

1 1 - 3 レーザひずみ計及びレーザ津波計開発の現況

Development of Laser Strainmeter and Laser Tsunami-meter

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

1 . はじめに

標記二つの観測装置は、レーザ光を用いたファブリ・ペロー干渉計を利用し、容器の変形を測定することにより、地殻ひずみあるいは海底での水圧変化を高分解能で測ろうとするものである。この干渉計は、マイケルソン干渉計のように、光の半波長を単位として長さ変化を計測するのではなく、鏡間距離の変化を、共振周波数の変化として捉える。現実には、二つの干渉計からの共振周波数から生じるビート周波数の変化を検出する。

これらの装置では、レーザや電子回路はすべて地上にあり、地中や海底のセンサ部には電力供給の必要がないため、光ファイバのみのケーブルはたいへん細くできる。また、センサ部はICや可動部分を含まないため、構造が簡単であり、従来のものよりはるかに高い温度に耐えることができそうである。

2 . レーザひずみ計

M. A. グービン提案のレーザによる精密計測技術を、坂田がボアホール式にまとめたものである¹⁾。第1号機は1996年に製作され、1998年に八郷の深さ100mの孔井内に設置された。数々の問題が現れたが、これらを改良した第2号機を製作し、2002年に当研究所寸又峡地殻活動観測施設（静岡県本川根町）内の深さ約60mの孔井内に設置した。地中部及び地上部の構成を第1図、第2図に示す。3台のセンサ共振器を3直径方向に配置し、基準共振器との組み合わせによる3つのビート周波数の変化から、三直径の変化を求めようとするものである。

現在までに、N120成分のみ1週間の連続観測データが2回取得できている。これらを第3図、第4図に示す。他の2成分については、レーザ出力の低下その他の原因で取得できていない。収縮の速度が大きいのは、設置直後の孔井周辺岩体の遷移クリープ（一次クリープ）によるのである。ちなみに、地球潮汐による山から谷へのN120方向の容器直径変化は6～7nmであり、レーザ波長1.3μmの1/200である。

3 . レーザ津波計

レーザひずみ計の原理を水圧計として用いながら、海中センサ部の構造そのものが温度変化補償特性を持つものである。坂田の最初の発明^{2),3)}に基づいた第1号機は、2000年末に平塚市沖当研究所波浪等観測塔下の水深20mに設置されたが、問題が多く発見された。これらを改良の上、形状も新しい発明による第2号機を製作した⁴⁾。海中部及び陸上部の構成を第5図、第6図に示す。工場内の水圧変化による感度検定試験では、第7図に示すように水位変化1cmに対し約12MHzのビート周波数変化がきれいに得られた。2002年末に本装置を平塚の同じ地点に設置したが（第8図、写真1）、継続した観測ができなかった。浅海のことゆえ、波浪の影響が海底でも大きく残り、フィードバック回路が短周期の大きな変形に追従できなかったことが理由である。

上記難点を克服するため、フィードバック回路のピエゾ素子駆動電圧の最大値を大幅に上げる

ような改良を行った。これにより、2003年末には2日間の良好な連続観測記録を得ることができたので、第9図に示す。工場内での水位変化による検定結果をもとに、ビート周波数の変化-12.5MHzに対し、水位変化+1cmとしている。横浜港の潮位変化を併記しているが、よく一致していることがわかる。

ちょうど2日経って記録ができなくなったのは、海況の悪化で波浪の影響がさらに大きくなり、フィードバック回路が対応できなくなったためである。この津波計は、本来はずっと深い海で使用することを前提としており、波浪の影響を心配する必要はない。したがって、今回の連続記録が得られたことで、このレーザ津波計の基本的な動作が立証されたといっているであろう。

