

# IoT を適用したプログラミング実習の設計： 初学者・経験者レベルでの実践

山川広人<sup>\*1</sup>, 小松川浩<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 千歳科学技術大学 理工学部

## Designing of Practical Training of IoT Programming: Case Study for Beginners and Experienced Students

Hiroto Yamakawa<sup>\*1</sup>, Hiroshi Komatsugawa<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

本論文では、IoT を適用したプログラミング実習を設計し、これを実践した結果を報告する。IoT の技術要素を、検証フィールドとなる理工学部のカリキュラムとの整合性も意識しながら体験・学習できるように、プログラミング初学者・経験者・上級者むけに大別する。この中で初学者・経験者向けのプログラミング実習を設計する。それぞれの実習の実践結果を報告し、新たな課題を検討する。

キーワード: Internet of Things, プログラミング実習, 情報系カリキュラム

### 1. はじめに

あらゆるモノがネットワークでつながり、これによって収集される膨大な情報に基づいて新たなサービスを提供する Internet of Things(以後、IoT と記す)への取り組みが世界的に進められている。IT 人材白書 2016 ではこれを IoT 時代の到来と捉え、情報系の各分野の中で特化した知識や技術だけではなく、「事業全体の技術を俯瞰し、全体を設計する能力」が IT 人材の技術力として重視されていることが示されている<sup>(1)</sup>。

高等教育機関が、社会に通用する実践的な情報系エンジニアを目指す学生を育成していくには、情報系の基礎知識やプログラミングスキルを身につけた学生が、IoT に代表される現在・将来の情報基盤に必要な技術となる技術を体験・学習し、情報サービスやソリューションへの実用につなげるためのノウハウや深い理解を得られる機会となるように、カリキュラムを整備していくことも重要であろう。こうした観点で本研究は、IoT 時代にむけた実践的な情報系教育プログラムの構築を目的とする。本論文ではこの目的にむけて、IoT を適用したプログラミング実習を設計し、実践した結果を報告する。IoT のソフトウェア開発部分の技術要素を、

センサデバイス作成(プログラミング初学者むけ)、Web との連係(プログラミング経験者むけ)、全体システム設計(上級者むけ)の 3 段階の難易度に大別し、検証フィールドである理工系学部の情報系カリキュラムとの整合性を図る。この中で、技術要素の体験・学習を狙った初学者・経験者むけのプログラミング実習を設計する。実習に必要な教材と学習者の支援体制を整え、対象レベルの学習者に実践する。実践結果に基づき、課題や改善点を考察する。

### 2. 対象とする IoT 技術要素の整理

本章では、教育プログラム化を図る IoT の技術要素とその大別を提案し、研究フィールドのカリキュラムとの整合性について述べる。

#### 2.1 IoT の技術要素の大別の提案

本研究では IoT の技術要素を、教育プログラムを受け取る学習者のレベルを考慮した形で大別できると仮定する。IoT の技術要素は多岐にわたるが、センサデバイス(センサとその制御機器を指す)のソフトウェアと、Web 上のソフトウェアが連係する観点では、クライア

ント・サーバモデルの Web システムの発展系として捉えることができる。この考えのもと、IoT の技術要素を ①センサデバイス部分 ②Web との係部分 ③全体システム設計部分 の 3 つに分けられると仮定する。①は、センサやその制御モジュールを動作させるためのプログラミング技術にあたる。②は、Web-API などを通じてセンサデバイスから送り込まれた情報を利用する Web プログラミング技術にあたる。③は、①・②の技術も踏まえ、セキュリティなども考慮した上で、蓄積された情報のサービスへの実用を担う Web システム開発技術である。クライアント・サーバモデルにあてはめた場合、①がクライアント側、②・③がサーバ側のソフトウェア開発技術にあたる。

