

# 深深度用カーディオイド受波器

望月 翼

JAMSTEC(海洋研究開発機構)では、海底資源研究・探査に活用するべく深海プラットフォームとして2010年度後半から3機の自立型無人探査機(AUV)の開発を行ってきた。この3台のうち「ゆめいるか」と「じんべい」は、海中を航行してデータを集める巡航型AUVである。「おとひめ」は、限られた範囲で海底面数mまで接近し写真が撮れるAUVである。

この3台の自立型無人探査機は、有線やリモコン操作が不要な自立型で3,000mまで潜ることができる。この自立型無人探査機の位置測定のために装備するカーディオイド指向性受波器の深深度化が求められた。

本開発で、従来技術の有効性の確認、今後要求される深深度化・広帯域化、さらに信号処理のデジタル化に対処するための基礎が得られたと考えている。

## カーディオイド受波器の概要

自立型無人探査機の位置測定のために装備するカーディオイド指向性受波器は、探査機の下部(底部)に装備し、探査機音響機器の影響を避けるために、受波器後方(探査機本体側)の感度は十分に落とされていることが要求された。

指向性の実現方法を以下に示す。正面を0とした音源の角度を $\theta$ ラジアン、感度を $r$ とすると、

- 無指向性(全指向性)は  $r = 1$
- 8の字指向性(双指向性)は  $r = \cos \theta$
- カーディオイド指向性は  $r = (1 + \cos \theta) / 2$

と表される。ここから判る通り、カーディオイド指向性は、無指向性と8の字指向性を加算したものである。

実際の実現方法としては、2つの無指向性受波器を用い、2つを加算したものを無指向性、2つを減算したものを8の字指向性とし、この2つをレベル整合した後加算してカーディオイド特性を形成する(図1)。

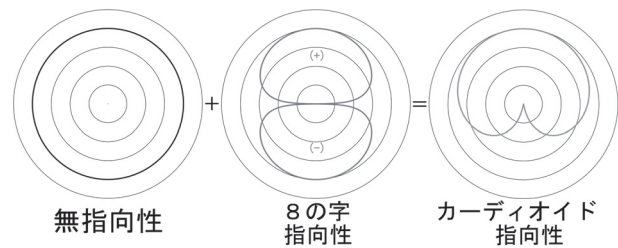


図1 カーディオイド指向性の形成

## 従来受波器でのカーディオイド指向性

従来受波器OST2310で、2つの無指向性受波器を用い、2つを加算したものを無指向性、2つを減算したものを8の字指向性とし、この2つをレベル整合した後加算してカーディオイド特性を形成する。受波性能、指向性特性を(表1)(図2)に示す。

表1 受波性能

(1)使用周波数範囲	100Hz ~ 20kHz
(2)受波感度	-185dB re.1V/ $\mu$ Pa 以上
(3)水平指向性	無指向性 偏差 3dB 以下 ( $\leq 20$ kHz)

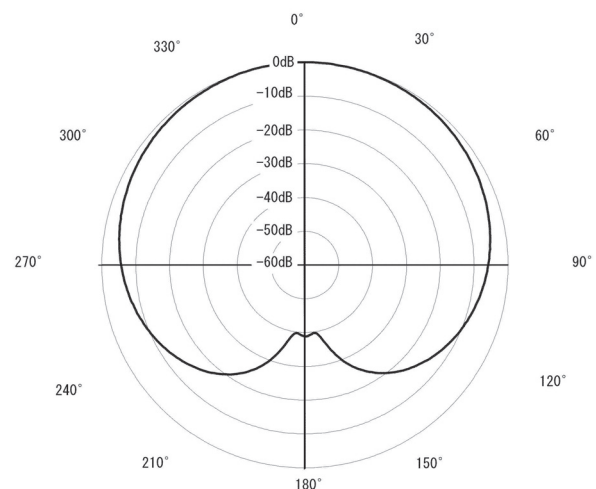


図2 OST2310 受波器 カーディオイド指向性

## 製品紹介

今回開発した深深度用カーディオイド受波器は、上記従来受波器OST2310と比較し、深度3,000mの使用に機械的に耐える強度、深度3,000mで20kHzまでの平坦な周波数特性、深度3,000mでの十分なレベル整合、位相整合の3点において克服すべき難しさがあつた。

