

招待論文

高大連携の導入講座としてのLEGOプログラミング演習の 実践

富永 浩之^{1,a)} 中井 智己¹ 辻 健人¹ 劉 世博¹ 花川 直己¹

受付日 2018年3月2日, 採録日 2018年3月3日

概要: 高大連携の一環として, LEGO ロボット制御とゲーム課題を題材とするプログラミングの導入講座を提案している. 事前講義, 本番演習, 事後総括を含んだ短期集中イベントとして実施する. 本番演習では, チーム単位でのプロジェクトとして, 各テーマの基本課題と応用課題に取り組む. 最後に, 審判シートに基づいた実技認定を受ける. 事後総括では, 各課題の反省として, 成果報告の口頭発表を行い, 審査員が採点する. 本論では, 演習のフレームワークとしての概要を述べ, 高校での教育実践について報告する. 本番演習の実技認定および事後総括の口頭発表について, チームごとの得点状況を考察し, アンケート結果とともに分析する. 高校側と大学側の連携における諸問題についても考察する.

キーワード: LEGO プログラミング, 走行体ロボット制御, ゲーム課題, チーム演習, 高大連携

A Practice Report of Programming Exercises with a LEGO Robot and Game Subjects as Introductory Educational Experience for High School Students

HIROYUKI TOMINAGA^{1,a)} TOMOKI NAKAI¹ KENTO TSUJI¹ RYU SHIBO¹ NAOKI HANAKAWA¹

Received: March 2, 2018, Accepted: March 3, 2018

Abstract: We have proposed an educational framework of LEGO exercises of simple programming with robot control and game projects for introduction to information engineering. The exercises are mainly held for educational short events in our college as joint subjects with high school students. Each project as a lesson has several basic problems and an applied problem. A lesson progress consists of a preparation lecture, an actual team exercise with performance qualification and a post summary report with oral presentation. We carried out several educational practices in high schools. We consider the team activity by the performance exercises and oral presentation. We analyze the results of questionnaires of students. By the results, we discuss some issues about cooperation with a college and a high school in educational joint events.

Keywords: LEGO programming, robot control, game problem, team exercise, cooperation with college and high school

1. はじめに

近年, 高大連携の一環として, 高校への出前講座や大学での体験授業がさかんに実施されている. 高校生にとっては, 大学での授業や研究に関心を高め, 進路選択のきっかけとなる重要な機会となっている. このような取り組みを

支援するものとして, 科学技術振興機構 (JST) の理数学習推進部によるサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (SPP) [1] や, 次世代人材育成事業によるスーパーサイエンスハイスクール (SSH) [2] があげられる. 香川大学工学部においても, 高松市内の高校を中心に, これらに積極的に協力している.

本研究室でも, 高大連携の一環として, LEGO ロボットの初歩的な制御プログラミングを題材とする体験講座を企画している [3]. いくつかの高校に対して 2008 年度より継

¹ 香川大学
Kagawa University, Takamatsu, Kagawa 761-0398, Japan
^{a)} tominaga@eng.kagawa-u.ac.jp

続して実施している。本研究では、このような演習に対し、1クラス分の高校生に対するグループ演習を1~3日の短期イベントとして、基本練習からゲーム課題の競技大会や成果発表までを含めたフレームワークに整理している [4]。また、演習支援のLegoWikiサイトを構築し、LegoWikiに掲載するマルチメディアやシミュレーションのコンテンツを提供している [5]。

2. LEGO プログラミング演習の全体進行

本演習の教材には、LEGO社とMITが開発した教育玩具LEGO Mindstormsを用いる [6], [7]。これまでは、旧版のNXTキットを使用してきたが、2013年に発売された新版のEV3キットへの移行を進めている。EV3マイコンと各種のセンサやモータを組み合わせ、自律制御型のロボットを組み立てるものである。PC上のグラフィカルな開発環境EV3ソフトウェア(図1下)でプログラムを作成し、USBケーブルでEV3に転送して実行させる。ただし、情報系学科の高大連携であるため、あらかじめ規定ロボット(図1上)を用意し、ゲーム課題に対する制御プログラミングのみを実習する。

LEGO演習は、原則として、高校に出張しての事前講義、本学に来校しての本番演習、高校に出張しての事後総括の3回に分けて行う(図2)。事前講義では、規定ロボットの特性、開発環境の利用法などを講義し、本番演習で扱ういくつかのゲーム課題の概要を紹介する。事後総括では、本番演習での取り組み状況と実際の実行結果について、提示資料を基に口頭発表してもらう。最後に、演習全体の総合評価も行う。事前講義と事後総括については、Skypeなどのビデオ配信による遠隔学習、LegoWiki上の教材で高校側への委託による自主学習も取り入れている。

本番演習では、4~6人のグループ単位で、90分程度のプロジェクトとしてゲーム課題に取り組む。半日で3~4の課題を想定している。各課題では、LegoWiki上のコンテンツとして、ゲームフィールドの図解を提示して得点ルールを説明する。実行デモのシミュレーションやビデオを再生する。必要となる技術項目や到達目標を解説する。次に、応用課題の部分演習となる数問の基本練習に取り組む。基本練習は、中間目標としていくつかの設問に分かれる。これにより、ロボットの振舞いを理解し、ゲームの任務要素を攻略する。規定ロボットとPCは2台ずつ用意し、グループ内でGとHの2つのユニットに分かれ、並行して進める。ユニット内では、PCでのプログラミング、ロボットの試走の記録などを分担する。進捗状況は、作業シート(計画・設計・実験)に記入する。応用課題では、チームで協力して取り組み、実技認定を受けて合格となる。

なお、チームが4~6人である理由は、以前はPC環境や機材の問題で、40人規模の1クラスに対し、10台程度しか用意できなかったことが発端である。現在では、20台

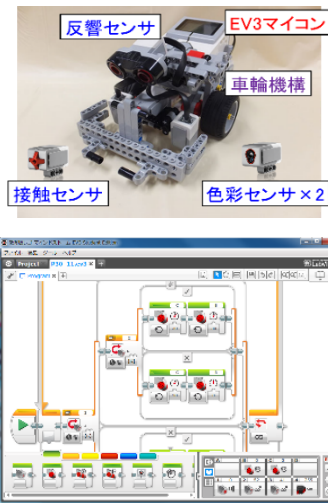


図1 規定ロボットとEV3ソフトウェア
Fig. 1 Traveling robot and EV3 Software.



図2 LEGOプログラミング演習の全体進行
Fig. 2 The outline of the progress of a LEGO programming exercise.

