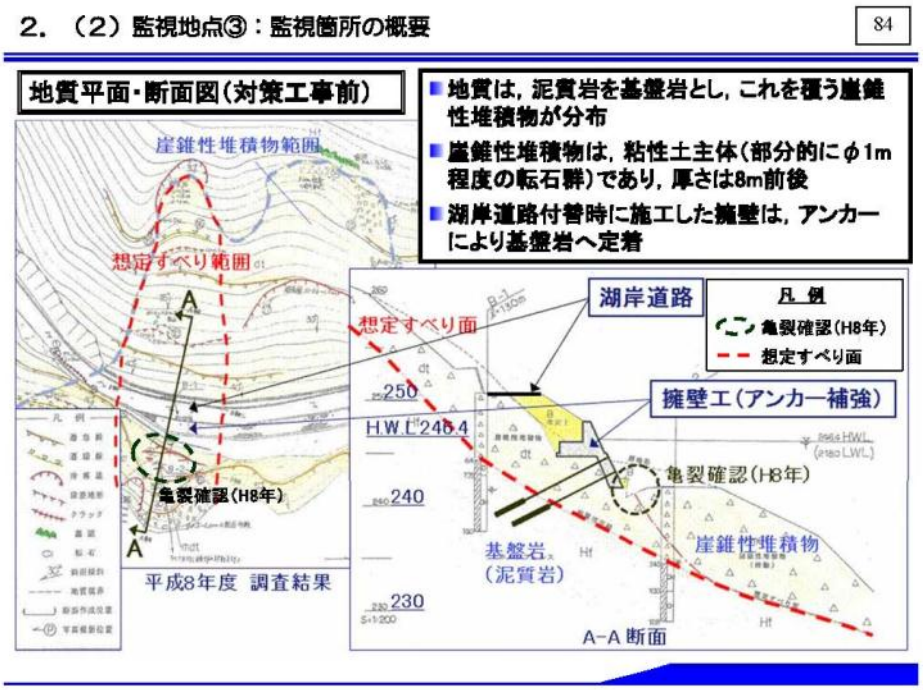
３－１２－１　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

３－１２－２　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】



３－１２－３　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

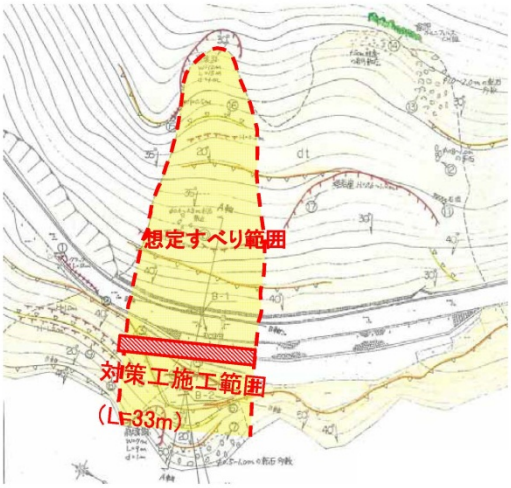
2．（2）監視地点③：監視に至った経緯　85

年　代	対応内容
昭和61年迄〔建設時〕	■湖岸道路付け替え時に一部崩壊(表層) ⇒ 湖岸道路法面下部にアンカー付擁壁を施工 ■湖岸道路上部斜面も含め継続監視
平成8年迄	■擁壁下部の崖錐表面に微小な亀裂発生 ■亀裂の状況を巡視で確認し，地表踏査等を実施(平成8年)し，地すべりブロックの変動の可能性は低いと判断 ⇒亀裂の進行を抑制するため，亀裂の大きい箇所にモルタルの充てん，表流水流入防止(迂回工)を実施(H8,H12)し，継続監視
平成20年迄	■平成20年に擁壁下部に明瞭な亀裂(4条:平成8年の調査時は2条)を確認。過去調査と比較し，亀裂が進行していると判断 ⇒新たな対策工を検討開始
平成22年以降	■対策工事(アンカー付抑止杭工)を実施し，継続監視中

