

水島宜彦, 市江更治, 武市盛生, 竹島晃, 小川一三, 藁科禎久
 Y. Mizushima, K. Ichie, M. Takeichi, A. Takeshima, I. Ogawa and Y. Warashina

浜松ホトニクス
 Hamamatsu Photonics

Abstract

A novel optical laser radar system utilizing a pair of streak cameras has been developed. In order to minimize computing error, the time scale is marked by an optical pulse registration clock. This assures an intrinsic resolution of 3 millimeters.

For field application, multiwavelength- and single wavelength methods are compared to correct for varying atmospheric conditions. By correcting for atmospheric parameters such as the atmospheric boundary layer effect as well as the temperature along the ray trajectory, a resolution of about 1 cm is achieved over a range of 30 km. This corresponds to a relative resolution of the order of 10^{-7} .

1. 長距離測距, 高SN測距

地殻変動や火山噴火の監視などの目的の測距には、10–100 km の長距離にわたって高精度の測定をする必要がある。この研究の動機となった東海地震予知の為にフィリピンプレート移動監視については、30–50km のレンジが対象となる。長距離では大気の減衰量が大きく、微弱な戻り光を強い背景光のなかで高いSN比で検出する必要上、従来のレーザー測距儀は使用出来ない。また、大気ゆらぎ（シンチレーション、スポットダンシング）が大きくなり、戻り光のタイミング位相波形が乱され、誤差が増える。

2. 高精度測距

現在実用される光測距儀の相対距離分解能は 1×10^{-6} 程度で、地殻変動等の微細な揺らぎを計測するには不十分である。 10^{-7} を測定出来れば新しい分野が開ける。野外で高精度を実現するのは、ピコ秒の時間測定が必要で、測定システム的大幅な改良が不可欠である。種々の研究により、初めて実用的に 10^{-7} の桁を実現した。

3. 電波測距儀との比較

準星電波を用いるVLBI、衛星電波を用いるGPS は、それぞれに特徴を持つ。VLBIは大規模で、計算処理を必要とするが、1000 km 程度以上の距離には最適である。GPS は簡便で携帯性に富み、汎用的価値があり中長距離向きである。しかしマイクロ波用測距は全て水蒸気依存性が著しく（後述）、気象の影響を完全には除けないため、誤差は 2–3 cm 以下にならない。それで、中距離で分解能 10^{-7} の測距は今まで盲点になっていた。光測距では、天候の障害はあるものの、最も高い精度が得られる可能性があり、今回開発の目標とした。

4. 新しいレーザー測距儀

装置の主要な特徴は以下の様である。

1. 赤外、可視、紫外の三波長を備え、多色法（後述）を可能とした。
2. ストリークカメラを用いた。これにより光子計数に近い感度を持たせ、また受光器の時間遅れを解消した。さらに電子回路を用いずに積算を行ないジッターのないSN改善を可能とした。
3. 光クロック法を用い、電子回路によらずタイミングを規定出来る様にして、ジッター誤差を解消した。これによって計測器自身の分解能を最大限に引き出し、 10^{-14} の戻り光量でも検出

できる。

5. 多色法の検討

大気の温度、気圧、湿度の影響を消去するために、多色法が提案されているが、まだ実用になっていない。その理由は、多色法では測定器自身の分解能誤差が却って拡大されるのに、測定器がまだ十分な分解能を有していない事による。光と電波とを組合せる方法では、電波は湿度のような最も不確定な要因の影響を受けやすいことと、ピコ秒の時間精度が出しにくいので、必ずしも有効ではない。ここでは多色法の検討を野外で始めて実行し、その問題点を明らかにし、改良二波長法による将来の改善策を示した。

6. 気象パラメータの考慮

誤差の原因になる気象パラメータを野外で詳細に調べた。現地は、沿岸海洋性の気候なので、その点を十分に配慮して設計した。測定基線は通常標高差を持つので、高度補正が必要となる。現地を実測して、標準大気モデルとの差を明らかにして補正を行なった。特に大気温度の補正が最も重要なので、綿密に調べた。晴天時は温度の高度遞減率は断熱的に記述されるので、これを確認した。接地境界層の問題は、地上の垂直温度勾配を実測することで監視した。全ての気象パラメータはリアルタイムで取り込んで補正値を計算しておく。

7. 測距

短時間揺らぎの標準偏差は、距離に関わりなく一定で、システム自体の分解能を表わし、 1×10^{-7} の程度であった。長時間揺らぎは気象の影響によるもので、上記の補正を行なうことで、常に 10^{-7} よりも良い分解能を確保した。特に日没の時刻を選ぶことで 3×10^{-7} 、あるいは 1 cm の精度の測距が可能となり、目標を達成した。

これを駿河湾周辺地域における精密測量に適用した結果について述べる。

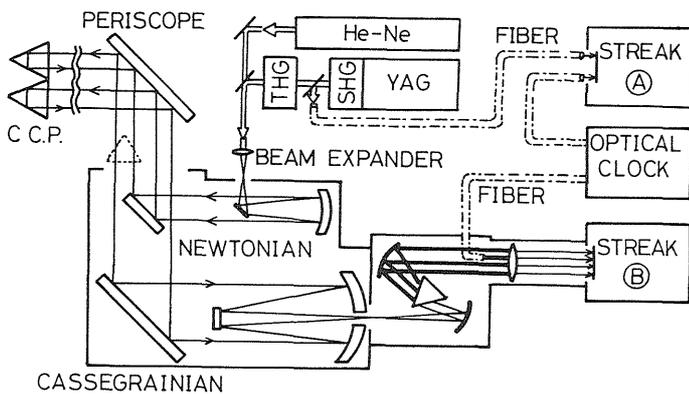


Fig.1

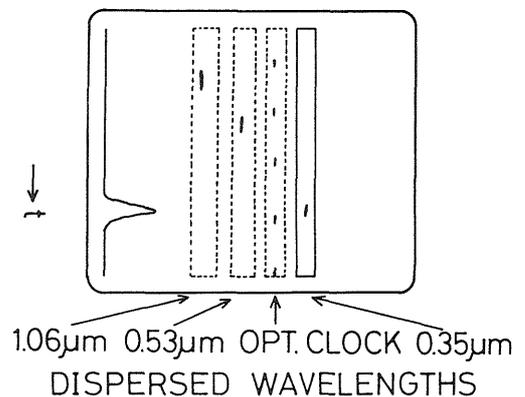


Fig.2