

レーザースキャンデータからの現場 3次元認識システム

Automated 3D Shape Recognition System using Laser Scan Data

(株)東芝

河口 裕治

Yuji KAWAGUCHI

佐藤 美徳

Yoshinori SATOH

木村 静

Shizuka KIMURA

遠藤 哲央

Tetsuo ENDOH

本橋 正宏

Masahiro MOTOHASHI

畠山 誠

Makoto HATAKEYAMA

Abstract

Toshiba Corporation is constructing a database system of as-built data of equipments and components in various nuclear plants in order to reduce the amount of redesign works when the plants are modified. We are obtaining the as-built data by using 3D laser scanner, and storing the data as 3DCAD models for ease-of-use. However, it takes long hours to obtain 3DCAD models because the volume of 3D laser scan data is very large and workers manually convert those data to 3DCAD models.

In this development, we have constructed a prototype system to automatically generate 3DCAD model of plant components from 3D laser scan data. This report shows the outline of our method to automatically recognize the size and the installation position of plant components from point-cloud data and convert to 3DCAD models. This report also shows the applicability of this system based on some experimental results.

Keywords: 3D laser scan, 3DCAD model, 3D shape recognition, As-built, and Point-cloud.

1. はじめに

プラントの耐震評価や改造設計には現場アズビルトに即した3DCADモデルが必要とされており、3Dレーザースキャナによる現場計測を試みてきた。しかし、3Dレーザースキャナで取得されるデータは、3次元座標とレーザの反射強度を列挙した点群データであるため、評価や設計に利用するには、点群データから3DCADモデルに変換する必要がある。現状では、点群データから3DCADモデルへの変換には人手による長時間作業が発生しており、工期長期化の一因となっている。そのため、3DCADモデルの自動生成に対するニーズが高く、短時間で3DCADモデルに変換できれば、工期短縮につながることが出来る。そこで、本稿では自動で点群データから3DCADモデルを生成する手法について提案する。

これまで、点群データから3次元モデルを生成する研究が行われているが[1-3]、条件が限られていたり、3次元モデルを生成するまでに多くの処理時間を要したりするという課題がある。本研究では、点群データ全体から

対象に相当する点群データのみを抽出し、2次元認識処理を階層的に実行することで、対象の断面形状・寸法および長さを同定し、部材の3DCADモデルを自動生成する手法を提案する。今回は、プラント内で多く利用され、耐震評価解析・改造設計の主対象である配管やH形鋼やL形鋼などの一般的な構造部材を対象とし、システム構築及び評価実験を実施した。

2. 現場3次元認識システム

本節では、3Dレーザースキャナで取得した点群データから配管や鋼材の3DCADモデルを生成する手法を説明する。提案手法の処理の流れをFig.1に示す。

2.1 部材の点群データ抽出

まず、3Dレーザースキャナで取得した点群データから2次元投影画像を生成する。投影画像はFig.2に示すように、3次元空間中に存在する点群データを2次元の画像平面上に透視投影することにより生成される。Fig.3は生成した投影画像の例であり、画像の輝度は、レーザの反射強度を表している。このとき、処理コストを抑えるため、Fig.4に示すようにユーザーは投影画像上で処理対象領域(Region of Interest : ROI)を指定して、処理対象とな

連絡先:河口 裕治、〒235-8523 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8、(株)東芝 電力・社会システム技術開発センター、
E-mail: yuji.kawaguchi@toshiba.co.jp

