

# 地磁気アナログ記録のデジタル化

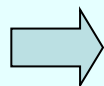
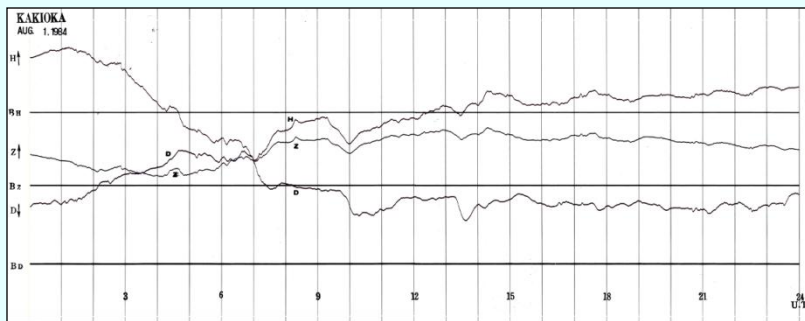
増子徳道<sup>1\*</sup>, 能勢正仁<sup>2</sup>, 源泰拓<sup>1</sup>, 原昌弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup>気象庁 地磁気観測所

<sup>2</sup>京都大学大学院理学研究科

# 取り組みの概要

## 地磁気アナログ記録（印画紙記録）



自動読取りによる  
数値データ化

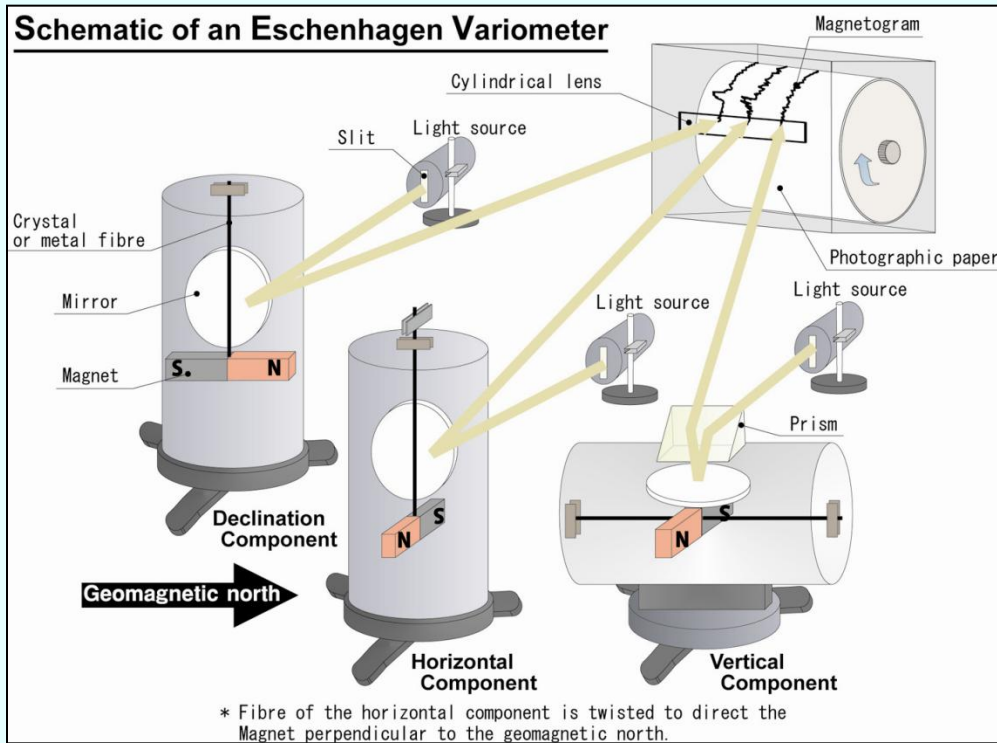
DATE	TIME	DOY	KAKD	KAKH	KAKZ	KAKF
1972-01-01	00:00:00.000	001	99999.00	99999.00	99999.00	88888.00
1972-01-01	00:01:00.000	001	-385.42	30141.60	34650.10	88888.00
1972-01-01	00:02:00.000	001	-385.41	30141.70	34649.70	88888.00
1972-01-01	00:03:00.000	001	-385.40	30141.60	34649.40	88888.00
1972-01-01	00:04:00.000	001	-385.41	30141.60	34649.30	88888.00
1972-01-01	00:05:00.000	001	-385.44	30141.60	34649.30	88888.00
1972-01-01	00:06:00.000	001	-385.44	30141.70	34648.90	88888.00

Decade	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000 -
Analog					印画紙記録 1924 - 1995						
Digital					過去期間に新たなデータ				デジタル1分値 1976 ~		

