



衛星データの砂防分野への 利用可能性について

国土交通省国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター砂防研究室
寺田秀樹

1. 砂防分野で対象としている土砂移動現象
2. 衛星データの適用が期待されるケース
 - 噴火中の火山に関する調査
 - 広域で発生した土砂災害の調査
 - 海外で発生した土砂災害の調査
 - 新技術(SAR, IKONOS)の適用性検討例
3. まとめ
4. 今後の課題

1. 砂防分野で対象としている 土砂移動現象

■ 個々の現象

土石流

地すべり

がけ崩れ

土砂流出による河川の洪水氾濫

■ 発生の主な誘因と発生範囲

・**豪雨**:平成11年6月 広島豪雨 約1,000km²の範囲で
およそ300箇所の土石流、がけ崩れが発生

・**地震**:平成7年1月 兵庫県南部 約180km²の範囲でおよそ
2,300箇所の斜面崩壊発生(震災後1年間)

・**火山噴火**:平成12年3月～ 有珠山 降灰範囲約 3×10^3
km²(明瞭に確認できる範囲)

・その他、**強風による風倒木、山火事、融雪等**

土石流の概要

- 土砂や岩塊と水が一体となって流下する現象で、破壊力が大きい
- 発生域はがけ崩れと同様のスケール
- 流下堆積域：幅 $10^1 \sim 10^2$ m程度
- 全国で年平均200件程度発生



(上段撮影：国土技術政策総合研究所砂防研究室)

下段提供：国土交通省太陽工事事務所)

地すべりの概要

- 年間 $10^0 \sim 10^4$ mmの速度で土塊がほぼ原型を保ったまま移動する現象
- 特有の地質、降雨等による地下水上昇等に起因
- 地すべりブロックの幅： $10^0 \sim 10^3$ m程度
- 全国で年間140件程度発生



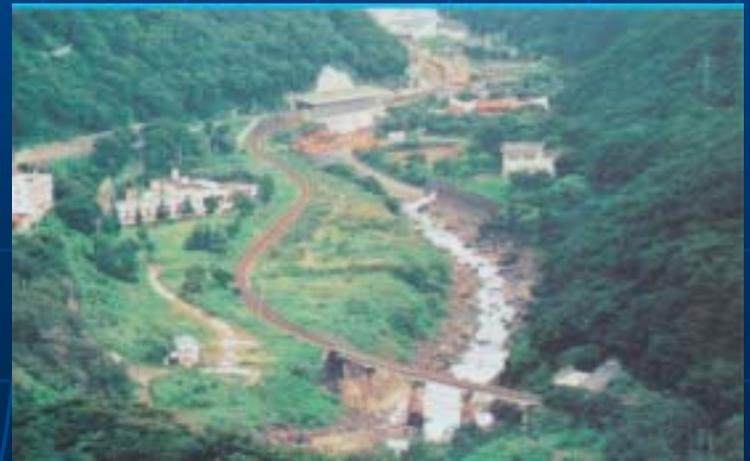
がけ崩れの概要

- 主に表層の土層が降雨などに起因して崩壊する現象
- 崩壊幅： $10^0 \sim 10^2$ m 程度
- 人家等の近傍で発生するがけ崩れは、全国で年平均700件程度発生



土砂流出による河川の洪水氾濫の概要

- 豪雨に起因して、流域の広い範囲で斜面崩壊が発生するなど、大量の土砂が流出することによって、可道を閉塞し、洪水氾濫を引き起こす



火山噴火の概要

- 火砕流、溶岩流、火山泥流、降灰等の現象を伴う
- 降灰範囲：有珠山の2000年3月の噴火規模で 10^3km^2
- 火山泥流：土石流と同程度のスケール
- 全国で108の活火山(海底火山含む)うち 活動度Aランクは13山(火山噴火予知連)
- 数日から数年程度活動が継続することが多い



(上段提供：独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ

下段提供：東京都大島町観光課)

2 . 衛星データの適用が期待されるケース

- 噴火中の火山に関する調査：噴煙等が障害となり、航空機等立ち入り不可能
- 広域で発生した土砂災害の調査：調査面積が増えるとコストが高くなる
- 海外で発生した土砂災害の調査：現地調査等不可能、DEM等の地図情報未整備
- 高分解能衛星、干渉SAR等の新技術

噴火中の火山に関する調査

表-1 使用した衛星等画像の諸元

衛星名	画像の仕様	空間分解能	観測帯域	観測幅
SPOT1	HRV-XS カラーコンポジット画像	20m	可視・近赤外	60km
IKONOS	パンシャープン画像 Fine Resolution	1m	可視・近赤外	11km
RADARSAT1	Mode画像	9m	マイクロ波(Cバンド)	45km
Pi-SAR	ポラリメトリック画像	1.5m	マイクロ波(Xバンド, Lバンド, 偏波)	8km

