位相差方式レーザスキャナの計測誤差の評価と推定

東京大学　○榎本昌一，増田 宏，東京電機大学　田中一郎

Accuracy assessment of Mid-Range Laser Scanners by measuring a flat board

The University of Tokyo Masakazu Enomoto, Hiroshi Masuda, Tokyo Denki University Ichirou Tanaka

In this research we will investigate the degrees of accuracy of midrange laser scanners. By the facilities measurement, we measure the widespread field where many members are included in. The measurement precision is influenced by conditions such as the distance of the target object, an irradiation angle, a color, the material on this occasion. Therefore I investigate the influence in what I measure it under various conditions in this study and test and examine a substitute characteristic to estimate a measurement error.

１．はじめに

３次元レーザスキャナ計測による大規模設備の形状モデリングでは，平板，曲板，パイプなど様々な部材を対象物とした広範囲のフィールドを計測することになる．その際，計測精度はスキャナと対象物体との距離，照射角度，対象物の色や素材などの条件に影響される．点群処理では，計測誤差の標準偏差をパラメータとして用いることが多いが，様々な条件が計測誤差に与える影響は十分わかっていない．例えば，ある部材を計測しその点群から面を抽出するための手法として最小二乗法が挙げられるが，その部材へのレーザビームの照射角度により誤差分布が一様にならないことは容易に想像できる．特にパイプ，タンク等の部材の場合，照射角度が 0 度から 90 度まで変化することになり，通常の最小二乗法での曲面フィッティングは信頼性に欠けるものとなる．そこで今回，レーザビームの照射角度による誤差について調査を行い，最適な曲面フィッティングについて考えてみる．

２．実験方法

使用したレーザスキャナは，Table 1 に示すように，Faro 社の Focus3D である．カタログスペックを示す．このスキャナは高性能な位相差方式スキャナで，毎秒約 100 万点の計測が可能な高速モードを備えており，また小型軽量で，携帯が容易なことが特徴である．クラスⅢのレーザーのため，計測時の環境，周囲へのレーザー使用の周知には注意する必要があるが，このスキャナはスキャナ自身からの安全距離をディスプレイ画面に表示する機能を持っている．

Table 1: Specifications of laser scanners [1]

Method	Phase
Wave	905nm
Class	3
Max Dist.	153.49m
Pts/Sec	976,000
Weight	5Kg

実験方法は Fig.1 のように実際の部材の計測を見たてて，Fig.2 のように角度を付けた平板を計測する．被測定物となる白色の平板はアクリル板とホワイトボードである．レーザースキャナからの距離を 5m と 10m の 2 種類，平板の角度を 0 度から 80 度まで 10 度ずつ回転させ計測を行う．このときのスキャナ解像度は 10 メートルの距離で約 6 ミリメートルピッチになるように，また，このスキャナは計測時の品質モードを選択するようになっているので．今回は 1×，2×，3×，4×の 4 通りのうち，計測時間を考慮して 4×の品質モードを使用した．Fig.2 は計測に用いたアクリル板とホワイトボードである．実験場所は太陽光の影響を受けないように屋内とし，窓を塞ぐことで太陽光が入らないようにした．

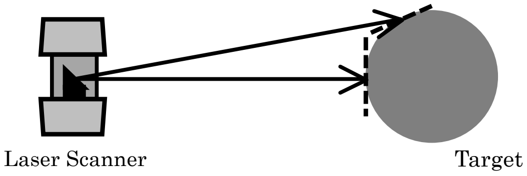

Fig.1: Laser beams on target

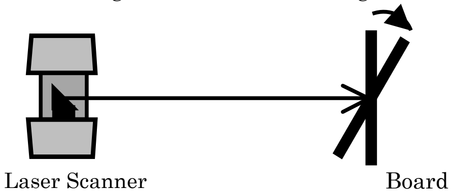

Fig.2: Measure a board

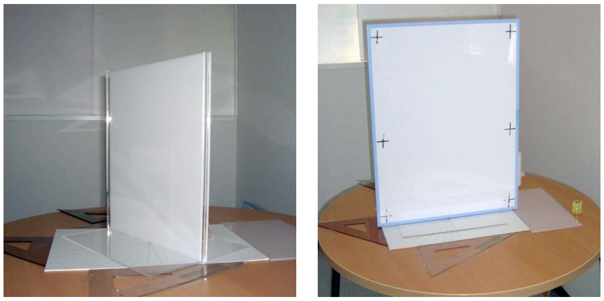

Fig.3: Acrylic board and White board

３．計測結果

計測結果を Fig.4 に示す．計測した点群データに最小二乗法で平面をフィッティングし，そのフィッティング面と全ての点の距離を平均した．Fig.4 のグラフはホワイトボード，アクリルボードをそれぞれレーザスキャナからの距離を 5m，10m で計測し，照射角度における誤差を表している．レーザスキャナとターゲット間の距離にかかわらず，照射角 0 度から 50 度まではばらつきは余り見られないが，60 度以降は誤差が増大している．なお，アクリルボードは白色ではあるが光沢性が強いため，70 度以上での計測は出来なかった．

次に計測データから各角度での分布密度を求めた．Fig.5 から Fig.8 に示めす．それぞれ照射角度は 0 度，30 度，60 度，70 度であり，ターゲットはホワイトボードで距離は 5m のものである．

