

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

吉永 耕介
安部 真人

1. はじめに

ロボットと言えば、鉄腕アトムという程私達の中にはアトムのイメージが定着している。しかし現在のロボットは全くそれとは程遠い形に変わってきた、それは実用性を重視してきた上の変化だと思われる。例えば、炊飯器型のロボットにレシピを充てると白米だけでなく、調理なしてチャーハンができる。このような作業をするのがそもそもロボットのもつ役目なのだ。そこであらゆるモノをインターネットに繋ぐ IoT (Internet of Things) やビッグデータ、人工知能などをフルに活用した自動化生活も近い将来に於いて夢ではなくなるだろう。

政府が 6 月 11 日の産業競争力会議^[1]で産業・就業構造の変革であるロボット研究を推し進める事を打ち出した。これで、少なからず、プログラミングに感心を持つ学生が増えてくれるのではないかと思う。今迄おこなってきた大学のプログラミング授業では基本的な出入口や制御構造を学んだ後、テキスト上のプログラムが読めるようになり、最終段階では自分でプログラムを作る練習ができるようになる事であったが、残念な事に大部分の学生は途中から次第に興味がなくなり、内容の難しさもあってか自ら練習することは少なくなってしまう。そこで、今回の産業競争力会議の発案を受けプログラミングから離れていった興味を再度持たせる為、作業工程の結果が目に見える二足歩行ロボットを取り入れることにより挫折感を持たせる事なく授業が進められるように 2014 年度からゼミで取り上げ始めた。

本論では二足歩行ロボットを使用して流れ図とアルゴリズムの授業をゼミで

おこなって得られた知見を説明する。

2. 文系学生の卒業後に求められる IT リテラシー

2.1. 業務と IT スキルの関係

文系学生に必要とされる IT スキルとは何であろうか。

一例として、小暮(2006)^[2]は、導入した IT システムにおいて費用対効果が低いと言っている。その理由として「経営者や利用部門が適切に行動していないことに起因する事例」を指摘している。

具体的には、以下の内容が経営者や利用部門（利用者側）の問題点として指摘されている。

- ・ビジネスモデルやビジネスプロセスを IT と結び付ける能力が利用者側には欠如している。
- ・利用者側から提供者側に対するコミュニケーションが必要である、という認識を利用者側が持たない。
- ・計画から実施に至るまでに多大な費用やスケジュールのギャップが生じるメカニズムを利用者側が理解していない。
- ・非 IT 活動（業務や組織の変革、関係先との交渉など）を統合してマネジメントする知識能力が利用者側には不足している。

また、小暮は文系学生が受ける大学の IT 授業の特徴として以下の点を指摘している。

- ・マイクロソフト商品のパソコン教室で行われている程度の内容で終わってしまう。

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

- ・初級シスアド（現 IT パスポート）の資格取得指導では業務に必要となる IT スキルのニーズを満していない。
- ・少ない授業数で大学生としての情報関連知識を網羅する必要があるため IT 全般を表面的に取り扱っているにすぎない。
- ・他分野の授業では IT を利用する程度が低い。

小暮の指摘する、実際の業務では既存の業務と IT とを結びつける能力が求められているが文系大学の IT 教育では需要に応じた教育を行っていない、との主張は、文系大学の ICT（情報・通信技術）環境の整備に関わる者の立場から見た場合、次のような事情による。

- 1) ICT 環境の整備は多大な費用がかかるため、文科省の補助金が得られないと ICT 環境の整備は満足に行うことができない。そして、補助金を得るためには一定の合理性および資産保管要件を満たす必要がある。そのため一般的に普及していることが明白でかつ比較的長期的な需要が見込めるマイクロソフト製品の使用法の説明に集中しがちである。
- 2) 教員が指導に使用できるソフトウェアが専門的で習得にコストがかかる場合がある。この場合他のソフトウェアへの乗り換えが容易でない。そのため、教員が担当する授業の種類は増やせない。
- 3) 学生が卒業後に直面する業務は多岐に渡るため、文系大学では求められる業務と IT 教育を結びつけて教育指導する教員を十分に確保できない。小暮は文系の IT 教育を担当する教員は実務経験者が担っているので十分な数を確保できると指摘しているが、主に予算や教室数の問題により網羅的に教員を確保することはできない。
- 4) 文系科目の教員は ICT で何が出来るのかについてのアイデアの共有が十分でない。その原因は、独自教材の開発は文系科目の教員には高いハードルとなっ

ている点である。但し、メールの利用や教材作成ソフトとしてのマイクロソフト商品の利用は進んでいる。

1) に関して、文系大学ではどの程度 IT 技術に投資するのが適切かについては明確ではない。例えば Cuban (2004)^[3]は、アメリカの教育界では企業などの寄付によって教育施設への IT 投資が積極的に行われているが、指導する教員の IT 技術はそれを使いこなして授業を行うまでには至っていない、そのため IT 投資は必要だとしてもそれらは抑制されるべきだと主張している。

神田外語大学の ICT 環境整備の取り組みは学内組織の ELI (English Language Institute) に所属する語学専任講師のプロジェクトが主導しているという点に特徴がある。彼らは母語として英語を話し、英語の授業で TESOL (英語教授法) をマスターしている。彼らが大学で学んだ経験を本学のプロジェクトとして持ち込んだため、日本の大学としては独特の取り組みとなった。しかし、どの程度の予算を ICT 関係に割り振るかの指針については神田外語大学でも明確にできていない。

2) について、神田外語大学では統計処理の授業に SPSS を、字幕翻訳の授業に babel を採用している。これらは専門的なソフトウェアであるため、容易に他のものに乗換えることができない。よって、教員が新たに教材として他のソフトウェアを習得するには負担がかかる。

