

3次元計測点群からの円柱形状認識と 中心軸推定

——志波城外郭南門復元の試行*——

金野哲士**、今野晃市***

建造物を仮想空間上に復元する技術として、レンジセンサによる計測点群に基づいた手法が挙げられる。この手法では、レンジセンサから得られた複数の計測点群を、同一空間上に適切に配置する位置合わせ処理が必要となる。著者はこれまで、都市空間に存在する近代的な建造物を復元対象として、特徴線を用いた位置合わせ手法を提案してきた。しかし、従来手法により円柱を含んだ志波城外郭南門を復元する場合、意図しない位置合わせ結果となる。その要因の一つとして、計測方向に依存した円柱のシルエットの特徴線が一致する場合があることが挙げられる。本論文では、計測点群から円柱形状を認識し、その中心軸を推定する手法を提案する。本手法により推定した中心軸を表す特徴線は、計測方向に依存しないため、位置合わせ処理に有効な特徴線となる。従来手法により得られた特徴線、および本手法で推定した円柱の中心軸を表す特徴線を用いることで、円柱形状を含む計測点群の位置合わせ処理が可能となる。実験では志波城外郭南門の計測点群から円柱の中心軸を推定し本手法の有効性を確認できた。

キーワード：建造物、3次元計測、点群、円柱形状、中心軸推定

1) はじめに

コンピュータグラフィックス技術を使用して、実空間に存在する建造物を仮想空間上に復元したコンテンツが多用されている。実空間の建造物を仮想空間上に復元する有効な手段の一つとして、レンジセンサの利用が挙げられる。レンジセンサは、センサ位置から物体表面までの距離を奥行き方向のデジタルデータとして計測する装置である。レンジセンサで建造物を計測することにより、建造物の表面形状を3次元空間上の座標値の集合として表現した点群を出力することができる。以降では、説明のために一つの方向から計測して得られた点群を単位点群と呼ぶ^[2]。一般に単位点群には、オクルージョンに関する問題があることが知られている。オクルージョンの問題を解決する手段の一つとして、複数の単位点群を同一空間上に適切に配置することが考えられる。一般的に、このような操作は点群の位置合わせ処理と呼ばれている^[7]。著者はこれまで、都市空間の近代的な建造物を復元するために、特徴線の一致を利用した位置合わせ手法を提案してきた^[2]。

文献^[2]の手法では、単位点群から抽出した特徴線数は計測点の数よりも非常に少ないため、位置合わせ処理

の計算量が少ないという利点があった。しかし、文献^[2]の手法は近代的な建造物で多用される平面を重視していたため、復元対象物に制限があった。特に本研究で復元する志波城外郭南門は、円柱形状を含んだ建造物であるため、従来手法を適用することは難しい。そこで、本論文では計測点群から円柱形状を認識し、中心軸を推定する方法を提案する。従来手法で得られた特徴線と、推定した中心軸から生成した特徴線を用いて位置合わせ処理を行うことにより、円柱形状を含んだ建造物も復元可能となる。

2) 関連研究

本研究で使用するレンジセンサはRIEGL社製のLMS-Z210である^[10]。LMS-Z210の計測可能な距離は2m～350mであり、計測誤差は±2.5cmである。LMSZ-210は三脚で固定するため、接地可能な場所ならば自由な角度から計測できる。

本研究では岩手県盛岡市の国指定史跡志波城古代公園内にある外郭南門を復元対象とする。図1に外郭南門の外観を示す。志波城は平安時代、東北地方に造営された城柵の一つであり、蝦夷の反乱を鎮圧するために朝廷が造営した。志波城は紀元後803年に造営され紀元後813年ごろに廃城となっていたが、近代になってその遺構が発見された。そして1984年から志波城の復元工事が続いており、外郭南門は1997年に復元工事が完了した。外郭南門は桁行15.0m、梁行6.0mの木造建築物である^[9]。また、棟高は11.1mであるため、その屋根を地上から計測することができなかった。よって本研究では、図2に示すような高所作業車を使って上空

* Column Form Extraction and Shaft Estimation Using Point Cloud by 3D Measurement – Trial Reconstruction of the South Gate, Outer Fence of Shiwajo—

** Tetsuji KONNO 岩手大学

*** Kouichi KONNO 岩手大学



図1 志波城外郭南門



図2 高所作業車を使用した計測風景

から屋根を計測した。図3では、外郭南門の下階平面図^[4]を示す。図3から分かるように、柱の部分が円柱形状となっており、本論文では、この円柱形状を自動認識する手法を提案する。