4. 中間結論

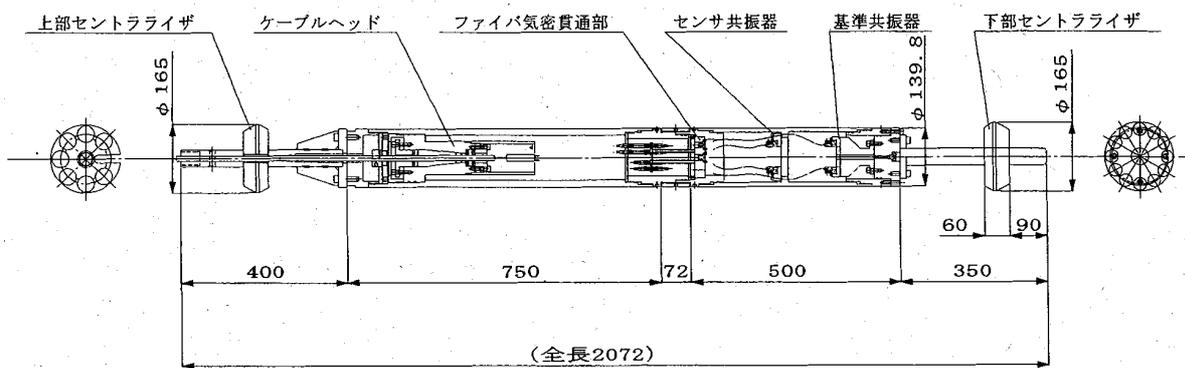
今まで使用してきたレーザは、長期に使用すると必ず故障するため、上記に報告した以上の観測は現在行われていない。しかしながら、基本的にはこれらの装置が作動することが立証できたので、レーザそのものの長期安定性が確保できれば、これらの装置の可能性はたいへん大きいものがある。

ひずみ計は、高温に絶えられるという特性を利用して深層観測井や火山地帯に応用できる。また電力供給や搬送装置が不必要なこと、ケーブルが細く取り扱い易いことを活かして、将来の海底ポアホール観測にも利用できるであろう。津波計もその構造の簡単さから低コストが期待でき、外洋における津波観測システム普及に役立つであろう。レーザの耐久性向上と低価格化を実現するため、現在半導体レーザへの交換を準備中である。

(坂田正治)

