

複雑系知能ロボットへの挑戦

Challenge to complex Intelligent robots

1017108 安藤直輝 Naoki Ando

1 背景

近年、ロボット工学の分野は成長産業であり研究対象として注目を集めている。特に人型ロボットは、連日メディアを通して世界中の多くの研究を見聞きする。公開されている実験やプロモーションの映像では、人型ロボットは走ったり跳ねたりするものからドアを開ける動作に入る前に崩れ落ちるものまで多種多様である。

2 課題の設定と到達目標

私たちは、人型ロボットである KHR3-HVver2 を用いて、上記のようなロボットを開発することを目標とした。

そこで、チームを AI 班、ロボット班の 2 つに分けて活動を行った。

2.1 AI 班

我々のプロジェクトの到達目標は、様々な道を自律歩行できる人型ロボットの開発をすることが本プロジェクトの課題である。最終的には、公立はこだて未来大学の二階購買前から出発して一階に降り、食堂横の出入り口から屋外に出て最寄りのバス停まで自律歩行するロボットを作成することが目標である。その目標を達成するために AI 班は二つの課題を設定した。

AI 班が抱える一つ目の課題は、ロボットが状況に合わせて自立歩行できるプログラムの作成である。このプログラムの作成を行うために、強化学習の導入を行う必要がある。理由として、強化学習の導入を行うことでロボットが自立して行動を行えるようになることが挙げられる。

AI 班が抱える二つ目の課題は、ロボットと目的地の位置関係をどうやって把握するかである。強化学習をするにあたって、周囲の状況や位置関係を確認しなければより良い報酬を与えることができない。そのために、客観的な視点のカメラを用意することで課題を解決できるのではないかと考えた。理由として、客観的な視点があることで周囲の状況を把握することができ、尚且つロ

ボット自身の状況も把握できるからである。

以上の二つの課題を達成し、プロジェクトの目標コースである購買からバス停までの道を遠隔操作で安全に進行することを AI 班の到達目標とする。

2.2 ロボット班

プロジェクトの目標である購買からバス停までの道には様々な障害が存在している。その理由はロボットの全長が人間と比べると非常に小さく人間と同じ動作では目標コースの進行が困難であることが予想されるからである。このような予測した障害を元にロボット班では四つの課題を設けた。ロボットの作成、モーションの作成、ロボットが転倒したときの対処、AI 班との連携、以上の四つの課題に分けた。

課題の一つ目に、プロジェクトの目標を達成することが出来るロボットの作成がある。目標コースを自律的に歩行するためのロボットには、以下の二つの要素を持つ必要がある。まず、目標コースには様々な障害が存在し、それらに対応するために様々なモーションを再生できる必要がある。次に、目標コースには階段やコンクリートなどロボットにとって危険な場所が存在する。したがって、使用するロボットは耐久性に優れている必要がある。以上のことから今プロジェクトでは、様々なモーションの再生を可能とする自由度の高さと落下や転倒での破損や故障の可能性を低くする耐久性に優れたロボットを使用する。

課題の二つ目に、ロボットが行うモーションを作成する必要がある。目標コースには階段を始め点字ブロックやカーペット、斜面のようにロボットにとって様々な障害があるため、目標の達成のためにもそれらの障害に対応していく必要がある。したがって、目標コースを観察する必要がある。

課題の三つ目に、ロボットが転倒した際の対処と破損しないために衝撃を吸収する素材の装着がある。ロボットは歩行時に転倒し損傷する恐れがある。また、自律歩

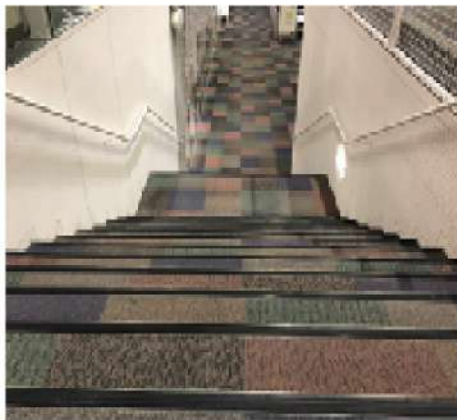
行を目標としているため、ロボットが自分で起き上がれるようにする必要がある。それには、センサによる向きの判定などの制御が必要だと予測される。

課題の四つ目に、AI 班と連携する必要がある。プロジェクト学習の目標として自律歩行をする必要があるので、AI 班と連携することは必須である。そのために、AI 班がプログラムを導入するための Raspberry Pi3 と、それを動かすためのバッテリーモジュールを取り付ける必要がある。

