

国鉄・鉄道技術研究所 正会員 中村 豊
 国鉄・鉄道技術研究所 正会員 斉藤明夫
 沖電気工業(株) 正会員 橋本民雄

1. まえがき 国鉄では新幹線の地震対策の一つとして対震列車防護装置と呼ばれるものを設置している。これは、沿線に20～25km間隔で設置した地震計が水平地震動40gal以上を検知した場合に地震計を中心に片側20～25kmの区間を電停し、主要動到来までに出来るだけ走行中の列車を減速させ、乗客の安全を確保するものである。筆者らは、東北新幹線を対象に、この安全性をさらに向上させて営業速度の向上に対処し得るようにするため、地震検知から主要動到来までの時間(以下余裕時間という)がより多く確保できるシステムの開発を進めている。以下これについて報告する。

2. システムの基本的考え方 現在の防護装置は、警報対象の近傍において、地震動のS波部分で地震を検知している。新しいシステムでは、次の2つの方法で余裕時間の増大を図る。

①地震の検知をP波の部分で行なう ②地震計を警報対象地域より震源に近いところに設置する。

②の考えは加害性地震の震源領域があらかじめ想定されていることが前提となる。東北地方についてみれば、加害性地震の大部分は太平洋において発生しているのが太平洋沿岸ないし海底に地震計を設置することによって満たされる。検知点と警報対象域が離れているため、①において地震の検知後直ちにP波部分の情報をもとに検知地震の位置と規模の推定を行ない、警報を発する地域の特定制が行われなければならない。①、②の方法により、検知点におけるS-P時間(初期微動継続時間)、及び検知点から警報対象までの主要動伝播時間を、余裕時間に組み入れることが出来る。上記の考えを検討するための研究用モデルシステムを岩手県宮古市に設置している。

3. モデルシステム(MS)の概要 MSは、互いに約20km離れた三角網を形成する3つの地震観測点と、データ処理設備とから成る。図1はシステム設置位置を示したものである。処理に用いる波形は地動速度波形である。MSの基本機能は、地動振巾を卓越周期を用いた地震検知機能と危険の安全への判定機能である。MSには警報対象域を特定する機能は付与されていない。地震の検知時刻を波動到来時刻として震央位置やみかけの波動伝播速度を推定する機能及び地震終了後、マグニチュードを推定する機能が付加されている。

4. P波部分による震央位置及びマグニチュード推定法と推定結果 ここでは、現在のMSを実用的なシステムにするための重要な機能である震央位置及びマグニチュードの推定機能について検討する。

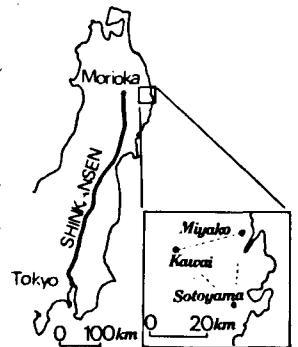


図1 モデルシステム設置位置

P波部分にもとづく震央位置の推定： P波発現時刻のみから、震源位置を決定するには、54の観測点が最低必要である。ここでは、波動の伝播速度 V_p 及び震源の深さをそれぞれ6km/sec, 40kmと仮定している。図2はMSによる推定結果と気象庁発表の震央を対比させたものである。これをみると震央位置は検知点寄りには推定されているが、その方位は発表のものとはば一致している。図3はこの方位誤差の絶対値を公表された震央方位に対してプロットしたものであるが、検知南北方の地震に対しては精度が落ちる傾向が認められる。これは、北東の地層構造の複雑な起因するものと思われる。 V_p 及び Z の仮定させると図4に示すように震央推定位置が変化する。一般に V_p や Z を小さくすると推定位置は検知点より遠くなるが、震源計算が不可能になる場合が増える。これは、 V_p , Z の仮定の適切化とともにP波発現時刻の自動読み取り精度の向上を図る必要があることを示唆している。

P波部分にもとづくマグニチュードの推定： Gutenberg-RichterによればP波部分の最大全振巾(上下動: A_{max})

をもとに次のようにしてマグニチュードが計算される。

$$m = \log(A/T) + \alpha, \quad M = 1.59m - 3.97, \quad \alpha \text{ は震央距離 } \Delta \text{ と } Z \text{ の関数, } T \text{ は最大振幅部分の周期}$$

