

長い検出コイル渦電流探傷 Θ プローブにおけるきず検出特性に関する研究

日大生産工(院) 角田 恭成
日大生産工 小山 潔・星川 洋

1. はじめに

金属の表面や表面近傍にあるきずを検出する試験法のひとつに渦電流探傷試験がある。交流電流を流したコイルを試験体に近づけると電磁誘導により金属の表面に渦電流が発生する。試験体にきずなどの欠陥がある場合、渦電流が変化しコイルの起電力が変化することによってきずの検出を行う。また、試験体に非接触かつ高速に行うことができる試験法である。

最近の渦電流探傷試験の動向としてプローブのマルチ化が求められている。マルチプローブを使用することによって、1次元の走査探傷から2次元の走査探傷へと代わり一度の走査で信頼性の高い探傷や探傷時間の短縮ができる。そこで、筆者らは試験体とコイルの相対距離が変化することによる雑音(リフトオフ雑音)を原理的に発生させないプローブ¹⁾を用い1つの長い検出コイルの中に励磁コイルを複数個配置させたのマルチ化モデルを考えた。そのモデルを念頭に、長い検出コイルのプローブ²⁾におけるきず検出特性について検討した。今回は、2次元的に探傷しプローブときずの位置が異なる場合のきず検出特性について報告する。

2. プローブの構造および探傷原理

図1にプローブの構造を示す。プローブは円形の励磁コイルと、その内側の矩形縦置ききの検出コイルから構成される。図2に長い検出コイルのプローブの構造を示す。長い検出コイルのプローブは円形の励磁コイルと、その周りに矩形縦置ききの長い検出コイルから構成される。交流電流を流した励磁コイルは試験体に渦電流を誘導し、検出コイルは巻線と平行な渦電流成分によって信号が発生する。

図3(a)に示すようにプローブにおいて試験体にきずがない場合、励磁コイルによって誘導された渦電流は円形に流れ、渦電流に変化がないため検出コイルの巻線方向に平行な渦電流成分はなく信号は発生しない。図3(b)に示すように長い検出

コイルのプローブも同様に試験体に誘導された渦電流に変化がないため、信号は発生しない。2つのプローブ共にリフトオフが変わった場合でも渦電流分布は広がるが、検出コイルの巻線方向に平行な渦電流成分はないため信号は発生しない。

