

付録 1 SAR 干渉解析結果の表現の標準化の指針

SAR 干渉解析が地震調査における一般的なツールの一つとなったことにより、地震調査委員会においては、SAR 干渉解析結果が多く報告されるようになった。しかし、機関によって解析結果の表現方法が異なる場合があり、それが混乱を招く可能性がある。そのような混乱を避けるため、衛星データ解析検討小委員会において、標準的な SAR 干渉解析結果の表現方法についての議論が行われた。本節においては、その結果についてまとめる。

1. 記載事項

SAR 干渉解析結果を示す場合に、記載する事項、必要に応じて記述する事項、記述が望ましい事項について以下に示す。

必ず記載する事項

項目	記載例
1. 衛星名およびセンサー名	ALOS/PALSAR, Envisat/ASAR
2. データ観測日（時間帯を示す） （旧観測日－新観測日）	2007/01/16－2007/07/19 JST 2007 年 1 月 16 日－2007 年 7 月 19 日
3. 衛星軌道（北行 or 南行）	北行軌道
4. 地震名（震央地名）	2007 年中越沖地震（※西暦表記）
5. 地震発生年月日（時間帯を示す）	2007 年 7 月 16 日 JST 2007/07/16 JST (※西暦表記)
6. マグニチュード	M6.8, Mw6.8
7. 衛星進行方向と電波照射方向	衛星進行方向と電波照射方向を矢印で示す。
8. 地上の距離スケール	
9. 衛星－地表視線方向の変位量 （カラースケール）	変動方向：「近づく」と「遠ざかる」で表記 干渉画像のカラースケールの例を図 付録 1 に示す。
10. 範囲 （緯度 dd. dd° / 経度 ddd. dd°）	-79.24° / -112.58° 西経・南緯はマイナス（－）表記
11. クレジット	JAXA からデータを入手した場合：“Analysis by （機関名） from ALOS raw data of JAXA, METI” ERSDAC からデータを入手した場合：“Analysis by （機関名） from ALOS raw data of METI, JAXA”
12. 震央位置	☆で示す

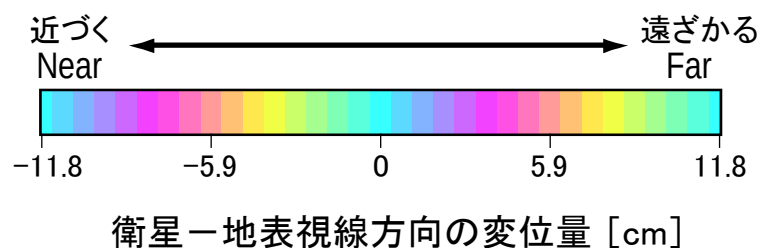


図 付録 1. 1 干渉画像のカラースケールの例。

必要に応じて記載する事項

項目	記載例
1. データ取得間隔 (日)	72 日間, 72days
2. 基線長 [B_{PERP} 成分] (m)	B_{PERP} (B_{perp} , $B_{\perp}$) =+365m (単位 m で表記) (B_{PERP} に関する幾何を図 2 に示す)
3. 使用した DEM	SRTM3 ver. 4, GSI10m, GSI50mm
4. 震源の深さ (km)	深さ 15km
5. レーダー波に関する角度 (どの角度であるかを明記)	仰角:51° (シーンセンターor 震央付近) (仰角 or 入射角 or オフナディア角)
6. 観測モード (旧観測—新観測)	FBS-FBS、FBS-ScanSAR

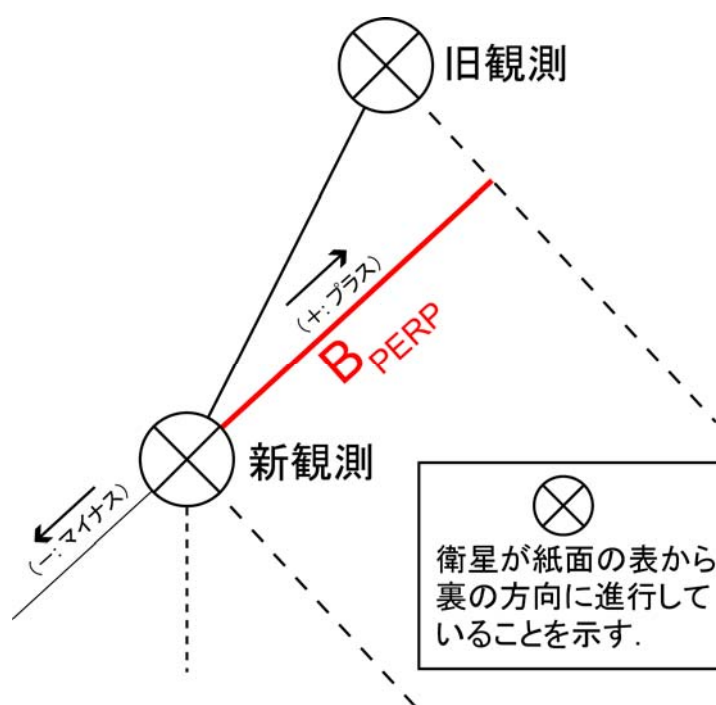


図 付録 1. 2 軌道間距離 (B_{PERP}) に関する幾何。Hanssen (2001)に基づく。

記述が望ましい事項

項目	記載例
1. パス・フレーム	Path:50 Frame:3120、50/3120
2. 軌道情報	高精度軌道情報、RARR
3. 基線推定	あり/なし
4. 気象補正	大気地形補正、数値気象データ等
5. 電離層補正	TEC 等
6. その他の補正	二次曲面成分除去、GPS 補正等
7. ルック数、ピクセル間隔	ルック数:R4A8(レンジ4、アジマス8) ピクセル間隔:120m
8. 使用したフィルター、その定数や ウィンドウサイズ等	G&W:1.0、32×32 (G&W: Goldstein and Werner, 1998)
9. 使用した背景図	地形陰影図、散乱強度画像等
10. 使用した座標系、投影法	WGS84、メルカトル図法

2. SAR 干渉画像の表現

SAR 干渉画像に関する標準的な表現方法を以下のように定める。

- ・無変化領域を青で示す。
- ・「青色→マゼンダ→黄色→青色」の色変化はスラントレンジ伸長を示し、
「青色→黄色→マゼンダ→青色」の色変化はスラントレンジ短縮を示す。
- ・スラントレンジの伸長をプラスで表わす。

カラーテーブル

j	R	G	B	位相範囲 (単位: サイクル)
0	55	255	255	31/32~32/32, 0~1/32
1	92	217	255	1/32~3/32
2	130	179	255	3/32~5/32
3	167	142	255	5/32~7/32
4	205	104	255	7/32~9/32
5	243	66	255	9/32~11/32
6	255	80	229	11/32~13/32
7	255	118	191	13/32~15/32
8	255	156	153	15/32~17/32
9	255	193	116	17/32~19/32
10	255	231	78	19/32~21/32
11	240	255	69	21/32~23/32
12	203	255	106	23/32~25/32
13	165	255	144	25/32~27/32
14	127	255	182	27/32~29/32
15	90	255	219	29/32~31/32

標準カラーテーブルを作る C プログラム (GAMMA REMOTE SENSING 提供)

```

if (COLOR_MODEL == 0) { /* old color model */
    for (j = 0; j < 16; j++) {
        k = 16 * j;
        ct[j + 240].red = 3 * MIN(MIN(k, 85), 255 - k);
        ct[j + 240].green = 3 * MIN(MAX(k - 85, 85 - k), 85);
        ct[j + 240].blue = 3 * MIN(MAX(k - 170, 170 - k), 85);
        ct[j + 240].red = (int)((int)ct[j + 240].red / 255. * 200. + 55.);
        ct[j + 240].green = (int)((int)ct[j + 240].green / 255. * 200. + 55.);
        ct[j + 240].blue = (int)((int)ct[j + 240].blue / 255. * 200. + 55.);
    }

    for (i = 0; i < 16; i++) {
        for (j = 0; j < 16; j++) {
            ct[i*16 + j].red = (int)((int)ct[j + 240].red * i / 15.);
            ct[i*16 + j].green = (int)((int)ct[j + 240].green * i / 15.);
            ct[i*16 + j].blue = (int)((int)ct[j + 240].blue * i / 15.);
        }
    }
}

```

3. 記載例

SAR 干渉解析結果に関する記載例を以下に示す。

④ 平成19年新潟県中越沖地震 SAR干渉解析結果

① ALOS/PALSARによるSAR干渉画像

②, ③ (南行軌道, 2007/1/16 – 2007/7/19)

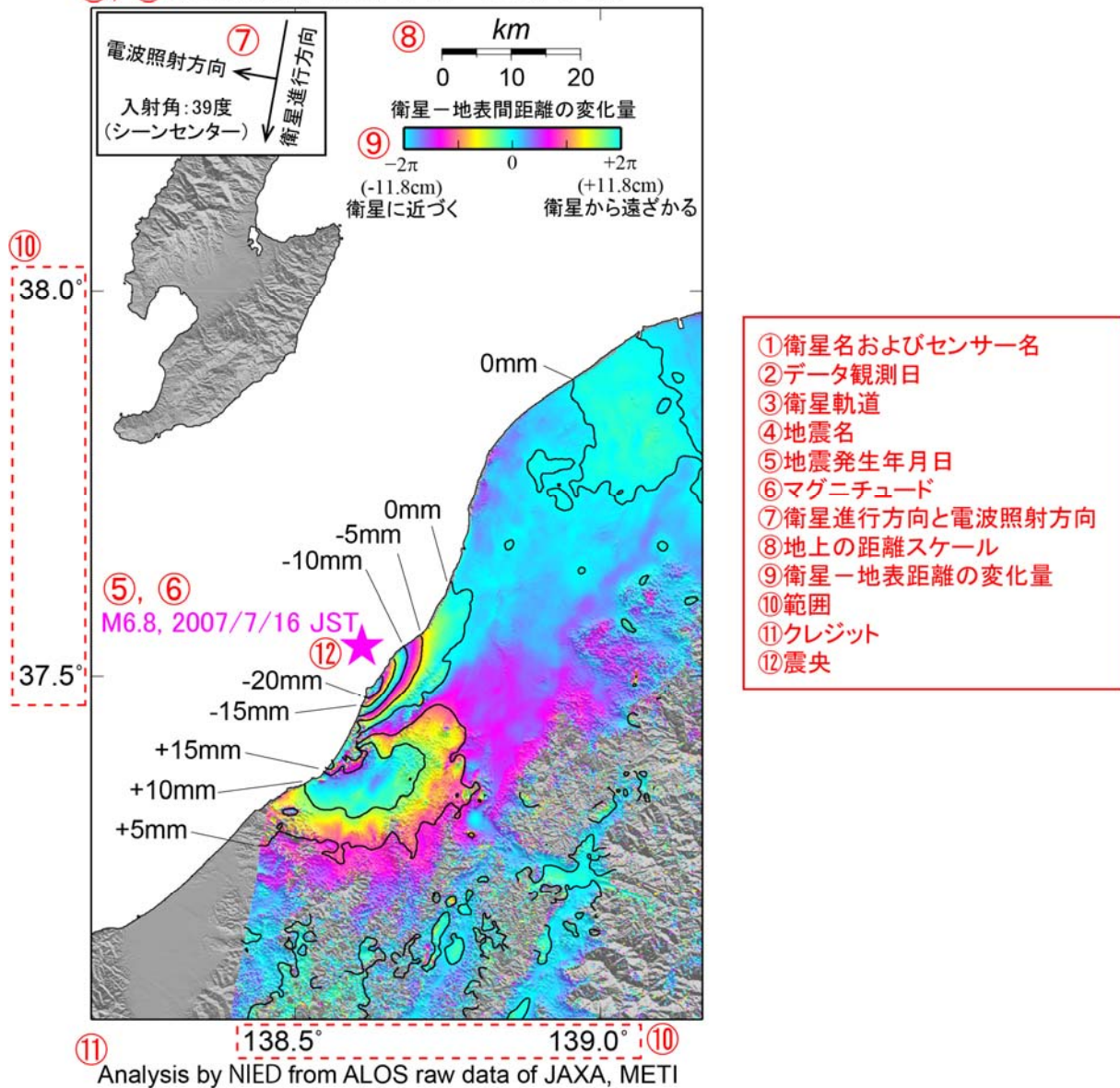


図 付録 1. 3 SAR 干渉解析結果の記載例例。

参考文献

- Goldstein, R. M. and C. L. Werner (1998): Radar interferogram filtering for geophysical applications, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 4035-4038.
- Hanssen, R. F. (2001): *Radar Interferometry: Data interpretation and error analysis*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 328pp.

付録2 衛星データ解析検討小委員会の活動報告

1. 実際の解析事例、評価文のまとめ

1. 1 小委員会発足前に地震調査委員会の評価に用いられた事例

(1) 2007 年 3 月 25 日 能登半島地震 (Mj6.9)

(審議経過)

2007 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震については、本小委員会が発足する前であったが、衛星データの解析結果が各機関から地震調査委員会（第 168 回、第 169 回）に逐次報告された。地震調査委員会が公表した評価の中から衛星データに関係する文を抜粋し、特に関わる部分は下線を引いた。

(衛星データ解析による地殻変動の特徴)

他の地殻変動観測データや海底地形調査や、地震波形データなどの解析結果などと併せて総合的に評価を行うことにより、能登半島地震を引き起こした断層を特定するなど、能登半島地震に関する評価に役立てることが出来た。

2007 年 4 月の地震活動の評価（平成 19 年 5 月 9 日公表） <抜粋>

「3 月 25 日の能登半島地震（平成 19 年（2007 年）能登半島地震）の余震活動は、4 月 6 日に余震域南西側で、5 月 2 日に余震域北東側で共に M4.7 の地震が発生したが、全体としては減衰している。」の補足説明

陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダ（SAR）のデータから、能登半島地震に伴う地殻変動が面的に観測された。

2007 年 5 月の地震活動の評価（平成 19 年 6 月 13 日公表） <抜粋>

- 能登半島西方沖には、北東—南西方向に延びる南東傾斜の逆断層が活断層として認められていたが、臨時海底地形調査からこの断層に対応する急傾斜地形が確認された。臨時の海底地震観測及び陸上地震観測結果から、余震分布の延長上にこの断層が位置していることが分かった。また、陸域観測技術衛星「だいち」による地殻変動観測結果により得られたすべり量分布などから、今回の地震はこの断層が活動したものと考えられる。

