

測域センサを用いた三次元モデリング手法の検討

平湯 秀和

Integration of Multi-view Scanning Range Data Using ICP

Hidekazu HIRAYU

あらまし 生産設備等の設計において、手戻りのない設計を行うデジタルエンジニアリングを導入するためには、デジタルデータ化されていない既存の生産設備の三次元CADデータ化が非常に重要な課題となっている。この問題を解決するため、レーザレンジファインダが商品化されているが、非常に高価で、持ち運びも困難であるため、導入は進んでいない。本研究では、安価な測域センサを直交する直線上に複数台配置したシステムの開発を行い、計測により得られた複数視点の測定データを一つの座標系に統合する手法の検討を行った。

キーワード 測域センサ、三次元モデリング、デジタルエンジニアリング

1. はじめに

生産設備等の設計において、コンピュータ上でその機能やレイアウト等を検討し、手戻りのない設計開発を行う手法であるデジタルエンジニアリングが注目を浴びている。しかし、実際の生産現場においては、デジタルデータ化されていない既存の生産設備が多く存在しており、これらの三次元モデル化が非常に課題となっている。

従来、既存設備を測量するには、巻き尺等を用いて1点1点手で計測する古典的方法を用いるか、レーザレンジファインダによる計測方法を用いるしかなかった。しかし、前者は非常に手間がかかり、後者は一つの測定位置では隠れが生じるため、対象物全体のモデルを作る場合には重量のあるレンジファインダを何度も移動・設置させて複数視点での測定が必要となる。また、購入・維持費が非常にかかるため、一般的な企業への導入は少ない。

この問題を解決するため、本研究では対象物に対して垂直方向と水平方向を同時に計測可能な安価なシステムを開発した。具体的には、複数の測域センサを直交する直線上に配置した構成となっている。本システムを用いて、移動しながら対象物を計測することで得られた複数視点での測定データを一つの座標系に統合する手法の検討を行う。得られた点群データに対して、三次元CADで面張り等の処理を行えば、三次元モデルとして扱うことができ、更に生産整備の機能やレイアウト等の評価検討を行うことが可能になる。

2. システムの概要

本研究では、安価で軽量ではあるが比較的高速かつ高精度に計測が可能な測域センサを用いて、生産設備等の三次元モデリングを行うシステムを構築する。しかし、

一般的な測域センサは一次元のラインスキャンセンサであるため、得られる三次元情報はレーザが通った三次元直線上にしか得られない。そこで、測域センサを直交する直線上に複数台配置し、対象物に対して、三次元直線上に水平・垂直方向の三次元情報を同時に取得するシステムを開発した。今回使用した測域センサはSICK社のLMS200である。LMS200は視野角が180°で最大計測距離80m、応答時間が13~53ms、システム誤差が±15mmの測域センサである。本システムは、二つのLMS200を図1のように直交する直線上に配置し三脚に載せることで、移動しながら対象物を計測することが可能である。

3. 自己位置推定手法

本システムは1回の計測で対象物の水平・垂直それぞれ1ラインの三次元情報を取得するため、対象物全体のモデリングを行うために、システムを移動させながら計測を行う。そこで、得られた複数の計測視点の三次元測定データは、個々に異なる座標系で構成されているため、一つの三次元モデルとしてまとめるには一つの座標系に統一する必要がある。そのため、個々の測定位置の三次元情報を推定する必要がある。

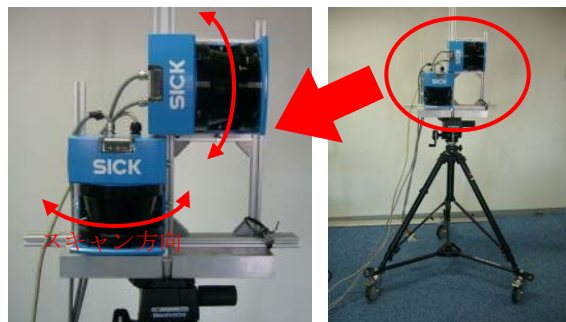


図1 システム外観

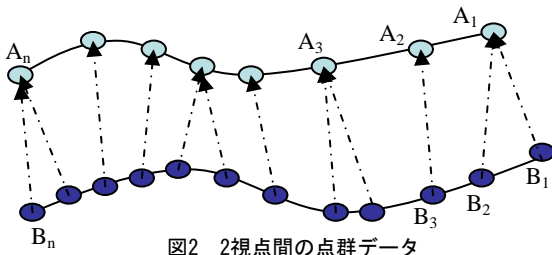


図2 2視点間の点群データ

本システムは高速に計測可能な測域センサを使用しているため、計測視点間は重複して計測されている部分が多い。また、視点間の相対的な移動量は少ない。そこで、本研究では、ICP(Iterative Closest Point)を用いて自己位置推定を行った。

