

## 交流電磁場測定法シミュレーション 結果報告

(一社)日本非破壊検査工業会  
職業能力開発総合大学校  
小坂 大吾

# 目次

1. はじめに
2. 文献調査
3. 計算条件
4. ACFMの特徴
  1. 磁束密度・渦電流分布
  2. ACFMの検出信号
  3. リフトオフ特性
  4. きず角度特性及びびオフセット特性
5. きず形状応答特性
  1. きず幅特性
  2. きず長さ・深さ特性
  3. きず断面積特性
6. 計測実験
7. まとめ

# 1. はじめに

## • 背景

- 石油タンクのような大型構造物では、ACFMプローブの様な電磁誘導を用いたプローブは、従来手法(MTやPT)と比較して「検査効率、環境負荷、トレーサビリティ」の点で優位性がある。

## • 目的

コーティングの上から適用可能

電気信号

- ACFMプローブの特性を示す。
- 運用上の留意点等を明らかにする。

## • 結論

- ACFMプローブは、リフトオフに強く、きず角度の推定ができる。
- 「検出信号の振幅」と「コーティング厚さの管理」により、おおよそのきず断面積を評価可能。
- 大型構造物の保守検査への適用が期待できる。

# 2. 文献調査



Figure 1: The field inducer and the probe tip



Figure 2: Illustration of the interaction between a crack and the induced eddy currents



- ACFM(Alternating Current Field Measurement)
  - US Patent: US5574376A, 1991
  - **Rapid Inspection of Steel Bridges using ACFM, The International Symposium on Nondestructive Testing in Civil Engineering, 2022**
  - Xin'an Yuan, et al., Recent development of alternating current field measurement technology for defects detection: A review, NDT & E International, Volume 155, 2025.10.

- TECA(Tangential Eddy Current Array)
  - **Standard development for Eddy Current Arrays in lieu of Magnetic Particle Testing, European Conference on Non-Destructive Testing 2023**

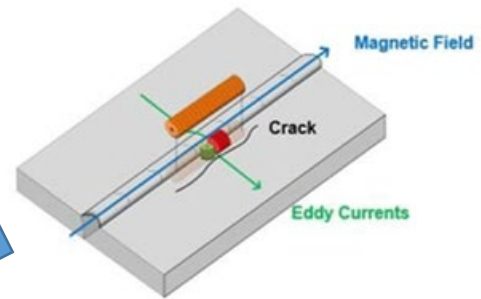


Figure 3 Typical arrangement of coils for Tangential Field techniques

- 一様渦電流プローブ
  - 小山 潔, 星川 洋, 渦流探傷試験における一様渦電流プローブの基礎的特性に関する研究, 非破壊検査 49.5 (2000): 775-781.
  - 小坂 大吾, 橋本 光男, 数値解析支援に適するECT内挿回転プローブの開発, 非破壊検査, 50.10(2001): pp. 664-669
  - **星川洋, 小山潔, 三橋宗太郎. “一様渦電流プローブによる磁性体の渦流探傷と漏洩磁束探傷について.” 非破壊検査 54.2 (2005): 84-90. (励磁周波数30kHz)**

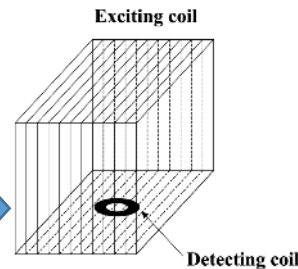


Fig. 1 Uniform eddy current probe

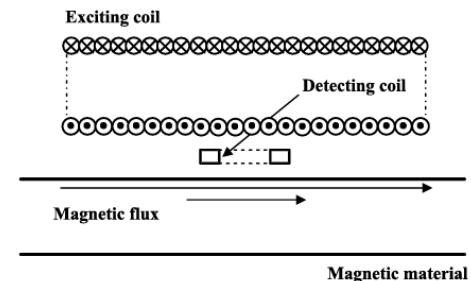


Fig. 2 Uniform magnetic flux in test material by the uniform eddy current probe

# ACFMによく似たECTプローブの例

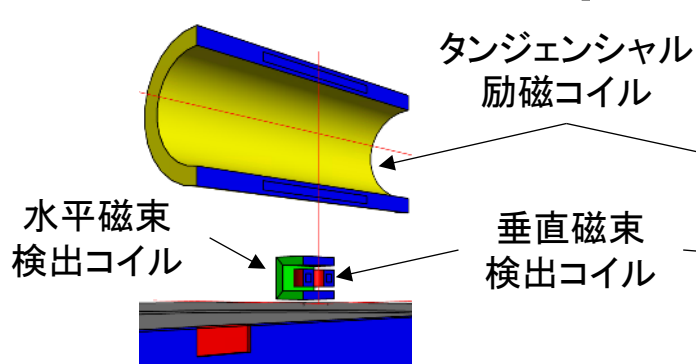


Fig. 1. ACFM  
(既製品カタログ等からの推測)

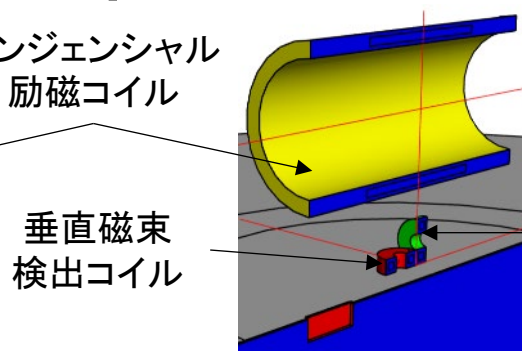


Fig. 2. Tangential Eddy Current Array

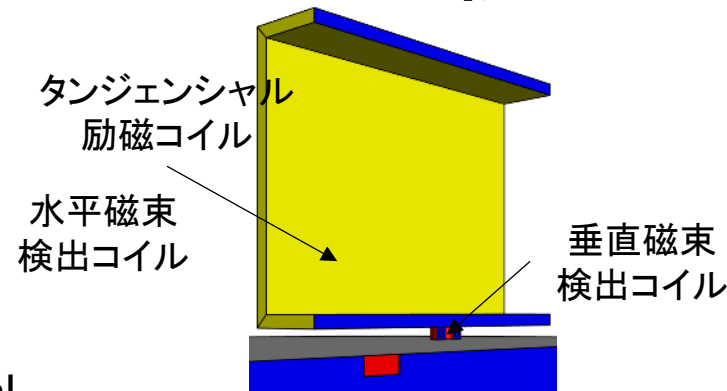


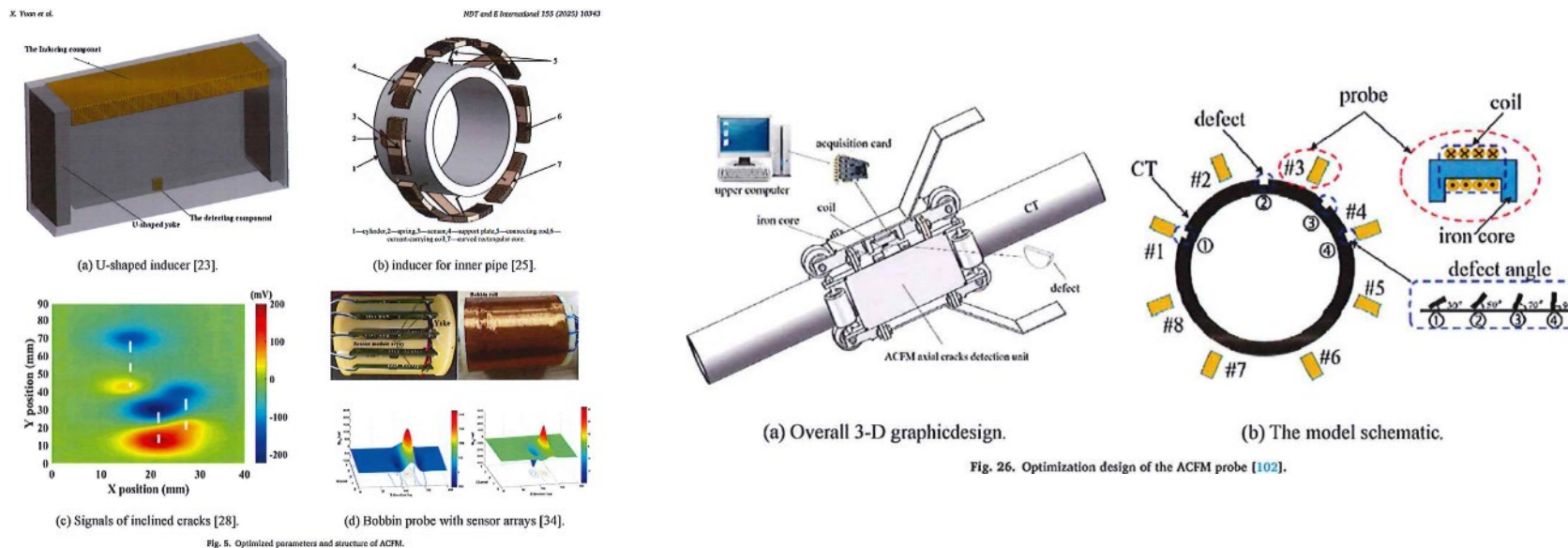
Fig. 3. 一様渦電流

Table 文献調査から得られたプローブの特徴

	ACFM	TECA	一様渦電流
励磁コイル	タンジエンシャル×1	タンジエンシャル×1	タンジエンシャル×1
検出コイル	垂直磁束×1 水平磁束×1	垂直磁束×1 水平磁束×1	垂直磁束×1
解析	バタフライプロット (「4. ACFMの特徴」参照)	複素平面	複素平面

- 「一技術であるACFM」と「総称であるECT」の比較は混乱の元
- 「ACFM」、「一様渦電流」、及び、「パンケーキECT」を比較する。

# ACFMプローブの例



- 引用文献: Xin'an Yuan, et al., Recent development of alternating current field measurement technology for defects detection: A review, NDT & E International, Volume 155, 2025.10.

# 3. 計算条件

- 本調査独自のACFMプローブを設計し、実験を行った。
  - 既製品のブラックボックス化された仕様に依存せず、物理現象を正確に比較検証するため。
  - 従来のECTプローブ(一様渦電流プローブ及びパンケーキECTプローブ)と比較しやすくするため。
- ここで得られた結果は既製品の性能の限界を示すものではない。

# 計算モデル(リフトオフ1mm)

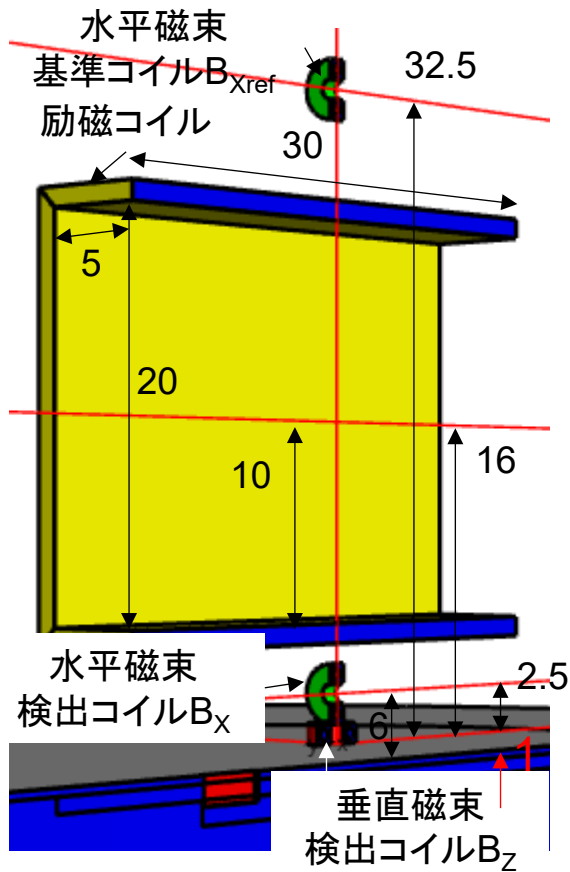


Fig. 1. 本調査独自の  
ACFMプローブ

- 既製品の寸法とは異なる。
- プローブは「製作しやすさ」と「信号の大きさ」を重視して設計された。

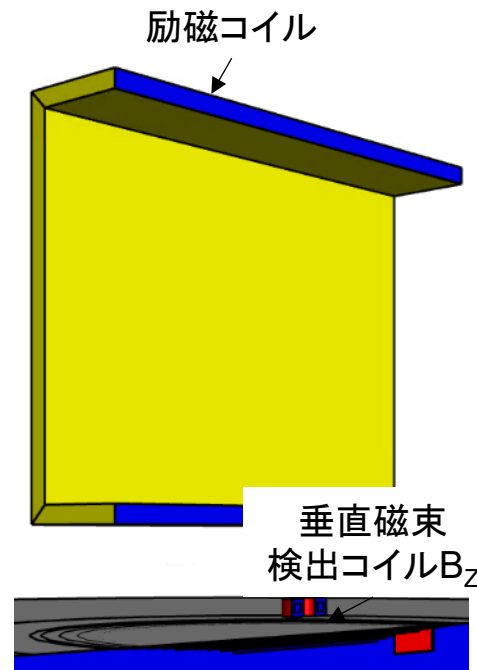


Fig. 2. 一様渦電流  
(ACFMから水平磁束検出  
コイルを削除)

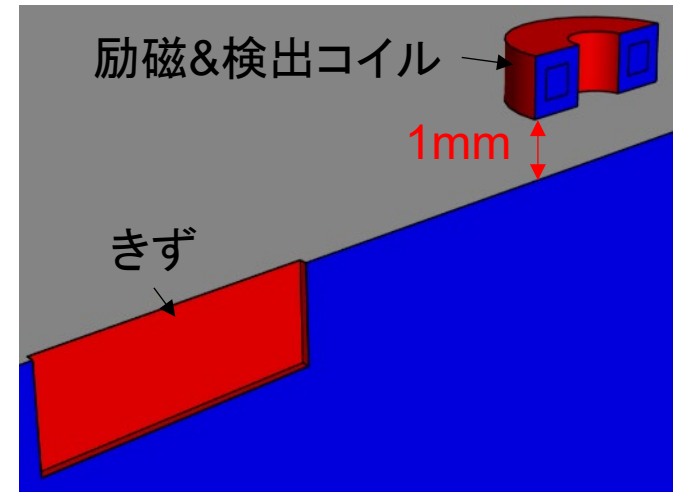


Fig. 3. パンケーキECT  
(垂直磁束検出コイルのみ)

# 要素分割、等

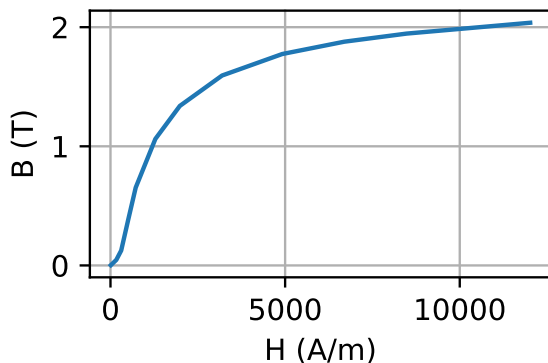


Fig. 1. 試験体のBHカーブ

Table. 1. 計算条件

項目	詳細
励磁コイルボビン	L30 × H20 × W10
励磁コイル	600ターン, 0.2A, 5kHz Φ0.18mmマグネットワイヤー
検出コイル(B <sub>x</sub> , B <sub>z</sub> )	外径3mm、高さ1mm、130巻
支配方程式	$\text{rot}(\nu \text{rot} \mathbf{A}) + j\omega\sigma\mathbf{A} = \mathbf{j}$
FEMライブラリ	NETGEN/NGSolve

