

全国に設置した地球電磁気連続観測装置

The Continuous Observation Equipment of Geomagnetism Installed in the Whole Country

測地部 田辺 正
Geodetic Department Tadashi TANABE

要旨

測地部では、地磁気測量の高精度化および地震や火山噴火などの地球の変動に関連する地球電磁気的なシグナルを検出し、これらの発生メカニズムを明らかにすることにより、予知技術の発展に貢献することなどを目的として、全国に地球電磁気連続観測装置を設置した。この装置は地磁気4成分（全磁力、水平分力、鉛直分力、偏角）の常時連続観測を無人で行う磁気変化観測部（全国11箇所）とデータ収集・監視を行う中央管理装置（つくば市）で構成される。磁気変化観測部で得られたデータは中央管理装置で収集され、全国を対象とした地磁気変化の監視を行う。また、同連続観測装置で得られたデータは、我が国における地磁気観測の参照用データとして利用が期待される。

1. はじめに

測地部では、平成7年度の補正予算で「地球電磁気連続観測装置」を全国に設置（図-1）し、平成8年度から観測を開始した。これまでの地磁気測量は、全国105箇所に設置した一等磁気点において、長期的あるいは短期的な繰り返し観測を行うことにより、地球磁場の地理的分布とその時間的変化を明らかにするとともに、地震に伴う前兆的な磁気異常を検出し、その結果を地震予知研究へ資料として提供してきた。今回設置した地球電磁気連続観測装置は、これまで実施してきた地磁気測量のうち短周期の繰り返し観測を連続化することにより、①従来実施してきた地磁気測量の高精度化および効率化、②地震および火山噴火などの地球の変動に関連する地球電磁気的なシグナルを検出してこれらの発生メカニズムを明らかにし、予知研究の発展に貢献することを目的としている。

本稿では、全国に設置した地球電磁気連続観測装置の概要とその現状について報告する。

2. 地球電磁気連続観測装置の概要

地球電磁気連続観測装置は、地球磁場の永年変化を観測する磁気変化観測部（以下、「観測部」という。）とそれらの変化を監視する中央管理装置（以下、「管理装置」

という。）で構成されている。また、観測部敷地内には磁気点標石が、同観測部周辺（2 km以内）には、複数の補助点がそれぞれ設置されている。（図-2、写真-1）

3. 磁気変化観測部

地磁気は「大きさ」と「方向」をもつベクトル量である。地磁気を規定するためには、7つの地磁気要素（図

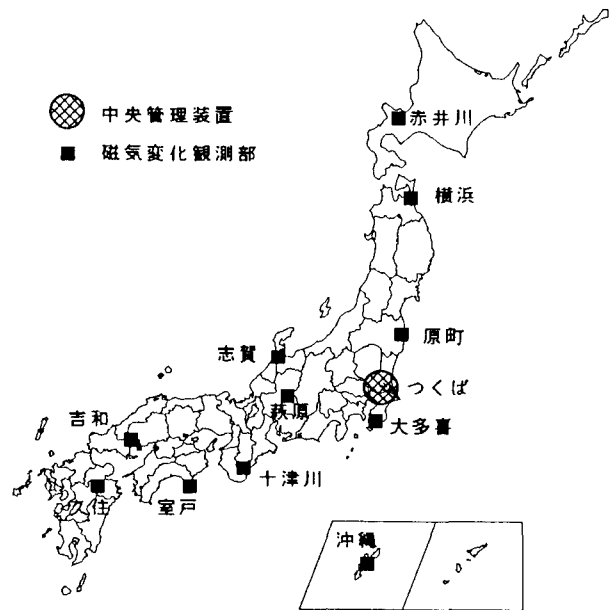


図-1 地球電磁気連続観測装置の配置

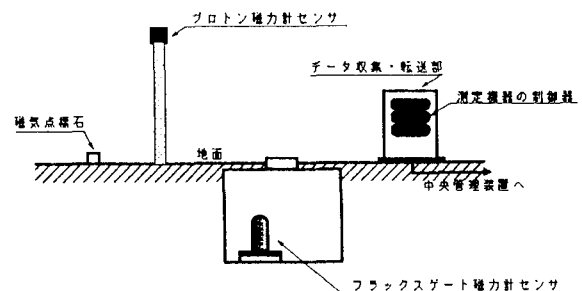


図-2 磁気変化観測部の構成



写真-1 地球電磁気連続観測装置の全景(横浜測点)
左側のテント内に磁気点標石が設置されている

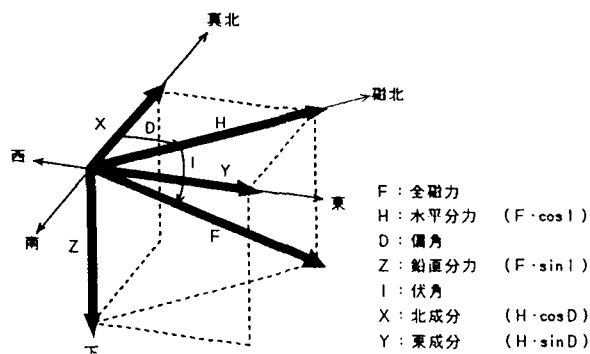


図-3 地磁気の要素

一3)のうち独立な3つの要素を示せばよい。観測部は地磁気要素のうち全磁力を測定するプロトン磁力計、水平分力、鉛直分力および偏角の各変化値を測定するフラックスゲート磁力計、および測定したデータを収集し、そのデータを管理装置へ転送するデータ収集・転送部から構成された無人の観測施設である。

