

平成 22 年度卒業論文

LAN を介した音楽用キーボードによる  
ロボット制御

函館工業高等専門学校

情報工学科 東海林研究室

岩藤 亘輝

# 目次

## 1 章.序論

1-1 研究背景	2
1-2 研究目的	2
1-3 本論文の構成	4
1-4 英文アブストラクト	4

## 2 章.ハードウェアについて

2-1 ハードウェア概要	5
2-2 開発環境	5
2-3 Beagleboard	6
2-4 三端子レギュレータ	7

## 3 章.ソフトウェアについて

3-1 ソフトウェア概要	9
3-2 開発環境	11
3-3 MIDI メッセージ	11
3-4 UDP/IP	11

## 4 章.動作実験

4-1 実験概要	12
4-2 実験結果	13
4-3 考察	13
4-4 問題点	13

## 5 章.まとめ

参考文献	15
------	----

謝辞	16
----	----

# 1 章 序論

## 1-1 研究背景

近年、工業向け以外にも様々な種類のロボットが人間社会に入り込んで来たことから、ロボットと人間の共生社会に関する研究・実験が盛んになっている。その中でも特に音楽・ダンス分野はロボットと人間のコミュニケーションが直接的に関わってくる分野である。例えば、産業技術研究所は振り付けをプログラムしてロボットを踊らせる「Choreonoid」を開発し[1]、株式会社 ZMP は指定された楽曲の曲調に対して感情を変化させるロボット「miuro」を開発した[2]。

また函館高専では、ロボットを「サイエンス秋祭り」などの様々な学校の広報活動で使っている。そのような広報活動の場でも、より多くの人に興味を持ってもらえるユニークなロボットが必要とされている。

## 1-2 研究目的

我々の研究の最終目的は、ロボットとのコミュニケーションの検証や広報で用いるために、函館高専と公立函館みらい大学が共同開発したイカロロボット(図 1-1)を演奏情報に合わせて動作させるシステムを開発することである。

しかし想定したシステムを実際に構築するにはいくつかの問題がある。一つは、ロボットを動かすためにはコストがかかることが挙げられる。さらに、ロボットを動かすための人員やスペースの確保も必要になってくる。

そこで本研究では、その前段階としてロボットを PC 上の CG キャラクターで置き換えたシミュレータを開発した[3][4]。

作成するシミュレータは、LAN を介して音楽用キーボードからの演奏情報を受信し、演奏情報に合わせて CG キャラクターが動作するものである。CG キャラクターには、イカロロボットをモチーフにしたイカをモデリングした(図 1-2)。本シミュレータを組み込んだシステム構成図を図 1-3 に示す。



