

(1) 実施機関名：

(独) 情報通信研究機構

(2) 研究課題(または観測項目)名：

航空機等からの先端リモートセンシング技術(SAR 等)を用いた地表面変動の把握技術の開発

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

イ. リモートセンシング技術

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

新規に開発した航空機 SAR の高分解能性を利用し、地表面の変動を高精度に 3 次元的に計測する手法を開発しシミュレーション実験等を通して実用に向けた評価を行う。また、実際の災害発生時には、本システムを用いた観測を実施し災害予測等に役立てる。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

新規に開発した航空機 SAR は、これまでのシステムに比べ分解能が飛躍的に向上している。また航空機上において本格的な SAR 処理を行い、緊急時にデータを即時に配布する技術の開発もすすめている。この新航空機 SAR を用いて、地震および火山噴火における予知のための観測研究に必要な要素技術の開発と実用化に向けた評価を進めるとともに、国内の幅広い地域での観測を実施し、変動把握のベースとなるデータの蓄積及び公開を進める。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度)の成果の概要：

前研究期間とまたがる平成 18 年度から平成 22 年度にかけて、航空機搭載合成開口レーダの 2 号機(Pi-SAR2)を開発した。これは前号機(Pi-SAR)が実現した 1.5m 分解能を 30cm にまで大幅に向上させたものであり、平成 16 年 10 月の新潟県中越地震において、山岳地域の小規模な土砂崩れ等の判読には十分ではなかったことの反省に立って、より地震災害等の災害把握に適したレーダとして開発したものである。

レーダのハードウェア自体は平成 20 年度までに完成。平成 21 年度にはデータから画像として再生するための地上処理ソフトウェアの開発を実施し、画質を向上させるために、航空機 SAR システムのハードウェア特性に合わせた処理パラメータのチューニングを実施し高画質の処理が出来ることを確認した。

平成 22 年度には、航空機 SAR の機上処理装置を開発し、観測後に高分解能の画像を迅速に伝送する機能の追加と、その実証実験を実施した。このレーダシステムデータ取得後、約 15 分で目的の部分の画像化が可能である。

このレーダシステムを用いて平成 23 年 1 月に噴火活動が始まった新燃岳の観測を 2 月から 3 月にかけて実施し、機上で処理を行った後、関係機関に速報として送付した(図 1)。また、同年 3 月の東日本大震災時には、地震発生の翌朝 7 時に東北地方から関東地方の太平洋沿岸の広域を観測し、一部は機上処理を行った後、発生後 24 時間内に Web 等によりデータを公開した(図 2)。

一方でこの2つの災害においては、被害地域が広域であり取得した大容量のデータの処理に時間がかかったため、配布、公開の領域が限定的とならざるを得なかったこと、および本来機能としてもつインターフェロメトリによる3次元の画像やポラリメトリによるカラー化画像の提供が後回しとなる課題が残った。そこで、平成23年度からは、これらの課題を踏まえて、まずは地上での処理システムの改善を実施し、高次処理（インターフェロメトリによる高さ計測およびポラリメトリによる表面状況の詳細解析）を含めて処理を高速化することを開始した。その結果、画像を再生する処理に15分必要だった処理時間を1分程度に大幅な短縮が可能となった。

この成果を踏まえて、平成24年度では機上処理装置においても高速化を進め、観測後飛行コースを変更する間の約15分に、従前では単偏波のモノクロの画像を出力するのがやっとであったのに対し、多偏波同時処理によるカラー画像化や地図情報との対比が可能とした（図3）。カラー画像化は土砂崩れ領域等の判読を容易にする効果が大きい（図4）。また、インターフェロメトリによる地形高度計測については、アルゴリズムの改善等により地上処理において半自動的に解析結果の出力が可能となった。また、新たに火山、地震災害が発生した場合に、被災前のデータと比較することにより被災箇所の迅速な特定が容易となるため、平成23年度からは、災害発生前のデータを整備しておくことを目的として、東海・東南海・南海の沿岸地域を中心としたPi-SAR2データ取得を進めた。このことに関連して、平成12年度から平成19年度まで取得した日本各地を観測し生データを保存しているPi-SARデータを公開するため、データ検索およびオンデマンド処理システムの開発を実施した（図5）。検索システムでは、登録したユーザに検索したデータの自動処理または既処理データのダウンロードを可能とする。平成26年度中には試験運用を開始する予定である。さらに、災害発生時には実時間に近いPi-SAR2のデータも公開可能なよう機能を拡張した。新規に取得したPi-SAR2のデータについても拡張を実施している。

