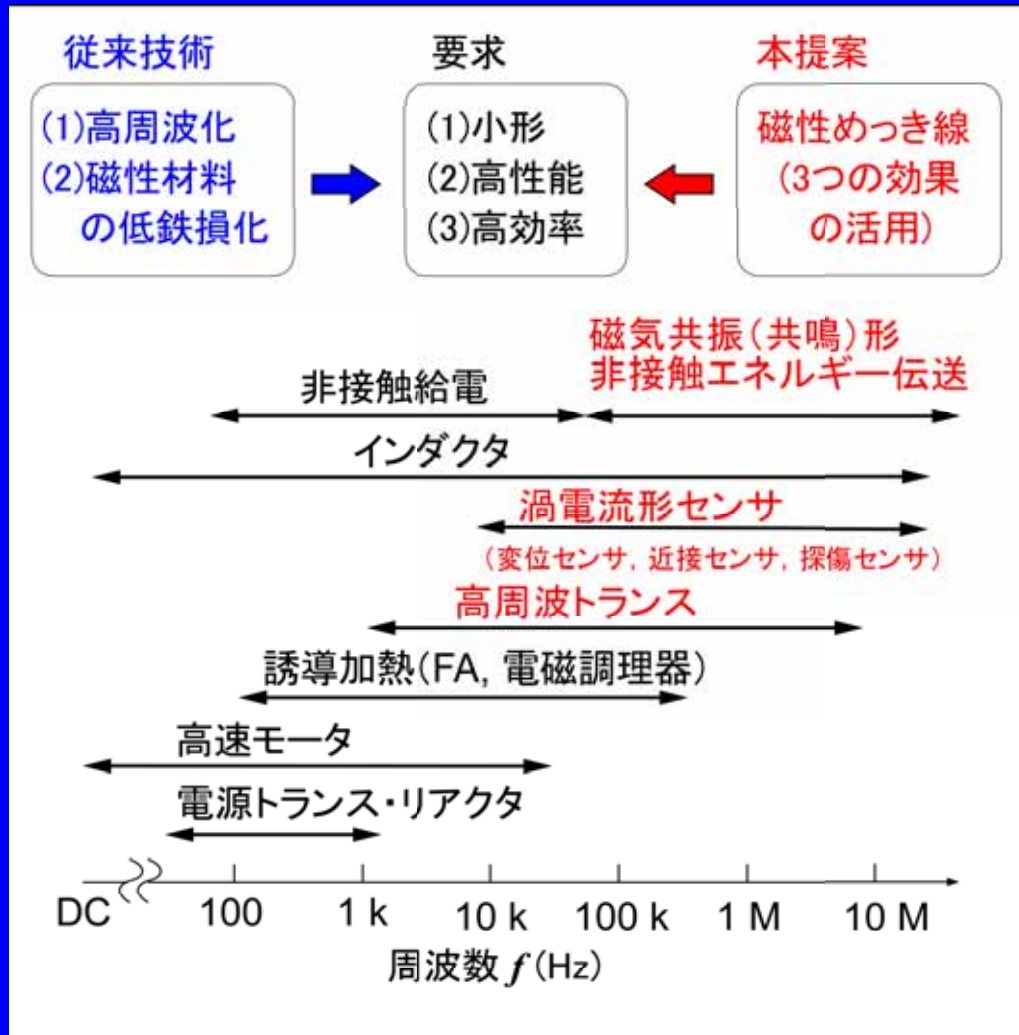




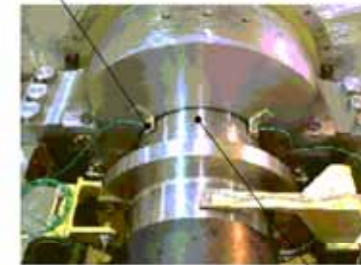
変位センサの測定範囲の拡大 およびエネルギー伝送の高効率化

信州大学 工学部 電気電子工学科
准教授 水野 勉

1. 技術の背景



センサ



回転軸

渦電流形変位センサを用いた軸振動監視

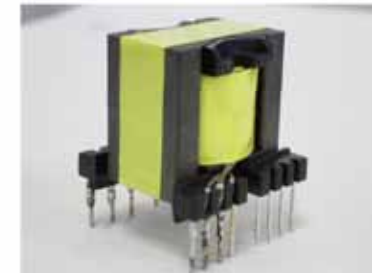
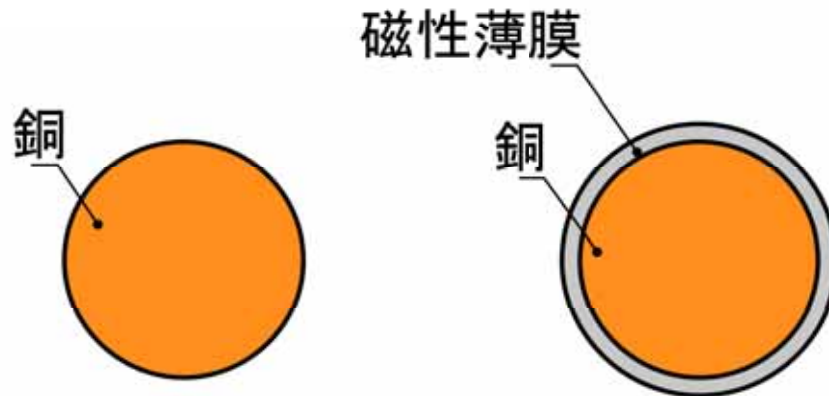
磁性めっき線を用いたDC-DC
コンバータ用トランス

図1 センサ・電気機器への要求と励磁周波数

2. 磁性めっき線とは？

磁性薄膜の透磁率と抵抗率

⇒ 銅より大きい



(a) 銅線 (COW)

(b) 磁性めっき線 (MPW)