上記の 3 つの大別に、技術の体験や学習を行うための難易度を付与できれば、教育プログラムの設計にむけた、既存の情報系カリキュラムとの整合を図ることが可能となる。①の技術の体験・学習には、近年、プログラミング入門用のマイコンボードが複数、用意されている。これらのマイコンボードには、センサ接続の簡略化の工夫や、スクリプト言語やビジュアルプログラミング言語を用いて容易に制御プログラムを容易に学習できる工夫もされている。これを教材に用いることで、プログラミングのスキルや経験が十分ではない初学者による体験や学習も可能であろう。一方で、②の技術の体験や学習には、プログラミングの知識やスキルだけではなく、HTTP や Web-API といった Web 技術の知識・理解が、③の技術の体験や学習には、①・②の技術に加え、セキュリティなども考慮して要件定義・システム設計・開発を行うといった、より高度な技術への知識・理解が前提として必要であろう。このことから本研究では、①はプログラミング初学者、②はプログラミング経験者、③はさらに上級者向けの難易度であると仮定する。図 1 に、IoT の技術要素の大別と体験・学習にむけた難易度を示す。なお、本論文で取り上げる IoT の技術要素はソフトウェアに関するものに限定している。ハードウェアやサーバ・ネットワーク分野といった幅広い関連技術も含めた考慮は、今後の課題である。

## 2.2 既存のカリキュラムとの整合

本研究の IoT 技術要素①・②・③に基づいた教育プ

ログラムを、教育現場の既存のカリキュラムに適用していくには、カリキュラムを経た学習者の知識・スキルレベルと教育プログラムの整合性を考える必要がある。検証フィールドとなる理工系学部では、学部 2・3 年次のカリキュラムの中に情報系の科目が体系的に配置されている。特にプログラミング分野では、学生は 2 年次に C 言語や Java 言語を通じて文法や基礎的スキルの習得を図る。3 年次に発展的な内容として、Web プログラミングや情報システム的设计・開発を学ぶ。図 2 に、この体系を主軸として、IoT 技術要素の①・②・③にむけた教育プログラムを適用する案を示す。①の技術は、マイコンボードを用いて容易に体験・学習が行える。したがって、プログラミングをこれから触れる学部 1 年生(図 2 の A)や、基礎知識を学んだ学部 2 年前期段階の学生(図 2 の B)を「初学者」として、プログラミングの実用性や実装方法を学ぶために適用できると考えている。②の技術は、プログラミングの基礎的スキルの習得を前提として、Web-API の利用といった Web プログラミング技術を体験・学習するものである。したがって、プログラミングの基礎を前提に、Web プログラミングを学ぶ学部 2 年後期(図 2 の C)～学部 3 年前期段階(図 2 の D)の学生を「経験者」

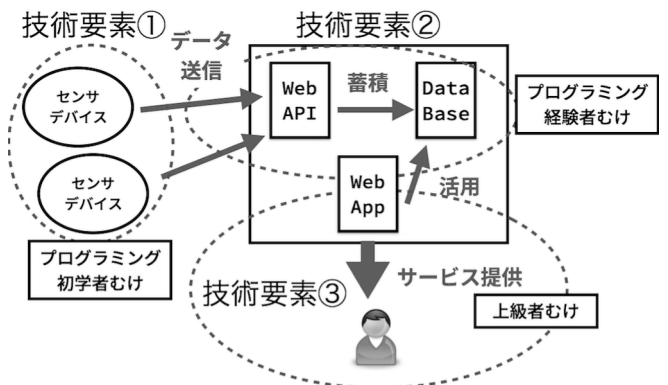


図 1 IoT 技術要素の大別と体験難易度の仮定

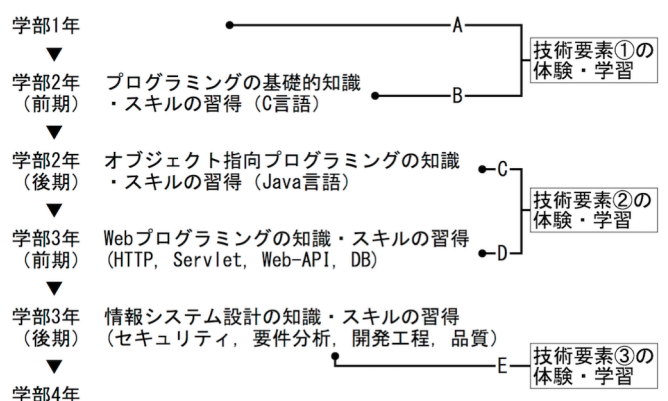


図 2 IoT 技術要素の大別とカリキュラムとの整合案

として、知識や技術の実用例を学ぶために適用できると考えている。③の技術は、①・②を前提としたより高度な技術・知識を体験・学習するものである。したがって、実践的な情報システム開発スキルやノウハウを身につけることを目指す学部 3 年後期段階(図 2 の E)の学生を「上級者」として適用できると考えている。本研究ではこのカリキュラムとの整合案を前提に、プログラミング実習を設計する。

