

八ヶ岳地球電磁気観測所の観測システムの変遷と現状

小 山 茂*

A Review of the Observation System at Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory

Shigeru KOYAMA*

Abstract

Yatsugatake Geomagnetic Observatory was established in 1970, as a standard geomagnetic station for the earthquake prediction research in the central part of Japan. The observatory's history can be divided into three stages, i.e., 1970-1980, 1981-1987, and 1988 to present. In the first stage, geomagnetic total intensity and three component variations were recorded in a digital form by a printer, as well as monitor recordings on strip charts. In 1981, a cassette tape recording system was introduced, which was improved to a telemetry system in 1984. The present system, since 1988, consists of a proton precession magnetometer, an Overhauser magnetometer, two three-component fluxgate variometers, with a telemetry system and a backup power supply. The observatory also has five satellite magnetic stations in the Tokai district to study the regional characteristics of the geomagnetic secular variations. Although it started as a geomagnetic observatory, its name was changed to Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory in 1994 because of increased importance of electromagnetic observations.

Key words : Yatsugatake Geomagnetic Observatory, Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory, electromagnetic observation.

はじめに

八ヶ岳地磁気観測所は、地震予知研究計画の一環として1970年に長野県小海町に設置された。以来全磁力、地磁気3成分、地電流などの連続測定を行い、東海、甲信越地方の基準観測所としての役割を果たしてきた。また観測データは、地下構造調査のための移動観測データに対する基準としても使用されることもあるなど、地震予知研究以外の分野でも有効に利用されてきている。

当観測所の全磁力データは、地震予知計画による全磁力永年変化精密観測の中部日本を代表するデータとして、地震予知連絡会に報告されている。

当観測所の役割として、基準観測所としての観測のほかに、地殻活動に関連した電磁気現象の研究を行うことがあげられる。そのために観測所開設当初から東海地方におい

て繰り返し磁気測量を実施して、同地域における地磁気永年変化の異常の検出を目ざした。1981年以降は東海地方の5ヶ所において、地磁気全磁力、地磁気3成分、地電位差変化などの連続観測を実施して精度の向上に努めてきた。このうち地磁気全磁力のデータは、地震予知連絡会に定期的に報告されている。

近年の地震予知研究を含む地球内部電磁気研究の分野では、地磁気観測に限らず地電位差や電気抵抗などの諸観測・研究の重要性も増してきたことから、1994年に名称を八ヶ岳地球電磁気観測所と改称した。

八ヶ岳における観測システムは、観測開始以来2度にわたって更新されて現在に至っている。本稿では、それぞれの時代におけるシステムについて概説する。

観測開始時のシステム（1970-1980）

観測施設は人工擾乱を避けるため、観測所庁舎より約5 km 離れた山中（138° 27' E, 36° 04' N, 標高 1,170 m）にあり、絶対観測室、地下壕式変化計室、記録計室からなっている。これらの施設は後に説明するように基本的に非磁性

1996年4月18日受付, 1996年8月4日受理.

*八ヶ岳地球電磁気観測所, (東京大学地震研究所).

*Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory, (Earthquake Research Institute, University of Tokyo).