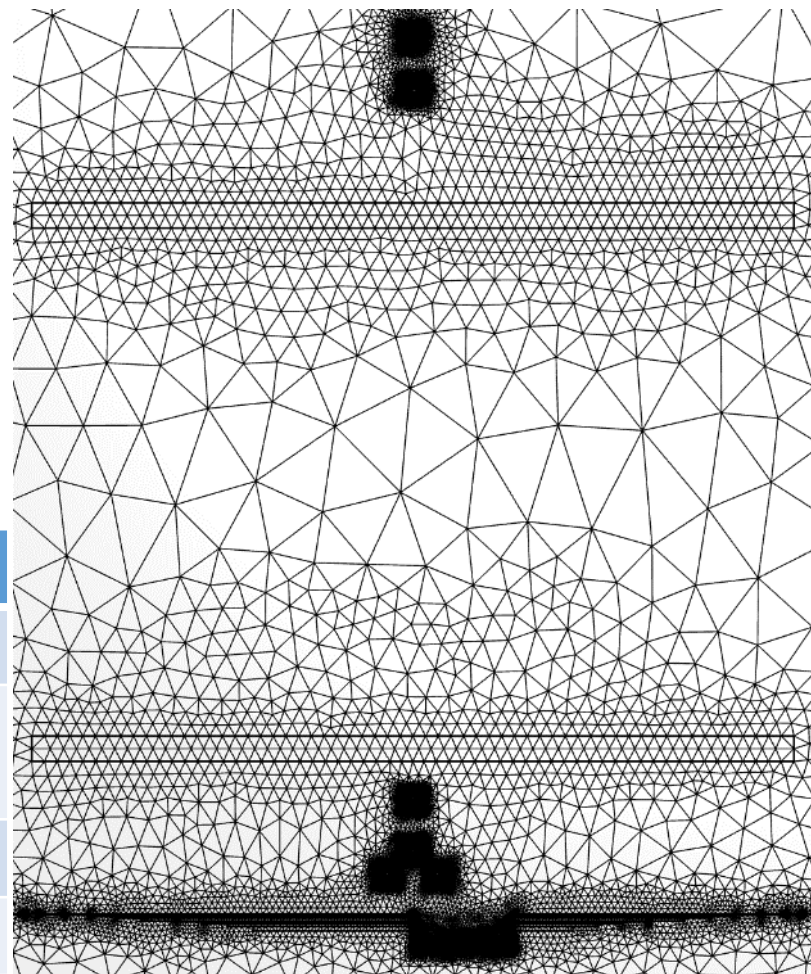
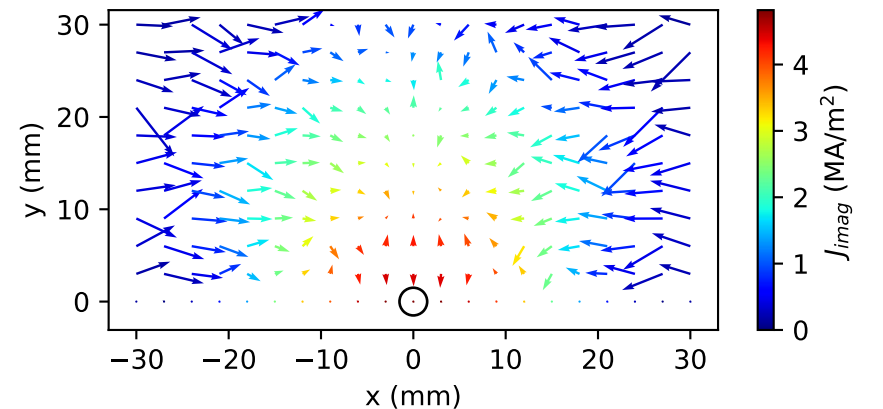
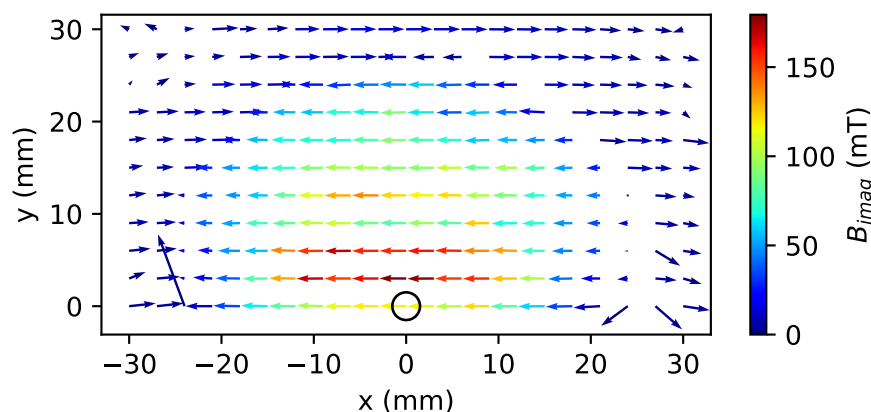
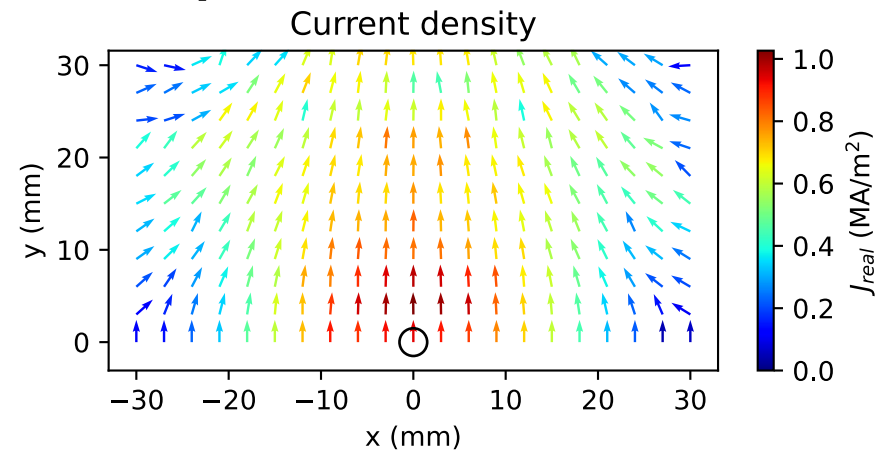
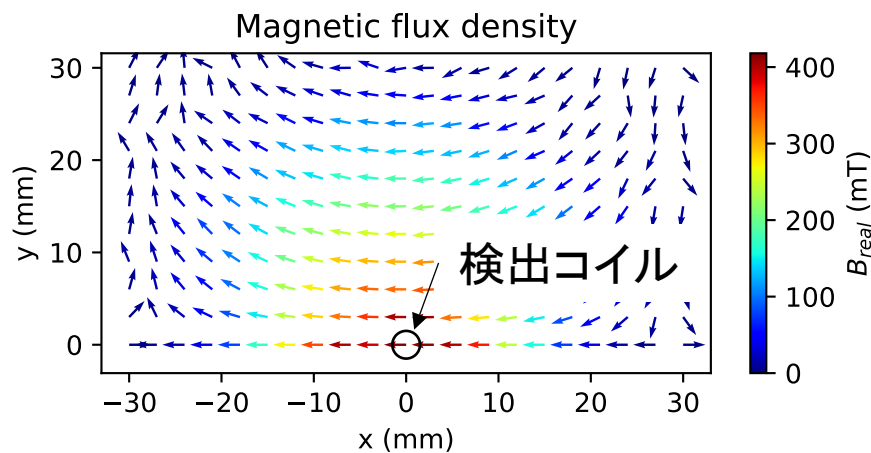


Fig. 2. プローブ付近の要素分割

# 4. ACFMの特徴

- 磁束密度・渦電流分布
- ACFMの検出信号
- リフトオフ特性
- きず角度特性及びオフセット特性

# 磁束密度・渦電流分布 (ACFM、一様渦電流)



- コイル付近に一様な磁束密度・渦電流密度が存在

# 深さ方向磁束・電流密度

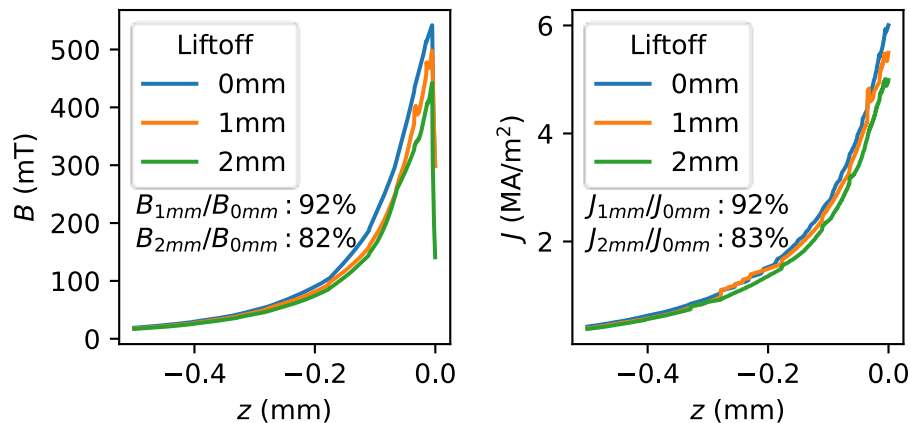


Fig. 1. ACFMと一様渦電流

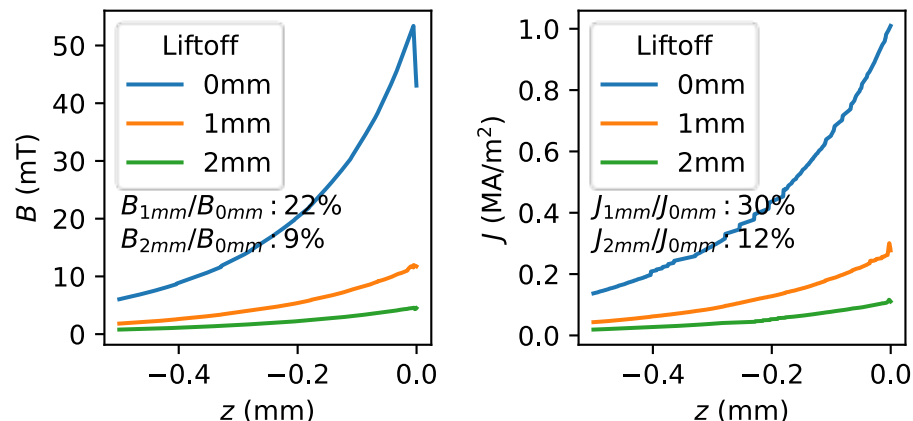
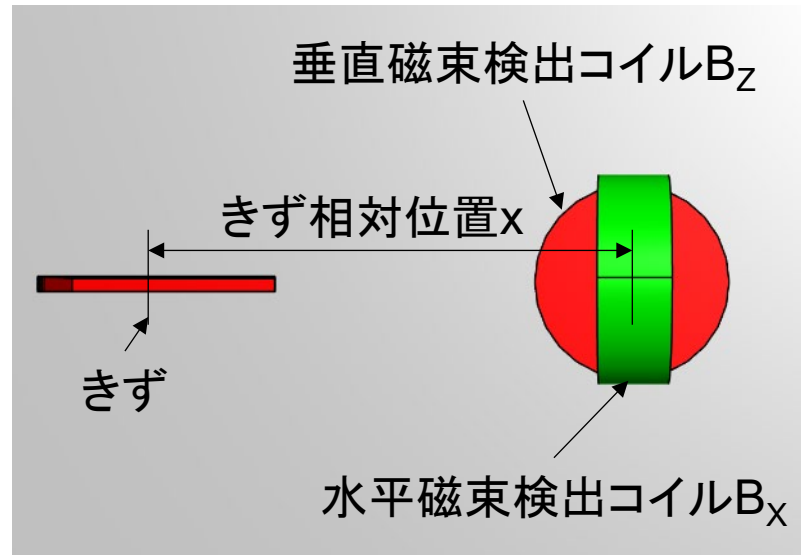


Fig. 2. パンケーキ(表面において最も電流密度が大きいx位置)

- ACFMと一様渦電流は、パンケーキと比較してリフトオフが渦電流分布に与える影響が小さい。

# 検出信号(一次元走査)①



- きず直上を走査(最も検出信号が大きくなる)
  - 範囲: きず相対位置xを0~20mm
  - 走査ピッチ: 1mm

# 検出信号②

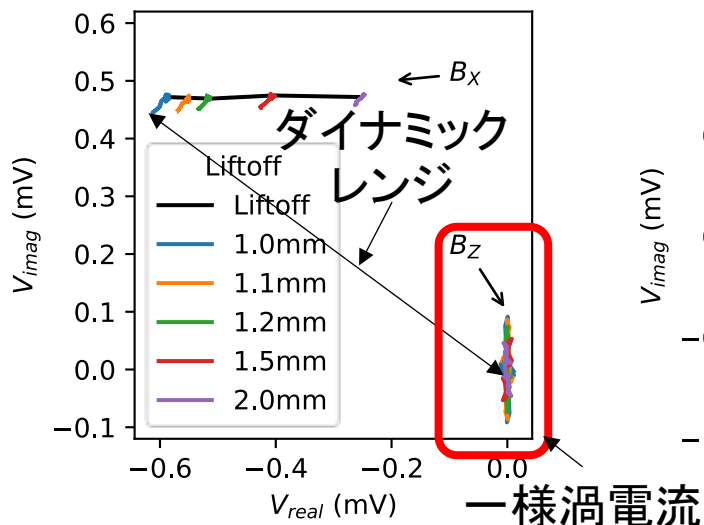


Fig. 1. ACFMと一様渦電流

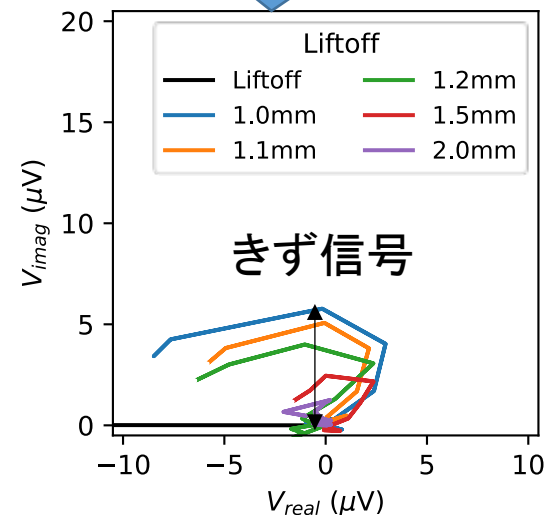
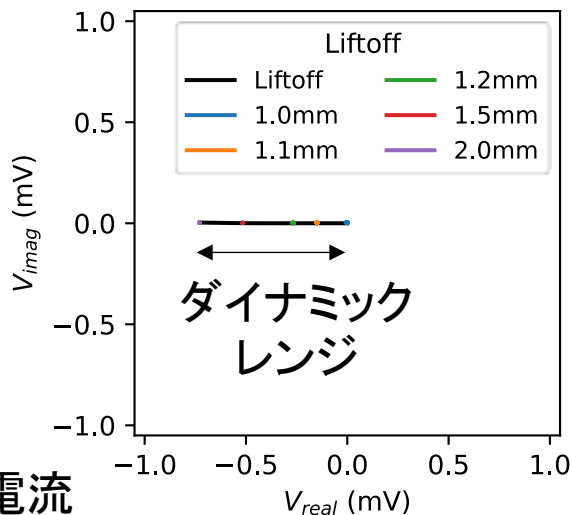


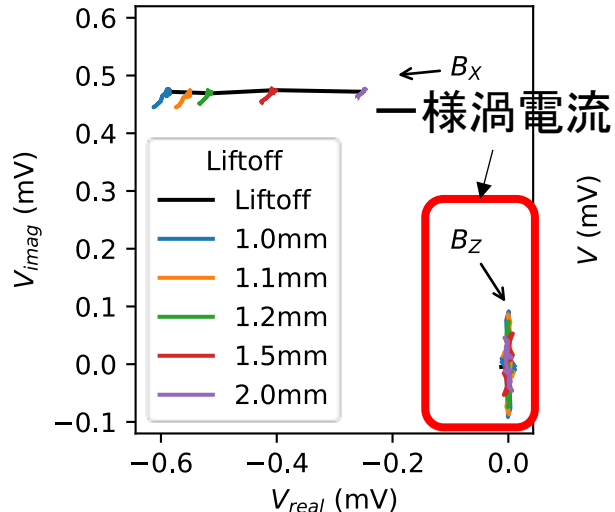
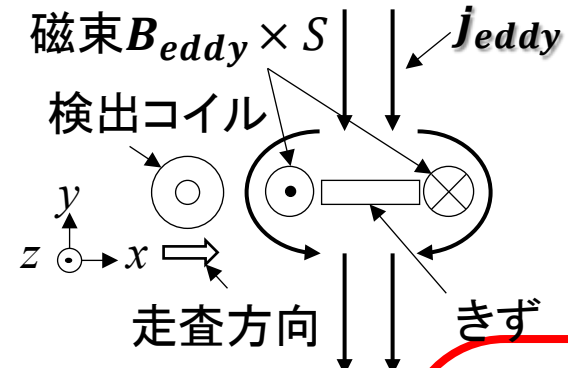
Fig. 2. パンケーキECT

「きず信号/ダイナミックレンジ」が大きいと測定レンジを変えなくて良い。

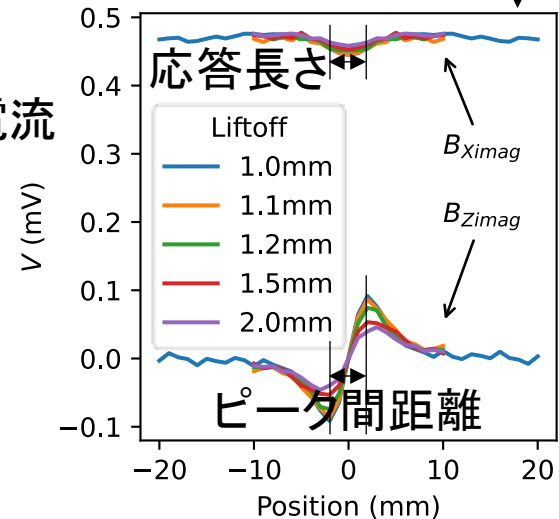
- ACFMの $B_x$ :  $36\mu V/760\mu V=0.05$
- パンケーキECT:  $6\mu V/728\mu V=0.01$

ACFMと一様渦電流プローブは、よく知られているプラスポイントプローブや差動型ECTプローブと同様に、コーティング厚さが変わっても、連続的に測定可能

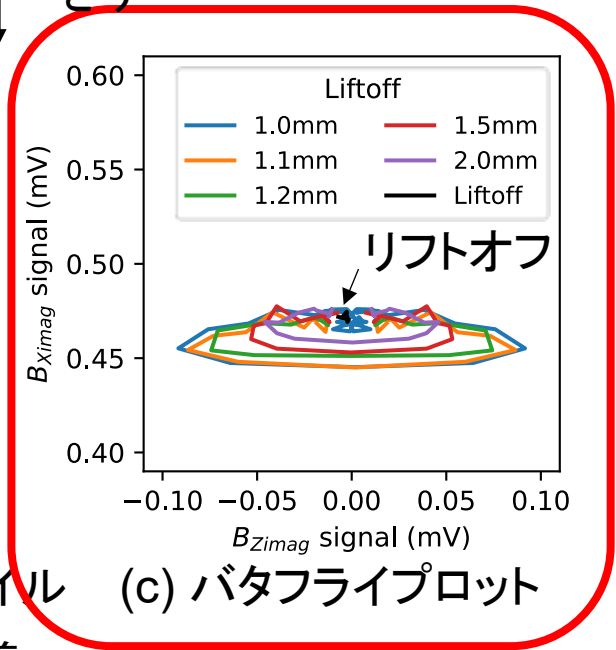
# 検出信号③



(a) 複素平面



(b) 虚数成分の距離プロファイル



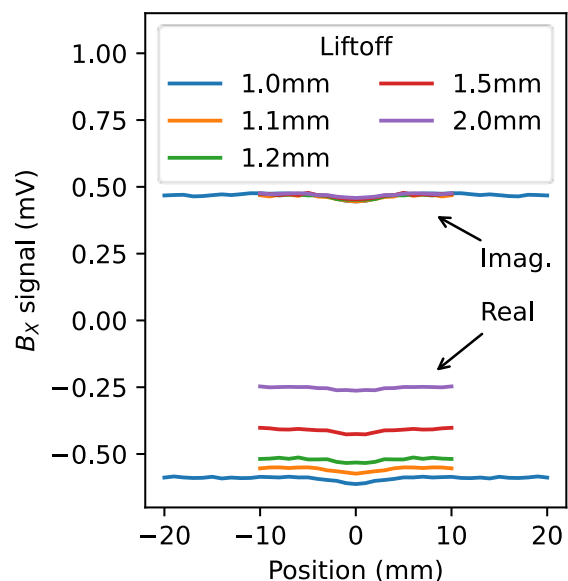
(c) バタフライプロット

Fig. バタフライプロットの定義

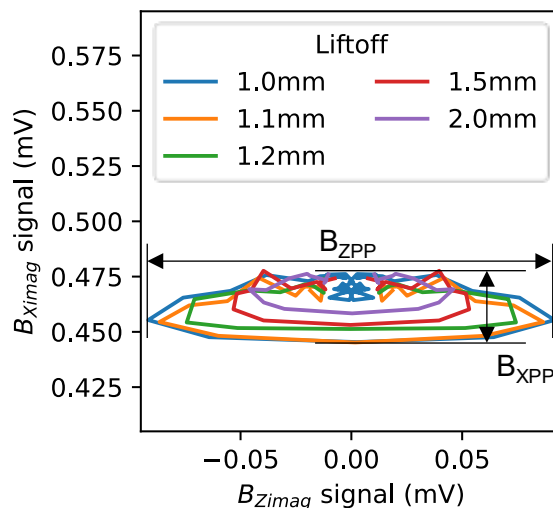
- リフトオフ効果が小さい。
- 検出信号から「虚数成分の振幅」、「ピーク間距離」等が得られる。
- **バタフライプロットはきずとリフトオフ変化を区別できる。**

