

実地震動記録への Jennings 型包絡関数 フィッティングの妥当性の検討

(株)熊谷組 技術研究所 正員 吉谷 進治
 (株)熊谷組 技術研究所 正員 鈴木 猛康

1. はじめに

著者らは、宮城県柴田町において 高密度アレー地震観測システム(KASSEM)を構築し、実観測地震波の特性について研究を行っている。¹⁾ 1984年にシステム設置以来、最近では1993.1.15の釧路沖地震や1994.12.28の三陸はるか沖地震など多くの地震が観測された。ここではその中で24地震を対象にして観測波形に対する Jennings 型包絡関数のフィッティングを行い、時刻(T)を被説明変数、マグニチュード(M)及び震源距離(X)を説明変数とした重回帰分析を実施した。本稿ではこれらの妥当性を検討したので報告する。

なお、観測点と震央位置を図1に、地震諸元を表1に示す。

2. フィッティング

S波立ち上がり時刻を $T_a = 0.0$ 秒とおけば、Jennings 型の包絡関数は、 $0 \sim T_d$ 秒の間の T_b 及び T_c 秒で不連続点を持ち、次式のように表される。

$$E(t) = \begin{cases} A \cdot (t/T_b)^2 & [t \leq T_b] \\ A & [T_b \leq t \leq T_c] \\ A \cdot \exp \frac{\ln(0.1)}{T_d - T_c} \{(t - T_c)\} & [T_c \leq t \leq T_d] \end{cases} \dots\dots(1)$$

ここで、 $E(t)$ は加速度振幅値の絶対値、 A は $T_b \leq t \leq T_c$ での $E(t)$ の平均値とする。(1)式へのフィッティングは、原記録の加速度時刻歴の絶対値の点列から順次間引きを繰り返しながら、以下の条件を満たすように行う。

- ① T_d は、 T_c の時刻から地震波の最終時刻へ向かって、加速度振幅の絶対値が初めて $0.1A$ を上回る時刻とする。
- ② 加速度振幅値が最大となる時刻を T_{max} とすると、 $0 \sim T_d$ 秒の間で T_b 及び T_d の時刻との関係は、 $0 < T_b \leq T_{max} \leq T_c < T_d$ となるように設定する。
- ③ 上記①及び②の条件を満たしながら、(1)式に対する各点列の振幅値データとの残差平方和の総和が最小となるように行う。

このフィッティング操作の結果により、2の n 乗のそれぞれの間引き点列データに対する A 、 T_b 、 T_c 及び T_d が決定される。また、間引きの繰り返しは、包絡関数の形状が乱れない範囲で、できる限り A の値が最大加速度値に近づくまで行う。なお、本検討結果はいずれも $n = 5$ の場合であり、5回間引きを行ったものである。さらに24地震のべ観測点数は96、加速度の水平成分はN・S・E・Wの2方向で総成分数は192である。

