

霧島山(新燃岳)調査観測報告*

Volcanic Activity Report of Kirishimayama (Shinmoedake)

九州大学大学院理学研究院 地震火山観測研究センター
 Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University

九州大学地震火山観測研究センターでは、2011年1月26日の霧島火山の活発化を受けて、2011年1月28日より鹿児島県霧島市牧園町高千穂新湯付近に観測機器を設置し調査を始めた(第1表、第1図、第2図)。また、1月29日には鹿児島県道1号線沿いの大浪池登山口付近に、2月8日には深部マグマ溜まりの西側にあたる始良郡湧水町木場にも観測機器を設置した。観測機器は新湯に設置した地震計アレイ以外は携帯電話テレメータにより九大地震火山センターにリアルタイムで送信されて逐次解析されるとともに、JDXnet・TDXを介して総合観測班の研究者や気象庁に送信されている。また傾斜計データは北海道大学に設置された「全国ひずみ傾斜データ流通と一元化」のデータサーバに登録され、web上で波形のデータの表示や解析が可能となっている。

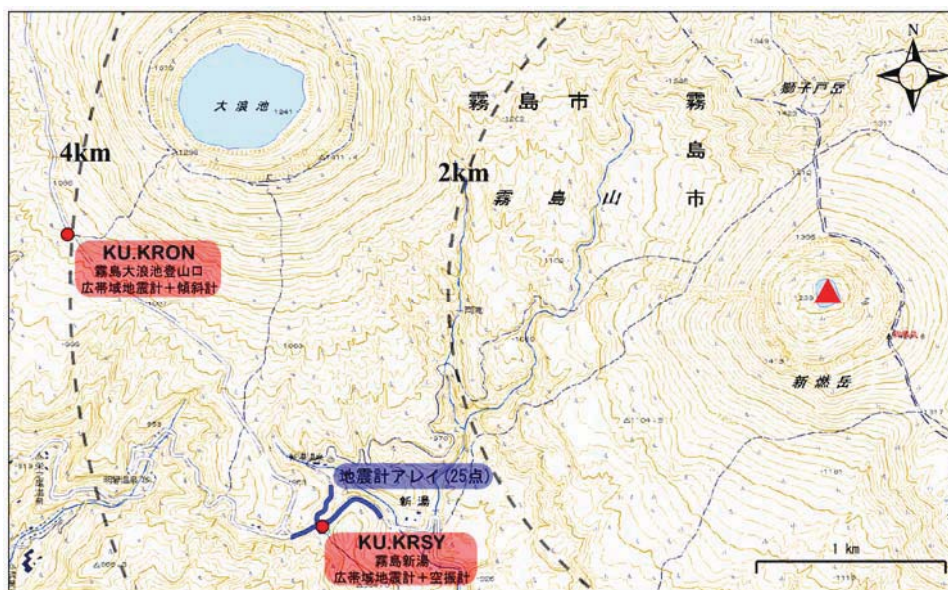
2月6日には関係者の協力により、新湯の地震計アレイ25台のデータを無事回収することができた。またその際に2月1日朝の爆発的噴火の際に新湯付近に落下した噴石についても調査をおこなった。

第1表 九大が設置した観測点。

観測点	観測項目
霧島新湯	広帯域地震計(120秒)
	空振計
大浪池登山口	地震計アレイ(25台; オフライン)
	広帯域地震計(120秒)
霧島湧水木場	気泡型傾斜計
	地震計(1Hz)
	気泡型傾斜計
	2周波GPS



第1図 観測点配置図。想定圧力源は国土地理院(拡大幹事会資料)による。



第2図 新湯および大浪池登山口観測点の位置。

*2011年5月2日受付

1. 霧島市新湯付近で確認した噴石の飛散状況

2011年2月6日に霧島市新湯付近で確認した噴石の飛散状況を報告する。

新燃岳火口中心の西南西、約2.6km（霧島市新湯付近）の県道104号線道路上（第3図、第4図）、及び道路脇の表土（第5図）に多数の噴石を確認した。この地点は、気象庁機動調査班が2011年2月1日に現地調査を実施して確認した噴石着弾点の東方、約300-700mと近接している（第6図）。同日の上空からの調査でも新燃岳の南西方向に噴石が飛散していることが確認されている。したがって、これらの噴石は2月1日午前7時54分の爆発的噴火で飛散したものと考えられる。噴石表面に火山昇華物等、付着物は確認されない。



第3図 噴石（長径27cm、短径16cm）が県道104号線道路のアスファルトにめり込んでいる（深さ7cm）。アスファルトには噴石着弾時に形成されたと考えられる亀裂が確認された。道路上及び道路脇には、長さ約70mにわたって長径10cm以下の噴石が多数散在している。



第4図 車道外側線（白線）上に落下した噴石。噴石の下に塗料が溶融し、一部は泡立っている。一般的な溶融型粉体塗料の軟化温度は100-110℃、溶融温度は130-140℃であるので、落下時の噴石の表面温度は100℃を超えていたことが推測される。なお、アスファルト上に落下した噴石の下は焼かれた跡が残っていた。



第5図 パン皮状の表面構造をもつ噴石(長径1.3m、短径0.7m)が道路脇の表土にめり込んでいる。噴石内部は多孔質である。噴石の衝突によって形成されたクレーターは長径1.7m、短径1.2m、深さ0.6mであった。クレーター周囲の草の一部には燃えた跡が確認された。