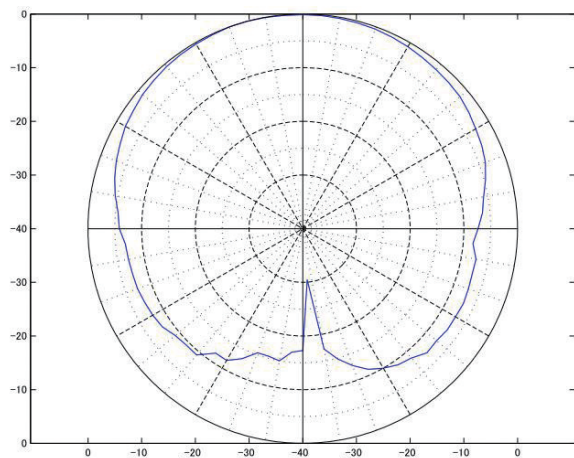
本製品は以上3点の深深度化の難しさを克服し、従来品にない耐水圧性能を持った小型軽量のカーディオイド受波器である(写真1)。

他の音響機器の影響を低減できる点、また小型軽量である点は、小型化が進む無人探査機においては非常に有利な性能である。

(表2)(図3)にその性能をまとめる。

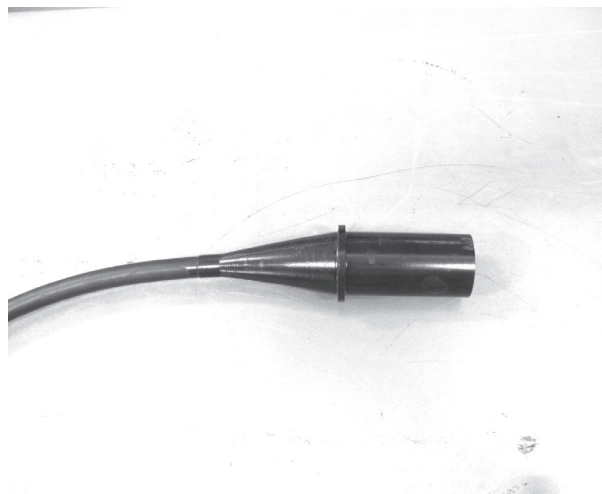
表2

寸法	φ46mm×162mm (ヘッドアンプを含まない)
質量	0.7kg 以下 (水中重量: 0.4kg 以下)
使用周波数	13.5kHz ~ 16.5kHz
受波感度	各 CH210dB (re. 1V/μPa) (13.5kHz ~ 16.5kHz において)
水平指向性	無指向性 (偏差 6dB 以内)
カーディオイド指向性	FBR=15dB 以上 (15kHz において)
最大使用水深	3,000m



周波数: 15.0kHz

図3 製品カーディオイド指向性



深深度用カーディオイド受波器

写真1 製品外観

## 今後の展望

今回は13.5kHz~16.5kHzという周波数において使用されるため、その周波数に合わせた試作・設計を行った。しかしカーディオイド指向性受波器はその特徴的な特性より様々な用途への応用が期待される。そのため、異なる周波数帯域や、更に広い周波数帯域で特性の得られることが求められる。

深深度化にあたり限られた周波数帯域のみの特性を得ることで大変苦労したが、今後は広い周波数帯域に対応する深深度用カーディオイド受波器となる様、更なる工夫をしたい。また、従来アナログ処理によりカーディオイド処理を行っていたが、今回はデジタル信号を用いカーディオイド処理を行うことに成功した。この信号処理のデジタル化は、無人探査機をはじめノイズ環境の厳しい場所での使用に有利であり、今後も更に需要拡大していくと考えられる。更なる深深度化・広帯域化及び信号処理のデジタル化で、応用分野を拡大していきたい。◆◆

## 参考文献

1) 海洋研究開発機構広報誌: 次世代深海探査技術の開発について、JMSTECニュース「なつしま」、通巻263号、90ページ、他

## 筆者紹介

望月翼: Tsubasa Mochizuki. 株式会社オキシテック 技術1部開発課