

東オングル島における地磁気測量  
—新規に建築された施設による地磁気観測への影響の検証—有田 真<sup>1\*</sup>・高橋幸祐<sup>1</sup>・源 泰拓<sup>1</sup>・門倉 昭<sup>2,3</sup>

## Geomagnetic survey in East Ongul Island: estimation of the geomagnetic influence of the facilities installed by JARE-51 and JARE-52

Shin Arita<sup>1\*</sup>, Kosuke Takahashi<sup>1</sup>, Yasuhiro Minamoto<sup>1</sup> and Akira Kadokura<sup>2,3</sup>

(2012年12月13日受付; 2013年1月24日受理)

**Abstract:** During 2010 and 2011, some large facilities (e.g. a mechanical workshop, an atmospheric radar and a container yard) were constructed near the geomagnetic observation site at Syowa Station, Antarctica. Iron materials used in these facilities could potentially affect the geomagnetic field at the observation site. To evaluate the amount of artificial magnetic noise caused by the iron materials, we carried out magnetic surveys around Syowa Station before and after construction of the facilities. The results show that the iron materials generate a maximum of 1.0 nT of artificial noise at the geomagnetic observation site.

**要旨:** 2010年から2011年にかけて、昭和基地では地磁気観測点近傍に大規模な構造物（自然エネルギー棟、大型大気レーダー、コンテナヤードなど）が設置された。これらの施設建設で使用された鉄材は、地磁気観測に対しノイズ源となる可能性がある。昭和基地で建設された大型施設で使用された鉄材が地磁気観測点に与える影響を評価するため、建設前後で昭和基地周辺部において磁気測量を実施した。建設前後の全磁力分布の差から構造物によるノイズを推定した結果、最大で1.0 nT程度の人工ノイズの影響を地磁気観測点が受けている可能性があることが分かった。

## 1. はじめに

昭和基地（69°00'19"S, 39°34'52"E）では、地磁気観測が1966年から継続して行われており、2010年度からの南極地域観測第Ⅷ期6か年計画では、基本観測（モニタリング観測）項目

<sup>1</sup> 気象庁地磁気観測所. Kakioka magnetic observatory, Japan Meteorological Agency, Kakioka 595, Ishioka, Ibaraki 315-0116.

<sup>2</sup> 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

<sup>3</sup> 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

\* Corresponding author. E-mail: arita@met.kishou.go.jp

として位置付けられ、実施されている。昭和基地はオーロラ帯直下に位置することから、地磁気観測値は地球磁気圏に取り込まれた太陽風エネルギーをモニタリングする基盤的な観測データの役割を果たしている。

現在、昭和基地ではフラックスゲート磁力計（島津製作所製，MB162）による、時間分解能1秒の地磁気3成分の連続観測が行われており、取得されたデータは1日1回の頻度で国立極地研究所へ転送され、オーロラデータセンターのホームページ (<http://polaris.nipr.ac.jp/~aurora/syowa.magne/magne.main.html>) より公開されている。また、地磁気永年変化を監視するため、地磁気の向き（偏角及び伏角）を測定する角度測定器と、地磁気の大きさ（全磁力）を測定する磁力計を組み合わせ、地磁気絶対観測を実施している。このうち、角度測定は地磁気観測技術を有する隊員がすべて手動で行う必要があり、昭和基地ではおおむね月1回の頻度で、地磁気連続観測点から北に10mほど離れた地磁気変化計室で行われている。

このように、昭和基地における地磁気観測は、太陽地球圏変動や地磁気永年変化など、地球の電磁気的環境を監視するために実施されており、人為的要因によって生じた磁場はノイズとして扱われる。地磁気観測に影響する人為的要因の多くは、車輛や建築物に含まれる鉄材である。

2010年から2011年にかけて、地磁気観測点の周囲に大型の建築物が相次いで建設された。2010年に地磁気観測点から約500–600m離れた場所にコンテナヤード、約300m離れた場所に電離層デルタアンテナ及び電離層観測小屋が、2011年には約450m離れた場所に南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY: Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar, 以降PANSYレーダー）及び大型大気レーダー観測制御小屋（以降PANSY小屋）、約200m離れた場所に自然エネルギー棟がそれぞれ建設された。これら大型建築物に使用される鉄材が地磁気観測に与える影響を定量的に評価・把握するために、これらの建築物の設置前後（第50次隊、第52次隊）に東オングル島内の47地点で地磁気測量を実施した。

