

InSAR を利用した局所的地盤沈下の評価

東北工業大学 学生会員 ○石黒 駿
東北工業大学 フェロー 今西 肇

1. はじめに

地盤沈下の状況の把握は、水準測量や GPS を用いて行うものが多い。しかし、現地での測量が必要であり、過去にさかのぼっての測量はできない。

衛星からの合成開口レーダー (SAR) を用いた SAR インターフェロメトリ (InSAR) 技術は、地表地形の立体的変動を面的に観測できる新しい技術である。人工衛星からならば、数十キロメートル四方が一度に計測できる上、その範囲内に機器を設置する必要がない。そのため、人間がまったく入れない場所でも測定ができる。また、過去のデータを用いて沈下状況を把握することもできる。

今回対象とする宮城県塩釜市新浜地区は、長期に渡り地盤沈下が進行している。本研究はこの局所的な地盤沈下を InSAR を利用して評価しようと試みた。

2. 合成開口レーダについて

航空測量のうちレーダ測量に用いられるデータの分解能は、一般的に搭載されているレーダの直径に影響される。

合成開口レーダ (SAR:Synthetic Aperture Radar) は、レーダの一種で、航空機や人工衛星に搭載し、一定の方向 (アジマス方向という) に移動させることによって仮想的に大きな開口面 (レーダの直径) として働くレーダである。これの応用として、干渉合成開口レーダ (Interferometric SAR:InSAR) がある。これは、同じ地点を 2 時期に観測し、その 2 つのデータ (マスターデータ、スレーブデータという) をデータ処理することによって、地表の標高やその変化の画像を得るものである。¹⁾

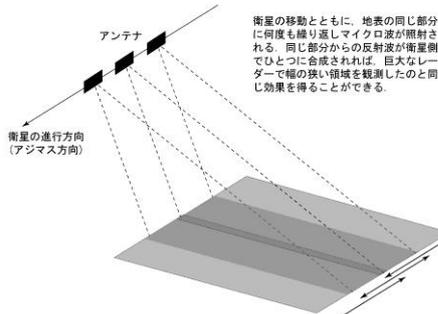


図-1 SARの原理 (日本測地学会²⁾ HPより)

3. 研究概要

3.1 塩釜市新浜地区の地盤沈下の現状

今回の研究対象場所は、塩釜市新浜地区である。新浜地区は、40年前に軟弱な粘土地盤が厚く堆積している海底部を未改良のまま埋め立てて造成された土地で

あり、すでに工場などが立地しているため、当該地域では長期にわたって地盤沈下が進行している。³⁾

3.2 InSAR 解析概要

使用するデータについて、今回の解析では、JAXA の ALOS (Advanced Land Observing Satellite 陸地観測技術衛星) が撮影した宮城県塩釜市周辺の 2006 年 12 月から 2011 年 4 月までのデータを用いて解析を行う。以下に今回使用するデータの諸元を示す。

表-1 使用するデータの諸元

シーンID	フレーム	撮影日	軌道	オフディア角	平行基線長(m)	垂直基線長(m)
ALPSRP048862850	2850	2006/12/25	南行き軌道	34.3°	664	472
ALPSRP082412850	2850	2007/8/12	南行き軌道	34.3°	0	0
ALPSRP129382850	2850	2008/6/29	南行き軌道	34.3°	284	1081
ALPSRP203192850	2850	2009/11/17	南行き軌道	34.3°	499	486
ALPSRP256872850	2850	2010/11/20	南行き軌道	34.3°	-1202	-2021
ALPSRP277002850	2850	2011/4/7	南行き軌道	34.3°	-2504	-3074

また、今回は下の 5 つのデータのペアで解析を行う。

表-2 解析期間一覧

期間A	2006.12.25-2007.08.12
期間B	2007.08.12-2008.06.29
期間C	2008.06.29-2009.11.17
期間D	2009.11.17-2010.11.20
期間E	2010.11.20-2011.04.07

データの解析を行うために、GMTSAR を用いた。GMTSARは米国スク립ス海洋研究所やサンディエゴ州立大学等の研究者で開発された InSAR 解析用ソフトである。GMTSAR は MacOS や Linux で動作が確認されており、本研究では Linux の Fedora 20 を用いた。

SAR が受信する生のデータは暗号化されており、見ただけではそれが何を示すものかは分からないが、そのデータを処理すると航空写真のようなものが出来上がる。この画像のことを SLC 画像 (Single Look Complex Image: 複素画像) と呼び、2 つの SLC 画像を元にして干渉処理をすることによって地盤の変動が観測できる。

4. 新浜地区の地盤沈下に関する解析結果

期間 A~E の 5 つのデータのペアで解析を行った。一例として、期間 E の解析結果を示す。

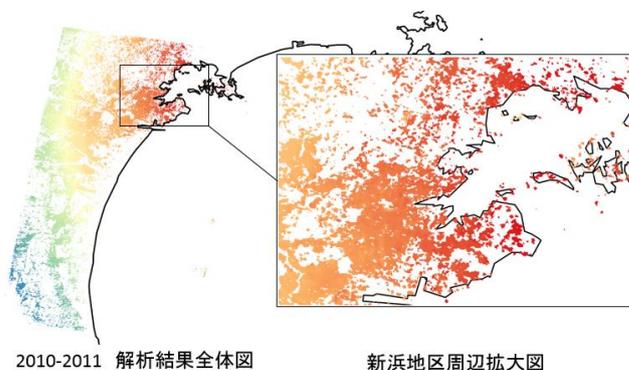


図-2 期間 E 解析結果

キーワード: SAR インターフェロメトリ InSAR 地盤沈下 軟弱地盤

連絡先: 〒982-0831 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 tel: 022-3058-3122

