

直観的な学習を目的とした水中ロボット教材の ロボットコンテストにおける効果検証

Verification of an Educational Underwater Robot for Intuitive Learning by the Robot Contest

山縣 広和*・巻 俊宏*

東京大学生産技術研究所*

STEM学習の教材として、力のつり合いを検討しなければ動作しない水中ロボットに着目し、これを用いた教育活動とその効果の検証をロボットコンテストによって3年間実施してきた。本発表では、ロボットコンテスト内で行われたアンケートによる結果と大会期間中における参加者の機体改造方法の変遷に対して、混合アプローチを行ってその成果を検討した。その結果、力学的学習についてこれらの活用を行うことは可能であることが判明した一方で、技術的課題や座学的な課題の難易度は適切な調整が必要と思われる結果を得た。

キーワード：STEM教育，ロボコン，水中ロボット，工学教育

1. はじめに

STEMのような学問横断的学習を可能とする教材について目を向ければ、学習者の興味を想起しながらこれを可能とする対象にロボットが挙げられる。実際に、ロボット教材を活用した教育事例は多く存在している [1][2]。しかし、これらのロボット教材は学習者の興味がより技術的内容に向きがちである。

これはDesign Based Science[3]のような実践的かつ網羅的な科学知識の学習においても同様で、学び得た個々の内容について系統的な問題設定による学習効果の検討を行える教材を用意しても、学習者の視点を意識的に向けることは必ずしも容易ではない。

そこで筆者は、学習作業の中心に「自由体図 (FBD) によるモデル化」を据え、力の釣り合いについて可視化できる水中ロボットを教材として提案した。その結果、教材の技術的調整が背後にある力の釣り合い関係と直結するような構造を取ることで、教材の改造を通して学習効果が得られることを確認した。

本稿においては、その検証結果を下敷きにより広い範囲での学習効果の検討を行うために水中でのロボコンを開催し、3年間に渡って教育効果の検証を行ったので、それらについて報告する。

2. 実施方法

2.1 想定する学習者と教育目標

本研究においては、学習状況と勘案して、中学校・

高等学校(普通科)に就学している生徒を対象としている。なお、16年度大会には8チーム、17年度には7チーム、18年度には14チームが参加した。

水中ロボットは、浮力、重力、推力、慣性的・非慣性的流体力等による力を受けてその動作が決定される。これらの中で流体力などについての検討は高い難易度を有し、学習者の学習能力を超える可能性が高い。そこで、中学校・高等学校の学習内容と照らしあわせ、浮力・重力・推力について静的な力のつり合いが検討可能になることを達成目標とした。

また、技術的内容については中学校の技術・家庭科の技術分野で対応可能なレベルでの加工技術を用いて学習が可能な内容とした。

2.2 スケジュール

また、今回学習目標とする内容は機体の完成後の調整が主体的に効果を及ぼすことから、調整時間を十分にとることが可能なスケジュールが理想的である。そこで、力学的内容の学習が可能なマニュアルと機体の組み立てキットを大会の1ヶ月前に配布した。大会当日までの制作に関する質問にはネット上のフォーラムで対応した。学習者は、この期間中にキットを完成させ、可能であれば改造を行った後に大会会場に持ち込んで調整させた。

大会は3日間に渡って行われ、2日間は調整作業を主とし、最終日を競技日とした。また、全試合終了後にエキシビションとして、機体を用いる以外のル

ール拘束を行わない形で全機参加の試合を行った。事前にエキシビションの開催を各チームに通知しておくことで、試合途中で敗退したチームは更に改造して参加することができる。競技終了後にはアンケートを行いこれによって学習状況や難易度設定について確認を行った。

2.5 競技

競技に必要とされる課題は達成目標を満たすにあたって必要となる検討事項が揃っていることが望ましい。例えば、筆者らは先行研究において、迷路抜けを題材としたタイムアタック競技を行わせることで同様の課題について意識させることを試み、目標とする動作から効果が得られるとの知見を得ている[4]。本研究においても同様に単独競技は有効であると思われるが、チーム数の観点からより競技性の高い対戦型の課題を用意することを検討し、水中からの物資の回収をさせる課題を選択した。

