InSARを用いた地表変動の検出

澤口貴士(1)　伊勢崎修弘(2)
(1)千葉大学・自然　(2)千葉大学・理

概要

現在の測地技術といえば水準測量や三角測量、GPS 連続観測などがあげられる。これらは各々向き・不向きがあり、それぞれの欠点を補う形で行われている。人工衛星、リモートセンシングが発達してきてからは、それらだけでは補えない多くの方法・衛星を利用して地表の地質・地理・地形情報を観測・計測できるようになっている。本研究ではその中で合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar: SAR）と呼ばれる衛星データを利用し、地表変動の検出を試みた。研究エリアは房総半島外房九十九里エリアを対象とする。この地域では南にプレートの三重会合点が存在し、例年半島全域が変動を起こしている。さらに地下水や水溶性天然ガスの引き上げに起因する地盤沈下も進行していると予想されている。これらはそれぞれが別個に生じるもので、災害の防止のためにもメカニズムを特定しなければならない。これらの監視・予防・把握のためにも InSAR の利用は有用であろう。

JERS-1 SAR データ解析において、いくつかのペアで共通の地表変動が確認された。この変動は現実に起こった変動と考えられる。また ERS-1 では、平野部においてよい干渉が得られ、干渉画像は水準測量の結果と比べても整合的であった。

しかし JERS-1 解析過程においては干渉画像の両端に現れる縞を除去することができなかった。これは JERS-1 SAR 衛星のもつ軌道情報の不正確さに起因するものと考えられ、今後の課題となった。

InSARを用いた地表変動の検出

澤口貴士(1)、伊勢崎修弘(2)
(1)千葉大学・自然　(2)千葉大学・理

はじめに

現在の測地技術といえば水準測量やGPS連続観測などがあげられる。これらは各々向き・不向きがあり、それぞれの欠点を補う形で行われている。

さらに人工衛星、リモートセンシングが発達してきてからは、それらだけでは補えない多くの方法・衛星を利用して地表の地質・地理・地形情報を観測・計測できるようになっている。

本研究ではその中で**合成開口レーダー** (Synthetic Aperture Radar: SAR) と呼ばれる衛星データを利用し、地表変動の検出を試みる。

方法

SAR衛星は一定の周期で同一軌道に回帰する。ある領域に対し1回目のSAR観測を行い、異なる時期に同じ軌道から同じ領域に対し2回目の観測を行うものとする。

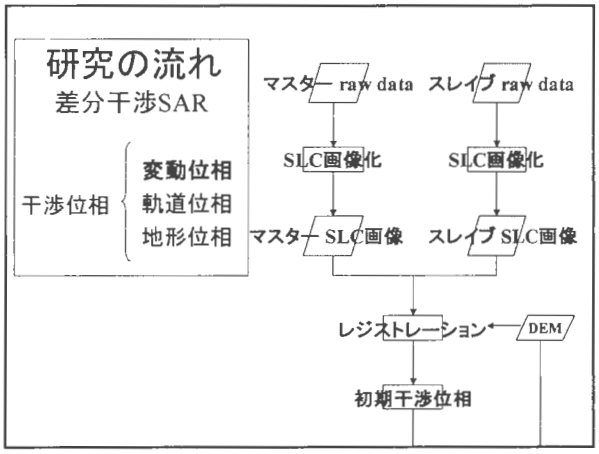
はじめに、2回の観測の間に変動は生じていないものと仮定する。一般に軌道は完全に同一ではなく、わずかにずれている。そのため衛星と地表の対象物との距離がわずかに異なり、反射波位相も同じにはならない。

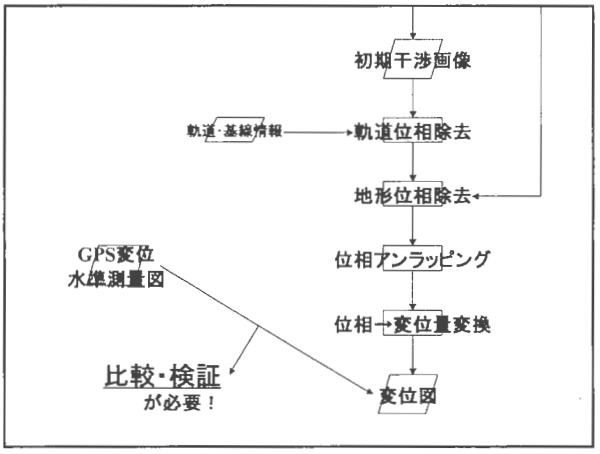
2つのSAR画像を干渉させると、同位相の箇所で位相は強め合い、逆位相の箇所で弱め合う。その結果、位相差の等しい点を結んだ干渉縞模様ができる。これを**軌道位相**とよぶ。

