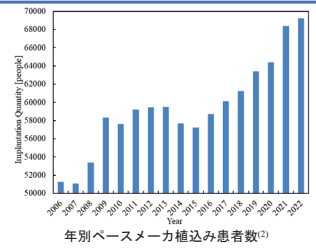


近年のペースメーカー植込み患者数 約40万人⁽¹⁾
植込み台数は年々増えている。



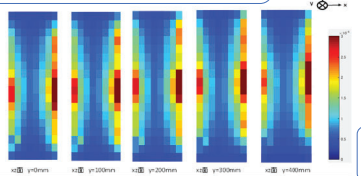
防犯ゲート
(電子商品監視機器:EAS)

ゲート近辺にペースメーカーに異常をきたす電磁波が観測されている。

(1) 一般社団法人 日本不整脈デバイス工業会, ペースメーカーのはなし, <https://www.jadia.or.jp/SPsite/pacemaker/index.html>, (参照 2023-01-06)
(2) 一般社団法人 日本不整脈デバイス工業会, 都道府県別ペースメーカーCRT-P植込み台数年次推移, <https://www.jadia.or.jp/medical/crt-p.html>, (参照 2022-05-16)

防犯ゲート内部の磁束密度測定の一例

EASゲート通路内の磁束密度
最大: 420 μ T 最小: 30 μ T
周波数: 366 Hz



EASゲート通路内の磁束密度分布

周波数範囲	電界強度 E (kV m ⁻¹)	磁界強度 H (A m ⁻¹)	磁束密度 B (T)
1 Hz - 8 Hz	5	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^{-2} / f^2$
8 Hz - 25 Hz	5	$4 \times 10^3 / f$	$5 \times 10^{-3} / f$
25 Hz - 50 Hz	5	1.6×10^2	2×10^{-4}
50 Hz - 400 Hz	$2.5 \times 10^2 / f$	1.6×10^2	2×10^{-4}
400 Hz - 3 kHz	$2.5 \times 10^2 / f$	$6.4 \times 10^4 / f$	$8 \times 10^{-2} / f$
3 kHz - 10 MHz	8.3×10^{-2}	21	2.7×10^{-5}

磁界への公衆ばく露に対する参考レベル

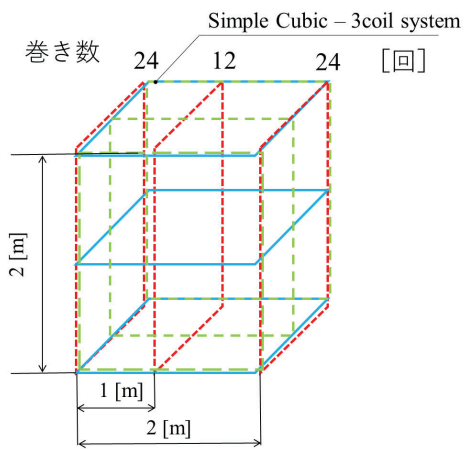
ICNIRPガイドラインよりもゲート内の磁束密度が高い。

ゲート近辺の磁束密度がペースメーカー異常の原因の一因である。

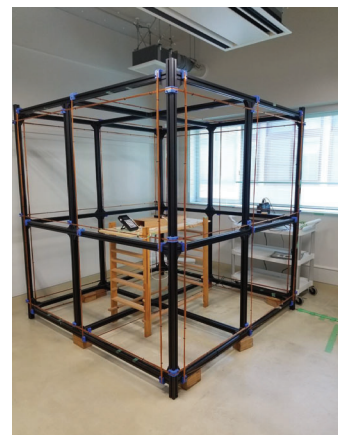
SC3(Simple Cubic - 3coil system)

- ・環境磁界等ノイズにより微弱信号を検出出来ない
- ・ノイズを低減させる安価な一様磁界発生装置が必要
→安価な磁気シールドとしてSC3を提案・作製

- ・中心軸上の磁界
 $B = 2.978 \frac{\mu}{l}$ [T]
- ・3軸に磁界発生
- ・巻き数比 2 : 1 : 2
- ・2 × 2 × 2 [m]



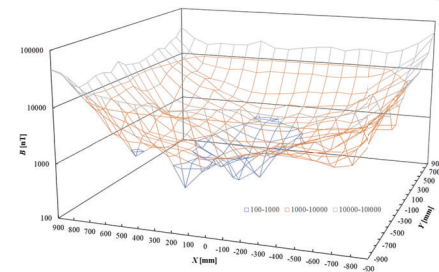
SC3の概略図



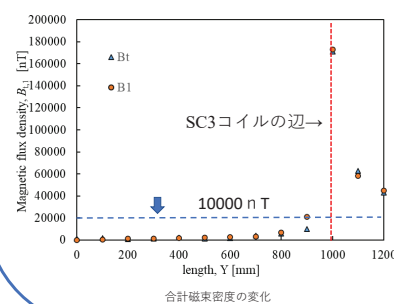
SC3の外観図

SC3を用いた防犯システム

・地磁気低減下におけるSC3内部の平面磁束分布を測定



- ・1000 nT以内の範囲は全体の12.5 %
- ・10000 nT以内の範囲は全体の77. %
- 地磁気低減下を定める閾値を10000 nTに設定



・SC3を用いた一軸上における防犯システム

0 ≤ Y ≤ 900 mm (地磁気低減空間) : $B_z \leq 10000$ nT
1000 ≤ Y ≤ 1200 mm (地磁気空間) : $B_z > 10000$ nT

実験結果

地磁気低減空間と地磁気空間の判別を行う事が出来、
防犯システムとして機能する事が確認された。

詳しくはこちら→



配管腐食モニタリング

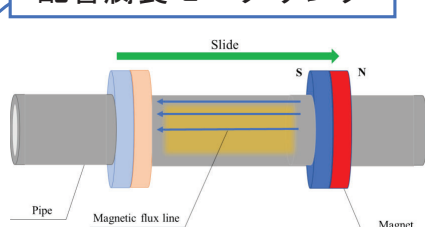


図1 配管を磁化する様子

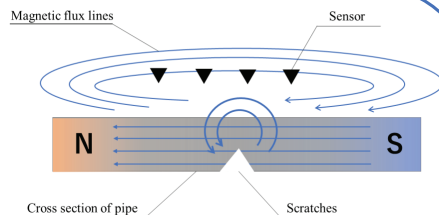


図2 磁化した配管の断面(局部腐食)

リング型磁石をスライド
させることで配管を磁化

センサで常にモニタリングし、
配管からの漏れ磁束の変化から
減肉を検知する

【メリット】

- ・ 非接触で検査できる
- ・ 検査結果が電気信号として得られるため自動化が可能
- ・ 減肉ができたタイミングなどの根本的な原因の解明

研究内容

実測

磁石をスライドさせ
て配管を磁化させる

センサにより漏れ磁束
を計測

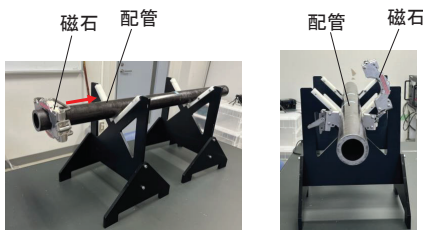


図4 実験の様子

解析

電磁界解析ソフト
JMAG-Desinerを用いて
実際の現象を再現

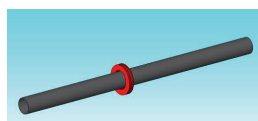


図5 解析モデル

磁束の向きや内部の磁
束分布を可視化できる

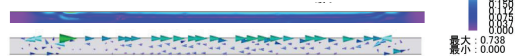


図6 解析結果

研究の目的

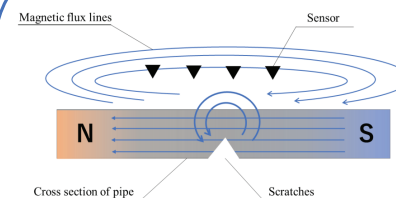


図2 磁化した配管の断面(局部腐食)

