

情報通信ネットワークの仕組みを学ぶための自律型ロボット教材の開発（経過報告1）

室伏 春樹^{1,a)}

概要：情報通信ネットワークの仕組みを学ぶための自律型ロボット教材を開発する。これまで計測・制御学習用に利用していた自律型ロボット教材にアドレスを付与することで、情報通信ネットワークの構成を学ぶことができるように改良した。これにより、情報通信ネットワークの通信モデルと、通信先を特定するための技術について、体験的に学習できる教材となった。

Development of an Autonomous Robot for Students to Learn System of Information and Communication Network (Progress Report Part 1)

1. はじめに

世界の携帯電話出荷台数に占めるスマートフォンの割合は、2013年には50%を上回る見通しである [1]。スマートフォンはパーソナルコンピューターと同様の機能を有するブラウザを搭載しており、外出先でも自宅のパーソナルコンピューターと同じように Web ブラウジングができる。そのため、これまでの一般的な携帯電話よりもデータ通信量が増加し、携帯電話会社の情報通信ネットワーク機器に障害が発生する問題がおきている [2],[3],[4]。また、インターネット上の違法・有害情報の通報受付を行うインターネット・ホットラインセンターから警察庁への違法情報の通報数は、減少しているものの、検挙数は増加している [5]。この背景には違法情報の掲載方法が巧妙化したり、違法情報の内容が凶悪化していたりすることが考えられる。これらこのことを踏まえ、中学校や高等学校の教育に情報通信ネットワークを適切かつ安全に利用するための学習が必要であるといえる。

一方、子どもの携帯電話保有率に関しては、小学生では機能が限定された携帯電話、中学生ではスマートフォンがそれぞれ増加傾向にある。そのため、スマートフォンを初めて所持する可能性が高い中学生に対して、情報通信ネッ

- インターネットなどの情報通信ネットワークの構成
 - － サーバーや端末、ハブなどの機器
 - － 光ファイバや無線などの接続方法
 - － TCP/IP などの共通な通信規約の必要性
- 安全に情報を利用するための基本的な仕組み
 - － ID・パスワードなどの個人認証
 - － フィルタリング
 - － ウイルスチェック
 - － 情報の暗号化
- 情報通信ネットワークに関する主な単位

図 1 学習指導要領の記述内容

Fig. 1 The description of the course of study.

トワークを適切かつ安全に利用するための学習は必須である。

また、中学校技術・家庭（技術分野、以降技術科と記す）の学習指導要領解説では、「D 情報に関する技術」に情報通信ネットワークについて指導すべき内容が示されている [6]。特に、「イ 情報通信ネットワークにおける基本的な情報利用の仕組みを知ること」に具体的な内容が記述されており、その内容は図 1 に示すように「インターネットなどの情報通信ネットワークの構成」、「安全に情報を利用するための基本的な仕組み」、「情報通信ネットワークに関する主な単位」の 3 つに分類されている。

しかし、ここで中学生にインターネットで利用されている情報通信ネットワークの構成をそのまま指導することは

¹ 静岡大学教育学部技術教育講座
Shizuoka University, 836 Ooya, Shizuoka, 422-8529, Japan
^{a)} ehmufof@ipc.shizuoka.ac.jp

避けるべきである。それは、情報通信ネットワークを構成する機器は日々進歩しているため、現在の通信技術は今後も進化発展すると考えられるからである。そこで、専門教育とは異なる普通教育として、ネットワーク技術の普遍的で基礎的な内容を扱う必要がある。

本研究は、中学生を主な学習対象者と設定して、情報通信ネットワークの構成を理解させるための教材を提案する。具体的には、技術科で扱われている自律型ロボット教材を情報通信ネットワークの構成を理解させるために利用する。

そこで、中学生に情報通信ネットワークの構成を指導するために必要となる学習内容を検討し、これに基づいた教材を開発し、ネットワーク技術を学ぶための新たな教材とカリキュラムを考案する。本論文では、提案する教材内容と開発した自律型ロボット教材について述べる。

