OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	制御プログラミングを取り入れた文系大学生向け情報教育の実践
Author(s)	森, 秀樹; 武田, 俊之
Citation	大阪大学教育学年報. 2012, 17, p. 101-112
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/10837
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

〈研究ノート〉

制御プログラミングを取り入れた文系大学生向け情報教育の実践

森　　秀樹　武田俊之

【要旨】

小型プログラマブルコンピュータを用いた、制御プログラミングを課題とした文系大学生向けの情報教育授業をデザイン、実践した。プログラミング演習と3回の作品製作を繰り返すことで、受講者はモータやライト、サウンドの制御のほか、条件分岐や変数、赤外線コミュニケーション通信を利用したプログラム制御による様々な作品づくりを行うことができた。本稿では、授業デザインと実践結果について報告する。

1. はじめに

私たちはコンピュータに囲まれながら生活している。身の回りのものに目を向けてみても、携帯電話から家電製品、玩具まで多くのものにコンピュータが埋め込まれ、プログラムにより制御されている。私たちにとって、プログラムによって制御されたものは身近な存在となっている。一方で、これらの仕組みについて学習する機会は、ほとんどない。その理由の1つとして、初心者に対してハードウェアを制御するプログラミングの敷居が高いことが挙げられる。しかし近年、簡単にプログラミングが可能な環境が多数開発されており、初心者でもコンピュータを埋め込んだ作品づくりが可能となってきた。その中から、本研究ではマサチューセッツ工科大学が開発したCricket（クリケット）を取り上げ、文系大学生向けの情報教育として制御プログラミングを取り入れた授業をデザイン・実践した。

2. クリケット

クリケット（Cricket）は、米国マサチューセッツ工科大学（MIT）メディアラボが教育用に開発した小型プログラマブルコンピュータである。乾電池で動作し、クリケットに接続したモータやセンサをプログラム制御できる（図1）。本実践では、MIT開発のプロトタイプを元に、Playful Invention Company社が開発

図1：ピコクリケット

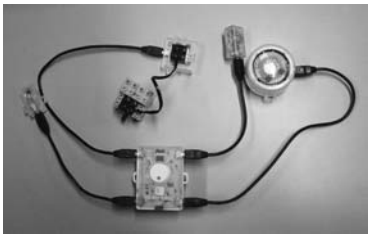

図2：ピコクリケット・モータ・音センサ・スピーカ・LED

したピコクリケット（PicoCricket）を主に使用する。ピコクリケットには、4つの入出力ポートがあり、モータ、3色発光可能なLEDライト、MIDI音源を搭載したスピーカ、3桁数字表示用ディスプレイ、タッチスイッチ、明るさセンサ、音センサ、抵抗センサを接続できる。また、赤外線による通信機能を備えており、コンピュータ上で作成したプログラムを赤外線でダウンロードするほか、クリケット同士のコミュニケーションをプログラムすることも可能である（図2）。

クリケットへのプログラミングには、グラフィカルなブロック型インターフェースを持つプログラミング環境「ピコブロックス（PicoBlocks）」を用いる（図3）。ピコブロックスには、「Lights」「Sound」「Action」「Sensors」「Data」「Flow」「Numbers」「My Blocks」の8カテゴリに58種のコマンドが用意されている（表1）。画面左のタブからカテゴリを選び、ブロック型のコマンドを画面中央のプログラミングエリアにドラッグし、ブロックを繋げるようにしてプログラムを組み立てる。例えば、モータが1秒間回転し、その後1秒間停止することを10回繰り返すには、図4のプログラムを用いる。実行したいブロックの固まりをダブルクリックすることで、プログラム送信ユニットを介して、赤外線を使ってクリケットへプログラムが送信される。一度、クリケットへダウンロードされたプログラムはプログラム実行ボタンを押すことにより、コンピュータ無しに単体で何度でも実行できる。

