

MI 半導体センサを用いた簡単な地磁気計とそれを用いた観測 Geomagnetometers Using MI IC Sensors and Their Observation



Page.2 Additional Data of a Geo-Mag Storm
Page.3 English Ver. of Poster

○岡本 義雄¹, 西口 治佳²
Yoshio Okamoto, Haruka Nishiguchi
(yossi.okamoto@gmail.com)

Retired geoscience teacher¹, Taisei Gakuin University²

2024年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第78回全国大会大分大会

1.背景と目的

- 1) 太陽活動は今年5月, 低緯度オーロラや顕著な磁気嵐を生じさせるほどに強まってきている.
- 2) そのような太陽活動の強まりにもかかわらず, 学校における継続的な地磁気観測の扱いは, 英国の稀な例(Beggan and Marple 2018), また教材としての簡易地磁気計の製作は, 第一著者の例(岡本, 2008)やカナダの例(P.A.Zaffo, 2000)を除くと海外・国内問わずあまり見かけない.
- 3) 教室における観測機材がほとんどないことや, 経験の不足がこのギャップを生じさせていると考える.
- 4) 本年, 格安のMI (Magnetic Impedance) 半導体センサを用いた簡単な地磁気計をデザインした.
- 5) 我々はまた, この種の観測を特別な環境ではなく, 通常の学校で行う方法を模索した.
- 6) 観測に用いることでの, 各種地磁気センサ類の評価, 観測場所の選定. さらに学校における観測技術の開発などを本研究の目的としたい.

2.観測機器

＜地磁気センサ＞

現在多くのMI半導体センサ類がGPSと連携して, スマートフォンやドローンの姿勢制御や計測用に開発され, その一部は安価に販売されている. 我々の研究ではそのMI半導体センサ類を地磁気の観測に用いて, その変動を計測したい. 以下センサの写真をFig.1に, さらにテストした結果をTable.1 にまとめた. またセンサ固有のオフセット調整のための回転テストを行った(Fig.3参照).

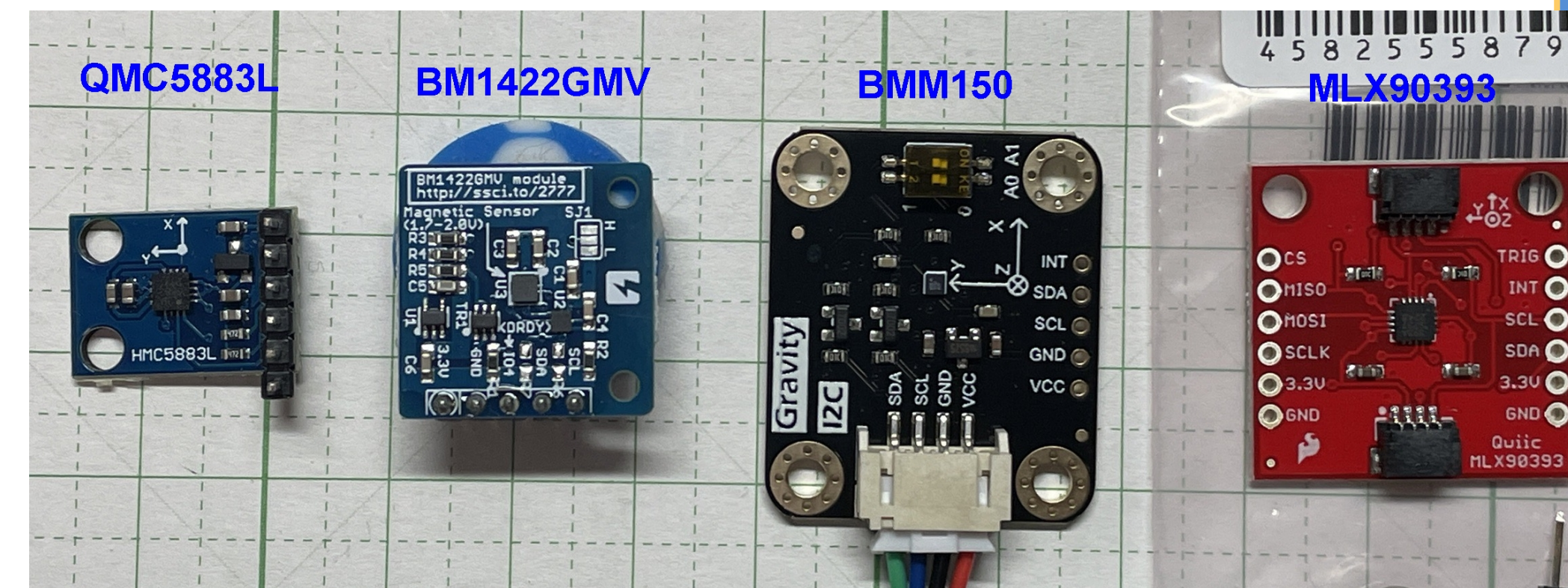


Fig1. Comparison of sensors (grid=1cm)

Table1. Feature of the sensors

センサ名	BM1422GMV	HMC5883L	Gravity - BMM150	Qwiic - MLX90393
ブランド名, あるいは製造企業	Rohm	Honeywell Fake製品 多い	BOSCH	Melexis
価格 (円)	1980	本物は現在入手不可. 500>すべて偽物	1750	3132
特徴	安くて感度高い	ノイズ多い	感度が低い	感度高いが高価
総合評価	◎	×	△	○

3.記録機器

＜インターフェイス＞

I2c 接続を使用しセンサとArduinoあるいはM5Stackをつなぐ.

＜記録機器＞

次の組み合わせを試行あるいは計画中.

Arduino+PC/Raspberry Pi

M5Stack

ESP32+LCD

＜ソフトウェア＞

ArduinoIDEおよび, 画面モニタ用にProcessing自作プログラム. 機材の詳細・全景を写真で示す(Fig2). さらにFig.3に回転テストの結果を示す.