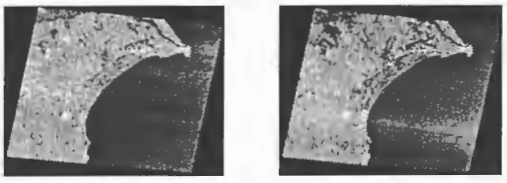
さらにSAR画像の干渉の場合には、地表が平坦ではなく起伏(地形)を持っているために干渉位相がゆがんでおり、これを**地形位相**とよぶ。

2回のSAR観測の間に地表面が変動した場合、衛星の軌道情報から軌道位相は除去できるものとすると、干渉画像には地形位相と地表変動に起因する**変動位相**が混ざっている。

もし対象とする領域の標高データが利用可能であれば、変動を含む干渉画像との差を計算することで、地形位相を除き変動位相を抽出することができる。この方法を**差分干渉SAR**という。

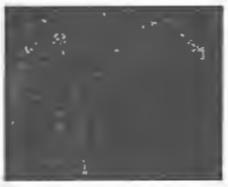




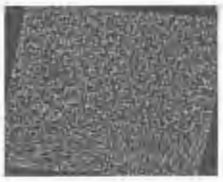


Master SLC画像　　Slave SLC画像

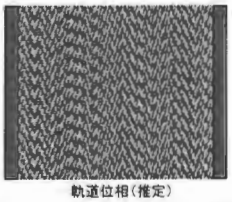
Dem



コヒーレンス



初期干渉画像



軌道位相（推定）

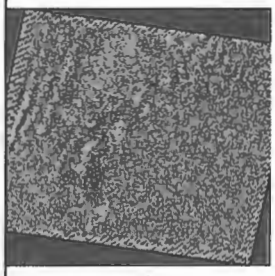
使用データ

ペア	衛星	Master Date	Master Seq. No.	Slave Date	Slave Seq. No.	基線長	干渉結果
1	JERS-1	1993/2/22	37708	1996/5/25	156610	1168	○
2		1993/2/22	37708	1996/8/21	165410	594	△
3		1993/2/22	37708	1996/11/17	174213	389	△
4		1993/4/7	42207	1996/5/25	156610	2581	×
5		1993/4/7	42207	1996/8/21	165410	858	○
6		1993/4/7	42207	1996/11/17	174213	1758	○
7		1993/9/30	59809	1996/5/25	156610	1021	○
8		1993/9/30	59809	1996/8/21	165410	753	△
9		1993/9/30	59809	1996/11/17	174213	209	△
10	ERS-1	1992/11/27	66201	1996/3/5	187711		◎

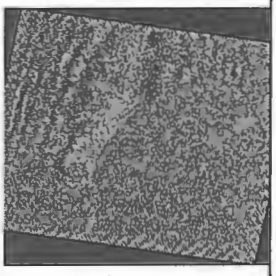
← too long baseline?

