5°の画像（東・西）、俯角15°の画像（南東・南西）

- ② 確認事項

- 以下の3点を確認する。
- 〔確認事項1〕 定量的検証の補備として、推計日射量が**NEDOの日射量データベースの値（NEDO値）と矛盾しないこと**（年間日射量の差が概ね10%以内になっていること）を、透視画像の壁面の色で確認する。なおNEDO値は任意の方位角・傾斜角における日射量が計算できることから、**壁面の比較**を行っている。ただしNEDO値は影の影響を考慮していないことから、他の建物の影響が少ない壁面にて確認する。
- 〔確認事項2〕 **壁面の向き**によって壁面の日射量が異なることを確認する。また、その**変化（増減）方向に矛盾がない**ことを確認する。
- 〔確認事項3〕 日照の有無の確認用画像で、他の建物の影になっている鉛直壁面において、その推計日射量の分布に、**他の建物の影の影響**による色の変化（グラデーション）が反映されていることを確認する。

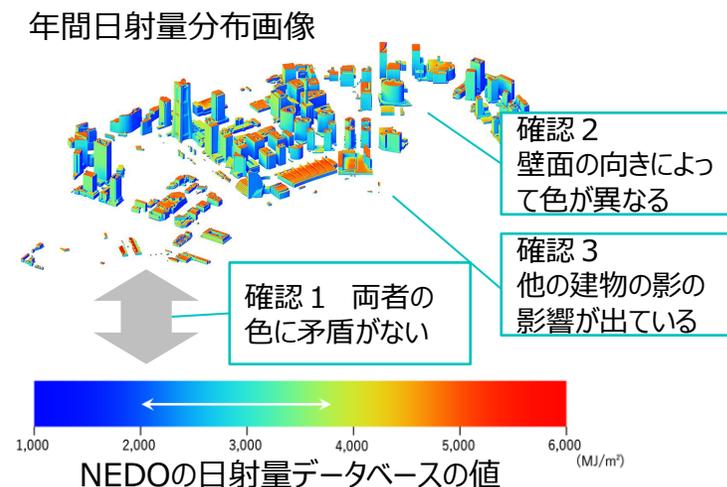


図 定性的検証での確認事項

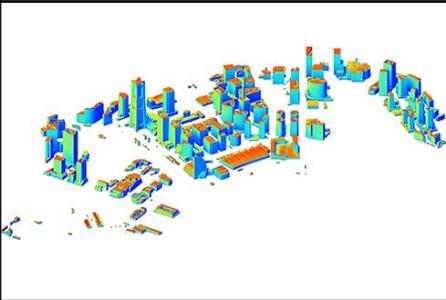
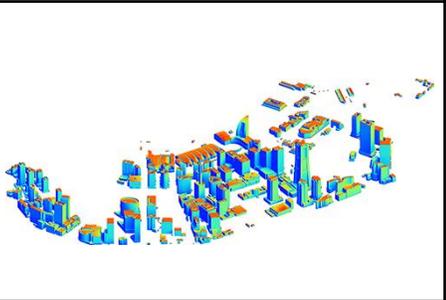
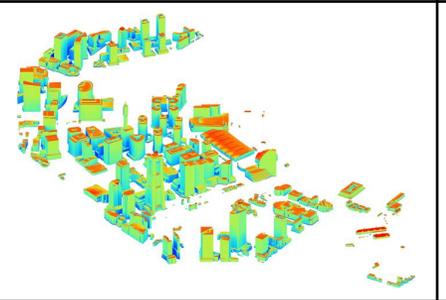
# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- 概要調査 - 定性的検証 (結果サマリ)
  - ・ 東西南北のいずれの壁面においても、適切に日射量が推計できていることを確認できた。
    - ・ [確認事項1の結果] 推計日射量とNEDOの日射量データベースの値の差は概ね10%以内になっている。
    - ・ [確認事項2の結果] 壁面の向きによって壁面の日射量が異なっており、変化(増減)方向に矛盾がない。
    - ・ [確認事項3の結果] 鉛直壁面において他の建物の影の影響が反映されている。

表 東西南北からの日射量推計結果確認、評価結果

方位	東	西	南	北
透視図				
(確認事項1) NEDO値との比較	○	○	○	○
(確認事項2) 壁面の向きによる日射量変化	○	○	○	○
(確認事項3) 他の建物の影の影響	○	○	○	○

東西南北それぞれの確認結果の詳細を、次頁以降に示す。

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 東向き壁面

- 〔確認事項1〕 他の建物の影の影響を受けない東向きの鉛直壁面※1の推計日射量は、NEDOの日射量データベースの値と矛盾するものではない。

※1 他の建物の影の影響を受けない東向きの鉛直壁面：東から俯角5°の日射量分布画像に描かれている鉛直壁面

- 〔確認事項2〕 東から俯角30°の画像より、壁面の向きによって壁面の日射量が異なり、北東→東→南東に向かって日射量が増えることが確認できる。
- 〔確認事項3〕 東から俯角30°の画像より、東向きの鉛直壁面上の推計日射量の分布は、他の建物の影（影の有無は東から俯角5°の画像で判定）の影響を反映しているものと判断できる。



PLATEAU  
by MLIT

表 NEDOの日射量データベースの値（他建物の影響がない場所での日射量）

MJ/m <sup>2</sup>	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
水平面	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84
鉛直面	1486.89	1964.04	2953.88	3731.69	3989.12	3698.19	2904.17	1926.65

北東～東～南東の日射量

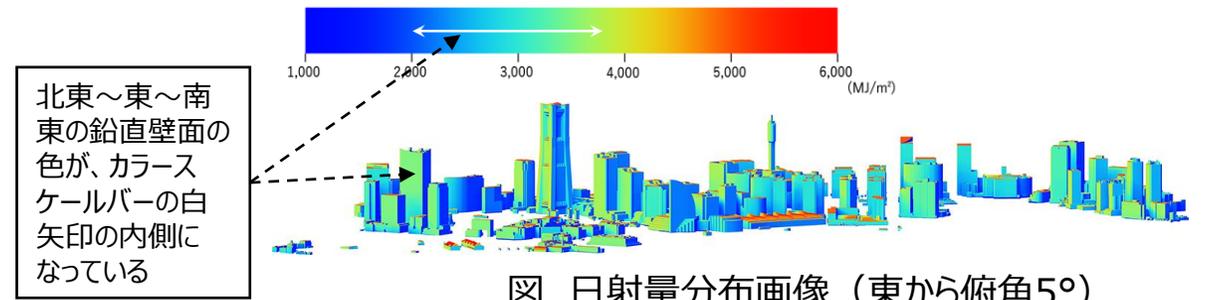


図 日射量分布画像（東から俯角5°）

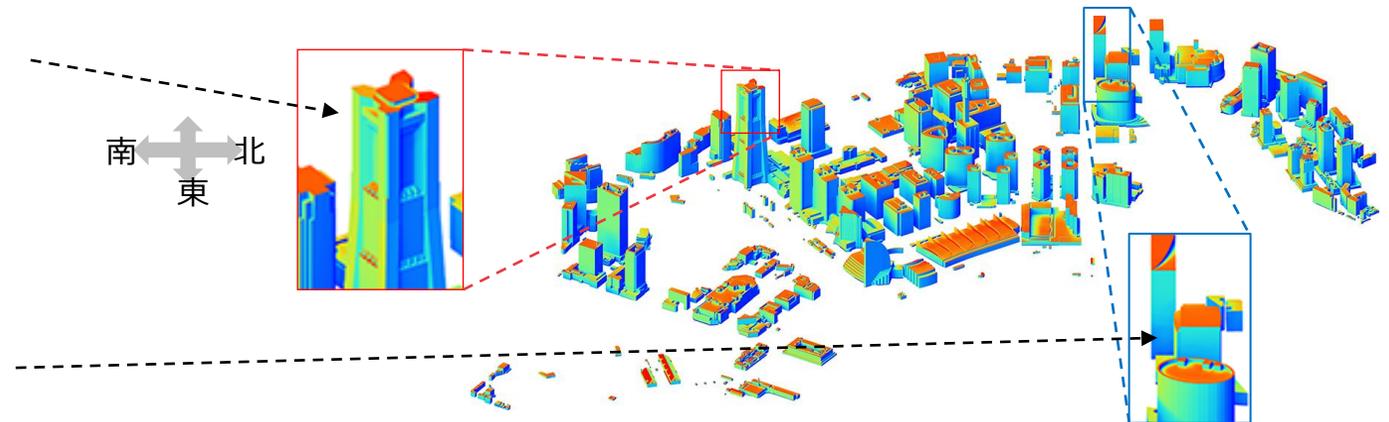


図 日射量分布画像（東から俯角30°）

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果



PLATEAU  
by MLIT

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 西向き壁面

- ・ [確認事項1] 他の建物の影の影響を受けない西向きの鉛直壁面※1の推計日射量は、NEDOの日射量データベースの値と矛盾するものではない。  
※1 他の建物の影の影響を受けない西向きの鉛直壁面：西から俯角5°の日射量分布画像に描かれている鉛直壁面
- ・ [確認事項2] 西から俯角30°の画像より、壁面の向きによって壁面の日射量が異なり、北西→西→南西に向かって日射量が増えることが確認できる。
- ・ [確認事項3] 西から俯角30°の画像より、西向きの鉛直壁面上の推計日射量の分布は、他の建物の影（影の有無は西から俯角5°の画像で判定）の影響を反映しているものと判断できる。

表 NEDOの日射量データベースの値（他建物の影響がない場所での日射量）

MJ/m <sup>2</sup>	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
水平面	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84
鉛直面	1486.89	1964.04	2953.88	3731.69	3989.12	3698.19	2904.17	1926.65

南西～西～北西の日射量

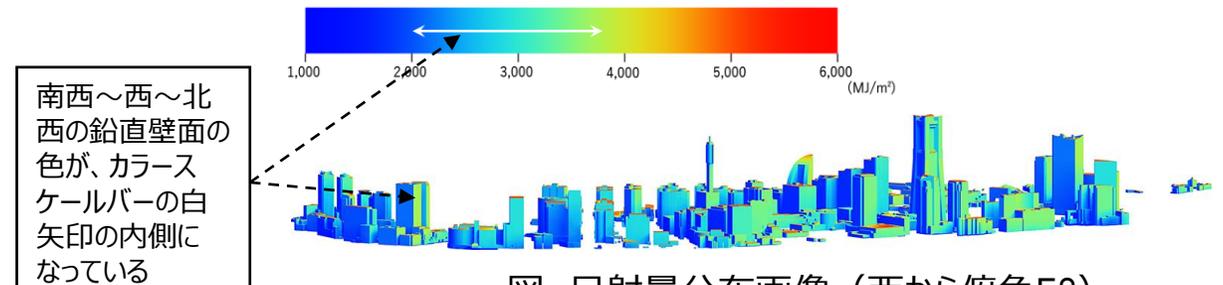


図 日射量分布画像（西から俯角5°）

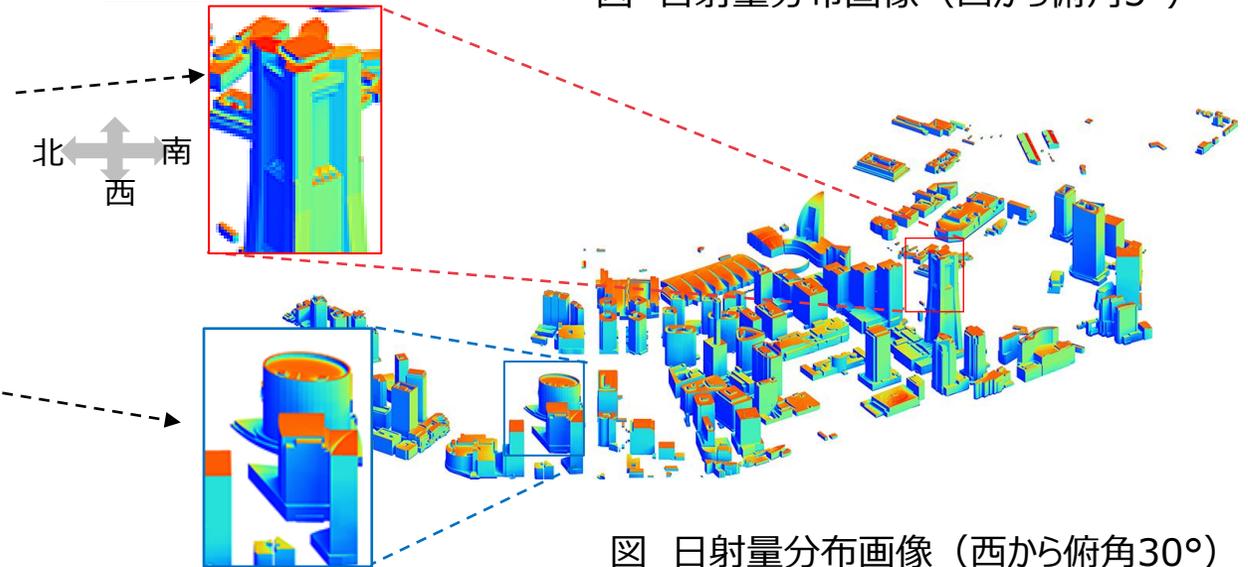


図 日射量分布画像（西から俯角30°）

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 南向き壁面

- ・ [確認事項1] 他の建物の影の影響を受けない南向きの鉛直壁面※1の推計日射量は、NEDOの日射量データベースの値と矛盾するものではない。

※1 他の建物の影の影響を受けない南向きの鉛直壁面：南西から俯角15°の日射量分布画像に描かれている鉛直壁面

- ・ [確認事項2] 南から俯角30°の画像より、壁面の向きによって壁面の日射量が異なり、南→南東あるいは南→南西に向かって日射量が減ることが確認できる。

- ・ [確認事項3] 南から俯角30°の画像より、南向きの鉛直壁面上の推計日射量の分布は、他の建物の影（影の有無は南東・南西から俯角15°の画像で判定）の影響を反映しているものと判断できる。



PLATEAU  
by MLIT

表 NEDOの日射量データベースの値（他建物の影響がない場所での日射量）

MJ/m <sup>2</sup>	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
水平面	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84
鉛直面	1486.89	1964.04	2953.88	3731.69	3989.12	3698.19	2904.17	1926.65

南東～南～南西の日射量

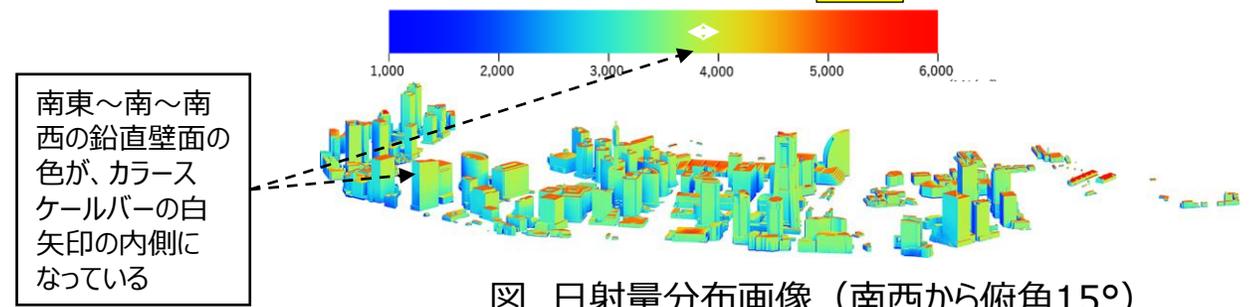


図 日射量分布画像（南西から俯角15°）

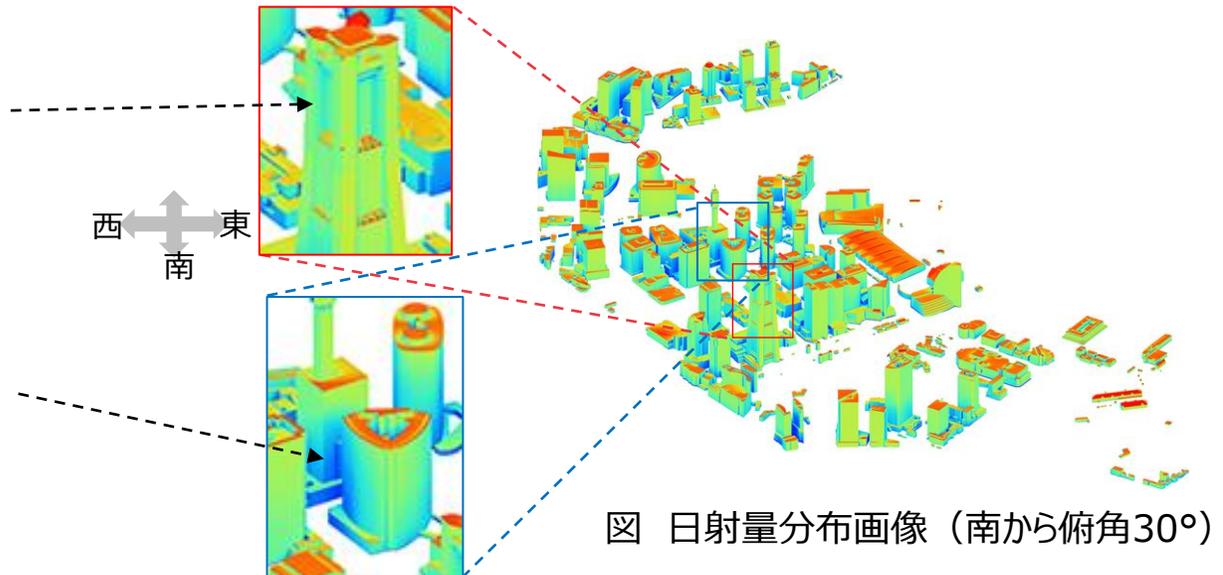


図 日射量分布画像（南から俯角30°）

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 北向き壁面

- 〔確認事項1〕 他の建物の影の影響を受けない北向きの鉛直壁面※1 の推計日射量は、NEDOの日射量データベースの値と矛盾するものではない。

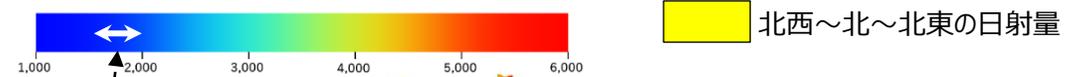
※1 他の建物の影の影響を受けない北向きの鉛直壁面：北東から俯角30°の日射量分布画像に描かれている鉛直壁面
- 〔確認事項2〕 北から俯角30°と北東から俯角30°の画像より、壁面の向きによって壁面の日射量が異なり、北→北東あるいは北→北西に向かって日射量が増えることが確認できる。
- 〔確認事項3〕 北から俯角30°と北東から俯角30°の画像より、北向きの鉛直壁面の直達日射は0ではないが非常に小さいため、他の建物の影が鉛直壁面の日射量分布に与える影響は見当たらない。



PLATEAU  
by MLIT

表 NEDOの日射量データベースの値（他建物の影響がない場所での日射量）

MJ/m <sup>2</sup>	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
水平面	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84	5085.84
鉛直面	1486.89	1964.04	2953.88	3731.69	3989.12	3698.19	2904.17	1926.65



北西～北～北東の鉛直壁面の色が、カラスケールバーの白矢印の内側になっている

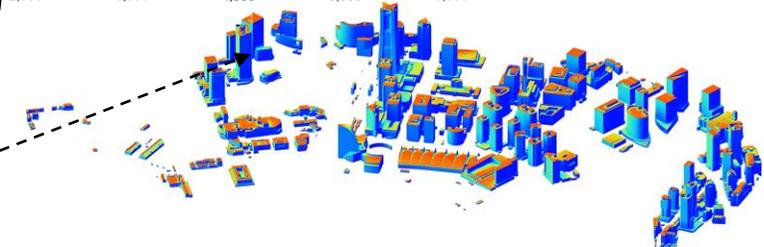


図 日射量分布画像（北東から俯角30°）

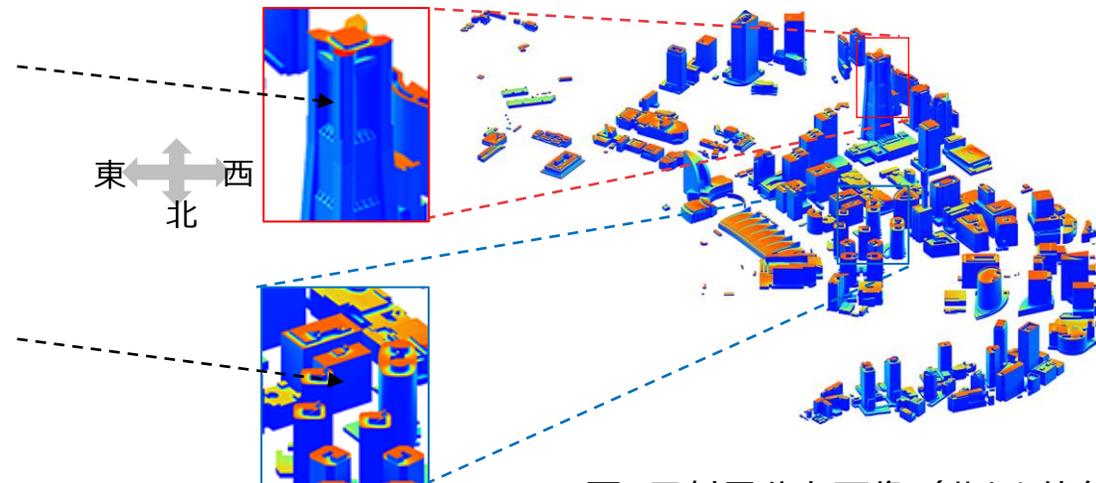


図 日射量分布画像（北から俯角30°）

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (1) 日射量推計の検証

##### ● 建物別調査 – 結果サマリ

- 建物別調査では、建物を数棟抽出し、出力結果上で定性的・定量的検証を行った。
- 定性的検証において、周囲の建物による影の影響や、面の角度の違いによる日射量の差が確認できた。
- 定量的検証において、概ね日射量推計が**10%以内の誤差**であることが確認できた。

表 個別結果評価サマリ

建物名称	透視図または平面図	周囲の建物の影響	角度の違いによる日射量の差	推計誤差(%)※1
① 横浜市役所		○	○	6.4
② みなとみらいセンタービル		○	○	5.5
③ ヨコハマポートサイドロア壱番館		○	○	10.5
④ 海上保安資料館 横浜館		○	○	4.7
⑤ パシフィック横浜		○	○	6.0
⑥ 富士ゼロックスR&Dスクエア		○	○	4.9

