

テクニカルレポート V o l . 1 5 - 1

株式会社フォトンプローブ

報告者 平野雅夫、黒川翔、平野ゆかり

報告日 2 0 1 5 年 1 月 3 日

題名 多重型光学系光路長差ゼロにおいて、大気中測定結果

概要 R E F 側光路長にあった差を、基本的にゼロにする光学系に設定して、リアルモード長時間測定を行った。光路長差 4 0 m m 設定等に比較して、変位量変動はかなり小さくなった。4000 秒間の変動が $\pm 1 \text{ nm}$ 、の変動結果も得た。

結論 光路長差がもたらす変位量変動を実験的にも確認できた。変動を引き起こす要因を環境等に起因するか否か更に検討を要する。

報告内容

1. 光路長ゼロの理論と実際について
2. 変位量変動例
3. 考察・反省

報告詳細

1. 光路長ゼロの理論と実際について

光路長差ゼロを機構上設定した。これは機械精度で配置した光学部品の総光路長差をゼロにしたことを意味する。つまり

- (1) レーザから A O M 1 を透過し A P D 1 までの光路長
 = レーザから A O M 2 を透過し A P D 1 までの光路長
- (2) レーザから A O M 1 を透過し A P D 2 までの光路長
 = レーザから A O M 2 を透過し A P D 2 までの光路長

の両式が同時に成り立つような機械部品および光学部品の配置を行ったことをさす。(1) の光路長と(2)の光路長の実際の長さの相違は、約 7 0 c m である。

各々の式の成立は、次の点を狙って設定している。

- (1) A P D 1 (及び A P D 2 ; 以下 2 の表記を略) で検出されるビート信号の位相 $\Delta \phi$ は、A O M 1 を透過した光と A O M 2 を透過した光の、それぞれの光路長 L_{11} 、 L_{12} 、により

$$\Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_{11} - L_{12})$$

であらわされることにより、理論的に位相差が常にゼロである。

- (2) レーザ波長が揺らいだとしても、上式から知れるように、理論的に影響が発生しない。
- (3) A O M に加わる R F 信号の揺らぎによる影響を理論的に排除できる。

しかし、上記理論のもくろみと実際条件は次の点により多少異なる。

- (1) 光路長内にある、機械部品・光学部品は設計どおりの配置から、光軸調整のためずれ

る。

- (2) 光学部品(多くはBK7材料;屈折率は約1.45)に対して、光路によっては表面反射と内部反射などの差、反射回数の差、などが発生する。
- (3) 光路によって、機械部品の温度に対する影響の受けやすさが異なる。(位置、厚さ、AOMからの距離など)(温度に対して好ましい実験条件の一つは、実験系の熱容量が大きいこと)
- (4) AOMによる発熱と温度分布の発生。(温度に対して好ましい実験条件の一つは、AOMの発熱を除外できること)

