

# LiDAR スキャナ搭載端末による路面調査の 省力化に関する研究

明石工業高等専門学校 鍋島 康之

近年、土木技術者が不足する中で生産性の向上が求められている。本研究では、iPhone に搭載されている LiDAR 機能を用いて、道路舗装の点検業務を効率化するために基礎的な研究を行った。その結果、iPhone に搭載されている LiDAR とアプリの組み合わせでもある程度の精度で計測を行うことが可能であるが、より精度の高い測定を行うためには、衛星情報などにより補正を行う機器の装着が必要であることがわかった。

## 1. はじめに

近年、土木分野では技術者不足が加速しており、その一方で、社会基盤施設の維持管理のための負担は大きくなる<sup>1)</sup>と言われている。このような現状を改善するには、様々な機器を使用して生産性を向上することが必要である。そこで本研究では LiDAR 技術に注目した。LiDAR とはセンサーからレーザー光を発射し、ターゲットに反射して戻ってくるまでの時間から距離を測定する技術である。これまで LiDAR は非常に高価な機器であったが、iPhone 11 Pro/ProMax 以降に搭載されることにより(図-1)、安価で手軽に利用できるようになった。本研究では、iPhone 12 ProMax LiDAR を用いた計測について、測定範囲や精度などの基礎項目について検討した。



図-1 iPhone 12 Pro max の LiDAR センサーと viDoc を取り付けた iPhone

本研究ではアスファルト舗装において LiDAR 機能を使用して舗装面の点検ができるかどうかをするため、iPhone に搭載されている LiDAR 機能の最も維持管理が手薄とされている生活道路(交通量の少ない細い舗装路)の状況を適切に把握できるかに着目する。

## 2. LiDAR とは

LIDAR (Light Detection and Ranging) とは、レーザーを使ってターゲットまでの距離を測定する技術である。LIDAR システムは、レーザー、スキャナ、GPS レシーバーで構成されており、レーザーから光線を発射し、ターゲットに当たって跳ね返り、光がセンサーに戻ってくるまでの時間を計測することで、目標物までの距離を高い精度で算出することができる<sup>2)</sup>。

また、LiDAR の最大の特徴は、これらの距離測定を様々な方向に対して実施することで点群データを作成でき、そのデータを利用して3次元の点群データを作成できる。そして、その3次元データをパソコンに読み込ませ、Cloud Compare などの点群表示ソフトを用いることで、計測を行った範囲内のあらゆる点群同士の位置関係を比較することができ、従来の測量手法と比較して非常に作業が簡便になる。現在 LIDAR は地図作成<sup>3)</sup>など、さまざまな用途で活用されている技術となっている。LiDAR は非常に高価な機器であり、一般の人が手に触れる機会はほとんどなかった。しかしな



がら、iPhone 11 Pro/ProMax 以降の Pro シリーズで LiDAR 機能が搭載された。これは測量や自動運転を目的にしたものではなく、iPhone に搭載されている 3 種類のカメラから最適なカメラを使って高画質の写真を撮影するために距離を計測するために搭載されている<sup>4)</sup>。しかし、LiDAR としての機能は充実しており、現在では 3D スキャンなどでも利用可能である。

### 3. 検証方法

#### 3.1 測定範囲の確認

本研究では「3D Scanner App」と「Polycam」の代表的な 2 種類の 3D スキャンアプリ、および図-1のように iPhone に装着することで衛星情報から高精度の 3 次元データを取得することができる「viDoc RTK rover (以後、viDoc)」を用いた。これらのアプリや機器は測定したい対象を、動画撮影するように移動しながら点群データを取得できる。まず、「3D Scanner App」と「Polycam」のスキャン可能範囲について検証する。これらのアプリでは図-2に示すように、スキャンが完了した地点は画像や色に変化するため、測定が完了した箇所に目印として三角コーンを設置し、それらの距離を求め、測量可能な奥行、幅、面積を測定する。



図-2 3D スキャンアプリの比較

#### 3.2 測定精度の比較

次に、「3D Scanner App」と「viDoc」を用いて比較的広い 3 次元範囲の計測を行い、取得した点群データを点群表示ソフト「Cloud Compare」上で展開し、トータルステーションで得られた三次元座標と比較する。本研究では、測定範囲内に 4 カ所の測点を配置して精度の検証を行った。ただし、測定範囲の確認で使用した「Polycam」は一部の機能が課金制であったため、精度の検証については「3D Scanner App」と「viDoc」の 2 つについて比較した。

