

霧島火山群新燃岳 2017 年噴火の上空観察

概要：2017 年 10 月 11 日早朝に始まった新燃岳の噴火を受けて，11 日午後セスナ機による上空からの観察，12 日午前にはドローンによる新燃岳山頂火口内及び周辺の観察を行った。主な噴煙は山頂火口内東縁付近の小噴火口（群）から発生している。11 日午後には白色主体の噴煙であったが，12 日午前には濃い灰色の噴煙となり，噴出の勢い，噴煙高度が増した。12 日にかけての活発化に伴う山頂火口内の変化はほとんどなく，同一の小噴火口（群）を使い噴火を継続したと考えられる。

【セスナ機による観察】

- ・ 10 月 11 日 15:00～15:45 にセスナ機（南日本航空）により新燃岳山頂火口内を観察した。
- ・ 山頂火口内東縁付近に形成された小噴火口から白～灰色の噴煙が勢い良く立ち上がっている。白色噴煙が主体であるが，時々濃い灰色の噴煙も混じる（図 1）。
- ・ 噴火口位置は 2011 年噴火前からある噴気域の一部に相当し，2011 年噴火時にも小噴火口が形成された場所である。
- ・ 近接する 2 つの小噴火口が存在し，噴煙の根元は分かれているが，噴火口直上で一体となり上昇する噴煙は見かけ上は 1 つである（図 2）。
- ・ 噴煙は強い西風を受けて大きく傾き，東側に主な降灰をもたらしている。
- ・ 東から北側にかけては山頂火口壁や山体斜面に数～10cm 程度（推定）の火山灰の被覆が確認できる。全体的に山頂火口内東側では噴気活動が盛んで，とくに小噴火口の南西側の噴気域は活発である。



図 1 新燃岳山頂火口内東縁の小噴火口から上昇する噴煙の様子。噴火口周囲の噴気活動は活発で，噴火口のそばに，所々，水溜りが存在する。（11 日 15:22 撮影）



図 2 小噴火口は 2 つ存在し，噴煙は一体となって上昇している。（11 日 15:32 撮影）

【ドローンによる観察】

- ・ 10月12日午前、新燃岳南西側の新湯温泉付近から、ドローンにより新燃岳山頂火口内及び火口周囲の状況を観察した。なお、規制区域のドローン飛行に関しては、事前に鹿児島森林管理署と調整した上で実施した。
- ・ 風向きや降灰の状況を考慮して、9:30～11:00の間に3回に分けて実施した。
- ・ 小噴火口（群）の位置や大きさは11日とほとんど同じであったが、噴煙は濃い灰色主体で、勢い良く噴出し、上昇している（図3）。
- ・ 弾道放出物は観察できないが、風下側では顕著な降灰が認められる。
- ・ 勢いの良い噴煙の他に、やや勢いの弱い噴煙が近接して存在する。噴火口直上ですぐに一体となり、1つの噴煙を形成している（図4）。複数の小噴火口があると推定される。
- ・ 噴煙上昇の勢いは11日より明らかに強く、噴煙高度も増した。11日と比べて風の影響が弱まったことや、噴出率がやや上がったことが噴煙高度を増した原因と考えられる。
- ・ 観察時間中、新燃岳西側斜面の噴気地帯では、噴気量が一時的に増大する様子が観察された。また、西側斜面の複数箇所から弱い噴気が一時的に立ち昇る様子を観察した。
- ・



図3 新燃岳山頂火口南縁付近から見た噴煙。（12日10:55頃撮影）



図4 新燃岳山頂火口西側から撮影した噴煙。奥に勢いが強い噴煙があり、手前に弱い噴煙が存在するが、上空では一体となり一つの噴煙を形成している。（12日11:05頃撮影）

霧島火山群新燃岳 2017 年 10 月 11～12 日噴火の降灰分布と噴出量（速報）

概要： 霧島火山群新燃岳における 2017 年 10 月 11 日，12 日噴火の降灰分布と噴出量を，噴火直後に実施した現地調査の結果をもとに推定した。11 日はほぼ東側に主軸をもち，比較的狭い範囲に降灰が集中した。一方 12 日はやや北寄りに分布主軸が移るとともに，南～南西側にも降灰が認められ，山体付近では 11 日より堆積の範囲は広い。降灰分布データ（単位面積当たり重量と面積との関係）をもとに噴出量を算出した結果，11 日の噴出量は 1～4 万トン，12 日の噴出量は 6～22 万トンと見積もられた。なお，火口近傍の堆積状況が不明なため噴出量には大きなエラーが含まれる。

【降灰分布】

- ・ 10 月 11 日昼頃から 12 日夕方にかけて，熊本大学，防災科学技術研究所，東京大学地震研究所は，11 日，12 日噴火それぞれの降下火山灰の堆積状況を調査した（図 1）。
- ・ 11 日（青色）はほぼ東側に分布主軸をもつ。12 日（赤色）はやや北寄りに主軸が移るとともに，南～南西側山麓でも降灰が認められ，11 日より堆積の範囲は広い。
- ・ 12 日は噴煙の勢いが強くなり噴煙高度が増し，風の影響も弱まったために，より広範囲に火山灰が拡散，堆積したと考えられる。

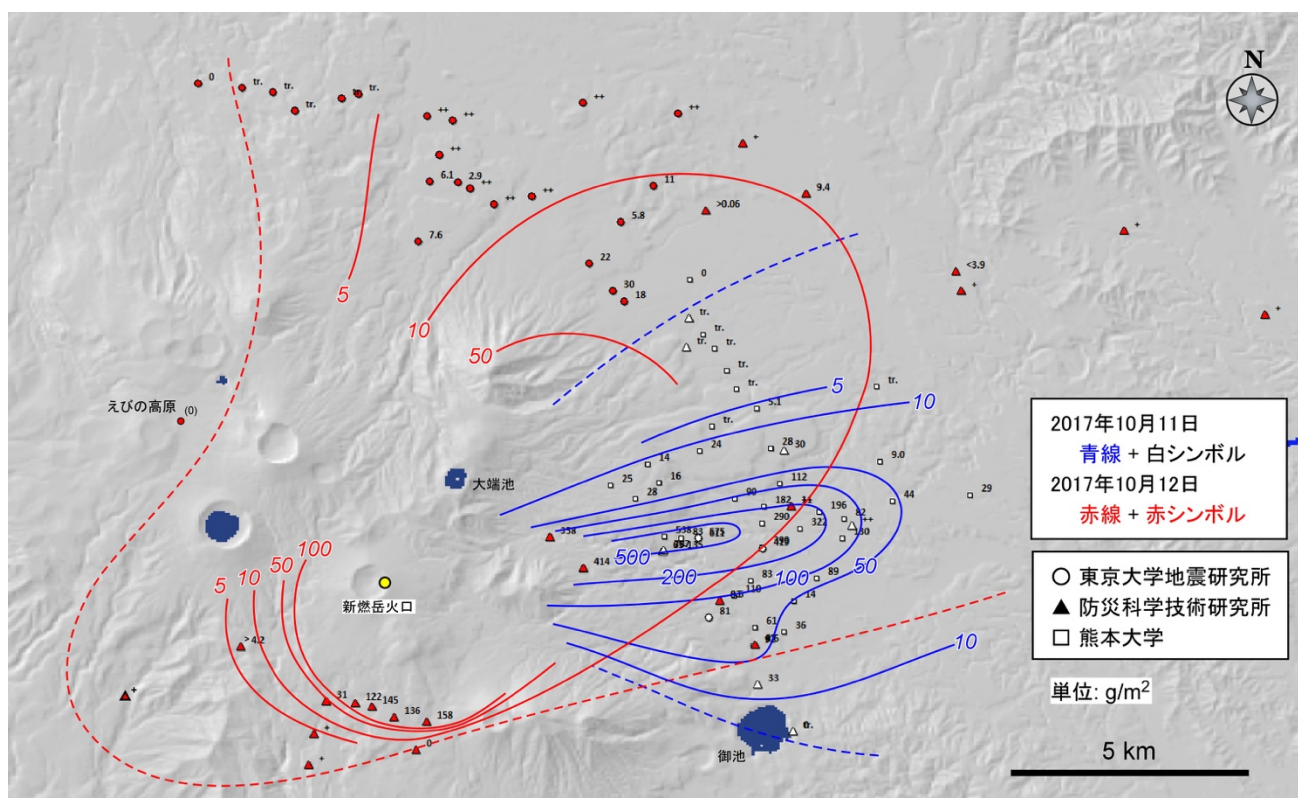


図 1 新燃岳 2017 年 10 月 11 日および 12 日の火山灰等重量線図。えびの高原の降灰状況は電話による聞き取り調査による。熊本大学と防災科学技術研究所のデータについてはそれぞれ既に報告されている^{1,2)}。

【噴出量の推定】

- ・ 等重量線図（図 1）をもとにした単位面積当たり降灰重量（ kg/m^2 ）と面積との関係を、Weibull 関数によりフィッティングして積分し（図 2），噴出量を推定した（Bonadonna and Costa 2012 による手法³⁾）。
- ・ 11 日の噴出量は 1-4 万トン、12 日の噴出量は 6～22 万トンと見積もられた。
- ・ なお、11 日については 10-500 g/m^2 のコンター（5 点）を、12 日については 10-100 g/m^2 のコンター（3 点）を用いた。また、噴火口を囲むようにコンターを仮定し、20～30%の分布面積のエラーを考慮した。
- ・ 11 日については、同日に行った上空からの観察⁴⁾をもとに、噴火口の近傍（0.1 km^2 ）の単位面積あたり降灰重量を 5-20 kg/m^2 と仮定した。12 日については火口付近の堆積状況が不明であるため、近傍の仮定はない。
- ・ 11 日、12 日ともに、遠方については Weibull フィッティングの外挿のみで仮定はしていない。

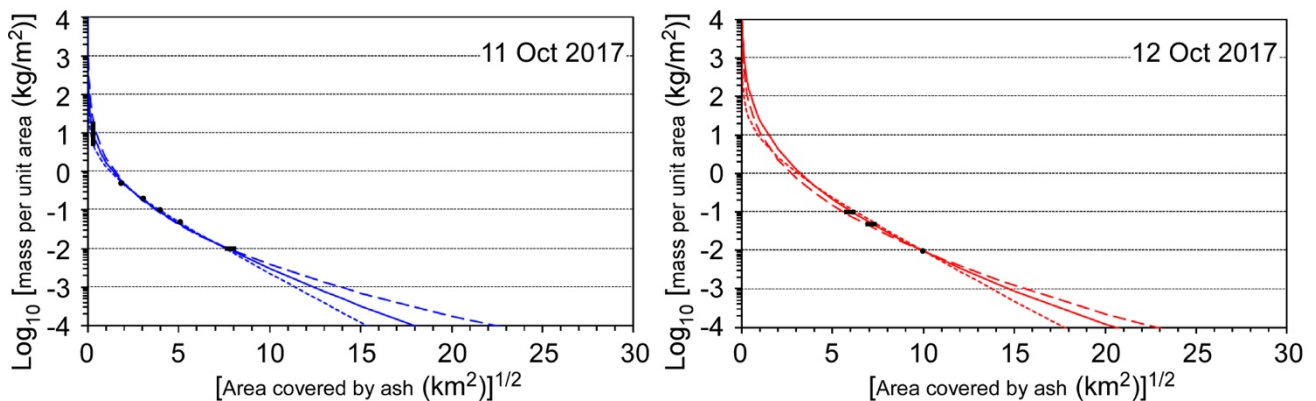


図 2 新燃岳 2017 年 10 月 11 日および 12 日の降灰面積と単位面積当たり重量との関係。Weibull 関数によるフィッティングを行い、その積分値（総重量～噴出量）を算出した。異なる 3 種類のフィッティングは、降灰面積の仮定（11 日および 12 日）と、噴火口周辺の降灰重量の仮定（11 日）に由来するエラーを示す。

（注）本資料は 10 月 13 日時点での速報である。現在は、産総研や他機関研究者を加えて、新燃岳降灰合同調査班として調査の実施しとデータ共有が図られている。

謝辞：防災科学技術研究所のデータを使用させていただいた。また、降灰調査は霧島ネイチャーガイドクラブ古園俊男さんに協力いただいた。

参考資料:

- 1) 熊本大学教育学部，霧島火山新燃岳 2017 年 10 月 11 日噴火に伴う降灰量（速報），火山噴火予知連絡会資料，2017 年 10 月 12 日。
- 2) 防災科学技術研究所火山研究推進センター，新燃岳 2017 年 10 月 11 日～12 日噴火の降灰調査結果。http://www.bosai.go.jp/saigai/2017/pdf/20171013_02.pdf
- 3) Bonadonna, C. and Costa, A. (2012) Estimating the volume of tephra deposits: a new simple strategy. *Geology*, 40, 415-418.
- 4) 東京大学地震研究所，霧島火山群新燃岳 2017 年噴火の上空観察. 火山噴火予知連絡会資料, 2017 年 10 月 13 日。

霧島新燃岳 2017 年 10 月 12 日，14 日噴火の火山灰について

概要：新燃岳で10月12日と14日の噴火で放出された火山灰2試料の顕微鏡観察を行った。その結果、いずれの火山灰も水蒸気噴火に特有の極細粒の粒子からなるが、2011年の準プリニー式噴火時やその直前に放出された火山灰に見られたマグマ物質（軽石）と類似粒子が極少量（0.1%以下～0.5%程度）認められた。2試料では，変質物質の量が減り，比較的新鮮な溶岩と結晶の量が増えている。2011年のマグマ噴火に先行した水蒸気～マグマ水蒸気噴火で見られた火山灰の構成粒子の時間変化と今回の2試料間の変化は類似しているように見える。

【火山灰試料情報】

○12日火山灰

採取日寺：2017年10月12日（木）午前11時頃。

採取場所：新湯～高千穂河原間の道路上（新燃岳の火口の南約 3 km地点）

採取者：地震研究所・防災科学技術研究所。

産状と採取法：道路の白線上に堆積した火山灰（120～150g/m²）を刷毛で採取。

○14日火山灰

採取日時： 2017 年 10 月 14 日 9:30～14:30

採取場所：夷守オートキャンプ場入り口（宮崎県高原町）

採取者：古園俊男（霧島ネイチャーガイドクラブ）

採取方法：バケツを設置し，一定時間堆積後に採取。降雨のため，採取された試料は泥状。

【火山灰の処理】

12 日火山灰約 12g を純水中で超音波洗浄し上澄みを取り除き粒径分けして観察に用いた。径 125 μm 未満が最も多量にあった。14 日火山灰は泥水状態のものから 125 μm 以上の粒子約 7.2g を回収。いずれも 125-250 μm の粒子について，実体顕微鏡を用いて，構成種とその割合について決定した（図 1 に 12 日試料の全体写真を示す）。