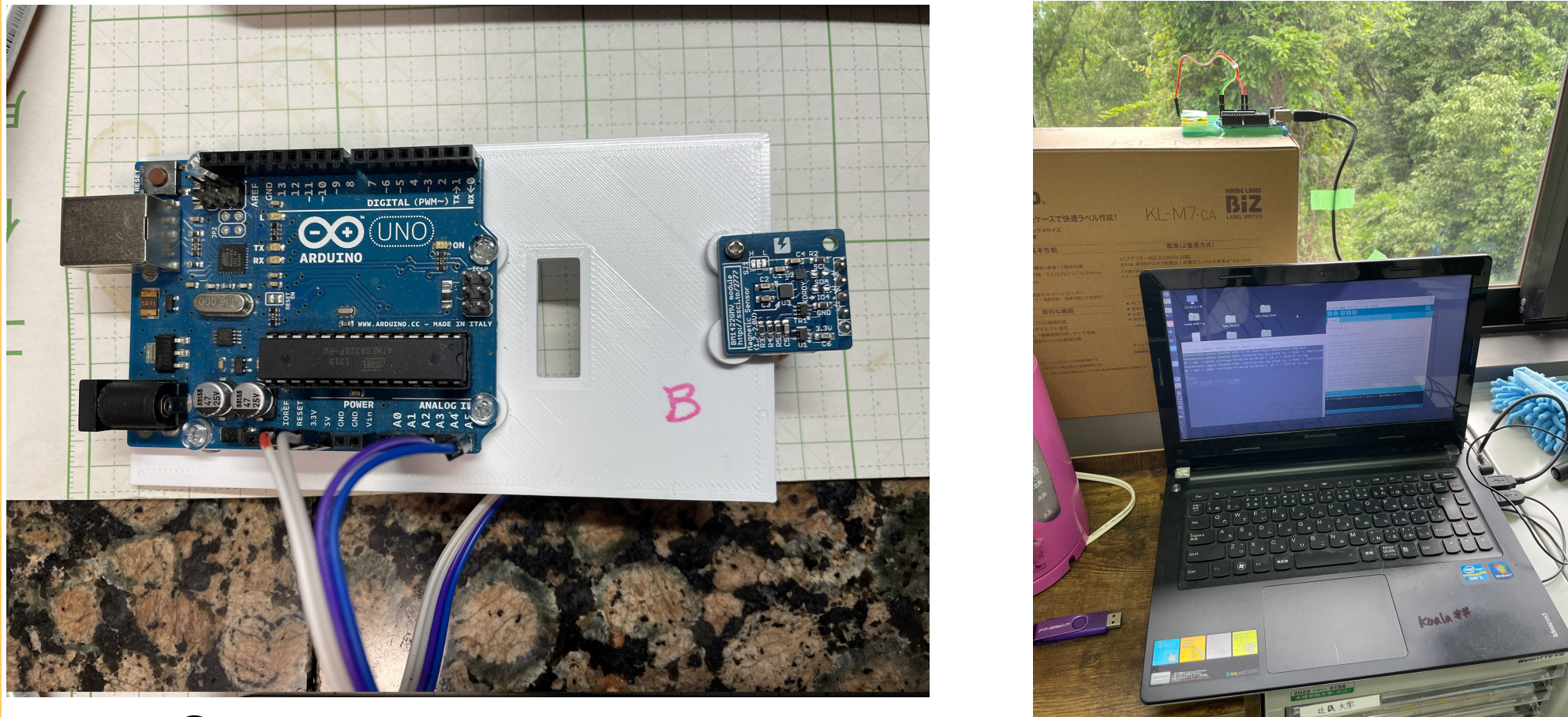


Fig.2. L:Geo-Mag Sensor and same gadgets + PC at TGU Labo.

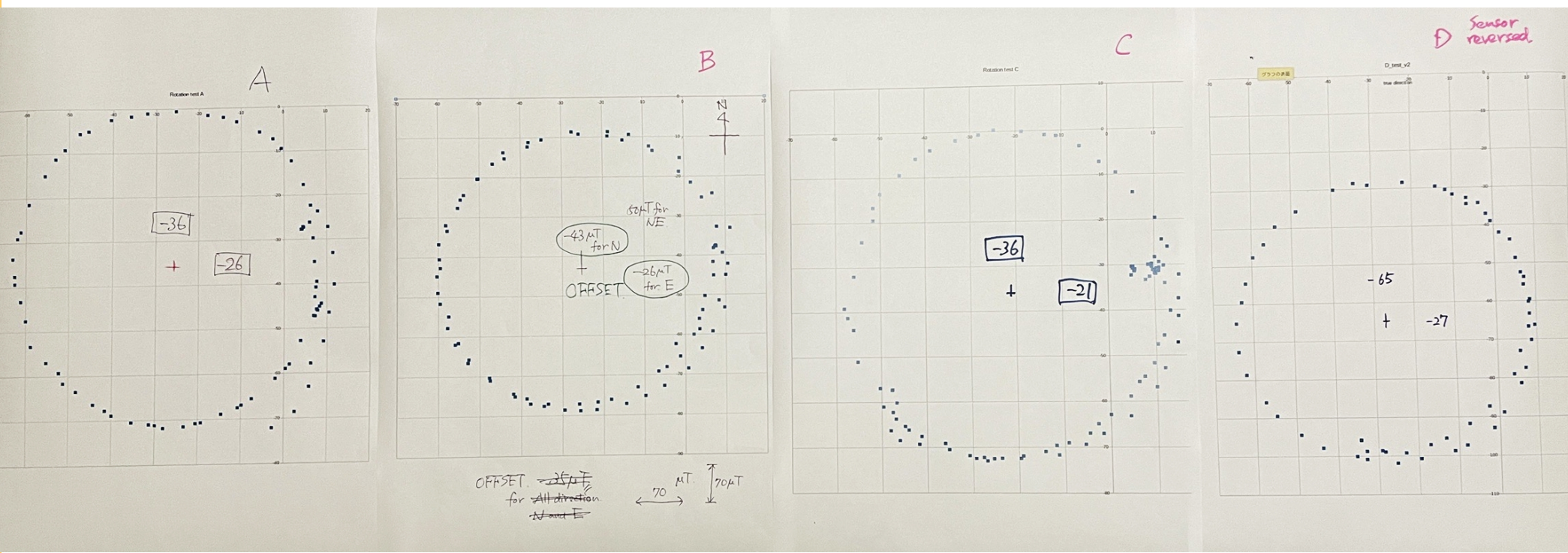


Fig.3: Rotation test of the four BM1422GMVs on a horizontal plane. Beautiful offset circles are recorded to estimate offset values for each component. The four sensors show the same offset trend but a little bit different values.

4.試行観測

＜第一著者自宅＞

木造の自宅2Fの本棚に置かれた地磁気センサと記録PCで観測. すぐ裏40mの距離で南海高野線の線路と駅があるため, 極めて人為的ノイズが多い環境. あとで示される記録には電車の通過, 停止による周期的な人為ノイズが顕著に記録されている.

＜第二著者研究室＞

堺市の郊外にある大学の2Fの研究室窓際におかれた地磁気センサとPC. いずれもセンサはBM1422GMVを使用. 郊外ではあるが, 鉄筋の建造物の内部でそれなりのノイズが観測される. 2箇所の観測例をFig.4に示す. なお本発表における地磁気データのグラフ表示は, いずれも観測された地磁気の $H[uT]$ (水平分力)で示す. 1Hzサンプリングのデータに180秒(3分)の移動平均をかけた.