### 3. プログラミング実習の設計

本章では、2 章で整理した IoT の技術要素①・②に基づいて、初学者・経験者向けのプログラミング実習を設計する。なお、上級者(技術要素③)向け実習の設計は今後の課題としている。

#### 3.1 初学者向けプログラミング実習(実習 1)の設計

初学者向けの実習(以後、実習 1 と記載)は、プログラミング入門用に利用できるマイコンボードの使用を前提とする。実習の目標は、センサデバイスを試作する体験を通じて、初学者(プログラミングをこれから学ぶ学習者、基礎を学んだ学習者)が、IoT への興味・関心をもつことや、プログラミングの実用性・実装方法を学ぶことに定める。実習の手順を以下に示す。

- (1) 教員は学習者に、IoT の概要や、センサデバイスの役割、プログラミング方法について講習する。
- (2) 学習者が、指定されたセンサによるデータの測定と、その測定値を可視化させるプログラミングを体験する。センサには測定値を変化させやすいもの、可視化方法には、見分けが付きやすい液晶や LED を指定する。指定されたセンサや液晶をマイコンボードに取り付け、配布されたサンプルコードの通りプログラミングし、動作を確認する。これにより、センサ・マイコンボードの組み立て方と、プログラミングの実用性の理解を狙う。
- (3) 学習者がセンサの中から興味があるものを複数選択し、マイコンボードに取り付け、データを測定することに挑戦する。各センサには、対応するサンプルコードを付随させ、学習者はこれを参考にプログラミングの体験を継続する。これにより、センサデバイスの提案・試作に必要な最低限のプログラミング内容や、センサで測定できるデータ

の種類を理解することを狙う。

- (4) 出題されたテーマにそって、学習者がセンサデバイスの提案に挑戦する。提案は、テーマに対して「どのセンサで」「何を測定し」「何に使うか」という観点でワークシートにまとめる。教員は、IoT のセンサデバイスの役割について学習者の理解度を確認し、必要に応じてアドバイスを行う。
- (5) 学習者が、自ら提案したセンサデバイスを試作する。センサ・マイコンボードを組み立て、動作させるためのプログラミングに挑戦する。教員は、学習者のプログラミングへの理解度を確認し、必要に応じてアドバイスを行う。

#### 3.2 経験者向けプログラミング実習(実習 2)の設計

経験者(プログラミングの基礎的文法やスキルを身につけた学習者)向けの実習(以後、実習 2 と記載)の目標は、IoT におけるセンサデバイスと Web システムの関係の仕組みや実用例・プログラミングによる実装方法を学ぶことに定める。実習の手順を以下に示す。

- (1) 教員が学習者に、IoT における Web-API の役割や、センサデバイスとの Web の関係方法とその実用例について講習する。
- (2) 学習者が、センサデバイスの測定データを Web-API に送信し、データを Web で利用するプログラミングを体験する。指定されたセンサをマイコンボードにとりつけ、配布されたサンプルコードの通りにプログラミングし、動作を確認する。
- (3) 出題されたテーマにそって、学習者が Web と関係するセンサデバイスの提案を行う。提案のまとめ方は実習 1 の(4)と同様とする。教員はセンサデバイスと Web の関係のしくみについて学習者の理解度を確認し、必要に応じてアドバイスを行う。
- (4) 学習者が、自ら提案したセンサデバイスを試作する。組み立てたセンサデバイスから、測定データを Web-API に送信し、データを利用できることを確認する。教員は学習者のプログラミングへの理解度を確認し、必要に応じてアドバイスを行う。

### 4. 教材および学習者の支援体制の整備

3 章の実習 1・2 を実現するには、設計した手順にあ

わせて、学習者が実習に取り組むための教材と支援体制が必要である。この整備状況を本章で述べる。

**講習テキスト**：実習 1 の(1)・実習 2 の(1)に利用する講習テキストは情報系の教員が用意した。社会における IoT への期待や位置づけ、センサデバイスと Web との関係のしくみ、実際の IoT 製品の事例、実習の流れを 30 分程度で説明する内容とした。

