

地震波の特徴を考慮した簡単で高精度の P 波到着時刻自動読み取り方法について

Method of high accuracy and short computing time automatic P wave Picking with taking into account the waveform characteristic

堀内 茂木[1]; 上村 彩[1]; 中村 佳代子[1]
Shigeki Horiuchi[1]; Aya Kamimura[1]; Kayoko Nakamura[1]

[1] 防災科研
[1] NIED

1. はじめに 防災科学技術研究所では、大きい地震が発生した際、即時的に震源決定し、震源パラメータを S 波主要動到着前に提供するためのシステム開発を行っている。このシステムは 2002 年 7 月より試験運用され、毎日 10 数個の即時震源を決定し、神奈川県藤沢市にデータ提供している。また、気象庁、東京大学との共同研究の一環で、処理結果を大学衛星システム (DVB) を利用して打ち上げている。このシステムは、P 波到着時刻、未着時刻 (着未着法) を用いて震源決定されているが、P 波観測点データのみを用いていることから、P 波読み取り誤差が、震源決定の誤差要因になっている。そこで、地震波の特徴を考慮した P 波到着時刻読み取り手法を開発した。

2. 方法 多くの自動震源決定システムでは、AIC を用いた自動読み取りを行っている。しかし、この方法は、統計的手法を用いるものであり、例えば、振幅の小さい Pn 波と、直前にノイズが大きくなった場合とを見分けることが難しい。人間は、ノイズの時間的変動や、周波数、多くの地震波の特徴を瞬時に考慮し、読み取りを行っている。そこで、ノイズと地震波の特徴をパラメータ化することにより、読み取るようにした。P 波の近似的な到着時刻は、イベント検出時刻から約 30 秒前より、フィルター波形のノイズ振幅の一秒平均値、振幅が大きくなった場合の継続時間と、イベント検出前のノイズレベルが低い状態の継続時間、S/N 比から推定するようにした。P 波到着時刻の正確な読み取りは、以下のように行った。地震が検出された区間、および、その前の区間の N 個からなるフィルター波形を $(F(j), j=1, N)$ とし、以下の 2 式

$$Z1(j) = Z1(j-1) + (|F(j)| - F0 \cdot r1) \quad \text{if } Z1(j) < 0 \quad Z1(j)=0 \quad (1)$$

$$Z2(j) = Z2(j-1) + (|F(j)| - (F0 \cdot r1 + (F1 - F0)/r2)) \quad \text{if } Z2(j) < 0 \quad Z2(j)=0 \quad (2)$$

を定義する。ここに $r1, r2$ は定数で、それぞれ 1.5, 5 とした、 $F0, F1$ は、トリガー時刻の数秒前までの数秒間、及び、トリガー時刻より後の区間の、フィルター波形の絶対値の平均振幅である。そして、(1), (2) 式で、 $(Z1(j) > F0 \cdot r1, j=j1+1, N)$, $(Z2(j) > F0 \cdot r1 + (F1 - F0)/r2, j=j2+1, N)$ 、となる $j1, j2$ を求め、 $j1$ と $j2$ とがほぼ等しい場合 (時間差に換算して 0.1 秒程度以内) は、 $j1$ で解であるとする。違いがある場合は、解は、 $j1$ か $j2$ であるとし、 $j1$ 迄、 $j1$ から $j2$ 、 $j2$ の後の 3 区間について、それぞれの平均的振幅、および振幅比を利用し、 $j1$ か $j2$ を決定するようにした。上記各パラメータの決定は、多くの処理結果を見て修正し、再計算し、再チェックすることにより決定した。

3. 結果 この手法で P 波到着時刻を読み取るようにしたことにより、P 波読み取り精度が著しく向上し、読み取りが行われる観測点数が増加した。人間が読み取った到着時刻とこの手法による読み取り値を比較したところ、約 85% は 0.1 秒以内で、93% は 0.2 秒以内、97% は 0.4 秒以内で行われることが示された。また、一秒以上の違いがあるものは約 1% であり、従来の手法に比べ、著しく高精度の読み取りが行えることが示された。この手法は計算が極めて容易で、精度が高いことから、即時地震情報提供システムでの利用に適している。