

ひらめき☆ときめき サイエンス

HT3008 東北大学

アルゴリズムを体験しよう

～ロボットプログラミングを通じて～



場所：東北大学工学研究科創造工学センター（仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-04）

日時：平成 19 年 8 月 9 日（木曜） 10:00～16:00

東北大学 大学院情報科学研究科 篠原 歩

目次

1. AIBO によるサッカー.....	3
2. AIBO の身体の仕組み.....	4
3. AIBO の頭と脚の仕組み.....	5
3.1. 頭部の仕組み.....	5
3.2. 脚部の仕組み.....	6
4. AIBO のモーションを作ろう.....	7
5. AIBO のプログラムを作ろう.....	10
付録 A. ツール.....	12
A-1. モーションエディタ.....	13
A-2. スクリプトエディタ.....	16
付録 B. Jolly Pochie これまでの歩み.....	17
付録 C. 関連 Web サイト.....	18

1. AIBO によるサッカー

みなさんは、ロボカップをごぞんじでしょうか？ロボカップは、「ロボットによるサッカー」を研究課題とし、ロボット工学や人工知能の研究を推進するための国際プロジェクトです。「2050年にはFIFAのチャンピオンにヒューマノイドリーグのチームが勝つ」という壮大な夢を掲げています。

ロボカップには、小型ロボットリーグ、中型ロボットリーグ、4脚ロボットリーグ、ヒューマノイドリーグという、ロボットにサッカーを競わせる4つのリーグに加え、シミュレーションリーグがあり、また、サッカー以外にも、大規模災害へのロボットの応用としてのレスキューリーグ、次世代の技術の担い手を育てるジュニアリーグなどが組織されています。

4脚ロボットリーグでは、SONYのエンターテイメントロボットAIBOが4対4で戦います(図1 ロボカップ4脚ロボットリーグで戦うAIBOたち図1)。篠原研究室の院生・学部生を中心とした、チームJolly Pochie(ジョリー・ポッチー)は、平成15年度からこのAIBOのサッカー用プログラムの開発に取り組み、ロボカップの日本大会・世界大会に出場しています。

ロボットにサッカーをさせるためには、高度なプログラミングが必要となりますが、それを支えるのは、移動、パス・シュート、ボールの認識、自分の位置の認識など、きわめて基本的な動作の積み重ねです。そこで、ここでは、AIBOを思いのままに動かす方法についての演習を行ないます。



図 1 ロボカップ4脚ロボットリーグで戦う AIBO たち

2. AIBO の身体の仕組み

AIBO を横から眺めると図 2 の左側に示したようになります。AIBO の身体は、大きく分けて、頭、胴体、4 本の脚、尻尾の 7 部品からできています。

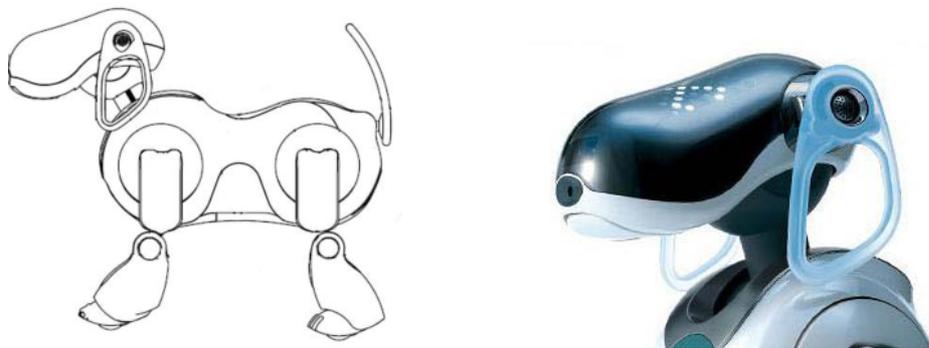


図 2 AIBO の全身／顔

- **可動部分(関節).** 首には 3 つの関節が付いていて、首を横に振ったり、首を傾げたり、うなずいたりできるようになっています。また、4 本の脚には、それぞれに、3 つの関節が付いており、走ったり、這ったり、さまざまな動きができます。さらに、口・耳・尻尾を動かすこともできます。
- **センサー群.** 図 2 にあるように、AIBO の顔の眼の位置には LED がついていて、泣いたり怒ったり笑ったりと、豊かな表情を演出してくれます。でも、もちろん、これは眼の役割はしていません。実は、鼻の先に画像センサー (CCD カメラ) が付いていて、これが実際の「眼」として働きます。また、