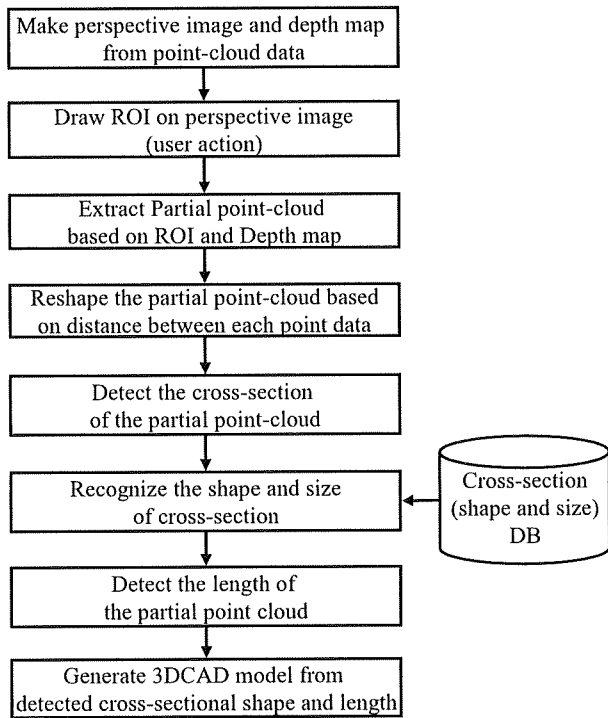


Fig.1 Outline of processing flow

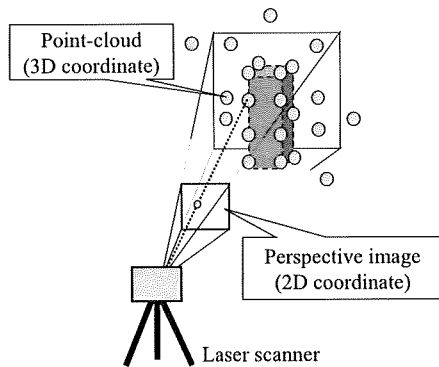


Fig.2 Relationship between point-cloud and perspective image

る点群データ数を減らすことが出来る。次に、指定された ROI と投影画像、Depth Map に基づいて点群データ全体から対象を含む部分データを抽出する。Fig.5 は Depth Map の例であり、輝度値が高いほど 3D レーザースキャナから離れていることを表している。ROI 内で Depth Map の値が類似する領域内にある点群データを抽出する。こうして抽出された点群データには対象以外の点群データも含まれているため、3次元空間中の点同士の距離に応じて点群データをグループ分けし、対象に相当する点群データを抽出する。Fig.6 は対象に相当する点群データを抽出し、2次元の画像平面上に再度投影した例である。以上の処理で抽出した点群データを用いて、部材の寸法

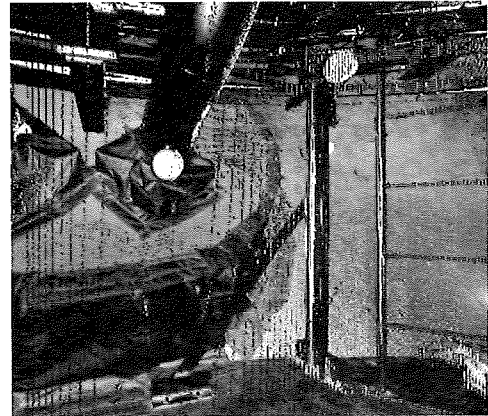


Fig.3 Example of perspective image

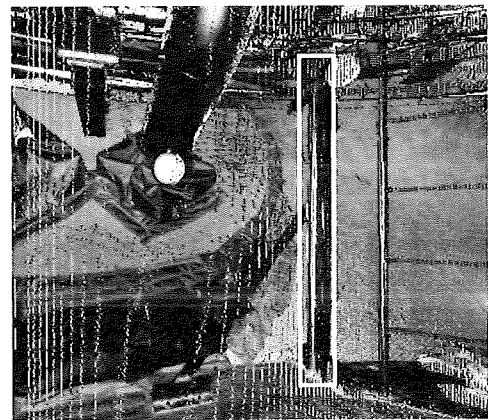


Fig.4 Example of drawing ROI

や設置位置の3次元認識を行う。

2.2 部材の3次元認識

部材の断面の形状および寸法を認識するため、Fig.7 に示すように断面の法線方向に沿った局所領域の点群データを2次元断面に投影した断面像を複数取得する。ここでは、部材の長手方向を断面の法線方向と仮定し、それに直交する平面を断面として点群データを投影することで断面像を取得することとしている。次に、取得した断面像と部材の断面モデルと照合し、断面形状と寸法・設置姿勢を認識する。Fig.8 は認識結果の例を示しており、認識した断面形状の断面モデルを線分で表している。ここで、プラント内では工業規格に従った部材が使用されることから、今回は JIS 規格に従って、部材断面の外周部を断面モデルとしてデータベース化しておくこととした。

