

自律エージェント間の協調行動を獲得する非モジュール型機構の研究

日大生産工（学部） ○山保 太力
日大生産工 松田 聖

1. はじめに

近年、人間とのインタラクション（相互作用）に重きを置いたロボットの開発が進められている。ロボット自身が判断し、変動する環境にも適応できる自律性を有しながら、音声や顔の認識といった種々のセンサを用いて人間とコミュニケーションを図ろうとしている。

いかに”人間らしい”動きをロボットにさせるか、というアプローチがあれば、いかに人間を喜ばせるか、エンターテインメント性を有したロボットを実現するか、というアプローチがあっても良い。私は、ロボットが有すべきエンターテインメント性の1つに音楽への感受性を挙げたい。

人間は、メロディに身を任せ、身体を揺らしたり、手拍子をしたりする。無意識的であれ意識的であれ、リズムを感じ取り、それに反応していることに他ならない。ライブ会場でのオーディエンスの様子は、人それぞれである。

本研究の目的は、ユーザの与えるリズム入力とエージェント間の相互作用によって内部機構を進化的に変化させ、設計者が指示することなく、自律的な協調行動を得ることである。

2. エージェントの設計

今回、エージェントは3体用意し、各エージェントは、ユーザの入力するリズムおよび他のエージェントの選択した行動を認識できる。内部にそれぞれ初期値の異なる行動選択機構を持ち、それに基づいて自律的に判断し行動を決定する。エージェント間の行動認識の流れを図1に示す。

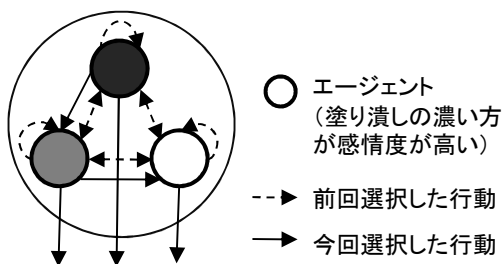


図1. エージェント間の行動認識

各エージェントは、感情度という可変のパラメータをそれぞれに持つ。これは5段階に分かれ、その段階によって後述の素因選択にも変化が生じる。感情度は、直前の自身

と他の2体のエージェントの行動に一致が見られたときに上昇し、高くなるほど他のエージェントの影響を受けやすいという性質を持つ。感情度が高い順にエージェントの行動は決定され、選択された行動は次のエージェントにも伝わる。3体とも行動が決定すると、次のステップに移る。

3. 非モジュール型機構

3.1. 非モジュール型

モジュール化とは、機能を他の影響の及ばないところまで細分化することであり、モジュール化された各機能は他に依存せず、影響を受けない。しかし、人間は高次になるほどモジュールの性質が失われていくと言われており、変動する環境に対応するためには、人間のように「一つのことを行うにも多くのやり方を持っている」必要があると考える。また、創発とは、内部や自身と環境との相互作用により、全体として当初想定し得ない振る舞いが現れることであるが、創発的な振る舞いを得ようとするならば、非モジュール型となるようなモデル設計をし、ネットワークが逐次更新されるような手法を用いるべきであるとも考える。

3.2. エージェントの行動選択機構

行動選択機構には、首 (A)、右手 (B)、左手 (C)、右足 (D)、左足 (E) を動かすという5つの行動パターンを定義した素因を存在させる。Aを必ず選択し、残りのB, C, D, Eから0~4の任意個選択する組合せは16通りあり、これはB, C, D, Eについても同様で素因は計80通りとなり、エージェントはこの中から必ず1つの素因を選択する。重複を含むため、AB・BAのように同じ行動パターンを意味する素因が機構内に存在することになるが、この場合、どちらの素因が選択されても首および右手を動かすという行動を取る。

各素因には、それぞれ「対応する感情度」、「初期濃度」、「同根値」、「リンク先」の4つの要素を持たせる。このうち、濃度とリンク先はシミュレーション中に動的に変更される。また、各素因は上下左右に並ぶようにグリッド状に仮想的に配置する。

濃度は様々な誘因によって刺激・抑制され変移し、素因の選択のされやすさに対応する。初期値はランダムである。

Non-Modular System for Acquiring Cooperative Behavior by Autonomous Agents

Motoyoshi YAMAHO, Satoshi MATSUDA

同根値は、同一の行動パターンを示す素因をまとめるために用いる。リンク先は、他の素因への一方通行のリンクとして張られ、自身の濃度が変化したときに辿られる。仮に $AB \rightarrow BC$ というリンクが張られたとき、逆の $BC \rightarrow AB$ という流れは成立しない。ある素因の濃度が変化したとき、その上下左右の素因の濃度も影響を受けるだけでなく、そのリンク先の素因の濃度も変化するので、 AB と BA が同一の行動パターンを示している、それぞれのリンク先が異なれば、全体の濃度の変移も異なる。このようなリンクがシミュレーション中に動的に生成・変更され、各素因同士は相互に依存し合う。