「だいち」PALSAR データの干渉解析で得られた 能登半島地震の地殻変動

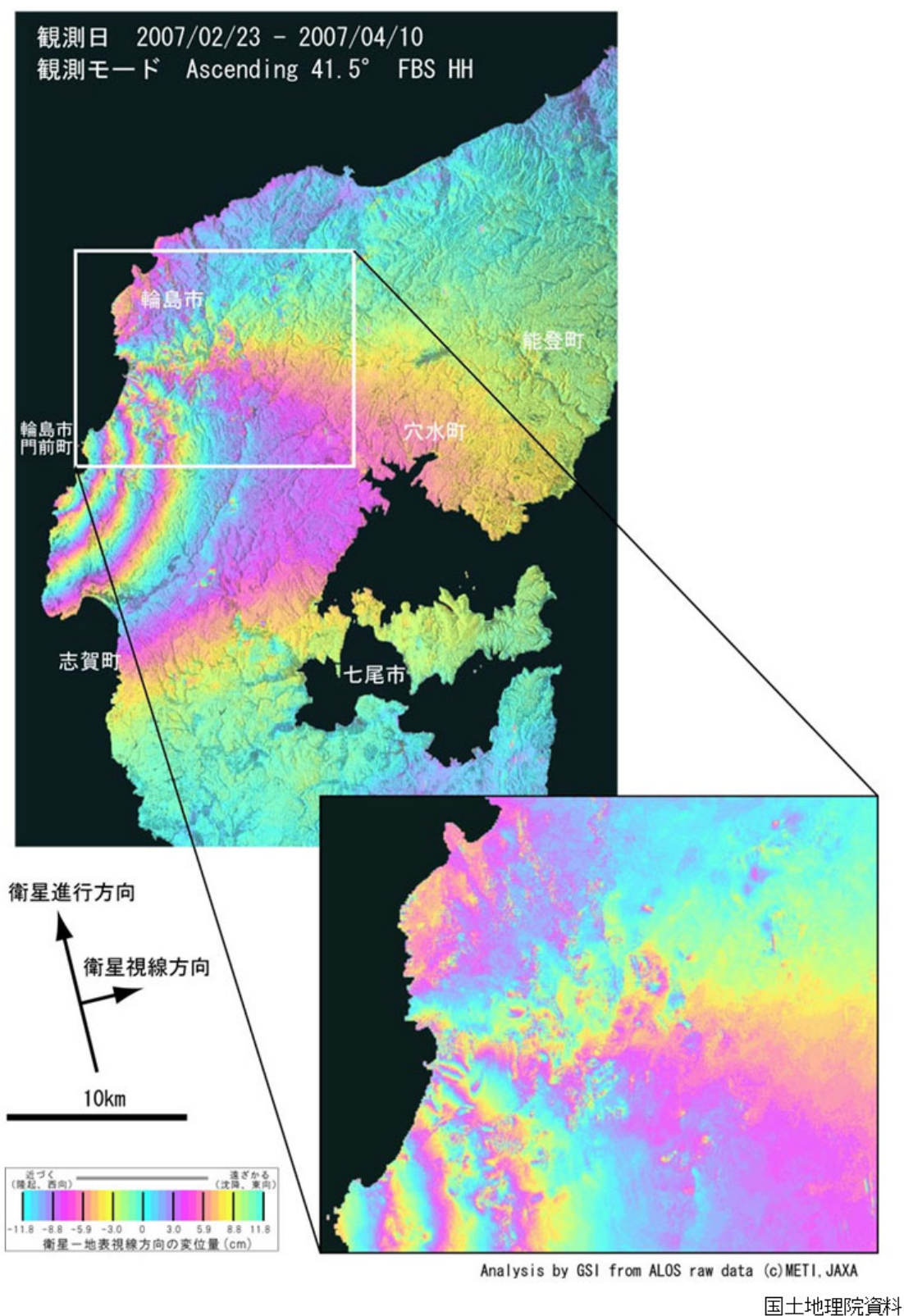


図 付録 2. 1 2007 年 4 月の地震活動の評価 (平成 19 年 5 月 9 日公表) 資料

1. 2 地震調査委員会に報告した事例

小委員会から地震調査委員会に報告した事例3件と関係機関から地震調査委員会に報告した事例3件について、地震調査委員会が公表した評価の中から衛星データに関する文を抜粋し、特に関わる部分は下線を引いた。

(1) 2007年7月16日 新潟県中越沖地震（気象庁マグニチュード(Mj)6.8)

(審議経過)

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震については、第1回の小委員会において、7月19日、30日の緊急観測データと SAR 干渉解析結果の検証を、第2回において9月14日の観測データと SAR 干渉解析結果の検証を行い、それぞれ「新潟県中越沖地震の解析結果報告」として、直後に開催された地震調査委員会（第172回、第174回）に報告を行った。

(衛星データ解析による地殻変動の特徴)

SAR 干渉解析の結果、西山丘陵の西側斜面の小木ノ城背斜付近で長さ約15km、幅約1.5kmの帯状の隆起域が認められた。約10cm もしくはそれ以上の最大隆起量が認められ、水準測量結果ともほぼ整合的であった。

北行軌道のデータが得られ、新潟県中越沖地震の断層モデルが幾つか提案されたが、SAR 干渉解析結果のみでは新潟県中越沖地震の本震の断層面は特定できなかった。

(余効変動)

7月30日の観測データの比較及び水準測量の繰り返し観測から、この隆起が地震発生後も継続している可能性が指摘されたが、観測データの精度が悪いため、新潟県中越沖地震の余効変動は確認できなかった。

新潟県中越沖地震の評価（平成19年8月8日公表） <抜粋>

- GPS 観測の結果によると、本震の発生に伴って、柏崎市の沿岸部で最大北西方向へ約17cm 移動した。現地調査や水準測量の結果から、柏崎市観音岬を中心に最大約25cm の隆起と柏崎駿潮場で約4cm 沈降が観測された。また、陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダ（SAR）のデータ から、新潟県中越地方沿岸を中心に今回の地震に伴う地殻変動が面的に観測された。これらの地殻変動観測結果はお互いにほぼ調和的である。

2007 年 9 月の地震活動の評価（平成 19 年 10 月 10 日公表）　＜抜粋＞

- 陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダ（SAR）のデータから、新潟県中越沖地震の震源域の東側にある西山丘陵の西側斜面の小木ノ城背斜付近で、新潟県中越沖地震の発生に伴って、長さ約 15km、幅約 1.5km の帯状の隆起域が認められた。約 10cm もしくはそれ以上の最大隆起量が認められ、水準測量結果とも矛盾しない。
GPS 観測結果によると、新潟県中越沖地震の震源域周辺の余効変動は継続している。

平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震の評価（主に断層面に関する評価）
（平成 20 年 1 月 11 日公表）　＜抜粋＞

平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震（以下、新潟県中越沖地震）は、大局的には南東傾斜（海から陸に向かって深くなる傾斜）の逆断層運動により発生した。また、震源域北東部では北西傾斜（陸から海に向かって深くなる傾斜）の断層も活動したと考えられる。

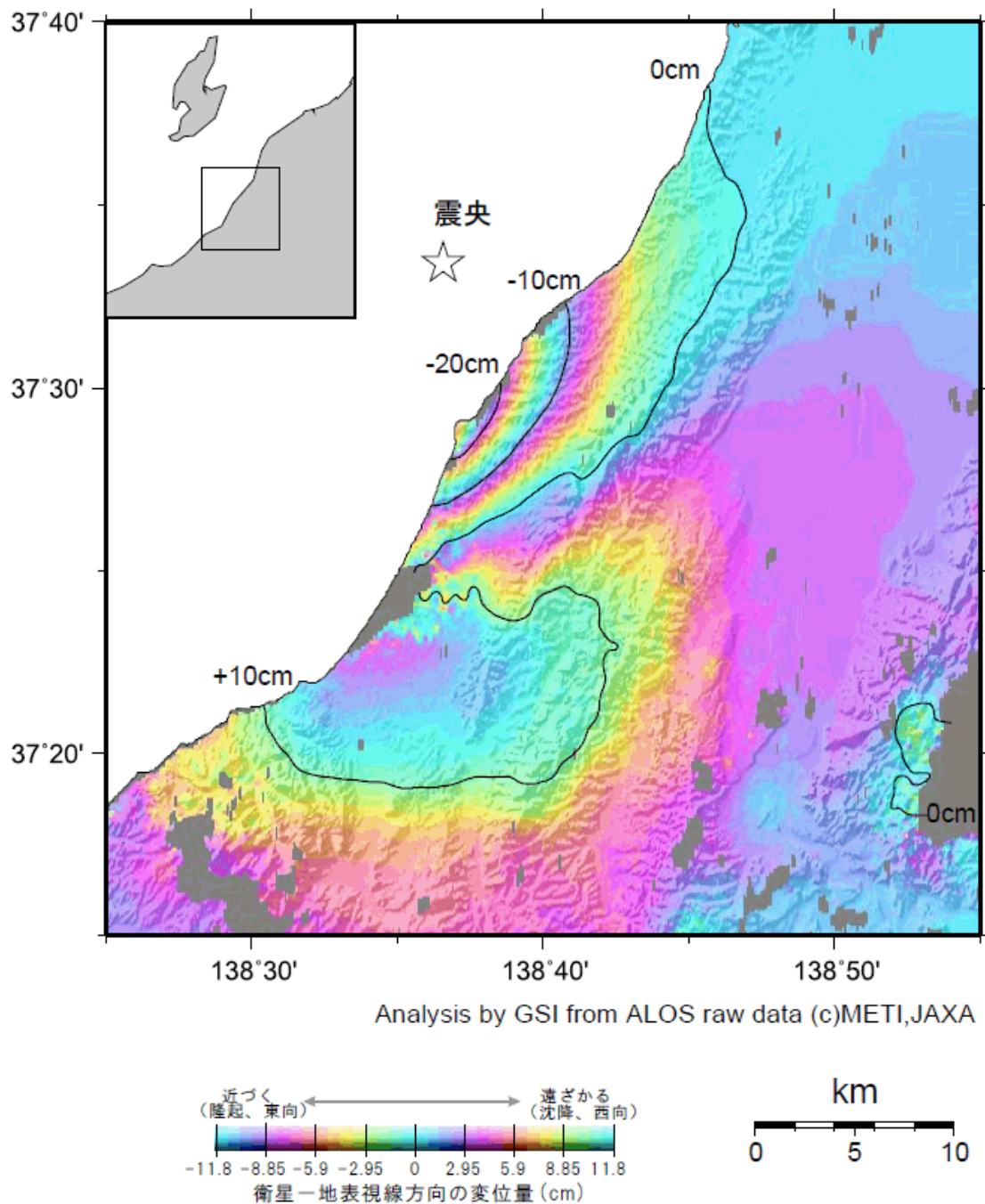
今回の地震に伴う、海底でのずれは確認できなかった。しかし、余震分布から推定される南東傾斜の断層面の浅部延長は、既知の活断層に連続している可能性がある。

以下に新潟県中越沖地震の断層面の評価に関係する各解析結果のまとめを記述する。

- 震源分布を参照した地殻変動解析結果でも、南東傾斜の断層に加え、震源域北東部に北西傾斜の断層を考慮することで、データをより良く説明できる。

平成19年新潟県中越沖地震 合成開口レーダー干渉解析結果

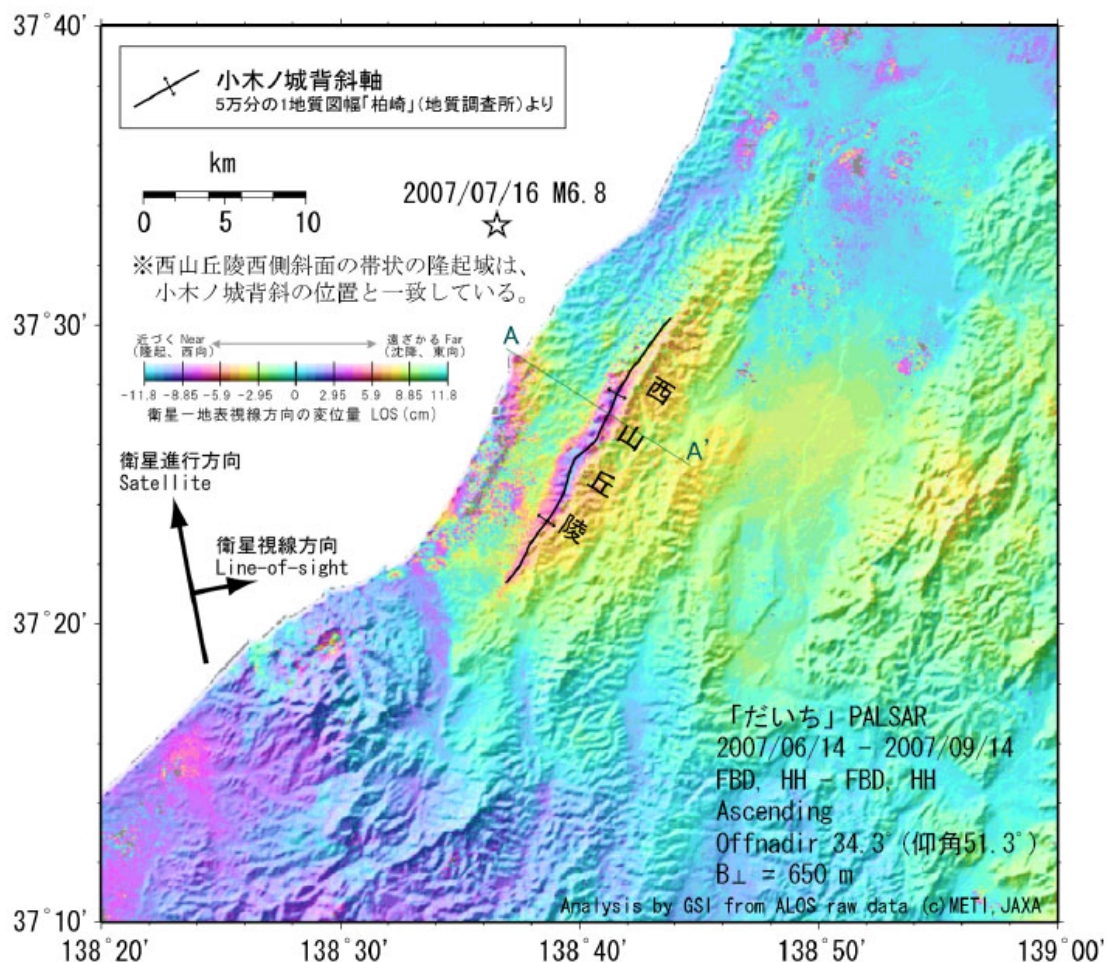
「だいち」によるSAR干渉画像
(Descending34.3° 2007/1/16-7/19)