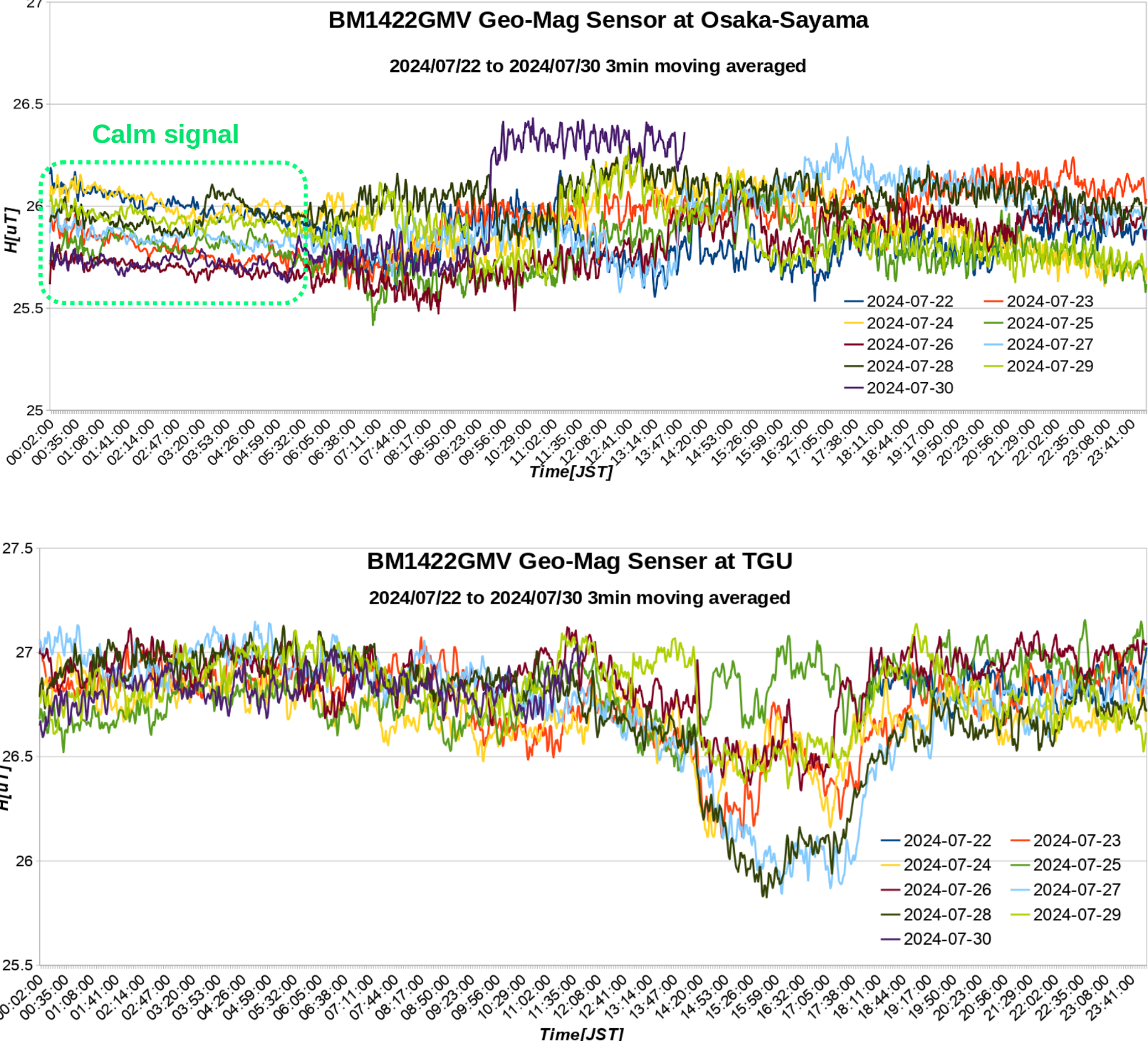


Fig.4 Comparison of daily records, above: wooden house 2F close to the railroad. The short-period oscillations are train-related noises. Below: TGU labo. Building 2F. Unknown middle-period fluctuations are seen. The university office is far from a motor factory or railroad. However, the noise level is high. Interestingly, the nighttime noises are relatively calm in the wooden house, even beside the railroad.

5.モバイル観測機の製作と観測

＜モバイル機器が必要な理由＞

磁気的に静かな環境を求めて観測するために, 野外に持ち出せるモバイル地磁気計を製作した.

＜センサの選定と機材＞

センサにはBM1422GMVを使用. 記録機には一昨年の微気圧計(岡本, 2022)製作の際に, 使用したことのあるM5Stackを流用. ソフトも微気圧計のものをChatGPTの示唆により, 修正した. 電源は10500mAhのモバイルバッテリーからUSB給電した.

＜留意点＞

機器の製作にあたり, 鉄製のパーツの使用をできるだけ控えた. 筐体は木材を用い, 記録機とセンサを35cm弱離れた. ビス類はプラスチックスレンスに限定した. 三脚も鉄部分が少ないアルミ製にした. 雨よけに木製ベンチテーブル下を選んだ.

＜観測例＞

幸いT大学構内にキャンプサイトがあり, 2日強の設置観測を行った. 観測結果と共に示す(Fig.5).

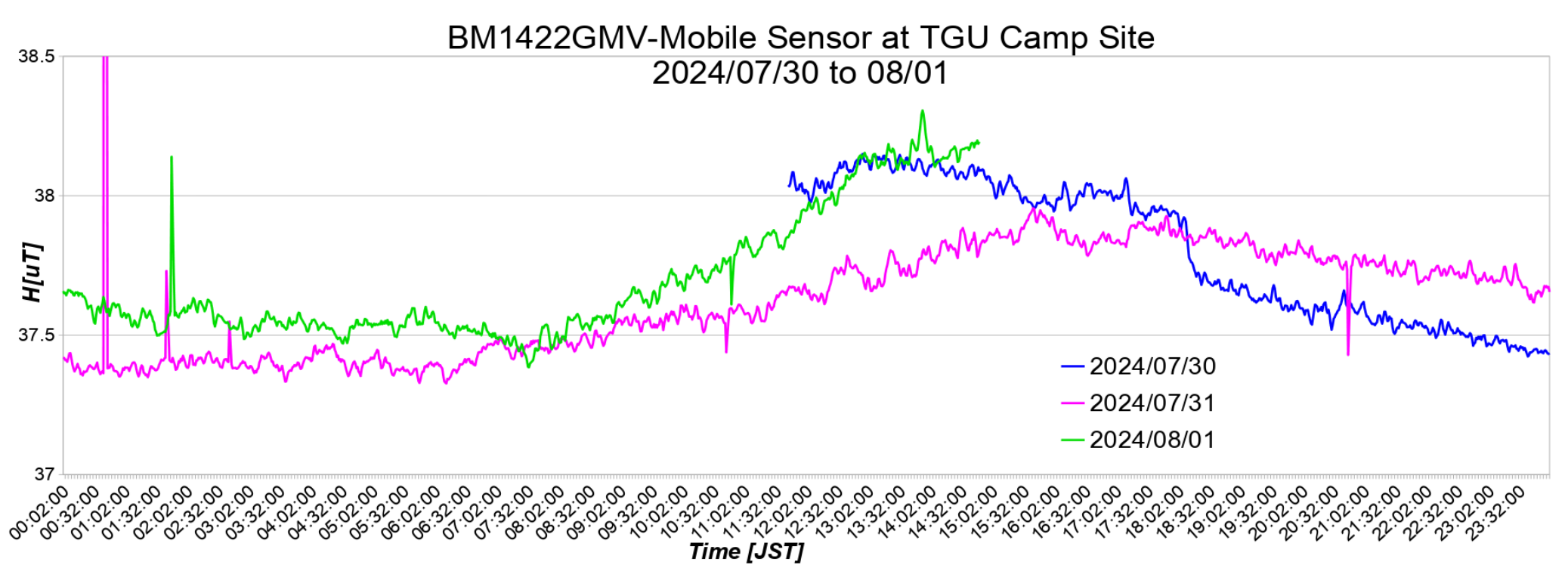


Fig.5: The gadgets are placed under a wooden table to avoid rain and sunshine. The record shows small noises and moderate daily changes. Also, spikes of unknown cause are seen.

6.結果と議論

＜センサの評価＞

本研究で試したセンサ類の中では, Rohm社製のBM1422GMVが, 回転キャリブレーションの結果(Fig.3)を含めて, 総合的に優秀であった. また最小磁気感度は0.042uTとデータシートにある. なお本研究の最終段階で回転キャリブレーションを実施. x, y, z 3軸の値に対する補正值(オフセット)を算出して, 一部のデータを補正した(Fig.3).

＜試行観測の結果＞

試行観測でわかったのは, 著者らの自宅あるいは学校環境などでは, 自然変動50[uT]程度を, はるかに超える人為ノイズが観測データに乗ることを排除できず, 自然地磁気本体の観測が困難ということ. 人為的な磁気は特に, 直流電流が支配する鉄道線路(上野ほか, 2010), 直流モーターなどが稼働する工場付近で大きいと考えられる. さらに室内でもエレベータや, モータ駆動の各種機器の影響が考えられる. 留意すべきは, 線路や工場からは遠い郊外に立地する大学建物内の研究室でも, 線路近くとはことなる中周期の地磁気の揺れが観測される. この原因は今のところ不明である. 他の学校などでも様々な場所・条件で, 試行観測が行われることを期待したい.

＜野外・モバイル観測の必要性＞

このため, 人為ノイズの影響が少ない場所での観測が推奨される. 学校では建物内ではなく, 屋外の建造物の少ない場所. 電車の線路から遠く, 高压線などからも遠い場所を選択する. しかし今回の試行観測では, 大学内の建物からかなり離れたキャンプ場の木製テーブル下を利用したが, 意外に観測ノイズは大きかった. また原因不明のパルス状のノイズも観測された. しかしこの程度のノイズレベルであれば, 少し大きな規模の磁気嵐(数100nT程度)などは観測可能であると推測される. さらに観測の試行が待たれる.

