



Title	2. 北海道東部（根釧原野）における重力及び地磁気異常
Author(s)	清野, 政明; SEINO, Masaaki
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 6, 9-16
Issue Date	1958-12-17
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.6.9">https://doi.org/10.14943/gbhu.6.9</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13813">https://hdl.handle.net/2115/13813</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	6_p9-16.pdf



## 2. 北海道東部(根釧原野)における重力及び地磁気異常

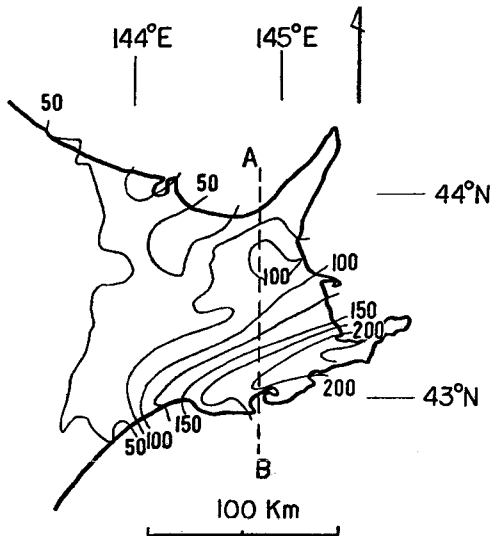
清野 政明

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 33 年 8 月 受理 —

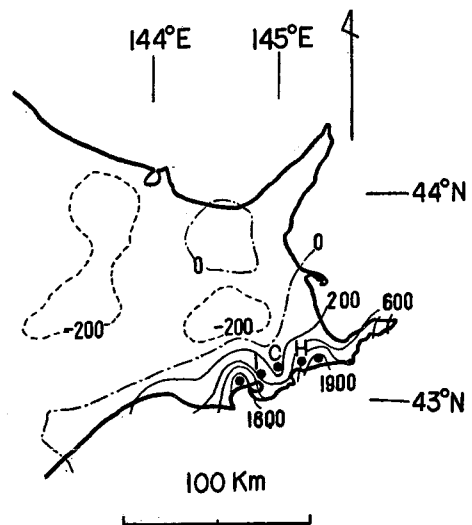
### I. 緒 言

北海道東部に広がる根釧原野の南海岸沿いに北緯 43° 東経 144° あたりの釧路近辺から、略東の方向、花咲半島を越えて水晶島の方へ伸びている重力及び地磁気異常の共に著しく大きな地帯が存在する。特に重力異常は日本で最も大きな値を示している事は、注目にあたいする。この周辺を走る標津—鶴居線は、地質的にも非常に興味深いものである。又、花咲半島に露出



第1図 北海道東部における Bouguer 異常 (mgal)  
Fig. 1. Bouguer anomaly (mgal) in the eastern part of Hokkaido.

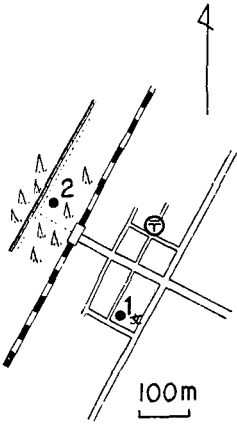
する粗粒玄武岩(車石)は、これらの重力及び地磁気異常に対して頗る暗示的である。本論文では地下物質の密度異常による重力異常とその磁気的性質に関係する地磁気異常が、同じ地下物質に由来するものであるかどうかと、両異常に関する限り地球物理学的地下構造がどうなるべきかを、近似的に推定するに止める。



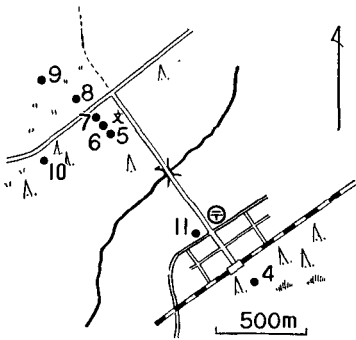
第2図 北海道東部における地磁気異常(垂直成分, 単位は  $\gamma$ )。I, C, H はそれぞれ糸魚沢, 茶内, 浜中を示している。  
Fig. 2. Geomagnetic anomaly (vertical component in  $\gamma$ ) in the eastern part of Hokkaido. I, C and H show Itoizawa, Chanai and Hamanaka respectively.

