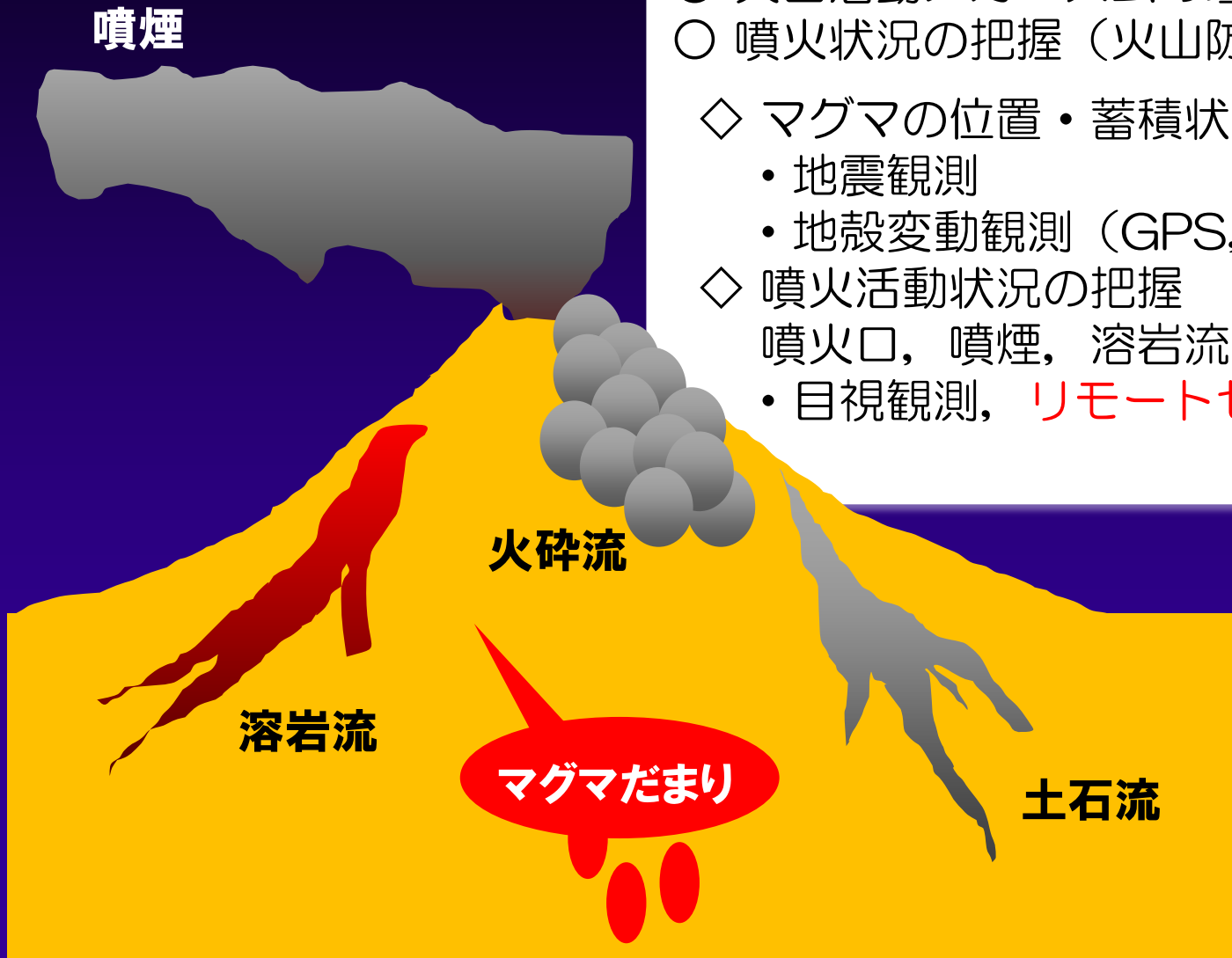


火山活動モニタリングにおける SARミッションの重要性

小澤拓（防災科学技術研究所）

本講演で紹介する結果は、東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構との協定に基づいて提供されたデータ（PIXEL共有データ）および防災利用実証実験において提供されたデータを解析して得られたものである。また、PALSARのRawデータに関する所有権は経済産業省と宇宙航空研究開発機構にある。

