

携帯搭載型 LiDAR を用いたスキャニング技術向上の検討 Improve Accuracy of Mobile-Mounted LiDAR Scanning with User Guidance Techniques

藤村 春允[†] 柳 祐希[†] 藤村真生[‡]
Fujimura Harumitsu Yanagi Yuki Fujimura Masao

1. はじめに

Light Detection and Ranging (以下 LiDAR) とは、対象物に光を照射し、その反射光がセンサーに戻るまでの時間差や周期信号の位相差を利用し、物体までの距離を計測する技術である。空間データを容易に取得できることから、非常に幅広い活用法が期待されている。従来の研究開発に活用されていた LiDAR 機器は数百万円と高コストかつ大規模データを扱う、専門性に特化した仕様となっていた。

一方、近年ではスマートフォンやタブレットにも LiDAR センサーが搭載され、誰でも利用可能な環境が整いつつある。空間スキャンや距離計測、3D モデリングに対応したモバイルアプリも登場しており、Scaniverse [1] などのアプリでは、取得した 3D モデルを AR や VR 空間で確認することができる。こうしたスキャナ系アプリの普及は、一般ユーザーによる 3D データ活用を加速させている。さらに、LiDAR センサーの搭載が進んだことで、従来の 3D スキャナと比べて圧倒的に小型・低コストでの利用が可能となり、教育・医療・土木など多分野への応用が期待されている。実際、LiDAR の産業応用に関する先行研究として、林業分野における区画測量への活用が報告されている [2]。

2. 研究背景

LiDAR では光を扱う特性上、物体検出の精度が光の反射率に依存している。そのため、光が透過する素材や、黒く光を吸収しやすい物体では、多くのノイズが検出され、結果としてデータの欠損や誤差が生じやすい。

携帯搭載型 LiDAR を利用したスキャニングには、専用の機器より低コストで手軽に利用できる利点を持つ一方、いくつかの技術的課題が残されている。例えば、レーザーの照射密度が低いため、小さな物体や微細な凹凸を正確に捉えることが困難であり、図 1 のように微細構造を十分に取得できない。

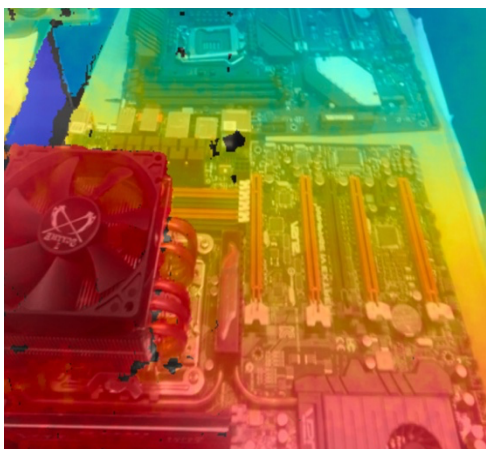


図 1 視覚化された距離データ [3]

また、検出範囲についても一般に 1~5m とされるが、正確な有効範囲や測定誤差の傾向については、公的に明示されておらず、環境条件に依存する可能性も高い。加えて、実際のスキャニングではユーザーの移動や姿勢変化を伴うため、端末に内蔵された加速度センサーやジャイロセンサーによる自己位置推定の精度も全体の計測結果に影響を及ぼす。これらのセンサーデータは SDK 等を通じて取得可能であり、一定の仕様は公開されているものの、それらが LiDAR の距離情報とどのように統合され、どれだけの精度が担保されているのかについては公的に明示されていない。したがって、実際のスキャニングにおける空間認識の信頼性を評価するには、実機を用いた検証が不可欠である。

そこで本研究では、携帯搭載型 LiDAR を用いたスキャン技術の向上を目的に、センサーの性能について調査する。

3. 性能テスト

手法を検討するにあたり、現時点での性能について熟知する必要がある。そのため、LiDAR センサーを用いた自己開発アプリによる測定と、メジャーでの測定によって精度を調べた。実験機器には iPhone 13 Pro を用いた。

