

地磁気観測所ニュース

No. 77

令和4年(2022年)6月



目次:

○論文紹介	1
・ 日本における地電流観測・大気電場観測の歴史的データ	
○研究発表	3
・ 草津白根山において実施した徒歩による磁気測量	
○南極だより	3
○コラム	5
・ 地磁気観測の歴史 第3回	

論文紹介

Historical data of geoelectric field observations in Japan
 (訳: 日本における地電流観測の歴史的データ)
 Historical data of atmospheric electric field observations in Japan
 (訳: 日本における大気電場観測の歴史的データ)

長町 信吾

紹介論文誌情報

Nagamachi, S., Arita, S. & Hirota, E.
 Historical data of geoelectric field observations in Japan.
 Geoscience Data Journal, 00, 1- 21. 2021
 DOI: 10.1002/gdj3.139

Nagamachi, S., Arita, S. & Hirota, E.
 Historical data of atmospheric electric field observations in Japan.
 Geoscience Data Journal, 00, 1- 18. 2021
 DOI: 10.1002/gdj3.143

地電流とは地面を水平方向に流れる電流のことで、19世紀に発達した電信網に異常な電流が流れることから、その存在が認識されるようになりました。1859年9月に起こった巨大磁気嵐（キャリントンイベントと呼ばれています）では、地磁気変動に伴って誘導された地電流がヨーロッパやアメリカの電信網を破壊しました。このような巨大な磁気嵐に伴う誘導電流（GIC: geomagnetically induced currents）は現代社会においても憂慮すべき脅威であると認識されており、活発な議論の対象となっています。大気電場とは、大気中に鉛直方向に存在する電場のことで、その発見は地電流よりさらに古く、18世紀にまでさかのぼります。晴天時に鉛直下向きに存在する大気電場は大気電気諸要素の中で、古くから最も盛んに観測されてきた項目の一つです。

地磁気観測所では地電流観測を柿岡、女満別、鹿屋でそれぞれ1932年、1949年、1948年に、大気電場観測を柿岡、女満別でそれぞれ1929年、1949年に開始し、女満別の大気電場観測は2010年に、それ以外の地電流、大気電場の観測は2021年にそれぞれ終了しました。50年以上に及ぶ長期間の地電流、大気電場の定点観測は世界的に見ても大変珍しく、その観測データは大変貴重なものと言えます。

このような長期観測においては、技術の進歩などにより観測機器が度々更新されるため、一続きのデータセットであっても、時期によって使用されていた機器が異なることもあります。観測機器の変遷などの情報は、観測データに付随する「メタデータ」と呼ばれていますが、特に古い時代の観測においては、観測データのみならず、このメタデータの散逸も危惧されています。本論文は、地磁気観測所が行ってきた歴史的な地電流観測と大気電場観測のメタデータの収集と、メンテナンス方法や公開データ作成のデータ処理方法などを記録することを目的としています。

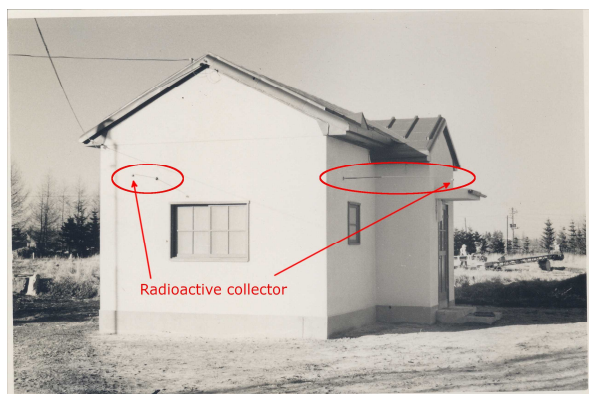


写真1：放射能集電器。

壁から突き出したロッド（赤丸）の先端に放射性物質が取り付けられている。

紙面の都合上、本論文のすべてをご紹介することはできませんが、例として大気電場の観測機器の変遷をご紹介します。女満別の大気電場は、1950年から1975年までは「放射能集電器」（写真1）という機器を用いていましたが、1975年以降は「フィールドミル」（写真2）という機器に切り替えられました。両者は共に大気電場の測定器ではありますが、動作原理は全く異なるものです。

