

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 2 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25290005

研究課題名(和文) 霊長類における本能的認知機構の解明

研究課題名(英文) Neural mechanisms of innate recognition in primates

研究代表者

西条 寿夫(Nishijo, Hisao)

富山大学・大学院医学薬学研究部(医学)・教授

研究者番号：00189284

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：顔およびヘビ画像等に対するサル膝状体外視覚系(上丘及び視床枕)ニューロンの応答を解析した結果、1) 応答潜時が大脳皮質より早いこと、2) これらの応答を多次元尺度法により解析した結果、顔の属性(顔の向き、性、個人の区別)やヘビ画像が早い潜時で識別されることなどが明らかになった。さらに、視床枕ニューロン応答のガンマオシレーション(30-80 Hz)を解析した結果、ガンマオシレーションの強度が、潜時200ms以内ではヘビ画像に対して、潜時300-500 msでは顔画像に対して増大することなどが明らかになった。以上から同領域ではbottom-up 性視覚情報処理が行なわれていることが推察された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated a role the extrageniculate visual system [superior colliculus (SC), pulvinar (PUL)] in innate recognition of faces and snakes in monkeys. The results indicated that SC and PUL neurons responded to snakes and faces faster than cortical neurons, and multidimensional scaling (MDS) analyses indicated that population activity of SC and PUL neurons discriminated snakes and facial attributes (identity, direction, sex, etc.) in early latencies less than 100 ms. Furthermore, gamma oscillations (30-80 Hz) of PUL neuronal activity were analyzed in the Early (0-200 ms after stimulus onset) and Late (300-500 ms after stimulus onset) phases. The results showed significant increases in mean strength of gamma oscillations in Early phase for snakes and Late phase for faces. These results suggest that innate recognition of snakes and faces is based on bottom-up processing in the SC and PUL.

研究分野：神経生理学

キーワード：上丘 視床枕 膝状体外視覚系 ヘビ 顔認知 霊長類 サル bottom-up

## 1. 研究開始当初の背景

網膜→上丘→視床枕→扁桃体(あるいは連合野)等からなる膝状体外視覚系(皮質下領域)は、網膜→外側膝状体→後頭葉からなる膝状体視覚系をバイパスする視覚経路として機能している。最近の fMRI を用いたヒトの神経心理学的研究や動物を用いた行動学的研究により、これら膝状体外視覚系は、解像度は低いけど速い情報処理に関与し、顔やへびなどの本能的認知(学習無しにできる、遺伝的に符号化された認知)に重要な役割を果たしていることが示唆されている。

一方、従来の膝状体外視覚系における神経生理学的な研究では、空間識別に焦点を当てていたため、視覚刺激として移動輝点、縞模様、および斑状図形など形状に乏しい刺激が用いられ、同視覚系が物体識別に関与している実験的な証拠に乏しかった。このようにヒトの神経心理学的研究や動物の行動学的研究と神経生理学的研究との間には大きな隔りがある。

そこでわれわれは、霊長類であるサルを用いて膝状体外視覚系の物体識別能に関する研究を進めてきた。まず、行動実験では、生後早期のサルの上丘をイボテン酸で破壊すると、社会行動が障害された。霊長類では、生後早期には膝状体視覚系が比較的未発達であるため、この実験結果は、生後早期から活動を開始している上丘を含む膝状体外視覚系が顔様刺激の検出機構として機能していることを示唆する。さらに、サル为天敵であるへびのモデルに対して、上丘破壊サルは回避行動をとらないことが判明し、上丘がへびの本能的認知にも関与することが示唆された(Maior et al., 2011, 2012)。ついで、われわれは、サル上丘および視床枕ニューロンの顔画像、顔に関連した刺激(顔の線画、目様パターン、顔様パターン)および単純図形に対する応答性を解析した(Nguyen et al., 2013, 2014)。その結果、視床枕ニューロンは、ニワトリのヒナやヒトの新生児が好む顔様パターンに比較的強く応答し、さらにこの顔様パターンに対する平均応答潜時が最も早いことが明らかになった。さらに上丘でも同様な刺激を用いて解析した結果、同様の結果が得られている。以上の結果は、霊長類においても膝状体外視覚系が本能的認知に関与していることを示唆する。

