

3D 測量データと音響シミュレーションの融合に関する基礎検討

愛媛大学 学生会員 ○田村健悟 朝日快佳
愛媛大学 非会員 矢田貝果那, 正会員 丸山泰蔵 中畑和之

1. はじめに

建設分野では、レーザーを搭載したドローンによる空中撮影や設置型スキャナによる地上撮影を行うことで地形や構造物の3次元(3D)データを取得し、それを設計や施工に活用する試みが導入されつつある。レーザーを照射したときの反射光から、対象物と照射点の相対位置と方向が計算され、基本的には反射源が点として空間にマッピングされる。スキャンを細かく行うことで高密度な点群が得られる。現状では、点群データは、竣工予定図と現況との差異の確認等に使用されている¹⁾が、これらを物理シミュレーションに応用できれば、3Dデータの有効活用に繋がる。有限要素法等の数値シミュレーションでは、点群をポリウムデータに変換し、それをもとにメッシュを作成する必要がある。本研究では、実際に愛媛大学の敷地を3次元測量し、その形状を音響有限積分法²⁾(Acoustic Finite Integration Technique: AFIT)に入力し、音の伝搬シミュレーションを行う。ここでは、点群データをポリゴンに加工してメッシュを作成する方法と、点群をボクセルに変換して数値メッシュとして利用する方法の2つの方法について検討した。

2. LiDAR による 3次元計測

本研究ではLiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) を用いて、愛媛大学の校舎と敷地を撮影した。LiDARとは、パルス状に発光する散乱光を測定して対象物体の表面までの距離を算出する技術である。LiDARセンサーはLivox社製のLivox Horizonを使用した。計測は、建物壁面と地表面に分けて実施した。建物壁は範囲を分割して計測し、計10個の点

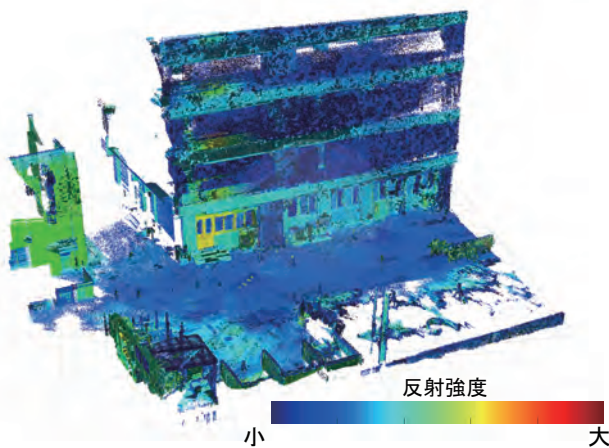


図-1 LiDARから作成した建物壁面と地表面の点群モデル

群モデルを作成した。地表も同様に分割して計測を行い、計23個の点群モデルを作成した。これらのモデルにはターゲットスフィアからの参照光が含まれており、これらを活用して点群モデルを結合した。結合した点群モデルを図-1に示す。点の色は、青になるほど反射光が弱く、赤になるほど強いことを表す。

3. ボクセルモデルの作成

点群は、そのままでは有限要素法などの領域型シミュレーションに用いることはできない。本研究では、2つのアプローチで数値メッシュを作成する。1つ目の方法は、点群データをポリゴンに加工して、それを数値メッシュにする方法(ポリゴン加工モデルと呼ぶ)である。ここでは、アルモニコス社の大規模点群モデル化システムClass-NK PEERLESSを用いて、点群の加工およびポリゴン作成を行った。Class-NK PEERLESSでは、図-2に示すように、点群の抜けを補間でき、計測ノイズを平滑化してポリゴン化できる。最終的には、これをstlデータとして出力した。このstlデータは、Quint社のイメージベース構造解析ソフトウェアVOXELCONに読み込み、数値メッシュ(ボクセル)に変換した。