**センサデバイス**：実習全体で用いるセンサデバイス用のマイコンボードには、Intel Edison Kit for Arduino<sup>(2)</sup>を用いた。センサには、Grove System<sup>(3)</sup>規格に対応し、環境・生体データを測定できるものを約 20 種類用意した。機器選定理由は、本研究の開始時点で、1.はんだやブレッドボードを使わずに、コネクタの差し込みのみで手軽にセンサとマイコンボードを組み立てられる点、2.Intel 社から、センサごとの動作サンプルコードが検索サイトの形で提供されている点<sup>(4)</sup>の 2 点を満たしており、設計した実習に最適と判断したためである。

**サンプルコード**：実習 1 の(2)・実習 2 の(2)で用いるサンプルコードは、情報系教員および後述する TA が作成した。利用する言語は、マイコンボードの対応言語のうち、コンパイルといった動作手順を省ける JavaScript(Node.js)を採用した。コードは 40 行程度の量で、測定値の変化を確認しやすい温度センサで室温を測定し、液晶に表示するものとした。学習者の理解を助けるため、コード中のコメントアウトは 1 行ごとに準備するなど、解説を充実させた。学習者が自由にセンサを用いる実習 1 の(3)以降や実習 2 の(4)では、先に述べた Intel 社のサンプルコード検索サイトの内容を参照できるようにした。

**ワークシート**：実習 1 の(4)と実習 2 の(3)で用いるワークシートは情報系教員が作成した。ワークシートにはセンサデバイスの利用目的、使用するセンサの種類、測定データの使用方法のほか、学習者が提案内容を膨らませられるよう、利用場面のイメージスケッチや、使われ方の説明を記述できるようにした。

**Web-API**：実習 2 では Web-API を用いるが、学習者は Web システムの仕組みなどを十分に理解した上級者を想定したものではない。そのため、学習者自身に Web-API やデータ利用(例として、グラフによる可視化や Web サービスとの関係)を行う機能を設計・プ

ログラミングさせることは難しいと考えた。そこで、学習者が無料で利用できる範囲で、Web-API に送信された値をグラフ化できる AT&T 社の M2X<sup>(5)</sup>や、Google 社の Gmail API<sup>(6)</sup>に代表される Web サービスを使うことにした。

**ティーチングアシスタント(TA)**：実習全体をうまく進めるためには、学習者に寄り添い、つまづいた部分を随時補助できる TA も必要であろう。本研究では、IoT に興味のある情報系の学部 3 年生以上を 5 名募り、TA にあてた。この 5 名には事前に担当教員との間で、実習 1・2 の流れをプロジェクト教育形式で進め<sup>(7)</sup>、リハーサル・TA としての育成を兼ねた。

## 5. 試行結果と考察

4 章で述べた教材や支援体制を整備した上で、3 章の実習 1・2 を試行した。本章ではこの試行結果について述べ、本研究の IoT 技術要素の大別やプログラミング実習の設計について考察する。

### 5.1 実習 1 の試行

実習 1 の対象は、プログラミング初学者を想定している。そこで、情報系に興味があり、プログラミングを本格的に学習していない学部 1 年生(9 名)、および高校 2 年生(1 名)・3 年生(7 名)を対象に試行した。

学部 1 年生への試行では、実習 1 の導入を進めることができるかを確認することにした。約 90 分の作業時間の中で、各自に実習 1 の(1)～(2)を進めてもらい、不明な点には TA のサポートをうけられるようにした。試行した学生へのアンケート結果を表 1 に示す。この結果から、実習 1 の導入部分は、学習者がプログラミング初学者であっても、難易度やプログラミング量を抑えてセンサデバイスの試作を体験でき、IoT への興味を促進できる可能性がうかがえた。

高校生には、夏期休業中の 3 日間(総実習時間：約 840 分)の合宿型の大学体験講習の中で、実習 1 の(1)～(5)までを通して行い、初学者がセンサデバイスの試作を通じて、IoT への興味をもつことや、プログラミングでの実装方法を理解できるか確認することにした。ここで、生徒には 2 名 1 組のチームで取り組んでもらい、互いに協力してセンサデバイスの提案や試作に取り組んでもらう形をとった<sup>(8)</sup>。チームには TA を専属

