

(46) 遠地地震の観測

(財) 鉄道総合技術研究所 中村 豊
(株) 福山コンサルタント 渡辺保宣

1. はじめに

地震防災の研究には、地震そのものについての知識が不可欠である。どのような地震動が守ろうとする施設に作用するのか、その破壊力の大きさや作用時間は？、今どこでどのような地震が発生しようとしているのか？など知りたいことは山ほどある。地震の予知に関係するようなことはその道の専門家に委ねるとしても、地震の力学的性質についてはある程度自身の手で掴んでおきたい。そのために強震観測などを手掛けているが、大規模地震はたびたび発生するものではなく、大規模地震に関するデータの不足は否めない。しかし、目を世界に転じれば、大規模地震も年に1度や2度は発生している。遠くで発生した地震であるため、日本ではきわめて小さな地震動になっているが、大規模地震の性質は保存されているはずである。こうした地震を記録して、大規模地震についての知識を少しでも広げることができればと考えて、1986年5月から遠地地震の観測を始めた。これまでにアラスカ地震、台湾の被害地震、中国の被害地震、アルメニア地震などが記録されている。

ここでは、記録された遠地地震の地震動波形に見られる2, 3の性質について報告する。

2. 観測状況

遠地地震の観測は、0.1Hz~20Hzの測定周波数を持つ速度出力の地震計（固有周期約3秒、減衰定数約40）3成分と14ch.のアナログデータレコーダを用いて行っている。地震

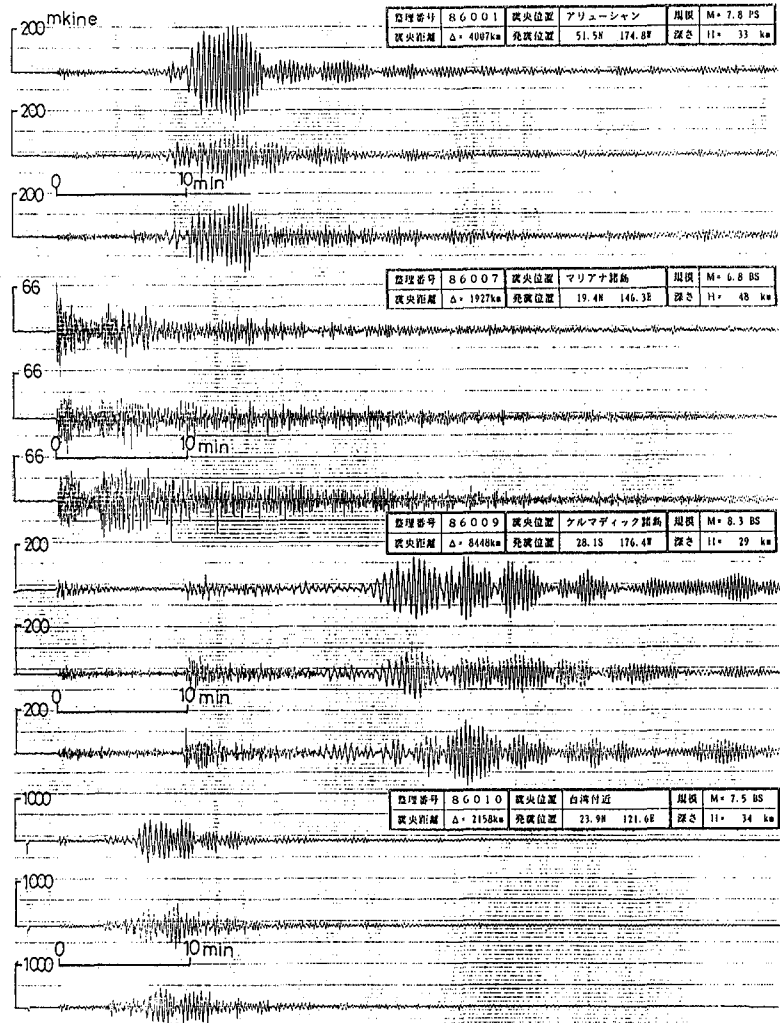


図1 記録地震波形の例

計の出力は1V/kineであるが、これを5倍に増幅したのも併せてフルスケールが200mkineと2000mkineの2種類の感度で記録している。記録は24時間連続して行ない、毎朝記録テープを高速再生して、地震があれば別のテープにダビングしている。磁気テープの最大記録時間は32時間であるので、休日等には欠測している場合がある。