表-2 火山噴火時に調査を行う必要のある対象物の衛星等画像による判読可能性検討結果

対象物	対象物の規模			衛星等画像による対象物の判読可能性			
	1m	10m	100m	SPOT/HRV-XS画像	IKONOSパンシャープン画像	RADARSAT/SAR画像	Pi-SARポラリメトリック画像
噴火口		—●—		×		×	
降灰範囲						×	
土砂流出・堆積範囲		—●—				×	
湛水域		—●—		×			
積雪範囲						×	×
浸水・流水跡		—●—		×	×	×	×
亀裂・地割れなど			—●—	×			×

○:判読可能, ◐:一部判読可能, ×:判読不能

—●— 有珠山における実際の対象物の規模の幅(黒点は平均値を示す)

(出典:国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室, 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム(2003))

噴火中の火山に関する調査

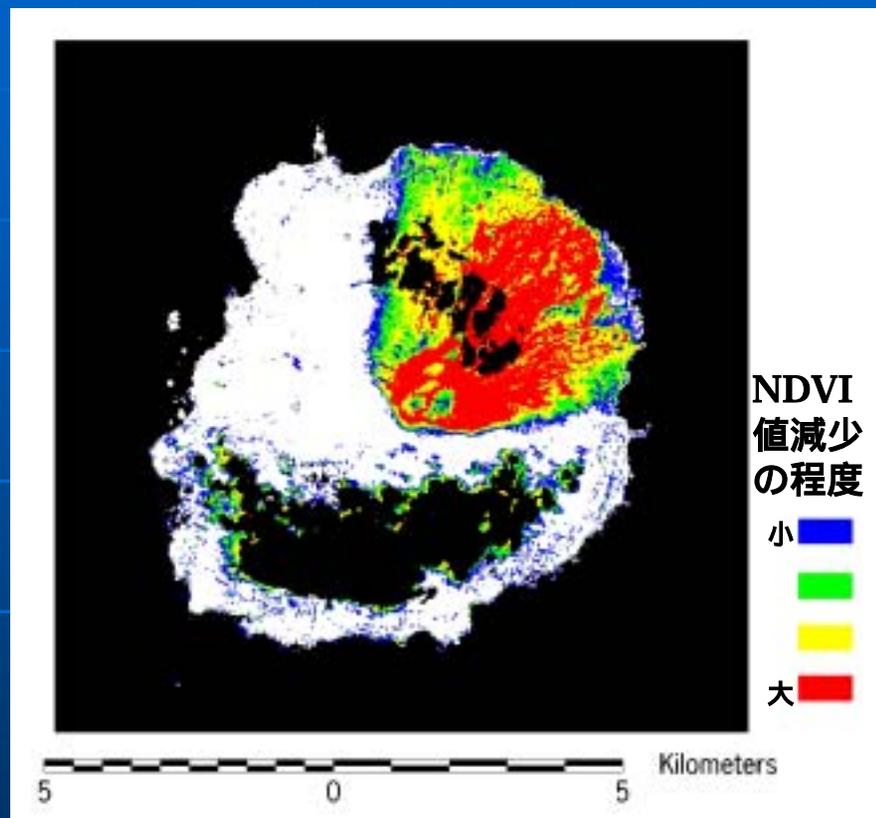
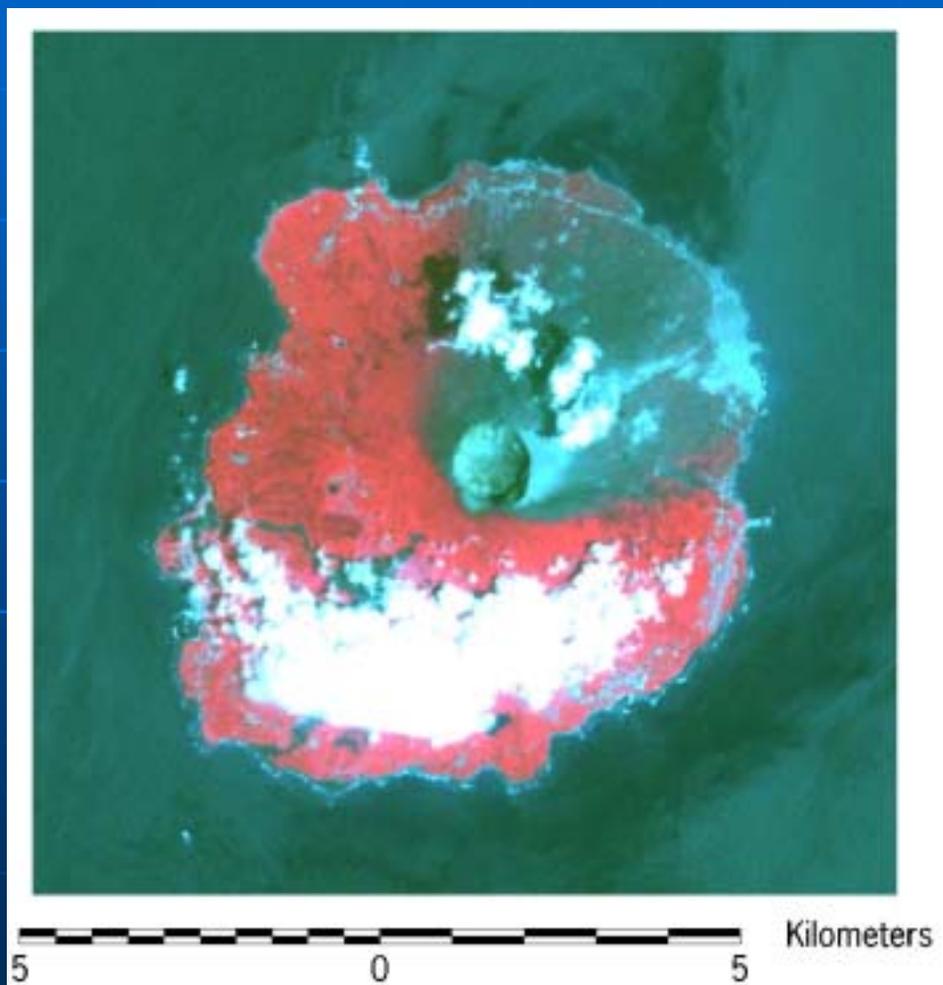


