

アナログマグネトグラムの 高時間分解能デジタイズ

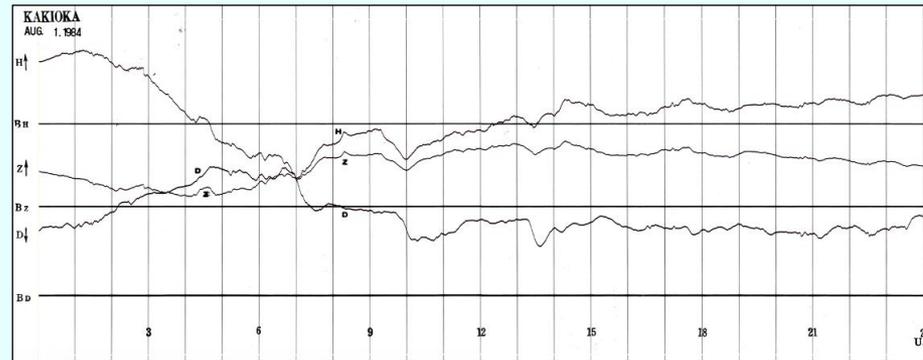
増子徳道^{○1}、山本哲也²、芥川真由美¹、源泰拓¹

¹気象庁地磁気観測所

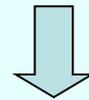
²気象庁気象研究所

目的

アナログマグネトグラム(印画紙記録)を
高精度な数値時系列データに変換する



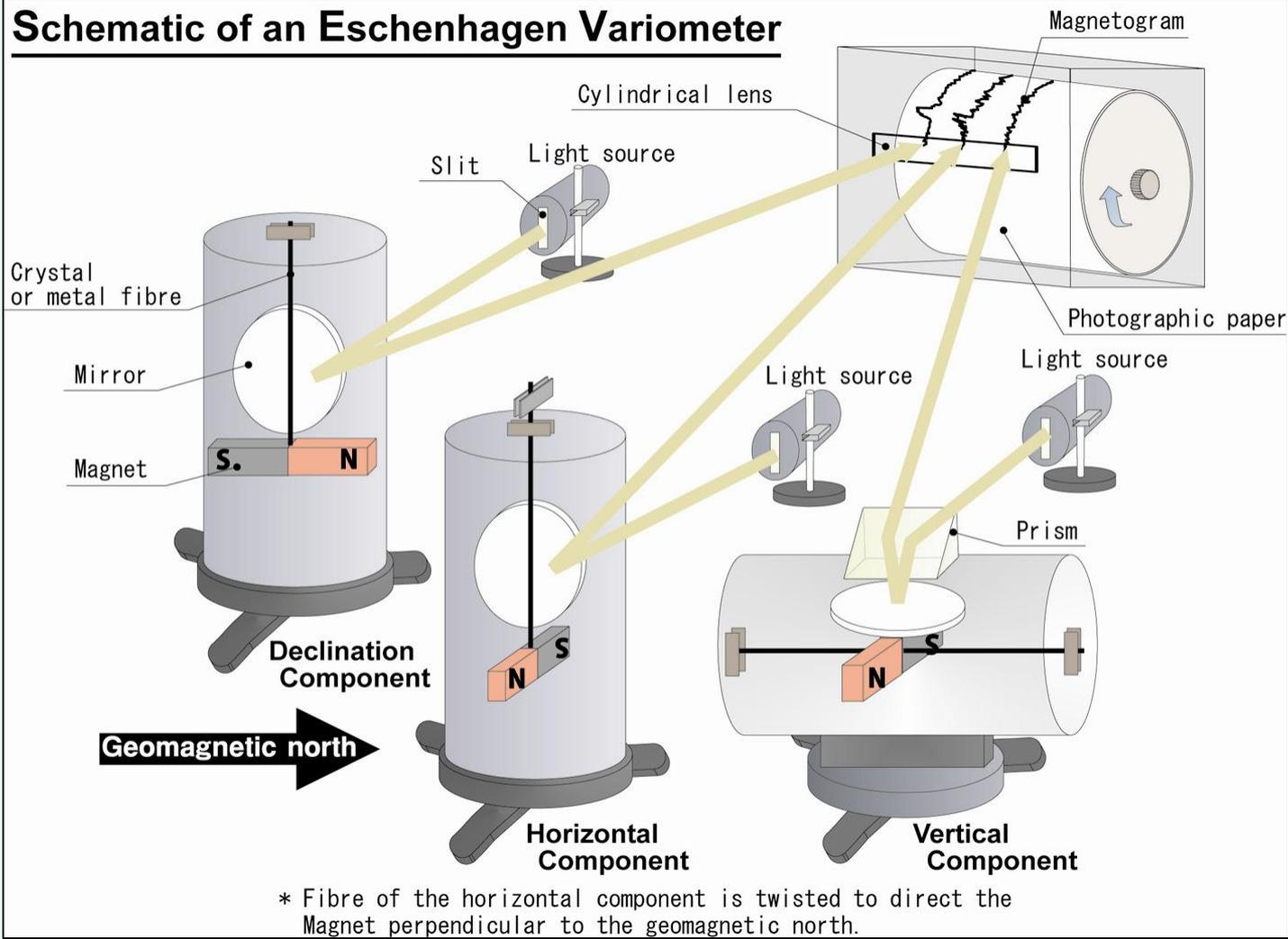
マグネトグラム



1分値データ、30秒値データ

アナログ時代の地磁気観測 模式図

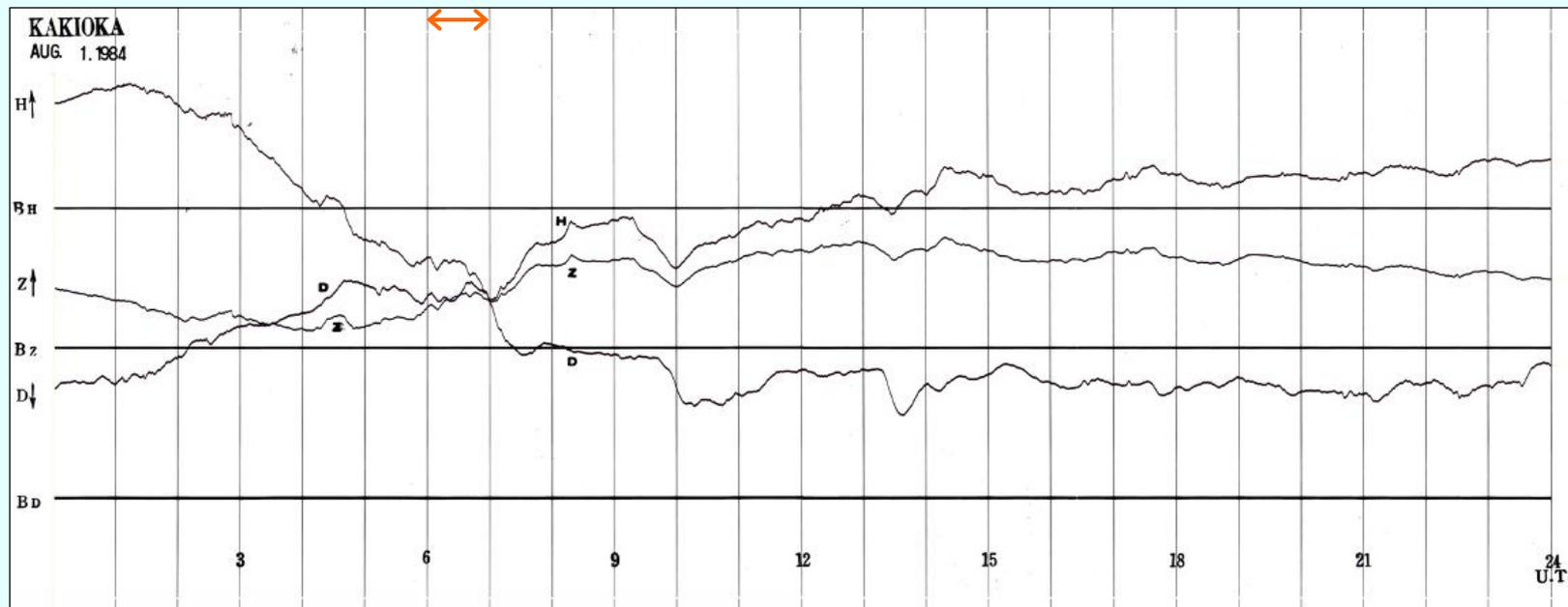
Schematic of an Eschenhagen Variometer



アナログマグネトグラム(地磁気印画紙記録)

