

簡易測量用レーザスキャナの開発と屋外計測実験

Development of low-cost 3D laser scanner for geographical surveying

- 石橋 正教 (九大) 鄭 龍振 (九大) 正 倉爪 亮 (九大)
 清水 遠 (西武造園 (株)) 田中 洋一郎 (西武造園 (株)) 長瀬 雅之 ((株)セック)

Masanori ISHIBASHI, Kyushu University, ishibashi@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp
 Yongjin JEONG, Kyushu University
 Ryo KURAZUME, Kyushu University
 Hiro SHIMIZU, Seibu Landscape Co.,LTD.
 Yoichiro TANAKA, Seibu Landscape Co.,LTD.
 Masayuki NAGASE, SEC Co.,LTD.

In this research, we propose a low-cost 3D laser scanner for civil engineering and construction fields using robot technology. This system consists of a low-cost 2D laser scanner, a rotating table and an actuator, a total station, an automatic level, a tripod, and several corner mirrors. By rotating the 2D laser scanner which is detachable from the total station and the tripod around a vertical axis, 3D range information can be acquired at arbitrary positions owing to its portability. Scanning positions are precisely identified with the total station in a same manner with a geographical surveying. Thus this system is easy to use for workers who are used to dealing with surveying instruments. This paper reports some experimental results carried out in vast garden.

Key Words: Laser scanner, Geographical surveying, 3D measurement, Survey system

2 システム概要

1 はじめに

近年、わが国の土木建築分野ではICT(情報通信技術)を用いて高效率・高品質の施工を実現する情報化施工 [1] が国策として推進されており、公共工事における3次元データを活用した施工や施工管理の事例が多く報告されている。しかし、現状の3次元計測技術は、計測に多くの手間がかかること、計測機器が高価なこと、機器の操作手順が従来の測量機器と大きく異なること等が施工現場への導入の障壁の一つとなっている。例えば、GLS-1500(トプコン)、Leica ScanStation C10(ライカジオシステムズ)等の専用3次元計測機器は、価格が数千万円であり、一般の施工業者や設計事務所での導入は困難である。

本研究では、ロボット分野で広く用いられている低価格レーザセンサを活用し、測量用光波測距儀に後付け可能で導入コストの低い簡易測量用レーザスキャナを提案する。本システムは既に広く普及している光波測距儀を利用することで、導入コストの削減と従来の測量用計測機器に慣れた人にとって容易に扱えるシステムを実現している。本システムは、レーザセンサや光波測距儀等の計測装置を三脚に搭載したレーザスキャナ本体、位置計測用の2本のプリズム、各種制御用機器を収めたケースからなる。このレーザスキャナを任意の計測地点に移動させた後、光波測距儀で正確な座標を同定し、レーザスキャナで周辺の3次元レーザ計測を行う。移動と測定を繰り返すことで、広範囲の3次元地図を得ることができる。SICKのレーザスキャナを用いた低価格3Dスキャナは既に開発されているが、トータルステーションを組み合わせ、トータルステーションに後付式とした点が本装置の特徴である。

