

## DEVELOPMENT OF AN OIL TUBE TILT-METER USING LIGHT INTERFEROMETRY

Tsuneya Tsubokawa

Shin-ei Keisoku

129-10 Sakurayashiki, Mizusawa-ku, Iwate-ken, 023-0865

*Abstract: We have developed an oil tube tilt-meter using differential laser interferometer. Conventional long span tilt-meters use the surface of a liquid, a water to define the horizontal level and measure tilts by monitoring the change of the water surface. We use an oil as a horizontal level for water. Advantage of oil over water is its low (1 Torr) vapour pressure. It is possible to evacuate air from a vessel for an airtight. There are no optical elements in the vacuum chamber. Laser beam reflects at the oil surface. One beam reflects at the test surface and another beam reflects at the reference (fixed) oil surface. Two beams combined at a beam splitter and interfere. Two interference fringe signals (zero and 90 degrees) are detected using photo-detectors.*

### 光干渉型オイル管傾斜計の開発

#### 1. 光干渉型オイル管傾斜計の開発

長いスパンの傾斜量を測定するには、通常、水管傾斜計が使用される。一般的な水管傾斜計は、水面（ジオイド面）を基準として、傾斜を測定する2点間に水を張り、両端の傾斜量を、水面の高さ変化から求めるものである。スパンを長く取ることで、他の傾斜計に比べ、大幅に感度を高くすることができ、地殻変動観測などに使用されている。

水管傾斜計の原理は、水面（ジオイド面）を基準として、測定する2点間に容器を設置し、連通管を使用して両容器（ポット）に水を張り、2点間の傾斜量を水面の高さ変化から求めるものである。

連通管の両端の容器で、それぞれの水位変化量を求め、容器間の距離（スパン）との比を取れば傾斜量が求まる。例えば、10m スパンの場合、 $1\mu\text{m}$  の変動量は、0.02 秒角に相当する。

水管傾斜計の場合、水の蒸気圧が高い（ $20^\circ\text{C}$  で 23hPa）ため、蒸発の問題から、乾燥した状態では保守が面倒である。また、airtight にした場合の結露や容器内部品の防錆対策が必要となる。

2点間の距離が数 m の中スパンの傾斜測定では、水の代わりにオイルを使用すれば、市販の真空部品の組み合わせで、airtight な傾斜計を簡単に構成することができる。

今回提案するオイル管傾斜計は、特性の安定した時計用機械オイルやシリコンオイルを両端の容器と連結パイプに半分ほど満たし (half filled)、両基台間の傾斜に対応する油面の変化を光波干渉計を用いて検出するもので、従来のフロート方式や静電容量検出方式に比べて、次のような理由で有利である。

オイルの蒸気圧は、通常、1 Tor ( $1.33\text{hPa}$ ) 以下であるため、ある程度空気を抜くことで、airtight な傾斜計にすることができる。

差動トランスやキャパシタンスセンサー等を使用

しないで、光干渉信号から直接、液面変位量を検出できるため、高精度測定が可能となる。

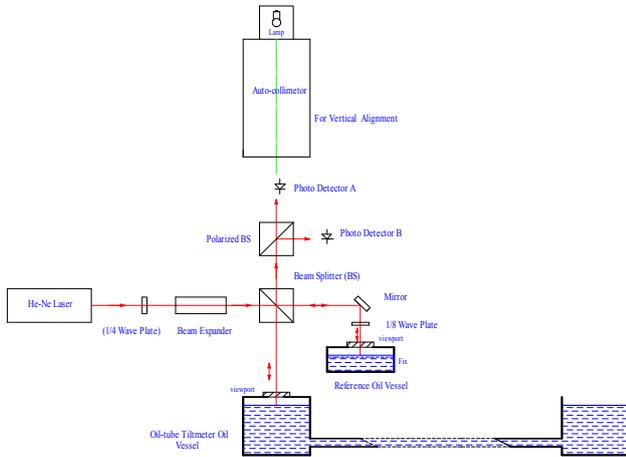
干渉縞の個数あるいは位相を測定するため、液面測定幅に制限がなく直線性が良好である。レーザ干渉計には、差動レーザ干渉方式[2]を採用した。

#### 2. オイル管傾斜計の開発

図の(a)に今回実験した装置のブロック図と光路図を示す。傾斜計本体は、真空容器（キューブ）と連結ニップルで構成され、レーザ光はビューポートを通して導入される。今回、光源として He-Ne レーザを使用した。レーザ光は、ビームエキスパンダーでビーム径を5倍程度広げ、平行性を向上させる。使用したレーザは直線偏光出力のため、 $1/4$  波長板を通して円偏光に変換した。レーザ光は、ビームスプリッター (BS) により、直接、オイル管傾斜計の測定オイル表面に向かうものと、反射鏡と  $1/8$  波長板を経由してオイル面が変化がない参照用オイル面に向かうものに分けられる。それぞれのオイル表面で反射された光は、BS で重ね合わされ干渉する。干渉光は偏光ビームスプリッターで位相が  $90$  度異なる2つの偏波に分離され、光電変換素子にそれぞれ入射する。電気信号に変換された2つの信号は、リサージュ波形から位相角を求めたり、アップダウンカウンタでデジタル変位量に変換する事が可能となる。

液面は水平面であるため、干渉計の調整には、あらかじめ視準線を鉛直方向にセットした、オートコリメータを基準にして行う。干渉縞は、参照オイル面と測定オイル面との間で光路差が生じた時に変化する。参照面をオイル面にしたのは、反射率を一致させるのと、温度変化の影響を少なくするためである。図の(a)では、2つのオイル面を分離して書いてあるが、実際は真空容器の中で、参照用オイルを格納したガラス円筒容器を連通管側のオイルの中に挿

入する予定である。



(a) 差動干渉型オイル管傾斜計（片側ポット）



(b) 実験セットアップ

図 1 : (a)は今回実験したオイル管傾斜計の片側ポットにおける差動干渉型傾斜計の光路図である。

(b)はブレッドボードモデルの外観である。実験機は、傾斜台に設置した。

### 3. 問題点と今後の予定

オイルを格納する容器の口径が小さいと、オイル表面が完全な水平面ではなくなり干渉縞の明瞭度が悪くなる。また、オートコリメータでの反射像も歪み調整が困難となる。今回のブレッドボードモデルでは、真空フランジ（コンフラット ICF070）開口部に2分割した円筒を挿入し、半割円筒の一方の底を抜いて、レーザービームは測定オイル面に向かわせ、もう一方の半割円筒ケースにはオイルを注入して参照面とした。しかし、参照用オイル面が半月状であるため有効口径が小さく、オイル表面が歪んで干渉縞が不鮮明になった。ICF070 全体の開口部を使えば問題ないので、2つのポートに分離する方向で検討したい。

今回は、あくまでもブレッドボードでの予備実験であり、今後、光学系の小型化と半導体レーザーを光源とした光ファイバー結合干渉計を採用して、数メートル程度の中スパンで、使い易く安定した高精度オイル管傾斜計の完成を目指したい。

### 参考文献

- [1] D. C. Agnew, Strainmeters and Tiltmeters, Reviews of Geophysics, Vol.24, No.3, pp.579-624, August 1986.4
- [2] K.Masuda, D.Erskine, .L.Anderson, Differential laser-interferometer for thermal expansion measurements, American Mineralogist, Vol. 85, pp. 279-282, 2000.