

Interview

研究者・技術者に聞く

吉田 弘 研究員
海洋技術研究部



自ら考え作業する 水中ロボット開発中 「目指すは海洋版・アトム」

地球温暖化などの気候変動の研究や、地震のメカニズムを知り予知につなげるためには、海洋からさまざまなデータを継続的に集めて解析する必要がある。海洋科学技術センターでは、未踏の部分も多い広大な海洋および海底を効率的に探査するために、人間が直接コントロールしなくても自分で作業ができる自律型無人探査機の開発を進めている。研究内容や調査のニーズに合わせて開発されているこれら次世代型の探査機は、センター内に蓄積されている要素技術を駆使し、さらに新たな研究を加えて着実に実用化に向かっている。その開発のようすと課題への取り組みについて、吉田弘研究員にお話をうかがった。

Blue Earth編集部(以下BE) 深海探査機関連のテーマをいくつか並行して手がけられているそうですが。

吉田 私の所属するグループは深海巡航探査機「うらしま」、7,000m級有索無人探査機「UROV7K」、海洋ロボット「MR-X1」の3つを担当し、その他に燃料電池、機体構造、海中での位置および姿勢計測など、深海探査機のベースとなる要素技術の開発も行っています。

私は2002年1月に海洋科学技術センターに入り、燃料電池とAUV(自律型無人潜水機)の開発に参加しました。それまではメーカーで高周波回路やアンテナの研究開発をしていましたが、ロジック回路やソフトウェアも作る「何でも屋」だったのが、今とても役に立っています。

「うらしま」は長さ10m、重さ約10トン、高精度航法システムを搭載した自律型の深海探査機です。私はその主動力源となる燃料電池を担当しています。これまでの深海探査は、船からケーブルで探査機を下ろして採取測定をする、いわば「点」での観測が主でしたが、「うらしま」は300kmという長距離を走れるため、広域の海洋データを自動で採取し、地球温暖化や気候変動の研究に関する情報を集めます。また音波の目と光の目で海底の詳細な地形図を作ることが可能で、地震予測な



試運転に臨む海洋ロボット「MR-X1」

どに役立つことが期待されています。

「うらしま」と同じく、人間がコントロールせず自分で考える自律型のロボット「MR-X1」は、私が主担当で開発しています。その他に、教育用のミニROVを開発したり、人工衛星を利用した無人探査機のデータ伝送や、2人くらいで持ち運べる浅い海用の小型無人探査機の開発もしています。

BE 「MR-X1」は「マンボウロボット」の愛称があるそうですね。どういう用途に使われるものなのですか。

吉田 ほんとうは「マリンロボット」なのですが…。縦長の形が似ているからでしょう(笑)。大きさもマンボウくらい(?)です。自走式水中ロボットはマグロ型やヒラメ型が多いのですが、あえて縦長にしたのは潜航・浮上の際に抵抗が少ないからです。横の流れに弱くなるのが難点ですが。

「MR-X1」は狭い範囲でルーチンワークをこなす作業型のAUVです。簡単な作業を水中ロボットが手軽に代行してくれれば、そのぶん人間は他の

仕事に時間を割けますし、船が近づくには危険な場所にも探査に行けます。長さ2.5m、重さ800kgと小型ながら「うらしま」とほぼ同じ姿勢制御システムを搭載しています。小回りが利くので、アームを伸ばして海洋計測機器を置いてきたり、岩石や生物の採取もできるようになります。私がイメージしているのは「MR-X1」が何台も海の中を自在に動き回り、必要な作業をして帰ってくる近未来の深海探査です。