著者らは、これまで、近代的な建造物を対象として、特徴線の一致を利用した位置合わせ手法を提案してきた^[2]。文献^[2]の手法では、はじめに、奥行き方向の差分が大きい点列をデプスエッジとして抽出する。そして、デプスエッジを複数のセグメントに分割し、各セグメントに対応する線分を生成することにより、単位点群から特徴線を抽出する。次に、二つの単位点群からそれぞれ抽出した特徴線を、同一の3次元空間に適切に配置する幾何変換を算出し、単位点群に適用することで位置合わせ処理を行う。文献^[2]の手法は、建造物のシルエットを、特徴線として安定的に抽出可能であり、単位点群を高速に位置合わせできる特徴がある。

文献^[2]の手法ではデプスエッジを基にして特徴線が抽出される。そのため、円柱のシルエット部分でデプスエッジが抽出された場合、そのシルエットを表す特徴線が抽出される。例えば図4では外郭南門の単位点群から抽出した特徴線を示す。図4の微小な点は計測点群を表し、黒線は文献^[2]の手法で抽出した特徴線の一

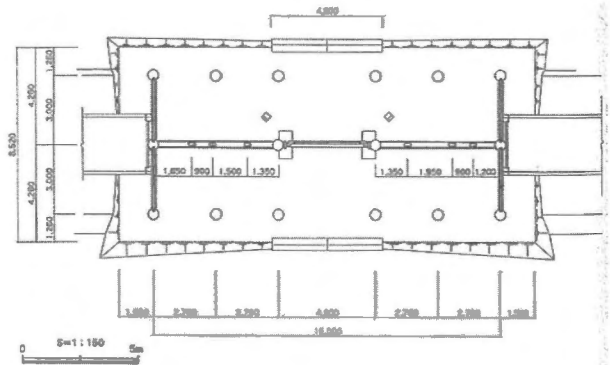


図3 志波城外郭南門下階平面図^[4]

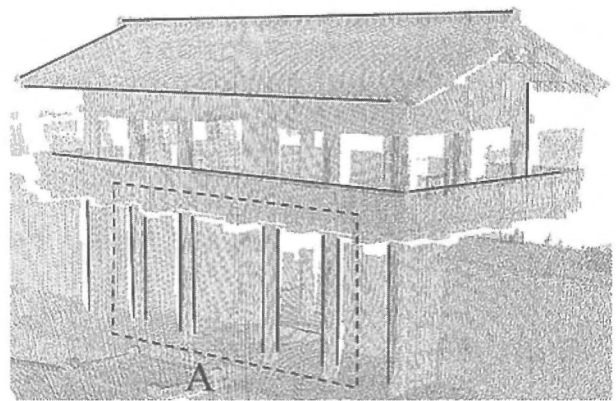


図4 抽出した特徴線

部を表す。図4の点線で囲まれた領域Aに着目すると、柱のシルエットを表す特徴線が抽出されているのが分かる。図4に示した特徴線を用いて文献^[2]の手法で位置合わせ処理を行うと、柱のシルエット部分が一致すると見なして位置合わせ処理が行われるため、意図しない結果となる。円柱のシルエットを表す特徴線は計測方向に依存しているため、このような特徴線は位置合わせ処理から排除する必要がある。また、意図した位置合わせ結果を得るためには、排除した近傍に計測方向に依存しない特徴線が必要である。よって本論文では、文献^[2]の手法で抽出した特徴線を用いて、単位点群から円柱形状を認識し、その中心軸を推定する手法を提案する。本手法では、計測点群に有理2次Bezier曲線を当てはめることで円柱形状の認識を行う。曲線の当てはめ手法として、点群と曲線との距離を基に誤差評価関数を定義し、最小二乗法を用いて適切な曲線を求めるのが一般的である^{[1][6][8]}。本手法でも同様の手法を用いて有理2次Bezier曲線の当てはめを行う。最終的に推定された中心軸を表す特徴線は、計測方向に依存しない特徴線となる。

3) 中心軸の推定

一般に、円柱のシルエットは、中心軸と平行なため、2本のシルエット線と中心軸との幾何学的な関係を用い

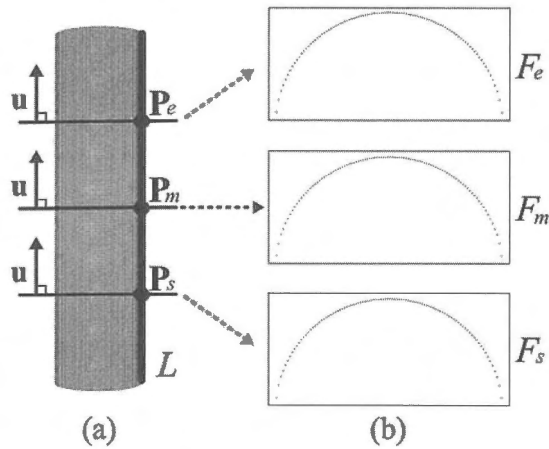


図5 特徴線に垂直な3つの断面

ることで、容易に中心軸を算出することができる。しかし、文献^[2]の手法では円柱のシルエットを表す特徴線が、円柱形状の中心軸と平行な線分として得られないことがある。その一つ目の理由として、単位点群はLMS-Z210の計測誤差を含んでいることが挙げられる。二つ目の理由として、LMS-Z210は自由な角度から計測することができるため、単位点群に含まれる円柱形状は計測方向に対して垂直にならない場合が多いことが挙げられる。

