

# Proposal of two-point seismic observation for detecting weak signal

\*Shigeki Horiuchi<sup>1</sup>, Aitaro Kato<sup>2</sup>

1. Home Seismometer Corporation, 2. Univ.Tokyo

**1. はじめに** 地震計を地表に設置した場合と、地下深部に設置した場合の違いは、ノイズの発生源から離れているか否かである。地震計を地表に設置すると、観測される波形に、風雨や人工的ノイズの混入が避けられない。しかし、センサー近傍で発生するノイズを除去することができれば、地表設置のセンサーでも、地下深部に設置した地震計と同程度に高精度の観測データが得られる可能性がある。本発表では、数mから数10m離れた2地点にセンサーを設置し、2点の観測波形のconvolutionを連続的に計算（以下convolution波形と呼ぶ）すると、convolution波形には、センサー近傍で発生するノイズがほぼ含まれなくなり、到着時刻の読み取りや、地下構造推定に適した記録が得られることについて述べる。

**2. Convolution波形の計算法** 数mから数10m離れたA点、B点の2カ所に地震計が設置されているとする。A点の地震計では、A点の近傍に発生源を持つノイズの振幅は大きい。しかし、両者の設置位置が離れていることから、B点の近傍で発生するノイズの振幅は小さい。B点でも、同様である。また、ノイズの発生源が異なることから、両者の波形の相関は低いと考えられる。一方、地震は、地下深部で発生することから、両観測点での波形は、到着時刻の僅かな差はあっても、相関は高いと思われる。

A点、B点の地震計で観測されるとノイズ波形と、地震波形を分離して  $Ua(t)=Na(t)+Sa(t)$ 、 $Ub(t)=Nb(t)+Sb(t)$  と表す。ここに、 $Na(t)$ 、 $Nb(t)$ は、A点、B点でのノイズ波形  $Sa(t)$ 、 $Sb(t)$ は、地震波形である。 $Ua(t)$ と $Ub(t)$ との区間長  $w$  のconvolutionは、因果律を満足するよう積分範囲を変更して表すと、

$$f(t,p)=\int_{t-w}^t ua(T)Ub(T-p)dT \quad (1)$$

と表せる。地震によるP波がA点に到着する時刻と、B点に到着する時刻との差の最大値を  $\Delta t$  とすると、 $p$  を  $-\Delta t$  から  $\Delta t$  まで変動させた場合の  $f(t,p)$  の最大値は、

$$G(t)=\max\{f(t,p)\}, \quad -\Delta t < p < \Delta t \quad (2)$$

と表される。本報告のconvolution波形とは、 $G(t)$  のことである。簡単のため、A点、B点でのノイズとノイズ、地震波とノイズの相関は0、地震波の相関は1であると仮定すると

$$G(t)=\int_{t-w}^t Sa(T)^2 dT \quad (3)$$

と表される。(3)式は、ノイズとノイズとの相関、地震波とノイズとの相関が低ければ、convolution波形は、センサーの近傍で発生するノイズを含まないことを示している。

**3. 結果** 加藤(2018)による熊本での1000点のアレイ観測データを用いて、convolution波形の有効性について調べた。図1に熊本でのアレイ観測のconvolution波形と生波形との比較が示す。Convolution波形は、S/Nが極めて高く、到着時刻の読み取りに適している。また、convolution波形は、コヒーレントな位相が到来すると、振幅が大きくなる性質があることから、反射法探査の解析にも利用できるものと期待される。

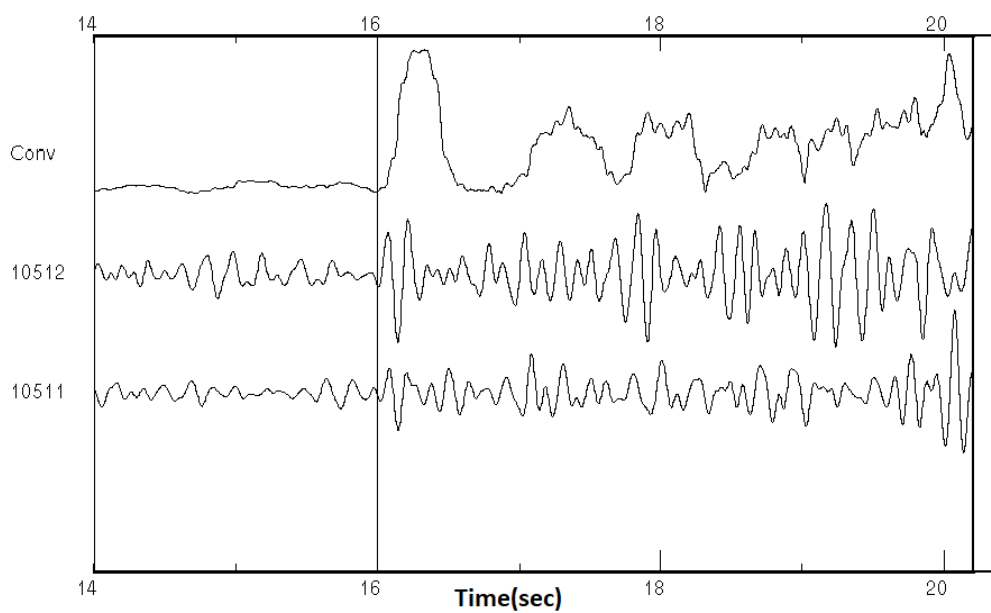


図1. 隣接する2観測点(10511,10512)で記録された地震のP波部分の波形と、そのConvolution波形