

IoT時代に資する「ものグラミング」教育の開発と実践

森祥寛^{*1}, 大野浩之^{*1}, 北口善明^{*1}, 中村和敬^{*2}, 松浦智之^{*2}, 當仲寛哲^{*2}

^{*1} 金沢大学総合メディア基盤センター, ^{*2} ユニバーサル・シェル・プログラミング研究所

Development and Practice of the "Mono-Gramming" Based Education for the IoT Generations

MORI Yoshihiro^{*1}, OHNO Hiroyuki^{*1}, KITAGUCHI Yoshiaki^{*1},
NAKAMURA Kazutaka^{*2}, MATSUURA Tomoyuki^{*2}, TOUNAKA Nobuaki^{*2}

^{*1} Informational Media Center, Kanazawa University,

^{*2} Universal Shell Programming Laboratory Ltd.

Currently, many people are required to provide opportunities to touch and to deepen their understanding of electronic machine tools, various information and systems ranging from IoT to big data, In this research, we are developing and practicing lesson content and educational methods based on the concept of "Mono-gramming". We report "Mono-grammings" and the practical contents of classes based on it.

キーワード: IoT, ものグラミング, ユニケーj開発手法

1. はじめに

近年, 情報科学技術はさまざまな分野で活用されている. それは, マイコン (マイクロコントローラー) を使った計測制御系を組みこんだ機器を個人が気軽に設計製作する環境の整備や, 個人向けの3Dプリンターやレーザーカッターの普及と合わさり, 電子回路を活用した「ものづくり」を, 趣味もしくは小規模事業とするものが増加し, その制作物が多様化している事からもよく分かる. このような「ものづくり」の当事者を **Maker** と呼び, **Maker** による新たな物作りの潮流は新たな分化であるとして, クリス・アンダーソンによって「メイカー・ムーブメント(1)」と名付けられている.

Maker が制作に使用するマイコン類は, PIC マイコンや, AVR マイコンを搭載した **Arduino** などに加え, 2012年頃からは **Raspberry Pi** に代表される「Linux を搭載する小型で高機能なマイコン (以下, **Linux** マイコンという.)」が安価に供給されるようになるなど多種多様である. 特に **Linux** マイコンが登場してからは, これを積極的に採用する傾向が見られる. しかし,

ものづくりの中ではマルチユーザー・マルチタスクの本格的な **Linux OS** が利用可能になったことを十分に生かしきれていないように見える. 例えば「OS が提供するような基本機能」や「OS インストール時点で利用可能な多数の基本コマンド群」を活用すれば簡単に目的を達成できる局面であっても, **C** や **C++** などの言語を用いてプログラミングを行ったり, **Ruby** や **Python** のようなスクリプト言語を追加インストールした上で, これらの動作環境を常に最新状態に更新しつつ利用したりしているのである. これらの手法を否定しないが, 固定観念に縛られて, 既存の方法しか試さなくなっている場合はないだろうか. **Maker** を始めとして, 情報科学技術に触れ, それを活かしていく人材であれば, 情報科学技術に関して広い知見を持ち, 状況に応じて, 固定観念に囚われず問題解決できることが必要となるだろう. そういった人材の需要は, 今後高くなり, そのような人材を育成するための情報科学技術教育プログラムもより求められていくだろう.

そこで金沢大学総合メディア基盤センターの大野, 北口, 森は, **USP** 研究所との共同研究「IoT時代に資

するユニケーj開発手法の普及啓発に関する研究プロジェクト」により、電子工作を始めとする IoT からビッグデータの取扱いに至るさまざまな情報と情報技術に触れる機会を「ものグラミング」という言葉を核として提供し、情報科学技術分野の専門教育を受けたことのない人々に対して、その理解を深めるような教育プログラムの在り方について研究を進めることとした。

本稿では、2015年度後期より授業を実施しており(2, 3), それら授業内容構築の背景と実践内容について報告する。

2. ものグラミングとそこに至る背景

ものグラミングとは、「ものづくりに適したシンプルなプログラミング」という意味を込めて、我々が名付けた造語である。英語では、mono-gramming と表記することにしたが、これは日本語のものプログラミンjの音訳であるとともに、Mono という音節に「単純喝単一なプログラミングスタイル」というニュアンスを含ませている。

