

50m真空干渉計による地面振動計測 II

Earth Strain Measurements with a 50M Vacuum Interferometer II

田幸 敏治, 浅川 賢一*

T. TAKO, K. ASAKAWA

東京工業大学精密工学研究所

Research Laboratory of Precision Machinery and Electronics,
Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

東京工業大学長津田キャンパスの光学トンネル内において、波長安定化レーザーを光源として用いた地面振動(より正確には二つの基準点間の距離の変動)測定用の50mマイケルソン型干渉計の開発を行っている。¹⁾²⁾ 前回は装置の概要とそれを用いた地面振動の測定例について述べた。今回はその後の発展と予測誤差フィルターによる人工的な異常振動の検出と除去について述べる。

地面振動はその起因により、火山の爆発、風、地震などの自然現象によるものと、自動車の通過、モーターの回転などによる人工的なものとの二つに大別することができる。長津田キャンパスは、東京都区域内などと比較するとまだ比較的静かな環境にあるが、それでも人工的振動の影響を受ける。地震予知などへの応用を考えると、その原因がはっきりしている人工的振動は取り除いて扱うのが望ましい。人工的振動のうちモーターの回転などによる規則的なものは、フィルターなどにより容易に取り除くことができるが、大型自動車の通過によるもののように不規則な場合は複雑である。今回、予測誤差フィルターを用いる方法により、近くの道路上を通過する自動車などから発生する異常振動の存在を検出し、さらにその部分を取り除いて解析することができたので報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験装置を図1に再録する。光源には波長をラムシバみの中心に安定した633nm He-Neレーザーを用いている。干渉計は真空容器に入っている。地面振動は干渉縞の変動となって現われ、フリンジカウンターにより電圧に変換される。

前回以後、装置の整備と調整を改良して後に測定された干渉縞の長時間変動およびそのパワースペクトルを図2、図3に示した。

測定誤差の原因としては、レーザーの波長変動、フリンジカウンターの変換誤差、真空パイプの伸縮などが考えられるが、いずれも地面振動より小さいことが確かめ

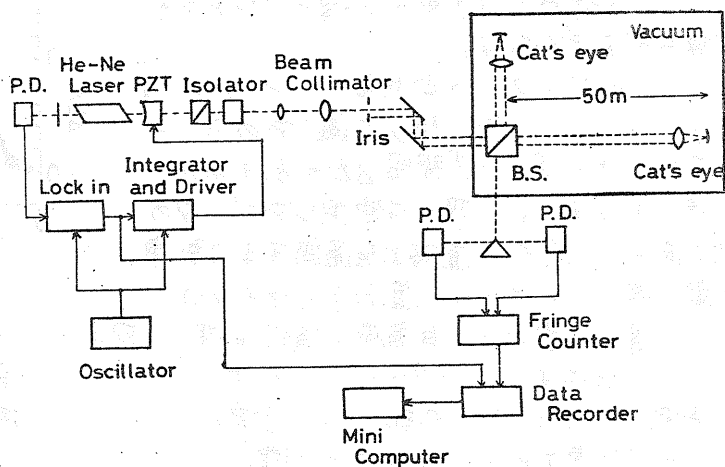


図1. 実験装置ブロック図

* 現任国際電信電話株式会社研究所

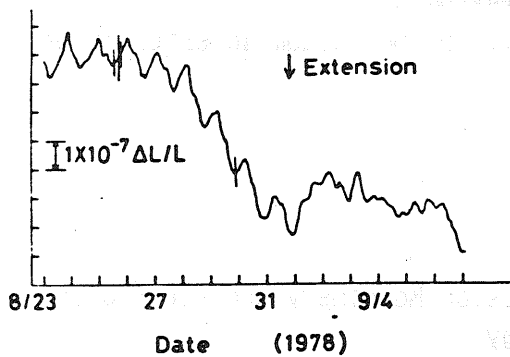


図2. 15日間の地面振動の測定例

られている。

3. 予測誤差フィルターによる異常振動の検知

定常でエルゴード的であり、平均値が0である離散的時系列(地面振動に対応する)を $\{X(S), S=1, 2, 3, \dots\}$ とする。過去の M 時点の値の線形結合により次の値 $X(S)$ を予測した場合の予測誤差 $E(S)$ について考える。

$$E(S) = X(S) - \sum_{m=1}^M a(m) X(S-m) \quad (1)$$

このとき係数 $(1, -a(1), -a(2), \dots, -a(M))$ は予測誤差を求める数値フィルター(予測誤差フィルター)とみなせる。異常振動が存在する場合には予測が正確に行われず予測誤差が大きくなる。

フリンジカウンターの出力を、バンドパスフィルター(0.21 ~ 56 Hz)に通したのち、A-D変換(サンプリング間隔 $\Delta t = 8.3$ ms, 12ビット)する。図4は使用したデータの一例である。近くの道路上を通過する自動車の影響を調べるために、道わきにマイクロフォンを置き、音により自動車の通行を確認した。図4よりコンクリートミキサー車、通過しているa部、e部では、光学トネルがその重さにより圧迫されて縮んでいるのがわかる。