図 1-1.イカロボット

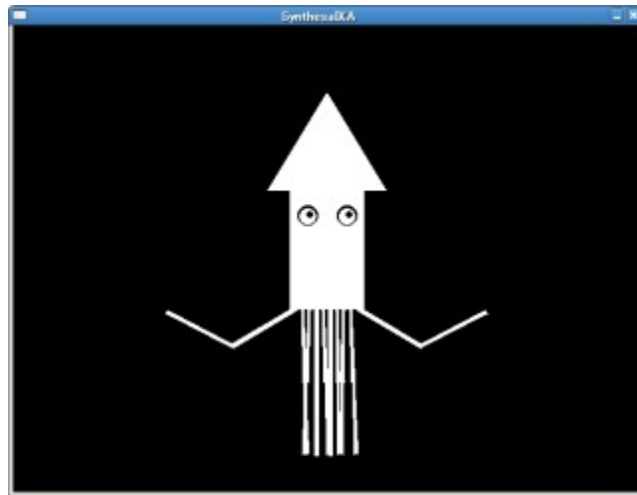


図 1-2.シミュレータの動作画面

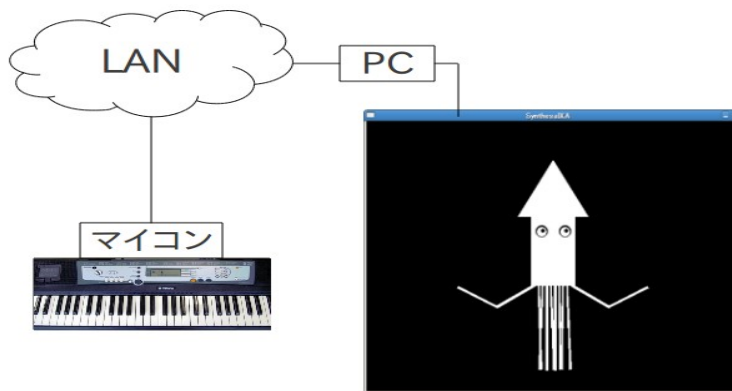


図 1-3.システム構成図

## 1-3 本論文の構成

本論文は、本章も含めて5章で構成される。

2章では、ハードウェアについて説明する。

3章では、ソフトウェアについて説明する。

4章では、実験の結果から考察を述べる。

5章では、全体のまとめを述べる。

最後に、本論文を作成するにあたって参考にした資料を掲載する。

## 1-4 英文アブストラクト

We develop a system that controls robots according to performance information that has been sent from a keyboard for music. Recently, various robots have joined the human society. Our college has also been doing public relations with robots. However, many resources and people are necessary in order to run robots. Therefore, we have developed the simulator and verified it. In this paper, we ~~also~~ report on the results of our research.

# 2章 ハードウェアについて

この章では、ハードウェアの概要、開発環境について説明する。

## 2-1 ハードウェア概要

本研究で使用する音楽用キーボードにはマイコンが組み込まれている[5]。なおマイコンの組み込みは昨年度の研究生が行ったが、マイコンや内部に設置された USB ハブの電源(5v)と、音楽用キーボードの電源(12v)が、別々の AC アダプタにより供給されていたので、今回三端子レギュレータを用いた回路を新たに作成してひとつの AC アダプタから電源を供給出来るように改良した。

マイコンが音楽用キーボードから取得した演奏情報を UDP/IP を用いて LAN を介して制御用 PC へ送信する[6][7][8]。制御用 PC では、マイコンから送信された演奏情報を元にしてシミュレータ上の CG キャラクターの足を動作させる。

## 2-2 開発環境

音楽用キーボードとしては、YAMAHA PSR-E213 を使用している。マイコンには、Texas Instruments 社製の Beagleboard を使用している[9]。さらに内部に USB ハブを設置して各機器を接続している。なお Beagleboard への電源供給は USB ハブから行っている。またタッチパッドが音楽用キーボードの左上部に設置している。内部の配置を図 2-1 に示す。



図 2-1.内部配置の様子

## 2-3 Beagleboard

本研究で使用している Texas Instruments 社製の Beagleboard は大きさが約 8cm 四方の組み込み向け統合ボードであり、統合プロセッサとして OMAP3530 を搭載している[9]。Beagleboard は CPU アーキテクチャとして ARM を採用しているため、Linux や Andoroid 等の ARM に対応している汎用的な OS を動作させることが可能である。また、オーディオチップが搭載されておりステレオ入出力が可能となっている。グラフィックチップとして PowerVR が搭載されており HDMI 出力により PC 向けモニタに接続してグラフィック表示を行うことも可能である。さらに OpenGL Es をサポートしているため 3D グラフィックの表示も可能である。Beagleboard の主な仕様と外観を表 2-1 及び図 2-3 に示す。