4) について、Cuban(2004)^[3]は、カリフォルニア州の幼稚園から大学までを視察し、その結果、教員は連絡手段としての E メール、教材開発手段としての PC の利用が広く行われていると報告している。しかし、独自に教材を開発する困難さについても Cuban(2004)^[3]は報告している。なお、神田外語大学では授業支援ツール Moodle を使用した、KUIS Moodle というサイトを運用している。当初は利用率が低かったが、教員へのサポート体制の提供や説明会を行う事で利用率は上がりつつある。つまり、文系科目の教員は ICT に関心が低いのではなく、導

入のしやすい ICT 環境には関心を持っていると言える。

3) に関しては、実務と IT スキルを結びつける最低限の技術というものは存在しうるのだろうか。

この問題を、情報処理技術者試験^[4]の試験内容から考察する。

エンドユーザーレベルの IT スキルについては IPA（情報処理推進機構）が実施している「IT パスポート試験（i パス）」がある。この試験は趣旨として「IT を活用するすべての社会人・学生が備えておくべき基礎的な知識」を証明するものであると説明している。試験のシラバスによると「5-3.実践的かつ先端的な人材育成手法の確立（いくつかの具体的提案(C)）」の中に「ユーザー業務知識」が盛り込まれるなど、IT ベンダーと IT ユーザーの垣根を取り払う配慮が加えられている。そのため小暮(2006)^[2]が指摘するように、文系大学の学生が受ける IT 授業の問題の 2) は改善されてきていると考えられる。

IT パスポート試験では大項目 3、中項目 11、小項目 41 のカテゴリー分けがされており、各カテゴリーを問う問題を 165 分 100 問で出題している^[5]。

ここで指摘したいのが流れ図である。他の項目は基本的には知識を問う問題であるのに対し、流れ図については「表現方法」を問うている。平成 27 年春季の IT パスポート試験の過去問を確認すると以下のような内容が出題されている。

- ・業務内容を箇条書きで記述したものから、それを表現する流れ図を選択する問題。
- ・IC カードでの入退出記録から入退出の確認方法についての手順を箇条書きとし、手順内の空欄を埋める問題。
- ・ソフトウェア開発のアローダイアログから最短の開発日数を問う問題。

流れ図はアルゴリズムやプロセスを説明するため主に用いられるものである。これらは組織で活用する場合には活動方法の説明に用いられることが多い。また

「高度 IT 人材の育成を目指して」^[6]の「5-3.実践的かつ先端的な人材育成手法の確立（いくつかの具体的提案(C)）」で「モデル化技術」として「基本戦略系人材（あるいはソリューション系人材）のミッションは、IT を使って現実のビジネスモデルや生産プロセス等を改革することであり、その際のスキルとして重要なのは、現実に存在する多様な活動を抽象化（モデル化）して IT を適用可能な形に再構成する能力である。」^[7]と定義されており、必要な技術としてフローチャート（流れ図）を指摘している。

これらの事から流れ図を表現できる能力が、実務と IT スキルを結びつける最低限の技術の 1 つであると考ええる。

2. 2. IT 化と労働市場の二極化

次に、文系学生に求められる IT スキルを労働市場の面から考察する。

池永(2008)^[8]は、Autor, Levy and Murnane. (2003) (以下 ALM(2003))^[10]の理論の中で、日本においても高スキル業務と低スキル業務が増加し、中間的な業務が減少するという。なお、ここで指摘するスキルとは技能一般を指し、ICT に関する技能のみを対象にしていない。そこで、筆者は「業務の二極化」が生じているのかを神田外語大学に対する求人情報を分析することで検証し、その結果から文系学生に求められる IT スキルの重要度を推測した。

まず、ALM(2003)理論で行っている職業の分類、つまり「非定型分析」「非定型相互」「定型認識」「定型手仕事」「非定型手仕事」に職業を分け、池永(2008)^[8]を参考に、その特徴・ICT との関係・賃金の傾向・具体的な職種を箇条書きで要約した。以下に一覧を記載する。なお、賃金の傾向を要素として含めたのは、ICT を取り扱う技術者は日々知識の更新が必要なため、ある程度の水準以上の賃金が保証される必要があり、賃金が高ければ ICT に対してより深い知識を持つであろうと推測したためである。なお、5 業務についての説明は池永(2008)^[8]の「表 4 5 業務分類の考え方」^[11]から転載した。また、具体的な職業に関しては池永

(2008)^[8]の「付表 3 職業小分類の 5 業務への分類」^[9]を参考に安部が付け加えた。

- ・非定型分析

高度な専門知識を持ち、抽象的思考の元に課題を解決する。研究・分析、企画・立案・設計等が含まれる。

コンピュータ技術は相互補完効果で業務を増大させる。日本では 1995 年以降、業務は増加傾向。高度の専門性を持つ。高収入で賃金は上昇傾向。

研究者、技術者など。

- ・非定型相互

高度な内容の対人コミュニケーションを通じて価値を創造・提供する。その中には、交渉、調整、教育・訓練、販売、宣伝・発表・表現・アピール、指揮・管理、指導・助言等が含まれる。

コンピュータ技術は相互補完効果で業務を増大させる（但し管理業務は代替によって減少）。日本では 1995 年以降、業務は横ばいとなり、高スキル、高収入で賃金は上昇傾向にある。

教員、医療従事者、通訳（他に分類されない専門的・技術的職業従事者）、管理職、管理的職業従事者、店主など。

- ・定型認識

あらかじめ定められた基準の正確な達成が求められる事務的作業。計算、計測、点検、データ処理、接客等が含まれる。

コンピュータ技術によって代替されるため業務を減少させる。日本では 1995 年以降、業務は横ばい。中スキル。中程度の賃金で低下傾向。

一般事務員、外勤事務員など。

- ・定型手仕事

あらかじめ定められた基準の正確な達成が求められる身体的作業（手作業あ

るいは機械を操縦しての規則的・反復的な生産作業)