対象を表現する最適なモデルを認識するため、式(1)で表されるエネルギー関数を定義する。

$$E(M_i) = E_d(M_i, \mathbf{p}) + E_p(M_i, \mathbf{p}) \dots \dots \dots (1)$$

ここで E_d は、断面に投影された点群データと断面モデ

ルとの距離に基づいて算出される項であり、 E_p は点群データ中の外れ値により算出されるペナルティ項である。このエネルギー関数は、断面像と断面モデルとの類似度を表しており、これを最小化することで最適な断面モデルを同定する。

$$M = \arg \min_i E(M_i) \dots \dots \dots (2)$$

さらに、Fig.9 に示すように断面の法線方向に沿って、



Fig.5 Example of depth map

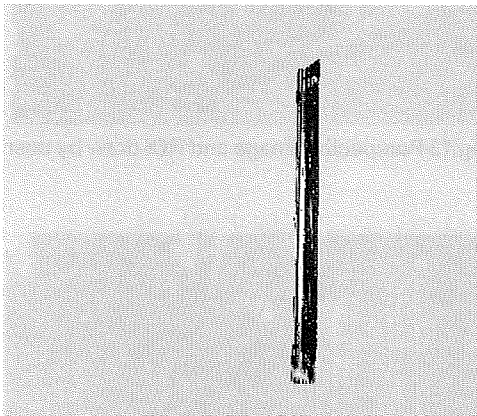


Fig.6 Extracted and reshaped point-cloud on perspective image

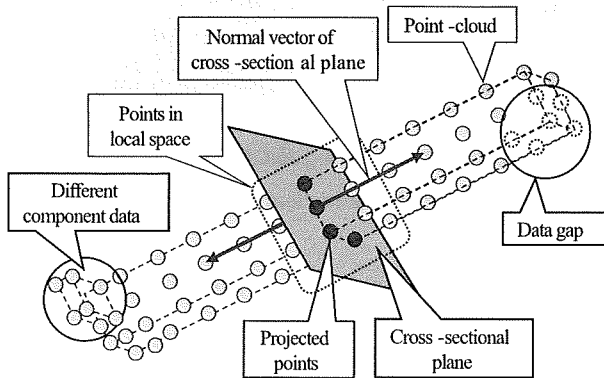


Fig.7 Relationship between partial point-cloud and cross-sectional plane

同定した断面モデルと点群データの類似度を計算し、閾値評価することにより長さを同定する。最後に、同定した断面形状および長さ情報を基に 3DCAD モデルを生成する。Fig.10 に生成される 3DCAD モデルの例を示す。

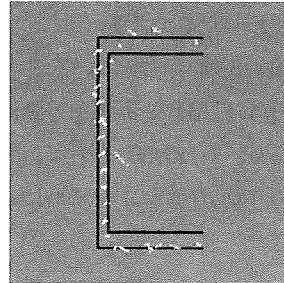


Fig.8 Projected point-cloud on cross-sectional plane and recognized cross-sectional shape

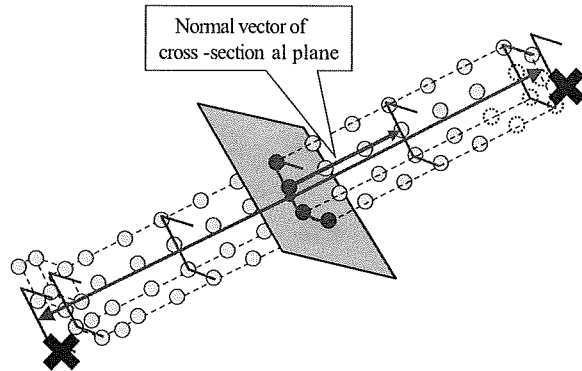


Fig.9 Recognition of cross-sectional shape and detecting length

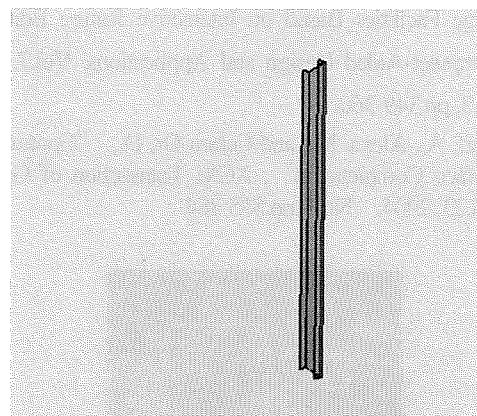


Fig.10 Example of generated 3D-CAD model

3. 実験結果

提案手法の有効性を確認するため、配管や鋼材を含む環境を 3D レーザースキャナで計測して取得した点群データを用いて 3DCAD モデルを生成する実験を行った。

Fig.11、Fig.13 はそれぞれ点群データを投影した2次元画像であり、白い矩形は指定したROIを表している。Fig.12 は、Fig.11 で指定された点群データから生成された3DCADモデルであり、Fig.14 はFig.13 で指定された点群データから3DCADモデルを生成し、点群データを投影した画像に重ね合わせたものである。

