

# 地磁気連続観測点における人工擾乱

石原操・ 嵯峨諭・ 根本悟・ 石倉信広・ 濱崎英夫・ 白井宏樹・ 片桐百合子  
( 国土地理院 )

Artificial disturbance in the continuous geomagnetic stations  
Misao Ishihara , Satoshi Saga , Satoru Nemoto , Nobuhiro Ishikura  
Hideo Hamazaki , Hiroki Shirai, Yuriko Katagiri  
(Geographical Survey Institute)

## Abstract

Geomagnetic data observed at 3 geodetic observatories located at Kanozan (KNZ), Mizusawa (MIZ) and Esashi (ESA) and 11 geomagnetic stations of Geographical Survey Institute (GSI) contain the artificial noises caused by leakage current from direct-current (DC) electric trains and running cars. The former noise appears at KNZ, OTA (Ootaki), SIK (Shika) and TKU (Tsukuba), while the latter noise appears at HAR (Haramachi), OTA and TTK (Totsukawa).

In order to improve the quality of geomagnetic data at all stations, we have conducted to remove the artificial noises from original data automatically utilizing a personal computer (PC) everyday, but sometimes manually. Abnormal data which have the difference larger than 2 nT and A-value are corrected by PC automatically, and continuous abnormal data longer than 3 hours are deleted manually.

## 1 . はじめに

国土地理院では地磁気 4 成分 ( F, H, D, Z ) の常時連続観測を 3 観測所及び 11 連続観測点で行っている ( 図- 1 ) 。これらの観測点での地磁気観測データには自動車の走行や直流電車による大地漏洩電流が人工擾乱として含まれる。本報告では、この擾乱についての様子と特徴を明らかにする。また、この人工擾乱の修正方法について紹介する。

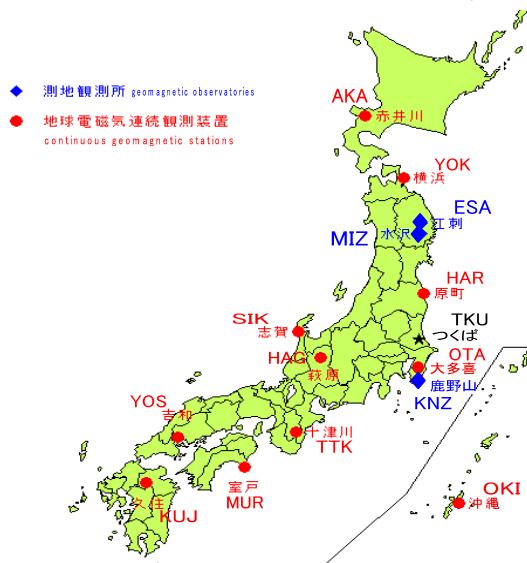


Fig.1 Locations of the geomagnetic stations.

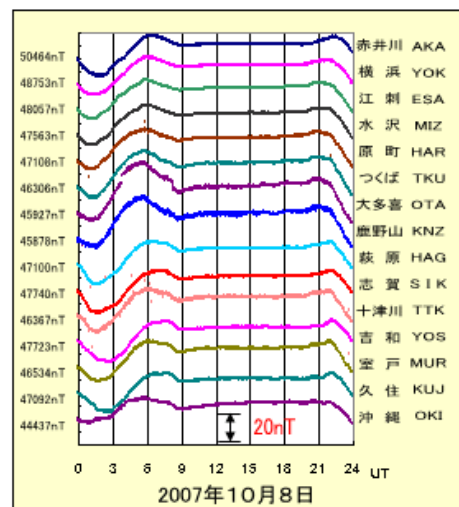


Fig.2 One-minute values of total force.