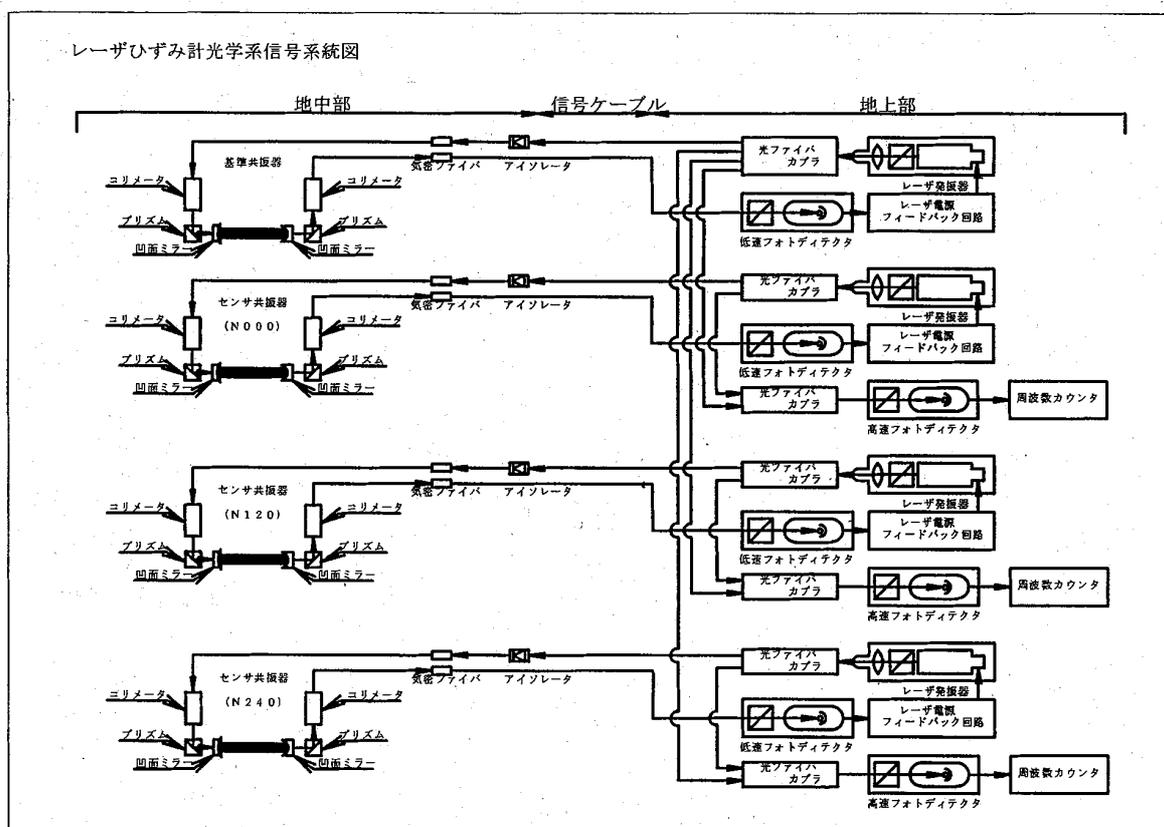
参 考 文 献

- 1) Sakata S. and M. A. Gubin : Development of borehole laser strainmeter, Proceedings of the 8th International Symposium on the Observation of the Continental Crust through Drilling(1996), NIED and GSJ, 403-404.
- 2) Sakata S. : Concept of newly-invented laser tsunamimeter and its possible application to tsunami warning system, Proceedings of International Workshop on Tsunami Disaster Mitigation(1998), JMA and STA, 132-135.
- 3) 坂田正治 : レーザ津波計の開発—津波監視システムへの応用をめざして—, 月刊海洋, 号外15(1998), 43-48.
- 4) Sakata S., M. A. Gubin, A. Araya, and D. Tsuboi : Development of laser tsunami-meter, Proceedings of the 3rd International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies(2003), 71-74.



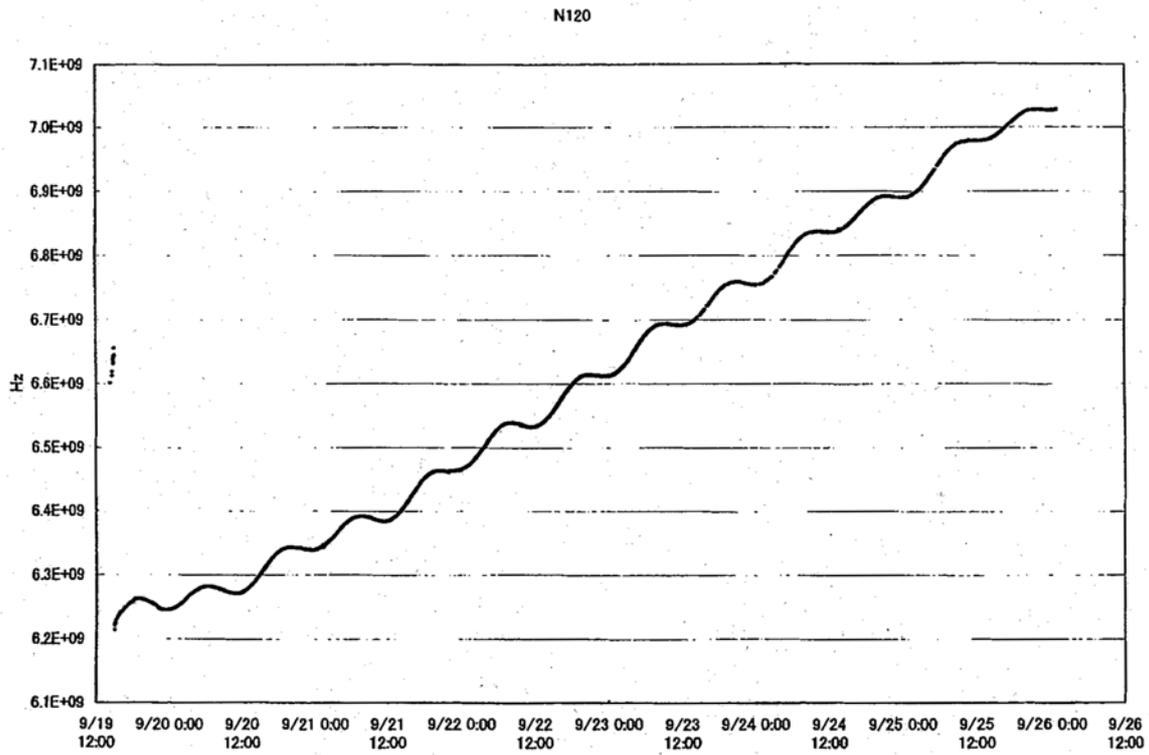
第1図 レーザひずみ計地中部構成図

Fig.1 Arrangement of the under-ground part of the Sakata-Gubin type Laser strainmeter.



