海中の UEP 雑音に関する考察

草 田 健太郎*

Consideration of Underwater Electric Potential Noises in the Sea

Kentaro KUSADA*

It is well known that corrosion of a ship body makes UEP (underwater electric potential) generate around the ship. UEP can be measured by a pair of two electrodes. We use UEP signals to detect naval vessels; however, UEP noises in the sea disturb precise detection. Therefore we investigate UEP noises using with two systems which have several UEP sensors.

Key Words: underwater electric potential, motional induced electric field, geomagnetism, electrode

1. はじめに

艦船は複数の異種金属により建造されているため、電気化学的に貴な金属をカソード、卑な金属をアノードとしてガルバニック腐食を起こすことはよく知られている。近年、諸外国においては、そのガルバニック腐食が船体の強度を低下させるだけでなく、腐食により海水中に作り出された電界が艦艇の探知のための信号源として利用されてきている。実際に水中の電界の測定は不可能であるため、2つの銀/塩化銀電極を1対とした電位差計を使用し、測定された電位差をその電極間隔で除算することで電界測定としている。よって、実際には電位差を測定することから、UEP (underwater electric potential) という略語が使用され、電位差測定に使用した1対の電極のことをUEPセンサ、1つの電極のことをUEPセンサ素子と呼んでいる。

海水中に存在しているUEPが艦船の腐食によって作り出されているものだけでなく、かなり遠方まで艦船の探知が可能である。しかしながら、海水中には、種々のUEP雑音が存在しており、それら雑音の低減もしくは補償を行わなければ実用的な探知距離は得られない。本論文では、私たちが研究試作した2種類のUEPセンサシステムを使用し、実海域での雑音測定を行なった結果より、海水中に存在する種々のUEP雑音の種類とその大きさを調査した結果について説明する。

2. 研究試作した UEP センサシステム

私たちの研究室では、平成11年から今までの間に2つのUEPセンサシステムを研究試作した。1つは、海底敷設型のセンサシステムであり、敷設および揚収には時間がかかるが、UEPセンサの電極間隔を長く取ることが可能という利点を

Fig. 1 UEP sensors equipped on the seabed (Seabed Type)

Fig. 2 UEP sensor buoy (Buoy Type)

もつ。これは、電極の間隔が長いほど、同じ電流源の作り出す電位でも、電位差を大きく測定できるためである。

もう1つは、ブイ吊下型であり、電極間隔を長くできないが、3軸のUEPセンサとして水中電界の計測ができることとセンサを容易に運用できる利点をもつ。

2.1 海底敷設型 UEP センサシステム

Fig. 1に海底敷設型UEPセンサシステムの概観を示す。伝送ケーブルに複数の電極が設置されており、その間隔が最大で32mである。

2.2 ブイ吊下型 UEP センサシステム

Fig. 2にブイ吊下型UEPセンサシステムの概観を示す。Fig. 2に示したX, Y, Z方向の水中電界を計測するためのUEPセンサはそれぞれ電極の間隔を4mとしている。

3. UEP 雑音分類

海水中に存在するUEP雑音は、人工UEP雑音 (Artificial

* 防衛省技術研究本部艦艇装備研究所川崎支所
川崎市宮前区菅生ヶ丘 10-1

* The Kawasaki branch, The Naval Systems Research Center, the Technical Research and Development Institute, the Ministry of Defense Japan, 10-1 Sugaogaoka, Miyamae-ku, Kawasaki
(Revised February 22, 2008)

Table 1 Quantities of each noise measured by each UEP sensor

UEP noises	Seabed Type	Buoy Type
Artificial	Fair	Fair
Terrestrial magnetic induced	Fair	Fair
Motional induced	Little	Much
Fluctuation	Nothing	Much

UEP noise), 地磁気誘導 UEP 雑音 (Terrestrial magnetic induced UEP noise), 海水運動 UEP 雑音 (Motional induced UEP noise) の 3 つに大別される。

まず, 人工 UEP 雑音は沿岸近くにある工場や電線などの人工構造物が原因で, 海水中に発生した UEP である。この UEP は近くに人工構造物があるかないか, または, 同じ海域であっても日中と夜中で大きさが異なってくる。

つぎに地磁気誘導 UEP 雑音は地球磁界の変動 (地磁気雑音) が原因で海水中に発生する UEP である。海水は導体であるため, 海水を貫く地磁気変動することで, 誘導起電力が発生し, 海水中に電流が流れ UEP を発生させてしまう。