並行して平成25年度には同年8月に発生した桜島の火山噴火時に、活動が活発化した2日後にPi-SAR2による観測を実施した。この観測の際には高速化した機上処理装置を用いて観測後ただちに火口付近の画像を再生（図6）、それをさらに商用衛星回線（320kbps）を利用して航空機から直接インターネットに接続して関係機関にデータを配布した。この試験的なデータ提供にかかった時間は約8分であり、観測からデータ提供まで準リアルタイムな運用の実用化が可能であることを実証した。

（8）平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

M. Sato, S. Chen, M. Satake, " Polarimetric SAR Analysis of Tsunami Damage Following the March 11, 2011 East Japan Earthquake ", Proc. of IEEE, vol.100, p.2861-, 2012.

M. Satake, T. Kobayashi, J. Uemoto, T. Umehara, S. Kojima, T. Matsuoka, A. Nadai, S. Uratsuka, "Damage Estimation of the Great East Japan Earthquake with Airborne SAR (PI-SAR2) Data ", Proc. of 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2012), p.1190-, 2012.

M. Satake, T. Kobayashi, J. Uemoto, T. Umehara, S. Uratsuka, "DAMAGE ESTIMATION OF THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE BY NICT AIRBORNE SAR (PI-SAR2) ", Proc. SPIE 8524, Land Surface Remote Sensing, 852416, No.8524-48, 2012.

T. Kobayashi, T. Umehara, J. Uemoto, M. Satake, S. Kojima, T. Matsuoka, A. Nadai, S. Uratsuka, " DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) GENERATION OF CRATERS BY AN AIRBORNE INTERFEROMETRIC SAR (PI-SAR2) ", IGARSS2013, Melbourne, 3156-3158, June 2013.

T. Kobayashi, T. Umehara, J. Uemoto, M. Satake, S. Kojima, T. Matsuoka, A. Nadai, S. Uratsuka, "Damage detection after earthquake by an X-band high resolution airborne SAR ", APSAR2013, Tsukuba, September 2013

T. Kobayashi, T. Umehara, J. Uemoto, M. Satake, S. Kojima, T. Matsuoka, A. Nadai, S. Uratsuka, " Volcanic Monitoring by Polarimetric and Interferometric Airborne SAR (Pi-SAR2) ", APSAR2013, Tsukuba, September 2013.

T. Kobayashi, T. Umehara, J. Uemoto, M. Satake, S. Kojima, T. Matsuoka, A. Nadai, S. Uratsuka, " CAL-

IBRATION EXPERIMENTS ON THE CROSS-TRACK INTERFEROMETRIC FUNCTION OF AN AIRBORNE SAR ”, APSAR2013, Tsukuba, September 2013.

上本, 児島, 梅原, 小林, 佐竹, 浦塚, 松岡, ”Pi-SAR2 用新機上処理装置の開発”, 日本リモートセンシング学会学術講演会, 2013 年 11 月.

小林, 梅原, 上本, 佐竹, 児島, 松岡, 灘井, 浦塚, ”航空機搭載 SAR (Pi-SAR2) による火口内観測”, 日本リモートセンシング学会秋季学術講演会, 2013 年 11 月.

小林, 梅原, 上本, 佐竹, 児島, 松岡, 灘井, 浦塚, ”航空機搭載 SAR (Pi-SAR2) による東日本大震災の津波被災地の偏波解析”, 日本リモートセンシング学会秋季学術講演会, 2013 年 11 月.

上本, 児島, 梅原, 小林, 佐竹, 浦塚, 松岡, Pi-SAR2 用新機上処理装置の開発, 日本リモートセンシング学会学術講演会, 2013.

小林, 梅原, 上本, 佐竹, 児島, 松岡, 灘井, 浦塚, ”航空機搭載 SAR (Pi-SAR2) による火口内観測 ”, 日本リモートセンシング学会秋季学術講演会 2013.

