ISSN 1347-412X

地磁気観測所ニュース No. 79

令和5年（2023年）6月

目次:

○所長着任のご挨拶 1
○地磁気ブロマイド記録のデジタル化 2
○研究発表 3
・草津白根山湯釜南東で観測される全磁力の季節変化に関する調査
○コラム 4
・地磁気観測の歴史　第5回

所長着任のご挨拶

このたび地磁気観測所長を拝命しました吉田康宏です。

この3月までは気象研究所の火山研究部に所属していました。私は気象庁に入庁して30年ほどになります。今は名称が変ってしまいましたが、気象庁地震火山部地震予知情報課に入庁して以来多くの期間は、地震業務や地震波を用いた研究などを行ってきました。地磁気観測所に勤務するのは初めてとなり、今まで経験をしたことのない業務が多く、現在色々な資料を見ながら勉強中です。

私が今まで関わってきた地震波観測と地磁気観測は、分野は異なりますが、同じ波動現象を扱っており、似ている点はあるかと思っています。特にデータをしっかりと見ること、長年にわたる質の高い観測データの蓄積、ノイズとの闘いでそれを軽減する解析手法の開発が重要であるという点では良く似ているのではないでしょうか。また、観測データを目の前にすると、データについて熱く語る職員が多いというのも、地震波を解析している人と良く似ていると感じます。私も今までの経験を活かし、微力ながら当所の発展に貢献していきたいと考えています。

私の当所との接点として思い出されるのは気象大学校在任時代のことです。大学部2年生を対象に行っている火山観測実習の担当教官をしていたのですが、このカリキュラムでは全磁力観測や自然電位観測の実習を行いました。その際に当所職員が現地（草津白根山）にて観測の支援を実施し、学生を優しく、時には厳しく指導し、頼もしく思ったことを覚えています。

当所が柿岡で地磁気観測を開始してから110年が経過しました。この間、諸先輩方及び現職員の並々ならぬ努力により観測機器の保守や開発、観測環境の維持や管理を行い、世界から高く評価される観測を続けてきました。これらのデータは宇宙天気予報をはじめ、地磁気嵐の監視等に活用されています。また、2014年の御嶽山の噴火以来、水蒸気噴火の前兆現象を捉える上で、火山体浅部の熱状態を監視するための地磁気観測の重要性が叫ばれており、当所の観測データは火山活動評価にも活用されています。以上のように重要な観測を担っている観測所であり、これから後も当所の役割は大きくなっていくのではないでしょうか。

今後とも諸先輩から継承されてきた高度な技術を活かすと共に、新たな技術開発を通じて社会に貢献できるよう、職員と共に業務に取り組んでいきたいと考えています。何卒、皆様のご支援・ご協力をお願いいたします。

地磁気ブロマイド記録のデジタル化

地磁気観測所（茨城県石岡市柿岡）では大正2年（1913年）以来、110年の長きにわたって地球磁場の変化を観測し続けています。1976年以降、観測された地磁気の値はコンピューターで利用可能なデジタルデータとして記録され、保存・公開されていますが、それ以前は、地磁気の変化をブロマイド紙と呼ばれる写真感光紙で記録し、手作業により0.1mm単位で記録の変化を読み取り、1時間ごとの値（1時間値）を得ていました（図1）。数十年間に及ぶ膨大なブロマイド紙による記録は、貴重な観測成果として現在も大切に保管されています。