【粒子の構成種】

（1）スコリア：気泡内部や表面に白色物質が付着し，表面の円磨された粒子のみである。今回のマグマ物質とは考えられない。

（2）軽石：淡褐色で、新鮮な発泡ガラスを持つ。変質物質の付着がない。2011年噴火前に観察されたマグマ物質と類似のものの可能性がある（図2（2）、図3）。

（3）変質した溶岩：珪化変質した白色溶岩片。黄鉄鉱の細粒粒子が付着しているものもある。

（4）比較的新鮮な溶岩：薄灰色～薄褐色で主に弱変質の溶岩片。

（5）結晶：斜長石，単斜輝石，斜方輝石，かんらん石、鉄チタン酸化物の遊離結晶片。

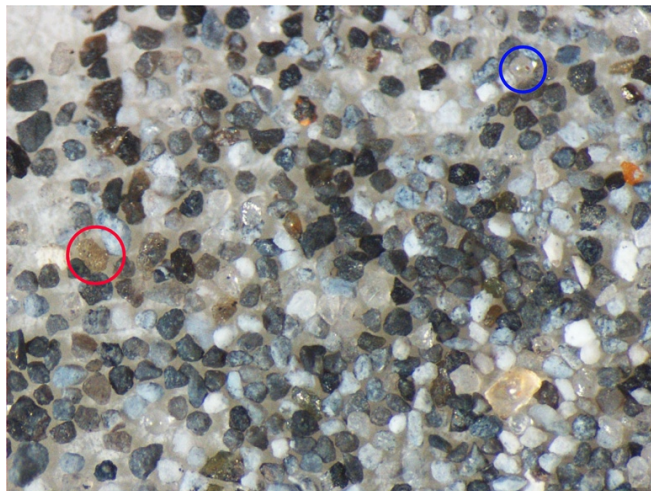


図 1：霧島山新燃岳 10 月 12 日噴火の火山灰粒子（径 125-250 μm；横幅約 4.5 mm）。

左の赤丸は軽石（マグマ物質）。右の青丸内の球状のガラスは人工物（道路上白線に含まれる光沢材）。

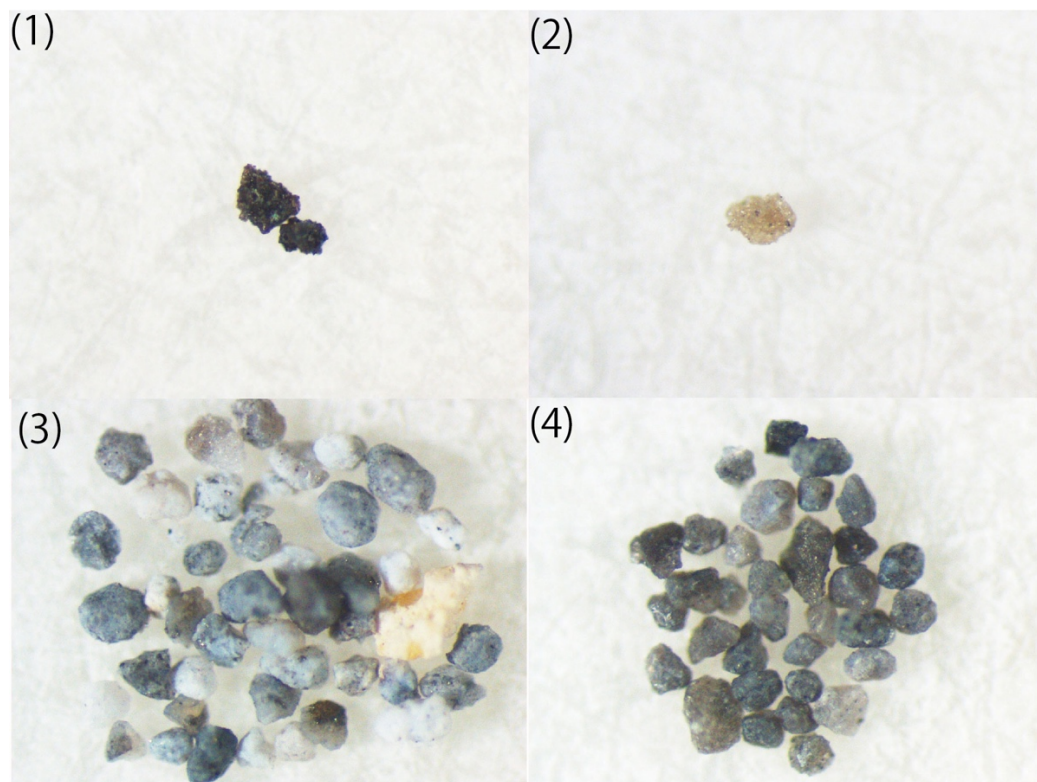


図 2：10 月 12 日噴火の火山灰構成粒子（径 125-250 μm 。写真横幅は 2 mm）。(1) スコリア，(2) 軽石，(3) 変質溶岩，(4) 比較的新鮮な溶岩

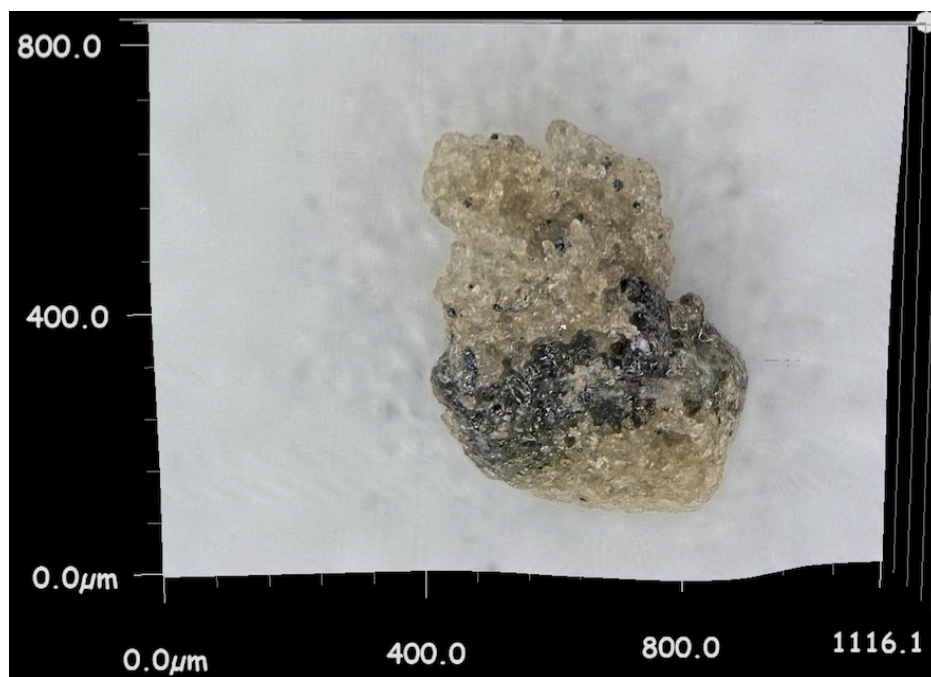


図 3：軽石粒子の 3 次元画像。マグマ物質と考えられるが、その量は極めて少ないので、今回の噴火に直接関与したものと断定するのは難しい。

【考察】

今回は 2011 年噴火に先行した水蒸気噴火～マグマ噴火の火山灰と同様の構成種解析を行った。新鮮な溶岩と結晶片の割合は、それぞれ、12 日火山灰の 37.5%と 11.3%から、14 日火山灰には 45.7%と 26.5%に増加した。一方で、変質溶岩片は 48.8%から 26.8%へ減少した。軽石はごく微量

(約 0.5%) 含まれ、誤差を考えると 12 日 (0.1%以下) とほぼ同じ程度であろう (図 4)。

2011 年噴火に先行した噴火の火山灰の構成種は、変質物質 (変質溶岩) の割合が減り、同時に比較的新鮮な溶岩と結晶片の割合が時間とともに増加している (図 5)。また、マグマ物質と考えられる軽石が準プリニー式噴火の直前に増加した。12 日から 14 日の火山灰の構成種はこれらの変化幅に入っており、ここ 2 日間の変化はこの変化の傾向と類似している。

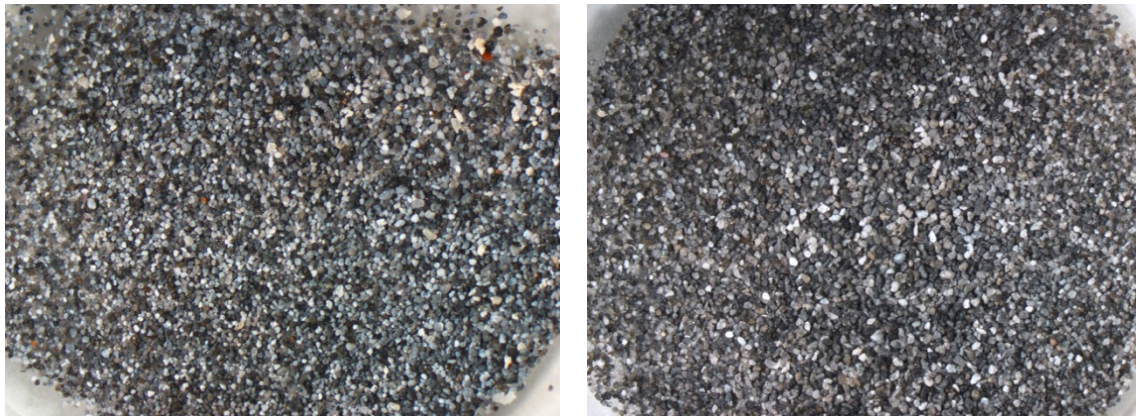


図 4 : 10 月 12 日火山灰 (左) と 10 月 14 日火山灰 (右)。粒径はいずれも 125-250 μm 。写真の横幅は 1.8 cm。14 日火山灰では変質溶岩 (特に、珪化変質した白色岩片) の割合が減少し、比較的新鮮な溶岩や結晶の割合が増加する。

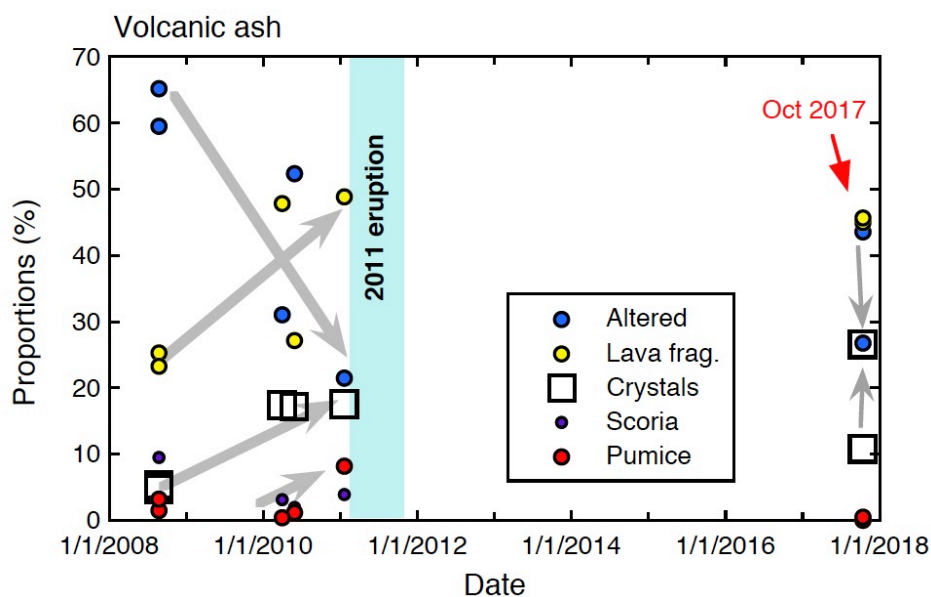


図 5 : 新燃岳における 2008 年から起きた噴火の火山灰中構成種の時間変化。2008 年～2011 年噴火のデータは Suzuki et al. (2013)¹⁾による。

謝辞 : 霧島ネイチャークラブの古園俊男さんには 14 日試料の採取を行っていただいた。

文献 :

1) Suzuki, Y. et al. (2013) Precursory activity and evolution of the 2011 eruption of Shinmoe-dake in Kirishima volcano - insights from ash samples -. Earth Planets Space, 65, 591–607, doi :10.5047/eps.2013.02.004, 2013.

