

人間と同程度に高精度な地震波自動読み取りシステムの開発 (2)

Automatic arrival time picking as accurate as picking by a seismologist (2)

堀内 茂木^{1*}, 堀内優子¹, 飯尾能久², 酒井真一³, 桑原保人⁴, 今西 和俊⁴, 中村洋光⁵

Shigeki Horiuchi^{1*}, Y.Horiuchi¹, Y.Iio², S.Sakai³, Y.Kuwahara⁴, K.Imanishi⁴, H.Nakamura⁵

¹ホームサイスマメータ, ²京都大学防災研究所, ³東京大学地震研究所, ⁴産業技術総合研究所, ⁵防災科学技術研究所

¹Home seismometer, ²DPER, Kyoto Univ., ³ERI, Univ. Tokyo, ⁴AIST, ⁵NIED

1.はじめに インターネットが広く普及し、安価な観測装置が開発されたことで、地震観測点数を現在の10倍程度に増やすことも可能であると思われる。しかし、観測点数が増えると、オペレータが読み取りを行うことは困難になる。このため、P波とS波とを極めて正確に読み取ることができる自動処理システムの開発が不可欠である。我々は、前回の報告(2009)で、地震の専門家のノウハウを組み込んだ自動処理システムの開発を行った。開発は、長野県西部で観測された10KHzサンプルデータを用いて行った。オペレータによる約7万6千個のP波の読み取り値と、自動処理のそれとを比較した結果、両者の読み取り値の差は、95%が4m秒以下であることが示された。同じ地震について震源決定した場合の平均的残差は、オペレータが0.0043秒、自動処理が0.0047秒、読み取り点数は、25.42個と25.56個であった。これらの結果は、専門家の読み取りに関するノウハウを組み込むことにより、高精度のP波、S波自動読み取りプログラムの開発が可能であることを示している。本報告では、100Hzから250Hzサンプリングのデータを用いた自動読み取りシステムの開発を行った。

2.方法 地震の専門家やオペレータが到着時刻を読み取る場合、ノイズや地震波の特徴、震源決定した場合の走時残差を総合的に判断している。P波読み取りは前回の報告と同様に、ノイズに比べ、振幅が大きくなる位置を、最大10個まで選び、到着時刻の候補とした。各候補について、S/N比、時間差、卓越周波数、振幅の時間変化に関するパラメータを求め、候補の中でどれが適切であるかを判定するようにした。この判断は、約100個の閾値と、それを利用して判断するための複数のアルゴリズムを用いて行っている。

S波の読み取りは、ローテーション成分を用いるようにし、P波の場合と同様に、候補の中から、一つの候補を選ぶようにした。特に、S波の場合は、P波に比べS/Nが低く、地表付近からのSP変換波も到来する。このため、地震の専門家でも、初動に対応する位相がどれであるかを正確に判断することが難しい場合が多い。そこで、読み取り終了後、震源決定を行い、最終的に選んだ到着時刻の候補に比べ、走時残差が小さく、かつ、候補を変更できると判断できる候補が存在する場合は、残差の小さい候補に変更するようにした。

4.結果 地震研究所では、業者に読み取りの委託を行う場合、業者が読み取りの技術的能力を有するかの判断を行うための試験を行っている。ここでは、このデータを用いて、開発を行った。地震の波形データは15個で、11個は震源(発破を含む)が決定され、残りは、ノイズや遠地地震で震源決定できないものである。自動震源決定では、11個が正しく決定できた。P波の読み取り値の差は約95%が0.00~0.04秒以内で、差が負になるのは、1.6%であった。立ち上がりが大変明瞭な位相では、大部分の自動処理の読み取りは0.02秒遅れていた。著者がチェックした結果では、自動処理の読み取りの方が正しいように思われた。

試験に用いたデータの人間の読み取りは、S/Nが大変低いものも含まれている。自動読み取りも、S/Nの低いデータを読み取るよう設定した。5%の読み取りが、0.04秒より大きい原因は、

S/Nの低いデータの低い読み取りに原因していると思われる。S波の読み取り値の差は、20%が±0.1秒以上であった。今後、長野県西部や、跡津川断層周辺でのデータも利用し、S波読み取りの高精度化のためのパラメータチューニングやアルゴリズムの追加を行う予定である。

キーワード:自動読み取り, P波、S波到着時刻,震源決定,専門家のノウハウ,高精度,
100Hzサンプリングデータ

Keywords: automatic picking, P and S wave arrival times, hypocenter location, know-how, accurate,
100Hz sampling data