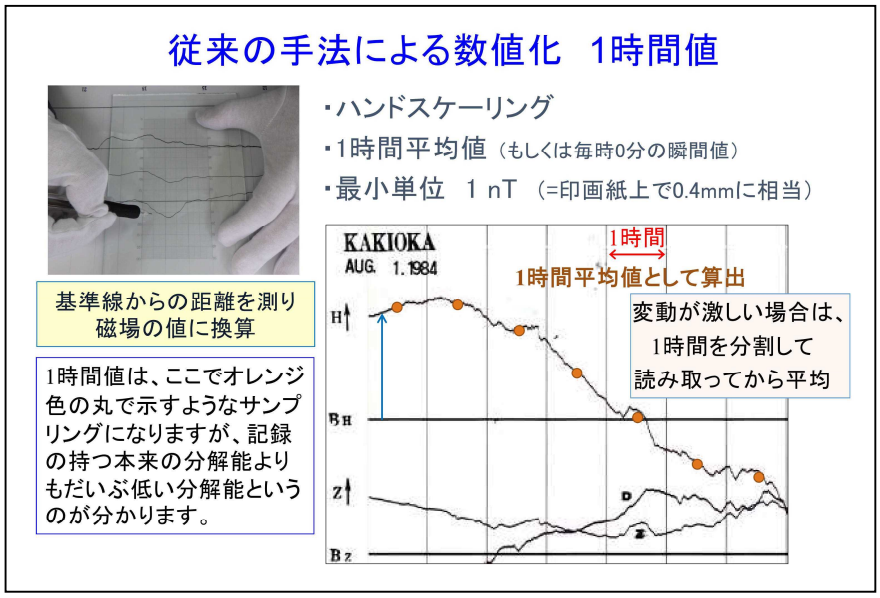

図1．従来の観測方法

現在のデジタル化技術を用いて、アナログデータであるブロマイド記録をデジタルデータに変換できれば、地球電磁気学研究へのより一層の貢献が期待されます。そこで、当所では過去のブロマイド記録をコンピューターで直接処理できる利用価値の高い地磁気数値データに変換する手法を開発し、その作業を進めてきました。本稿では、その概要を紹介いたします。作業の流れは図2のとおりです。

まず、ブロマイド記録をスキャナーで読み取り、画像データにします。この画像データは地磁気観測所WEBサイト※1で公開されています。画像データを当所職員が開発したプログラムを用いて、座標データに変換します。その座標データにさまざまな処理を行い、約7.6秒毎の地磁気数値データを作成します。地磁気数値データのうち1分値記録は、地磁気観測所※1および地磁気世界資料センター京都（WDC for Geomagnetism, Kyoto)※2の各WEBサイトで公開されています（地磁気観測所のWEBサイトでは、7.5秒値記録も公開されています）。

