

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



○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。さらには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)。

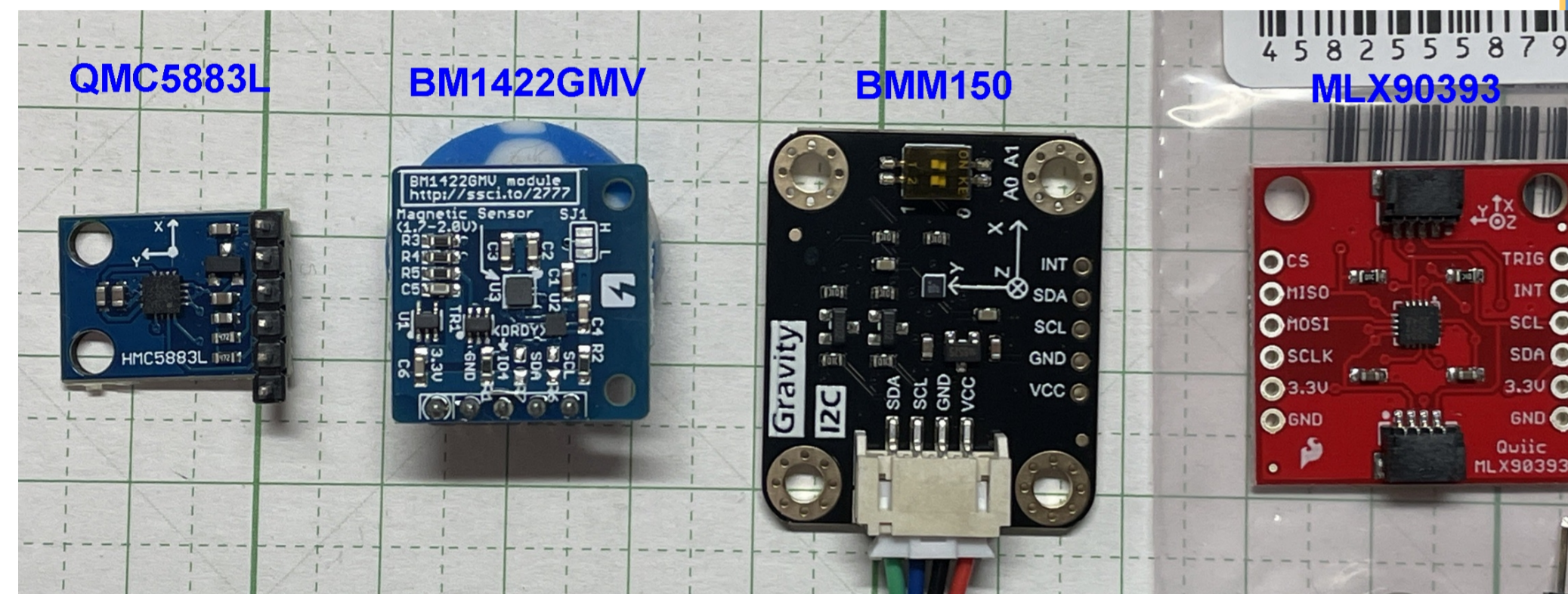


Fig1. Comparison of sensors (grid=1cm)

Table1. Feature of the sensors

センサ名	BM1422GMV	HMC5883L	Gravity - BMM150	Qwic - 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。