1時間

1984年8月1日



気象庁地磁気観測所(柿岡)のマグネトグラム

1枚=1日分の記録

- ・地磁気3成分(水平・鉛直・偏角)が記録されている
- ・1時間間隔で読み取って数値化されている

印画紙のサイズ

縦 約20cm

横 約51cm

A4横×2程度

利用可能な地磁気データ期間(柿岡)

アナログマグネットグラムの存在する期間(柿岡)

1924年～1995年

デジタル収録の導入
1976年

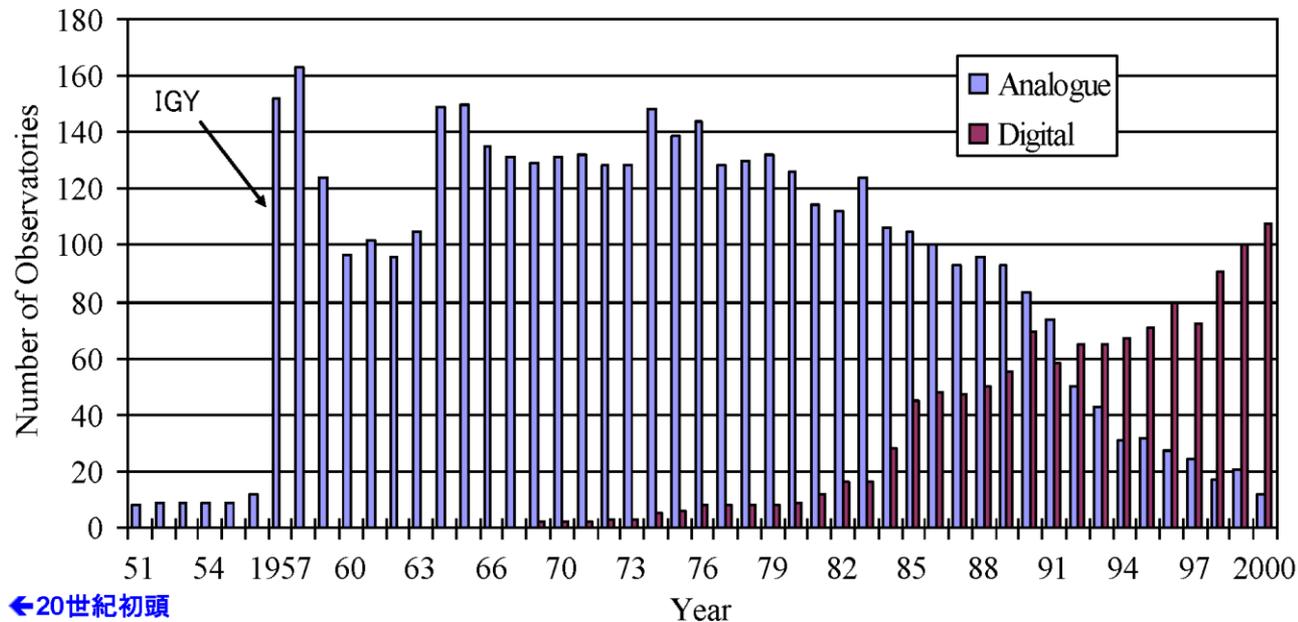
デジタルデータの利用可能な期間

| | | 1900 | 1910 | 1920 | 1930 | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000- | |
|-----------------------------------|---------------------------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------------|------------|------|-------|--|
| computer-readable digital data | 1-hour 1913- | | | 毎時値はマグネットグラムから読み取った値 | | | | | | | | | |
| | 1-minute 1976- | | | | | | | | 毎分値は1976年～ | | | | |
| | 1-second 1983- | | | | | | | | | 毎秒値は1983年～ | | | |
| analog records | magnetograms 1924-1995 | | | マグネットグラム: 1924年～1995年 | | | | | | | | | |

1924～1976年は、
毎時値と
マグネットグラムのみ

世界中の地磁気観測点数

Analogue and digital data collection at WDC-Kyoto
(Number of Geomagnetic Observatories)



←20世紀初頭

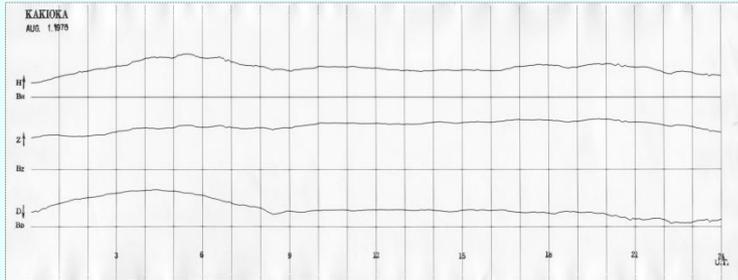
Analogue: Normal-run magnetograms,

Digital: 1-minute resolution data

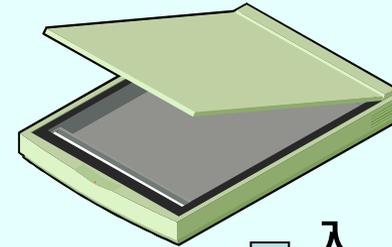
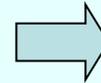
2011.02.24 家森ほか(SET研究所研究集会資料)

開発したマグネトグラム数値化の手順

マグネトグラム



高精度にスキャン

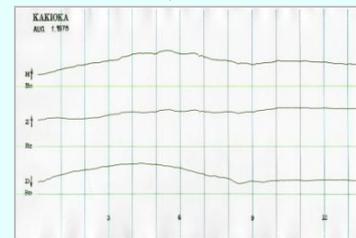


オートトレース & 数値データ化プログラム
(自主開発)

自動処理

出力

時系列数値データ

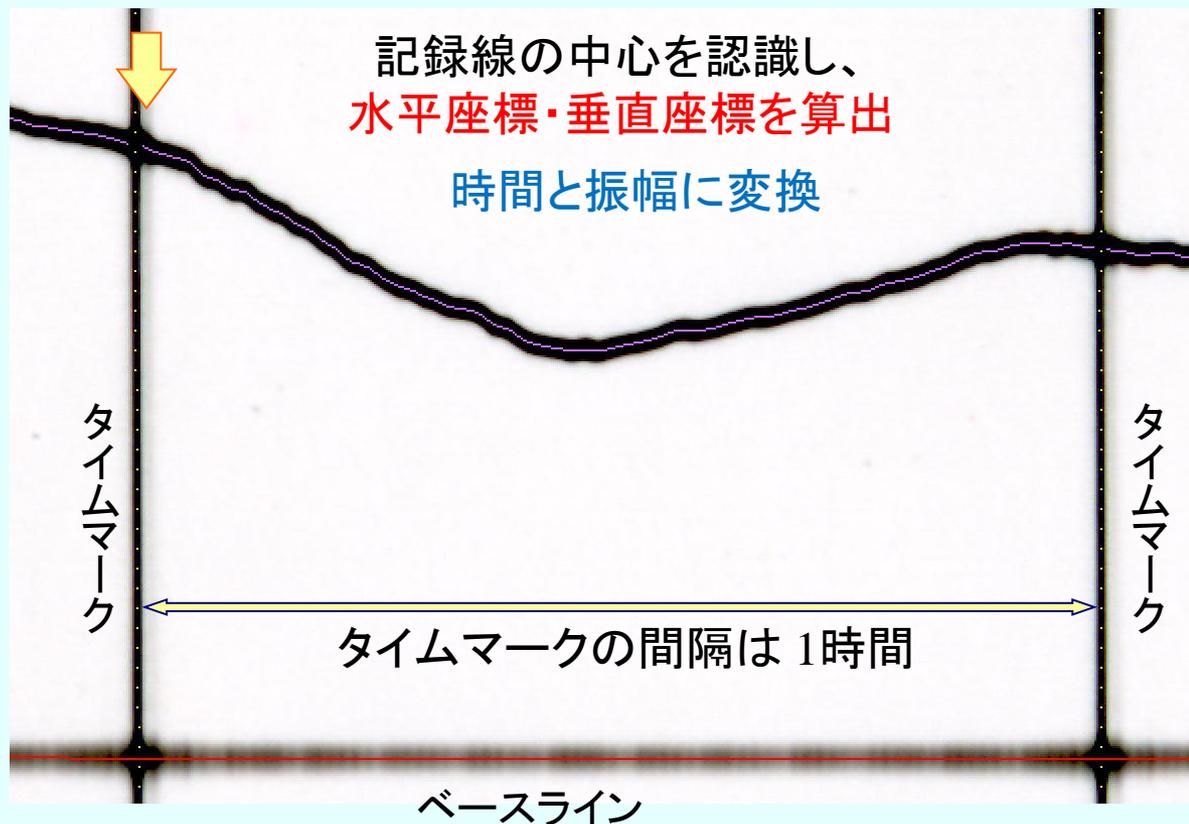


認識結果の
確認用画像

(認識した線を塗色した画像)