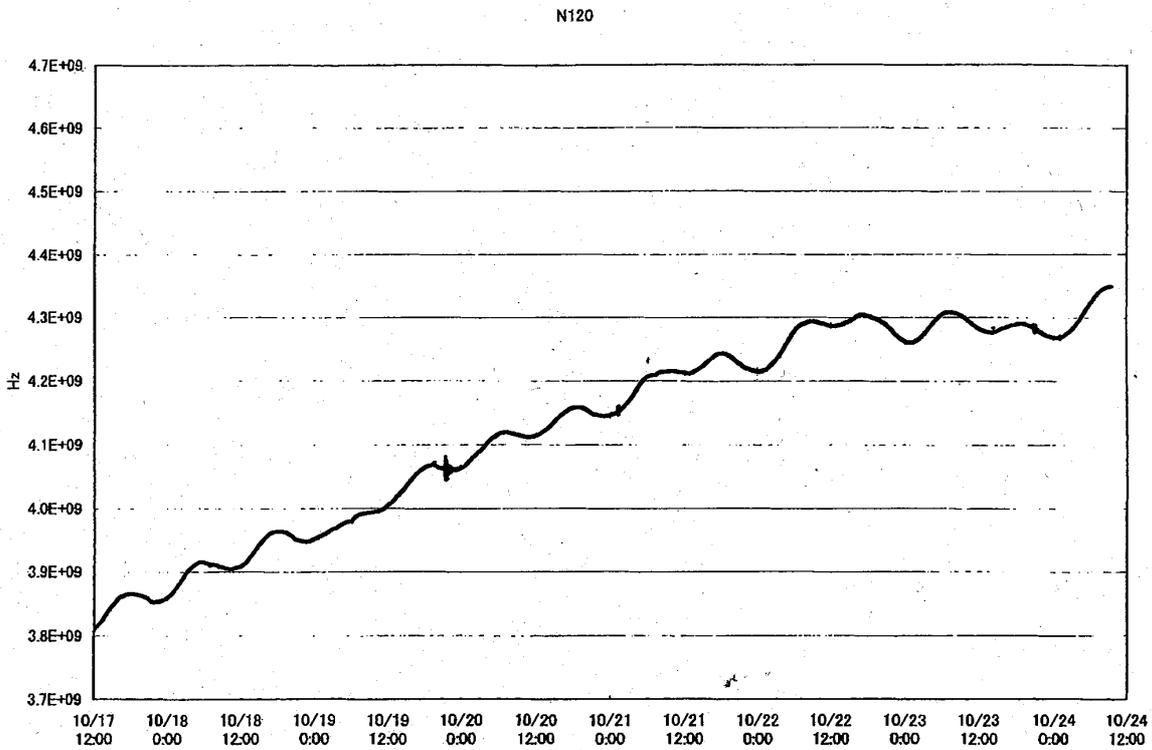
第2図 レーザひずみ計地上部構成図

Fig.2 Optical system of the Sakata-Gubin type Laser strainmeter.



