

## 合成開口レーダのリフレクターによる位相安定性の検討

国際航業株式会社 正会員 佐藤渉 非会員 本田謙一, 引地慶多, 佐藤匠  
鹿島建設(株) 正会員 川野健一, 永谷英基

### 1. はじめに

人工衛星に搭載された合成開口レーダ(以下, SAR)による変位計測技術は, 広範囲を面的に計測することができるほか, 計測機器を設置する必要が無いため, 衛星観測データがあれば過去に遡って計測できるなどの利点がある. この技術は地震時の地殻変動解析に用いられているほか, 揚水による地盤沈下調査への活用も進められている<sup>1)2)</sup>.

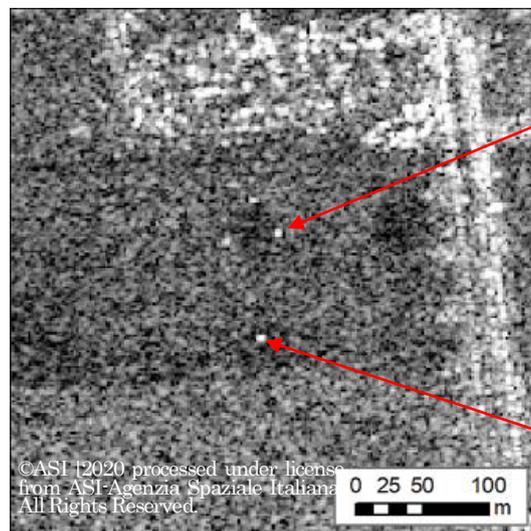
近年では, さらに対象を限定し大規模構造物<sup>3)</sup>や市街地での地盤変状監視などへの活用も期待されている. しかし, SAR データは, 広域の変動を検知できるものの, その解析結果には様々なノイズが含まれる. また, 人工構造物はマイクロ波を強く反射するものの, 駐車場やグラウンドなどの平坦地はマイクロ波の反射が弱く, 変位の計測が困難となる. そのようなとき, 位置や計測変位の精度向上のため, 安定的に観測できる恒久散乱点として専用のリフレクター(反射板)が用いられる<sup>4)</sup>. そこで本研究では, 建造物の屋上にリフレクターを固定し, 複数回の観測を行うことで SAR の位相安定性を検証し, 変位計測精度の分析を行った.

### 3. リフレクターの設置による位相の安定性の検討

#### (1) リフレクター形状の検討

今回対象とする Xband SAR である COSMO-SkyMed のためのリフレクターは伊藤ら(2008)<sup>5)</sup>を参考にして一辺 30 cm の四角三面リフレクターとした.

リフレクターは長期間固定するために, 雨や風の影響を軽減することが求められる. そこで, 穴の無い鉄板と穴あきのステンレス板から同形状のリフレクターを作成し, 反射強度の差を検討した(図 1). 検討の結果, 穴あきステンレス板でも反射強度に差は見られなかったため, 穴あきステンレス板を用いた一辺 30 cm の四角三面リフレクターを採用した.



COSMO-SkyMed10/14

AM5:20 観測画像



穴なし鉄板



穴あきステンレス板

図1 リフレクター形状の検討

#### (2) 固定したリフレクターによる位相のばらつきを検討

作成したリフレクターを 5 階建て鉄筋造建物の屋上 4 隅に固定し, 月に 1 回の頻度で COSMO-SkyMed で観測を行った. 設置後, 現在までに 12 月~2 月の 3 カ月のデータが得られた. 衛星画像からは, 屋上の 4 隅で強い反射強度が得られており, 良好なデータが得られた.

### 4. 解析結果

3 時期の衛星画像から干渉処理を行い位相差を算出した. 選点はリフレクターの効果によって強度が強い点の周囲 4 ピクセルについて位相差を抽出した. さらにリフレクターの無い場合の位相の比較のため, 屋上のリフレクターが設置されていない位置にある, 強度の弱い点についても同様に値を抽出した. 位相の値を抽出した結果のグラフを図 3 に示す.

位相の基準は 12 月 19 日観測画像とし, 位相のゼロ点は基準点 K-1 の画素のうち最も強度の強い K-1\_3 を設定した. K-1\_3 に対する相対位相差を各点で算出した. 位相は,  $2\pi$  radian を COSMO-SkyMed の波長である 15.5 mm に換算して評価した.