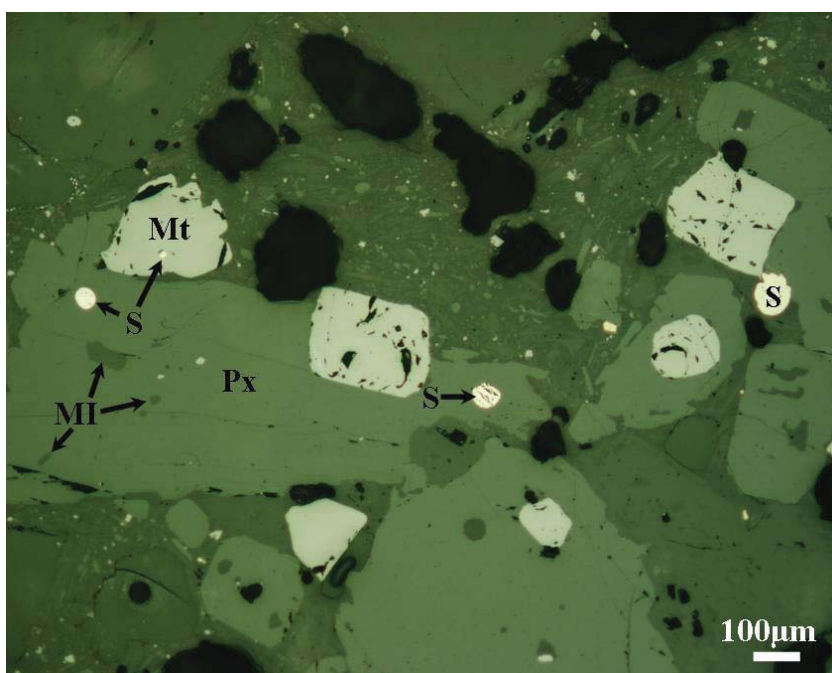
第6図 噴石調査地点。

2. 霧島山新燃岳 2011年2月1日噴火火山弾中の硫化鉍物

2011年2月1日午前7時54分の爆発的噴火で飛散したと考えられる火山弾(第7図)(採集地:霧島市新湯付近)を顕微鏡観察した結果、斑晶鉍物及び石基ガラス中に微細な(長径1-100 μ m)数種類の鉄、銅硫化鉍物を確認したので報告する。硫化鉍物は球形ないし楕円形を呈し、集斑晶を構成する輝石、Fe-Ti 酸化鉍物中に含有されていることが多い(第8図)。なお、硫化鉍物は2011年1月26日-27日の噴火で飛散したと考えられる軽石(採集地:御池少年自然の家)中にも確認した。今後、これらの硫化鉍物の化学組成や銅、鉄、硫黄同位体比を測定し、硫化鉍物の成因や各元素の挙動等の検討を進める予定である。



第7図 霧島市新湯付近の県道104号線道路のアスファルトにめり込んでいる火山弾(長径27cm、短径16cm)。



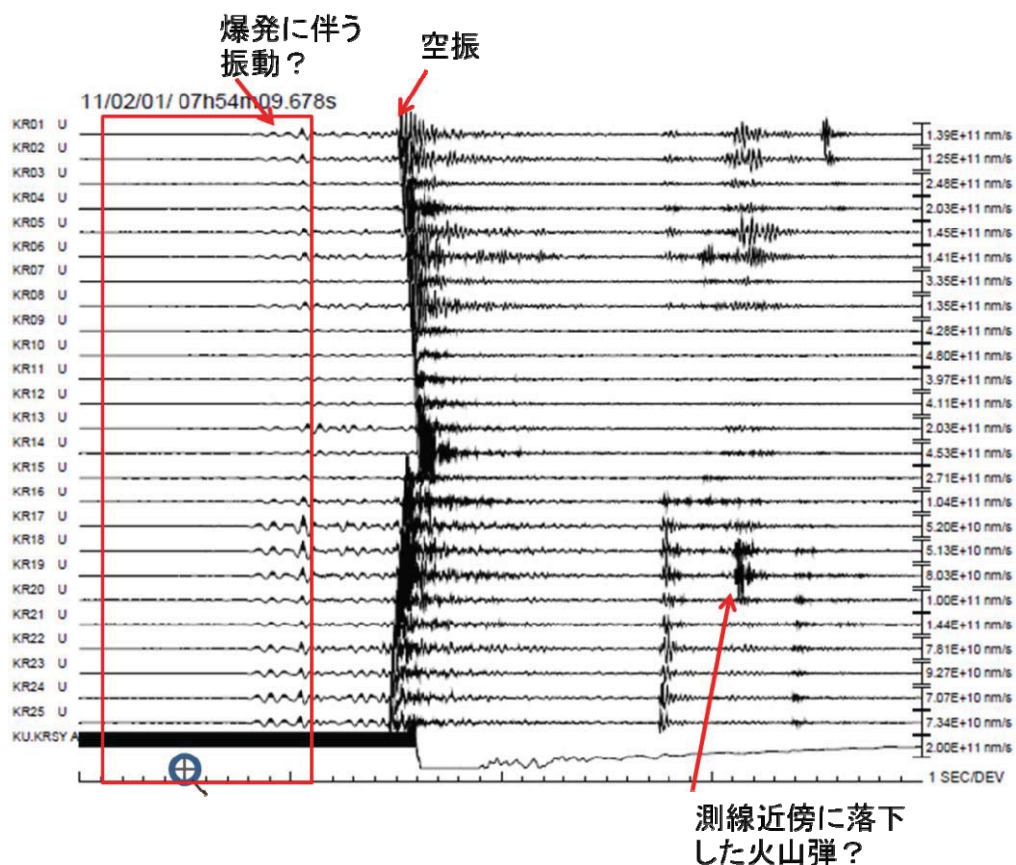
第8図 火山弾の反射顕微鏡写真。Px = 輝石、Mt = Fe-Ti 酸化鉍物、S = 硫化鉍物、MI = メルト包有物

3. 新湯付近における 3 成分地震計アレイ観測

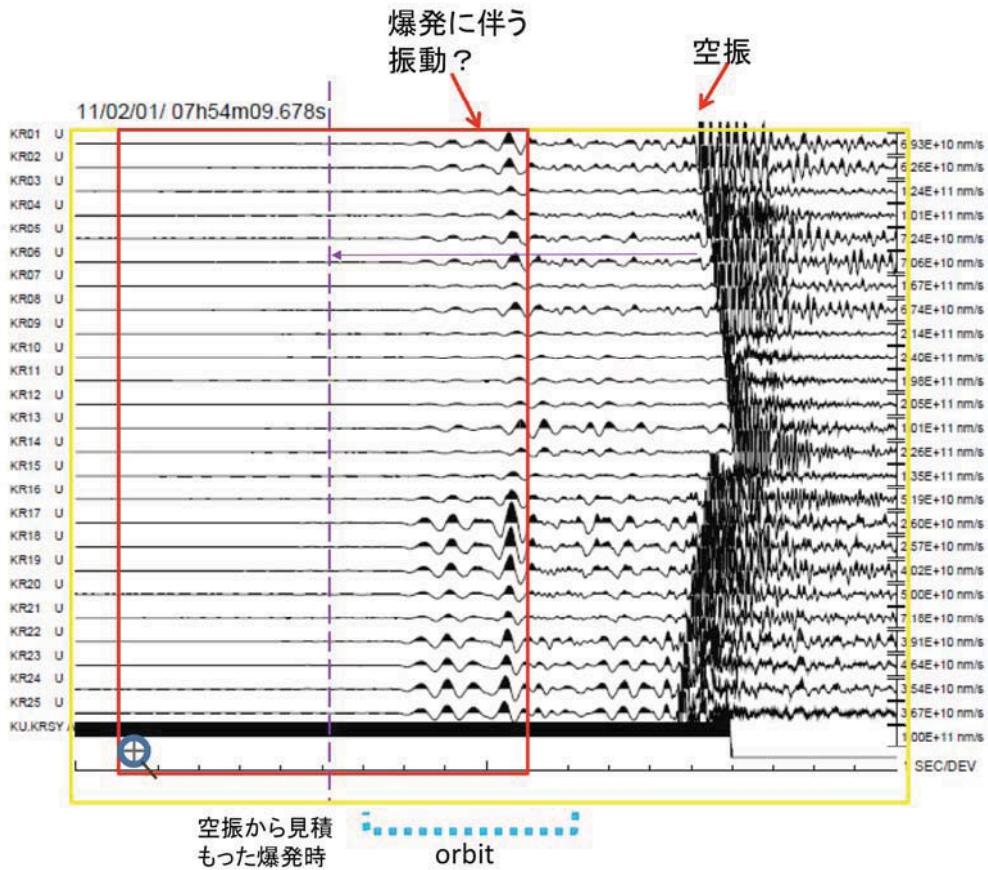
火道内マグマ上昇プロセスを理解するために、霧島市牧園町高千穂の新湯温泉分岐点付近（火口から約 3km）を中心に、直径約 500m の範囲に 20~40m 間隔で 3 成分地震計（固有周波数 2Hz）を 25 台展開して 1kHz の高サンプリングで火山噴火爆発に伴う震動を記録している（第 9 図）。地震計は 2011 年 1 月 28~29 日に設置し、2 月 6 日にデータ回収および再設置作業を行った。現在も観測を継続している。プレリミナルな解析結果を以下の図に示す。