＜センサの有効性の評価＞

このセンサの正確な評価には, どうしても感度に優れる, Flux Gate型センサと比較が必須である. しかし中古でも数10万円は下らない機材との比較は, 残念ながら本研究の範囲外となる.

＜ChatGPTのデータ処理への活用＞

本研究の地磁気データは1Hzを基本とするため, 長期間では膨大な数のデータとなる. さらにこの種のセンサの機器特有の短周期ノイズの平滑化のために移動平均を用いている. これらの処理はLinux上のスクリプトコマンド類を駆使している. これらの処理の多くを, 今回ChatGPTが示唆するコードの簡単な修正で処理できた. この種のプログラミングにはChatGPTが役立つことが確認できた.

7.結論

1. MI型地磁気センサは注意深く用いれば, 人為ノイズを含む日常の地磁気観測には使用可能. しかし感度は, 自然地磁気観測にはかなり感度不足.
2. それ以上に観測環境でいかに, 人為ノイズの影響を避けるかの方がより重要.
3. 大きめの磁気嵐であれば観測可能と推測.
4. いずれにせよ, さらに試行観測が必要.
5. 地磁気を観測することで, 学生ならず先生にも日々の地磁気の変化の重要性に気づききっかけを与える. そしてそれは, 現在学校であまり関心が高いとは言えない, "太陽/宇宙天気"への興味を高めることにもつながる.

謝辞と参考文献

＜謝辞＞

元大阪府教育センター地学教室長の室井勲氏には, 地磁気観測の手法やデータの解釈について有益な助言を得た. 感謝します.

＜参考文献＞

- C. Beggan and S. R. Marple (2018): Building a Raspberry Pi school magnetometer network in the UK, Geosci. Commun., 1, 25–34, 2018
- 岡本義雄(2008): 簡単に作れる「簡易磁力計」, 日本地震学会広報紙「なみふる」 68, 5
- P.A.Zaffo(2000): A Simple Aurora Detector, JGE 48, 127-129
- 岡本義雄(2022): Raspberry Piと高感度気圧センサを用いた微気圧計の製作, 日本地学教育学会第75回大会, 予稿集.
- 上野賢也ほか(2010): 鉄道線が地磁気に与える影響を測る, JpGU2010高校生セッション. OED001-P30
- Rohm社データシートなど: <https://www.rohm.co.jp/sensor-shield-support/bm1422agmv>
- なお, 本研究の機材開発の詳細は, 第1著者の下記Webサイトで公開している. <http://www.yossi-okamoto.net/>

追加資料 2024年8月11日から14日にかけての磁気嵐の記録
気象庁Webサイトからの資料と第一著者自宅(大阪府大阪狭山市)
における地磁気観測記録(磁気嵐をはさむ10日分)

