

気象レーダーで観測された 2013年8月18日桜島噴火に伴う噴煙エコー*

The Eruption Cloud Echo from Sakurajima Volcano on 18 August 2013
Observed by Weather Radar Network

気象研究所[†]・気象庁[‡]・鹿児島大学[§]
MRI, JMA and Kagoshima University

2013年8月18日16時31分に発生した桜島昭和火口噴火に伴う噴煙（遠望観測による噴煙高度：火口縁上5000m）が、種子島気象ドップラーレーダー（南岳のS16°E, 108 km, 以下種子島レーダー）をはじめとする気象庁レーダー観測網、鹿児島空港気象ドップラーレーダー（同N13°E, 25 km, 鹿児島DRAW）及び国土交通省XバンドMPレーダネットワークの垂水局（同S20°E, 10 km, XRAIN垂水局）で捉えられた。桜島と各レーダーサイトの位置関係を第1図に示す。気象庁レーダー及びDRAWはすべてCバンド（波長5.6 cm）、XRAINはXバンド（波長3.1 cm）を利用している。ここでは、気象庁レーダー観測網と鹿児島DRAWで観測された噴煙のエコー頂高度と、XRAIN垂水局で観測された噴煙の偏波パラメータについて報告する。

気象庁レーダー観測網の10分ごとのボリュームスキャンによる噴煙のエコー強度のCAPPI（定高度水平断面）画像と鉛直断面を第2図に示す。エコー強度[dBZ_e]は標的からの反射電力を表し、そ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。桜島に最も近い種子島レーダーでは、16時36分15秒に仰角0.2°（南岳上空におけるビーム中心標高1.4 km）から見え始め、36分57秒に仰角2.5°（同5.7 km）でエコー強度は最大32.8 dBZ_e、40分26秒に2.8°（同6.3 km）で27.7 dBZ_e、47分16秒に1.7°（同4.2 km）で16.5 dBZ_e、50分44秒に1.4°（同3.6 km）で13.0 dBZ_eを観測した後、16時52分04秒の仰角0.7°（同2.3 km）を最後に検知されなくなった。また、鹿児島DRAWで観測された噴煙エコーのPPI（定仰角）画像を第3図に示す。8月18日の噴火時は空域モードで運用されており、16時33分21秒（観測仰角2.7°）から48分40秒（同じく2.7°）まで観測された（桜島における空域モードの観測仰角については福井・新堀(2010)の第1表参照）。気象庁レーダー観測網と鹿児島DRAWで観測された噴煙エコー頂高度と最大エコー強度の時間変化を第4図に示す。遠望観測による噴煙高度の時間変化は、エコー頂とおおむね合っていた。ただし気象庁レーダー観測網による噴煙エコー頂が高いのは、今事例では、上述のとおり桜島に最も近い種子島レーダーで観測された最大仰角のエコー強度が雲頂判別しきい値12 dBZ_eより大きく、エコー強度の空間変化が急峻な噴煙のエコー頂を外挿して推定していることが一因と考えられる。

第5図に、XRAIN垂水局の仰角6.0°（南岳上空におけるビーム中心標高1.1 km）で検知された噴煙のエコー強度、反射因子差及び偏波間相関係数のPPI画像を示す。反射因子差[dB]は水平／垂直偏波のエコー強度の比であり、標的の形状が扁平（縦横比が大）なほど大きな絶対値を取る。また、偏

* 2013年11月19日受付

[†] 新堀 敏基・高木 朗充・山内 洋・佐藤 英一・福井 敬一 Toshiki SHIMBORI, Akimichi TAKAGI, Hiroshi YAMAUCHI, Eiichi SATO and Keiichi FUKUI

[‡] 菅井 明・林 勇太・林 洋介・長谷川 嘉彦 Akira SUGAI, Yuta HAYASHI, Yosuke HAYASHI, Yoshihiko HASEGAWA

