

吾妻山・安達太良山・磐梯山付近に発生した 火山性地震の震源推定について*

佐々木利夫**

550.34.06

§ 1. はじめに

噴火の前に火山付近で地震が多発することは良く知られているが、1977年、吾妻山(一切経山)の火山活動が活発化した時も、火山性の微小地震が増加した。それらの震源がつかめず、どんな地域に発生しているのが判然としなかった。

火山付近で発生する地震の震源を求めることは、火山活動を監視する上に重要な仕事であり、また、火山の担当者にとって切実な願いでもある。幸い福島県内の吾妻山、安達太良山、磐梯山の3観測点は割合近接しているので、これまではP~S時間と大森常数(K)から震源を推定してきた。しかし、3点でそろってP~S時間を観測できることが少ないうえに、S波の検出や大森常数の仮定が難しいため震源を決定できることが少なかった。

今回、これらの欠点を補うために比較的観測しやすい発震時を使うことを考え、吾妻山付近で行われている採石発破による人工地震と自然地震から地下構造を推定し、PおよびP~Sノモグラムを作成した。これを用いて3点で観測した地震について震源の推定を試みた。

§ 2. 観測方法およびその結果

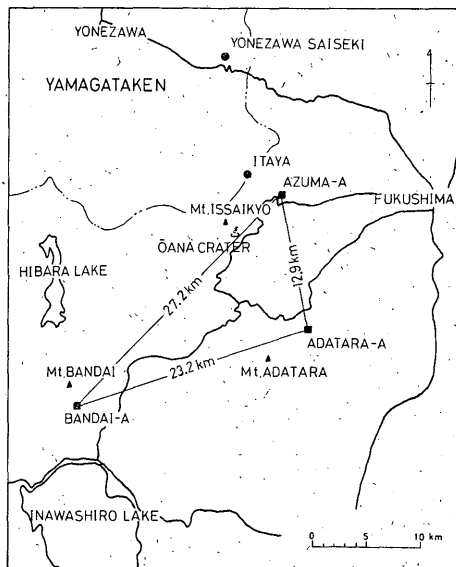


Fig. 1. 観測点と発破の爆破地点
■観測点 ●爆破地点

Tab. 1. 観測点と地震計

観測点	位置	標高	地震計			備考	
			型名	T_1	h_1		V
吾妻山 A	140° 18.2'/37° 45.4'	890 ^m	62E	1.0 ^s	0.5	5000	1977.11~1979.5 間は上下動成分のみ1万倍
安達太良山 A	140° 20.2'/37° 38.6'	900 ^m	〃	1.0 ^s	0.5	5000	1977.12~1979.5 間は上下動成分のみ1万倍
磐梯山 A	140° 04.9'/37° 34.9'	1000 ^m	〃	1.0 ^s	0.5	5000	

T_1 : 変換器の固有周期, h_1 : 変換器の減衰定数, V: 倍率
(注) 3点とも水平動2成分, 上下動1成分, 記録紙送り 60mm/min, ス書き

* T. Sasaki: Determination of Hypocenters of Volcanic Earthquakes Occurring near Mts. Azuma, Adatara and Bandai (Received Nov. 30, 1979)

** 福島地方気象台

観測点と発破の爆破地点は Fig. 1 に示した。吾妻山 A、安達太良山 A、磐梯山 A の各点に感部を置き、そこから無線によりテレメータされ、吾妻山 A と安達太良山 A は福島地方気象台で、磐梯山 A は若松測候所でそれぞれ

Tab. 2. 発破の観測結果

会社名	爆破地点	吾妻山A までの距離	安達太良山A までの距離	2点間の発震時差		備考	
				発震時差	回数 平均		
板谷ジークライト	140° 15. 6' / 37° 46. 1'	3. 8km	15. 5km	2. 3 ^s	3	1974. 5~1979. 6 火薬量約500~1500kg	
				2. 4			2. 3 ^s
米沢碎石	140° 15. 0' / 37° 52. 5'	13. 8km	26. 7km	2. 2	4	1974. 5~1979. 6 火薬量約7~42t	
				2. 3			6
				2. 4			2. 4
				2. 5			2
				2. 6			1