現代社会において、情報システムはますます複雑になってきており、システム開発を容易にするため、さまざまな OS や言語、ライブラリやミドルウェア等の製品が、日々公表、またはバージョンアップされている。それらのほとんどは、その特定の適用範囲での性能や機能を追求していて、機能性と利便性に優れているが、バージョンアップの度に以前とはまったく異なるユーザーインターフェースや API を提供するケースが多々みうけられる。このため現状の情報システムを理解するために必要な知識は、適用 API やライブラリ、プログラミング言語、システムを使用する OS、さらにはそれらを使用する者の専門分野ごとに異なっている。これに加えて時とともに「更新」が求められる。

この結果、分野や OS、言語などによる知識の断絶と更新の必要性が発生し、情報科学に関する一般的な知識から、個々の情報システムを理解できるようにすることに対して障害となってきている。特に教育の観点からは、ある状況で演習を行なおうとすると、それ毎のライブラリや言語、あるいはパッケージ化された製品について学ばねばならず、利用者のみならず教育者に

とって大きな負担となっている。

そこで我々が提唱する「ものグラミング」では、「UNIX 系 OS インストール時点が提供する優れた基本機能」と「UNIX 哲学(4)」に基づいて作られた「それぞれは単機能だが組み合わせることで様々な機能を提供できる多種多様な POSIX コマンド群」を積極的に活用したシェルスクリプトでものづくりを推進することで、これらの知識の断絶と更新の必要性をできる限り回避し、20 年後でも使用できる情報技術やシステム、プログラミングの在り方について構築を目指している。

3. 教育プログラムへの活用

実際の授業内容の開発は、「ものグラミング」というコンセプトを実現するために、「POSIX 中心主義」と「ユニケーj開発手法(5)」という 2 つの要素と、小型のマイコン類とセンサー群という実習機器から行っている。

3.1 POSIX 中心主義とユニケーj開発手法

ここで POSIX 中心主義とは、ソフトウェアの互換性や長期持続性を高めるために大野、當中、松浦らが提唱するソフトウェアのプログラミング指針であり、その名のとおり POSIX.1(IEEE Std 1003.1) 文書に記されている仕様を中心にプログラミングをすることである。なお「中心」とは「極力準拠」という意味である。この POSIX の仕様に準拠したプログラムを作成することにすると、開発言語はシェルスクリプトまたは C 言語 (C99) を利用することになるが、基本的にはシェルスクリプトを利用する。C 言語は低水準言語であり、バイトオーダー等のハードウェア構造を意識しなければならず、シェルスクリプトであれば、そのようなハードウェア依存は POSIX コマンドが吸収しており、意識せずにプログラミングできるためである。したがって POSIX 中心主義プログラミングとは、POSIX の仕様に準拠したシェルスクリプトを中心としたプログラミングと考えて良い。ユニケーj開発手法とは、UNIX 系 OS 上でコマンドとシェルスクリプトを使ったシステム開発手法である。その特徴として、データをテキストファイルで持ち、100 種類程度の単

機能コマンドを、パイプ、リダイレクトなどで組み合わせ、データを処理を行っている。

3.2 実習機器

小型の電子基板とセンサー群としては、Arduino, ESP-WROOM-02, Raspberry Pi2 に、エレキットセンサー活用入門(6), モーター・リレー・ブザー制御入門(7)など、1台辺りの値段が 3,000 円程度となる機器を主に使用している。これらを授業用教材として、受講者に配布(授業期間中の貸与)するとともに、それらで使用可能な Linux 等の UNIX 系 OS およびシェルスクリプトを使用して開発した情報システムを取りあげる。これによって受講者にさまざまな電子機器と情報システムに触れる機会を提供するとともに、プログラミングと物理的な機器操作や現象(LED が点滅する等)が全く異なるものではないことを気づかせることとした。

4. 授業の構築と実践

本教育プログラムを踏まえて、現在、本プロジェクトでは、2015 年度後期から、次の 3 種類の授業を用意し、教育を実践している。1 つが、金沢大学における数学と物理学の学部 3 年生向けの教職免許取得のための授業「①計算科学特論」。もう 2 つが、大学コンソーシアム石川において、基本的には石川県内の高等教育機関に所属する学生向けに開講される授業(希望があれば県民なども受講可能)「②クラウド時代の「ものづくり」概論」「③シェルスクリプト言語論」である。