以上を用意しているが、協力の単位の2~3人組のユニットのさらに組で1つのチームという構造が、当事者意識と責任感を持たせるのに効果的と考えている。大学側としても、8~10チームが、機材の配置と教室の規模、補助学生の割振りや実技認定の進行には、ほぼ上限と考えられる。

3. ゲーム課題と作業シート

3.1 ゲーム課題と得点ルール

本番演習で扱うゲーム課題には、接触センサによるイベント駆動と簡単なマルチタスクを実習する「基本制御」、車輪機構によるシーケンシャルな走行制御の「図形模走」、光量/色彩センサによる近接検知とフィードバック制御の「黒線追跡」、自由な走行アルゴリズムを検討する「領域掃出」などがある。そのほかに、やや難度が高いが、反響センサによる遠隔検知の「目標接近」「目標周回」、手腕機構を取り付けての「障害排除」「荷物運搬」も検討している。

図形模走は、フィールド上で指定された黒線上のコースを確定走行する課題である(図3)。スタートからゴールまで、ちょうど15秒で走破し、ゴール上で停止する。コースは、直線および円周の一部であり、距離・半径・角度をあらかじめ測定しておいて、図形をなぞるように走行する。光量センサなどは使わず、左右のモータの出力パワーと時

V0	S	開始点	開始	機体をSの真上に設置 審判の合図で実行を開始	機体と後輪の位置に注意する。 開始点Sは、直線L1の始端V0の直後である。
L1		走行線	直進	V1まで通過したら(自転前) (5秒-時間)×3点	3Δ≤ 検知走行でも確定走行でもよい。 確定走行の場合は、青検知までの[待機]を使う。
V1	P1	任務点	自転	自転して復帰 自転して正方向に脱落 自転して停止/逆走/再転 標識なしで自転	25+ 20+ 10+ 5- 自転前に経過時間を計測する。 赤標識は、5cm×5cmで、L1の終端V1の外側に置く。 無限自転や黒線脱落を防ぐため、 赤検知の直後や自転の直後に調整的な振舞を入れてもよい。
C1		走行線	曲進	V2まで通過したら (15秒-時間)×4点	4Δ≤ ほぼ楕円であるが、検知走行でなければならない。
	P2	任務域	発音	P2上で標識数だけ発音 標識数と異なる発音 標識なしで発音	15+ 10+ 5- 緑標識は、5cm×5cmで、C1の任意の位置で外側に置く。 個数は、2~3個で、5cm以上は離して置く。 マルチタスクを使い、通過しながらの発音とする。 標識の個数だけ発音の回数が明確でなければならない。
V2		通過点			特に標識はないが、経過時間を計測する。
C2		走行線	曲進	V3まで通過したら (20秒-時間)×5点	5Δ≤ C2だけ右折になる。C1-V2-C2とC2-V3-C3はS字になる。 ほぼ小円であり、ここでコースから脱落しやすい。
V3		通過点			特に標識はないが、経過時間を計測する。
C3		走行線	曲進	V4まで通過したら (25秒-時間)×5点	5Δ≤ ほぼ中円であるが、検知走行でなければならない。
V0	G	終了点	停止	接触後、すぐに停止 接触後、しばらくして停止	15+ 10+ 塔状アイテムは、L1の始端V0の直前に、 黒線コースを横断して置く。

図 7 黒線追跡の得点ルール

Fig. 7 The point rule of "Line Trace".

G00 班 1 枚目 | S000 | 課題2 | 図形模走 | 計画シート

概要

区間	攻略	パラメタ	結果
V0 開始点	機体の位置を正確に調整する。	機体の位置	正確に調整する。
L1 直線部分	移動ブロックを用いて直線走行する。	移動ブロックの位置	直線走行する。
V1 通過点	自転前に経過時間を計測する。	経過時間	経過時間を計測する。
L2 直線部分	移動ブロックを用いて直線走行する。	移動ブロックの位置	直線走行する。
V2 通過点	経過時間を計測する。	経過時間	経過時間を計測する。
C1 曲線部分	検知走行でなければならない。	検知走行	検知走行する。
V3 通過点	経過時間を計測する。	経過時間	経過時間を計測する。
C2 曲線部分	検知走行でなければならない。	検知走行	検知走行する。
V4 通過点	経過時間を計測する。	経過時間	経過時間を計測する。

(a) 計画シート

K		G/H		課題2			図形模走			設計シート						
時刻	担当	設問	版	試走	V0	L1	V1	L2	P1	V2	C1	V3	C2	V0	T	M
00:00	S000	P000	00	0	開始	直進	転向	直進	発音	転向	曲進	転向	曲進	停止	時間	得点
10:30	S000	P231	1	1	L字部分を攻略。モーターのパワーを100にし、直進距離と転向角度の基準を調べる。各区間の最終調整には、二分法を用いる。											
	S	P			発音の任務は、時間を測定して鳴らす。曲進部分は、片輪制御で開発する。											
					L1のみ攻略。9秒でV1に到達するパラメタを特定。パワー100、1秒での走行距離を測定。曲進は、2つのモーターブロックで個別制御。											

(b) 設計シート

K00		G/H		課題2			図形模走			実験シート						
時刻	担当	設問	版	試走	V0	L1	V1	L2	P1	V2	C1	V3	C2	V0	T	M
00:00	S000	P000	00	00	開始	直進	転向	直進	発音	転向	曲進	転向	曲進	停止	時間	得点
11:30	S000	P234	01	01	○	○	○	○	×	×					秒	10点
11:32	S000	P231	01	02	○	○	○	○	×	○					秒	15点
11:35	S000	P231	02	01	○	○	○	○	○	○					秒	95点
	S	P			(c) 実験シート											
実験の時刻	生徒番号	設問番号	修正回数	試走回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	成功回数	走行時間	得点

図 8 図形模走の作業シート

Fig. 8 A working sheet for "Figure Following".

設計、実験の3つのシートに分かれている。ここでは、課題の1つである図形模走を例にして、作業シートの記入について述べる。

図 8(a)の計画シートは、走行区間ごとの戦略を記入するシートである。図形模走での設計シートでは、開始点から停止点までの10の区間での攻略法を記入する。たとえば、L1の直線部分の攻略法には、移動ブロックを用いて直線走行するといったようなことを記入する。

図 8(b)の設計シートは、走行区間ごとの走行パラメータを記入するシートである。図形模走の設計シートでは、開始点から停止点までの10の区間でのパラメータを記入する。ここでのパラメータは、走行区間の距離などを計測したうえで記入する。たとえば、L1の直線部分のパラメータは、モータのパワー100で2.75秒走行するといったことを記入する。

図 8(c)の実験シートは、課題の試走を行ったときの走行結果を記入する。シートには、試走を行った時間、走行区間ごとに走破できたかどうかのチェック、走行時間、得点を記入する。走行区間のチェック欄は、課題に書いてあるルール表と対応させている。走破できた区間や達成した任務の欄に丸をつけて記録する。図形模走の実験シートでは、10の走行区間ごとに丸をつけるマス目が用意されている。試走中に区間を走破するごとにその区間に丸をつける。すべての区間を走破したら、合計の走行時間を記入する。

応用課題の実技認定に用いる審判シート(図 9)は、実験シートとほぼ同じ項目から構成されているが、採点に必要な配点や係数が明記されている。

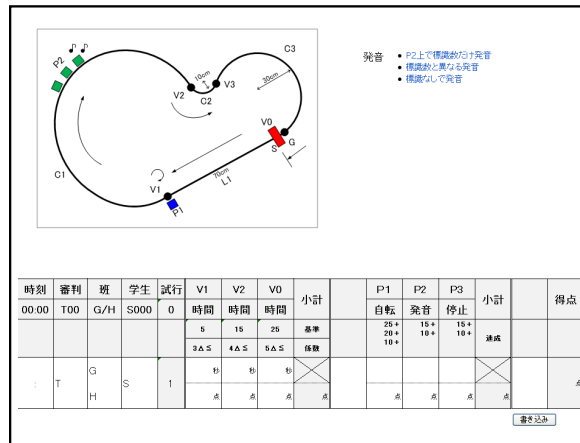


図 9 黒線追跡の審判シート
 Fig. 9 A working sheet for "Line Trace".

