

注意機構にもとづくロボットの自律的な行動選択手法の提案

向井 淳 今井 倫太
Jun Mukai Michita Imai

*1 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Faculty of Science and Technology, Keio University

1. 導入

近年のロボット技術の発展から人型ロボットが人間とコミュニケーションを取る能力が注目されている。しかしながら、人-ロボット間のコミュニケーションを実現するには、まだ多くの問題が残されている。本研究では、人-ロボット間コミュニケーションのためのロボットの行動設計の問題を取り扱う。

現在でも人と対話を行うコミュニケーションロボットは多数開発されている [6] [4]。しかし、こうしたロボットの行動は、基本的な行動とその間の遷移規則をすべて記述することで設計される。このため、ロボットの行動はあらかじめ設計者によって完全に決定される。ところが、人間はそのようなロボットの反応を容易に記憶し、推測できてしまうため、コミュニケーションが成立しなくなってしまう。一方、QRIO [5] や Kismet [2] では行動ベース [1] のアプローチが取られており、ロボットは周囲の環境に対して柔軟に対応できる。しかしながら、ロボットの反応は固定的なままである。コミュニケーションを実現するためには、人間がある働きかけをしたときにロボットがどのような反応を返すか完全には予想できない方が望ましい。したがって、ロボットの反応には多様性を持たせる必要がある。

そこで本研究では、ロボットが周囲環境の情報から自律的に「注意点」を生成・変化させ、情報を選別するというアプローチを取る。また、この「注意点」の生成・変化のための属性変換モデルを提案する。注意点を自律的に生成するため、ロボットが今、何に注目しているかはその時にしかわからない。そして、その注意点に応じてロボットが表出する行動を変化させることにより、ロボットの行動に多様性を与える。本研究においても、設計上は行動ルールを記述する必要がある点は変わらない。しかし、注意点と組み合わせることによって、シンプルなルールからでも多様な行動が実現される。

2. 注意機構

本研究で提案する属性変換モデルでは、ロボットは周囲の物体を属性（大きさや色など）と値の対の集合として認識し、ある属性を介して注意を向ける対象を変化させる。具体的には、たとえば色の異なる、同じような大きさの2つの物体があるとする。最初は色にもとづいて判断を下すため、一方の物体に注意を向けている。しかし、時間の経過とともに、大きさにもとづいて判断を下すようになる。このときに両方の物体に注意を向けることにあり、さらに時間の経過によって色にもとづ

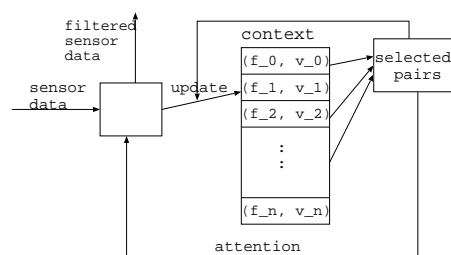


図 1: attention mechanism

いて注意を決定するときには、別の物体に注意が向いている、ということを実現する。

注意機構の基本的な構成を図 1 に示す。入力されたセンサーデータは、現在の注意にもとづいて判断をされ、注意を向ける対象のデータがロボットのほかの部分に送られる。

注意を生成するための主要な機構がコンテキストである。コンテキストから注意が構成され、その注意にもとづいて得られたセンサーデータからコンテキストが更新される。コンテキストは、実際には属性と値のペアの集合で表現される。コンテキスト長は有限であるため、古い情報はいずれ削除され、注意の切替が実現される。以下ではその手順を説明する。

まず、コンテキストから注意を生成する手法を説明する。最初にコンテキストから n 個のペアを無作為に選択する。選択されたコンテキストの部分集合を s とよぶ。そして s からさらに属性ごとにまとめる。ある属性のペアが 1 つだけならその値の近傍値を、2 つ以上あるならその最大値と最小値の間を注意を向ける値の範囲とする。そしてある物体について、すべての属性がこの範囲内に収まっている場合にその物体に注意を向けると判断する。

また、コンテキストの更新の方法は次の通りである。注意を向ける物体があるとき、そのうち 1 つの属性を選択し、そのペアをコンテキストに追加する。実際にはコンテキストは有限長なので、1 つ追加するごとにランダムで 1 つのペアを選択し、削除することで、時間の経過とともに注意対象の変化を実現する。このとき、選択する属性は次のように決定する。まず、基本的にはコンテキスト中に多く含まれる属性を選択することで注意を安定化させるという方針を取る。しかし、同じ属性だけになってしまうと変化が全く起きなくなってしまうので、何らかのタイミングで異なる属性を選択する方が望ましい。そこで、注意を生成する際に用いた s に最も多く出現した属性を選択することにする。ただし、 s が 1 つの属性のみで構成されたときには、同じ属性が増えすぎていると判断し、ランダムに属性を選択する。