させ、技術的なサポートも随時行えるようにした。生徒へのアンケートの結果を表 2 に、実習 1 の(4)~(5)の段階で、「興味のある事柄に利用できるセンサデバイス」をテーマに生徒が試作したセンサデバイスの一例を図 3 に、チームごとの試作内容の一覧を表 3 に示す。表 1 と表 2 の比較では、わかりやすさが低下し、難易度やコード量が増加している。これは実習内容を全て体験することで、プログラミングに取り組む時間が増えているためと予測できる。また生徒からは「実用的なプログラムの基本を学べた」「高校ではやらないプログラミングに取り組めた」といったコメントがよせられた一方、TA からは、実習 1 の(2),(3)の段階では、センサの取り付け場所の間違いなどへの対応が多かったものの、実習 1 の(5)の段階では、生徒のみでプログラミングを進めることは難しく、変数・if・for・関数といった文法的な部分でのサポートを絶えず行ったという報告が挙げられた。

## 5.2 実習 2 の試行

実習 2 は、プログラミング経験者を対象としていることから、プログラミングの基礎的な文法を学習済みの学部 2 年後期段階の学生(3 名)を対象として試行した。3 名にはセンサデバイスを制御した経験が無かったため、実習 1 の(1)~(3)までを行った上で、実習 2 の(1)~(4)を行うこととした。作業期間は 6 日間(総実習時間：540 分)とし、各自が実習に取り組み、不明な点には TA のサポートをうけられるようにした。実習 2 の(3)~(4)の段階で、「Web と関係した、北海道で役に立つ IoT デバイス」をテーマに、3 名が企画し試作したセンサデバイスの一覧を表 4 に示す。実習 2 の(3)の段階では、Web と関係するセンサデバイスを提案できた学生はいなかった。教員・TA が Web-API の利用方法のアドバイスをを行った結果、学生 B1 のみ、Google Gmail API との関係を行う形に改善できた。学生 B2、B3 は Web と関係できない形で実習を終了した。

## 5.3 考察

本研究では、既存のカリキュラムへの適用も考慮して、IoT の技術要素をプログラミング初学者・経験者・上級者むけの 3 つに大別できると仮定し、これに基づく初学者・経験者むけのプログラミング実習を設計し

た。試行結果から課題や改善点を考察する。

実習 1 の試行では、本研究で設計したプログラミング実習によって、初学者であってもセンサデバイスの試作を通じたプログラミングを体験でき、IoT への興味を促せる可能性が示された。ただし、TA のサポート内容からは、学習者のプログラミングへの前提知識やスキルが不足しており、学習者の独力ではなく、TA の全面的な支援ありきで試作が進んでいる実情もうかがえる。プログラミングの実用性や実装方法への理解といった効果につなげていくためには、学習者のレベルにあわせてビジュアルプログラミング言語の利用も可能とするといった実習方法の検討が必要であろう。

実習 2 の試行では、プログラミングの基礎的スキルを学んだ経験者であっても、センサデバイスと Web との関係を考える点や、その実装をプログラミングで

表 1 学部 1 年生へのアンケート結果(試行 1)

質問内容	回答の平均値 (1:低~4:高)
講習でIoTへの興味が出たか	3.67
講習のわかりやすさ	3.89
講習の難易度	2.67
講習の資料の見やすさ	3.44
プログラミングしたコードの量の多さ	2.78

表 2 高校生へのアンケート結果(試行 1)

質問内容	回答の平均値 (1:低~4:高)
講習でIoTへの興味が出たか	3.5
講習のわかりやすさ	3.13
講習の難易度	3.13
講習の資料の見やすさ	3.88
プログラミングしたコードの量の多さ	3.25

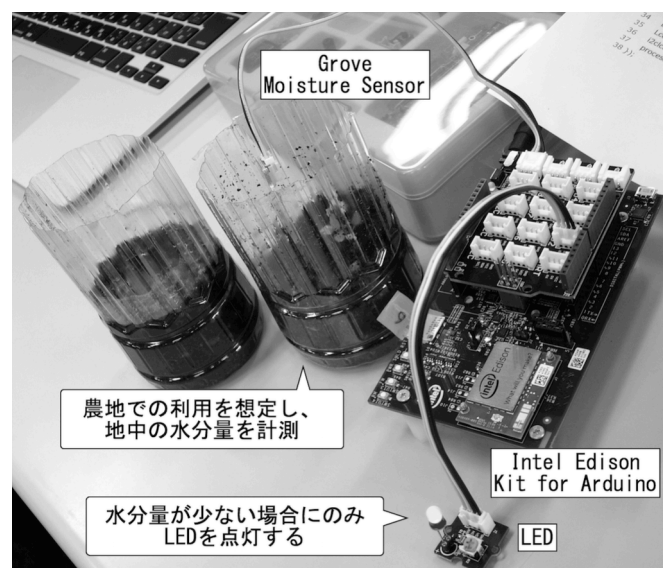


図 3 生徒(チーム D)の作成したセンサデバイス

表 3 高校生による試作の内容(試行 2)