自動画像認識&数値データ化のイメージ

現在の毎時値よりもはるかに時間分解能の
高いデータが自動処理で抽出できる



| x-axis | y-axis | hour | minute | height (mm) |
|--------|--------|------|--------|-------------|
| 412 | 242 | 0 | 0.764 | 10.245 |
| 413 | 241 | 0 | 0.892 | 10.202 |
| 414 | 241 | 0 | 1.019 | 10.202 |
| 415 | 241 | 0 | 1.146 | 10.202 |
| 416 | 241 | 0 | 1.274 | 10.202 |
| 417 | 241 | 0 | 1.401 | 10.202 |
| 418 | 241 | 0 | 1.529 | 10.202 |
| 419 | 240 | 0 | 1.656 | 10.160 |
| 420 | 240 | 0 | 1.783 | 10.160 |
| 421 | 240 | 0 | 1.911 | 10.160 |
| 422 | 240 | 0 | 2.038 | 10.160 |
| 423 | 240 | 0 | 2.166 | 10.160 |
| 424 | 241 | 0 | 2.293 | 10.202 |
| 425 | 241 | 0 | 2.420 | 10.202 |
| 426 | 241 | 0 | 2.548 | 10.202 |
| 427 | 241 | 0 | 2.675 | 10.202 |
| 428 | 241 | 0 | 2.803 | 10.202 |
| 429 | 241 | 0 | 2.930 | 10.202 |
| 430 | 242 | 0 | 3.057 | 10.245 |
| 431 | 242 | 0 | 3.185 | 10.245 |
| 432 | 242 | 0 | 3.312 | 10.245 |
| 433 | 243 | 0 | 3.439 | 10.287 |
| 434 | 243 | 0 | 3.567 | 10.287 |
| 435 | 243 | 0 | 3.694 | 10.287 |
| 436 | 243 | 0 | 3.822 | 10.287 |
| 437 | 243 | 0 | 3.949 | 10.287 |
| 438 | 243 | 0 | 4.076 | 10.287 |
| 439 | 243 | 0 | 4.204 | 10.287 |
| 440 | 243 | 0 | 4.331 | 10.287 |
| 441 | 243 | 0 | 4.459 | 10.287 |
| 442 | 243 | 0 | 4.586 | 10.287 |
| 443 | 242 | 0 | 4.713 | 10.245 |

その後、感度情報等*を使用し磁場値に変換
(*基線値, 寸法値等)

スキヤンの解像度

スキヤンの解像度は600dpi(dots per inch)で実施

⇒ 時間解像度 \div **7.6秒**/1dot (8dots/1分)

⇒ 振幅解像度 \div **0.1nT**/1dot

参考：従来の毎時値は

時間分解能 = 1時間

振幅分解能 = 1nT (最小単位)

⇒ マグネットグラム1枚につき、
4600pixels \times 12000pixels \div 55Mpixels

参考：BGSのマグネットグラムスキヤン
resolution = 21Mpixels

600dpi \rightarrow 600dots/25.4mm \rightarrow 23.62dots/1mm

刻時線(タイムマーク)の間隔(1時間) = 20.0mm

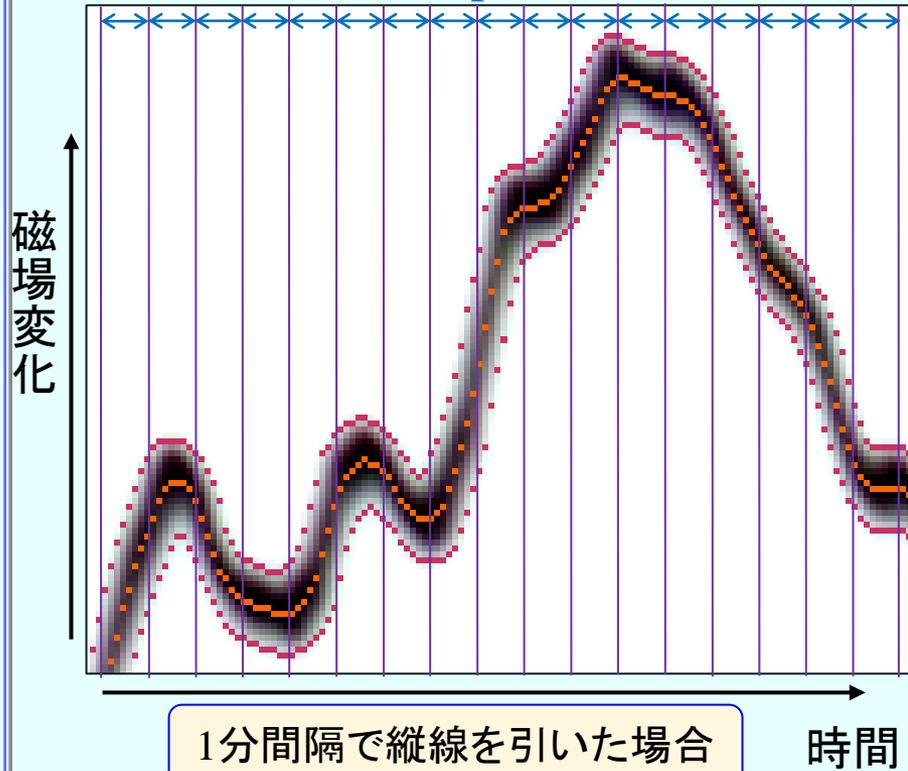
\rightarrow 472.4dots/20mm(=1時間) \rightarrow 1dot/7.6秒 \rightarrow 7.9dots/1分

600dpi \rightarrow 25.4mm / 600dots \rightarrow 0.042mm/dot

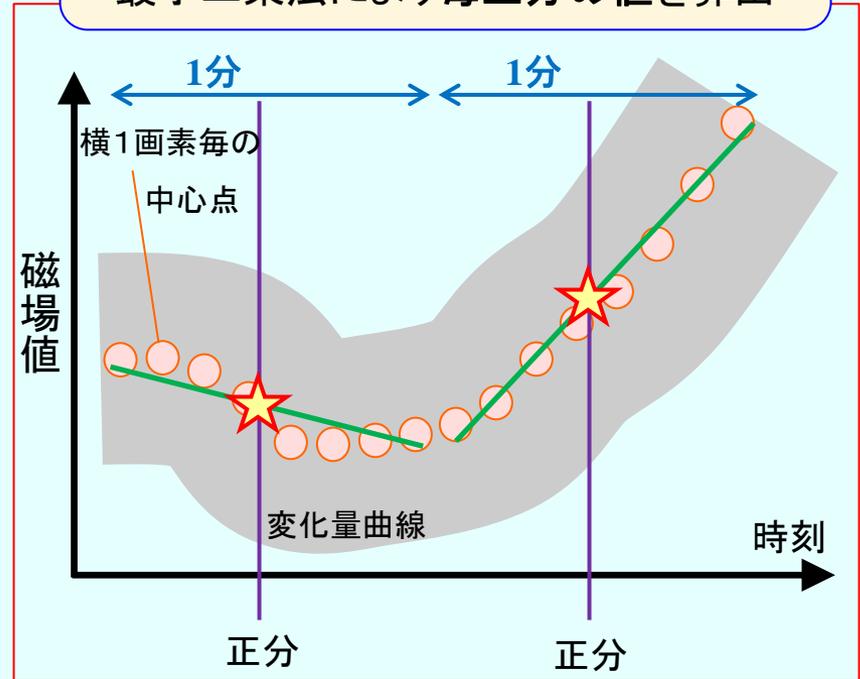
寸法値は約 2.5nT/mm \rightarrow 2.5 \times 0.042 \rightarrow 0.1nT/dot

