

精密測定高度化に関する研究 (2)

—測定環境の精度に及ぼす影響について—

宇野彰一* 島崎景正* 関根俊彰*

Study on Improvement of Precision Measurement Quality

—An Effect of Measurement Environment on Accuracy—

UNO Shoichi*, SHIMAZAKI Kagemasa*, SEKINE Toshiaki*

抄録

精密測定結果に影響を与える要因として温度に着目し、測定物が測定室に持ち込まれてからの温度変化と、それに伴う変形の度合いを検討した。その結果、表面温度を観察することで、内部までの温度ならしが予測できることを確認した。また、温度と寸法の比例関係を確認し、温度補正の有効性を確認した。さらに、当センター内精密測定室1の環境温度のモニタリングを行い、環境温度が $19.97^{\circ}\text{C} \pm 0.38^{\circ}\text{C} (k=2)$ であることを確認した。

キーワード：測定環境、精度、精密測定、温度、温度ならし、温度補正

1 はじめに

近年、製品開発の高速化に伴い、製品評価である精密測定においても、スピードアップが求められている。また、企業活動のグローバル化に伴い、ISO9000等の認証を取得する企業が増加し、測定精度のみならず、ISOで要求されるトレーサビリティなどのデータの信頼性についての要求・相談が増加している。当センターの依頼試験においては、これら測定の「質」の向上が常に問われており、そのための技術力向上を図る必要がある。

本研究では、精密測定結果に影響を与える要因として温度に着目する。測定物が測定室に持ち込まれてからの温度変化とそれに伴う変形の度合いを検討し、温度ならしに要する時間を短縮することで依頼試験納期短縮を目指す。また、環境温度のモニタリング等を行い、その影響を調査する。

2 温度ならしについての検討

2.1 温度分布の観察、測定

2.1.1 実験方法

測定対象物に $300\text{mm} \times 200\text{mm} \times 55\text{mm}$ のアルミ製直方体を使用した。恒温槽で十分加熱した後、精密測定室 1($20 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)に持ち込まれてからの表面温度分布の観察、および表面・内部温度の変化を測定した。

表面温度分布の観察には NEC 三栄製 赤外線放射温度測定装置 TX7102MX を用い、温度測定には Hart Scientific 社製 精密温度計 The Black Stack Model-1560 を、温度計センサには(株)ネツシン製 白金測温抵抗体(内部：シース型、他：シート型)を使用した。観察、測定方法を図1、2に示す。

2.1.2 結果と考察

表面温度分布の観察結果を図3に示す。観察開始時の中央付近の温度は約 34°C で、周辺部分から徐々に温度が下がり、245min後には全表面がほ

* 生産技術部

ほぼ均一な温度となっていることがわかる。なお、245min後の中央部の温度が高いのは、赤外線放射温度測定装置の操作者の体温が反射したもので、測定物温度はほぼ均一であった。

温度測定結果を図4に示す。表面中央部の1時間あたりの温度変化が0.1℃未満になったときを定常状態とした場合、490min後に20℃の定常状態となった。温度ならしの目安となる、室温の許容温度変動±0.5以内の20.5℃になるまでは約260minで、21℃(190min)から20℃へ1℃温度が低下するのに要する時間は約300minであった。

左下部の温度に対する各部分の温度差を図5に示す。空気に接している表面温度は約200min後にほぼ均一になったが、内部温度は表面と比べ温度低下に時間がかかっている。しかしながら、表面中央部が20.5℃になる260min後ではその差は0.04℃程度と極めて小さく、均一と考えて問題ないレベルであった(参考※)。

これらのことより、表面温度を観察することで、内部までの温度ならしを予測でき、測定精度に応じたレベルまで温度ならしをすることで、温度ならし時間の短縮を図れると考えられる。

(※)ワーク全体の温度が、表面温度 T_{surf} で均一な場合と、内部温度 T_{in} で均一な場合との寸法差 dL を試算したところ、 $dL = L \times \alpha \times dT < 0.3 \mu m$ と極めて小さい値であった。

ここで、 L : 評価長さmm、300(ワーク最大長)

