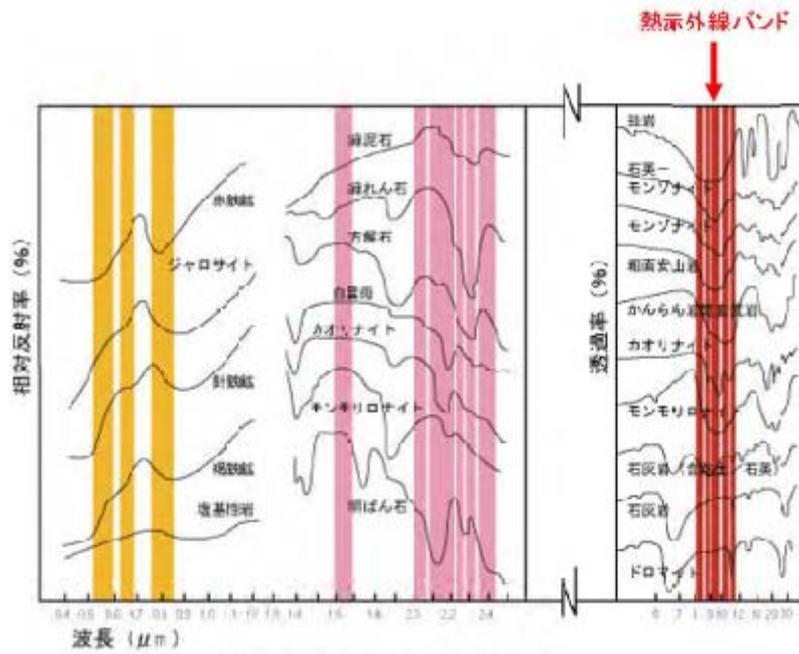


3-13-9 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（5）-1

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（光学センサ）
	細目1	熱赤外線
調査仕様		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地表面からの熱放射を観測。</li> <li>・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</li> <li>・各種画像処理手法適用による地質情報抽出</li> </ul>
特徴		<p>波長8μm～14μmの熱赤外線領域は、地表面からの熱放射を観測する光学センサであり、地表面の温度の違いに基づき、火山活動や地熱資源の調査に利用されている。</p> <p>また、珪酸塩岩石・鉱物については、岩石組成(SiO<sub>2</sub>)含有率と熱赤外バンドでの放射率との相関性が認められることや、粘土鉱物や炭酸塩鉱物・硫酸塩鉱物等の鉱化変質鉱物についても、熱赤外領域で特徴的なスペクトルが認められることが報告されており、地層中にこれらの鉱物が含まれる地層を識別する際の指標となる。</p>
長所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・決まった周期で反復してデータを取得できる。</li> <li>・人間が近づきにくい場所でのデータ取得も可能</li> </ul>
短所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・空中写真に比べて、解像度が低い。</li> <li>・雲に覆われた場所は判読できない。</li> <li>・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。</li> </ul>
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	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・判読ソフトウェア使用
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		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

<<参考資料>>

3-13-10 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法 (5) - 2



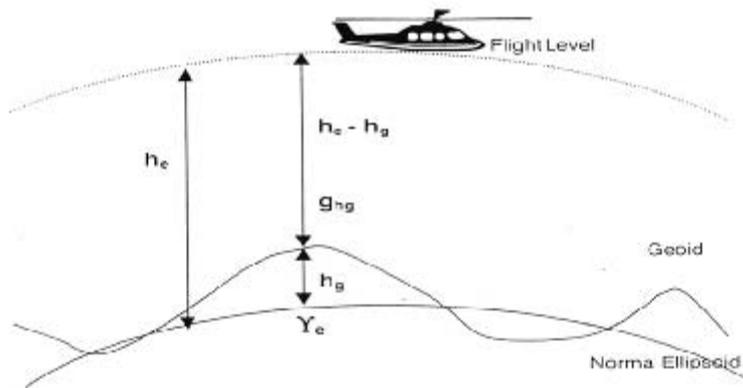
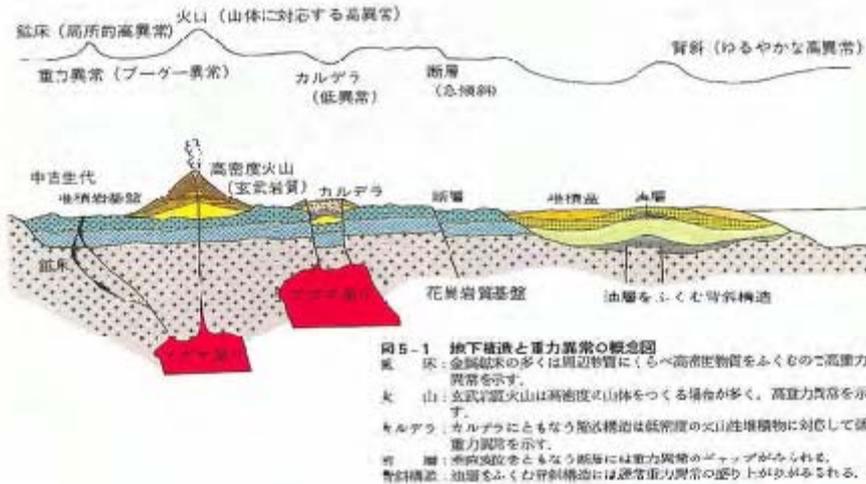
<<参考資料>>

