

むつ湾地震(1976年11月)前後における地震波速度変化について*

渡 部 貢**

550.344.094

§ 1. まえがき

地震の縦波・横波の速度比 V_P/V_S が地震発生まえには通常の値から減少し、その後これがもとの値かそれ以上になったのちに地震が発生するという具体的事例がこれまでいくつか提示され、また Scholz 他がダイラタンシー・モデルを提唱して以来、短期的地震予知の立場においてこれに類する調査が目立っている。東北日本に起った近年の地震に限ってみれば、飯塚(1976)による十勝沖地震、Suyehiro (1974) による根室半島沖地震を対象に行ったものがあり¹⁾、また田中ら (1977) による1972~73年岩本山ろく群発地震²⁾もその例の1つである。

本報告では1976年11月を中心起ったむつ湾地震をとりあげ、本地震前後における V_P/V_S の時間的変化に関連して、その現われ方や異常性の有無などについて検討したものである。

Fig. 1 には本調査で対象としたむつ湾地震 (Tab. 1 参照)、及び1945年以降同湾並びに下北半島に起った浅発地震 (深さ0~40 km) の震央分布を示す。なお、むつ市に近い湾底下で、1968年1月に連続8回もの有感地

震があったとの記録(仙台管区異常気象報告第17号)があるが、震源要素が不明なため本図には示されていない。

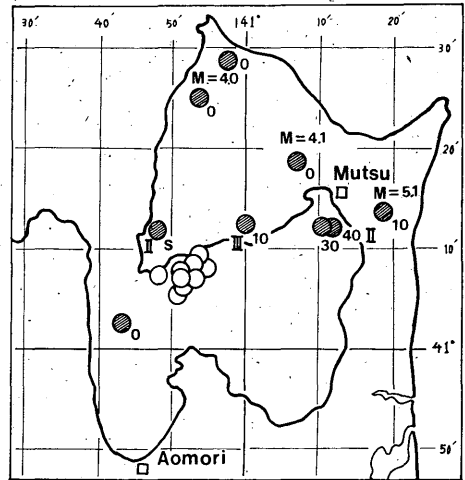


Fig. 1. 震央分図, 白丸は1976年11月中心のもの, 黒丸は1945年以降のもの, 丸印の右下の数字は深さ (km), 左下は最大震度, M はマグニチュード.

Tab. 1 地震の表

年	月	日	震源時				震源						規模	
			時	分	秒	秒	E	N	深さ km					
'76	4	30	06	49	51.5	±0.2	141	12	±02	41	12	±01	30	
	11	7	09	17	17.3	±0.1	140	53	±01	41	08	±01	20	4.0
	11	17	13	26	17.0	±0.1	141	03	±02	40	59	±01	100	3.8
	11	26	07	45	36.3	±0.1	140	52	±01	41	07	±00	10	4.6
	11	26	22	09	36.5	±0.1	140	54	±01	41	09	±01	20	
	11	28	21	53	23.9	±0.1	140	51	±01	41	07	±00	00	4.9
	11	29	05	22	16.0	±0.1	140	52	±01	41	06	±00	10	
	12	2	22	20	48.4	±0.5	140	48	±01	41	07	±01	10	
	12	3	01	44	44.9	±0.1	140	52	±01	41	07	±00	10	
	12	3	20	00	43.8	±0.1	140	51	±01	41	06	±00	10	3.3
'77	6	5	20	24	00.6	±0.2	140	54	±02	41	08	±01	20	3.7
	6	9	01	32	10.0	±0.1	140	53	±01	41	07	±00	10	3.5

* M. Watanabe: Temporal Variation in V_P/V_S related to the Mutsu-Bay Earthquake of 1976 (Received May 1, 1979).