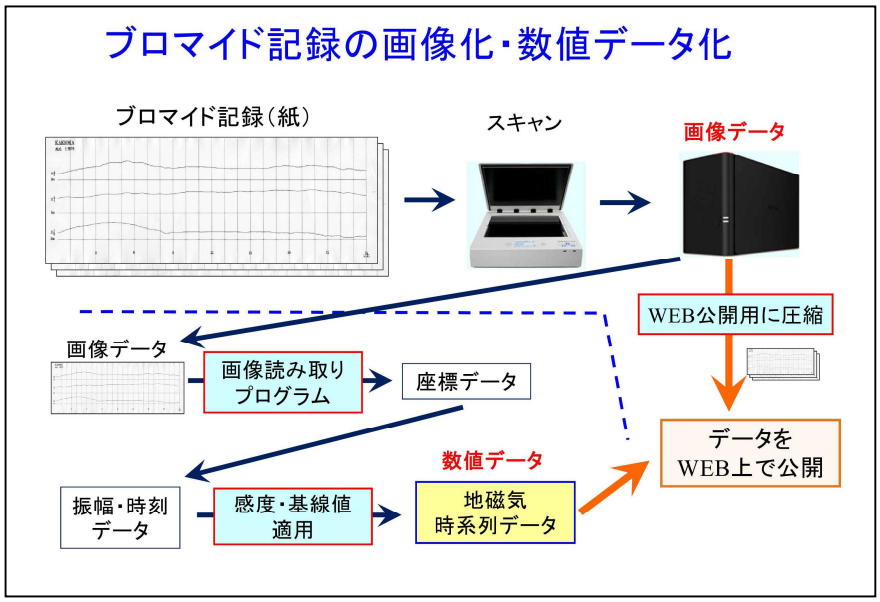

図2．ブロマイド記録の画像化・数値データ化の流れ

平成20年度（2008年）から始められた数値データへの変換作業では、令和4年（2022年）度までの間に、柿岡・女満別・鹿屋の3地点の、延べ54年分のブロマイド記録を地磁気数値データに変換し公表しています。このデジタル化により、図3のとおり、従来の1時間値記録では捉えられなかった地磁気の急変化が、数値データ化で作成された1分値記録で詳細に捉えることが可能になりました。この変換作業が評価され、これまでに文部科学省科学研究費助成事業や名古屋大学太陽地球環境研究所・データベース作成共同研究に採択されました。

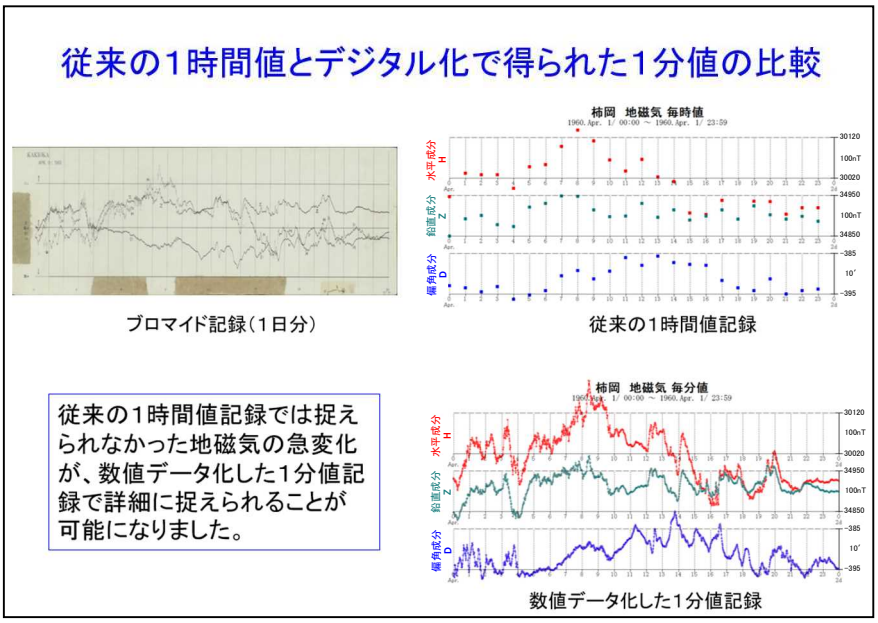

図3. 従来の1時間値とデジタル化で得られた1分値の比較

1970年以前の地磁気の1分値記録やそれより時間分解能の高い数値データは、世界的にも当所の他にはほとんど存在しません。過去の印画紙記録から得られたデジタルデータは、世界の研究者の大きな財産となっています。今後もブロマイド記録のデジタル化を着実に進め、地球電磁気学の発展に貢献してまいります。

（技術課　山崎貴之）

※1：https://www.kakioka-jma.go.jp/obsdata/metadata/ja
※2：https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index-j.html

研究発表

2022年度Conductivity　Anomaly（CA）研究会
（2022年（令和4年）12月26日～27日　京都大学防災研究所）

「草津白根山湯釜南東で観測される全磁力の季節変化に関する調査」

笹岡雅宏・浅利晴紀・増子徳道・下川淳

草津白根山においては、2018年4月頃から7月末頃にかけて、水釜付近地下の熱消磁を示唆する全磁力変化が観測されたが、その翌年以降にも湯釜南東の連続観測点（図1）では毎年3月から5月頃の融雪期に1.5nT程度の全磁力の減少が観測された。この季節変化を熱消磁や帯磁による変化と区別するためにはその原因を特定する必要がある。