新燃岳 2017 年 10 月 12 日噴火火山灰の化学組成について

10 月 12 日火山灰は新鮮な新燃岳火山岩類に比べてアルカリ元素に乏しく、2008 年や 2010 年の水蒸気噴火火山灰とよく似た特徴を持つ。化学組成からも 10 月 12 日時点の火山灰は熱水変質を受けた粒子が主成分であることが示される。

【火山灰試料と分析法】 2017年10月12日（木）午前11時頃新潟～高千穂河原の道路ガードレール上（火口南約 3 km地点）から火山灰30gを採取。火山灰を細粉後乾燥し、全岩として、ビード法によるXRF分析に供した（分析場所は地震研究所）。

【分析結果】 10月12日火山灰はSiO₂量が約61.5%で最近の新燃岳の火山灰では2008年について多い（図1）。新鮮な溶岩が作るトレンドよりは明らかにNa₂O, K₂Oなどに乏しく、逆にAl₂O₃に富んでいる。アルカリ元素、特にナトリウムは熱水変質によって岩石から溶脱しやすい。10月12日火山灰は2008年水蒸気噴火の火山灰並みに低いアルカリ量を持つこと示される（図2）。顕微鏡観察でも10月12日火山灰が多くの変質物質を含んでいることと調和的である。

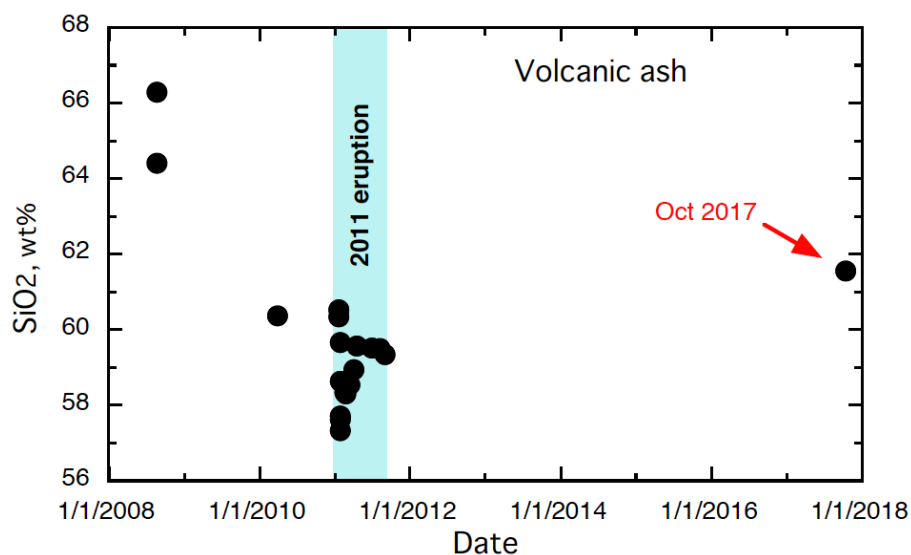


図1：新燃岳火山灰のSiO₂量時間変化

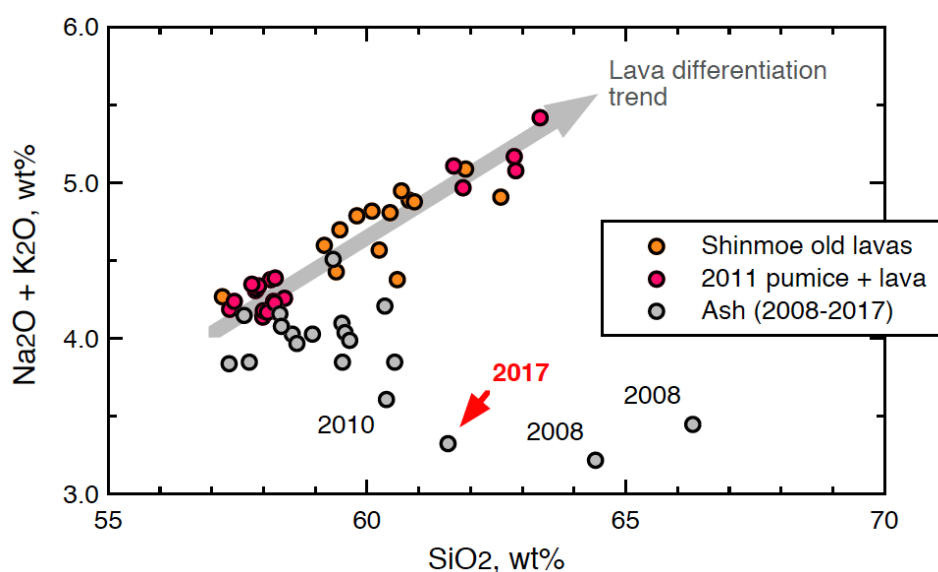


図2：新燃岳溶岩と火山灰の組成。10月12日火山灰は、2008年の水蒸気噴火火山灰のように、熱水変質で溶脱しやすいアルカリ元素に乏しい。

新燃岳 2017 年 10 月 12～14 日噴火の火山灰の組成の時間変化

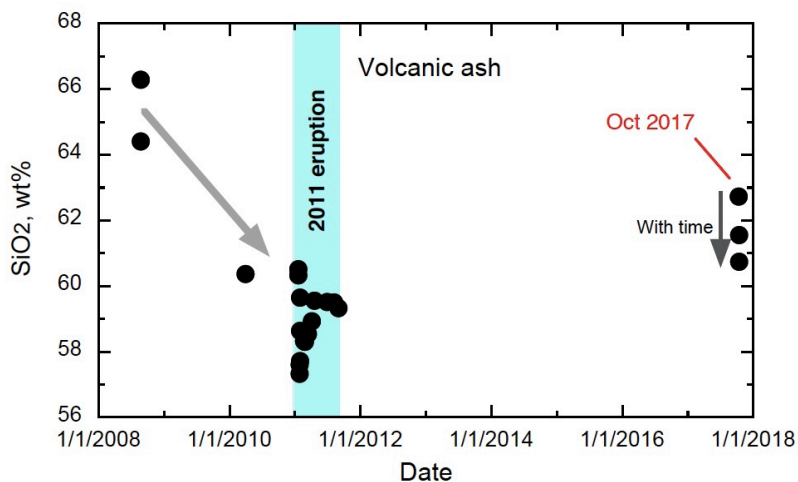


図1:新燃岳火山灰のSiO₂量変化。太矢印は2008年から2011年までの火山灰の変化方向を示す。2017年10月噴火の火山灰は次第にSiO₂量に乏しくなっている。2011年までのデータはSuzuki et al. (2013)による。

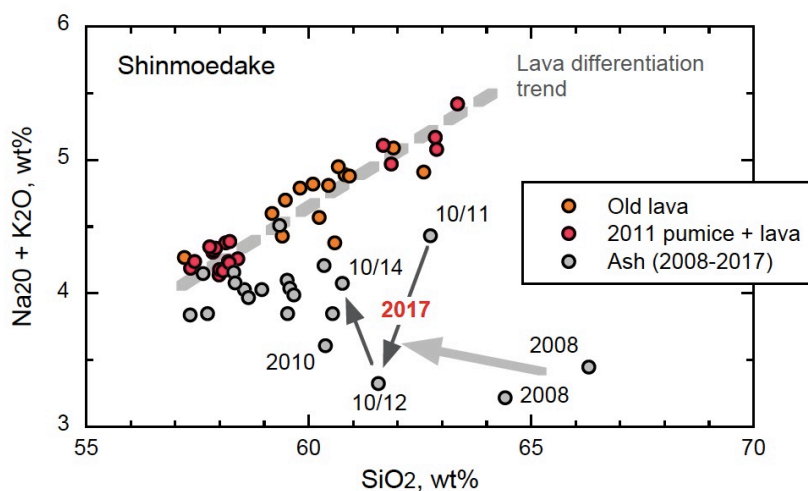


図2:新燃岳溶岩と火山灰の組成。太矢印は2008年から2011年までの火山灰の変化方向を示す。2017年10月噴火の火山灰は変動が大きい、2011年マグマの組成に近づいてきている。

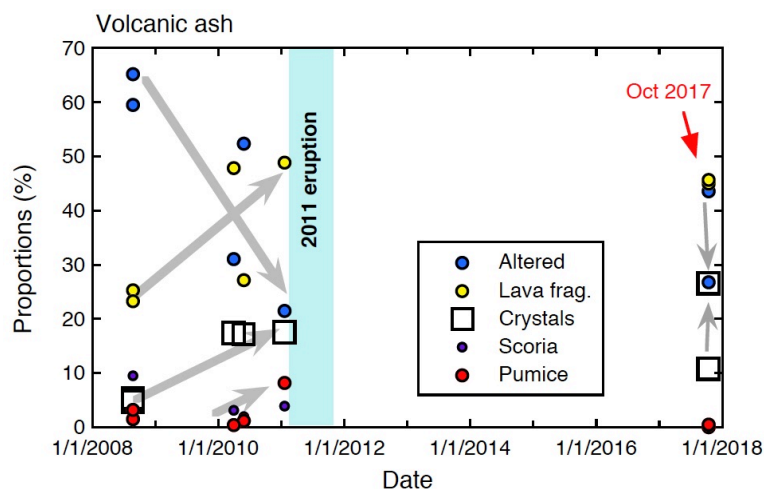


図3:(再掲)2008 年～2011 年噴火火山灰の構成物種の時間変化。今回の火山灰の時間変化も 2008 年から 2011 年までの変化に似てきた。2008 年～2011 年のデータは Suzuki et al. (2013)による。

霧島火山群新燃岳 2017 年 10 月 11-14 日の噴出量変化

概要: 2017年10月11日-14日における新燃岳での主な3回の噴火の噴出量について検討した。これまでの降灰調査や報告をもとにすると、総噴出量は40万トン前後と推定される。

- 10月11日, 12日については, すでに報告している通り¹⁾, 1-4万トン, 12日については6-22万トンと推定される。
- 14日については, 気象庁により日向市まで降灰があったことが報告されており²⁾, そのおよその分布域が分かっている。また, 主軸は北東である。
- 14日に新燃岳北東の夷守台 (オートキャンプ場入り口) では, 9:30-14:30 の間に1-3mm程度の降灰があったことが, 試料採取時の状況から推定される。(この火山灰については, 構成種の分析がなされている³⁾。)
- 近傍での1-3 mm のおよその範囲と, 分布限界 ($0.1-1\text{g/m}^2$) の仮定をもとに, 11日および12日の場合と同じ手法により噴出量を見積もったところ, 10-30万トン程度と推定された (図1)。
- 14日までの総噴出量は40万トン前後と推定される。

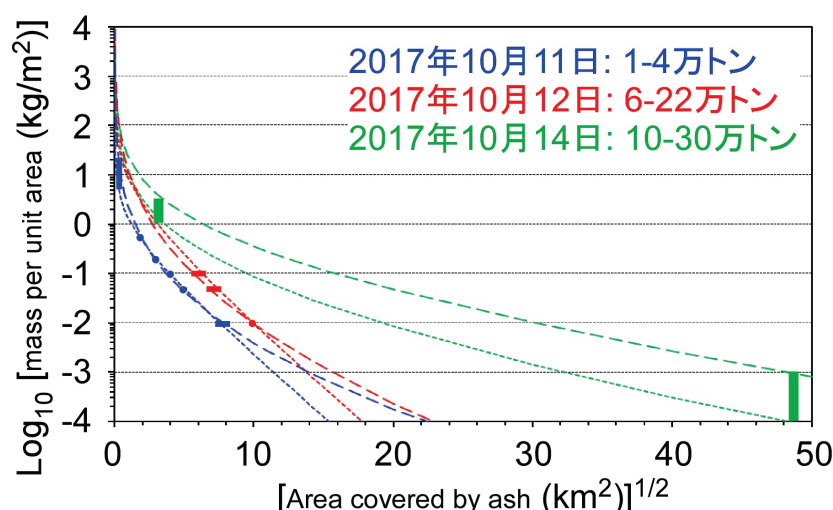


図1: 10月11-14日までの主な3回の噴火による降灰面積と単位面積当たり重量との関係。Weibull関数によるフィッティング⁴⁾を行い, その積分値 (総重量~噴出量) を算出した。それぞれの日で異なる種類のフィッティングは, 降灰面積および降灰重量の仮定に由来するエラーを示す。

参考資料:

- 1) 東京大学地震研究所・熊本大学教育学部, 霧島火山新燃岳 2017 年 10 月 11-14 日噴火の噴出量 (速報). 火山噴火予知連絡会資料, 2017 年 10 月 14 日.
- 2) 気象庁, 霧島山 (新燃岳) の火山活動解説資料. 平成 29 年 10 月 14 日 18 時 15 分発表.
- 3) 東京大学地震研究所・早稲田大学, 霧島新燃岳 2017 年 10 月 12 日, 14 日噴火の火山灰について. 火山噴火予知連絡会拡大幹事会資料. 2017 年 10 月 17 日.
- 4) Bonadonna, C. and Costa, A. (2012) Estimating the volume of tephra deposits: a new simple strategy. *Geology*, 40, 415-418.

霧島火山

東京大学地震研究所は、霧島山（新燃岳）近傍で広帯域地震観測を行っている．新燃岳周辺では火口を取り囲むように地震計を設置しており，10 月 9 日の微動に伴う傾斜変動やそれ以降の火山性微動の変遷が捉えられている．

一方で、火山灰の影響と思われる通信の途絶等の障害が見られるようになってきた．設置環境が悪いため、リアルタイムでの通信を諦めざるを得ない観測点もある．リアルタイムで取得されている観測データは、大学が行う研究目的以外にも気象庁に提供されて火山活動の監視にも重要な役割を果たしている．今後の火山活動の正確な把握には、これら観測点の維持が重要になると思われる．

観測点名	電源	通信	Real Time	現状
EV. SMN	太陽電池	無線 LAN	○	通信状況悪化で時々途絶
EV. SMW	太陽電池	無線 LAN	○	通信状況悪化でほぼ途絶
EV. SMET	太陽電池	携帯通信	×	数分遅れでまとめて伝送
EV. KAR	太陽電池	無線 LAN	○	通信状況悪化で時々途絶
EV. TKS	太陽電池	衛星通信	○	
EV. KRS2	商用	NTT	○	
EV. KVO	商用	NTT	○	

