

# エネルギー変換工学講座

## 電磁応用研究(磁気浮上技術, 非接触電力伝送)の紹介

### 研究概要

電気-磁気-機械変換機器として、モータや発電機、リニアモータなどが有名である。一方、電気-磁気-電気変換機器には変圧器がある。これらの一次側(固定部)と二次側(可動部)との間にある部品を除外し、非接触で電磁力や電気エネルギーを伝達させることで新しい機能を持つ電気機器が創造できる。本発表では、磁気浮上技術を応用展開した回転機(界磁を持つ磁気反発ベアリング)や搬送機(三次元移動磁気浮上, 非磁性金属薄板磁気浮上搬送), 磁界共鳴式非接触電力伝送(高速走行を模擬できる非接触電力伝送評価装置)などを紹介する。

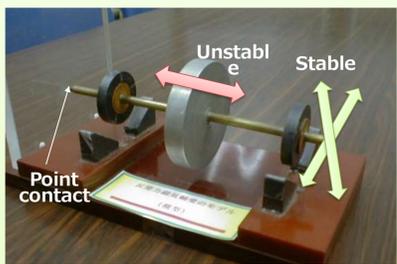
### 磁気浮上応用機器

#### 「非接触」で力伝える

磁気浮上の利点・・・非接触で対象物に力を与えることができる  
 → 摩擦がない, 機械損がない, 帯電がない,  
 メンテナンスフリー, 特殊環境下(異媒質間)で使用可能

能動制御軸の数  
 多い: 高精度, 高制御性, 高価, ギャップ小, 強力  
 少ない: 簡素・安価, 柔らかい, ギャップ大, 微小力

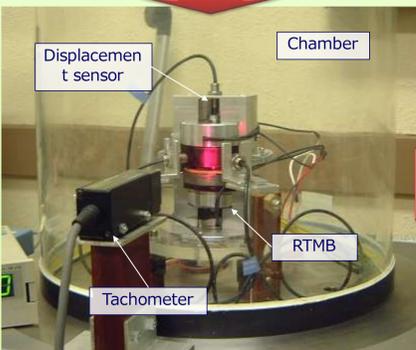
#### 永久磁石反発型磁気浮上回転装置



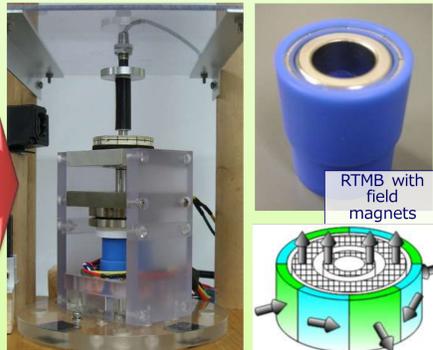
永久磁石により半径方向は受動安定, 軸方向のみ不安定  
 → 軸方向の運動を制限

軸方向のみを能動制御すれば完全非接触となる  
 (周辺設備の省コスト化, 省スペース化)

※ Earnshaw の定理に従って能動制御軸数を最小化

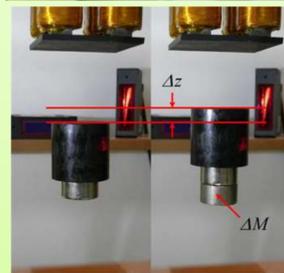
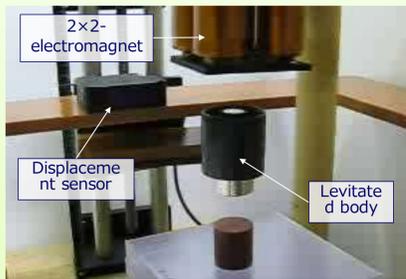


ポリゴンミラへの応用 (~ 50,000 rpm)



永久磁石軸受部+モータ界磁

#### 三次元移動用磁気浮上装置

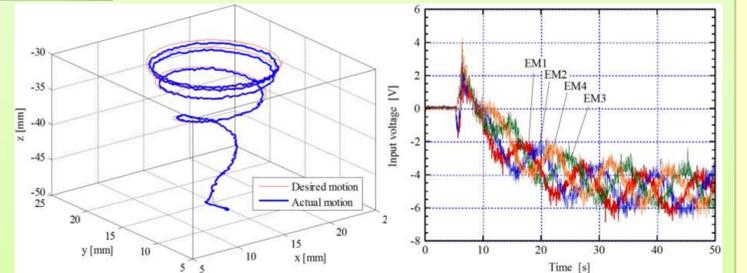


ゼロパワー制御実験

磁気浮上された物体を広域的に三次元運動させるには?  
 大ギャップ+バイアス磁石+I型電磁石配列

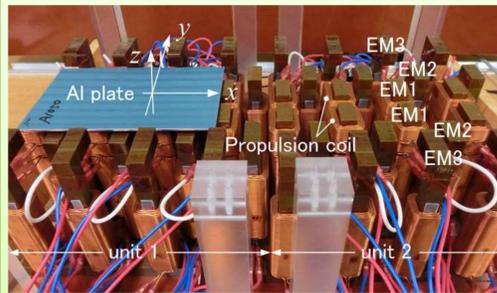
- モデル追従型サーボ
- ゼロパワー制御
- ゼロパワー併用制御

- 2x2配置
- 1x3配置(直線軌道)
- L字配置(直角軌道)