表 2-1.Beagleboard の仕様

名称	内容
統合プロセッサ	米 TI 社製 OMAP3530
CPU	ARM Cortex-A8 600MHz
ARM	DDR SDRAM 256M
オーディオ入力	ステレオ 1 基
オーディオ出力	ステレオ 1 基
ディスプレイ出力	HDMI(端子は DV1-D) 1 基,S-Video 1 基
グラフィックチップ	PowerVR SGX
3D 描画サポート	OpenGL ES2.0 (10 万ポリゴン/秒)
USB	2.0 ホストボード A, OTG ミニ B 各 1 基
メモ리카ードスロット	SD/MMC 1 基
RS232C	1 基
LCD インターフェース	2 基
拡張インターフェース	I2C, GP10, SPI (モードによって切り替え可)
電源	DC5V 端子 1 基,USB ポートからも給電可
消費電力	2.5W 以下
外形寸法	78.75mm(幅) 76.2mm(高さ)
価格	23800 円(2011 年 3 月現在)

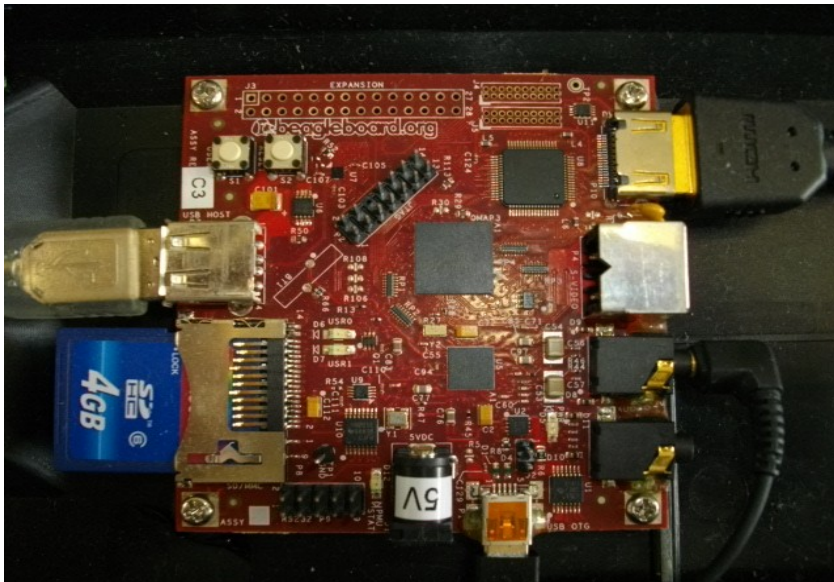


図 2-3.「Beagleboard」の外観

## 2-4 三端子レギュレータ

12VのACアダプタからの電圧を5Vに下げるために、三端子レギュレータを用いて回路を作成した。使用した三端子レギュレータはLM350Tである。作成した回路の回路図と実際の写真をそれぞれ、図 2-4、図 2-5 に示す。