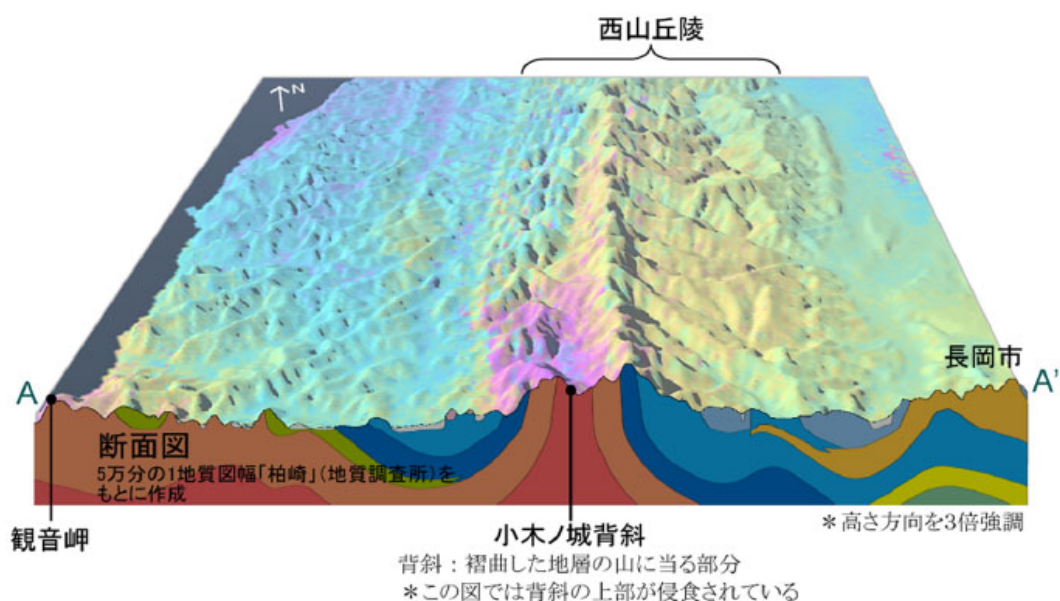
国土地理院

図 付録2.2 新潟県中越沖地震の評価（平成19年8月8日公表）資料

「だいち」合成開口レーダーによる地殻変動分布図



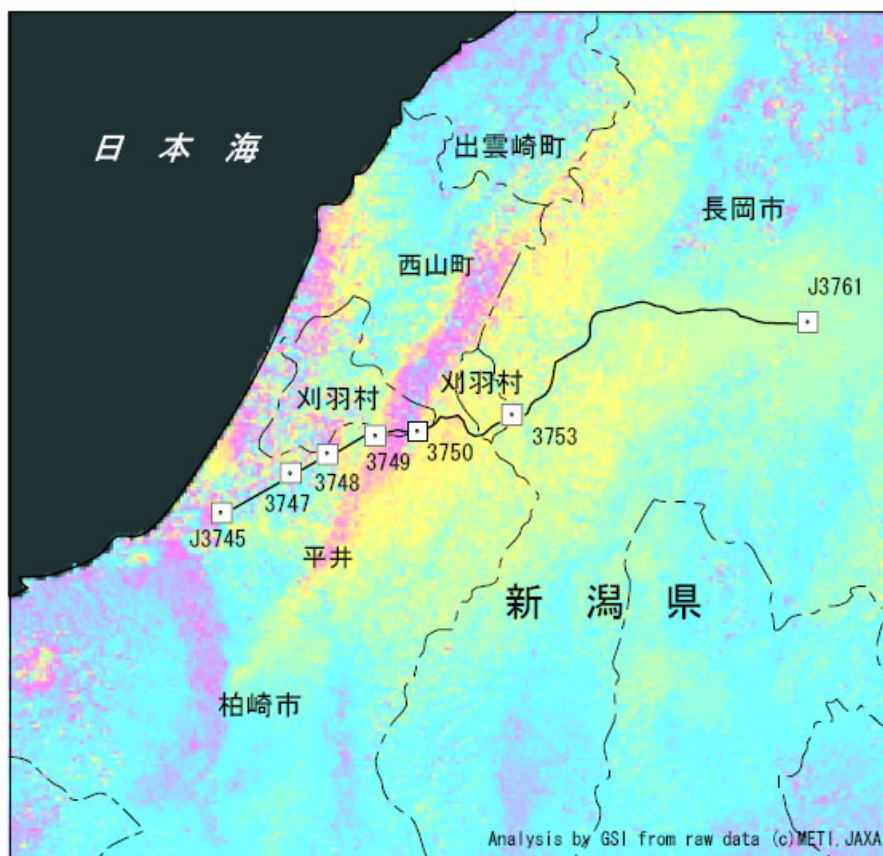
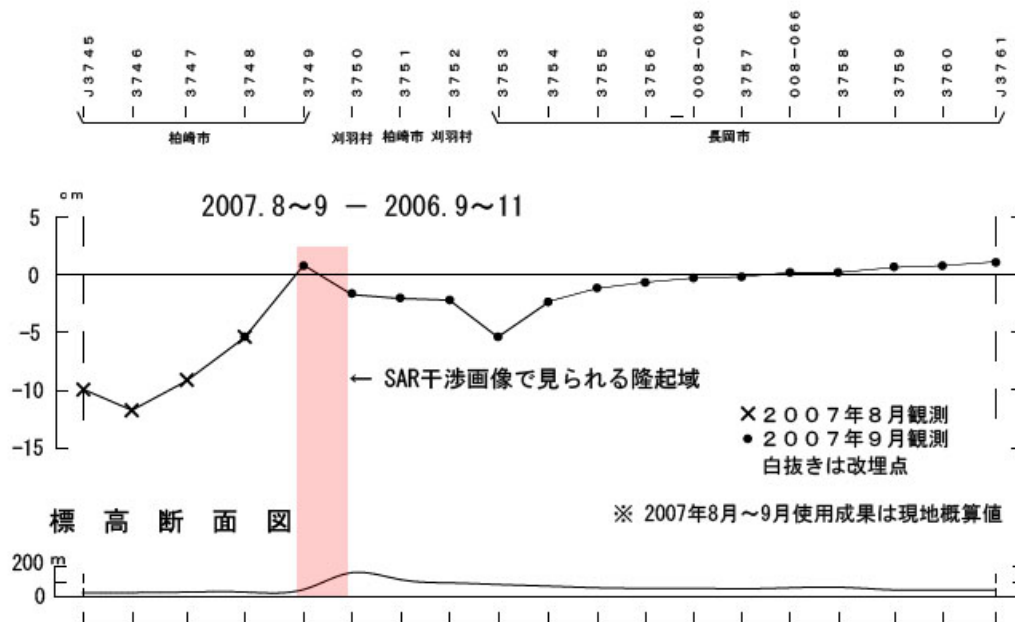
西山丘陵西側斜面の帯状の隆起の概念図



国土地理院

図 付録2.3 2007年9月の地震活動の評価（平成19年10月10日公表）資料

西山丘陵を横切る路線の水準測量結果



水準測量観測路線

国土地理院

図 付録 2. 4 2007 年 9 月の地震活動の評価（平成 19 年 10 月 10 日公表）資料

(2) 2008 年 5 月 12 日 中国四川省（汶川）の地震
(アメリカ地質調査所によるモーメントマグニチュード(Mw) 7.9)
(審議経過)

2008 年 5 月 12 日に発生した中国四川省の地震については、発生直後から ALOS（だいち）による緊急観測が実施されたことから、第 4 回および第 5 回小委員会で SAR 干渉解析結果の検証を行い、それぞれ「中国四川省の地震に関する衛星データ解析結果報告」として、地震調査委員会（第 182 回、第 185 回）に報告を行った。

また、第 6 回衛星小委員会では、その後に取得された観測データ等も加え、SAR 干渉解析およびピクセルオフセット解析結果の検討を行った。

(衛星データ解析による地殻変動の特徴)

SAR 干渉解析の結果、地震のメカニズムと概ね整合する変動が得られた。震源断層と推定される竜門山断層帯に沿って帯状の低干渉領域（地殻変動集中帯）が存在している。震源域北東部と南西部では変位量分布のパターンや地殻変動集中帯の幅が異なっており、すべりの非一様性が大きいことを示唆している。SAR 干渉解析結果から推定された断層モデルに基づくと、震源域北東部では右横ずれ成分が、南西部では逆断層成分が卓越しており、すべりの大きい領域は、浅いところに集中していると考えられる。

ピクセルオフセット解析結果からは、変位の方が逆転する境界は北川断層に沿っており、断層の北側で 3m 程度の衛星から遠ざかる変位、南側で 1m 程度の衛星に近づく変位が認められた。この結果から、主たる破壊は北川断層で進行したと考えられる。これは、現地における地表変位の調査結果と調和的である。

国外の地震なので、評価文はなし

(3) 2008 年 6 月 14 日 岩手・宮城内陸地震(Mj7.2)

(審議経過)

2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震については、緊急観測（6 月 23、24 日）直後にメーリングリストにより SAR 干渉解析結果について議論し、解析結果を地震調査委員会（第 184 回臨時会）に報告した。

第 5 回小委員会では SAR 干渉解析結果の検証を行い、「岩手・宮城内陸地震に関する衛星データ解析結果報告」として、地震調査委員会（第 185 回）に報告を行った。地震調査委員会では、他の地殻変動観測データ等と併せて総合的に検討を行うことにより、岩手・宮城内陸地震に関する評価に役立てることができた。

また、第 6 回小委員会では、新たなデータも加え、SAR 干渉解析およびピクセルオフセット解析結果の検討を行った。

(衛星データ解析による地殻変動の特徴)

SAR 干渉解析の結果、震央周辺の低干渉領域（地殻変動集中帯）以外の領域では概ね良好な干渉が得られた。SAR 干渉解析結果から、震源断層はその断層面上端が荒砥沢ダム北方の地表変状付近を通過する一方、杵木立（はのきだち）の地表変状からは西に約 3～4 km 離れていると推定された。この断層面は緊急地震観測で得られた余震分布と一致し、さらに断層面上の浅いところ（深さ 2～4 km）で大きなすべりがあったことが推定された。

また、ピクセルオフセット解析の結果、震源域において大きな地殻変動が検出され、北行・南行軌道の観測を組み合わせで行った 2.5 次元解析によると、水平変位の最大値は約 3m（南東方向）、上下変位の最大値は約 3m（隆起）であった。SAR 干渉解析における震源近傍の低干渉領域と、ピクセルオフセット解析によるレンジ方向（衛星視線方向）の変位が大きい領域が調和的であり、この領域が今回の地震で大きく変動したことを示している。震源域における地殻変動は非常に複雑であり、沈降域と隆起域の分布、変位量の急変線等から、主となる西傾斜の断層に加え、東傾斜の断層の存在が示唆されるなど、単純な断層モデルでは得られた変動を完全に説明することは難しいことが明らかとなった。

(余効変動)

地震発生 9 日後に取得されたデータを用いた解析により、震央付近で余効変動と思われる地殻変動が観測された。地震時変位と変動の向きが同じであること等から、震央東側で西傾斜の逆断層による余効変動が生じていた可能性が高いと考えられる。一方、地震発生 1 月後のデータを用いた場合、有意な地殻変動は認められなかったことから、余効変動は時間とともに急速に小さくなったと考えられる。

(衛星データ解析で明らかになった地殻変動)

北行・南行軌道の観測を組み合わせた解析（2.5 次元解析）を行った結果、余震域北端付近（奥州市胆沢区市野々付近から金ヶ崎町の黒沢川上流域）において、GPS 観測では把握できなかった小領域での相対的な隆起と東西方向の圧縮変動を確認できた。

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震の評価

（平成 20 年 6 月 26 日公表） <抜粋>

- GPS観測の結果によると、震源域の直上の栗駒2観測点で、2.1mの隆起、1.5mの南東方向の水平変位などが観測された。また、加速度波形記録の解析から、一関西観測点（地震観測点）で、1.4mの隆起と0.6mの北東方向の水平変位が得られた。SAR干渉解析結果によると、震源域の変動の大きかった領域は、長さ約30km、幅10kmに広がっており、その東縁に、現地調査で明らかになった地表地震断層と見られる地表変状が位置している。

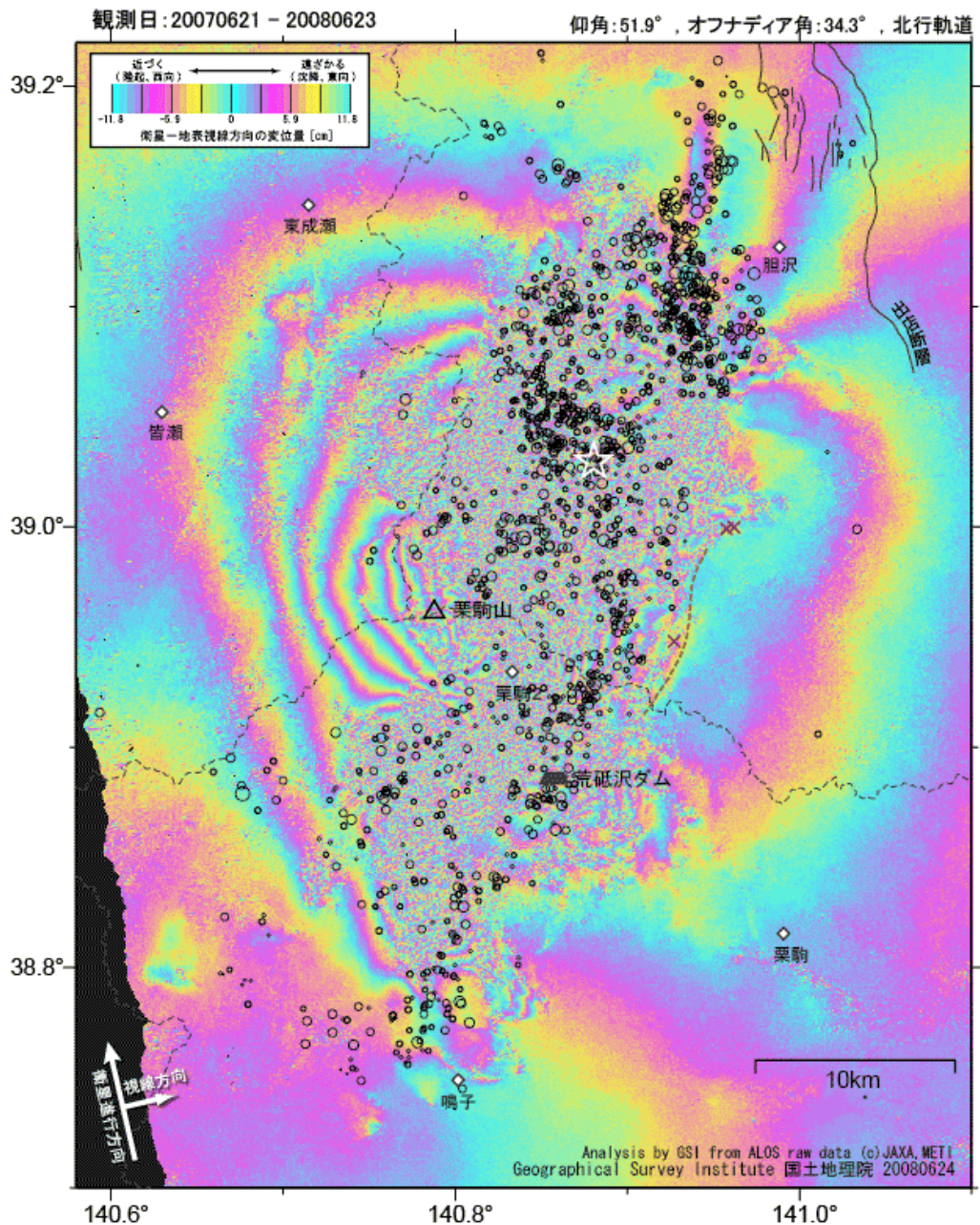
これらの地殻変動から、主なすべりを生じた断層の長さは30km程度で、断層面は西傾斜であると推定される。

