

ジェスチャ操作式投球ロボットの開発

田中 昭雄^{*1}, 和田 義久^{*2}, 小森 拓弥^{*2}, 松本 裕介^{*2},
サム アン ラホック^{*1}, 加藤 康弘^{*3}

Development of a Gesture Operated Ball-Throwing Robot

Akio TANAKA, Yoshihisa WADA, Takuya KOMORI, Yusuke MATSUMOTO,
Rahok SAM ANN, Yasuhiro KATO

This report describes a development of the gesture operated ball-throwing robot to participate in Robocon2012. The theme of the contest required the development of a pet robot which can be operated without a controller. We chose a dolphin performance show as the subject and developed a dolphin-shaped robot. The robot was operated by using a Kinect sensor which can provide gestural communication between an operator and the dolphin-shaped robot. As a result, we succeeded in reproducing a real dolphin performance show, and won the best pet prize and the contest's grand prize.

KEYWORDS : ROBOCON, Ball-Throwing Robot, Gesture Operation

1. はじめに

高専ロボコンは、高専生を対象とし 1988 年から開催されている物作り教育イベントである。本コンテストの内容は、毎年異なった競技課題が出題され、各チームは、その課題に沿って自作のロボットを製作し、2 チーム対戦形式より競技が行われる。そのため、試合に勝つための技術やノウハウが重要となる。一方、高専ロボコン本来の目的は独創的なアイデアを競い合うことであり、発想力豊かなロボットに数多く出会える点は、高専ロボコンの一番の魅力である。

本稿は高専ロボコン 2012 におけるジェスチャ操作型投球ロボットの開発について述べる。特に、題材設定へのアプローチ、さらにアイデアを実現するための製作技術として、空気圧式投球機構、Kinect センサを用いた操作システム、ロボット外

装の製作について取り上げる。

2. 高専ロボコン 2012 の競技課題

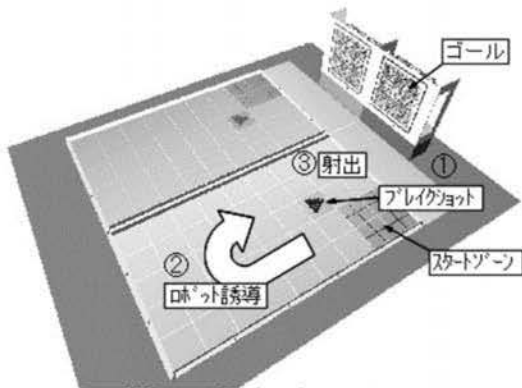
高専ロボコン 2012 の競技課題は「ベスト・ペット」、ペット型ロボットと伴走者(ロボット操作メンバー)とが協力してボール(直径 13cm, 重さ 28g)を入れる競技である。図 1 はロボコン 2012 の競技フィールドを示す。フィールドの大きさは、幅 10m, 奥行き 9m である。スタートゾーン側には、チーム毎に幅 2.7m, 高さ 3m のゴールが設置されている。ゴールにはボールを入れるための穴が 9 個ある。穴の形は正円で直径 40cm である。競技の流れは次の通りである。各チームは赤・青のゾーンに分かれる。次に①相手チームのメンバーがピリヤードのキューのような棒で三角形に並べられた 15 個のボールをフィールド上に散らす(ブレイクショ

*1 電気電子創造工学科(Dept. of Innovative Electrical and Electronic Engineering), E-mail: atanaka@oyama-ct.ac.jp

*2 電気情報工学科(Dept. of Electric and Computer Engineering)

*3 技術室(Technical Office)

ット). スタート合図の後, ②伴走者はロボットを操作しながらフィールドに散らばったボールを拾い集め, ③ゴールの9つの穴にボールを入れる. 勝敗は先にゴールの9つの穴にボールを全て入れたチームが勝ちとなる. 制限時間は3分である. また, 今大会ではコントローラを使用しない操作方法がロボコン史上初めて設定された.



3. 題材設定へのアプローチ

アイデアのポイントは人とロボットが対話するような操作方法である. そこで, 過去のロボコンで使用されていない新しい操作方法として, Kinectセンサを用いたジェスチャ操作に着目した. このような操作方法に適した題材として, 警察犬と訓練士, 猛獣と調教師などが候補に挙がった. 検討を重ねた結果, 大会では陸上動物をイメージしたロボットが多いと予想し, 他のチームからは出てこないペットとして水中動物であるイルカにスポットを当てた. さらに, イルカの引き立て役として伴走者を飼育員に見立て, イルカショーを題材とすることで決定した. 図2は6月学内選考会のために作成したロボットデザイン画である. 当初から, ロボットの外観は水面から頭のみを出し



図2 イルカ形ロボットのデザイン画

たイルカであった. 図3は完成したジェスチャ操作式投球ロボット「フレンドルフィン」である. ボール入れ部分は浮き輪をイメージした形状となった. 表1はロボットの主な仕様を示す.