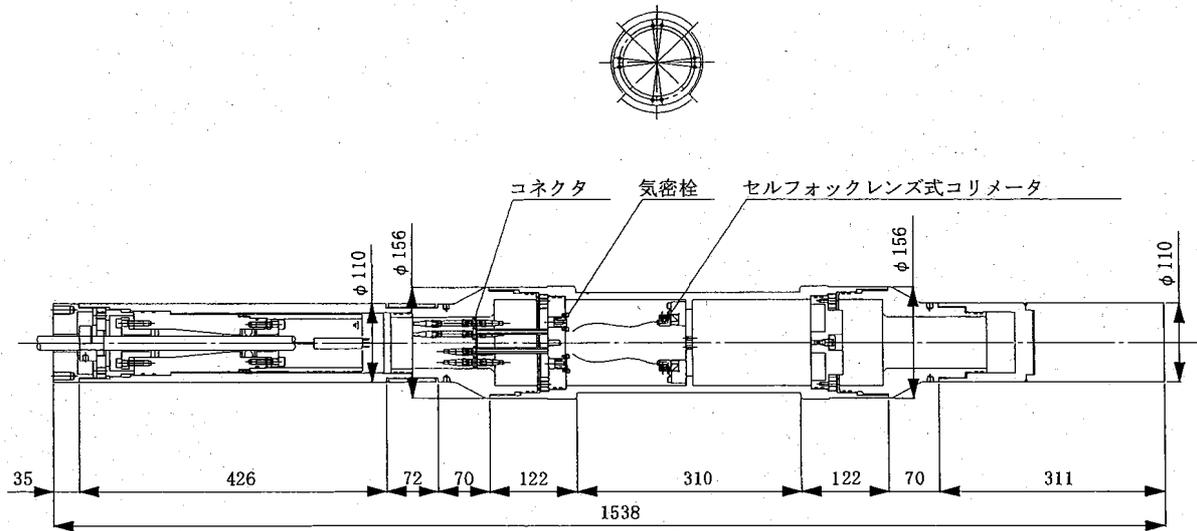
第3図 レーザひずみ計 N120 成分観測結果：縦軸はビート周波数（センサ共振器の共振周波数と基準共振器の共振周波数の差）

Fig.3 A one-week observation record of N120 component of the laser strainmeter.



