

グリア細胞の機能に着目した「良い気分」の長期持続過程を表現する脳細胞群の情報処理モデル構築の試み

Construction of the Neuron-Glia Model Providing an Explanation for How Positive Mood Lasts

近藤 将 (Masaru Kondo) 指導：松居 辰則

1 はじめに

音楽や映画の視聴をしたり、人の話を聞いたりしたときなど、日常の様々な場面で「良い気分」を感じることがある。この良い気分に該当する感情であるポジティブな気分が、脳のどのような情報処理で実現されているかについては、不明瞭な点が多い。また、気分を実現する脳の情報処理について考えると、ラットの前頭前皮質にアストロサイト特異的毒素を注入することでうつ様行動を示すことになるという知見 [1] があることから、健全な気分の情報処理を理解するためには、ニューロンだけでなくグリア細胞の一種であるアストロサイトのはたらきも含めて検討する必要がある。そこで本研究では、ポジティブな気分を実現するメカニズムの理解の深化ために、グリア細胞のはたらきも含めた情報処理モデルの構築を試みた。

2 アストロサイトのはたらきをモデル化した相互結合型ニューラルネットワークについて

アストロサイトのはたらきが脳の情報処理にどう関与するのか調べるために、記憶想起を表現するモデルとして相互結合型ニューラルネットワークによる連想記憶モデルに対してアストロサイトのはたらきをモデル化した。

アストロサイトモデルのはたらきは、Panatierの神経モデル [2] を参考に、(1)1ステップ前に活動したノードとの結合係数を増加させる、(2)特定のステップ数活動し続けた場合に、重み付き総和と閾値によって表される内部状態を増加させることとした。通常の連想記憶モデルとアストロサイトモデルを導入したモデルの想起過程を比べると、前者は記憶されたパターンを想起して収束するのに対して、後者は記憶パターンを想起した後に記憶されていない別のパターンへと遷移するという不安定な想起過程を読み取ることができた。しかし、そのようなシミュレーション上の想起過程の変化が、気分を実現する心的過程とどのように対応するか解釈が困難だったため、まずは気分の実現に必要な計算過程を選定することが課題として指摘された。

3 報酬予測誤差の履歴を扱う神経基盤

Eldarらは、知覚された報酬（主観的報酬）によって気分が変化し、気分によって主観的報酬にバイアスが生じるという仮定のもと、強化学習モデルに「気分」変数を組み

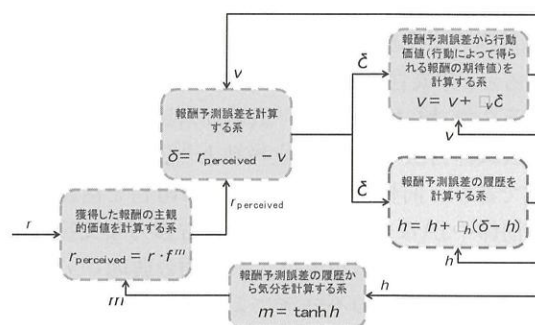


図1：Eldarの気分モデルの計算過程

込んだ計算モデルを用いて、報酬の伴う行動選課題を通して得られた行動データ（選択の系列）の説明、および行動と気分変化の個人間の差異を「気分の不安定性」の観点から説明している [3]。Eldarらの計算モデルでは、選択した行動によって得られる報酬の期待値と、実際にその行動によって獲得された（主観的）報酬との差を表す報酬予測誤差の履歴によって「気分」が決定される（図1）。この知見から本研究でも報酬予測誤差を入力として、その時間ごとの変化を保持する計算過程が気分の実現には必要であると仮定した。そして、従来の強化学習についてはその神経基盤が調べられているので、その解剖学的接続関係と計算モデルの入出力から報酬予測誤差履歴を計算する神経基盤の選定ができるという方針を提案した。

4 今後の課題

報酬予測誤差の履歴は直接観測できる事象ではないので、Eldarのモデルのように、行動選択などの観測できる事象との相互作用が記述できるように説明範囲を広げることが、提案するモデルの妥当性を検証する上で必要である。

参考文献

- [1] Banasr, M., Duman, R. S.: Glial loss in the prefrontal cortex is sufficient to induce depressive-like behaviors, *Biological Psychiatry*, vol. 64, no. 10, pp.-863-870 (2008)
- [2] Panatier, A., Robitaille, R.: Astrocytic mGluR5 and the tripartite synapse, *Neuroscience*, vol. 323, pp.-29-34 (2016)
- [3] Eldar, E., Niv, Y.: Interaction between emotional state and learning underlies mood instability, *Nature Communications*, vol. 6, article 6149 (2015)