図2.1に開発した測量用レーザスキャナシステムを示す。本システムは計測を行うレーザスキャナ本体、2本のプリズム

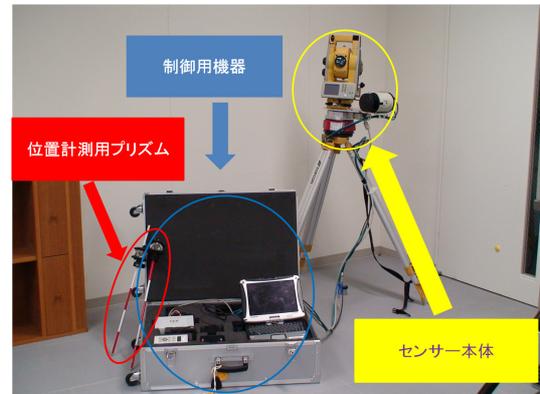


Fig.1 Low-cost 3D laser scanner for geographical surveying

ム、制御機器を収めたケースからなる。

ケースには制御用のノートPC、2つの12V鉛蓄電池、回転テーブル用のモータードライバ(QT-CD1)が収められている。レーザスキャナ本体(図2.2)にはロボット用レーザレンジセンサ(SICK, LMS151, 表2.1)、測量用トータルステーション(TOPCON, GPT-9005A, 表2.2)、回転テーブル(中央精機, ARS-136-HP, 表2.3)、自動整準台(リズム, AS-21, 表2.4)が搭載されている。トータルステーションは、自動整準台により常に水平に保たれている。図2.3に示すように、レーザセンサからレーザを縦方向に発射し、2次元の断面形状を得ながら回転テーブルで垂直軸周りに回転することで、全周の断面データを得る。レーザスキャナ本体とプリズムの位置は、本体上部に設置された測量用トータル

ステーションから環境に固定された2つのプリズムを計測し、その相対位置から決定される。

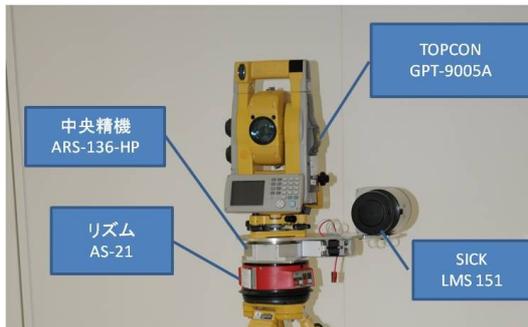


Fig.2 Components of the laser scanner

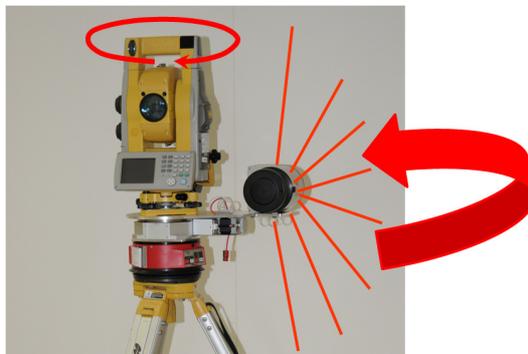


Fig.3 Laser sensor and turn table

Table 1 Specification of LMS151

視野	270°
角度分解能	0.25°/0.5°
応答時間	20ms/40ms
システム誤差	± 30mm
統計的誤差	± 12mm
最大測定距離 (反射率 75 % 以上)	50m
最大測定距離 (反射率 10 %)	18m

Table 2 Specification of GPT-9005A

測距範囲	1.3 ~ 3000m
測距精度	± (2mm + 2ppm × Distance)
測角単位	5 / 1
測角精度	5

Table 3 Specification of ARS-136-HP

分解能	0.004°
位置決め精度	0.025°
繰り返し精度	± 0.003°

Table 4 Specification of AS-21

整準精度	± 10
自動補正範囲	± 4°

3 計測実験

提案したシステムの性能を確認するため、広域屋外環境で計測実験を行った。

3.1 実験環境

実験環境は以下の通りである

- 計測場所: 西武園ゆうえんち (埼玉県所沢市)
- 計測日時: 平成 23 年 10 月 31 日, 11 月 1 日 (13 時間)
- 計測回数: 1 日目: 26 回 2 日目: 29 回

3.2 実験結果

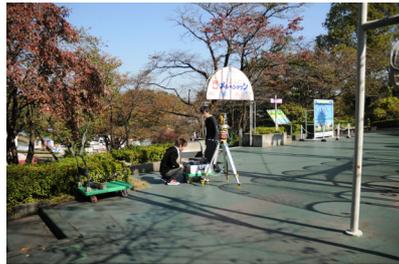
計測を 2 回に分けて行ったことから、1 日目 (10 月 31 日)、2 日目 (11 月 1 日) に分けて説明する。

3.2.1 1 日目 (10 月 31 日)