一方、興味深いことに、後頭葉が障害されると盲視が起こるが、膝状体外視覚系は盲視患者の残存視覚機能に関与していることが示唆されている。例えば、盲視患者は、顔の男女差や表情などかなり高度な視覚識別能力を有していることが報告されており、膝状体外視覚系が高度な視覚識別機能を有していることが示唆される。膝状体外視覚系は広範な大脳皮質からの下行性入力を受けるが、残存視覚機能が本能的認知機構によるものであれば少なくとも bottom-up 性情報処理によるものでなければならない。本研究では、

表情を含む顔刺激およびへび画像等に対する膝状体外視覚系ニューロンの応答を解析し、bottom-up 性の情報処理であることを明らかにする。さらに、これら視覚認知機構にガンマオシレーションが関与している可能性についても解析する。

## 2. 研究の目的

(1) 膝状体外視覚系ニューロンによる顔属性の識別機構

サルを用いて、上丘および視床枕ニューロンの様々な顔刺激に対する応答を記録する。これらニューロン集団の応答パターンを経時的に解析し、膝状体外視覚系が顔方向や男女差など顔属性の詳しい識別にも関与するのか、また関与する場合はそれが bottom-up あるいは top down 性のいずれの情報処理機構によるものか明らかにする。

(2) 膝状体外視覚系ニューロンのガンマオシレーションによる顔情報処理の神経機構

上丘や視床枕には、ガンマオシレーションに関与すると示唆されている高頻度発火性のパルプアルブミン陽性ニューロンが多く存在する。これらガンマオシレーションは、大脳皮質と皮質下領域との相互作用による視覚認知に重要な役割を果たしていることが示唆されている。本研究では、膝状体外視覚系におけるガンマオシレーションの役割を神経生理学的に明らかにする。

(3) 膝状体外視覚系ニューロンによる恐怖表情の情報処理機構

これまでの健常人および盲視患者を用いた fMRI による神経心理学的研究により、膝状体外視覚系が恐怖表情の bottom-up 性の情報処理(解像度は粗いが、素早い情報処理)に関係していることが示唆されている。この可能性を、サルを用いて神経生理学的に解析する。

(4) 膝状体外視覚系ニューロンによるへび画像の情報処理機構

膝状体外視覚系が、へび画像の本能的認知、すなわちへび画像の bottom-up 性の情報処理(解像度は粗いが、素早い情報処理)に関わるかどうかサルを用いて神経生理学的に明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 膝状体外視覚系ニューロンによる顔属性の識別機構

サルを用いて、上丘および視床枕ニューロンの5人のモデルからなる顔画像(図1)に対する応答を記録した。ついで、上記顔画像に反応するニューロン応答を集計し、多次元尺度法(MDS)を用いて、ニューロン集団としてどのような顔属性(例えば、個人差、男女差、顔方向、視線方向)を符号化しているか解析した。とくに膝状体外視覚系は上行性投

射を送るだけでなく、上位中枢からの下行性投射も同時に受けており、とくに下行性投射はより遅い潜時の応答に影響を与えていると考えられ、遅い潜時の応答はより複雑になると予想される。これら潜時による応答性の違いを解析するため、上記解析を、潜時 500 ms までの応答を 50 ms ずつ分割して解析した (1 エポック = 50 ms, 合計 10 エポック)。これにより、上記の顔属性情報が識別可能になる潜時を明らかにし、bottom-up 性の情報処理かあるいは下行性投射に基づく top down によるものか検討した。

