

水中での電波通信を用いたモジュール型水中ロボットの開発

著者	小澤 正宜
学位名	博士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
学位授与番号	12614 博甲第535号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001805/

博士学位論文内容要旨 Abstract

専攻 Major	応用環境システム学専攻	氏名 Name	小澤 正宜
論文題目 Title	水中での電波通信を用いたモジュール型水中ロボットの開発		

本論文は、高周波数帯域の電波を用いてモジュール間の通信を行い、各モジュールが同期して動作する、水中で利用可能なモジュール型水中ロボットの開発を行うものである。

生物の生態解明、エネルギー・鉱物資源の確保などの目的を問わず、海洋を広く調査することは要望されており、これを効率的に行うためには Unmanned Underwater Vehicle(UUV)の活用が欠かせない。これまでも多くの UUV が研究・開発されているが、さまざまな用途に応じて構成機能を変更することは困難であった。

そこで本論文では、モジュールを単体で動作可能なパッケージとしてまとめ、モジュール同士を通信させることでロボットとして運用する Module-Composite Underwater Vehicle(MCUV)というコンセプトを提案した。モジュールは基本構成として制御ユニット、バッテリー、通信機器、非接触給電装置を持ち、それらに水中ロボットを構成する要素(スラスタ、姿勢センサ、カメラなど)を取り付けて耐圧容器に封入するものとした。MCUV が他のモジュール構造と異なる点は、海中電波通信手法を用いて、海中での高周波数帯域の電波を使用したモジュール間の無線通信を可能とした点である。これによってモジュール配置の自由度が向上し、かつ今まで同型のモジュール型水中ロボットでは不可能であった海中での運用を可能とした。

MCUV のコンセプトを実証するために実証試験機「MaNTA」を製作した。MaNTA はスラスタ、センサ、カメラ、遠隔操作のモジュールおよび電波通信経路として使用するフレームから構成される。これらを製作し、スラスタモジュールと遠隔操作モジュール間の作動確認、カメラモジュールと遠隔操作モジュール間の作動確認を経たのち、水中ロボットとして組み上げコンセプト通りに動作することの確認を行った。本動作確認は高圧水槽を使用した高水圧下でも行い、高圧下においても通信状態は低水圧下と変化がないことが確認した。

MCUV のコンセプトを実現するために開発した海中電波通信手法とは、電波通信機器間に電波の伝搬経路となる物質を配置することで、電波は減衰の少ない伝搬経路を通じて伝搬し通信が成立するという手法である。使用する電波通信機器に関しては安価かつ小型である Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth などの汎用品が特に改造等を行うことなく使用可能である。海中電波通信手法で電波の伝搬に影響を与える要素として、伝搬経路の材質および形状が考えられる。伝搬経路の材質に関して、電気的特性である誘電率、導電率、透磁率が損失性媒質中の伝搬における減衰の要因として知られているが、海中電波通信手法においてはその中でも導電率の寄与が大きく導電率が低ければ通信できることを確認した。伝搬経路の形状に関しては、より自由空間伝搬に近い伝搬が行える形状にすることで減衰を防ぐことが出来ると考えられる一方、ある程度の大きさ以上を確保できれば自由空間伝搬と同等となり変化しなくなると考えられる。この点に関しても実験的に検証を行ない、電界強度の増減に形状が影響することを確認した。さらに電界強度の増減による通信速度への影響についても検証し、伝搬経路を伝搬した後の電界強度が強い条件ほど、高い通信速度を示すことを確認した。

その上で、海中電波通信手法を実機に適用するために、設計指針を示すために必要となると考えられる、通信距離伸長手法、通信機器および金属フレームの位置拘束、通信規格の混在について検証を行った。通信距離伸長手法は、伝搬経路を金属で覆うことで、伝搬経路から外部へのエネルギーの漏洩を抑える手法である。アルミ箔または金網を伝搬経路に巻いて電界強度を比較した結果、両者とも減衰抑制に効果があり、通信速度も本伸長手法によって改善することを確認した。単純に金属フレームで伝搬経路を完全に閉ざすと通信が成立しなくなるが、金属フレームの一部にでも電波が漏洩するための窓を設けることで、通信が成立するようになることを確認した。同一の伝搬経路内に異なる規格の通信が混在できるかに関しては、使用帯域が重なる場合には混在は不可能であり、時分割的に利用する必要があるが、使用帯域が重ならない場合には混在できることを確認した。