

経営学部学生に対するプログラミング入門教育システムの 実践と効果

－LEGO MINDSTORMSソフトウェアを利用して－

中野 統英・原田 章

Implementation and Effect of Novice Programming Education System for Students of Management
－ Using LEGO MINDSTORMS Software －

Nobuhide NAKANO and Akira HARADA

Otemon Business Management Review, Vol.27, No.2

経営学部学生に対するプログラミング入門教育システムの 実践と効果

－LEGO MINDSTORMSソフトウェアを利用して－

中野 統英・原田 章

1. 緒言

1.1 文科系学生への情報教育について

近年，理科系大学生のみならず文科系大学生への情報教育をどのように行うかという問題がこれまでも様々な大学で考えられてきた。あらゆる分野でIT機器の活用が不可欠となるばかりか，ビッグデータの活用，アプリの改良や作成をする必要が多くあることは論を待たない。

文科系学部においてもプログラミング教育がこれまでも様々なやり方で行われている。JAVA言語やC言語，Pythonといったプログラミング言語をいきなり学習させるのは難しい場合が多いので，プログラムで必要なアルゴリズムを簡単に教えるために開発された専用のソフトウェアを用いての教育が行われる場合も多い [1]–[14]。例えば大阪大学では，大学入試センター試験の入試科目「情報関連基礎」で用いられているDNCLをベースに作成されたPENを用いて文科系学生へのプログラミング教育を行い，大きな成果を上げている [1]–[2]。

また，LEGO社から発売されているLEGO® MINDSTORMS®（以下，MINDSTORMSと略す）というLEGO®（以下，LEGOと略す）を用いたプログラム学習用のロボット作成キットを用いた情報教育が小中学校や高等学校だけではなく大学レベルでも行われている [3]–[14]。

1.2 ゼミナールでのプログラミング教育について

筆者は経営学部のゼミナールでMINDSTORMSを用いてJAVAプログラミングの学習を行ってお

り，一定の成果を上げている [9]–[11]。この経営学部では2年生から4年生まで3年間にわたりゼミナールを行っている。このゼミナールでは，このうちプログラミング教育を「基礎演習1」，「基礎演習2」および「発展演習1」という授業で行った。これらの授業は，少人数のゼミナール形式で行われるそれぞれ2年生春学期，2年生秋学期および3年生春学期対象の授業で，週1回開講で全14回または15回の授業である。本研究は表1に示した学生を対象とした。2017年度入学生については基礎演習1の途中で1名減少している。

まず「基礎演習1」では，今回詳述するプログラミングの入門教育をMINDSTORMSに付属しているGUIソフトウェアを用いて行った。その後の「基礎演習2」および「発展演習1」においては，JAVA言語の基礎学習を行ったあとにMINDSTORMSのJAVA動作パッケージであるLeJosを用いた学習を発展教育として行い，学生がJAVA言語に対する理解を深めるようにした。

2011年度入学生から2017年度入学生までは上述の通り，プログラミングの入門教育を基礎演習1で行い，発展教育であるJAVA言語の学習を基礎演習2と発展演習1で行った。しかしながら2018年度入学生はコロナ禍の影響で発展演習1の対面授業ができずオンライン授業となり，プログラミングでない他の内容を行ったので，発展教育は基礎演習2および3年生秋学期のゼミナールである発展演習2で行った。

1.3 本研究の目的

筆者のゼミナール受講者については，各学年で

プログラムの経験が全くない学生が少なくとも8割以上を占めている。ゼミナールの性格上、高等学校で情報関連の学科に在籍してプログラミングを学習していた生徒や個人的にプログラミングを学習していた学生もいたが、せいぜい各学年で1名から2名であった。

前述以外の学生には

「パソコン（以後PCと略）やプログラミングは全く知らないが興味がある」

「PCやプログラミングはわからないがいずれはIT関係企業やゲームソフトウェア関係企業に就職したい」

という学生が一定数いるものの、本経営学部ゼミナール選択の制度上

「他に行くゼミナールがなかったので仕方なく筆者のゼミに来た」

という学生も各学年にある程度存在する。前者のような学生に対しては、あくまで文科系学生であるので途中で嫌にならずに学習する教育システムが大事になってくる。後者のようなプログラミングに全く興味のない学生に対しては、プログラミングが楽しいことであることをまず認識させ、そして興味を持たせることが大事になってくる。

いずれにおいても、特に文科系学生へのプログラミング教育においては、この入門教育が重要であることは論を待たない。上述の双方にとって、MINDSTORMSで作成したロボットをMINDSTORMSに付属するGUIソフトウェアで作成したプログラムを使ってコントロールさせることは、プログラミング入門教育という目的達成のために最適な方法であると筆者は考えた。本研究では、プログラミング入門教育となるMINDSTORMS付属のGUIソフトウェアを用いて行ったプログラミング学習の成果を分析することを目的とする。

本研究では初めにMINDSTORMSやこれを動作させるソフトウェアの説明を行い、次にプログラミングの学習を行ったゼミナール授業の内容および実施状況について記す。最後に、授業の前後で取ったアンケートの結果からプログラミング入門教育の効果について考察を行う。

2. MINDSTORMS とは

MINDSTORMSとは、LEGOブロックを用いたロボット作成キットのことである [15], [16]。これらはロボット作成キットといってもブロックパーツだけでなくコントローラ、センサ、モータ等が分解可能なブロックで構成されており、これらを用いると難しい機械・電子工学の知識がなくても簡単にロボットを作成することができる。現在はLEGO社のロボットを用いたプログラミング作成ツールとして最新世代に当たるレゴ®エデュケーションSPIKE™ [17] が登場しているが、本研究ではゼミナール学生の年代に応じて第2世代に当たるMINDSTORMS NXT [15] および第3世代に当たるMINDSTORMS EV3 [16] を用いた。それぞれ図1に示したNXTソフトウェア、および図2に示したEV3ソフトウェアというGUIのオリジナルプログラムツールを用いて簡単にプログラム作成を行うことができる。なおゼミナール学生が用いたMINDSTORMSのバージョン（NXTかEV3か）は表1の通りであり、入学年度によって異なる。

図3および図4は、本研究で作成・動作させたロボットである。MINDSTORMS NXTおよびEV3のキットにはそれぞれこれらのロボットを作成するためのマニュアルが付属しており、学生にも容易に作成することができる。EV3ではPDFのオンラインマニュアルも用意されており、そちらを用いる学生もいた。これらで作成したロボットを操作するためのソフトウェアのプログラムは主にマウスを用いて簡単に作成できる。コンピュータ上で図1および図2のように作成した後に、ロボットのコントローラへUSBケーブル等を用いてプログラムを転送し、そのプログラムをコントローラ上で実行させることによってロボットを動作させる。プログラムを作成した学生は、プログラムが転送された後、コントローラ自身につながれたセンサから得られる入力、モータへの出力およびプログラムに書かれた命令により、ロボットを自律的に動作させることになる。つまり作成されたプログラムが上手く作成されていない場合、ロボットは