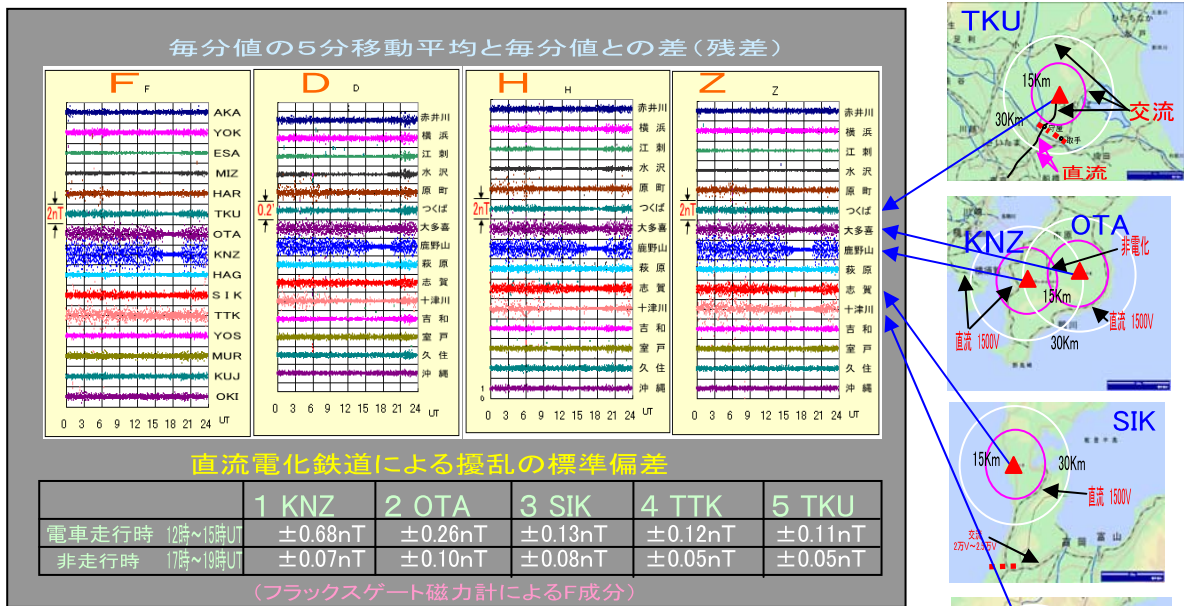


Fig.3 Residual values of F,D,H and Z between moving average of 5 minutes and original data(every 1minute) and topographic maps these figures indicate distance from direct-current(DC) electric line to geomagnetic station at TKU, OTA,KNZ,SIK and TTK,respectively.

2 . 人工擾乱の様子と特徴

2.1 評価のための使用データ

各観測点における人工擾乱の様子を把握するため地磁気の静穏日であった2007年10月8日の毎分値4成分データ(図-2:F成分)について、毎分値の5分移動平均値と毎分値の差(残差)を求めた(図-3)。

2.2 直流電車による擾乱

直流電化鉄道による擾乱は鹿野山測地観測所のデータが最も大きく、F成分の電車走行時(21~24時JST)と非走行時(2~4時JST)の標準偏差は±0.68nT、±0.07nTとなった。他の観測点での電車走行時と非走行時の標準偏差は大多喜(±0.26nT、±0.10nT)、志賀(±0.13nT、±0.08nT)、十津川(±0.12nT、±0.05nT)、つくば(±0.11nT、±0.05nT)となった。これ以外の観測点では赤井川(±0.10nT、±0.11nT)、江刺(±0.02nT、±0.02nT)、吉和(±0.07nT、±0.06nT)などだったが、直流電車による擾乱は生じていない。