[§] 真木 雅之 Masayuki MAKI

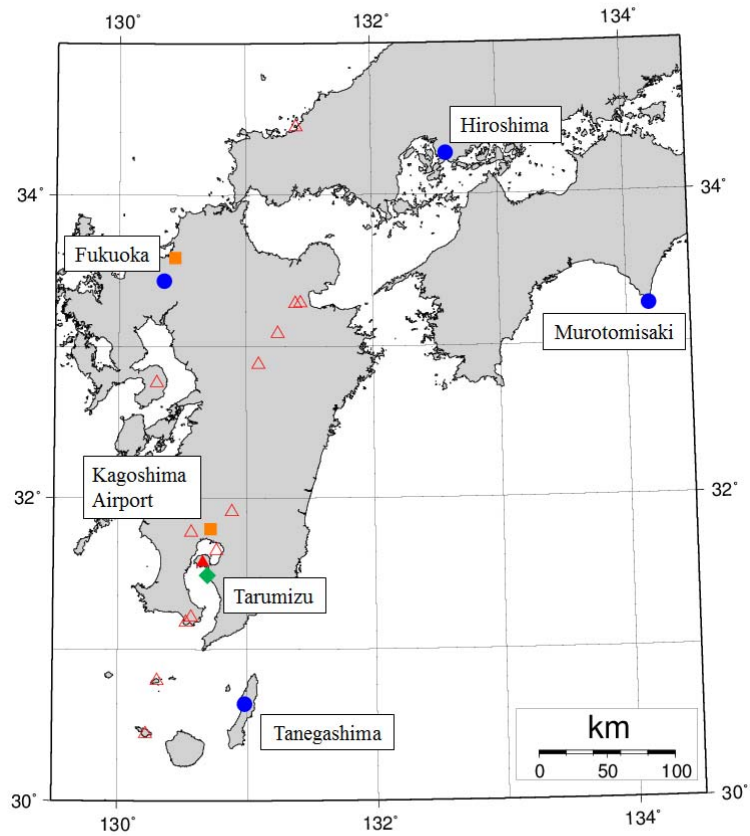
波間相関係数は水平・垂直偏波の受信信号の相関係数であり、標的の形状が一様なほど大きな値を取る。噴火直後（16 時 33～35 分）は、偏波間相関係数に一時的な低下が見られる（第 5 図の矢印）。このことは、偏波間相関係数が一般に高い状態になる曇天時も噴煙を検出できる可能性を示唆する。他方、エコー強度及び反射因子差に現れている昭和火口の北西－南東方向にレーダーサイトに向かって放射状に伸びるエコーは擬似エコーであり、その主な要因はパルス圧縮に起因するレンジサイドローブの影響のほか、北西部分は噴煙内部からの多重散乱や桜島斜面からのマルチパスの影響があると考えられる。また、噴煙が北西方向に輸送され始めた 16 時 41 分と 53 分のエコー強度及び反射因子差の時間変化を見ると、エコー強度は小さくなっているのに対し、反射因子差は大きくなっている。エコー強度が小さくなるのは粒径が大きく落下速度の大きい火山灰が噴煙から落下したため、反射因子差が大きくなるのは縦横比が大きく落下速度の小さい火山灰が噴煙に残っているためと考えられる。なお、XRAIN 垂水局の最大仰角は現在 20.0°（同 3.6 km）であり、噴煙エコー頂高度の解析には使用しなかった。

謝 辞

XRAIN 垂水局のデータは、X バンド MP レーダに関する技術開発コンソーシアムを通じて提供いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

