これからはじめる磁気測定入門

電子磁気工業株式会社
開発部　岩田　成弘
rd@emic-jp.com

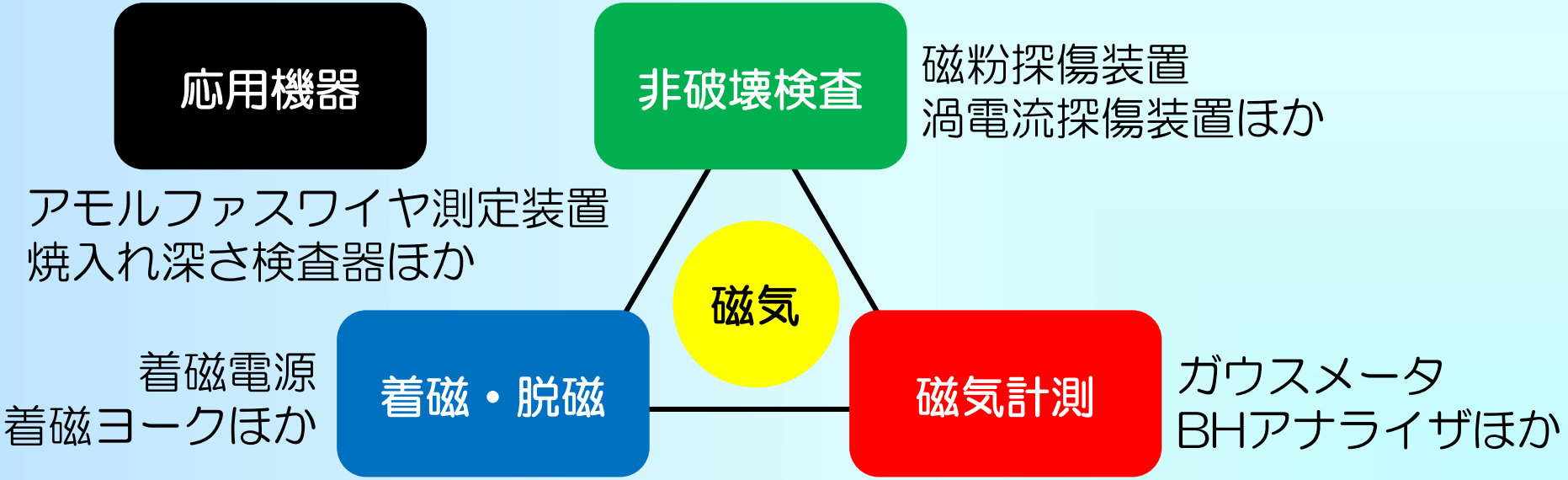
電子磁気工業株式会社
DENSHIJIKI INDUSTRY CO., LTD.

本日の講演内容

1．会社概要
2．磁化過程
3．直流磁気測定
4．交流磁気測定
5．測定例ほか
6．まとめ

会社概要・事業内容

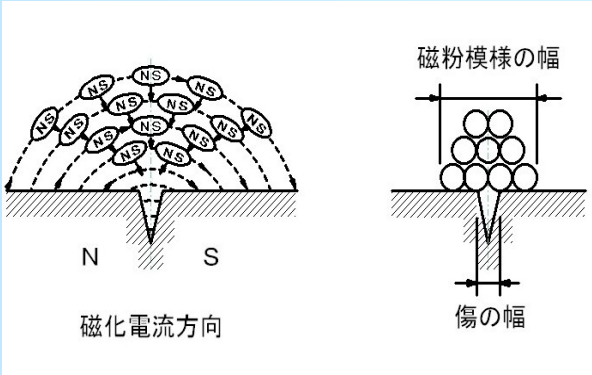
- ●社名　電子磁気工業株式会社
- ●創業　１９５７年　３月
- ●所在地　本社・工場：東京都北区
  営業所　　：東京・名古屋・大阪
- ●資本金　３，６００万円
- ●従業員数　８０名

