

## 圧力分布検出によるゲーム入力装置の開発（共同研究）

共同研究先企業 株式会社 シロク  
 担当者名 若生 進一\* 青木 邦知\*  
 大城 靖彦\*\* 磯 智昭\*\*\*

### 1. はじめに

株式会社シロクにおいて開発された電磁結合方式による圧力分布検出技術（特許出願中）をゲーム入力装置へ応用するために、同社と共同研究を行った結果を報告する。

### 2. 目的

工業技術センターは、圧力分布検出技術の電磁結合に対するシミュレーション及び試作装置の評価を担当した。

### 3. 電磁結合シミュレーション

#### 3.1 シミュレーションの目的

株式会社シロクの開発した圧力分布検出技術は、電磁結合のためのコイル上に金属片を配置することで実現している。このコイルと金属片について、形状や相互の距離をシミュレーションすることで、圧力分布検出に最適な条件を検討した。

#### 3.2 電磁結合の原理<sup>1)</sup>

電磁結合方式は、IC タグ等にも用いられている電磁誘導を利用した技術である。図1に電磁誘導の簡略図を示す。

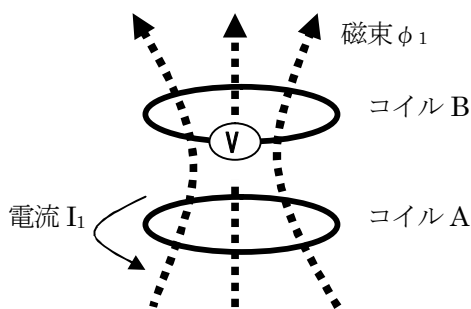


図1 電磁誘導

コイルAに流す電流を変化させることで発生する磁界によって、コイルBに誘導起電力が発生する。この時の磁界の強さは磁束で表され、磁束は電流に比例する。コイルAに流す電流を \$I\_1\$、発生する磁束を \$\phi\_1\$ とすると関係は以下ようになる。

$$\phi_1 = L_1 \cdot I_1 \quad (L_1 \text{ は比例定数})$$

(但し、コイルの巻数が1の場合)

このときの比例定数 \$L\_1\$ は、自己インダクタンスと呼ばれる。また、コイルAがコイルBに及ぼす磁界の強さも同様に、誘導される電流に比例し、その比例定数は相互インダクタンスと呼ばれる。

コイルA及びコイルBの自己インダクタンスをそれぞれ \$L\_1, L\_2\$、相互インダクタンスを \$M\$ とした場合、以下のような関係がある。

$$M = k\sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (k \text{ は比例定数})$$

比例定数 \$k\$ は結合係数と呼ばれ、コイル間の電磁的な結合の度合いを表す。この値が1に近いほど結合が密であるということになり、その大きさはコイル間の距離やコイル形状によって変化する。

今回のシミュレーションではこの結合係数に着目し、検討を行った。

#### 3.3 シミュレーション方法

シミュレーションには米国 Sonnet 社<sup>2)</sup>の3次元平面電磁界シミュレータ SonnetLite を用いた。このソフトウェアは平面線路モデルを構築することで各線路におけるインピーダンスや電流密度等を解析することができる。また、結合係数についても求めることができるため、採用した。

平面線路モデルとしては幅 4mm、長さ 100mm のコイル（線路幅 1mm）上に正方形の金属片を配置し、金属片の大きさ及びコイルとの距離を変化させることによる結合係数の変化を解析した。

#### 3.4 シミュレーション結果

解析を行う前段階としてコイルからの誘導起電力により金属片に現れる電流密度の状態を確認した。

図2にシミュレーションによる金属片の電流密度の解析結果を示す。

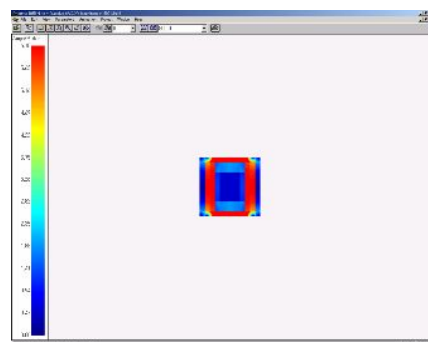


図2 金属片の電流密度解析結果

この結果から、コイル上の金属片に現れる電流密度は金属片の外縁部に集中していることがわかった。よってモデルを構築するにあたって、金属片を外縁部のみを残して模擬的なコイルとしても結果に大きな違いはないと考えた。図3に構築したモデルを示す。

