

地磁気観測所ニュース

No. 59

平成28年(2016年)7月1日



目次:

・平成28年度地磁気観測所調査研究計画	1
・茗溪学園中学校が見学のため来所しました	2
・地磁気観測を津波防災に応用する -地磁気観測による津波早期検知の可能性-	3
・論文など	6
・研究発表・講演会	6
・お天気フェアに出展します!	6

平成28年度地磁気観測所調査研究計画

地磁気観測所では、平成28年度に重点的に取り組むべき重要課題4課題と、萌芽的なテーマに取り組む基礎課題2課題の計画を策定しました。ここでは、研究課題の概要を紹介します。

【重要課題】

1. 地磁気短周期現象の特徴と情報活用に関わる調査

これまで、地磁気急変化現象の統計的調査による極端な磁場変動の推定や周波数解析を用いた巨大磁気嵐に対応する地磁気誘導電流の推定を試みるとともに、地磁気短周期現象によって懸念される日常生活への影響への対応の一助となるよう、速やかな地磁気活動状況の提供や現象カタログの品質向上を推進しています。今後さらに、地磁気短周期現象の検出能力の向上やデータベースの品質と利便性を向上させ、観測データの利用価値を高めます。また、地磁気観測所で保有している長期間にわたる地磁気及び地電流の変化観測データを用いて太陽活動と地磁気の変動が与える影響評価に資する可能性を探求します。

2. 地磁気絶対観測の自動計測試作器の試験及び評価

これまで偏角測定部の試作器の試験観測で得られたデータから、磁場測定を行うフラックスゲート磁力計検出器、水平回転台の傾きを測定する傾斜計それぞれの取り付け状態の良否が重要であることなどが判明し、今後のプロトタイプの開発に向けた問題点について検討しました。本研究課題では、偏角測定部の改良と伏角測定部およびレーザー光を用いた水平角度校正装置(偏角測定データを真北からの角度に変換する)の装着と試験観測を進め、また、海外で開発を進めている装置の仕様も視野に入れながら、プロトタイプ of 改良・評価を目標とします。

3. 活動的火山における地磁気変化に関する調査

これまでの調査から地磁気全磁力は火山の地下浅所に存在する熱水活動に非常に敏感に感応し、火山活動の監視に有効な観測であることが確かめられています。雌阿寒岳、草津白根山、阿蘇山、伊豆大島、三宅島においては全磁力連続観測を継続し、全磁力の繰返し観測も実施します。雌阿寒岳では平成25～26年度にかけて全磁力連続観測点を増設し観測を強化しました。今後はそのデータを十分に活用し熱源の推定精度の向上を図ります。また、平成27年度に気象庁が樽前山、吾妻山、御嶽山、霧島山に設置した全磁力連続点については、観測データの品質を見極め、観測点の変化特性などを調査します。

4. 地磁気プロマイド記録のデジタル化

地磁気観測所は100年を超える歴史を持ちますが、デジタル値として保存しているデータは約40年に過ぎず、それ以前のはプロマイド印画紙のアナログ記録として大量に蓄積されています。平成27年度までに、地磁気プロマイド記録をデジタルデータに変換させる手法の開発と、過去のプロマイド記録(柿岡1956～1975年、女満別・鹿屋1980～1984年)からデジタル化した毎分値と7.5秒値の公開、およびスキャンしたプロマイド画像(柿岡1935～1975年、女満別・鹿屋1980～1984年)の公開を行いました。平成28年度は、デジタル化期間をさらに伸ばし、まだ数値化できていない記録の読み取りと数値化を行うとともに、数値化したデータおよび得られた画像データを当所WEBサイトで公開します。

【基礎課題】

1. 南極昭和基地における基線値変動と傾斜変動に関する調査

2013年1月～2月(第1期)および2013年11月～2014年2月(第2期)それぞれの期間について、絶対観測によって得られる基線値と傾斜変動との関係性を調査したところ、第1期の基線値変動はおおよそ傾斜変動によるものと理解出来ましたが、第2期は傾斜変動によらない基線値変動も見られました。また、1年(夏季終盤～越冬期間～夏季)を通じた基線値変動の原因を調査するため、2015年2月～2016年2月(第3期)に傾斜計を設置し、絶対観測月に2～4回に増やしたところ、夏季に比べて冬季の傾斜は安定していることが確認されました。本調査研究では、第3期の観測・解析結果を精査し、年間の基線値変動と傾斜・温度変化との関係性を定量的に説明できるかを解析・検討します。さらに外部擾乱による影響の可能性についても調査します。