3.1 検出範囲調査

検出範囲を明確にするため、ARKit を用いた専用のアプリケーションを開発した。ARKit は、Apple が提供する iOS 向けの拡張現実 (AR) フレームワークであり、空間認識や自己位置推定などの機能を端末上で実現する。本アプリでは、カメラ映像上でタップされたスクリーン座標に対してヒットテストを実行し、対応するワールド座標を取得する。これにより、現実空間内の任意の点を直接指定できるようにした。取得した座標と端末の自己座標とのユークリッド距離 (直線距離) を算出し、画面上に表示する。このシステムを用いて、LiDAR センサーが検出可能な最小距離および最大距離を測定し、有効な検出範囲を確認した。

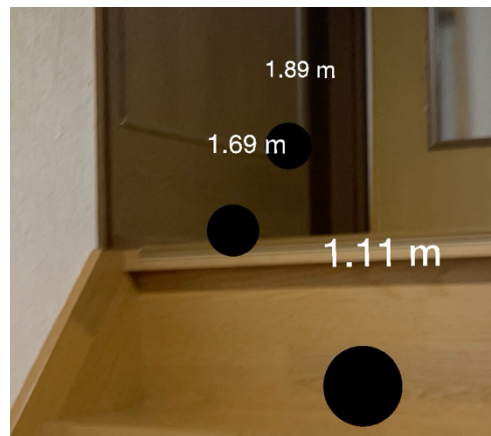


図 2 距離計測の様子

[†] 大阪工業大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering Osaka Institute of Technology,

[‡] 大阪工業大学 Osaka Institute of Technology

3.2 移動を伴う場合

移動を伴う環境下における端末の計測性能を評価するため、iOS 標準の「計測」アプリを用いた実験を実施した。このアプリでは、ユーザーが指定した始点と終点の 2 点間の距離を、端末のセンサー情報をもとに自動で算出する。本アプリには、AR 空間上に仮想的な参照点を設置し、それを固定基準として追跡するアンカー機能が用いられており、ユーザーの移動中に始点位置を空間内に保持することで測定が可能となっている。本実験では、このアンカーの動作も含め、移動距離の測定精度を評価することを目的とした。

実験では、端末を手に持ち、床から一定の高さ (0.5m、1.0m、1.5m) を保ったまま、直線上を約 30m にわたってゆっくり歩行した。移動距離の基準値は、あらかじめメジャーを用いて実測しておき、アプリの出力結果との比較により、端末による距離計測の精度を検証した。

3.3 角度変化を伴う場合

端末をスタンドに固定し、位置を動かさずにカメラの向きのみを変更して対象物の測定を行った。本実験は、限られた空間や固定設置された端末での利用を想定し、方向変化による視点移動の正確性を検証することを目的とした。

測定では、端末を壁から 1.0m、2.0m、3.0m の距離に、床からの高さを 0.5m、1.0m、2.0m にそれぞれ設定した。カメラは、壁の角を起点として、そこから壁に沿って少しずつ上に傾けながら、1.0m および 2.0m 上の位置に向けて順に測定を行った。