ロボコンフィールドを図1に示す。フィールドは複数のストラクチャによって構成されている。得点方法が複数存在することによって、学習者の改造が一律になることを避ける。これは、被教育者間での技術的なコピーをさせず自主的な学習の促進を狙うこと、操縦技術が勝敗を左右する状況を回避することが目的である。得点条件を表1に示す。

ロボコンフィールドはゲート、缶散乱部、海藻森林部の3要素によって構築される。

ゲートは2本のポールによって構成され、3つ連続して配置されている。このゲートを連続で通過したゲート数によって加点されるルールとなっている。

缶散乱部には広範囲にスチール缶が配置されている。同様に缶の配置されている海藻森林部と比して同数の缶を半分程度の密度としている。スタート位置から缶までの距離が遠いため、ここでの缶の回収は精度よりも速度を要求される。17年度以降では学習者の技術的な向上を促すために、アルミ缶と撮影対象(カニの模型)を配し、得点する手法を広げた。

海藻森林部の模擬海藻はPPテープを金属アミに縛って作成している。PPテープは自身の浮力で直立し、機体が突入すると抵抗となる。森林配置については恣意的に粗密を調整して水平方向からのアプローチと直上からのアプローチを可能にしている。缶散乱部の速度を要求する設定に対して、詳細な位置決めを求める環境である。

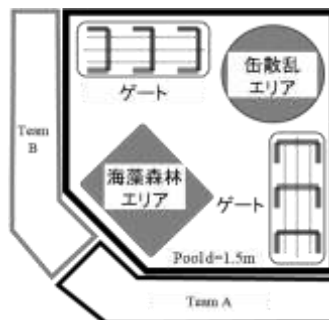


図1 競技フィールド

表1 競技内の得点条件

	2016	2017	2018
ゲート	5×3=15	5×3=15	5×3=15
海藻森林スチール缶	20	20	20
海藻森林アルミ缶	30	30	30
缶散乱スチール缶	10	10	10
缶散乱アルミ缶	20	20	20
カニ撮影	-	30	20

3. 教学用水中ロボット Mark3TM

Mark3TMは図2に示す構造の機体である。平板部分をボディとして、面ファスナーで浮力材、スラスタ、耐圧殻、カメラなどを任意の位置に固定できる。これにより任意の位置に容易に部品を固定できる。重量や大きさについては、被教育者にとって取り回ししやすい大きさを考慮している。

4. 実施結果

4.1 遠隔学習

16年度には各校での製作期間において、フォーラムには18の質問があった。そのうち、大半が電子工作と接続方法に関連した問題であり、力学的現象に関連した質問はなかった。大会当日までに解決しなかった問題は1件で、原因はハンダ不良であった。

17年度にはフォーラム上での質問は1件で原因はテザーケーブルの切断であり、当日まで問題の解決ができなかった。その他メールによる動作不良の相談があったが、ハンダ不良によるものだった。

18年度は15の質問があった。制作上の質問はなく、改造に対する質問が主であり、当時までに解決しなかった質問は1つであった。また1チーム当日まで未完成のチームがあったが、当日までの指導者のフォローにより動作段階まで到達した。

4.2 大会期間

大会1日目はルール説明と追加の改造を許可し、機体の改造を行わせた。機体の改造にあたっては直接的な解を示さず、自由体図などを用いて状況を自主的に理解させる指導方針を採った。初期にははじめた改造では、図3(a)や(b)のように機体に大型のアミをつけるなど、力学に対する配慮が一部欠落した改造もあったものの、試験の結果を受けて動きの悪い理由を力学的に説明し、新たな改造案を提示するような力学的内容の学習を想起させるような行動が観察された。その結果、多くの機体が重心近くに磁石をつけることによる缶の回収を選んだ。

17年度においても同様に、特異的な機体が創発された。16年度はスチール缶のみだったことから、磁石を使ったキャッチャーが主だったが、アルミ缶が課題に置かれたことから、アミを主体にしたものや磁石と併用したタイプの機体も開発された。また、カニの撮影による得点が有ることから、カメラを搭載した機体も現れた。

18年度は16-17年度と同様のルールであったことから、同様の傾向が見られた。特徴的なものとしては、可動型のロボットアームが搭載して、アルミ缶の回収に成功したチームが出現した。その他、底面を走行するチームや、機体そのものは潜行せず、磁石を紐で底に下ろすといったチームや、上下移動をせずにプール底を走行するチームも現れた。