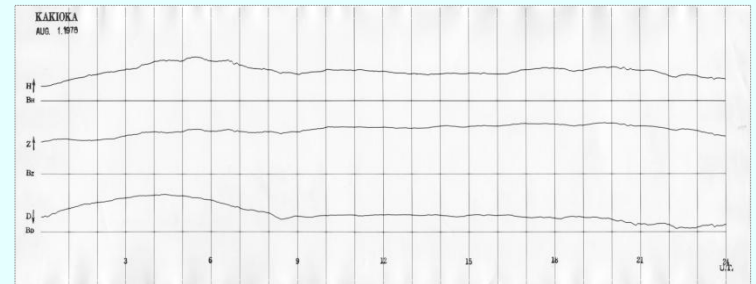


# アナログ時代の地磁気観測

磁石の動きを利用して、地磁気の変動(水平・鉛直・偏角の3成分)を記録



1日分の観測記録



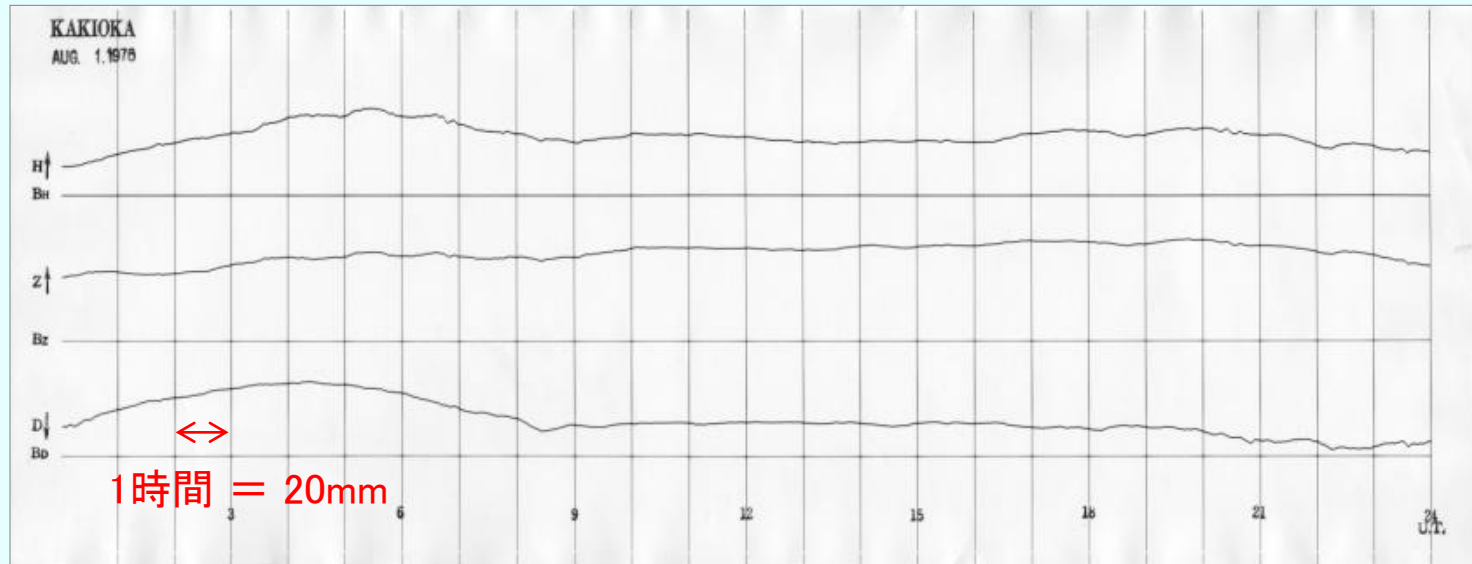
1枚 = 24時間分

地磁気観測所(柿岡)には  
1924年から1995年まで(72年分)の  
地磁気印画紙記録が存在

図:京大地磁気センター小田木氏

# 地磁気のアナログ記録

地磁気観測所(柿岡) 1976年8月1日の記録



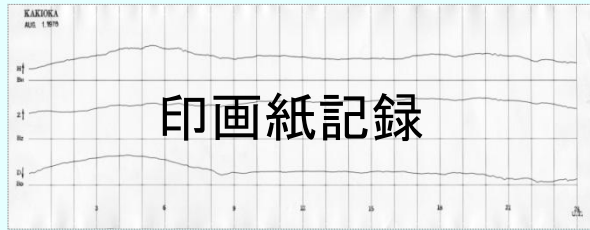
従来の利用方法:

- ・手作業で振幅を読み取り、1時間値を算出
  - ・急変化現象の際は、最大値と最小値のみ手作業で読み取る
- 地磁気の長期連続データは、1時間値のみが利用可能

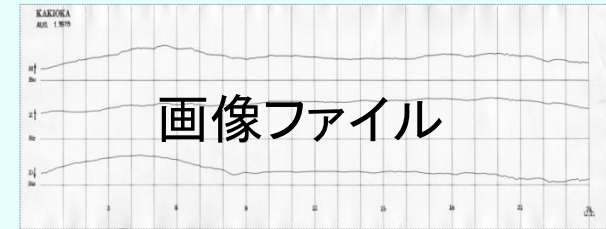
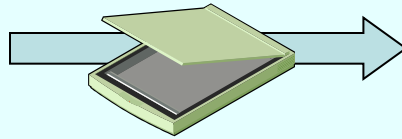