### II. 重力及び地磁気異常の分布

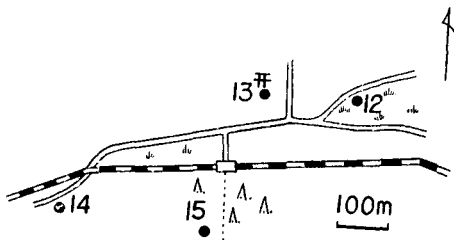
北海道における重力及び地磁気測量は、地理調査所によつてなされている。本論文では重



第3図 浜中における地磁気測点  
Fig. 3. Observation points of geomagnetic survey near Hamanaka.



第4図 茶内における地磁気測点  
Fig. 4. Observation points near Chanai.



第5図 糸魚沢における地磁気測点  
Fig. 5. Observation points near Itoizawa.

力に関しては第1図に示す Bouguer 異常図<sup>1)</sup>をそのまま利用した。他方第2図に示す地磁気異常(垂直成分)分布図<sup>2)</sup>は、重要視される高異常帯において contour の引き方に問題がのこっている。何故ならば、地磁気異常は重力異常と違って局地的影響が強く、5万分1地形図に測点数1の密度ではかなり妥当性を欠くように思われる。とりわけ、この分布図が高異常帯において茶内をはさみ二つの眼玉であらわされている事は、明らかに無理を生じていると思われる。そのような意味で茶内を中心として更に詳細に地磁気測量を行った。

地磁気異常は垂直成分のみを測量し、時期は1958年1月9~11日で使用器械は Askania 製の Schmidt 磁力計を用いた。その結果は、第2図の浜中、茶内、糸魚沢周辺についてそれぞれ第3, 4, 5図と第1表で示されている。その内特に第4図に示されている茶内周辺に眼を向けてみる。測点 No. 7 は二等磁気点であり異常値は +60 r を示しているが、No. 7 より南東約 1 km 離れた No. 4 においては、早くも 8 倍以上の 490 r なる異常値を示している。この事は直ちに第2図が必ずしも妥当でない事を指摘すると同時に、茶内の二等磁気点の異常値は東西へ広く続く高異常帯と比較して極く局地的な値とみなす事が妥当と思われる。

以上の事から修正図を作りそれを第6図に示した。第1図、第6図を合せみると明らかなように、重力及び地磁気異常の形はほぼ対応し

ている。しかしながら、この両者が同じ地下物質に由来するかどうかは断定できない。以下に述べるその量的な吟味と地下構造の解析はこの二つの図に基づいている。

1) 地理調査所; 地理調査所報告. 第4巻, 第2号 (1955), 23~99.

2) 地理調査所; 測地学会誌. 第2巻, 第2号 (1955), 67~75.

第 1 表 地磁気測量 (垂直成分)  
Table 1. Results of magnetic survey.

Observation point	No.	Vertical intensity (r)	Anomaly (r)	Observation point	No.	Vertical intensity (r)	Anomaly (r)
Hamanaka	1	41710	+1010	Chanai	9	40790	+ 90
"	2	42100	+1400	"	10	40730	+ 30
Atsukeshi	3	41430	+ 730	"	11	40910	+ 210
Chanai	4	41190	+ 490	Itoizawa	12	41040	+ 340
"	5	40830	+ 130	"	13	42110	+1410
"	6	40880	+ 180	"	14	42100	+1400
"	7	40760	+ 60	"	15	41960	+1260
"	8	40730	+ 30				