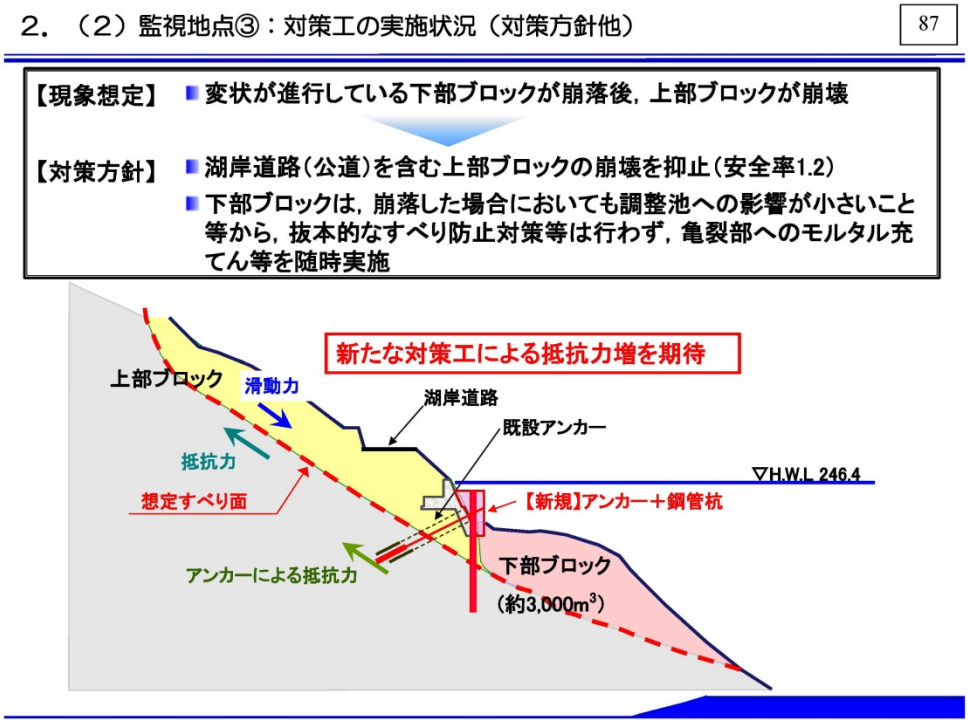
３－１２－４　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

2．監視地点③：対策工の実施状況（対策範囲）　86

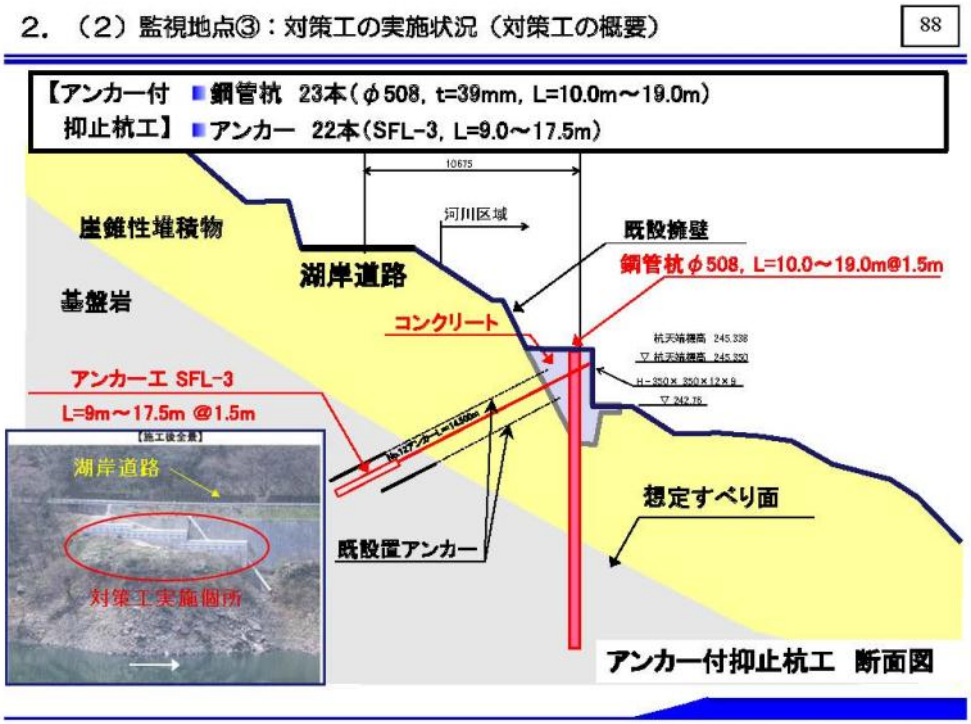
■変状に関連する地すべりブロックを対象
■周辺斜面のうち，想定すべり範囲以外は直ちに地すべりに結びつく変状は確認できないこと，下部に岩盤露頭を確認していること等から，崩壊の可能性は小さいと判断