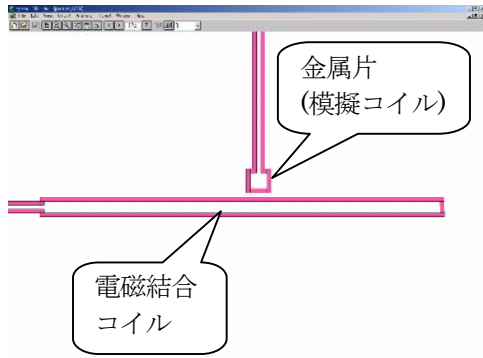


図 3 Sonnet 上に構築したモデル

解析条件として、金属片の辺長(1 辺の長さ)および金属片と電磁結合コイルの距離を変化させながら解析を行った。このときの信号周波数は 1MHz とした。  
解析結果をグラフ化したものを図 4 に示す。

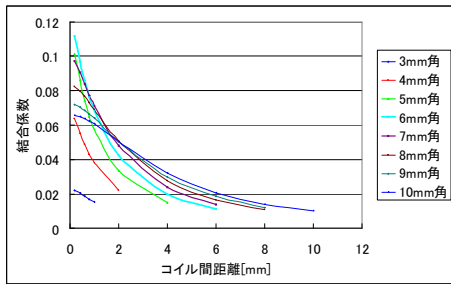


図 4 シミュレーション解析結果

解析結果から、結合係数は金属片とコイル間の距離が金属片の辺長とほぼ同じくらいになると非常に小さくなり、金属片とコイル間の距離が 2mm 以下の領域では金属片の辺長が 6mm を超えると結合係数が低くなることがわかった。

この 2mm 以下の領域の傾向を確認するため、図 4 のグラフを再構築し、各距離における結合係数と金属片の辺長の関係を図 5 に示す。

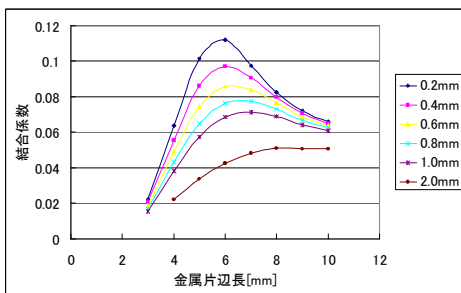


図 5 金属片の辺長と結合係数

グラフから、金属片とコイル間の距離が 2mm 以下の領域では金属片の辺長が 6mm での結合係数が高くなる傾向が確認できた。

### 3.5 実証実験

シミュレーションの結果を実証するため、株式会社シロクが試作した電磁結合コイルを配線した基板に形状及び辺長を変えたアルミニウム及び銅の金属片を配置し、それぞれの信号強度を測定する実験を行った。コイルと金属片との距離は 0.2mm とした。

図 6 に実験に用いた金属片を示す。

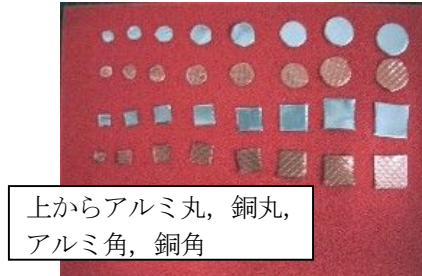


図 6 金属片

図 7 に実験結果を示す。

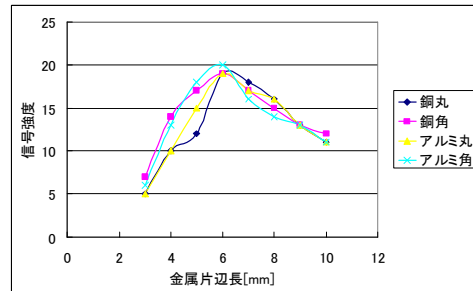


図 7 実験結果

実験結果から、金属片の材質や形状による信号強度の明確な差異は見られなかったが、シミュレーションによる結合係数の有効性を確認することが出来た。

## 4. 試作装置の評価実験

### 4.1 評価実験の目的

電磁結合シミュレーションで得られた結果を基に、株式会社シロクにおいて設計製作された試作装置について分布圧力検出の評価を行ない、ゲーム入力装置のサンプルコンテンツに反映させた。

### 4.2 試作装置の概要

製作された試作装置を図 8 に示す。



図 8 試作装置

カバーに覆われているが、プラスチック基板に配線を施した電磁結合コイルにアルミ箔付のクッション材が30×30のマトリクス状に配置され、都合900点の測定点(セル)を備えている。

