# 壁面発電ポテンシャル解析システムの開発

**西原雅志*・大塚真由**・神馬和歌子***・塚本祐樹*****

# Development of a Wall-Surface Solar Power Potential Analysis System

Masayuki Nishihara*, Mayu Otsuka**, Wakako Jimba***, Yuki Tsukamoto*****

**Abstract:** As renewable energy deployment progresses, cities must utilize vertical surfaces in addition to rooftops. Recent advances in perovskite photovoltaic (PV) technology have made the installation of PV on building walls realistic and scalable. In this study, we developed a building-wall PV potential analysis system that relies exclusively on open data—3D urban models and national meteorological datasets—requiring no proprietary inputs. The system accounts for shading by surrounding buildings and estimates wall-surface irradiance and PV potential. Accordingly, it provides a practical foundation for quantitative, city-wide assessment of PV on building walls and supports evidence-based deployment and policy design.

**Keywords:** シミュレーション (Simulation), 太陽光 (Solar Potential), 環境・エネルギー(Environment・Energy), システム開発（System Development）

## １．はじめに

近年，再生可能エネルギーの利用が進んでいる．それに伴い都市部における太陽光発電に使用可能な領域を拡大することが求められている．従来は結晶シリコン太陽電池が一般的であったが，近年では軽量かつ柔軟な構造を持ち，低照度環境でも発電可能なペロブスカイト太陽電池が注目されている(経済産業省, 2024)．これにより，屋根面に限らず，建築物壁面への設置も現実的な選択肢となりつつある．

こうした背景を踏まえ，国土交通省が主導する Project PLATEAU のユースケースの 1 つとして 2022 年度開発した，カーボンニュートラル施策推進支援システム（国土交通省，2023）を壁面評価用に拡張した壁面発電ポテンシャル解析システム（以下，本システム）を開発した．壁面は屋根面に比べて面積が大きく，計算負荷が高くなるため，解析時間を短縮できるようアルゴリズムを改良し，その妥当性を検証した．本システムは，3D 都市モデルを活用し，建築物単位から都市レベルまで多様なスケールで日射量や発電ポテンシャルを推計する機能を有する．本システムを活用することにより，ペロブスカイト太陽電池を壁面に設置した場合に得られる発電量を定量的に評価することが可能である．

## ２．使用するデータ

本システムは，年間予測発電量等を算出するために① Project PLATEAU の『3D 都市モデル』②国立天文台の『1 年間分の可照時間データ』③気象庁の『平均日照時間データ』④国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下，NEDO）の『日射量データベースシステム METPV-20』（以下，METPV-20）から出力するデータの 4 つを使用した．データの一覧を表 1 に示す．

表 1：本システムの入力データ

| No. | データ名 | 出所 |
|---|---|---|
| ① | 3D 都市モデル | 国土交通省 |
| ② | 可照時間 | 国立天文台 |
| ③ | 平均日照時間 | 気象庁 |
| ④ | 積雪深 | NEDO |

## ３．アルゴリズム

本システムのアーキテクチャを図 1 に示す．本システムでは，建築物の壁面をメッシュ状に分割し，これを最小の解析単位とする．各メッシュに対して日射量を算出し，壁面単位で集計した後，建築物単位に統合する．得られた日射量を基に，発電量を算出する。

### ３.１　壁面メッシュの抽出

建築物モデルから壁面の緯度経度と高さを抽出し,平面直角座標に変換する．変換後の壁面をメッシュに分割

*　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
**　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
***　正会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
****　非会員　アジア航測株式会社（ASIA AIR SURVEY CO.,LTD.）
〒251-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2 E-mail：myk.nishihara@ajiko.co.jp