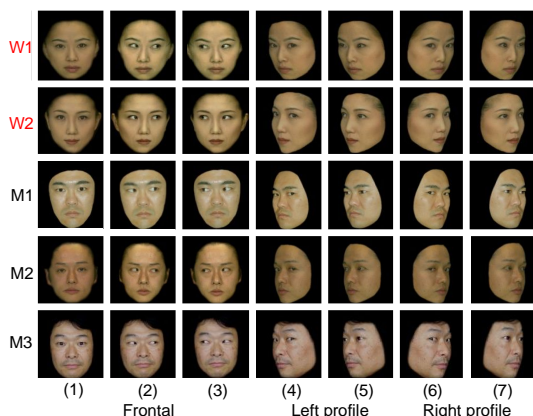


図 1. 本研究で用いた顔画像。W1, W2, 女性顔画像; M1-3, 男性顔画像。括弧内の数字は、顔方向と視線方向の組み合わせパターンを示す。

#### (2) 膝状体外視覚系ニューロンのガンマオシレーションによる顔情報処理の神経機構

ガンマオシレーションは、大脳皮質と皮質下領域との相互作用による視覚認知に重要な役割を果たしていることが示唆されている。本研究では、(1) で記録したニューロン活動を用いて自己相関解析によりガンマオシレーションを解析した。

自己相関解析は、ピン幅 1 ms で試行インターバルと刺激呈示期に分けて計算する。計算後は、各々のヒストグラムにガウスフィルタを掛ける(半値幅, 10 ms)。ついで、König (1994) と Engel et al. (1990) らの方法に基づき、自己相関ヒストグラムに対して下記の式による非線形フィッティングを行い、30 から 200 Hz までのガンマオシレーションを計算した。

$$f(t) = A \cdot \exp(-t/\sigma_1)^2 \cdot \cos(2\pi \nu(t)) + O + B \cdot \exp(-t/\sigma_2)^2$$

上記式において、右辺最初の項はガボール関数を、第二の項 (O) はオフセットを、第三の項は、自己相関ヒストグラム中央部において大きな振幅を有するガンマオシレーションを導入するためのガウス関数を示す。t は時間を示す。A,  $\sigma_1$ , および  $\nu$  はそれぞれ振幅、減衰定数、およびガボール関数の波形周波数を示す。B および  $\sigma_2$  はガウス関数の振幅と幅を示す。オシレーションの周波数は、上記式におけるガボール関数( $\nu$ )の波形周波数として求めることができる。

以上のようにしてガンマオシレーションを

求め、ガンマオシレーションと課題成績 (正答率) との関係解析することにより、視覚認知におけるガンマオシレーションの役割を検討した。

#### (3) 膝状体外視覚系ニューロンによる恐怖表情の情報処理機構

サルを用いて、膝状体外視覚系からニューロン活動を記録し、様々な恐怖表情 (ヒトの中性および恐怖表情、サルの中性および恐怖表情画像、単純図形) に対する応答性を明らかにする。さらに、ヒトおよびサルの画像に空間フィルタをかけた画像、およびそれらをスクランブル化したランダム画像に対するニューロンの応答性を解析し、膝状体外視覚系が解像度が低く素早い bottom-up 性の情報処理に関わるかどうか検討した。

#### (4) 膝状体外視覚系ニューロンによるヘビ画像の情報処理機構

膝状体外視覚系がヘビの bottom-up 性の情報処理 (解像度は粗いが、素早い情報処理) に関係していることが示唆される。本研究では、様々なヘビの画像、それらに空間フィルタをかけた画像、およびそれらをスクランブル化したランダム画像に対する上丘および視床枕ニューロンの応答性を解析し、膝状体外視覚系がヘビの bottom-up 性の情報処理に関わるかどうか検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 膝状体外視覚系ニューロンによる顔属性の識別機構

サルを用いて、5 人のモデルの顔画像に対する上丘及び視床枕ニューロンの応答を解析した結果、112 個の上丘ニューロン及び 68 個の視床枕ニューロンが、顔画像に有意に応答した。これらニューロンの応答を潜時 500ms まで 50ms ずつ 10 区間に分割して経時的に多次元尺度分析 (MDS) を行った。図 2 は、視床枕ニューロンの第 2 エポック (潜時 50-100 ms) における応答を MDS 解析し、各顔画像を 2 次元空間上に再現したものである。その結果、顔方向 (正面 vs. 側面) 男女差、および個人の違いにより、各画像が特定の空間領域に集積していた。これら顔属性毎の局在 (属性の識別) は、統計学的に有意であった (判別分析,  $p < 0.05$ )。尚、個人の違いによる顔画像の局在は、正面顔のみ有意であった。さらに、第 1 エポック (0-50 ms) の視床枕ニューロンの応答ならびに第 1 及び第 2 エポックの上丘ニューロンの応答についても同様に解析した結果、それぞれほぼ同様の結果が確認された。