上記の問題を解決するために、本手法では、円柱の面上にのる断面線に基づいて中心軸を推定する。そのために、円柱のシルエットを表す特徴線から断面を想定する。断面に乗る点群を探索しながら円柱の断面線を曲線で近似し、その近似曲線に基づいて中心軸の推定を行う。具体的には、はじめに、シルエット上の特徴線を4等分する垂直な平面を3つ定義する。次に、平面に乗る点を探索することで円柱の断面線を構成する点列を得る。円柱を平面で切断したときに生成される断面線は、楕円で表現できる。そこで、断面線を構成する点列を、楕円を表す円錐曲線で近似し、円柱の中心軸が通る点として楕円の中心点をそれぞれ求める^[5]。最後に、3つの中心点を通るような円柱の中心軸を推定する。

断面線を構成する点列を円錐曲線で近似することで、計測誤差を含んだ点群から、中心軸上の点を求めることができる。そのため、計測方向に依存せず円柱形状の中心軸を推定することができる。次節では中心軸の推定手順を詳細に述べる。

3.1 円柱の断面生成

中心軸が通る点を生成するために、特徴線の方向に垂直な円柱の断面を生成する。例えば図5(a)に示すように、特徴線 L が円柱のシルエットを表していると仮定し、特徴線 L に関する断面生成法を以下に述べる。

1. 特徴線 L を4等分する位置に、特徴線の方向に垂直な平面を3つ定義するために、3点 P_s , P_m , P_e

を算出する。特徴線 L 上の点 P_s , P_m , P_e のいずれかの点を通り、法線ベクトルを特徴線 L の方向ベクトル u とした3つの平面 F_s, F_m, F_e を定義する。

2. 円柱の断面線を構成する点列を得るために、特徴線 L 上の点 P を通り、法線ベクトル u を持った平面 F の近傍に存在する点列 M を探索する。ただし、点 P は P_s , P_m , P_e のいずれかとし、平面 F は F_s , F_m , F_e のいずれかとする。はじめに、特徴線 L 上の点 P に最も近い計測点 P_i を開始点として、その8近傍の隣接点 P_i を探索する。本手法では、点 P'_i を平面 F に射影した距離が閾値 d よりも小さい場合、点 P'_i が平面 F の近傍に存在すると判断する。そして、点 P'_i を新たな開始点として8近傍の隣接点に対する探索を繰り返す。
3. 点列 M を平面 F に射影することで、円柱の断面線を構成する点列 M' を得る。図5(b)では、3つの平面 F_s , F_m , F_e に射影した点列 M' を示す。

3.2 楕円近似

2章で述べたように、単位点群はレンジセンサの計測誤差を含んでいる。そのような単位点群から抽出した、円柱のシルエット上にある特徴線は、その方向ベクトルが円柱の中心軸に対して平行とならない場合が多い。そのため、3.1節で述べた手法により求めた、円柱の断面線を構成する点列は、真円よりも楕円を表す場合が多い。よって本節では、円柱の断面線を構成する点列を、楕円を表す円錐曲線で近似する。そして、近似した楕円の中心点を円柱の中心軸が通る点とする。次項では楕円近似方法を詳細に述べる。

3.2.1 初期化

平面 F に射影した、円柱の断面線を構成する点列 M' を、楕円を表す円錐曲線で近似するときの手順を述べる。一般的に、パラメータを使用した有理2次Bezier曲線は、計測点群の空間配置に依存せず算出することができる。また、有理2次Bezier曲線の重みの範囲を限定することで楕円を表すことができる。このような利点を考慮して本手法では、円錐曲線として有理2次Bezier曲線を用いる^[5]。

有理2次Bezier曲線を求めるためには、後述の点列 M' のパラメータ推定を行う必要がある。しかし、点列 M' は8近傍探索で判定された順番で並んでいるため、適切な順番にソートする必要がある。よって、点列 M' の最初の点からの距離が昇順となるように、点列 M' をソートする。ただし、点列 M' を $\{Q_0, Q_1, \dots, Q_{n-1}\}$ とし、 n は点列 M' の点の数とする。有理2次Bezier曲線 $C(t)$ は3つの制御点 p_0 , p_1 , p_2 、および各制御点の重み w_0 , w_1 , w_2 を用いて式(1)のように表される。

