

重奏性免疫ネットワークを用いた 自律エージェント群の創発的行動および情動表現の獲得

日大生産工 (院) ○山保 太力
日大生産工 松田 聖

1. はじめに

エンターテインメント・ロボットとは、ユーザとのコミュニケーションの中で、環境の変化に柔軟に対応し、ユーザの好みや意図を想像し、学習や自身の内部機構の再評価などを通じて、自律的に創発的な振る舞いを実現できるロボットのことである。その中でも、創発は大きなウェイトを占めており、生み出すためには少なくとも「利用時の状況に応じて動的に構成され」「一つの知的行為を行うにもいくつもの処理経路が存在し」「局所的に相互作用しあう」といった条件を満たす必要があると指摘されている(鈴木, 2003)。山保ら(2009)は、全ての誘因が互いに影響し合い行動を決定するという仮説の下、独自の素因ネットワークを構築し、エージェントに適用した。シミュレーションにより協調行動は観察されたが、ネットワークが設計時の状態で固定されてしまうこと、エージェント数が3体のみであり、小集団の構成を再現するなど別の観点からの評価も必要であることなど、創発という点において柔軟さに欠けていた。そこで、本研究では、素因ネットワークの着想を得た免疫系の働きを工学的に応用した免疫ネットワークを拡張し、シミュレーション中に内部構造が動的に変化するメタダイナミクス機構を備えながら、エージェント群が自律的に創発的な協調行動を獲得することを目指す。さらに、コンサート会場をモデルとし、リズムに触れた各エージェントの振る舞いに情動表現を取り込むことも試みる。

2. 創発

単純な原理から思いもよらない複雑な振る舞いが観察されることを創発という。ユーザとコミュニケーションを行う上で、状況や環境に応じて柔軟に振る舞いを変える必要があるが、既存のアプローチでは、あらかじめ振る舞いを設定し、その選択の仕方をパラメータの調整や乱数で行うことが多かった。しかし、エンターテインメント性において最も大事なことは、ユーザに寄り添うことであり、学習したり、自身の振る舞いの幅を広げたりするためには、環境に依存した設計ではなく、創発的な内部機構をもっているべきだと考える。

創発的な振る舞いの1つに協調行動がある。協調行動とは、エージェント同士が同調動作をするなど、あるエージェントの振る舞いが他のエージェントにポジティブな影響を及ぼすことであり、個々のエージェントあるいはエージェント群全体で見たときに、同じ価値基準で物事を捉えていると思わせる行動をすることである。必ずしも協調する設計でないに関わらず、シミュレーションの経過に従ってこのような振る舞いが得られれば、創発的であると考えられる。

3. 情動

情動とは、感情の動きであり、環境から得た情報によって自身の内部に変化が生じることである。コミュニケーションの中で相手に共感し、その理由を理解して体現することが感情の表出であるが、人間のような感情をどのように表現するかといった研究はあまり進んでいない。そこで、本研究では、好みのリズムや他のエージェントとの同調動作により自身にプラスの情動が生じると仮定し、内部状態をエージェントの活性度と対応させることができれば、情動の表現およびユーザがどのように感情を理解しているのかを知る手掛かりになるのではないかと考える。

4. 免疫ネットワーク

Fig. 1 に免疫ネットワークとの対応を示す。

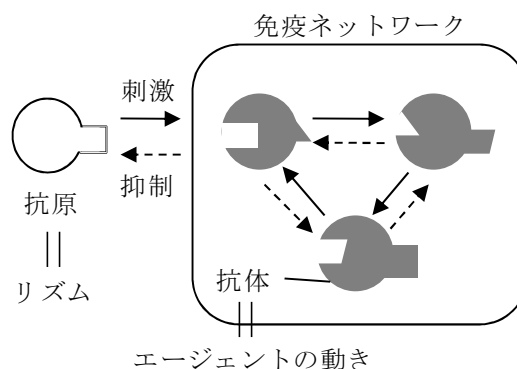


Fig. 1 免疫ネットワークとの対応

Multiplexing Immune Network for Acquiring Emergent Behaviors
and Emotional Expressions of Autonomous Agents

Motoyoshi YAMAHO, Satoshi MATSUDA

本研究で用いる機構は、Jeme の免疫ネットワーク仮説に基づき石黒ら (1997) が作成したものを採用し、拡張した。これは、外部から侵入した抗原に対し、身体内部の抗体が鍵と鍵穴の関係となって刺激・抑制することにより抗原の排除を行う免疫系について、抗体間においても同様の関係が生じている点に着目し、行動調停機構として免疫ネットワークを構築したものであり、Fig. 1 のように、抗原をリズム、抗体をエージェントの取り得る動きと対応させることで本モデルに適用した。さらに、本研究では、エージェントを複数用意し、群全体としての動きも観るため、各エージェントは別々にネットワークを持つ。また、エージェントそれぞれが活性度を有し、内部状態によって刺激・抑制の範囲も影響を受ける。Fig. 2 に内部状態の遷移を示す。