A は速度の次元を有するため、この部分を P 波の立ち上がり部分の速度振幅 v (上下, mm/s) に置き換え、 $Z=0km$, $\Delta=222km$ と $Z=0$ を基準とした α を用いる。実体波の距離による地動振幅の減少を考慮すると、結局マグニチュードの推定式として次式が得られる。

$$M = 1.59(\log v + \log R) + 1.53, \quad R \text{ は震源距離 (ここでは } R \text{ の代わりに } \Delta \text{ を用いる。)}$$

図5はMSにより求められた μ (3点の平均) を用い、 Δ として気象庁によるもの Δ_J 及びMSによるもの Δ_M を使って算定したマグニチュード M_1 , M_2 を気象庁マグニチュード M_J と比較したものである。これによれば、 M_2 は Δ_M の推定精度が悪いので5程度で飽和しているが、正確な Δ_J を用いた M_1 は M_J と ± 0.5 程度の誤差で一致している。

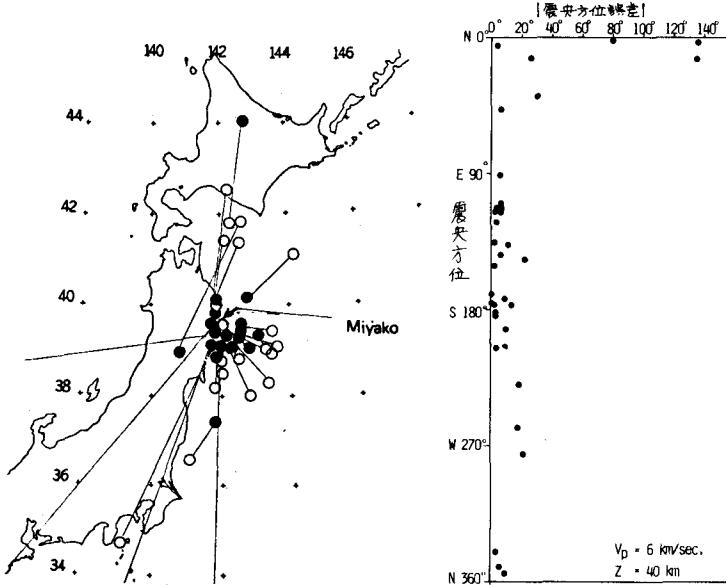


図2 震央位置推定結果と気象庁発表との対比

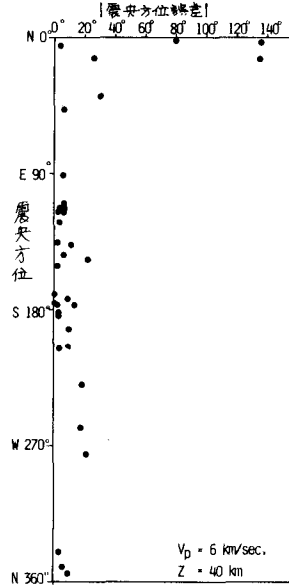


図3 震央位置誤差と震央方位の関係

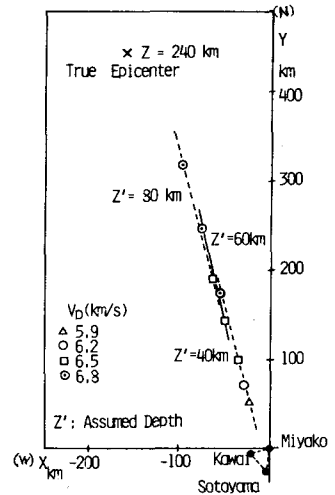


図4 V_p , Z の仮定を変化させた時の震央位置

5. まとめ 地震の発生を出来るだけ早く検知し警報するシステムが持つべき機能を検討した結果、問題は震央位置の決定精度にあることが明らかになった。決定精度の向上には次の3つの対策が考えられる。①観測点の増加②震源計算に用いる仮定の適切化③P波発現時刻の自動読み取り精度の向上。

発現時刻読み取り精度向上のため、振巾トリガー方式以外に相互相関を利用する方式についても研究を進めている。なお、在来の防護システムに②の考えを付加するため東北、上越新幹線沿いに20~25km間隔で、太平洋沿岸には80~100km間隔で地震計を展開中である。

謝辞：本研究は、元鉄道技術研究所主任研究員、藤原俊郎氏が担当していたもの^{(1),(2)}の継続であり、本研究の構想を与えられた氏に対し謝意を表する次第である。

参考文献：(1) Fujiwara, T., ; New Automatic Train Stopping System during Earthquake, 6WCEE, 1977

(2) 藤原俊郎；地震動早期検知システム(Ⅱ), 5 JEES, 1978

(3) Fujiwara, T., Nakamura, Y., ; New Automatic Train Stopping System during Earthquake (II), 7WCEE, 1980