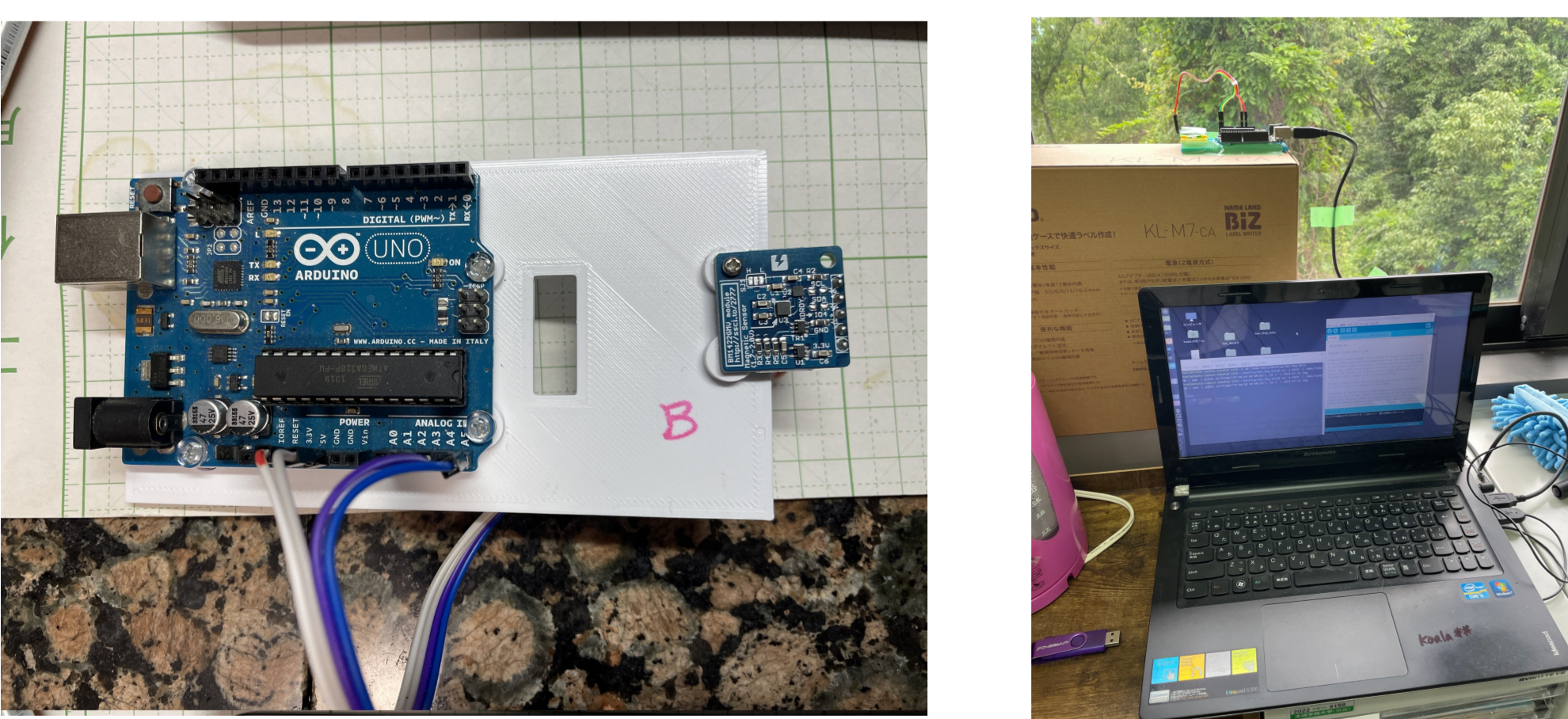


Fig.2. L: Geo-Mag Sensor and same gadgets + PC at TGU Labo.