プログラムの上手く作成されていない部分で間違った動作をすることになり、間違いがすぐに分かる。

3. 本研究で行った授業について

3.1 基礎演習1の授業内容

基礎演習1で行ったプログラミング入門教育の内容は以下のとおりである。

- (1) ガイダンスおよび自己紹介
- (2) ロボット作成の準備

ここではまず自己紹介を行い、次に3人から4人のグループを4つから5つ作成した。このときに第1回目のアンケート (T1) を行った。

- (3) ロボットの組立

ここではMINDSTORMS NXTまたはEX3に添付されているロボット組立てマニュアルをもとにして、1グループにつき1台のホッケーロボットを作成した。

- (4) テキストを用いたNXTまたはEV3ソフトウェアの学習

NXTソフトウェアのテキスト [18] またはEV3ソフトウェアのテキスト [19] を自習しプログラミングの基礎を学習した。

- (5) オリジナルプログラムの作成

規定課題を与え、その規定を満たすプログラムを学生が作成した。規定課題の内容は次のとおりである。

- (a) NXTでは4つのセンサ (光, 超音波, 音声およびタッチ) を, EV3では3つのセンサ (カラー, 超音波, およびタッチ) を全て使うこと。
- (b) モータ3つ (車輪2つおよび腕1つ) を最低1回は動かすこと。
- (c) コントローラ上のディスプレイに最低1つの画像を表示させること。
- (d) 動きは自由でいいが, 出発点から最低1m以上動かすこと。

⇒ 学生には, 1辺1mの正方形のルートを動かすことを推奨した。

- (e) 最後には出発点に戻ってきて停止すること。

- (6) オリジナルプログラムを説明するレポートの作成

1200字以上3000字以下で作成した。

- (7) オリジナルプログラムを説明するプレゼンテーションおよび実演

発表は1人6分 (発表4分, 実演1分および質問1分) で行い, 最後に第2回目のアンケート (T2) を行った。

以下では, NXTを用いた2011年度および2012年度入学生の様子と, EV3を用いた2016年度以降の学生の様子を分けて述べることにする。

3.2 学生の様子(1) …2011年度入学生および2012年度入学生

まずは (3) のロボット組立だが, グループによって進度にばらつきが出た [9]。作成の速い班ではうまく役割を分担して授業2回分の時間で完成させたが, 遅い班では授業3回分の時間以上かかっていた。その後の (4) 以降についてもグループや学生ごとに進度はまちまちになり, 速い人では発表前の授業時までにはプログラム作成, レポート作成および発表の準備全てを終了させていた。

また基礎演習1の授業時間と授業回数は, 2011年度入学生が90分14回, 2012年度入学生が90分15回であった。NXTソフトウェアは大学のマルチメディア教室にあるパソコンでしか利用できなかったが, プログラム作成が遅れていた人のうちの何名かは授業の合間に筆者の研究室へ来てNXTソフトウェアの入ったパソコンを使ってプログラムを組んでいたこともあり, 最終的には全員がプログラムを最後まで作成することができた。特に2011年度入学生では3名ほどが授業時間外に筆者の研究室にきて課題を行っており, 筆者にプログラムを送って質問した別の学生もいた。あと規定課題の運用だが, ロボットの始動時および停止時は4つのセンサのどれを使ってもよく, またモータを回転センサとして使ってもよいとした。さらに上記の規定内容を満たせば音楽の演奏や好きなコメント, 好きな画像の表示等他に好きなことをやってもよいことにしたが, 数名の学生は音楽演奏の

プログラムを作成してロボットの動作中に演奏させていた。

3.3 学生の様子(2) … 2016年度入学生以降

ここからはEV3のロボットとEV3ソフトウェアを用いた。なお彼らはすべて90分の全15回授業であった。(3)のロボット組立および(4)以降では、上記の学生たちと同様にグループや学生によって進度の差があった。ただ筆者がグループ内だけでなくグループ間での教えあいや助け合いを上記の学生の時よりも積極的に推進した結果、プログラムに興味を持たなかった学生や理解できなかった学生のプログラミング理解や課題作成の進度が以前よりも速くなったように感じられた。進度の早い学生は発表前の授業時までプログラム作成、レポート作成および発表の準備全てを終了させていたが、彼らの中で進度の遅い学生のサポートにあたっている学生が多くいたことに筆者は助けられた。あと理解が早く規定課題が早く終了した学生については、学生からのリクエストで(5)の課題規定に以下の追加規定

(f) 1辺1mの正方形のルートのうちどこかの1辺でジグザグ走行を入れる。

⇒ジグザグの回数や動く距離・角度等は自由とする。

を設けた。毎年1名から4名はこの追加規定もクリアできていた。

EV3ソフトウェアについても本学のマルチメディア教室にあるパソコンでしか利用できなかった。ただ以前と違い、プログラム作成が遅れている学生は授業中に理解している学生に質問して、授業時間内にプログラムを仕上げていたのが印象的であった。そのこともあり、授業の合間に筆者の研究室へ来てEV3ソフトウェアの入ったパソコンを使ってプログラムを組んでいた学生はいなかった。

規定課題の運用だが、使うセンサが3つになったこととEV3ソフトウェアのテキスト [19] に音楽の演奏がなく推奨できなかったこと以外は以前と同一であった。この時は、EV3ソフトウェアが発展していたこともあり、余裕のある学生はプロ

グラムの内容に凝っており、似た動作に対してサブルーチンを作成・適用したりループや条件分岐を工夫して分かりやすく記述したりしていた。

4. 質問紙調査について

4.1 調査目的

本研究では、MINDSTORMSを用いたプログラミング教育の評価や受講学生に与えた効果を調べる目的で質問紙調査を実施した [9]–[11]。本研究におけるプログラミング教育では、基礎演習1においてNXTツールまたはEV3ツールを用いた授業、基礎演習2および発展演習1（ただし2018年度入学生は基礎演習2および発展演習2）においてJAVA言語を用いた授業を行った。そこで基礎演習1で行った質問紙調査T1とT2の結果を学生の年度別に比較することによりプログラミング入門教育の効果を確認することとした。

