

第3章 重力探査

3-1 探査方法

3-1-1 重力測定

カマローネス地域の面積538km²の範囲について2台のラコステG型重力計を使用して349点の測定を実施した。調査地域の東部、南部、西部に位置するアクセスに時間のかかる測定ルートの往復にはヘリコプターを使用した。ヘリコプターを使用して測定した測点は150点で、これは全体の43%に相当する。

重力値の基準には、調査地域の北西約100kmに位置するアリカ空港内にあるチリ大学の重力点($g=978,480.233\text{mgal}$)を使用した。

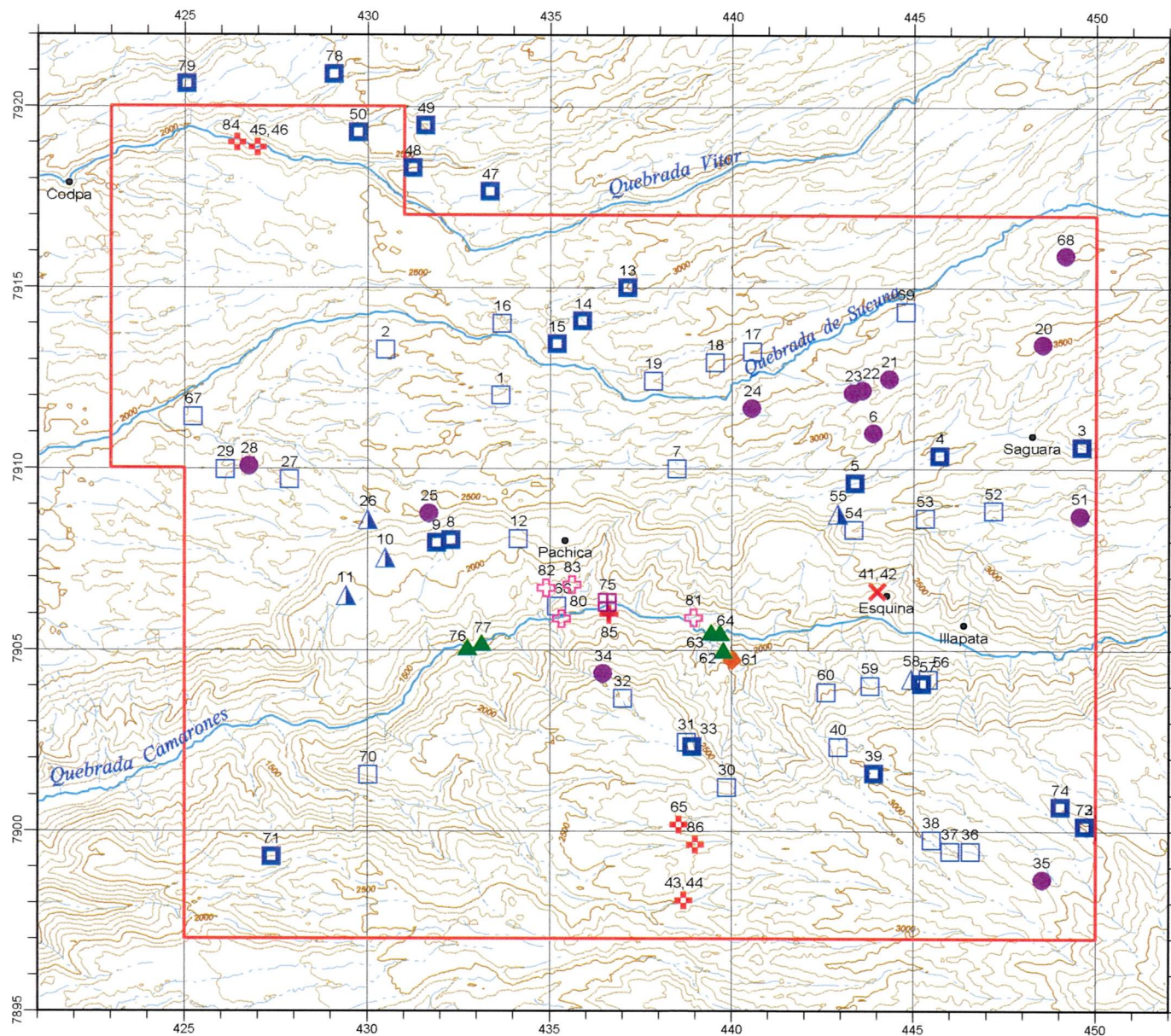
3-1-2 水準測量

各測点の位置・標高の測量にはDGPS(Differential Global Positioning System)静止測量を用いた。測量機(受信機)には米国トリンプル社の4600LSを使用した。GPS測量の基点はCodpaの南東約3.5kmの調査地域北西端部に設置した。GPS基点の位置、標高は、調査地域の西北西約17kmに位置する三角点"Garza"との間でGPS測量を行って決定した。

3-1-3 岩石試料の密度測定

調査地域内で86個の岩石試料を採取し、密度測定を行った。試料の採取位置をFig.2-3-1に、密度測定結果をTable 2-3-1に示す。Table 2-3-1によると、第四紀の集塊岩と第三紀中新世のイグニンプライトとが低密度のグループを、第四紀の玄武岩、基盤岩類(上部白亜系、上部白亜系-古第三系)、白亜紀～第三紀貫入岩類が高密度のグループを形成している。低密度のグループは自然乾燥密度と強制湿潤密度との差が0.06～0.20g/cm³の差があり、岩石の有効空隙率が比較的大きい。一方、高密度のグループは自然乾燥密度と強制湿潤密度にほとんど差がなく、有効空隙率はきわめて小さい。

岩石試料の密度は、地形補正とブーゲー補正に用いる補正密度を決定する時の基本データとなる。補正密度の決定に際しては表層部に分布する地層の平均密度が重要である。カマローネス地域の表層部にはイグニンプライトが広く分布するが、イグニンプライトは低密度の軽石凝灰岩から比較的密度の高い溶結凝灰岩まで幅広い密度分布を示している。このような場合、単純に平均した密度は実際の密度と大きく異なる可能性があり、それぞれの分布比率を考慮して平均密度を計算する必要がある。「軽石凝灰岩／溶結度の低い凝灰岩」と「溶結度の高い凝灰岩」の分布の比(2 : 8～1 : 9と推定される)を考慮すると、平均密度は自然乾燥密度で2.23～2.28g/cm³、湿潤密度で2.32～2.35g/cm³となる。カマローネス地域の地下が乾燥状態と湿潤状態のいずれであるかは正確には知られていないが、以上の平均密度を参考にすると、補正密度として2.23～2.35g/cm³の範囲の値を採用すれば大き