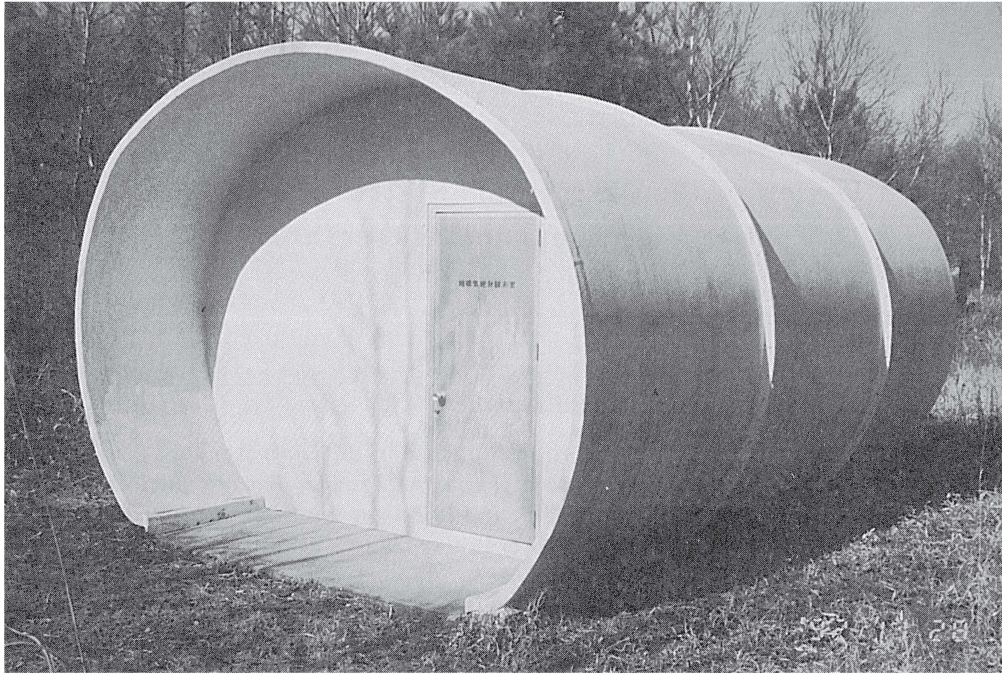


図 1. 地磁気絶対観測室の外観.

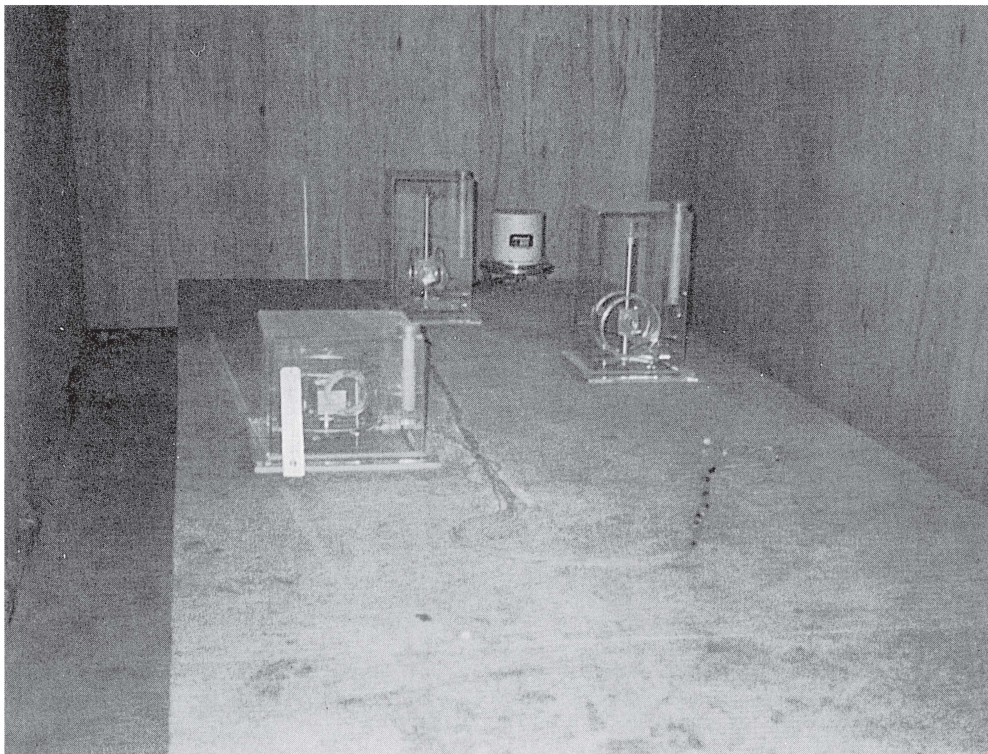


図 2. 地磁気変化計室の内部. 金属光沢をもった3台の装置は吊磁石式変化計のセンサーで、それぞれが水平成分・鉛直成分・偏角の各成分を測定する. 中央奥の白い円筒型の装置は3成分フラックスゲート型磁力計センサー.