# リフトオフ特性①

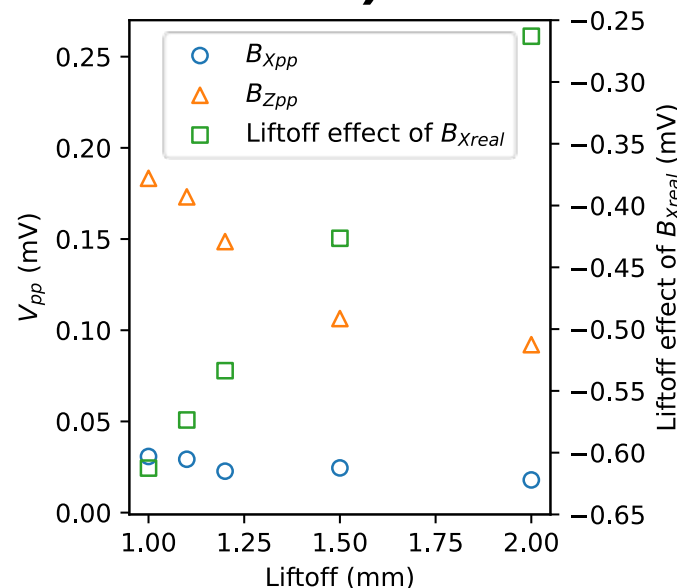
## (L4mm, D1.5mm, W0.25mm)



(a) 移動方向プロフィール



(b) バタフライプロット



(c) リフトオフ特性

Fig. リフトオフ特性

- リフトオフが大きくなるときず信号は減衰する。
- きず形状の定量評価にはリフトオフの補正が必要。

# リフトオフ特性②

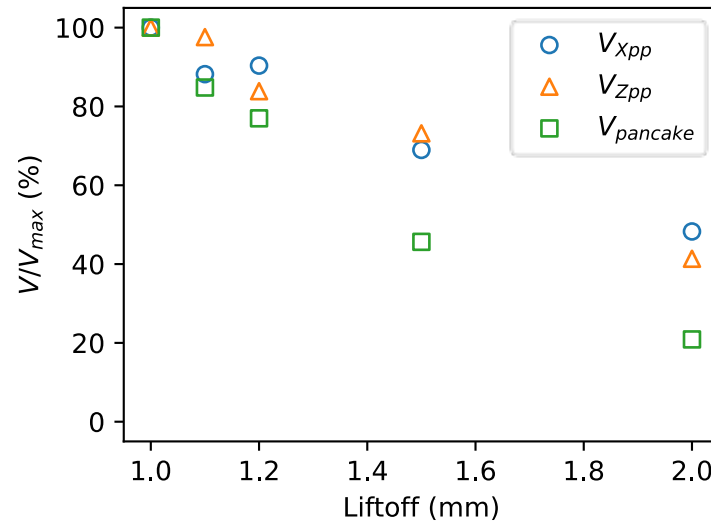
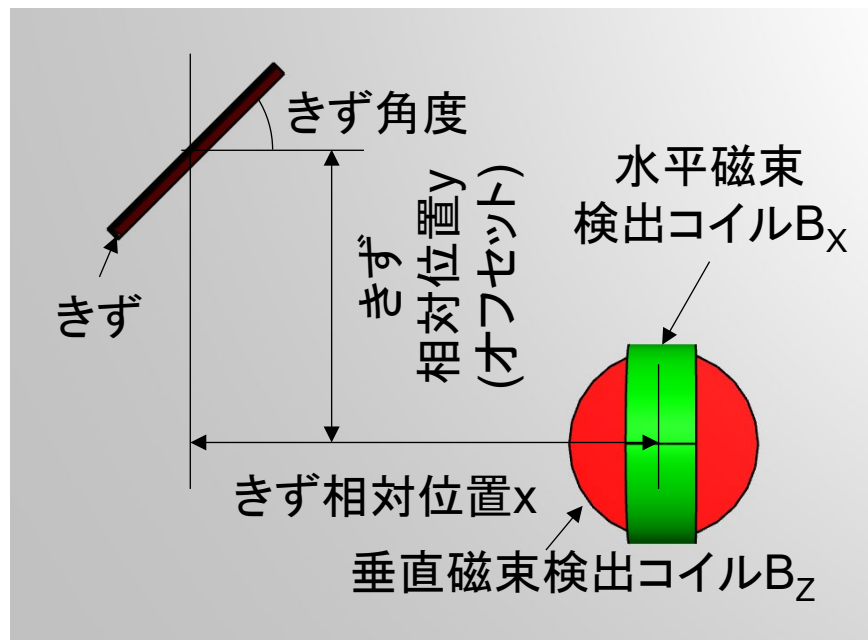


Fig. リフトオフによるきず信号の減衰

- ACFMと一様渦電流( $B_{xpp}$ )は、パンケーキECTと比較してリフトオフによるきず信号の減衰が小さい。

# きず角度特性及びオフセット特性



- リフトオフ: 1mm
- きず相対位置x: -10~10mm
- きず相対位置y(オフセット): 0~10mm
- オフセットによりプローブがきずの真上を通らなかったときを模擬

# 非線形計算と線形計算の比較

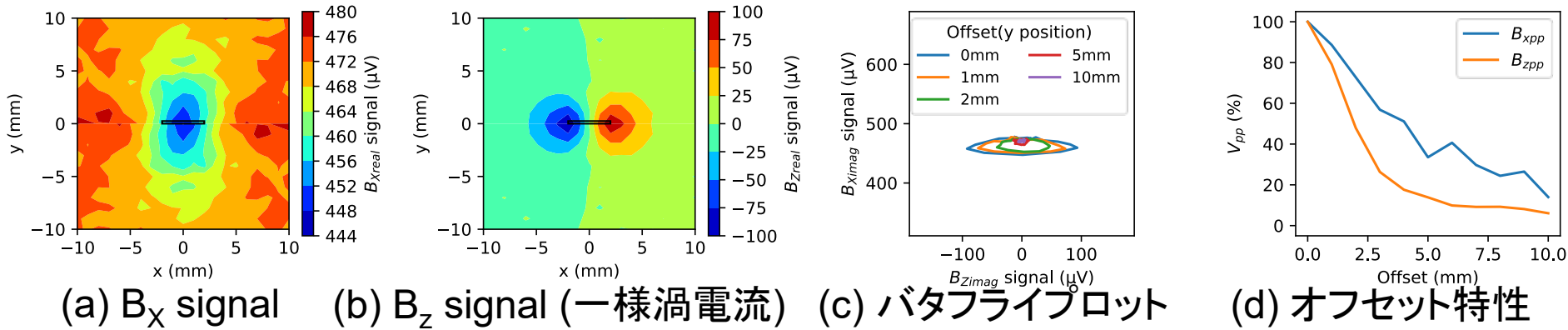


Fig. 1. C Scan(非線形)

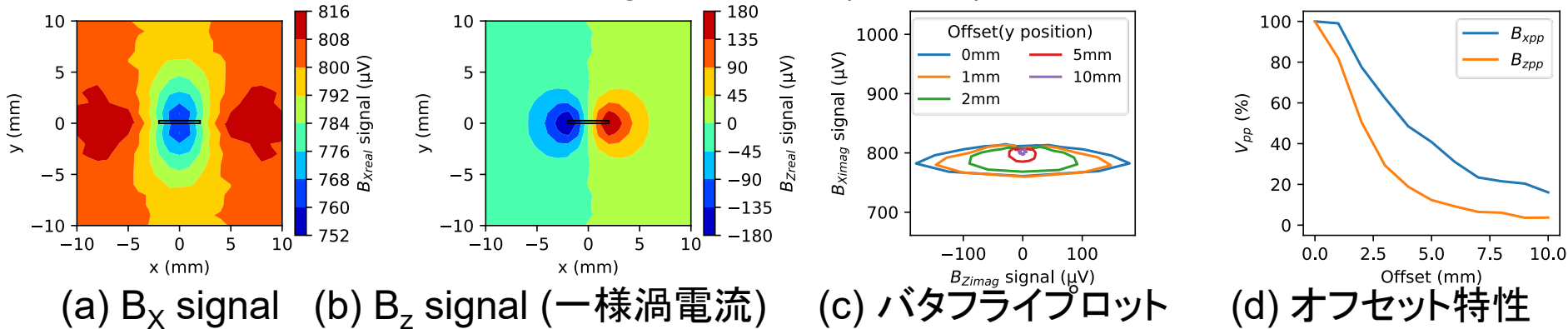
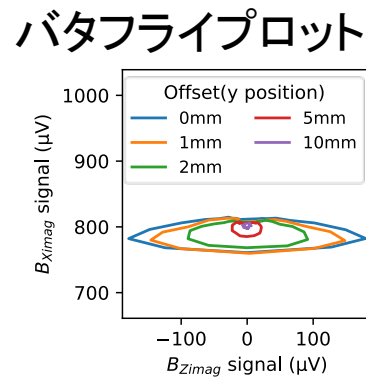
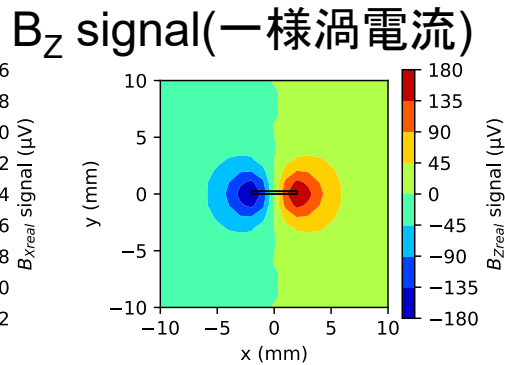
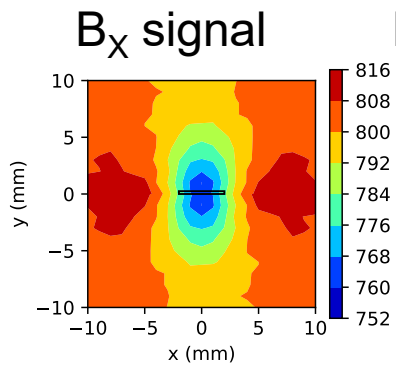


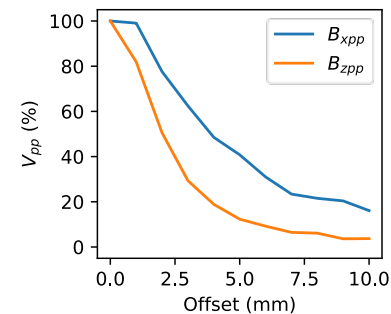
Fig. 2. C Scan(線形)

- MTでは一瞬で得られるC Scan画像は、ACFM・ECTアレイ(マルチ)で得られる。
- 透磁率を線形または非線形のどちらで解いてもきず角度特性は同様の傾向。
- きず角度特性については、計算時間の短縮を期待して、線形問題として解く。

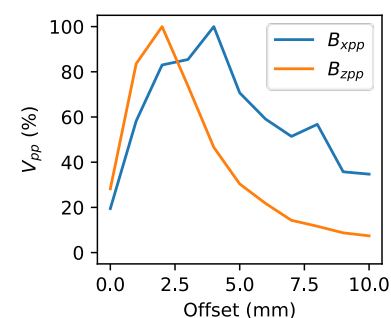
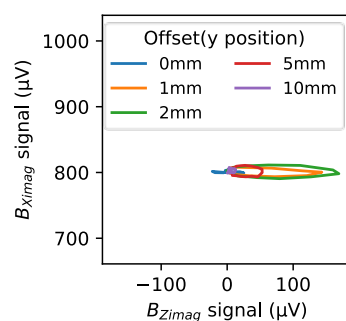
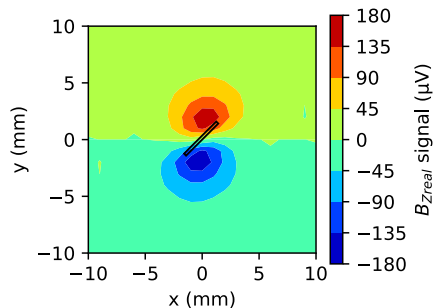
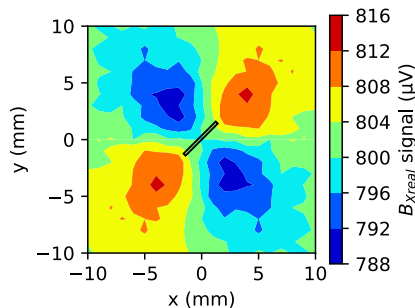
0 Deg.



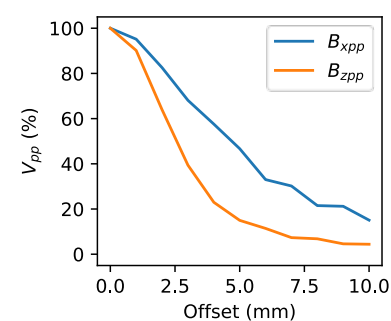
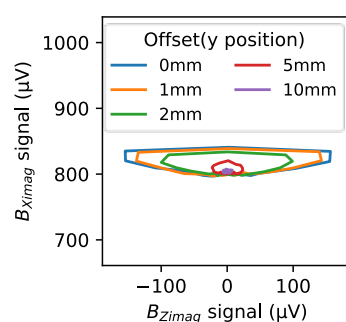
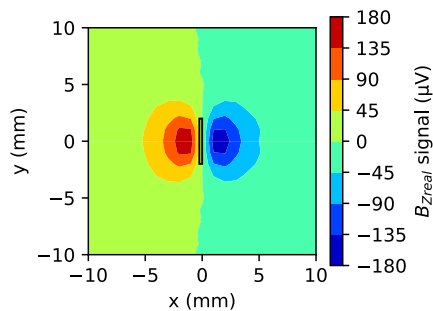
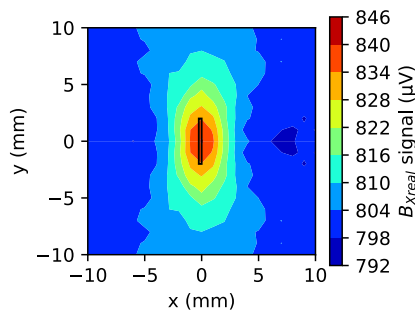
オフセット特性



45 Deg.



90 Deg.



• 角度によって検出信号の振幅が変化

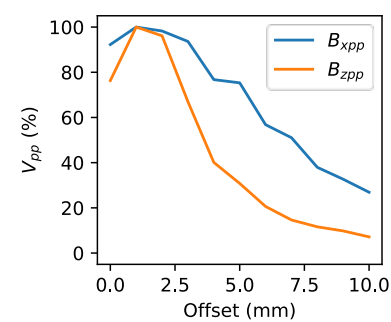
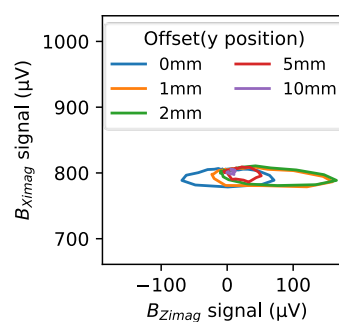
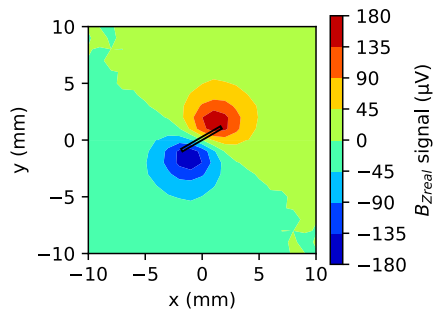
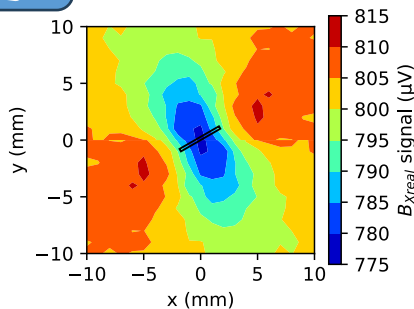
$B_x$  signal

$B_z$  signal(一様渦電流)