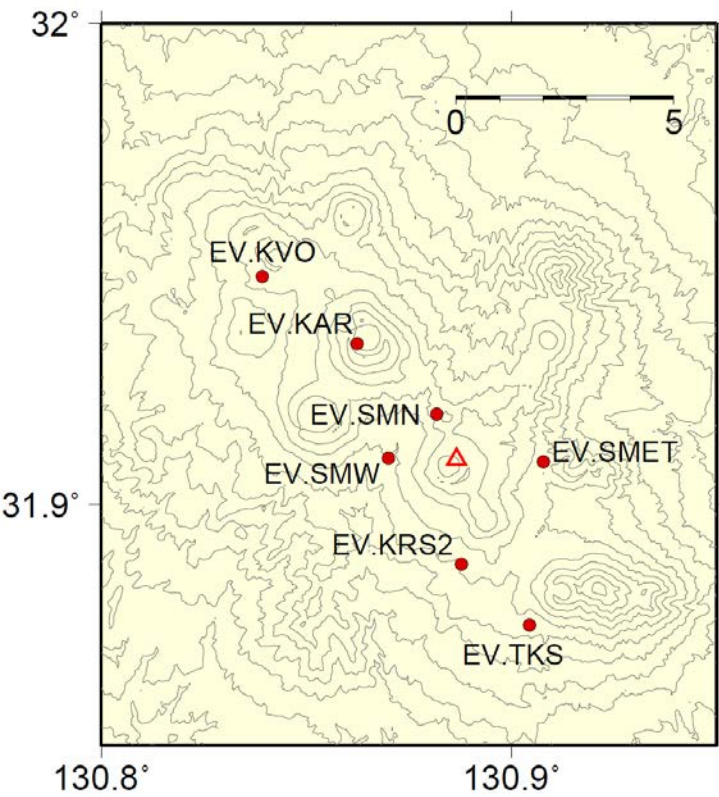


図 1． 東京大学地震研究所が維持する新燃岳火口周辺の地震観測点
霧島火山周辺には、これ以外にも観測点がある．

霧島火山

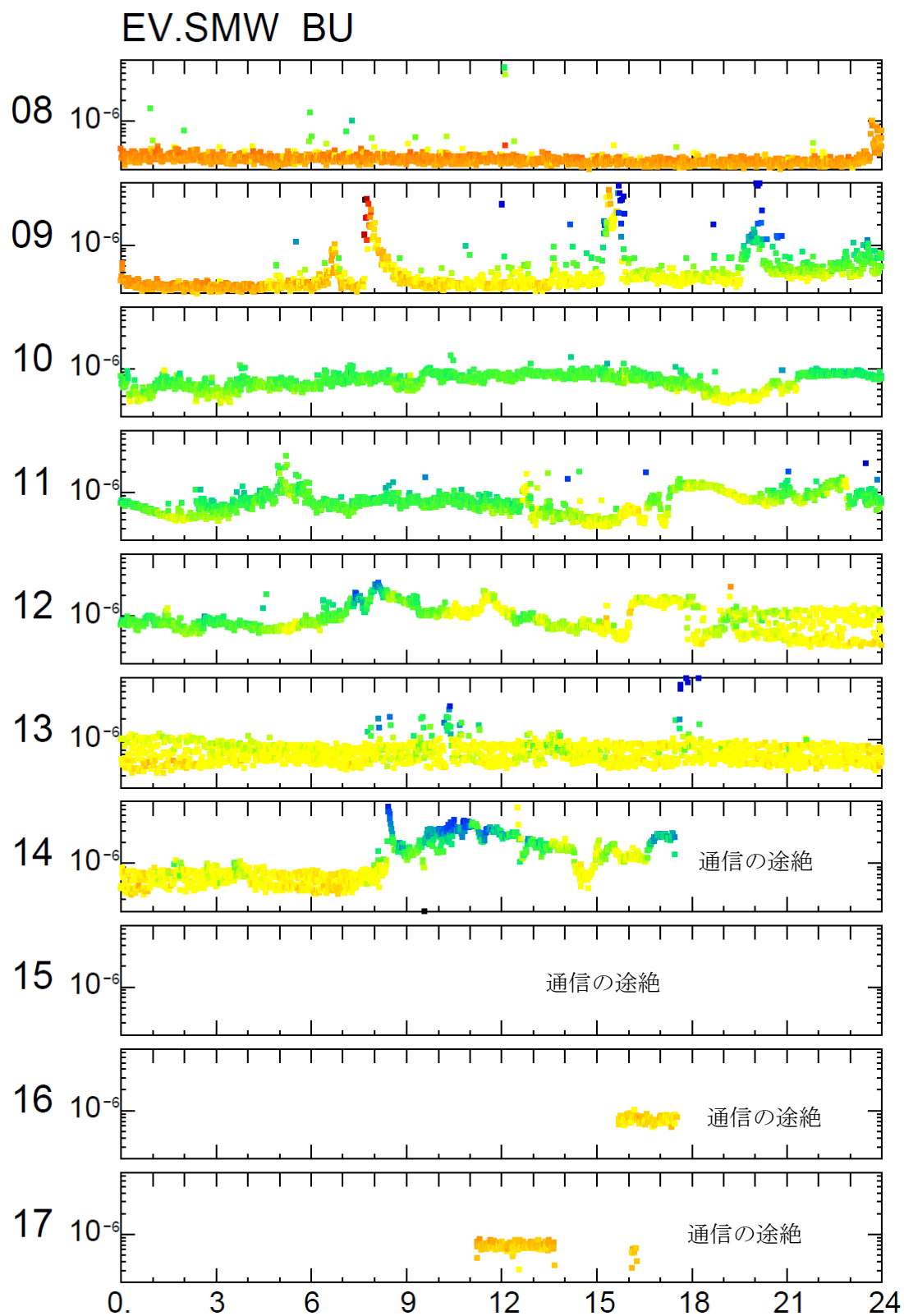


図 2. EV.SMW (新燃西) 観測点での微動振幅変化 (10 月 8 日～17 日). 色は, 低周波成分と高周波成分の比を示す. 赤いほど低周波成分が卓越, 青いほど高周波成分が卓越.

霧島火山

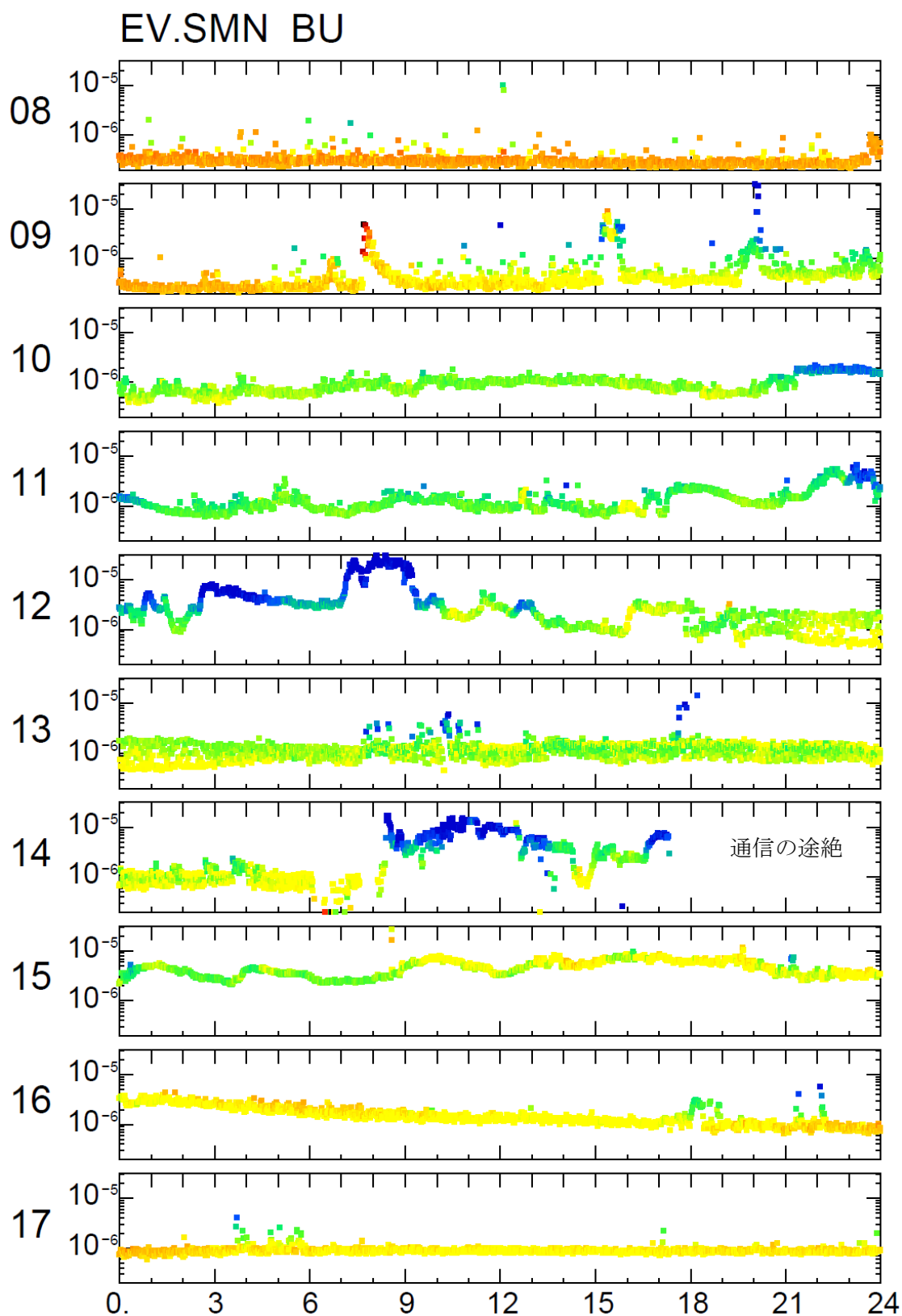


図 3. EV.SMN（新燃北）観測点での微動振幅変化（10 月 8 日～17 日）．色は、低周波成分と高周波成分の比を示す．赤いほど低周波成分が卓越．青いほど高周波成分が卓越．

霧島火山

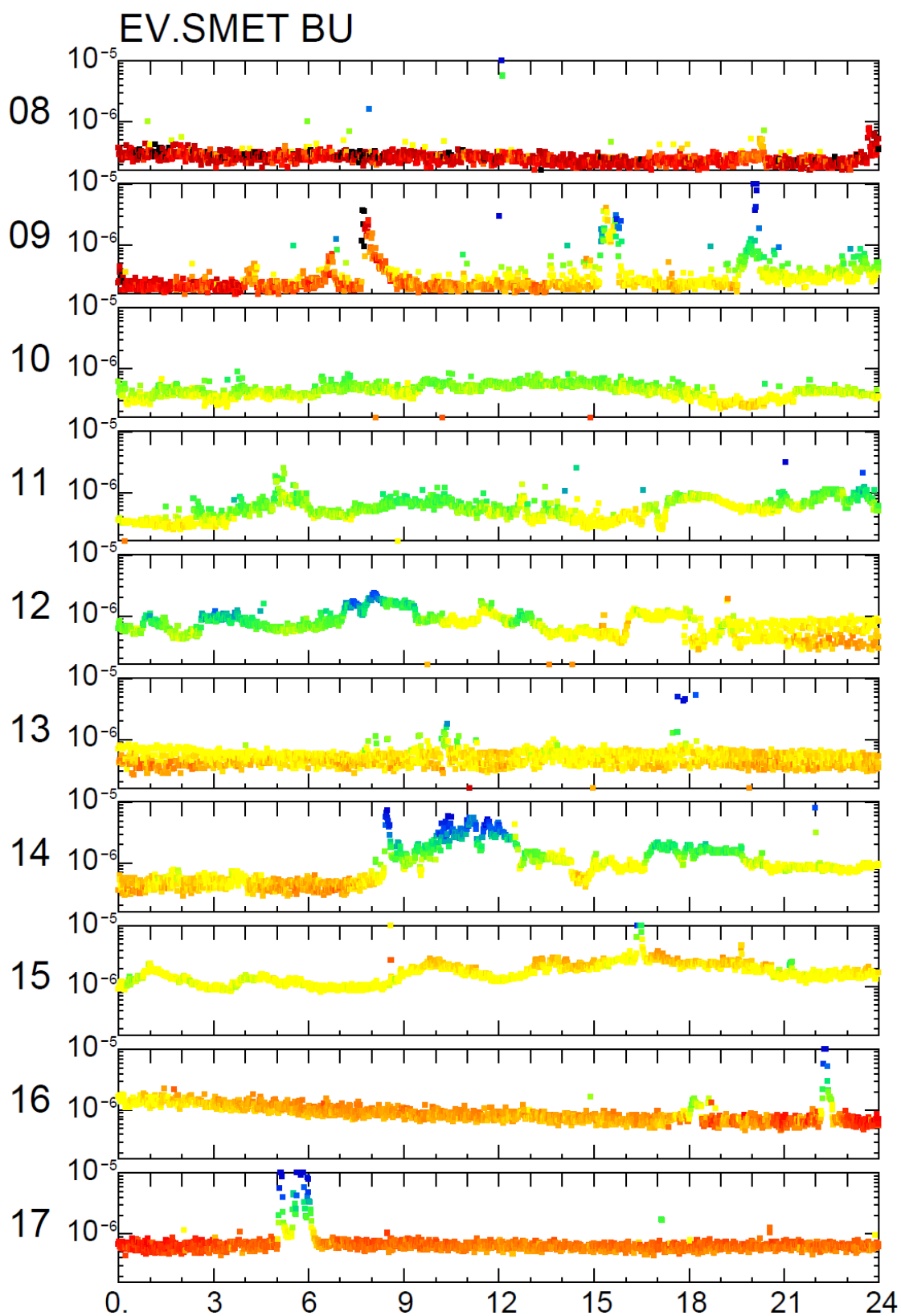


図 4. EV.SMET（新燃東）観測点での微動振幅変化（10 月 8 日～17 日）．色は，低周波成分と高周波成分の比を示す．赤いほど低周波成分が卓越．青いほど高周波成分が卓越．