平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震の評価

（主に地表変状に関する評価）（平成 20 年 7 月 11 日公表） <抜粋>

- 本震の震源過程解析によると、すべり量の大きい領域は破壊開始点の南側の浅い部分に集中していたと推定される。GPS 観測及び SAR 干渉解析から推定した断層モデルからも同様なすべり量の集中域が見られる。

平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動 「だいち」SAR干渉画像



- ☆ 本震震央 (気象庁)
- 余震分布 (20080614-0622)
2008年岩手・宮城内陸地震緊急観測グループ(東北大・北大・弘前大・地震研・名大・京大防災研・九大・産大・防災科研)のデータを使用し気象庁が再計算した震源を使用
- / 活断層 (地震調査研究推進本部による)
- 地表変位が観測された付近に伸びる地質断層 (20万分の1日本シームレス地質図から読み取り)
産業技術総合研究所 地質調査総合センターのWEBサイトに掲載
http://www.gsj.jp/jishin/iwatemiyagi_080614/epicenter-geomap.html
- ◇ 電子基準点
- × 国土地理院の現地調査により、地表変位が確認された地点

国土地理院

図 付録2.5 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震の評価(平成20年6月26日公表)資料

(4) 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 (Mj9.0)

(審議経過)

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震については、本小委員会での議論はなされていないが、関係機関から解析結果を地震調査委員会 (第 224 回 4 月の定例会、第 226 回 5 月の定例会、) に報告した。

この地震についての SAR 干渉解析及び地震調査委員会の議論の結果は以下のとおりである。

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の評価

(平成 23 年 4 月 11 日公表) <抜粋>

○ GPS 観測の結果によると、本震の発生に伴って、東北地方から関東地方の広い範囲で地殻変動が観測されており、牡鹿観測点 (宮城県) では東南東方向に約 5.3m の水平移動、約 1.2m の沈降が観測されている。地震発生後、余効変動と考えられる東向きの地殻変動が観測されており、4 月 5 日現在、山田観測点 (岩手県) で約 41cm、銚子観測点 (千葉県) で約 27cm などの地殻変動が観測されている。また、陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダー (SAR) のデータからも、東北地方から関東地方にかけての広い範囲で GPS 観測結果と調和的な地殻変動が観測されている。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
合成開口レーダー(SAR)と電子基準点(GPS連続観測点)の融合解析による地殻変動(暫定)

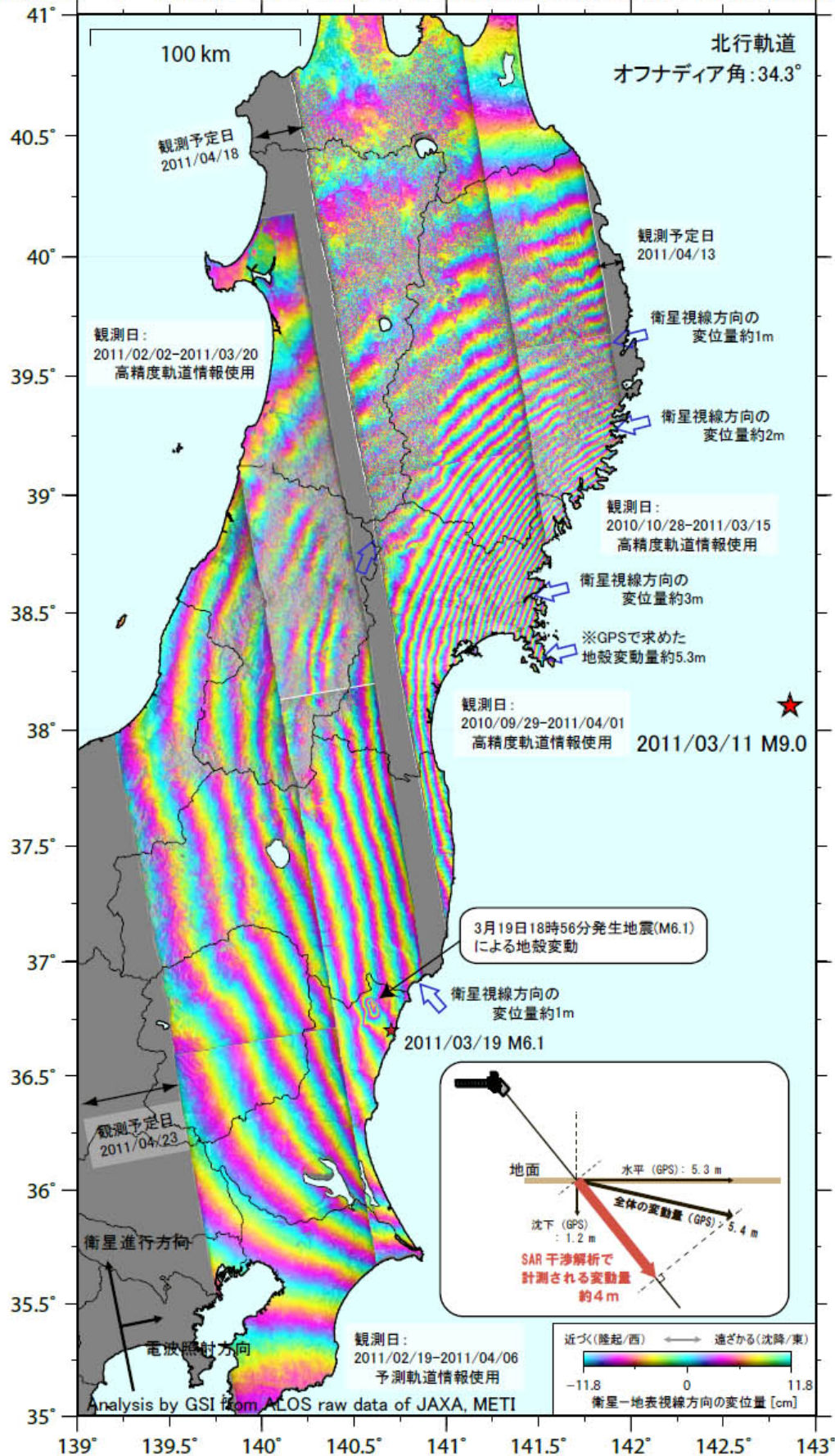


図 付録 2. 6 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の評価
(平成 23 年 5 月 11 日公表) 資料

(5) 平成 23 年 3 月 19 日の茨城県北部の地震 (Mj6.1)

(審議経過)

平成 23 年 3 月 19 日の茨城県北部の地震については、本小委員会での議論はなされていないが、関係機関から解析結果を地震調査委員会（第 224 回 4 月の定例会）に報告した。

この地震についての SAR 干渉解析及び地震調査委員会の議論の結果は以下のとおりである。

平成 23 年 3 月 19 日の茨城県北部の地震の評価

(平成 23 年 4 月 11 日公表) <抜粋>

- 3 月 19 日に茨城県北部の深さ約 5 km で M6.1 の地震が発生した。この地震の発震機構は北東－南西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。GPS 観測結果によると、この地震に伴い、里美観測点（茨城県）が約 2 cm 西南西に移動するなどの地殻変動が観測されている。また、陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダー（SAR）のデータによると、この地震に伴い、震央付近で地殻変動が観測された。

平成 23 年 (2011 年) 3 月 19 日 茨城県北部の地震 (M6.1) に関する 合成開口レーダー解析結果

平成 23 年 (2011 年) 3 月 19 日 18 時 56 分、茨城県北部で発生した地震 (M6.1) に関する、「だいち」PALSAR データの解析結果を示す。

■ 地殻変動の特徴

- 1) 地殻変動は北茨城市から西十数 km の領域に集中しており、最大約 40cm の衛星—地表間の距離伸張が観測された。
- 2) 最大の地殻変動が観測される領域では、変位の不連続が認められる。
- 3) 干渉画像をもとに矩形断層一様すべりの震源断層モデル (2 枚のセグメントを仮定) を構築した。主な特徴として、①南西傾斜の断層面 (傾斜角 $60\sim 70^\circ$)、②北北西 (北西) —南南東 (南東) 方向の走向、③正断層型の断層運動、④最大変位域の直下のごく浅部に局所的な滑り、等が挙げられる。

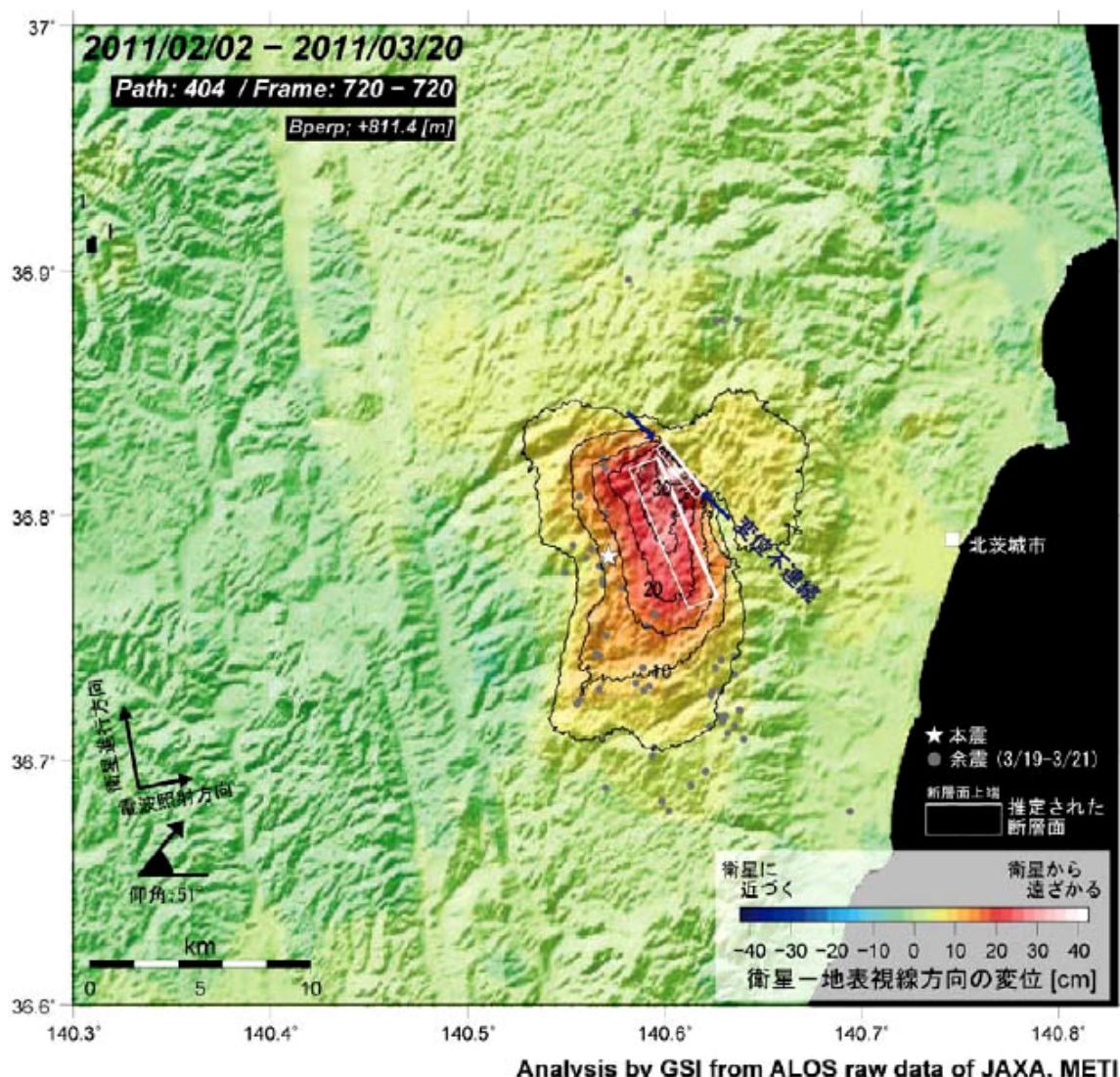


図 付録 2. 7 平成 23 年 3 月 19 日の茨城県北部の地震の評価
(平成 23 年 4 月 11 日公表) 資料

(6) 平成 23 年 4 月 11 日の福島県浜通りの地震(Mj7.0)

(審議経過)

平成 23 年 4 月 11 日の福島県浜通りの地震については、本小委員会での議論はなされていないが、関係機関から解析結果を地震調査委員会(第 226 回 5 月の定例会)に報告した。

この地震についての SAR 干渉解析及び地震調査委員会の議論の結果は以下のとおりである。

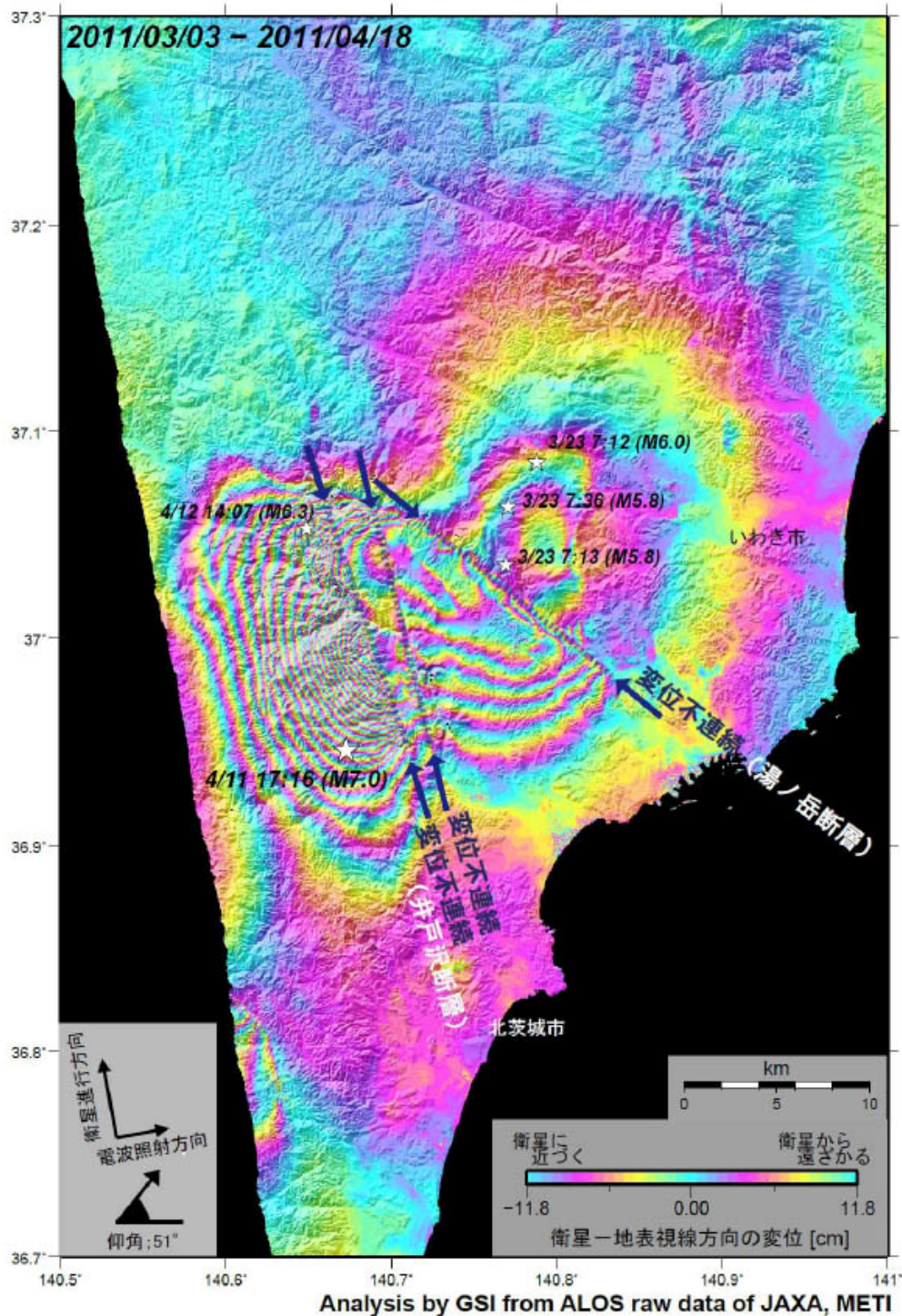
平成 23 年 4 月 11 日の福島県浜通りの地震の評価

(平成 23 年 5 月 11 日公表) <抜粋>

○ 4 月 11 日に福島県浜通りの深さ約 5 km で M7.0 の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。GPS 観測結果によると、この地震に伴い、いわき 4 観測点(福島県)で北北西方向に約 29cm の水平移動、約 50cm の沈降などの地殻変動が観測されている。また、陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダー(SAR)のデータによると、この地震に伴い、震央付近で地殻変動が観測された。現地調査によって地表断層変位が観察されている。