なお、直流電化路線までの最短距離は、おおよそ、鹿野山 7Km、大多喜 15Km、志賀 14Km、十津川 29Km、つくば 18Km である。

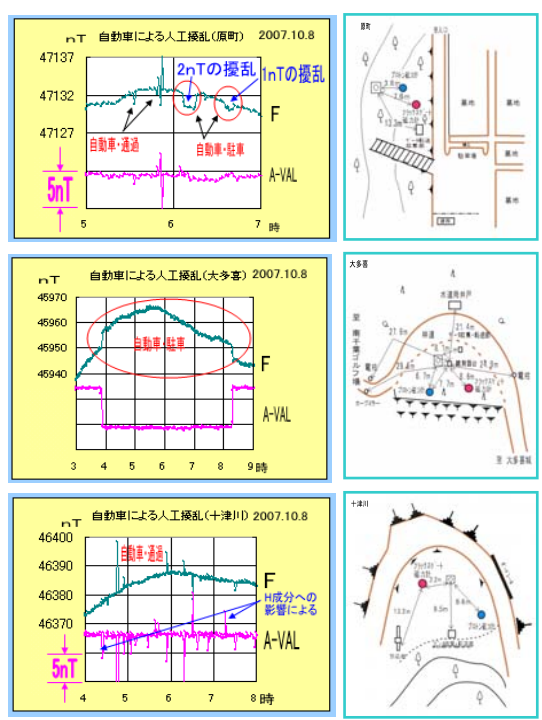


Fig.4 Artificial disturbance with the movement of the car.

### 2.3 磁化物体の移動による擾乱

自動車等の磁化物体移動に伴う擾乱は、原町（自動車の駐車・通過）、大多喜（自動車の駐車）、十津川（自動車の通過）が各観測点の中では顕著である。これら3観測点の擾乱の様子（10月8日、体育の日）と点周辺の状況を図-4に示した。特に原町観測点では近傍に墓地及び駐車場があり、自動車の通過や駐車による人工擾乱の影響が通年を通して生じている。

大多喜観測点は近傍の道路が木陰になっており、ドライバーが休憩のため自動車を駐車することで擾乱が生じる。十津川観測点は近傍の道路を自動車が通過するため単発的な擾乱が生じる。

他の観測点については、赤井川観測点が草刈等の農作業時に、吉和観測点が近傍の運動場でサッカーゴールを一時的に観測点近くに移動した時、H,D,Z成分に擾乱を受ける。

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

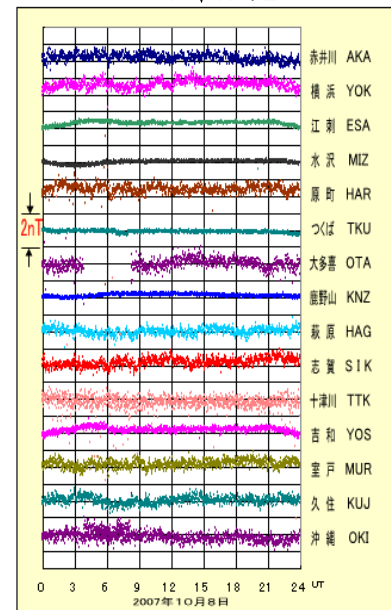


Fig.5 Comparison between fluxgate magnetometer(H,Z) and overhauser magnetometer(F).

### 2.4 計測器ノイズによる擾乱

計測器ノイズを評価するため A-value を求めた（図-5、10月8日データ）。全磁力 F の測定は江刺、水沢、つくば、鹿野山の各観測点はオーバーハウザー磁力計で、前分30秒から29秒の毎秒値の平均。他の観測点はプロトン磁力計で毎正分の瞬間値である。H,D,Zの3成分の測定は全観測点ともフラックスゲート型磁力計で、前分30秒から29秒の毎秒値の平均である。A-value（図-5）では江刺、水沢、つくば、鹿野山の各観測点の振幅が小さい。十津川観測点の F（図-3）及び A-value（図-5）ではばらつき幅が他の観測点と比べ大きいプロトン磁力計が安定していないためではないかと思われる。大多喜観測点の UT4~8時は自動車の駐車に伴いプロトン磁力計の F とフラックスゲート型磁力計の H,Z に大きな隔たりが生じて A-value が図の枠外の値になっている。沖縄の UT4~8時の A-value（図-5）のばらつきについての究明は未実施である。