最後に, 海水運動 UEP 雑音は, 地磁気中を導体である海水が運動することにより発生する UEP である。これは, 地磁気誘導 UEP 雑音とは逆に, その磁界中を導体である海水が運動することで誘導起電力が発生し, 海水中に電流が流れるためにこの UEP が発生する。

また, 海水中に存在する UEP 雑音ではないが, 潮流や波浪によるセンサ自体の動揺によって, 見かけ上雑音として測定されてしまう動揺雑音 (Fluctuation Noise) がある。これは, UEP センサが 2 つの電極を設置した方向の電位差を測定するセンサであるため, その軸方向が動揺によりぶれてしまうことで生じる測定誤差のようなものであり, 実際は UEP 雑音ではない。しかし, 艦船の腐食により発生する水中電界の正確な測定を妨げるものとして, ここでは雑音の 1 つとして扱うことにする。

私たちが研究試作した UEP センサシステムとそれらで計測される UEP 雑音量の関係を **Table 1** に示す。ブイ吊下型は波浪や潮流といった海水の影響を受けやすいため, 動揺雑音や海水運動 UEP 雑音の影響を受けやすい。

ここで, 4 つの雑音を, 人工 UEP 雑音および地磁気誘導 UEP 雑音 (**Table 1** の白地の部分) と, 海水運動 UEP 雑音および動揺雑音 (**Table 1** の灰色の部分) にグループ分けする。前者 (**Table 1** の白地の部分) は, 両センサシステムで測定され, 測定した場所と時間帯が同じであれば, 同じ大きさであると推測される。後者 (**Table 1** の灰色の部分) は, ブイ吊下型のみで測定されるため, 同海域, 同時時間帯に 2 つのセンサシステムで測定された雑音の比較をすることで, 前者と後者の雑音グループの大きさを定量的に比較できる。

4. UEP 雑音の比較

Table 2 に, 2 つのセンサシステムを用いて 2 箇所の海域

Table 2 Comparison of horizontal UEP noises measured in sea areas

Noises	Suruga Gulf	Tsushima Strait
Seabed Type (a)	4.1 $\mu\text{V}/\text{m}$	0.7 $\mu\text{V}/\text{m}$
Buoy Type (b)	16.9 $\mu\text{V}/\text{m}$	21.8 $\mu\text{V}/\text{m}$
Ratio of a/(b - a)	0.32	0.03

での雑音を測定した結果を示す。海底敷設型のセンサシステムは水平方向の UEP しか測定できないため, ブイ吊下型の UEP センサシステムも水平方向 (X, Y 方向) の測定結果を比較のため使用する。**Table 2** の 3 段目は, 2 つの雑音グループの大きさを比べたもので, 両海域ともブイ吊下型のみで測定される雑音グループ (**Table 1** の灰色の部分) のほうが大きいことがわかった。これは, 人工構造物や地磁気の変動により発生する UEP よりも, 潮流や波浪といった海水の運動により発生する UEP やセンサの動揺による見かけ上の雑音のほうが雑音源として支配的であるといえる。

5. ま と め

艦船から発生する UEP により探知を行なう際には, 海域に存在する種々の雑音の影響を受けにくいシステムとする必要がある。本論文の雑音比較では, 海底に UEP センサのある敷設型のセンサシステムのほうが探知範囲は広いと思われる。

しかし, 吊下型のセンサシステムも改良を加えることで雑音の低減が可能であると思われる。諸外国の例として, Sanford¹⁾ は, 海水中に漂うフロート型の 3 軸のセンサシステムを製作している。これは, センサが海水中に漂うことで海水とセンサの相対速度が低減でき, 潮流がセンサシステム周辺を通過する際に発生する乱流による海水運動 UEP 雑音を低減できる。本研究のブイ吊下型センサシステムは, ブイから 16 m 下に 3 軸の UEP センサがあり, 波浪による海水の運動で生じる海水運動 UEP 雑音の影響を受けていたと思われる。この対処法として, センサ深度を現状 (深度 16 m) よりも下げ, 波浪や潮流の少ない深度にセンサを吊下する方法が有効であると考えられる。センサ深度を下げる事で被探知艦船からの直距離が長くなり, 検出する信号が小さくなるが, 雑音を低減できるため SN 比を向上できるとと思われる。

今後はブイ吊下型 UEP センサシステムの内部に設置した角度センサ, 加速度センサ, 流速計などを用いて, どのような運動が雑音を大きくする主要因なのか解析し, それらの運動計測データによる雑音補償処理が可能か調査を進める予定である。

参 考 文 献

- 1) Thomas B. Sanford: Ambient Oceanic Electric Fields Observed from a Lagrangian Float, MARELEC 2004 Conference Proceeding (2004)