### 4. 道路舗装点検への適用

#### 4.1 測定範囲の検証

測定範囲の実測状況を図-3に示す。iPhone の正面に三角コーンを配置し、もう一方の三角コーンを徐々に横方向に異動させることで測定可能範囲を実測している。測量可能範囲について測定結果を表-1に示す。奥行きについてはアプリによる大きな差は見られず、iPhone に搭載されている LiDAR の測定可能な奥行きが 4.36m 程度であることがわかる。iPhone の LiDAR センサーのレーザー到達距離が約 5m とされている<sup>5)</sup>ことから、概ね妥当な距離だと考えられる。しかし、測定可能な幅についてはアプリによる差が顕著に表れ、「3D Scanner App」の方が広がった。この原因は「3D Scanner App」は iOS のみで使用できるアプリで、LiDAR による 3D スキャンに特化している<sup>6)</sup>ためではないかと考えられる。



図-3 測定範囲の実測状況

表-1 測定可能範囲の検証

|                          | 奥行(m)        | 幅(m)         | 面積(m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| 3D Scanner App<br>太字は平均値 | 4.248        | 2.100        | 8.9                 |
|                          | 4.327        | 2.800        | 12.1                |
|                          | 4.524        | 3.180        | 14.4                |
|                          | <b>4.367</b> | <b>2.693</b> | <b>11.8</b>         |
| Polycam<br>太字は平均値        | 4.337        | 1.820        | 7.9                 |
|                          | 4.238        | 2.600        | 11.0                |
|                          | 4.515        | 2.430        | 11.0                |
|                          | <b>4.363</b> | <b>2.283</b> | <b>10.0</b>         |

#### 4.2 測定精度の検証

測定精度の検証に用いた道路舗装面の状況を図-4に示す。制度の検証に用いた測点は図-4に示している道路の上に測点 1 と 2 を配置し、測点 3 は腰高



壁の上、測点4は階段上に設定している。



図-4 測定精度の検証に用いた道路

精度の検証では、これら測点1~4を含むようにiPhoneのLiDARセンサーと「3D Scanner App」による測定と「viDoc」を装着したiPhoneによる測定を行い、3次元の点群データを取得し、トータルステーションで測定した測定点の座標を比較して誤差を評価している。図-5は「3D Scanner App」で取得した3次元点群データを示している。また、表-2に「3D scanner App」および「viDoc」で測定した各測点の位置座標の誤差を示す。平面方向の誤差( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ )、高さ方向の誤差( $\Delta z$ )のどちらも、いずれの測点も「3D scanner App」よりも「viDoc」の方が小さい誤差になっていることがわかる。y方向については、1mあたりの平均誤差は「3D Scanner App」は0.009mであるのに対して「viDoc」は0.001mと大きな差がみられた。「viDoc」は衛星情報をもとに座標位置が補正されているためだと考えられる。z(高さ)方向については、1mあたりの平均誤差はほぼ同程度であり、

「3D Scanner App」の方が多少良い精度を示す結果が得られた。これはz方向については衛星情報を用いた場合でもあまり高い精度が得られないことや、測定点間の高低差が少なく、y方向よりも「3D Scanner App」と「viDoc」の差があまり現れなかったものと考えられる。エスロンテープを用いた測定の場合、10mまでの測定で $\pm 4.6\text{mm}$ 、20mまでで $\pm 8.6\text{mm}$ とされている<sup>7)</sup>ことから、どちらの計測も概ね良い精度が得られていることがわかる。より精度の高い計測を行いたい場合は、衛星情報をもとにした「viDoc」の方が良いと考えられる。

表-2 各測点の位置座標の誤差

|                | 測点 | $\Delta x(\text{m})$ | $\Delta y(\text{m})$ | $\Delta z(\text{m})$ |
|----------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3D Scanner App | 1  | -0.155               | 0.042                | 0.015                |
|                | 2  | 0.166                | -0.084               | 0.006                |
|                | 3  | 0.002                | 0.054                | 0.003                |
|                | 4  | -0.012               | -0.061               | -0.012               |
| viDoc          | 1  | 0.004                | -0.029               | -0.003               |
|                | 2  | 0.012                | 0.001                | 0.004                |
|                | 3  | -0.005               | 0.024                | -0.008               |
|                | 4  | -0.012               | 0.005                | 0.007                |