### 2.5 鹿野山測地観測所での直流電車による擾乱

鹿野山測地観測所における直流電車ノイズの短周期的な影響を評価するため、2005年7月12~14日までと2005年12月16、17日の5日間の全磁力毎秒値について毎分値と同様な処理を行った。図-6は鹿野山測地観測所における毎秒値の240秒移動平均値と毎秒値の差（残差）である。表示時間帯は直流電車の走行開始前後の朝の4時40分~5時30分（JST）である。図の上から順に7月12日、7月13日、7月14日、12月16日、12月17日の結果である。

電車は毎日、ほぼ同一時刻に同様な運行をするので、電車ノイズのパターンは7月の3日間と12月の2日間では、それぞれ同様となっている。鹿野山測地観測所での電車ノイズによる毎秒値への影響は最大2 nT程度である。

電車走行時におけるオーバーハウザー磁力計とフラックスゲート型磁力計の比較（図-7）では A-value の標準偏差が ±0.09nT であり、良く一致している。直流電車ノイズの変化に対して、オーバーハウザー磁力計とフラックスゲート型磁力計は十分な測定精度を有している。

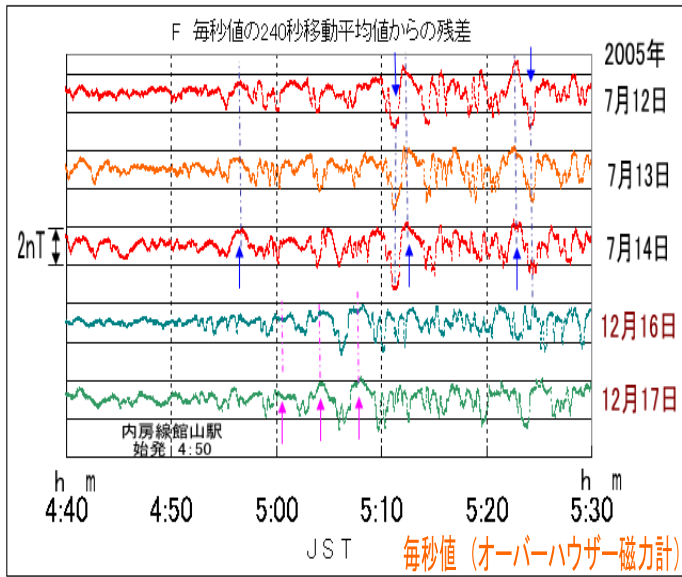


Fig.6 Artificial disturbance by the DC train in Kanosan.

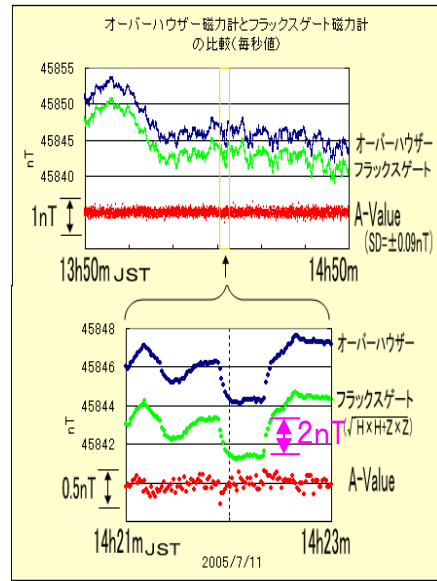


Fig.7 Comparison between fluxgate magnetometer(H,Z) and overhauser magnetometer(F) in Kanosan.

## 2.6 水沢測地観測所での短周期の擾乱

水沢測地観測所は交流電化（25KV、50Hz）の東北新幹線に約 600mと、かなり近いところに位置するため、この影響について広帯域 MT 固定連続観測システムのデータを用いて評価した。

図-8 は、MT のシングルサイト処理によって得られた水沢測地観測所（左図）と江刺観測場（右図）の見掛け比抵抗曲線であり、比較的エラーバーの小さな日を選んでプロットしている。水沢のデータは 0.1Hz（周期 10 秒）より高周波（短周期）の帯域でエラーバーが大きい。0.1Hz より低周波（長周期）の部分では江刺とほぼ同一のエラーバーである。