## 2. 観測期間・観測方法

第50次隊では2009年12月1日～2010年1月3日（うち6日間）、第52次隊では2011年11月5–9日（うち4日間）に地磁気測量を実施した。コンテナヤードへのコンテナ搬入と電離層デルタアンテナ等の建設は2010年1月に行い、PANSYレーダー、PANSY小屋及び自然エネルギー棟の建設作業期間は2010年12月下旬～2011年2月下旬であった。観測は、人工擾乱の原因となる自動車や重機が稼働する時間帯を避け、地磁気静穏日を選んで行った。地磁気活動が静穏であるかの判断基準として、K指数の大きさが考えられる。K指数は、静穏日の地磁気日変化と地磁気変化との較差を準対数的に0～9の10段階に指数化したもので、3時間ごとに算出される。昭和基地におけるK指数の定義についてはYamamoto *et al.* (2008)を参照されたい。また昭和基地におけるK指数は前述のオーロラデータセンターのホーム

ページで公開されており、観測期間中の昭和基地の K 指数の日平均値は、第 50 次隊、第 52 次隊でそれぞれ 1.0、1.4 であった。

地磁気測量の手法としては、携帯型プロトン磁力計 (GEOMETRIX 社製, G-856AX) を使用した全磁力観測を採用した。これは気象庁地磁気観測所が観測所構内 (長谷川ほか, 1980) や火山観測 (橋本ほか, 2009) でも行っている一般的な観測方法である。

第 50 次隊において、磁気測量点を昭和基地のある東オングル島 (約  $3 \text{ km}^2$ ) 内全域に、およそ 200 m の間隔で 47 点配置した (高橋ほか, 2010) (図 1)。これらの磁気測量点の選定にあたっては、第 27 次隊で行われた 200 m メッシュの磁気測量点 (大和田, 1987) を参考にした。磁気測量点を定める際には、その点から東西南北にそれぞれ 1 m 離れた場所での全磁力値を併せて測定し、水平方向の磁場傾度が著しく大きくないことを確認した。磁気測量点全体の 76% の地点で東西方向と南北方向の磁場傾度を平均した平均水平磁場傾度は、 $5 \text{ nT/m}$  以下である (図 2)。磁気測量点の位置はハンディ型 GPS (GARMIN 社製, etrex VISTA) を使用して取得し、取得した位置情報を第 52 次隊に引き継いだ。第 52 次隊では、それを基に再びハンディ型 GPS (GARMIN 社製, etrex VISTA HCx) により磁気測量点の位置を再現した。位置の再現には、GPS が持つ水平誤差に加えて積雪の有無による標高誤差が加わるため、およそ 3–5 m 程度の位置のずれを持つ磁気測量点もあると推定される。

各測点の観測では、1 点あたり 10 秒間隔で 2–5 分程度観測を行い、12 個以上の観測値を取得した。観測の様子を図 3 に示す。使用した携帯型プロトン磁力計の分解能は  $0.1 \text{ nT}$ 、観測時のセンサーの中心高は 2.45 m である。磁力計の電源には乾電池を使用した。

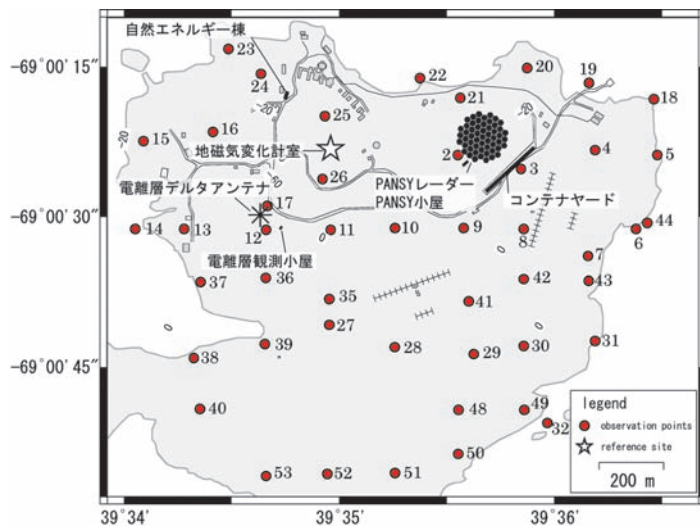


図 1 東オングル島における磁気測量点 (全 47 点) ☆: 地磁気変化計室 ●: 磁気測量点  
この地図は、国土地理院作成の 1/2500 南極地域地形図を使用したものである。

Fig. 1. Locations of magnetic survey points and the reference site.

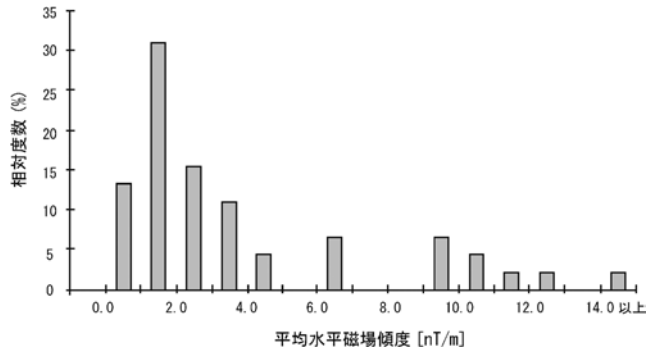


図 2 磁気測量点の平均水平磁場傾度の分布  
Fig. 2. Histogram of the magnetic field gradient.



