



平成 30 年 7 月 26 日

自律型水中ロボ深海模擬自動充電実用化へ前進 実時間複眼 3 次元認識と発光マーカによる漆黑混濁環境で模擬充電に成功

◆発表のポイント

- ・世界で初めて、深海を再現した環境でロボットの充電が可能に。
- ・深海での充電を可能にする自動嵌合システムを開発。
- ・海底探査や未確認生物の調査、水中汚染物の発見・回収などさまざまな利用へ応用が期待されます。

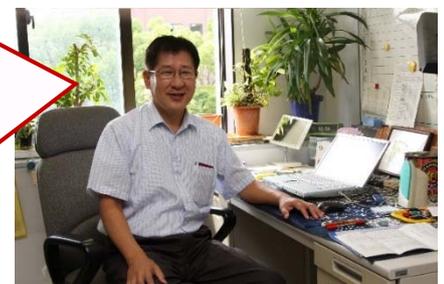
岡山大学大学院自然科学研究科（工）の見浪護教授と松野隆幸准教授の研究グループは、三井 E&S 造船株式会社との共同研究を実施し、水中ロボットの実海域（岡山大学理学部附属牛窓臨海実験所）で水中自動充電模擬実験に成功しました。

本学が開発した実時間複眼 3 次元立体認識（3D-MoS: 3 Dimension Move on Sensing）¹⁾を共同研究で製作した水中ロボットに搭載し、深海光環境の漆黑混濁環境で充電機器に見立てた嵌合ホールに水中ロボットの嵌合棒を嵌合させる深海充電模擬実験に成功しました。特徴はステレオビジョンを用いていることです。

深海底の環境の特徴は、漆黑環境、海底泥の巻き上げによる画像ノイズの発生であり、この条件でいかに正確な嵌合を行うかが問題となります。この問題点に 3D 発光マーカと 3D-MoS を組み合わせることで正確な嵌合を実現しました。これにより深海底での自律型知能ロボットの長時間自律連続運転の可能性が広がり、長期間連続航行を要する海底資源探査・回収や海中未確認生物の生態調査などへの利用が期待されます。

◆研究者からのひとこと

ステレオビジョンをロボットの運動制御に用いるビジュアルサーボという技術について研究を続けてきました。特徴は動物のように視差を利用して空間認識ができること、動画像から対象物の位置・姿勢を計測しフィードバック情報として用いて制御する点です。産業界では単眼ロボットの利用が進んでいますが、動物のような複眼ロボットは普及していません。動物の機能や知能を応用したロボットを研究開発し、自然の山野で働くロボット（除染ロボットも含まれます）や海底のような過酷環境で働くことができる実用的なロボット（未知環境でしかも昼夜の光環境の変化に適応できる知能ロボット）を研究開発したいと願っています。



見浪教授



PRESS RELEASE

<現 状>

深海用水中ロボットには、水中汚染物（放射能汚染物などを含む）の発見・回収、深海底地形調査・資源回収、機雷撤去、水産資源育成・捕獲、海難事故対応等さまざまなニーズがあります。しかしながら、水中ロボットは地上で動作するロボットとは異なり、①水中では、無線による通信が不可能、②ロボット技術者が近くで状況を確認することは難しい、③浮遊航行体の運動制御であるため AUV が振動しやすい、④海底での作業は底泥巻き上げによる視界不良が発生しやすいなど、地上ロボットに比べて困難な点が多数あります。このような状況の多くは惑星探査衛星や探査ロボットと共通しています。

一方、地上のロボット制御技術においては、主に視覚情報を用いたビジュアルサーボ技術（動画像を用いた画像認識によってロボットの運動制御を行う技術）により作業用ロボットの自動作業の実用化が進んでいますが、①対象物の 3 次元空間認識が困難、②動画像処理の研究はあまり進んでいない、③未知環境下での自律的な動作が可能なロボット（知能ロボットと呼びます）の実用化は進んでいないなどの課題がありました。

今回の実験の意義は、深海底模擬環境において複眼構成 3D-MoS と発光 3D マーカーを組み合わせた自動嵌合システムで嵌合が可能なことを実証した点にあります。この技術は海底で働く自律型水中ロボットの自動制御技術につながります。