表 1 本研究室での高大連携の教育実践
 Table 1 Our educational practices for high schools.

年度	高松第一	福山盈進	高松商業	京都田辺
2008	事前 2009.01 高校			
	本番 2009.01 高校	—	—	—
2009	事前 2010.01 高校			
	本番 2010.01 大学	—	—	—
	総括 2010.02 高校			
2010	事前 2011.01 高校	事前 2010.10 高校		
	本番 2011.01 大学	本番 2010.11 大学	—	—
	総括 2011.01 高校	総括 2010.12 高校		
2011	先行 2011.10 大学	先行 2011.10 大学	事前 2011.11 高校	
	事前 2011.11 大学	事前 2011.11 大学	本番 2011.11 高校	—
	本番 2011.11 大学	本番 2011.11 大学	総括 2012.02 高校	
	総括 2011.12 高校	総括 2011.12 高校	競技 2012.02 大学	
2012	事前 2012.06 高校	事前 2012.06 高校		
	本番 2012.08 大学	本番 2012.12 高校	—	—
	総括 2012.10 高校	総括 2013.01 高校		
2013	事前 2013.06 高校	事前 2013.11 高校		
	本番 2013.06 高校	本番 2013.12 高校	—	—
		総括 2014.01 高校		
2014	—	事前 2014.11 高校	—	—
2015	事前 2016.01 高校		事前 2016.01 高校	事前 2015.07 高校
	本番 2016.01 高校	—	本番 2016.01 高校	本番 2015.08 大学
2016				総括 2015.08 高校
	事前 2017.01 高校			事前 2016.08 高校
	本番 2017.01 高校	—	—	本番 2016.08 高校
2017				総括 2016.09 高校
	—	—	—	事前 2017.08 高校
				本番 2017.08 高校
				総括 2017.10 高校

4. 高大連携の実施状況と問題点

4.1 2014 年度までの旧版による実践

本演習の実施状況は、表 1 のとおりである。2014 年度までは、旧版の NXT キットを使用している。高松第一高校では、2008～2013 年度の 3 日間の講座として実施した。対象は、各年度の高 1 理系クラスである。福山盈進高校でも、同様に、2010～2013 年度に、3 日間の講座として実施

した。どちらも本番演習のみ受講者を大学側に招いた。これらは、SPP および SSH の支援によるものである。2011 年度は、両校の LEGO プログラミングの経験者の数人を事前に大学側に集めて、先行の班長研修を行った。彼らには、本番演習で各グループのリーダー役を務めてもらった。さらに、高松商業高校でも 3 日間の講座として実施し、最後に、3 つの高校の選抜チームによる合同の競技大会も大学側で実施した。なお、2014 年度の福山盈進高校は、希望

者のみの参加で、Skypeによるビデオ配信の遠隔授業とした。本演習は、高校側が中学入試に向けての広報材料にすることもあり、中学生の保護者が参観することもあった。さらに、本演習を受講した生徒が、今度は教える側として、小中学生のための演習を開催するケースもみられた。

4.2 2015年度からの新版による実践

2015年度からは、新版のEV3キットに切り替えた。京都田辺高校も参加した。これは、工業科に新設の進学クラスにおいて、正課の一部として組み入れられた夏季集中講座での実施である。まず、高校側で、LEGOキット必要な台数だけ用意し、組立ても独自に行った。本番演習は、大学側で実施した。時間不足の補うため、高校側でも続きを行った。しかし、京都から高松へのバスによる移動のコストにより、翌年からはすべてを高校側で実施することになった。その代わりに、高校教員の数人が大学側で事前研修を受け、紙面のテキストブックとオンラインのLegoWikiおよびビデオ教材を活用することとなった。また、香川県内での実施については、香川県からの支援が受けられることになり、高松での実施も復活した。ただし、1日または2日の実施であり、事後総括の成果発表は行っていない。

4.3 高大連携における本演習の実施の問題点

本演習は、高大連携の効果としては実績があり、この実践をきっかけに推薦入試で本学を志望する受験生が毎年のようにいる。入学した場合は、補助学生として、参加してることが多い。また、内容を絞れば、小中学生にも適用でき、かがわ科学体験フェスティバル(2001年～)、オープンキャンパスや大学祭の研究室紹介のデモ展示(2003年～)でも実施を続けている。また、香川大学の夏休みの親子講座(2003年)、放送大学での面接授業(2011年)、産業教育技術講習会(2009年)、自治体のクラブ活動(2009年)、地元企業DynaxT社の教育貢献活動MathPubのLEGO教室(2015年～)などでも、実施を依頼されている[8],[9]。

一方で、日程調整や補助学生の確保、距離と時間の制約、費用や準備のコストなどの問題点も明らかになってきている。LEGO演習は少なくとも半日を必要とし、平日までの授業日の午後や土曜登校日に設定されることが多い。高校によっては、課外活動や模擬試験の日程と重なり、実施を見送った年度もある。あるいは、クラス単位の実施から、希望者のみの参加とし、その代わりに、少数精鋭のチームで、ETロボコンなどの学外の大会への出場を目指す方向に切り替えるケースもある。遠隔実施においても、高校側のネットワークの制約や回線の遅さなども影響が大きい。また、高校側の担当教員の異動や大学側の補助学生の入れ替わりによる情報の分断で、十分な意思疎通が滞ってしまったケースもある。これらの現状をふまえ、効果的な演習方法への改善、自学自習できるオンライン教材の構築、高校

側の事情に配慮した運用、高校教員への研修を重視した演習のパッケージ化などを進めている[10],[11],[12],[13]。

4.4 関連する研究や実践

LEGO Mindstormsを教材とする中学高校での演習や、高大連携としての実践は、各地でさかんになってきている。また、中高生や大学新入生を対象とするロボットコンテストも注目を集めている[14],[15]。高専でも手頃な教材として取り上げられている。LEGO Mindstormsの教材を提供するアフレ社[16]をはじめとして、各地にLEGOプログラミング教室を展開しようとする教育関係企業もいくつかある。これは、2020年度からの小学校でのプログラミング教育の必修化を念頭に置いての動きである。

ここで、各自で物理的な機構を考え、ロボットの組立てから始める機械系の演習と、ワンメイクの同一の機体でソフトウェアのみによる優劣を競う情報系の演習では、やや趣が異なることに注意が必要である。前者では、WiFiやBluetoothのインタフェースで、リモコンのコントローラやスマートフォンから人間が操縦する大会も含まれる。後者では、実際の動作だけではなく、ETロボコン[17]のように、組込み系のモデリング設計も審査の対象にする大会もある。