# デジタル化の概要

## アナログの地磁気記録



高精度にスキャン



画像記録の自動読取りプログラムを使用して  
高精度な数値データ化

公開

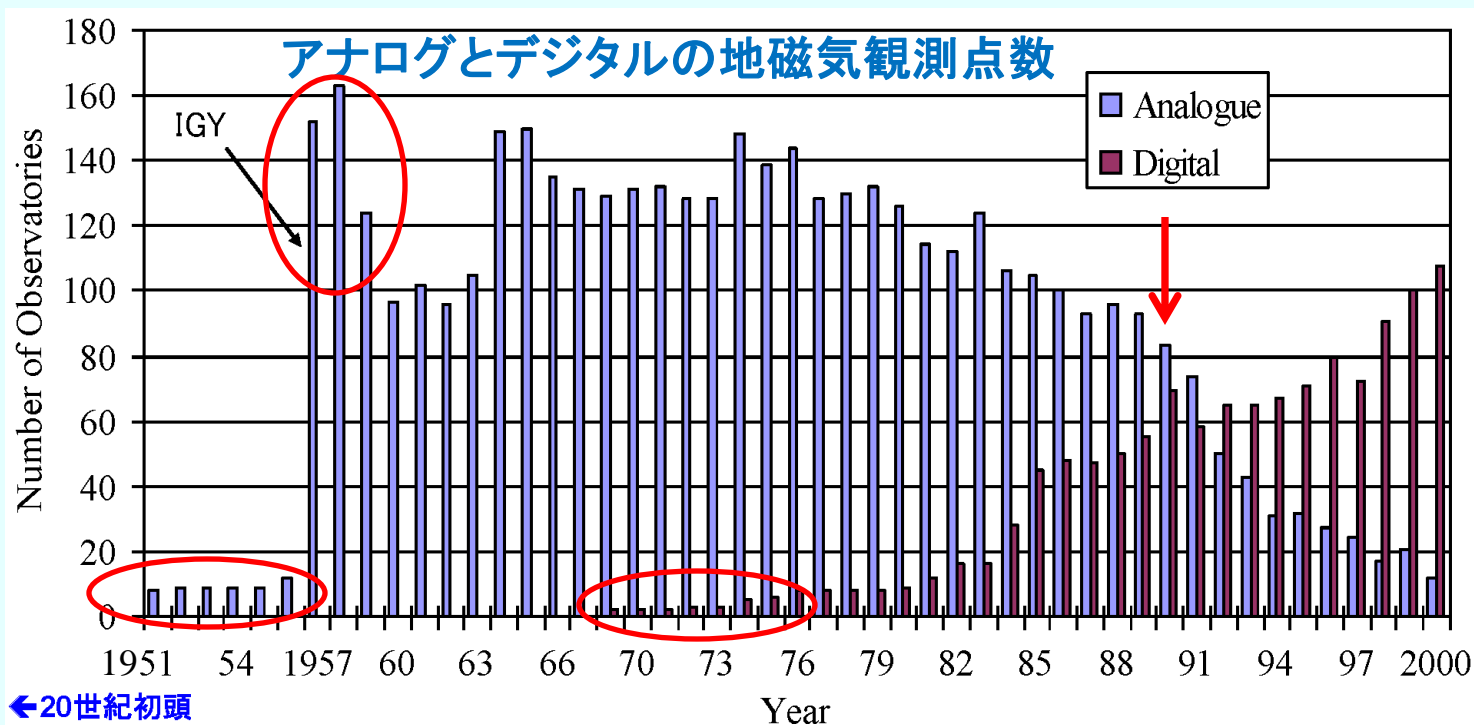
データのチェック

DATE	TIME	DOY	KAKD	KAKH	KAKZ	KAKF	
1976-08-01	00:00:00.000	001	99999.00	99999.00	99999.00	88888.00	
1976-08-01	00:01:00.000	001	-385.42	30141.60	34650.10	88888.00	
1976-08-01	00:02:00.000	001	-385.41	30141.70	34649.70	88888.00	
1976-08-01	00:03:00.000	001	-385.40	30141.60	34649.40	88888.00	
1976-08-01	00:04:00.000	001	-385.41	30141.60	34649.30	88888.00	
1976-08-01	00:05:00.000	001	-385.44	30141.60	34649.30	88888.00	
1976-08-01	00:06:00.000	001	-385.44	30141.70	34648.90	88888.00	

数値データ

# 地磁気アナログ記録とデジタル記録の変遷

- ・地磁気観測は1800年代に始まる が1950年代までは観測点が少ない
- ・IGY(国際地球観測年 1957-1958)を契機として、観測点数が増加
- ・1970年頃からデジタルの収録が開始
- ・1990年頃まではアナログが大勢を占める



←20世紀初頭

Analogue: Normal-run magnetograms. Digital: 1-minute resolution data

2011.02.24 家森ほか (STE研究所研究集会資料)



# 地磁気観測所(柿岡)では

アナログ記録は1924年から  
デジタル収録は1976年から

Decade	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
アナログ	印画紙記録: 1924年 - 1995年										
1分値	デジタル化によってデータが得られる						デジタル1分値 1976年 -				
1時間値	(印画紙からの手読み1時間値)						(デジタル1分値の60分平均)				

