

地磁気アナログ記録のデジタル化

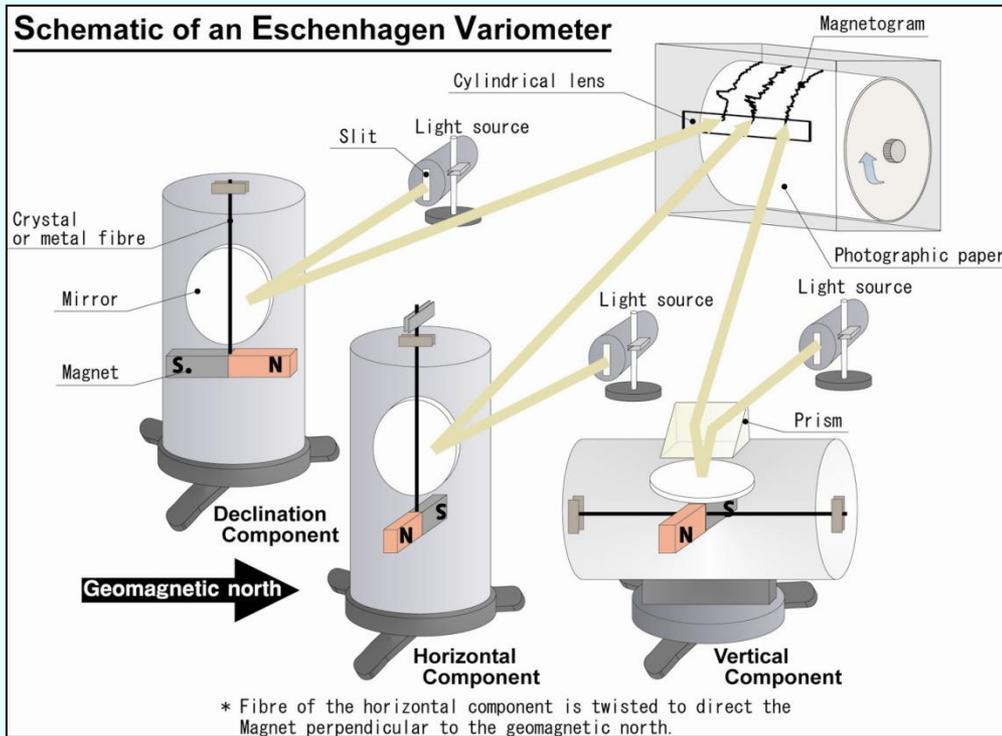
増子徳道^{1*}, 能勢正仁², 源泰拓¹, 原昌弘¹

¹気象庁 地磁気観測所

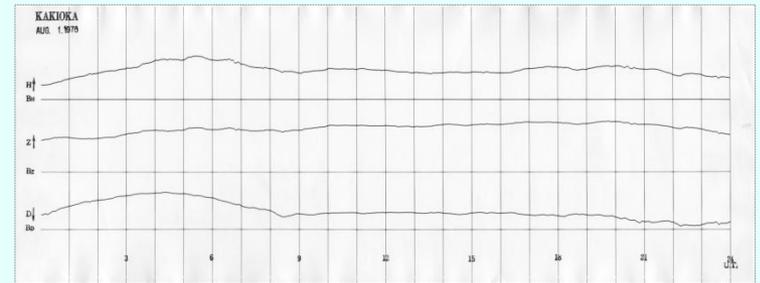
²京都大学大学院理学研究科

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



