

災害状況把握のための高分解能 S A R に関する調査・研究

(国土地理院 測図部 写真測量技術開発室)

1．研究の目的

合成開口レーダ (S A R) はマイクロ波を地面に照射し、その後方散乱波の位相及び強度を受信することによりデータを取得するため、光学センサでは困難な夜間や雨天・曇天時、噴煙に覆われた状況下での情報収集に大変有効であると考えられ、特に災害時の活用が期待されている。

本研究は衛星 S A R による災害状況把握に必要な観測パラメータ等を、航空機 S A R と衛星 S A R データを使って検討を行い、S A R センサの基本仕様について検討することを目的とする。

2．研究の方法

後方散乱波の強度は主に照射マイクロ波の入射角、地表の粗さ、地表の物性に依存するので、災害によって生じた地表の変化が後方散乱波の変化として表れ、これを捉えることにより災害状況の把握が出来ると考えられる。また、シングルパス干渉処理による数値標高モデル (D E M) の作成、及びリピートパス干渉処理により、2 時期間の地表変動の抽出ができると考えられる。

本研究では、災害として洪水、地震、火山噴火、地滑りを対象に、後方散乱波の輝度値差分法、相関法、スペクトル法、画像判読、干渉処理法を用い、被害域の抽出や現状把握を試みた。また災害状況把握のための S A R センサの仕様 (利用に最適なバンド)、処理解析手法及び期待される成果について取りまとめを行った。研究方法の概要を以下に示す。

2．1 衛星 S A R データによる浸水域抽出

平成 10 年 8 月 28 日に発生した、那珂川洪水時の浸水域の抽出を試みた。洪水前後の RADARSAT 画像 (平成 9 年 12 月 7 日及び平成 10 年 8 月 29 日) を用い、対応する輝度値の差分が 3 d b 以上のまとまりのある場所を浸水域として抽出し、国土地理院作成水害状況図及び現地聞き取り調査の結果を照合データとして比較を行った。研究対象地域は茨城県水戸地区及び栃木県黒磯地区である。研究対象地域を図 - 1 に示す。



図 - 1 研究対象地域

2．2 衛星 S A R データによる震災域抽出

平成 7 年 1 月 17 日に発生した阪神・淡路大震災、及び平成 11 年 8 月 17 日に発生したトルコ地震の被害状況の抽出を試みた。地震前後の J E R S - 1 画像 (平成 5 年 11 月 22 日、平成 6 年 1 月 5 日及び平成 7 年 2 月 5 日) 及び RADARSAT 画像 (平成 11 年 8 月 18 日、平成 11 年 9 月 9 日) を用い、輝度値差分法、相関法、スペクトル法の 3 通りの手法で被害状況の抽出を行い、国土地理院作成震災状況図及び Architectural Institute of Japan Reconnaissance Team (1999) を照合データとして比較を行った。阪神・淡路大震災の研究対象地域を図 - 2 に、その照合データを図 - 3 に示す。

