電離圏擾乱からみる火山爆発スケールの推測 Hokkaido University SPACE GE Inference of volcanic explosion scales with ionospheric disturbances 北海道大学理学部地球惑星科学科 宇宙測地学研究室 藤田進悟



3. 電離圏擾乱の伝搬指向性と観測手順 ☆擾乱の伝搬指向性



図3 トルコ南東部で発生したVan地震の、 もの(Rolland et al. 2013)。南北方向の鉛直面にお いて、発生した音波を追跡(グレーの実線)し、そ れぞれの点における電子密度の変化の計算結果 を色で示しており、正の変化は赤で、負の変化は 青で表されている。Bは地磁気ベクトルをvnは 音波の振動に伴う電子の振動方向を表す。 →北半球では南側で擾乱が観測できる。 ・これは地震起源の擾乱であるが、 火山爆発もメカニズムは同様であるため、 この伝搬指向性は火山についても概ね成り立つ。 ・FスケールはSTECの変化の振幅をVTECで正規化させること定義。 →振幅は角度の影響を考慮する必要ないためSTECを利用する。

F:Fスケールのスケール値 ⊿STEC: 観測されたSTEC変化分 VTEC: 擾乱開始時のVTEC

電離圏擾乱が発生した際の 衛星、受信機の位置関係を示したもので、 すべての電子が高度300kmの薄い層に凝縮に 存在していると仮定し、その面とGPS衛星と 地上局を結ぶ線が交わる点を地上に投影したものを SIP(Sub Ionospheric Point)という。

SIP

Volcano

Reciever

Fスケールと比較できるもの ・VEIは広い噴火様式に適用できるが、爆発エネルギーの指標になれない。っ

 $F = \frac{\Delta STEC}{VTEC} \times 100$

・空振による観測は色々な周波数の音波を観測できるが、 振り切れてしまう場合がある。

・Fスケールは既存のGPS観測網と計算機から簡単に求められるが、 GPSの生データの入手が必須であり、

爆発が大規模でなければ電離圏での擾乱が観測できない。

山本研究において日本国内で擾乱が観測できた火山爆発は5例



これは口永良部島の噴火に際し、名瀬GNSS局から GPS14番衛星を見て観測された。

4-2 2011年2月11日の新燃岳の噴火による電離圏擾乱 Vertical TEC (TECU) СШ -0.22.667 2.833 2.5 3.0 0 20 40 60 80 100 Time (hour) nges(TECU) 図6 2月11日の新燃岳の噴火によって発生した 電離圏擾乱を示したもので各図は、 各GNSS局から見た噴火前後の衛星のSIP(左)、 鹿児島十島GNSS局からGPS10番衛星を見た 擾乱(中上)、GPS1O番衛星での擾乱が上から Char ^{2.0-} 火山からの距離が近い順に伝搬していく様子(中下)、 擾乱開始時のVTECの全球分布を表している(右)。 ЦС 2.667 2.833 3.167 2.5 3.0 Time(UT hour)

4-3 2011年1月31日の新燃岳の噴火による電離圏擾乱



☆擾乱の観測手順

①比較的大規模なブルカノ式火山爆発が起こった事例を選ぶ

②電離圏擾乱が発生している可能性が高い電子基準点についてGPSの生データを国土地理院のウェブからダウン ロードする。

③噴火前後のSIP点を地図上にプロットし擾乱が見える衛星を推測する。

④STECを計算し、その後時間窓を2時間、多項式の次数を7次として近似し、実質的にハイパスフィルターを施しプ ロットする。

⑤擾乱の見えているGPS衛星について複数の電子基準点について同様の計算を行い、擾乱が時間をずらして発生 していることを確認し、火山噴火を起源とする擾乱であることを示す。

4. 観測結果

解析結果と空振計のデータを表1にまとめた。

火山名	噴火時刻(UT)	∆STEC(TECU)	VTEC(TECU)	F	空振計(Pa)	規格化した振幅(Pa)
口永良部島	2015/5/29 0:59	0.22	27.0	0.8	62.2≦	(14.3)
新燃岳(day042)	2011/2/11 2:36	0.25	22.5	1.1	244.3	73.3
新燃岳(day031)	2011/1/31 22:54	0.26	9.6	2.8	458.4	137.5
桜島	2009/10/3 7:45	0.28	14.0	2.0	294.5	147
浅間山	2004/9/1 11:01	0.2	12.3	1.6	205	164

表1 擾乱を観測した火山の解析結果などをまとめた表 球面波の音波を考えているので、球面波の振幅(空振計の値)は距離と反比例すると仮定できるので、 距離10kmを基準として規格化して値を比較できるようにした。 口永良部島の空振計の値は振り切れていた。 空振計の値は気象庁の火山活動解説資料より、浅間山のSTEC変化分はHeki(2006)より引用した。







図8 桜島の噴火によって発生した電離圏擾乱を示したもので、名瀬GNSS局から見た噴火前後のSIP(左) 名瀬GNSS局からGPS11番衛星を見て得られた擾乱(中央)、 擾乱開始時のVTECの全球分布と赤星は桜島(右)を表している。

4-5 Fスケールと空振の相関性

・規格化した空振の値とFスケールの間の相関係数は0.526と比較的高い値が得られた。 ・空振とFスケールは別の周波数域の音波をとらえているため、これらの大小から単純に比較はできないが、 おおむね空振の値が大きくなるとFスケールも増大していることがわかる。



5. まとめ

・ブルカノ式噴火の爆発エネルギーのスケールとしてFスケールを利用できる。 ただ、スケール化できるのは大規模な噴火に限られる。

・本研究においては周期30秒のGPSデータを利用したが、周期1秒GPSデータを利用すれば、 Fスケールの精度が増すと思われる。そのため、改良や考察の余地は広いと思われる。 ・Fスケールはサンプル数は少ないものの、ある程度火山爆発の大きさを調和的に スケール化できていると判断できる。

参考文献

日置幸介、菅原守、大関優、岡崎郁也 GPS-TEC法による地球物理学、測地学会誌,56(解説・入門講座)、125-134,2010 L. M. Rolland, M. Vergnolle, J. M. Nocquet, A. Sladen, J. X. Dessa, F. Tavakoli, H. R. Nankali, F. Cappa Discriminating the tectonic and nontectonic contributions in the ionospheric signature of the 2011, M_w 7.1, dip-slip Van earthquake, Eastern Turkey, Geophys Res., VOL. 40, 2518–2522, doi:10.1002/grl.50544,2013 Heki, K. Explosion energy of the 2004 eruption of the Asama Volcano, central Japan, inferred from ionospheric disturbances, Geophys. Res. Lett., 33, L14303, doi:10.1029/2006GL026249 古屋正人 宇宙測地学 講義ノート(https://www.sci.hokudai.ac.jp/~furuya/lecture/) 気象庁HP(www.jma.go.jp) 国土地理院HP(www.gsi.go.jp)