コンピュータ技術によって代替されるため業務を減少させる。日本では1995年以降、減少。中ないし低スキル。中程度もしくは低程度の賃金で低下傾向。

農夫、工員、職人など。

・非定型手仕事

それほど高度な専門知識を要しないが、状況に応じて個別に柔軟な対応が求められる身体的作業。

コンピュータ技術による影響は少ない。日本では1995年以降、業務は増加。比較的 low スキル。低収入で賃金は低下もしくは横ばい。

介護職員など。

ALM(2003)理論で行っている職業の分類と賃金の関係は池永(2008)^[8]では直接言及していない。但し、「2000年頃までは上位層・高学歴層が相対的には最も上昇しているが、下位層もある程度上昇してきたので、顕著な二極化は見られなかった。」が、「2000年以降には下位層・低学歴層の伸び悩み・低下と、上位層の相対的上昇といったやや対照的な動きが見える。」^[12]と指摘している。

定型手仕事と賃金の関係については、池永(2008)^[8]は「給与別階層の最下層や中卒及び高卒労働者の賃金の伸び悩み」が見られると指摘している^[13]。そのため、定型手仕事は中程度の賃金層で賃金の伸び悩み、あるいは減少があると判断した。

次に以下の調査を行った。

神田外語大学の旧就職情報サイトに掲載されている職種一覧を職種母集団として収集し、以下の職種を抽出した。なお、選択肢を分かりやすくするため原サイトでは「、」で区分している箇所を「・」に置換した。

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

一般職、一般事務、事務職、営業、総務・人事、経理・財務、法務・特許・審査、物流・在庫管理、貿易事務・海外事務、営業事務・一般事務、秘書・受付、宣伝・広報、調査研究・マーケティング、企画・商品開発、経営企画、国内営業、海外営業、営業推進・販売促進、販売スタッフ・接客、旅行添乗員・旅行カウンター、ホテルベル・ドアマン、ホテルフロント、ウェディングプランナー、パイロット、客室乗務員、グランドホステス（地上業務）、店長（店舗運営など）、スーパーバイザー、バイヤー、エステティシャン、MR、講師・インストラクター、警察官、自衛官、公務員、国際公務員、教員、コンサルタント、福祉士・介護士・ホームヘルパー、介護職、医療技師・看護師、保育士、栄養士、アナウンサー、為替ディーラー・トレーダー、カウンター業務（金融）、フィナンシャルアドバイザー、編集・制作、記者・ライター、ゲームクリエイター、プログラマー、ネットワークエンジニア、システムエンジニア、総合職、総務・人事・経理、派遣社員

次に2015年3月1日から2015年9月28日の期間に、神田外語大学が利用している求人情報サイト UniCareer に登録された、神田外語大学の卒業見込者に対する求人情報を求人母集団として収集した。求人情報は1件につき1行で記載されている。求人母集団の総数は3130件である。

次に、職種母集団から ALM(2003)理論で分類している「非定型分析」「非定型相互」「定型認識」「定型手仕事」「非定型手仕事」の5つに分類し以下の作業を行った。

- ・「・」「、」で区切られている職種を単語として分解した。
- ・重複する単語を整理した。
- ・単語末尾の長音符を切り捨てた（例：モーター -> モータ）。
- ・分かりにくい意味の単語に同名の意味の単語を追加した。具体的には「MR」

と同名の単語として「医薬情報担当者」を単語に追加した。

- ・簡潔に表現できる職種を簡潔な表現に修正した。具体的には「グランドホステス(地上勤務)」を「グランドホステス」に、「派遣社員」を「派遣」に「ホテルフロント」を「フロント」に「介護士」および「介護職」を「介護」に修正した。
- ・単語を ALM(2003)理論で分類している5業種に振り分けた。

この作業で抽出した単語を5業種母集団とし、以下のように区分した。

- ・非定型分析

システムエンジニア、ネットワークエンジニア、プログラマ、調査研究

- ・非定型相互

MR、医薬情報担当者、アナウンサ、インストラクタ、ウェディングプランナ、ゲームクリエイタ、コンサルタント、スーパーバイザ、トレーダ、パイヤ、フィナンシャルアドバイザー、ライター、保育士、医療技師、商品開発、営業、審査、広報、店長、店舗運営、教員、栄養士、法務、為替ディーラ、特許、看護師、秘書、編集、自衛官、記者、講師、警察官

- ・定型認識

マーケティング、事務、人事、企画、公務員、受付、旅行カウンタ、派遣、経理、総務、総合職、財務、販売スタッフ、販売促進

- ・定型手仕事

グランドホステス、制作、在庫管理

- ・非定型手仕事

エステティシャン、カウンタ、ドアマン、パイロット、フロント、ホテルベル、ホームヘルパ、介護、客室乗務員、宣伝、接客、旅行添乗員、物流、福祉士

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

最後に求人母集団から「業務内容」の列のみを抽出し、5業種母集団の各単語が1個以上含まれている行数を数えた。結果は「表1 求人情報のうち5業種母集団が占める割合」にまとめた。

表1から以下の内容を読み取ることができる。

- ・高スキル業務である「非定型分析」「非定型相互」に含まれる求人は全体の22%ほどであり、低スキル業務である「定型認識」「定型手仕事」「非定型手仕事」に含まれる求人(87%)の約4分の1である。
- ・求人数で最も多いのが「定型認識」に含まれる求人(62%)であり、その中でも「企画」のキーワードで抽出した求人数が最も多い(40%)。

但し、「企画」を一律に「定型認識」と区分するには検討が必要である。高度なコミュニケーション能力が必要な場合は「非定型相互」の要素もあり得る。

次に、検索対象外となった求人情報について、以下の分析を行った。

付録の「表1 求人情報のうち5業種母集団が占める割合」を作成する際に検索対象外となった2069件の求人情報の「業務内容」のみを抜き出し、形態素解析機 ChaSen^[14]を利用して単語に分割した。分割した単語の総量は86,751件である。分割した単語のうち100件以上含まれており、かつ5業種区分が可能と思われる単語34件を抽出した。抽出結果は「表2 検索対象外の求職情報の頻出単語」にまとめた。そして抽出した単語を「定型認識」「定型手仕事」「非定型手仕事」「定型認識」「定型手仕事」「非定型手仕事」の5分類に振り分けた。1つの分類に決定できない単語は複数の分類に重複して振り分けた。以下、これを「5業種単語母集団」と呼ぶ。振り分けた単語の分類は以下のとおりである。