Tab. 3. 自然地震の観測結果

発源時	震源深さ M	吾妻山 A		安達太良山 A		磐梯山 A	
		走時	震央距離	走時	震央距離	走時	震央距離
h m s	km	s	km	s	km	s	km
1977 1 30 23 01 55. 4	139° 57' / 37° 00' 0 3. 7	15. 5	89	13. 0	79	10. 9	66
1978 6 10 06 03 45. 1	140 24 / 38 03 10 3. 1	6. 4	35	8. 4	47	12. x	59
1978 8 1 07 03 40. 1	139 58 / 37 29 10 3. 5	7. 8	42	7. 1	42	3. 8	15
1978 9 22 14 23 42. 0	139 27 / 37 24 0 —	15. 0	84	14. 6	84	10. 6	58
1978 10 9 07 08 51. 3	139 43 / 37 55 10 3. 2	9. 2	54	10. 7	63	8. 9	48
1979 1 23 21 22 06. 3	140 32 / 37 58 10 2. 8	5. 9	35	7. 4	43	11. x	61
1979 2 5 03 43 02. 1	140 10 / 37 17 0 3. 6	10. 0	54	8. 1	42	7. 0	35

M: マグニチュード

れ受信し、常時記録している。

吾妻山Aと安達太良山Aの記録器用タイムマークは同一の刻時符号化装置から取り出している。なお、使用している地震計は Tab. 1 のとおりである。

(1) 発破の観測

吾妻山・安達太良山付近には鉱石、採石、工事用の発破をかけている場所が10数ヶ所あるが、その中で吾妻山Aと安達太良山Aの2点を結んだ方向に位置し、2点で同時に記録する板谷ジークライトおよび米沢碎石の発破による人工地震を観測した。

1974年5月~1979年6月間に観測された、立ち上がりの明瞭な記録から発震時を $1/10$ 秒まで読みとり、2点間における発震時差を求めた。その結果を Tab. 2 に示した。

なお、この調査では発破の爆破時刻は正確に求められないので震源時として使用していない。

(2) 自然地震の観測

1977年1月~1979年4月間に、3火山周辺で発生したごく浅い自然地震を用いて、各観測点までの走時と震央距離を求め、その結果を Tab. 3 に示した。

用いた地震は気象庁が震源決定した深さ0kmと10km

のものを地震月表から選んだ。

§ 3. 観測結果の解析

(1) 地下構造の推定

吾妻山体中の地下構造を推定するにあたって、浅い層については1977年11月2日、大穴火口近くの非常に浅い所で発生したと推定される地震を用いた。この地震において、浄土平(火口から300m)と幕川(火口から約4.8km)に設置された地震計から、および浄土平と吾妻山A(火口から約5.8km)の地震計から、それぞれの2点間の発震時差は1.7秒および1.8秒と観測された(東北大学, 1978)。

これからP波速度は2.8km/sおよび3.2km/sと計算され、地震波はごく浅い層を伝搬したものと考えられる。そこで第1層のP波速度を一応、2.8km/s, 3.0km/s, 3.2km/sとして、次に述べる観測結果と組み合わせた。即ち、各発破の平均発震時差と爆破地点までの距離(Tab. 2)とを組み合わせて第2層をきめた。この際、前述の1977年11月2日の観測、および自然地震の走時と震央距離(Tab. 3)から求めた第3層の走時曲線とも矛盾なく最もよく合うようにすると第1層のP波速度は3.0km/sが

