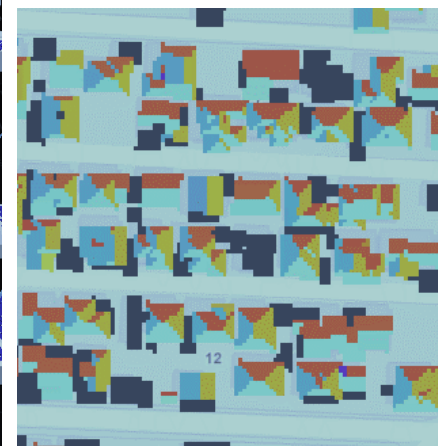
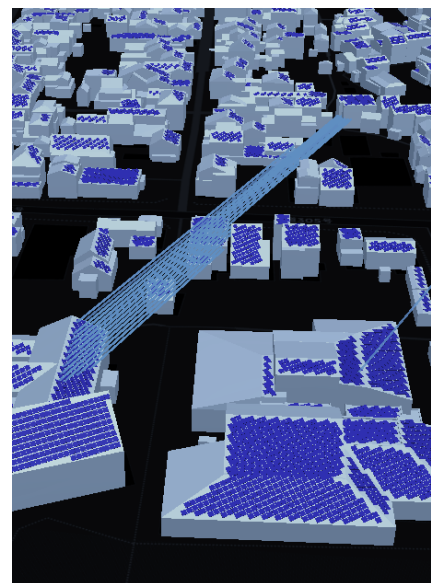
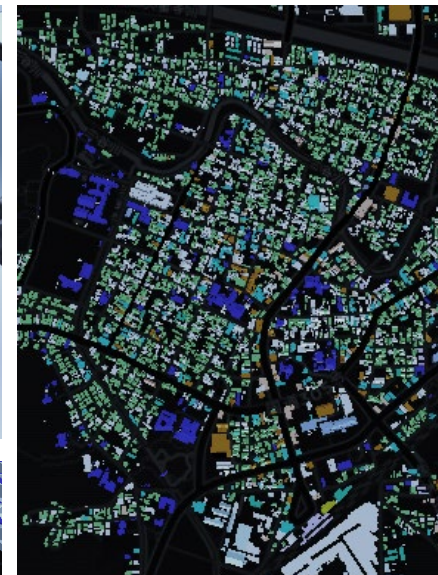
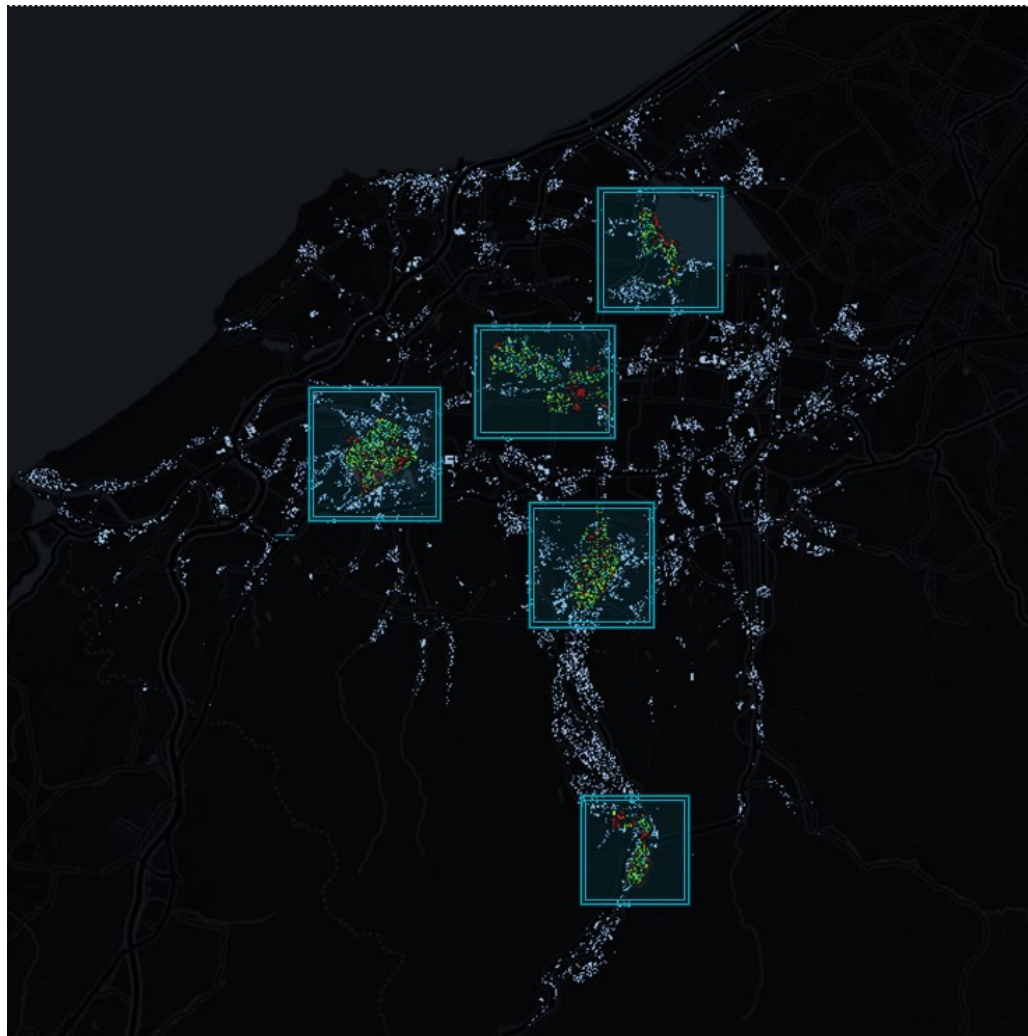


3D都市モデルを活用した太陽光発電施設の 設置シミュレーション 技術検証レポート

Technical Report for Solar Energy Analysis with 3D City Models



目次

I. 実施概要

1. 実証目的	4
2. 実施体制	5
3. 実証エリア	
3.1. 対象地域及び面積	6
3.2. 用途別の建物棟数	7
4. 実施スケジュール	8

II. 実証手法

1. 実証フロー	10
2. 対象屋根面の算出	
2.1. 屋根面メッシュの抽出	11
2.2. 太陽光発電パネル設置対象屋根の抽出	12
2.3. 太陽光発電パネル設置対象屋根選定の考え方	13
3. 太陽光発電ポテンシャル推計	
3.1 日射量の推計	15
3.2 発電量の推計	28
4. 反射シミュレーション	
4.1. 反射シミュレーションソフトウェアの開発	30
4.2. ソフトウェアのエラー改善	32
4.3. 反射シミュレーション用データの作成	33
4.4. 反射シミュレーションの実施	36
4.5. 反射シミュレーションの実施日時 of の考え方	41
4.6. 自建物への反射光の判定・除外処理	42
4.7. 反射光の地中埋没の除外処理	43
4.8. 予測光害発生時間の算出	44
5. 可視化	
5.1 可視化項目	45
5.2 日射量テクスチャの作成	46
5.3. 年間予測発電量の可視化データの作成	47
5.4. 予測光害発生時間の可視化データの作成	48
5.5. 光害発生時の光跡の可視化データの作成	49

III. 技術的検証

1. 日射量の検証	51
2. 発電量の検証	52
3. REPOSの概要	
3.1. REPOSの概要	53
3.2. PLATEAUとREPOSの特徴の比較	56
3.3. 建物による影の影響の考慮	57
4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果	
4.1 結果の考察	58
4.2. 年間予測発電量の総計	59
4.3. 面積当たりの年間予測発電量	60
4.4. 建物当たりの年間予測発電量	61
参考：実証地域における年間予測発電量の特徴	62
5. 反射シミュレーションの結果	
5.1 光害発生パターン	67
5.2. 予測光害発生時間	68
5.3. 光害発生の影響がある建物を除いた太陽光発電 ポテンシャル	69
6. 今後の課題	70

IV. 政策活用への検証

1. 地方公共団体における政策への活用案	72
2. 地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂	
2.1. 実施までのステップ例	73
2.2. 3D都市モデルの活用例	74
3. 脱炭素施策を促進するエリアの選定	
3.1. 実施までのステップ例	76
3.2. 3D都市モデルの活用例	77
4. 民間所有建物への太陽光発電パネル設置推進	
4.1. 実施までのステップ例	79
4.2. 3D都市モデルの活用例	80
5. 公共施設への太陽光発電パネル設置推進	
5.1. 実施までのステップ例	81
5.2. 3D都市モデルの活用例	82

I . 実証概要

II . 実証手法

III . 技術的検証

IV . 政策活用への検証

I. 実証概要

1. 実証目的

【背景】

- 近年、世界的に地球温暖化対策が喫緊の課題とされており、我が国も2020年10月に、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言した。
- カーボンニュートラルの実現に向けては、都市内の建物屋上スペースを活用した太陽光発電パネルの設置が有効な手法となる。国土交通省、経済産業省、環境省が連携して設置した「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」では、公的機関が取り組むべき課題として、公共施設への太陽光発電設備設置の標準化を挙げた。
- 改正温対法において、市区町村は促進区域の設定に努めることとされており、2022年1月以降に脱炭素先行地域の公募が行われるなど、施設単体ではなく、エリアとして脱炭素を進める動きが加速している。
- また、環境省では企業の太陽光発電導入加速化を目指し、RE100、SBT、TCFDなどの脱炭素経営の促進や、PPA事業モデルの確立等のための支援実施等、企業による自律的な普及を進めるために必要な施策に取り組むこととしている。

【目的】

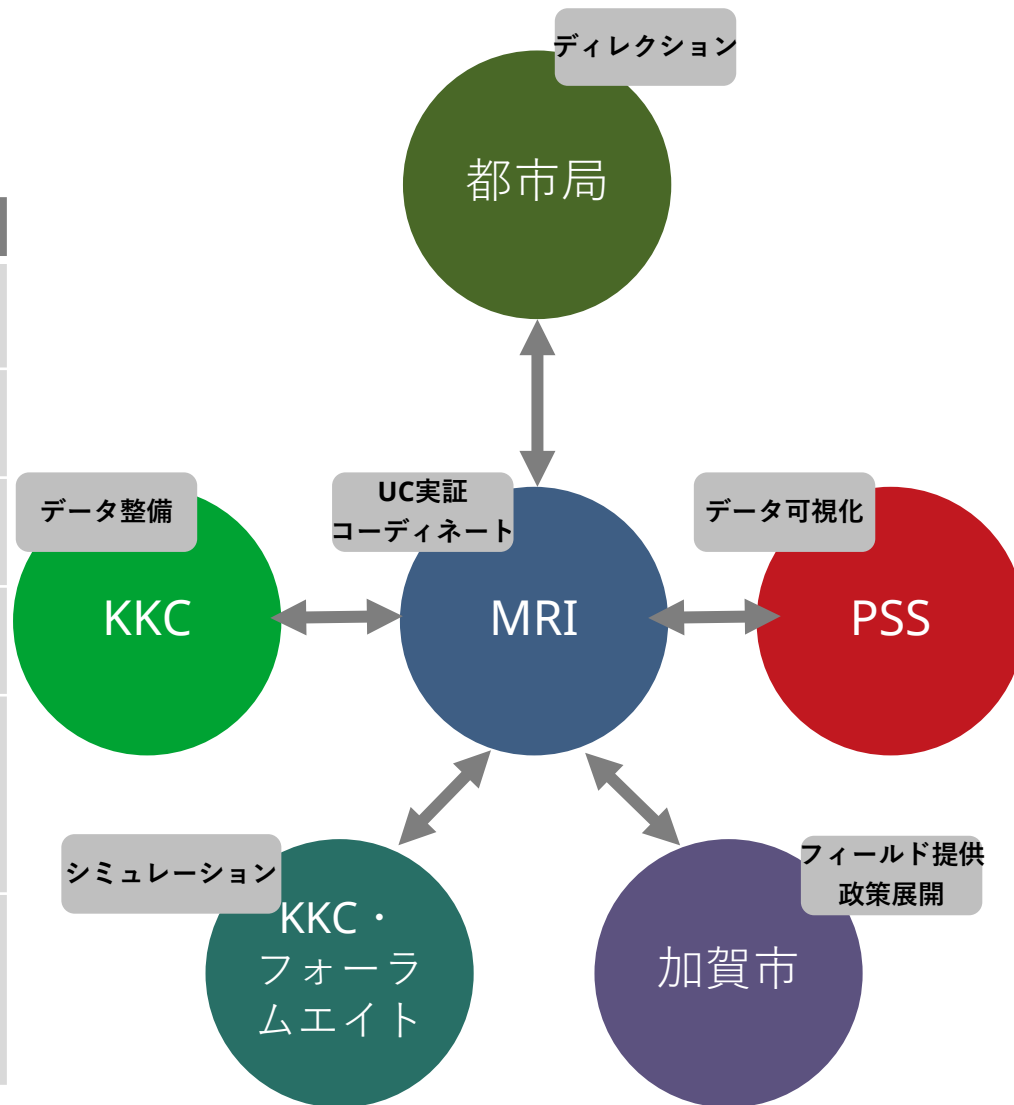
- 3D都市モデル（PLATEAU）を活用した太陽光発電ポテンシャル及び太陽光パネル設置による反射の影響を算出することで、カーボンニュートラルを具体化する政策上のエビデンスの提供が可能となることが期待される。
- 今回の実証では、石川県加賀市をフィールドに3D都市モデルを活用した太陽光発電量の推計及び太陽光パネルの設置時の反射シミュレーションを実施した。また、これらの推計・シミュレーション結果を活用し、地方公共団体の都市内における太陽光発電普及に向けた施策検討への有用性を検証した。

I. 実証概要

2. 実施体制

表 実施主体及び役割

主体	役割
加賀市	- 実証フィールドの提供 - 実証成果の政策展開
国際航業 (KKC)	- データ整備範囲、仕様の決定 - 建物データ作成
国際航業 (KKC)	日射量・太陽光発電ポテンシャル推計の実施
フォーラムエイト	反射シミュレーション用ソフトウェアの開発
Pacific Spatial Solutions (PSS)	- シミュレーション結果の可視化 - PLATEAU VIEWへの掲載
三菱総合研究所 (MRI)	- ユースケース実証のコーディネート - 実証成果の評価、成果のとりまとめ



I. 実証概要

3. 実証エリア

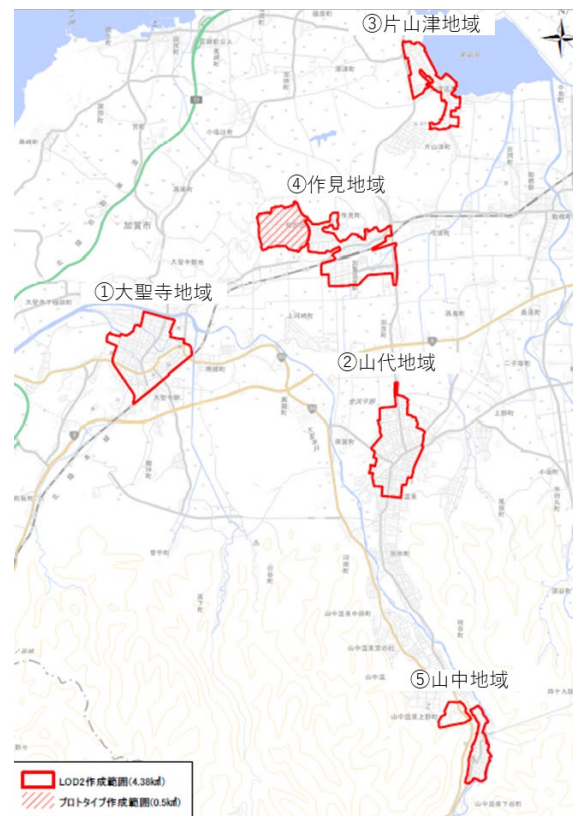
3.1 対象地域及び面積

- 今回は「加賀市立地適正化計画」における「都市機能誘導区域」と「居住誘導区域」を中心とした大聖寺・山代・片山津・作見・山中の5地域を実証エリアに設定した。
- 当該エリアにおいてLOD2の3D都市モデルを作成し、実証を行った。

表 対象地域と面積

地域名		都市機能・居住誘導区域 (km ²)
①	大聖寺地域	1.07
②	山代地域	0.92
③	片山津地域	0.51
④	作見地域	0.97
⑤	山中地域	0.41
	合計	3.88

今回の実証では、プロトエリア（作見地域 0.5km²）にて日射量、太陽光ポテンシャル算出ワークフローおよび出力プロダクト確認のために先行的に実証を行った。なお、本地域のプロダクトも実証エリアで作成されたプロダクトとスペックの違いはない。



画像出所) 国際航業株式会社

図 実証対象地域

I. 実証概要

3. 実証エリア

3.2 用途別の建物棟数

- 今回の実証において作成したLOD2の3D都市モデルの用途別の棟数をみると、いずれの地域も住宅が多く実証地域の全域で4割以上を占める。（属性不明を除く）

表 地域別の用途別建物棟数

用途	全域	大聖寺	山代	片山津	作見	山中
業務施設	174	54	45	24	33	18
商業施設	416	120	119	49	70	58
宿泊施設	39	1	15	15	1	7
住宅	4,441	1,160	771	439	1,678	393
共同住宅	438	33	178	95	107	25
店舗等併用住宅	460	134	121	63	57	85
店舗等併用共同住宅	70	12	38	13	3	4
作業所併用住宅	25	12	2	1	5	5
官公庁施設	18	9	3	3	1	2
文教厚生施設	206	95	33	17	35	26
運輸倉庫施設	27	11	5	7	3	1
工場	37	19	3	1	8	6
農林漁業用施設	12	0	0	1	11	0
供給処理施設	11	2	2	1	2	4
その他	8	2	1	2	3	0
属性なし	3,737	1,053	833	384	1,101	366
合計	10,119	2,717	2,169	1,115	3,118	1,000

用途情報は建物現況調査（2017年）より取得

I. 実証概要

4. 実証スケジュール

実施事項	2021年									2022年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
3D都市モデルの活用方策・実証手法の検討	実証内容・実証手法の検討				自治体・関係者との実証技術や施策への活用の検討等に係る調整							
3D都市モデル整備			建物データ（LOD2）の構築・調整							実証結果の属性付与		
システム開発 (反射シミュレーション)					プロトタイプエリアでの実証を踏まえたアルゴリズム改良を含む							
太陽光発電 ポテンシャル推計					プロトタイプエリアでの実証・パラメータチューニングを含む					評価・とりまとめ		
反射シミュレーション						プロトタイプエリアでの実証・調整含む				評価・とりまとめ		
成果の公開										PLATEAU VIEWでの公開 技術レポート公開		

I . 実証概要

II . 実証手法

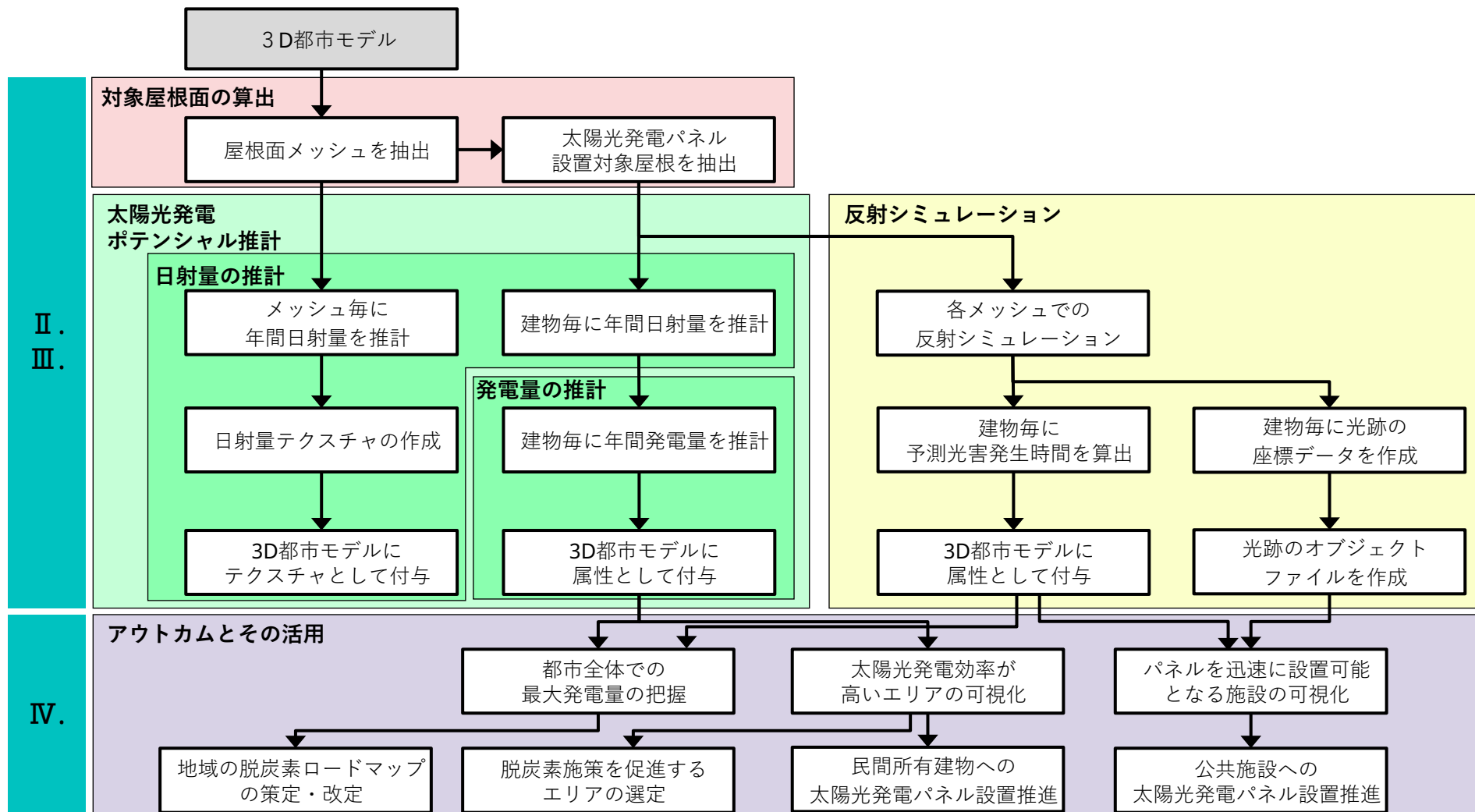
III . 技術的検証

IV . 政策活用への検証

II. 実証手法

1. 実証フロー

- 今回の実証では、建物の屋根面のうち、太陽光発電パネル設置対象屋根の抽出を行ったうえで、設置対象屋根に対し、太陽光発電ポテンシャルの推計及び反射シミュレーションを行った。



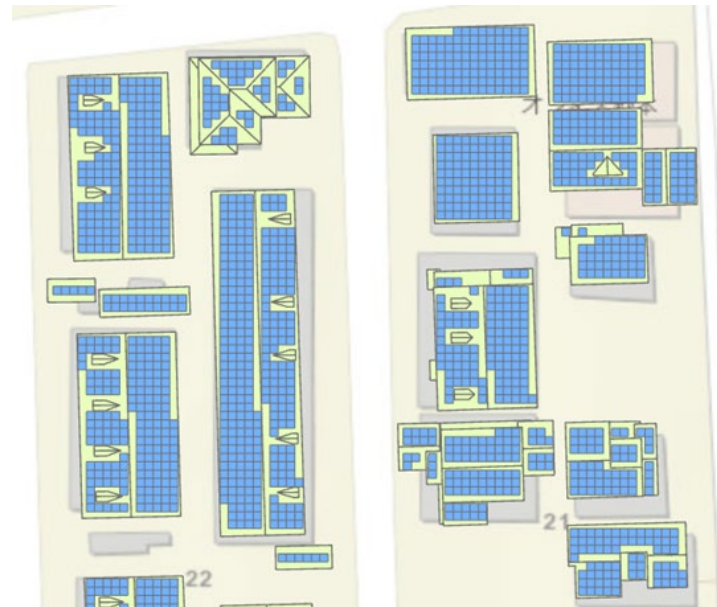
Ⅱ. 実証手法

2. 対象屋根面の算出

2.1. 屋根面メッシュの抽出

- Safe Software「FME Desktop」を活用して、[RasterCellCoercer]機能を利用して対象範囲をm単位のグリッド（原点：E=0m、N=0m）で分割し、[SpatialFilter]機能を利用した空間検索により、3D都市モデルのRoofSurfaceを基に一平面と想定される各屋根面に完全に包含されるグリッドを、対象屋根メッシュ（1m×1m）として抽出した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所）国際航業株式会社

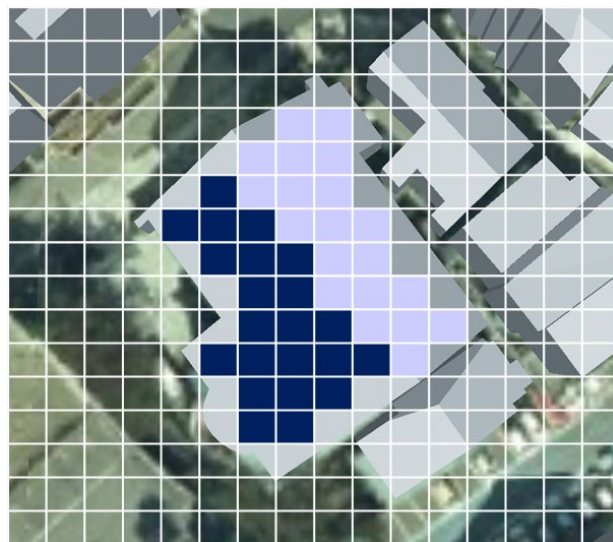
図 抽出された対象屋根メッシュ（1m×1m）

Ⅱ. 実証手法

2. 対象屋根面の算出

2.2. 太陽光発電パネル設置対象屋根の抽出

- 「2.1.屋根面メッシュの抽出」にて抽出した屋根面メッシュのうち、以下の①～③の条件に該当するメッシュを除いたメッシュを太陽光発電パネル設置対象屋根とし、太陽光発電ポテンシャル推計及び反射シミュレーションを実施した。
 - ① 面積10㎡未満の屋根面
 - ② 北向きで傾きが3度以上の屋根面
 - ③ 傾きが60度以上の屋根面



4

【凡例】

- 薄青 + 濃青：屋根面と判定したメッシュ
濃青：太陽光発電パネル設置対象屋根と判定したメッシュ

画像出所) PLATEAUをもとに作成

図 太陽光発電パネル設置対象屋根のイメージ

II. 実証手法

2. 対象屋根面の算出

2.3. 太陽光発電パネル設置対象屋根選定の考え方 ^[1/2]

- 太陽光発電パネルの設置を想定する対象屋根の選定の考え方については、REPOS（環境省）を参考とした。
- 具体的には、REPOSでは設置可能面積算定条件として3段階のレベルを設定しているが、そのうち最も屋根面を有効に利用可能な「レベル3」と同じ考え方を採用することとした。
- このため、今回の実証では、10㎡未満の屋根はシミュレーション対象から除外している。