- ・非定型分析
開発、情報、ネットワーク、技術、電子、環境
- ・非定型相互

開発、設計、運営、管理、構築、運用、コンサルティング、情報、支援、医療、経営、ネットワーク、専門、代理

・ 定型認識

開発、製造、サービス、業務、設計、運営、管理、提供、運用、情報、支援、保守、設備、保険、施設、ネットワーク、住宅、不動産

・ 定型手仕事

製造、構築、工事、自動車、保守、設備、部品、加工、食品、商品、技術、住宅、電子、専門、建設、環境

・ 非定型手仕事

サービス、提供、工事、自動車、店、設備、部品、加工、技術、施工、住宅、福祉

最後に検索外求人「業務内容」の列のみを抽出し、5業種単語母集団に振り分けた単語が1個以上含まれている行数を数えた。結果は「表3 頻出単語の出現状況」にまとめた。

この結果から、5業務区分のうち「非定型分析」以外の業務区分は全求人件数の3分の1以上の求人があり、明確に5業務区分には分別しにくい求人が多い事が分かる。

以上の調査から以下の推測を行う事が出来る。

まず、明確に5業務区分のいずれかに分類可能な職種については「業務の二分化」の兆候が見られる点である。今回の調査では高スキル職である「非定型分析」「非定型相互」の求人は少なく、低スキル職である「定型分析」「定型手仕事」「非定型手仕事」の求人は多い。これは将来、少数の高賃金層の労働者と多数の低賃金層の労働者に2分される可能性がある。

次に、明確に5業務区分のいずれかに分類できない職種については「業務の二分化」の兆候は「非定型分析」以外の業務区分では見られない点である。これは複数の職種を担当する傾向が高い日本の会社事情とも一致する。但し「非定型分

析」の業務区分もいずれかに分類できない求人総数の 2 割程度存在する。そのため、ある程度の流動性はあると言える。

これらの調査結果を踏まえて再度、文系学生に求められる IT スキルを考察する。まず指摘したいのが、今後、オンライン形式での授業が普及する点である。次に指摘したいのが、将来、高スキル業務を遂行する際には常に ICT 知識と深い関連性があると推測される点である。高スキルを習得するためにオンライン授業を受けた労働者が、その高スキルを維持するために ICT を利用したいと思うのは自然な発想である。そこで求められる IT スキルは、基本的な OS やアプリケーションの操作だけでなく、適切なツールとしてのアプリケーションの選択や、大量に存在するウェブ上の情報から自分が直面する問題の解決に必要な情報を選択するといった、より高度な IT スキルが必要となる。

よって、文系学生に求められる IT スキルは、情報の適切な収集方法といった抽象度が高く IT スキルもより高度なものが必要とされると考える。そのためには文系大学の授業においても、専門的な知識を教授するだけではなく、専門的な知識を活用あるいは深めるために、適切な情報の選択ができるように学生に指導しなければならないと考える。具体的には利用するアプリケーションの選択の方法や専門知識に適合したウェブサイトの検索方法などが考えられる。

3. 流れ図とアルゴリズム

次に流れ図（flowchart）についての説明と、流れ図を利用したアルゴリズム（algorithm）の表現について紹介する。

流れ図とはプロセス（主に組織内での過程や手順）を表現するひとつの方法であり、後にコンピュータのアルゴリズムを表現する際に取り入れられた。基本的には処理や活動を示す四角と、判断や選択を示す菱形、それらを作業の流れに従って示す矢印で構成される。

アルゴリズムとは、数学的な問題に対して解き方の手順を示したものである。またコンピュータ・アルゴリズムはコンピュータに問題の解決方法を示したものである。近年では単にアルゴリズムと表現することが多い。コンピュータに問題を解かせる場合はプログラミング言語で表現 (coding) しなければならない。しかしその前に、特定のプログラミング言語に依存せず、より抽象的な表現でアルゴリズムを記述し、それを元に特定のプログラミング言語で表現する方法がある。この方法を用いるのが流れ図であり、システム開発を行う際に利用される。アルゴリズムを構成する要素としては、逐次処理・反復処理・条件処理がある。

・逐次処理

手順に従って処理を行う。流れ図では上から下、もしくは左から右へと処理が行われる。

・反復処理

一定の処理を繰り返す作業である。通常は条件処理を併用して反復処理を終了させる。

・条件処理

特定の条件を満たす場合と満たさない場合で処理を分ける処理である。

逐次処理、反復処理、条件処理はメタ構造を持っている。つまり、反復処理と条件処理を使用したアルゴリズムが全体として逐次処理の構造を有したり、条件処理の内部で逐次処理を用いて判定する条件を取得する構造を有したりしている。

流れ図でアルゴリズムを表現する場合は、ひとつの処理や活動はできるだけ一か所で示すなどのように、簡潔にする必要がある。よって流れ図によるアルゴリズムの表現は創造性が求められるだけでなく慣れも必要である。

流れ図に関する書籍は少なく、アルゴリズム解法 (数学的な問題に対してアルゴリズムを用いて答えるもの) の説明の一部として記述されることが多い。これは、アルゴリズムが主に理数系で用いられているためである。但し、理数系では、

