

20 空間フィルタ出力信号のスペクトル解析による土石流表面流速変動の推定

京都府立大学 小川恒一, 日浦啓全, 水原邦夫, 大寺桂二

滋賀大学 ○板倉安正

1. まえがき

実際に発生した土石流の流速は既にくいつかの方法で測定されている。¹⁾²⁾ 筆者らは空間フィルタを用いるイメージング速度計測を適用して、土石流の表面流速を非接触方式で一地点における経時変化として測定してきた。工高地焼岳上々掘沢における数年來の観測によって4例の土石流についてその測定・解析に成功した。その結果、(1)土石流流速変動の長期的傾向として先端流速とそれに続く遅い流速の盛り上がりがあり、その後流速は若干脈動しながら減少すること、(2)土石と水との混合比率に応じてこの傾向の顕著さに違いのあることが判明した。²⁾

本測定法は、パラレルスリットレティクルと呼ばれる空間フィルタ上に結像された土石流表面パターンの並進によって生じる空間フィルタ通過後の光量変化を電気信号に変換し、その出力中心周波数から流速を算出する方法である。³⁾ これまでの解析では土石流は定常で一様な流れとして扱ってきた。しかしながら、得られた出力電気信号の波形を観察すると実際には観測視野・観測時間内においてこの仮設は成立しないのではないかと思われる特徴が表れている。そこで出力電気信号波形のスペクトル解析によって、さらに詳しく流速変動を検討することにした。

2. 出力スペクトル

空間フィルタ流速計の出力パワー・スペクトル $E(\omega)$ は出力電気信号の自己相関関数をフーリエ変換して求められる。土石流表面の像面における輝度分布 $g(x, y)$ の時間・空間定常性が満たされ、かつ観測視野 $(A \times B)$ 及観測時間が十分に大きいとすると、 $E(\omega)$ は、

$$E(\omega) = (2K^2 A^2 B / 9\pi\Omega) S^2(\omega/\Omega) N_g(\omega/\Omega, 0)$$

ここで、 $S(x) \equiv \text{sinc}(ax/b) \sin(nax/z) \sin(ax/4) / [n \cdot \sin(ax/z)]$: レティクルの伝達関数。

$N_g(x, y)$: $g(x, y)$ のウィーナ・スペクトル密度。

K : 光電変換係数, a : スリット幅, n : スリットの対数。

と表され、 n が大きければ出力スペクトルは単一周波数信号のそれに近づく。

出力中心周波数の推定には、原波形のゼロクロス点間隔により求めた周期、自己相関関数の周期的遅延及び解析したスペクトルのピーク位置から求める3つの方法がある。流れが空間的に一様で定常性を満たすときは前者の方法が有効であるが、これらの条件が満たされないときはスペクトル解析により信号の性質を知る必要がある。

3. スペクトル解析結果と検討

観測に成功した4例の土石流について得られた出力信号の連続スペクトル解析結果を図に示す。流れが一様・一定であるとスペクトルは単峰型となり、出力中心周波数は流速に比例する。同図に認められる長期傾向としての、出力スペクトルのピーク位置が土石流先端の通過時より低いところから高い方へ移行し、再び低い方へ戻る傾向は、既に原波形のゼロクロス点間隔から算出された流速傾向として指摘されたことである。一方、図にあり時々刻々に認められるスペクトルの分離や広がりによ

る流速変動は今回初めて見出された事実である。

この内スペクトルの分離は、観測視野の中に2つの速度をもつ流れがある場合に生じることが考えられる。理論的にもそのような時はスペクトル中に2つのピークが存在することが証明され、また、室内実験において模擬的に作られた2つの流れを観測することによっても確認された⁽⁴⁾。したがって、この推論が正しいとすれば本センサの視野(流れ方向 $2m$ 、幅方向 $1m$)中に流速の異なる2つの流れがあったことになる。このような現象発生は土石流が相対速度をもつ流れであることによると思われる。次にスペクトルの広がり、上記の流速成分の多様性と共に、流れの非定常性に因づくものと思われる。非定常確率過程に対するスペクトル解析には普遍的な方法は確立されてなく、現象に応じた方法を採用しなければならぬため、未だ検討すべきことが多く残されている。

