

CS-161

観測時期の異なるSARデータを地盤液状化危険性評価に適用した場合の効用について

東京理科大学 正会員 大林成行、小島尚人  
東京理科大学 学生員 熊谷樹一郎

1. はじめに：一般に、地盤液状化の発生に関連する要因を抽出すると、対象とする領域の沖積層厚や飽和砂層厚等に加えて地下水位の高さが議論される。特に、水田地帯において地下水位が高い領域は休耕中や日照り続きの期間であっても常に湿潤であることが指摘されている。このような領域に埋立や盛土が施され、土地の利用形態が変化した箇所で発生する液状化現象が甚大な被害をもたらすとといった報告が近年になって見受けられるようになってきた<sup>1)</sup>。本来ならば土地の履歴を調査した上で施工計画等を進めることが望ましいが、現実問題として常日頃から領域の特徴を網羅的に調査していくには多くの労力と時間とが必要となる。液状化の発生する危険性のある領域を抽出するには、あらかじめ対象領域について繰り返し観測されたデータを取り込み、その土地の特性を危険性評価に反映させるアプローチが必要となる。

一方、近年になって人工衛星に搭載されるようになったSAR (Synthetic Aperture Radar) は昼夜全天候型といった光学センサには見られない長所を有しており、雲等の影響を受けずに地表面を周期的に観測できる。筆者らはこれまでに東京理科大学リモートセンシング研究所で開発された潜在因子モデルにSARデータを適用し、地盤液状化危険性評価における有効性を示してきたが<sup>2)</sup>、使用するデータの観測時期については検討の余地が残されていた。そこで、本研究では水田地帯が休耕中に観測された複数のSARデータを対象に相互の関連性を分析し、地盤液状化危険性評価に適用した場合の観測時期の違いによる影響を比較・検証する。さらに、危険性評価に複数のSARデータを同時に適用した場合の効用についても検討する。

2. 研究の構成：本研究では次に示す5つのステップで検討を進めた。

(1) 対象領域、対象データの選定：対象領域としては1987年の千葉県東方沖地震で液状化現象が発生し、被害の多く発生した千葉県佐原市周辺を選定した。また、SARデータは植生によるバイオマスの影響を受けることから、ここでは対象領域に広がる水田が休耕中の1993年1月9日、2月22日および4月7日観測の3つのSARデータを選定し、地理情報と共に一つの素因として採用することとした。

(2) 数量化Ⅲ類の分析：まず、選定した3つのSARデータから後方散乱係数を計算し、SARデータ因子を作成する。各々の時期に観測されたSARデータ因子が統計的に似かよっているか否かについて相関係数を計算した。表-1に計算結果を示す。各観測時期のSARデータ因子と他の因子とでは相関係数が最大でも0.55程度である。一方で、SARデータ同士の相関係数は最大で0.66となっており、互いに独立した因子として後の数量化Ⅱ類に適用できることは興味深い結果である。

(3) 検討ケースの設定：表-2に本研究で設定した検討ケースを示す。ケース1からケース3は各時期に観測されたデータの適用効果を個別に分析するために設定したケースである。つまり、ケース1からケース3は従来からの適用アプローチとして位置づけられる。ケース4では1月から4月までのデータを定期観測データ群としてまとめて素因として採用している。このように統計的に独立した周期観測データを積極的に利用するアプローチが本研究の特徴となる。ケース5は比較のために地理情報のみを使用したケースである。

(4) 検討結果：表-2に数量化Ⅱ類の分析結果を示す。偏相関係数の順位を見ると、各々の時期に観測されたデータを個別に付加した場合はケース

表-1 相関係数

	土 壤	表層地質	SAR-4月	標 高	SAR-1月	SAR-2月	地形分類	植 生	斜面方位	起伏量
土 壤	-									
表層地質	0.719	-								
SAR-4月	0.361	0.405	-							
標 高	0.593	0.630	0.408	-						
SAR-1月	0.352	0.394	0.660	0.410	-					
SAR-2月	0.337	0.371	0.587	0.407	0.600	-				
地形分類	0.679	0.917	0.441	0.560	0.560	0.403	-			
植 生	0.710	0.855	0.340	0.612	0.429	0.364	0.867	-		
斜面方位	0.453	0.402	0.277	0.545	0.280	0.293	0.400	0.469	-	
起伏量	0.531	0.607	0.225	0.761	0.249	0.238	0.515	0.601	0.854	-
傾斜区分	0.543	0.582	0.202	0.637	0.200	0.197	0.546	0.617	0.719	0.898

