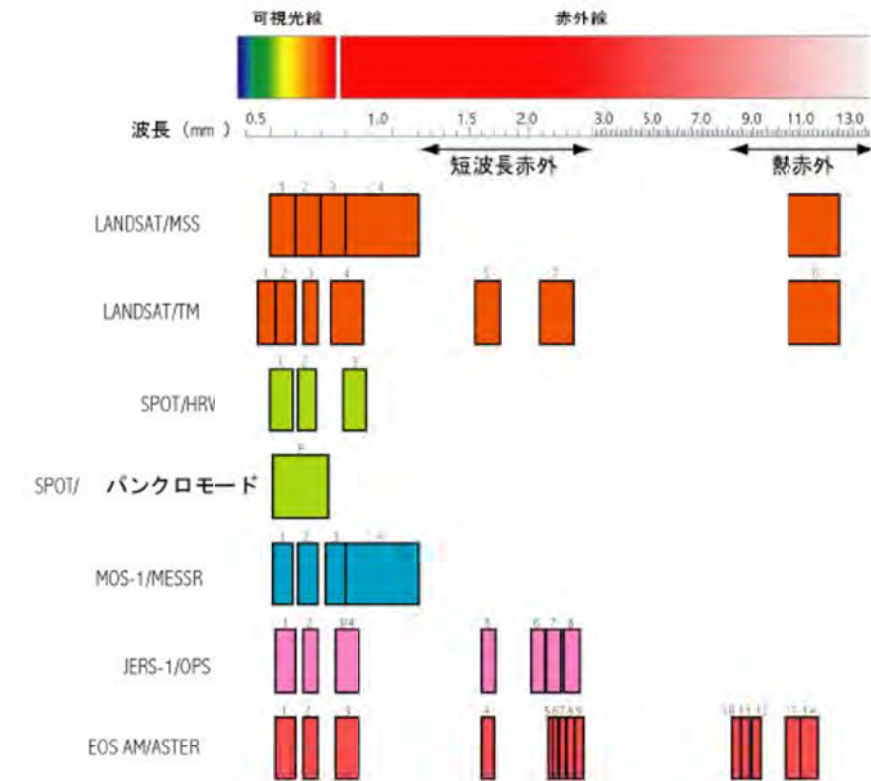


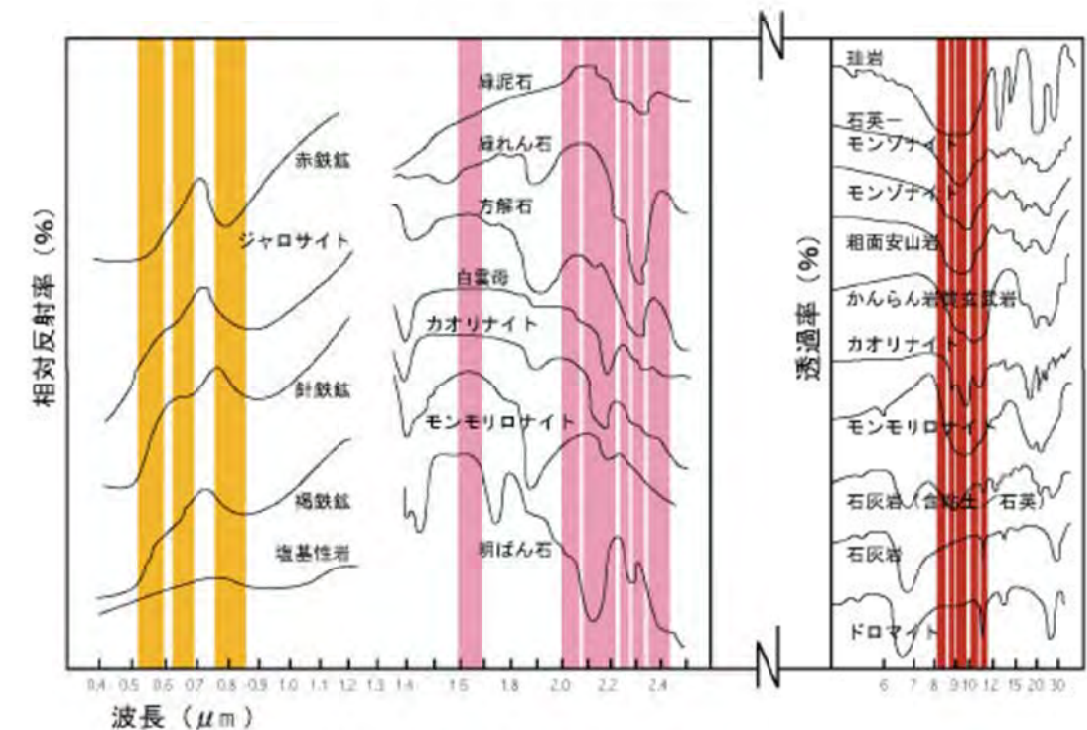
調査手法整理シート

評価手法 その4

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。
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。
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		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



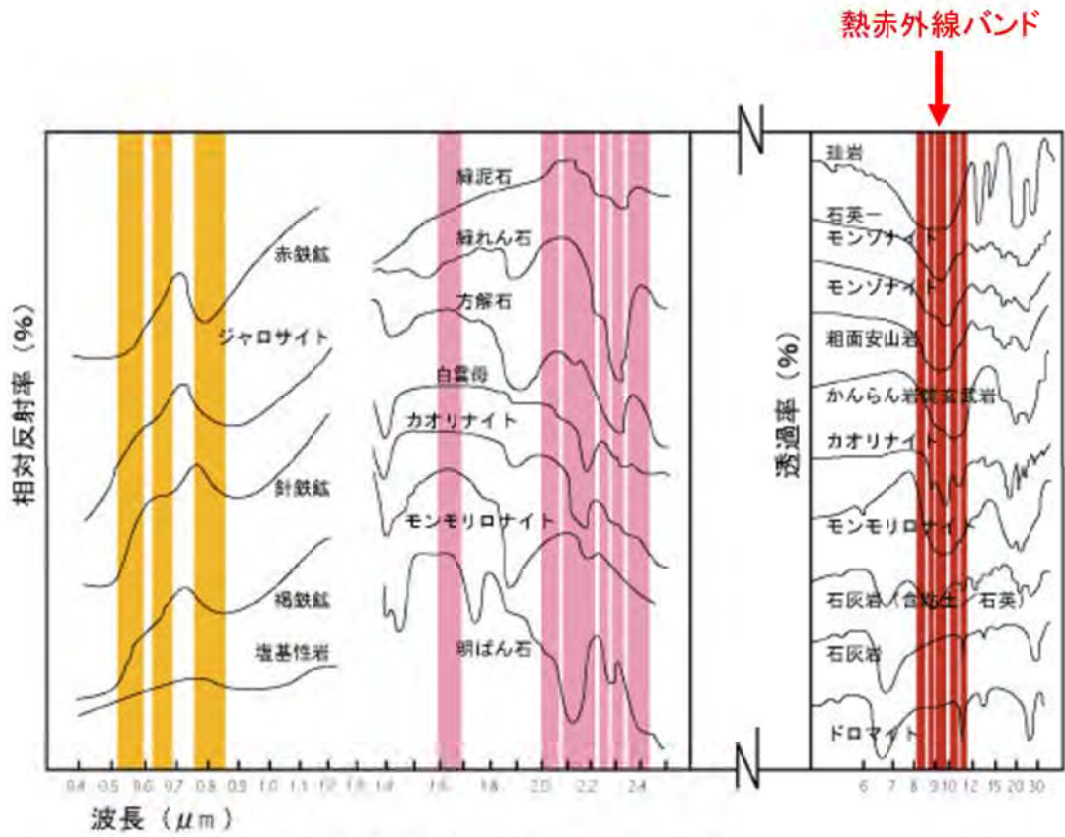
主要な光学センサのスペクトル特性
（資源エネルギー庁、2001）



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）

調査手法整理シート

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		・地表面からの熱放射を観測。 ・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		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。 また、珪酸塩岩石・鉱物については、岩石組成(SiO₂)含有率と熱赤外線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、熱赤外線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。
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。
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