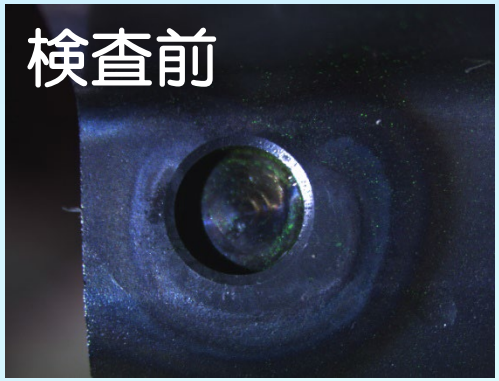


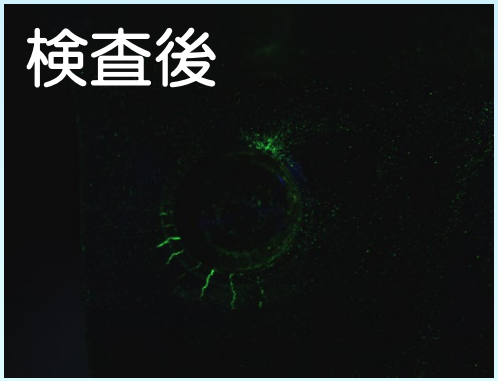
非破壊検査

素材や製品を破壊せずに、きずの有無及びその存在位置・大きさ・形状・分布状態などを調べる試験（JIS Z 2300 非破壊試験用語）

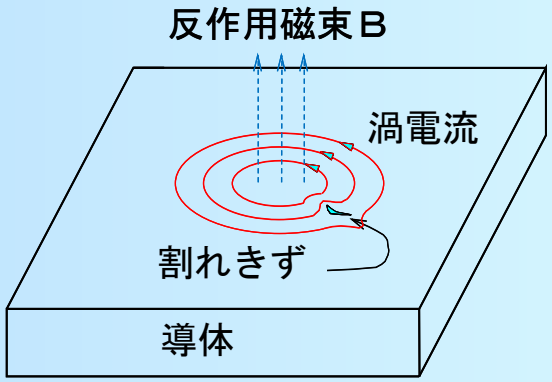
磁粉探傷





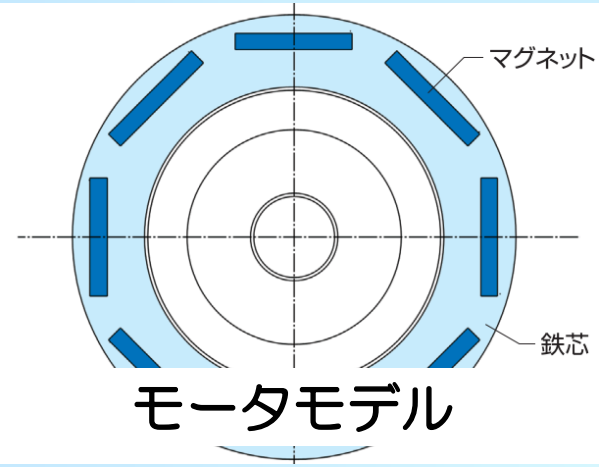


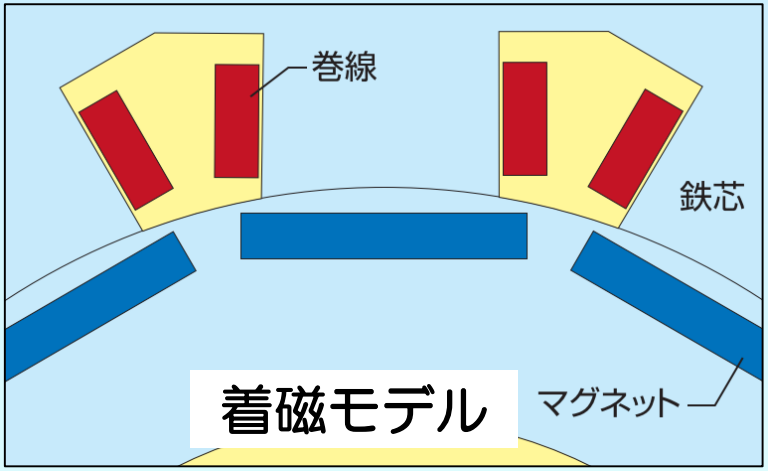
渦電流探傷

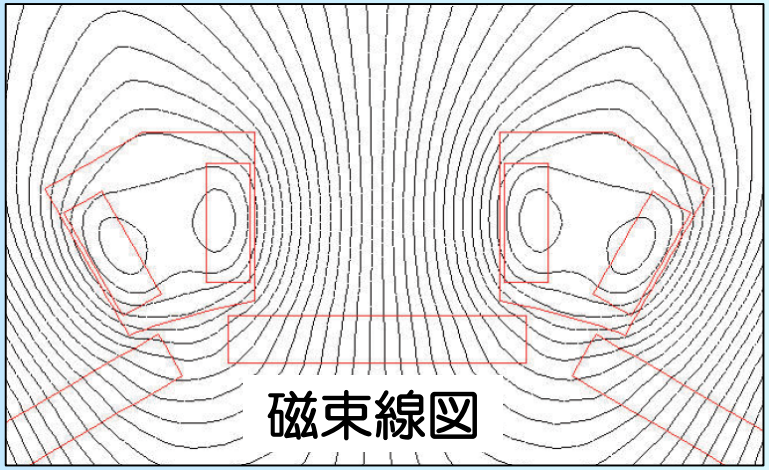


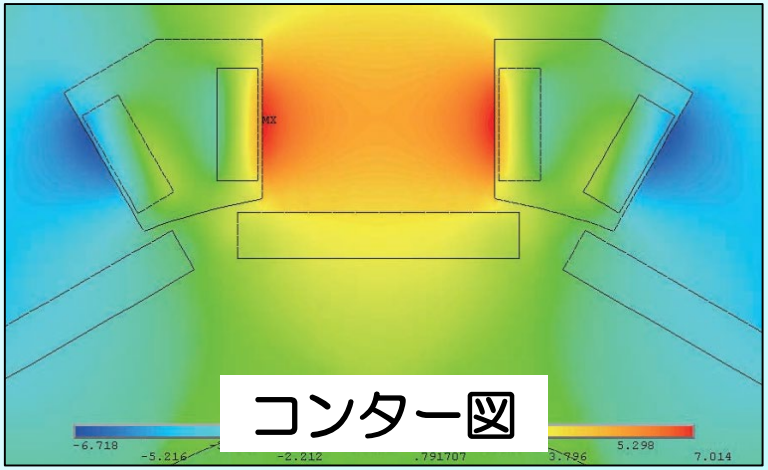
着磁・脱磁

形状やマグネットの材質、配列等が違うモータに対して、過去の実績、磁場シミュレーションから最適な設計を行います。



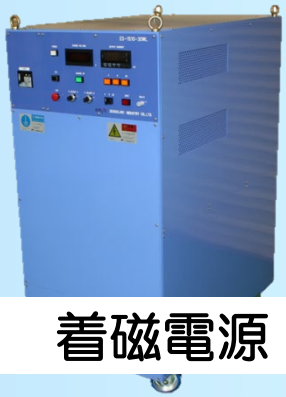




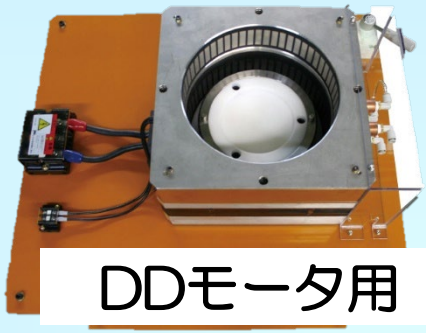


着磁・脱磁

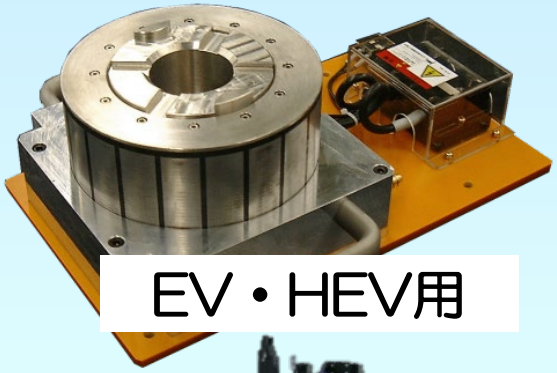
磁性材料を磁石にする着磁操作は、モーター・センサーには欠かせません。しかし、磁化した状態での組み込み作業は吸着によって作業がしづらく危険も伴うため、組み込んだ状態で着磁するのが一般的です