頭の上に感圧センサー，あご・背中・足の裏にそれぞれスイッチが付いています。このほか，温度センサー，赤外線方式測距センサー，加速度センサーも内蔵されています。

- **動力源.** AIBO の腹部には，バッテリーが格納されています。このバッテリーは満タンに充電して約 1 時間半しかもちません。
- **プログラム.** AIBO の腹部には，メモリスティックが差し込まれています。AIBO は，このメモリスティックに入った「プログラム」の命令に従って動きます。

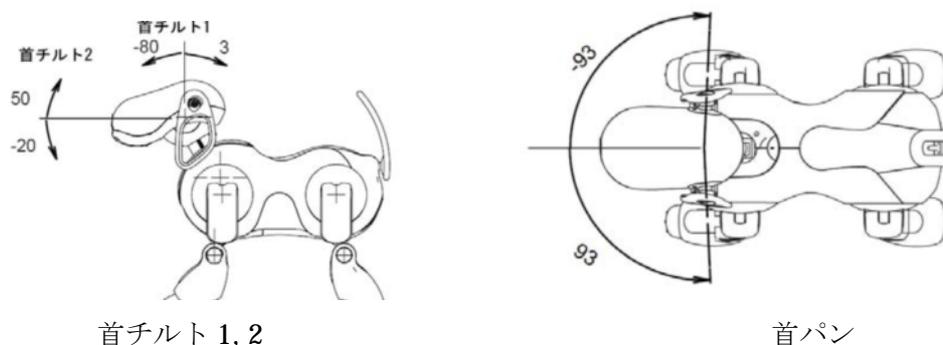


図 3 首の関節の動く範囲

3. AIBO の頭と脚の仕組み

さきほど述べたように，AIBO の頭と脚にはそれぞれ関節が 3 つ付いています。これらの関節をそれぞれどのくらい曲げるか，その角度の組み合わせによって，AIBO にさまざまなポーズをとらせることができます。そこで，頭と脚の仕組みについて，もう少し詳しく見てみましょう。

3.1. 頭部の仕組み

首にかかわる 3 つの関節は，「首チルト 1」「首チルト 2」「首パン」とよばれています。これらは，すべて首を動かすためのものですが，動かす方向が違います。

図 3 を見てください。図にあるよう「首チルト 1」「首チルト 2」「首パン」はそれぞれ，「首を前後に振る」「首を上下に動かす」「首を左右に動かす」という動きに対応しています。

では、それぞれの関節はどのくらいまで動くのでしょうか？図には、それぞれの関節がどのくらい動くかについて、その動かせる角度の範囲を示してあります。たとえば、「首パン」すなわち「左右に振る動き」では、正面を向いた位置を 0° とすると、左右それぞれぐるっと 93° まで動かすことができる、というわけです。

3.2. 脚部の仕組み

AIBO の脚の仕組みは、図 4 のようになっています。前脚でも後脚でも仕組みは同じです。図のように、脚の付け根には J1, J2 と呼ばれる 2 つの関節があります。また、膝の関節は J3 と呼ばれています。関節 J1 と J2 は、どちらも脚の付け根にありますが、動く方向が違います。J1 は前後へ動き、J2 は身体の内側／外側方向へ動きます。

