

気象レーダーで観測された 2016年10月8日阿蘇山噴火に伴う噴煙エコー* The Eruption Cloud Echo from Mt. Aso on October 8, 2016 Observed by Weather Radar Network

気象庁気象研究所**

Meteorological Research Institute, JMA

2016年10月8日1時46分に発生した阿蘇山噴火に伴う噴煙(遠望観測による噴煙高度:不明)が、福岡、広島、種子島、室戸岬、松江の5つの気象庁一般気象レーダー(Cバンド(波長約5.6cm))で捉えられた。阿蘇山と各レーダーサイトの位置関係を第1図に示す。

第2図に各レーダーで観測された反射強度のPPI(定仰角)画像を示す。反射強度は、ターゲットの粒径が大きいほど、また個数が多いほど大きな値を取る。これらを見ると、低仰角(低高度)の噴煙は北東側に、高仰角(高高度)の噴煙は東北東側に流れていたことが分かる。特に福岡レーダーで噴火直後に見える、火口付近からレーダーサイトと逆側の向きに出ている放射状エコーは、TBSS(Three-Body Scatter Spike)エコーと呼ばれるエコーである。また、火口付近から(方位角方向に)円弧上に出ているエコーは、アンテナ(パターン)のサイドローブに起因するエコーである。これらは共に疑似的なエコーで、雹など反射強度の強い物質が存在する際に見られることがある(例えばDoviak and Zrníc(1993))。

上空の噴煙(エコー)は東北東に流れ、8日4時30分頃には阿蘇山から200km以上離れた高知県上空に達した(第3図)後、土佐湾付近で不明瞭となった。通常、1980年のセントヘレンズ噴火(Harris et al. (1981))など大規模なものを除けば、火口から100km以上離れたエリアでは粒径の小さな火山灰が多く、(降水を監視する)気象レーダーによって火山灰雲が検出されることはほとんどないが、本事例では水物質を多く含んでいたため、遠方でも検知された可能性がある。

