

# ホールセンサアレイによるリニアモータ ギャップ磁束密度分布の効率的計測

高田 康宏\*, 野崎 雄一郎, 古関 隆章 (東京大学)

Efficient Measurement of Air-Gap Flux Distribution of Linear Motors by Hall Sensor Array  
Yasuhiro Takada, Yuichiro Nozaki, and Takafumi Koseki (The University of Tokyo)

## 1. はじめに

リニアモータは実機試験が難しく、リニアモータの特性解析、特性試験、性能試験、設計補助のために実用的な評価法として電子計算機を用いた各種数値解析技術の導入が進められている。特に、リニアモータのギャップの磁束密度は一様ではないので、解析モデルの検証、精度向上のために、リニアモータギャップ磁束密度分布の計測を行い、数値計算結果と実測値を詳細に比較検証する必要がある。

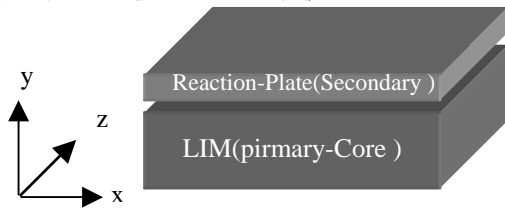


図1 リニア誘導モータの構造

Fig. 1. Structure of linear induction motor

## 2. 適用例：リニア誘導モータのギャップ磁束分布の測定

電子計算機などを用いた数値演算による物理現象の解析には、空間および、物体を有限個の要素に分解して解析する有限要素法がある。今回はこの有限要素法を用いた数値計算結果の比較検証のため、リニア誘導モータのリアクションプレート直上の2極分の磁束密度分布の時間変化を測定、記録することを目的とした。

## 3. アレイ設計の基本的な考え方

有限要素法では、リニアモータのリアクションプレートの磁界強度を求めるとき、各要素の大きさ、全体における細かさにより、シミュレーションモデルの精度を変更することが出来る。モータ特性の測定上ギャップ磁束密度は重要な情報なので、解析においては要素を細かくし、リニアモータのリアクションプレート直上の磁束密度分布を精密に求めた。一方、実測に用いるセンサは数値計算と異なり、センサ本体の寸法以上の細かい測定を行うのは困難である。したがってセンサの大きさも考慮し、極ピッチに対して10以上のセンサを配置できるようにアレイを設計した。

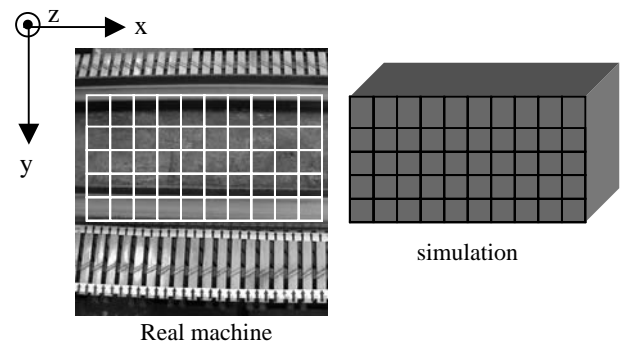


図2 センサ配置網

Fig.2. Sensor grid

## 4. 素子の選択と回路構成

磁界の測定には探りコイル法や、ホール素子、磁気歪センサなどを用いた方法があるが、今回はリニアモータとリアクションプレートの隙間の磁界を測定する為に、小型化が容易で磁束密度の瞬時値が測定可能なホール素子センサを用いた。本測定装置では、板状の支持材の上に線状にホール素子を配置した。ホール素子は素子に垂直な方向の磁界に対し、ホール電圧を発生させるので、今回はリニアモータとリアクションプレートの隙間の垂直方向磁界を測定し、記録した。ホール素子と電源、計測器を接続には、強磁界の影響を防ぐためツイストペアとし、ホール電圧は差動方式にて計測器に入力した。差動方式は、

