

## ステレオカメラ画像を基にした穴あけ加工用自動位置決め装置の開発

函館高専専攻科 ○住吉卓真、 函館高専 近藤司

### 要 旨

本研究では、ステレオカメラの画像からドリルの先端をポンチマークに自動位置決めする穴あけ加工自動位置決め装置の開発を目的としており、本報では、計測装置の設計と座標計測精度の検証を行った。実験では、計測する範囲を X, Y, Z 方向にそれぞれ 20[mm]間隔で合計 27 点で構成された 40×40×40[mm]の立方空間内として計測を行った。結果、測定範囲の中央部の精度が各軸において最も高い値を示した。

### 1. 結論

現在、あらゆる生産現場で NC 工作機械が用いられており、その作業は自動化に向かっている。

本研究の目的は、ポンチやマーキングした位置(加工点)に NC データを作成することなくある程度の精度で自動穴あけ加工を可能とするシステムの開発である。本システムでは、そのためにステレオカメラを用いた三角測量法とカメラパラメータ<sup>4)</sup>による座標変換を利用して加工点の三次元座標を算出する。本報では、画像計測装置を設計し、実空間における加工点の測定誤差を検証した。

### 2. 計測システム

#### 2.1 開発装置

本報では、開発装置はボール盤の作業空間にステレオ撮影する装置を設計し作成した。図 1 に示す。

その仕様を次に示す。

- ・カメラ分解能 640×480[pixel]
- ・カメラ間距離 300[mm]
- ・交差角 60[°]
- ・撮影空間 40×40×40[mm]
- ・位置決め分解能 0.05[mm]
- ・加工物表面からレンズ中心までの距離：260[mm]

この計測装置は市販のボール盤に取り付けることで本装置を構成する。

本研究での、目標精度を±0.5[mm]と定める。

#### 2.2 処理手順

穴あけ位置をマーキングした加工物を 2 台のカメラで撮影する。それぞれの画像に対して、マーカの色を明確に区別する為に 2 値化を行い、ノイズ処理後、不適切に欠けた場合を考慮してマーカ画像を膨張処理し、その重心をマーカ中心座標として求める。2 台のカメラマーカ画像位置とカメラパラメータを利用し三角測量法に実空間内のマーカ座標を導出する。

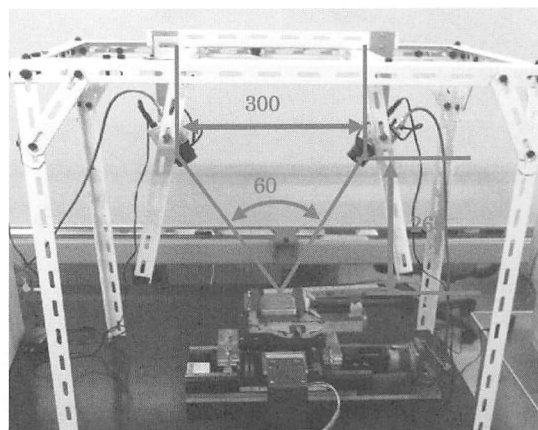


図 1 開発装置

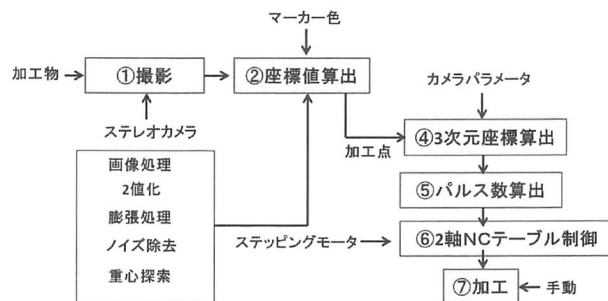


図 2 システムの処理手順

### 3. 3次元座標の算出

3次元座標の算出式は、画像空間と実空間の関係式を 2 台のカメラに適応し、展開、変形することで導出した。以下に導出した式を示す。

$$\left. \begin{aligned} (XcT8-T0)x+(XcT9-T1)y+(XcT10-T2)z=T3-XcT11 \dots (1) \\ (YcT8-T4)x+(YcT9-T5)y+(YcT10-T6)z=T7-YcT11 \dots (2) \end{aligned} \right\} \text{カメラ 1}$$

$$\left. \begin{aligned} (X'cS8-S0)x+(X'cS9-S1)y+(X'cS10-S2)z=S3-X'cS11 \dots (3) \\ (Y'cS8-S4)x+(Y'cS9-S5)y+(Y'cS10-S6)z=S7-Y'cS11 \dots (4) \end{aligned} \right\} \text{カメラ 2}$$

T11~T12: 2 台目カメラのカメラパラメータ

S11~S12: 1 台目カメラのカメラパラメータ

$X_c, Y_c, X'_c, Y'_c$ : 対象点の画像上の座標値 (X,Y) [pixel]

$x, y, z$ : 対象点の 3 次元座標値(x,y,z) [mm]

本システムの 3 次元座標の算出では、式(1)~(4)を基にして(x,y,z)3 次元座標を求める方法は様々存在する。本報では、式(1)~(4)とそれらを組み合わせ式を構成し、23 パターンの手法により、(x,y,z)を算出する。それらの値を昇順に並び変え中央部分の 50%を平均することにより算出した。