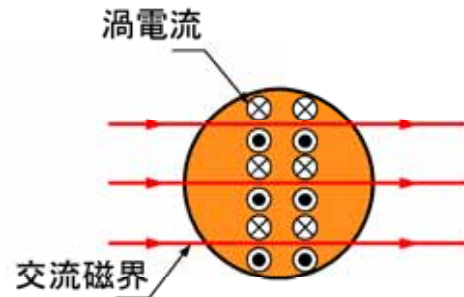
磁性めっき線の効果

- (1) 交流抵抗の低減
- (2) インダクタンスの増加
- (3) 磁束を“より遠くまで”作用させる

図2 磁性めっき線の構造

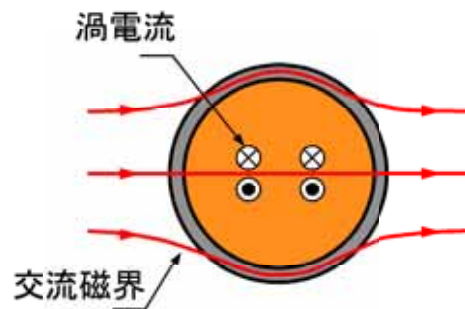
効果1：交流抵抗の低減

渦電流損：大 交流抵抗増加



(a) COW

渦電流損：少 交流抵抗低減



(b) MPW

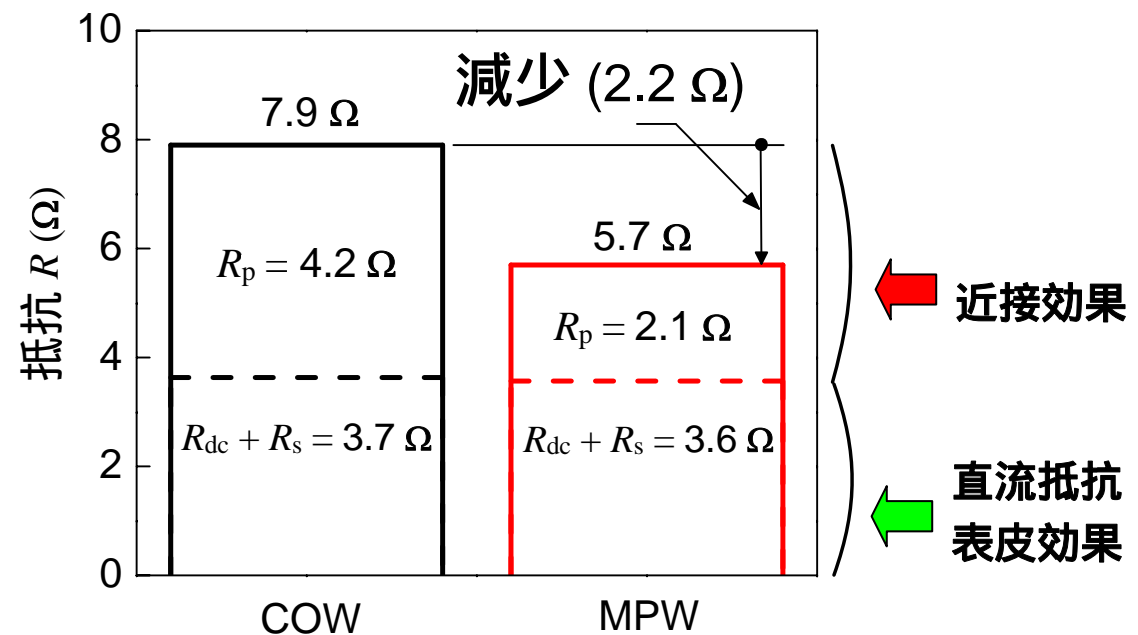
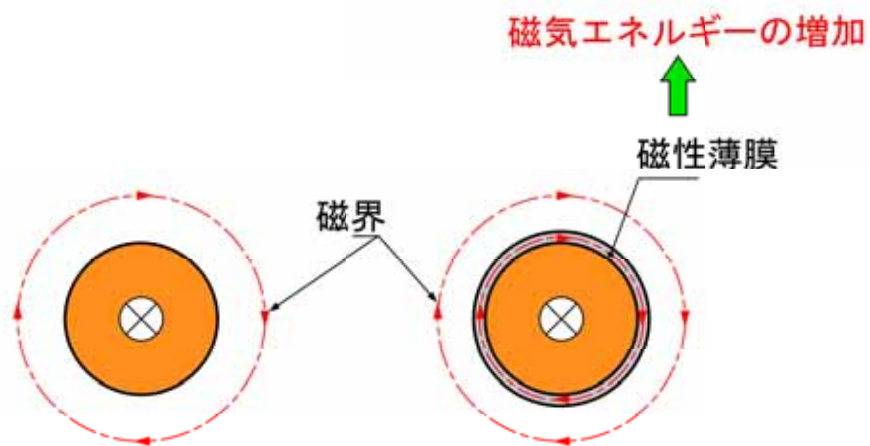


図3 交流抵抗の低減効果
($f = 1 \text{ MHz}$)

効果2：インダクタンスの増加



(a) COW

(b) MPW

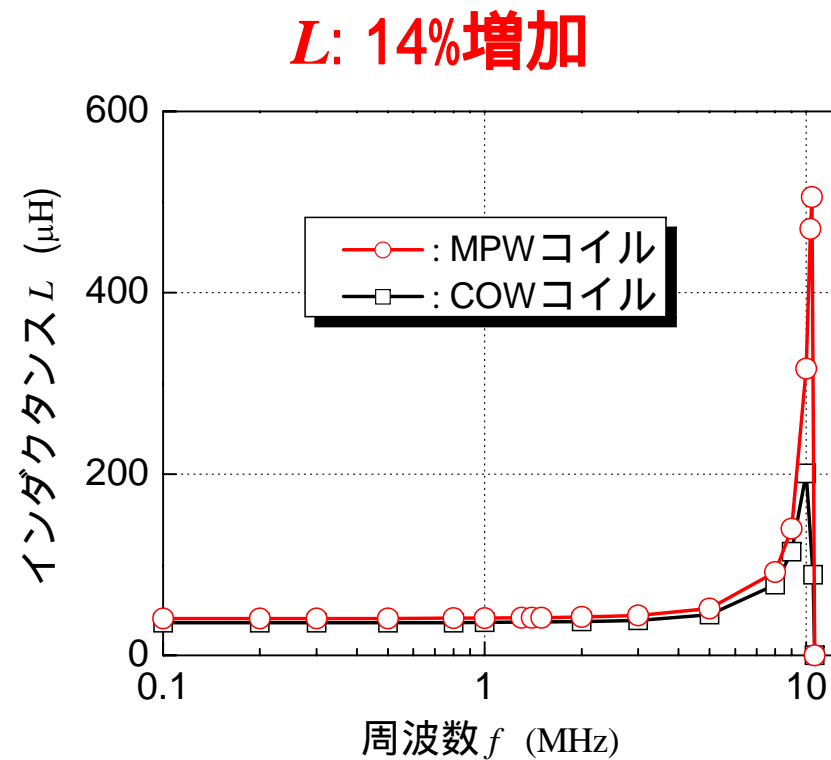
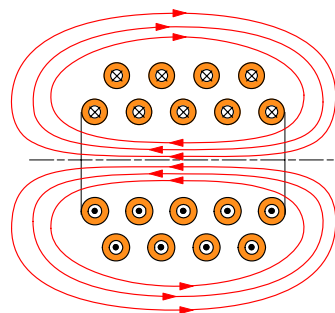