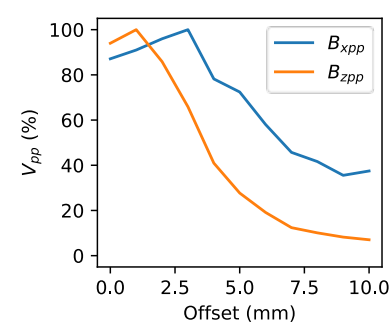
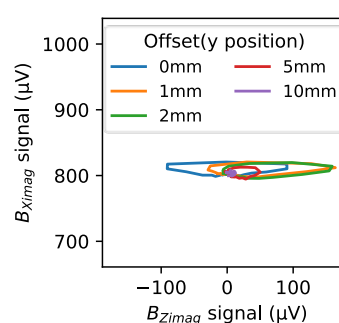
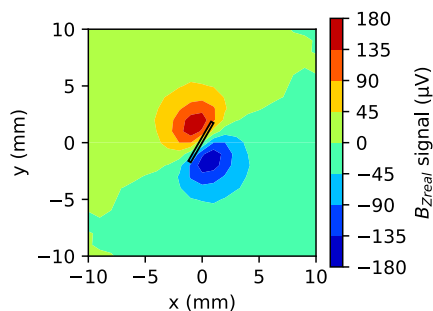
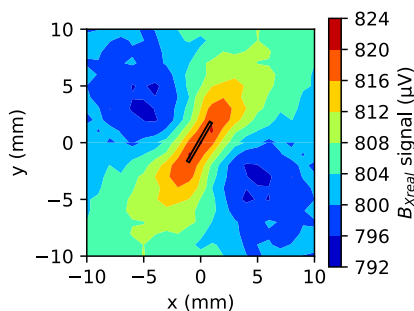
バタフライプロット

オフセット特性

30 Deg.



60 Deg.



# なぜバタフライプロットが反転する のか？①

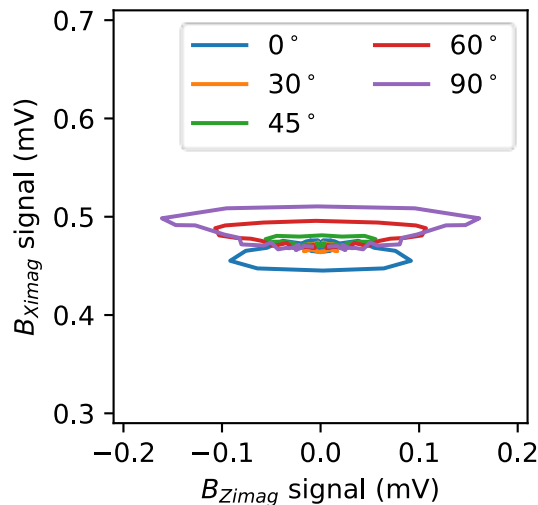


Fig. 1. 強磁性材料  
(L4mm,D1.5mm)

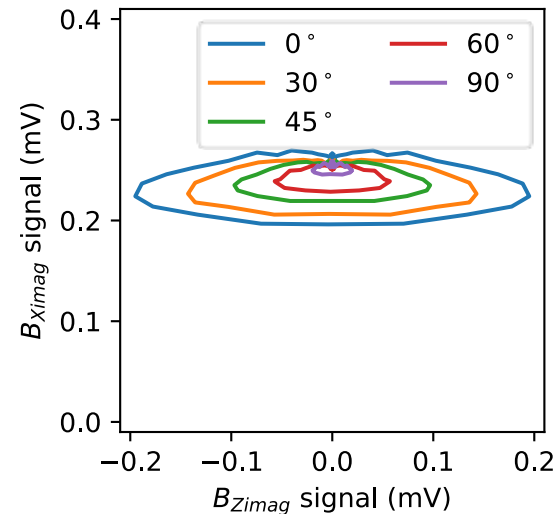


Fig. 2. 非磁性材料A5052  
(L4mm,D1.5mm)

- 非磁性材料ではきず角度でバタフライプロットは反転しない。
  - 非磁性材料では漏洩磁束は存在しない。

# なぜバタフライプロットが反転するのか？②

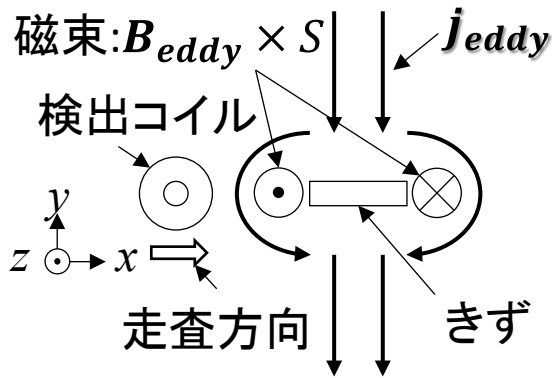


Fig. 1. 渦電流に起因する磁束(きず0度)

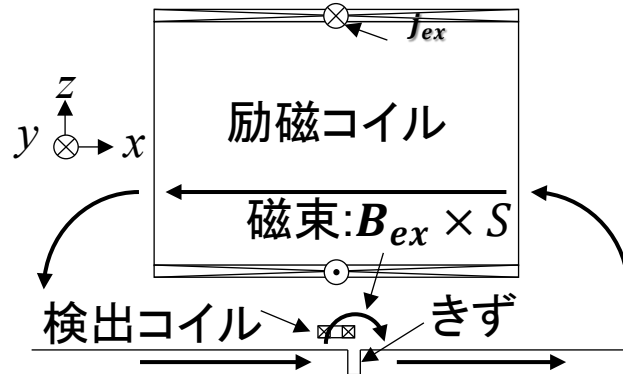


Fig. 2. 励磁電流に起因する磁束(きず90度)

$$\nabla \times E_{eddy} = -\frac{\partial B_{ex}}{\partial t}$$

$B_{eddy}$ と $j_{ex}$ は逆同相

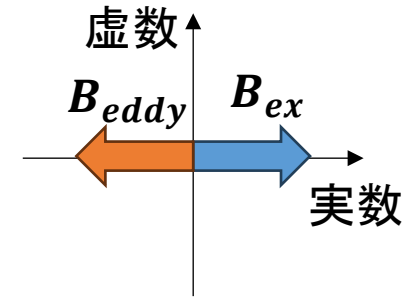
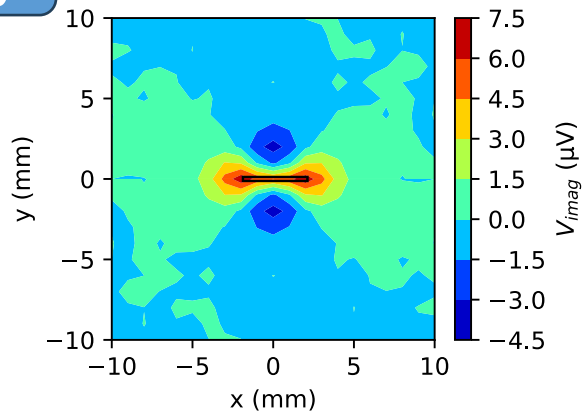


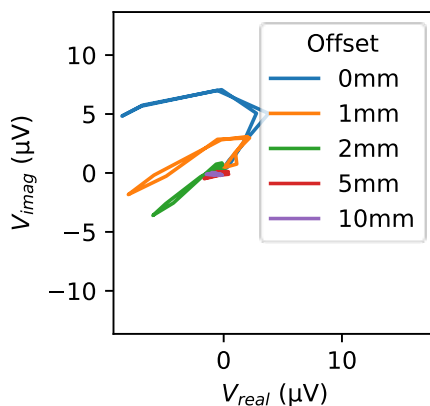
Fig. 3. 磁束密度の位相

- 「渦電流に起因する磁束密度 $B_{eddy}$ 」と「励磁電流に起因する磁束密度 $B_{ex}$ 」の位相は異なっている。
- 検出信号 =  $\iint_S \frac{\partial}{\partial t} (B_{ex} + B_{eddy}) \cdot n dS$
- バタフライプロットが反転するのは、鎖交する磁束の主役が交代するため。
  - きず角度0度: 渦電流に起因する磁束密度( $B_{eddy}$ )が支配的
  - きず角度90度: 励磁電流に起因する磁束密度( $B_{ex}$ )が支配的

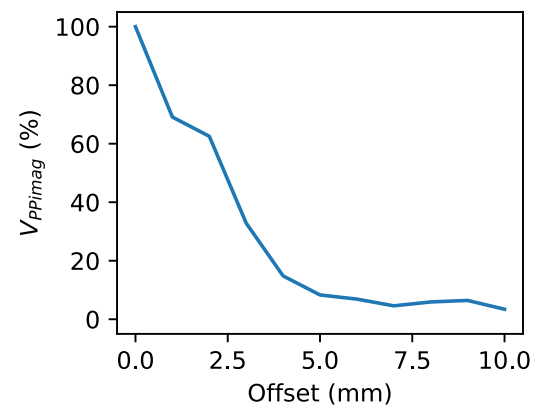
0 Deg.



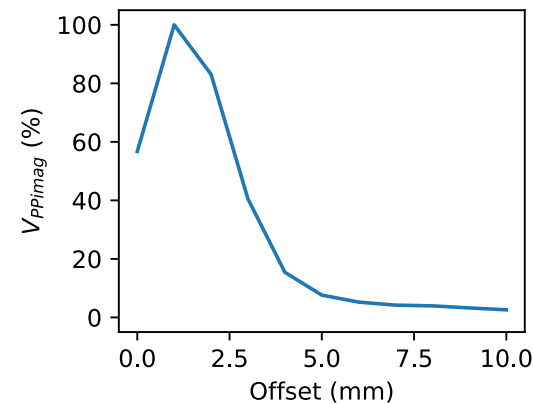
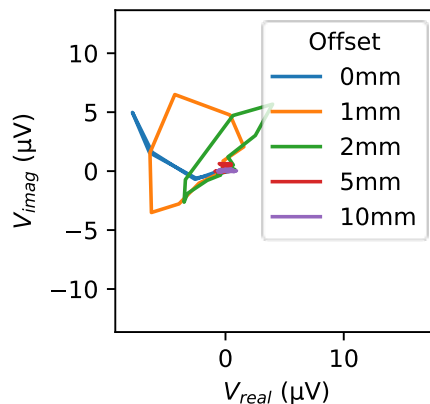
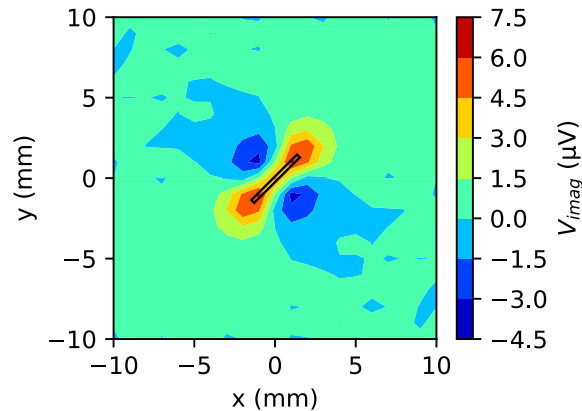
複素平面



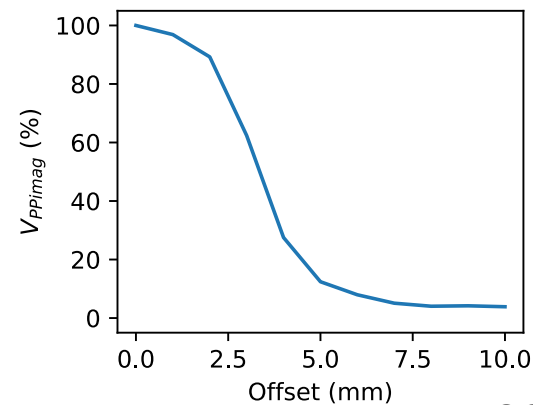
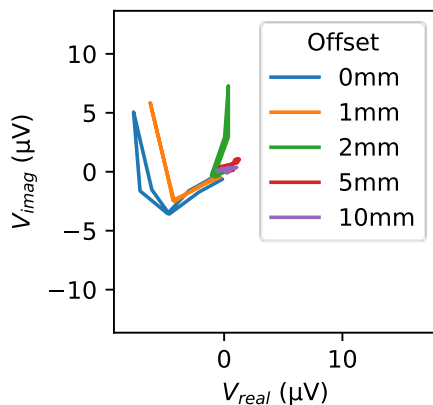
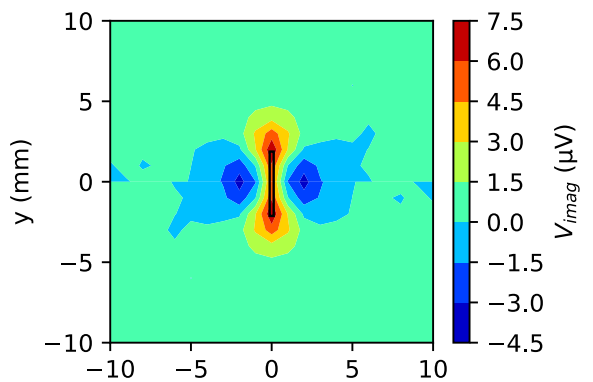
オフセット特性



45 Deg.



90 Deg.



# きず断面が円弧の時 (L4mm, D1.5mm, W0.25mm)

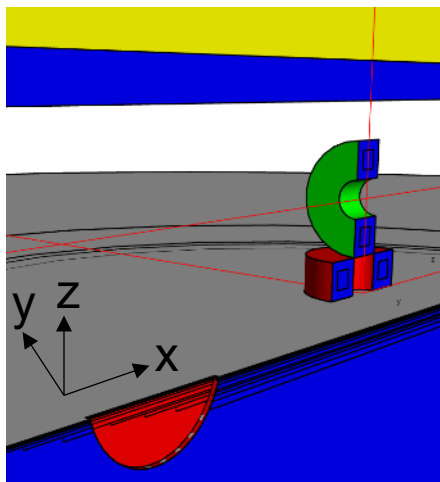


Fig. 1. 円弧モデル

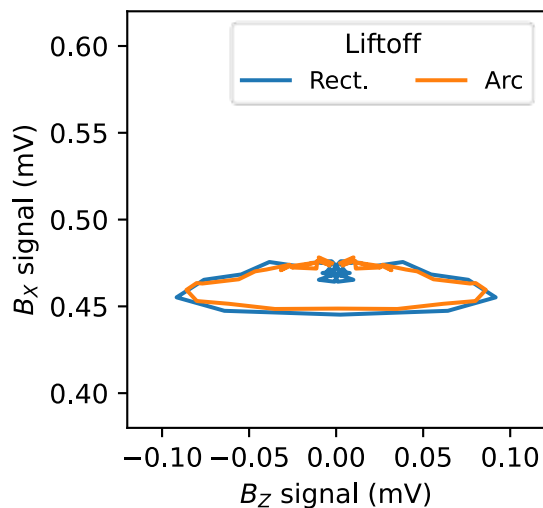


Fig. 2. バタフライプロット  
(L4mm × D1.5mm)

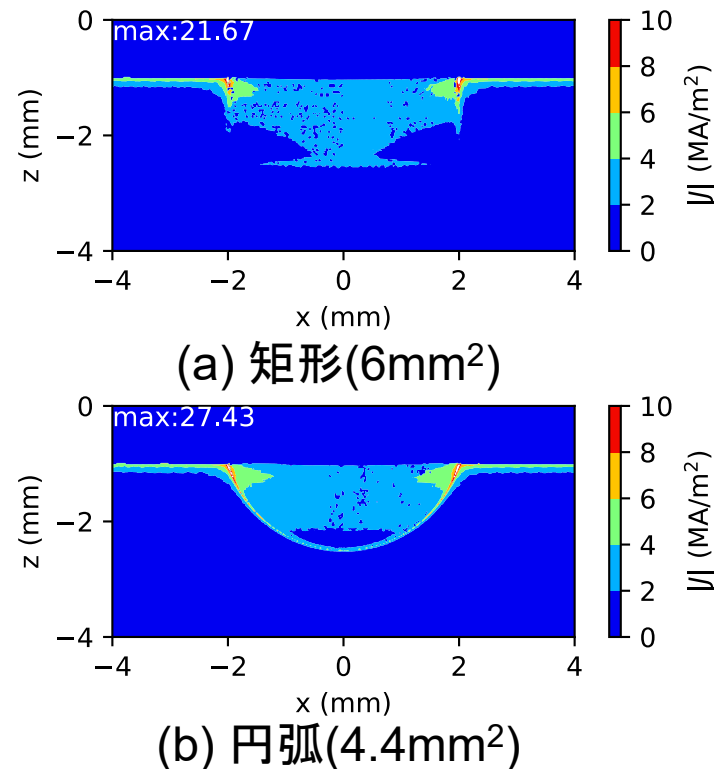


Fig. 3. 渦電流分布( $y=0.125\text{mm}$ )

- きず断面の差(矩形と円弧)は十分小さかった。
- 矩形きずは自然きずより振幅が大きくなることが予想されるが、基準きずを矩形とすることに大きな支障はない。

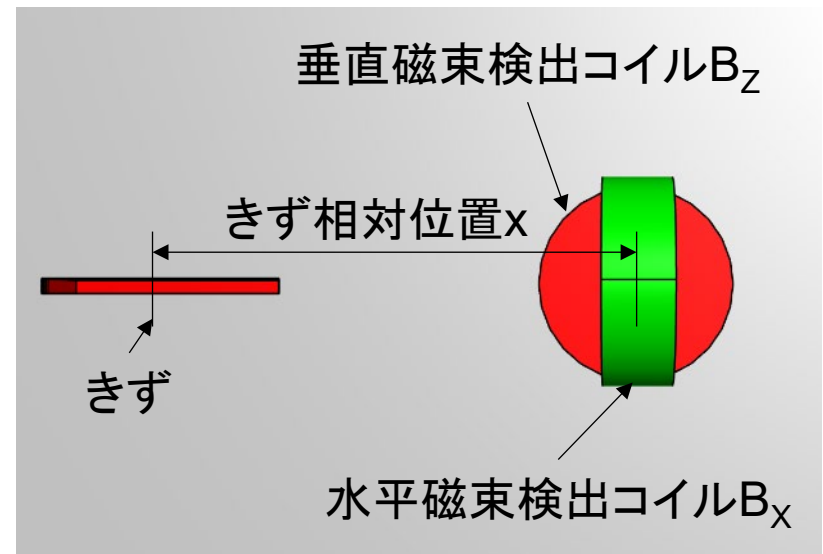
# まとめ①

- ACFMと一様渦電流は、パンケーキECTと比較してリフトオフ(コーティング厚さ)の変化に強い。
- ACFMプローブは、きず直上をきず角度0度で走査したとき、きず信号が最大になる。
- 「コーティング厚さ」、「きず角度」と「オフセット」の情報が必要。
- ACFMは、バタフライプロットから、きず有無及びきず角度を判断可能。