図 3 地磁気測量の様子 (No. 3 コンテナヤードそばでの観測)  
Fig. 3. Magnetic observations with a proton magnetometer at a survey point.

地磁気測量の実施にあたっては、地磁気日変化等の地球外部起源の短周期磁場変動を取り除くことを目的として参照点を設置する必要がある。この時、地球外部起源の磁場変動は、参照点と各磁気測量点でほぼ同じ大きさと仮定できる。参照点には地磁気変化計室に設置したプロトン磁力計（テラテクニカ社製、PM215）の観測値を使用し、10秒間隔で連続観測を行った。磁力計の分解能は0.01 nT、その電源には磁力計内蔵のバッテリーを使用し、観測中はACにより連続充電を行った。

### 3. 観測結果と考察

各磁気測量点の全磁力値を  $F_n$ 、参照点の全磁力値を  $F_0$  とし、同時刻に得られた最低12個の観測値に対して、それぞれ差をとることにより、地球外部起源の地磁気変化を取り除いた  $F'_n = F_n - F_0$  を得た。この値を12個平均したものを各磁気測量点の観測値とした。結果を表1

表 1 東オングル島の地磁気測量結果 “—” は観測値なし, “s.d.” は standard deviation.

Table 1. Results of the magnetic survey at East Ongul Island. “—”: no observation. “s.d.”: standard deviation.

