

反射を考慮した日照量計算の一手法

樽井沙知* 芳野裕子† 寺前早苗† 石川千里* 高田雅美* 城和貴*

haduki@ics.nara-wu.ac.jp

* 奈良女子大学大学院 人間文化研究科

† 奈良女子大学 理学部 情報科学科

概要

本稿では、レイトレーシング手法の光線追跡を利用して、日照量算出のための計算手法を提案する。この手法では、周囲の建物による太陽光線の遮蔽、反射の影響も考慮に入れたうえで日照量の計算を行う。太陽光発電は、発電設備の設置場所によって得られる発電量が大きく異なるという問題点を持つ。そこで、この手法を適用することにより、発電量をより多く得られる場所を特定することができるかと期待される。また、大規模データに対する計算になるため、データ量及びメモリ削減を行うためのデータ構造の定義と計算手法についても提案を行う。

Approach of Insolation Calculation that considered Reflection

Sachi Tarui* Yuko Yoshino† Sanae Teramae† Chisato Ishikawa* Masami Takata* Kazuki Joe*

* Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University

† Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Science, Nara Women's University

Abstract

In this paper, we introduce the calculation routine to calculate amount of sunlight using ray tracing. In this approach, we calculate amount of sunlight to considered influence of cover and reflection. Photovoltaic generation has the problem that the electrical energy obtained by the setting position of photovoltaic facility differ greatly. Then, we expect to pinpoint a place which can obtain more electrical energy by applying this approach. And, because it is the calculation to large-scale data, we introduce the definition of the data structure and calculation approach to reduce data and memories.

1 はじめに

地球におけるエネルギー問題は、環境問題と併せて重要課題である。この課題に対応するため、様々な国でエネルギー消費量の削減や非化石エネルギーの導入が推進されている。特に、太陽光の余剰エネルギーを電気エネルギーに変換する太陽光発電に対する関心が高まりつつある。太陽光のエネルギーは、永続的かつ膨大な量があり、枯渇を考慮する必要がない。また、消費時の二酸化炭素の排出量が非常に少ない自然エネルギーである。

太陽光発電には、発電時のリスクが少ないことに加えて大規模な発電施設が不要であるという利点がある。しかしながら、問題点として、他の発電方法に比べてエネルギー変換効率が低いことや、発電設備の設置場所により発電量が大きく変わるなどが挙げられる。そこで、より効率よくエネルギーを発電するために設置場所を特定することが重要となる。既存のシミュレ-

ーションは、周囲の建造物による遮蔽、反射による影響を反映させないため、正確な日射量の算出ができない。そこで、本研究では、遮蔽、反射による影響も含めた、より正確な日照量の算出を行うための計算手法を提案する。この手法では、レイトレーシング手法 [1] の光線追跡を利用する。

本研究の対象は、都市単位といった大規模な空間をデータとして扱うことから、メモリ容量の不足や計算量の爆発的増大が懸念される。そこで、データ量およびメモリ削減を行うためのデータ構造の提案も行う。

本稿では、2章にて太陽光発電に関する既存のシミュレーションについて紹介し、3章にて本研究にて用いるデータ仕様について説明する。4章にて日照量算出のための計算手順について提案する。5章にて照射判定のための手法について述べたあと、6章にてまとめと今後の課題について述べる。

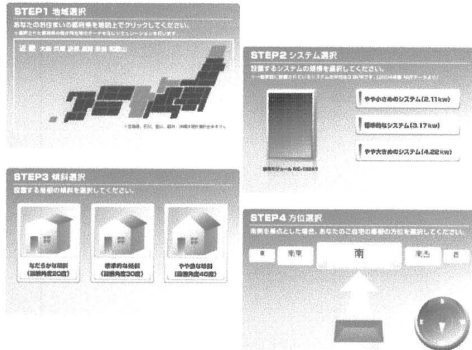


図 1: 入力インターフェース

2 既存の太陽光発電のための発電量シミュレーション

太陽光発電を行うためには発電設備が必要であり、設備の設置場所によって得られる発電量は異なる。そこで、設置予定場所において、得られる発電量を知るためにシミュレーションを行うことが一般的である。

