

光学トンネル

光を用いた大気中の距離計測



寺田 聡一

てらだ そういち

souichi.telada@aist.go.jp

計測標準研究部門
長さ計測科 長さ標準研究室
研究員
(つくばセンター)

光波距離計や干渉測長器などの“長い長さ”の計測を専門に行っています。標準供給の他、地殻ひずみ観測用レーザー干渉計やレーザー干渉計型重力波検出器の研究も行っています。

距離計測と大気環境

光波を用いて距離を測る光波距離計という装置があります。主に測量で用いられ、「トータルステーション」という品名で普及しています。本体と反射鏡の間の距離を光波を使って測るもので、数kmの距離を0.1 mmの表示分解能で測れる製品もあります。しかし、本当に精度が0.1 mmかというところ、決してそうではありません。その理由は、“空気”にあります。光で距離を計測する場合、真空中なら真の距離を直接測れますが、空気中では真の距離に空気屈折率を掛け算した距離しか測れません。そのため測定値を空気屈折率で割り算する必要があります。空気屈折率の値は、おおよそ1.00027で、気温や気圧によって変わります。通常、気温や気圧を測定し、それらの値から経験式を用いて空気屈折率の値を算出します。気圧は水平面内で数百メートルの範囲ならほぼ一定の値なので、1個の気圧計で正確な測定ができますが、気温は場所による違いが大きいため、正確な測定にはたくさんの温度計が必要となります。そのようなたくさんの温度計を用いることは現実的には困難で、結果として、空気屈折率の値を正確に求めることができず、真の距離を精度よく求めることができないのです。

光学計測用トンネル

産総研つくばセンターには、通称「光学トン

ネル」と呼ばれる地下トンネル施設があります。この光学トンネルは全長300 mで、2重のコンクリート壁で囲まれており、天井の上に4 mほどの土があるだけですが、それだけで、室温の年間変動は2℃程度、1日の間では0.02℃とたいへん安定した温度環境が実現されています。光学トンネル内には52本の温度計が設置されています。この数でも間隔は6 mで、決して密な測定とはいえませんが、時間変化が小さいため、精度のよい距離計測が可能な施設となっています。この温度環境は、人為的な温度制御よりもはるかに安定です。

この光学トンネルで、2002年度より依頼試験として光波距離計の校正を行っています。その校正では、干渉測長器というレーザー干渉計を参照標準としています。干渉測長器は光波距離計に比べてとても精度のよい測定ができますが、光波距離計と違って、距離の変化量しか測れません。そのため、光学トンネルには、全長100 mの直進ステージがあり、それで距離を変化させて測定することで校正を行うことができます。

光による距離計測の研究や校正のために作られたトンネルは世界的にもまれで、校正以外にもフェムト秒光コムを用いた高精度な距離計の開発や、空気屈折率の影響を補正できる地殻ひずみ観測用二波長干渉計の研究なども行っています。



光学トンネル内と100 mの直進ステージ