輝度値差分法とは、災害前後の S A R 画像の対応するピクセルにおいて、輝度値の差分から震災域を抽出する方法

相関法とは、地震前 2 時期及び地震前後 2 時期の S A R 画像における輝度値を小領域において相関係数を計算し、その相関係数の差分から震災域を抽出する方法

スペクトル法とは、解析区域内の輝度値の空間特性を調べ、スペクトル分布の変化から震災域を抽出する方法



図 - 2 研究対象地域（阪神・淡路大震災）

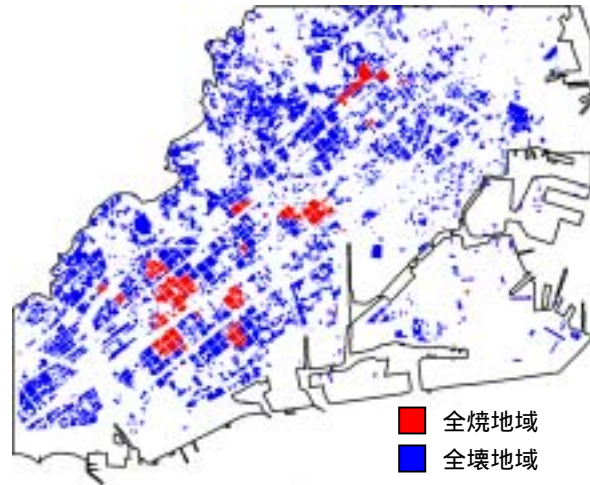


図 - 3 照合データ（阪神・淡路大震災）

2. 3 航空機 SAR データによる火山噴火状況把握

平成 12 年 7 月に噴火した三宅島雄山について、平成 13 年 1 月 16 日、国土地理院所有の航空機 SAR で観測を行い、地形現況の把握を試みた。火口部のような急傾斜地においては、レイオーバーやレーダシャドウなどのレーダに特有な幾何学的性質のため、1 回のフライトで火口部全域の情報を得るのは困難である。このため図 - 4 に示すように火口部から 4 km 及び 8 km の地点をそれぞれ東西南北 4 方向にフライトし、計 8 画像を得ることにより、火口部全域の情報を得た。火口の状況は画像判読により行い、陥没の状況はシングルパス干渉処理で DEM を作成し、既存の火山基本図や空中写真で作成した DEM と比較することにより状況把握を行った。

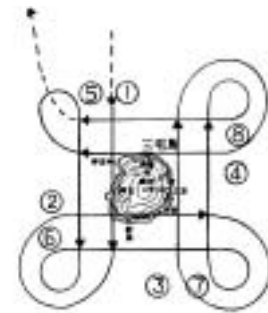


図 - 4 三宅島観測コース

2. 4 航空機 SAR データによる地滑り変動量抽出

国土地理院所有の航空機 SAR のリピートパス干渉処理により、石川県石川郡白峰村甚之助谷地区（国土交通省による直轄地すべり対策事業実施）において、地滑り変動量を把握することを試みた。観測は平成 11 年 10 月 6 日に 1 回目の観測を、また平成 12 年 9 月 29 日に 2 回目の観測を行った。

3. 研究の結果及び考察

3. 1 衛星 SAR データによる浸水域抽出

（水戸地区）

図 - 5 に結果を示す。実際に浸水域であった場所のうち SAR 画像でも浸水域と抽出された地域（正解率）は 86% であり、実用的な精度を有している。しかしながら SAR 画像では浸水域とされながらも実際には浸水域でなかった地域（不正解率）も 36% と高くなっている。ただしこの原因は、SAR 画像解析に起因するというよりも照合データの精度が高くないためである可能性が考えられる。

（黒磯地区）

河川に沿って輝度値低下を示す領域が抽出されて、この結果は図 - 6 に示すように水害状況図とよくあっていた。しかしながら浸水の最大時と SAR 観測時がずれており、本手法で抽出された浸水域はごく一部に限られていると考えられる。このため本研究では定量的な解析は行わなかった。

（考察）

以上の様に、水害前後の SAR 画像を用いた輝度値差分法を用いることにより、浸水域抽出の可能性を示せたものと考えられる。



図 - 5 輝度値差分法による浸水域抽出結果

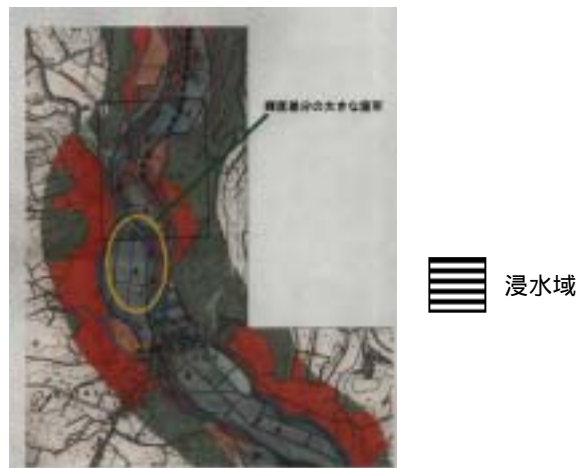


図 - 6 輝度値差分法により抽出された浸水域と水害現況図

3.2 衛星SARデータによる震災域抽出

(阪神・淡路大震災)