- ・ 単一電源の使用が可能(素子個別の電源は不要)、
- ・ 非絶縁入力用の測定器を使用できる、
- ・ コモンモードノイズに強い、

という利点がある。

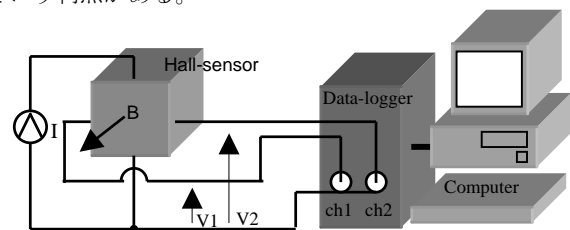


図3 測定システム

Fig.3. Schematic diagram of measurement system

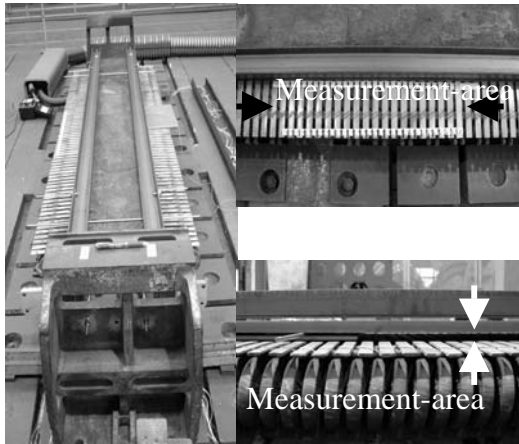


図4 リニアモータ電機子と磁束分布の測定範囲

Fig.4. Armature and measured area



図5 センサの挿入と測定風景

Fig.5. Test scene

同時にリニアモータのリアクションプレートに発生する推力、リニアモータへの入力電圧、電流を測定した。

## 5. 測定結果

ある一定の進行方向位置における同じ時刻におけるギャップ磁束密度の横方向分布の有限要素法によるシミュレーション結果と計測値の比較を図7に示す。今回は複数測定したデータの内、時間とともにリニアモータのリアクションプレート上を進む磁界の強弱によって表される、進行波を比較した。

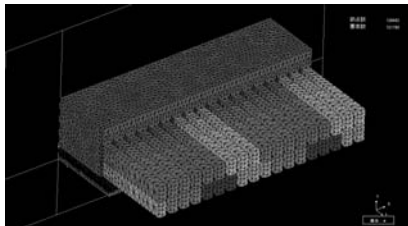


図6 数値解析モデル

Fig.6. Numerical analysis model

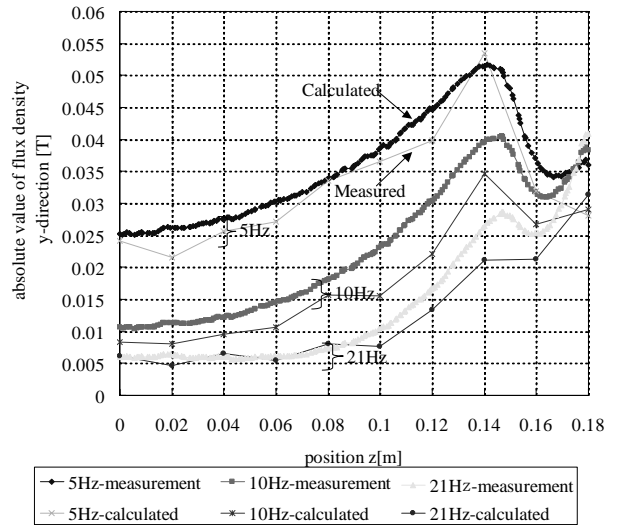


図7 実測値と数値解析結果

Fig.7. Measurement and numerical analysis

図中で、 $z=0\text{m}$  がリアクションプレートの中心、 $z=0.18\text{m}$  はリアクションプレートの端である。数値計算結果が実測値に近いことが確認されて、数値計算モデル<sup>(1)</sup>に実現象との大きな違いは見られない。これにより、基本プログラムの性能検証が出来た。また、リニア誘導モータのリアクションプレートは通電時に熱を発生し、温度上昇により導体の導電率が変化するため、磁束密度分布を短時間で測定する必要がある。短時間で同時多点計測のできる本ホールセンサアレイはこのような条件のもとで特に有用である。

## 6. おわりに

今回はリニア誘導モータの磁界解析モデルの検証用に、ホール素子を線状に配置した垂直方向の磁界のみを測定できるホールセンサアレイの試作とそれを用いた磁束分布の計測を行った。今後はセンサの個数を増やし、空間分解能の向上や、ホールセンサの2次元配置、多方向の磁束密度の測定などをおこない、数値計算モデルの精度向上のため解析プログラムとのより詳細な比較検討を行いたい。

## 文献

- (1) 野崎：「基本的実測を援用した端効果の数値計算に基づく車両駆動用リニア誘導モータのプラントモデル同定法」  
平成19年度東京大学学位論文