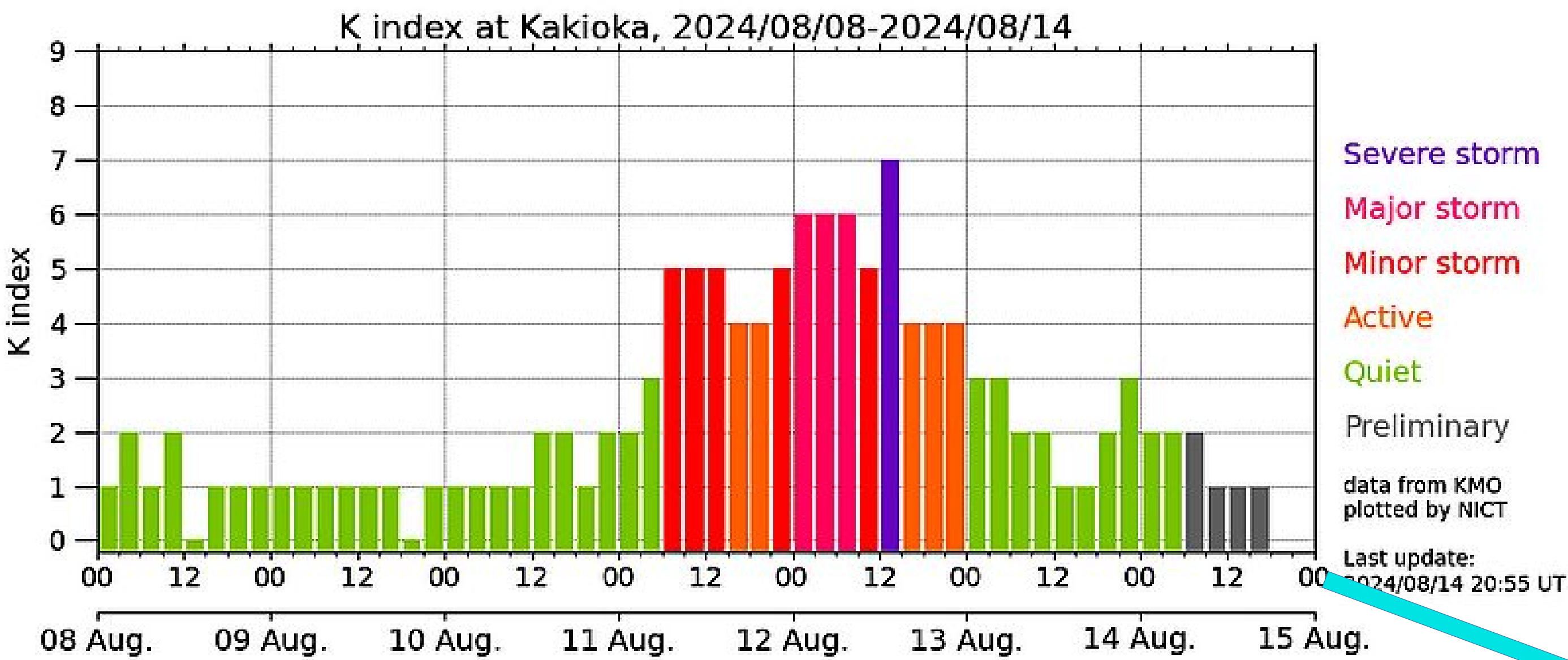


2024年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第78回全国大会大分大会

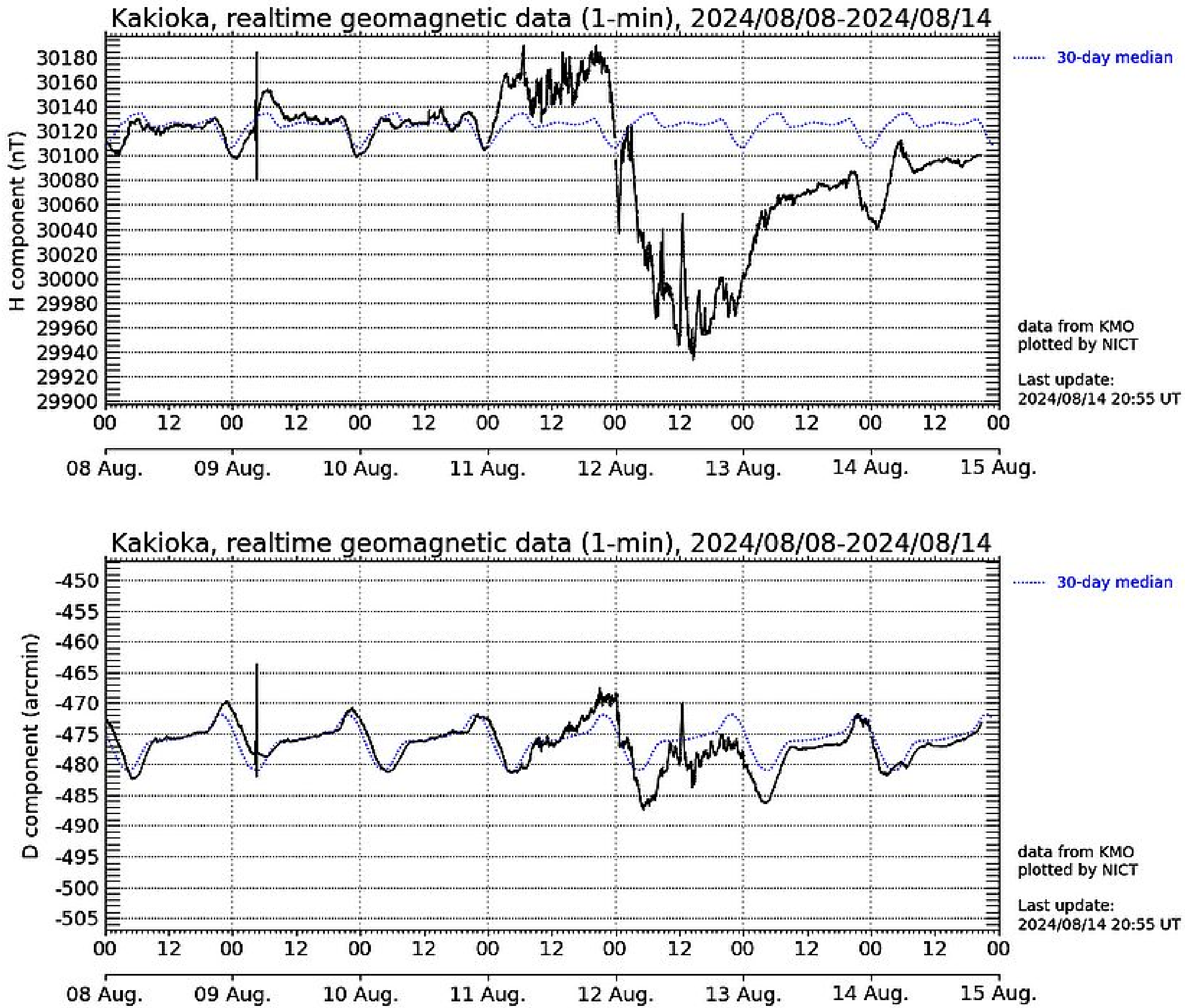
HOME > 現状・トレンド > 地磁気擾乱

地磁気擾乱

気象庁地磁気観測所のK指数(柿岡)



気象庁地磁気観測所の地磁気データ(柿岡)



時刻は世界時
(UT)

時刻は日本時
(JST)



気象庁 地磁気観測所

● サイトマップ

English

女清別観測施設

鹿屋観測施設

ホーム

観測所について

観測資料

基礎知識

お知らせ

刊行物

調査研究

広報誌

お問い合わせ・アクセス

リンク

ホーム > 観測資料 > 過去の主な磁気嵐(柿岡)

過去の主な磁気嵐 (柿岡)

1924年以降に柿岡で観測された磁気嵐の中から、地磁気の水平成分の変動幅(較差)が300nTを越す非常に大きなものについて、大きき順にリストアップしています。

順位	起時(UTC)		終時(UTC)		変動幅(較差)(nT)			急始変化量 水平成分 (nT)
	年 月 日 時・分	月 日 時	月 日 時	月 日 時	水平成分	偏角	鉛直成分	
1	1941 07 04 20.8	07 06 18			>700※	333	132	-(継続)
2	1940 03 24 13:48	03 26 08			661	196	322	73
3	1989 03 13 01:27	03 15 22			644	351	205	43
4	1982 07 13 16:17		C		630	297	381	114
5	1958 02 11 01:26	02 13 06			617	469	237	62
6	1941 09 18 04:11	09 20 18			604	298	165	20
7	1941 03 01 03:57	03 02 23			>560※	265	210	31
8	1959 07 15 08:02	07 17 02			533	174	159	46
9	1967 05 25 12:35	05 29 20			509	138	192	91
10	1938 04 16 05:48	04 18 18			508	316	223	117
11	1991 03 24 03:41	03 27 20			503	204	199	202
12	1938 01 22 02:42	01 23 24			490	159	178	63
13	1957 09 13 00:45	09 14 16			486	224	163	25
14	1928 07 07 23:14	07 11 10			486	321	241	8
15	2001 03 31 00:52	04 01 15			477	319	169	67
16	1958 07 08 07:48	07 10 11			472	196	137	116
17	1946 07 26 18:47	07 28 07			462	305	221	114
18	2004 11 07 18:27		C		460	200	161	42
19	1992 05 09 19:58	05 12 07			426	209	109	101
20	2003 10 29 06:11		C		423	279	154	80
21	1960 11 12 13:48	11 14 23			417	239	252	41
22	2003 11 20 08:02	11 21 24			415	189	164	28
23	1946 03 28 06:35	03 29 23			>412※	393	245	81
24	1949 01 24 18:27		C		407	149	206	52
25	2005 05 15 02:38	05 16 18			401	175	136	39
26	2000 07 15 14:36	07 16 18			386	179	182	140
27	1960 04 30 12:13	05 01 20			380	150	174	124
28	1991 11 08 06:48	11 10 03			372	237	159	15
29	1949 05 12 06:27	05 15 18			>368※	158	167	65
30	1950 03 19 05:44	03 19 23			365	163	129	27
31	1972 08 05 14:00	08 07 01			359	332	230	54
32	2004 11 09 18:49	11 12 24			359	206	126	53
33	1938 01 25 11:51	01 27 10			354	203	134	63
34	2003 10 30 16:37	11 02 21			354	271	215	28
35	1990 04 09 08:43	04 11 24			354	122	98	24
36	1946 02 07 10:18	02 08 20			345	221	132	27
37	1948 08 07 23:00		C		344	224	130	20
38	1982 09 21 03:39	09 23 21			341	175	129	39
39	1978 08 27 02:46	08 31 20			341	146	127	27
40	1991 07 08 16:36	07 10 14			340	158	143	146
41	1946 09 22 04:24	09 24 05			338	173	210	18
42	1983 02 04 16:15	02 06 20			335	168	125	92
43	2000 04 06 16:39	04 07 20			335	159	117	62
44	1961 07 13 11:13	07 15 17			334	99	132	53

Geomagnetometers Using MI IC Sensors and Their Observation

○Yoshio Okamoto¹, Haruka Nishiguchi²
(yossi.okamoto@gmail.com)

Retired geoscience teacher¹, Taisei Gakuin University²



2024年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第78回全国大会大分大会

1. Background and Objective

- 1) Solar activity has intensified to producing low-latitude auroras and severe magnetic storms this May.
- 2) In spite of such increased solar activity, continuous geomagnetic observations or making geomagnetometers in schools are rare without few exceptions; in the UK (Beggan and Marple 2018), and of the first author (Okamoto, 2008) and in Canada (P.A.Zaffo, 2000).
- 2) The use of simple geomagnetometers in a classroom of middle school is also rare in Japan and the World.
- 3) We believe that this gap is caused by a lack of classroom equipment and lack of experiences.
- 4) This year, we designed a simple geomagnetometer using a cheap MI (Magneto-Impedance) sensors.
- 5) We also sought a way to perform this type of observation in a normal school conditions, rather than in a special environment.
- 6) We evaluated various types of geomagnetic sensors and tried to select observation sites. We also designed a method to conduct this type of observation in a normal school environment.

2. Devises

Many MI semiconductor sensors have been developed for attitude control and measurement with smart phones and drones in connecting with GPS, and some of them are sold at low prices.

In our study, we try to use these MI semiconductor sensors to observe the geomagnetic field and measure its variation. The photos of the sensors are shown in Fig. 1, and the test results are summarized in Table 1. We also performed a rotation test to adjust the sensor's inherent offset (see Fig. 3).