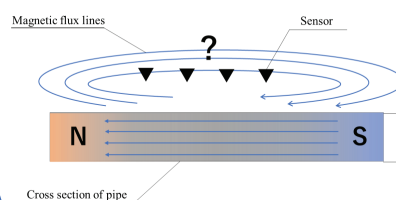


図3 磁化した配管の断面(全面腐食)

全面腐食

配管内部と流体との摩擦や腐
食により配管全体が減肉し配
管の肉厚が小さくなる

全面腐食の管理も配管の健全性において重
要(減肉12.5%以上→是正措置検討⁽¹⁾)
局部腐食だけでなく全面腐食も漏れ磁束か
ら検知したい

漏れ磁束から配管の厚みを測定する

(1) 千葉 吾郎, 「海外原子力発電所における2次系配管の減肉管理状況と国内との比較」, INNS journal, pp290-295, (2006)

研究内容

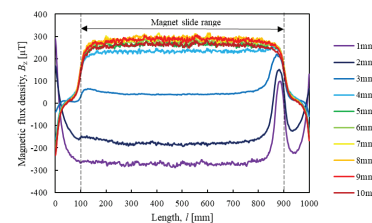


図7 配管長手方向の磁束密度 B_z [μT]

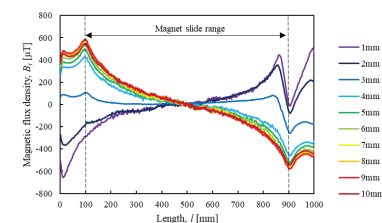


図8 配管径方向の磁束密度 B_r [μT]

磁石のスライド範囲
平均磁束密度 B_{z_ave}

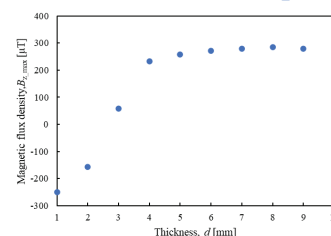


図9 配管長手方向の平均磁束密度 B_{z_ave} [μT]

- ・ $d = 1, 2$ mmの時正負が反転
- ・ $d = 1 \sim 8$ mmの範囲では相関がみられる
- ・ $d \geq 8$ mmの範囲では判別が困難
- ・ $d \leq 4$ mmでは厚みの変化を検知しやすい

厚みによって漏れ磁束が変化する

詳しくは田代研HPへ



IoTの進展に伴いセンサの需要が増大
医療や産業界で力測定ニーズup

ロードセルの需要が増加⁽¹⁾
(2022-2027年においてCAGR2.6%で成長)
CAGR:年平均成長率

カセンサトレンド⁽³⁾⁽⁴⁾

- ・大荷重の測定・耐環境性
- ・小型化・柔軟性・低価格化 etc...

ロードセルの課題

- ・小型化に限界がある
(例: φ20-L9.5 mm: 定格容量 1 kN)
- ・故障の原因として
ケーブルの断線があげられる

検討するセンサ

磁歪材料の逆磁歪効果を用いた荷重センサ

→磁歪材料の選定でトレンドを押さえ、逆磁歪効果を使うことで問題点を解決

(1) ロードセル市場-成長、動向、COVID-19の影響、および予測 (2022年-2027年): Mordor Intelligence Pvt Ltd, 20221031, レポート閲覧日20230221
(2) <https://www.hbm.com/jp/6080/trends-in-force-measurement-technology/> 閲覧日20230221
(3) センサを巡る市場・技術動向と今後の地域展開に関する調査報告書: 公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター, 2018

FeCo磁歪材料を用いた応力検出の検討⁽⁵⁾

- ・各圧縮応力時の磁束密度の
最大値 Bmax [T] を特徴量として応力を推定
- ・10 MPaの応力印加時 Bmax = 2.17 T
100MPaの応力印加時 Bmax = 2.15 T
→変化量としては20 mT
変化率 = $\frac{2.17 - 2.15}{2.15} \times 100 = 1\%$
- ・機械学習による応力推定では7 MPa程度の
分解能が望めることが分かった

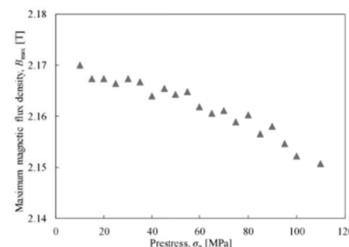


図4 圧縮応力に対する
最大磁束密度⁽⁵⁾

課題点

- ・励磁コイルや検出コイルを用いているため、小型化に限界がある、断線の恐れあり
- ・最大磁束密度の変化率としては約1%と小さい変化である

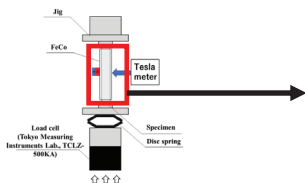


図6 応力印加装置概略図

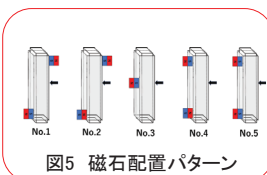


図5 磁石配置パターン

実験

- ・磁石配置を変えた際の
漏れ磁束密度の変化率を測定

- ・提案するセンサの可能性を検討

逆磁歪効果とは

応力によって磁化の強さが変化すること
これによって**応力に伴い磁歪材料の周りにも磁束が漏れ出る(漏れ磁束)**

応力によって磁気特性が変化する様子

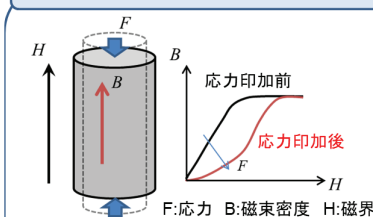


図2 逆磁歪効果の概念図

力の大きさによって変化する
漏れ磁束を磁気センサで測定

- ・磁歪材料を使うこと、単純構造→**小型化が可能**
- ・逆磁歪効果により材料自体にコイルが不要
→**断線の恐れがない**

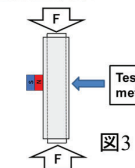


図3 提案するセンサイメージ図

Fe₃₀Co₇₀(at%)磁歪材料

- ・優れた磁気特性と機械的特性 → 提案するセンシング方式に適している
- ・高い降伏強度、耐久性、温度特性 → **大荷重測定**まで対応、**耐環境性**も優れている

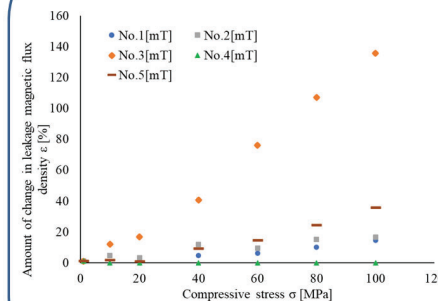


図15 圧縮応力[MPa]-漏れ磁束変化率 [%]