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)

調査手法整理シート

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			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、カルデラ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。 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。
長所			・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。 ・広域の地殻構造を把握するために利用できる。 ・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。
短所			・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。 ・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。 ・断層の傾斜角など詳細な構造は、確実に求められない。
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			瀬川(2010) 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

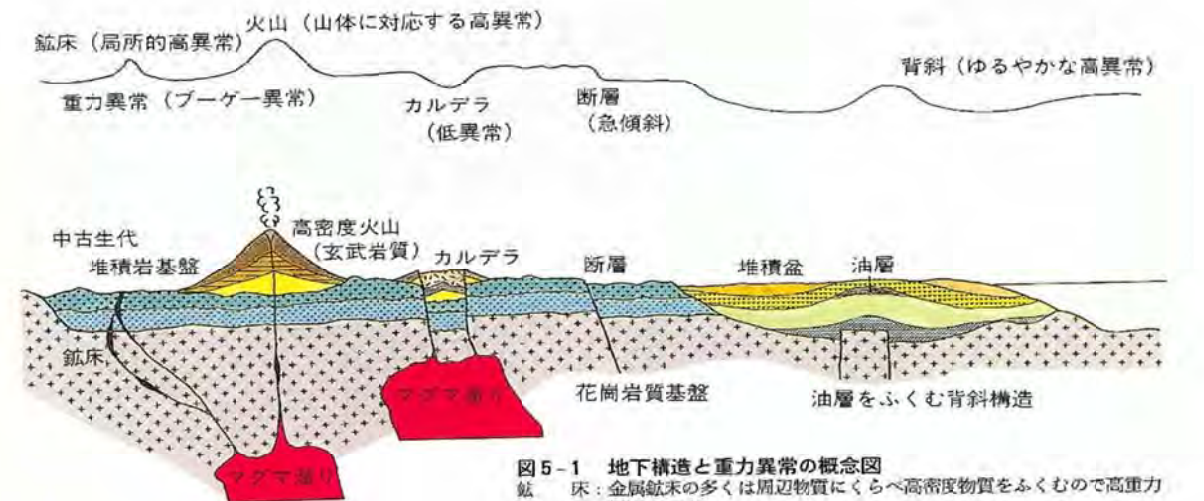
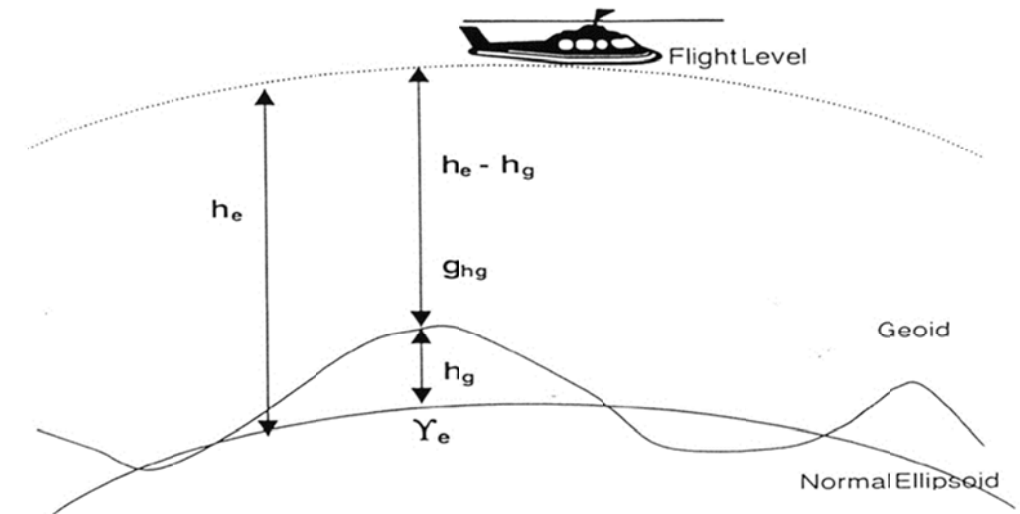