3日目にはトーナメント方式で大会を実施した。大会の結果全てのチームがゲートをクリアし、試合内で得点することができた。海藻森林部にも多くのチームが挑戦し、缶を回収するチームも現れた。18年度にはアルミ缶を回収するチームも現れたことから、毎年技術的な進歩を確認することができた。

5. アンケート結果と考察

5.1 キットについて

大会終了後に行ったアンケートと、4章の大会中の状況から今回の取り組みについて考察を行う。アンケートはキット、マニュアル、競技についての質問で構成され、5点満点で回答される。表2にこの結果について、参加者数で平均化したものを示す。

まず、A.1の難易度についての解答は平均2.6/5点で2年の間に変化はなかったが3年目に低下傾向を示している。この設問では高得点でより低難易度で、標準3点と設定していることから、学習者にとって若干難易度が高かったことが見受けられる。特に18年度

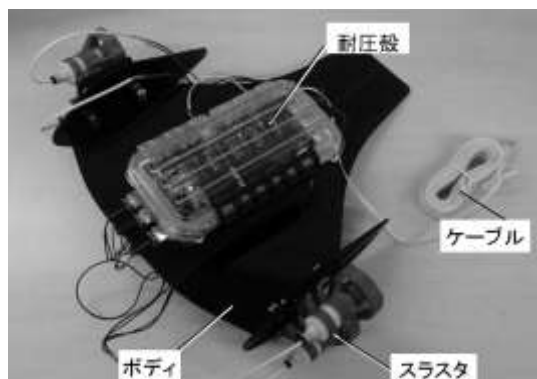


図2 Mark3 TM

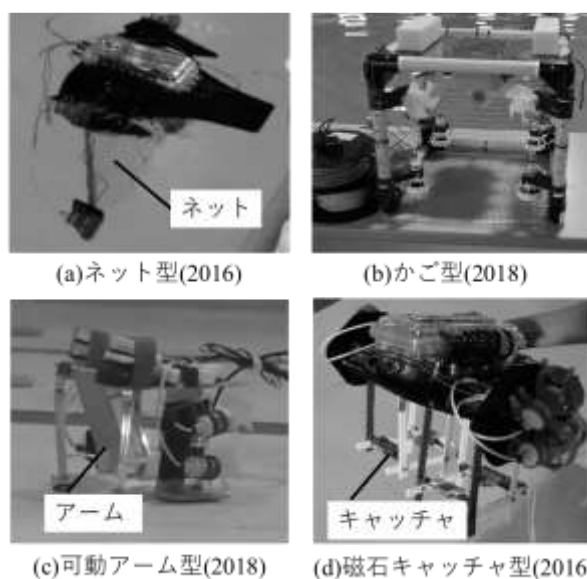


図3 学習者の機体改造例

は参加チームが増えて未経験者が増えたことで、難易度が高く感じられたと思われる。同様に、A.2の完成したキットの性能評価の平均は16年で3.8/5点、17年で3.3/5点、18年で3.1/5点と低下傾向を示していることもこれの証左と見られる。

一方で、A.3とA.4の改造に関わる間では17年に一度低下傾向を示した後に18年度で上昇している。これは難易度の高いキットに対して苦心して改造を加えたことから、キットの改造に対する満足度が高まったと見られる。しかし、実際に行われた改造との関係性を見ると、年度に応じて改造の質も向上していることから、ここで示された結果はキット難易度だけでなく、学習者が難易度の高い改造に取り組んだ結果も反映されていると思われる。すなわち、本教材が被教育者の興味を想起し、そのエネルギーを学習に向けることに効果があったと考えられる。

各作業の難易度についてマニュアルの章構成に合わせる形で行った質問の回答を表4にまとめる。「製作中難しかったところ」と「製作中楽しかったところ」（どちらも複数回答可）は概ね一致している。特に電子工作と機体調整に回答が集中している。

特に機体調整の難易度が上昇傾向を示す一方で、楽しさが低下傾向を示しているということは、「難しくも楽しかった」経験がただ辛い経験になってくる部分があるということなので、これについてはある程度フォローを入れる方法を検討する必要があると考えられる。しかし、これら2つの質問で調整に対して評価が集中することは教材の目標に沿った形で試行錯誤がなされている証左といえる。