平成 23 年 (2011 年) 4 月 11 日福島県浜通りの地震 (M7.0) に関する 合成開口レーダー解析結果

井戸沢断層および湯ノ岳断層に沿って変位の不連続が見られる。



※2011/4/18 のデータは予測軌道情報使用

【謝辞：本研究で用いたPALSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ（地震WG）を通じて提供を受けた。PALSARデータの所有権は経済産業省及び宇宙航空研究開発機構（JAXA）にある。】

国土地理院資料

図 付録 2. 8 平成 23 年 4 月 11 日の福島県浜通りの地震の評価
(平成 23 年 5 月 11 日公表) 資料

1. 3 その他の事例

本小委員会で議論を行った地震について以下に示す。

(1) 2007 年 4 月 2 日 ソロモン諸島の地震

(アメリカ地質調査所による Mw8.1)

SAR 干渉解析結果から、この地震は、プレート境界上の一枚の断層モデルよりも、プレート境界上の逆断層と高角の分岐断層の二枚の断層モデルの方がより良く説明できることが推定された。

(2) 2007 年 8 月 2 日 サハリン西方沖の地震 (Mj6.4)

SAR 干渉解析結果から、サハリン州ネベリスク市の海岸線にそって地殻変動が検出された。

(3) 2007 年 8 月 16 日 ペルー沿岸の地震 (アメリカ地質調査所による Mw8.0)

SAR 干渉解析結果から、震源の南南島にあるパラカス半島で最大 1.3m の隆起に相当する地殻変動が検出された。また、地震前後の散乱係数の変化から被害地域が推定された。

(4) インドネシア スマトラ島沖の地震

2007 年 9 月 12 日にスマトラ島南部沖で M8.4、2008 年 2 月 20 日にシムルエ島付近で M7.4 の地震が発生した。この付近では、2004 年 12 月の Mw9.1 の巨大地震を機に 2005 年 3 月 (Mw8.7)、2007 年 9 月 (Mw8.4) と地震が連動して発生しているとの考察もあった。このような地域でシムルエ島付近とパダン沖には地震の空白域が示唆されており、片方のシムルエ島付近の空白域を埋めるように 2008 年 2 月の地震が発生したことが、SAR 干渉解析に基づく断層モデルから明らかになった。

(5) 2008 年 10 月 5 日 キルギスの地震 (アメリカ地質調査所による Mw6.6)

地震前後の SAR 干渉解析結果から、メカニズム解とほぼ整合する地殻変動 (東北東－西南西走向の逆断層) が検出された。

(6) 2008 年 10 月 28 日 パキスタンの地震 (アメリカ地質調査所による Mw6.4)

2 つの本震 (共に Mw6.4) を含み最大余震 (12 月 10 日 Mw5.7) を含まないデータによる SAR 干渉解析結果から、メカニズム解や余震分布とほぼ整合する地殻変動 (北西－南東走向の右横ずれ) が検出された。また、本震を含まず 12 月 10 日に発生した最大余震を含むデータによる SAR 干渉解析結果から、本震と共役な断層 (東北東－西南西方向の左横ずれ) が活動したことが推定された。

(7) 2009 年 1 月 3 日 ニューギニアの地震 (アメリカ地質調査所による Mw7.6, 7.4)

2 つの地震が発生したが、2 枚の矩形断層を組み合わせた単純なモデルでは、特に変動が現れた領域内の西の部分を SAR 干渉解析結果から推定することは困難であり、複雑な断層活動が起きたことが示唆された。

(8) 2009 年 4 月 6 日イタリア中部の地震（アメリカ地質調査所による Mw6.3）

ALOS/PALSAR ならびに ENVISAT のデータによる SAR 干渉解析結果から、北行軌道のオフナディア角 34.3° 、 41.5° による観測の両者ともに良好な干渉が得られ、地震によると考えられる地殻変動が検出された。また、オフナディア角 9.9° による緊急観測のデータによる SAR 干渉解析結果から、余効変動と思われる地殻変動が検出された。北行軌道と南行軌道のデータを合わせることで南傾斜の断層であると判断でき、Global CMT 解と SAR 干渉解析結果から長さ 20km、幅 10km、すべり量 1.1m の断層モデルが推定された。

(9) 2009 年 8 月 11 日駿河湾を震源とする地震（Mj6.5）

SAR 干渉解析結果から、ノイズレベルを超える有意な地殻変動は検出されなかった。GPS 観測（GEONET）に基づく断層モデルによると、SAR 干渉解析の衛星―地表間距離の変化の期待値は陸域では最大でも 1 cm 程度であり、これは SAR 干渉解析結果と矛盾しない。

(10) 2010 年 1 月 12 日ハイチ共和国の地震（アメリカ地質調査所による Mw7.0）

緊急観測データによる SAR 干渉解析結果から、震央近傍に最大約 70cm の地殻変動を検出した。観測データをインバージョン解析し、逆断層成分が大きいこと、傾斜約 50° の断層面上に最大約 3m のすべりを持つ 2 つ以上のアスペリティが存在することが推定された。

2. 委員会の設置、目的

地震調査研究推進本部（以下、地震本部）では、平成 17 年 8 月 30 日に「今後の重点的調査観測について ―活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とした重点的調査観測、活断層の今後の基盤的調査観測の進め方―」を策定し、この中で衛星を用いた合成開口レーダーによる面的な地殻変動観測に努めることを謳っている。

一方、平成 18 年度から、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が事務局となって、陸域観測技術衛星「だいち」を用いた防災利用実証実験が始められた。この実験を行うにあたり、内閣府及び文部科学省研究開発局は、防災関連の各府省庁、機関、有識者等の協力を得て「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」を開催した。このなかで、政府レベルの地震対策に貢献するには、地震本部と連携することが有効であるとの指摘がされた。

「だいち」の合成開口レーダーによるデータは、昼夜・天候を問わずに、面的な地殻変動を取得できるものであり、これを有効に活用することにより、今後の地震活動評価の高度化、活断層周辺の地殻変動検出等に大きく貢献するものと期待されている。

そこで、地震本部として「だいち」を用いた防災利用実証実験に参画し、防災関係機関と連携して地震活動評価の高度化のための衛星データの活用方策を検討するため、地震調査委員会の下に、衛星データ解析検討小委員会を設置することとした。

衛星データ解析検討小委員会では、収集した衛星データを用いた地震活動に関する評価を行い、分かりやすい資料を作成し、評価とともに資料を地震調査委員会に提出することが主な役割である。また、衛星データの地震活動評価への活用方策を検討するとともに、衛星データが地震活動評価の高度化にどのように役立ったかの総合的な評価も行う。

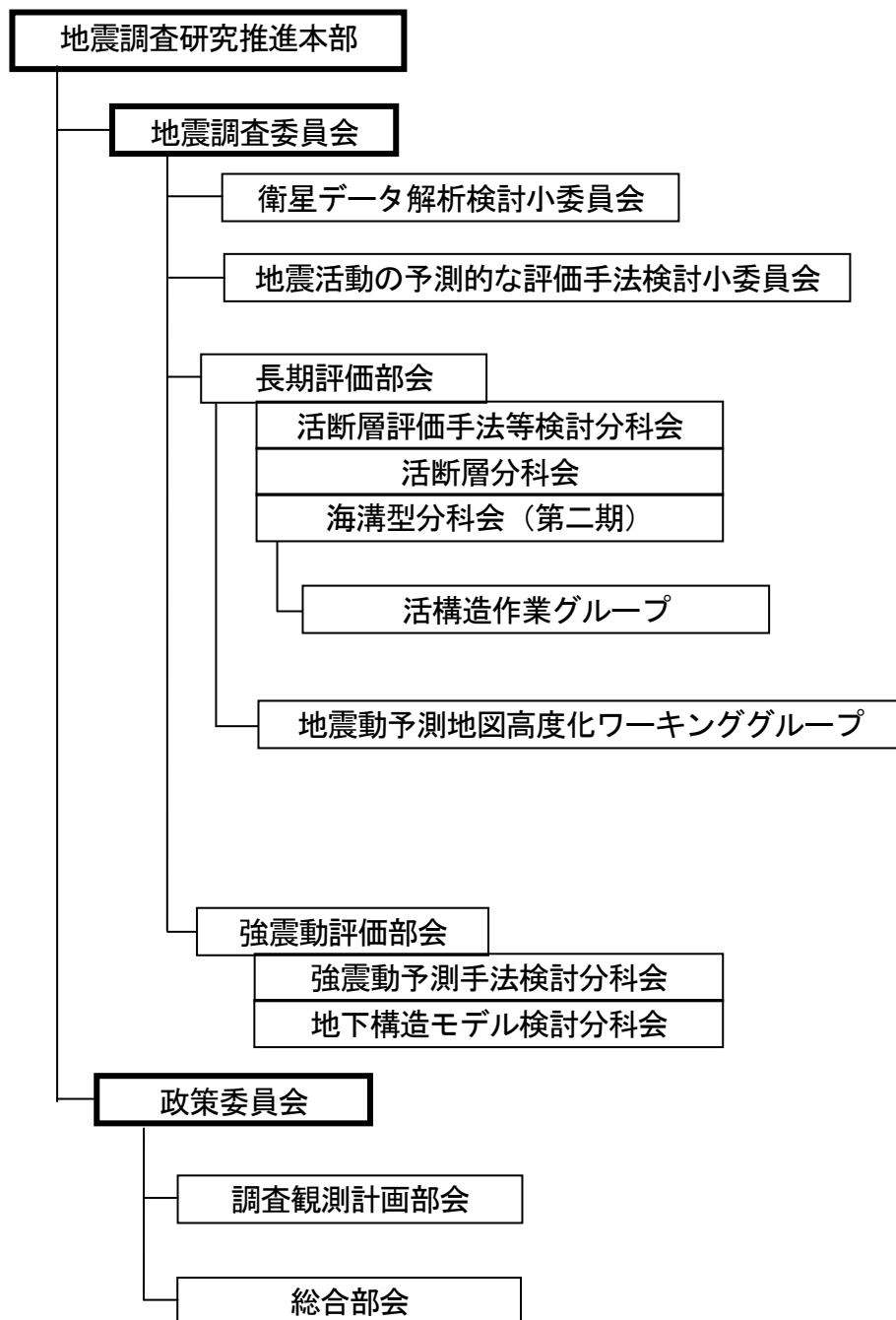
3. 委員会の構成、会議開催状況

委員会の平成 23 年 6 月 17 日現在の構成員、地震調査研究推進本部の組織図、委員会の会議開催状況を以下に示す。

衛星データ解析検討小委員会 構成員

主査	村上 亮	国立大学法人北海道大学大学院理学研究院教授
委員	青木 陽介	国立大学法人東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター助教（第 8 回～）
	安藤 忍	気象庁気象研究所地震火山研究部第三研究室主任研究官 （第 8 回～）
	浦井 稔	独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門 地質リモートセンシング研究グループ主任研究員 （第 1 回～第 3 回）
	小澤 拓	独立行政法人防災科学技術研究所火山防災研究部 主任研究員
	児玉 信介	独立行政法人産業技術総合研究所情報技術研究部門 地球観測グリッド研究グループ研究員（第 4 回～）
	島田 政信	独立行政法人宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター 研究領域リーダー
	飛田 幹男	国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室長
	橋本 学	国立大学法人京都大学防災研究所教授
	古屋 正人	国立大学法人北海道大学大学院理学研究院准教授

組織図



会議開催状況

第1回

1. 日 時 平成19年8月7日（火） 9時30分～11時30分
2. 場 所 文部科学省研究開発局 局会議室（文部科学省ビル5階）
3. 議 題
 - （1）当小委員会の議事の進め方について
 - （2）新潟県中越沖地震の解析結果について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）衛星データ解析検討小委員会の設置と防災利用実証実験について、説明があった。
 - （2）小委員会の今後の議論の進め方について、資料に基づき説明があり、議論した。
 - （3）新潟県中越沖地震の解析結果について、各機関の資料について議論し、新潟県中越沖地震に関する解析結果報告をとりまとめた。

第2回

1. 日 時 平成19年10月4日（木） 13時00分～16時20分
2. 場 所 文部科学省宇宙開発委員会会議室（文部科学省ビル4階）
3. 議 題
 - （1）当小委員会の議事の進め方について
 - （2）新潟県中越沖地震の解析結果について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）第1回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - （2）小委員会の今後の議論の進め方について議論し、とりまとめた。
 - （3）新潟県中越沖地震に関する衛星データ解析結果について、各機関の資料について議論し、「新潟県中越沖地震に関連する衛星データ解析結果報告」として、とりまとめた。

第3回

1. 日 時 平成20年2月26日（火） 14時00分～17時20分
2. 場 所 文部科学省5F6会議室（中央合同庁舎第7号館東館5階）
3. 議 題
 - （1）2007年に発生した地震の解析結果について
 - （2）当小委員会の年間活動報告について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）第2回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - （2）2007年度に発生した地震のSAR干渉解析結果について、各機関の資料について議論した。

- (3) 地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループについて、ワーキンググループ事務局から説明があった。
- (4) 災害監視衛星システム構想について、宇宙航空研究開発機構から説明があった。
- (5) 衛星データ解析検討小委員会の平成 19 年度の年間活動報告について議論し、「平成 19 年度の年間活動報告」として、とりまとめた。