3.1 プロトン磁力計

プロトン磁力計は、水素の原子核(プロトン)の核磁気モーメントを利用して全磁力の絶対値を測定する装置であり、その仕様は次のとおりである。

- ① 型式：トロイダル型
- ② 感度：0.1nT
- ③ 精度： $\pm 0.3nT$
- ④ 確度： $\pm 0.5nT$

本装置のセンサの設置位置はアルミ製の収容箱内に設置された制御器等からの人工擾乱を避けるために、アルミ製架台の上(地上高2.5m)に設置されている。

3.2 フラックスゲート磁力計

フラックスゲート磁力計は、高透磁率磁性材料(パーマロイなど)の磁気飽和特性を利用して、各検出器軸(X, Y, Z)方向の磁場の強さの変化分を測定する装置であ

り、その仕様は次のとおりである。(写真-2)

- ① 分解能：0.2nT
- ② 長期間ドリフト： $< 3nT/年$
- ③ 温度影響： $< 0.25nT/^{\circ}C$
- ④ 温度検出器分解能：0.1 $^{\circ}C$

その他、本装置では長期間の連続測定を考慮して、傾斜を自動補正するサスペンション方式を採用している。また、同装置のセンサは地下に埋設したレジンコンクリート製の収容箱内に設置されている。これはフラックスゲート磁力計のセンサ部周辺の温度変化によるドリフトを考慮したからである。通常測定結果の確度を維持するためにはセンサ部を①地下室に入れるか埋設する、②空調を入れた部屋に設置する、③地下室で空調を入れる、などにより同センサ部周辺の温度変化をできるだけ小さくすることが必要である。これについて一等磁気測量では観測期間が短いため、ポリバケツを用いた簡易埋設法を用いているが、本装置では長期の連続観測を考慮して地中に埋設したレジンコンクリート製の収容箱内に設置した。

このレジンコンクリートとは、日本電信電話公社(現NTT)が開発した製品で、セメントと水を一切使わず、不飽和ポリエステル、エポキシ、フェノール等の熱硬化性樹脂(レジン)を結合材として、砂・砂利・炭酸カルシウムを強固に固めたコンクリートであり、

- ① 強度はセメントコンクリートの3~6倍で鉄筋が不要である。
- ② 水圧20kg/cm²でも透水しない。
- ③ 合成樹脂のため耐食性に富み、また、凍結融解性に優れるため、使用場所を選ばない。
- ④ 電気絶縁体である。

などの特徴を持っている。

これらのことから、レジンコンクリート製品は使用する骨材に注意すれば非磁性であり、磁性物を嫌う磁気測定施設の建築用として最適な資材である。なお、レジンコンクリートは多くの地磁気観測施設で使用されている。

3.3 データ転送・収集部

データ転送・収集部はプロトン磁力計とフラックスゲート磁力計の両センサから離れた位置に設置したアルミ製の収容箱内に設置されており、

- ① 測定したデータを一時的に記録しておくデータ記録部
- ② つくばの管理装置にデータを転送するモデム
- ③ 観測部の時刻基準となるGPS時計
- ④ 観測部の各装置に電源を供給する電源部

で構成されている。

GPS時計のアップデートは1秒ごとに行われ、位置および高さの測定精度はそれぞれ $\pm 8m$ と $\pm 25m$ である。両センサの測定はすべてGPS時計の時刻データに