変化率

$$\varepsilon = \frac{B_x - B_1}{B_1} \times 100 \quad [\%] \text{ 式(1)}$$

B_x: 各圧縮応力時の漏れ磁束量
B₁: 1 MPa印加時の漏れ磁束量

表3 No.3の圧縮応力に対する漏れ磁束量

圧縮応力 [MPa]	漏れ 磁束密度 [mT]
	No.3
1	1.68
100	3.96

No.3

結論

- ・磁石配置パターンで変化勾配が大きく変化
- ・No.3が一番大きい約135%の変化
→No.3が力を検出しやすい

課題

- ① 変化量としては2 mT程度であるため
磁気ノイズの影響を受けやすい
- ② No.3で検討を進めるとして、測定点が
現在のポイントで適切なのか



←詳しくは田代研究室HPまで

カプセル内視鏡

【概要】

小型カメラを内蔵したカプセル状の内視鏡
2007年 小腸用カプセルの保険適用
2014年 大腸用カプセルの保険適用

【特徴】

- 水と一緒に飲み込むだけで検査ができる
- チューブ型のような従来の内視鏡検査に比べて、患者さんに対する負担や苦痛の低減できる

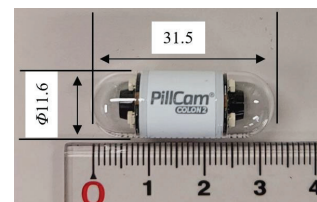


図1 大腸用カプセル内視鏡(単位:mm)
(PillCam®COLON2)

問題点

体内での移動が蠕動(ぜんどう)運動と重力に依存

- ① 医師が見たい位置に移動できない
- ② 滞留・停滞の可能性

カプセル内視鏡の
磁気誘導を提案

カプセル内視鏡の操作と磁力の検討①

【磁気誘導磁石の動かし方で制御できるカプセルの動きを明らかにする】

例として・・・

- 消化管内で静止(滞留)した状態からの推進させる
- カプセルの角度を変化させて、見落としを防ぐ一助に

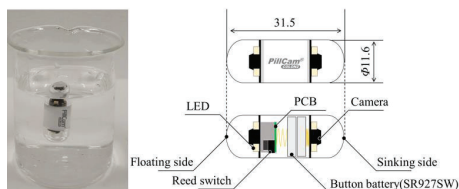


図4 カプセル内視鏡(CE)の外観・構造

【磁気誘導による角度の調整】

- 前後にカメラ, 視野角: 172度
- ボタン電池のニッケルめっきが強く磁化し引き上げられる (表3)

→磁界印加距離によりカプセルの角度が変化

表1 磁気誘導磁石との距離に対するカプセルの状態

磁界印加距離 l [cm]	6	8	10	12	14	16	18	20
カプセルの 状態								

カプセル内視鏡用磁気誘導磁石

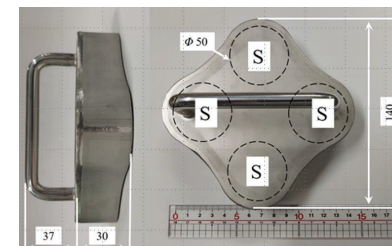


図2 磁気誘導磁石の外観 (単位:mm)

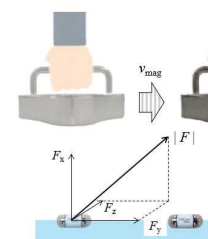


図3 磁界によるカプセルの推進のイメージ

【性能】

10 cm 離れた距離に
約17 mTの磁束密度 B_x ,
約5 mNの磁力 F_x

- 軸方向着磁磁石を4つ配列した構造
- ハンディタイプの誘導装置
- 既に日本で保険適用されたカプセル内視鏡を使用(磁石無装荷)

【メリット】

- ★ 小型で安価
- ★ 簡易性に優れる
- ★ カプセルに手を加えない

【デメリット】

- ⚡ 長時間使用における疲労
- ⚡ 操作は医師の経験に依存

カプセル内視鏡の操作と磁力の検討②

【有限要素法(FEM)解析による磁力の算出】

磁気誘導磁石のスライドする動かし方を解析に再現

→3次元過渡応答解析によって推進力を算出

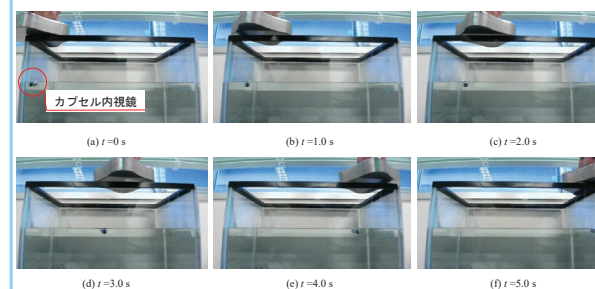


図5 磁気誘導磁石によるCEの推進 ($v_{\text{mag}}=6.4$ cm/s)

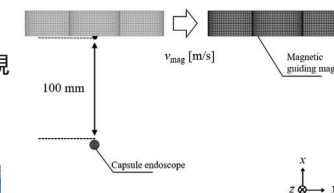


図6 FEM解析モデル

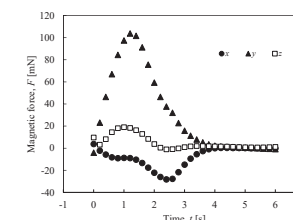


図7 CEに作用する磁力($v_{\text{mag}}=6.4$ cm/s)

カプセル内視鏡の磁気誘導磁石の研究や
当研究室の最新・詳細情報はこちらから

磁気を利用したエネルギー・センサ・アクチュエータ・シールド技術の研究



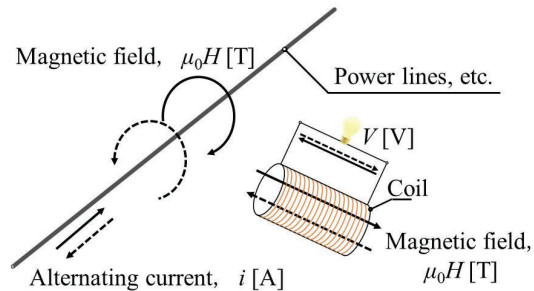
環境磁界発電とは

身の回りに存在している時間変動する磁界を再生可能エネルギーとして回収して電気エネルギーに変換しセンサなどへ供給する。

発電原理は**ファラデーの電磁誘導の法則**。

$$V_{\text{air}} = 2\pi^2 a^2 f n \times (\mu_0 H) \quad [\text{V}] \quad (1)$$

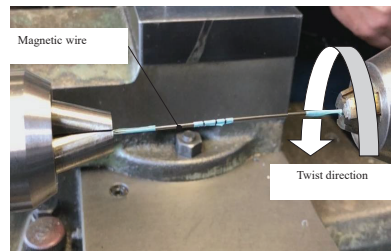
V_{air} : 空心コイルの誘起電圧
 a : コイル半径, n : 巻き数
 f : 磁界の周波数, $\mu_0 H$: 磁束密度



磁気双安定素子

・ FeCoV磁性線*にひねり応力を印加する事で製作

*FeCoV磁性線にひねり応力を印加すると磁気特性が変化する。



ひねり応力印加の様子

目標

・ より大きな電圧が得られる磁気双安定素子の製作

研究内容

・ 直径の大きな磁気双安定素子の製作

↳ 一般的には直径0.1~0.3 mm
対して我々は直径1~4 mmを検討

課題

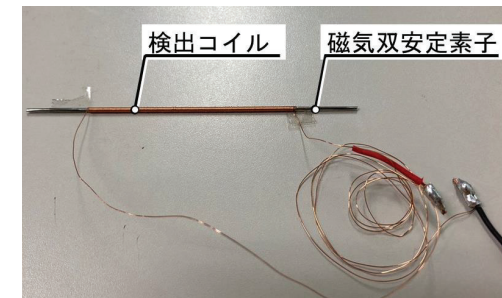
$$V_{\text{air}} = 2\pi^2 a^2 f n \times (\mu_0 H) \quad [\text{V}] \quad (1)$$