霧島火山

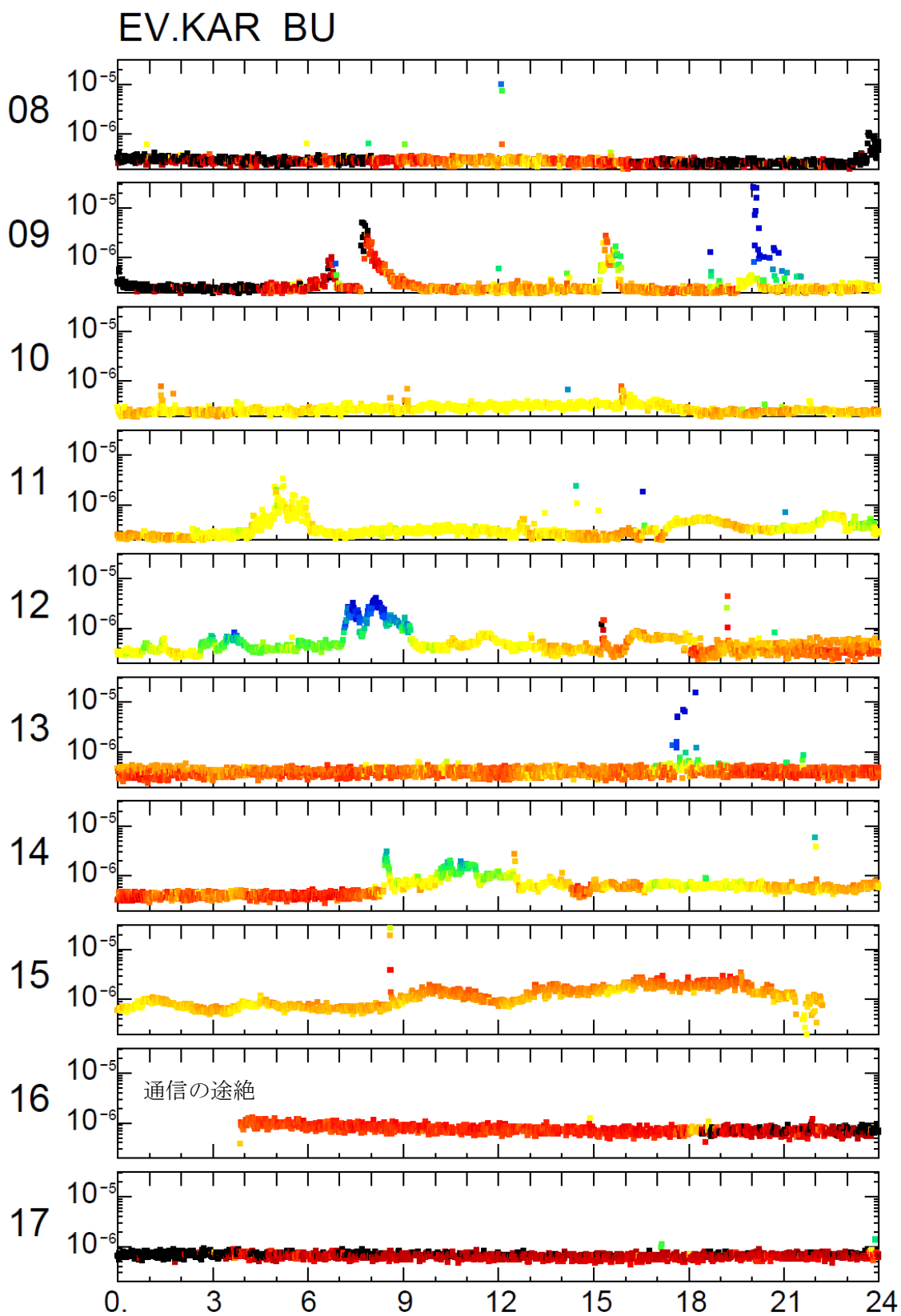


図 5. EV.KAR (韓国岳) 観測点での微動振幅変化 (10 月 8 日～17 日). 色は, 低周波成分と高周波成分の比を示す. 赤いほど低周波成分が卓越, 青いほど高周波成分が卓越.

霧島火山

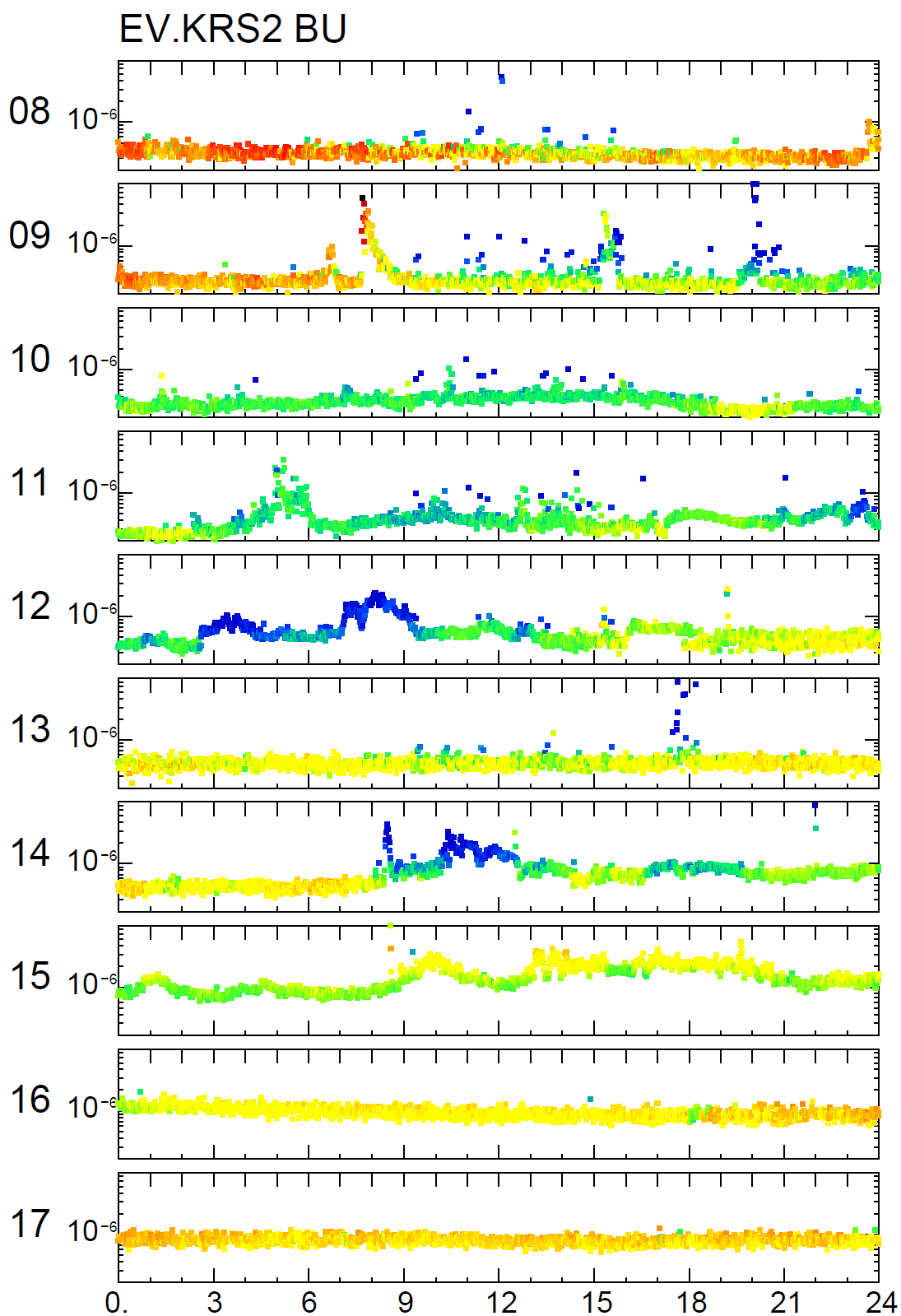


図 6. EV.KRS 2 (霧島南) 観測点での微動振幅変化 (10 月 8 日～17 日). 色は, 低周波成分と高周波成分の比を示す. 赤いほど低周波成分が卓越. 青いほど高周波成分が卓越.

霧島火山

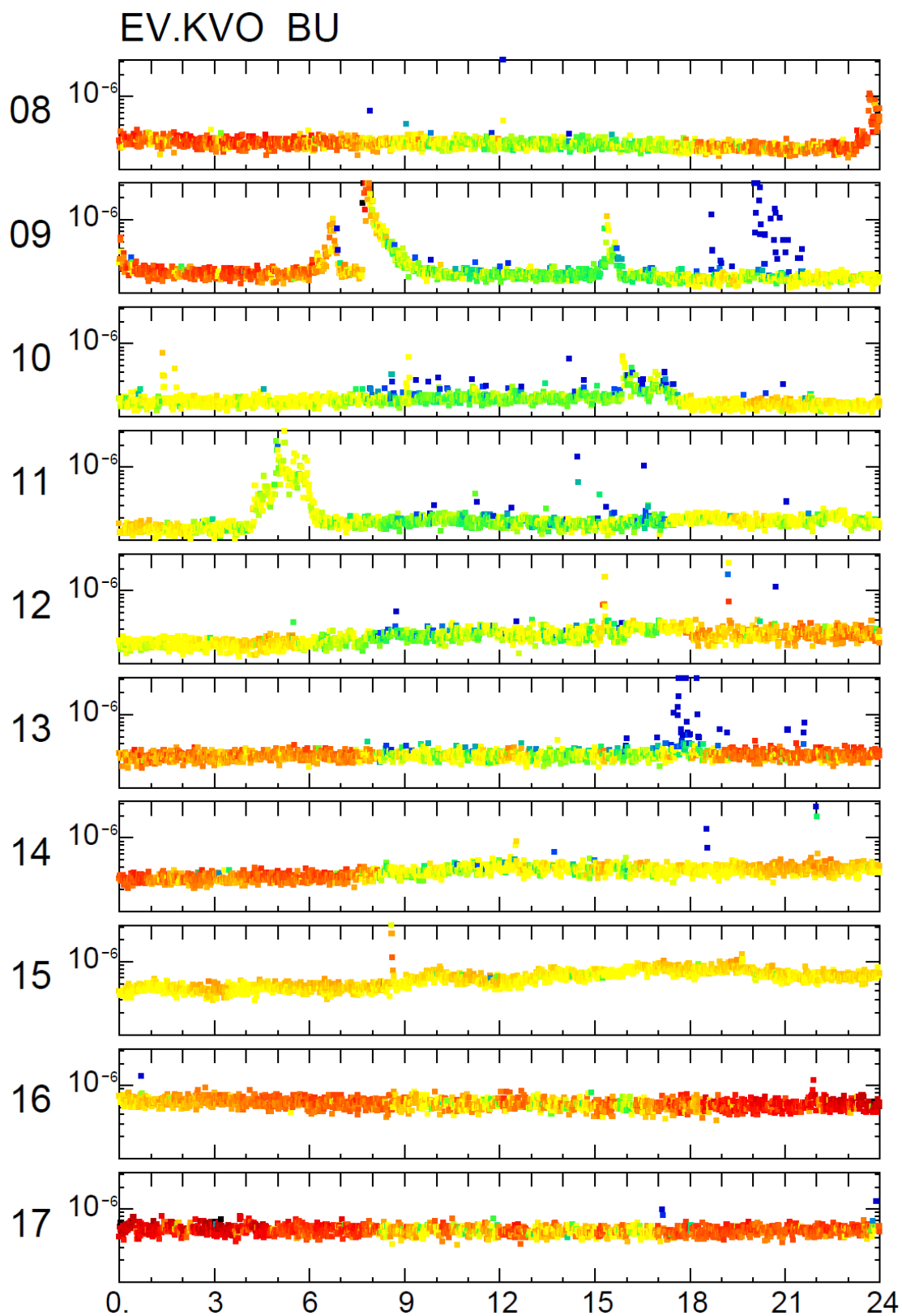


図 7. EV.KVO(霧島観測所)観測点での微動振幅変化 (10 月 8 日～17 日). 色は, 低周波成分と高周波成分の比を示す. 赤いほど低周波成分が卓越. 青いほど高周波成分が卓越.

霧島火山空振・微動解析結果

空振観測は、噴火など火山の表面活動の検出や推移の把握のために有用である。また、最近、連続噴火に伴う空振が地面をたたくことによる地面の揺れが、時として地震動を上回ることが報告され、地震活動の正確な把握のためにも、空振観測は不可欠である。ここでは、東京大学地震研究所と気象庁の空振観測点のデータを用いて、空振および微動の発生状況を解析した結果を報告する。

現在、東京大学地震研究所の空振観測点のいくつかは、正常に動作していない。他機関の観測データと合わせて、現状が維持されれば、新燃岳の活動を把握するには十分である。一方で、新燃岳だけでなく、硫黄山等でも活動が同時に発生するようになった場合、音源分離の精度を改善するための観測・解析を検討する必要がある。

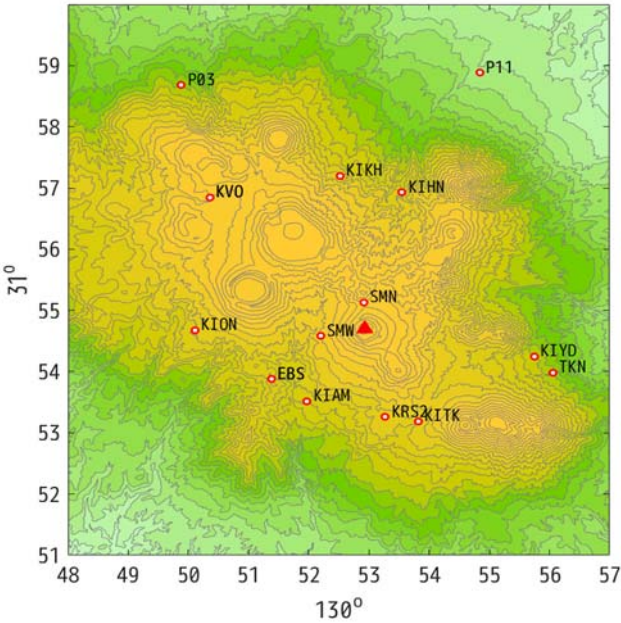


図 1. 新燃岳周辺の空振観測点(ERI, JMA). 小林市の P12 観測点は領域外。

表 1. 霧島空振観測点 (ERI)の状態

観測点名	センサー	状態
SMN	SI104	故障（出力ゼロ）
SMW	SI104	シグナルは取れているが、ノイズが大きい。
KRS2	SI104	シグナルは取れているが、ノイズが大きい。この観測点の特徴。
EBS	MB2005	良好
TKN	SI104	ノイズのみでシグナルに対する出力はない。
KVO	MB2005	良好
P03	NanoBaro	良好。データパケット落ちが時々ある。
P11	NanoBaro	良好。データパケット落ちが時々ある。
P12	NanoBaro	良好。データパケット落ちが時々ある。

空振解析結果と、微動との比較を、図 2 に示す。解析から得られた主な情報は、以下の通り。

- (1) 10 月 11 日の噴火に 噴火に先立ち、10/10 14 時過ぎから空振が見られる。
- (2) 10 月 14 日 8 時 23 分からの噴火(JMA 発表) 以前は、微動と空振は異なる振幅変化をしているが、それ以降は同じように変化をしている。
- (3) 10 月 12 日 9 時過ぎに空振のシグナルの特徴が変化した。噴出挙動が変化したと推察される。