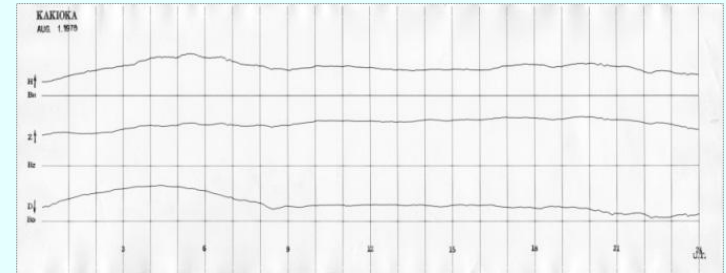
過去のアナログ記録をデジタル化することによって、  
新たなデータが得られる

# アナログ記録の高精度スキャン

- ・A2サイズを解像度600dpiでスキャンできるフラットベッドスキャナを使用

オリジナルのスキャン画像

- ・解像度: 600dpi
- ・24bitフルカラー Bitmap
- ・ファイルサイズ: 1枚 約160MB
- ・(縦)約5,000画素 x (横)約12,000画素



解像度 = 600 dpi → 1mmを約24画素に分解

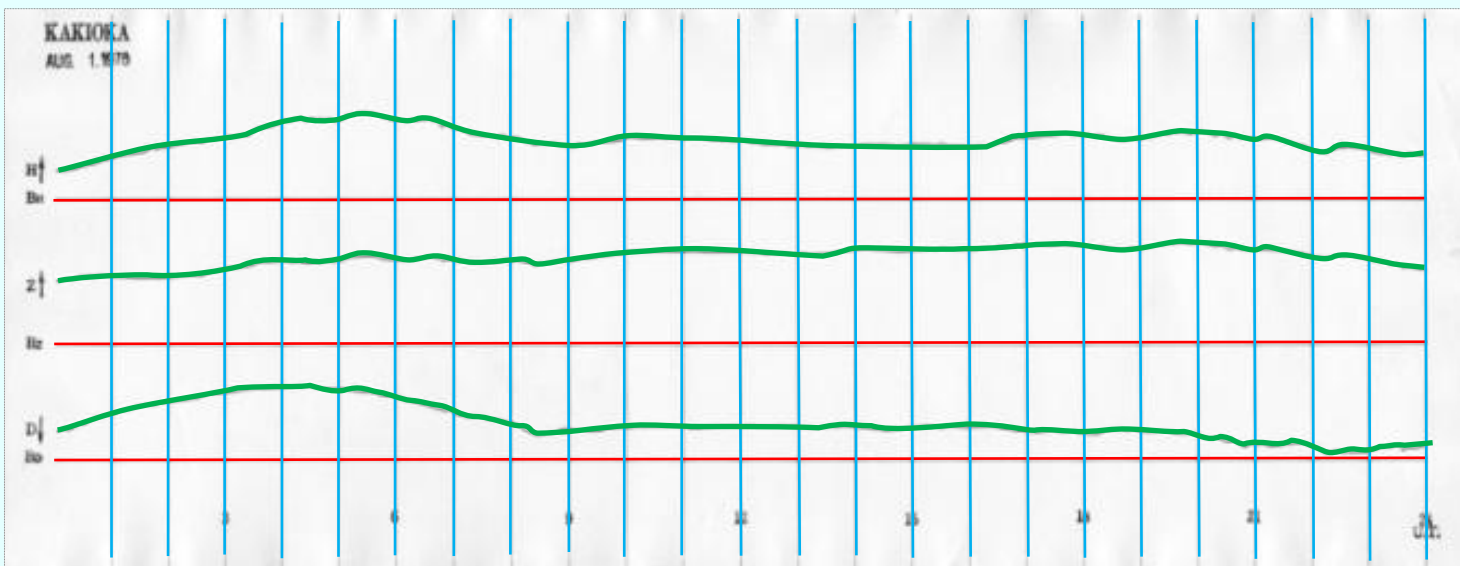
⇒ 時間スケールの分解能(1画素当たり)  
≒ **7.6 秒** (従来は1時間)

⇒ 振幅の分解能(1画素当たり)  
≒ **0.1 nT** (H, Z成分) (従来は1nT)  
or **0.01 ' (D成分) (従来は0.1')**