V_{air} : 空心コイルの誘起電圧
 a : コイル半径, n : 巻き数
 f : 磁界の周波数, $\mu_0 H$: 磁束密度

・ 低周波 f の磁界(50/60Hz)中で発電してもわずかな電力しか得られない。



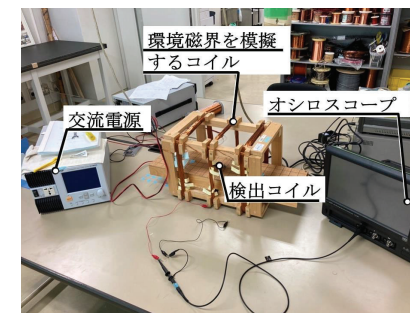
・ 特殊な磁性体(磁気双安定素子)をコイルの芯として用いると、磁界の周波数に依存しない電圧が得られる。



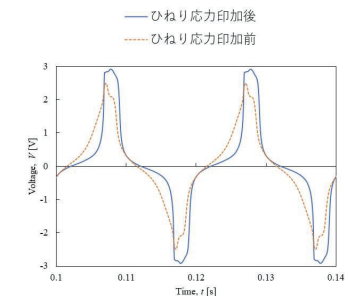
現状

・ 直径1, 2, 3, 4mmのFeCoV磁性線にひねり応力を印加し、大径磁気双安定素子のプロトタイプを製作

・ 磁性線へ印加するひねり応力の影響を調査中



実験風景↑



直径4 mmのFeCoV磁性線を用いた発電素子の出力電圧波形↑

直径4 mmでもひねり応力を印加する事で出力電圧が増加する事を確認！



←詳しくは田代研究室HPまで！

1. 私たちの身の周りに作られる磁界

身の周りには地磁気を主成分とした**小さな磁界**が存在し、
常に磁界の大きさは**変動**している。

地磁気とは^[1]

- 地球が持つ固有の磁場
- 外核に存在する磁性のある流体が自転等で揺れ動き、電流が流れることが原因と考えられている。
- 大きさは約30 μT ~ 50 μT
- 地磁気の大きさを**全磁力**という

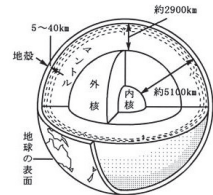


図1: 地球の内部構造^[1]

磁界が変動する要因

- 地磁気そのものの変動
- 電化製品の使用
- 磁性体の移動**
- など...

**磁性体の移動に伴う磁界の変動から、
人がどのような活動を行っているのか推定したい**

[1]気象庁地磁気観測所ホームページ:「地磁気の基本知識」<https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/qanda.html#1>

3. 全磁力の変動

24時間の全磁力の変動

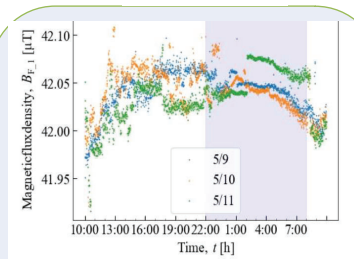


図3: 24時間の磁束密度の推移

測定日時: 5月9日10:00~5月12日10:00
測定場所: W6棟3F 307実験室

時間帯によって値のばらつきが
異なるそう!

どの程度異なるか調べて
みよう!

活動時間と非活動時間の値の
ばらつき

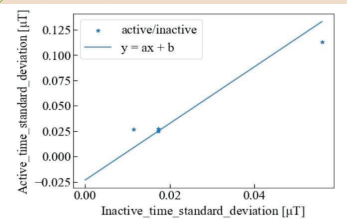


図4: 活動時間と非活動時間の標準偏差

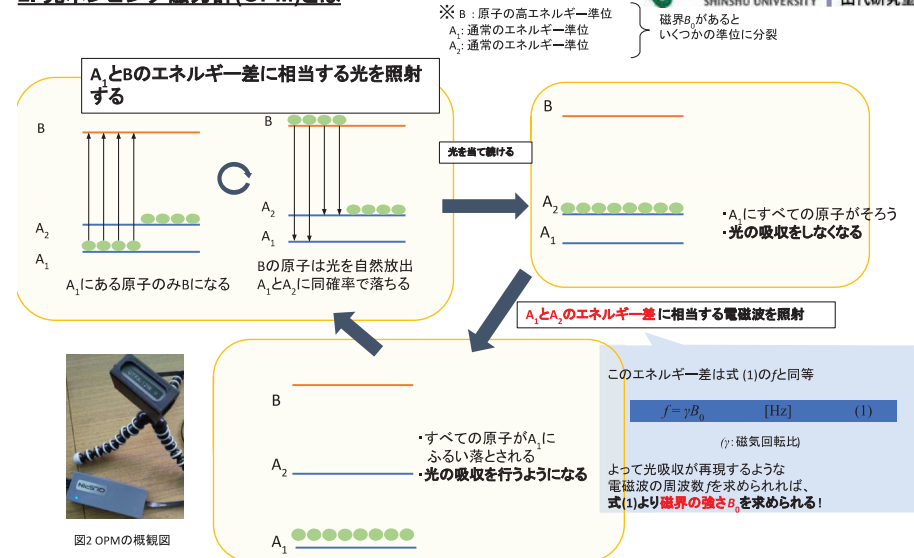
a	b
2.79	-0.023

表1 推定したaとbの値

約 2.8 倍データのばらつき方が
異なる!

値のばらつきを見れば活動してる
かを判別出来るそう!

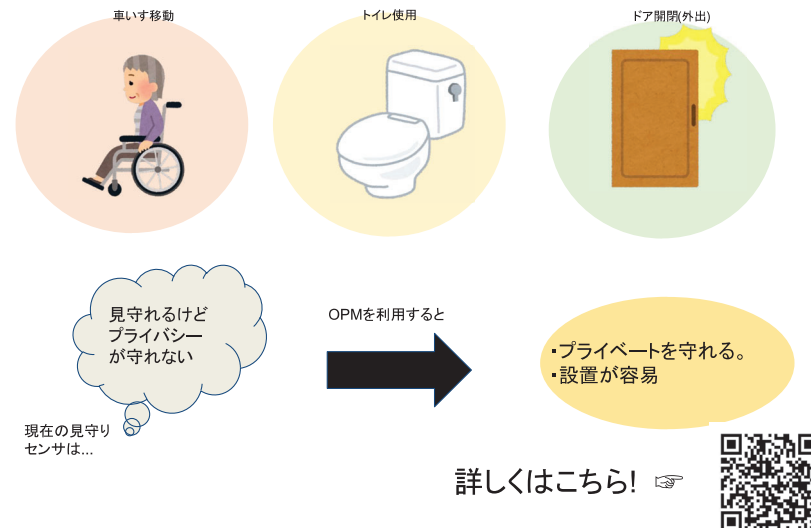
2. 光ポンピング磁力計(OPM)とは^[2]



[2]公益社団法人物理探査学会:「物理探査ハンドブック 増補改訂版 第一分冊」, 公益社団法人物理探査学会, 第二版, p. 115, (2016)

4. 全磁力変動を利用した見守りセンサ検討

- 見守りセンサ**: 老人ホーム等で用いられる安全管理を目的とし、行動を把握するためのセンサ



角度センサ

角度センサは産業において半導体製造や、自動車、**精密加工ロボット**といった様々な分野で角度検知に用いられている

2021年には世界中の工場で新たに設置された産業用ロボットは50000台以上[1]！
→ 産業用ロボットの需要は増加傾向にある

ADAS(先進運転支援システム)の普及拡大やヒトの身体に埋め込むロボットの開発が進む
→ 高耐久、小型化が必要

角度センサに対する要求が**高度化**している！

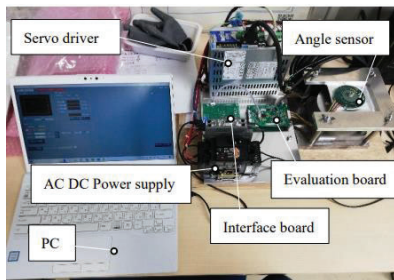
→ 我々は、**バーニアパターン小型角度センサ**を提案！

[1]World Robotics Report: "All-Time-High" with Half a Million Robots

Installed, <https://ifr.org/news/wr-report-all-time-high-with-half-a-million-robots-installed> (最終閲覧日: 2023/05/09)

