

5 - 2 京都府中部地震 (1968年8月18日) に伴う地震波速度の変化について

Variation of Seismic Velocities before the Earthquake of the Central Part of Kyoto Prefecture, Aug. 18, 1968, as derived from the data of the Routine Observations of Microearthquakes

京都大学理学部 渡辺 晃
Hikaru Watanabe
Faculty of Science,
Kyoto University

§ 1. 地震発生の前駆現象として、きたるべき地震の震源域を通る地震波の速度が変化するかどうかは多くの人々によって議論されている。この現象を調べるために、京都大学微小地震観測網の内部に発生した中規模地震について、本震発生からおよそ9ヶ月さかのぼって、 V_p / V_s の変化を詳しく検討した。

この本震 (京都府和知町, 1968年8月18日, $M = 5.6$) に先立って、ほぼ同じ場所に $M = 4.5$ の地震が発生し、その直後からおよそ6ヶ月にわたって、この地域の地震活動が目立った。これは時系列の特徴からみて、一種の前震活動であることが確かめられている。

第1図は1967年11月から本震直前までに発生した微小地震の震源分布である。斜線を施した部分は本震発生後およそ6ヶ月間の余震域であるが、それは徐々に拡がり5年後には点線で囲まれた大きさにまで達している。従って、こゝでは、この拡大した領域について rock dilatancy model が適用されるであろうと考える^{2),3)}。白丸は、波線がこの領域 (深さも考慮して) を通過していずれかの観測点 (北側に観測点がないので、主として HM (氷上), KH (京北)) に到達する地震を表わしている。黒丸は前述の前震群を、黒丸に×印はどの観測点からみても点線の領域を全く通過しないものをそれぞれ示している。第1図の地震について、全観測点 (この図の4点以外に MK (妙見), IZ (泉), OY (大屋) を加える) の $t_p \sim t_s - p$ 分布から最小自乗法で求めた V_p / V_s の値を第2図に示した。この場合の誤差の最大値は ± 0.015 である。従って、点のばらつきは V_p / V_s の値の決定誤差によるものではないことが分る。このばらつきの範囲 (1.69 ~ 1.76) は和歌山地域の値 (1.62 ~ 1.82) に比べて小さく⁴⁾、しかも、全体の半数以上が 1.73 ± 0.005 に集中している。また、この図から白丸および黒丸を抜き出してみても、はっきりした時間的变化はうかがえない。皮肉にも、点線で囲まれた領域を全く通らない地震についてのみ、 $M = 4.5$ の前後と本震 ($M = 5.6$) の前に変化を認めることができる。しかしながら、その変化量はわずか2~3%に過ぎない。このようにして、この地域の V_p / V_s の値は、

決定精度のよいことを考慮すれば、全体として時間的、空間的にかなり安定したものであるということが出来る。

§ 2 dilatancy 領域で局地的に V_p / V_s の値が変化したとしても、全体の平均値を示す第 2 図にその影響が顕著に現われないのは当然である。従って、さきに仮定した dilatancy 領域を通過する波線に注目し、その影響を有効にとり出す方法を工夫してみよう。

第 3 図はこのための説明図である。震央 (O) から領域 (AB) を通り、観測点 (K) に到る波線を考える (a 図)。もし、AB 間で V_p / V_s に変化があるとすれば、 $t_p \sim t_s - p$ グラフ (b 図) は直線ではなく、OABK のような折れ線で表わされるはずである。この線分 AB の傾斜が求める値である。そこで、まず K を横軸に対して 45° の角度で動かし (V_p が主として変化すると考える)、OA の延長上 (K 以外の dilatancy 領域を通らない観測値から最小自乗法で決める) に K' をとる。これは dilatancy 領域が存在しなかった場合の K 観測点での値である。従って、 PK' / OK' (b 図)、が AB / OK (a 図) となるように、点 P をとれば PK は AB と同じ傾斜を与えることになる。