既存の発電量予測シミュレーションとしては、日本エコシステムが提供する発電シミュレーション [2]、シャープ株式会社から提供する発電量シミュレーション [3]、三洋電機が提供する住宅用太陽光発電システム [4] などがある。これらのシミュレーションは、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) [6] の「全国日射関連データマップ」の日射量データや、日本気象協会 [5] が発表している「発電量基礎調査」や「日射関連データの作成調査」の日射量データを使用し、発電量の算出を行っている。シミュレーションでは、立地条件や設置条件により得られる発電量が異なるため、ユーザが希望する設置場所等の条件を入力し、その条件を基に個々の状況に応じて得られるように開発されている。図 1 は、日本エコシステムが提供する発電シミュレーションの入力インターフェースである。既存のシミュレーションにおいて、ユーザに要求される入力項目には、地域選択、システム選択、方位選択、傾斜角選択などがあり、この選択項目によってより詳細なユーザの条件を反映した結果が出力される。しかしながら、地域選択においては、選択項目が県単位もしくは主要な都市単位であるなど、広範囲での選択肢しか存在しない。また、広範囲でのシミュレーションであるため、個々の建物に関する情報を考慮することがない。図 2 は、実際の建物の写真である。図からもわかるように、通常、建物は周囲の物体の遮蔽や反射の影響を受ける。しかし、既存のシミュレーションでは、これらの影響を一切考慮せずに発電量を算出している。そのため、結果として算出される電力量は、正確さに欠ける。

そこで、本研究では、周囲の建物による影響も考慮

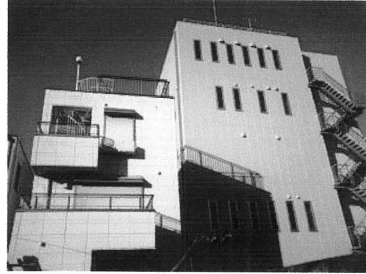


図 2: 遮蔽の影響を受けた建物

した上で、ユーザが指定する個々の建物に対する日照量を算出するための計算手法を提案する。遮蔽や反射の影響を考慮し反映させることで、より正確な日照量の算出を目指す。

3 データ

本研究で用いる対象データは、初期の保存形式では本手法に適用することができない。そのため、まず本手法に適用できるデータに変換する必要がある。

3.1 節では適用データへの変換に関する処理について述べ、3.2 節では作成したデータの仕様についての詳細について説明する。

3.1 適用データへの前処理

初期に与えられるデータは、都市を成す建物群を表すポリゴンデータである。ポリゴンデータは、オブジェクトを面の組み合わせで表現する。しかしながら、本研究では、一度に扱うデータ量やメモリの削減を考えると、処理に必要な部分のみを抽出して計算を行えるような手法を提案する。そのため、オブジェクトを立方体の組み合わせで表現するボクセルデータを用いる。そこで、ポリゴンデータをボクセルデータに変換する必要が生じる。ここでは、そのための手順について説明する。

初期のデータは、OBJ 形式のポリゴンデータであり、建物ごとにそれぞれ OBJ ファイル、MTL ファイル、POS ファイルを持つ。OBJ ファイルには、頂点位置情報、頂点テキストチャ情報、頂点法線ベクトル情報、面情報が格納されている。MTL ファイルには、テキストチャ情報が格納されているが、本稿では建物の素材については考慮しないため、使用しない。ただし、建物素材によって太陽光の反射率が異なるため、将来的にはこのテキストチャ情報も利用する予定である。POS ファイルには、オブジェクトの位置情報が格納されている。これらを用いてボクセルデータへの変換を行う。