数値データ(毎分値)の算出イメージ

1分 (1分 \div 7.9pixel)

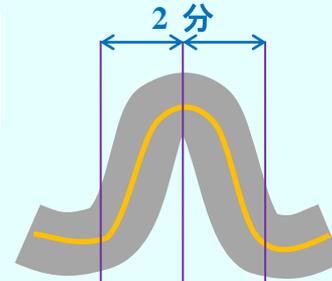
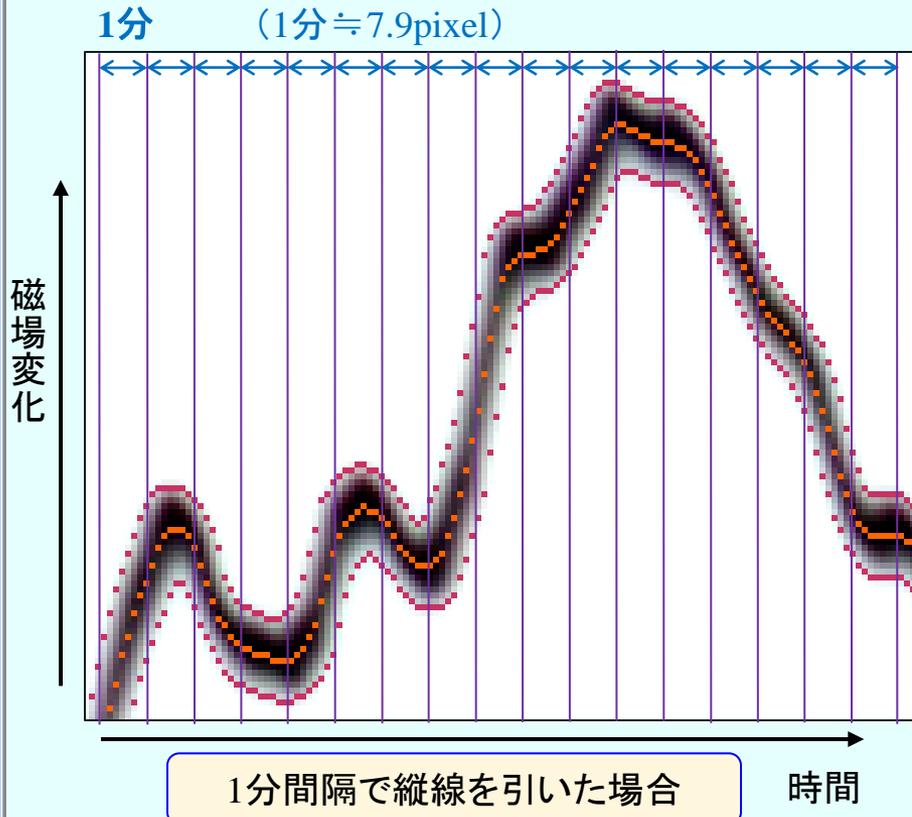


毎正分の前後 計8dotから
最小二乗法により毎正分の値を算出

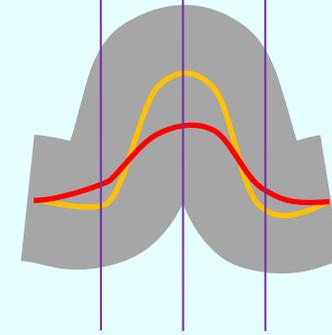


時間分解能の検討

3分程度のパルス幅なら精度良く認識可能
(平均的な線幅の記録の場合)