小林, 梅原, 上本, 佐竹, 児島, 松岡, 灘井, 浦塚, ”航空機搭載 SAR (Pi-SAR2) による東日本大震災の津波被災地の偏波解析 ”, 日本リモートセンシング学会秋季学術講演会, 2013.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

電磁波計測研究所センシングシステム研究室

他機関との共同研究の有無 : 無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 情報通信研究機構広報部

電話 : 042-327-5322

e-mail : publicity@nict.go.jp

URL : <http://www.nict.go.jp/>

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 浦塚清峰

所属 : 情報通信研究機構電磁波計測研究所センシングシステム研究室

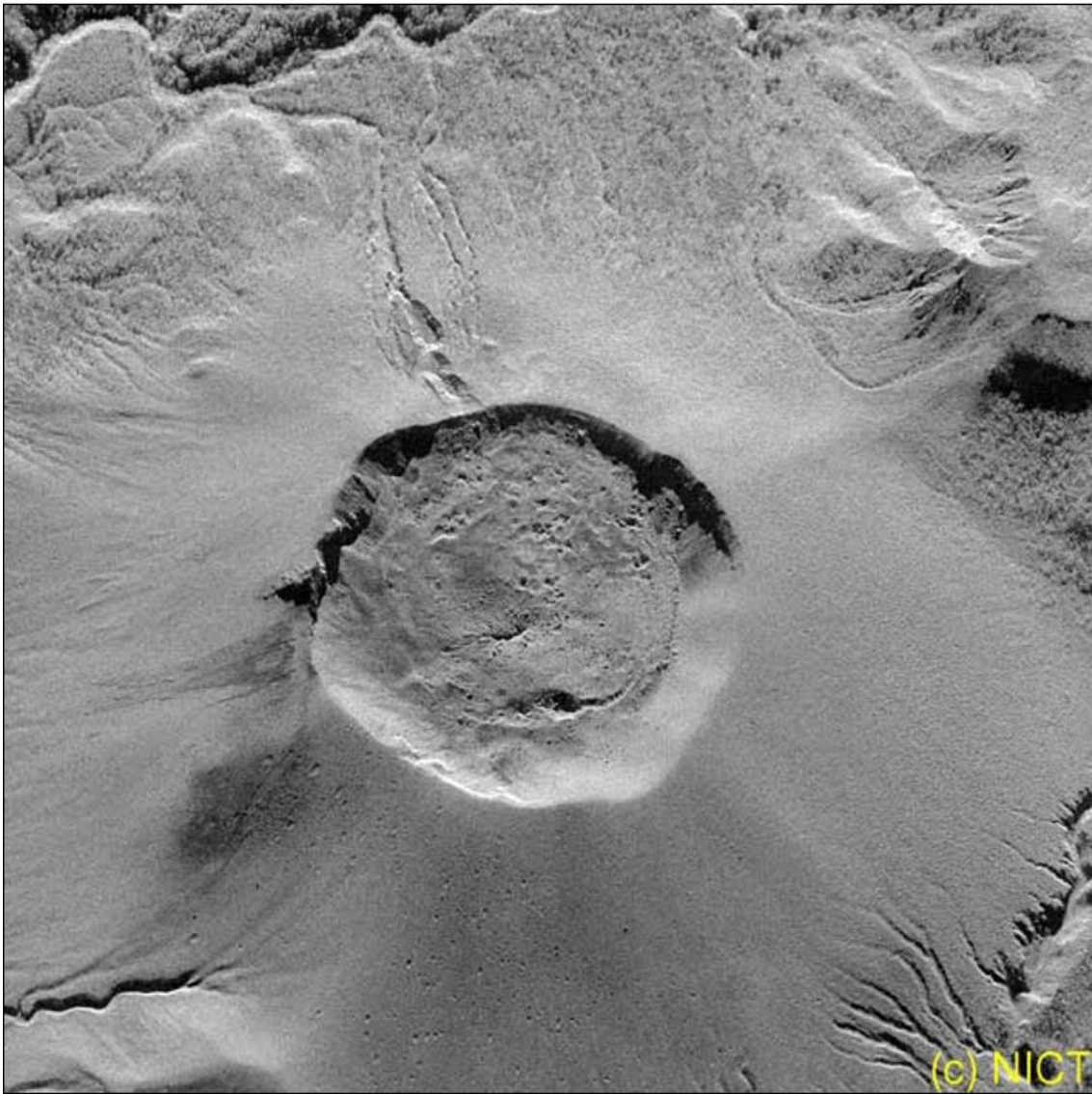


図 1 : 航空機 SAR (Pi-SAR2) で観測した平成 23 年 2 月 22 日の新燃岳の画像 (5kmx5km)