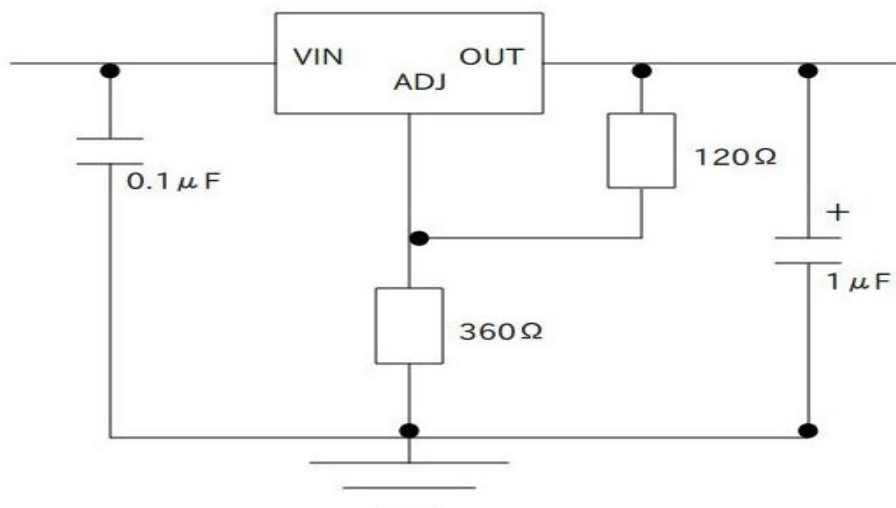


図 2-4.回路図



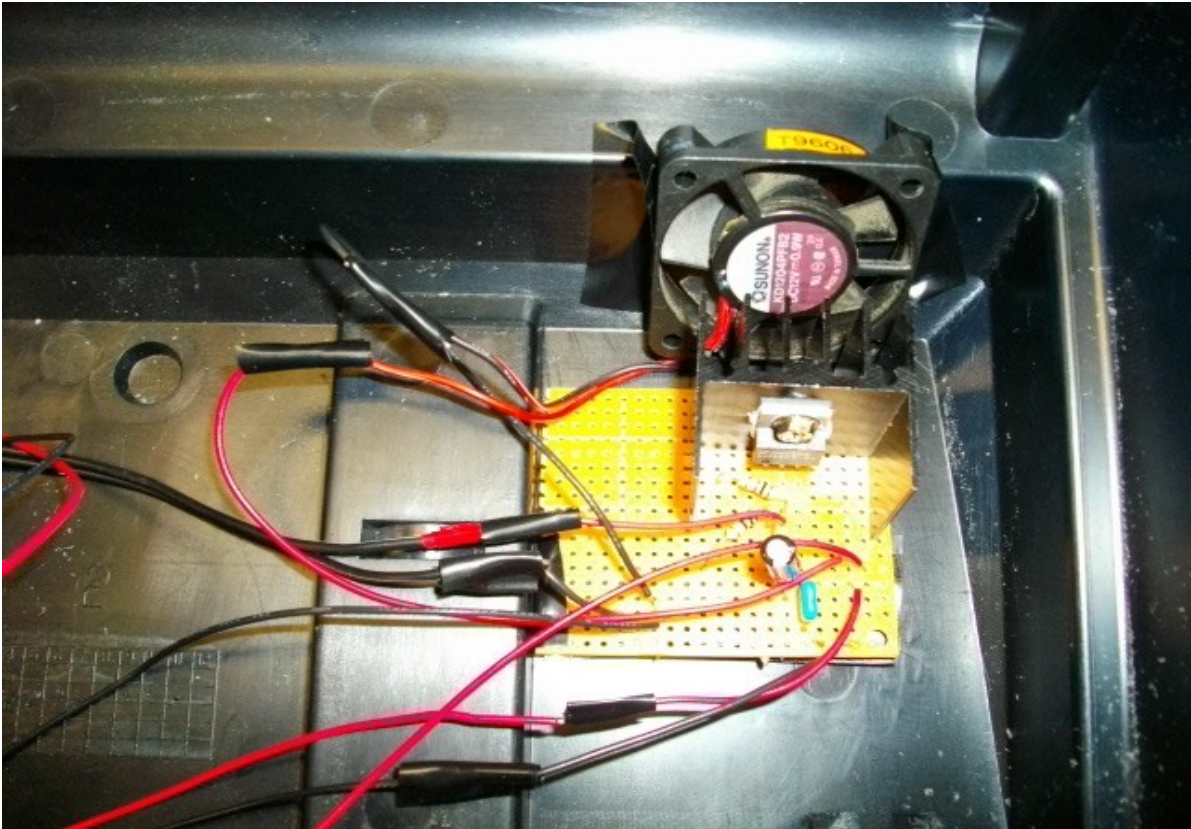


図 2-5.組み込み後の写真

# 3 章 ソフトウェアについて

この章では、ソフトウェアの概要、開発環境について説明する。

## 3-1 ソフトウェア概要

音楽用キーボードに組み込んだマイコンを送信側、制御 PC を受信側とし、各々のプログラムを製作した[10][11][12][13][14][15][16]17][18][19]。両プログラムの動作概要を以下に示す。またソフトウェアの動作図を図 3-1 に示す。