4. 結果

範囲調査用アプリによる測定の結果を図 3 に示す。

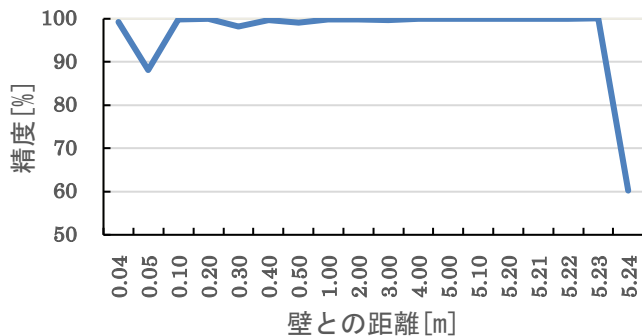


図 3 範囲の結果

次に、移動時の実験結果を図 4 に示す。

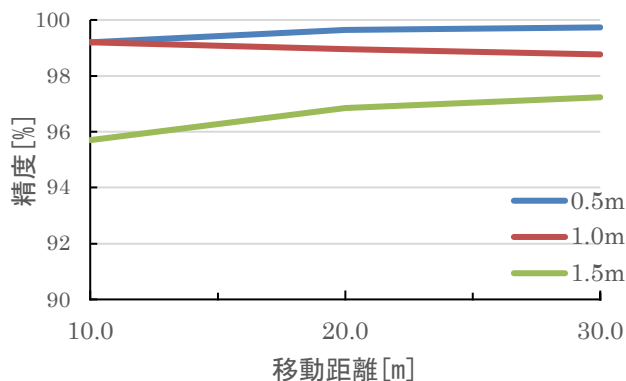


図 4 移動時の結果

すべての測定で高精度が得られたため、図 3 の縦軸では 50%以上、図 4 では 90%以上に下限値を設定している。

角度変化を伴う場合について、アプリの仕様により測定開始点が端末から 2.8m 以上離れていると、測定を開始することができなかった。また、測定可能な場合では、全パターンにおいて理論値と値が一致した。

5. 考察

図 3 の測定結果から、iPhone に搭載されている LiDAR センサーは、最小 0.04m から最大 5.23m までの距離を測定可能であることが確認された。また図 4 の結果より、「測定」アプリを用いた移動を伴う実験について、最大 30m までのスキャンが約 9 割の精度で可能であることが示された。また、AR 空間上の設置点が動いてしまう現象も確認できた。一方で、角度変化を伴う実験では、測定時の始点との距離が端末から 2.8m 以上離れた場合に「近づいてください」といったダイアログが表示され計測が不可能となった。2.8m は有効範囲内であることがわかっているため、「測定」アプリは範囲制限を設定していると考えられる。

6. おわりに

本研究では、携帯端末に搭載された LiDAR センサーの性能を検証し、スキャン技術の実用性向上に向けた基礎的な調査を行った。

今後の展望としては、これらの結果と課題を踏まえ、利用者補助による精度向上を目的としたアプリケーション開発に注力する。具体的には、本研究で得られたデータに基づき、ユーザーを適切にガイドする機能を実装し、スマートフォン単体でのスキャン技術の高度化を目指す。そのアプローチとして、開発するアプリケーションに以下の機能を備えることを検討する。

本研究で明らかになった 2.8m の測定制限や 5.23m の距離限界を考慮した「測定距離が大きき離れた際」や、「移動時の加速度が大きい場合」など、スキャン精度が低下しやすい状況をセンサーデータから検知する。これらの状況に対し、理想的なスキャン条件へユーザーを誘導するための動的なフィードバック機能を実装することで、取得データの品質向上を図る。また、読み取り困難な物体の識別や、取得データの精度に応じて、取得したデータの不足箇所をユーザーにわかりやすく示す機能なども、今後の検討課題とする。

これらの機能を通じて、限られたハードウェアリソースの中で、スキャンデータの品質を最大限に引き出し、携帯端末での高精度な空間データ取得をより手軽に、かつ信頼性の高いものとする環境の実現に貢献していく。

参考文献

- [1] Laan Labs, “Scaniverse”, <https://scaniverse.com/> (参照 2024-11-18)
- [2] 及川 希, 木村 徳志, 羽塚 冬馬, 鈴木 智之, 「iPhone LiDAR を林業に活用する試み -地拵え地の区画測量から植栽予定区域の面積を算出する事例-」, 北方森林研究, vol.71, 2023, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsh/71/0/71_KJ00008740515/article-char/ja/ (参照 2025-5-27)
- [3] Apple Inc., “Capturing depth using the LiDAR camera”, Apple Developer Documentation, <https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/capturing-depth-using-the-lidar-camera>, (参照 2025-1-18)