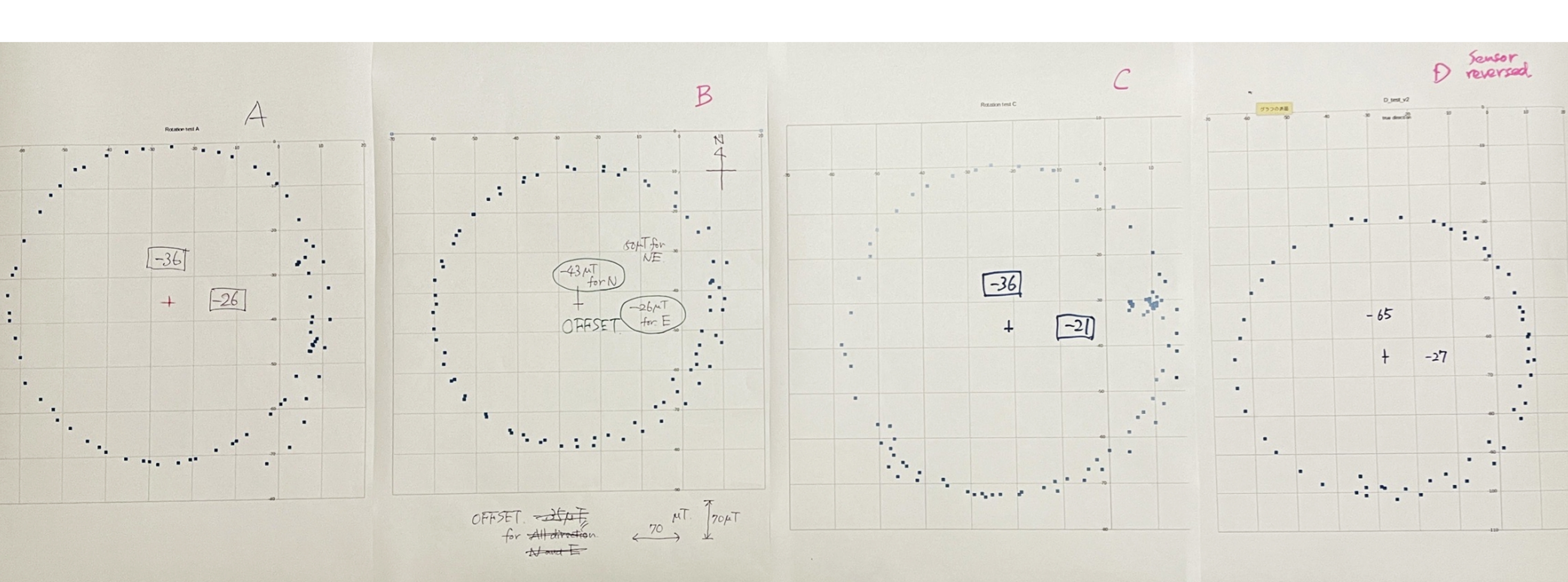


Fig.3: Rotation test of the four BM1422GMVs on a horizontal plane. Beautiful offset circles are recorded to estimate offset values for each component. The four sensors show the same offset trend but a little different values.