4. あとがき

空間フィルタ流速計の出力信号のパワー・スペクトルを求め、表面流速変動について検討した。その結果、観測視野内における2つ以上の流速成分の存在をはじめ土石流の流れの非定常不規則過程的な傾向が明らかになった。これらの問題は土石流の流動機構の理論的解明と併せてさらに検討を要する。終わりに、空間フィルタ流速計のご指導を頂いた京都工芸繊維大学堤隆男教授に謝意を表す。また本研究は文部省科学研究費試験研究(代表者大手桂二)によりなされたものである。

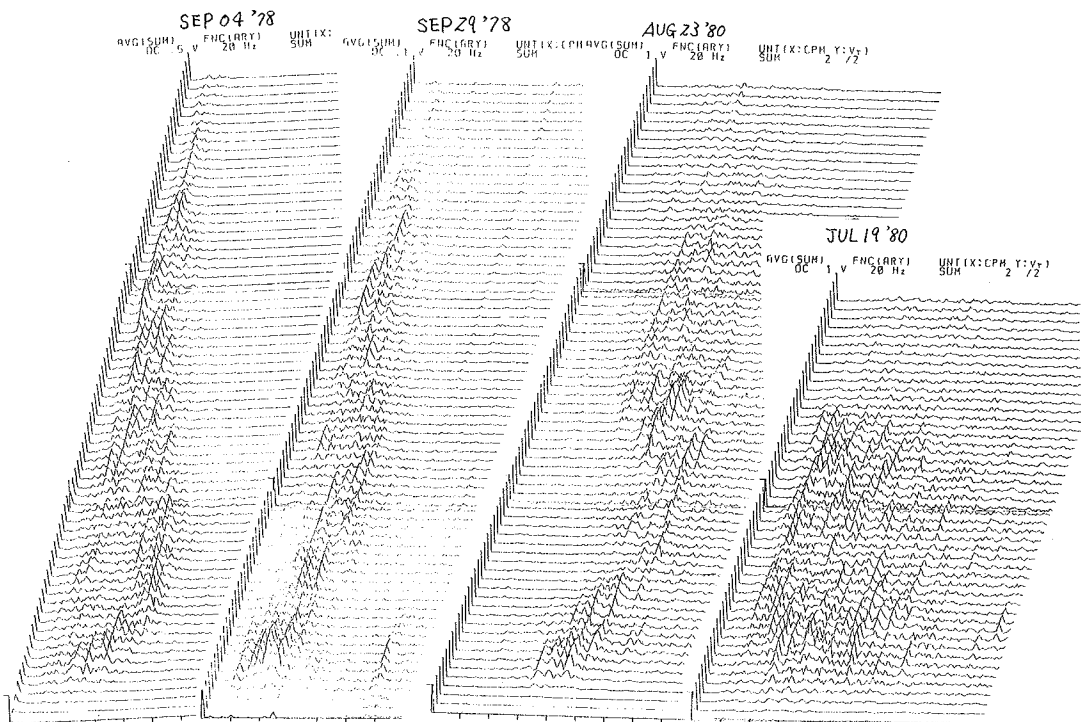


図1 空間フィルタ出力電気信号の連続スペクトル解析結果

文献

- (1) 奥田, 他: 「土石流調査関係資料集」I-10 松砂防 (2) 小川, 他: 新砂防 投稿予定
 (3) 堤: 「空間フィルタを用いた距離・速度センサ」日本機械学会誌, 82, 2/2(79) (4) 小川, 他: 電気学会支会用・視覚研資料 LAV-83-5