

D-InSARによる始良カルデラ周辺域の地殻変動とその時間変化

Crustal Deformations around Aira Caldera and its Time evolution detected by D-InSAR

○奥山 哲⁽¹⁾, 竹本 修三⁽¹⁾, 村上 亮⁽²⁾, 飛田 幹男⁽²⁾,
藤原 智⁽²⁾, 中川 弘之⁽²⁾, 矢来 博司⁽²⁾

○Satoshi Okuyama ⁽¹⁾, Shuzo Takemoto ⁽¹⁾, Makoto Murakami ⁽²⁾, Mikio Tobita ⁽²⁾,
Satoshi Fujiwara ⁽²⁾, Hiroyuki Nakagawa ⁽²⁾, Hiroshi Yarai ⁽²⁾

(1) 京都大学大学院理学研究科測地学講座

(2) 国土地理院

(1) Graduate School of Science, Kyoto University

(2) Geographical Survey Institute

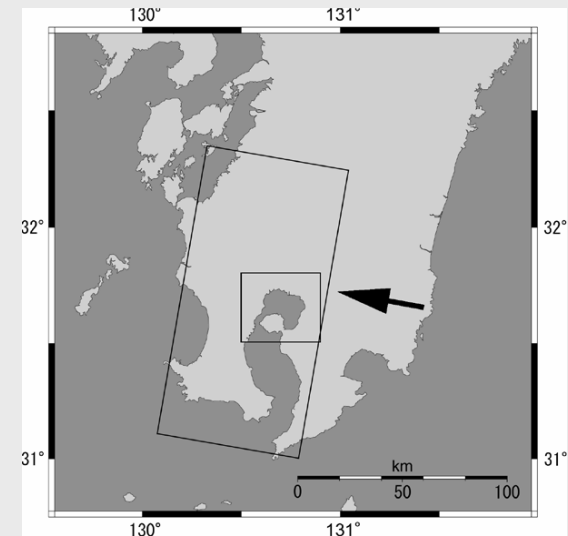
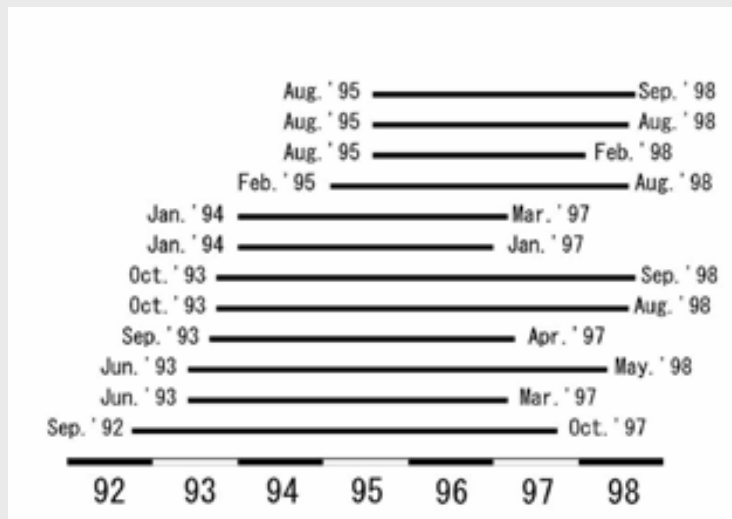
はじめに

- ・始良カルデラ — 鹿児島湾北部の巨大カルデラ. 桜島はその南端
- ・1914年の大噴火では鹿児島湾を中心に沈降が観測
- ・桜島では46年以降観測されていた沈降が92年頃を境に隆起に転じる
→次の噴火への準備段階
- ・水準測量/GPSでは空間分解能が足りない
→D-InSARで観測を