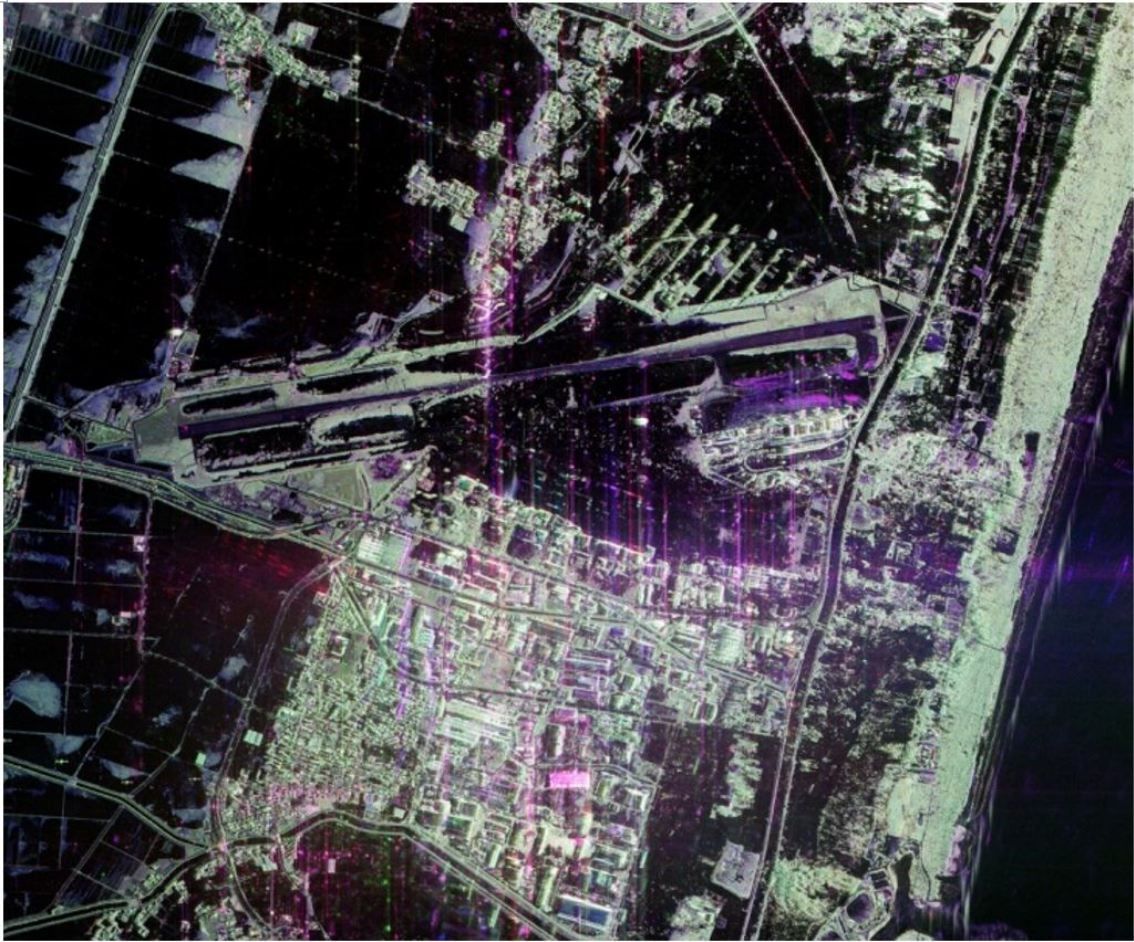


図 2：航空機 SAR (Pi-SAR2) で観測した東日本大震災発災翌日の仙台空港付近の画像 (5kmx5km)
黒い部分は津波による冠水地域。2011 年 3 月の時点でこの処理を行うのに約 1 時間を要したが、現状で 10 分以内の処理時間となっている。