【参考】REPOSでのパネルの設置に関する条件

表 3-1 設置可能面積算定条件（レベル）の基本的な考え方

レベル	基本的な考え方
レベル 1	- 屋根 150㎡ 以上に設置 - 設置しやすいところに設置するのみ
レベル 2	- 屋根 20㎡ 以上に設置 - 南壁面・窓 20㎡ 以上に設置 - 多少の架台設置は可（駐車場への屋根の設置も想定）
レベル 3	- 切妻屋根北側・東西壁面・窓 10㎡ 以上に設置 - 敷地内空地なども積極的に活用

※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 3-2 設置可能部位等の判別に関する具体的な判断基準

設置条件・箇所		レベル 1	レベル 2	レベル 3
屋根	パネル設置に必要とする屋根面積	150㎡以上	20㎡以上	10㎡以上
	周辺機器の設備容量によらず、太陽光パネル設置可能な場所へは設置	×	○	○
	形状が複雑な屋根、曲面状の屋根	×	×	○
	日射時間が正午前後数時間程度しか期待できない箇所	×	×	個別判断
	正午において建物が木や山の陰に隠れる箇所	×	×	個別判断
	各設備（空調室外機、配管等）、各構造物（採光窓等）	×	×	×
	架台設置の場合、床荷重や梁の条件を満足しない箇所	×	×	○
	日射時間が短く発電が期待できない箇所	×	×	×
壁	屋根のない場所（非常階段等）	×	×	×
	パネル設置に必要とする屋根面積	×	20㎡	10㎡
	窓	×	○	○
	奥まった場所にある窓	×	×	×
	地上から2m以内	×	×	×
敷地内空地	入口、階段、ドア等	×	×	×
	パネル設置に必要とする屋根面積	150㎡以上	20㎡以上	10㎡以上
	通路、駐車場（屋根を設置することを想定）	○	○	○
	広場・グラウンド（公共施設除く）	×	×	個別判断
	花壇等	×	×	×
	車路	×	×	×
	各種設備や構造物およびそこから3m以内（車両走行を想定）	×	×	×
	正午に日陰となる箇所	×	×	×
	敷地内空地かどうか不明な箇所	×	×	×

II. 実証手法

2. 対象屋根面の算出

2.3. 太陽光発電パネル設置対象屋根選定の考え方 [2/2]

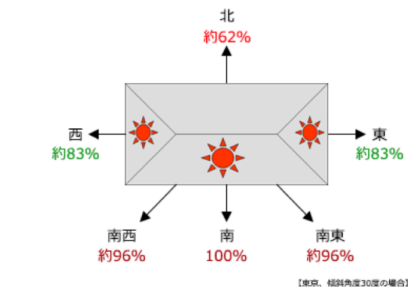
- 太陽光発電パネルは設置方位や設置角度によって発電量が変化するため、シミュレーションの対象とする屋根面の選定の考え方について設置方位及び設置角度の観点から検討を行った。
- 設置方位については、（一社）太陽光発電協会による解説※1を参考として、北向きで傾斜角3度以上ある屋根を対象から除外した。なお、「北向きで傾斜角3度未満」の屋根面についてはモデル作成時の誤差を考慮して平面とみなすため、除外していない。
- 設置角度については、地域差はあるものの、一般的にパネルの設置角度が急になるほど発電量は減少すると考えられるため、傾き60度以上の屋根面を対象から除外した。閾値を傾き60度以上としているのは、①加賀市役所付近では斜面が60度以上の場合の日射量が最大値（傾き30度）に対して1割以上減少すること※2、②加賀市全域は多雪区域に指定してされているところ、「積雪地域で傾きが60度以上で発電量について低下する」※3という実証結果が報告されていることを考慮したものである。

※1 太陽光発電協会Webサイト(<https://www.jpea.gr.jp/faq/590/>)では、「北面の屋根に設置する場合、他の方位に比べて太陽電池モジュールの発電出力は少なくなり、条件によっては太陽電池モジュールの反射光が近隣へ影響を与える可能性が高く」となるとされている。

※2 NEDO日射量データベース閲覧システムMONSOLA-20より、傾き30度での月平均斜面日射量(kWh/m²・day)3.97に対し、傾き60度では3.58、傾き70度では3.30と減少する。
https://appwww2.infoc.nedo.go.jp/appwww/monsola_map.html（上記の数値は加賀市役所付近：3次メッシュ54363265の値）

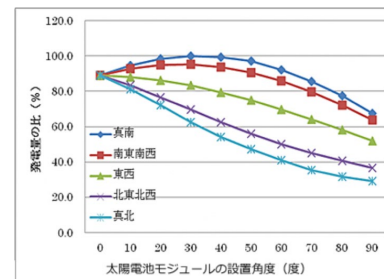
※3 後藤哲男「ソーラーパネルの雪国における効率と設置方法の調査研究（3）」より、「南向き、角度60度までは概ね9割以上の性能がある」
<https://core.ac.uk/download/pdf/286769333.pdf>

【参考】 設置方位や設置角度の影響



南面を100%とした時の発電量比率※太陽電池を水平に対して30度傾け、真南に向けて設置した場合の東京での計算例。

東京における日射量の方位角度、傾斜角度別の関係を下図に示します。1年を通じて最も日射量が大きくなる条件は、真南の方位で約30度の傾斜角度のときと考えます。



設置角度による発電量への影響

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計

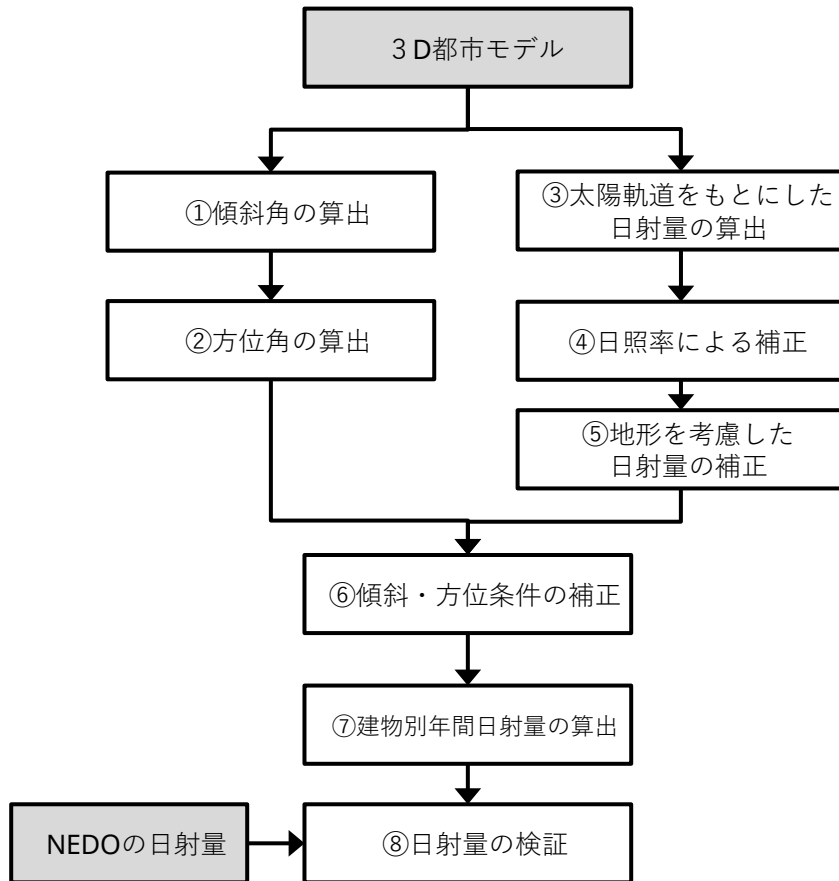


図 日射量の推計フロー

①傾斜角の算出：

3D都市モデルをもとに屋根の傾斜角を屋根面メッシュごとに算出

②方位角の算出：

3D都市モデルをもとに屋根の方位角を屋根面メッシュごとに算出

③太陽軌道をもとにした日射量の算出：

- ・太陽軌道、DSMデータをもとに日射量を月ごとに算出（山なし、雲なし）
- ・DSMデータの建物部分の標高値は3D都市モデルを利用して置換

④日照率による補正：

③の結果と気象データをもとに月ごとの日射量を補正

⑤地形を考慮した日射量の補正：

④の結果とDEMデータをもとに月ごとの日射量を補正

⑥傾斜・方位条件による補正：

⑤の結果と傾斜・方位条件による月ごとの日射量の補正
傾斜角3度未満の屋根は、方向角180度（南向き）、傾斜角15度に補正

⑦建物別年間日射量の算出：

⑥の結果をもとに、建物ごとに年間日射量を算出

⑧日射量の検証：

⑦の推定年間日射量とNEDOで算出した近傍地点の日射量を比較し、検証

日射量計算において、方位角と傾斜角での除外などは実施しておらず、水平屋根の補正のみ⑥で実施

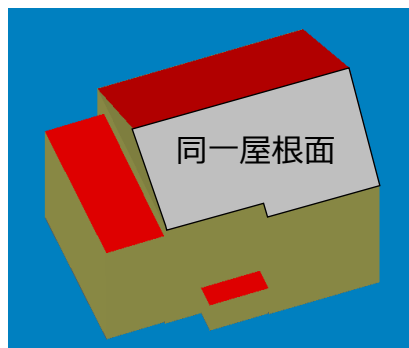
Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ①傾斜角の算出

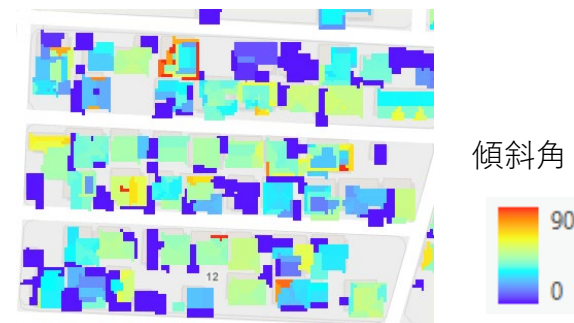
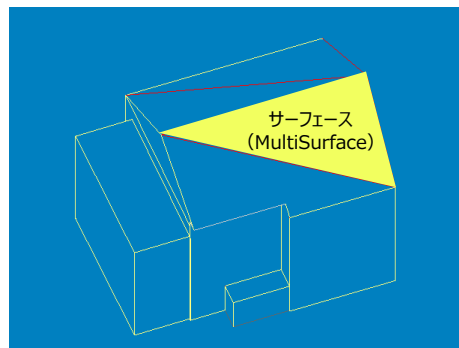
- 3D都市モデルを活用して、屋根面メッシュごとに傾斜角を算出した。具体的には「FME Desktop」の[SurfaceDraper]を利用し、屋根面メッシュを3D都市モデルの屋根面サーフェス（RoofSurface）に重ね合わせて、屋根面メッシュの各頂点の座標値を取得し、屋根面メッシュに座標値を与えた。さらに、[SlopeCalculator]により各屋根面メッシュの4頂点座標から傾斜角を算出し、ラスターデータとして出力した。
- 同一屋根面は複数のサーフェス（MultiSurface）で構成されていることが多い。そこで、複数のサーフェスで構成されている屋根面については、同一屋根面内の対象メッシュの傾斜角の平均値を算出し、その値を屋根面メッシュの傾斜角として設定した。具体的には、[SurfaceDissolver]により隣接し法線の角度の差が3度より小さいサーフェスを同一屋根面と判定した。続いて、[SpatialFilter]により同一屋根面に含まれるメッシュを抽出した。抽出したメッシュは、「ArcGISPro Ver2.8」のポリゴン編集機能を利用して、本来含まれるべき屋根面に含まれているのかを目視確認で確認し、別の屋根面に含まれているメッシュがあれば、正しい屋根面を設定した。最後に、[StatisticsCalculator]をより、同一屋根面に含まれる屋根面メッシュの傾斜角の平均値を算出し、屋根面メッシュの傾斜角として設定した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所）国際航業株式会社

図 複数のサーフェイスで構成された屋根のイメージ
右のワイヤーフレーム表示の線がサーフェイスの境界をしめす



画像出所）国際航業株式会社

図 算出した屋根の傾斜角のイメージ

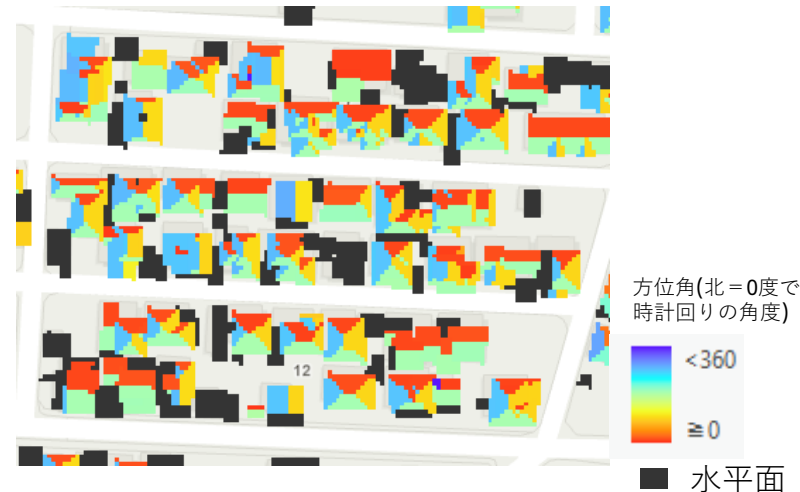
Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ②方位角の算出

- 3D都市モデルを活用して、屋根面メッシュごとに方位角を算出した。具体的には「FME Desktop」の[SurfaceDraper]を利用し、屋根面メッシュを3D都市モデルの屋根面サーフェス（RoofSurface）に重ね合わせて、屋根面メッシュの各頂点の座標値を取得し、屋根面メッシュに座標値を与えた。さらに、[RasterAspectCalculator]により屋根面メッシュと隣接する周囲の8メッシュの座標値を取得し、その座標値から屋根面メッシュが向いている方向（方位角）を算出し、ラスターデータとして出力した。
- 屋根面サーフェス（RoofSurface）は複数のサーフェイス（MultiSurface）で構成されていることが多い。複数のサーフェイスごとに方位角がわずかに異なるため、複数のサーフェイスで構成されている屋根面については、同一屋根面内の対象メッシュの方位角の平均値を算出し、その値を屋根面メッシュの方位角として設定した。具体的には、「①傾斜角の算出」にて抽出した複数のサーフェイスから構成される屋根面について、[StatisticsCalculator]を利用して、同一屋根面に含まれる屋根面メッシュの方位角の平均値を算出し、屋根面メッシュの方位角として設定した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所) 国際航業株式会社

図 算出した屋根の方位角のイメージ

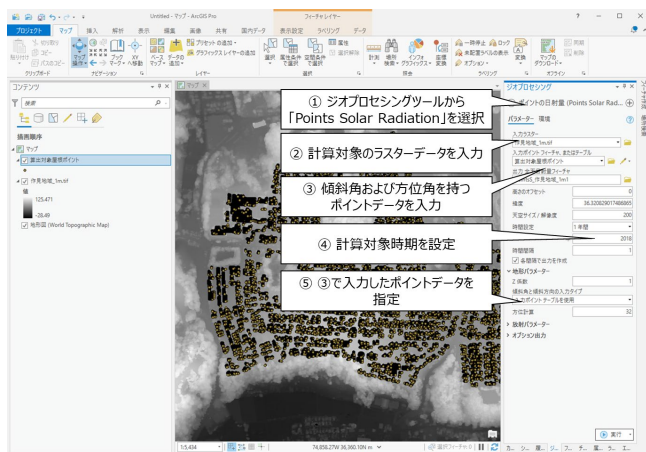
Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ③太陽軌道をもとにした日射量の算出

- 建物への日射量は太陽の軌道や周辺の建物の影の影響に応じて変化する。そこで、太陽軌道を踏まえた日射量を計算した。なお、周辺の建物の影の影響を考慮できるように、ここでは2017年度撮影の航空写真測量成果から作成したDSMデータを活用した。DSMデータの建物部分の標高値については、3D都市モデルを活用し、置換した。
- 具体的には、「FME Desktop」の[RasterMosaicker]を利用し、3D都市モデルの標高値で画素値を置き換え1m解像度のDSMデータをTIFF形式出力した。さらに[RasterCellCoercer]を利用し、「①傾斜角の算出」及び「②方位角の算出」で作成した傾斜角と方位角のラスターデータをSHP形式のポイントデータへ変換した。
- 上述で作成した標高値を置き換えたDSMデータ、傾斜角及び方位角のポイントデータを「ArcGISPro Ver2.8」のPoints Solar Radiation及びArea Solar Radiationに読み込ませ、太陽軌道に応じた直達日射を各地点の日射量として月毎に1mメッシュごとに算出し、TIF形式で出力した。なお、山はDSMデータから除外、雲は日射量解析機能を活用し除外した。なお、太陽軌道の計算はPoints Solar Radiation及びArea Solar Radiationの機能を活用した。

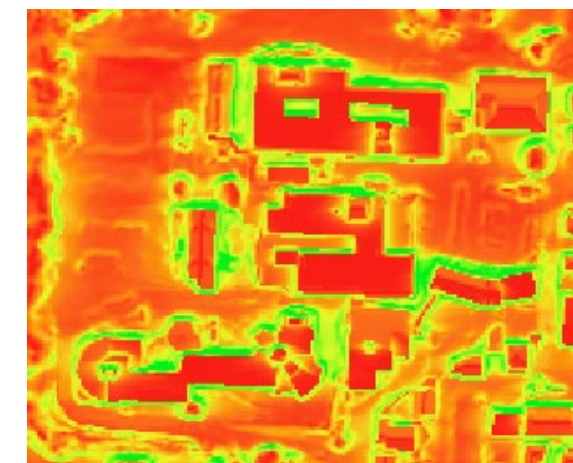
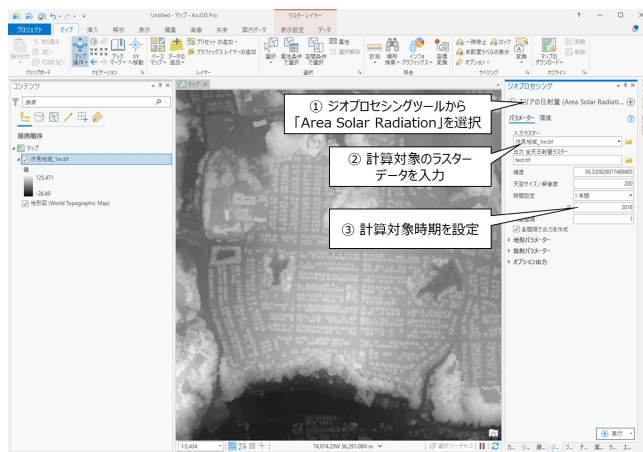
[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所）国際航業株式会社

図 日射量計算処理のイメージ

（左図： Points Solar Radiationでの処理イメージ 右図： Area Solar Radiationでの処理イメージ）



画像出所）国際航業株式会社

図 太陽軌道をもとにした日射量のイメージ

※図はTIF形式として出力した結果をArcGISに取り込み可視化したもの

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ④日照率による補正

- 太陽光発電は日照時間によって発電量が左右される。そこで、「③太陽軌道をもとにした日射量の算出」にて算出した日射量に対し、可照時間および日照時間から算出される日照率により日射量の補正を行った。
- 日照率は、国立天文台のこよみの計算※1から算出した月毎の可照時間と気象庁のアメダス気象データから算出した毎月平均日照時間を活用し、アメダスの観測所ごとの晴天時の月毎の日照率（i）と曇天時の月毎の日照率（ii）を計算した。

計算式：晴天時の日照率（i）＝[日照時間]/[可照時間]

計算式：曇天時の日照率（ii）＝（1- 晴天時の日照率）

※1 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 こよみの計算Webページ <https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>

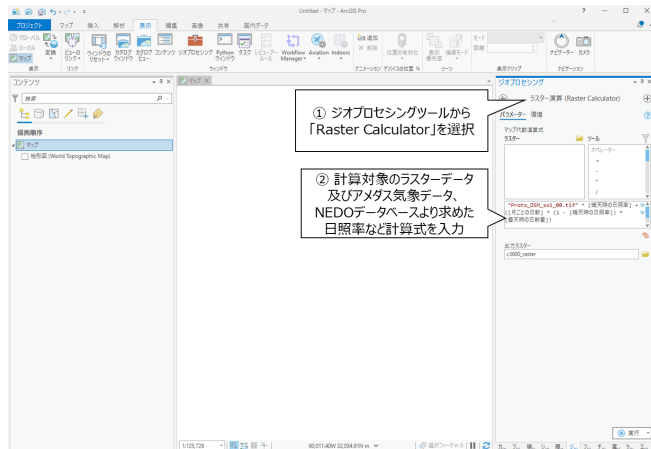
- 続いて、「ArcGISPro Ver2.8」のRaster Calculatorにより「③太陽軌道をもとにした日射量の算出」で計算した日射量を、観測所ごとに算出した各月の日照率（i 及び ii）にて補正した。具体的には、以下の1）と2）の合計値を補正後の日射量としてTIF形式で出力した。

- 「③太陽軌道の計算」結果へアメダス観測所から算出した晴天時の日照率（i）を乗算した日照時の日射量

計算式：太陽軌道をもとにした日射量（③の結果）＊晴天時の日照率（i）

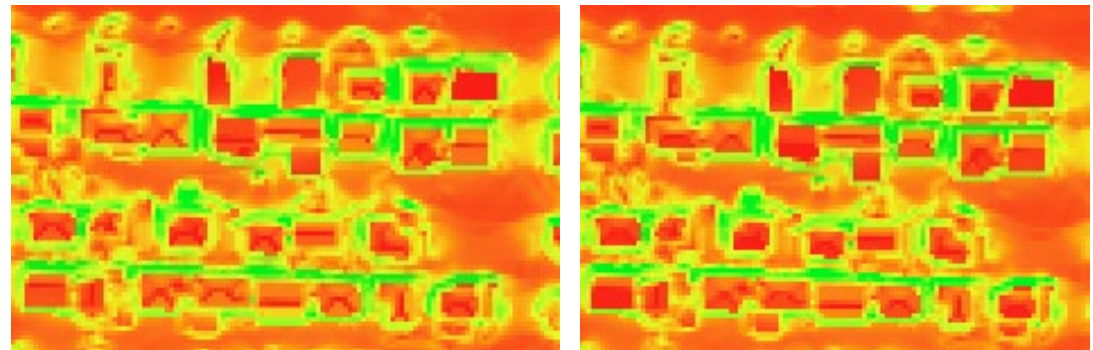
- NEDOデータベースから日ごとに抽出した日照時間および日射量から月毎に算出した曇天時の日射量

計算式：[月毎の日数] ＊ [曇天時の日照率]（ii） ＊ [曇天時の日射量]



画像出所）国際航業株式会社

図 Raster Calculatorによる処理イメージ



画像出所）国際航業株式会社

図 日照率による補正後の日射量イメージ
（左図：補正前 右図：補正後）

※図はTIF形式として出力した結果をArcGISに取り込み可視化したもの

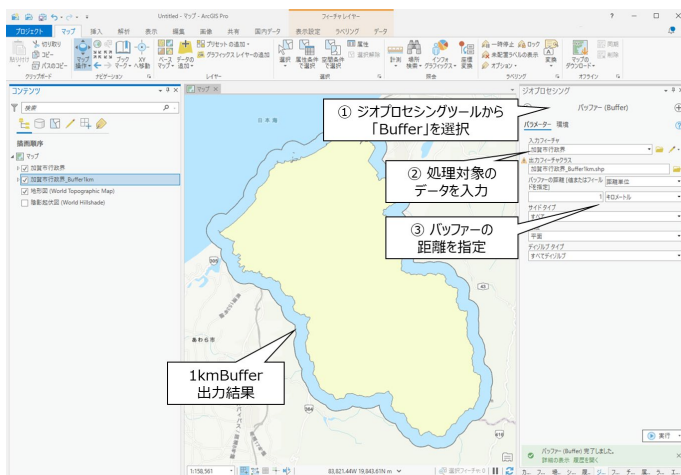
Copyright © 2022 by MLIT. All rights reserved.