する．建築物モデルの水平位置精度が 1.75m，垂直位置精度が 0.66m であることから，メッシュサイズは 1m とした．

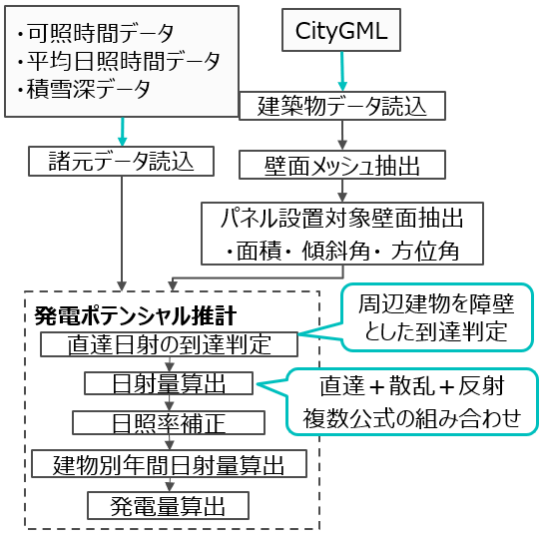



図 1：システムアーキテクチャ全体図

## 3.2　日射量推計

本システムは，1 時間ごとの斜面全天日射量を算出する．斜面全天日射量は，金山・馬場（1984）と中川清隆（2002）の計算式を用いて，直達成分と天空散乱成分と地面反射成分の和で算出した．各メッシュに対して日射量を算出し，直達日射についてのみ周辺建築物による日陰の有無を考慮した到達判定を行った（図 2）．そのため，日陰により直達日射が遮られる場合でも，天空散乱成分と地面反射成分により一定以上の日射量が得られる（図 3）．高精度な日射量推計を行うために，可照時間と日照時間データを用いて，晴天時と曇天時の日照率を算出し，月毎の斜面全天日射量の補正を行った．メッシュ単位で解析し，その結果を壁面ごとに集約することで，壁面単位の日射量を推計した．

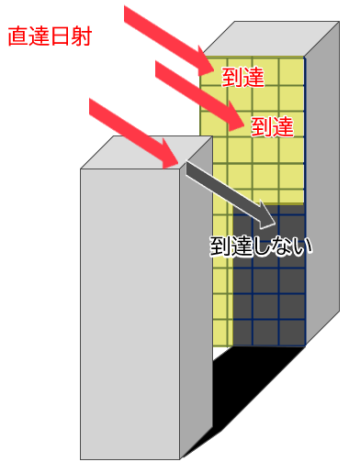



図 2：各メッシュにおける直達日射の到達判定

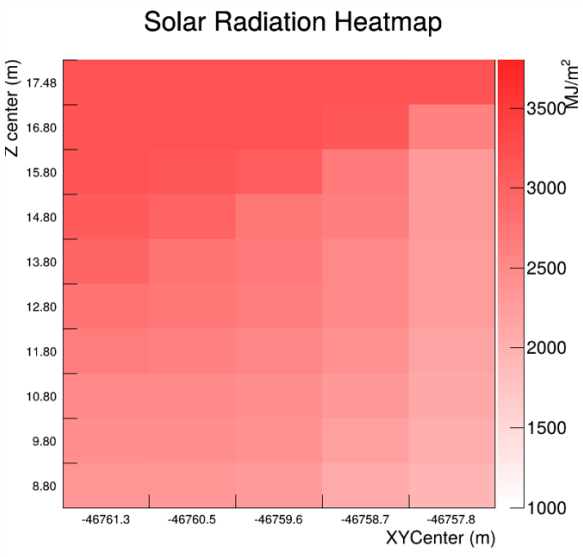



図 3：日陰がある壁面の年間日射量分布

## 3.3　年間予測発電量の算出

補正した斜面全天日射量から建築物毎に年間予測発電量を算出する．　日本産業標準調査会(2005)より，以下の計算式を用いた．

$$EPY = \frac{P \times HAY \times KPY \times 1}{GS} \quad (1)$$

ここで，EPY は年間予測発電量$[kWh/year]$，P は設置可能システム容量$[kW]$, HAY は建築物ごとの斜面全天日射量$[[kWh/m^2 \cdot year]$，KPY は基本設置係数，GS は標準試験条件における日射強度$[kW \cdot m^2]$で JIS 規格の標準値は 1 である．

ペロブスカイト太陽電池は現時点で実証実験段階にあり，P 及び KPY の特性値は正確に得られないため、本システムでは結晶シリコン太陽電池の特性値を用いた。

## 3.4　データ出力

算出したメッシュ毎，壁面毎の年間予測日射量を CSV ファイルに出力した．また，建築物ごとの年間予測日射量や年間予測発電量を CSV ファイルに出力した．

## 4．日射量計算の時間短縮

従来は 1 年 365 日すべての日射量を算出していたが，計算時間短縮のため，各月の代表日として 1 日目を選び，当該日の算出結果に月の日数を乗じて月別日射量を求める手法に改良した．この変更前後の解析時間を比較するため，石川県加賀市における第 3 次地域メッシュ 4 区画を対象に，2024 年の気象データを用いて検証した．検証の結果，解析時間は 9 日 18 時間 56 分から 8 時間 4 分へと約 29 倍短縮された．また，手法の妥当性を評価するため，①365 日それぞれを計算②各月 1 日目を計算で年間日射量を比較した．壁面ごとに以下の式を用いて変化割

