

IV 白山山頂部の磁気異常

長尾年恭（金沢大学理学部地学教室）

加藤隆司（富山大学理学部地球科学教室）

1 はしがき

白山火山およびその周辺地域の地磁気異常については、新エネルギー総合開発機構（NEDO）が全国地熱資源総合調査の一環として航空磁気測量を実施している。そしてその成果が全磁力異常図として刊行されている（大久保ほか，1985）。この結果によると陸上での局地的な異常（図中でコンターの混んでいる所）はほとんどが第四紀の火山岩の分布する地点と一致する（図IV-7）。今回は特に白山火山の山頂付近の全磁力異常分布を調べることを目的に、プロトン磁力計を用いて全磁力測定を実施した。

2 地磁気異常

地球磁場の起源としては大きく分けて地球内部起源と地球外部起源のものが考えられる。内部起源のうち最大のものは核内の流体運動に起因する双極子成分であり、ダイナモ理論によって説明が行われている。外部起源のものは主に太陽活動に原因をもつ。今回我々が注目しているのは内部起源のうちでも特に地殻上部にその原因をもつものである。

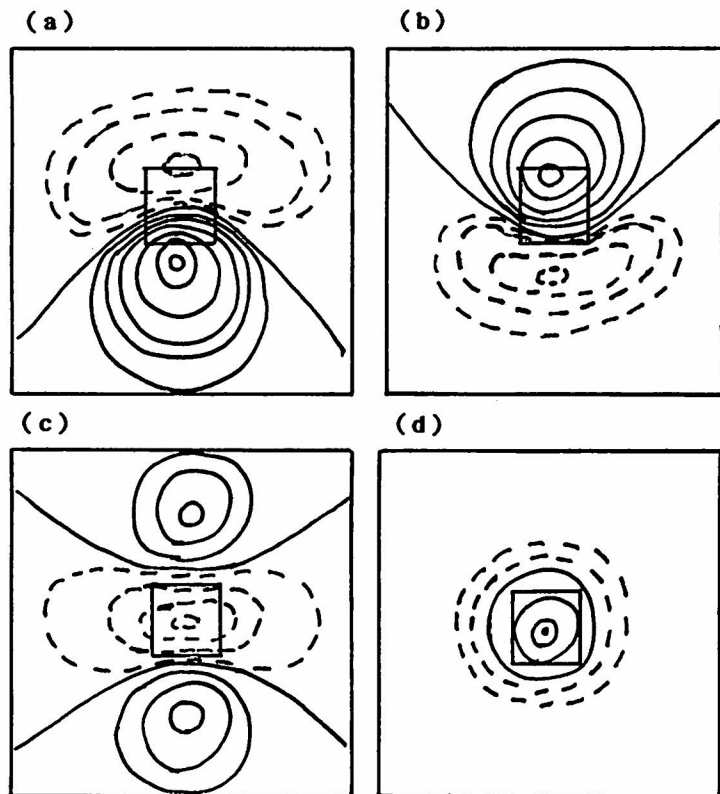
次に地球磁場の異常を求めるためには、何か標準を設ける必要がある。そしてこの標準からのずれを地磁気異常と定義する。そのために国際標準地球磁場(IGRF: International Geomagnetic Reference Field)が定義されている。この国際標準地球磁場は表面球関数により定義され、その係数は5年ごとに改訂され、現在はIGRF85を使用している（近い将来IGRF90に改定される）。この国際標準地球磁場は基本的に地球の核に原因をもつ成分を表わしている。

さらによく知られているように、地球磁場は一定不変なものではなく、たえず変化している。そのうち1日周期で繰り返している変化は地磁気日変化と呼ばれる。地磁気異常を求めるためにはこのような短周期の変化を取り除く必要がある。通常はどこか基準の観測点を設置し、そこで地磁気の連続記録を行ない、観測期間中の短周期変動の影響を除去する。