表1：コマンド表

カテゴリ	コマンド	機能
Lights	setlight color	ライトを指定した色で点灯させる
	setlight power	ライトの強さを指定する
	light off	ライトを消す
	display	（指定された値を）表示する
Sound	chirp	「チッ」という音をならす
	note	（指定した音階と長さで）音をならす
	play sound	指定した音をならす
	set inst	楽器を指定する
	set tempo	テンポを指定する
	set volume	ボリュームを指定する
	melody	メロディブロック
	rhythm	リズムブロック
Action	motor onfor	モータを指定された間動かす
	motor on	モータを動かす
	motor off	モータを止める
	reverse	（モータの回転方向を）反対向きにする
	this way	モータの回転方向を指定する
	that way	モータの回転方向を指定する
	set power	モータの速さを指定する
Sensors	touch?	スイッチが押されたかどうか判別する
	dark?	明るさセンサが暗さを感知しているか判別
	brightness	明るさの値
	loud?	音センサが大きな音を感知しているか判別
	loudness	音の大きさの値
	connected?	抵抗センサが0を感知しているか判別
	resistance	抵抗の値
	beamIR	赤外線でデータを送る
	IR	赤外線の値
	newIR?	赤外線で新しい値を受信しているか判別
	timer	タイマーの値
	reset timer	タイマーの値を0にする

カテゴリ	コマンド	機能
Data	clear	データを全部消す
	collect	データメモリに数値を記録する
	rewind	巻き戻す
	next data	次のデータ
Flow	wait	指定した間まつ
	waituntil	指定した条件を満たすまでまつ
	forever	ずっと繰り返す
	repeat	指定した回数だけ繰り返す
	if then	もし　その時は
	if then else	もし その時は その他は
	stopall	すべて止める
	stop stack	スタック止める
Numbers	number	数値を指定
	+	+
	-	-
	X	X
	/	/
	random(min max)	指定した数値の間で乱数を発生させる
	>	>
	<	<
	=	=
	and	両方の条件を満たしているか判別
	or	どちらかの条件を満たしているか判別
	not	指定条件の反対を満たしているか判別
My Blocks	my block	オリジナルブロックを作成
	store in box	変数boxの値を設定
	box	変数boxの値

図３：プログラミング環境

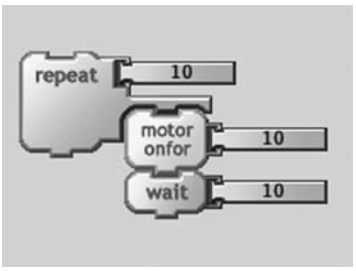

図４：プログラム例

3. 授業実践

本実践は、私立Ａ大学の文系学生を対象とした情報科学科目「制御プログラミング」として、2004年度より実施している。４日間の集中講義を通して、クリケットを用いた制御プログラミングの演習と応用課題としてクリケットを活用した作品製作に取り組む（表２）。

表２：授業スケジュール

	校時	内容
1日目	①	イントロダクション
	②	プログラミング演習（モータ、ライト、サウンド）
	③	作品づくり(ロボットコンテスト)
2日目	④	プログラミング演習（センサ）
	⑤⑥	作品づくり(センサに反応するモノづくり)
	⑦	プログラミング演習（計算、変数、データ、コミュニケーション）
3日目	⑧	作品企画書づくり
	⑨⑩⑪	ファイナルプロジェクト製作
4日目	⑫⑬	ファイナルプロジェクト製作、プレゼンテーション準備
	⑭	作品プレゼンテーション
	⑮	まとめ

3－1. 授業概要

授業は１日目を３校時（１校時は1.5時間）とし、２日目より４日目最終日までを４校時で実施する。受講者は15名を定員とし、授業運営は筆者と学生アシスタント１名で行う。教室はレイアウトが自由な多目的教室を使用し、受講者の作業スペースと作品製作で使用する各種素材やツールを置くスペースを設ける。また、初日に実施するロボットコンテスト用のコースも教室内に設置する（図５、図６）。

図５：教室

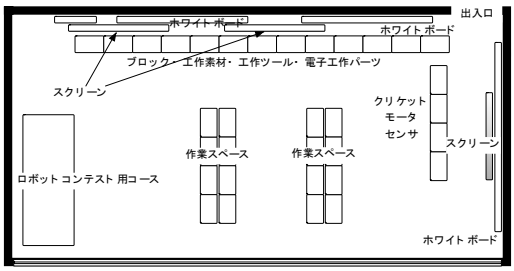

図６：教室レイアウト

本授業で使用する機材、素材は表３の通りである。クリケットとノート型コンピュータのほか、作品製作用に様々な工作用素材や、動きの仕組み作りに活用できるギア等のブロックとあわせて、クリケットの抵抗センサに接続できる可変抵抗器等の電子パーツ、はさみ等の工作ツールを用意し、教室内で自由に使えるようにする（表３）。