# 画像記録の自動認識&数値化

記録線を自動的に認識して地磁気の値に変換するプログラムを開発して使用

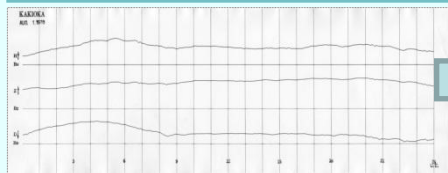


- ① 振幅の基準となるベースラインを検出
- ② 時刻の基準となるタイムマークを検出
- ③ 地磁気の変化曲線を検出

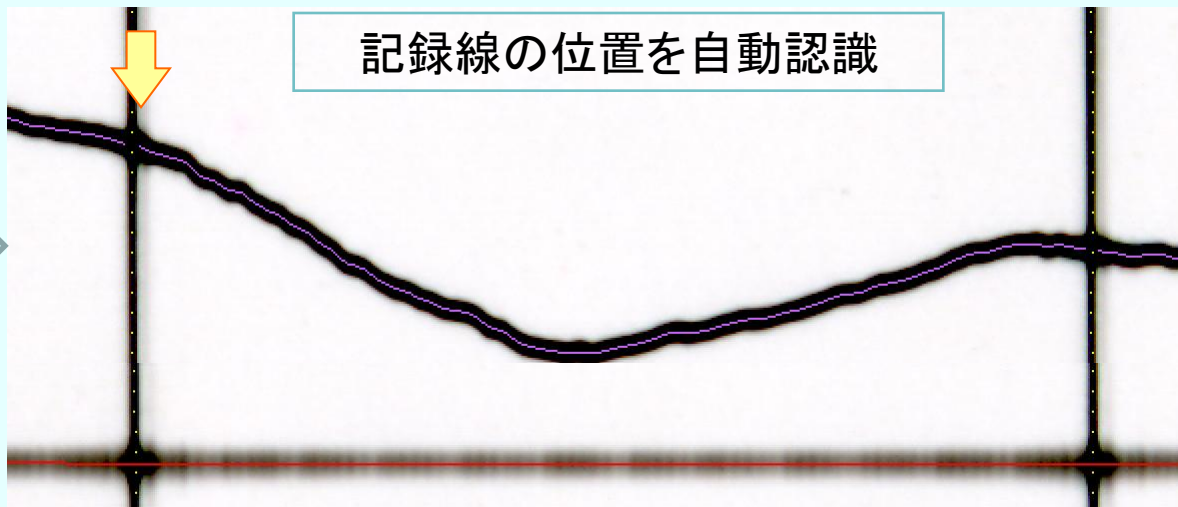
基準線からの振幅を自動的に読み取る

# 自動認識 & 数値化プログラム

画像ファイルを入力



記録線の位置を自動認識



各画素の座標値

x-axs	y-axs
412	242
413	241
414	241
415	241
416	241
417	241
418	241
419	240
420	240
421	240
422	240
423	240

時刻と振幅に変換

hour	minute	height
0	0.764	10.245
0	0.892	10.202
0	1.019	10.202
0	1.146	10.202
0	1.274	10.202
0	1.401	10.202
0	1.529	10.202
0	1.656	10.160
0	1.783	10.160
0	1.911	10.160
0	2.038	10.160
0	2.166	10.160