簡単に説明すると、放射能集電器は棒の先端に取り付けた放射性物質によって、装置全体の電位を棒の先端の大気電位に等しくさせる機器で、フィールドミルは大気電場によって誘導された電荷を計測するものです。

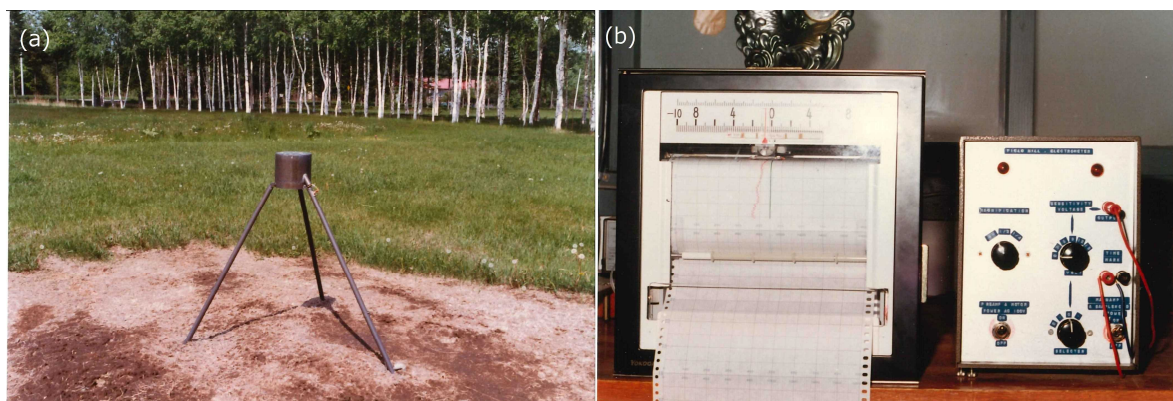


写真2：フィールドミルセンサー(a)およびその記録部(b)

一方で、柿岡での観測では1929年以来一貫して「水滴集電器」（写真3）という機器を使用してきました。水滴集電器も放射能集電器と同様に、棒の先端から水滴を放出することで、装置全体の電位を棒の先端の大気電位と等しくさせるものです。

柿岡の水滴集電器は、世界で最後まで現役で稼働した水滴集電器だと考えられます。フィールドミルは現在主流の観測機器ですが、水滴集電器と放射能集電器は、今後新たに使用されることはないと考えられ、あと100年も経てば現物を見たことのある人もいなくなるかもしれません。

