

## 地震波の振幅の統計分布に着目した初動検出方法の開発

大島光貴(清水建設)、竹中博士(岡山大学)

### 要旨

地震波形からP波、S波の到達時刻を読み取ることは、地震学や地震工学の基礎をなす重要な作業である。P波、S波の読み取り精度は、震源決定、地震波トモグラフィー、人工地震探査等の結果の精度を左右する。また、ハイブリッド法により強震動予測を行う際、差分法等による計算波形と統計的グリーン関数法による計算波形のタイミングを合わせる必要があるが、このとき差分法等による計算波形のS波の到着時刻の読み取りが不正確であると、予測地震動が過小となる恐れがある。

これまでに、さまざまなP波、S波の読み取り技術が提案されてきた。地震波形は、地震の規模やメカニズム、震源と観測点の位置関係などにより著しく変化する。様々な方法が存在することで、多様な地震波形記録に対応することができるため、新たな読み取り方法の開発は意義がある。

本研究では、地震波形の振幅の統計分布に基づいて地震波形中の直達P波、直達S波の到達時刻を検出する新たな方法を開発した。提案手法では、地震波形中の各部の振幅の統計分布(確率密度関数)と、コーダ波などのランダム性の高い波の振幅分布であるRayleigh分布やGauss分布の確率密度関数との違いの大きさを計算することにより、P波およびS波の到達時刻を求める。より具体的には、タイムウィンドウを移動させながら地震波形の各部分の振幅の確率密度関数とRayleigh分布、Gauss分布との違いの大きさをKullback-Leibler情報量によって定量化し、Kullback-Leibler情報量が極大値をとる(地震波形の振幅の確率密度関数がRayleigh分布やGauss分布から著しく逸脱している)時刻を、直達P波あるいは直達S波の到着時刻として検出する。Rayleigh分布は地震学においてはコーダ波の絶対振幅分布を表現するものとして、電気通信工学においては様々な方向からランダムに波が入射するRayleighフェージングを表現するものとして利用されている。また、コーダ波は様々な場所で散乱された地震波群が足し合わされてきたものであることを考えると、その振幅分布は中心極限定理からGauss分布に従うことが予想される。これらを踏まえ、本研究ではRayleigh分布およびGauss分布を用いた。

提案手法を2016年熊本地震の一連の地震活動の近地(～100km)の地震波形記録を用いてテストしたところ、P波について約1500個の地震波形のうち約8割を誤差±0.1秒以内で到着時刻を読み取ることができ、S波について約1400個の地震波形のうち約5割を誤差±0.2秒以内で到着時刻を読み取ることができた。読み取ることができたものについて、P波、S波の読み取り誤差の絶対値の平均は、それぞれ $2.7E-02$  (s)、 $7.4E-02$  (s)であった。

本手法は、統計的アプローチにより直達P波・S波の到着時刻を読み取ることができるシンプルな手法である。