2020年10月に実施した現地調査ではセンサーポールの傾斜の痕跡が見つからなかったこともあり、この原因不明の全磁力変化については、先ず太陽活動や気象の季節変化の影響が疑わしい。日射は、裸地と雪の地表面ではアルベド（日射の反射率）に大きな差があり、融雪期においては地表面への正味の日射量の変化は大きい。

一方、積雪が始まる冬季においては、日射量と全磁力の変化は共に小さく調和的であった。融雪期に日射量に差が生じ、地表面から浅い地中において温度変化が生じ、その結果、地磁気が変化するのではないかとの仮

説を立てた。連続観測点における地中温度測定（50cm及び100cm地下）によると、冬季はデータが異常となっており融雪期の地中温度の変化を確認することができなかった。このため、気象庁が公開している観測点付近のアメダスや高層気象（館野）等の気象データから、熱収支式とバルク式を用いて地表面温度を推定することで本仮説を検証した。

地表面温度の推定では、連続観測点付近は土が粘土質であり水捌けがよく、ローカルな水循環を伴う植生が殆ど見られないことから潜熱については無視した。このため日射量が顕熱のみで消費されることになり、風速が大きい場合は日射の寄与が小さい。融雪期は季節風がまだ強く、地表面の温度変化は小さいことが示された。連続観測点において気象観測が無かったが、観測点付近の気象データから推定した地表面温度は、現地測定の地中温度から熱平衡式を用いて算出した地表面温度とよく似ており、両者の対応がよいことが示された。このことは、地中温度が影響を受ける連続観測点付近のローカルな気象が、関東甲信越地方における地域的な気象と大差ないことを示唆する。推定した地表面温度は夏季よりも冬季に変動が大きく、寒気移流により風が強く気温が大きく変動するためと考えられた。但し、積雪時は雪の層が地上にできるため地中へ伝導する熱の変動は小さく、地中温度の変動は雪上の地表面温度のように大きくはないと見込まれる。

結果として、融雪期の日射の大きい変化に対して地表面温度の変化は小さかった。3月から5月頃の全磁力の季節変化は、地表面への正味の日射量の変化に伴う温度変化が原因ではないことが分かったため、別の原因による可能性が考えられる。

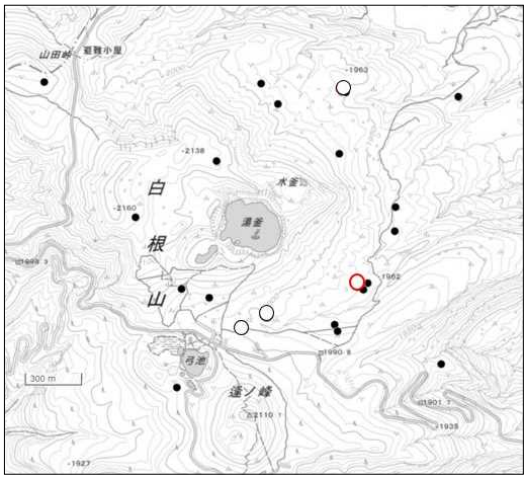

図1. 草津白根山湯釜南東の連続観測点の位置（左図赤丸）と観測点の様子（右図）

（左図は国土地理院WebSiteの地理院地図を使用して作成）

コラム
地磁気観測の歴史　第５回

地磁気観測業務について知っていただくために、地磁気観測所の歴史をコラムとして連載しています。前回は地磁気観測所が東京の中央気象台から茨城県石岡市柿岡に移転したお話しをしました。今回は大正の終わりから昭和初期の頃についてお伝えします。

前回のコラムでも触れましたが、1923年（大正12年）9月1日の関東大震災によって柿岡の地磁気観測所は大きな被害を受けました。当時の中央気象台長であった岡田武松は震災からの復旧を契機として、施設の再建整備や東京にいた職員全員を柿岡に常駐させるなど観測体制の強化を図り、大正12年12月に今道周一（写真1）を地磁気観測所初代所長に任命しました。その甲斐もあってか、1924年（大正13年）には、国際測地学地球物理学連合のマドリッド会議において、地球物理学者である田中館愛橘（写真2）から「柿岡地磁気観測所を標準観測所にすることを決定した」との報告がなされました。このようにして、地磁気観測所は標準観測所の一つとして、国内外に認められる存在となりました。

