

国鉄・鉄道技術研究所 正員 中村 豊
 国鉄・鉄道技術研究所 正員 斉藤明夫
 沖電気工業株式会社 正員 橋本民雄

はじめに 地震動の初動部分で大地震を検知し警報を発するためには、検知した地震動が初期微動部分（P波）なのか主要動部分（S波）なのかを識別する必要がある。P波とS波を識別する方法はこれまでにいくつか提案されているが、自動警報に組み込める程の精度と確度を持ったものは見当たらない。

ここでは上下動と水平動の振幅比に着目した新しいP-S識別法を提案する。

新しいP-S識別法 一般に地震波動はほぼ鉛直下方から入射されるため、P波が主体となる部分については上下動成分の方が大きく、S波以降の主要動部分については水平動成分の方が大きくなる。

このことを利用して上下動の振幅と水平動の振幅の比の大きさと変動でP-Sの検知と識別を行なうことを試みた。まず、この比の変化を時系列的にみるため、上下動及び水平動の自乗振幅を次のように指数平滑してから振幅比を算定した。

$$\begin{aligned} V(i\Delta t) &= Xu d^2(i\Delta t) + V(i-1)\Delta t) * \alpha \\ H(i\Delta t) &= Xns^2(i\Delta t) + Xew^2(i\Delta t) + H((i-1)\Delta t) * \alpha \\ V/H(i\Delta t) &= \text{SQRT}(V(i\Delta t)/H(i\Delta t)) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 Xud 、 Xns 及び Xew はそれぞれ上下方向、NS方向及びEW方向の振動速度振幅である。

図-1は V/H の時間変動の例を3方向成分波形とともに示したものであるが、 V/H の値は地震波初動（P波）が到来すると大きくなり、S波が到来すると小さくなる現象が明瞭に認められる。宮古観測点において観測された地震80個の内、P波部分を含む75個の地震波についての変動を見ると、85%の地震についてP波の部分で明らかに V/H が大きくなった。また、同じ80個の地震の内、S波部分を含む58個の地震波について V/H の変動を見ると、81%の地震についてS波の部分で V/H が小さくなった。残りの地震は、地震波到来前の上下成分のノイズが水平成分のノイズより大きくて波動の到着が V/H の変動では検知出来なかったものや、S波の立ち上りが不明瞭かまたはS波の部分で飽和しているものである。 V/H の値そのものについてはP波部分とS波部分とは明瞭に異なるから、波動の検知を他の方法で行なえば、検知された波動の種別を100%近い確度で識別することが出来るものと思われる。図-2は主要動で初めて地震を検知した例を示したものであるが、この部分の V/H の大きさからS波であることが判定出来る。

