Google Earth と Sketch Up を用いた 3 次元都市モデルの 作成方法

METHOD FOR THE 3D-CITY MODELS USING GOOGLE EARTH AND SKETCH UP

野々村善民 — * 1 柴山和幹 — * 2

Yoshitami NONOMURA — * 1 Wataru SHIBAYAMA — * 2

キーワード：
グーグルアース, スケッチアップ, 3次元都市モデル, 市街地,
日影

Keywords:
Google earth, Sketch up, 3D-city construction, Urban area, Shadow

The purpose of this study is to put forward a method of 3D-city construction using Google Earth and Sketch Up. In this method, we input the height of the building using the photographing time of the image data of Google Earth and the shadow length measured by Sketch Up. The image data of Google Earth, as well as the shape of urban buildings, are recorded years and months and days taken. In addition, the photographing time of image data was calculated using the height and the shadow length of the overhead line system for electric trains.

1. はじめに

建築物の周辺における様々な環境を予測するために、各種のシミュレーション技術が開発されている。これらのシミュレーションを利用するためには、3次元都市モデルが必要となる。現時点では、3次元都市モデルが小規模であっても、その作成には手間のかかる作業を必要とする。

3次元都市モデルを作成する上で、地形の起伏および建物平面形状などは、国土地理院の数値地図またはGoogle Earthなどを用いて簡単に作成できる。しかし、建物の高さは、現地において建物の高さを実測することを必要とする。

一方、広域の3次元都市モデルを作成するために、都市平面図から取り出した建物形状の情報と、広域航空画像データなどの高さデータを組み合わせて作成できるシステムが開発されている。このシステムを利用する場合には、高価なソフトとGISデータを購入し、更に3Dへの変換手法の修得が必要となる¹⁾。

例えば、建物周辺の気流解析および日影などを検討する場合、小規模の3次元都市モデルが必要となる。この時、低コストかつ簡単な操作方法が求められる。そこで、筆者らは、Google Earth と Sketch Up 2015 Make (以下、Sketch Up) のみを用いて、3次元都市モデルの作成方法を開発した。以下に、この作成方法の手順を示す。

- ① Google Earth の画像データの撮影時刻を算出する。
- ② Sketch Up に撮影時刻を入力する。
- ③ Sketch Up の画面に表示されている建物の影の長さに併せて、マウスを用いて建物の高さを入力する。

上記の3次元都市モデルの作成方法のメリットは、現地調査などが不要となることである。なお、現地調査には、レーザー測量がある。その作業は比較的容易であり、十分な測定精度も得られる。しかし、レーザーの照射位置を確実にを行うために、測量対象物に直射日光が当たらない時間帯を選んで、作業が行われる。

なお、上記のGoogle Earth と Sketch Up は、教育機関に所属する

ユーザーに対して無償で利用できる。

そこで、本報告は3次元都市モデルを作成する上で必要となる建物高さの算出方法を明らかにすることを目的とし、流体数値シミュレーションの空間メッシュを作成するまでの操作方法を紹介する。

2. Google Earth の画像データ

Google Earth の画像データは、民間の人工衛星から撮影されたものである。以下、画像データと言う。表1に、画像データに記録されているデータを示す。表中に示すように、画像データの撮影時刻が不明である。

日本国内において、寸法の規格が統一である道路上の信号機などの工作物がある。以下、この工作物を基準工作物と言う。画像データの中から基準工作物を見つけ出すことにより、工作物の高さを工作物の影の長さで基準化した影の倍率がわかる。この影の倍率と画像データの撮影年月日を用いて、太陽高度、日赤緯と時角が算出できる。これにより、画像データの撮影時刻が明らかになる。

なお、画像データには、一部の建物の高さ情報が記録されている。しかし、その高さ情報の精度は大まかなものであり、3Dモデル入力の高さとして利用できない。

表1 Google Earth の画像データに記録されているデータ

No.	項目	内容
1	撮影年月日	西暦年数、月、日
2	位置情報	緯度、経度
3	建物の高さ	一部の建物のみ、大まかな数値

3. 建物の影の算出方法

3.1 地面に映る影から撮影時刻を算出する方法

図1に、建物の寸法と位置情報から影の長さと向きを算出する方法を示す²⁾。

本報告で用いた画像データは、広島県廿日市市のJR宮島口駅周辺

¹⁾ 久留米工業大学建築・設備工学科 教授・博士 (工学)
(〒830-0052 久留米市上津町2228-66)

²⁾ 久留米工業大学建築・設備工学科

¹⁾ Prof., Kurume Institute of Technology, Dr. Eng.