プログラミング教育の効果としては、これまでと同様に学生のパソコンやプログラミングに対する心理的側面の変化を検討することができると考えた [9]。このような側面は学生が将来的にコンピュータを積極的に利用するかどうかに関わるものである。具体的には、コンピュータ操作に対する習熟度自己評価が上昇するのではないか、コンピュータに対する不安感が減少するのではないか、コンピュータの内容について学習意欲が上昇するのではないかといった項目について検討することとした。

4.2 調査方法

調査に参加したのはMINDSTORMSを用いたプログラミング教育の授業を受講した筆者のゼミナールに在籍した5学年の学生であり、詳細は表1の通りである。調査は、プログラミング教育を始める直前(T1)およびNXTツールまたはEV3ツールおよびそれらのために作られたGUIソフトウェアを用いた授業の最終回(T2)に行った調査結果を比較した。

T1およびT2に共通する調査内容は、コンピュータ操作に対する習熟度自己評価(表2)、コ

ンピュータに対する不安感（表3）、コンピュータに対する学習意欲（表4）の3点であった。また、受講学生に関するフェイスシート項目として性別と年齢、学籍番号の回答を求めた。T2では、MINDSTORMSの授業に対する評価（表5）を調査に追加した。

各調査内容は複数の質問項目で構成されている。まずコンピュータ操作に対する習熟度自己評価の質問項目は19項目あり、「1=できる、2=どちらかといえばできる、3=どちらでもない、4=どちらかといえばできない、5=できない、9=わからない」の6段階選択肢が用意されていた。なお、「9=わからない」は、質問文の示す内容がどのようなコンピュータ操作を示すのか分からない場合に回答する選択肢であった。コンピュータへの不安感は11項目、学習意欲は9項目および授業評価は8項目あるが、これらについては、「1=全くない（あてはまらない）、2=あまりない（あてはまらない）、3=どちらかというもない（あてはまらない）、4=どちらかでもない、5=どちらかというもある（あてはまる）、6=かなりある（あてはまる）、7=非常にある（あてはまる）」の7段階選択肢を用意した。なお回答者は選択肢の中から自分の習熟度に最も近いと思うものを選択することで回答を行った。

4.3 調査結果

調査目的の内容を検討するために、調査した内容の中から習熟度自己評価、コンピュータ不安および学習意欲の3つについて各調査時期における平均値の変動および年度間の違いについて分析することとし、授業評価については年度間の違いについて分析することとした [9]–[11]。

4.3.1 尺度得点の算出

本研究では、尺度得点を合成するために4つの内容それぞれについて1因子性が成り立つかどうかを、入学年度別および調査時期T1、T2別に検討した [9]–[11], [20]。各調査内容はそれぞれ複数の質問項目から構成されるので、各回答者が回答した各質問項目の回答値から調査内容の程度

を示す値（尺度得点）を合成することとした。一般的には、ある調査内容に関する全質問項目を因子分析することによって項目の選択を行う。しかし、本研究では回答者数が10名から19名と少なかった。よって、全学年の習熟度自己評価とコンピュータ不安および回答者数が特に少なかった2017年度入学生の学習意欲の項目選択については十分な検討ができないと判断した。そこで、回答傾向の一貫性を示す指標であるCronbachの α 係数を用いて、全質問項目を合成してもよいかどうかを判断した。なお、習熟度自己評価については、「9=わからない」と回答した場合を“0”，「1=できる」から「5=できない」に対して“5”から“1”の整数が回答値となるようにコーディングした。各学生の入学年度別のデータ処理で用いた項目および α 係数は表6から表10に示した通りである。一部項目数が異なる場所が見受けられるが、各尺度の構成概念が著しく異なるとは考えなかった。

本研究でも、各時期の α 係数を求めることで、回答傾向の一貫性を検討した。2011年度入学生から2018年度入学生の各調査内容の調査時別 α 係数を表6から表10にそれぞれ示す。これらにあるように、 α 係数がいずれも“0.70”より大きくなっていることから、回答傾向の一貫性が著しく損なわれている内容はないと考えた。そこで、採用した各内容について、各回答者の回答値を平均したものをそれぞれ内容に対する尺度得点とした。そこで、採用した各内容について、各回答者の回答値を平均したものをそれぞれ内容に対する尺度得点とした。また、各尺度得点について、値が大きいほどその内容の傾向が高くなるように得点を変換した。

そして、各年度別入学生における各尺度得点の平均をそれぞれ表11から表15に示す。各得点名の後に鉤括弧書きでその得点を取り得る値の範囲を示している。また、平均値の下に標準偏差を示している。さらに図5にPC習熟度評価得点の平均、図6にPC不安得点の平均、図7にPC学習意欲の平均、図8に授業評価得点の平均をそれぞれ示す。

4.3.2 各尺度得点の平均値比較

習熟度自己評価、コンピュータ不安および学習意欲の各尺度得点について、時期別の平均間に有意な差があるかどうかを調べるために、調査時期T1およびT2の間について平均値の差の検定を行った。ただし2017年度入学生については11名のデータで検定を行った。その結果、2011年度入学生でのPC習熟度自己評価の変化が1%で有意となり、2017年度入学生でのPC習熟度自己評価の変化が5%で有意となった。これら以外では有意な項目は見られなかった。

またNXTを用いた2011年度入学生と2012年度入学生間で同時期・同項目についての平均値の差の検定を行った結果、T2時期での授業評価で1%の有意差が見られた以外に有意な項目は見られなかった。さらにEV3を用いた2016年度入学生から2018年度入学生のそれぞれの間で同時期・同項目についての平均値の差の検定を行った。ここでは2016年度入学生と2018年度入学生間でのT1時期におけるPC学習意欲で5%の有意差が見られた以外に有意な項目は見られなかった。

4.4 考察

考察を行う前に、2016年度入学生、2017年度入学生および2018年度入学生の学生募集時に、ゼミ生が参加したプログラミングイベントの説明を行ったことを述べておく [21]–[24]。これらに興味を持って本ゼミナールを積極的に選択し、イベントに参加した学生が2016年度入学生で6名、2017年度入学生で3名および2018年度入学生で5名いた。彼らは総じてICTのスキルおよびICTへの興味が高かったことを追記しておく。以下に各調査項目に対する考察および各年度学生の課題完成率（表16および図9参照）に対する考察を行う。

4.4.1 PC習熟度自己評価について

PC習熟度自己評価得点の平均値を図5に示す。まず各年度でのT1とT2との比較を行う。上記にもあるように、2011年度入学生と2017年度入学生では変化に有意差が見られた。これらは他の全ての学年においても向上しており、プログラミング

に興味を持たせるという導入教育の効果を十分発揮していると考えられる。特に2017年度入学生および2018年度入学生の自己評価が上がっているが、これらの理由としては筆者が過去のノウハウを生かし学生に自由に学習させたことと理解している学生とそうでない学生との交流を積極的に促したことがあると思われる。