本論文が、このような歴史的な観測機器を後世に伝えていく一助を担えればと期待しています。

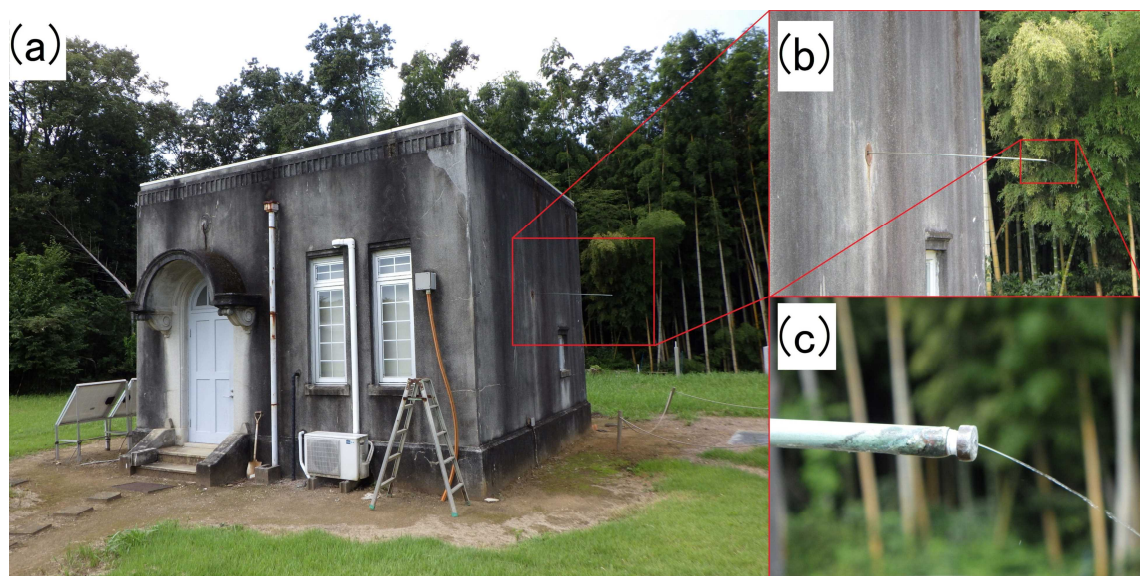


写真3：水滴集電器。観測室(a)内のタンクに水がためられており、観測室壁面から付きだしたパイプ(b)の先からその水を放出する(c)。

研究発表

2021年度Conductivity Anomaly (CA)研究会 *1
 (令和4年1月5日～6日, オンライン開催)
 「草津白根山において実施した徒歩による磁気測量」

笹岡雅宏・増子徳道・下川淳・浅利晴紀・藤原善明

火山における地磁気変化は山体浅部の熱水系の変化を反映していると考えられ、地磁気観測は水蒸気噴火予測の実現に寄与することが期待されてきた。気象庁地磁気観測所は、1976 年以来草津白根山において水蒸気噴火を対象とする火山防災目的で地磁気全磁力観測を実施してきた。最近10年間の全磁力連続観測及び繰り返し観測の結果から、湯釜南東側では、融雪期（3～4月）にみられる全磁力減少、並びに顕著な全磁力減少トレンドが確認されている。それ以外の場所では顕著な全磁力変化が見られなかったため、その要因が火山活動による磁気変化の効果によるものと必ずしも断定できないことから、一つの方策として、観測地点の磁場環境を測定することを計画した。

全磁力変化の大きい湯釜南東から変化の小さい湯釜南側にかけて徒歩により移動磁気測量を行い、磁場環境の空間的な変化を調査した。湯釜南東側では、観測点周辺に東西方向に強い磁気がライン状に存在することが確認された。この磁気異常のラインを南北方向に渡る際には300nT以上の変化が確認された。センサー高が185cmのほうが235cmよりもやや強く観測されたことから、地表の浅い場所に強い磁気の発生源があることが示唆された。一方、湯釜南側では、湯釜南東側でみられたような強い磁気異常は見つからなかった。

磁気測量の結果、湯釜南東側では磁気異常が見つかり、現地の偏角 (D) と伏角 (I) は標準磁場と相違があるのではないかという疑問が生じた。DとIの異常値が原因で全磁力に見掛けの変化が生じること (DI効果) により、地磁気永年変化は全磁力トレンド (長周期成分) に影響することが知られている。地磁気永年変化については最近10年間の変化の割合が大きいことから、全磁力変化に永年変化が影響すると観測結果の解釈が面倒となるであろう。全磁力減少トレンドに見掛けの変化が含まれるかどうかについては、今後、現地でDとIを測定した上で確認する必要がある。



写真1：移動磁気測量

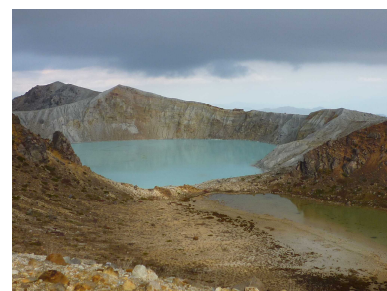


写真2：湯釜付近

*1 地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) に設置された分科会

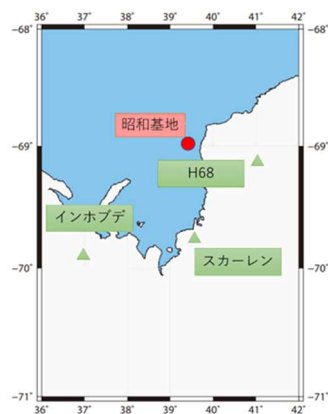
南極だより

第62次越冬隊として令和2年11月20日に日本を出発し、約1年間の南極・昭和基地での生活を終えて、令和4年3月28日に無事帰国しました。私がお送りするこの「南極だより」は今回で最後になります。それでは、2度目の夏期間と復路の南極観測船「しらせ」船内生活についてお伝えしたいと思います。

