

# 回転磁界を利用した位置検知に関する基礎的研究

日大生産工 小山 潔、星川 洋

## 1. はじめに

生体内のマーカの位置検知<sup>1)</sup>や、通信・電力ケーブル用のパイプラインを敷設するためのトンネル掘削機の位置検知<sup>2)</sup>など、正確な位置計測技術に関する要求がある。生体内のマーカの位置検知やトンネル掘削機の位置検知などは、光学的に遮蔽されておりレーザーを使った精度の高い光学式の位置計測の適用が出来ないのが現状である。一方、電磁気を利用した計測手法は、生体内や地中など光学的に遮蔽された空間でも位置計測が可能である。

そこで、筆者らは、光学的に遮蔽された空間での電磁気を利用した位置計測技術について検討を行い、回転磁界プローブ (RMF probe) による位置検知について報告する。提案する回転磁界プローブは、矩形に巻かれた2つのコイルを十字に組合せた励磁コイルから成り、プローブによって発生する回転磁界を薄いプリントコイルの検出コイルで検出して位置検知を行うものである<sup>3)</sup>。例えば、光学的に遮蔽された空間内を移動する移動体の位置検知を行う場合には、移動体に回転磁界プローブを搭載して、空間表面に検出コイルを格子状に配置し検出コイルの起電力変化から移動体の位置検知を行うことを考える。今回は、回転磁界プローブによる位置検知の基礎的な検討結果について報告する。

## 2. 回転磁界プローブによる位置検知

提案する回転磁界プローブは、図1に示すように2つの矩形コイルを十字に組み合わせた励磁コイルから成る。励磁コイルに互いに90°位相の異なる交流を流すと、2つの励磁コイルの巻線が重なった下面では、図2に示すように励磁電流に同期して方向が回転する回転磁界が発生する。励磁コイル巻線の重なった面と平行に配置した図3に示す薄いプリントコイルである検出コイルは、検

出コイル面に垂直な磁束成分を検出して起電力を発生する。励磁コイルの電流が交流であるので、検出コイル起電力は、励磁電流と同相成分 (In-phase component) と90°進成分 (Quadrature component) となる。

検出コイルを xy 平面と平行に置き、プローブの励磁コイル巻線の重なった面を検出コイル面と平行にして回転磁界プローブを移動させたときの検出コイルの信号について考える。回転磁界プローブが検出コイル中心上に位置した場合には、検出コイルは回転磁界の中心に位置することとなる。図4に示すように検出コイルが回転磁界の中心に位置すると、検出コイルの中心を対称と

Exciting coil 1

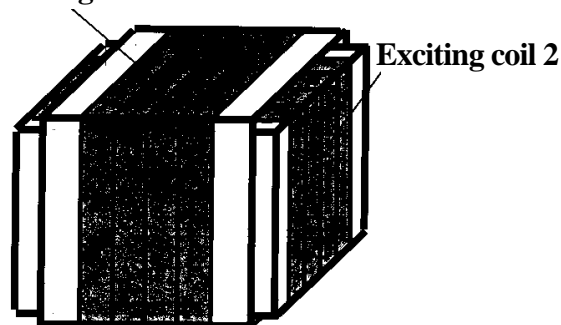


図1 回転磁界プローブの構造 (RMF probe)

