

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2010～2012

課題番号：22240051

研究課題名（和文）皮質下領域が支える高次脳機能発達

研究課題名（英文） Development of higher cognitive functions based on the subcortical brain areas

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

研究成果の概要（和文）：本研究は、網膜→上丘→視床枕→扁桃体等からなる膝状体外視覚系（皮質下領域）の脳発達における役割を明らかにすることを目的とした。サルを用いて膝状体外視覚系ニューロンの応答を解析した結果、これら領域には、顔やアイコンタクトなど社会的刺激に短潜時に応答するニューロンが存在した。そこでサルの上丘を破壊すると自閉症様の社会行動の障害が認められた。さらに、種々の自閉症の動物モデルを作製した結果、これらの領域においてパルブアルブミン陽性（GABA）ニューロンが減少していることが判明した。

研究成果の概要（英文）：This study investigated a role the extrageniculate visual system (subcortical system) consisting of retina → superior colliculus (SC) → pulvinar → amygdala in the brain development. The neurophysiological results indicated that neurons in these areas responded to social stimuli including faces and eye contact with short response latencies. The lesion of the SC induced autistic-like deficits in monkeys. Furthermore, neuroanatomical studies using various kinds of animal models of autisms indicated that the number of parvalbumin-positive (GABAergic) neurons was decreased in these areas.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2011年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2012年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
年度			
年度			
総計	23,600,000	7,080,000	30,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・融合社会脳科学

キーワード：上丘、視床枕、扁桃体、社会行動、脳発達、自閉症

1. 研究開始当初の背景

ヒトを含む霊長類では高度な集団行動を行うことから、他者(同種個体)の感情や考えを推測する脳機能(社会的認知機能)が発達している。これら社会的認知機能は、生まれつきのものではなく(すなわち、胎生期における脳の形成だけでなく)、社会生活における経験と学習により少なくとも思春期ま

で長期にわたって発達していくことが示唆されている。この脳発達過程が障害されると種々の情動・行動障害が起こると推測され、とくに発症率が100人に1人といわれる統合失調症や、行動異常を呈する人格障害、ならびに他者の感情や考えを推測できない自閉症などでは、扁桃体や海馬体における発達異常が報告されている。さらに最

近の fMRI 等による神経心理学的研究により、他者の情動を推測するためには前頭前皮質や側頭皮質とともに扁桃体が関与していることが示唆され、社会的認知機能における扁桃体の役割が明らかにされつつある。

一方、ヒトの乳幼児を用いた研究によると、社会生活を通じて、顔識別や表情識別などの社会的認知機能が発達していくことが示唆されている。最も初期(生後直後)に現れる乳児の社会行動は、相手の目を見つめ、また相手の人も乳児の目を見つめるアイコンタクトである。目と目を見つめ合うことから、2者(人-人)関係、あるいは目など重要な社会的刺激に注意を向けることから社会的定位反応とも呼ばれている。ついで生後4-12ヶ月には、乳児は、相手の視線方向に反応し、相手が注視している物体を見つめる行動を示すようになる。これは、3者(人-物体-人)関係、あるいは共有注意と呼ばれている。さらに、近年の研究により、これら社会的注意ならびに共有注意は、顔の識別などの社会的認知機能だけでなく、IQや言語発達など脳機能全般の発達に重要な役割を果たしていることが明らかにされつつある。

これら社会行動では、相手の目や顔を識別する視覚機能が重要な役割を果たしている。視覚経路には、網膜→上丘→視床枕→扁桃体等からなる膝状体外視覚系と網膜→外側膝状体→後頭葉視覚野からなる膝状体視覚系があるが、生後早期から活動を開始しているのは膝状体外視覚系であり、膝状体視覚系は成熟が比較的遅く生後早期にはあまり機能していないことが示唆されている。これらのことから、生後早期の社会的相互作用に基づく脳機能発達には、少なくとも扁桃体を含む皮質下領域(膝状体外視覚系)が関与していることが示唆される。

以上から、扁桃体を含む皮質下領域(膝状体外視覚系)の機能障害が、自閉症をはじめとする脳発達障害をもたらすと推測される。しかし、最近、米国を中心とするグループが、サルを用いた動物実験で扁桃体を生後直後に破壊しても自閉症のような社会的認知機能の発達障害が起らないことを報告し、扁桃体は社会的認知機能の発達に関与しないとされている。このように先に述べたヒトの神経心理学的および臨床病理学的研究と動物実験による研究との間には矛盾がある。一方、われわれは、扁桃体を含む皮質下領域(上丘、視床枕、扁桃体等:膝状体外視覚系)が生後早期から活動を開始し、生物学的価値評価に基づいて大脳皮質の組織化を誘導することにより、社会的認知機能が発達していくという作業仮説を立てている。さらに上記欧米の研究者らの結果に対し、われわれは、皮質下領域から大脳皮質への経路が複数並行して存在する(たとえば、視覚系