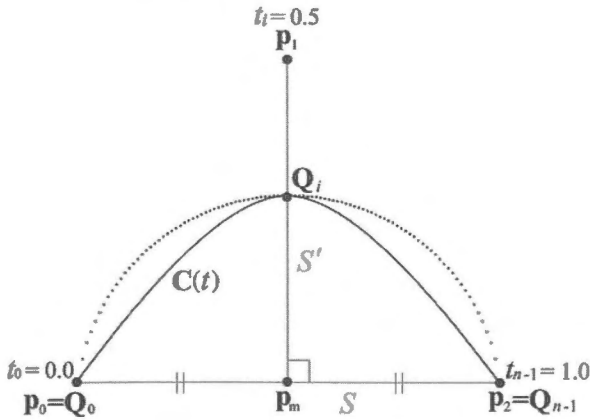


図6 初期状態の有理2次Bezier曲線

$$C(t) = \frac{B_0(t)p_0w_0 + B_1(t)p_1w_1 + B_2(t)p_2w_2}{B_0(t)w_0 + B_1(t)w_1 + B_2(t)w_2} \quad (1)$$

ただし $B_0(t)$, $B_1(t)$, $B_2(t)$ は Bernstein 関数を表す^[3]。重み w_0 および w_2 を 1.0 とし、重み w_1 を 0.0 ~ 1.0 の範囲内に限定することで、式 (1) は楕円を表す有理2次Bezier曲線となる。初期値として、重みは $w_0 = w_1 = w_2 = 1$ 、制御点 $p_0 = Q_0$, $p_2 = Q_{n-1}$ とする。また、制御点 p_1 の初期値は以下の方法で算出する。はじめに、図6に示すように、二つの制御点 p_0 と p_2 を連結した線分 S の中点 p_m を算出する。次に、中点 p_m を通り、線分 S に垂直な直線 S' を生成し、直線 S' に最も近い点 Q_i を求める。そして、 $C(0.5) = Q_i$ と仮定して制御点 p_1 を算出する。初期値を用いて点列 M' を有理2次Bezier曲線で近似すると、図6に示すような実線が得られる。

3.2.2 点列のパラメータ推定

3.2.3 項で述べる最適化を行うための準備として、点列 M' に含まれる点 Q_i に対応する有理Bezier曲線のパラメータ t_i を算出する必要がある。点 Q_0 , Q_{n-1} は、有理2次Bezier曲線の端点と仮定したため、点 Q_0 におけるパラメータは $t_0 = 0.0$ 、点 Q_{n-1} におけるパラメータは $t_{n-1} = 1.0$ となる。その他の点 Q_i に対応するパラメータ t_i は、初期値を用いて定義された有理2次Bezier曲線 $C_{init}(t)$ に、点 Q_i を射影した点におけるパラメータとする。すなわち、

$$C_{init}(t_i) = Q_i \quad (2)$$

のような関係になる。また、計測誤差が原因で、単位点群から探索した点列 M' が本来の円柱から大きく離れてしまう場合がある。その結果、円柱の断面線を構成する点列 M' を用いて近似した有理2次Bezier曲線が、円柱の断面線と異なった意図しない楕円となる場合があ

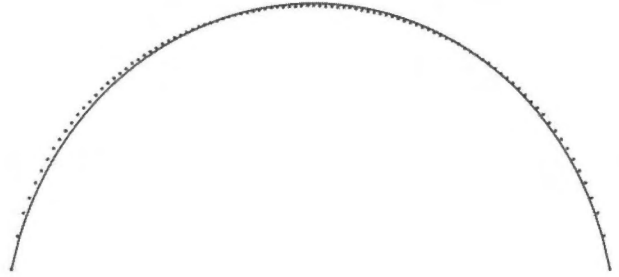


図7 最適化後の有理2次Bezier曲線

る。意図した楕円を得るために、本手法では、制限したパラメータ区間 $[t_s, t_e]$ の点列を用いて有理2次Bezier曲線を求める。ただし、 $0 \leq t_s, t_e \leq 1$ とする。パラメータ区間を制限することによって、本来の円柱に近い点列のみを断面線近似に使用する。パラメータ区間 $[t_s, t_e]$ を調整し、各パラメータに対応する点の集合として点列 M' を更新する。そして、更新された点列 M' を後述の最適化処理に使用することで、適切な楕円を表す有理2次Bezier曲線を求めることができる。

3.2.3 最適化

点列 M' を精度の高い有理2次Bezier曲線で近似するために、制御点 p_1 と重み w_1 を最適化する。点列 M' 上の点 Q_i から、有理2次Bezier曲線 $C(t)$ までの距離を基にした誤差評価関数 E を定義する。誤差評価関数 E を式 (3) に示す。

$$E = \sum_{i=0}^{n-1} |C(t_i) - Q_i|^2 \quad (3)$$

誤差評価関数 E が最小となるような制御点 p_1 、および重み w_1 を最小二乗法を用いて算出する。図6に示した有理2次Bezier曲線を最適化した結果を図7に示す。点列 M' を有理2次Bezier曲線で近似した後に、有理2次Bezier曲線を利用して楕円の中心点を求める。前述の最適化により図8に示すような半楕円を表す有理2次Bezier曲線 C_l が得られる。もう一方の半楕円を表す有理2次Bezier曲線 C_r を求め、その長径または短径を連結した線分の中点が楕円の中心点 G となる。本手法では有理2次Bezier曲線で楕円を表している。そのため、式 (1) に示した重み w_1 の符号を負にすることで、半楕円を表す有理2次Bezier曲線 C_r が得られる。楕円の中心点を求めるために、図8に示すような有理2次Bezier曲線 C_l 上の点 $C(0.5)$ と、 C_r 上の点 $C(0.5)$ を連結し線分を生成する。そして、その線分の中点を楕円の中心点 G とする。