比較的狭い範囲で、地球磁場がその付近の平均的磁場より著しくずれている場合、地磁気の局地異常があるという。陸上の局地地磁気異常のうち、最も代表的なものは火山体によるものである。火山を構成している玄部岩や安山岩は比較的強い自然残留磁化をもっているため、火山全体がいわば一つの磁石になっていると考えられる場合が多い。火山によって生じる地磁気異常は日本では富士山、三宅島、伊豆大島、浅間山、桜島、阿蘇、八ヶ岳、有珠山などでよく調査されている。最近の航空磁気測量はこれらの火山の異常を明らかにし、火山体の構造に関する議論に貢献している。

つまり岩石を構成する帯磁の強さは、誘導磁気と残留磁気の強さで決まる。誘導磁気の強弱は岩石

*現所属：MHIエアロスペースシステムズ株式会社



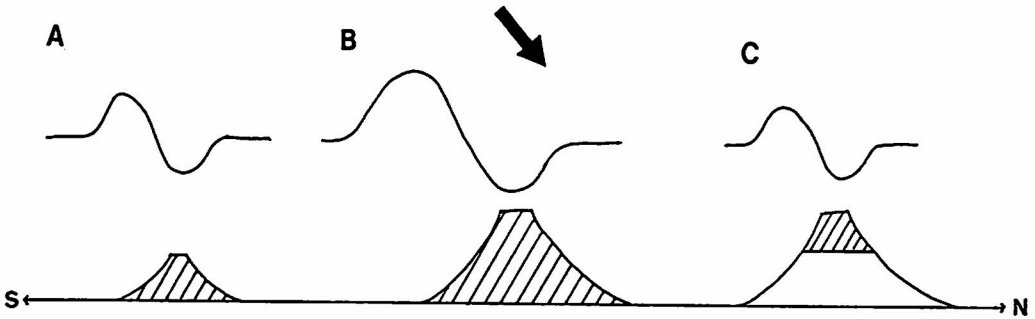
図IV-1 図中の正方形は地下の四角柱の位置を示す。コンターは実線が正、破線が負の異常を示す。

(a) 北半球中緯度地帯（日本がこれに相当）
 岩体（磁性体）の南側に正の異常の目玉が表われる。中緯度地域の特性として一般的に正と負の異常が対になって表れるのが普通である。

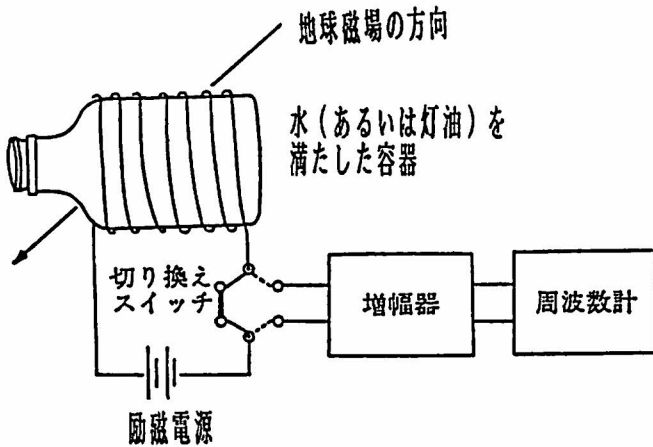
(b) 南半球中緯度地帯
 (a)と反対に岩体の北側に正の磁気異常の目玉が表われる。

(c) 赤道付近
 負の異常が磁性体の真上に表われ、南北にそれぞれ正の異常が表われる。

(d) 南極あるいは北極
 正の異常が磁性体の真上に位置する。



図IV-2 磁性岩体の大きさとその位置の違いによる磁気異常の模式的パターン。
 図中の矢印は地球磁場の方向、N、Sは南北方向を表わす。
 斜線で示した部分は磁性の強い岩石（例えば溶岩）が分布する範囲。
 A：山体が小さい場合の磁気異常。
 B：山体が大きい場合の磁気異常。
 C：山頂のみに火山岩が分布している場合の磁気異常。基本的にAの場合と同一である（後述するが白山の室堂より上部がこれに相当する）。



図IV-3 プロトン磁力計の原理模式図

の磁化率の大小で決まるものであり堆積岩よりも火成岩が、火成岩の中では酸性岩より、塩基性岩・超塩基性岩が高い磁化率を示す。また残留磁化も同様の傾向をもつ。

磁気異常は重力異常とちがいが同じ形状の磁気岩体であっても、緯度のちがいによって異常の分布パターンが異なる(図IV-1)。また図IV-2には磁性岩体の大きさと観測される磁気異常の関係を示した。