これらの結果は、膝状体外視覚系では、複数の上丘及び視床枕ニューロンの集団的応答パターンにより、顔方向の識別、男女の識別、正面顔における各個人の識別が符号化されていることを示唆している。さらに、第 1-2 エポックの応答潜時が大脳皮質より早いこ

とから、上丘及び視床枕における上記顔情報処理は bottom-up による神経機構に基づく推察された。一方、これまで報告された大脳皮質（側頭皮質）のデータと本結果と比較した結果、大脳皮質では、1) 側面顔における個人の識別、及び 2) 側面顔の向き（右向きと左向き）の識別が可能であるが、膝状体外視覚系ではこれらの識別が不能であることが判明した。以上の結果から、膝状体外視覚系の顔情報処理は、処理速度は速いが、大脳皮質と比較してより精度の低い情報処理様式であることが示唆された。

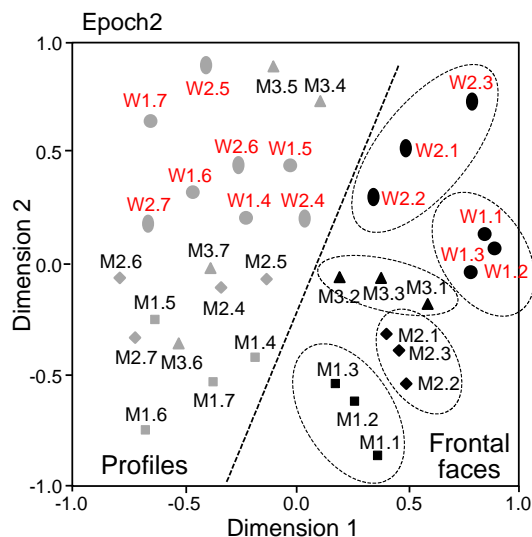


図2. 視床枕ニューロン応答のMDS解析による顔画像の再現。W1, W2, 女性顔画像; M1-3, 男性顔画像。楕円は同一個人の画像を示す。各顔画像を示す文字記号の小数点の右に示す数字は、顔方向と視線方向の組合わせを示している（図1を参照）。

## (2) 膝状体外視覚系ニューロンのガンマオシレーションによる顔情報処理の神経機構

ヒト顔画像呈示中のサル視床枕ニューロンの活動を記録し、視覚刺激応答および視覚刺激非応答ニューロンの刺激呈示前後1秒間におけるガンマオシレーション(30-80 Hz)を解析した。その結果、401個の視床枕ニューロンを解析し、約30%のニューロンがガンマオシレーションを呈することが明らかになった。さらに、ガンマオシレーションの強度およびガンマオシレーションを呈するニューロンの割合が課題正答率と正相関を示すことが明らかになった。同様にヒト顔画像呈示中のサル上丘ニューロンの活動を記録し、刺激呈示前後1秒間におけるガンマオシレーションを解析した。その結果、上丘ニューロン活動におけるガンマオシレーションの強度および周波数が課題正答率と正相関することが明らかになった。

一方、ヘビ画像、サルの顔画像、サルの手画像、及び単純図形に対するサル視床枕ニューロン応答のガンマオシレーションを検討した(Le et al., 2016)。115個の視床枕ニューロンが視覚刺激に応答し、全ての視覚刺激をテストできた91個のニューロン応答を解析した。その結果、ガンマオシレーションの強

