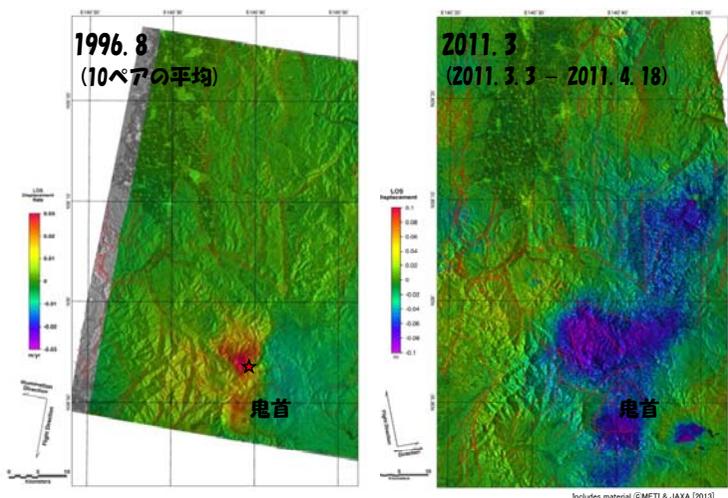


## 経年変化：地殻変動



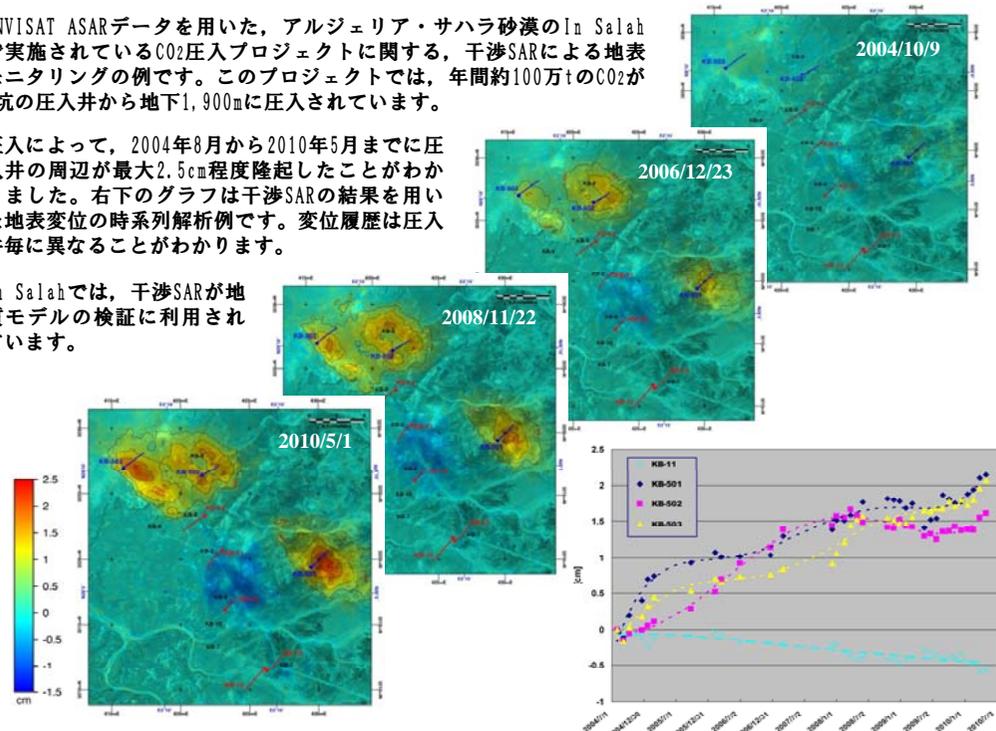
左の図は、1996年8月11日の秋田・宮城県境で発生した鬼首地震に関するJERS-1（ふよう1号）の干渉SAR解析結果です。10組の干渉結果を平均化したものです。右図は同じ範囲について、2011年の東北日本太平洋沖地震とその余震により生じた地表変位分布を、ALOS（だいち）PALSARデータの干渉SAR解析で調べたものです。1996年の地震の震央（図中星印）付近で隆起した範囲が、2011年の地震では沈下したことがわかりました。図中の赤線は断層を示しています。