2. 雌阿寒岳で発生した水蒸気噴火の前兆現象に関する研究

水蒸気噴火は、マグマから分離した高温ガスと既存の帯水層や熱水系との相互作用によって発生すると考えられていますが、詳細な準備過程や噴火メカニズムは解明されていません。水蒸気噴火の前兆現象の発生機構を明らかにすることは、噴火の準備過程や発生場の理解に大きく寄与すると考えられ、さらには噴火予測の高精度化につながる可能性もあります。そこで本研究では雌阿寒岳の2008年噴火イベントを対象として、以下の目標達成を目指します。2008年噴火の直前に観測された全磁力変化について再解析を行い、この変化が確実に噴火の前兆現象であることを示すとともに、重要であると考えられる全磁力変化のorigin timeを精度良く推定します。これまでに得られている地震学・測地学的手法による対象イベントの前兆現象に関する研究成果や地下構造情報(比抵抗)に全磁力観測データの再解析結果から得られる知見を加え、水蒸気噴火発生機構について考察します。

なお、調査研究業務の基本方針と、より詳しい調査研究計画、そして過去の研究成果のトピックスは地磁気観測所ウェブサイト(<http://www.kakioka-jma.go.jp/>)をご覧ください。

(地磁気観測所調査研究委員会事務局)

茗溪学園中学校が見学のため来所しました

地磁気観測所では、広報活動の一環として観測施設の見学を受け付けています。4月22日、茨城県つくば市にある茗溪学園中学校の2年生38名が来所しました。

当所で扱っている観測機器は観測精度が非常に高いため、磁性のある大きな自動車など(「磁性物」といいます)が近づくと、地磁気の観測値に影響が出てしまいます。そのため観測所から離れたところでバスから降りて、歩いて来所いただきました。

観測施設内の案内に先立ち、大会議室で地磁気の概要について説明しました(写真1)。地磁気は、目で見たり肌で感じたりすることができないので日常的に話題になる機会もあまりなく、なじみの薄いものだと思います。講義では方位磁石が指す方向は場所によって異なり、また同じ場所であっても常に変化しているのと同じ場所で長期にわたり観測する必要があること、柿岡における地磁気観測は長い歴史があり、世界的にも重要な観測点となっていること、オーロラと地磁気の関係について説明を行いました。質問タイムでは、「オーロラってどのように出来るのですか?」「オーロラの出現には地磁気と関係があることは分かりましたが、どうして様々な色で出現するのですか?」などの質問が寄せられ、オーロラと地磁気の間わりに興味津々の様子でした。

地磁気について興味を持っていただいたところで観測施設の見学を行いました(表紙写真)。大気の電場を観測している空中電気室、地磁気の観測機器が温度変化の影響を受けやすいため、温度変化を小さくするために全体に土盛りを施した石室、地磁気を測る測器を開発するために使われた銅板屋根の実験室(写真2)など、大正時代に立てられた建造物や、鉄を



写真1 大会議室で熱心に説明を聞く見学者



写真2 施設の建物についても熱心に質問する見学者(実験室前にて)

使わない特殊な観測施設から、100年以上続く柿岡における地磁気観測の歴史や豊かな自然を肌で感じていただけたのではないかと思います。

最後にアンケートを実施したところ、「歴史があっておもしろかった。今はないオシャレな建物がたくさんあっておもしろかった。」「前までこの近くに住んでいたので一度見学してみたいと思っていました。とてもいい経験になりました。楽しかったです。」「普段使っていた方位磁針が実は北を向いていないことが驚きだった。西洋風の建物が多かった。」など、当所の事に興味深く見学していただけたことが伺える回答を得ることができました。

午前中2時間弱の見学でしたが、「地磁気観測所って面白い!」というイメージを持っていただけたのではないかと思います。今回の結果を踏まえ今後の見学、お天気フェア、施設一般公開の場にも生かしていきたいと思ひます。

(観測課 澤田正弘)

地磁気観測を津波防災に応用する -地磁気観測による津波早期検知の可能性-

意外なことかもしれませんが、津波は起電力を持っています。これは、地球磁場の下で海水が流動すると、電磁誘導によって起電力が生まれることから予想されることです。電磁誘導は高校の物理でも教わる基礎的な原理で、1831年にマイケル・ファラデーが磁石と電線を使って発見したことで有名です。ファラデーは翌年、良導体である海水と地球磁場との間の電磁誘導について、テムズ河の橋の上から測定を試みましたが、あまり知られていませんが、これが最初の海水流動と起電力の研究でした(Faraday, 1832)。津波によって海水中に起電力が生まれることも容易に予想できます。津波により起電力が発生する過程を模式的に示します(図1)。