度が、潜時200ms以内ではヘビ画像に対して、潜時300-500msでは顔画像に対して有意に増大することなどが明らかになった。

## (3) 膝状体外視覚系ニューロンによる恐怖表情の情報処理機構

サルに顔画像を呈示し、サルおよびヒトの中性および表情画像、ならびに単純図形に対する視床枕ニューロンの応答性を解析した。その結果、表情画像に対する平均応答潜時(約60ms)は、中性画像や単純図形に対する応答潜時より早く、また表情画像に対する応答強度は、中性画像や単純図形に対する応答強度より強いことが明らかになった。さらに、視床枕ニューロンはこれらの画像に大脳皮質よりも早い潜時で応答し、顔画像をスクランブル化したランダム画像および高空間周波数フィルターで処理した顔画像に対しては応答性が低下したが、低空間周波数フィルターをかけた顔画像には同様に応答することが判明した。

一方、サル上丘ニューロンに対して同様の解析を行い、表情画像に対する平均応答潜時(55ms)は、中性画像や単純図形に対する応答潜時より早く、また表情画像に対する応答強度は、単純図形に対する応答強度より強く、上丘は表情画像をbottom-up性に処理していることが明らかになった。これらのことから、膝状体外視覚系が、顔情報の解像度は低いが素早いbottom-up性の情報処理に関わることが示唆された。

## (4) 膝状体外視覚系ニューロンによるヘビ画像の情報処理機構

ヘビ画像に対する視床枕ニューロンの応答性

サル視床枕ニューロンのヘビ画像、サルの顔画像、サルの手画像、および単純図形の4種類の視覚刺激に対する視床枕ニューロンの応答性を解析した(Le et al., 2013)。その結果、視床枕より、745個のニューロンを記録し、そのうち91個が視覚刺激に応答した。これら視覚応答ニューロンに占める各ベストニューロンの割合を解析すると、ヘビ-ベストニューロンの割合が最も高く、ついで顔-ベストニューロン、手-ベストニューロン、および単純図形-ベストニューロンの順であった。また、各画像に対する平均応答強度を解析すると、ヘビ画像に対する平均応答強度が最も高く、ついで顔画像、手画像、および単純図形の順であった。一方、視床枕ニューロンの応答潜時を解析したところ、ヘビ画像に対する潜時が最も早く、ついでサルの表情画像、その他の画像の順で応答潜時が長くなることが判明した。

これら視床枕ニューロンに対して、スクランブル画像、低空間周波数フィルターをかけた画像(画像の低空間周波数成分)、および高空間周波数フィルターをかけた画像(画像の高空間周波数成分)をテストした結果、視



床枕ニューロンは低空間周波数成分には原画像とほぼ同様に応答したが、スクランブル画像および画像の高空間周波数成分には応答が減弱することが明らかになった。これらの結果は、視床枕ニューロンはヘビ画像の低空間周波数成分に反応していることを示している。

さらに 91 個の視床枕応答ニューロンを用いて、MDS 解析を行い、二次元空間に再現された刺激の配置を判別分析で解析した。その結果、1) 第 1 エポック (0-50 ms) において、ヘビ画像と非ヘビ画像が有意に識別される、2) 第 2 エポック (50-100 ms) において、ヘビ画像、手画像、及びその他の画像 (顔画像及び単純図形) が有意に識別されることが明らかになった。

#### ヘビ画像に対する上丘ニューロンの応答性

合計 282 個の上丘ニューロンを記録し、そのうち 103 個では受容野が上視野に、112 個は下視野に、67 個は中心視野に存在した。ついで、これら受容野にヘビ画像、サルの顔画像、サルの手画像、および単純図形の 4 種類の視覚刺激を呈示して上丘ニューロンの応答性を解析した。その結果、下視野及び中心視野応答ニューロンではヘビ-ベストニューロンの割合が有意に多く、上視野応答ニューロンでは、顔-ベストニューロンの割合が有意に多かった。これは自然界においてこれら視覚刺激の出現しやすい視野と一致している。一方、応答潜時は、いずれの視野応答ニューロンにおいても、ヘビ画像に対する応答潜時が最も早かった。さらに、中心視野応答ニューロンの応答を用いて MDS 解析を行った結果、0-25 ms の非常に短潜時の応答において、ヘビ画像が他画像から識別されることが明らかになった。

