

サザンプトン海洋研究所への訪問と ヨーロッパ水中音響学会に参加して

正員 志村 拓也*

1 はじめに

平成16年7月上旬に、本学会の若手活性化事業にかかる海外派遣により、英国サザンプトン海洋研究所 (Southampton Oceanography Center : SOC) の、Griffith教授の研究グループを訪問し、また、オランダのデルフトで開催されたヨーロッパ水中音響学会 (7th European Conference on Underwater Acoustics : ECUA2004) に参加、研究発表を行わせていただいた。

筆者は現在、位相共役波を利用した水中音響技術の研究を行っている。SOCを訪問し、また、ECUA2004に参加して、そうした水中音響技術の研究動向を調査し、また、海外の研究者と議論を行うことができたので、以下に報告する。

2 SOC Griffith研究室訪問

前述のように筆者は、位相共役波による水中音響技術の研究を行っており¹⁾²⁾、そのApplicationの第1として、位相共役波を用いることで水平方向の長距離音響通信を実現することを目標としている。JAMSTECでは、現在、「うらしま」というAUVが開発され、その2号機は、北極海の海水下を長距離航走し、これまでに行われたことのない調査観測を担うことが期待されている。このAUVとの長距離通信を位相共役波によって実現することを目指している。

Griffith教授のグループはAutosubと名付けたAUVを開発し、北極海周辺やグリーンランドの棚氷下の調査観測を進めている。今回の訪問では、極域でのAUVのオペレーションや、その際の音響機器の使用について、互いの研究成果をプレゼンし、意見交換等を行った。

Griffith教授の方からは、まず、Autosubの雑音計測³⁾について説明をしていただいた。Autosubは水産資源量調査にも使用されているが、その放射雑音が大きければ対象の魚群が逃げてしまう。この雑音計測はプリマスの沖でハイドロフォンを係留し、Autosubにその近傍を航行させて

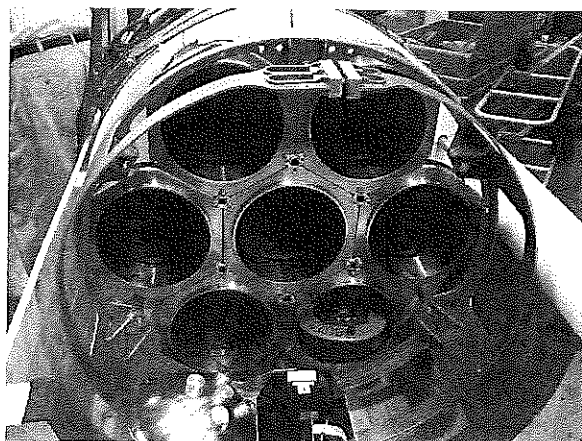


写真1 Autosub中央部に配置されている耐圧容器

行われた。その結果、Autosubは非常に静粛で、既存の海洋調査船よりも放射雑音が非常に低いという結果が得られていた。また、これまでにニシンの群れに7mまで接近したことがあるとのことであった。

次に、Griffith教授らが米国のRDI社と共同で開発した acoustic correlation current profiler (ACCP) について説明をしていただいた。通常、航走型のAUVでは、ドップラーソナーで対地速度を計測し、慣性航法装置と組合せて、自らの位置を把握する。しかし、数百kHzのドップラーソナーのレンジは数百mであり、それ以上の高度を航行する場合には、対水速度から位置を推定せざるを得ない。その際、流れがあれば推定位置の誤差を生ずることになる。そこで、ACCPでは、22 kHzのランダム信号を送信、海底からの受信信号を相関処理して、対地速度を測定するという方法をとっている。このACCPで高度5,300 mでの実験を行い、良好な結果を得たとのことであった。

最後に、整備中のAutosubを見学させていただいたのでその様子を撮影した写真を示す。整備中ということであったため、Autosubの全景は分からないが、カウリングの内部を見せていただき、配置されている計測機器などを詳しく説明していただいた。写真1は、電子回路とバッテリーを収納する耐圧容器である。上側の3本に電子回路、下側の4本にバッテリーが納められる。バッテリーは、市販のアル