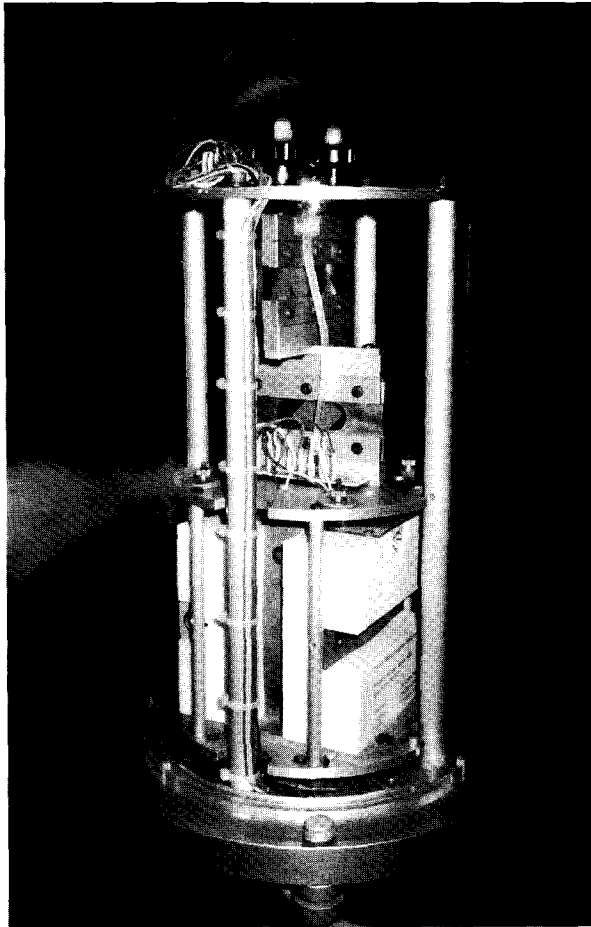


写真-2 フラックスゲート磁力計センサ

基づいて行われている。データ記録部の記憶容量は10日間分で、測定データは1日（ただし、世界標準時で）単位でファイル化される。記録方式は記憶したデータファイルが10個を越えると古いファイル順に消去されて新しいデータが記憶されるエンドレス方式を採用している。電源部は低ノイズを採用し、過電圧・過電流保護回路、耐雷防止用トランス等が付いている。収容箱の構造は防水・防塵仕様で、内部には断熱材が張られており、さらに周囲には熱を遮蔽するための遮蔽板が付いている。なお、GPS時計はこの上部遮蔽板の中央に埋め込まれている。

4. 中央管理装置

観測部で得られたデータを収集・解析・監視する装置で、次の機器から構成されている（図-4）。なお、同装置は院内LANに接続されており、地磁気観測総合システム装置（平成7年度導入）に記録された各測地観測所データの利用も可能である。

管理装置にはデータ処理用として次のようなプログラムが用意されている。

1) データ収録

観測部で測定されたデータを公衆電話回線（ボーレート：9600BPI）を介してファイル単位で自動または手動で収集し、そのデータを測定ファイル（シーケンシャルファイル：全磁力と温度以外のデータは変化値）に記録する。

自動収集は、あらかじめ観測点と収集開始時刻（データファイルは世界標準時の1日単位で作成されるため、日本標準時の9時以降）を設定しておくことにより、毎日指定点における前日分のデータを収集する。手動収集は観測点とその対象日（観測部のメモリ容量は10日分のため10日以内）を設定し収集を行う。自動・手動収集ともデータ収集が電話回線の不良等によってできない場合は、その観測点について自動的に再収集を行う（ただし、2回まで）。それでもだめな場合は収集を中止し、自動収集の場合は次の収集のため待機する。

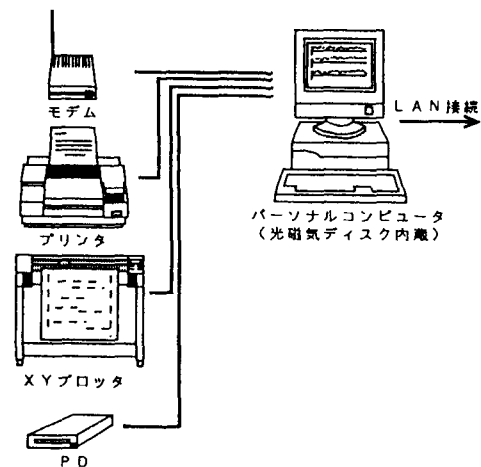


図-4 中央管理装置の構成

2) 時刻・位置の点検

観測部のGPS時計の点検をGPS時計の時刻と管理装置の時刻を比較することにより行う。なお、観測部の位置データも表示する。

3) 動作状態の点検

観測部の作動状況を点検するために、同観測部に記録されたデータの観測日、データ量、ファイル名等を収集して表示する。

4) 収録状況の確認

管理装置のデータ収集状況を観測点、観測日等を指定して表示する。

5) 成果ファイルの作成

測定ファイルのデータをA-valueや観測点（測地観測所も含む）間の比較などにより人工擾乱による異常を調査しデータを修正して、成果ファイル（フォーマットは測定ファイルと同じ）を作成する。A-valueとは、フラッ

クスゲート磁力計で得られた水平分力(H)と鉛直分力(Z)を用いた計算から得られる全磁力(F')と、プロトン磁力計で測定された全磁力(F)の差で(1)式から得られる。A-valueは観測部ごとに両機器の点検に用いられる。

$$A\text{-value} = \sqrt{H^2 + Z^2} - F \quad (1)$$

6) 標準フォーマットファイルの作成

成果ファイルのデータと各成分の変化量を絶対値にするため、変化量に加える一定値(以下、「基線値」という。), 全磁力地点差等を用いて地磁気各成分の絶対値化とそれらの値の成果点(後述)への化成を行い、その結果を標準フォーマットファイルに記録する。標準フォーマットファイルは1ヶ月分の毎分値データで構成されるランダムファイルであり、気象庁の地磁気観測所が採用しているファイル形式である。このファイル形式は柿岡フォーマットファイルとも呼ばれており、我が国における地磁気データの標準的なファイル形式となっている。

7) 観測地点間の差グラフの作成

比較する観測点、期間、データの種類(毎分値、時間平均値、日平均値等)およびデータファイル(成果ファイルまたは標準フォーマットファイル)を指定し、それらのデータから指定した観測点間の各要素の差の時系列変化グラフを作成する。

8) 地磁気変化グラフの作成

観測点、期間、データの種類(毎分値、時間平均値、日平均値等)およびデータファイル(成果ファイルまたは標準フォーマットファイル)を指定し、それらのデータから各要素の時系列変化グラフを作成する。