#### まとめ

以上を総合すると、サル視床枕ニューロンは霊長類の天敵であるヘビ画像に最も強く応答し、その低解像度の情報を素早く処理していることが明らかになった。これらのデータは、霊長類の脳は天敵であるヘビの検出のために進化してきたとする「ヘビ検出仮説」(Isbell, 2009, 2010)の神経生理学的基盤として重要であると考えられる。

#### 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 11 件)

1. Le QV, Isbell LA, Matsumoto J, Le VQ, Nishimaru H, Hori E, Maior RS, Tomaz C, Ono T, Nishijo H. Snakes elicit earlier, and monkey faces, later, gamma oscillations in macaque pulvinar neurons. *Sci. Rep.* 6:20595, 2016.
2. Ngan NH, Matsumoto J, Takamura Y, Tran AH,

Ono T, Nishijo H. Neuronal correlates of attention and its disengagement in the superior colliculus of rat. *Front Integr Neurosci.* 9:9, 2015.

3. de Araujo MF, Matsumoto J, Ono T, Nishijo H. An animal model of disengagement: Temporary inactivation of the superior colliculus impairs attention disengagement in rats. *Behav Brain Res.* 293:34-40, 2015.
4. Le QV, Isbell LA, Matsumoto J, Nguyen MN, Hori E, Maior RS, Tomaz C, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Pulvinar neurons reveal neurobiological evidence of past selection for rapid detection of snakes. *Proc Natl Acad Sci USA* 110: 19000-19005, 2013.
5. Le QV, Isbell LA, Matsumoto J, Le VQ, Hori E, Tran AH, Maior RS, Tomaz C, Ono T, Nishijo H. Monkey pulvinar neurons fire differentially to snake postures. *PLOS ONE* 9(12): e114258, 2014.
6. Ono T, Nishijo H. How are innate emotions evoked? *Cortex.* 2014; 59:194-6.
7. Nguyen MN, Matsumoto J, Hori E, Maior RS, Tomaz C, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Neuronal responses to face-like and facial stimuli in the monkey superior colliculus. *Front Behav Neurosci.* 8: 85, 2014.
8. 小野武年, 西条寿夫. 本能と情動による物体認知のしくみ - 情動が担う好き嫌いのしくみ. *遺伝.* 68(5): 432-440, 2014.
9. 西条寿夫, 小野武年. 本能による恐怖行動のしくみ - 本能による好き嫌いの価値評価は膝状体外視覚系が担う. *遺伝.* 68(5): 441-4, 2014.
10. 西条寿夫, 小野武年. 本能的認知機構による顔と天敵の識別: 膝状体外視覚系の役割. *高次脳機能研究.* 34(3): 281-8, 2014.
11. Nguyen MN, Hori E, Matsumoto J, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Neuronal responses to face-like stimuli in the monkey pulvinar. *Eur. J. Neurosci.* 37: 35-51, 2013.

##### [学会発表](計 17 件)

1. Le QV, Le QV, Matsumoto J, Hori E, Ono T and Nishijo H. Superior collicular neurons are involved in detection of face-like patterns in monkeys. 第 92 回日本生学会大会シンポジウム; 2015 Mar 21-23; 神戸.
2. 西条寿夫, Le QV, 小野武年. 霊長類における本能的認知機構 膝状体外視覚系の役割. 生理学研究所研究会; 2014 Jun 12-13; 岡崎.
3. Le QV, Matsumoto J, Le QV, Takamura Y, Ono T, Nishijo H. Snake images elicited stronger gamma oscillations in the monkey pulvinar. The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society 2015; July 28-31; Kobe.
4. Le QV, Matsumoto J, Le QV, Bretas RV, Ono T, Nishijo H. Rapid and strong gamma oscillations in response to snakes in the monkey pulvinar.