表３：機材・素材一覧

クリケット	クリケット、モータ、モータボード、LEDライト、スピーカ、タッチスイッチ、音センサ、光センサ、抵抗センサ、ケーブル
工作素材	フェルト、綿、毛糸、ペットボトル、牛乳パック、空き箱、段ボール、発砲スチロール、輪ゴム、針金、紙皿、紙コップ、割り箸、ストロー、毛糸、結束バンド、風船、ビニールひも、洗濯ばさみ、麻ひも、つり糸、シール、軍手、クリップ、ゴムひも、羊毛、ばらん、おりがみ、色画用紙、アルミホイル、紙袋、ビニール袋　等
ブロック	ギア、カム、プーリー、シャフト、コネクタ　等
電子パーツ	スイッチ、CDS、サーミスタ、可変抵抗器　等
工作ツール	はさみ、カッター、ペンチ、ビニールテープ、両面テープ、のり、ボンド、ホチキス、カラーマーカ　等
その他機材	ノート型コンピュータ、プロジェクタ

3－2. 授業の流れ

次に４日間の授業の流れについて、順を追って説明する。

3－2－1. イントロダクション

授業概要と４日間の流れを説明後、クリケットを使った作品例をビデオで紹介する。その際、Ruskら（2008）が指摘するように、特定のサンプル作品のイメージだけに引きずられないよう、複数のサンプル作品を紹介する。

3－2－2. プログラミング演習（モータ、ライト、サウンド）

基本操作としてクリケットとモータ、ライト、スピーカの接続と、コンピュータ上でのプログラミングからクリケットへのダウンロード、プログラム実行までの手順を説明する。その後、出力に関する制御プログラミングの演習として、受講者はモータ、ライト、サウンドの制御に取り組む。まず、モータを制御する「motor onfor」「motor on」「motor off」、ライトを制御する「setlight color」「light off」、サウンドを制御する「play sound」、および繰り返しの制御に関わる「forever」「repeat」、タイミングを制御する「wait」の基本コマンドについて解説し、受講者は表５の課題１から４を取り組む。さらに課題終了後に、４つの入出力ポート

表５：プログラム練習問題（モータ、ライト、サウンド編）

No.	課題
1	ライトを3秒間緑色に点灯させる。その後、1秒間黄色に点灯し、さらに3秒間赤く点灯する。
2	ライトを3秒間緑色に点灯させる。その後、少しの間ライトを点滅させる。（緑色で）さらにその後、赤く点灯する。
3	モータを3秒動かす。その後、反対向きに3秒動かす。
4	モータを低速で3秒動かす。その後、高速で3秒動かす。
5	ポート①のライトが点灯する。その3秒後にポート②のライトが点灯する。（何色でも）
6	ポート①と②のライトが同時にピンク色で点灯する。その後、ポート①のライトは、2秒後に消え、さらにその1秒後から2秒間黄色く点灯する。ポート②のライトは、1秒後に赤くなり、その4秒後に消灯する。
7	色々な音を鳴らしてみよう
8	メロディをつくってみよう
9	リズムをつくってみよう
10	音の鳴る信号機をつくってください

を別々に制御するポート指定の方法について説明を加え、残りの課題に取り組む。課題10は、早く進んだ受講者の応用課題として、モータ・ライト・サウンドを組み合わせた制御を課題とする。

3−2−3. ロボットコンテスト

出力に関するプログラム制御を活用する作品製作として、車型ロボットづくりに取り組む。受講者は２名１組で、図７のスタート地点から２つのゲートをくぐり、ゴール地点までコース上に設置されたボールを運ぶロボットを製作する（図８）。グループ分けにもクリケットを用い、センサと赤外線コミュニケーション通信を活用したパートナー探しゲームを行うことで、以降で紹介する機能についての簡単な紹介も含める（図９）。