火山の観測



- 火山活動メカニズムの理解（科学的興味）
- 噴火状況の把握（火山防災）

◇ マグマの位置・蓄積状況・移動

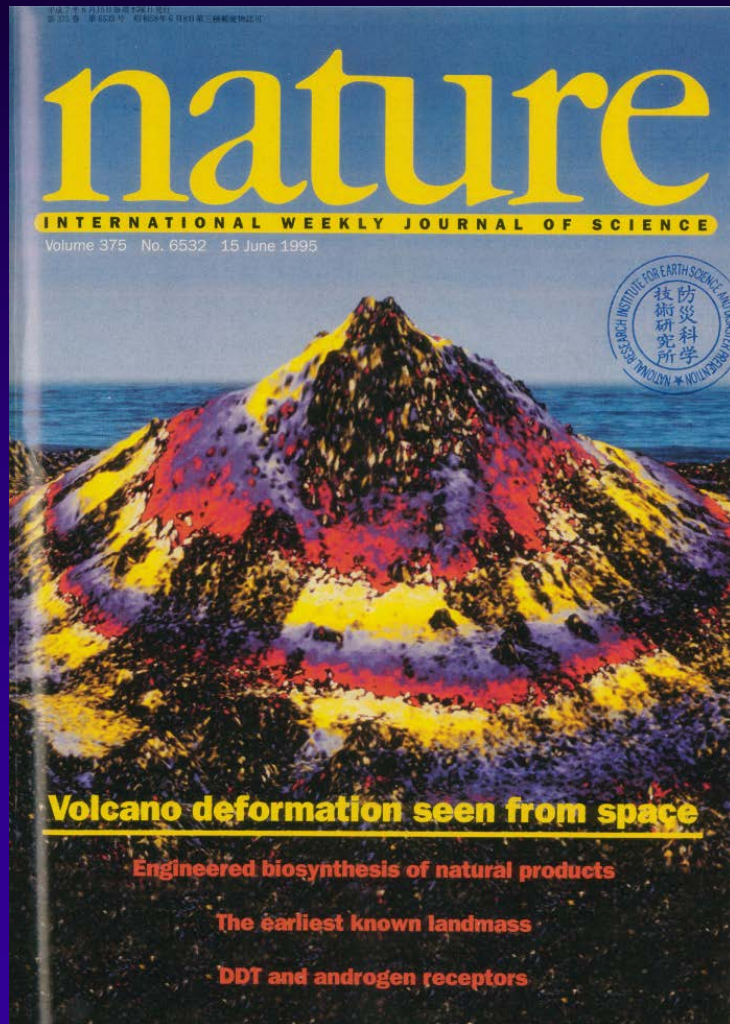
- ・ 地震観測
- ・ 地殻変動観測（GPS, 傾斜計, SAR）

◇ 噴火活動状況の把握

- 噴火口, 噴煙, 溶岩流, 火砕流, 土石流
- ・ 目視観測, リモートセンシング観測
などなど...

InSARによる火山活動に伴う地殻変動

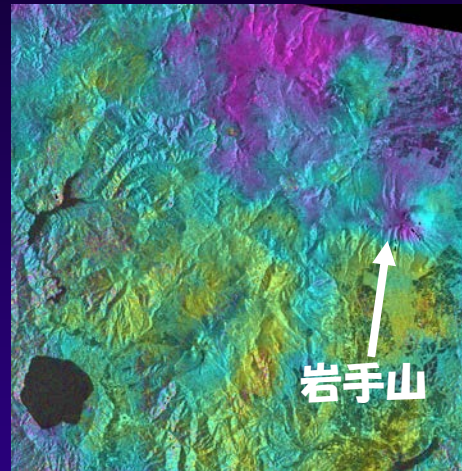
ERS/InSARによるエトナ山の地殻変動



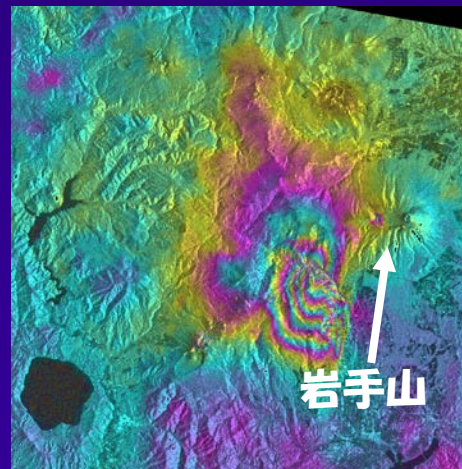
Massonnet *et al.* (1995)

1998年岩手山火山活動活発化における
JERS-1/InSAR結果

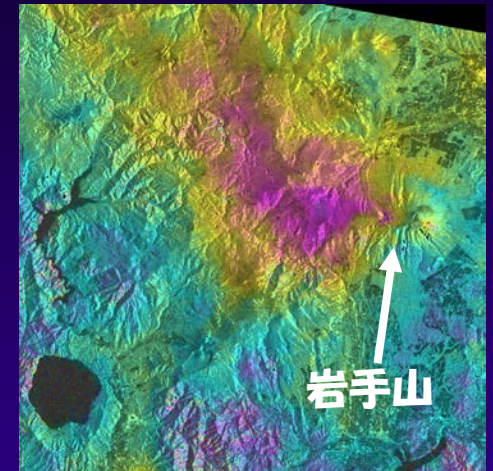
静穏期



地震発生 (M6.2)