地磁気の数値に変換

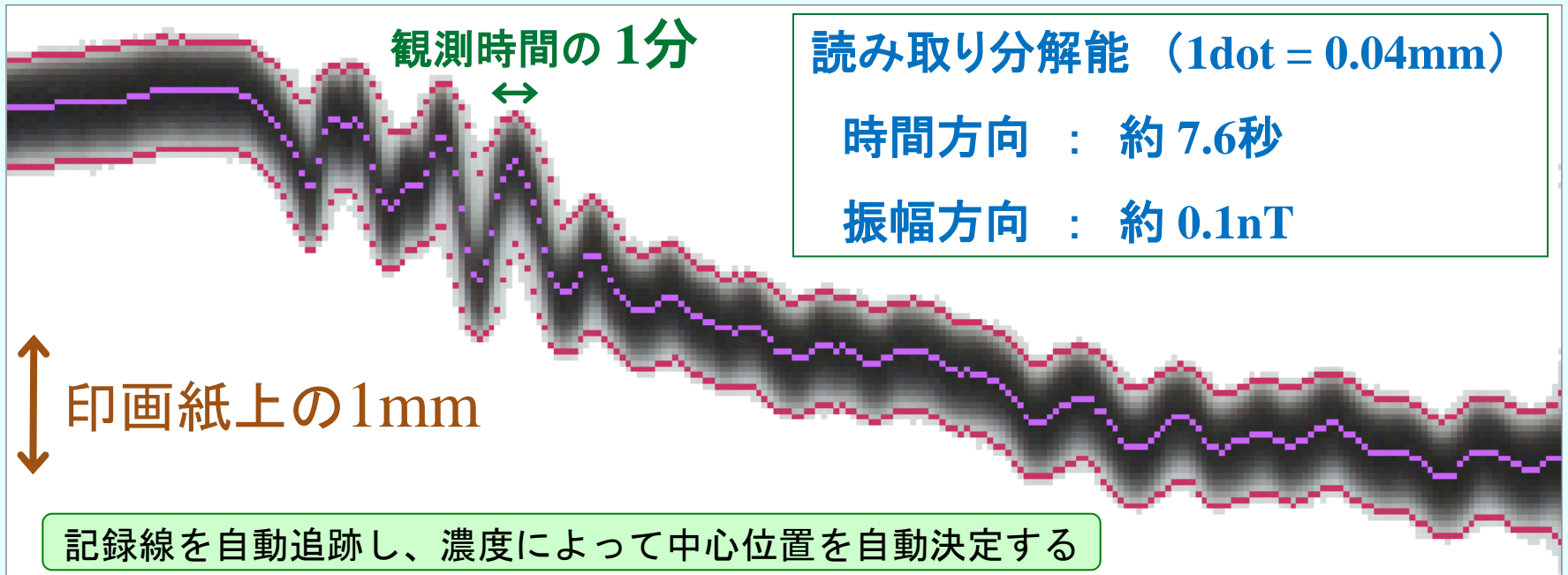
$$V = r * S + O$$

v: 地磁気値  
r: 振幅  
s: 感度  
o: 基線値

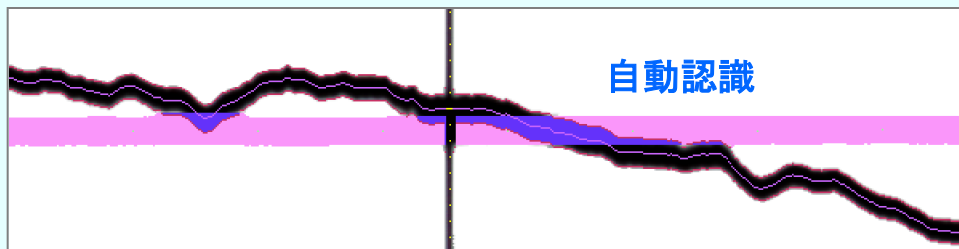
平均処理

地磁気1分値

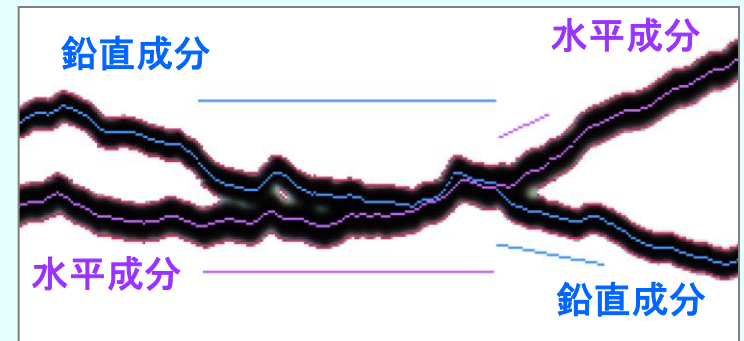
# 記録線の自動認識



交わる線から必要な部分を自動認識

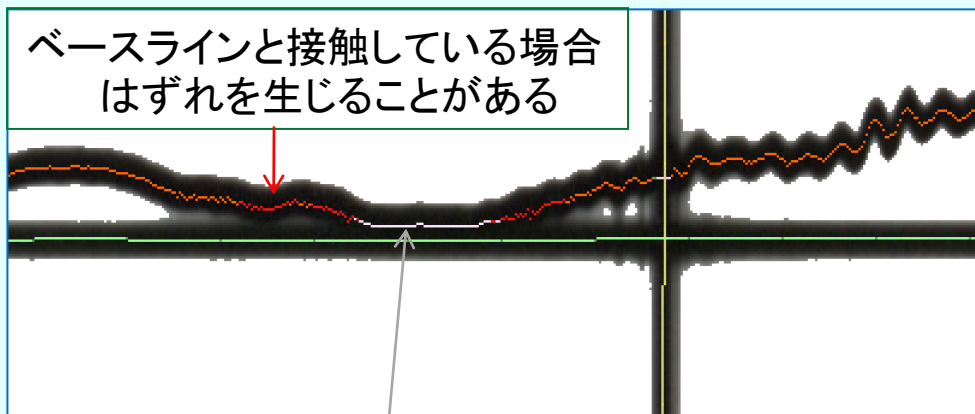


交差する成分の分離

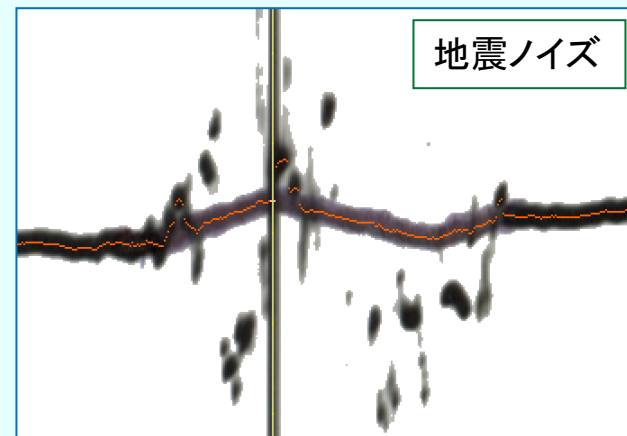


# 読み取りエラー・ノイズのチェック

- ・変化曲線とベースラインが重なって読み取りが困難な場合は、自動的に欠測扱いにする
- ・自動読み取り結果を担当者がチェックし、ノイズ等がある場合手動で欠測扱いにしている