α : 熱膨張率 /℃、アルミ 23×10

dT : 温度差℃、 $T_{in} - T_{surf} = 0.04$

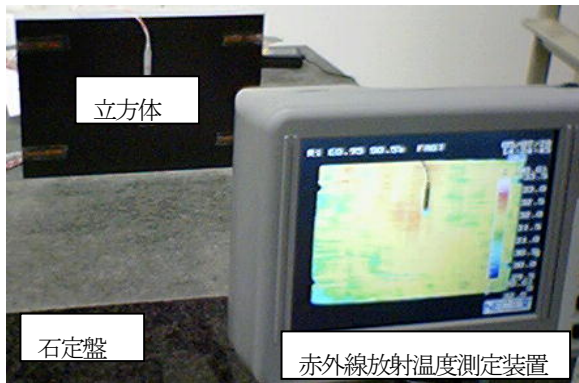


図1 表面温度分布の観察

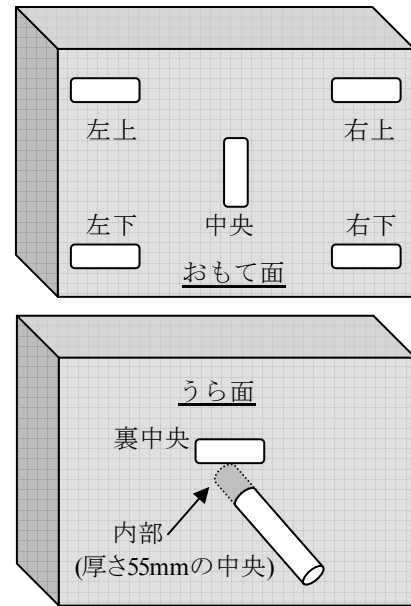


図2 温度測定箇所

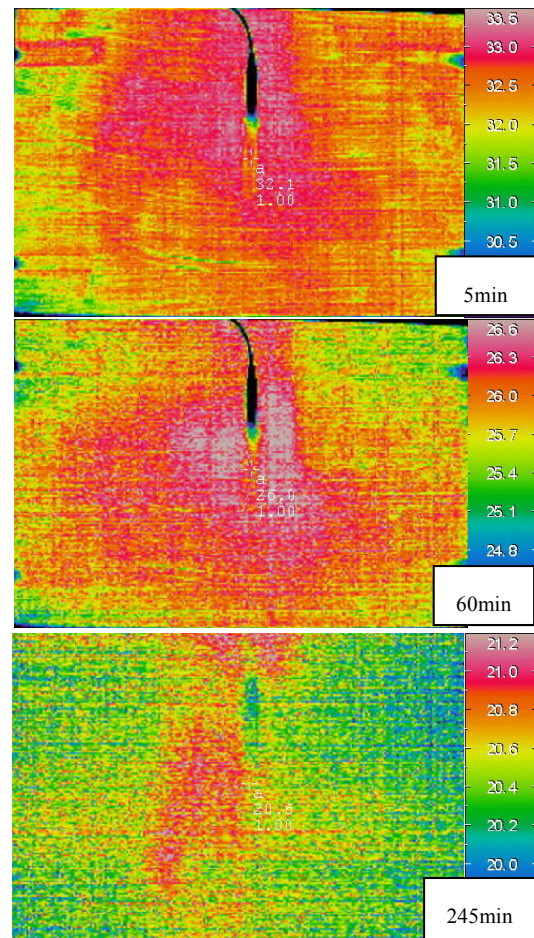


図3 表面温度分布観察結果

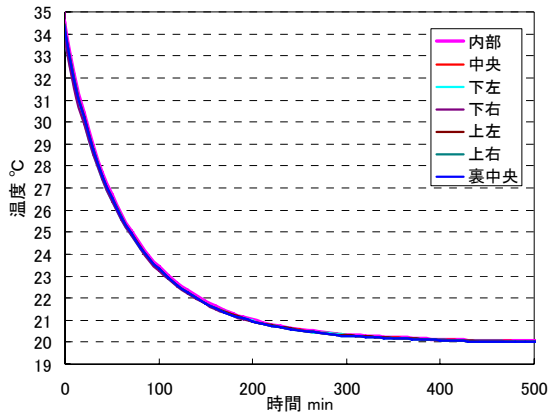


図4 温度測定結果

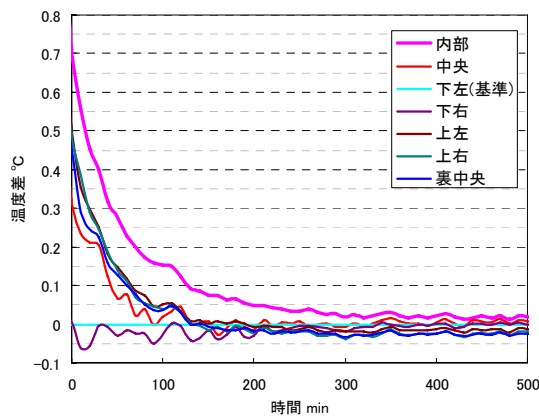


図5 表面左下温度に対する各部の温度差

2.2 温度変化と変形量の測定

2.2.1 実験方法

測定対象物に内径φ300mm、外径φ420mm、厚さ10mmの鋼製リングを使用した。保冷库で十分冷却した後、精密測定室(20±0.5°C)に持ち込まれてからの表面温度と内径の変化を測定した。内径は校正値からの偏差で評価を行った。