しかし津波による起電力は微弱な電圧であるため、検出することは困難です。気象庁の海底地震観測システムの海底ケーブルを電極に利用して、津波を検知する試みもありましたが、確実な記録は得られませんでした(館畑, 1997)。同様に海底ケーブルを利用する多くの試みは、失敗に終わりました。

津波によって起電力が発生すると、アンペールの法則に従って二次的な磁場が生まれます。一般に「真空」が蓄えられる電場のエネルギーに対して、磁場の方が約一万倍大きいので、起電力より誘導磁場を検知する方が容易と考えられます。

2011年、初めて陸上に設置された磁力計により、津波の誘導磁場を検知した報告が発表されました(Manoj, 2011)。2010年2月27日チリ中部沿岸でMw8.8の地震が発生し、その津波は日本でも観測されました。この津波が震源から3500km離れたイースター島を通過する際、二次的な津波誘導磁場が島内の地磁気観測点で検知されたという画期的な報告です(図2)。

図2 2010年チリ中部沿岸の地震(Mw 8.8)の震源とイースター島観測点

Epicerter: 地震の震源、IPM: イースター島地磁気観測点、PPT: タヒチ島地磁気観測点、HUA: ペルーHuancayo観測点。カラーコンターは数値シミュレーションによって得られた海面の最大高さを示し、等時刻線で津波の到達時刻を示す(EOSから引用)。

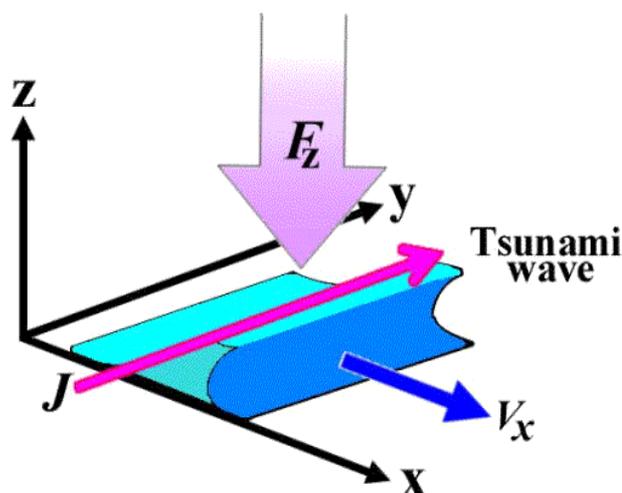
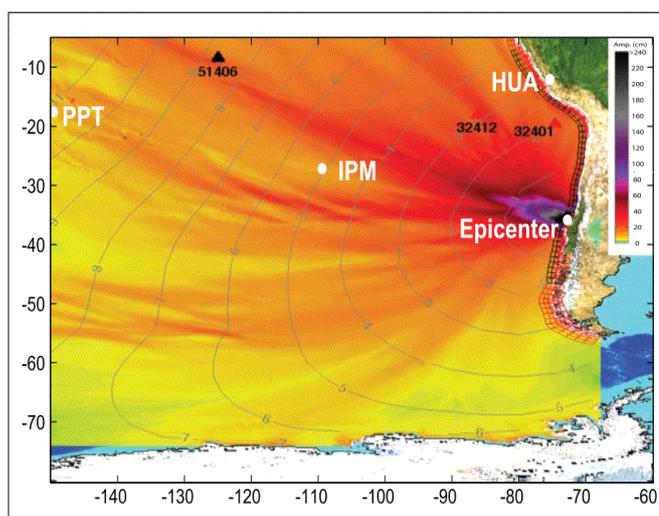


図1 地球磁場、津波、誘導電流
地球磁場の下での各関係を示す。

津波により図中のx方向に向かって流速 V_x の流れ(青矢印)が発生すると、地球磁場の鉛直成分 F_z (淡い紫色矢印)との両方に直交するy方向に誘導電流 J (濃いピンク矢印)が流れる。



翌2011年には、三陸沖で東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日Mw9.0)が発生しました。地磁気観測所では父島でも地磁気観測を行っています。父島は震源から3200km離れていますが、上述の2010年チリ中部沿岸の地震津波と同様に、父島地磁気観測点で津波による誘導磁場が観測されました(浜野 他, 2012)。