図 3：機上処理において出力される画像をグーグルアース上にオーバーラップさせたもの

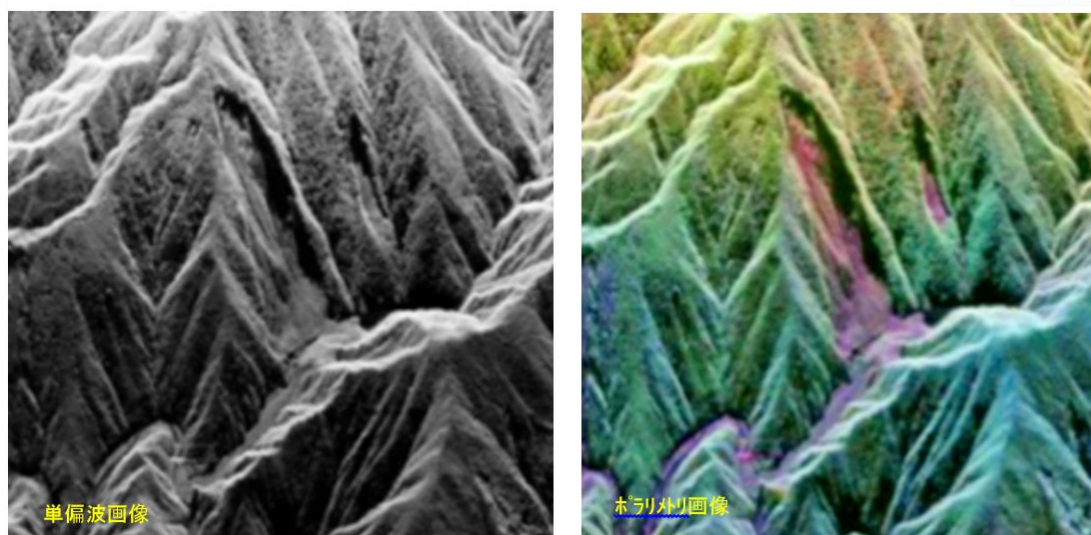


図 4：航空機 SAR (Pi-SAR2) で観測した、土砂崩れ地域 (紀伊半島 2011) の画像
 単偏波 (VV) の画像 (左図) では容易に判読できなかった土砂崩壊の様子がポラリメトリによるカラー画像化 (右図) では、明瞭になっている。機上で観測パスの間隔は約 15 分。この間に処理できる能力を大幅に改善した結果、機上で右図のような画像を確認することが可能である。

