

工業高校における IPv6 を用いたロボット遠隔操作の実証実験

中村 隆敏^{*} 山田 成仙^{*} 山下 利秀^{**}
 緒方 俊彦^{***} 溝口 正昭^{***} 西村 龍一郎^{***}
 大谷 誠^{****} 江頭 広幸^{****} 田中 久治^{*****} 渡辺 健次^{*****} 近藤 弘樹^{*****}

佐賀県立有田工業高等学校^{*} 佐賀県立多久高等学校^{**}
 NetCom さが推進協議会^{***} 佐賀大学大学院^{****} 佐賀大学^{*****}

1. はじめに

「ものづくり教育」というキーワードが、工業高校教育の中で新しい流れになっている。高校再編が始まり、専門高校も時代に沿った教育内容を取り込むよう、カリキュラムの組み方に頭を悩ませている。理科離れが進んでいるといわれるが、なるべく生徒が興味を持ちやすくなるような、教材の設定、実験、実習を増やす手立て、基礎・基本の重視など、さまざまな方法で授業内容を改善している。

自分で発案し、資料を集め、部品を調達し、グループの場合は連携して作業を行う。失敗を糧にしながら、ひとつの「もの」をつくっていく。工業高校では課題消化的授業から生徒のプロジェクト的取り組みを支援する授業への転換が行われている。

現在、佐賀県内工業高校と佐賀大学との、IPv6 を用いた遠隔操作による、ロボット対決を行う共同実験プロジェクトが進行中である。実験内容として、情報家電コントローラと高校生に対するモチベーションとして最適なロボットの遠隔操作を教材として取り入れた。グループウェアを利用して研究を推進してきた中で、今年度の取り組みを核として、高大連携という新しい学習形態も含めた実証実験報告を行う。

「Experiments on Remote Control of Robots over IPv6 Network at Technical High Schools」

* 「Takatoshi NAKAMURA, Shigenori YAMADA・Saga Prefectural Arita Technical High School」

** 「Toshihide YAMASHITA・Saga Prefectural Taku High School」

*** 「Toshihiko OGATA, Masaaki MIZOGUCHI, Ryuichiro NISHIMURA・NetCom SAGA Development Project Committee」

**** 「Makoto OTANI, Hiroyuki EGASHIRA・Graduate School, Saga University」

***** 「Hisaharu TANAKA, Kenzi WATANABE, Hiroki KONDO・Saga University」

2. 実験内容

2.1 テーマの設定

高校生にとって、IPv6 の要素技術の研究は高度な部分があり、難しいように思われる。当初は情報家電コントローラを使って、教材として何ができるのか検討もつかなかった。最先端の技術であればこそ、高校生に受け入れやすくする必要があった。そこで IPv6 技術ともう一つ別の要素を組み込むことにした。

工業高校では、ロボット対戦やロボット コンテストなど、電気、電子、機械関連の学科で広く、教材としてロボットが取り入れられている。ネットワーク上でロボットを遠隔操作し、将来は対決することまで目標にすれば、高校生にとって取り組みやすく、プロジェクトとしても十分成り立つと考えた。

2.2 プロジェクトの準備

参加高校は、佐賀県内で有田工業高等学校、多久高等学校、佐賀工業高等学校の3校で行った。高速専用線を有し、IPv6 を通す最低条件が整っていることが必要であった。

生徒はもちろん、職員も IPv6 技術は未知の分野で参考書籍もあまりなく、Web 上で乏しい情報を収集していくことから始まった。

プロジェクトといっても、当初はまず、動機付けが必要と思い、各校の担当職員から必要なロボットキットや参考書等の情報交換をメールで行い、いくらかの市販ロボットキットを購入し、とりあえずは、生徒にロボットの操作に慣れさせることを目標にした。

必要機材等を検討し、開発用 PC、LEGO のマインドストーム等のロボット開発キットや遠隔操作ロボットを6種、実験用情報家電コントローラ、書籍等を一律3校に配布した。