地震計の設置位置は1986年5月の観測開始から1988年2月までは1

階建て建屋の床下コンクリート上であったが、それ以後深さ約2mに地下地震計室を新設して移設した。

観測点周辺の表層地盤としては、関東ロームが約2m堆積し、その下にはいわゆる武蔵野礫層が約5m堆積している。その下に本地域の地震基盤と考えられる第3紀

上総層群が広がっている。なお、常時微動によると、長周期側が約4秒、単周期側は約6Hzが卓越している。これまで(1989年5月)に記録された遠地震は61個であるが、初動から明瞭に記録されている25個の地震を解析

対象とした。表1はこれらの地震のリストである。図1に記録地震波形の例を示す。図2はこれらの地震の震央分布図である。図中★印で示された地震は顕著な被害地震である。

3. 地震の規模と初動周期の関係

初動周期を図3のように読み取り、USGSや気象庁などが決定した地震規模 M_s と対比した。図4はその結果を示したものである。図中の実線はユレダス¹⁾に用いている $M-T$ 関係式を示す。これは初動周期から地震規模 M を推定するものであるが、この式を用いた場合、地震規模 M は M_s より大きめに推定されることがわかる。その推定誤差は、 $-1.0 \sim +0.2$ となっている。

4. 初動の波形形状について

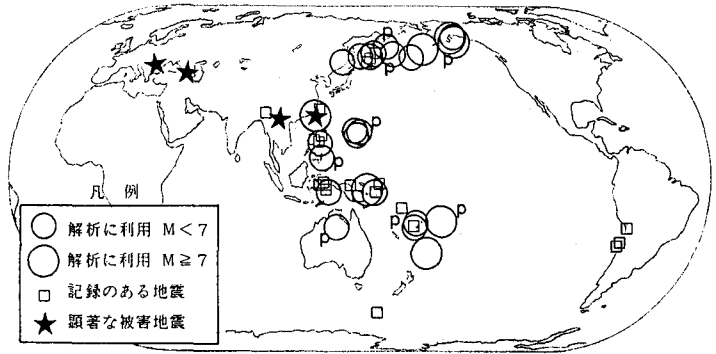


図2 震央分布図

表-1 解析対象地震リスト

整理番号	年月日	震央位置	震央距離	規模 M_s	震源深さ	整理番号	年月日	震央位置	震央距離	規模 M_s	震源深さ
8601	'86 5.18	アリュートン	4007	7.8	33	8732	'87 7.11	コマンド'ルスキ	2935	6.1	33
8603	5.27	フィジー 1	7721	5.7	583	8737	9.04	千島北部	2046	6.2	33
8604	5.27	フィジー 2	7457	6.0	538	8738	10.06	トンガ	7822	7.2	16
8607	9.17	マリアナ	1927	6.8	48	8739	10.07	カムチャッカ	2508	6.3	34
8609	10.20	ケルマディック	8448	8.3	29	8749	10.12	ソロモン	5011	6.7	25
8610	11.15	台湾	2159	7.5	34	8742	10.17	ニューブリタニア	4758	7.0	48
8715	'87 4.14	マリアナ	2045	6.0	23	8744	11.17	フラスカ湾	5991	6.8	10
8719	5.06	アリュートン	3654	6.2	20	8845	12.01	フラスカ	6018	7.4	10
8720	5.07	沿海州沿	1222	6.3	430	8849	1.22	テナントクリク	6160	6.8	
8722	5.12	ミンダナオ	3423	6.5	25	8850	2.29	アリュートン	3049	6.8	
8723	5.18	ホーヅク	1654	6.0	542	8852	3.07	フラスカ湾	6049	7.6	
8725	6.07	ルソン	2446	6.0	15		5.05	マリアナ	2101	5.5	
8728	6.17	バンドア海	4660	6.5	67						

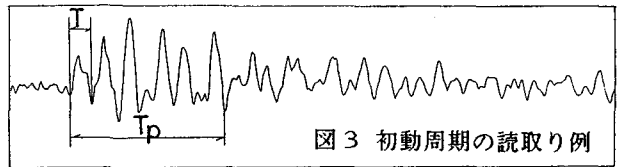


図3 初動周期の読み取り例

図5にいくつかの地震のP波初動部分を示す。これにみられるようにP波初動到着後大きな振幅が数秒から数十秒間継続する部分が認められる。この部分は他の部分と明確に区分できる訳ではないが、断層破壊の様子を示したものと考えられる。また多重震源と考えることもできる。ここでは、この部分の震動をひとつの断層破壊に伴うものだと考えて図3に示したように震動の継続時間 T_p を読み取った。

