

撮影方向の異なる ALOS-2 データを用いた道路陥没周辺の地盤沈下の分析

日大生産工(院) ○渡邊 淳太

日大生産工 野中 崇志

日大生産工 朝香 智仁

1. まえがき

令和7年1月に埼玉県八潮市で下水道管の破裂が原因とされる道路陥没が発生した。この事件をきっかけに、千葉県における道路陥没を調査したところ、同年2月にわたり陥没するといった類似の事例が見られた。この背景を踏まえ、本研究では地球観測衛星ALOS-2に搭載されているLバンドのSAR(synthetic aperture rader, SAR)センサであるPALSAR-2データを使用し、干渉SAR時系列解析により道路陥没の前兆を捉えられるかどうかの知見を得ることを目的とする。既往研究¹⁾では、SBAS(Small Baseline Subset)法は変動の傾向を面的に把握する上で有効であるものの、画素サイズが大きいことから、局所的な地盤変動を推定する上で不向きである。一方、PSInSAR(Permanent Scatterer InSAR)は、恒久的な散乱点を対象としているため、特定の箇所で、より精度の高い変位速度を得られる有効な解析手法であることが示唆されている。本研究では、PSInSAR解析により地盤変位速度の推定を行うとともに、道路陥没が発生した箇所の周辺の地盤変位量について、定性的及び定量的な分析を行う。

2. 解析サイトと使用データ

本研究の解析サイト(白枠は使用した衛星のフットプリント)をFig.1に示す。PSInSAR解析は図中の黄色枠で解析を行った。使用したSARデータの詳細は、ALOS-2の高分解モード(解像度3m)で軌道方向は下降軌道(Descending, 以降DS)および上昇軌道(Ascending, 以降AS)である。撮影方向は進行方向に対して右側を撮影しており、撮影角度はDSでは約33度、ASは約29度である。使用データは、DSは2021年11月から2025年6月の29枚、ASでは2022年3月から2024年7月の25枚であり、撮影間隔はどちらも約1か月毎とした。また、解析によって推定したオフセットの補正を行うため、市川、大網白里、長生、千葉大原の4地点(Fig.1)の電子基準点データを使用した²⁾。

3. 解析手法

本研究では地盤変位速度を推定するため、差分干渉SAR(Differential Interferometric SAR, DInSAR)解析を行う。その中でも恒久的な散乱点を特定し、それを用いて解析範囲内の変位を推定するPSInSARを行う。PSInSAR解析のフローチャートをFig.2に示す。まず、マスター画像、スレーブ画像を自動的に選定し、データの干渉ペアを定義するコネクショングラフを作成する。次に、条件を満たす組み合わせの干渉画像を作成する。その後、多時期の位相情報から高さや速度を推定し、基準となるPS点を自動的に選定する。位相アンラッピング処理後、大気の影響を除去し、視線方向の変位速度を推定し、ジオコーディング(座標付与)を行う。併せて、線形近似の良し悪しを示す時間的コヒーレンスを推定する。本解析では、コヒーレンスの閾値を0.75に設定した。

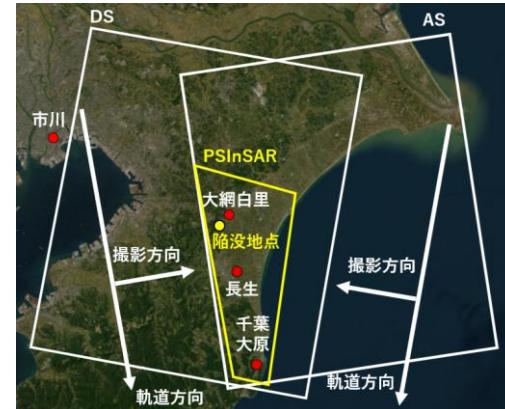


Fig.1 房総半島を含む千葉県の解析範囲、および使用した電子基準点データの場所

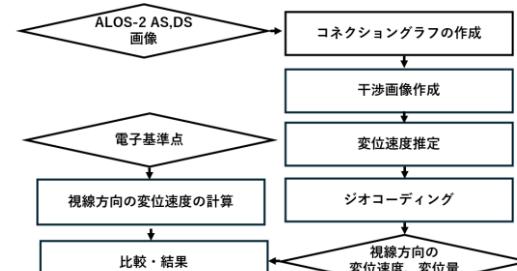


Fig.2 解析手順のフローチャート

Analysis of Ground Displacement Around Road Subsidence Using ALOS-2 Data with Different Shooting Directions