膨張期

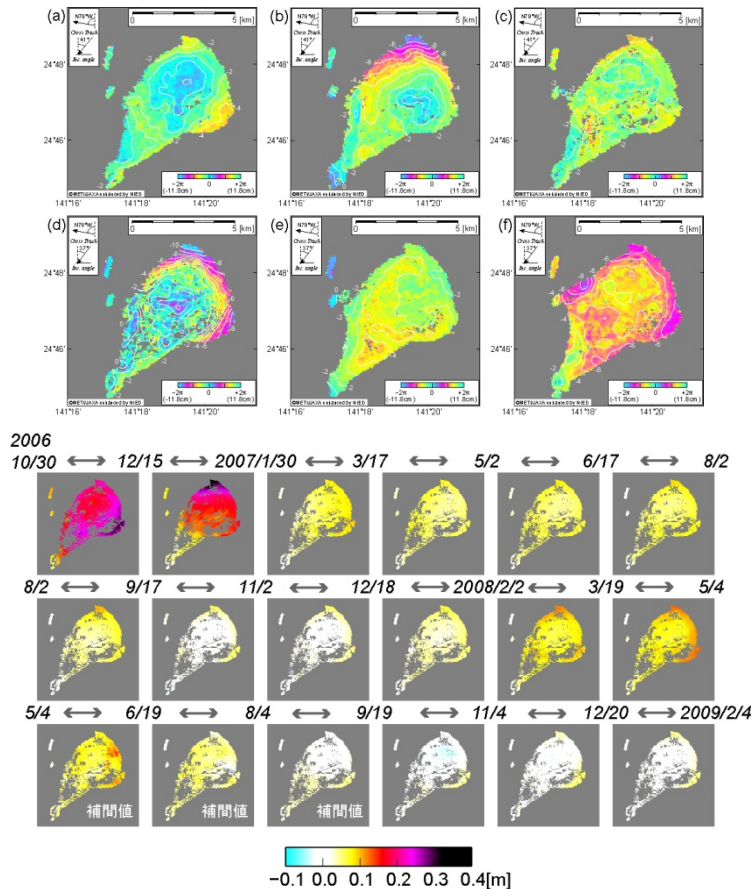


岩手山西方の膨張
変動と地震に伴う
地殻変動を明らかにした。

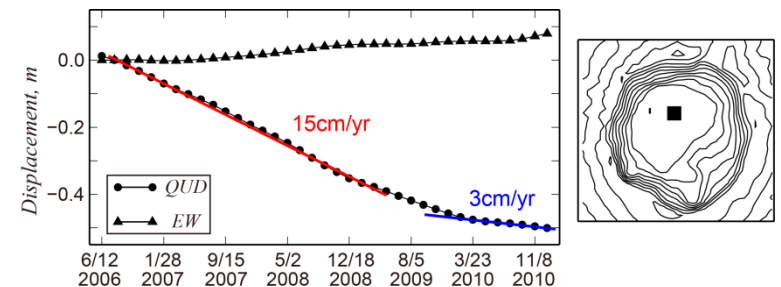
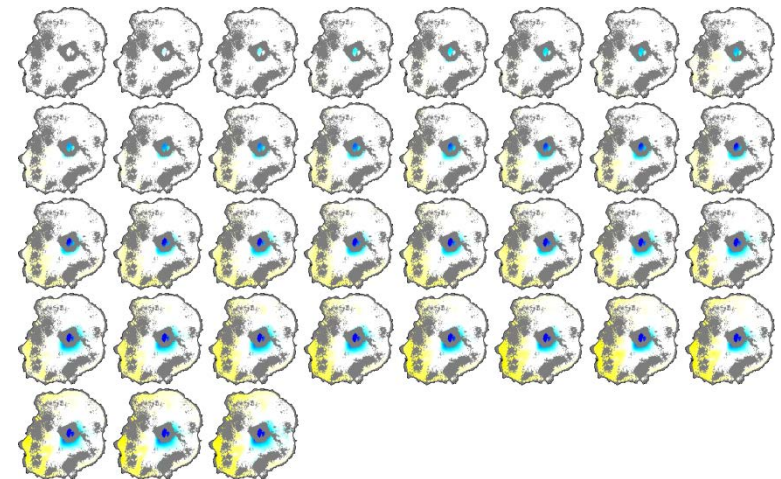
(e.g., Nishimura *et al.*, 2001)

ALOS運用中に開催された火山噴火予知連絡会においては、毎回のようにSAR解析結果が報告された。

時空間的に複雑な地殻変動
(例：小笠原硫黄島の地殻変動)



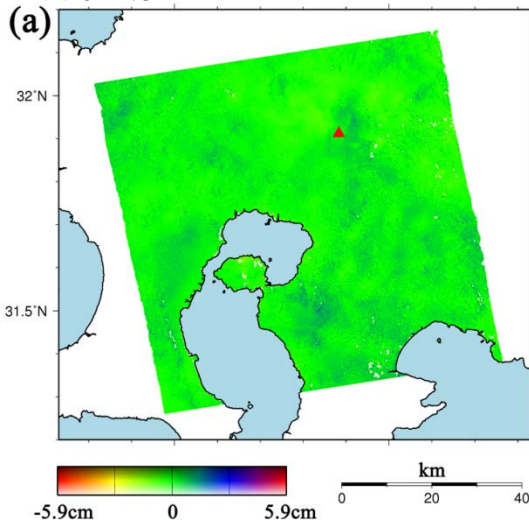
観測困難場所の地殻変動
(例：三宅島火口底の沈降)