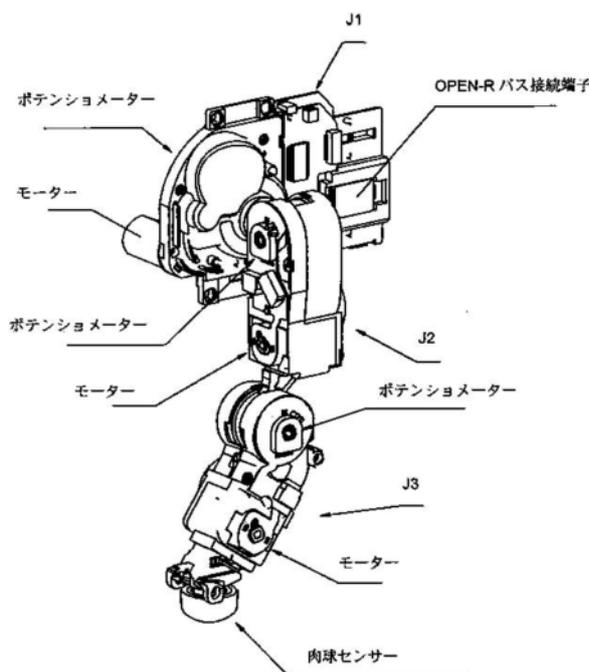


図 4 AIBO の脚部

図 5 の左側の図に、関節 J2 の動く範囲を示しました。また、真ん中と右側の図には、関節 J1 と J3 についての動く範囲を示しています。

図からわかるように、脚の付け根は、身体の内側向きに 15° 、外側向きに 93° まで動き(関節 J2)、前後方向については、前に 135° 、後ろに 120° 動きます(関

節 J1). 一方、膝の関節は、前脚の場合、前に 127° 、後ろに 30° 動きます(関節 J3). 後脚の場合はちょうどその反対です.

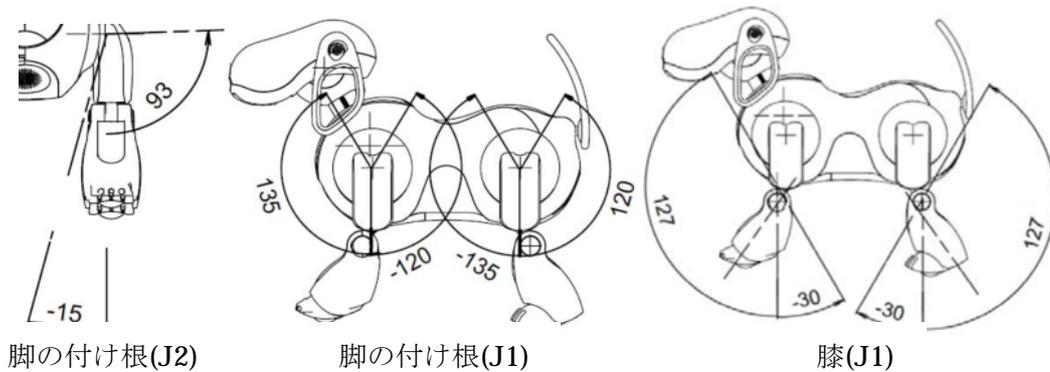


図 5 脚の関節の動く範囲

4. AIBO のモーションを作ろう

以上述べてきたように、AIBO には、頭に 3 個、4 本の脚に 3 個ずつ、合計で 15 個の関節があります。AIBO が現在どんな格好をしているかは、この 15 個の関節の曲がり具合で決まります。そこで、AIBO に好きなポーズをとらせるためには、各関節ごとに角度の値を指定してやればよい、ということがわかります。

それではいよいよ、AIBO に、ブレイクダンス、アルプス一万尺、バイバイ、ブリッジなど、具体的な動作をさせることを考えましょう(図 6).



ブレイクダンス

アルプス一万尺



バイバイ

ブリッジ

図 6 さまざまなポーズの AIBO

AIBO の動作のデザインは、ばらばら漫画と同じように考えるとわかりやすいでしょう。15 個の数値で指定される AIBO のポーズが、ばらばら漫画の 1 コマに相当します。要は、時間が経つにつれて少しずつポーズを変えるようにしてやればいいのです。

それぞれの関節には専用のモーターが付いていて、指定された角度になるまで関節が動きます。

BALL

前方に小さくシュート

HT	HP	NT	RF1	RF2	RF3	LF1	LF2	LF3	RR1	RR2	RR3	LR1	LR2	LR3	n
3	93	50	135	93	127	135	93	127	120	93	120	120	93	127	
-83	-93	-20	-120	-15	-30	-120	-15	-30	-135	-15	-30	-135	-15	-30	
-79	7	32	-18	-15	61	-13	-15	73	-28	1	85	-35	-5	100	100
-79	7	32	-30	-14	87	-22	-15	84	-28	1	85	-35	-5	100	100
-79	7	32	-44	-11	116	-34	-13	114	-28	1	85	-35	-5	100	15
-79	7	32	24	-11	7	28	-13	19	-28	1	85	-35	-5	100	10
-79	7	32	-18	-15	61	-13	-15	73	-28	1	85	-35	-5	100	100
-79	7	32	-18	-15	61	-13	-15	73	-28	1	85	-35	-5	100	100