父島での検潮記録(父島二見港)と地磁気観測データの鉛直成分(Z)の、それぞれに3分~30分のバンドパスフィルターをかけた結果を示します(図3)。

それぞれの記録は極めて明瞭で、津波による海水の流動が磁場を誘導するという予想が確認されたと言えます。さらに、地磁気観測記録の方が検潮記録より20分程早く始まり、津波の第一波のピークでも地磁気観測記録の方が10分程早く現れているのが注目されます。「津波誘導磁場の変動は、津波に先行して現れる」という観測事実は、早期津波検知の可能性を創出します。

「何故、磁場の方が津波より早く現れるのか?」という疑問に答えるために、津波と発生する誘導磁場の両方を数値シミュレーションを使って、現象を定量的に解析しました。この一連の計算の方法は(Tatehata et al, 2015)に詳しく記述されています。

最初に2011年東北地方太平洋沖地震の津波が父島に向かって広がる姿を、数値シミュレーションの結果から示します(図4)。

北半球では津波の進行方向に向かって左手の方向に誘導電流が流れます。図4では反時計回りの電流として表しています。計算上、この第一波に伴う誘導電流は、500Aに達します。さらに誘導電流からアンペールの法則に従って、二次的誘導磁場が発生します。図4では、海面から上の半円で示していますが、当然海面下の磁場を含めれば誘導電流を一回転する磁力線になります。

津波と誘導磁場のシミュレーションから、父島で観測されたはずの検潮記録と地磁気観測記録を再現した結果を示します(図5)。

検潮記録では、観測結果と数値シミュレーションの結果が良く調和していることから、父島周辺の海水の流動も正しく計算されていると言えます。また、誘導磁場の再現も第一波から第四波付近まで良く調和しています。また、誘導磁場の方が津波より早く現れることも再現されています。

この先行現象の原因は極めてシンプルで、高校の物理程度の知識で理解できます。津波は浅海長波で近似

できるので、流速は津波の高さに比例します。つまり誘導電流の大きさは津波の高さに比例し、二次的誘導磁場の磁力線は、津波の山を中心として取り囲むように巻いているため、津波の本体より遠くまで届くのです(図6)。