図-1 Landsat-7/ETM+
左：2000/7/19, R: 4, G: 3, B: 2
右：NDVIの減少の程度
(1999/11/12-2000/7/19)

噴火中の火山に関する調査

■ 噴火活動中でも安全に情報収集が可能

- ・ IKONOS画像を用いれば、噴火時に必要な情報は航空写真と同程度の情報を得ることができる
- ・ 空間分解能の低い SPOT画像であっても、降灰範囲などの検出には有用である



- ・ 光学系センサー画像が有用なのは、雲や噴煙に覆われていない場合に限られる



- ・ 高空間分解能パラメトリックSAR画像を用いれば、降灰範囲、土砂流出範囲なども検出可能である

- ・ パラメトリックSAR画像の利用は始まったばかりであり、適用性の検証が必要である

広域で発生した土砂災害の調査

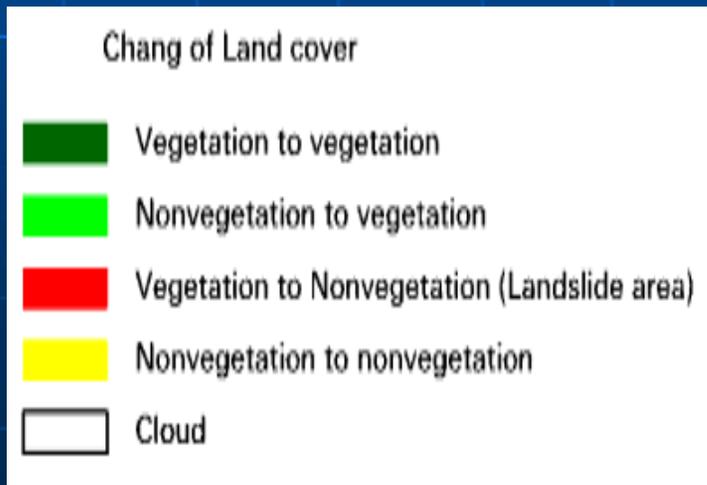
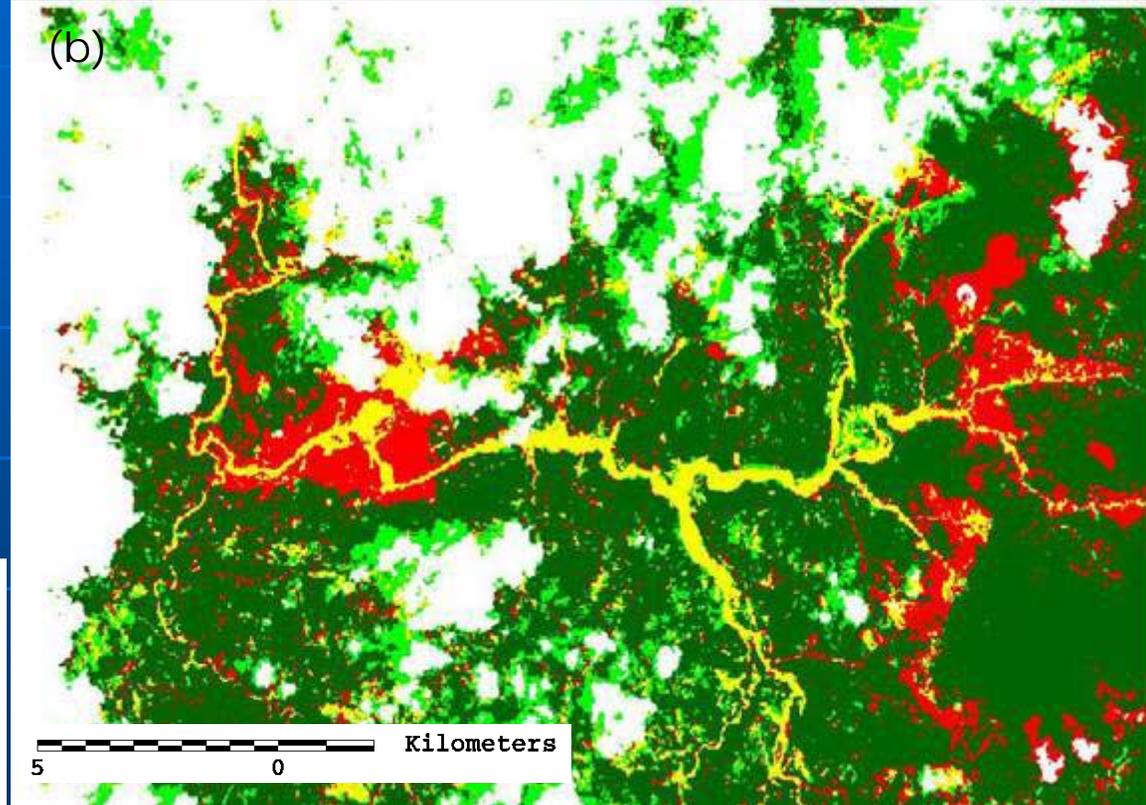