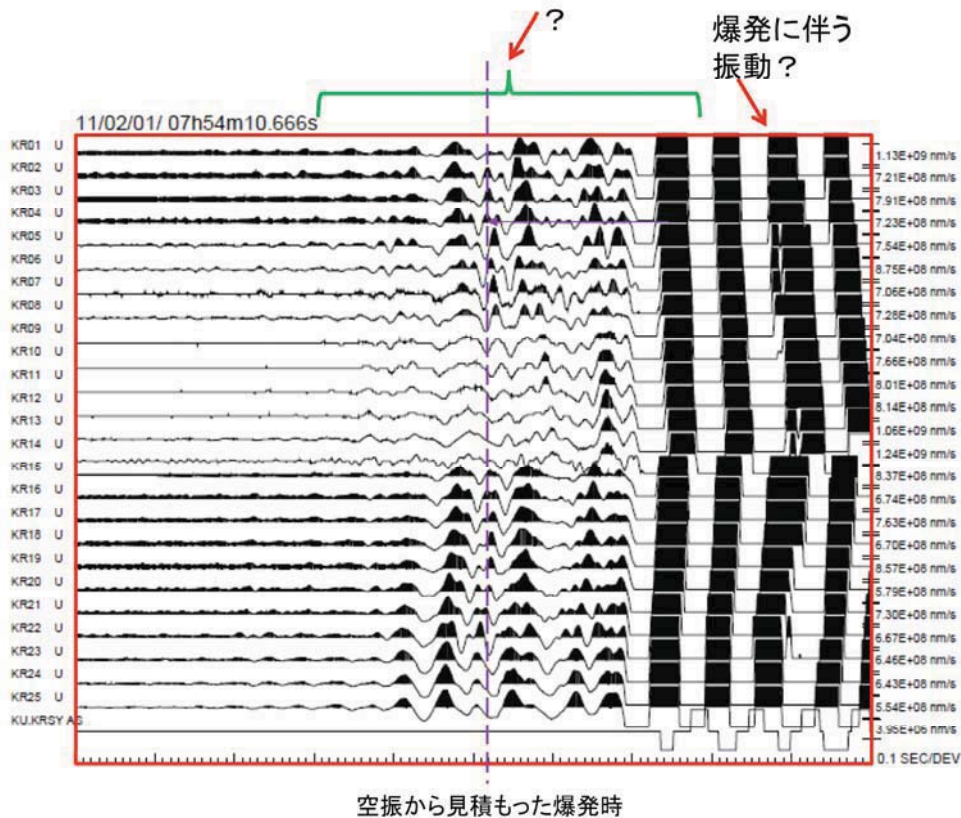
第 9 図 位置とアレイと新燃岳を通る地形断面図。
slowness 範囲 ($V = 2\text{km/sec}$ を仮定) を示す。



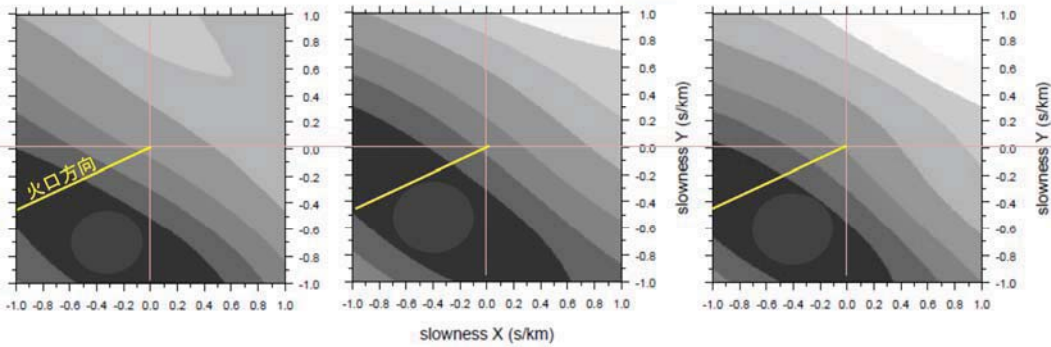
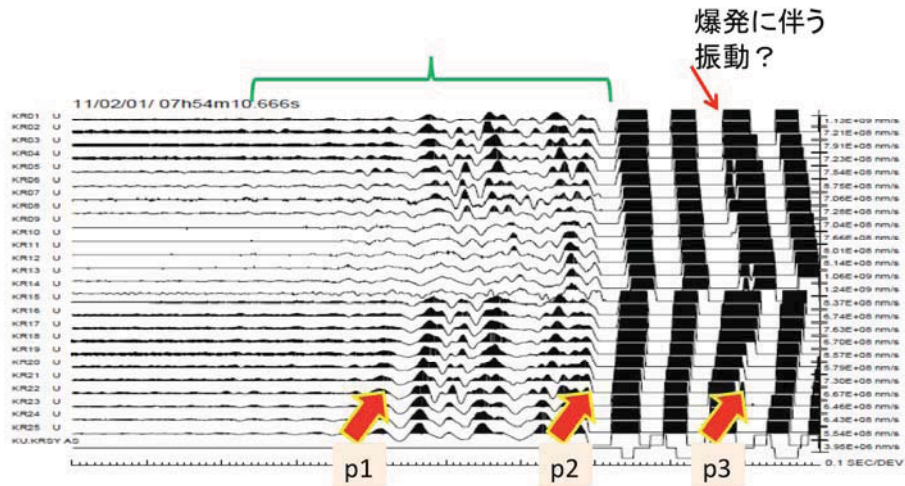
第 10 図 アレイによって記録された 2011 年 2 月 1 日の爆発に伴う振動波形。上下動成分の記録および空振計（最下段）記録を示す。赤枠内は第 11 図に拡大して示されている。