3 測定方法

磁場はベクトル量であるので、地球磁場を完全に規定するためには、通常互に独立な方向および大きさを与える量を求める必要がある(磁場の3成分)。しかし、ここでは最も基本的な測定量である全磁力を用いる。ここで白山山頂部の測定に用いたプロトン磁力計(Proton Precession Magnetometer)について簡単な説明を行なう。プロトン磁力計は現在最もよく使用されている磁力計である。

プロトン磁力計の動作原理は、次の通りである(図IV-3)。水(または灯油)を入れた容器にコイルを巻いて直流電流を流すと、水中のプロトン(水素イオン、すなわち水素原子核)は、コイルの作る磁場によって、一定の方向に揃った磁気モーメントをもつようになる。このとき突然電流を切ると、各プロトンはいっせいに地球磁場のまわりに自由歳差運動(こまの首振り運動)を起こす。そうすると、コイル中には運動の周波数に等しい交流が誘起されるので、これを増幅して周波数カウンターで周波数を測定する。この周波数を f Hz とすれば地球磁場全磁力 F は γ (ガウマ) 単位 (S I 単位では n T (ナナテスラ)) ではかって

$$F = 23.4874 f$$

となる。

プロトン磁力計は、プロトンの磁気モーメントという原子的定数を基礎にしているので、温度・湿度など、外界の環境に支配されないという利点がある。また少しくらい動揺している場所でも測定可能であるので、船で曳航したり、航空機に搭載したりすることができる。このような利点があるため現在の全磁力測定はほとんどプロトン磁力計を使用している。

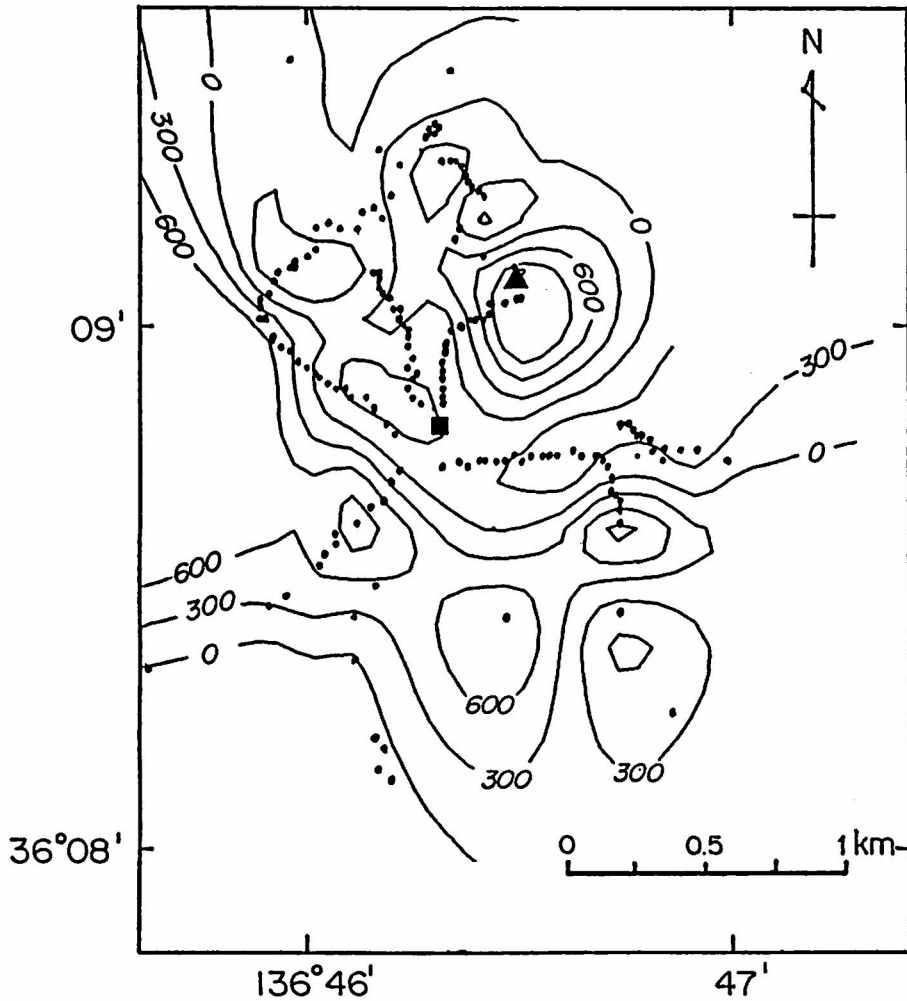
今回白山山頂部の測定に用いた磁力計は富山大学のバリンジャー製GM-122型携帯用プロトン磁力計である。また測定点の緯度、経度は、2万5千分の1地形図を基にデジタイザーを使用して決定した。

