

早期地震検知における震央距離とマグニチュードの新しい推定法（1）原理

A New Method of Estimating Epicentral Distance and Magnitude for Early Earthquake Detection (1) Principle

小高 俊一[1], 芦谷 公稔[1], 東田 進也[1], 佐藤 新二[1], 大竹 和生[2], 野坂 大輔[3]

Toshikazu Odaka[1], Kimitoshi Ashiya[1], Shin'ya Tsukada[1], Shinji Sato[1], Kazuo Ohtake[2], Daisuke Nozaka[3]

[1] 鉄道総研, [2] 気象庁, [3] 気象庁・地震火山部

[1] RTRI, [2] JMA, [3] SVD, JMA

早期地震検知の観点から地震波初動部分の周期に着目したマグニチュード（ M ）、震央距離（ R ）の推定法が鉄道分野で提案、実用に供されているが、今回、我々は、P波初動の立ち上がりの傾斜等を利用してこれらの要素を推定する新しい方法を見出した。まず、地震波形が M 、 R や震源の深さの違いによって特徴的に変化することに注目して、初動部分（数秒間）を簡易な関数 $[Bt \cdot \exp(-At)]$ で表示し、係数 A 、 B を最小二乗法で求めた。その結果、 $\log B$ が R とよい相関を示すことが分かった。この関係から震央距離の推定が可能である。さらに、初動部の最大振幅から、通常の M の推定式と同様の式を利用してマグニチュードを算出できる。

1. はじめに

早期地震検知の観点から地震波初動部分の周期に着目した震央距離、マグニチュード（ M ）の推定法が鉄道分野で提案、実用に供されて久しい。しかし、その後他の有力な方法が提案されているという話は聞かない。

ここで云う早期検知とはP波初動の到達から数秒間の記録からの地震要素の推定を指しており、地震の大きさが破壊の初期の段階ですでに決定されているものでないとするれば、本質的な困難を伴う問題である。地震の大きさと初期破壊の関係は未だ決着を見ない問題であるが、しかし、震度の大きい地点ほど地震波初動数秒間の最大振幅が大きくなるという傾向が存在することも事実であり、数秒間という限られた時間内で地震の規模を推定することは、全ての地震に有効ということはなくとも、無意味ではないと考えられる。

今回、我々は、P波初動の波形立ち上がりの傾斜等を利用して震央距離、マグニチュードを推定する方法を見出したので報告する。

2. 方法

地震の規模の推定は最大振幅や震動継続時間で行われるのが普通であるが、これらは早期地震検知には使えず、現在までのところ、周期に着目した方法が唯一実用化されているくらいであろう。他方、初期破壊継続時間が地震の規模と関係しているという考えが提案されており、早期地震検知の観点からも興味深いはまだ確立してはいないようである。

我々は地震波初動の数秒間の波形を改めて見直し、地震の規模、震央距離などによる波形の特徴を調べた。まず、P波到達前のノイズレベルから、微小なP波初動部、そして大振幅の主要動に至るまでの波形変化の特徴を眼で捉えるために、地震波振幅の絶対値をとり波形を対数表示する（零振幅には適当な処理を行う）ことを試みた。大小地震、近距離、遠方の地震などの波形を比較した結果、マグニチュードや震央距離、地震の深さの違いによって特徴的な波形形状を示すことが分かった。

次に、上記特徴を定量化するために、波形 $V(t)$ （速度または加速度波形）に対して簡易な関数形（ $V(t) = Bt \cdot \exp(-At)$ ）を仮定し、その常用対数をとるなどの操作によって未知係数 A 、 B に対する線形化を行い、それらを最小二乗法で求めることを行った。 B は初動振幅の時間変化（傾斜角）に関する係数、 A は最大振幅に関する係数である。

3. 結果

初動部分の数秒（0.3～3秒）間の解析の結果、上記係数の A は、近距離の小地震や深い地震について特徴的に大きい値を示すことが分かった。これは、立ち上がりが急峻でその後振幅がすぐに減少することを反映している。

一方、 B に関しては、 $\log B$ が震央距離と比較的よい相関を示すことが分かった。この関係は、データのばらつきの範囲ではマグニチュードには依らないようである。この $\log B$ と R の関係から、ばらつきは大きい初動の数秒間で震央距離の推定が可能である。被害を発生するような大きな地震では2～3秒間のデータが適当なようである。これは平均化がうまく行われ、相対的にばらつきの少ない結果が得られるためと思われる。しかし、小地震以下ではさらに短い解析時間（0.3秒～0.1秒以下など M の大きさに応じて）と短いサンプリング間隔のデータが必要なようである。これは、現象が短周期成分を含み短時間に終了することに対応している。

さらに、 $\log B$ を R の代わりに用いることにより、通常のマグニチュードを求める式 $M = a \log V_{\max} + b \log R + c$ と同様の式に従って M を推定することが可能である。ここで、 V_{\max} は数秒間での最大振幅となる。また、

$\log V_{\max}$ の代わりに上記の係数 A を用いることも可能である。さらに、係数 A は小地震や深発地震の識別に有効であると思われる。

係数 B は初動部の立ち上がりの平均的な傾斜角を表しているが、実際の立ち上がり角との関係、前述の「 M に依らない」 M や の範囲、解析時間との関係、物理的な根拠、或いは、実際のデータへの適用範囲、有効性などはさらに検討を要する課題である。