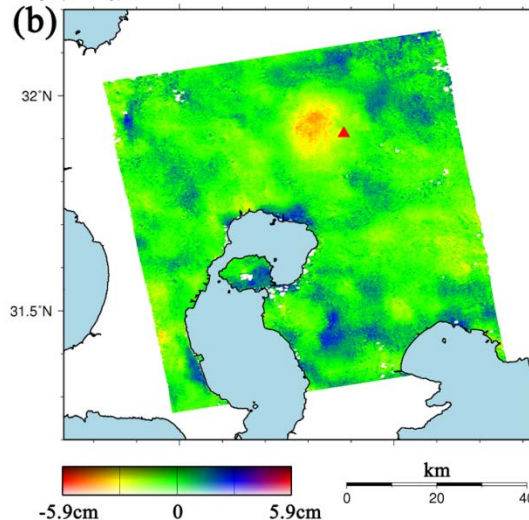
SARは重要な地殻変動観測の一つとなっている

InSARによる霧島山周辺の地殻変動

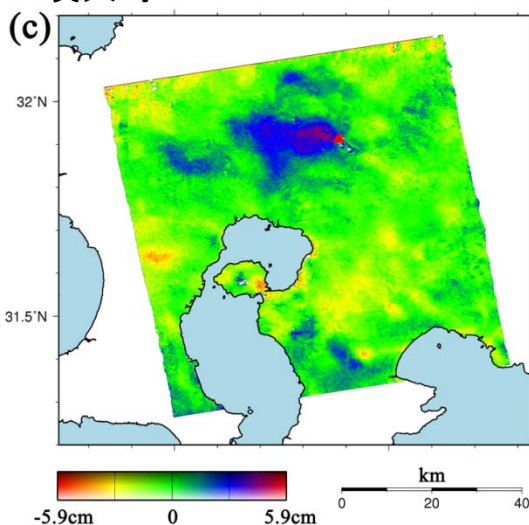
静穏期: 2007/12/28-2010/2/17



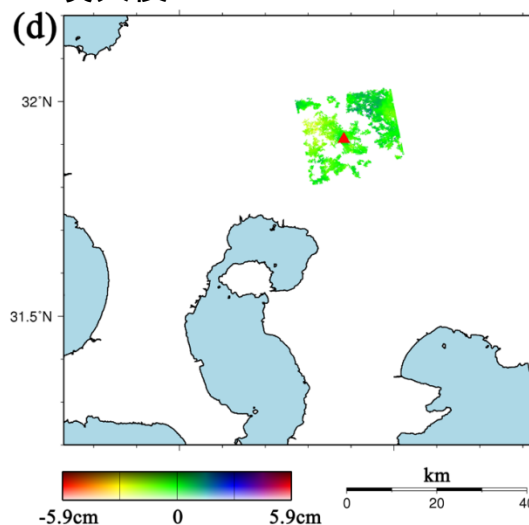
噴火前: 2010/2/17-2010/11/20



噴火時: 2010/11/20-2011/2/20



噴火後: 2011/3/3-2011/11/22



GPS観測結果とともに、
噴火前の膨張、噴火時
の収縮、噴火後の再膨
張を明らかにした。

宮城ほか、DInSAR及び
GPSによって検出された、
霧島山・新燃岳2011年
噴火に伴う地殻変動、
火山、改訂中。

新燃岳噴火に関する緊急観測

	Date	Time (JST)	Satellite	Inc. angle	A/D	Path (ALOS)
a	2011/1/18	10:44	ALOS	39	D	73
b	2011/1/27	22:53	ALOS	50	A	428
c	2011/1/29	22:36	ALOS	24	A	420
d	2011/1/30	10:39	ALOS	44	D	71
e	2011/1/31	6:28	TerraSAR-X	21	D	-
f	2011/2/1	6:11	TerraSAR-X	52	D	-
g	2011/2/1	22:59	ALOS	55	A	431
h	2011/2/3	22:24	ALOS	35	A	423
i	2011/2/4	10:45	ALOS	35	D	74
j	2011/2/6	10:28	ALOS	55	D	66
k	2011/2/7	18:10	TerraSAR-X	31	A	-
l	2011/2/8	22:48	ALOS	44	A	426
m	2011/2/9	10:52	ALOS	24	D	77
n	2011/2/11	10:35	ALOS	50	D	69
o	2011/2/12	6:11	TerraSAR-X	52	D	-
p	2011/2/15	22:38	ALOS	29	A	421
q	2011/2/18	10:23	ALOS	58	D	64
r	2011/2/18	18:10	TerraSAR-X	31	A	-
s	2011/2/18	23:01	ALOS	58	A	432
t	2011/2/20	22:44	ALOS	39	A	424
u	2011/2/23	6:11	TerraSAR-X	31	D	-
v	2011/2/23	10:30	ALOS	54	D	67
w	2011/2/25	22:50	ALOS	47	A	427
x	2011/2/26	6:11	RADARSAT-2	52	D	-
y	2011/2/28	10:36	ALOS	47	D	70
z	2011/3/3	18:25	RADARSAT-2	46	A	-
aa	2011/3/4	22:34	ALOS	32	A	422
bb	2011/3/5	10:43	ALOS	39	D	73
cc	2011/3/6	6:11	TerraSAR-X	52	D	-
dd	2011/3/8	10:25	ALOS	57	D	65
ee	2011/3/12	10:31	ALOS	50	D	68
ff	2011/3/14	22:51	ALOS	50	A	428
gg	2011/3/17	6:11	TerraSAR-X	52	D	-
hh	2011/3/17	10:38	ALOS	44	D	71
ii	2011/3/19	22:58	ALOS	55	A	431
jj	2011/3/22	6:18	RADARSAT-2	36	D	-
kk	2011/3/27	18:25	RADARSAT-2	46	A	-
ll	2011/3/29	10:35	ALOS	50	D	69

