

要旨

本研究では、3次元ベクトル情報を感覚的な操作によって計算機内に入力することが可能な装置を試作した。PSDを取り付けた二台のカメラについてカメラパラメータを用いたキャリブレーションを行い、3次元位置ベクトル測定実験によりその有効性を示した。

1. 緒論

現在のCADシステムにおいて、操作者が3次元空間内で感覚的に位置や方向を指示することが可能な形状モデラが必要と考えられる。本研究ではその様な装置の開発を目的としている。前報¹⁾で試作した3次元ベクトル入力装置は要求仕様(位置精度 X, Y軸方向±0.5mm, Z軸方向±2mm, 応答時間 1sec)を満たしてはならず、その原因として2台のカメラの光軸を機械的に合わせていたために、光軸の調節、それぞれのカメラの位置関係の把握が困難となり、測定精度の低下につながっていたと考えられる。本報ではソフト的にキャリブレーションを行うことによってこの問題の解消を図った。

2. 3次元ベクトル入力装置

図1に本研究で試作した3次元ベクトル入力装置の構成図を示す。

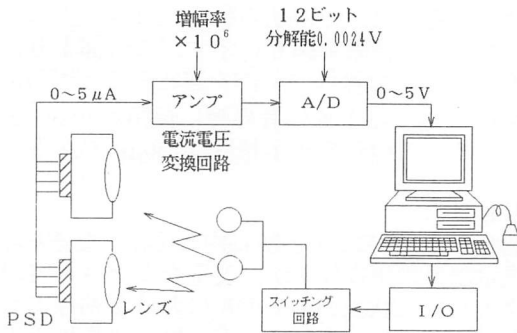


図1 本装置の構成図

本装置では、3次元ベクトル情報を入力するPSD素子を用いた2つの受光部、電流電圧変換回路、A/D変換回路、計算機、I/Oボードおよび、スイッチング回路から構成されている。電流電圧変換回路、A/D変換回路はPSDより出力される情報を計算機に入力するために用いている。また、スイッチング回路は白熱電球をI/Oボードからの信号によって時分割点灯するために使用した。

白熱電球を点灯してからの経過時間と測定値のZ座標値との関係を図2に示す。図から白熱電球点灯後、約0.4sec経過後は、測定値にそれ程大きな変化

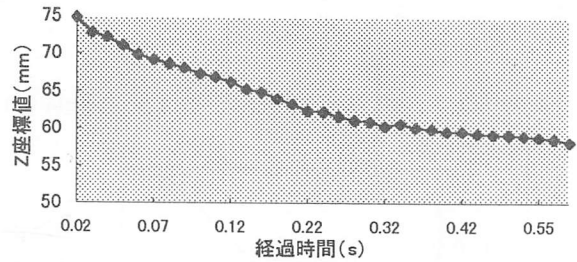


図2 光源点灯後の経過時間と座標値

は見られないので、測定は電球を点灯後0.4sec経過してから開始することとした。この結果、1つのベクトルを入力するのに必要な時間は約0.9secとなり、要求仕様を満足する応答時間が得られる。

図3に装置写真を示す。

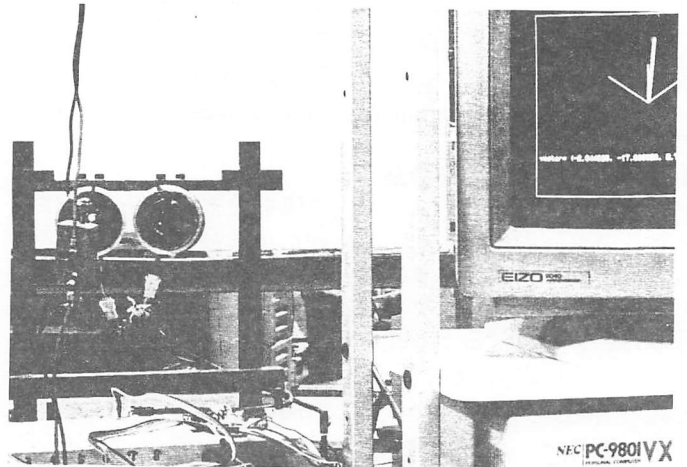


図3 3次元ベクトル入力装置

3. カメラパラメータ

測定点の空間中での物体座標を(X, Y, Z), カメラ上での座標を(x, y)とすると

$$\begin{bmatrix} wx \\ wy \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