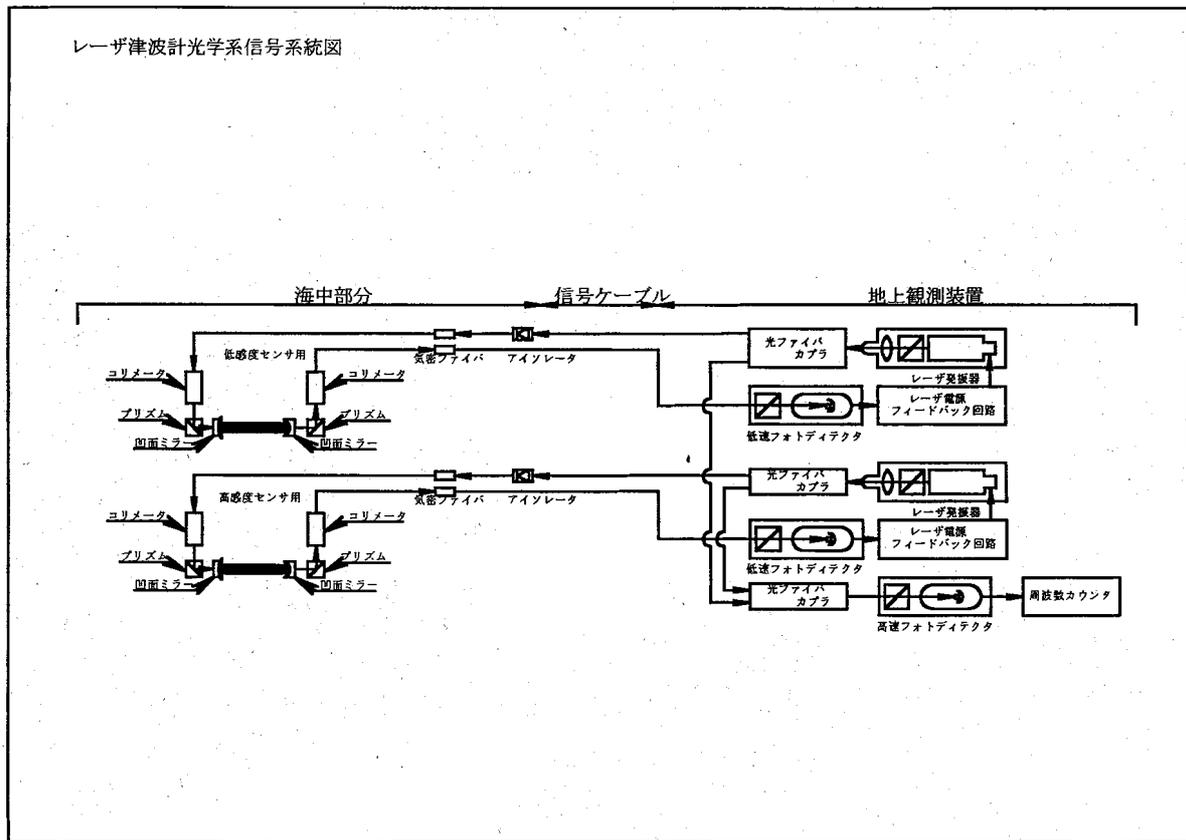
第4図 同上

Fig.4 Another one-week observation record of N120 component of the laser strainmeter.



第5図 新型レーザ津波計海中部構成図

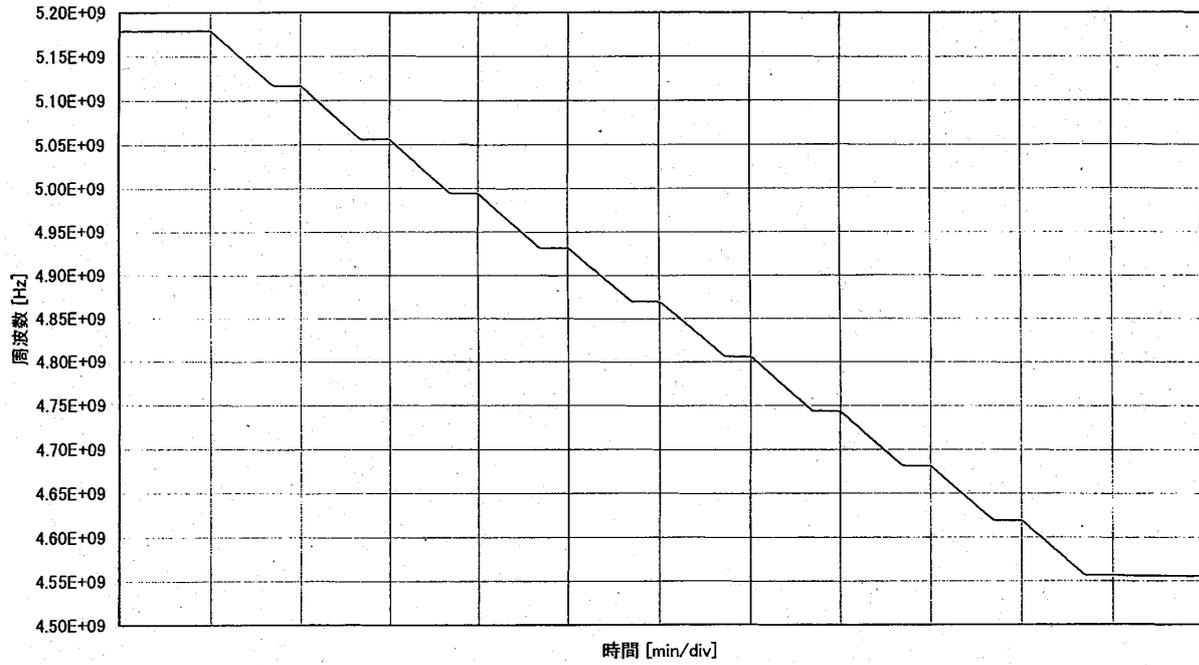
Fig.5 Arrangement of the under-water part of the Sakata-type laser tsunami-meter.