このように相互に影響を及ぼし合う各素因のネットワークを非モジュール型機構として、本研究で用いる。

4. シミュレーション環境

ユーザのリズム入力に応じて、3体のエージェントがそれぞれに行動を返すシミュレーションを行い、種々の誘因による素因間の濃度変移とネットワークの動的な変更を通して、最終的に3体が同調するような動きを得ることを目指す。シミュレーションの流れを図2に示す。

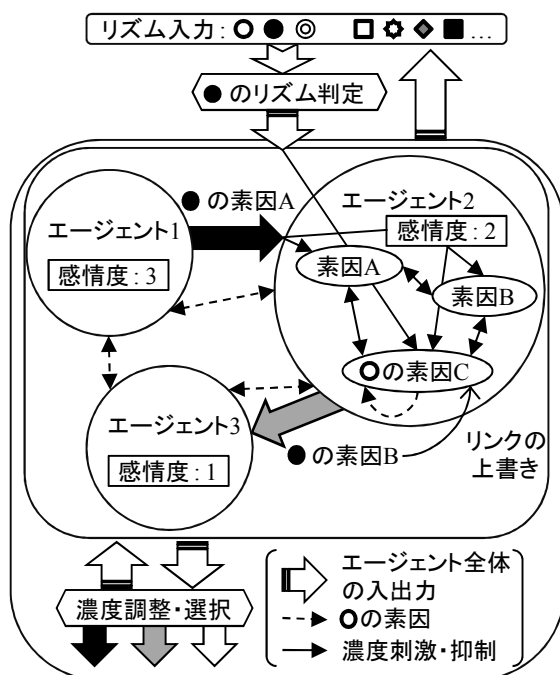


図2. シミュレーションの流れ

ユーザのリズム入力を端から順に見ていき、直前の入力と同一のリズムに属するか否かを入力の間隔によって判定する。例えば、入力●が○と同一のリズムだと判断されたとき、その結果は各エージェントに伝えられ共有される。行動決定は感情度の高いエージェントから順に行うため、その時点における感情度を毎回比較する。高低がない場合はランダムで順序を決定する。入力●の時点における感情度が2番目に高いのはエージェント2だと仮定し、その内

部機構を例に図2に沿って説明する。

まず、エージェント2は直前の入力○について素因Cを選択しており、先ほどのリズム判定結果により素因Cの濃度が刺激される。このとき、入力●が○と異なるリズムに属するという結果だった場合には素因Cの濃度は抑制される。次に、自身より感情度が高く、入力●に対する行動が先に素因Aと決定しているエージェント1の情報について、エージェント2は自身の感情度を加味して同じ素因Aの濃度を刺激または抑制する。また、現時点における感情度は2であり、感情度2とあらかじめ対応付けされている素因Bと素因Cの濃度を刺激する。エージェント1と3が前回の入力○について選択した素因と自身の選択した素因Cとの同根値が一致していれば、エージェント2の感情度は上昇する。なお、各濃度が刺激され高くなる際に、その素因の上下左右に配置されている素因の濃度も刺激し、また、リンク先があれば、辿った先の素因の濃度も刺激する。抑制の場合も同様に対応する各濃度を低下させる。その後、濃度の変移を安定なものにするために、シグモイド関数によって濃度調整を行い、エージェント2は80個の素因の中から1つを選択する。仮にここで素因Bが選択されたとき、直前に選択した素因Cには $C \rightarrow B$ というリンクを上書きし、自身より感情度の低いエージェント3に今回選択した素因がBであることを伝達する。

濃度調整は各エージェントが素因選択の前に毎回行い、直前の素因決定時における自身の各素因の濃度は継承される。なお、濃度の刺激・抑制の度合いは一律ではなくランダムである。入力●について、エージェント1・2・3全ての行動が決定すると、次の入力◎についても同様の流れを取る。これを入力■の終わりまで繰り返し、全リズム入力に対するエージェント3体全ての素因が決定した後、各エージェントはリズムに沿って行動を出力する。このシミュレーションを重ね、エージェント同士の動きを観察する。

「参考文献」

- [1] 石黒章夫, 近藤敏之, 渡邊裕司, 白井靖浩, 内川嘉樹, 免疫ネットワークに基づく自律移動ロボットの分散型行動調停機構の創発的構築に関する一手法, 電気学会論文誌C, 117巻7号, (1997), pp. 865-873
- [2] 鈴木宏昭, 認知の創発的性質—生成性, 冗長性, 局所相互作用, 開放性, 人工知能学会論文誌, 18巻4号a, (2003), pp. 1-9
- [3] 大内東, 川村秀憲, 山本雅人, マルチエージェントシステムの基礎と応用—複雑系工学の計算パラダイム, (2002), コロナ社
- [4] 浅田稔, 國吉康夫, ロボットインテリジェンス, (2006), 岩波書店