- Neuroscience2015; 2015 Oct 17-21; Chicago.
5. 西条寿夫. 霊長類における膝状体外視覚系の役割: 顔とヘビの本能的認知機構; 第27回日本脳循環代謝学会; 2015 Oct 30-31; 富山.
  6. 西条寿夫. 霊長類における本能的認知機構: 膝状体外視覚系の役割. 生理学研究所研究会「視知覚の現象・機能・メカニズム - 生理学的・計算論的アプローチ - 」. 2014 Jun 12-13; 名古屋.
  7. Le QV, Matsumoto J, Le VQ, Hori E, Ono T, Nishijo H. Primate superior collicular neurons respond rapidly to snake images. Neuroscience 2014. 2014 Sep 11-13; Yokohama.
  8. Nguyen MN, Matsumoto J, Hori E, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Population activity patterns of monkey pulvinar neurons categorize facial orientation, gender, and identities of human models. Neuroscience 2014. 2014 Sep 11-13; Yokohama.
  9. Le QV, Isbell LA, Maior RS, Tomaz C, Ono T, Nishijo H. Monkey pulvinar neurons rapidly detected snake pictures. 25th Congress of the International Primatological Society; 2014 Aug 11-16; Hanoi Vietnam.
  10. Le QV, Matsumoto J, Le VQ, Hori E, Ono T, Nishijo H. Superior collicular neurons reveal preferential responses to snakes in primates. Society for Neuroscience Meeting 2014; 2014 Nov 15-19; Washington.
  11. Nguyen MN, Matsumoto J, Hori E, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Face categorization by population activity patterns of the monkey pulvinar neurons. Society for Neuroscience Meeting 2014; 2014 Nov 15-19; Washington.
  12. Le QV, Matsumoto J, Le VQ, Hori E, Ono T, Nishijo H. Superior collicular neurons responded rapidly to snakes in primates. 第4回日本情動学会; 2014 Nov 29; 名古屋.
  13. Nguyen MN, Hori E, Matsumoto J, Tran AH, Ono T, Nishijo H. Neuronal responses to face-like stimuli in the monkey superior colliculus. 第36回日本神経科学大会; 2013 Jun 20-23; 京都.
  14. Le QV, Hori E, Nguyen MN, Matsumoto J, Ono T, Nishijo H. Preferential neuronal responses to snakes in the monkey pulvinar. 第36回日本神経科学大会; 2013 Jun 20-23; 京都.
  15. Nguyen HN, Matsumoto J, Takamura Y, Hori E, Ono T, Nishijo H. Neuronal responses in the superior colliculus during an attention disengagement task in rats. 第60回中部日本生理学会; 2013 Oct 25-26; 岐阜.
  16. 西条寿夫. 霊長類における本能的認知機構と膝状体外視覚系 - 蛇と人の顔がどうして見分けられるの? -. 第37回日本高次脳機能障害学会学術総会; 2013 Nov 29-30; 島根.(教育講演)
  17. Nguyen MN, Hori E, Matsumoto J, Tran HA,

Ono T, Nishijo H. Neuronal Responses to Face-Like and Stimuli in the Monkey Pulvinar. 日本情動学会第3回大会; 2013 Dec 7; 京都.

〔図書〕(計2件)

1. 堀悦郎, 小野武年, 西条寿夫. 情動発現と脳発達. 情動学シリーズ, 5. 情動の仕組みとその異常. 山脇成人, 西条寿夫(編集). 小野武年(監修). 朝倉書店; 2015, p. 41-56.
2. 松本淳平, 小野武年, 西条寿夫. 情動発現と報酬行動. 情動学シリーズ, 5. 情動の仕組みとその異常. 山脇成人, 西条寿夫(編集). 小野武年(監修). 朝倉書店; 2015, p. 59-74.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計0件)
- 取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

西条 寿夫 (NISHIJO HISAO)

富山大学・大学院医学薬学研究部(医学)・教授

研究者番号: 00189284

### (2)連携研究者

堀 悦郎 (HORI ETSURO)

富山大学・大学院医学薬学研究部(医学)・教授

研究者番号: 90313600

松本 淳平 (MATSUMOTO JUMPEI)

富山大学・大学院医学薬学研究部(医学)・助教

研究者番号: 00635287