Add Recieve

Send Get up Change LR Export Upload Back

図 7 動きのデザイン

ばらばら漫画と違って、ひとつのポーズから別のポーズへ移る際に、その途中のポーズを細かく指定しなくても構いません。また、ポーズを変えるのにかける時間を指定できますので、素早い動きやゆったりとした動きを作ることができます。

図 7 は、パソコンの上で腕立て伏せの動きをデザインしたときの画面です。関節ごとの角度の値 15 個に、時間間隔もあわせた 16 個の数値が、横方向に並んでいます。縦方向の並びは、時間の経過に沿ったものです。図の 1 行目は AIBO が両前脚を伸ばしたポーズ、2 行目は両前脚を曲げたポーズに、それぞれ対応しています。3 行目は元の状態に戻るなので 1 行目と同じです。

腕立て伏せの動きは左右対称ですので左前脚と右前脚、左後脚と右後脚には、それぞれ、同じ値を指定します。角度 0°のまま動かさない関節を省略すると、角度の指定は以下のとおりです。

	首チルト 1	首チルト 2	前脚付け根(J1)	前脚膝(J3)	後脚付け根(J1)
伸ばした状態	-10.00 °	0.00 °	-20.00 °	0.00 °	80.00 °
曲げた状態	-60.00 °	40.00 °	-60.00 °	120.00 °	80.00 °

AIBO がこのデザインに沿って腕立て伏せをしている様子を図 7 に示しました。それでは、実際に AIBO の動きをデザインしてみましょう。



両前脚を伸ばした状態(図 7 のデザイン画面の 1 行目で指定したポーズに対応)。



1 行目で指定したポーズから 2 行目のポーズへの移行。



両前脚を曲げた状態(2 行目のポーズに対応.)



2 行目から 3 行目への移行.



両前脚を伸ばした状態(3 行目のポーズに対応).

図 8 腕立て伏せをする AIBO

5. AIBO のプログラムを作ろう

作成したモーションを AIBO に覚えさせて、いろいろな動きを実現するには、そのためのプログラムを作る必要があります。AIBO のプログラムは C++ 言語で書きますが、プログラミング初心者にとって C++ 言語は少しわかりにくいので、Jolly Pochie では Lua というスクリプト言語をフレームワークに組み込んで使えるようにしてあります。

スクリプト言語は、コンパイル作業なしで実行できるプログラムを記述するための言語です。スクリプト言語で書かれたプログラムは、スクリプトと呼ばれます。一般的にスクリプト言語はメモリを大量に消費し、動作も遅いことが多いのですが、Lua は軽量で高速に動作するので、ロボットやゲームソフトのような組み込み用途に向いているという特徴を持っています。また、Pascal に似た

とてもシンプルな文法規則を持っているので、初心者でもすぐに使い始めることができるのも長所のひとつです。

ではさっそく、Lua を使って簡単なロボットプログラムを作ってみましょう。以下は、AIBO を起動させたときに一度だけモーションを再生するプログラムです。

```
--hoge という名前で hoge.csv のモーションを読み込む
```

```
basicMotion:loadMotion("hoge", "hoge.csv")
```

```
--hoge という名前のモーションを再生
```

```
basicMotion:playMotion("hoge")
```

loadMotion 関数でモーションを読み込み、playMotion でモーションを再生します。行頭の「--(ハイフン2つ)」は、コメントですので無視してください。たったの2行で簡単だと思うかもしれませんが、これをC++言語でゼロから書こうとすると何万行ものプログラムが必要になってしまいます。

上のプログラムは一度だけモーションを再生するものでした。今度は、人間が命令したときに何度でもモーションを再生するプログラムを作ってみましょう。以下は、頭を触ったときにモーションを再生するプログラムです。このように人間の操作に対応して処理を行うプログラムのことを、イベント駆動型プログラムといいます。

```
basicMotion:loadMotion("hoge", "hoge.csv")
```

```
--mindNotify 関数は 40ms ごとに呼び出される関数
```

```
function mindNotify()
```

```
  --もし頭が触られたら true となる
```

```
  if touchSensor:clickedHead() > 0 then
```

```
    basicMotion:playMotion("hoge")
```

```
  end
```

```
end
```