ポイント No	測定は第50次隊										第50次隊			第52次隊			[Fn] <sub>52次</sub> - [Fn] <sub>50次</sub>	
	緯度(S)			経度(E)			標高 (m)	磁場傾度			[Fn] (=F <sub>n</sub> - F <sub>0</sub> (nT))	s.d. (nT)	測定日	[Fn] (=F <sub>n</sub> - F <sub>0</sub> (nT))	s.d. (nT)	測定日		
	度	分	秒	度	分	秒		N-S 方向 (nT/m)	E-W 方向 (nT/m)	平均 (nT/m)								
地磁気 変化計室	69	00	23.2	39	34	57.3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	69	00	23.8	39	35	32.8	21	-0.1	3.0	1.6	14.1	0.9	2009/12/01	30.6	0.2	2011/11/07	16.5	
3	69	00	25.2	39	35	50.4	15	-5.7	-0.8	3.0	19.7	1.3	2009/12/01	-38.3	0.7	2011/11/08	-58.0	
4	69	00	23.3	39	36	11.1	15	4.2	3.5	3.8	31.1	1.2	2009/12/01	25.7	1.0	2011/11/08	-5.4	
5	69	00	23.8	39	36	28.4	12	-0.6	0.8	0.7	-5.7	2.1	2009/12/01	-5.0	0.7	2011/11/07	0.7	
6	69	00	31.2	39	36	22.5	8	1.6	-0.5	1.0	-23.7	1.4	2009/12/01	-22.7	1.2	2011/11/08	1.0	
7	69	00	33.9	39	36	9.1	24	-1.6	0.7	1.1	-29.3	1.4	2009/12/01	-32.4	0.6	2011/11/07	-3.1	
8	69	00	31.2	39	35	51.2	32	1.7	-	-	-20.9	0.9	2009/12/01	-22.9	0.6	2011/11/07	-2.0	
9	69	00	31.1	39	35	34.4	26	-	-1.9	-	1.4	0.7	2009/12/01	5.7	0.3	2011/11/07	4.3	
10	69	00	31.1	39	35	15.3	27	-0.0	1.8	0.9	11.0	1.3	2009/12/01	6.4	0.2	2011/11/05	-4.6	
11	69	00	31.3	39	34	57.3	31	-0.7	-1.3	1.0	-52.2	0.6	2009/12/02	-47.4	0.2	2011/11/05	4.8	
12	69	00	31.3	39	34	39.3	36	-0.5	-0.7	0.6	-38.2	0.8	2009/12/02	-32.2	1.5	2011/11/08	6.0	
13	69	00	31.2	39	34	16.4	18	4.6	17.6	11.1	-368.5	1.0	2009/12/02	-372.4	1.4	2011/11/08	-3.9	
14	69	00	31.2	39	34	2.8	6	-3.2	-3.2	3.2	29.8	0.9	2009/12/02	26.5	1.5	2011/11/08	-3.3	
15	69	00	22.4	39	34	5.1	19	-1.1	-19.0	10.1	-332.1	1.0	2009/12/02	-358.5	1.4	2011/11/08	-26.4	
16	69	00	21.5	39	34	24.5	21	4.5	15.4	9.9	-239.9	1.1	2009/12/02	-322.3	1.3	2011/11/08	-82.4	
17	69	00	28.9	39	34	39.6	17	-11.6	7.8	9.7	-68.8	2.1	2009/12/09	-166.8	0.2	2011/11/05	-98.0	
18	69	00	18.2	39	36	27.5	8	1.6	2.2	1.9	2.5	0.9	2009/12/02	0.8	0.6	2011/11/07	-1.7	
19	69	00	16.6	39	36	9.4	2	-	-	-	5.2	1.4	2009/12/02	-26.0	0.7	2011/11/07	-31.2	
20	69	00	15.1	39	35	52.1	11	5.0	-4.1	4.6	-24.3	1.3	2009/12/02	-36.7	0.4	2011/11/07	-12.4	
21	69	00	18.1	39	35	33.5	20	1.0	2.6	2.1	-51.2	0.8	2009/12/02	-52.3	0.2	2011/11/07	-1.1	
22	69	00	16.1	39	35	22.2	8	-	2.9	-	62.4	0.8	2009/12/02	63.0	0.5	2011/11/09	0.6	
23	69	00	13.2	39	34	28.8	15	0.1	6.7	3.4	-101.3	0.6	2009/12/02	-83.0	0.9	2011/11/09	18.3	
24	69	00	15.7	39	34	37.8	20	-	-6.7	-	25.4	0.4	2009/12/02	32.1	1.0	2011/11/09	6.7	
25	69	00	19.9	39	34	55.7	16	5.8	16.1	11.0	-66.2	0.4	2009/12/02	-63.8	0.8	2011/11/05	2.4	
26	69	00	26.2	39	34	55.0	21	0.2	1.2	0.7	-1.5	1.7	2009/12/09	-0.3	0.2	2011/11/07	1.2	
27	69	00	40.8	39	34	56.9	35	-1.5	-	-	-135.9	0.6	2009/12/10	-137.3	0.8	2011/11/08	-1.4	
28	69	00	43.0	39	35	15.2	33	7.8	-5.6	6.7	39.9	1.8	2009/12/10	35.7	1.0	2011/11/08	-4.2	
29	69	00	43.7	39	35	37.2	27	-1.2	3.1	2.2	-28.4	1.7	2009/12/10	-26.8	1.2	2011/11/08	1.6	
30	69	00	42.9	39	35	51.2	34	3.4	1.7	2.6	-9.0	0.7	2009/12/10	-8.4	0.9	2011/11/08	0.6	
31	69	00	42.4	39	36	11.1	15	-0.2	0.9	0.5	-8.7	1.2	2009/12/10	-17.0	0.9	2011/11/08	-8.3	
32	69	00	50.6	39	35	57.8	8	-	-	-	4.2	0.7	2009/12/10	4.2	1.7	2011/11/08	0.0	
35	69	00	38.2	39	34	56.9	40	4.8	1.4	3.1	19.7	1.1	2009/12/15	6.7	1.4	2011/11/08	-	
36	69	00	36.1	39	34	39.2	39	4.8	-0.9	2.8	-228.2	1.0	2009/12/15	-229.5	1.0	2011/11/08	-1.3	
37	69	00	36.5	39	34	21.0	28	2.9	0.4	1.7	-320.8	1.3	2009/12/15	-317.3	1.1	2011/11/08	3.5	
38	69	00	44.1	39	34	19.1	25	-12.8	5.7	9.3	11.2	1.2	2009/12/15	-0.1	0.8	2011/11/08	-11.3	
39	69	00	42.7	39	34	38.9	33	2.2	2.9	2.6	-271.9	1.3	2009/12/15	-270.8	1.4	2011/11/08	1.1	
40	69	00	49.2	39	34	20.8	24	11.5	12.7	12.1	-103.4	0.8	2009/12/15	-94.2	0.9	2011/11/08	9.2	
41	69	00	38.4	39	35	35.8	35	1.6	1.8	1.2	-16.3	1.3	2009/12/15	-	-	-	-	
42	69	00	36.2	39	35	51.2	29	1.6	0.2	0.9	-25.6	1.0	2009/12/15	-24.1	0.9	2011/11/08	2.5	
43	69	00	36.4	39	36	9.3	15	0.2	1.9	1.0	-27.4	0.9	2009/12/15	-23.9	1.0	2011/11/08	3.5	
44	69	00	30.6	39	36	25.6	18	1.0	1.7	1.4	-21.8	1.1	2009/12/15	-30.5	0.8	2011/11/08	-8.7	
48	69	00	49.3	39	35	33.0	31	0.1	2.4	1.3	-6.4	0.9	2010/01/03	-9.4	1.3	2011/11/08	-3.0	
49	69	00	49.3	39	35	51.3	7	-2.7	-1.5	2.1	4.1	0.5	2010/01/03	-26.6	1.1	2011/11/08	-30.7	
50	69	00	53.7	39	35	32.9	9	-0.8	-3.1	1.9	-46.3	0.6	2010/01/03	-47.4	1.3	2011/11/08	-1.1	
51	69	00	55.6	39	35	15.3	19	12.4	33.0	22.7	320.0	1.0	2010/01/03	211.8	1.4	2011/11/08	-108.2	
52	69	00	55.7	39	34	56.4	32	7.4	-4.7	6.1	-370.3	0.8	2010/01/03	-346.1	1.5	2011/11/08	24.2	
53	69	00	55.9	39	34	39.3	30	2.8	6.5	4.7	-228.6	0.9	2010/01/03	-209.6	0.8	2011/11/08	19.0	
最大値								12.4	33.0	22.7	320.0	2.1		211.8	1.7		24.2	
最小値								-12.8	-19.0	0.5	-370.3	0.4		-372.4	0.2		-108.2	

