

Matching filter法に基づく微小地震データベース構築

澤崎 郁 (防災科学技術研究所)

はじめに

大地震直後の余震が多発する時期には微小地震の検出率が低下することが報告されている。現在、手動による P、S 波到達時刻の検知に基づく震源決定が行われているが、東北地震以降の地震活動の活発化のため、検出レベルは同地震以前の水準に戻っていない。今後、S-net のデータの蓄積に伴い海域における地震の検出にも多大な労力が割かれることが予想され、従来の手動検測に基づく震源決定法を使い続けることには限界がある。簡便な地震検出手法として最近注目されているのは、地震波形の相似性を用いてごく微小な地震を検出する Matching Filter (MF) 法である (例えば Enescu et al., 2007)。通常の震源決定を行うには 4 点以上で P 波初動時刻を検知する必要があるが、MF 法では 1 点で相関係数が高い波形が確認されればそれを地震発生とみなす。相関係数が高い波形ペアは、両者の震源位置、巨視的な震源メカニズム、伝播経路が似通っていることを意味するため、片方の震源情報が既知の場合、相関が高いもう片方の波形の震源情報もほぼ同じであると考えられる。

本研究では、すでに気象庁一元化震源に情報がある地震の波形をテンプレートとして用い、Hi-net 連続記録に MF 法を適用し、一元化震源に記載のない微小地震の検出を試みる。

テンプレート波形選択

以下の条件を満たす地震、観測点の波形をテンプレート波形とする。

1. 気象庁一元化震源に記載がある地震で、 $M_j 2.0$ 以下
2. 最寄りの Hi-net 観測点までの震央距離が 10km 以下
3. 震源深さ 20km 以浅
4. 最寄り Hi-net 観測点 1 点での 3-30Hz 帯域の上下動記録使用
5. P 波検知時刻から 2 秒間を使用
6. テンプレート波形の平均振幅は、P 波検知前 2 秒間の平均振幅の 10 倍以上

以上の条件を満たす地震は、2000 年 10 月 1 日から 2014 年 6 月 30 日までに全国で 305,053 個選択された。その分布を図 1 に示す。ほぼ全ての Hi-net 観測点 (756 点) で 1 個以上のテンプレート波形が選択されている。

相関係数の計算

テンプレート波形 u_{mp} と時刻 $j\Delta t$ における Hi-net 連続波形 u_{cnt} との相関係数 C_j は

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{mp,i} u_{cnt,j+i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N u_{mp,i}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N u_{cnt,j+i}^2}} \quad (1)$$

と計算できる。ここで Δt は Hi-net システムのサンプリング間隔 0.01 秒であり、 N はテンプレート波形のデータ数 200 である。1 つのテンプレート波形につき、(1) の計算を 14 年分行う。計算時間の短縮のため、連続波形の最大振幅をその直前 2 秒間の平均振幅で除した値 (S/N) が 5 以上のトレースについてのみ、(1) の計算を行う。相関係数が 0.8 以上となった場合、相関係数とその発生時刻、最大振幅、および S/N を保存する。検出した波形は地震波形の候補であり、実際に地震起源であるか否かの判別にはより厳しい基準を設ける必要がある。

暫定結果、今後の展望

現時点では、約 5 年分の計算が終了している。2000 年 10 月から 12 月にかけての相似波形検出状況を図 2

に示す。同時期における気象庁一元化震源の個数と比較し、数倍以上の相似波形を検出している。10月6日に発生した鳥取県西部地震以降は検出数が急増する。図3に鳥取県西部地震の震源域周辺での検出個数分布を示す。ただし相関係数 0.9 以上のみを対象としている。最寄り観測点(三角)の東側に横に連なる領域において特に多くの相似波形が検出されており、この領域で繰り返し破壊を起こす何らかのメカニズムが働いていることが示唆される。

今後、より厳しい条件のもとで精選した相似波形を用い、最大振幅からマグニチュードを決め、微小地震カタログを完成させる。このカタログは様々な目的に用いられることが期待される。例えば断層面における積算すべり分布のマッピング(例えば Igarashi et al., 2003)や、速度の時間変化モニタリング(例えば Rubinstein and Beroza, 2004)などに使用できると考えられる。