輝度値差分法による結果

実際に震災域であった場所のうちSAR画像でも震災域と抽出された地域(正解率)は52%と低い一方、SAR画像では震災域とされながらも実際には震災域でなかった地域(不正解率)は79%と高く、有効な手法ではない(図-7)。

相関法による結果

本手法では、正解率は65%と向上したものの、不正解率も依然55%であった(図-8)。ただし震災域を全壊域と全焼域に分けて比較を行うと、全焼域においては88%と非常に高い正解率が得られた。

スペクトル法による結果

本手法では、2次元スペクトルで平面空間における震災による建物の倒壊等、町並みの変化を捉え、1次元スペクトルでその変動の程度をマクロ的に抽出することが可能であった。

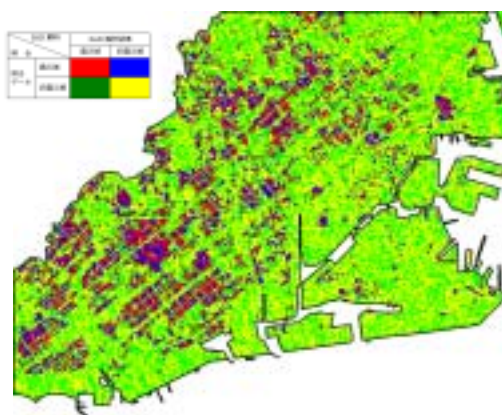


図 - 7 輝度値差分法での震災域抽出

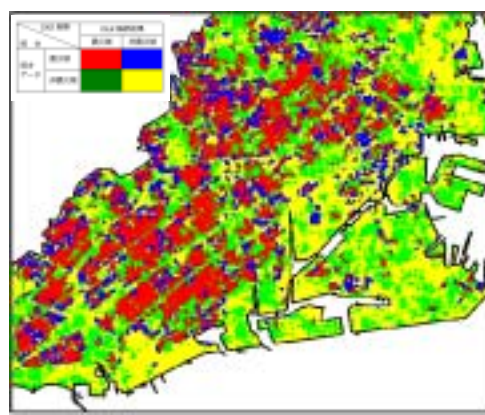


図 - 8 相関法での震災域抽出

(トルコ地震)

輝度値差分法では、正解率は53%と低い一方、不正解率は79%と高く、阪神・淡路大震災の事例と同様の傾向を示した。また相関法を用いた場合は66%の正解率を得ることが出来たものの、不正解率も68%という結果であった。

(考察)

相関法を用いることにより、震災域がある程度抽出可能であることが示された。またスペクトル法を用いることにより、震災による町並み変化や変動の程度のマクロ的抽出が可能であることが示された。したがって、震災被害の把握には光学

センサを用いた情報取得など、他の手法と併用して衛星SARによる手法を用いると、より効果的であろう。

3.3 航空機SARデータによる火山噴火状況把握

噴煙により空中写真では確認することが困難な陥没火口内全域の状況を把握することが出来た。図-8に三宅島火口部のSAR画像を示す。火口南東部における急傾斜の崖錐堆積物、表面のガリー状の溝を確認した。また、極端に後方散乱が低い場所があり、水が溜まっている可能性が示された。

また火口から4km及び8km離れたところを東西南北に計8方向フライトして得たSARデータを、シングルパス干渉処理して得たDEMを図-9に示す。またこの8つのDEMを合成し作成した三宅島のDEMを鳥瞰図表示したものを図-10に示す。火口部の陥没した状況をよく捉えることができた。