図-2 斜面崩壊地の自動抽出結果
(a) SPOT画像(99/9/27)
(b) 土地被覆変化図

広域で発生した土砂災害の調査

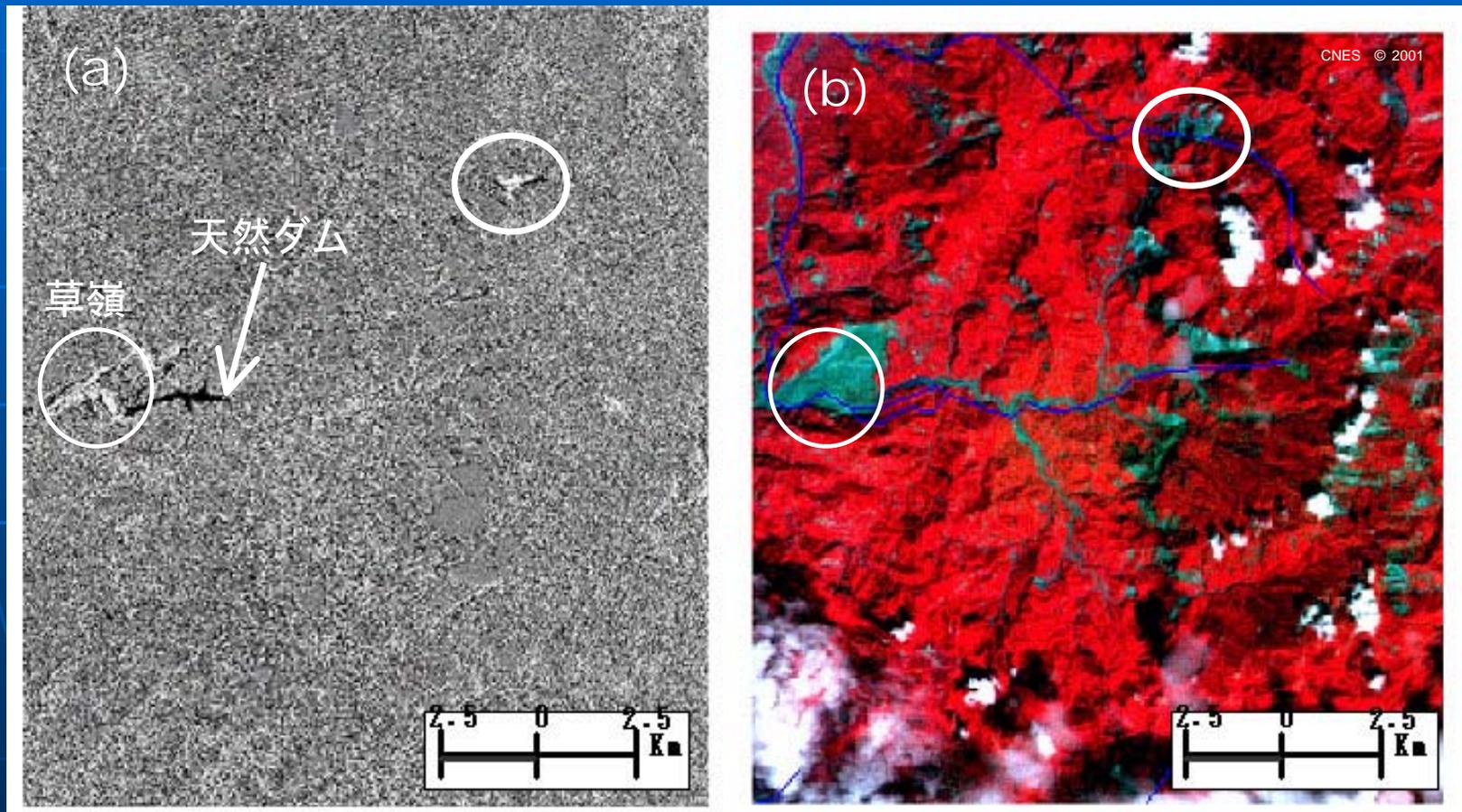


図-3 SARによる斜面崩壊抽出結果
(a) SAR強度差画像
(b) SPOT画像(99/9/27)