３－１２－５　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】



３－１２－６　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

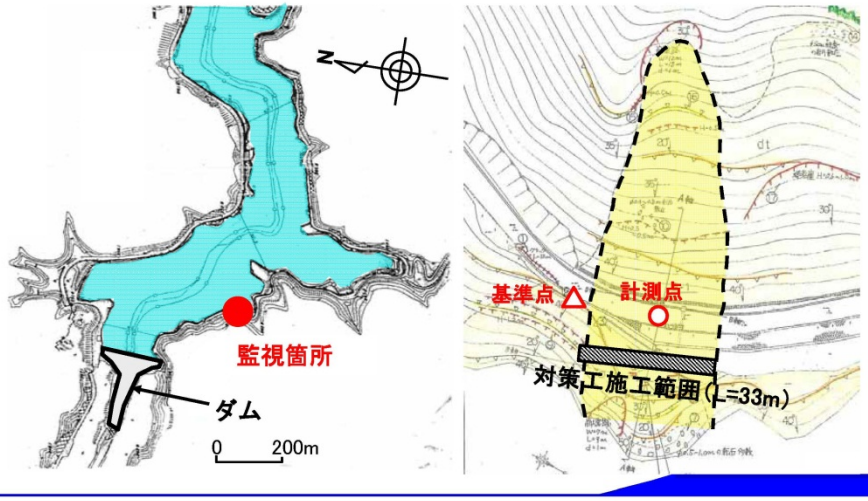


<<参考資料>>

３－１２－７　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

2．（2）監視地点③：監視体制、計測項目　89

監 視 内 容	監 視 頻 度
目視による変状確認	1回/週
変位計測	1回以上/四半期

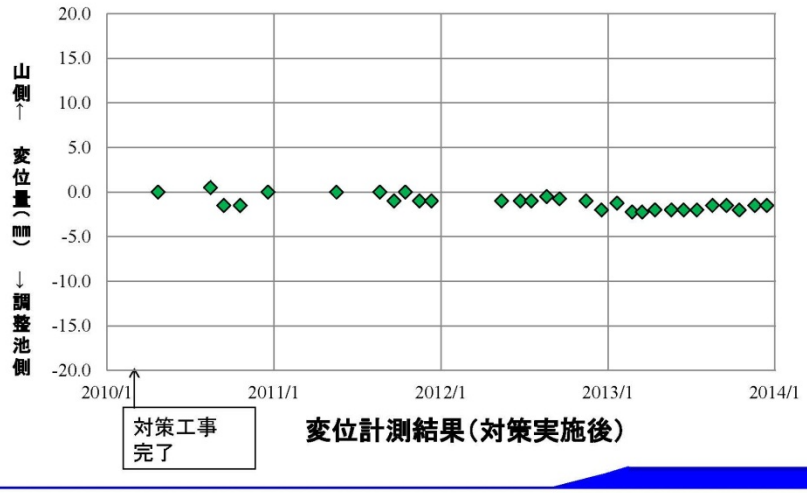


３－１２－８　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】

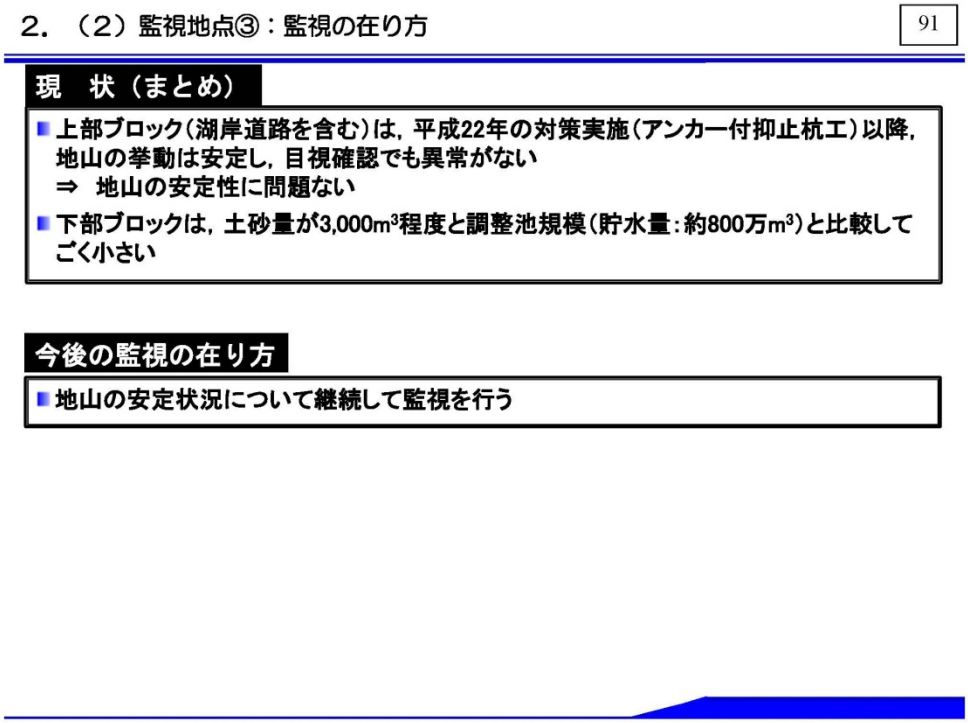
2．（2）監視地点③：監視体制、計測項目　90

- 1回/週の現地確認（目視）の結果，異常な兆候がない
- 計測値（湖岸道路上計測点）は安定して推移

地山の安定性に問題なし



３－１２－９　地すべり対策工、監視の状況【中国電力(株)の例】



2．（2）監視地点③：監視の在り方

91

現　状（まとめ）

- 上部ブロック(湖岸道路を含む)は，平成22年の対策実施(アンカー付抑止杭工)以降，地山の挙動は安定し，目視確認でも異常がない
  ⇒　地山の安定性に問題ない
- 下部ブロックは，土砂量が3,000m³程度と調整池規模(貯水量：約800万m³)と比較してごく小さい

