2 色法を用いた高温環境下高精度距離計測

High accuracy distance measurement under high temperature environment using two-color method

○針山　達雄、笠井　啓晃、谷口　敦史、渡辺　正浩　(株)日立製作所　横浜研究所

○Tatsuo Hariyama, Hiroaki Kasai, Atsushi Taniguchi, Masahiro Watanabe

Hitachi, Ltd., Yokohama Research Laboratory

E-mail: tatsuo.hariyama.zw@hitachi.com

1．はじめに

モノづくりでは，形状を高精度にインプロセス計測して加工や組立に反映することが，加工・組立作業の効率化と精度向上に必要である。既報[1)]では光コムレーザを用い，測定対象が鏡面だけではなく，機械加工面などの粗面でも距離計測可能な技術を開発した。1000℃に達する熱間圧延・鍛造中にもインプロセス計測ニーズはあり，必要な計測精度は0.1mm 程度である。しかし 1000℃では空気の屈折率が大きく変化するため，既報の測距技術では計測誤差が大きくなってしまう(0.5mm 程度)。そこで今回，既報の測距技術に対して，図 1 に示すように波長の異なる 2 種類の光を対象に照射し，波長間の伝達速度の違いを計測することで屈折率を補正する 2 色法[2)]を適用することで，測定対象が粗面でかつ高温の場合でも高精度に計測可能な技術を開発したので報告する。

2．2 色法の原理

各波長で計測した見かけの距離を D_1，D_2，空気屈折率を n_1，n_2 とすると真の距離 D は

$$D = D_2 - A\cdot(D_2 - D_1) \quad \text{ただし，} \quad A = (n_2 - 1)/(n_2 - n_1)$$

となる。屈折率の温度特性から A は一定値とみなせ，今回用いた波長 1560nm と 780nm では A は 47 程度となる(強度変調の場合は n_1,n_2 として群屈折率を用いる)。D_2，D_1 を高精度に計測できれば，真の距離 D を計測することが可能となる。

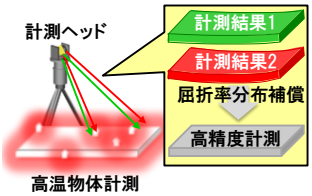

図 1　2 色法計測イメージ

3．原理検証実験

既報の光コムレーザ測距方式を基に 2 色法に基づく測距システムを構築した(図 2)。光コムレーザ(1560nm)から射出した光の一部を波長変換素子により波長 780nm の光に変換し，2 波長を同軸照射する。図中のターゲットまでの評価光路の大気を常温から 150℃まで加熱する。2 色法は大気分子がプラズマ化する手前 (2000℃程度)まで成立するので，検証しやすい 150℃で評価した。ターゲットから反射した光を波長ごとに受光器で検出し，強度変調信号の位相より算出した距離から 2 色法の計算式に基づき真の距離を求める。2 色法に必要な高精度な D_2，D_1 の計測を実現するため，2 波長間相対距離補正用チョッパーにより，原点補正(2 波長間の非共通部の光路差の時間変動補正)とノイズ補正(光学素子の裏面反射や電気回路のクロストークによる誤差の補正)を行う。

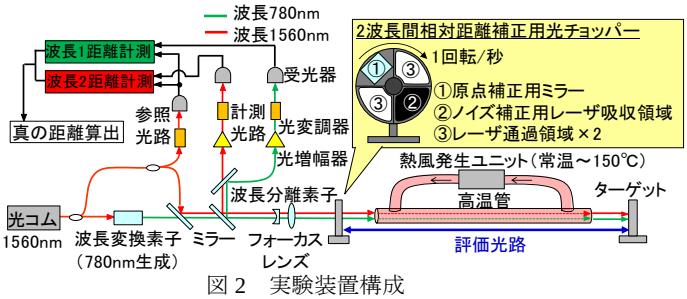

図 2　実験装置構成

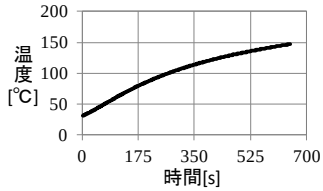

図 3　評価光路内温度変化

4．評価結果

評価光路内に温度変化を与えたとき(図 3)の距離計測結果を図 4 に示す。各波長による計測結果は温度上昇に伴い，誤差が大きくなり，目標精度 0.1mm を超えているが，2 色法の結果は±0.073mm(2σ)@147℃となり，目標精度を達成した。

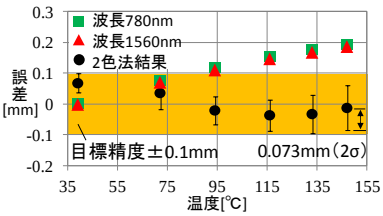

図 4　距離計測結果

謝辞

本研究の推進にあたり電気通信大学　美濃島教授のご助言を頂きました。

1)　針山達雄，笠井啓晃，吉田実，吉村和士，渡辺正浩 :2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集　I22

2)　K.Minoshima, K.Arai, H.Inaba :Optical Express, Vol.19, No.27, 2011

© 2015年 応用物理学会