3-13-1.1 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(6)-1

調査名称	大項目		物理探査
	中項目		重力探査
	小項目		空中重力探査
調査仕様	発信	種類	
		最大起振力	
		周波数帯域	
	受信	受信形式	重力計
特徴			<p>重力探査は、地球上のある場所での重力を測定し、基盤構造の決定、褶曲構造、潜在断層、カルデア構造の検出や金属鉱床を知ることができる。地層が褶曲すると、背斜の部分では高密度の下部地層が、地表に近づくためブーゲー異常が大きくなり、逆に向斜の部分ではブーゲー異常が小さくなる。また、垂直変異を伴う断層には重力異常のギャップがみられる。</p> <p>重力計、姿勢制御装置、データ処理装置が搭載されたヘリコプターにより低高度、低速度にて測定される。現在、1-2mgalの精度を達成している。</p>
長所			<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本のような複雑な地形、地質でも、陸域から海域まで、高密度・高分解能で測定データを得ることが可能となり、アクセスの困難な森林地帯・山岳地帯でもデータ取得が可能である。</li> <li>・広域の地殻構造を把握するために利用できる。</li> <li>・重力探査により得られる重力異常分布は、主に対象地域の地殻内の密度の変化を反映しており、地質構造を解明するのに有用である。</li> </ul>
短所			<ul style="list-style-type: none"> <li>・陸上観測より精度は低く、鉛直方向の揺動ノイズの除去が重要である。</li> <li>・密度と深度の間に不確定性があり、単独では一意的に求められない。</li> <li>・断層の傾斜角など詳細な構造は、確実に求められない。</li> </ul>
適用性	探査可能深度		0～数十km
	探査精度		現在、1-2mgalの精度を達成している。空間分解能は、数十m～数千m（一般に、深部ほど分解能が低くなる。）
	適用箇所		空中
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約		地形の高低差が激しい山間地などは安定した測定が難しい。
	社会的制約		飛行制限区域や市街地では調査できない。
	その他		・送電線が調査地内にある場合、空中電磁探査においては送電線からの人工ノイズと飛行安全のため、送電線の周辺の飛行は避ける。
工程	実施に要する期間	500km程度/2日	
費用	実施に要する費用	数千万円/500km	
出典など			<p>瀬川(2010)          物理探査学会編(1989):区解 物理探査          物理探査学会編(1998):物理探査ハンドブック</p>

<<参考資料>>

3-13-12 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(6)-2



航空機(ヘリコプター)はGPSに従って正規楕円体面からの高さ $h_e$ (Normal Ellipsoidal Height)を一定に保ちながら飛行をする。ジオイド高(geoidal height)を $h_g$ とすると航空機のジオイド(geoid)からの高さは $h_e - h_g$ となり、これからフリーエア補正を行った重力 $g_{hg}$ よりフリーエア重力異常が得られる。