に示す。また、第50次隊及び第52次隊の地磁気測量で得られた各磁気測量点における  $F_n'$  (以下ではそれぞれ  $[F_n']_{50次}$ ,  $[F_n']_{52次}$  と記述) の水平分布を、それぞれ図4及び図5に示す。

地磁気変化計室の東側は、参照点である地磁気変化計室とおおむね同じ全磁力値の領域が広がっている。一方、地磁気変化計室の西側では、地磁気変化計室と比較して最大で-370 nT 程度の差がある領域があり、西に行くほどその勾配は大きい。これら全体的な特徴は、第27次隊の観測結果(図6)とほぼ同様であることが確かめられた。

次に、各磁気測量点について  $[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次}$  を計算し、大型建築物建設前後の全磁力の変化量を得た。その水平分布を図7に示す。地磁気変化計室周辺のNo. 25, No. 26の2地点での変化量は、それぞれ2.4nT, 1.2nTであった。一方、大型建築物に一番近い磁気測量点での変化量はそれぞれ、コンテナヤード(No. 3)で58nT, 電離層デルタアンテナ及び電離層観測小屋(No. 17)で98nT, PANSYアンテナ及びPANSY小屋(No. 2)で16.5nT, 自然

エネルギー棟 (No. 24) で 6.7 nT であった。こうして得られた全磁力の変化量から地磁気変化計室への影響を推定した。

建築物が磁気双極子で近似できると仮定すると、建築物から距離  $R_1$  離れた場所でそれに

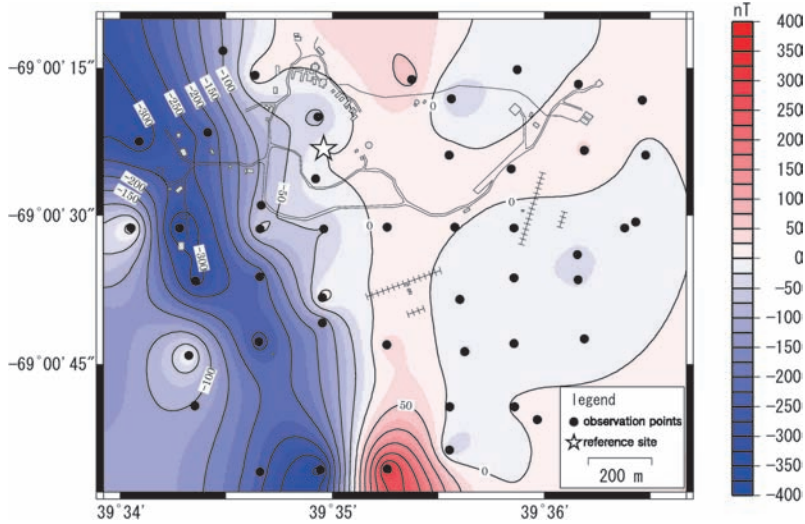


図 4 地磁気変化計室を基準とした地磁気測量図 (第 50 次隊)。

等値線の間隔: 50 nT ☆: 地磁気変化計室 ●: 磁気測量点

Fig. 4. Distribution of magnetic intensity obtained by JARE-50, with reference to the geomagnetic observation site (open asterisk). Contour interval: 50 nT.

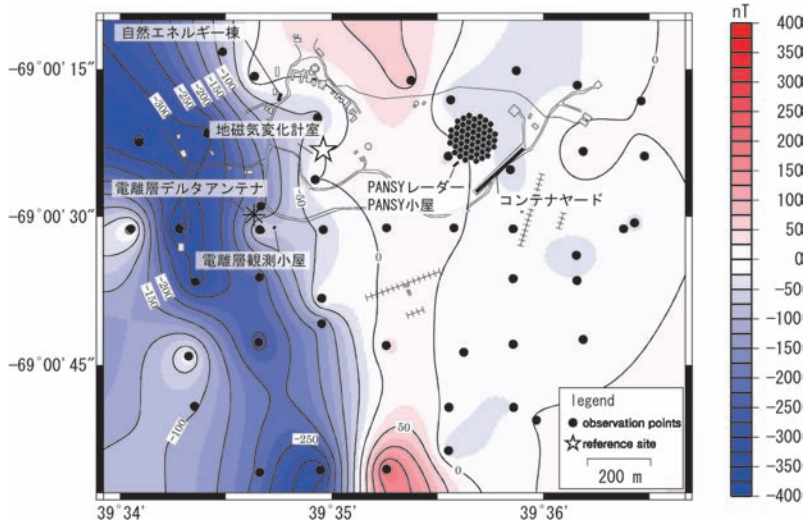


図 5 地磁気変化計室を基準とした地磁気測量図 (第 52 次隊)。

等値線の間隔: 50 nT ☆: 地磁気変化計室 ●: 磁気測量点

Fig. 5. Distribution of magnetic intensity obtained by JARE-52, with reference to the geomagnetic observation site (open asterisk). Contour interval: 50 nT.