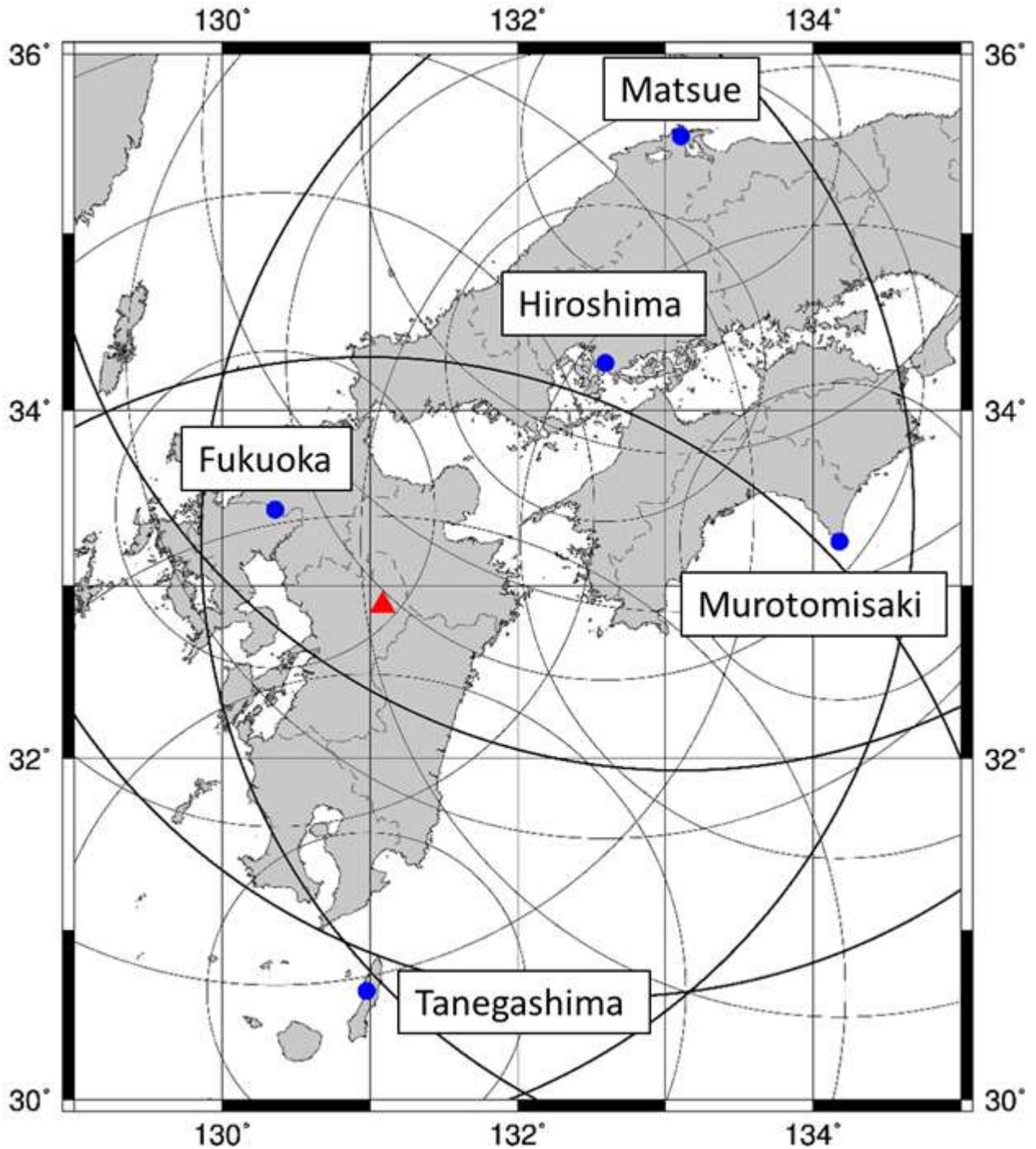
気象庁レーダー観測網の10分毎のボリュームスキャンによる噴煙のエコー強度のCAPPI(定高度断面図)画像と鉛直断面図(共に10月8日2時)を第4図に示す。鉛直断面図を見ると、エコー頂は海拔15km(以上)に達しているように見えるが、これは過大評価の可能性が高いため、更なる解析が必要である。過大評価の原因として考えられることは、レーダーのビーム幅による誤差や大気屈折率の局所的な変化による異常伝搬の影響が考えられる。

第5図は、上記の誤差を取り除くために解析した、噴火直後から2時10分までの噴煙高度の確率的推定結果である。噴煙高度は海拔12,000m(火口縁上約10,500m)±687m(1σ)と推定される。第5図を見ると、松江レーダーと広島レーダーにおいて、他のレーダーよりも過大評価しているが、合成の結果、これらのレーダーの悪影響は低減されていることが分かる。また、気象庁レーダー観測網で観測された噴煙エコー頂高度(合成)の時間変化を第6図に示す。エコー頂高度は最大で海拔10km以上に達し、その後、徐々に高度を下げていったことが分かる。

気象レーダーによる噴煙高度と爆発的噴火に伴って発生した震動の継続時間(3分)から、噴出物量は20万~100万トンと推定される(福井・他(2016)の方法に基づく)。

