

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：63905

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04200

研究課題名(和文) 自己の報酬価値に影響する他者の報酬情報表現の解読 視床下部外側野の役割

研究課題名(英文) Decoding others' reward signals affecting valuation of self rewards - a role of the primate lateral hypothalamus

研究代表者

則武 厚 (NORITAKE, Atsushi)

生理学研究所・システム脳科学研究領域・助教

研究者番号：80407684

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトを含む霊長類は社会的動物であるといわれるが、社会環境への適応学習はこれまで主に皮質内における神経活動を基に論じられてきた。そこで本研究では、他者の報酬情報が自己の報酬価値にどのように影響を与え期待行動に反映されるかについて、皮質下、特に視床下部外側野に着目し、その神経応答を調べた。生理学的・薬理学的実験を行った結果、この脳部位が他者の報酬情報を含む自己の主観的報酬情報を表現し、期待行動に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。これらの結果は、既存の学習理論を自己の報酬情報だけでなく他者の報酬情報をも加味したものへと拡張することを可能にし、我々の社会行動を考える上で重要な示唆を与える。

研究成果の概要(英文)：Primates, including human beings, are thought to be social animals in nature. Cortical neuron mechanisms of social learning and social adaptation have often been discussed, whereas subcortical neuron mechanisms remain unclear. This study investigated whether and how information of reward to others influenced anticipatory behavior for rewards to oneself and the neuronal representation in the primate lateral hypothalamus. Our physiological and pharmacological experiments have revealed that neurons in the lateral hypothalamus encoded signals of self-reward and other-reward values in an integrated manner (subjective value) and that their activity was profoundly involved in the anticipatory licking behavior for rewards. These findings may extend current learning theories based on self-reward information to those based on not only self-reward but also other-reward information and provide valuable insights into our social behavior.

研究分野：システム神経科学

キーワード：報酬 社会 視床下部外側野 自己および他者 霊長類 学習

### 1. 研究開始当初の背景

霊長類の環境への適応学習は、これまで主に一個体内で論じられてきた。そのため、他者が関わる社会環境における報酬情報処理の神経機構、特に皮質下での他者の報酬情報処理に焦点を当てた研究は非常に少なく、未だ不明な点が多かった。申請者はこれまでの研究により、皮質下における報酬情報処理の重要な部位の一つである視床下部外側野 (lateral hypothalamus, LH) が既存の学習理論では論じられてこなかった報酬情報の集積部位としての可能性を見出していた。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、他者の報酬情報が自己の報酬に関係する状況を作り、そのような状況における LH の神経応答や役割を調べた。そして LH が、自己のみならず、他者の報酬情報や自己と他者の報酬情報を統合し得る神経基盤としての可能性を検証した。

### 3. 研究の方法

サル二頭を使い自他の報酬確率を独立に操作した社会的条件づけ (図 1) を行い、LH において、他者の報酬情報が自己の報酬情報にどのように影響を与え、期待行動へと反映されるかを神経生理学的手法により検証した。

社会的条件づけでは、サル二頭が向い合せに座り、間にある画面中央に視覚刺激が呈示された。刺激によってもたらされる報酬確率はサル二頭で異なり、その報酬確率に従って各サルが報酬を得た。ここでは、記録したサルを自己、もう一頭のサルを他者とする。自己の報酬確率だけでなく他者の報酬確率も影響されるかを確認するため、2 つの異なる文脈が用いられた。Self-variable block と呼ばれる文脈では、どの刺激も他者の報酬確率は 20% で一定であったが、自己の報酬確率は 25%、50%、75%

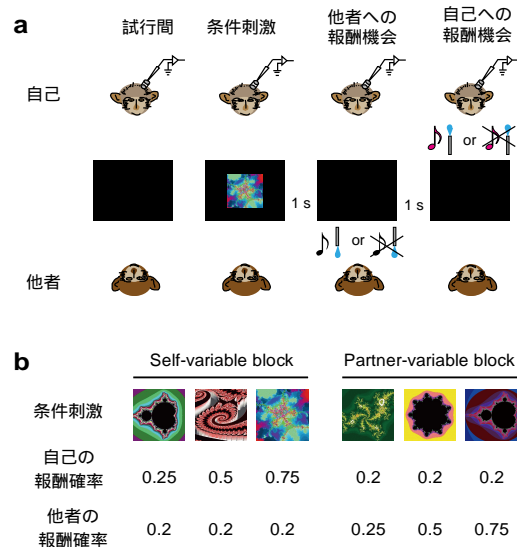


図 1. 社会的条件づけの 1 試行の流れ(a) と 2 つの文脈において使用された条件刺激および関連付けられた自己および他者の報酬確率 (b)。自己の報酬確率のみが変化する文脈は Self-variable block、他者の報酬確率のみが変化する文脈は Partner-variable block と名付けられた。