が成り立つ。ここで $h_{34}=1$ とおくと

$$x = h_{11}X + h_{12}Y + h_{13}Z + h_{14} - h_{21}Xx - h_{22}Yx - h_{23}Zx \quad (2)$$

$$y = h_{31}X + h_{32}Y + h_{33}Z + h_{34} - h_{41}Xy - h_{42}Yy - h_{43}Zy \quad (3)$$

となる。このことより n 点（同一平面上にない 6 個以上）のサンプル点の物体座標 (X_i, Y_i, Z_i) とカメラ座標 (x_i, y_i) よりカメラパラメータ H が求まる。

カメラパラメータには、カメラの位置、姿勢、画角等の情報が含まれており、1. で述べた光軸、両眼の位置関係の把握に関する問題の解消が期待できる。本研究では、75 点のサンプル点から最小二乗法により各々のカメラパラメータを求めている。本装置の二台のカメラに対するカメラパラメータ (H_1, H_2) はそれぞれ

$$H_1 = \begin{bmatrix} -0.03201 & -0.00016 & 0.00106 & -0.7213 \\ 0.00028 & -0.03122 & 0.00011 & 0.32410 \\ 0.00040 & -0.00012 & 0.00171 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} -0.03169 & -0.00171 & 0.00032 & 1.28763 \\ 0.00104 & -0.03262 & 0.00029 & 0.50448 \\ 0.00053 & -0.00009 & 0.00783 & 1 \end{bmatrix}$$

となった。なお、座標軸は全て図 4 の物体座標系の座標軸と同様である。

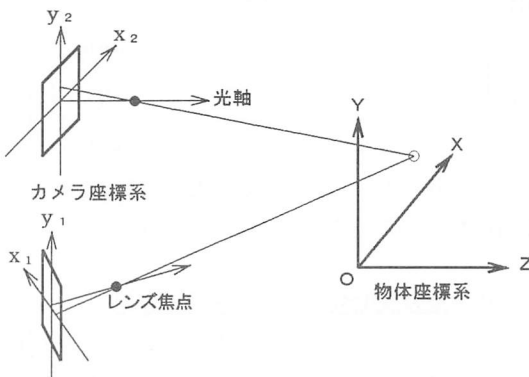


図 4 カメラ座標系と物体座標系

4. 3次元位置ベクトル測定実験

キャリブレーションの効果を確認するための基礎実験とそれを基にした測定範囲の拡張実験を試みた。

実験はNC工作機械の座標系を物体座標系として用い白熱電球をその位置で測定した。

4. 1 基礎実験

基礎実験は、レンズ中心 (PSD 中心) 近傍を用いて行っており、測定点は 20mm 立方空間内で 5mm 間隔とした。測定点の評価を位置の誤差平均、標準偏差、最大誤差により行った。その結果を表 1, 2 に示した。

	誤差平均	標準偏差	最大誤差
X	0.164	0.301	0.823
Y	-0.159	0.272	0.683
Z	9.98	4.61	19.96

表 1 実験結果 (キャリブレーションなし)

	誤差平均	標準偏差	最大誤差
X	0.000	0.039	0.105
Y	0.001	0.032	0.094
Z	-0.02	0.38	1.33

表 2 実験結果 (キャリブレーションあり)

2つの結果から、キャリブレーションを行った場合の方が行わない場合に比較して、特に Z 軸方向に関して測定精度が向上していることが確認できる。

4. 2 測定範囲の拡張実験

基礎実験の結果から、20mm 立方中の空間では、仕様の要求精度を満たすことが可能であったが、目的とする装置開発のためには、これ以上に大きな測定空間が必要と考え、測定空間を 60mm 立方に拡張して、同様の実験を行った (15mm 間隔)。結果は表 3 に示したようになり、測定空間を拡張したことによって測定精度が低下しているが、要求精度は満たしていることが分かる。

	誤差平均	標準偏差	最大誤差
X	-0.016	0.081	0.263
Y	0.007	0.183	0.416
Z	0.08	1.34	3.47

表 3 実験結果 (60mm 立方)

5. 結論

本報では、試作した 3次元ベクトル入力装置の検討を行い、以下のことを報告した。

1. 光源の時分割点灯時における光源点灯後の経過時間と測定精度との関係を実験により求めた。
2. カメラパラメータを用いたキャリブレーションを行うことにより、測定精度が向上することを確認した。

参考文献

- 1) 江本晃治：1995年度精密工学会北海道支部学術講演会論文集，p41