授業①は、教員となる学生向けの授業のため、将来、中学や高校で生徒に対して ICT や情報機器などの活用について指導できるようになることを目的としている。授業②では、様々なシステムを俯瞰する事に主眼をおき、授業③では、それらシステムの開発手法について深く解説をする。②と③の授業は 2 コマ連続で開講する事により、情報システム開発手法それ自体に興味を持つ受講者と、情報科学の応用分野に興味を持つ受講者のそれぞれの学びに応えることを目的としている。

4.1 計算科学特論

ここでは Arduino などの IoT 端末とそこで使える

センサー群、そしてノートパソコンを駆使し、IoT 端末へのプログラミングを行いながらインターネット上の情報の取得、取得した情報の処理、処理結果のインターネット上への発信といった作業を実現する手法の習得と、センサーやアクチュエータを操作するのに必要となる手法の習得を目指す。なお、この授業の履修対象者は、教員免許の取得を目指している学生である。そこで、情報技術や機器操作の社会での位置づけの変遷や将来的に予想される状況などについても解説していき、児童生徒に対して、IoT を含む ICT 全般の適切な活用について指導可能となることを学習目標としている。表 1 に 2016 年度の計算科学特論の授業概要を示す。

表 1 2016 年度計算科学特論授業概要

	概要
第 1 回	ガイダンス
第 2 回	Arduino と ArduinoIDE のインストールについて
第 3 回	Arduino の貸与と Arduino で L チカしてみる
第 4 回	Arduino で使用するセンサー群の紹介
第 5 回	センサー群の貸与と使い方の説明
第 6 回	センサー群を使ったものづくり
第 7 回	ESP-WROOM-02 の貸与と使うための準備
第 8 回	IFTTT の説明と使用するための準備
第 9 回 ～第 10 回	ESP-WROOM-02 を使ったものづくり
第 11 回	ESP-WROOM-02 を使って無線 LAN との接続する
第 12 回	Chibi:bit などの他の端末についての紹介
第 13 回	インターネットとの接続によるものづくり
第 14 回	電子工作とプログラミング言語についての補足的説明
第 15 回 ～第 16 回	成果発表

この授業では、IoT 端末などを貸与し、その基本的な使用方法を教えた上で、実際にどのような事ができるか、あるいはどのような事がしてみたいかを考えさせ、それを実現するための作業を行わせている。その作業途中で、発生した問題を授業中に報告させ、教員はその解決方法をアドバイスしていく。これは課題発見型のアクティブラーニングであり、学生には意図的に、どれだけ早く正解にたどり着くかから、これまで誰も実施したことのない方法の模索を促す指導をして

いる。一方で、先行的に作成されている「ものづくり」の成果物を探しだし、必要に応じて参考にするこゝも指導しており、IoT などに必要な知識をアクティブに学習できるようにするための方策を学ばせている。

2015 年度後期に行った授業では 7 名が履修し、2016 年度後期では 19 人が履修した。2016 年度後期については、最終課題として、貸与した機器を使用するプログラムを作成させた。基本的に与えられた課題としての機器の操作（センサー類の使用）については、履修者全体が習得はしていた。しかしセンサー類を組み合わせインターネットなどのサービスとの連携を行って何かを実現させようとした場合、学生の中には「何をしたいか？」という視点を持ってないものがいた。IoT 端末などを活用したプログラミングやサービスの作成において、内発的な発想を与えるための教授内容や方法、特にファシリテートへの工夫が必要である。しかし機器の操作やプログラミング、インターネット上のサービスなど、教授項目の多さと必要な演習量を踏まえると反転学習などを用いて授業内容を整理していかなくてはならないだろう。

4.2 クラウド時代の「ものグラミング」概論

ここでは、近年のさまざまな情報システムを俯瞰し、さらにそれらを組み合わせて、「ものづくり」と「プログラミング」を安全安心かつ楽しく行う創造的実践するための基本的知識の習得を目指す。これは「ものグラミング」とはどのようなものかを学び、伝えられることを学習目標とする。表 2 に 2016 年度のクラウド時代の「ものグラミング」概論の授業概要を示す。