最初は、ロボットに興味深く取り扱い、リモコ

ンを用いた操作に興じていた生徒も、これをネットワークで遠隔操作する方法に思いをはせた途端、先がまったく見えない状態になってしまった。

2ヶ月程度、その状態が続き、情報不足解消とプロジェクトを継続化するため、メーリングリストを中心にした、グループウェアによるワーキンググループを作った。

2.3 グループウェアとテレビ会議

このグループは高校職員、大学職員、学生、企業等の人員から成り、参加スタッフ、技術支援スタッフ、学生、教師間の情報交換、プロジェクト計画の要として開設した。また、プロジェクトの推移記録やPR、研究資源のアーカイブ、問題点解決の場としても利用でき、この後のプロジェクト進行に大いに役立った。

また、適宜、テレビ会議も行い、普段、顔を合わすことのない高校生同士や、大学生との情報交換などで実験の励みになった。さらに、BBS、チャット等も準備し、各高校単独ではなく、共同学習として今後進めていける目処もたってきた。

このように、現在、学習環境は急速によくなったといえる。

3. IPv6 ネットワーク構築

各工業高校は、従来から学校インターネットによってIPv4ネットワークに接続されている。このIPv4ネットワークを利用し、IPv6 over IPv4トンネルによって、各工業高校をグローバルなIPv6ネットワークに接続した。またこのネットワークを構築するにあたり、新たにルータを佐賀大学に2台、各工業高校に1台ずつ配置した。IPv6ネットワークの構成は、以下の通りである(図1)。

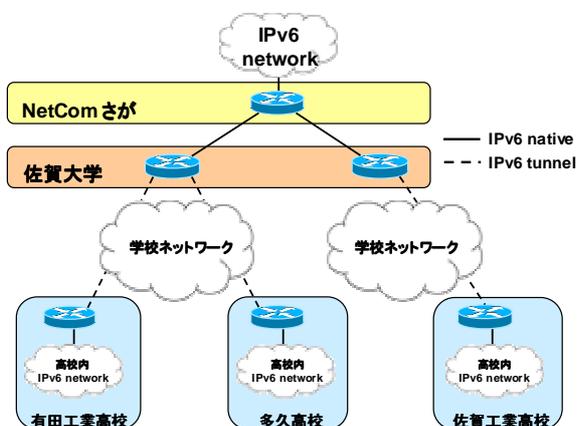


図1 IPv6 ネットワーク構成図

各高校には、表1に示すアドレス空間を割り当てた。

表1 各高等学校のIPv6アドレス空間

高等学校	アドレス空間
佐賀工業高等学校	3ffe:517:30c::/48
多久高等学校	3ffe:517:30d::/48
有田工業高等学校	3ffe:517:30e::/48

4. 各高等学校の実験概要

4.1 有田工業高等学校

プロジェクトを中心となって進めたのは電気科の生徒2名だった。Webブラウザ用コントローラを表示させる方法や、IPv6をローカルで利用する方法が最初わからず苦労したが、放課後を利用してしながらロボットのリモコン操作を習得し、参考書籍を元にIPv6の概念を勉強した。

指導の先生とともに情報家電コントローラとロボットのリモコンユニットをどのように接続するか試行錯誤した。実験の結果、1台の情報家電コントローラで、8CHのON/OFF制御が可能なインタフェース回路を自作できた(図2)(図3)。

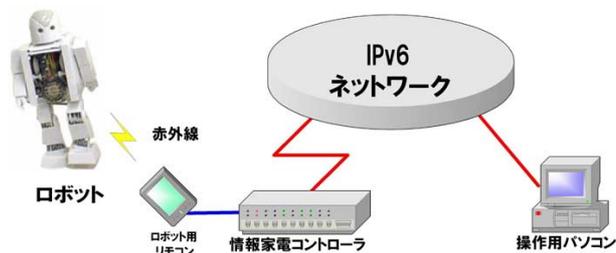


図2 遠隔操作ネットワーク構成図



図3 自作回路を加えた情報家電コントローラ

4.2 多久高等学校

(1) テーマの設定

多久高校は IPv6 情報家電コントローラを使ってどんなことができるのかを調査し、自分たちの研究テーマを設定した。今回は、IPv6 情報家電コントローラの使用方を明確にすることを目的として、ロボットの遠隔操作は最終目標と考えた。

IPv6 を使って「身近なもの」を動かすことで、IPv6 の「役立つ利用方法」や「課題」を明らかにすることとし、IPv6 の研究として、次のような目標を掲げて段階的に取り組んだ。