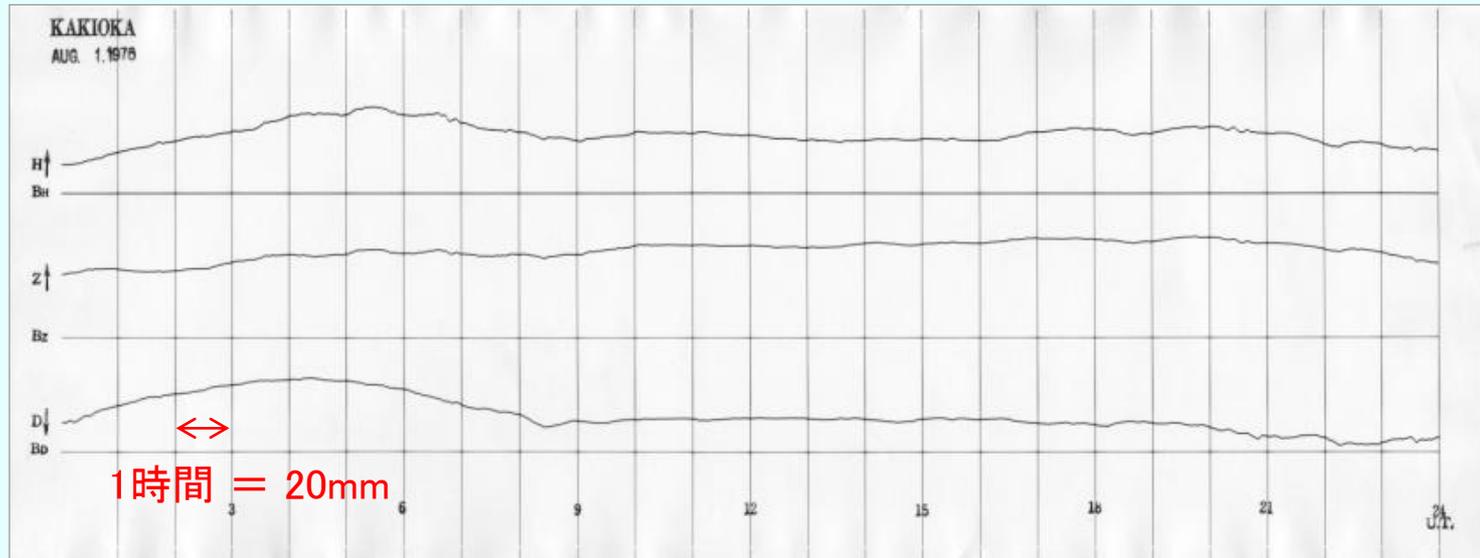
1枚 = 24時間分

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



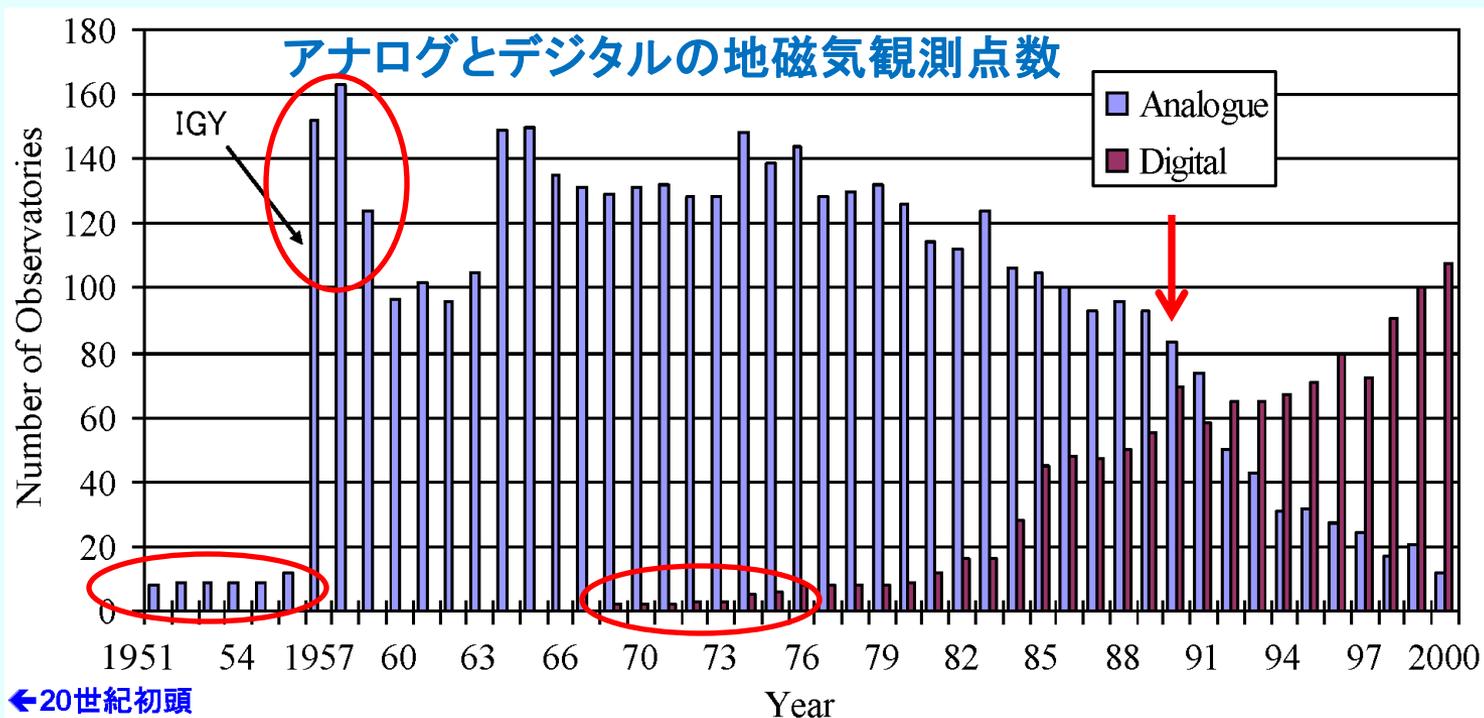
従来の利用方法:

