

アクアメカトロニクス実習についての報告

岩崎 俊佑*・藤本 隆士**・樫根 健史***

Report on the Subject of Aqua-Mechatronics Training Program

Shunsuke Iwasaki*, Takashi Fujimoto** and Kenji Kashine***

Abstract

The “Aqua-mechatronics training program” was launched in 2013. This unique program aims to educate engineers who have knowledge of technology related to the characteristics of water and the basic skills for developing underwater robot. The target groups for this program are third and fourth grade students. In the third-grade workshop practice, students can learn the characteristics of water and its skills through experience, such as water pressure, buoyancy, hydrodynamics and waterproof techniques. In the fourth-grade engineering experiment, students can learn the structure of the underwater robot and its control techniques using existing robots. This paper describes the ideas and approaches used in the Aqua-mechatronics training program designed for the third-grade workshop practice, and the findings obtained.

1. はじめに

弓削商船高専電子機械工学科（以下、本学科）ではメカトロニクス技術を機械・電子・情報の3つの分野の融合技術ととらえ、メカトロニクスの要素技術における関連講義科目を必修科目として開講し、学生に教授している。ただし、これらの関連講義科目の授業内容は、本学科の教育目標である「ものづくりのできる実践的な技術者」の育成を主眼として構成されたものであり、メカトロニクス技術に特化したものではなく、一般的な工学技術に関する内容を多く含んでいる。そのため、各学年で開講されている実験・実習において、メカトロニクス技術そのものを体験的に学習できる機会がなく、学生の当該技術に対する深い理解が得られているとは必ずしも言えない現状があった。

本校は自然豊かな瀬戸内の海に囲まれた高専であり、他高専にはない商船学科を保有することから、海洋技術に関する知識や設備も充実している。本学科に在籍している学生の中にも、海洋もしくは海中で活用する電子機械技術の習得を目指している者も多い。そこで、本学科3年生および4年生で実施する実験実習において、平成25年度より、新たにアクアメカトロニクス実習を立ち上げた。アクアメカトロニクス実習とは、海洋技術とメカトロニクス技術を

融合させた実践教育であり、水の特性と水中で動くロボットに必要な知識と技術の基礎を教育することを目的としている。3年生では、水圧、浮力、流体、防水などの「水の基本」となる技術を実体験とともに学習し、4年生では、ロボット制御に必要なマイコン利用技術を学び、水中ロボットに関する基本的な制御を学習する。本稿では3年生で実施している実習内容および実習後のアンケート結果について報告する。

2. アクアメカトロニクス実習の概要

現在3年生で実施されている実習一覧を表1に示す。旋盤、CAD、シーケンス制御など、一般的な工学技術を学ぶ実習に加え、1つのテーマとしてアクアメカトロニクス実習を取り入れた。実習では、1クラス（約40名）を8名程度の班に分け、1テーマ当たり5週の期間をかけ（1週100分）、各テーマをローテーションで受講するオムニバス形式で行われている。その中でアクアメカトロニクス実習は、毎週違うテーマについて実習を行っている。

1週目のテーマは「波」である。音波・電波・光などの水中での伝わり方、物体の固有振動数や共振など、波に関する総合的な技術を学習する。

*技術支援センター

**電子機械工学科

***鹿児島工業高専電気電子工学科

2週目のテーマは「浮力と揚力」である。学生がそれぞれ水中航行物体を製作し、航行試験を行い、浮力と揚力の基礎を学習する。

3週目のテーマは「水の抵抗と流体力学」である。学生各自に自由な形状の水中浮上物体を製作させ、円柱水槽の底から物体を浮上させる。その物体の形によってどのように浮上スピードや軌道に違いが出るかを確認し、水の抵抗と流体力学の基礎を学習する。

4週目のテーマは「水圧」である。水圧容器内に物体を入れ、水圧ポンプにより圧力をかけ、容器内の物体の変化を確認し、水圧の強さ、大きさを体感する。

5週目のテーマは「防水」である。配管接続作業を行い、防水処理技術および防水処理に必要な工具・工材の用途・利用方法を学習する。

以上の5つのテーマを受講後、アンケートを実施する。

表1 実習概要

授業科目	工作実習3		
授業期間	通年	単位数	2
履修区分	必修	授業携帯	実習
実習項目			期間
1. ガイダンス			1
2. テストハンマ製作実習 - 旋盤、NCフライス盤			5
3. コースタ製作実習 - CAD、NCワイヤ放電加工機			5
4. シーケンス制御実習 - シーケンス制御			5
5. 電気工作実習 - トランジスタ、論理回路			5
6. アクアメカトロニクス実習 - 波に関する総合技術 - 浮力と揚力 - 水の抵抗と流体力学の基礎 - 水圧 - 防水、配管に関する技術			5
7. 弓削丸航海実習			4
評価方法	作品 (50%) + レポート (50%)		