起因する全磁力の変化量が  $\Delta F_1$  であった場合，建築物から距離  $R_2$  離れた場所での全磁力の変化量 ( $\Delta F_2$ ) は，

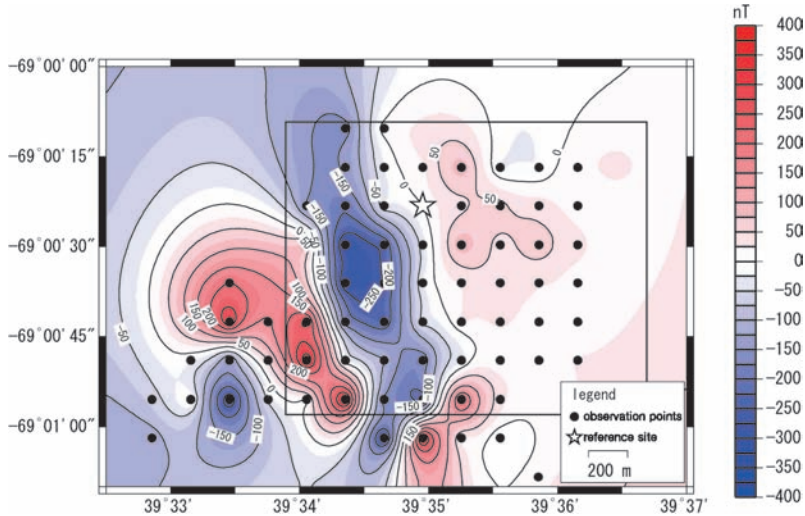


図 6 地磁気変化計室を基準とした地磁気測量図 (第 27 次隊).

等値線の間隔：50nT ☆：地磁気変化計室 ●：磁気測量点 □：第 50 次隊、第 52 次隊の観測範囲  
この図の作成にあたっては、日本南極地域観測隊第 27 次隊報告のデータを使用した。

Fig. 6. Distribution of magnetic intensity obtained by JARE-27 (modified after Owada, 1987). Contour interval: 50 nT. The rectangle indicates the region surveyed by JARE-50 and JARE-52.

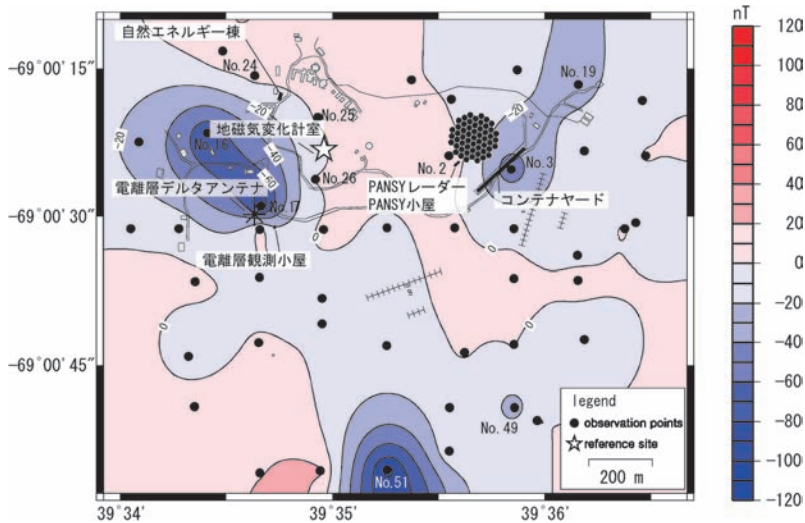


図 7 地磁気変化計室を基準とした全磁力の変化量 (第 52 次隊 - 第 50 次隊).