#### 4.3 評価実験方法

定荷重におけるセル単体の信号強度を測定し、測定限界及び分解能を確認した。定過重を加える装置として図9に示すレオメータ(NRM-2010J-CW)を用いた。

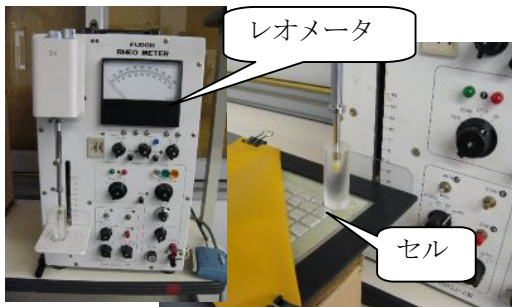


図9 レオメータ及び実験風景

次に試作装置の上に図10のように既知の重量物を積載し、株式会社シロクが作成した信号強度を表示するアプリケーションを用いて、重量と信号強度の総和の関係について確認した。

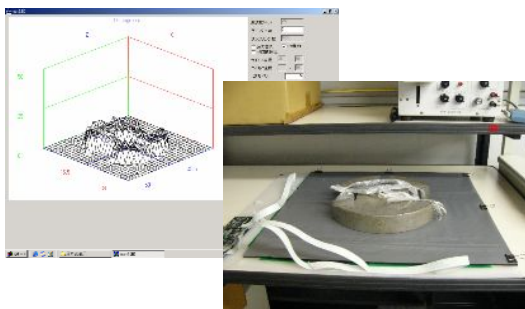


図10 重量物積載実験

#### 4.4 実験結果

図11にセル単体での実験結果を散布図で示す。

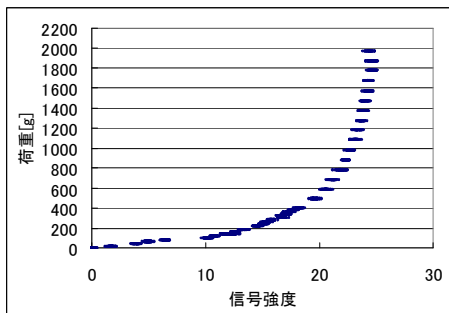


図11 セル単体の実験結果

この結果から、荷重600g以下であれば、信号強度から荷重をほぼ推測できることが確認できた。また、分解能としては100g程度までは測定可能と思われる。

図12に積載実験の結果を示す。

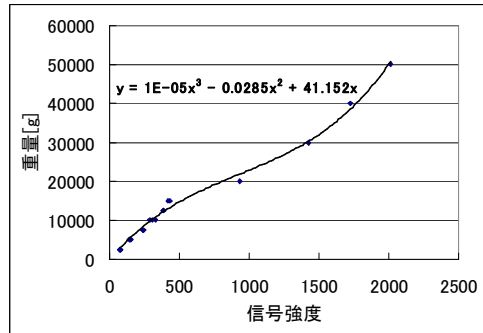


図12 積載実験結果

実験結果から、信号強度の総和と重量の関係式は3次の近似式で計算できることがわかった。

近似式が多項式となった要因としては、セル単体の関係式が線形でないことに起因すると思われる。

#### 5. まとめ

今回のシミュレーション及び評価実験により、以下のような結果が得られた。

- (1)シミュレーションの結果から、電磁結合の評価において結合係数が有効であることが確認できた。
- (2)評価実験の結果から、試作品の1セル当りの測定限界が600g、分解能が100gであることが確認でき、信号強度の総和から重量を計算することが出来た。

以上の結果を基に、株式会社シロクにおいて、入力装置の荷重から重心位置を計算し、画面上のペンギンを操作するサンプルコンテンツが作成された。

図13に完成したゲーム入力装置を示す

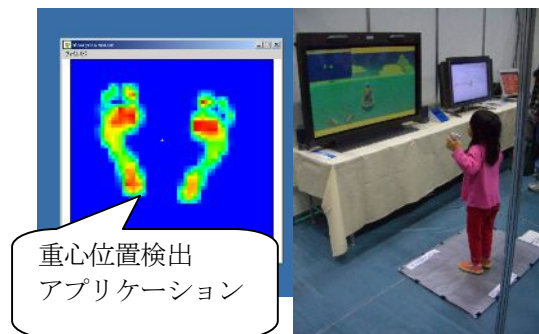


図13 完成したゲーム入力装置

今後の展開として、圧力分布検出装置として精度を向上させるためのクッション材の検討や、ゲーム以外の用途への応用展開も含めて、技術支援を行っていく予定。

#### 6. 参考文献

- 1)福田務, 坂本篤. “絵ときでわかる電気磁気”. 第1版. 東京, オーム社. 2003, 153-155
- 2)米国 sonnet 社  
<http://www.sonnetsoftware.com/>