** 青森地方気象台

今度の地震は、少くともこの30数年間かつて発現したことのない地域に起っており、震源に近い下北郡脇野沢村では同年11月7日から12月12日にかけて15回ほどの有感地震があり、このうち11月7日9時17分(マグニチュード4.0)、26日7時45分(同4.6)及び28日21時53分(同4.9)の地震ではそれぞれ軽微な被害を生じた。とりわけ本震にあたる28日の地震被害が比較的大きく、すわりの悪い器物の落下または転倒、窓ガラスや煙突などの破損、墓石の移動または転倒、ならびに道路のき裂などがあったとの報告がある。

§ 2. 資料及び方法

解析に用いた資料は気象庁発行の「地震月報」(1975年1月~77年9月)による。地震波が、問題とするむつ湾底下を通して観測点青森に到達する地震として、浦河沖・北海道南部を震源とするものを主体とし、一部青森県東方沖・苫小牧沖を加え、総数106個を選び出した。これらの震源の深さはすべて0~70 kmの浅い地震である (Fig. 2)。

V_P/V_S の計算は $V_P/V_S = (t_S - t_0) / (t_P - t_0)$ によった。ここで t_0 は震源時、 t_P 、 t_S はそれぞれ観測点における P 、 S 波の到達時刻である。

隣接観測点八戸(以下 HAC とする)、ならびに函館(HAK)と上記震源域とのそれぞれの距離は、青森(AOM)と該震源域との距離にはほぼ等しいものと見なし、この両地点についても前述の計算式にならって同様の計算を行った。つまり、これら両地点は、該震源域から発震する地震波がむつ湾底下からはずれた経路上にあるとの前提に立って、解析上傍証として利用しようとする試みにほかならない。

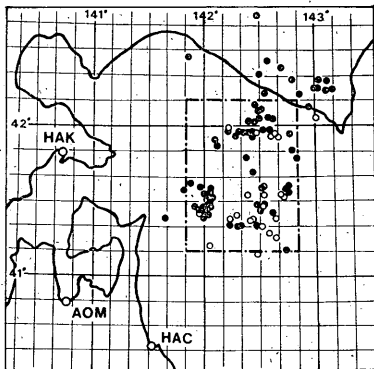


Fig. 2. V_P/V_S の計算に用いた地震。黒丸は深さ40~70 km、白丸は0~30 kmのもの、鎖線内はエネルギー計算の対象となった地震。

§ 結果と考察

(1) V_P/V_S の計算結果

V_P/V_S の計算の対象となった地震106個(うち深さ0~30 kmのもの23個、同40~70 kmのもの83個)のうち計算可能となったもの個数は、AOM: 41(全体の39%) HAC: 94(同89%) HAK: 96(同91%)である。この種の調査は大抵 V_P/V_S の通常値に対する変化率によって示される。従つて、最初は各 V_P/V_S の計算値をそれぞれに対応する階級値(各階級の幅は0.05とする)に置き換えたうえ、式 $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot x_i f_i$ によって平均値 \bar{x} を求めて通常値を設定した。Fig. 3は V_P/V_S の度数分布を地点別に示したもので、それぞれの通常値は、AOM: 1,698、HAC: 1,720、HAK: 1,739、3地点全体では1,724である。これらのうちHAC及びHAKは、

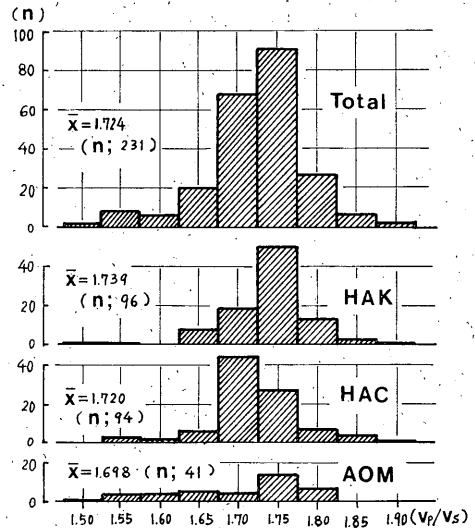


Fig. 3. V_P/V_S の度数分布。

σ (ポアソン比)=1/4のときの $V_P/V_S = \sqrt{3}$ (=1.732)に近似し、一方、AOMではこれより若干小さい。なお、 V_P/V_S には震源時や震源位置の精度、さらに P 、 S 波初動の読取り誤差などによって見かけ上異常な速度変化を生み出すおそれがあり、これらがとくに大きく影響したとみられる2例(いずれもHACで2.000以上)は本計算から除いてある。

V_P/V_S の変動は主として V_P がより大きく変化するためといわれ、 V_P が10~20%変化するのに対して V_S は3%以内という報告もある。本調査での変動幅はおよ