令和3年12月16日、第63次隊を乗せたヘリコプターが昭和基地に到着しました。その日を境に、たった31人しかいなかった昭和基地で、多い時は約100人程度が滞在する賑やかな生活が始まりました。夏期間には、第63次隊への観測業務引継ぎ、新しい観測装置の構築や野外作業を行いました。



昭和基地沖に接岸した
南極観測船「しらせ」



昭和基地周辺の無人磁力計設置点

昨年の夏期間に比べて、荒天が多かったので、なかなか野外作業を行うことができず、予定されていた作業ができるか内心不安でした。しかし荒天の合間を狙って、なんとか今年も昭和基地から80km以上離れた大陸沿岸部（スカーレン、インホブデ）と南極大陸の内陸（観測点H68）に設置してある無人磁力計の保守点検に行くことができました。目に映るのは氷と岩ですが、やはり南極の自然は美しく、これで見納めかと思うと感慨深いものがありました。



インホブデ



GNSS精密測位

また、第63次夏隊高木隊員（測地）の協力を得て、GNSS精密測位およびトータルステーションによる角観測を利用した真方位角の測定を行いました。真方位角とは、真北を基準とする方位のことです。地磁気絶対観測では予め絶対観測点の近傍にある方位標の真方位角を測定しておき、その値を絶対観測点の位置補正に使用します。これまで、方位標の真方位角は、第10次隊が実施した太陽の位置を測定することで得た値を採用値としていました。しかし、近年の観測結果から真方位角が採用値から0.8'程度ずれてきている可能性が指摘されており、どの隊でも毎年、十分な精度で安定して真方位角を測定することができるよう南極での真方位角の測定方法を確立する必要性がありました。今回の測定でも1.2'程度の違いが確認されたため、約半世紀ぶりに方位標の真方位角更新に向けて検討する必要性が出てきました。

夏期間は、野外作業や観測であつという間に終わり、2月1日に第62次越冬隊から第63次越冬隊へ昭和基地の運営を引き継ぎました。名残惜しいですが、その日のうちに昭和基地から離れ、しらせに乗船しました。

しらせは、昭和基地から日本へ一直線に帰るわけではありません。3月上旬頃まで南極大陸周辺（トッテン氷河沖等）の海洋観測を行った後に日本に向けて北上します。そのため、しらせ船内では時間に余裕があります。隊員達は、観測隊報告を書いたり、甲板で運動したりと思い思いに過ごします。航海中は、クジラやアザラシ、コウテイペンギンの他に、ドイツの砕氷船ポラールシュテルンにも遭遇しました。お互いに汽笛を鳴らし航海の安全を祈る様子は感動的でした。



越冬交代式

そしてついに約2か月間の航海を経て、3月28日に日本に帰国しました。国内からの手厚いサポートのおかげで、地磁気観測業務を無事終え、-20℃の中での地磁気絶対観測などの貴重な経験ができました。得られた観測結果が、今後の昭和基地における地磁気観測の高品質化に貢献できれば幸いです。また、今回の経験を今後の地磁気観測業務に還元できるよう、より一層真摯に業務に取り組んでいきたいと思ひます。関係者の皆様にはこのような機会を与えて下さったことに対してここに厚くお礼申し上げます。

（稲村友臣）



昭和基地を離れる第62次隊員



コウテイペンギン



ドイツの砕氷船

コラム 地磁気観測の歴史 第3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。前回までは（番外編を挟んで）第一回極年における我が国での地磁気観測の始まりについて掲載しました。今回は地磁気観測が中央气象台（現在の気象庁）の正式業務として行われるようになったころのお話です。