# 5. きず形状応答特性

プローブ走査方向ときず方向が $0^\circ$  かつ、きず直上を走査したときの以下のきず形状応答特性を示す。

- きず幅特性
- きず長さ特性
- きず深さ特性



# きず幅特性(L4mm,D1.5mm)

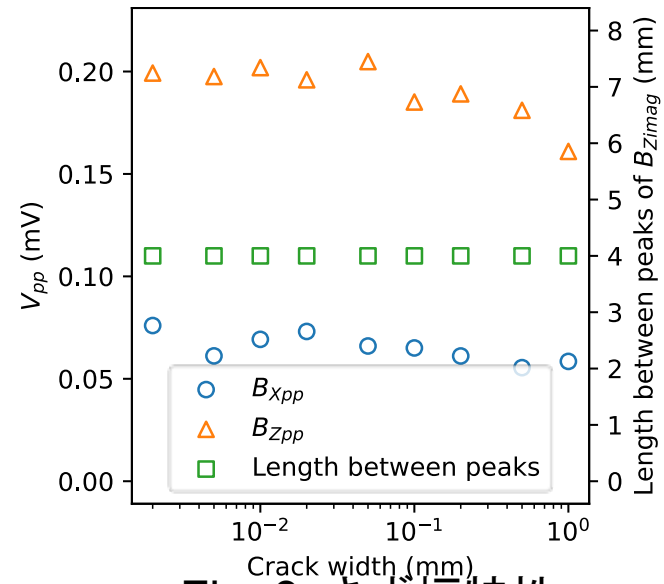
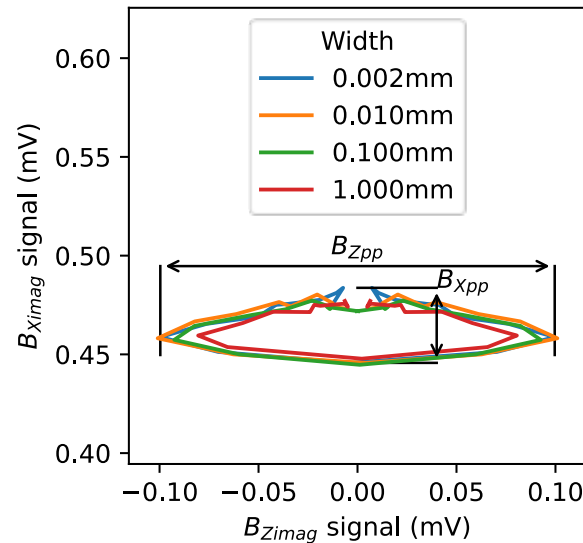
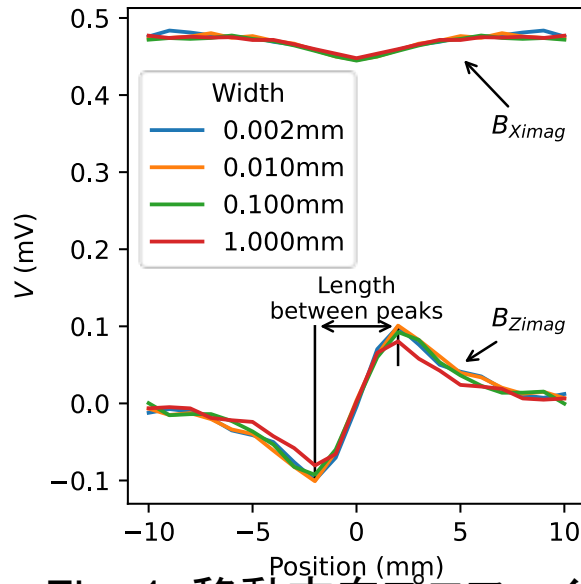


Fig. 1. 移動方向プロファイル

Fig. 2. バタフライプロット

Fig. 3. きず幅特性

- きず幅が広いほど検出信号は小さくなる傾向がみられるが、2 $\mu$ mから1mmの範囲においてはその影響は十分小さい。

# きず長さ特性(D1.5mm, W0.25mm)

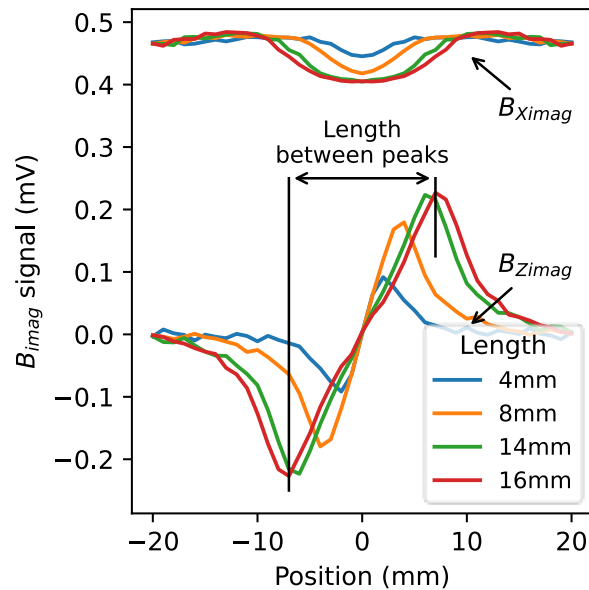


Fig. 1. 移動方向プロファイル

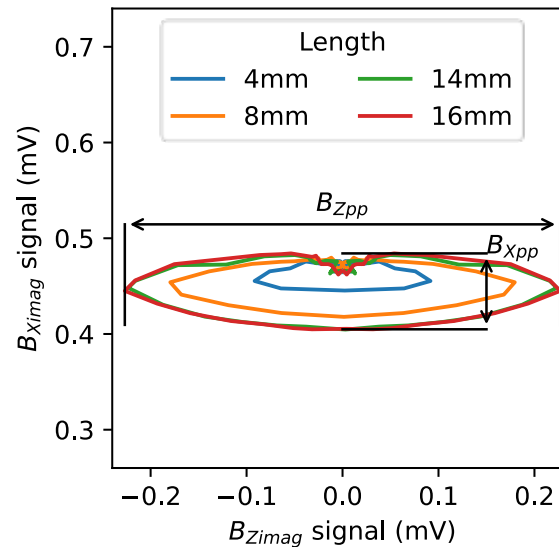


Fig. 2. バタフライプロット

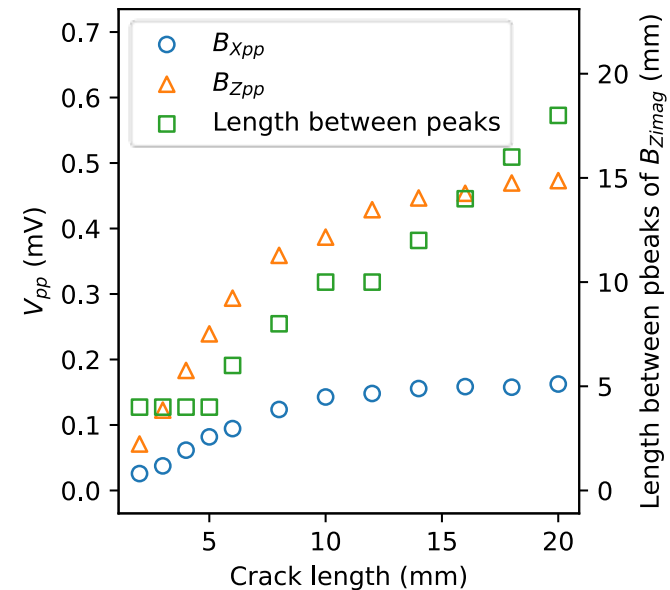
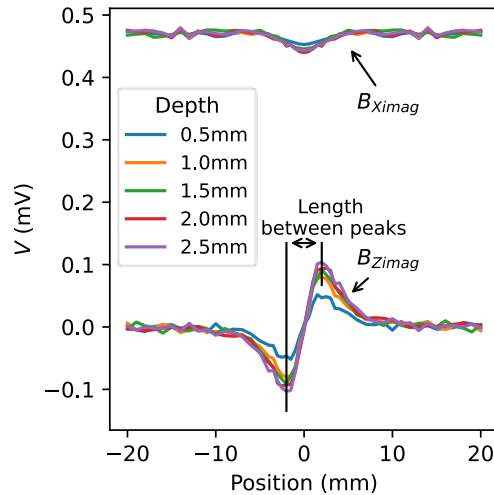


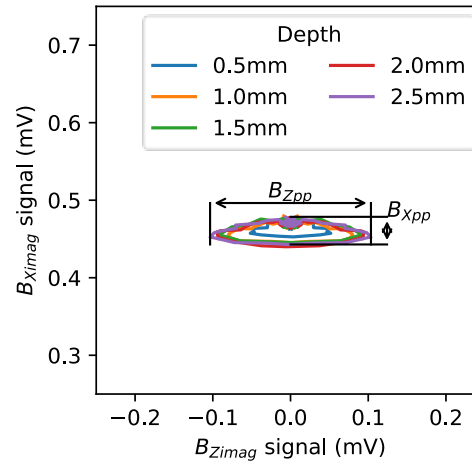
Fig. 3. きず長さ特性

- $B_{zimag}$  のピーク間距離は、きず長さの影響が大きい。
- きず長さが検出コイルより十分大きくなると検出信号の振幅はサチレーションする。

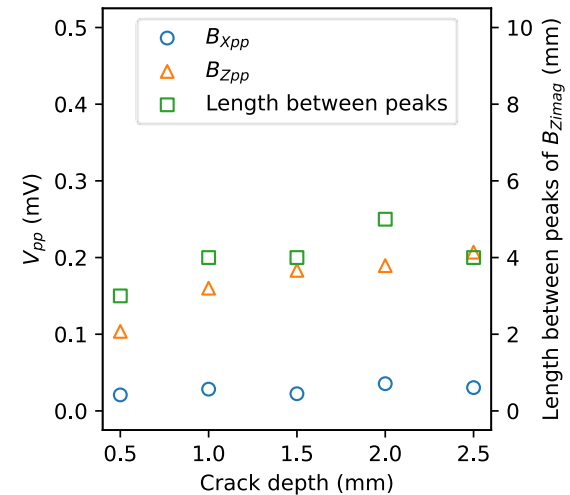
# きず深さ特性



(a) 移動方向プロフィール

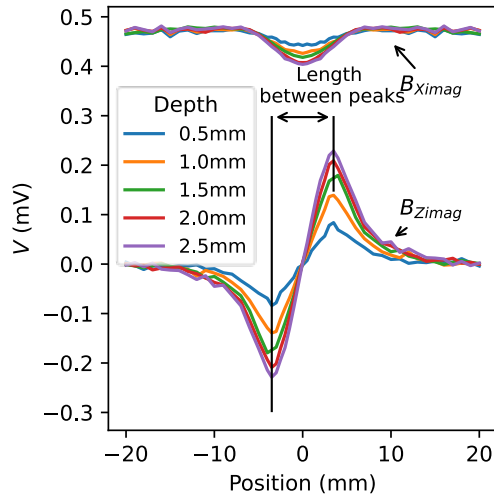


(b) バタフライプロット

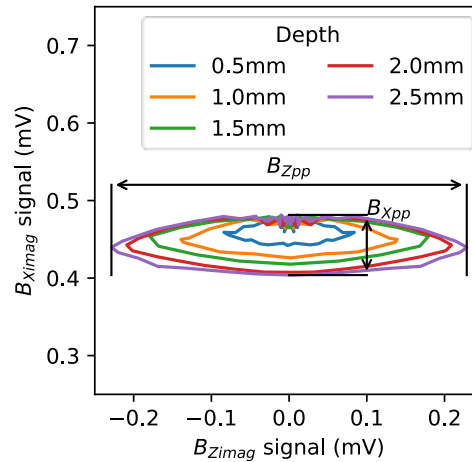


(c) きず深さ特性

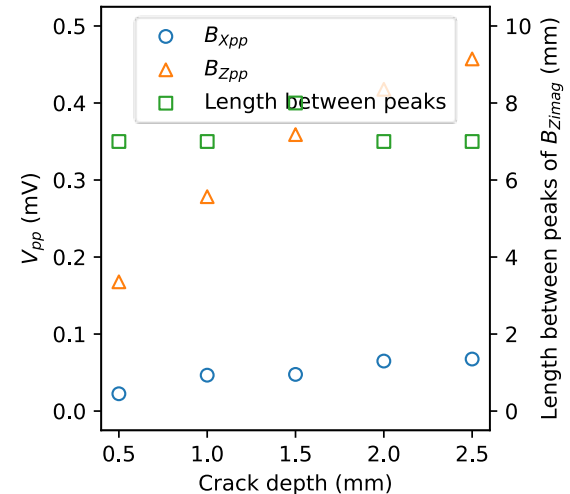
Fig. 1. きず長さ4mm



(a) 移動方向プロフィール



(b) バタフライプロット



(c) きず深さ特性

Fig. 2. きず長さ8mm

# 振幅ときず断面積との相関

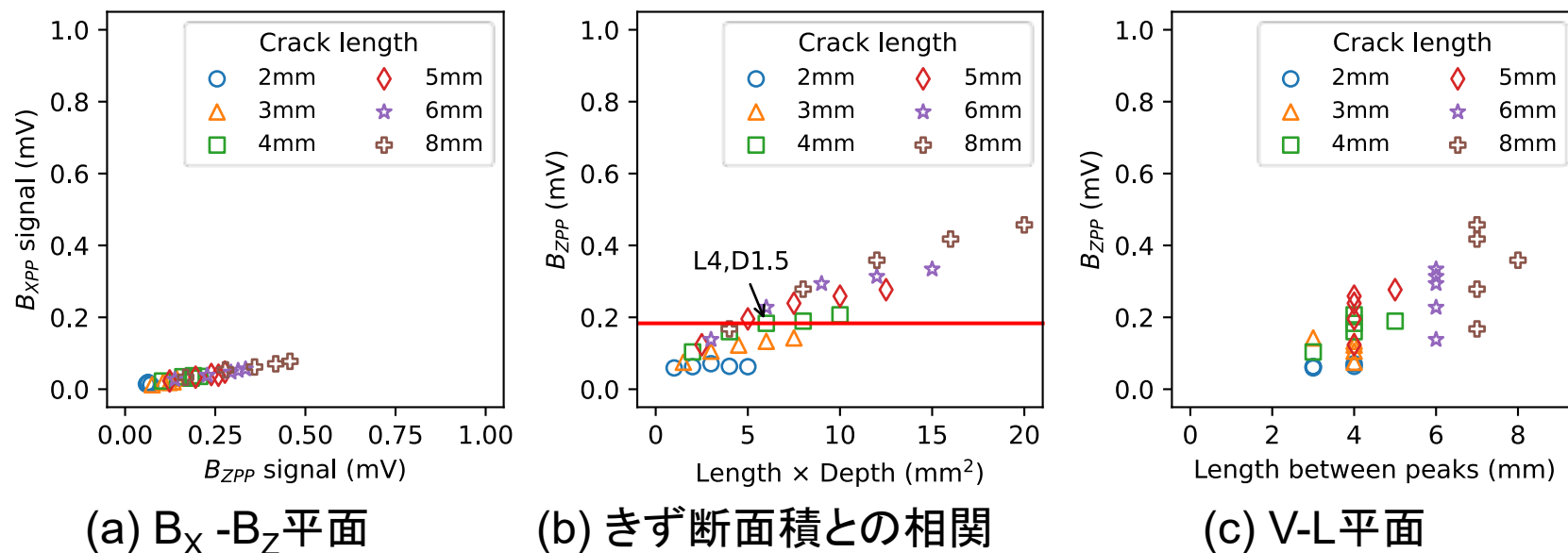


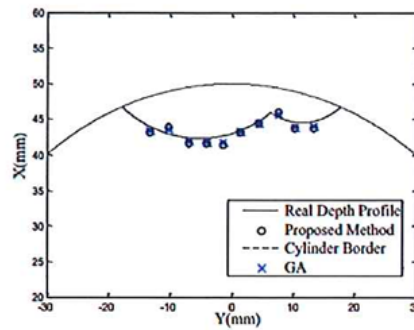
Fig. きず深さ0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mm

- 検出コイルと比較して短いきずは、振幅と断面積の相関が得にくい。
- $B_Z$ からおおよそのきず断面積を評価可能。
  - ピーク間距離等を併用した評価できず長さ・深さの評価は可能。

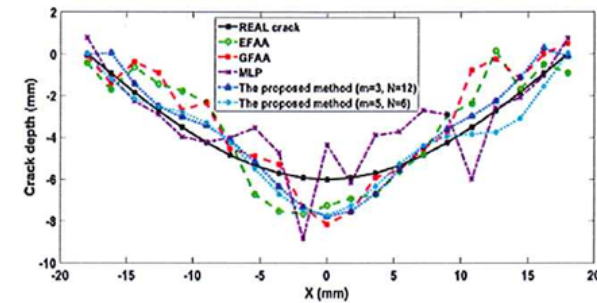
# きず形状推定①

- ウェーブレット変換やニューラルネットワーク等を用いたきず形状の復元が試みられている。
- 引用文献: Xin'an Yuan, et al., Recent development of alternating current field measurement technology for defects detection

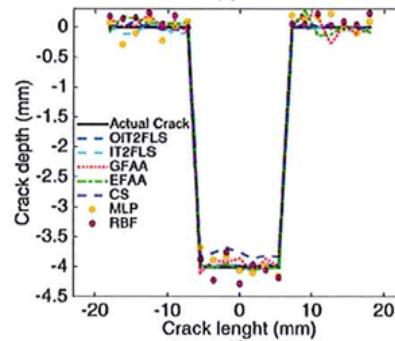
X. Yuan et al.



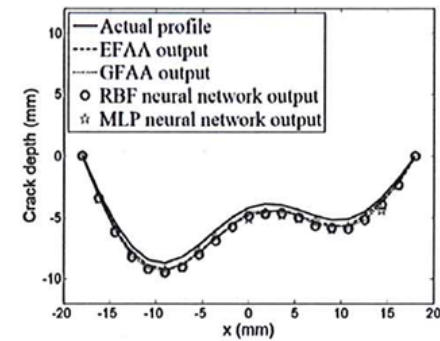
(a) Pattern search algorithm [51].



