

種類の異なる衛星データを適用した場合の液状化危険箇所評価について

東京理科大学理工学部 正会員 小島 尚 人
 (株) 国土情報技術研究所 正会員 大 林 成 行
 東京理科大学理工学研究科 学生員 國友有希乃

1. はじめに

地震列島であるわが国では、防災に関わる重点課題の一つとして、液状化現象の解明と液状化対策に関わる数多くの検討が進められている。近年では、多くの研究機関において、衛星データを用いた液状化危険箇所評価の検討がされ、合成開口レーダデータ、光学センサデータを適用した研究が多く報告されている。しかし、液状化危険箇所評価において、合成開口レーダデータと光学センサデータを地理情報と併用して液状化危険箇所評価図を作成し、相互分析・比較するという基本的な検討は意外にも報告事例がない。これは、衛星データの検索・購入に多大な労力を要するだけでなく、さらに多くの比較・分析を必要とすることに起因する。

そこで、本研究では、種類の異なる衛星データを順次適用した場合の液状化危険箇所評価結果を比較するとともに、液状化危険箇所評価における衛星データの活用方法（一対比較戦略）を示す。

2. 本研究の前提条件

(1) 対象領域

評価対象領域は利根川下流域とした。1987年の千葉県東方沖地震で液状化が発生し、家屋への被害があった領域である。衛星データ別の液状化危険箇所評価結果を分析する上で十分なグランドトゥース情報がある。

(2) 素因データの準備

素因情報として、土地分類基本調査の成果図面を数値化した土地分類図（表層地質、土壌、地形分類、現存植生）と、数値地形モデル（DTM : Digital Terrain Model）からコンピュータ処理によって作成される数値地理データ（標高、斜面方位、傾斜区分、起伏量）を準備する。さらに本研究では、衛星データとして、実務や研究に多用されているLANDSAT5/TM、SPOT2/HRV-XS、MOSMESSR、JERS-1/SAR、JERS-1/VNIR、ERS-1/AMI、ADEOS/AVNIRMulの7つの素因を作成する。これらの素因間の相関分析（数量化Ⅲ類、Ⅱ類）を通して、説明変量としての独立性を確保する¹⁾。検討の結果、「土壌、標高、斜面方位、地形分類、衛星データ」が選定された。

(3) 検討ケースの設定

液状化危険箇所評価における衛星データの適用可能性を分析するために、図-1に示す8つの検討ケースを設定した。

3. 液状化危険箇所評価

(1) 的中率曲線の定義

衛星データの使用の有無に伴う「危険箇所としての評価値の違い」について分析し、衛星データそのものの導入効果を検証する必要がある。本研究では、式(1)で計算されるトレーニングデータに対する的中率 $S(i)$ を計算する。

$$S(i) = \frac{T(i)}{T_{all}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここに $T(i)$: 危険箇所評価値が高い画素から順に並べかえた後の上位 i %の画素のうち、トレーニングデータに該当する画素数

T_{all} : トレーニングデータ（液状化発生領域）総画素数

横軸 $i = 10\%, 20\%, 30\% \dots$ とし、これに対応する $S(i)$ を縦軸にとってグラフ化したものが図-1である。本研究では、これを「的中率曲線」と呼ぶこととする。

(2) 液状化危険箇所評価精度の分析

トレーニングデータに対する的中率は、衛星データを使用しない場合に比べて、衛星データを使用した全てのケースが上位に位置している。これより、衛星データの適用効果が有意であることが判る。さらに、液状化危険箇所としての評価値が高い上位10%の画素では、「AVNIR Mul データ」が優位であり、20%の画素では、「VNIR データ」が優位であることが判る。この結果は、日本のセンサがトレーニング領域の土地の性状を説明付ける上で大きく寄与することを示唆している。

(3) 液状化危険箇所評価結果の比較・分析

液状化危険箇所評価における衛星データの適用効果を検

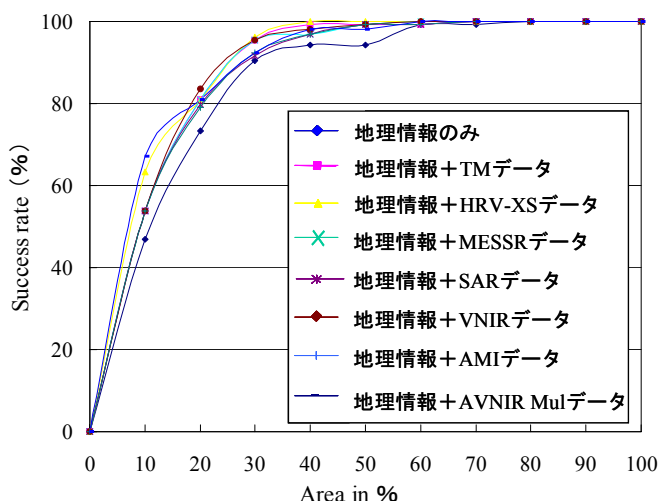
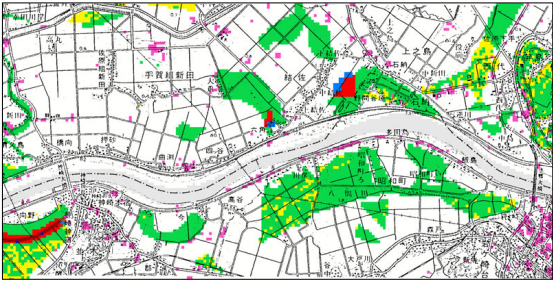


図-1 的中率曲線

キーワード：液状化危険箇所評価、衛星データ、素因、地理情報、共分散構造分析

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科
 Tel : 0471-24-1501、e-mail : kojima_h@rs.noda.tus.ac.jp