◇明治後期の中央气象台◇

気象庁のルーツは1875年（明治8年）6月1日に創設された東京气象台まで遡ります（2021年まで地磁気観測所で行われていた空中電気観測は、この東京气象台の設立と同時に開始されました。実は空中電気観測の方が地磁気観測よりも歴史は古いのです！）。しかし、当時の東京气象台は内務省地理寮（後の地理局）の1部署に過ぎなかったようです。第一回極年(1883年)を契機に開始された地理局の地磁気観測は、その東京气象台の職員が実務を担っていたようですが、当時は地磁気観測業務を明文化している規定はなかったようです。それが、1886年から1890年（明治19年から23年）に行われた組織改編により、地理局の1部署に過ぎなかった東京气象台が「中央气象台」という独立した組織に生まれ変わったことで、地磁気観測および空中電気観測が中央气象台の正式な業務として明文化されることになりました。これに伴い、赤坂区麻布今井町で行われていた地磁気観測は1886年（明治19年）3月15日で終了し、江戸城旧本丸跡の中央气象台構内へと移転することになりました。ここに「東京地磁気観測所」（図1）の時代が幕を開けることになります。

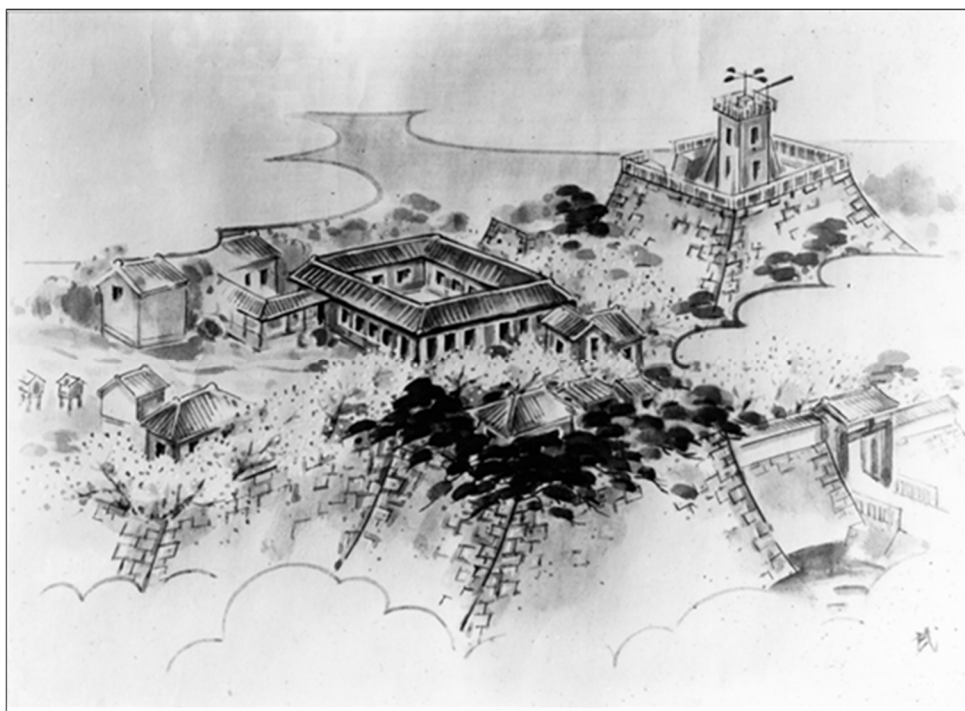


図1 江戸城本丸跡の中央气象台

◇中央气象台での観測◇

中央气象台構内の旧本丸北桔橋門での地磁気観測は、文献によって1888年（明治21年）開始という記述と、1890年（明治23年）開始という記述があり、どちらが正しいかははっきりしません。しかし、観測が再開された当初は浸水・温度変化などのトラブルに伴って、観測室を地上や地下へ変更したり観測測器を改良・購入したりと観測場所や観測測器の選定に手間取り、うまくいかなかったようです。このことは当時の観測記録や結果が一つも残されていないことから推測され、当時の生みの苦しみを感じとれます。