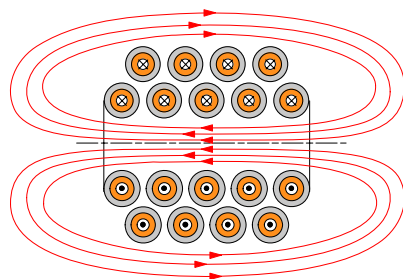
図4 インダクタンスの増加効果

効果3：磁束を“より遠くまで”作用させる



(a) COWコイルの磁束

磁性薄膜があたかも“ヨーク”
の働きをする



(b) MPWコイルの磁束

1.1倍以上の磁束が“遠く”まで作用

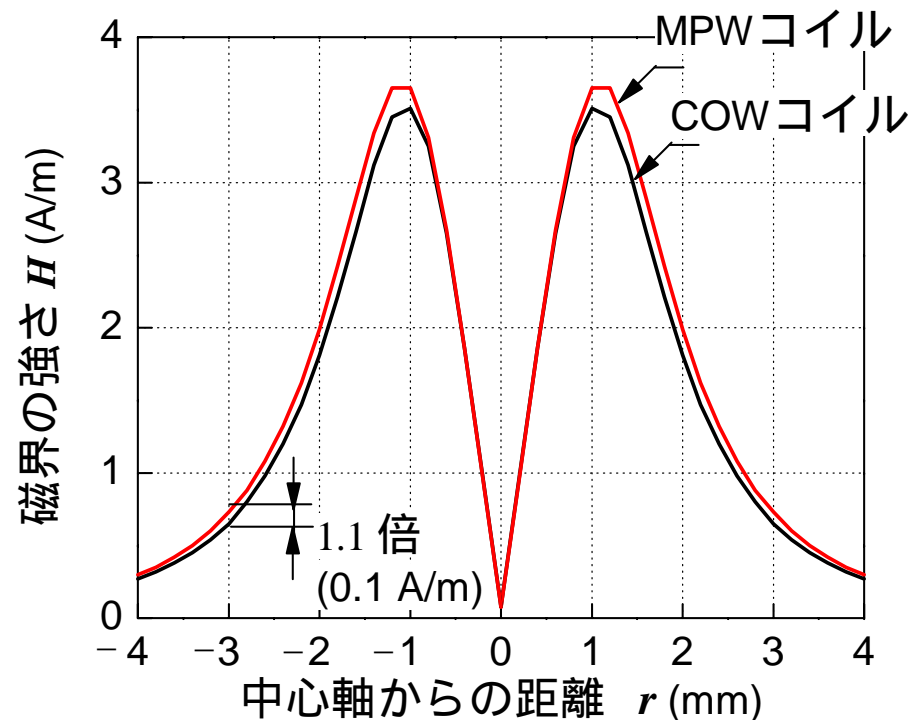
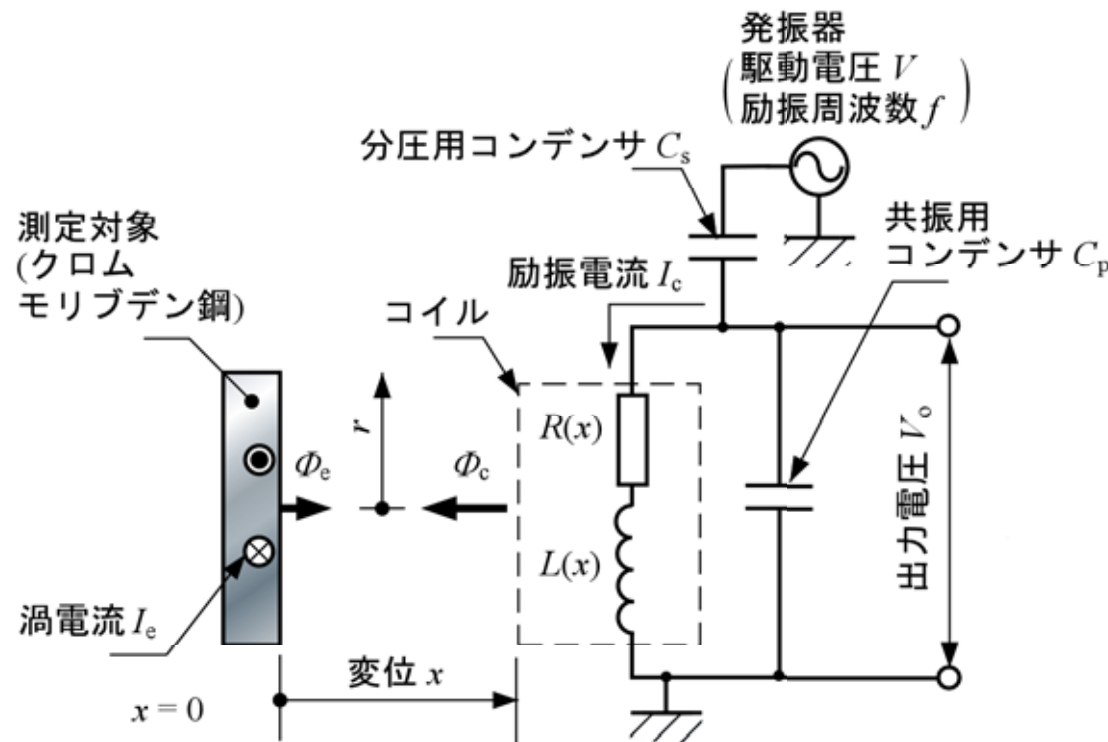