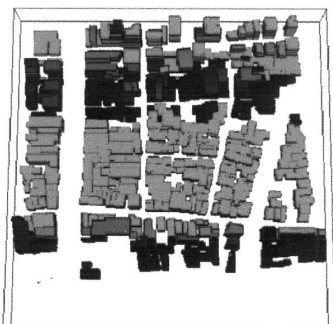


図 3: 都市のボクセルデータ

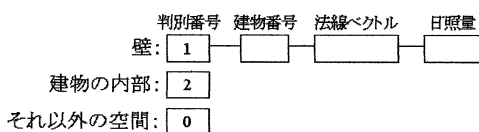


図 4: データ仕様

まず、OBJ ファイルに格納されているオブジェクトの中心位置からの各頂点座標を、POS ファイルに格納されているオブジェクトの中心位置情報を用いてシフトさせる。これにより、建物データを空間内に配置する。さらに、変更後の座標をもとに 3 次元配列へ値を格納する。

これらの処理を全ての OBJ ファイルに対して行うことで、ボクセルデータへの変換を行う。図 3 は、ボクセルデータ化された都市情報を VTK (Visualization Tool Kit) で描画したものである。本研究では、このボクセルデータを用いる計算手法を提案する。

3.2 データ仕様

ここでは、作成したデータの仕様について述べる。データ仕様を簡略化したものを図 4 に示す。

データは、構造体に保存する。その成分は、判別番号、面番号、法線ベクトル、日照量である。

判別番号は、照射判定を行うために用いる成分である。全てのボクセルを壁、建物の内部、それ以外の空間の 3 つに割り振り、判別番号を持たせる。判別番号は、それぞれ壁を 1、建物の内部を 2、それ以外の空間を 0 とする。

建物番号は、ボクセル属する建物を示す成分である。本研究では、指定した建物に対する日照量を算出するため必要である。

法線ベクトルは、それぞれ x 軸、y 軸、z 軸の傾きを値として持つ。建物は、必ずしも立方体の組み合わせで表すことができない。しかし、ボクセルを用いるため、全ての壁面が立方体の組み合わせで構成される。そのため、本来の壁面と光線の角度の情報が失われてしまう。この問題に対処するために、法線ベクトルを用いる。反射ベクトル E' は、入射ベクトルを E 、法線ベクトルを N とすると、

$$E' = 2(E \cdot N)N - E$$

のように表せる。

日照量には、そのボクセルに対する日照量の値を格納する。

判別番号は、全てのボクセルに必要な情報である。建物番号、法線ベクトル、日照量は、壁以外のボクセルでは、不要である。そこで、壁に当たる構造体には全ての要素を含ませ、それ以外の構造体には判別番号のみを与える。必要なデータのみ形式にすることで、データの軽量化を図る。

4 日照量算出のための計算手順

本研究において提案する計算手順は以下の通りである。

- ① ボクセルデータ化
- ② 疎行列化
- ③ 建物の指定
- ④ 光線影響範囲の決定
- ⑤ 処理範囲の抽出
- ⑥ 照射判定 (直接光)
- ⑦ 照射判定 (反射光)
- ⑧ 日照量の算出
- ⑨ 結果の出力

日照量は建物ごとに算出するものとする。つまり、ユーザが選択した建物に関する日照量を計算させる。それぞれの処理についての詳細を以下で述べる。

手順①では、対象データを整理し、ボクセル化を行う。都市のデータは、複数の建物が林立する複雑な形状であるため、建物のある部分だけの照射量を計算するのに不向きである。そこで、都市空間をボクセルという立方体単位に区切ることによって、部分的な照射量の計算を可能とする。

手順②では、ボクセル化したデータに対して、さらに疎行列化を行う。本研究で用いるデータは、ある都市の建物群を表したものであるため、空などの建物のない空間が大部分を占めている。そこで、処理する際

にメモリの無駄をなくすため、値が0であるデータを削除する。

手順③では、日照量を調べたい建物をユーザが任意で選択する。

手順④では、ユーザが指定した建物に対して、太陽光線が影響を及ぼす範囲を割り出す。隣接する建物の高さや幅との比較によって、指定した建物に太陽光線が当たるかどうかを判定する。