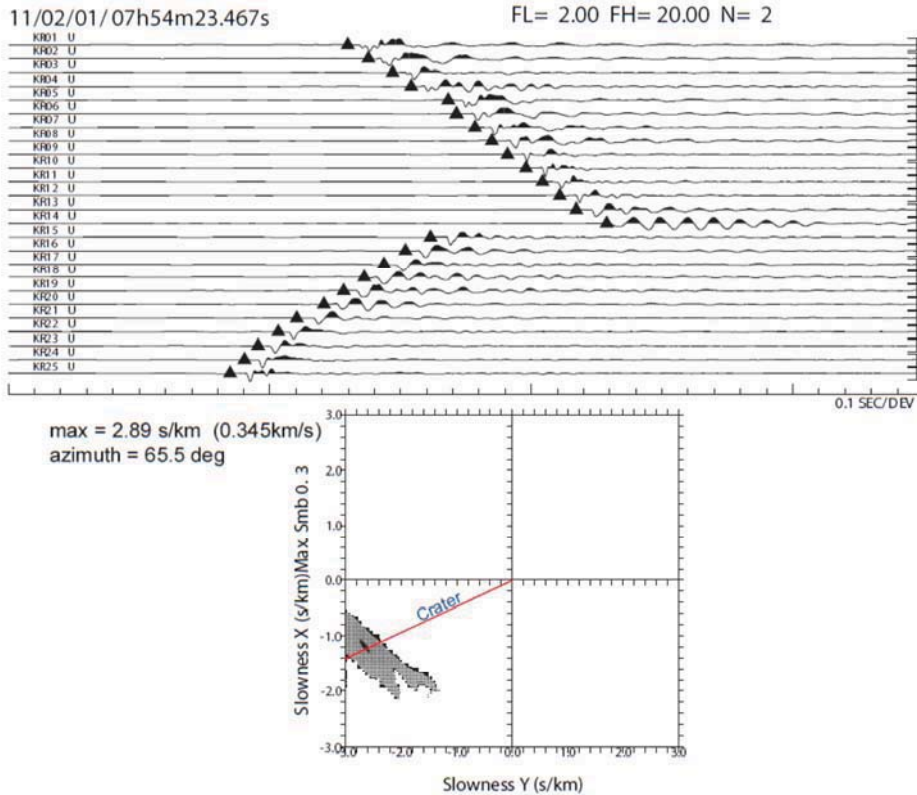
第 11 図 アレイによって記録された 2011 年 2 月 1 日の爆発に伴う振動波形の第 10 図の拡大図。赤枠内は第 12 図に拡大して示されている。



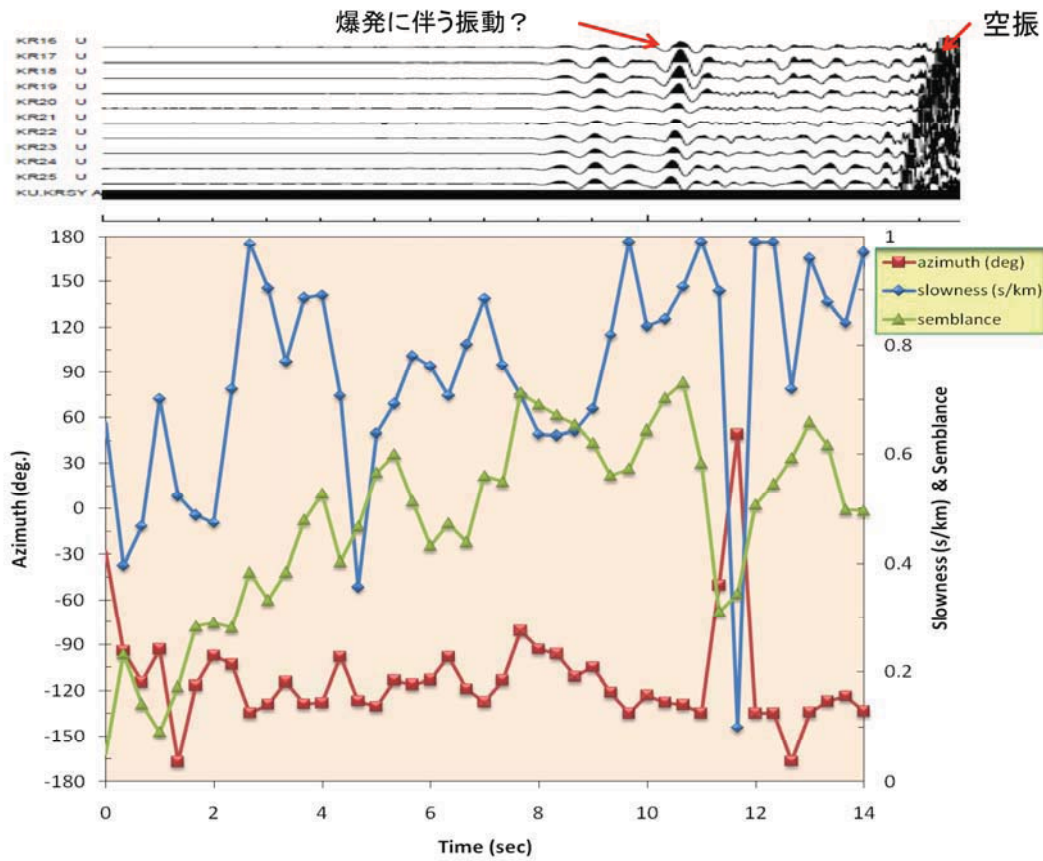
第 12 図 アレイによって記録された 2011 年 2 月 1 日の爆発に伴う振動波形の第 11 図の拡大図。爆発に伴う振動の前に地下の振動源からの波形が確認できる。



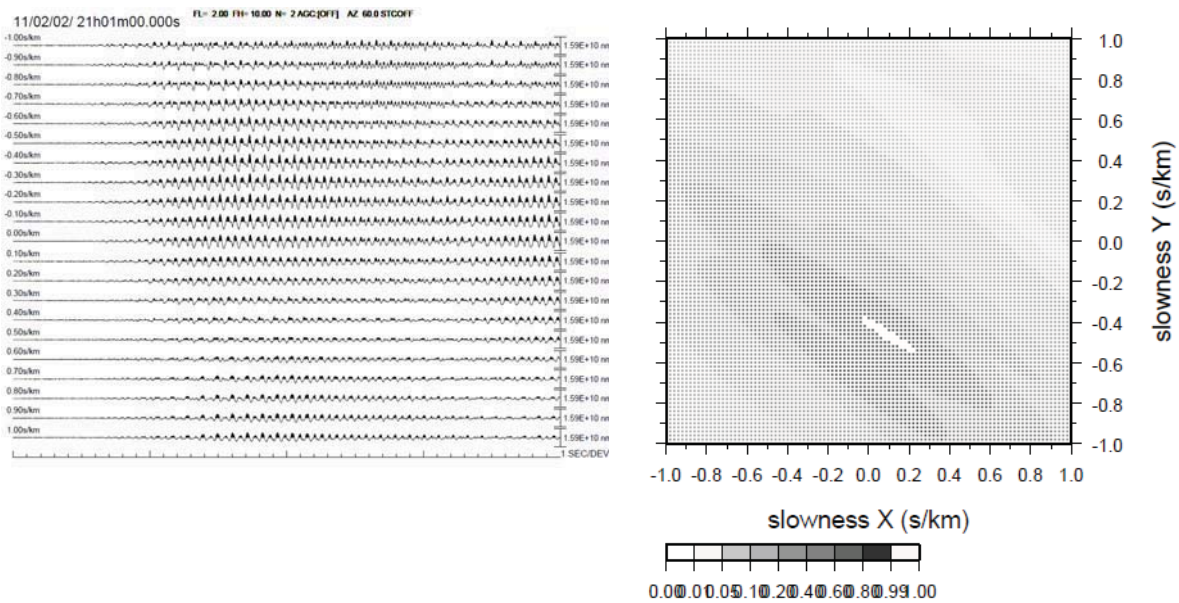
第 13 図 爆発に伴う地震動部分の拡大図(上図)。図中に矢印で示した部分の波の到来方向をセンブランス係数から推定したもの(下図)。