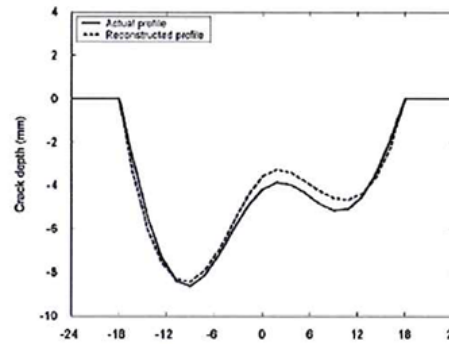
(b) First and second fuzzy approximation method [52].



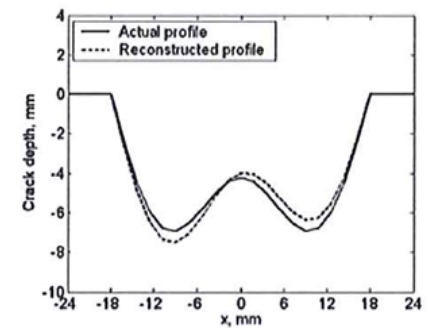
(c) Type-2 fuzzy logic system and algorithm [54].



(d) Generalized fuzzy alignment algorithm [55].



(e) Wavelet-network-based technique [56].



(f) Neural network scheme [58].

Fig. 8. Different types of defect inversion techniques.

# きず形状推定②(2024年度報告)

## RBF補間きず長さ推定法

- 長さ、及び深さの異なる基準きずを用いて「振幅-応答幅平面」を作成し、被評価きずと比較して判定。

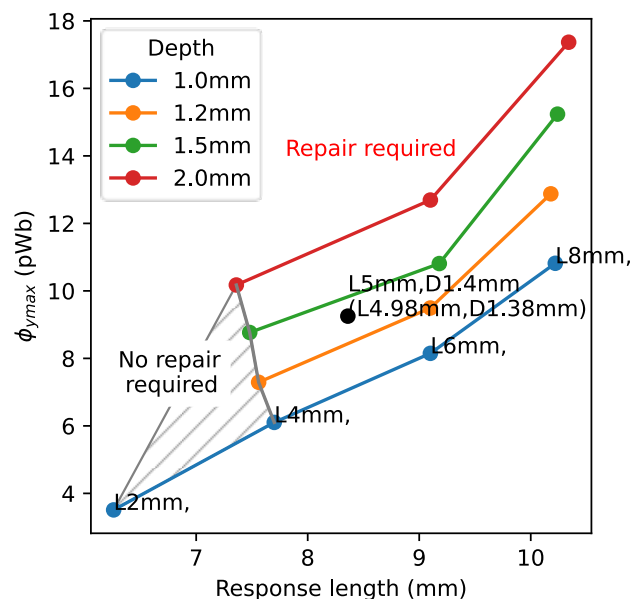


Fig. 振幅-応答幅平面

# まとめ②

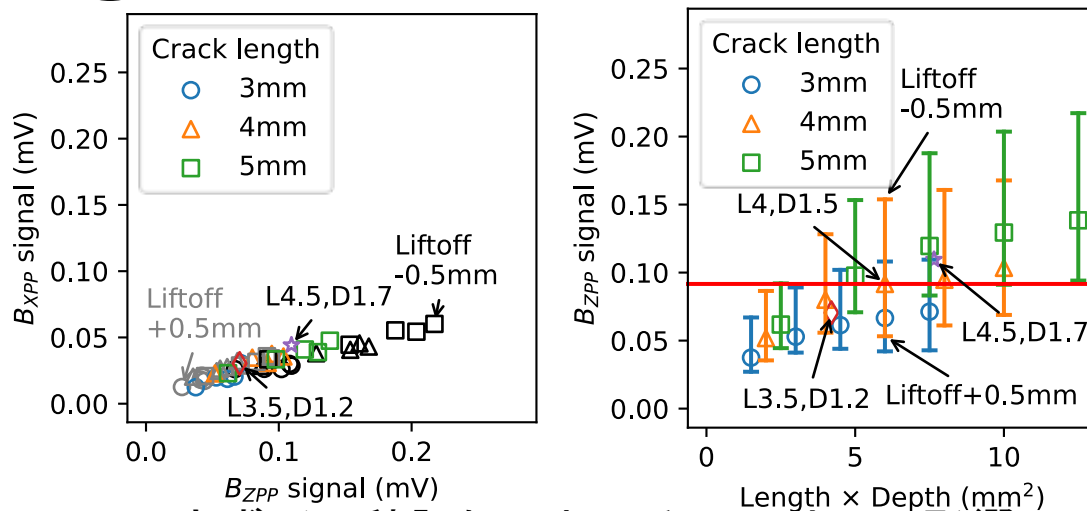


Fig. きず断面積評価におけるリフトオフの影響

- きず幅 $2\mu\text{m}$ から $1\text{mm}$ の範囲においてはその影響は十分小さい。
- 「検出信号の振幅」から「おおよそのきず断面積」を評価可能
  - おおよそ: 同じ断面積でも長さが短いと振幅は減少するが、リフトオフやオフセットによる振幅の減少も無視できない。
- 精密なきず形状の評価は「コーティング厚さ」及び「オフセット」の影響を考慮する必要がある。

# 6. 計測実験

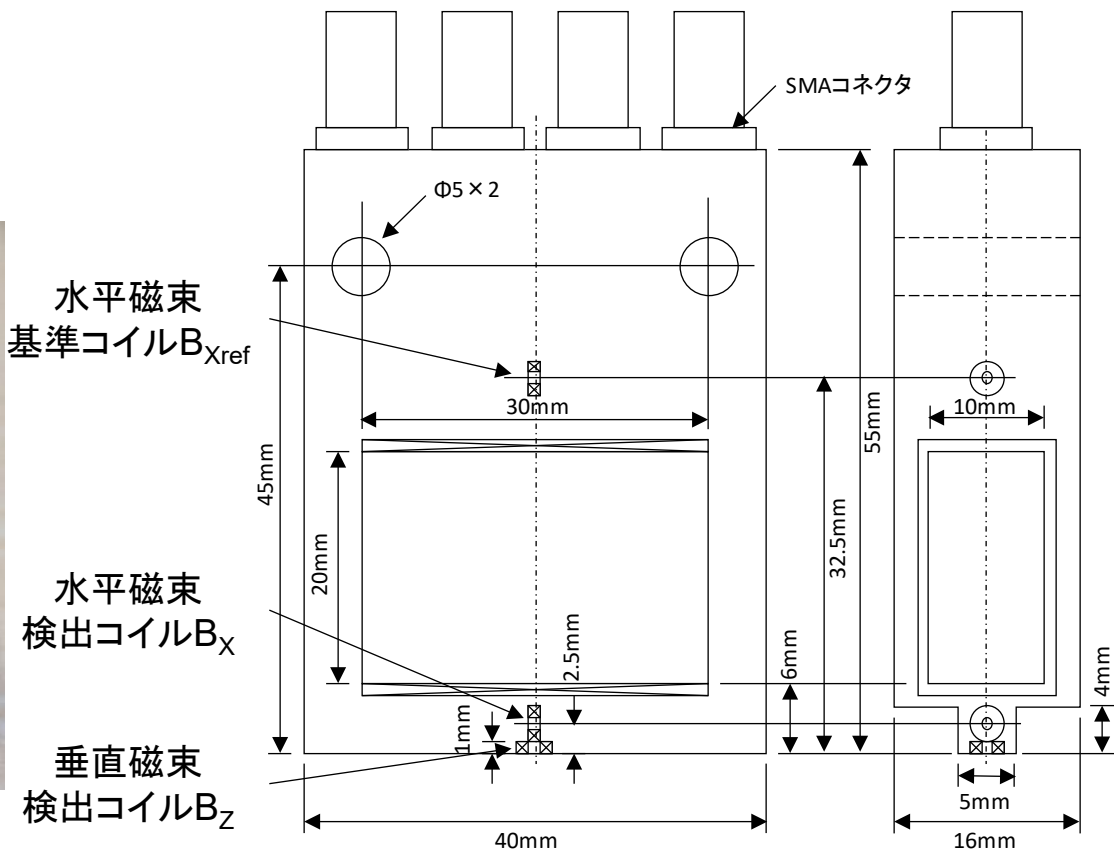
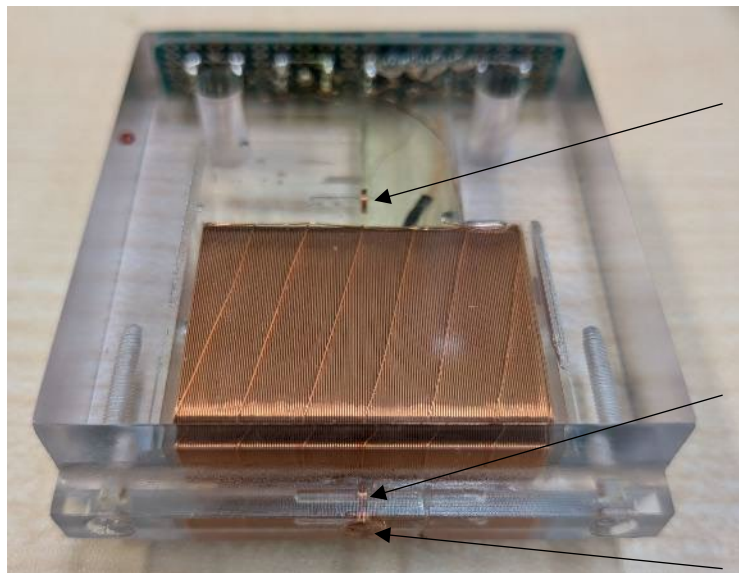


Fig. 検証用ACFMプローブ

- ここでの結果は既製品の性能の限界を示すものではない。
  - 計算実験の検証を行うため、新たにプローブ・装置を製作した。
  - 既製品とは(おそらく)構造は異なる。

# 計測条件

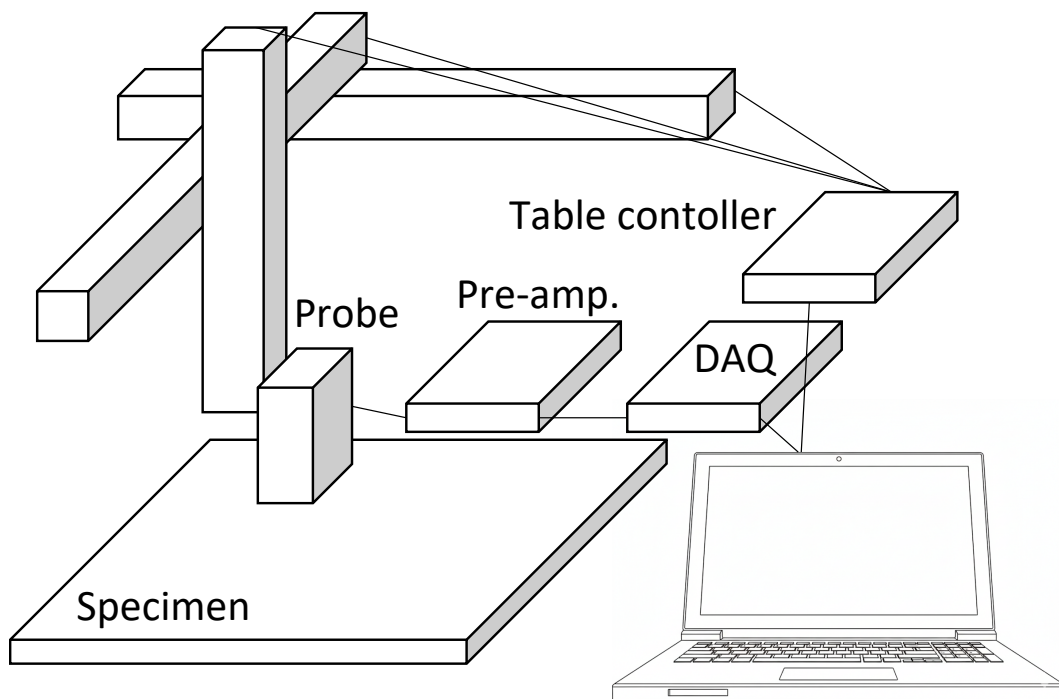


Fig. 1. 計測システム

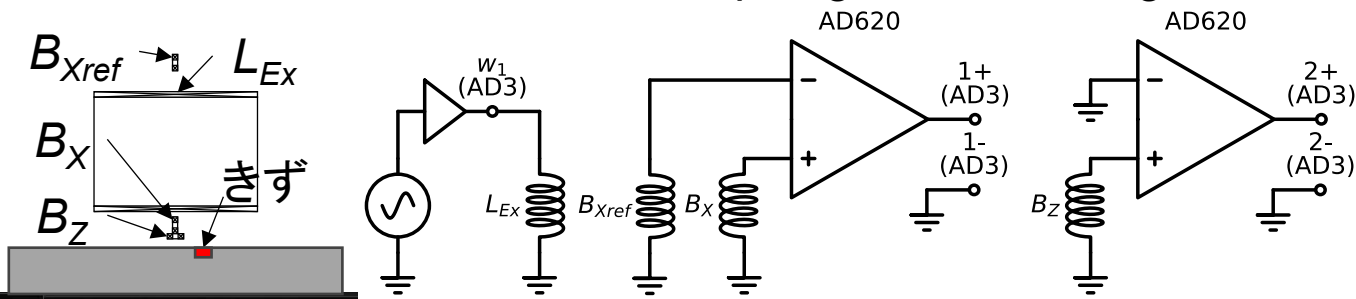


Fig. 2. 試験体

Table 計測条件

項目	詳細
プローブ形状	シミュレーションと同じ
DAQ	Digilent, Analog Discovery 3 (±2.5V, 14bit)
励磁電圧	5kHz, 10Vpp, 88Ω
プリアンプ	Analog devices, AD620 (GB積12MHz相当) 74dB for B <sub>x</sub> , 60dB for B <sub>z</sub>
XYZテーブル	IAI TT-C3-I-4040-05B(繰り返し位置決め精度0.05mm)
試験体材質	SM400A

# 映像



▼ Control panel

SN:210415BA0970

w1 w2

5 - + Freq. (kHz)

5.0 - + Amp. (V)

0 - +  $\theta$  (Deg.)

XY window Settings

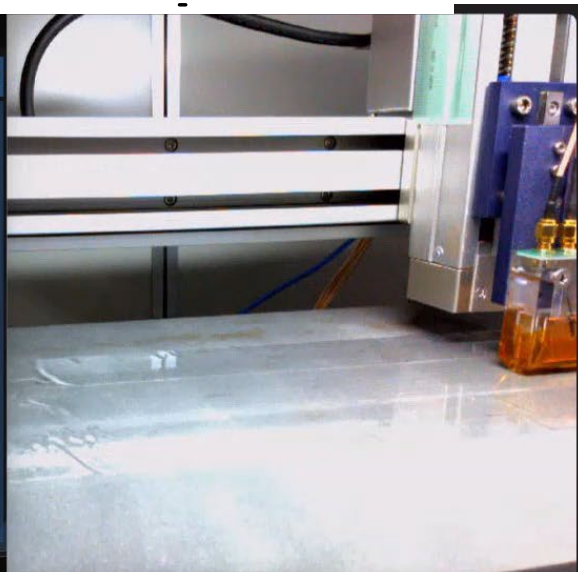
0.24 - + Limit (V)

-90 - + ch1  $\theta$  (Deg.)

-54 - + ch2  $\theta$  (Deg.)

Auto.

▼ ACFM



Clear offset value Auto offset Pause

Monitor

0.12 V vx limit

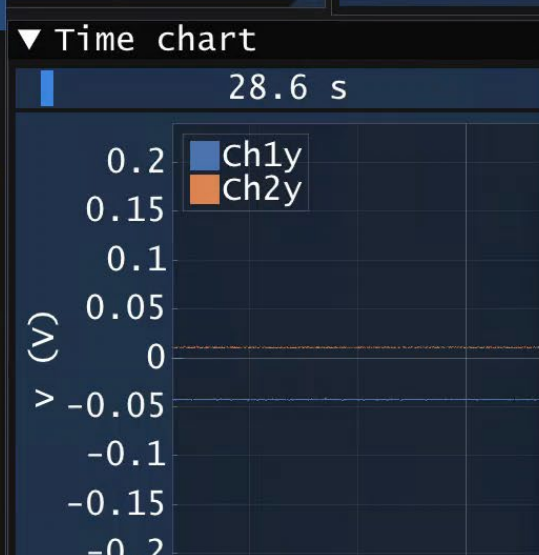
0.24 V vz limit

0.0 0.1 **0.03V:0.0mm**

10 - + LPF (Hz)

Time:50:06:05

vx (V)



エクスプローラー

i5-9600K.ipynb

LIA > i5-9600K.ipynb > key = 'L4.0\_D1.5'

生成 + コード + マークダウン | すべてを実行 再起動 ...

```

for i in range(10):
    table.moveZ(ps[key][2]-1)
    table.moveZ(ps[key][2]+1)
    
```

[97] ✓ 6.0s

key = 'L4.0\_D1.5'

セルの実行 (Ctrl+Alt+Enter)

```

le.moveX(ps[key][0])
table.moveY(ps[key][1]-75)
table.moveZ(ps[key][2]-1)
table.moveY(ps[key][1]+125)
for i in range(5):
    table.moveZ(ps[key][2]-6)
    table.moveZ(ps[key][2])
table.moveZ(ps[key][2]+1)
table.moveY(ps[key][1]-75)
    
```