※1 鉛直面の最大誤差を記載。算出方法は右記の通り。  

$$\text{推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ①横浜市役所

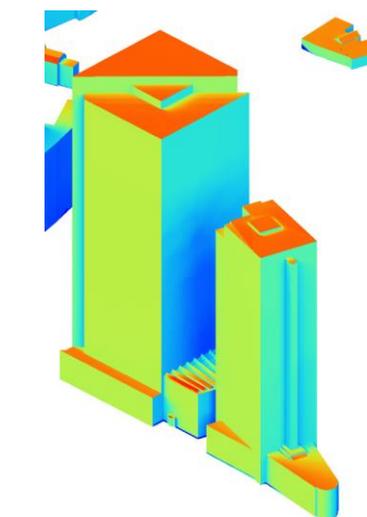
- 屋根面において、北東側の高い屋根面による影の影響が、中央部や南東側の低い屋根面の日射量分布に現れていることが確認できる。
- 東壁面の日射量分布に、東隣りの建物の影の影響が現れていることが確認できる。



図 平面図



図 周辺状況



南東より俯角30°で見た透視図



南壁面



東壁面

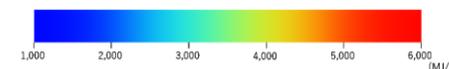


図 年間日射量

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

NEDO日射量データベースによる値（NEDO値）を真値として、本システムによって推計した値（推計値）の推計誤差を確認した。

#### ● 建物別調査 – 定量的検証 確認結果 ①横浜市役所

##### ● 水平屋根面（水平面日射量）

全天日射量：推計誤差は3%程度であり、推計精度は十分高いと言える。

散乱成分：推計誤差は5%程度であり、推計精度は高いと言える。

##### ● 鉛直面（斜面日射量）

推計誤差は6.4%であり、推計精度は高いと言える。

#### 水平屋根面

	全天日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]	直達成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]	散乱成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]
NEDO値	5085.84	2874.38	2210.66
推計値	4931.97	2837.71	2094.26
推計誤差※1	3.0%	1.3%	5.3%

$$\text{※1 推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

#### 鉛直面

		斜面日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]
東 壁 面	NEDO値	2953.88
	推計値	2942.6
	推計誤差	0.4%
南 壁 面	NEDO値	3989.12
	推計値	3835.73
	推計誤差	3.8%
西 壁 面	NEDO値	2904.17
	推計値	2901.41
	推計誤差	0.1%
北 壁 面	NEDO値	1486.89
	推計値	1392.18
	推計誤差	6.4%

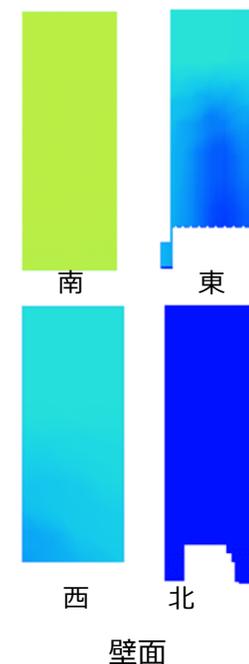
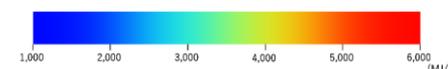


図 年間日射量

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

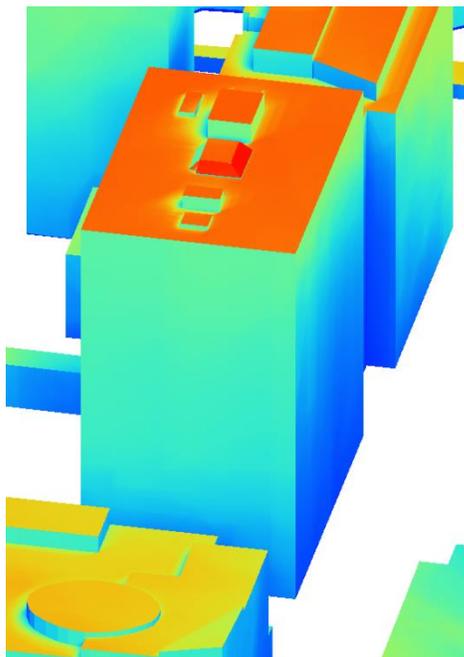
- 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ②みなとみらいセンタービル
  - ・ 屋根面において、屋上構造物による影の影響が日射量分布に現れていることが確認できる。
  - ・ 南東壁面と南西壁面の下部の日射量分布に、南側に位置する建物の影の影響が現れていることが確認できる。



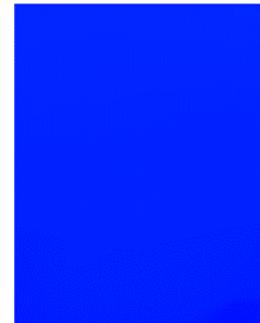
図 平面図



図 周辺状況



南西より俯角30°で見た透視図



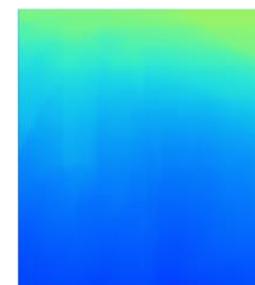
北西壁面



北東壁面



南西壁面



南東壁面

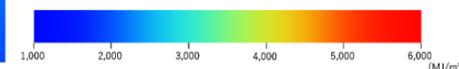


図 年間日射量

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- 建物別調査 – 定量的検証 確認結果 ②みなとみらいセンタービル
  - 水平屋根面（水平面日射量）
    - 全天日射量：推計誤差は3%程度であり、推計精度は十分高いと言える。
    - 散乱成分：推計誤差が5%程度であり、推計精度は高いと言える。
  - 鉛直面（斜面日射量）
    - 南西壁面および南東壁面の推計誤差は5%程度であり、推計精度は高いと言える。
    - 誤差の要因として、南側に位置する建物の影の影響が考えられる。

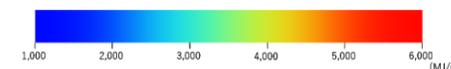
水平屋根面

	全天日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]	直達成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]	散乱成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]
<b>NEDO値</b>	5085.84	2874.38	2210.66
<b>推計値</b>	4941.68	2843.62	2098.06
<b>推計誤差※1</b>	2.8%	1.1%	5.1%

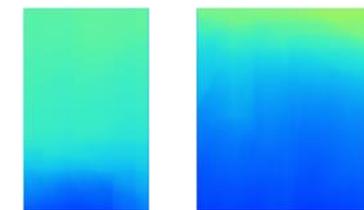
$$\text{※1 推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

鉛直面

		斜面日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]
北東壁面	<b>NEDO値</b>	2209.46
	<b>推計値</b>	2191.56
	<b>推計誤差</b>	0.8%
南東壁面	<b>NEDO値</b>	3858.87
	<b>推計値</b>	3647.49
	<b>推計誤差</b>	5.5%
南西壁面	<b>NEDO値</b>	3530.99
	<b>推計値</b>	3347.34
	<b>推計誤差</b>	5.2%
北西壁面	<b>NEDO値</b>	1733.00
	<b>推計値</b>	1683.82
	<b>推計誤差</b>	2.8%



北西 北東



南西 南東

図 年間日射量（壁面）

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

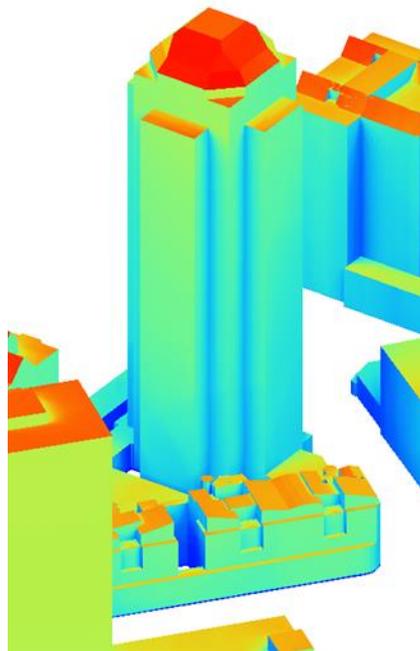
- 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ③ヨコハマポートサイドロア壱番館
  - ・ 南東壁面と南西壁面の下部の日射量分布に、周囲の建物の影の影響が現れていることが確認できる。
  - ・ 屋根面の角度によって、日射量が異なっていることが確認できる。



図 平面図



図 周辺状況



南より俯角30°で見た透視図

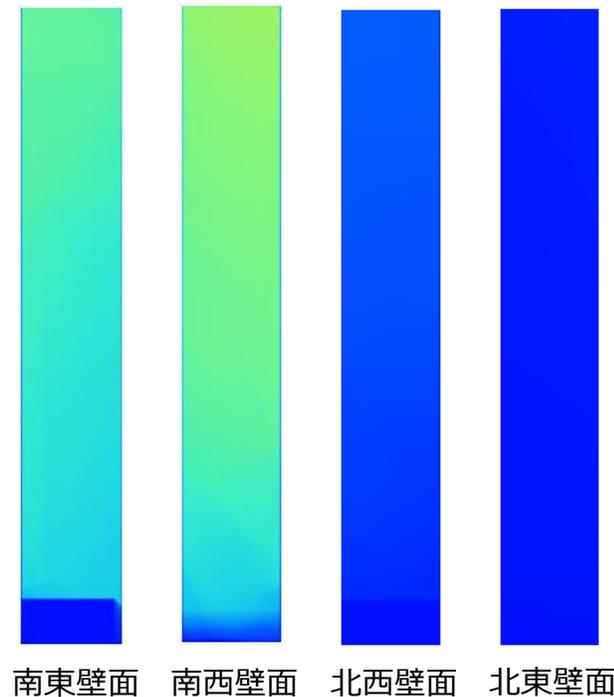
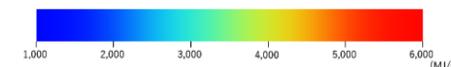


図 年間日射量



# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

● 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ③ヨコハマポートサイドロア壱番館

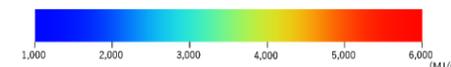
・ 水平屋根面（水平面日射量）

全天日射量：推計誤差は3%程度であり、推計精度は十分高いと言える。

散乱成分：推計誤差が5%程度であり、推計精度は高いと言える。

・ 鉛直面（斜面日射量）

推計精度は高いと言える。なお北東壁面や南東壁面（定量的評価の対象外）の推計誤差がそれぞれ10.5%、6.5%である。東側に位置する建物の影の影響が誤差の要因となっていると考えられる。



#### 水平屋根面

	全天日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]	直達成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]	散乱成分 [MJ/m <sup>2</sup> ]
NEDO値	5085.84	2874.38	2210.66
推計値	4930.82	2836.74	2094.09
推計誤差※1	3.0%	1.3%	5.3%

$$\text{※1 推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

#### 鉛直面

		斜面日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]
南東壁面	NEDO値	3599.74
	推計値	3364.22
	推計誤差	6.5%
南西壁面	NEDO値	3811.59
	推計値	3654.29
	推計誤差	4.1%
北西壁面	NEDO値	2123.40
	推計値	2067.61
	推計誤差	2.6%
北東壁面	NEDO値	1790.39
	推計値	1603.27
	推計誤差	10.5%

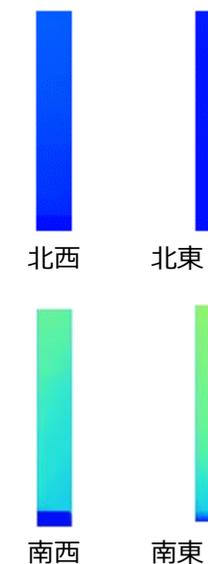


図 年間日射量（壁面）

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ④海上保安庁資料館
  - ・ 屋根面の向きが鉛直向きになればなるほど日射量が小さくなっていることが確認できる。
  - ・ 北西壁面の日射量分布に、北西隣りの建物の影の影響が現れていることが確認できる。

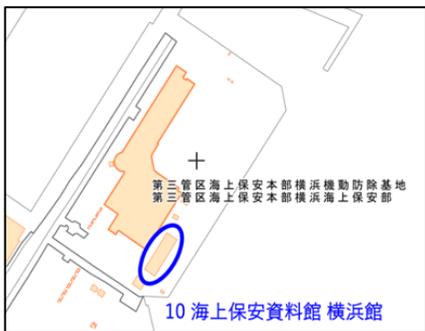
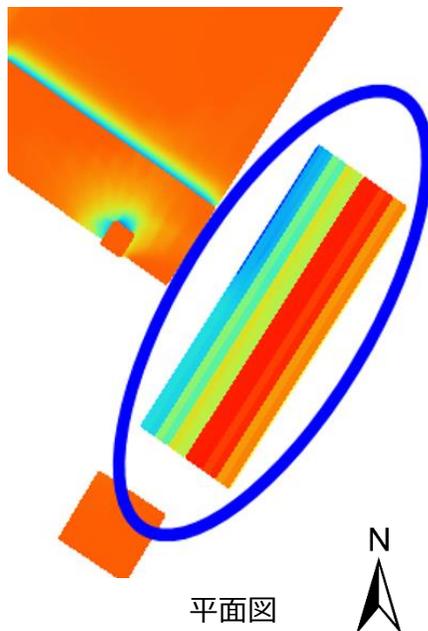


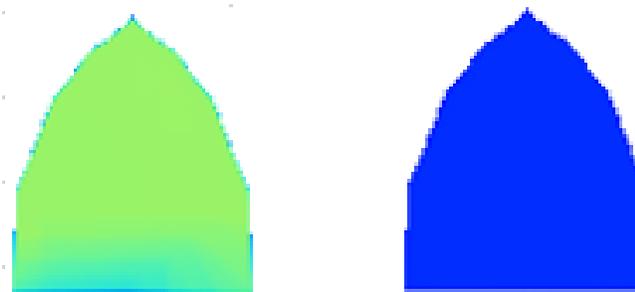
図 平面図



図 周辺状況



平面図



南西壁面

北東壁面

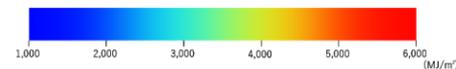


図 年間日射量

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 建物別調査 - 定量的検証 確認結果 ④ 海上保安庁資料館

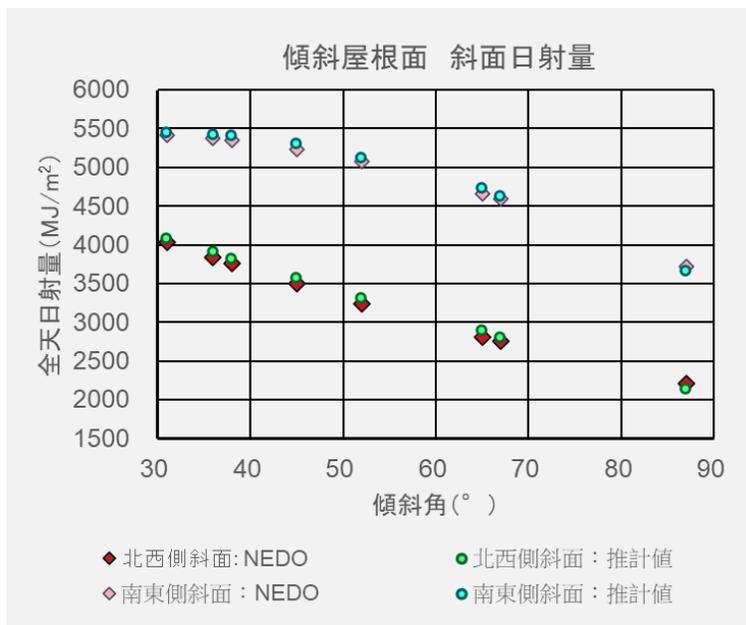
##### ● 傾斜屋根面 (斜面日射量)

複数の傾斜角の屋根面が存在するため、傾斜角と日射量の散布図で示している。

推計誤差は最大でも3.3%と、どの傾斜角においても十分な精度で推計できていると考えられる。

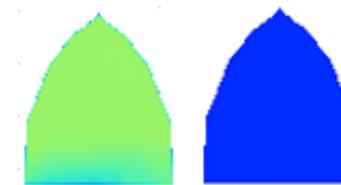
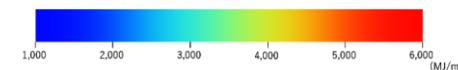
##### ● 鉛直面 (斜面日射量)

推計誤差が4.7%以下と、推計精度は十分であると考えられる。



#### 鉛直面

		斜面日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]
東壁面	NEDO値	3821.75
	推計値	3642.18
	推計誤差※1	4.7%
南壁面	NEDO値	1775.26
	推計値	1737.80
	推計誤差	2.1%



南西 北東  
図 年間日射量 (壁面)

$$\text{※1 推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

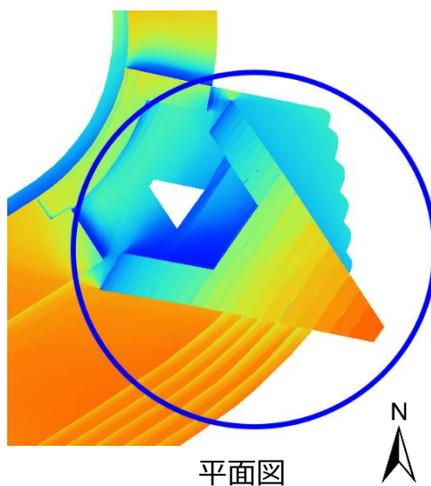
- 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ⑤パシフィコ横浜
  - 屋根面の向きが鉛直向きになればなるほど日射量が小さくなっていることが確認できる。
  - 建物の北東側の日射量分布に、影の影響が現れていることが確認できる。



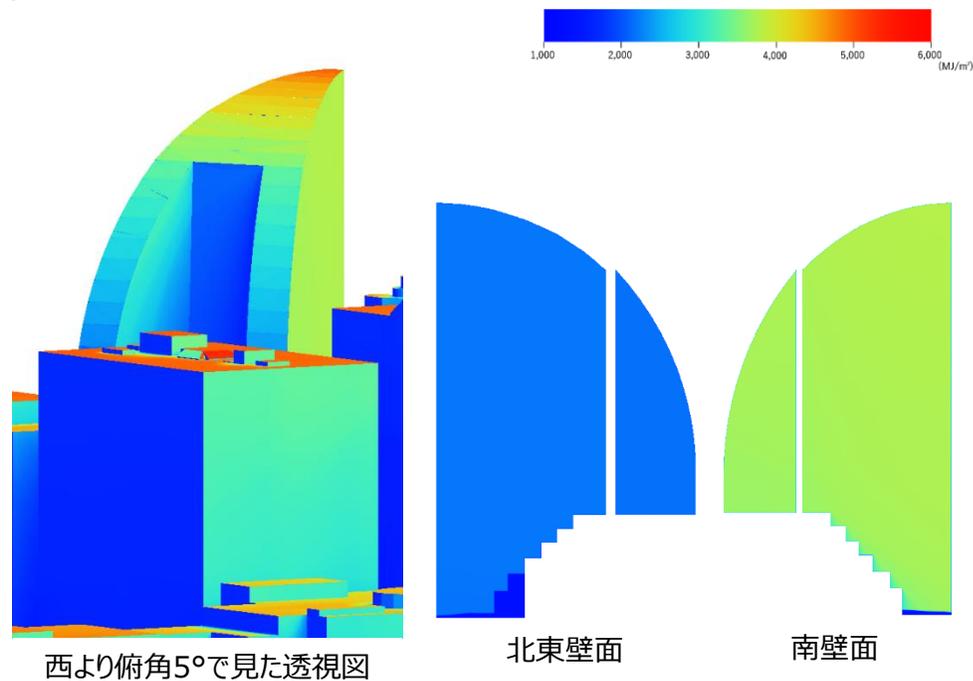
図 平面図



図 周辺状況



平面図



西より俯角5°で見た透視図

北東壁面

南壁面

図 年間日射量

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

#### ● 建物別調査 - 定量的検証 確認結果 ⑤パシフィコ横浜

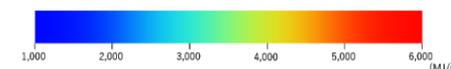
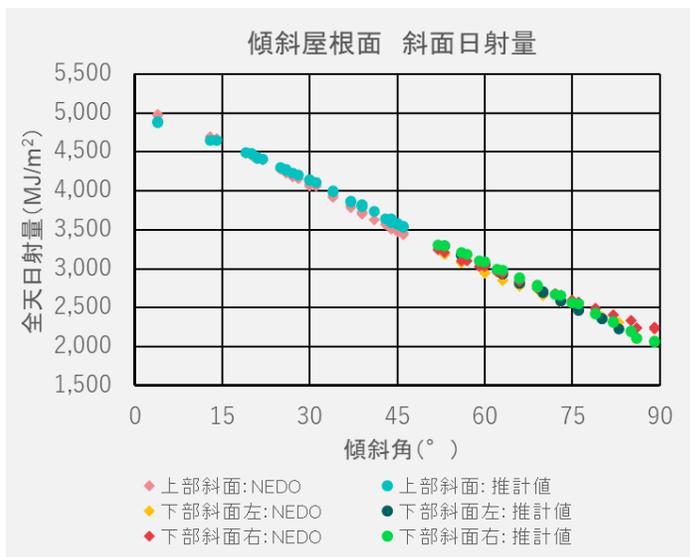
##### ● 傾斜屋根面 (斜面日射量)

複数の傾斜角の屋根面が存在するため、傾斜角と日射量の散布図で示している。

推計誤差が5%未満の面が90%以上であり、最大でも8.3%である。十分な推計精度と考えられる。

##### ● 鉛直面 (斜面日射量)

南壁面の推計誤差が6.0%であり、推計精度は高いと言える。



#### 鉛直面

		斜面日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]
東壁面	NEDO値	2209.46
	推計値	2205.37
	推計誤差	0.2%
南壁面	NEDO値	3973.01
	推計値	3736.16
	推計誤差	6.0%

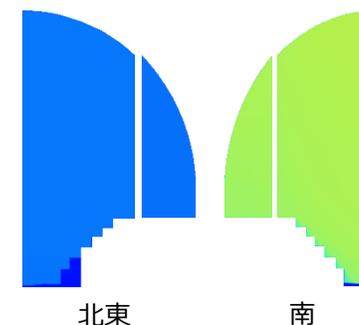


図 年間日射量 (壁面)

$$\text{※1 推計誤差} = \frac{|(\text{NEDO値}) - (\text{推計値})|}{(\text{NEDO値})} \times 100[\%]$$