しかしその一方で、使用している観測機器はまだまだ貧弱なものと言わざるを得ませんでした。そのため、国内外から観測精度を向上させるよう強い要望がありました。特にドイツの地磁気学者であったアドルフ・フリードリッヒ・カールシュミット教授からは、柿岡の絶対観測をこれまでより一桁精密に観測する様に勧告されました。このような出来事が、現在、世界屈指の観測精度を誇る”世界のKAKIOKA”への第一歩となるきっかけだったのかもしれません。

写真1．渡欧前の今道初代所長

写真 2．田中館愛橘博士
（地磁気観測所構内にて撮影）

地磁気観測精度の向上を図るために、1925年（大正14年）頃より観測機器の整備が行われました。同じ年にはエッシェンハーゲン・シュミット型変化計（写真3）が購入され、1927年（昭和2年）にはシュミット型磁気儀（写真4）をドイツに発注しました。それと同時に、今道周一はシュミット教授の下に留学するためにドイツに渡り、地磁気学の研究をする傍ら、磁気儀の検定に従事されました。1929年（昭和4年）3月、今道所長はドイツから帰国する際に、発注していたシュミット型磁気儀を持ち帰り、その後、柿岡で観測機器の設置や調整に尽力されました。シュミット型磁気儀は、水平目盛盤が10′目盛で、バーニア（副尺）を使用することで0.05′まで十分読み取ることができたそうで、さらに距離測定などが精密にできるようなデバイスも付いていたようです。

ちなみにこの年には観測船カーネギー号が横浜に寄港し、その観測員が柿岡を訪れて磁気儀の比較観測が行われています（このカーネギー号の航海中に行った空中電気の観測では、後に”カーネギーカーブ”と呼ばれることになる重要な発見をしています。機会があれば本コラムでも紹介するかもしれません）。シュミット型磁気儀は一世代前のウィルド・エーデルマン型磁気儀との比較観測期間の後、1934年から地磁気観測所の標準器に指定されることになります。しかし、実際には精度を確保するのが難しかったようで、その観測値が報告資料に反映されたのは1948年から1957年の10年間のみであったようです。ちなみにシュミット型磁気儀も、地磁気観測所ニュース第76号のコラム（番外編）でご紹介したガウス・ラモン法を用いた観測機器の一つです。