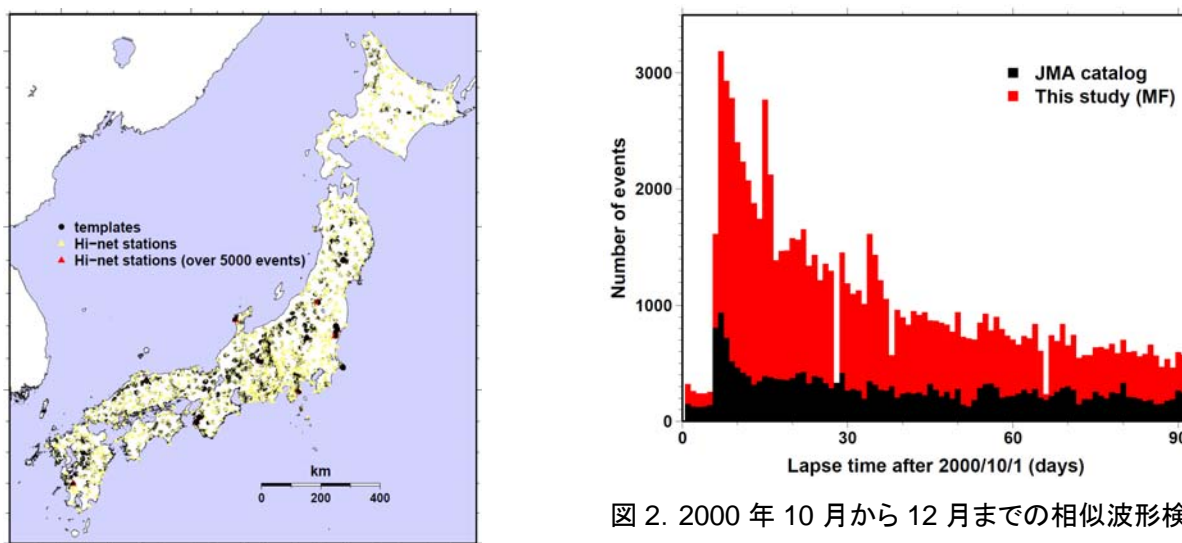


図 2. 2000 年 10 月から 12 月までの相似波形検出状況。(黒)気象庁一元化震源個数、(赤)本研究での相似波形検出個数。

図 1. 使用した観測点とプレート地震。

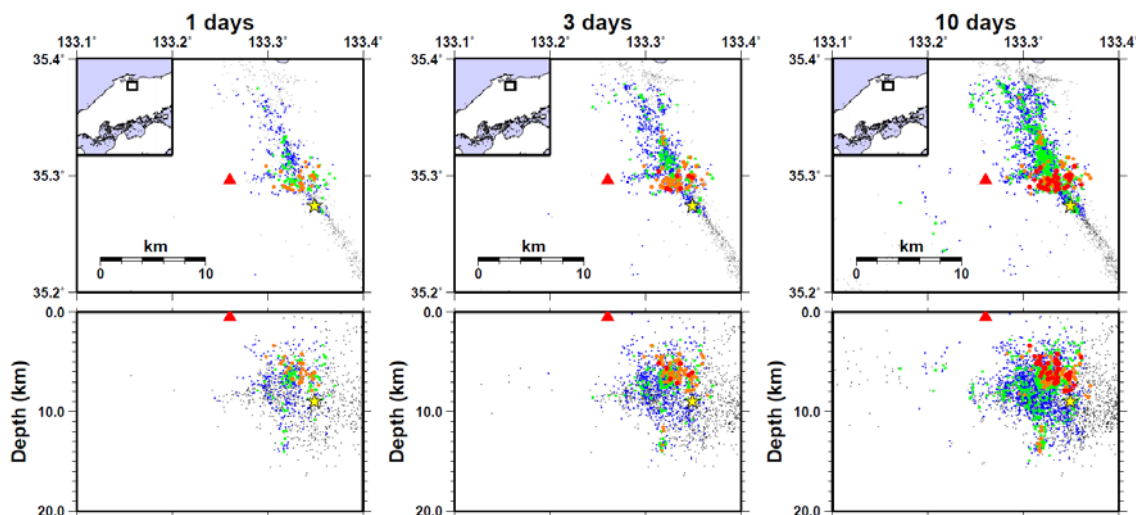


図 3. 2000 年鳥取県西部地震後の相似波形(相関係数 0.9 以上)検出個数分布。震源位置は気象庁一元化震源記載のプレート地震の位置と一致させている。三角印は最寄り観測点 N.HKTH の位置を示す。色は検出した相似波形の数を表し、青:1個、緑:2-5個、橙:6-20個、赤:21個以上である。

謝辞: 本研究は科研費研究課題「高感度連続地動解析に基づく前震活動モニタリング」(課題番号 30707170)の支援を受けています。