図5 磁束を“より遠くまで”
作用させる効果

3. 渦電流形変位センサ (EC変位センサ)



$$V_o = \sqrt{\frac{1 + T^2(x)}{k^2 + T^2(x)}} \cdot V$$

$$? \approx \frac{T(x)}{k} \cdot V \quad (\text{V})$$

$$T(x) = \omega L(x) / R(x)$$

$$k = 1 + C_p / C_s$$

図6 EC変位センサの動作原理

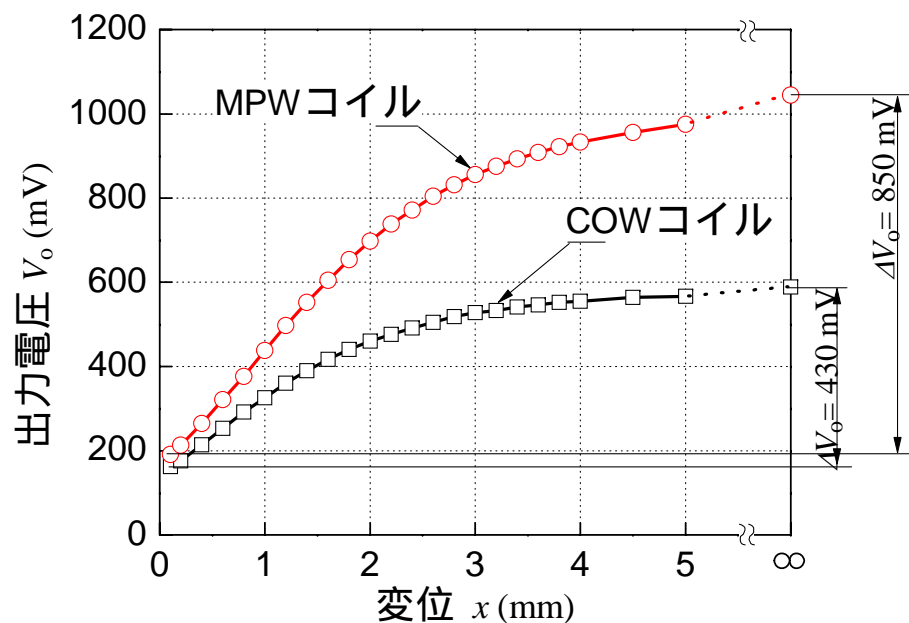
(1) R の低減
(2) L の増加



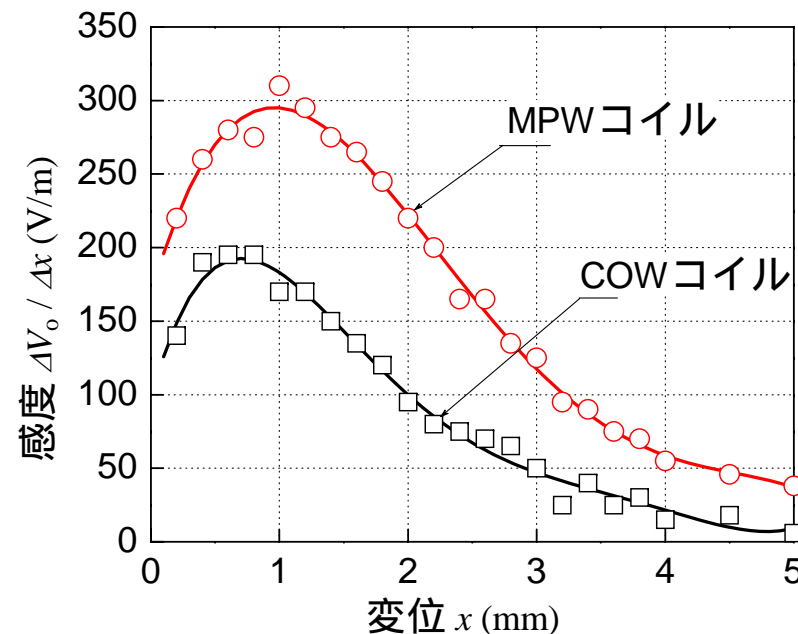
T 値の増加

直線範囲: 2倍拡大

感度: 1.5倍向上



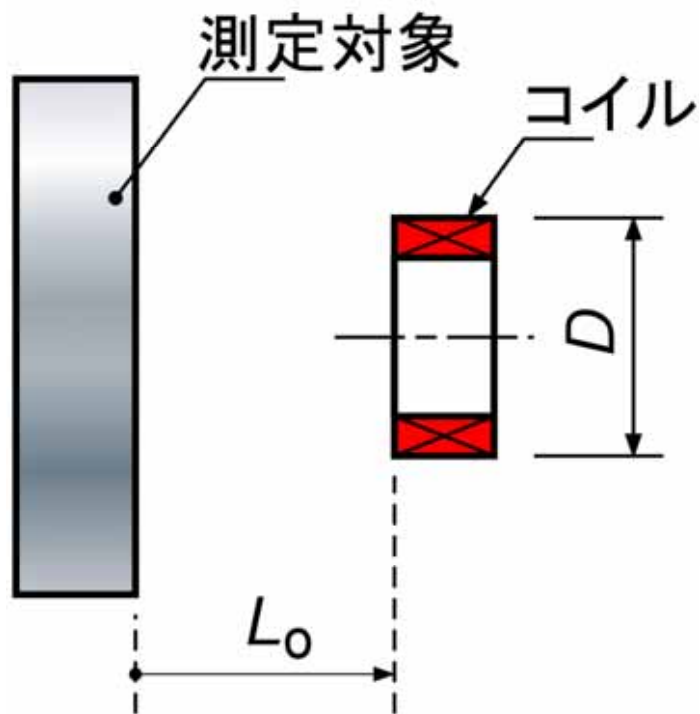
(a) 出力電圧



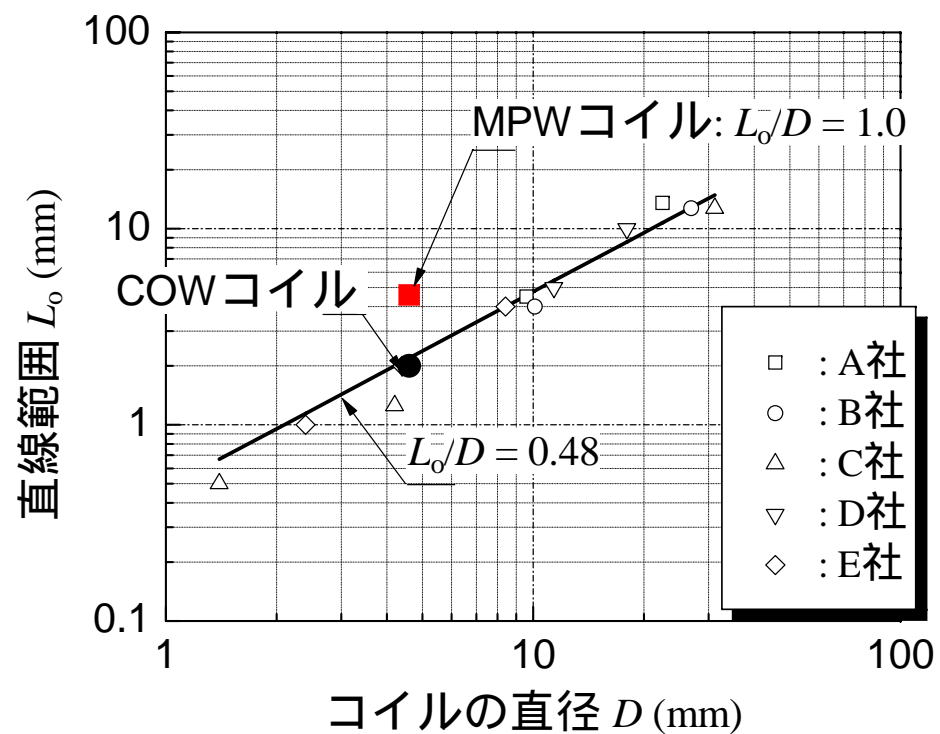
(b) 感度

図7 EC変位センサの出力電圧と感度の向上

直線範囲：2倍拡大



(a) センサの構造



(b) 直線範囲の比較

図8 EC変位センサの直線範囲の拡大