合を算出した分布を図 4 に示す．

$$\text{変化割合} = \frac{② - ①}{①} \times 100 \qquad (2)$$

分布は正方向へわずかに偏る傾向を示したが，全体として誤差は±1%以内に収まった．このことから解析結果への影響は十分小さいと考えられる．以上より，本手法は大幅に解析時間の短縮が可能である．

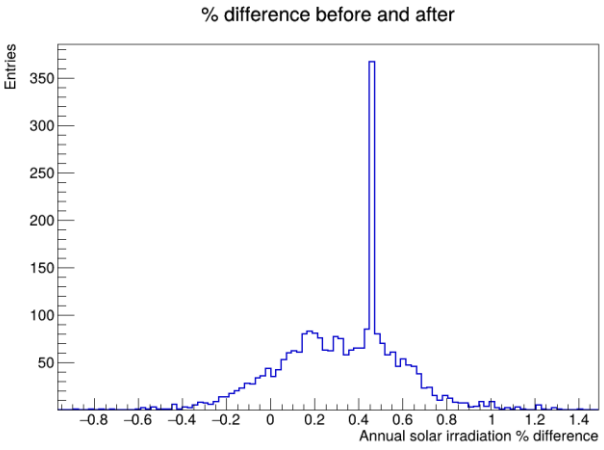



図 4：壁面年間日射量の変更前後差

## 5．精度検証

本システムの妥当性を確認するため，周辺建築物による日陰の再現性と年間日射量の精度を検証した．

### 5.1　周辺建築物による日陰の再現性確認

対象周辺の建築物による日射遮蔽の影響を確認した．解析対象地域には，建築物が密集する都市域として石川県金沢市を選定した．検証手法は，建築物モデルに単位面積あたりの年間日射量をテクスチャとして貼り付け，壁面ごとの日射量分布を可視化した．図 5 に対象建築物の例を示す．図中では赤色が濃いほど日射量が多く計算されている．可視化結果から南向きの壁面は年間を通じて多くの日射を受けていることが確認できる．一方，北向きの壁面は受ける日射量が小さい傾向を示した．また，周辺建築物による日射遮蔽の影響を受ける部分では壁面が白く表示されていることから，日射量の低下が確認できた．以上より，周辺建築物による日陰の再現性が確認できた．

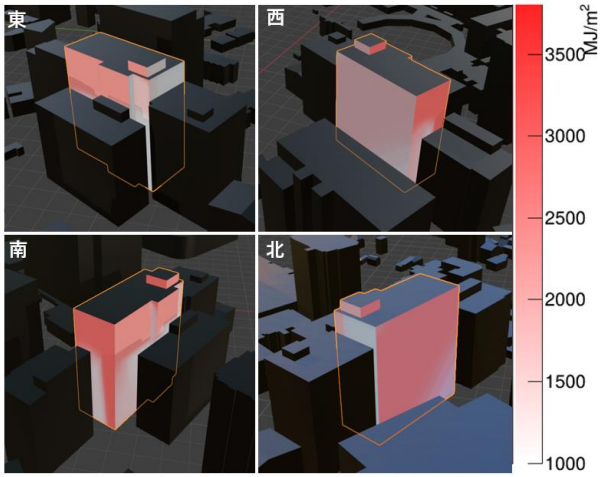



図 5：対象建築物の方位別壁面年間日射量分布

### 5.2　年間日射量の精度検証

建築物数や壁面方位の分布，気象条件等が異なる金沢市および加賀市を対象に，壁面年間日射量の方位角依存性を検証した．

検証には，NEDO が公開する METPV-20 を用いた．METPV-20 は，2010 年から 2018 年の月毎に最も日射量が平均的な年（平均年），多い年（多照年），少ない年（寡照年）を抽出してつなぎ合わせた代表的な 1 年間のデータである．本システムでは単年の気象データを用いて日射量を算出する．そこで，2018 年の気象データを入力として，金沢市及び加賀市を対象に解析した．METPV-20 は周辺建築物による遮蔽効果を考慮できないため，比較に当たっては日陰を考慮しない条件で解析を実施した．

解析結果を図 6（金沢市）および図 7（加賀市）に示す．解析にあたり方位角は 180 度を南とした．金沢市では，南向きにおいて本システムと NEDO 平均年は近い傾向となった．一方で南から離れるにつれ誤差が拡大し，北向きでは約 30%乖離した．加賀市では，建築物数が限られているため一部の方位角のデータが欠落しているが，NEDO 平均年のピークである方位角 140 度付近において近い傾向が得られた．しかし METPV-20 は方位角に対し非対称な分布となっているのに対し，解析結果は対称な分布となっている．これらの差異の原因として，散乱日射モデルの差が考えられる．本システムでは天空散乱を等方的に分布させるモデルを用いているのに対し，METPV-20 は異方性を考慮し，太陽周辺や地平線付近の輝度増加を加味している（NEDO, 2021; Perez et al., 1986）．そのため，直達成分の影響が大きい南面では一致するが，散乱成分の寄与が大きい北面や東西面では差が大きく表れたと考えられる．