ベースラインとの一体度が強い場合は、  
自動的に欠測とさせる

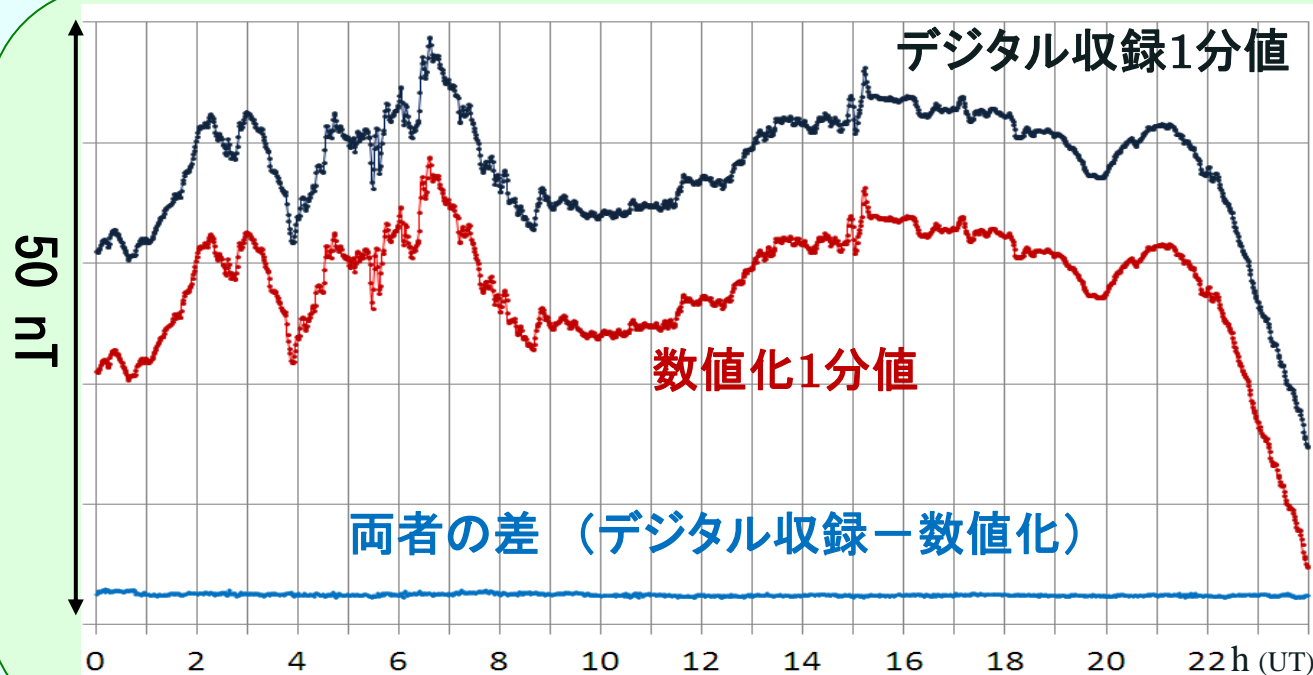


# 数値化したデータの精度を確認

## 精度の評価

- ・デジタルとアナログの並行観測期間
- ・数値化データとデジタル収録値とを比較

Decade	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
アナログ		アナログ記録									
1分値							デジタル収録				



1994年8月1日 地磁気水平成分

1分値の最小単位  
= 0.1nT

差の標準偏差  
≒ 0.2nT

読取り誤差は  
小さい



# データ公開(京大地磁気センター)

地磁気一分値プロット/データ出力 English

Home Page 地磁気センター 地磁気とは? データ I-Magnet リンク WDC for G

地磁気世界資料センター京都の地磁気確定/暫定値

[オンラインデータカタログ](#)

観測所 (一つを選んでください)

- Ikutsk [IRT] ( 52.17N,104.45E), GM. Lat.: 42.01N
- Iznik [IZN] ( 40.50N, 29.73E), GM. Lat.: 37.57N
- Kakadu [KDU] ( 12.69S,132.47E), GM. Lat.: 21.63S
- Kakioka [KAK] ( 36.22N,140.18E), GM. Lat.: 27.47N**
- Kanoya [KNY] ( 31.42N,130.88E), GM. Lat.: 22.00N
- Kanozan [KNZ] ( 35.26N,139.96E), GM. Lat.: 26.48N
- Keetmanshop [KMH] ( 26.54S, 18.11E), GM. Lat.: 26.02S
- Kiev [KIV] ( 50.72N, 30.30E), GM. Lat.: 47.43N
- Kiruna [KIR] ( 67.83N, 20.42E), GM. Lat.: 65.25N
- Kourou [KOU] ( 5.21N, 52.73W), GM. Lat.: 14.57N

開始時刻 [UT=JST-9時間]

1960 + 4 年 1 月

00 + 1 日 00 + 0 時

期間 (最大366日間)

00 + 1 日 + 00 + 0 時間

出力形式

プロット (プロット例)

画像形式:  GIF  ポストスクリプト [140kB/day]

