複雑系知能ロボットへの挑戦

Challenge to complex Intelligent robots

安藤直輝(Naoki Ando) 田中滉大(Koudai Tanaka) 加藤大地(Daichi Kato) 小山晃弘(Akihiro Koyama) 西谷和将(Kazumasa Nishiya)

垂石哲平(Teppei Taruishi) 赤坂駿斗(Hayato Akasaka) 古里優典(Masanori Hurusato) 湊宏太郎(Kotaro Minato)

Omerview

"複雑系知能ロボットへの挑戦"は、人工知能とロボットの融合による知能ロボットの開発に挑むプロジェクトである。メンバーはロボットを作成、強化するロボット班とロボットにプログラムを導入するAI班の二つのグループに分かれて開発を行った。

The project "Challenge to Complex Intelligent Robot" is to challenge creating intelligent robot by fusion between artificial intelligence and robot. We developed in two groups. There are a robot group that create and develop robots and an AI group that implement the program.

Opelin Purpose

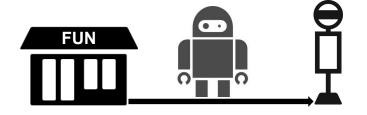
次世代知能ロボットとして,様々な路面を自律的に進む 人型ロボットの開発を目的とする.

This project purpose is to develop humanoid robot moving on various road as Next-generation intelligent robot.



開発した人型ロボットに,はこだて未来大学の購買前から階段を降り,外に出てはこだて未来大学バス停前まで歩行させる.

The developed humanoid robot steps down the stairs before purchasing store of Hakodate Future University, then goes outside to walk to Hakodate Future University bus stop.



文 全 主な活動 Main activities of the previous term



Group AI班の活動

ハヾー Member

赤坂駿斗 湊宏太郎



Op 概要 Overview

AI班では、人型ロボットが自律してより正確に歩けるように、カメ ラを用いて画像認識するプログラムとロボットが強化学習により行 動するプログラムの作成に取り組んだ.



O 目標 Purpose

人型ロボットで、強化学習を用いてスタート地点からゴール地点ま でを自律歩行するロボットのプログラムを作成する.





O 課題 Assignment

ロボットを人による操作なしで動かせるようにしたい.

• 近藤科学のHeartToHeart4を使って、Pythonでロボットを動かせるようにする.







強化学習を使い、平らな道やでこぼこな道、傾斜を歩いた り、階段を上り下りしたりできるようにしたい。

- 道の状態にあったモーションを選択できるようにする。(モーシ ョンはロボット班が開発する)
- 実験を行い、評価値などを調整する。

ロボットが自分のいる位置とゴールの位置がわかるようにしたい.

- ロボットにカメラを付け、色認識を用いてゴールまでの道筋を色テープで誘導する。
- ロボットを上から撮影するカメラを実装しロボットの座標とゴールの座標を管理する.

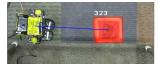


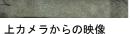
活動内容 Activities

ロボットのプログラム

ロボットを動かすプログラムの作成

近藤科学が販売しているコントロールボードであるRCB-4をPythonで動かせるようにした. これにより同社が提供して いるソフトウェアであるHeartToHeart4で定めたモーションを再生し、後述の強化学習をPythonによって実装すること が可能となる.







カメラのプログラム

カメラのプログラムの作成

上と横の2つの方向からカメラでロボットを撮影できるようにプログラムを作成した. ロボットに色付きの布を貼り, 色 認識のプログラムによってロボットとゴールの位置を座標で表示した. 上から撮ったカメラの映像からは, 強化学習する 時ロボットが横にどれだけそれたかや、どれだけゴールに近づけたか、またロボットが転倒時に仰向けかうつ伏せかを判 断した. 横から撮ったカメラの映像からは、ロボットが転倒しているかどうかを判断した.

O 活動内容 Activities

強化学習

ロボットが強化学習するプログラムの作成

強化学習の一種であるQ学習の中のε-greedy法を用いたプロ グラムを作成した. ロボットにモーションを実行させ、転倒 しているかどうか、ロボットとゴールがどれだけ離れている かなどを基に報酬を設定し与えた. 実際に強化学習中に与え ていた報酬について条件と値を以下に示す. 式中の各変数に ついて、rewardは報酬値を代入するための変数で、frは転倒時 に用いる変数で今回は-50と設定した、adjustは距離を報酬と して扱う際に大きさを調整するための変数で30と設定した. zはカメラから与えられたロボットとゴールの距離である.

ロボットが転倒している場合 reward = fr

ロボットが転倒している状態から立ち上がった場合 reward = -fr / 2

直線上から外れた場合 reward = -z / adjust

直線上から外れた状態から直線上に戻った場合 reward = (z/adjust) / 3

直線上にいる状態が続いている場合 reward = -(z/adjust) / 3

ゴールに接近している状態になった場合 reward = 5 /(z/adjust)

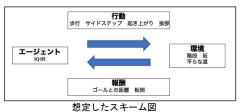
ゴールに接近している状態から離れた状態になった場合 reward = -(z/adjust) * 5

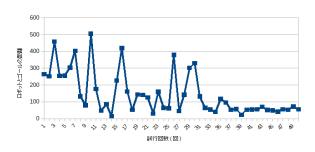
State	各状態のロボットの状況
0	ゴールとロボットが一直線にある状態
1	ロボットが左にずれている状態
2	ロボットが右にずれている状態
3	ロボットがうつ伏せで倒れている状態
4	ロボットが仰向けで倒れている状態
5	ゴールに接近した状態

実装した状態一覧

Action	各行動のロボットの動作
0	低速歩行
1	高速歩行
2	左サイドステップ
3	右サイドステップ
4	うつ伏せからの起き上がり
5	仰向けからの起き上がり
6	挨拶

実装した行動一覧





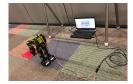
学習の試行回数とゴールまでの残りの距離のグラフ



実験風景



上からの実験風景



横からの実験風景

実験

実験の内容

スタートとゴールを決め、プログラムを起動してロボットに強 化学習を行わせる. 1エピソード終了後、スタート位置に戻し 再び強化学習を行わせる. 学習がうまくいっていない場合は報 酬やモーションの調整を行い、Q値をリセットして初めから学 習をやり直す.