第 14 図 空振部分の拡大図(上図)。この部分の波の到来方向をセンブランス係数から推定したもの(下図)。



第 15 図 爆発に伴う地震動の前後部分の拡大図(上図)と波の到来方向、slowness、センプランス係数の時間変化 (下図)。



第 16 図 微動の火口方向への slant stack (左図)と Semblance 分布 (右図)。

4. 空振計・傾斜計・広帯域地震計で捉えられた噴火震動

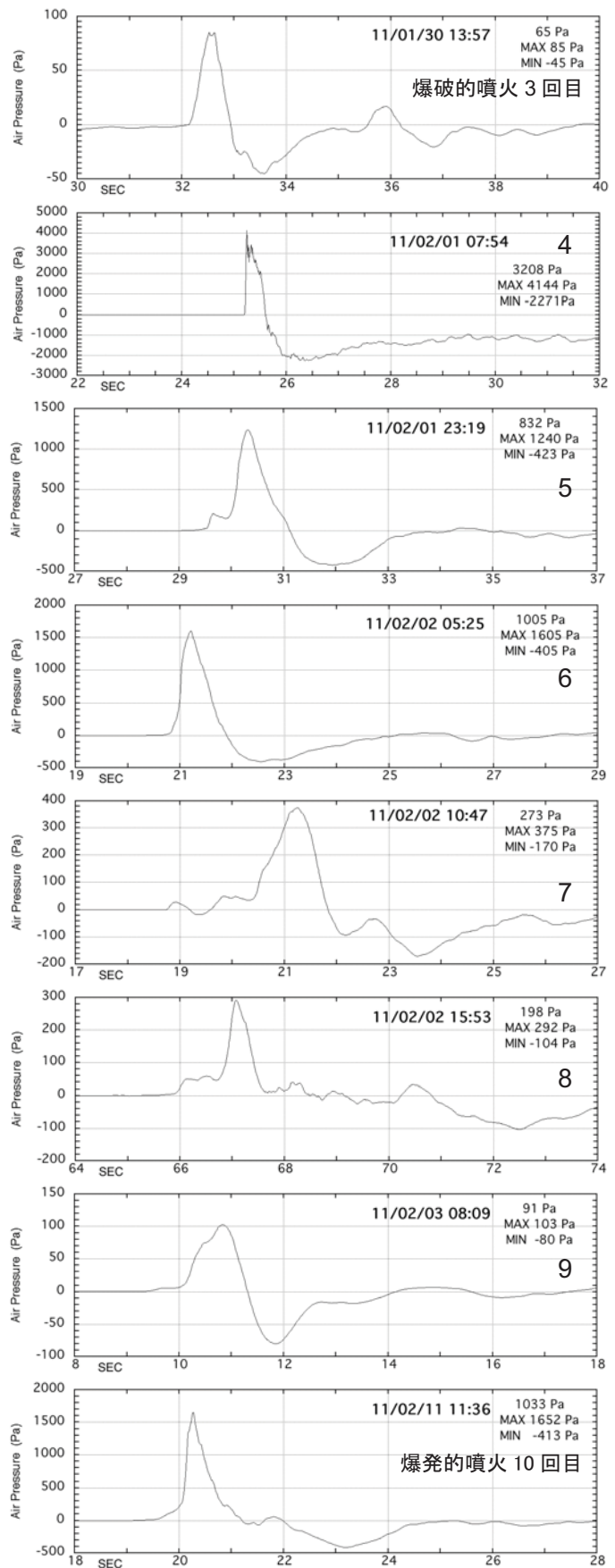
火山活動の推移を把握し、地下のマグマの動きを知るために、火口から西南西約 3km の新湯付近と西北西約 4km の大浪池登山口付近で、広帯域地震計および空振（霧島新湯）・傾斜（霧島大浪池登山口）の観測をそれぞれ 1 月 28 日および 1 月 30 日から開始した。2 地点とも携帯電話を用いた簡易テレメータ装置を使ってデータを送信し、九大センターで受信している。霧島大浪池登山口観測点のデータ変換・伝送装置は北海道大学の協力を得た。霧島新湯は電源として太陽電池を用い、霧島大浪池登山口観測点は鹿児島県および自然公園財団の協力で商用電源を使わせていただいている。また、2 月 8 日には想定深部圧力源があると推定されるえびの高原～栗野岳の西側に位置する湧水町木場においても関係者の協力により傾斜・地震（1Hz）、2 周波 GPS の測定を開始した。