- LEGEND**
- [Quaternary]
- Basalt
 - ▲ Agglomerate
- [Tertiary(Neogene)]
- Ignimbrite(Pumice tuff/ weakly welded tuff)
 - Ignimbrite(Highly welded tuff)
- [Cretaceous - Early Tertiary]
- ◆ Rhyolitic volcaniclastics
 - ▲ Andesitic lava/ volcaniclastics
- [Cretaceous - Tertiary]
- ⊕ Granodiorite
 - ⊗ Diorite porphyry
 - Diorite
 - ⊕ Quartz porphyry
 - ⊕ Quartz diorite

Fig. 2-3-1
Location of Rock Sample

Table 2-3-1 Average Densities of Rock Sample

Age	Rock name	Average density (g/cm ³)		Density (g/cm ³)							No. of sample	
		Natural dry	Wet	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80		
Quaternary	Basalt	2.61									12	
	Agglomerate	1.97	2.11								5	
Tertiary (Neogene)	Ignimbrite	Pumice tuff / weakly welded tuff	1.83	2.03								27
		Highly welded tuff	2.33	2.39								21
Cretaceous - Early Tertiary	Rhyolitic volcanics / lava, dacitic lava / dome	2.56	2.58								1	
	Andesitic lava / volcanics	2.64	2.65								5	
Cretaceous - Tertiary	Granodiorite	2.51	2.51								1	
	Diorite porphyry	2.67	2.68								2	
	Diorite	2.80	2.80								1	
	Quartz porphyry	2.50	2.50								4	
	Quartz diorite	2.65	2.65								7	

