

高密度観測網(自治体震度計)の秒パケットデータを活用した EEW の高精度・迅速化 —kikNET (NIED) データによる震源項、経路項、サイト項の評価・面的 P 波予測— 神定 健二・篠原 芳紀・高橋 功 (高見沢サイバネティックス)

<はじめに> 発生時刻・場所・規模等の要素を特定した地震予知が可能ならば、地震防災対策はほぼ完璧になしうるであろう。しかしながら、要素を特定した地震予知は残念ながら現時点では不可能であるため、地震発生後に現代発展を遂げているテクノロジーを駆使し、データ収集・解析等を行い、地震学的に明確にされている知識に基づいて即時推定した要素に基づいて発信された警報により、電車・自動車・エレベータ等の自動管制、人的被害の軽減行動を促すことが重要である。地震波の伝播は強震動をもたらす主要動(横波・振じれ波、平均伝播速度 3.5 km)の前に P 波(初期微動と呼ばれる縦波(平均速度約 6 km/sec.))が出現する。地震被害をもたらす横波の到達前に P 波を用いて発生した地震の要素を推定することが重要であるといえる。しかしながら、P 波予測による強震動予測は震源と観測点間距離によりその猶予時間(P, S 時間 = 距離(X) / S 波速度 - 距離(X) / P 波速度)が(1~6 秒程度と限定される。

<高密度観測網による強震動予測> 観測される地震波のスペクトル振幅($W(\omega)$)は震源項($O(\omega)$) × 経路項($P(\omega)$) × サイト項($S(\omega)$)によって表現される。また、地震波検出時間および信号処理時間による遅延により定義される“ブラインドゾーン”(Kuyuk & Allen, 2014)のない強震動予測を実現するためには、観測点間隔は対象とする地震波の伝播速度と同等ないしはそれ以下の距離が要求されることは自明の理であり、各種判定も信号入力と同時に進めなければならない。そこで、1995 年の阪神・淡路大震災後に整備された全国の自治体震度計に着目すると、その数は 2,900 を数え、日本の国土総面積 38 万平方 km から森林部 25 万平方 km を除いた 13 万平方 km に均等に配置されたとしても約 4 km に 1 台の計測震度計が設置されていることになる。これは各自治体が運営する計測震度計観測網が地震の P 波を瞬時に面的に捉えることを可能とする高密度な観測網であることを示している。

<想定、首都直下地震のシミュレーション> さらに、東京都の場合は観測点間、距離は 2 km 前後を示す。そこで、この高密度観測網により捉えられた 2015 年 09 月 12 日 05 時 49 分 東京湾 M5.3 h=57km の地震データ(sk-net, 収録, ERI)を ω^2 (omega square) source model により M7.3 にシミュレートし、観測された振幅を J-SHIS, NIED) の表層増幅率により、工学基盤での震度を求め、さらにその震度から、J-SHIS 500m メッシュ表層増幅率の面的表層震度をリアルタイムに表示するとともに、最大値でホールドした最大震度分布図を示す。また、震源での S/P 波の理論振幅比 5 倍を用いた、上下動成分(P 波)1~3 秒入射後の面的震度分布は前記最大分布図とほぼ同様な面的分布を示し、P 波予測の有効性を示す。

<2016 熊本県地震> 2016 年熊本県地震について、4 月 16 日 01 時 25 分に発生したいわゆる本震と云われる M7.3 の地震について、熊本県の管理する自治体震度計データ(気象庁ホームページ)を用いてシミュレーションを 1 km メッシュについて行った。熊本地震は地殻内浅部を震源とする、いわゆる内陸直下型地震であり、その被害は震央付近に集中し、現に死者 273 人負傷者 2809 人を数えた。これまでに示してきたような強震動予測が震源要素を求めなくとも、高密度観測網秒パケットデータの振幅を表層増幅率から工学基盤での震度を求め、再度 1 km (500m) メッシュの面的震度分布で表示することにより、また P 波振幅

の5倍を工学基盤への入射S波振幅として、地表震度を面的に求める、いわゆるP波検知はブラインドゾーン無しに強震動要則を実現可能なこと示した。高密度観測網データは振幅分布から強震動予測を可能にすると同時にアレイデータ処理をすることにより、発生位置・深さの情報も得ることが可能である。

〈気象庁による緊急地震速報〉 2007年11月から、気象庁は緊急地震速報の配信を始め、改良を重ねながら情報配信を続けているが、いくつかの問題点をかかえている。

- 1) 既設の震源決定用の平均20kmの観測網により、震源要素（位置・深さ・M）を求めた後に各地の震度を推定し、特別警報・警報・予報に分類して情報配信を行っているため、震源決定のためのP波検出に平均4秒、震度判定に4秒と計平均8秒を費やしているため、すべての警報で30~40kmほどのブラインドゾーンを有している
- 2) 現状では、震度5弱以上の観測点の検出を持って、震度4以上が推定される地域に情報配信しているがその閾値の裁定が明確でないため、5弱が出現しても情報が出ない、震度5弱の地域を含まない場合にも情報発信しているケースがみられる。
- 3) さらに問題なのが“地震（地震動）”震度6弱以上のおおきさの地震動が予想される場合、**（緊急地震速報（震度6弱以上）を特別警報に位置付ける）**と明記していることです。下記*で特別警報の位置づけを述べ、7年前からその運用を開始していると述べていますが、その実態はありません。震度6弱以上を判定したら特別警報を発信するとありますが、警報と異なる信号が用意されているのでしょうか？大雨・大津波のような警報・特別警報と異なり、地震の場合は、その発令から事象発生までが僅か数秒と切迫しており、明確な判断基準に基づいた迅速な発表でなければならない。

*「特別警報」とは、警報の発表基準をはるかに超える大雨や、大津波等が予想され、重大な災害の起こるおそれが著しく高まっている場合に発表し、最大級の警戒を呼びかけるものであり、気象庁では、平成25年（2013年）8月30日から運用しています。

〈震源項・経路項・サイト項の精査で震度推定の精度向上を〉 観測点間平均距離20kmの観測網の使用のため地震波検知に4秒ほど費やしてしまっているが、IPFフィルタの採用等により、震源位置・深さの精度は±1km、Mについてもかなりの精度で推定されている。問題は各地の震度の推定法に問題があると推定される。そこで、M7.3~M5クラスの地震が同一地域で、同様なメカニズムで多発した一連の熊本地震について震源項・経路項・サイト項を精査するため、震源距離0kmから100km内に位置するkik-net(NIED)の地表および地下データについて調査した。本来ならばそのスペクトル振幅で議論すべきところではあるが、緊急地震速報という即時的な利用目的から最大振幅での調査にとどめた。震源項としては主としてMごとの工学基盤への入力振幅を求めるため、震源距離20km以内のkik-netの地中データ振幅とMの関係を求めた。経路項については工学基盤での距離減衰を求めるため、地中データから求められた震度データと震源距離の関係を求めた。表層増幅率は地中と地表データの水平最大振幅の比を求め、各イベントの観測点毎の平均から求めた。またP波振幅の5倍と地中データの相関についても調査した。本調査結果に基づいて、発生地震の震央から100km程度範囲内の震度観測点の震度を求めることにより、迅速な確認が可能となる。再度の確認となるが、地震（地震動）情報は大雨・大津波とは異なり発信後秒を争う対応が求められるため、正確な情報配信と迅速な防災対応が重要なことなのです！。