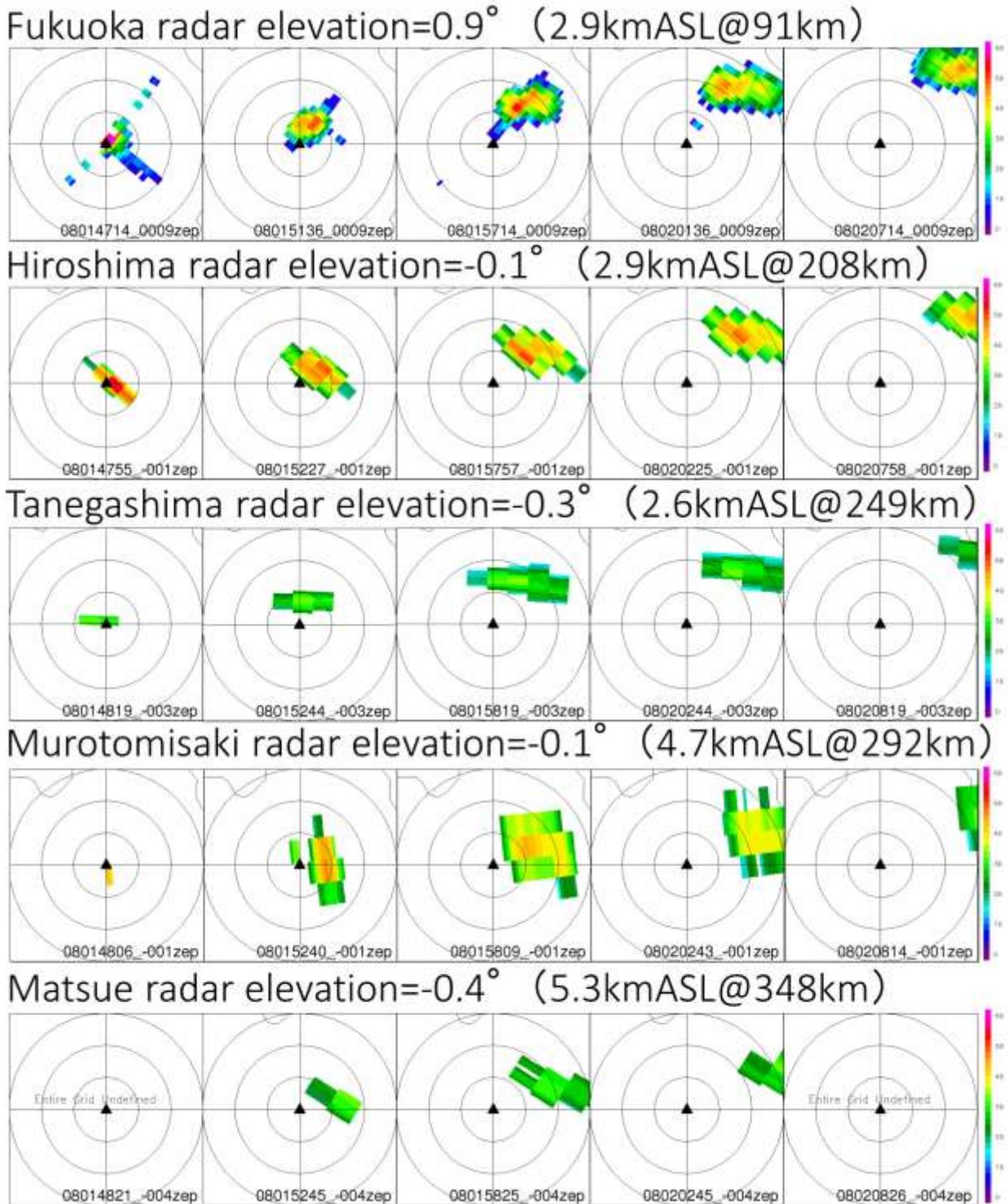
* 2017年4月21日受付

** 佐藤英一・新堀敏基・福井敬一・石井憲介・徳本哲男 Eiichi SATO, Toshiki SHIMBORI, Keiichi FUKUI, Kensuke ISHII and Tetsuo TOKUMOTO



第1図 阿蘇山周辺のレーダー配置図 (▲は阿蘇山、●が気象庁一般気象レーダー、同心円は各レーダーサイトから100km毎)