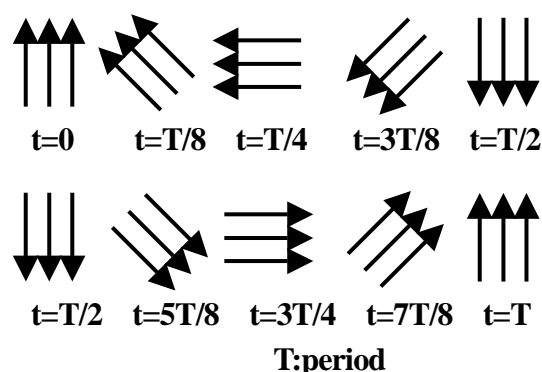


図2 励磁コイル巻線下面における回転磁界

Basic Study of Detecting Position using Rotating Magnetic Field

Kiyoshi KOYAMA and Hiroshi HOSHIKAWA

して検出コイルを鎖交する磁束の垂直成分の向きが正負対称となり検出コイルには起電力が発生しない。図中の矢印は、検出コイル面に垂直な磁束成分の大きさと向きを表す。

回転磁界プローブが  $x$  軸上を移動した場合について考える。図 5 に示すように回転磁界プローブが検出コイル中心より左側に位置すると、検出コイルに鎖交する磁束の垂直成分は負方向の磁束成分が多くなり、検出コイルに起電力が発生し負極性の信号が得られる。一方、回転磁界プローブが検出コイル中心より右側に位置すると、検出コイルに鎖交する磁束の垂直成分の正方向が多くなり、検出コイルに正極性の信号が得られる。この様に、検出コイル中心で信号が零となり左右対称の極性の異なる差動信号が得られる。次に、回転磁界プローブが  $y$  軸上を移動した場合について考える。検出コイル中心で左右極性の異なる差動信号を得るが、励磁電流に同期した回転磁界であるので、回転磁界プローブが  $x$  軸上を移動した場合とは  $90^\circ$  位相の異なる信号となる。この様に、回転磁界プローブの  $xy$  平面上の位置に応じて振

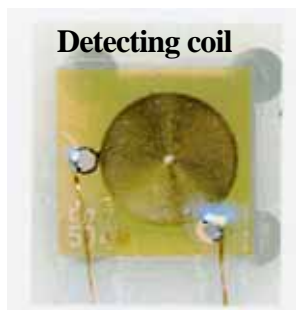


図 3 プリント検出コイル

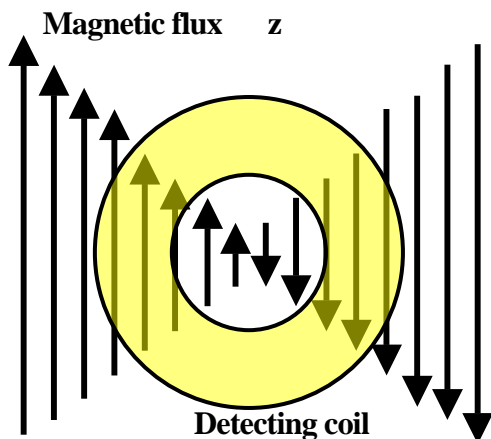


図 4 検出コイルが回転磁界中心に位置した場合

幅と位相が異なる信号が得られる。検出コイル信号の振幅と位相を観測して回転磁界プローブの位置検知が行える。

移動体に回転磁界プローブを搭載して、検出コイルを格子状に配置し検出コイルの信号より移動体の位置検知を行う場合を考える。図 6 に示すように格子状に配置した検出コイルの内、 $3 \times 3$  個の検出コイルを 1 組とした各検出コイルの信号は、回転磁界で