III. 異常分布の Fourier 展開

第 1 図, 第 6 図に示される高異常帯は, 近似的に見て東西へのび二次元と考えて良い。そこで図中の A-Bline をとりあげその profile を第 7 図に示す。破線と実線はそれぞれ重力異常と地磁気異常をあらわしている。そこでは北端海岸 (原点) より南方約 95 km で, 重力異常は約 200 mgal, 地磁気異常は約 1600 r の最大値を有し, 全水平距離約 140 km の profile 示してある。

重力異常の分布を Fourier 級数で表わせば

$$\Delta G = \sum_n a_n e^{\frac{2\pi}{\lambda_n} z} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_n} x + \phi_n\right) \quad (1)$$

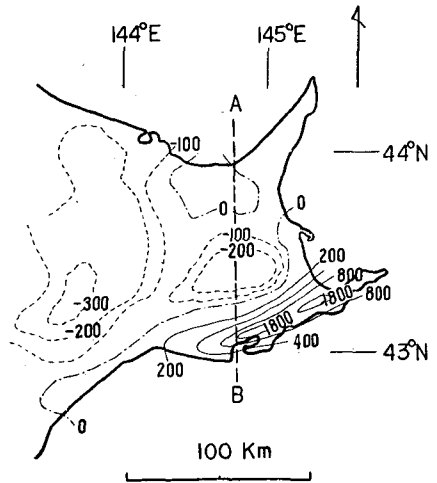
但し,  $x, z$ : それぞれ水平距離, 地表からの深さ (下へ正)。地磁気異常についても同様な Fourier 級数であらわすと

$$\Delta Z = \sum_n \beta_n e^{\frac{2\pi}{\lambda_n} z} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_n} x + \phi_n\right). \quad (2)$$

$a_n, \phi_n, \beta_n, \phi_n$  なる係数を決定する必要から, 地表における観測された profile (第 7 図) を用いて解析を行ないその結果を第 2 表に示した。

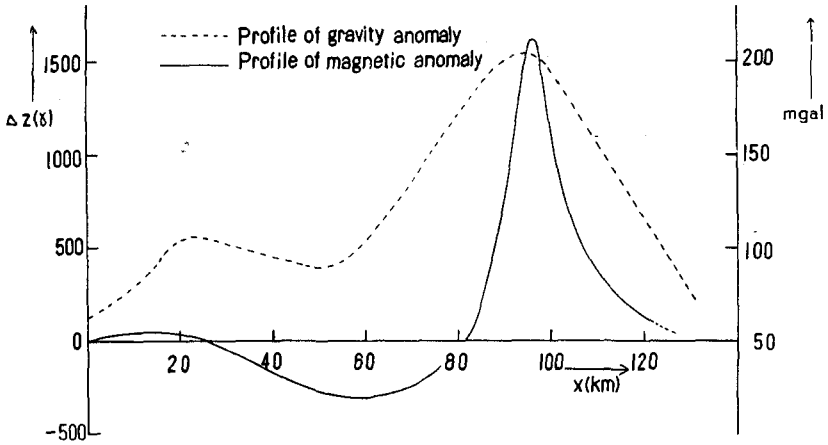
又, 重力異常と地磁気異常を結びつけるにあたって, 地下異常物質が一樣に帯磁していると仮定して Poisson の関係式を用いる。

$$\Delta V = \frac{J}{\sigma k^2} \frac{\partial(\Delta U)}{\partial j},$$



第 6 図 北海道東部における地磁気異常修正図

Fig. 6. Corrected geomagnetic anomaly in the eastern part of Hokkaido.



第 7 図 A-B line 上の重力及び地磁気異常の断面図  
 Fig. 7. Profiles of gravitational and geomagnetic anomalies along line A-B.

第 2 表  $z=0$  での Fourier 係数  
 Table 2. Fourier coefficient ( $z=0$ ).