今後の監視の在り方

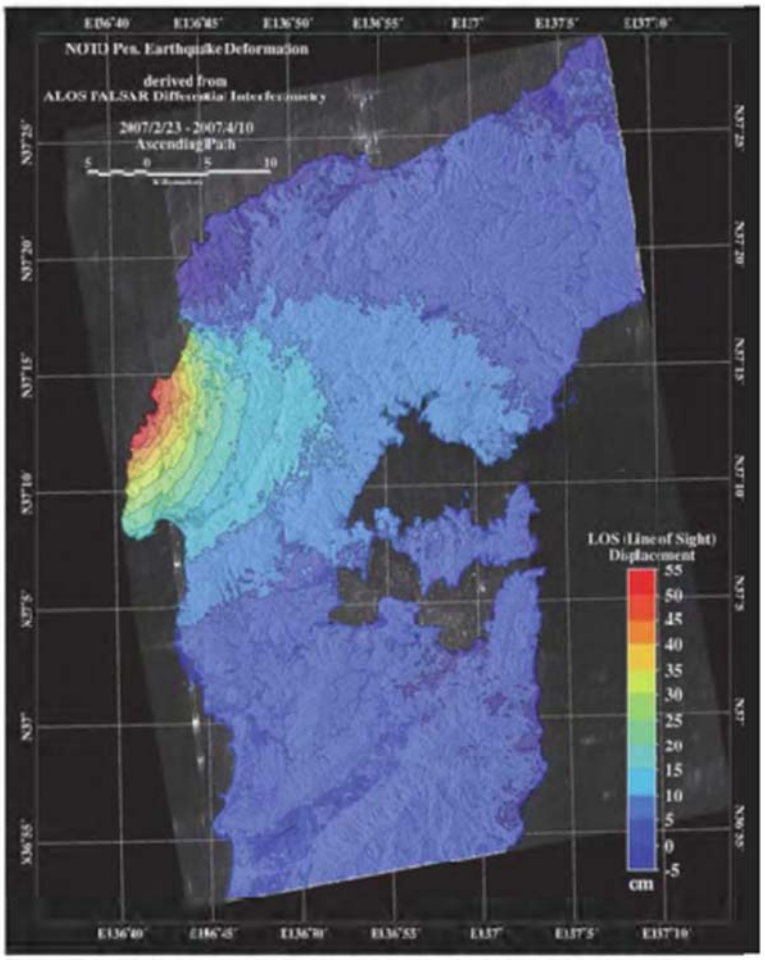
- 地山の安定状況について継続して監視を行う

３－１３－１　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１）－１

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	リモートセンシング
	小項目	衛星画像解析（マイクロ波）
	細目1	合成開口レーダー
調査仕様		・マイクロ波を用いた能動型センサ。 ・高度200km～1000kmより観測。1画像で十数から百数十km四方をカバー ・各種画像処理手法適用による地質情報抽出
特徴		合成開口レーダー(SAR)は、天候に左右されず、昼夜の別なくデータを取得することができ、標準的な光学センサに比べて、解像度が高い(1～10mアジマス方向、1～30mスラントレンジ方向)ことで特徴付けられる。マイクロ波は、波長によって、10程度のバンドに分かれているが、現在世界で運用されている衛星搭載SARでは、Xバンド(波長2.5～3.8cm)、Cバンド(同3.8～7.5cm)、Lバンド(同15～60cm)が使われている。SAR画像は、白黒の濃淡で表される。この濃淡は、地表面で散乱したレーダー波が、再びセンサで捉えられる量の大小を反映するもので、地表面の粗さの程度(植生の有無や、岩盤や地表の起伏)に由来する。 衛星画像解析から抽出できる地質情報としては、光学センサと同様に①リニアメント判読に基づく断層やフラクチャーの抽出や応力場解析、②水系や地形起伏の特徴・違いに基づく岩質の識別、③背斜や向斜など地質構造要素の抽出に基づく地質構造判読ができ、これらにもとづいて地質構造発達史の検討や、現世における地殻変動の特性の検討を行うことも可能である。 また、異なる時期に取得したSARデータを干渉させ、地表の標高や変位量を求める技術は、近年目覚しく発達し、地震に伴う地殻変動を、広域にわたり高い精度で求めることが可能となった。
長所		・広い地域をほぼ同時に観測できる。空中写真では判読できない大規模な構造の抽出が可能。広域データを安価で取得できる。 ・決まった周期で反復してデータを取得できる。 ・人間が近づきにくい場所でのデータ取得も可能。 ・雲にさえぎられること無くデータを取得できる。
短所		・空中写真に比べて、解像度が低い。 ・光学センサに比べて、画像処理が難しい。
適用性	調査可能深度	岩質:地表面、地質構造:数百mから数km(地質断面図が描けた場合)
	調査精度	・1m～30m程度(平面) ・InSAR(地表変位量:マイクロ波の半波長分の変位で干渉縞1本)
	適用箇所	陸域(地質評価の場合)
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	特になし
	社会的制約	特になし
	その他	画像処理・判読ソフトウエア使用
工程	実施に要する期間	1～3ヶ月以内(解析作業含む)
費用	実施に要する費用	数百万円程度(画像は1シーンあたり1万円程度から数十万円)
出典など		日本リモートセンシング学会(2011):基礎からわかるリモートセンシング