LEGEND
 ◇ Natural dry
 ◆ Wet

な誤りは生じないと考えられる。

3-2 探査結果

3-2-1 重力異常図

(1) ブーゲー異常図

Nettletonプロファイルを用いてフリーエア勾配とブーゲー密度の検討を行い、フリーエア勾配は -0.3000 mgal/m, 補正密度は $\rho = 2.25$ g/cm³が適切との結果を得た。

フリーエア勾配 -0.3000 mgal/m, 補正密度 $\rho = 2.25$ g/cm³のブーゲー異常図をFig.2-3-2に示す。

(2) 傾向面図と傾向面残差図

調査地域のブーゲー異常分布には地殻の厚さの変化に起因する広域的な重力トレンドが含まれており, 調査地域の地下構造を反映した重力分布図を作成するには, ブーゲー異常図から重力トレンドを取り除く必要がある。最初に格子間隔500mのブーゲー異常値を用いて単純に1次の傾向面(トレンド)を計算し, 算出された傾向面をブーゲー異常図から取り除いて1次残差図を作成した(Fig.2-3-3(a),(b))。この方法によって得られた傾向面は, 傾きの方向が厳密にはE-Wではなく, WSW-ENEとなった。残差図に現れた最も高い異常値は調査地域の北西端部にあり, 基盤岩類が広く分布しているカマローネス沢流域や大規模な貫入岩体の存在が推定されている調査地域南端部は最高値を示しておらず, Fig.2-3-3(b)は必ずしも地質分布に調和する重力分布を示していない。

Fig.2-3-3(b)の残差図で重力異常の最高値が北西端部に現れたのは, 算出された傾向面の傾きの方向がE-Wではなく, WSW-ENEとやや北向きの成分をもつことが原因している。カマローネス地域の地質構造にはNW-SEの方向性が認められることから, 傾向面の北向き成分は広域的なものでなく, カマローネス地域の地質構造を反映したものである可能性がある。この点を考慮し, 次に, 傾きの方向を厳密にE-Wに限定して傾向面を再計算した。その結果をFig.2-3-3(c),(d)に示す。(d)の残差図は, 重力異常の最高値が調査地域南端部にあるなど, (b)の残差図に比較して地質分布により調和的な重力分布を示していると考えられる。このことより, 重力異常の解析・解釈にはFig.2-3-3(d)を使用した。

Fig.2-3-3(d)の残差図を1/100,000の縮尺でFig.2-3-4に示した。この図によると, 調査地域東部から南東部, 南部にかけての広い範囲, 北西端部から南西端部までの調査地域西縁部, 中央部のカマローネス沢中流域~パチカ西方に高重力異常が分布し, 一方, 北部のピートル沢中流域からスクーナ沢中流域にかけての広い範囲, 南西部のカマローネス沢南岸, スクーナ沢上流の北東端部に低重力異常が分布する。南東部には約5 km×5 kmの広がりをもつ低重力異常が見られるが, この低重力異常は局所的なもので, 南東部は全体として

みると高重力異常域に含まれると考えられる。ビートル沢中流～スクーナ沢中流の低重力異常は東縁，南縁，西縁の3方で比較的重力傾度が高く，明瞭な輪郭を示すことに特徴がある。

重力異常値の最高値は南端部の測点No.109付近にあり，南西端部の測点No.52付近がこれに次ぐ。重力異常値の最低値は北部の測点No.197付近にあるが，それに次ぐ低い重力異常値はスクーナ沢中流の南岸に東西3 km，南北2 kmにわたって広がっている。

カマローネス沢流域は南西部の一部を除きほぼ全域が高重力異常域に含まれている。

3-2-2 重力異常と空中磁気異常との関係

カマローネス地域の空中磁気図(極磁気図)をFig.2-3-5に示す。この図の左側に示した磁気図はフィルター処理を行う前の極磁気図であり，右側の磁気図は波長約2.5kmを数居値とするハイカット・フィルター処理を行った極磁気図である。フィルター処理前の磁気図には地形の影響が強く現れているが，フィルター処理後の磁気図では地形の影響はほとんど除かれている。