### (送信側のプログラムについて)

- ・ 音楽用キーボードから送られてくる演奏情報(MIDI メッセージ)を取得する。
- ・ UDP/IP を用いて送信するためにソケットを作成する。
- ・ ソケットを用いて演奏情報を送信する。
- ・ 音楽用キーボードの鍵盤を押すたびに演奏情報を送信する。

### (受信側のプログラムについて)

- ・ ソケットを作成する。
- ・ 送信側プログラムから送られてきた演奏情報を受信する。
- ・ 受信した演奏情報に対応させて CG キャラクターを描写する。
- ・ 演奏情報が送信されてくる間、CG キャラクター描画を繰り返す。

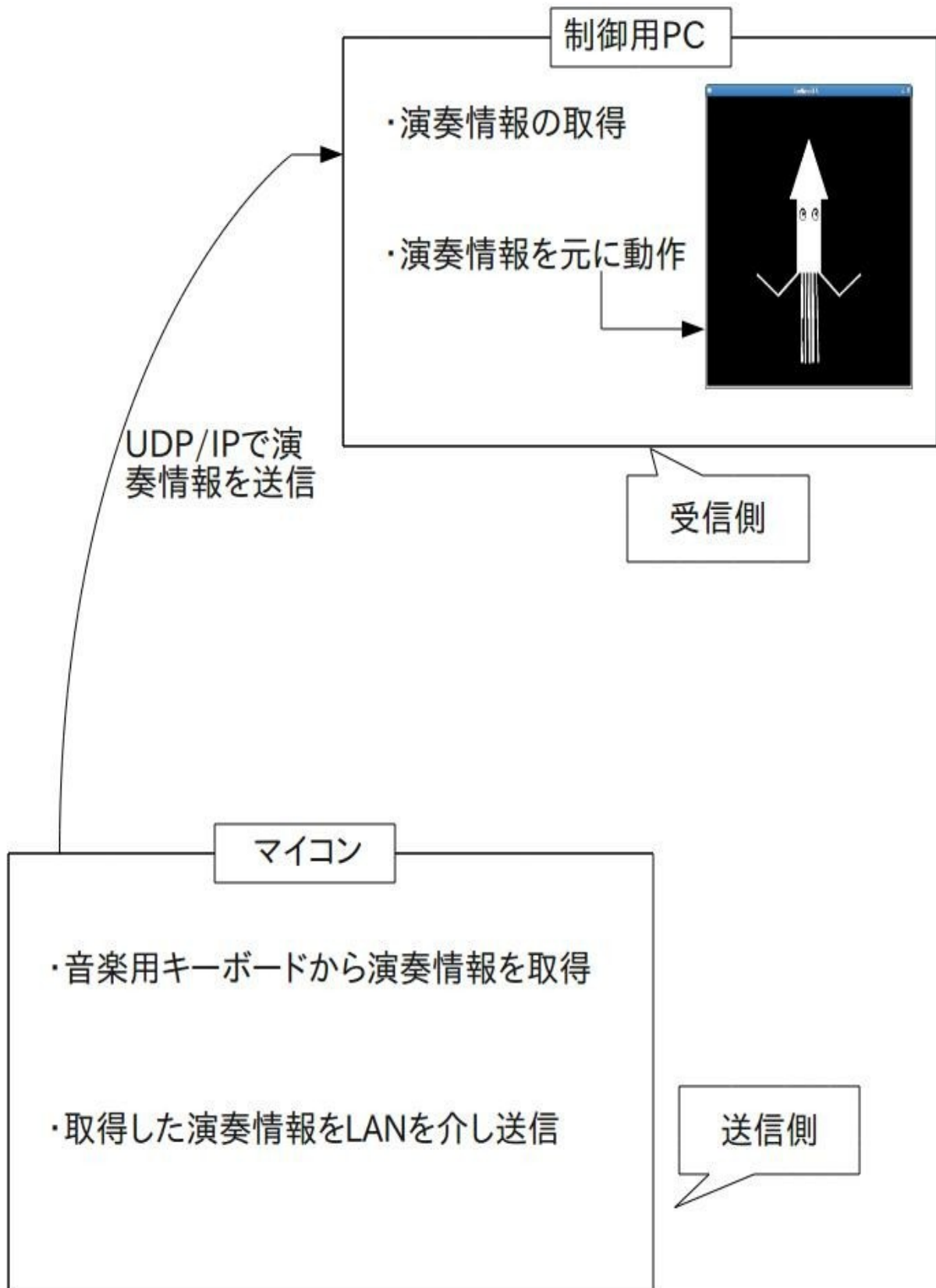


図 3-1.ソフトウェア動作図

## 3-2 開発環境

両プログラムの開発環境は以下の通りである。

### (送信側の開発環境)

OS:Ubuntu Linux 9.04

開発言語:C++言語

ライブラリ :ALSA(MIDI メッセージの取得)

### (受信側の開発環境)

OS :Ubuntu Linux 10.10

開発言語 :C++言語

ライブラリ : SDL(シミュレータの描画)

## 3-3 MIDI メッセージ

MIDI メッセージ[20][21][22]は、大きく MIDI チャンネル概念が必要なメッセージと必要でないメッセージに分けられる。MIDI チャンネル概念が必要なメッセージは、個々の MIDI 機器をコントロールするためのメッセージでありをチャンネルメッセージと呼ぶ。MIDI チャンネル概念が必要でないメッセージは、MIDI システムをコントロールするためのメッセージでシステムメッセージと呼ぶ。

