

パラレルメカニズムを用いた  
高速・高精度三次元座標測定システム（第13報）  
フレーム変形の補正

静岡大学 大岩孝彰, 静大院 大林裕介 山下栄介

## 1. 緒言

本研究では、3本の能動直動リンクを並列に配した3自由度パラレルメカニズムを用いた三次元座標測定機（CMM）を提案してきた<sup>1)</sup>。このメカニズムを用いた機械においても従来の直交座標型機械と同様に、機械温度や室温変動による構造部材の熱的変形が発生する。さらに外力や重心移動などによる力学的変形のため、ツールと工作物の間の相対位置誤差が発生する。従来は室温や機械の温度を測定し、変形の予測・補正を行ってきた。本報ではメカニズムを支持するフレーム部の変形をインプロセスで直接測定し補正するシステムについての原理を述べ、実験を行った結果について報告する。

## 2. 原理

工作物を設置する定盤を基準とし、そこから見たパラレルメカニズムのベースプラットフォーム（以下ベース）の位置と姿勢をインプロセスで計測すれば、フレームの形状や構造さらにフレームを設置する基礎の変形などに関係なくフレームの力学的および熱的な変形補償が行えることになる。一般的にベース上のジョイントは120°間隔で3箇所配置されている。そこで、図1に示すように3点の基準点を定盤上とベースに設置すれば、ベースの位置と姿勢は基準点間距離 $t_1, \dots, t_3$ および $u_1, \dots, u_6$ により一意に決定される。これらの位置と姿勢を求めるには、一般的な6自由度のヘキサポッドの順運動学あるいは微小運動学を用いる。

まず原点復帰時の基準点間距離から定盤座標系 $\Sigma_M$ から見た基準ベース座標系 $\Sigma_{B0}$ の位置 ${}^{M}P_{B0}$ と姿勢 ${}^{M}R_{B0}$ を求める。次に機械の稼働中に測定される基準点間距離から定盤座標系 $\Sigma_M$ から見た稼働中のベース座標系 $\Sigma_B$ の位置 ${}^{M}P_B$ と姿勢 ${}^{M}R_B$ を求め、これらから基準ベース座標系 $\Sigma_{B0}$ から見たベース座標系 $\Sigma_B$ の位置 ${}^{B0}P_B$ と姿勢 ${}^{B0}R_B$ を求める。CMMの座標測定値を補正する際は、ベース座標系 $\Sigma_B$ から見た任意の時刻における測定値 ${}^B P_r$ を、次式のベクトル計算を用いて基準ベース座標系 $\Sigma_{B0}$ での座標値に変換する。

$${}^{B0}P_r = {}^{B0}P_B + {}^{B0}R_B {}^B P_r \quad (1)$$

## 3. 実験装置

図3に示す補正装置をパラレル型CMM<sup>2)</sup>に組み込んだ。低膨張鉄（日本鍛造 LEX-SF1）にて製作された定盤上の点からフレーム上のジョイントサポート3箇所までの距離の変動を、6本のスーパーインバー製のロッド（φ6）と6台の電気マイクロメータ（Mahr社ミリトロン 1201 IC、測定誤差 0.05 μm）により測定する。またジョイントサポート間の距離の変動は、同様にロッドと電気マイクロ3組で測定した。同時にフレーム中央部と定盤付近の室温、フレーム（アルミ A6063S）の3本の柱の中間部分および直動リンク（アルミ A6063S）中央部の3箇所合計8箇所の温度をサーミスタ温度計（テクノセブン D642、分解能 0.01℃、精度 ±0.02℃）にて測定した。

## 4. 実験結果

定盤上に径 1/2" の基準球（SUS2、グレード 20）を固定し、極点1点と赤道4点を測定し球の中心座標を求め、それを13回繰り返した。測定時間は30 min程度であった。図4はそのときの機械各部の温度と各電気マイクロの測定値を示している。機械の温度が測定中に約 0.2℃ 上昇し、1.5~2.5 μm の変位が観察されている。これらの変位から上述の方法により球の中心座標測定値を補正した結果のうち Z 座標について図5に示す。温度上昇によりベースが上方へ移動するため、測定中に Z 座標値は徐々に減少するが、補正によりほぼ傾きがなくなることがわかる。

## 5. 結言

パラレルメカニズム型機械の性能向上のために、フレームの変形をインプロセスで計測・補正する方法を述べ、実験を行い効果を確認した。

本研究は平成 12~14 年度科研費基盤 B 展開、平成 13、14 年度基盤 C 一般、マイクロマシンセンターおよびスズキ財団の助成金により行われた。

## 参考文献

- 1) 例えば、T. Oiwa: Int. J. JSPE, Vol. 31, No. 3 (1997) 232.
- 2) 大岩他1名、精密工学会誌、66、11 (2000) 1711.

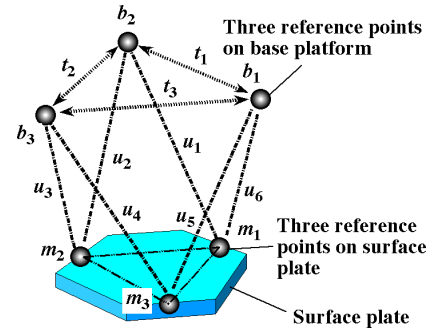


図1 定盤とベースプラットフォームに固定した6個の基準点

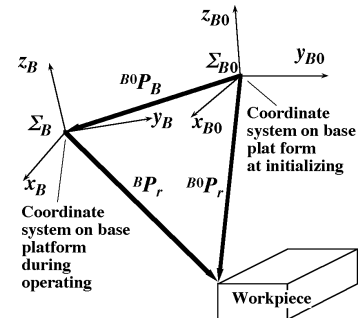


図2 原点復帰時の基準ベース座標系と稼働中のベース座標系の関係

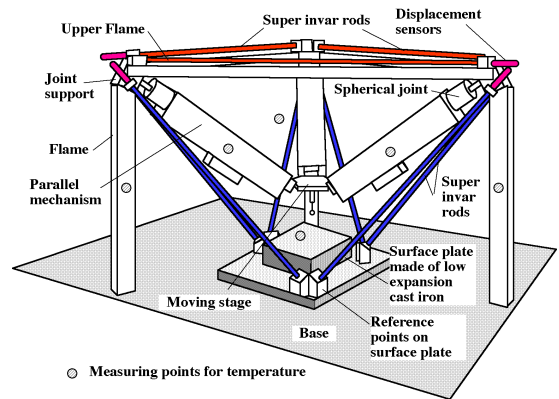


図3 パラレルCMMに組み込まれたフレーム変形補正システム

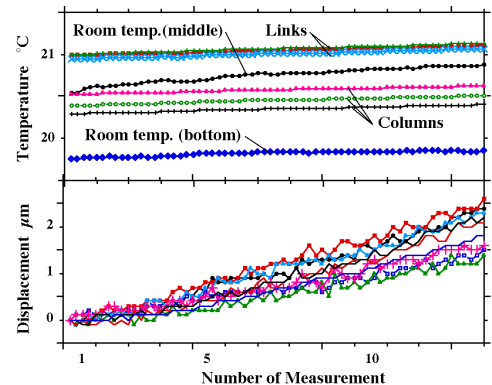


図4 機械各部の温度変化とフレームの変形