日本測地学会ホームページ：<http://www.geod.jpn.org/>

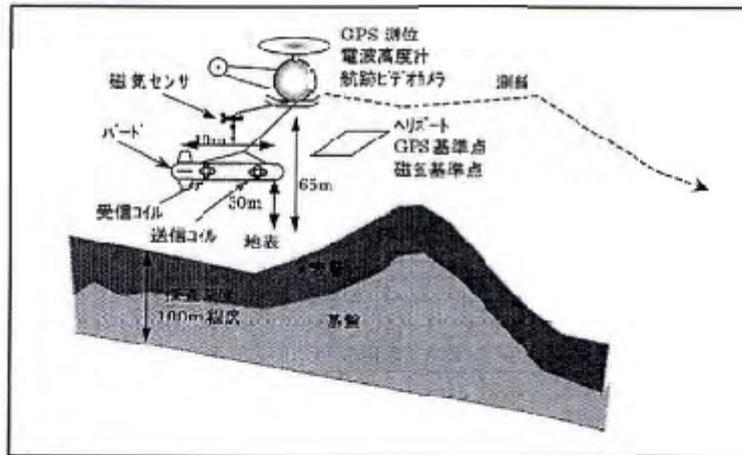
<<参考資料>>

3-13-13 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（7）-1

調査名称	大項目	物理探査	
	中項目	電磁探査	
	小項目	空中電磁探査	
調査仕様	発信	種類	ループループ法、タイムドメイン法
		最大起振力	
		周波数帯域	200~140,000Hz
	受信	受信形式	電場センサー、磁場センサー
	特徴	<p>空中電磁法は、深度100m程度までの水平方向の比抵抗変化を探査する手法であり、地質境界・断層・破砕帯・変質帯・すべり面・地下水賦存などの把握に利用されている。主な適用例として、金属資源探査や地下水調査に利用され、また、火山帯の地下構造を把握するために、空中磁気探査と合わせて空中磁気探査が行われることが多い。</p> <p>空中電磁法では、各測点における各周波数の見掛け比抵抗値から、水平2層構造を求める1次元解析を行う。この探査方法では小型装置(バード)を搭載したヘリコプターを用い、バードの地上高を30~60mに保ち、対地速度30~80km/hで空口を飛行しながら連続的に探査を行う。</p>	
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・急斜面や山岳地帯を含む広域の浅部比抵抗構造を推定することができる。</li> <li>・水平方向の比抵抗変化を探査するのを得意とする。</li> <li>・比抵抗法のように関係地権者の土地へ立入る必要がなく、電極を設置する測線設定と電線の設置が不要である。</li> <li>・取得された比抵抗データは地形の影響が少ない。</li> </ul>	
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象深度が100m程度と浅い。</li> <li>・電磁探査から地下水の塩分濃度の推定は、塩分濃度が高く、表面電気伝導が無視でき、間隙率が顕知の場合に限られる。</li> </ul>	
適用性	探査可能深度	~150 m (ループループ法)、数百m(TEM法)	
	探査精度	<p>分解能は、数m(測線方向沿い5m程度、深度方向10%程度)</p> <p>空中電磁探査での地上電気探査との精度の比較では、深度情報の精度は落ちるものの、面的なマッピングの精度は地上探査では物理的に不可能なため、飛行的に精度が上がる。</p>	
	適用箇所	空中	
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	・ヘリコプターがバードを曳航して飛行するため、市街地上空での飛行は行わない。	
	その他	・送電線が調査地内にある場合、空中電磁探査においては送電線からの人工ノイズと飛行安全のため、送電線の周辺の飛行は避ける。	
工程	実施に要する期間	1日あたり500km	
費用	実施に要する費用	<p>2000万/100km(空中電磁・磁気・放射能探査データを同時取得する場合、ヘリコプターの空輸距離などにより金額が変動する。測線間隔100m、面積約10km<sup>2</sup>を想定)</p> <p><a href="http://www.netis.rilit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG_NO=TH-0200018TabType=2&amp;nt=nt&amp;pFlg=1">http://www.netis.rilit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG_NO=TH-0200018TabType=2&amp;nt=nt&amp;pFlg=1</a></p>	
	出典など	<p>物理探査学会編(1989):図解 物理探査</p> <p>物理探査学会編(1998):物理探査ハンドブック</p>	

<<参考資料>>

3-13-14 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(7)-2



物理探査学会(2003)



産総研ホームページ: <http://staff.aist.go.jp/k.nawa/geophysmap-rg/amag/usupic2.html>

大熊茂雄, 中塚 正, 高倉伸一, 森尻理恵(2002): 有珠火山地域における空中電磁・磁気探査ー有珠2000年噴火に関連してー, 火山, 47, 5, 533-546.

