

# 環境温度が三次元測定精度に及ぼす影響に関する研究

狩野幹大・中村哲也・鏑木哲志・増田直也\*・川原潤也\*

Study on the effect of environmental temperature on three-dimensional measurement accuracy

Motohiro KANO, Tetsuya NAKAMURA, Tetsushi KABURAGI, Naoya Masuda, Junya KAWAHARA

ものづくり技術の高度化に伴い、精密測定についても高精度な測定結果が求められるようになってきているが、高精度な測定になるほど温度変化による熱膨張の影響を受けやすくなることから、適切な温度管理のもと測定を行う必要がある。本研究では三次元測定機の信頼性向上を図るため、測定室および測定機の温度変化の傾向を調査し、測定結果に及ぼす影響について検証を行った。

キーワード：三次元測定機、測定精度、測定環境

With the advancement of manufacturing technology, high-precision measurement results are also required for precision measurement. However, the more accurate the measurement, the more susceptible to thermal expansion due to temperature changes. Measurement must be performed under management. In this study, in order to improve the reliability of the CMM, the tendency of temperature changes in the measuring room and the measuring machine was investigated, and the effect on the measurement results was verified.

Keywords : coordinate measuring machine, measurement accuracy, Measurement environment

## 1 はじめに

当センターでは、依頼試験や共同研究等で各種測定機を使用した測定結果を企業に提供している。その中で、寸法や形状の評価については主に三次元測定機(以下、CMM)を利用して測定を行っているが、精密加工技術の進歩により企業から要求される測定精度が年々厳しくなっており、1 $\mu$ m 単位の精度保証が必要とされる相談が増加している。そのため、企業からの要望に対応するために測定結果の信頼性を確保し向上させることが重要な課題となっている。

長さの測定に影響を及ぼす代表的な因子としては、測定環境や装置の温度変化による熱膨張が挙げられる。高精度な測定結果を得るためには CMM や測定ワークの温度管理が不可欠であり、この温度変化による測定結果への影響を最小限にするため、当センターの測定室は恒温室になっている。H30 年度には測定室の改

修工事を行い、空調設備の更新と照明の LED 化を行ったところであるが、この測定室内においても様々な要因から時間経過とともに 0.1  $^{\circ}$ C 単位での温度の変動が生じており、1 $\mu$ m 単位の高精度な測定が要求される場合には影響を考慮する必要がある。

そこで本研究では温度管理された計測室内における測定精度の信頼性向上のため、時間経過による装置や測定室の温度変化が、CMM の測定結果に及ぼす影響について検証を行った。

## 2 実施方法

### 2.1 測定機

本研究で測定に利用する CMM はミットヨ製 Crysta-Apex C121910(以下、Crysta)及びミットヨ製 LEGEX776(以下、LEGEX)の 2 台である。表 1 に装置の主な仕様を、図 1 に装置本体とプロービングシステムの外観を示す。Crysta は比較的大きな測定範囲をもち、

LEGEX は高精度な測定が可能であるという特徴をもつ。

これらの CMM は室温が(20±1) °Cとなるよう空調の制御を行っている恒温室に設置されている。

## 2. 2 実験方法

本研究では 2 台の CMM (Crysta、LEGEX) について、時間経過に伴う座標値の変化を評価するため、図 2 に示すようなセラミック製のマスターボールを CMM の測定テーブル上に設置し、中心座標の測定を行う。校正に使用される基準器であるマスターボールを測定対象にすることで測定物側に起因する測定への影響を最小限に抑えることができ、CMM の特性を検証することが可能となる。

マスターボールの測定点はスタイラスシャフトの方向によって決まる極の 1 点及び赤道

上の等間隔の 4 点の計 5 点とした。

マスターボールを CMM 上に設置した様子と、XY 平面上の位置を図 3 に示す。本研究では 6 つのマスターボールを設置し、装置正面に向かって左手前のマスターボールを基準 (MB1) として、時計回りに番号を割り振り、各マスターボールの中心座標を順番に測定し評価を行う。

