

地震動即時予測への速度計の活用可能性の検証：強震観測時の Hi-net 波形の解析

小寺 祐貴 (気象庁気象研究所)

1. はじめに

地震動即時予測を迅速化させるためには、できるだけ多くの観測点を活用することが効果的である。現行の気象庁の緊急地震速報システム (EPOS5) では、主要なアルゴリズムとして IPF 法 (溜瀧・他, 2014) や PLUM 法 (Kodera et al., 2018) が採用されているが、現在これらは気象庁観測点のみで運用されている。一方で、EPOS5 には Hi-net 観測点 (高感度速度計) の波形データがリアルタイム伝送されているため、これらの観測データを IPF 法や PLUM 法の入力として与えることは、システム設計上は比較的容易に行える。従って、Hi-net 観測点のデータが IPF 法や PLUM 法内部の予測計算において活用可能であることを示せば、実際に同データを両手法に取り込むことで、更なる迅速化が見込めるだろう。

高感度速度計である Hi-net 観測点を地震動即時予測に取り込む際に問題となるのは、強震動入力時における速度波形の飽和 (汐見・他, 2005; 山田・他, 2014) である。特に、IPF 法や PLUM 法への活用を考える上では、強震入力時にどのような変位振幅やリアルタイム震度が計算され得るか、その特徴を把握する必要がある。本研究では、①Hi-net 速度波形から変位振幅やリアルタイム震度を計算するためのフィルタの設計、および②強震観測時における KiK-net 観測点と Hi-net 観測点の直接比較、を行うことで、Hi-net 速度計から計算される変位振幅やリアルタイム震度の振る舞いを調査した。

2. フィルタの設計

Hi-net 速度波形からの変位振幅やリアルタイム震度の計算は、次の順序で実施した：

- (1) 速度波形に対し、20 秒のハイパスフィルタを適用 (バターワース特性・4 次)
- (2) (1)の出力に対し、計器特性除去および加速度変換のフィルタを適用 (伝達関数 $(s^2 + 2h_v\omega_{0v}s + \omega_{0v}^2)/s$ を双一次変換したフィルタ。 $h_v = 0.707$, $\omega_{0v} = 2\pi$)
- (3) (2)の出力に対し、6 秒変位 (気象庁変位計相当) やリアルタイム震度 (功刀・他, 2013) などのフィルタを適用。 (気象庁観測点 (加速度計) に対して行っている処理と同じ操作を行う。)

冒頭(1)の 20 秒のハイパスフィルタは、(2)のフィルタが低周波に対して発散するフィルタであるため、計算を安定化させる目的で使用している。

3. KiK-net 観測点との比較

2003 年十勝沖地震、2011 年東北地方太平洋沖地震、2018 年北海道胆振東部地震に対し、Hi-net 速度波形から 6 秒変位振幅 (3 成分合成) およびリアルタイム震度の最大値を計算し、同じ位置に設置してある KiK-net 加速度波形から計算したものと比較を行った (図 1)。

いずれの地震に対しても、変位振幅は 3.0~6.0 cm 付近で頭打ちとなる様子が確認できた。これは、震源深さ $d = 10$ km、震央距離 $\Delta = 0$ km の場合、P 相 M で 7.1~7.5、全相 M

で 6.2~6.6 程度に相当し、 $d = 10$ km, 震央距離 $\Delta = 10$ km の場合、P 相 M で 7.3~7.7, 全相 M で 6.4~6.8 程度に相当する。

リアルタイム震度については、3.5~4.0 付近から過小評価傾向となるが、明瞭な頭打ちは見られなかった。また、真値からのずれは概ね ± 0.5 の範囲内であった。