最後に少し大きなプログラムを紹介します。中身は読んで理解してみてください。AIBO には、上で使ったタッチセンサのための関数以外にも、赤外線セン

サや加速度センサ，そして鼻先のカメラによる物体認識のためのいろいろな関数がありますから，関数リファレンスをよく読んで，もっと頭のよいオリジナルのロボットプログラムを作成してみてください。

```
--front という名前で front.csv を読み込む
basicMotion:loadMotion("front", "front.csv")
--middle という名前で getup.csv を読み込む
basicMotion:loadMotion("middle", "middle.csv")
--rear という名前で rear.csv を読み込む
basicMotion:loadMotion("rear", "rear.csv")

function mindNotify()

  --もし背中（前）が触られたら
  if touchSensor:clickedBackFront() > 0 then
    faceLED:setState(FaceColorRed)  --顔 LED を赤色に点灯させる
    soundPlayer:playSoundOnce("sound5")  --sound5 を鳴らす
    basicMotion:playMotion("front")  --front モーションを再生する
  end

  --もし背中（中）が触られたら
  if touchSensor:clickedBackMiddle() > 0 then
    faceLED:setState(FaceColorGreen)  --顔 LED を緑色に点灯させる
    soundPlayer:playSoundOnce("sound3")  --sound5 を鳴らす
    basicMotion:playMotion("middle")  --middle モーションを再生する
  end

  --もし背中（後）が触られたら
  if touchSensor:clickedBackRear() > 0 then
    faceLED:setState(FaceColorPurple)  --顔 LED を紫色に点灯させる
    soundPlayer:playSoundOnce("sound2")  --sound5 を鳴らす
    basicMotion:playMotion("rear")  --rear モーションを再生する
  end
end
end
```

力して通話ボタンを押す作業と同じです。忘れないようにしましょう。

A-1. モーションエディタ

モーションエディタはモーションを作成するためのツールで、大きく分けて登録されているモーションを一覧できる画面とモーションを編集するための画面からなります(図 10 モーションエディタ図 10).

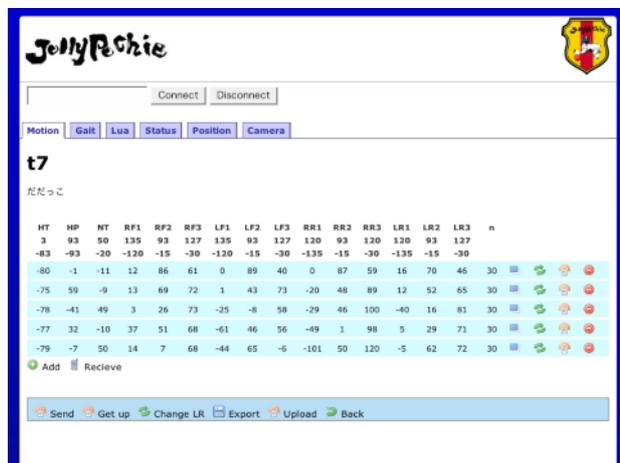


図 10 モーションエディタ

モーション一覧画面(図 10 左)では、各モーションごとにモーション名、モーションの説明が表示され、その右にモーションに対する操作として、編集(Edit)、複製(Copy)、送信(Send)、削除(Delete)の4つのボタンが用意されています。

Name	Description	Edit	Copy	Send	Delete
BALL	前方に小さくシュート				
aibo114	ダンス				
harukaf6	スーパーアイボ				

図 11 モーション一覧画面

モーション名または編集ボタンを押すと、モーションの編集画面へと移動することができます。複製ボタンを押すと、そのモーションの複製を作成することができます。その際には、モーション名として後ろに新たな数字が連番となるようにつけられます。送信ボタンを押すと、ロボットへとモーションが送信され、ロボットによってモーションが実行されます。削除ボタンを押すと、モーションが削除されますが、その際には確認ダイアログが表示され、誤操作を防止してくれます。

モーション一覧画面の最下部には操作メニューとして2つのボタンが表示されています。新規(New)ボタンは新規モーションの作成、インポート(Import)ボタンはモーションのファイルからの取り込みです。



