

F1-14

## PS方式レーザスキャナ搭載MMSにおける路側ターゲットの ノニウスジャンプ補正方法に関する研究

### Study on Nonius Jump Correction Method for Roadside Targets by MMS with Phase-Shift Type Laser Scanner

○加藤 創大<sup>1</sup>, 岡本 直樹<sup>2</sup>, 室井 和弘<sup>2</sup>, 岩上 弘明<sup>3</sup>, 佐田 達典<sup>4</sup>, 江守 央<sup>4</sup>  
\*Sodai Kato<sup>1</sup>, Naoki Okamoto<sup>2</sup>, Kazuhiro Muroi<sup>2</sup>, Hiroaki Iwakami<sup>3</sup>, Tatsunori Sada<sup>4</sup>, Hisashi Emori<sup>4</sup>

Abstract: Although the Phase-Shift type laser scanner used in MMS is highly accurate, it is known that nonius jumps occur. In order to clarify the conditions under which nonius jumps occur, we used MMS equipped with Phase-Shift type laser scanner and conducted experiments by changing the color and material of the target to which the laser was irradiated, as well as the incident angle of the laser. As a result, nonius jumps did not occur at 60 degrees of incident angle for both targets made of painted and reflective materials. Also the data could be analyzed through software for nonius jumps filtering and correction of the installation position.

#### 1. はじめに

近年, Mobile Mapping System (以下, MMS) を用いた3次元点群の計測が注目されている. MMS で用いるレーザスキャナの計測方式にはレーザ光が対象物で反射して戻ってくるまでの時間を元に測定する飛行時間方式 (ToF: Time of Flight) と複数に変調させたレーザ光を照射し, 戻ってきた際の位相差を元に短時間で点群を取得できる位相差方式 (PS: Phase Shift) がある. 榎本ら<sup>[1]</sup>の研究では, PS方式レーザスキャナの方がToF方式レーザスキャナより精度が高いとされている. 一方, MMS車両はGNSSの電波が遮蔽される環境では位置精度の補正を行うために標定点による補正が必要である. 標定点としては標識などの地物を利用することがある. しかし, PS方式レーザスキャナでは標識など反射強度の高いものではノニウスジャンプと呼ばれる等間隔にノイズが発生する現象により形状が正確に把握できない場合がある.

そこで本研究では, PS方式レーザスキャナを搭載したMMS車両を使用し, レーザを照射するターゲットの色や材質, レーザのターゲットへの入射角度を変えて実験を行い, ノイズおよびノニウスジャンプが発生する条件を明らかにし, その対処法と補正方法を検討する.

#### 2. 実験概要

本実験は2022年9月7日に日本大学理工学部船橋キャンパス内通路においてPS方式レーザスキャナを搭載したMMS車両を用いて20km/hの走行速度による計測を行った. 本車両で用いたレーザスキャナはZ+F PROFILER9012, 計測レート1,016,000点/秒, 測距精度

は計測距離10.0mの場合0.5mmである. MMSによる計測実験を行うにあたり, 素材条件・レーザ照射条件の2つの条件を設定した. 検証用ターゲットは道路路面に対して垂直に1.50m間隔で設置した. 外観とターゲット板の設置状況をFigure 1に示す. 各ターゲット板は一辺0.30mの正方形である. 道路標識では主に緑, 白, 青, 黄の反射素材が用いられていることから, 比較検討を行うため手前から緑, 白, 青, 黄のターゲット板を反射素材, 塗料塗布素材の順に設置した. 反射素材はスリーエムジャパン株式会社製のHIP高輝度反射シート, 塗料塗布素材は反射強度が高くなく作業性が良いアクリルラッカー Spreyにて作成した.

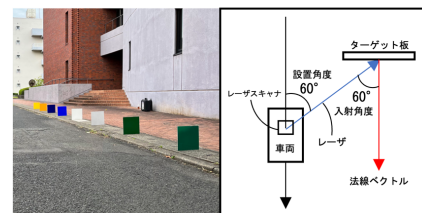


Figure1. Installation status of target plates and laser scanner

計測条件として笹野ら<sup>[2]</sup>は上部に設置したターゲット板への入射角度を45°から90°に設定した実験で行なっている. そこで本実験では路側距離標等の地物を標定点として用いた際にどのような影響があるかを把握する. また, 路側に垂直に立っているターゲットは設置角度90°でスキャンできない. そこで本実験では入射角度による影響を比較するため, 路側に設置したターゲットレーザスキャナの設置角度を45°, 60°, 75°の3パターンで計測した. レーザスキャナの設置角度がターゲット板への推定入射角度になる.