着磁電源



DDモータ用



EV・HEV用

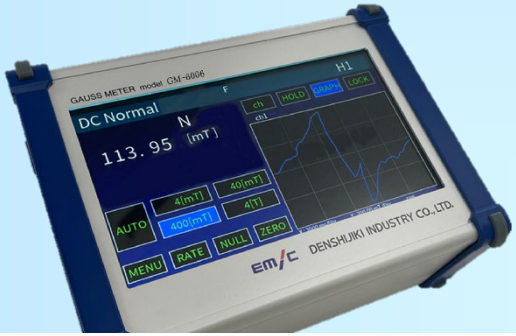
大型ロータ用

回転センサ用

超多極着磁

磁気計測

磁性材料、磁石の特性を評価する機器から磁界を計測する機器まで、
あらゆるシーンに活躍する磁気計測機器を開発しています。



ガウススメータ

フラックスメータ

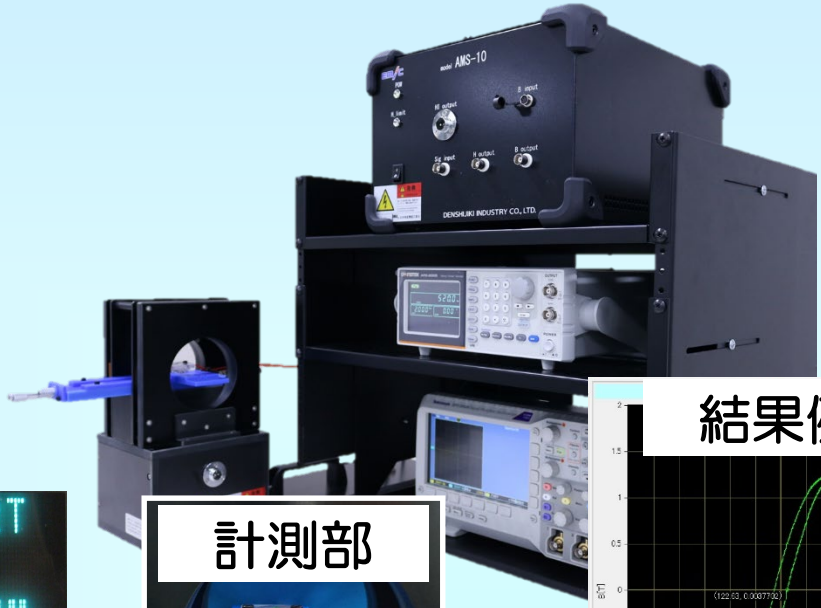
BHアナライザ

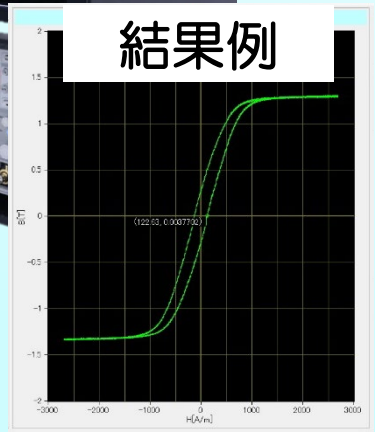
応用機器

電気抵抗を利用した非破壊で焼入れ深さを検査する装置やΦ10μm程度のワイヤの磁気特性を評価する装置などお客様の要望にお応えして開発を行います。

表示例

焼入れ深さ検査装置





アモルファス測定システム

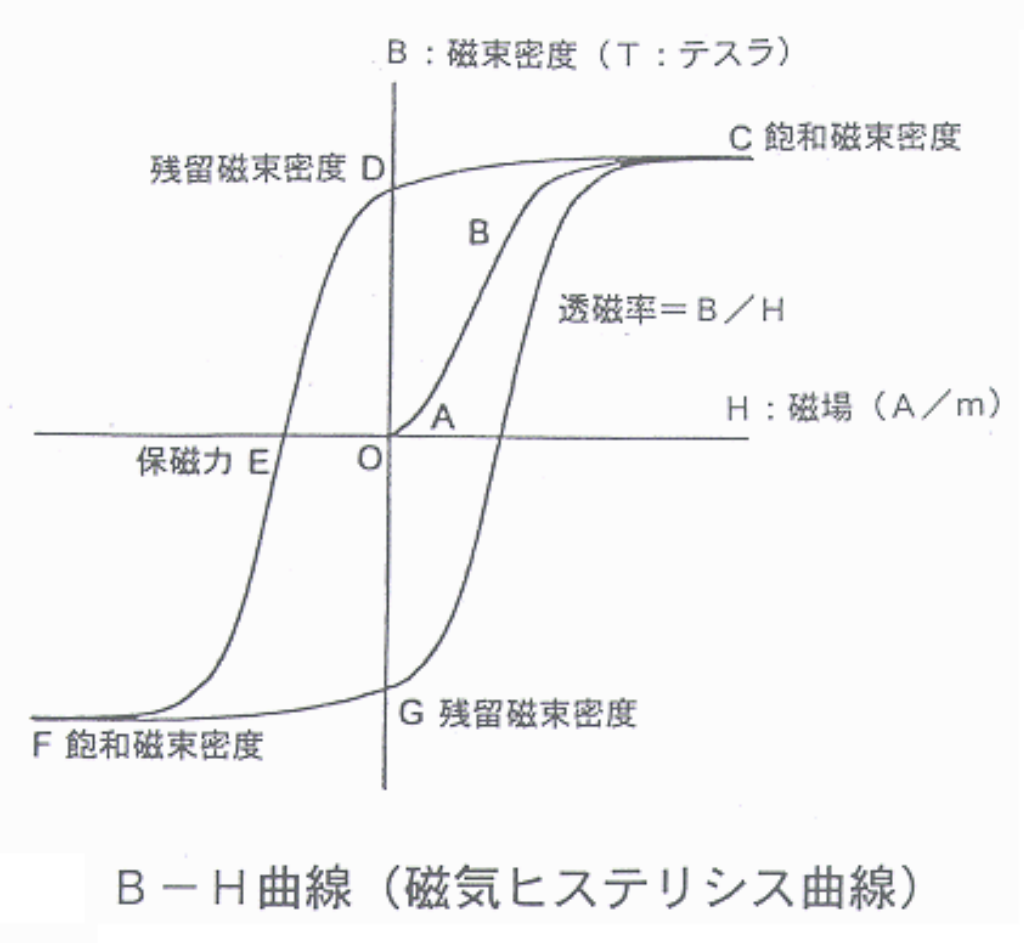
磁化過程

$B = \mu_0 H + J$

磁束密度B
真空の透磁率 μ_0
磁化J

ループの面積

ヒステリシス損
渦電流損
コアロス（鉄損）



B－H曲線（磁気ヒステリシス曲線）

直流磁気特性で何が分かる

飽和磁束密度　Bs　［Ｔ］

全ての磁化が一方向に向いた時の大きさ

残留磁束密度　Br　［Ｔ］

外部磁界が無い時に残っている磁化の大きさ

保磁力　Hc　［A/m］

磁化が無くなる時の磁界の大きさ

透磁率　μ

磁化のし易さ

ヒステリシス損失　Wh

磁化過程のおけるエネルギー損失

最大エネルギー積　(BH)max

磁石の能力値として総合評価した値

交流磁気特性で何が分かる

電動化 ⇒ モータ・リアクトル ⇒ 省エネルギー化

⇓ 軟磁性材料

⇓ コアロス（鉄損）

コアロスP_{CV}＝ヒステリシス損（$k_h \times f$）+渦電流損（$k_e \times f^2$）

渦電流損は周波数の2乗に比例する

渦電流損増加 ⇒ コアロス増加 発熱 ⇒ 薄板の積層 アモルファス 複合材料

交流磁気特性で何が分かる

最大磁束密度　Bm　［T］	任意磁界による最大の磁化の大きさ
残留磁束密度　Br　［T］	外部磁界が無い時に残っている磁化の大きさ
保磁力　Hc　［A/m］	磁化が無くなる時の磁界の大きさ
透磁率　μ	磁化のし易さ
コアロス　P_{CV}　［W/m^3］	磁化過程のおけるエネルギー損失

軟磁性材料

磁化しやすいこと
⇒　透磁率μが大きいこと
⇒　保磁力Hcが小さいこと
飽和磁束密度Bsが高いこと

●トランス、モータ等の鉄心としては
・ヒステリシス損失Whが小さいこと
⇒小さいほど発熱が少なく、効率よくエネルギー伝達が行える

・電気抵抗率ρが大きいこと
⇒大きいほど渦電流損失が少なく、コアロス（鉄損）が小さい

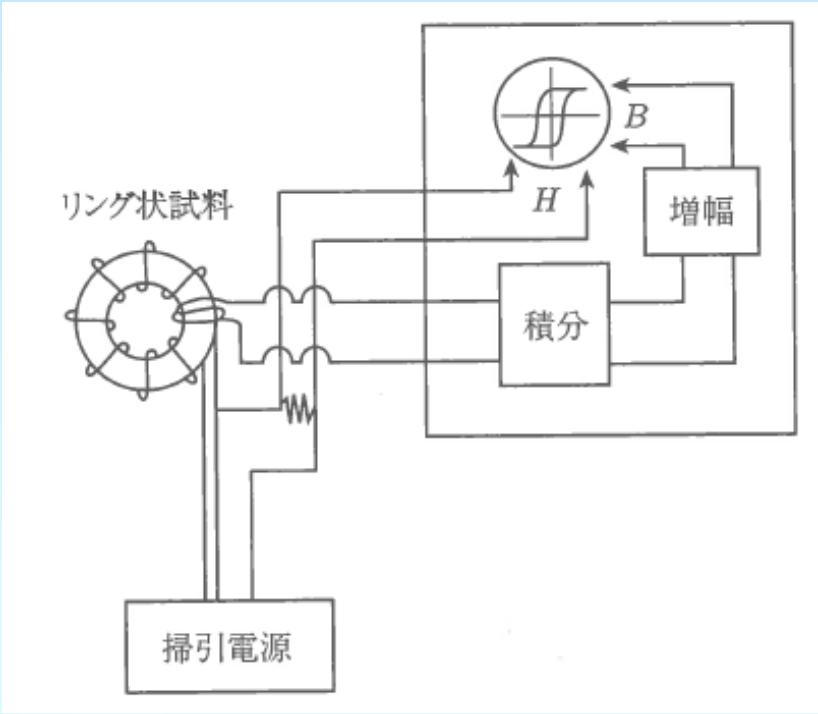
●用途
トランス、モータ、発電機、リアクトル、チョークコイル、
フィルタの鉄心、磁気シールド、磁界発生機器etc

磁化特性装置

測定分解能が高い
　　データサンプリング数が100倍
測定項目が豊富
　　直流測定（１秒～）
　　交流測定（～１０ｋHz)
　　任意磁界測定
　　直流重畳測定
脱磁機能が充実
デジタルのためドリフトが少ない

特許情報　　特許 2012-206921　磁束計　取得済

–リング–



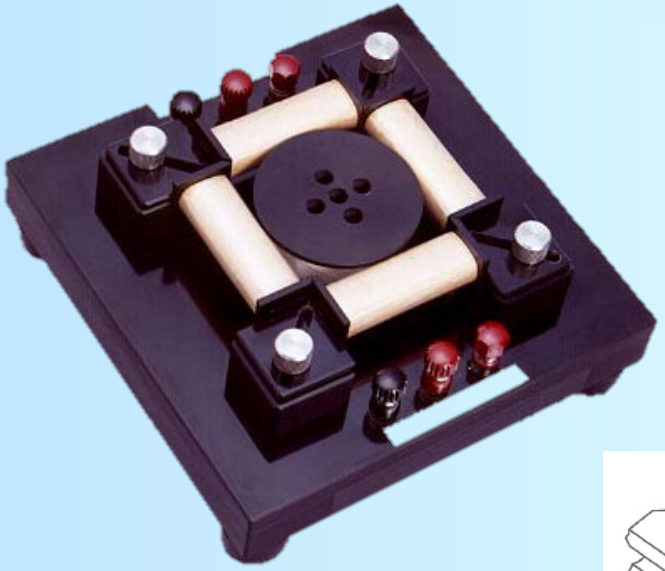
$$\left.\begin{aligned} v &= -\frac{d\emptyset}{dt} \\ \emptyset &= -\int v dt \\ \emptyset &= BSN \end{aligned}\right\} \quad B = -\frac{1}{SN}\int v dt$$

