

アージ・システムに基づく自己充足モデルへの 適応的行動学習の導入*

名古屋工業大学[†]
飯星 貴文[†]

中京大学[‡]
加納 政芳[‡]

名古屋工業大学[§]
中村 剛士[§]

1 はじめに

近年、人との関わりを主としたロボットの研究が行われている。このようなロボットが実社会で人と共生していくことを考えると、ロボットには自身の活動を妨げるような問題を解決し、自己を維持していくことが求められる。これに対し安藤ら [1] は、他者の手助けによって自己充足性を満たす自律活動システムとして、感情の持つ野生合理性に着目したアージ・システム [2] を応用した、ロボットのための自己充足モデルを提案している。しかしながら、安藤らのモデルではロボットの意思決定は固定的であり、ユーザによっては手助けを引き出せず、ロボットの自己充足が行われない可能性があった。そこで本稿では、安藤らの自己充足モデルを拡張し、ユーザ入力に対して柔軟かつ適切な行動出力学習を行うモデルを提案する。

2 アージ・システム

アージ理論とは、従来の感情概念を拡張した感情理論の一つである。アージ理論では、感情を野生環境における「生き延び」システムであるとしている。このシステムが、学習・認知などを起動された感情固有の目的に沿って制御するというものである。

2.1 アージ

アージ・システムでは、従来の感情の概念をアージとムード（後述）に分割している。アージの例を示すと、「自分の宝物が他人に故意に壊された」ときなどに起こるアージは、「怒りアージ」である。このような一般的な感情概念のアージに加えて、「お腹が空いた」などの内的信号によるものも個別の心の働きによるものと捉え、「生理的アージ」が引き起こされるとしている。このように、一般的には感情の働きによるものとは考えられないような生理的機能も、心の働きによるものとして、いわば感情的に扱うのがアージ・システムの大きな特徴である。

2.2 ムード

ムードとは、それ自体が固有の目的をもつアージとは対照的に、それ自体の活動目的が存在しない心の働きのことである。例えば、「喜び」や「悲しみ」の感情はムードとなる。ムードは特定のアージを起動させやすくしたり、させにくくしたりするといった、アージ起動の活性・不活性を促す働きがある。

2.3 アージの働きの4相

アージ・システムには、起動相・意思決定相・行動相・事後評価相の4相があり、すべてのアージはこれらが段階的に順次処理されることで機能する。

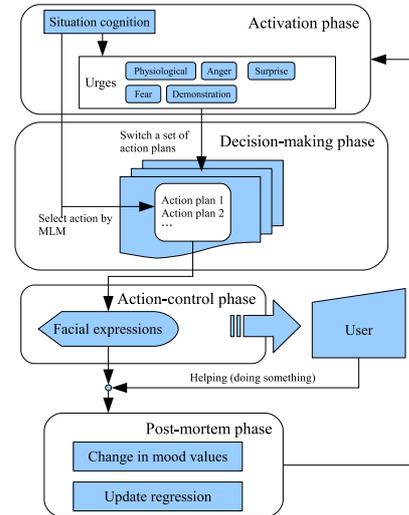


図 1: 提案モデルの概要

3 多項ロジットモデル

本稿ではロボットが観測可能な情報（状況認知情報）から、ロボットの行動を決定するためのモデルとして多項ロジットモデル (MLM) を用いることを考える。 N 次元状況認知情報 \mathbf{x} を元に M 種類の行動出力から1つの行動 $y_i (i = 1, \dots, M)$ を決定する。MLMにおいて、 i 番目の行動 y_i が実行される確率 $p_i(\mathbf{x})$ は、以下の式で表現される。

$$p_i(\mathbf{x}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \sum_{j=2}^M \exp(\boldsymbol{\alpha}_j^T \mathbf{x})} & i = 1 \\ \frac{\exp(\boldsymbol{\alpha}_i^T \mathbf{x})}{1 + \sum_{j=2}^M \exp(\boldsymbol{\alpha}_j^T \mathbf{x})} & i \geq 2 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $\boldsymbol{\alpha}_i = (\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{iM})^T$ はパラメータであり、最小平均二乗アルゴリズムを用いると、パラメータの更新式は以下の式で表される [3]。

$$\boldsymbol{\alpha}_k \leftarrow \boldsymbol{\alpha}_k + \beta(d_k - p_k(\mathbf{x}))\mathbf{x} \quad (2)$$

ただし、 β は学習係数であり、 d_k はユーザの手助けの失敗・成功を示す教師信号である ($d_k \in \{0, 1\}$)。

4 MLM 意思決定による自己充足モデル

図1に提案モデルの概要を示す。本モデルでは、アージの働きの4相に基づいて、段階順次処理を進める。起動相では環境からの情報 \mathbf{x} を認知し、状況に対処するアージを起動する。意思決定相では起動されたアージに対応する MLM を用いて確率的に行動プラン y_i を選択し、行動相では y_i に基づき具体的な行動を行う。事後評価相では終息したばかりのアージ活動が成功であったか、失敗であったか、また失敗の場合どこがいけなかったのかなどについて評価され、それ以後の同種のアージ活動の学習的修正を行う。

*Introduction of the adaptive action learning to Self-sufficiency Model Based on Urge System