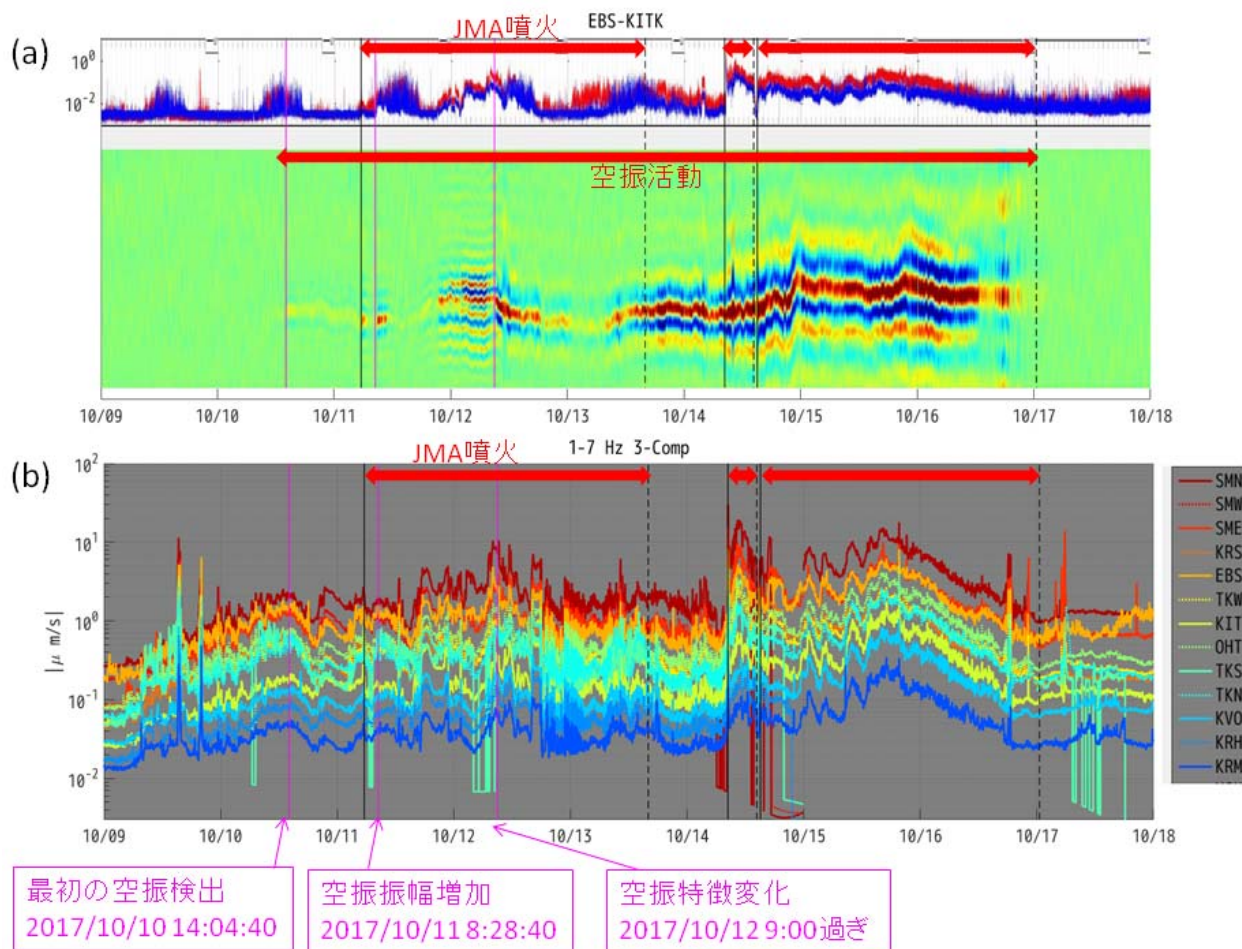


図 2. (a)EBS と KITK の空振 RMS 振幅(赤 : EBS, 青 : KITK) と計相関解析による空振の検出。観測点が離れていることと、新燃岳からの方向が異なることから、風向風速等の変化を受けて伝播時間差が変化する。他の点の相関解析も行い、新燃岳からのシグナルであることが確認された。(b)新燃岳周辺の地震観測点における連続微動の振幅分布。新燃岳山頂からの距離の近い順に赤から青へ色を変えて示している。

2017年10月11日霧島新燃岳噴火に先行して10月9日に発生した火山性微動に伴う傾斜変動について

2017年10月11日5:34分に霧島新燃岳が6年ぶりに噴火した。その噴火に先行し、10月9日15時台に火山性微動が発生した。この火山性微動に伴う傾斜変動が、気象庁の傾斜計および地震研究所が設置した広帯域地震計によって捉えられた。

各点の各成分で傾斜値が概ね最大になった時の読み取り値を用い、疑似的な傾斜ベクトルを作成した(図1)。なお、観測点毎に傾斜ベクトルの方向の時間変化が異なり、最大値を示す時刻は観測点毎に必ずしも同じではないので、図1はある傾斜ベクトル分布のある瞬間を捉えたスナップショットではない。

この図からは、(1)万善付近のマグマ溜まり方向の沈降と(2)新燃岳を中心とする膨張、の二つの特徴を見て取ることができ、今回のイベントは以下のように推移したと解釈できる。

- ①新燃岳西北西10km深さ6kmにあると推定されるマグマ溜まりから、新燃岳に向かってマグマが移動する。(10/9 15時台の微動)
- ②マグマの移動によりマグマ溜まりが減圧し、マグマ溜まり直上で地震活動が活発化する。(10/9 20時台の地震活動)
- ③新燃岳浅部へ移動したマグマにより山体が膨張し、噴気が活発化する。
- ④10/11日5:34分 噴火開始。

山頂下にMogiソースを仮定したところ、新燃岳山体近傍4点(新燃北、新燃西、新燃東、霧島南)の傾斜を最も良く説明する震源の位置は海拔400m(山頂下1km)、体積変化は $1 \times 10^4 \text{m}^3$ であった。

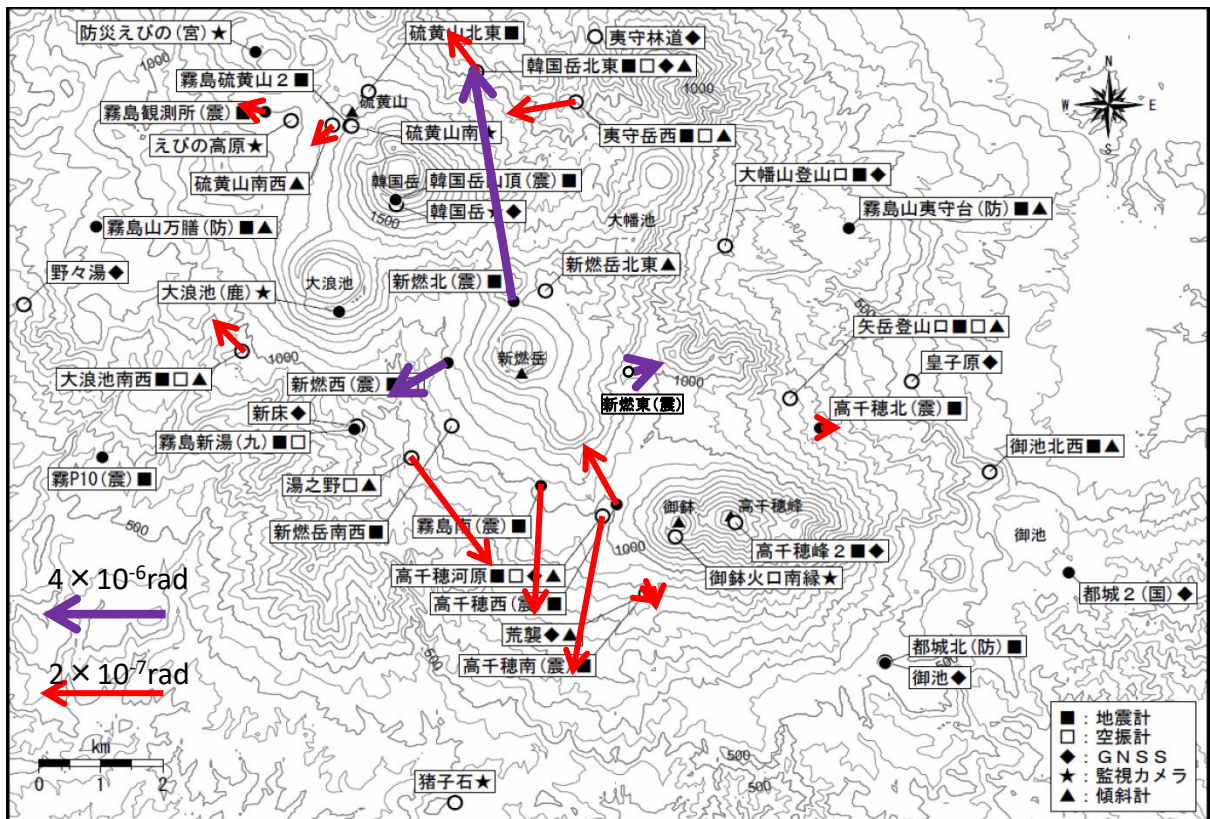


図1 気象庁傾斜計+地震研広帯域地震計から得た傾斜ベクトル。矢印は下がる方向を示す。赤い矢印と紫の矢印ではスケールが20倍異なることに注意。(背景の地図は、気象庁の火山活動解析資料の観測点配置図を使用)

今回の解析は、傾斜データ南北成分、東西成分それぞれの最大値を目視で読み取り、その最大値の振幅比から疑似的に傾斜ベクトルの方向を決めるという簡易的な方法を用いた。気象庁データの読み取り例を図2に示す。東西成分と南北成分で別々に読んでいることから、振幅比から得た傾斜方向は必ずしも正確ではない。また、傾斜データ特有のトレンドによる読み取り値のずれも考慮されていない。このように荒い解析ではあるが、大まかな特徴は捉えられていると考えられる。

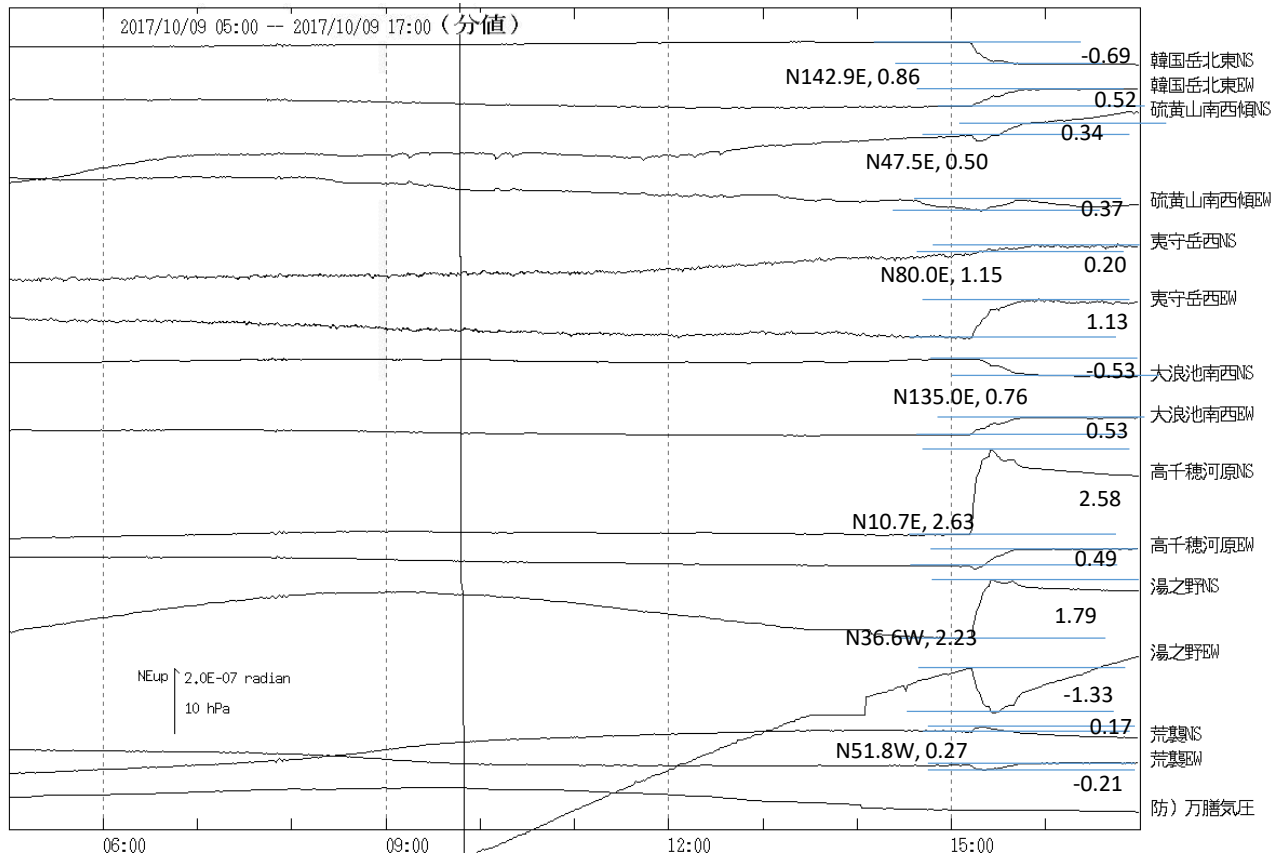


図2 気象庁の傾斜計データの振幅読み取り。数字の単位は 10^{-7} radian

図3に広帯域地震計データから得られた傾斜の値と水平2成分の描く軌跡を示す。広帯域地震計の速度データを積分することにより、傾斜加速度に比例する時系列が得られる。これに地震計の特性を考慮した係数を掛けることにより、傾斜値に変換することができる。地震計から傾斜を求める場合、負の値が傾いた方向を表す。即ち、地震計が北下がりに傾けば、南北成分の負の加速度値として現れる。従って、軌跡から求めた方向は傾斜方向と逆向きになる。