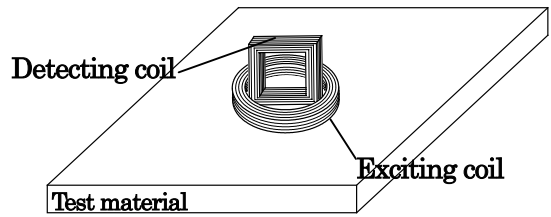


図1 プローブの構造

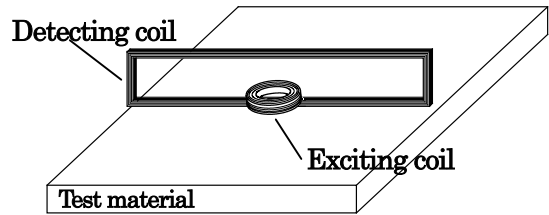


図2 長い検出コイルのプローブの構造

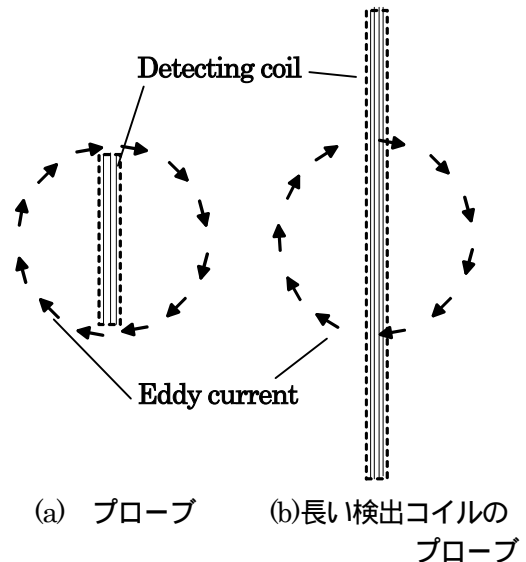
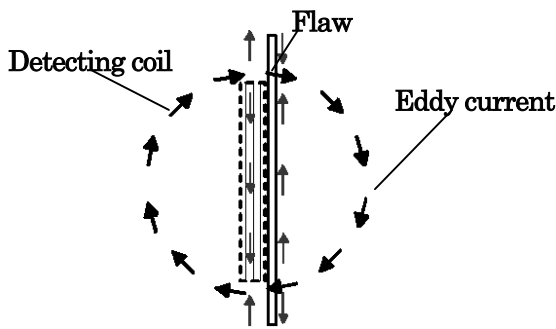


図3 渦電流の流れ

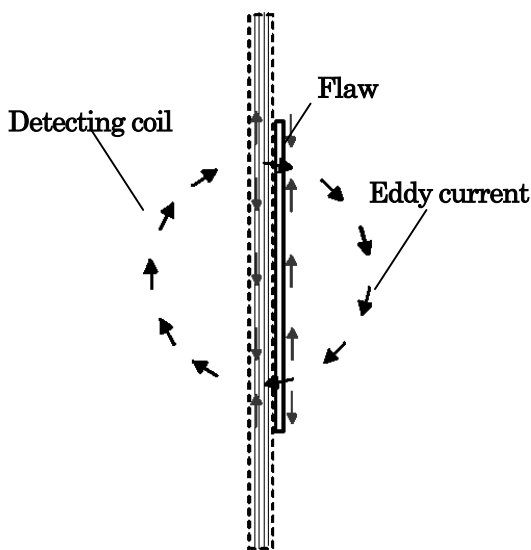
次に、検出コイルと平行なきずがある場合、渦電流はきずを避けて流れる。図4(a)に示すように、

プローブはきずを避けて流れる渦電流の検出コイルの巻線方向に平行な渦電流成分によって信号が発生する。図4(b)に示すように、長い検出コイルのプローブにおいてもきずを避けてきた検出コイルの巻線方向に平行な渦電流成分によって信号が発生する。しかし、検出コイルが長いため励磁コイル外側の方向が異なる渦電流成分によって、結果的に発生する信号は小さくなる。また、2つのプローブ共にきずが検出コイル直下に位置した場合には渦電流は互いに打ち消し合い信号は発生しない。

検出コイルに対し垂直なきずがある場合、渦電流は図5に示すようにきずを避けて流れ、プローブ、長い検出コイルのプローブ共に、きずの端で検出コイルの巻線方向に平行な渦電流成分によって信号は発生する。