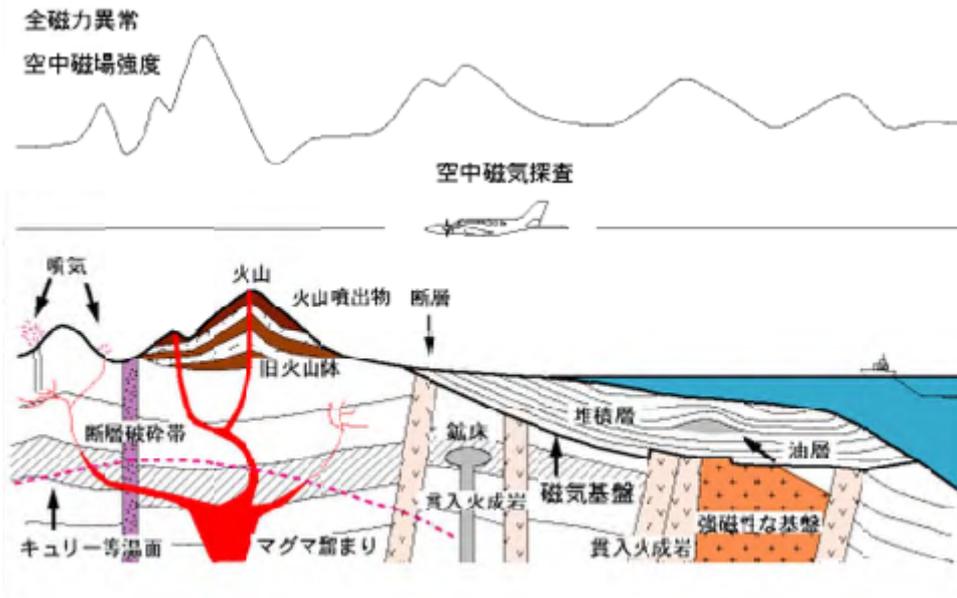
<<参考資料>>

3-13-15 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(8)-1

調査名称	大項目		物理探査
	中項目		磁気探査
	小項目		空中磁気探査
調査仕様	発信	種類	
		最大起振力	
		周波数帯域	
	受信	受信形式	光ポンプセシウム磁力計、セシウム磁力計
特徴			地上、空中、海上、宇宙等で地磁気(地球磁場)の強さや方向を測定し、観測データの解析・解釈から地球の内層構造を調査する物理探査手法であり、このうち航空機に磁力計を搭載して空中において地磁気を測定する探査手法である。初期の頃は、石油・天然ガスを胚胎する石油堆積盆の構造調査や貫入火成岩体と関連を持つ金属鉱床調査等に使われたが、現在では伏在新層調査、火山の内部構造調査、地下の高温部(キュリー等温面)の検出等多方面に利用されている。磁気センサーバードは、地上から45~75mの高度で免航しデータを測定する。
長所			・磁性体(帯磁率)を中心とする岩体や構造を把握でき、特に、火山岩・変成岩自体の探査や、それが構造上重要な地域の探査に適している。
短所			・単独では、磁性体の構造を一意的に求められない。
適用性	探査可能深度		0~数十 km
	探査精度		・分解能は、数百m~数千m(一般に、深部ほど分解能が低くなる。) ・空中磁気探査の精度は、地上での磁気探査の精度と比較すると、ヘリコプターを用いた空中探査の方が深部構造に対する精度が高く、従来から行われてきた飛行機を用いた探査よりも数段精度が高い。
	適用箇所		空中
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		・ヘリコプターがバードを免航して飛行するため、市街地上空での飛行は行わない。
	その他		・送電線が調査地内にある場合、空中電磁探査においては送電線からの人工ノイズと飛行安全のため、送電線の周辺の飛行は避ける。
工程	実施に要する期間		1日あたり500km
費用	実施に要する費用		2000万/100km(空中電磁・磁気・放射能探査データを同時取得する場合。ヘリコプターの空輸距離などにより金額が変動する。測線間隔100m、面積約10km <sup>2</sup> を想定) <a href="http://www.netis.nit.go.jp/RenewNetis/Search/NI/NIDetailPreview.asp?REG_NO=TH020001&amp;TabType=2&amp;nt=nl&amp;pFlg=1">http://www.netis.nit.go.jp/RenewNetis/Search/NI/NIDetailPreview.asp?REG_NO=TH020001&amp;TabType=2&amp;nt=nl&amp;pFlg=1</a>
出典など			物理探査学会編(1989):図解 物理探査 物理探査学会編(1998):物理探査ハンドブック

<<参考資料>>

3-13-16 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(8)-2



産総研ホームページ

帯磁率/4π (SI)		10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>
火成岩	超苦鉄質						
	苦鉄質						
	...						
	...						
	...						
変成岩	蛇紋岩						
	玄武岩						
堆積岩	はんれい岩						
	安山岩						
	閃緑岩						
鉱石	花崗岩						
	片麻岩						
	片岩						
	砂岩						
鉱石	頁岩						
	石灰岩						
	磁鉄鉱						
	磁硫鉄鉱						
鉱石	黄鉄鉱						
	方鉛鉱						