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

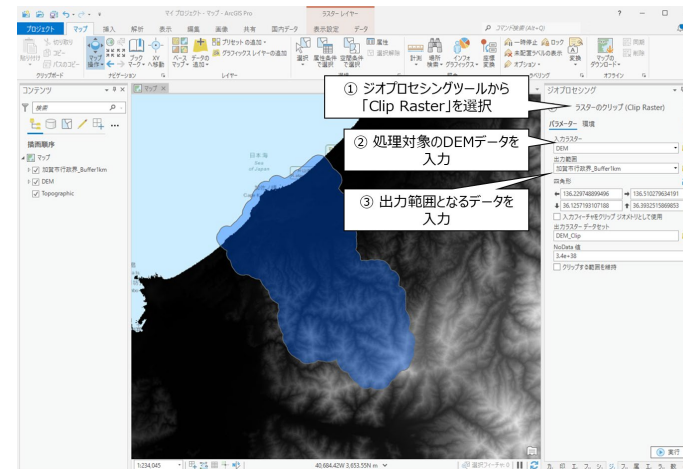
3.1. 日射量の推計 ⑤地形を考慮した日射量の補正 [1/2]

- 建物への日射量は周辺の地形に応じても変化する。そこで、「ArcGISPro Ver2.8」の画像解析機能を活用し、「④日照率による補正」にて算出した日射量に対し、国土地理院の「基盤地図情報（数値標高モデル）」から取得したDEMデータの地形情報を用いて日射量の補正を行った。なお、今回の実証範囲は加賀市内の一部の地域であるが、遠方地形による影響も受けるため、その補正を行った。
- まず、DEMデータを用いた日射量計算を実施し、TIF形式で出力した。その際、(1)加賀市全域をカバーするように1kmのバッファを持たせた処理範囲での日射量計算、(2)遠方地形をカバーするように20kmのバッファを持たせた処理範囲での日射量計算を行った。具体的には、以下の処理を行った。
 - 「ArcGISPro Ver2.8」のBufferにより、加賀市行政界データに対して1km、20kmのバッファを与える
 - 「ArcGISPro Ver2.8」のClip Rasterにより、DEMデータをバッファ領域に合わせて切り取る
 - 「ArcGISPro Ver2.8」のArea Solar Radiationにより、切り取った領域に対し日射量計算の実施（計算の手順は、③太陽軌道をもとにした日射量の計算と同様）



画像出所) 国際航業株式会社

図 Bufferによる処理イメージ



画像出所) 国際航業株式会社

図 Clip Rasterによる処理イメージ

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

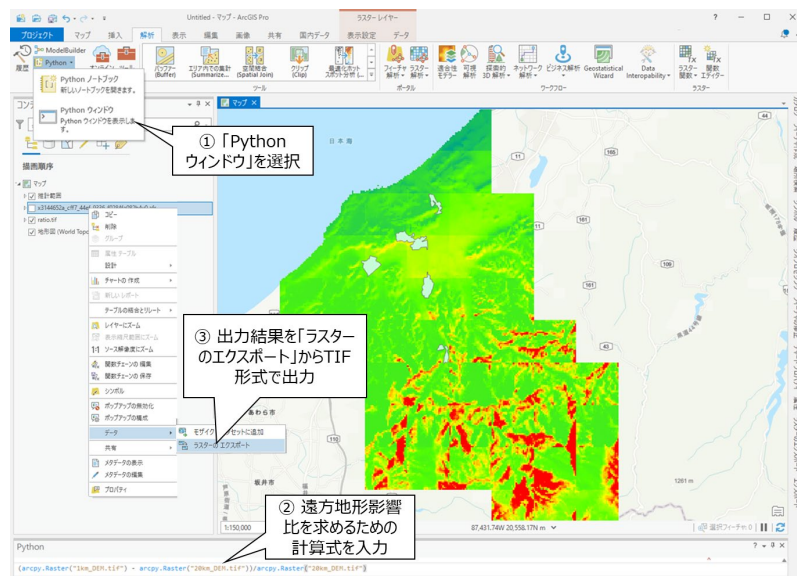
3.1. 日射量の推計 ⑤地形を考慮した日射量の補正 [2/2]

- 続いて、前述の(1)加賀市全域をカバーするように1kmのバッファーを持たせた処理範囲での日射量 (2)遠方地形をカバーするように20kmのバッファーを持たせた処理範囲での日射量を活用し、遠方地形影響比を算出した。

計算式：
$$\text{arcpy.Raster}("[1\text{km日射量結果}"])-\text{arcpy.Raster}("[20\text{km日射量結果}"])/\text{arcpy.Raster}("[20\text{km日射量結果}"])$$

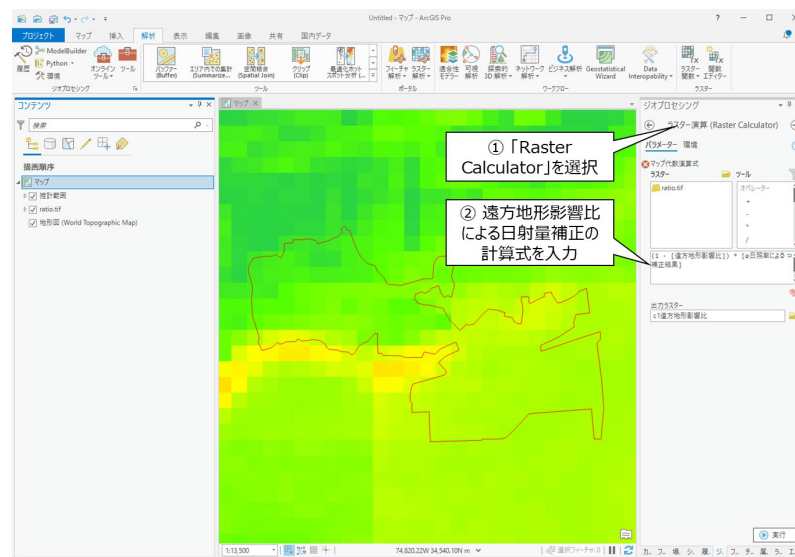
- 更に、遠方地方形影響比をもとに「④日照率による補正」により算出した日射量を補正し、地形を考慮した日射量を算出した。

計算式：
$$(1-[\text{遠方地形影響比}]) * [\text{日照率による補正結果}]$$



画像出所) 国際航業株式会社

図 遠方地形影響比算出の処理イメージ



画像出所) 国際航業株式会社

図 遠方地形影響比による日射量の補正の処理イメージ

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ⑥傾斜・方位条件の補正

- ③～⑤で試算した日射量は各建物の傾斜角及び方位角を考慮したものではない。そこで、「ArcGISPro Ver2.8」の画像解析機能を活用し、太陽光発電パネル設置対象屋根の屋根面メッシュを抽出し、①及び②で算出した各屋根面の傾斜角・方位角を活用して、各屋根面メッシュに対し、前述の③～⑤の手順で処理を行い、各屋根面メッシュの日射量を計算した。
- ただし、一般的に、傾きのない屋根（陸屋根）は発電効率を高めるような向き・角度で設置することが多い。環境省のREPOSなどでも陸屋根については一律の条件を設定し、試算を行っているため、今回の実証では、傾斜角3度未満の屋根については、環境省のREPOSの条件値も参考に、南向き（想定方向角180度）、傾斜角15度で得られる日射量に補正した。

【参考】REPOSでの条件

①必要設置可能面積の見直し

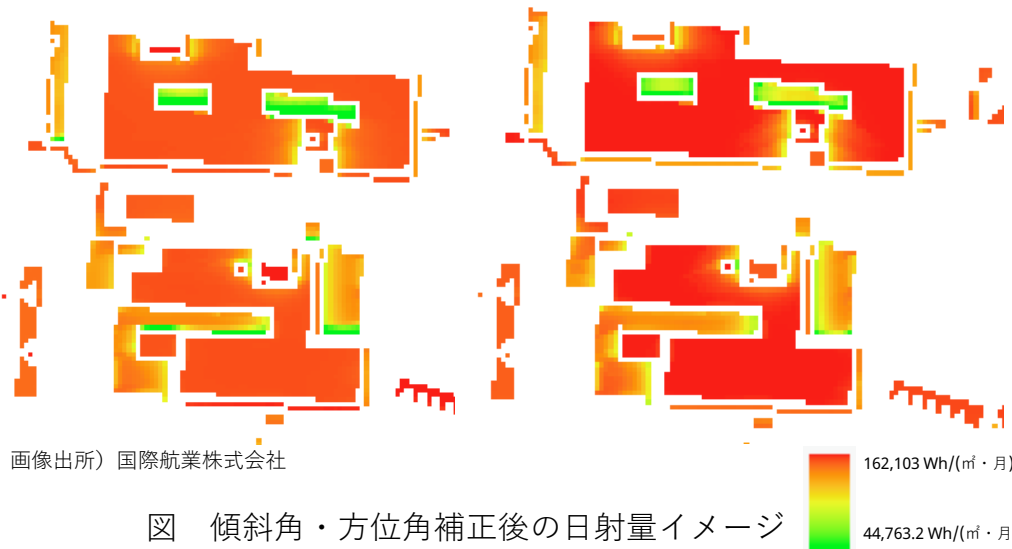
○戸建住宅

過年度業務と同様に $10\text{m}^2/\text{kW}$ とすることとした。

○戸建住宅以外

過年度業務では設置角度 30° を想定し、過大評価にならないよう安全側にみて $15\text{m}^2/\text{kW}$ としていた。近年では過積載による発電量の増加や設置場所の気象条件（主に風況）を考慮して設置角度を $10\sim 20^\circ$ で設置するケースがほとんどであることから 15° を想定し、 $12\text{m}^2/\text{kW}$ （註：必ずしも設置角度 15° に応じた面積を示しているわけではない）とした。

出所）令和元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・公開に関する委託業務報告書
https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/r01/r01_whole.pdf



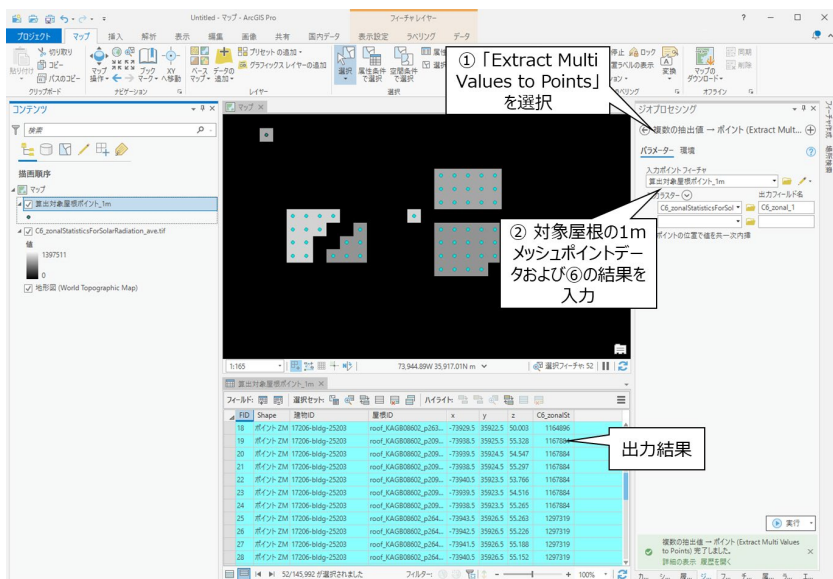
画像出所）国際航業株式会社

図 傾斜角・方位角補正後の日射量イメージ
 （左図：補正前 右図：補正後）

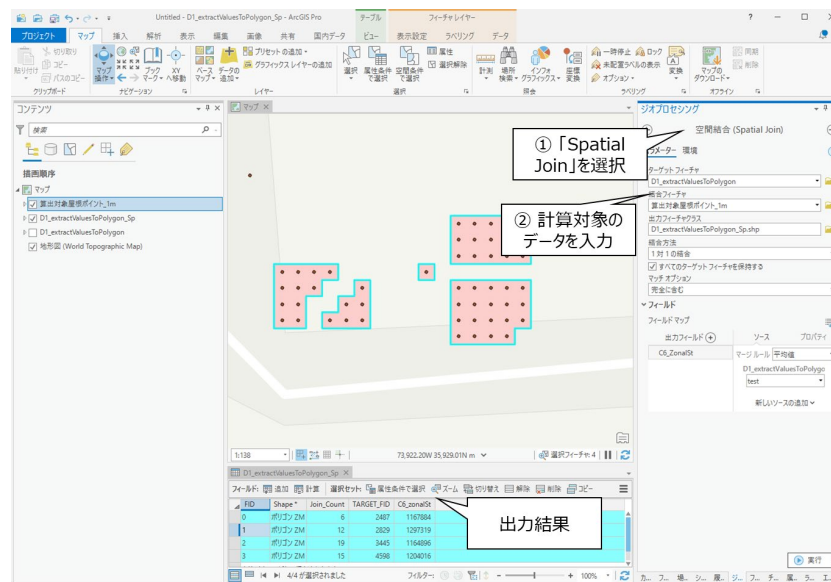
3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ⑦建物別年間日射量の算出 [1/3]

- 「ArcGISPro Ver2.8」のExtract Values to Pointsを活用し、「⑥傾斜・方位条件の補正」にて得られた各屋根面メッシュの日射量をSHP形式のポイントデータへ抽出し、Spatial Joinを活用し、抽出した1m²当たりの平均日射量をSHP形式の各屋根面へ付与し、各屋根面での日射量を集計した。



画像出所) 国際航業株式会社



画像出所) 国際航業株式会社

図 ⑥傾斜・方位条件の補正の結果の抽出処理イメージ

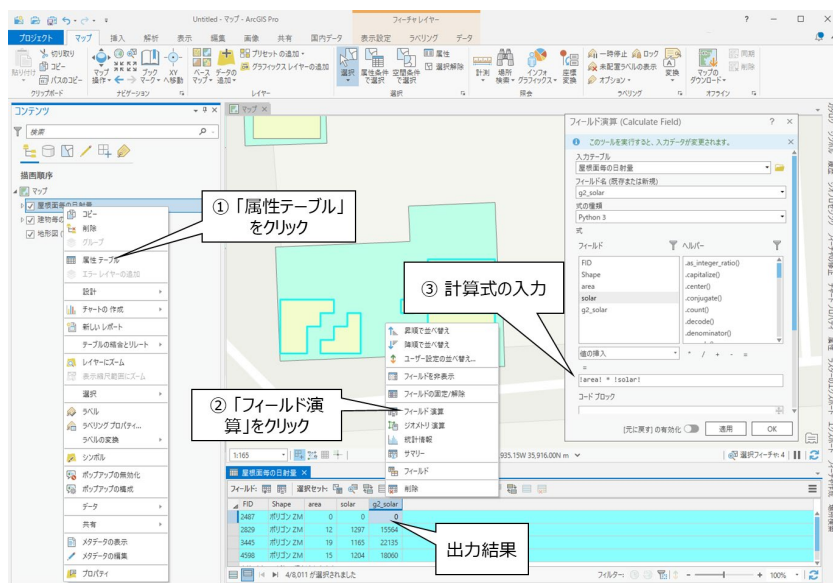
図 日射量の各屋根面への付与の処理イメージ

Ⅱ. 実証手法

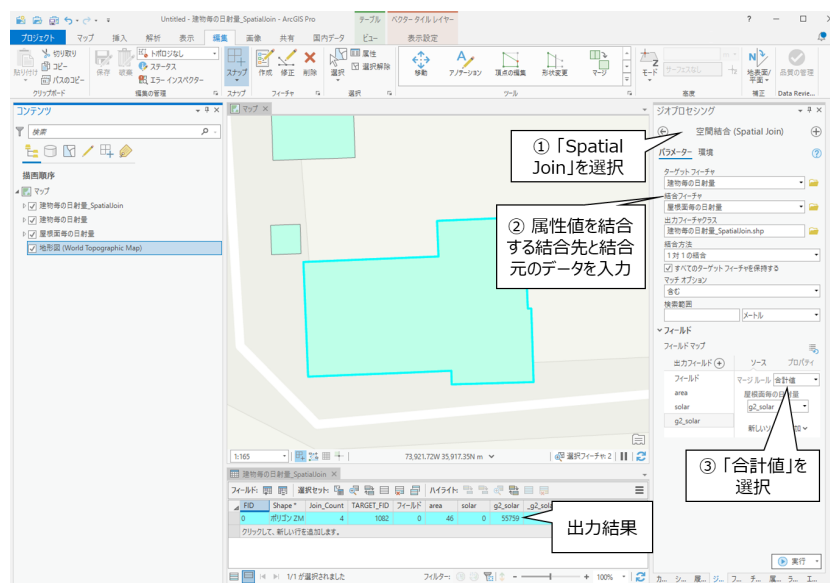
3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ⑦建物別年間日射量の算出 [2/3]

- Calculate Fieldを活用し、該当屋根の日射量へ面積を乗算し、屋根面全体の日射量としたうえで、 Spatial Joinを活用し、計算した日射量の合計値をSHP形式の建物へ付与した。



画像出所) 国際航業株式会社



画像出所) 国際航業株式会社

図 屋根全体での日射量の計算処理イメージ

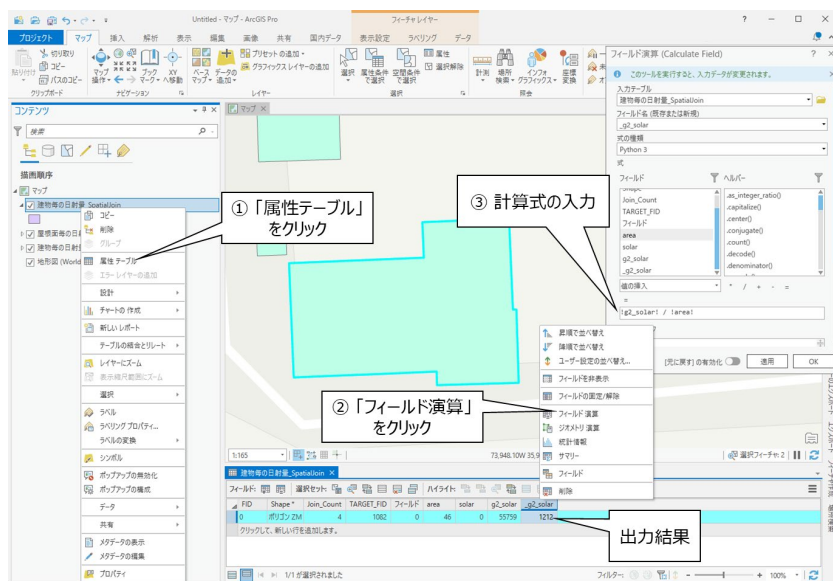
図 日射量の建物への付与の処理イメージ

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

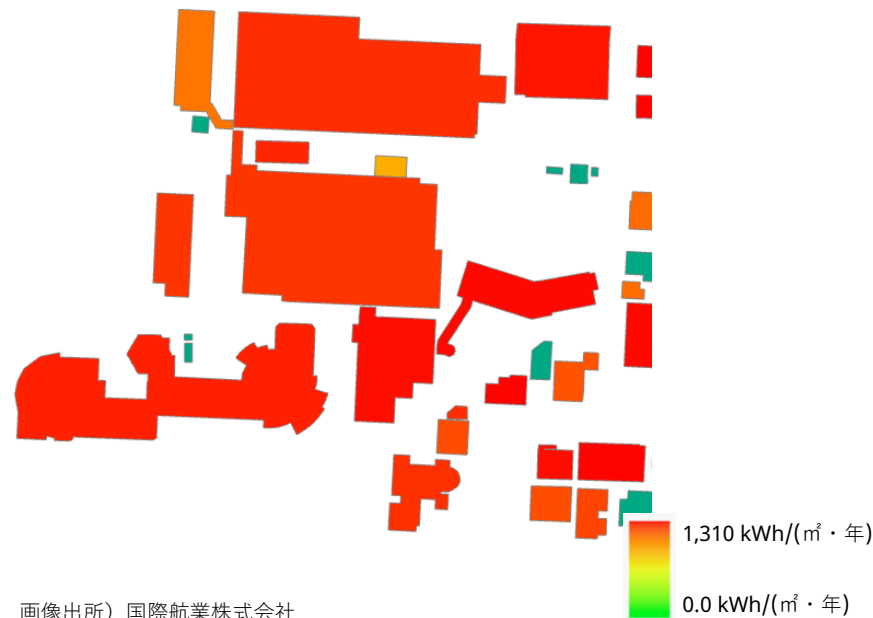
3.1. 日射量の推計 ⑦建物別年間日射量の算出 [3/3]

- 年間日射量は 1m^2 単位で定義されるものであるが、前述では建物単位での年間日射量の総計を算出しているため、それを建物の総屋根面積で除すことにより建物ごとの年間日射量を算出した。算出結果はSHP形式で出力した。



画像出所) 国際航業株式会社

図 建物別年間日射量の計算処理イメージ



画像出所) 国際航業株式会社

図 建物別年間日射量のイメージ

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計 ⑧日射量の検証

- 算出した建物別の年間日射量の検証にあたっては、実証地域における実測値のデータがなく、建物ごとの推計日射量と実日射量での比較検証ができない。そのため、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）日射量データベースより当該地域の観測地点での寡照年、平均年、多照年のデータを入手し、スケール確認のための参考値としての比較を行った。
- 具体的には、各地域における日射量の平均値とNEDOの日射量データベースの年間日射量との比較を行った。また、今回の実証では、NEDO日射量データベースでは考慮されていない傾斜および日陰の影響を考慮した推計を行っている。そこで、各地域で傾きによる影響かつ日陰による影響を受けない屋根（陸屋根）をもつ建物を抽出し、NEDOの日射量データベースの年間日射量との比較を行った。

表 NEDOデータベースの日射量

観測地点	年間日射量 [kWh/m2]			該当地域
	多照年	平均年	寡照年	
加賀菅谷	1031.786	1246.231	1442.600	山中
小松	1103.647	1325.817	1521.950	大聖寺・山代・ 片山津・作見

表 抽出した陸屋根建物の屋根面のイメージ

地域名	屋根面イメージ	建物ID
大聖寺地域		17206-bldg-23972
山代地域		17206-bldg-36165
片山津地域		17206-bldg-100806
作見地域		17206-bldg-101724
山中地域		17206-bldg-45004

画像出所) 国際航業株式会社

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.1. 日射量の推計

表 活用したデータ一覧

データ種類	整備主体	データ名・作成時期	URL
3D都市モデル	国土交通省都市局	2020年度	-
DSM (数値表層モデル)	国土交通省都市局	2021年度 航空写真 (2017年度撮影)	-
気象データ	気象庁	加賀市周辺 2010年～2018年の月ごとの観測値 観測地点：加賀菅谷、小松	https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/
DEM (数値標高モデル)	国土交通省国土地理院	「基盤地図情報 (数値標高モデル)」 2020年度	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php
日射量	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構	「年間月別日射量データベース (METPV-20)」 2010年～2018年	https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/metpv_map.html

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.2. 発電量の推計

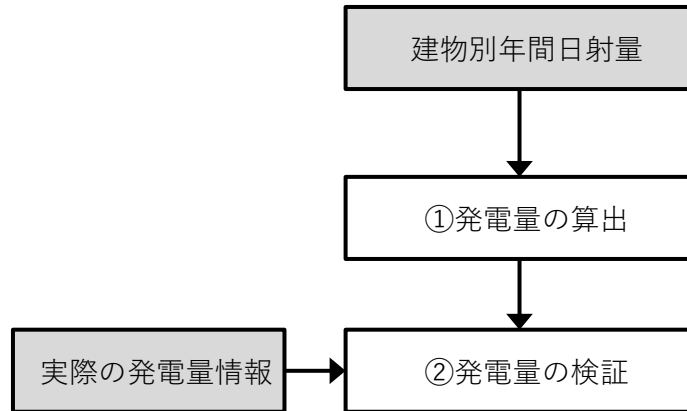


図 発電量の計算フロー

①発電量の算出：

JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」(2005年)を参照し、以下の式で建物ごとの年間発電量を算出

$$EPY = P * HAY * KPY * 1 / GS$$

EPY：年間予測発電量 (kWh/年)

P：設置可能システム容量 (推定) (kW)

HAY：年間予測日射量 (kWh/m²・年)

KPY：基本設計係数

GS：標準試験条件における日射強度 (kW・m²)

②発電量の検証：

①の結果と加賀市の公共施設に設置した太陽光発電パネルの実発電量を比較し、検証

Ⅱ. 実証手法

3. 太陽光発電ポテンシャル推計

3.2. 発電量の推計

- 発電量の推計式のうち、任意に設定可能なパラメータについて、環境省のREPOSの条件値も参考に設定した。

年間発電量の推計式

年間予測発電量 (EPY)

= 設置可能システム容量 (P) * 年間予測日射量 (HAY) * 基本設計係数 (KPY) * 1 / 標準試験条件における日射強度 (GS)

└ パネル面積 * 単位面積当たり容量

()内は前スライドの略称と同じ

表 設定パラメータ

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	0.167	メーカー別設置係数の平均 (6.00m2/kW) から算出
標準試験条件における日射強度※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。

【参考】REPOSでの条件値

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/m2とした。

年間発電電力見込量 (kWh/年)

= 発電最大出力 (kW) × 日射量 (kWh/m2・日) × 365 日 × 総合設計係数 ÷ 標準日射強度 (kW/m2)

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	19.8m2	4.95m2/kW
ソーラーフロンティア	4.08kW	29.5m2	7.23m2/kW
パナソニック	4.06kW	20.5m2	5.05m2/kW
シャープ	4.18kW	21.9m2	5.24m2/kW
三菱	4.05kW	25.6m2	6.32m2/kW
京セラ	4.00kW	27.0m2	6.75m2/kW
Qセルズ	4.16kW	26.7m2	6.42m2/kW
カナディアンソーラー	4.05kW	23.4m2	5.78m2/kW
トリナソーラー	4.10kW	25.6m2	6.24m2/kW
平均値			6.00m2/kW

出典：各メーカーホームページ

出所) JIS C8960:2012 <https://kikakurui.com/c8/C8960-2012-01.html>

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・公開に関する委託業務報告書
https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/h30/h30_whole.pdf

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.1. 反射シミュレーションソフトウェアの開発

- 反射シミュレーションの実施にあたっては、フォーラムエイト社製ソフトウェア「UC-win/Road」で今回の実証を行うための機能を追加開発した。
- UC-win/Roadは、道路・橋梁・トンネル・建物・樹木などを定義・配置をすることで、バーチャル空間に都市を再現する3DVRソフトウェアである。このうちの環境アセスプラグインでは、UC-win/Roadの各機能を活用することで、簡易アセスメントを行うことが可能となる。今回の実証では、環境アセスプラグインのうち日照障害及び反射光の予測機能について機能の拡張を行った。

表 環境アセスプラグインによる評価項目

日照障害の評価	時間毎の日照調査、表示
反射光の予測	太陽光パネルからの反射光を計測、VR表示

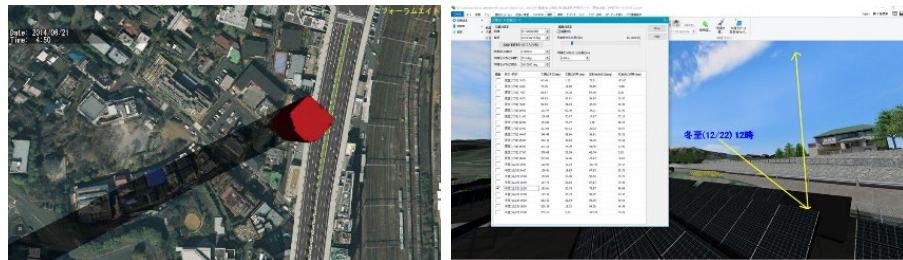
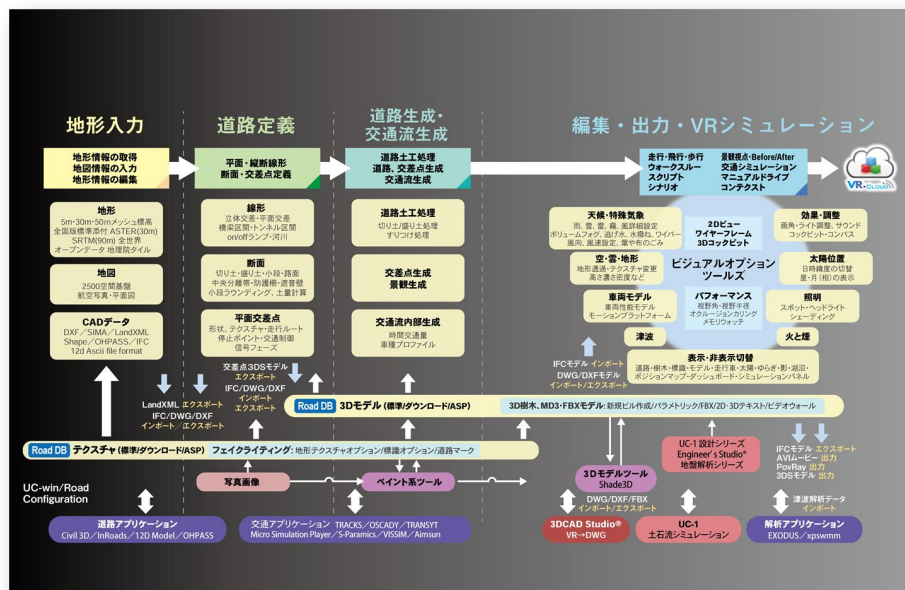


図 環境アセスプラグインのイメージ

図 UC-win/Road処理フロー

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.1. 反射シミュレーションソフトウェアの開発

- 既存のUC-win/Roadの環境アセスプラグインは、ある点に大きさ、位置、方位、角度で定義された1枚の太陽光パネルを設置し、1時間ごとに入射・反射方向を計算するシミュレーション機能を持つものである。
- 今回の実証実験では、複数の太陽光パネルの入射・反射シミュレーションを同時に行うため、パネル設置位置を四隅と中央の5点の平面直角座標及び角度で簡素に定義された1m²の均質な太陽光発電パネルについて、一度にシミュレーションを行う機能を環境アセスプラグインに付加した。
- 今回の実証では、追加開発機能を活用し、UC-win/Road内で反射シミュレーションを実施し、結果（反射点・到達点の座標）はCSVファイルとして出力した。

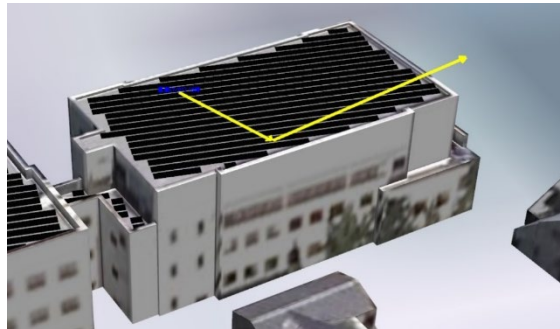


図 UCwin/Roadでの反射シミュレーション イメージ

表 追加開発した機能

(1)	複数の太陽光パネルの一括シミュレーション機能
(2)	光跡機能の拡張（反射光の到達点の座標算出・出力）
(3)	周囲の建物の影の考慮機能
(4)	建物の屋根情報インポート、パネル配置機能

表 反射シミュレーション結果出力イメージ（CSV形式）

建物ID	屋根面ID	シミュレーション日時	反射点座標.X(m)	反射点座標.Y(m)	反射点座標.Z(m)	反射先座標.X(m)	反射先座標.Y(m)	反射先座標.Z(m)
17206-bldg-10636	roof_kaga0574_p3300_2	2021/6/21 5:00	-74440.49996	36471.49993	56.15399933	-74442.66012	36470.11174	57.69043732
17206-bldg-10636	roof_kaga0574_p3300_2	2021/6/21 5:00	-74441.49996	36470.49993	56.43300247	-74442.68063	36469.74162	57.27240372
...								