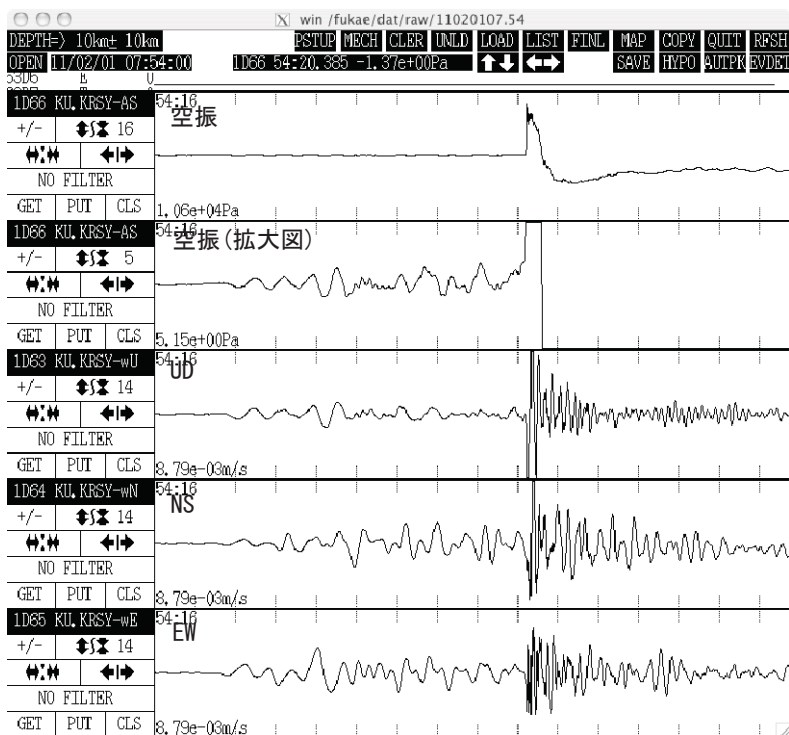
4.1 霧島新湯観測点で記録された空振記録

火口から 3km 離れた霧島新湯観測点において白山工業製広帯域マイクロフォン SI102 を用いた空振観測を実施している（第 17 図）。当マイクロフォンは、大震幅時に真の値より 2 倍程度大きな測定値が出るのがわかり現在キャリブレーション中であるが、それを考慮にいれても、2 月 1 日朝の爆発的噴火では 1500Pa 程度の空振が記録されている。また波形もそのほかの爆発的噴火の波形とは異なり、立ち上がりが大変鋭いものとなっており、継続時間も短いという特徴を持っている。また、空振が 1000Pa を超えた 6 回目と 10 回目の爆発的噴火でも、立ち上がりが他の空振と比べて立ち上がりが急になっている。

また同じ霧島新湯観測点に設置されている広帯域地震計の波形と比較すると（第 18 図）、空振が到達する 2 秒前までは上下動の波形と空振計の波形がほぼ一致している。これはマイク周辺に到達した地震動が空気圧変動に変化したものと考えられる。また大きな空振がとどく 2 秒前から正の空気圧振動がみられる。これは爆発直前の溶岩ドームの地殻変動に起因する空気圧変化の可能性もある。

第 17 図 空振計で記録された爆発的噴火時の気圧変化。3 回目以降の爆発が記録されている。200Pa をこえる振幅の絶対値は今後機器の検定が必要であるが、位相特性にはほぼ問題がなく、波形自体は実際の気圧変動を記録していると考えられる。

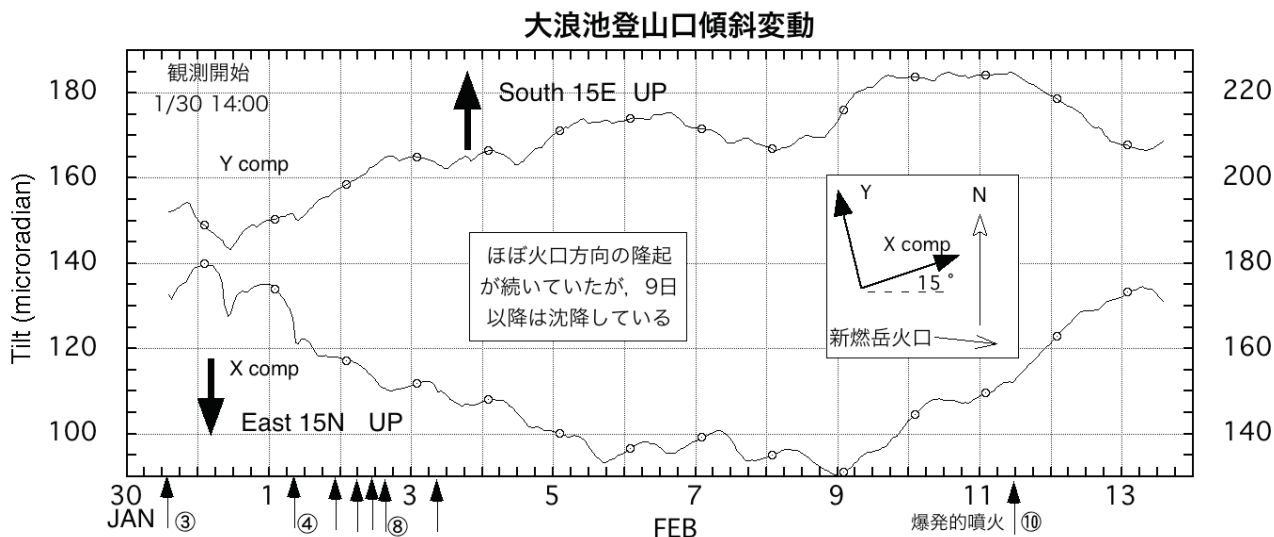




第18図 2月1日7:54の爆発的噴火の際の空振波形。下段の3つは広帯域地震計の記録を示す。

4.2 霧島大浪池登山口観測点での傾斜記録

気泡型傾斜計を登山口トイレの半地下室に設置している。観測期間が短いため、はっきりとしたことは言えないが、溶岩の噴出速度が低下した1月31日から火口方向の隆起が続いている(第19図)。爆発的噴火とは特に対応した傾斜変動は見えない。2月9日から傾斜方向が反転して火口方向が沈降している。ただし、これらの変動は50 μ radにおよび、想定される圧力源の変化を相当大的な物にしなければならないこと、また気温の変化と相関があるようにもみえることから、今後詳細な調査が必要である。