温度測定には2.1と同じ精密温度計を用い、内径寸法の測定にはBrown&Sharpe社製高精度三次元測定機PMM-C700Pを用いた。測定時の状況を図6に示す。

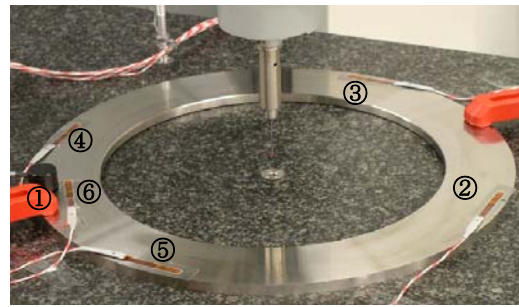


図6 温度変化と変形量の測定
(○数字は温度センサの位置)

2.2.2 結果と考察

平均温度と内径偏差の関係を図7に示す。

19.3°Cから校正温度20.3°Cへ1°C温度が上昇するのに要する時間は150minであった。また、温度と内径はよく比例している。

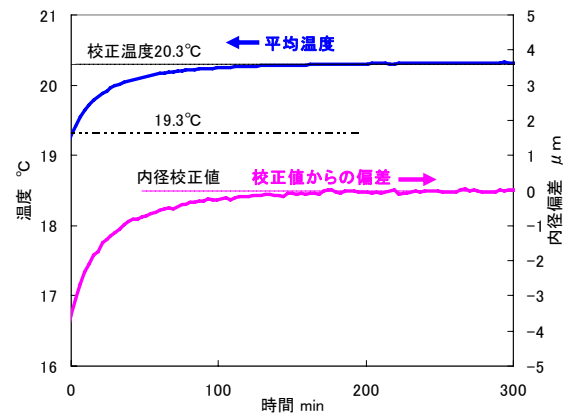


図7 平均温度と内径の関係

ここで、内径実測値 D_{mes} と式(1)で表される温度補正值 $D(T)$ との関係を図8に示す。実測値と温度補正值の差は $|D_{mes}-D(T)|<0.2\mu m$ となり、測定機の精度 $0.7\mu m$ 以下の極めて小さな値であった。このことから、1°C程度温度が異なっても温度補正が有効であることが確認できた。