[†]Takafumi Iihoshi
Nagoya Institute of Technology

[‡]Masayoshi Kanoh
Chukyo University

[§]Tsuyoshi Nakamura
Nagoya Institute of Technology

5 シミュレーション実験と考察

提案モデルを用いてユーザとインタラクションを行った際に、ロボットの行動プランがユーザの手助けに対し適応し、自己充足できるかを確認する。

実験に用いたアプリケーション(図2)は、ユーザがエージェントを手助けしながら制限時間内にゴールを目指すという人と機械の共生作業をイメージした一種のゲームとして構成されている。エージェントには3種類の身体負荷パラメータを設けており、ユーザはエージェントの表情からその状態を推測し、必要と感じたらエージェントに対し手助けを行う。

被験者は20名とし、エージェントがユーザの手助けに対して適応(学習)することを事前に伝えたグループ10名と、エージェントが学習することを伝えていないグループ10名の2グループ行った。エージェントがスタートからゴールするまでを1回の試行として計20回の試行を行い、被験者の受ける心理的影響を観察するため、5試行ごとにフェイススケール[5]を用いて被験者自身の主観ストレスを調査した。また、4セット終了時に20個の形容詞対についてSD法アンケート調査を行った。

図3に各試行ごとの手助け成功率を示す。同図より、提示ありグループについてはエージェントがユーザの手助けの傾向に適応し、エージェントの自己充足性が改善されていることが確認できる。一方、提示なしグループではエージェントの学習効果があまり見られない。しかし、提示なしグループにもエージェントの自己充足性の改善が見られるユーザも存在し、特に3名は20回目の試行における手助け成功率が60%を超えていた(図4)。

そこで、その3名と他の7名における心理的な差異を確認するため、SD法アンケートについて有意差検定を行った(図5)。図6にフェイススケールの結果を示す。図5、6から、手助け成功率の高い3名は、他の7名に比べエージェントとのインタラクションを「面白い」と感じていたためにエージェントの表情をよく観察し、手助けの成功率が高くなったと考える。そして、成功回数が増加に伴いエージェントが好意的な表情を表出することが多くなったためエージェントに対し「親しい」と感じていると考えられる。

6 おわりに

本稿ではアージュ・システムに基づく自己充足モデルにMLMによる認知・行動の学習を導入し、ユーザの入力に対して適応的に行動出力を行うモデルを提案した。そして、仮想空間上に構築したシミュレーション環境において本モデルを実装したエージェントの自己充足度の確認を行った。

参考文献

- [1] T. Ando, M. Kanoh, "A Self-sufficiency Model Using Urge System," IEEE World Congress on Computational Intelligence, in DVD-ROM, 2010.
- [2] M. Toda, "Basic Structure of the Urge Operations, The Urge Theory of Emotion and Cognition," Chapter 2, SCCS Technical Report, 1994.
- [3] 長谷川修, 栗田多喜夫: 高次元特徴ベクトルの次元圧縮と重み付きK-最近傍法によるパターン認識, 情報処理学会論文誌, vol. 44, no. SIG9, pp. 75-85, 2003.
- [4] P. Ekman: 表情分析入門, 誠信書房, 1987.
- [5] C.D. Lorish and R. Maisiak, "The Face Scale: A Brief, Nonverbal Method for Assessing Patient Mood," Arthritis Rheum, vol. 29, pp. 906-909, 1986.



図 2: シミュレーション実験環境

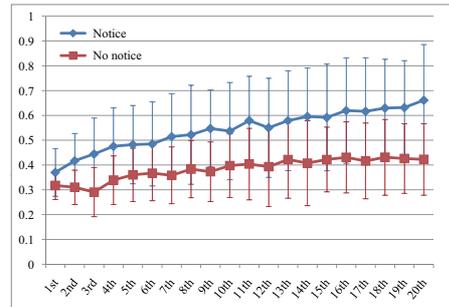


図 3: 各試行での手助けの成功率の推移

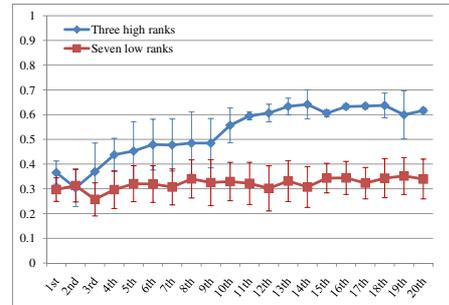


図 4: 提示なしグループにおける手助け成功率上位3名と下位7名の平均値の推移

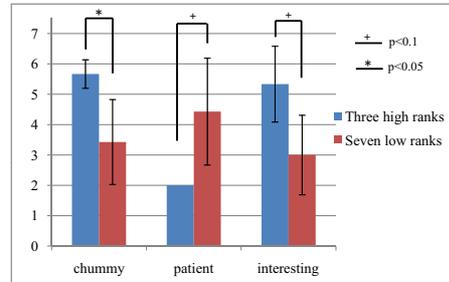


図 5: 有意差もしくは有意傾向 ($p < 0.1$) が認められたアンケート項目

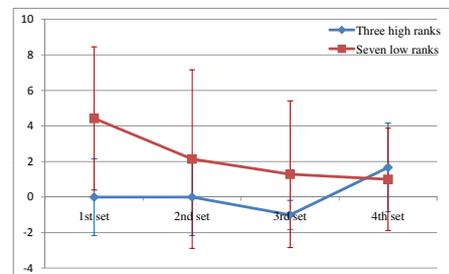


図 6: 提示なしのグループの上位3名と下位7名におけるフェイススケール値の差の推移。たとえば、1st setは、5施行後と1試行目前のフェイススケール値の差を表す。この値が、正の場合、前後において気分が悪化したことを表し、負の場合、改善したことを表す。