大会においても、走行体をベースに、コースを走破するタイムを競う計時型のレースと、センサで障害を回避したり、アームで荷物を運搬したりするなど、任務重視の得点型のゲームがある。ロボカップ[18]は、自律型のロボットで、サッカーやレスキューなど、多様なテーマの大会を開催している。世界的には、ロボット制作も含む、WRO(World Robot Olympiad)[19]が有名である。

また、中学校の技術・家庭科の技術分野で、「プログラムによる計測と制御」が必修になったことを受け、付属のセンサ群による計測で、環境のモニタリングを重視する実践もある[20]。教育版EV3アプリの拡張で、iPadやAndroidのタブレットからも、気軽にLEGOプログラミングと操縦が可能になった。これにより、歩きながらの利用や屋外での利用も容易になる。

近年では、Webベースのプログラミングによる遠隔制御の題材にも使われている[21]。チームを組んでの協力と分担に基づく問題解決の場として、協調学習に焦点を当てた研究もある[22]。EV3で使えるプログラム言語は、Java(1eJOS)、C/C++(brickOS, GCC)、C#, Ruby(mruby)、Python, Lisp(XS)、Prolog(LegoLog)と広がっており、今後も多様な曲現場での活用が期待できる。

5. 高大連携の実践報告

本章からは、新版のキットによる2015年度以降の実践について報告する[23],[24]。特に、2015年度の京都田辺高校での実践に焦点を当てる。この実践は、正課の内容で

あり、毎年、同じ形態で安定的に実施が可能なのである。例年、夏季集中講座として、工業科内の進学クラスの1年生を対象に、LEGO プログラミング演習を行っている。

2015年度の日程は、08.03(月)に事前講義、08.04(火)と08.05(水)に本番演習、08.21(金)に事後総括である。事前講義と事後総括を高校で行い、本番演習を大学で行った。本番演習の当日は、大学のオープンキャンパスの日でもあり、演習の休憩時間を長めに設け、他の研究室やイベントの見学も可能にした。受講者は35人であり、本番演習と事後総括の終わりに、アンケートを実施した。

日程の都合上、香川と京都という距離的な事情もあり、一部を高校側でのみ実施した。そのため、事前に高校の教師には大学へ来校してもらい、研修を実施した。事前講義を高校の教師が行い、本番演習における図形摸走の説明とプログラムの作成も高校側で行った。大学での本番演習では、高校で作成した図形摸走のプログラムを用意し、採点のみ行った。

2016年度は、同様のクラスの1年生で受講者が34人であった。日程は、08.17(水)から08.23(金)まで、高校側のみで事前講義と本番演習を行い、09.17(土)に大学側が高校に出向いて事後総括を行った。予算や日程の都合で、生徒全員を大学に招くことが難しかったが、大学側が資料を提供し、高校側の教師への研修も十分に行えたため、本番演習に特に問題はなかった。2017年度の日程は、08.18(金)にロボット製作と事前講義、08.21(月)から08.23(水)まで、高校側で本番演習を行った。21(月)のみ、大学側からも出向き、演習実践の記録方法と実技認定の審査方法を説明した。これは、生徒同士で相互に審査を行わせるためである。さらに、10.07(土)に大学側が高校に出向いて事後総括を行った。

なお、2015年度(2016年1月)と2016年度(2017年1月)の高松第一高校、2016年度(2017年1月)の高松商業高校での実践についても比較対象として触れる。高松第一高校は、特別理科コースの1クラス40人程度が対象で、2010年度からのSSHの多様な教育実践の一環である。高松商業高校は、2010年度に新設の情報数理科の1クラス40人程度での試行的な教育実践である。

6. 本番演習の実施と結果

6.1 本番演習の成績

2015年度の本番実践の実技認定の成績は、表2のようになった。各課題の得点は、実技認定の3回の試行による最大値である。走行点と任務点の評価基準は、得点ルール(図6)として明記しており、補助学生による審判で、審判シート(図8)に各試行の結果と得点が記載される。ここでは、各チームのユニットごとに得点を分けている。なお、チームとしては、その合計になる。本実践では、16ユニットの得点順で、単純に上位8(182点以上)と下位8

表2 2015年度の本番演習の実技認定の成績

Table 2 The scores of performance certification in 2015.

ユニット	図形摸走	黒線追跡	領域掃出	合計	成績
G01	45	85	140	270	上位
H01	45	105	165	315	上位
G02	50	12	120	182	上位
H02	50	6	136	192	上位
G03	25	37	156	218	上位
H03	25	0	33	58	下位
G04	25	39	171	235	上位
H04	25	0	156	181	下位
G05	30	0	130	160	下位
H05	30	6	90	126	下位
G06	55	0	110	165	下位
H06	55	12	80	147	下位
G07	45	9	120	174	下位
H07	45	9	90	144	下位
G08	20	85	140	245	上位
H08	20	29	140	189	上位

表3 本番演習に対するアンケート項目

Table 3 Items of a questionnaire for the exercise.

<ul style="list-style-type: none"> ● 課題1 基本制御 <ul style="list-style-type: none"> ・自分が何をしたか、皆でどう協力したか ・工夫したところ、苦労したところ ● 課題2 図形摸走 <ul style="list-style-type: none"> ・自分が何をしたか、皆でどう協力したか ・工夫したところ、苦労したところ ● 課題3 黒線追跡 <ul style="list-style-type: none"> ・自分が何をしたか、皆でどう協力したか ・工夫したところ、苦労したところ ● 課題4 領域掃出 <ul style="list-style-type: none"> ・自分が何をしたか、皆でどう協力したか ・工夫したところ、苦労したところ ● LEGO 演習 <ul style="list-style-type: none"> ・演習全体で何を学んだか ・演習で分からなかったところ ・演習の要望 ・香川大学の印象

(181点以下)に分けた。これにより、G系は上位5と下位3に、H系は上位3と下位5に分かれた。

図形摸走では、すべてのグループが、曲線コースまで進むことができた。これは、高校側でプログラムの作成を行ったため、十分な時間を確保できたためだと考えられる。黒線追跡では、点数が伸び悩んでいるユニットが見られた。理由として、演習が始まった直後は、補助学生に質問する生徒が少なかったためだと考えられる。領域掃出では、多くのユニットが、得点を得ることができている。理由として、領域掃出のプログラムは黒線追跡のプログラムを基に作成することができるため、理解しやすかったためだと考えられる。

6.2 自由記述のアンケートの実施と結果

本番演習に対するアンケートを、自由記述で行った(表3)。

基本制御では、ほぼすべての生徒がプログラムを作成していた。基本制御でプログラムを作成しなかった生徒は、その後のゲーム課題でプログラミングを行っていた。プログラムの作成を行うだけでなく、プログラムの作成とメモをとる作業で、役割分担を決めているグループもあった。