2つ目の方法は、点群からボクセルを作成する方法(ソリッド分割モデルと呼ぶ)である。ここでは、SideFX社の3DCGソフトウェアHoudini Apprenticeを用いて、ボクセル化を行った。点群データを読み込み、点がグリッド(格子)の上に乗るように間引き、そのグリッドをボクセルに変換する。図-3にグリッド分割によるボクセルモデルを示す。

以上、2つの方法で作成したボクセルの1つの大きさは、それぞれ50mmとした。ポリゴン加工モデルは作業の手間がかかるが、点群の抜けを修正でき、反射光が得られなかった部分のモデル作成も可能である。

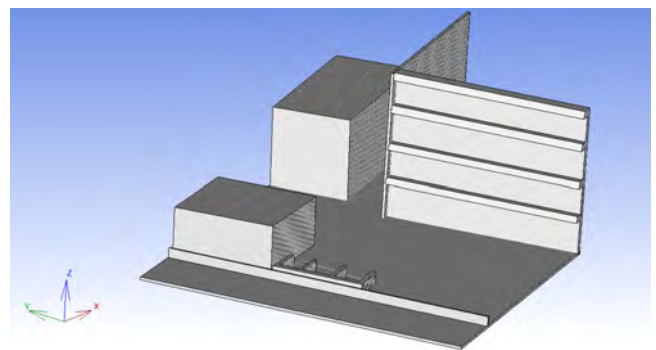


図-2 ポリゴン加工によるボクセルモデル

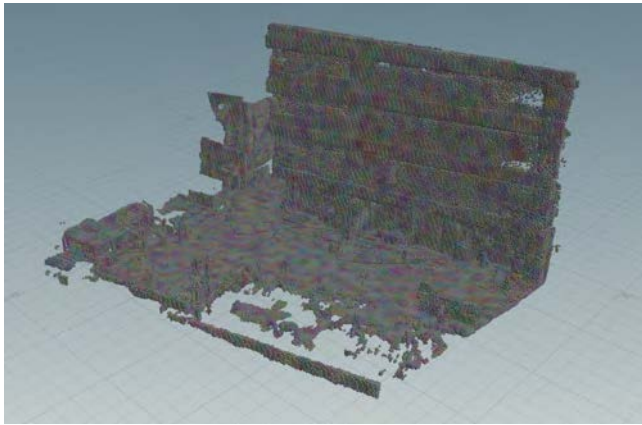


図-3 グリッド分割によるボクセルモデル

グリッド分割モデルは点を間引いてボクセルにする単純処理であるが、点群の抜け等を含めたボクセルメッシュがそのまま数値シミュレーションに読み込まれることになる。

4. 音響波の3Dシミュレーション

本研究では、計測した3Dデータをもとに、音響波のシミュレーションを行った。3D形状を測定した建物の近くには伊予鉄道の線路があるため、シミュレーションでは電車を音源と仮定した。ここでは、音波を時間領域で計算するために、AFIT²⁾を採用した。AFITを用いて音波伝搬を計算し、その音場を3次元的に可視化する。音波は電車全体から発生するものとし、その周波数は200Hzを中心とする可聴域とし、発生する最大の周波数は500Hzとした。音速は350m/sとし、建物や地表面での境界条件は、表面力を0とした。それぞれのAFITのシミュレーションで得られた粒子速度の絶対値 $|v|$ をプロットしたものを図-4と図-5に示す。図-4のポリゴン加工モデルはボクセルの抜けがなく建物表面がフラットであるため、比較的大きな振幅の反射波が確認された。しかし、図-5のグリッド分割モデルでは建物表面に凹凸があることとボクセルの抜けがあるため、ポリゴン加工モデルと比べて反射波が小さくなったが、定性的には音波の伝搬経路が模擬できている。

5. おわりに

3次元点群データから、2つのモデル化（ポリゴン加工モデルとグリッド分割モデル）を用いてボクセルメッシュを作成した。これを、AFITに入力することで3次元音響シミュレーションを行い、音波の伝搬を可視化した。ポリゴン加工モデルは、点群の抜けやノイズを補正できるが、手間がかかる。一方、グリッド分割モデルは、点群をほぼそのままボクセルメッシュにするので短時間に前処理ができる。それぞれの短所と長所を踏まえ、要求される精度や時間に応じて使い分けるなど、点群データを物理シミュレーションに応用するための検討を重ねていく必要がある。