9) 夜間値ファイルの作成

観測点と観測月を指定し、その標準フォーマットファイルデータから地震予知地磁気研究グループ仕様の夜間値ファイルを作成する。

10) 毎時値ファイルの作成

観測点と観測月を指定し、その標準フォーマットファイルデータから毎時値を求め、同データのファイルと月表を作成する。

11) 絶対値成果ファイルの作成

観測点と期間を指定し、その標準フォーマットファイルデータから絶対値成果ファイルを作成する。

12) A-valueファイルの作成

観測点、期間、データの種類(毎分値、時間平均値、日平均値等)およびデータファイル(成果ファイルまた

は標準フォーマットファイル)を指定し、それらのデータからA-valueの時系列変化グラフとA-valueファイルを作成する。

13) 地磁気変換関数の計算

観測点と観測月を指定し、その標準フォーマットファイルデータから地磁気変換関数(藤原1996)を求め、その結果をファイルに記録する。

14) 地磁気変換関数のグラフ表示

観測点と観測年を指定し、CAファイルデータを用いて地磁気変換関数、または2点間の地磁気変換関数の差の時系列変化グラフを作成する。

5. 磁気点および補助点

5.1 磁気点

地磁気測定の成果は地磁気成分の絶対値である。観測部で得られる地磁気成分(全磁力、水平分力、偏角、鉛直分力)のうち、全磁力はプロトン磁力計により絶対値として得られるが、他の成分については、フラックスゲート磁力計により各成分ごとに基線値からの変化量が得られる。この変化量の絶対値化には基線値の決定が不可欠であり、その基線値を決定するための絶対値観測(以下、「基線値観測」という。)が必要である。この基線値には経年変化とセンサ周辺の温度変化によるドリフトがあることから、フラックスゲートで得られるデータの確度維持のためには、定期的な基線値観測が必要である。基線値観測では、磁気点標石中心上において磁気儀(例えば、GSI型磁気儀、DIメータ等)を用いた偏角・伏角の観測と、プロトン磁力計の測定値から磁気儀中心の全磁力を得るために必要な両機器間の全磁力地点差を携帯用プロトン磁力計を用いて測定する。これらの測定結果を用いてある時刻における磁気儀中心での地磁気成分の絶対値を求め、その値と同時刻におけるフラックスゲート磁力計で得られた値との比較により基線値を決定する。

地磁気は既に述べたとおりベクトル量であり、その量は同位置で同時刻に得られたものでなければならない。このことは、観測部で得られる地磁気成分は、両センサの設置位置が異なるため、そのままでは成果にならないことを意味している。そのため、前記基線値観測時の磁気儀中心を、成果を得た位置(以下、成果点という。)として処理を行うことが一般的に行われる。このとき成果点における全磁力は、観測部のプロトン磁力計で得られた値にプロトンと磁気儀中心との全磁力地点差を加用して求め、他の成分は、フラックスゲート磁力計で得られデータの変化の様相が磁気儀中心と等しいという仮定に基づいた処理を行う。本システムでもこの処理法によっている。

以上のことから、観測部で得られるデータの確度維持

を目的とした基線値観測の中心と、観測部で得られる地磁気成分を成果として発表する場合の成果点位置として地上に表示する必要があるため、磁気点標石を設置した。

5.2 補助点

観測部で得られたデータに異常変化が現れた場合に、観測部の異常の有無および同観測部周辺の人工擾乱の点検を行うために設置した。

6. 地球電磁気連続観測装置の設置

6.1 磁気変化観測部

観測部の設置位置の選定は、観測と観測施設工事の両面について考慮しなければならない。

観測については、

- ① 設置位置周辺に人工擾乱の発生原因となるものが無いこと。

具体的には、一等磁気測量作業規程に基づき、各施設からは次の距離以上離れていること。

- ・直流電化鉄道 5 km
- ・交流電化鉄道 2 km
- ・未電化鉄道 2 km
- ・鉄塔 1 km
- ・高圧電線 0.5 km

- ② 設置時の状態が長期に渡って維持される場所（開発が既に終了、または計画がない場所）であること

- ③ GPS衛星からの電波受信ができること。

上空視界の確保はGPS測量ほど要求されないが、最低でも1日1回、数分間の受信ができなければならない。

- ④ 他機関(気象庁地磁気観測所、海上保安庁水路部、大学等)の地磁気連続観測点とできるだけ重複しないこと。

観測施設工事関係については、

- ⑤ 設置位置まで工事車両が進入できる道があること。

- ⑥ 電気・電話線が近くまで敷設されていること。

- ⑦ 地質が設置あるいは工事に適していること。

などが要求される。

上記の条件には互いに相反する条件が含まれている。例えば、⑤については、設置工事時には必要(予算が許せば問題ではない)であるが、観測時には、逆に人・車が入ることで、人工擾乱の発生が予想される。今回の位置選定では期間が短く、また予算的なこともあり、非常に苦労した。選定の結果と既存(他機関も含む)の主要な観測点を図-5に示す。同図によれば今回の設置位置は、これまで地磁気関係者から地磁気観測の空白地域として観測点の設置が強く望まれていた中国、四国地域もカバーしており、全国的に見てもバランスよく設置されている。