* 海洋研究開発機構

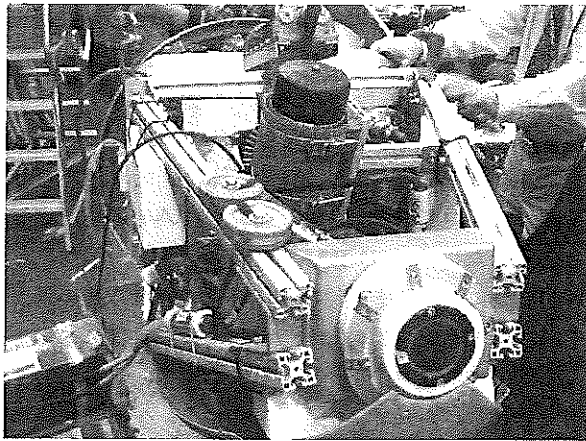


写真2 Autosubの前方部

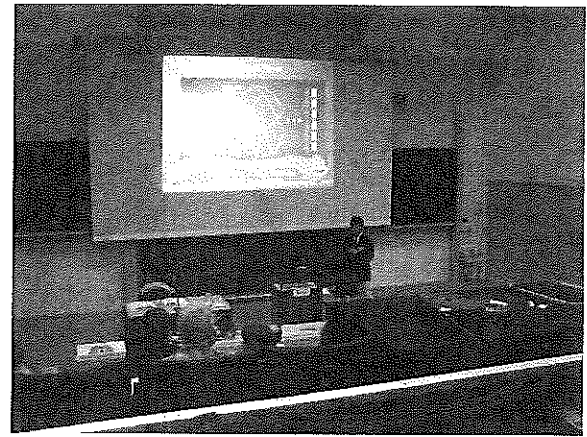


写真3 著者の発表

カリマンガン (Dセル) をバックしたものを使っており、最大で6日間のオペレーションが可能だけの容量があるとのことであった。また、この耐圧容器は、Carbon Fiber製で、使用深度が1,500 m、圧壊深度が3,300 mである。こうしたCarbon Fiber製の容器は、いわゆる“職人芸”で工作されると言うことであった。写真2は、Autosubの前方部を撮影したもので、Water SamplerやSub-bottom Profilerなどが組み込まれている。

少しあわただしい訪問であったが、全体を通して、予算獲得の段階から技術開発、そして、実際の運用において、Scientistとの連携がうまく行われている、コストダウン・軽量化などの意識が徹底されていて実際にもよく生かされているといった印象を強く受けた。また、RDI社と共同でACCPを開発しているように、研究成果を科学調査に利用するだけではなく、“製品”にすることにも力を入れており、筆者にも「位相共役を使った音響通信はいつ商品化するのか?」と尋ねられたりもして、答えに窮するところであった。

3 ECUA2004

ECUA2004はヨーロッパ音響学会が中心になって隔年で開催している、世界で唯一の水中音響をテーマとする国際学会である。2004年は、オランダのデルフト工科大学 (Delft University of Technology) を会場として、オランダTNO (応用科学研究機構) などとの共催で開かれた。発表分野は、海底下の音波伝搬逆問題、伝搬モデル、Tomography、音響通信、合成開口ソナー、音響測位、トランスデューサー、Bioacoustics、水産音響など、海洋音響技術全般にわたり、最近では浅海域の音波伝搬や海底土質の音響特性に関する発表が増えていく傾向にある。

著者が聴講した発表のうちのいくつかを簡単にご紹介する。

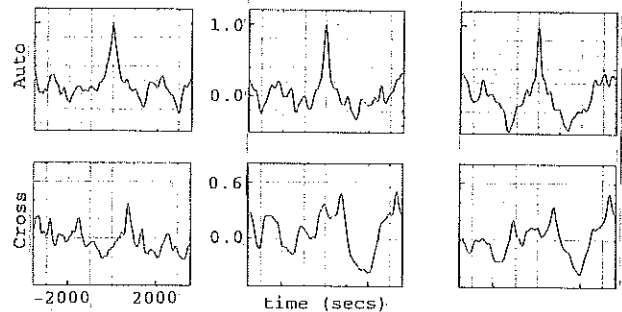


図1 処理結果の一例 (上段が自己相関, 下段が相互相関)

Acoustic Evidence of Near-Surface Convective Plumes in the Arctic, B. J. Uscinski

極域での海洋と大気の熱交換が海洋大循環をもたらし、熱の移送が地球規模で起こる。この熱交換によって起こる垂直方向の対流を音響でリモートセンシングしようと試みる研究である。音源から11 kHzの音波を発生し、数km離れた点に垂直方向に2点設置したハイドロフォンで受信する。その受信波形の自己相関と相互相関のピークの時間差から、対流の速さや規模を計測している。図1は、その結果の一例で、3~4 cm/sの対流が計測されている。

Ocean Acoustic Tomography in the Western Mediterranean Sea, E. K. et al.