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$a_n$	122.0	51.3	31.3	4.6	2.5	2.4	0.6	0.2	0.9	0.2	3.6	3.9
$\beta_n$	7.5	34.5	30.1	15.4	12.5	12.0	10.9	12.2	8.9	8.6	8.1	7.6
$\phi_n$		210°	305	284	241	278	210	315	21	316	98	304
$\phi_n$		164°	301	37	141	247	353	99	210	314	60	341

但し,  $\Delta U, \Delta V$ : 夫々, 重力, 地磁気異常の potential,

$k^2$ : 万有引力常数,  $\sigma$ : 異常密度

$J$ : 帯磁の強さ,  $j$ : 帯磁の方向.

$H, Z$  を夫々地球磁気の水平成分, 垂直成分,  $\kappa$  を帯磁率そして  $d$  を偏角とし, 且つ  $Q=Z\kappa$ ,  $P=-H\kappa \cos d \doteq -H\kappa (d \doteq 6)$  とすれば

$$\Delta Z = \frac{1}{k^2 \sigma} \left( P \frac{\partial (\Delta G)}{\partial x} + Q \frac{\partial (\Delta G)}{\partial z} \right). \tag{3}$$

(1), (2) と (3) より

$$\sum_n \beta_n e^{\frac{2\pi}{\lambda_n} z} \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda_n} x + \phi_n \right) = \frac{1}{k^2 \sigma} \sum_n a_n e^{\frac{2\pi}{\lambda_n} z} \frac{2\pi}{\lambda_n} \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda_n} x + \psi_n + \theta \right). \tag{4}$$

但し,  $I$  を伏角とすると  $\theta = \tan^{-1} \frac{P}{Q} = I - \frac{\pi}{2} \doteq -\frac{\pi}{6}$ .

$$\phi_n = \psi_n + I - \frac{\pi}{2} \tag{5}$$

なる条件の下で  $a_n$  と  $\beta_n$  の関係は

$$\beta_n = \frac{1}{k^2 \sigma} a_n \frac{2\pi}{\lambda_n} \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (6)$$

ここで  $\sqrt{P^2 + Q^2} = \left( \sqrt{Z^2 + H^2} / Z \right) Q$  なる関係があり  $Z, H$  は根釧原野において夫々 41000  $r$ , 26000  $r$  を観測しているので  $19 Q/16$  なる関係がある。帯磁の強さ ( $Q$ ) と異常密度 ( $\sigma$ ) との比は異常物質の物理的性質をある程度代表しているが, (6) より直接に

$$\frac{Q}{\sigma} = \frac{16}{19} k^2 \frac{\lambda_n}{2\pi} \frac{\beta_n}{a_n}. \quad (7)$$

第2表より (5) の条件を充たす  $a_n, \beta_n$  を取りあげて求められる  $Q/\sigma$  を第3表に示す。但し, (5) の条件は  $\pm 30^\circ$  を誤差の範囲内としている。ここで平均値,  $Q/\sigma = 1.8 \times 10^{-2}$  が妥当な意味を持

第 3 表  
Table 3.

$n$	$Q/\sigma \left( \frac{\text{emu}}{\text{gr.}} \right)$	$n$	$Q/\sigma \left( \frac{\text{emu}}{\text{gr.}} \right)$
1	$0.8 \times 10^{-2}$	9	$5.8 \times 10^{-2}$
2	0.6 "	10	0.4 "
5	1.2 "	mean	$1.8 \times 10^{-2}$

つと考えられるし, 又火成岩などにおいては充分考えられる値であるので, 以後もこの値を用いて解析を進めるが, 量的議論は地下構造を推定したのち [V] においてする。