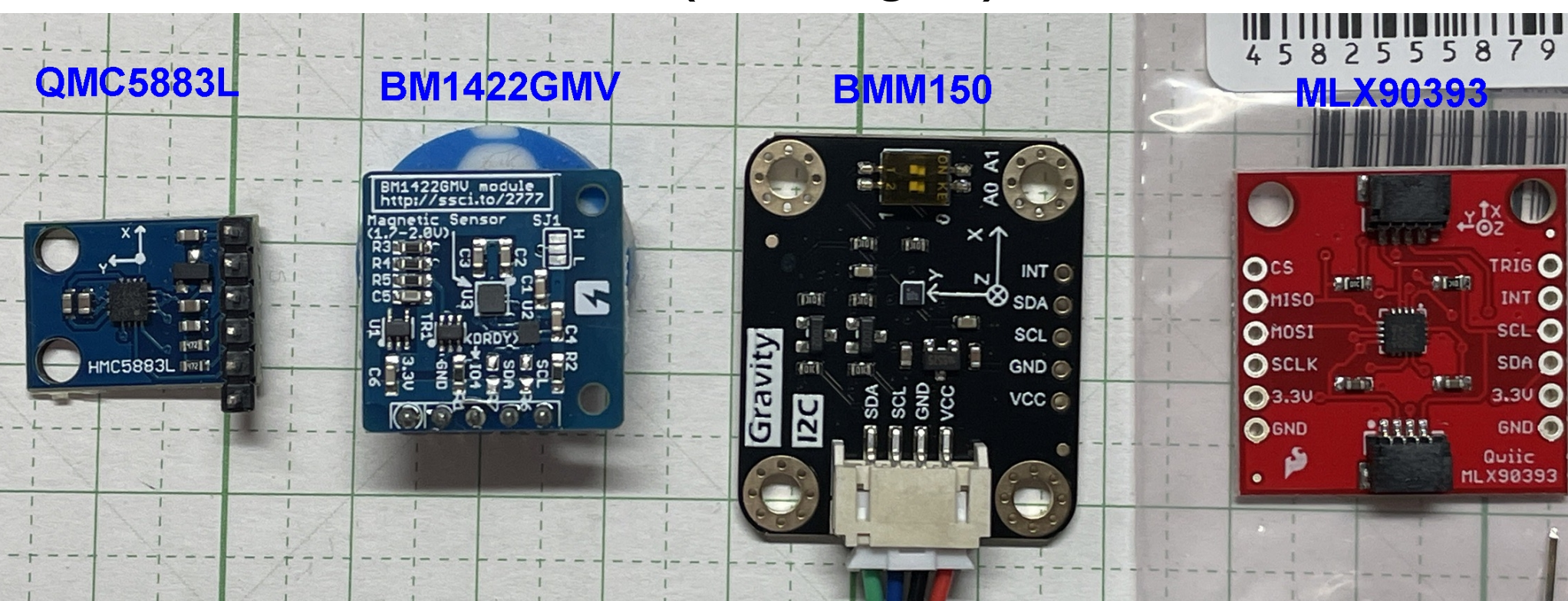


Fig1. Comparison of sensors (grid = 1 cm)
Table1. Feature of the sensors

Sensor	BM1422GMV	HMC5883L (QMC5883L)	Gravity - BMM150	Qwiic - MLX90393
Brand or Maker	Rohm	Honeywell But, Many Fake products	BOSCH	Melexis
Price (Yen)	1980	Now no original ones, sold kits are almost fake products <500	1750	3132
Future	Cheap but high sensitive	Much noises	Low sensitivity	High gain but high price
Total Evaluation	⊕	×	△	○

3. Logging Units

<Interface>
I2c connection is used to connect between the sensor and Arduino / M5Stack.

<Recording Device>
The following combinations have been tried or are being planned.

- 1) Arduino+PC/Raspberry Pi
- 2) M5Stack
- 3) ESP32+LCD

<Software>
ArduinoIDE and a self-made Processing program for screen monitor and data logging. The details of the equipment are shown in the photo (Fig. 2).
Fig. 3 shows the results of the rotation test.

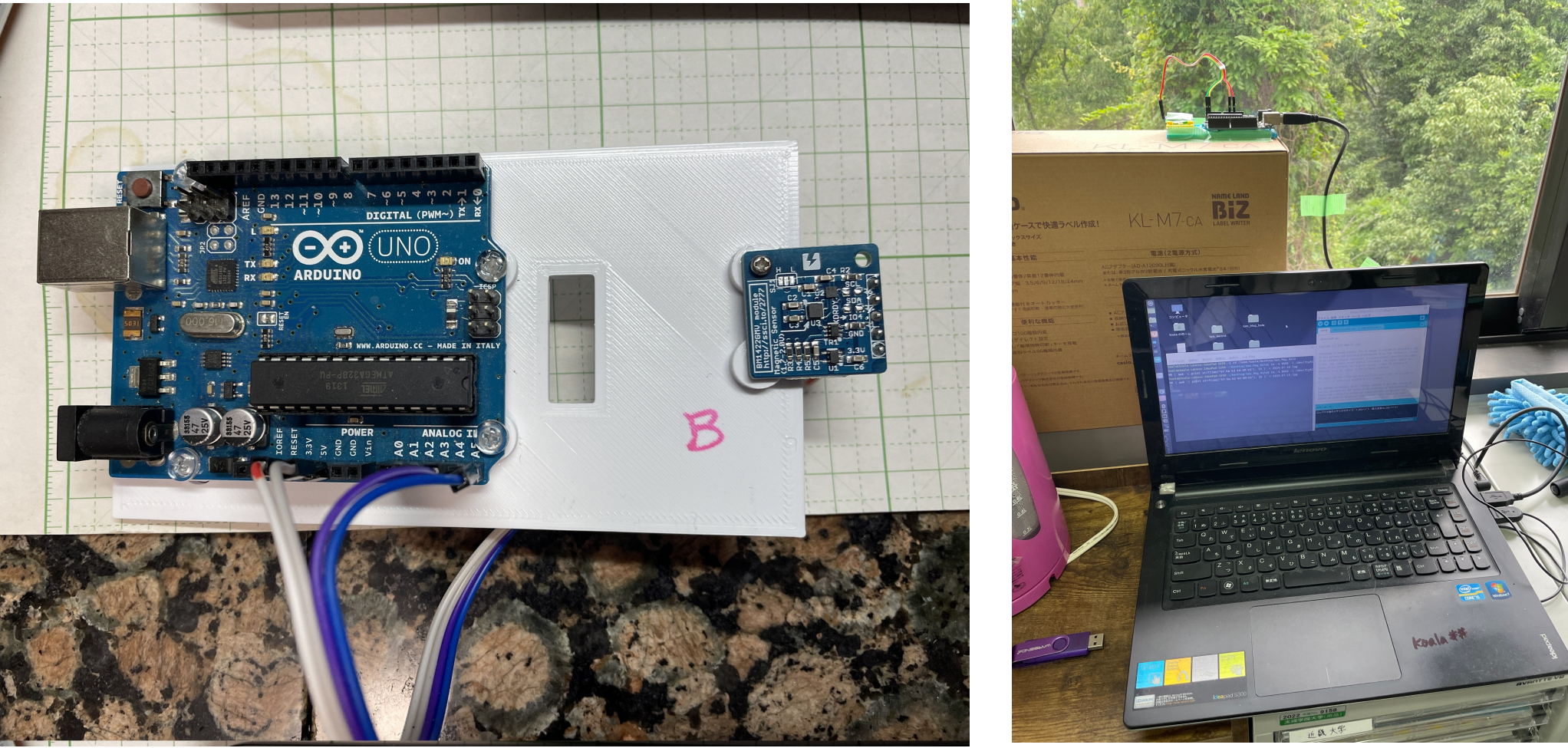


Fig.2. L: Geo-Mag Sensor and + PC at TGU Labo.