広域で発生した土砂災害の調査

調査

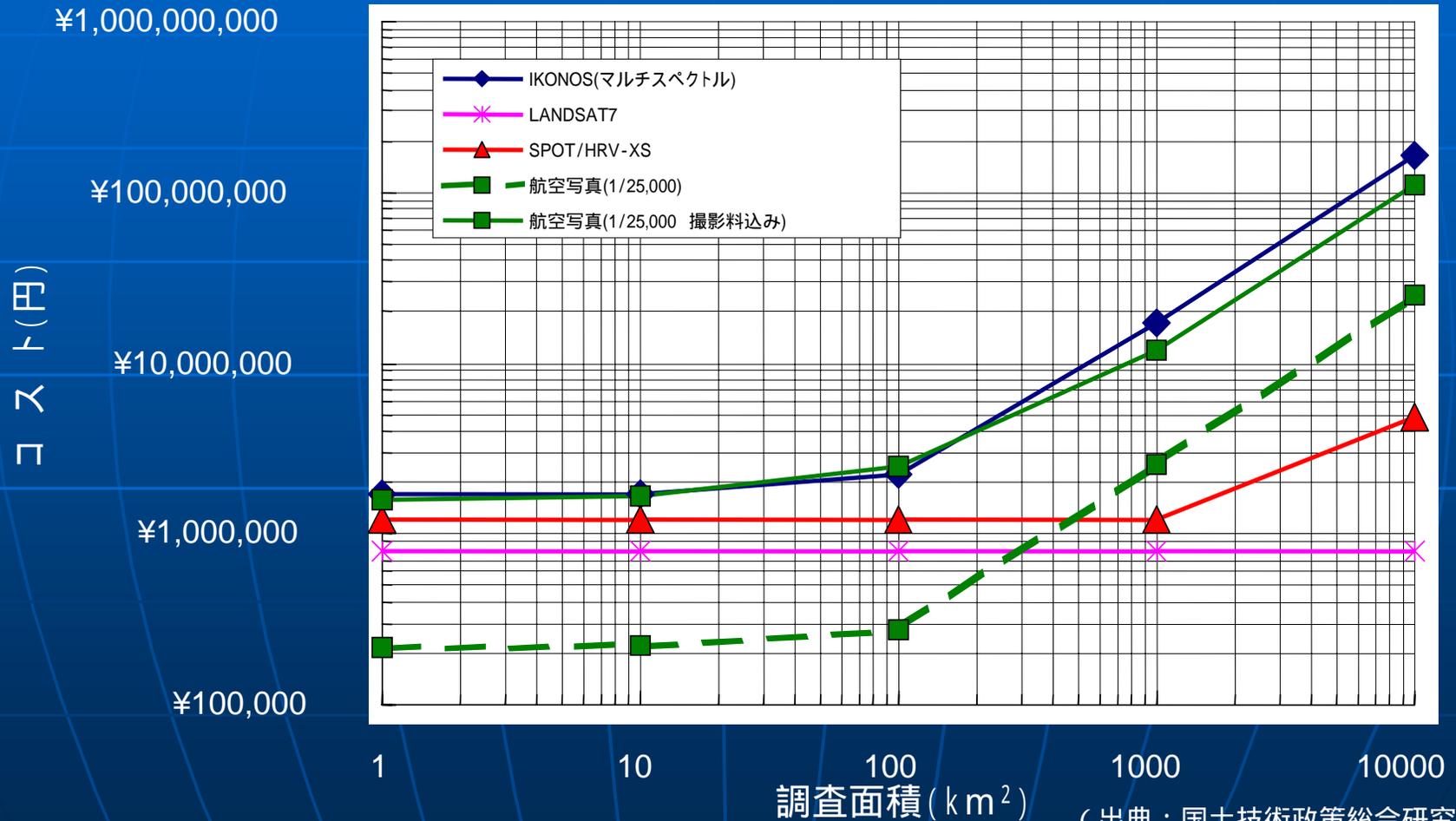


図-4 調査面積とコストの関係

(出典：国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室，独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム (2003))