図9.7 岩石・鉱物の帯磁率

物理探査ハンドブックより

<<参考資料>>

3-13-17 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(9)-1

調査名称	大項目		物理探査
	中項目		放射能探査
	小項目		空中放射能探査
調査仕様	発信	種類	
		最大起振力	
		周波数帯域	
	受信	受信形式	放射線検出器(ガンマ線スペクトロメータ)
特徴			<p>空中放射能探査に放射線検出器をヘリコプターに搭載し、地盤から放射される自然放射線を測定することにより、地表における地盤の種類を面的に区別する。岩石中の総放射線強度は岩種により違いがあり、それらによって調査地の構成地質が推定できる。</p> <p>総合空中地中探査システムは、電磁・磁気・放射能探査を組み合わせ、これらのデータを同時に取得することにより、調査地域の地すべりや断層などの地質構造を多角的に解明することができる。</p>
長所			<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面部分の地質区分や断層破砕帯などの亀裂を調査できる。</li> <li>・空中ガンマ線の測定から、伏在の温泉脈を探し出すことが可能と考えられる。</li> <li>・広域を短時間に調査することが可能で、コストパフォーマンスが非常に高い。</li> <li>・複数の調査を同時に行うことにより、均質なデータで、多角的に地質解析が可能である。</li> </ul>
短所			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガンマ線は水により減衰するので、湖上や海上、積雪状態での調査はできない。</li> </ul>
適用性	探査可能深度	地表(~30cm)	
	探査精度		
	適用箇所	空中	
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	陸域のみ	
	社会的制約	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探査地内に立ち入らないため、探査地内の環境を破壊することなく探査が可能で、かつ地権者の同意が不要である。</li> </ul>	
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送電線が調査地内にある場合、空中電磁探査においては送電線からの人工ノイズと飛行安全のため、送電線の周辺の飛行は避ける。</li> </ul>	
工程	実施に要する期間	1日あたり500km	
費用	実施に要する費用	<p>200万/100km(空中電磁・磁気・放射能探査データを同時取得する場合。ヘリコプターへの空輸距離などにより金額が変動する。測線間隔100m、面積約10km<sup>2</sup>を想定)</p> <p><a href="http://www.netis.nlit.go.jp/RehewNetis/Search/NI/NIDetailPreview.asp?REG_NO=H-020001&amp;TabType=2&amp;nt=nt&amp;pFlg=1">http://www.netis.nlit.go.jp/RehewNetis/Search/NI/NIDetailPreview.asp?REG_NO=H-020001&amp;TabType=2&amp;nt=nt&amp;pFlg=1</a></p>	
出典など			物理探査学会(2000);物理探査適用の手引き

<<参考資料>>

3-13-18 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(9)-2



空中探査作業状況(空中地下探査システム)

[http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG\\_NO=TH-020001&TaType=2&nt=nt&pFlg=1](http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG_NO=TH-020001&TaType=2&nt=nt&pFlg=1)