と変化した。また Partner-variable block と呼ばれる文脈では、自己の報酬確率は 20% で一定であったが、他者の報酬確率は 25%、50%、75% と変化した。2 つのブロックにおける総報酬量は二頭とも同じであった。これらのブロックを交互に実行し、LH の神経応答が自他の報酬確率によってどのように影響を受け、どのような情報処理を行っているかを確認した。1 試行においては、まず報酬が与えられる確率を示す条件刺激が呈示され、その報酬確率に従って、自己または他者のサルに報酬が与えられる、またはどちらのサルにも与えられないという結果が生じた。

この条件づけにおいて、特に以下の二点について検証した (図 2)。

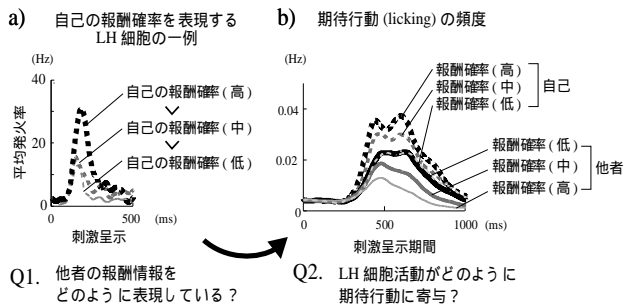


図 2. LH 応答の一例 (a) と自己と他者の報酬確率によって変化した期待行動の頻度 (b)。本研究では、自己の報酬情報を表現する LH 細胞が他者の報酬情報をどのように表現し、そして期待行動 (b) へ寄与するかについて解明することが目的であった。

Q1. LH が他者の報酬をどのように表現しているのか？ LH における他者の報酬情報表現に加え、これまで LH において明らかにされた自己の報酬情報が他者の報酬情報によってどのように影響を受け表現されているかを確認する。

Q2. 記録された LH の報酬情報がどのように期待行動に寄与するのか？ LH の細胞活動が実際に期待行動に寄与しているかを確認するため、薬理学的手法によりそれらの細胞を確定し LH 細胞活動の変化および行動の変化をみる。

#### 4. 研究成果

サル 2 頭の LH から単一神経細胞の細胞外活動を記録した結果、自己・他者の報酬確率を知らせる刺激呈示の直後に、自己の報酬情報を表現する細胞が多く発見された (図 3b 左図赤点)。そのうち 1/4 ほどの細胞群が他者の報酬情報をも含んだ自己の報酬情報、すなわち主観的価値を表現していることがわかった (図 3b 左図赤点+青丸)。しかし他者の報酬確率のみを表現している細胞はあまり認められなかった (図 3b 左図青点)。そして LH 全体では、主観的報酬情報を表現していることが明らかとなった (図

3b 左図の相関)。また刺激が消失する直前には、自己の報酬確率のみを表現している細胞だけではなく他者の報酬確率のみを表現している細胞、さらに主観的価値を表現している細胞が多く発見された (図 3b 右図)。これらの結果は LH が表現する自己・他者・主観的報酬の価値情報が異なる時間軸において表現されていることを示していた (Q1)。

また細胞外神経活動記録を行ったこれらのサル 2 頭に対し、可逆的に LH の細胞活動を不活性化させる薬理学的実験を行った。方法として GABAA 受容体の作動薬ムシモールを注入し、自己および他者の報酬確率に対するリッキング(舐め)行動 (図 2b) がどのように注入前後で変容するかを確認した。その結果、ムシモール注入前にはリッキング行動において自己の報酬確率が増加するほどその頻度は増加し、他者の報酬確率が増加するほどリッキングの頻度が減じるといった主観的価値を表現していた。しかし注入後は、リッキング頻度は注入前と同様、自己の報酬確率に高くなるにつれて増加したが、他者の報酬確率に対してはあまり変化しなかった。この結果から、LH が他者の報酬情報を含む自己の主観的報酬情報を処理し、期待行動に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった (Q2)。