学年間の比較を見ると、2017年度入学生のT1の平均が他の学年と比べて低くなっている。これは、ゼミ選択において筆者のゼミを希望していなかった学生が多かった（T1=6名、T2=5名）ことが主な原因であると思われる。ただしT2については他の年度と遜色ないくらいになっているので、プログラミングに全く興味を持っていなかった学生に対しても一定の教育効果を得られたと考えられる。

4.4.2 PC不安について

PC不安得点の平均値を図6に示す。ここでも、まずは各年度でのT1とT2との比較を行う。2011年度入学生、2016年度入学生および2017年度入学生については、大きく変化していないように思われる。2012年度入学生ではPC不安が増大しているが、これはPCの苦手な学生が多くかつPCに特に詳しい学生がいなかったことで、学生同士で教えあう環境がうまく作ることができなかったことが一因であると思われる。2018年度入学生についてはT1からT2にかけてPC不安が大きく減少しているが、これはプログラミングもできPCにも詳しい学生がおり、かつ上記にもあるように学生同士で教えあう環境をうまく作ることができたことが一因であると思われる。

学年間の比較を見ると、2018年度入学生のT1が大きくなっている。これについては推測ではあるが、上述の1名を除くとプログラミング経験者がいなかったこととPCの扱いが苦手な生徒が多かったことが原因の1つではないかと思われる。

4.4.3 PC学習意欲について

PC学習意欲得点の平均値を図7に示す。T1とT2との比較だが、2011年度入学生および2017年度入学生については、大きく変化していないように思

われる。2016年度入学生はゼミ配属時から意識の高い学生が多かったこともあり、T1の値が大変高くなった。そのせいで、T2でいったん減少した可能性があるが、それでも他の学年と比べると意識は一番高い。2012年度入学生と2018年度入学生は、ともに筆者のゼミを希望していなかった学生が多く入ってきていたのでT1の学習意欲が低かった可能性がある。しかしながら、T2の結果を見ると、ゼミを受けて意欲が相対的に向上したとみることもできる。

学年間の比較でも2012年度入学生と2018年度入学生でT1の学習意欲が低いことが目立つが、上述と同じ理由だと考えられる。

4.4.4 授業評価について

授業評価得点の平均値を図8に示す。ここは学年間の比較のみとなる。いずれの学年も1から7の段階で5以上の得点を得ることができた。6.0を超えたのは2016年度入学生と2018年度入学生である。2016年度入学生はPCやICTへの意識の高い学生が多かったことによるものと思われ、2018年度入学生については学生同士で教えあう環境に満足した学生が多く、さらに教えられていた学生が途中で教える側に回ったことの影響も含まれていると思われる。

4.4.5 課題完成率について

各年度学生別の課題完成率を表16および図9に示す。課題を完成できなかった学生の傾向としては、センサ類をプログラム通りうまく使うことができず反応しなかったり、正方形の角で90度に曲げることが出来なかったりしたことが挙げられる。彼らには実際にロボットを動作させ反応をみながらプログラムを組んでいなかった傾向があるように感じられた。どの学年についても、ロボットを実際に少しずつ動かし試行錯誤を繰り返して動作確認しながらプログラムを作成した学生が、最終的にはうまくいっているように感じられた。

年度別にみると、受講者が少ないので一概に比較はできないものの、2017年度入学生と2018年度入学生がやや低くなっている。2017年度入学生に

ついてはゼミナールへの出席が少ない学生が半数近くいたことが、そのまま課題完成率に反映されているように思われる。2018年度入学生についても数名ほどゼミナールの出席率が悪い学生がいたので、このことが課題完成率に反映されているように推測される。

5. 結言

本論文では、MINDSTORMS NXTおよびEV3と、それらに付属しているGUIソフトウェアを用いた、プログラミング入門教育を行った授業の紹介および授業前後における学生の授業評価、習熟度自己評価、コンピュータへの不安感、学習意欲および課題完成率という5つの内容について調査した結果と考察について述べた。

初めに本調査の問題点を述べることにする。まずは調査対象学生が各学年で最大19人、最小10人と少ないことが挙げられる。よって各項目の有意差を見つけることが困難であった。次に、対象学生の情報に対する興味が「ゼミを積極的に選んだ学生」と「仕方なくゼミにやってきた学生」となっており割と2分されている傾向があったことは否定できない。これは学部のゼミ選択システムによる影響もあるように思われる。このことにより調査対象学生が一般的な経営学部学生の習熟度自己評価、コンピュータへの不安感および学習意欲とは異なった偏りを有している可能性があることも否定できない。

しかしながら、「仕方なくゼミにやってきた学生」であっても、コンピュータやプログラミングに興味を持ちプログラミングを楽しく学習していた。よってこのプログラミング入門教育が、PCやプログラミングに興味がある学生だけではなくそういうものに興味がない学生に対しても効果的であるという見方もすることができるようになる。特にPC自己習熟度得点でT1からT2に向けて全学年度で改善が見られたことや、他の項目についても向上・改善したものが多数あったことによっても示されているように思われる。

この基礎演習1でのプログラミング入門教育の

後には、上述にあるようにMINDSTORMSのロボットを用いたJAVA言語の学習を行った。JAVA言語の基礎に戸惑う学生もいたものの、本研究の対象学生のうち退学・休学者を除くほぼ全員が、最終的にはJAVA言語の基礎およびJAVA言語によるロボット操作をある程度までは理解して実践してくれていた。この入門教育のおかげでJAVA言語の学習もスムーズに行うことができたと思われる。ゼミナールにきた当時はプログラミングに興味のなかった学生でも、最終的にはプログラマーやIT企業に就職した学生もいることから、この入門教育は特にPCやプログラミングに興味がなかったり苦手だったりする学生に対して効果があると思われる。

次に、授業時に見られた学生の所作や様子について述べる。基礎演習1で行ったNXT ソフトウェアまたはEV3ソフトウェアでの学習は、LEGO ブロックを懐かしく感じた学生が多くロボットを作ることには大変楽しんでいるようであった。これらのソフトウェアによるプログラミングについても基本的にはプログラムの動作を表すアイコンを画面上に貼り付けていくだけなので、ブロックを組む感覚で取り組むことができ、気がつくと変数やそれらの設定、繰り返しや条件分岐といったプログラムの基礎的な知識を身につけることができたと思われる。プログラミングに全く興味がなかったりゼミナール自体にやる気を全く持っていなかったりした学生も、ブロックを使ったロボットの作成には幼いころの楽しい経験があったようでここでは積極的に参加してくれていた。彼らはこのロボットを動かしたいという新たな動機を見つけ、とりあえず授業に出席して課題を行ってくれるようになっていた。それと2016年度入学生からは学生間での教えあいを特に意識したが、これがかなり効果的であることも授業で体感できた。