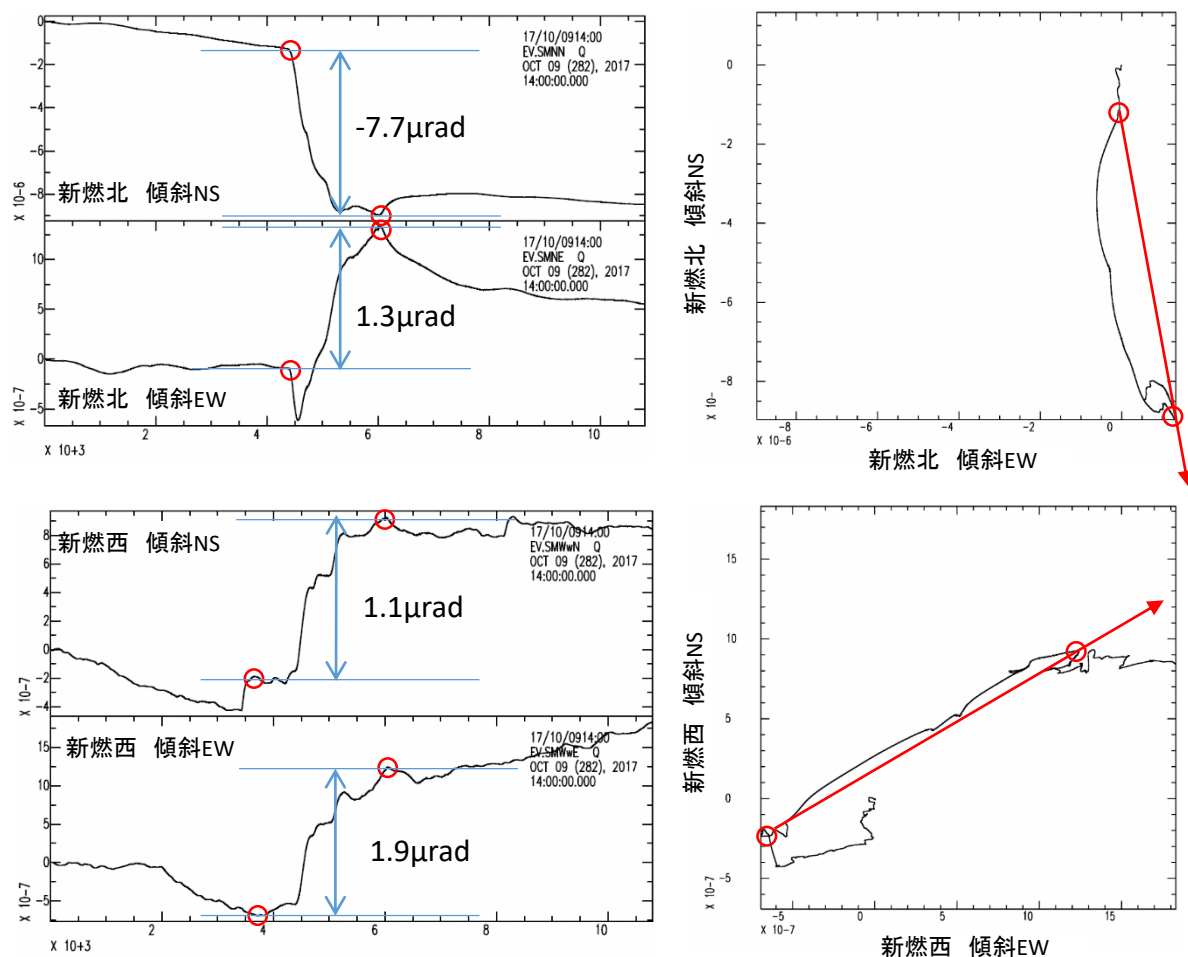


図3 広帯域地震計データから得られた傾斜の時系列(左)と水平2成分から得られた軌跡(右)。

解析にあたり、気象庁の傾斜データを参照させていただきました。

霧島火山

鹿児島大学理工学研究科と東京大学地震研究所は、2011 年 1 月のマグマ噴火前より霧島山（新燃岳）周辺に GNSS 観測点を 4 点設置し、噴火後には東北大学、北海道大学、九州大学と共同で更に 6 点を増設し、京都大学防災研究所、防災科学技術研究所、国土地理院のデータと併せて地殻変動データの解析を行い、深部マグマだまりと霧島火山の長期的な活動の関係に注目している。解析に用いている観測点の配置を図 1 に示す。なお、観測値には 2016 年熊本地震の影響も見られることに留意頂きたい。

図 2～5 で示す霧島山を挟む基線長の変化を見ると、2011 年噴火直後から 2011 年 11 月頃までと 2013 年 10 月頃から 2014 年 9 月頃まで 2 回のマグマの蓄積があったが、いずれも 2011 年 1 月のような噴火に至っていない。最近の解析では、2017 年 2 月ごろから一部の基線が伸びはじめ、現在も新燃岳を挟む基線で明瞭な基線長の伸びが継続している。この伸張をもたらしている膨張源を推定する（図 6）と、2011 年噴火前後の膨張源、噴火時の収縮源とほぼ一致する（図 7）。噴火時のマグマ溜まりの再活動と推定できる。

噴火活動の規模や様式との関連が指摘されているマグマ供給レートを見積もるため、各基線長の伸張率の変化を比較すると、今年 4 月～10 月の日変化率に比べ、7 月～10 月の変化率は増加しており、膨張が加速している。基線長変化率は 2011 年噴火直後とほぼ同程度であると見積もられる。（図 8）

※解析には、国土地理院、防災科学技術研究所の観測データも利用した。謝意を表す。

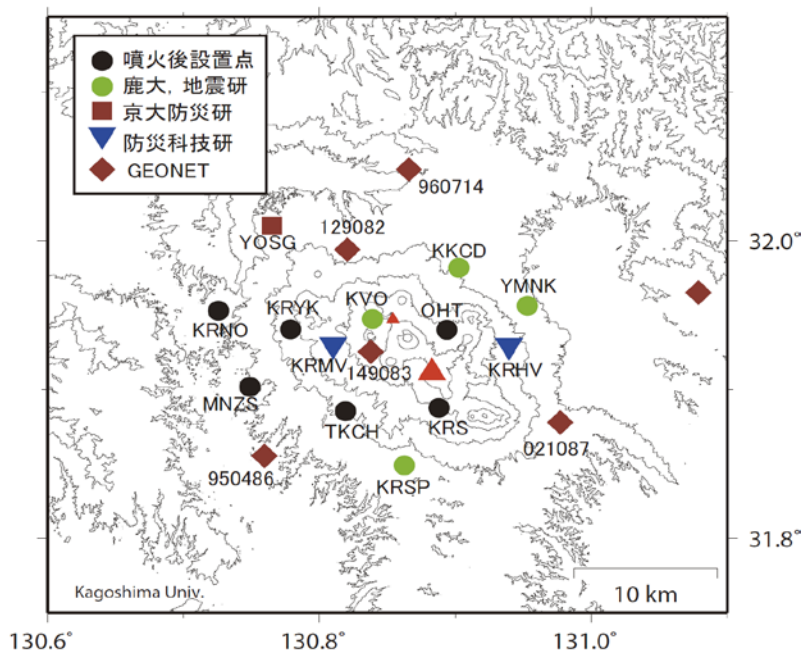


図 1. 霧島山（新燃岳）周辺の G P S 観測網。

霧島火山

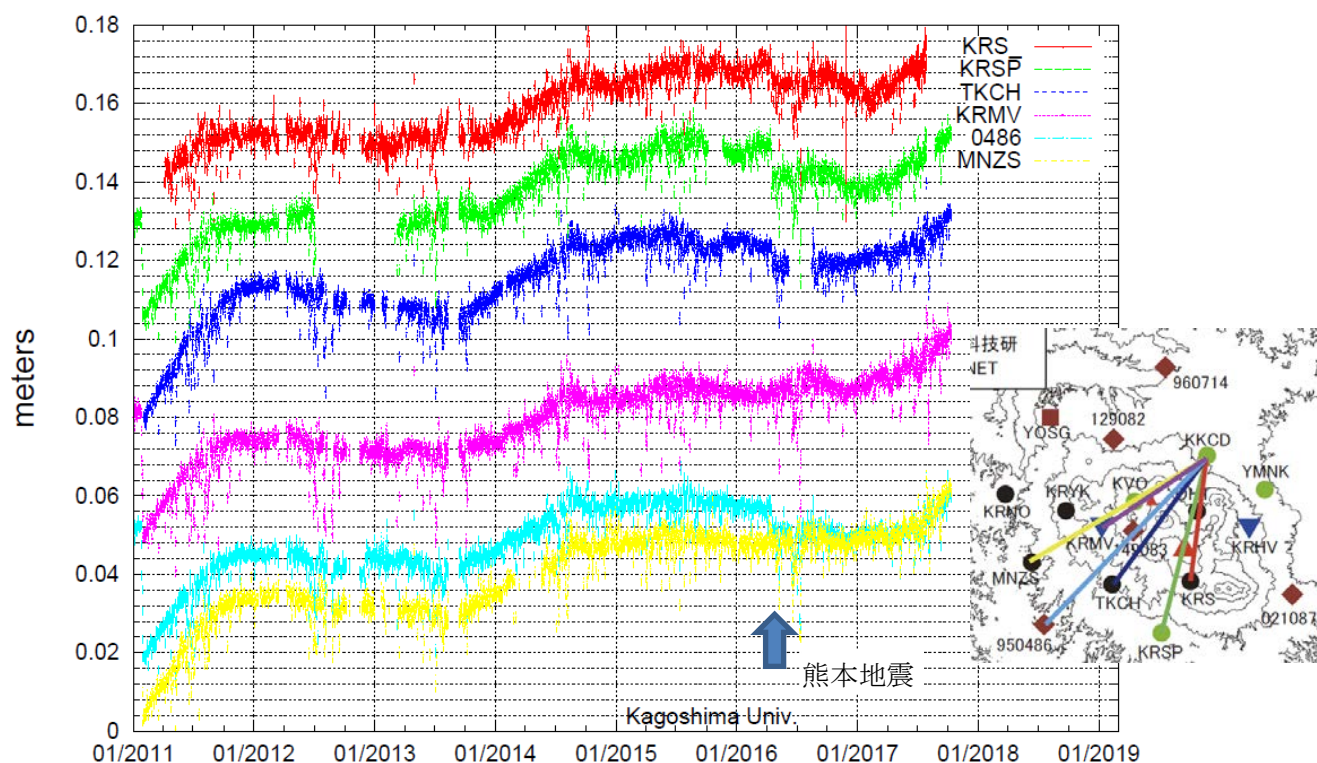


図 2. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2011 年 1 月～2017 年 10 月 14 日）。基準点は KKCD 観測点

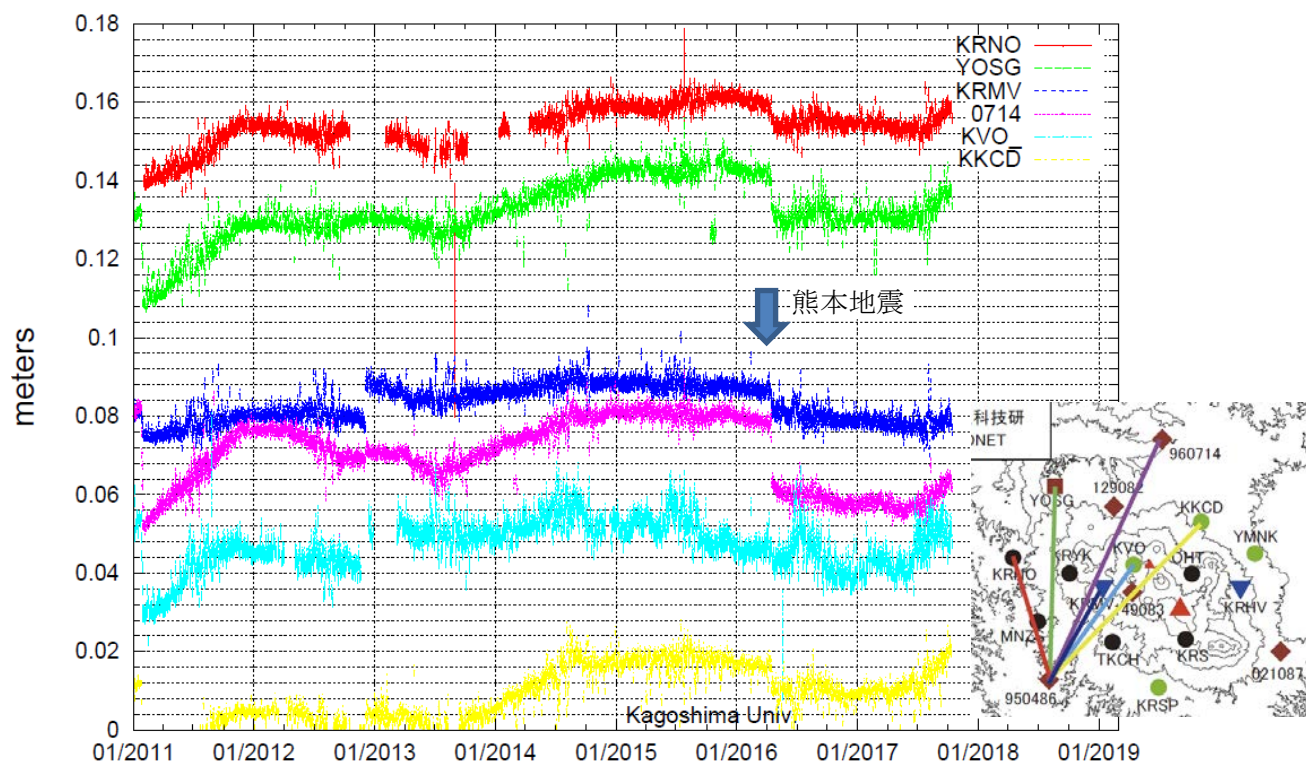


図 3. 2011 年新燃岳噴火時のマグマソースをはさむ基線の基線長変化（2011 年 1 月～2017 年 10 月 14 日）。基準点は 950486 (GEONET) 観測点。