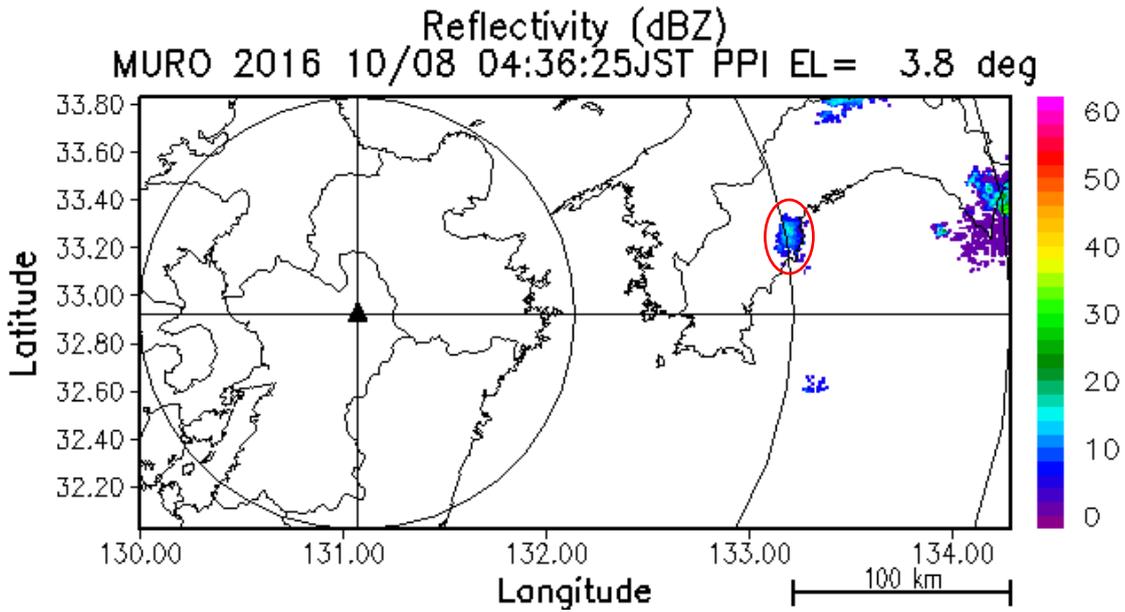
Fig. 1 Location map of JMA weather radars (●) around Mt. Aso (▲). Concentric circles represent 100km intervals from each radar site.



第2図 2016年10月8日阿蘇山噴火(1時46分)から2時10分の一般気象レーダーによる噴煙エコー(同心円は阿蘇山の中岳第一火口から5km、10km、15km)

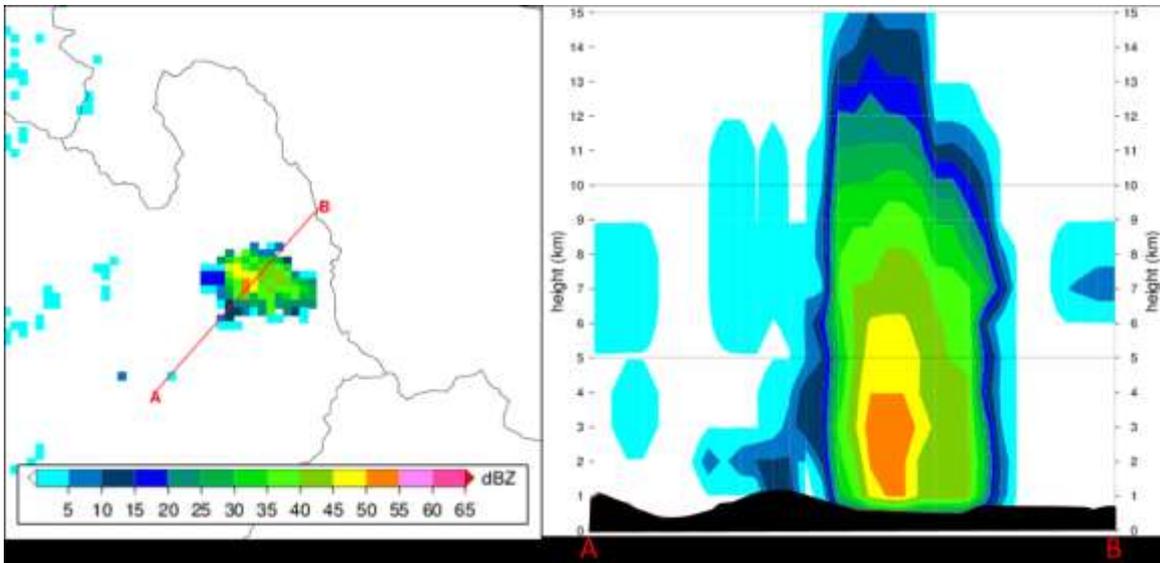
Fig.2 Eruption cloud echoes observed by JMA C-band operational radars from eruption time (16:46UTC) of Mt. Aso to 17:10UTC, Oct. 7, 2016.