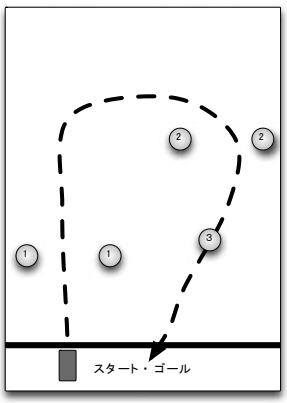

図７：コースレイアウト

図８：テスト走行

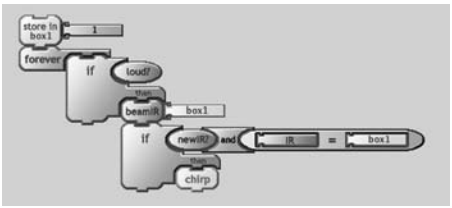

図９：グループ分けプログラム

図10は受講者が製作した車型ロボットである。２つのモータとタイヤにキャスターを組み合わせ、三輪車型ロボットを製作した。ボールを運びやすいよう前方の機構を工夫している。図11は、２つのモータに直結する後輪と前輪をベルトで繋いだ４輪車型ロボットである。プログラムは､コース課題をクリアできるよう、クリケットに接続した２つのモータに対して、個別に駆動時間やパワー、回転方向を細かく制御している（図12、図13）。

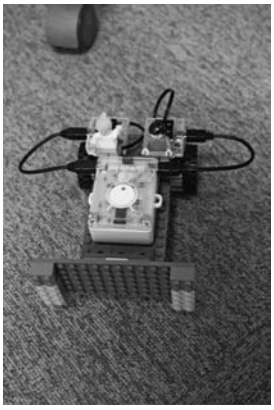

図10: 三輪車型ロボット

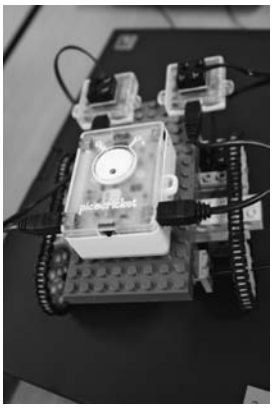

図11: 四輪車型ロボット

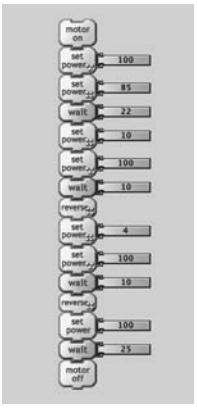

図12: プログラム

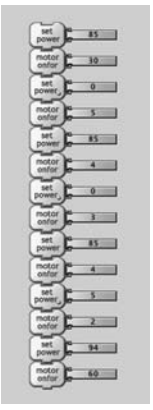

図13: プログラム

3−2−4. プログラミング演習（センサ）

第２日目には、センサとスイッチの制御を含む入出力のあるプログラム作成に取り組む。条件分岐のための「if then」「if then else」コマンドについての説明後、表６の練習問題を行う。問題１から３は、「touch？」「loud？」「dark？」の判別条件が予め設定されたコマンドを利用する課題、問題４から６では、センサからの値を利用し、「＝」「＞」「＜」「and」「or」を使った論理式を用いる課題である。最後に応用課題として、実際のサンプル作品を制御しているプログラムを、その動作から想像しプログラム作成する。サンプル作品は２つのスイッチとライトを用い、１つのスイッチを押すとライトが１つ点灯し、もう１つのスイッチを押すと別のライトだけが点灯する仕組みとしている。図14は、サンプル作品を制御するプログラムである。

表６：プログラム練習問題（センサ編）

No.	課題
1	スイッチを押すと、モータが3秒動く。
2	うるさいと、犬が吠える。
3	暗くなるとライトが点灯する。明るくなるとライトが消える。
4	明るさの値が３０よりも小さくなると,ライトが3秒間点灯する。
5	明るさの値が、２０−３０の時にライトが点灯する。それ以外は、ライトは消えている。
6	音センサーの値にあわせて、モータのスピードが変わる。
7	サンプルと同じプログラムをつくってみよう

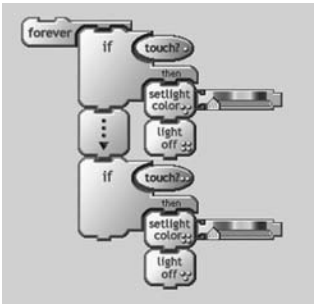

図14: サンプル作品のプログラム

3−2−5. センサに反応するモノづくり

次にセンサ・スイッチのプログラム制御の応用として、センサに反応するモノづくりをテーマに個人での作品製作を行う。音に反応してライトやモータ、サウンドが出力される作品（図15、16）やセンサ値を利用したおみくじ（図17）などの作品がつくられている。