図3 イルカ形ロボット「フレンドルフィン」

表1 ロボットの主な仕様

大きさ	全長 1280mm×全幅 990mm×全高 1390mm
重量	24.95kg
投球機構	空気圧駆動布引式 (最長飛距離 4m, 最高点 3m)
歩行機構	チェビシエフリンク
電源	Ni-MH 電池 7.2V4200mAh×2 本直列 (モーター用)
	Ni-MH 電池 12V4200mAh×1 本 (大型サーボ用)
	Ni-MH 電池 12V2200mAh×1 本 (Kinect センサ用)
誘導方法	Kinect センサを用いた画像認識

4. 投球機構

投球機構は本校オリジナルの布引式投球機構を採用した²⁾. この投球機構は, 弛んだ布の中に物体を入れ, 布の両側を勢いよく引っ張ると中の物体が飛び出す動きを利用したものである. 布引きアームの開閉動作には, 復動式エアシリンダを用いた. 図4は投球動作を確認するために製作された布引き投球機構の試作機である. この試作機

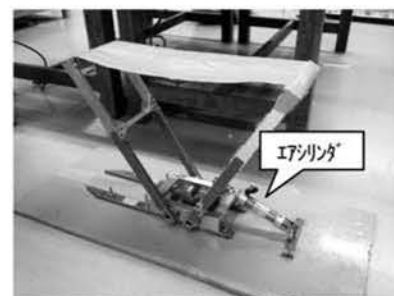


図4 投球機構の試作機

を用いてエアシリンダの取り付け位置や最上段のゴールにボールを入れるための最低空気圧設定値を求めた。

実機の製作では、空気圧駆動を用いたことで投球機構は小型軽量化され、その機構全体をロボットの頭部内に収めることができた。また、V字型布引アームの開閉動作をイルカの口の開閉動作に連動させ、イルカが口からボールを投げ入れる動きを表現した。図5は投球機構の動作を示している。イルカの首部には2個のサーボモータが配置されており、頭部全体は上下左右方向に可動する。したがって、投球位置が決まれば、イルカ頭部の動作のみで投球方向を変えることができる。投球方向の設定は、9個のゴールに対して順次サーボモータの角度指示値を変更することで行っている。角度指示値は、任意の投球方向で数十回の投球実験を行い、ゴール壁面におけるボールの着地位置の分布状態を記録し、さらにそのデータをもとにして着地位置の集中するエリアがゴールのセンターとなるように角度指示値を調整した。図6は投球実験の一例である。この結果では、全てのゴールに対してボール着地点は上の位置に分布しているため、角度指示値を下方方向に修正する。また、全ての投球実験に共通する傾向として、下段ゴールに比べ上段ゴールのボール着地点は広い範囲に分布した。これは上段ゴールの場合、ロボットの投球口からゴールまでの距離が長いから、ボール重心位置のずれや空気抵抗により、投球軌道が大きく変化してしまうためである。改良の最終段階では投球方向の精度を高めるため、布をブルーシートからシワによる燃れや弛みの少ないポリプロピレンシートに変更し、その中央にボール装填位