3.3 中心軸の生成

3.2 節で述べた処理を行うことにより、図5に示した

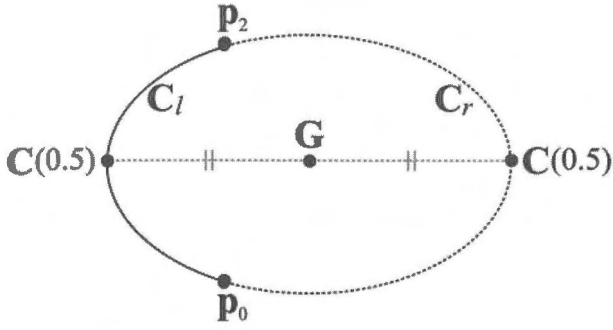


図8 有理2次Bezier曲線による楕円



図9 中心軸を表す特徴線

3つの平面 F_s, F_m, F_e 上で楕円の中心点 G_s, G_m, G_e がそれぞれ生成される。中心軸の適切な方向ベクトルを求めるために、本節では3つの中心点を通るような中心軸 $L(t)$ を生成する。そして中心軸 $L(t)$ 上の端点を設定し、その2つの端点を連結することで、図9に示すような円柱の中心軸を表す特徴線を生成する。以下に、中心軸 $L(t)$ の生成法を述べる。式(4)に示すように、中心軸 $L(t)$ は単位方向ベクトル \mathbf{u} と、 $L(t)$ が通る点 \mathbf{p} で表される。

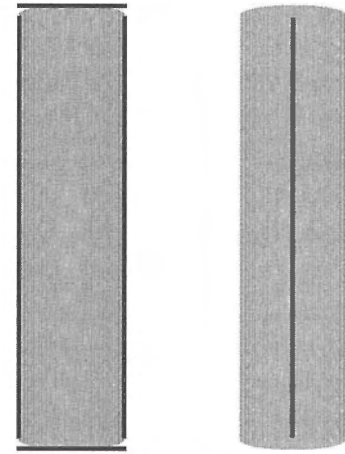
$$L(t) = \mathbf{u}t + \mathbf{p} \quad (4)$$

本手法では点 \mathbf{p} を3つの中心点の平均とする。また、単位方向ベクトル \mathbf{u} は、各中心点を連結して算出した単位方向ベクトルの平均とする。すなわち、中心軸の単位方向ベクトル \mathbf{u} は式(5)で表される。ただし中心点 G_s から G_m までの単位方向ベクトルを \mathbf{u}_0 とし、中心点 G_m から G_e までの単位方向ベクトルを \mathbf{u}_1 とする。

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{u}_0 + \mathbf{u}_1}{2} \quad (5)$$

中心軸を生成した後に、中心軸を表す特徴線の端点を設定する。図9に示すように、中心軸を表す特徴線の端点 P_0, P_1 は、中心軸上で円柱形状と認識される点群の範囲を表している。したがって、特徴線の端点を設定するためには、単位点群から円柱形状の認識を行う必要がある。以下では円柱形状の認識方法を述べる。

- 3.2節で探索した、平面 F 上に存在する点列 M は全て円柱形状を表す点群と仮定する。点列 M を円柱形状認識の開始点とし、その8近傍に隣接する点 P' が円柱形状を表しているか判断する。



(a) 抽出した特徴線 (b) 推定後

図10 仮想的な点群を用いた推定結果

- 隣接点 P' が中心軸 $L(t)$ から半径 R 内に存在する場合、隣接点 P' が円柱形状を表す。ただし半径 R は点列 M から中心軸 $L(t)$ までの最大距離とする。
- 円柱形状を表すと判断された点を新たな開始点として、処理2を繰り返す。

特徴線の端点を設定するために、円柱形状を表す点群を中心軸 $L(t)$ に射影する。そして、線分の長さが最大となるような射影点を特徴線の端点とする。円柱の中心軸推定によって得られた特徴線は、計測方向に依存しない特徴線となる。