重力異常と磁気異常との関係を検討するため，Fig.2-3-6に極磁気図と重力残差図とを並べて示した。この図によると，調査地域の北部～中央部において低重力異常と高磁気異常とが，東部において高重力異常と低磁気異常とがよく対応している。また，南端部と北西端部の2カ所では高重力異常と高磁気異常とが，南東部では低重力異常と低磁気異常とがよく一致しており，また，南西部～南部でも低重力異常と低磁気異常とがほぼ一致している。

以上の対応関係をまとめると，比較的大きな広がりをもつ異常については「高重力－低磁気」，「低重力－高磁気」の関係が，局所的な規模の異常については「高重力－高磁気」，「低重力－低磁気」の関係が存在する。

3-2-3 2次元解析結果

2次元解析はFig.2-3-4に示したA-A'，B-B'，C-C'の3断面について実施した。解析は2層構造解析と多層構造解析の2種類の方法で行い，解析結果はFig.2-3-7～Fig.2-3-9に示している。各図とも，重力異常(1次残差)の測定値と計算値を上段に，2層構造解析結果を中段に，多層構造解析結果を下段に配置した。

重力異常の測定値は実線(赤)で表わし，重力異常の計算値は2層構造解析結果(3種類)と多層構造解析結果(1種類)を形状の異なるシンボルで表示している。また，参考のために，同じ断面線に沿って切り出した磁気異常(極磁気)断面を青線で表示した。

2層構造解析は，地下の密度構造を基盤面を境に上下2層に区分し，その間の密度差(△

ρ)を変えることによって基盤面の深度(火山岩類の厚さ)がどの程度異なるかを調べる解析である。解析は $\Delta\rho = 0.30, 0.40, 0.50 \text{ g/cm}^3$ の3種類の密度差について実施した。基盤岩類の平均密度を 2.65 g/cm^3 とすると、上位層の平均密度はそれぞれ $2.35, 2.25, 2.15 \text{ g/cm}^3$ に相当する。

2層構造解析のコントロール・ポイントは、A-A', B-B' 2断面については基盤岩類が地表に露出している地点に設定した。C-C'断面については基盤岩類が露出していないため、A-A'断面との交点におけるA-A'断面の計算深度をコントロール・ポイントに用いた。

多層構造解析で設定した地層区分とそれぞれに割り当てた密度は以下のとおりである。

・第四系

礫岩・礫層	2.00 g/cm ³
アグロメレート／安山岩・玄武岩	2.25／2.60g/cm ³

・新第三系

低密度イグニブライト(軽石凝灰岩主体)	1.85 g/cm ³
高密度イグニブライト(溶結凝灰岩主体)	2.30 g/cm ³
礫岩	2.15 g/cm ³

・基盤岩類(上部白亜系, 上部白亜系・古第三系, 貫入岩類)

流紋岩質火砕岩・安山岩溶岩・安山岩火砕岩	2.65 g/cm ³
閃緑斑岩	2.67 g/cm ³
石英閃緑岩	2.65 g/cm ³
石英斑岩・花崗閃緑岩	2.55 g/cm ³

第四系のアグロメレート・安山岩・玄武岩については、アグロメレートの分布比率の大きい場所で 2.25 g/cm^3 、安山岩・玄武岩の分布比率が大きい場所では 2.60 g/cm^3 を用いた。礫岩・礫層については密度データがないため、重力異常の計算値が測定値と大きく異ならないよう、試行錯誤によって 2.00 g/cm^3 に設定した。

新第三系のイグニブライトは低密度と高密度の部分に2分した。どちらの密度も自然乾燥状態の平均密度を参考にしている。高密度のイグニブライトについては、2層構造解析により高密度イグニブライトを主体とする上部層の密度として 2.25 g/cm^3 が妥当との結果が得られていることから、実際の地層の密度は岩石試料の密度より低い可能性があるとの判断により、岩石試料の平均密度 2.33 g/cm^3 よりやや低い 2.30 g/cm^3 に設定した。礫岩については密度データがないため、第四紀のアグロメレートの密度を参考にして、圧密によりアグロより若干密度が増大していると考え、また、高密度イグニブライトより密度は低いと判断して 2.15 g/cm^3 とした。

基盤岩類の密度については、上部白亜系の安山岩質溶岩及び火砕岩が主体と判断して