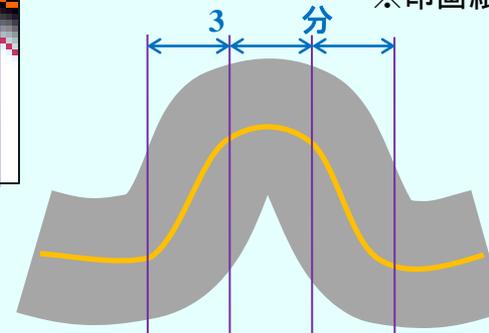


1995年頃の記録
線幅: 0.4mm前後
分解能: パルス幅
2分程度



同じ変化速度でも
線が太いと
平滑化されてしまう

※印画紙上の1.0mmは約3分に相当する



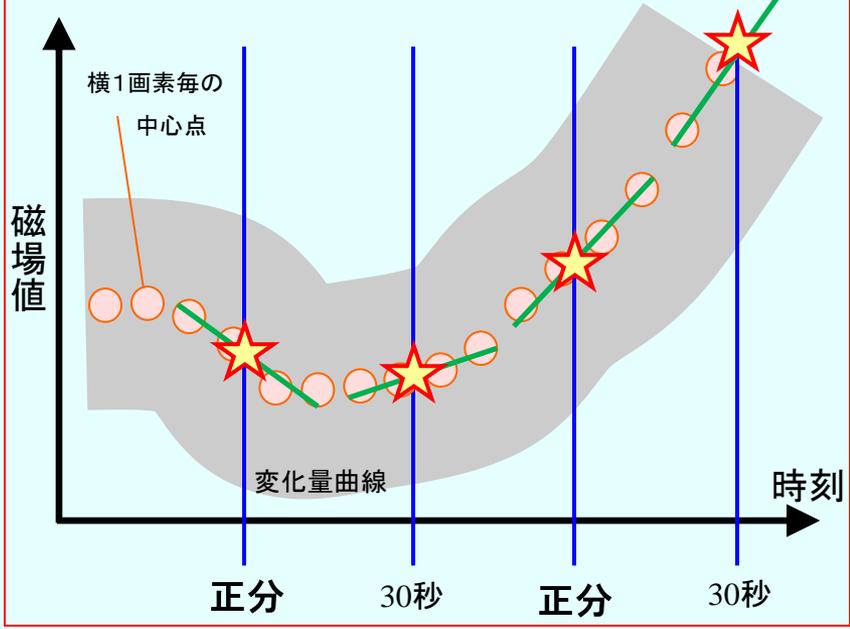
1960年代の記録
線幅: 1.0mm弱
分解能: パルス幅
3分程度

毎30秒値, 毎15秒値

パルス幅3分程度の変化を認識可能 →
毎30秒値, 毎15秒値の数値化が有効

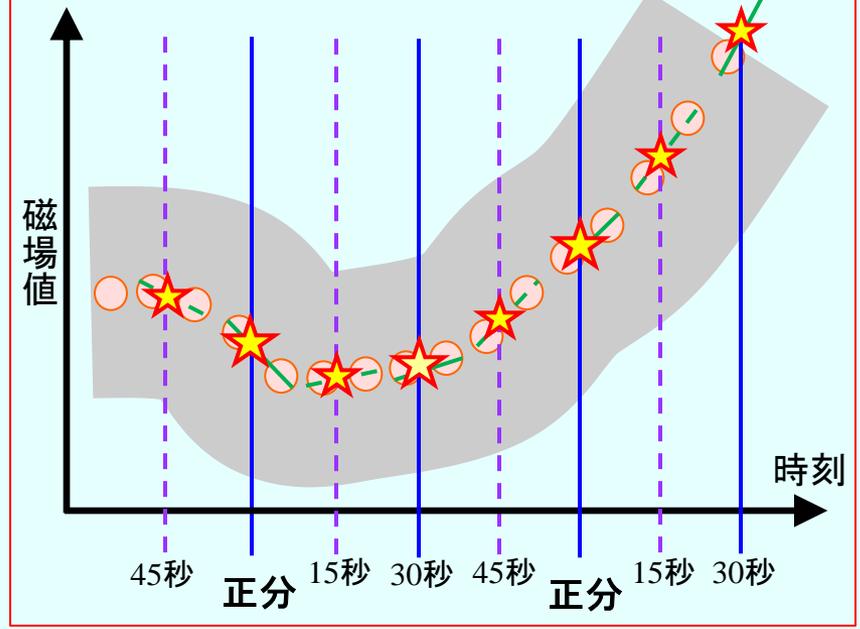
毎30秒値

毎30秒の前後 計4dotから算出

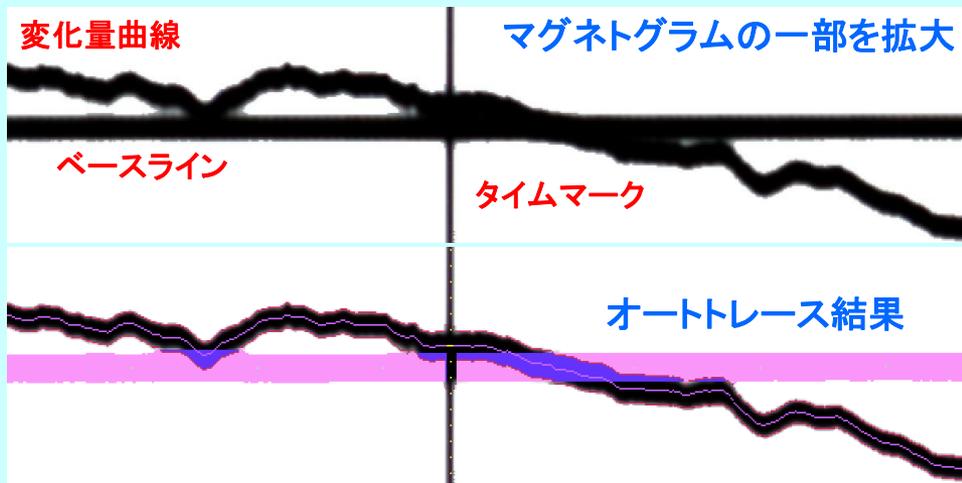


毎15秒値

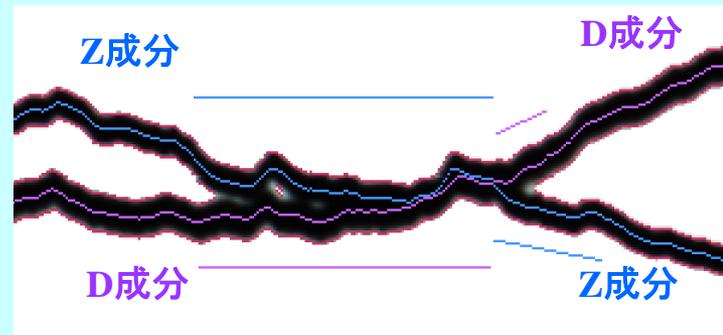
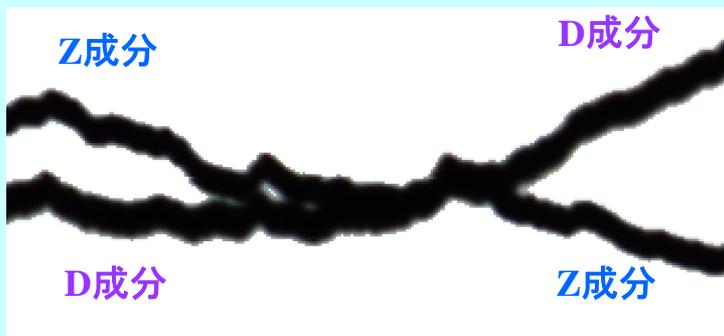
毎15秒の前後 計2dotから算出



