

## IoT 連携によるサイバーフィジカルな学習環境

## A Cyber-Physical Learning Environment Combined with IoT

野口 孝文<sup>\*1</sup>, 千田 和範<sup>\*1</sup>, 稲守 栄<sup>\*1</sup>  
 Takafumi NOGUCHI<sup>\*1</sup>, Kazunori CHIDA<sup>\*1</sup>, Sakae INAMORI<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> 釧路高専

<sup>\*1</sup> National Institute of Technology, Kushiro College

あらまし：本研究は、実世界にある IoT 化された機器とコンピュータ上の教材を学習者自身が組み合わせたり編集したりできるサイバーフィジカルな学習環境の実現を提案する。実世界の計測機器を IoT 化しコンピュータ上のプログラム部品を自由に組み合わせることを可能にすることによって、実環境とリアルタイムに連携した適応的教材が実現でき、自由度の高い学習環境が実現できる。

キーワード：学習環境, IoT, 試行錯誤, 実験実習支援

## 1. はじめに

身の回りにはコンピュータが組み込まれた様々な機器があるが、それらをコンピュータ上のツールと自由に組み合わせることもできていない。コンピュータ上の教材や実世界の機器を自由に組み合わせ編集が可能になれば、これまでにない自由度の高い学習環境が実現できると考えられる。

我々は、コンピュータ上で直接操作可能なオブジェクト部品を用いた学習支援システム (IntelligentPad) を開発し教育に利用してきた。これを用いたプログラミング教育では、15年以上の実績がある<sup>(1),(2)</sup>。我々のシステムは、学習者自身が教材 (例題) を作るばかりでなく、図 1 に示すように過去に作成したすべての教材を一つのウインドウ上に共存させ、学習者自身に変更したり組み合わせたりといった操作を試行錯誤しながら行うことができる。上述のコンピュータ上のツール同士の組み合わせや編集を可能にすることは、すでに実現している。

本論では、IoT 化された機器と連携するオブジェクト部品を我々のシステムに開発することによって、他の学習者が利用するコンピュータも含め実世界にある機器とコンピュータ上の教材を学習者自身が組み合わせたり編集したりできるサイバーフィジカルな学習環境の実現について述べる。これが実現すると、たとえば「気温と消費電力の関係を調べる」という課題では、エアコンや電力計と連携するコンピュータ上のツールがあれば、そのツールを組み合わせエネルギー消費と室温や外気温との関係を知るといった適応的な教材を構築することが可能になる。

このような学習環境からは、課題に関し体験的に深く学ぶことができるばかりでなく、ツールを組み合わせることがプログラミングに対応し、論理的な思考法を実践的に学ぶこともできるという効果が期待できる。

## 2. コンピュータと機器の連携

### 2.1 コンピュータに直接接続された機器

これまで我々は、コンピュータ外部にある機器とコンピュータ上のプログラム部品とを組み合わせた

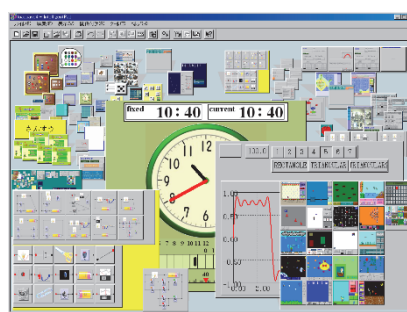


図 1 IntelligentPad による教材の共存が可能なシステム学習環境を実現してきた<sup>(3)</sup>。我々の開発してきた学生実験のシステムでは、LEGO とコンピュータとのインタフェースを制御するプログラムをコンポーネント化し、制御プログラムも部品の組み合わせで作成可能なシステムを開発している。このシステムでは、インタフェースのプログラム部品を再利用しながら、制御プログラムのプログラム部品を替えることによって多様な利用者に対応している。本システムでは、プラットフォームに IntelligentPad システムを用いて開発している。IntelligentPad は、パッドと呼ばれるオブジェクトをコンピュータ上に可視化し、貼り合わせ操作によってダイナミックにオブジェクトの連携を実現することができるシステムである。

IntelligentPad では、データの共有を貼り合わせられたパッド間のスロット結合で行い、さらにスロット結合を 1 つに限定することで、操作の自由度を上げている。

本システムは、予め決められた機器を組み合わせた実験を計画したり、実施したりするには、有効であった。しかし、実験を進めながら使用する機器の構成を変えていくといった、試行錯誤的な使い方には十分とは言えない。

例えば、機器がたくさん用意されているときに、その中から任意の機器を選択し組み合わせる場合、機器とコンピュータ上の部品との対応をとる必要がある。たとえば、機器をコンピュータに接続するとデバイスドライバは自動的に組み込まれるが、