広域で発生した土砂災害の調査

■ 広域を迅速かつ安価に概略調査可能

・ 比較的大きな斜面崩壊であれば、SPOTやLANDSAT等でも概況把握は可能である



・ 画像中に雲があると斜面崩壊の誤抽出が多くなる

・ SAR強度差画像を用いた解析では天然ダムの検出が可能である



・ SAR強度差画像でもほとんどの斜面崩壊は抽出できない。ポラリメトリックSAR画像などの適用性の検討が必要

・ 基本的にSPOTやLANDSATで調査を行う方が航空写真よりもコストが安い。特に、1,000km²を上回る面積を調査する場合、費用は10分の1以下である

海外で発生した土砂災害の調査

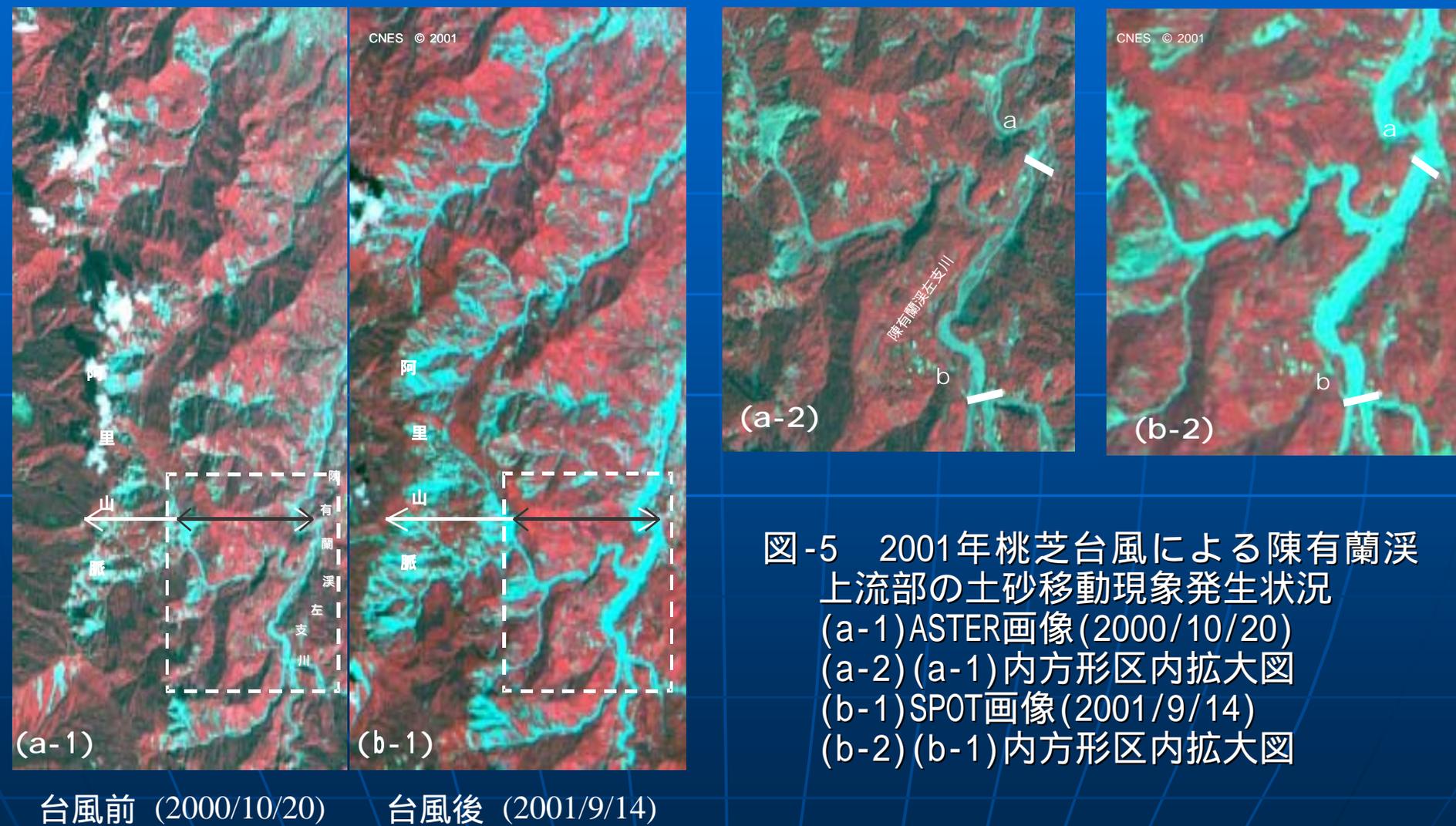


図-5 2001年桃芝台風による陳有蘭溪
上流部の土砂移動現象発生状況
(a-1) ASTER画像(2000/10/20)