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

流れ図は中間生成物でしかなく、最終的にはプログラムのソースコードの形になる。それゆえ理系学生はソースコードを見るだけでアルゴリズムを読み解ける。

一方文系学生の場合、卒業後に入職する職場では流れ図は最終的な成果となる。例えば、流れ図は納品される IT システムの一部であり、組織内で流れる文書の流れを表現したものである。従来は、例えば契約書の箇条書きで情報の流れを表現していたため、文系学生にとって流れ図は知らなくても良い知識であった。しかし、IT システムがどのような職場でも導入されている現在、手続きの流れを把握することは必須である。ゆえに文系の学生にこそ流れ図の表現に慣れておく必要があると考える。

流れ図の授業は、一方向の受身形ではなく、双方向で行われる必要がある。流れ図には JIS 規格が存在する。しかし JIS 規格で決められているのはデータを保存する記号や入力する方法を示すバリエーションがあるだけである。基本的には、処理・活動、判断・選択、作業の流れを表現する点に変わりはない。そのため一定の規格内であれば、個々の自由な表現が可能である。しかし、弱点としてはアルゴリズムが冗長になり易いところがある。だか、これについて授業内で教師と学生が相互で評価し合うことで次第に明快な流れ図を作成できるようになるであろう。最終的には、学生が業務に直面した際に「プロセスを流れて考える」発想が自然にできるようになることが理想である。

4. 教材について

学習教材として、近藤科学の KHR-3HV^[15]（以後ロボット）と、操作方法を簡単に説明する教材（以下、説明教材）を使用する。説明教材は自作した。

ロボットの特徴としては以下の通りである。

- ・フローチャート形式で動作を制御できるソフトウェア（HeartToHeart4）を利用

するため、初心者にも導入が容易である。

- ・初期セットはモーターのみを動作させる構造となっているため平易である。
- ・価格についても一式約 11 万円と、他社に比べると安価である。(Softbank の Pepper^[16]は 20 万円、教育機関が購入する場合はサーバ使用料が 3 年契約で初期費用が 120 万円、Aldebaran 社の NAO^[17]が 80 万円)
- ・ロボットを直接手で操作して姿勢を作成できる機能が用意されている。また姿勢を作成する場所はモーター毎に指定することもできるので、学習者には直感的にロボットの姿勢を取らせることができる。
- ・本格的なロボットであるため、複雑なプログラミングを行う余地がある。専用のランタイムライブラリが用意されており、基本的な内容を理解した後に Microsoft Visual Studio (Windows)や Mono (Linux など)を利用することで独自のアプリケーション開発を行う事ができる。
- ・拡張性が高いため、Wi-Fi 経由で PC もしくはスマートフォンから操作したり、追加で各種のセンサーを搭載できたりする余地がある。そのため学習者は経験を積んだのちに継続的に学習する事ができる。

4. 1. 二足歩行ロボットを使用する授業

流れ図からの発展的授業としてプログラミングを教授する場合、Windows, iOS, Android といったアプリケーションプログラムを作成することが一般的である。アプリケーションの作成では学生が作成のプログラムを身近なデバイスで体験できる利点もあるが、次のような問題点もある。

- ・アプリケーションのプラットフォーム毎に開発言語が異なるため、特定のプログラミング言語の習得が授業の大部分を占める。

この点については西田ら (2007)^[18]の切実な嘆きを引用したい。

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

初学者は、プログラミング学習の初期段階でつまづくことが多い。学習初期段階ではタイプミスに起因する文法エラーが多く発生し、意味の理解できないコンパイルエラーメッセージを(多くの場合英語で)突きつけられ、それだけで自信をなくす者が多い。文法エラーの修正ばかりに気をとられていると、プログラムの構造をどのように組み立てるかといった、全体への配慮ができず、プログラミングの力がなかなか身につかない。また、コンパイルエラーがなくなっても、論理的なエラーのために予想と異なる結果が返ってくると対処することが難しい。論理的なエラーはエラーメッセージが表示されないので、間違い箇所を見つけるためには、変数に何が代入されているかを逐次チェックしていかなければならない。デバッグを用いれば、このようなチェックは比較的容易に行うことができるが、多くのデバッグは初学者が使うことを考慮しておらず、使いにくい。

Windows では C# や Visual Basic を、iOS では Swift や Objectives-C を習得する必要がある。更に、特定の開発環境を使用することが求められる場合がある。そのため学習者は、利用する開発環境が出力するエラーや警告情報からプログラムの間違いを特定することに習熟する必要がある。

- ・ソフトウェアが IT 機器の内部でどのように動作しているかの説明が難しい。

最近の OS では、ガバージコレクション（アプリケーションが使用するメモリの管理を OS 側で行う機能）といった機能があるため、アプリケーションの開発の観点だけでは PC 内部でソフトウェアがどのような動作をしているかを説明しきれない。そのため教員が、その機能を説明する場合、プラットフォームに対する深い知識が必要となる。更に、OS の機能はネットワーク経由で日々更新されるため教員に求められる ICT に関する知識水準は高くなる。

一方、二足歩行ロボットを使用する場合には以下の利点がある。

- ・構造が簡単であるため、ハードウェアの間で流れる情報について学習者が理解しやすい。また教員に求められる ICT についての知識水準も比較的低くて済む。
- ・PCからはUSB接続やシリアル接続でロボットに制御命令を出すことができる。そのため、比較的プラットフォームに依存しないプログラミングが可能である。
- ・人間の姿勢に当てはめて考えることができるため学習者が理解しやすい。
- ・適度に複雑であるため流れ図に変化を付けやすい。

4. 2. LEGO マインドストームとの比較

LEGO マインドストームは LEGO Group 社が販売している教育ツールである。標準キットにはモーターが3個付属しており、レゴ社のサイトからプログラミング用ソフトウェアをダウンロードすることで制御することが出来る。専用ソフトウェアでは「ブロック」と呼ばれるパーツを結合して、搭載されているセンサー情報の読み取りやモーターへの指示などが出来る。また、スマートフォン用ソフトウェアをダウンロードする事でスマートフォンからでも操作ができる。価格は標準キットで49,000円程度(2015/09/22時点)なので、必要とする数を揃えやすい利点もある。