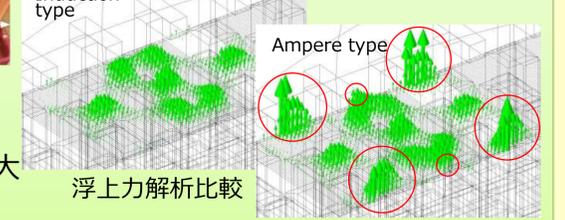
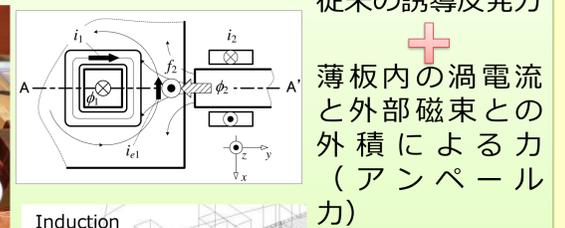
螺旋移動軌跡と制御電圧変化

#### 交流アンペール式磁気浮上搬送装置



アルミ薄板製品を非接触搬送

薄板の発熱を抑制しつつ浮上力を増大  
 「交流アンペール式」



### 非接触電力伝送評価装置

#### 「非接触」でエネルギーを送る

EV等の非接触給電 → 磁界共鳴方式を採用(ケーブルレス, コアレス, 中距離, 位置ズレに強い)

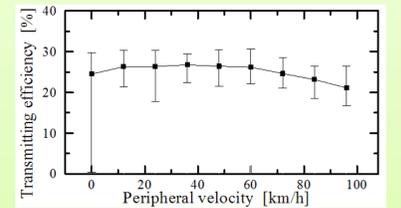
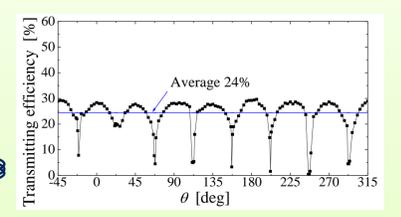
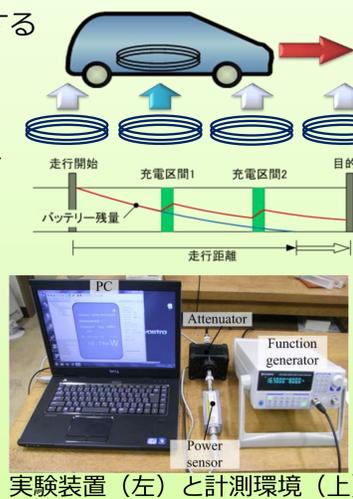
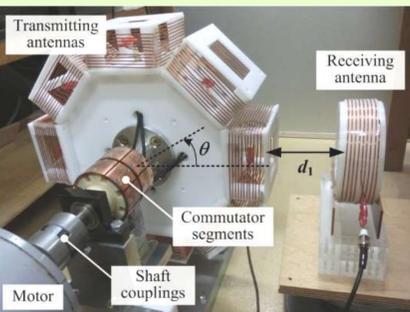
伝送方式	周波数	特徴
レーザー送電方式	THz	・伝送距離は数km超
マイクロ波送電方式	GHz	・効率はマイクロ波送電で15~39%, レーザー送電は原理的に太陽電池と同程度の効率
磁界共鳴方式	MHz	・コアやフェライト無し, 伝送距離1m以下の効率が90%以上と高く, 位置ズレに強い。双峰特性
電磁誘導方式	kHz Hz	・実用化されている(電動ハブの充電器等) ・Hz帯で1cm以下, kHz帯で10~20cmの伝送距離 ・密着させないと効率は悪く, 位置ズレに弱い。

給電時の停車時間を無くし, 走行中に給電する  
 → 走行中の電力伝送効率を評価すべき

#### 高速走行時を模擬した非接触電力伝送評価装置

100km/h程度の高速走行を模擬する伝送効率評価装置を作るには?

- 地中埋設側(送信側) → 回転系
- 対向時のみ通電, コンパクト設計



実験結果(上: 静止時, 下: 速度と効率)

### まとめ・今後の展望

【その他のテーマ, キーワード】 FEM解析(電磁界, 構造, 熱), 極低支持剛性とセンシング, 制御電磁石設計, 磁気軸受の回転挙動, 反磁性材料の磁気浮上移動, etc.

電磁場を介した二物体間のエネルギー授受を非接触で行う例として, 磁気浮上技術と電力伝送を取り上げた。電磁場と非接触状態は親和性が高く, 新規アクチュエータやセンサを生み出す可能性を秘めている。