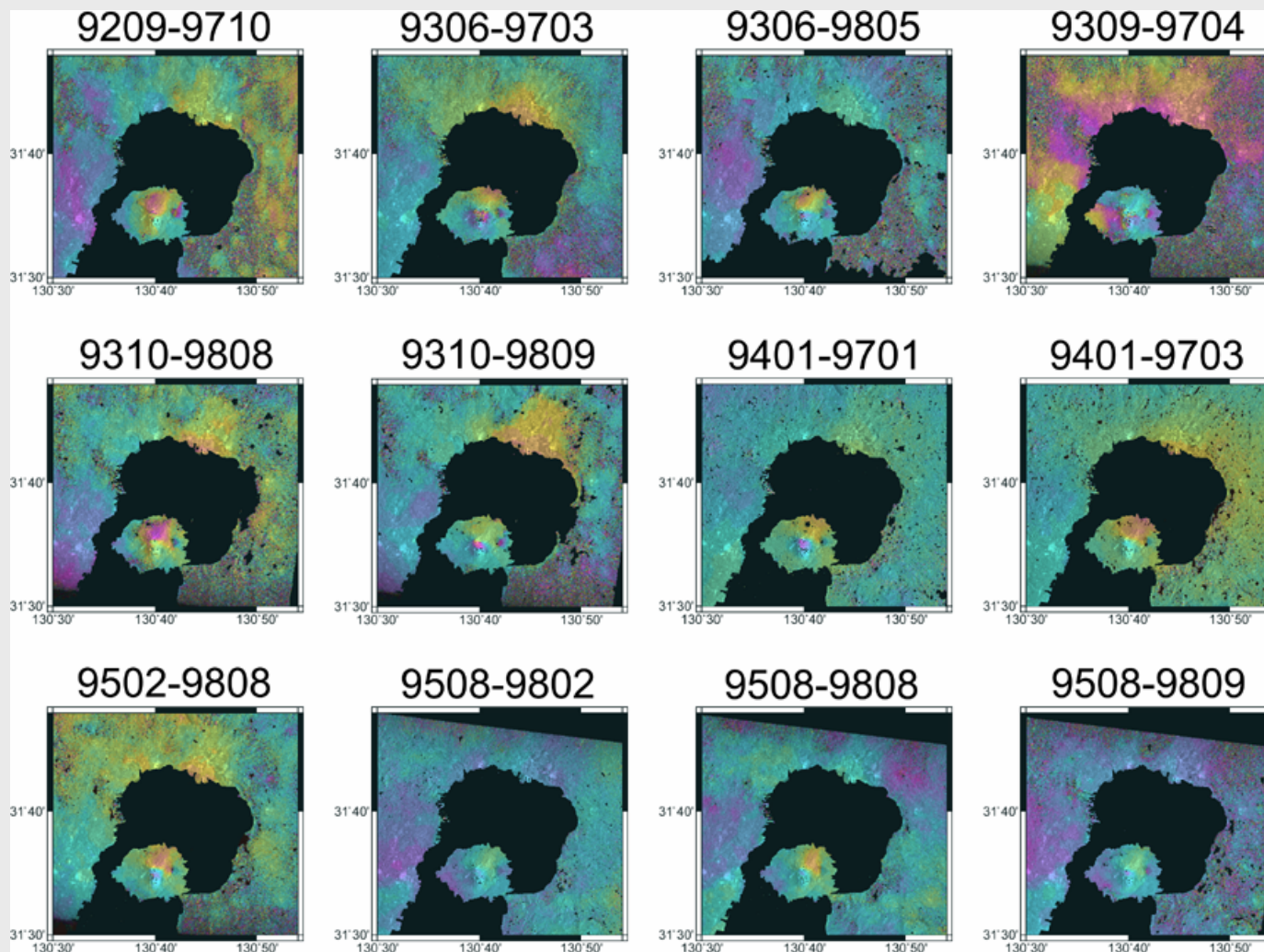


使用データ

- ・JERS-1 SARの92年～98年のデータから12ペア
←時間間隔が大きく(変動量大)、基線が短い(相関高)
- ・解析はフルシーン, 可能な場合は2シーン結合
- ・使用ソフトウェア: GSISAR(国土地理院)
- ・使用DEM: 50mメッシュ数値地形地図(国土地理院)