評価装置と実験環境

- ・ バッテリーから5Vの直流電圧を印加することで**励磁コイルに交流の励磁電圧を印加**させます
- ・ ステータの上にロータを対向させ、ロータをサーボモータによって回転させることができます
- ・ 角度センサに搭載されているCPUのADコンバータでアナログ信号を**デジタル信号に変換**します。デジタル信号をPC上のアプリケーションソフトによって収集します。



	A	B	C	D	E	F	G	H
44	43	4202599	5.6957	4186216	354.4461	4055995	273.58	0
45	44	4202600	5.6964	4186219	354.4482	4056006	273.5878	250
46	45	4202642	5.7252	4186290	354.497	4056114	273.6643	250
47	46	4202879	5.888	4186580	354.6961	4056399	273.8663	3102
48	47	4203220	6.1221	4186918	354.9282	4056689	274.0719	4612
49	48	4203532	6.3364	4187222	355.1369	4056952	274.2583	5954
50	49	4203827	6.5389	4187516	355.3388	4057201	274.4348	7464
51	50	4204120	6.7401	4187810	355.5407	4057441	274.6049	8806
52	51	4204416	6.9434	4188108	355.7453	4057677	274.7722	10316
53	52	4204727	7.1569	4188424	355.9623	4057908	274.9359	11658
54	53	4205060	7.3856	4188760	356.193	4058136	275.0975	13168
55	54	4205414	7.6286	4189123	356.4422	4058361	275.257	14511
56	55	4205800	7.8937	4189518	356.7135	4058583	275.4143	16021
57	56	4206219	8.1814	4189946	357.0073	4058802	275.5696	17363
58	57	4206671	8.4917	4190404	357.3218	4059012	275.7184	18873

バーニアパターン小型角度センサ

センサ構成と動作原理

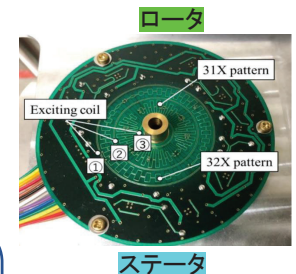
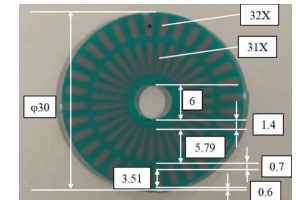
ロータとステータの二つのコイル基板で構成

・ロータ

内側31個、外側32個等間隔に銅箔パターンを配置

・ステータ

- ・ 厚さ1.5 mm、6層構造基板
- ・ 励磁コイル: ①③反時計方向、②時計方向
→ 電流が流れると**磁束**が発生します
- ・ 受信コイル: 1層目にsin、2層目にcosコイル
→ **磁束が鎖交すると誘起電圧が発生します**
(ファラデーの電磁誘導の法則)



特徴

- 分解能: 18bit (31X), 19bit (32X)
- 電磁誘導方式: 非接触により劣悪な環境にも対応
- 高精度: ノギスのバーニア(副尺)の原理を応用
- 絶対角検出: 31X, 32Xの2つの信号により検出が可能
- 冗長性: 31X, 32Xどちらも相対角検出が可能
- 小型化: レゾルバの励磁・受信コイルのプリントパターン化

角度誤差

計算式

$$\varepsilon_{32} = 360 \times \frac{\delta}{2^{14} \times 32} \quad [^\circ]$$

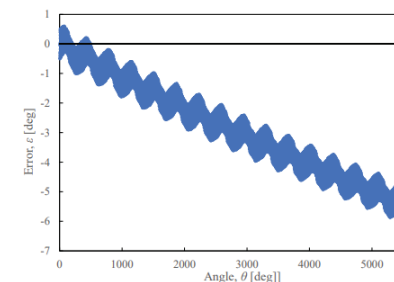
$$\varepsilon_{31} = 360 \times \frac{\delta}{2^{14} \times 31} \quad [^\circ]$$

δ : 各回転角における理想デジタル出力値と実測デジタル出力値の差

ε_{32} : 32Xにおける角度誤差

ε_{31} : 31Xにおける角度誤差

これまでに**回転数が増えた際の角度誤差が大きくなる**ことがなかった。(1回転あたり**0.36°**)



→ **ロータの銅箔パターンを変える**ことで角度誤差の改善が見込めるか検討！

詳しくはこちら！



磁歪材料とは

磁界によって寸法が変化する**磁歪効果**、応力によって磁化の強さが変化する**逆磁歪効果**を有する材料

磁歪効果

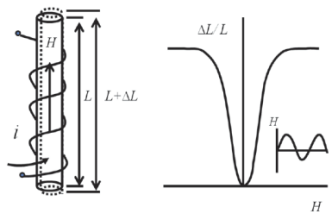


図1 磁歪効果の概念図

逆磁歪効果

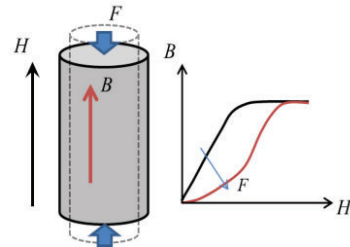


図2 逆磁歪効果の概念図

実験環境

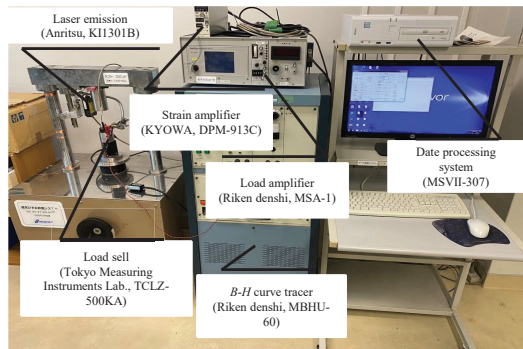


図4 磁歪測定装置

現状

発電装置実現ために、FeCo磁歪材料について知る必要がある。

↓
FeCo磁歪材料の磁歪特性測定を行った。

我々は

FeCo磁歪材料に着目し、発電装置の検討を行っている。

振動発電

振動発電とは、機械や建物、人の動きなどにより発生する振動の微小なエネルギーに変換する環境発電のこと。

現在、FeGa磁歪材料を用いた振動発電装置は開発されており、電磁誘導・逆磁歪効果に着目した。

↓
FeCo磁歪材料を用いて発電装置の試作ができるのでは？

実際の磁歪材料

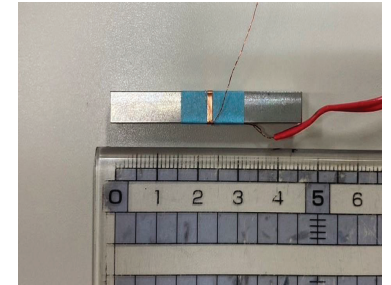


図3 FeCo磁歪材料

FeCoの利点

- ・安価であり、大量生産が可能。
- ・剛性に優れている。
- ・薄板にできるため、振動発電に向いている。

このような利点があるためFeCoを使用している。

実験結果

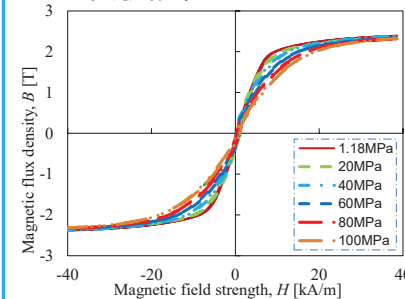


図5 FeCoの磁歪特性

実際の研究

- ・磁歪材料に圧力をかけてどのような特性が出るかを調査！
- ・企業の方と連携して実験してみる！

詳しくはこちら！



私たちの身の周りに作られる磁界

身の周りには地磁気を主成分とした**小さな磁界**が存在し、常に磁界の大きさは**変動**している。

地磁気とは^[1]

- ・地球が持つ固有の磁場
- ・外核に存在する磁性のある流体が自転等で揺れ動き、電流が流れることが原因と考えられている。
- ・大きさは約30 μT ～50 μT
- ・地磁気の大きさを**全磁力**という

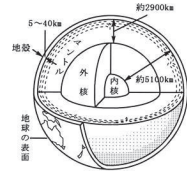


図1: 地球の内部構造^[1]

磁界が変動する要因

- ・地磁気そのものの変動
 - ・電化製品の使用
 - ・**磁性体の移動**
- etc.