図6は読み取った継続時間 T_p と地震規模 M の関係を示したものである。継続時間 T_p は、断層破壊が継続した時間と、それぞれの断層地点から観測点までの波動の到達時刻の差が関係していると考えられる²⁾。ここでは、簡単のため T_p を断層破壊の継続時間とみなして、宇津による断層の大きさ L と M との関係式($\log L = 0.5M - 1.8$)を断層破壊の伝播速度を 2.5km/s として求めた断層破壊継続時間と比較する。宇津の式から求められた継続時間は図6に実線で示されている。いくつかの例外があるが、概ね実線とデータは一致している。

5. 初期微動継続時間と震央距離の関係

図7は初期微動継続時間を読み取って震央距離と対比したものである。震央距離が 1000km 程度では、いわゆる大森係数 k は約10となっているが、震央距離が大きい部分は大森係数も大きく、15程度までになる。震央距離が 1700km 程度あるチリ地震の場合、初動ははっきりしているものの後続の波動が不明瞭であった。理科年表などに掲載されている走時曲線によれば、 14000km より遠い地震については核を通るため、かなり様子が変わったものになることがわかる。図8は走時曲線に地震波形を重ねて表示したものであるが、理論的に予想される波動の発現が観測データとよく一致していることがわかる。またそれぞれの波動の大きさの程度が観測データにより、よく理解できる。