- ・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



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)

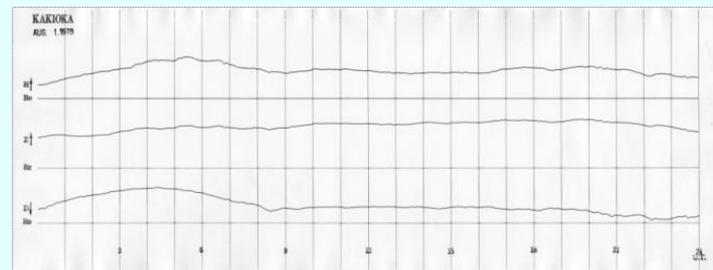


アナログ記録の高精度スキャン

- ・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



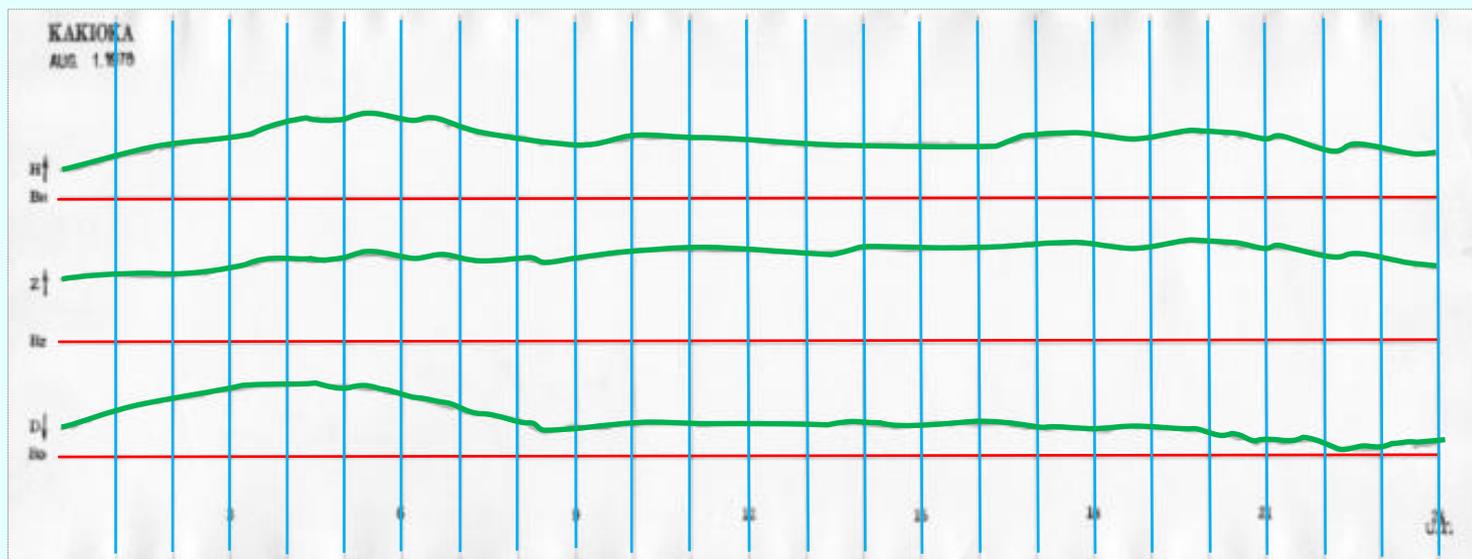
解像度 = 600 dpi → 1mmを約24画素に分解

⇒ 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

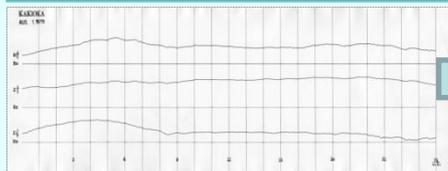


- ① 振幅の基準となるベースラインを検出
- ② 時刻の基準となるタイムマークを検出