解析結果



- ・ほぼ全てのペアで変動パターンは一定
- ・変動の大きさは時期によって変化

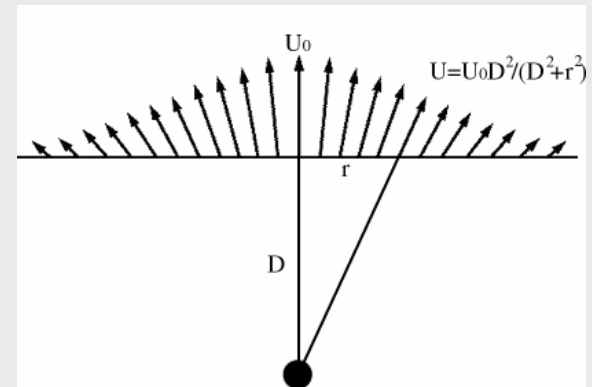
変動パターンの説明 — Point Source

- Point-source: 半径 a の圧力源が深さ D にある($a \ll D$)時、その地表変動は

$$D = U_0 \frac{D^2}{D^2 + r^2}$$

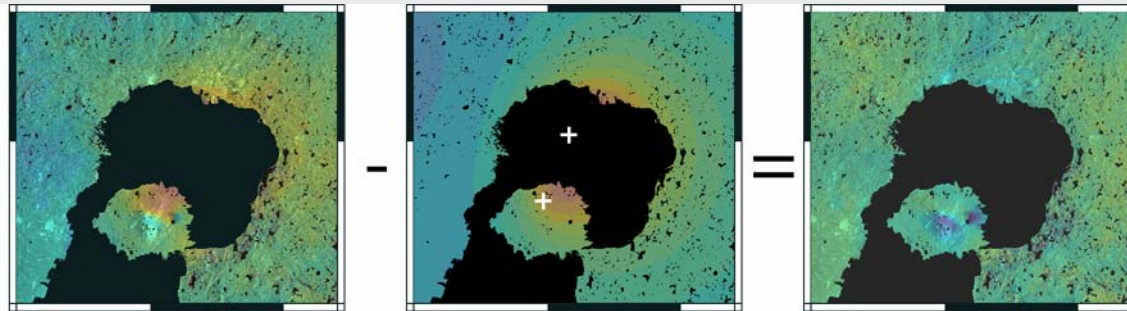
で表される. 但し U_0 は直上隆起量, r は水平距離.

- 変動パターンと過去の研究から、鹿児島湾内地下10kmと桜島地下4kmにソースを仮定、水平位置と直上隆起量をGrid Searchにより推定.



変動パターンの説明 — 結果

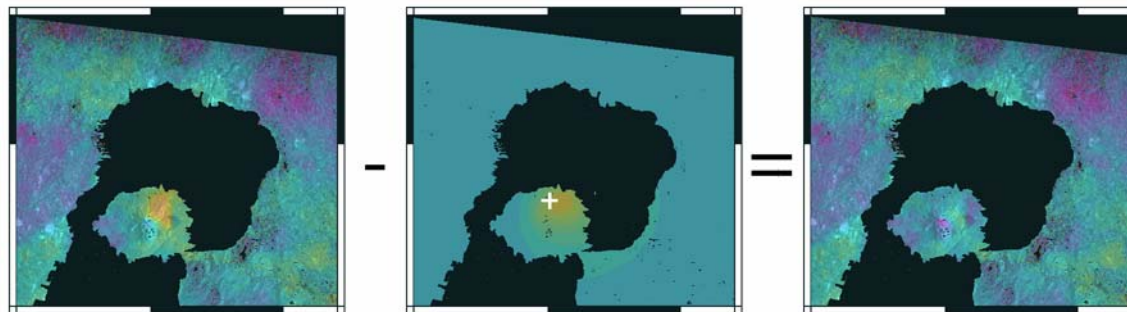
9401-9703



Observed

Simulated

Residual

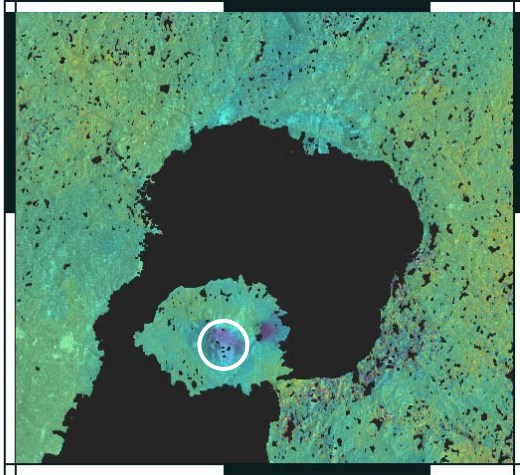


9508-9808

- ・2つのPoint-sourceによって変動パターンを説明可能
- ・残差画像には桜島東部の沈降がよりはっきり見える

残差画像に見られる変動パターン

9401-9703 (Residual)