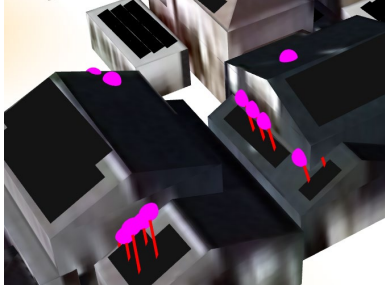
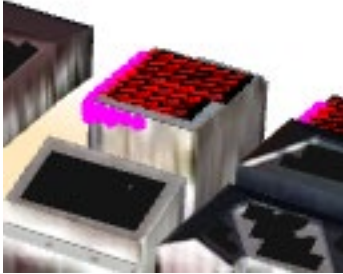
Ⅱ. 実証手法

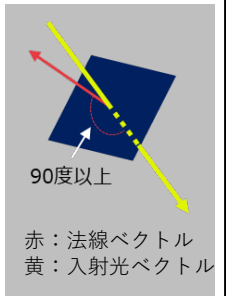
4. 反射シミュレーション

4.2. ソフトウェアのエラー改善

- ソフトウェアでの拡張機能開発後に発生したエラーについては、下記のとおり改善した。

表 エラーの発生原因及び対応方法

エラー内容	エラーの様子	発生原因	対応方法
反射光が建物を貫通する		- インプットデータ作成時の誤差により、一部のパネルの座標が建物の内側に位置していた。 - その結果、建物の内側で反射が起こり、当該建物内を反射光が貫通した。	- 座標データについて、当初はメッシュ四隅の4点としていたが、別途建物モデルから中心点を取得した5点に変更した。 - ソフトウェアについては、パネルの設置位置高さを微調整できるよう改修した。
パネル裏面で光が反射する		パネルの表面と裏面を区別せずに反射シミュレーションを行っていた。	- パネルを構成する座標データから法線ベクトル（パネルに垂直かつ上向きのベクトル）を求めた。 - 入射光がパネル上面から入る場合は、右図に示す通り、入射光ベクトルと法線ベクトルの成す角が90度以上になるため、この場合のみに反射光の計算処理を行うようにソフトウェアを改修した。



Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.3. 反射シミュレーション用データの作成

- 実証時点では、反射シミュレーションを行うソフトウェア（UC-win/Road）は、CityGML形式に対応していなかったため、ソフトウェア側の改修を行わずに3D都市モデルを読み込めるように、FBX形式に変換し、インプットデータとして活用した。

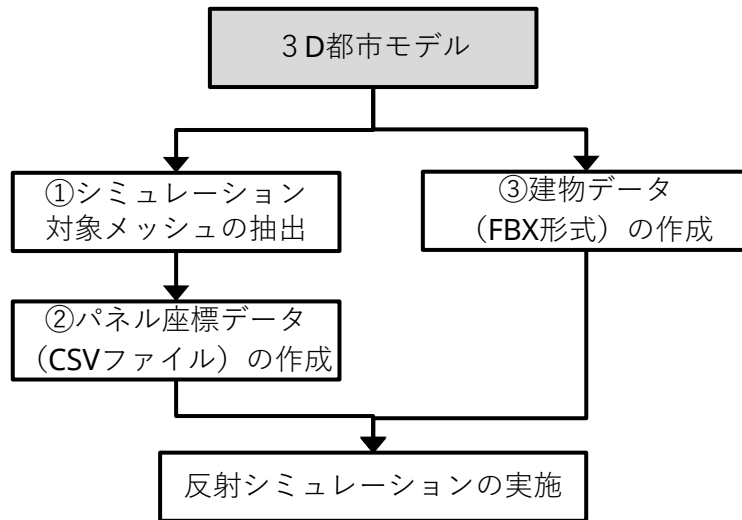


図 反射シミュレーション用データ作成のフロー

①シミュレーション対象メッシュの抽出：

反射シミュレーションの対象となる屋根面のメッシュを抽出

※抽出条件は「2.2. 太陽光発電パネル設置対象屋根の抽出」に記載した条件

②パネル座標データ（CSVファイル）の作成：

①で抽出された屋根メッシュから下記の情報を抽出し、CSVファイルとして出力

- 建物ID
- 屋根ID
- メッシュを構成する4点の座標（平面直角座標系7系）
- メッシュの中心点の座標（平面直角座標系7系）
- 傾斜角
- 方位角

③建物データ（FBX形式）作成：

3D都市モデルをFBX形式（座標系：平面直角座標系7系）に変換

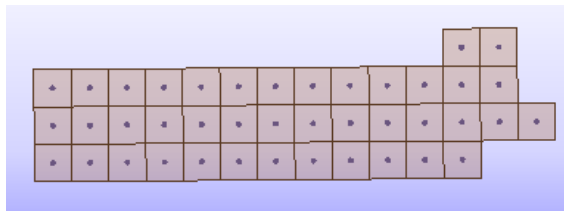
Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.3. 反射シミュレーション用データの作成 ②パネル座標データの作成

- 「FME Desktop」を活用し、「①シミュレーション対象メッシュの抽出」で抽出した屋根メッシュから、「建物ID」「屋根ID」「メッシュを構成する4点の座標（平面直角座標系7系）」「メッシュの中心点の座標（平面直角座標系7系）」「傾斜角」「方位角」を抽出し、CSVファイルとして出力した。
- 建物IDおよび屋根ID（RoofuSurfaceのgml_id）は、3D都市モデルから[RasterDEMGenerator]及び[RasterCellCoercer]を利用して屋根メッシュを作成する際に、3D都市モデルに付与されている当該IDを抽出した。また、メッシュを構成する4点の座標は、[CoordinateExtractor]を、「メッシュの中心点の座標」は[CenterPointReplacer]を利用して屋根メッシュから抽出した。
- なお、「傾斜角」および「方位角」は、「Ⅱ.3.3.1.日射量の推計 ①傾斜角の算出」及び「②方位角の算出」と同様の方法で算出した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所）国際航業株式会社

建物ID	Roof_gml_id	0_x	0_y	0_z	1_x	1_y	1_z	2_x	2_y	2_z	3_x	3_y	3_z	c_x	c_y	c_z	slope	aspect
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73501	35437	12.765	-73501	35438	13.112	-73500	35438	13.045	-73500	35437	12.702	-73500.5	35437.5	12.905	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73506	35436	12.748	-73506	35437	13.098	-73505	35437	13.031	-73505	35436	12.681	-73505.5	35436.5	12.889	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73505	35436	12.681	-73505	35437	13.031	-73504	35437	12.964	-73504	35436	12.613	-73504.5	35436.5	12.822	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73504	35436	12.613	-73504	35437	12.964	-73503	35437	12.896	-73503	35436	12.55	-73503.5	35436.5	12.755	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73503	35436	12.55	-73503	35437	12.896	-73502	35437	12.829	-73502	35436	12.486	-73502.5	35436.5	12.689	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73502	35436	12.486	-73502	35437	12.829	-73501	35437	12.765	-73501	35436	12.422	-73501.5	35436.5	12.626	19.4	168.2
17206-bldg-261...	roof_KAGB0916...	-73501	35436	12.422	-73501	35437	12.765	-73500	35437	12.702	-73500	35436	12.358	-73500.5	35436.5	12.562	19.4	168.2
17206-bldg-264...	roof_KAGB0918...	-73510	35385	12.726	-73510	35386	13.133	-73509	35386	13.125	-73509	35385	12.718	-73509.5	35385.5	12.926	22.1	178.8
17206-bldg-264...	roof_KAGB0918...	-73511	35384	12.327	-73511	35385	12.734	-73510	35385	12.726	-73510	35384	12.319	-73510.5	35384.5	12.527	22.1	178.8
17206-bldg-260...	roof_KAGB0915...	-73447	35439	12.408	-73447	35440	12.416	-73446	35440	12.802	-73446	35439	12.795	-73446.5	35439.5	12.605	21.2	268.8
17206-bldg-260...	roof_KAGB0915...	-73447	35438	12.401	-73447	35439	12.408	-73446	35439	12.795	-73446	35438	12.788	-73446.5	35438.5	12.598	21.2	268.8
17206-bldg-260...	roof_KAGB0915...	-73446	35438	12.788	-73446	35439	12.795	-73445	35439	13.182	-73445	35438	13.174	-73445.5	35438.5	12.985	21.2	268.8
17206-bldg-260...	roof_KAGB0915...	-73447	35437	12.393	-73447	35438	12.401	-73446	35438	12.788	-73446	35437	12.78	-73446.5	35437.5	12.59	21.2	268.8

図 出力したcsvデータ（中心点）をFME Inspectorでの表示イメージ
（左図：①で抽出した屋根メッシュとcsvの中心点座標、右図：csvデータとして抽出された各項目）

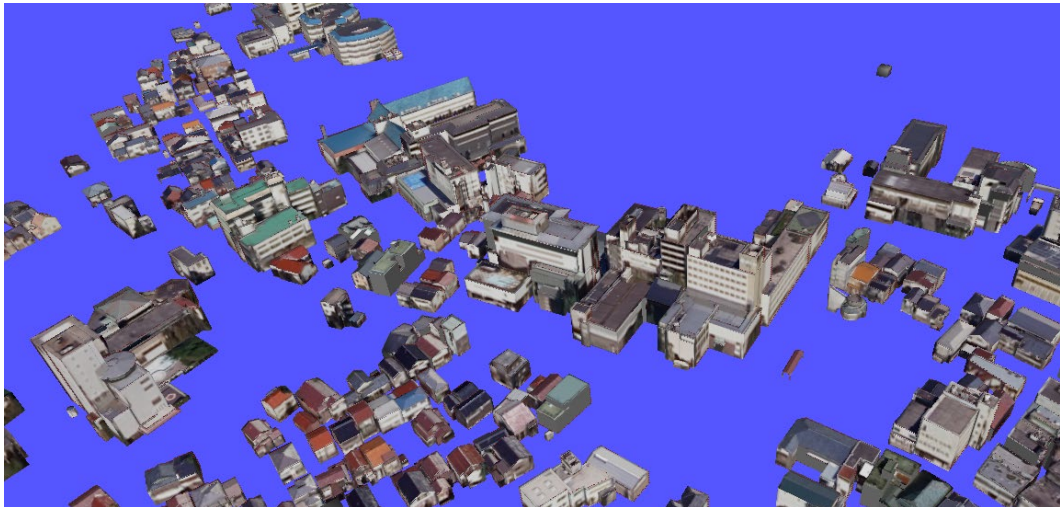
Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.3. 反射シミュレーション用データの作成 ③建物データの作成

- UC-win/Roadで3D都市モデルを読み込み、入射光が遮蔽されるかの判定及び太陽光発電パネルに光が当たった場合に反射光が建物に到達するかの判定を行うために、3D都市モデルの変換を行った。
- 具体的には、「FME Desktop」のAutodesk FBXライターを活用し、3D都市モデル(CityGML)をサーフェス単位でFBXデータに変換した。その際、[GeometryPropertySetter]を利用して、FBXの各サーフェスのレイヤー名に3D都市モデルが保持している建物IDと屋根IDを付与した（“<建物ID属性>-<各Surfaceのgml_id>”）。FBXデータの座標系は3D都市モデルの日本測地系2011を[CsmmapReprojector]を利用して平面直角座標系7系に変換した上で付与した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す



画像出所）国際航業株式会社

図 出力したFBXデータをFME Inspectorで表示

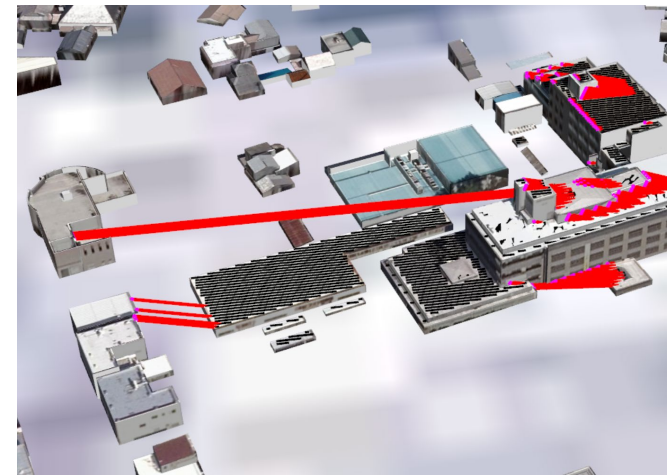
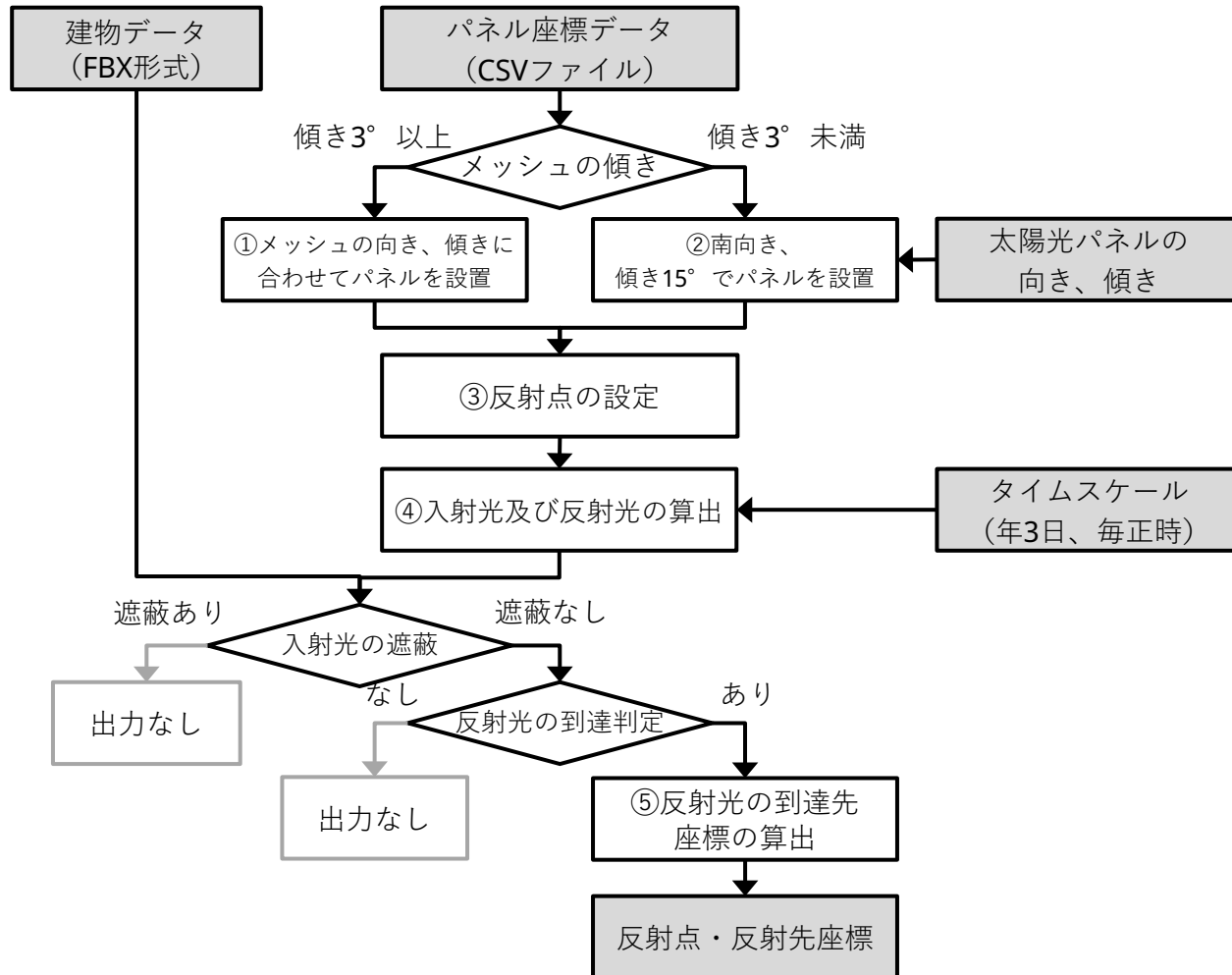


図 反射シミュレーションの到達判定イメージ

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.4. 反射シミュレーションの実施



①②パネルの設置条件の判定：

加賀市と協議のうえ、今回の実証では市内の公共施設を対象に、「4.3.反射シミュレーション用データの作成」で作成したパネル座標データ（CSVファイル）のデータをUC-win/Roadにインポートし、各メッシュの傾きから、設置されるパネルの向き、傾きを設定

③反射点の設定：

各メッシュの中心点を反射点と設定

④入射光及び反射光の算出：

夏至、春分、冬至の各3日について1時間ごとに、太陽光発電パネルに太陽光が入射する場合その反射光を計算し、反射光が建物等に当たるかを判定

⑤反射光の到達座標の算出：

UC-win/Roadに「4.3. 反射シミュレーション用データの作成」で作成した建物データ（FBX形式）をインポートし、入射光の遮蔽がなく、かつ反射光が建物等に到達する場合、反射光の到達先の座標を算出

図 反射シミュレーションのフロー

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.4. 反射シミュレーションの実施 ①②パネルの設置条件の判定③反射点の設定

- 今回の実証にあたっての機能改修により、「4.3.反射シミュレーション用データの作成」で作成した太陽光発電パネル設置位置の座標・傾きを記したCSVファイルをインポートし、同時に最大15,533枚の入射・反射シミュレーションをバッチ処理することに成功した。なお、屋根面の傾きの条件に応じてパネルの設置向き及び角度を自動的に設定している。
- 反射点は一律に中心点と定義した。パネルの設置条件は太陽光発電ポテンシャル推計と同一条件とした。

表 パネルの設置条件及び反射点の設定

	屋根面の傾きあり（3° 以上）	屋根面の傾きなし（3° 未満）
インプットデータ	建物ID、屋根面ID、各メッシュの4隅及び中心点の座標、傾き	
パネル設置の向き・傾き	メッシュの向き、傾きに合わせパネルを設置	南向き、傾き15° でパネルを配置
反射点	各メッシュの中心点と一律で設定	

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.4. 反射シミュレーションの実施 ④入射光及び反射光の算出

- 太陽光発電パネルに太陽光が入射しているかは、日照障害の判定機能のうち、影の影響判定を活用し、太陽光発電パネルの中央点が影の領域に含まれているかで判定した。具体的には、太陽の位置と太陽光パネル中心点を直線上のでつなぎ、太陽光パネルから500mの距離にカメラを配置し、当該カメラから作成した深度バッファの画像中央点（太陽光パネルの中央が表示されている）の深度（カメラからの距離）が500m以下であった場合、カメラと太陽光パネルの間に他の建物などが干渉している=影が発生と判定した。
- 太陽光発電パネルからの反射光の方向計算は、太陽光パネル面に対して入射光が鏡面反射することとして計算した。なお、日照シミュレーションにおける太陽の動きに関しては、既存製品の機能（太陽と月の位置機能）を使用した。

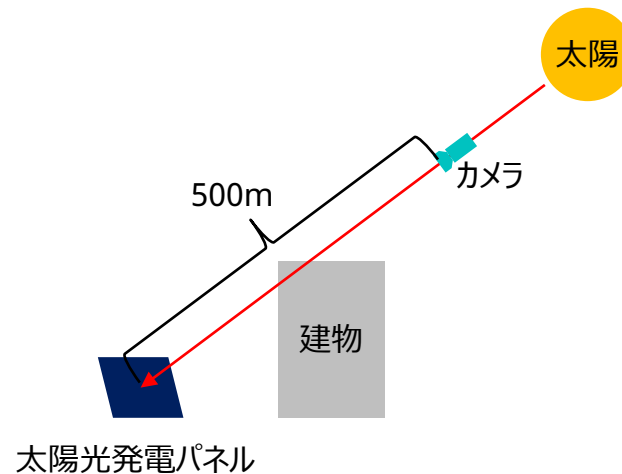


図 太陽光発電パネルへの太陽光の入射の判定イメージ

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.4. 反射シミュレーションの実施 ⑤反射光の到達座標の算出

- 反射光が他の建物へ到達するかは、反射方向を求めたのちにカメラを太陽光発電パネル中央点に配置し反射方向を向け、影の影響判定と同様に深度バッファを取得したうえで、深度バッファ画像の中央（反射方向の中心）の深度情報が設定値以下の場合、途中に建物が存在する反射光として判定した。
- 深度バッファ画像の中央の座標 (X,Y) から3D空間内の座標 (X,Y,Z) に変換（スクリーン座標→ワールド座標）することで干渉点の座標を算出し、干渉と判定した場合は、反射元（太陽光パネルの中心点）と反射先（干渉点）の座標をCSVファイルで出力した。

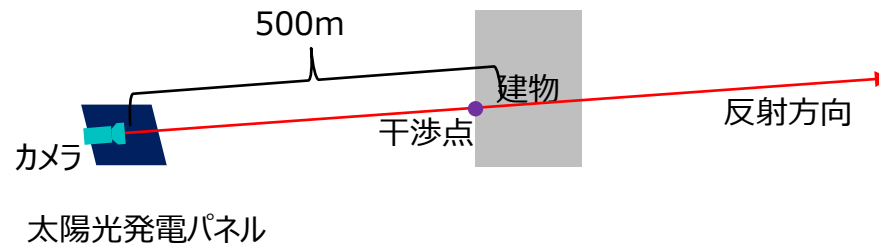


図 反射光の建物への到達判定のイメージ

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.4. 反射シミュレーションの実施

表 反射シミュレーション実施対象施設一覧

施設名	エリア
加賀市役所	大聖寺
大聖寺分署	大聖寺
加賀市市民会館	大聖寺
加賀体育館	大聖寺
加賀市武道館	大聖寺
石川県九谷焼美術館	大聖寺
加賀市立中央図書館	大聖寺
錦城小学校	大聖寺
かが交流プラザさくら	大聖寺
加賀看護学校	大聖寺
加賀市立大聖寺地区会館	大聖寺
大聖寺保育園	大聖寺
大聖寺児童センター	大聖寺
加賀市立山代地区会館	山代
山代小学校	山代
魯山人寓居跡いろは草庵	山代
はづちを楽堂	山代
山代児童センター	山代
山代分署	山代
加賀市文化会館	山代
加賀山代温泉総湯	山代

施設名	エリア
片山津小学校	片山津
加賀市立片山津地区会館	片山津
片山津児童センター	片山津
加賀片山津温泉総湯	片山津
作見小学校	作見
作見保育園	作見
加賀市立作見地区会館	作見
加賀市美術館	作見
加賀市医療センター	作見
作見児童センター	作見
山中小学校	山中
山中温泉ぬくもり診療所	山中
山中児童センター	山中
加賀市立山中図書館	山中
山中温泉文化会館	山中
山中分署	山中
山中中央保育園	山中
山中武道館	山中
山中温泉共同浴場菊の湯第1（男湯）	山中
高齢者ふれあいセンターゆざや	山中
山中温泉 芭蕉の館	山中
山中温泉共同浴場菊の湯第1（女湯）・山中座	山中

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.5. 反射シミュレーションの実施日時の考え方

- 環境省「太陽光発電の環境配慮ガイドライン」※の影響の検討に関するチェックリストを参考に、今回の実証の反射シミュレーションの実行日時を検討した。
- 日数については、夏至、冬至、春分の3日についてシミュレーションを行った。
- 「反射光が他の建物に到達するおおむねの時間」が評価軸となるため、1時間間隔でシミュレーションを行った。

※ 本ガイドラインの対象について「建築物の屋根、壁面又は屋上に設置するものは除く」とされているが、反射光について自主的に検討する際の参考として活用できるとされている。

【参考】太陽光発電の環境配慮ガイドライン

影響の検討に関するチェックリスト【反射光】		
チェック事項	該当する場合 ✓	✓の場合
見通せる範囲に、住宅等の「まぶしさ」を懸念する建物・施設等があり、下記の条件に該当する。 ① 設置場所の北側に高い建物がある ② 斜面地へのパネル設置で、南側に近接して住宅等がある ③ 東側又は西側が大きく拓けている土地に太陽光発電施設を設置する		影響の程度の確認へ
↓		
影響の程度の確認方法	懸念あり× 懸念なし○	懸念あり× の場合
販売・施工店等に依頼するなどして、反射光のシミュレーション※を行う。 その結果、反射光の影響が懸念される場合は対策を講ずる。 ※：立地場所の緯度経度、パネルの方位角、傾斜角から、夏至、冬至、春・秋分について、反射光の反射角と方位を計算し、パネルと保全対象の位置関係から、反射光が住宅等に届くおおむねの時間を推定		「(2)対策」へ

注) 該当する/しないと判断した根拠資料や影響の程度を確認した結果は、地方公共団体や地域住民等に説明できるよう、とりまとめて保管しておきましょう。

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.6. 自建物への反射光の判定・除外処理

- 今回の実証では、パネルを設置した自建物への反射光の判定及び除外する処理を行った。
- 具体的には、反射シミュレーション結果（CSVファイル）、CityGML建物データ、同一建物とみなす建物IDのリストに基づき、反射先座標と建物モデルを2次元に落とし込み、反射点（ラインの始点）と反射先（終点）が同一建物内に含まれるかをFME Desktopの[TestFilter]を用いて判定し、判定結果を反射シミュレーション結果（CSVファイル）に追加した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す