等値線の間隔：20 nT ☆：地磁気変化計室 ●：磁気測量点

Fig. 7. Distribution of the change in magnetic intensity between JARE-50 and JARE-52.

$$\Delta F_2 = \Delta F_1 / (R_2/R_1)^3 \quad (1)$$

と見積られる。他方、今回各磁気測量点で得られた全磁力の変化量について整理すると  $[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次}$  は、 $F_n' = F_n - F_0$  により、次のように展開できる。

$$[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次} = ([F_n]_{52次} - [F_n]_{50次}) - ([F_0]_{52次} - [F_0]_{50次}) \quad (2)$$

ここで、 $F_n = F_{n,out} + F_{n,in}$ 、 $F_0 = F_{0,out} + F_{0,in}$  (out は地球外部起源、in はそれ以外の成分を表すとす) であり、 $F_{n,out} \doteq F_{0,out}$  を仮定すると、地球外部起源の成分は取り除かれ、式(2)は、

$$[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次} = ([F_{n,in}]_{52次} - [F_{n,in}]_{50次}) - ([F_{0,in}]_{52次} - [F_{0,in}]_{50次}) \quad (3)$$

と変形される。すなわち、 $[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次}$  は、各磁気測量点における建築物のノイズ ( $[F_{n,in}]_{52次} - [F_{n,in}]_{50次}$ ) と参照点である地磁気変化計室における建築物のノイズ ( $[F_{0,in}]_{52次} - [F_{0,in}]_{50次}$ ) の両方の成分を含んでいる。ここで式(1)の  $\Delta F_1$  と  $\Delta F_2$  をそれぞれ、各磁気測量点における建築物のノイズ ( $\Delta F_1$ )、参照点である地磁気変化計室における建築物のノイズ ( $\Delta F_2$ ) とすると、式(3)は

$$[F_n']_{52次} - [F_n']_{50次} = \Delta F_1 - \Delta F_2 \quad (4)$$

と表される。式(1)と式(4)を用いて、自然エネルギー棟による地磁気変化計室への影響を推定する。自然エネルギー棟と No. 24 の距離  $R_1$  ( $= 100$  m)、自然エネルギー棟と地磁気変化計室との距離  $R_2$  ( $= 200$  m)、観測により得られた No. 24 における変化量から式(4)の左辺は  $6.7$  nT である。式(1)と式(4)を連立して  $\Delta F_2$  が求められ、自然エネルギー棟が地磁気変化計室に及ぼす影響量  $\Delta F_2$  は  $1.0$  nT と推定された。この仮定をもとに他の3点についても計算した結果を表2に示す。観測計画の段階で地磁気観測に与える影響を考慮していたコンテナヤードや PANSY アンテナについては、その影響量は  $0.1$  nT 未満であると推定される一方で、自然エネルギー棟による影響量が  $1.0$  nT 程度ある可能性が示された。

このほかに変化量の大きい測点として、No. 51 ( $108.2$  nT)、No. 16 ( $82.4$  nT)、No. 19 ( $31.2$  nT)、No. 49 ( $30.7$  nT) が挙げられる。No. 51、No. 16 及び No. 49 のそばにこれほどの変化を生じ得る新規の建築物は存在しない。このため、これらの変化の原因の一つには観測位置の再現が不十分であった可能性が挙げられる。No. 51 と No. 16 の水平磁場傾度の最大値は、それぞれ東西方向で  $33.0$  nT/m、 $15.4$  nT/m である。観測位置が  $3$ - $5$  m ずれていたとすれば、おおよそ説明のつく値といえる。No. 49 は、水平磁場傾度は  $2.7$  nT/m と大きくはないが、磁気測量点の傍に標高差  $10$  m 程度の崖があるため、落石などにより観測環境が変化している可能性が考えられる。一方、No. 19 は付近に野外行動等で雪上車が牽引するソリが数台置かれていることが、大きな変動の原因と考えられる。



表 2 観測結果から推定される地磁気変化計室への影響量

Table 2. Estimated influence of the new facilities on the geomagnetic field at the geomagnetic observation site, calculated from observations.

	直近の観測点と そこまでの距離 $R_1$		直近の観測点 での変化量 $\Delta F_1$	地磁気変化計室 までの距離 $R_2$	地磁気変化計室で 見積もられる変化量 $\Delta F_2$
	No	m	nT	m	nT
コンテナヤード	3	30	58.0	550	0.0
電離層デルタアンテナ 電離層観測小屋	17	20	98.0	300	0.0
PANSYアンテナ PANSY小屋	2	60	16.5	450	0.0
自然エネルギー棟	24	100	6.7	200	1.0

本調査で誤差要因として挙げられる一番大きなものは、観測位置の再現性に起因するものであろう。本調査はGPS情報により磁気測量点の位置を再現したが、前述のとおり、No. 51やNo. 16のように磁場傾度が大きい場所では、数メートル程度の位置の違いから生じる変化と同程度の変化量が観測された。このことを考えると、大型建築物に近い磁気測量点についても観測値を過小評価している懸念が生じる。これについて考察した。No. 3, No. 2, No. 17の磁場傾度は最大でそれぞれ、5.7 nT/m, 3.0 nT/m, 11.6 nT/mであるが、仮に5 mの観測位置誤差があるとした場合でも、地磁気変化計室への影響量は0.1 nT未滿と推定された。一方、No. 24については、磁場傾度は最大で6.7 nT/mであり、他の3点と同様に観測位置誤差を考慮して計算を行ったところ、地磁気変化計室への影響量は5.8 nTと推定された。他方、Brelner (1973)は1 tの鉄材が距離40 mの点に及ぼす影響量を1 nTとしている。No. 24に近い自然エネルギー棟に使用された鉄材の量はおよそ50 tであることが分かっているので、これを用いて計算すると、自然エネルギー棟の鉄材が地磁気変化計室に及ぼす影響量は0.4 nTと試算される。この値は、No. 24の観測結果から推定した影響量1.0 nTと整合性がよい。このことからNo. 24については観測位置の誤差は小さく、観測結果について過小評価の心配はないと言えるだろう。