- ③ 地磁気の変化曲線を検出

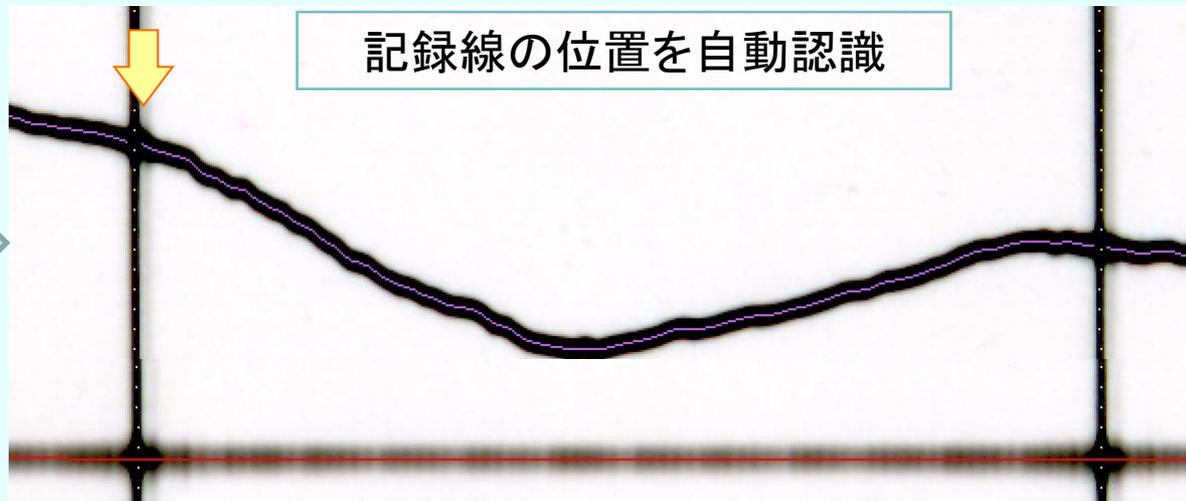
基準線からの振幅を
自動的に読み取る

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

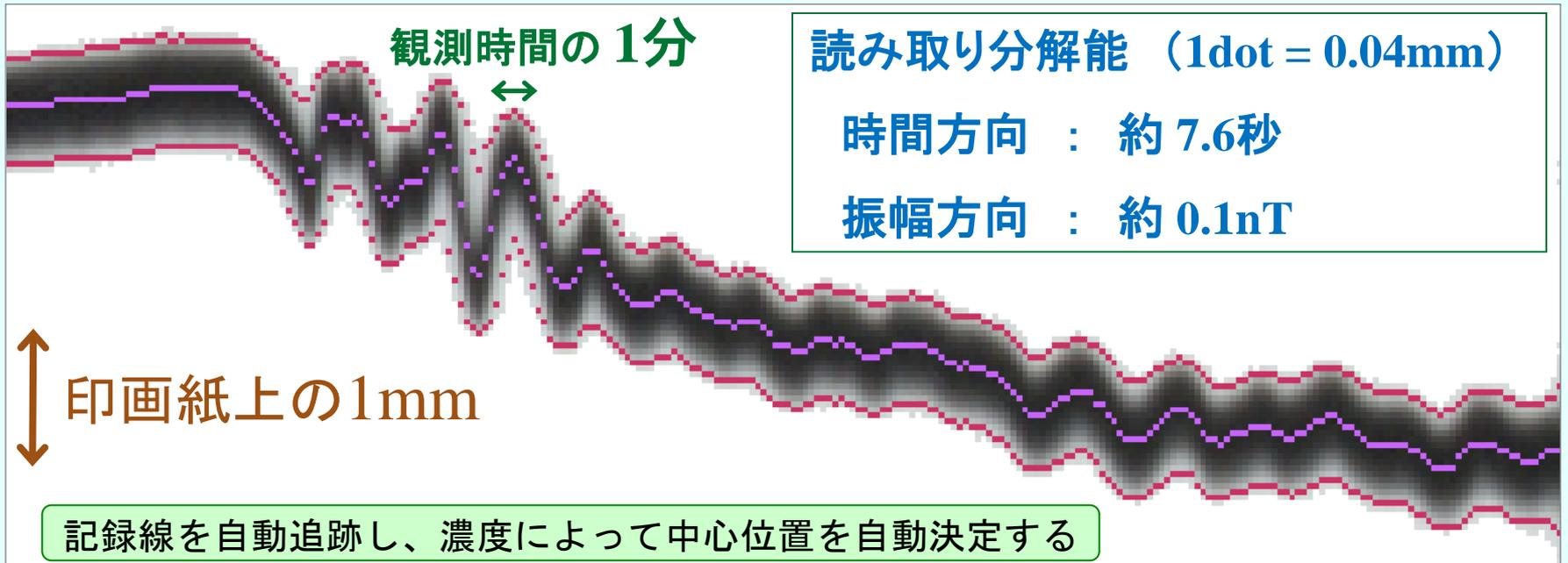
$$V = r * S + O$$

v: 地磁気値
r: 振幅
s: 感度
o: 基線値

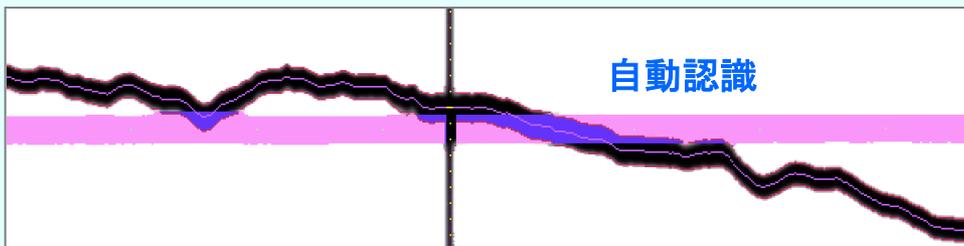
平均処理

地磁気1分値

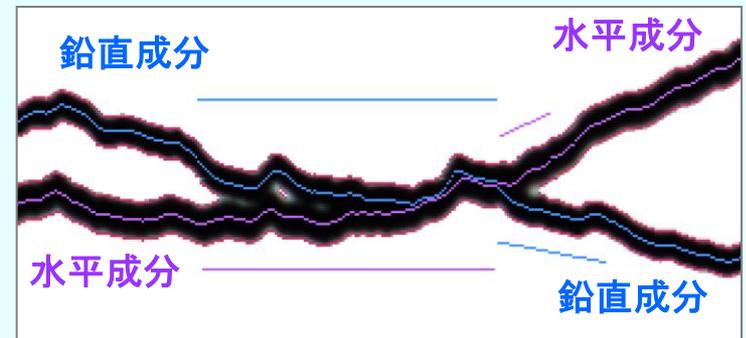
記録線の自動認識



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



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] (36.23N,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]