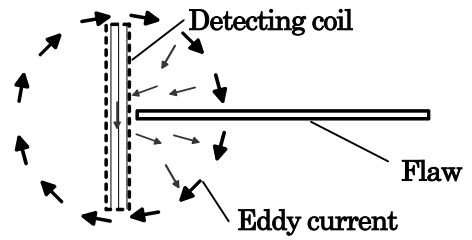


(a) プローブ

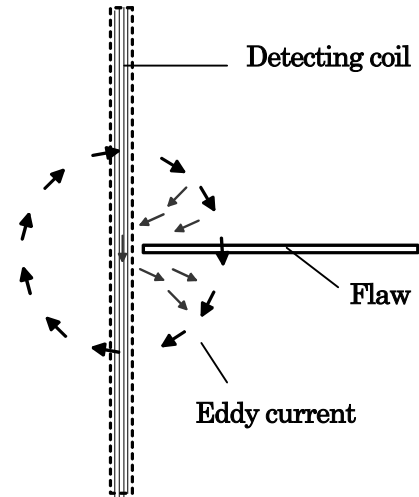


(b)長い検出コイルの プローブ

図4 検出コイルに対し平行なきずがある場合の渦電流の流れ



(a) プローブ



(b)長い検出コイルの プローブ

図5 検出コイルに対し垂直なきずがある場合の渦電流の流れ

3. 実験方法及び実験条件

プローブの寸法は励磁コイルが直径 9mm、巻線断面積 $1 \times 1\text{mm}^2$ である。検出コイルが長さ 7mm、巻線断面積 $1\text{mm} \times 1\text{mm}^2$ である。一方、長い検出コイルのプローブの寸法は、励磁コイルが直径 9mm、巻線断面積 $1.5\text{mm} \times 1.5\text{mm}^2$ であり、検出コイルが長さ 50mm、巻線断面積 $1\text{mm} \times 1\text{mm}^2$ である。

試験体は、縦 160mm、横 160mm、厚さ 1.5mm の黄銅板で、中央に放電加工によりつけられたスリット状のきずがある。

きずの長さは 15mm であり、きず深さは板厚に対して 80% である。また、きず幅は 0.5mm ある。図6には検出するためのプローブの配置と走査方向を示す。また、検出コイルに対し平行なきず、垂直なきずの2方向について探傷を行い、リフトオフは 0mm とし、試験周波数は 20kHz とした。

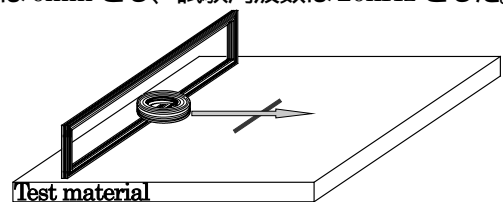


図6 プローブの走査方向

4 探傷結果

4.1 検出コイルに対し平行なきずの探傷結果

図7にプローブと長い検出コイルのプローブを用いて検出コイルに対し平行なきずの中央を走査した場合の信号パターンを示す。プローブは細長の8字パターンとなっているのに対し長い検出コイルのプローブは膨らんだ8字パターンとなっていることがわかる。続いて、きずが中央からずれた場合について検討するため、2次元的な探傷をし、3次元表示したものを図8に示す。図8(a)に示すようにプローブの場合、きずの中央付近で大きな信号が得られていることがわかる。図8(b)に示すように長い検出コイルのプローブにおいてもきずの周辺で信号が発生していることがわかる。図9(a)にはプローブにおいて信号が最大となる $x=-1.5\text{mm}$ の位置でy軸に対し平行となるように取り出した信号の実数成分を示す。この図からプローブときずが7mmから10mmほど離れた場合に、急に信号が小さくなっていることが確認された。図9(b)は長い検出コイルのプローブにおいて信号が最大となる $x=1.5\text{mm}$ の位置のy軸に対する信号を表している。プローブときずが離れるに従って徐々に信号が小さくなっていることが確認された。

4.2 検出コイルに対し垂直なきずの探傷結果

図10にプローブと長い検出コイルのプローブを用いて検出コイルに対し垂直なきずの中央を走査した場合の信号パターンを示す。信号の大きさに違いはあるが信号パターンの形が似ていることがわかる。図11(a)にプローブを用い2次元探傷した結果を示す。きずの端の方で信号が発生していることが確認できた。図11(b)には長い検出コイルのプローブを用い2次元探傷を行った結果を示す。同様にプローブがきずの端に位置した場合で信号が発生していることがわかる。