ICPアルゴリズムは、複数の計測視点の点群データ間において、重複して計測された部分を用いて、繰り返し計算で、式(1)の誤差関数を最小化する変換パラメータ（回転行列Rと並進行列T）を求める手法である[1,2]。

$$E(R,T) = \sum_{i=1}^n \|A_i - RB_i - T\|^2 \quad (1)$$

図2において、二つの点群A, Bがあるとき、点群A中の各点 $A_i (1 \leq i \leq n)$ について、点群B中の最近傍点 $B_i (1 \leq i \leq n)$ を対応点とする。そして、求められた複数の対応点の距離の2乗和を最小とする変換パラメータを推定する。上記の処理を繰り返すことで最適な変換パラメータを推定する手法である。本研究では、外れ値が対応点による最適化に悪影響を与えるため、(1)式に更に対応点間の距離に応じた重みを付けた手法で自己位置推定を行った。

4. 実験

本システムを用いて、室内のモデル生成を行った。室内環境の寸法等を図3に示す。本稿では、システムを部屋の中央辺りに設置し移動させず、床面に垂直な軸を中心に回転のみを行い、計測を行った。部屋全体を計測し、かつ、細かく計測するため、本稿では、システムを8°程度回転・計測を繰り返しながら、計44の計測視点で計測を行った。また、1回の計測で水平、垂直それぞれ最大381点の三次元点が得られるが、水平方向の三次元点を基に自己位置推定を行い、得られた変換パラメータと垂直方向の三次元点を基に、室内環境モデリングを行った。

ICPを基に水平方向のラインスキャンで得られた44視点を統合した結果を図4に示す。また、図4中の丸枠の点群データに対して、三次元直線を当てはめ、直線間の距離を求めたところ、平均3881.9mm、標準偏差15.7mmと



図3 実験で用いた室内環境

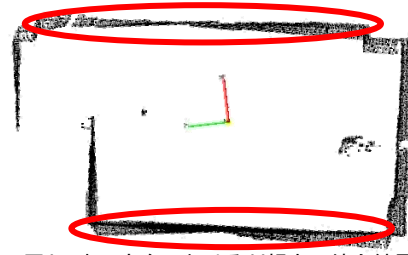


図4 水平方向における44視点の統合結果

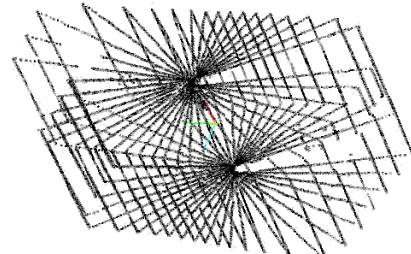


図5 垂直方向における44視点の統合結果（鳥瞰図）

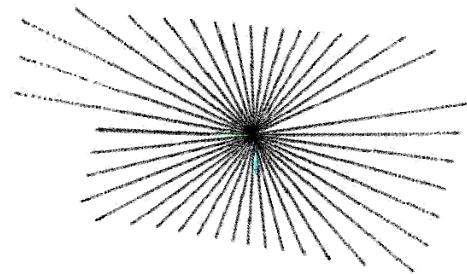


図6 垂直方向における44視点の統合結果（上面図）

の結果を得た。巻き尺による実測値は約3900mmであったことから、ほぼ精度良く自己位置が推定されている。また、対応する二つの視点間で求めた変換パラメータを基に、垂直方向のラインスキャンで得られた44視点の点群データを一つの座標系に統合し表示（鳥瞰図）した結果を図5に示す。また、天井面方向（上面図）から表示した結果を図6に示す。図6の放射線上の先端を結ぶと部屋全体の形状を表している。この形状は図3の左図の形状とほぼ同じであるため、視覚的に44の計測視点の点群データがほぼ統合されていることが確認できた。

5. まとめ

対象物に対して垂直方向と水平方向を同時に計測できるように、安価な測域センサを直交する直線上に複数台配置したシステムを用いて、室内環境を複数の計測視点で測定を行った。また、ICPアルゴリズムを基に、複数の測定視点で得られた測定データを一つの座標系に統合した。その結果、実測値に近い精度で統合できたことを確認した。

文献

[1] P.J.Besl and N.D.McKay, "A Method for Registration 3-D Shapes", IEEE Trans. PAMI, Vol.14, No.2, pp.239-256, 1992.
 [2] 金子俊一, 近藤友紀, 宮本敦, 五十嵐悟, "M推定を導入したロバストICP位置決め法", 精密工学会誌, Vol.67, No.8, pp.1276-1280, 2001.