BE 開発はどの程度まで進んでいるのですか。

吉田 昨年ボディを作り終えて、簡単な「脳みそ」(プログラム)を載せましたが、まだまだ賢くありません(笑)し、アームもついていません。

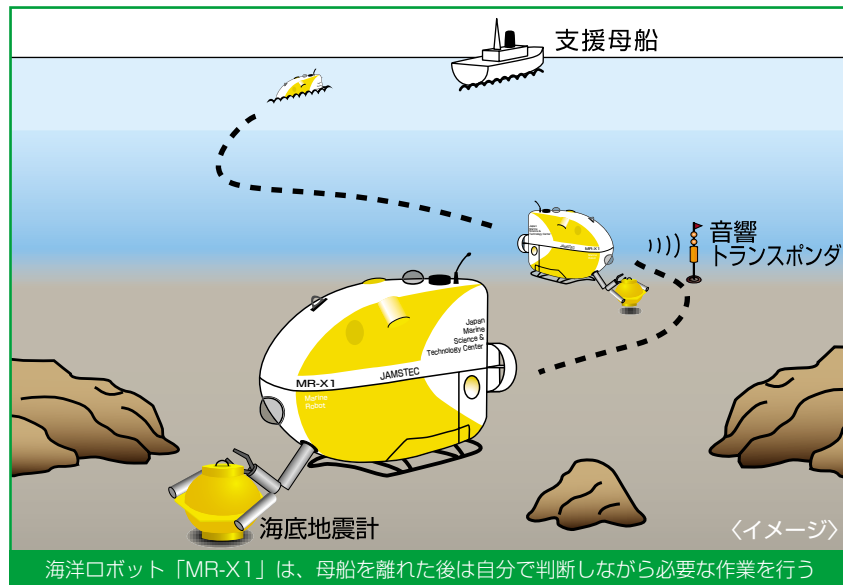
そのかわり人間の「目」「耳」に相当するセンサは非常によいものを積んでいます。現在はセンサにつながる「神経網」に当たる内部の制御系を整備しています。この「神経網」が最適化されていないと、センサからの情報が瞬時に伝わってこないのです。回路も自分で設計して組み立てて、反射神経に相当する部分を作っています。

次に賢い「脳みそ」を作らなければなりません。まず最低限、運動能力を司る「小脳」に当たる部分が必要です。



水中ピークルのシステムデザインを理解してもらえよう、高校生向けのイベント「テクノ・オーシャン・ユース」のために一台約10万円で自作した教育用ROV。カメラ、スラスタが4つ、制御装置を備えTV画面を見ながら無線制御できる。スラスタは模型用の「タミヤ水中モータ」を使用。参加者には実際に組み立てて動かしてもらった

■ Interview 研究者・技術者に聞く



きちんと動けるようになったら、いよいよ記憶や思考を行う「大脳」です。認知・判断・行動を自分でしなければなりませんから、大脳に当たるソフトウェアの出来具合が開発の鍵になります。こちらも既存の技術をベースに自分たちで作り込んでいるところです。認知に関しては、すでに画像認識技術がありますから、それにアルゴリズムを適用していつ、どこまで「もの」の認知ができるかに取り組んでいます。

BE 「脳みそ」部分の開発がとても難しいそうですね。

吉田 なんとか手探りでやっていますが、小脳部分ひとつとってもたいへんです。水中ビークルの場合、「足」に相当するのはスラスト（プロペラ）ですから、スラストをいかにうまく動かすか。大事なのは、海の中で位置の誤差が生じたときに、きちんと自分の位置を正常に戻す機能ですね。あとは「手＝アーム」の動きです。目の前に障害物があってその裏にあるものを取りに行きたいときに、どう判断して行動するか。それをひとつのシステムとして完成できれば、海洋版「アトム」ができると

考えています。

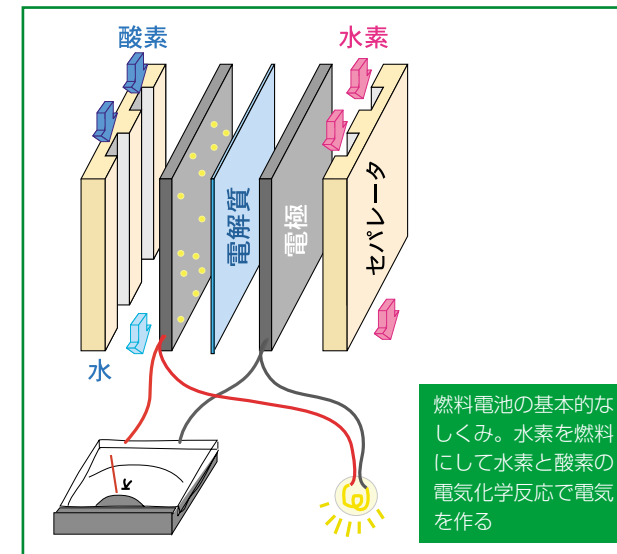
とりあえず5年先には、神経が行き届いてきちんと運動ができるロボットを完成させます。さらに簡単な物体認識もできるようにする予定です。