の材料で作られており、補強材としては鉄筋の代わりにFRP（ガラス繊維強化プラスチック）などが用いられている。1970年には施設の建設の後、プロトン磁力計（3組、精度各0.1 nT）、GSI型一等磁気儀（精度0.1′）、地磁気3成分変化計（2式、感度0.1 nT）、地電流（電極間隔：東西68 m、南北75 m）などが設置され観測を開始した（行武ほか、1975）。

地磁気の強さ（全磁力）は、観測所敷地内の3ヶ所にプロトン磁力計の検出器を設置して1分毎に0.1 nTの精度で連続測定した。このような測定システムはアレイステーション式プロトン磁力計と呼ばれ、当時としては画期的なシステムであった。プロトン磁力計は、水中の陽子の核磁気共鳴現象を利用して地磁気の強さの絶対値を精度よく測定する機器である。アレイ・ステーション式にしたのは、磁気雑音の影響を少なくするためである。当時は、3ヶ所それぞれのデジタル値と3ヶ所の平均値をプリンターで1分毎にプリントアウトして記録を保存した。またモニター用として打点式記録計で記録を行った。このような方式によるプロトン磁力計のデータの記録は、1980年まで続けられた。

地磁気絶対観測室は無磁性となるように設計され、FRP材料を用いたかまぼこ型の建物である。この中のカコウ岩のピラーの上にGSI型一等磁気儀が設置され、それを用いて偏角と伏角を±0.11′の精度で測定した。磁気儀によって決定される偏角と伏角、および先に述べたプロトン磁力計による全磁力値を用いて地磁気3成分（偏角、水平分力、鉛直分力）の絶対値を決定した。

地磁気変化計室は、機器の温度変化、磁性の影響を少なくするために地下4.3 mの所にFRP製のかまぼこ型の建物を埋設したものである。変化計センサーは、吊磁石式のものと同様のフラックスゲート式の2種類のものを用いられた。吊磁石式地磁気変化計は、地磁気3成分を非常に細い水晶糸で吊した小さな棒磁石で、地磁気の時間変化に比例した動きを光学的に連続測定するものである。これと並行して、フラックスゲート型磁力計でも地磁気3成分変化を連続測定した。フラックス型磁力計のセンサーは、高透磁率のパーマロイに2組のコイルが巻かれてあり、一次コイルに交流電圧を加えると、二次コイルに地磁気変化に比例した電圧が得られる。当時の技術では、フラックスゲート型変化計はドリフトが大きく、吊磁石式変化計の補助という位置付けであった。地磁気3成分の連続記録は、打点式記録計でチャートにそれぞれアナログ記録されていた。両者は直接アナログ記録で地磁気変化を見ることができるので、直視式変化計と呼ばれた。

地電流（地電位差）観測は、敷地の中に東西68 m、南北75 mの-spanをとり、電極は4ヶ所の地下1 mの深さに直径5 m・長さ30 mのカーボン電極を埋設して行った。

地電位差2成分の連続記録も、打点式記録計によるアナログ記録のみが行われた。

このような観測所における観測を維持するとともに、スタッフは地震や地殻活動に伴う地磁気変化を検出するため、東海地方の地磁気全磁力繰り返し測量を行った。磁気測量は、磁気的なノイズの影響のない場所に非磁性の杭を埋めて測量点とし、携帯用のプロトン磁力計のセンサーを正確に同じ場所に設置して繰り返し行った。測定時間は1ヶ所あたり10～20分で、地磁気日変化の影響や人工ノイズの影響を避けるために夜間を実施することが多かった。この測量は1971年の第1回から年1～2回の頻度で、1979年第13回測量まで繰り返し行われた（HONKURA *et al.*, 1980）。

八ヶ岳観測所のデータ集録方式の改良と東海地方の連続測定開始（1981-1987）

1981年、観測所にデジタルデータ集録装置が設置され、地磁気変化計（2磁力計）6チャンネル、地磁気全磁力4チャンネルのデータが日・時・分の時間データと共に毎分1回のデジタル測定値（1分値）としてカセットテープに記録されるようになった。またこの年、フラックス・ゲート型直視磁力計が、特性の優れた新型フラックス・ゲート型磁力計（島津製）に更新された。直視式地磁気変化計の光学部分もLED型投光器・受光器に変わり、地磁気の変化分の打ち消し回路も更新された。