測定のスケジュールは朝 9 時頃に CMM を立ち上げてから翌日の夕方までの約 2 日間とし、15 分間隔での測定を実施した。

また、照明の影響について検証を行うため、室内の照明を完全に消灯した状態で Crysta による測定を行った。

表 1 CMMの主な仕様

項目	仕様	
	Crysta-Apex C121910	LEGEX776
測定範囲 [mm]	1205×1905×1005	700×700×600
最小表示量 [mm]	0.0001	0.00001
指示誤差 [μm] (L: 測定長 mm)	$MPE_E = 2.3 + 3L / 1000$	$E_{0,MPE} = 0.28 + L / 1000$
使用プローブ	PH10MQ SP25M(+ SM25-1) (スタイラス:φ4×50mm)	MPP-310Q (スタイラス:φ4×18mm)



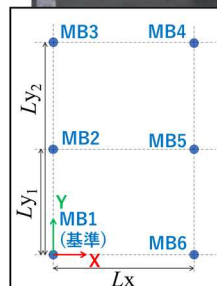
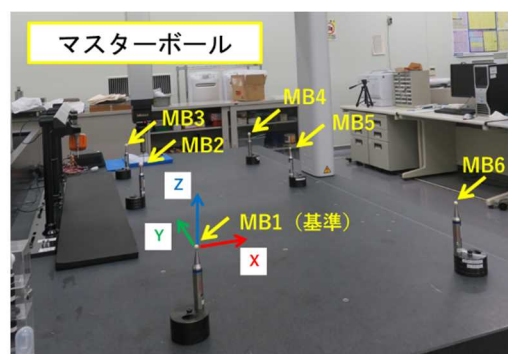
(a) Crysta-Apex C121910



(b) LEGEX776



図 2 マスターボール



		[mm]	
		Crysta	LEGEX
$L_x$		800	700
$L_{y1}$		1200	350
$L_{y2}$		1900	700

図 1 CMMとプロービングシステムの外観

図 3 マスターボールの配置

## 2. 3 温度変化の測定

LED 照明の点灯が室温に及ぼす影響を検討するため、調光機能を利用して光量や点灯数を変化させた際の室内の温度変化を測定した。今回、検証を行った照明の点灯条件は表 2 のとおりである。

温度計としてフルーク製 1529 を使用し、PC 上で温度データのログを記録した。

表 2 LED照明の点灯条件

光量	点灯数
100%	全照明
	1/2
20%	全照明
消灯	—

## 3 実験結果

### 3. 1 測定結果

マスターボールの中心座標の X 軸の測定結果について図 4 に示す。図 4(a)及び(b)は CMM と同時に照明を点灯した際の結果である。室温の上昇とともに、マスターボールの中心座標値が初期位置から徐々に変化していることが確認できる。特に立ち上げ直後の変動が大きく、昼過ぎから夕方にかけて徐々に安定する傾向がみられる。日中と夜間では最大で 1℃ 近い温度差が確認できた。一方、図 4(c)は測定室内の照明を全て消灯して Crysta で測定を行った結果である。2 日間を通じて室温の変動が 0.1℃ 程度であり、座標値の変化が小さ