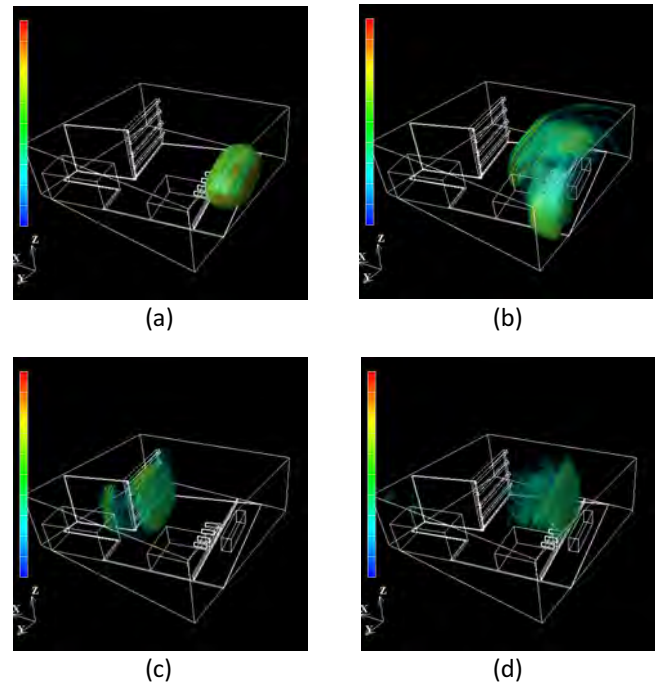


図-4 ポリゴン加工モデルを用いた3次元音響シミュレーションの映像化結果 (a)16ms, (b)48ms, (c)96ms, (d)112ms

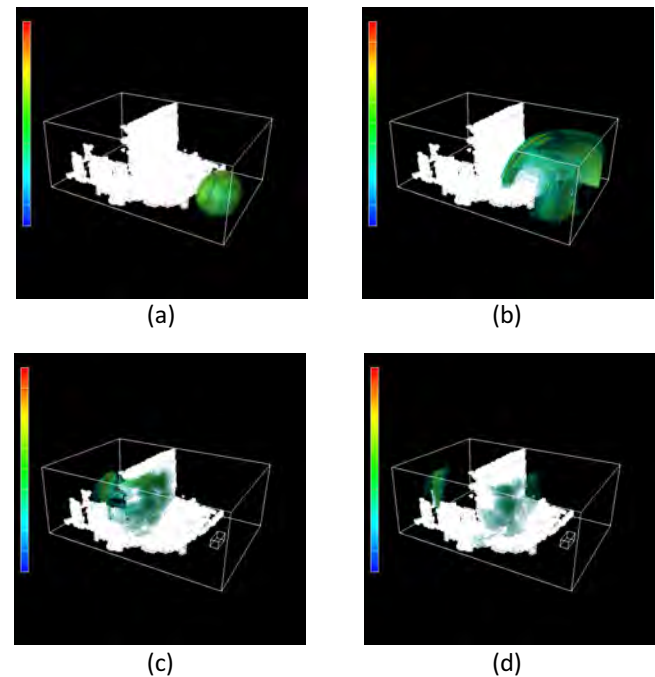


図-5 グリッド分割モデルを用いた3次元音響シミュレーションの映像化結果 (a)16ms, (b)48ms, (c)96ms, (d)144ms

参考文献

- 1) 池田雄一, 坂上 肇, 金子智弥: 建築工事における3次元点群データの活用効果の検証, 大林組技術研究所報, No.80, pp.1-8, 2016.
- 2) K. Nakahata, J.Chang, M. Takahashi, K. Ohira, Y. Ogura: Finite integration technique for coupled acoustic and elastic wave simulation and its application to noncontact ultrasonic testing, *Acoust. Sci. & Tech.*, Vol.35, No.5, pp.260-268, 2014.