以上の点から LEGO マインドストームを利用したロボット学習は数多く行われている。しかし今回の授業では LEGO マインドストームを採用しなかった。理由としては、その機能の豊富さとモーターの少なさにある。例えば LEGO マインドストームにはモーター以外の部品として、センサー機能とストレージがある。しかし、それぞれの機能を活用するためには機能別の授業を行わなければならない。今回は学生にアルゴリズムや流れ図に集中させるため、モーターのみで

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

動作を組み立てる方が望ましく考えたからである。また、LEGO マインドストームは標準キットで利用可能なモーター数が最大 3 個である。3 個のモーターでは流れ図によるアルゴリズムの表現が限定されてしまい、学習者が飽きると考えたからである。

4.3. 説明教材の内容について

説明教材を作成する際に以下の点を考慮した。

- ・ステップごとにどのような姿勢を取らせるかを、写真を用いて説明するように心がけた。
- ・最終的にどのような挙動になるかを、動画を用いて説明した。

これらの点を説明教材に反映させるため、説明教材はウェブベースで作成した。将来電子書籍化して学生の iPad に取り込んでもらうことも念頭に置いたため、説明教材は XHTML5 にて記述した。

説明教材では以下の内容を盛り込んだ。

- KHR-3HV と、それを操作するソフトウェアの操作方法
- アルゴリズムについて
- アルゴリズムの構造
 - ・逐次（順次）処理
 - ・反復（ループ）処理
 - ・条件処理

説明教材をウェブベースにしたことにより、以下の利点が得られた。

- ・ ロボットが実際に動いている動画を示すことで、学生がプログラムの完成イメージを意識しやすい。
- ・ ファイルの差し替えを容易にすることで、学生の疑問点に素早く対応できる。

実際の説明教材は以下の URL で閲覧できる（学内ネットワークからのみ閲覧可能）。

<http://tom.kanda.kuis.ac.jp/robot/>

5. 先行研究

一般的な学習用ロボットを使用した授業としては、以下のように LEGO マインドストームを工学系低学年の導入教育として利用する例がある。

三栖ら（2011）^[19]は工学系低学年教育における PBL（Project Based Learning 課題解決型学習）教育の教材として、また工学系の技術の基礎を習得する方法として利用している。

奥山ら（2011）^[20]は中規模（40～50名）グループワークの教材として利用している。

山本ら（2011）^[21]はマインドストーム NXT を中学校技術・家庭科（技術分野）の教材として利用している。これは身近にある製品を模倣する事で中学生に対しセンサーやプログラムの関心を高めることができると報告している。

なお、CiNii ではロボットを使用してアルゴリズムの説明を行う事例は見られなかった。

6. 女子生徒の特色

2014年度の授業は24人の学生が参加した。そのうち21人が女子学生である。

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

また、7人の女子留学生と1人の男子留学生が授業に参加した。教材としてロボットと説明教材を使用した。ロボットは組み立て済みのものを用意した。ロボットの制御を行うソフトウェア、デバイスドライバーおよび開発環境は教員がPC毎に用意した。インストールの際にPCの管理者権限が必要となるためである。ロボットの台数が1台と少ないため、ロボットを操作する以外に、撮影、ウェブ広報、記録という役割を学生に割り当てた。

2014年度の授業を行った結果、文系女子学生に対してIT系の授業を行う場合は次のような配慮が必要だと思われる。彼らにとってコンピュータ以外の実物に触れる作業はさして多くの経験がある訳でないので、そのことに慣れるまでは緊張を解し意欲を維持させ続ける必要がある。

その上説明については、授業毎に同じことを始めから数回に渡って行分けなければならない事もあった。しかし、ある程度その作業に慣れて行くと失敗の要因や加減などを学習し、次第に積極的にロボットを操作する姿勢が顕著に表れた。最後にはビデオ撮影を用いたプレゼンテーションが上手く行えるようにまでなった。これらの事から、文系女子学生がITに疎いとは言い切れないことが窺える。

次に女子学生のつまずきについてだが、山本(2010)^[22]は、つまずきの定義として「『つまずき』とは『学習や発達の過程において、内部的または外部的な障害によって適応に失敗したことを言う。』」と引用している^[23]。また、技術的課題の遂行時に生じるつまずきの要因として以下の要素を挙げている^[24]。

- 1) 作業の状態を把握する力(情報を収集するモニタリング力)の不足
- 2) 正しい作業のための運動の制御力(巧緻性や複数動作の協応)の不足
- 3) 原理や手続き的知識の不足

山本の説明に従えば、女子学生の中にはロボットやロボットを制御するソフトウェアに関する情報を収集する力に乏しく、ロボットに関する原理や手続きの知

識が不足していたといえる。

山本はまた、つまずきの要因に対する対応として「学びを支援する手立て」と「学びを阻害する要因を排除する手立て」の2点を挙げている^[24]。学びを支援する手立てとして、教材の仕組みを理解するための支援となる教具を作成することや手続き的知識を構造的に理解させる教具を作成することなどを挙げている。一方で阻害する要因を排除する手立てとしては、作業の難易度を調整する仕組みを取り入れることを挙げている。

2014年度の授業に当てはめた場合、説明教材が学びを支援する手立てに該当する。また、阻害する要因を排除する手立てについてはロボット制御ソフトウェア(HeartToHeart4)を想定していた。しかし文系女子学生にとってそれでは不十分であることが分かった。

学生のロボットに対する過度の反応やHeartToHeart4の操作の拙さは、理系科目に対する苦手意識という内部的要因が原因ではないかと推測するが、その克服について山本(2010)^[22]は言及していない。しかし、学生の得意とする分野を通して苦手意識である対象に接すれば内部的要因によるつまずきは減少できるのではないかと考えた。具体的には、学生にロボットが動く動画をウェブブラウザで検索させ、それを利用したプレゼンテーションを行わせる、といった方法が有効ではないかと考察する。