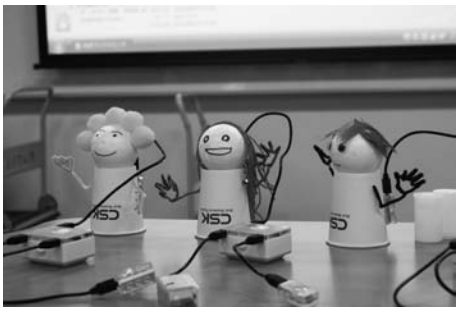

図15: 音に反応する人形

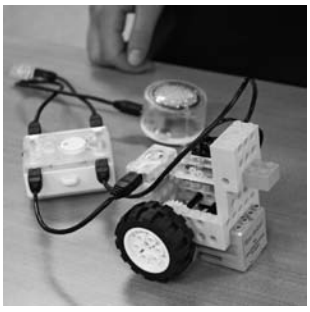

図16: 音に反応するアヒル

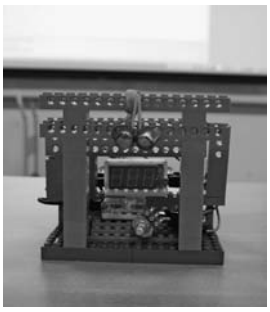

図17: おみくじロボット

3−2−6. プログラミング演習（計算、変数、データ、コミュニケーション）

３回目のプログラミング演習は、四則演算コマンドを用いた計算や変数の取り扱い、クリケットに記録可能な200の数値データの取り扱い、および内部タイマーの利用、赤外線通信コミュニケーションの制御について、表７の練習問題に取り組みながら学習する。また、その他の機能として、プログラムを手続きとしてまとめる「My Blocks」や乱数、スタックの停止方法については、作品製作のなかで随時説明する。

表７：プログラム練習問題（計算、変数、データ、コミュニケーション）

No.	課題
1	明るさセンサーの半分の値を表示する
2	１から１０まで順番にディスプレイに表示する
3	モータの速度が3秒ごとに１０ずつ速くなる.(0から１００まで変わる)
4	教室内の音の大きさの変化を30秒間記録して、グラフ化する。
5	上で収集したデータをモータの速度に当てはめてみる

No.	課題
6	０から９９９までタイマーを表示する
7	タイマーが５００を超えるとブザーが鳴る
8	クリケット①のスイッチを押すと、クリケット②のライトが点灯する。
9	クリケット①のセンサの値を、クリケット②のディスプレイに表示する。
10	クリケット同士が向き合うと、コオロギの鳴き声がする

3－2－7. 作品企画書づくり

車型ロボット製作、センサに反応するモノづくりの２回の作品製作に続いて、ファイナルプロジェクトとしての作品製作を行う。最終作品では、より深い作品製作に取り組めるよう、企画書作成からはじめる。企画に当たっては、①製作背景と目的として、製作するものが必要とされている状況、②作品概要、③作品スケッチ（作品が使われている状況などを含む）の３点をまとめる。企画書作成後にはプレゼンテーションを行い、他の受講者からアドバイスを受ける機会を設ける（図18）。

図18: 企画プレゼンテーション

3－2－8. ファイナルプロジェクト製作・プレゼンテーション準備

５校時の授業時間を用いて、ファイナルプロジェクトの製作と作品プレゼンテーションの準備を行う。予め用意した素材のほか、受講者も必要な素材を持ち込み、作品を完成させる（図19、20、21）。

図19: 作品製作の様子

図20: 作品製作の様子

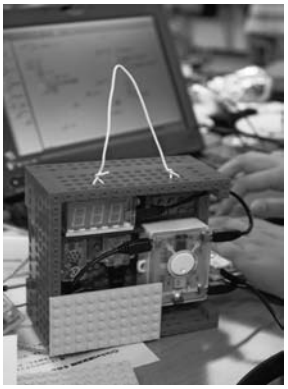

図21: 作品製作の様子

3−2−9. 作品プレゼンテーション

作品コンセプトの説明とともに、作品のデモと作品を制御するプログラムを解説する。プレゼンテーション時間は１作品あたりおおよそ10分間に設定し、発表の他、他受講者からの質疑も含める（図22、図23)。