- ・桜島東部の沈降
 - ・砂防ダム上流に位置
→土石流堆積物の圧密沈下？
- ・山頂付近の沈降
 - ・隆起を含んだ画像で均一な大気遅延を推定したため、過大評価していた
＝ 見せかけだけの沈降
 - ・石原他(2004)では1999年まで山頂直下に収縮源の存在を推定
＝ 本物の沈降？

変動の時間変化

- ・観測期間が重なりあっているため、各年の変動スピードを一定と仮定

$$D_{94089609} = 4/12 \times Dr_{94} + Dr_{95} + 9/12 \times Dr_{96} \quad (9408-9609 \text{ の例})$$

- ・最小2乗法で $Dr_{92}-Dr_{98}$ を決定

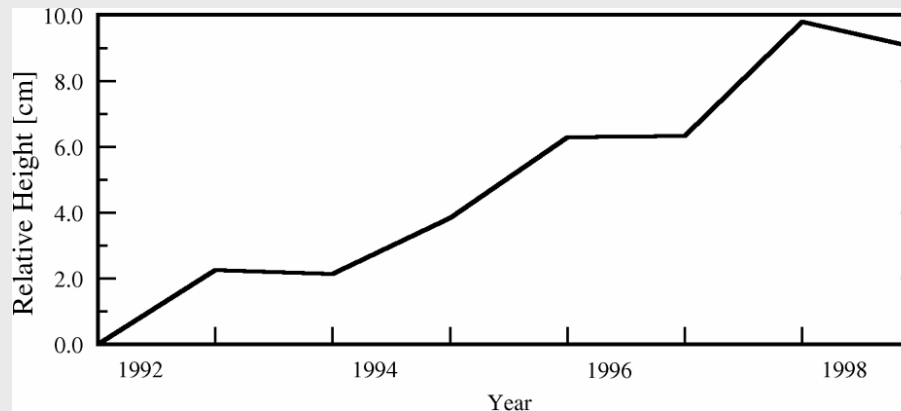
$$\sum \left(\frac{12-m1}{12} Dr_{y1} + Dr_{y1+1} + L + \frac{m2}{12} Dr_{y2} - D_{y1m1y2m2} \right)^2 \rightarrow \min$$