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。

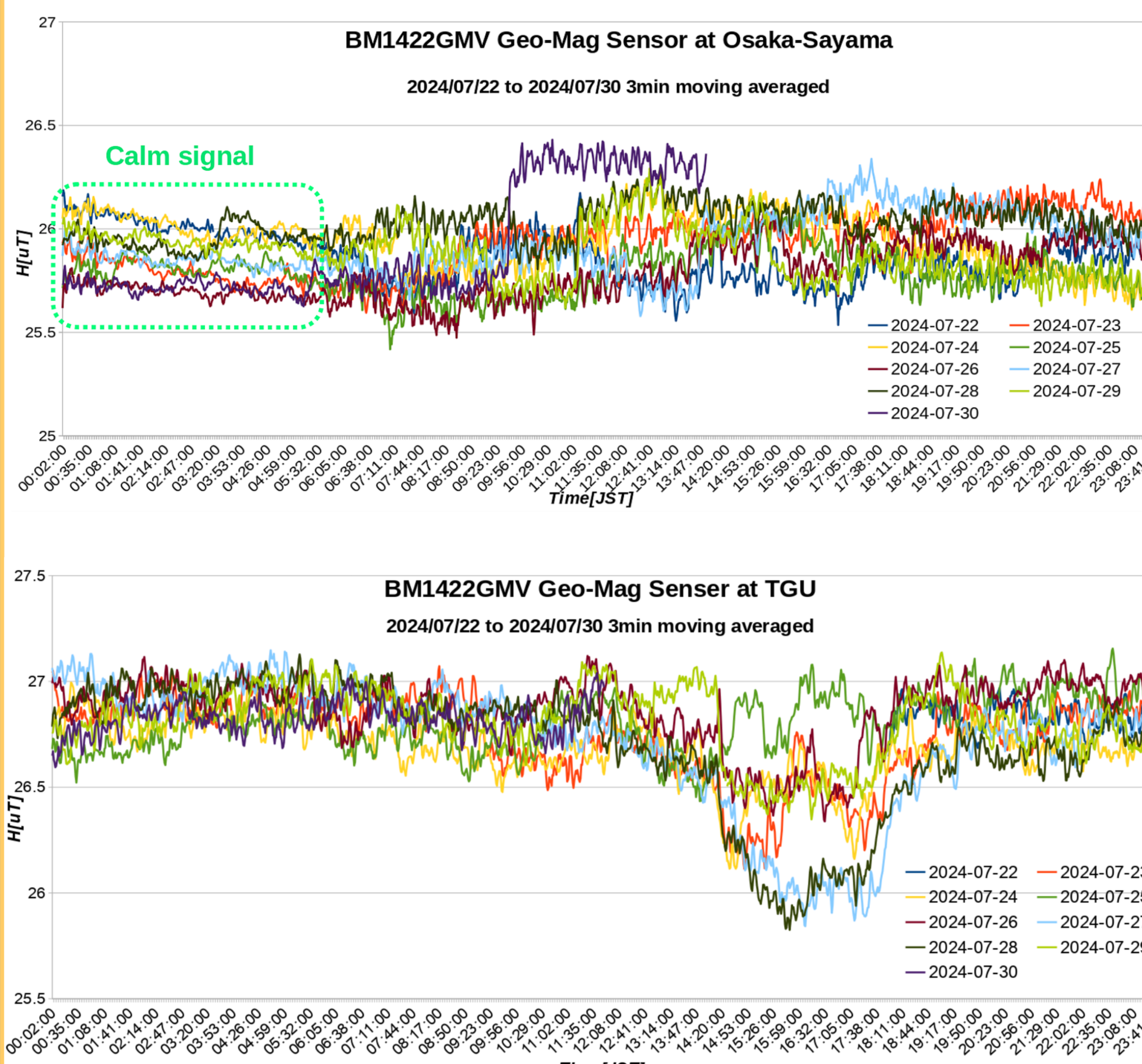


Fig.4 Comparison of daily records, above: wooden house 2F close to the railroad. The short-period oscillations are train-related noises. Below: TGU labo. Building 2F. Unknown middle-period fluctuations are seen. The university office is far from a motor factory or railroad. However, the noise level is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