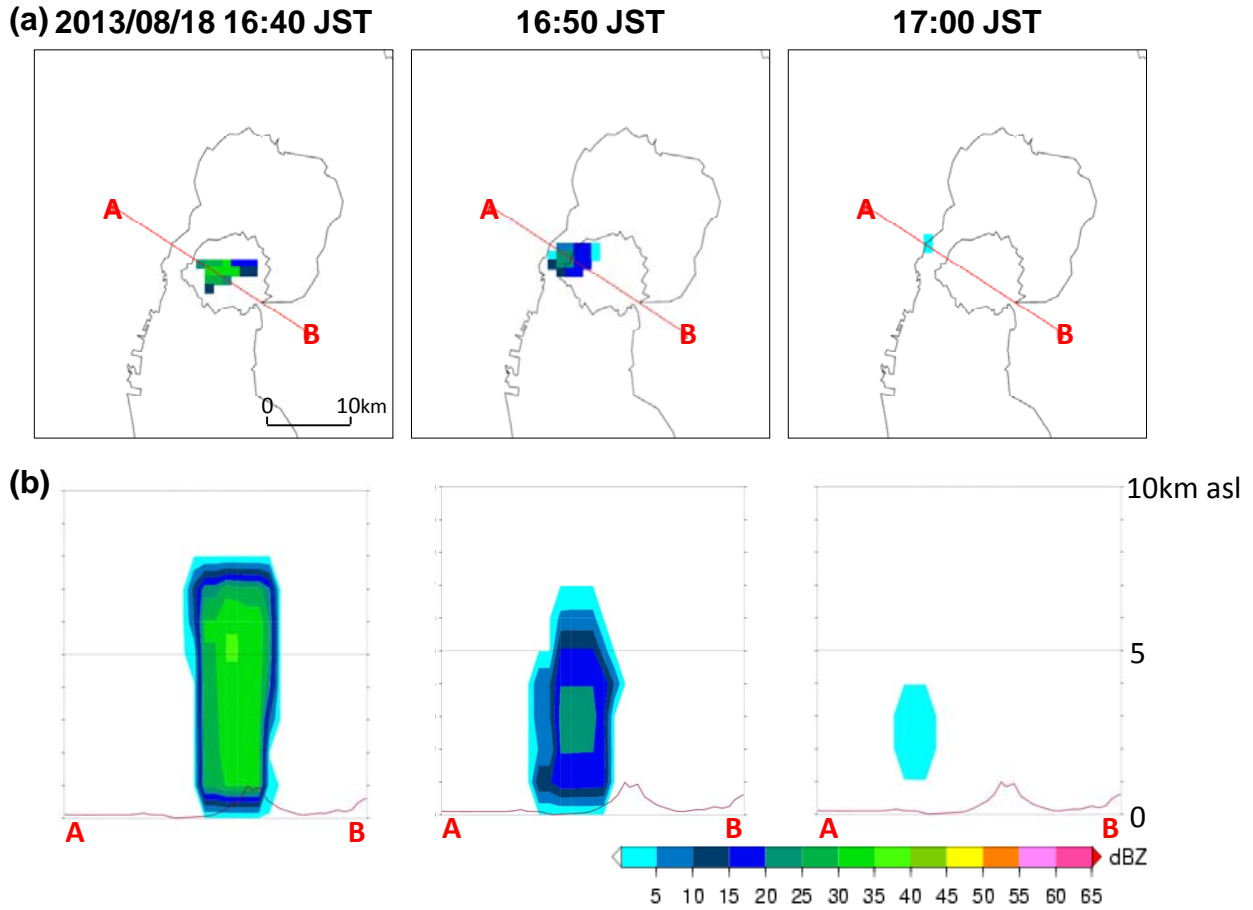
参考文献

- 1) 福井敬一・新堀敏基（2010）：気象レーダーで見た桜島 2009 年 4 月 9 日噴火噴煙，火山噴火予知連絡会会報，**103**，123-127.