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

● 建物別調査 - 定性的検証 確認結果 ⑥富士ゼロックスR&Dスクエア

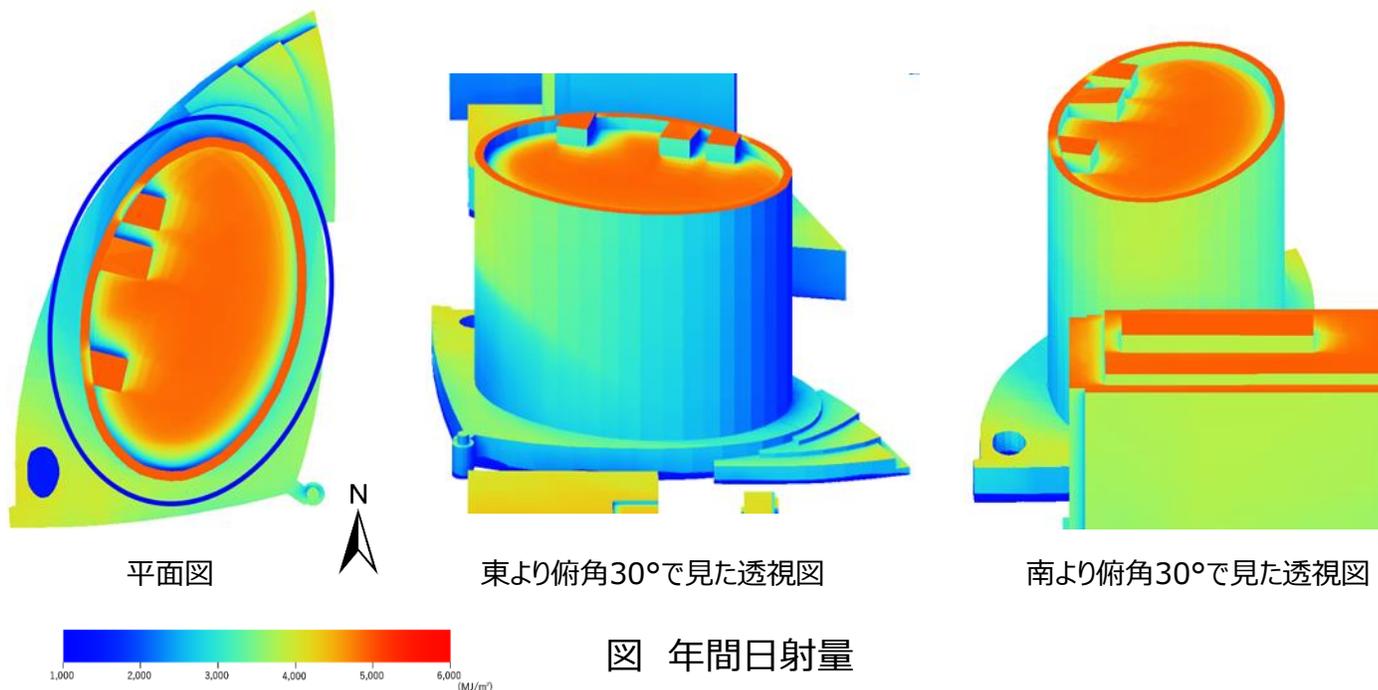
- 壁面の角度によって、日射量が異なっていることが確認できる。
- 屋上の縁部において、屋上を囲う壁面の影の影響が日射量分布に現れていることが確認できる。



図 平面図



図 周辺状況



## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (1) 日射量推計の検証

##### ● 建物別調査 – 考察

- 検証エリア内にある6棟について、定性的・定量的検証を実施した。
- 定性的検証では、周囲の建物による影の影響や、面の角度の違いによる日射量の差が表れていることを確認できた。
- 定量的検証では、ほとんどの面において推計誤差5%未満で推計ができていることを確認できた。これは、加賀市UCの事例の推計誤差と同程度である。
- 鉛直面の推計誤差は、水平面に比べ相対的に大きかった。この要因は以下の通りである。
  - 散乱日射量の推計モデルは、幾何学的に算出可能な直達日射量の推計モデルに比べ推計精度が低いと考えられる。
  - 鉛直面は散乱日射量の割合が大きくなることから、結果的に斜面日射量の推計誤差が大きくなると推測される。
- ただし、鉛直面の推計誤差も最大でも10%程度であり、十分な精度で推計できると言える。
- これらの定性的・定量的検証の結果および考察から、日射量推計については十分な精度で推計可能と評価できる。

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

これまでのR2整備範囲の検証に加え、R4整備範囲も含めた検証を行った。

R4整備範囲を含む、検証エリア全体の日射量分布画像を目視で確認し、矛盾がないことを確認した。

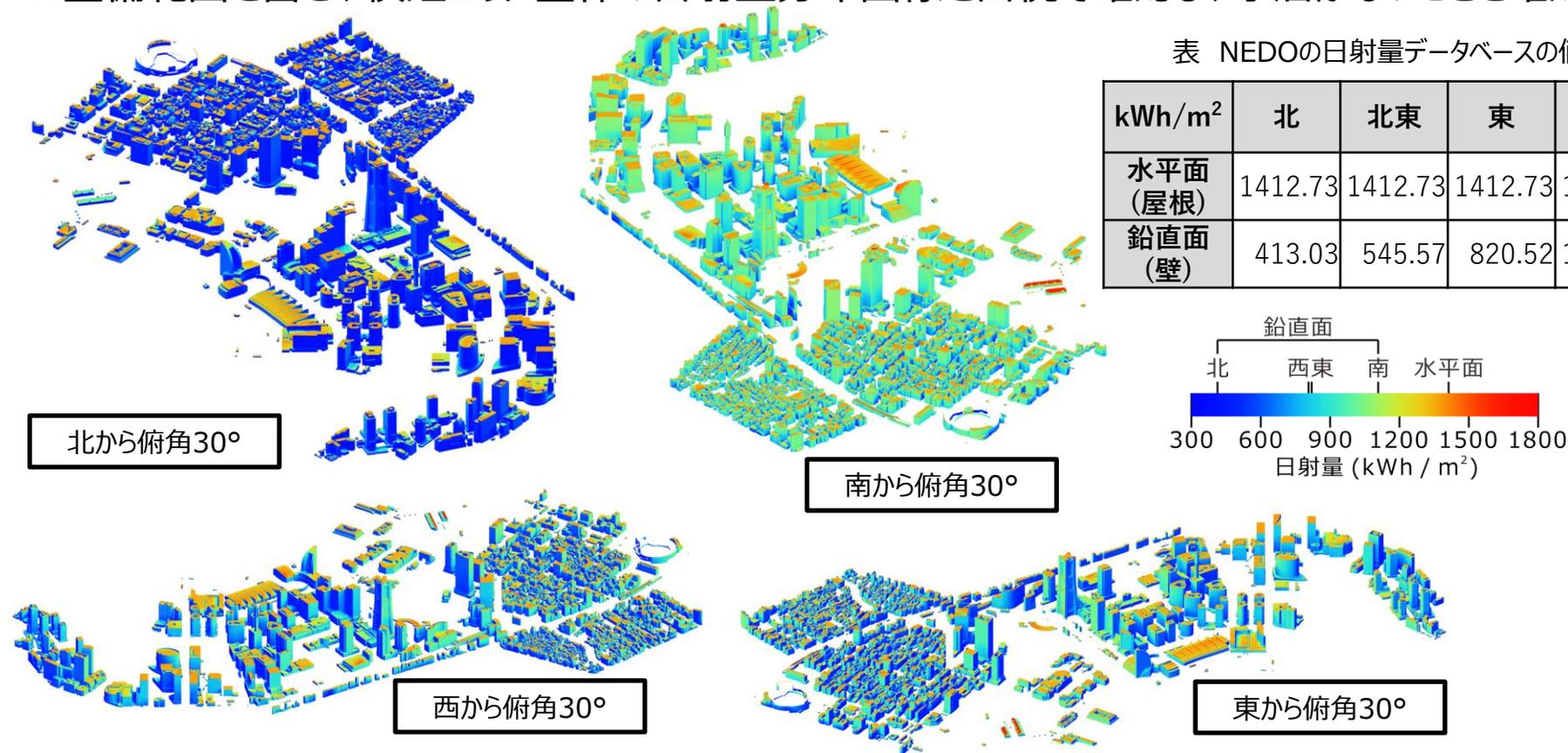


表 NEDOの日射量データベースの値（他建物の影響がない場所での日射量）

kWh/m <sup>2</sup>	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
水平面 (屋根)	1412.73	1412.73	1412.73	1412.73	1412.73	1412.73	1412.73	1412.73
鉛直面 (壁)	413.03	545.57	820.52	1036.58	1108.09	1027.28	806.71	535.18

図 検証エリア全体の日射量分布画像

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

R4整備範囲の一部を拡大した結果からも、推計された日射量に建物の影が影響していることが確認できた。これらの結果から、3D都市モデルを利用し、妥当な日射量推計ができていることが確認できた。

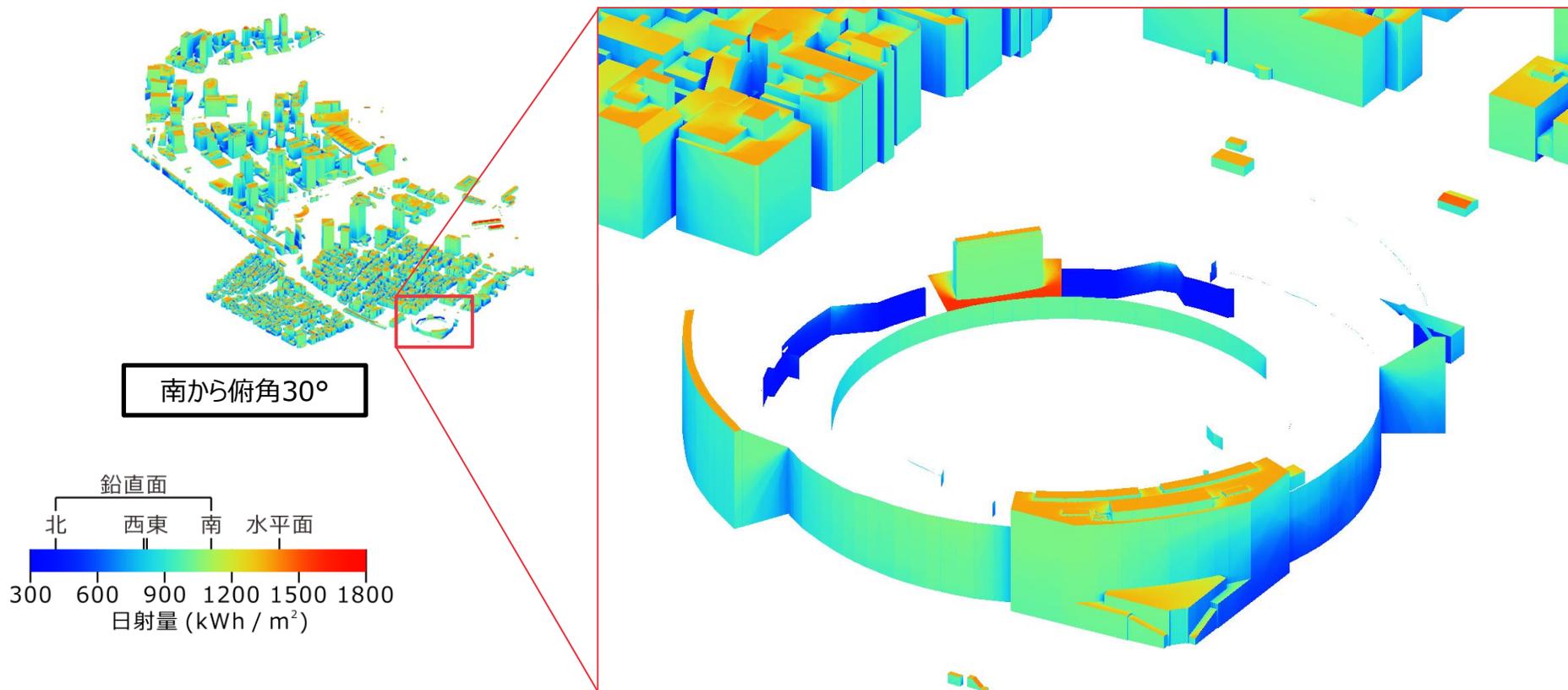


図 R4整備範囲を一部拡大した日射量分布画像

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (1) 日射量推計の検証

- 「(A) R2の整備範囲のみでの日射量推計を行った結果」と、「(B) R2とR4の整備範囲にて日射量推計を行い、R2範囲のみを抽出した結果」の比較を行った。
- 両者の差異はRoofSurface、WallSurfaceともに0.01%以下であり、ほぼ一致する結果が得られた。
- 若干の差異が出た理由は、次頁で解説する。

表 処理対象を変えてのR2範囲の日射量比較

処理対象範囲	日射量 (MWh/年)	
	RoofSurface	WallSurface
A. R2範囲のみで推計	724,821	1,562,109
B. R2 + R4で推計し、R2を抽出	724,873	1,562,042
B - A	52	-67
(B - A) / A	0.01%	0.00%

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (1) 日射量推計の検証

- AとBで日射量が異なった原因について考察を行った。
- 下図の象の鼻テラス（R2年度整備範囲内）の推計日射量は、AとBで異なっている。
- これは、西側に位置する横浜税関（R4年度整備範囲内）の建物データがLOD1からLOD2になったことで、影の影響が変わったためと考えられる。
- これらのことから、3D都市モデルのLODを上げることで、より精緻な日射量推計が行えることが示されたと言える。

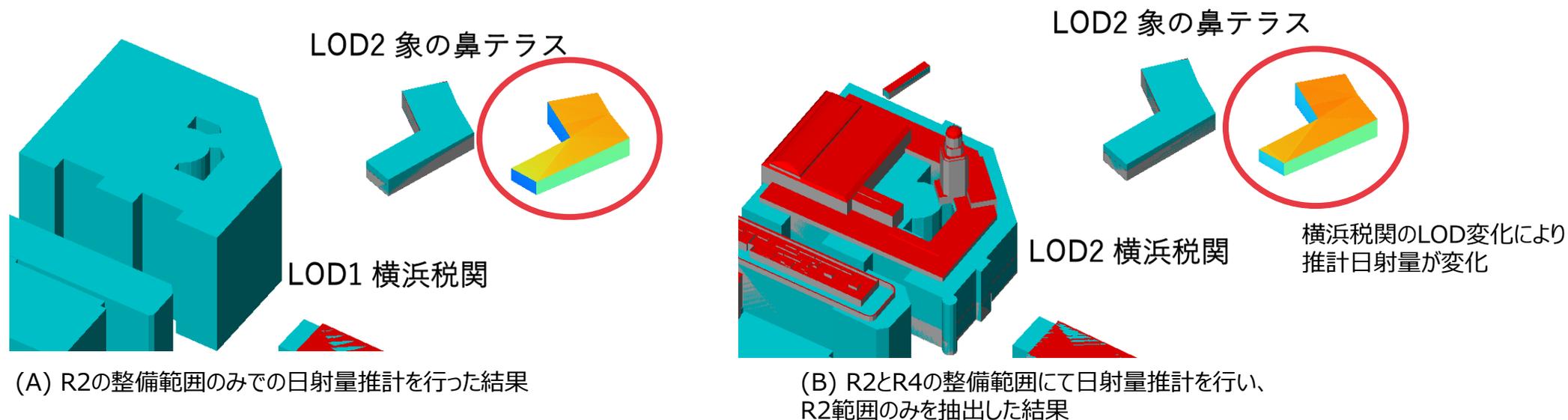


図 LODの違いによる推計日射量の変化

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

本システムの発電ポテンシャル推計結果が妥当であるか比較検証を行った。  
比較対象の候補は、以下の2つである。

**A) 促進区域検討支援ツール：** 再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）※1において、地域脱炭素化促進支援メニュー【促進区域検討支援ツール】によって求めた年間発電量。

**B) 建物面積から算定：** 令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書等（環境省）※2、我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル概要資料導入編（環境省）※3における計算方法（REPOSでも利用）に従い、建物面積から計算された年間発電量。



図 促進区域検討支援ツール

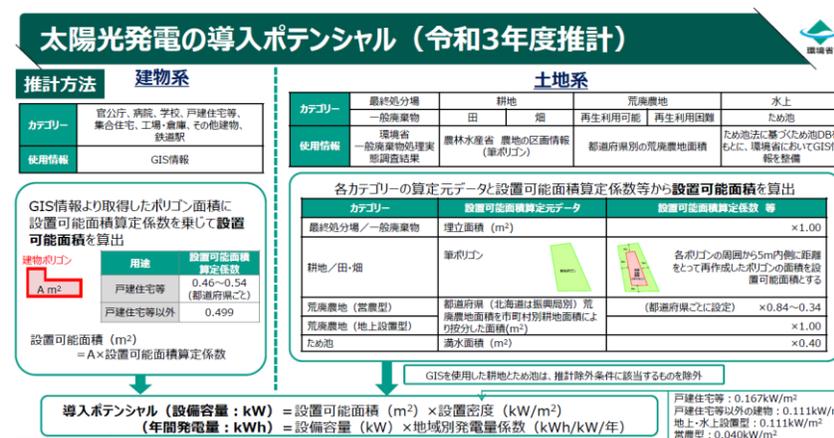


図 建物面積からの計算方法

※1 出所) 再生エネルギー情報提供システム[REPOS], 促進区域検討支援ツール [https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/gis\\_promotion.html](https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/gis_promotion.html)

※2 出所) 環境省, 令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書 [https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/r03/r03\\_whole.pdf](https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/r03/r03_whole.pdf)

※3 出所) 環境省, 我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル 概要資料導入編 <https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/doc/gaiyou3.pdf>

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

本システムとの比較検証の先立って、水平面におけるAとBの推計結果を比較した。

AとBの推計結果が大きく異なっており、以下の理由で、**Aの値を比較対象にすることは不適當**と判断できる。

- REPOSのデータは500 mメッシュ単位で求められているが、Aの促進区域検討支援ツールで、任意の多角形領域の発電量をどのようなアルゴリズムで算出しているかが不明であること。

表 水平面の年間発電量推計結果の比較 (A、B)

	年間推計発電量
A) 促進区域検討支援ツール	0.339億 kWh
B) 建物面積から算定	0.700億 kWh

- A) の推計における諸元・補足
- 面積：2.43 km<sup>2</sup>
  - 設備容量：25,146 kW
  - 年間発電電力量：33.857 GWh **(0.339億 kWh)**
  - ◆ 現在のREPOSの発電ポテンシャルは、壁面を考慮しない建物面積から算出されている。
- B) の推計における諸元・補足
- 建物面積 (GroundSurface総面積)：625,778 m<sup>2</sup>
  - 設置可能面積算定係数 (建物系 (戸建住宅等以外))：0.499
  - 設置密度：0.1667 kW/m<sup>2</sup>
  - 設備容量 (①×②×③)：49,019 kW
  - 地域別発電量係数 (横浜市)：1,346 kWh/年/kW
  - 年間発電電力量 (④×⑤)：70.023 GWh **(0.700億 kWh)**

上記を踏まえ、B) と C)本システムの比較を行った結果を次頁に示す。

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

- B、Cの推計結果を比較・考察した。本手法によって適切に発電量を推計できると考えられる。

- ① C) で推計された屋根面の発電量は、B) の建物面積から計算された発電量の75%、72%となっている。この違いの原因は、水平屋根面の面積が大きいこと、および他の建物の影による影響と考えられる。
  - ・ B) で用いられた建物系（戸建住宅等以外）地域別発電量係数が、傾斜角20°として求められた値であるのに対し、計算対象地域では、**水平屋根面の面積が大きいこと**（なお、NEDO日射量データベースでの水平面の年間日射量は5085.84 MJ、南向き傾斜角20°の斜面の日射量は5753.24 MJであり、その比は1 : 1.13である）
  - ・ 時刻によっては、**他の建物などの影に入る領域**が少なからず存在すること
- ② 本業務での推計方法は、
  - ・ 屋根面の発電量を満足できる精度で推計できること
  - ・ 屋根面だけでなく、壁面の発電量を推計できること
  - ・ 実際の面の傾斜角に基づく推計ができること
  - ・ 面の一部分が近傍の建物の影の影響を受ける場合を考慮した推計ができること（次頁参照）
 などのメリットがあり、本業務に十分対応できる方法であると判断できる。

※1 出所) 環境省, 平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書、2021年、p13  
<https://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt3.pdf>



PLATEAU  
by MLIT

表 3-1 設置可能面積算定条件（レベル）の基本的な考え方 ※1

レベル	基本的な考え方
レベル1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 屋根 150㎡以上に設置</li> <li>・ 設置しやすいところに設置するのみ</li> </ul>
レベル2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 屋根 20㎡以上に設置</li> <li>・ 南壁面・窓 20㎡以上に設置</li> <li>・ 多少の架台設置は可（駐車場への屋根の設置も想定）</li> </ul>
レベル3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切妻屋根北側・東西壁面・窓 10㎡以上に設置</li> <li>・ 敷地内空地なども積極的に活用</li> </ul>

※レベル3での値が最終的には「導入ポテンシャル」となる

表 年間発電量推計結果の比較（B、C）

		年間推計発電量
B) 建物面積から算定		0.700億 kWh
C) 本システム	0.9 m×1.1 m パネル	壁面 0.530億 kWh 屋根面 0.524億 kWh 合計 1.054億 kWh
	0.9 m×1.6 m パネル	壁面 0.535億 kWh 屋根面 0.506億 kWh 合計 1.041億 kWh

- C) の推計における諸元・補足  
 （環境省：設置可能面積算定条件 レベル3相当）最低日射量：3,000 MJ/m<sup>2</sup>、最少設置枚数：10枚における値
- ① 0.9 m × 1.1 mパネル  
 壁面0.530億 kWh + 屋根面0.524億 kWh = 合計1.054億 kWh
  - ② 0.9 m × 1.6 mパネル  
 壁面0.535億 kWh + 屋根面0.506億 kWh = 合計1.041億 kWh

# IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

## ② 検証結果

### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

- 面的一部分が近傍の建物の影の影響を受ける場合を考慮した推計ができる例
  - ① 方位角：303.6°（南西壁面）
  - ② 面積：282.97 m<sup>2</sup>
  - ③ 年間日射量：35,868 kWh
 > 近傍の建物の影の影響が現れている。

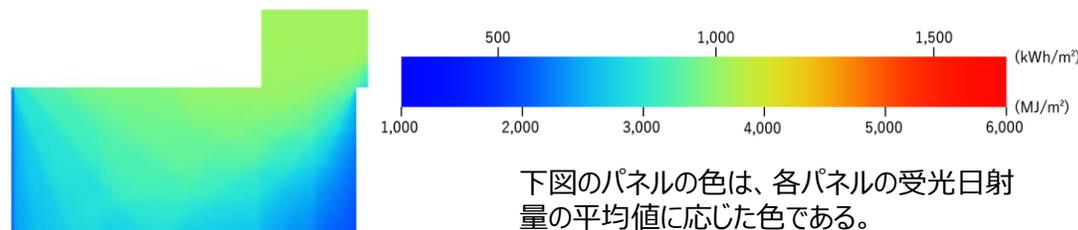
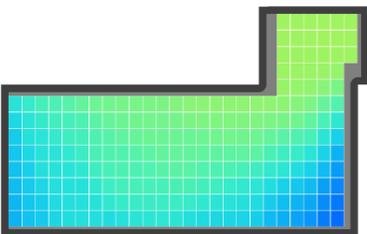
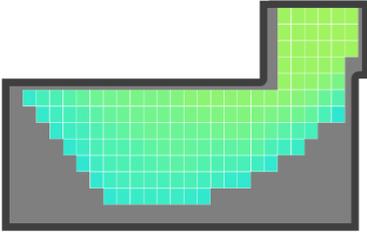
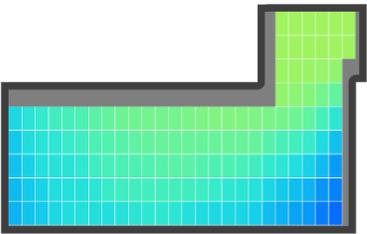
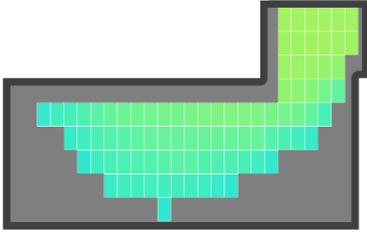