図形摸走では、規定の時間どおりにゴールするのに苦労していた。また、曲線を走行するためのパラメータの調整に苦戦している生徒が多かった。繊細な動きを実現するために、細かいパラメータの調整を行っていた。

黒線追跡では、黒線から脱線しないようにパラメータを調整することに苦労していた。

領域掃出では、より多くの障害物を掃き出すために、回転で障害物を弾き飛ばしたり、中央から螺旋状に動いたりするようなプログラムを作成しているグループが見られた。

LEGO 演習で学んだこととして、プログラムを作成する際の考え方や、協力して作業を進めることの大切さがあげられた。演習で分からなかったこととしては、複雑なプログラムの理解の仕方や、マルチタスクがあげられた。

7. 事後総括の実施と結果

7.1 成果発表の評価

事後総括では、チームごとに成果発表を行う。作業過程を振り返り、進捗報告と実技認定を反省する。発表資料の作成には、大学側で用意したテンプレートを用いる。テンプレートには、資料の大きな構成の指標となる題目や、記述すべき項目が書かれている。各チームの持ち時間は10分で、5分程度の発表の後、残りは質疑や講評とする。

成果発表の評価は、「構成」、「表現」、「態度」、「質疑」の4つの項目とし、各項目を5点満点とする。「構成」は、各課題における演習の取り組み状況、実技認定での結果と分析が適切に述べられているかを評価する。特に、パラメータや計測時間など数量が明示されているかをみる。「表現」は、実技シートの図解を用いたり、注目すべき点を強調して印象付けたり、内容が分かりやすく表されているかを評価する。「態度」は、発表中の話し方が明瞭で抑揚があり聞きやすいか、聴者を向いているか、チームによる分担のバランスが良いかを評価する。「質疑」は、聴者からの質問に対する回答が要領を得ているか、回答時の話し方や態度が適切かを評価する。これらの観点は、口頭試問や面接試験など、各種の発表審査の一般的な項目を参考にしている。

成果発表の審査は、大学教員、補助学生、高校教員の4~6人で行う。すべての評価者の得点を合計したものが、事後総括の得点となる。事後総括の採点結果は、2015年度は5人による表4、2016年度は4人による表5、2017年度は6人による表6のとおりである。2015年度は、15.0点以上の上位3、中位1、13.0点以下の下位4のグループに分かれた。2016年度は、16.0点以上の上位3、中位2、14.0点以下の下位3のグループに分かれた。2017年度は、1つの

表4 2015年度の成果発表

Table 4 The scores of final presentation in 2015.

班	構成	表現	態度	質疑	合計	成績
K01	3.17	3.00	3.17	2.33	11.67	下位
K02	3.67	4.50	4.83	3.83	16.83	上位
K03	3.00	2.67	3.50	2.17	11.33	下位
K04	3.83	3.33	3.50	4.00	14.67	中位
K05	3.67	2.83	3.33	3.00	12.83	下位
K06	3.33	4.17	4.33	3.50	15.33	上位
K07	3.50	3.33	3.67	2.50	13.00	下位
K08	3.50	4.17	4.33	3.50	15.50	上位

表5 2016年度の成果発表

Table 5 The scores of final presentation in 2016.

班	構成	表現	態度	質疑	合計	成績
K01	4.25	4.50	4.00	4.75	17.50	上位
K02	3.50	3.75	3.50	3.75	14.50	中位
K03	3.00	4.00	2.75	3.50	13.25	下位
K04	4.25	4.00	2.25	4.00	14.50	中位
K05	4.25	4.25	3.50	4.25	16.25	上位
K06	3.50	3.25	3.25	3.25	13.25	下位
K07	4.00	4.75	3.50	4.75	17.00	上位
K08	3.75	3.50	3.00	4.00	14.25	中位

表6 2017年度の成果発表

Table 6 The scores of final presentation in 2017.

班	構成	表現	態度	質疑	合計	成績
K01	4.00	3.67	4.33	4.83	16.83	上位
K02	3.83	3.33	3.67	3.33	14.17	中位
K03	3.00	2.83	3.00	3.67	12.50	下位
K04	4.33	4.00	4.67	4.50	17.50	上位
K05	3.67	3.33	4.67	4.17	15.83	中位
K06	4.83	4.50	4.00	4.17	17.50	上位
K07	4.17	4.33	3.83	3.83	15.67	中位
K08	4.17	4.50	5.00	4.67	18.33	上位
K09	4.00	3.50	3.83	4.00	15.33	中位
K10	3.83	3.50	3.67	3.67	14.67	中位

チームだけ思わしくなかったが、他のチームはかなりののできであった。これは、中間段階で発表資料の提出を求め、レビューを行ったためである。また、前年度までの彼らの先輩の発表資料も見せ、ライバル心を刺激した。補助学生の中に、その高校の卒業生が含まれていた点も好影響を与えている。

7.2 客観式のアンケートの結果

2015年度の事後総括の後に、演習に対するアンケートを、4択のリッカート尺度法で行った。プログラミング経験や演習中の意欲、演習後の反省点なども尋ねている。アンケートには7項目あり、それぞれに対して、得られたデータをまとめていく。表7は、2015年度と2016年度の4件の実践の比較である。なお、選択肢は、4かなりそうである、3そうである、2そうでない、1かなりそうでない、としている。さらに、表8では、2015年度の京都田辺高校について、全体のデータを、本番演習の成績と事後総

表 7 2015 年度と 2016 年度の 4 件の実施に対する選択式アンケートの回答結果
Table 7 Questionnaire results of 4 educational practices in 2015 and 2016.