交流測定の場合、巻数が多いとインピーダンスが高くなり
電流が流せなくなる　⇒　電源の選定が必要

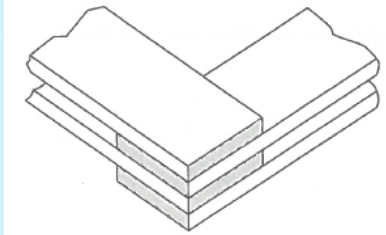
–エプスタイン–

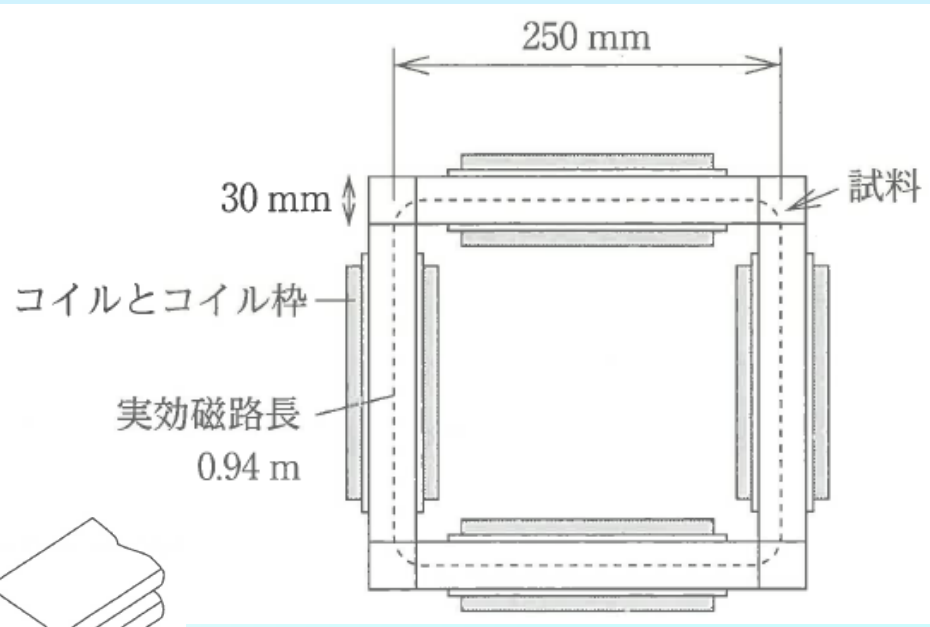
単板を口の字に配置して測定

⇒　見かけ上、リング試料として測定



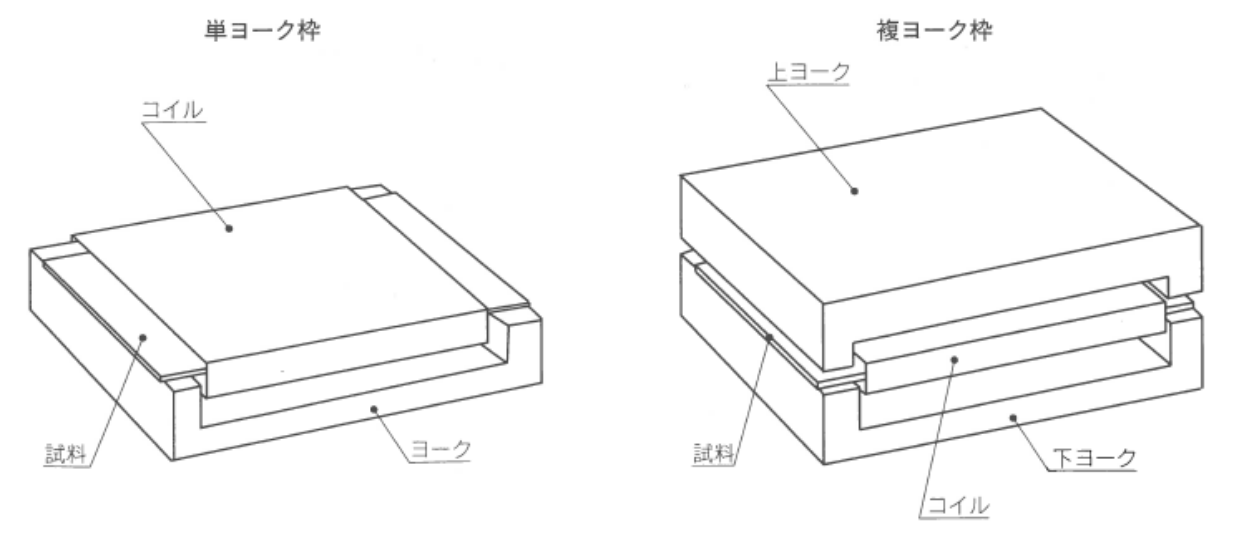
閉磁路の測定

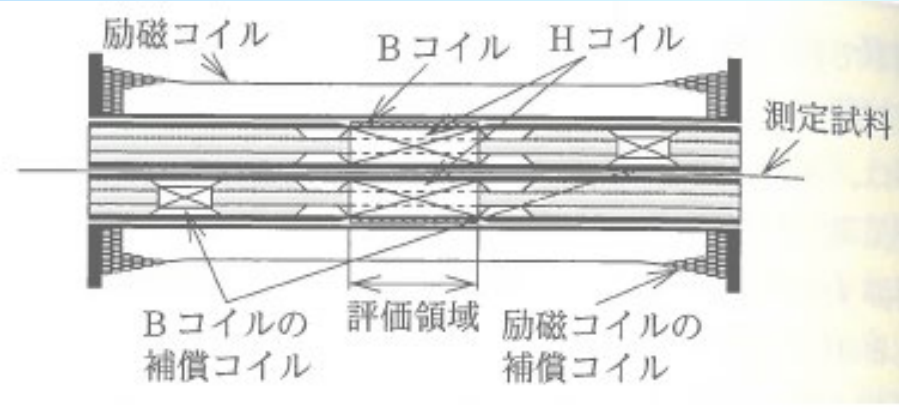


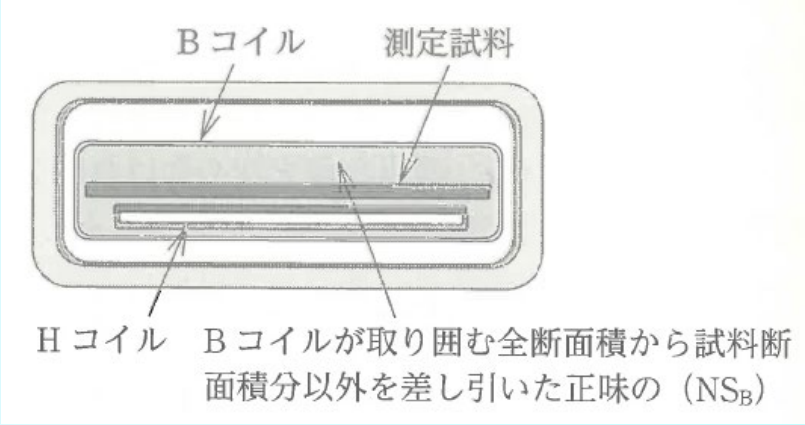


–単板試験器–

単板1枚による測定　閉磁路の測定

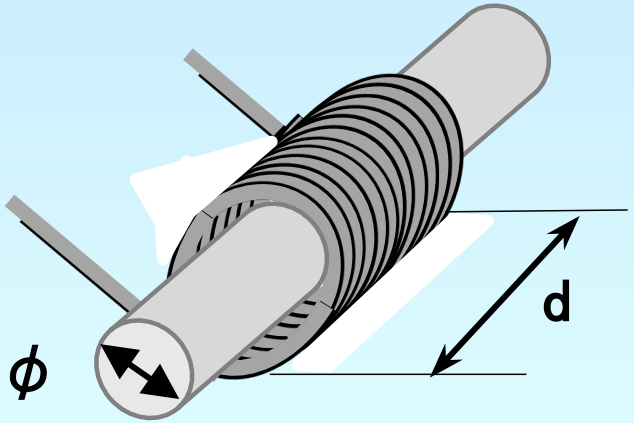






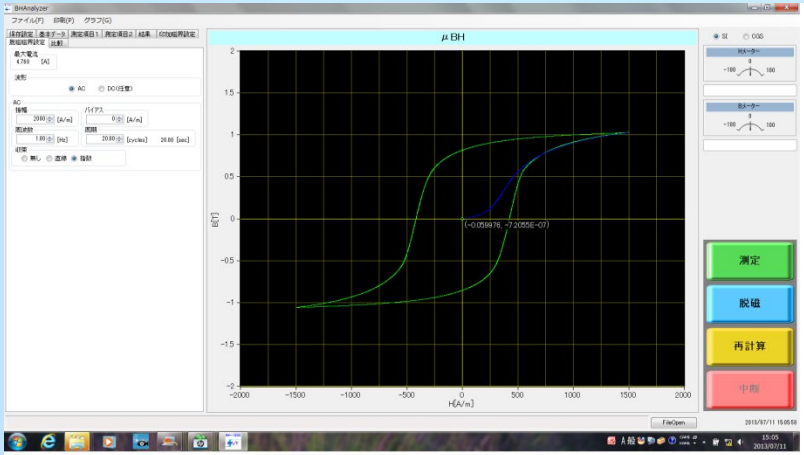