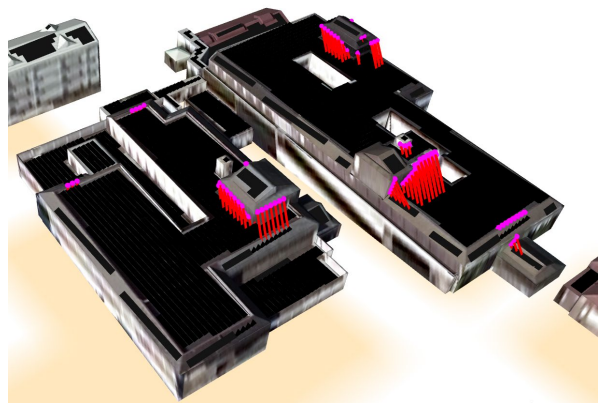


図 同一建物内反射の例

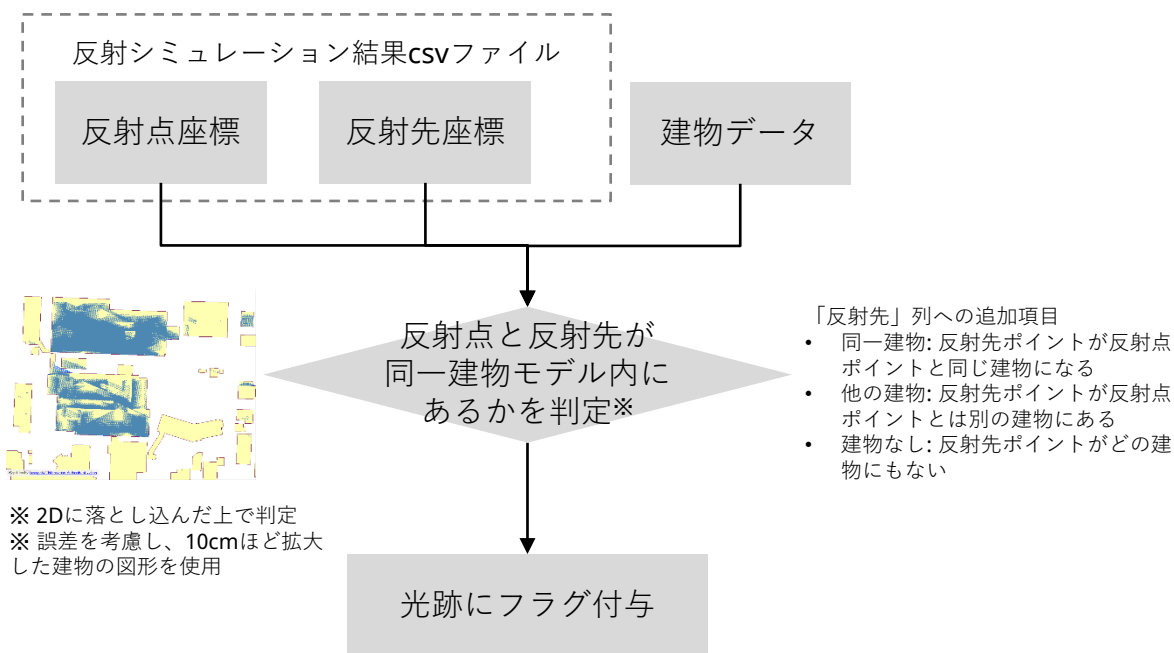


図 判定フロー

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.7. 反射光の地中埋没の除外処理

- 地表面への反射光を除外するために反射光の到達先の判定に建物モデルのみを用いたところ、地面を貫通する反射光及び地中に到達する反射光が発生した。
 - 地表面を考慮してシミュレーションを実施した上で、地面に到達する反射光を除外する処理を行った。
 - 除外①：反射先のz座標が地表面高さ + 10cm以下の場合、出力から除外
 - 除外②：到達先が建物ポリゴン外に位置するものを除外
- ※ 反射先の座標に誤差が含まれるため、①及び②を併用

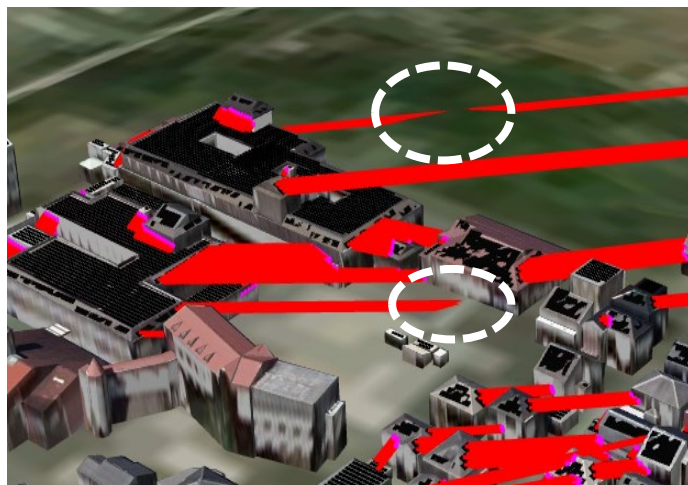


図 地中埋没事象の例

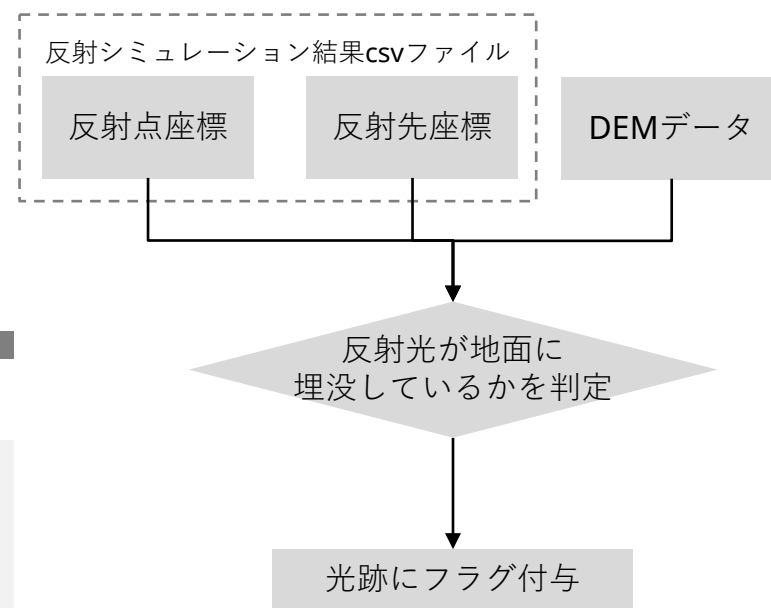
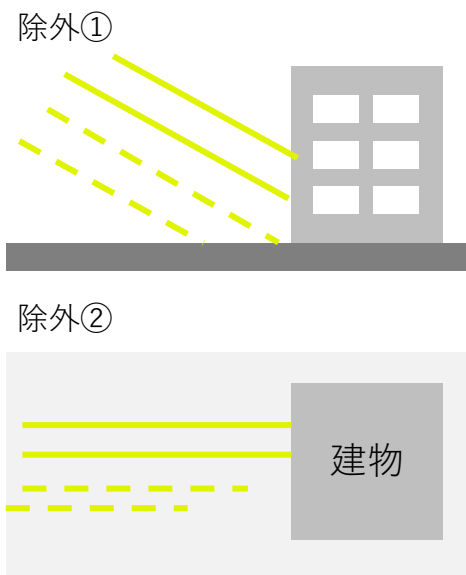


図 除外①フロー

Ⅱ. 実証手法

4. 反射シミュレーション

4.8. 予測光害発生時間の算出

- 環境省の「太陽光発電の環境配慮ガイドライン」には、反射光の影響として明らかにする項目として「時期や時間」の記載がある。
- そこで、今回の実証では、光害を「太陽光発電パネルによる反射光が周辺建物に影響を及ぼすこと」と定義し、太陽光発電パネルを設置した際の予測光害発生時間を以下の通りに計算した。
 - ① 夏至、冬至、春分の各3日について1時間ごとに、太陽光発電パネルに太陽光が入射する場合その反射光を計算し、反射光が他の建物等に当たるかを判定
 - ② 各建物について反射光が他の建物に到達した時刻（1時間毎）を抽出し、その時刻数の総和を光害発生時間として集計

【参考】太陽光発電の環境配慮ガイドライン

- 反射光による影響が生じる可能性がある場合は、販売・施工店等に問い合わせ、反射光のシミュレーション等について相談・依頼します。シミュレーションにより、住宅の窓に反射光が差し込むかどうか、高速道路等を走行する自動車の運転者が反射光の影響を受けないか等を確認し、反射光の影響が懸念される場合には、時期や時間等を明らかにします。
- なお、反射光は、立地場所の緯度経度、パネルの方位角、傾斜角の条件があれば、計算することも可能です。
 - ・ 立地場所の緯度経度に基づき、特定の日の太陽の高度（仰角）と方位の変化を把握します。位置情報や特定の日を入力すると、一日の変化を表示するウェブサイトなどがありますので、これらを活用します。
 - ・ 太陽光パネルに対し太陽光の入射角と反射角は同じ角度になり、反射光は直進する性質を踏まえて、反射光の方位角、及び反射角を計算します。

Ⅱ. 実証手法

5. 可視化

5.1. 可視化項目

- 今回の実証の結果の以下の項目について可視化を行った。

表 可視化対象項目及び可視化方法一覧

分類	項目	単位	可視化方法
太陽光発電 ポテンシャル推計	①日射量	屋根	日射量画像をテクスチャとして3D都市モデルの屋上に付与
	②発電量	建物	推定結果は3D都市モデルに属性として付与し、ポテンシャル量に応じて建物を着色
反射シミュレーション	③予測光害発生時間	建物	光害発生時間に応じて建物を着色
	④光跡	屋根	建物別に反射光の光跡を可視化

Ⅱ. 実証手法

5. 可視化

5.2. 日射量テクスチャの作成

- 「FME Desktop」を活用し、日射量テクスチャを20cm解像度で作成した。具体的には、「Ⅱ.3.3.1.日射量の推計①～⑥」の処理で出力されたラスターデータから、[RGBGradationCalculator]で作成した年間予想日射量に対応した色（ここでは緑から赤のグラデーション）を[RasterPaletteAdder]で適用してテクスチャ画像を作成。作成したテクスチャ画像を[AppearanceSetter]を利用して3D建物モデルのRoofSurfaceに適用し、CityGMLライターで出力した。
- [RGBGradationCalculator]での配色は、全域日照量を計算し最大値、最小値を算出して、等間隔分類により、日射量に応じた色を設定した。

[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す

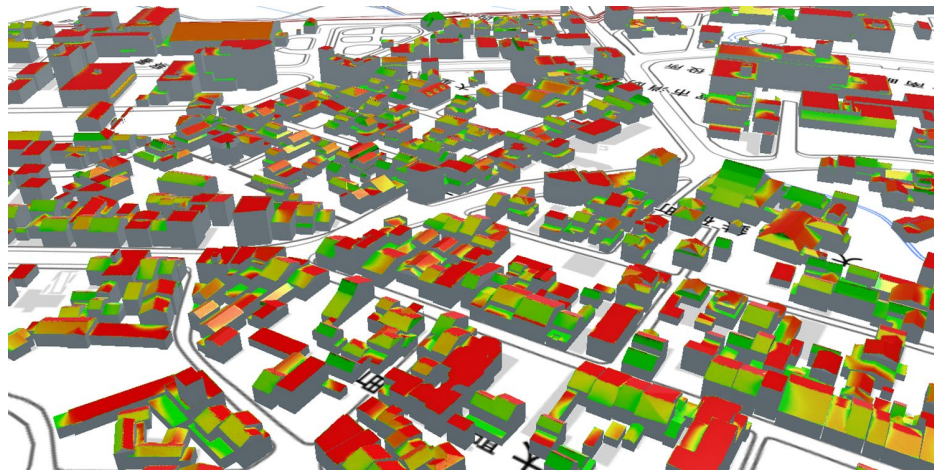


図 日射量テクスチャの可視化イメージ



図 日射量テクスチャの凡例

Ⅱ. 実証手法

5. 可視化

5.3. 年間予測発電量の可視化データの作成

- 「FME Desktop」のCityGMLライターを利用し、建物ごとの年間予測発電量を3D都市モデルの汎用属性として付与した。具体的には、[FeatureMerger]を利用して、建物IDをキーとして推計した建物ごとの年間予測発電量とCityGMLの建物ジオメトリを紐付けて、[XMLTemplater]で下記のような書式を設定し、汎用属性を付与した。
[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す
- 全建物の発電ポテンシャルを推計後、推計結果の分布をふまえ、閾値を3段階に設定した。なお、視認性を高めるため、異なる3色に設定した。

```
<gen:measureAttribute name="年間予測日射量">↓
  <gen:value uom="kWh/(m2・年)">1234</gen:value>↓
</gen:measureAttribute>↓
<gen:measureAttribute name="年間予測発電量">↓
  <gen:value uom="kWh/年">23574</gen:value>↓
```

図 拡張属性の書式例

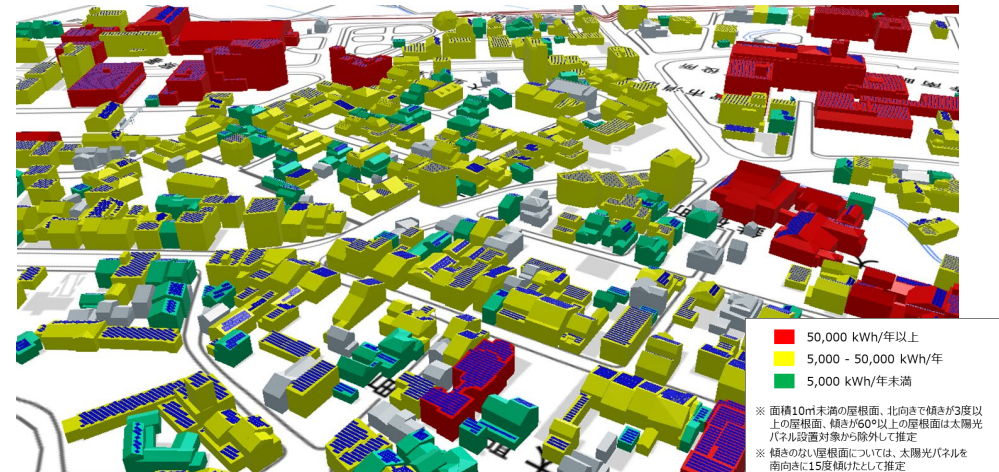


図 年間予測発電量の可視化イメージ及び凡例

Ⅱ. 実証手法

5. 可視化

5.3. 予測光害発生時間の可視化データの作成

- 「FME Desktop」のCityGMLライターを利用し、建物ごとの予測光害発生時間を3D都市モデルの汎用属性として付与した。具体的には、[FeatureMerger]を利用して、建物IDをキーとして算出した建物ごとの予測光害発生時間とCityGMLの建物ジオメトリを紐付けて、[XMLTemplater]で下記のような書式を設定し、汎用属性を付与した。
[]は主に利用したFME Desktopのトランスフォーマ（変換機能）名称を示す
- 夏至、春分、冬至について予測光害発生時間の集計後、推計結果の分布をふまえ、3段階の閾値を設定した。視認性を高めるため、異なる3色に設定した。

```
<gen:measureAttribute name="光害発生時間（夏至）">↓
  <gen:value uom="h">4</gen:value>↓
</gen:measureAttribute>↓
<gen:measureAttribute name="光害発生時間（春分）">↓
  <gen:value uom="h">2</gen:value>↓
</gen:measureAttribute>↓
<gen:measureAttribute name="光害発生時間（冬至）">↓
  <gen:value uom="h">1</gen:value>↓
</gen:measureAttribute>↓
```

図 拡張属性の書式例

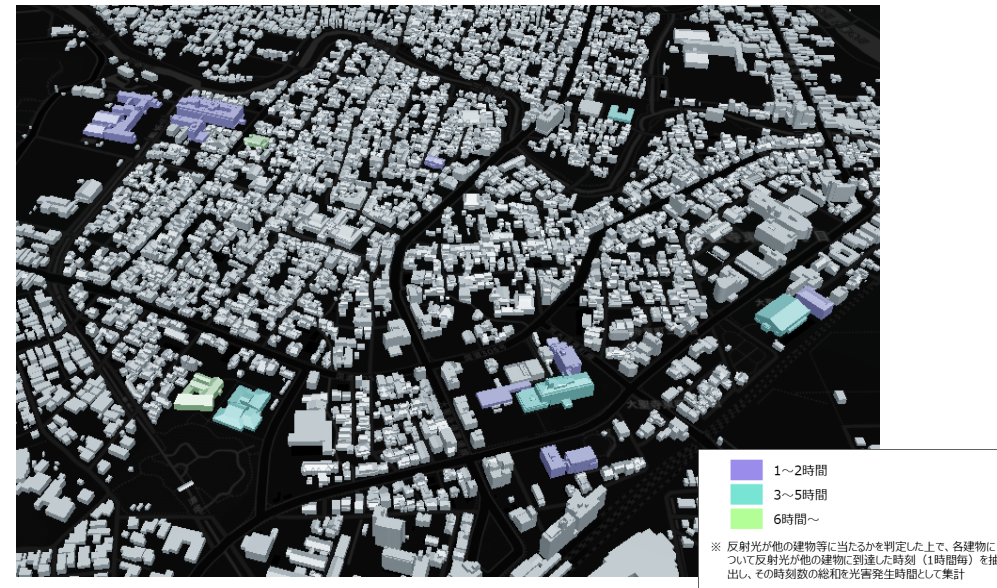


図 予測光害発生時間の可視化イメージ及び凡例

Ⅱ. 実証手法

5. 可視化

5.5. 光害発生時の光跡の可視化データの作成

- 「FME Desktop」を活用し、光跡ライン、先端の多面体オブジェクトを作成し、CZMLデータを作成した。具体的には以下の処理を行った。
 - 4.6「自建物への反射光の判定・除外処理」及び4.7「反射光の地中埋没の除外処理」の結果を反映した反射シミュレーション結果（CSVファイル）を読み込み、反射先が他の建物でありかつ地中埋没なしのレコードのみを抽出。なお、反射シミュレーションの結果は夏至、春分、冬至ごとにCSVファイル（ファイル名：summer, spring, winter）を作成。各CSVファイルを読み込んだ際に、各レコードに季節名（春分、夏至、冬至の区分）として当該ファイル名を属性として追加。
 - 続いて、夏至、春分、冬至ごとに季節名及び光跡の色（16進数で表現したカラーコード：春分 #A9D08E、夏至 #FF5050 冬至 #5B9BD5）を定義したCSVファイルを作成し、季節名をキーとして反射シミュレーション結果にカラーコードを結合。その後、反射シミュレーション結果から読み込まれた始終点の座標に基づいて、[VertexCreator]で光跡ラインを作成し、緯度経度に交換後に座標値のリストを抽出
 - [JSONTemplater]で光跡ラインの座標値のリスト及び光跡先端を表現するための多面体モデル参照先パスと表示位置（先端の座標）をCZML形式で記述したJSON文書を作成し、春分・夏至・冬至のファイルに出力
 - [Bufferer]でライン先端に表示する多面体モデルを作成してglTF形式で出力
- 光跡は、視認性を高めるため、夏至・春分・冬至で異なる3色に設定した。

```
[{"id":"document","name":"Light Trail","version":"1.0"},{"id":"line_0","name":"17206-bldg-45750","description":null,"polyline":{"positions":{"cartographicDegrees":[136.37331,36.246985,108.737,136.373626,36.247212,112.181]},"width":2,"material":{"solidColor":{"color":{"rgba":[91,155,213,204]}}}},... (中略) ...{"id":"point_2343","name":"17206-bldg-23707","description":null,"position":{"cartographicDegrees":[136.312733,36.303609,49.547]},"model":{"gltf":"model/winter.glb","scale":0.25,"color":{"rgba":[91,155,213,204]},"colorBlendMode":{"colorBlendMode":"REPLACE"},"shadows":{"shadowMode":"DISABLED"}}}]
```

図 光跡のコード例

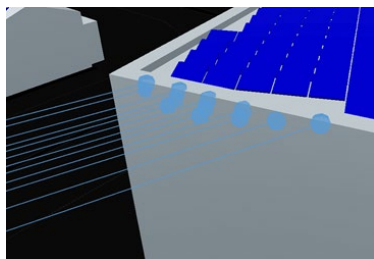


図 先端の多面体オブジェクトのイメージ

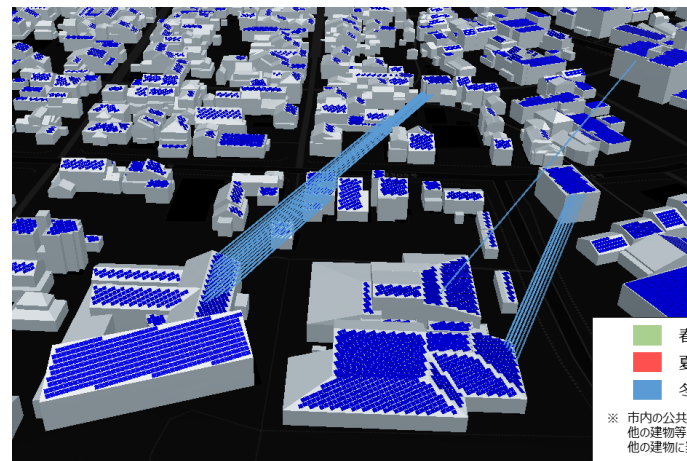


図 光害発生時の光跡の可視化イメージ及び凡例

I . 実証概要

II . 実証手法

III . 技術的検証

IV . 政策活用への検証

Ⅲ. 技術的検証

1. 日射量の検証

- 「Ⅱ 3. 3.1. 日射量の推計⑧日射量の検証」に記載した通り、①各地域における日射量の平均値とNEDOの日射量データベースの年間日射量との比較、②各地域での陸屋根でかつ日陰の影響を受けない建物を抽出し、NEDOの日射量データベースの年間日射量との比較を行った。
- 年間予測日射量について、各地域の平均値をNEDOのデータベースの該当地域の年間日射量と比較したところ、多照年と寡照年の間にあり、かつ平均年との差異は1割以下となった。
- また、各地域での陸屋根をもつ建物を抽出し、年間予測日射量をNEDOのデータベースの年間日射量と比較したところ、いずれの建物も、多照年と寡照年の間にあり、かつ平均年との差異は1割以内となった。
- これらの結果より、今回の実証で適応した日射量の計算手法の確からしさが確認された。

表 NEDOデータベースの日射量との比較

地域名	推計年間日射量[kWh/m2]		NEDO 年間日射量[kWh/m2]		
	推計値 (全域)	推計値 (陸屋根建物)	多照年	平均年	寡照年
大聖寺地域	1,305	1,374	1,522	1,326	1,104
山代地域	1,304	1,378	1,522	1,326	1,104
片山津地域	1,273	1,374	1,522	1,326	1,104
作見地域	1,307	1,372	1,522	1,326	1,104
山中地域	1,236	1,252	1,443	1,246	1,032

Ⅲ. 技術的検証

2. 発電量の検証

- 「Ⅱ 3. 3.2. 発電量の推計」にて推計した年間発電量について、市内に実際に太陽光発電パネルが設置されている建物のうち、1年間（2020年4月～2021年3月）の発電量データがある2つの建物について、加賀市より発電量データ提供をうけ、推計発電量と実発電量を比較した。
- 実際のパネルの設置箇所での単位面積あたりの推計発電量は、加賀市医療センター・片山津小学校のいずれも実測値に近い値となった。この結果より、今回の実証で適応した発電量の計算手法の確からしさが確認された。

表 推計値と実測値の比較

	単位面積あたり発電量 [kWh/年・m ²]		実測値との誤差
	推計値	実測値	
加賀市医療センター	198.6	202.6	2.0%
片山津小学校	203.1	203.0	-0.1%



画像出所) 国際航業株式会社



図 太陽光発電パネルの設置位置
(左：加賀市医療センター 右：片山津小学校)

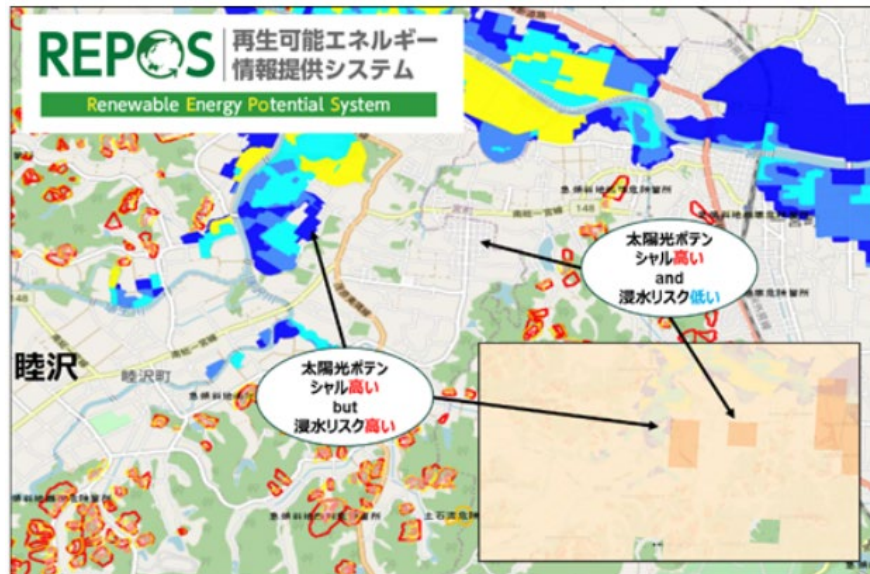
Ⅲ. 技術的検証

3. REPOSとの比較

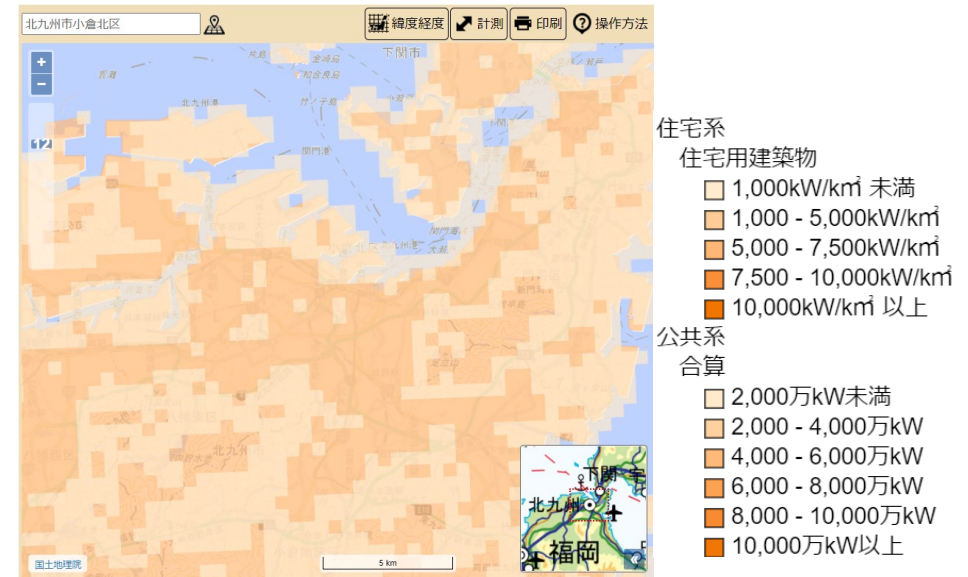
3.1. REPOSの概要 [1/3]