キーワード: 地盤変状モニタリング, 衛星 SAR, COSMO-SkyMed, 干渉 SAR 解析

連絡先: 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業株式会社 TEL:042-307-7211

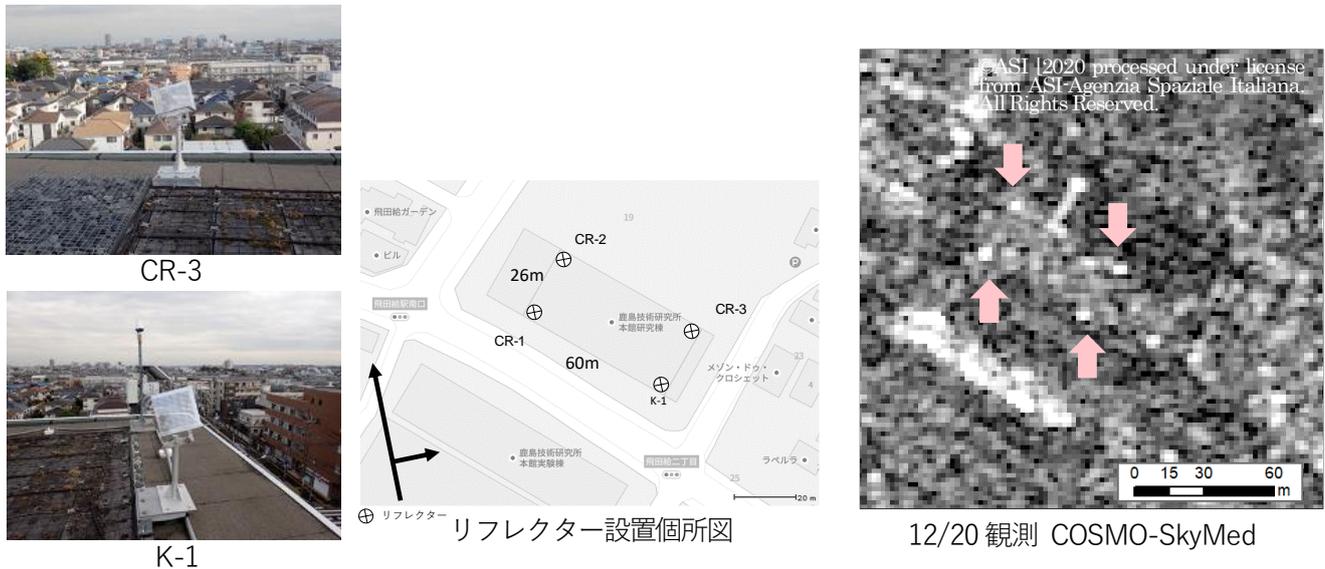
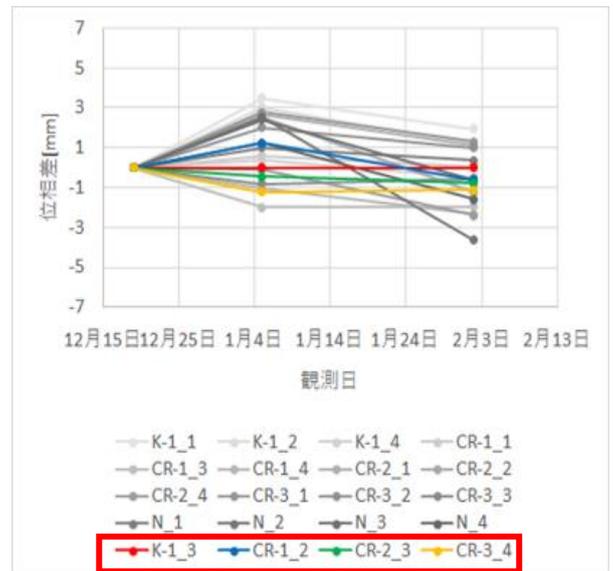


図2 リフレクターの設置と観測結果

解析の結果(表 1)より位相のばらつきは観測するマイクロ波の波長 (Xband では 15.5 mm) の 1 割程度という経験的評価の裏付けられる数値が得られた。また、リフレクターにより反射強度が強くなると RMSE が半分程度になるという結果を得ることができた。全体的にも反射強度が強いほどばらつきが小さくなることが確認でき、リフレクターは変位基点として良好な特性を示すことが分かった。

表 1 全点とリフレクターの強反射地点の RMSE の比較

RMSE [mm]	1 月 5 日	2 月 2 日
全点	1.93	1.53
CR3 点 (強反射)	1.04	0.86



赤枠：4 点中最も強度の強い点

図3 位相のばらつき

## 5. まとめ

本研究では、リフレクターの構造を検討し、四角三面の穴あきステンレス板によるリフレクターを作成した。また、建築物屋上にリフレクターを 4 か所設置し位相の安定性を評価し、位相の 1 割程度のばらつきであることを確認した。

今後、観測を継続すると共に、強制変位を与えて、変位の感度についても分析を続けていく。

## 参考文献

- 1) 佐藤弘行・佐々木隆・金銅将史・小堀俊秀・小野寺葵・山口嘉一・佐藤渉・虫明成生・本田謙一:ALOS/PALSAR データを用いた時系列干渉 SAR 解析による 5 基のロックフィルダムの外部変形計測, 土木学会論文集 F3(土木情報学), 73 巻(2017)1号, pp 1-14.
- 2) 『地盤沈下等における衛星活用マニュアル』(環境省平成 29 年 5 月), <https://www.env.go.jp/press/104084.html>, 2021 年 3 月 19 日アクセス.
- 3) 佐藤弘行・石川亮太郎・金銅将史:衛星 SAR データを活用した貯水池周辺斜面の変動領域の抽出に関する検討, 2019 年度土木学会全国大会 第 74 回年次学術講演会.
- 4) M. Crosetto, J. A. Gili, O. Monserrat, M. Cuevas-Gonzalez, J. Corominas, and D. Serral: Interferometric SAR monitoring of the Vallcebre landslide (Spain) using corner reflectors, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol.13, pp.923–933, 2013.
- 5) 伊藤陽介, 山本学 - 鳴門教育大学研究紀要, 2008.