²⁾ Kurume Institute of Technology

であり、撮影年月日は2014年11月4日である。なお、この画像データのダウンロード年月日は、2015年5月4日である。

図2に、上記の画像データをSketch Upに挿入し、これに基準工作物を入力した画像を示す。この画像データから選んだ基準工作物は、架空電車線の工作物とした。なお、架空電車線の高さは5.0m以上から5.4m以下である³⁾。

2015年3月20日にJR宮島口駅周辺における建物および鉄道施設の現地調査を行い、主な寸法を実測した。その結果、地盤から架空電車線を支持する梁下の高さは5.4mであることがわかった。この時、使用した機器は、レーザー距離計(BOSCH GLM80)である。

以下の手順で、画像データの撮影時刻が明らかになる。

- ① 画像データはSketch Upの画面に写し、架空電車線の工作物の3Dモデルを作成する。この時、梁の高さ h_w は5.4mである。
- ② 架空電車線の梁の影の長さは、Sketch Upの画像データから測定する。この時、影の長さ h_t は7.0mであった。
- ③ 以上から、影の倍率 $m (= h_w / h_t)$ は0.77であった。
- ④ 図1に示すフローチャートに従って、撮影時刻を算出した場合、画像データの撮影日時は、2014年11月4日12時55分とすることがわかった。

なお、日本国内において、基準工作物として扱える物は、架空電車線の他に、交通標識、信号機、ガードレール、電柱などがある。

3.2 単体建物の3Dモデルの作成方法

写真1に、対象とするAマンションの外観を示す。AマンションはJR宮島口駅の南側、フェリー乗場の南側に位置する。

ここでは、Aマンションの3Dモデルの作成方法を以下に示す。

図1 建物の影の算出方法

図2 架空電車線の高さと影の長さ

- ① 上記の3.1で算出した撮影時刻は、Sketch Upに入力する。
- ② 図3(1)に、Aマンションの北側に生じた影の様子を示す。
この図は、Sketch UpにGoogle Earthの画像データを挿入したものである。以下、この影を画像データの影と言う。
- ③ Aマンションの平面形状をSketch Upに入力する。
- ④ 図3(2)に示すように、Sketch Upにおいて、Aマンションの高さを入力し、影を適宜作図する。以下、3Dモデルの影と言う。
- ⑤ 図3(3)に示すように、上記の3Dモデルの影が画像データの影に一致するように、Sketch Upの画面においてマウスを用いて、Aマンションの高さを調整する。

上記の①～⑤の操作により、Sketch Upから算出したAマンションの高さは、31.8mであった。また、2015年3月20日に実施した建物の現地調査の結果、Aマンションは、32mであった。

以上から、Google EarthとSketch Upを用いた3次元都市モデルの作成方法は、実用上利用できることがわかる。

このように、画像データの中から基準工作物を見つけ出し、その寸法から画像データの撮影日時が明らかにできる。例えば、基準工作物が見つからない場合には、Google Earthのストリートビューの機能を用いる。例えば、建物などの高さは自動車またはガードレールなどを基準として、撮影時刻から推定できる^{注1)}。