一方、東海地方における全磁力くり返し測定の信頼性をさらに高めるため、1981年より富士宮市篠坂（SHN）、静岡市俵峰（TAW）にプロトン磁力計を、浜岡町下朝比奈（HAM）に高精度4成分磁力計（プロトン磁力計、フラックス・ゲート型磁力計）を設置し、さらに1983年からは春野町長蔵寺（HRN）や富士宮市栗倉（FJM）にもプロトン

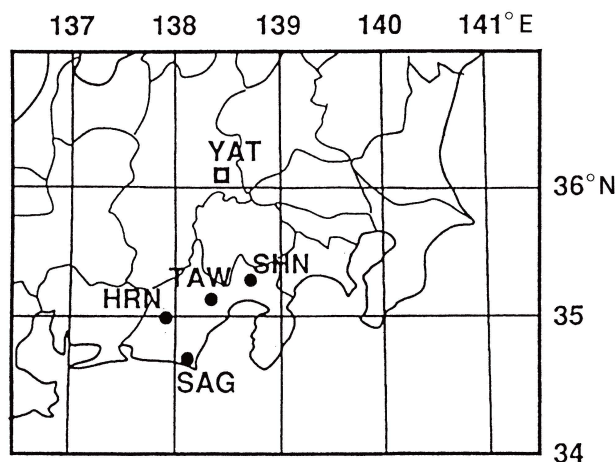


図3. 東海地方の観測点と八ヶ岳観測所の位置図。

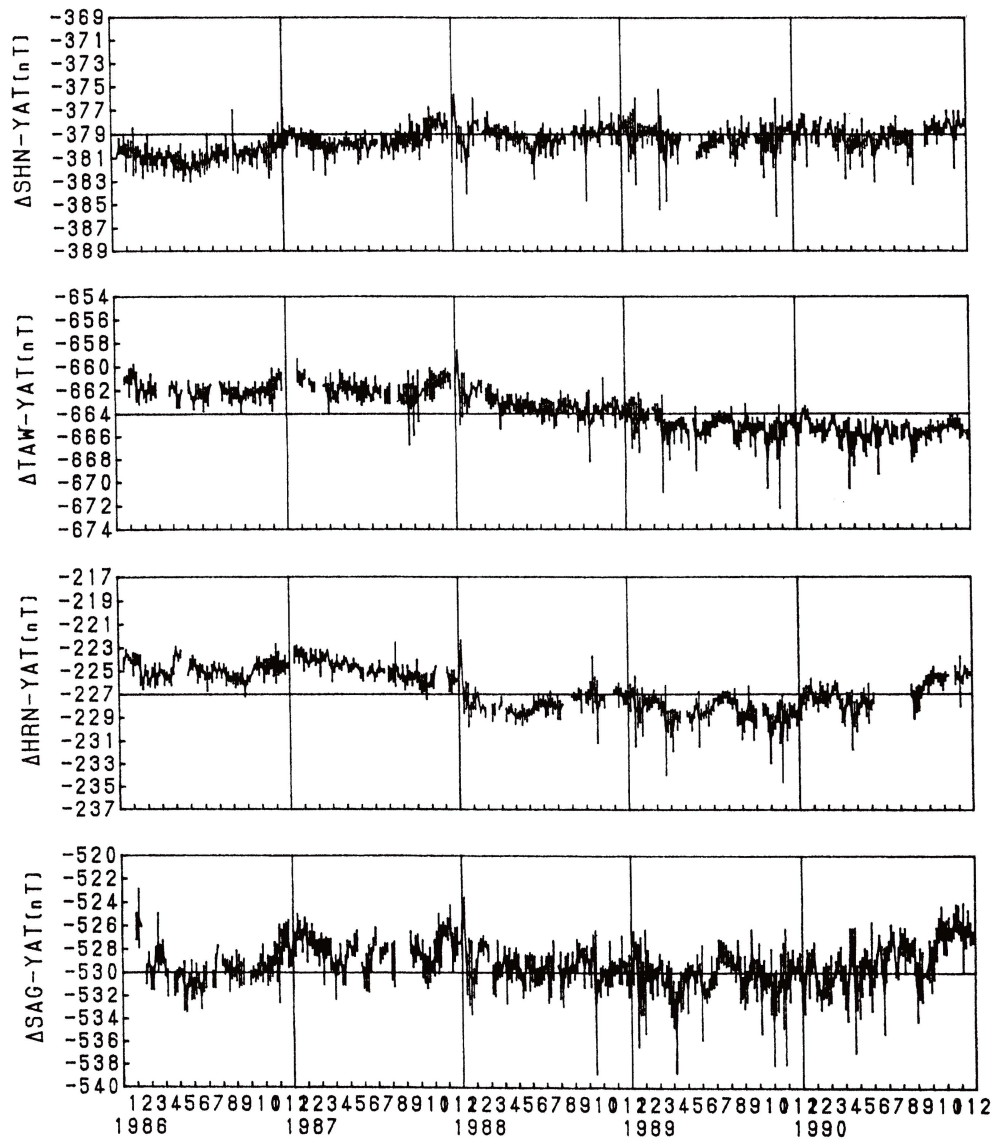


図 4. 1986年～1990年の5年間における八ヶ岳 (YAT) を基準とした、篠坂 (SHN)、俵峰 (TAW)、春野 (HRN)、相良 (SAG) の全磁力変化 (5日平均値).

磁力計を設置し、合計5ヵ所で連続測定を開始した。データは、八ヶ岳観測所と同じく毎分1回のデジタル測定値をカセットテープに記録し、そのデータから八ヶ岳 (YAT) と各地点の全磁力差の変化を調べることを行った。観測所にはコンピュータがなかったため、データ処理はすべて本所の計算機を用いて行った。

さらに1984年からは八ヶ岳観測所と庁舎をNTTの専用回線で結び、オンラインでデータを庁舎で集録できるよ

うになり、データ処理の効率化を図った。また東海地方のデータ処理のためパソコンが導入され、データをカセットテープからフロッピーディスクにまとめ、データ処理や結果の表示などもできるようになった。

現在の観測システム (1988-現在)

1988年に、観測開始以来使用していたアレイ式プロトン磁力計を新型プロトン磁力計 (YMP-8110, 国際電子製)