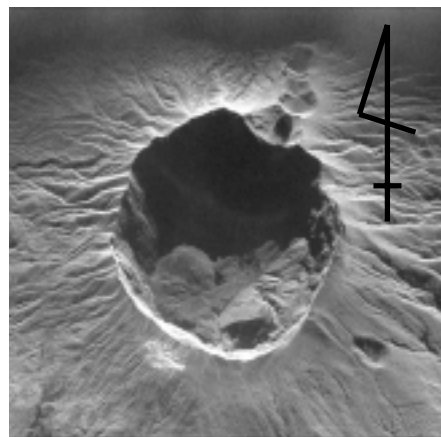


図-8 火口部を捉えたSAR再生画像(火口部水平距離は約1.6km)

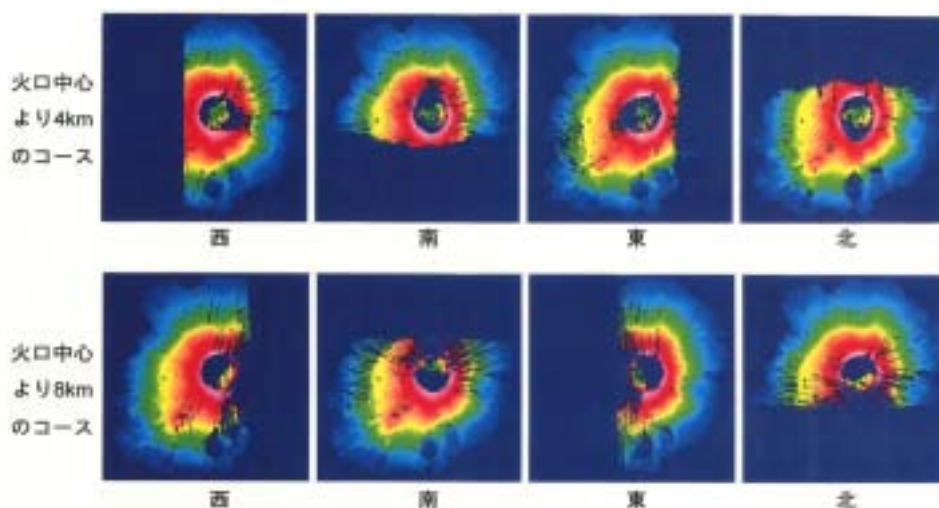


図-9 干渉SARで得られた三宅島DEM(8方向)

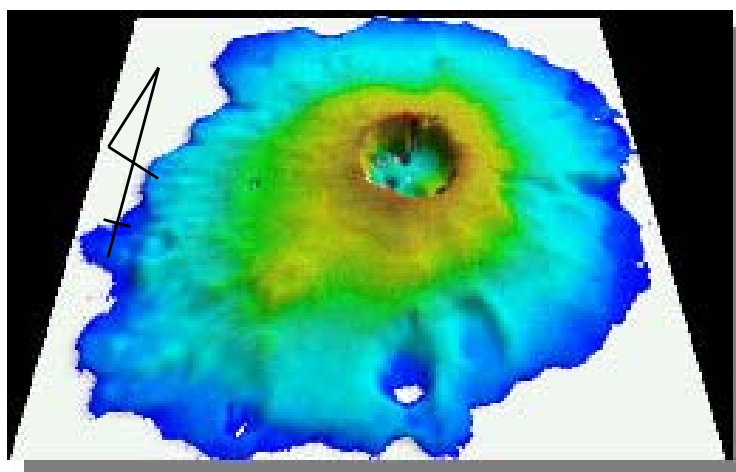


図-10 三宅島合成DEM

3.4 航空機 SAR データによる地滑り変動量抽出

2 時期のフライトで得られた SAR データからは干渉縞を得ることが出来ず、変動量を把握することは出来なかった。その理由としては、次の 2 点が考えられる。

国土地理院所有の航空機 SAR はビーム幅が 5 度であるが、本研究における 2 時期フライトの偏流角の差は 10 度と大きかった。そのためビーム照射方位角が異なってしまう、それぞれ有効なビーム幅内に両者の共通領域が得られなかった。