この実験の結果、提案手法を用いることで、ユーザーは点群データから3DCADモデルを容易に生成できることを確認した。また、3DCADモデル自動生成に必要な処理時間は1本辺り約20秒とユーザーにストレスのない処理時間であった。

4. おわりに

本研究の目的は、3Dレーザースキャナで取得した点群データから配管や鋼材の3DCADモデルを自動で生成するシステムを構築することである。今回、プラント内に多数存在する配管や鋼材を対象として、3DCADモデルを自動で生成する手法を提案し、実験によりその適用性を確認した。これにより、プラントの改修工事等の工期短縮に寄与できる見通しを得ることができた。

参考文献

- [1] Chen, J., and Chen, B., "Architectural Modeling from Sparsely Scanned Range Data", International Journal of Computer Vision, Vol. 78, 2008, No. 2-3, pp 223-236.
- [2] Masuda, H. and Tanaka, I., "As-Built 3D Modeling of Large Facilities Based on Interactive feature Editing", Computer-Aided Design and Applications, Vol.7, 2010, No.3, pp.349-360.
- [3] Sharf, A., Alexa, M., and Cohen-Or, D., "Context-based Surface Completion", ACM Transaction of Graphics, Vol.23, 2004, No.3, pp.875-884.

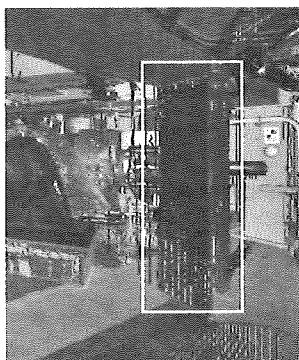


Fig.11 Perspective image and ROI draw by user

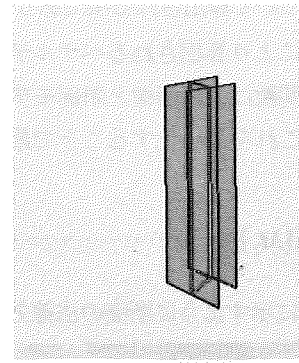


Fig.12 3DCAD model generated from the point-cloud in Fig.11

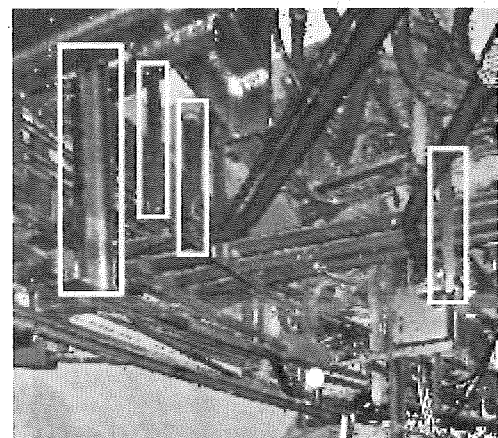


Fig.13 Perspective image and ROI draw by user

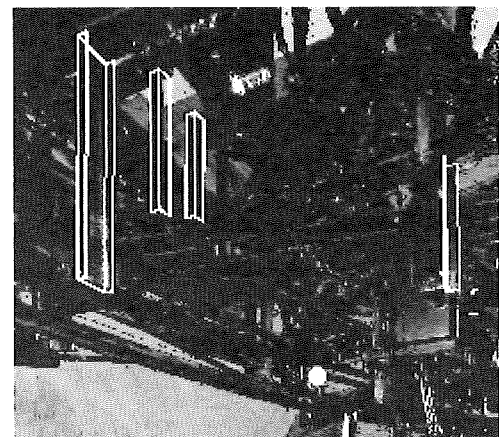


Fig.14 Example of overlaying 3DCAD models generated from the point-cloud in Fig.13

(平成24年6月21日)