磁性体の移動に伴う磁界の変動から、人がどのような活動を行っているのか推定したい

[1]気象庁地磁気観測所ホームページ:「地磁気の基礎知識」, <https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/qanda.html#1>

見守りセンサ・光ポンピング磁力計

今回紹介する見守りシステムで使用する
光ポンピング磁力計(OPM)について説明する。

A₁とBのエネルギー差に相当する光を照射する

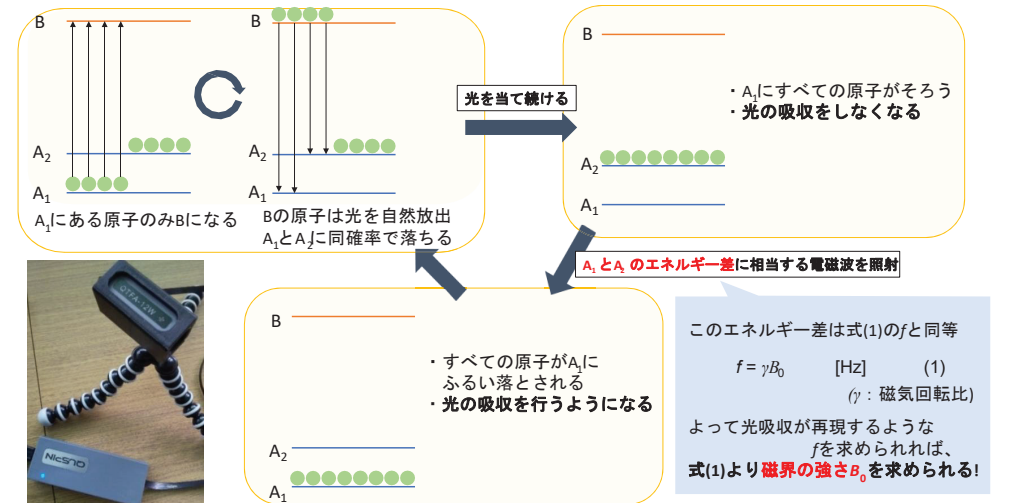


図2: OPMの外観図

[2]公益社団法人物理探査学会:「物理探査ハンドブック 増補改訂版 第一分冊」, 公益社団法人物理探査学会, 第二版, p. 115, (2016)

OPMを用いた磁気計測

24時間の全磁力の変動

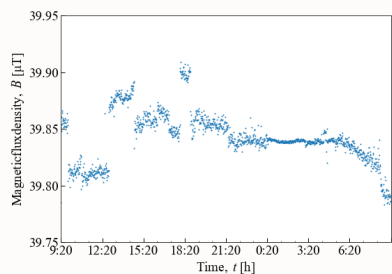


図3: 24時間の磁束密度の推移

表1: 活動時間と非活動時間の標準偏差

時間帯	標準偏差	最大差[μT]
8:00～22:00 (活動時間)	0.113	0.268
22:00～8:00 (非活動時間)	0.056	0.139

活動時間の方が値の散らばりが**約2倍以上!!**

椅子の移動に伴う全磁力の変動

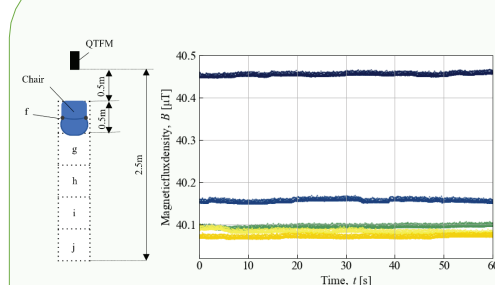


図4: 椅子をセンサから遠ざけたときの各地点での磁束密度の推移

椅子とセンサの**距離が遠くなる**につれ、
全磁力の値も**小さく**なっている。

全磁力の変動の様子から、以下が判別できるかも!?

- ・人が活動しているか、していないか
- ・磁性体が移動しているか、していないか
- ・磁性体の移動方向

見守りセンサの検討

・**見守りセンサ**: 老人ホーム等で用いられ、行動を把握し安全管理を目的とするセンサ



現在ある他のセンサ

- ・3Dセンサ
- ・赤外線センサ
- ・振動センサ
- ・音響センサetc.
- ・フラックスゲートセンサ

OPMを利用

映像による監視をしない

- ・**プライバシー**を保護
(物体の移動のみを検知するため)
- ・設置が容易
- ・部屋内の様々な磁性体に対して利用可能

見守りセンサの研究や
田代研究室の最新・詳細情報はここから

磁気を利用したエネルギー・センサ・アクチュエータ・シールド技術の研究



金属判別

金属判別の需要

- ・ 食品産業→食品の品質、安全確保
- ・ 製造業→製品の品質の向上

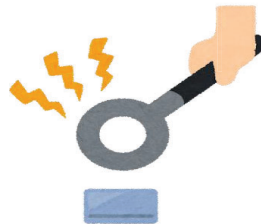
金属判別の手法

渦電流法、X線検査法、超音波探傷法、etc...

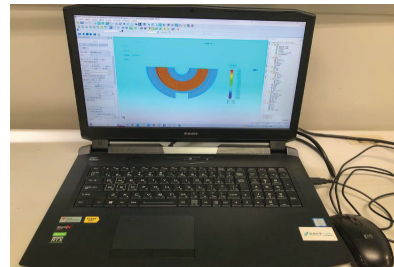
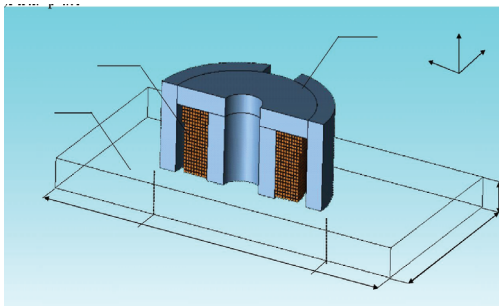
渦電流法

研究内容

- ・ 非破壊、非接触で判別可能
- ・ 容易で安価に判別可能



実験モデルと実験環境



JMAG-Designerを用いて左図のような1/2モデルのコイルを解析することによりコイルに交流電圧をかけたときの磁束密度のデータを取得している。

右図は解析に用いるJMAG-Designerの画像である。

渦電流法

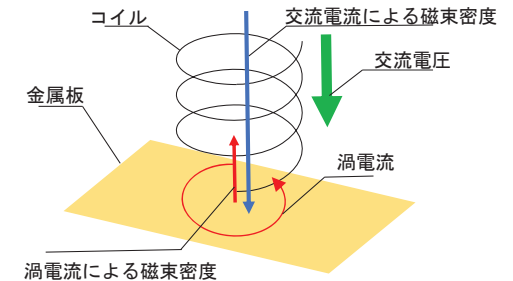
渦電流の原理

コイルに交流電圧をかけることで発生した磁束密度によりコイルに対向する金属板上で電磁誘導が起こり渦電流が発生し、交流電流による磁束密度を打ち消す向きの磁束密度が発生する。