4. 誘導形近接センサ

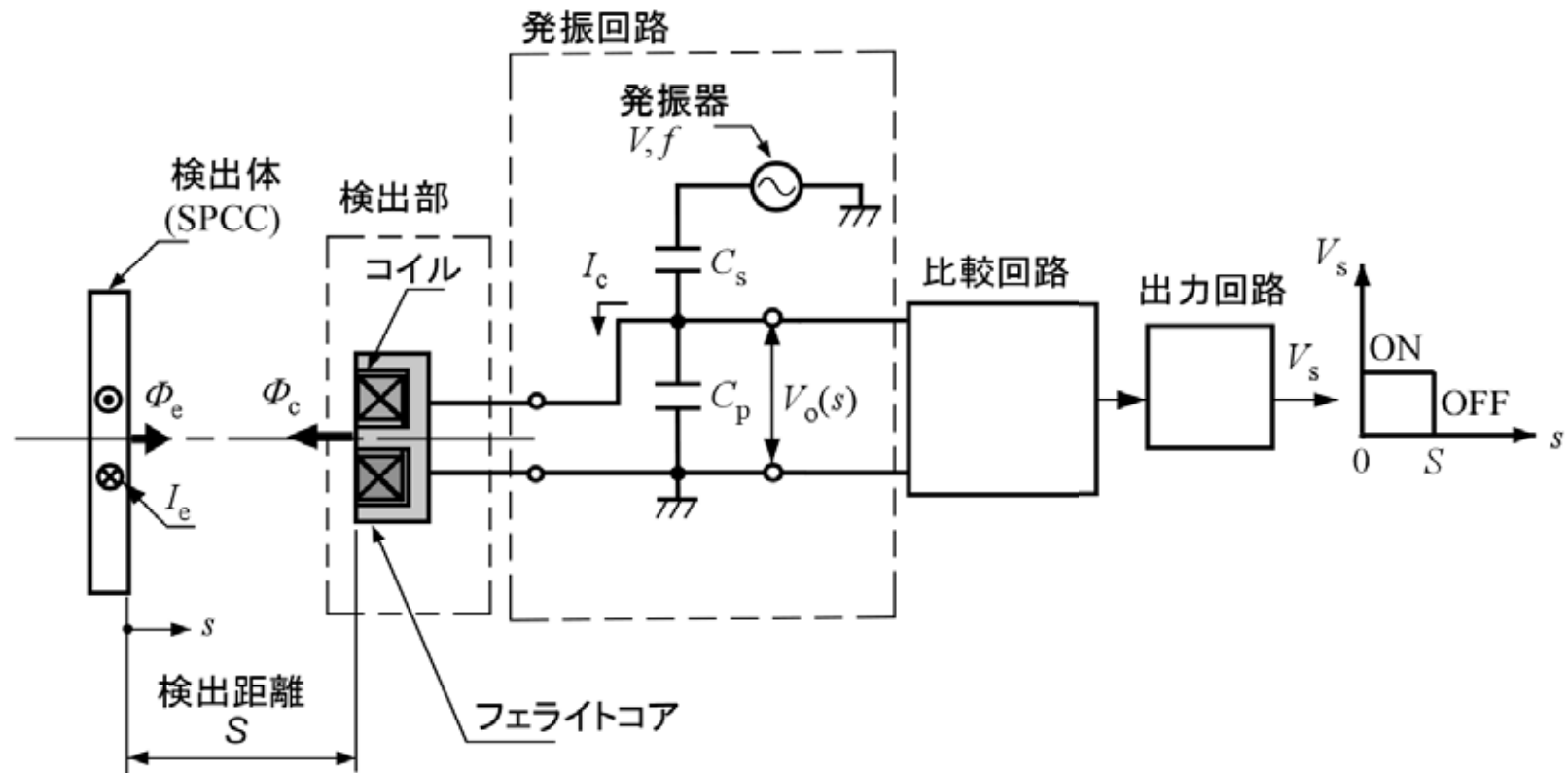


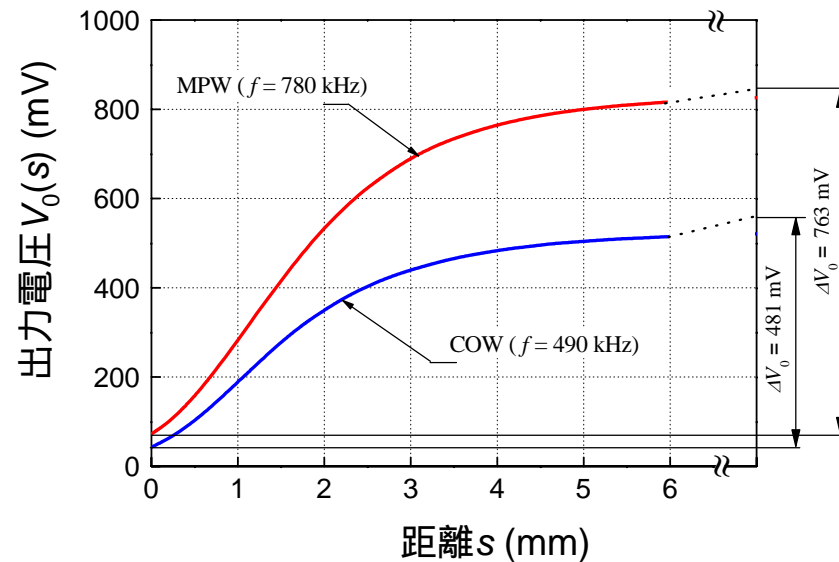
図9 誘導形近接センサの構成

(1) R の低減
 (2) L の増加

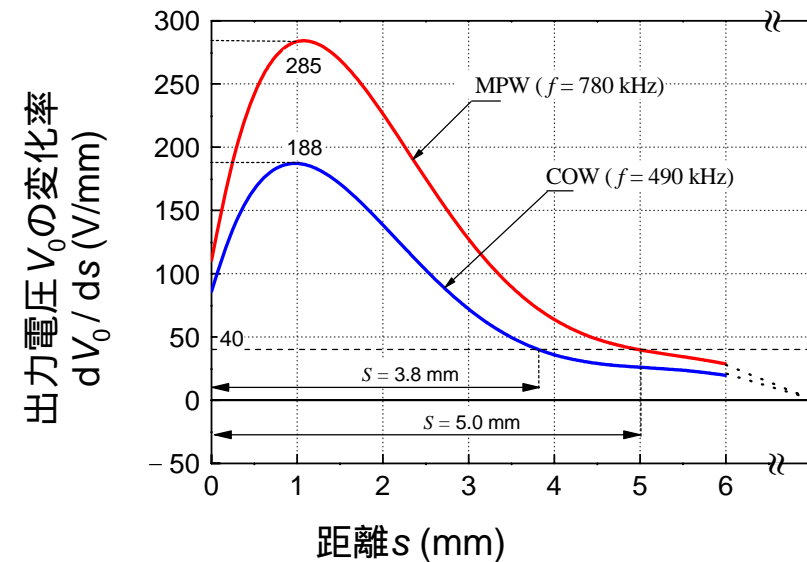


T 値の増加

検出距離: 1.4 倍拡大



(a) 出力電圧—距離特性

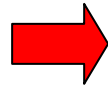


(b) 感度—距離特性

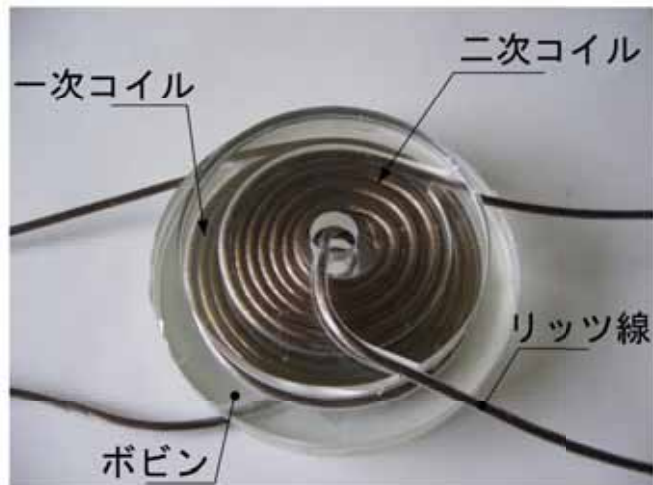
図10 誘導形近接センサの出力電圧特性

5. 空芯トランス

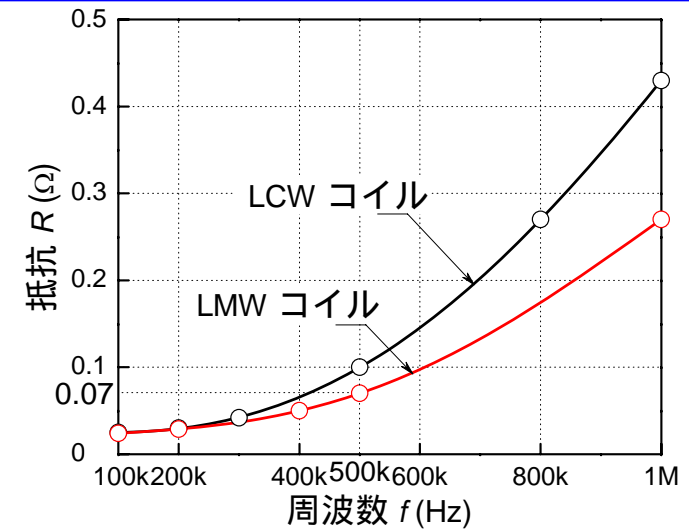
交流抵抗
の低減



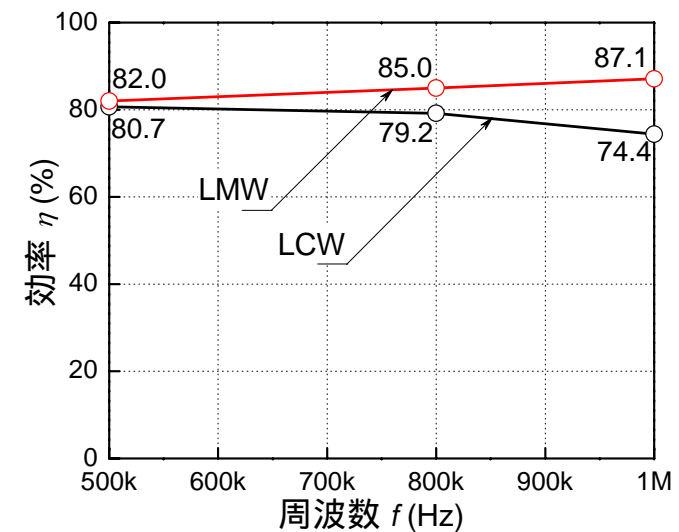
高効率化



LMW: MPWを用いたリッツ線
LCW: COWを用いたリッツ線



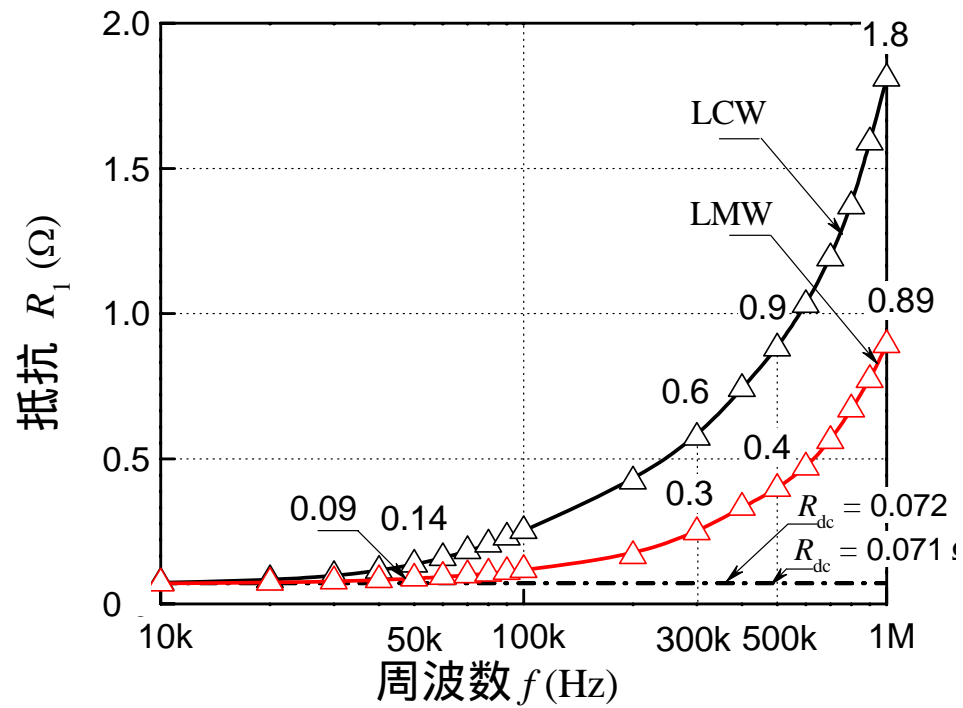
(a) 抵抗



(b) 効率

