

山地形における地震動特性（その１）

—アレー観測記録の分析—

東京電力(株) 正会員 高橋 聡・正会員 嶋田昌義
東電設計(株) 正会員 栗田哲史・正会員 安中 正

１．はじめに

東京電力では、神奈川県横須賀市内の山地において、1982 年よりアレー観測を行っている。観測の目的は山地形の効果により発生する地震動の増幅特性を把握することにある。観測開始から 20 年近い歳月が経過し、比較的大きいレベルの地震動が幾つか蓄積された事から、これらの記録を分析して山地形の増幅特性を抽出する事を試みた。

２．観測システムと解析対象記録の概要

図 - 1 に観測対象である山地と地震計の配置を示す。山頂の標高は約 80m で、比較的低い小山である。地震計は山頂から 3 深度の鉛直アレーが組まれ、山腹および山麓に各 1 箇所設置されている。山麓の地震計 No.5 は山に近いが平坦部に位置し、岩盤上に地震計が設置されている。各地震計は水平 2 成分、鉛直 1 成分の計 3 成分のセンサーからなっている。アレー観測のトリガーは No.1 地震計である。5 つの地震計は平面図上で直線状に位置し、山地形の同一鉛直断面内に収まる配置となっている。

解析の対象とした地震と山頂における記録の最大値を表 - 1 に示す。収録されている記録の中で最大のものは地震番号 EQ.66 の千葉県東方沖地震の記録である。

３．記録の分析

各地震計における最大加速度の標高に対する分布を図 - 2 に示す。図より、水平成分に関しては、山頂で急激に振幅が大きくなっている。一方鉛直成分では、その様な傾向は見られない。また、何れの記録でも地中と地表とで最大値に大きな差異が見られない。

5 つの地震計の中でフリーフィールドに近い No.5 地震計を規準として、各地震計の記録とのフーリエスペクトル比を計算した。図 - 3 に対象 5 地震のフーリエスペクトル比の幾何平均を示す。尚、フーリエスペクトル比は、各加速度フーリエスペクトルに 0.2Hz の Parzen window で平滑化処理を施した後に比を計算している。また、当該山地は全域が岩盤質で表層に薄い風化層が存在している。従って、地盤の非線形性の影響は殆ど考慮する必要が無いと考えられる。図中の実線が平均値、破線が平均値 ± 標準偏差を表している。図より、各地震計の中で最も振幅比が大きくなっているのは山頂であり、振幅比は 4 ~ 5 倍となっている。山頂は波が集中する事により、増幅率が大きくなるものと思われる。No.1 地震計に対する比では約 3Hz まで倍率 1.0 であるが、それ以上の周波数帯では 1 以下となっている。これは、No.1 地震計が山頂の真下に位置するため、山地形の中で発生した反射波によってこの周波数帯の成分がキャンセルされているものと思われる。No.2 地震計に対する比では 1 ~ 5Hz 程度まで増幅しているが、それ以上の周波数帯では 1 以下となっている。振幅比が 1 以下となっている所は No.1 地震計の時と同様、山地形内で反射した波の影響が現れているものと思われる。No.3 地震計に対する比では、2Hz 以上の成分が増幅している。この状態は 20Hz 程度まで続いている。山腹に位置する No.4 地震計に対する比では、2 ~ 4Hz までの間増幅現象が見られるが、それ以上では振幅比がほぼ 1 倍となる状態が続いている。

４．おわりに

山地形に設置されているアレー観測システムの記録を分析し、地形効果による地震動の増幅特性を調べた。その結果、地中においては山地内で反射した成分が打ち消されたと考えられる現象が観察された。一方、地表で観測された記録には増幅する成分のみが存在していた。山頂においては、ある周波数以上で常に増幅する様子が見られた。山腹では、増幅する領域が周波数軸上で 1 箇所だけ現れた。

キーワード：山地形、アレー観測、地震動、地形効果、増幅特性

連絡先：東電設計(株)地震技術部（〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 Tel. 03-4464-5569）

表 - 1 解析対象地震と山頂における最大値

地震 番号	発生年月日時分	深さ (km)	M_J	名称	山頂・最大加速度 (cm/s^2)		
					X	Y	Z
EQ.066	87 年 12 月 17 日 11:08:16.8	58	6.7	千葉県東方沖地震	132.4	122.4	53.9
EQ.070	88 年 08 月 12 日 14:14:53.9	69	5.3	房総半島南部の地震	85.7	65.1	33.0
EQ.083	89 年 10 月 14 日 06:19:58.6	21	5.7	伊豆大島近辺の地震	35.1	89.4	7.7
EQ.154	94 年 06 月 29 日 11:01:58.8	60	5.2	房総半島南部の地震	88.0	106.3	29.3
EQ.164	95 年 07 月 03 日 08:53:23.2	122	5.2	相模湾の地震	61.9	43.4	22.9

