

1. はじめに

1996年8月11日、秋田県南部で浅い震源をもつM5.9の地震が発生した。科学技術庁の強震観測網(k-net)では鳴子町鬼首で464ガルの最大加速度が記録された。本小論では工学的見地から観測された加速度波形の特徴の考察を行い、次に震源モデルによる波形の再現を試みる。

2. 観測記録の概要

この地震では鳴子町で橋の損傷4ヶ所、家屋の半壊28棟、1部損壊168棟が報告されている。鳴子町は震央の南南東約12kmの位置にある。震源深さは8.6kmである。以下では震源直交方向の記録について検討する。加速度波形では約10Hzの高振動が卓越し、数秒の短い継続時間で振動は概略終息する(図-1)。時間スケールを拡大した加速度波形ではスパイク状の最大振幅はS波の初動の立ち上がりより約1秒遅れて出現することが読み取れる(図-2)。速度波形に変換して地震動を観察すると10Hz前後の高振動成分は顕著でなく、およそ1Hzのパルスが顕著となる(図-3)。ローパスフィルターを通した加速度波形では最大振幅は約100ガルに低下し、速度波の卓越部分に対応する加速度波形が現れる(図4)。

3. 地盤構造

鳴子町は第三紀の堆積作用により厚い堆積岩層が基盤岩を覆っている。さらに第四紀の火山活動により現在の東北山脈が形成された。鬼首地熱発電の深層ボーリングによれば基盤岩(花崗岩)は深度1200mに現れる¹⁾。深度20mまでのボーリングでは薄い表土層の下層はVs400mのれき質土および粘性土層となっている(表-2)。震源から観測点までには造山運動による著しい不連続構造があり²⁾、このことが観測波に高振動成分が卓越する一因であると考えられる。

4. 震源モデルによる加速度波の再現

震源の破壊過程を震源関数で表し、観測波の数値模擬を試みる。合成波の計算は(a)震源関数 (b)基盤波動(c)表層の増幅効果、を順に算定することにより行う。(a)は微小クラックの連鎖破壊モデル³⁾を用い、(b)はnear-field項を含むdouble couple forceモデル⁴⁾、(c)は1次元重複反射モデルを用いる。計算に用いるS波速度構造を表-2に示す。波形のフィッティングは震源直交成分の加速度記録を用いる。メカニズム解の地震モーメントの値 $M_0=4.9 \times 10^{17}$ Nmを制約条件とし、Radiation pattern(R.P)関数と連鎖破壊モデルの亀裂成長率を変数としてforward iterationを行った。フィッティングの結果、R.P関数は $R(\theta, \phi)=1/3$ となり、亀裂成長率は $p=1.170/dt$ ($dt=0.02$ sec)となった。求められた seismic moment rate (S.M.R)関数を図-5に示す。図中には兵庫県南部地震の神戸海洋気象台での第1のパルスのS.M.R関数も併記している。秋田県南部地震の亀裂成長率は兵庫県南部地震の第1パルスの値 $p=1.165/dt$ ($dt=0.02$ sec)⁵⁾とほぼ同じ値となった。すなわち2つの地震の主要なパルスの震源関数には共通する特性があると考えられる。最終の計算波形はローパスフィルターを通した観測加速度波の立ち上がり部分を概略再現している(図-6)。

5. まとめ 連鎖破壊モデルを適用して加速度波形を再現したところ、5Hz以下の加速度波形を概ね再現できた。一方、460ガルのスパイク波の発生メカニズムは本研究では明らかにできなかった。スパイク波の発生メカニズムは震源と伝播経路の両者から解明が必要と考えている。

本研究で用いた観測記録は科学技術庁防災科学研究所 強震観測網(k-net)から入手しました。メカニズム解は東京大学地震研究所のインターネットのデータを利用しました。ここに記して深謝の意を表します。

表1 震源の諸元

地震名	1996 秋田県内陸南部地震
発震時 (JST)	1996年8月11日 3時12分18秒
M _J	5.9
震源位置	N 38.91 E 140.64
震源深さ	8.6 km
メカニズム解*	M ₀ = 4.9x10 ¹⁷ Nm strike 184度 dip 45度 slip 99度