チーム	センサデバイスの利用目的	センサ	測定結果の利用方法
A	ホラーゲームに臨場感をプラスする	心拍センサ	ブザー：叫び声の再現
B	駐車場の使用状況を通知する	モーションセンサ、タッチセンサ	液晶：色と文字による利用状況の通知
C	散歩に適しているか天気を診断する	気温センサ、UVセンサ	液晶：色と文字による度合いの通知
D	農場用の水まき時を通知する	モイスチャースエンサー	LED：点灯による通知

表 4 学部 2 年生(後期)による試作の内容(試行 2)

学生	センサデバイスの利用目的	センサ	Web (Web-API) と連係した測定結果の利用方法
B1	トイレの利用状況を可視化する	光量センサー	Gmail API によるメール通知
B2	部屋の温度を自動調整する	温度センサー	—
B3	部屋の光量を自動調整する	光量センサー	—

行う点で難易度が高い結果となった。この要因の 1 つとして、Web との連係を考えるための HTTP や Web-API にむけた知識やノウハウが学習者に不足していたことも考えられる。こうした不足部分を充実させた実習内容への改善の必要性も考えられる。

実習 1・2 の試行は、図 2 の A・C にあたる学習者のみを対象としている。実習の設計全体を改善していくためには、図 2 の B・D にあたる学習者の実践結果も検討し、実習内容や実施対象を見直していく必要がある。上述の通り、実習 1・2 の難易度は A・C の学習者にとって高い状態と判断できる。IoT の技術要素の大別を、初学者向け・経験者向けの中でさらに細分化し、カリキュラムの中で A～D の学習者それぞれに整合させた実習を整備するといった、大別の妥当性とカリキュラムとの整合性を高める改善のほか、A～D の学習者が合同で取り組み、上級生が下級生にとって難易度の高い部分をサポートできるようにする工夫なども想定される。加えて、本論文では取り上げられていない、ソフトウェア以外の技術要素に着目した大別や上級者向けの実習内容も含め、カリキュラム全体を通じた教育効果の追求も今後の課題である。

## 6. おわりに

本研究では、IoT 時代の実践的な情報系教育プログラムの構築を目的に、IoT を適用したプログラミング実習の設計と実践を行った。IoT のソフトウェア部分の技術要素を、理工学部のカリキュラムと整合可能な形で 3 つに大別し、このうちプログラミング初学者・経験者に対するプログラミング実習を設計し、試行した。試行の結果から、各々の実習内容や技術要素の大

別方法の課題や改善点を明らかにした。今後は、課題・改善点の解決を図り、カリキュラムとの整合性を高め、情報系教育プログラムとしての実用化を図る。

### 6.1 謝辞

本研究は、地(知)の拠点大学による地方創生推進事業：「ものづくり・人材」が拓く「まち・ひと・しごとづくり」の一環で行われている。

### 参 考 文 献

- (1) 情報処理推進機構 IT 人材育成本部 編：”IT 人材白書 2016”，独立行政法人 情報処理推進機構 (2016)
- (2) The Intel® Edison Module,  
<http://www.intel.com/content/www/us/en/do-it-yourself/edison.html> (2017 年 2 月 7 日確認)
- (3) Grove System,  
[http://wiki.seced.cc/Grove\\_System/](http://wiki.seced.cc/Grove_System/) (2017 年 2 月 7 日確認)
- (4) Sensors | IoT | Intel® Software,  
<https://software.intel.com/en-us/iot/hardware/sensors> (2017 年 2 月 7 日確認)
- (5) AT&T M2X,  
<https://m2x.att.com/>(2017 年 2 月 7 日確認)
- (6) Gmail API,  
<https://developers.google.com/gmail/api/> (2017 年 2 月 7 日確認)
- (7) 山川広人, 小松川浩:”IoT 技術を用いた教材作成を題材としたプロジェクト教育の試行”, 第 11 回医療系 e ラーニング全国交流会, pp.54-55 (2016)
- (8) 山川広人, 石田雪也, 小松川浩: IoT 技術を用いた初学者むけのシステム開発実習の提案, 第 41 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.125-126 (2016)