$$D(T)=D_{cali}\times(1+(T-T_{cali})\times\alpha) \quad (1)$$

ここで、

$D(T)$: 内径の温度補正值(計算値)mm

D_{cali} : 校正値mm

T : 温度°C

T_{cali} : 校正温度°C

α : 熱膨張率 /°C、鋼 $11.5\times 10^{-6}/^{\circ}C$

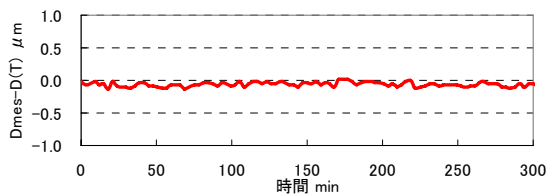


図8 実測値 D_{mes} と温度補正值 $D(T)$ との関係

このことから、測定物の要求精度によるが、温度補正を用いることで、温度ならし時間を大幅に短縮できる可能性があることがわかった。

3 測定環境温度温度について

3.1 測定方法

2.1 と同じ精密温度計を用い、平成 17 年 7 月から平成 18 年 3 月までの精密測定室 1 の環境温度をモニタリングした。

3.2 結果と考察

結果を図 9 に示す。全期間中の平均温度は 19.97°C、標準偏差 σ は 0.19°C であった。

10 月中旬まで、2 月下旬まで、及びそれ以降はそれぞれ室内での測定箇所が異なるため、平均温度が若干異なる。また、10 月中旬から 2 月下旬までの温度のばらつきが大きいのは、熱容量の小さいシート型センサを用いたため、感度が高く、人が近寄ったときに温度が上昇してしまったためと考えられる。

温度変動が A タイプの不確かさと考える¹⁾

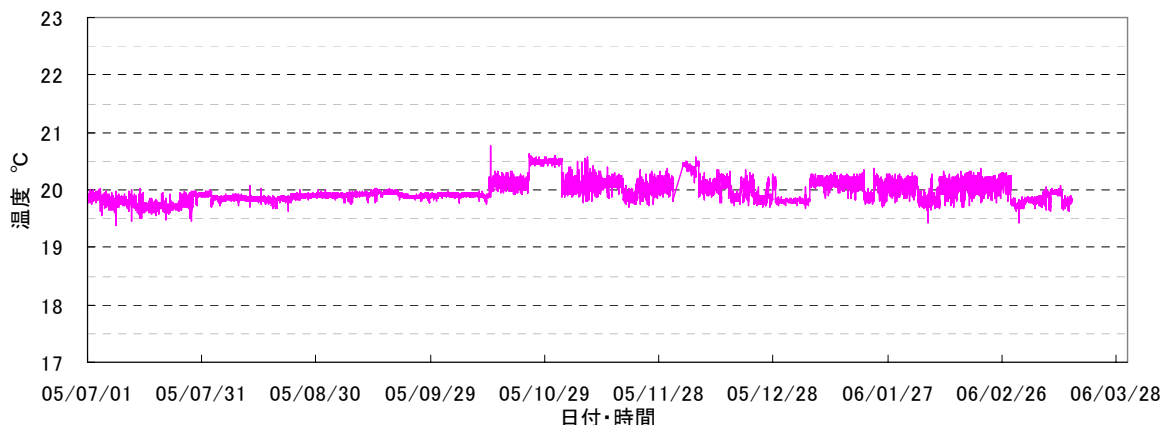


図9 精密測定室1室温履歴

と、室温の不確かさは $2\sigma=0.38^{\circ}\text{C}(k=2)$ であるため、精密測定室 1 の室温 T_1 は、

$$T_1=19.97^{\circ}\text{C}\pm 0.38^{\circ}\text{C}(k=2)$$

と表せ、測定室 1 の室温公称値 $20^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内であることを確認した。

4 まとめ

- (1) 赤外線放射温度計、精密温度計を用いてアルミ製直方体の表面および内部温度分布を観察、測定し、内部までの温度ならしを予測できることを確認した。
- (2) 精密温度計と高精度三次元測定機を用いて、鋼製リングの温度と内径寸法の関係を測定し、温度と寸法の比例関係を確認した。また、温度補正の有効性を確認した。
- (3) 精密温度計を用いて精密測定室 1 の環境温度を測定し、室温公称値以内の $19.97^{\circ}\text{C}\pm 0.38^{\circ}\text{C}(k=2)$ であることを確認した。

参考文献

- 1) 今井秀孝:計測における不確かさの表現ガイド, 日本規格協会,(1996)32