#### IV. 円筒形 model による近似

第7図に示されるように, 原点から南方 95 km で重力及び地磁気異常は最大値を有し, これを中心として 50 km 以南ではほぼ対称の形をなしている。他方第1図, 第6図に示される如く, 高異常帯は東西にほぼ一様に拡がっている。この事から地下構造の model を考慮する時に妥当なものとして東西へ伸びる水平な円筒 model を選んでみる。

50 km 以南, 140 km までの profile を取りあげ最大重力異常値を持つ 95 km の点を改めて原点とし, 重力異常のみで地下構造の推定をする。

円筒形の質量による重力異常 potential は

$$\Delta U = -2k^2 \sigma \pi R^2 \log r,$$

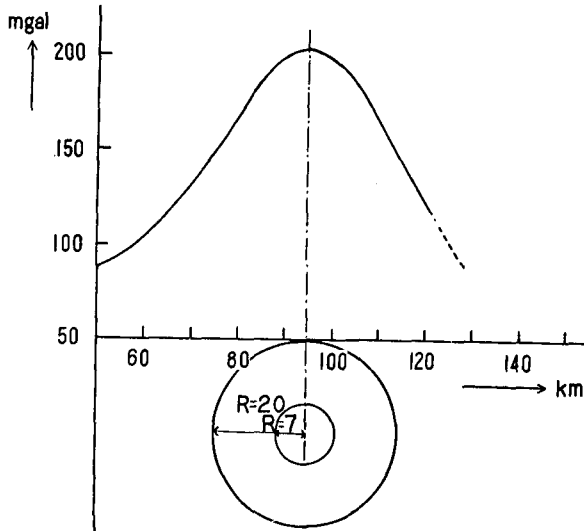
但し,  $R$ : 円筒の半径,  $r$ :  $(x^2 + z^2)^{1/2}$ ,

$z$ : 地表から円筒中心までの深さ (下に正)。

これより重力異常は

$$\Delta G = -\frac{\partial(\Delta U)}{\partial z} = 2k^2 \sigma \pi R^2 \frac{z}{r^2}. \quad (8)$$

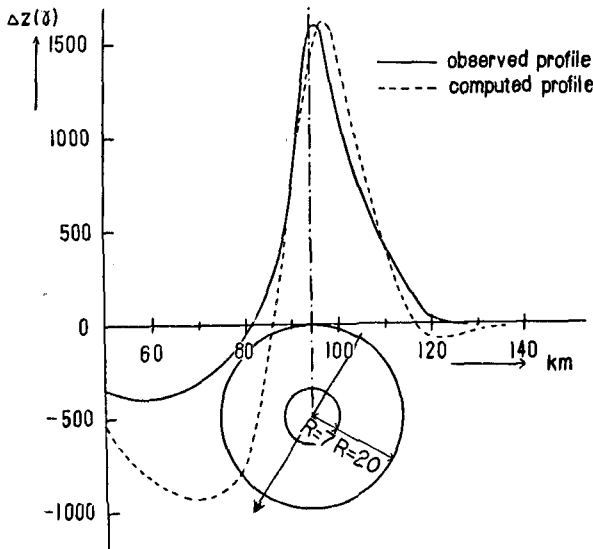
ここで円筒形の model が妥当である為には, 測線上で観測された各々,  $r$  と  $\Delta G$  に対して  $\sigma R^2$  及び  $z$  は一定値を持たなければならない。即ち



第8図 重力異常の断面図 (50~140 km).

図の下部にある円は円筒形構造の断面を示し、大円は  $\sigma=0.2$  の時小円は  $\sigma=1.0$  の時に推定される断面である。

Fig. 8. Profile of gravity anomaly (50~140 km). Greater circle shows the presumed section of cylindrical underground-structure when  $\sigma=0.2$ , and smaller one when  $\sigma=1.0$ .



第9図 地磁気異常の断面図 (50~140 km).

