

BG1 太陽光発電所の適正な導入に向けた 機械学習を用いた開発事例の空間特性分析

Analyzing Spatial Characteristics of Existing Solar Power Plants using Machine Learning for Appropriate Site Selection

地球循環共生工学領域 08E20070 増田惟吹 (Ibuki MASUDA)

Abstract: Solar power generation is attracting attention as a means to realize a decarbonized society. However, the introduction of mega solar power plants has caused conflicts with ecosystem conservation and local communities. The purpose of this study was to examine plans for introducing renewable energy that can coexist with local communities. By overlaying a map of solar power potential and a map of mega solar power plants, we identified 549 locations (7,046 MW) where the potential was zero but mega solar was introduced. We also used the machine learning algorithm hex2vec to predict where mega-solar could be installed in the future.

Keywords: mega-solar power plants, ecosystem, solar power potential, hex2vec

1. 背景と目的

2030年までに陸と海の30%以上を健全な生態系として効果的に保全するために生物多様性条約の30by30目標を達成しつつ、気候変動緩和策として再生可能エネルギー（再エネ）を導入することが求められる。しかし太陽光発電の導入により生態系保全や地域社会と軋轢が生じる事例が発生している¹⁾²⁾。そこで本研究では、適正な太陽光発電の導入に向けて、既設の太陽光発電所について導入前の土地利用と太陽光発電導入ポテンシャルの有無を調査し、太陽光発電所の導入に関連する立地特性を分析した。

2. 方法

2.1 太陽光発電所の立地特性の調査

エレクトロカルジャパンが公開している太陽光発電所マップから太陽光発電所の空間分布と設備容量を取得した。また、環境省の再生可能エネルギー情報提供システム（Renewable Energy Potential System, REPOS）から建物系と土地系の太陽光発電導入ポテンシャル（以下、導入ポテンシャル）を取得した。REPOSでは、自然公園、鳥獣保護区などの生態系の保全上重要な場所や、土砂災害警戒区域など防災上重要な場所が導入ポテンシャルの推計から除外されている。そこで、REPOSの導入ポテンシャルの推計から除外されている場所に設置された太陽光発電所マップに登録されている発電所を特定し、その発電所の設備容量と過去の土地利用・被覆を調査した。発電所の導入前の土地利用・被覆は、地理院地図の年度別写真で目視で確認し、国土数値情報の土地利用メッシュデータの土地利用区分に従って分類した。

2.2 太陽光発電所の立地特性のクラスタリングと類似した場所の検索

既往研究では森林に導入された太陽光発電所の生態系への影響が懸念されている²⁾。そこで、機械学習アルゴリズムのhex2vec³⁾で土地利用・被覆データの埋め込み表現を学習し、過去の森林への導入事例に空間的に類似した場所を推論した。hex2vecの学習では、まず日本全国をH3グリッドシステムのresolution 7（約5 km²）の六角形のグリッドに分割してOpenStreetMapの594種類の地物の個数と標準土地利用メッシュの49の土地利用区分の面積から50次元の埋め込み表現を学習した。そのうち過去に発電所が導入された森林を含むグリッドの埋め込み表現をUMAPで2次元に削減してHDBSCANでクラスタリングし、各クラスターの埋め込み表現に類似した開発が懸念される森林を含むグリッドを推論した。

表1 データセットの説明と出典

データ	説明	出典
太陽光発電導入ポテンシャル	500 m メッシュごとに建物系・土地系太陽光の導入ポテンシャル (kW) が収録されたポリゴンデータ	環境省 REPOS
太陽光発電所マップ	太陽光発電所の緯度経度座標と設備容量 (MW) が記録されたテーブルデータ	エレクトロカルジャパン



図1 導入ポテンシャルが推計されていないメッシュに立地する太陽光発電所の空間分布と過去の土地利用・被覆別の設備容量

表2 太陽光発電所が導入された森林を含むグリッドのクラスタリング結果

ID	クラスタの特徴的な構成要素	設備容量 (GW)	グリッド数
0	テーマパーク, 落葉広葉樹林 (人工林), 常緑広葉樹林 (二次林)	0.75	42
1	水草 (淡水), ゴルフ場等の人工草地, ごみ集積所	0.42	18
2	ゴルフ場等の人工草地, 常緑針葉樹林 (二次林), 充電スタンド	0.41	20
3	ビデオゲーム屋, ゴルフ場等の人工草地, 海崖草本群落	0.40	17
4	飼育小屋, プラネタリウム, ボート貸出場所	0.25	22
5	常緑針葉樹林 (二次林), 二次草原 (低), ダム	0.23	12
6	自然保護区, ゴルフ場等の人工草地, 温泉	0.16	24
7	常緑針葉樹林 (二次林), コーヒーショップ, 花壇	0.15	17
8	滝, 常緑針葉樹林 (二次林), レクリエーション広場	0.10	9

3. 結果と考察

3.1 太陽光発電所の立地特性の調査

REPOS で太陽光発電の導入ポテンシャルの推計から除外されたメッシュに導入された太陽光発電所は13,102件中の549件で総設備容量は7,046 MWであり、日本全国に分布していた (図1)。発電所が導入される前の土地利用・被覆別には、森林が3.2 GWと最も多く全体の45%を占めた。残りの12,553件の発電所はREPOSで導入ポテンシャルが推計されているメッシュ上に立地していたが、総設備容量は33.2 GWであり、REPOSの想定1.7倍であることが示された。またREPOSが1,211 GWの導入ポテンシャルを推計している767,039メッシュにはまだ太陽光発電が導入されていないことがわかった。

3.2 森林に導入された太陽光発電所のクラスタリングと類似した地域の検索

太陽光発電所が導入された森林を含む198のグリッドについて、5 km²のランドスケープの構成要素の特徴から9つのクラスタに分類された。各クラスタでは、落葉広葉樹や常緑針葉樹などの植生に加えて、テーマパークやゴルフ場、ダムなどの土地利用・被覆が抽出され、かつて開発された里山の周辺で太陽光発電所の建設が進んだことが示唆された。例えば中国地方に多く見られた常緑針葉樹林 (二次林)、二次草原 (低)、ダムなどを有するクラスタID5に類似したグリッドを推論すると、山梨県や秋田県に集中的に見られた。特に山梨県では太陽光発電所の導入が進んでおり、2023年にメガソーラに関する条例が改正された。今後は各地域の生物多様性地域戦略と連携した太陽光発電の立地の検討が必要である。

4. 今後の課題と展望

カーボンニュートラルとネイチャーポジティブの両立に向けて、太陽光発電所の立地とREPOSの導入ポテンシャルが想定する土地系・建物系などのタイプ別の設置条件との比較や、発電所の導入時の合意形成のプロセスと導入後の発電所の運営方法など、環境社会学的な知見による分析が必要である。

参考文献

- 1) A. Gasparatos, C. N. H. Doll, M. Esteban, A. Ahmed, and T. A. Olang, "Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 70, pp. 161–184, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.08.030.
- 2) J. Y. Kim, D. Koide, F. Ishihama, T. Kadoya, and J. Nishihiro, "Current site planning of medium to large solar power systems accelerates the loss of the remaining semi-natural and agricultural habitats," *Science of The Total Environment*, vol. 779, p. 146475, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146475.
- 3) S. Woźniak and P. Szymański, "Hex2vec -- Context-Aware Embedding H3 Hexagons with OpenStreetMap Tags," in *Proceedings of the 4th ACM SIGSPATIAL International Workshop on AI for Geographic Knowledge Discovery*, Nov. 2021, pp. 61–71. doi: 10.1145/3486635.3491076.