次に、この場合の V_p / V_s 値に含まれる誤差の評価を行なわなければならない。記録の読み取り誤差は刻時の誤差を含めて、一般に、0.1 秒以下である。しかし S 相の見誤まりを考慮して最大 0.2 秒であると考え。この値が PK の傾斜に与える誤差 ($\Delta \alpha$) は、C 図のように、PK に垂直に K 点を 0.2 秒ずつずらせてとった時に最大になる (Origin time に対する傾斜をとった場合に比べて、この誤差ははるかに大きく見積ったことになる)。この $\Delta \alpha$ は PK の長さには \propto 逆比例する。つまり dilatancy 領域を通過する割合が小さくなる程、 $\Delta \alpha$ は大きくなる。従って通過距離が震源距離の 20% 以上である場合のみをとり扱うことにした。このようにして棄却した地震は全体 (白丸) のおよそ 15% であるが、それらの V_p / V_s の値は、 1.72 ± 0.01 の範囲にあり大勢には影響を与えない。

第 4 図はこのようにして求めた V_p / V_s の変化である。点のばらつきおよび誤差の値は第 2 図に比べてやゝ大きくなっているが、これらは上述の解析方法によるものである。

Scholtz et. al,²⁾ によれば、 $M = 5.6, 4.5$ に対する precursor time interval はそれぞれおよそ 250 日、およそ 60 日である。これに相当する期間中に、 V_p / V_s の値の有意な変化は、この図から見いだすことはできない。このように、本震の震源域を通る波線についても V_p / V_s の値はむしろ安定しているとみるべきである。

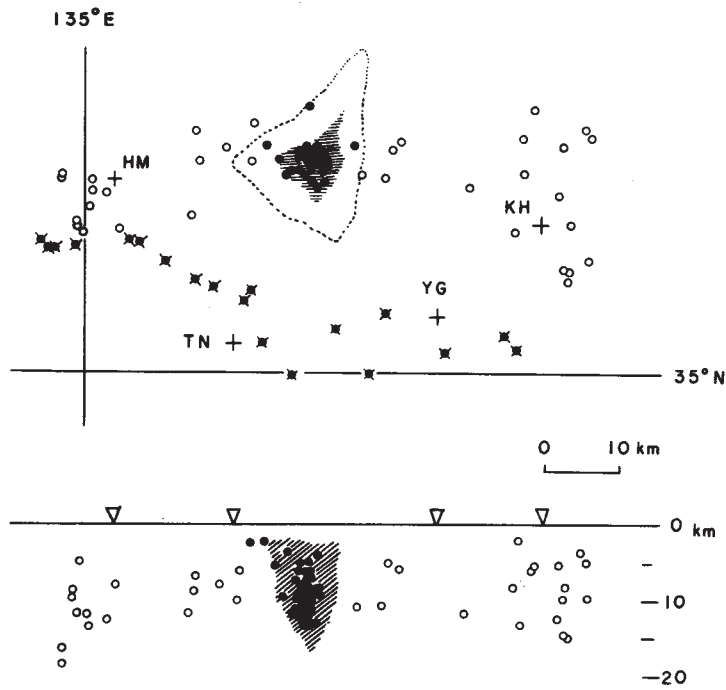
§ 3. rock dilatancy model によれば、地震波速度の“変化量”は本質的なものではなく、その“time interval”が地震の発生および規模を規定する決定的な量であるといわれている。しかし、すでに発表されている多くの資料によれば、 V_p または V_p / V_s が 20% にもおよぶ大きな減少を示している。ただし、これらの観測値に含まれる誤差の評価は明

確でない場合が多い。

これに反して、第4図に示した本震の震源域における V_p / V_s の時間的变化をみると、点のばらつきはわずか5%に過ぎず、そこに含まれる誤差も ± 0.053 (V_p / V_s 値のおよそ3%に相当) 以下であることが分る。また、この誤差は、いくつかの観測点で覆われているような地域では、さらに小さくなる。従って、第1節で述べたように、 V_p / V_s 値のわずか2~3%の変化でさえも検出が可能であった。結局、この場合の本震の震源域およびその周辺では、他で報告されているような V_p / V_s の有意な変化は起らなかったと結論することができる。また、この事実は、上述の地震(または地域)が全く特殊な例(V_p / V_s の変化がない、または異常に小さい)でない限り、rock dilatancy modelを現実的に検証することは、微小地震観測網によってさえも、殆んど不可能であることを物語っている。