第6図 新型レーザ津波計陸上部構成図

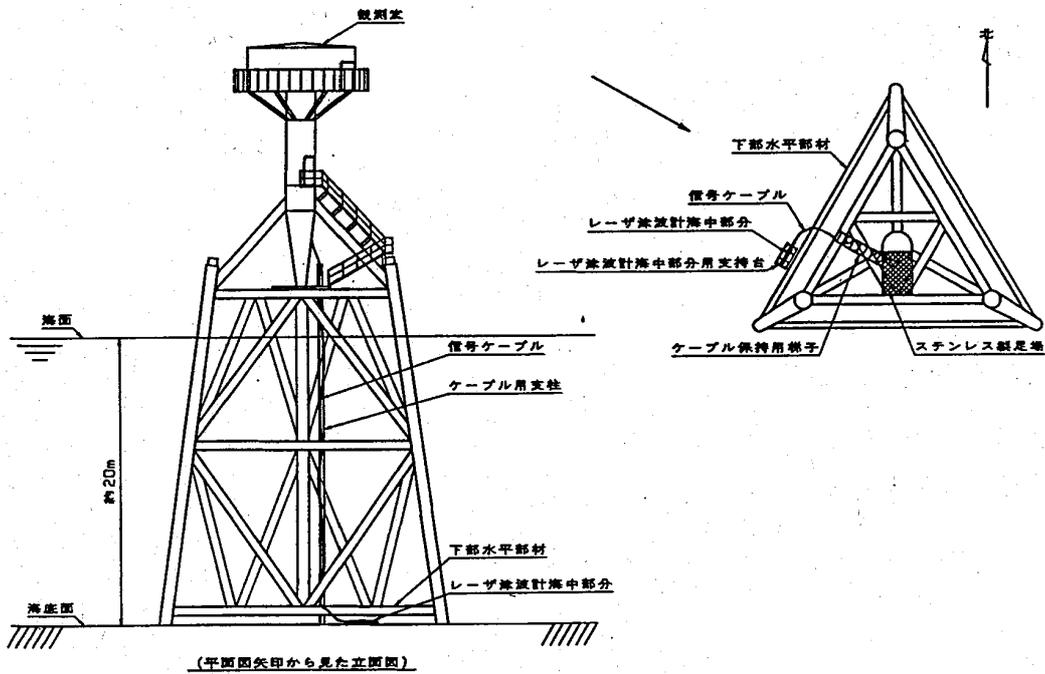
Fig.6 Optical system of the Sakata-type laser tsunami-meter.

感圧試験(5cm×10回)



第7図 レーザ津波計の水頭変化による検定試験結果：縦軸は厚肉部直径方向の共振周波数と薄肉部直径方向の共振周波数の差

Fig.7 Result of sensitivity test of the laser tsunami-meter under variable water heads.



第8図 レーザ津波計海底設置詳細図（陸上部は観測塔上部の観測室に設置）

Fig.8 Scheme of installation of the laser tsunami-meter on the seafloor with the depth of 20m.