3. 解析結果

Figure 2. は入射角度 45°, 60°, 75° 白色ターゲット取得点群である。上段が塗料塗布、下段が反射素材である。塗料塗布素材は点群に乱れなく取得したが、反射素材は点群に乱れが発生した。Table 1. より入射角度 45° の塗料塗布素材では取得点群付近にノイズが発生し、反射素材ではノニウスジャンプによる大きな乱れが発生した。一方、入射角度が 60°, 75° ではノニウスジャンプが発生しなかった。入射角度が鋭角になるほどノニウスジャンプが発生しやすいと云える。

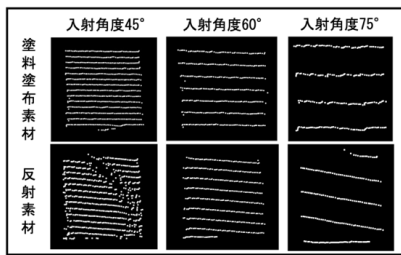


Figure 2. Point clouds on white targets

Table 1. Accuracy of acquired point clouds

素材条件		入射角度		
		45°	60°	75°
塗料塗布素材	緑	△	○	○
	白	△	○	○
	青	△	○	○
	黄	△	○	○
反射素材	緑	×	○	○
	白	×	○	○
	青	×	○	○
	黄	×	○	○

凡例  
 ○: ノイズが発生しなかった  
 △: 平面近くにノイズが発生したが大きな乱れはなかった  
 ×: ノニウスジャンプが発生した

Figure 3. にノニウスジャンプの発生状況を示す。ターゲット板はピンク色、ノニウスジャンプを水色で示す。その他は反射強度で着色した。ノイズが発生する向きはレーザ照射の方向でありノニウスジャンプが間隔を空けて列をなすように現れた。そこで本研究ではノニウスジャンプが現れないようにするため、新たにソフトウェアによるノニウスジャンプ補正方法を図った。本実験では Fagerman Technologies 社製のソフトウェアである ScanLook 1.0.301 を用いた。入射角度 45° の取得データおよび車両軌跡データを本ソフトウェアにインポートして処理を行った。点群データを生成する際に ZF 社で指定されるフィルタのパラメータを設定することでノニウスジャンプが除去された点群データが生成することができた<sup>[3]</sup>。本実験の補正時に用いたパラメータを Table. 2 に示す。Figure 3. に示すように、ノイズやノニウスジャンプがフィルタリングされ、すべてのターゲットの点群データが設置位置にノニウスジャンプが除去された状態で補正された。

Figure 4. は入射角度 45° 白色反射素材で見られたターゲットの亀裂である。補正データはノニウスジャンプの点群を元に構成されていると考えられる。



Figure 3. Removal of nonius jumps

Table 2. Nonius jumps correction methods<sup>[3]</sup>

フィルタ名	補正方法
Bad Line Filter	範囲指定した行を取り除く
Angle Filter	指定した範囲内の角度の画素を取り除く
Nonius Correction Filter	ノニウス効果の影響を軽減する
Road Sign Filter	道路標識等の反射強度の高い地物を補正する
Intensity Filter	指定した範囲以外の反射強度を取り除く
Range Filter	指定範囲外を取り除く
Mixed Pixel Filter	正しい距離測定ができていない画素を取り除く
Single Pixel Filter	指定距離の近傍にある指定数以下の画素を取り除く



Figure 4. Comparison of point clouds on white target before and after correction

4. まとめ

塗料塗布素材では平面近くに微少なノイズが発生した。反射素材では入射角度 45° のときに地物の奥側に生じるノニウスジャンプが生じた。入射角度 60° 以上ではノニウスジャンプが生じない。入射角度が大きいほどターゲットにあたる点の間隔が広がり取得される点群数が減少する。よって塗料塗布素材、反射素材ともに入射角度 60° で計測するのが望ましいと考える。

また入射角度 45° 取得データをソフトウェアを通じて解析を行うことでノニウスジャンプのフィルタリングおよび設置位置に補正可能であることが明らかになった。今後はノニウスジャンプが除去される手法および最適なパラメータを選定するための検証が必要である。

5. 参考文献

[1] 榎本昌一, 小栗昇悟, 増田宏, 田中一郎: 複数のレーザースキャナによる平面計測精度の比較, 精密工学会学術講演会講演論文集, Vol.2012S G24, pp.547-548, 2012.  
 [2] 笹野拓海, 山口裕哉, 白石宗一郎, 岡本直樹, 岩上弘明, 佐田達典: 位相差方式レーザースキャナを搭載した MMS における地物の素材特性と計測条件が取得点群に及ぼす影響の検証, 土木学会論文集 F3, Vol.78, No.2, pp.II\_26-II\_33, 2022.  
 [3] ZF 社: Z+F"ZSF-SDK", "ZSF/CTRL-SDK", Ver4.3, 2017.