図22: 作品プレゼンテーション

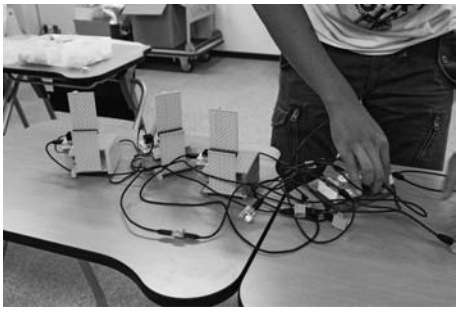

図23: 作品プレゼンテーション

4. 結果と考察

4−1. 受講者の作品

本授業での受講者の作品例を紹介する．図24は明るさセンサを活用したゲーム作品である。指定された数値に近づけるようアイテムを選び、明るさを調整する。図25は、点灯した色に対応するボタンを押すゲーム作品である。抵抗センサに取りつけられたボリュームを回転させることで難易度が調節できる。図26は、図25の作品を制御するプログラムである。２台のクリケットを使い、１台を難易度設定に、もう１台をライト各色の表示とボタン入力の判定に用いている。

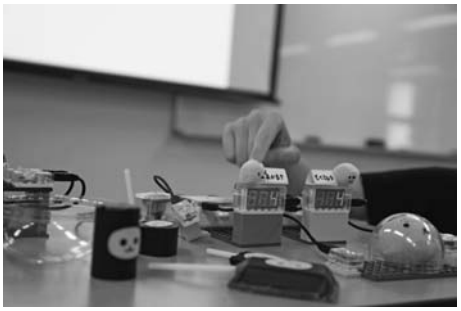

図24: 明るさゲーム

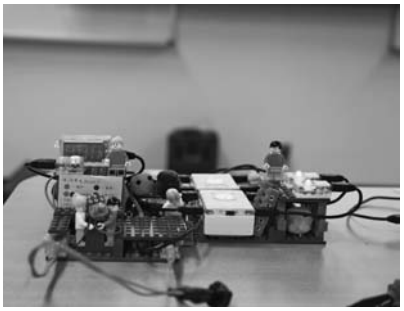

図25: ボタン押しゲーム

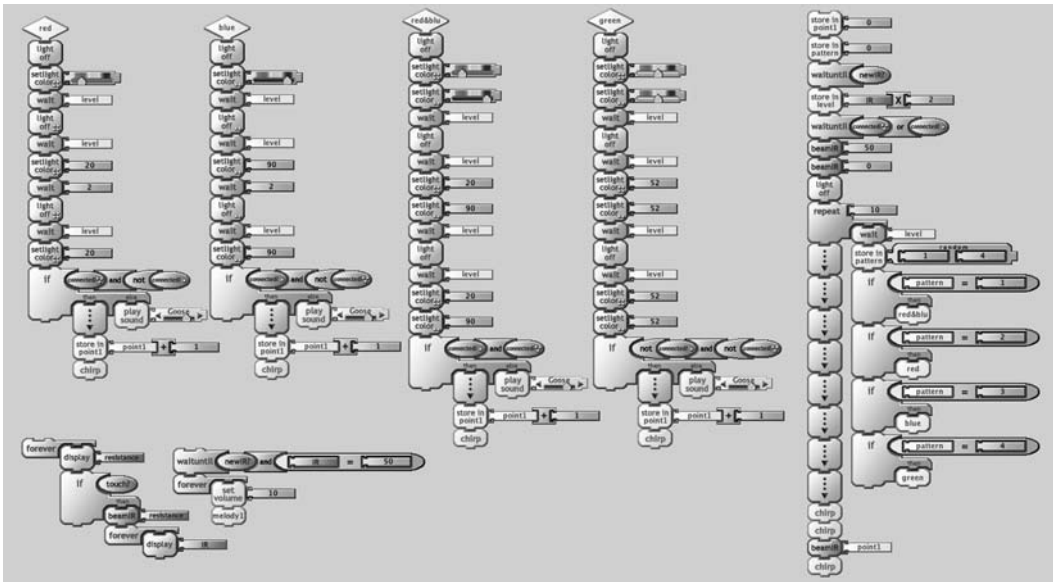

図26：プログラム（ボタン押しゲーム）

4－2. プログラム

次に、2010年度および2011年度受講者がファイナルプロジェクトとして製作した15作品について、プログラムコマンド別の利用数と利用率について確認する（表８）。モータ、ライト、サウンドの制御に関わるコマンドは、作品の性質上使われていないコマンドが見られるものの、全作品で条件分岐に関わる「if then」もしくは「if then else」コマンドが利用されていた。また、変数の取り扱いに関わる「store in box」「box」も15作品中13作品で利用されている。赤外線コミュニケーション通信に関わる「newIR？」「beamIR」「IR」についても３分の２以上の作品で利用されており、条件分岐と変数の取り扱いとあわせて、ある程度の理解がなされたと考えられる。一方、データやタイマーに関するコマンドの利用は殆ど見られず、プログラミング演習での紹介方法などが今後の課題である。

表 8：各コマンドの利用数と利用率（15作品）

カテゴリ	コマンド	利用数	利用率
Lights	setlight color	6	40.0%
	setlight power	3	20.0%
	light off	5	33.3%
	display	10	66.7%
Sound	chirp	5	33.3%
	note	1	6.7%
	play sound	7	46.7%
	set inst	0	0.0%
	set tempo	3	20.0%
	set volume	5	33.3%
	melody	5	33.3%
	rhythm	0	0.0%
Action	motor onfor	5	33.3%
	motor on	4	26.7%
	motor off	3	20.0%
	reverse	0	0.0%
	this way	3	20.0%
	that way	3	20.0%
	set power	7	46.7%
Sensors	touch?	8	53.3%
	dark?	3	20.0%
	brightness	4	26.7%
	loud?	4	26.7%
	loudness	5	33.3%
	connected?	5	33.3%
	resistance	6	40.0%
	beamIR	10	66.7%
	IR	10	66.7%
	newIR?	11	73.3%
	timer	1	6.7%
	reset timer	1	6.7%

カテゴリ	コマンド	利用数	利用率
Data	clear	0	0.0%
	collect	0	0.0%
	rewind	0	0.0%
	next data	0	0.0%
Flow	wait	11	73.3%
	waituntil	5	33.3%
	forever	15	100.0%