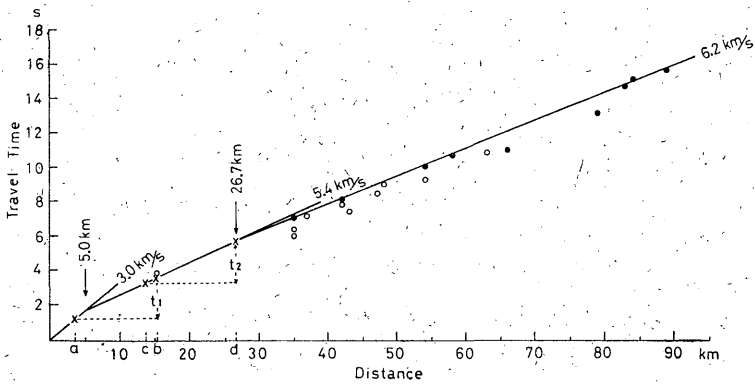


Fig. 2. 走時曲線

- : 自然地震 (深さ 0 km), ○ : 自然地震 (深さ 10 km)
- × : 発破, : 折れ曲がり点
- t_1 : 板谷ジークライト発破の平均発震時差
- t_2 : 米沢砕石発破の平均発震時差
- a : 板谷ジークライトと吾妻山Aの距離
- b : " 安達太良山Aの距離
- c : 米沢砕石と吾妻山Aの距離
- d : " と安達太良山Aの距離

適当であった。これを用い組み合わせて描いた深さ 0 km の走時曲線が Fig. 2 である。

走時曲線は P 波速度が 3.0 km/s, 5.4 km/s, 6.2 km/s の 3 本の直線で構成されると見られる。また、走時の折れ曲がり点の震央距離は 5.0 km および 26.7 km に求めた。

これらの値から第 1 層, 第 2 層の厚さは次式によって求めた。

$$d_1 = \frac{1}{2} A_1 \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}$$

$$d_2 = \frac{1}{2} A_2 \sqrt{\frac{v_3 - v_2}{v_3 + v_2}} - d_1 \frac{v_2 \sqrt{v_3^2 - v_1^2} - v_3 \sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1 \sqrt{v_3^2 - v_2^2}}$$

- d_1, d_2 : 第 1, 第 2 層の厚さ (km),
- v_1, v_2, v_3 : 第 1, 第 2, 第 3 層の P 波速度 (km/s),
- A_1, A_2 : 走時の折れ曲がり点の震央距離 (km).

Tab. 4. 推定した地下構造

構造	層の厚さ km	P 波速度(V_p) km/s	S 波速度(V_s) km/s
第 1 層	1.3	3.0	1.7
第 2 層	3.3	5.4	3.1
第 3 層	4.6 以深	6.2	3.6

この計算結果を加えて, Tab. 4 に示すような水平成層構造を推定した。なお表中の各層における S 波速度は

P 波と S 波の速度比 (V_p/V_s) を普通に使われる 1.73 として求めた。

(2) P および P~S ノモグラムの作図

推定した地下構造 (Tab. 4) に基づいて, 松本久 (1971) のノモグラム作図法を参考にして, P および P~S ノモグラムを作図した。その一部を Fig. 3 および Fig. 4 に示した。

§ 4. 震源の推定

震源の推定にあたって, 3 火山体下は一樣な水平成層構造と仮定し, 3 点の発震時と 1 点以上の P~S 時間から P および P~S ノモグラムを使用して作図法により観測値を満足するように震源を求めた。

1971 年 9 月~1979 年 6 月間 (発震時が $1/10$ 秒まで観測されている期間) に発震時が 3 点でそろって観測され, P~S 時間が 5 秒以内のもの, 即ち火山性地震として扱っている地震, 29 個と 1966 年に発生した有感地震, 3 個について震源を求め, その結果を Fig. 5 に示した。

図中の白丸は震央, 破線は断層を表わし, 福島県の地質構造 (福島県, 1965) から抜粋したものである。四角の枠内を拡大して表わしたのが右側の図で, 震央に付した数字は Tab. 5 の地震番号を示す。