第4回

- 1. 日 時 平成 20 年 6 月 4 日（水） 10 時 00 分～13 時 00 分
- 2. 場 所 文部科学省第一会議室（旧文部省庁舎 2 階）
- 3. 議 題
 - (1) 中国四川省の地震における SAR 干渉解析結果について
 - (2) 地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ報告
 - (3) その他
- 4. 議事要旨
 - (1) 第 3 回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - (2) 中国四川省で発生した地震に関する衛星データ解析結果について、各機関の資料について議論し、「中国四川省の地震に関する衛星データ解析結果報告」として、とりまとめた。
 - (3) 地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループについて、今後の観測計画について説明があり、議論した。

第5回

- 1. 日 時 平成 20 年 7 月 4 日（金） 13 時 00 分～18 時 40 分
- 2. 場 所 文部科学省 16F 1 会議室（中央合同庁舎第 7 号館東館 16 階）
- 3. 議 題
 - (1) 岩手・宮城内陸地震の SAR 干渉解析結果について
 - (2) 中国四川省の地震の SAR 干渉解析結果について
 - (3) その他
- 4. 議事要旨
 - (1) 第 4 回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - (2) 岩手・宮城内陸地震に関する衛星データ解析結果について、各機関の資料について議論し、「岩手・宮城内陸地震に関する衛星データ解析結果報告」として、とりまとめた。
 - (3) 中国四川省で発生した地震に関する衛星データ解析結果について、各機関の資料について議論し、「中国四川省の地震に関する衛星データ解析結果報告」として、とりまとめた。
 - (4) 地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループにおける、今後の観測計画について説明があり、議論した。

第6回

1. 日 時 平成 21 年 2 月 13 日（金） 13 時 00 分～17 時 40 分
2. 場 所 文部科学省 6 F 3 会議室（中央合同庁舎第 7 号館東館 6 階）
3. 議 題
 - （1）地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ報告
 - （2）平成 20 年度に発生した地震の解析結果について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）第 5 回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - （2）地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループにおける活動について、参加の各機関より報告があり、議論した。
 - （3）岩手・宮城内陸地震、中国四川省の地震及びその他の地震に関する衛星データ解析結果等について、各機関の解析結果を議論し、年間活動報告をとりまとめ、地震調査委員会に報告することとした。

第7回

1. 日 時 平成 22 年 2 月 18 日（金） 10 時 30 分～13 時 00 分
2. 場 所 文部科学省 5 F 4 会議室（中央合同庁舎第 7 号館東館 5 階）
3. 議 題
 - （1）平成 21 年度に発生した地震の解析結果について
 - （2）解析に関わる技術的課題の検討状況について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）第 6 回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - （2）平成 21 年度に発生した地震の主な解析結果について、各機関の解析結果を議論し、結果をとりまとめて地震調査委員会に報告することとした。
 - （3）衛星データ解析に関わる技術上の課題について、委員より検討状況の報告があり、議論した。
 - （4）本小委員会の来年度の活動について事務局より提案があり、了承した。

第8回

1. 日 時 平成 22 年 7 月 16 日（木） 13 時 30 分～17 時 15 分
2. 場 所 文部科学省 3 F 2 特別会議室（中央合同庁舎第 7 号館東館 3 階）
3. 議 題
 - （1）本小委員会の報告書の作成について
 - （2）解析に関わる技術的課題の検討状況について
 - （3）その他
4. 議事要旨
 - （1）第 7 回衛星データ解析検討小委員会議事要旨（案）を承認した。
 - （2）本小委員会の報告書の作成について、事務局より説明があり議論し、了承した。

- (3) 衛星データ解析に関わる技術上の課題について、委員より検討状況の報告があり、議論した。

第9回

1. 日 時 平成23年1月20日(木) 10時30分～15時15分
2. 場 所 文部科学省 5F 3特別会議室(中央合同庁舎第7号館東館5階)
3. 議 題
 - (1) 本小委員会の報告書の作成について
 - (2) その他
4. 議事要旨
 - (1) 第8回衛星データ解析検討小委員会議事要旨(案)を承認した。
 - (2) SAR 解析手法と表現方法の標準化について、飛田委員より説明があり議論した。
 - (3) 本小委員会の成果報告書の作成について、事務局より説明があり議論した。

第10回

1. 日 時 平成23年6月17日(金) 14時00分～16時50分
2. 場 所 文部科学省 16F 2会議室(中央合同庁舎第7号館東館 16階)
3. 議 題
 - (1) 本小委員会の報告書の作成について
 - (2) 東北地方太平洋沖地震の解析の情報交換と総括
 - (3) だいち観測停止への対応
 - (4) その他
4. 議事要旨
 - (1) 第9回衛星データ解析検討小委員会議事要旨(案)を承認した。
 - (2) 本小委員会の成果報告書の作成について、事務局より説明があり議論し、メーリングリスト等で修正の上承認するということで主査に一任された。
 - (3) 東北地方太平洋沖地震の解析結果について事務局、気象庁、国土地理院、防災科学技術研究所、京都大学防災研究所より説明があり、議論した。
 - (4) だいち観測停止への対応について宇宙航空研究開発機構より説明があり、議論した。
 - (5) 本小委員会の解散について、事務局より説明があり、承認した。

3. 用語集

アジマス座標

衛星進行方向に沿ってとられた座標。

アジマスシフト

散乱射点からの信号が SAR 処理に用いられたドップラー周波数とは異なる周波数を有していた為に発生する衛星進行方向（アジマス方向）の散乱点の移動。

アジマス方向

衛星の運動する方向のこと。（測地学テキスト HP より）

アセンディング軌道

北行軌道の項を参照。（97 ページ）

アロングトラック （along-track）

軌道に沿って、軌道方向という意味。

アンテナパターン

SAR アンテナから放射される電界強度の方向依存性をいい、アジマス方向のパターン（アジマスアンテナパターン）とレンジ方向のパターン（レンジパターンとかエレベーションパターンともいう）がある。

アンラップ （unwrap）

SAR により得られる変位情報は、変位に相当する位相の絶対量ではなく $-\pi \sim +\pi$ の間の値となる。実際の変位量を求めるために位相の絶対量が $-\pi \sim +\pi$ の範囲に折り畳まれている（wrap）のを元に戻す作業をいう。（測地学テキスト HP より）

衛星進行方向

アジマス方向の項を参照。（88 ページ）

欧州宇宙機関 （European Space Agency）

ヨーロッパ各国が共同で設立した、宇宙開発・研究機関のこと。

オフナディア角

衛星の鉛直直下（ナディア）方向と衛星視線方向とのなす角のこと。（GSI の HP より）

角周波数

周波数に 2π を掛け算してラジアン表現したもの。

拡張 chirp-scaling 法

ScanSAR モードで観測されたデータから SLC 画像を作成する手法の 1 つ。

画像マッチング (Image Registration)

2 つの再生画像 (SLC 画像) を干渉させる直前に行う処理で、2 つの画像のピクセル (画素) を正確に位置合わせするために、ピクセルオフセットを推定する処理。(飛田ほか (1999 より))

観測誤差

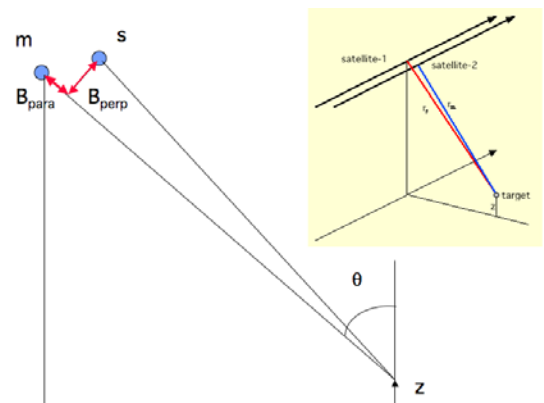
観測の際にランダムに発生する誤差のこと。SAR 干渉解析においては干渉度とサンプル数で表現される。標準偏差は、サンプル数を選択することで 30 度程度に押さえることは可能であり、これは、地殻変動量 1 cm に対応する。

干渉縞

干渉処理の際に画像に現れる縞のこと。

基線長

基線長とは、1 回目の観測と 2 回目の観測の SAR 衛星の軌道間距離にあたる。干渉 SAR では、この B よりも、その視線方向の垂直成分が重要となる。この B の視線方向に対して垂直成分を B_{perp} または垂直軌道間距離、平行成分を B_{para} と呼んでいる。干渉 SAR では、 B_{perp} が長いほど干渉が悪くなる。本報告書では、基線長とは、 B_{perp} のこと。(GSI の HP を基に作成)



軌道 (orbit)

人工衛星の軌道は、以下のケプラー (Kepler) の軌道 6 要素で完全に記述できる。①軌道長半径 ②軌道離心率 ③軌道傾斜角 ④昇交点経度 ⑤近地点引数 ⑥昇交点通過時刻。①と②で軌道の形状が③④⑤で軌道の方向が決定し、さらに⑥により任意時刻における衛星位置が決定される。(『資源・環境リモートセンシング実用シリーズ①宇宙からの地球観測』より)

軌道間距離

基線長の項を参照。(89 ページ)

軌道決定精度

軌道情報として、時刻、X, Y, Z の位置情報、 v_x , v_y , v_z の速度情報があるが、それらの決定値をいう。

軌道情報

衛星軌道データのこと。PALSAR のレベル 1.0 データには、各時間における衛星の位置および速度の情報が格納されている。

軌道補正

軌道情報に付随する誤差を、地球上に存在する基準点の位置情報等を用いて軌道決定値を更新すること。

客観解析データ

数値予報を実行するために準備される大気の初期データのこと。不規則に分布した観測データ（実測値）から規則的な三次元空間のすべての格子点での大気の状態を与えられた解析データのこと。GANAL（Global Analysis Data Set）ともいう。（気象庁 HP を基に作成）

空間勾配

空間方向の傾きのこと。

屈折率

対象とする媒体の電波伝搬速度を真空中のそれで割ったものの比のこと。電波伝搬特性を考える上で非常に重要なパラメータの一つである。

クロストラック（cross-track）

軌道進行方向に直交し、電波の照射される方向のこと。

合成開口レーダー

SAR の項を参照。（104 ページ）

光学センサー

可視領域の信号を検出することで機能するセンサーのこと。

コヒーレンス（coherence）

位相情報の推定の良し悪しの指標であり、通常 2 つの複素データの複素相関で表す。干渉度（率）ともいう。（「リモートセンシング技術研修 テキスト SAR データの特性」より）

雑音特性

SAR の受信機は受信機の温度と帯域幅の積に比例した雑音を発生する。この発生の具合をいう。

座標系

画素や物体等の位置を定めるための基準となるもの。

参照信号

SAR の映像化（高分解能化）は相関処理によって実現されるが、そのとき用いる基本信号を参照信号という。中心周波数、周波数変化率、周波数高次変化率で表現される。

散乱強度画像

後方散乱波の強度を画像化したもの。

散乱状態 (backscatter properties)

電波が散乱される地表面等の状態のこと。SAR 干渉解析においては、散乱波の位相を変化させる要因として散乱状態を考え、土壌水分や積雪の変化による誘電率の変化の他、植生の成長やラフネスの変化による微小散乱体要素の行路長の変化等に注目することが多い。散乱特性ともいう。

散乱点

SAR 画像の一つ一つを構成する電波の反射点のこと。観測対象物の構造にも寄るが数センチの間隔で分布するのが一般的である。

シーンサイズ

センサーデータは連続した帯状である、これを一定の長さに区切ったものを1シーンといい、シーンサイズとは1シーンの大きさ。PALSAR は70km 四方である。

シーン数

Path と Frame により表現される範囲（PALSAR の Strip マップモードでは約70km 四方）を1シーンと定義される。（『リモートセンシング技術研修テキスト「だいち」データ応用解析シリーズ1』より）

ジオコーディング

SAR 干渉の処理は、SAR 衛星によって得られたレーダー座標系で行い、最後に、標高データを用いて、実際の地表の座標系に変換される。この処理を、「ジオコーディング」という。（GSI のHP より）

時間基線長 (Temporal Baseline)

干渉ペアを構成する画像の撮像時期の間隔のこと。（Hanssen, R. F. (2001): Radar Interferometry, Kluwer Academic Publishers, 308p. より）

磁気赤道

南から北に向かう磁力線が地球表面に平行になる緯度をつなげたものであり、磁極が測地上の極（北極、南極）と異なる為に、磁気赤道は測地赤道とは一致しない。特に南米では南半球に大きく蛇行する。

時定数 (Time Constant)

物理現象に特徴的な時間スケール。

シャドウイング

SAR の観測において山の反対側で電波が照射されないこと。

周波数安定性

SAR の送信信号の安定性の一つ。中心周波数 (PALSAR だと 1.27GHz) が時間的にどれくらい安定なのかを示すもの。短期安定度、中期安定度、長期安定度等がある。

周波数変調

周波数を送信パルス内で時間的に変化させることをいう。ちょうど FM 放送と同じような特性を持つ。FM (Frequency Modulation) ともいう。

振幅 (amplitude)

信号の振れ幅のこと。

水蒸気遅延

地表からの高さ 20~30km 以下に集中する水蒸気の屈折率が 1 より小さく、電波伝搬速度が遅くなることで生じる電波遅延のこと。

垂直基線長

干渉ペアを構成する画像を撮像した時点の衛星の位置の差ベクトルの、マスター画像撮像時の視線方向に垂直な成分の大きさ。(Perpendicular Baseline Hanssen, R.F. (2001): Radar Interferometry, Kluwer Academic Publishers, 308p. より)

ストリップマップモード (strip-map mode)

SAR の観測モードの 1 つ。電波照射方向を固定して帯状に地表を観測するモード。

スペックル雑音

SAR 画像上で観察されるゴマ塩状のランダムな濃度のゆらぎ。光学で良く知られているスペックル (レーザのように干渉性の良い光が物体を透過したり、物体により散乱したときに生じる斑点模様) と同等のもので、SAR 画像を利用する上で大きな障害の一つ。スペックルノイズともいう。(ASTER の HP より)

スラントレンジ (slant-range)

アンテナと地表の物体との距離。または衛星視線方向のことを指す。(「ALOS データ利用ガイドブック」および「リモートセンシング技術研修 テキスト SAR データの特性」より)

スレーブ (slave)

干渉処理の過程において用いる 2 枚の画像のうち、基準でない方の画像データのこと。

相関処理 (correlation)

信号解析技術の一つであり、二つの信号（観測信号と参照信号）を時間をずらしながら積和演算することをいう。その結果、参照信号と類似の信号を抽出し、画像を高分解能化ができる。

相関低下

SAR 干渉画像の相互相関係数が小さくなること。データ取得時のセンサー間の基線ベクトル垂直成分 B_{perp} が大きい場合に生じるものを spatial decorrelation、データ取得の時間間隔が大きい場合に生じるものを temporal decorrelation という。基線長が臨界基線長より長い場合や、時間の経過による地表面の散乱特性の変化により生じる。デコリレーション (decorrelation) ともいう。

帯域幅

送信信号内に含まれる周波数の広がりのこと。最大周波数から最小周波数を引いたもの。

帯域幅分割法による成分類推法

電離層の屈折率は角速度と関係があることから SAR の信号帯域を分割し、高い周波数での干渉と低い周波数での干渉を行い、それらの差分関係から、中心周波数に於ける補正量を抽出して補正する方法。