研究成果 Results

強化学習のプログラムは平面に限定すると目的の位置までの歩行や転倒時の立ち上がりが可能になった. 学習の中で報酬 の与え方や実験環境に結果が大きく左右されるため、 ただ回数を重ねるだけでは求める結果に辿り着けないことがわかっ た、画像認識のプログラムは撮影した色が蛍光灯の光によって反射したり、実験をする場所によって明度が変わったりする ため正常な動作をさせることが難しいことがわかった. 強化学習の結果に誤差が出るのは画像認識の動作に異常が出るこ とも一因と考えられる. これは, カメラの性能に依存すると考えられるため, より高性能なカメラを使用するか, センサを用 いるなどして画像認識以外のアプローチを行うことにより解決される. 当初想定していた階段の上り下りといった動作は 今回使用していたロボットでは難しいことがわかったため, よりパワーや耐久性のあるロボットを用いることで目標を達 成可能であることがわかった.

Group ロボット班の活動

メンバー Member

田中滉大 安藤直輝 加藤大地 小山晃弘 西谷和将



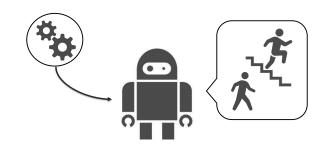
Oo 概要 Overview

ロボット班では、人型の次世代知能ロボットの筐体の 作成や, センサの取り付け, 複雑なモーションの作成な どのロボットの外部にある課題の解決に取り組んだ.



Purpose

遠隔操作によって自作したモーションを再生できるロ ボットを作成すること、そして、ロボット自身があらゆ る状況下でも移動能力を維持できるモーションの作成 がロボット班の目標である.





Oo 課題 **Assignment**

転倒した際の対処

ロボットが転倒した際、うつぶせの状態と仰向けの状態で別々に起き上がるモーションが必要になる。ま た、転倒時にロボットが破損しないように衝撃を吸収する素材をロボットに装着する必要がある.

AI班との連携

AI班がプログラムを導入するためのRaspberry Pi 3と, そ れを動かすためのバッテリーモジュールをロボットに取 り付ける必要がある、取り付ける際にロボットの可動域に それらが触れないように新たに部品を作成し、取り付けな ければならない.





階段

目標コースには24段の階段がある.降りる必要がある. ロボットの全長では、人間のように階段を降りることが 困難であるため転倒しないような規則性のある降り方 を考える必要がある.



点字ブロック

点字が足に当たるか, 踏むとバラン スを崩し、 転倒してしまう. 点字ブロ ックの上を進行する際は、点字の干 渉が少なくなるようにモーションを 工夫する必要がある.



大学の外の道には、傾斜角の異なる路面 が存在する. 通常の歩くモーションでは、 バランスを崩して坂道を歩けないため 坂道に対応する制御が必要である.

カーペット

硬い床とは違いカーペットは柔らかく, 消耗具合によって環 境が違い, 通気口も存在するため安定した歩行が困難である.

Oo 活動内容 Activities

ロボットの作成・強化

目標を達成するために、近藤科学のKHR-3HV ver2を使用して開発を行った。前期 では本体の組み立てや関節の可動域を広げるために拡張サーボモータを取り付け た. 後期ではロボットに転倒時の衝撃を吸収する素材と, Raspberry Pi 3を取り付 ける台を作成し搭載した.



ロボットのモーションの作成

ロボットの動きを制御するHeartToHeart4というソフトを使用し、ロボットを動かしながらモーションを 作成した. また、KHRシミュレータを使用することで個人のPCから仮想空間でロボットを動かすことがで きるようになった、これにより複数人が同時にモーションを作成する環境が整い、いつでもモーションの作 成を行うことができるようになった.

通信手段の変更

前期では、ロボットにケーブルを接続してモーションの再生を行っていた、後期では無線の状態でもロボッ トがモーションを再生するように、ロボット用無線コントローラ KRC-5FHを搭載しロボットの無線化を 実現した.

センサの搭載と姿勢制御

転倒時にどの向きで転倒したかを検出することができる加速度センサを搭載した. また, ジャイロセンサを 搭載することでロボットが直立時や歩行時の補正動作(姿勢安定)を行えるように制御した.

研究成果 Results

・転倒時の補助

転倒した際に最も地面にぶつかりやすい胸部と背中にスポンジを取り付け、モーションを作成した.

・AI班との連携の実用

現状のサーボモータの出力では,Raspberry Pi 3とカメラの重さを制御することが難しいと判明した.



を行うことで進行を実現した.



カーペット

バランスを保つ力を強くする必要があっ た. 当初は足首だけにジャイロセンサによ る制御を実装したが、制御部分を下半身全 体にすることでより安定した歩行を実現 L.t-.

傾斜と足首の傾きを同じ角度にす ることで、バランスを維持し歩行す ることが可能になった. 実際の坂道 は角度が一定ではないため、足首の 角度を変えた歩くモーションを16 涌り作成した.