(a-2) (a-1)内方形区内拡大図
(b-1) SPOT画像(2001/9/14)
(b-2) (b-1)内方形区内拡大図

台風前 (2000/10/20)

台風後 (2001/9/14)

(出典：山越 他(2002))

海外で発生した土砂災害の調査

- 地図などの情報が得られない外国においても情報収集が可能

・ SPOT等の衛星画像のみから土砂災害発生状況の定性的な把握が可能である



・ DEMの入手が困難とすると、重ね合わせ画像の歪み補正ができない。全球DEMが公開されると、より精度の高い解析が可能になると期待される

干渉SAR技術 (InSAR) の滑動中の地すべり抽出への適用性の検討

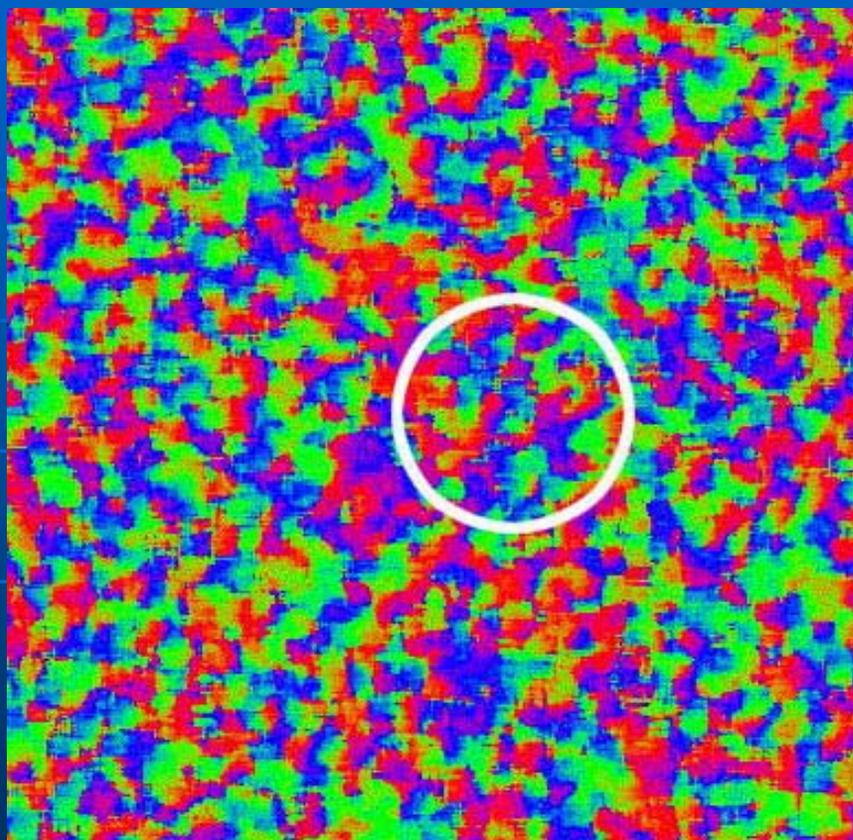


図-6 秋田県谷地地すべり周辺の差分干渉SAR画像と地形図
(a)干渉SAR画像, (b)地形図(国土地理院1:25,000)