- (a) 情報家電コントローラの制御
- (b) モータの駆動
- (c) 電子オルゴールのオン/オフ
- (d) ソーラカーの操作
- (e) ロボットの遠隔操作

(2) 授業実践

科目名：課題研究（2 単位）

学 年：3 年

目 標：工業に関する課題を設定し、その課題の解決を図る学習を通して、専門的な知識と技術の深化、総合化を図るとともに、問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる。

グループ：情報システム科 5 名と電気科 4 名

テーマ：IPv6 によるロボットの遠隔操作

活動内容：課題研究 2 時間連続の授業で、次のような課題研究日誌の項目に従って、生徒主体の活動を実施している。

- (a) 本日の目標を確認させる。
- (b) 使用機器について確認させる。
- (c) 本日の活動内容を計画させ、研究を実施させる。
- (d) 本日の反省・問題点・感想を記入させる。
- (e) 授業の終わりに、次回の活動予定を記入させる。
- (f) 毎回、本日の活動をふり返って、自己評価を行わせている（表 2）。
- (g) 担当教師の指導助言を記入する。

表 2 自己評価表

評価項目	自己評価（いずれかに）
積極的に取り組んだか？	良い・ふつう・もう少し
課題の役割を理解できたか？	良い・ふつう・もう少し
思考を深めることができたか？	良い・ふつう・もう少し
技術を習得できたか？	良い・ふつう・もう少し

(3) 研究内容

本研究のネットワーク構成は次の通りである。

- (a) PC
- (b) スイッチング ハブ
- (c) ストレート ケーブル
- (d) 情報家電コントローラ
- (e) ロボット、電子オルゴール、モータ、ソーラカー
- (f) IPv6 用サーバ（LAN 環境で実験する場合は不要）

次の手順で、IPv6 を使って「身近なもの」を操作する研究に取り組んだ。

実験 1：「LED の点滅」

PC と情報家電コントローラとの IPv6 通信確認のため、LED の点滅を行う。

実験 2：「モータの駆動」

情報家電コントローラとモータを接続して、モータの駆動を行う（図 5）。

実験 3：「電子オルゴールを鳴らす」

情報家電コントローラと電子オルゴールを接続して、オルゴールのオン/オフを行う。

実験 4：「ソーラカーの走行」

情報家電コントローラ 2 台にソーラカーを接続して、前進・後進の遠隔操作を行う。

実験 5：「ロボットの歩行」

情報家電コントローラ 4 台にロボットのリモコンを接続して、ロボットの遠隔操作を行う。

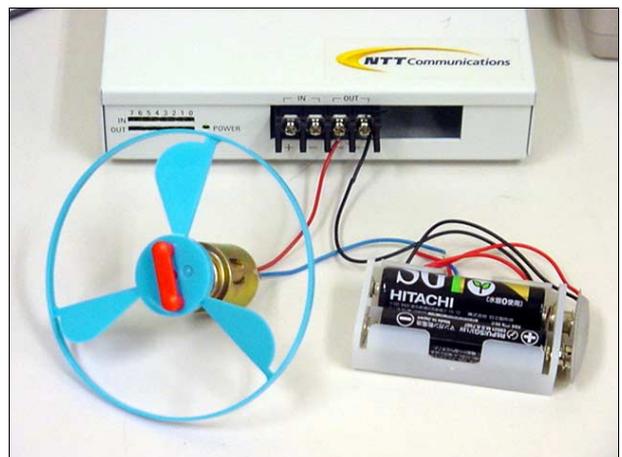


図 5 モータの駆動実験

(4) 研究の成果

情報家電コントローラおよび IPv6 を利用して、次の成果が得られた。

- (a) 次世代インターネット プロトコル IPv6 を校内 LAN 上に構築できた。

- (b) 校内 LAN 上から情報家電コントローラを制御できた。
- (c) Web ブラウザより、モータや電子オルゴールのオン/オフを体験できた。
- (d) 情報家電コントローラにソーラカーやロボットを接続して遠隔操作できた。
- (e) 情報家電コントローラの処理速度の関係で、情報家電コントローラへのアクセスにかなりの遅延が出るのが分かった。
- (f) 2 台の PC から同時に情報家電コントローラにアクセスすると Web 画面からの出力設定が不安定になるのが分かった。
- (g) 1 台の PC で Web 画面窓を 4 つ開いて、4 台の情報家電コントローラを制御できることが分かった(図 6)。