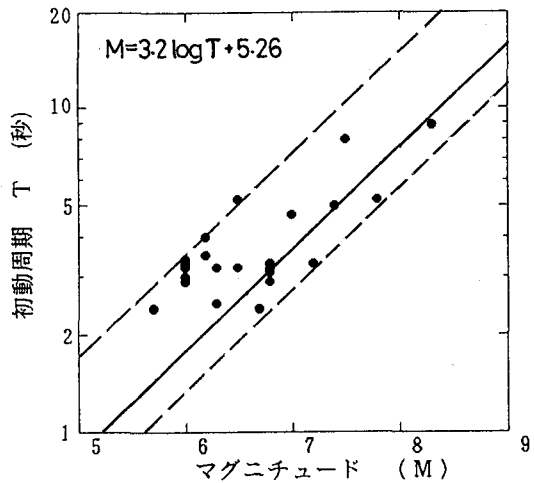


図-4 MとTの関係

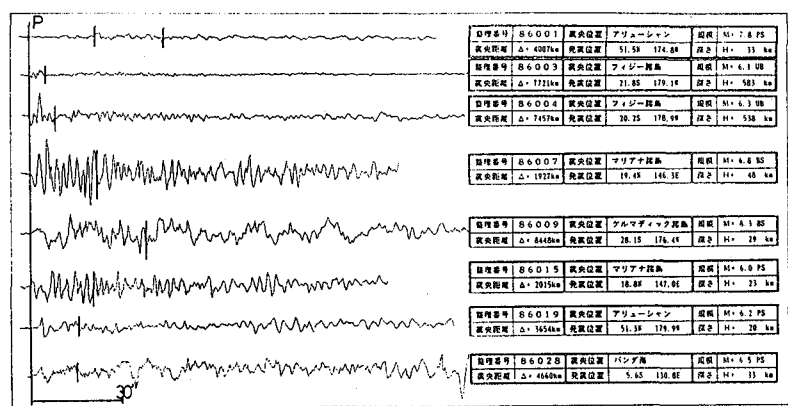


図5 P波初動の例

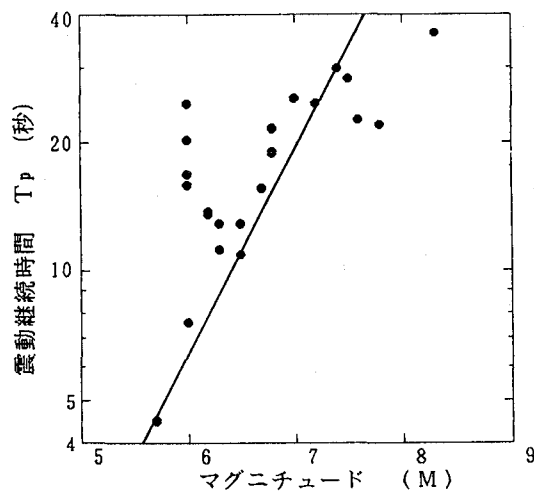


図-6 MとTpの関係

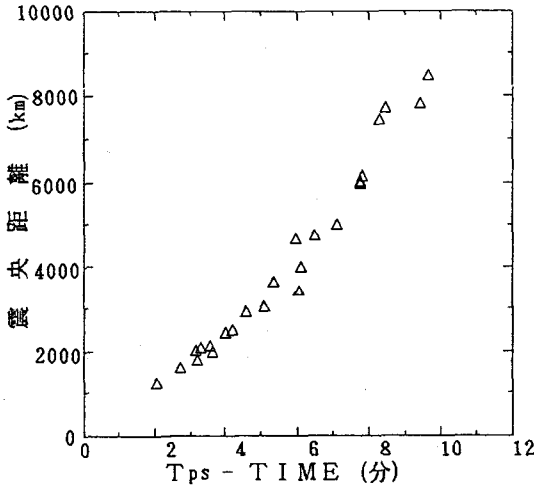


図-7 PS-TIMEと震央距離の関係

6. 上下動最大速度振幅

上下動波形をみると、P波の部分で振幅が最大になっているものと、S波またはそれ以後の表面波の部分で最大になっているものが認められる。P波部分で最大振幅になっている地震を図2中にPをつけて示す。これらの震央から見た東京の観測点方位は断層線と45度に近い角度になっているものと想像される。

図9は上下動の最大速度振幅を震央距離に対して示したもので数字はマグニチュードを表す。図中の網掛け部分はM7とM8の地震の振幅減少程度を大まかに示したものである。

これによると、ほぼM7クラス以上の地震は世界中どこで発生してもわれわれのシステムに10m/s以上の地震動として捕捉されるものと考えられる。

7. おわりに

ここでは、遠地震の記録を用いて、初動周期と地震規模の関係、初動の波形形状、最大値などについて検討した。これは遠地で発生した大地震の記録を工学的に利用する検討の第一歩だと考えている。今後はより詳細な解析を行い、大地震の震源特性、波動の発生伝播、強震動の作用時間などを検討していくとともに、一点観測に基づく太平洋沿岸の巨大地震に対する津波警報の可能性などについても検討して行きたい。

参考文献：1) NAKAMURA, Y., On The Urgent Earthquake Detection and Alarm System "UrEDAS", Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering, VII-673~678, August 1988.

2) 中村・渡辺「地震観測波形に見られる表層地盤と震源の特性」第19回地震工学研究発表会概要集、1987年7月)

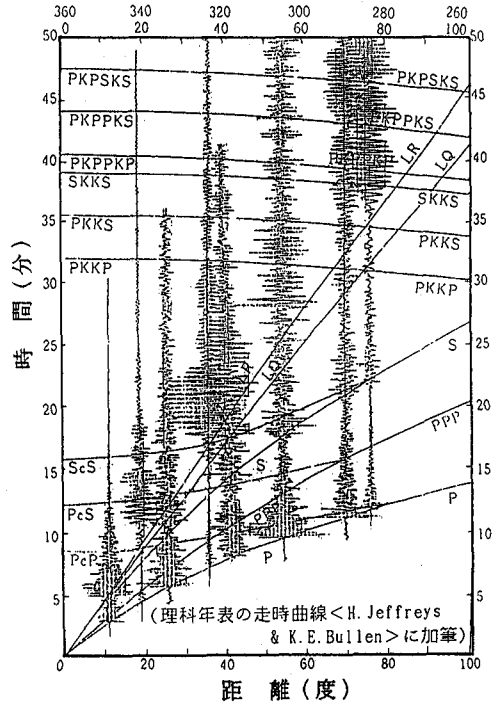


図8 地震波形と走時曲線

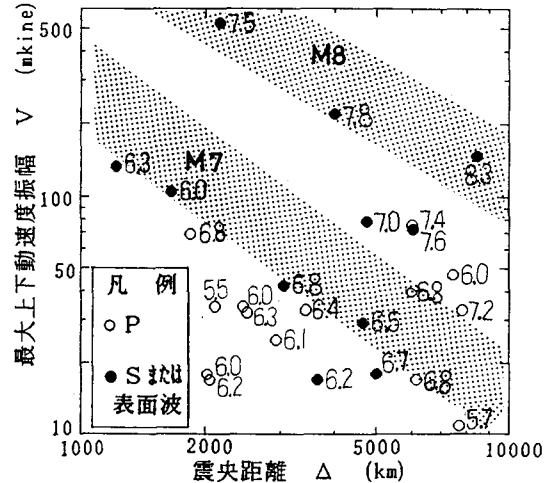


図-9 ΔとVの関係