オートトレースプログラムに実装した技術



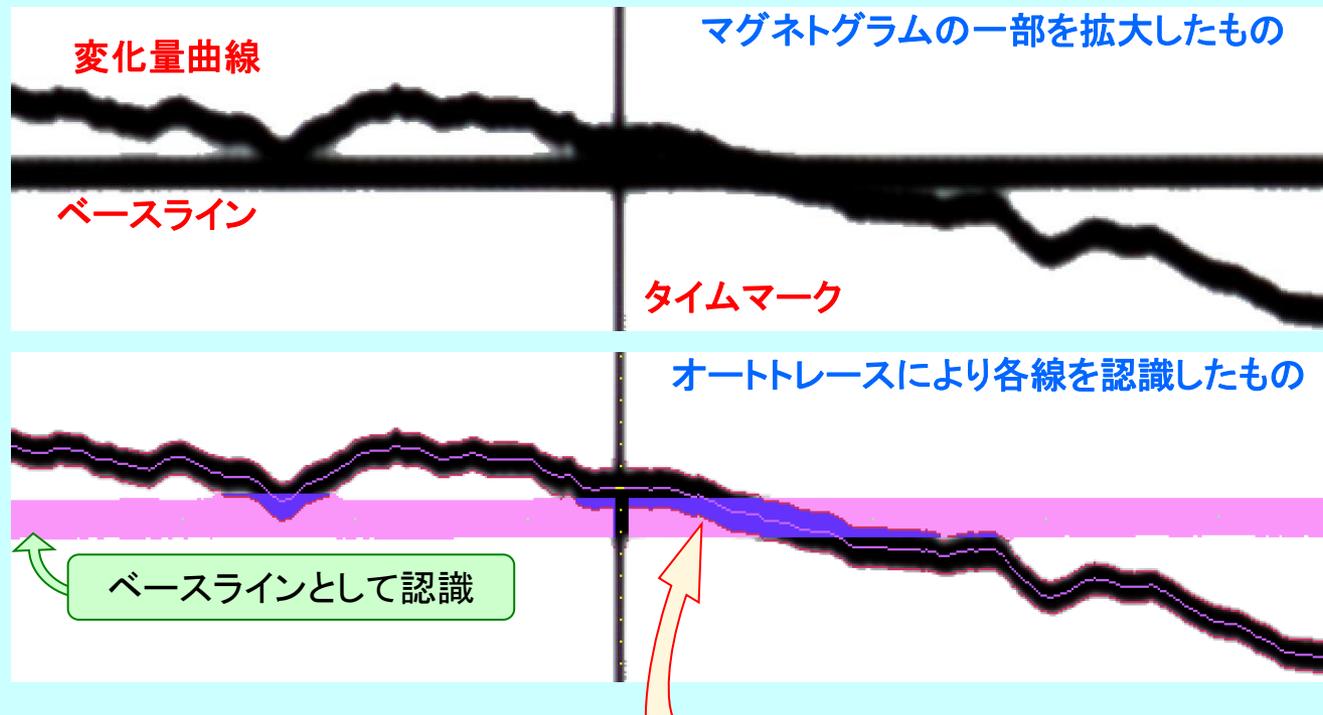
交わる線から
必要な部分を自動認識



交差する成分の進行方向を指示することで自動分離

オートトレースプログラムに実装した技術¹

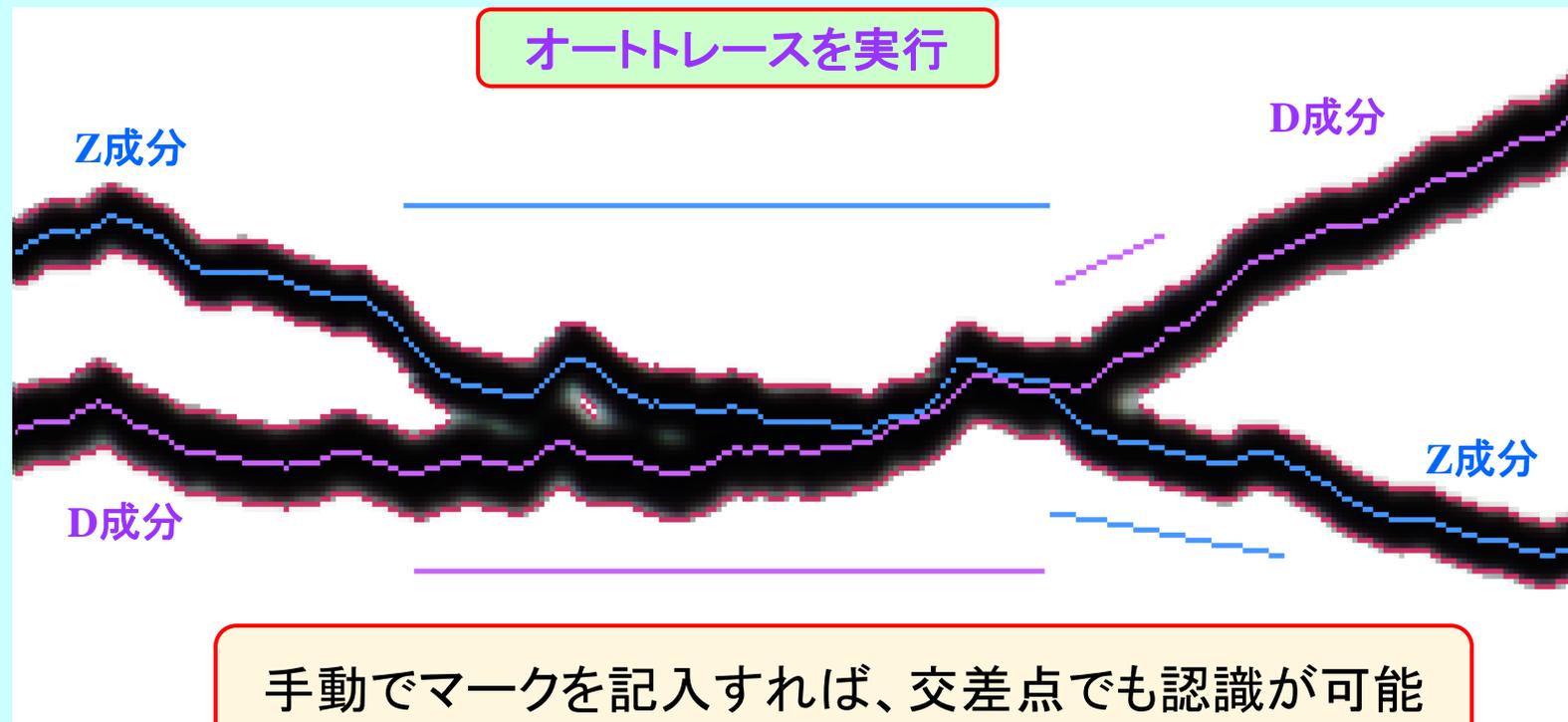
○ ベースラインと変化量曲線が交差する場合の自動認識



ベースライン中の変化量曲線を認識

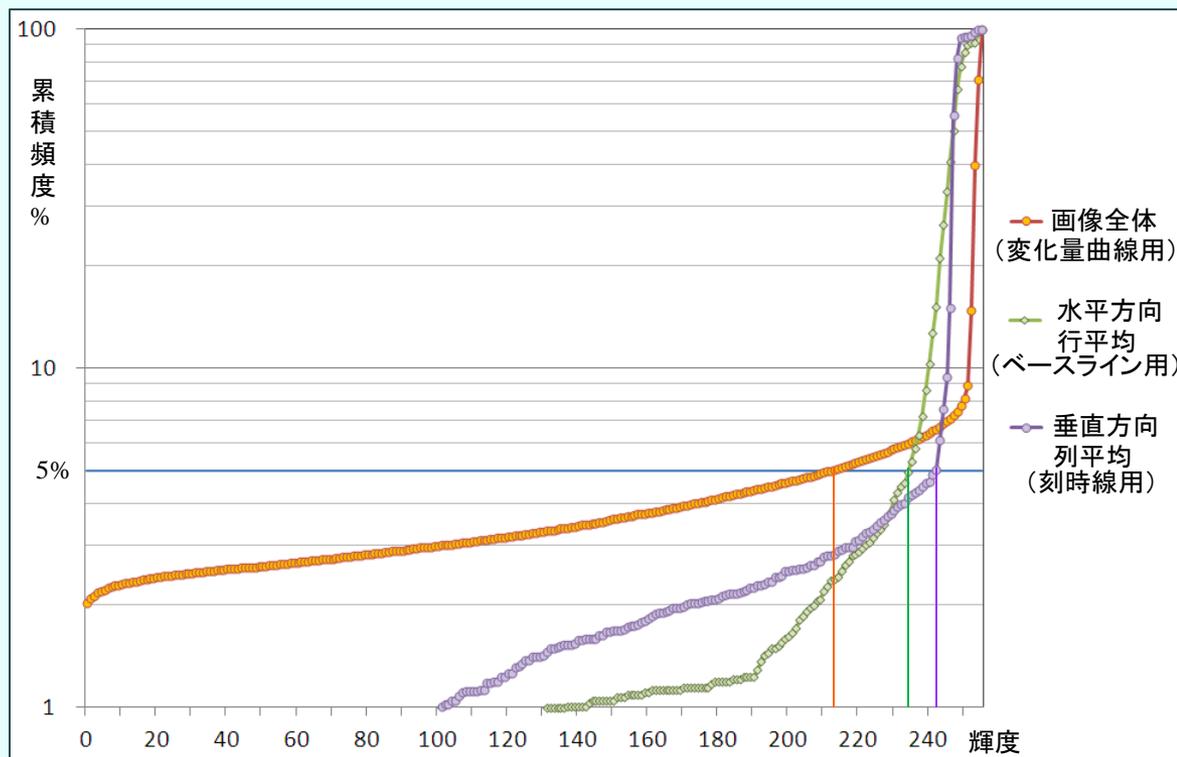
オートトレースプログラムに実装した技術2

○ 変化量曲線同士が交差する場合 の認識処理



オートトレースプログラムに実装した技術³

画像全体のくすみ等を1枚ごと計算し、記録線を認識する処理



印画記録は1枚毎に線の濃度(輝度)が異なるため、輝度分布の割合から背景輝度の閾値を求める

数値化精度の評価方法

アナログ記録(マグネトグラム)の観測とデジタル出力(毎分値・毎秒値)の観測が並行して行われていた期間について数値化を行い、マグネトグラムからの数値化データと既存のデジタル記録を比較する。

| | | 1900 | 1910 | 1920 | 1930 | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000- |
|--------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| computer-readable digital data | 1-hour 1913- | | | | | | | | | | | |
| | 1-minute 1976- | | | | | | | | | | | |
| | 1-second 1983- | | | | | | | | | | | |
| analog records | magnetograms 1924-1995 | | | | | | | | | | | |

アナログとデジタル毎分値の並行収録期間 → (1976-1983)