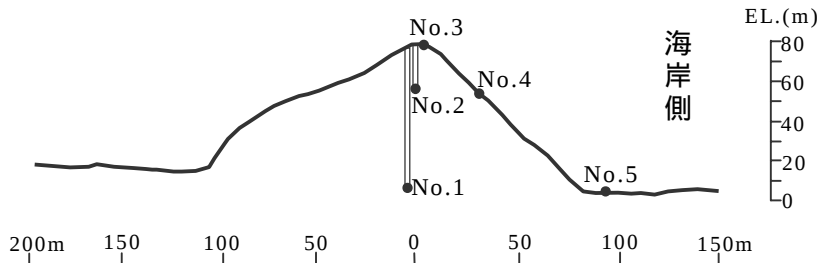


図 - 1 対象山地と地震計の配置

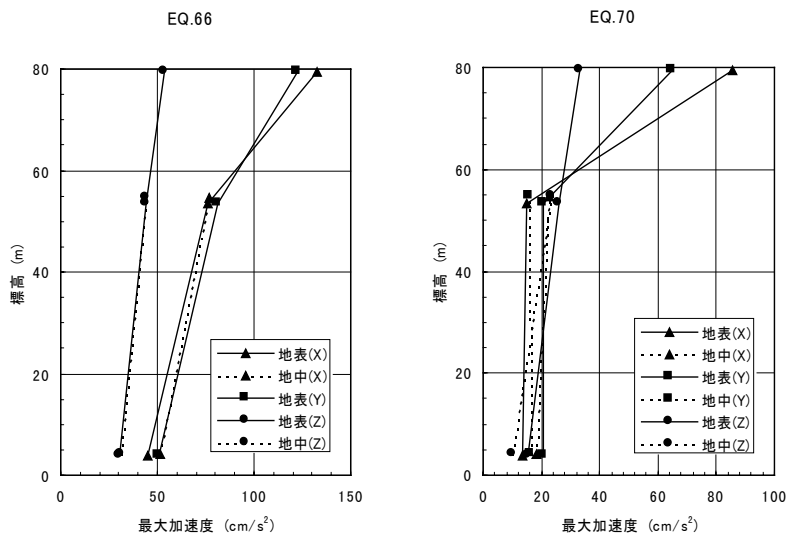
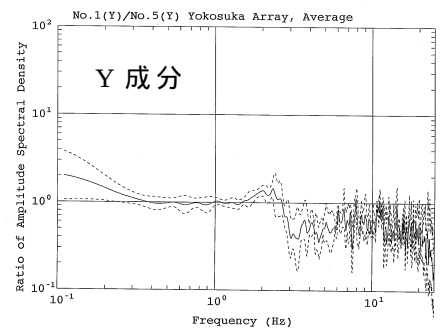
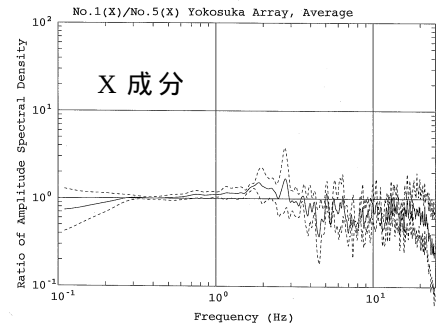
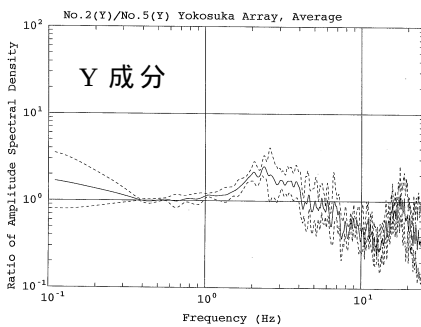
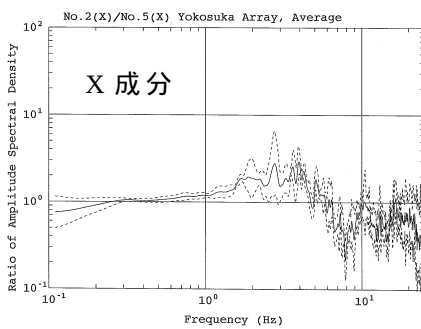


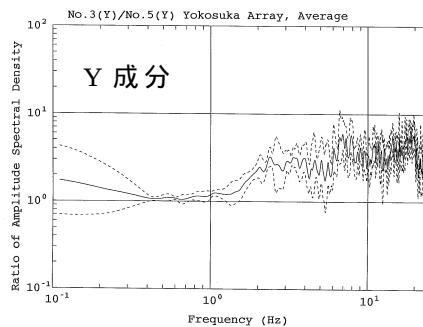
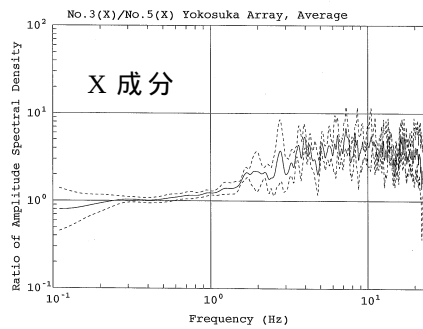
図 - 2 最大加速度の標高に対する分布



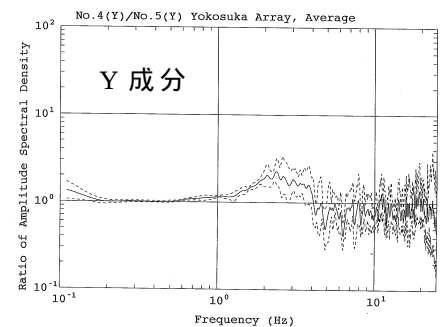
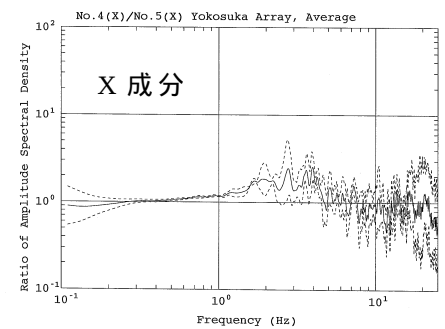
(1) No.1/No.5



(2) No.2/No.5



(3) No.3/No.5



(4) No.4/No.5

図 - 3 フーリエスペクトル比