理論的には、二次的磁力線bの到達距離は無限大ですが、現象が津波による誘導磁場と判断できる記録の立上がり具合から、先行時間を約20分程度としています。津波

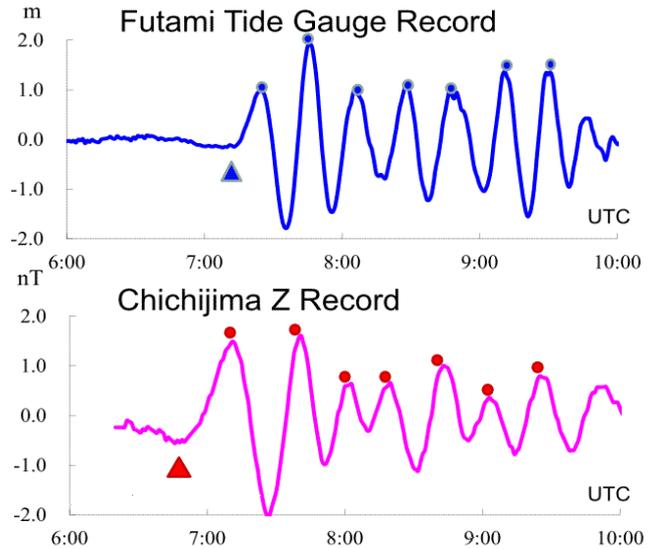


図3 2011年東北地方太平洋沖地震津波時、父島で観測された津波と誘導磁場の記録

上図に二見港検潮所での津波の記録、下図に父島で得られた誘導磁場の鉛直(Z)成分を示す。記録上、青点と赤点はそれぞれの記録の対応する相を示している。

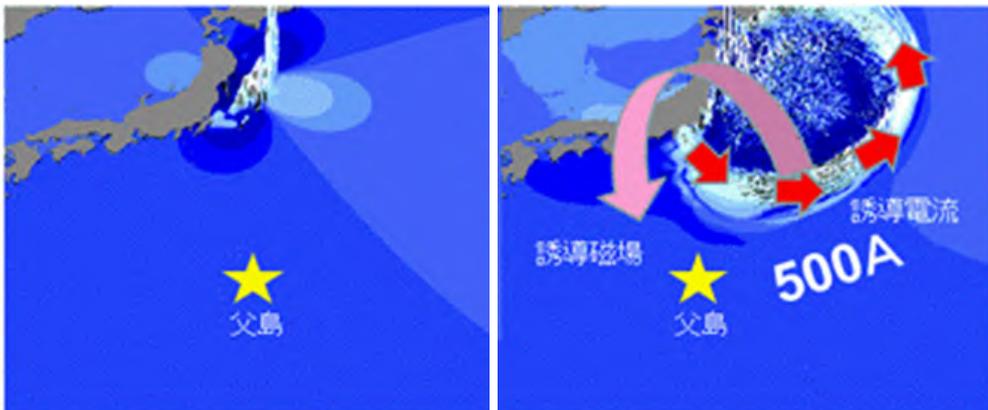


図4 2011年東北地方太平洋沖地震津波の伝播と誘導磁場

左図に発震直後、右図に30分後を示す。波源から外側に広がる津波の第一波による誘導電流を赤矢印で、また二次的に誘導される磁場をピンクの円弧矢印で示す。

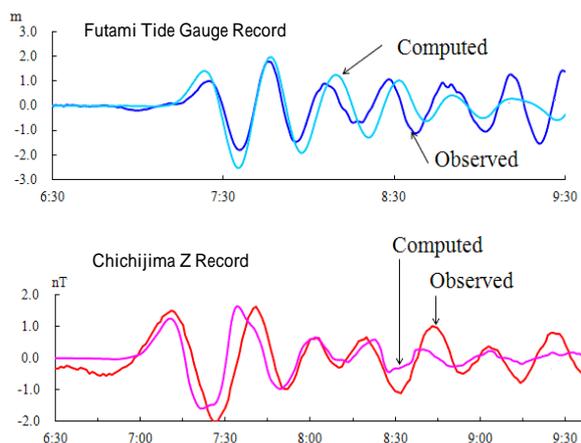


図5 検潮記録と地磁気観測記録の観測および数値計算結果

上図の二見港の検潮記録に関して、観測記録を濃青色、数値計算結果を水色で示す。下図の地磁気観測に関して、観測記録を赤色、数値計算による結果をピンクで示す。

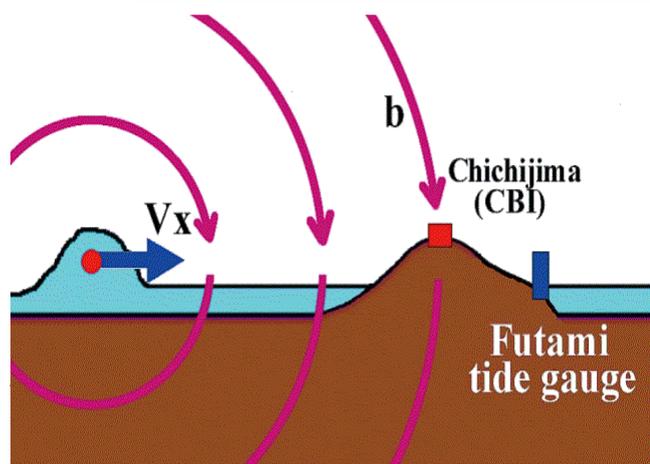


図6 津波、誘導電流、二次的誘導磁場

図の左側から右に向かう津波の流速を V_x 、第一波の誘導電流を赤丸で模式的に示し、二次的に発生する磁力線 b をピンクの円弧矢印で示す。さらに父島地磁気観測点を赤四角、二見検潮所を青四角で示す。

到達時刻の20分前、第一波の位置は父島の北東約100kmの海域でしたので、父島地磁気観測点の磁力計は、100km離れている津波を検知したことになります。

また、父島地磁気観測点では2011年東北地方太平洋沖地震津波だけでなく、他の幾つかの津波でも誘導磁場が観測されており、津波の高さと誘導磁場の比(検知感度)は、約1nT/mと見積もられました(館畑, 2015)。

被害が甚大であった宮城県の牡鹿半島先端などに磁力計を設置した場合の数値シミュレーションでは、津波の検知感度が0.5nT程度に下がるものの津波初動が20分程度速く、また最大波の規模が12分程度速く検知できるという結果が得られました。これは大きな防災効果につながります。可能なら牡鹿半島に磁力計を設置して実験してみたいものです。ただし、柿岡のように海から離れているので設置されている地磁気観測点では、津波の誘導磁場の観測は困難です。その意味で父島は、この種の研究にとって極めて重要な観測点です。