次に女子特有の傾向を授業に反映させる必要がある。山本はその傾向として「女子が技能的な課題に対して、失敗に対する不安感を抱きやすい反面、達成に向けた動機づけを図り、メタ認知的に自らをコントロールしようとする傾向の強いことが示唆された。」と指摘している^[26]。2013年度および2014年度の授業でも女子学生が議論に活発したり、相互幫助により授業の流れを円滑にしたりする等の姿が見られた。

また2013年度の授業では、問題データとして1問ごとにXML形式のファイルを作成したが、進度の早い学生が進度の遅い学生にアドバイスを行う姿が見ら

れた。このことから、女子学生のグループワークではグループ毎に1台のロボットをあてがうのではなく、グループ毎に2台のロボットをあてがうのが有効ではないかと考察した。

7. 結論

まず、文系学生が卒業後に求められるITスキルについて考察し、最低限必要なスキルとしてフローチャートの表現能力について紹介した。また労働市場が求めるスキルとして情報の適切な収集能力であるとした。次に、フローチャートの表現能力に関する演習として、アルゴリズムの表現を取り上げ、演習方法としての二足歩行ロボットの利用について説明した。次に、先行事例を紹介し、LEGOマインドストームを利用した学習用ロボットによる演習は比較的多く見られるものの、アルゴリズムの学習に絞ってロボットを使用する例のないことを説明した。最後に、学習教材を紹介し説明を加えた。

フローチャートによるアルゴリズムの表現についての演習はITスキルの一部ではあるが、方向性を持たせる教材の入門用には最適である。ソフトウェアを使用できることだけがITスキルだと思いつむ文系学生が多いことを考えると、その事だけではなく、ソフトウェアを作るという観点、あるいはデザインするという観点からIT技術に取り組んでもらう文系学生が一人でも多く生まれることを希望する。

付録

表1 求人情報のうち5業種母集団が占める割合

中分類	小分類	検出数	割合 (%)
総数		1061	100
非定型分析+非定型相互		233	22.0
定型認識+定型手仕事+		931	87.7

非定型手仕事			
	非定型分析	20	1.89
	非定型相互	216	20.4
	定型認識	659	62.1
	定型手仕事	157	14.8
	非定型手仕事	262	24.7
非定型分析	システムエンジニア	7	0.7
	ネットワークプログラマ	0	0
	プログラマ	3	0.3
	調査研究	12	1.1
非定型相互	MR	0	0
	医薬情報担当者	0	0
	アナウンサ	0	0
	インストラクタ	2	0.2
	ウェディングプランナ	0	0
	ゲームクリエイタ	0	0
	コンサルタント	42	4.0
	スーパーバイザ	0	0
	トレーダ	0	0
	バイヤ	1	0.1
	フィナンシャルアドバイザー	1	0.1
	ライター	0	0
非定型相互	保育士	2	0.2
	医療技師	0	0
	商品開発	7	0.7
	営業	62	5.8
	審査	8	0.8
	広報	18	1.7
	店長	1	0.1
	店舗運営	15	1.4
	教員	2	0.2
	栄養士	3	0.3
	法務	6	0.6
	為替ディーラ	0	0
	特許	6	0.6
	看護師	9	0.8
	秘書	3	0.3
	編集	29	2.7

二足歩行ロボットを使用したプログラミング教育

	自衛官	0	0
	記者	2	0.2
	講師	11	1.0
	警察官	2	0.2
定型認識	マーケティング	55	5.2
	事務	85	8.0
	一般職	0	0
	人事	24	2.3
	企画	423	39.9
	公務員	1	0.1
	財務	17	1.6
	販売スタッフ	0	0
	販売促進	11	1.0
定型手仕事	グランドホステス	0	0
	制作	157	14.8
	在庫管理	0	0
非定型手仕事	エステティシャン	2	0.2
	カウンタ	3	0.3
	ドアマン	0	0
	パイロット	0	0
非定型手仕事	フロント	1	0.1
	ホテルベル	0	0
	ホームヘルパ	3	0.3
	介護	163	15.4
	客室乗務員	0	0
	宣伝	9	0.8
	接客	6	0.6
	旅行添乗員	0	0
	物流	80	7.5
	福祉士	2	0.2

表 2 検索対象外の求職情報の頻出単語

単語	出現数	非定型 分析	非定型 相互	定型 認識	定型手 仕事	非定型 手仕事
開発	873	○	○	○	×	×
製造	547	×	×	○	○	×
サービス	483	×	×	○	×	○
業務	480	×	×	○	×	×
設計	365	×	○	○	×	×
運営	245	×	○	○	×	×

管理	241	×	○	○	×	×
提供	216	×	×	○	×	○
構築	200	×	○	×	○	×
工事	198	×	×	×	○	○
自動車	187	×	×	×	○	○
運用	187	×	○	○	×	×
コンサル ティング	186	×	○	×	×	×
情報	186	○	○	○	×	×
支援	178	×	○	○	×	×
店	177	×	×	×	×	○
医療	176	×	○	×	×	×
保守	170	×	×	○	○	×
設備	157	×	×	○	○	○
保険	146	×	×	○	×	×
部品	145	×	×	×	○	○
経営	141	×	○	×	×	×
施設	139	×	×	○	×	×
加工	136	×	×	×	○	○
ネット ワーク	133	○	○	○	×	×
食品	128	×	×	×	○	×
商品	123	×	×	×	○	×
技術	120	○	×	×	○	○
施工	117	×	×	×	×	○
住宅	113	×	×	○	○	○
不動産	113	×	×	○	×	×
福祉	111	×	×	×	×	○
電子	110	○	×	×	○	×
専門	110	×	○	×	○	×
建設	106	×	×	○	○	○
金融	106	×	×	○	×	×
環境	105	○	×	×	○	○
代理	100	×	○	○	×	×