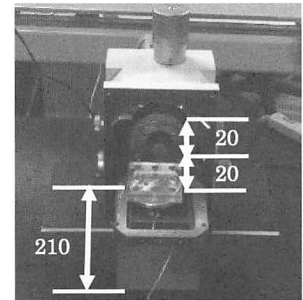
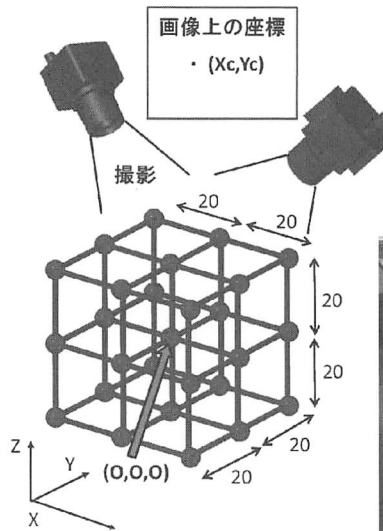


図3 既知となる実空間点(i=1~27)

図4 実験装置

#### 4. 計測実験

##### 4.1 実験方法

本計測装置の 3 次元座標算出方法の精度を検証する。加工対象は、アクリルプレート上の決められた位置に 9 点のマーカを貼り付け、それを図 4 に示す、高さ方向に移動可能なゴニオメータに取り付けステレオ撮影する。X, Y, Z 方向にそれぞれ 20[mm]間隔で合計 27 点 (図 3 参照), 同じ点を 3 回計測することで、座間位置に対する座標計測精度と繰り返し精度を検証する。

##### 4.2 実験結果

各マーカ位置 27 点に対して、X, Y, Z 方向の誤差を図に示した。横軸の 1~9 点は Z 座標が 20[mm], 10~18 点は Z=0, 19~27 点が Z=-20[mm]である。縦軸にはそれぞれの位置づけの誤差を示しており 3 回の計測のパラつきが示されている。

図 5 に結果を示す。検証の結果、X 座標の最大誤差は、-1.32[mm](i=1~9), 0.354[mm](i=10~18), -2.39[mm](i=19~27), Y 座標は-0.824[mm](i=1~9), -0.402[mm](i=10~18), -2.007[mm](i=19~27), Z 座標は-0.896[mm](i=1~9), -0.335[mm](i=10~18), 0.324[mm](i=19~27)となり、測定範囲の中央部(i=10~18)の精度が誤差が各軸において最も小さい値を示している。

#### 5. 結論

ポンチやマーキングした位置に NC データを作成することなくある程度の精度で自動穴あけ加工を可能とするシステムの開発を目的として、本報では、ステレオカメラを用いた計測装置を設計し、それによる座標計測精度の検証を行った。

測定範囲において中央部の測定精度が最も良く、誤差が 0.5[mm]未満に収まっていたため、本研究が求める精度を満たしたものとする。

#### 参考文献

[1]井口征土佐藤宏介著:3次元画像計測,PP94-95(昭晃堂,1994)

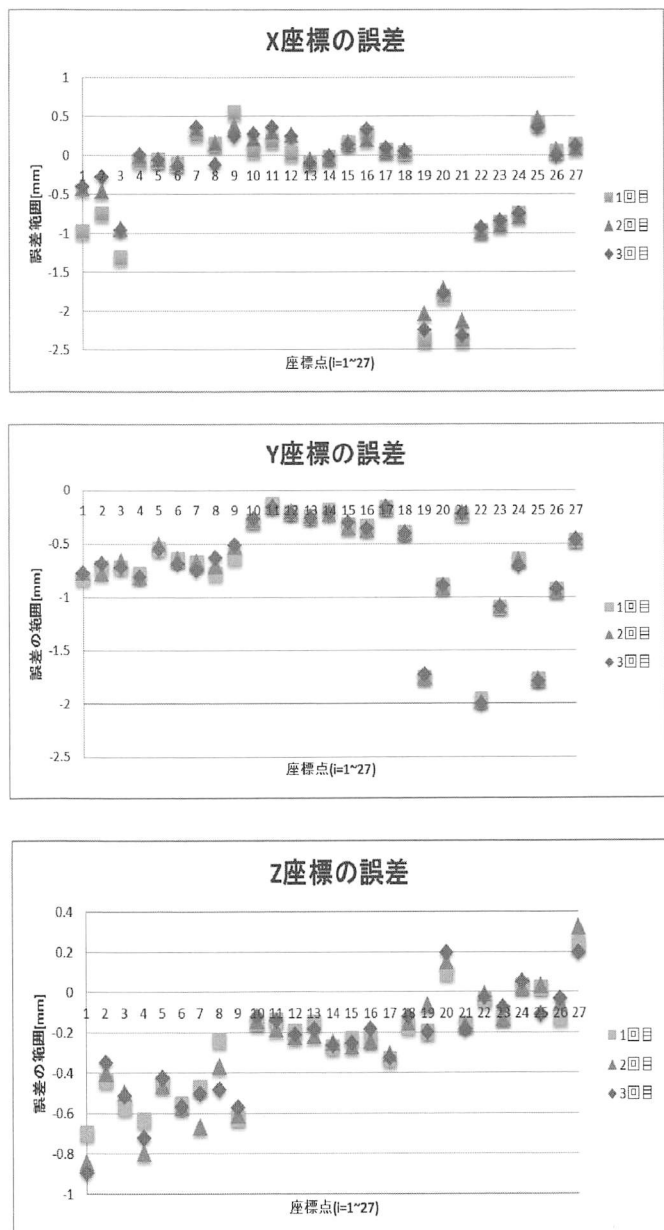


図5 各座標点での誤差