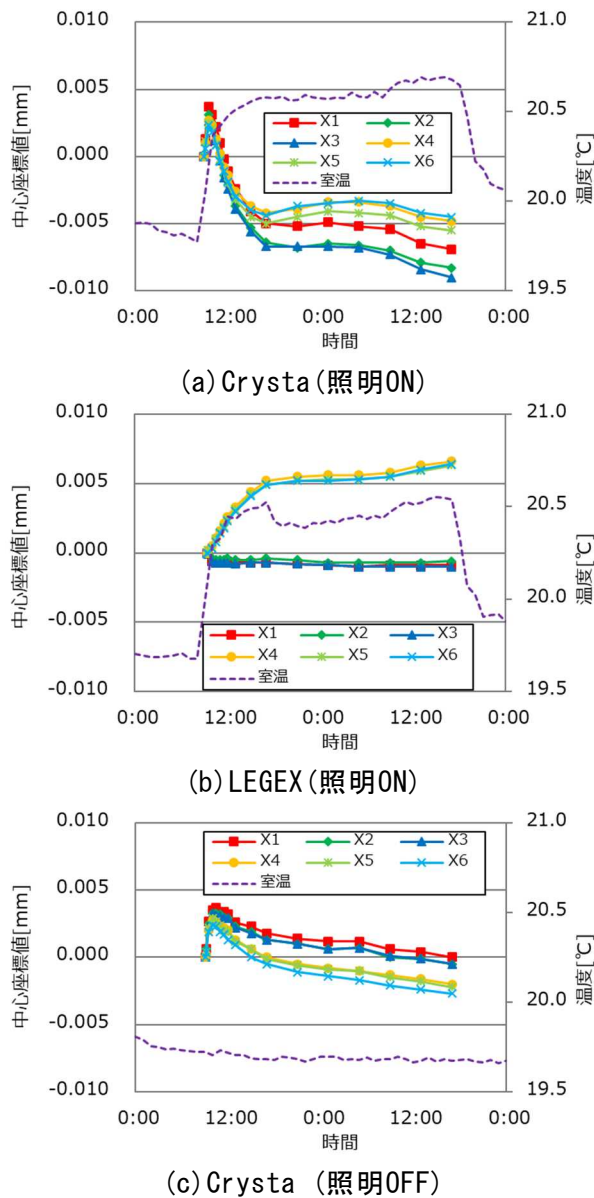


図 4 中心座標の変化(X軸)

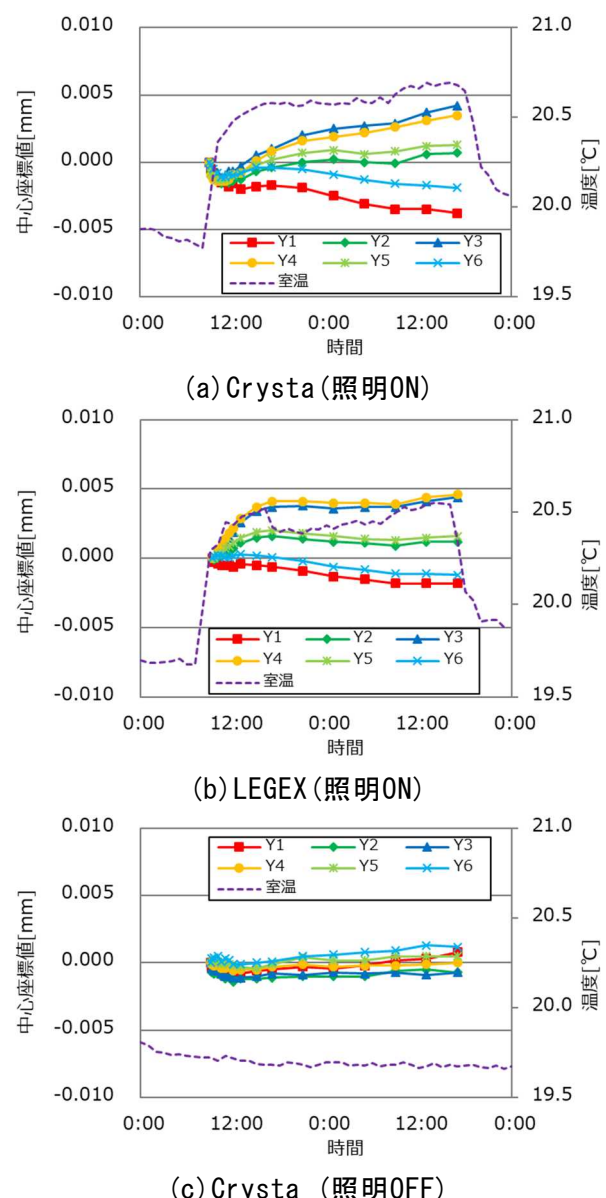


図 5 中心座標の変化(Y軸)