2. 開発の方針

情報通信ネットワークの構成を理解するためには、実物の機器制御を扱うことが必要であると考えられる。それは、教科書や画面から得られる知識だけでは表面的な理解しか与えることができないからである。そこで、実物の機器制御の体験を通して、情報ネットワークの構成について考えさせる学習を検討した。

しかし、実物の機器制御を行うためには準備や指導するための時間が多く必要である。技術科の指導時間は限られており、1つの内容に多くの時間を割くことはできない。

そのため、実物の機器制御を短時間で取り扱うには、指導内容の焦点化と、指導方法の工夫が必要になる。

2.1 指導内容の焦点化

情報通信ネットワークの構成を理解させるために必要な学習内容を、以下の2点に焦点化した。

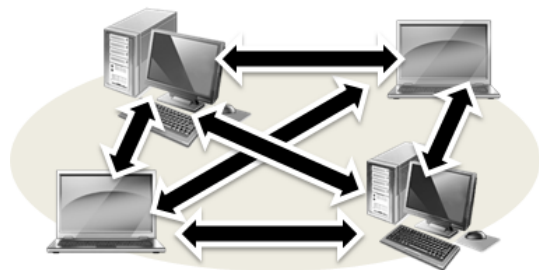
- (1) 情報通信ネットワークの通信モデル
- (2) 通信先を特定する技術

情報通信ネットワークの通信モデルとは、クライアント・サーバー型とピア・ツー・ピア型のネットワーク形態のことを示している。クライアント・サーバー型とは、サービスを提供する「サーバー」と、そのサービスを受ける「クライアント」に分担される通信モデルであり、インターネットで提供されているサービス等の説明をすることができる(図2(a))。一方、ピア・ツー・ピア型とは情報通信ネットワークを構成する機器同士が対等の立場で通信を行う通信モデルであり、インターネットを構築しているIPネットワークや、ファイル共有ソフトウェア等の説明をすることができる(図2(b))。

通信先を特定する技術とは、通信先を特定するためのアドレスである。例えば、インターネットで利用されている



(a)クライアント・サーバー型通信



(b)ピア・ツー・ピア型通信

図2 ネットワークの通信モデル例

Fig. 2 Examples of network architecture.

Internet Protocol や Eathrnet は通信先を特定するためにIPアドレス、MACアドレスといったアドレスを利用している。

この2点は、情報通信ネットワークの構成を指導するときに特定の通信規則に依拠しない学習内容である。

2.2 指導方法の工夫

情報通信ネットワークの構成を理解させることができる教材として、自律型ロボット教材に着目した。

これまで技術科で実践されてきた自律型ロボット教材は、主にプログラミング学習や、機構学習の教材として利用されており、情報通信ネットワークの構成を学習するために利用、計画された例はない。しかし、自律型ロボット教材は、コンピューター上で作成した制御プログラムを有線または無線通信を用いて制御基板に送信することから、クライアント・サーバー型の通信モデルを類推させることができる。そのため、自律型ロボット教材の制御基板にアドレスの概念を付与することで、「情報通信ネットワークの通信モデル」と「通信先を特定する技術」という学習内容を体験させ、指導することができると考えた。

図3は、本研究で提案する自律型ロボット教材の概要である。

開発する自律型ロボット教材は、コンピューターから制御プログラムに加えて、制御対象を指定する機器アドレスを受信する(図3実線矢印)。これは、コンピューターをサーバー、自律型ロボット教材をクライアントと考えるクライアント・サーバー型通信モデルである。図3中でアドレス1が設定されている制御基板は、送信された制御プログラムに付与された機器アドレスを確認し、自身に設定さ