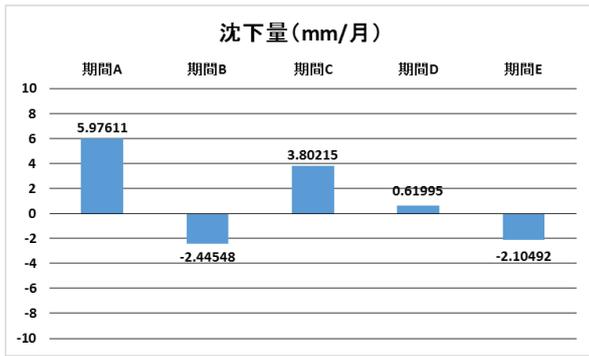


図-3 新浜地区の観測点を対象とした月あたりの沈下量

図-3は、新浜地区でも沈下の多い場所を選定し、沈下量を一ヵ月あたりの値として変化を示した図である。各期間の解析結果の問題点を以下に示す。

- (1) 期間 A (2006.12.25-2007.08.12)
特に問題は見られない。
- (2) 期間 B (2007.08.12-2008.06.29)
干渉部の欠損が多く、マイナスの沈下量が全体に出ている。
- (3) 期間 C (2008.06.29-2009.11.17)
特に問題は見られない。
- (4) 期間 D (2009.11.17-2010.11.20)
干渉部の欠損が多く、沈下量の数値が0に近い。
- (5) 期間 E (2010.11.20-2011.04.07)
干渉部の欠損は少ないが、マイナスの沈下量が出ている箇所もある。また、海岸線より海側に沈下量が出ている箇所がある。

期間 B、D、E の問題点について、既存の新浜地区の地盤沈下を対象とした研究を確認する限り、沈下量が0に近かったり、マイナスになることは確認できなかった。³⁾

図-4は、使用データの諸元に含まれている平行基線長と垂直基線長の値をグラフにしたものである。

基線長とは、SAR衛星がデータを撮影した時の位置を元にして表される衛星間の距離である。

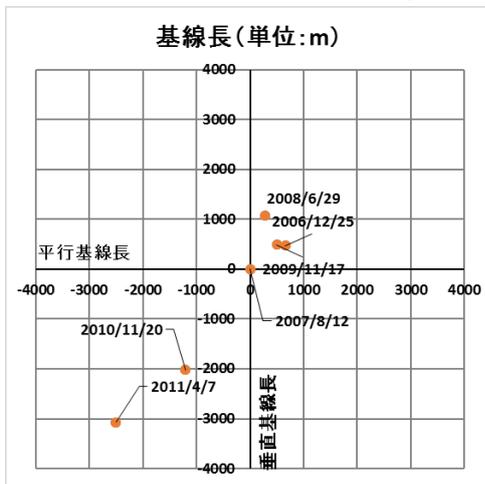


図-4 各データの基線長の長さ

一般的に、干渉処理の際に、元となるデータの2つの衛星間の距離が離れるほど干渉しにくくなる⁴⁾とされており、干渉結果に問題があったB、D、E期間の原因の1つだと考えられる。

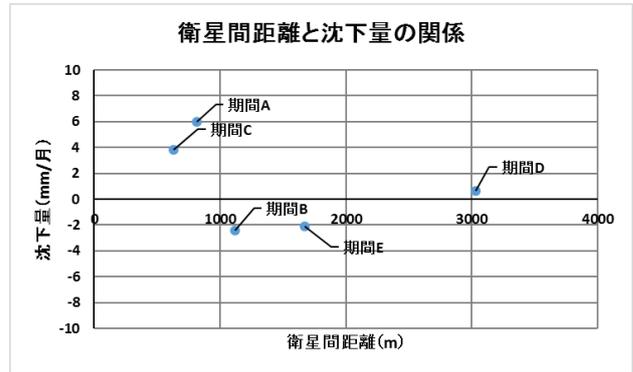


図-5 衛星間距離と沈下量の関係

図-5より、基線長の短い2006年12月～2007年8月と2008年6月～2009年11月の干渉結果は近いところに集まっているが、他の3つのデータに関しては沈下量が0に近い傾向がある。これより、基線長の短い2つの衛星のデータで行う干渉処理の方が精度が高いと言える。

5. まとめ

現時点では、InSARによる地盤沈下の解析は、面的に変動を捉えることが可能であるため、変動の全体を把握するには有効な手法だと言える。以下に実際に干渉処理を行って感じたInSARの長所・短所を示す。

(1) 長所

- ・実際に現地に行って測量を行わなくても地盤の実態を知ることができる。また、人間が到達しにくい場所(山地、砂漠、極地、僻地など)も観測できる。
- ・測量を行わなくても面的な地盤沈下が分かる。

(2) 短所

- ・対応しているソフトが少ない。また、ソフトによっては相当なプログラミングの知識を必要とする。
- ・データによっては干渉しづらい場合がある。

本研究では、InSARを用いた地盤沈下の測定の特長、問題点の一部を明らかにした。

今後の課題は、解析処理技術の向上、様々な地域への応用、画像処理の方法などである。

参考文献

- 1) 須崎純一, 畑山満則: 土木・環境系コアテキストシリーズ 空間情報学, P87~112, 2013
- 2) www.geod.jpn.org/web-text/part2/2-4/2-4-1-4.html
- 3) 今西 肇, 月舘優太, 金沢 泉: 塩釜粘土の地盤沈下特性と地盤沈下対策工法の一提案, 2014
- 4) vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/qanda/qanda.html