Asc. Dsc.

9.9° 9.9°

14.0° 14.0°

18.0° 18.0°

21.5° 21.5°

25.8° 25.8°

28.8° 28.8°

30.8° 30.8°

34.3° 34.3°

36.9° 36.9°

38.8° 38.8°

41.5° 41.5°

43.4° 43.4°

45.2° 45.2°

46.6° 46.6°

47.8° 47.8°

49.0° 49.0°

50.0° 50.0°

50.8° 50.8°

PLR

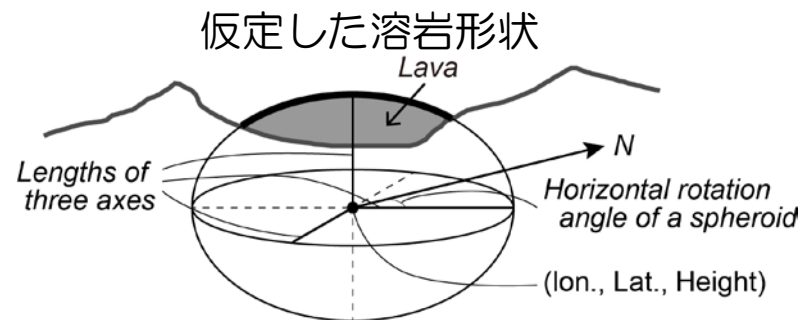
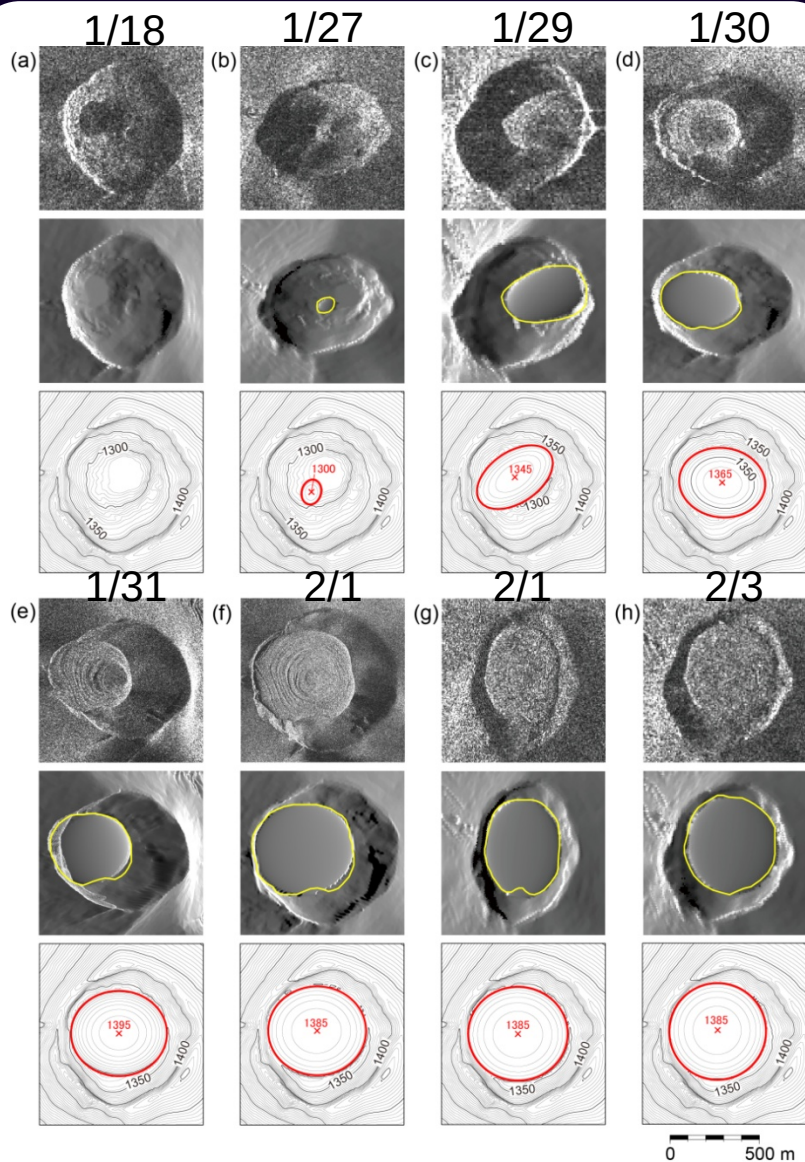
21.5° 21.5°