こんなわずかな値が問題であることを認識するために、具体的値を示す。

アルミの線膨張係数は、 3.02×10^{-5} 、だから、1mmの光路長の差に対して、0.1度の温度変動があると、変位量は、3nm、変動する。

これより、1nmの変動以下にするためには、0.3mmの光路長差、0.1度の温度抑制が必要になる。どちらも厳しい条件である。

これらの問題点を念頭に置いて、光学系を調整した。また、温度を出来るだけ制御した。

2. 変位量変動例

光学系調整制御、温度制御の結果、例として次のような結果を得た。

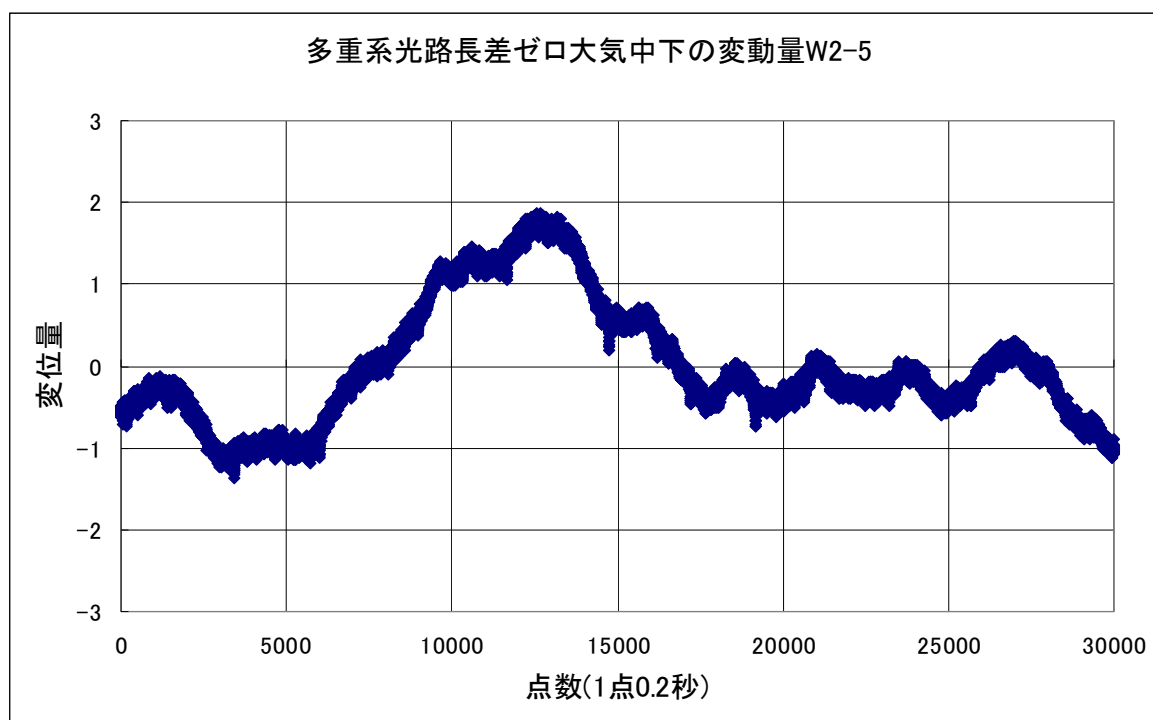


図1 6000秒間で、±1.5nm、の変動に抑えられた例。

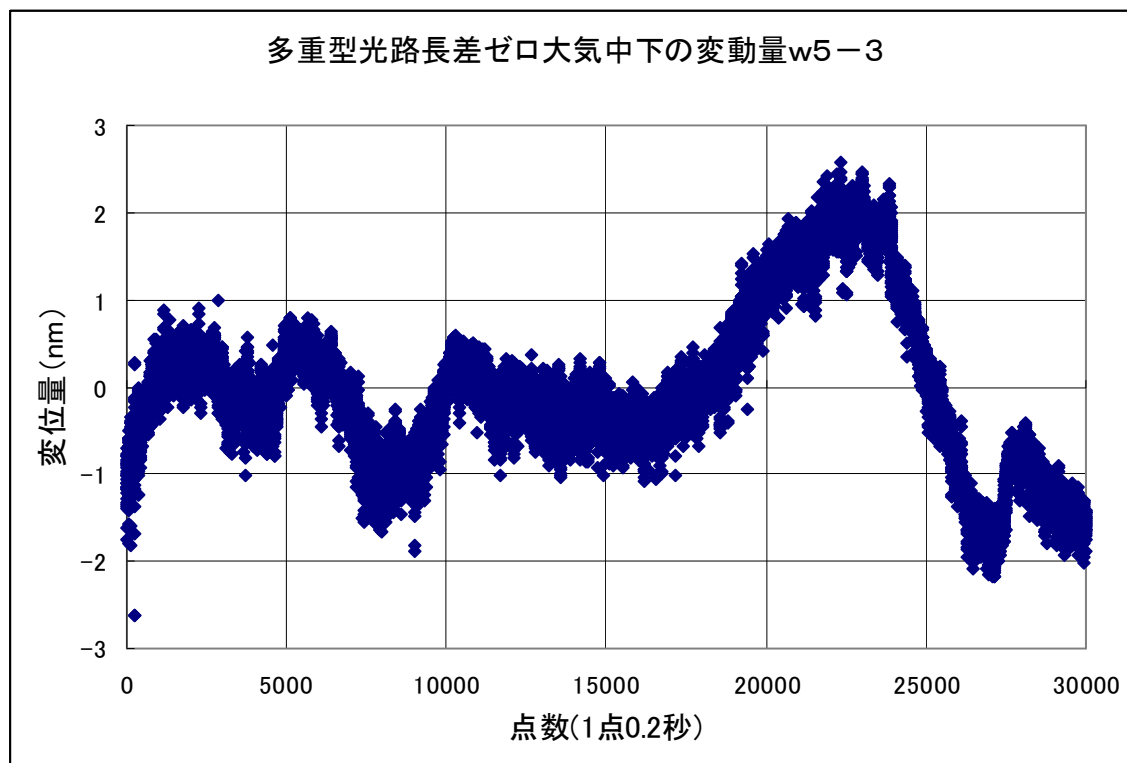


図 2 6000 秒間で、 $\pm 2 \text{ nm}$ 、に抑えられた例

図 1 に比べ、ノイズが大きい。これはビート強度が（SIG 側のみ）6 割程度の大きさしか有していないからである。ビート強度の大きさは、線幅の大きさに直結することを示している。

（図 1 では 1.1 Vpp 、図 3 では、 0.7 Vpp ）

しかしながら、6000 秒間にわたる変位変動量においては、影響を与えないことが示された。

今までの報告では、光路長差があるために、実現できなかった変位量変動である。

逆に言えば、光路長差を極めてゼロにもっていくことは重要な因子であることが知れる。

4. 反省・考察

やはり大きな要因は、温度である。上記測定では、 0.1 度以内の変動に抑えられた。まだ、わずかながら、光路長の差、 0.5 mm 程度が生じている。この差をどうやって、更にゼロに持っていくかがポイントかもしれない。