Concentric circles represent 5km, 10km and 15km from the crater of Mt. Aso.



第3図 2016年10月8日4時36分の室戸岬レーダー（仰角3.8°）による反射強度PPI（赤丸が噴煙エコー。同心円は阿蘇山（▲）から100km、200km、300km。）

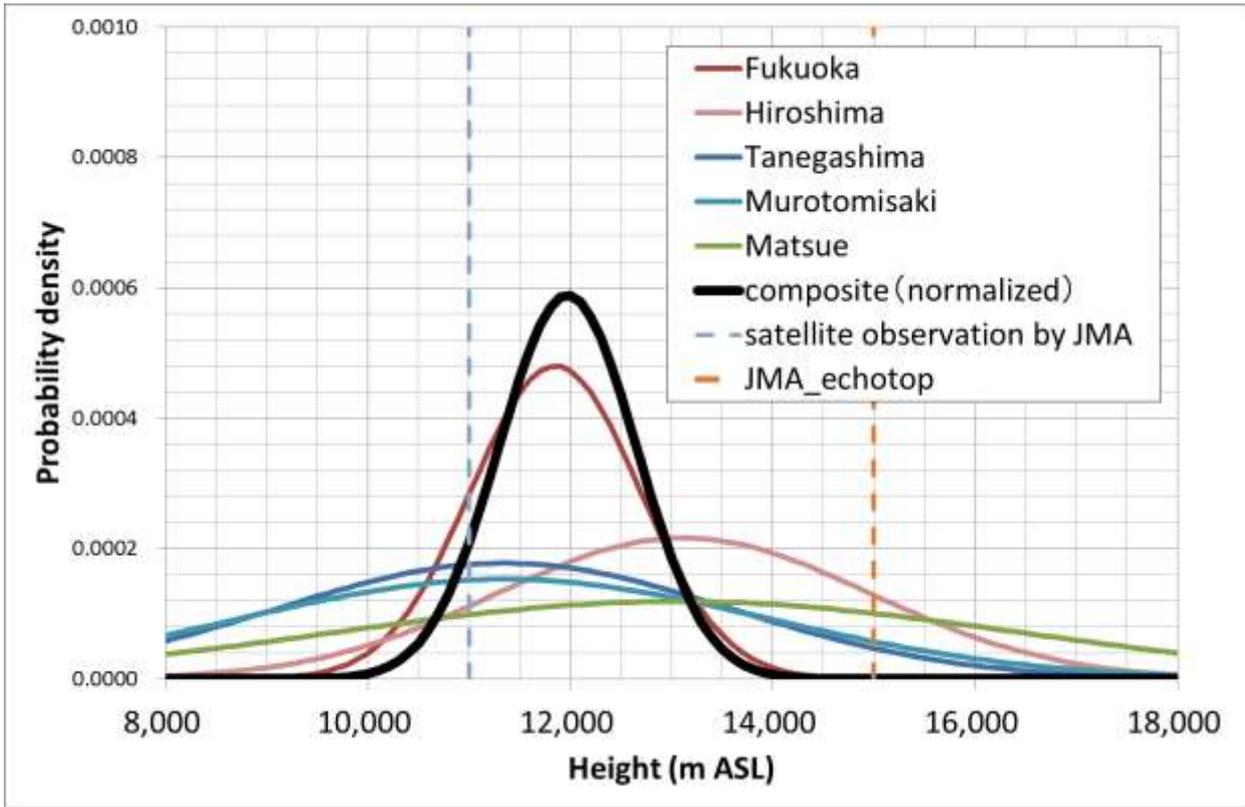
Fig.3 Eruption cloud echo (red circle) observed by Murotomisaki radar (19:36 UTC, 7 Oct. 2016, elevation angle 3.8 degree). Concentric circles represent 100km, 200km and 300km from Mt. Aso.



