

# カルデラが地震動を増幅する - スペクトルインバージョンにより明らかにされた九州地方のサイト増幅特性 -

地震・断層・堆積土

港湾空港技術研究所 正会員 野津 厚  
 国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅  
 ニュージェック 正会員 山田雅行

## 1. はじめに

九州地方の港湾地域強震観測，K-NET（Kinoshita, 1998）およびKiK-net（Aoi et al., 2000）の強震記録にスペクトルインバージョン（岩田・入倉, 1986）を適用し，各観測地点の地震基盤に対するサイト増幅特性を算定した．その結果，九州地方には，後述のように，周期数秒の帯域で著しく大きなサイト増幅特性を示す地点がピンポイント的に存在していること，また，その多くはカルデラのような火山性の地形・地質と対応づけられることがわかってきた．

## 2. 解析条件

対象地点は九州地方の 213 地点に中国地方の 33 地点と四国地方の 55 地点を加えた計 301 地点とした．解析には 48 の地震による 1949 の記録（3898 の水平成分）を用いた．解析に用いた地震の震央と観測点を図-1 に示す．すべての解析対象記録について，後続位相を含む区間の水平 2 成分のフーリエスペクトルを算出し，そのベクトル和を求め，バンド幅 0.05Hz の Parzen ウィンドウを作用させた．Q 値は加藤（2001）により鹿児島県および熊本県を対象に求められている値（ $Q=104 \times f^{0.63}$ ）に固定し，46 の震源特性と 284 のサイト増幅特性の合計 330 の未知数を周波数毎に求めた．解析条件の詳細については野津・長尾（2005）（港空研資料 No.1112）を参照されたい．

## 3. 解析結果

解析の結果得られた震源スペクトルの低周波側のフラットレベルから地震モーメントを計算すると図-2 に示すように防災科学技術研究所の F-net の CMT 解と良く一致する結果となった．

図-3（左）は鹿児島市内の港湾（鹿児島-G）と KGS012 におけるサイト増幅特性を示したものである（岩盤に近い KOCH04 のサイト増幅特性を併記）．この図から，鹿児島市内の 2 カ所の観測点は 0.5-1Hz の帯域を中心として著しく大きなサイト増幅特性を示すことがわかる．