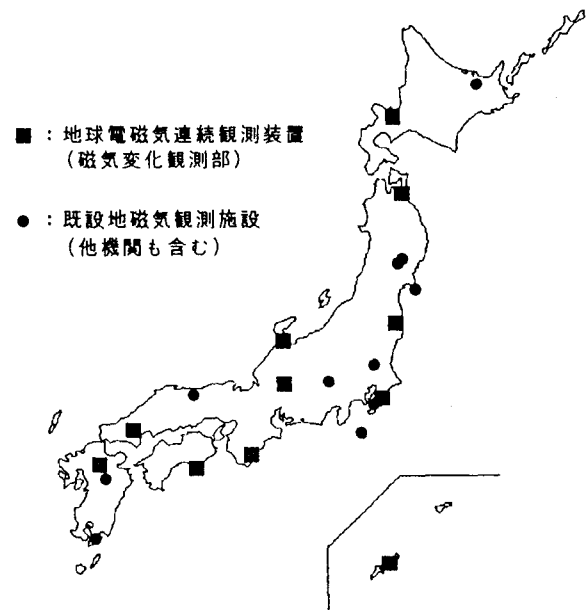


図-5 地球電磁気連続観測装置と日本の主な地磁気観測施設の配置

なお、実際の位置選定は測地第一課を中心に、候補地の選定、土地借用の交渉など地方測量部および観測所の協力を得て行った。

6.2 磁気点および補助点

磁気点、補助点の選点およびその標識の埋設は、平成8年度の一等磁気測量作業中に実施した。

磁気点については、プロトン磁力計とフラックスゲート磁力計の両センサから5m以上離れた位置に選定し、基準(一部の点では一等)磁気点標石を埋設した。補助点については、観測部から1km程度を目安にし、その他の条件は観測部に準じて選定した。補助点は省力化のためできるだけ既存の基準点(三角点等)を利用するようにつとめ、条件が合う基準点がない場合はプラスチック杭を打設した。なお、設置した補助点の数は各観測部ごとに3点である。

7. 運用状況

地球電磁気連続観測装置は平成7年度に設置を行い、平成8年度から観測を開始した。はじめにデータとファイルの流れを図-6に、データ処理の流れを図-7に示す。

データ処理では、観測部で測定を行い管理装置で収集した測定ファイルのデータを点検・修正し、成果ファイルを作成する。この成果ファイルと基線値観測作業で決定した基線値、全磁力地点差等を用いて地磁気各成分の絶対値化および成果点への化成を行い、標準フォーマットファイルを作成する。その後、前記成果ファイル、標準フォーマットファイル等を用いて各種変化グラフの作成、解析処理、監視、データ提供等を行う。なお、測定

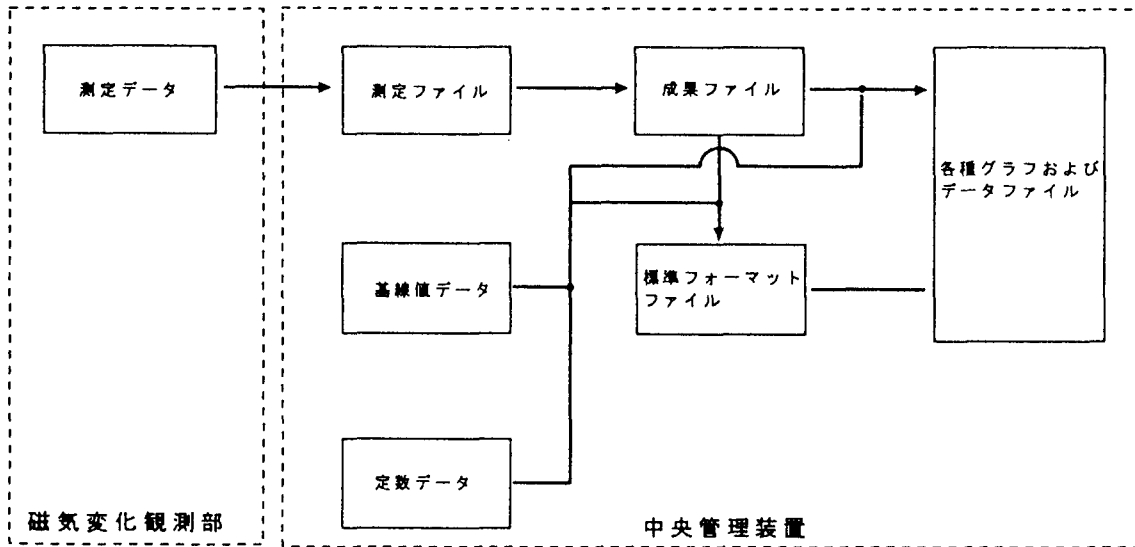


図-6 データとファイルの流れ

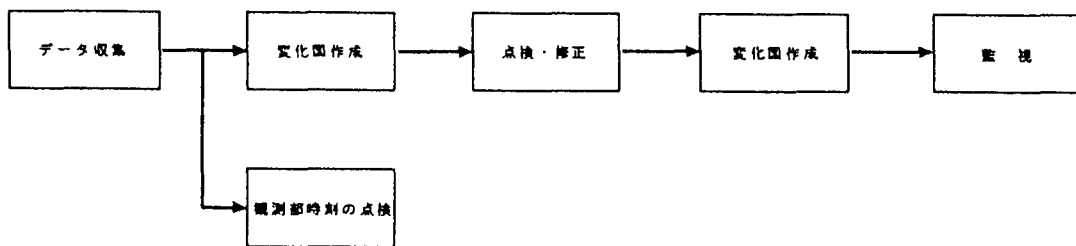


図-7 中央管理装置におけるデータ処理の流れ

ファイル、成果ファイルおよび標準フォーマットファイルはそれぞれ管理装置のハードディスクに記録されるほか、バックアップ処理により、他の記録媒体（CD-ROM, MO, Photo CD等）に記録される。