磁力計のセンサーはアルミ棒により、高さ1.5mに設置して観測を行ない、193地点でデータを得た。各測定は、3回以上行ない、その平均値を採用した。全磁力異常を求めるための基準とした全磁力値は、京都大学防災研究所・上宝地殻変動観測所の西天生(にしあもう)観測点でプロトン磁力計により得られた値を使用し、地磁気日変化を補正した。

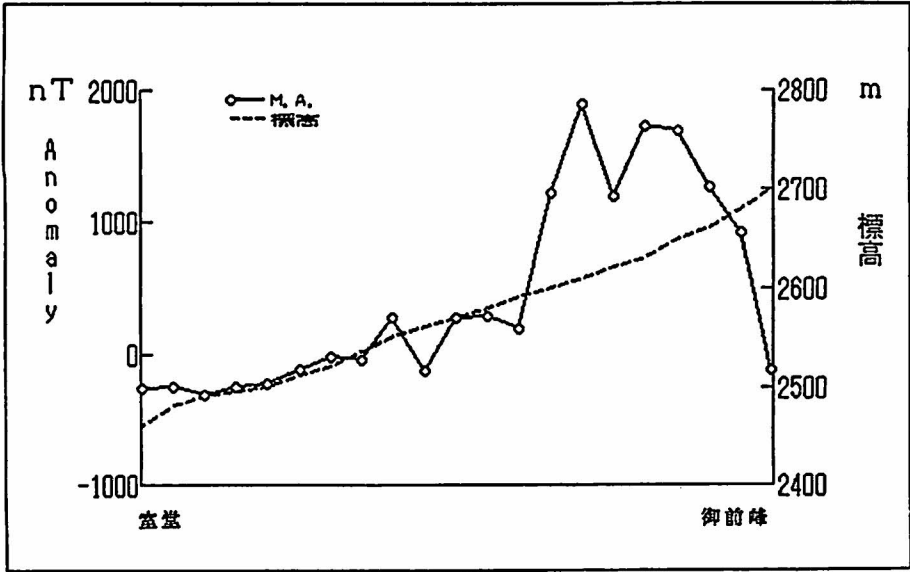
4 測定結果

表IV-1に全磁力の測定結果を、図IV-4に山頂付近の全磁力異常図を示す。その結果、全磁力値が大きい地域や、磁場勾配の大きい地域が存在し、このような地域は、新しい溶岩流または火砕流堆積物の存在を示唆するものと思われる。

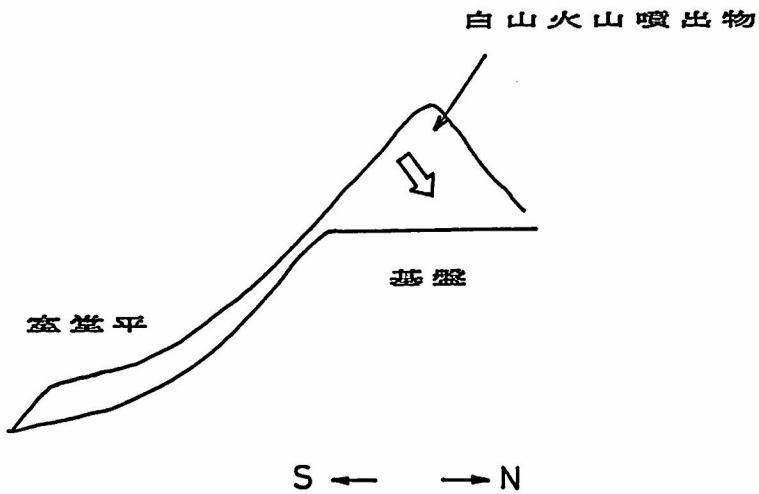
図IV-5に室堂から山頂へかけての全磁力異常のプロファイルを示す。全磁力異常は山頂で最大でな



