

# 情報通信ネットワークプロトコルにおける エラー検出・訂正の基本概念理解のための教材開発とその評価

## Development and evaluation of a teaching material about fundamental principles of error-detection & error-correction in communication protocol

山本 翔<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*1</sup>, 不破 泰<sup>\*2</sup>  
Sho YAMAMOTO<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>, Yasushi FUWA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>信州大学工学部

<sup>\*1</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>\*2</sup>信州大学総合情報センタ

<sup>\*2</sup>Integrated Intelligence Center, Shinshu University

Email: 13t5084a@shinshu-u.ac.jp

あらまし: 本研究では, 高校生にプロトコルの基本概念を体験的に理解させる学習教材の開発を目的としている. 本稿ではエラー検出・訂正に関する教材開発について述べるとともに, 本教材を用いて高校生を対象に実験授業を行った結果に基づき有用性を評価する.

キーワード: ネットワークプロトコル, 教材開発, 学習支援, 誤り検出訂正

### 1. はじめに

情報化が急速に進んだ社会において, 近年, IoT に代表されるモノと PC との通信やモノ同士の通信によるサービスが普及し始めている. しかし, それらのサービスの基盤をなす情報通信ネットワークの基礎概念理解は, 利用者にとって十分とはいえない. これまでに, 村松らによる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になっている. そこで, 教科書や一般書における情報通信ネットワークに関する内容をまとめ, 情報通信ネットワークプロトコルに関する基礎概念を以下の4項目に整理した<sup>(1)</sup>. これらの4項目はいずれも OSI 参照モデルの低位層プロトコルに関連している.

- A 通信するデータの開始
- B 通信するデータの終了
- C やりとりするデータの形式
- D 通信中にエラーが起きた場合の回復方法

ネットワークプロトコルを学習するための様々な教材がこれまでも提案されてきた. しかし, それらの多くは, OSI 参照モデルのネットワーク層より上位層での特定プロトコルを対象としていた. 上記4項目全てを対象とした教材は報告されていない.

そこで, 本研究では, 高校情報科を対象にプロトコルに関する基礎概念4項目を対象とした教材開発を試みる. これらの項目の内 A~C の3項目については箕浦らにより教材の開発と評価がすでになされている<sup>(2)</sup>. 本稿では, D 項目を対象とした教材の設計・実装について述べる. また, 高校生を対象とした実験授業の成果から本教材の有用性を評価する.

### 2. エラー検出・訂正教材の設計

提案教材では, 通信中にエラーが起きた場合の回

復方法を学習させるために, データリンク層におけるエラー検出・訂正を取り上げる. データを送信する際, 通信路上のノイズや電磁波等により1ビット単位でデータが変化してしまうことがある. この現象に対して, 高々1ビットの誤りであれば, 水平パリティビットを付与することで誤りを検出できるが, 訂正はできないことを体験させる. その上で水平パリティに加え, 垂直パリティを付与することで訂正が可能であることを体験的に理解させる. この際, 誤り発生率を変化させることで, 誤り検出能力と検出用パリティビット数との関係を考察させる.

### 3. エラー検出・訂正教材の実装

本教材は, Processing と Arduino を用いて実装した. ZigBee 通信機能を用いて送受信処理を行い, その様子の表示と操作を Arduino に接続した PC 上の Processing で実現する構成とした.

#### 3.1 送信機の機能

送信機画面を図1に示す. ここでは, 送信文字列を“abc”とし, 8ビット毎に水平偶数パリティを, そして8ビットの各ビット列に垂直偶数パリティを付与し, 送信時の誤り発生率を中程度としている.

図中[a]で送信文字列を入力する. [a]に入力した文字列をASCIIコードに変換した結果が[g]に表示される. [b]では水平パリティを設定する. ここではパリティを付与する単位(4/8/16ビット)とパリティの奇偶を決定する. [c]では垂直パリティの有無, および有の場合には奇偶数を設定する. こうして, 付与するパリティが確定した結果が[h]に表示される. [d]では誤り発生率を設定する. ここでは4段階(誤り発生なし/低頻度/中頻度/高頻度)のいずれかを指定する. 指定された誤り発生率は[i]に表示される. そして, [e]をクリックすることで, ビット列を受信機教材に送信する. この時, 送信機から送信された文