7.1 測定

1) 磁気変化観測

測定は、表-1により行われている。なお、2種類の温度はフラックスゲート磁力計のセンサ周辺および制御器内部の温度であり、温度変化によるドリフトを監視、

表-1 磁気変化観測の測定内容

機器	要素	測定方法
プロトン磁力計	全磁力	毎分値(励磁は前分55秒から正分まで)
フラックスゲート磁力計	水平分力	毎分値(ただし、前分30秒から29秒までの60個の毎秒値の平均値)
	偏角	〃
	鉛直分力	〃
温度計(フラックスゲート磁力計センサ)	センサ温度	毎分値
温度計(フラックスゲート磁力計制御器)	制御器温度	毎分値

あるいは補正するためのものである。

各測定はGPS時計の時刻データで校正された時刻(世界標準時)により行われている。測定データは1日単位でファイル化され、観測部のデータ転送・収集部内のメモリに記録される。その後、このファイルは管理装置からのアクセスにより管理装置に転送される。

2) その他の観測

① 基線値観測

第1回目の基線値観測は、平成8年度一等磁気測量作業として同作業規程に基づいて実施した。ただし、大多喜測点については鹿野山測地観測所が月1回の定期的な基線値観測を行って、基線値の経年変化と温度変化によるドリフトを調査している。従来これらの作業では偏角の基準が真北であることから、北極星による方位角観測が必要であり天候障害が悩みの種であった。しかし、平成6、7年度に実施した調査研究(「高精度ジャイロスコープを使用した自動方位測定手法の開発」)によって、オートジャイロによる方位角の測定が可能となり、平成8年度作業からこの方法を採用したことにより作業改善がはかられた。

② 補助点観測

観測点から1~2km離れた場所に、観測部で得られたデータに異常変化があらわれた場合の点検用とし

て、補助点が設置されている。異常変化があらわれ、かつ観測部周辺の変化等に関する情報収集でもその異常原因が不明の場合は、補助点とプロトン磁力計間の全磁力地点差を測定し、この値と基線値観測時に鑑定した値を比較することにより、観測機器の正常稼働と人工擾乱の点検を行うことになっている。補助点観測とは、この全磁力地点差の比較(基準)値を得るため、補助点において携帯用プロトン磁力計を用いて行う全磁力測定である。今年度の観測では各補助点において1時間の毎分値測定を実施した。

7.2 データ収集

通常データ収集は管理装置のデータ収集プログラムにより、毎日9時5分(日本標準時)から自動的に行われる。データ収集にかかる時間は電話回線の状態にもよるが、全点で約30分程度である。電話回線の不良により、自動で収集ができない場合は、手動で収集を行う。これまでに停電(原因は不明であるがブレーカーが落ちた)や電話回線の不良により、自動収集ができないことがあったが、電源の復帰後および日を変えることによって収集は可能であった。データ収集中のディスプレイ画面を図-8に示す。

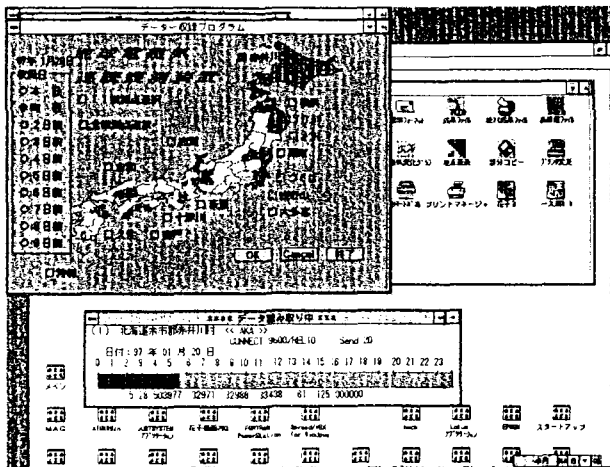


図-8 データ収集中のディスプレイ画面

7.3 点検・修正

磁気変化観測で最も重要かつ大変な仕事が点検・修正である。観測点によっては人、車の通過や駐車等による避けられないノイズが発生するが、これを除去しなければならない。このためのデータの点検・修正は、管理装置で成果ファイル作成プログラムを用いて半自動で1日単位で行う。同プログラムでは、観測点、測定日および点検・修正を行うデータファイル(測定ファイル、または成果ファイル)を指定することにより、それらのデータから各成分の時系列変化グラフをディスプレイ上に表示する。この表示において各成分毎に前分値との差に閾値を設定しており、この閾値を超えた場合はその部分だけ色を変えて表示される。点検はA-valueと観測点間の

各地磁気要素の地点差について行う。A-valueは通常 ± 2 nT以内であるが、機器の計測ミス、基線値のドリフト(温度変化による場合も含む)および人工擾乱等がある場合はその差が大きくなる。観測点間の地点差点検は、A-valueで把握できない磁性物の投棄や設置等による人工擾乱を発見するために、各成分ごとの単純差を求めて行うものである。この点検では測地観測所のデータも利用可能である。