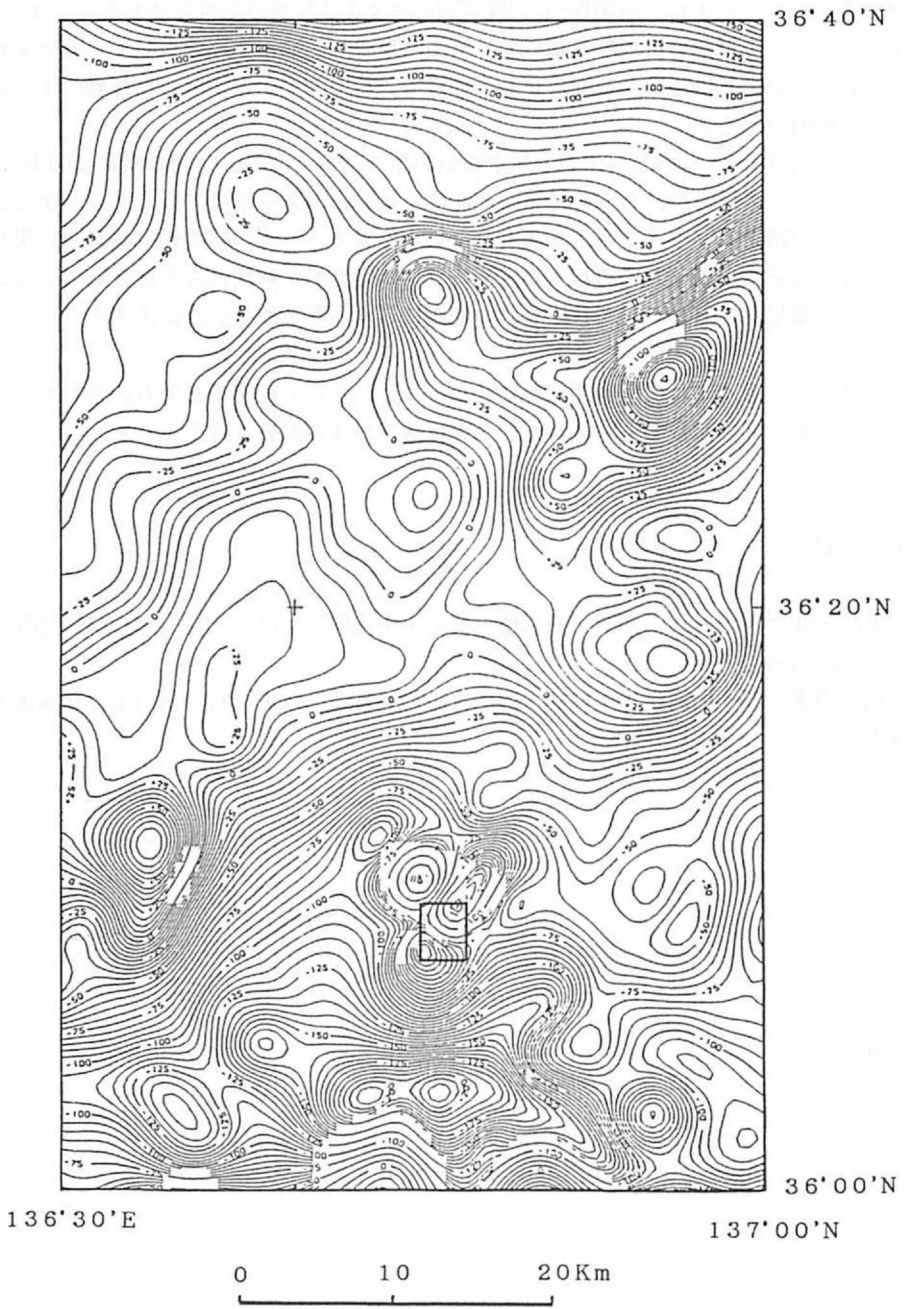
図IV-4 山頂付近の全磁力異常図。図中の黒丸は測定点の位置を示す。
 黒三角は御前峰，黒四角は室堂センターを示す。