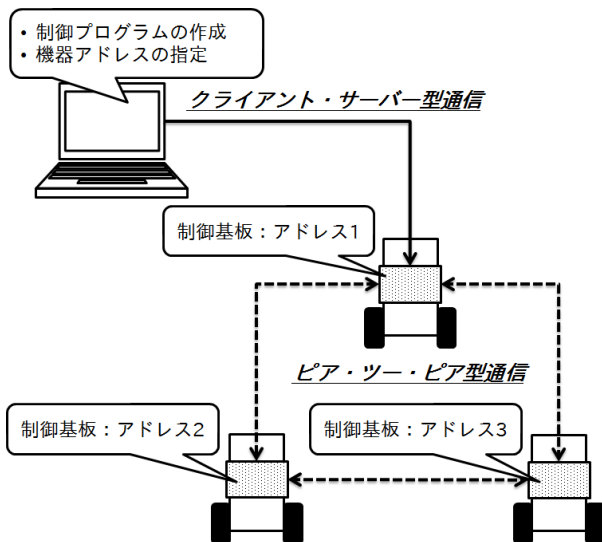


図 3 提案教材の概要

Fig. 3 Overview of the proposed materials.

表 1 諸元表

Table 1 Specifications.

機能	名称	個数
入力	アナログセンサー	4
	赤外線受光部	1
	アドレス調整部	1
出力	DC モーター	4
	表示用 LED	8
	赤外線 LED	1
	圧電ブザー	1

れている機器アドレスと同じであれば自身の制御プログラムとして受信する。そうでなければ、自身の制御プログラムとは別の記憶領域に保存を行い、受信した制御プログラムと機器アドレスを他の制御基板に転送する（図 3 点線矢印）。これは、各自律型ロボット教材が制御プログラムを互いに転送するピア・ツー型通信モデルである。

3. 開発した自律型ロボット教材

これまでの自律型ロボット教材の制御基板にアドレスの概念を追加した。さらに、アドレスを設定・認識することができる自律型ロボット用制御基板の設計・開発と、制御プログラムを送信するコンピューター側のソフトウェアの開発も行った。

3.1 制御基板

制御基板の IC(Integrated Circuit) に Microchip Technology 社製の PIC18F2550[15] を利用し、最大 4 つの DC モーター制御と、4 つのアナログ入力センサーが接続できる制御基板を開発した。表 1 に諸元、図 4 に基板回路図を示す。また、図 5 に開発した制御基板を利用した自律型ロボットの製作例を示す。

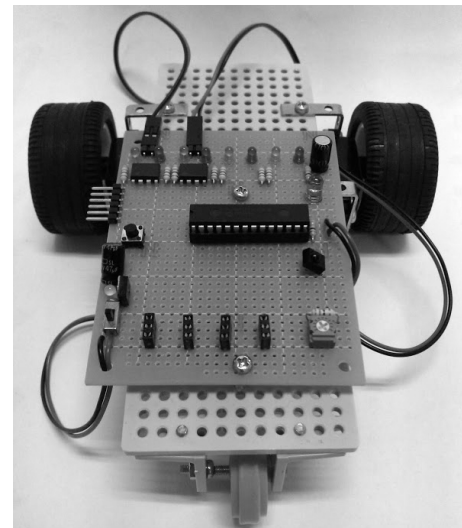


図 5 開発基板を利用した自律型ロボットの製作例

Fig. 5 Example of autonomous robot using a development board.

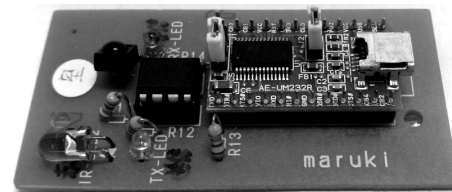


図 6 赤外線通信インターフェース

Fig. 6 Infrared communication interface.