チャンネル・メッセージには、同一システムの中で個々の機器や音色を個別にコントロールすることを可能にするために MIDI チャンネルという概念が投入されている。ノート・オン/オフなどの演奏の情報は、ほとんどチャンネル・メッセージに含まれる。チャンネル・メッセージは、さらにボイス・メッセージとモード・メッセージに分けられる。通常の演奏情報はボイスメッセージに含まれる。

システムメッセージは、システム全体のコントロールをするために用意されたものである。

## 3-4 UDP/IP

UDP/IPとは通信プロトコルにUDPを使用し、下位にIPを持った通信プロトコルである[6][7][8]。

UDP/IPの下位プロトコルであるIPは、一意に管理されたアドレスであるIPアドレスを目印にパケットの伝送を行なう。また、上位プロトコルであるUDPはTCP/IPのTCPと異なりIPのパケットをほぼそのままの形で伝送する。従って、誤り検出や再送要求、フロー制御などの処理は行なわないが、その分高速に処理できる。

# 4章 動作実験

この章では、実際に行った実験の概要と結果について述べる。

## 4-1 実験概要

研究室内で実際に LAN を構築して動作実験を行った。送信側、受信側の両プログラムを起動し、音楽用キーボードを演奏した。ネットワーク環境は 100Mbps(有線)とした。ここで、

- (1) UDP/IP でデータを正常に送信出来たか。
- (2)送られてきたデータを正常に受信出来たか。
- (3)シミュレータが正常に動作しているか。
- (4)音楽用キーボードからの入力に対して、シミュレータに遅延はないか。

などの項目について確認した。実験の様子を図 4-1 に示す。



図 4-1.実験の様子

## 4-2 実験結果

実験結果を表 4-1 に示す。「UDP/IP でデータを正常に送受信出来ているか」という点については、送信、受信共にエラーメッセージは表示されずに正常なメッセージが出力された。また「受信データにシミュレータの動作が対応しているのか」という点については動画を撮影して確認したところ、遅延無く演奏に合わせてシミュレータの足が動作していた。