修正方法には、ノイズが単発的な場合の修正と平行移動(磁性物の投棄等により、その期間のデータがシフトした場合)的な場合の修正があり、いずれもマウスの操作により対話式で修正を行う(図-9 a, b)。その他、数値入力も可能である。

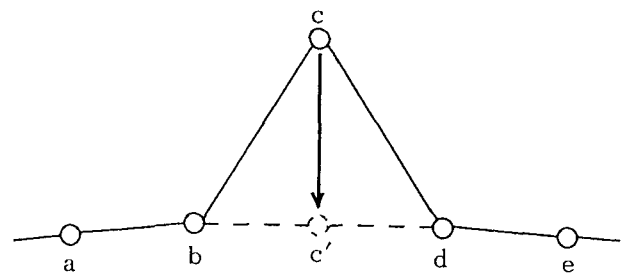


図-9 a ノイズが単発的な場合の修正
b, d値の平均値を c' とする。

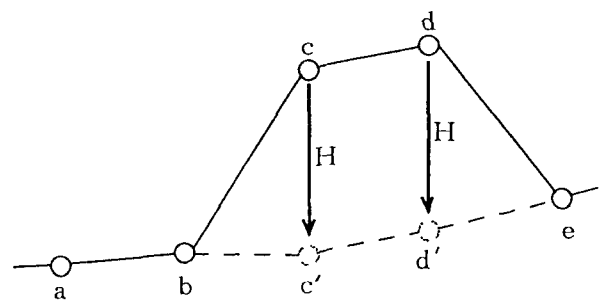


図-9 b ノイズが平行移動的な場合の修正
平行移動量Hを前後の値から求め、それをc, d値に加用して c' , d' を求める。

地磁気の1日の変化は、時々刻々複雑な様相をしている。これは地球の磁気圏に起因する変化で、数秒から数日の周期で不規則な変化をしている。このため、データの点検・修正をすべて自動的に行うのは難しく、もし自動化したとしても、自然の変化までも修正してしまうことが考えられる。このため、現プログラムでは、1分値の異常(図-9 a)の場合でその変化があらかじめ指定した値以上のときは自動的に修正するが、それ以外については、対話方式(前記)で修正を行うようにしている。実際の点検・修正は、人工擾乱と自然の地磁気変化を区別することが難しく、かなり経験を要する作業である。また、データに異常変化があらわれた場合、その原因に関する情報の入手は有人の観測所では得やすいが、観測

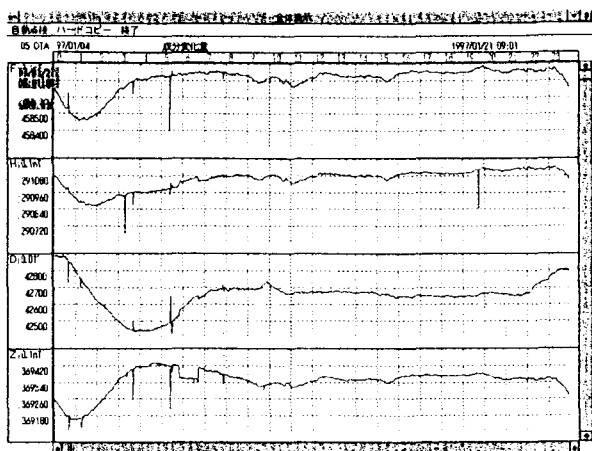


図-10a 修正例（修正前）

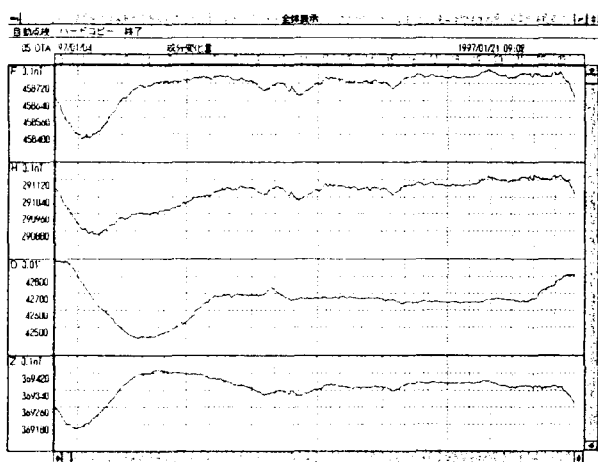


図-10b 修正例（修正後）

部は無人の観測施設であるため難しい。そのため、異常変化が短時間の場合や明らかに人工擾乱と思われる場合はそのまま修正を行うが、その以外の場合は観測部の敷地管理者等に異常変化の原因に関する情報提供を依頼し、その情報に基づいて修正を行っている。なお、原因が分からない、または分かったとしても修正できないような異常変化の場合は、その値を異常値として処理を行っている。修正列を図-10a, bに示す。

7.4 その他のデータ処理

前記処理により作成した成果ファイルおよび基線値データ等を用いて月ごとに標準フォーマットファイルを作成する。さらに標準フォーマットファイルまたは成果ファイルのデータを用いて各種の時系列変化グラフを作成し、それらのグラフにより磁気異常変化の監視を行っている。