5.2 マニュアルについて

マニュアルの分量については17年、18年と加筆されているが、16年度の3.6点から3.3点と低下し「多い」よりも「丁度よい」と解答した参加者が増えている。難易度についても、「丁度よい」が増加したことから、16年度に4点と高いと評価されていた難易度が、18年度には3.54まで低下し、読みやすくなっている。しかし、これは各年度の学力差による可能性も有ることから加筆による効果の存在は明示的に指摘できない。

5.3 大会について

まずC.1の楽しめたかという問については、16年から18年に掛けて低下傾向であるが高い水準である。一方でA.5の全体のスケジュールについては、もっと改造に時間を取れる余裕を与えてほしいという指摘が大半を占めている。ここから見ると、上のマニュアル、キットの評価と勘案すると、3年間で学習者が事前に身につけている学習力がより手を動かす部分から座学的側面へと変化しているものと考えられる。

課題について見ていくと、海藻森林への挑戦は42%から38%、17%と年々低下している。すなわち、多くのチームが缶散乱部での缶回収をメインにしていたと思われる。これは17年度以降の改造トレンドが狭い環境で使いにくいネットの利用になっていたことと符合している。改造のトレンドは缶の回収効率にも影響を与えており、チームの平均缶獲得数は2.85から2.57、18年度で1.1と低下している。アルミ缶の投入はアームの製作を意図したものであるが、これがアミへのトレンド移行の引き金になっていることから学習効果の向上のためにマニュアル等へのアイデア追加する必要があると考えられる。また、

表2 難易度に関するアンケート結果

設問	2016	2017	2018
A. キットについて			
A.1 難易度	2.67	2.67	2.36
A.2 完成したキット性能は予想通りか	3.86	3.33	3.10
A.3 改造を行うことが出来ましたか	4.00	3.22	3.74
A.4 改造は狙い通り出来たか	3.43	2.75	3.47
A.5 製作スケジュールに余裕があったか	2.43	2.24	2.21
B. マニュアルについて			
B.1 分量はどうでしたか	3.57	3.30	3.40
B.2 難易度はどうでしたか	4.00	3.67	3.54
C. 競技について			
C.1 楽しめたか	4.71	4.45	4.33
C.2 カンは一試合でどれくらい取れましたか	2.43	2.57	1.11
C.3 試合時間は十分だったか（5分）	2.14	2.20	1.12

表3 作業内容に関するアンケート結果

作業内容	2016		2017		2018	
	難しい箇所	楽しい箇所	難しい箇所	楽しい箇所	難しい箇所	楽しい箇所
フレーム組	11.1%	0.0%	2.6%	16.1%	5.5%	16.4%
防水テスト	0.0%	0.0%	17.9%	9.7%	19.2%	15.1%
スラスタ作成	11.1%	25.0%	12.8%	9.7%	9.6%	6.8%
回路作成	44.4%	37.5%	28.2%	25.8%	21.9%	17.8%
結合テスト	11.1%	0.0%	7.7%	3.2%	12.3%	9.6%
機体調整	22.2%	37.5%	30.8%	35.5%	31.5%	26.0%

防水といったような基礎的な部分はより簡便に行えるような構造をとることでより目的に沿った内容での学習を伸長することが考えられる。

6. おわりに

本研究では、STEM学習のための初歩的な力学的内容の学習を目的としたロボコン運営を行った。

その結果、本教材が当初の目的である初歩的な力のつり合いの学習に用いることが可能であるが、その学習効果においては難易度のさらなる調整や、マニュアルなどのフォローアップが必要となることを示唆する結果を得た。

参考文献

- [1] 坂本弘志, 針谷安男, 古平真一郎, 山本利一”技術科必修授業向け『ロボコン題材』学習プログラム”, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, Vol. 31, pp. 221-228, 2008.
- [2] Wei-hsing Wang, “A mini experiment of offering STEM education to several age groups through the use of robots”, Integrated STEM Education Conference, vol.2016, No. ISEC, pp.120-127, 2016.
- [3] David Fortus, R. Charles Dersheimer, Joseph Krajcik, Ronald W. Marx, Rachel Mamlok-Naaman, “Design-based science and student learning”, Journal of Research in Science Teaching, vol. 41, Issue 10, pp. 1081-1110, 2004.
- [4] 山縣広和, 森田寿郎, 初歩的な力学的内容の習得を目的とした水中ロボットの開発, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.3, pp.181-188, 2015.