第4図 2016年10月8日2時における反射強度CAPPI（3km）と鉛直断面図

※CAPPIデータ（合成）を補正せずに用いており、右図のエコー頂は過大となっている可能性があることに注意が必要である。

Fig. 4 3km CAPPI image of reflectivity (17 UTC, Oct. 7, 2016) (left) and vertical cross section (right) along the A-B line in the left figure. The echo height may be overestimated.



第5図 気象レーダーによる噴煙高度の確率的推定結果

(太黒線、8日01時50分～02時10分)

横軸は海拔高度 (m)、縦軸は確率密度。佐藤・他 (2016) の方法に基づく。

Fig. 5 Results of probabilistic volcanic plume height estimation (Sato *et al.*, 2016).

X-axis represents height (m ASL) and y-axis represents probability density. Black solid line represents the composite PDF, estimated by the data from 16:50 UTC and 17:10 UTC, Oct. 7, 2016.



第6図 阿蘇山の噴火に伴う気象庁レーダーエコー頂高度 (合成) の推移 (青点)

(点線は阿蘇中岳の標高、赤点とエラーバーは確率的推定結果、緑点は気象庁による気象衛星ひまわり8号の観測値をプロットした。)

※図の青点はエコー頂高度 (合成) プロダクトのデータをそのまま用いているため、過大となっている可能性があることに注意が必要である。

Fig. 6 Time series of composite radar echo height of 2016 Aso eruption by JMA weather radars (blue line). Dashed line, red dot with error bar, and green dot represent the height of Mt. Nakadake of Aso volcano, result of probabilistic estimation, and satellite observation by JMA using the Himawari-8, respectively. The blue line may be overestimated.

用語の説明：

σ ：標準偏差。正規分布を仮定した場合、 $\pm 1\sigma$ が68.3%、 $\pm 2\sigma$ が95.4%、 $\pm 3\sigma$ が99.7%の確率に相当する。

PPI：Plan Position Indicator の略。単一のレーダーによる特定仰角の観測結果。

CAPPI：Constant Altitude PPI の略。複数（もしくは単一の）レーダーによる特定高度の解析結果。

参考文献：

福井敬一，佐藤英一，新堀敏基，石井憲介（2016）レーダーエコー頂高度からの噴出物総量の推定．日本地球惑星科学連合 2016 年大会，SVC47-33.

Doviak, R. J., and D. S. Zrnic (1993) Doppler radar and weather observations, 2nd ed., Academic Press, 562pp.

Harris, D. M., W. I. Rose Jr., R. Roe, and M. R. Thompson (1981) Radar observations of ash eruptions, The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, **1250**, 323-333.

佐藤英一，福井敬一，新堀敏基，石井憲介，高木朗充，菅井明，黒木英州，真木雅之（2016）気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法について．日本気象学会大会講演予稿集，**109**, 259.