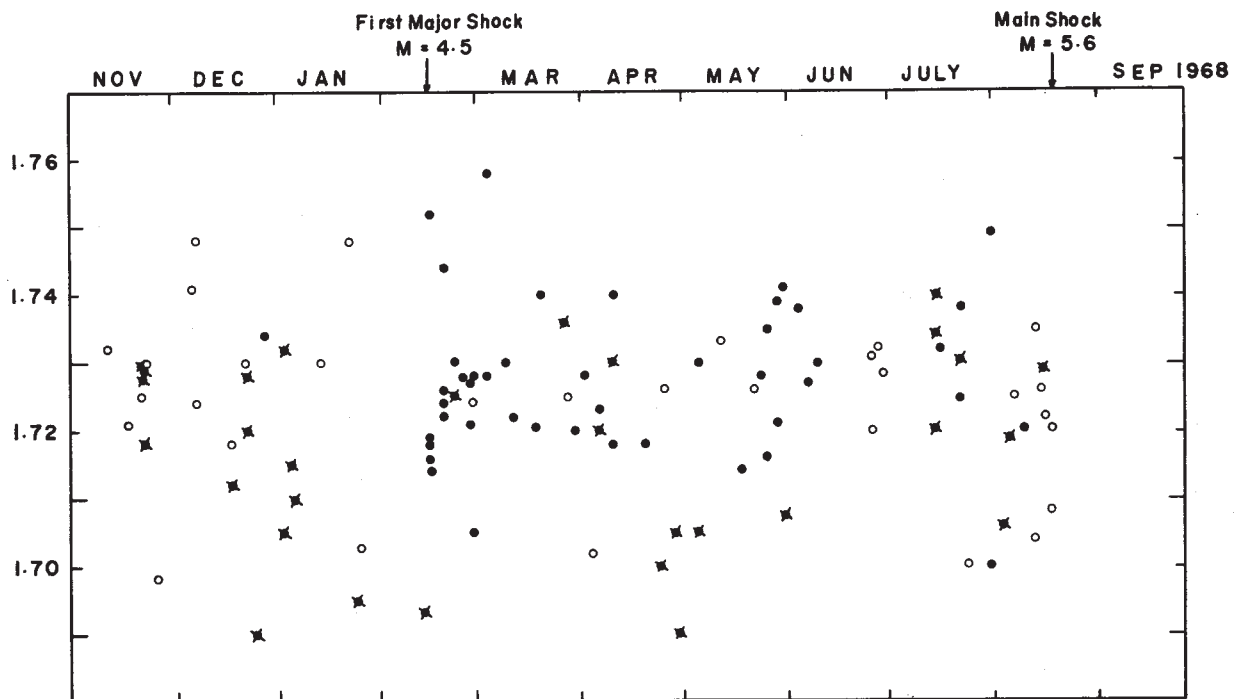
参 考 文 献

- 1) Watanabe, H. and A.Kuroiso, 1969, Seismic Activity in the Northern Part of the Kinki District and Related Problems (1), Special Contribution of Geophys. Inst. Kyoto Univ. No.9, 123 - 136.
- 2) Scholtz, C.H., L.R. Sykes and Y. P. Aggarwal, 1973, The Physical Basis for Earthquake Prediction, Development of Rock Dilatancy and Subsequent Diffusion of Water into Newly Opened Cracks Explain a Large Class of Phenomena Precursory to Earth - quakes, preprint, 1973.
- 3) Whitcomb, J. H., J. D. Garmany and D. L. Anderson, 1973, Earthquake Prediction ; Variation of Seismic Velocities before the San Fernando Earthquake, Science, Vol. 180, 11 May 1973.
- 4) 渡辺 晃, 黒磯章夫, 1967, 紀伊半島西部の局地地震の二, 三の性質について, 地震Ⅱ, 20, 180 - 191.