図IV-5 室堂—山頂間の全磁力異常プロファイル。正の異常のピークの位置が山頂とは一致しない。



図IV-6 室堂平より上部の模式図。隆起した基盤岩の上に現在と同じ向きに磁化した溶岩を含む火山噴出物（図中の白ヌキの矢印）が乗っているとすると定性的に磁気異常のパターンを説明できる。



図IV-7 航空磁気測量による全磁力異常図（大久保ほか，1985を著者の許可を得て転載）．図中の四角で示した領域が図IV-4と一致する．

く、それより水平距離で約150m下の測定点で最大値（1920ガウ）を示している。この地形的なピークと磁気異常のピークのずれから図IV-6の模式図に示すような構造が推定される。つまり隆起した基盤岩（室堂平）の上に現在の御前峰を構成する安山岩類の火山噴出物が分布しているとすれば定性的に説明できる。この結果は長岡ら（1985）にも示されている白山火山は隆起した基盤の上に噴出したとの解釈とも調和的である。

図IV-7は大久保ほか（1985）による航空磁気測量の結果である。今回の測定は図中に四角で示した範囲を測定しただけであり、今回の地上での測定とは波長の関係で見ているものが全く違う。つまり航空磁気測量の結果はより深い構造を表わしていると考えられる。航空磁気測量の結果からは白山の周辺では顕著な正負の磁気異常の目玉が認められるが定量的な解釈はまだなされていない。このように白山火山の磁氣的性質については、今回の観測でごく一部を着手したにすぎず、今後さらなる観測が必要である。

なお山頂のごく近くでは全磁力測定が難しかったり、たとえ測定できても、きわめてばらつきの大きい値がえられた地点が数多くみられた。これは落雷による影響と考えられる。

5 文 献

大久保泰邦・浦井 稔・津 宏治・高木慎一郎・小川克郎（1985） 全国の空中磁気図。地質ニュース，No. 374，48-57.

長岡正利・清水 智・山崎正男（1985）白山火山の地質と形成史。石川県白山自然保護センター研究報告，No. 12，p. 9-24.