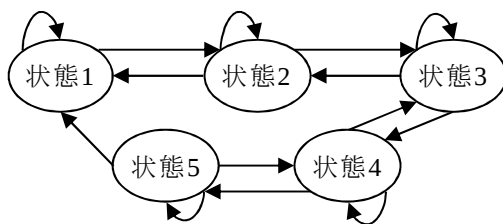


Fig. 2 内部状態の遷移

遷移の引き金は活性度の変化であり、自分好みの入力があったり、他のエージェントとの同調を認識したりすると自身の活性度が上昇し、ある範囲を超えると次の状態へと遷移する。一方で、活性度が下がった場合は直前の状態へと戻り、変化しても範囲内の場合は同じ状態を維持する。なお、初期の活性度にはばらつきを持たせる。内部状態により刺激・抑制される抗体が異なるため、ある状態のときはエージェントの動作は鈍く、別のときは活発になるなど、何か特徴的な動作が各内部状態で自然に定義されれば、遷移に伴いそれらが情動として表現されるのではないかと期待する。つまり、多くの抗原に触れ、シミュレーションを経ることでだんだんと盛り上がるであろうエージェントの様子が、ユーザにとってエージェントの感情として認識され得るのではないかと考える。

抗体は、それぞれが活性のための前提条件と選択されやすさに相当する濃度を持ち、他の抗体とのリンクも有する。条件部は抗体生成時から固定であるが、濃度は刺激・抑制による変異からシグモイド関数により毎ステップ調整される。リンクは、初期において対象となるネットワークの他の全ての抗体との接続を持つが、シミュレーション中に不要と判断されると適宜解消される。また、ネットワーク内には、条件部の異なる同一の行動を表す抗体や同じ鍵穴を持つ抗体の複数存在も許す。刺激・抑制の範囲が重複する冗長な設計を取り入れ重奏的な構造を実現することで、免疫による探索空間を狭める効果と、行動創発の流れをモ

ジュール化しない設計の両立を図った。

これらを総括すると、まず、抗原の入力により、各エージェントの現在の内部状態と対応した免疫ネットワークに情報が与えられる。そして、抗原の特徴や新規性、自身や他のエージェントの過去の動きなど、記述された条件との合致の有無や接続された抗体同士の関係により刺激・抑制が行われ、抗体濃度に変異する。調整後、抗原に対応するいずれかの抗体が自律的に選択され、エージェントの動きとなる。このとき、エージェント間においても、表出する内部状態の様子や選択した行動といった外的要因についての情報が交わされ、刺激・抑制の一要素となる。また、ネットワーク内部では、一連の抗体選択の度合いから生成・消滅（メタダイナミクス）が起こり、内部状態によっても異なるネットワークが対応するため、同一の抗原であっても選択される抗体、すなわちエージェントの動きは変化する。この生成・消滅により、ネットワークの多様性が維持され、未知の抗原に対する柔軟さも増すと考える。

5. 実験方法

舞台側からの視点に見立てた仮想的なコンサート会場を GUI 環境において構築し、上述の仕組みを備えた機構およびエージェント群によりシミュレーションを行う。エージェントの集団サイズは、認知や記憶を通して社会的集団として成立する上限数といわれる 150 体を最高とする。身体的要素として、上・右・左に屈伸ができるものとし、それらの組合せを行動とする。また、他のエージェントの部位や行動を認識でき、過去の情報（自他共に）についても一定量内部に記憶し随意に参照できるものとするが、個体により忘却に差を設ける。入力として画面上からユーザによる任意のリズムを与え抗原とし、複数の被験者によるエージェントとの対話を通じて観察および評価を行う。

「参考文献」

- [1] 有田隆也, 人工生命モデルによる構成的研究の方法論, 人工知能学会誌, Vol. 24, No. 2, (2009), pp. 253-259
- [2] 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, Vol. 117, No. 7, (1997), pp. 865-873
- [3] Gazzaniga, Michael S. (著), 柴田裕之 (訳), 人間らしさとはなにか?, インターシフト, (2010)
- [4] 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, Vol. 18, No. 4a, (2003), pp. 1-9
- [5] 山保太力, 松田聖, 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, 日本大学生産工学部第 42 回学術講演会数理情報部会講演概要, (2009), pp. 121-122