## 経年変化：CO<sub>2</sub>地中貯留

ENVISAT ASARデータを用いた、アルジェリア・サハラ砂漠のIn Salahで実施されているCO<sub>2</sub>圧入プロジェクトに関する、干渉SARによる地表モニタリングの例です。このプロジェクトでは、年間約100万tのCO<sub>2</sub>が3坑の圧入井から地下1,900mに圧入されています。

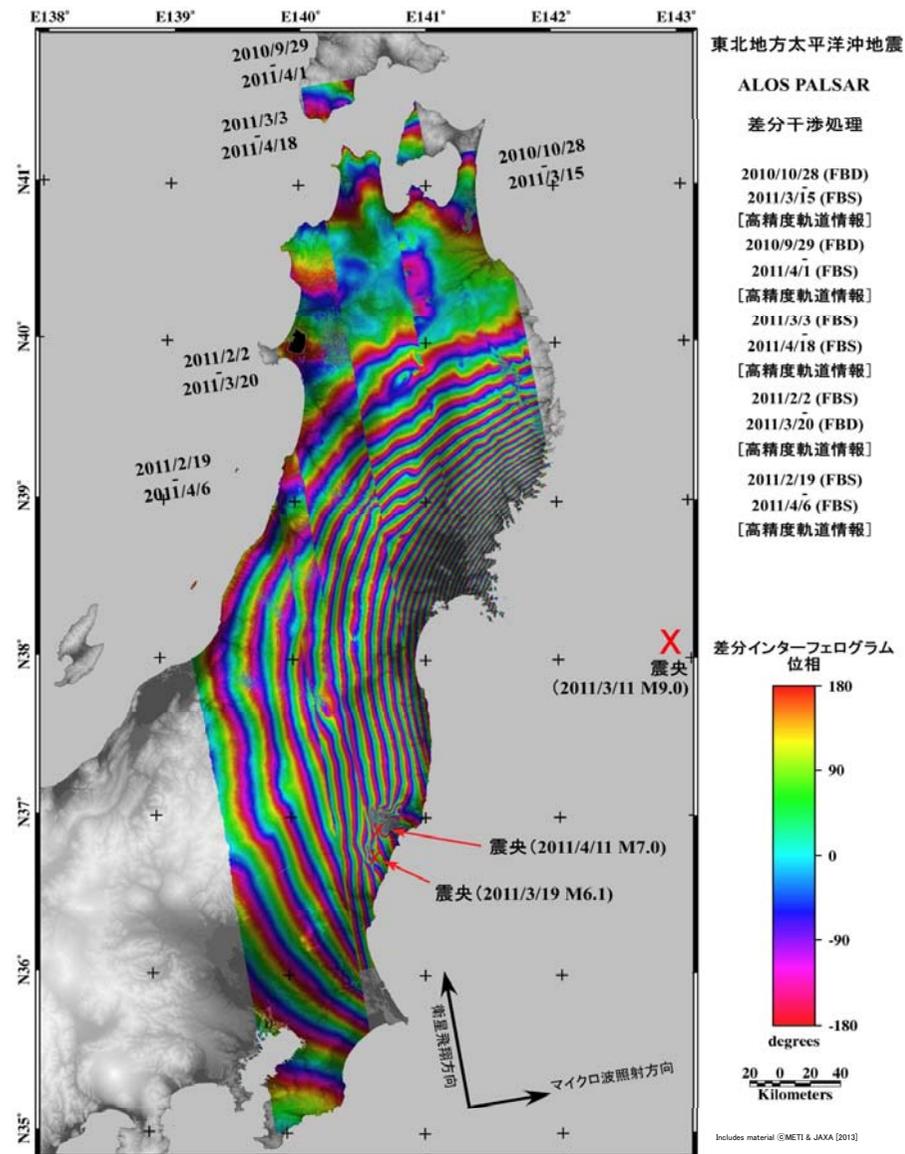
圧入によって、2004年8月から2010年5月までに圧入井の周辺が最大2.5cm程度隆起したことがわかりました。右下のグラフは干渉SARの結果を用いた地表変位の時系列解析例です。変位履歴は圧入井毎に異なることがわかります。

In Salahでは、干渉SARが地質モデルの検証に利用されています。



Onuma, et al (2011), Time Series Analysis of Surface Deformation related with CO<sub>2</sub> Injection by Satellite-borne SAR Interferometry at In Salah, Algeria, Energy Procedia v. 4, pp. 3,428-3,434.