このような様々な苦難を経て、1897年（明治30年）1月、ついに本格的な地磁気観測・空中電気観測を軌道に乗せることに成功します。麻布今井町での観測は1時間に1回、もしくは3時間に1回の間欠的な観測であったのに対し、東京地磁気観測所ではマスカー式変化計を用いた連続観測が行われました。この磁力計は一般に「吊り磁石式変化計」（図2）と呼ばれる種類の磁力計で、糸で吊り下げられた磁石と反射鏡および光源のセットで構成されています。光源器からの光を磁石の吊具に取付けられている鏡に当て、その反射光を感光紙に受けて写真記録することができます。このような地磁気の連続観測を「変化観測」と呼びます。ただし、この変化観測は「地磁気の変化の大きさ」は分かっても、「絶対的な地磁気の大きさ」は分かりません（たとえば言うなら、2つの地点での標高の差は分かっても、正確な標高が海拔何メートルかは分からない、というようなものです）。

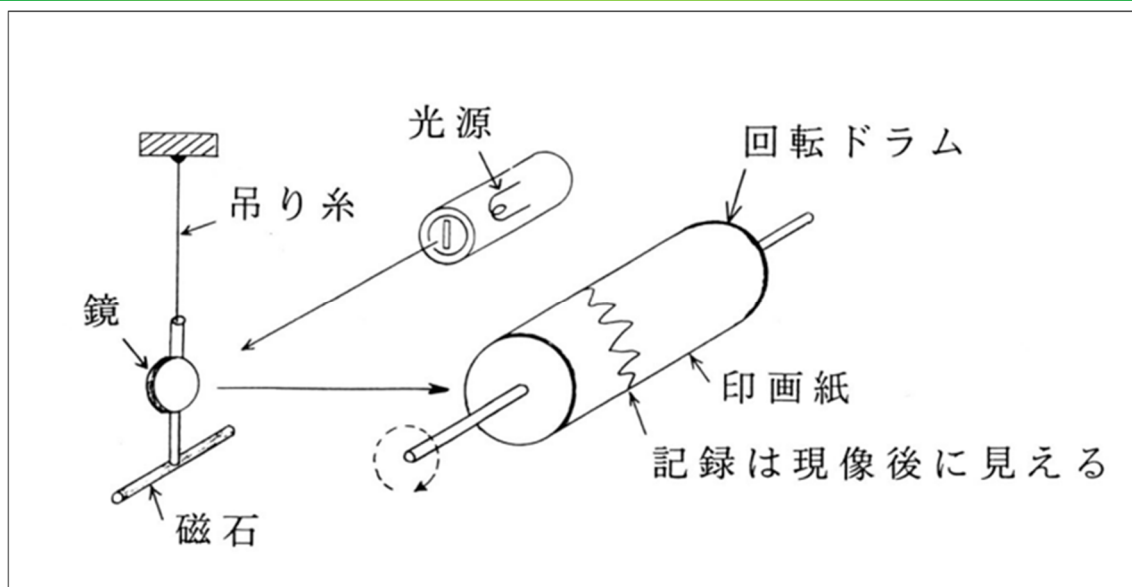


図2 吊り磁石式変化計の原理

そこで「変化観測」を「絶対観測」と呼ばれる別の観測と組み合わせることで、地磁気データを完全なものにします。この変化観測と絶対観測を組み合わせた観測方法は、現在でも地磁気観測の基本となっています。

この絶対観測には、偏角および水平分力の測定に「田中館式磁気儀」、伏角の測定に「カセラ式ディップサークル」（図3）が用いられ、月に1回の頻度で絶対観測が行われました（偏角、水平分力、伏角の詳細は本コラム第一回（地磁気観測所ニュースNo. 74）の図3をご覧ください）。ちなみに田中館式磁気儀による水平分力の測定は、前回コラム（番外編）でご紹介したガウス・ラモン法を用いたものです。変化計室は地下約3mの穴蔵式木造の建物で屋根は二重張り、内部は階段により東西2室に分かれ、双方に全く同型の変化計が設置されていました。絶対観測室は変化計室の西方18mのところであり、地上室で屋根が中央で開かれ北極星の方位観測ができるようになっていました。また、北側の小窓から駿河台のニコライ堂の金の十字架が見通せるようになっていて、この十字架を地理上の真北の指標となる方位標として使っていたようです。観測結果については地磁気・空中電気とも毎時値を算出して月表が作成されました。これらの月表は1年分が「中央気象台年報、第2編（地磁気・空中電気年報）」にまとめられ、1900（明治33）年10月、創刊号として明治30年分が刊行され、その後も引き続き刊行されました。