本研究の結果から、プログラミング入門教育は、経営学部等の文科系学部においては効果があり、特にコンピュータやプログラミングが苦手であったり興味がなかったりする学生には大変効果的であると結論付けることができる。これを行うことにより、そのあとでJAVA言語などの本格的プロ

グラミング言語の学習もスムーズに導入することができると考えている。さらに、本研究で得られた分析結果や学生から得られた意見等を参考にし、よりよい授業を展開したいと考えている。

謝 辞

まずは今回アンケートに快く協力してくれただけでなく中野ゼミの運営に協力してくれた各年代の中野ゼミの学生に感謝する。またソフトウェアの教室パソコンおよび研究室設置パソコンへのインストール、動作確認および授業中のPCトラブル対応に多大なるご協力いただいた追手門学院大学の情報メディア課の方々にお礼を申し上げる。最後にさまざまな質問やトラブルに対応頂いた株式会社アフレルおよびレゴジャパン株式会社に感謝する。

参考文献およびURL

- [1] 西田知博, 原田章, 中村亮太, 宮本友介, 松浦敏雄: 初学者用プログラミング学習環境PENの実装と評価, 情報処理学会論文誌 Vol. 48, No. 8, pp. 2736-2747 (2007).
- [2] 西田知博, 原田章, 中西通雄, 松浦敏雄: プログラミング導入教育におけるコースウェアの違いによる学習効果の比較, 情報処理学会研究報告 Vol. 2013-CE-122, No. 2, pp.1-10, 2013.
- [3] 宮崎和光: Mindstormsと高等教育, 人工知能学会誌 Vol.21, No. 5, pp. 517-521 (2006).
- [4] 木下和也: 社会科学系学部における情報教育とICT人材育成について, 経営情報学会 全国研究発表大会要旨集, Vol. 2010f, p.67, 2010.
- [5] 小渡悟, 八幡幸司, 金城秀樹: ロボット制御プログラミングによる問題解決能力の養成 -教育用レゴマインドストームによるプログラミング教育-, 沖縄大学マルチメディア教育研究センター紀要, Vol.10, pp.33-37, 2010.
- [6] 辻合秀一: 制作を含むプログラミング教育の一考察, 情報処理学会研究報告 Vol. 2011-CE-110, No. 1, pp. 1-4, 2011.
- [7] 土居隆宏, 平澤一樹, 河合宏之, 武井義法, 鈴木亮一, 小暮潔, 出村公成: 初年次教育におけ

- るLEGO Mindstormsを用いたロボット製作体験の試み, 金沢工業大学工学教育研究, No. 24, pp.91-100, 2016.
- [8] 野口孝文, 布施泉, 千田和範, 稲森栄: IoT機能を持つロボットを用いた協調学習環境, 教育システム情報学会誌, Vol. 37, No. 2, pp.106-119, 2020.
- [9] 中野統英, 原田章: 経営学部学生に対するプログラミング導入教育の実践と効果 - LEGO MINDSTORMSを利用して -, 追手門経営論集, Vol. 19, No. 2, pp.23-44, 2013.
- [10] 中野統英, 原田章: 経営学部ゼミナールにおけるプログラミング導入教育の効果および分析 - LEGO MINDSTORMSを利用したプログラミング教育 -, 日本行動計量学会第44回年次大会抄録集, pp.210-213, 2016.
- [11] 中野統英, 原田章: 経営学部ゼミナールにおける改良版プログラミング教育システムの効果および分析 - LEGO MINDSTORMS EV3を利用したプログラミング教育 -, 日本行動計量学会第48回年次大会抄録集, pp. 74-77, 2020.
- [12] Özgen Korkmaz: The Effect of Lego Mindstorms Ev3 Based Design Activities on Student's Attitude toward Learning Computer Programming, Self-efficacy Beliefs and Levels of, Academic Achievement, Baltic J. Modern Computing, Vol. 4, No. 4, pp. 647-660, 2016.
- [13] Özgen Korkmaz: The Effect of Scratch- and Lego Mindstorms Ev3-Based Programming Activities on Academic Achievement, Problem-Solving Skills and Logical-Mathematical Thinking Skills of Students, Malaysian Online J. of Educational Science, Vol. 4, Issue 3, pp. 73-88, 2016.
- [14] Mahmut Can Sözeri, Serhat Bahadır Kert: Ineffectiveness of Online Interactive Content Developed for Programming Education, Inter. J. of Science Education in Schools, Vol.4, No.3, pp.49-69, 2021.
- [15] (株)アフレル 教育用レゴ®マインドストーム®NXT 技術情報, <https://afrel.co.jp/technology/information-nxt> (最終参照日: 2021年9月25日)
- [16] (株)アフレル 教育版レゴ® マインドストーム® EV3, <https://afrel.co.jp/product/ev3-introduction> (最終参照日: 2021年9月25日)
- [17] レゴ®エデュケーション SPIKE™ プライム, <https://legoedu.jp/spikeprime/> (最終参照日: 2021年9月25日)
- [18] (株)アフレル, 山本利一: NXT-SW ガイドブック 教育用NXTソフトウェア, アフレル, 2006.
- [19] (株)アフレル: 教育版EV3ソフトウェア プログラミングガイド, アフレル, 2013.
- [20] Y. Kano and A. Harada: Stepwise Variables Selection in Factor Analysis, Psychometrika Vol. 65, No. 1, pp. 7-22 (2000).
- [21] 中野統英, 福田哲也, 原田章: 追手門ロボットチャレンジに参加し続けた学生に対する教育効果 - ロボットチャレンジ2019で小学生にプログラムを教えた経験をもとに -, 追手門経営論集, Vol. 25, No. 2, pp.1-30, 2020.
- [22] 中野統英, 福田哲也, 原田章: 追手門ロボットチャレンジ2018から得られた学生への教育効果 - 小学生にプログラムを教えた経験をもとに -, 追手門経営論集, Vol. 24, No. 2, pp.1-24, 2019.
- [23] 中野統英, 原田章, 福田哲也他6名: 経営学部におけるシステムエンジニアになりうる若手人材の育成 - 追手門ロボットチャレンジ2017に参加した経験をもとに -, 追手門学院大学ベンチャービジネスレビュー, Vol. 9, pp. 45-62, 2018.
- [24] 中野統英, 福田哲也, 原田章: 追手門ロボットチャレンジ2017に参加した学生に対する教育効果 - 小学生にプログラムを教えた経験をもとに -, 追手門経営論集, Vol. 23, No. 2, pp.19-36, 2018.

