

# 干渉 SAR 時系列解析による新潟県内の地盤変動量の検出と漏水箇所への分析

21T0233M 深町 美桜  
指導教員：丸山 喜久

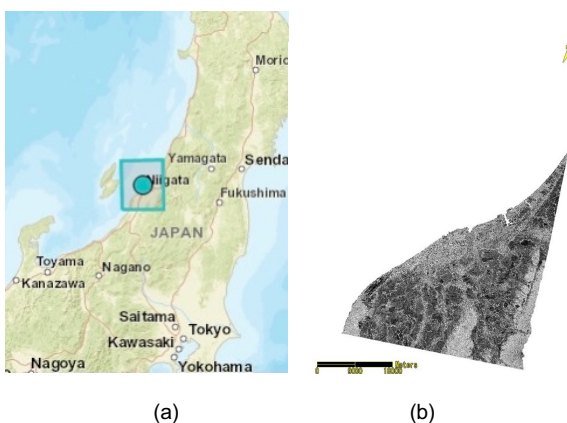
## 1. 研究背景と目的

現在、日本の水道では年間 2 万件を超える漏水・破損事故が発生している<sup>1)</sup>。日本では高度経済成長期に多くの水道管が敷かれたため、今後多くの水道管が法定耐用年数の 40 年を超えるが、技術者の高齢化や予算制約などにより管路更新を十分に行うことが難しい。そのため、老朽化による漏水事故の更なる増加が懸念されている。また、水道管の多くは地中埋設管であり、漏水事故が必ずしも目視で確認できないことから、漏水を効率的に検出し交換を実施するための新たな技術が求められている。

漏水には交通振動や地震動による破損など様々な要因があるが、本研究では、水道管の管種や口径、使用年数という内的要因、および微地形や地盤変動により生じるひずみが与える影響に着目した。地盤変動を観測するため、衛星合成開口レーダ (SAR) 画像を用いた干渉処理を行った。ALOS-2 が 2015 年から 2023 年まで新潟県を撮影した画像を、干渉 SAR 時系列解析により地盤変動量を検出し、また、水道管の内的要因と合わせて漏水箇所との関連性を分析した。

## 2. 使用データ

対象地域は、図-1 に示す新潟市を含む新潟県の一部である。対象地域内の新潟市水道局の給水エリア内では、1,702 箇所の漏水が報告されている。



本研究で使用した SAR データは、陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」(ALOS-2) が 2015 年 2 月から 2023 年 10 月までに撮影した 20 枚の画像である。ALOS-2 に搭載されている周波数 1.2GHz 帯の L バンド合成開口レーダ(PALSAR-2)は木の枝葉を透過しや

すいため、植生の多い地域においても地表面の形状を捉えることができる<sup>2)</sup>。

## 3. 干渉 SAR 時系列解析による地殻変動量の推定

### (1) 干渉 SAR 時系列解析

ALOS-2 に搭載された SAR センサは、電磁波を照射し対象物によって反射された電磁波を受信し地表面を映像化するため、天候や昼夜に左右されない。また、衛星から地上までの距離の変化を数 cm の精度で検出でき、別時期に撮影された画像を比較することで対象地域における地盤変動を検出する。

干渉 SAR 時系列解析は、異なる時期に撮影された観測データから多数の干渉画像を統計的に処理する手法である<sup>3)</sup>。SAR 干渉画像から大気や軌道による誤差を低減させ、より微少な地表の変化と時間変化を捉えることができる。

本研究の時系列処理には、SBAS 法 (Small Baseline Subset Method) を用いた。SBAS 法は、短い垂直基線長及び短い撮影日間隔の SAR 干渉画像を多数作成することで、各観測時の変動量を推定する手法である。これにより、空間的及び時間干渉度低下の影響を最小限に抑えて、時系列的な変動を抽出できる<sup>4)</sup>。

### (2) SBAS 法による地殻変動の検出

48 ペアの干渉結果を用いて、対象地域の地盤変動量を検出した。SAR は電波の送受信を斜め下方方向に向けて行っているため<sup>5)</sup>、干渉処理で得られる位相差は衛星からの観測方向 1 次元での長さの変化である。そのため、センサ観測角を用いて地表と垂直方向の変動量に変換した。検出された垂直方向の平均移動速度を図-2 に示す。

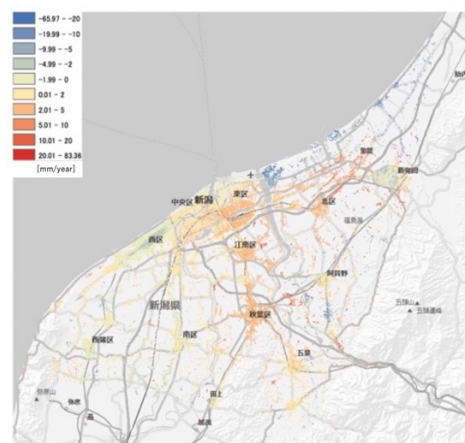


図-2 2015 年から 2023 年までの平均垂直変動速度

#### 4. 水道管の内的要因による影響

##### (1) 管種による漏水率への影響

図-3は、管種ごとの1kmあたりの漏水事故の起こる割合(漏水率)を表している。長さあたりの漏水件数が最も少ない管種はSP(溶接以外)管(3.54件/km)、最も多い管種はPE(融着)管(0.0046件/km)であり管種により違いが見られた。このことから管種の違いが漏水事故の発生率に影響していると考えられる。