3. 各実習テーマの内容

3. 1 波に関する総合技術

この実習では、「波」に関する基礎を学習するとともに、音波・電波・光などの水中での伝わり方、物体の固有振動数や共振など、波に関する総合的な技術を、実体験を通し

て体感しながら学ぶことを目的として実習を行う。

まず、図1に示すように横幅2m、奥行き2m、深さ1mの大型アクリル水槽の中に塩ビパイプで波を作り、周期、周波数、共振周波数等、波の特徴について説明する。次に塩ビパイプを波にそって上下させ、共振により大きな波を作る。学生は自分自身で波を作ることに加え、波が大きくなって行く様子を外から観察できるので、共振についての理解を深めることができる。



図1 波を作っている様子

次に、本実習用に製作した音速測定装置を用いて、空気中と水中での音速を測定する。この装置は、超音波の送信側および受信側共に市販の超音波センサを用い、送信側から送られてきた超音波信号が空気中もしくは水中で、ある距離を伝搬し、受信側に信号が届くまでの時間をオシロスコープで確認し、音速を算出するものである。実際に空気中 340 m/s、水中 1500 m/s と算出することができ、空気中と水中とで音速が異なることを確認することができている。

3. 2 浮力と揚力

この実習では、浮力と揚力について学習するとともに、水中航行物体を製作し航行試験を行う。

まず、物体の体積と浮力の関係を説明する。次に平板を水中に手で持ち、水平から少し傾けた角度で前後に揺らし、実際に揚力を感じ体感する。その後、水中を継続的に水平に進む潜水艇を製作する。

この潜水艇の主要部分は真鍮板で構成されており、駆動源は市販の水中モータである。このモータは吸盤を使用しているため、取付け位置を自由に変更することができる。学生は、任意のサイズに発泡スチロールを切断し真鍮板の上に接着することで、潜水艇の浮力を調整する。

次に製作した潜水艇を大型水槽に入れ航行試験を行

う。水平に進むことができず、浮き上がったたり沈んだりした場合は、発泡スチロールの体積を調整したり、水中モータの取付け位置を変更し、水中の同じ深さを継続的に航行できるまで作業を繰り返し、完成させる。

この実習を通して、浮力と揚力を理解することができ、水中でバランスを維持することの難しさを体感することができる。

3. 3 水の抵抗と流体力学の基礎

図2に示すように、高さ2 m、直径400 mmの円柱水槽を製作した。この水槽の底から物体を浮上させたとき、物体の形によってどのように浮上スピードや軌道に違いが出るかを確認し、実体験を通して水の抵抗と流体力学の基礎を体感しながら学ぶことを目的とした実習を行う。

まず学生各自に、おゆまるという、お湯で軟らかくなり冷えると固まる特殊な粘土を使い自由な形状の浮力体を製作させる。製作した浮力体それぞれに対し浮上実験を行い、水槽の底から水槽上面に到達するまでの時間を計り、形状によってどのような軌道やスピードで浮上するのかを確認する。浮上実験には、本実習用に開発した発射台を使用した。この発射台は電磁石を用いており、製作した浮力体の底に鉄製のボルトを埋め込み、発射台に吸着して、そのまま水槽上面から水槽の底まで沈め、水槽外部から遠隔操作で電磁石をOFFして発射させる機構となっている。



図2 実習用に製作した高さ2mの円柱水槽

浮上実験の結果を考察させた後、断面積による抵抗の違いや、浮力体の後方で起こる渦抵抗、形状による

水の流れの違いを説明し、1回目の結果を踏まえ再度浮力体を製作させ、浮上実験を行う。

ほとんどの学生が1回目よりも早く、真直ぐに浮上させることができた。なかには形だけではなく、粘土に溝を彫ってピストルの弾のように回転させながら浮上させようと工夫している学生もおり、全体的に興味を持って積極的に実習に取り組んでいると感じた。またこの実習を通し、水中で動きやすいロボットや船の形状など理解することができた。

3. 4 水圧に関する総合技術

この実習では、水圧ポンプで水圧容器内に圧力をかけ、容器内の物体にどのような変化があるかを確認し、水圧に関する総合技術を、実体験を通して体感しながら学ぶことを目的として実習を行う。

まず、圧力の計算方法および気圧と水圧の違い等を説明する。次に水圧容器内に発泡スチロールを挿入し、水圧ポンプにより圧力をかけていく。この水圧容器は1.5 MPa（水深約150 mの状態）の圧力に耐えるように設計し、容器側面にはアクリルパイプを用いた。