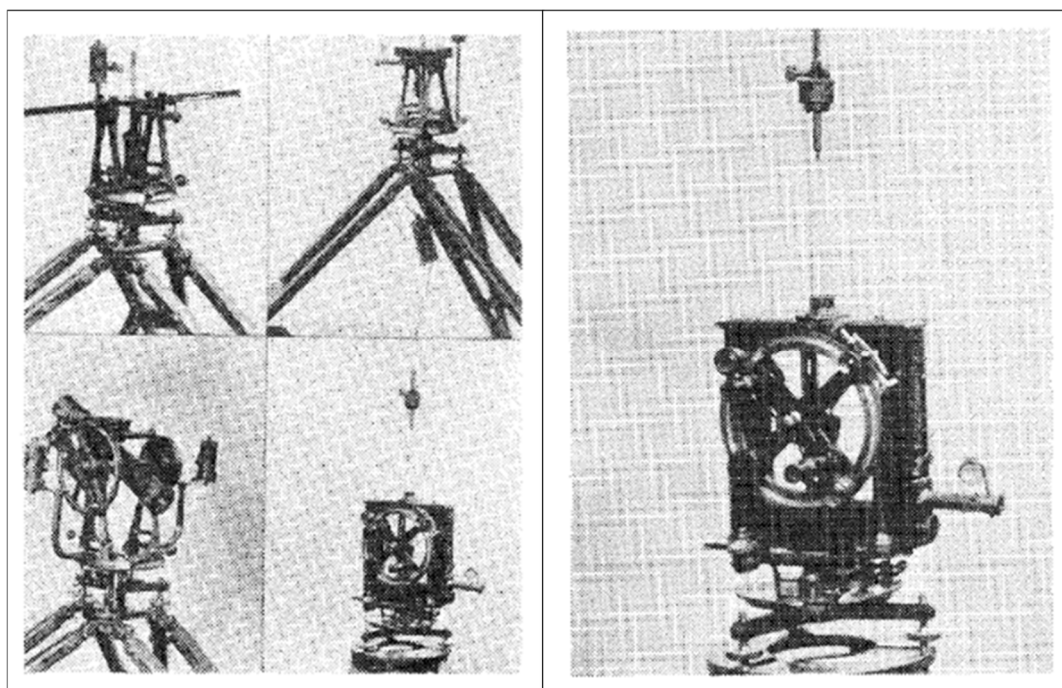


図3 東京地磁気観測所で使用されていた地磁気観測測器
（左：田中館式磁気儀 右：カセラ式ディップサークル）

◇人工擾乱による観測障害と地磁気観測所施設の移転決定◇

このように順調に進んでいた東京地磁気観測所でしたが、東京の空が汚れてきたため1903年（明治36年）に空中電気観測は中止されました。さらに明治末期になると、東京市内電車の拡張が次第に進んで方々に電車が通るようになり、それらによる人工擾乱磁場が観測に影響を及ぼし始めました。また、東京帝国大学（現東京大学）でも磁力実験に支障が出始めていました。当初は中央気象台・東京帝国大学の強い申し入れで両地点附近の電車路線の敷設は規制されていましたが、1912年（明治45年）、東京市電気局により神田区一橋通り路線の市電運転が計画され、地磁気観測施設の移転が要請されたため、中央気象台・東京帝国大学・東京電気局三者の協議の結果、中央気象台は東京地磁気観測所を移転することとし、東京帝国大学も磁力実験用の土地を他に求めることになりました。

さて、いよいよ地磁気観測の舞台は柿岡へ移ることになります。乞うご期待！

（観測課 谷口 秀隆）

（参考文献）

気象百年史

地磁気観測百年史

（参考URL）

<https://www.kakioka-jma.go.jp/intro/box1/1897.html>

空中電気観測について詳細に知りたい方は、以下のURLをご覧ください。

https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/ae_bg.html



平川濠（東京都千代田区代官町通付近）から皇居方向を望んだ現在の写真です。

図1に描かれている堀が、中央気象台で地磁気を観測していた頃と変わらず現存していることがわかります。

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 : 北桔橋門外から天守台を望む（東京都千代田区）（谷口 秀隆）