高周波帯域でのノイズの原因は特定できないが、水沢測地観測所は東北新幹線にかなり近いところに位置するため、これが原因で 0.1 秒以下の短周期の部分に擾乱が生じているものと考えられる。

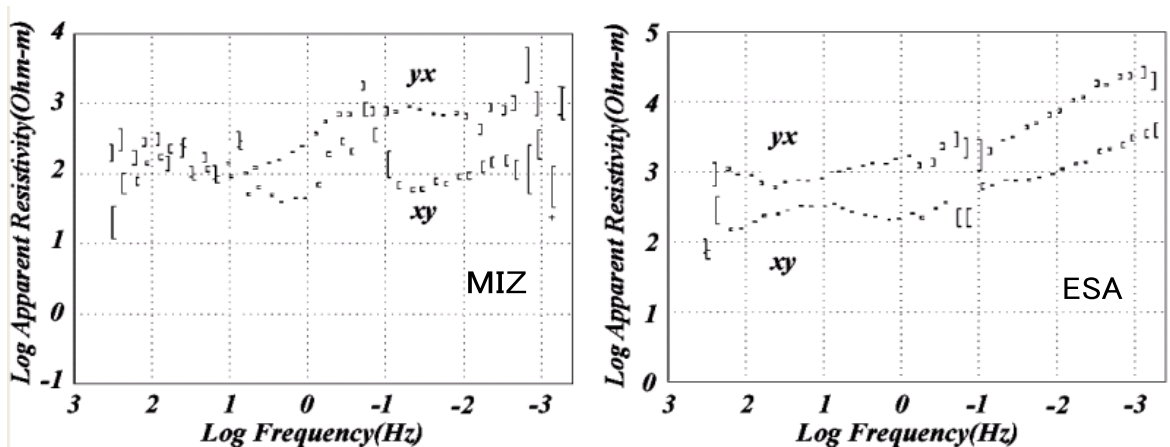


Fig.8 Apparent resistivity curves after single site processing of wideband MT data at MIZ(left side) and ESA(right side).

YX mode is derived from Ey component of electric field and Hx component of magnetic field while XY mode is derived from Hy and Ex components.

### 3. 人工擾乱を受けたデータの修正方法

連続観測で得られたデータには、自動車等による人工擾乱のノイズが含まれている。このノイズの除去処理は次の から の手順で行っている。

#### 自動点検

(1分間の異常データの自動補正、2nT以上)

#### A-value 補正

(A-value を参照した自動補正、7分以内)

#### 平行移動

(手動による平行移動補正)

#### 手動点検

(1分間の異常データの手動補正、2nT以下)

#### 欠測処理

(手動によるデータ削除、3時間以上を欠測)

図-9は2007年12月1日の十津川観測点の人工擾乱(自動車通過)を受けたデータのノイズ除去処理の例である。上段が修正前(生データ)で、下段が からの処理後(提供データ)である。