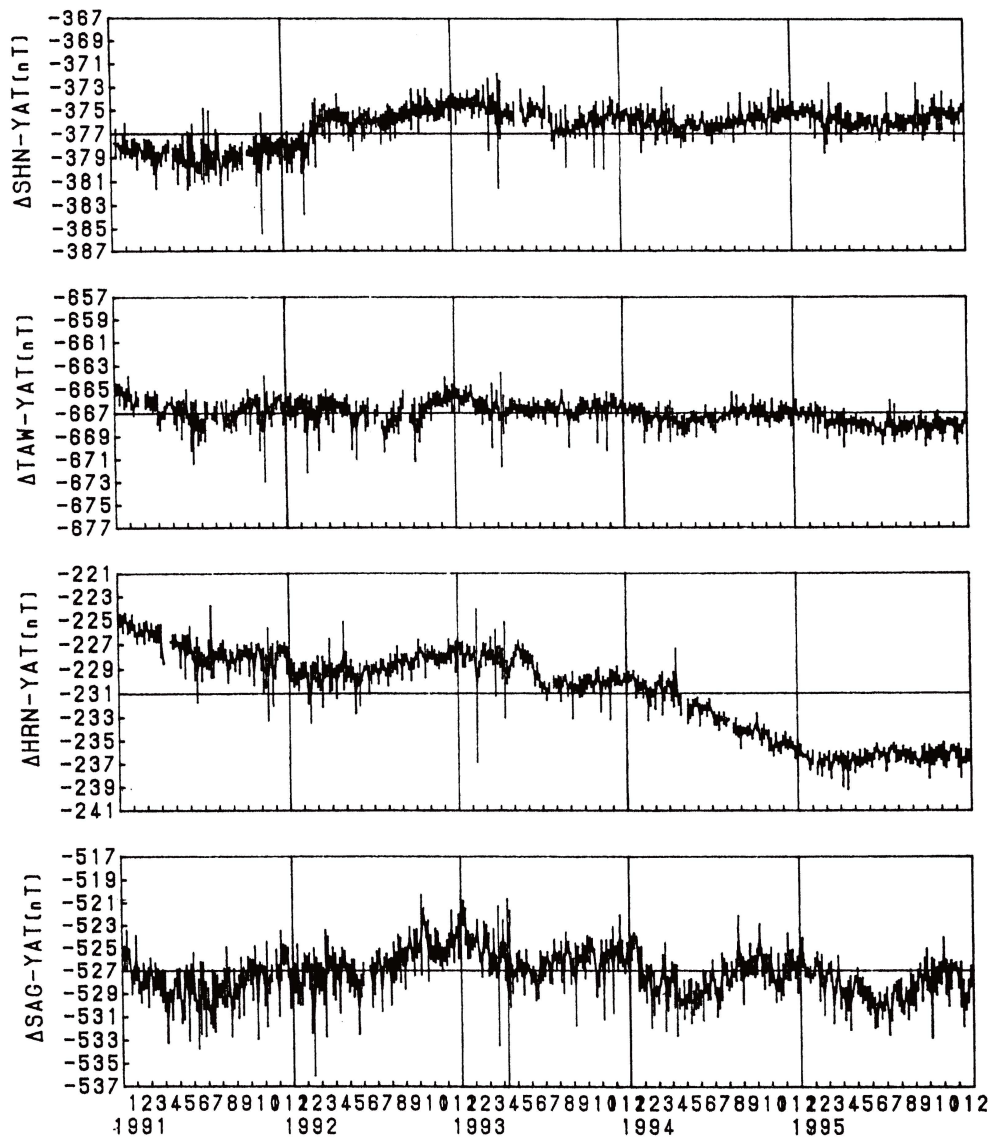


図 5. 1991年～1995年の5年間に於ける八ヶ岳 (YAT) を基準とした、篠坂 (SHN)、俵峰 (TAW)、春野 (HRN)、相良 (SAG) の全磁力変化 (5日平均値).

とオーバーハウザー磁力計 (GSM-11A, 国際電子製) に更新し、全磁力を2ヶ所で測定するようになった。それに伴ってデータ集録処理装置 (YPM-8210, 8220 国際電子製) も更新された。

それまでの観測システムの大きな欠点に、雷対策が十分ではなかったことがあげられる。このため、特に夏期においてはしばしば落雷による欠測が発生した。新しく導入されたシステムでは夏期の雷対策のため、観測所にタイマー

付の無停電電源装置を導入し、一定時間バッテリー電源に切り換えることにより、システムを交流ラインから完全に切り離すことができるようにした。これにより、落雷を原因とするトラブルの数は激減した。またデータを庁舎にテレメータで送ると同時に観測所の収録装置の EP-ROM でも記録し、データ伝送のトラブルを回避するようにした。オーバーハウザー磁力計は、プロトン磁力計と同じく地磁気全磁力の絶対値を測定する機器である。プロトン磁力計