なお、本報告で提案する3次元都市モデルの作成方法については、Sketch Upを用いて、ほとんどの操作はマウスを用いて行う。

写真1 Aマンションの外観

写真2 Bホテルの外観

(1) Google Earthの画像データの影

(2) Sketch Upで作成した建物とその影

(3) Sketch Upに画像データを挿入した場合

図3 Aマンションの北側に生じた影

(1) Google Earth の
画像データの影

(2) Sketch Up で作成した建物と
その影

(3) Sketch Up に画像データを挿入した場合

図4 B ホテルの影

3.3 建物群内における単体建物の 3D モデルの作成方法

ここでは、建物群内に影が生じた場合について、建物の高さの入力方法について示す。ここで対象とする建物は、写真 2 に示す B ホテルである。

図 4 に、B ホテルの北側に生じた影の様子を示す。密集した建物群においては、3D モデルを入力する対象建物の影が他の建物の壁面に映るケースがある。このようなケースにおいて、B ホテルの 3D モデルを作成する方法を以下に示す。

- ① 撮影時刻を Sketch Up に入力する。
- ② Google Earth から対象地域の地盤面の画像を抽出し、Sketch Up に挿入する。
- ③ Sketch Up を用いて、A マンションの 3D モデルを作成する。
- ④ Google Earth から A マンションの壁面の画像を抽出する。
- ⑤ 図 4 (1) に示すように、Sketch Up で作成した A マンションの 3D モデルの壁に、上記の②で抽出した画像を貼り付ける。
この操作は、Sketch Up のテクスチャ機能を用いる。
- ⑥ 図 4 (2) に示すように、Sketch Up において、B ホテルの高さを入力し、B ホテルの 3D モデルの影を作図する。
- ⑦ 図 4 (3) に示すように、上記の 3D モデルの影が上記の⑤で作成した画像データの影に一致するように、Sketch Up において、B ホテルの高さを調整する。この時、B ホテルの 3D モデルの影が地盤面の影と一致する。

以上の①～⑦の操作により、B ホテルの 3D モデルを入力できることがわかった。なお、上記の⑤で記した Sketch Up のテクスチャ機能の操作方法是後述する^{注2)}。

4. 3次元都市モデルの作成事例

図 5 (1) に、JR 宮島口周辺における 3 次元都市モデルを示す。作成方法は、Google Earth からダウンロードした画像データと Sketch Up を用いた。この 3 次元都市モデルを用いて、図 5 (2) に示すように、流体数値シミュレーションの空間メッシュを作成した。流体数値シミュレーションのアプリケーションは、株式会社アドバンスドナレッジ研究所製の FlowDesigner ver. 12 である。

(1) Sketch Up による 3D モデル

(2) Flow Designer による空間メッシュによる 3D モデル

図5 JR 宮島口周辺における 3D モデル

図6 南風が吹いた場合の風の流れる様子

この時の空間メッシュの最小サイズは 0.5m 程度である。

図 6 に、南風が吹いた場合の風の流れる様子を示す。FlowDesigner の機能を用いた 3 次元都市モデルの作成方法は、地面の起伏なども含めて、全ての建物高さの数値を確認しながら手入力する。

一方、筆者らが開発した 3 次元都市モデルの作成方法では、Sketch Up を用いて、画面を見ながらマウスを用いて建物が入力できる。これにより、建物高さの数値確認は不要となる。

なお、FlowDesigner には、Sketch Up で保存したファイルを読み込む機能がある。この機能を用いることにより、解析領域の空間メッシュは短時間で作成でき、一連の作業は省力化できる。

5. まとめ

3 次元都市モデルを作成するためには、個々の建物高さを明らかにする必要がある。そこで、本報告は、無償で利用できる Google Earth と Sketch Up を用いて、3 次元都市モデルを作成する上で必要となる建物高さの算出方法を明らかにすることを目的とし、流体数値シミュレーションの空間メッシュを作成するまでの操作方法を紹介した。以下に、本報告で得られた知見を記す。

- ① Google Earth の画像データから、架空電車線などの基準工作物を見つけ出す。次に、Sketch Up を用いて、基準工作物の寸法と影の長さを用いて、画像データの撮影日時が明らかにできることがわかった。

- ② 密集した市街地において、建物の影が他の建物壁面に映し出された場合であっても、Google Earth の画像データと Sketch Up を用いて、建物の高さを明らかにできることがわかった。
- ③ Google Earth と Sketch Up を用いて、小規模な 3 次元都市モデルを作成するに当たって、地面の起伏および建物群などの入力に要する作業は、省力化できることがわかった。