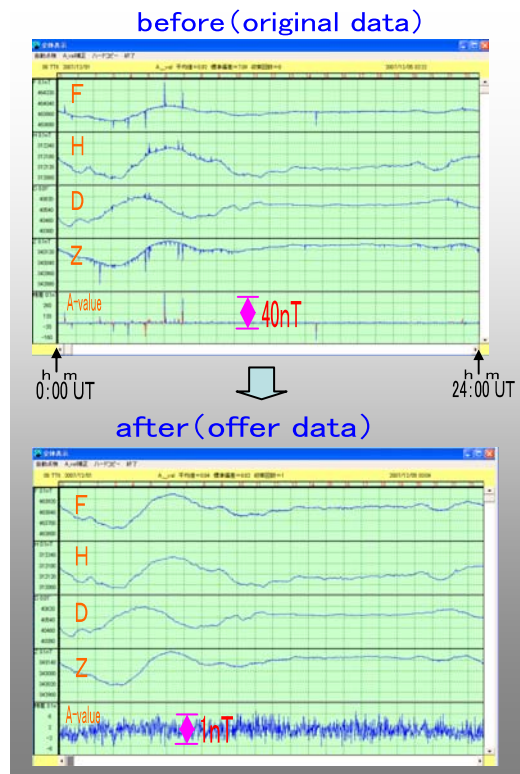
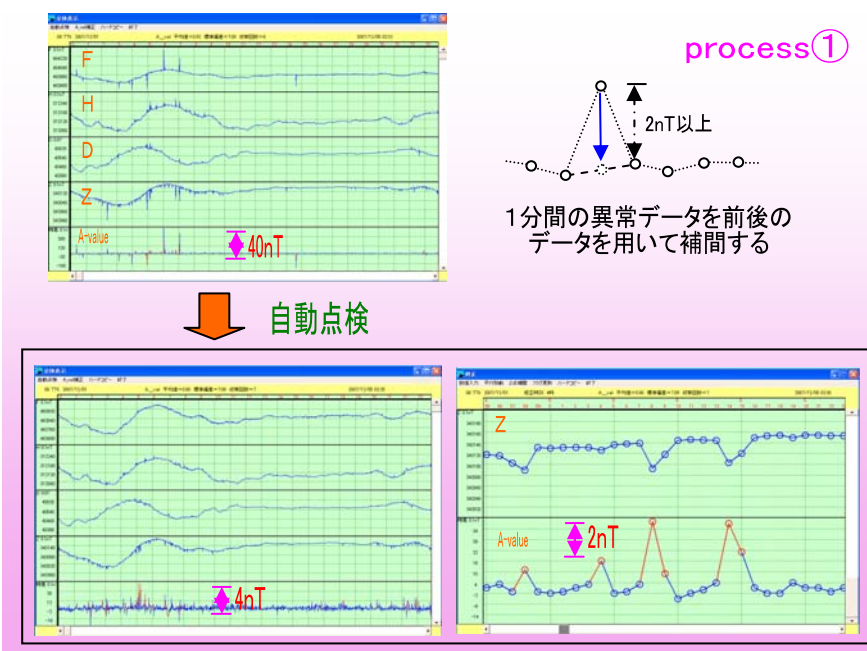


Fig.9 Removal of noise in Totsukawa(TTK) geomagnetic station.

#### 3.1 自動点検

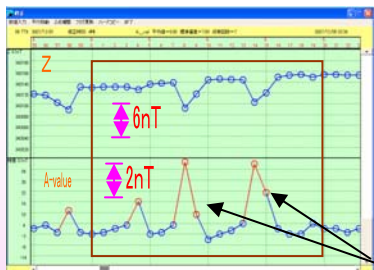
図の上段(初期画面)に12月1日の十津川観測点の生データを表示するが、自動車通過に伴い最大40nT程度のノイズが含まれている。自動点検(手順 )により、単発ノイズが除去される。



### 3.2 A-value 補正

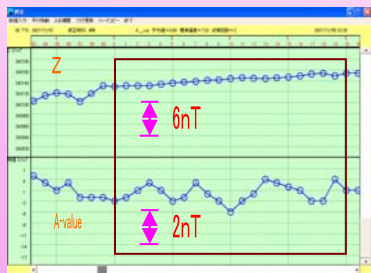
自動的な処理として A-value 補正（手順 ①）がある。この処理は A-value 残差（ ① ）と標準偏差（ ② ）を求め、各毎分値(i)が、次の場合は前後のデータを用いて補間する。

A-value の標準偏差の 3 倍 < A-value 残差(i)



process②  
 A-valueを参考にして4成分を  
 二点補間による自動補正を行う  
 連続7個(7分)以上は自動処理しない  
 A-valueの標準偏差 × 3 < A-value残差(i)