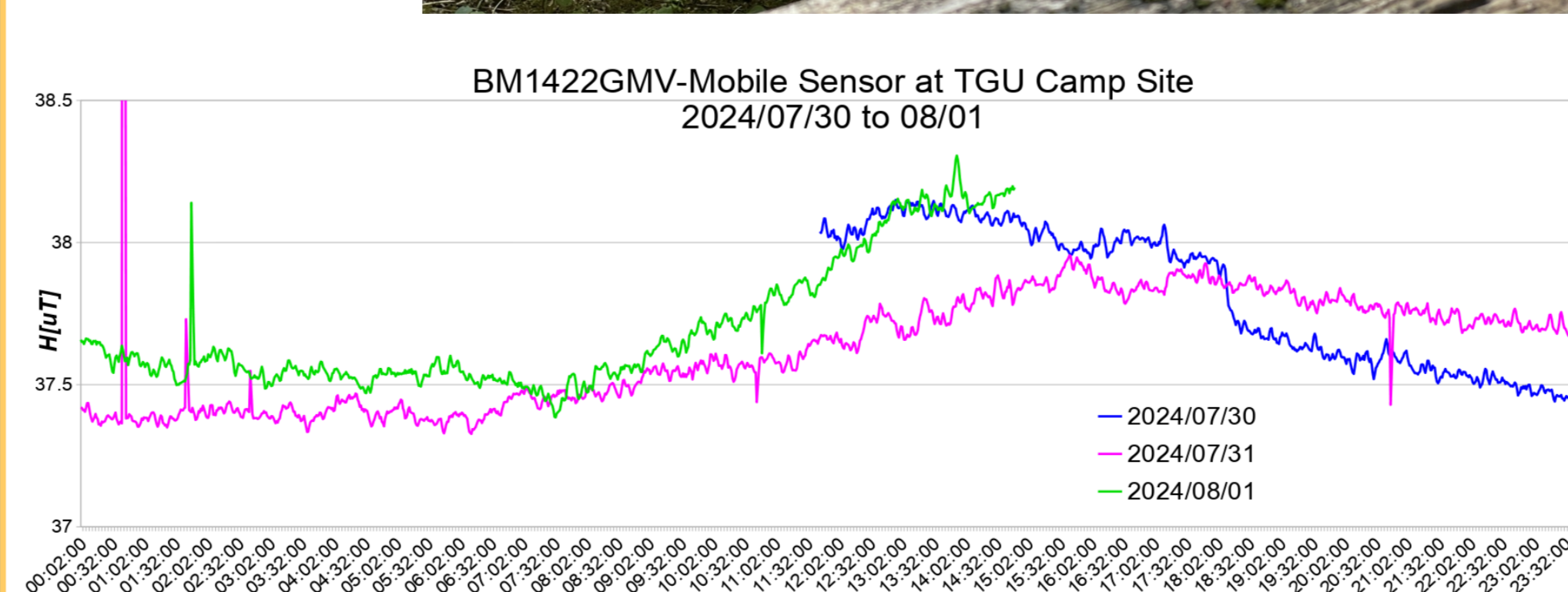


Fig.5: The gadgets are placed under a wooden table to avoid rain and sunshine. The record shows small noises and moderate daily changes. Also, spikes of unknown cause are seen.

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、モーター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、高圧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**。さらなる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、さらなる試行観測が必要。
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)