–ソレノイド–

開磁路の測定

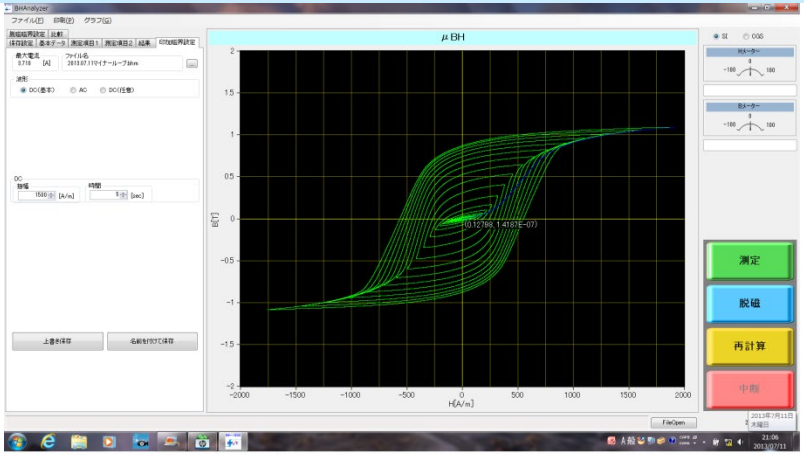


φ :外　径
d :励磁コイル長
断面積 : π×(φ/2)^2
電流値 : (Hmax×励磁コイル長)/1次巻数

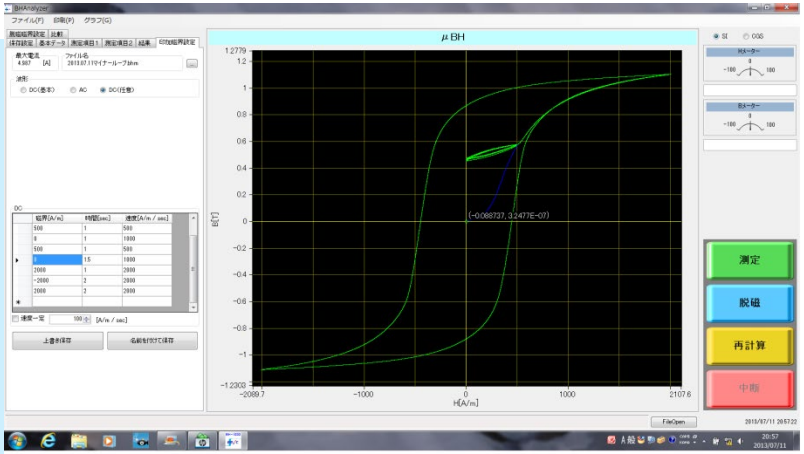
直流磁化特性装置の画面例



直流特性

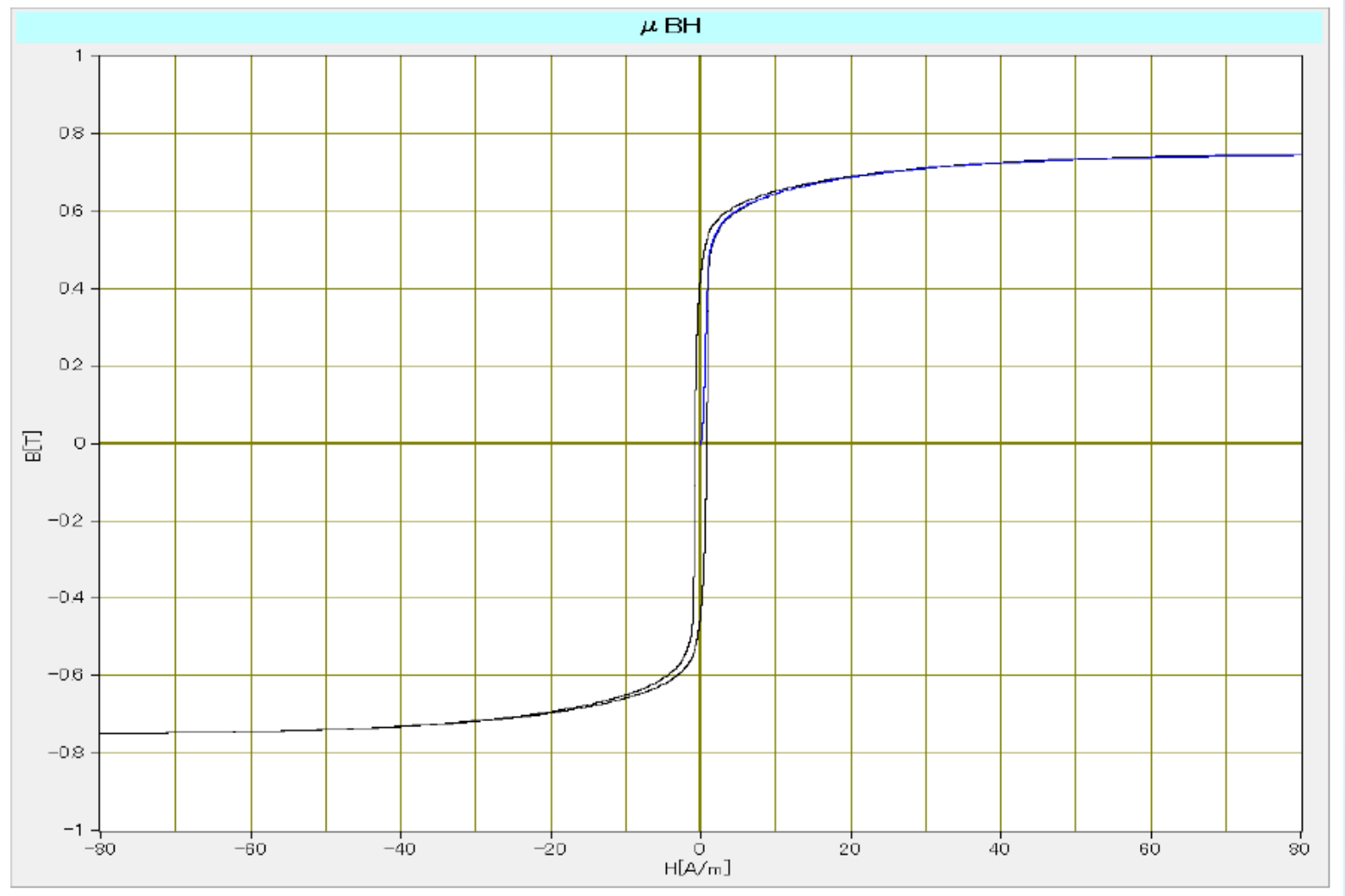


交流特性

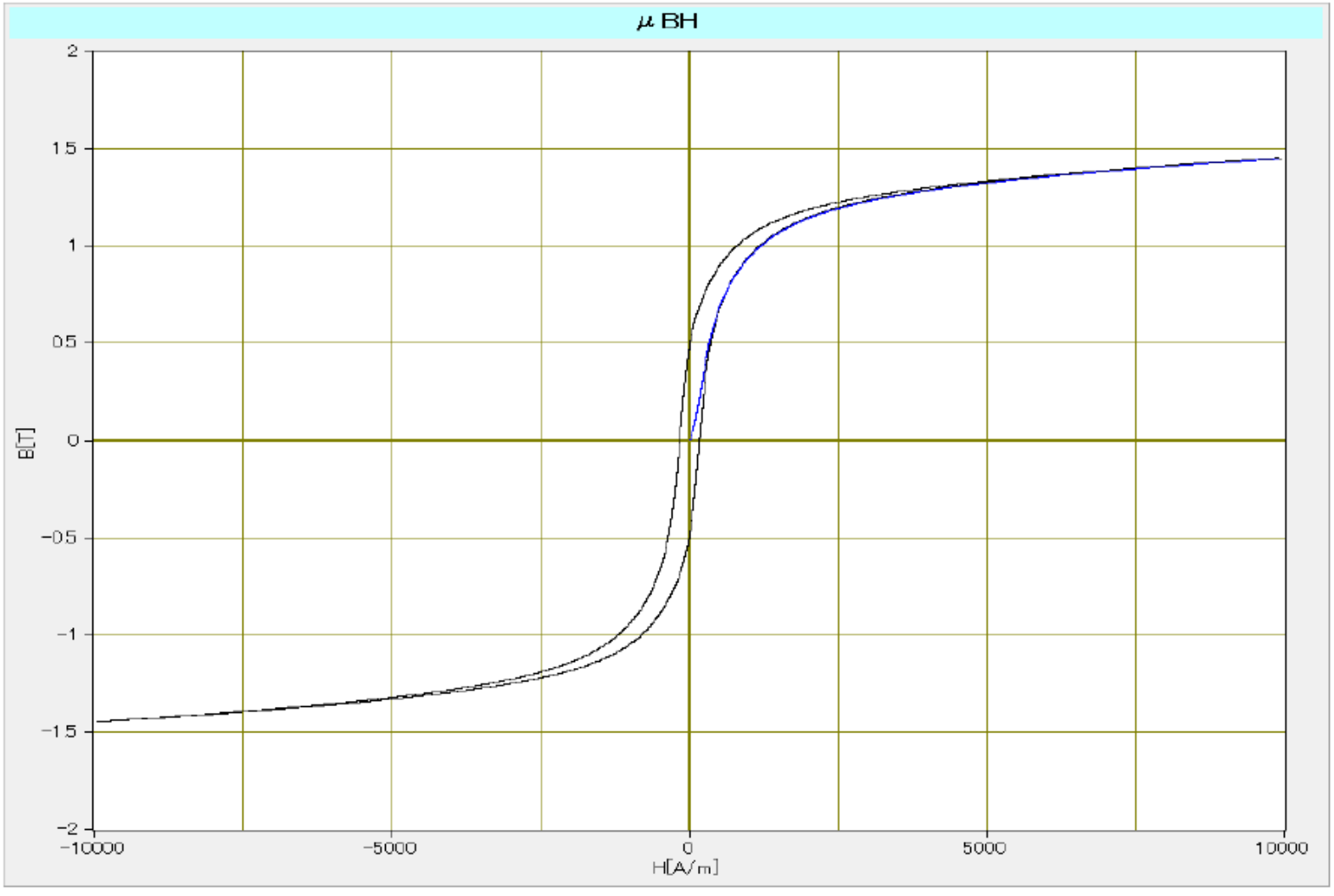


マイナーループ

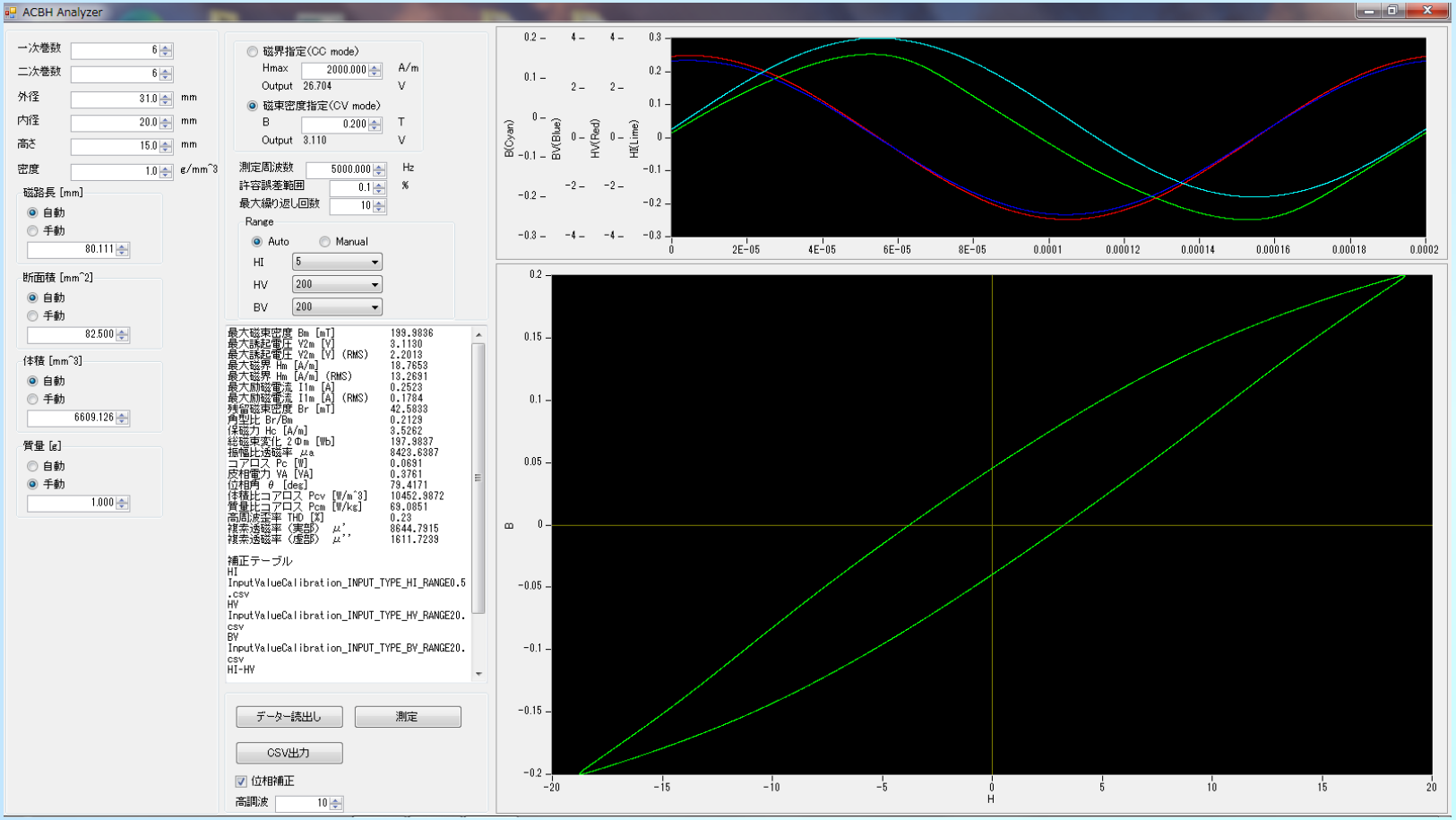
鋼材の測定例　-パーマロイ-



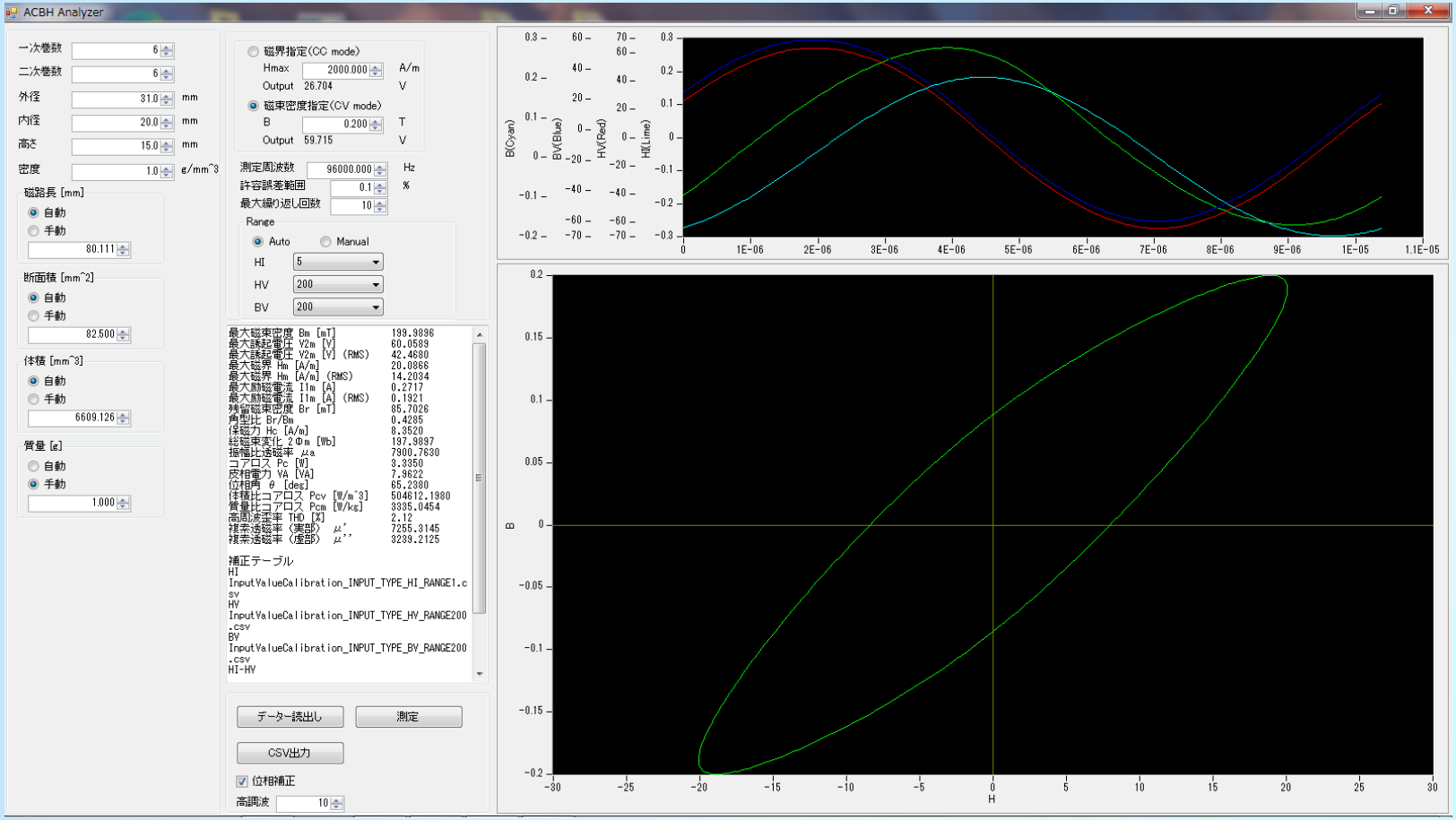
鋼材の測定例　-電磁鋼板-