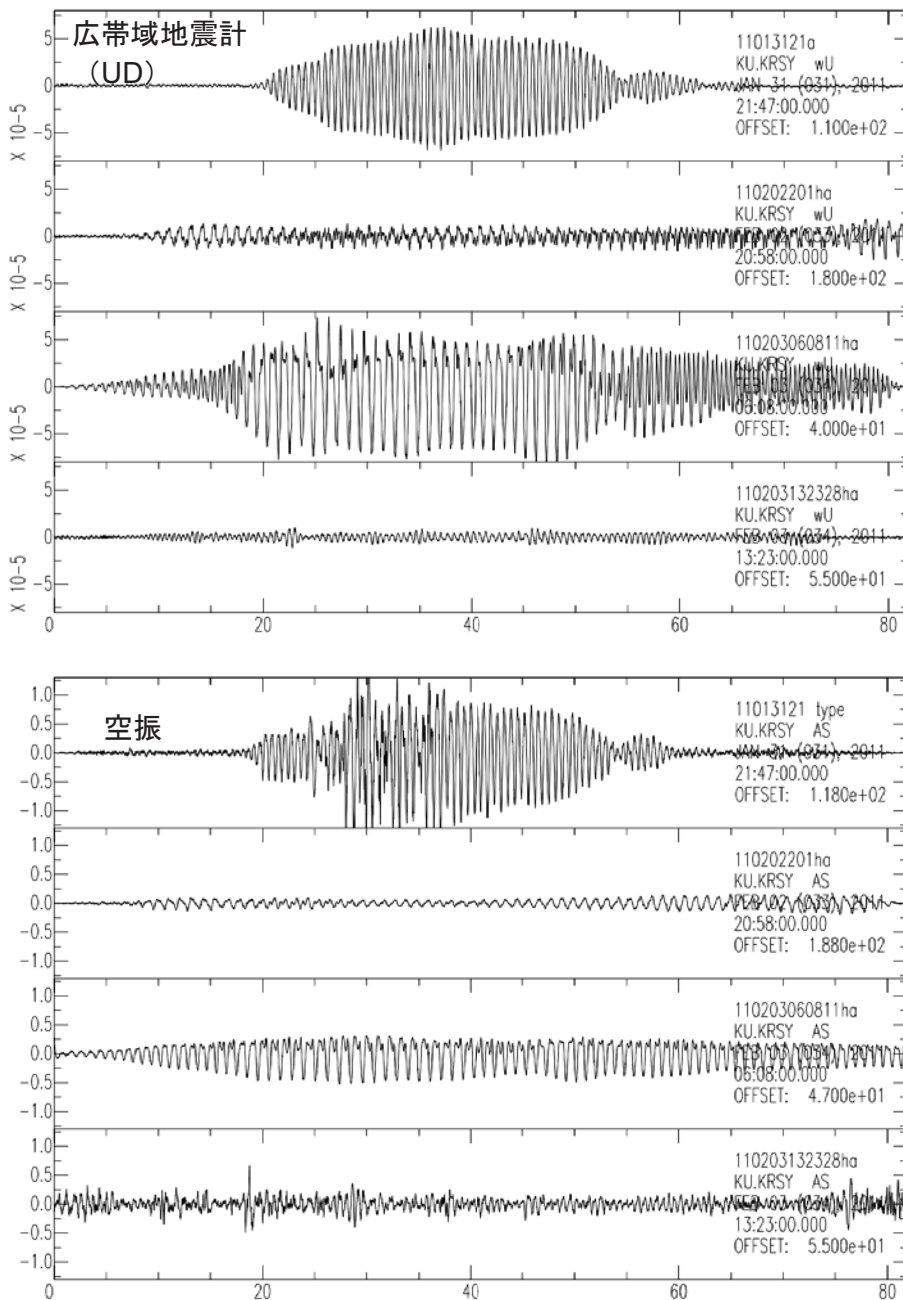


第19図 霧島大浪池登山口観測点で記録された傾斜変動。

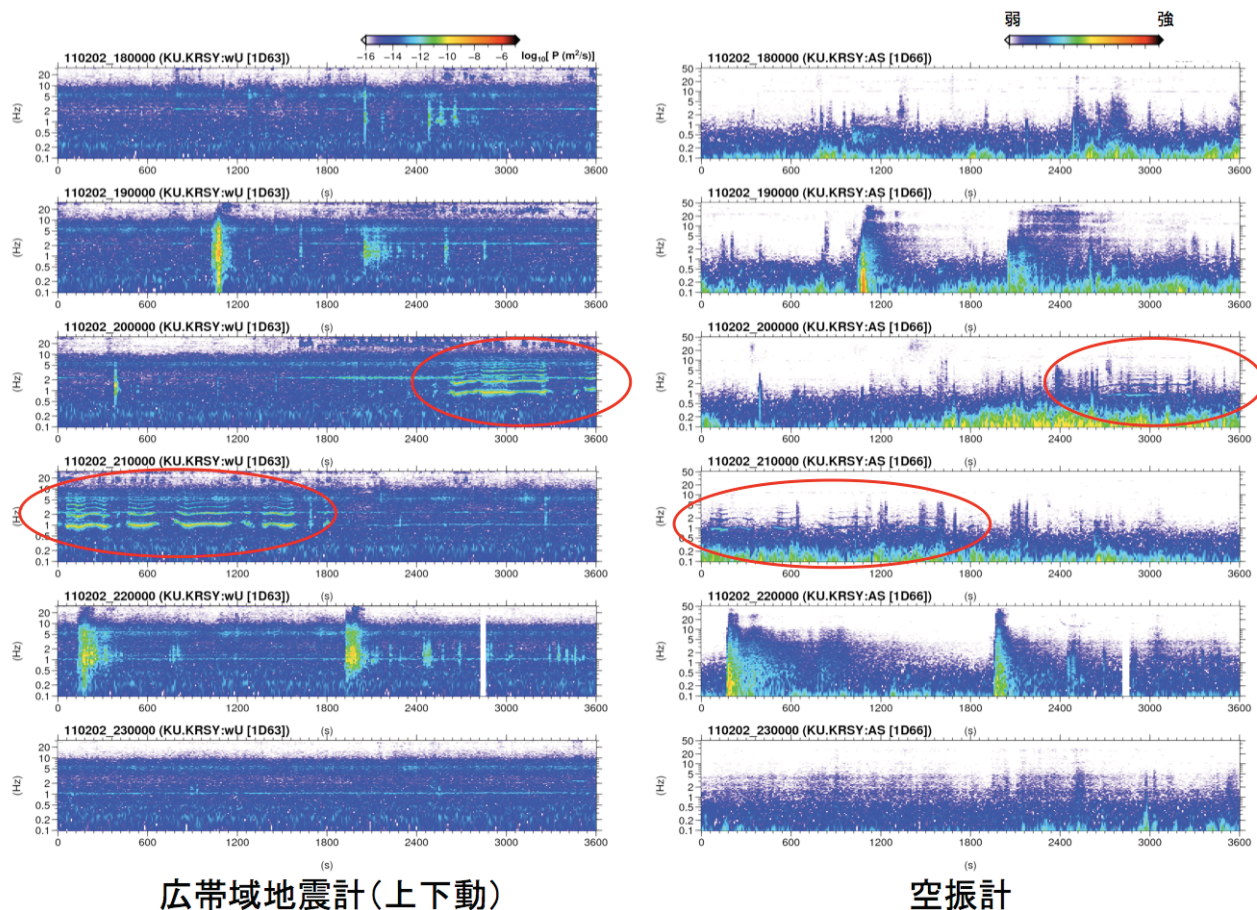
4.3 霧島新湯観測点で観測されたハーモニック微動

溶岩が新燃岳火口の大部分を覆い始めた 1 月 31 日ごろから数回にわたり顕著なハーモニック微動が記録されている。このうちに特に顕著な 4 回の微動の記録を第 20 図に示す。この微動は広帯域地震計のみならず、同じ場所に設置された空振計にも明瞭に記録されている。2011 年 2 月 2 日の 21 時前後のハーモニックな微動発生時のランニングスペクトルを第 21 図に示す。ハーモニック微動（赤楕円で囲んだ部分）は数分間にわたって続いている。21 時 01 分 01 秒からの広帯域地震計（上下動）と空振計の波形の拡大図を第 22 図に示す。地震計と空振計の微動記録の到着時間差はおおよそ 8 秒程度であり、震源を新燃岳火口直下とした場合（震央距離 3km）の地震波と音波の走時差と考えて矛盾しないことから、このハーモニック微動の振動源（共鳴体）は火口直下のごく浅所にあると推定される。