表 2 クラウド時代の「ものグラミング」概論授業概要

	概要
第 1 回	ガイダンス
第 2 回	「ものグラミング」のための創造的環境
第 3 回	オフライン環境での「ものグラミング」① ArduinoIDE と ESP-WROOM-02 環境の導入
第 4 回	同②ESP-WROOM-02 による「Lチカ」
第 5 回	IoT 技術とものづくりについての解説
第 6 回 ～第 7 回	LAN 環境での「ものグラミング」①ESP-WROOM-02 に WiFi でアクセスして Lチカしてみる
第 8 回	クラウド時代の「ものグラミング」① IFTTT について
第 9 回	同②IFTTT を使ってみる、Linux メディアを使ったものづくり

第 10 回 ～第 11 回	同③Raspberry Pi 環境の構築
第 12 回	同④kotoriotoko(8) との連携ほか
第 13 回 ～第 14 回	同⑤Raspberry Pi を使ったものづくり
第 15 回	講義まとめ

この授業では、クラウドサービスと IoT 端末を取り上げる。クラウドサービスの世界では、インターネット上に大量のデータや情報が集積され、これらを活用するサービスもまたインターネット上に用意されている。ユーザは自身のパソコン上にデータやアプリケーションを用意するのではなく、パソコンからインターネットにアクセスしてこれらを活用していけば良いことを学んでいく。IoT 端末では、小型のコンピュータや超小型のセンサーなどが安価に普及し、これまで手軽に手の届かなかった機器が利用できるという状況を学ぶ。特に、多くの人にとって、IoT 端末と利用者自身のパソコンは、全く別々の世界のものという認識である。しかし、現在では、これらはネットワークにより接続され渾然一体となり、相互に連携して活用することが当たり前となっている。そこで、手元で動く小さな「モノ」が徐々に発展しインターネットを介してクラウドシステムと連携するまでと、クラウドシステム上の大量の情報やサービスが手元の小さな「モノ」に影響を与えるまでを講義と実習（体験）を通じて解説し、「ものグラミング」全体の理解を受講者に促した。

本授業は 2016 年度が初めての開講となる。大学コンソーシアム石川のシティカレッジとしての開講あり、講義会場が金沢大学キャンパス外であったため履修者が 1 名であった。授業自体は、座学と演習を繰り返す形で進めた。また、適宜討論の回を設けて、学んだ知識の深化と、セキュリティの問題等、実際に応用する際の注意点の気付きを促した。

4.3 シェルスクリプト言語論

ここでは、POSIX 中心主義に基づいたシェルスクリプトによるシステムの開発方法を学ぶ。その結果、POSIX 環境におけるシェルスクリプトについて新しい視点を知り、「すべての UNIX で 25 年後も動く普遍的なプログラム(6)」を書く方法について会得し、日頃の問題解決に適用できるようになることを学習目標と

する。表 3 に 2016 年度のシェルスクリプト言語論の授業概要を示す。

表 3 シェルスクリプト言語論授業概要

	概要
第 1 回	ガイダンス
第 2 回	POSIX とは何か、POSIX の性質と効果
第 3 回	シェルスクリプトとは何か
第 4 回	シェルスクリプト環境を整え、シェルスクリプトを使ってみる①シェルスクリプトでファイル操作などをする
第 5 回	同②kotoriotoko を使ってみる
第 6 回	POSIX 中心主義の概要と POSIX 準拠のための準備
第 7 回	シェルスクリプトでプログラミングをする上での様々な落とし穴
第 8 回	目の前の課題を解決するソフトが手元になかった時どうするか。時刻計算プログラムを作る
第 9 回	単純なコマンドをパイプで繋ぎ、課題を解決していくアプローチの重要性（複雑なテキスト加工も行単位に切って考えると対応できることを学ぶ）
第 10 回	データベース（RDB）相当処理も POSIX の範囲でできることを学ぶ
第 11 回	Web ブラウザとのやりとりがシェルスクリプトからどう見えるか
第 12 回 ～第 14 回	POSIX 中心主義による実用的アプリ制作実習：郵便番号から住所欄を埋めるソフトを作る（Web アプリ）
第 15 回	講義のまとめ