図 受光日射量と凡例

表 パネルサイズ・設置最低日射量の違いによるパネル配置結果の違い

	設置最低日射量：0 MJ/m <sup>2</sup>	設置最低日射量：3,000 MJ/m <sup>2</sup>
離隔：0.5 m 横：0.9 m 縦：1.1 m 枠：0.04 m	パネル：228枚 年間発電量：24,422 kWh 利用率：68% 	パネル：148枚 年間発電量：16,922 kWh 利用率：47% 
離隔：0.5 m 横：0.9 m 縦：1.6 m 枠：0.04 m	パネル：147枚 年間発電量：23,240 kWh 利用率：65% 	パネル：89枚 年間発電量：15,131 kWh 利用率：42% 

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

- PLATEAUを利用することで、精密な発電ポテンシャルの推計が可能
  - 建物面の形状や近傍の建物の影の影響などを考慮できるため、2次元での解析によるREPOSよりも精密に推計できる

表 発電ポテンシャルの検証、PLATEAUとREPOSの比較

		PLATEAUを利用した推計	REPOS
推計対象		<u>各建物面（壁面・屋根面。形状・面積を考慮）</u>	<u>屋根面</u> (延床又は建築面積に設置係数を乗ずることにより算出した <u>設置可能面積</u> を使用)
	面の形状	面単位で <u>実際の形状</u> を考慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 住宅用等の戸建住宅では、<u>都道府県単位で屋根形状比率</u>を設定</li> <li>● その他では、<u>サンプル調査</u>で代表的な屋根形状を設定</li> </ul>
建物の影の影響の考慮		<u>あり</u>	<u>なし</u>
推計の特徴		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建物面の形状や影の影響を考慮できるため、2次元で推計より<u>現状に近いより精密な推計が可能</u>となる</li> <li>● <u>LOD2の3D都市モデルが必要</u>となるため、データ整備地域のみ可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 延床または建築面積に係数をかけて推計しているため、建物面の形状等の建物固有の条件や影の有無は考慮できず、3次元での推計より<u>精密さは低い</u></li> <li>● 住宅地図データをベースに算出しているため、<u>全国での推計が可能</u></li> </ul>
集計・分析		建物面（壁面・屋根面）単位の発電量データであり、 <u>集計・分析の自由度が高い</u>	500 mメッシュ単位の発電量データであり、 <u>集計・分析の自由度は低い</u>

(2021年度加賀市UCの報告書を加筆・修正)

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (2) 発電ポテンシャル推計の検証

建物毎の**発電**ポテンシャル推計を行った結果を目視で確認した。

面積の大きい建物では発電ポテンシャルが大きく、面積の小さい建物では発電ポテンシャルが小さい傾向が見られた。

この結果から、**妥当な推計結果**が得られていると判断できる。

なお、一部のパラメータは下表の通りプロトタイプ推計より変更している。

表 本番推計に際し、プロトタイプ推計から変更したパラメータ

設置間隔 (横×縦)	0.9m×1.6m
設置最低日射量	420kWh/m <sup>2</sup>

設置最低日射量は、平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（※1）における「設置可能面積算定条件の基本的な考え方」レベル3と同水準を設定した。レベル3においては、東西南壁面を含むが北側壁面を含まないため、推計範囲の北側壁面の日射量と同程度の壁面を発電ポテンシャルの推計対象から除外している。

※1 出所) 環境省, 平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書, 2021年, p13  
<https://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt3.pdf>

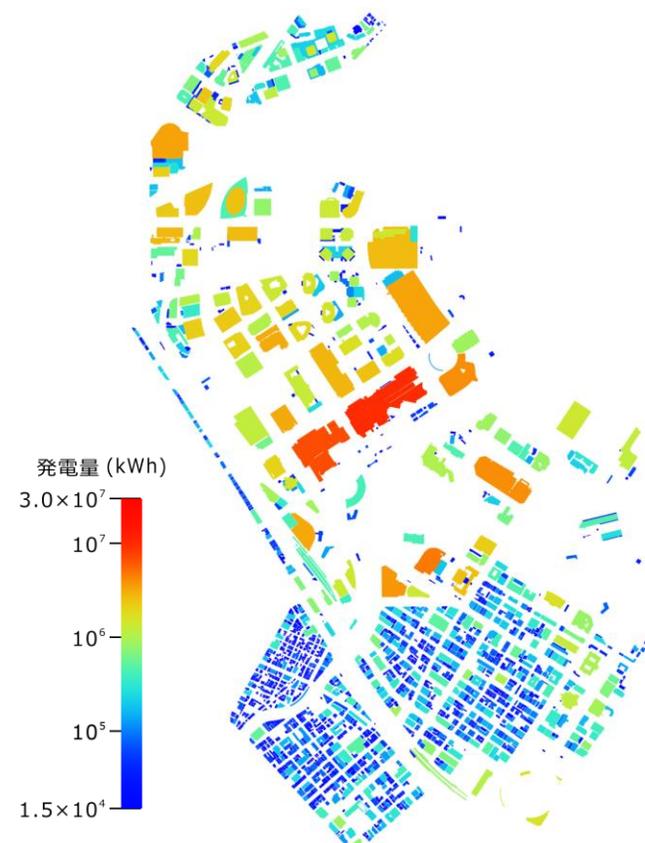


図 発電ポテンシャル (平面図)

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (3) 処理時間の検証

- 今回の対象範囲全体（3.46km<sup>2</sup>、2,121棟）に対する処理時間は18.3時間であり、実用的な処理時間であった。
- 処理時間、動作確認環境は以下の通りである。

表 処理時間

処理	時間(hour)
処理用建物データの作成	0.1
日射量推計	17.3
発電ポテンシャル推計	0.8
可視化データの作成	0.1
合計	18.3

表 動作確認環境

構成要素	環境
OS	Windows 10 Pro for Workstations (64 bits)
CPU	Intel(R) Xeon(R) E-2176G、 6-cores、3.70 GHz
メモリ	64GBytes
ストレージ	HDD、4TB

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (4) 専門家による評価 - ヒアリング

本UCで開発したアルゴリズムの妥当性について客観的な評価を得るために、第三者からWeb会議でヒアリングを行った。ヒアリング先は2者に対して別々に行っている。

1つは欧州において都市モデルや太陽光発電ポテンシャル推計のサービスを手掛ける企業、もう1つは国内で都市工学を専門とする大学教授である。

表 ヒアリング項目

	ヒアリング項目
<b>全体</b>	新たに開発したシステムが、技術的な観点で妥当であるか
<b>具体1</b>	太陽光から判定点を見ることの是非
<b>具体2</b>	散乱光モデルにPerezモデルを使っていることの是非
<b>具体3</b>	結果の妥当性（違和感等がないか）

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (4) 専門家による評価 - ヒアリング結果 1 (企業)

企業へのヒアリングの結果、今回開発した手法が妥当であるとの評価が得られた。

##### 主な質問・コメント

- 非常に良い結果であり、妥当であると考える。
- アルゴリズムについて異論はない。
- ここまでの結果が出ているので、他のアルゴリズムと比較するようなステージではない。  
実測値との比較、あるいは過去の日射量のデータと比較してはどうか。

表 ヒアリング結果

ヒアリング項目		ヒアリング結果
(全体) 新たに開発したシステムが、 技術的な観点で妥当であるか		妥当である
具体1	太陽光から判定点を見ることの是非	異論はない
具体2	散乱光モデルにPerezモデルを使っていることの 是非	異論はない
具体3	結果の妥当性 (違和感等がないか)	違和感はない

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (4) 専門家による評価 – ヒアリング結果 2 (大学教授)

大学教授へのヒアリングの結果、今回開発した手法が妥当であるとの評価が得られた。

##### 主な質問・コメント

- 日射角度が極端に浅くなった場合、全反射して発電できない可能性もあるのでは。そういった場合も考慮できると良い。
- 植物による遮蔽の影響も考慮できると良い。
- 屋根には実際には突起物などがあり、設置できない場合もある。
- 建物ごとの発電ポテンシャルと、電気使用量を踏まえ、建物のエネルギー使用計画に反映できると良い。

表 ヒアリング結果

ヒアリング項目		ヒアリング結果
(全体) 新たに開発したシステムが、技術的な観点で妥当であるか		妥当である
具体1	太陽光から判定点を見ることの是非	異論はない
具体2	散乱光モデルにPerezモデルを使っていることの是非	異論はない
具体3	結果の妥当性 (違和感等がないか)	違和感はない

## IV. 実証技術の検証 > 1. システム検証

### ② 検証結果

#### (4) 専門家による評価 - 論文投稿

論文査読によって専門家の評価を得るために本アルゴリズムについて述べた論文を投稿した。

査読コメントにおいてアルゴリズムに関する疑義はなく、本アルゴリズムが妥当であるとの評価が得られたと言える。

表 論文投稿内容

項目	内容
投稿先	一般社団法人日本写真測量学会
投稿先選定理由	本学会が対象とする分野には地理情報システム（GIS）も含まれており、本UCで提案したアルゴリズムについての適正な評価が期待できる。
論文形態	研究速報
掲載される雑誌	写真測量とリモートセンシング
得られたコメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・定性的評価と同様、定量的評価においても、影の影響を検証してはどうか。</li> <li>・時間短縮の理由について「太陽方向から手前に見える建物表面を描画することで、日照域を一度に広域に決定しているため」と解説したほうがわかりやすいのではないか。</li> </ul>

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ① 検証内容

再生可能エネルギー事業に関わる様々な主体と意見交換を行い、今回開発したシステムや推計結果の有用性や活用案について検証を行った。

STEP1	推計結果活用案作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日射量及び太陽光発電ポテンシャルの推計結果をエリア単位、建物単位で整理</li> <li>● 推計結果の施策への活用方法案及び、活用にあたっての課題を整理</li> </ul>
STEP2	REASPとの意見交換	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 壁面太陽光発電のポテンシャル推計の有用性について再エネ事業者視点で意見交換</li> <li>● 壁面ポテンシャル推計の活用施策案を提示し意見交換</li> </ul>
STEP3	有識者会議	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 推計結果及び、今後の技術開発展望を踏まえた施策検討の必要性を説明</li> <li>● 将来検討可能性のある施策や、その施策検討に使いやすい集計方法を確認</li> <li>● 横浜市のニーズを踏まえ、活用方法案及びロードマップを精査</li> </ul>
STEP4	資料取りまとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 将来横浜市が施策検討に参照しやすい形で推計結果を整理（エリア別総計など）</li> <li>● 将来検討可能性のある施策について、本UC範囲で活用できる情報をまとめ検討材料とする</li> </ul>

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

再生可能エネルギーに関わる主要な事業者約90社が加入し、再生可能エネルギーを長期安定的な電源としての普及促進のための政策提言等を行う業界団体の会議体において、本ユースケースの取り組みを紹介し、意見交換を行った。

実施期間	2023年1月19日
実施場所	Web会議システムによるオンライン開催
主な参加者	REASPコスト削減委員会メンバー含む、再生可能エネルギー関連事業者39名
実施内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 壁面太陽光ポテンシャル推計実証についての説明</li> <li>2. 壁面太陽光発電ポテンシャルの活用案についての説明</li> <li>3. 意見交換</li> </ol>

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

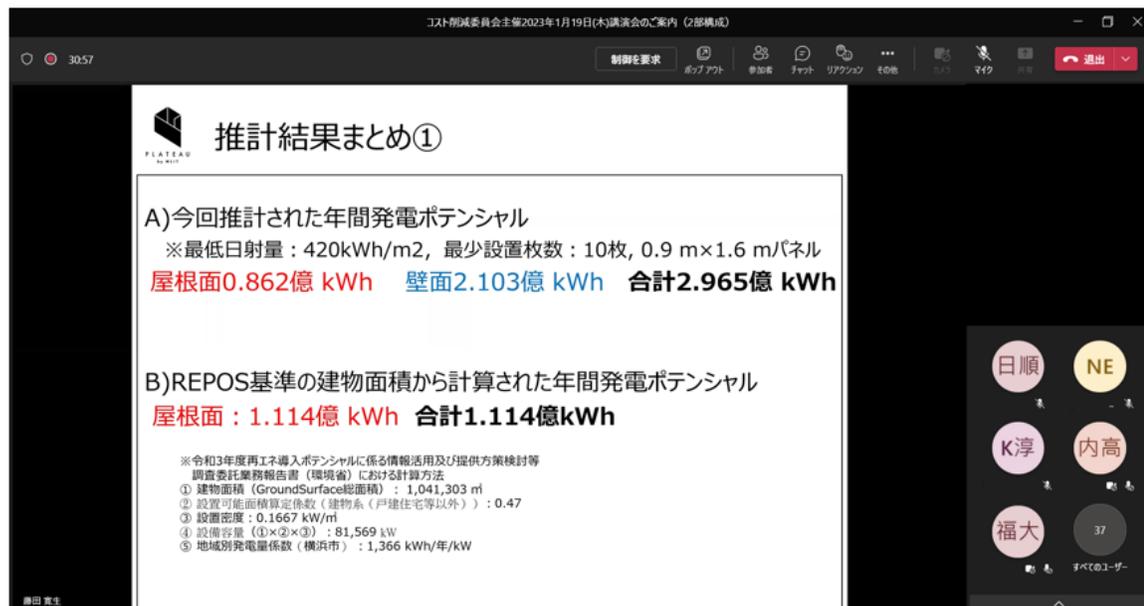
## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

当日の様子

オンライン会議の様子

当日資料

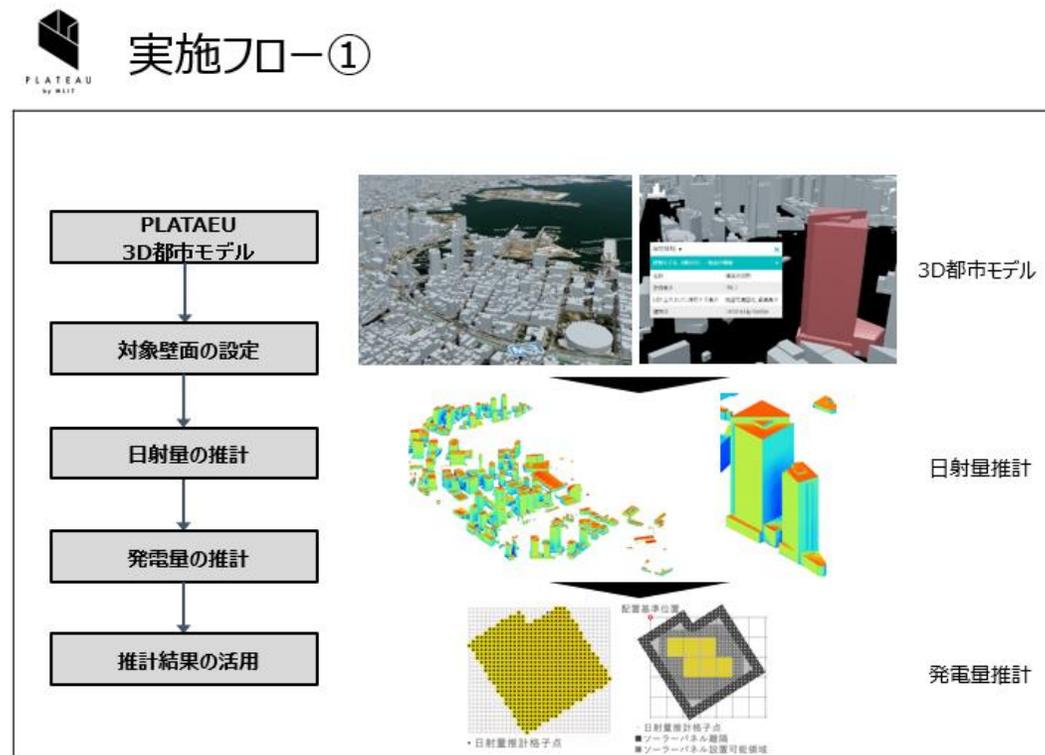


推計結果まとめ①

A)今回推計された年間発電ポテンシャル  
 ※最低日射量: 420kWh/m2, 最少設置枚数: 10枚, 0.9 m x 1.6 mパネル  
**屋根面0.862億 kWh 壁面2.103億 kWh 合計2.965億 kWh**

B)REPOS基準の建物面積から計算された年間発電ポテンシャル  
**屋根面: 1.114億 kWh 合計1.114億kWh**

※令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等  
 調査委託業務報告書(環境省)における計算方法  
 ① 建物面積 (GroundSurface総面積): 1,041,303 m<sup>2</sup>  
 ② 設置可能面積積算係数(建物系(戸建住宅等以外)): 0.47  
 ③ 設置密度: 0.1667 kW/m<sup>2</sup>  
 ④ 設備容量(①×②×③): 81,569 kW  
 ⑤ 地域別発電量係数(横浜市): 1,366 kWh/年/kW



# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

当日の様子

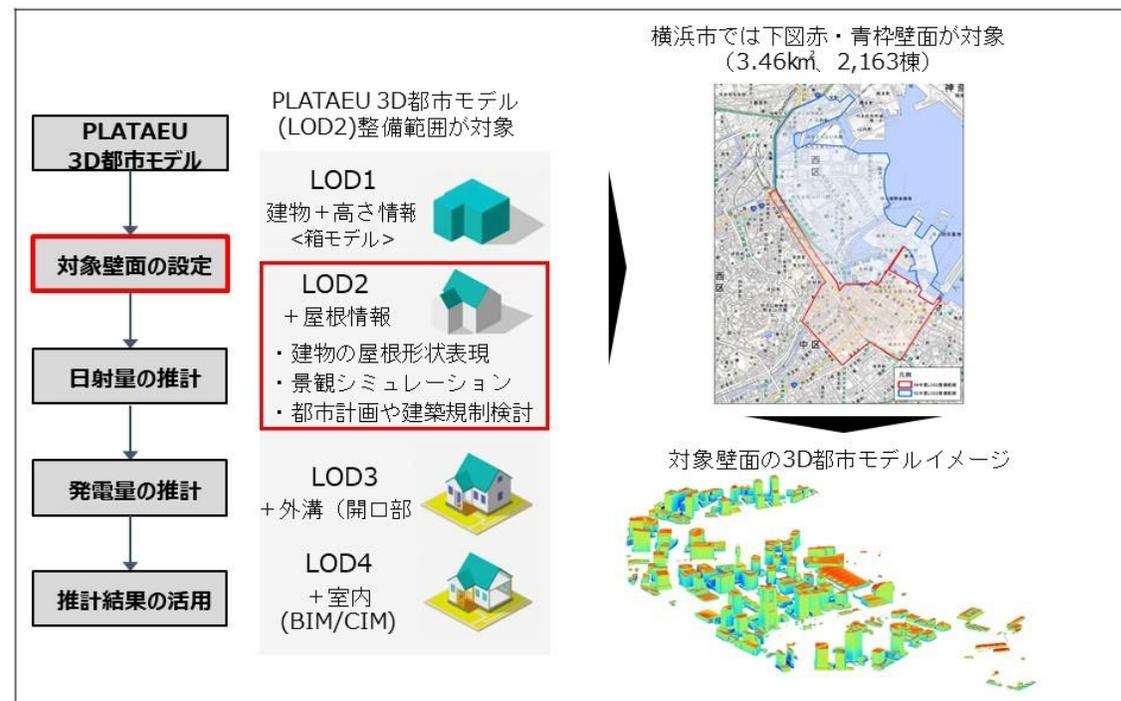
当日資料

当日資料

### 実施フロー②



### 実施フロー③



# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

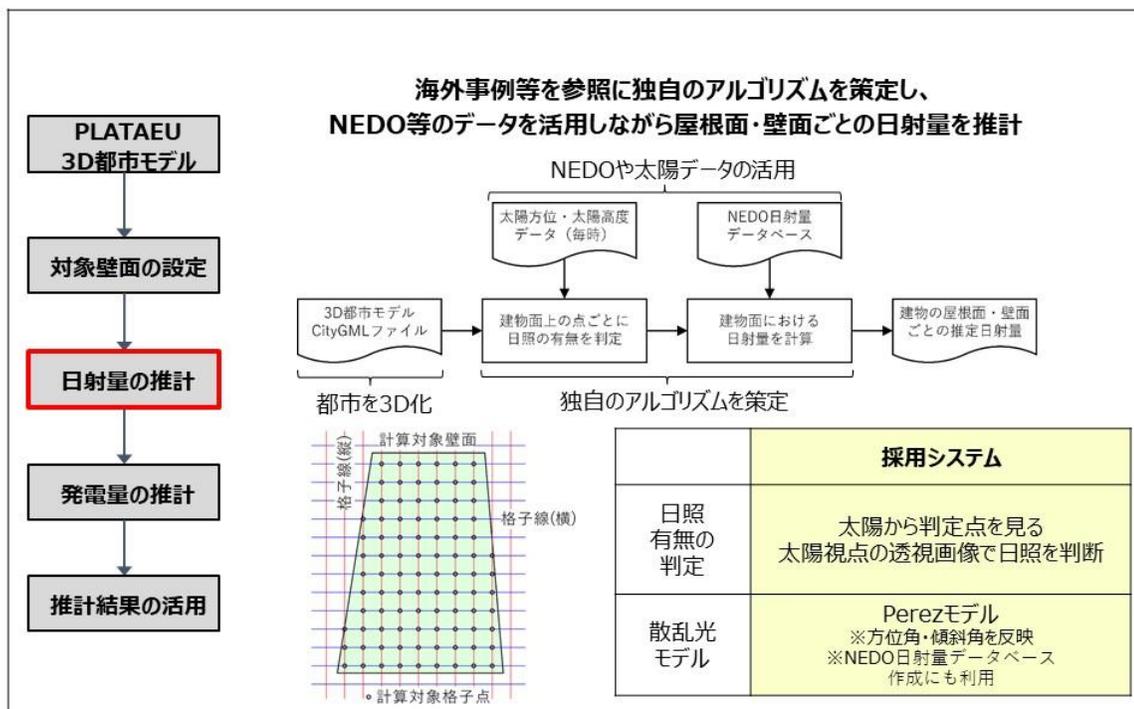
当日の様子

当日資料

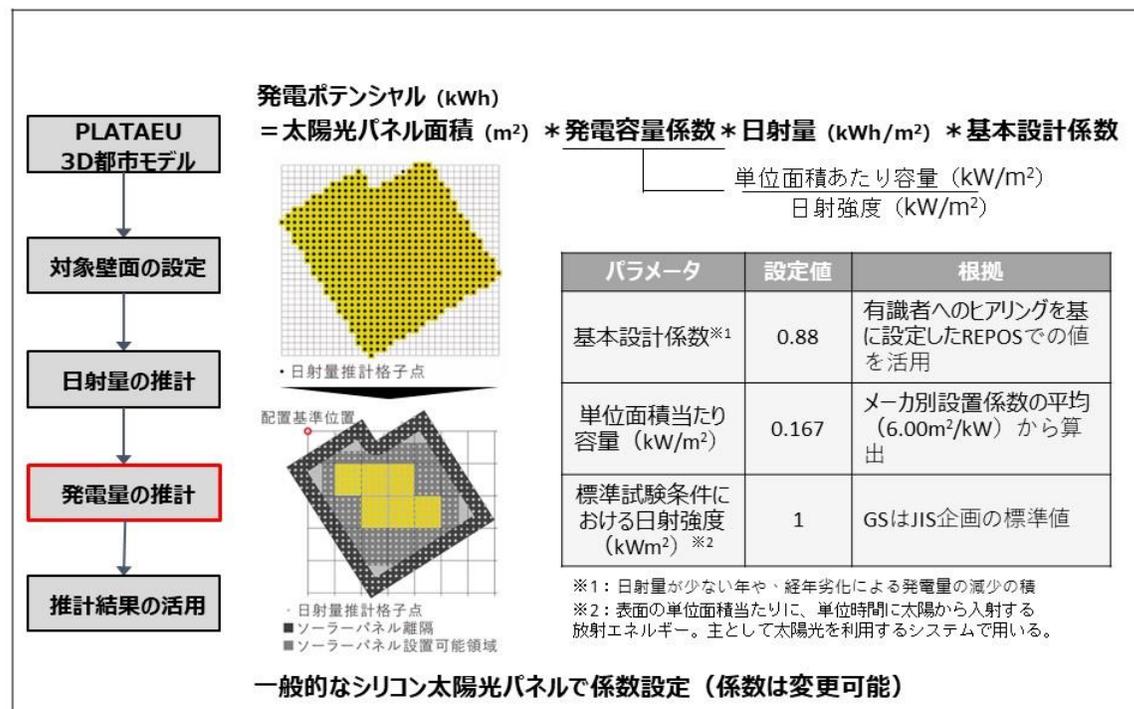
当日資料



### 実施フロー④



### 実施フロー⑤



# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

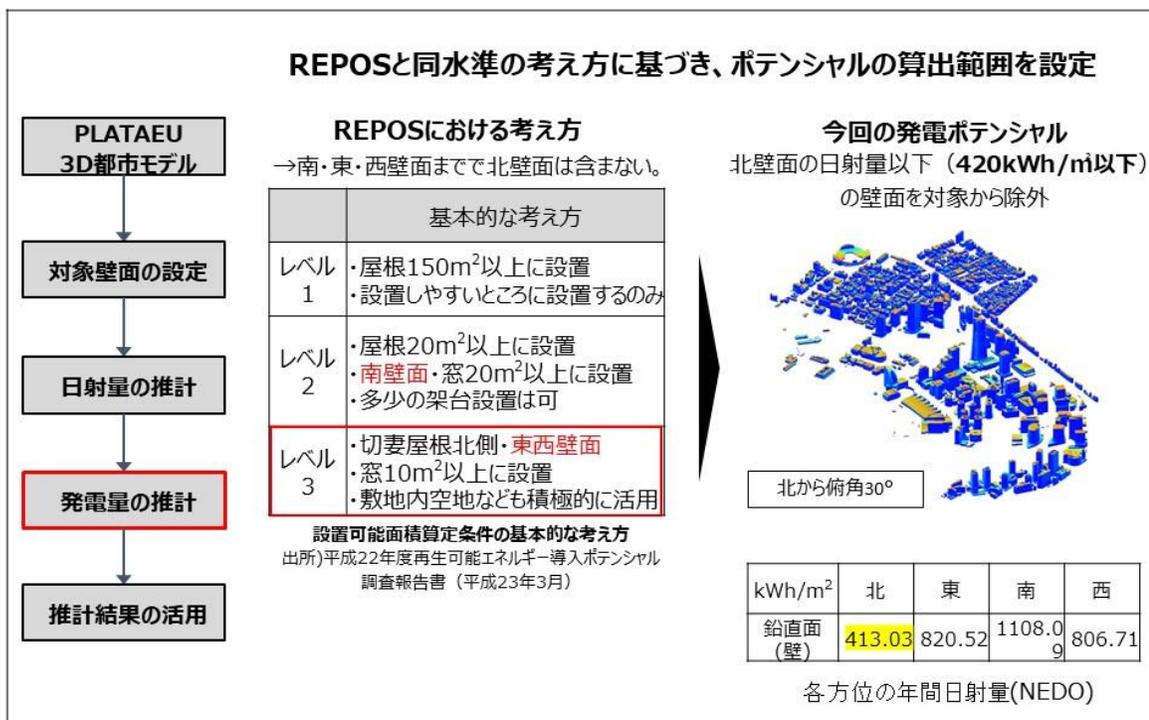
当日の様子

当日資料

当日資料



### 実施フロー⑥



### PLATEAUとREPOSの比較

- PLATEAUを利用することで、精密な発電ポテンシャルの推計が可能
  - 建物面の形状や近隣の建物の影の影響などを考慮できるため、2次元での解析によるREPOSよりも精密に推計できる

	PLATEAUを利用した推計	REPOS
<b>推計対象</b>	各建物面 (壁面・屋根面、形状・面積を考慮)	屋根面 (延床又は建築面積に設置係数を乗ずることにより算出した設置可能面積を使用)
<b>面の形状</b>	面単位で実際の形状を考慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅用等の戸建住宅では、都道府県単位で屋根形状比率を設定</li> <li>その他では、サンプル調査で代表的な屋根形状を設定</li> </ul>
<b>建物の影の影響の考慮</b>	あり	なし
<b>推計の特徴</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物面の形状や影の影響を考慮できるため、2次元で推計より現状に近いより精密な推計が可能</li> <li>LOD2の3D都市モデルが必要となるため、データ整備地域のみ可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>延床または建築面積に係数をかけて推計しているため、建物面の形状等の建物固有の条件や影の考慮できず、3次元での推計より精密さは低い</li> <li>住宅地図データをベースに算出しているため、全国での推計が可能</li> </ul>
<b>集計・分析</b>	建物面(壁面・屋根面)単位の発電量データであり、集計・分析の自由度が高い	500mメッシュ単位の発電量データであり、集計・分析の自由度は低い

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

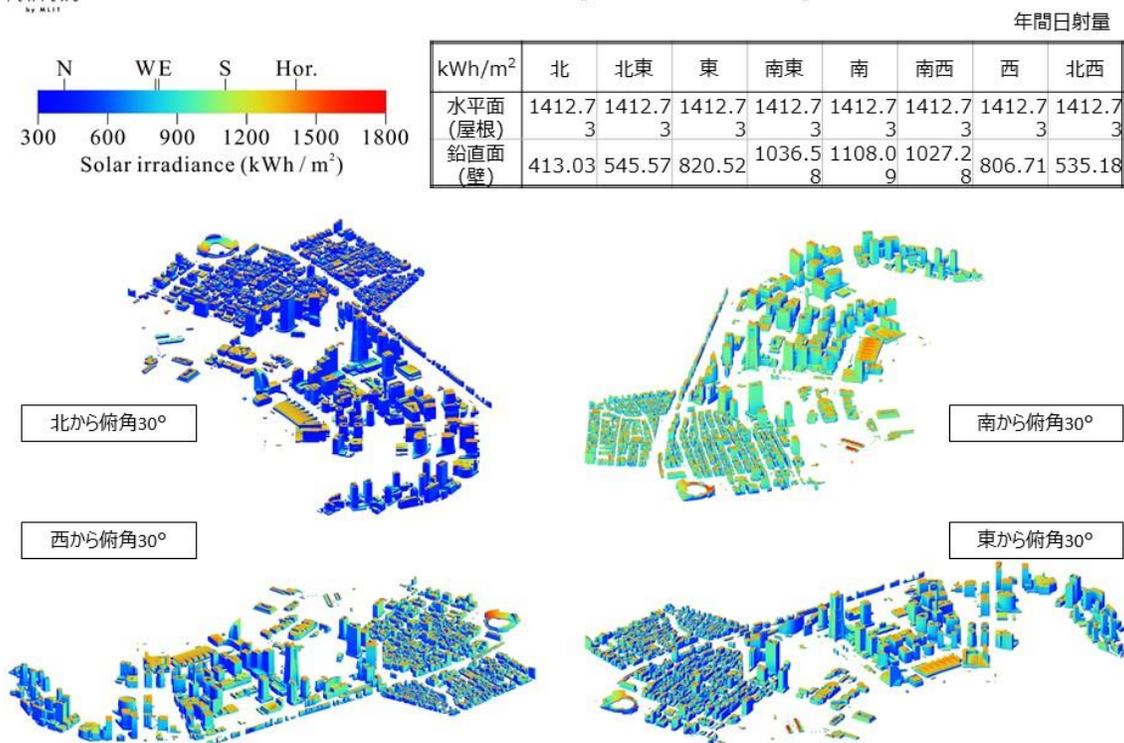
当日の様子

当日資料

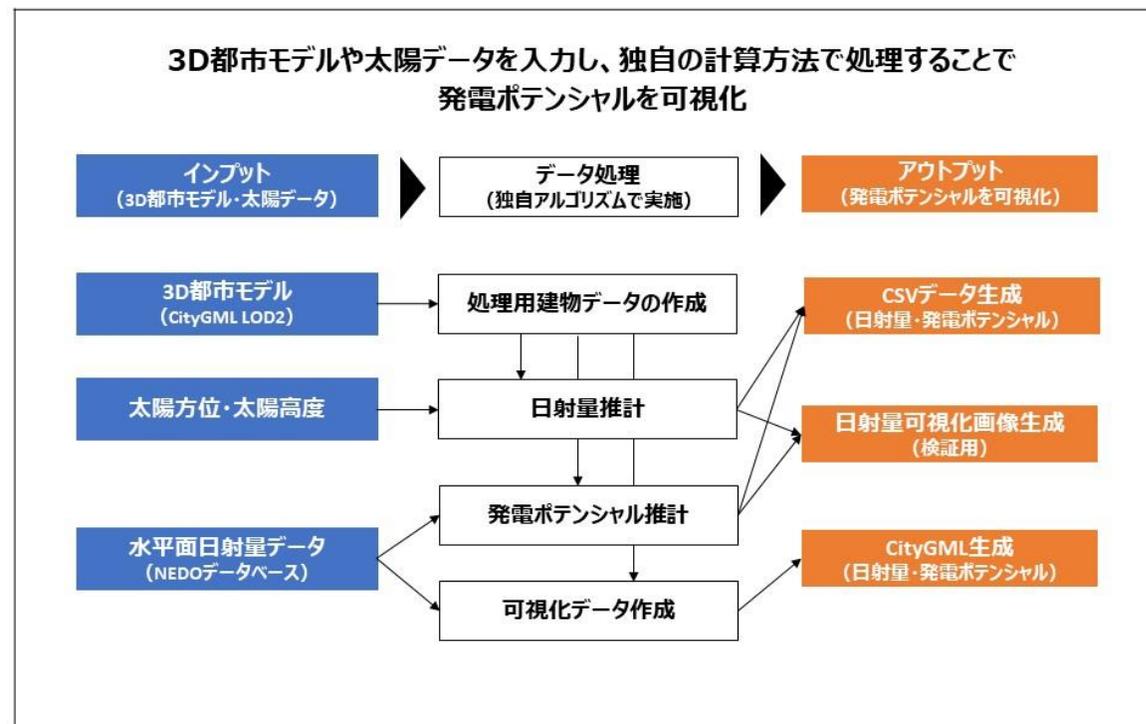
当日資料



### ポテンシャル推計結果(全体概要)



### 推計の流れ



# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

当日の様子

当日資料

当日資料



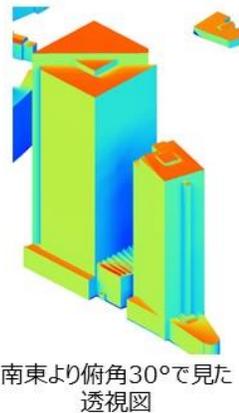
### ポテンシャル推計結果(個別概要)



平面図



3Dモデル



南東より俯角30°で見た透視図



	年間日射量 [kWh]
屋根面	1369.99
東壁面	817.39
南壁面	1065.48
西壁面	805.95
北壁面	386.72

年間日射量



### 推計結果まとめ①

#### A) 今回推計された年間発電ポテンシャル

※最低日射量：420kWh/m<sup>2</sup>, 最少設置枚数：10枚, 0.9 m×1.6 mパネル

**屋根面0.862億 kWh 壁面2.103億 kWh 合計2.965億 kWh**

#### B) REPOS基準の建物面積から計算された年間発電ポテンシャル

**屋根面：1.114億 kWh 合計1.114億 kWh**

- ※令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書(環境省)における計算方法
- ① 建物面積 (GroundSurface総面積)：1,041,303 m<sup>2</sup>
  - ② 設置可能面積算定係数 (建物系 (戸建住宅等以外))：0.47
  - ③ 設置密度：0.1667 kW/m<sup>2</sup>
  - ④ 設備容量 (①×②×③)：81,569 kW
  - ⑤ 地域別発電量係数 (横浜市)：1,366 kWh/年/kW

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

当日の様子

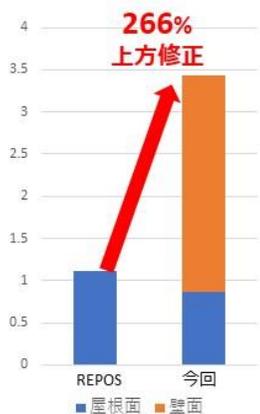
当日資料

当日資料



### 推計結果まとめ②

年間発電量推計値 (億kWh/年)

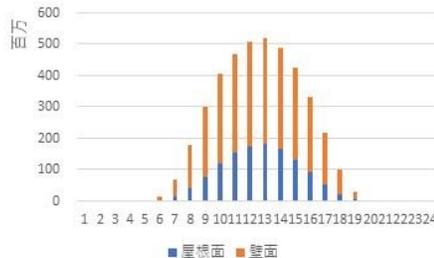


年間発電電力量  
(既存の計算方法)  
→1.114億 kWh

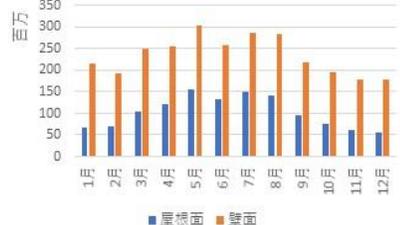
年間発電電力量  
(壁面含む計算方法)  
→2.965億 kWh

発電ポテンシャルが  
**266.1%増加**

発電ポテンシャルの時間別推移(年間平均)



発電ポテンシャルの月次推移



### 横浜市 地球温暖化対策実行計画との比較

- 横浜市の2050年の想定電力消費量：191億kWh
- 現行計画の横浜市における再生可能エネルギー発電ポテンシャル：16.1億kWh  
→今回推計範囲で約2.1億kWhの壁面ポテンシャル見込み

再生エネルギー発電ポテンシャル  
(億kWh/年)



約2.1億kWhの  
再生エネルギーポテンシャル  
||  
年間約6,300万円相当の  
再エネ価値を持つ  
(Fit非化石証書最低価格(0.3円/kwh)換算)

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

当日の様子

当日資料

当日資料



### (参考)脱炭素先行地域 みなとみらい21地区①

『みなとみらい21地区』が「脱炭素先行地域」に選定されました  
公民連携で大都市における脱炭素モデルの構築に取り組みます

横浜市と一般社団法人横浜みなとみらい21は、『みなとみらい21地区』の32施設とともに、環境省が実施する「脱炭素先行地域」の第一公募に応募し、脱炭素先行地域に選定されました。『みなとみらい21地区』では参画施設を中心とした地域の皆様とともに、電力消費に伴うCO<sub>2</sub>の排出を2030年度までに実質ゼロにすることを目標し、多様な取組を展開し、大都市における脱炭素モデルを構築します。

1 脱炭素先行地域とは  
2050年カーボンニュートラルに向けて、「地域脱炭素ロードマップ」に基づき環境省が公募する地域で、2030年度までに「民生部門（家庭部門及び業務その他の部門）の電力消費に伴うCO<sub>2</sub>排出の実質ゼロ」などの要件を地域特性に応じて実現する地域です。  
2025年度までに少なくとも100か所の地域が選定される予定で、その第1回公募（令和4年1月25日～2月21日）が実施され、『みなとみらい21地区』を含む6地域が選定（令和4年4月26日）されました。

2 取組内容

提案タイトル	みなとみらい21地区における公民連携で挑戦する大都市脱炭素モデル
主な取組内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>エリア内施設の屋上や、エリア外の公共施設や多利用地（市営住宅、調整池など）に太陽光発電設備を設置し、創出された再生エネルギー電力の供給等による電力の脱炭素化</li> <li>創出した再生エネルギーを地域一帯となったエネルギーレジメンによる電力供給調整力の創出など</li> <li>エリア内にある日本最大規模の地域冷暖房における熱の脱炭素化</li> <li>飲食店等で生じる食品廃棄物やペットボトルのリサイクル等による資源循環の促進</li> <li>市民・事業者一人ひとりの脱炭素化への行動変遷を促すイベント等の実施</li> </ul>

<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/etc/senkouchiiki.html>



### (参考)脱炭素先行地域 みなとみらい21地区②

みなとみらい21地区の年間発電ポテンシャル

※最低日射量：420kWh/m<sup>2</sup>, 最少設置枚数：10枚, 0.9 m×1.6 mパネル  
屋根面2117万 kWh 壁面4083万 kWh 合計6200万 kWh

3 参加施設、事業者

参画施設一覧（街区順）			
横浜赤レンガ倉庫	MARINE&WALK YOKOHAMA	横浜ハンマーヘッド 新港心頭客船ターミナル	Audi みなとみらい
横浜ワールドポーターズ	よこはまコスモワールド	アニヴェルセル みなとみらい横浜	パシフィコ横浜 (横浜国際平和会議場)
横浜みなと博物館 (日本丸メモリアルパーク)	クイーンズスクエア横浜	横浜ランドマークタワー	横浜銀行本店ビル
日石横浜ビル	みなとみらい21 センタープラント	みなとみらい21 クリーンセンター	みなとみらい21 スクエア
MMパークビル	MARK IS みなとみらい	横浜美術館	横浜メディアタワー
みなとみらいグランド セントラルタワー	神奈川大学 みなとみらいキャンパス	横浜野村ビル	村田製作所みなとみらい イノベーションセンター
(仮称)みなとみらい21 中央地区53街区開発計画	京急グループ本社	資生堂グローバル イノベーションセンター	横浜ゲートタワー
富士フィルムビジネスイノベーション 横浜みなとみらい事業所	日産自動車株式会社 グローバル本社	他 2施設	

[https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/ondan/2022/20220426mm21.files/0003\\_20220426.pdf](https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/ondan/2022/20220426mm21.files/0003_20220426.pdf)

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換  
当日の様子

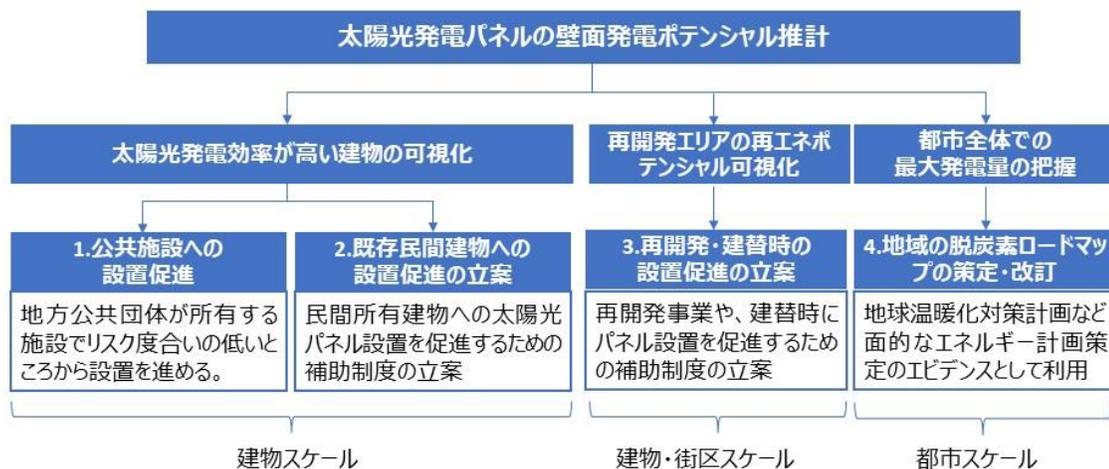
当日資料

当日資料



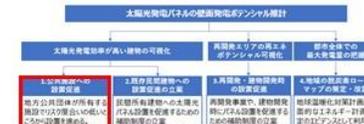
### 地方公共団体での施策への活用案

3D都市モデルを活用した、太陽光発電パネルの壁面発電ポテンシャル推計は、建物スケールから都市スケールでの分析までマルチスケールな政策に活用可能であると考えられる。



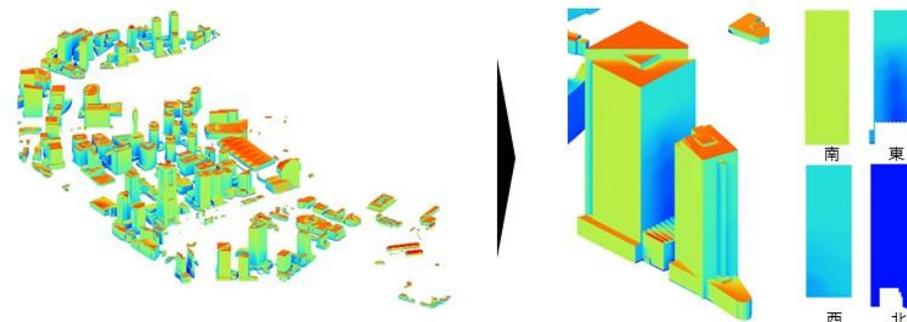
### 活用案① 公共施設への設置促進

#### 建物スケール



影の影響を最大限踏まえリスク度合いの低いところから壁面選定

- 影の影響を踏まえた上で対象施設の発電ポテンシャルを可視化することで、発電量の大きい施設を抽出する
- リスク度合いの低い施設・壁面から優先的に太陽光パネルを設置を検討