表1 プログラミング教育の対象学生に関する情報

対象学生	人 数	基礎演習1実施	使用したMINDSTORMS
2011年度入学生	19名（男性15, 女性4）	2012年度春学期	NXT
2012年度入学生	13名（男性13, 女性2）	2013年度春学期	NXT
2016年度入学生	13名（男性12）	2017年度春学期	EV3
2017年度入学生	11～12名（男性12→11）	2018年度春学期	EV3
2018年度入学生	13名（男性13）	2019年度春学期	EV3

表2 コンピュータ操作に対する習熟度自己評価の質問文

1. キーボードを見ないで文字入力ができる
2. いらなくなったファイルを削除することができる
3. 必要なファイルをUSBメモリなどにコピーできる
4. ワードプロソフト（たとえばWordなど）を用いて簡単な文章を作成できる
5. コンピュータを用いて目的のWebページを探すことができる
6. コンピュータを用いてWebページを作成できる
7. コンピュータを用いて電子メールのやり取りができる
8. コンピュータを用いて簡単なプレゼンテーションを作成できる
9. ワードプロの文書やWebページを印刷できる
10. インターネットを使ってファイルをダウンロードできる
11. 表計算ソフト（たとえばExcelなど）を用いて簡単な計算やグラフの作成ができる
12. コンピュータを用いて絵や図を作成することができる
13. ファイルを圧縮したり解凍したりすることができる
14. 簡単なプログラムを作成することができる
15. コンピュータを用いて動画の編集を行うことができる
16. インターネット上でのマナーについて説明することができる
17. 必要なソフトウェアのインストールや削除ができる
18. インターネット上に必要なファイルをアップロードできる
19. インターネット上の危険（たとえばウイルスや情報漏洩など）について説明できる

表3 コンピュータに対する不安感の質問文

1. 私はコンピュータを利用するとき、操作を誤って何かを壊しそうな気がする
2. 私はコンピュータの操作をどうしていいのかわからなくなっても、なんとか使えると思う
3. 私はコンピュータは難しそうなので手を出そうとは思わない
4. 私は就職してコンピュータを操作するような職場にまわされるかもしれないと考えると不安になる
5. 私はコンピュータをうまく操作できなくても、いつかはできるようになると思う
6. 私は自分の操作に対して、コンピュータがどんな反応をするか予測できる
7. 私はコンピュータを操作するのは不安だ
8. 私は人がみている前でコンピュータの操作をすると恥をかきそうだ
9. 私はコンピュータに関する専門用語を容易に理解できると思う
10. 私は自信を持ってコンピュータを操作できる
11. 私はコンピュータをうまく操作できない人を見ると親しみを感ずる

表4 コンピュータに対する学習意欲の質問文

1. ワードプロセッサの詳しい使い方
2. 表計算ソフトの詳しい使い方
3. プレゼンテーション技法
4. Webページ（ホームページ）作成
5. プログラム作成
6. コンピュータの内部構造
7. インターネットの詳しい仕組み
8. インターネットを正しく利用するために必要な知識
9. コンピュータや情報社会に関する諸問題

表5 授業評価の質問文

1. 授業内容は分かりやすかった
2. 授業資料は分かりやすいものだった
3. 教員の説明は分かりやすかった
4. 授業のペースは適切だった
5. 学生は積極的に授業参加していた
6. 他の授業と比べてこの授業は自分にとって興味深いものだった
7. 授業内容は将来役に立つものだった
8. この授業は基礎演習としてとてもふさわしいものだった

表6 各調査内容の調査時期別 α 係数
(2011年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価（全19項目） ⇒ 下段は適用項目	0.937 (1-19)	0.933 (1-19)
コンピュータへの不安感 （全11項目） ⇒ 下段は適用項目	0.867 (1-11)	0.777 (1-11)
学習意欲（7項目） ⇒ 下段は適用項目	0.884 (3-9)	0.892 (3-9)
授業評価（5項目） ⇒ 下段は適用項目	—	0.808 (2-4,6,7)

表7 各調査内容の調査時期別 α 係数
(2012年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価（全19項目） ⇒ 下段は適用項目	0.921 (1-19)	0.895 (1-19)
コンピュータへの不安感 （10項目） ⇒ 下段は適用項目	0.860 (1-10)	0.725 (1-10)
学習意欲（6項目） ⇒ 下段は適用項目	0.841 (3,4,6-9)	0.851 (2-5,8,9)
授業評価（7項目） ⇒ 下段は適用項目	—	0.901 (2-8)

表8 各調査内容の調査時期別 α 係数
(2016年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価（全19項目） ⇒ 下段は適用項目	0.939 (1-19)	0.874 (1-19)
コンピュータへの不安感 （全11項目） ⇒ 下段は適用項目	0.906 (1-11)	0.919 (1-11)
学習意欲（7-9項目） ⇒ 下段は適用項目	0.944 (3-9)	0.951 (1-9)
授業評価（全8項目） ⇒ 下段は適用項目	—	0.947 (1-8)

表9 各調査内容の調査時期別 α 係数
(2017年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価（全19項目） ⇒ 下段は適用項目	0.941 (1-19)	0.976 (1-19)
コンピュータへの不安感 （全11項目） ⇒ 下段は適用項目	0.837 (1-11)	0.912 (1-11)
学習意欲（全9項目） ⇒ 下段は適用項目	0.864 (1-9)	0.944 (1-9)
授業評価（全8項目） ⇒ 下段は適用項目	—	0.977 (1-8)

表10 各調査内容の調査時期別 α 係数
(2018年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 (全19項目) ⇒ 下段は適用項目	0.961 (1-19)	0.957 (1-19)
コンピュータへの不安感 (8-11項目) ⇒ 下段は適用項目	0.743 (1-11)	0.801 (2,4,6-11)
学習意欲 (全9項目) ⇒ 下段は適用項目	0.968 (1-9)	0.975 (1-9)
授業評価 (全8項目) ⇒ 下段は適用項目	—	0.844 (1-8)

表11 各尺度得点の平均
(括弧内は標準偏差, 2011年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 [0-5]	3.313 (1.043)	3.607 (1.022)
コンピュータへの不安感 [1-7]	3.426 (1.104)	3.282 (0.948)
学習意欲 [1-7]	4.766 (1.341)	4.850 (1.346)
授業評価 [1-7]	—	5.568 (0.795)

表12 各尺度得点の平均
(括弧内は標準偏差, 2012年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 [0-5]	3.240 (0.861)	3.470 (0.812)
コンピュータへの不安感 [1-7]	3.358 (0.887)	3.746 (0.782)
学習意欲 [1-7]	4.063 (1.270)	4.420 (1.227)
授業評価 [1-7]	—	5.288 (0.915)