であれば、上丘、視床枕、扁桃体がそれぞれ大脳皮質に投射することから、扁桃体を単独破壊しても、上丘や視床枕などを介して大脳皮質に情報が到達し、異常が発現しないと考えている。すなわち、膝状体外視覚系の機能を停止させるためには、扁桃体破壊だけでは不十分であり、視覚経路の初期段階に位置する上丘を破壊する必要があると推測される。

現在、自閉症等の脳発達障害の研究では、遺伝子改変動物を用いた研究や実際の自閉症児を用いた臨床的研究が主体であり、症状発症に関わる神経基盤については、不明な部分が多い。一方、社会行動はとくに霊長類で発達しており、神経基盤解明のためには霊長類を用いて研究することが望まれる。しかし、従来のサルを用いた破壊実験では上述のように実際の自閉症症状と矛盾する点が多く、自閉症様の脳発達障害を誘発する神経機構の解明には至っていない。さらに、臨床病理学的研究により、自閉症において上丘を含む下位脳幹に異常があることが報告されているにも関わらず、脳発達におけるその機能的役割について全く解析されていない。

以上から、本研究は自閉症様の脳発達障害の発症機序を、上丘などの皮質下領域の機能障害という全く新しい視点から解明を試みるものである。

2. 研究の目的

(1) 皮質下領域ニューロンの神経生理学的研究

サルを用いて、上丘、視床枕、および扁桃体からニューロン活動を記録し、様々な社会的刺激(顔方向、視線方向、表情)に対する応答性を明らかにする。

(2) 皮質下領域の破壊による行動学的研究

われわれの仮説を検証するため、生後早期のサルの上丘を両側性に破壊して、社会行動を解析し、社会的認知機能の発達における膝状体外視覚系の役割を明らかにする。

(3) 皮質下領域の神経化学的研究

ラットやマウスを用いて自閉症モデル動物を作製し、膝状体外視覚系および前頭前皮質における神経物質機構を神経化学的手法により解析する。とくに脳機能発達と関連することが示唆されている GABA 系ニューロンおよび *otx2* と関連させて解析する。

(4) 社会行動による脳機能発達の神経機構

アイコンタクトや共有注意が、IQや言語機能など前頭葉関連の高次脳機能を促進する神経機構を検討する。第一に、社会的刺激が膝状体外視覚系を介して前頭極(前頭前皮質最前部)を賦活する可能性を検討する。本研究ではヒト乳児やサルを用い、社会的刺激による大脳皮質の賦活過程を解析する。第二に、

自閉症等では、カテコラミン系の障害があることから、社会的刺激が上丘を介してカテコラミン神経系(腹側被蓋野、縫線核)を賦活し、それがさらに大脳皮質全体を賦活化する可能性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 皮質下領域ニューロンの神経生理学的研究

サルに表情および視線方向の識別課題を訓練し、膝状体外視覚系(上丘、視床枕、および扁桃体)からニューロン活動を記録して、表情や視線等の社会的刺激に対する応答性を解析した。

(2) 皮質下領域の破壊による行動学的研究

幼若期サルの上丘を、イボテン酸を用いて両側性に破壊することにより膝状体外視覚系の機能を停止させ、社会的認知機能の障害を行動学的に解析した。これらの動物を評価する行動学的テストとして、a) 母サル隔離テスト、b) 他成熟サルに対する近接テスト、c) 嫌悪動物反応テスト、e) 社会ランクテスト、および f) 仔サル間社会行動テストを施行した。母サル隔離テストでは、広いケージの両脇に仔サルの母ザルおよび他のメスザルを、その中間に仔サルを置き、その後仔サルがどちらのサルに近づくか解析した。他の成熟サルに対する近接テストでは、母サル隔離テストと同様に行うが、広いケージの両脇にそれぞれ母サルとは異なる成熟サルおよび仔サルを置き、相手の近くに滞在する近接行動および相手に近づく接近行動の頻度を解析した。嫌悪動物反応テストでは、ケージの中央部に小さなプレートを置き、その上にバナナのみ、あるいはヘビのモデルとともにバナナを置いた。この状況下でバナナの獲得潜時を解析した。

(3) 皮質下領域の神経化学的研究

ラットを用い、バルプロ酸を胎生期に投与して、自閉症モデル動物を作成した。また、自閉症で異常が認められている血小板由来成長因子β受容体遺伝子ノックアウト(PDGFR-β KO) マウスを作製した。ついで、これらの動物モデルを用いて、膝状体外視覚系および前頭前皮質における神経物質機構および障害発症機構を神経化学的手法により解析した。本研究ではとくに脳機能発達と関連することが示唆されている GABA 系ニューロンおよび *otx2* と関連させて比較・解析した。