円は重力の場合と同じ円筒形構造の断面を示し、矢印は地球磁場の方向をあらわしている。

Fig. 9. Profile of geomagnetic anomaly (50~140 km). Circles show the same sections as gravity, and arrow represents the direction of magnetic field of the earth.

$$\sigma R^2 = \frac{1}{2\pi k^2} \frac{x^2+z^2}{z} \Delta G = \text{const.} \quad (9)$$

且つ、 $x_i, x_j$  なる点で観測された重力異常値がそれぞれ  $\Delta G_i, \Delta G_j$  であるとすると

$$z^2 = \frac{x_j^2 (\Delta G_j) - x_i^2 (\Delta G_i)}{\Delta G_i - \Delta G_j} = \text{const.} \quad (10)$$

が与えられる。

第7図において  $\Delta G_i, \Delta G_j$  には 87 mgal 以上の値を取る事にして、計算すると  $z$  はほぼ一定で  $z=20$  km なる値を持つている。これより

$$\sigma R^2 = 6.0 \times 10^{11} \text{ (C.G.S. unit).}$$

ここで  $\sigma$  の極限值として  $1.0 \text{ gr./cm}^3$  をとると  $R$  は 7 km,  $R$  の極限值として 20 km をとると  $\sigma$  は  $0.2 \text{ gr./cm}^3$  が得られる。第8図は以上で推定された円筒形構造の断面を示している。

次に今まで求められた値を用いて円筒形 model の重力異常を表わす式から地磁気異常を導き、実際の観測値と比較してみよう。ここで(3)を用いるがこの中の  $\frac{\partial(\Delta G)}{\partial x}, \frac{\partial(\Delta G)}{\partial z}$  は(8)より

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(\Delta G)}{\partial x} &= 2\pi\sigma R^2 k^2 \frac{(-2xz)}{r^4}, \\ \frac{\partial(\Delta G)}{\partial z} &= -2\pi\sigma R^2 k^2 \frac{(x^2-z^2)}{r^4}. \end{aligned} \right\} (11)$$

根釧原野において、

$$P = (H/Z) Q = -(1/1.6) Q$$

である事を考慮し、且つ今まで求められている値  $\sigma R^2 = 60 \times 10^{10}, Q/\sigma = 1.8 \times 10^5$  と  $z = 20 \times 10^5$  を入れると

$$\Delta Z = \frac{66(2/1.6 \, xz - x^2 + z^2)}{r^4} \times 10^{14} \quad (\text{unit}; r). \quad (12)$$

実際に観測される profile と (12) で計算される profile の比較は、第 9 図に示されているが非常に良く一致していると云える。図の矢印は地球磁場の方向を示し、実線は観測 profile、破線は (12) による profile を示している。60~80 km において両者にかなりの不一致があるが、異常物質から離れるにつれてその影響は少なくなり、今まで無視してきた周囲物質の磁気的な性質が大きくあらわれてくると解釈する事が出来る。以上の結論としては、両異常は同じような円筒形 model で十分に表わされ、且つ  $Q/\sigma = 1.8 \times 10^{-2}$  を用いて完全に一致すると云いうる。