く安定するまでの時間も短くなっていることが確認できる。

さらに、Y軸、Z軸及び各軸の温度変化をまとめたものをそれぞれ図5、図6、図7に示す。軸ごとに中心座標の変化量や方向の傾向は異なるものの、全体的にCrystaよりもLEGEXの変化が小さくなっており、また消灯時にも座標変化が小さくなっていることが確認できる。

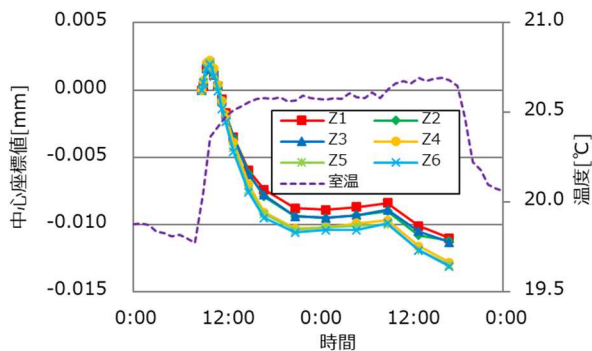
また、図7(c)のグラフを確認すると、照明を消灯した場合には室温だけでなくCMMの各軸についても温度上昇が抑えられており、CMM本体の温度も安定した状態になっていることわかる。

これらの結果から、室温の変動がマスターボールの中心座標の変化に強く影響を及ぼして

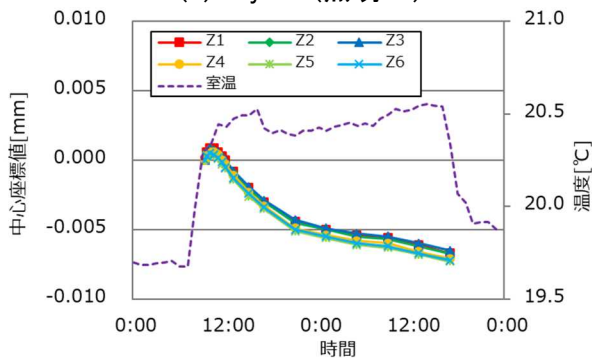
いる可能性が高く、温度変化によるCMM本体や測定テーブルの膨張が座標系に影響しているものと推察される。また、照明の点灯が測定室内の温度に大きな影響を与えていることもわかる。

さらに、マスターボールの中心座標について1時間あたりの最大変位量を表したグラフを図8に示す。

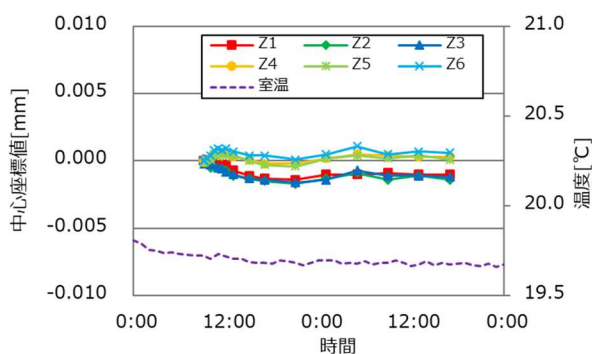
朝に装置を立ち上げた場合、Crystaでは図8(a)のようにマスターボールの座標値が $1\mu\text{m}$ の範囲で安定するのはその日の夕方頃になる。一方、LEGEXでは図8(b)のように安定までの時間が短く、さらに安定後は1時間あたりの変位が $0.2\mu\text{m}$ 以下となっており、安定性が高い測定が可能であるという結果が得られた。



(a) Crysta (照明ON)