授業では、どのようにすればシェルスクリプトコマンド群を活用できるようになるかという点に注目し、そのための課題を毎時間用意し、実際にパソコン上でその課題を解決するスクリプトを組ませることで学習をさせた。課題によっては「写経」と呼ばれる方法で、実際に動くシェルスクリプトのコードを、そのまま順を追って入力していき、スクリプトを作成することもあった。

本授業は先の授業と同じく 2016 年度が初めての開講となり、履修者が 2 名であった。授業自体は、座学と演習を繰り返す形で進めた。シェルスクリプトのコマンド単体は、単機能を有しているだけのものであり、シェルスクリプトによるコード作成は、目的を達成するために単機能のコマンドをどのように組み合わせるかを考えることともいえる。この組み合わせを思い付けるかどうか重要で、授業の学習目標は、組み合わせを思い付けるようにさせることでもある。授業で実施した写経と呼ばれる手段は、既存の組み合わせを順番

に実施し、その結果を繰り返し学ぶという作業になる。プログラミング教育では古くからある方法論ではあるが、本教育プログラム（特にシェルスクリプト）との親和性は高く、今後は、この学習方法の体系化と学習効果の定義と測定方法の確立をはかることが重要だろう。

5. 今後の展開と課題

本教育プログラムの構築自体は、2015 年度から開始して、現在も進行中である。

2015 年度には、計算科学特論の授業の担当を開始し、授業内容の骨子を固め、それを踏まえた上で 2016 年度にクラウド時代の「ものグラミング」概論とシェルスクリプト言語論を実施した。今回の授業では、授業内容の確立と授業用教材の準備と同時に授業が進められており、教授内容の精査と授業結果による学生の学習成果の質的・量的評価が未着手である。今回の授業によって、本授業による学生の反応などが得られたので、これを踏まえて、授業内容の整理とともに、ルーブリックの作成と学習効果の評価方法の確立をしていきたい。なお、授業内容の整理では、情報処理学会が策定し、公開する、情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07(9)のコンピュータ科学領域(J07-CS)への準拠も視野に入れている。

併せて本教育プログラムの実施先の開拓も進めて行く予定である。JMOOC を始めとした各国 MOOCs への講義の公開等を通じて、海外、企業研修、生涯学習などへの展開も計画している。

参考文献

- (1) Chris Anderson : “Makers : the new industrial revolution”, “Random House Business Books”, 2012
- (2) 中村和敬, 石山雅三, 松浦智之, 當仲寛哲, 北口善明, 森祥寛, 大野浩之 : “IoT 時代に資するユニーク開発手法の普及啓発に関する研究 (1) ユニークシステムと情報科学教育”, 情報処理学会第 78 回全国大会 (2016)
- (3) 中村和敬, 石山雅三, 松浦智之, 當仲寛哲, 北口善明, 森祥寛, 大野浩之 : “IoT 時代に資する「ものグラミング」教育のための授業開発と実践”, 教育システム情報学会 2016 年度第 6 回研究会 (2016)

- (4) Mika Gancarz, 芳尾桂 (監訳) : “UNIX という考え方”,
オーム社, 2001 年
- (5) 松浦智之, 大野浩之, 當仲寛哲 : “IoT 時代に資するユ
ニケーション開発手法の普及啓発に関する研究 (2) POSIX
中心主義と情報科学教育”, 情報処理学会第 78 回全国
大会 (2016)
- (6) エレキット, センサー活用入門 [SU-1203],
<https://www.elekit.co.jp/product/SU-1203>
(2017 年 2 月 12 日接続確認)
- (7) エレキット, モーター・リレー・ブザー制御入門 [SU-
1204], <https://www.elekit.co.jp/product/SU-1204>
(2017 年 2 月 12 日接続確認)
- (8) 秘密結社シェルショッカー 日本支部, シェルスクリプ
ト製 Twitter 怪人「恐怖!小鳥男」,
<https://github.com/ShellShoccar-jpn/kotoriotoko>
(2017 年 2 月 12 日接続確認)
- (9) 情報処理学会情報処理教育委員会 J07 プロジェクト連
絡委員会編, “情報専門学科におけるカリキュラム標準
J07”, 最終更新日: 2010 年 6 月 11 日 .
[https://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/J0720090407.ht
ml](https://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/J0720090407.html)
(2017 年 2 月 12 日接続確認) .