

# ネットワークプロトコル理解のためのハンズオン教材の開発

## Development of a palm-sized learning tool for network protocol understanding

崎本 貴之<sup>\*1</sup>, 箕浦 航<sup>\*2</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*1</sup>, 不破 泰<sup>\*3</sup>, 橋本 昌巳<sup>\*1</sup>  
Takayuki SAKIMOTO<sup>\*1</sup>, Wataru MINOURA<sup>\*2</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>,  
Yasushi FUWA<sup>\*3</sup>, Masami HASHIMOTO<sup>\*1</sup>

\*1 信州大学工学部

\*1 Faculty of Engineering, Shinshu University

\*2 信州大学大学院理工学研究科

\*2 Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

\*3 信州大学総合情報センター

\*3 Integrated Intelligence Center, Shinshu University

Email: 11t5027e@shinshu-u.ac.jp

**あらまし:** 本研究の目的は、情報通信ネットワークの情報科学的な側面を理解するために開発された初学者向け教材をハンズオンデバイス化することにある。現在、先行研究において開発された教材はパソコン上でのみ動作するものである。そのため、使用するパソコンの動作環境の構築や、体験的に学習する際の教材の扱いやすさについて課題がある。本稿では、これらの課題を解決しより扱いやすい教材を作成すること、具体的には、Arduino およびタッチパネルを用いて教材の機能を実現することを目的として開発することについて述べる。

**キーワード:** 情報の科学的な理解, プロトコル, ビット同期, 学習教材の開発

### 1. はじめに

現在の学習指導要領では、高校生にもネットワークプロトコルの基本的な概念を理解させることが求められている。しかしながら、高校生を対象とした情報通信ネットワークに関するマインドマップ作成を通じた認識実態調査から、ネットワークプロトコルに関する認識率が非常に低いことが明らかとなっている<sup>(1)</sup>。また一方で、高校生には問題解決能力の向上も求められており、それに資する題材はネットワークプロトコルの分野にもある。したがって、ネットワークプロトコルを体験的に学べる教材があれば、その認識率の向上と問題解決能力の育成が実現できる。

そこで我々は、前提となる知識が少なく、解決すべき問題も理解しやすいため、問題解決能力を育成するための題材として適していると考えられる、ビット同期を学習するプロトタイプ教材を設計、開発してきた<sup>(2)</sup>。実際にこの教材を用いた高校生に対する評価実験も行われており、その有用性が確認されている。本稿では、このプロトタイプ教材について解説しその問題点を取り上げ、それを解決するために提案する新教材について述べる。

### 2. 教材の概念設計

#### 2.1 教材の対象分野と対象者

本教材は、物理層やデータリンク層のプロトコルを学習対象としている。具体的には、非同期方式のビット同期について体験的に学習できるように設計されている。利用者として、高校生など、ネットワークに関して専門に学ぶのではない者を想定している。

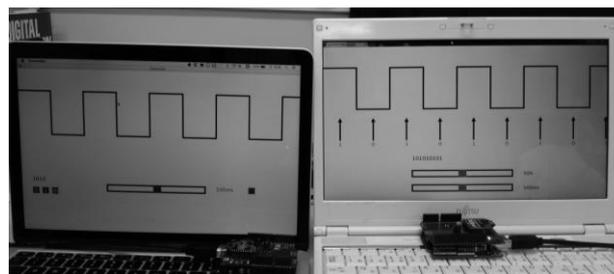


図1 現教材の様子

#### 2.2 学習項目

この教材では、1 bit ずつ正しくデータを受信するためのタイミングを決定することを「同期」と考える。学習者は同期方法において重要とされる、送られてきたデータを受信するための「周期」と、1 周期の中でデータを受信するサンプリングのタイミング（以下、「位相」）について学習する。また実際の通信では送信波形が安定しないこともふまえ、波形に「ゆらぎ」が発生した状態でも正確に受信できるように周期や位相を試行錯誤的に設定させる。「ゆらぎ」とは、送信端末と受信端末の周期の微小なズレや、通信中の遅延により生じる周期の変化のことを指す。なお、本教材において「ゆらぎ」は、設定した波形の周期を 1bit に対して最大±10%ランダムにぶれさせるように設計されている。

#### 2.3 教材利用イメージ

教材は送信端末と受信端末がある。教員が送信端末を用い、学習者は受信端末を操作する。学習者は教員から送信されてきたビット列を正確に受信するための方法について学習することになる。また、送信端末と受信端末で 1 対多の無線通信を行う仕様になっている。

### 3. プロトタイプ教材

#### 3.1 教材の構成と機能

図 1 に現教材の様子を示す。教材は PC と無線通信機能を持った組み込み回路を組み合わせ設計されている。具体的には PC 上で Processing を動かし、Arduino と XBee を用いて無線通信を行う。