そ1.500~1.900であって、全体の通常値1.724に対する変化率は増大・減少する方向にそれぞれ10%と13%が得られる。

なお、参考までに地点別、浅・深別（浅い方、深さ0~30 km 深い方、同40~70 km）に V_P/V_S の平均値 \bar{x} を前述と同じ計算手順で求めると、AOM: 1.706(1.695) HAC: 1.730(1.717) HAK: 1.730(1.741) となる（かつこ内は深い方）。結果的には、震源の深さ別区分から両グループ間の有意性ある相違は認められない。

(2) V_P/V_S の変動の模様

自然地震をこのような調査に利用するうえで種々問題があることはすでに指摘した。しかし、それにもかかわらず V_P/V_S の計算値を地点別にプロットすることにより、むつ湾地震前後における V_P/V_S 変動の様子があるていど明らかになる (Fig. 4)。また、同図の表示方法を変えて、つまり AOM は単独に、他の2地点はその

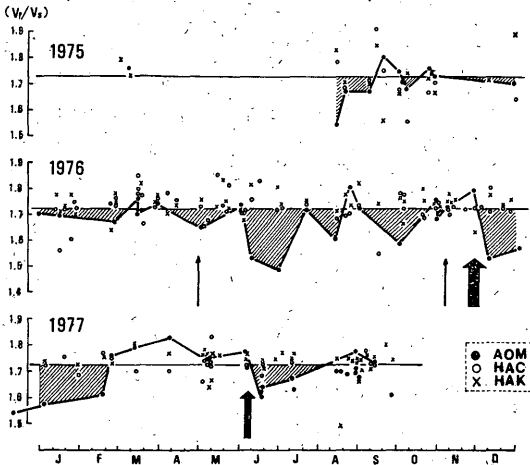


Fig. 4. 地点別にみた V_P/V_S の変動 (期間: 1975年1月~'77年9月), 矢印は当該期間に発生したむつ湾地震に対応させて表示し、その大きさはマグニチュードに比例するよう模式的に示す。

平均値（両地点分がそろわないときはいずれかの計算値）をとって棒グラフ状にあらわすと、変動の模様は一層見やすくなる (Fig. 5)。

本図により、前後して発生したむつ湾地震に先行して、それぞれに対応した V_P/V_S の減少期間、すなわち「1976年6~10月」及び「1976年12月~'77年2月」が AOM において認められ、一方 HAC と HAK では該期間ほぼ通常の値に近い状態で推移していることがわかる。これらの減少期を経過してのちはほぼ通常の値に戻る

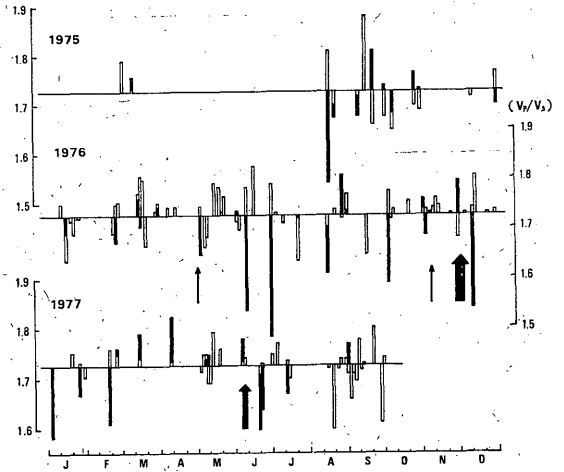


Fig. 5. 棒グラフ表示による V_P/V_S の変動。黒ぬりは AOM, 白ぬきは HAC と HAK の平均値, 矢印は Fig. 4 と同じ。

か、またはそれ以上に増大し、その直後に地震が発生している。このようなプロセスは、地震波速度変化を論ずる場合、決まって指摘されることがらであり、本調査でもこれとの類似パターンが、とくに本震に対応する前者においてよくあらわれていることに一応注目したい。