図11 空芯トランスの高効率化

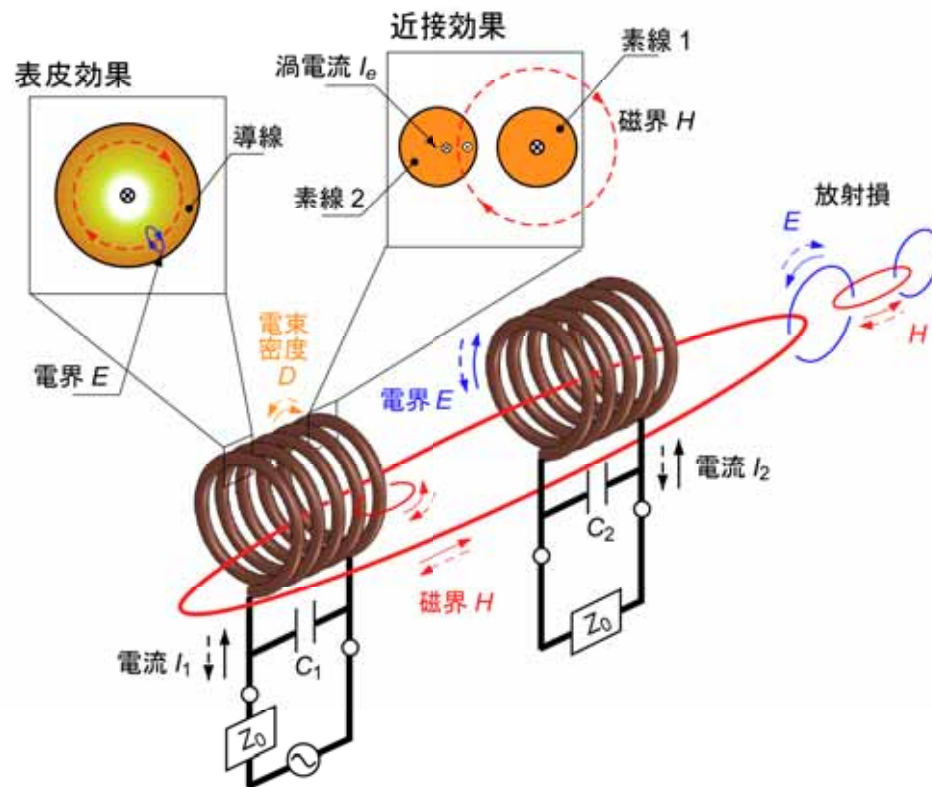
6. DC-DCコンバータ



MPWを用いたトランス

図12 トランスの抵抗の低減

7. 磁気共振(共鳴)形非接触エネルギー伝送



課題

長距離・高効率 伝送
コイルの小形化

- (1) 交流抵抗 R の低減
- (2) インダクタンス L の増加



Q 値の向上



磁性めっき線の利用

図13 磁気共振形非接触エネルギー伝送

Q値が1.8倍向上 → **長距離・高効率 伝送
コイルの小形化**

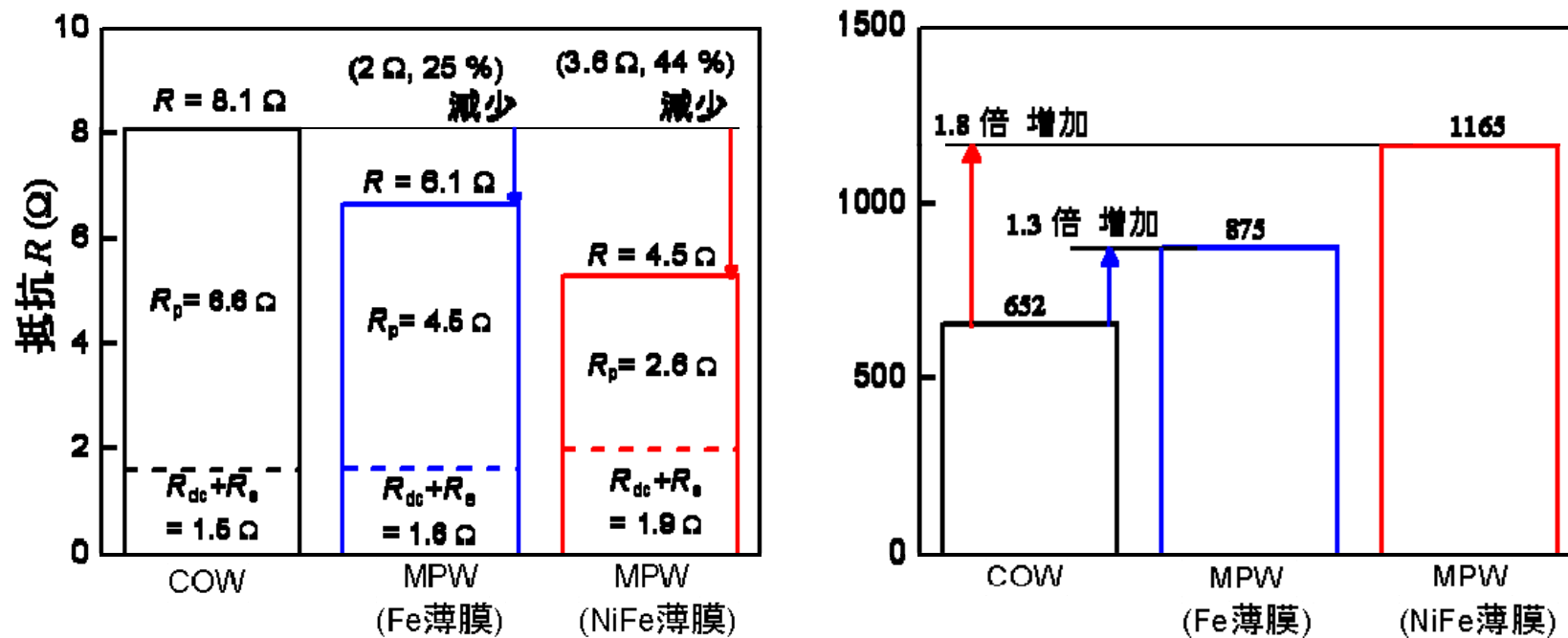


図14 コイルの抵抗およびQ値の計算値

(コイルの直径: 300mm, 導体径: 2mm, 巻数: 10,
 $f = 13.56 \text{ MHz}$, Fe: $\mu_r = 100$, NiFe: $\mu_r = 1000$)

8. 従来技術とその問題点

(1) 従来技術

磁気センサの高性能化

電気機器の小形化・高効率化

へのアプローチ

高周波化・低鉄損磁性材料の採用

(2) 課題・問題点

交流抵抗の増加

導線からのアプローチは皆無