図 3.1 に、計測の様子と得られた 3 次元地図および全景を示す。1 日目は始点と終点がループを成すように、26 点から測定を行い、プリズムの位置は 8 回変更した。また、レーザスキャナの総移動距離は 256m であった。計測後、1 回目 (始点) と 26 回目 (終点) の両方の地図データに含まれる同一物体の座標を比較したところ、560mm の誤差があった (図 3.2)。これは移動距離 (256m) の 0.2% であり、同計測装置を車両型ロボットに搭載したシステム [2] の計測誤差 (移動距離に対して 0.03%) よりも大きかった。一般に施工で要求される出来形管理基準は ± 50mm 程度であることから、このシステムは計測機器として十分な性能であるとは言えない。誤差の原因としては、見通しの悪い地形であったためプリズムの再設置回数が多かったこと、水準器をはじめとする台座の剛性が不足していたことが考えられる。なお、この誤差は、データの重なりを考慮して後処理で補正することも可能であり、本実験でも人手により誤差の補正を行った。

3.2.2 2 日目 (11 月 1 日)

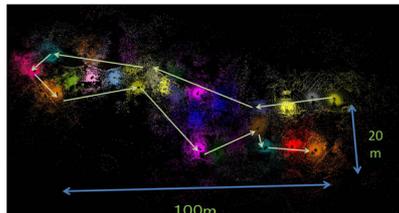
前述のように、1 日目の計測精度が低かった理由として、プリズムの移動回数の多さが原因の一つと考えられた。そこで、できる限りプリズムの再設置を行わないよう、プリズムの配置を工夫し、29 箇所からの計測に対してプリズムを 3 回のみ再設置した。計測したデータを図 3.3 に示す。本実験では 1 回目と 29 回目の地図データに重なる点がなく、正



(a) Environment



(b) Partial view of 3D models



(c) Total view of 3D models

Fig.4 Measurement experiment and 3D models (first day)

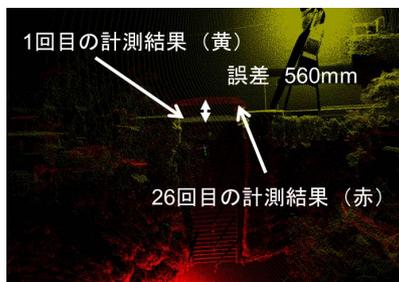


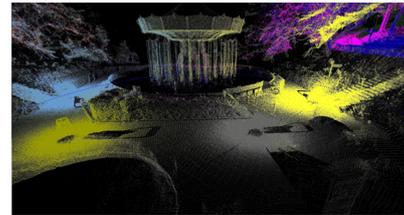
Fig.5 Modeling error before and after the movements

確な誤差の評価はできなかったが、手動で誤差を補正した1日目のデータに重ねたところ、ほぼ両者に差が見られなかった。統合されたデータを図4.1に示す。

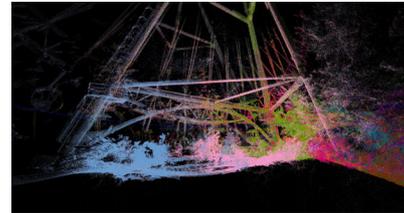
4 おわりに

測量用光波測距儀に後付け可能で低コストで導入可能な簡易測量用レーザスキャナを提案した。本システムは、土木建築の分野で広く普及している光波測距儀に後付け可能であり、低価格かつ操作の習熟が容易である。

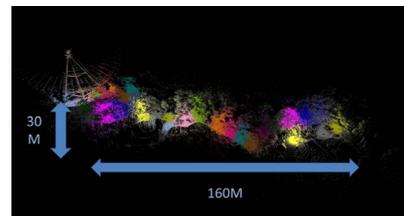
開発したシステムに対して広域屋外環境で計測実験を実施したところ、計測精度に改善の必要があることが分かった。この原因として、自動整準台ならびに回転台の強度不足