表 4-1.結果記録表

項目	結果
(1)UDP/IP でデータを正常に送信出来たか。	○
(2)送られてきたデータを正常に受信出来たか。	○
(3)受信データにシミュレータが正常に動作しているか。	○
(4)音楽用キーボードからの入力に対して、シミュレータに遅延はないか。	○

## 4-3 考察

実験結果として特に問題は無かった。

## 4-4 問題点

今回の実験では、シミュレータを用いてシステムの動作確認を行ったが、実際のロボットにシステムを接続することが出来なかった。また、ネットワーク環境が悪い場所での動作を確認することが出来なかった。

# 5章 まとめ

本研究では、学校の広報活動で使用したり、多くの人に興味を持ってもらえるようなシステムの開発を目指して、LAN を介して音楽用キーボードからの演奏情報を受信し、演奏情報に合わせてCGキャラクターが動作するシミュレータの開発を行った。CGキャラクターには、イカロボットをモチーフにしたイカをモデリングした。さらに実験を行って良い結果が得られた。

今後、ネットワーク環境が悪い場環境下で実験を行って動作に差が出るかを調べる。また、このシステムを被験者に試してもらい、アンケートをとって改善点を見つける。さらに、実際にロボットにシステムを接続して動作させる。また音楽用キーボードだけではなく、ギターやドラムなどの楽器の接続も行える総合的なシステムの開発を目指す。

## 参考文献

- [1] 産総研、専門知識なしで人間型ロボットの動作が組めるソフト「Choreonoid」の開発、  
<http://ascii.jp/elem/000/000/563/563034/>
- [2] ZMP、iPod を搭載可能なロボット音楽プレーヤー「miuro」を受注開始、  
<http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2006/09/01/155.html>
- [3] 加藤清敬:OpenGL による 3 次元 CG プログラミング、株式会社コロナ社(2003)
- [4] 橋本洋志:図解 OpenGL による 3 次元 CG アニメーション、株式会社オーム社(2007)
- [5] 釣谷紗弓、天間祐貴、水島裕貴、村田享士郎:平成 21 年度卒業研究報告書(2010)
- [6] 竹下隆史:マスタリング TCP/IP 入門編第 3 版、株式会社オーム社(2002)
- [7] 竹下隆史:マスタリング TCP/IP 応用編、株式会社オーム社(2002)
- [8] 網野衛二:3 分間ネットワーク基礎講座、技術評論社(2007)
- [9] Beagleboard.org: <http://beagleboard.org/>
- [10] 平田豊:C 言語逆引き大全 500、秀和システム(2003)
- [11] 青木峰郎:ふつうの Linux プログラミング Linux の仕組みから学べる gcc プログラミングの王道、ソフバンクパブリッシング株式会社(2005)
- [12] 平山智恵:Linux コマンドポケットリファレンス、株式会社技術評論社(2005)
- [13] 平林雅英:シン ANSI C 言語辞典、技術評論社(1999)
- [14] 日経 Linux Linux 入門/仮想マシンをやさしく極める、日経 BP 社(2008)
- [15] D Ryan Stephens 著、株式会社クイーブ 訳:C++クックブック、株式会社オーム社(2006)
- [16] 柏原正二:標準 C++の基礎知識、株式会社アスキー(2001)
- [17] 柏原正二:C++標準ライブラリの使い方完全ガイド、株式会社加藤文明社(2005)
- [18] 矢吹道郎:C アンサーブック、共立出版株式会社(2004)
- [19] 稲葉一浩:Boost C++ Library プログラミング、株式会社秀和システム(2004)



[20] 高橋信之:コンプリート MIDI プログラミングブック、株式会社リットーミュージック(2006)

[21] 御池鮎樹:裏口からの MIDI 入門 理論不要の作曲道、工学社(2004)

[22] 青木直史:デジタルサウンド処理入門、CQ 出版社(2006)

## 謝辞

本研究は、財団法人北海道学術新興財団助成事業「組み込み Linux を用いた音楽教育向け小型コンピュータの開発」の補助を受けて行われた。