9. 新技術の特徴・従来技術との比較

(1) 特徴

磁性めっき線の3つの効果を活用
新規な方法

(2) 成果

(a) 渦電流形変位センサの直線範囲の拡大

(b) 誘導形近接センサの検出距離の拡大

(c) 空心トランスやDC-DCコンバータ用トランス
の高効率化

(d) 磁気共振(共鳴)形非接触エネルギー伝送の長距離・
高効率 伝送、コイルの小形化

10. 想定される用途

- (1) センサ 測定範囲の拡大
電気機器 効率向上
- (2) 上記以外に、小形化の効果
- (3) 近接効果の計算結果に着目すると、低周波励磁でも、コイル巻数が大きなセンサや電気機器にも展開することが可能

11. 想定される業界

(1) 想定されるユーザ

(a) 渦電流を利用したセンサ

(渦電流形変位センサ、近接センサ、探傷センサ、膜厚計、差動トランスなど)

(b) 電気機器

(トランス、非接触給電、磁気共振(共鳴)形、インダクタ、誘導加熱装置、RFIDなど)

(2) 想定される市場規模

数百億円の世界市場規模

12. 実用化に向けた課題

- (1) 現在、センサの直線範囲・検出距離の拡大やトランスの効率向上が可能のところまで開発済み
- (2) MPWに適した共振形DC-DCコンバータの駆動方法について検討中
- (3) 磁気共振(共鳴)形非接触エネルギー伝送は実証実験中
- (4) 高性能磁性めっき線も開発中

13. 企業への期待

- (1) 高周波技術をもつ、企業との共同研究を希望
- (2) 渦電流を利用したセンサを開発中の企業、高周波で駆動する電気機器への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる

14. 本技術に関する知的財産権

- (1) 発明の名称 : 高周波コイルを備えた機器
- (2) 出願番号 : WO 2006/046358
- (3) 出願人 : 信州大学
- (4) 発明者 : 水野 勉

15. 産学連携の経歴

(1) 共同研究実績：20社，40研究テーマ以上

(2) JST

地域ニーズ即応型，シーズ発掘，可能性試験，加工技術，データ補完，PCT出願支援に採択

(3) 科学研究費補助金

基盤(B)，基盤(C) に採択

など

16. お問い合わせ先

信州大学

ナノテク・材料, IT分野 コーディネータ

宮坂 秀明

TEL : 026-269-5627

FAX : 026-269-5630

E-mail : miyasaka@shinshu-u.ac.jp