

注意行動遷移ネットワーク ABC-Net に基づく ヒューマノイド 行動記述

Humanoid Behavior Description based on Attention-Based Conditional Network

吉田 成徳 (東京大学) 水内 郁夫 (東京大学)
吉海 智晃 (東京大学) 佐藤 大輔 (東京大学)
稲葉 雅幸 (東京大学) 井上 博允 (東京大学)

Shigenori YOSHIDA, The Univ. of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo
Ikuo MIZUUCHI, Tomoaki YOSHIKAI, Daisuke SATO,
Masayuki INABA, Hirochika INOUE, The University of Tokyo

State-Net describes whole-body behavior based on body-state. We propose the behavior description based on Attention-Based Conditional Network(ABC-Net), which has conditions of outside of body in addition to internal robot state, for example vision, and explain how we develop it.

Key Word: Attention, Behavior, ABC-Net, State-Net

1 はじめに

ロボットが環境適応行動を行うには、センサ情報に基づき環境を認識しながら、次に行うべき動作、行動を判断していかなければならない。だが、ロボットに多種多様な能力が実装され、構造の複雑化と共に自由度や搭載されるセンサの数が増えるに従って、状態空間が膨大になり、全ての情報を用いて行動を記述するのが困難となってくる。本稿では必要な情報のみに着目することで、状態空間の大きさに依存しない簡易な行動記述を図る。

行動を記述する方法として、感覚・動作・監視ユニットの組をノードとしてネットワークを構成し、センサに基づいて判断できる機能を持つステートネット [1] があった。ステートネットのノードは、関節角度と姿勢センサといった身体状態に基づいて構成され、様々なセンサを用いて外部情報を利用する行動には不向きであった。また、各ノードは関節角度を用いて表現されているため、静止状態のみの表現となっており、動く対象を見続けるというような状態は表現できなかった。

本稿では、身体外部に対する注意情報に関する条件記述を導入し、その着目情報 (Attention) と状態 (Condition) によって記述されるノードから成るネットワーク (Attention-Based Conditional State Network, 以下 ABC-Net) [2] により行動を記述する方法を述べる。

また、いくつかの ABC-Net によって記述された行動群を大きな一つの行動として新たに再構築する手法についても述べ、これからの展開として、学習機構を持ったネットワークへの拡張について述べる。

2 ABC-Net の構成

ABC-Net は動作の切り替え店となる複数のノードと、ノードを遷移する動作を表すアークによって構成される。

2.1 ノードの記述

多種多様なセンサ情報の中から必要な情報だけに着目し、その状態によって記述可能なように各ノードを作っておくことによって、センサ情報を利用した環境適応行動の状態遷移ネットワークを簡易に表現できる。ノードを構成する上で必要となるのは、着目するセンサ (Attention) とその状態 (Condition) である。各ノードは Attention と Condition に基づき、ロボットの状態がこのノードにいるかどうかの判定を行うことができる (Fig.1)。

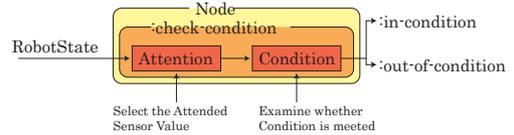


Fig. 1: Node-Check method

2.2 ABC-Net の構造化

ABC-Net の場合、ノードが Attention と Condition によって記述されているため、静止状態以外の状態もノードとすることができる。そのため以下のようなモジュールが必要となる。

Planner 状態遷移ネットワークにおいてゴールまでの最適経路を探索する。

Executor Planner によって得られた経路にあたる動作を実行する。ただし、動作は Action-Changer によって中断させられるまで繰り返し実行する。バランス動作などが不安定な姿勢で中断させられるのを防ぐため、任意で 1 周期分の動作にはロックをかけて Action-Changer の割り込みを阻止することが可能にしてある。

Node-Checker 常に現在の状態を監視し、どのノードにいるかを判断する。このスレッドは Executor とは独立の別スレッドで走っている。

Action-Changer ノード間を結ぶアークの動作を実行中に他のノードに入った場合、実行中の動作を中断する。もし、現在のノードがアークの目的地であった場合は、次の動作に移行し、違う場合は Planner に戻す。このモジュールは Executor や Node-Checker とは独立の別スレッドで走っている。

ABC-Net の各モジュールの動作する様子を Fig.2 に示す。

3 ABC-Net の組み合わせ・追加による拡張

規模の大きなネットワークを作る際、その一部に既存の行動ネットワークを再利用したり組み合わせたりすることで、全てを新規に作成するよりも時間や手間を軽減できることが期待できる。だが、単純に組み合わせただけではノード条件が重複するなどの問題を孕む。ここでは既存の

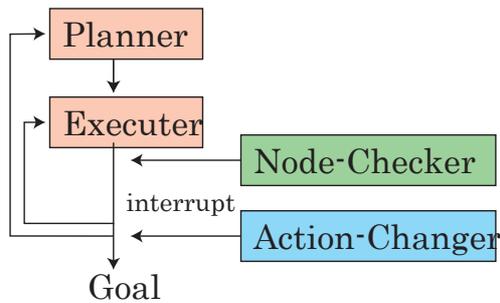


Fig. 2: Modules of ABC-Net

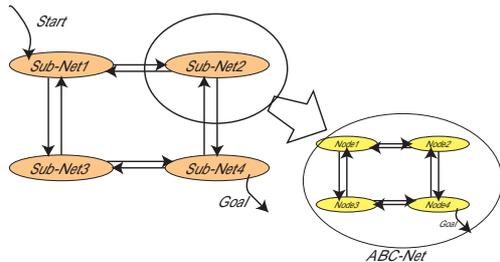


Fig. 3: Structure of Large Behavior Network

行動ネットワークをサブネットとして再利用する手法を提案する。

3.1 既存の行動ネットワークを用いたサブネット

サブネットとして利用する行動ネットワークとして ABC-Net を利用する。ただし、そのサブネット内でゴールノードを設定しておき、あらかじめ想定していないような状態になった場合は:exception を返してそのネットワークを終了するようにする。