渦電流が金属の種類で変化

渦電流の変化によりコイルのインピーダンスが変化

インピーダンスの変化量で金属判別



磁束密度の解析

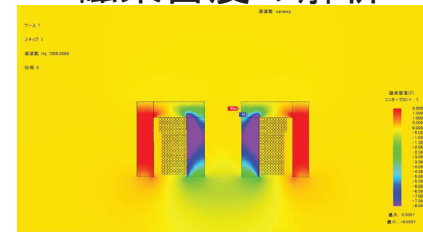


図1 Coilのみのコンター図

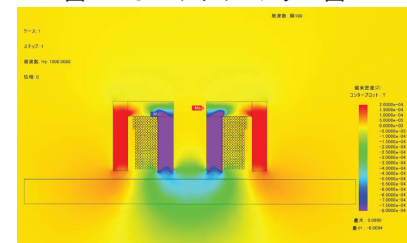


図2 Cuをコイルに対向させたときのコンター図

作成したコンター図

作成したモデルの磁束密度の同じ大きさの分布を示した図。今回はZ軸方向の磁束密度の分布を示した。

コンター図の比較

- ・ Coilのみの磁束密度に比べてCuを対向させると渦電流の影響で磁束密度が低い分布が大きくなっていることが分かる。
- ・ 磁束密度の分布の変化が大きい部分は金属を判別する特徴量として利用できる可能性あり。

詳しくはこちら!



金属判別

目的: 材料の検出、リサイクル、セキュリティチェック...

手法: 比重の測定、X線の照射、画像分析、**渦電流法**...



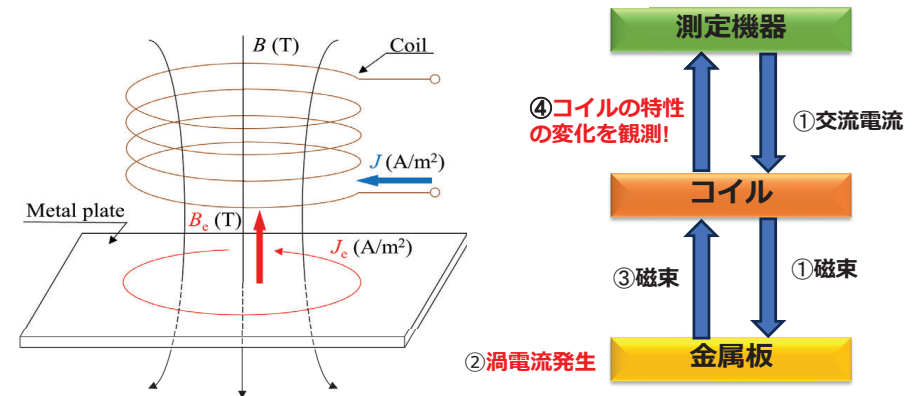
判別対象の金属
(左から真鍮、白銅、銅)

渦電流法のメリット

- ・接触が不要
- ・金属に傷がつかない
- ・センサが小型

渦電流法

- ① コイルに交流電流を流すことにより磁束が発生
- ② コイルからの磁束によって金属板に渦電流が発生
- ③ 渦電流によって金属から磁束発生
- ④ 2つの磁束が打ち消し合い、コイルの特性が変化

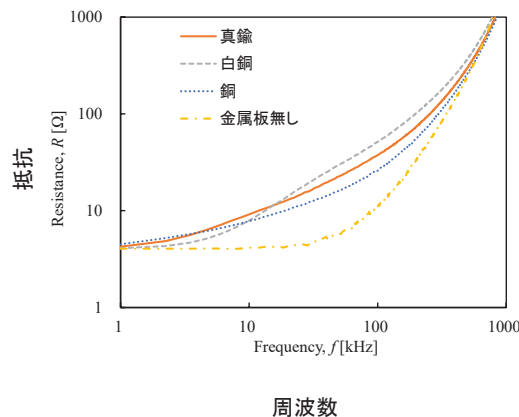
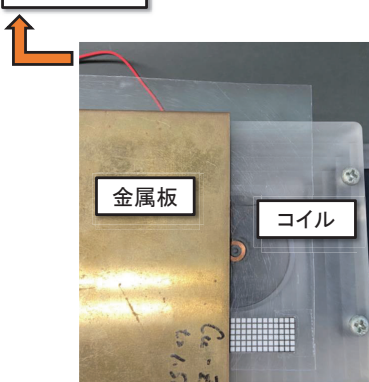


インピーダンスアナライザによる測定

コイルの特性: インダクタンス(L)、抵抗(R)
特性が変化する要因: **金属種**、**周波数**

→L、Rの**周波数**特性を見ることで、**金属種**を判別する

インピーダンスアナライザ



金属判別に適した周波数の検討

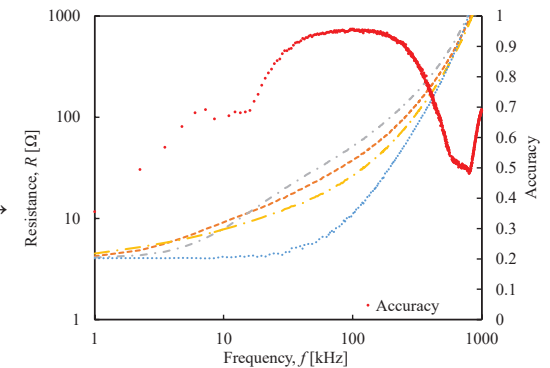
これまで: 数百種類の周波数で測定し、グラフ全体の形を見て金属を判別

今後: 1~2か所の周波数での測定で金属の判別を可能にしたい(機械学習の活用)

例)周波数と正解率(赤点)の関係→

※今回は、正規分布を基にテストデータを作り、判別が成功したデータの比率を正解率と定義

判断基準を比較検討する必要あり



詳しくはこちら!



カプセル内視鏡

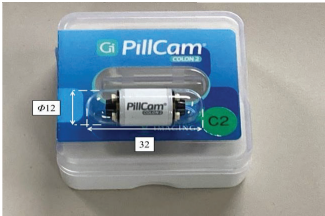


図1 カプセル内視鏡の外観(単位:mm)

カプセル内視鏡とは

- ・飲み込むことで消化管の検査ができるカメラの内蔵されたカプセル状の内視鏡である
- ・利点として飲み込むだけなので患者の負担が少ない

カプセル内視鏡の欠点

体内の移動が蠕動運動と重力に依存
現在、私の研究室では磁気誘導を用いたカプセル内視鏡の誘導装置及び、誘導方法を提案

誘導に際しての問題

位置が不明のカプセル内視鏡の正確な誘導は出来ない為、撮像されたデータから位置を推定するという医師の経験や技能に依存した方法が取られている

磁気誘導装置を利用した
経験や技能の介在しない
位置推定方法の研究

磁気誘導装置

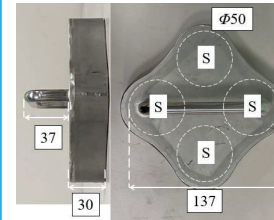


図2 磁気誘導装置の外観(単位:mm)

【特徴・性能】

- ・4つのネオジウム磁石(N40)を平面に配列
- ・100mmの誘導想定位置で約17mTの磁束密度
- ・他のカプセル内視鏡の移動方法に比べて小型で安価にできる

磁気を用いた位置推定方法

カプセル内視鏡の電池に磁性体が使われている

磁性体が磁化されて磁石の磁束密度に影響をもたらす

センサの設置位置

磁石には磁束密度が0になる場所(以後0点と呼称)が存在

0点を計測して磁性体が磁石に及ぼした影響を計測することで位置推定が出来るのではないかな?