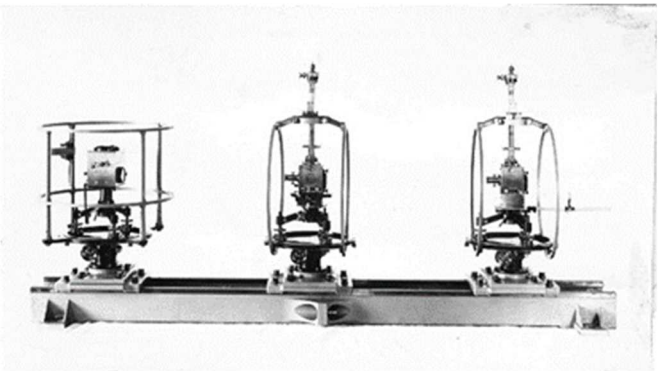

写真3．エッシェンハーゲン・シュミット型変化計
左からZ、D、H成分

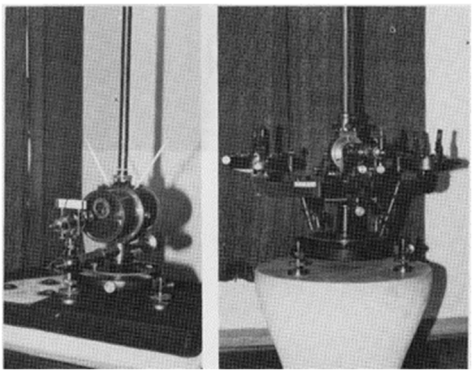

写真4．シュミット型磁気儀

当時の柿岡では地磁気観測だけでなく、1929年（昭和4年）には1903年（明治36年）に東京での観測が中止されていた空中電気観測が再開され、1930年（昭和5年）からは20cmの屈折望遠鏡を使用した太陽の黒点とプロミネンスの観測、1932年（昭和7年）には地電流の観測も始まりました。その他にも、気象や地震などの観測も行っていたことから、当時の中央気象台長からは、「柿岡地磁気観測所は、地磁気の外に気象・空中電気・地電流・太陽・地震などの観測を施行しているから、実際には完全な地球物理観測所といってよい」と言われるまでに発展したのでした。

ここまでは関東大震災以降、柿岡で観測をするまでの取り組みについてお話してきましたが、この時代には今も現存している5棟の建物が建てられています。そのうちの2棟である本館と実験室は地磁気観測所ニュース第78号のコラム（第4回）でご紹介したので、今回は1925年（大正14年）8月に建造された残り3棟の建物についてご紹介します。

最初にご紹介するのは、第二変化計室と呼ばれる建物（写真5）で、先ほどお話ししたエッシェンハーゲン・シュミット型変化計はこの建物に設置されていました。第二変化計室は、非磁性の白レンガ造りで屋根は銅板葺きの建物です。地磁気の観測機器は温度変化による影響を強く受けるため、なるべく温度変化を小さくすることを目的に、西と北側にある窓は密封されており、壁の厚さはなんと1mもあります。また建物の外からは見えませんが、庇の下50cm程の所には8本の真鍮棒がぐるりと廻されていて、地震の揺れ止めとなっています。これは「鉢廻り」と呼ばれるもので、この地方の土蔵や石倉に用いられている特殊な建築様式です。このような機能性を兼ね備えていますが、デザインにもこだわって造られており、建物の一部は19世紀末のドイツの芸術の影響を受けているそうです。このようなところから、当時の自由奔放な雰囲気を感じることができます。

次にご紹介するのは第二絶対観測室（写真6）です。先ほどお話ししたシュミット型磁気儀はこの建物に設置されていました。第二絶対観測室は、先ほどの第二変化計室と同様に、非磁性の白レンガ造りで屋根は銅板葺、壁の厚さは50cmです。また北極星を観測できるように北側の窓は細長くなっています。観測室の窓は全て2重になっていますが、コンクリート打ちで床板が貼られておらず、内壁の漆喰も厚く塗られていたため、冬の観測はとても寒く辛かったそうです。

最後にご紹介するのは空中電気室（写真7）です。大気には平均100V/mほどの電場がありますが、この電場の変動を観測するために建てられました。鉄筋コンクリート造り平屋建ての建物で、建物東側のアーチ状の出入り口と室外灯の間には、スパニッシュ風のデザイン（曲線破風）が施されています。

写真 5．第二変化計室

写真 6．第二絶対観測室

写真 7．空中電気室

今回は大正の終わりから、昭和初期の頃についてお話しました。次回は苦難の多かった戦争時代の頃のお話をします。

（技術課　屋良朝之）

（参考文献）
・地磁気観測百年史
・西村公宏 「大正期における中央気象台附属柿岡地磁気観測所の建築について」 2008, 日本建築学会大会学術講演梗概集
・Y. Ishii, Y. Ikoma, T. Koide, T. Toya, Information About Historical Geomagnetic Instruments as “Meta” Data in Kakioka Magnetic Observatory, Proceedings of XIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing, 212.

年2回(6,12月)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（総務課）
ホームページ：https://www.kakioka-jma.go.jp/　E-mail：kakioka@met.kishou.go.jp
表紙写真：地磁気観測所構内に咲く藤の花　（屋良朝之）