6. あとがき

今後、無償のアプリケーションを用いた 3 次元都市モデルの作成に関する研究開発は増加するものと思われる。今回、Google Earth と Sketch Up のみで、JR 宮島口周辺の 3 次元都市モデルを作成した。この作業を通して、3 次元都市モデルの入力作業が実用上利用できることがわかった。しかし、上記のアプリケーションのバージョンアップに伴い、今後、画像データの読み込みなどの一部機能が利用不可となる可能性もある。本報告で記した 3 次元都市モデルの作成方法が、様々な無償アプリケーションでも利用できるように、準備する必要がある。

最後に、本報告の作成に当たって、多大な御協力を頂いた関係各位に心から謝意を表す。

参考文献

- 1) 塩出徳成、塩出志乃：三次元都市モデルの開発現状に関する調査、及び GIS データとの整合性を考慮した三次元モデルの構築・実証に関する研究報告書、2006.9
- 2) 蔵田憲次、岡田益己：環境工学入門 光・熱環境計算法の基礎、株式会社サイエンスハウス、pp.11～16、1991.2
- 3) 普通鉄道構造規則第 60 条：
<http://law.e-gov.go.jp/haishi/S62F03901000014.html>, 2015.5
- 4) 天野貴文、吉川 眞：建物屋根形状の簡易判読・自動生成システムの開発、景観・デザイン研究講演集 No.5、pp.57～62、2009.12

注

注 1) 画像データの撮影時刻の算出について

・図 7 は、現地調査で歩道橋の寸法を計測し、Sketch Up で 3D の歩道橋を再現したものである。歩道橋の高さ $h_w=7\text{m}$ と影の長さ $h_l=9\text{m}$ から算出した影の倍率 m は 0.78 となり、撮影時刻は 12 時 51 分となる。この撮影時刻は図 2 の撮影時刻 12 時 55 分と比べて、概ね同じである。

注 2) Sketch Up のテクスチャ機能について

- ・B ホテルの影を A マンションの壁に映すために、Google Earth の画像データを A マンションの壁面に貼り付ける方法がある。以下、この操作方法で壁面に貼り付けた画像をテクスチャと言う。
- ・A マンションの壁面にテクスチャを貼る前段階で、図 8 (1) に示すように、Sketch Up の画面から A マンションの壁面をマウスで選択する。
- ・次に、テクスチャに用いる A マンションの画像データが必要となる。この画像データの検索欄は、図 8 (2) に示すように Sketch Up の画面に表示される[ウィンドウ(W)]から[写真テクスチャ]を選択して表示できる。
- ・図 8 (3) に示すように、赤枠の検索欄に A マンションの所在地を入力し、[検索]ボタンをクリックする。これにより、画像データにおける A マンションが表示される。
- ・図 8 (4) に示すように、A マンションの壁面にテクスチャを貼るために、A マンションの画像が正面となるように調整する。次に、[地域を選択]をクリックすることで、テクスチャの選択範囲が表示される。
- ・図 8 (5)、(6)、(7) に示すように、A マンションの壁面形状に合わせて、テクスチャの形状は、マウスを用いて指定する。次に、ウィンドウリボンの[グラフ]をクリックすることで、選択したテクスチャが A マンションの壁面に表示される。
- ・図 8 (8) は、A マンション壁面にテクスチャを貼り付けた画像である。

図 7 歩道橋の高さと影の長さの様子

(1) A マンションの壁面を選択している様子

(2)リボンから[ウィンドウ(W)]を選択し[写真テクスチャ]を選択する

(3)赤枠の検索欄に A マンションの所在地を入力して[検索]を選択する

(4)[地域を選択]を選択する

(5)選択範囲を切り取るテクスチャに合わせる

(6)選択範囲を切り取るテクスチャに合わせた様子

(7)[グラフ]を選択する

(8)テクスチャを貼り付けた様子

図 8 テクスチャの貼り方

[2015 年 5 月 30 日原稿受理 2015 年 8 月 10 日採用決定]