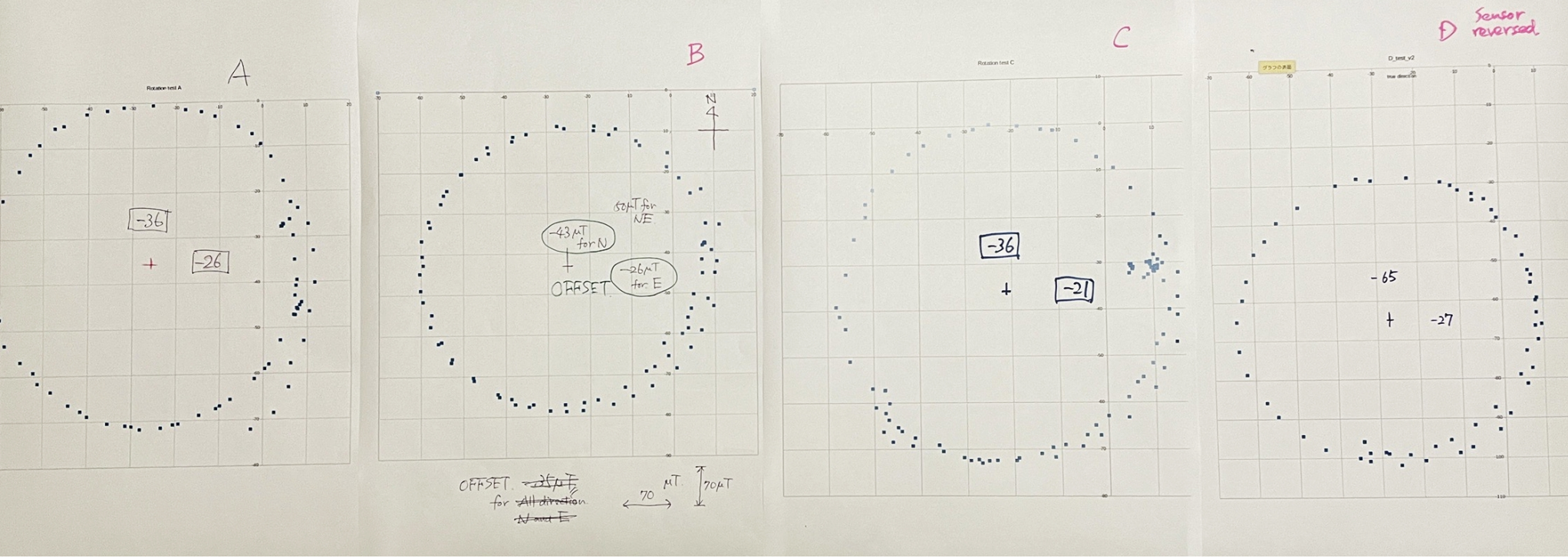


Fig.3: Rotation test of the four BM1422GMVs on a horizontal plane. Beautiful offset circles are recorded to estimate offset values for each component. The four sensors show the same offset trend but a little bit different values. These value are used for the calibration of sensor records.

4. Trial Observation

<The first author's home>
Observed with a geomagnetic sensor and a recording PC placed on a bookshelf on the second floor of a wooden house. The Nankai Koya Railway Line and station are located just 40m behind the house, making the magnetic environment extremely noisy. The recordings shown later show the periodic noise caused by the passing and stopping of trains.

<The second author's laboratory>
A geomagnetic sensor and a PC are placed by the window of a laboratory on the second floor of a university in the suburbs of Sakai City, Japan. Fig. 4 shows two examples of observations. The data are sampled at 1 Hz and moving averaged over 180 seconds (3 minutes).

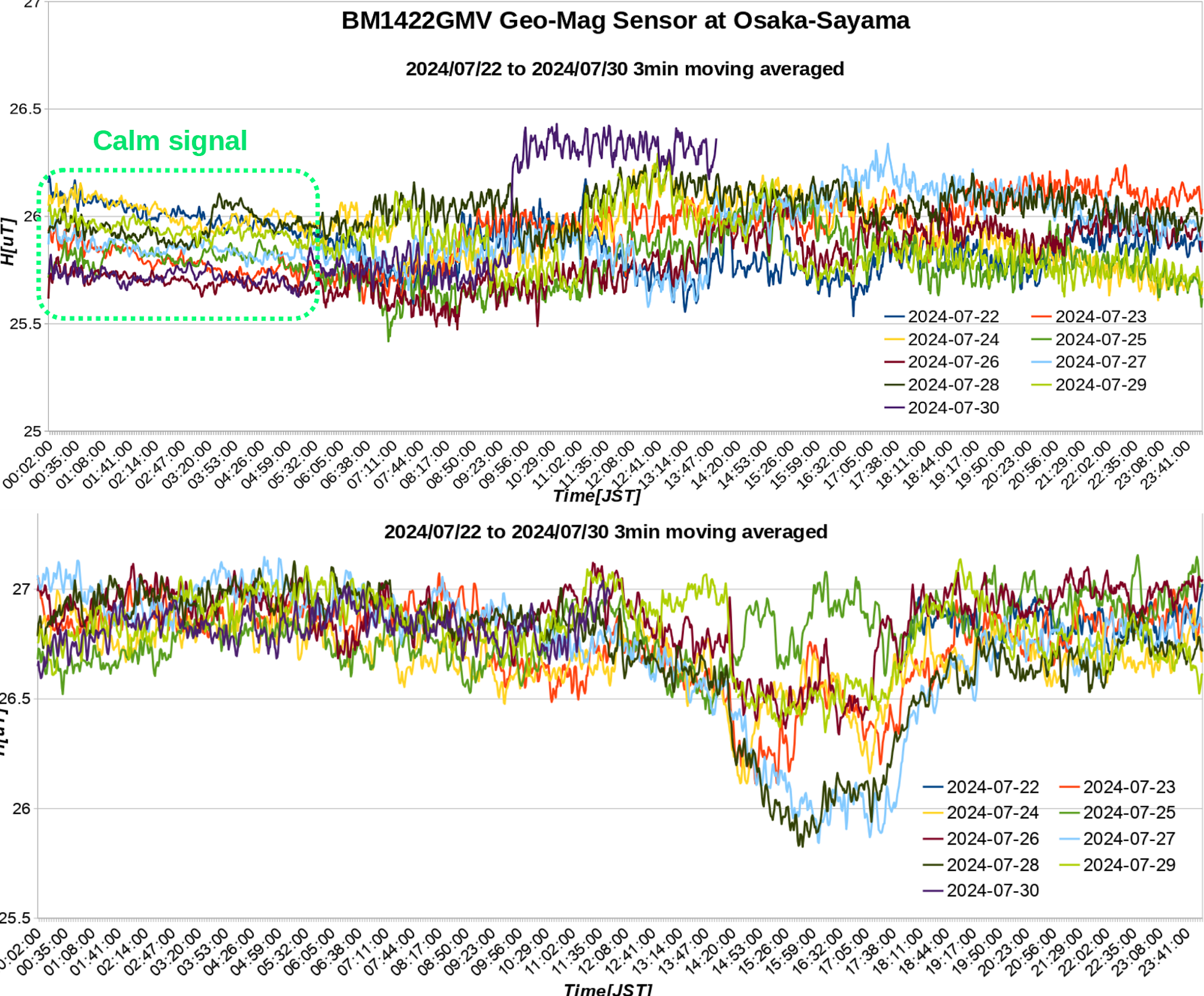


Fig.4 Comparison of daily records; Above: wooden house 2F close to the railroad. The short-period oscillations are train-related noises. Below: TGU labo. Building 2F. Unknown middle-period fluctuations are seen. The university office is far from a motor factory or railroad. However, the noise level is high. Interestingly, the nighttime noises are relatively calm in the wooden house, even beside the railroad.

5. Mobile gadget and Observation

<Why we need mobile devices>
We built a mobile magnetometer that can be taken out in the field to observe in a magnetically quiet environment.