以上の四つの課題を達成し、プロジェクトの目標コースである購買からバス停までの道を遠隔操作で安全に進行することをロボット班の到達目標とする。



図1 目標コースの障害



3 課題解決のプロセスとその結果

3.1 課題解決のプロセス

設定した課題を解決するプロセスを班ごとにまとめたものを表1に示す。

表1 一年間の活動内容

5月	<ul style="list-style-type: none"> ・班決定 <ul style="list-style-type: none"> -AI 班とロボット班 ・開発するロボットの決定 <ul style="list-style-type: none"> -KHR-3HV ver2 ・目標設定 <ul style="list-style-type: none"> -ロボットが歩行するルートの決議 ・3グループに分かれて学習 <ul style="list-style-type: none"> -画像認識 -強化学習について -ロボットのモーション 	
6月	AI 班 <ul style="list-style-type: none"> ・Raspberry Pi 3 の運用 ・画像認識プログラムの作成 	ロボット班 <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットの組み立て ・拡張サーボの取付 <ul style="list-style-type: none"> -可動範囲の拡張
7月	<ul style="list-style-type: none"> ・ソケット通信プログラムの作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプルモーションの試作
7月	中間発表会	
9月	<ul style="list-style-type: none"> ・強化学習の知識の習得 ・ロボットをプログラムで動かす <ul style="list-style-type: none"> -Python 3.7.3 	<ul style="list-style-type: none"> ・コースの障害確認 ・階段の模型作成
10月	<ul style="list-style-type: none"> ・強化学習のプログラム作成 ・画像認識プログラムの改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・センサ取り付け <ul style="list-style-type: none"> -姿勢制御 -ジャイロセンサ
11月	<ul style="list-style-type: none"> ・強化学習の実験 	<ul style="list-style-type: none"> ・無線制御化 ・モーション作成
11月	ロボットの歩行実践	
12月	成果発表会	

3.2 結果

3.2.1 AI 班

AI 班では、AI 班ではこの課題を達成するために 2 つのプログラムの作成をし、その 2 つのプログラムの統合を行った。

一つ目の課題を解決するために強化学習のプログラムを作成した。強化学習には Q 学習と ϵ -greedy 法を用いた。 ϵ -greedy 法を採用した理由は、行動を選択する際、ランダムな行動を採用することで初めの方に採用した Q 値の影響を受けすぎないようにするためである。この方法を採用することで、初めに選択したモーションの影響を受けすぎないようになり、効率的に学習を行えるようになった。Q 値は今回の実験ではロボットが 6 回行動したものを 1 セットとして強化学習を行った。実装した行動は表 2、実装した状態を表 3 に示す。Q 値に使う値を、ロボットの転倒に関する報酬を 2 つ、ロボットの歩行に用いる報酬を 3 つ、ロボットがゴールのそばに近づいたときに用いる報酬を 2 つ、計 7 つ用意した。転倒に関する報酬では、ロボットが転倒した時にすぐ起き上がることが出来るようにする事と、ロボットが転倒しないようにするために、転倒している時はマイナスの報酬を与え、転倒から起き上がるとプラスの報酬を与えるよう設定した。ロボットの歩行に用いる報酬では、ロボットがゴールまで真っ直ぐ進むよう、直線状から外れるとマイナスの報酬を、直線状から外れた状態から直線状に戻った時はプラスの報酬を与えるよう設定した。ロボットがゴールに近づく時、実践で使う際はそこから別の動作をしようと考えていたため、ゴールにたどり着くと止まる事が出来るよう報酬を設定した。そのためゴールから接近している状態から離れた状態になった時負の報酬を与えた。報酬を与える時、大きすぎる報酬を与えてしまうとその結果が Q 値に大きく影響してしまい上手く強化学習することが出来ないため、距離などで報酬を与える時は小さくしてから与えた。また負の報酬のみを与えて実験をすると外的要因やロボットの不具合によって動作が失敗した時に、意図せぬ報酬が与えられてしまうことがあったため、正の報酬も与えるよう設定した。

表 2 実装した行動一覧

Action	各ロボットの動作
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

表 3 実装した状態一覧

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上にある状態
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	ロボットがゴールに接近した状態

