

複数ステレオ画像を用いた配管資材の形状計測

島倉 諭[†] 関 洋[†]

株式会社 日立製作所 日立研究所[‡]

1. はじめに

発電プラント建設において、計画通りにプロジェクトを進行させるためには建設資材が期日通りに現場に到着することが重要である。そのために資材の保管場所では着荷・出荷時に資材の管理番号を確認し、資材管理を行っている。しかし、配管は物量が多く、形状が類似しているため、管理番号を確認する作業に手間がかかる。そこで、この確認作業の手間を減らすために、配管の個体認識の自動化を目指す。

ここでは配管の個体認識のために、配管画像を利用する。配管の画像は、数メートルの距離で撮影でき、配管に近づくことなく認識できるため作業量が少ない。また、撮影データが画像として手元に残るため目で見て直接確認でき、管理記録にも利用可能である。しかし、単一画像による物体の認識では自動化に限界があり、認識率も低い。この課題を解決するため、近年発達している複数画像から対象物体の3次元形状情報を復元する技術を応用する[1]。ただし、3次元形状情報による対象物体の個体認識は計算量の増加という新たな課題を生む。本研究では、復元した配管の3次元形状情報から形状特徴量を抽出し、配管設計3D-CADデータから抽出した形状特徴量と照合して、高精度・高速に配管の個体認識を行うことを目的とする。

2. 複数の配管画像からの3次元形状復元方法

2次元画像の情報から3次元形状を復元する場合、1次元分の情報が不足するため、2次元画像への投影の視点によっては、対象物体の形状を正しく復元できない可能性がある。そこで、複数の視点をカバーする画像から3次元形状を復元する。そのためには、異なる画像上で一致する特徴量(点、線、面、輪郭、陰影、色彩など)を定義する必要がある[2]。本研究では、これらの特徴量の中で、基本的な特徴量である“点”を用いて3次元形状の復元を行う。そのため、復元される3次元形状は点の集合で表現され、3次元点群と呼ばれる。以下に、複数方向から撮影

した配管画像からの3次元点群情報の算出手法について述べる。

まず、対象物体の複数視点画像から共通する特徴点を見つけ、その特徴点の3次元情報とカメラの位置を同時に復元する。この技術は、Structure from Motion (SFM)[3]と呼ばれる。その後、求めた各特徴点の3次元情報とカメラの位置、及び、複数視点画像をもとに対象物体の3次元点群情報を算出する。この技術は、Multi-view Stereo (MVS)[4][5]と呼ばれる。本研究では SFM、MVS の処理を実行するため、画像解析ソフトをもとに配管の3次元点群情報を算出した。

また、配管の撮影時には3次元点群間の絶対的な距離の算出が必要となるため、ステレオカメラを使用し、カメラのレンズ間距離を用いたスケール調整にて、絶対距離を導出した。

3. 3次元点群情報から配管要素の抽出方法

復元した3次元点群情報と配管設計3D-CADデータとの照合のために、3次元点群情報に含まれる配管以外の要素(床や壁など)を除去し、配管要素のみを抽出する必要がある。ここでは3次元点群情報算出時に用いた画像の色情報、及び、エッジの情報により、配管領域の3次元点群情報を抽出する。

4. 配管の形状特徴量抽出

3次元形状情報と配管設計3D-CADデータとの照合には、配管径、配管ルート長、及び、配管の曲がり角度の情報を形状特徴量として用いる。以下、これら形状特徴量を抽出する処理の流れの詳細を示す。

(1) 配管の中心線ベクトル算出

配管の円柱形状の点群情報に主成分分析を行い、配管の中心線ベクトルを算出する。主成分分析は多変量解析の一つであり、データの傾向が偏っている方向のベクトルを算出できる。

配管の円柱形状部分が口径よりも軸方向の長さが長い場合、配管の点群位置の傾向が配管の中心軸方向に偏る。そのため、主成分分析を用いて配管の中心軸に平行な中心線ベクトルを算出できる。図1に配管点群と中心線ベクトルのイメージ図を示す。

Measurement of the plumbing material using plural stereo images

[†]Satoshi SHIMAKURA

[†]Hiroshi SEKI

[‡]Hitachi, Ltd., Hitachi Research Laboratory

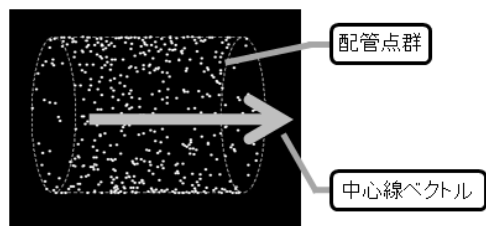


図 1 配管点群と中心線ベクトル

(2) 配管断面形状の検出と中心点の算出

(1) にて求めた配管の中心線ベクトルを用い、配管の断面となる円形状を抽出し、その中心点を計算する。図 2 に配管断面の点群から検出した円、及び、中心点の例を示す。