	質問内容	2015 京都 田辺	2015 高松 第一	2016 高松 第一	2016 高松 商業
1	受講前に、以下の経験がありましたか	1.73	3.64	3.73	3.06
1	LEGO Mindstorms の組立や操作	1.61	3.88	3.77	3.32
2	LEGO Mindstorms のプログラミング	1.45	3.88	3.77	3.52
3	LEGO 以外のロボット教材	1.55	3.53	3.77	3.73
4	コンピュータ関係の課外活動	1.71	3.78	3.69	3.03
5	BASIC 言語や C 言語でのプログラミング	2.32	3.93	3.69	1.70
3	グループでの話し合いや作業の記録	2.42	3.08	2.63	3.03
1	課題に取り組む前に、グループ内で、進行や分担の計画を立てた	2.81	2.68	2.49	2.39
2	演習中に、残り時間を考えて、何を優先するか、どこまで目指すかを調整した	2.65	2.28	1.87	2.35
3	計画シートに攻略法を記入した	2.39	3.50	2.90	3.26
5	活動状況が分かるよう、デジカメで写真を撮影した	1.84	3.95	2.26	3.71
6	ゲーム課題がたくさんあり、楽しかった	2.74	2.15	1.74	2.10
7	紙に書いた資料より、Web 上のアニメーション資料が分かりやすかった	2.55	2.93	2.23	2.42
8	指導学生に積極的に質問した	2.42	2.18	2.56	3.00
4	机班でプログラムを作成していたとき	2.58	2.76	2.47	2.84
1	制御ブロックの動作を理解して、プログラムを行った。	2.77	2.31	2.54	1.84
2	曲進走行やセンサ検知の仕組みを理解して、プログラムを行った	2.55	2.38	2.51	2.45
3	計算による予測や二分法など、直観だけに頼らず、数理的にパラメタを考えた	2.42	2.97	2.67	3.00
4	床班からの報告を受けて、プログラムの修正に活かした	2.65	2.64	2.26	3.38
5	プログラムの概要や設定したパラメタを設計シートに記入した	2.48	3.36	2.51	3.52
6	プログラムの名前やバージョンを変えて、こまめに保存した	2.74	3.49	2.87	3.59
7	机班の中で、分担や相談がうまくできていた	2.58	2.18	1.92	2.13
5	床班で動作実験をしていたとき	2.70	2.86	2.31	3.24
1	机班から修正点を聞いて、結果を予測しながら、動作実験を行った	2.61	2.33	2.05	2.86
2	床班の中で、分担や相談がうまくできていた	2.68	2.44	2.21	2.86
3	結果を正しく測定できるよう、メジャーやマーカーなどの器具をうまく使った	2.77	3.64	2.82	3.68
4	動作実験の記録を、しっかり実験シートに残した	2.68	3.36	2.56	3.59
5	動作実験の結果を、素早く机班に伝えた	2.77	2.51	1.92	3.18
6	課題を終えて	3.09	2.18	2.10	2.10
1	作ったプログラムが実際にロボットの動作として実行されるのが面白かった	3.26	1.77	1.74	1.61
2	設問を 1 つずつクリアしていくことで、最終目標への道が意識できた	3.00	2.26	2.08	1.97
3	何度もパラメタを変えて、やっと正しく動作したとき、達成感が得られた	3.26	1.95	1.74	1.97
4	得点ルールを考慮し、勝敗を意識して取り組んだ	2.74	2.67	2.28	3.34
5	グループ内の協力と分担が重要だと思った	3.39	1.74	1.69	2.16
6	プログラミングへの興味が湧いた	3.23	2.23	2.31	1.90
7	機会があれば、また LEGO 演習を受講したい	2.97	2.38	2.38	1.84
8	香川大学工学部への興味が深まった	2.87	2.41	2.54	1.97
7	反省	2.39	2.34	2.24	2.95
1	事前にもっと予習しておくべきだった	2.74	2.00	2.28	2.35
2	事前に立てた計画通りに実行できなかった	2.74	2.21	2.18	2.83
3	時間が足りなくて、中途半端になった	2.90	1.90	1.77	2.42
4	思った通りに動かないことが多く、いやになった	2.39	2.31	2.10	3.35
5	同じことの繰返しが多く、だんだん飽きてきた	2.03	2.77	2.54	3.23
6	自分が何をしてもよいか分からず、積極的に参加できなかった	1.94	2.85	2.79	3.26
7	ソフトウェアの操作方法が分からず、思い通りにできなかった	1.97	2.33	2.00	3.19

括の成績における上位陣と下位層に分け、分析を行った。大学側の本番演習への関与の差があるため、表 7 の項目 2 など、一部の質問は他校では実施していない。

項目 1 では、京都田辺高校は、LEGO に対する事前知識はほとんどなかったが、成績上位の一部生徒は、BASIC や C 言語を用いたプログラミングを少し経験していた。な

お、2015 年度のみ、外部 Web サイト利用率や Blog の作成経験も尋ねたが、上位層の方が下位層よりやや高かった。他の高校とで大きな相違があるが、これは実施時期が影響している。前者が 8 月であり、このような機会に触れる最初のイベントとなっているが、後者は 1 月であり、夏休みや冬休みに何らかの体験の機会があった可能性が高い。

表 8 2015 年度の京都田辺高校のアンケート結果の成績群による比較
Table 8 Comparison of questionnaire results by score constellation in 2015.

	質問内容	全体	本番演習		事後総括	
			上位	下位	上位	下位
1	受講前に、以下の経験がありましたか	1.73	2.07	1.41	1.87	1.57
1	LEGO Mindstorms の組立や操作	1.61	1.80	1.44	1.82	1.36
2	LEGO Mindstorms のプログラミング	1.45	1.73	1.19	1.65	1.21
3	LEGO 以外のロボット教材	1.55	1.87	1.25	1.76	1.29
4	コンピュータ関係の課外活動	1.71	2.07	1.37	1.71	1.71
5	BASIC 言語や C 言語でのプログラミング	2.32	3.00	1.69	2.41	2.21
2	演習の前日までの準備	2.13	2.42	1.87	2.18	2.08
1	事前に、配布された解説書を読んだ	2.39	2.73	2.06	2.29	2.50
2	事前に、LegoWiki のページを見ていた	1.65	2.00	1.31	1.41	1.93
3	LEGO Mindstorms の操作方法が理解できた	2.26	2.27	2.25	2.47	2.00
4	LEGO 演習の課題内容を確認していた	2.29	2.73	1.87	2.53	2.00
5	事前に、グループ内で課題について話し合った	1.97	2.20	1.75	2.00	1.93
6	役割分担を事前に決めた	2.48	2.73	2.25	2.41	2.57
7	LEGO について事前に調べた	1.90	2.27	1.56	2.12	1.64
3	グループでの話し合いや作業の記録	2.42	2.63	2.21	2.73	2.04
1	課題に取り組む前に、グループ内で、進行や分担の計画を立てた	2.81	3.00	2.62	3.12	2.43
2	演習中に、残り時間を考えて、何を優先するか、どこまで目指すかを調整した	2.65	2.87	2.44	3.12	2.07
3	計画シートに攻略法を記入した	2.39	2.73	2.06	2.82	1.86
4	作業中に LegoWiki を確認した	1.94	2.13	1.75	1.94	1.93
5	活動状況が分かるよう、デジカメで写真を撮影した	1.84	1.93	1.75	1.88	1.79
6	ゲーム課題がたくさんあり、楽しかった	2.74	2.80	2.69	3.29	2.07
7	紙に書いた資料より、Web 上のアニメーション資料が分かりやすかった	2.55	2.73	2.37	2.94	2.07
8	指導学生に積極的に質問した	2.42	2.87	2.00	2.71	2.07
4	机班でプログラムを作成していたとき	2.58	2.74	2.42	2.95	2.12
1	制御ブロックの動作を理解して、プログラムを行った。	2.77	2.80	2.75	3.12	2.36
2	曲進走行やセンサ検知の仕組みを理解して、プログラムを行った	2.55	2.80	2.31	3.06	1.93
3	計算による予測や二分法など、直観だけに頼らず、数理的にパラメタを考えた	2.42	2.67	2.19	3.00	1.71
4	床班からの報告を受けて、プログラムの修正に活かした	2.65	2.93	2.37	2.94	2.29
5	プログラムの概要や設定したパラメタを設計シートに記入した	2.48	2.60	2.37	2.82	2.07
6	プログラムの名前やバージョンを変えて、こまめに保存した	2.42	2.53	2.31	2.71	2.07
7	机班の中で、分担や相談がうまくできていた	2.74	2.87	2.62	3.00	2.43
5	床班で動作実験をしていたとき	2.70	2.85	2.56	3.00	2.34
1	机班から修正点を聞いて、結果を予測しながら、動作実験を行った	2.61	2.73	2.50	3.06	2.07
2	床班の中で、分担や相談がうまくできていた	2.68	2.67	2.69	3.00	2.29
3	結果を正しく測定できるよう、メジャーやマーカーなどの器具をうまく使った	2.77	2.93	2.62	3.00	2.50
4	動作実験の記録を、しっかり実験シートに残した	2.68	2.80	2.56	2.88	2.43
5	動作実験の結果を、素早く机班に伝えた	2.77	3.13	2.44	3.06	2.43
6	課題を終えて	3.09	3.36	2.84	3.32	2.81
1	作ったプログラムが実際にロボットの動作として実行されるのが面白かった	3.26	3.53	3.00	3.59	2.86
2	設問を1つずつクリアしていくことで、最終目標への道が意識できた	3.00	3.33	2.69	3.24	2.71
3	何度もパラメタを変えて、やっと正しく動作したとき、達成感が得られた	3.26	3.47	3.06	3.35	3.14
4	得点ルールを考慮し、勝敗を意識して取り組んだ	2.74	3.13	2.37	3.06	2.36
5	グループ内の協力と分担が重要だと思った	3.39	3.67	3.12	3.53	3.21
6	プログラミングへの興味が湧いた	3.23	3.33	3.12	3.29	3.14
7	機会があれば、また LEGO 演習を受講したい	2.97	3.33	2.62	3.24	2.64
8	香川大学工学部への興味が深まった	2.87	3.07	2.69	3.24	2.43
7	反省	2.39	2.65	2.14	2.35	2.43
1	事前にもっと予習しておくべきだった	2.74	3.33	2.19	2.82	2.64
2	事前に立てた計画通りに実行できなかった	2.74	3.00	2.50	2.76	2.71
3	時間が足りなくて、中途半端になった	2.90	3.07	2.75	2.76	3.07
4	思った通りに動かないことが多く、いやになった	2.39	2.47	2.31	2.41	2.36
5	同じことの繰返しが多く、だんだん飽きてきた	2.03	2.20	1.87	2.06	2.00
6	自分が何をしようか分からず、積極的に参加できなかった	1.94	2.20	1.69	1.88	2.00
7	ソフトウェアの操作方法が分からず、思い通りにできなかった	1.97	2.27	1.69	1.76	2.21