図 12 モーション一覧画面操作メニュー

これらのボタンをクリックすると、モーション名とファイル名を入力するためのダイアログが出てきますので、入力してエンターキーを押してください。このとき、モーション名はロボット内で使用するための制限として、8文字以内の英数字でなくてはならないので注意してください。



図 13 モーション名入力ダイアログ

モーションの編集画面は図 14 のような画面となっています。

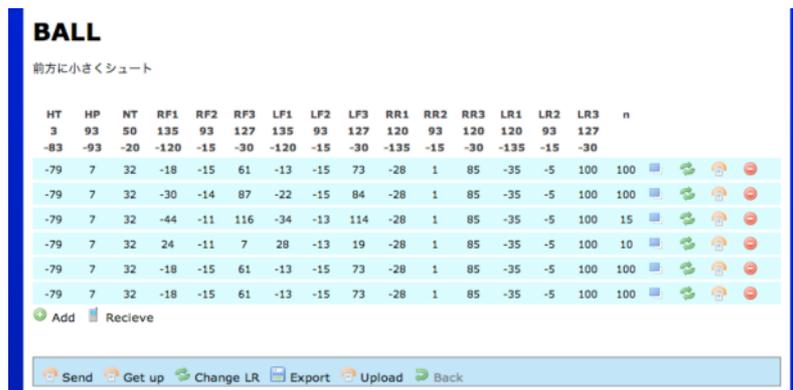


図 14 モーション編集画面

一番上に大きな文字で表示されているのがモーション名で、クリックすることで編集することができます。その下にはモーションの説明が標示されており、これもクリックで編集が可能です(図 15)。水色の背景色の列がフレームを表し、各関節の角度と変化のスピードを表すフレーム数が表示されています。これらの数字もすべてクリックすることで編集することができます。なお、関節の角度として空白を指定することもでき、その場合は関節の角度を変えないということを意味します。



図 15 フレーム編集

フレームの各数字の右には、フレームに対する操作ボタンが並び、左から順に、複製、左右入れ替え、ロボットへ送信、削除を行うことができます。

フレーム表示の下にはフレームの追加として、Add と Recieve の 2つのコマンドが並んでいます。Add はすべての指定が空白のフレームが追加され、Recieve は現在のロボットの関節の角度が返されます。

さらに、その下にはモーションの操作メニューとして、モーションの送信(Send)、初期姿勢へ戻す(Get up)、左右入れ替え(Change LR)、モーションのローカルへの保存(Export)、モーションをロボット内に保存(Upload)、モーションリストへ戻る(Back)が用意されています。Upload はロボット内にモーションを保存

することで Lua スクリプトからモーションを呼び出せるようにするために使います。

A-2. スクリプトエディタ

スクリプトエディタは Lua スクリプトの編集を行うためのツールで、作成したスクリプトはその場でロボットへと送信し実行させることができます。図 16 左上がスクリプト一覧画面、図 16 右上がスクリプト編集画面、図 16 下がスクリプト表示画面です。操作方法はモーションエディタとほぼ同じなので、ここでは省きます。