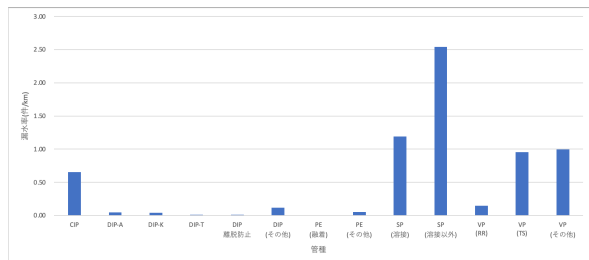


図-3 管種ごとの漏水率

##### (2) 口径による漏水率への影響

図-4は、SP管(a)とVP管(b)において、口径ごとの漏水率を示している。口径が小さいと漏水事故の発生率が高くなると考えられる。

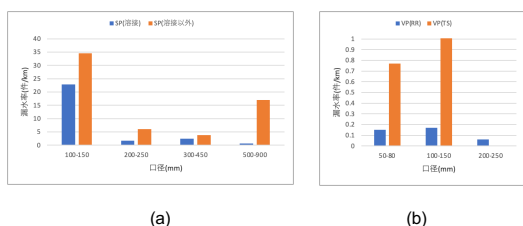


図-4 (a)SP管と(b)VP管の口径ごと漏水率

##### (3) 使用年数による漏水率への影響

図-5は、SP管(a)とVP管(b)の、敷設されてからの使用年数と漏水率を示している。SP(溶接、溶接以外)、VP(RR)管は31年から40年に、VP(TS)管は41年から50年で最も漏水率が高くなっている。どちらも水道管の法定耐用年数である40年付近に事故が多く発生している。

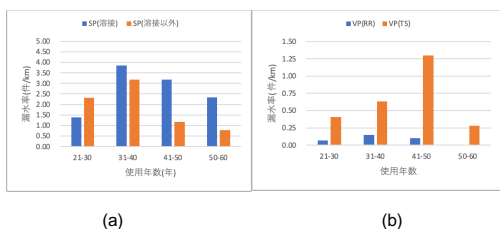


図-5 (a)SP管と(b)VP管の使用年数ごと漏水率

#### 5. 微地形による漏水率への影響

図-6は、SP管(a)とVP管(b)において、地形区分ごとの漏水率を示している。どの管種においても最も漏水率の高いものと低いものに3.4倍以上の差が見られ

た。微地形の違いが漏水事故の発生率に影響していると考えられる。

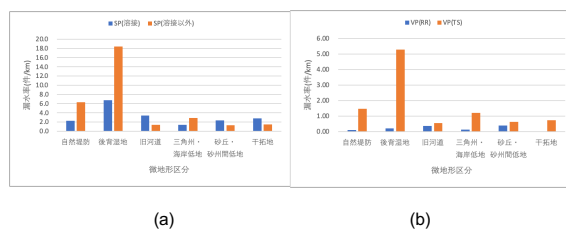


図-6 (a)SP管と(b)VP管の微地形区分ごと漏水率

#### 6. 水道管の外的要因による影響

漏水事故点のうち、交通振動や凍破、破壊が原因でないSP管とVP管の事故点において、10m以内の垂直方向の地盤変動を調べた。図-7は、変動量が干渉SAR時系列解析のRMSEである20mm<sup>⑥</sup>以上および20mm未満の際の漏水率を示している。どの管種においても20mm以上の変動があった場合の漏水率が2.9倍以上高くなっている。このことから地盤変動が漏水事故の発生率に影響していると考えられる。

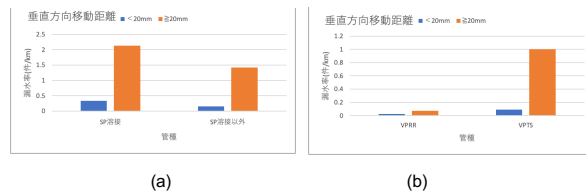


図-7 (a)SP管と(b)VP管の垂直方向移動距離ごと漏水率

#### 7. まとめ

本研究では水道管が漏水するまでの期間は地盤の変動量と直接相関があるのではなく、配管の内的要因や微地形などの外的要因に左右されていることが分かった。今後は、他の地域のデータと合わせ、また複数の要因と地盤の変動量との関連を調べることでモデル化の構築を目指す。

#### 参考文献

- (社)日本水道協会：平成29年度水道統計(施設・業務編)，第100-1号，2019
- 宇宙開発機構(JAXA)：ALOS-2 Solution Book, 2018  
[https://www.satnavi.jaxa.jp/files/document/pdf/ALOS\\_JP\\_web.pdf](https://www.satnavi.jaxa.jp/files/document/pdf/ALOS_JP_web.pdf)
- 国土地理院：干渉SAR時系列解析 [https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar\\_tsa.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_tsa.html)
- 山中雅之，森下遊，大坂優子：干渉SAR時系列解析による地盤沈下の検出，国土地理院時報，124，pp.1-14，2013.
- 国土地理院：干渉SARの基本 観測できる変動の方向 [https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar\\_mechanism.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism.html)
- 内山明音：干渉SAR時系列解析による千葉県内の地盤変動量の推定と漏水箇所分析，2024年度千葉大学卒業論文。