以上のように、観測と判断の繰り返しによってコンテキストを動的に維持する。コンテキストが時間的に少しずつ書き変わっていくため、注意点は時間的に変化することになる。

3. 強制的なコンテキストの書き換え

全節では注意点の生成と変化について説明した。しかし、対話の状況によっては、ロボットの行動がトップダウンに決定される場合というの也被えられる。たとえば、人間が物体を提示しながら「これを見よ」と命令すると、ロボットはそれを注視するという場合などである。

本研究では強制的なコンテキストの書き換え機構を実装することでこのような状況に対処する。人間が命令すると、ロボットは自分のコンテキストをその命令に従って完全に書き換える。たとえば先述の例であれば、コンテキストの中身を、その物体の属性情報で完全に上書きすることで実現される。

4. 実験

実験にはヒューマノイドロボット Robovie [3] を用いた。実験風景を図 2 に示す。この実験では、人間と Robovie、そして 2 つのブロックが存在する (大きさは同じだが、色が異なっている)。人間が「どちらが好き？」と質問すると、Robovie は現在注目しているブロックを指差しながら「これ面白い」と発話する。また、「これを見よ」と命令することで、一方のブロックの属性情報でコンテキストを書き換えることができる。ここで、コンテキスト長は 8、注意を構成する際に取り出すペアの数を 3 とした。

最初に人間が質問をしたとき、ロボットは赤いブロックの方に注意を向けているため、そちらを指した (1)。それから、人間が青いブロックの方に注意を向けるよう指示すると、ロボットは青いブロックの方に注意を切り替えた (2)。しかし、時間の経過によってふたたび属性変換が起き、再度人間が質問すると、ロボットはふたたび赤いブロックを指した (3)。このときのロボットの注意の遷移を図 3 に示す。この図で、横軸は時間、縦軸は物体の色情報である。したがって、上の方にプロットされている時は赤いブロックに注意を向けており、下の方にプロットされている時は青いブロックに注意を向けていることを意味する。また、1 は最初の人間の質問、2 は人間の命令、3 は二度目の人間の質問のタイミングを意味する。

この図からわかるように、ロボットは最初は青いブロックに注意を向けている。しかし、時間の経過にともなって注意を向ける対象が切り替わっている。ここで人間の質問が発生しているため、ロボットは赤いブロックを指した。また、(2) では人間の命令に従って注意が青いブロックに切り替わっている。しかし、注意の時間的な変化を抑制していないので、時間の経過



図 2: Example of Human-Robot Communication

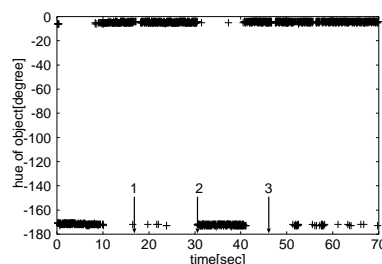


図 3: Transition of attention shown by Robovie

によってロボットはふたたび注意が切り替わり、(3) で人間が質問したときには赤いブロックに注意を向けている。

以上のように、ロボットは自律的に注意を生成し、時間の経過によって注意を向ける対象を切り替えることができた。

5. 結論

本研究では、ロボットに多様な行動を与えるためのモデルを提案した。このモデルでは、物体の属性情報に着目することで、周囲環境から自律的に注意を向ける対象を決定し、その対象にもとづいて行動を決定する。また、注意を向ける対象が時間の経過にしたがって切り替わることにより、ロボットの行動基準が変化し、多様な行動が生成されることとなった。また、ごく簡単な対話を実行することで、注意を向ける対象が自律的に切り替わることが確認された。

将来は、複数のロボット同士でコンテキストを交換することにより、より多様な対話や共同注意を可能にする仕組みを計画している。また、ロボットにより多くの対話規則を追加することで、より多様な行動が生成されるようにし、本システムの有効性を検証する予定である。

参考文献

- [1] R. C. Arkin. *Behavior-Based Robotics*. MIT Press, 1998.
- [2] C. Breazeal and B. Scasselatti. How to build robots that make friends and influence people. In *Proc. of IROS99*, 1999.
- [3] T. Kanda, H. Ishiguro, M. Imai, and T. Ono. Development and evaluation of interactive humanoid robots. *Proceedings of the IEEE*, 92(11):1839–1850, 2004.
- [4] NEC. PaPeRo. NEC Personal Robot Center, <http://www.incx.nec.co.jp/robot/>.
- [5] T. Sawada, T. Takagi, and M. Fujita. Behavior selection and motion modulation in emotionally grounded architecture for QRIO SDR-4X II. In *Proc. of IROS 2004*, pp. 2514–2519, 10 2004.
- [6] 今井. ヒューマノイド v: 日常活動型ロボット「ロボビー」の開発. *画像電子学会誌*, 30(6):739–744, 2001.