図5-1 地下構造と重力異常の概念図

鉱床：金属鉱床の多くは周辺物質にくらべ高密度物質をふくむので高重力異常を示す。
火山：玄武岩質火山は高密度の山体をつくる場合が多く、高重力異常を示す。
カルデラ：カルデラにともなう陥没構造は低密度の火山性堆積物に対応して低重力異常を示す。
断層：垂直変位をともなう断層には重力異常のギャップがみられる。
背斜構造：油層をふくむ背斜構造には通常重力異常の盛り上がりが見られる。

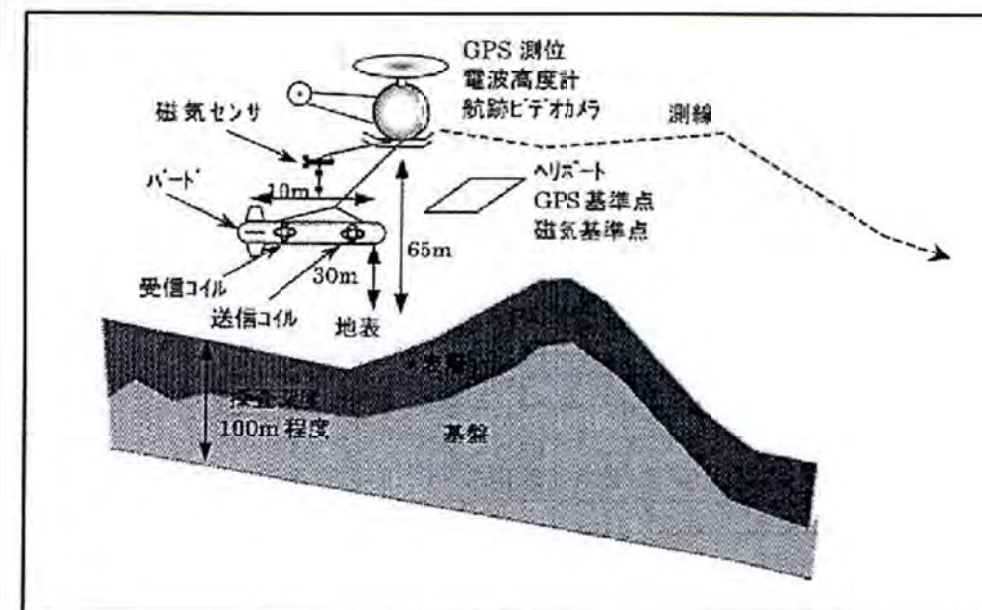


航空機(ヘリコプター)はGPSに従って正規楕円体面からの高さ h_e (Normal Ellipsoidal Height)を一定に保ちながら飛行をする。ジオイド高(geoidal height)を h_g とすると航空機のジオイド(geoid)からの高さは $h_e - h_g$ となり、これからフリーエア補正を行った重力 g_{hg} よりフリーエア重力異常が得られる。

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

調査手法整理シート

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			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・破碎帯・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。 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で空中を飛行しながら連続的に探査を行う。
長所			・急斜面や山岳地域を含む広域の浅部比抵抗構造を推定することができる。 ・水平方向の比抵抗変化を探査するのを得意とする。 ・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。 ・取得された比抵抗データは地形の影響が少ない。
短所			・対象深度が100m程度と浅い。 ・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、間隙率が既知の場合に限られる。
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		分解能は、数m(測線方向沿い5m程度、深度方向10%程度) 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、飛躍的に精度が上がる。
	適用箇所		空中
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約		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		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 ² を想定) http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG_NO=TH-020001&TabType=2&nt=nt&pFlg=1
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



物理探査学会(2000)