#### 4. ま と め

昭和基地において、新規の大型建築物が地磁気観測に与える影響を評価するために、東オングル島内の47地点において地磁気測量を実施した。調査の結果から、地磁気観測を行っている地磁気変化計室に自然エネルギー棟の影響がわずかにあることが推定された。その量は1.0 nT程度と見積もられたが、観測誤差を考慮に入れるとその影響量はさらに小さい可能性もある。一方、気象庁が国内で実施している地磁気変化観測については、長期的な必要精度を1 nTとしている。これは、気象官署観測業務規程第55条において定められている地球磁気絶対観測値の最小位数1 nTに依拠するものである(藤井ほか, 2012)。日本国内と昭和

基地での観測精度を一律に比較するのは適当ではないが、国内における要求精度に鑑みて、約2年間で最大1.0nT程度の変動は、昭和基地における地磁気観測値の信頼性に影響するものではないと言える。

今回、磁気測量点の再現にはGPSを用いた。求める観測精度によるが、より精度よく影響を評価するためには、磁気測量点の位置の再現が重要となる。磁気測量点にマーキングや杭を設置することが一番の解決方法だが、毎年積雪量が変化する中で、東オングル島全域にわたってそのような磁気測量点を設置し維持することは現実的ではない。しかし、例えば地磁気変化計室の周辺で比較的積雪の付きにくい場所を選び、磁気測量点を数点設置しておく。今後、大型建築物建設の前後で今回のような観測を行うことには意義があると考えられる。その際、大型建築物の建設位置が決まっている場合は、大型建築物と地磁気変化計室を結ぶ直線上で、かつ大型建築物に近い場所に磁気測量点を設置しておく、その影響を評価しやすい。

最後に、こうした磁気測量を実施する際に参照点が満たすべき条件について言及しておきたい。式(3)で示したとおり、各磁気測量点における第50次隊と第52次隊の観測による全磁力の変化量には、各磁気測量点における建築物のノイズと、参照点である地磁気変化計室における建築物のノイズの両方が含まれている。この点は、算出した影響量のオーダーに係わるような瑕疵ではないと考えるが、今回の解析において厳密さを欠く部分であることは否めない。今後、このような磁場環境の調査を継続するにあたっては、間違いなく影響を受けていない点、例えば西オングル島内に参照点を設け、各磁気測量点と地磁気変化計室への影響を峻別できるようにすることが望ましい。

## 謝 辞

本観測を実施するにあたり第50次観測隊の香川博之隊員、山口雄司隊員、第52次観測隊の町屋広和隊員、磯野靖子隊員に多くの協力をいただいた。この場を借りて感謝の意を表す。

一部の図の作成にあたっては、The Generic Mapping Tools (Wessel and Smith, 1998)を使用した。

## 文 献

- Brelner, S. (1973): Applications manual for portable magnetometers. Sunnyvale, Calif, GeoMetrics, 42-44.
- 藤井郁子・大和田毅・源 泰拓 (2012): 女満別・鹿屋における絶対観測頻度と精度のシミュレーション。地磁気観測所テクニカルレポート, 9, 1-6.
- 長谷川一美・束栖喜久男・水野喜昭 (1980): 女満別高校新築に伴う地磁気観測障害。地磁気観測所技術報告, 20, 49-54.
- 橋本雅彦・西村三治・有田 真・森山多加志・菅原政志 (2009): 雌阿寒岳の地磁気全磁力観測。月刊地球, 31, 684-688.
- 大和田毅 (1987): 1.8.2. 東オングル島に於ける磁気測量。日本南極地域観測隊第27次隊報告, 187-189.
- 高橋幸祐・香川博之・山口雄司 (2010): 東オングル島における地磁気測量。極域科学・宙空圏・気水圏・

- 生物・地学シンポジウム講演予稿集. 国立極地研究所, 2010. 11. 30–12. 3. UO028. (CD-ROM)
- Wessel, P. and Smith, W.H.F. (1998): New, improved version of the generic mapping tools released. *EOS*, **79**, 579, doi: 10.1029/98EO00426.
- Yamamoto, M., Ozaki, M., Yamagishi, H., Taguchi, M. and Kadokura, A. (2008): Upper atmosphere physics data obtained at Syowa Station in 2006. *JARE Data Rep. (Upper atmosphere physics)*, **26**, 59 p.