表IV-1 全磁力測定の結果

緯度 (度 分)	経度 (度 分)	全磁力値 (nT)	全磁力異常 (nT)	緯度 (度 分)	経度 (度 分)	全磁力値 (nT)	全磁力異常 (nT)
36 8.460	136 45.900	47267.0	167	36 9.370	136 46.300	47015.0	-85
36 8.750	136 46.640	46819.0	-281	36 9.380	136 46.290	47329.0	229
36 8.450	136 46.730	46776.0	-324	36 9.370	136 46.280	47210.0	110
36 8.260	136 46.850	47065.5	-35	36 9.370	136 46.280	47154.0	54
36 8.440	136 46.460	47972.0	872	36 9.360	136 46.280	46897.0	-203
36 8.610	136 46.430	47023.3	-77	36 9.360	136 46.270	47091.0	-9
36 9.200	136 46.170	47181.3	81	36 9.350	136 46.270	47787.0	687
36 9.330	136 46.160	46886.7	-213	36 9.330	136 46.260	47269.0	169
36 9.500	136 45.950	46894.0	-206	36 9.300	136 46.210	47419.0	319
36 9.140	136 46.010	46805.7	-294	36 9.240	136 46.190	47132.0	32
36 9.010	136 45.880	47470.7	371	36 9.100	136 46.150	46590.7	-509
36 8.860	136 46.090	46768.0	-332	36 9.100	136 46.160	46654.0	-446
36 8.600	136 46.060	47521.3	421	36 9.100	136 46.160	46768.0	-332
36 8.500	136 46.150	47571.0	471	36 9.090	136 46.160	46922.0	-178
36 8.360	136 46.100	47079.0	-21	36 9.080	136 46.160	47070.0	-30
36 8.210	136 46.150	47033.3	-67	36 9.070	136 46.160	47145.0	45
36 8.190	136 46.170	47032.0	-68	36 9.060	136 46.170	47243.0	143
36 8.150	136 46.160	47021.0	-79	36 9.060	136 46.170	47266.0	166
36 8.130	136 46.190	46995.7	-104	36 9.050	136 46.180	47468.0	368
36 8.440	136 46.100	47283.7	184	36 9.050	136 46.190	47302.0	202
36 8.810	136 46.310	46923.3	-177	36 9.030	136 46.200	47206.0	106
36 8.990	136 46.330	46790.3	-310	36 9.030	136 46.210	47000.0	-100
36 9.040	136 46.430	47121.3	21	36 9.010	136 46.210	46883.0	-217
36 9.050	136 46.490	47306.7	207	36 9.010	136 46.210	46828.0	-272
36 9.050	136 46.500	48692.7	1593	36 9.000	136 46.220	47040.0	-60
36 9.100	136 46.500	48375.0	1275	36 9.000	136 46.220	47258.0	158
36 9.130	136 46.410	47575.0	475	36 8.990	136 46.230	47175.0	75
36 9.160	136 46.340	47293.3	193	36 8.980	136 46.230	47063.0	-37
36 9.180	136 46.350	47608.0	508	36 8.960	136 46.230	47114.0	14
36 9.200	136 46.400	46526.3	-574	36 8.960	136 46.230	47023.0	-77
36 9.240	136 46.410	46913.7	-186	36 8.960	136 46.230	46972.0	-128
36 9.250	136 46.400	46900.0	-200	36 8.940	136 46.240	46827.0	-273
36 9.260	136 46.400	46900.0	-200	36 8.920	136 46.230	46744.7	-355
36 9.260	136 46.380	46722.7	-377	36 8.910	136 46.250	46842.0	-258
36 9.310	136 46.310	46880.0	-220	36 8.900	136 46.240	46821.0	-279
36 9.270	136 46.370	47005.0	-95	36 8.880	136 46.230	46928.0	-172
36 9.280	136 46.370	47170.0	70	36 8.860	136 46.240	46680.0	-420
36 9.280	136 46.360	47540.0	440	36 8.850	136 46.260	46729.0	-371
36 9.290	136 46.360	47780.0	680	36 8.840	136 46.290	46743.3	-357
36 9.300	136 46.360	47790.0	690	36 9.480	136 46.330	46940.5	-160
36 9.300	136 46.350	47858.0	758	36 8.730	136 46.310	46877.0	-223
36 9.310	136 46.340	47587.0	487	36 8.740	136 46.350	46856.0	-244
36 9.310	136 46.330	47481.0	381	36 8.730	136 46.370	46855.0	-245
36 9.310	136 46.330	47781.0	681	36 8.740	136 46.400	46947.0	-153
36 9.310	136 46.310	47414.0	314	36 8.740	136 46.410	46853.0	-247
36 9.360	136 46.290	47356.7	257	36 8.740	136 46.440	46853.0	-247

表IV-1 全磁力測定の結果(続き)