表3 頻出単語の出現状況

	求職全体 (件数)	求職全体 (比率)	検索対象外 (件数)	検索対象外 (比率)
非定型分析	1195	38%	764	37%
非定型相互	2104	67%	1296	63%

定型認識	2457	78%	1539	74%
定型手仕事	1652	53%	1118	54%
非定型手仕事	1636	52%	1056	51%

参考文献

[1] 2015/06/11 の第 21 回産業競争力会議で以下の提案がなされた。

- 先端ロボット技術によるユニバーサル未来社会の実現
技術等を活用した社会的課題の解決・システムソリューション輸出の 1 つとして提案。
- 次世代社会インフラ用ロボットの研究開発・導入
安全・便利で経済的な次世代インフラの構築の 1 つとして提案。
- 「ロボット新戦略」に基づき、取組を着実に推進
大学改革/科学技術イノベーションの推進/世界最高の知財立国の 1 つとして提案。

ロボット新戦略は 2015/01/23 に経済産業省によって取りまとめられたもの。ロボット関連の人材育成に関しては、ロボット活用を考える上では、ロボットそのものの知見だけでなく、IT 等の関連分野も合わせた横断的な知見を有する人材を育成する必要があると指摘している。

また、研究機関や大学等の教育機関においては、IoT 等に関する分野を融合したカリキュラムを新たに検討するとともに、技術育成や研究開発に留まらず、人と技術を一体化して育てるといった魅力的なプロジェクトの実施により、起業等にも挑戦する人材を育てることが重要であると論じている。

ロボット活用によってこれまでにない新たなサービスの創出につなげる例として、外国語教育ロボットが取り上げられている。

[2] 文系学生は IT 関連科目で何を学べばよいのか

小暮仁 2006/08/03

<http://www.itmedia.co.jp/im/articles/0608/03/news118.html>

URL は 2015/09/16 時点

- [3] 学校にコンピュータは必要か：教室の IT 投資への疑問
L・キューバン 著、小田勝己、小田玲子、白鳥信義 訳
ミネルヴァ書房 2004.4
原文は “Oversold and underused : computers in the classroom”
Larry Cuban, Cambridge : Harvard University press, c2001
- [4] 情報処理技術者試験 試験要綱・シラバスなど
https://www.jitec.ipa.go.jp/1_04hanni_sukiru/index_hanni_skill.html
URL は 2015/09/19 時点
- [5] IT パスポート試験は、平成 28 年 3 月の試験から中間を廃止し試験時間を 120 分に短縮するとのアナウンスがなされている。
http://www.ipa.go.jp/about/press/20151130_1.html
- [6] 高度 IT 人材の育成をめざして
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70727a02j.pdf>
URL は 2015/09/29 時点
- [7] 高度 IT 人材の育成をめざして p.22
- [8] 池永 肇恵 (2008)
労働市場の二極化 — I T の導入と業務内容の変化について—
http://www.ier.hit-u.ac.jp/pie/stage2/Japanese/d_p/dp2008/dp375/text.pdf
URL は 2015/09/26 時点
- [9] 池永(2008) p.34
- [10] Autor, David, Frank Levy and Richard J. Murnane. (2003).
“The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”
Quarterly Journal of Economics,118(3),November, 1279-1333
- [11] 池永(2008) p.22
- [12] 池永(2008) p.5

- [13] 池永(2008) p.1
- [14] ChaSen
奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科自然言語処理学講座(松本研究室)によって開発された形態素解析機。
<http://chasen-legacy.osdn.jp/>
- [15] 近藤科学 KHR-3HV
<http://kondo-robot.com/product/03070>
URL は 2015/09/28 時点
- [16] Pepper の料金プラン
<http://www.softbank.jp/robot/price/>
URL は 2015/09/28 時点。Pepper は Softbank が Aldebaran 社を買収後、Aldebaran 社によって製作されたロボットである。
なお、Pepper を教育機関が導入する際に必要となる初期費用については日本電子専門学校の木下稔雅先生にご教授頂いた。
- [17] Aldebaran NAO
<https://www.aldebaran.com/ja/xiao-xing-robotutonaotoha>
URL は 2015/09/28 時点
なお、NAO の導入費用については日本電子専門学校の木下稔雅先生にご教授頂いた。
- [18] 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 2007-08-15
- [19] 三栖 貴行、吉野 和芳、栗田 泰生、瑞慶覧 章朝、金井 徳兼、黄 啓新
6-327 LEGO 教育ツールを活用した工学系低学年教育の実践((07)教材の開発-III,口頭発表論文)
6-327 Practice of engineering education for lower grades students using LEGO

instructional tool

工学教育研究講演会講演論文集 平成 23 年度(59), 596-597, 2011-08-22

- [20] 奥山 澄雄、南谷 靖史、東山 禎夫

3-221 90 分×15 週で行うレゴマインドストームを用いたものづくり教育・
グループワーク教育の実践(11)ものづくり教育-IV,口頭発表論文)

3-221 Practice of Monodukuri education and group-work education through
designing a robot of LEGO MINDSTORMS in 90 minutes x 15 weeks class room

工学教育研究講演会講演論文集 平成 23 年度(59), 294-295, 2011-08-22

- [21] 山本 利一、齋藤 雅宏

プログラムによる計測・制御を学習する指導過程の提案：自動制御模型の
製作とプログラムによる制御学習

Proposal of Teaching Process to Learn Measurement and Control by Program：

Production of Automatic Control Model and Learning of Control by Program

教育情報研究：日本教育情報学会学会誌 27(1), 25-32, 2011-07-04

- [22] 山本利一

技術科教育における技能の形成と支援

開隆堂 2010 年

- [23] 山本(2010) p.9

引用元は、北尾倫彦：つまずき, 東 洋, 梅本堯夫, 芝 祐順, 梶田叡一編,
現代教育評価辞典 (所収), 金子書房, pp/421-122(1988)

- [24] 山本(2010) p.181

- [25] 山本(2010) p.181

- [26] 山本(2010) p.94