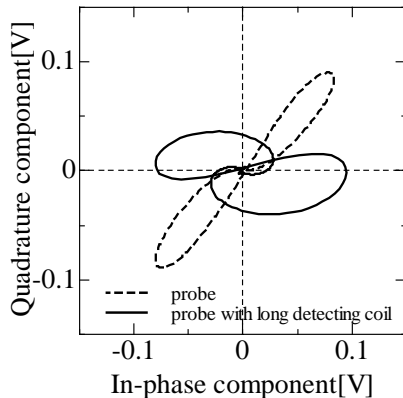
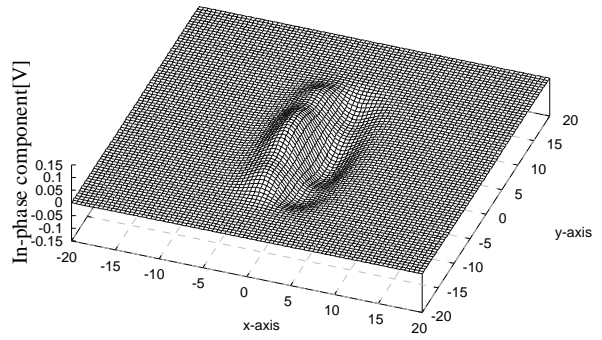
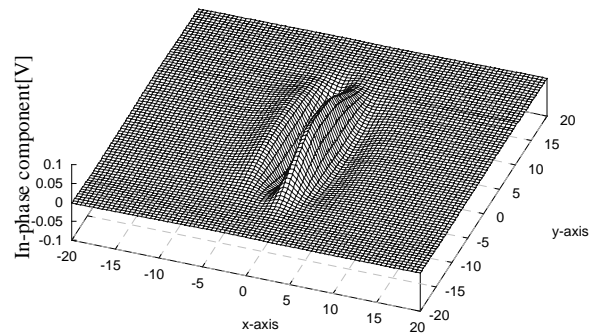


図7 探傷信号パターン

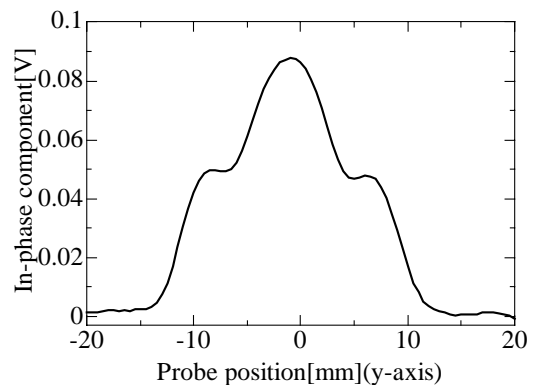


(a) プローブの場合

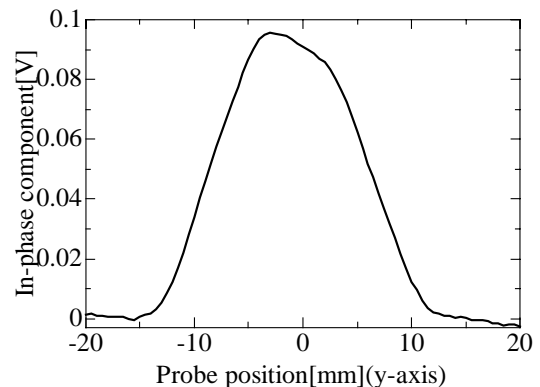


(b) 長い検出コイルのプローブの場合

図8 検出コイルに対し平行なきずの2次元走査結果



(a) プローブの場合($x=-1.5\text{mm}$)



(b) 長い検出コイルのプローブの場合($x=1.5\text{mm}$)

図9 y軸方向に見た信号波形

図 12(a)には プロープにおいて信号が最大となる $x=9.5\text{mm}$ での y 軸に対する信号の実数成分を示す。この結果から プロープはきずの中央を走査した場合に最も信号が大きくなり、プロープときずが 5mm 程度離れた場合まで探傷可能であることが確認された。図 12(b)は長い検出コイルのプロープにおいて信号が最大となる $x=7.5\text{mm}$ での y 軸に対する信号の実数成分を示す。プロープときずが 7mm ほど離れた位置において信号が発生することが確認できた。