Junta WATANABE, Takashi NONAKA and Tomohito ASAKA

4. 解析結果

ALOS-2により推定した地盤変位速度と電子基準点データによる推定値の比較を表1に示す。千葉大原の電子基準点データにはらつきが見られたため、本解析では除外した。また、解析により推定した変位速度にオフセットが見られたため、補正を行った。補正後の変位速度マップをFig.3に示す。茂原市では、DSで13.8mm/year、ASで10.5mm/year程度の衛星から遠ざかる方向の変位が見られ、鉛直下向きの変位が顕著であった。いすみ市では、DSで14.9mm/year程度の衛星から遠ざかる方向の変位、ASで2.0mm/year程度の衛星から近づく方向の変位が確認され、西向きの水平方向の変位が大きいことが考えられる。実際に、千葉大原の電子基準点データにおいても、西向きの水平方向の変位が観測されており、解析結果と整合しているといえる。

次に、陥没地点付近の道路と推定したPS点の分布をFig.4に示す。干渉性の高いPS点のみを抽出するため、コヒーレンス値0.90以上を満たす点を図示した。陥没地点付近の道路では、中央部分が幅2メートルにわたって陥没したと報告されている³⁾。陥没が発生した約60mの直線道路において、PS点は、ASでは5点、DSでは33点推定された。陥没地点付近で推定されたPS点の変位プロットをFig.5に示す。陥没地点近傍に推定されたPS点に加えて、DSは西側に約50m地点、ASは東側に約15m地点で推定されたPS点を対象とした。ASデータでは、全体的に変位量に大きなスパイクが見られた。原因として、使用したASデータの枚数が少なく、ノイズが増加したことが考えられる。DSにおいて、陥没地点付近のPS点は、東側約50m地点で推定されたPS点と比較して、2024年10月以降にかけてわずかな沈降の傾向が見られた。

5. まとめ

本研究では、撮影方向の異なるALOS-2データを用いて、PSInSAR解析により道路陥没の前兆を捉えられるかどうか知見を得ることを目的とした。その結果、道路陥没付近のPS点から変動の傾向を定量的に評価することが出来た。今後の課題として、変位量のトレンドをより詳細に分析することが挙げられる。

参考文献

- 1) 渡邊淳太他、2025、PSInSAR解析による外房地域の地盤変位速度の推定とその評価、リモートセンシング学会 第78回令和7年度春季学術講演会論文集、pp135-136

2) 国土地理院、電子基準点データ提供サービス
<https://terras.gsi.go.jp>(参照:2025年9月1日)

3) 「噴き出た水がアパート飛び越えた」…千葉大網白里の住宅街で道路陥没、水道管が破損か、読売新聞.2025-02-11、読売新聞オンライン、<https://www.yomiuri.co.jp/national/20250211-OYT1T50060/>、(参照2025-09-01)

表1 ALOS-2、及び電子基準点による変位速度とその差

地点	DSによる変位速度		ASによる変位速度			
	ALOS-2	電子基準点	差	ALOS-2	電子基準点	差
大網白里	7.3	-7.1	14.4	-5.9	-12.7	6.8
長生	5.5	-7.0	12.7	-0.9	-6.6	5.7

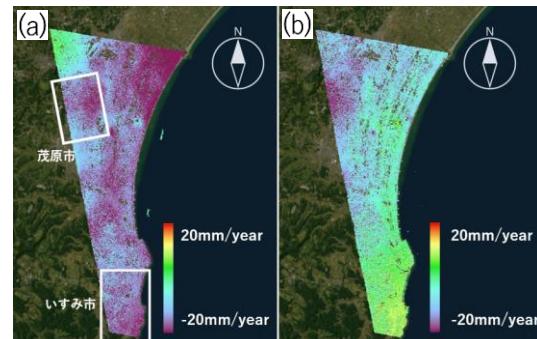


Fig.3 (a)DS、(b)AS の補正後の変位速度



Fig.4 (a)道路陥没前後の状況と(b)DS、及びASで推定した付近のPS点の分布

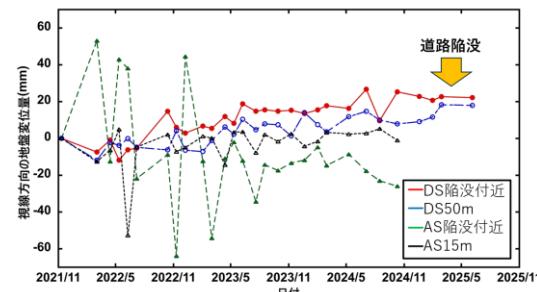


Fig.5 AS 及び DS データの変位量の時間変化