*東大地震研のインターネット情報による

表-2 鳴子町の弾性波速度構造**

下端深度:m	P波 (m/s)	S波 (m/s)	ρ (g/cm ³)
1.5	400	130	1.52
12	1800	400	2.10
145	1540	370	1.85
1200	2500	1400	2.50
Base rock	5500	3500	2.70

**強震観測網 (k-net), 文献2)等から著者が編集.

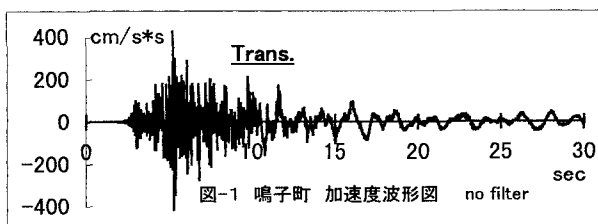


図-1 鳴子町 加速度波形図 no filter

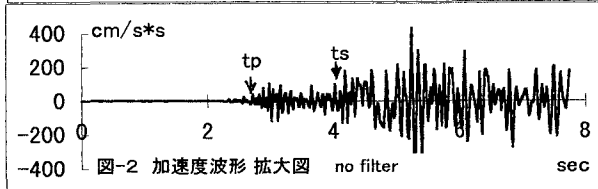


図-2 加速度波形 拡大図 no filter

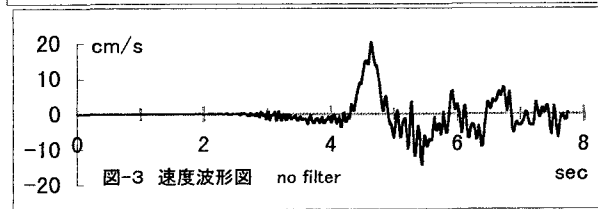


図-3 速度波形図 no filter

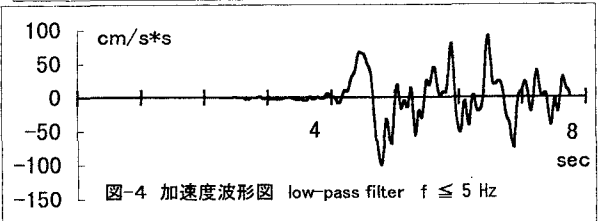


図-4 加速度波形図 low-pass filter f ≤ 5 Hz

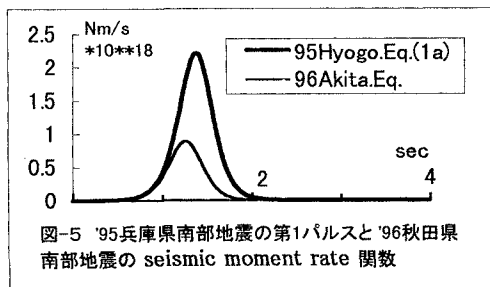


図-5 '95兵庫県南部地震の第1パルスと'96秋田県南部地震の seismic moment rate 関数

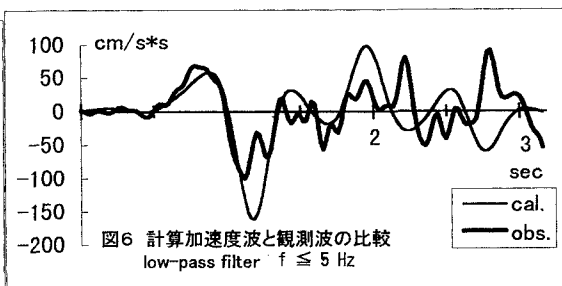


図6 計算加速度波と観測波の比較 low-pass filter f ≤ 5 Hz

参考文献

- 1) 馬場健三, 我国における地熱ボーリングの現況, 月刊地球, Vol.13, No.2, pp.71-76, 1981
- 2) 土屋信之, 東北地方の地質, 地質調査所編 日本列島の地質構造, 丸善, p.40, 1996
- 3) 横山正義, 高周波パルスの震源過程の漸化式モデル, 地震2輯, Vol.49, No.4, pp.487-489, 1997
- 4) Maruyama T., On the Force Equivalents of Dynamical Elastic Dislocations with Reference to the Earthquake Mechanism, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol.41, pp.467-486, 1963.
- 5) 横山正義, 連鎖破壊型震源モデルによる神戸海洋気象台記録の試算, 土木学会第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.35-40, 1996