BE 既知の観測機器を認識できる程度にはなるのでしょうか。

吉田 最初は、外見のプロファイルを見て判断するのではなく、観測機器にマーカーをきちんとつけておいて、そのマーカーに合わせ込むという認知作業になるでしょう。機器を置いた、だいたいの位置は記憶していますから、位置制御をきちんとし、まずマーカーを探して行くようにしようと考えています。

実際には地震計ひとつ置くにしても場所の精度が必要です。ところが海中では電波が使えないのでGPS（汎地球測位システム）で場所を確定することができません。「MR-X1」も「うらしま」も、宇宙ロケット搭載のものをさらに改良した慣性航法装置を載せてますが、長い時間潜航していると位置のずれが大きくなってきます。「MR-X1」にはある程度海底の様子を音波で見、位置を調整する機能を持たせたいと思っています。

BE 5年後には「MR-X1」があちこち



深海巡航探査機「うらしま」に搭載される燃料電池

の海で活躍中かもしれませんね。

吉田 ぜひそうしたいですね。「海洋科学技術センターの技、ここにありき」というのを知らしめたいです。特に「MR-X1」はすべて手作りです。ハードもソフトもやらなければならないのがたいへんですが、海洋科学技術センターにノウハウが蓄積されます。面白いですよ。

海底探査を支える電力源 燃料電池の効率アップへ

BE もう一つの大きな開発テーマが、今話題の燃料電池ですね。

吉田 海洋科学技術センターは10数年前から燃料電池を手がけ、プロトタイプをもとに1998年から深海巡航探査機「うらしま」用に作り始めました。オール日本製、効率50%という高効率動力源で、すでに深度1,500mまで潜った実績があります。ですが、燃料電池は各社が競って開発中で、残念なことに要素技術の部分が公表されていないのです。

基本の構造だけ説明しますと、燃料電池には電解質という「魔法の壁」があり、その両側に水素と酸素を通します。電解質がないと反応して水と熱になってしまいます。電解質の両側に水素ガスと酸素ガスを流すと、水素の分子から電子が取れて、水素イオンだけが電解質膜を通り、酸素イオンと反応

して水になります。この取れた電子が移動すると電流となって電気が発生します。また電極はカーボン製で白金の触媒がついています。水素ガスが触媒にふれると電子が取れますから、触媒がよく働くほど水素がどんどんイオン化でき、電気がたくさんできます。

BE 「うらしま」用の燃料電池は自動車の燃料電池とどこが違うんですか。

吉田 自動車は外から空気を入れ、その中の酸素を使って残りを排気しています。しかし深海の探査機は完全に閉鎖した空間で燃料電池を使わなければなりません。水素と酸素を深海の圧力に耐えられる容器にそれぞれ入れて探査機に搭載します。また反応して電気を出すと副産物として水ができますが、外に排出しません。深海の高圧力の中に水を排出するのには、エネルギーが必要になりますし、探査機の重さも変わってしまうからです。

BE いま燃料電池の性能向上に取り組んでいらっしゃるのか。

吉田 ええ、燃料電池の単セルをいじって、今よりもっと高効率の燃料電池を作れないかという実験を行っています。理論的には83%まで上げられますが、いきなり理論効率と同じにするのはとても難しいので、これまで達成した効率より少し高い、55%の効率を目指しています。