項目2は、大学側で本番演習を実施した2015年度のみ尋ねた。事前に配布した資料は、半分ぐらいの生徒が目を通してのに対して、LegoWikiの存在を認識している生徒は、非常に少なかった。これより、事前講義などでLegoWikiの存在を強く知らせる必要や、掲載されている情報を簡単に教える必要があるということが分かった。

項目3では、LegoWikiとデジカメの利用度が低く、それ以外は高くも低くもない結果だった。デジカメの利用度を高める工夫としては、各班にカメラ係を用意するなどの案があがった。

項目4, 5からは、授業実施時は、理解しているつもの生徒が多かったが、事後総括時のアンケートでは、理解していないという回答が増加した。ここから、資料作成時に、どんな情報がいつ必要かを演習時に理解していない生徒や、記録を正確にとっておらず時間の経過とともに忘れてしまっている生徒がいることが分かった。生徒の記録を助けるためのものなどがあればもっと良くなるかもしれない。なお、本番演習の実技認定の成績より、事後総括の成果発表の成績の方が、傾向に差がみられる。その要因は、実技認定での黒線追跡の成否が大きく影響し、必ずしもチームとしての取り組みの状況を反映していないためと思われる。これについては、3回の試行のうち、任務の一部を諦めて、完走だけを目指すなど、チームの作戦的な面でも指導が必要である。また、高校間の比較では、SSHの一環で、他にも教育実践がある高松第一高校が良い値になっている。

項目6では、全体的に高評価であった。上位層と下位層の差は0.5程度で、下位層の評価も高いのが印象的であった。下位層の評価も高いことから、効果的な学習だったといえる。特に実技認定で思うような結果が出せなかった一部のチームの成果発表での巻き返しは、目を見張るものがあった。そういう意味では、実技認定より成果発表の方が教育効果の目安としては妥当と思われる。ただし、他の高松の高校では、全体的に低い傾向がある。これは、生徒の男女の比率も関係しているようである。理系でも薬学や看護への志向が強い生徒は、いわゆる機電情への関心が薄い、女子生徒の方にその傾向が現れていると、高校教員からうかがった。

項目7では、下位層は、ソフトウェアの扱いでつまづいている生徒が多かった。ソフトウェアの扱い方を噛み砕いたドキュメントを用意する必要があるということが分かった。

項目8では、全体的に低評価であった。LegoWikiで評価項目を確認と作業記録の見返しと写真を活用した資料作成の3点が特に評価が低かった。対策として、もう少し作業記録の見直しをあらかじめ促すような仕組みや工夫が必要であることが分かった。

8. おわりに

高大連携の一環として、LEGOロボット制御とゲーム課題を題材とするプログラミングの導入講座を提案している。事前講義、本番演習、事後総括を含んだ短期集中イベントとして実施する。本番演習では、チーム単位でのプロジェクトとして、各テーマの基本課題と応用課題に取り組む。最後に、審判シートに基づいた実技認定を受ける。事後総括では、各課題の反省として、成果報告の口頭発表を行い、審査員が採点する。

本論では、まず、演習のフレームワークとしての概要を述べた。新版のキットを利用する2015年度以降について、高校での教育実践について報告した。本番演習の実技認定および事後総括の成果発表について、チームごとの得点状況を考察し、アンケート結果とともに分析した。その結果、LEGO演習がプログラミング導入の体験講座において有用であることがうかがえた。特に、成果発表は、中間段階でのレビューが功を奏した。

一方、高校側と大学側の連携における諸問題についても考察した。現時点では、SSHやSPPなど、高大連携への大きな支援が必要な側面もある。高校教員にも、対応に慣れているかどうかの差に開きがみられる。この点については、他の高校からも、ノウハウ的な経験の蓄積の共有を進めていく。演習の内容としては、高校教員からの評価も高い。生徒の進路にも良い影響が現れている。ただし、男女間など生徒の進路による相違は、工業都市かどうかにも現れることがあり、教育現場で本人の志向や適性を見極めたり、指導したりするうえでの問題点の1つといえるかもしれない。

2022年からの高等学校学習指導要領では、情報の科学的な理解に重点を置き、「情報I」を共通必修科目としたうえで、その発展的選択科目として「情報II」が位置付けられている[25]。これに基づき、新たな教育方法の提案や教育環境の充実が求められている[26],[27]。本実践でも、単なるプログラミング演習ではなく、それを手段として、設計や実験、チーム活動や成果発表も含めた多面的なものである。

以上をふまえ、遠隔地でも円滑に進めていくには、両者のコストを減らし、演習のパッケージ化を図って、高校側での単独実施も可能な態勢を整える。受講する生徒が自発的に、作業シートへの記入や実技認定の審判を行うような仕組みが必要である。また、本演習を受講済みの上級生から下級生への補助も取り入れていく。

謝辞 本研究の高大連携の実践においては、高松第一高校、高松商業高校、福山盈進高校、京都田辺高校の教職員および受講生の協力を得ている。また、相手先の高校を通して、科学技術振興機構のSPPとSSHの支援をいただいている。香川県の補助金である「香川県大学等魅力づくり補助金」を活用した香川大学工学部の「高大接続推進事業」

の支援も受けている。謹んで感謝の意を表する。

参考文献

[1] 科学技術振興機構数理学習推進部：サイエンス・パートナーシップ・プログラム，入手先 (<https://www.jst.go.jp/cpse/spp/>).

