



防衛装備庁



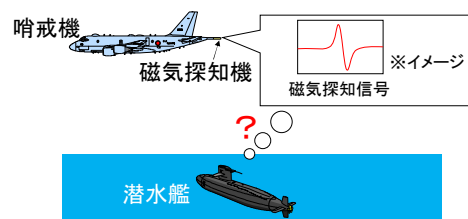
ドローンを使った上空からの磁気計測(1/2)

防衛装備庁 艦艇装備研究所 川崎支所 電磁気研究室

背景・目的

潜水艦が哨戒機による磁気探知を回避するためには、上空の磁気を管理することが重要である。

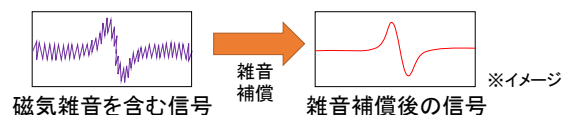
そこで、ドローンにより上空の磁気を簡易に計測する技術を獲得することを目的として研究を実施する。



上空磁気計測の技術的課題

○磁気雑音の補償技術（技術解説参照）

- (1) ドローンから発せられる磁気雑音(**ドローン磁気雑音**)の補償
- (2) 地磁気の変動に起因する磁気雑音(**環境磁気雑音**)の補償
- (3) 海底から発せられる磁気雑音(**背景磁気雑音**)の補償
- (4) ドローン・磁気センサの動揺に起因する磁気雑音(**動揺磁気雑音**)の補償



技術的課題解決への取組

ドローン磁気雑音の補償

- (1) ドローンの機体から発生する磁気雑音は目標(潜水艦)の磁気信号に対して比較的高周波であるため、**フィルター処理**を行うことで**ドローン磁気雑音**を補償する。

環境磁気雑音の補償

- (2) 目標を計測する磁気センサとは別に、**環境磁気雑音**のみを計測する磁気センサを使用し、目標の磁気計測結果から**環境磁気雑音を減ずる**ことによって補償する。

背景磁気雑音の補償

- (3) 計測海面において、目標がない状況下で磁気計測を行い、海底から発せられる磁気雑音(**背景磁気雑音**)を計測しておく。その後、目標の磁気計測を行い、その結果から**背景磁気雑音を減ずる**ことによって補償する。

動揺磁気雑音の補償

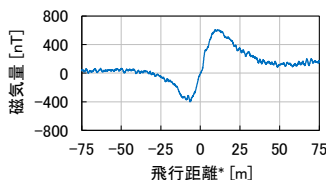
- (4) ドローンのジャイロセンサ等で磁気センサの**動揺を計測し**、**動揺磁気雑音**を補償する。

磁気雑音補償の試験

艦艇装備研究所大瀬実験所(静岡県沼津市)周辺海域において、民間船舶を対象に、ドローンが上空を飛行して磁気計測を実施。その結果に**磁気雑音補償**を適用したことにより、**磁気信号を精緻に抽出**することに成功。



ドローンと計測対象船舶

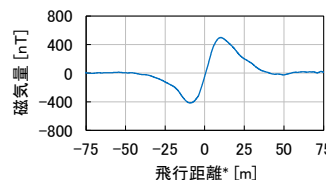


船舶直上での計測結果
(磁気雑音補償前)

*船舶の真上を基準(0m)としたドローンの飛行距離

磁気雑音補償

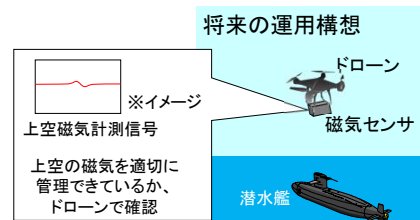
- 現時点では
- (1)**ドローン磁気雑音補償**
 - (2)**環境磁気雑音補償**
- のみ実装



船舶直上での計測結果
(磁気雑音補償後)

まとめ・今後の展望

- ドローン磁気雑音補償技術、環境磁気雑音補償技術を確立した。
- 今年度、背景磁気雑音補償技術、動揺磁気雑音補償技術について、海上試験でデータを取得し、解析を行って実装を進める。
- 今後は、海上自衛隊磁気測定所等で装備化し、潜水艦上空の磁気管理に貢献することを目指す。





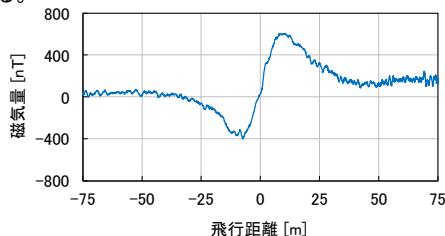
ドローンを使った上空からの磁気計測(2/2)