手順⑤では、手順④にて割り出した太陽光線の影響範囲の結果をもとに、計算に用いる部分のデータのみを抽出する。処理範囲のみのデータに変換することで、扱うデータの量を削減する。

手順⑥では、指定した建物のそれぞれの面に対して、どれだけ太陽光線が照射されるかを調べる。ここでは、太陽から直接当たる光線、直接光について調べる。周囲の建物により遮蔽され届かない光線については、この判定時に除外する。

手順⑦では、手順⑥に引き続き、指定した建物のそれぞれの面に対して照射判定を行う。ここでは、周囲の建物等に反射してから当たる光線、反射光について調べる。本稿では、反射回数が1回までの反射光について考えることにする。

手順⑧では、照射判定の結果をもとに、日照量を算出する。指定した建物の全ての面に対しこの処理を行うことで、建物に対する日照量の算出を行う。

手順⑨では、手順⑧で算出した建物に対する日照量を結果として出力する。

5 照射判定のための手法

本章では、4章の手順⑤、⑥にて用いる照射判定について説明する。

照射判定には光線追跡を利用し、太陽光線が指定した建物に当たるかどうかを判定する。光線追跡にはベクトルを用いる。太陽光線をベクトルとして表現し、ベクトルを伸ばして遮られないことがないかを基本的な照射判定の考え方とする。

ベクトルの起点はユーザが指定した建物の壁部分とするため、まず、判別番号の要素が1であるボクセルを選択する。次に、選択された壁から太陽の方向に向かってベクトルを伸ばす。遮られない場合、太陽光線が直接当たると判断して、そのボクセルの日照量の要素に直接光が当たったときの日照量を格納する。遮られた場合、反射光が当たる可能性があるとして、ベクトルが交わるボクセルの法線ベクトルの要素を参照して反射ベクトルを計算し、さらにそのベクトルを伸ばす。その反射ベクトルに対しても、直接光のベクトルと同じように遮られない場合と遮られた場合とに分けて処理を行う。遮られない場合、太陽光線が1度反射して当たると判断して、そのボクセルの日照量の要素に反射光が当たったときの日照量を格納する。遮られた場合、本稿では1回反射光までしか考えないため、太陽光線は遮蔽され、光は当たらないものと判断する。

6 まとめと今後の課題

ユーザが指定した任意の建物に対し、レイトレーシング手法の光線追跡を利用して照射判定を行い、周囲の建物による遮蔽、反射の影響を考慮した日照量算出のための計算手法および手順を提案した。都市単位での日照量計算を目指すため大規模なデータに対する計算であるため、メモリ容量の不足や計算量の爆発的増大が懸念されたが、疎行列化や処理範囲を階層的に圧縮していくことで、一度に扱うデータ量が削減できた。

今後の課題としては、日照量計算の精度の向上や、さらに処理速度を向上させるための高速化手法の提案が必要であると考えられる。日照量計算の精度については、考慮する反射光の反射回数を増やすことで、より良い結果を得ることができると考えられる。また、処理速度の向上については、本稿にて述べたデータ構造をもとにより適したデータ構造を提案することや、処理の階層化によることによって改善が期待できると思われる。

参考文献

- [1] 千葉則茂, 村岡一信: C による CG レイトレーシング, サイエンス社, 1994.9.10
- [2] 発電シミュレーション, 日本エコシステム, <http://www.shouene.com/simulation/>
- [3] 発電量シミュレーション, シャープ株式会社, <http://www.sharp.co.jp/sunvista/housing/simulation/>
- [4] 住宅用太陽光発電システム, 三洋電機, <http://www.sanyo.co.jp/solar/>
- [5] 財団法人 日本気象協会, <http://www.jwa.or.jp/>
- [6] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構, <http://www.nedo.go.jp/>