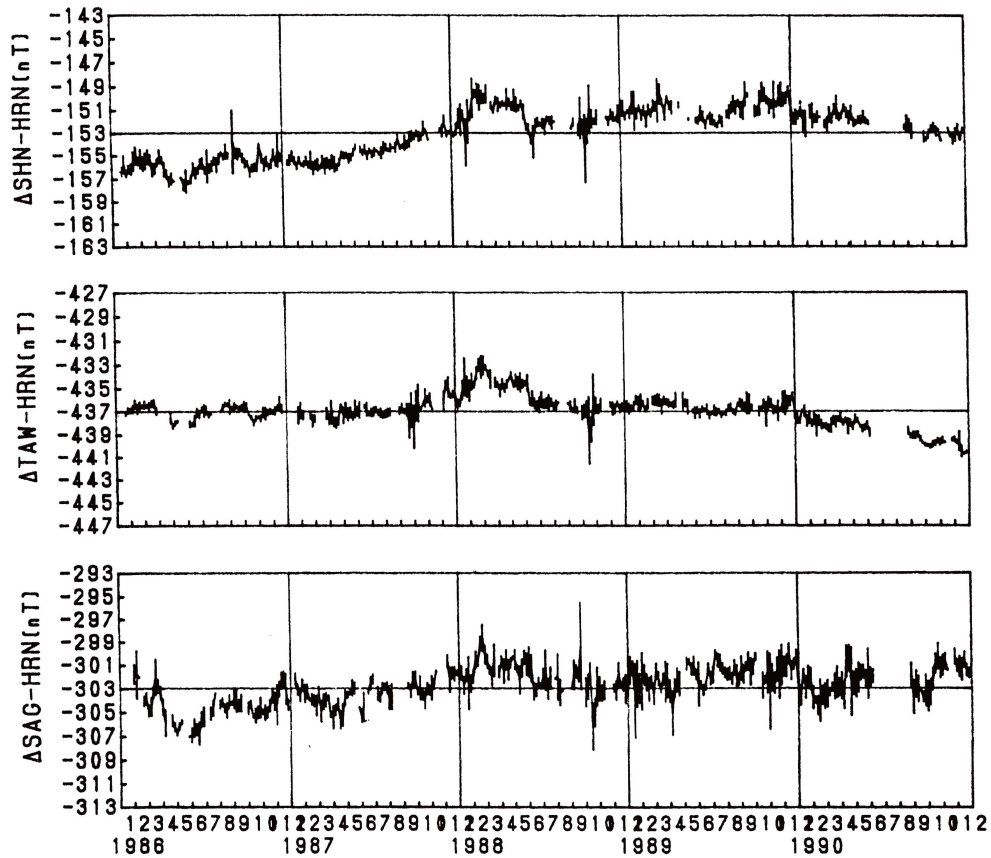


図 6. 1986年～1990年の5年間における春野 (HRN) を基準とした、篠坂 (SHN), 俵峰 (TAW), 相良 (SAG) の全磁力変化 (5日平均値).

において、検出器のコイルに励磁電流を流しその電流を切った時のみ間欠的に測定が可能であるのに対して、オーバーハウザー磁力計においては、コイルに常時高周波の電流が流されており常時測定が可能である。以前は、地磁気全磁力の測定は1分に1回サンプリングを行うだけであったが、機器更新後、プロトン磁力計については正分を挟んで7回、オーバーハウザー磁力計については正分を挟んで31回のサンプリングが行われるようになった。そして、その平均をとって1分値とするようになったので、データの精度が向上した。また、絶対観測用のGSI型一等磁気儀は、ドイツ製の絶対観測用磁気セオドライト (角度精度0.1') に更新された。

1990年には、東海地方観測点4ヶ所のデータをNTT公衆回線を使った方式でテレメータを行なうようにした。このことによって、八ヶ岳観測所に対する東海地方各観測点のデータ異常のチェックが速やかに行えるようになり、異

常現象の確認がしやすくなった。

東海地方における観測のまとめ

東海地方における全磁力連続観測の結果は定期的に地震予知連絡会に報告している (例えば、東京大学地震研究所・八ヶ岳地磁気観測所, 1993)。東海地方の観測点を図3に示す。八ヶ岳観測所を基準とした、篠坂 (SHN), 俵峰 (TAW), 春野 (HRN), 相良 (SAG) の東海地方各観測点における全磁力変化 (5日平均値) の1986-1990 (図4), 1991-1995 (図5) 10年間分のグラフと、春野 (HRN) を基準とした他の3点の全磁力変化 (5日平均値) の1986-1990 (図6), 1991-1995 (図7) 10年間分のグラフを示す。

近年、東海地方各観測点の人工擾乱によるデータ異常が特に多くなった。観測点によっては別の場所に移設することも考えなければならないほどひどくなっている。これらの図はそのような人工的な変化をできるだけ取り除いて表