[2] 科学技術振興機構：次世代人材育成事業，スーパーサイエンスハイスクール，入手先 (<http://www.jst.go.jp/cpse/ssh/>).

[3] 加藤 聡，富永浩之：LEGO ロボットを題材とする導入体験としてのプログラミング演習の実践，教育システム情報学会研究報告，Vol.23, No.3, pp.23-28 (2008).

[4] 富永浩之，加藤 聡：LEGO ロボットの制御をゲーム題材とするプログラミング演習のフレームワーク，信学技報，Vol.109, No.163, pp.31-38 (2009).

[5] 加藤 聡，富永浩之：LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする問題解決型のプログラミング演習—LegoWiki によるグループ作業管理と教育実践，情報処理学会研究報告，Vol.2010-CE-103, No.11, pp.1-8 (2010).

[6] LEGO Company: LEGO.com Mindstorms EV3, available from (<http://www.lego.com/ja-jp/mindstorms/products/>).

[7] LEGO Company: LEGO.com Mindstorms EV3 software, available from (<http://www.lego.com/ja-jp/mindstorms/learn-to-program/>).

[8] 株式会社 DynaxT: MathPub, available from (<http://mathpub.jimdo.com/>).

[9] 中井智己，内山 豊，水島聡哉，富永浩之：中学生への LEGO ロボットのプログラミング体験イベントの運営方法の検討とゲーム課題の再構成，情報教育シンポジウム SSS2015 論文集，Vol.2015, No.10, pp.67-72 (2015).

[10] 西上明普，加藤 聡，富永浩之：LEGO ロボットとゲーム課題を題材とする導入体験としてのプログラミング演習—対話的な事前学習のためのオンライン教材の作成，信学技報，Vol.110, No.453, pp.137-142 (2011).

[11] 高橋知希，富永浩之：高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習の支援—高大連携の LEGO 講座における遠隔学習の検討，教育システム情報学会研究報告，Vol.28, No.2, pp.113-120 (2013).

[12] 水島聡哉，高橋知希，富永浩之：高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習の支援—ゲーム課題の攻略法の検討と実習の作業状況の記録に関する統合教材の機能，情報処理学会研究報告，Vol.2014-CE-127, No.5, pp.1-4 (2014).

[13] 水島聡哉，内山 豊，高橋知希，富永浩之：高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習の支援—事前学習と本番演習における統合教材の各フェーズの利用方法，信学技報，Vol.114, No.513, ET2014-85, pp.1-6 (2015).

[14] 実践ロボットプログラミング，実践ロボットプログラミング，入手先 (<http://robot-programming.jp/>).

[15] 長崎 健：ロボットコンテストを題材とした組み込みシステムのソフトウェア技術教育，電気学会論文誌 C, Vol.137, No.9, pp.1141-1144 (2017).

[16] アフレル社：アフレル，入手先 (<https://afrel.co.jp/>).

[17] ET ロボコン：ET ロボコン，入手先 (<http://www.etrobo.jp/>).

[18] ロボカップ日本委員会：オフィシャルホームページ，入手先 (<http://www.robocup.or.jp/original/>).

[19] NPO 法人 WRO：WRO，入手先 (<https://www.wroj.org/>).

[20] 野口孝文：モジュール化した「計測と制御」の個別学習の統合による協調学習環境の開発，信学技報，Vol.117, No.297, pp.29-34 (2017).

[21] 矢賀部修平，福本尚生，古川達也：LEGO Mindstorms EV3 を用いた Web ベースのプログラミング学習支援システムの開発，信学技報，Vol.117, No.256, pp.27-32 (2017).

[22] 野口孝文，千田和範，稲守 栄：ロボットを用いた協調学習環境の開発，ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集，Vol.2017, No.2P2-K11 (2017).

[23] 中井智己，辻 健人，花川直己，富永浩之：高大連携の導入講座としての LEGO プログラミング演習の支援—事後総括の口頭発表とアンケートの分析，情報処理学会研究報告，Vol.2015-CE-132, No.20, pp.1-6 (2015).

[24] 楠目 幹，塩田智基，劉 世博，富永浩之：高大連携の LEGO プログラミング講座の教育実践におけるアンケート結果の分析，ゲーム学会全国大会，Vol.15, pp.45-46 (2016).

[25] 文部科学省：新学習指導要領 (平成 29 年 3 月公示)，入手先 (http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm).

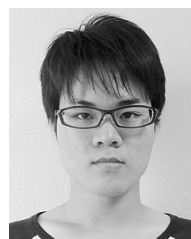
[26] 鹿野利春：学習指導要領の改訂と共通教科情報科，情報処理学会「情報処理」，Vol.58, No.7, pp.626-629 (2017).

[27] 堀田龍也：新学習指導要領における情報教育の動向，情報処理学会「情報処理」，Vol.59, No.1, pp.72-79 (2017).



富永 浩之 (正会員)

1993 年京都大学大学院理学研究科数理解析専攻博士課程単位取得退学。理学修士。同年香川大学経済学部講師。1994 年同助教授。1998 年同大学工学部助教授。2008 年同准教授。2012 年東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム工学専攻博士課程在籍。2018 年香川大学創造工学部准教授。電子情報通信学会，教育システム情報学会，教育工学会，人工知能学会，ソフトウェア科学会，ゲーム学会，コンピュータ利用教育学会，IEEE，ACM 各会員。



中井 智己 (学生会員)

2018 年香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻博士前期課程修了。修士 (工学)。同年 (株) サイバーエージェント。電子情報通信学会会員。



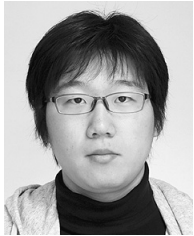
辻 健人 (正会員)

2018 年香川大学工学部電子・情報工学科卒業。学士 (工学)。同年 (株) リクルートホールディングス。電子情報通信学会会員。



劉 世博 (学生会員)

2018年香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻博士前期課程修了。修士(工学)。電子情報通信学会会員。



花川 直己 (正会員)

2018年香川大学大学院工学研究科信頼性情報システム工学専攻博士前期課程修了。修士(工学)。同年NTTコミュニケーションズ(株)。電子情報通信学会会員。