3.2 サブネットを組み合わせた大規模行動ネットワーク

前項のサブネットをノードとし、それらをアークによってつなぐことで大規模行動ネットワークを構築する (Fig.3)。サブネットによるノードには ABC-Net と同様の Attention と Condition を設定し、それによって現在いるサブネットノードを決定する。Planner によって目的の状態までのノードのたどり方 (以下パスと呼ぶ) を計画し、パスの途中のサブネットの行動を実行しながら目的を達成する。:exception が返って来た場合には現在ノードの特定からやり直す。サブネットとして様々な頻繁に扱う動作・行動を用意しておけば行動モジュールとして扱うことができる。

3.3 障害物を回避しての着席

大規模行動ネットワークを利用して障害物を回避して椅子に着席するという行動を Fig.4 のように記述した。Fig.4 の各ノードは ABC-Net によって記述され、それらをアークで結んである。各ノードは以下のようにになっている。蹴る行動のネットワークは [2] において構築したものを利用している。

- Neutral 他のどのノードにも当てはまらない状態。
- Avoid 障害物がある場合、それを避ける行動が記述されている。障害物は視覚の色抽出により行う。
- Kick 障害物(ボール)があった場合、それを蹴ることによって取り除く行動が記述されている。Avoid と同じく障害物は色情報に基づき判別している。
- Go-Chair 障害物がない場合、椅子に向かって進む行動が記述されている。椅子は色により判別している。
- Sit 椅子の前にいるとき、体を反転させ、椅子に着席する行動が記述されている。

この行動ネットワークをゲーム用高速力学パッケージを利用した高速シミュレーション環境 FAST[3] を用いて適用した。Fig.5 では、何も見えない状態 (Neutral) から椅子を探し、その方向に向かって歩いている (Go-Chair) 間に障害物が見つかり、障害物を蹴って排除し (Kick)、再び椅子

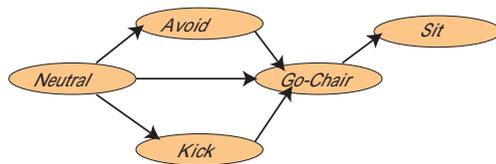


Fig. 4: Sit-Down Behavior Network with Avoiding the Obstacle

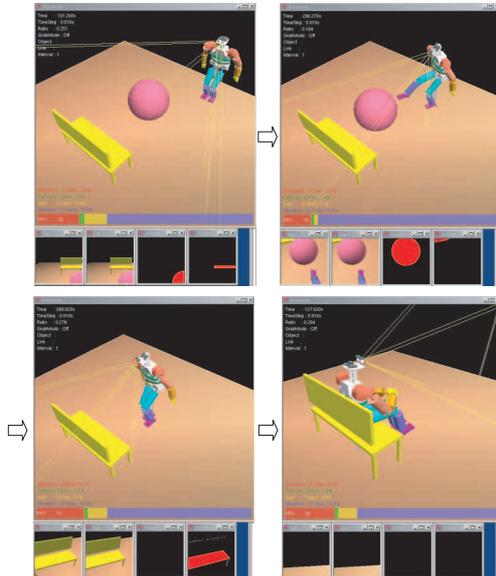


Fig. 5: Sit-Down Behavior by Avoiding the Obstacle

に向かって歩き、椅子の前まで来て (Go-Chair)、椅子に座る (Sit) という行動が実行されている。

4 学習機能を持った行動ネットワーク

人間の場合、行動は経験によって改善されていくものである。行動の目的を達成する方法が数種類ある場合、どういった方法を選択するかは経験に基づくところが大きい。これは、本稿で提案した行動ネットワークの場合、アークにコストを設定し、そのコストを学習していくことに相当すると考えられる。また、現在の状態が複数のノードに合致する場合、どのノードにいるかを決定するような優先度も学習によって獲得すべきである。手法としては強化学習のように目的を達成すれば報酬を与えるような形を考えて、現在進行中である。

5 おわりに

本稿では、身体外部の情報を利用して、状態空間の大きさによらず行動を記述する手法として、着目するセンサとその状態で記述されるノードによって構成される状態遷移行動ネットワーク ABC-Net とその展開について述べた。今後の課題としては、前節で挙げたものの他にノード・アークの自動生成、文脈による判断などが挙げられる。

参考文献

- [1] 金広文男, 稲葉雅幸, 井上博允. ステートネットを用いたヒューマノイドの行動実現. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集, pp. 2A1-N6, 2001.
- [2] 吉田成徳, 水内郁夫, 吉海智晃, 佐藤大輔, 稲葉雅幸, 井上博允. 着目する感覚とその状態で記述されるノードから成る状態遷移行動ネットワーク. 第 20 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, p. 3B24, 10 2002.
- [3] 金広文男, 稲葉雅幸, 井上博允. ゲーム用高速力学演算パッケージを用いたロボットボディの仮想化. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集, pp. 2P2-H3, 2001.