<研究成果の内容>

見浪教授と松野准教授の研究グループは 2017 年 12 月 18 日に三井 E&S 造船株式会社との共同研究を実施し、実時間複眼 3 次元立体認識 3D-MoS を搭載した ROV（コスモ情報システムによってコンピュータ制御対応へ改造）を用い、実海域（岡山大学理学部附属牛窓臨海実験所付近の海）で水中自動充電模擬嵌合実験に成功しました。深海の漆黒環境として夜間に、また混濁環境として潮汐による海底泥の巻き上げを利用し、深海模擬環境を設定し、ステレオビジョンによる空間立体認識と発光 3D マーカーを用いて嵌合穴へのドッキングさせる世界初の試みに成功しました。これによりビジュアルサーボ技術の有効性を実証しました。右の写真は製作した ROV と嵌合の様子を示しています。



濁度条件 4.0[FTU]²⁾

QI 製 ROV

ドッキング前



左カメラ画像

右カメラ画像

嵌合ホール

ドッキング後

嵌合棒



左カメラ画像

右カメラ画像

嵌合カメラ画像

漆黒混濁環境での嵌合（環境照度 0.0 lx、濁度 4FTU¹⁾）



PRESS RELEASE

また右の写真は、2017年9月28日に水中ロボットメーカー広和株式会社（廣安雅美社長）の協力を得て行った濁度環境下での嵌合実験の様子です。濁度 14.5[FTU]²⁾ という混濁環境で嵌合に成功しました。



広和製 ROV

従来の画像認識に基づく自動嵌合技術は単眼カメラを用いた制御技術が主流であり、多くの動物が行っている複眼空間認識方法（ステレオビジョンと呼ばれています）とは異なっています。単眼であることからその実時間空間認識性能には改良の余地がありました。

複眼構成の 3D-MoS は空間認識が容易であり、今回の実験で深海底模擬環境での自動制御技術の実用可能性を確認することができました。本学が開発した発光 3D マーカーを用いた自動嵌合システムは、漆黒光環境と海底泥巻き上げ状態という深海底模擬環境で、①発光 3D マーカーと ROV との相対位置・姿勢を動画像から計測することが可能、②計測された相対位置・姿勢をフィードバック情報として用いて ROV の位置・姿勢を安定に制御することが可能、③制御により模擬充電ステーションへ ROV を嵌合させることが可能、④動画像認識が可能のため移動対象物（深海生物）の追尾制御可能、という特徴を持ちます。

濁度条件 14.5[FTU]²⁾

ドッキング前



左カメラ画像

右カメラ画像

嵌合ホール

ドッキング後



左カメラ画像

右カメラ画像

嵌合カメラ画像

漆黒混濁環境での嵌合（環境照度 0.0 lx、濁度 14.5FTU²⁾）

<社会的な意義>

本技術を搭載した水中ロボットの開発が進めば、自動充電による長時間の自律連続運転/作業が行えることから、①水中放射能汚染物の回収、②深海底資源探査・回収（サンプリング含）、③深海中の未確認生物の発見・回収ならびに生態観察、④地球構造観察（海底地殻変動など）、⑤水産（栽培漁業・中間育成）、⑥機雷撤去などへの利用が期待されます。

<補足・用語説明>

1) 実時間複眼 3次元立体認識（3D-MoS）

ビデオレート（1秒間の間に30枚の静止画像を送る送信速度）で入力される左右複眼中的の対象物を動画像列の入力速度に遅れることなく認識し、3次元立体対象物の3次元位置姿勢を計測すること、またその計測結果を用いて位置姿勢を制御すること。

注)

画像は0.033秒（=1秒/30）毎に入力されるので、左右カメラの2枚の画像を0.033秒以下で画像処理しなければならない。



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY

PRESS RELEASE

2) FTU

水中の濁度を測定する単位。FTU は、Formazin Turbidity Unit の頭字語。

<お問い合わせ>

岡山大学大学院自然科学研究科（工）

教授 見浪護

（電話番号）086-251-8233

（メール）minami-m@cc.okayama-u.ac.jp

（HP）<http://www.suri.sys.okayama-u.ac.jp>



岡山大学は、国連の「持続可能な開発目標（SDGs）」を支援しています。