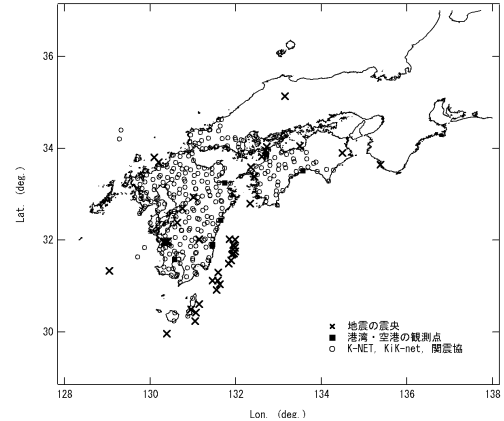


図-1 解析に用いた地震の震央と観測点

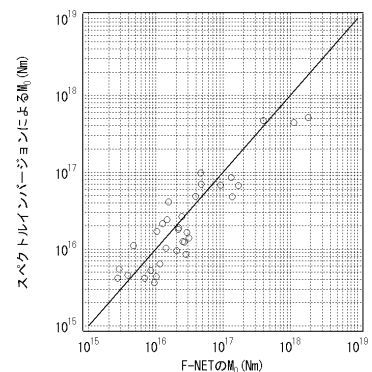


図-2 本研究と F-net の  $M_0$  の比較

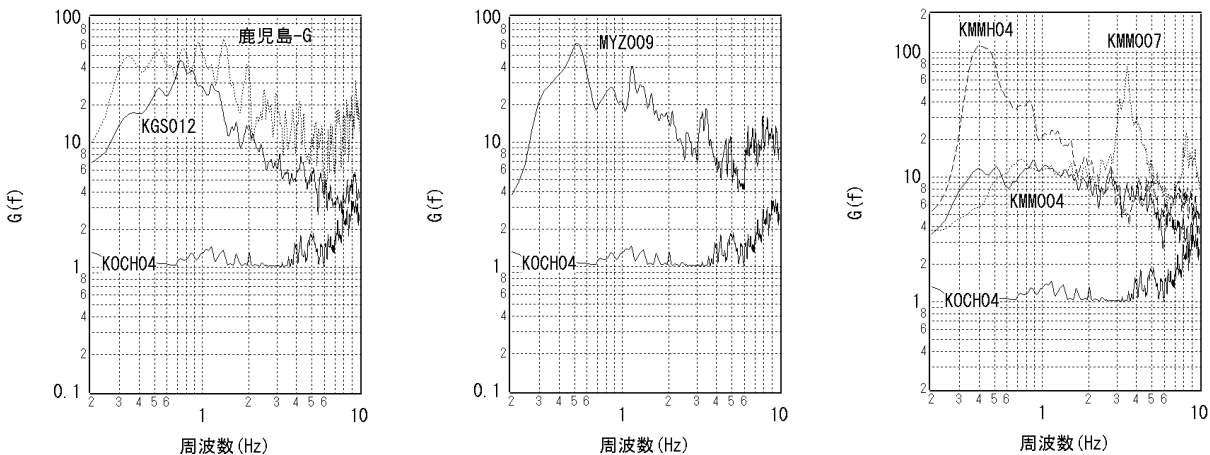


図-3 始良カルデラ（左），加久藤カルデラ（中）および阿蘇カルデラ（右）内の観測点におけるサイト増幅特性

これらはいずれも始良カルデラ内の観測点である。九州地方には、この他にも、周期数秒の帯域で著しく大きなサイト増幅特性を示す地点がピンポイント的に存在している。例えば加久藤カルデラ内の MYZ009, 阿蘇カルデラ内の KMMH04 等である(図-3)。九州地方全域にわたり、0.2-1Hz でのサイト増幅特性の平均値と地形・地質との関係調べたところ図-4 の結果が得られた。図-4 には九州地方の第四紀の地質(地質調査所, 1992)と主なカルデラの位置(日本火山学会, 1999; 横山他編, 1979)を示しているが、0.2-1Hz で平均 20 以上の著しく大きなサイト増幅特性を示す 9 地点のうち、7 地点まではカルデラ内もしくはその近傍の観測点であることがわかる(残りの 2 地点は沖積平野の観測点)。カルデラ内の観測点でサイト増幅特性が著しく大きい理由としては、カルデラが閉じた形状をしていることが挙げられる。堆積平野の地下に盆地構造が存在する場合、この中に地震波がトラップされ表面波として行き来す