- 再生可能エネルギー情報提供システム REPOS (Renewable Energy Potential System) は全国・地域別の再生可能エネルギー導入ポテンシャル情報や、導入にあたって配慮すべき地域情報・環境情報・防災情報などを提供するシステムであり、環境省のWebサイトに公開している。
- 太陽光、風力、中小水力、地熱、地中熱、太陽熱について、現在の技術水準を前提とした「導入ポテンシャル」※の推計値を示している。

※「導入ポテンシャル」：エネルギーの採取・利用に関する特定の制約条件や年次等を考慮した上で、事業採算性に関する特定の条件を設定した場合に具現化することが期待されるエネルギー資源量



REPOSは2022年3月時点での機能・特徴



地図に「導入ポテンシャル」を色分けで表示。ほか「自然的条件」（傾斜区分）「土地利用」、「防災関連情報」（浸水想定、土砂災害）等のレイヤーを表示可能

出所)

環境省 「再生可能エネルギー情報提供システム (REPOS (リーパス))」 (1.0版) の開設について
環境省 REPOS <http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html>

<http://www.env.go.jp/press/108124.html>

Ⅲ. 技術的検証

3. REPOSとの比較

3.1. REPOSの概要 [2/3]

- REPOSでは、住宅用等と公共系等の2つに分類し、太陽光発電ポテンシャルを計算している。

	住宅用等	公共系等
定義	太陽光のエネルギーを原料として電力を生成する太陽光発電のうち、住宅系建築物及び商業系建築物に設置されるもの	太陽光のエネルギーを原料として電力を生成する太陽光発電のうち、公共系建築物、発電所・工場・物流施設、低・未利用地、耕作放棄地（令和元年「農地」に変更）に設置されるもの
対象	戸建住宅用等、大規模共同住宅・オフィスビル、中規模共同住宅、商業施設、宿泊施設 ※建築面積50㎡未満の戸建て住宅は推計対象外（設置可能面積がレベル1で10㎡に満たないため）	庁舎、文化施設、学校、医療施設、上水施設、下水処理施設、道の駅、発電所、工場、倉庫、工業団地、最終処分場、河川、港湾施設、空港、鉄道、道路、都市公園、自然公園、ダム、海岸、観光施設、耕作放棄地
発電量の計算式	設備容量：kW = 設置可能面積（㎡）× 単位面積当たりの設備容量（kW/㎡） 年間発電量：kW = 設備容量（kW）× 地域別発電量係数（kWh/kW/年） 単位面積当たりの設備容量：戸建住宅0.1kW/㎡、戸建住宅以外0.833kW/㎡（専門家へのヒアリングに基づく） 地域別発電量係数：市町村毎の日射量×365日×総合設計係数÷標準日射強度	
設置可能面積算出方法	① 住宅地図より500mメッシュ単位で建築物の用途カテゴリー別に面積を集計（用途カテゴリー：前スライド） ② 用途カテゴリー毎に設定した設置係数に上記面積を乗じて、500mメッシュ毎の設置可能面積を算出 ※住宅用等太陽光発電の中で最も導入ポテンシャルが大きいカテゴリーである「戸建て住宅用等」の設置係数を屋根形状別に設定し、ポテンシャル推計を精緻化	① 公共施設をカテゴリーで分類し、収集したサンプル図面を用いて太陽光発電設備を設置できる面積をレベル毎に算出 ② 太陽光パネルの設置可能面積を個々のサンプルごとに該当する面積・人口・出力等の数値で割り戻すことにより、設置係数を算定。その平均値を取り、カテゴリーごとの設置係数を算定 ③ 都道府県別に施設カテゴリー毎の統計情報を収集 ④ 設置係数に統計情報から得られた数値を乗じて都道府県毎の設置可能面積を算出

REPOSは2022年3月時点での機能・特徴

出所）環境省 「平成24年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書（平成25年6月）」
<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/h25-03/full.pdf>

Ⅲ. 技術的検証

3. REPOSとの比較

3.1. REPOSの概要 [3/3]

- 住宅用等太陽光発電の中で最も導入ポテンシャルが大きいカテゴリである「戸建て住宅用等」の設置係数を屋根形状別に設定し、ポテンシャル推計を精緻化している。

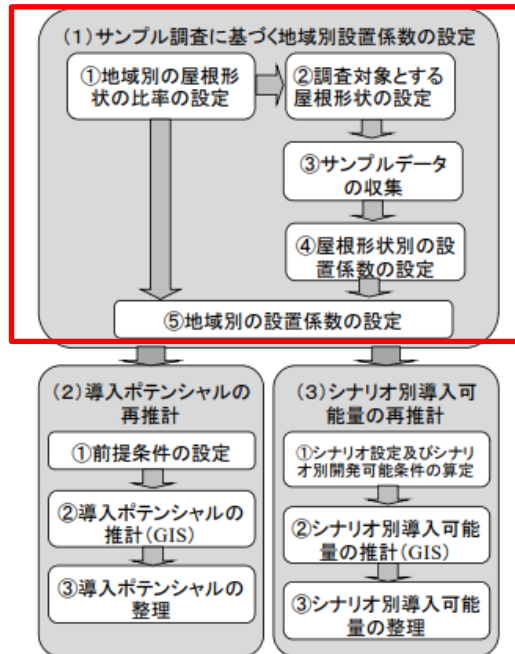


図 3.1-1 住宅用等太陽光の導入ポテンシャル精緻化の実施フロー

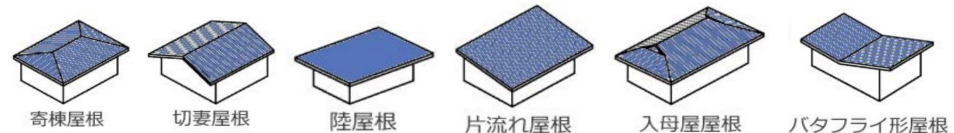
REPOSは2022年3月時点での機能・特徴

①地域別の屋根形状比率の設定

平成11年に住宅金融支援機構が融資対象者に実施した屋根形状に関するアンケート結果を参考に、都道府県別に屋根形状の比率を設定し、各都道府県の上位3つの屋根形状の比率で全体比率に割り戻して設定

②調査対象とする屋根形状の設定

各県の上位に入る屋根形状6種類を調査対象に設定



③サンプルデータを収集

地域による偏りを平準化するため、気象条件等が異なる地域より複数選定 (Google Mapsより太陽光パネルが設置されている屋根18サンプルを収集)

④屋根形状別の設置係数の設定

サンプル写真から設置係数を算出し、各屋根形状についてレベル別の設置係数を設定

⑤地域別の設置係数の設定

①の都道府県別屋根比率と、④屋根形状別・レベル別設置係数から都道府県別設置係数を算出

$$\text{設置係数} = \text{地域別の屋根形状比率} \times \text{各屋根形状別・レベル別の設置係数}$$

Ⅲ. 技術的検証

3. REPOSとの比較

3.2. PLATEAUとREPOSの特徴比較

- PLATEAUとREPOSの特徴を比較すると、形状や建物の影などの影響が考慮できるため、二次元での推計よりも詳細な条件での推計が可能となる。

		PLATEAU	REPOS
推計対象 面積		各屋根面の面積	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
	屋根 形状	建物単位で 実際の形状 を考慮	- 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 - その他では、サンプル調査で代表的な屋根形状を設定
建物の影の 影響の考慮		<u>あり</u>	<u>なし</u>
推計の特徴		- 屋根形状や影の影響を考慮できるため、2次元で推計より現実の条件に近いより精緻な推計が可能となる LOD2の3D都市モデルが必要となる	- 延床または建築面積に係数をかけて推計しているため、屋根形状等の建物固有の条件は考慮できず、3次元での推計より精緻さは低い。 - 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
集計・分析		建物単位のため、 集計・分析の自由度が高い	メッシュ単位のため、 集計・分析の自由度は低い

3. REPOSとの比較

3.3. 建物による影の影響の考慮

- REPOSでは、住宅系、公共系ともに単位面積当たりの発電量を一律（3.1.REPOSの概要[2/3] 表内の発電量の計算式を参照）としており、日陰は考慮されていない。
- 一方、PLATEAUでは、建物による日陰を考慮した日射量及び発電量の推計が可能となる。例えば、加賀市医療センターの屋根面を対象に、建物の影ができる箇所（①）と建物の影がない箇所（②）での単位面積あたりの日射量及び発電量の推計値を比較したところ、建物の影ができる箇所の方がいずれの推計値も小さいことが確認できた。

表 加賀市医療センターでの推計日射量及び発電量

	①影の影響がある箇所	②影の影響がない箇所
単位面積あたり日射量	734	1,341
単位面積当たり発電量	107.1	197.1



画像出所）国際航業株式会社

図 推計対象の範囲

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

4.1. 結果の考察

- 今回の実証では、JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」（2005年）を参照し、建物ごとに年間予測発電量を推計し、結果を拡張属性としてCityGMLに付与した。
- 作成したCityGMLデータを用いた分析を行うことにより、脱炭素施策を推進するうえで必要な考察を得ることが可能となる。
 - 例えば、各エリア単位で年間予測発電量の総計を算出すると、大聖寺地域や作見地域の発電量が多い。これは、両エリアが住宅密集地であり、パネルを設置可能な屋根面を多く有しているからである。
 - また、パネル設置を促進するうえでの投資効率を考慮すれば、面積当たりの年間予測発電量が最も多い山中地域が適しているといえる。これは、山中地域では、宿泊施設や文教厚生施設等の屋根面が平面かつ広い施設が複数存在するからである。このようなエリアでは、対象を絞ったピンポイントのパネル設置促進施策が有効だと考えられる。
 - 他方で、建物が密集するエリアにおいては反射光の影響等でパネル設置が困難な場合があることを考慮すると、住宅割合や建物密集度合いが低い山代地域や片山津地域が面的にパネル設置を促進するのに適したエリアともいえる。
- 算出されたデータを様々な角度から分析することで、脱炭素施策の立案過程におけるエビデンスとして用いることができる。

建物ID	用途	予測発電量[kwh/年]
17206-bldg-20849	住宅	4,474
17206-bldg-22598	文教厚生施設	2,580
17206-bldg-22612	住宅	0
...		
17206-bldg-36410	商業施設	1,378
17206-bldg-37119	共同住宅	1,367
...		

図 年間予測発電量の推計イメージ

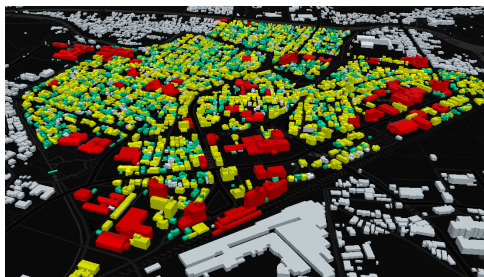


図 推計結果の可視化イメージ

集計

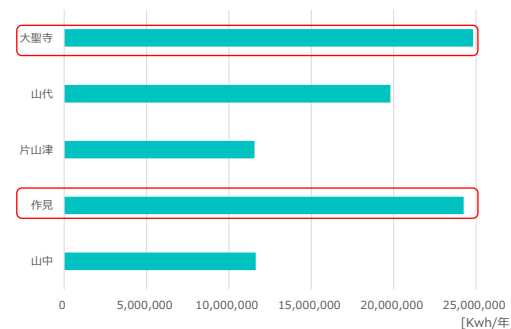


図 地域別の年間予測発電量の総計

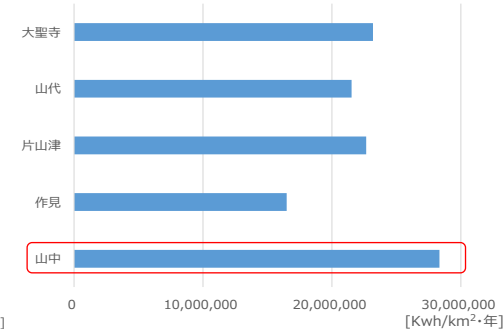


図 地域別の面積当たりの年間予測発電量

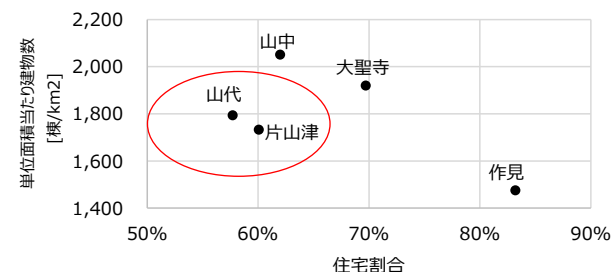


図 地域別の単位面積当たりの建物数及び住宅割合

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

4.2. 年間予測発電量の総計

- 年間予測発電量の総計は大聖寺、作見、山代、山中、片山津の順に大きい結果となった。
- 実証対象面積の広く、建物棟数が多い地域（大聖寺・作見）ほど総計は大きく、対象面積が小さく、建物棟数が少ない地域（片山津・山中）ほど総計は小さい。

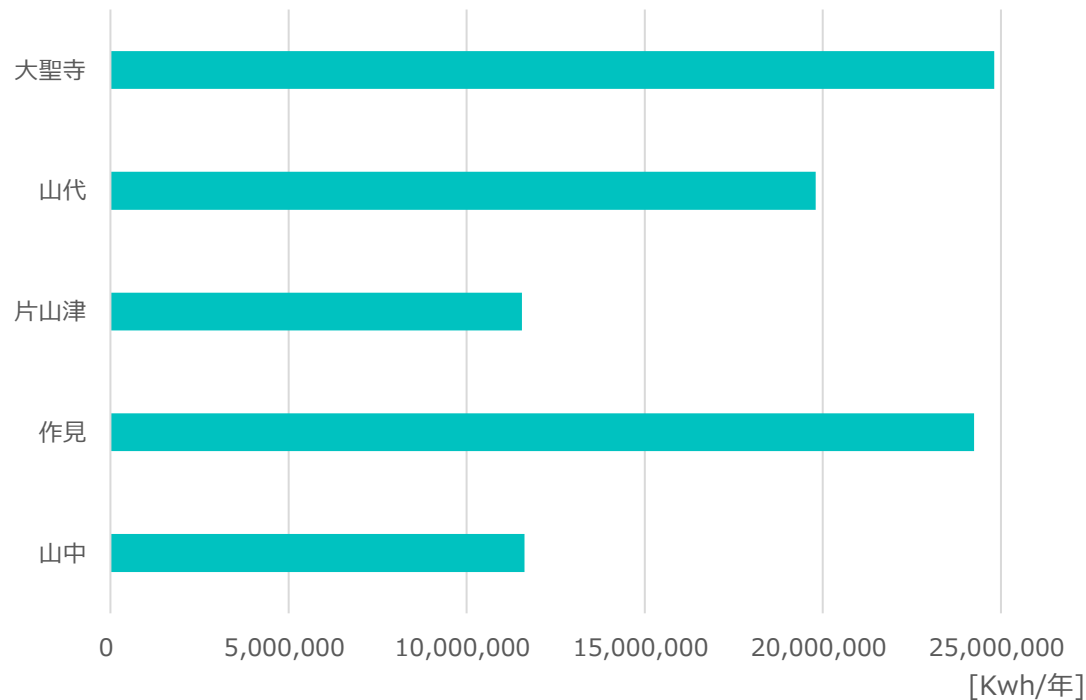


図 地域別の年間予測発電量の総計

表 地域別の実証面積及び棟数

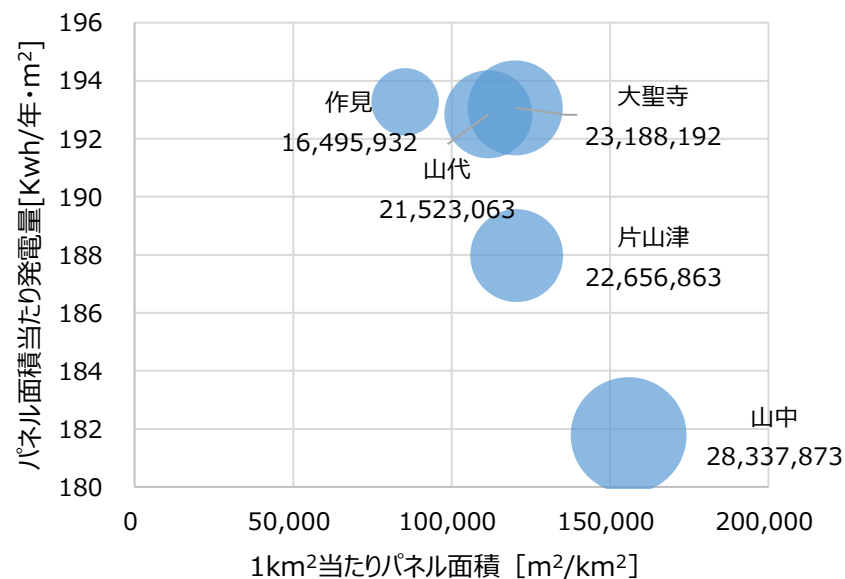
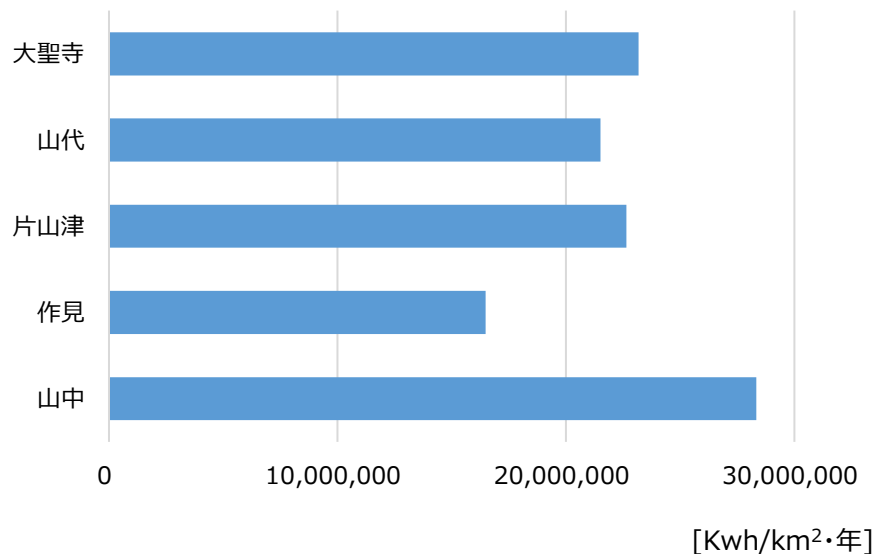
地域	面積 [km ²]	対象 建物棟数
大聖寺	1.07	2,055
山代	0.92	1,650
片山津	0.51	884
作見	1.47	2,169
山中	0.41	841

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

4.3. 面積当たりの年間予測発電量

- 面積（1km²）当たりの年間予測発電量は山中、大聖寺、片山津、山代、作見の順に大きい結果となった。（左図）
- ここで、面積当たり発電量を①1km²当たりのパネル面積×②パネル単位面積（1m²）当たり発電量としてみると、山中地域では、山間部に位置するため日射量が他地域よりも小さく、②パネル単位面積当たりの発電量が小さいものの、①1km²面積当たりのパネル面積が大きいため発電量が大きくなっている。（右図）
- そのため、パネル設置の促進を効率的に行う上では、①1km²当たりのパネル面積が大きくなる平面かつ広い屋根面を持つ施設、②パネル単位面積当たりの発電量が多くなる日射量が大きい施設（地形や他の建物による日射遮蔽が少ない施設）を多く有するエリアを施策の対象とすることが望ましいといえる。



※ 円の面積は1km²当たりの年間予測発電量[Kwh/km²・年]

図 地域別の面積（1km²）当たりの年間予測発電量

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

4.4. 建物当たりの年間予測発電量

- 建物当たりの予測発電量を用途別にみると、住宅は発電量が小さく、宿泊施設や文教厚生施設では発電量が大きい。
- また、パネル設置可能建物（推計対象建物）の用途別の割合をみると、住宅は全体の約2割が今回の実証で設定した条件ではパネルは設置できないと判定されており、他の用途と比較してその割合は大きい。（属性なしを除く）
- そのため、よりパネルを多く設置するには住宅が広がる地域ではなく、商業施設や宿泊施設等が多く分布する地域が望ましいといえる。

表 用途別の建物割合

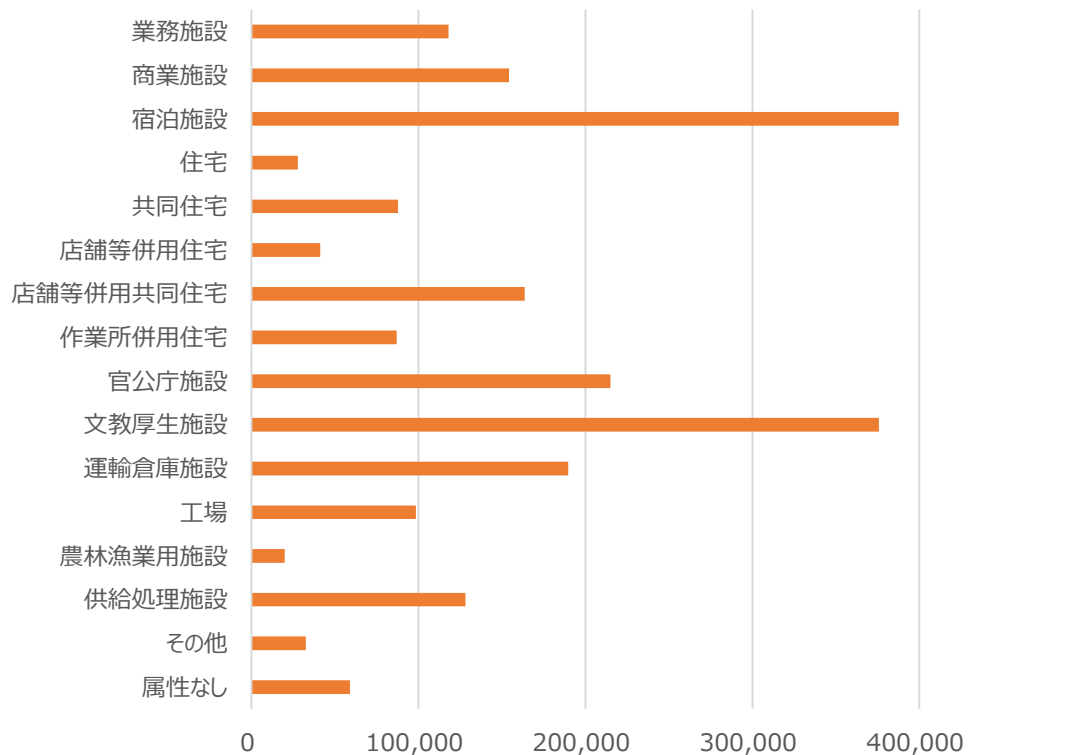


図 用途別の建物当たりの年間予測発電量

用途	全棟数	推計対象建物棟数	割合
業務施設	174	160	92.0%
商業施設	416	383	92.1%
宿泊施設	39	37	94.9%
住宅	4,441	3,469	78.1%
共同住宅	438	423	96.6%
店舗等併用住宅	460	419	91.1%
店舗等併用共同住宅	70	68	97.1%
作業所併用住宅	25	22	88.0%
官公庁施設	18	15	83.3%
文教厚生施設	206	178	86.4%
運輸倉庫施設	27	24	88.9%
工場	37	33	89.2%
農林漁業用施設	12	12	100.0%
供給処理施設	11	10	90.9%
その他	8	7	87.5%
属性なし	3,737	2,339	62.6%

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

参考：大聖寺地域の年間予測発電量の特徴

- 大聖寺地域では住宅の発電量総計が最も大きく、次いで文教厚生施設での発電量総計が大きい。
- 用途別では住宅の棟数が最も多いが、地域内には大型の文教厚生施設が複数存在する。

