HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	GISデータを用いた周辺環境を加味した日射データの大量作成と応用［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	大沢, 飛智
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15374号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89698
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hisato_Osawa_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　大沢　飛智

審査担当者　主　査　教　授　森 太郎
副　査　教　授　林 基哉
副　査　教　授　長野 克則
副　査　准教授　若林 斉

学位論文題名

GIS データを用いた周辺環境を加味した日射データの大量作成と応用
(Development and application of large-scale solar radiation data with surrounding environment with GIS data)

気候変動対策として 2050 年までのカーボンニュートラルの実現が世界の共通目標になり、脱炭素社会への取り組みが活発になっている。日本でも喫緊の目標として 2030 年までに、温室効果ガスを 2013 年度比 26% 減することを宣言した。このような状況で、再生可能エネルギーとして日射の有効活用が注目されている。日射は太陽光発電による創エネや、ダイレクトソーラーゲインによる直接利用で ZEB、ZEH の普及に貢献できる一方で、多すぎる日射は熱環境の悪化を生じさせるため正確な予測が必要である。日射量は周辺環境によって大きく変化する。特に都市内では、日射を遮る障害物が多く存在し、日射量の正確な予測が難しい。近年では GIS が普及したことで、都市の周辺環境を高精度で再現できるようになってきた。しかし、都市形状を高精度で再現した 3D モデルによるシミュレーションは計算負荷が高くパラメトリックスタディを実施するためには膨大な負荷がかり、検討できるケースが制限されてしまう。そこで、本研究では GIS により周辺環境を加味した日射データを作成し他の気象要素とカップリングを行いシミュレーションデータとして利用する手法を提案した。この手法は計算負荷が小さく、大規模なパラメトリックスタディが可能である。以下に本論文の構成を示す。

第 1 章では本研究の背景と既往研究の紹介をすることで、本研究の背景と目的を説明した。

第 2 章では GIS データを用いた気象データの作成手法を提案した。オープンソースの GIS データを用いることで、周辺環境を再現した正射影画像を作成し、この画像により、時間毎に直達日射量の取得の有無を判断し、正射影画像より算出できる天空率により、その場所で得られる拡散日射量を算出した。算出した日射量の精度を検証するため、EnergyPlus で周辺建物を再現して実際に取得できる日射量を比較したところ、日射量の誤差は十分小さく、計算時間を比較した結果、1% 以下となった。このことからも本手法は大量計算に適した手法であることを示した。

第 3 章では北海道の高断熱、高気密を有する住宅でダイレクトソーラーゲインによる暖房負荷の抑制効果と周辺環境の関係性を解析した。ダイレクトソーラーゲインには暖房負荷の抑制が期待できる一方で、周辺に建物が密集している敷地であれば、期待通りの日射量を得られずかえって、暖房負荷の増加の原因となる。本手法を用いることでさまざまな敷地の天空率と日射データを算出できるため、日射データを用いて暖房負荷を算出し、天空率との関係性を解析した。建物モデルは寒冷住宅地のリビングを想定した簡易住宅を作成し、窓の性能が異なる 4 ケースと窓の面積の広さが

異なる 3 ケースの組み合わせで暖房負荷計算を実施した。解析の結果、暖房負荷と天空率に相関性があることが確認できた。また、天空率の南側のみの値とした南側天空率は天空率よりも暖房負荷と高い相関性を示した。南側天空率の高さと窓の性能次第では、暖房負荷が最小となる窓の面積の広さが異なるため、場所の特徴を十分に検討したうえで、窓の設計をする必要があると示された。

第 4 章では寒冷都市のオフィスビルがカーボンニュートラルを達成するための条件解析を行った。日本では住宅・建築物の一次エネルギー消費量の指標である BEI による規制が年々厳しくなっているため、カーボンニュートラルを実現するための条件を明確化することが急務である。そこで、札幌市に存在するオフィスビルを対象に本手法を用いて壁面で得られる太陽光発電量を算出し、オフィスビルの一次エネルギー消費量と比較することでカーボンニュートラルを達成する建物の条件を解析した。この解析を実施するために、本手法の応用として日射量から太陽光発電を算出する手法を提案した。また、GIS データを用いて解析する建物モデルを自動作成する手法を提案した。4016 件のオフィスビルを対象に壁面で得られる太陽光発電を算出した。そのうち、415 件のオフィスビルで一次エネルギー消費量の算出を行い、建物の形状や建物の性能 (壁面の熱貫流率、窓の熱貫流率と日射遮蔽係数)、敷地周辺の環境にカーボンニュートラル達成への影響を解析した。解析の結果、延べ床面積が狭い建物では外壁や窓の性能を向上させ、太陽電池を広く設置することでカーボンニュートラルを達成しやすいことが分かった。一方で、延べ床面積が広い建物では上記の各条件が良好でもカーボンニュートラルの達成が難しため、高効率の設備の導入や、建物の運用方法の最適化を検討し、省エネルギー化を実施する必要があることが判明した。

第 5 章では東京五輪・陸上男子マラソンのマラソンコースを対象として熱中症のリスクを解析した。東京五輪・陸上男子マラソンでは、約三割の棄権者が出るほどの過酷なレースとなった。このような危険を避けるためにはマラソンコースの熱環境を正確に把握する必要があるため、本手法を応用して、5m 間隔でマラソンコースの WBGT を算出した。マラソンコースの熱環境には樹木による影響もある。そこで、DEM データと中空写真より樹木の GIS データの作成、および、正射影画像に樹木を投影することで樹木の影響も考慮した日射量の算出を行った。また、拡散日射量を放射輝度分布に変換して解析するように手法を改良し、より精緻な日射量解析を行った。解析の結果、札幌市において建物や樹木による WBGT の減衰量は最大で 2 ℃程度であることが判明した。平均気温が 26 ℃以上である場合、建物や樹木による影響を考慮しても WBGT が 21 ℃を下回る時間帯がほとんど存在しないため、マラソンの実施は危険であった。一方で、同じ月でも気象次第ではほとんどの時間帯で WBGT が 21 ℃を下回る日が存在した。このことから、札幌市ではマラソンの候補日を複数設け、当日の気象状況に応じてマラソン実施の可否を決定することで熱中症のリスクが少ない日を選択することができる。

第 6 章では各章の総括し、本手法によって得られた知見を述べた。また、手法の限界を把握し、今後の展望を述べた。

これを要するに、本研究は、ZEB の達成や都市環境の改善に必要不可欠な場所の日射データ取得に関して,GIS や DEM をもとに作成した周辺障害物図を用いて取得する手法を開発し大規模なパラメトリックスタディを可能にした. また, それをツールとして住宅, オフィスビル, 都市環境の省エネルギーや環境改善に関して新たな知見を得たものであり, 今後の建物や都市の面的な政策提言等に貢献でき, 建築環境学、建築設備学およびエネルギー利用工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。