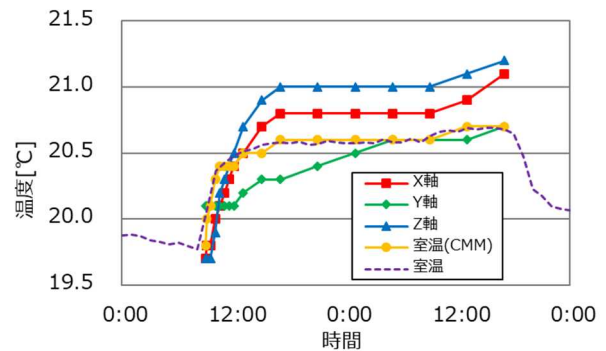


(b) LEGEX (照明ON)

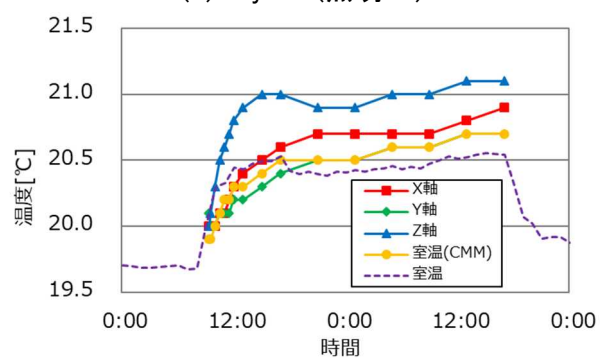


(c) Crysta (照明OFF)

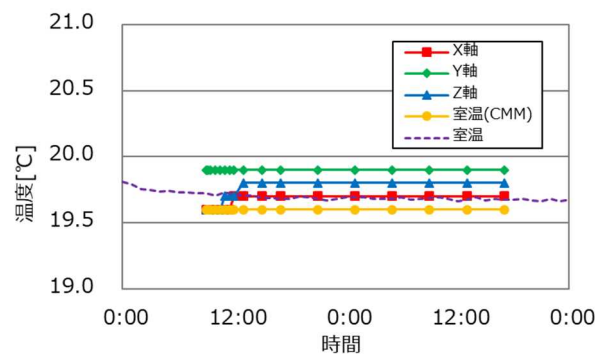
図6 中心座標の変化(Z軸)



(a) Crysta (照明ON)



(b) LEGEX (照明ON)



(c) Crysta (照明OFF)

図7 各軸の温度変化



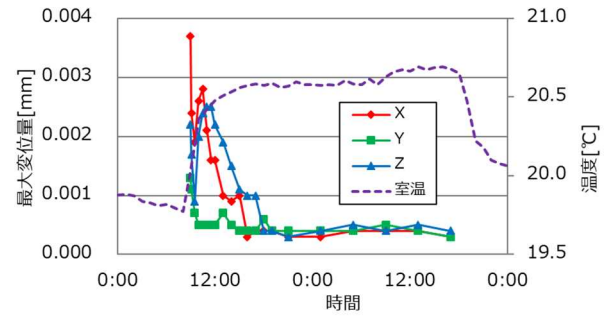
また、照明を消灯した場合は図 8 (c)のように Crysta でも起動から 1 時間ほどで 1 $\mu$ m ほどの変位量で安定している。このことから、照明の点灯による温度変化が CMM の座標系に大きな影響を及ぼしているということが推察される。

### 3. 2 計測室内の温度変化

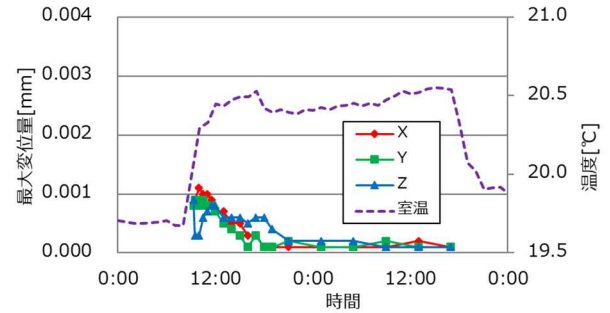
測定室の LED 照明の光量や点灯数を変更した際の、室温の変化を測定した結果を図 9 に示す。