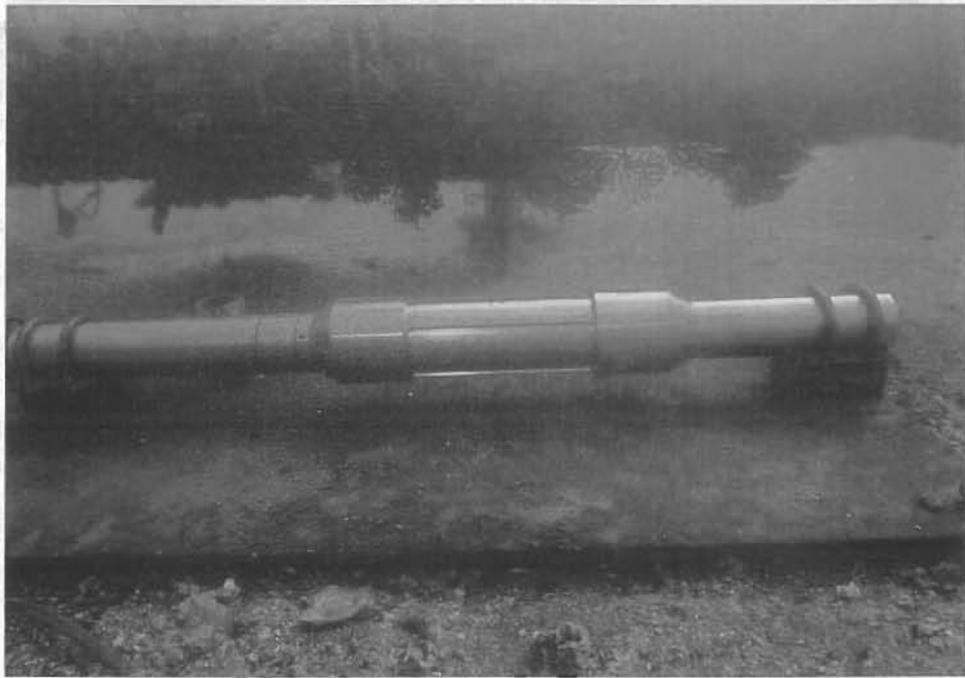
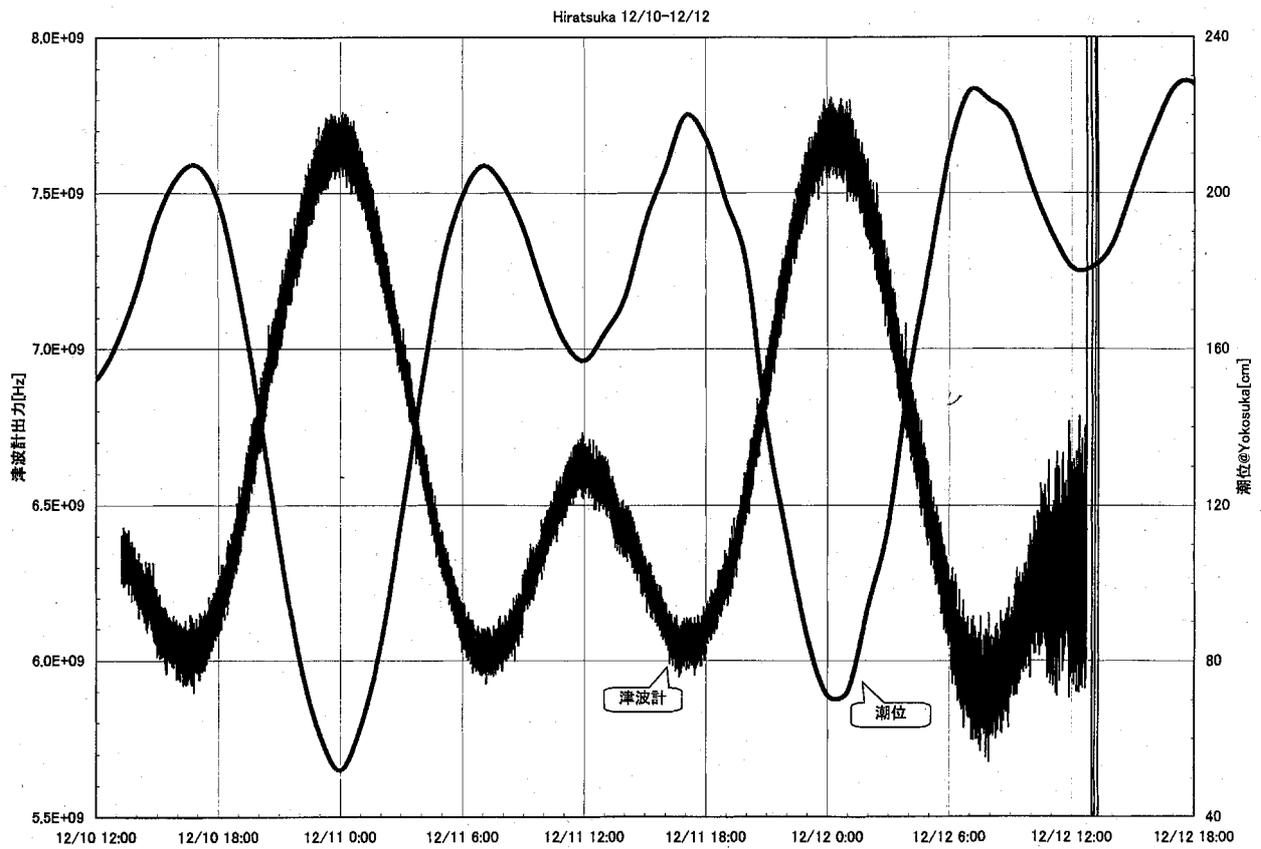


写真1 海底（水深 20m）に設置されたレーザ津波計

Photo.1 Laser tsunami-meter installed on the sea-floor.



第9図 平塚市沖海底（水深 20m）におけるレーザ津波計の記録と横浜港における潮位変化

Fig.9 Observation record of the laser tsunami-meter of two days, and the tide record at Yokohama.