# 探傷器に求められる機能

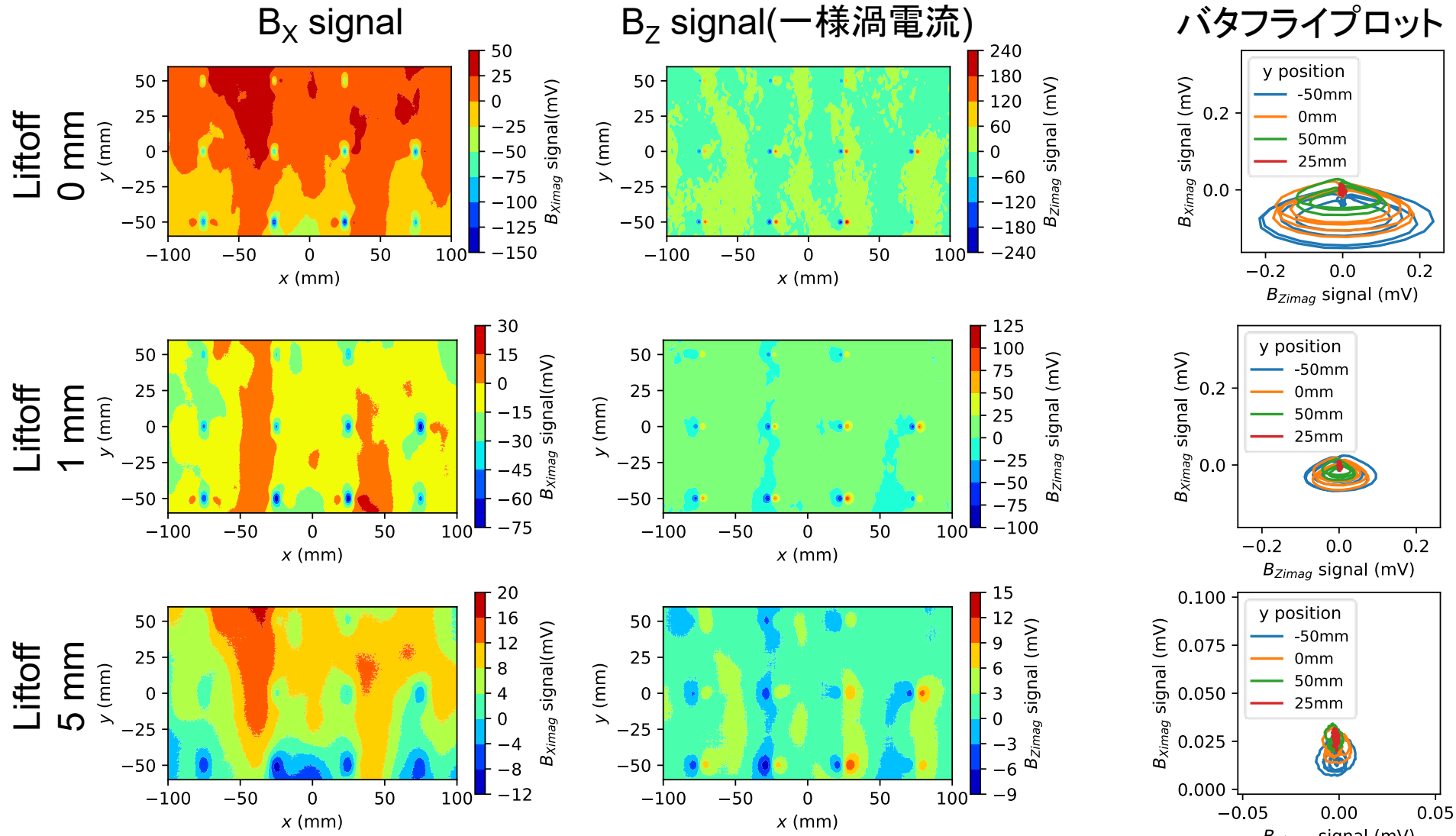
	一様渦電流・パンケーキ	ACFM
必須の励磁源の数	1	1
必須の入力チャンネル数	1	2
解析手法	複素平面	バタフライプロット

製作した計測システムはACFMプローブ専用ではなく、1及び2チャンネルのECTプローブを接続可能



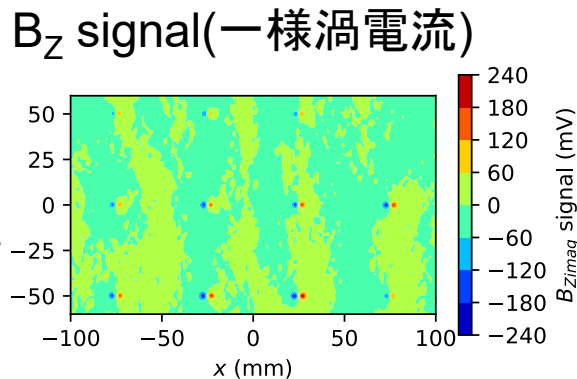
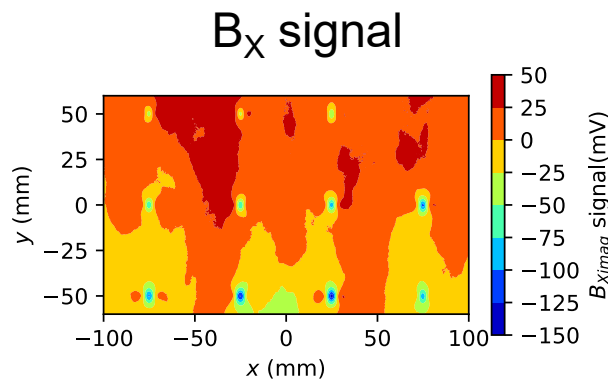
ACFMプローブは、ECTプローブにバタフライプロット解析を追加したもの

# リフトオフ特性

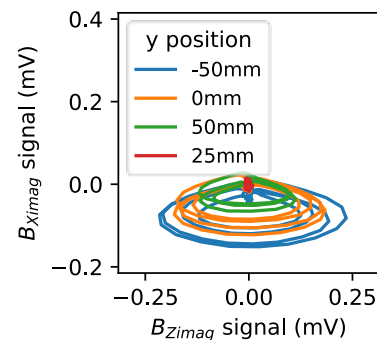


- $B_x$ は絶対値、 $B_z$ は微分的な試験体表面の変化をとらえる。
- 一般的に、磁化を併用することで磁気雑音は抑制する事ができる。

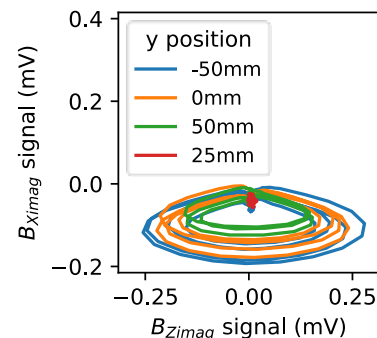
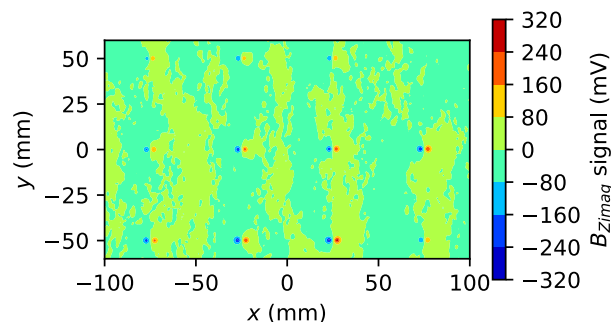
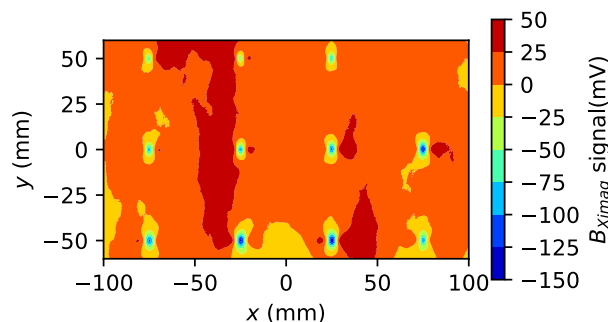
直流磁化なし



バタフライプロット



直流磁化あり

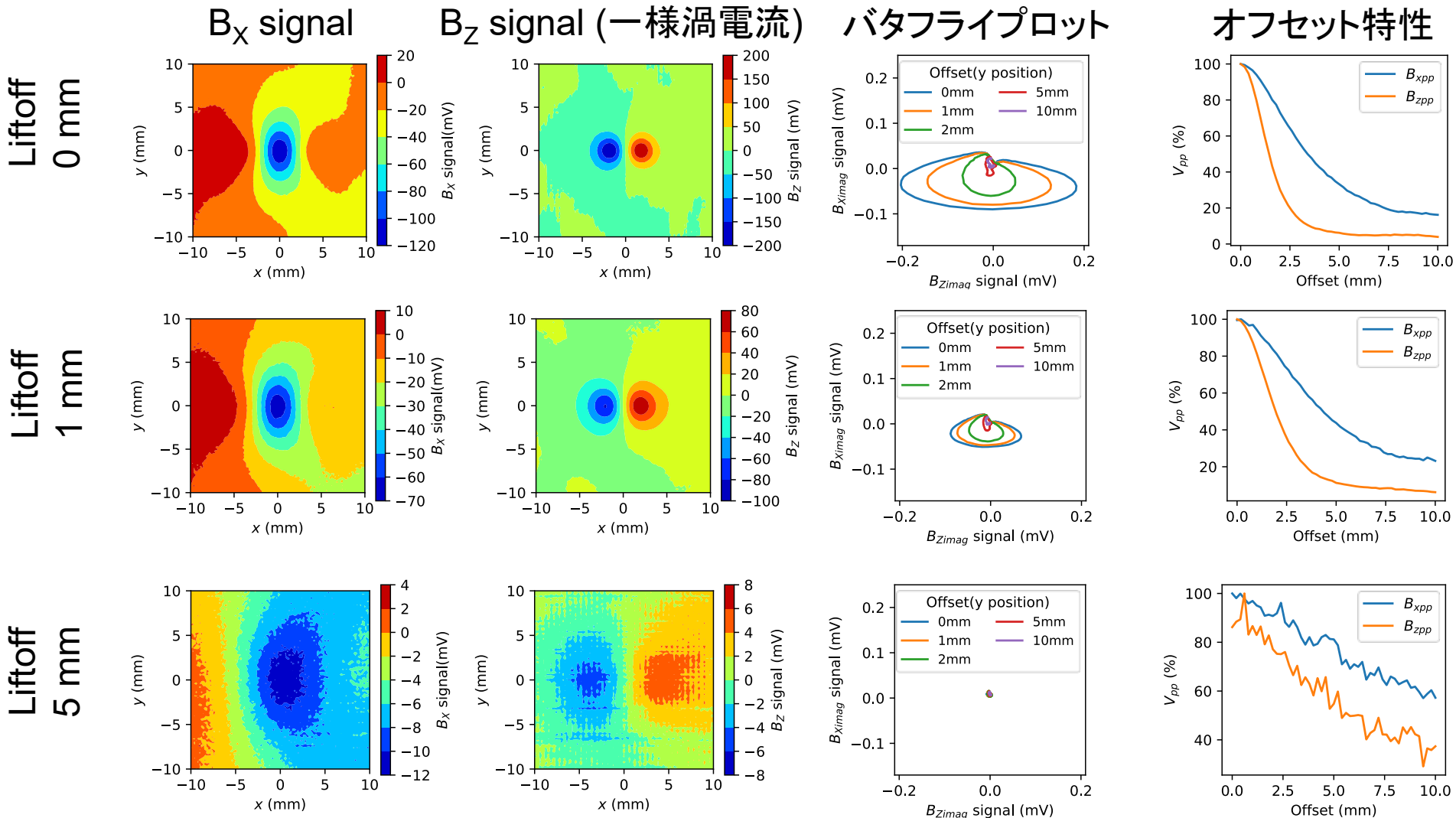


永久磁石0.3T  
10×5×2mm

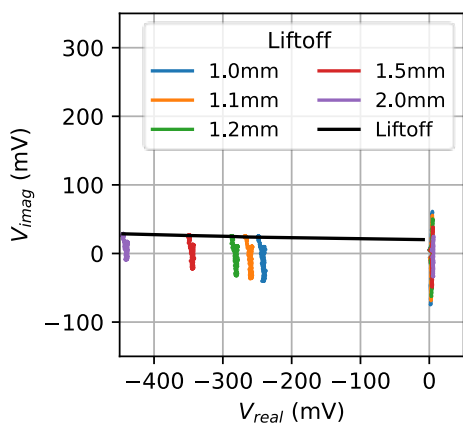
- 直流磁化により $B_x$ の磁気雑音の低減を確認した。直流磁化がなくても、 $B_z$ は十分なSN比が得られている。
- 直流磁化は強すぎると、きず角度90度のきず信号の減衰が予想される。

Fig. 直流磁化併用プローブ

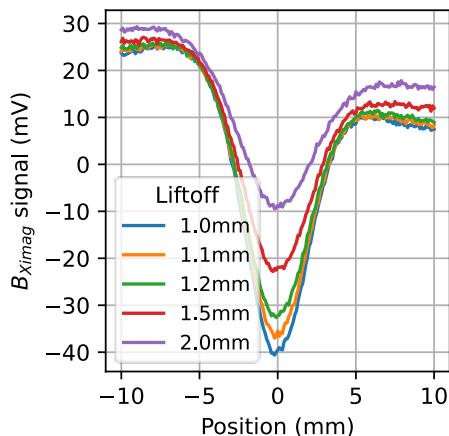
# リフトオフ特性(L4.0mm, D1.5mm)



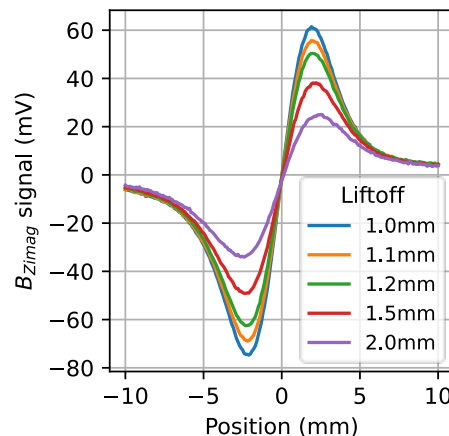
# リフトオフ特性(L4.0mm, D1.5mm)



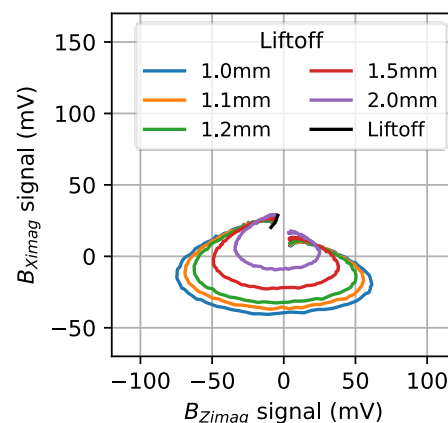
(a) 複素平面



(b) Bx信号



(c) Bz信号(一様渦電流)



(d) バタフライプロット

Fig. リフトオフ特性(オフセット0mm)

- リフトオフの管理は必要
  - リフトオフの増加は検出信号を減衰させる。



きず角度特(L4.0mm, D1.5mm, リフトオフ1mm)

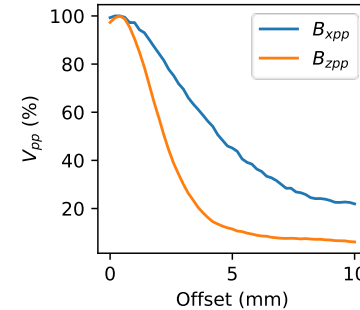
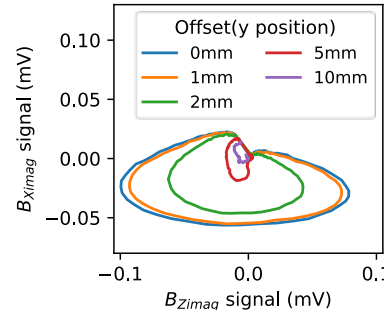
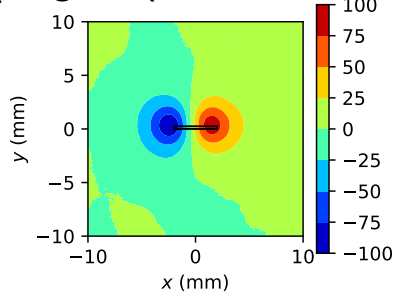
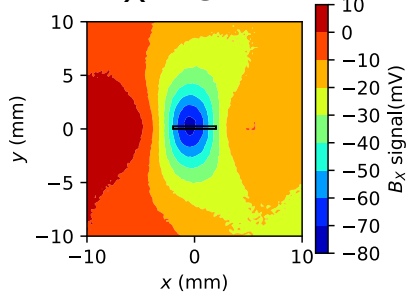
$B_x$  signal

$B_z$  signal(一様渦電流)

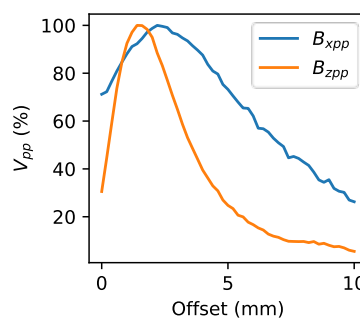
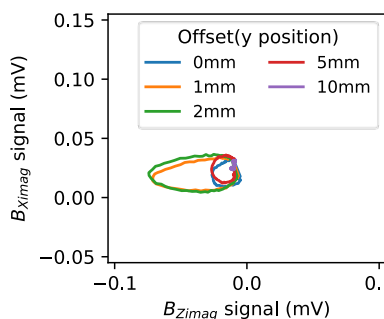
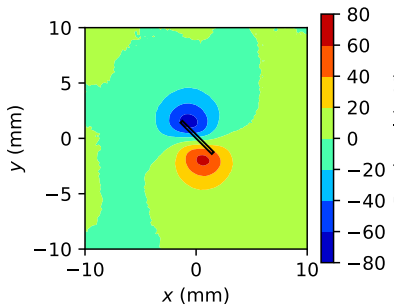
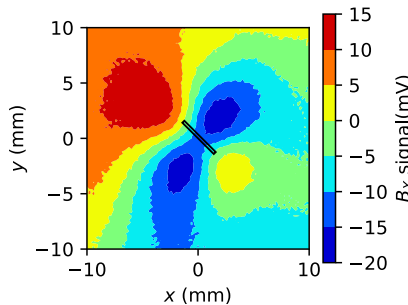
バタフライプロット

オフセット特性

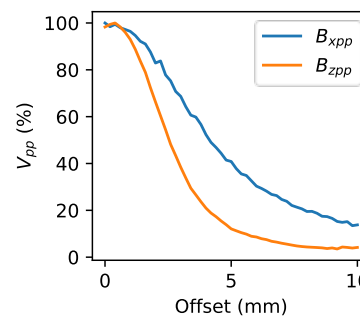
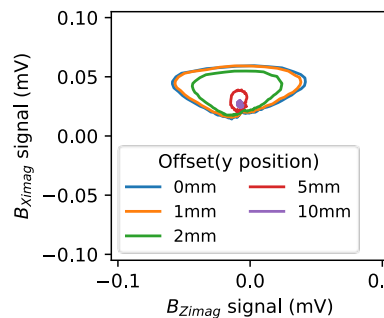
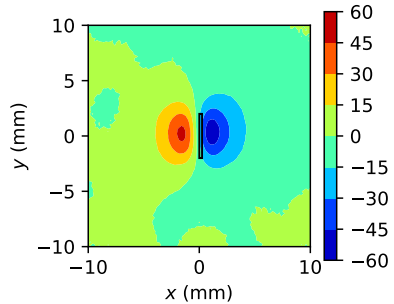
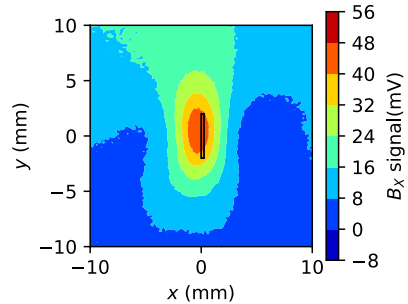
0 Deg.