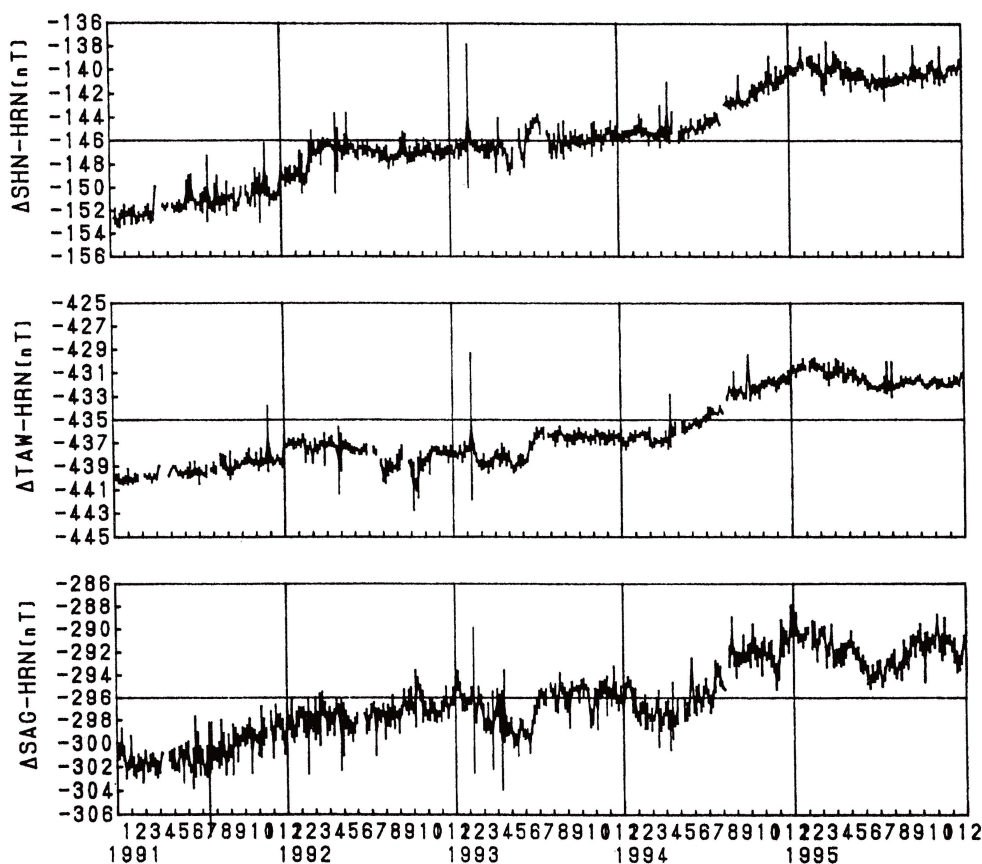


図 7. 1991年～1995年の5年間における春野 (HRN) を基準とした、篠坂 (SHN)、俵峰 (TAW)、相良 (SAG) の全磁力変化 (5日平均値).

示したものである。このように人工的な変化以外にも全磁力の地点差の変化は、場所によって様子が異なっていることがわかる。また同じ場所でも、1986-1990年の5年間と1991-1995年の5年間で比べると変化の様子が変わっていることもわかる。このような変化の原因は必ずしも十分に理解されていない。

おわりに

1970年以來のハヶ岳地球電磁気観測所の観測システムの変遷を概説してみた。この間システムにはさまざまな変更が加えられたが、測定間隔だけは開始当初から1分で続けられてきた。しかしながら、近年のセンサーの性能の向上や地電位差観測との併用などにより、どうしてもより高速のサンプリングでデータを取得する必要がでてきた。そ

のため、平成7年度の地震予知計画により、新型の3成分磁力計 (毎秒値、感度0.01 nT) を導入した。これにより、多様になった地球電磁気諸観測の基準観測所としての機能を強化することができたと考えている。

文 献

- Honkura, Y., Koyama, S. and Yoshino, T., 1980, Surveys of the geomagnetic total intensity in the Tokai district (1): Secular changes during the period from 1971 to 1978. *Bull. Earthq. Res. Inst.* **55**, 449-481.
- 行武 毅・小山 茂・吉野登志男, 1975, ハヶ岳地磁気観測所構内およびその周辺地域における全磁力観測. *地震研究所彙報*, **50**, 73-81.
- 東京大学地震研究所・ハヶ岳地磁気観測所, 1993, 東海地方の全磁力変化 (1988年8月～1993年7月). *地震予知連絡会会報*, **51**, 578-583.