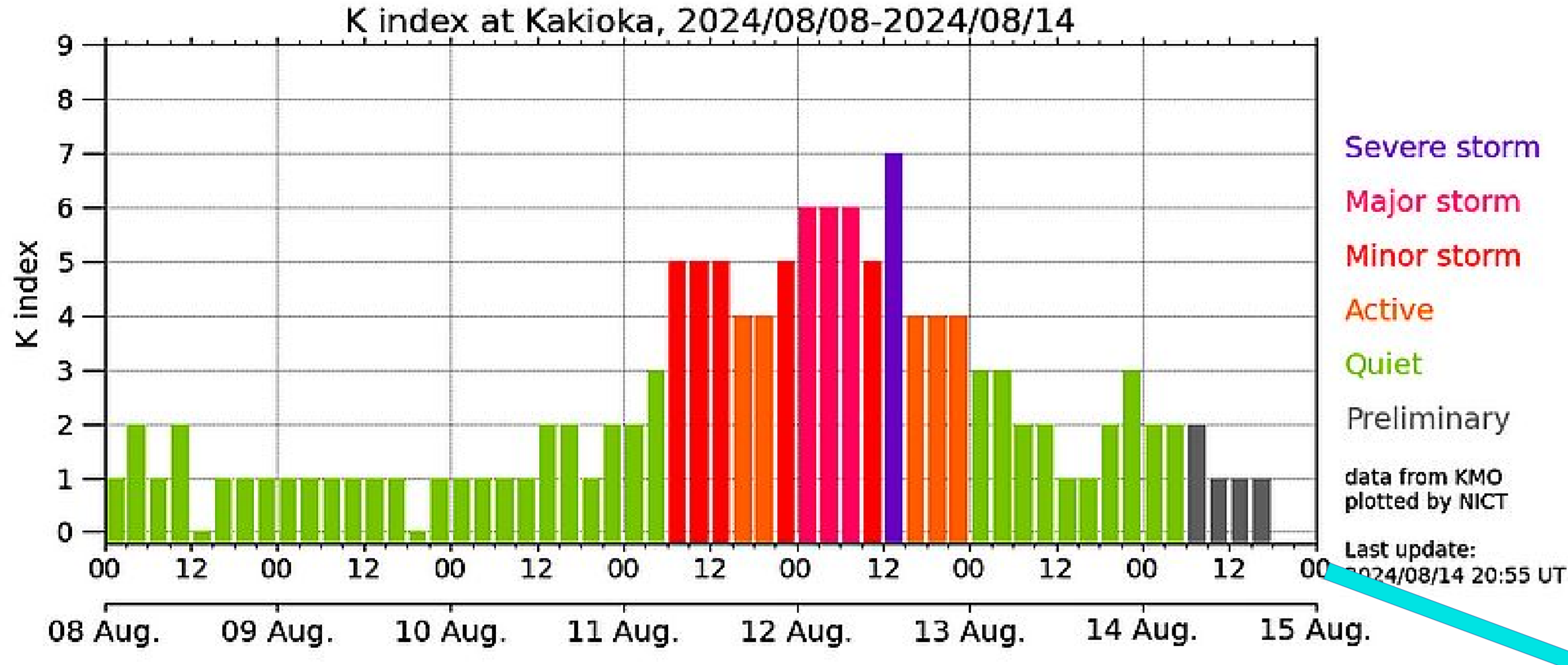


2024年度全国地学教育研究大会
 日本地学教育学会第78回全国大会大分大会

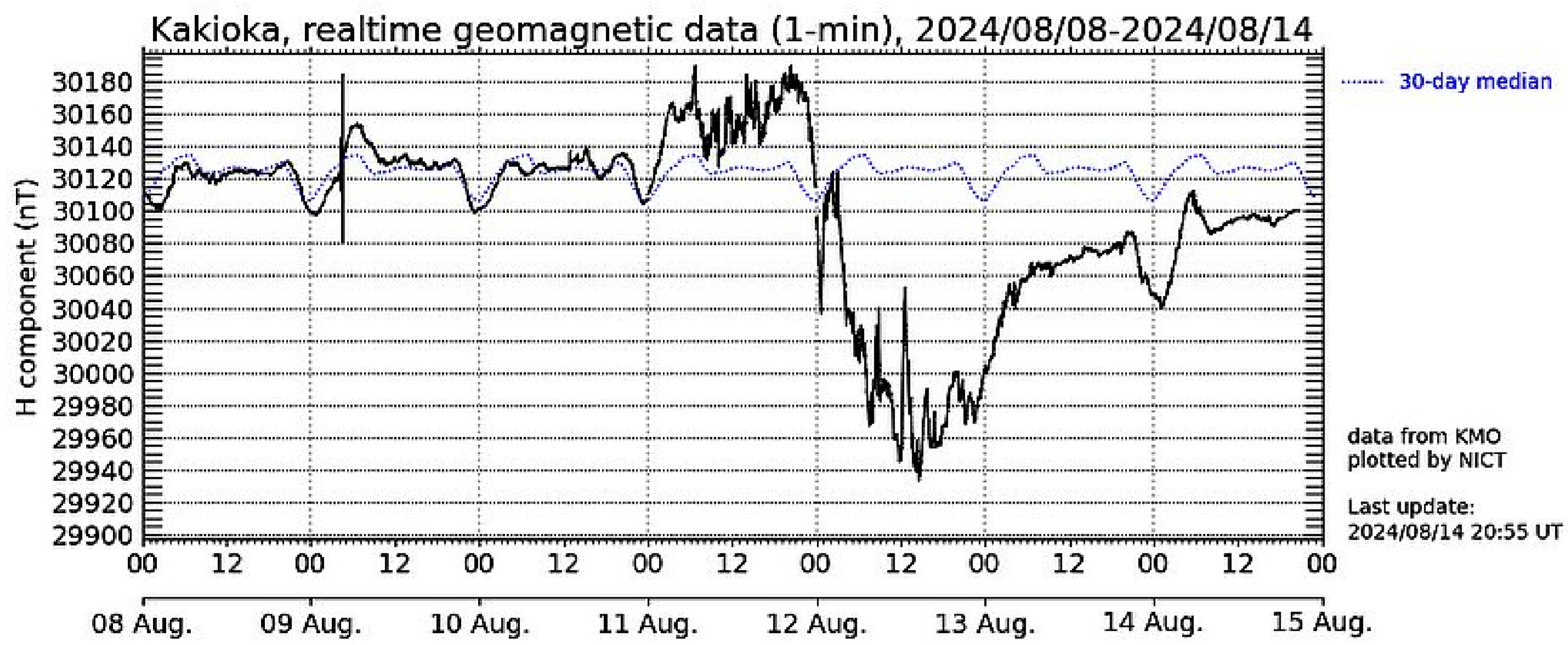
HOME > 現状・トレンド > 地磁気擾乱

地磁気擾乱

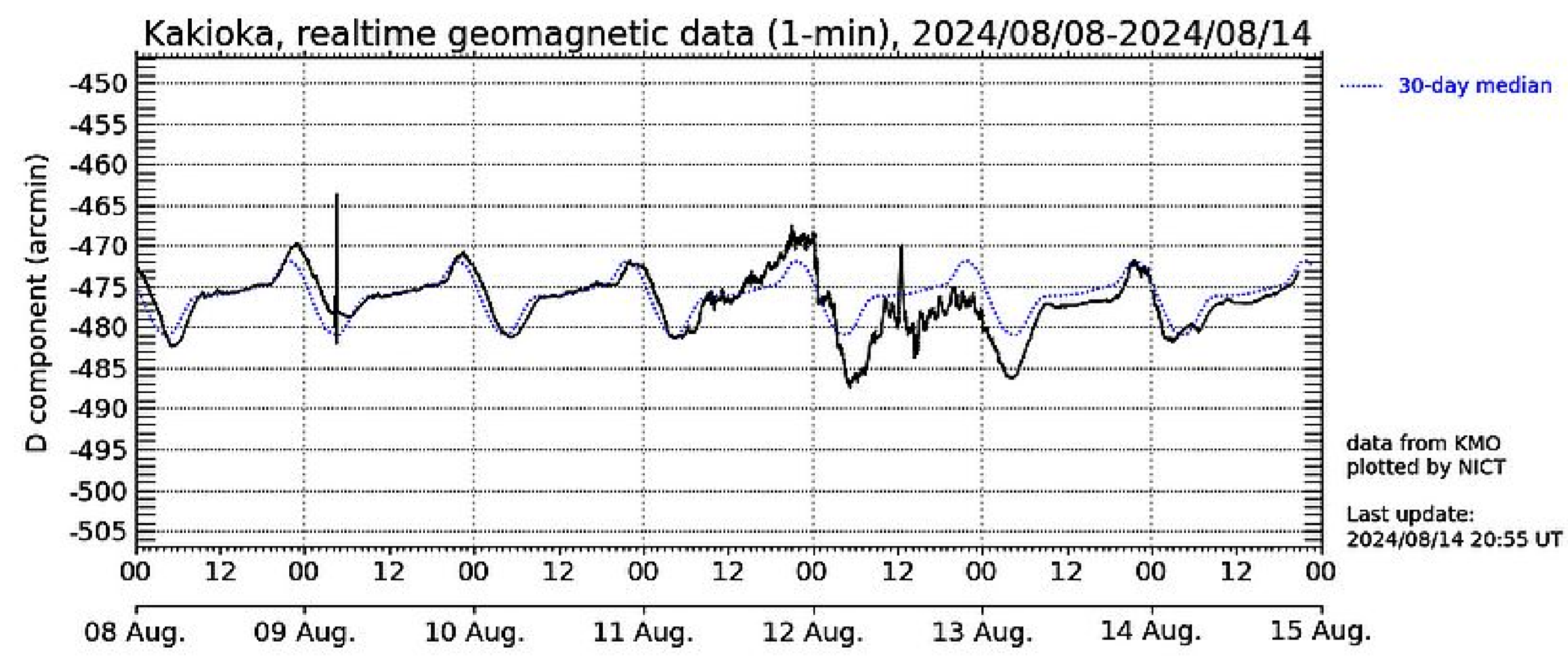
気象庁地磁気観測所のK指数(柿岡)



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)

Kakioka Magnetic Observatory 気象庁 地磁気観測所

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	水平成分	偏角	鉛直成分			
1	1941 07 04 20.8	07 06 18	>700※	333	132		-(観測)	
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	
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	
19	1992 05 09 19:58	05 12 07	426	209	109		101	
20	2003 10 29 06:11		C	423	279		154	
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	
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	
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	