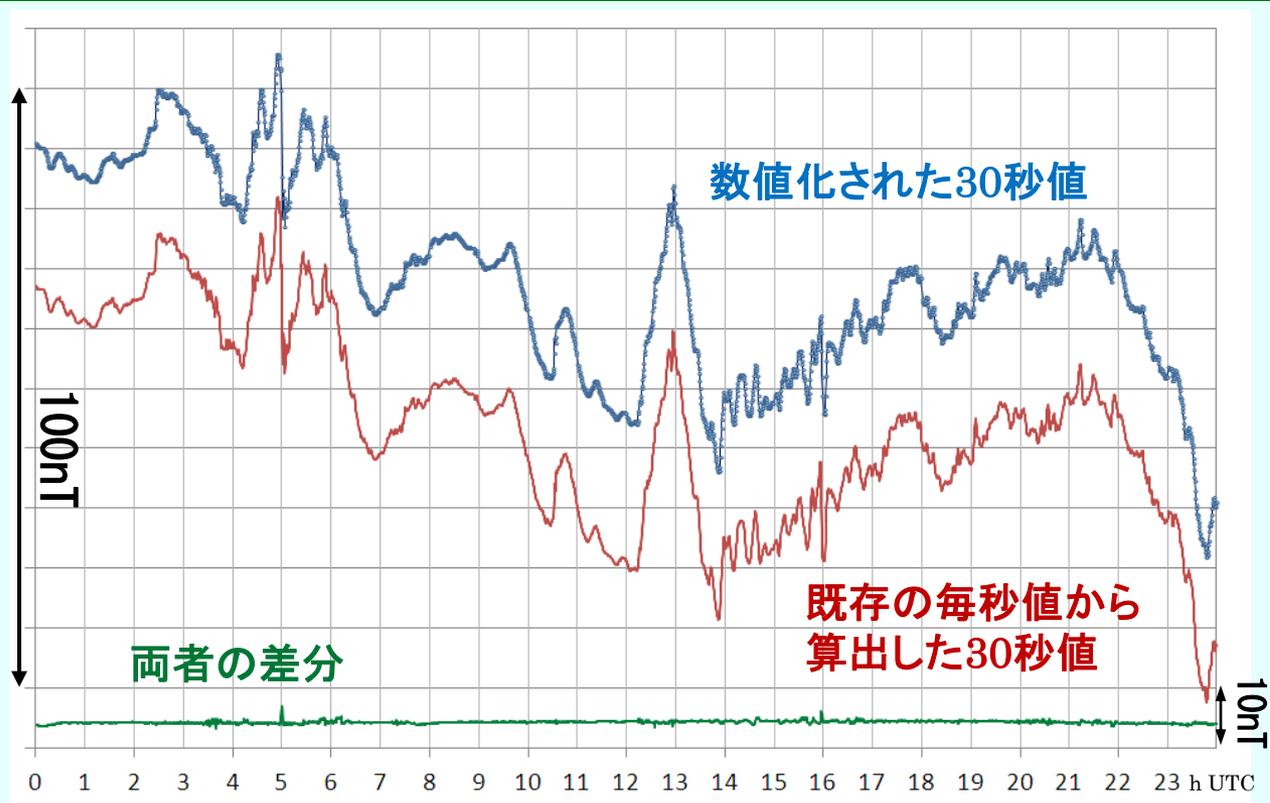
アナログとデジタル毎秒値の並行収録期間 → (1983-1995)

マグネトグラム (1924-1995)

アナログ収録磁力計: 吊り磁石変化計
デジタル収録磁力計: 光ポンピング磁力計

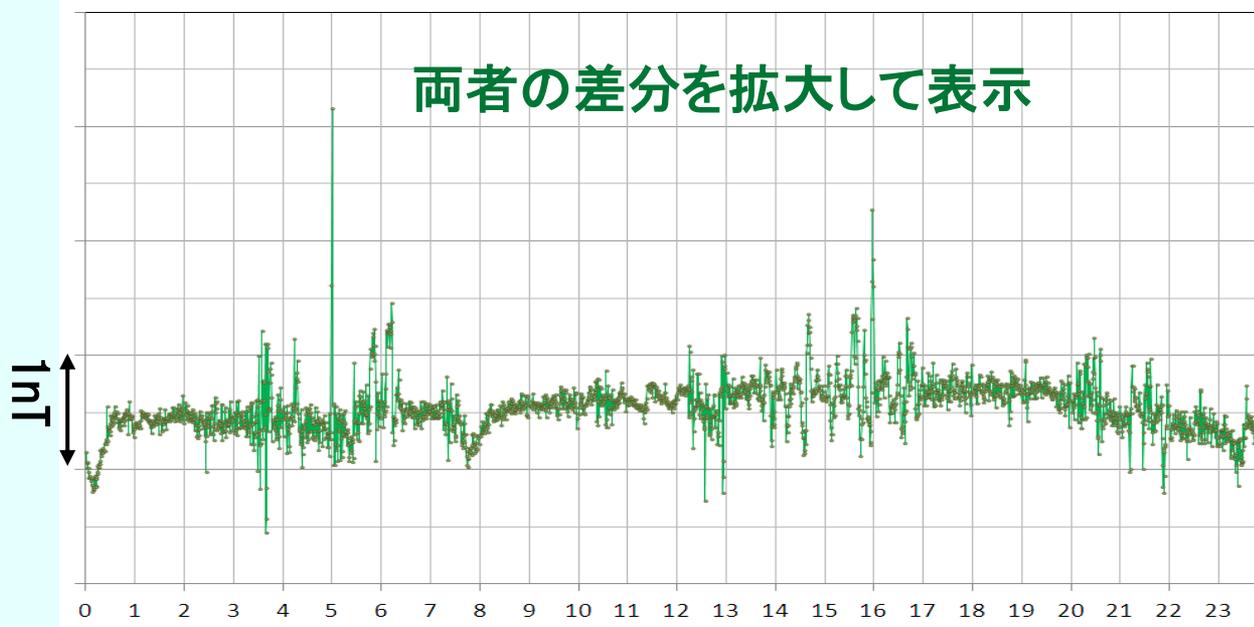
毎30秒値化を実施＋既存データと比較

1995年5月2日の印画記録(柿岡H成分)を30秒値化し、
既存の毎秒値(を30秒平均したもの)と比較した



上段は、印画紙記録から数値化した30秒値データ
中段は、既存毎秒値(KASMMER)の30秒平均
下段は、上段と中段の差(印画記録からデジタル化した値とデジタル収録値との差)