↓ A-value補正

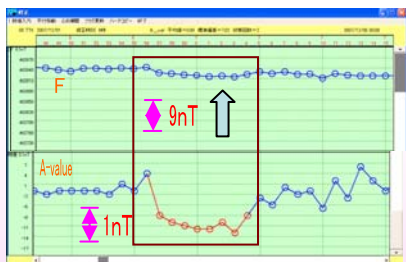


※1  $A\text{-value残差}(i) = \left| A\text{-val}(i) - \frac{\sum_{i=1}^{1440} A\text{-val}(i)}{1440} \right|$

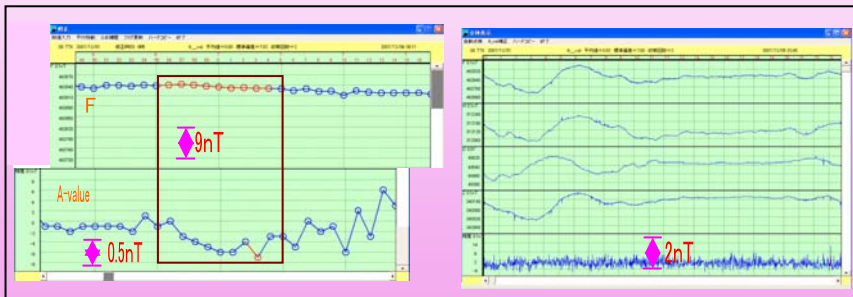
※2  $A\text{-valueの標準偏差} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{1440} A\text{-val}(i)^2}{1440} - \left( \frac{\sum_{i=1}^{1440} A\text{-val}(i)}{1440} \right)^2}$

### 3.3 平行移動

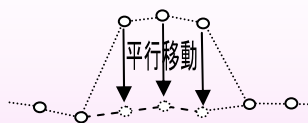
自動車が駐車した場合等、連続して平行的にデータがシフトした場合は、目視で画面を確認し手動点検（手順 ②）で処理する。