この減少期間、すなわち約5か月と3か月に対応するマグニチュードを Scholz らによる「各種前駆現象の継続期間とマグニチュードの関係図」にあてはめると、およそ5.2と4.8が求まる。この値は後述の計算値 $5.0 (2.0 \times 10^{19} \text{ erg})$ と $3.7 (3.4 \times 10^{17} \text{ erg})$ に比べ、前者はほぼ一致し、後者はずれが大きい。いづれにしても減少期間の判定とか、自然地震を利用する限りにおいて避けることのできない期間設定の不確定性などに問題が残る。

(3) 地震エネルギーの放出に関連して

このたびのむつ湾地震の放出エネルギーは、Gutenberg の式 $\log E = 11.8 + 1.5 M$ によって、 $2.0 \times 10^{19} \text{ erg}$ (1976年11月) 及び $3.4 \times 10^{17} \text{ erg}$ (1977年6月) が求まる。本項では、これらのエネルギー、並びに浦河沖（一部青森県東方沖を含む）——Fig. 2の鎖線で示される「北緯 $41^\circ 10' \sim 42^\circ 10'$ 」及び「東経 $141^\circ 50' \sim 142^\circ 50'$ 」に囲まれる地域で以下単に本領域とする——に起った地震との蓄積・放出の時期的、量的関係を補足的に取扱ってある。Fig. 6はこれらを示す関係図であって、本領域の地震エネルギーは、深さ0~30, 40~70 km 別に区分 (Fig. 2参照) して累積値で表わしてある。この区分化は単にモホ層近傍とマントル上部のものに分けたというほか他意はない。本図から以下のことが指摘される。

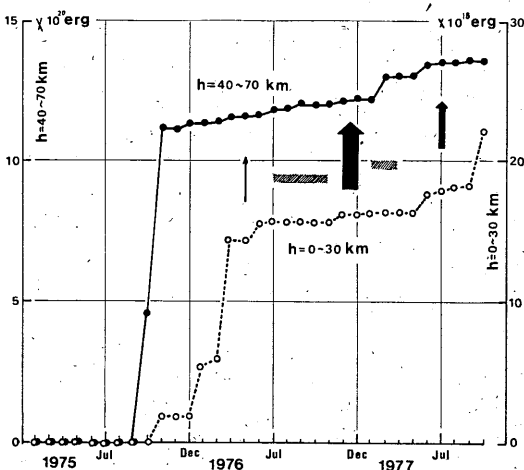


Fig. 6. 主として浦河沖に起った地震の放出エネルギーとむつ湾地震との関係。斜線部分は V_P/V_S の減少期間、矢印は Fig. 4 と同じ。

本領域では、ある期間にわたるエネルギーの蓄積期を経てのち、マントル上部で約2か月間の活発なエネルギー放出期があらわれ、一方、モホ層近傍では前述の活動に誘発されたかのように、約1か月遅れで放出が始まって数か月間つづき、そのご沈静化に向うといった推移を示している。この間の両層のエネルギーの放出総量の比較では、マントル上部の方がオーダーとして2けたも大きい。

本領域の地震活動の経過は以上のとおり概観される

が、Fig. 6でも明らかなように、むつ湾地震は V_P/V_S の減少期とあいまって両層における地エネルギー放出後の沈静化した時期に発生するのを特徴とする。沈静化に移行してからむつ湾地震発生までの期間は、この間に V_P/V_S の減少期を狭んで、マントル上部では約1か年モホ層では約8か月である。なお、本調査期中の本領域における地震エネルギーの累積値は、マントル上部で 1.4×10^{21} erg (地震数62個分)、モホ層近傍で 2.2×10^{19} erg (同21個分)、これに対して、むつ湾地震は 2.0×10^{19} erg (同7個分) である。

§ 3. あとがき

V_P/V_S の計算の基礎となった震源は、周辺域の観測点の配置から比較的高精度のものが得られているとしても、対象とした地震は広範囲に分布して系統性ある地震波経路のものが採用できなかったこと、さらには P 、 S 波初動の読み取り時間精度や震源位置の誤差などの影響も重なって、見かけ上、異常な速度変化がでていことも考えられる。以上のことから、結果の信頼性に疑問の余地を残していることは確かであり、これらの点について御教示、御批判をいただければ幸いである。

参 考 文 献

- (1) 気象庁 (1976): 測候時報, 43, 171~189.
- (2) 田中和夫ほか (1977): Sci. Rep. Hiroaki-Univ., 24, 95~102.