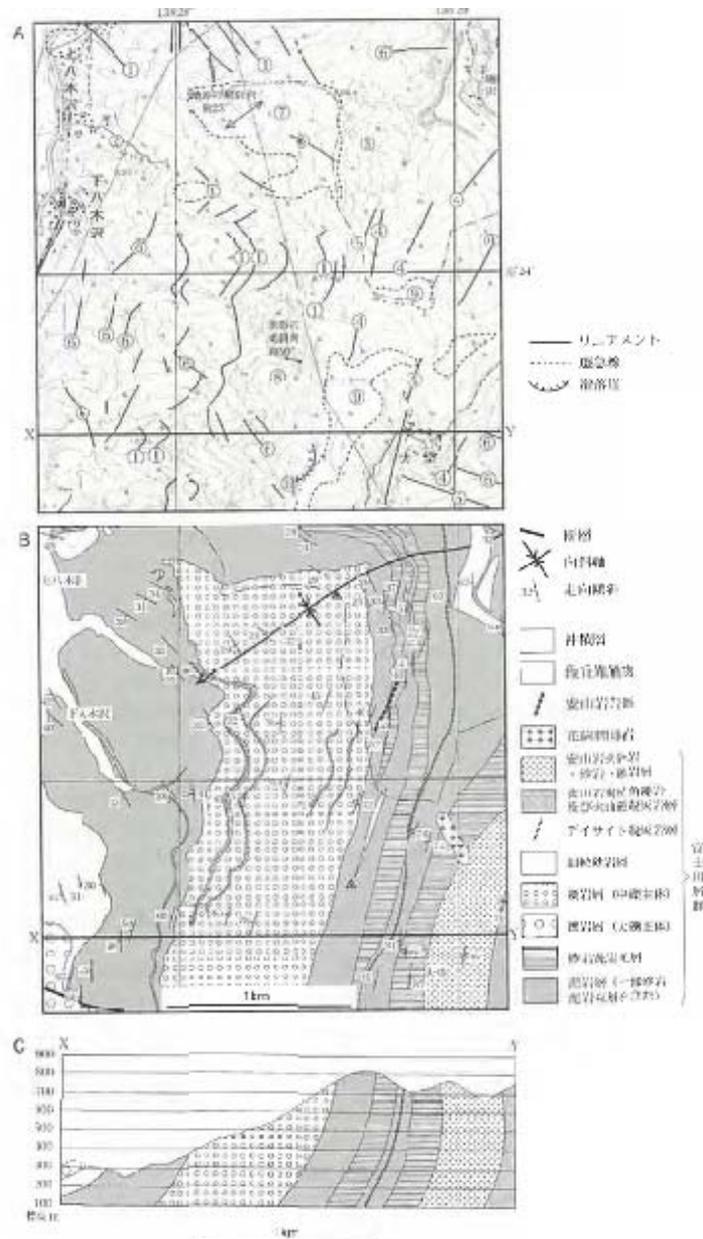
<<参考資料>>

3-13-19 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(10) - 1

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	地表地質踏査
	小項目	概査
調査仕様	図面縮尺	1/5000~1/25000
	調査用具	ハンマー、クリノメータ(クリノコンパス)、ルーペ、スケール(折尺)、カメラ、GPS測位装置など
特徴		<p>地表で見られる岩石や地層の性状を観察し、調査地域の地層分布や地質構造、地山の安定性、地表水・地下水の状況などの広範な地質に関する情報を取得するための一連の調査手法。</p> <p>調査方法は、クリノメータ、ハンマー等の簡便な計測器を携帯し、道路、河川、沢沿いなどに見られる露頭において、地質・岩石の分布と性状、地質構造(断層、褶曲)、活構造、貫入岩・変質、地形面(段丘、侵食面)などの観察、記取を行う。</p> <p>観察、記取の結果を地形図に記入してルートマップを作成する。ルートマップに基づき、岩石、地層の性状や立体的分布を推定し、地質平面図及び地質断面図を作成する。また、重要な露頭についてはスケッチ、写真記録を残す。</p> <p>概査では、小縮尺(1/5,000~1/25,000)の地形図を基に、広域を対象とした地質構造や岩石の分布等の概略を把握する。概査結果から問題となる事象を抽出し、その後の精査や物理探査、ボーリング調査などの調査計画の策定を行う。</p>
長所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関わらず地域の様々な情報を面的に取得可能。</li> <li>・高価・大規模な機器が不要であり、多数の調査者が協力して情報の集積と共有を行いやすい。</li> </ul>
短所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・取得可能な情報は地表のものに限られる。</li> <li>・広範囲を対象とする場合、多くの人員が必要。</li> <li>・調査員の才能・練度により結果が大きく異なる。</li> </ul>
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	調査者の才能と練度、露頭の分布状況による。
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	平野部では露頭が少ないため、微地形の観察と他の調査結果の解釈が中心となる。
	社会的制約	私有地など立入が制限される箇所では、調査にあたり、管理者の許可が必要。
	その他	
工程	実施に要する期間	図面縮尺: 1/25,000; 200人日/100km <sup>2</sup> 、1/10,000; 300人日/100km <sup>2</sup> (普通山地、解析込)
費用	実施に要する費用	図面縮尺: 1/25,000; 2,000万円/100km <sup>2</sup> 、1/10,000; 2,500万円/100km <sup>2</sup> (普通山地、解析込)
	出典など	加藤、盛田編(2001): 地質学ハンドブック 地盤工学会(2004): 地盤調査の方法と解説 全地連(2008): 全国標準積算資料 平成20年度改定歩掛版

<<参考資料>>

3-13-20 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(10)-2



地質平面図・地質断面図の例(山梨県南巨摩郡身延町東北部)

A: 2万5千分の1地形図および地形解析結果

B: 地質図, C: 地質断面図

(加藤、脇田編、2001)