表13 各尺度得点の平均
(括弧内は標準偏差, 2016年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 [0-5]	3.401 (0.948)	3.632 (0.628)
コンピュータへの不安感 [1-7]	3.510 (1.151)	3.642 (1.253)
学習意欲 [1-7]	5.374 (1.433)	4.880 (1.328)
授業評価 [1-7]	—	6.077 (0.802)

表14 各尺度得点の平均
(括弧内は標準偏差, 2017年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 [0-5]	3.057 (1.221)	3.774 (1.206)
コンピュータへの不安感 [1-7]	3.455 (1.069)	3.355 (1.452)
学習意欲 [1-7]	4.859 (1.275)	4.656 (1.484)
授業評価 [1-7]	—	5.538 (1.549)

表15 各尺度得点の平均
(括弧内は標準偏差, 2018年度入学生)

調査内容	T1	T2
習熟度自己評価 [0-5]	3.251 (1.103)	3.752 (0.938)
コンピュータへの不安感 [1-7]	4.112 (0.845)	3.671 (0.661)
学習意欲 [1-7]	4.021 (1.706)	4.802 (1.587)
授業評価 [1-7]	—	6.046 (0.708)

表16 各年度学生の課題完成率

	課題完成率 (課題完成者/対象学生)
2011年度入学生	89.5% (17/19)
2012年度入学生	93.8% (15/16)
2016年度入学生	92.3% (12/13)
2017年度入学生	70.0% (7/10)
2018年度入学生	76.9% (13/10)

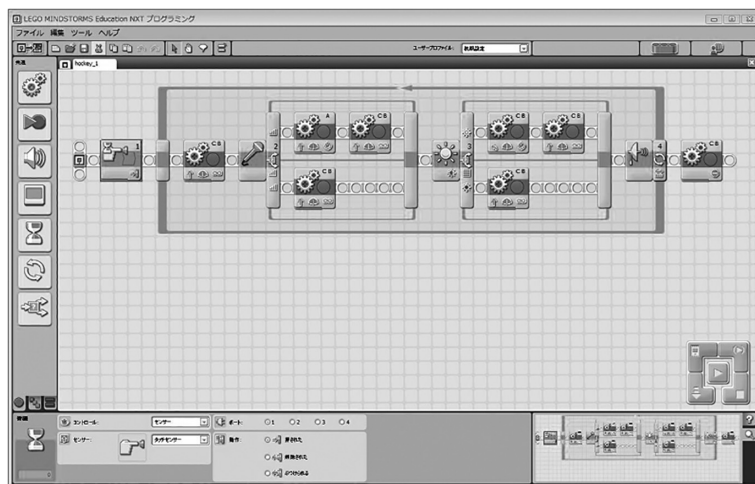


図1 NXTソフトウェアで作成したプログラム

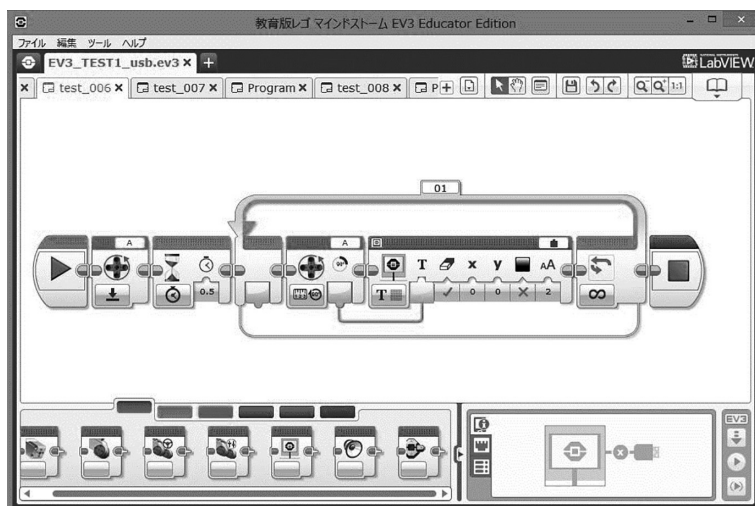


図2 EV3ソフトウェアで作成したプログラム



図3 授業で用いたホッケーロボット (NXT)

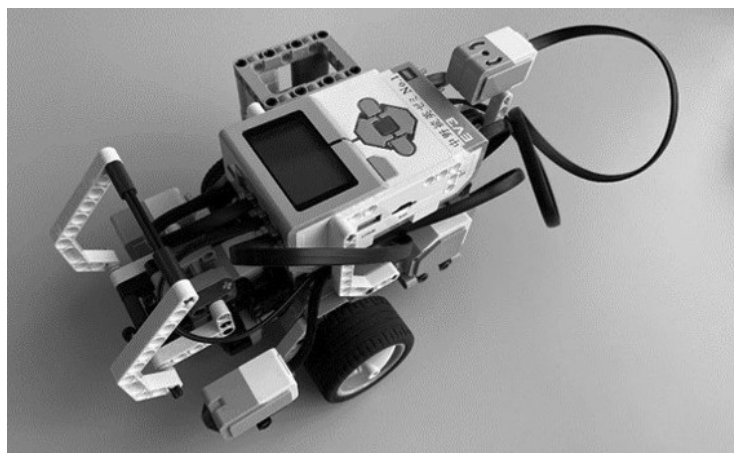


図4 授業で用いたホッケーロボット (EV3)