置のずれ止めとしてウレタンスポンジのボール受けを取り付けた(図7)。

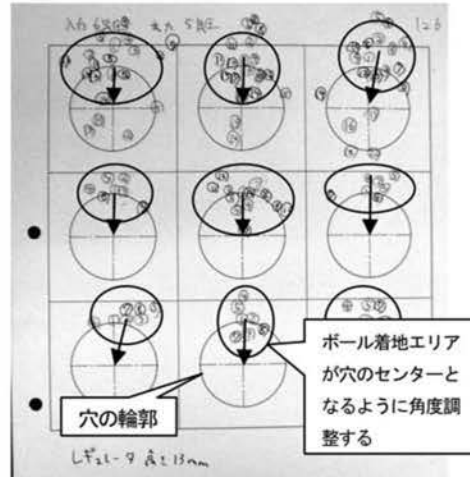


図6 投球実験結果の一例

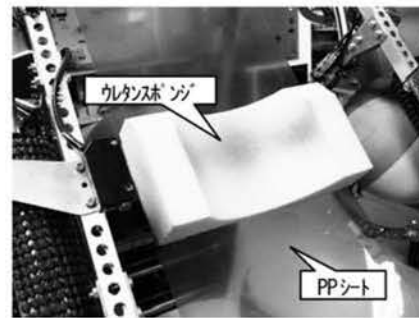


図7 ボール装填部の改良

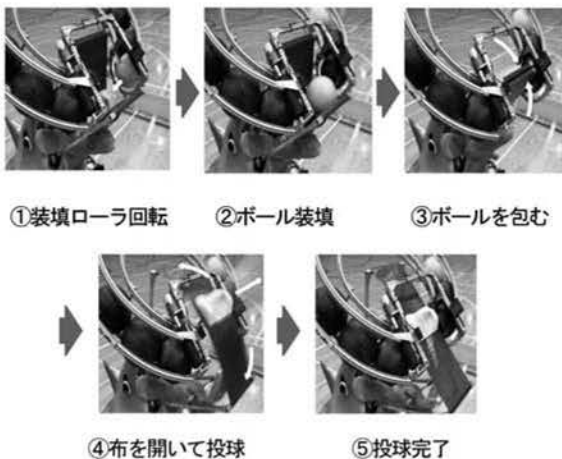


図5 投球動作の流れ

5. ロボット操作システム

図8は操作システムの構成である。ロボット操作方法は、Kinectセンサによるジェスチャ操作法および複数の光センサによる操作法の二系統が

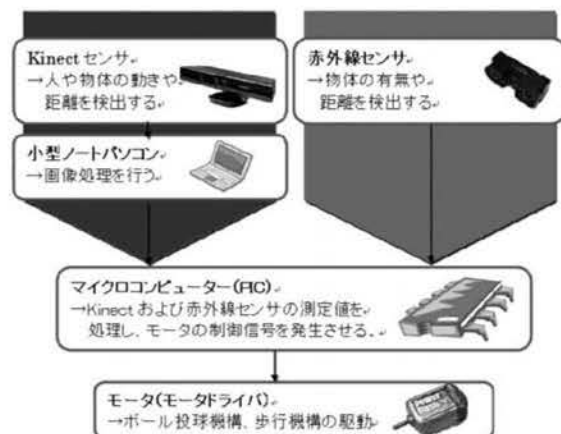


図8 操作システムの構成

搭載されている。

5. 1 光センサによる操作系統

図9はロボットの後部の光センサスイッチ群を示す。競技フィールドにおいてゴール手前のエリアは進入禁止ゾーンである。そのため、ロボットを投球位置に誘導した場合、伴走者はロボット正面位置からジェスチャ操作を行うことができない。そこで、伴走者はロボット後部に移動し、光センサスイッチに足裏あるいは手のひらをかざしてロボットを操作する。

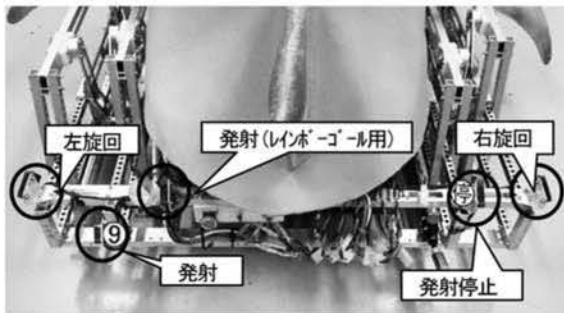


図9 光センサ操作スイッチ

5. 2 Kinect センサを用いたジェスチャ操作系統

ジェスチャ操作を実現するために、人のモーションキャプチャデバイスとして Microsoft 社の Kinect センサを使用した。Kinect センサは物体までの距離計測や人体の骨格を読み取ることが可能なデバイスである。本ロボットの場合、このセンサを伴走者-ロボット間の距離計測およびジェスチャ操作による走行モードの切り替えに用いた。自動追尾走行とは、伴走者-ロボット間距離を 1.3m、伴走者が常に Kinect センサの正面となるように走行用モータを制御し、伴走者の方向へロボットを誘導する走行法である。走行モードの切り替えは、伴走者全身の距離データから人体の骨格モデルを生成し、ジェスチャ状態を判定して行う。走行モードは、停止モード、追尾モード、壁沿い走行モードの3つである。各モードへの切り替えジェスチャは、停止モード：両手をセンサへ向けて前へ突き出す、追尾モード：左手のみを真っ直ぐ伸ばして上げる、壁沿い走行モード：右手のみを真っ直ぐ伸ばして上げる、とした。各ジェスチャは、ロボットの誤作動を誘発しない特異な形状