結果

JERS-1 Boso

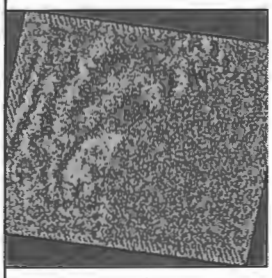


ペア2

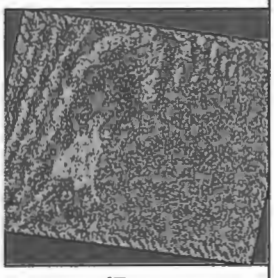


ペア3

今回の解析は位相アンラッピング手前の段階まで行った

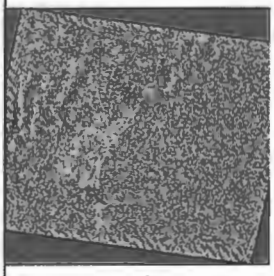


ペア8

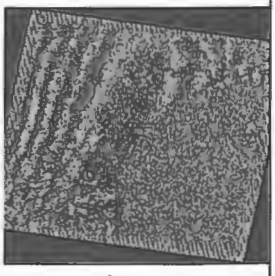


ペア9

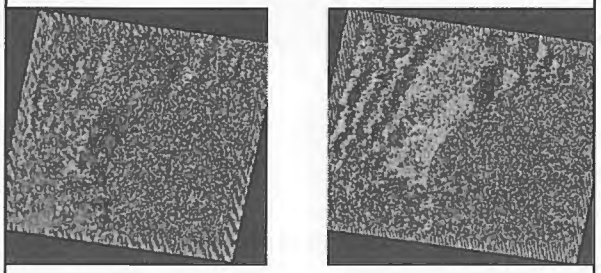
ペア1、5、6、7では、シーン中央付近で
同一の位相パターンが確認できる。



ペア1



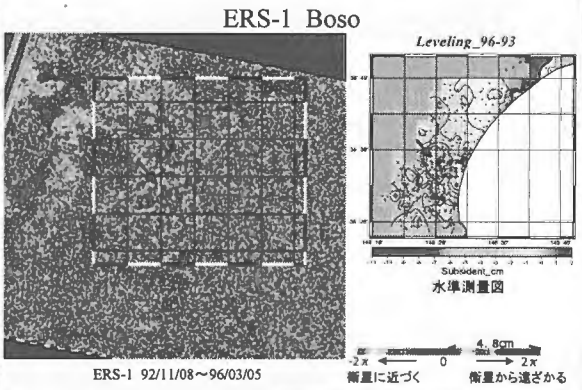
ペア5



ペア6　　ペア7

JERS-1 SARデータの計6シーン・9ペアを用いて解析を行った。その中で、基線長が2500mと最も長いペアではほとんど干渉しなかった。InSAR解析においてはしばしば干渉性が問題となるが、これは**基線長が長すぎた影響**であると考えられる。
次に位相の判読を行った。使用した9ペアでは取得時間間隔はおよそ3年間であり、ほぼ同時期のものであることから、お互いに似たような位相を示すことが期待された。結果は、このうち4ペアにおいて同一の場所でほぼ同じパターンがみられ、**隆起・沈降のトレンドも水準測量と合致した**。このことからこれは実際に起こった変動を検出したものと思われる。

しかしこのようなパターンの合致がみられた地域は、シーン中央付近の狭い範囲に限定された。とくにシーンの左右両端では、変動を示すパターンを見出すことはできなかった。
これはJERS-1衛星がもつ軌道情報の不正確さのため、生データに格納されている衛星軌道データは目安に過ぎないにも関わらず、この軌道データを軌道情報として使用したことで**シーン両端の軌道位相および地形位相が除去しきれなかったため**であると考えられる。
2006年1月打ち上げ予定ALOS搭載PALSARセンサにおいては、衛星軌道・姿勢・位置を精度良く制御できることになっており、信頼性の向上が期待される。



ERS-1では、とくに茂原近辺(白矢印)の平野部においてよく干渉し、変動を検出したと思われる位相がはっきりと確認できる。ここでは茂原近辺が黄→緑→青→赤となっており、衛星から遠ざかる方向に変位していることを表している。このことは茂原近辺が**沈下を起こしている**ことを示しており、これは水準測量の結果とも合致している。
本研究では沈下量を定量的に求めていない。したがってGPS変位等との比較を行い、量的な面からデータの妥当性を検証することが今後の課題である。

まとめ

房総半島外房エリアについてERS-1 SARデータおよびJERS-1 SARデータを用いてINSAR解析を行い、地表変動の検出を試みた。

JERS-1においては、軌道情報の不正確さという欠点が大きく影響する結果となった。しかし、いくつかのペアで共通の地表変動が確認された。また、ERS-1との比較でも共通の地表変動が確認された。この変動は現実に起こった変動と考えられる。

ERS-1では、平野部においてよい干渉が得られた。
得られた干渉画像は水準測量の結果と比べても整合的である。

位相→変位量変換を行い、得られた変位量を他の測地技術と比較することで、それぞれの妥当性を確かめる必要がある。

参考資料

・Bos et al. A joint analysis of GPS motions and InSAR to infer the coseismic surface deformation of the Izmit,Turkey earthquake *Geophys J.I Vol 158 849-863*
・Chang et al. Application of SAR interferometry to a large thrust deformation the 1999 M=7 6 Chichi earthquake in central Taiwan *Geophys J I vol.159,9-16*
・L-バンドInSARによる房総半島における地殻変動検出の検証
佐藤厚志
・資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ⑤　合成開口レーダ
資源観測解析センター
・人口衛星によるマイクロ波リモートセンシング
電子情報通信学会　古濱洋治