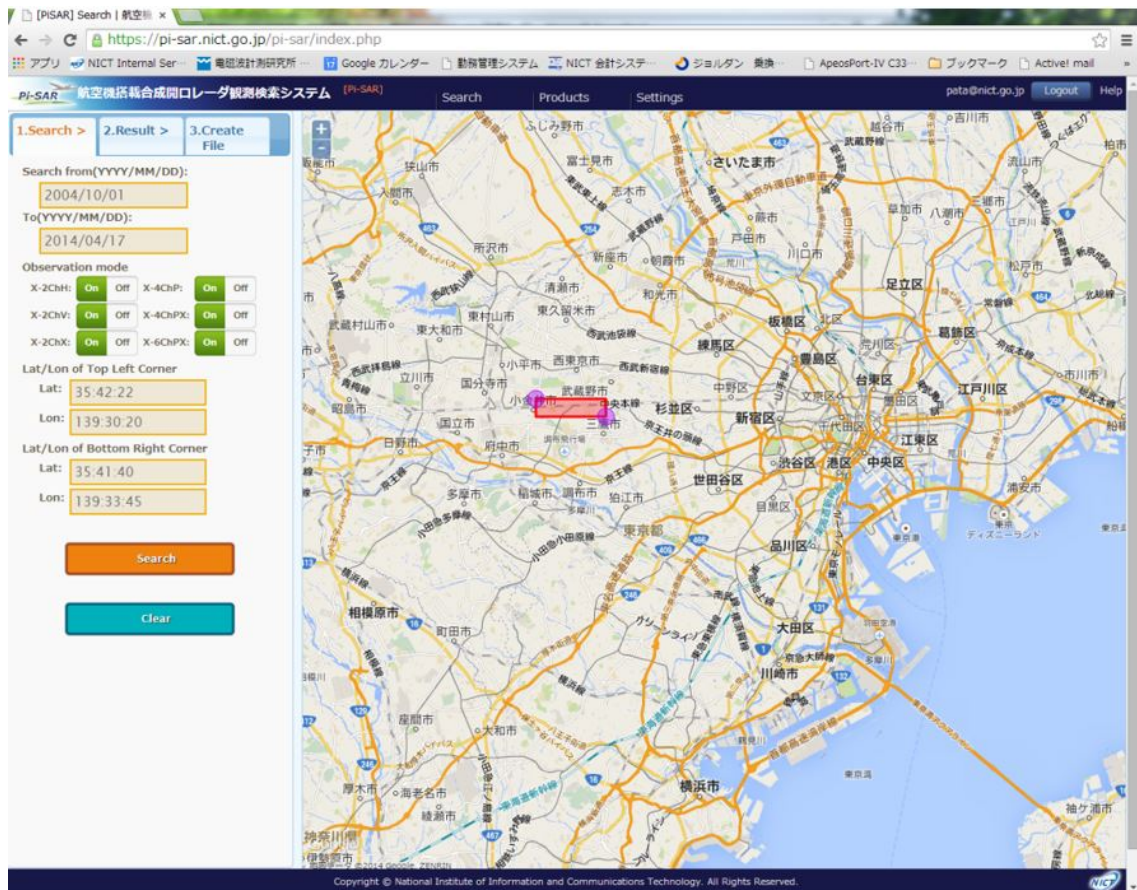


図 5 : データ検索システムの画像例

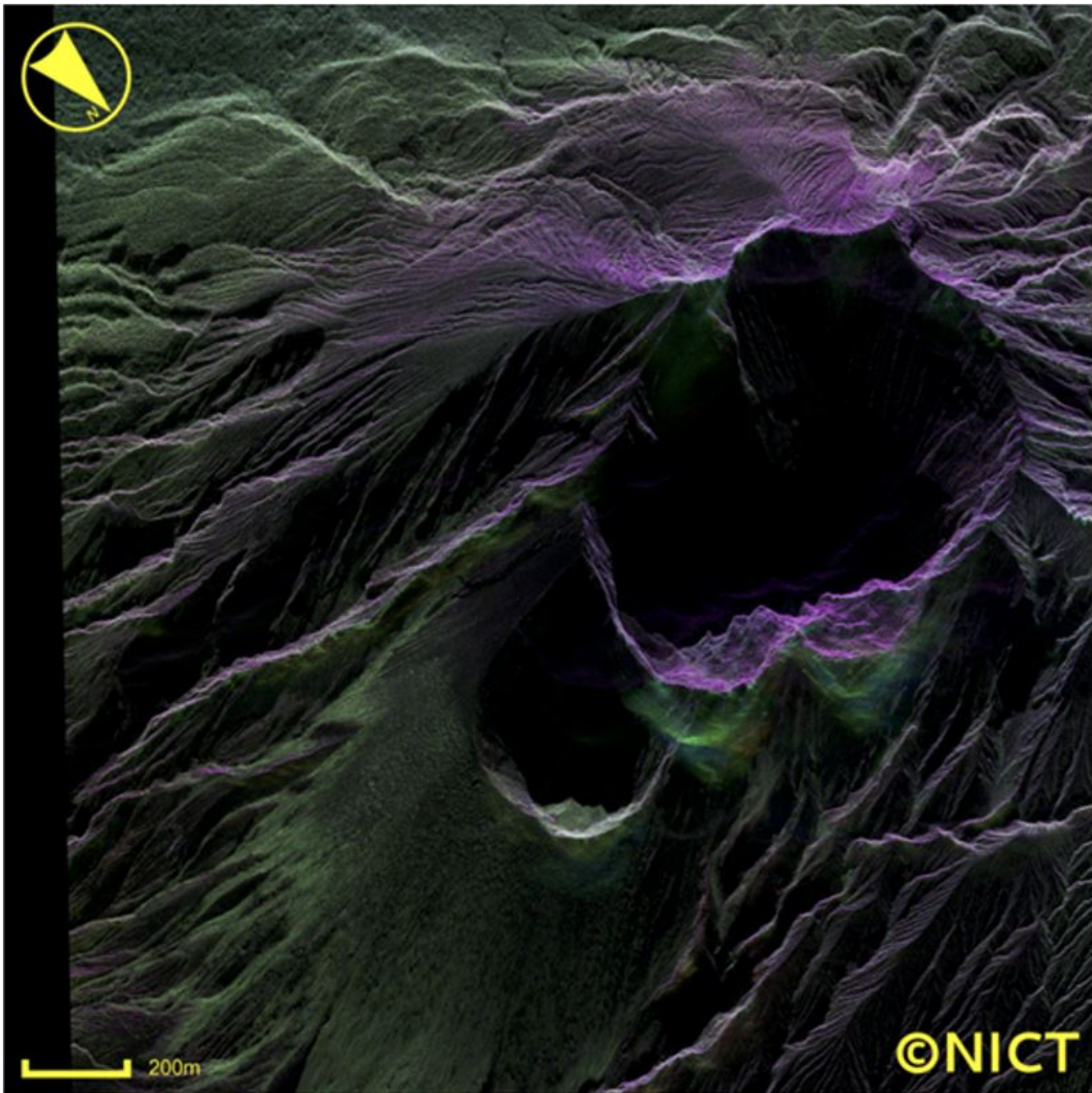


図 6 : 2013 年 8 月に Pi-SAR2 で観測した桜島昭和火口付近 (2km x 2km)

レーダ観測直後から画像再生処理を開始して、この画像を作成し商用衛星回線によりデータ伝送を行った。所要時間はわずか 8 分。