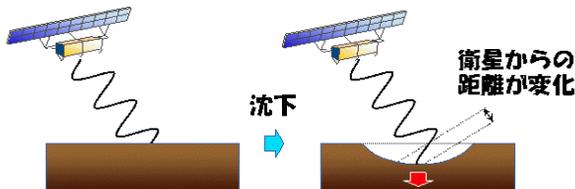
## 衛星SARデータの干渉解析による地表変位検出



ALOS（だいち）に搭載されたPALSARデータの干渉SAR解析による、2011年3月11日の東北日本太平洋沖地震と余効変動で生じた地表変位分布パターンです。この図では、変位量は $2\pi$ に包まれた位相で表現されています。

# 干渉SAR

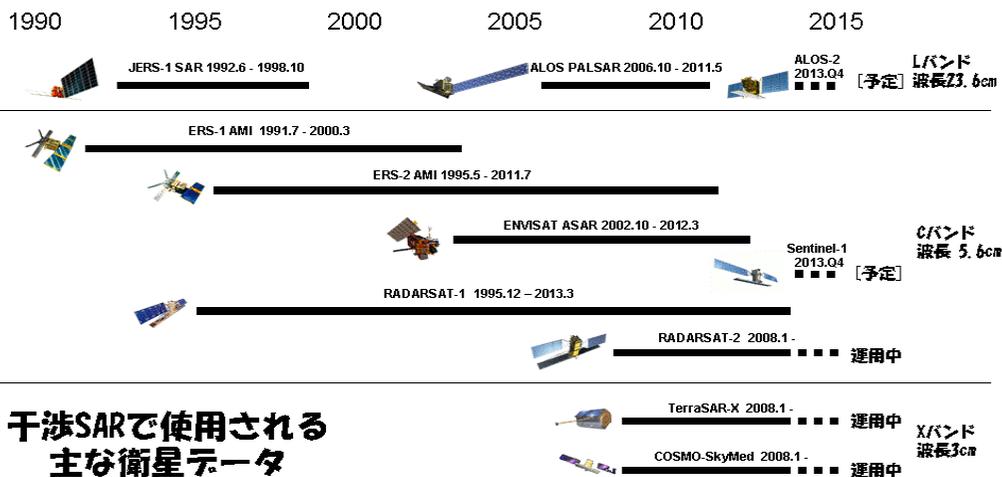
SAR (Synthetic Aperture Radar; 合成開口レーダ) では、人工衛星からマイクロ波を照射し地表からの散乱を受信して、地形や構造物の形状や性質を画像化します。SARデータには衛星-地表間の距離の情報が含まれており、2回の観測結果の差を調べることで、観測の間に生じた地表変位を捉えることができます。



- 衛星SARデータは、一般に数10km四方~100km四方の広範囲を観測します。
- 太陽光の反射を観測する光学センサと異なり、マイクロ波を照射しますので、夜間も観測できます。
- マイクロ波は雲・雨を透過するので、観測は天候に左右されません。
- このためモニタリングに最適なツールの一つです。