45 Deg.



90 Deg.



- バタフライプロットからきず角度を推定可能
- きず角度・オフセットは検出信号の振幅に影響を与える

# 非磁性体(アルミ合金)

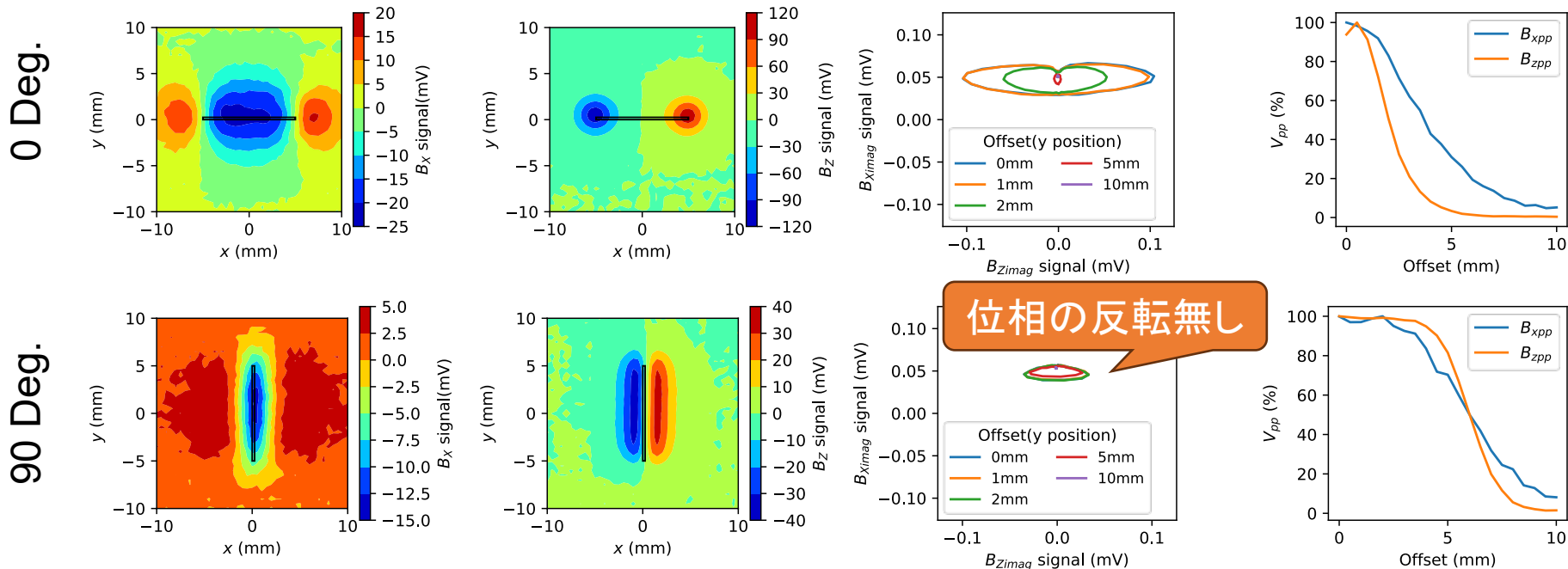


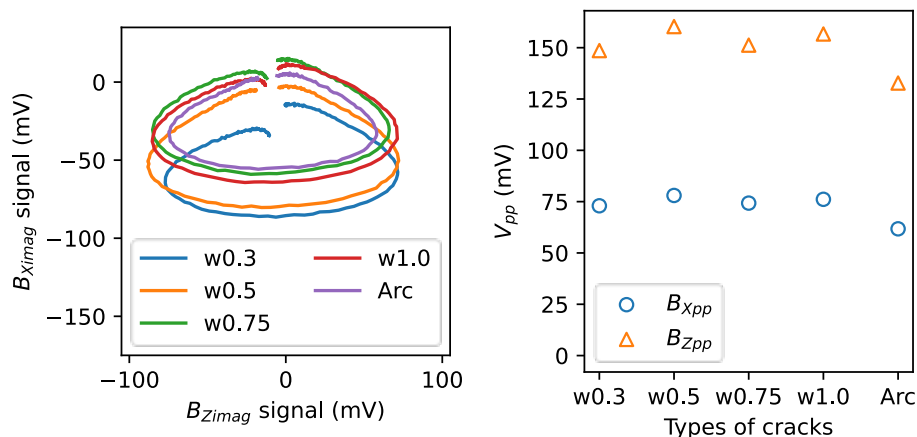
Fig. 非磁性材料へのACFMプローブの適用結果  
(A5052, リフトオフ0mm, L10mm, D1mm)

- 非磁性材料では漏洩磁束は存在しない。
- 強磁性材料できず角度が90° のときバタフライプロットが反転するのは(0° と比較してやや振幅は減少するのは)、渦電流より漏洩磁束が支配的になる(渦電流による磁束と漏洩磁束の位相が異なる)ため。

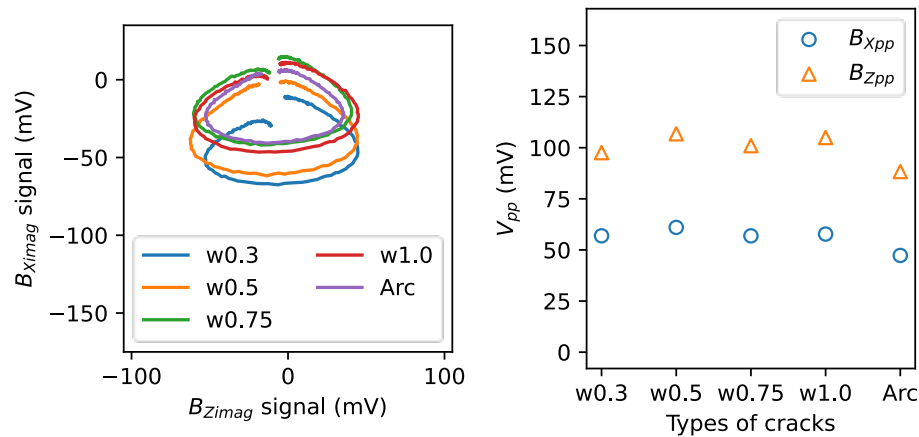
# きず幅・形状特性(L4mm,D1.5mm)

幅: 0.3, 0.5, 0.75, 1mm

きず断面: 矩形, 円弧(幅0.3mm)



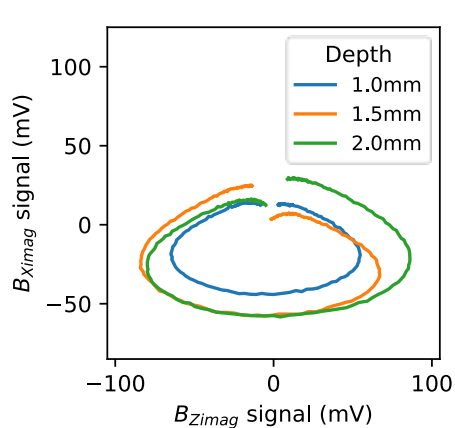
(a) バタフライプロット (b) きず幅・形状特性  
Fig. 1. リフトオフ1mm



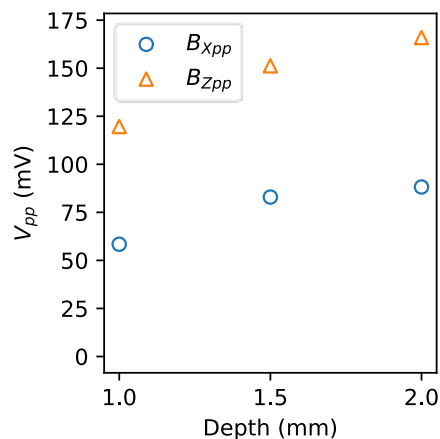
(a) バタフライプロット (b) きず幅・形状特性  
Fig. 2. リフトオフ1.5mm

- きず幅・形状の影響は十分小さい。
- リフトオフの管理は必要。
  - リフトオフの増加は検出信号を減衰させる。

# きず深さ特性(L4mm)

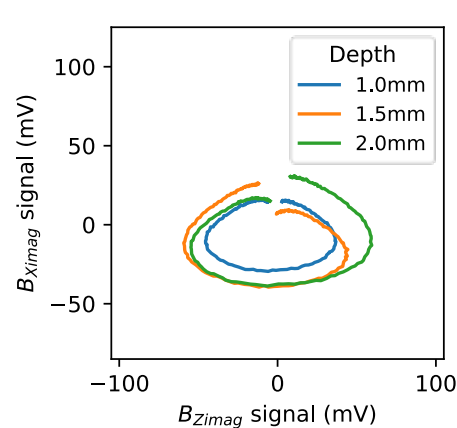


(a) バタフライプロット

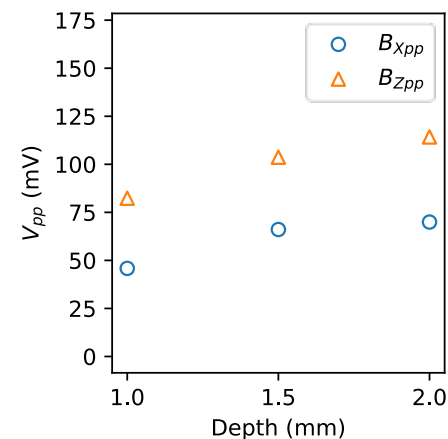


(b) 深さ特性

Fig. 1. リフトオフ1mm



(a) バタフライプロット

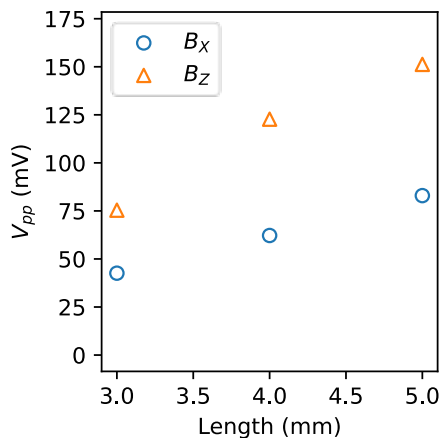
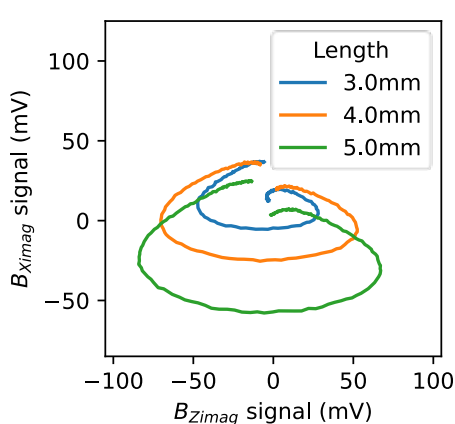


(b) 深さ特性

Fig. 2. リフトオフ1.5mm

- きず深さと振幅に相関がみられる。
- リフトオフの管理は必要。
  - リフトオフの増加は検出信号を減衰させる。

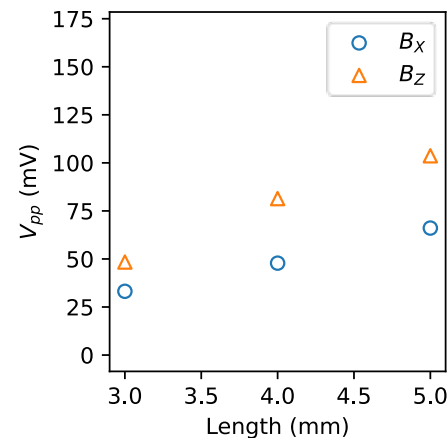
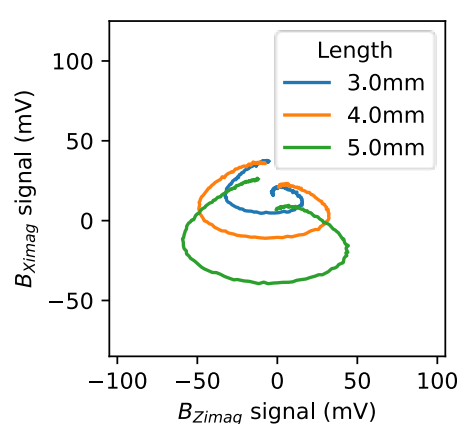
# きず長さ特性(D1.5mm)



(a) バタフライプロット

(b) 長さ特性

Fig. 1. リフトオフ1mm



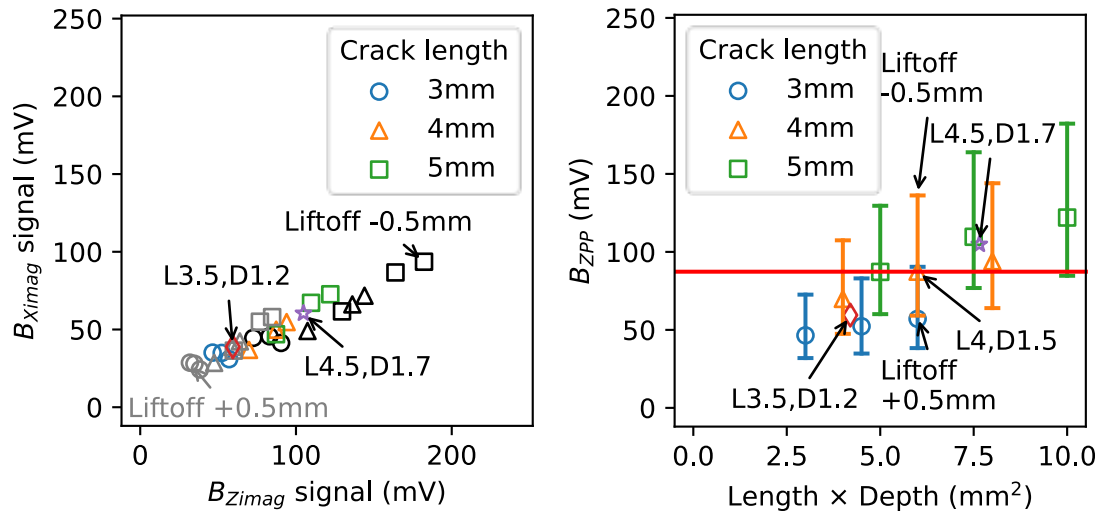
(a) バタフライプロット

(b) 長さ特性

Fig. 2. リフトオフ1.5mm

- きず長さと検出信号の振幅に相関がみられる。
- リフトオフの管理は必要。
  - リフトオフの増加は検出信号を減衰させる。

# きず断面積特性(D1,1.5,2mm)



(a)  $B_X$ - $B_Z$ 平面

(b) きず断面積との相関  
(ACFM, 一様渦電流)

Fig. きず断面積特性(リフトオフ1.5mm $\pm$ 0.5mm)

- 検出コイルに対して、短いきずの検出は困難。
- 振幅からおおよそのきず断面積を推定可能。
- 振幅はきず寸法と、リフトオフ(とオフセット)の影響を受ける。
- 計算実験と同等の結果が得られた。

# 7. まとめ① ～得られた知見～

1. 計算・計測実験において、ACFMの特徴を明らかにし、それらを一様渦電流・パンケーキECTと比較した。

- リフトオフ耐性
  - ACFMプローブと一様渦電流プローブは、プラスポイントプローブや差動型ECTプローブと同様に、リフトオフ耐性に優れている。
- きずの識別
  - ACFMプローブはバタフライプロットにより、きずの有無だけでなく角度推定が可能である。これはきず角度が不明なきずの見落としの軽減に有効である。
- 定量評価の限界 従来のECTと同様に
  - 振幅では「深さ」と「長さ」の分離は困難であり、おおよその断面積推定に留まる。
  - 振幅を閾値にする場合、「コーティング厚さ」、「きず角度」と「オフセット」の情報が必要。
- 技術的な位置づけ
  - ACFMプローブは、ECTと同一の技術に基づきつつ、さらにバタフライプロットによるきず識別が可能になった技術と言える。

従来のECTと同様に

2. 計算実験では考慮していないが、一般的な知見として以下のことが言える。

- 溶接線近傍の熱影響部では透磁率が局所的に変化し、ノイズとなる可能性がある。
- 余盛及び止端部の形状がリフトオフ変化として検出信号に影響(きず信号の低下)を与える可能性がある。

# 7. まとめ② ～適用に向けた提言～

## • 運用上の注意

従来のECTと同様に

- リフトオフ変化が振幅に影響するため、コーティング厚さ管理(最大厚さの事前調査、または膜厚計の併用)を推奨する。
- 走査ピッチまたはマルチプローブの単位プローブ間の間隔は、有効検出幅(例、信号低下率50%以内)より小さくなくてはならない。
- 実質的なリフトオフが小さくなるよう、ビードの高さを小さくならめらかにするなどの処理は、適用範囲を広げるのに効果的である。

## • 技術的拡張

従来のECTと同様に

- 磁化による磁気雑音の低減←他のプローブで実用化済
- リフトオフ補正機能の実装
- きず深さ・長さ評価法の開発←条件付き実用化済み
- プローブのマルチ化←実用化済み

「検出信号の振幅」と「コーティング厚さの管理」により、おおよそそのきず断面積を評価可能

- コーティング厚さの管理: 最大厚さ、または、リアルタイムの厚さ評価