- ・変動量はSVO GPS観測点とFUT GPS観測点の間の位相差を利用
- ・GPSと変動を比較

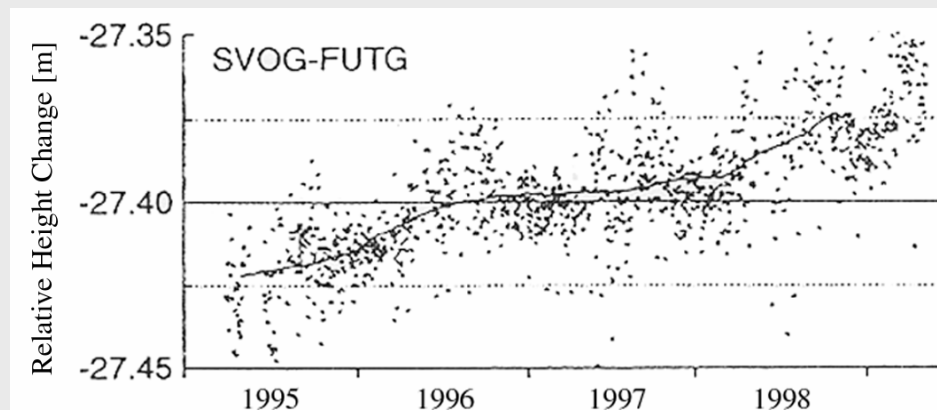


変動の時間変化

得られた隆起量の時間変化（変動を鉛直方向のみと仮定）



GPSによる比高変化（京都大学防災研究所附属火山活動研究センター，1999）



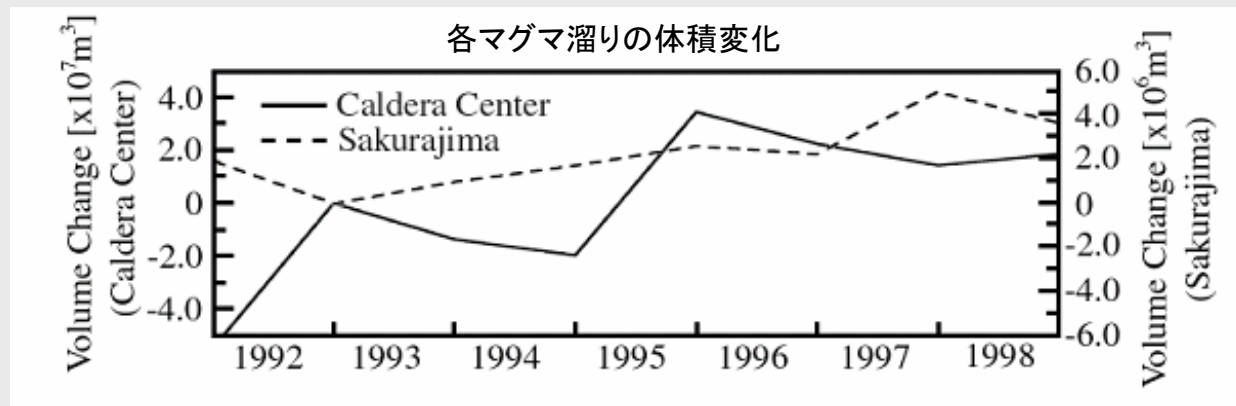
- ・計算された95-99年の隆起量は約5cm ⇔ GPSでも5cm
 - ・96年の隆起量小 ⇔ GPSでは96年夏から97年夏にかけて隆起量小
- D-InSARの結果とGPSの結果はよく一致