もう一つの特長として、この観測手法は津波の被害を受けないことがあります。2011年東北地方太平洋沖地震津波では、三陸沿岸の全ての検潮所・巨大津波計が流されて観測不能になりました。しかし父島地磁気観測点は、約155mの高台から津波を検知して、検潮記録と同等のクリアな記録を得ています。すなわち、100m級の巨大な津波であっても観測を続けることが出来る、一種の「電磁式巨大津波計」としての応用が考えられます。

今回の拙文が、地磁気観測に津波防災の役割を加える第一歩になれば幸いです。

(館畑秀衛(地磁気観測所OB、現：東京大学理学部))

参考文献

Faraday, M., Experimental researches in electricity (Bakerian Lecture). Philos. Trans. R. Soc., London 122, 163-194, doi:10.1098/rstl. 1832. 0007, 1832.

浜野洋三, 館畑秀衛, 市原寛, Tsunami-induced magnetic fields observed at Chichijima magnetic station of Kakioka magnetic observatory, Japan Geoscience Union Meeting 2012, 2012.

Manoj C, Observation of magnetic fields generated by tsunamis. Eos 92:13 - 14, 2011.

Tatehata H., Ichihara H., and Hamano Y., Tsunami-induced magnetic fields detected at Chichijima Island before the arrival of the 2011 Tohoku earthquake tsunami, Earth, Planets and Space, DOI: 10.1186/s40623-015-0347-3, 2015.

館畑秀衛, 父島(CBI)における津波誘導磁場の現象記録, 地磁気観測所テクニカルレポート, 第12巻, 第1, 2号, 11-19, 2015年.

館畑秀衛, 津波は電気を起こすか?, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 1997.

論文など

Journal of Geophysical Research: Space Physics, 121 .DOI: 1002/2016 JA022510
 ・K. Yamamoto*, M. Nosé*, N. Mashiko, K. Morinaga, and S. Nagamachi
 「Estimation of magnetospheric plasma ion composition for 1956-1975 by using high-time resolution geomagnetic field data created from analog magnetograms」

研究発表・講演会

日本地球惑星科学連合2016年大会（2016年5月24日、千葉県千葉市）
 ・山崎明、西田誠、井智史、平原秀行、中橋正樹*
 「気象庁の活火山への全磁力観測点の整備」

日本地球惑星科学連合2016年大会（2016年5月25日、千葉県千葉市）
 ・門倉 昭*、三津山 和朗*、仰木 淳平
 「2015年6月22日SCイベントに伴うオーロラ活動」

注）*が付記されている方は所外の共同研究者です。

お天気フェアに出展します！

気象研究所、水戸地方気象台で開催予定の「お天気フェア」に当所も出展します。

気象研究所「お天気フェア」の情報はこちら

日時：平成28年8月3日(水)10時～16時
 (受付時間：9時30分～15時30分)
 場所：つくば市長峰1-1

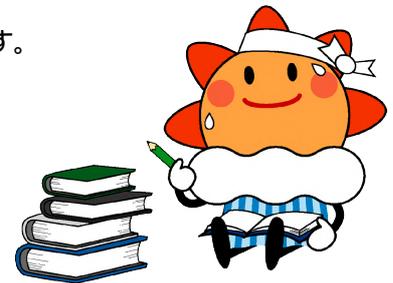
(地図：<http://www.mri-jma.go.jp/Information/contact.html>)

水戸地方気象台「お天気フェア」の情報はこちら

日時：平成28年8月6日(土)10時～16時
 (受付は15時30分まで)
 場所：水戸市金町1-4-6

(地図：<http://www.jma-net.go.jp/mito/info/access.html>)

当日は、地磁気観測所のブースを設置し、当所業務の紹介、展示を行います。
 みなさま、お気軽にお立ち寄りください。



「地磁気観測所ニュース」では皆様のご意見・ご質問を受け付けています。
 聞いてみたいこと、わからないこと等、お気軽にお寄せください。

年4回(1,4,7,10月1日)発行

編集・発行 気象庁地磁気観測所 総務課 〒315-0116 茨城県石岡市柿岡595

TEL: 0299-43-1151 FAX: 0299-43-1154(総務課)

ホームページ: <http://www.kakioka-jma.go.jp/> E-mail: kakioka@met.kishou.go.jp

表紙写真：見学のため来訪した茗溪学園中学校生徒(本館前にて)。詳細については2頁を参照。