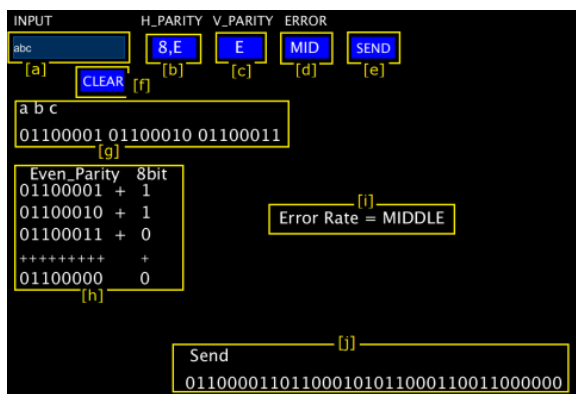


図1 送信機画面

文字列が[j]に表示される。送信データに対する誤り発生は送信教材中の Arduino 内で処理される。

### 3.2 受信機の機能

受信機画面を図2と図3に示す。図2は受信したビット列を表示している画面である。図3は受信したビット列から送信されたであろう文字列を確認する画面である。ここでは、8ビット単位で水平パリティと垂直パリティが付与されたと仮定している。受信ビット列から文字列“abc”が確認されている。

図2中[a]では受信したビット列に対する水平パリティの単位(4/8/16ビット)を指定する。[b]ではパリティの組合せ(水平のみ/水平垂直)を指定する。[c]では[a]と[b]の設定に応じて、受信ビット列を並び替えた結果が表示される。その結果が図3[e]である。[e]に表示されている各ビットをクリックすることで0と1とを入れ替えることができる。パリティの奇偶に合わせて、正しいと思われるビット列に変更した後、[f]をクリックすることで[e]のビット列をASCIIコードに置き換える。その結果が[g]に表示され、送信された文字列との対応が確認される。

## 4. 教材を用いた実験授業

### 4.1 実験方法

本教材の有用性を評価するために、高校生2年生14名を対象とした実験授業を実施した。被験者は「情報と科学」を履修中である。授業時間は50分とし、エラー検出・訂正に関する講義と本教材を用いた演習を実施した。演習課題はエラー検出1題とエラー訂正1題であった。授業後に、演習時における本教材の役割に関する質問紙調査を実施した。調査時の選択肢は以下の4点である。

- A) 教材を使ってみたが、教材を使用せずとも理解できていた
- B) 自分でも答えを考えつくことができたが、教材を使うことで、さらに理解できた。
- C) 自分では答えが考えつかなくて、教材を使うことで、理解できた。
- D) 自分では答えが考えつかなくて、教材を使っても理解できなかった。

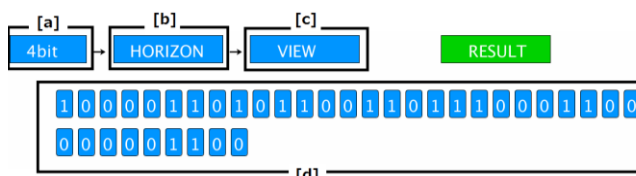


図2 受信機画面(データ受信時)

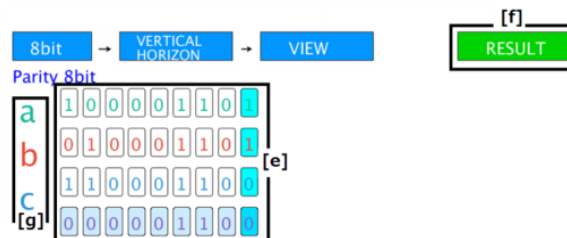


図3 受信機画面(パリティビット表示時)

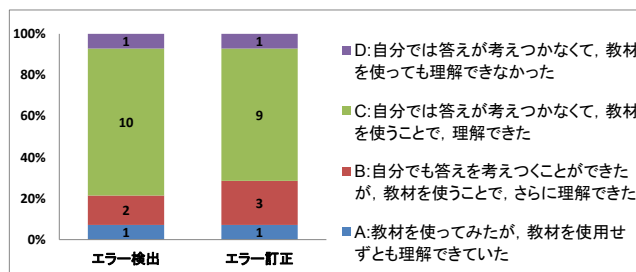


図4 教材の役割についての回答結果

### 4.2 本教材の有用性の検証

調査結果を図4に示す。図中の数値は回答数を示す。エラー検出・エラー訂正いずれでも93%の被験者が学習内容を理解したと回答した。その内、特にC(本自分では答えが考えつかなくて、教材を使うことで、理解できた)と回答した被験者は、エラー検出71%、エラー訂正64%であった。本教材を利用することで学習内容の理解にいたったこれらの被験者の存在から、本教材の有用性が示唆された。

## 5. おわりに

本稿では、ネットワークプロトコルの基本概念の1つである、通信中にエラーが起きた場合の回復方法を対象とした教材の設計・実装について述べた。今後は、教材動作環境構築の簡略化と、タブレットへの移植による教材の小型化を目指す。

### 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調査、-簡易マインドマップからみる-”，日本情報科教育学会学会誌, 5, pp.19-28 (2013).
- (2) 箕浦航他：“ビット同期とキャラクタ同期を対象としたネットワークプロトコルに関するユーザエクスペリエンスの教材開発”教育システム情報学会研究報告集, 30(17), pp.135-140 (2016).