エリア内の発電ポテンシャルを可視化

建物ごとのリスク度合いを評価

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

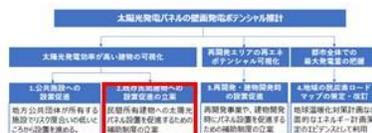
当日の様子

当日資料

当日資料



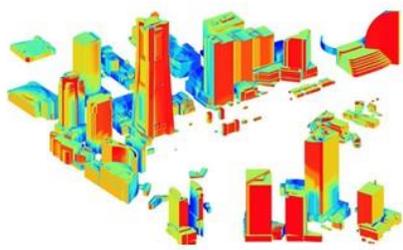
### 活用案② 民間建物への設置促進



#### 建物スケール

地域毎の発電ポテンシャルを公開し導入への補助制度を設置

- 発電ポテンシャルの結果を可視化し、各地方公共団体のWebサイト上で公開する。
- 脱炭素施策にとって最も有効な支援策を検討すべく、対象地域の予測発電量を分析し、補助対象となる施設の選定や基準を検討する。
- 発電ポテンシャルの特に高い建物所有者へ個別に説明し、設置の働きかけを行う。



地域ごとの発電ポテンシャル  
(補助対象の基準を作成)



Webサイトなどでの情報発信

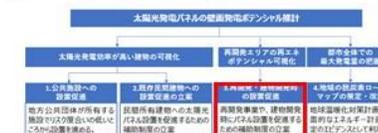


関係者への個別説明

注：本図は実際には発電ポテンシャルではなく日射量分布画像であることが、会議後に判明



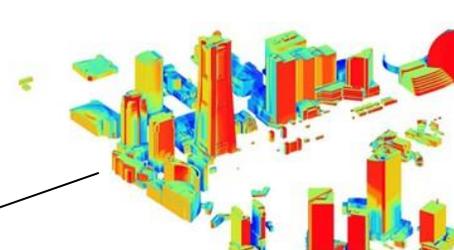
### 活用案③ 再開発・建替時の設置検討・促進



#### 建物・街区スケール

新規開発検討時の発電ポテンシャル把握・導入への補助制度を設置

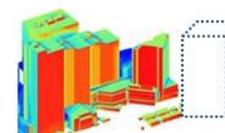
- 発電ポテンシャルの結果を可視化し、各地方公共団体のWebサイト上で公開する。
- 脱炭素施策にとって最も有効な支援策を検討すべく、対象地域の予測発電量を分析し、補助や容積緩和の対象となる施設の選定や基準を検討する。
- 新規開発検討案件において、LOD2の3Dモデルの新規作成および、建替予定地でのポテンシャル推計を支援し、建物計画への反映を促進する。



地域ごとの発電ポテンシャル  
(補助対象の基準を作成)



補助・容積緩和の基準を設定



LOD2の3Dモデルの作成支援

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

i. 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)への取組紹介、意見交換

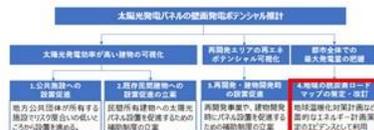
当日の様子

当日資料

当日資料



### 活用案④地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂



#### 都市スケール

エネルギー計画策定・改訂のエビデンスとして利用

- 対象となる範囲について複数の条件で発電量を推計し、その結果を比較することで、目標達成のための複数のシナリオを設定、より実現可能な目標の設定を行う。
- ロードマップにて定めた目標に対する達成率を評価し、未達の場合の要因を整理し、それらの結果を踏まえ条件を見直したうえで、再度実現可能な削減目標を再設定する。
- 現行のエネルギー計画と推計値を照らし合わせロードマップの改訂を行う。

条件①：  
発電量：3,000MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：〇〇Kwh/年

条件②：  
発電量：1,500MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：△△Kwh/年



達成目標

- シナリオ①（全ての壁面に設置する場合）  
→20××年に導入率〇〇%
- シナリオ②（発電効率の低い壁面を除いた場合）  
→20××年に導入率□□%



### 課題とまとめ

分類	課題
ポテンシャル推計範囲	今回の実証では、PLATAEU 3D都市モデル(LOD2)を活用。推計を行うためには、LOD2レベルでの3D都市モデルデータが必要。
推計ポテンシャルの精緻化	広域の発電ポテンシャルとして利用されているREPOSと同水準以上の推計が可能ではあるが、開口部(窓)を考慮するなど、より厳密なポテンシャルを測るためには、より精緻な3Dデータ(LOD3)が必要。
太陽光パネルの技術革新	現在も様々な形で外壁を活用した太陽光パネルの開発・導入が進んでいるが、より広く普及するには軽量・薄型の次世代太陽光パネルが必要。



3D都市モデル構築範囲の拡大による、より広域的なポテンシャル把握と、次世代太陽光パネルの技術革新の両輪が揃うことで、都市部で高いポテンシャルを秘めた壁面太陽光パネルの普及を加速させ、地球温暖化対策計画を後押しする有効な手段となり得る。

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ① 検証内容

ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議

今回開発した発電ポテンシャル推計が最大限活用されるために必要な、壁面太陽光発電の普及拡大に向けて、横浜市および、次世代太陽電池の研究・開発している大学・企業と有識者会議を開催し意見交換を行った。

<b>目的</b>	壁面太陽光発電普及に向けたロードマップ、壁面太陽光ポテンシャル推計の活用、2050年のゼロカーボン実現に必要なイノベーションなど、未来の脱炭素社会実現に向けた意見交換
<b>実施期間</b>	2023年2月3日
<b>実施場所</b>	横浜市内のカンファレンスルーム(オンライン併催)
<b>主な参加者</b>	横浜市、桐蔭横浜大学、東芝エネルギーシステムズ株式会社、国際航業株式会社、東急不動産株式会社 (オブザーバー：国土交通省、三菱総合研究所)
<b>実施内容</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 .壁面太陽光ポテンシャル推計実証についての説明</li> <li>2 .次世代太陽電池についての説明</li> <li>3 .壁面太陽光発電の普及拡大に向けたロードマップについての説明</li> <li>4 .壁面太陽光発電ポテンシャルの活用案についての説明</li> <li>5 .意見交換</li> </ol>

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ① 検証内容

ii. 壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議

当日の様子

当日の様子



当日資料



### REASP情報交換での意見

一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会(REASP)の  
コスト削減委員会にて、本ユースケースの紹介および意見交換を実施。

日程：2023年1月19日(木)10:00～11:00 ※オンラインにて実施  
参加者数：約40名

コメント(抜粋)

- ・太陽電池パネルの性能、各種コスト、法規制等課題はあると思うが、建物全体を発電所化することは、地域の脱炭素化と地産地消の促進につながる感じた。
- ・実際に設置できるのかという観点(荷重)で新技術(ペロブスカイト等)が必要になるのではないか。
- ・壁面でも反射光の影響を把握することにも使えるのではないか。

壁面を活用することへの関心は高く、壁面太陽光発電への  
技術面・制度面での実現可能性への意見・質問等が多数

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii. 壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料



### ペロブスカイト太陽電池の事業化の動き

太陽電池、次の「本命」 積水化学や東芝25年にも事業化ノール技術 迫る一歩

2022年9月22日 2:00 | 有料会員限定

日本人研究者が発明し、次世代太陽電池の「本命」といわれる「ペロブスカイト型」を国内企業が実用化する動きが進む。欧州や中国の企業に先行を許したが、積水化学工業や東芝が2025年以降に量産を始める。得意とする材料技術などを駆使し、弱点だった耐久性や変換効率を高め、従来電池の半額にして市場での巻き返しを狙う。

日経新聞 2022年9月22日

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUF131A00T10C22A900000/>

世界最高のエネルギー変換効率15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池を開発

一層薄く曲げることが可能で多様な場所に設置できる次世代太陽電池の実用化に向け前進し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献へ

2021年9月10日 株式会社東芝

概要  
当社は、新たな成膜法を開発することにより世界最高(1)のエネルギー変換効率(2)15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池を開発しました。当社は、2019年8月にペロブスカイト太陽電池として世界最大(4)47cm<sup>2</sup>、(5)10%の効率を開発していますが、今回、この世界最大サイズを維持しながら、成膜プロセスの高度化と変換効率の向上に成功しました。15.1%は、現在開発している多結晶シリコン型の太陽電池のエネルギー変換効率に相当します。また、フィルム型ペロブスカイト太陽電池は軽薄型で曲げることができるため、従来のガラス製の太陽電池に比べて重量やコストの面で多様な場面に設置することができます。例えば、エネルギー変換効率15.1%のフィルム型ペロブスカイト太陽電池を、東京都代官庁の建物の壁と屋根の一部に設置した場合、同等電力発電量(東芝が2025年の海外年間発電量目標(2025年度)の発電量が想定されています)。

株式会社東芝 ニュースリリース

<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/21/2109-01.html>

2025年の事業化・市場投入をベンチマークに  
各社が研究・開発を推進



### 日本の再生可能エネルギー戦略

政府戦略としては、ペロブスカイト等の次世代型太陽光について、**2025年までに技術確立、2030年までにルール整備、2030年から社会実装実現の見通し**

【今後の道行き】 事例14：再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの最大限の導入に向け、今後10年間で国産次世代型太陽光の量産体制の構築や浮体式も含めた大規模洋上風力の案件形成など、次世代再生可能エネルギー技術の社会実装を目指す。

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2030年代	2040年代
地域と共生した再生エネの最大限導入		再生エネ比率36~38%実現		2030年度に向けた技術確立		2030年度に向けた実証分野の拡大		国内外の市場での社会実装の実現	
国産次世代型太陽光(ペロブスカイト等)の導入		需要の創出に向けた導入促進策の推進		2030年度に向けた大規模洋上風力複数案件推進開始		1GW/年以上の案件形成		2030年：10GWの案件形成	
浮体式導入の案件形成		再生エネ海域利用法に基づく一般海域での大規模洋上風力複数案件推進開始		2030年度に向けた大規模洋上風力複数案件推進開始		2030年：10GWの案件形成		2040年：30-45GWの案件形成	
FIT-FIP制度の適切な執行、地域主導の再生エネ導入等によるGX投資の促進(約2兆円/年)		[2011年度10.4%⇒2021年度20.3%⇒2030年度36-38%]		国民負担の抑制(入札制度の活用、FIT-FIPに依らない電費家主導の再生エネ導入)		[2011年度0.4%⇒2021年度0.9%⇒2030年度5%]		[2011年度0.4%⇒2021年度0.9%⇒2030年度5%]	
風力		風力の実用化における浮体式実証事業		浮体式の導入実施		浮体式社会実装		[2011年度0.4%⇒2021年度0.9%⇒2030年度5%]	
地熱		[2011年度0.2%⇒2021年度0.3%⇒2030年度1%]		地熱資源の調査、革新的地熱発電技術の開発		[2011年度0.2%⇒2021年度0.3%⇒2030年度1%]		[2011年度0.2%⇒2021年度0.3%⇒2030年度1%]	
水力		[2011年度7.8%⇒2021年度7.5%⇒2030年度11%]		事業初期段階の事業性調査、既存設備更新		[2011年度7.8%⇒2021年度7.5%⇒2030年度11%]		[2011年度7.8%⇒2021年度7.5%⇒2030年度11%]	
バイオ		[2011年度1.5%⇒2021年度3.2%⇒2030年度5%]		ライフサイクルGHGを含む持続可能性の基準に基づき適切な導入拡大		[2011年度1.5%⇒2021年度3.2%⇒2030年度5%]		[2011年度1.5%⇒2021年度3.2%⇒2030年度5%]	
規制・制度		事業規律強化への制度整備		関係省庁・自治体が進出した制度の着実な執行、必要に応じた適時適切な見直し		更新・増設・出力増加時のルール見直し		既設再生エネ(太陽光約60GW)の最大活用	
国際戦略		太陽光		アジア・ゼロエミッション共同構築		国際研究機関との連携による評価手法等の国際標準化		自主的な海外展開	
		風力		アジア圏にも見込めた浮体式洋上風力の国際標準化の推進					

出典：内閣官房 GX実行会議(第5回)  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaiji/dai5/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaiji/dai5/index.html)

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料

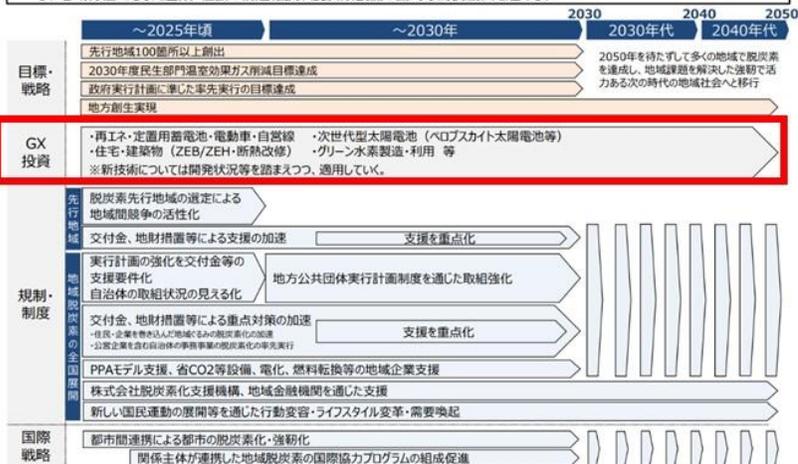


### 日本の再生可能エネルギー戦略

脱炭素先行地域等を通じた、地域・くらしの脱炭素化実現に向け、GX投資先の一つとして、次世代型太陽電池が挙げられる。

#### 【今後の道行き】 事例 2 2 : 地域・くらし

■ 地域・くらしの脱炭素化の実現に向け、脱炭素先行地域の選定や、公営企業を含む自治体の事務事業に係る重点対策の率先実施の加速等による地域脱炭素の全国展開を図るとともに、新しい国民運動の展開等を通じた行動変容・ライフスタイル変革を促し、地域特性に応じた産業・社会の構造転換や脱炭素製品の面的な需要創出を進める。



[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaigi/dai5/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai5/index.html)



### 横浜市 地球温暖化対策実行計画について①

横浜市では、2050年のゼロカーボン達成を目指し、地球温暖化対策実行計画を策定  
現在の計画は2030年度までを計画期間として公表

**2050年の横浜の将来像**

**Zero Carbon Yokohama**  
~2050年までに温室効果ガス排出実質ゼロを達成し、持続可能な大都市を実現する~

**<目指すまちの姿>**

- ・脱炭素が暮らしや地域に浸透しているまち
- ・脱炭素を原動力として市内経済が循環し、持続可能な発展を続けるまち
- ・脱炭素と、気候変動の影響に対応しているまち

**(1) 計画の位置付け**

実行計画は、地球温暖化対策の推進に関する法律（以下「地球温暖化対策推進法」という。）第 21 条第 3 項の温室効果ガスの排出の量の削減等を行うための施策に関する事項を定める計画（「地方公共団体実行計画（区域施策編）」）及び気候変動適応法第 12 条の「地域気候変動適応計画」であり、脱炭素条例第 7 条に基づく、「脱炭素社会の形成の推進に関する基本的な計画」となります。

**(2) 計画期間**

計画期間は、2022（令和 4）年度から 2030（令和 12）年度までとします。

出典：横浜市 地球温暖化対策実行計画  
[https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/jikkou/keikaku/plan.files/0056\\_20230125.pdf](https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/jikkou/keikaku/plan.files/0056_20230125.pdf)

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii. 壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

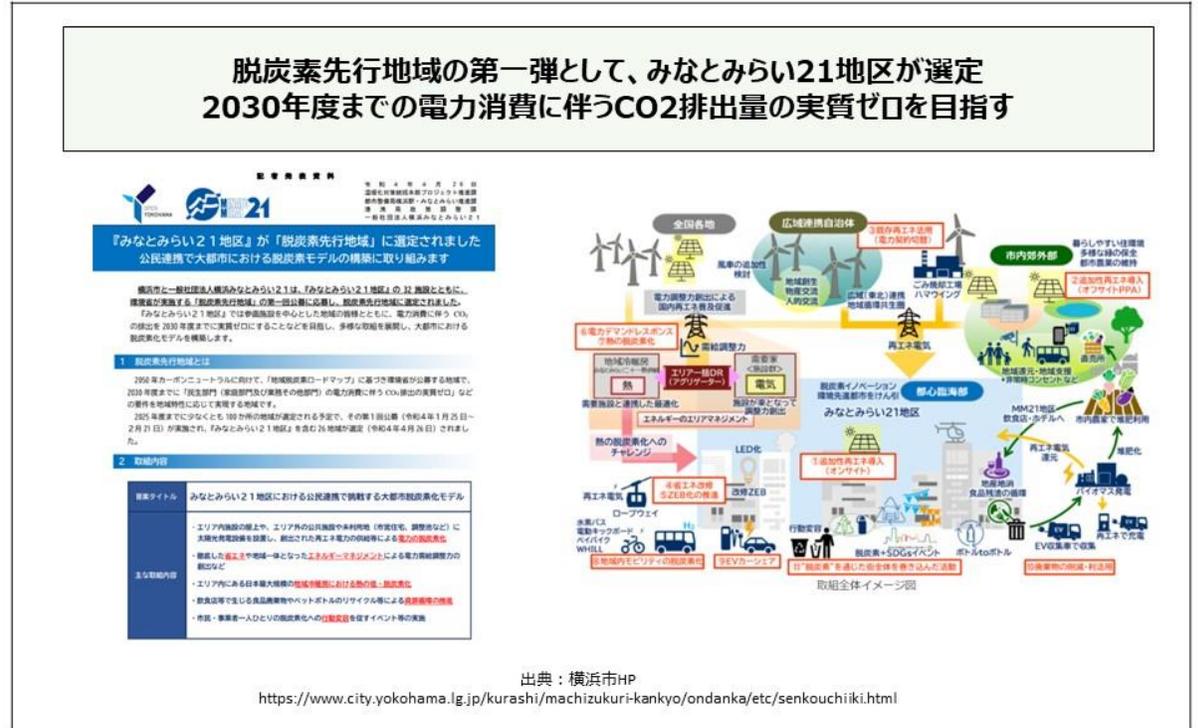
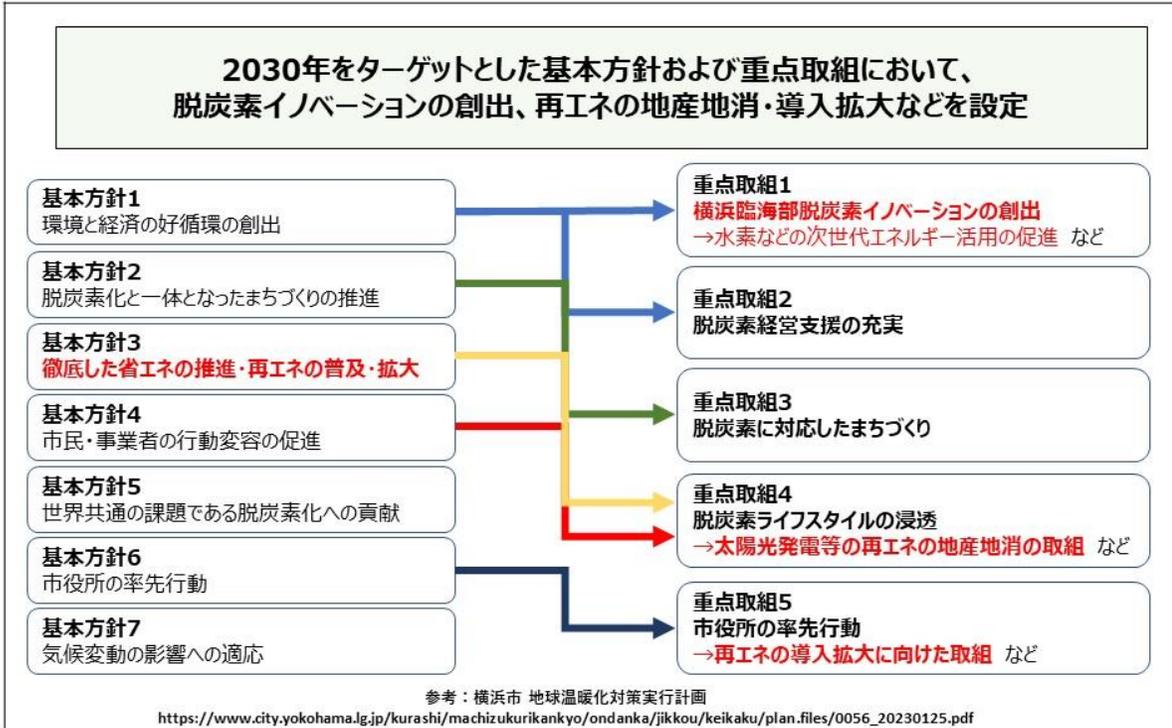
当日資料



### 横浜市 地球温暖化対策実行計画について②



### 脱炭素先行地域 みなとみらい21地区について



# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

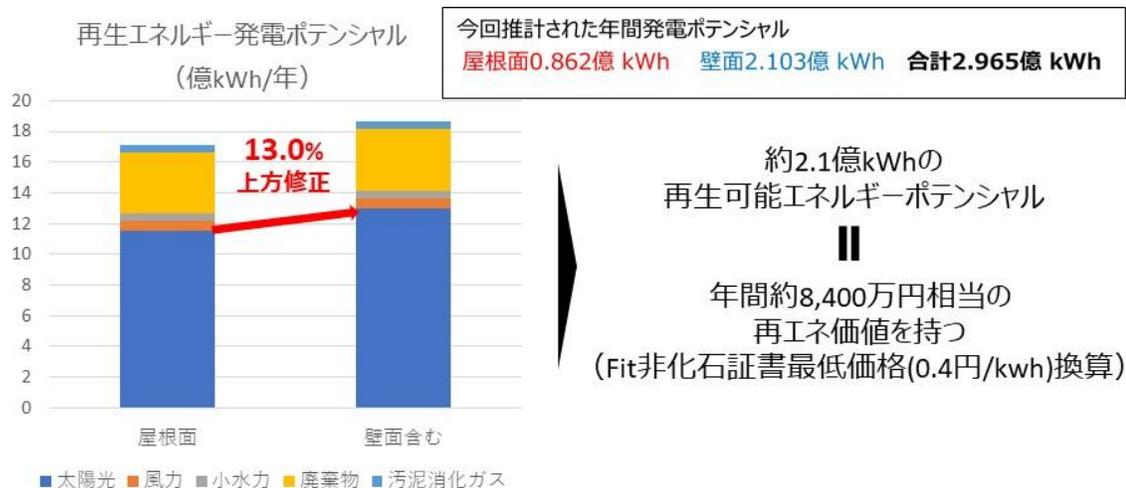
当日資料

当日資料



### 壁面ポテンシャル推計結果の活用①

- 横浜市の2050年の想定電力消費量：191億kWh
- 現行計画の横浜市における再生可能エネルギー発電ポテンシャル：16.1億kWh  
→今回推計範囲で約2.1億kWhの壁面ポテンシャル見込み