## V. 結果の考察

今、[III] において求められている  $Q/\sigma$  について、論議し易くするために  $\sigma$  を  $0.2 \sim 1.0 \text{ gr./cm}^3$  内におさえると、 $Q$  は  $0.4 \times 10^{-2} \sim 1.8 \times 10^{-2} \text{ emu/cc}$  なる値を取り、これを全て誘導による帯磁の強さとするとき帯磁率 ( $\kappa$ ) は  $1.0 \times 10^{-2} \sim 4.4 \times 10^{-2} \text{ emu/cc}$  なる値を取る。これを種々岩石のそれと比較すると、emu/cc 単位で黄鉄鉱  $2.9 \times 10^{-2} \sim 170 \times 10^{-2}$ 、磁硫鉄鉱  $4.6 \times 10^{-2} \sim 190 \times 10^{-2}$ 、花崗岩  $0.03 \times 10^{-2} \sim 0.18 \times 10^{-2}$ 、玄武岩  $0.05 \times 10^{-2} \sim 0.48 \times 10^{-2}$  であり、どちらかと云えばむしろ鉄鉱類に近い。しかしながら、長さ 100 km 以上、半径 7~20 km の地下構造の規模から考えてあり得ぬ事であろう。そこで  $Q$  を火成岩の自然残留磁気が大部分であると考えるとき、種々火成岩においては三原山玄武岩  $4.0 \times 10^{-2} \sim 6.1 \times 10^{-2}$ 、三宅島玄武岩  $1.4 \times 10^{-2} \sim 6.5 \times 10^{-2}$ 、富士熔岩  $0.6 \times 10^{-2} \sim 1.5 \times 10^{-2}$  なる値を取り、前述の  $0.4 \times 10^{-2} \sim 1.8 \times 10^{-2} \text{ emu/cc}$  と非常に近い値を示している。この事は、形状が同じ円筒形で表わされる事と考えあわせて重力異常と地磁気異常は火成岩質の同一物質に由来すると考えて妥当であると云う結論に達した。同時に Potential から見た地下構造は、地表から中心までの深さ 20 km、半径は 7~20 km なる東西の水平方向へのびる円筒形構造を推定した。

今までの解析は Potential 論から見た地下物質の推定であり、勿論断定する事は不可能である。しかしながら、近似的に一応妥当性を有する仮定をおき、結論を出して見た。又、この原野の高異常帯に沿つてところどころに露頭している粗粒玄武岩(車石)の磁気的性質が、非常に著しいように思われて興味あるが、その詳細については後の機会にゆずる。

最後に、御指導を賜った横山泉助教授、及び野外調査に便宜をはかつていただいた北海道地下資源調査所に感謝の意を表す。

## 2. Gravitational and Geomagnetic Anomalies in the Kon-Sen Plain, the Eastern Part of Hokkaido.

By Masaaki SEINO

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

In the Kon-Sen Plain, the eastern part of Hokkaido, there is a wide zone of high gravitational and geomagnetic anomalies. For these anomalies, the underground structure is presumed with rough approximations in view of geophysics.

On the basis of Bouguer anomaly (Fig. 1) and geomagnetic one (Fig. 2), both being obtained by the Geographical Survey Institute but the latter corrected by the writer's observations (Fig. 6), both profiles (Fig. 7) are analyzed by adopting Fourier series. And it is obtained that the mean value of  $Q/\sigma$  is  $1.8 \times 10^{-2}$  emu/gr., where  $Q$  denotes intensity of magnetization, and  $\sigma$  density difference. Assuming that the gravity anomaly is due to a horizontal cylinder under the ground surface, its axis proves to be situated at the depth of 20 km. If  $R$  denotes the radius of the cylinder, the relation between  $\sigma$  and  $R$  becomes  $\sigma R^2 = 6.0 \times 10^{11}$  (C.G.S.). Therefore, we may obtain  $R = 7$  km when  $\sigma = 1.0$  gr./cm<sup>3</sup> as the upper limit, and  $\sigma = 0.2$  gr./cm<sup>3</sup> when  $R = 20$  km, while the profile and the sections are shown in Fig. 8.

The geomagnetic anomaly corresponding to the gravity anomaly which is assumed to be caused by the cylinder, is computed by adopting the said value of  $Q/\sigma$ . Its computed profile is compared with the observed one in Fig. 9. These profiles nicely coincide with each other. Furthermore, the obtained value of  $Q$  ( $0.4 \sim 1.8 \times 10$  emu/cc) is most probable, considering the magnetization of the igneous rocks as natural remanent.

The sources of gravitational and geomagnetic anomalies coincide with each other concerning the positions and configurations, and it is concluded that both anomalies result from the same underground structure. It is interesting that dolerite found in this region possesses very high intensity of magnetization, and its magnetic property should be studied in detail in the near future.