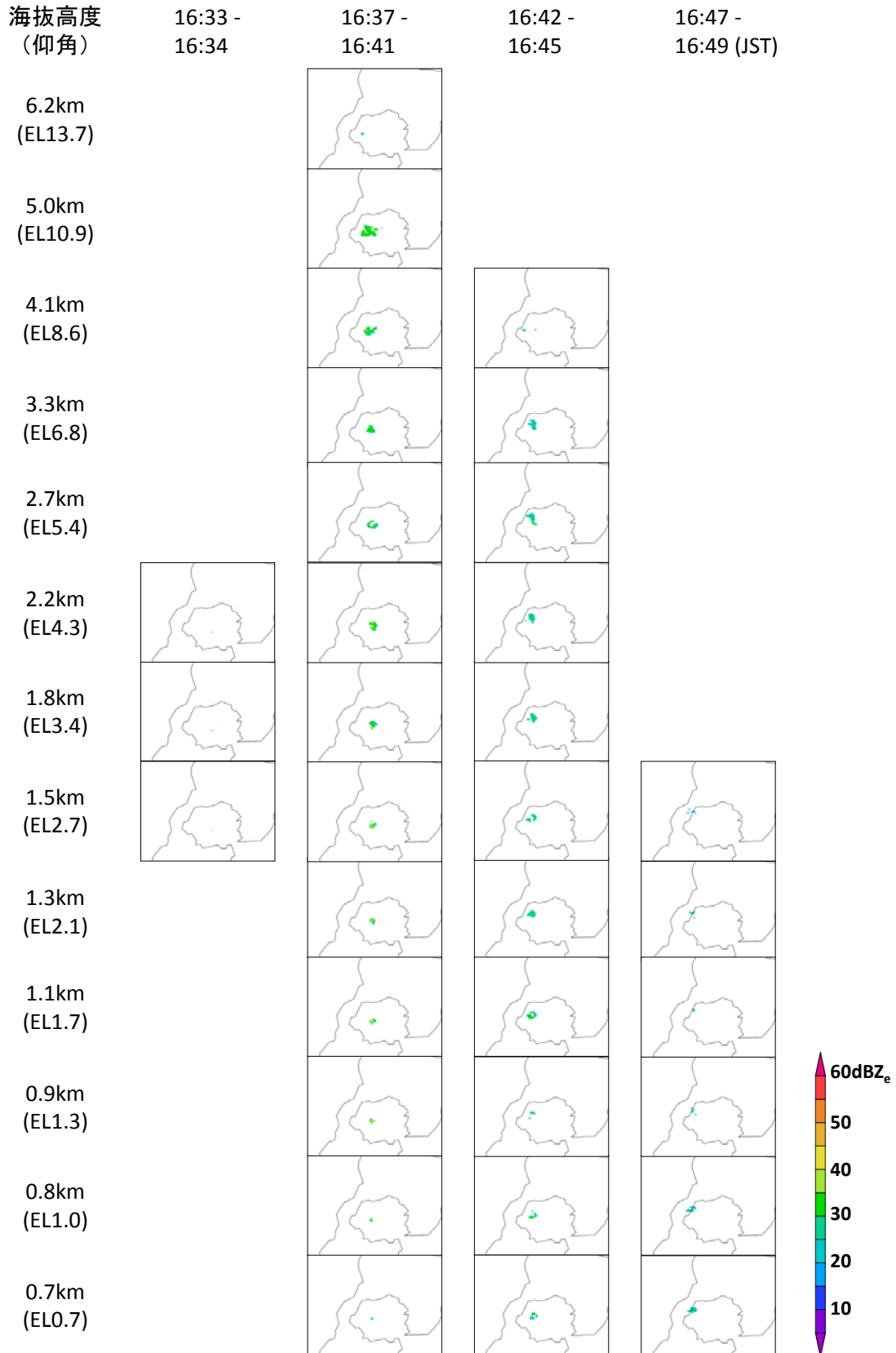
第1図 レーダー配置図。▲は桜島、●は気象庁レーダー観測網、■は空港気象ドップラーレーダー、◆は国土交通省 X バンド MP レーダ（垂水局）を示す。

Fig. 1 Location map of Sakurajima volcano (▲), JMA weather Doppler radar network (●), Doppler radars for airport weather (■) and X-band multi parameter radar at Tarumizu (◆).



