

# フルカラーシリアル LED テープを用いた ルーティングの可視化による経路制御学習教材の開発

## Development of Teaching Materials for Routing Control by Visualizing Routing Using Full Color LED Tape

石川 有彩<sup>\*1</sup>, 吉原 和明<sup>\*1</sup>, 渡辺 健次<sup>\*1</sup>  
Arisa ISHIKAWA<sup>\*1</sup>, Kazuaki YOSHIHARA<sup>\*1</sup>, Kenzi WATANABE<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学教育学研究科

<sup>\*1</sup> Graduate School of Education, University of Hiroshima

**あらまし**：中学校、高等学校の新学習指導要領に、ネットワークに関する内容が追加された。しかし、ネットワークの技術は利用者の目に触れることがなく、実生活と結びつける学習が難しい。また、ネットワークの技術を実感できる教材が少なく、体験的な学習が行われていないのが現状である。そこで、Raspberry Pi とフルカラーシリアル LED テープを用いて、ルーティングを物理的に可視化し、体験的に経路制御の技術を学習できる教材の開発を行なった。

**キーワード**：ネットワーク、情報教育、Raspberry Pi、可視化

### 1. はじめに

中学校学習指導要領（平成 29 年度告示）解説、技術・家庭編<sup>(1)</sup>によると、D 情報の技術において、制作するコンテンツのプログラムに対し、「ネットワークの利用」および「双方向性」の規定が追加された。また、高等学校学習指導要領改訂のポイント<sup>(2)</sup>によると、情報科の科目が再編され、必修となる「情報 I」にネットワークの基礎等の内容が含まれる。

しかし、ネットワークの技術は利用者の目に触れることなく動作しているため、実生活と結びつける学習が難しい。また、情報教育では、ネットワークの技術を実感できるような教材が少なく、実験や実習を通して体験的な学習が行われていないのが現状である。

そこで、本研究では、フルカラーシリアル LED テープを用いてネットワークの主要な技術の一つであるルーティングを物理的に可視化し、体験的に経路制御の技術を学習できる教材の開発を行なった。

### 2. 開発環境

本教材の開発環境を表 1 に示す。

表 1 教材の開発環境

分類	詳細
使用したコンピュータ	Raspberry Pi 2 Model B V1.1
OS	Raspbian stretch
開発言語	Python
物理的可視化のための機器	フルカラーシリアル LED テープ

#### 2.1 Raspberry Pi 2 Model B V1.1 について

Raspberry Pi は Raspberry Pi Foundation によって、

学校で基本的なコンピュータ科学の教育を推進することを目的として開発されたマイクロコンピュータ基盤である。Raspberry Pi 2 Model B V1.1 はその第 2 世代である。

Raspberry Pi 2 Model B V1.1 には 40 ピンの拡張コネクタが搭載されており、最大 26 本の汎用 I/O ポートが用意されている。各ピンはそれぞれ役割が決まっており、オス-メスのジャンパーワイヤを用いてブレッドボードで回路を組むこともできる。

#### 2.2 フルカラーシリアル LED テープについて

フルカラーシリアル LED テープは、フルカラー LED がテープ状に連なっているものである。5V、GND、PWM 信号の入力端子があり、5V と GND を電源に、PWM 信号の入力端子をマイコンに接続することで使用できる。

### 3. ルーティングの物理的可視化

本教材では、ICMP パケットが異なるネットワークを経由して目的のホストまで到達する様子を、フルカラーシリアル LED テープで可視化する。

#### 3.1 ネットワーク構成と LED テープの制御

図 1 はネットワーク配線の例である。Raspberry Pi の各インタフェースは有線で接続している。また、各 Raspberry Pi はルータの機能を持っており、パケットは異なるネットワーク間を移動できる。経路制御の技術を実感させるため、有線で接続された 2 つのインタフェースにつき、1 つのネットワークが構築されるようにネットワーク設定をしている。

そして、各ネットワークにつき 1 本のフルカラーシリアル LED テープを割り当てている。各 Raspberry Pi は、自身の eth0 と eth2 が属するネットワークを表現する、2 本の LED テープを制御する。