(出典: 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室, 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム (2003))

干渉SAR技術（InSAR）の滑動中の地すべり抽出への適用性の検討

- 広域にわたる数cmオーダーの微小な地盤変動が抽出可能

・現状では、干渉SARによって滑動している地すべりを抽出することは困難である



・森林に覆われた山地斜面において干渉性を高める工夫が必要である
・干渉SAR処理を行うことが可能な画像ペアが得られるように、SAR衛星の高精度軌道制御技術が必要である

IKONOS画像の土石流災害への適用性の検討



図-7 平成12年東海豪雨災害時の土石流発生溪流（社沢支川）のIKONOSパナシャープン画像

IKONOS画像の土石流災害への適用性の検討

- 従来の衛星画像と比較して空間分解能が高く、最大階調領域が多い

- ・ 土石流の氾濫堆積範囲は把握可能である
- ・ 土石流流下部は樹林の影となり判別困難である
- ・ 流木の有無、粒径、施設の破損状況なども判別困難である



- ・ 通常発生するような比較的小規模の土砂災害を対象として、衛星リモートセンシングを適用して詳細情報を得ようとすることは避けるべきであると思われる

3. まとめ

<p>噴火中の火山に関する調査</p>	<ul style="list-style-type: none">・噴火活動中でも安全に情報収集が可能・光学系センサーで概略調査可能であるが、雲や噴煙に覆われていない場合に限られるため、SAR技術の開発に期待
<p>広域で発生した土砂災害の調査</p>	<ul style="list-style-type: none">・広域を迅速かつ安価に概略調査することが可能・比較的大きな斜面崩壊であれば概況把握は可能であるが、雲等の影響による誤抽出除去が課題・ポラリメトリックSAR画像などの適用性の検討が必要
<p>海外で発生した土砂災害の調査</p>	<ul style="list-style-type: none">・地図情報等の得られない海外で定性的な情報収集が可能・全球DEMの公開による、より精度の高い解析に期待
<p>InSARによる滑動中の地すべり抽出</p>	<ul style="list-style-type: none">・理論的には数cmオーダーの微小な地盤変動が抽出可能であるが、現状では困難・森林に覆われた山地斜面において干渉性を高める工夫、干渉性の高い画像ペア取得のためにSAR衛星の高精度軌道制御技術等が必要
<p>IKONOS画像による土石流災害把握</p>	<ul style="list-style-type: none">・土石流の氾濫堆積範囲は把握可能・通常発生するような小規模な土砂災害は把握不可能

4. 今後の課題

航空宇宙技術開発・運用者への要求仕様

- 歪みの無い衛星画像を供給するためのデータ処理体制やDEMの整備
- 撮像機会の増加およびデータ配信の迅速化
- SAR衛星の高精度軌道制御技術の開発

土砂災害対策担当者としての課題

- 画像解析・目視判読数を増やし、衛星画像による地物判読技術を向上
- 衛星画像を補足する各種GISデータの充実およびGIS上での効果的な情報処理手法の検討
- 衛星画像同士の位置合わせ精度の向上

出典（引用文献）

国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室, 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム (2003): 人工衛星による流域の土砂環境把握と危険度評価手法に関する研究, 国土交通省総合技術開発プロジェクト災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究総合報告書, 第4編, p.52-61

国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室 (2002): Landsat-7/ETM画像解析による三宅島の降灰分布図の作成, 土木技術資料, Vol.44, No.8, 今月の表紙

国土交通省砂防部 (2001): 日本の砂防

国土交通省砂防部HP: <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/index.html>

清水孝一, 青山浩志, 山越隆雄, 仲野公章 (2001): IKONOS画像の土砂災害情報への適用性の検討, 土木技術資料, Vol.43, No.8, p.38-43

福嶋彩, 仲野公章, 清水孝一, 山越隆雄 (2001): 衛星リモートセンシングによる斜面崩壊等の監視手法の検討, 土木技術資料, Vol.43, No.6, p.54-59

M Nakano, Y Shimizu and T Yamakoshi (2000): Applicability of satellite remote sensing technique for investigation of sediment disasters caused by landslide and debris flow, Workshop on Natural Disaster Monitoring by Satellite, Paris.

山越隆雄, 渡正昭 (2002): 衛星画像から見た2001年桃芝台風による台湾中部山岳地帯の土砂移動現象発生状況, 土木技術資料, Vol.44, No.6, p.18-23