中心軸推定に用いた円柱のシルエットを表わす特徴線の処理方法について述べる。2章で述べたように、円柱のシルエットを表す特徴線は意図しない位置合わせ結果が発生する要因となる。そのため、円柱のシルエットを表わす特徴線は位置合わせ処理から排除する必要がある。本手法では、円柱形状として認識された点群を用いて、円柱のシルエットを表す特徴線を排除する。具体的には、文献^[2]の手法で特徴線の生成に使用した点群が、円柱を表す点群と判断された場合、その特徴線を位置合わせ処理から排除する。従来手法で求めた特徴線と、本手法で求めた円柱の中心軸を表す特徴線を用いて、文献^[2]で提案されている位置合わせ処理を行う。図10ではポリゴンから生成した仮想的な点群に対する中心軸の推定結果を示す。図10(b)では円柱の中心軸が生成されているのが分かる。

4) 実験

本章では、計測点群から円柱形状を表す点群を認識し、円柱の中心軸を推定した結果を述べる。

4.1 実験方法

計測点群として、志波城外郭南門を3つの方向から計測して得られた単位点群を用いた。実験の手順として、はじめに文献^[2]の手法を用いて円柱のシルエットを表す特徴線を抽出した。次に、そのシルエットを表す特徴線に本手法を適用し、円柱の中心軸を表す特徴線を抽出した。円柱の中心軸推定に必要な閾値 d とパラメータ区間 $[t_s, t_e]$ は、円柱のシルエットを表す特徴線ごとに異なる値を設定した。具体的には、適切な中心軸を抽出するために、閾値 d を $0.4 \leq d \leq 1.0$ と設定し、パラメータ区間 $[t_s, t_e]$ をそれぞれ $0.1 \leq t_s \leq 0.4$, $0.7 \leq t_e \leq 0.9$ と設定した。最後に、文献^[2]の手法および本手法を適用して抽出した特徴線を用いて、計測点群の位置合わせ処理を行った。

4.2 結果

文献^[2]の手法を用いて抽出した特徴線を図11(a)に示す。黒線が柱のシルエット上の特徴線を表し、微小な点は計測点群を表す。この特徴線を用いて円柱形状を認識した結果を図11(b)に示す。濃色の部分が円柱形状と認識された点群である。また、図11(c)では、最終的に推定した円柱の中心軸を表す特徴線を示す。同様に、図12(a)では、文献^[2]の手法を用いて抽出した柱のシルエット上の特徴線を示し、図12(b)では、これらの特徴線を用いて推定した中心軸を示す。文献^[2]の手法を用いて抽出した特徴線に本手法で推定した中心軸を表す特徴線を加えると、図13に示すような位置合わせ処理に有効な特徴線が得られる。ただし、図13の細かい黒線は文献^[2]の手法を用いて抽出した特徴線を表し、太い黒線は文献^[2]の手法で抽出できなかった円柱の中心軸を表す。また、他の単位点群にも同様の処理を行った結果を図14、図15に示す。図13～15に示した特徴線を用いて、文献^[2]の位置合わせ手法を適用した結果を図16に示す。

4.3 考察

図11や図12から分かるように、シルエット上の特徴線が存在する柱の部分では、その中心軸を表す特徴線が抽出されている。また、特徴線の生成に使用した点群が円柱を表す点群と判断されたため、シルエット上の特徴線が排除されている。このことから、図11(a)や図12(a)に示すような、柱のシルエットを表す特徴線が得られれば、円柱形状を認識することができる。そして閾値 d およびパラメータ区間 $[t_s, t_e]$ を調整することにより、計測誤差を含んだ単位点群でも円柱の中心軸を推定することができる。円柱の中心軸を表す特徴線を抽出することで、円柱形状を含んだ計測点群でも、図16に示したような、安定した位置合わせ処理結果が得られる。

5) まとめ

本論文ではレンジセンサによる計測点群から円柱形状を認識し、その中心軸を推定する手法を提案した。本手法では、円柱のシルエットを表す特徴線から円柱の断面を表す点列を生成した。そして、円柱の断面を表す点列を円錐曲線で近似することにより、円柱の中心軸を推定した。実験では志波城外郭南門の計測点群から円柱の中心軸を推定することができた。今後の課題は高次の特徴線を抽出することである。

謝辞

志波城外郭南門の計測にご協力いただいた岩手県盛岡市教育委員会に感謝する。また、本研究の一部は岩手大学地域課題解決プログラム研究費による。

参考文献

- [1] 伊理正夫・藤野和建
1990：数値計算の常識，共立出版株式会社。
- [2] 金野哲士・今野晃市・藤本忠博・千葉則茂
2006：測定点群を用いた建造物モデリングのための特徴線抽出法と特徴線マッチング法，芸術科学会論文誌，Vol.5, No.3, pp.80-91. 芸術科学会。
- [3] 鳥谷浩志・千代倉弘明
1997：3次元CADの基礎と応用，共立出版株式会社。
- [4] 盛岡市教育委員会
2000：志波城跡一第I期保存整備事業報告書，pp.96-97.
- [5] G.Farin
1990：Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design, Academic Press Inc.
- [6] L.Piegl & W.Tiller
1996：The NURBS BOOK 2nd Edition, pp.413-414. Springer.
- [7] P. Besl & N. McKay
1992：A Method for Registration of 3-D Shapes, IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell. Vol.14. No.2. pp.239-256. IEEE.
- [8] W.H.Press, B.P.Flannery, S.A.Teukolsky & W.T.Vetterling
1993：Numerical Recipes in C(Japanese Edition), Gijutsu Hyoron sha.
- [9] ウェブもりおか，
<http://www.city.morioka.iwate.jp/>
- [10] RIEGL,
<http://www.riegl-japan.co.jp/>

