

## 周波数帯を分割した

## サーチコイルの磁界感度改善方法の検討

山家 陽平（金沢大学）・尾崎 光紀（金沢大学）・八木谷 聡（金沢大学）

## 1. 背景・目的

宇宙プラズマによる商用衛星の影響を評価するために、宇宙空間の電磁波環境を詳細に調査及び解明する必要がある。私たちは磁界に焦点を絞り、宇宙プラズマ波動を観測するためにプリアンプを備えたサーチコイル磁力計を開発している。サーチコイルの性能を示す指標の一つに磁界感度があり、磁界感度はその値が小さいほど微弱なプラズマ波動を検出することができるようになる。また、磁界感度の値はサーチコイルとプリアンプより発生する雑音と密接に関係しており、雑音の値を小さくすることが磁界感度の改善に大きな影響を与える。本研究では、2章で説明するサーチコイルとプリアンプの接続方法を基に、1 Hz～10 kHzを対象として磁界感度の改善を試みる。

## 2. 磁界感度改善手法の検討

図1にハイブリッド型サーチコイルのモデル図を示す。また、図1において赤枠部分を接続方法A、青枠部分を接続方法Bとする。ハイブリッド型サーチコイルとは、1つの磁性体コアの周りにn回巻コイル（nは自然数）を巻き付けたサーチコイルの出力信号を1つのプリアンプで増幅する接続方法Aとm回巻（mは自然数）毎に各出力信号をn/m個（n/mは自然数）のプリアンプで増幅させて加算出力させる接続方法Bを並列接続したものを指す。先行研究より、1 Hz～100 Hzの周波数帯では接続方法A、100 Hz～10 kHzでは接続方法Bで磁界感度の優位性が確認できた。そこで、接続方法Aの出力先では1 Hz～100 Hzの信号のみを採用するためにLPFを、接続方法Bの出力先では100 Hz～10 kHzの信号のみを採用するためにBPFを加えることで双方の利点を生かすことができると考えた。今回は、ハイブリッド型のフィルタ処理を施さずに接続方法Aと接続方法Bに対する各出力信号の磁界感度の測定及び比較を行うこととする。

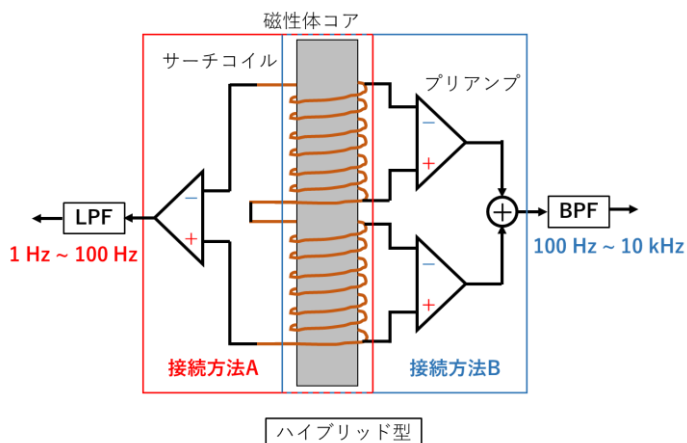


図1：ハイブリッド型サーチコイルのモデル図

## 3. 測定結果と考察

1 Hz～100 Hzと100 Hz～10 kHzにおける任意の周波数での磁界感度の値について、それぞれ接続方法Aと接続方法B、ハイブリッド型サーチコイルの各出力先で比較を行った。今回の測定では、接続方法Aは12,000回巻コイル2つの直列接続、接続方法Bは2個のプリアンプで12,000回巻コイルの各出力信号を増幅する接続とした。測定結果をまとめたものを表1に示す。10 Hzでのハイブリッド型の磁界感度は $403 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、接続方法Aの磁界感度は $472 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ であり、ハイブリッド型は接続方法Aよりも1.36 dB小さい値を示した。また、2.5 kHzでのハイブリッド型の磁界感度は $38.5 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、測定方法Bの磁界感度は $19.0 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ であり、ハイブリッド型は接続方法Bよりも6.15 dB大きい値を示した。測定結果より、ハイブリッド型の磁界感度は1 Hz～100 Hzにおいて接続方法Aと同様な特性を示したが、100 Hz～10 kHzにおいては接続方法Bとは異なった特性を示すことが確認された。これは、接続方法Bにおいて発生していたインダクタンスの相互誘導作用が接続方法Aを並列に接続することで結合係数が大きくなることが原因と考えられる。二つのコイルを和動接続した際に、結合係数が大きくなればなるほど合成インダクタンスの値は大きくなるので、接続方法Bよりもハイブリッド型サーチコイルの磁界感度が悪化したと推測される。

表1：測定結果

|  | 10 Hz | 2.5 kHz |
|--|-------|---------|
| 接続方法A ( $\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ )   | 472   |         |
| 接続方法B ( $\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ )   |       | 19.0    |
| ハイブリッド型 ( $\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) | 403   | 38.5    |
| 磁界感度の比率 (dB)                             | -1.36 | +6.15   |

## 4. まとめと今後の課題

本研究で提案したハイブリッド型サーチコイルは、1 Hz～100 Hzでは接続方法Aと同様な磁界感度の傾向を示していたが、100 Hz～10 kHzにおいては接続方法Bよりも磁界感度の性能が劣ってしまうことが判明した。これは、インダクタンス同士の相互誘導作用の働きがなくなったことが原因と推測される。

今後の課題として、100 Hz以上の周波数帯でインダクタンスの相互誘導作用を有効にするために、コイルの直列接続部分にコンデンサを挿入することが考えられる。ただし、カットオフ周波数の影響を考慮するため、フィードバック回路を用いるなどの対策を講じて雑音を低減させなくてはならない。