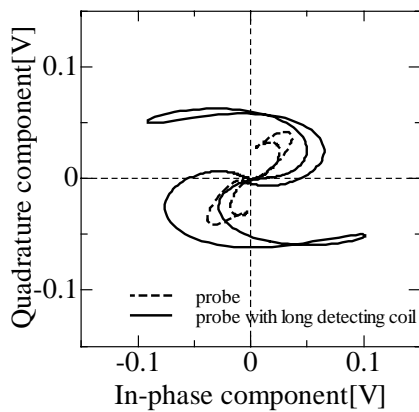
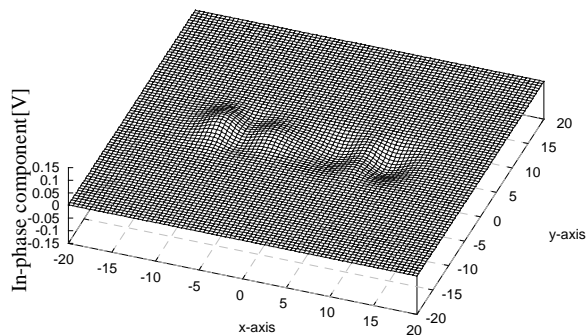
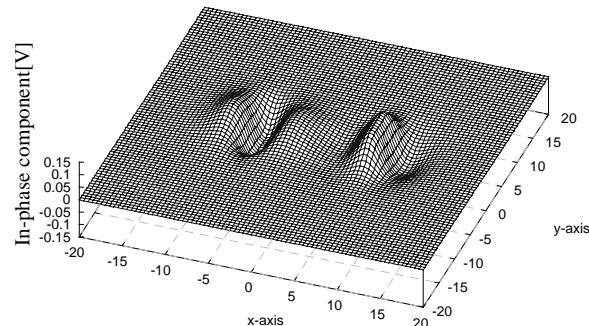


図 14 探傷信号パターン

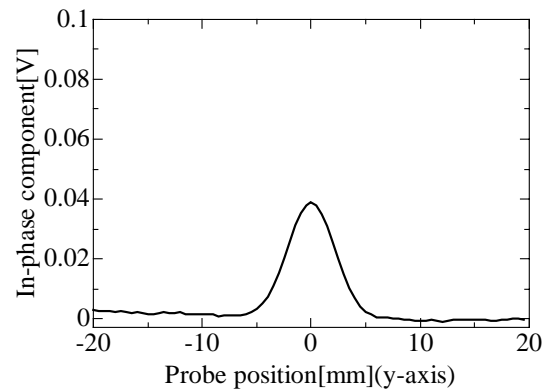


(a) プロープの場合

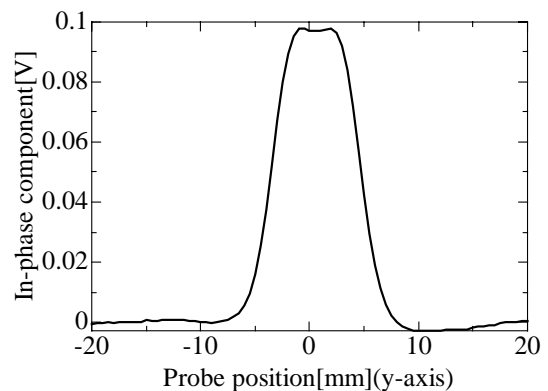


(b) 長い検出コイルの プロープの場合

図 7 検出コイルに対し垂直なきずの 2次元走査結果



(a) プロープの場合($x=9.5\text{mm}$)



(b) 長い検出コイルの プロープの場合 ($x=7.5\text{mm}$)

図 9 y 軸方向に見た信号波形

5. まとめ

長い検出コイルの プロープについて、プロープときずの位置が異なる場合のきず検出特性をプロープと比較検討した。その結果、検出コイルに対し平行なきずの検出では長い検出コイルのプロープは急な信号の減衰がないことがわかった。また、検出コイルに対し垂直なきずでは プロープに比べ約 2mm 広く検出できることが確認された。

これらのことから、長い検出コイルの プロープはマルチ化に有用である可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 柄澤、小山、星川：リフトオフ雑音が発生しない渦流探傷用新型上置プロープに関する研究 非破壊検査第 50 巻 11 号 pp736-742(2001)
- 2) 星川、小山、角田：渦流探傷 プロープのきず検出性能に関する基礎的研究 第 8 回表面探傷シンポジウム講演論文集 pp47-52(2004)