制御基板に機器アドレスを設定する方法は、半固定抵抗と抵抗により得られる分圧の値を制御用 IC に内蔵されている A/D コンバーターで読み取る方法を採用した。機器アドレスを変更・設定する場合は、中学生が半固定抵抗を調整することにより 0 から 9 までの機器アドレスを制御基板に設定できる。また、電源投入時や制御プログラム終了時に現在設定されている機器アドレスを表示用 LED に 2 進数で表示することで確認できるようにした。

コンピューターと制御基板、または制御基板同士が行う通信方法は、赤外線通信を採用した。コンピューターから制御プログラムを送信するには、通信インターフェースを利用する [16]。利用した通信インターフェースを図 6 に示す。この通信インターフェースには制御基板と同様に、赤外線 LED と赤外線受光部が搭載されている。そのため、制御基板へ制御プログラムを送信するだけでなく、制御基板からデータを受信することも可能である。

この制御基板では、自身を制御するプログラム保存領域と他宛のプログラム保存領域としてそれぞれ 8KByte の領域を用意しており、それぞれ約 4000 の制御命令が格納できる

図 7 は開発した制御基板における機器アドレスを利用した制御プログラムの受信・転送動作を示すフローチャートである。図 3 で示した動作を行うため、制御用 IC のファーム

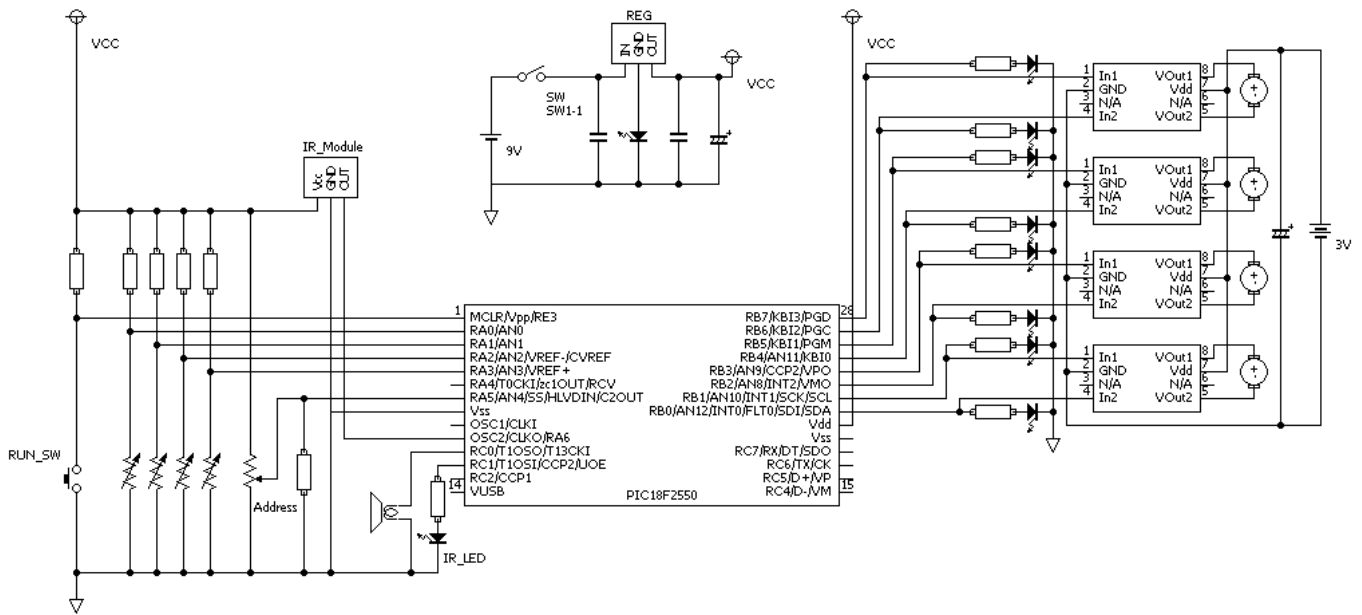


図 4 回路図

Fig. 4 Schematic.