教材を使用する際は、教員が送信端末の「ビット列決め」、「周期」、「ゆらぎ」を操作することで受信端末に映し出される波形に変化が生じる。学習者はその変化に合わせて端末を操作し、サンプリングするタイミングやサンプリング間隔を設定する。実際に操作できる内容としては、送信端末では「送信するビット列」「周期」「ゆらぎの有無」、受信端末では「位相」「周期」がある。

#### 3.2 問題点

高校生 26 名に対する評価実験において、被験者や教員からの教材に対する意見や、我々実験者が実際に教材を運用した感想として以下の問題点が明らかとなった。以下にその問題点を示す。

①教材の台数を充実させること。1 人 1 台教材を使うことが、学習項目を理解する上で重要な条件となる。各自が自らの考えの元、試行錯誤しながら体験的かつ発見的に解にたどり着くには、1 人 1 台の利用環境が不可欠である。

②教材を動作させるための環境の構築。十分な台数を確保する際に問題となるのが、あらかじめ PC にインストールしておく必要のあるソフトなどがあり、被験者個人の PC で教材を動作させる場合は余計な負担となる。

③机上のスペースの確保。PC と Arduino で構成した教材は、一般教室の机上の大部分の領域を占有してしまい、ノートや筆記具などを置くことが難しい。

④教材を利用するまでに PC の操作が必要になる。PC の操作に慣れない人には、これもまた負担となる。

⑤通信距離や障害物による通信への影響を確認する際、PC を要する構成では可搬性に劣る。

そこで、これらの問題点を解決する新しい教材の提案をする。

### 4. 提案する新たな教材

#### 4.1 新教材の特徴

図 2 (左) に新教材を示す。提案する新たな教材は Arduino をメインに構成する小型のハンズオンデバイスである。教材としての機能は 2 章、3 章に示したものと同様とする。

Arduino の特徴は、電源が入っている間マイコンボードに書き込んだプログラムを実行し続けることである。したがって、Arduino に現教材における Processing の機能を実現するプログラムを書き込めば、PC を使わずにこれ単体で教材として利用できる。さらに Arduino は非常に小型なので、持ち運びは簡単になり、かつ一般教室の机上でも無理なく利用できる。また利用にあたっての特別な操作も必要ない

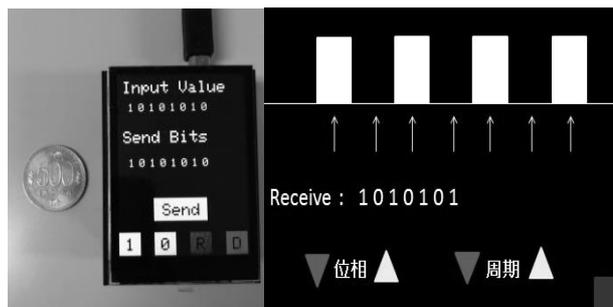


図 2 新教材 (左) 受信画面イメージ (右)

ので、学習への導入をスムーズに行うことが可能になる。このように Arduino のみで教材を実現することで、現教材の問題点を解決することができると思われる。

#### 4.2 新教材の構成

現教材における重要な機能の一つが Processing による学習者への視覚的なフィードバックである。Arduino のみで教材を構成する際にも、この機能の実現は必要である。本研究では、Adafruit 2.8 インチ TFT タッチシールドを導入することにした。タッチシールドは静電容量方式のタッチパネルディスプレイである。このシールド上に Processing の操作画面に相当するインターフェースを具体化する。この際、2.8 インチと小型な画面に対する操作画面の設定には工夫を要する。

#### 4.3 新教材の画面イメージ

図 2 (右) に受信端末画面イメージを示す。まず画面上部のラインと四角形は、送信端末から送信されてきたデータを表している。送信データが 1 の部分は白い四角形を表示し、0 の部分はラインのみを表示する。矢印の位置で受信したデータのサンプリングを行う。学習者はこのデータから正確にビット列を受信するために、波形下にある矢印の調節を行う。矢印の調節には、画面下部の「位相」、「周期」を用いる。操作の結果、受信したビット列を画面中部の「receive」の右側に表示する。学習者は試行錯誤的に、受信したビット列が送信端末で指定したビット列と一致するよう操作する。

### 5. おわりに

本稿では現行のネットワークプロトコル理解のための教材の問題点を解決する方法として Arduino をメインに構成する新教材を提案した。

今後は、提案教材のユーザビリティ評価をしつつ、インターフェースの改良を図る。また提案教材の教育的有用性を評価していく。

#### 参考文献

- (1) 村松竜他, “情報通信ネットワークに関する 高校生の認識実態, -簡易マインドマップに基づく分布より-” 日本情報科教育学会誌, pp.19-28, 2013.
- (2) 箕浦航, “ネットワークプロトコルに関する教材の開発・評価”, 信州大学 H26 卒業論文, 2014.