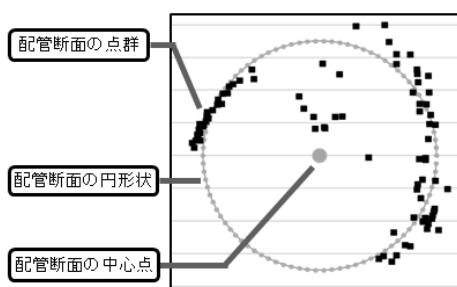


図 2 配管断面形状の検出と中心点算出結果

(3) 配管の中心線、及び、形状特徴量の算出

(1) にて求めた配管の中心線ベクトルと(2)で求めた中心点より、配管の中心線を算出する。求めた配管の中心線を利用し、配管径、配管ルート長、及び、配管の曲がり角度を算出する。

(4) 配管の形状特徴量と配管設計 3D-CAD データとの照合

配管径は規格化されているため、(3)にて求めた配管径に一番近い規格値を選ぶ。この規格値、および、配管の曲がり回数をもとに配管設計 3D-CAD データから、照合の候補となる配管を絞り込む。絞り込んだデータに対して、(3)にて求めた配管ルート長と照合することで、配管の個体認識を行う。

5. 検証

実際に配管を撮影し、上記の方法にて 3 次元形状情報を復元し、復元した配管点群において配管径、配管ルート長、及び、配管の曲がり角度を算出した。また、算出した配管形状特徴量と配管設計 3D-CAD データとの一致度合いを求めた。検証用に1本のL字型配管を選び、この配管に対しステレオカメラにて複数枚の画像を撮影した。

配管径、配管ルート長、及び、曲がり角度において、配管設計 3D-CAD データと上記方法にて計算した値との比較を行う。比較するために、図 3 のように配

管ルート長 $L1$ 、 $L2$ 、及び、曲がり角度を定義した。設計データと本手法による計算値との比較結果を表 1 に示す。誤差はそれぞれ、配管径が 1.97mm、配管ルート長が 10.8mm ($L1$)、18.65mm ($L2$)、曲がり角度が 9.3 度となった。

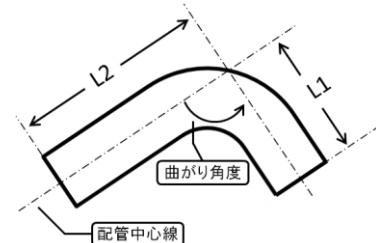


表 1 設計データとの比較結果

図 3 配管形状の定義

	設計データ	計算値	誤差
配管径 [mm]	114.3	112.33	1.97 (1.72%)
配管ルート長 [mm]	L1	499.2	510.00
	L2	605.5	624.15
曲がり角 [度]	90	99.3	9.3 (10.33%)

6. 考察

複数のステレオ画像より配管の3次元点群情報を算出し、設計データと比較できる形状特徴量として、配管径、配管ルート長、及び、配管の曲がり角度を抽出した。しかし、配管設計 3D-CAD データには、検証に用いたL字型配管に類似した配管があるため、図 3 の結果だけでは配管を一意に特定することができなかった。配管を一意に認識するには、配管の形状情報以外の建設情報を統合評価する仕組みを考慮に入れた個体認識が必要になると考える。

7. 参考文献

- [1] 柳井啓司, "一般物体認識の現状と今後", 情報処理学会, Vol.48, No.SIG 16(CVIM 19), (2007)
- [2] 藤木淳, "点对応を用いた複数の2次元画像からの3次元形状復元-因子分解法の数理-", 統計数理, 第 49 巻, 第 1 号, pp.77-107(2001)
- [3] Daniel D. Morris, Kenichi Kanatani and Takeo Kanade, "Uncertainty Modeling for Optimal Structure from Motion", Lecture Notes in Computer Science, Vol.1883/2000, pp315-345 (2000)
- [4] R. Hartley, "Multiple View Geometry in Computer Vision", Cambridge University Press (2008).
- [5] Michael Goesele, Brian Curless, Steven M. Seitz, "Multi-View Stereo Revisited," cvpr, vol.2, pp.2402-2409, (2006) IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Volume 2 (CVPR'06), (2006).