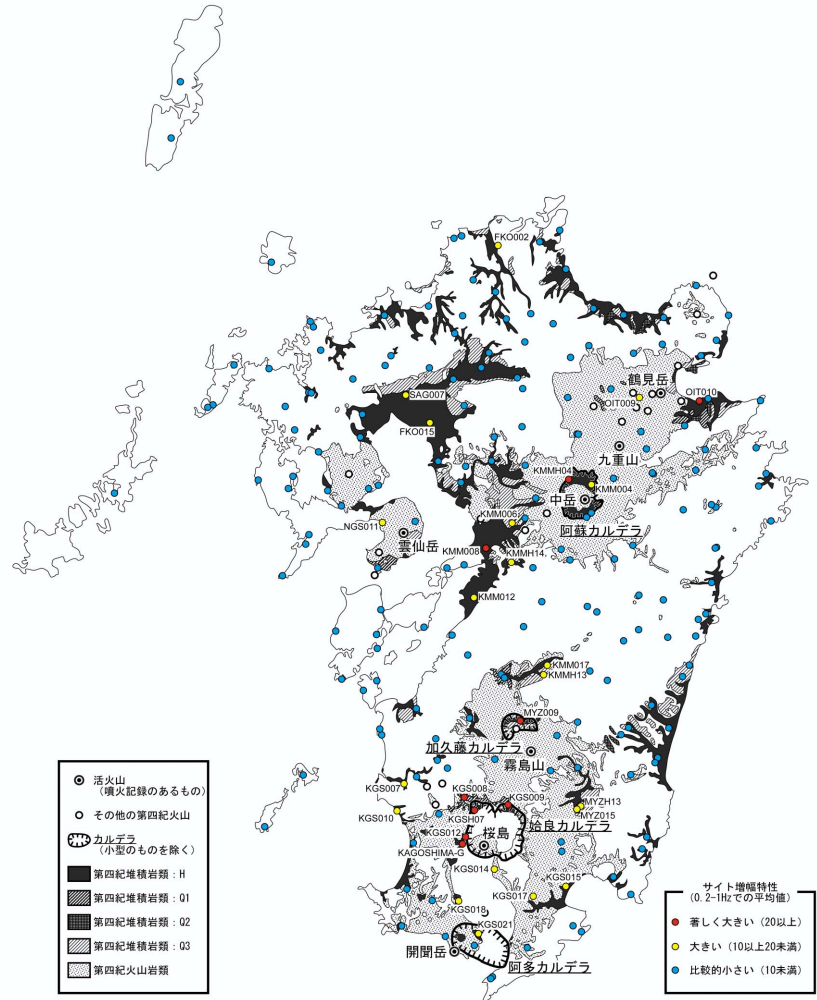


図-4 サイト増幅特性(0.2-1.0Hzでの平均値)と火山性の地形・地質との関係

ることはしばしば指摘されている(川瀬, 1993)。カルデラも 2 次元ないし 3 次元的に閉じた構造をしているという点では堆積平野の地下に存在する盆地構造と同様であるから、同様のメカニズムにより表面波が発達することが考えられる。実際、1997 年 3 月 26 日鹿児島県北西部地震(M6.6)によるカルデラ内(KGS012 と MYZ009)とカルデラ外(KGS011 と KGS003)の速度波形(0.2-2Hz, 図-5 の黒線)を比較すると、カルデラ内外での波形の違いは明瞭であり、カルデラ内では閉じた構造によるとみられる表面波の発達が認められる。1968 年 2 月 21 日えびの地震(M6.1)では、それほど規模の大きい地震ではないにも関わらず、加久藤カルデラ内の複数の集落で、全壊率が 40%を越える被害が発生した(宇佐美, 2003)。こうした被害とカルデラによる地震動の増幅によりもたらされた可能性がある。カルデラ特有の継続時間の長い地震動は、経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法(古和田他, 1998)により再現することができる(図-5 の赤線が再現結果)。この計算の詳細については野津・長尾(2005)を参照されたい。

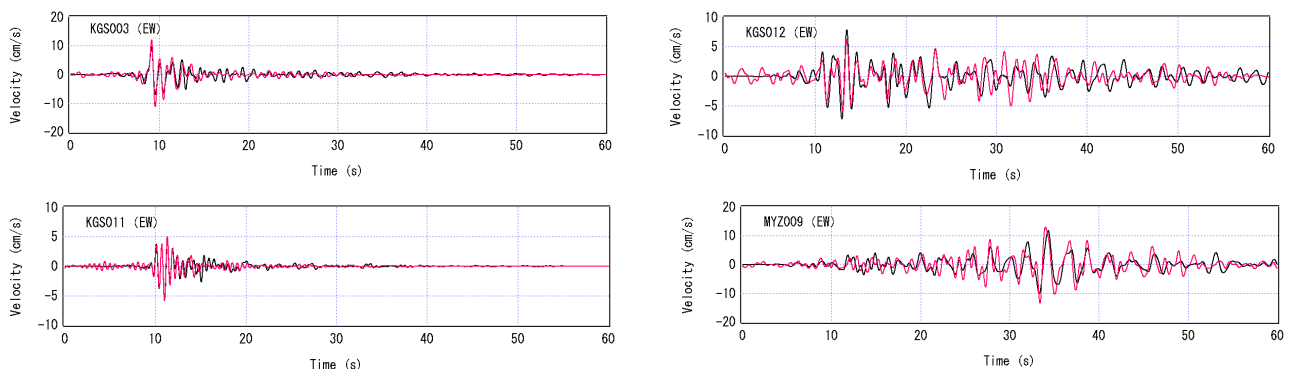


図-5 カルデラ内外の観測点における合成波(赤)と観測波(黒)の比較(0.2-2Hzの速度波形)

謝辞：本研究では防災科学技術研究所の K-NET および KiK-net の強震記録と F-net の CMT 解を用いました。記して謝意を表します。