<<参考資料>>

３－１３－２　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１）－２



衛星SARデータの差分干渉にによる地表変位量推定の例（大沼、2007）

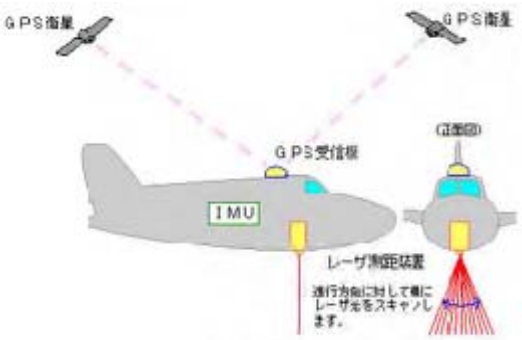
<<参考資料>>

３－１３－３　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（２）－１

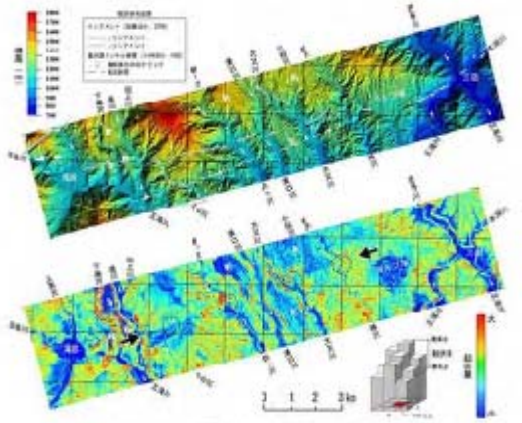
調査名称	大項目	地表調査
	中項目	地形測量
	小項目	航空レーザー測量
調査仕様	観測作業	航空機、レーザ測距装置、GPS/IMU装置
	室内作業	GPS解析ソフトウェアなど
特徴		航空機から地上に向けてレーザパルスを照射し、地上から反射してくるレーザとの時間差より、航空機と地上のレーザパルスが反射した地点の距離を計算する測量方法。航空機と地上のレーザパルスが反射した地点の距離、GPSによる航空機の正確な位置、IMU（慣性計測装置）による航空機の姿勢を解析することにより、1パルスごとの地表の3次元情報（X、Y、Z）の計測が可能となる。レーザパルスは1秒間に最大数万回照射される。各種フィルター処理（微分処理、傾斜量、起伏量、地上開度への変換）により、様々な地形特徴を抽出できる。 活断層調査における変動地形、リニアメント、地形面の抽出や、火山調査における溶岩流地形、火砕流・土石流の堆積地形の抽出に適用。また、隆起域を評価する際の地形面の抽出や、侵食量評価に関するマスムーブメントの調査における地すべり地形の抽出に適用可能。
長所		・空中写真判読と違い、シームレスに広範囲を観察可能で効率的。 ・起伏の誇張（過高感）の強調が可能。空中写真判読では分かり難い、僅かな変動地形を抽出できる。 ・土地被覆・建物の除去により、航空写真測量と比べて高精度の地形データを作成可能。僅かな変動地形を抽出できる。
短所		・作成時期が新しいものが多いため、特に宅地付近では、人工改変前の地形が不明。
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	水平：対地高度の1/2,000程度、高さ：0.15m程度（対地高度1,000m）
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	断層活動による変位・変形が地表まで達していない活断層（ブラインド断層）や、変位・変形が侵食されたり、ごく最近の堆積物に覆われて認められない断層（伏在活断層）には適用困難。
	社会的制約	飛行禁止区域では適用不可。
	その他	
工程	実施に要する期間	数時間/km^2（計測のみ）
費用	実施に要する費用	3～10km^2程度：80万円/km^2、10km^2程度以上：40万円/km^2（データ処理込）