### 壁面ポテンシャル推計結果の活用②

みなとみらい21地区の年間発電ポテンシャル

※最低日射量：420kWh/m<sup>2</sup>, 最少設置枚数：10枚, 0.9 m×1.6 mパネル

屋根面2117万 kWh 壁面4083万 kWh 合計6200万 kWh

#### 3 参加施設、事業者

参画施設一覧 (街区順)			
横浜赤レンガ倉庫	MARINE&WALK YOKOHAMA	横浜ハンマーヘッド 新港心頭客船ターミナル	Audi みなとみらい
横浜ワールドポーターズ	よこはまコスモワールド	アニヴェルセル みなとみらい横浜	パシフィコ横浜 (横浜国際平和会議場)
横浜みなと博物館 (日本丸メモリアルパーク)	クイーンズスクエア横浜	横浜ランドマークタワー	横浜銀行本店ビル
日石横浜ビル	みなとみらい21 熱供給 センタープラント	みなとみらい21 クリーンセンター	みなとみらいビジネス スクエア
MMパークビル	MARK IS みなとみらい	横浜美術館	横浜メディアタワー
みなとみらいグランド セントラルタワー	神奈川大学 みなとみらいキャンパス	横浜野村ビル	村田製作所みなとみらい イノベーションセンター
(仮称) みなとみらい21 中央地区53街区開発計画	京急グループ本社	資生堂グローバル イノベーションセンター	横浜ゲートタワー
富士フイルムビジネスイノベーション 横浜みなとみらい事業所	日産自動車株式会社 グローバル本社	他 2施設	

出典：横浜市HP

[https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/kohokocho/press/ondan/2022/20220426mm21.files/0003\\_20220426.pdf](https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/kohokocho/press/ondan/2022/20220426mm21.files/0003_20220426.pdf)

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

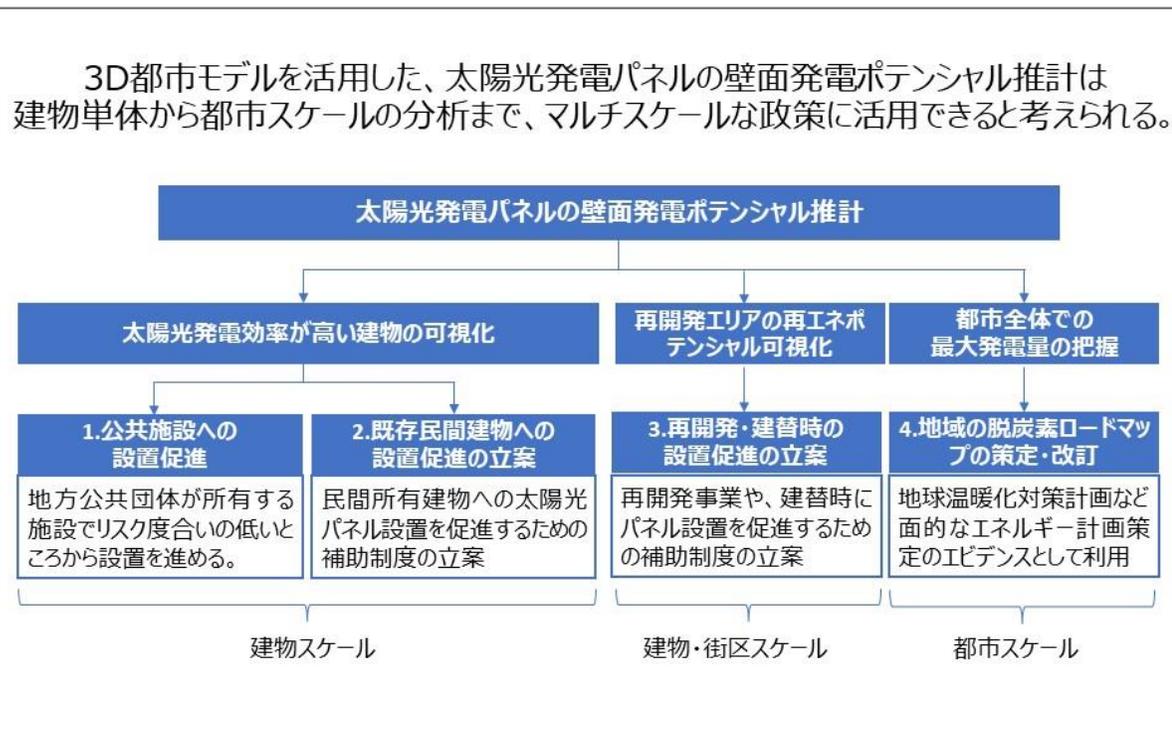
## ① 検証内容

ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料

### 壁面ポテンシャル推計の 地方公共団体での施策への活用案

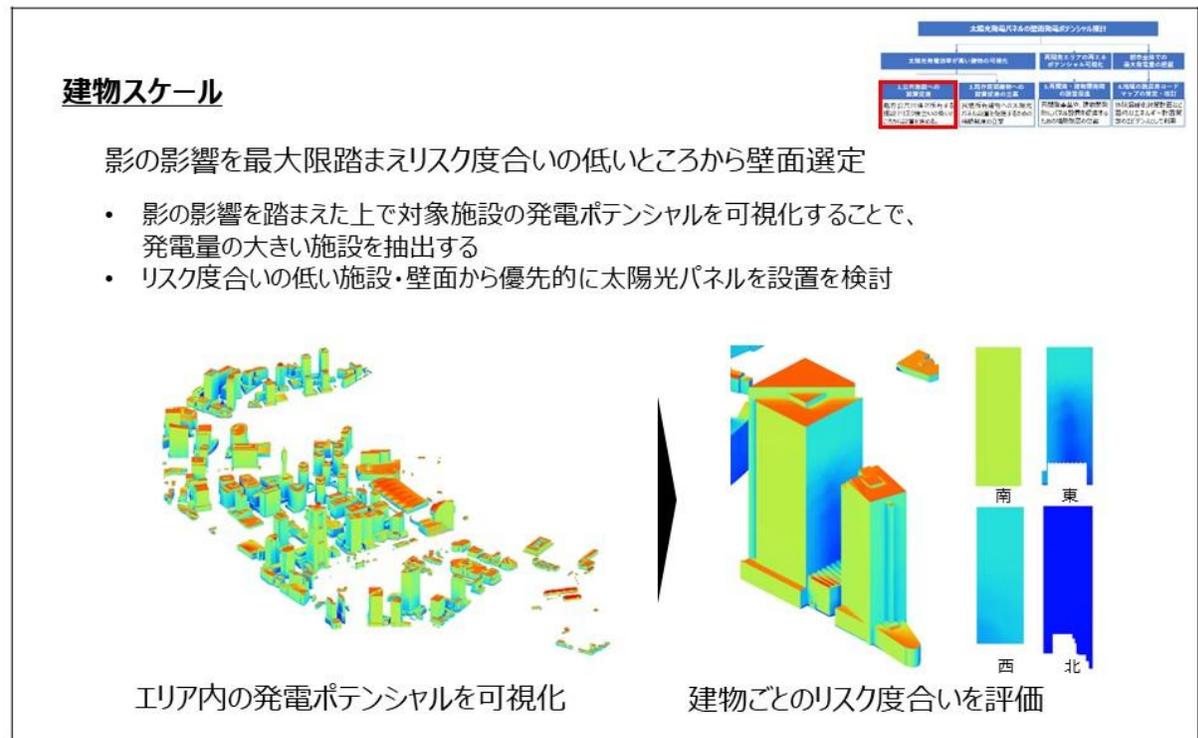


### 活用案① 公共施設への設置促進

**建物スケール**

影の影響を最大限踏まえリスク度合いの低いところから壁面選定

- 影の影響を踏まえた上で対象施設の発電ポテンシャルを可視化することで、発電量の大きい施設を抽出する
- リスク度合いの低い施設・壁面から優先的に太陽光パネルを設置を検討



エリア内の発電ポテンシャルを可視化

建物ごとのリスク度合いを評価

南 東 西 北

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料



PLATEAU  
by MLIT

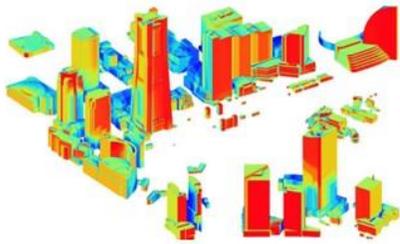


### 活用案② 民間建物への設置促進

#### 建物スケール

地域毎の発電ポテンシャルを公開し導入への補助制度を設置

- 発電ポテンシャルの結果を可視化し、各地方公共団体のWebサイト上で公開する。
- 脱炭素施策にとって最も有効な支援策を検討すべく、対象地域の予測発電量を分析し、補助対象となる施設の選定や基準を検討する。
- 発電ポテンシャルの特に高い建物所有者へ個別に説明し、設置の働きかけを行う。



地域ごとの発電ポテンシャル  
(補助対象の基準を作成)



Webサイトなどでの情報発信



関係者への個別説明

注：本図は実際には発電ポテンシャルではなく日射量分布画像であることが、会議後に判明

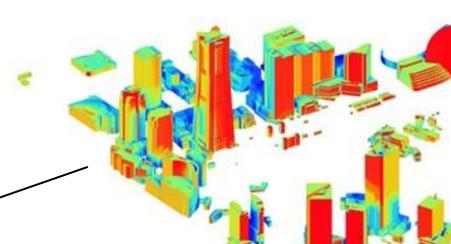


### 活用案③ 再開発・建替時の設置検討・促進

#### 建物・街区スケール

新規開発検討時の発電ポテンシャル把握・導入への補助制度を設置

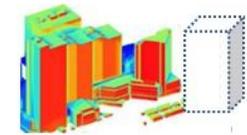
- 発電ポテンシャルの結果を可視化し、各地方公共団体のWebサイト上で公開する。
- 脱炭素施策にとって最も有効な支援策を検討すべく、対象地域の予測発電量を分析し、ZEB/ZEHへの貢献など、導入補助や容積緩和の対象となる施設の選定や基準を検討する。
- 新規開発検討案件において、LOD2の3Dモデルの新規作成および、建替予定地でのポテンシャル推計を支援し、建物計画への反映を促進する。



地域ごとの発電ポテンシャル  
(補助対象の基準を作成)



補助・容積緩和の基準を設定



LOD2の3Dモデルの作成支援

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

ii. 壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料



### 活用案④地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂



### 活用案④地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂

#### 都市スケール

エネルギー計画策定・改訂のエビデンスとして利用



- 対象となる範囲について複数の条件で発電量を推計し、その結果を比較することで、目標達成のための複数のシナリオを設定、より実現可能な目標の設定を行う。
- ロードマップにて定めた目標に対する達成率を評価し、未達の場合の要因を整理し、それらの結果を踏まえ条件を見直したうえで、再度実現可能な削減目標を再設定する。
- 現行のエネルギー計画と推計値を照らし合わせロードマップの改訂を行う。

条件①：  
発電量：3,000MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：〇〇Kwh/年

条件②：  
発電量：1,500MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：△△Kwh/年



達成目標

- シナリオ①（全ての壁面に設置する場合）  
→20××年に導入率〇〇%
- シナリオ②（発電効率の低い壁面を除いた場合）  
→20××年に導入率□□%

#### 都市スケール

エネルギー計画策定・改訂のエビデンスとして利用



- 対象となる範囲について複数の条件で発電量を推計し、その結果を比較することで、目標達成のための複数のシナリオを設定、より実現可能な目標の設定を行う。
- ロードマップにて定めた目標に対する達成率を評価し、未達の場合の要因を整理し、それらの結果を踏まえ条件を見直したうえで、再度実現可能な削減目標を再設定する。
- 現行のエネルギー計画と推計値を照らし合わせロードマップの改訂を行う。

条件①：  
発電量：3,000MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：〇〇Kwh/年

条件②：  
発電量：1,500MJ/m<sup>2</sup>以上を対象  
結果：  
推定発電量：△△Kwh/年



達成目標

- シナリオ①（全ての壁面に設置する場合）  
→20××年に導入率〇〇%
- シナリオ②（発電効率の低い壁面を除いた場合）  
→20××年に導入率□□%

# IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

## ① 検証内容

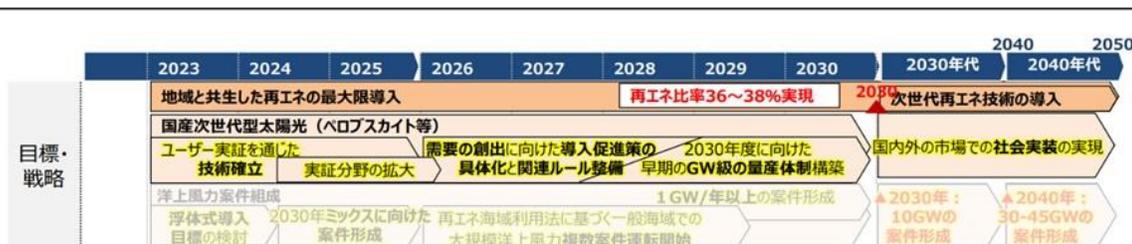
ii .壁面太陽光発電および壁面ポテンシャル推計に関する有識者会議  
当日の様子

当日資料

当日資料



### 壁面太陽光発電の普及拡大に向けたロードマップについて



- ・ペロブスカイト研究・開発主体としてロードマップ実現への見通し・課題など
- ・ビルの壁面を使った”壁面太陽光発電”の実現に向けた課題
- ・次世代型太陽光への自治体としての期待、自治体施策検討への課題など

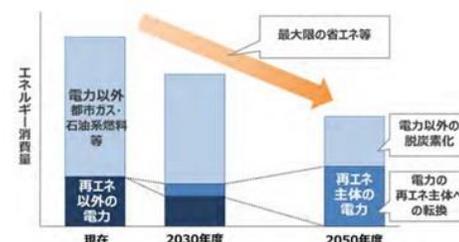


### 2050年のゼロカーボン実現に必要なイノベーションについて

#### コラム 2050年脱炭素化の実現に向けた方向性

2050年までの脱炭素化の実現に向けては、「エネルギー消費量の大幅な削減」と「エネルギー源の再生主体への転換」が重要です。その進め方には様々な経路があり、今後の技術革新により新たな手法などが出てくる可能性がありますが、次のとおり現時点で考え得る方向性を示します。

- ① 最大限の省エネ・電化<sup>1)</sup>の推進
  - ・ 最大限の省エネ及び電化により、エネルギー消費量を削減
  - ・ 産業用熱源や船舶燃料等、現時点では電化が想定しにくい分野も存在することに留意
- ② 電力の再生への転換
  - ・ 使用する電力を再生主体へ転換することで、電力の使用に伴うCO<sub>2</sub>排出をゼロへ
  - ・ 「横浜市再生可能エネルギー活用戦略」（令和2年5月策定）における、市内での再生エネの創出ポテンシャルは、2050年の想定使用電力量に対して約1割と試算
  - ・ 不足分は他の再生エネのポテンシャルが豊富な地域から供給するなどして対応
- ③ 電力以外の脱炭素化
  - ・ 都市ガス、重油等の化石燃料を燃焼する活動の脱炭素化に向けては、バイオマス燃料や水素燃料、メタネーション<sup>2)</sup>による合成メタンといった代替燃料への転換を進めるほか、CCUS<sup>3)</sup>などの新技術の実用化・普及により対応することを想定



2050年脱炭素化のイメージ

**2050年の脱炭素実現には、社会構造の変化やイノベーションが必要とされる。**

- ・ 2050年のゼロカーボン実現に向けて何が必要か。
- ・ 次世代型太陽光パネルによる、“未発見のポテンシャル”として、どのような場所が期待できるか。

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ② 検証結果

壁面太陽光パネルの発電ポテンシャル推計の有用性および活用可能性が高いことがわかった。

KPI	KPIの評価方法	達成度・結果
壁面太陽光パネルの発電ポテンシャル推計結果の都市の地球温暖化対策系計画への活用可能性の評価	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 横浜市（温暖化対策統括本部企画調整部）へのヒアリング</li> <li>2. (一社)再生可能エネルギー長期安定電源推進協会 (REASP)への取組み紹介・意見交換</li> <li>3. 太陽光発電の壁面活用に関する有識者会議開催時のヒアリング</li> </ol>	<p>次世代太陽光パネルの技術革新とともに期待が高い。地産地消のエネルギーとして活用意義が高い。</p> <p>壁面を活用することへの関心は高く、壁面太陽光発電への技術面・制度面での実現可能性への意見・質問等が多数各参加者から将来の活用に向け様々な意見が得られた。 （一部抜粋）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁面発電は再エネ電力の地産地消として期待が高い。</li> <li>・次世代太陽電池は幅広い分野から期待される中で、今回の取り組みはニーズ把握につながり参考になる。</li> <li>・次世代太陽電池でパネルの色の種類が生まれてくると意匠性が高まり壁面発電の普及に繋がると考えられ、その際の種類ごと発電推計値の把握にも活用できる。</li> </ul>

## IV. 実証技術の検証 > 2. 政策活用に向けた検証

### ② 検証結果

#### 壁面太陽光発電のポテンシャル

項目	成果	課題
ポテンシャル推計の精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市部において、総量としては屋根面以上の発電ポテンシャルを壁面が持つことが分かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LOD2レベルの3D都市モデルを用いたポテンシャル推計では、窓等の開口部を考慮できないので、綿密な設置検討にはLOD3レベルでの推計が必要となる。</li> </ul>
活用方策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペロブスカイト太陽電池などの次世代型太陽電池の技術革新が進むと、ポテンシャル推計を行った壁面全体への太陽光パネル設置可能性が高まり、設置検討時の発電シミュレーションとして本システムを活用できうるということが分かった。</li> <li>・壁面太陽光発電は、再生可能エネルギーの地産地消を進め、地域の脱炭素の取組みに大いに貢献しうるということが分かった。</li> <li>・次世代型太陽電池は2030年の社会実装に向け、事業化・ルール整備が進む見込みであり、ポテンシャル推計もその一助となり得ることが分かった。</li> <li>・個々の屋根面・壁面について推計しているため、集計次第で建物スケールから都市スケールまで幅広いスケールで自治体の施策検討に活用できうるということが分かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LOD2レベルの3D都市モデルの整備範囲が現状は限られるので、屋根面のように自治体全域でのポテンシャル把握ができない。</li> <li>・現在も様々な形で壁面を活用した太陽光パネルの開発・導入が進んでいるが、壁面全体を使った太陽光発電が広く普及するには、軽量・薄型の次世代太陽光パネルの技術革新が必要。</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都市モデルを用いて発電ポテンシャルを推計するシステムを開発した。  
 本システムは、精度、処理速度、可視化・属性付与の面で優位性がある。

表 3D都市モデルによる技術面での優位性

項目	想定される技術面での優位性
精度	3D都市モデルを用いて建物壁面ごとの日射量及び発電ポテンシャルを推計するアルゴリズムを開発した。これによって、従来では得られなかった壁面の日射量や発電ポテンシャルが得られるようになった。3D都市モデルを用いることで、現況に則した壁面、屋根面の形状が得られる。これによって、建物面と太陽光入射角を考慮した日射量の推計や、他の建物が日照に与える影響を考慮した推計が可能になる。また、面の形状、パネルサイズ等を考慮した設置箇所の設定も可能となる。以上踏まえ、3D都市モデルを用いない場合と比較して、より現況を反映した精度のよい発電ポテンシャルの推計が可能である。
処理速度	3D都市モデルを用いて太陽視点での投影画像を作成するシステムを開発した。これにより、従来から大幅な処理時間の短縮ができた。
可視化・属性付与	3D都市モデルを用いていることから、本システムの処理によって得られた日射量のヒートマップを3D都市モデルにテクスチャとして貼り付けるとともに、日射量及び発電ポテンシャルを属性として付与することができる。

## V. 成果と課題 > 1. 今年度の実証で得られた成果

### ② 3D都市モデルによる政策面での優位性

3D都市モデルを用いることで、建物壁面の日射量・発電ポテンシャルを定量的かつマルチスケールに把握することができる。

表 3D都市モデルによる政策面での優位性

項目	想定される政策面での優位性
建物スケールでの活用	<p>壁面における太陽光発電効率が高い建物を可視化でき、公共施設への設置促進や、既存民間施設への設置促進のための補助制度立案などに活用できると考えられる。</p> <p>壁面で発電した電力をその建物内で使用すれば、メガソーラーなどで生じる発電抑制の影響を受けづらくなり、また、ZEB/ZEHの実現にも寄与できるというメリットがあり、ポテンシャル推計によりそのメリットを定量的に把握できると考えられる。</p> <p>また、次世代太陽電池の技術革新が進み、高効率なパネルや景観考慮したパネルなど、設置のバリエーションが増えた場合には、パネルのスペックごとの発電ポテンシャルを推計し、設置検討に活用できると考えられる。</p>
街区スケールでの活用	<p>再開発や建替対象地域の予測発電量を分析し、ZEB/ZEHへの貢献など、導入補助や容積緩和の対象となる施設の選定や基準設定に活用できると考えられる。</p> <p>壁面は冬場などの太陽高度が低い時期でもポテンシャルが高く、また、時間帯によって日射を多く受ける面が異なるため、街区内での電力の効率的な運用検討に活用できると考えられる。</p>
都市スケールでの活用	<p>都市全体での最大発電量を把握し、対象となる範囲について複数の条件で発電量を推計し、その結果を比較することで、目標達成のための複数のシナリオ設定や、より実現可能な目標設定など、脱炭素に向けたエネルギー計画策定・改訂のエビデンスとして活用できると考えられる。</p> <p>地産地消のエネルギー源として期待される次世代太陽電池の壁面活用において、将来的な社会実装に向けたルール整備において、定量的にポテンシャルを把握する手段として活用できると考えられる。</p>

# 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

表 今後の取り組みに向けた課題

項目	活用にあたっての課題
属性付与単位	本システムではWallSurface / RoofSurface ごとに集計した結果を付与しているが、CityGMLの構造上、壁面多角形ごとの推計結果の付与はできなかった。
ポテンシャル推計範囲	LOD2レベルの3D都市モデルの整備範囲が限られており、屋根面同様に都市全域でのポテンシャル把握を行うためには、3D都市モデル整備範囲の更なる拡大が必要。
推計ポテンシャルの精緻化	広域の発電ポテンシャルとして利用されているREPOSと同様の、「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」(2011年)における設置可能面積算定条件の基本的な考え方に基づき、建物面ごとおよび建物ごとの年間予測発電量を推計した。建物の影の影響を考慮できる分、REPOSより現実的な推計が可能ではあるが、開口部(窓)を考慮するなど、より厳密なポテンシャルを測るためには、より精緻な3Dデータ(LOD3)が必要。
太陽光パネルの技術革新	現在も様々な形で外壁を活用した太陽光パネルの開発・導入が進んでいるが、今回推計したような壁一面を使った太陽光発電が普及するには、軽量・薄型の次世代太陽光パネルが必要。尚、次世代太陽光パネルについては、2025年頃の事業化、2030年頃の社会実装が見込まれる。