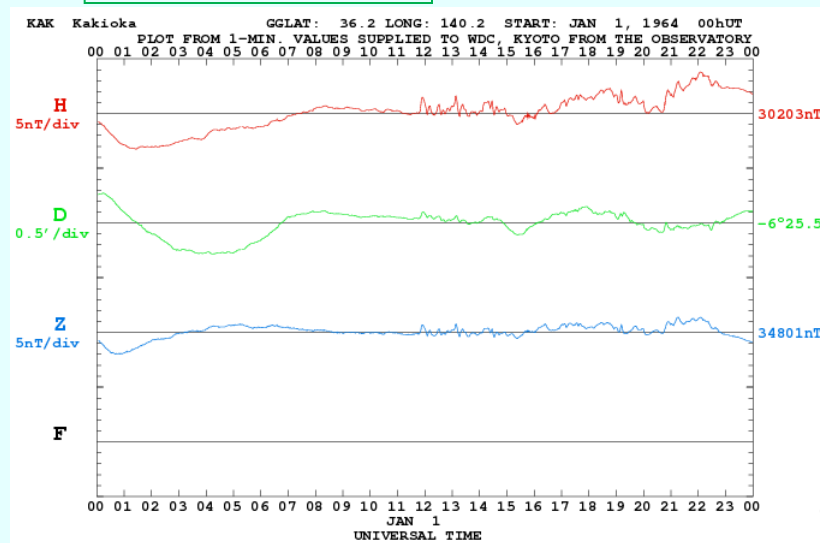
色:  カラー  モノクロ

感度: 自動

データ出力

- WDCデータ交換形式 [40kB/day]
- IAGA2000形式 [90kB/day]
- IAGA2002形式 [100kB/day]

## プロット図出力



## データ出力

- ・IAGA2002形式
- ・WDCデータ交換書式
- ・IAGA2000形式

# データ公開(地磁気観測所)



気象庁 地磁気観測所

Kakioka  
Magnetic  
Observatory

<http://www.kakioka-jma.go.jp/>

English

女

気象庁地磁気観測所のHP

● サイトマップ ● お問い合わせ ● アクセス

## DIGITAL DATA SERVICE

行物 調査研究

### お知らせ

● **【研究者向けのお知らせ】**

過去の地磁気プロマイド記録(アナログ記録)から求めたデジタル  
毎分値の公開を開始しました。**new**  
(ダウンロード可能期間は、データの準備ができ次第、順次更新)

### データファイル

### IAGA2002フォーマット

```

Format IAGA-2002
Source of Data Japan Meteorological Agency
Station Name Kakioka Magnetic Observatory
IAGA CODE KAK
Geodetic Latitude 36.232
Geodetic Longitude 140.186
Elevation 36
Reported DHZF
Sensor Orientation variation:DHZ, absolute:DIF
Digital Sampling 7.62 second
Data Interval Type Average 1-minute (00:30-01:29)
Data Type quasi-definitive
# Element Geomagnetic field digitized from magnetograms
# Units: D (eastward+) [arc minute], H[nT], Z(downward+) [nT], F[nT]
# Accuracy: 0.2nT ( 0.02 arc minute)
# X=H*cos(Dpsi/180/60) [nT], Y=H*sin(Dpsi/180/60) [nT].
# I=arctan(Z/H)*60*180/pi [arc minute]
# Reference: Mashiko, N. et al., 2012: Digitization of bromide paper
# records to extract one-minute geomagnetic data. Proceedings of 1st
# ICSU-IMDS conference "Global data for global science", Kyoto,
# 251-254. [Available online at www.icsu-wds.org.]
# Issued by Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency
# URL: http://www.kakioka-jma.go.jp/en/index.html
DATE TIME DOY KAKD KAKH KAKZ KAKF
1972-01-01 00:00:00.000 001 99999.00 99999.00 99999.00 88888.00
1972-01-01 00:01:00.000 001 -385.42 30141.60 34650.10 88888.00
1972-01-01 00:02:00.000 001 -385.41 30141.70 34649.70 88888.00
1972-01-01 00:03:00.000 001 -385.40 30141.60 34649.40 88888.00
1972-01-01 00:04:00.000 001 -385.41 30141.60 34649.30 88888.00
1972-01-01 00:05:00.000 001 -385.44 30141.60 34649.30 88888.00
1972-01-01 00:06:00.000 001 -385.44 30141.70 34648.90 88888.00
    
```

### メタデータ

- ・提供元情報
- ・観測点情報
- ・測器情報

### Kakioka geomagnetic field

Average 1-hour (00-59)

Metadata

Digital data files

from 1924-01-31T15:00:00 to 1 month ago (-P1M)

Geomagnetic field (KAK)

definitive

DHZF

既存1時間値

Average 1-hour (00-59)

Metadata

Digital data files

from 1913-01-08T15:00:00 to 1916-12-31T14:00:00

Geomagnetic field (KAK)

definitive

DHZF

Average 1-minute (00:30-01:29)

Metadata

Digital data files

from 1976-01-01T00:00:00 to 1 month ago (-P1M)

Geomagnetic field (KAK)

definitive

DHZF

既存1分値

Average 1-minute (00:30-01:29)

Metadata

Digital data files

from 1972-01-01T00:00:00 to 1972-01-31T23:59:00

Geomagnetic field digitized from magnetograms (KAK)

quasi-definitive

DHZF

数値化1分値







# まとめ

- 地磁気の印画紙記録からデジタル1分値を作成
- デジタル収録値との差は、最小単位0.1nTに対し、標準偏差で0.2 nT程度
- 現在1964～1975年のデータを公開中で、今後さらに遡る
- 京大地磁気センター及び 地磁気観測所のHPから利用可能

## 謝辞

本研究はJSPS科研費248032の助成を受けたものです。