マグマ溜りの体積変化

- ・深さD, 直上隆起量 U_0 とすると、体積変化 dV は

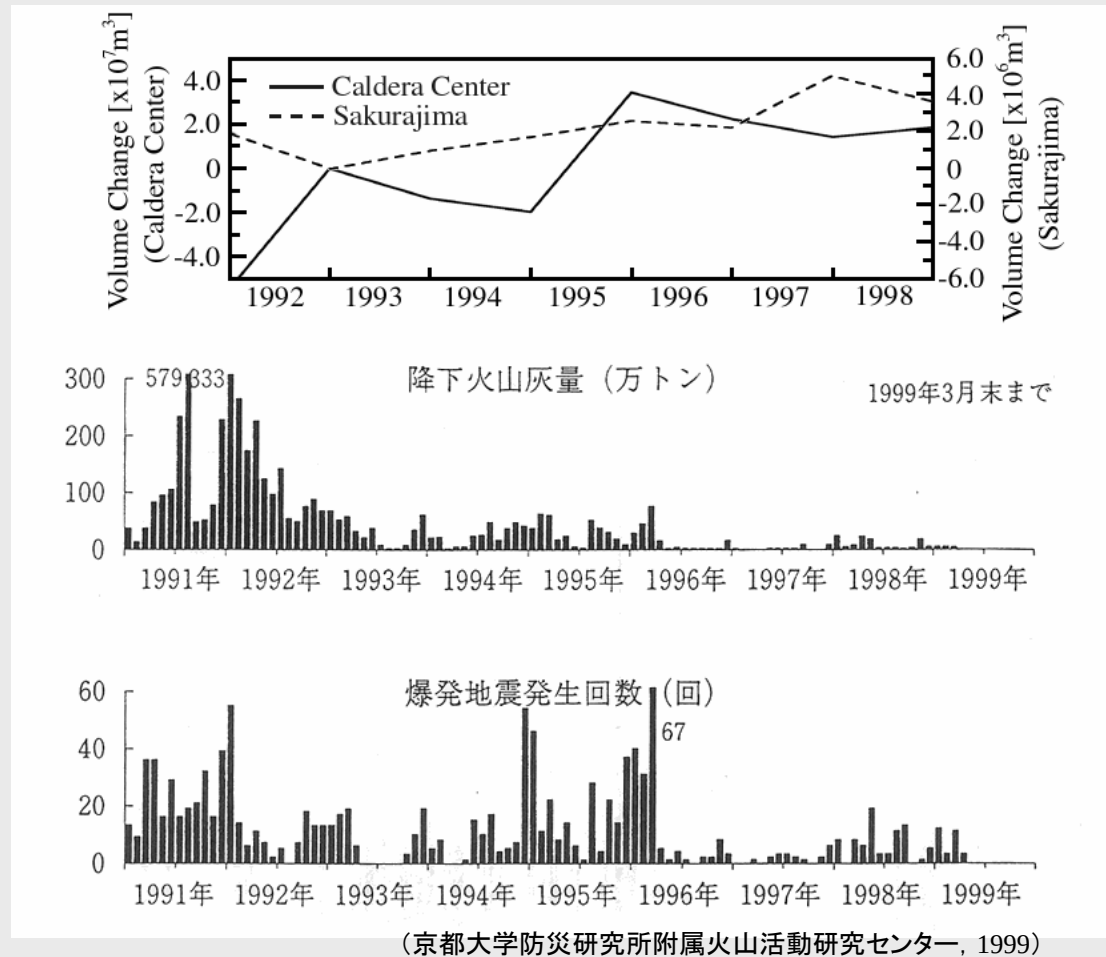
$$dV = (4/3)\pi \times U_0 \times D^2$$

- ・各ペアについて dV を計算し、隆起量と同様の仮定の下、体積変化を計算



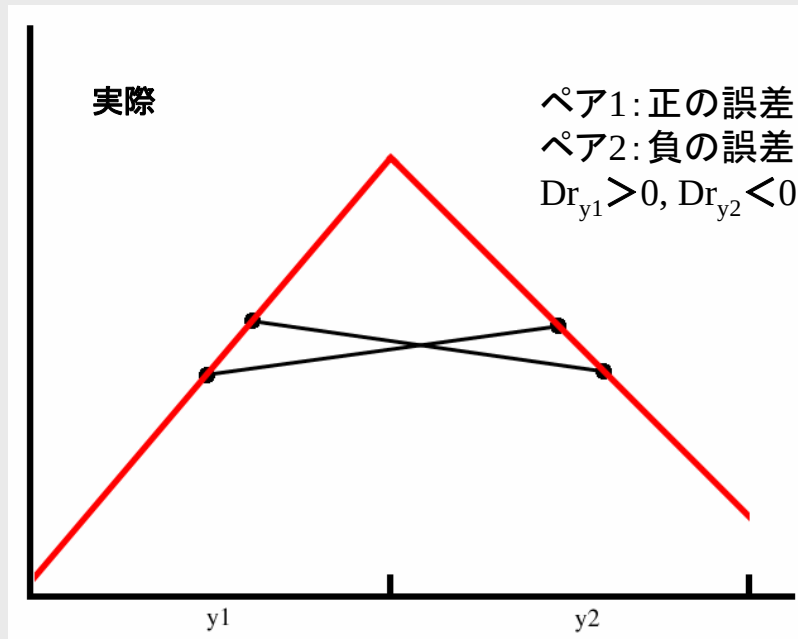
- ・93-99年の総体積変化は、カルデラ中央のマグマ溜りで約 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$, 桜島北部下のマグマ溜りでは $3.7 \times 10^6 \text{ m}^3$.
- ・水準測量から計算された91年12月-96年10月の体積変化は $3.9 \times 10^7 \text{ m}^3$ (江頭他, 1997)
←桜島北部下に浅いsourceを置いたことによる

他観測との比較



・92、95年、98年の火山灰量・地震回数が多い期間で隆起？

各年の変動スピード一定の仮定の問題



- ・変動スピードの変化が大きすぎる
→隣り合う期間の変動スピードの差を制限

$$\sum \left(\frac{12-m1}{12} Dr_{y1} + Dr_{y1+1} + L + \frac{m2}{12} Dr_{y2} - D_{y1m1y2m2} \right)^2 + k \sum (Dr_{y1} - Dr_{y1+1})^2$$

まとめ

- ・D-InSARにより観測された始良カルデラ周辺域に地殻変動のパターンは桜島北部の隆起, 国分市周辺の隆起, 桜島東部の沈降の3つ.
- ・地域内の隆起の変動パターンは始良カルデラ中心地下10km、桜島北部地下4kmに置いた2つのpoint-sourceで説明可能.
- ・残差画像に見られる変動のうち、桜島東部の沈降はその位置から土石流堆積物の圧密によるもの、山頂の沈降は大気遅延量の過大評価による偽の沈降と考えられる. しかし山頂の沈降は真の沈降の可能性もある.
- ・各年の変動スピードを一定と仮定することで求めたSVO GPS観測点に対するFUT GPS観測点の隆起量の時間変化は95-99年で約5cmであり、96年に隆起量の低下が見られた. これはGPSによる結果とよく一致する.
- ・同様の仮定の下計算されたマグマ溜りの体積変化は、降下火山灰量、地震回数の多い期間に膨張を示す傾向がある.
- ・変動スピード一定の仮定では拘束が十分ではなく、隣りあう期間の変動スピードの差に制限を設けるなどして改善すべき.