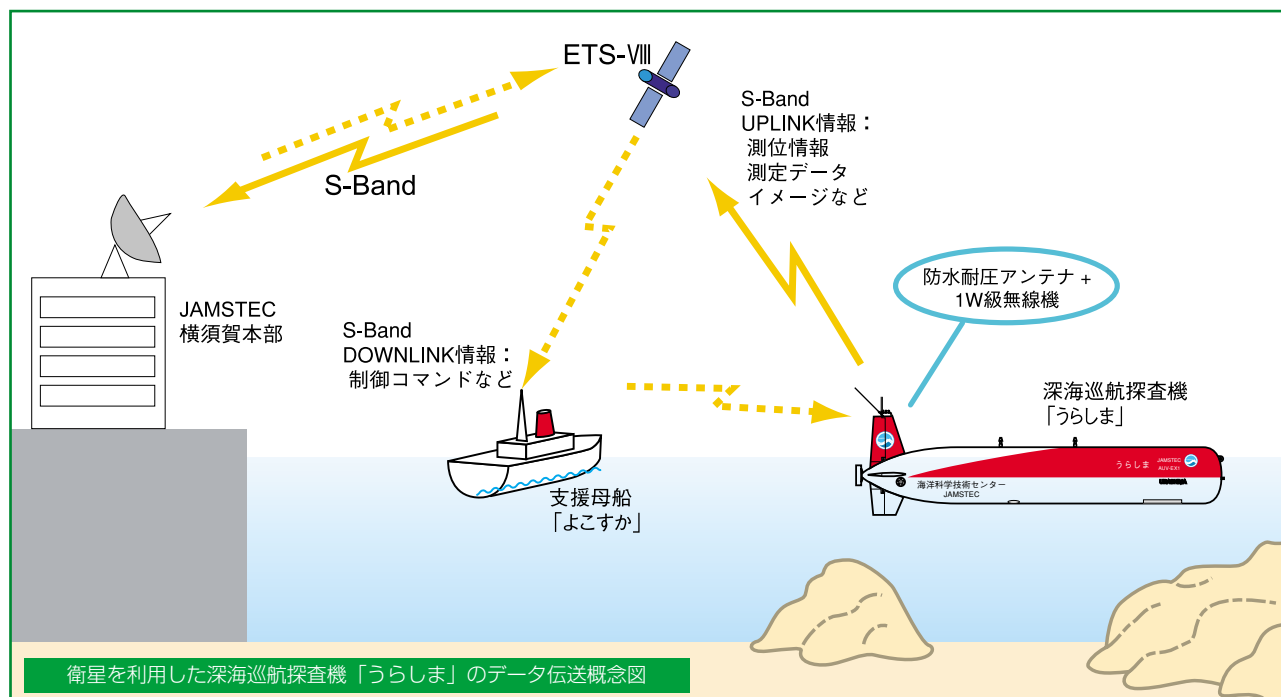
それ以外にも研究対象はたくさんあ

ります。システムの効率アップもありますし、反応の際に出た熱を使って効率アップするというやり方もあります。その他にも、排熱で積極的に発電することも考えています。

BE たくさんのテーマを手がけていらっしゃるようですが、今後研究を進めるうえで最も興味をお持ちのことは何ですか。

吉田 専門が電磁関係なので、電磁波で海底下を探査したいです。常識では海の中で電波は使えないことになっています。なぜ使えないかというと電波のエネルギーが海水に取られる「減衰」が非常に大きいからです。減衰を少なくすればよいので、周波数を非常に低くして海中での電波の弱まりを減らしたり、エネルギーを蓄積して一気に放出することで瞬間的に大きなエネルギーを送りだすことを考えました。電磁パルスを使えば周波数は自由に制御できますし、送信エネルギーを溜めて1,000倍以上にできます。

電磁パルスでレーダーのように海面下を見てみたいですね。エネルギーを海底面から下へ放つとエコーが帰ってきます。それを解析すると断層の様子やマグマの存在が見えるでしょう。まだまだデータが未知数なので、計算と装置（受信機と送信機）づくりを並行して進めています。あと1年半で、可能かどうか見極めて、いけそうであれば次期プロジェクトにつなげていきたいと思っています。



衛星を利用した深海巡航探査機「うらしま」のデータ伝送概念図