6基のトランシーバを用いた地中海での音響トモグラフィーの実験結果の発表である。送受波器の動揺によるレンジの変化とクロックのドリフトを逆問題に組み入れて、海水の温度分布と同時に推定する方法を試みている。図2はその解析結果の一例で、ECMWF (ヨーロッパ中期天気予報センター) のデータ、及び、CTDでの計測データと良く一致している。

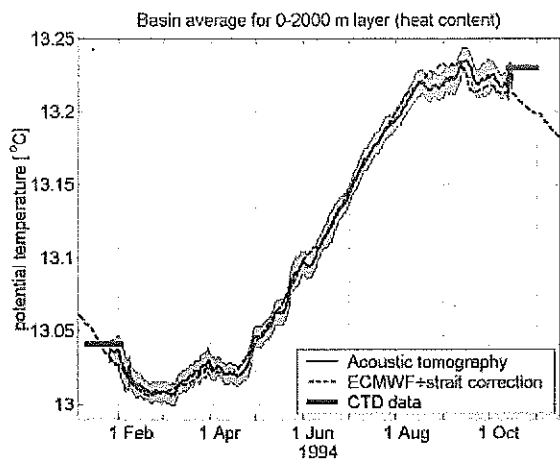


図2 トモグラフィーによって推定された西地中海の水温変化

Echo-to-Reverberation Enhancement using a Time Reversal Mirror, H. C. Song and et al.

位相共役波（時間反転波）をソーナーに応用しようとする研究である。位相共役波によって焦点に音波が収束する際、その上下の空間には逆に音波が到達しない。このことを利用して、通常であれば海底からの散乱波に埋もれてしまうターゲットからの反射波を識別するという実験結果が示されていた。発表直後に予定している実海域試験では、2次元アレイによって水平方向に放射方向を絞って、より定量的に解析することを目指しているとのことであった。

Dr. Song は、位相共役波の応用研究を進めている Kuperman 教授（米国 Scripps 海洋研究所）のグループの一員で、同じ研究テーマということで筆者の発表を聴講しにも来てくれて、色々と意見を述べてくれた。筆者の目指している位相共役波を利用した長距離音響通信について、単なるビームフォーミングと比較して論ずる必要があること、Passive 通信に利用するとより有利であることなど、色々と有意義な議論をすることができた。

Underwater Acoustic Communications-How far have we progressed and what challenges remain?, O. Hinton and J. Neasham.

Hinton 教授は水中音響通信を長年にわたって研究してきた第1人者であり、この20年の研究成果のまとめと今後の課題について発表された。時間と空間のダイバーシティを利用した復調（2D RAKE）の例を示し、製品化した音響モデムについてその性能が紹介された。今後の課題としては、環境への影響の低減（特に海棲哺乳類への影響）、マルチユーザーへの応用、同時双方向通信、音響測位との併用などが挙げられていた。

最終日には、合成開口ソーナー、海底散乱、逆問題、バイオソーナー、海底地形学の各テーマについて、第1線の研究者を講師に迎えての Tutorial が行われた。聴講には、参加費は不要であり、若手の研究者を育成しようとする学会の意欲が感じられるところである。どの講義も基礎から応用まで非常に丁寧な解説があり、逆問題やバイオソーナーなどは、将来、研究を進めていきたいテーマでもあったため、非常に有意義であった。

4 結 言

今回の SOC 訪問、及び、ECUA2004 参加によって、欧米の水中音響の研究成果に直に触れることができ、今後の研究活動に大いに寄与することと思います。このような機会を与えて下さった日本財団と日本造船学会の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) T. Shimura : Acoust. Sci. & Tech., Vol. 25, No. 5, pp. 364-372.
- 2) 志村, 渡邊, 越智 : 電子情報通信学会技報, Vol. 104, No. 254, pp. 7-12.
- 3) G. Griffiths, et al. : ICES J. of Marine Sci., 58, pp. 1195-1200.