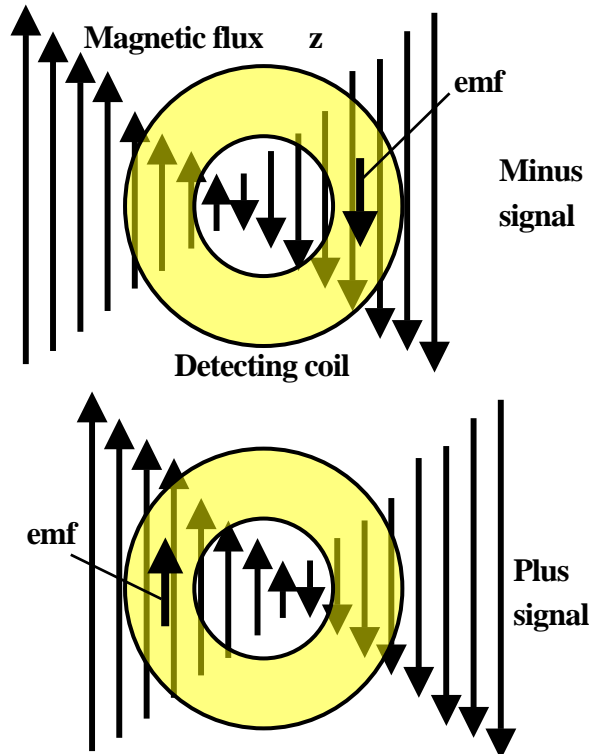


図 5 検出コイルが回転磁界中心より左右にずれて位置した場合

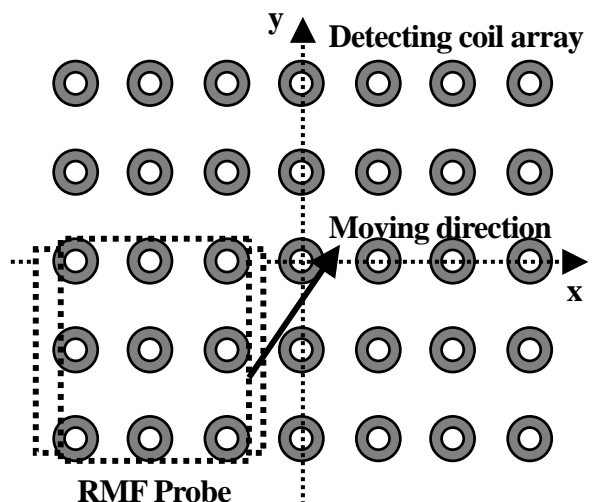


図 6 検出コイルを格子状に配置した移動体の位置検知手法

あるので図 7 のような信号がえられる。即ち、 $3 \times 3$  個の検出コイルを 1 組として図 7 の信号条件を満たす検出コイル組の位置を検索すれば概略の回転磁界プローブの位置、即ち移動体の位置が分かる。概略の位置を検知した後で対を成す検出コイルの信号から補間計算を行って位置検知を行うことを考える。

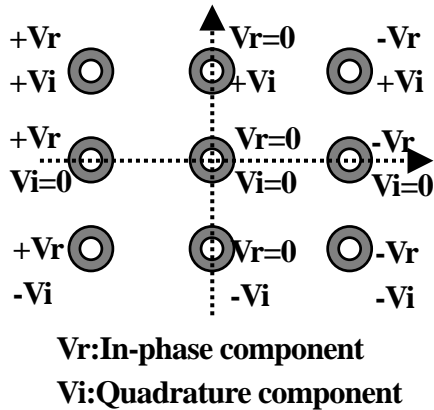


図 7 検出コイル信号の符号

### 3 . 実験方法

今回、位置検知の実験に用いた回転磁界プローブは、1 層巻きの矩形励磁コイルであり、その寸法は、幅 30mm、長さ 40mm、高さ 30mm である。また、検出コイルは、薄いプリントコイルであり、その寸法は、外径 5mm、厚さ 0.1mm である。試験周波数を 10kHz とし、プローブと検出コイルとの相対距離を 20mm 一定とした。

xy 平面の原点に検出コイルを平行に置き、2 つの励磁コイルの巻線が重なった面が xy 平面と平行と成るように移動させた。検出コイルは、磁束密度の z 成分を検出して起電力を発生する。励磁コイルが  $y=0$  で x 軸上を移動したときに得られる検出コイル信号が同相成分のみとなる様に位相の調整をはじめに行った。

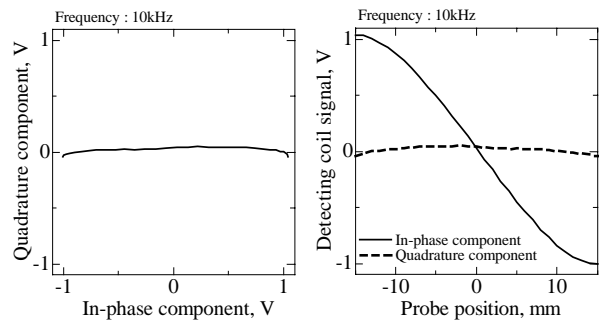
検出コイルを xy 平面の原点に置き、回転磁界プローブが -15mm から +15mm までの範囲を、x 軸を  $0^\circ$ 、y 軸を  $90^\circ$  とし、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$  方向に移動した場合の検出コイル起電力の変化を観測した。なお、励磁コイル巻線の重なった面の一辺が 30mm であるので、移動範囲を  $\pm 15$ mm とした。次に、検出コイルを格子状に配置

した場合の位置検知を模擬して、回転磁界プローブを固定して単一の検出コイルを -50mm から +50mm の範囲を 10mm 間隔で xy 方向に移動させて、位置検知の基礎的な実験を行った。 $\pm 50$ mm の範囲を 10mm 間隔としたので、検出コイルを  $11 \times 11$  個の格子状に配置したこととなる。

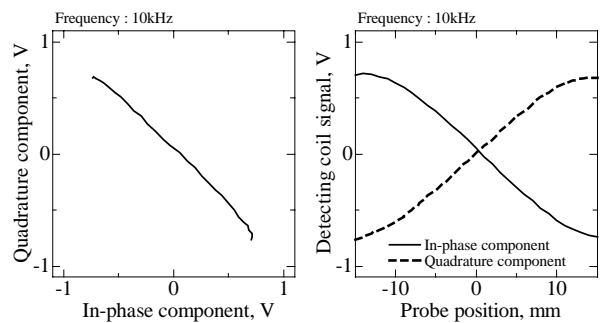
## 4 . 実験結果

### 4 . 1 プローブ位置に対する信号の変化

図 8 は、検出コイルを xy 平面の原点に置き、回転磁界プローブが移動したときの検出コイルの信号変化を示す。図(a)は  $0^\circ$  方向即ち x 軸上を移動した場合、図(b)は  $45^\circ$  方向、図(c)は  $90^\circ$  方向即ち y 軸上を移動した場合、図(d)は  $135^\circ$  方向をそれぞれ示す。図より、回転磁界プローブの位置に応じて信号の同相成分 (In-phase component) と  $90^\circ$  進相成分 (Quadrature component) が変化していることが分かる。