出典など		寒地土木研究所（2006）：航空レーザ測量について、寒地土木研究所月報 岩橋ほか（2011）：航空レーザ測量のDEMから作成した余色立体図等を用いた変動地形の観察、国土地理院時報、No.121、p143-155

<<参考資料>>

３－１３－４　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（２）－２



航空レーザー測量の概要(国土地理院HP)

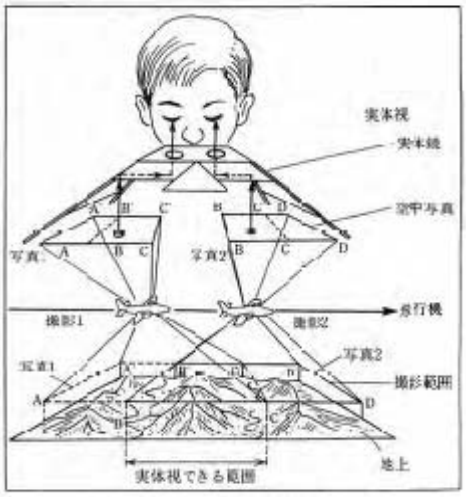


航空レーザー測量による変動地形解析の例
（電力中央研究所HP）

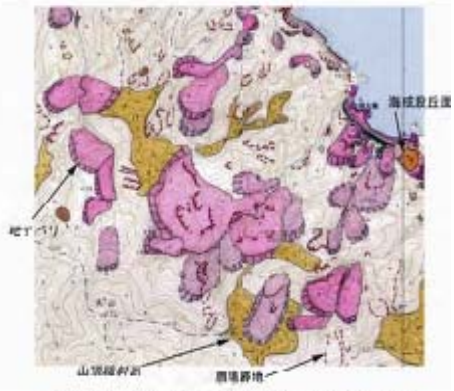
３－１３－５　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（３）－１

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	空中写真判読
	小項目	
調査仕様	調査用具	実体鏡、空中写真、地形図
	特徴	航空写真（空中写真）を立体視し、地形を判読する手法。既存の空中写真は、撮影縮尺は1/8,000～1/40,000のものが、国土地理院、林野庁、米軍、各官公庁、及び民間会社により全国で整備されている。これより大縮尺あるいは最新の航空写真を入手する場合は、航空写真撮影が必要になる。 活断層調査における変動地形、リニアメント、地形面の抽出や、火山調査における溶岩流地形、火砕流・土石流の堆積地形の抽出に適用。また、侵食量の評価におけるマスムーブメントの調査における地すべり地形の抽出に適用可能。
	長所	・撮影時期が古いものもあるため、人工改変地においては、航空写真測量や航空レーザー測量では分からない自然地形の判読が可能。
	短所	・航空レーザー測量と違い、一度に判読できる範囲が限られ、時間がかかる。 ・土地被覆や陰影が残ること、起伏の誇張（過高感）の強調の自由度が少なく、航空レーザー測量に比べ、変動地形の抽出精度は低い。
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	判読者の才能と練度による。
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	断層活動による変位・変形が地表まで達していない活断層（ブラインド断層）や、変位・変形が侵食されたり、ごく最近の堆積物に覆われて認められない断層（伏在活断層）には適用困難。
	社会的制約	
	その他	・個人差による判読結果の差異を少なくするため、複数の判読者による判読を行うことが必要。
工程	実施に要する期間	2～3日/10km^2（写真縮尺：1/5,000）
費用	実施に要する費用	120,000円/10km^2（写真縮尺：1/5,000、空中写真費除く）
出典など		加藤、脇田編（2001）：地質学ハンドブック 岩橋ほか（2011）：航空レーザ測量のDEMから作成した余色立体図等を用いた変動地形の観察、国土地理院時報、No.121、p143-155