アクセスのための識別番号が接続した順番によって変わってしまう可能性がある。

## 2.2 コンピュータとネットワークを介して接続された機器

コンピュータに直接接続した機器が、ネットワークを介して接続することによって、前節で述べた問題を回避できるばかりでなく、より柔軟なシステムを構築することができる。

ネットワークで接続された機器は、IP アドレスやポート番号によって区別することができる。また、授受する情報によって機器を特定したり、機器側から組み合わせている機器の情報をコンピュータ側に送ったりすることもできる。機器に ID を割り当て、ID をコンピュータ側で管理することで機器の入れ替えや追加、取り外しも容易にできる。

図 2 は、従来電気工学科で行われている直流電動機の特性を計測する実験の様子を示している。多くの電圧計や電流計を用いている。従来は、一連の操作に対して、それぞれの計測器の値を読み取り、計測終了後にグラフ化し検討考察を行うのが一般的であった。

これらの計測器を任意に組み合わせリアルタイムでグラフ化することができれば、学習者が行う操作に対し即座に結果をフィードバックして観察することができるようになる。

## 3. IoT 化によって可能になる学習環境

### 3.1 自由な計測器の組み合わせ

前章の 2.2 節で述べた実験においても、計測器を IoT 化することによって、他の実験で用いていた機器を追加すると同時に、コンピュータ上の部品と連携することが即座にできる。従来のシステムであれば、実験に合わせてカスタマイズされたシステムがコンピュータ上に用意されていて、どの計測器がプログラムのどの変数に対応するかといったことを予

め決めていることが一般的であった。もしグラフの軸を変更したいならば、対応する計測器の接続の変更が必要になる。

コンピュータ上の教材や実世界の機器を自由に組み合わせ編集が可能になれば、これまでにない自由度の高い適応的でサイバーフィジカルな学習環境が実現できると考えられる。ここでサイバーフィジカルな学習環境とは、実世界にある様々な機器が生み出すデータをコンピュータ上に取り込み、コンピュータ上のツールとダイナミックに連携することができる学習環境である。

### 3.2 一斉実験を可能にする

機器を IoT 化することによって、ネットワークに接続された機器の状態を、組み合わせた実験システム以外のコンピュータから問い合わせることも可能になる。

教室内での複数のグループで、同じシステム構成の装置を使って実験を進めるときに、すべての機器を同じ設定にしたり、また、各グループで協力して測定範囲を分担したりといったことを統括的に制御することも可能になる。また、各グループの計測値を統合したり、他のグループの計測値を元に機器の設定を変更したりといった連携した実験も可能になる。

本論文で提案するシステムでは、機器の管理を、RFID 等を利用して行う。RFID を用いることによって、同じ種類の計測器が多数あっても、机の上に並べた時点で実験に必要な機器があるかを調べることが、計測値を処理するシステムに計測器を登録することも簡単に行う事ができる。

このような実験システムは、従来にない実験方法である。

## 4. おわりに

本論では、実世界にある IoT 化された機器とコンピュータ上の教材を学習者自身が組み合わせたり編集したりできるサイバーフィジカルな学習環境の実現を提案した。本システムは、実世界にある機器とコンピュータ上のプログラム部品を組み合わせることで多様な試行錯誤を可能にする。今後、本提案に基づいた実験システムを開発する予定である。

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(一般)(16K01150)を受け推進している。

### 参考文献

- (1) 野口孝文, 田中譲, "プログラミング学習のためのツールキットシステムを用いたマイクロワールド", 教育システム情報学会論文誌, Vol. 16, No.4, pp. 208-216, 2000.
- (2) 野口孝文, 千田和範, 稲守栄, "初心者から上級者までシームレスにプログラミングを学ぶことができる持続可能な学習環境の構築教育システム情報学会論文誌, vol. 32, No.1, pp.59-70, 2015.
- (3) 野口孝文, "多様な GUI コンポーネントを持つ制御実験システム", FIT2003, pp. 579-580 (第3分冊), 2003.

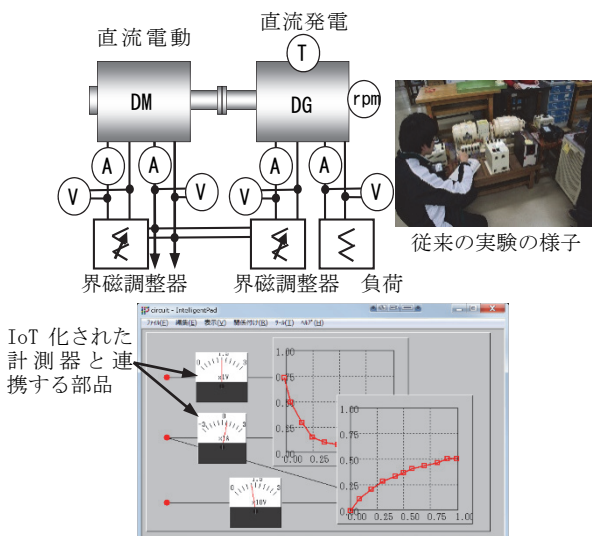


図 2 任意の計測器を組み合わせ即座に測定値表示ができる学習環境