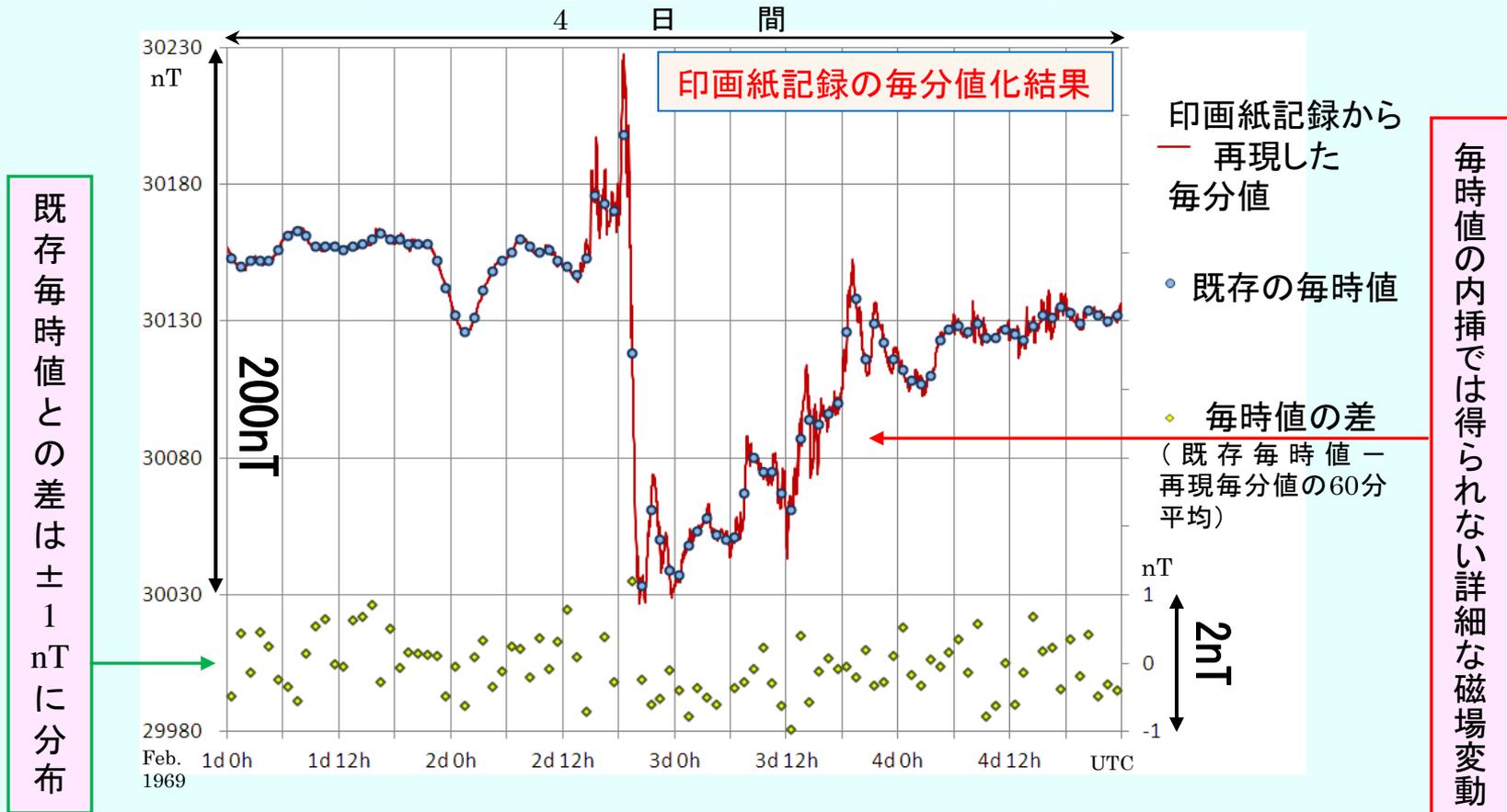
毎30秒値化を実施＋既存データと比較



並行観測期間以前の毎分値化を実施

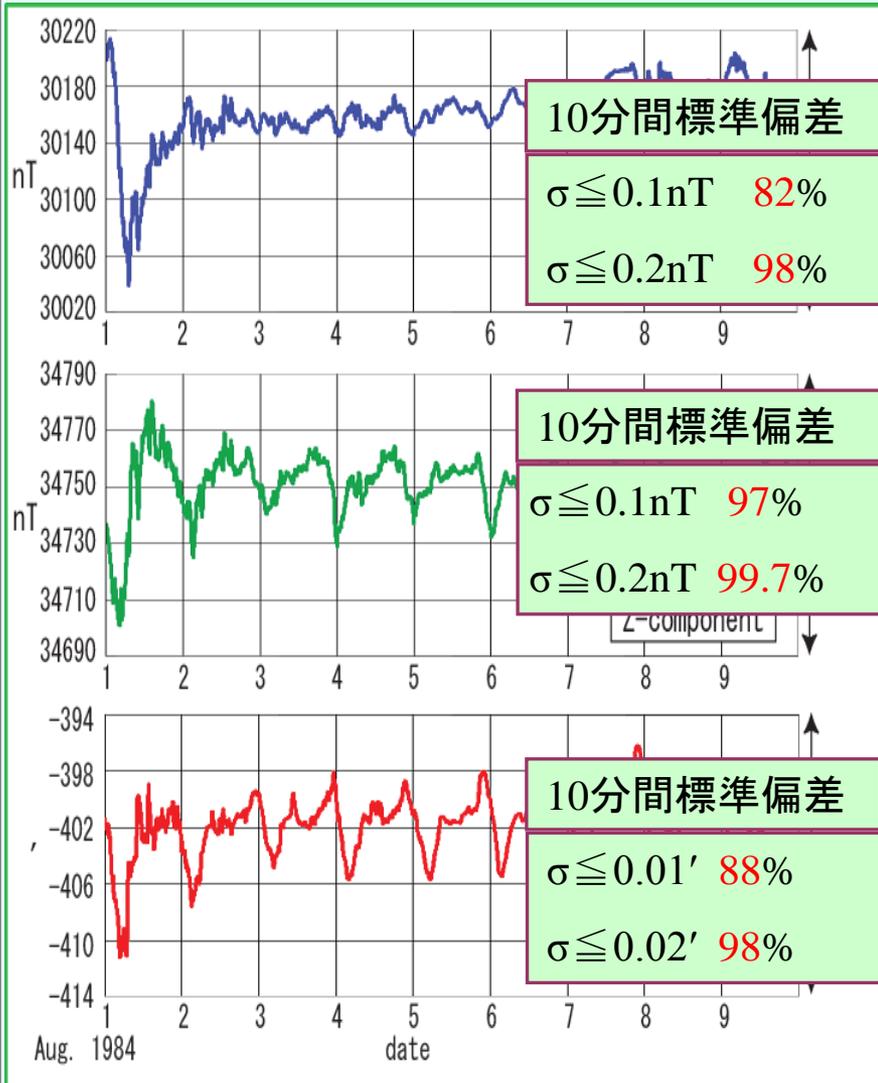
柿岡の毎分値が存在するのは1976年～。
1975年以前の印画紙記録を毎分値化し、既存の毎時値と比較した。

1969年2月1日～4日の柿岡H成分

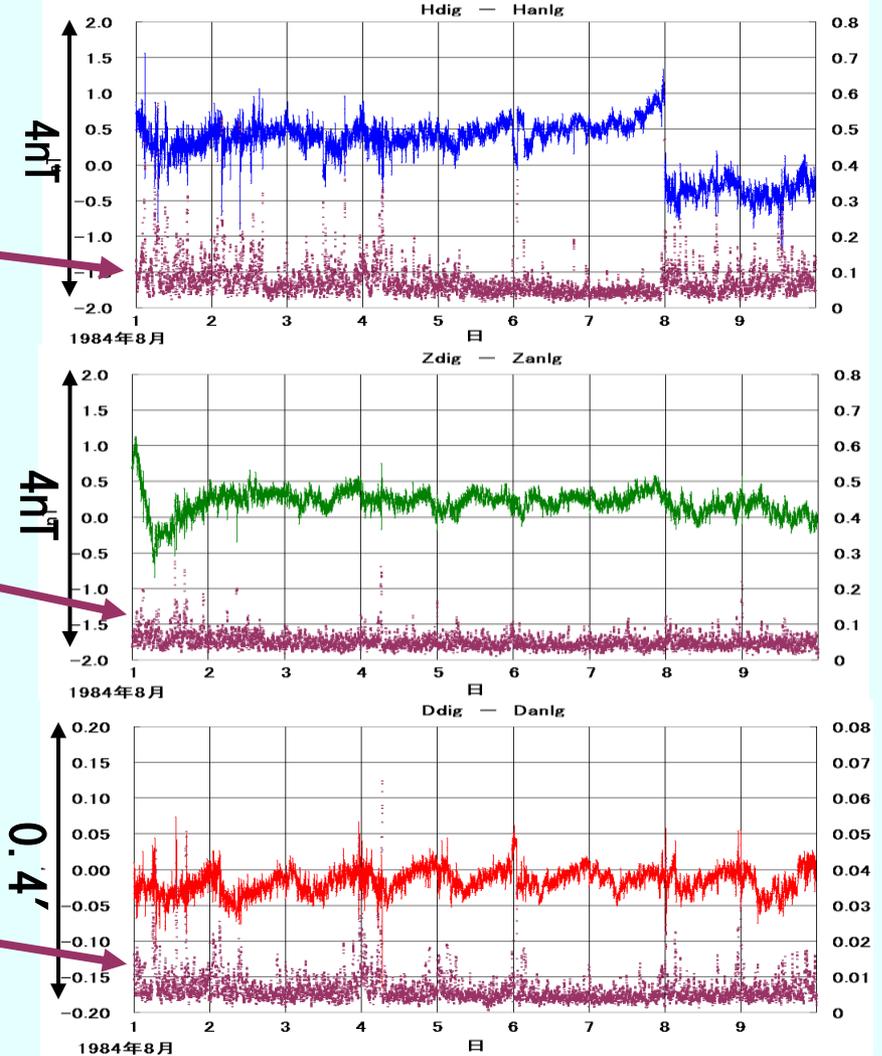


変換の精度

毎分値変換結果 H, Z, D成分



既存毎分値との差



数値データ化に必要なもの

- マグネットグラムの高精度なスキャン画像
- 感度情報、オフセット情報(寸法値・基線値)

データベース科研費へ申請中

現在、平成24年度データベース科研費への申請を行っている。

- 代表者 : WDC-Kyoto 能勢
- 数値化する資料:
気象庁地磁気観測所の1990年以前のマグネトグラム
(約5万枚:1924年～1990年)
- デジタル化したデータはWDCとKakiokaサーバから公開する
- 1年目(平成24年度)は、1990年－1975年(16年分)×3地点(柿・女・鹿)
2年目以降、順次年代を遡る

まとめ

- マグネットグラムの高精度な数値データ化が可能
- 時間分解能は、1分～15秒くらい（それ以上も可能）
- 変換誤差は、標準偏差 0.1nT
- まずは精度の良い、気象庁地磁気観測所のマグネットグラムについて数値化し、
今後、各国他機関の記録についても数値化したい

アナログマグネットグラムの 高時間分解能デジタイズ

プレゼン資料
おわり