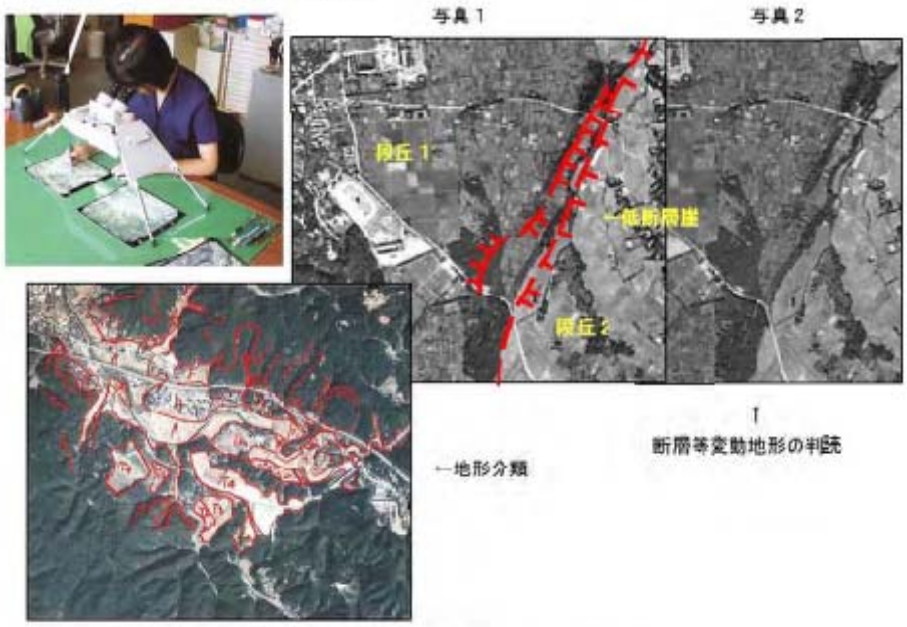
３－１３－６　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（３）－２