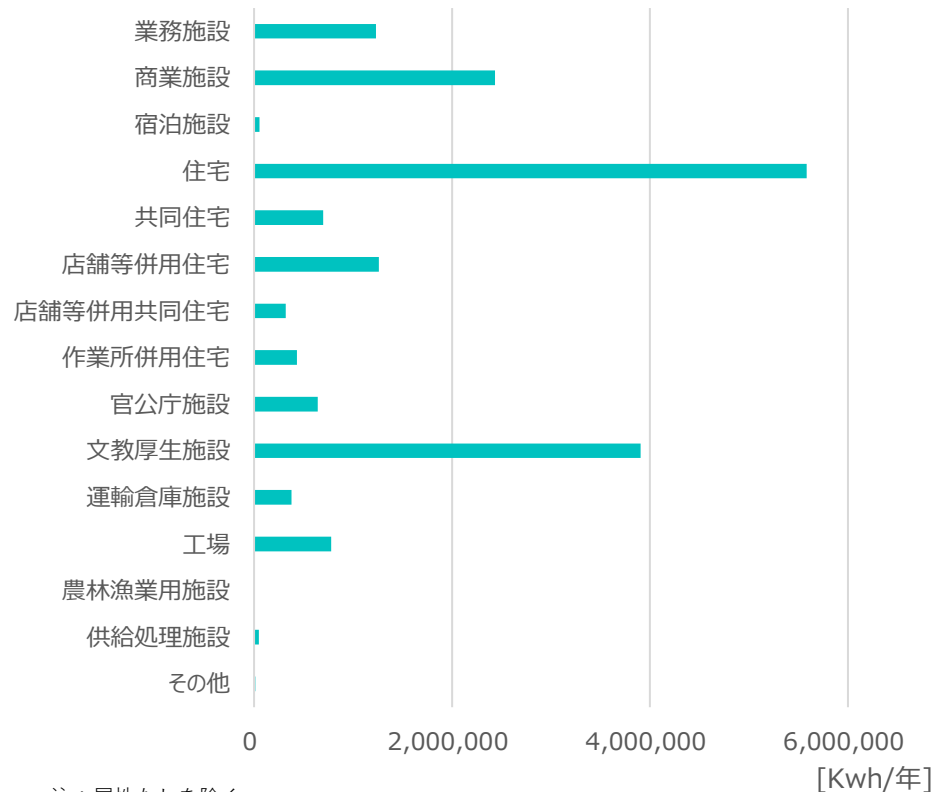


図 大聖寺地域の年間予測発電量の総計

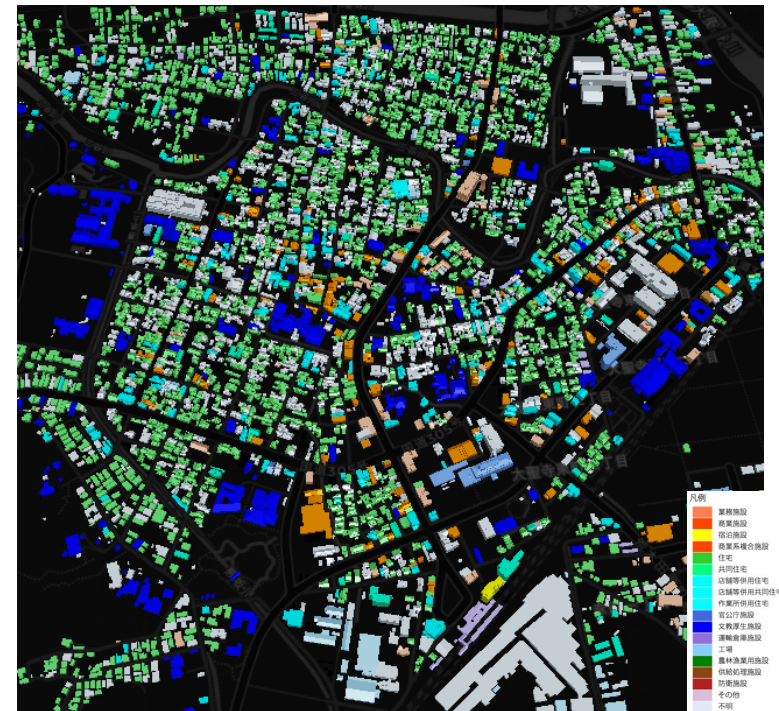


図 大聖寺地域の実証エリア周辺での用途別の可視化

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

参考：山代地域の年間予測発電量の特徴

- 山代地域では住宅の発電量総計が最も大きく、次いで共同住宅での発電量総計が大きい。
- 用途別では住宅に次いで共同住宅が多い。

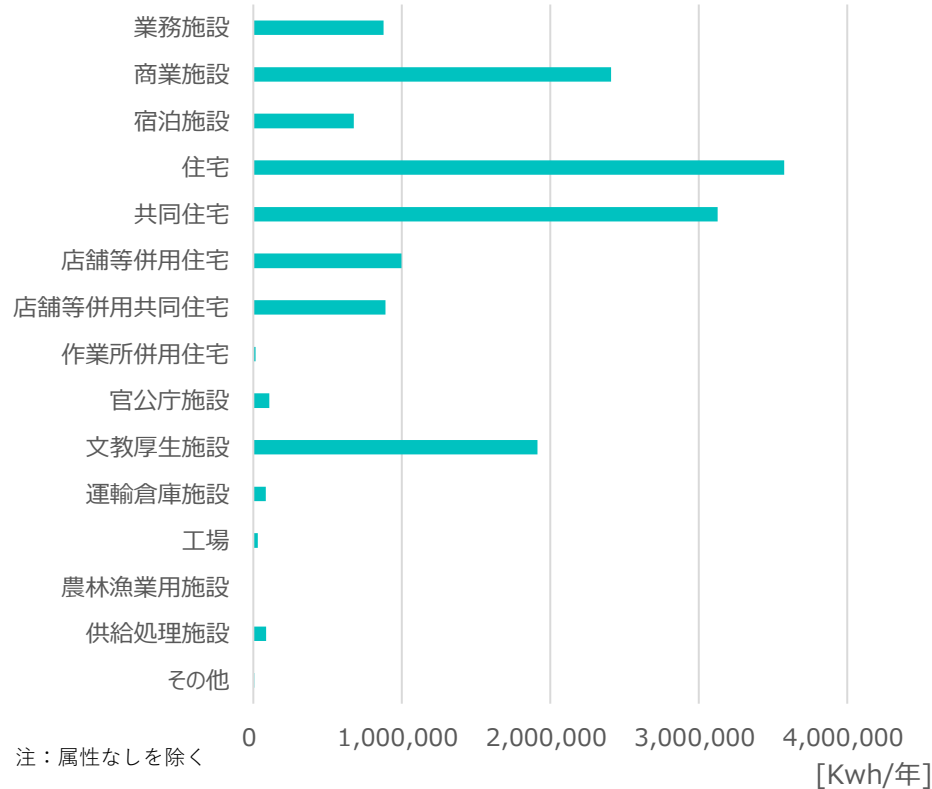
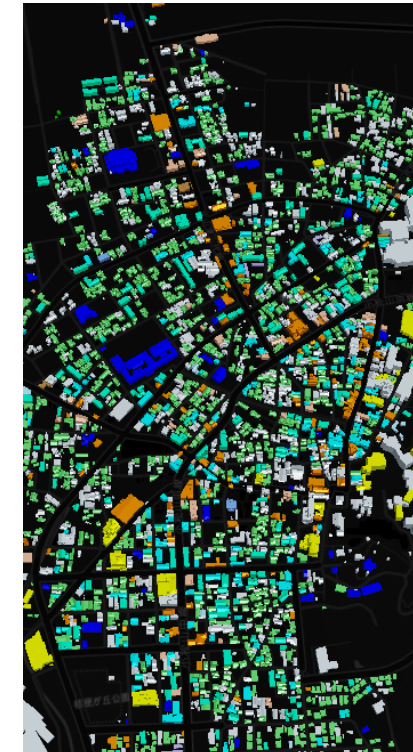


図 山代地域の年間予測発電量の総計



図の緑色に着色した建物が住宅、
黄緑色に着色した建物が共同住宅

図 山代地域の実証エリア周辺での用途別の可視化

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

参考：片山津地域の年間予測発電量の特徴

- ・ 片山津地域では住宅の発電量総計が最も大きく、次いで宿泊施設での発電量総計が大きい。
- ・ 用途別では住宅の棟数が最も多いが、大型の宿泊施設が複数存在する。

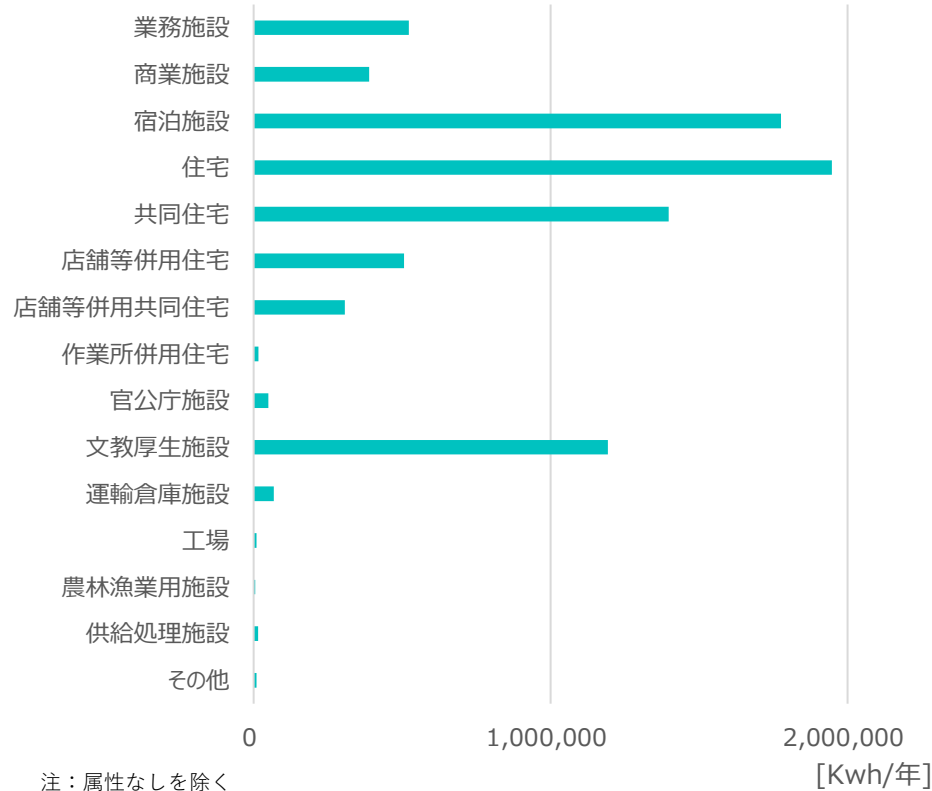
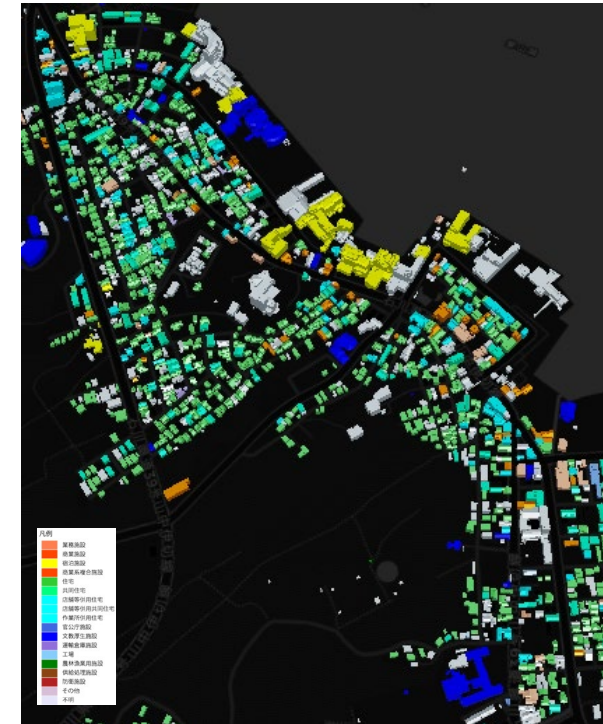


図 片山津地域の年間予測発電量の総計



図の緑色に着色した建物が住宅、黄色に着色した建物が宿泊施設

図 片山津地域の実証エリア周辺での用途別の可視化

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

参考：作見地域の年間予測発電量の特徴

- ・ 作見地域では住宅の発電量総計が最も大きく、次いで商業施設での発電量総計が大きい。
- ・ 用途別では住宅の棟数が最も多いが、大型の商業施設が複数存在する。

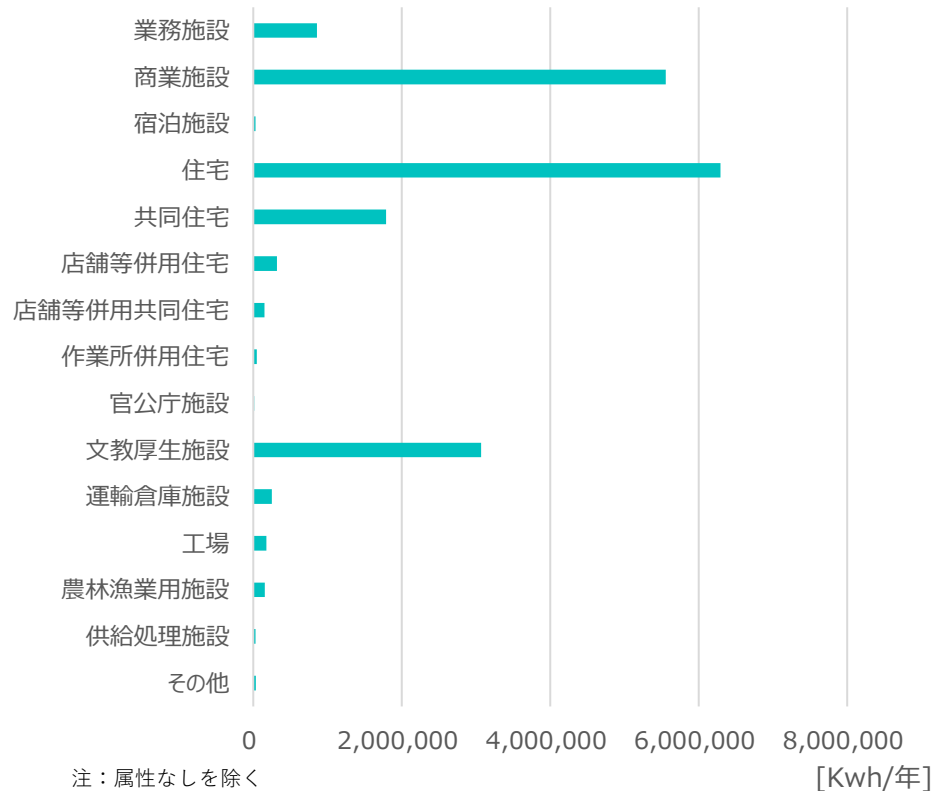
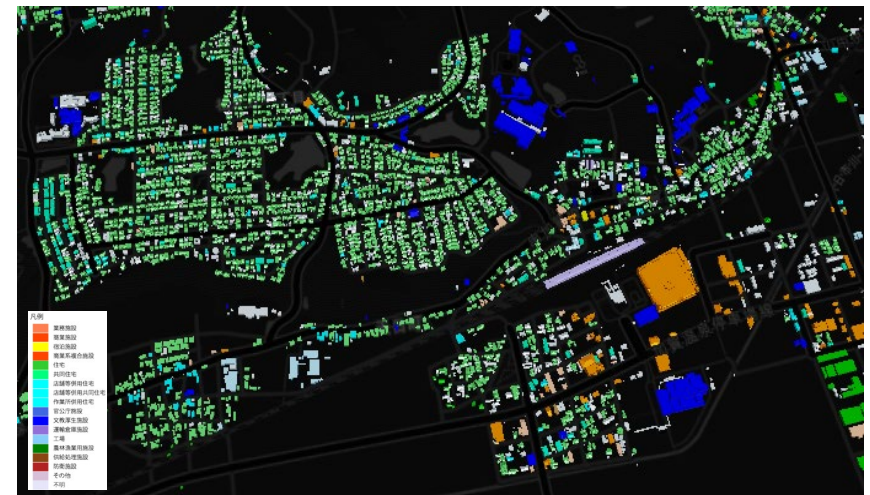


図 作見地域の年間予測発電量の総計



図の緑色に着色した建物が住宅、オレンジに着色した建物が商業施設

図 作見地域の実証エリア周辺での用途別の可視化

Ⅲ. 技術的検証

4. 太陽光発電ポテンシャル推計の結果

参考：山中地域の年間予測発電量の特徴

- ・ 山中地域では住宅の発電量総計が最も大きく、次いで文教厚生施設での発電量総計が大きい。
- ・ 用途別では住宅の棟数が最も多いが、大型の文教厚生施設が複数存在する。

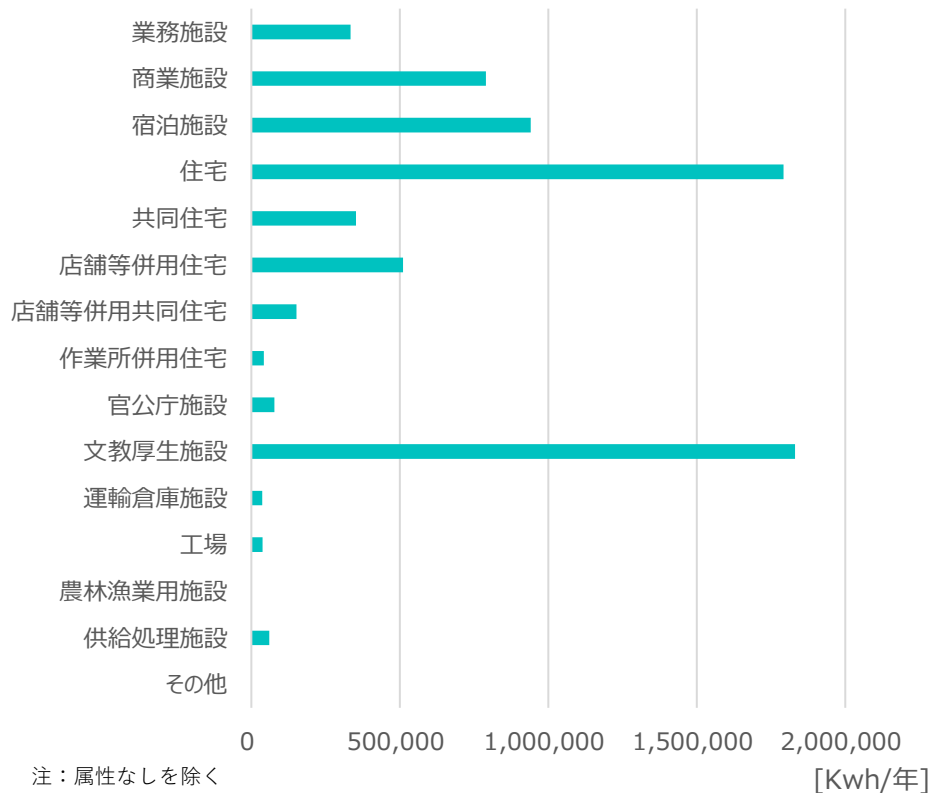
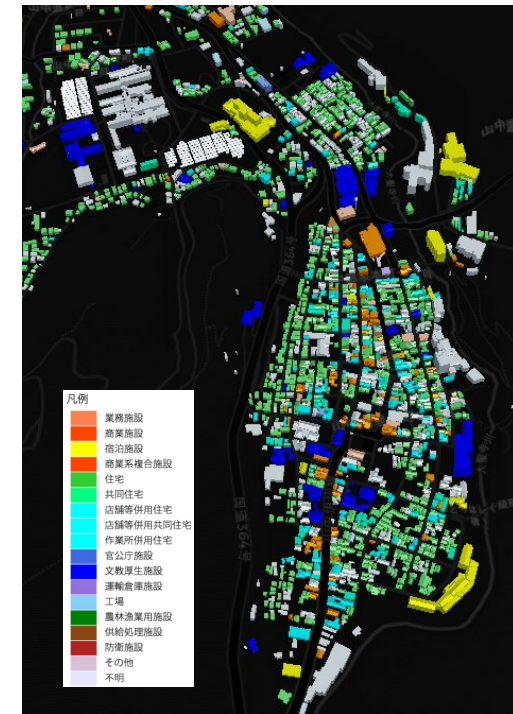


図 山中地域の年間予測発電量の総計



図の緑色に着色した建物が住宅、青色に着色した建物が文教厚生施設

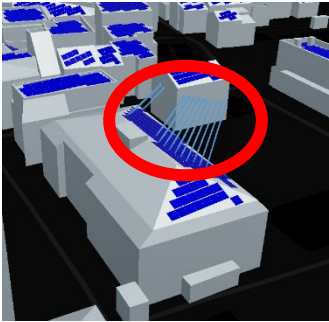
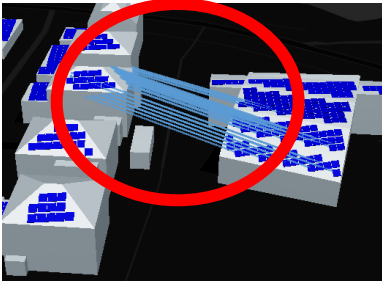
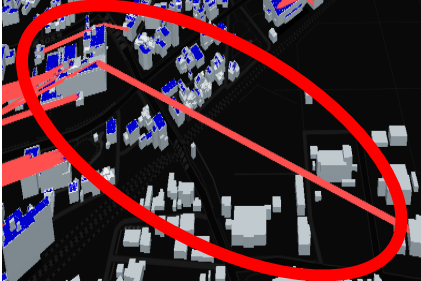
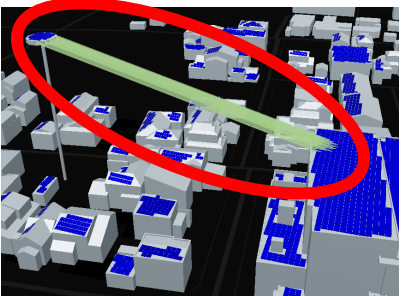
図 山中地域の実証エリア周辺での用途別の可視化

Ⅲ. 技術的検証

5. 反射シミュレーションの結果

5.1. 光害発生パターン

- 光害発生パターンは概ね4つに分類された。今回の実証では、他の建物に反射光が到達した場合に光害発生と機械的に判定したが、光跡を可視化することで、太陽光発電パネルを設置した場合の反射光の影響をより精緻に確認することが可能となる。

パターン	周辺建物の側面に反射する場合	周辺建物の屋根面に反射する場合	遠くの建物に反射する場合	人がいない建物へ反射する場合
イメージ				
光害発生の可能性	反射光による影響が発生する可能性がある。ただし、到達先の側面が窓ではなく壁の場合、影響はない可能性がある。（テクスチャやLOD3によりより精緻な判定が可能となる）	反射光による影響はないまたは少ない	反射光による影響はないまたは少ない（今回の実証では光の減衰などは考慮できていないため発生）	反射光による影響はない

Ⅲ. 技術的検証

5. 反射シミュレーションの結果

5.2. 予測光害発生時間

- 1日の日照時間の中で、どのくらい光害が発生しているかを日照時間の3割未満（影響短）、3割以上5割未満（影響中）、5割以上7割未満（影響長）の3パターンで集計した。片山津や作見では影響短の建物が多い一方、残りの地域では影響中～影響長の建物が存在した。これらの建物は密集地にあることから、近接した建物に光害が発生しやすいことが分かる。
- 複数の建物からなる施設の場合、周囲の住宅等まで距離があるため、3日間（夏至・春分・冬至）で光害が発生しなかった。

表 日照時間に対する光害発生時間のパターン別の建物棟数

	日照時間に対する 予測光害発生時間の割合	大聖寺	山代	片山津	作見	山中
夏至 (15H)	3割未満 (<4.5)	17	8	5	10	10
	3割以上5割未満 (<7.5)	2	1	0	0	4
	5割以上7割未満 (<10.5)	1	0	0	0	1
春分 (13H)	3割未満 (<3.9)	18	8	5	10	11
	3割以上5割未満 (<6.5)	2	1	0	0	4
	5割以上7割未満 (<9.1)	0	0	0	0	0
冬至 (10H)	3割未満 (<3)	19	8	5	9	15
	3割以上5割未満 (<5)	1	1	0	1	0
	5割以上7割未満 (<7)	0	1	0	0	0

表 3日とも光害が発生しなかった建物一覧

地域	建物ID	施設名
大聖寺	17206-bldg-23035	加賀市役所②
大聖寺	17206-bldg-20789	錦城小学校②
大聖寺	17206-bldg-20791	錦城小学校③
大聖寺	17206-bldg-101882	錦城小学校④
山代	17206-bldg-35492	山代小学校②
片山津	17206-bldg-13722	片山津小学校②
作見	17206-bldg-101389	加賀市医療センター③
作見	17206-bldg-102147	加賀市医療センター②
作見	17206-bldg-102093	加賀市医療センター⑤
山中	17206-bldg-44821	山中小学校②
山中	17206-bldg-44822	山中小学校④

Ⅲ. 技術的検証

5. 反射シミュレーションの結果

5.3. 光害発生の影響がある建物を除いた太陽光発電ポテンシャル

- 反射シミュレーション対象建物のうち、3日間（夏至・春分・冬至）のうち1回（1時間）でも光害発生の影響がある建物を除いた年間予測発電量の総計及び面積当たりの年間予測発電量をみると、建物が密集している地域（山中、大聖寺）ほど、発電ポテンシャルの減少が大きい。

表 光害の影響のある建物数

地域	反射シミュレーション対象建物数	光害発生の影響がない建物数	光害発生の影響がある建物数
大聖寺	20	4	16
山代	9	1	8
片山津	5	1	4
作見	10	3	7
山中	15	2	13

今回は3日間光害が発生しない建物のみを光害の影響がない建物と判断。
上記表は可視化による光害がない建物の判定は実施していない。

表 年間予測発電量の補正

地域	総計 [Kwh/年]	面積あたり発電量 [kWh/km2・年]
大聖寺	22,078,199 (-2,733,166)	20,633,831 (-2,554,361)
山代	18,604,075 (-1,197,143)	20,221,821 (-1,301,242)
片山津	10,919,129 (-635,871)	21,410,057 (-1,246,806)
作見	21,979,071 (-2,269,949)	14,951,749 (-1,544,183)
山中	9,253,372 (-2,365,156)	22,569,200 (-5,768,673)

上段：光害発生建物除外後の推計値
下段：光害発生建物除外前の推計値と光害発生建物除外後の推計値の差分

Ⅲ. 技術的検証

6. 今後の課題

分類	項目	課題
太陽光発電パネル 設置条件	シミュレーション条件の設定	今回の実証では、パネルの設置向きや角度などについて予め定めた条件でシミュレーションを実施した。地域によって、日照量、気象条件、建物や屋根形状の比率などは異なり、太陽光発電パネルの最適な設置条件は異なる。また、近年では壁面に設置するタイプのパネルも登場している。地域ごとの詳細な計画策定のためには、任意の条件でシミュレーションを行えることが重要となる。
	太陽光発電パネル設置基準の考慮	太陽光発電パネルの設置には、太陽光発電ポテンシャルや反射の影響のみならず、対象地周辺の傾斜や水害・土砂災害等の危険性、周辺の土地利用の状況の情報に加え、パネルの設置基準から設置建物の検討・判断を行う必要がある。
太陽光発電 ポテンシャル推計	気象データや推計パラメータの 時点更新	太陽光発電パネルでの発電量は気象条件や太陽光発電パネルの性能に大きく左右される。今回の実証では、当該地域の実測データが入手できなかったため、近傍地点のデータを活用した。また、設備容量については環境省調査※のメーカ別設備容量を用いた。今後、計画の見直し等に活用するために長期的にシミュレーションを行うに当たっては、気象データや太陽光発電パネルの容量等のパラメータについて、適時更新されたデータを用いる必要がある。 ※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
反射シミュレーション	光害発生の判定基準の検討	今回の実証では、他の建物に反射光が到達した場合に光害発生と機械的に判定したが、光の減衰や屋根面など実際には光害の影響が小さい場合も考えられる。反射の影響の有無を判定するための基準の整理と確認するためのツールが必要となる。
	計算時間の短縮	今回の実証では公共施設43施設に限定して実施したが、計56時間を要した。エリア全体での特性を検討するに当たっては、より短い計算時間で一括してシミュレーションできることが望ましい。
ソフトウェア開発	使いやすくオープンな開発	カーボンニュートラルを実現するため、今後は全国の地方公共団体や事業者が3D都市モデルを活用した同様のシミュレーションを行えるようにすることが重要である。このため、誰もが活用できるオープンソースとしてシミュレータを開発するとともに、直観的に操作可能なUI/UXを取り入れていく必要がある。