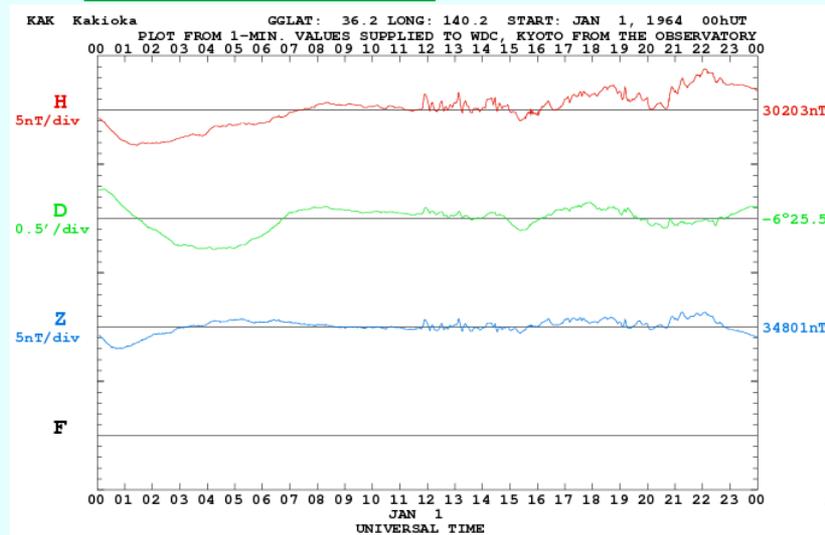
色: カラー モノクロ

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)



<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

出版物 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)

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

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



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。