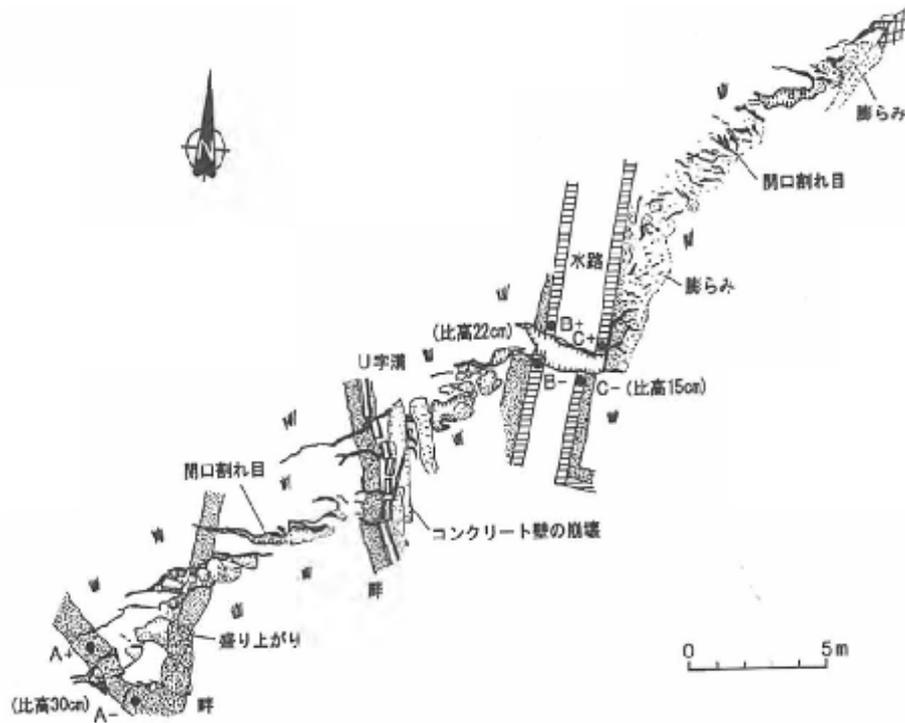
<<参考資料>>

3-13-21 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(11) - 1

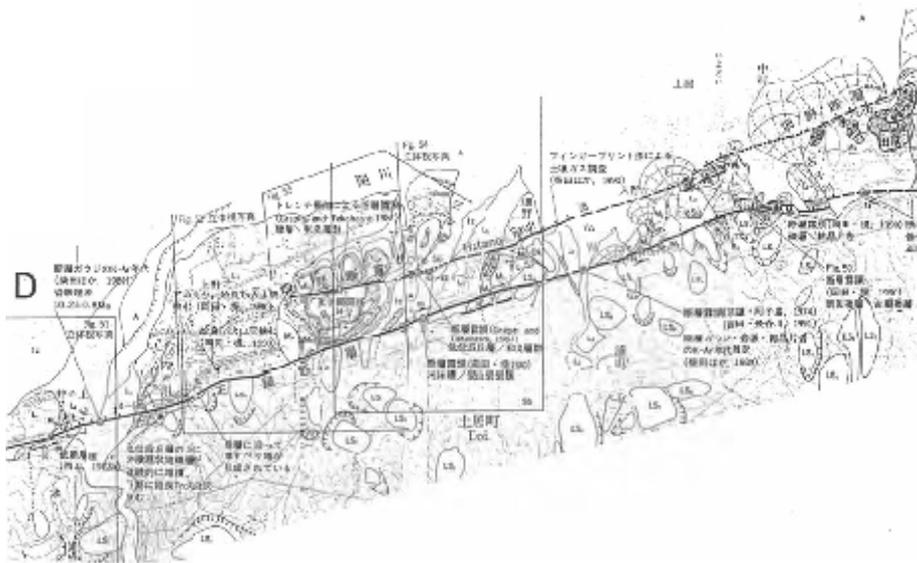
調査名称	大項目	地表調査
	中項目	地表地質踏査
	小項目	精査
調査仕様	図面縮尺	1/500~1/2500
	調査用具	ハンマー、クリノメータ(クリノコンパス)、ルーペ、スケール(折尺)、カメラ、GPS測位装置など
特徴		<p>地表で見られる岩石や地層の性状を視察し、調査地域の地層分布や地質構造、地山の安定性、地帯水・地下水の状況などの広範な地質に関する情報を取得するための一連の調査手法。</p> <p>調査方法は、クリノメータ、ハンマー等の簡便な計測器を携帯し、道路、河床、沢沿いなどに見られる露頭において、地質・岩石の分布と性状、地質構造(断層、褶曲)、活構造、貫入岩・変質、地形面(段丘、侵食面)などの観察、記載を行う。</p> <p>観察、記録の結果を地形図に記入してルートマップを作成する。ルートマップに基づき、岩石、地層の性状や立体的分布を推定し、地質平面図及び地質断面図を作成する。また、重要な露頭についてはスケッチ、写真記録を残す。</p> <p>精査では、大縮尺(1/500~1/2,500)の地形図を基に、狭域を対象とした割れ目などの詳細な地質構造や岩石の分布等の確認、及び概査結果により抽出された事象についての詳細調査を行う。</p> <p>活断層、火山岩・貫入岩の分布など特定の事象を対象とする場合、大縮尺の地形図を用いた精査が必要となる。</p>
長所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地質・地質構造に関わらず地域の様々な情報を面的に取得可能。</li> <li>・高価・大規模な機材が不要であり、多数の調査者が協力して情報の集積と共有を行いやすい。</li> </ul>
短所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・取得可能な情報は地表のものに限られる。</li> <li>・広範囲を対象とする場合、多くの人員が必要。</li> <li>・調査員の才能・集中度により結果が大きく異なる。</li> </ul>
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	調査者の才能と集中度、露頭の分布状況による。
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	平野部では露頭が少ないため、衛星地形の観察と他の調査結果の解釈が中心となる。