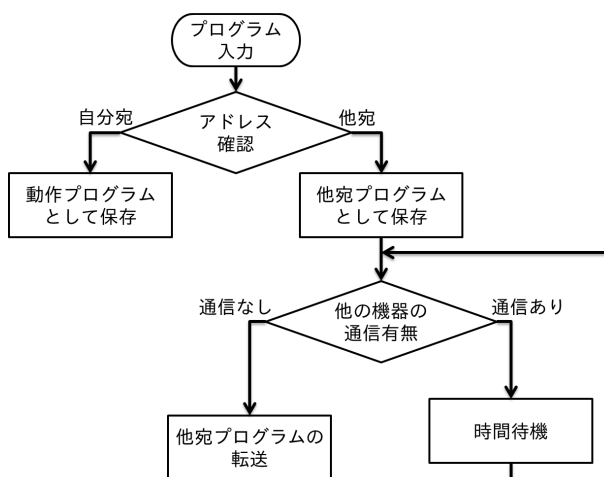


図 7 制御プログラムの受信時動作

Fig. 7 Control flow of receive logic.

ムウェアに図 7 で示した論理を書き込んでいる。制御用 IC の開発環境は Microchip Technology 社が公開している MPLAB X IDE version 1.51[17] と MPLAB C18 Compiler version 3.42[18] を用いた。

3.2 送信ソフトウェアの開発

送信ソフトウェア開発に利用したソフトウェアは、教育用プログラミング言語「ドリトル」 version 2.3[19] を用いた。ドリトルは日本語による記述が可能なオブジェクト指向プログラミング言語である。また、com ポートからの通信機能を有しており、コンピューターとインターフェースを介してプログラムを送受信することができる。

図 8 は開発したソフトウェアの実行画面である。送信先アドレスは実行画面中のリストから選択することができ



図 8 制御プログラム送信ソフトウェア実行画面

Fig. 8 Execution screen of the sending software.

る。制御プログラムはドリトルの編集画面に記述を行う。

図 9 は、開発した制御基板用に利用するプログラムである。図 9 の 1 行目では、制御プログラムを送信するための手続きが記述されている「送信システム」ファイルを読み込んでいる。2 行目では、図 6 で示したインターフェースが接続されている com ポート番号を指定している。制御基板に送信される内容は、3 行目から 6 行目までであり、メインルーチンは 4 行目の「はじめろぼ」と 5 行目の「おわりろぼ」までに記述する必要がある。記述できる命令の種類を表 2 に示す。

4. まとめ

情報通信ネットワークの構成を学ぶための教材として、自律型ロボット教材にアドレスを付与できる制御基板を開

*2 括弧と括弧内の数字は説明用のためであり、実際は不要である。

- ```
(1) システム！”送信システム”使う。
(2) com ポート！”com4”書く。
(3) 送信命令=「！
(4) はじめろぼ

(5) おわりろぼ
(6) 」。
```

図 9 制御プログラム\*1

Fig. 9 Example program.

表 2 記述できる制御命令  
Table 2 Control Instruction List

| 命令       | 機能                 | 例                       |
|----------|--------------------|-------------------------|
| 約束命令     | 通信時の決まり事           | はじめろぼ,<br>おわりろぼ         |
| 送信命令     | 格納しているプログラムを送信する   | プログラム送信,<br>送信アドレス      |
| モータ調整命令  | DC モータの PWM を設定する  | モータ 1 パワー,<br>モータ 2 パワー |
| 移動命令     | 接続している DC モータを制御する | 前進, 後退                  |
| 繰り返し命令   | 繰り返しの指定            | ここからくりかえし,<br>ここまでくりかえし |
| スイッチ分岐命令 | デジタルスイッチの入力検知      | 入力ありなら,<br>入力なしなら       |
| 計測値分岐命令  | アナログ入力値に応じて分岐      | 計測値以上,<br>計測値以下         |
| サブルーチン命令 | サブルーチンの指定          | さぶ, もどれ,<br>さぶ実行        |
| 音命令      | 3 オクターブ分の音出力       | ド, レ, ミ                 |

発した。この教材は、情報通信ネットワークの構成として指導する内容を (1) 情報通信ネットワークの通信モデルと、(2) 通信先を特定するためのアドレスに限定することで、技術科の授業で利用されている自律型ロボット教材の学習に加え、情報通信ネットワークの構成の学習も可能となる。そのため、学習内容が有機的に関連することから、各学習での理解や意欲が高まると考える。