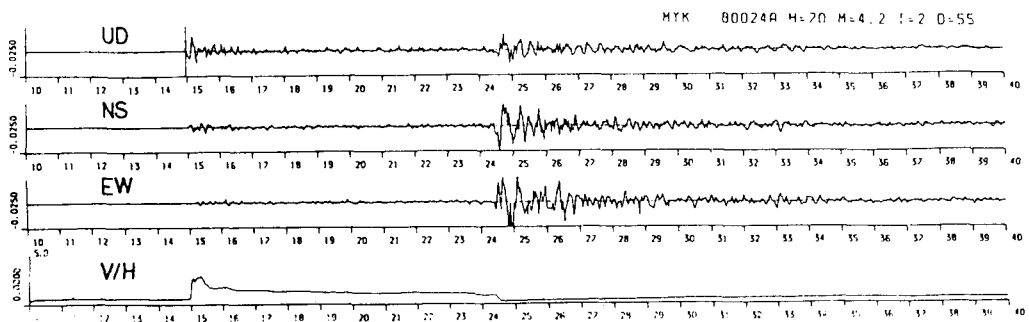


図-1 V/H の時間変動

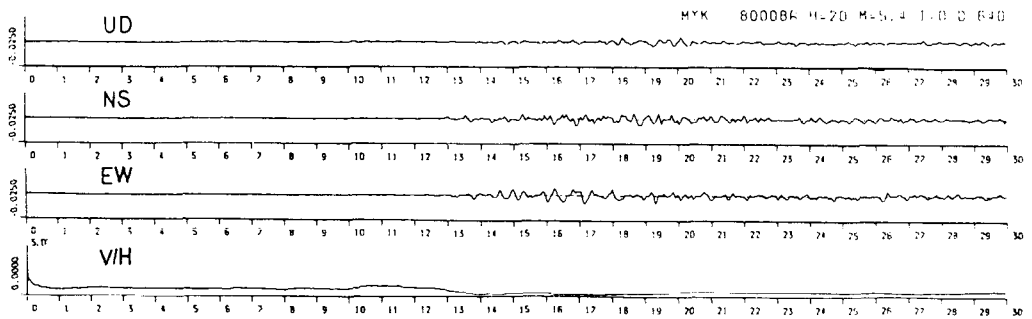


図-2 S波でトリガーのかかった地震

V/Hの最大値と震央距離・震源深さの関係

P波初動部分のV/Hの値は、震央距離 Δ に対して震源深さ h が大きい場合、一般に、図-1に見られるように大きくなる。

図-3は観測された地震波に対して計算されたV/Hの最大値と Δ/h の関係を示したものである。これによるとP波部分のV/Hの最大値は、 Δ/h が小さくなる程大きくなる傾向が認められる。またP波とS波に対するV/Hの観測値は明瞭に分離されている。

表-1のような速度構造を仮定して、P波とS波のそれぞれに対して震源から観測点へ一番早く到達する波動のみかけの入射角度を震央距離と震源深さをパラメータにして計算し、これからV/Hの理論値を求めた。

図-3中に実線で示したふたつの曲線はV/Hの理論値を Δ/h に対して示したものである。これによると、P波に対するV/Hの理論値は Δ/h の減少とともに大きく

くなり、観測値と同様の傾向を示している。また、P波とS波のそれぞれに対するV/Hの理論値は大きく隔たっておりV/Hの観測値は両者の間に挟まれている。V/Hの理論値と(1)式によって求めた観測値の相違点は、後者がV、Hの振幅として自乗振幅値を指数平滑したものの平方根を用いていることにあり、従って理論値は観測値の上下限値を与えているものと思われる。

まとめ 以上、地震波のP Sの識別にV/Hの値を利用出来ること、P波に対するV/Hの値から Δ/h のおよその値を知ることが出来ること、V/Hの値の変動で波動の検出も可能であることなどを示した。ここで述べた方法を他の検知方法と組合せて、より合理的で確度の高い警報装置の実現を図る所存である。

参考文献

- (1) 中村・斉藤・橋本：地震動早期検知警報システム、第35回土木学会年次学術講演会講演概要集I、1980。
- (2) 高山・江本・阿部・中村：地震動早期検知システムの研究 新幹線の安全のために、土木学会誌1981年5月号
- (3) 中村・斉藤：地震の早期検知警報システムの開発、第6回日本地震工学シンポジウム、1982。

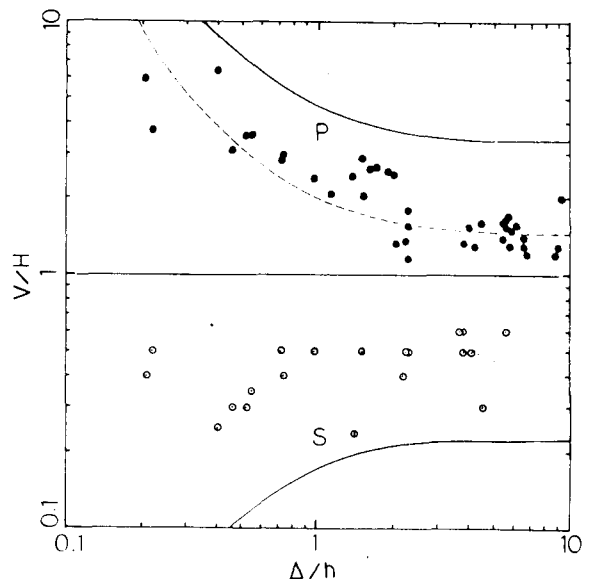


図-3 V/Hと Δ/h の関係

表-1 速度構造

層	厚	P波速度	S波速度
	km	km/s	km/s
0.2	2.0	0.82	
5.5	6.0	3.41	
10.3	6.6	3.75	
∞	8.0	4.35	