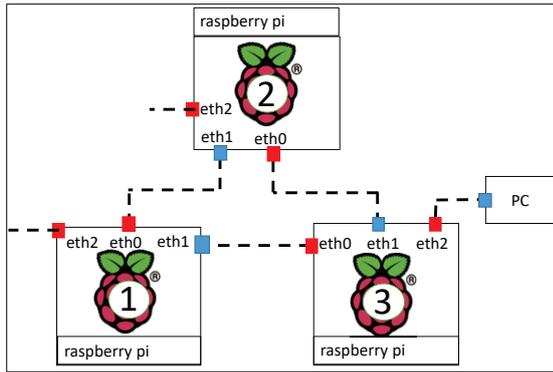


図1 ネットワーク配線の例

端末から、Raspberry Pi を介した宛先へ ping を送信すると、Raspberry Pi が ICMP パケットをキャプチャして分析し、送信元 IP アドレスや宛先 IP アドレスなどの情報を得る。またパケットをキャプチャするたびに、subprocess を用いて route コマンドを実行し、その時点での経路表の情報を取得する。これらの情報に応じて、光らせる LED テープの光の向きや色などを決定する。

ping を送信すると、エコー要求とエコー応答という 2 種類のパケットがインタフェース間を移動する。その本来の通信速度は一瞬だが、パケットの流れを可視化するために、LED テープの光るタイミングを調整する必要がある。本教材では、そのタイミング調整を、Socket 通信を用いたメッセージのやりとりで制御している。

### 3.2 Socket 通信によるタイミング制御

タイミングを調整するためのメッセージは 2 種類ある。エコー要求のパケットの流れを表す際に用いる start\_msg と、エコー応答のパケットの流れを表す際に用いる back\_msg である。

複数のネットワークを通過してパケットが移動する際、一番はじめに通るネットワークを表す LED テープが光り終わるまで、次に通るネットワークを表す LED テープは待機している。一番初めの LED テープが光り終わると、その LED テープを制御していた Raspberry Pi のインタフェースから、次の LED テープを制御する Raspberry Pi のインタフェースに start\_msg が送信される。start\_msg を受け取った Raspberry Pi は、待機していた LED テープを光らせ始める。また、start\_msg の送り先はパケットキャプチャや subprocess で得た情報により決定する。

光り終え、もし、エコー要求の宛先ホストが自分であれば、光の流れる向きを変えて、次はエコー応答のパケットの移動を表現する。それが光り終わると、次は back\_msg を次の Raspberry Pi のインタフェースに送信する。また、start\_msg には送信したインタフェースの IP アドレスを格納しており、back\_msg はそのアドレスに送信される。

図 2 はタイミング調整の様子である。各 Raspberry Pi が制御する LED テープは、eth0 と eth2 から伸びる 2 本のみである。eth1 から伸びる LED テープは、接続先の別の Raspberry Pi が制御する。

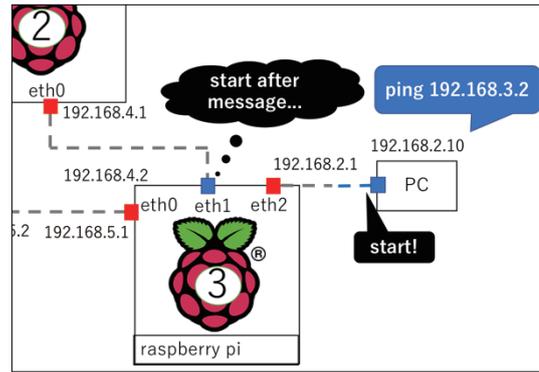


図2 タイミング調整の様子

ping が送信されるとすぐに、パケットが通ったインタフェースにて、パケットがキャプチャされる。その後、一番はじめに通るネットワーク、つまり送信元のネットワークを表す LED テープがスタートする。図 2 の場合は Raspberry Pi③と PC の間の LED テープである。

次に光る、Raspberry Pi②と Raspberry Pi③の間の LED テープは start\_msg を受け取るまで待機をする。このテープを制御するのは Raspberry Pi②である。

Raspberry Pi③と PC の間の LED テープが光終わると、Raspberry Pi③の eth2 から Raspberry Pi②の eth0 に start\_msg を送信する。

start\_msg を受け取った Raspberry Pi②は、待機させていた LED テープを光らせ始める。

### 4. おわりに

本研究では、フルカラーシリアル LED テープを用い、ルーティングを物理的に可視化することで、経路制御の技術を体験的に学習できる教材の開発を行った。

本教材では、IP アドレスの割り振りや、経路表の設定などを生徒が行い、その結果パケットがどのように動くかを LED テープの光の流れで確認することができる。また、経路表の設定を動的にすると、ソフトウェアによる経路制御の様子も可視化することができる。

今後は、本教材を実際の中学生・高校生の授業で実践し、有用性を確かめたい。また、中学生や高校生がより扱いやすい教材にする必要がある。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11570 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- (1) 文部科学省:“中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 技術・家庭編”, pp.43-53 (2018)
  - (2) 文部科学省:“高等学校学習指導要領の改訂のポイント”, pp.3 (2018)
- [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/080/siryu/\\_icsFiles/afieldfile/2018/09/05/1406428\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/080/siryu/_icsFiles/afieldfile/2018/09/05/1406428_1.pdf) (2019/05/17 access)