以上の結果から、視床下部外側部が自己のみや他者のみの報酬情報に加えて、他者の報酬情報を含む自己の主観的報酬情報を表現し、期待行動に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。これらの結果は、既存の学習理論を自己の報酬情報だけではなく他者の報酬情報を考慮したものへと拡張し、我々の社会行動を考える上で重要な示唆を与え得る。

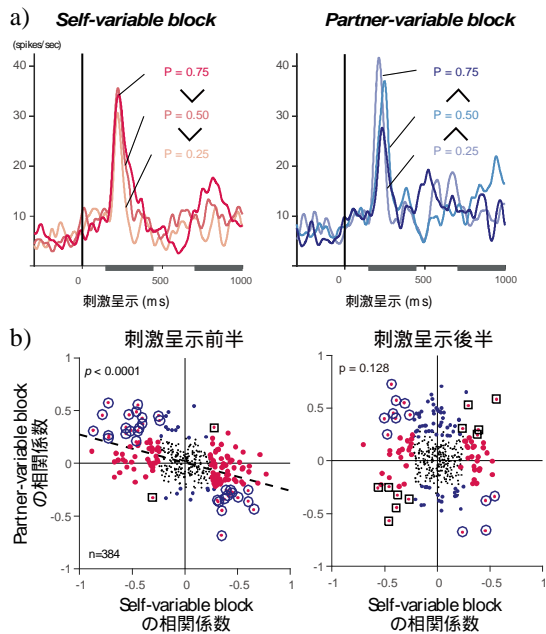


図3. a) 自己および他者の報酬確率を表現している LH の細胞の一例。自分の報酬確率が高まれば高まるほど、また他者の報酬確率が低くなればなるほど細胞の発火頻度が増加した。横軸の灰色の区間は、前半と後半の解析区間を示している。b). 時間軸によって表現される報酬情報が LH においては刺激呈示前半と後半で異なった。LH 細胞の発火頻度と自己の報酬確率との相関係数を横軸に、他者との相関係数を縦軸にとった図。左が刺激呈示前半、右が後半区間で解析した結果。各点が一つの LH 細胞を示している。記録された LH 細胞全体で刺激呈示前半では有意に負の相関を持つ(点線)ことから、LH は他者の報酬情報を加味した自己の報酬情報、すなわち主観的報酬情報を表現していることが示唆された。一方、刺激呈示後半ではそのような相関は認められず、自己と他者の報酬情報それぞれ別に表現されており、多様な報酬情報が認められた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. 則武 厚, 磯田 昌岐, 社会的階層と集団サイズ, 生体の科学, 査読無, vol. 66 (1), 2015,

pp 73-74. DOI

<https://doi.org/10.11477/mf.2425200107>

〔学会発表〕(計 7 件)

1. 2018.3.14, 則武 厚 第 3 回大脳基底核機能研究会 松風園(愛知県蒲郡市) 自己および他者の報酬情報の脳内表現 - サル中脳ドーパミン細胞の神経応答, 口頭, 招待講演
2. 2018.3.7, 則武 厚, 第 7 回新潟脳研-霊長研-生理研合同シンポジウム, 生理学研究所, サル大脳皮質・皮質下回路における自己および他者の報酬情報表現, 口頭
3. 2017.07.20, Noritake A, 第 40 回日本神経科学大会, 幕張メッセ, Multiple social reward signals in the macaque brain, 口頭
4. 2017.11.29. Noritake A, The 7th NIPS/CIN Joint Symposium, 生理学研究所, Neural networks for social reward valuation in the macaque brain, 口頭, 国際
5. 2016.11.12, Noritake A, Isoda M, SfN2016, San Diego Convention (San Diego, USA), Social reward signals in primate lateral hypothalamic neurons: comparison with prefrontal and midbrain dopamine neurons, ポスター, 国際
6. 2016.07.20, Noritake A, Isoda M, 第 39 回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, Activity of primate dopamine neurons is influenced by the prospect of others' reward, ポスター
7. 2015.10.20, Noritake A, Isoda M, SfN2015, Chicago Convention (Chicago, USA), Social reward valuation in primate midbrain dopamine cells, ポスター, 国際

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nips.ac.jp/research/group/post-48/>

[https://www.nips.ac.jp/dbd/dbd\\_ja/index.html](https://www.nips.ac.jp/dbd/dbd_ja/index.html)

6. 研究組織

(1)研究代表者

則武 厚 (NORITAKE Atsushi)

生理学研究所・システム脳科学研究領域・助教

研究者番号：80407684

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

( )