I . 実証概要

II . 実証手法

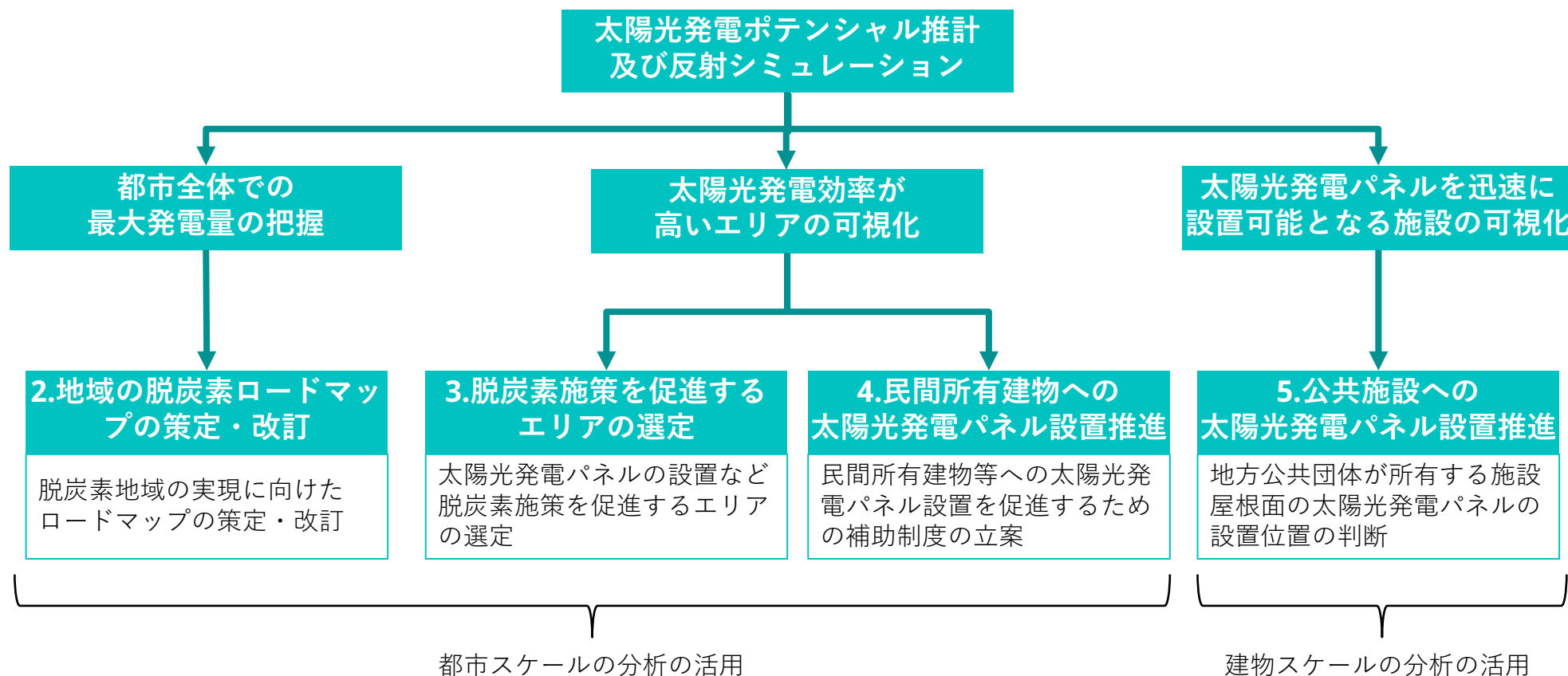
III . 技術的検証

IV . 政策活用への検証

IV. 政策活用への検証

1. 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ポテンシャル推計及び反射シミュレーションは、都市スケールでの分析（例：太陽光発電パネルの設置など脱炭素施策を推進する地域の選定）から建物スケールでの分析（施設への太陽光発電パネルの設置検討）までマルチスケールな政策に活用可能である。



IV. 政策活用への検証

2. 地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂

2.1. 実施までのステップ例

脱炭素地域の実現にむけたロードマップの策定や改訂を行う

Step1

対象範囲の選定

脱炭素地域の対象となる範囲を選定する

< 脱炭素先行地域の範囲類型の考え方 例 >

- ① 住宅エリア（戸建中心、集合住宅中心）
- ② ビジネス・商業エリア（商業施設、オフィス街、業務ビル等）
- ③ 施設群（公的施設等のエネルギー管理を一元化することが合理的な施設群）

※範囲の考え方は、国・地方脱炭素実現会議の「地域脱炭素ロードマップ」を参考に整理

3D都市モデルの活用

Step2

実現目標・取組みの検討

対象範囲での具体的な取組みを実施した際の効果を推計し、目標年次までの目標値を設定する

< 目標・取組みの検討の考え方 >

Step1で設定した範囲について、想定される対策を実施した場合にえられる効果を試算し、実現可能な削減目標を設定する。
例：屋根置き太陽光発電パネルを導入する際の発電ポテンシャルを推計のうえ、目標年次における導入率の達成目標を設定する。

3D都市モデルの活用

Step3

ロードマップの策定

関係者と実施する目標・取組みの合意形成を行ったうえで、ロードマップを策定する

< 合意形成の考え方 >

関係者（地元企業、地域住民、有識者・専門家等）に対し、パブコメ、個別説明、審議会などの合意形成の場において、Step2の検討結果を提示し、削減目標や削減対策の協議・同意を目指す。

3D都市モデルの活用

Step4

取組の評価分析・ロードマップの改訂

削減レベルの達成度を定期的に評価分析し、必要に応じて目標や削減対策の見直しを行う

< 評価分析・改訂の考え方 >

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。それらの結果を踏まえ、条件を見直したうえで、再度想定される対策を実施した場合にえられる効果を試算し、実現可能な削減目標を再設定する。

IV. 政策活用への検証

2. 地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂

2.2. 3D都市モデルの活用例 [1/2]

- 建物ごとの発電量の推計結果と3D都市モデルの建物用途の属性を活用し、範囲類型ごとに推計結果を集計することで、脱炭素地域に設定すべき範囲類型を比較検討することが可能となる。
- また、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することができ、より実現可能な目標の設定や見直しが可能となる。

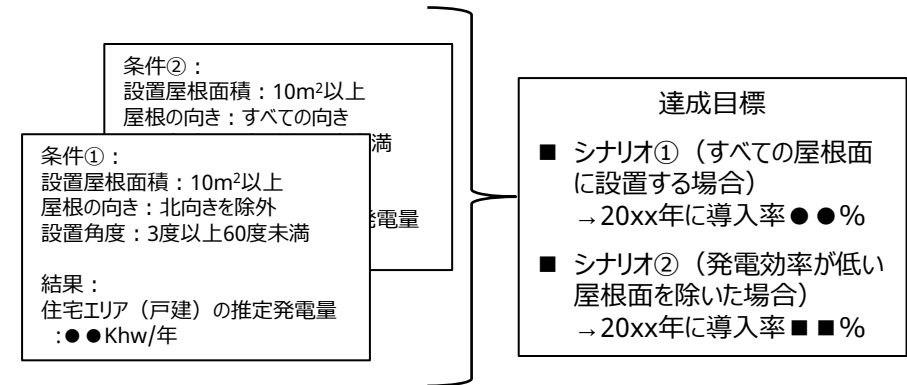
Step2での範囲類型の比較検討イメージ

用途	推定発電量
業務施設	3,822,627
商業施設	11,575,639
宿泊施設	3,474,747
住宅	19,185,764
共同住宅	7,362,225
文教厚生施設	11,907,559
官公庁施設	887,253
...	
合計	92,035,131



範囲類型	推定発電量
住宅エリア（戸建）	19,185,764
住宅エリア（共同住宅）	7,362,225
商業エリア	18,873,013
施設群（公共施設群）	12,794,812

Step2・Step4での目標設定・見直しのイメージ



IV. 政策活用への検証

2. 地域の脱炭素ロードマップの策定・改訂

2.2. 3D都市モデルの活用例 [2/2]

- 検討に活用した推計結果などの各種データをグラフ化やビューアで可視化し、それらを公開・資料として提供することで、関係者との合意形成に活用することが可能となる。

Step 3 での関係者との合意形成への活用イメージ

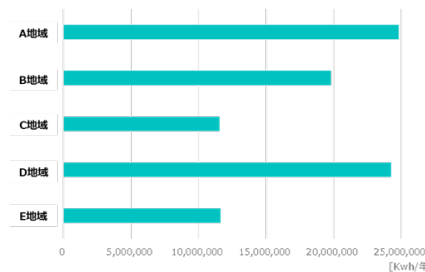
エリア	建物ID	用途	推定発電量 [Kwh/年]
A	17206-bldg-20849	住宅	4,474
A	17206-bldg-22598	文教厚生施設	2,580
A	17206-bldg-22612	住宅	0
A	17206-bldg-21326	商業施設	5,777
...			
B	17206-bldg-36410	商業施設	1,378
B	17206-bldg-37119	共同住宅	1,367

推計結果

集計・可視化



ビューアでの可視化

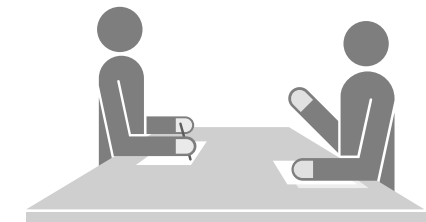


グラフ

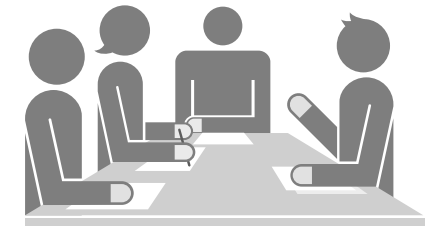
公開・情報提供



Webサイトなどでの情報発信



関係者への個別説明



審議会等の合意形成の場での説明

IV. 政策活用への検証

3. 脱炭素施策を促進するエリアの選定

3.1. 実施までのステップ例

太陽光発電パネルの設置などの脱炭素施策を促進するエリアを選定する

Step1

候補エリアの選定

脱炭素施策の促進の候補となるエリアを（複数）選定する

< 候補エリアの設定の考え方 例 >

- ① 行政界（例：行政区、集落、都市機能誘導区域 など）
- ② 任意の単位（例：メッシュ、施設群 など）

Step2

発電ポテンシャルの推計・分析

候補エリアの太陽光発電ポテンシャルを推計する

< 比較指標 例 >

- ① 年間発電量の総計
- ② 面積当たりの年間発電量
- ③ 用途別の年間発電量（総計、建物当たり）

Step3

エリアの分析

都市計画に関する情報を重ね合わせて、候補エリアのリスクや利用状況を分析する

< 確認要素 例 >

- ① 災害リスク（例：土砂災害警戒区域、洪水浸水想定区域）
- ② 土地利用状況

Step4

促進エリアの選定

促進エリアを選定する

< 地域設定の考え方 例 >

- ① エリア全域：候補エリアの中から1つのエリアを選定
- ② 一部のエリア：一部のエリアを選定
- ③ 複数のエリア：候補エリアの中から複数のエリアを選定（複数の一部エリアを選定することを考えられる）

※地域設定の考え方は、環境省の「脱炭素先行地域募集要領」も参考に整理

IV. 政策活用への検証

3. 脱炭素施策を促進するエリアの選定

3.2. 3D都市モデルの活用例 [1/2]

- 候補エリア内の建物ごとの年間発電量の推計結果を分析・可視化することで、エリア間での年間予測発電量の比較が可能となる。例えば、対象エリアにおける年間予測発電量の総計、面積当たりの年間予測発電、用途別の年間予測発電量などの複数の指標を設定することで、様々な観点からの分析が可能となる。
- ビューア上で都市計画に関する情報を重ね合わせて表示することで、候補エリアの利用状況や災害リスクなどを確認でき、一部エリアを促進地域の候補から外すなどの意思決定に活用することができる。

Step2での発電ポテンシャル推計・分析への活用イメージ

エリア	建物ID	用途	推定発電量 [Kwh/年]
A	17206-bldg-20849	住宅	4,474
A	17206-bldg-22598	文教厚生施設	2,580
A	17206-bldg-22612	住宅	0
A	17206-bldg-21326	商業施設	5,777
...			
B	17206-bldg-36410	商業施設	1,378
B	17206-bldg-37119	共同住宅	1,367

推計結果の出力（CSVファイルなど）

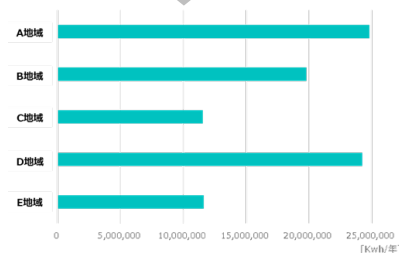
集計

	推定発電量	
	Aエリア	Bエリア
業務施設	24,628	21,393
商業施設	21,727	22,300
宿泊施設	56,096	51,920
住宅	5,989	5,878
共同住宅	23,297	18,611
文教厚生施設	48,192	65,962
...		
合計	467,132	351,345

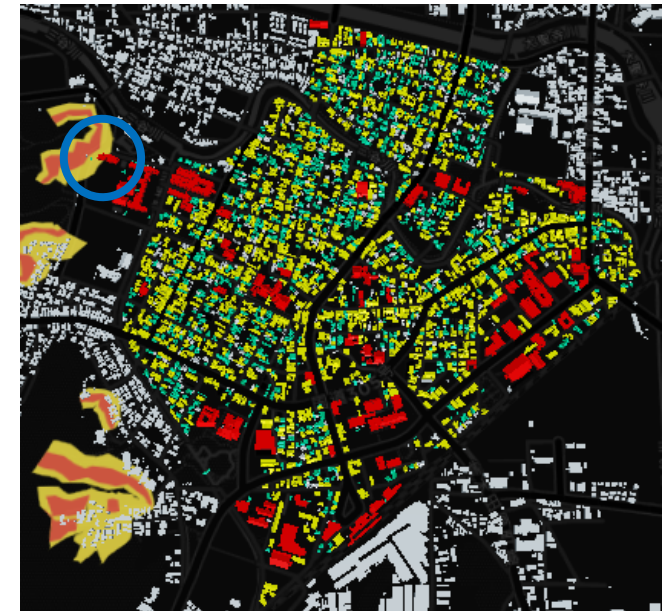
可視化



グラフ化



Step3でのエリア分析への活用イメージ



図は建物毎の年間予測発電量と土砂災害警戒区域の情報を重ね合わせた場合のイメージ

IV. 政策活用への検証

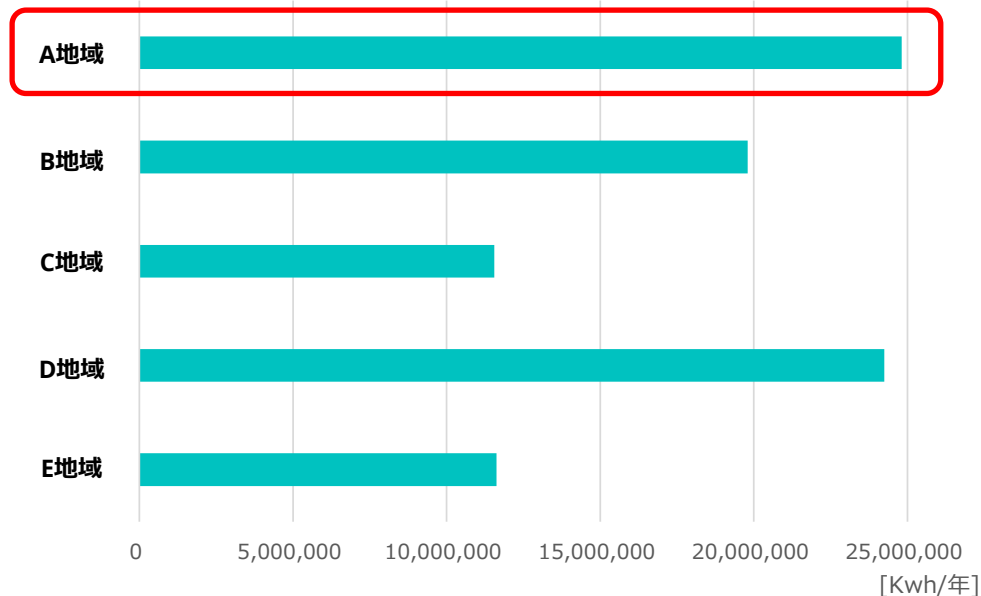
3. 脱炭素施策を促進するエリアの選定

3.2. 3D都市モデルの活用例 [2/2]

- 発電ポテンシャルの推計結果及びエリア分析の結果は、促進エリアの検討過程におけるエビデンスとして活用することができる。
- 例えば、エリア全域での発電量の総計を集計することで、エリア間での発電ポテンシャルを比較することができ、エリア全域を選定する際に活用することができる。（左図）
- また、用途別の年間予測発電量の集計や災害リスク情報の重ね合わせにより、発電量が大きいと予測される施設が集積するエリアやエリア全域のうち災害発生リスクのある箇所を除くなど、一部のエリアの選定に活用することができる。（右図）

Step4での発電ポテンシャル推計・分析への活用イメージ

エリア全域の選定の例



一部のエリアの選定の例



IV. 政策活用への検証

4. 民間所有建物への太陽光発電パネルの設置推進

4.1. 実施までのステップ例

民間所有建物等への太陽光発電パネル設置を促進するための補助制度を立案する

Step1

太陽光発電パネル
設置補助の検討

補助制度の考え方を検討

<補助制度の考え方 例>

- ① 一定エリアに対する面的な支援
- ② 特定施設に対するピンポイントの支援

3D都市モデルの活用

Step2

補助対象の選定

補助の対象を選定する

<補助対象の選定の考え方>

限られた財源の中で地域の脱炭素施策にとって最も有効な支援策を検討すべく、対象地域の用途ごと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。

3D都市モデルの活用

Step3

設置の働きかけ

建物所有者にパネル設置を提案する

<働きかけの考え方>

建物所有者に当該建物が候補地域内に立地していることや発電ポテンシャルが大きいことをシミュレーション結果を用いて説明する。

3D都市モデルの活用

Step4

シミュレーション
結果の提供

光害が発生しやすいパネル設置位置など、反射シミュレーション結果を提供する

<シミュレーション結果提供の考え方>

所有者側で日射量の大きい屋根面や反射光が他の建物に到達するか否かを把握できるように建物所有者にシミュレーション結果を提供する。

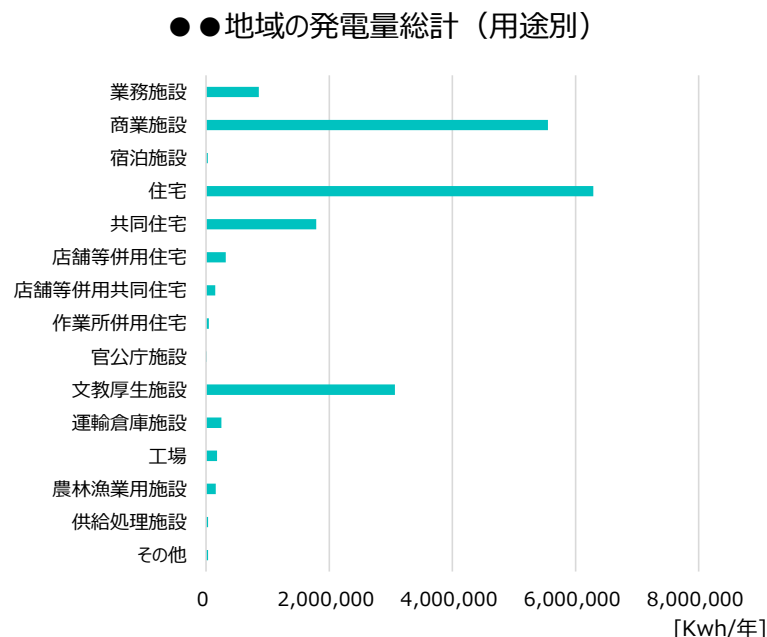
IV. 政策活用への検証

4. 民間所有建物への太陽光発電パネルの設置推進

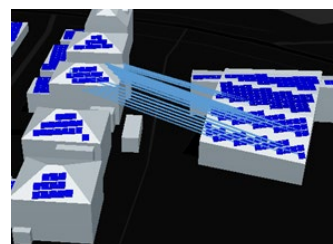
4.2. 3D都市モデルの活用例

- 太陽光発電ポテンシャルを推計し、用途ごとに分析することで、対象地域における傾向を確認することができる。例えば、集計結果をグラフなどで可視化することで地域間での発電ポテンシャルの比較することができる。これらのデータは、脱炭素施策を効果的に進めていくため、補助対象となる施設の選定や基準の検討の基礎データとして活用することができる。
- 発電ポテンシャルの推計結果や反射シミュレーションの結果を可視化し、各地方公共団体のWebサイト上で公開したり、問い合わせのあった建物所有者へ個別に提供することで、設置の働きかけや設置の意思決定のための情報を提供することができる。例えば、推計結果を属性としてCityGMLに付与し、ビューアで可視化することで、所有者にも発電ポテンシャルを分かりやすく説明することができる。

Step2での補助対象選定のための用途別の傾向分析のイメージ



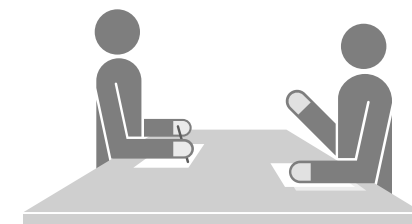
Step3・4での建物所有者への働きかけ・結果の共有イメージ



結果の公開
・情報提供



Webサイトなどでの情報発信



関係者への個別説明

IV. 政策活用への検証

5. 公共施設への太陽光発電パネルの設置推進

5.1. 実施までのステップ例

地方公共団体が所有する施設屋根面の太陽光発電パネルの設置位置の判断を行う

3D都市モデルの活用

Step1

太陽光発電
ポテンシャルの推計

公共施設の太陽光発電ポテンシャルの推計を行い、発電量の大きい施設を抽出する

<太陽光発電ポテンシャル推計の活用の考え方>

地方公共団体が管理する施設では自家消費型の太陽光発電設備が設置されることが多い。公共施設を対象に発電ポテンシャルの推計を行い、予測発電量の大きい施設を抽出する。
※活用イメージは、「3. 脱炭素施策を促進するエリアの選定のStep2での発電ポテンシャル推計・分析への活用イメージ」と同様

3D都市モデルの活用

Step2

反射シミュレーション

対象施設に太陽光発電パネルを設置した際の周辺施設への影響を確認する

<確認指標 例>

① 反射光の到達先

3D都市モデルの活用

Step3

災害リスクの確認

候補施設の災害リスクを確認する

<確認指標 例>

① 災害リスク（例：土砂災害警戒区域、洪水浸水想定区域）

Step4

パネル設置屋根の
選定

パネルを設置する屋根及び位置を選定する

<パネル設置屋根の考え方>

Step1、2、3の結果を合わせて発電量が大きくかつ反射の影響が小さい施設をパネルの設置対象施設とする。選定（スクリーニング）した施設を対象に、負荷量、耐震性、耐荷重などのより詳細な評価を行う。

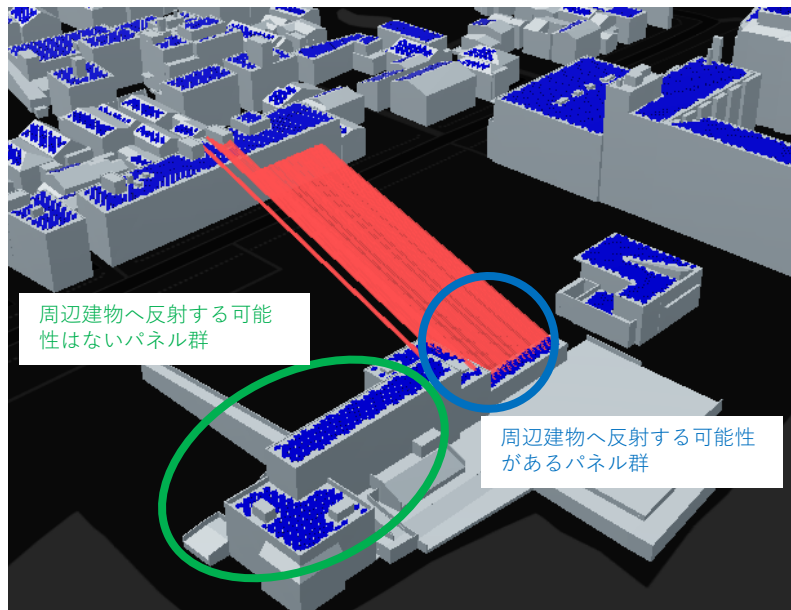
IV. 政策活用への検証

5. 公共施設への太陽光発電パネルの設置推進

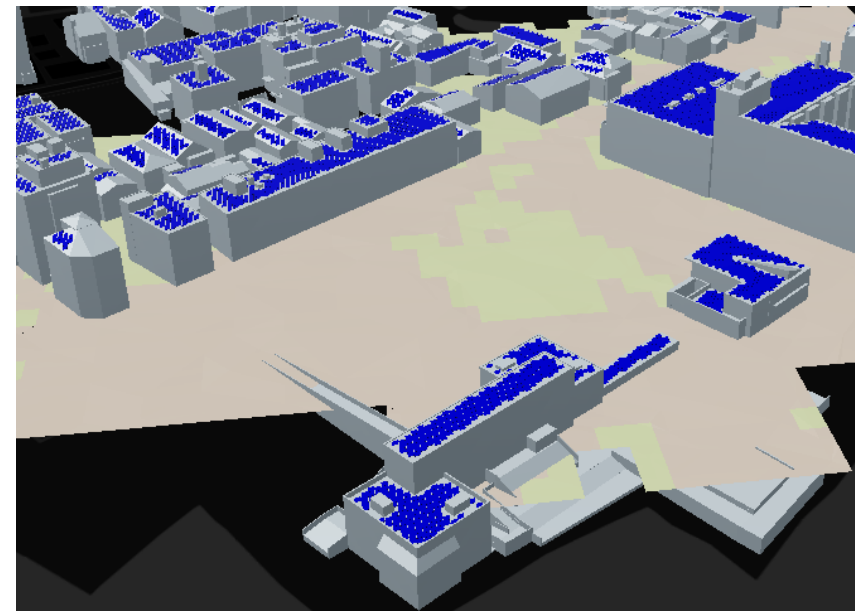
5.2. 3D都市モデルの活用例

- 対象施設のパネル設置箇所及び反射の光跡をビューア上で可視化することで、施設の屋根面のどこにパネルを設置すると周辺のどの建物に反射するのかを事前に確認することができ、パネル設置対象屋根面及び設置位置の絞り込みに活用することができる。
- また、ビューア上で災害リスク（例：洪水浸水想定区域の情報）に関する情報を重ね合わせて表示することで、パネル浸水リスクの判定などに活用することができる。
- これらの情報を活用することで、対象施設のパネル設置位置や反射の影響を事前に確認することができる。

Step2での反射シミュレーションへの活用イメージ



Step3での災害リスクの確認への活用イメージ



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

令和4年3月 発行

委託者： 国土交通省 都市局 都市政策課

受託者：株式会社三菱総合研究所・国際航業株式会社

・株式会社フォーラムエイト・Pacific Spatial Solutions株式会社

本報告書は、株式会社三菱総合研究所・国際航業株式会社・株式会社フォーラムエイト・Pacific Spatial Solutions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4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4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りません。