	repeat	3	20.0%
	if then	14	93.3%
	if then else	11	73.3%
	stopall	0	0.0%
	stop stack	4	26.7%
Numbers	number	15	100.0%
	+	8	53.3%
	-	6	40.0%
	X	5	33.3%
	/	2	13.3%
	random(min max)	3	20.0%
	>	6	40.0%
	<	6	40.0%
	=	12	80.0%
	and	13	86.7%
	or	3	20.0%
	not	4	26.7%
My Blocks	my block	10	66.7%
	store in box	13	86.7%
	box	13	86.7%

4－3. 受講者感想

「最初は難しい印象を持ったが､触ってみると意外に簡単だった。」「１日目はなかなか理解できなかったが、２日目から段々理解できて、どうすればどのような動きになるか分かってきた。」等、プログラミング演習と作品製作を通じて理解が進んだ様子がうかがえた。一方､「最初はすごく楽しかったが、２日目から大変さを思い知らされた。」「自分がイメージしたものをつくろうとすると難しい。」等、より複雑な作品製作のために壁にぶつかった様子もうかがえた。

5. まとめ

本実践を通じて、クリケットを用いることで基本的なプログラミング制御が学習できることが分かった。今後は、より複雑なプログラミングと作品製作を可能とするような授業構成の再考と、受講者の支援方法について検討を進めたい。

参考文献

PAPERT、S. (1980) Mindstorms: Children、Computers、And Powerful Ideas. Basic Books

RESNICK、M. (1994) Turtles、Termites、and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds. A Bradford Book

RESNICK、M. et al (2009) Programming for All Communications of the ACM Vol. 52 No. 11:60-67

RUSK、N. et al (2008) New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation. Journal of Science Education and Technology Volume 17(1):59-69

Including Control Programming in Information Education for Non-Science Major University Students

MORI Hideki, TAKEDA Toshiyuki

We designed and practiced control programming lessons aimed at non-science major university students using tiny programmable computers. While students worked on three programing exercises and made three program-controlled products, they created varieties of works with programming commands for conditional branching, variables, and infrared communications. This paper reported on how we designed the lesson and how the lesson worked.