23.1°

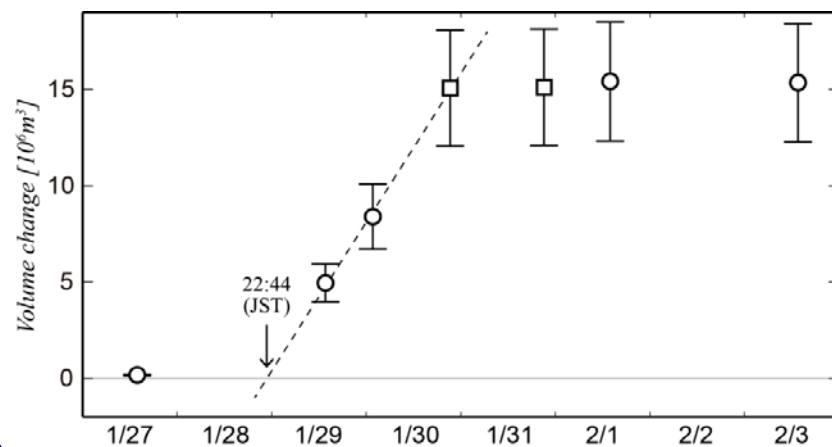
1/18~4/20 (93日間) に
26回のPALSAR観測



溶岩流出期の火口内SAR画像



推定された溶岩体積の時間変化



とてもラフな推定であるが、
溶岩成長を捉えた**唯一の結果**

Ozawa and Kozono, Temporal variation of the Shinmoe-dake crater in the 2011 eruption revealed by spaceborne SAR observations, EPS, in review.

溶岩推定結果を用いた研究

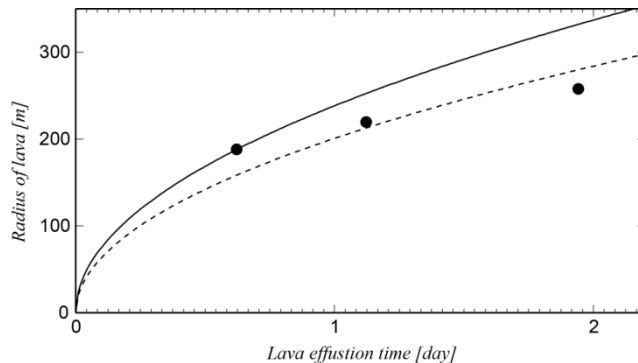
マグマ粘性率の推定

噴出率一定時の溶岩半径 r と時間 t の関係

$$r = Ct^{1/2}, C = 0.715 \left(\frac{g\Delta\rho Q^3}{3\eta} \right)^{1/8}$$

η : マグマ粘性率 $\Delta\rho$: 密度差 (マグマ-大気)
 Q : マグマ噴出率 g : 重力加速度
(Huppert *et al.*, 1982)