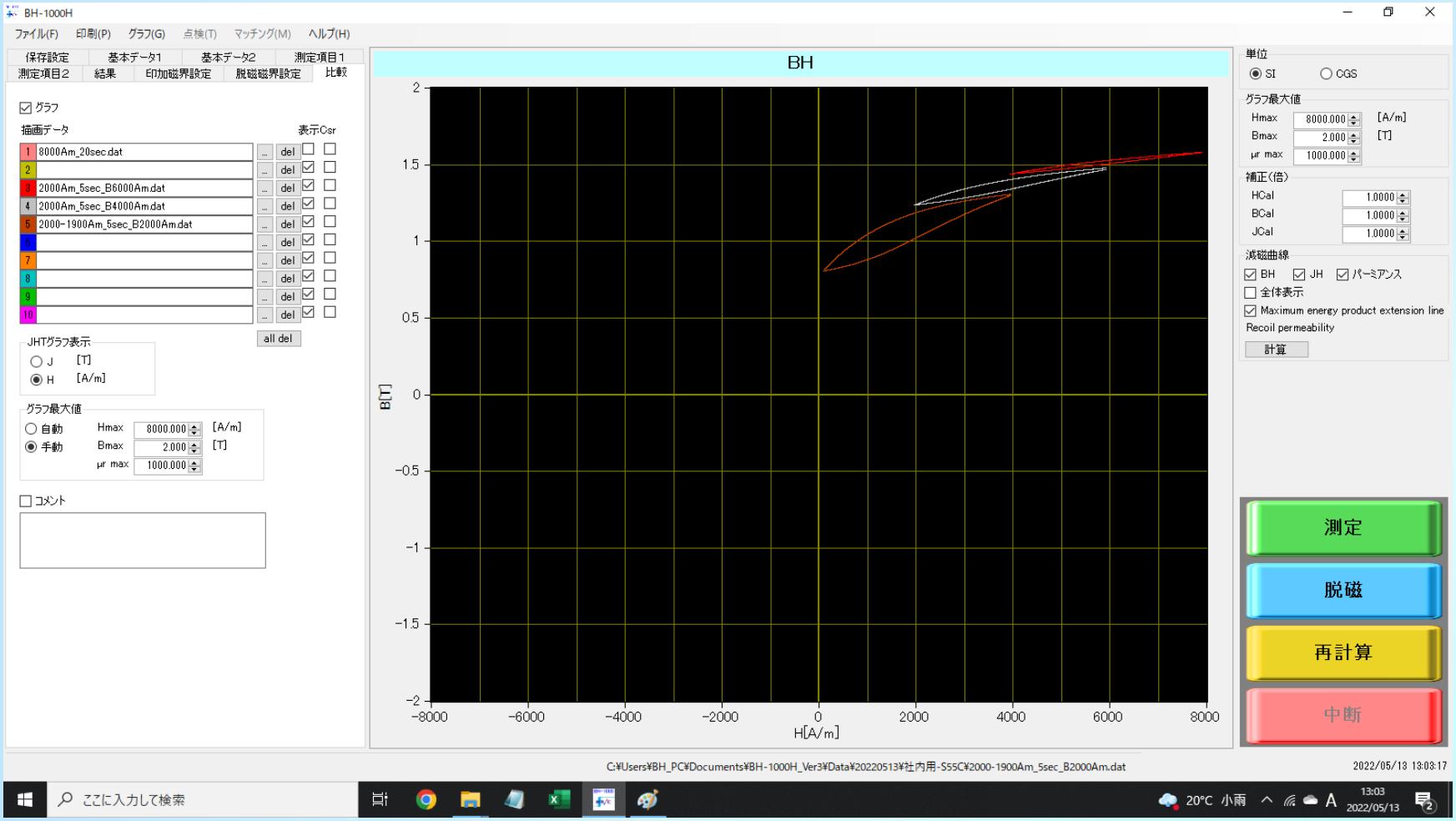
フェライトの測定例　-５ｋHz-



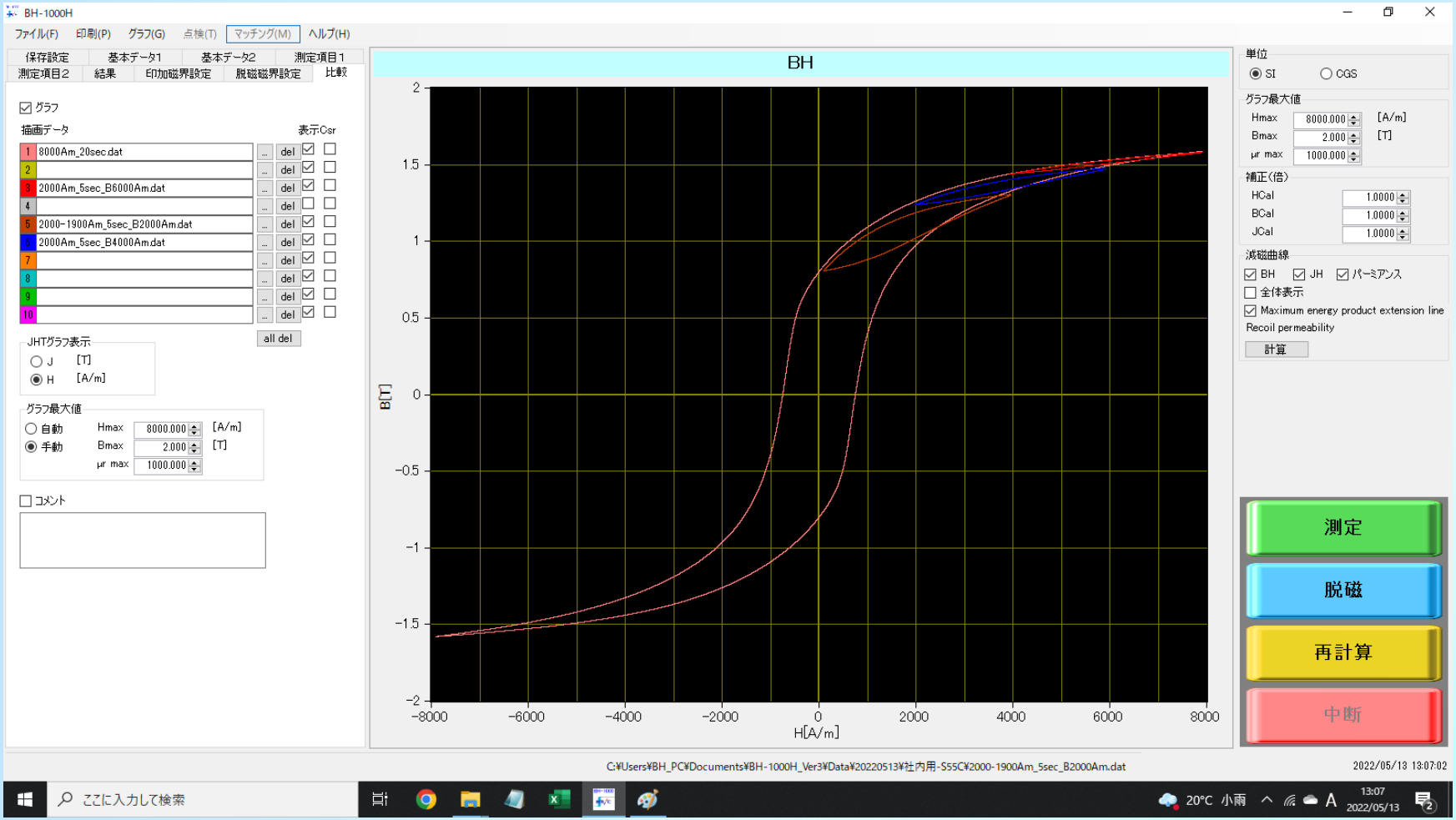
フェライトの測定例　-１００ｋHz-



直流重畳特性


BH-1000H
ファイル(F) 印刷(P) グラフ(G) 点検(T) マッチング(M) ヘルプ(H)
保存設定 基本データ1 基本データ2 測定項目1
測定項目2 結果 印加磁界設定 脱磁磁界設定 比較
グラフ
描画データ
表示 Csr
1 8000Am_20sec.dat
2
3 2000Am_5sec_B6000Am.dat
4 2000Am_5sec_B4000Am.dat
5 2000-1900Am_5sec_B2000Am.dat
6
7
8
9
10
del
all del
JHTグラフ表示
J [T]
H [A/m]
グラフ最大値
自動
手動
Hmax 8000.000 [A/m]
Bmax 2.000 [T]
μr max 1000.000
コメント
BH
B[T]
H[A/m]
単位
SI
CGS
グラフ最大値
Hmax 8000.000 [A/m]
Bmax 2.000 [T]
μr max 1000.000
補正(倍)
HCal 1.0000
BCal 1.0000
JCal 1.0000
減磁曲線
BH JH パーミアンス
全体表示
Maximum energy product extension line
Recoil permeability
計算
測定
脱磁
再計算
中断
C:¥Users¥BH_PC¥Documents¥BH-1000H_Ver3¥Data¥20220513¥社内用-S55C¥2000-1900Am_5sec_B2000Am.dat
2022/05/13 13:03:17
ここに入力して検索
20°C 小雨
13:03
2022/05/13