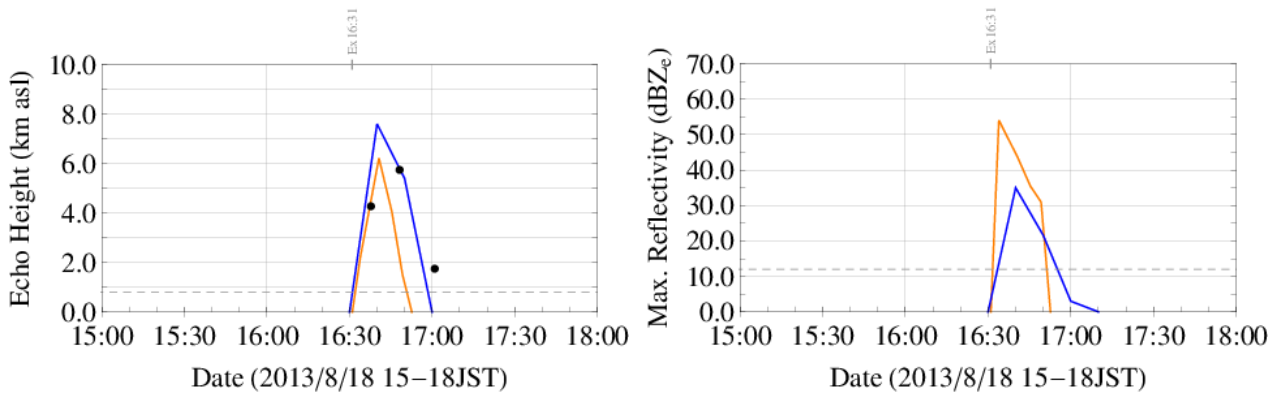
第 2 図 気象庁レーダー観測網で観測された桜島の噴煙エコー(2013 年 8 月 18 日 16 時 40 分～17 時 00 分)。(上段) 2 km 定高度水平断面図、(下段) A-B 間鉛直断面図

Fig. 2 Eruption cloud echo from Sakurajima volcano observed by JMA weather Doppler radar network (07:40 - 08:00 UTC, 18 Aug. 2013). (a) CAPPI images at 2 km height with different observation time. (b) Vertical cross sections along the A-B line at each CAPPI image, respectively.