側面が透明であるため、圧力をかけた際の容器内の物体の様子を目で見て観察することができる。学生は水圧の増加に伴い縮小していく発泡スチロールの様子を観察することにより、水中の物体には均等な圧力がかかることを理解できる。

次に、内径20 mmのアクリルパイプの上下に真鍮板で蓋をして気密処理した小型容器をプラスチックボンドで製作させる。この小型容器を水圧容器に封じ圧力をかけていき、どの程度の水圧に耐えることができるのかを観察する。

これらの実習を通して、実際の水圧の強さや怖さ、深海で使用する水中ロボットなどの防水技術の重要性を感じることができる。

3. 5 防水、配管に関する作業技術

この実習では、防水処理技術および配管作業技術の概要を理解するとともに、防水処理に必要な工具、工材の用途、利用方法を学習する。

まず、配管部品および配管作業に必要な工具の名称やその取り扱い方について説明する。次に、塩ビパイプ、ステンレス製フランジ、銅管、ボールバルブを繋げる配管作業を行う。ここで、シールテープやパッキンの使い方、フランジの締め付け方など防水処理技術を学ぶ。完成した配管に水圧ポンプを使い注水、加圧試験を行い、水漏れが無くなるまで作業を続ける。

この実習を通して、防水処理に必要な工具や部品、またその利用方法を理解することができ、防水処理の難しさを体感することができる。

4. アンケート結果

全ての実習終了後、学生に5段階評価のアンケートを行った。質問は次の通りである。

- (1) アクアメカトロニクスに関して興味をもてましたか？
- (2) 様々なものを作る際、自分の独自性を表すことができましたか？
- (3) 自主的に作業に取り掛かりましたか？
- (4) 班員同士で、実習内容について良く話し合いましたか？
- (5) 分からない点などは、積極的に質問しましたか？
- (6) 作業を重ねるごとに、技能・性能は向上しましたか？
- (7) 各テーマに対し、達成感は得られましたか？
- (8) この実習で得た知識が、自分の今後役に立つとおもいますか？

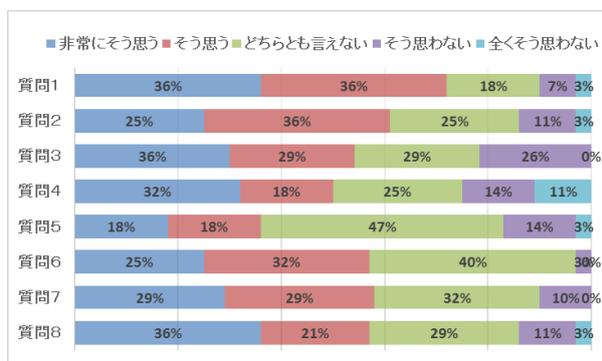


図3 アンケート結果

図3にアンケートの結果を示す。約70%の学生がアクアメカトロニクスに興味を持ち、積極的に実習に取り組んでいた。またこの実習は各自それぞれが作業を行うことが多いので、質問3の自主的に作業に取り組めたという学生が65%と多かった。質問4および5の結果は、学生同士や学生と先生とのコミュニケーション不足を示している。これは指導項目や作業が多くあり、実習時間に余裕がないためと考えられる。今後各テーマの実習内容を見直し、必要であればテーマ数を減らすことも考えなければならない。全体的には、多くの学生がアクアメカトロニクス実習に非常に満足していた。

5. おわりに

電子機械工学科で、水の特性と水中ロボットに必要な知識と技術の基礎を身につけることを目的として、新たにアクアメカトロニクス実習を立ち上げた。多くの学生が興味を持ち、積極的に実習に取り組んでくれた。しかし、既存の授業内容との関連が薄く、学生にとっても初めて知る知識が多いと感じた。

本来ならば、実習は講義とリンクし、講義だけでは学べない作業技術を体験、習得すべきものであると考えられる。今後の課題として、実習内容の見直しおよび、低学年からの講義科目と内容の見直しを図り、学生の知識と技術力の効果的な習得を図る必要があると感じた。

なお本実習にはNSKメカトロニクス技術高度化財団の助成金を得て実施している。

参考文献

- [1] K. Kashine, S. Iwasaki, T. Fujimoto: Report on the Subject of Aqua-Mechatronics Training Program in Yuge National College of Maritime Technology: Proc. of Int. Sympto. Advances in Tech. Edu. 24-26 (2014).
- [2] 藤本隆士, 佐々木秀彰: トライボ教育用実験教材の開発: 弓削商船高専紀要第36号 38-45 (2014).
- [3] 鶴秀登, 徳田つる代, 中哲夫, 中山恭秀, 柏原一仁, 山下敏久: 材料強度を身近に感じる実験・実習への取り組み: 弓削商船高専紀要第35号 36-41 (2013).