直流重畳特性ーメジャーループー



まとめ

軟磁性材料の直流・交流測定には複数ある

リング・エプスタイン・
単板試験器・ソレノイド

交流測定の場合、電源の選定が大切

インピーダンス
印加磁界の大きさ
測定周波数

交流測定のみではなく直流測定も必要

静磁場での特性を知っておく
ヒステリシス損失の大きさ

直流重畳特性も用途により必要

インダクタ等のコア材は
直流バイアス下での特性を
知っておく

磁性材料の測定には、必要なパラメータを把握し、
適した測定法を選択する必要がある

磁気測定の今後の展開

任意磁界
設定

温度測定

軟磁性材料の測定 → 直流磁化測定

軟磁性材料の測定 → 交流磁化測定

直流磁化測定 → 直流重畳交流磁化測定

交流磁化測定 → 直流重畳交流磁化測定

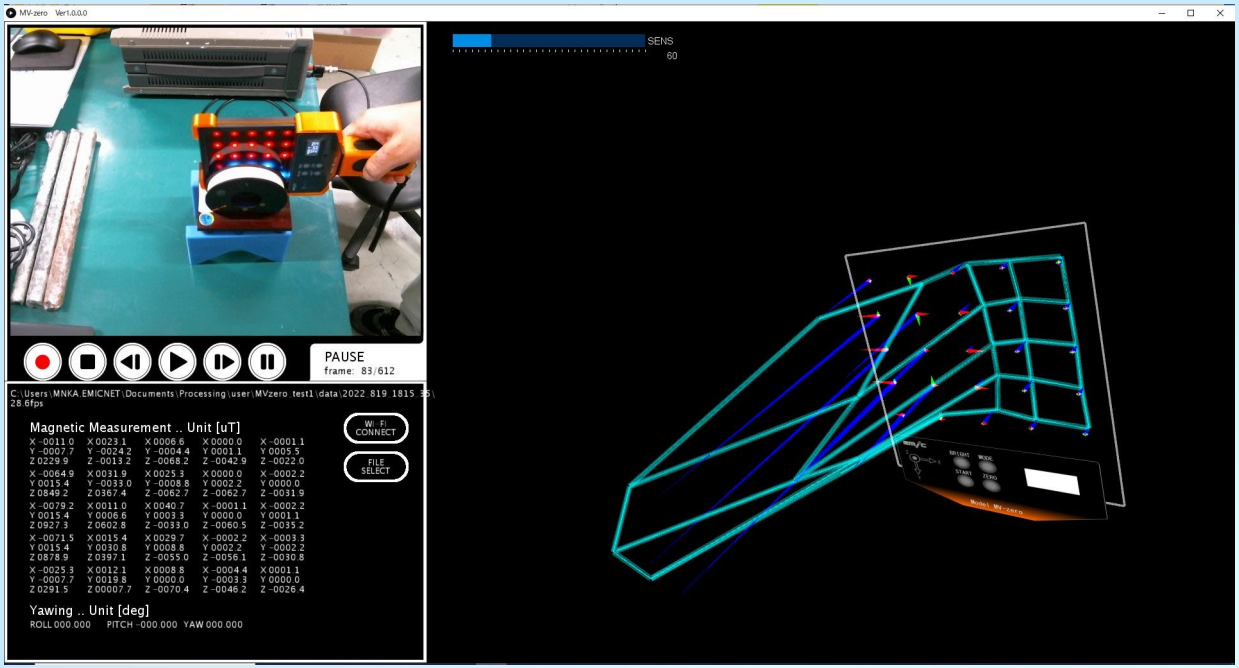
2024年製品化

硬磁性材料の測定 → 直流磁化測定

測定したいものに合わせて選択できる

BH測定システムとして構築を目指します

磁気測定の今後の展開

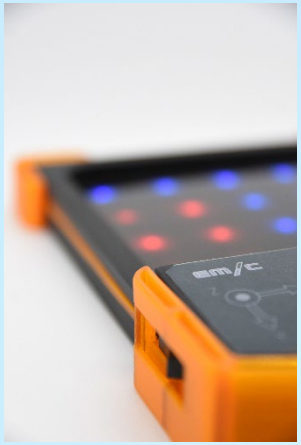


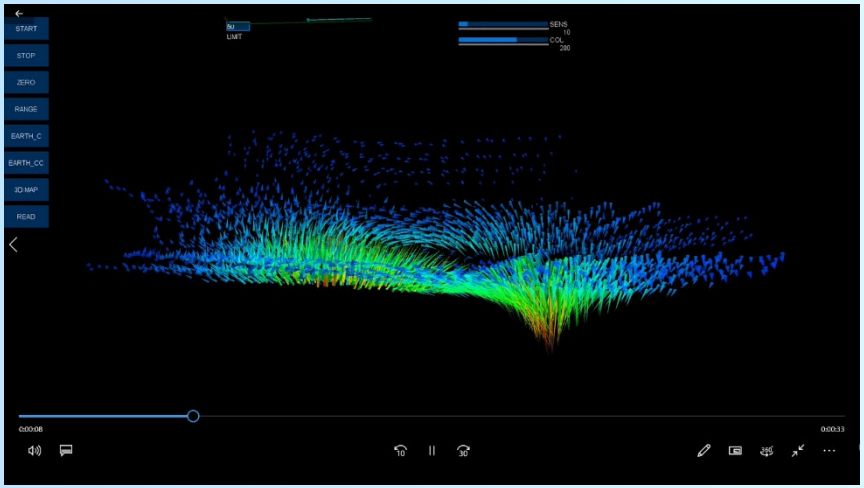
本機器は、手軽に磁場の状態をLEDにて視認することが出来ます。
平面25か所のポイント磁気量を3軸測定します。

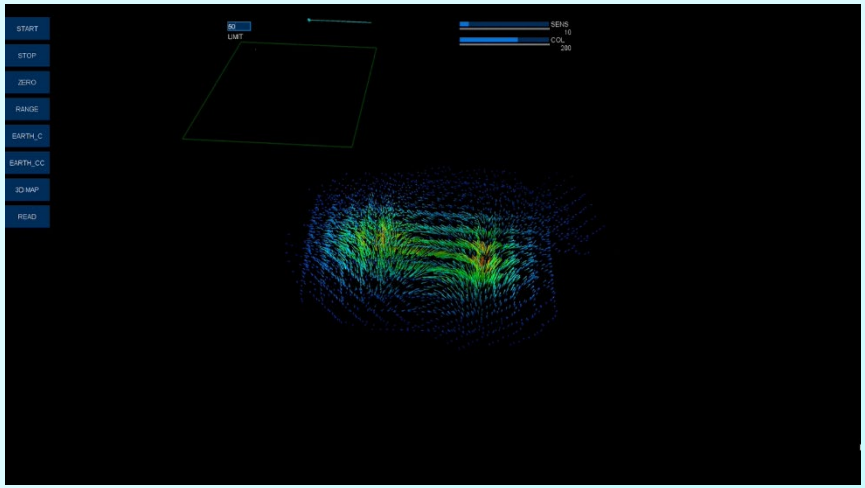
特長

- ●3軸磁気センサ×２５ポイント計測
- ●検出感度　約1uTの分解能
- ●Wifi機能搭載（専用アプリにて使用

磁気測定の今後の展開




START
STOP
ZERO
RANGE
EARTH_C
EARTH_CC
3D MAP
READ
LIMIT
SENS
COL


START
STOP
ZERO
RANGE
EARTH_C
EARTH_CC
3D MAP
READ
LIMIT
SENS
COL

ご清聴ありがとうございました。

経営理念
世界に提供する安全と安心

1. 最新の技術で最高の商品を提供する。
2. お客様の情報を収集し、お客様にあった商品を提供する。
3. 自分自身を磨き、お客様に愛される人間関係を作る。

ISO9001/14001 取得推進

EM/C 電子磁気工業株式会社