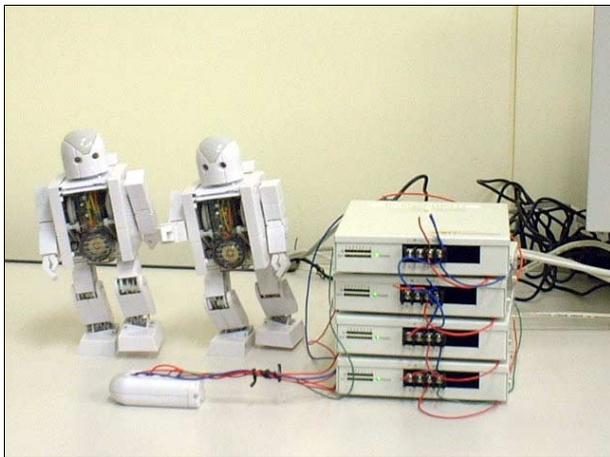


図 6 4 台の情報家電コントローラで制御

(5) 研究の考察

(a) 苦労した点

- ・ PC と情報家電コントローラの通信がなかなかできなかったこと。
- (原因は、IPv6 のアドレス割り当てがうまくいっていなかったことである。) 佐賀大学から大学院生を派遣してもらい対応してもらった。
- ・ 情報家電コントローラとロボットのリモコンを接続する部分が難しかった。段階的に、モータとの接続、電子オルゴールとの接続、ソーラカーとの接続と進めていった。

(b) 今後の目標

- ・ 大きなロボットに、複雑な動作をさせたい。
- ・ ネットワークの遅延を解消できるようにしたい。
- ・ 同時にアクセスしたときの優先順位を決めたい。
- ・ 4 台の情報家電コントローラを使っているところを、1 台にしたい。

- ・ 出力ポートと入力ポートを組み合わせたフィードバック制御をしてみたい。

5. まとめと課題

手探りの状態から始めた、高校生による IPv6 ロボット遠隔操作の実証実験だったが、なんとか動作させる段階まで行うことができた。ネットワークの新しい分野を体験することで、生徒たちは IPv6 に非常に興味を持った。最新技術に触れたことと、ロボットの遠隔操作を行ったことから実験を成功させた満足感は十分みられた。

今後の課題は、テーマをどう絞りこむかの方法論と、実験の基礎理論習得だろう。ネットワークの学習は非常に幅が広く、IPv6 関連でも専門用語が羅列されれば、初心者にとって理解しづらい。学習の導入事例を作っていく分にはよいが、高校生の研究対象として、どこまで踏み込んでいけるかは、正直わからない。ただ、高校生の視点での IPv6 技術の提案や発表は、今後も事例として出てくるだろう。

ロボット操作というテーマでいえば、最終的な目標として、離れた場所から IPv6 ネットワークを通じて操作し、別の場所でロボット同士が戦うことをイメージしている。ロボットに取り付けられた CCD カメラの映像をモニターで見ながら行う本格的なものである。

超えなければいけない技術は山ほどあると思うが、何より、夢を持ちながら職員と生徒が一緒になって実験を進めていこうという楽しさに溢れている。「ものづくり」の原点を大事にしながら、今後も実験を続けていきたい。

謝辞

本研究は IPv6 普及・高度化推進協議会による「IPv6 アクセス網及び情報家電による実証実験」の一環として行なったものである。

参考文献

- (1) 江崎浩:「IPv6 エキスパートガイド」, 秀和システム, (2002)
- (2) 栗林克明:「TCP/IP がわかる本」, 毎日コミュニケーションズ, (2002)
- (3) 大谷誠, 江頭広幸, 田中久治, 渡辺健次, 近藤弘樹, 緒方俊彦, 溝口正昭, 田尻博伸, 西村龍一郎:「佐賀地域における IPv6 ネットワークの構築」, 火の国情報シンポジウム 2002, (2002)