↓ 平行移動

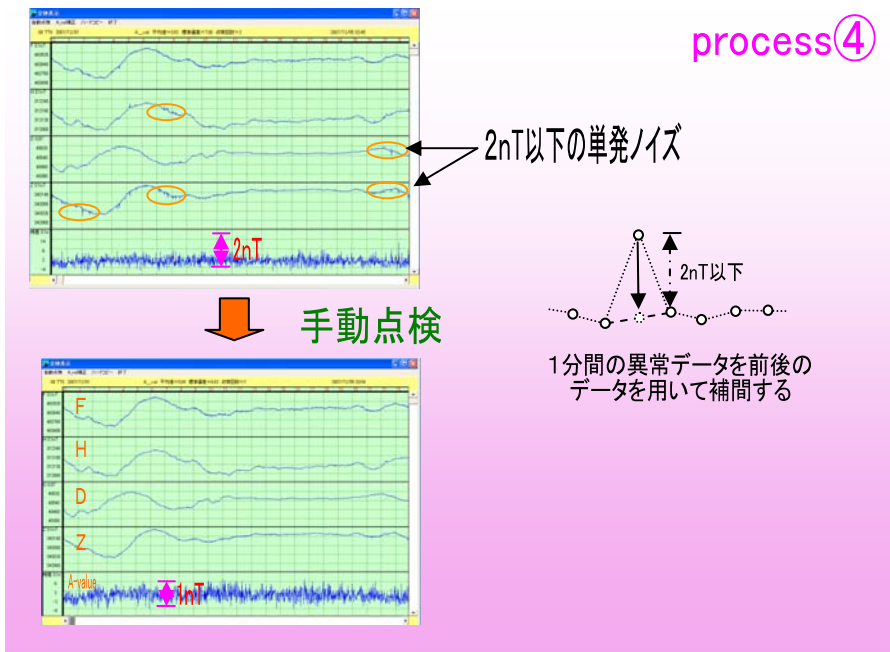


process③



### 3.4 手動点検

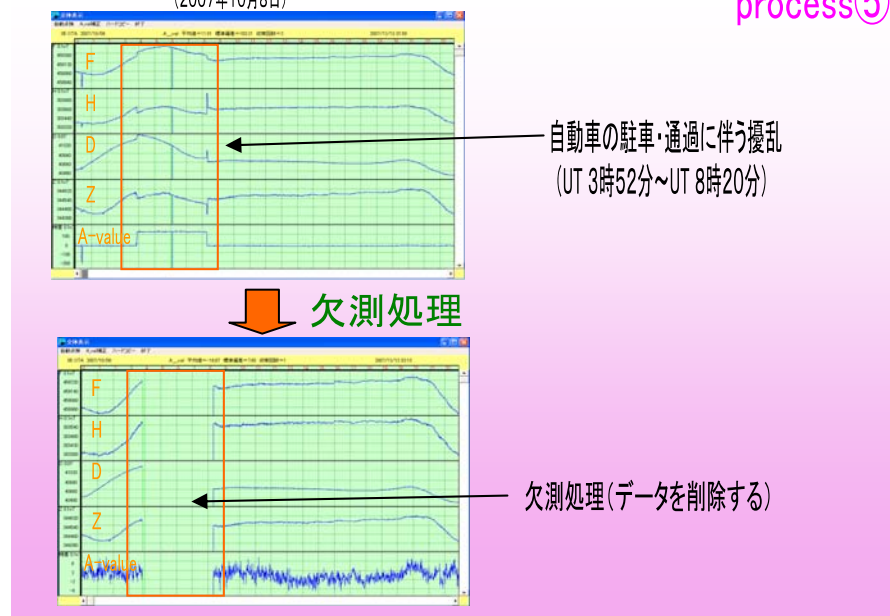
2nT 以下の単発ノイズについて自動点検（手順 ）を行うとノイズの含まれていないデータも修正してしまう可能性があるため、2nT 以下の単発ノイズは手動（手順 ）で処理する。



### 3.5 欠測処理

3時間以上に亘り連続して人工擾乱が生じている場合は、データを削除(手順 )する

大多喜観測点での自動車による人工擾乱  
(2007年10月8日)



#### 4 まとめ

国土地理院が実施している地磁気の常時連続観測点のうち、自動車の走行や駐車に伴う擾乱は、原町、大多喜、十津川の各観測点が特に大きい。また、直流電車による擾乱は、鹿野山、大多喜、志賀、十津川、つくばの各観測点に現れる。

常時連続観測データに含まれる人工擾乱のノイズの除去は、基本的には自動で行い、一部は手動で除去する。自動的に処理を行うデータは2 nT以上の単発（毎分値）のノイズと連続した（7分以内）A-valueの異常値データである。3時間以上に及ぶ連続した擾乱データは削除する。

原町観測点では点の近傍を自動車が通過したり駐車したりするためデータに含まれる人工擾乱ノイズは他の観測点と比べて複雑な様相を示す。そのため、適切な修正処理が出来ない場合があり、判断がつかない場合はデータを削除している。

全国11箇所の地球電磁気連続観測装置での全磁力Fの測定はプロトン磁力計で毎正分の瞬間値、H,D,Zの3成分の測定はフラックスゲート型磁力計で前分30秒から29秒の毎秒値の平均である。このため、両者の比較からでは人工擾乱か計測器ノイズか識別がつかない場合がある。そこで、今後は各観測点においてオーバーハウザー磁力計を用いた測定（前分30秒から29秒の毎秒値の平均値の取得）も試みる予定である。

#### 謝 辞

広帯域MT固定連続観測システムの解析結果の作図（図-8）については佐藤秀幸博士（大成基礎設計株式会社）に御協力を頂いた。心より謝意を表します。

#### 参考文献

- 佐藤秀幸・湯通堂亨・門脇俊弘・石原操・藤原智、広帯域固定連続観測システムを用いた地殻比抵抗モニタリング、国土地理院時報、No.101、23-32、2003
- 石原操・嵯峨諭・小板橋勝・森田美好、地磁気の観測データ精度および測定方法について（その2）、国土地理院・平成17年度調査研究年報、259-262、2006