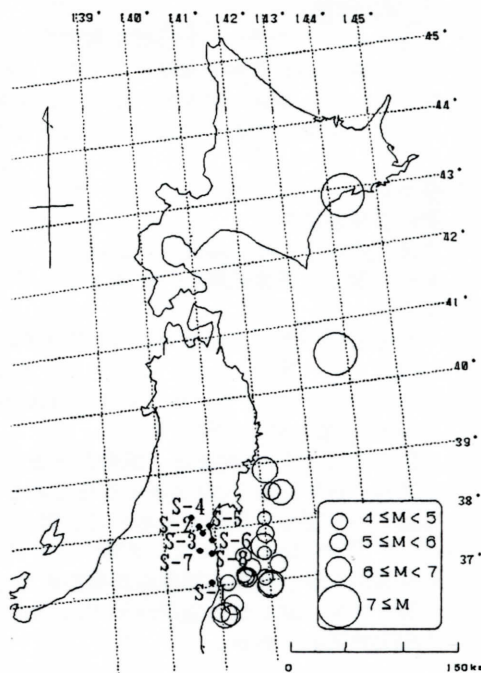


図1 観測点と震央位置

3. 重回帰分析

2.のフィッティングで得られたパラメータ T_b 、 T_c 及び T_d で重回帰分析を行った。回帰式を次に示す。

$$\log T = aM + b \log X + c \dots\dots(2)$$

なお、 M は気象庁マグニチュードであり、 a 、 b 及び c は回帰係数である。

表1 地震諸元

No	地震		震源地(度分)		深さ km	規模 M
	年月日	北緯	東経			
1	84.06.26	37 31	141 35	50	4.5	
2	84.10.23	37 09	141 31	47	4.5	
3	84.10.25	37 17	141 40	53	5.2	
4	84.10.27	37 48	141 58	47	5.8	
5	84.11.20	37 06	141 37	44	4.9	
6	84.12.19	37 08	141 34	44	5.3	
7	85.03.11	36 27	141 01	47	5.0	
8	85.04.27	37 17	142 14	16	5.1	
9	85.05.11	37 06	141 36	45	5.3	
10	85.07.29	37 04	141 15	52	4.7	
11	85.08.12	37 42	141 54	52	6.4	
12	85.09.13	37 34	141 55	42	4.6	
13	85.09.25	38 08	142 01	48	4.6	
14	85.10.13	36 40	141 19	44	5.0	
15	86.02.12	36 25	141 05	44	6.1	
16	86.02.24	37 08	141 49	34	4.6	
17	86.03.02	38 28	142 19	33	6.0	
18	86.11.29	36 24	141 11	42	5.8	
19	86.12.01	38 52	142 08	51	6.0	
20	87.01.21	38 36	142 08	50	5.5	
21	87.02.06	36 56	141 56	30	6.4	
22	87.02.06	36 58	141 54	35	6.7	
23	93.01.15	42 51	144 23	107	7.8	
24	94.12.28	40 27	143 43	10	7.5	

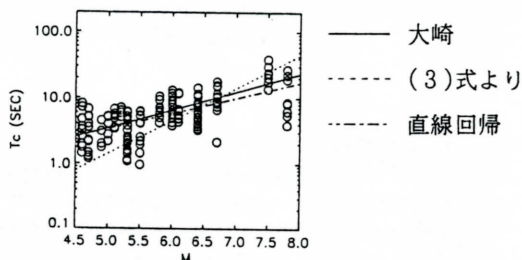


図2 M(マグニチュード)とTcの関係

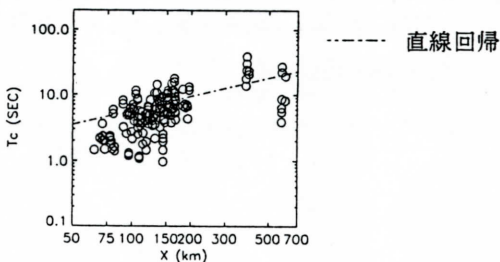


図3 X(震源距離)とTcの関係

4. 検討結果

図2にマグニチュード(M)に対する、立ち上がり部+主要動部の意味としてのTcをプロットした。実線は大崎²⁾による包絡曲線でのTc、点線…は次式のように断層長さから $Tc = 10^{0.5M-1.88} / 0.8Vs$ …(3) 導かれる。一点鎖線…はフィッティング結果の直線回帰を表す。ここでVsはこの地域の平均的なせん断波速度3.7km/sにしている。また、図3に震源距離(X)に対する、Tcを示す。

図4に(2)式の重回帰分析から得られた回帰係数a、b及びcを用いてM=5、6及び7とX=100、150及び200 kmの時のJennings型の包絡関数を示す。

図3でXとTcの関係は、距離が大きくなっても、必ずしもTcは大きくならないという点でややばらつきがあるものの、図2のマグニチュードMとTcでは、大崎²⁾よりTcはやや短めだが、比較的明瞭な相関がある。

図4でも、Mと立ち上がり部Tb、XとTbの相関が認められる。

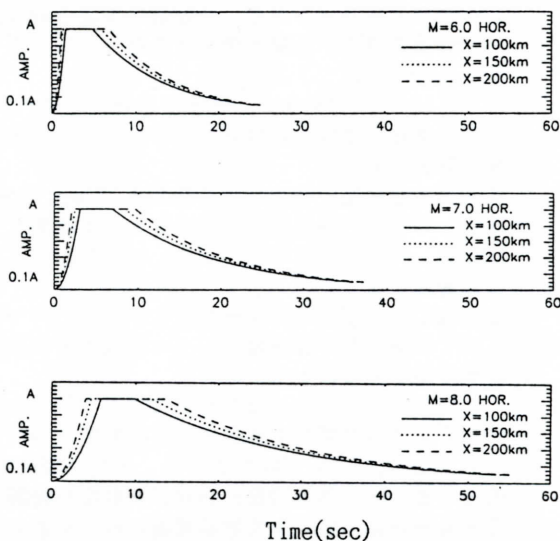


図4 包絡関数

5. まとめ

KASSEMで得られた水平動の地震波においては、マグニチュードMとTc、震源距離XとTcともに正の相関が見られ、Jennings型の包絡関数に比較的よく当てはまった。重回帰の結果得られたパラメータTb、Tc及びTdを以って加速度時刻歴の特性を端的に表現できると考えられる。

【参考文献】

- 1)阿部、柏田、柳沢(1992):土木学会第47回年次学術講演会概要集 P.782-783
- 2)大崎順彦:新・地震動のスペクトル解析入門 P.199-201:鹿島出版会