今後は開発した教材に改良を加えるとともに、中学校での実験を通して、中学生に情報通信ネットワークの構成を理解させるために有効な教材であるか検証を行なう。

## 参考文献

- [1] iSuppli: Smartphones See Accelerated Rise to Dominance, 入手先 <<http://www.isuppli.com/Mobile-and-Wireless-Communications/News/Pages/Smartphones-See-Accelerated-Rise-to-Dominance.aspx>> (2012.8.28).
- [2] 総務省: 電気通信設備の適切な管理の徹底等に関するソフトバンクモバイル株式会社に対する指導, 入手先 <[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02kiban05\\_000011.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban05_000011.html)> (2011.4.24)
- [3] 同上: 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモに対する事故防止、通信の秘密の保護及び個人情報の適正な管理に係る指導, 入手先 <[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban05\\_02000017.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban05_02000017.html)> (2012.2.26).
- [4] 同上: KDDI 株式会社に対する事故防止に係る指導, 入手先 <[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban05\\_02000020.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban05_02000020.html)> (2012.2.15).
- [5] 警察庁サイバー犯罪対策: 平成 24 年上半期におけるインターネット・ホットラインセンターからの通報による違法情報の検挙状況等について, 入手先 <<http://www.npa.go.jp/cyber/statics/h24/pdf03-2.pdf>> (2012.10.11)
- [6] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説技術・家庭科編, 教育図書, pp.33-34(2008)
- [7] 坂口謙一, 長谷川元洋, 本多満正, 丸山剛史, 村松浩幸 編著: 実践情報科教育法「ものづくり」から学ぶ, 東京電機大学出版局, pp.78-81(2004).
- [8] 兼宗進 監訳: コンピュータを使わない情報教育アンブレグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所, pp.81-83(2007).
- [9] 荒井正之, 田村尚也, 渡辺博芳, 小木曾千秋, 武井恵雄: TCP/IP プロトコル学習ツールの開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12, pp.3242-3251(2003).
- [10] 石川賢, 川島芳明: マイクロ操作に基づいた教育用コンピュータ・ネットワークシミュレータの概要, 日本産業技術教育学会, 第 54 回全国大会 (宇都宮) 講演要旨集, p.95(2011).
- [11] 文部科学省: 情報機器と情報社会のしくみ素材集, 入手先 <<http://www.sugilab.net/jk/johokiki/index.html>> (2013.1.10 現在).
- [12] 梶久夫: IP 通信ネットワークの理解に役立つ工学実験教材の開発について, 詫間電波工業高等専門学校研究紀要, 第 36 号, pp.11-15(2008).
- [13] 赤根一浩, 田中啓勝: ネットワークの仕組みに関する教材としての簡易 LAN の開発, 産業技術教育学会誌, 第 41 巻, 第 2 号, pp.63-71(1999).
- [14] 諏訪部功吉, 田中啓勝: Windows 環境におけるプリンタインタフェースを利用した中学生向け通信・ネットワーク技術教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 45 巻, 第 1 号, pp.1-9(2003).
- [15] Microchip Technology Inc.: PIC18F2550, 入手先 <<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010280>> (2013.1.10 現在)
- [16] 紅林秀治, 室伏春樹, 樋口大輔, 江口啓: 計測学習を取り入れたロボット制御教材の開発, 産業技術教育学会誌, 第 52 巻, 第 3 号, pp.159-167(2010).
- [17] Microchip Technology Inc.: MPLAB X IDE, 入手先 <<http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/mplabx/>> (2013.1.10 現在)
- [18] 同上: MPLAB C Compiler for PIC18 MCUs, 入手先 <[http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS.GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS.GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014)> (2013.1.10 現在)
- [19] 兼宗進: プログラミング言語「ドリトル」, 入手先 <<http://dolittle.eplang.jp/>> (2013.1.10 現在)