## 5. まとめ

本研究では、iPhoneに搭載されているLiDAR機能を用いて、道路舗装の点検業務を効率化するために基礎的な研究を行い、以下のような結果が得られた。

- 1) iPhoneアプリによる測定範囲の比較を行った結果、奥行方向にはアプリによる差はみられなかったが、幅方向にはアプリにより測定可能な範囲に差があることがわかった。
- 2) iPhoneに搭載されたLiDARのみを用いた場合

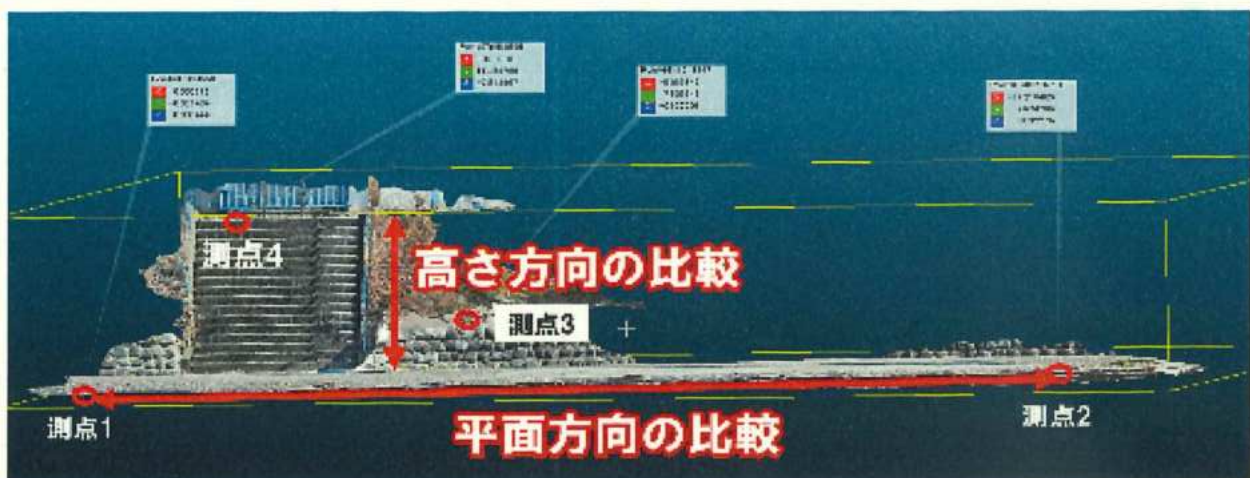


図-5 測定点の配置および精度検証の状況

でも 1m あたり mm 単位の誤差で測量を行うことができる。

- 3) 「viDoc」を iPhone に取り付けた場合は、ある程度広い範囲でも平面方向については非常に高い精度で測定できる。

最後に、iPhone の LiDAR を用いた計測は非常に簡単であり、誰でもある程度の精度で測定が可能であり熟練を必要としない点で非常に優れていると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省近畿整備局ホームページ：  
<https://www.kkr.mlit.go.jp/road/maintenance/roukyu/genjyou.html>, 2023 年 1 月 10 日取得
- 2) EETech Media ホームページ：  
<https://www.allaboutcircuits.com/news/solid-state-LiDAR-is-coming-to-an-autonomous-vehicle-near-you/>, 2023 年 2 月 3 日取得
- 3) 国土交通省国土地理院ホームページ：  
[https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser\\_index.html](https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_index.html), 2023 年 1 月 10 日取得
- 4) F. King, R. Kelly and C. G. Fletcher : "Evaluation of LiDAR-Derived Snow Depth Estimates From the iPhone 12 Pro," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 19, p.2, 2022.
- 5) 落合達也, 菊池拓 : iPhone, iPad(LiDAR 搭載)による三次元モデル作成, アジア航測技報, p.99, 2022.
- 6) 3D Scanner App ホームページ：  
<https://3dscannerapp.com/>, 2023 年 2 月 4 日取得
- 7) 森誉光 : VR・AR 製作技術を応用した路面測量調査の提案, 関西道路研究会会報, Vol.45, p.20, 2021.