# 用語集

用語		内容
カ行	コンピュータ・グラフィックス技術（CG技術）	コンピュータ上で3Dデータを描画するなどの技術の総称。
サ行	散乱光モデル	太陽からの日射のうち、大気中で散乱した成分をモデル化したもの。
タ行	ツリー型データ	3D都市モデルを処理するために変換したデータ。建物一面－多角形－頂点の構造となっている。
ナ行	日射量分布画像	3D都市モデルの建物面における日射量の分布を表示した画像。

# 壁面太陽光発電のポテンシャル推計 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：東急不動産株式会社・国際航業株式会社**

本報告書は、東急不動産株式会社・国際航業株式会社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おられません。

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### i. 既存システムの調査・分析 - 対象システムの抽出

- 国内には、CityGMLデータを使用して、壁面の太陽光発電ポテンシャルを推計できるシステムが存在しないため、海外で行われた太陽光発電ポテンシャル推計での使用システムについて、メールによるヒアリング調査および公開されている文献の調査を行った。
- 実施計画書に記載のあるOGCの事例については、SimStadtと同等のものであった。

表 調査した既存システムの概要

対象機関／システム	気象・日射量データ	散乱光モデル・アルゴリズム	利用・検証地域
<b>SimStadt(OGC)</b>  SimStadt	・PVGIS ・INSEL ・ローカル TMY3 ファイル (例：Meteonormなど)	・直達日射、散乱日射、影の影響 Hay sky model (John E. Hay, 1976) Perez sky model (Perez et al., 1987) Simplified Radiosity Algorithm(SRA) (D. Robinson and A. Stone, 2005)	・Ludwigsburg (ドイツ) ・Moabit (イギリス) ・Zwiefaltendorf (ドイツ) ・Weddingstedt (ドイツ) ・Wesertal (ドイツ) ほか
<b>virtual city systems</b>  VirtualcitySOLAR	・NASA Atmospheric Science Data Centre (ASDC) ・NASA Surface meteorology and Solar Energy(SSE)	・直達日射 Transition model(Fu and Rich, 1999) ・散乱日射 Standard Overcast Sky model (Fu and Rich, 1999) ・影の影響 ray tracing法(Möller and Trumbore, 2005)	・London Borough of Barking and Dagenham (LBBD) (イギリス) ・Helsinki (フィンランド) ・Rennes (フランス) ほか
<b>欧州エネルギー研究所</b>  GRASS GIS	・Meteonorm software Worldwide irradiation data	・直達、散乱、影の影響 Munnerモデル (Munner, 1987) Šúri and Hofierka algorithm(2004) HDKRモデル (Reindl et al., 1990) Duffie and Beckman algorithm(2006)	・Karlsruhe (ドイツ)

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### ii. 既存システムの調査・分析 - SimStadtにおける日射量推計 ※1

Hayモデル、Perezモデルを使用し、日射量、公称電力などを推計

表 SimStadtの概要

インプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3D都市モデル(CityGML)</li> <li>・気象データ(PVGIS, INSEL)</li> </ul>
使用モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Hayモデル</li> <li>・Perezモデル</li> </ul>
処理内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市モデルの解析</li> <li>・太陽軌道推定</li> <li>・日射量計算</li> <li>・発電量推計</li> </ul>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日射量</li> <li>・太陽光パネル設置面積</li> <li>・公称電力</li> <li>・建物ごとの年間エネルギー収率</li> </ul>

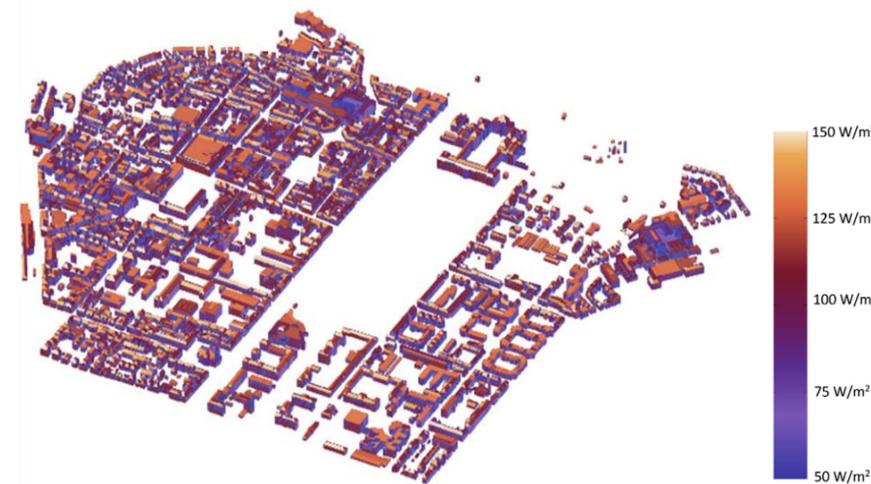


図 SimStadtによる日射量マップ

※1 出所) “Assessment of the photovoltaic potential at urban level based on 3D city models: A case study and new methodological approach” (2017)  
 methodological approach, *Solar Energy* 146, 264-275  
[https://www.researchgate.net/publication/314265420\\_Assessment\\_of\\_the\\_photovoltaic\\_potential\\_at\\_urban\\_level\\_based\\_on\\_3D\\_city\\_model\\_s\\_A\\_case\\_study\\_and\\_new\\_methodological\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/314265420_Assessment_of_the_photovoltaic_potential_at_urban_level_based_on_3D_city_model_s_A_case_study_and_new_methodological_approach)

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### ii. 既存システムの調査・分析 - virtualcitySYSTEMSにおける日射量推計 ※1

Fu and Richモデルを使用し、日射量を推計

表 virtualcitySYSTEMSのシステムの概要

インプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3D都市モデル(CityGML)</li> <li>・DTM</li> <li>・気象データ(NASA)</li> </ul>
使用モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Fu and Richモデル</li> </ul>
処理内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市モデル、DTMの解析</li> <li>・太陽軌道推定</li> <li>・日射量計算</li> </ul>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天空率(SVF)</li> <li>・日射量</li> </ul>

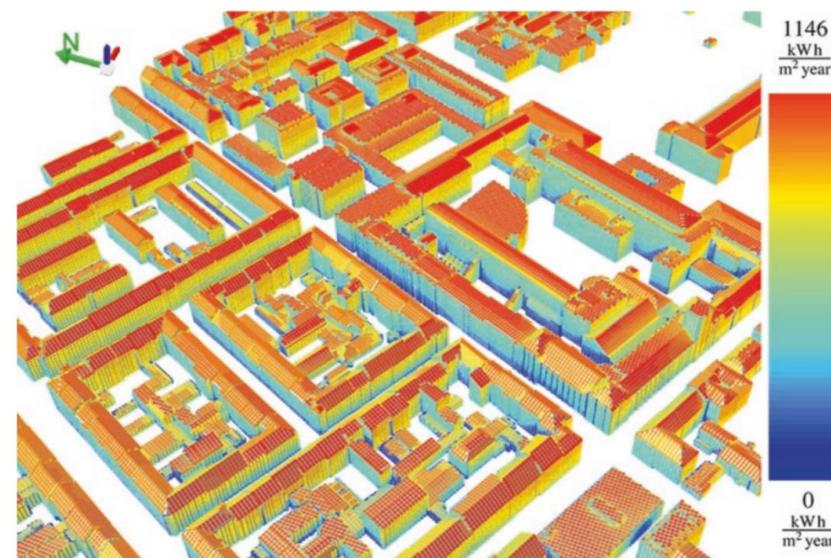


図 virtualcitySYSTEMSによる日射量マップ

※1 出所) “Applications of 3D City Models for a Better Understanding of the Built Environment” (2018)  
*Trends in Spatial Analysis and Modelling*, 167-191  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52522-8\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52522-8_9)

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### ii. 既存システムの調査・分析 - 欧州エネルギー研究所SoLARにおける日射量推計 ※1

Munnerモデル、HDKRモデルを使用し、日射量を推計

表 欧州エネルギー研究所SoLARのシステムの概要

インプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3D都市モデル(CityGML)</li> <li>・ 気象データ(Meteonorm software)</li> </ul>
使用モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Munnerモデル</li> <li>・ HDKRモデル</li> </ul>
処理内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 都市モデルの解析</li> <li>・ 太陽軌道推定</li> <li>・ 日射量計算</li> </ul>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日射量</li> </ul>

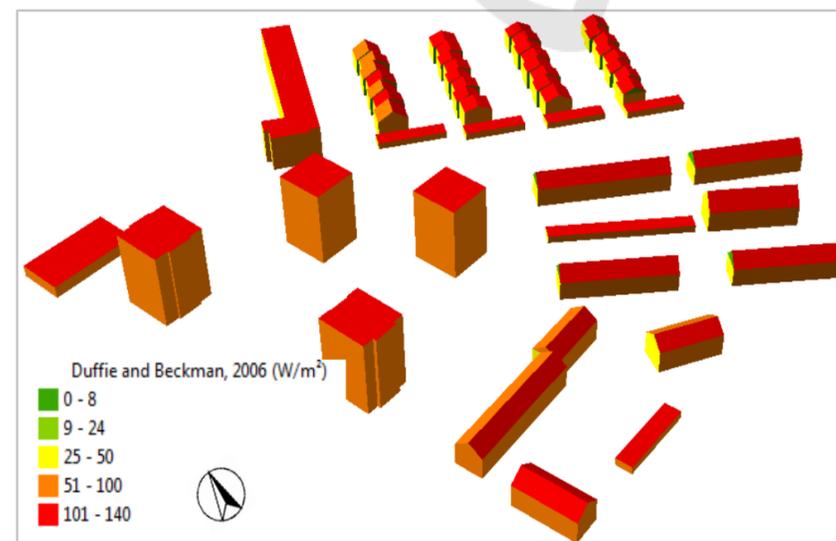


図 欧州エネルギー研究所SoLARによる日射量マップ

※1 出所) “Evaluation of Two Solar Radiation Algorithms on 3D City Models for Calculating Photovoltaic Potential” (2018)  
 Proceedings of the 4th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management - GISTAM, 296-303  
[https://www.researchgate.net/publication/324015076\\_Evaluation\\_of\\_Two\\_Solar\\_Radiation\\_Algorithms\\_on\\_3D\\_City\\_Models\\_for\\_Calculating\\_Photovoltaic\\_Potential](https://www.researchgate.net/publication/324015076_Evaluation_of_Two_Solar_Radiation_Algorithms_on_3D_City_Models_for_Calculating_Photovoltaic_Potential)

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### iii. 既存システムの調査・分析 - 散乱光モデルの分類



図 散乱光モデルごとに考慮する日射の違いのイメージ

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### iii. 既存システムの調査・分析 - SimStadtにおける散乱光モデル詳細

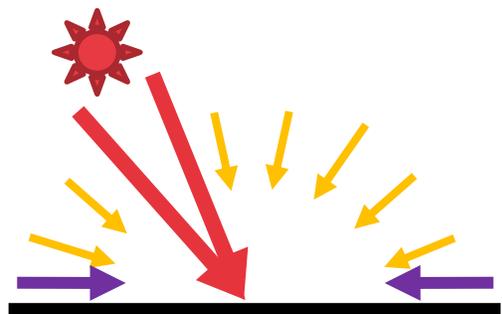
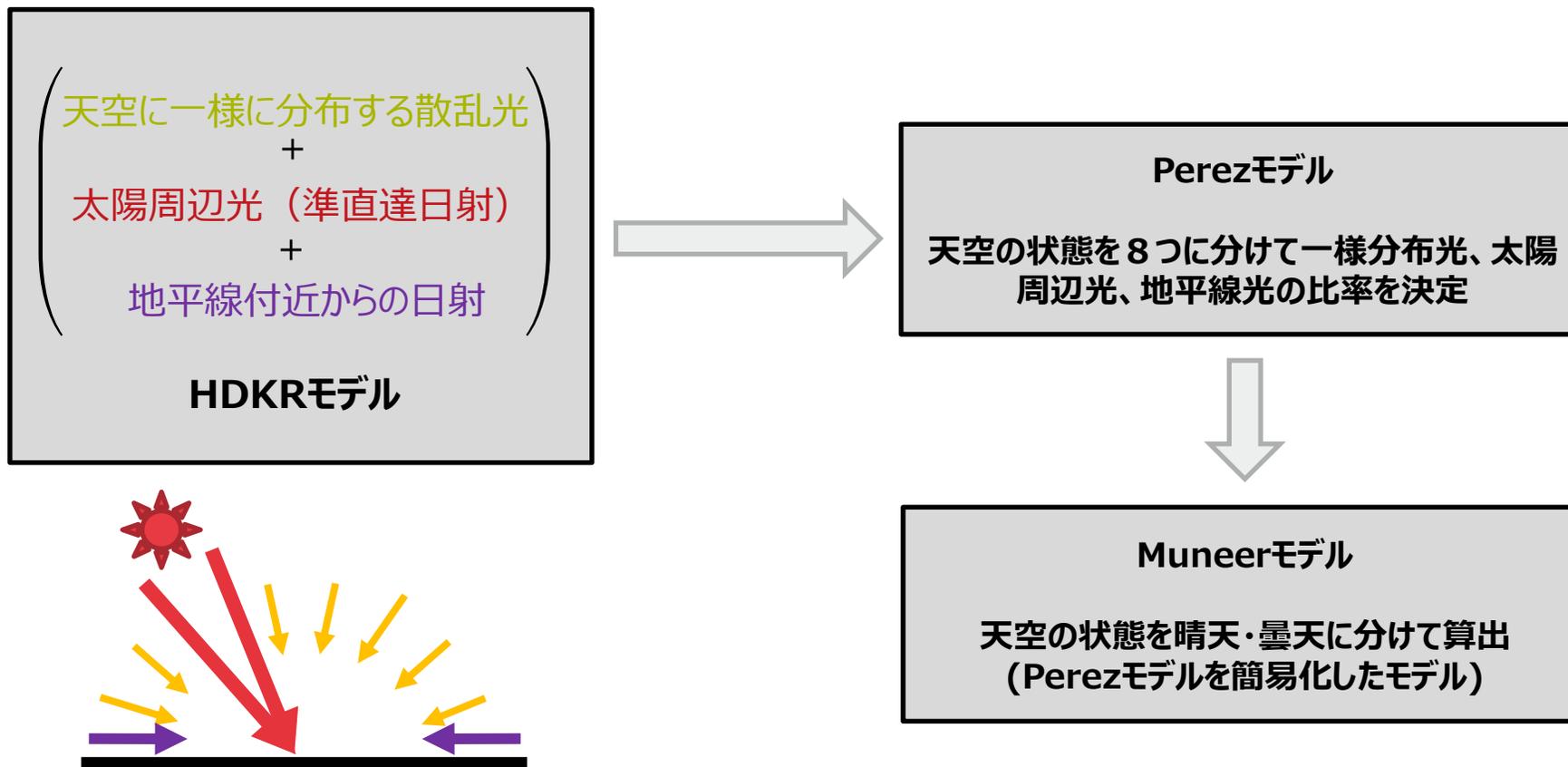


図 SimStadtにおける散乱光モデルのイメージ

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### iii. 既存システムの調査・分析 - virtualcitySYESTEMSにおける散乱光モデル詳細

- ・各セクターの直達日射量を全セクターに対して求め、直達日射と散乱日射との比率から散乱日射を計算する
- ・天空分割図から全セクター中に占める可視領域のセクター比率 (SkyGap) と天空の状態による重みが考慮されている
- ・天空の状態はUniform overcast sky(曇天)、Standard overcast sky(晴天)の2種類の状態を想定しており、それぞれで重みの計算方法が異なる

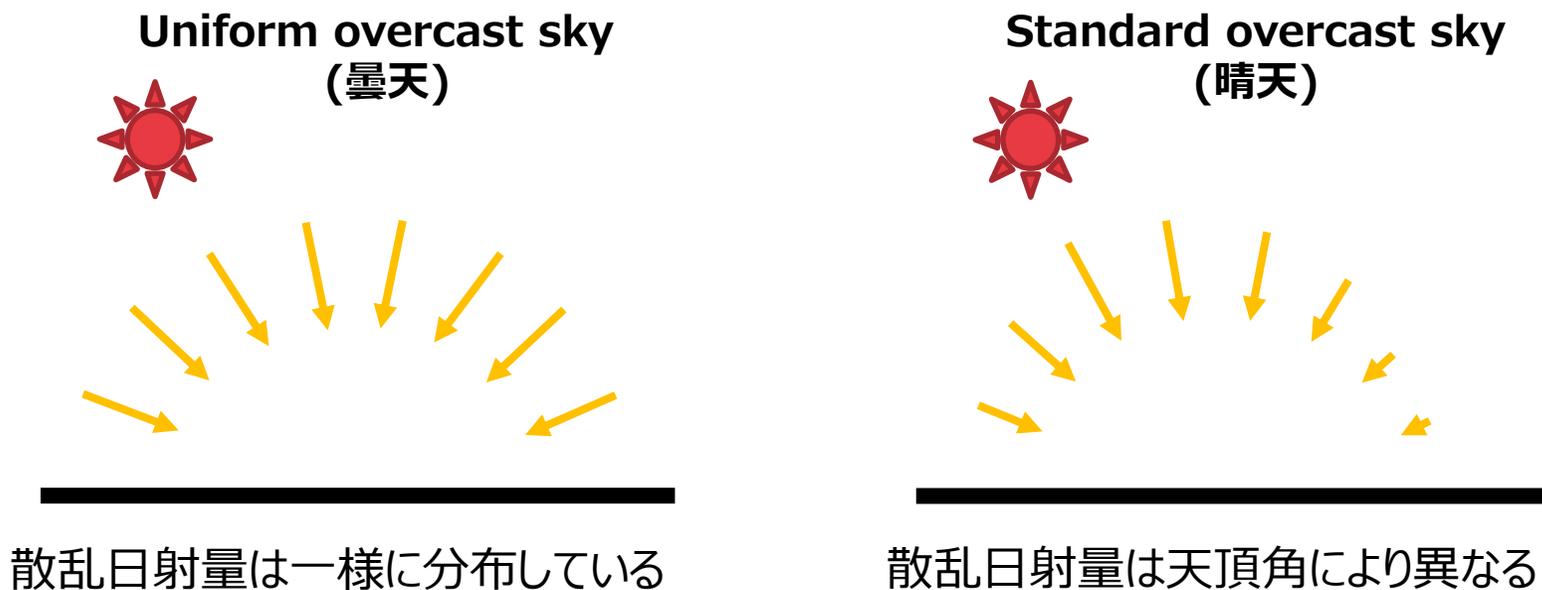


図 virtualcitySYESTEMSにおける日射のイメージ

# 付録 > 1. 既存技術の調査

## 既存技術の調査

### iv. 既存システムの調査・分析 – 季節/時刻に応じた日射量の推計 ※1

可視領域を太陽の位置(太陽軌道図)と天空の方向(全天分割図)に投影し、各セクターの日射量を計算する

- ① 地形や地物のデータから、ある地点の天球上の可視領域を求める
- ② 可視領域を太陽軌道図に投影し、直達日射量を求める
- ③ 可視領域を拡散全天分割図に投影し、散乱日射量を求める
- ④ ②と③の日射量を足し合わせて全天日射量を求める

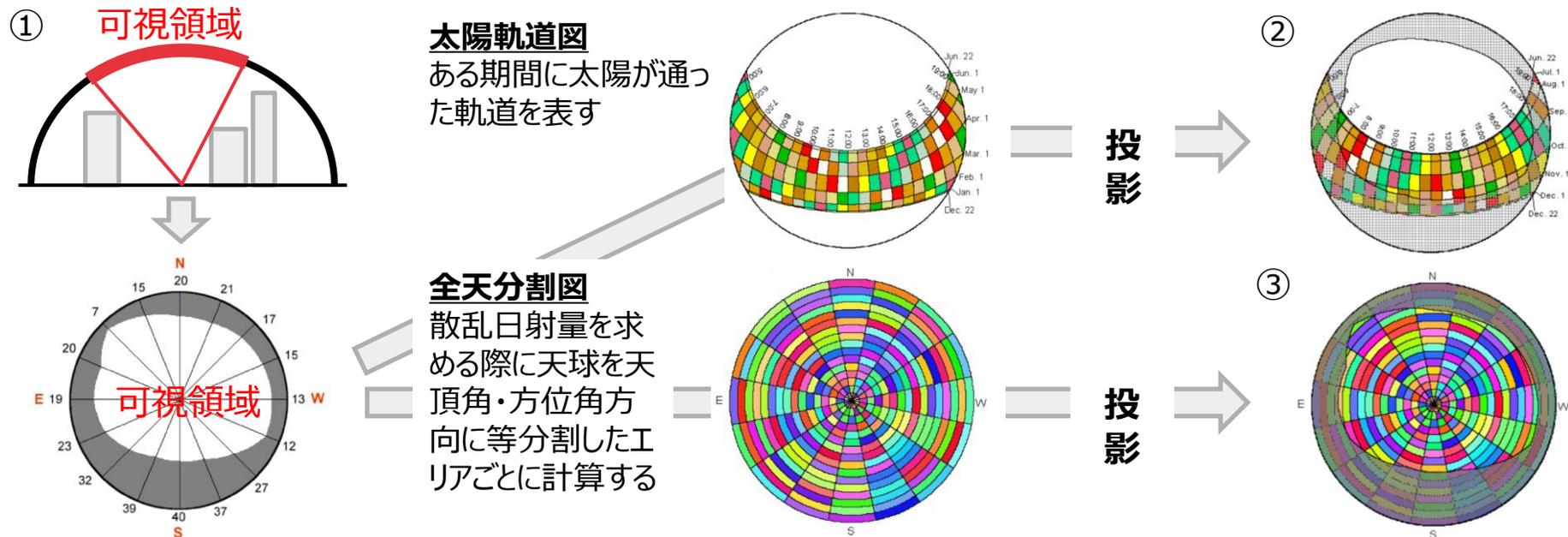


図 既存システムにおける季節/時刻に応じた日射量の推計イメージ

※1 出所) "Design and Implementation of the Solar Analyst: an ArcView Extension for Modeling Solar Radiation at Landscape Scales" Fig.1-Fig.5 (Jan. 1999) *Proceedings of the Nineteenth Annual ESRI User Conference* <https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap867/p867.htm>