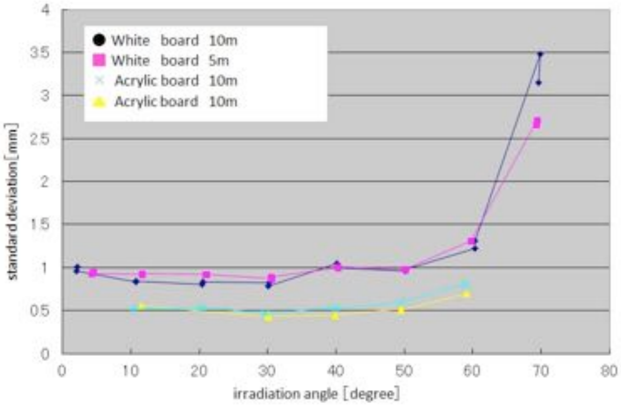

Fig.4: Results

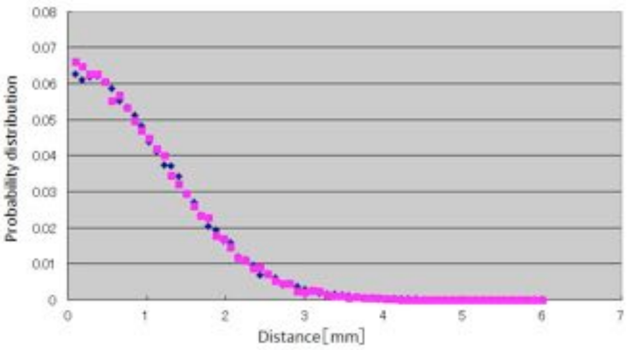

Fig.5: Probability distribution 0 degree

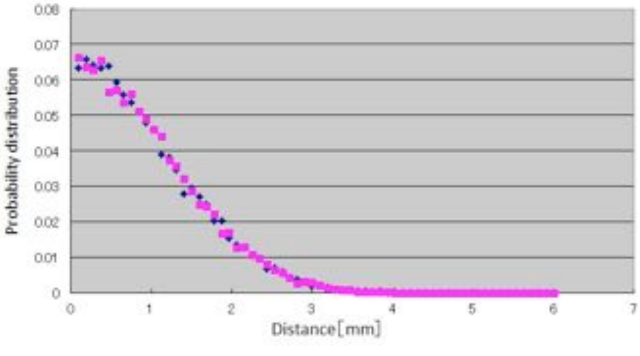

Fig.6: Probability distribution 30 degree

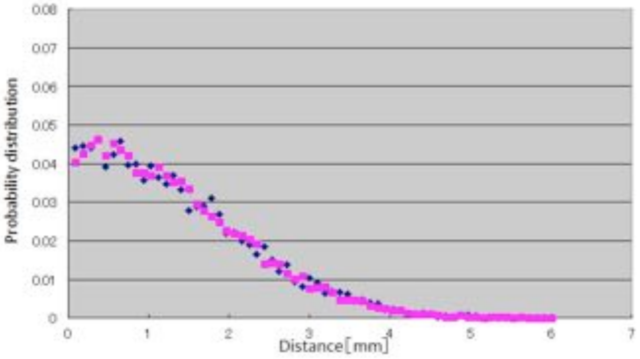

Fig.7: Probability distribution 60 degree

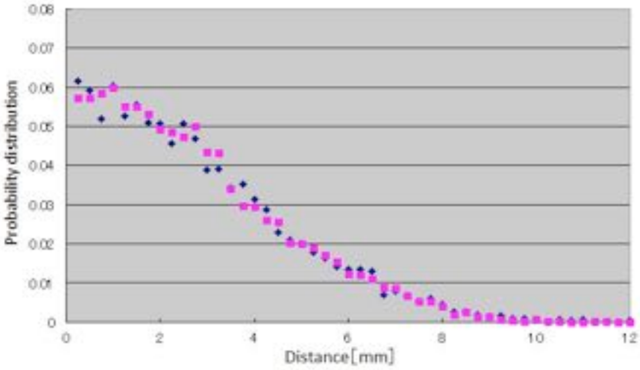

Fig.8: Probability distribution 70 degree

４．考察

実験結果より，レーザビームが面に対して角度を持つ場合，ある角度から先は誤差分布が増大していくことがわかった．曲面を含んだ部材の点群データから最小二乗法を用いての曲面フィッティングを行う場合，その角度に応じた重み付けが必要となる．点群の分布が正規分布であるならば，重み $1/\sigma^2$ が必要になってくるのはわかっている[2]．よって，重みを考慮しての点群処理を行うか，または，ある程度の照射角度（今回の実験では 60 度)以上から得られたデータはカットすることも考えられる．

５．おわりに

今回，スキャナの借用期間の制限もあり，レーザビームの角度を 10 度単位で回転させてデータを取った．しかしながらレーザスキャナの性能が良く，照射角 60 度手前までほぼ一様な誤差であった． 50 度から先を細かく取ることも必要と考えている．

今後は，実際のデータを使っての曲面フィッティングを行い，検証を行うことが必要である．

参考文献

[1] FARO Laser Scanner Focus 3D データシート http://www.faroasia.com/products/laser-scanner/jp/downloads/

[2] H. Masauda, I. Tanaka, M. Enomoto, Reliable Surface Extraction from Point Clouds using Scanner Dependent Parameters, Computer-Aided Design & Applications, 2012