緯度 (度分)	経度 (度分)	全磁力値 (nT)	全磁力異常 (nT)	緯度 (度分)	経度 (度分)	全磁力値 (nT)	全磁力異常 (nT)
36 8.740	136 46.460	46766.0	-334	36 8.930	136 45.970	47440.0	340
36 8.750	136 46.480	47263.0	163	36 8.950	136 45.950	47455.0	355
36 8.740	136 46.500	46823.7	-276	36 8.960	136 45.930	47700.0	600
36 8.750	136 46.520	46575.0	-525	36 8.970	136 45.910	47474.0	374
36 8.750	136 46.550	46696.0	-404	36 8.980	136 45.910	47469.0	369
36 8.750	136 46.560	46686.0	-414	36 9.010	136 45.890	47515.0	415
36 8.750	136 46.580	46654.0	-446	36 9.030	136 45.880	47611.0	511
36 8.760	136 46.620	46801.0	-299	36 9.050	136 45.880	47478.0	378
36 8.810	136 46.730	46768.0	-332	36 9.060	136 45.900	47097.0	-3
36 8.810	136 46.740	46764.0	-336	36 9.080	136 45.910	46875.0	-225
36 8.810	136 46.750	46710.0	-390	36 9.100	136 45.920	46681.0	-419
36 8.800	136 46.760	46822.0	-278	36 9.110	136 45.950	46722.0	-378
36 8.790	136 46.770	46877.0	-223	36 9.110	136 45.960	45881.0	-1219
36 8.790	136 46.780	46845.0	-255	36 9.120	136 45.960	45976.0	-1124
36 8.780	136 46.800	46854.0	-246	36 9.130	136 45.990	46443.0	-657
36 8.760	136 46.810	46665.0	-435	36 9.140	136 46.010	47258.0	158
36 8.760	136 46.830	46830.0	-270	36 9.160	136 46.000	47238.0	138
36 8.760	136 46.830	46630.0	-470	36 9.180	136 46.010	47000.0	-100
36 8.740	136 46.830	47036.3	-64	36 9.190	136 46.040	46714.0	-386
36 8.760	136 46.870	46785.0	-315	36 9.180	136 46.070	47160.0	60
36 8.760	136 46.910	46539.0	-561	36 9.180	136 46.110	47134.0	34
36 8.750	136 46.770	46796.0	-304	36 9.210	136 46.120	46807.0	-293
36 8.740	136 46.980	47064.0	-36	36 9.220	136 46.150	46765.0	-335
36 8.750	136 46.670	46750.0	-350	36 9.110	136 46.480	47010.0	-90
36 8.750	136 46.680	46732.0	-368	36 9.100	136 46.490	48044.0	944
36 8.740	136 46.690	46763.0	-337	36 9.090	136 46.490	48390.0	1290
36 8.730	136 46.700	46995.0	-105	36 9.080	136 46.500	48832.0	1732
36 8.710	136 46.710	47135.0	35	36 9.050	136 46.490	48864.0	1764
36 8.710	136 46.710	47135.0	35	36 9.040	136 46.460	48324.0	1224
36 8.700	136 46.710	47174.0	74	36 9.040	136 46.420	49032.0	1932
36 8.680	136 46.710	47145.0	45	36 9.020	136 46.420	48348.0	1248
36 8.670	136 46.720	47208.0	108	36 9.010	136 46.410	47320.0	220
36 8.660	136 46.730	47545.0	445	36 9.010	136 46.390	47417.0	317
36 8.650	136 46.730	47733.0	633	36 9.010	136 46.380	47404.0	304
36 8.640	136 46.730	47787.0	687	36 9.000	136 46.360	47001.0	-99
36 8.620	136 46.730	48240.0	1140	36 9.000	136 46.350	47401.0	301
36 8.790	136 46.200	46748.0	-352	36 8.960	136 46.320	47081.0	-19
36 8.810	136 46.180	46940.0	-160	36 8.950	136 46.320	47105.0	5
36 8.840	136 46.150	46833.0	-267	36 8.930	136 46.310	47005.0	-95
36 8.860	136 46.130	47013.0	-87	36 8.910	136 46.310	46980.0	-120
36 8.880	136 46.080	46810.0	-290	36 8.900	136 46.310	46884.0	-216
36 8.880	136 46.060	46741.3	-359	36 8.880	136 46.310	46818.0	-282
36 8.890	136 46.040	46781.0	-319	36 8.860	136 46.310	46877.0	-223
36 8.900	136 46.020	46878.0	-222	36 8.850	136 46.310	46864.0	-236
36 8.910	136 46.010	47153.0	53	36 8.720	136 46.210	46984.0	-116
36 8.920	136 45.990	47288.0	188	36 8.700	136 46.190	47310.0	210

表IV-1 全磁力測定の結果（続き）

緯度 (度 分)	経度 (度 分)	全磁力値 (nT)	全磁力異常 (nT)
36 8.660	136 46.170	47779.0	679
36 8.650	136 46.140	47958.0	858
36 8.620	136 46.110	48500.0	1400
36 8.580	136 46.060	47736.0	636
36 8.560	136 46.030	48216.0	1116
36 8.540	136 46.020	47477.0	377
36 8.480	136 45.940	47705.0	605
36 8.460	136 45.900	47315.0	215
36 8.340	136 45.620	47077.0	-23