磁気誘導装置の解析

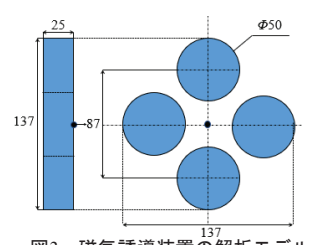


図3 磁気誘導装置の解析モデル

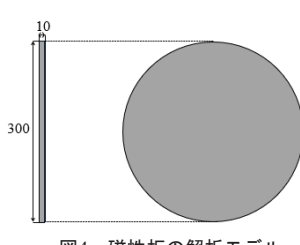


図4 磁性板の解析モデル

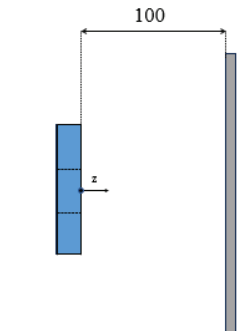


図5 解析モデルの位置関係

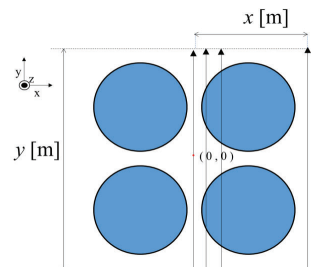


図6 磁気誘導装置の解析方法

0点の位置と最大の変化量を知りたい

- ・磁気誘導装置表面の磁束密度の解析をして0点の位置を調査
- ・磁気誘導装置へ影響を及ぼしやすい磁性板を用いて最大の変化量を調査
- 縦横2mmごとにx = 1 ~ 60 mm 且つ y = 1 ~ 120 mm の範囲で解析

解析結果

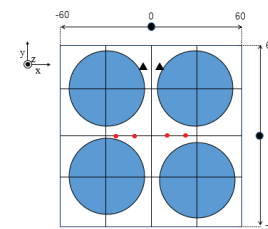


図7 0点の位置(黒三角がZ方向、赤丸がX方向の磁束密度)

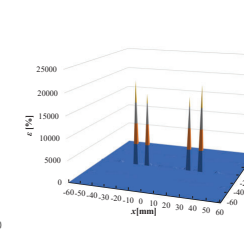


図8 X軸方向の磁束密度の相対差

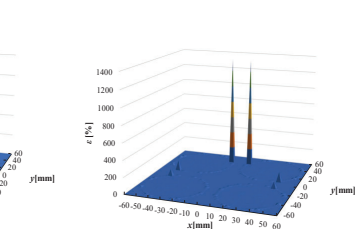


図9 Z軸方向の磁束密度の相対差

- ・0点の位置を割り出すことが出来た
- ・0点の位置で相対差が大きくなっていることが分かった
- ・最大の変化量を知ることが出来た

位置推定を行うための磁気センサの設置位置を把握できた
今後はカプセル内視鏡にした時の変化量とそこから距離を割り出していきたい

カプセル内視鏡の磁気誘導磁石の研究や
当研究室の最新・詳細情報はここから

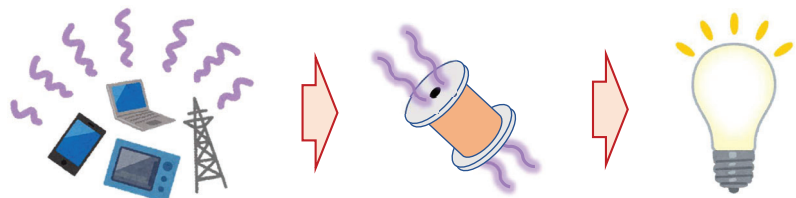
磁気を利用したエネルギー・センサ・アクチュエータ・シールド技術の研究



1. 環境磁界発電とは

【概要】

- 身の回りには機械から漏れ出した、様々な周波数の**環境磁界**が存在する。
これをコイルを用いて電気エネルギーに変換し、給電を行う技術。



電線や家電から発生した環境磁界

コイルで回収、変換

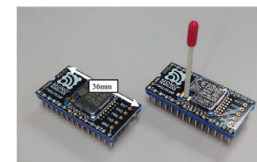
発電

【メリット】

- 環境磁界は**再生可能エネルギー**であり身の回りにあるため、回収場所を選ばない。
- ファラデーの電磁誘導の法則で発電をするので、**ワイヤレス給電**への応用も可能。

2. 活用先

- 場所を選ばず給電ができるため、**IoT機器**との相性がよい
→ 無線通信素子と組み合わせたデバイスを開発中！
[TWELITE DIP や Raspi PICO 等]

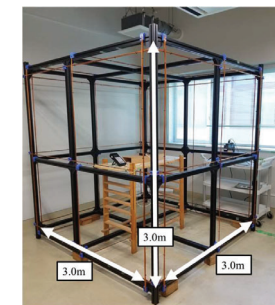


省電力無線マイコン「TWELITE DIP」
(通称：マッチ棒)



無線センサ
ネットワークへ利用！

- 交流磁界があれば発電ができる
→ 意図的に磁界を発生させて、ワイヤレス給電ができるかも？
[大型コイルSC3等]

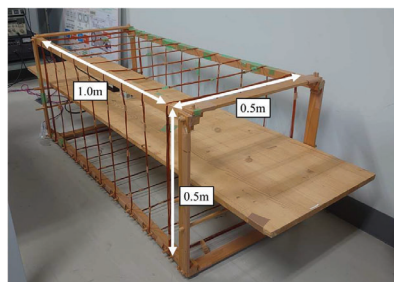


一辺3mの大型磁界発生コイル「SC3」

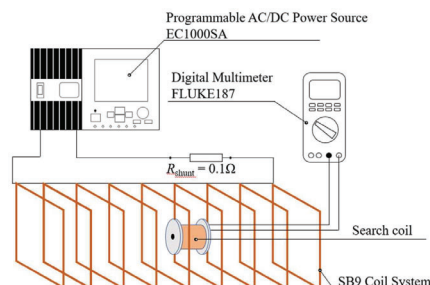
3. 実験環境

【実験設備】

- 環境磁界を模擬する**一様磁界励磁コイル「SB9」**と、市販されているマグネットワイヤーのボビンコイルを組み合わせ、発電システムを構築。
→ **人体に影響のない磁束密度**(100 μ T程度)の環境磁界を模擬し、商業周波数の50 Hzから、400 kHz程の交流磁界で発電実験中。
出力電力を計測、整流回路と接続しての給電を行う。



一様磁界励磁コイル「SB9」

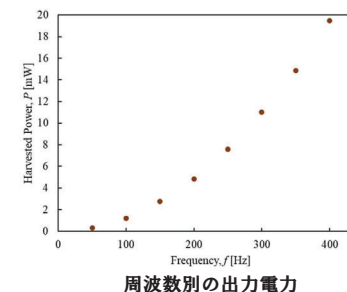


実験概略図

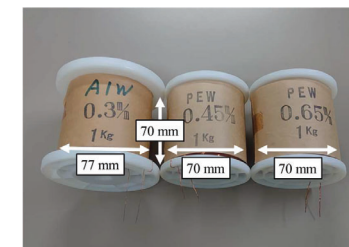
4. コイルと周波数

【発電実験】

- 複数の市販マグネットワイヤーボビンコイルで供給できる電力を算出。
→ 50 Hzの交流磁界で約**0.5 mW**、400 Hzだと約**20 mW**まで発電できる。



周波数別の出力電力



市販ボビン巻きコイル

【今後】

- 整流回路や蓄電回路と組み合わせて、発電デバイスを開発する！
- IoTデバイスを準備し、実際に給電を行う！

環境磁界発電の詳細情報や
田代研究室の**最新情報**はHPをチェック！

磁気応用の研究、磁気センサ、磁気シールド、磁気誘導磁石、磁歪材料など