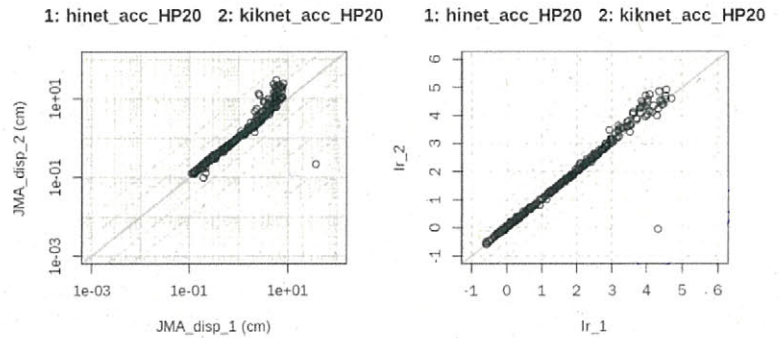
4. 考察：緊急地震速報での活用方法について

(IPF 法への活用) Hi-net を用いて内陸地震の M 推定を行った場合、震源近傍では過小評価となる可能性があるが、当該地震が M6~7 以上かどうかまでは推定できる見込みがある。M6 以上の内陸地震であれば予測震度は 5 弱を超えるため、Hi-net の推定値をそのまま用いたとしても、警報発表基準を超えるかどうかの判断は早められる可能性がある。

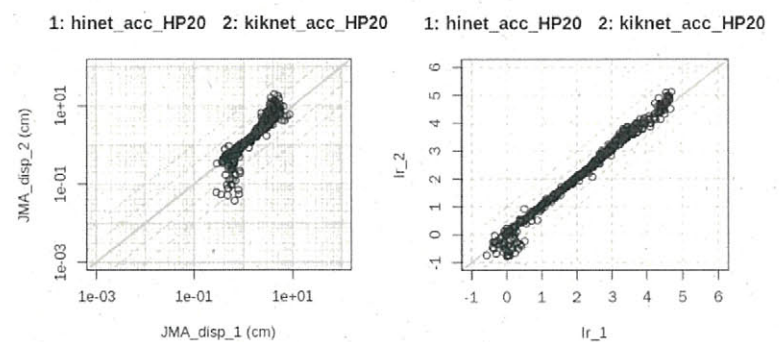
(PLUM 法への活用) Hi-net を用いてリアルタイム震度の計算を行った場合、震度 4 以上から過小評価が生じる可能性があるが、真値とのずれはあまり大きくなく、明瞭な頭打ちも見られないため、強震動時も比較的良好な精度（概ね ± 0.5 の範囲）で観測リアルタイム震度を計算できる。従って、Hi-net によるリアルタイム震度からでも、震度 5 弱以上を予測して警報発表することは可能だと思われる。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所の Hi-net および KiK-net の観測波形を使用しました。

(a) 2003年十勝沖地震



(b) 2011年東北地方太平洋沖地震



(c) 2018年北海道胆振東部地震

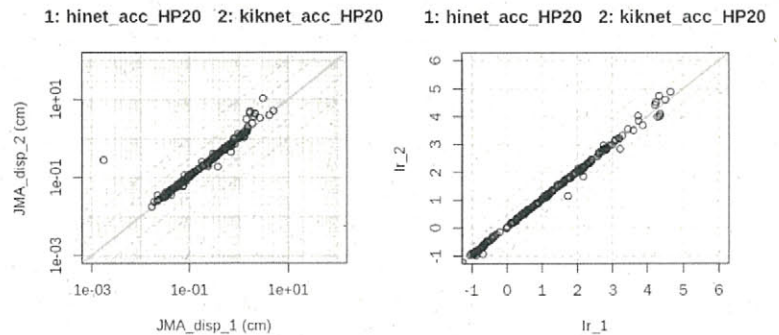


図 1：Hi-net 観測点および KiK-net 観測点における 6 秒変位振幅（3 成分合成）およびリアルタイム震度の最大値の比較。左側の図が変位、右側の図がリアルタイム震度の比較であり、横軸が Hi-net からの計算値、縦軸が KiK-net からの計算値を示す。20 秒のハイパスフィルタの影響を除去するため、KiK-net 加速度波形にも 20 秒のハイパスフィルタを適用した上で計算している。