

道路空間における LiDAR 機能を有する モバイル端末の活用

田中 太郎・窪田 智則・渡部 毅嗣・滝澤 翔太・鈴木 悠生・倉田 靖宏 (株式会社パスコ)

1. 背景・目的

近年、3次元計測技術は、製造業や医療分野など様々な場面で注目されている。測量・建設分野においても、航空レーザやドローン計測に加え、MMS (Mobile Mapping System) を使用した3次元道路空間データの整備および利活用が検討されている。

その一方で、MMSでの計測は車道上からの計測となるため、道路付帯施設や路上駐車などの遮蔽物によるデータ欠損が多数発生し、データを利活用する上で課題となっている。したがって、MMSによって取得した点群データ(以下、MMS点群)の利活用には欠損を補完する方法が必要である。

欠損部を補完する代表的な機器としては、①バックパック型MMS、②ハンディ型SLAM、③LiDAR搭載のモバイル端末(スマートフォン等)が挙げられる。なかでもモバイル端末は、コストの低さや軽易である点、補完作業が局所的な計測という性質から、適用性が高いと考えられる。

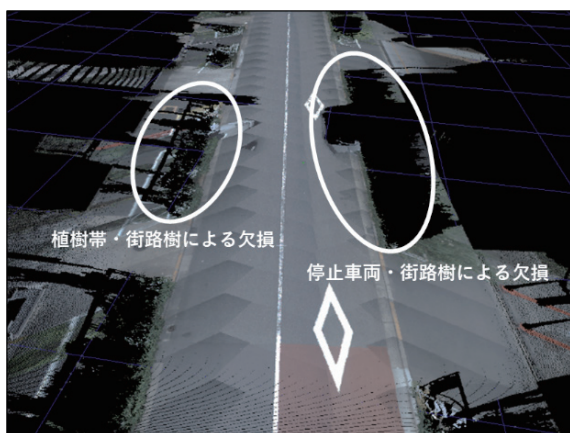


図1 3次元道路空間データの欠損の例

そこで本稿では、MMS計測時に発生する3次元データの欠損について、簡易的で身近な機器であるLiDAR搭載のモバイル端末を使用して補完する試みを行った。また、モバイル端末で取得した点群データ(以下、モバイル点群)について、評価した。

2. LiDAR機能を有するモバイル端末

モバイル端末による3次元データの取得は、LiDAR (Light Detection and Ranging) を搭載した端末の登場により、注目を集めている。国土交通省が作成した「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」では、モバイル端末での計測が3次元計測技術の1つであることを示しており、既に出来形管理では活用が始まっている。

計測は、LiDARだけでなくVIO (Visual Inertial Odometry) 技術が用いられている。VIOとは、カメラ画像や加速度センサを用いて自己位置推定を行う技術で、類似の技術としてSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) が広く知られている。SLAMが調査範囲の一貫性を重要視しているのに対し、VIOは局所的な最適化を行っているという違いがあり、局所的であるが故に処理が軽く、モバイル端末での3次元データ取得を可能にしている。また、モバイル端末はGNSSを受信することが可能で、自己位置の情報を取得することができる。

モバイル端末が他の機器よりも優位性を持っている点は、簡易性とコストの低さである。計測準備はスキャン用のアプリを起動するのみで、計測もモバイル端末で動画を撮影するように

データの取得を行うことができる。専門性を持っていなくても安易に作業可能な機器となっている。

また、測量機器として一般的なLiDARやMMSは500万～8000万円程度と高額であるが、LiDAR機能が付いた汎用的なモバイル端末は10万～20万円程度で調達できる。後処理は他機器と同様に必要であるが、手軽さという観点では優れた機器であると言える。

3. 計測作業とデータ処理

3.1 計測

モバイル端末による計測は、MMSで計測したデータより、欠損箇所を確認して場所の選定を行った(東京都目黒区内で実施)。機器はLiDARを搭載している「iPad Pro 12.9インチ(第4世代)」を使用し、アプリは「3D Scanner App」を使用して計測を行った。