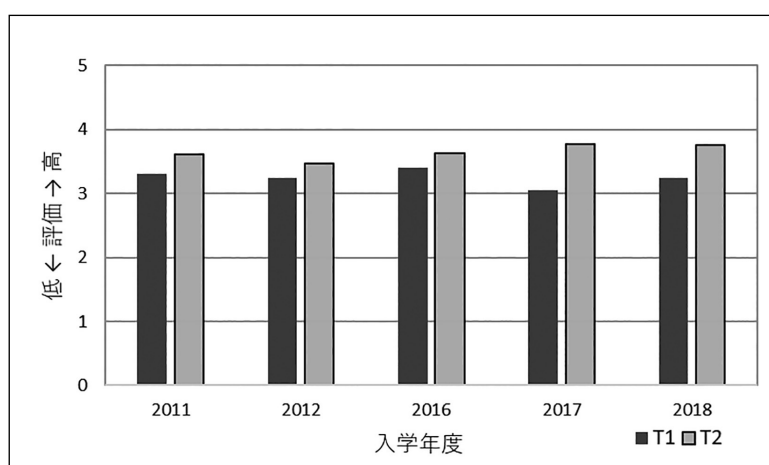


図5 PC習熟度評価得点の平均値

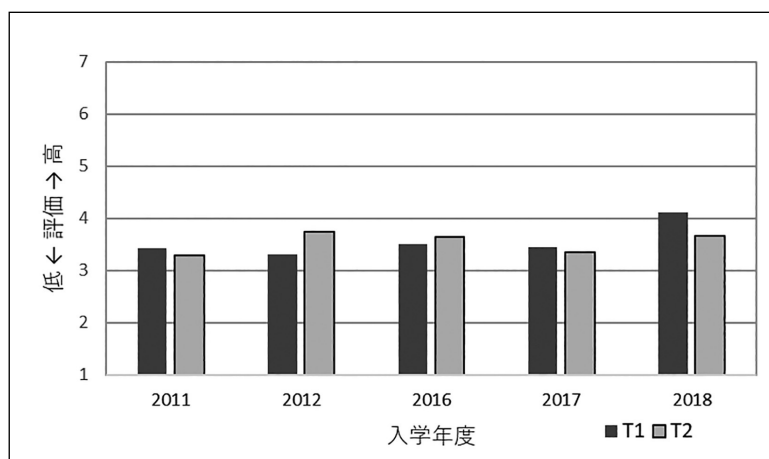


図6 PC不安得点の平均値

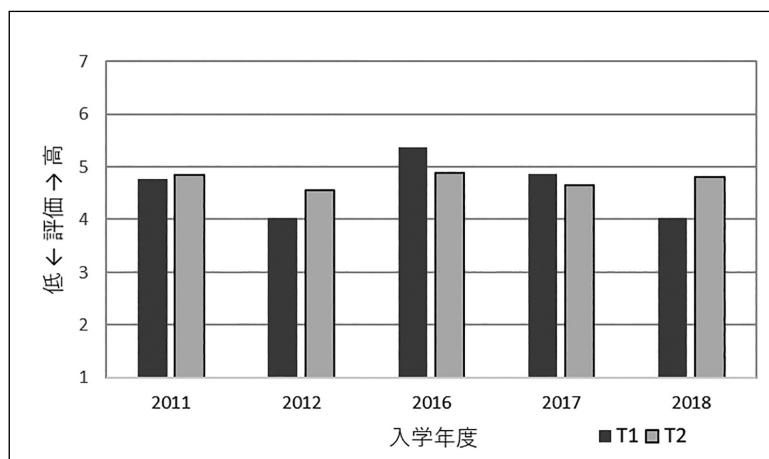


図7 PC学習意欲得点の平均値

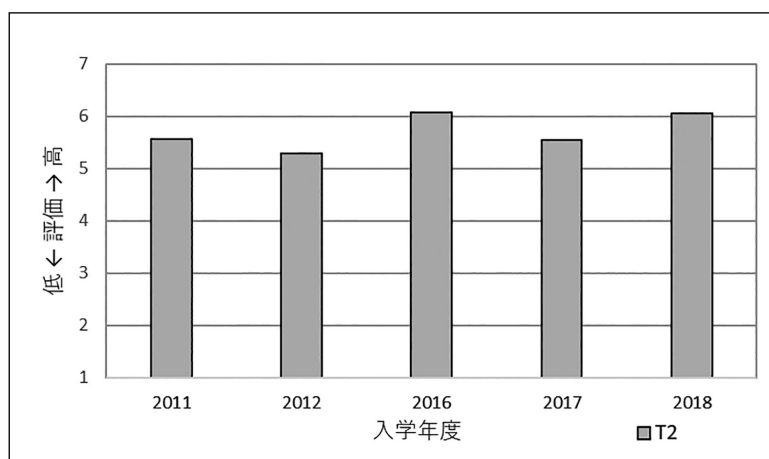


図8 授業評価得点の平均値

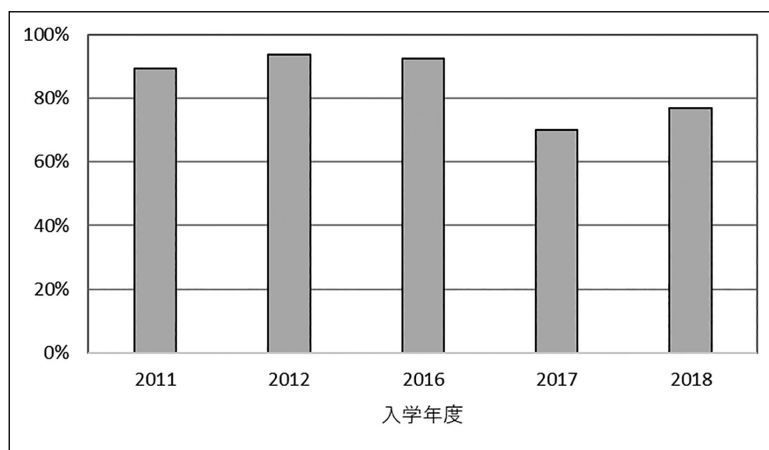


図9 各年度学生別の課題完成率

Implementation and Effect of Novice Programming Education System for Students of Management

– Using LEGO MINDSTORMS Software –

Nobuhide Nakano and Akira Harada

Abstract

Nowadays, computer programming education for undergraduate students has been attracting much attention in various fields at humanity science and social science as well as information engineering. Novice programming education for students at humanity science and social science is especially important because some of them have few interests and knowledge. Then, many researchers and teachers at not only high school but also universities use LEGO® MINDSTORMS® NXT and EV3 robot kits in programming education in order to interest various students, which LEGO® MINDSTORMS® is shortened to MINDSTORMS in this paper. MINDSTORMS NXT is the second generation of MINDSTORMS robot kits and MINDSTORMS EV3 is the third generation of MINDSTORMS robot kits.

One of the authors also uses both kits for programming education in his seminar. He taught students in his seminar to a total of five generations of students. In this class, we manage two kinds of programming education using NXT or EV3 software tools and LeJos. NXT and EV3 software tools are GUI programming tools which are very easy for students of the humanities, we call the programming education which use these GUI tools “novice programming education”. On the other hand, LeJos is programming tool in order to use JAVA language for MINDSTORMS robots, we perform education using LeJos after novice programming education.

In this paper, we deal with novice programming education system for student of management major at the seminar classes of one of the authors. At first, MINDSTORMS NXT robot, NXT software tool, MINDSTORMS EV3 robot and EV3 software tools are explained. Then, we mention outline and method of this education system. Furthermore, we analysis the effect of proposed method of programming education using questionnaires. At last, implementation and effect of novice programming education system is also stated in this paper.

Keywords: Novice Programming Education, Robot, LEGO® MINDSTORMS® NXT, NXT software, LEGO® MINDSTORMS® EV3, EV3 software and Questionnaires.