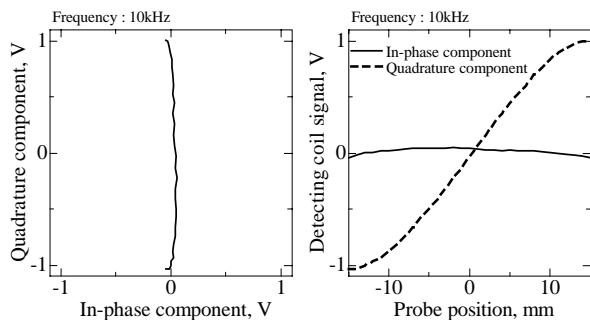


(a)  $0^\circ$  方向に移動した場合

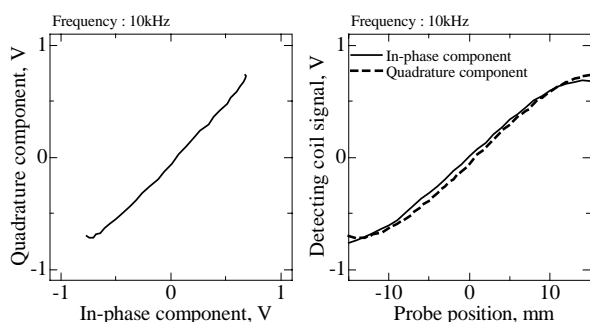


(b)  $45^\circ$  方向に移動した場合

図 8 プローブ位置に対する検出コイルの信号



(c) 90° 方向に移動した場合



(d) 135° 方向に移動した場合

図 8 プローブ位置に対する検出コイルの信号

この結果より原点を中心に xy 方向 10mm 間隔で検出コイル信号の各成分の符号について考えると図 7 が得られる。即ち、ある検出コイルを中心に前後左右斜めの 3×3 個の検出コイル信号が図 7 の条件を満たす位置に回転磁界プローブが位置していることとなる。

#### 4.2 基礎的な位置検知結果

11×11 個に格子状配置された検出コイルの内 3×3 個の検出コイルを 1 組として図 8 に示した検出信号の条件を満たしているかを検索して回転磁界プローブの位置検知を行った結果を表 1 に示す。表より、今回の条件下で概ね良好に位置検知が行えていることが分かる。

#### 5. まとめ

回転磁界プローブを用いた位置検知について検討を行い以下の知見を得た。

表 1 回転磁界プローブの位置検知結果

Probe position (mm)	Estimated position (mm)
x=0,y=0	x=0,y=0
x=5,y=5	x=0 ~ 10,y=0 ~ 10
x=10,y=10	x=10,y=10
x=-5,y=-5	x=0 ~ -10,y=0 ~ -10
x=-10,y=-10	x=-10,y=-10

- (1) 回転磁界プローブが検出コイル中心に位置したとき信号は零となり、検出コイル中心より移動すると符号の異なる差動信号が得られる。
- (2) 回転磁界であるので、差動信号の振幅と位相は、回転磁界プローブの位置に応じて異なる。
- (3) 信号の振幅と位相より回転磁界の位置検知を行える見通しを得た。
- (4) 検出コイルを格子状に複数個配置して 3×3 個の検出コイルを 1 組とし、その信号から回転磁界プローブの概略の位置検知の手法について提案した。

今回は、xy の 2 次元の位置検知についての検討であつたが、回転磁界プローブの z 方向の位置検知についての検討や格子状に配置する検出コイルの間隔の検討、回転磁界プローブの寸法の検討など今後更なる検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 徳永他「LC 共振型磁気マーカを用いた高精度位置検出システム」応用磁気学会誌、29(2)、pp.153-156 (2005)
- 2) 辻村「三次元磁界計測システムを用いたトンネル掘削装置の遠隔位置推定技術」非破壊検査、53(9)、pp.572-579 (2004)
- 3) 小山他「電磁誘導プローブによる 2 次元位置検知について」電気学会 A 部門大会講演概要集、p.221 (2005)