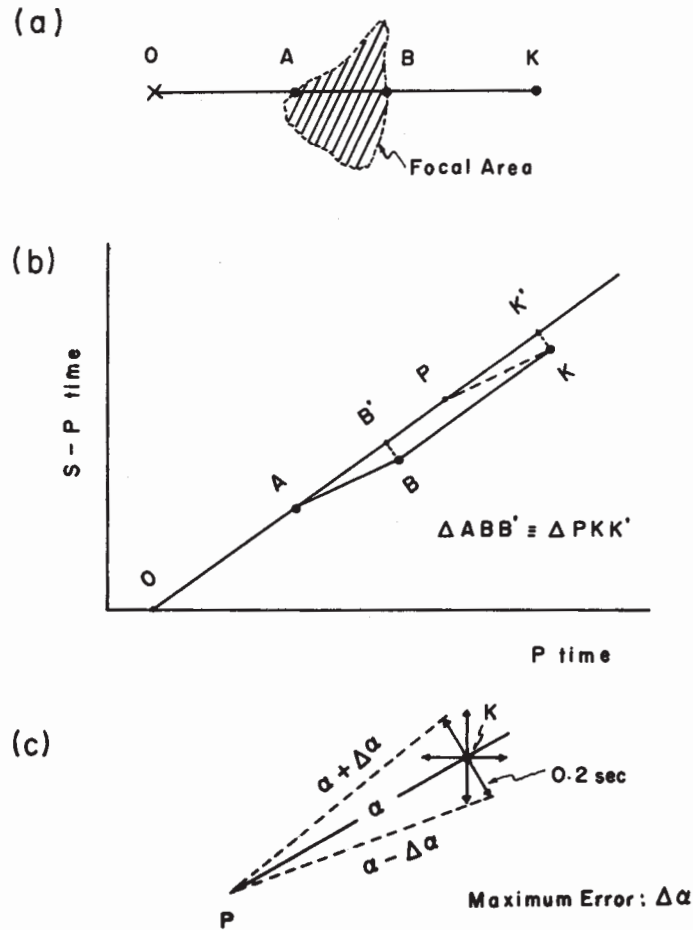
第1図 本震発生前およそ9ヶ月間の微小地震の震源分布。
 斜線の部分は本震直後の余震域。これは5年後、
 点線で囲まれた領域まで拡大している。

Fig. 1 Focal distribution of microearthquakes which occurred during 9 months before the main shock of Aug. 18, 1968. The shaded spaces show the aftershock area just after the main shock, which expanded to the area surrounded by the dotted line up to a recent date.



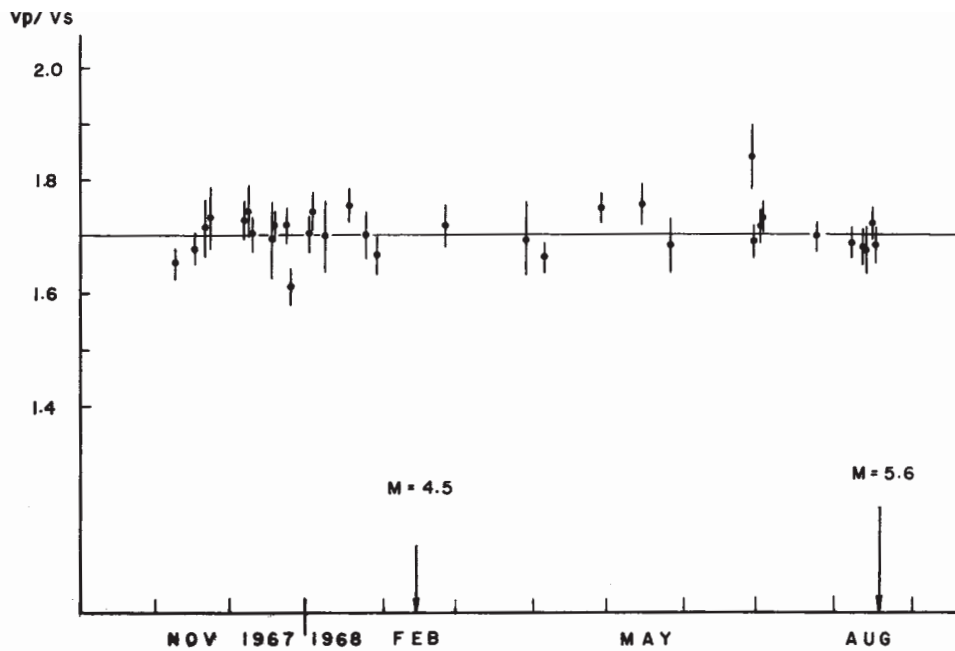
第2図 全観測点の資料から最小自乗法で求めた V_p/V_s の時間的変化

Fig. 2 Temporal variation of the value of V_p/V_s derived from the data of all of the observation stations by means of the least square method.



第3図 本震の震源域を通る波線の影響をとり出すための説明図。

Fig. 3 Drawings to explain the method to extract the variation of seismic velocities at the focal area.



第4図 本震の震源域を通る波線について求めた V_p / V_s の時間的变化

Fig. 4 Temporal variation of the value of V_p / V_s corresponding to the wave path, as shown by the line **AB** in Fig. 3(a).