計測は、モバイル端末の照射範囲が5mであること、同じ箇所を計測すると取得できる点群にゆがみが生じることから、図2のように左右に蛇行しながら、対象範囲を網羅するように計測した。また、後続作業で標定を行うため、特

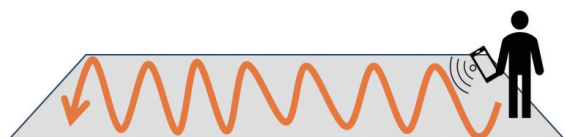


図2 計測イメージ

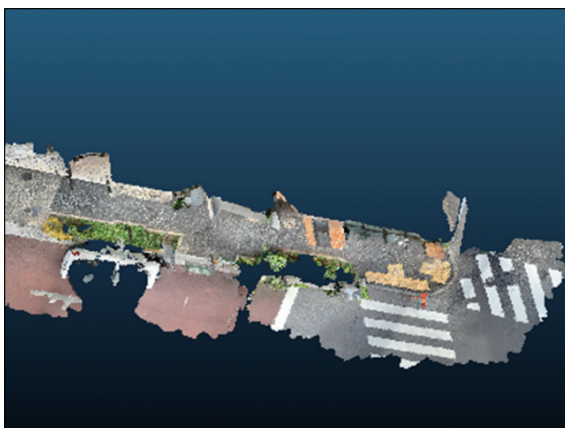


図3 モバイル点群データ

徴点(舗装境や点字ブロックの角)を設定し、データを取得した。

3.2 データ処理

計測データは、様々な形式で出力可能である。本試行では、MMS点群を補完する狙いから、点群の汎用フォーマットであるLAS形式で出力した。また、計測データの座標系がEPSG:4326であったことからMMS点群と同様のJGD2011の9系に座標変換した。

補完作業は、欠損が発生しているMMS点群にモバイル点群を標定し、合成することで行った。

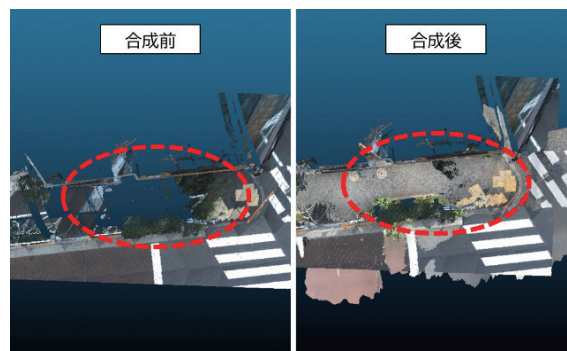


図4 欠損部補完の様子

4. 評価

4.1 精度

取得した点群データは、同地点で計測したMMS点群データを正解値として、オリジナル点群データと、位置補正を行った標定済み点群データについて、精度評価した。標定済み点群データは、取得したデータの中から、点字ブロックの角や舗装の境界角などの特徴点を4点選定し、標定および位置補正したデータを使用した。評価は、計測した各データにおいて、同じ地物の座標を取得し、データ間の距離較差を計測することで行った。

評価基準は、公共測量の「作業規程の準則」の合成結果精度管理表(様式1-30)の許容範囲より、誤差5cm以内とした。MMSの計測デー

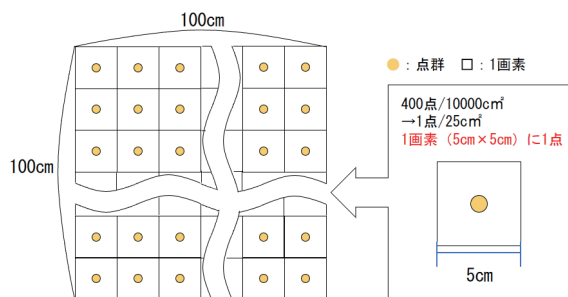


図5 1画素と許容範囲の考え方

タについて合成を行う場合、合成結果の許容範囲は1画素と定められている。地図情報レベル500の数値地形図を作成する際の点密度は400点/㎡であることから、1画素は5cm×5cmとなる。したがって、合成結果の許容範囲は5cmであり、モバイル点群データがMMS点群データの同地点と比較して、5cm以内の較差であれば欠損を補完できたと考えた。