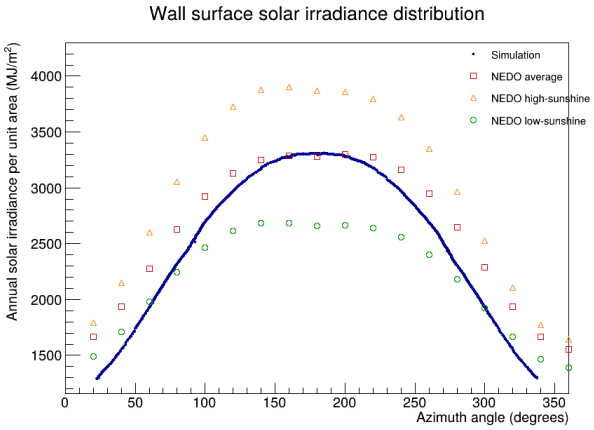



図 6：壁面年間日射量の方位角依存性（金沢市）

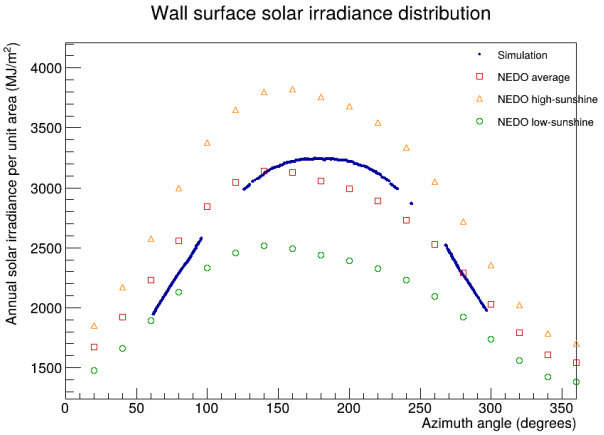



図 7：壁面年間日射量の方位角依存性（加賀市）

## 6．おわりに

建築物壁面を対象とした発電ポテンシャル解析システムを開発した．本システムでは解析時間を 29 分の 1 に短縮しつつ，精度を担保できることを示した．また，周辺建築物の遮蔽による日陰の影響を考慮したシミュレーションが可能であることを示した．

年間日射量の比較では，太陽光パネルの主要な設置対象となる南面において，NEDO の METPV-20 データとの差は 1～6%であった．

これらの結果から，本システムを用いて太陽光パネルを壁面に設置した場合に得られる発電量を定量的に評価することが可能である．

今後は，壁面設置が想定されるペロブスカイト太陽電池の特性値を導入する必要がある．さらに，算出した発電量を実測値と比較検証することで，本システムの妥当性をより詳細に検証していく．

### 参考文献

G 空間情報センター（2020），3D 都市モデル（Project PLATEAU）金沢市 2020 年度，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-17201-kanazawa-shi-2020>

G 空間情報センター（2022），3D 都市モデル（Project PLATEAU）加賀市 2022 年度，<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-17206-kaga-shi-2022>

金山公夫・馬場弘（1984），日射量の測定と傾斜面日射量の算定法，電熱研究，**23**（88），28-34.

気象庁（2013），過去の気象データ・ダウンロード，<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>

経済産業省（2024），次世代太陽電池戦略，<https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/perovskite_solar_cell/pdf/20241128_1.pdf>

国土交通省（2023），カーボンニュートラル施策推進支援システム技術検証レポート，<https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0030_ver01.pdf>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2021），日射量データベース閲覧システム METPV-20，<https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/metpv_map.html>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2021），NEDO 日射量データベースの解説書，<https://www.nedo.go.jp/content/100930737.pdf>

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台（1994），こよみの計算 Web ページ，<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>

中川清隆（2002），太陽方位，高度，大気外日射量の計算，<https://rissho-es.jp/nakagawa/met_cal/solar.html>

日本産業標準調査会（2005），太陽光発電システムの発電電力推定方法.

Perez, R., Stewart, R., Arbogast, R., Seals, R. & Scott, J. (1986), *An anisotropic hourly diffuse radiation model for sloping surfaces – description, performance validation, site dependency evaluation*, Solar Energy, **36**, 481–498.