	社会的制約	私有地など立入が制限される箇所では、調査にあたり、管理者の許可が必要。
	その他	
工程	実施に要する期間	図面縮尺: 1/2,500; 200人口/10km <sup>2</sup> , 1/1,000; 250人口/1km <sup>2</sup> (普通山地、解析込)
費用	実施に要する費用	図面縮尺: 1/2,500; 2,000万円/10km <sup>2</sup> , 1/1,000; 2,300万円/1km <sup>2</sup> (普通山地、解析込)
出典など		<p>加藤、藤田編(2001):地質学ハンドブック</p> <p>地盤工学会(2004):地盤調査の方法と解説</p> <p>全地連(2008):全国標準積算資料 平成20年度改定歩掛版</p>

<<参考資料>>

3-13-22 大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法(11)-2



クリノメータ、巻尺、ハンドレベルによる地震断層の精査例  
 (北淡町梨本地区に出現した小倉地震断層)  
 (加藤、脇田編、2001)



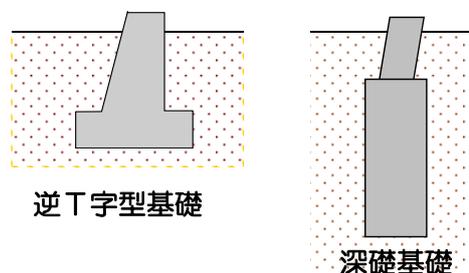
活断層ストリップマップの一例(2万5千分の1中央構造線活断層系ストリップマップ(西国地域))  
 (加藤、脇田編、2001)

<<参考資料>>

## 第4章 その他の自然災害等に関する評価と今後の対応

### <集中豪雨>

#### 4-1. 鉄塔基礎設計及び斜面崩壊対策の事例



山地で採用される主な基礎



法面保護工の実例  
(フリーフレーム工法)

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

#### 4-2. 保全体制の在り方【東北電力の例】

事前の備え	大雨(台風通過)後の対応	斜面崩壊発見時の対応
気象情報の把握	降水量の把握	ブルーシート敷・土嚢積みによる更なる土砂崩壊進展の防止
稼動可能人員・車両等の確認・集約	地上・ヘリコプターによる 予防巡視の早期実施※1 (過去に土砂崩壊が発生した要管理個所や、降水量が多かった地域など)	保安停止※2による供給支障等リスク低減(必要により)
応急復旧資材の確認		仮支線設置による鉄塔倒壊の防止(必要により)
連絡体制の確立		恒久対策の早期実施
離島等への人員派遣		要管理個所として管理体制の強化

※1. 大雨・台風通過後は数日間程度で予防巡視(会社によっては保安巡視と呼ぶ場合あり)を実施。機動性の観点から、ヘリコプターの活用が極めて効果的

※2. 鉄塔倒壊などの不測の事態を想定し、予め当該送電線による送電を停止すること

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

<<参考資料>>