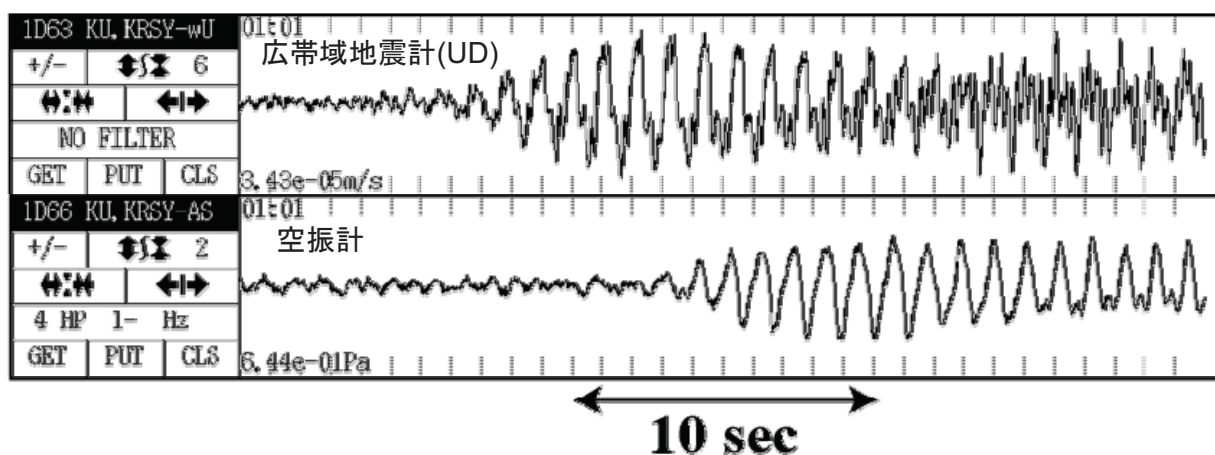
第 23 図に微動および空振のスペクトル波形を示す。卓越する周波数は毎回異なっており、共鳴体の大きさがそのつど異なっていることを示していると考えられる。



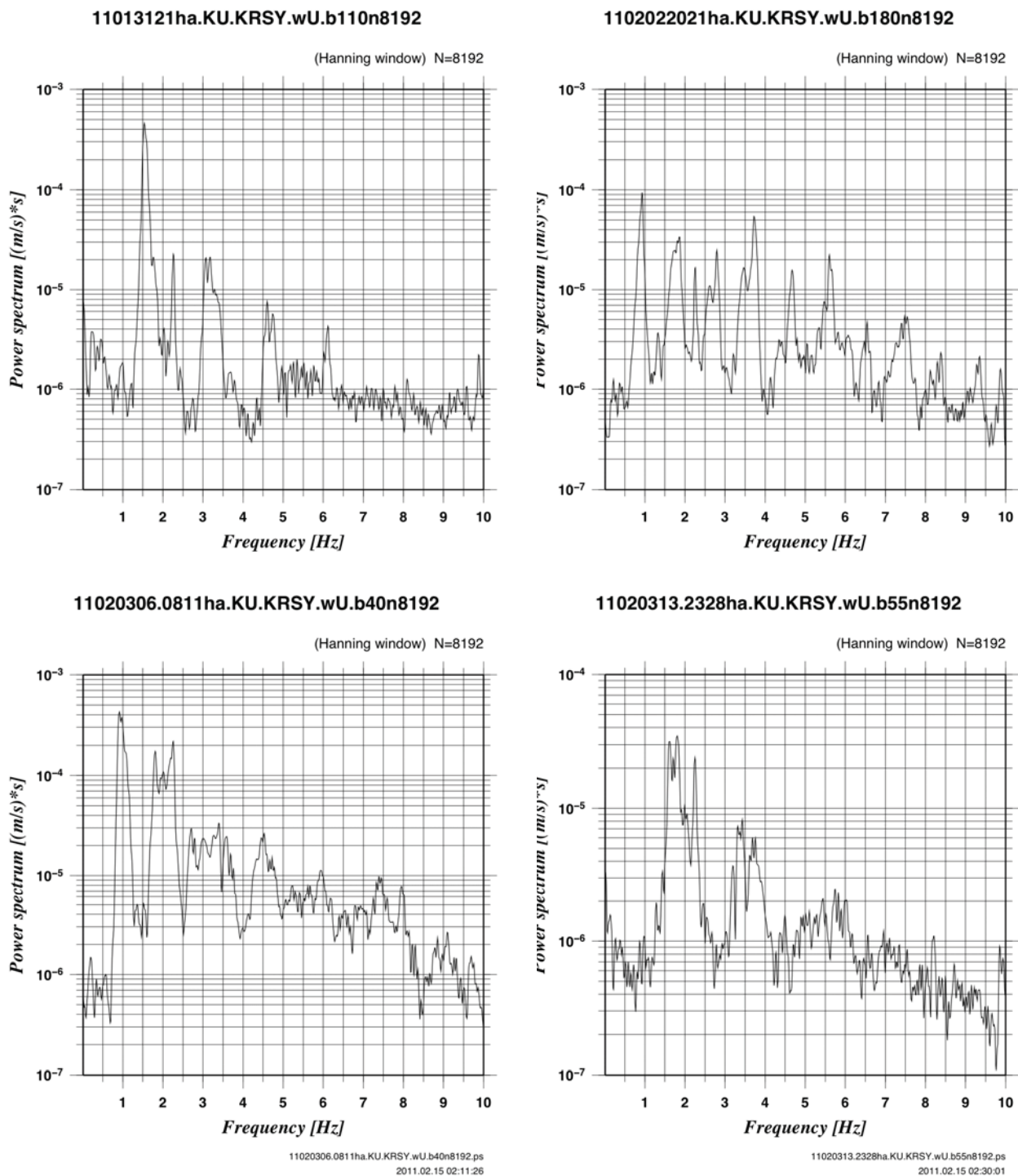
第 20 図 霧島新湯観測点で記録されたハーモニック微動の例。上図は広帯域地震計、下図は空振計の記録を示す



第 21 図 霧島新湯観測点における広帯域地震計と空振計のランニングスペクトル (2011 年 2 月 2 日 18 : 00 ~ 24 : 00)



第 22 図 2011 年 2 月 2 日 21:01 のハーモニック微動の記録。上段が広帯域地震計、下段が空振計の記録となっており、空振が約 8 秒遅れて到達していることが分かる。



第 23 図 広帯域地震計(上下動)で記録されたハーモニック微動のパワースペクトル図。1 月 31 日は 1.54Hz、2 月 2 日は 0.93Hz、2 月 3 日 6 時は 0.92Hz、2 月 3 日 13 時は 1.61Hz と 1.80Hz にピークがある。

謝辞

本調査報の地図の作成にあたっては、国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図（韓国岳・霧島温泉・日向小林・高千穂峰）、国土地理院発行の 1 万分の 1 火山基本図（霧島山）、Yahoo! map を使用した。

今回の観測調査にあたっては、北海道大学地震火山研究観測センターより機器の提供をうけたほか、鹿児島大学理学部、東京大学地震研究所、鹿児島県、霧島市、気象庁、環境省、自然公園財団からも多大なる協力を得た。ここに記して感謝する。