大気遅延

電波は真空中では光速で進行するが、物質中では伝播速度が変化する。高高度の人工衛星から発射された電波は、大気中を通過する際に光速より遅い速度で伝わるため、電波は真空中の場合より遅れて地表に伝わる。この遅れを大気伝播誤差と呼ぶ。正確な位置の決定には、この誤差を補正することが必要である。特に、地表 250～400km 上空付近にある電離層を通過する場合に生ずる誤差を電離層遅延誤差と呼ぶ。（測地学分科会の建議用語集より）

だいち

ALOS の項を参照。(101 ページ)

地形陰影図

地形の傾斜を明暗で示した画像。

ディセンディング軌道

南行軌道の項を参照。(95 ページ)

デコリレーション (decorrelation)

相関低下の項を参照。

電波照射方向 (LOS: line-of-sight)

レーダー波を照射する方向。レンジ方向ともいう。

伝播性電離層擾乱 (TID: Traveling Ionospheric Disturbance)

電離層中に生じる電子密度の擾乱で、伝播性のものをいう。日本付近では、GPS 観測により中規模(波長 200~300km, 振幅約 0.4TECU)の TID が観測される。(A. Saito et al. 2002: Observations of traveling ionospheric disturbances and 3-m scale irregularities in the nighttime F-region ionosphere with the MU radar and a GPS network, Earth Planets and Space, 54, 31-44. より)

電波伝搬速度

電波が一秒間に進む距離のこと。

電波伝搬路

衛星から地表に向けて発射された電波の通過経路のこと。屈折率が場所により異なる為に直線でないのが一般的。

電離層

太陽光線によって高温加熱された大気が、電子と陽子に乖離した状態(プラズマ状態)になった層のこと。日中は地表から高さ 200km~300km を中心に発生する。

電離層異常

電離層における電子密度の異常のこと。電離層の総電子数は日周運動する。日中に増えた電子数が夜間に減少するプロセスにおいて、重量物が上に、軽量物が下にある状態がどのようにして全体が軽量状態に遷移していくかが問題となる(レーリーテラフ安定性が伴う)。このような状態ではプラズマバブルが発生して電離層の異常(密度異常)が発生する。

電離層進行(遅延)

電離層の屈折率は 1 以下であり、この影響で電波伝搬速度が速くなること。

ドップラー周波数

相対運動する二つの物体間で信号のやり取りをしたときに観測される周波数の変位のこと。

トランスポンダー

受信信号を送り返す装置のこと。SAR の特性を評価する為に用いる機器の一つ。SAR の送信信号を受信し、一定の比率で増幅した後、SAR に向けて再送信する。SAR 画像内には点

として映り、その解析により、SAR 特性の評価や SAR 画像の校正を行うことができる。

南行軌道

衛星が南に向かっていく軌道のこと。SAR 衛星は、直下ではなく、ななめ下を観測しており、ALOS の場合、衛星が東側から観測する軌道のこと。ディセンディング (Descending) 軌道、下降軌道ともいう。

二次元インパルス応答 (Two-dimensional impulse response)

インパルス応答とは時間的幅が無限小で高さが無限大のパルス (インパルス) と呼ばれる非常に短い信号を入力した時のシステムの出力のことで、これを 2 次元 (面的) に行うこと。

入射角 (incidence angle)

地表散乱面に入射するビームと地表と直角の法線のなす角度のこと。(『リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎』より)

バースト (burst)

電波照射方向一定での数百回のパルス照射をすること。

バーストオーバーラップ

ScanSAR-ScanSAR 干渉解析における干渉条件の 1 つ。干渉処理を行う 2 つの ScanSAR 画像に関するバーストの重なる割合。バーストオーバーラップが 0% の場合には、原理的に干渉を得ることができない。

パス (path)

極軌道衛星で取得されるデータの 1 シーン当たりの位置を特定するための呼称。通常、東から西へ並ぶ縦の線をパス、北から南へ並ぶ横の線をロウという。回帰日数など衛星の軌道要素に依存するため、衛星ごとに位置関係は異なる。(ASTER の HP より)

バブル

電離層の減少時に発生するプラズマの変動のこと。

パルス幅

SAR は一定の時間幅の信号を間歇的に発射するが、この時間幅のことをパルス幅という。

反射係数

入射した信号をある方向に反射する率のこと。

反射電力 (The reflected power)

反射強度もしくは後方散乱強度のこと。マイクロ波の入射角や対象物表面の誘電率や表

面の状態によってその強さは異なる。

ピクセル

デジタル画像を構成する単位。ピクセルの大きさは、使用したデータ自体の分解能や解析手法の違いによって異なるので、一概には言えないが、「だいち（ALOS）」の高分解モードのデータを詳細に解析した場合は、1 ピクセルの大きさがおよそ 20 メートル。このピクセルの色が、だいたい 5 個以上連続して周辺の色と異なっている場合は、何らかの変化が見えていると言える。（GSI の HP を基に作成）

ピクセルオフセット

SAR 画像は、未補正画像、複素画像、振幅画像で代表されるが、このうち一定の時間を隔てた同じ場所の振幅画像を相関処理をしたときに得られるピクセル毎の位置変化量（レンジ、アジマス方向の成分を持つ）のことで、この二つをあわせてピクセルオフセットという。

ピクセルオフセット解析

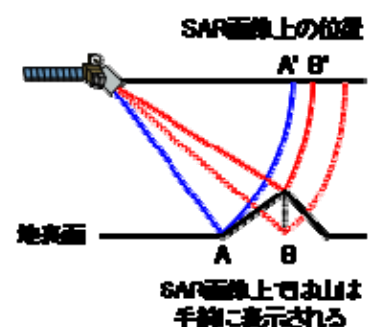
2 枚の SAR 振幅画像中の画素の位置のずれ（ピクセルオフセット）から地殻変動分布を抽出する解析。精度は SAR 干渉解析より劣るが、コヒーレンスがなくても地殻変動計測が可能。InSAR と同様に衛星-地表間の距離（レンジ）変化の他、衛星の進行方向（アジマス方向）の地殻変動成分も得られる。ピクセルオフセットは、矩形窓内の相互相関係数分布を計算しそのピーク位置から求める。

フィルタリング（filtering）

画像には X, Y であらわされる濃淡の集合である画像空間領域と縞模様など周波数をもつ空間周波数領域がある。これらには原画像の雑音やボケの要因を含んでいることがあり、何らかのフィルタ関数を当てはめることで原画像を改良する手法のことである。（『新板 フォトショップによる衛星画像解析の基礎』より）

フォアショートニング

電波の照射方向に向いている斜面が、SAR 画像上では実際の地表面の位置よりも手前（衛星に近い方向）にずれて表示されること。（GSI の HP より）



複素画像（single complex image）

レンジ圧縮、アジマス圧縮といった画像再生処理後の画像で、実部と虚部のデータが格納されている。複素データのため各画素位置におけるマイクロ波散乱強度のほか位相情報もデータとして保持している。各画素の位置はスラントレンジ上の配置となっている。（『リモートセンシング技術研修 テキスト SAR による観測』より）

ブランチカット法 (Branch Cut method)

位相アンラッピングの手法のひとつ。ラップされた画像において、任意の開始点から隣り合う点との位相差を計算し、順番に位相を繋いでいく方法。ただし、積分経路に依存するため、全面くまなく干渉している場合は精度よくアンラップ処理ができるが、低コヒーレンスなどによる位相不連続の場合には影響を強く受ける。この解決方法としては不連続箇所にはカットを入れる方法があるが、適切なカットを入れるのは難しい。(R. M. Goldstein et al. (1988) または D. C. Ghiglia (1998) 「Two-Dimensional Phase Unwrapping」 p. 103 より)

プリプロセッサ

一般に、あるソフトウェアによる処理を実行する前に、データ入力やデータ整形などの準備的な処理を行うソフトウェアのことを示す。ScanSAR データに Full-Aperture 法を適用する場合には、プリプロセッサでデータ配列を再配置することによって、ストリップマップデータと同じ処理で SLC 画像を作成する。

フルアパチャー法 (Full-Aperture 法)

ScanSAR モードで観測されたデータから SLC 画像を作成する手法の 1 つ。

フレーム

ALOS のデータは RSP (計画立案座標系) により定義されているが、衛星の南行軌道に平行な Path (1-671) の軌跡を等間隔に区分したその範囲。データ検索の際、この Path と Frame により特定の場所を指定する。(『Frame リモートセンシング技術研修テキスト「だいち」データ応用解析シリーズ1』より)

平行成層

3 次元的に広がる大気について考えてみたとき、高さ方向にも、水平方向にも気流の流れ、気圧の勾配等があるが、問題を単純化して、変化は高さ方向だけにあるとした考え方。

変動縞

干渉処理した後に現れる縞の内、軌道や地形以外の要因でできる縞のこと。

防災利用実証実験地震ワーキンググループ

陸域観測技術衛星「だいち」の防災利用に関するニーズの把握、利用促進、次期地球観測衛星の開発・運用に関する検討を目的とした防災利用実証実験における、地震災害に関するワーキンググループ。

北行軌道

衛星が北に向かっていく軌道のこと。SAR 衛星は、直下ではなく、ななめ下を観測しており、ALOS の場合、衛星が西側から観測する軌道のこと。アセンディング (Ascending) 軌道ともいう。

マスター (master)

干渉処理の過程において使用する 2 枚の画像のうち、基準となる画像データのこと。

マスタ軌道 (master orbit)

マスター画像が撮像された際の軌道情報を指す。

マルチルック処理 (multilook processing)

合成開口をいくつかの独立したサブ開口に分割して、各々の画像生成を行う処理。『リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎』より)

メルカトル図法

地図投影法の 1 つ。地球を円筒に投影して示した等角図法。

ヤングの実験 (Young's Double Slit Interferometer)

19 世紀初頭にイギリスの科学者ヤングが行った実験で、光が波であり干渉をするという性質を証明した実験。

臨界基線長 (critical baseline)

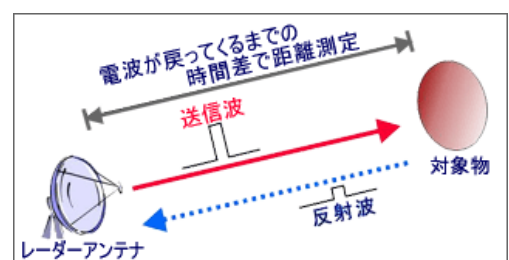
SAR 干渉画像が得られる基線ベクトル垂直成分 B_{perp} の最大値。Spatial decorrelation により、 B_{perp} が 0 から臨界基線長まで変わるとき、相互相関係数は線形に減少し 0 に至る。実際の干渉画像の場合でも、 B_{perp} が大きくなるにつれてコヒーレンスが低下するが、低下の度合いはより急激で臨界基線長の数分の 1 でコヒーレンスがなくなる。臨界基線長はマイクロ波の波長に比例するため、L バンド等の長波長の臨界基線長は大きく、他の条件が同じであれば、長波長の干渉画像の方がコヒーレンスが高い。

ルック数

ノイズの低減や画像サイズの縮小等を目的として、隣接するピクセルの値を足し合わせて 1 ピクセルの値とする処理をマルチルック処理と呼び、その足し合わせる画素数をルック数と呼ぶ。一般には、「レンジ方向に 2 ルック、アジマス方向に 3 ルック」のように、レンジ・アジマス方向の画素数に分けて述べられる。本来は、SAR 画像再生処理において、合成開口長を分割して作成した画像を重ね合わせる処理をマルチルック処理と呼び（スプリットルック処理とも呼ばれる）、その分割数について「ルック数」は用いられるが、SAR 干渉解析においては、一般に、前述の意味で用いられる。

レーダー (RADAR : RADio Detection and Ranging)

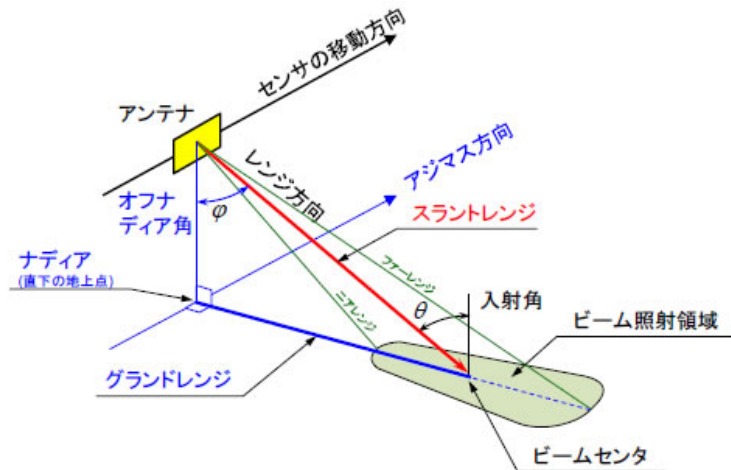
アンテナから電波を発射し、観測する対象物に当たって反射された電波を観測する技術のこと。反射された電波の強さから、対象物の大きさや表面の性質がわかる。また、電波が戻ってくるまでの時間を測定する



ことで、対象物までのおおまかな距離も測定できる。(GSI の HP を基に作成)

レンジ方向

飛翔体の運動する方向に直交する方向のこと。(測地学テキスト HP より)



<http://www.naruto-u.ac.jp/~ito/grad-research/2002f-year/student-m/web/lsyou.htm> より

レーダー特性

SAR の特性のことで、中心周波数、帯域幅、パルス幅、周波数変調等の総称である。

レーダ座標系 (radar coordinate)

衛星の進行方向 (azimuth) と進行方向と直角なマイクロ波照射方向 (range) で示される座標系のこと。衛星進行 (時刻の進む) 方向を正、マイクロ波照射域のアンテナに近い側のニアレンジ (near-range) から、遠い側のファールレンジ (far-range) 方向を正とする。

(『リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎』より)

レイオーバー

SAR は斜め方向に、距離毎に映像化を行うもので、高い標高点は距離が短く、低い標高点は距離が長いという特性を持つ。その為に、急峻な山頂は麓の谷よりも SAR に近く映像化されるという現象が発生する。この現象をレイオーバーという。この場合、谷の画像は使用できない。

レイトレーシング

SAR と地表の散乱点の間の電波の実際の伝搬経路を求めること。その間には様々な屈折率を有した媒体 (プラズマバブル、水蒸気層、電離層) があり、一意に伝搬経路を見いだすのは困難である。一つの解決方法は、SAR から一定の方向に発射された光がどの経路を通るか、それが散乱点を通過するかを計算する。もしも通過すればその経路は正しい、そうでなければ次の方向からの光を考える。このような手順を次々と行い、全ての方向について考えていく。

レンジ・ドップラー

SAR の未補正データを映像化するときの基本概念であり、地表に存在する個々の散乱点と SAR との関係が、距離（レンジ）とドップラー周波数（ドップラー）の二つのパラメータで一意に記述できる為に、この名前がついた。

レンジ座標

電波の伝搬方向に沿って定義された座標系。

レンジシフト

SAR と地表の散乱点の間の電波の伝搬を考えたとき、散乱点の標高が近隣の散乱点よりも高ければ、衛星からのレンジが短くなり、散乱点は衛星直下点に近づく傾向を示す。これをレンジシフトという。