二つ目の課題を達成するために客観カメラのプログラムの作成を行った。客観カメラでは 3 色の色（赤、青、黄色）を認識し、それぞれの座標を表示するプログラムをオープンソースである OpenCV3 を利用して作成した。客観カメラは上に取り付け、ロボットとゴールの座標を管理した。客観カメラはロボットの実験にも用いた。実験する時にはロボットとゴールの位置を把握する事、また、ロボットが転倒しているか否かを判断する必要があった。そのため、上カメラだけではなく、横カメラも実装した。ロボットの肩や頭の部分、足の裏、胸部などに色付きの布やテープなどを貼り、色認識を行った。色付きの布を使うのは、テープの場合光が反射してカメラで色を判別することが出来ないためである。色認識する時に色を多く使うと、各色の認識出来る色の範囲が狭くなってしまいうため、色の判別が難しくなってしまう、異なる色でも同じ色と認識してしまう危険性があった。そのため、少ない色でも大きさが違う物は別の物と判別出来るようにプログラムを作ることで、多くの物を判別出来るようにした。上カメラからはロボットの頭の部分について布と、ゴールに見立てた布を色認識し X 座標、Y 座標で表示出来るようにした。横カメラからはロボットが転倒したか否かを判断するために、ロボットの肩の部分と

足の裏に色付きの布を貼り付け、肩の部分についている色付きの布の座標と、転倒した時に見える足の裏の布を座標で管理出来るようにした。座標で管理する事により、ある数値以下の時は転倒していると判断した。また、横カメラで転倒を判断した際に、上カメラではロボットの胸部に貼ってある青色の布を認識すると、ロボットが仰向けに転倒したと判断し、そうでない場合はうつ伏せに転倒したと判断出来るようにした。

3.2.2 ロボット班

KHR-3HV ver2 を元に設定した4つの課題を解決する活動を行った。このロボットは、キットによる拡張で再生可能なモーションの幅が増やすことができ、センサを搭載し使用することも出来るため、プロジェクトの目標達成には十分な性能があると考えこのロボットを採用した。モーション作成する際には、目標コースを観察し行った。カーペットでは、ジャイロセンサを搭載し、ロボットが傾きを検知して姿勢制御を行うように制御し、カーペット上での歩行を可能にした。階段では、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った。しかし、作成するにあたって勢いがある降り方をすると足への負担が大きくなり、故障に繋がってしまう。安全に降りるためには、出力がさらに強いモータが必要であることが明らかになった。点字ブロック上では、ロボットにうさぎ跳びモーションを使用することで歩行を可能にした。大学外の傾斜角の異なる路面では、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、傾斜と足首の傾きを同じ角度に変えた歩くモーションを16通り作成することで歩行を可能とした。AI班との連携では、Raspberry Pi 3 とバッテリーモジュールを搭載するために、ロボットの頭部に部品を作成し搭載した。しかし、実際に動かす際に重さの関係で確実に起き上がることが困難であることや、前述した姿勢制御がうまく作動しないという問題が発生したため、実用化は断念した。

4 今後の展望

今後の課題として、より出力の高いサーボモータや、より高性能で耐久性があるロボットを使用すること、または高性能なセンサとカメラを使用することが挙げられる。この課題が必要な点として三つの理由が存在す

る。一つめは階段を降りる際のサーボモータの出力が不足していたことである。より出力の高いサーボモータであればロボットが自身を腕力や脚力のみで持ち上げることができ、より安全な階段を降りるモーションの作成が可能になる。また、途中で転倒してしまっても破損が少なく、故障しにくいと考えられる。二つ目はロボットの完全な自立化を可能にすることである。目標である購買前からバス停までの距離を有線接続でロボットを行動させることはあらゆる道を進行させるという目標を達成できたとは言えない。プロジェクト活動において、Raspberry Pi3 を用いたロボットの遠隔操作を行うことは出来たがロボットが Raspberry Pi3 の重さに耐えられず、転倒することが多くなってしまったため実装には至っていない。より出力の高いサーボモータを用いることで Raspberry Pi3 を搭載した状態での歩行が可能になると考えられる。三つ目は位置情報の認識である。今回、ロボットは色認識を使用してロボットの位置とゴールの位置を認識しているが色認識はカメラの性能や周りの環境に大きく依存するため、想定している認識をすることが困難である。また、カメラの視野のみでは幅広い行動が出来ないため、他の高性能なセンサを使用し、色認識以外での位置情報を認識することが必要であると考えられる。以上の理由から、これらの課題の達成により様々な道を自律的に歩行できる人型ロボットの開発という本プロジェクトの目的の達成に繋がると考えられる。

参考文献

- [1] 北山直洋・北山洋幸. Java で始める OpenCV3 プログラミング. 株式会社カットシステム, 2016.
- [2] 露木誠・小田切篤. 15 時間でわかる Python 集中講座. 株式会社技術評論社, 2016.
- [3] 牧野浩二・西崎博光. Python による深層強化学習入門 Chainer と OpenAI Gym ではじめる強化学習. オーム社, 2018.
- [4] 北村愛美. Unity の教科書: Unity2018 完全対応版: 2D&3D スマートフォンゲーム入門講座: はじめてでも安心!. SB クリエイティブ, 2018.