3の4月のSARデータが2番目の順位となっており、ケース1では3番目、ケース2では4番目となっている。さらに、ミニマックス2群判別精度を表す的中率を見ると、ケース5と比較してケース1、ケース3は向上を見せているが、ケース2は約2%低下している。観測される時期が異なるとSARデータの適用効果が変わることがわかる。

表-2 数量化Ⅱ類の分析結果

検討ケース		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
偏相関係数	SAR-1月	0.068	—	—	0.055	—
	SAR-2月	—	0.056	—	0.045	—
	SAR-4月	—	—	0.120	0.121	—
土壌環境	土壌	0.140	0.141	0.137	0.137	0.142
	地形分類	0.071	0.068	0.078	0.079	0.066
	標高	0.061	0.060	0.056	0.056	0.066
外的基準	傾斜	0.023	0.021	0.023	0.024	0.023
	方位	—	—	—	—	—
外的基準	トレーシングデータ	-1.965	-1.921	-2.205	-2.327	-1.829
	評価対象領域	0.017	0.016	0.019	0.020	0.015
判別区分点	判別区分点	-0.742	-0.658	-0.957	-0.965	-0.875
	トレーシングデータ	131	125	134	135	128
判別区分点	トレーシングデータ	27	33	24	23	30
	評価対象領域	3244	3437	2810	2657	3555
判別区分点	評価対象領域	15436	15243	15870	16023	15125
	的中率(%)	82.9	79.1	84.8	85.4	81.0



図-1 地盤液状化危険性図（ケース3）

一方、全ての観測データを適用したケース4については、本研究で設定した検討ケースの中で最も高い的中率を示している。また、「危険性有」として判別された画素数は最も少なく、観測時期の異なるSARデータ因子が危険箇所を絞り込む方向に寄与したと判断できる。単独で使用了場合には2群判別精度を低くするケースであっても、ある期間に観測されたデータ群としてまとめて使用することによって高い2群判別精度の危険性図が得られていることがわかる。



図-2 地盤液状化危険性図（ケース4）

(5) 地盤液状化危険性図上での評価：次に、各ケースで作成された地盤液状化危険性図を比較する。紙面の都合上、単時期のSARデータ因子を適用した場合に最も2群判別精度の高かったケース3と、全てのSARデータ因子を使用したケース4、地理情報のみを使用したケース5について図-1から図-3に示す。ケース3、ケース4とケース5とを比較すると、SARデータの適用によって図中黒色で示された「液状化発生の危険性有」と判別された領域が大幅に絞り込まれていることがわかる。



図-3 地盤液状化危険性図（ケース5）

一方で、単時期のSARデータ因子を適用したケース3と複数のSARデータ因子を適用したケース4を比較すると、図中のA地点等において危険箇所がさらに絞り込まれていることがわかる。A地点は昭和20年前後に湖沼であった領域であり、従来までの単時期のSARデータの適用からは違いが現れなかった領域である。いずれのデータの観測時期も休耕中であり、SARデータから得られた後方散乱係数にはその時々での地表面の含水状態の影響が大きく現れていることが予測できることから、ケース4において「常に湿潤な領域」の特性が危険箇所を絞り込む方向、つまり、危険側の評価に寄与している可能性がある。異なる観測時期のSARデータを同時に使用することで、観測時あるいは観測前の降雨状況や日照状況の影響が少なくなり、地下水が集まりやすい箇所の抽出精度を向上させていることが推測される。

本研究の試みは、地盤液状化危険性評価に対して現在までに蓄積されたSARデータを適用する最も基本的なアプローチであるが、定期的な現地概査の手段として十分に適用の可能性があると考えている。

3. まとめ：観測時期の異なるSARデータをまとめて用いることによって、より高い2群判別精度の地盤液状化危険性図が作成でき、かつ、危険箇所を絞り込む効果が得られることが確認された。今後、更に検討を進めた上で液状化危険性評価に適した観測時期を絞り込めれば、SARデータの選定作業に対して一つの指針を与えるものになると考えている。多くの方々のご批判、ご叱正を仰ぐ次第です。

【参考文献】1) 古藤田喜久雄、若松加寿江：千葉県東方沖地震による液状化現象とその被害、土と基礎、Vol.371、No.36-12、pp.19~24、1988年12月

2) 大林成行、小島尚人、熊谷樹一郎：建設分野を対象としたSARデータ利用上の技術的な問題点、日本リモートセンシング学会第17回学術講演会論文集、pp.63~64、1994年12月