図 9(a)は朝から夕方まで照明を点灯した場合の温度推移であるが、測定室の照明を入れた直後から温度上昇が始まり、夕方の消灯後にすぐに室温が低下し始めることが確認できる。各条件を比較すると LED 照明を調光して光量を弱めたり、照明の数を減らすことが、室温の上昇を抑えるのに有効であることが分かる。また、照明を完全に消灯した場合には 1 日を通じて温度はほぼ一定となった。

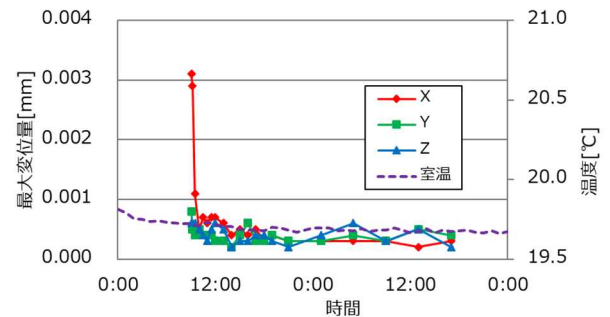
また、前日から照明を点灯した場合についても測定を行ったところ、図 9(b)のように日中と夜間の温度差を抑えることができた。高精度な測定を行う際には、あらかじめ照明を点灯しておき、可能な限り測定時の温度変化を小さくすることが有効であると考えられる。



(a) Crysta (照明ON)

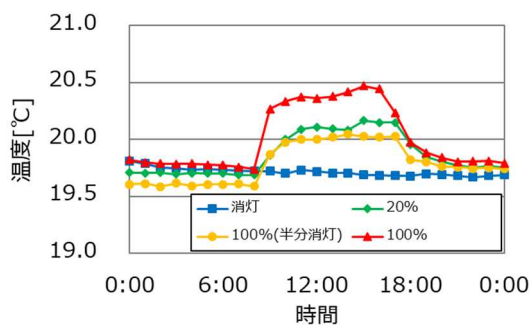


(b) LEGEX (照明ON)

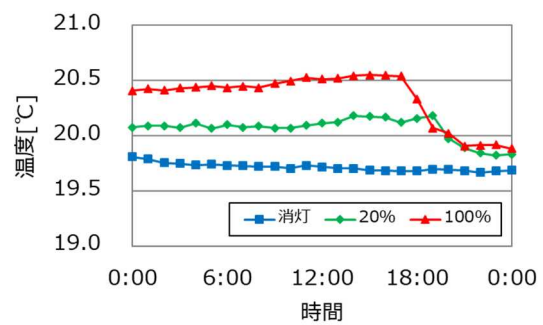


(c) Crysta (照明OFF)

図 8 1時間あたりの中心座標の最大変位



(a) 朝から点灯 (夕方消灯)



(b) 前日から点灯 (夕方消灯)

図 9 照明が室温に及ぼす影響

## 4 まとめ

温度コントロールを行っている測定室内において、CMMのドリフトが測定に及ぼす影響について検討を行ったところ、次の知見を得た。

- (1)  $(20 \pm 1)$  °Cの環境下に設置したCMMであっても、わずかな温度変化や時間経過によって $\mu\text{m}$ 単位で座標位置が変化する。
- (2) CMMの起動直後と室温変化時は座標値が変化しやすい。精度が求められる測定を行う場合には、前日からCMMと照明の電源を入れ、測定機や室内の温度を安定した状態にしておくことで、温度変化によるドリフトの影響を低減することができると考えられる。
- (3) 当センターの測定室における温度変化にはLED照明が大きな要因となっている。照明の光量や点灯数を調整することで計測室やCMMの温度上昇を抑制できることが確認された。