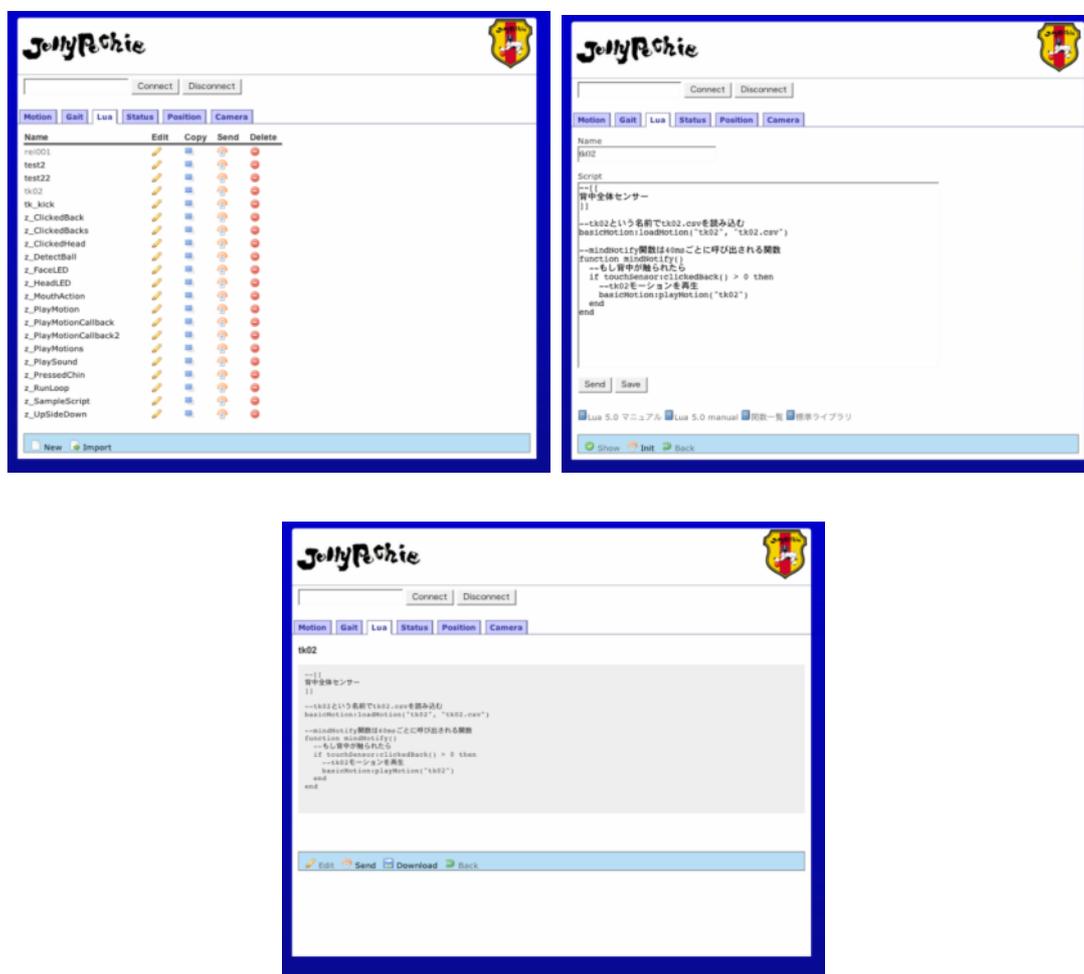


図 16 スクリプトエディタ

付録 B. Jolly Pochie これまでの歩み

- 2003 年
 - 九州大学の篠原研究室を中心に Jolly Pochie 結成
 - 国内大会, 世界大会ともに全敗
 - OPEN-R テクノフォーラム PK 部門優勝
- 2004 年
 - 国内大会 8 チームで 4 位
 - 世界大会 予選リーグ 6 チームで 3 位 (3 勝 2 敗)、惜しくも決勝トーナメント進出ならず (全 24 チーム)
 - 日本ロボット学会賞 最優秀賞 受賞
 - OPEN-R テクノフォーラム PK 部門, レース部門ともに優勝
- 2005 年
 - 篠原先生が東北大学に移ったため, 東北大学メインの九州大学との連合チームとなる
 - 国内大会 不本意な成績
 - 世界大会 初の決勝トーナメント進出 (8 強)
 - 14 カ国から 24 チーム, 日本からは 5 チームが出場
 - ベスト 8 は, 日本チームとして 3 年ぶり.
 - 九州大学 C & C 優秀賞 総長賞 受賞
- 2006 年
 - 国内大会 準優勝
 - 世界大会 予選敗退
 - 2006 年度 ロボカップ研究賞 受賞
- 2007 年
 - 国内大会 予選敗退
 - 世界大会 決勝トーナメント進出
 - 日本チーム 4 チームの中では最高の成績
 - チャレンジ競技 総合 2 位入賞
 - Microsoft Robotic Studio チャレンジ 3 位入賞

付録 C. 関連 Web サイト

Jolly Pochie

<http://www.jollypochie.org/>

RoboCup

<http://www.robocup.org/>

ロボカップ日本委員会

<http://www.robocup.or.jp/>

RoboCup Four-Legged League

<http://www.tzi.de/4legged/bin/view/Website/WebHome>

ロボカップ 4 足リーグ

<http://www.ohashi-lab.bio.kyutech.ac.jp/4legged/>

篠原研究室

<http://www.shino.ecei.tohoku.ac.jp/>