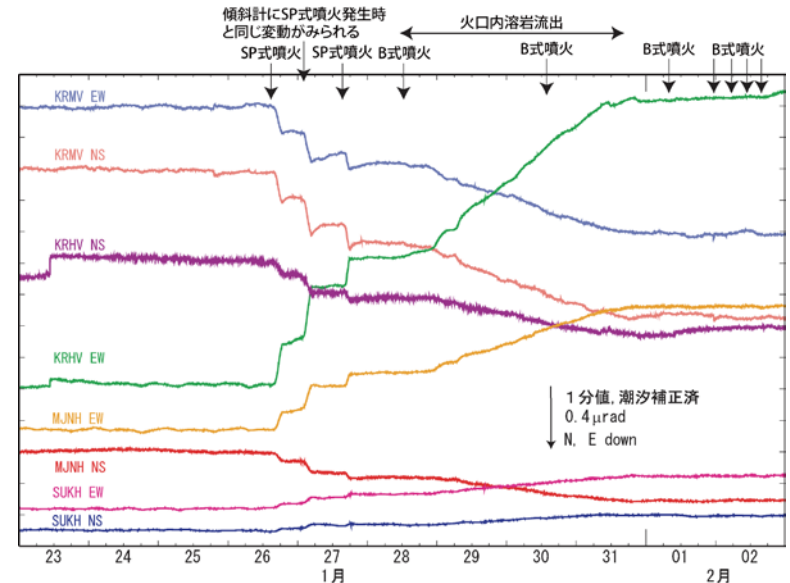
推定された溶岩半径の時間変化



$2.1 \times 10^9 \text{ Pa s}$ 以下

地殻変動とマグマ噴出量との関係

噴火時の傾斜変動

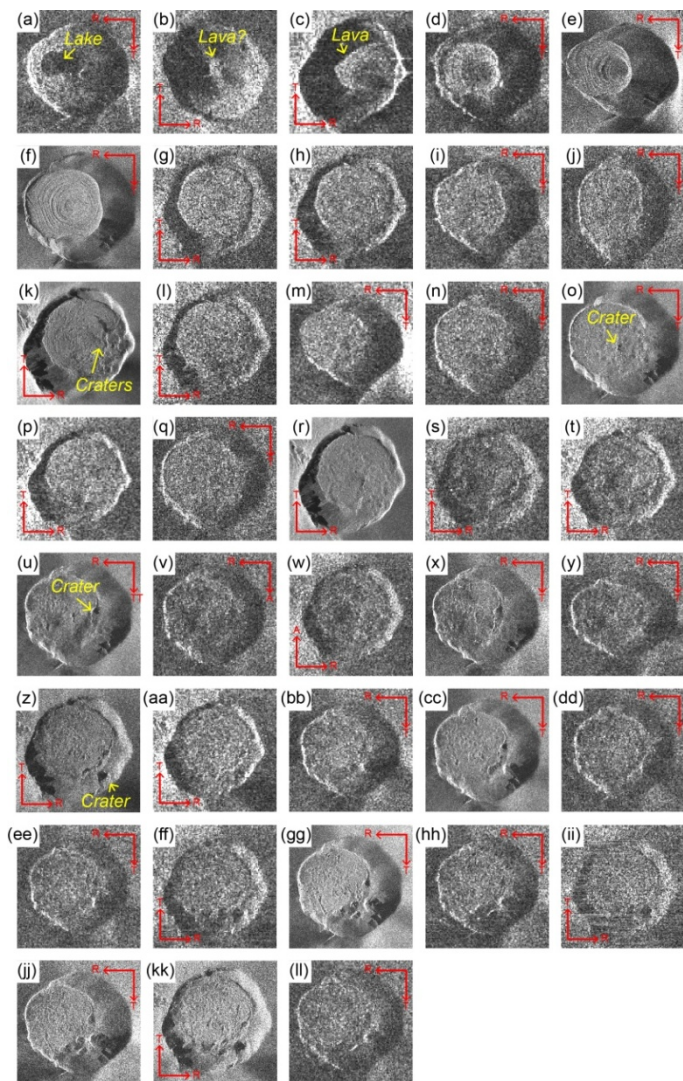


溶岩噴出時の傾斜変動レートとSARから求めた噴出レートから、準プリニー式噴火時の噴出量を推定。

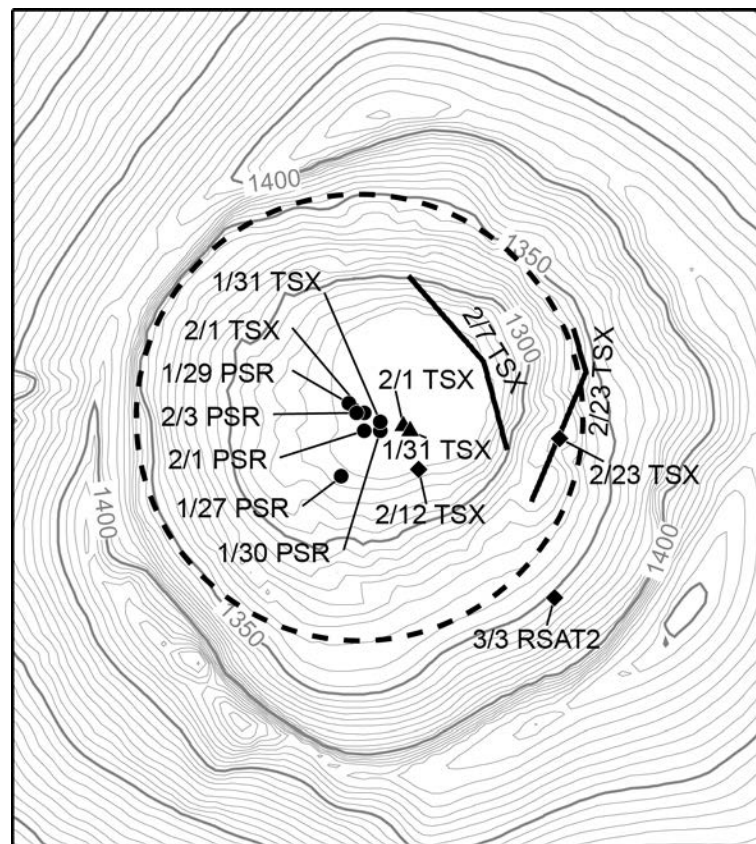
(マグマ圧縮性の考慮)

Kozono *et al.*, Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations, Bull. Volcanol., in review.