レンジードップラー法

SAR の生データから SLC 画像を作成する方法の 1 つ。

レンジ方向

電波照射方向の項を参照。(94 ページ)

レンジング

SAR で観測対象物との距離を計測すること。実際は、SAR 画像のアドレスから距離に換算すること。

2.5 次元変位場

人工衛星を利用した SAR 観測の場合、同一地域を上昇（北行）軌道と下降（南行）軌道からの 2 方向から観測を行うことができる。それぞれの軌道からの観測データで作成した干渉 SAR 画像を組み合わせることによって、地表のある地点において衛星の視線方向が張る平面（衛星視線方向面）上の変位成分を求めることができる。地表の各地点（2 次元的に分布）について視線方向面上の変位（2 次元成分）を得られる。（測地学テキストより）

3 種類の気象データ (p, T, e)

p, T, e はそれぞれ、気圧、気温、相対湿度である。

6 軌道要素

人工衛星が飛行している軌道の形、および軌道上における衛星の位置を表す 6 つの変数。軌道長半径（一般に軌道は楕円）、離心率（真円からのズレ）、軌道傾斜角（赤道面に対する軌道面の傾き）、昇交点赤経（軌道面が赤道と交差する位置での軌道面の傾きの方向）、近地点引数（楕円軌道上で地球に最も近い位置で、昇交点からの角度）、近点離角（ある時刻における衛星の軌道上の位置での近地点からの角度）の 6 つ。

ALOS (Advanced Land Observing Satellite)

陸域観測技術衛星「だいち」のこと。ALOS は、世界最大級の地球観測衛星。地球資源衛星 1 号「ふよう」(JERS-1) と地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS) の開発と運用によって蓄積された技術をさらに高性能化したもので、地図作成、地域観測、災害状況把握、資源調査などへの貢献が目的である。観測機器としては、標高など地表の地形データを読みとる「パナクロマチック立体視センサ (PRISM)」、土地の表面の状態や利用状況を知るための「高性能可視近赤外放射計 2 型 (AVNIR-2)」、昼夜・天候によらず陸地の観測が可能な「フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダ (PALSAR)」の 3 つの地球観測センサを搭載し、詳しく陸地の状態を観測する機能を持っている。(JAXA の HP を基に作成)



図 ALOS (だいち)



図 ALOS-2

ALOS-2 (Advanced Land Observing Satellite-2)

陸域観測技術衛星 2 号 (ALOS-2) は、現在運用中の「だいち」の後継機となるレーダー衛星。地図作成・地域観測・災害状況把握・資源探査の幅広い分野で利用され、「だいち」のミッションを発展的に引き継ぐ。ALOS-2 では、「だいち」の PALSAR と比べ、新たな観測モード (スポットライトモード) を追加し、1~3m の分解能を目指す。さらに左右観測機能をもたせることに加えて、観測可能領域を向上 (870km→2,320km) させることで、迅速に観測できる範囲を 3 倍程度にまで広げ、観測頻度を向上させる。(JAXA の HP を基に作成)

Bpara

基線長の項を参照。(89 ページ)

Bperp

基線長の項を参照。(89 ページ)

DEM (Digital Elevation Model)

標高をデジタル数値で表したデータ。日本では、国土地理院の 50 メートルメッシュの標高データが全国をカバーしており、現在の干渉 SAR による地表変動検出に十分な分解能と精度を持っている。数値標高モデルや数値地形モデル (DTM; Digital Terrain Model)

と呼ばれることがある。(RESTEC と GSI の HP を基に作成)

Envisat/ASAR (Environmental Satellite/Advanced Synthetic Aperture Radar)

Envisat は、ERS-1/2 の後継機として開発された。2002 年に打ち上げ。高度約 800km、周期約 100.6 分、回帰日数 35 日。環境観測衛星ともいう。

ASAR は、ERS 搭載の AMI を継承したフェーズド・アレイ方式の合成開口レーダ。ENVISAT に搭載される。周波数 5.33GHz。5 種類のモードがあり、分解能はモードによって 30m～1 km。

(RESTEC の HP より)

ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center)

財団法人 資源・環境観測解析センターの英語名の略称。ERSDAC は、人工衛星からの資源遠隔探知技術及び環境観測技術（以下「資源・環境リモートセンシング技術」という）に関して、研究開発、調査研究、普及啓発、内外機関等との交流および協力の事業を行う。

(財団法人 資源・環境観測解析センターの HP を基に作成)

ESA (European Space Agency)

欧州宇宙機関の項を参照。

FBS (Fine Beam Single Polarization)

PALSAR のストリップマップモードの 1 つ。28MHz の帯域幅を持つチャープ信号を用いて観測する。照射、受信する偏波の数は 1 つ。

FM (Frequency Modulation)

周波数変調の項を参照。(92 ページ)

Full-Aperture 法

ScanSAR モードで観測されたデータから SLC 画像を作成する手法の 1 つ。

G&W フィルター

Goldstein and Werner(1998)が考え出したフィルターで、フィルタリングは干渉画像上を走査・移動する窓内を順次フィルタリングするもので自己周波数スペクトラムを重み関数とする平滑化フィルターである。

GPS (Global Positioning System)

地上高約 20,000km の高度を航行する GPS 衛星からの電波を地上で受信し、三次元的位置と時刻を正確に計測するシステム。地殻変動計測には干渉測位と呼ばれる電波の位相を用いた相対測位法が用いられる。汎地球測位システムともいう。(測地学分科会の建議用語集より)

GPS-TEC

GPS 衛星と受信機間の電子密度の総数（全電子数：Total Electron Content [TEC]）。GPS 受信機の観測データを用いて算出される。GPS データとしては国土地理院が日本国内約 1,400 地点に展開している GEONET のデータを主に用いている。

GPS 速度場 （GPS Velocity Field）

GPS 観測により検出される地殻変動速度場。

InSAR （Interferometric Synthetic Aperture Radar）

SAR 干渉解析の項を参照。

JAXA （Japan Aerospace Exploration Agency）

独立行政法人宇宙航空研究開発機構のこと。（JAXA の HP より）

JERS-1 （Japanese Earth Resources Satellite-1）

地球資源衛星「ふよう 1 号」（JERS-1）のこと。これは、全陸域のデータを取得し、資源探査を主目的に、国土調査、農林漁業、環境保全、防災、沿岸監視等の観測を行うことを目的とした地球観測衛星。ふよう 1 号には高精度観測を行うため、能動型の電波センサである合成開口レーダ（SAR）及び可視光から短波長赤外域までの地表面からの反射光を観測する光学センサ（OPS）を搭載している。衛星は 1992 年に打ち上げられ、1998 年 10 月 12 日にその運用を終了した。（JAXA の HP を基に作成）

METI （Ministry of Economy, Trade and Industry）

経済産業省の英語名の略称。

NASA （the National Aeronautics and Space Administration）

アメリカ航空宇宙局のこと。アメリカ合衆国政府内における宇宙開発に関わる計画を担当する連邦機関。

PALSAR （Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar）

ALOS に搭載された合成開口レーダ。高分解能モードと高観測幅モードを持ち、オフナディア角を変化させることができる。フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダともいう。（RESTEC の HP より）

PCG 法 （Preconditioned Conjugate Gradient method）

位相アンラッピングの手法のひとつ。重み付最小二乗アルゴリズムによるアンラッピング値を決定していく方法。やや厳密性に欠けるが、低コヒーレンスの場合でも連続的に案ラッピングすることが可能。（L. Adams (1985) または D. C. Ghilia (1998) 「Two-Dimensional Phase Unwrapping」 p. 223 より）

PSInSAR (Permanent Scatterer InSAR)

PS-InSAR の PS とは恒久散乱体のこと。砂地などではなく、ビルのような反射の位相が非常に安定なターゲットである恒久散乱体を含むピクセル候補の値のみを用いて SAR 干渉処理を行う。PS-InSAR の特徴は、データ量を減らすことができること、20 枚以上の画像を一気に使って一種の重ね合わせを行い、それらを位相モデルに当てはめ、DEM の補正量や変形量などを同時に推定すること、時系列情報の推定が可能であることである。

PS-InSAR では、標準的な InSAR と同じように空間パターンで画像が出るだけでなく、各ピクセルごとの時系列の変化が得られる。(古屋正人 (2007) : “JERS SAR による伊豆大島火山の地殻変動と数値地図の同時推定および ALOS SAR による検証” より)

RARR (Range and Range Rate)

地上から衛星に対して打ち上げる S-band 信号を衛星搭載のトランスポンダーで増幅し、折り返して地上に再送信するが、地上で受信した信号の時間遅れから距離を、ドップラー周波数から速度を算出する。これを複数軌道にわたって、モデルとあわせて時間解析することで衛星位置、速度を算出する方法。(東京大学地震研究所ニュースレター2007 年 1 月号、2-5 より)

RESTEC (Remote Sensing Technology Center of Japan)

財団法人リモート・センシング技術センターの英語略称。同財団は、「人工衛星等を利用して、地球の資源、現象等について探査するリモートセンシングに関する基礎的かつ総合的研究開発を行うとともに、リモートセンシングその他の宇宙開発利用に関する普及啓発を行い、もって社会経済の発展及び国民福祉の向上に寄与する」ことを目的として、昭和 50 年 8 月に設立された。(RESTEC の HP より)

RSP (Reference System for Planning)

計画立案した座標系のこと。

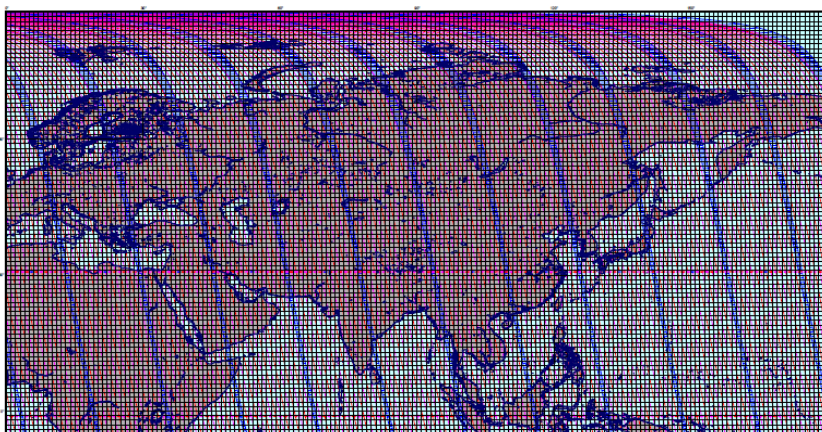


図 RSP の例 (アセンディング、東経 0-180° 北緯 0-90°、EORC の HP より)

SAR (Synthetic Aperture Radar)

飛翔体 (人工衛星や飛行機など) が移動しながら電波を送受信して、大きな開口を持つ

たアンテナの場合と等価な画像が得られるように、人工的に「開口」を「合成」するレーダーのこと。リモートセンシングセンサの一種。人工衛星や航空機が移動しながら搭載したセンサから地上に向けてマイクロ波を照射し、その反射波を次々と合成処理することにより、その軌道上に仮想の巨大アンテナがあるのと同様な高分解能の画像が得られるようにするレーダーシステム。合成開口レーダーともいう。(GSI の HP を基に作成)

SAR 干渉解析

地表の同一の場所に対して 2 回の SAR 観測を実施し、それらを干渉させて差をとることによって、このわずかな距離差の情報を得ること。地表の変動は 3 次元（東西、南北、上下）だが、干渉 SAR が観測できるのは、衛星視線方向の 1 次元なので 1 つの SAR 干渉画像だけでは、地表がどちらの向きに動いたかを判別することはできない。InSAR、SAR 干渉処理ともいう。(GSI の HP を基に作成)

SBAS (Small Baseline Subset)

多数の SAR 画像から垂直および時間基線長の短いペアを構成し、干渉処理を行い、干渉性の高いピクセルを抽出して、時間変化を検出する方法。(Berardino et al. (2002), IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 40, 2375-2383. より)

ScanSAR

可変ルック角の機能を利用した SAR であり、災害観測、広い地域の同時観測、変化の早い海洋観測等、分解能とルック数を多少犠牲にしても走査巾を広くする目的で考えられたもの。原理は、合成開口長 L を n 分割 (n スキャン) して分割毎にルック角を変更し、隣接する走査域を観測するものである。ルック角の変更（アンテナビームの切り替え）は、電子的に位相を変えて行うので瞬間的に実施できる。(ASTER の HP より)

SEASAT-SAR

SEASAT は、1978 年 6 月 27 日に打上げられた米国の実験海洋探査衛星。打ち上げの目的は以下の 3 つである。SAR を搭載した初めての衛星。

- (1) 衛星による海洋学的現象のグローバルモニタリングのフィージビリティの実証
- (2) オペレーショナルな海洋リモートセンシング衛星システムに対する要求条件の決定への支援
- (3) 海面風、海面温度、波高、内部波、大気中水分、海氷特性、海面トポグラフィのデータの収集

(RESTEC、ASTER の HP を基に作成)

SLC 画像 (Single Look Complex)

合成開口レーダ(SAR)の画像フォーマットのひとつで、画像として認識できる振幅の情報に加え、位相の情報もあわせもつデータ（複素データ）のこと。通常、SAR の干渉処理(InSAR)には、この SLC フォーマットのデータが使用される。(リモートセンシング用語集 HP より)

Specan 法 (SPECTral Analysis 法)

SAR の映像化の方法は多岐にわたるが、特にアジマス方向については、相関法と Specan 法に二分される。SAR と散乱点との送受信された信号は、合成開口時間内 (PALSAR では約 3 秒) ではドップラー周波数とその時間変化 (ドップラーチャーププレート) で表現される。相関処理では、この特性を参照信号として、受信信号と積和演算して映像化するが、Specan 法では、この参照信号のうちのドップラーチャーププレートに依存する部分だけを取り出し受信信号にあらかじめ掛け算し、ドップラー周波数がアジマス距離に依存するようにする。次に周波数領域に変換して映像化する。相関処理では参照関数が、最終出力画像の無効領域になるのに対して、Specan 処理には無効領域がないことや処理時間が短いことが利点である。Specan は Full-De-ramp 処理ともいわれ、1978 年の打ち上げの SeSAT 高度計のレンジ圧縮処理で既に用いられている。

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

シャトルに搭載される合成開口レーダーを用いたリモートセンシング技術により、地表のレーダー画像を取得する装置。(JAXA の HP より)

SIFFT 法 (Small IFFT)

ScanSAR モードで観測されたデータから SLC 画像を作成する手法の 1 つ。

Swath

センサーが地表面を観測する幅。観測幅ともいう。

WGS84 (World Geodetic System 1984)

世界測地系の代表的なひとつ。GPS 測量で算出される座標値は、一般的に WGS84 座標系で表される。WGS84 座標系と ITRF 座標系はともに地球中心の座標系である。WGS84 はこれまでに数回の改訂を行っており、その都度 ITRF 系に接近し現在はほとんど同一のものとして扱っても問題なく、実用上の違いはない。(GSI の HP を基に作成)