を選定した。図10は伴走者のカラー映像と生成された骨格モデルをロボット搭載パソコンの画面上に表示したものである。



図10 伴走者の骨格モデルの生成

6. ロボット外装の製作

ロボットの外装は、軽いことや装着によって動作の妨げにならないことが重要である。外装の材料には発泡スチロールやプラスチックダンボールなどが考えられる。ただし、今回は生き物の皮膚のような柔軟性を表現しやすい材料が適切であるため、厚さ8mmのウレタンスポンジシートを用いた。加工手順は次の通りである。イルカのペーパークラフト(図11)を実機に合わせてスケールアップコピーし、段ボール紙を用いて立体的模型を製作

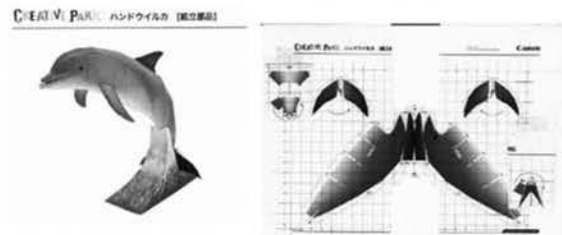


図11 イルカのペーパークラフト³⁾

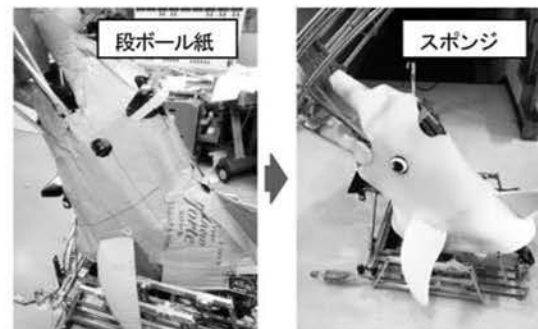


図12 外装の製作

タンスポンジ裁断用の型紙を作成する。その型紙をもとにスポンジのパーツを作成し、それらを透明接着剤で貼り合わせて完成となる(図12)。着色は青系統の4色を用い、スプレーによるグラデーション塗装を施すことでリアルなイルカの皮膚を再現した。

7. Kinect センサ使用上の問題点と対策

全国大会の会場となった国技館内では、全くジェスチャ認識ができない状況となった。この原因は照明の光量が大きく受光センサの感度が飽和状態になったためである。大会後の調査から国技館の照明にはハロゲン球が使用されており、その放射スペクトルは900nm付近をピークとして350~2000nmの範囲に渡りブロードな発光特性を示すことがわかった。Kinect センサの距離計測用光源には830nmの赤外光が使用されている。したがって、伴走者から反射される赤外光は照明のスペクトルに埋もれてしまう。

大会当時、会場での対応策としては市販のサングラスを Kinect センサの赤外線受光部に取り付け受光量を減少させた(図13)。さらに、伴走者の赤外光反射率を高めるため、伴走者は白色の服を着用し、ジェスチャ認識の際に重要となる両手首の関節位置にアルミホイルを貼り付けた(図14)。その結果、照明が Kinect センサへ直接入らなければ、ジェスチャ操作ができるところまで改善された。試合本番では、照明位置(図15)を把握し、走行モード切り替えの際には、Kinect センサに照明が直接入り込まないようにロボットを誘導することで対応した。



図13 サングラスレンズによる減光



図14 アルミホイルによる赤外線反射率の向上

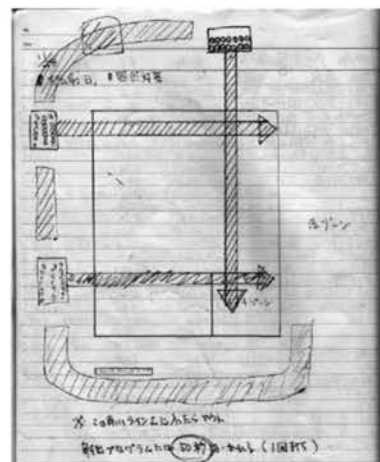


図15 会場の照明位置のメモ書き

8. まとめ

コントローラを使用しないロボット操作方法を上手く利用できる題材としてイルカショーを取り上げた。伴走者によるジェスチャ操作は、イルカと対話しているような場面を演出し、競技でありながらリアルなイルカショーを再現することに成功した。また、パフォーマンスだけでなく単発投球式のロボットとしては、最短2分10秒程度でパーフェクトゴールを達成した。以上のようなロボットのアイデアや性能が総合的に高い評価を受け、本ロボットはベスト・ペット賞およびロボコン大賞を受賞した。

参考文献

- 1) 高専ロボコン2012ルールブック
- 2) 和田, 高野, 北島, 田中: 高専ロボコンにおける投球ロボット製作の取り組み, 工学教育研究講演会講演論文集 8-107, pp. 178-179, (平成24年)
- 3) イルカペーパークラフト
<http://cp.c-ij.com/ja/contents/3157/bottlenose-dolphin/>

【受理年月日 2013年 6月19日】