オリジナル及び評価済みモバイル点群データと正解値のMMS点群データとの相対精度は表1に示すとおりである。

オリジナル点群データの精度は、平均で水平7.500m、高さ3.587m（最小は水平6.681m、高さ3.576m、最大は水平8.228m、高さ3.595m）で全体として大きくズレが生じた。特に、水平方向で大きく誤差があり、道路を基準に考えると2車線程の誤差が発生しているため、データの活用は困難である。

標定済み点群データの精度は、平均で水平0.025m、高さ0.011m（最小は水平0.013m、高

さ0.002m、最大は水平0.038m、高さ0.028m）であり、各地点において0.05m、以内となっており、合成結果の許容範囲内である5cm以内を満足する結果となった。

この結果より、モバイル端末を使用した、簡易な計測で取得した点群データは、標定を行う必要があるものの、MMS点群データの欠損を補完できる結果が得られた。

4.2 長距離計測時の歪み

モバイル端末による計測では、長距離の計測時に点群の歪みが発生する事象が確認されている。そこで本試行では、長距離計測を行い、歪みの発生についても確認した。

長距離の計測は3.1と同様に行った。取得したデータは図6の通りである。弧を描くように点群が歪んでいることがわかる。また、局所的な計測には発生しなかった端末の熱暴走が発生し、アプリが落ちる現象を確認した。

歪みについての評価は、MMS点群とモバイル点群において、図7のように原点を設定し、各

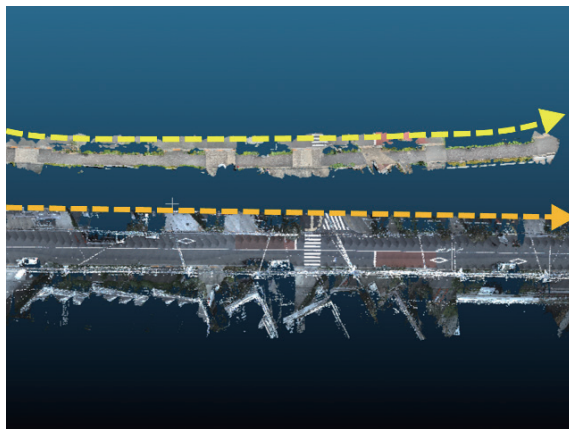


図6 モバイル点群の歪み

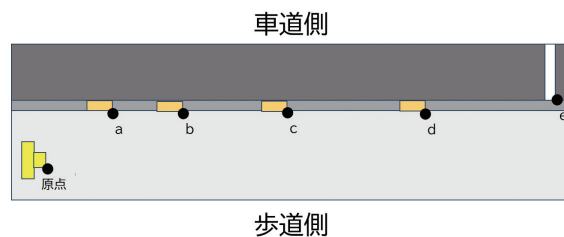


図7 検証点

表1 MMS点群とモバイル点群の点間距離較差

箇所	オリジナル(m)		標定済み(m)	
	水平	高さ	水平	高さ
A	8.228	3.591	0.038	0.002
B	6.681	3.595	0.024	0.002
C	7.590	3.576	0.013	0.028
平均	7.500	3.587	0.025	0.011
標準偏差	0.635	0.008	0.010	0.012
最小	6.681	3.576	0.013	0.002
最大	8.228	3.595	0.038	0.028

表2 MMS点群とモバイル点群の位置較差

	MMS (m)	モバイル (m)	差分 (m)
a	19.743	19.825	0.082
b	34.384	34.948	0.564
c	50.824	51.556	0.732
d	100.161	98.184	1.977
e	143.831	140.069	3.762

点との距離を計測することで、長距離計測時の変位量や傾向を算出した。正解値は同地点で同様に計測したMMS点群データを用いた。

結果は表2の通りである。モバイル点群とMMS点群の差分を見ると、原点から20m程度の距離があるa地点では、0.082mの差が存在する。この結果より、モバイル端末で主とした点群データは20m程度の距離においても、合成結果の許容範囲(0.05m)以上の差が生まれることがわかった。