(a) Partial view of 3D models



(b) Partial view of 3D models



(c) Total view of 3D models

Fig.6 3D models (second day)

が考えられ、今後改良する予定である。

謝辞

本研究の成果は西武造園(株),(株)セック,九州大学の共同研究によるものです。また,計測実施にあたり,西武レクリエーション(株)(西武園ゆうえんち)にご協力いただきました。

文献

- [1] 国土交通省. 報道発表資料: 情報化施工推進戦略, <http://www.mlit.go.jp/common/000020669.pdf>
- [2] 鄭龍振, 岩下友美, 倉爪亮, CPS-SLAMの研究-計測精度の向上とトンネル出来形計測システムの構築-, 日本ロボット学会誌, Vol.30, No.2, pp.-, 2012

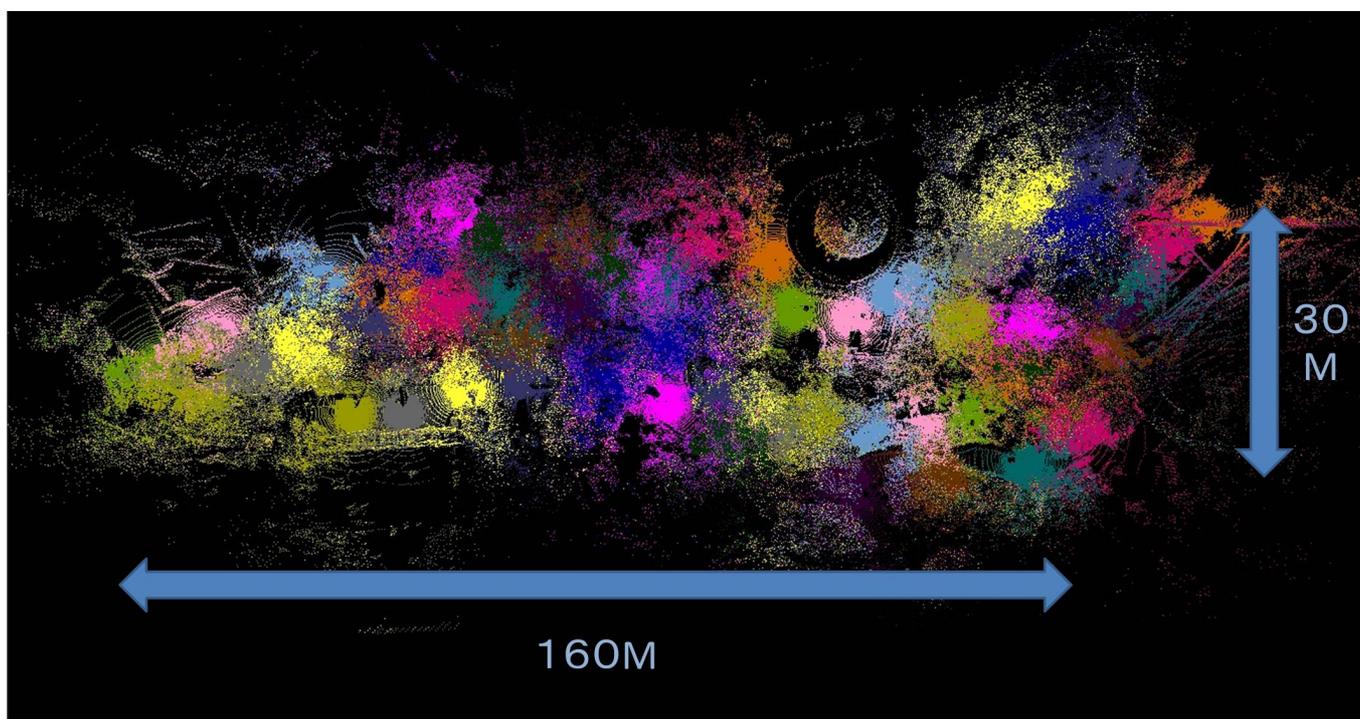


Fig.7 3D models (first and second days)