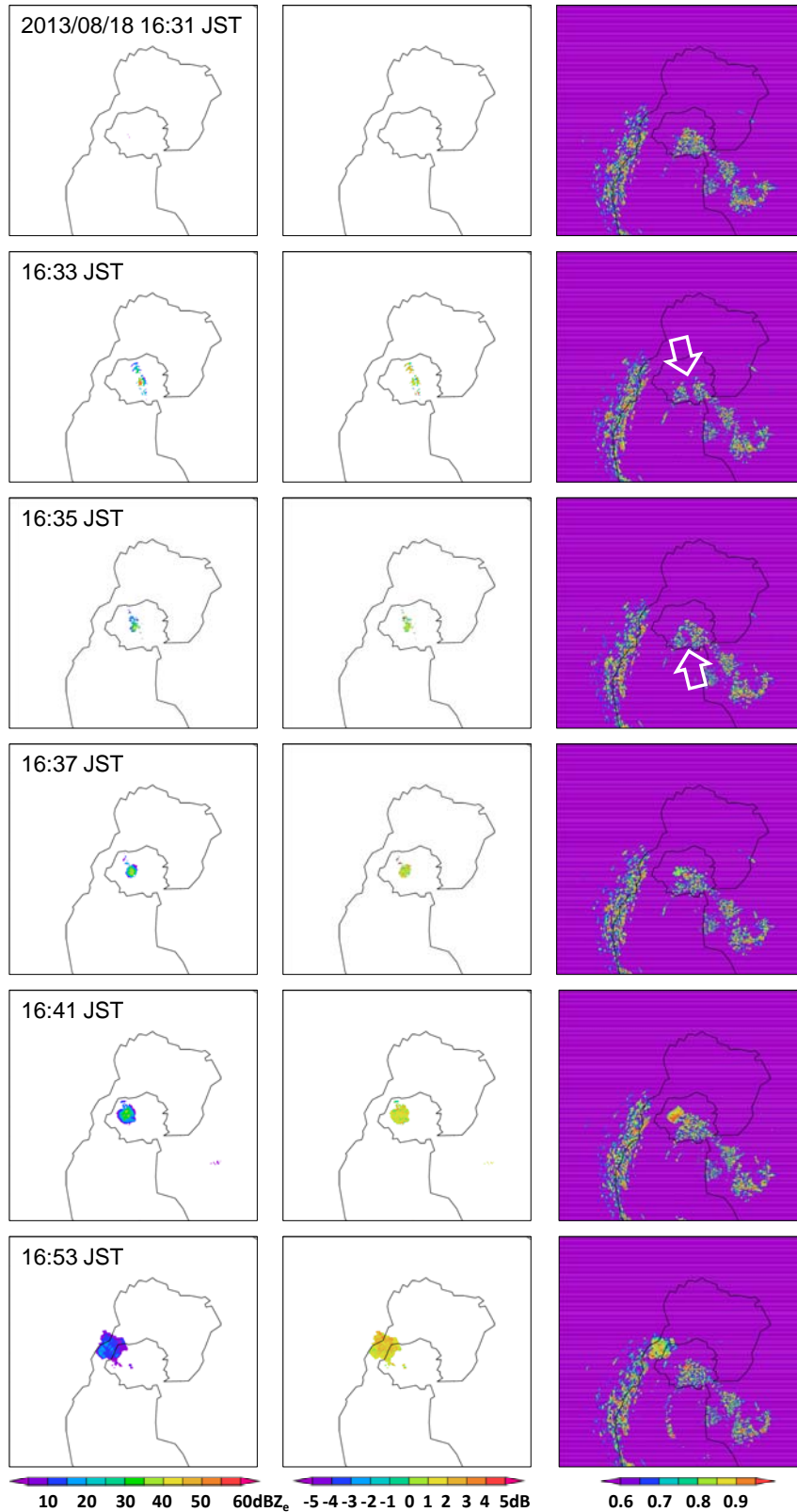
第3図 鹿児島空港気象ドップラーレーダーで観測された桜島の噴煙エコーのPPI画像(2013年8月18日16時33分~16時49分)。高度はビーム中心の南岳におけるおおよその海拔。

Fig. 3 Eruption cloud echo from Sakurajima volcano observed by Kagoshima DRAW (07:33 - 07:49 UTC, 18 Aug. 2013). PPI images at 0.7 km to 6.2 km height with different observation time.



第 4 図 気象庁レーダー観測網（青）と鹿児島 DRAW（橙）による桜島の噴煙エコー頂高度（左）と最大エコー強度（右）の時間変化（2013 年 8 月 18 日 15～18 時）。左図の●は噴火に関する火山観測報で発表された遠望カメラによる噴煙高度。気象庁レーダー観測網のエコー頂（左図の青線）はエコー強度 12dBZ_e相当（右図の点線）で推定した高度。

Fig. 4 Time series of the eruption cloud echo height and maximum radar reflectivity factor from Sakurajima volcano observed by JMA weather Doppler radar network (blue line) and Kagoshima DRAW (orange line, 06 - 09 UTC 18 Aug. 2013). In the left panel, the filled circles show the plume height under visual observation and dashed line indicates the elevation at the Showa crater of Sakurajima volcano (about 800 m). The dashed line in the right panel indicates the discrimination threshold of echo top by JMA composite radar (12dBZ_e).



第 5 図 国土交通省 X バンド MP レーダネットワークの垂水局で観測された桜島の噴煙エコー (2013 年 8 月 18 日 16 時 31 分~16 時 53 分、仰角 6.0°)。 (左) エコー強度、 (中) 反射因子差、 (右) 偏波間相関係数。

Fig. 5 Eruption cloud echo from Sakurajima volcano observed by X-band multi parameter radar at Tatumizu (07:31 – 07:53 UTC, 18 Aug, 2013. Elevation angle: 6.0°). Left panel: Radar reflectivity factor. Middle panel: Differential reflectivity. Right panel: Copolar correlation coefficient.