さらに、原点から140m程度の距離があるe地点では3.763mの差が生じており、距離に伴って誤差が累積していくことがわかった。要因としては、画像の特徴点から3次元データを取得している点が挙げられる。道路の特性上、同じような景色が続く箇所が存在しており、特徴点の取得を難しくしているのではないかと考えられる。

また、VIOは、局所的な処理を得意としていることから長距離の計測に適していない可能性がある。このため、長距離計測の精度を確保するためには、モバイルスキャン協会が推奨されている、数回に分割して計測する等の工夫が必要と推測される。

この結果より、モバイル端末による3次元計測では、MMS計測のような基礎的な3次元データの整備ではなく、局所的な点群の欠損を補完する補備計測的な活用を行っていくことが望ましいと考えられる。

4.3 公共測量

モバイル端末による3次元計測は、LiDARや

VIOを併せて計測する方法であり、公共測量の「作業規程の準則」や「公共測量マニュアル」には記載されていない。公共測量においてモバイル端末を使用するには、「作業規程の準則」の総則、第17条(機器等及び作業方法に関する特例)に基づいてマニュアルを作成する必要がある。実用に向けてモバイル端末による精度の高い計測方法や、計測結果に対する評価・点検方法について確立するとともに、モバイル端末の測量機器としての機器仕様を明らかにすることが求められる。

4.4 今後の活用に向けて

モバイル端末は、MMS点群の補完において、局所的な活用が可能であることがわかった。計測機器としては、非常に簡易性が高く、保有者も多い機器であるため、道路パトロール時に行政職員が計測することや、道路通報システムのような仕組みを用いて、市民が計測したデータを集積し、欠損箇所の補完を行っていく運用方法も考えられる。

また技術的な観点では、今後に向けて計測アプリや機器を選定する必要がある。特に期待されるものとして、モバイル端末に取り付ける専用のRTK-GNSS装置がある。費用はかかるものの、高精度測位が可能となり、標定作業の大幅な短縮や歪みの解消が期待できることから、簡易性、品質の観点において有用であると考えられる。今後の活用に向けて、3次元道路空間データの整備に適した仕様について引き続き検討を行う。

5. まとめ

i-Constructionが進められている建設業界において、3次元データは重要なデータである。本稿では、そのようなデータが持つ課題に対して、手軽に取り扱うことが可能なモバイル端末による解決を試みた。

試行の結果、一定の範囲で取得したデータを標定処理した結果では有用性を示し、MMSの欠損箇所を補完可能であるという結果を得た。その一方で、長距離計測時の歪みや公共測量に準拠していないという課題を確認した。

現在、MMS点群データの欠損箇所の補完は、専門機器を用いた専門業者による徒歩計測が必要で、非常に手間や労力がかかる作業である。モバイル端末によって簡易的に3次元計測が可能となることで、近い将来に市民や行政職員も含めた取り組みが可能となり、効率的かつ網羅的な3次元道路空間データの整備が進むのではないかと期待される。

■参考文献

- 1) Yousif, K., Bab-Hadiashar, A. & Hoseinnezhad, R. An Overview to Visual Odometry and Visual SLAM: Applications to Mobile Robotics. *Intell IndSyst*1, 289–311 (2015).

〈<https://doi.org/10.1007/s40903-015-0032-7>〉

- 2) 国土交通省：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）

〈<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001735947.pdf>〉

- 3) モバイルスキャン協会 〈<https://mobilescan.jp/>〉

■執筆者

田中 太朗（たなか たろう）

株式会社パスコ



（共著者）所属は筆頭著者に同じ

窪田 智則（くぼた とものり）

渡部 毅嗣（わたなべ たけつぐ）

滝澤 翔太（たきざわ しょうた）

鈴木 悠生（すずき ゆう）

倉田 靖宏（くらた やすひろ）