霧島火山

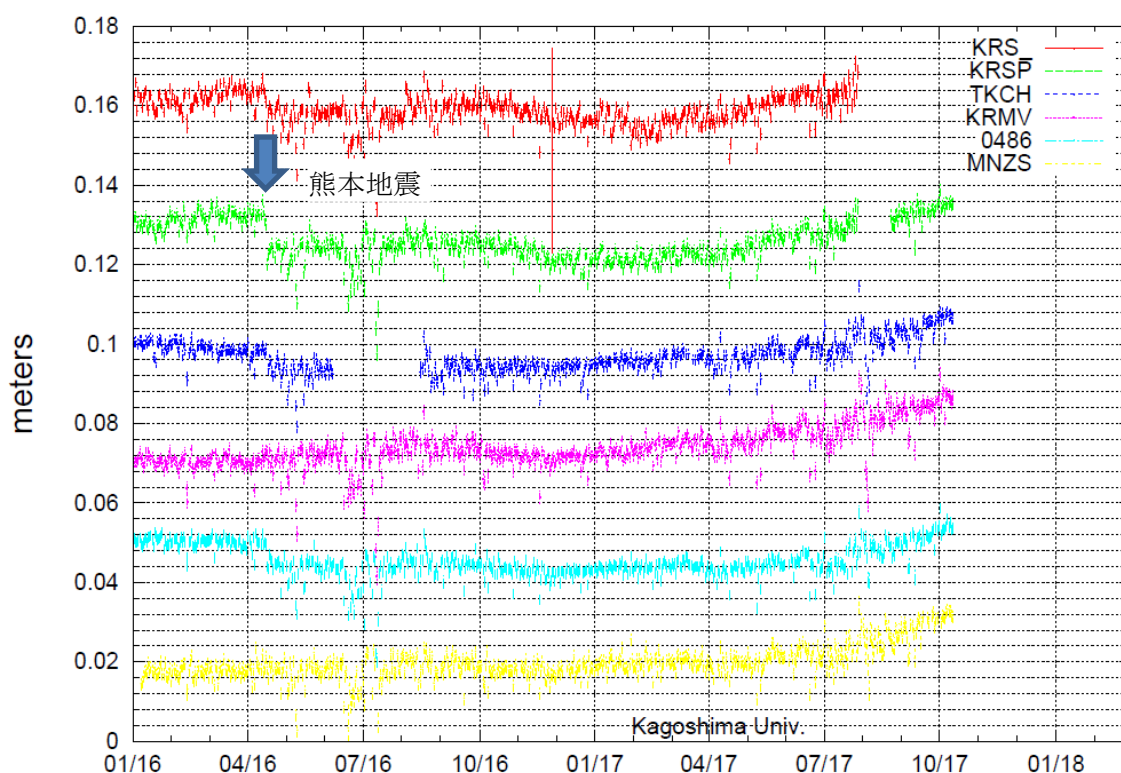


図 4. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2016 年 1 月～2017 年 10 月 14 日）。基準点は KKCD 観測点。図 2 の時間拡大図。

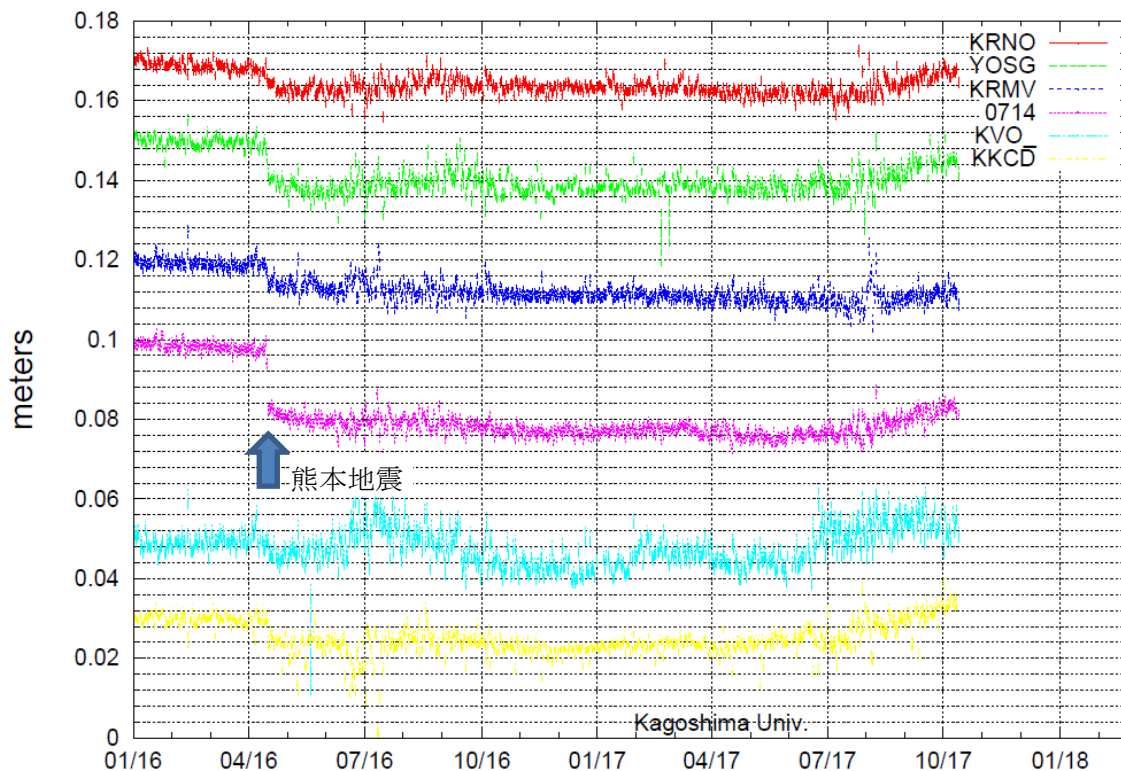


図 5. 霧島山（新燃岳）をはさむ基線の基線長の時間変化（2016 年 1 月～2017 年 10 月）。基準点は 950486 (GEONET) 観測点。図 3 の時間拡大図。

霧島火山

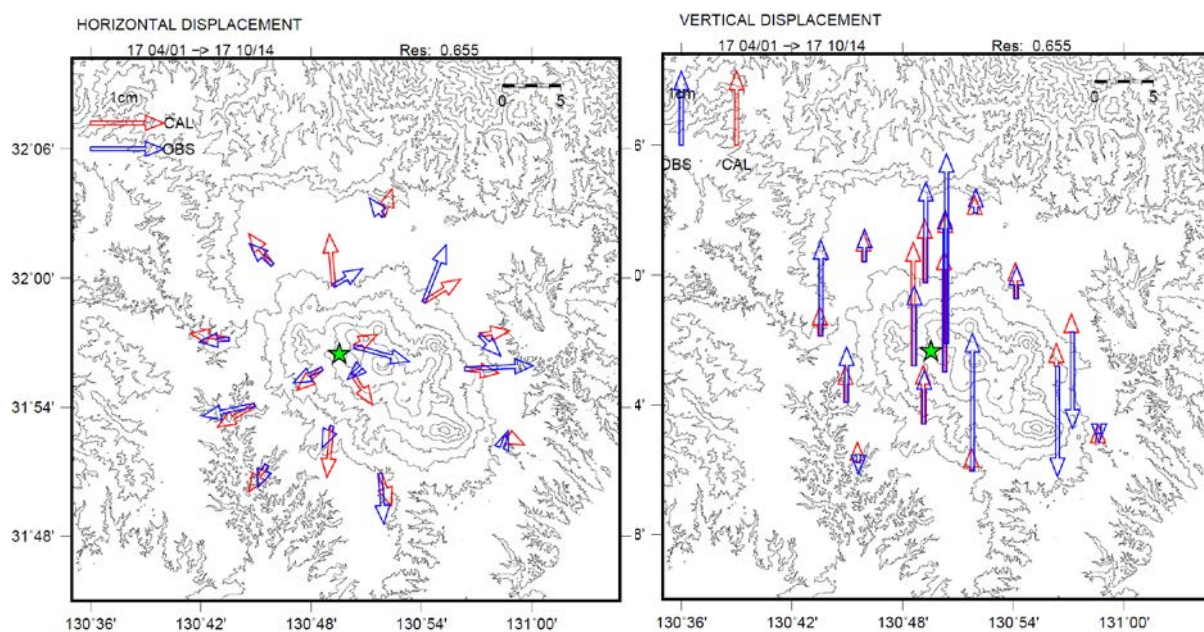


図 6．2017 年 4 月 1 日から 2017 年 10 月 14 日までの変位を用いて，等方圧力源の位置を緑星印で示す．深さは 7.1 km， $6.3 \times 10^6 \text{m}^3$ と指定された．左は水平変位，右は上下変位の観測値（青矢印），モデル値（赤矢印）を示す．

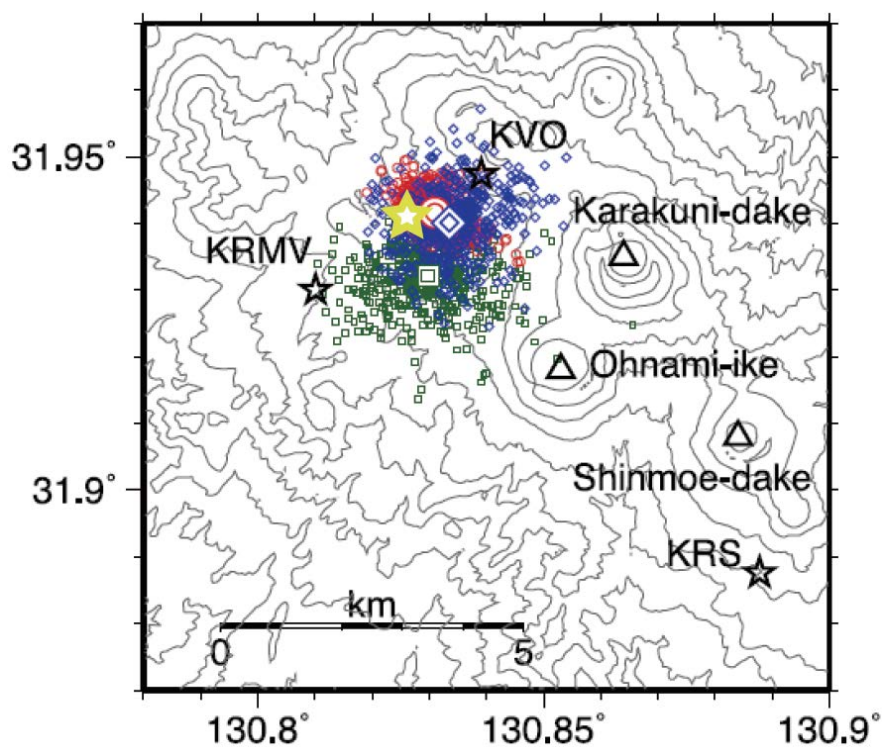


図 7．2011 年噴火前後の膨張源の位置と，今回の膨張源の位置の比較．

今回の膨張源（黄色星印，深さ 7.1 km），2011 年噴火前膨張源（緑色，深さ 9.2 km），噴火時時収縮源（赤色，深さ 8.4 km），噴火直後の再膨張源（青色，深さ 8.2 km）．小さな丸はブートストラップ法による誤差の範囲．

霧島火山

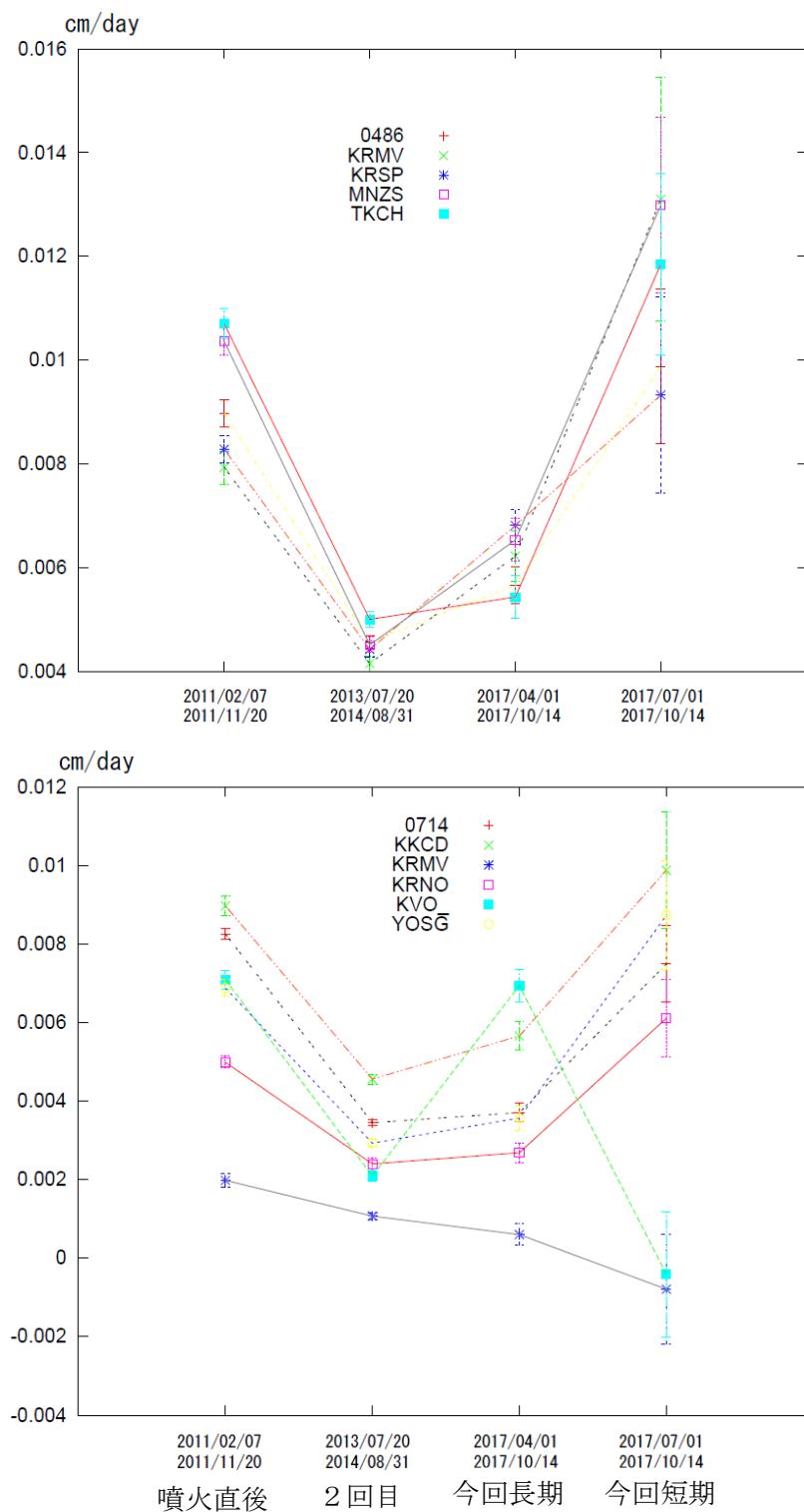


図 8．基線長の伸張速度変化．横軸は推定期間を，縦軸は速度を示す．上は KKCD 起点，下は 950486 (GEONET) 起点の基線．