# 過去の現象も調査可能

下の図は、干渉SARで用いられる主な衛星とその運用期間を示しています。1992年以降のデータが利用でき、干渉SARにより経年変化の調査が可能です。



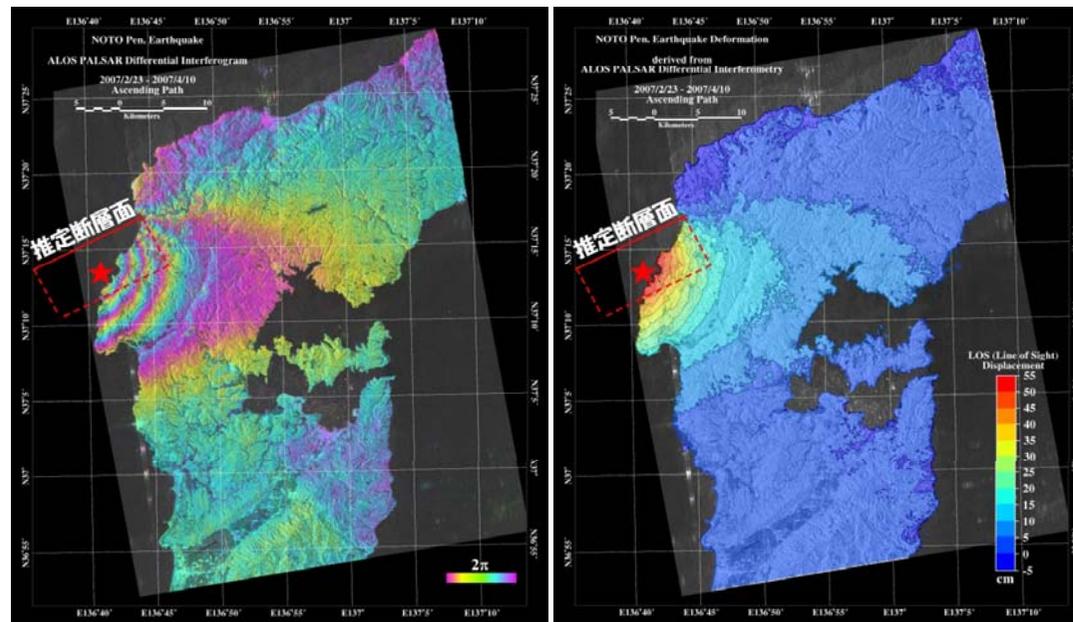
## 干渉SARで使用される 主な衛星データ

# mm~cmオーダーの変位が検出可能

干渉SARでは、2回の観測間の距離の変化を、位相の変化として捉えます。位相1サイクルの変化は1波長分の距離変化に相当します。これはLバンドで23.6cm、Cバンドで5.6cm、Xバンドでは3cmの変化になります。ですがこの距離変化は衛星-地表間の往復経路上の変化なので、地表面の実際の変位はこの1/2です。一般に、検出可能な変位量は波長の1/10程度といわれておりますので、検出可能な変位のオーダーはmm~cmです。



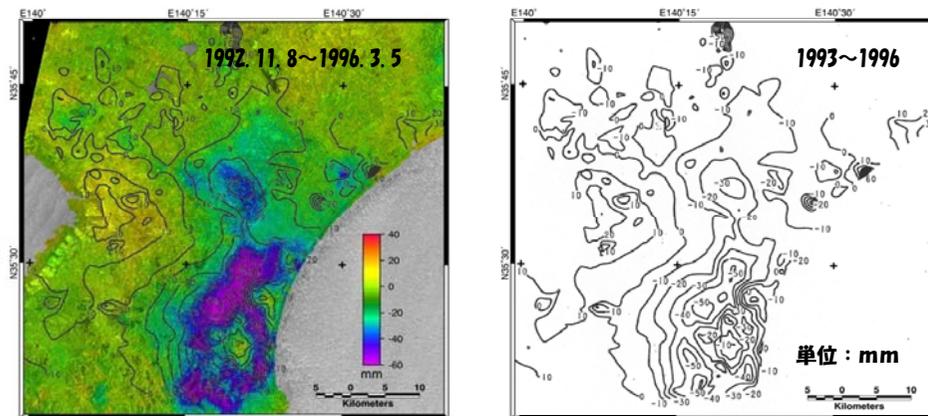
# 地震



大沼(2007), 衛星SARデータの差分干渉による能登半島地震に伴う地表面の変動パターン. 東京大学地震研究所報, v.82, pp. 361-368.

ALOS (だいち) に搭載されたPALSARのデータによる平成19年能登半島地震の干渉SAR解析結果です。干渉SARでは変位量を位相で計測します。左の図は、変位量を $-\pi \sim +\pi$ までの位相の繰り返しとして表したのですが、これでは変位のセンスが良くわかりません。これを連続する変位量に変換したものが右の図です。この結果、この地震により能登半島の西海岸が約50cm程度変動(隆起)したことがわかりました。

# 地盤変動



植口他(2002), 差分干渉SAR技術を用いた地盤変動量調査技術の紹介. 日本地質学会第109年学術大会

上の図は千葉県九十九里エリアの差分干渉SAR技術を用いた地盤変動調査の例です。右図は測量による1993年~1996年の等累積変動量線図で、左図はERS-1 AMIデータによる干渉SAR解析結果との重合図です。干渉SARの結果は、変位分布・変位量とも、測量結果と極めて調和的であることがわかります。