次にデータの内び5/2点当りの部分的分散が最も小さい部分(図4の場合にはc部)を用いて、予測誤差フィルターを推定

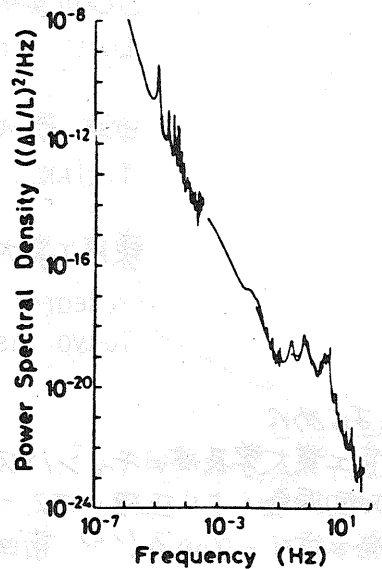


図3. 地面振動のパワースペクトルの推定例

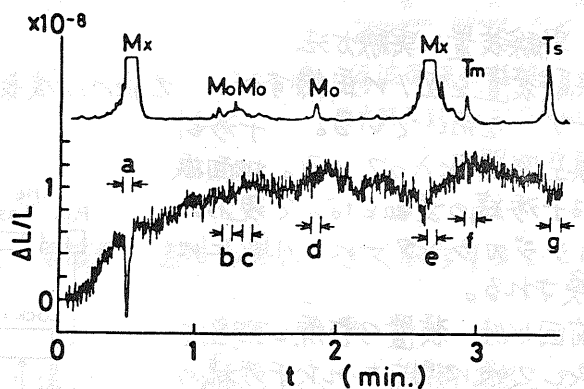


図4. マイクロフォンを用いて調べた近くの道路上を通過する自動車(上)と地面振動(下)、上向が伸びに対応する。

- Mx : ミキサー車
- Tm : 中型トラック
- Ts : 小型トラック
- Mo : 乗用車

する。推定にはBurg法³⁾を用いた。予測誤差フィルターの次数としては、求めた予測誤差フィルターを用いて実際に予測を行なう場合の予測誤差の分散の期待値FPEが最も小さくなるものを採用した。

図4に示したデータの場合、予測誤差フィルターの出力が $6 \times (FPE)^{1/2}$ を越えたのは、図のa部、b部、c部、f部、g部であった。それぞれ近くの道路上を通過している自動車と関連があることが注目される。

図5は小型トラックが通過中であるg部の地面振動と予測誤差フィルターの出力であり、図6はそのパワースペクトルである。地面振動の波形を見ただけでは判別しにくい異常振動でも、予測誤差フィルターの出力とパワースペクトルには、はっきりと現われる。図7は予測誤差フィルターの出力に $4 \times (FPE)^{1/2}$ を越えるものが存在する部分を除いたデータから推定した地面振動のパワースペクトルと除外するものを比較したものである。15 Hz以上の範囲で値が小さくなっていることがわかる。

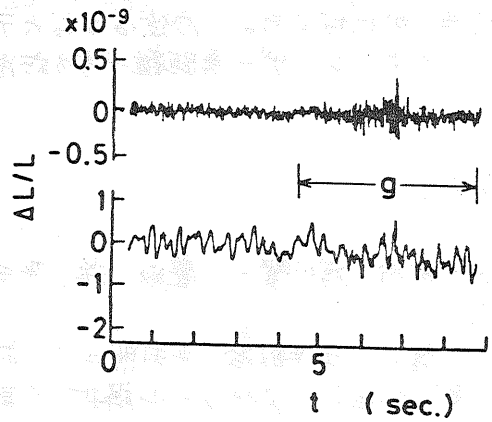


図5. 小型トラックが通過したg部の地面振動(下)と予測誤差フィルターの出力(上)

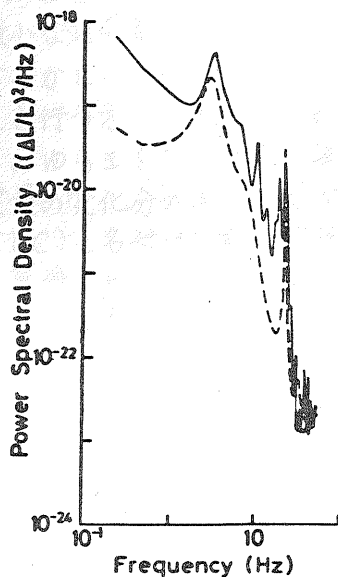


図6. g部のパワースペクトル(実線)と比較的散がばc部のパワースペクトルの比較

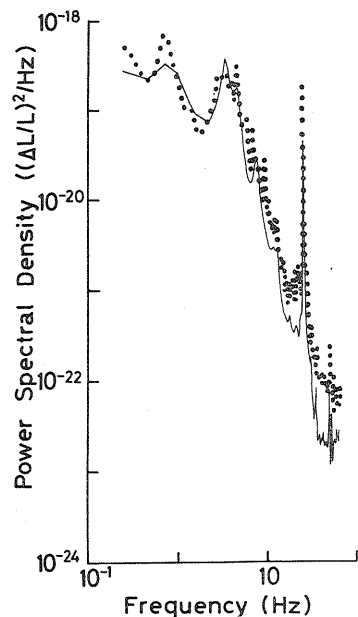


図7. 異常振動を除く前(点線)とあと(実線)の地面振動のパワースペクトル

4. まとめ

予測誤差フィルターを用いる方法により、自動車の通過による異常振動の存在が簡単に検知できることが明らかになった。今後はさらにデータを積み重ねてゆき、この方法の特性などを明らかにすることによりレーザ長距離干渉の応用面を発展させることを期待している。

[参考文献]

- 1) 田幸敏治, 浅川賢一, 鷹取 洋, 平田照二: 第5回レーザ・レーダシンポジウム 予稿集 P.39.
- 2) 浅川賢一, 田幸敏治, 平田照二: 応用物理 48 519(1979)
- 3) 日野幹雄: スペクトル解析 (朝倉書店)