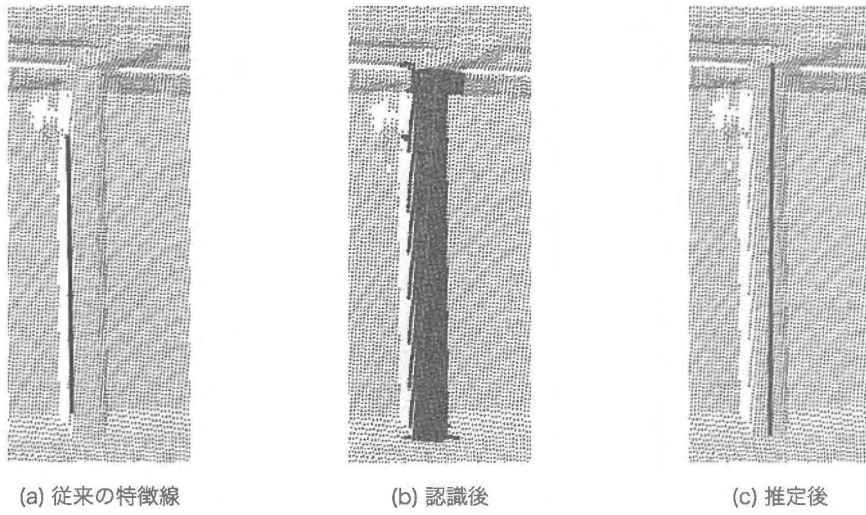


図11 計測点群を用いた推定結果1

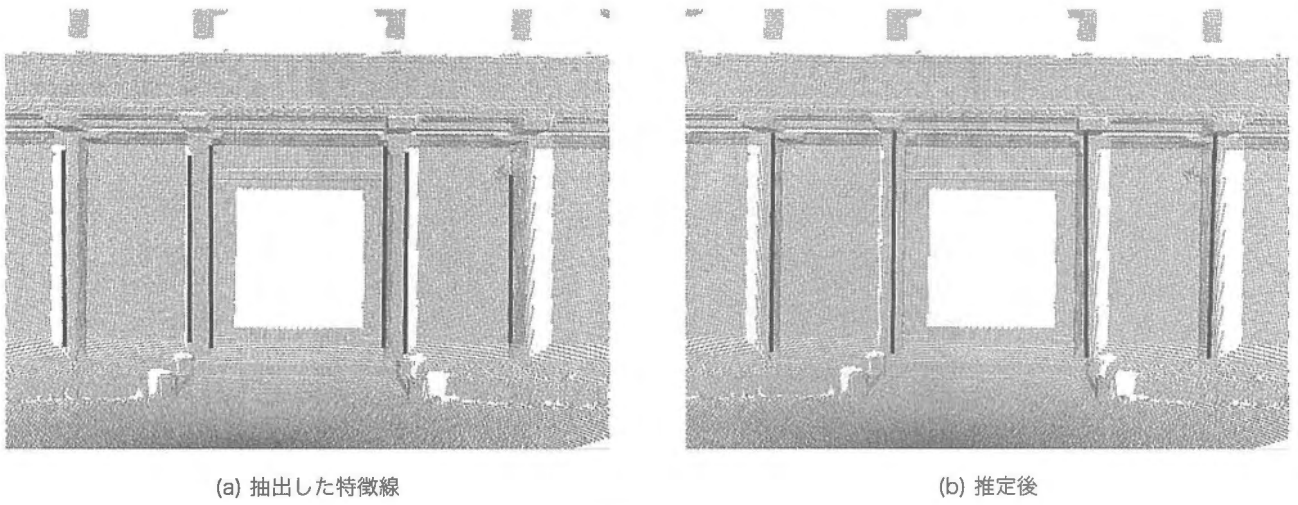


図12 計測点群を用いた推定結果2

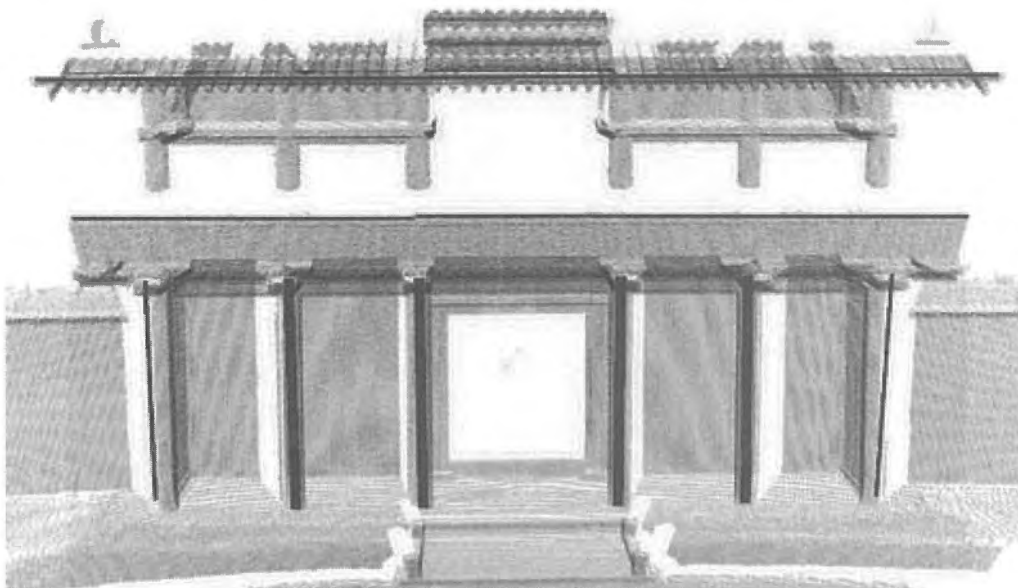


図13 位置合わせ処理に使用する特徴線（計測方向1）

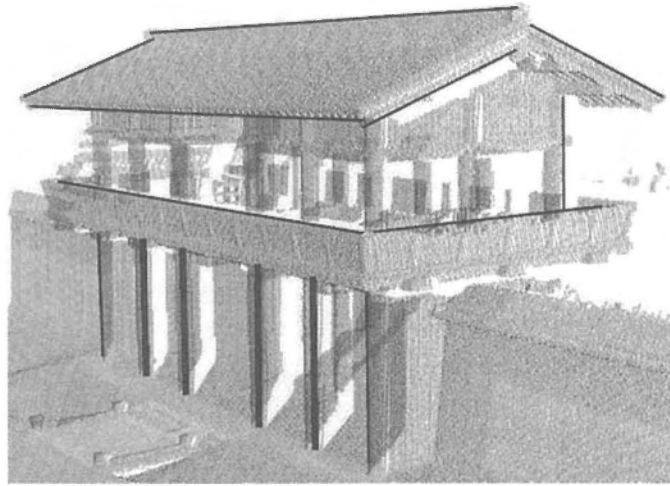


図 14 位置合わせ処理に使用する特徴線 (計測方向 2)

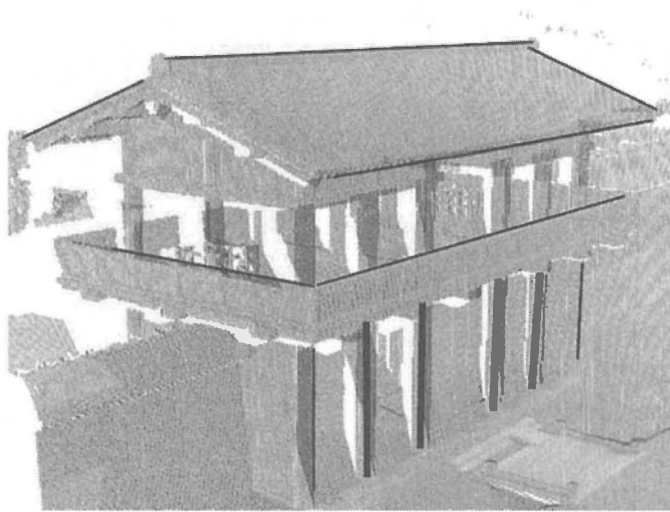


図 15 位置合わせ処理に使用する特徴線 (計測方向 3)



図 16 位置合わせ処理後の計測点群

Column Form Extraction and Shaft Estimation Using Point Cloud by 3D Measurement

— Trial Reconstruction of the South Gate, Outer Fence of Shiwajo—

Tetsuji KONNO, Kouichi KONNO

Registration method unifies some point clouds measured by range sensor in order to reconstruct an artificial building into virtual space. In our previous method we use feature-line matching approach to unify the point clouds obtained by measurement of an artificial building. However, because of matching the feature lines as a silhouette of column, our previous method makes unexpected results from point clouds that contained the column form. In this paper, we propose the column shaft estimation method from a point cloud. The estimated feature lines as a column shaft that is unchangeable line is effective for registration of point clouds. The registration method using this feature lines is able to unify point clouds that contained the column form. As a result, our extended method has improved the column shaft estimation from a point cloud, compared to previous method.