四角の枠外に求められた震央は, 観測網の外側になるので精度が悪く, 決定的なことは言えないが, 断層に沿った地域に起きてるように思われる。

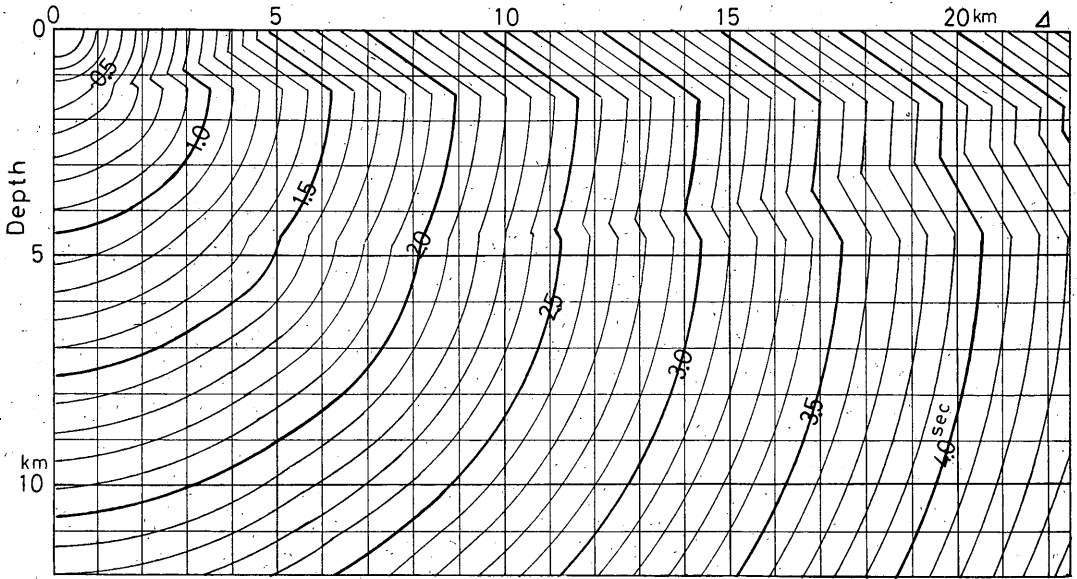


Fig. 3. Pノモグラム

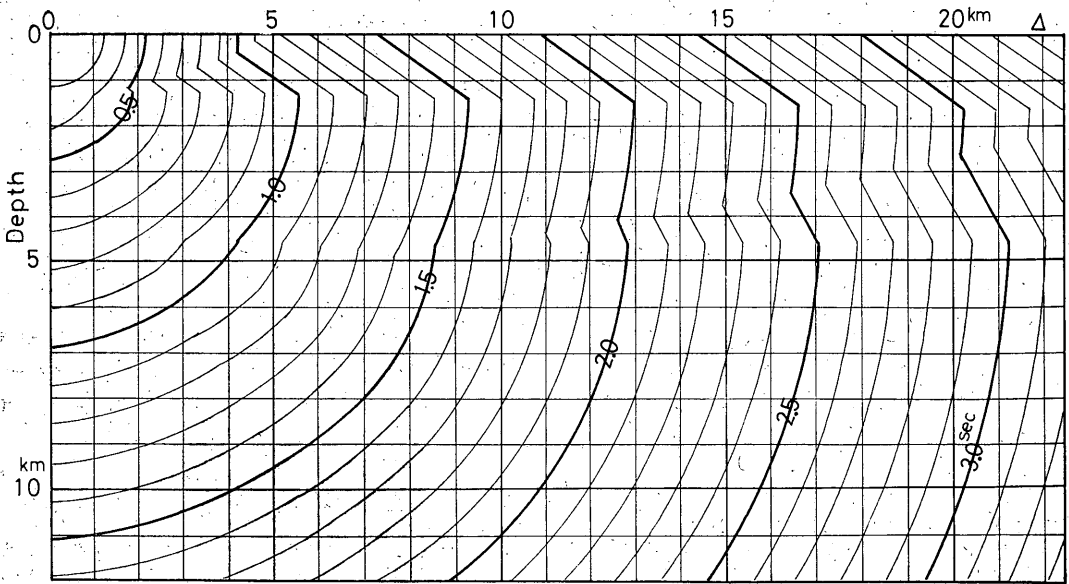


Fig. 4. P~Sノモグラム

一方、四角の枠内（吾妻山の周辺）の震央は、ほぼ観測網の内側になるのでかなり精度が良く求まっているものと思われる。

拡大した図の震央を見ると、東大てん付近、一切経山付近、鬼面山付近の狭い地域にまとまっており、深さは1.2~7.0kmと浅く求められ、一般に言われる火山性地

震A型の深さ1~10kmの範囲にある。また、これらの地域には、それぞれヤケノママ、八幡焼、野地鷲倉の噴気地熱地帯が存在しており、表面活動と震央分布が良く対応し、吾妻山、安達太良山に発生する火山性地震とみなすことができる。これら地震の発源時、深さ、マグニチュードは Tab. 5 に示した。なお、マグニチュードは

Tab. 5. 吾妻山周辺の火山性地震

地震番号	発 源 時					深さ km	マグニチュード(M)	備 考
	年	月	日	時	分			
1	1966	5	28	13	34	5.3	3.3*	浄土平：震度Ⅲ
2	〃	7	6	16	10	7.0	4.1*	浄土平：震度Ⅲ～Ⅳ
3	〃	7	21	04	23	3.0	2.6*	浄土平：震度Ⅰ
4	1972	12	13	22	46	3.0	1.0	
5	〃	12	14	00	05	3.0	1.6	ぬる湯：震度Ⅰ
6	1974	5	10	04	56	1.2	1.0	
7	〃	6	8	19	06	4.5	0.7	
8	1977	9	8	23	47	1.5	1.7	浄土平・新野地：震度Ⅰ