衛星データ		液状化危険箇所評価図						
衛星データA	衛星データB	TM	HRV-XS	MESSR	SAR	VNIR	AMI	AVNIR Mul
	TM		TM vs. HRV-XS	TM vs. MESSR	TM vs. SAR	TM vs. VNIR	TM vs. AMI	TM vs. AVNIR Mul
液状化危険箇所評価図	HRV-XS			HEV-XS vs. MESSR	HRV-XS vs. SAR	HRV-XS vs. VNIR	HRV-XS vs. AMI	HRV-XS vs. AVNIR Mul
	MESSR				MESSR vs. SAR	MESSR vs. VNIR	MESSR vs. AMI	MESSR vs. AVNIR Mul
	SAR					SAR vs. VNIR	SAR vs. AMI	SAR vs. AVNIR Mul
	VNIR						VNIR vs. AMI	VNIR vs. AVNIR Mul
	AMI							AMI vs. AVNIR Mul



差画像（TMデータ使用時 vs. AVNIR Mulデータ使用時）

注) : 液状化危険箇所評価図 : 差画像

図-2 差画像の一対比較表への整理方法（技術者支援情報）

証するために、地理情報と衛星データを併用した場合の7種類の液状化危険箇所評価結果の違いを抽出した差画像を作成する。ここで、TMデータ使用時とAVNIR Mulデータ使用時の評価結果の違いを抽出した差画像を図-2に示す。

（4）差画像の解釈

差画像上では、8種類の組み合わせ事象が色分けして表示される。以下にケースGを取り上げて、表-1の解釈表の内容を説明する。なお、便宜上、差画像を作成する際の2種類の液状化危険箇所評価図を、「衛星データA使用時」・「衛星データB使用時」とし、これらの違いを抽出した差画像を「衛星データA vs. 衛星データB」と記述する。

ケースGと判定された領域は、「衛星データB使用時」に「液状化危険性・有」と判定され、「衛星データA使用時」に「液状化危険性・無」と判定された領域である。使用した衛星データにより解が異なることから、評価者にとって「危険側評価領域」とみなされる。例えば、図-2に示した「TMデータ使用時 vs. AVNIR Mulデータ使用時」の差画像ではピンク色の領域に相当し、AVNIR Mulデータ使用時に「液状化危険性・有」と判定された領域である。さらに、この領域は、図-2に示した差画像上において右下の部分に多く見られるが、ここは市街地であるため現地調査を通して入念な検証が必要と言える。

このように差画像およびその解釈表を用いると、現地調査における誘導的な支援情報を得ることができる。

なお、上記ケース以外のケースについては、紙面の都合上、文献1)を参照されたい。

4. 一対比較戦略

液状化危険箇所評価図および差画像を横並びにして比較・検討するだけでは限界があることは言うまでもない。そこで、本研究では、図-2に示すように差画像を「一対比較表」上に整理することとした。「一対比較表」を用いると、種類の異なる衛星データにおける液状化危険箇所評価結果の違いについて、効率的に明らかにできる。これらの結果は、一対比較表が種類の異なる衛星データの分析に有効であり、「技術者支援情報」が得られることを示唆している。また、評価者が「一対比較表」を使用することによって、差画像の解釈における「液状化安全側・危険側」といった2つの視点から、より多角的な評価ができる。「一対比較表」が現地調査や計測機器設置における誘導的な支援情報となる。

表-1 差画像の一般解釈¹⁾

		画素の組み合わせ (危険性の有無)		差画像の一般解釈	ケース 名	差画像上での 色づけ
		衛星データ				
		A	B			
トレーニングデータ	有	有	液状化「再発生」の可能性の高い領域。	ケースA	赤	
		無	「衛星データA」の場合に液状化危険性・有と判定された領域。 評価者にとって、「衛星データA」の場合に「安全側領域」。	ケースB	茶	
	無	有	「衛星データA」の場合に液状化危険性・無と判定された領域。 評価者にとって、「衛星データA」の場合に「危険側領域」。	ケースC	薄青	
		無	液状化「再発生」の可能性の低い領域。	ケースD	青	
評価対象データ	有	有	液状化危険性の高い領域。	ケースE	緑	
		無	「衛星データA」の場合に液状化危険性・有と判定された領域。 評価者にとって、「衛星データA」の場合に「安全側領域」。	ケースF	黄	
	無	有	「衛星データA」の場合に液状化危険性・無と判定された領域。 評価者にとって、「衛星データA」の場合に「危険側領域」。	ケースG	ピンク	
		無	液状化危険性の低い領域。	ケースH	白	

較表」が現地調査や計測機器設置における誘導的な支援情報となる。

5. まとめ

本研究の内容は以下の2点にまとめられる。

- ①トレーニングデータへの正当率を表す「的中率曲線」を作成し、液状化危険箇所評価における衛星データの適用効果を示した。
- ②液状化危険箇所評価における種類の異なる衛星データの活用戦略（一対比較戦略）を提案するとともに、「一対比較表」が現地調査や計測機器設置における誘導的な支援情報となることを示した。

本研究で提示した評価アルゴリズムを用いれば、新たな衛星データを適用した場合の液状化危険箇所評価結果の比較も可能である。さらに、本研究で扱った内容は「液状化予知」ではなく、「液状化危険箇所の評価」問題ではあるが、衛星データと地理情報を併用して技術者支援情報を提供する施策として活用できるのではないかと考えている。

謝辞：本研究は、平成16年-17年度文部科学省科学研究費（萌芽研究、代表者：小島尚人、課題番号：16656157）に基づいて進めているものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1)熊谷樹一郎、小島尚人、大林成行：SARデータを地盤液状化現象の分析に適用した場合の効果について、日本リモートセンシング学会誌、Vol.16、No.3、pp.5-16、1996年6月。