防衛装備庁 艦艇装備研究所 川崎支所 電磁気研究室

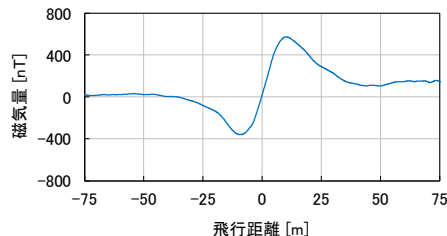
～技術解説～

ドローン磁気雑音の補償

ドローンの機体からの磁気雑音は目標に対して比較的高周波の成分として計測されるため、高周波成分を除去するフィルター処理で磁気雑音を補償することができる。



フィルター処理



環境磁気雑音の補償

環境磁気雑音は常に変動しており、精緻な磁気計測のためにはそれを補償することが重要である。

環境磁気雑音を補償する方法の一つは、計測に用いる磁気センサとは別に補償用の磁気センサを用いることである。

補償用の磁気センサは、計測用の磁気センサより目標から遠く、しかし環境磁気雑音が同一の地点に置く必要がある。

このように配置すると、目標の磁気 H は計測用の磁気センサのみで計測され、環境磁気雑音 H_e は計測用の磁気センサと補償用の磁気センサ両方で計測される。

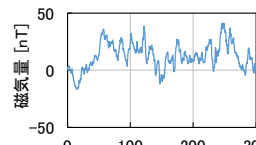
計測用の磁気センサの信号 $H_m = H + H_e$

補償用の磁気センサの信号 $H_c = H_e$

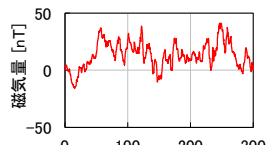
この差分を取ることで、環境磁気雑音を補償して目標の信号を抽出することができる。

$$H = H_m - H_c$$

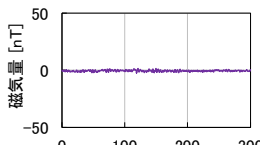
陸上での試験結果



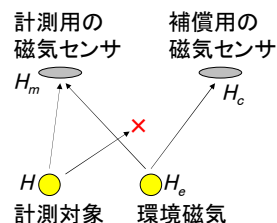
計測用の磁気センサで
計測した環境磁気の変動



補償用の磁気センサで
計測した環境磁気の変動



計測用の磁気センサと
補償用の磁気センサの差



背景磁気雑音の補償

海底の地質に起因するものなど時間によって変動しない磁気信号を背景磁気雑音と呼ぶ。

これを補償するためには、目標がない状況で計測エリアの背景磁気雑音(磁気マップ)を計測しておき、その後、目標の計測を行って、それらの差分を取るという方法がある。

目標計測時の磁気信号 H_m

$$H_m = H + H_b$$

H : 目標の磁気信号

H_b : 地質などに起因する背景磁気雑音

目標がないときの磁気信号 H_m'

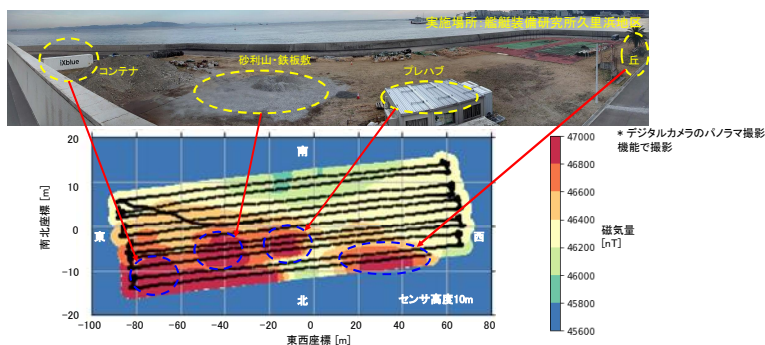
$$H_m' = H_b$$

これらの差分を取って

$$H = H_m - H_m'$$

となり、背景磁気雑音を補償して目標の信号を抽出することができる。

陸上での試験結果



艦艇装備研究所久里浜地区で計測した磁気マップ

動揺磁気雑音の補償

磁気センサが動揺すると、動揺の角度に応じて磁気センサ出力が変動する。

たとえば磁気センサがピッチ角 θ 動揺するとき、真の H_x と計測される H_x' 、 H_z' の間には次のような関係がある。

$$H_x = H_x' \cos \theta + H_z' \sin \theta$$

このように回転角を用いて計測値から真の値を求めなければならない。

このとき、ジャイロセンサの出力(角速度 ω)を積分して角度を求めることができる。

$$\theta = \int \omega dt$$