9	〃	12	16	19	50	5.0	1.4	
10	1978	5	23	02	33	3.5	1.5	
11	〃	6	12	21	06	3.0	0.8	

*：気象庁火山機動観測班による

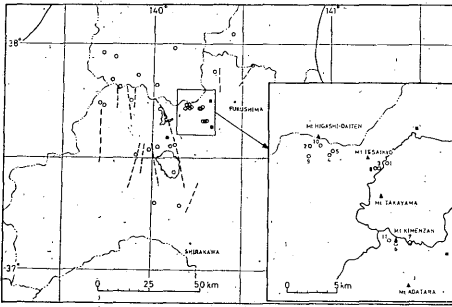


Fig. 5. 震央分布図

○：震央，■：観測点，破線：断層
数字：地震番号 (Tab. 5 に対応)

吾妻山Aの最大振幅から坪井の式

$$M = 1.73 \log A + \log A - 0.83$$

を用いて算出した。

吾妻山(一切経山)の火山活動が活発化した1966年と1977年には東大てん付近と一切経山付近の両地域で地震が発生し、その頃、一切経山の表面活動が活発となっていることから、この両地域に発生する地震は吾妻山の火

山活動と密接な関係があると思われる。

§ 5. おわりに

今回の調査で吾妻山・安達太良山の火山性地震の発生している地域は大体的に見当がついた。その地域のうち、東大てん付近(大穴火口から約6 km)に発生する地震は一切経山の火山活動にどのような関係があるのか興味深い。

最後に、この調査に際し、御指導いただいた仙台管区気象台観測課・新柵主任技術専門官・原田主任技術専門官、福島地方気象台・野島台長・川添技術課長にお礼申し上げます。

また、発破の爆破時刻を通報していただいている各会社に対し厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

福島県(1965)：福島県の地質構造，福島県史，25，22。
松本久(1971)：近地用のP，SおよびP-Sノモグラムの作図法と、それを利用した走図表について，験震時報，36，109-118。
東北大学理学部(1978)：吾妻山の臨時地震観測，火山噴火予知連絡会報，第12号，48-49。