<Sensor and Logging system>
BM1422GMV was used as a sensor. For the recorder, we used M5Stack, which we had used when we made a microbarometer (Okamoto, 2022) last year. The software of the microbarometer was modified based on the suggestion of ChatGPT. The power supply was a 10500mAh mobile battery powered by USB.

<Note>
In manufacturing the device, the use of steel parts was avoided as much as possible. The housing is made of wood, and the recorder and sensor are separated by less than 35 cm. Screws were limited to plastic or stainless. The tripod was made of aluminum with few steel parts, and was placed under a wooden bench table to protect it from rain.

<Observation Examples>
Fortunately, there was a camp site on the campus of the Taisei-Gakuin University, and we were able to set up and observe for a little more than two days. The results are shown below (Fig. 5).

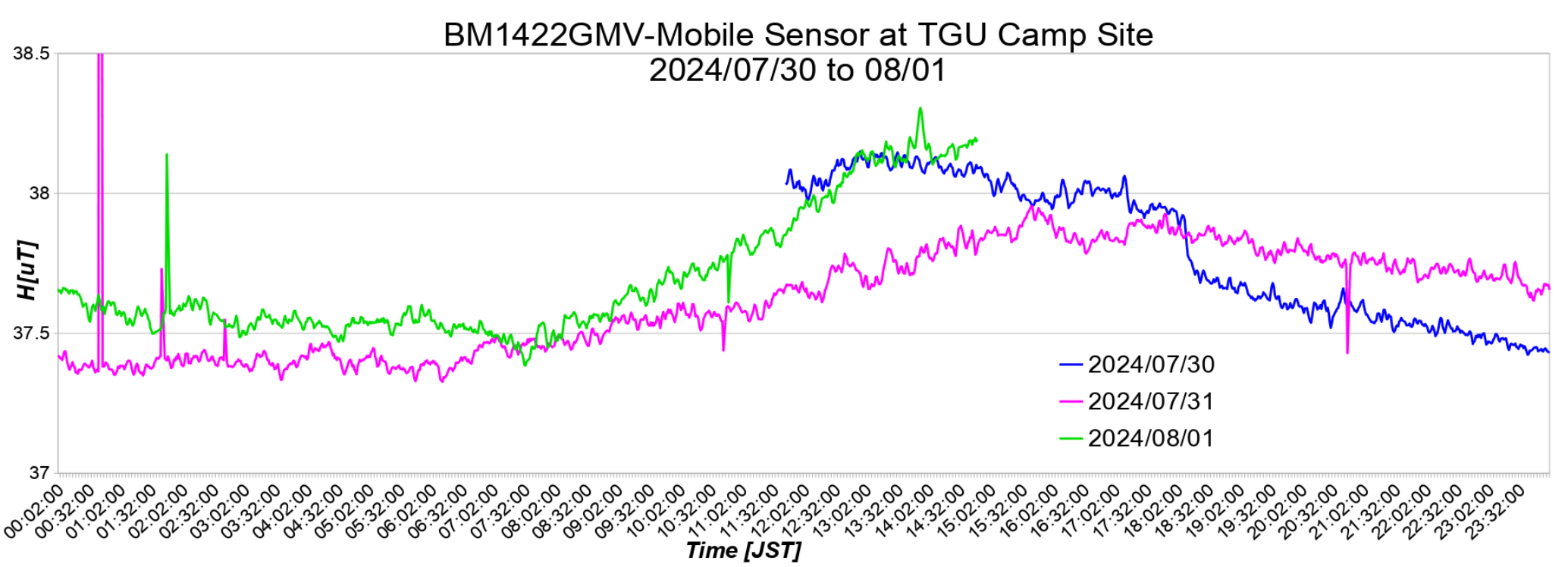


Fig.5: The gadgets are placed under a wooden table to avoid rain and sunshine in the outdoor camp site located at the Taisei-Gakuin Univ. campus. The sensor record shows small noises and moderate daily changes compared with the indoor record. However, some impulsive up/down spikes of unknown cause are seen.

6. Results and Discussion

<Evaluation of Sensors>
From the sensor test, the BM1422GMV manufactured by Rohm was superior overall, including the results of rotational calibration (Fig. 3). The datasheet also states that the minimum magnetic sensitivity is 0.042uT. In the final stage of this study, rotational calibration was performed, and some data were corrected by calculating the correction values (offsets) for the x-, y-, and z-axis values (Fig. 3).

<The results of the trial observation>
The trial observation revealed that **it is difficult to observe the small perturbation of the natural geomagnetic field in the authors' home or school environment because it is impossible to exclude anthropogenic noises on the observed data, which far exceeds the natural daily variation of about 50[uT]**. The anthropogenic magnetism is considered to be i) Railroad lines DC currents (Ueno et. al, 2010) ii) Factories DC motors iii) Even indoors, elevators and motor-driven equipments.

It should be noted that even the university buildings located far from railway tracks and factories, recorded mid frequency noises are recorded so reasonable level. This cause is currently unknown. We hope that trial observations will be made at various locations and under various conditions at other schools.

<Necessity of outdoor/mobile observation>
For above reason, it is recommended to observe in a location where the influence of human noise is minimal. For schools, we choose a location that is not inside a building, but outdoors where there are few structures, far from train tracks and high-voltage lines. In this trial observation, however, we used a location under a wooden table at a campground, which is quite far from the university buildings. Impulsive noises of unknown origin was also observed. However, with average level of noises, it is expected to be possible to observe magnetic storms of a slightly larger scale (several hundred nT). Further observation trials are awaited.

<Evaluation of the effectiveness of the sensor>
For an accurate evaluation of this sensor, it is necessary to compare it with the Flux Gate type sensor, which has superior sensitivity and calibrated. Unfortunately, with employing sensor, costs over hundreds thousand yen, is out of our study.

<Use of ChatGPT for programming>
Since the geomagnetic data in this study is sampled with 1Hz, so the data is huge over a long period logging. Moreover, it needs a moving average to smooth out the short-period noise that is characteristic of this type of sensor. These processes are performed using script commands on Linux. Many of these processes could be handled with simple modifications to the code suggested by ChatGPT. **We have confirmed ChatGPT is useful for programming.**

7. Conclusions

1. the MI geomagnetic sensor can be used for routine geomagnetic observations including human-induced noise if it is used carefully. However, the sensitivity is not sufficient for natural geomagnetic observations.
2. it is important to avoid the influence of anthropogenic noise in the observation environment.
3. **It is possible to observe larger magnetic storms.**
4. In any case, further trial observation is necessary.
5. Observation of the geomagnetic field provides an opportunity for teachers as well as students to become aware of the importance of daily changes in the geomagnetic field, which is currently of little interest to schools. **This will also increase the interest in “solar/space weather”, which is currently not a subject of much interest in schools.**

Acknowledgment and References

<Acknowledgment>
Isao Muroi, former head of the Department of Earth Sciences at the Osaka Science Education Inst., provided useful advice on geomagnetic observation methods and data interpretation. We are grateful to him.

<References>
C. Beggan and S. R. Marple (2018): Building a Raspberry Pi school magnetometer network in the UK, Geosci. Commun., **1**, 25–34, 2018
Okamoto, Y. (2008): “Easy Made Simple magnetometer”, Naihuru, **68**, 5, *in Japanese*.
P.A.Zaffo(2000): A Simple Aurora Detector, JGE **48**, 127-129
Okamoto, Y. (2022): Making a microbarometer using Raspberry Pi and a high-sensitivity sensor, Proceedings of the 75th Meeting of the Japanese Society for ESE. *In Japanese*
Kenya Ueno et al. (2010): Measuring the influence of railroad lines on geomagnetism, JpGU2010 High School Student Session. OED001-P30, *in Japanese*
Rohm data sheet, etc.: <https://www.rohm.co.jp/sensor-shield-support/bm1422agmv> In addition, the details of the equipment are available at the following website of the first author: <http://www.yossi-okamoto.net/>