溶岩噴出地点，噴火口・割れ目の位置

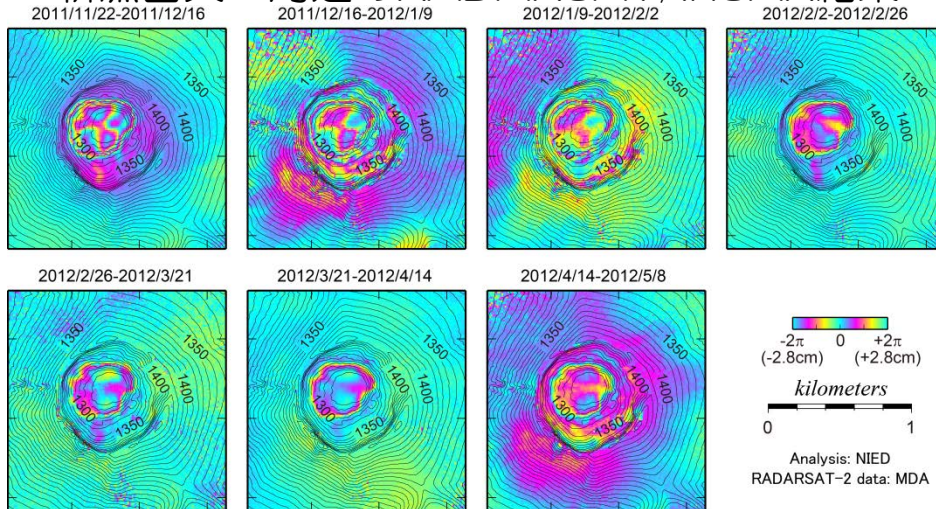


火口内の溶岩中心，噴火口，割れ目の位置

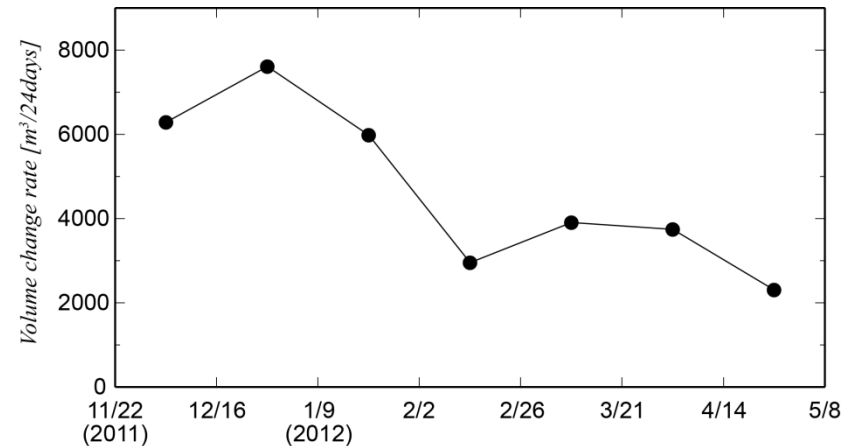


噴火後：火口内溶岩の変形

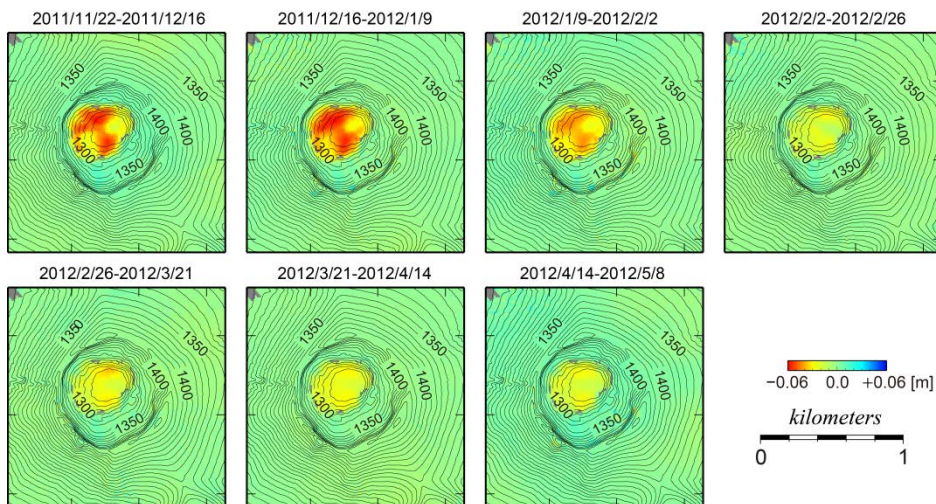
新燃岳火口周辺のRADARSAT/InSAR結果



溶岩体積の時間変化



SBAS解析結果 (火口内隆起)



火口内の溶岩の成長は、
減衰しつつも継続。

霧島山西方の膨張は静穏化。

Miyagi *et al.*, in preparation.

まとめ

SARは重要な火山観測項目の一つ（継続的運用）

平常時，噴火後

- 地殻変動およびその変化（マグマの蓄積状況，移動）
 - ・ PS-InSAR, SBAS法を用いた観測
 - （最低限，ALOSと同程度の頻度でA/D観測）

噴火時

- 地殻変動およびその変化（噴火活動の収束or活発化）
- 噴火活動状況の把握（火口位置，溶岩流，土石流等）
 - ・ 新燃岳噴火と同様の緊急観測（2回観測を基本に）
 - ・ 高空間分解能（特に，火口周辺）
 - ・ ユーザーが緊急観測を要求できる仕組み