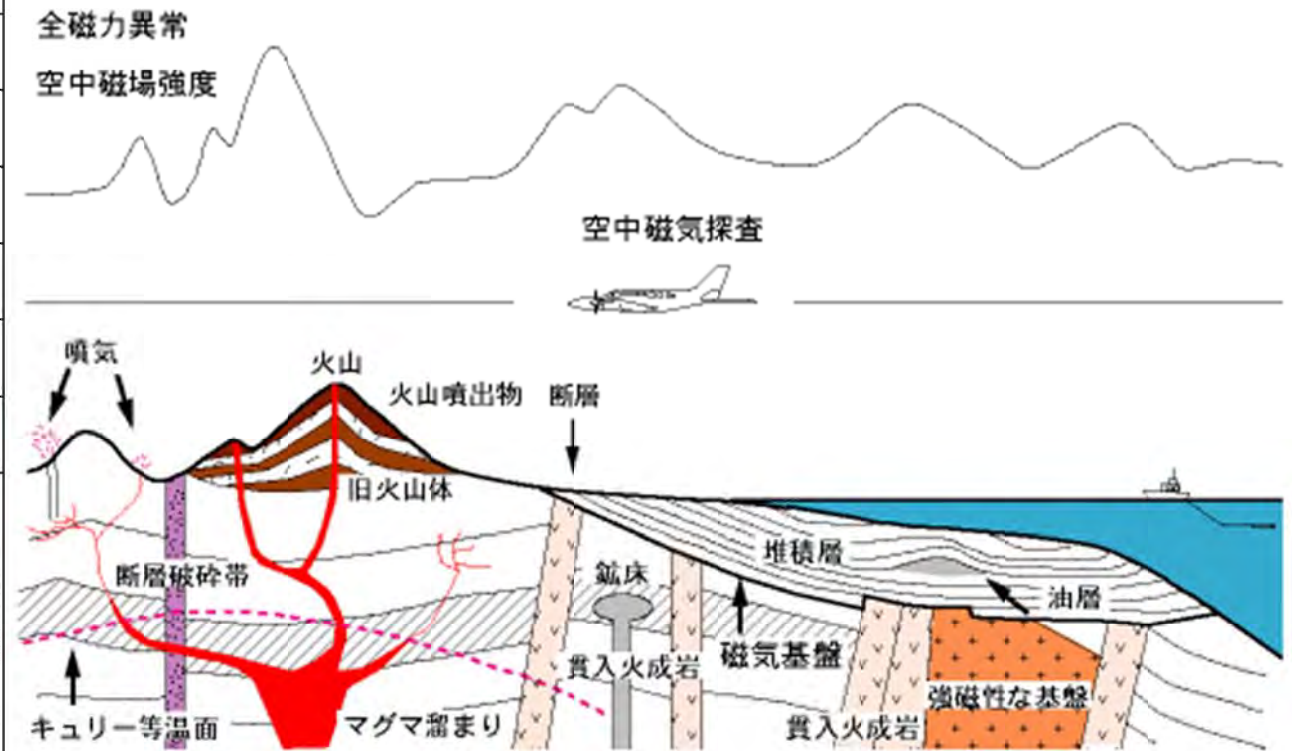


産総研ホームページ: <http://staff.aist.go.jp/k.nawa/geophysmap-rg/amag/usupic2.html>

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—有珠2000年噴火に関連して—, 火山, 47, 5, 533-546.

調査手法整理シート

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・解釈から地球の内部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、現在では伏在断層調査、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の高度で曳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概査に適している。
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		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 ² を想定) http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetailPreview.asp?REG_NO=TH-020001&TabType=2&nt=nt&pFlg=1
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



産総研ホームページ

帯磁率/4π (SI)		10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹
火成岩	超苦鉄質						
	苦鉄質						
	はんれい岩						
	安山岩						
	閃緑岩						
変成岩	花崗岩						
	片麻岩						
	片岩						
堆積岩	砂岩						
	頁岩						
	石灰岩						
鉱石	磁鉄鉱						
	磁硫鉄鉱						
	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