実体視の方法（浅川改良事務所HP）



地すべり地形判読結果の例（レアックスHP）

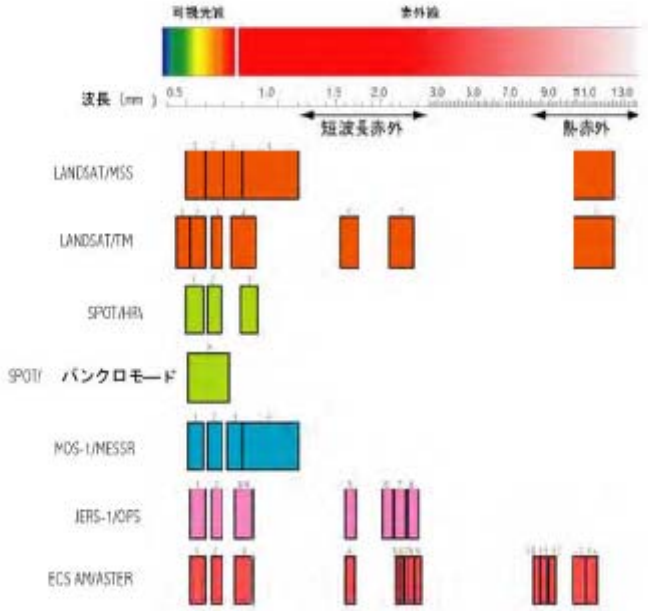


空中写真判読による変動地形及び地形分類の例（岩橋ほか、2011）

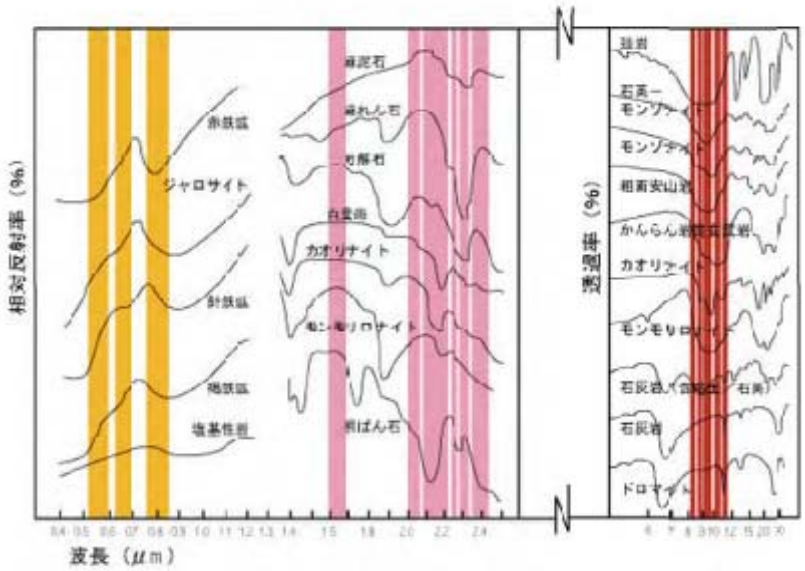
３－１３－７　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（４）－１

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	リモートセンシング
	小項目	衛星画像解析
	細目1	可視～短波長赤外線（波長約0.4μm～3.0μm）
調査仕様		・太陽光の地表面からの反射に由来する可視～短波長赤外線を観測。 ・高度200km～1000kmより観測。1画像で十数から百数十km四方をカバー ・各種画像処理手法適用による地質情報抽出
特徴		人工衛星に搭載された光学センサによって取得された地表データの解析を行う手法。可視～短波長赤外線（波長約0.4μm～3.0μm）領域において、物質は様々な波長特性を示すことが知られている。この波長特性の違いに基づいて物質の識別を行うマルチスペクトルセンサは、地球観測衛星に普遍的に搭載されている。また、波長識別能力を向上させ、連続的にスペクトルデータを取得するハイパースペクトルセンサを搭載した人工衛星も、近年打ち上げられるようになった。画像の分解能の向上を目指したパンクロマティックセンサは、民生用としては50cm程度の解像度まで許容されている。また、一つの地点を異なった方向から撮影した画像を用いることにより、立体視判読やDEMデータの作成が可能となるが、後方視や斜方視によってこれらの画像データの取得を可能としたセンサを搭載した衛星もある。 衛星画像解析から抽出できる地質情報としては、①リニアメント判読に基づく断層やフラクチャーの抽出や応力場解析、②水系や地形起伏の特徴・違いに基づく岩質の識別、③背斜や向斜など地質構造要素の抽出に基づく地質構造判読のほか、④スペクトルデータ解析による岩種の識別、①～④の判読結果の総合的な解釈に基づく地質構造発達史の検討や、現世における地殻変動の特性の検討を行うことも可能である。また、衛星画像から作成したDEMデータの活用や画像の立体視による判読は、上記の地質判読を行う際の一助となる。
適用性	長所	・広い地域をほぼ同時に観測できる。空中写真では判読できない大規模な構造の抽出が可能。広域データを安価で取得できる。 ・決まった周期で反復してデータを取得できる。 ・人間が近づきにくい場所でのデータ取得も可能
	短所	・空中写真に比べて、解像度が低い。 ・雲に覆われた場所は判読できない。 ・植物に覆われた地域は、岩石、土壌の反射光の観測ができない。
	調査可能深度	岩質：地表面、地質構造：数百mから数km（地質断面図が描けた場合）
	調査精度	0.5m～30m程度（衛星画像のピクセルサイズに既存）
	適用箇所	陸域（地質評価の場合）
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	特になし
	社会的制約	特になし
	その他	画像処理・判読ソフトウエア使用
工程	実施に要する期間	1～3ヶ月以内（解析作業含む）
費用	実施に要する費用	数百万円程度（画像は1シーンあたり1万円程度から数十万円）
出典など		日本リモートセンシング学会（2011）：基礎からわかるリモートセンシング 資源エネルギー庁（2001）：平成12年度　鉱物資源探査技術開発調査報告書、リモートセンシングによる探査技術開発

３－１３－８　大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（４）－２



主要な光学センサのスペクトル特性
（資源エネルギー庁、2001）



主要な鉱物・岩石とASTERのスペクトル特性
（資源エネルギー庁、2001）