7.5 保守

地球電磁気関連観測装置の保守は施設、機器、測定値にわけられる。

1) 施設

施設の保守は観測部が無人の施設であるため、人工擾乱の発生源となる磁性物の不法投棄や構造物の建築等、周辺環境の変化について注意をしなければならない。これについて平成8年度は特に問題はなかった。当面、敷地管理者（主に市町村）などの協力を得ながら注意していく予定であるが、人工擾乱の多発は、データ点検・修正作業量やデータの確度に大きく影響することから、将来的には最低でも月1回の定期的な保守が必要と思われる。

2) 機器

機器については長期の連続的な正常稼働を維持するために、全点のメーカーによる年1回の保守が必要である。平成8年度の機器保守については保証期間でもあり、異常が発生した観測部だけについて行った。その主な内容は、フラックスゲート磁力計センサが設置されている地下収容箱内の浸水が複数の点で見られた。その水深は数mmから470mmまでであり、原因は結露と思われる。観測点によっては全く浸水していない点も見られることから、観測装置の位置や周辺の環境（標高、地形、地質等）が大きく影響していると思われる。これについては現在対策を検討中であるが、当面は観測部の保守や基線値観測作業の実施時期を調整するとともに、地方測量部等の協力も得ながら対処して行く予定である。

3) 測定値

地球電磁気連続観測装置で得られる成果は、地磁気各成分の絶対値である。このため、測定値の絶対値化およびその絶対値の確度維持のために、各観測部における基線値観測が不可欠である。第1回目の基線値観測は平成8年度に実施済であるが、基線値の経年変化やセンサ周辺の温度変化によるドリフトを把握するため、今後も年1回の観測が必要である。その他、基線値はフラックスゲート磁力計の修理や交換により変化するため、緊急的な基線値観測作業体制も考慮していく必要がある。

8. 今後の課題

これまでの運用によりハード・ソフトの両面での不備や改良点が明らかになった。それらの一部については平成8年度調査研究「地球電磁気ネットワークデータの処理法に関する研究（平成8年度～平成10年度）」の中で改良を行った。今後の課題としては、

- ① 収集したデータの点検・修正方法の効率化
- ② 異動変化の検出方法の確立
- ③ 基線値のドリフト把握および基線値決定の効率化
- ④ 人工擾乱源に関する情報収集システムの確立
- ⑤ データ提供システムの確立
- ⑥ 観測部の増設

などがある。このうち、①、②については前記調査研究

の中で行う予定である。⑤については、データ利用に関して研究者からの要望が強い。これまでのデータ提供は共同研究等により行われていたが、今後はデータのより有効的な利用を考慮し、取得データのデータセンターへの登録を検討していかなければならない。⑥については現在の設置点数は11点であるが、M8クラスの地震予知のためには、

⑦ M8クラスの地震について期待される地磁気変化の半径が200kmである。

⑧ 地球深部に起因する地磁気変化のうち最も短いものは400kmである。

などにより、20点(点間150~200km)程度の点数が必要であり、残り9点の設置が必要である。その他については今後の運用のなかでそれぞれ検討していきたい。

9. おわりに

地球電磁気連続観測装置の概要とその運用状況について紹介した。設置点数、システム内容ともにまだ不十分な部分もあり、今後とも改良していかなければならないが、本装置の整置より長年の夢であった、地磁気連続観測点網の整備がスタートした。これにより、単に全国の地磁気変化の連続監視が可能となっただけでなく、今回の設置による地震予知研究への影響は大きい。また、最近地震予知の有効な手段として電磁気波観測の研究が提唱されており、このなかで広域電磁場観測点網の確立と固定MT連続観測点の設置が望まれている。これは、これらの研究で扱う各種電磁波観測データには、地球中心核起源の地球磁場永年変化および地球磁気圏や電離圏に起因する磁場変化および地球磁気圏や電離圏に起因する磁場変化等が含まれるため、これらを除去するための

参照用固定観測点における磁場データが必要とされているからである。国土地理院は全国を対象とする地磁気各成分の連続観測を行う唯一の機関であり、今回設置した連続観測点は地磁気の参照用固定観測点としても大いに期待されている。これらの参照用固定点として、今回設置した地球電磁気連続観測装置の利用がすでに始まっている。具体的には萩原、志賀両測点の敷地内に複数の大学によって各種電磁波観測装置の設置が計画され、萩原観測点についてはすでに機器の設置が終了し、平成8年12月から観測が開始されている。志賀観測点についても平成9年度中には機器が設置されて、観測が開始される予定となっている。

また、国土地理院では平成7年度に、水沢測地観測所および江刺観測場に、地殻変動の前兆を、地下のみかけ比抵抗変化として検出・監視するための固定広域帯MT観測装置を設置し、平成8年度から観測を開始した。この観測で得られたデータは、上記参照用固定観測データとしても使用可能であり、かつ地殻変動を対象とする固定観測は世界でも初めての試みであることから成果が期待されている。

地球電磁気連続観測装置の設置に伴い、それらのデータの利用要望が多く、今後積極的にデータを提供しその有効利用を図っていきたい。

謝辞

地球電磁気連続観測装置の設置にあたり、設置場所を提供していただいた地方自治体、観測装置の設置位置選定にご協力いただいた地方測量部(支所)および測地観測所の方々にお礼申し上げます。

参 考 文 献

藤原 智・湊 敏弘・都筑三千夫・中堀義郎(1994):北海道南西沖地震による地磁気変化, 国土地理院時報, 81, 1-7.