短波長 (3.14 cm) の X バンドを使用したことで、植生の季節変化による干渉性の劣化が生じた。

4. まとめ

全天候型かつ夜間でも情報が取得できる SAR センサは、光学センサでは情報を取得することが困難な雨天・曇天時や火山噴火時に災害状況を把握する事ができ、その利用価値は大きいと言える。特に洪水時の浸水域把握・火山噴火状況把握のように災害の種類を利用目的別に限定することにより、災害状況把握に高分解能 SAR は充分に実利用可能であると思われる。

本研究の結果を災害種別、地区、処理年度、使用データ、処理手法等の観点からに表 - 1 にまとめた。

表 - 1 災害種別研究成果一覧

災害 種類	地区 処理年度	プラットフォーム 使用データ 年月日	バ ン ド	処理手法	参照データ	結 果
洪水	那珂川 (水戸) 1999	RADARSAT 1997/12/07 1998/08/29	C	輝度差分法	水害状況図 聞き取り調査	正解率が高く洪水域抽出に有効である。 照合データ取得時間と SAR 観測時間が一致すれば、浸水域抽出の正解率がさらに高くなる可能性がある。
	那珂川 (黒磯) 1999	RADARSAT 1997/12/08 1998/08/29	C	輝度差分法	水害状況図 航空写真	
地震	神戸 1999	JERS-1 1993/11/22 1994/01/05 1995/02/05	L	輝度差分法 相関法 スペクトル法	平成 7 年度兵 庫県南部地震 災害現況図	輝度差分法は低い正解率で有用的でない。 相関法は震災域を抽出できたが、不正解率も高い。 スペクトル法は、2 次スペクトルで震災域の面的被害情報を、1 次スペクトルで被害の大きさを調べるのに適している。
	トルコ 1999	RADARSAT 1999/08/16 1999/09/09	C	輝度差分法 相関法 スペクトル法	震災調査論文	
火山 噴火	三宅島 2000	航空機(ㄗ) 2001/01/16	X	判読 シングルパス 干渉処理	空中写真等による DEM	噴火時において、表面形状の把握ができた。 DEM 作成により火口陥没状況の把握ができた。
地す べり	白山 (甚之助谷) 2000	航空機(ㄗ) 1999/10/06 2000/09/29	X	リピートパス 干渉処理		フライト間の偏流角の差が大きかった (約 10°) ため干渉縞が得られなかった。

また洪水・地震・火山噴火・地すべりの各災害に対し、どのような仕様のSARセンサ及び処理解析手法が有効であるかを表-2に取りまとめた。ただし地すべりに関しては本研究では検出できなかったため、有効と思われる手法を記載してある。なお地すべりを検知するには、航空機にコーステアリングを搭載するなど、ビーム照射角を一定に保つ等の工夫が必要である。

表-2 災害状況把握のためのSARセンサ仕様及び処理解析手法

災害種類	バンド	処理解析手法	期待される成果
洪水	X, C, L	輝度差分法	浸水域抽出
地震	X, C, L	相関法 スペクトル法	被災域抽出 被災程度把握
火山噴火	X, C, L	画像判読 シングルパス干渉処理 (リピートパス干渉処理)	火口状況把握 火口地形変動把握
地すべり	L	リピートパス干渉処理	変動領域把握 変動量把握

参考文献：

国土地理院(1995), 平成7年兵庫県南部地震災害現況図(第 版), 国土地理院技術資料, D-1-No.322

国土地理院(1998), 「1998年8月集中豪雨に伴う水害状況 那珂川下流(茨城県)その1~その2」, 国土地理院技術資料, D-1-No.356

国土地理院(2000), 「マイクロ波映像レーダの測量分野への利用に関する検討作業」, 国土地理院技術資料, C-1-No.278

小西智久, 竹内章司, 菅雄三, 幾志新吉(1999), 「SARデータと光学センサデータによる洪水域抽出の比較」, 日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文, pp.465-468

Architectural Institute of Japan Reconnaissance Team(1999), Progress Report on Damage Investigation after Kocaeli Earthquake by Architectural Institute of Japan, Proceedings, ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake, pp.239-270