(4) 社会行動による脳機能発達の神経機構

ヒト乳児を用いた研究では、前頭極に近赤外分光法(NIRS)用プローブを取り付け、アイコンタクト等の社会的刺激が大脳皮質(とくに前頭極)を賦活化する過程を解析した。サルを用いた研究では、ロボットアームの腕の動きを模倣しているときの前頭皮質ニューロ

ンの応答性を解析した。一方、カテコラミンを介した大脳皮質の賦活機構については、麻酔下のラット上丘に *bicuculline* 等を注入して化学的に刺激し、6-12 分後に脳の各脳領域から試料を採取した。ついでこれら試料に含まれるカテコラミン系神経伝達物質(ドパミン、セロトニン)およびその代謝産物を測定した。

4. 研究成果

(1) 皮質下領域ニューロンの神経生理学的研究

①サル扁桃体ニューロンの応答性

サルに様々な表情写真や異なる顔方向や視線方向を有する顔写真を呈示し、表情の識別、および視線方向の識別を行わせ、膝状体外視覚系のニューロン活動を解析した。その結果、扁桃体には、表情、視線方向、および顔方向に識別的に応答するニューロンが存在することが明らかになった。さらに、とくに扁桃体においては、1) アイコンタクトのある顔写真(正面向きの視線)とアイコンタクトのない顔写真(横向き視線)を比較すると、アイコンタクトのある写真に強く応答すること(図1)、また2)サルに直接接したことがある人物と直に接したことがない人物の表情写真に対する応答性を比較すると、サルに直接接したことがある人物の表情写真に対する識別性が高いことなどが明らかになった。尚、表情写真自体のサルへの呈示頻度はすべての人物で同じになるようにした。これらの結果は、表情識別に関しては少なくとも生後の体験に依存することを示唆している。

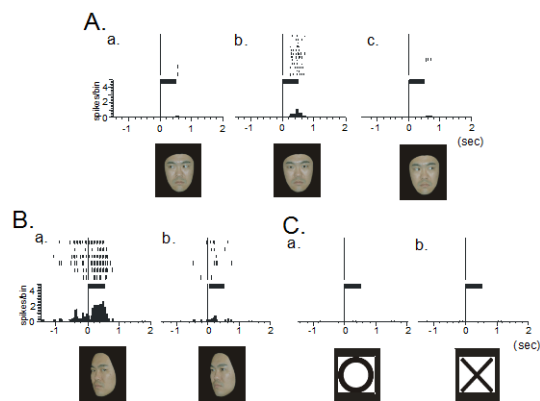


図1 サル扁桃体ニューロン

ついでアイコンタクトある顔画像とない顔画像に対するサル扁桃体ニューロンの応答性を解析した。その結果、アイコンタクトのある顔画像に対する応答が、アイコンタクトのない顔画像と比較して有意に大きいことが明らかになった。さらに、このアイコンタクトに対する応答を、潜時 100 ミリ秒以下とそれ以上で分けて解析した。その結果、潜

時 100 ミリ秒以下では、アイコンタクトに対する応答が有意に大きいことが明らかになった。扁桃体は、視覚情報を、視床枕（外側膝状体外視覚系）経由、および下側頭皮質（外側膝状体外視覚系）経由で受けるが、下側頭皮質ニューロンの潜時は 100 ミリ秒以上であることが報告されているので、潜時 100 ミリ秒以下の応答は外側膝状体外視覚系由来の応答であると考えられる。すなわち、アイコンタクトに関する情報は、外側膝状体外視覚系を介して早い潜時で扁桃体に到達すると考えられる。これらの結果は、早期乳児期でも同様に、アイコンタクトの情報は外側膝状体外視覚系を介して扁桃体に到達することを示唆している。このように扁桃体には、顔表情や視線方向に識別的に応答するニューロンが存在し、ヒトの扁桃体損傷によるアイコンタクトおよび視線追従の障害は、これら扁桃体ニューロンが障害されたからであると推測される。

②サル視床枕および視床枕の応答性

ついでサル視床枕および上丘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（図 2）。その結果、視床枕ニューロンは、図 2A のように、ヒトの新生児が好む顔様パターン（右から二番目）に比較的強く応答し、さらにこの顔様刺激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（図 2B）。さらに上丘でも同様の刺激を用いて解析した結果、潜時が上丘より早い点を除いて同様の結果が得られた。一方、これまでに記録したサル上丘ニューロン応答を集計し、多次元尺度法(MDS)を用いて解析した。その結果、最初の潜時 25 msec 以内において顔の低空間周波数成分に相当する顔様パターンが識別され、ついで 25-75 msec において顔の線画および目様パターンが識別されることが明らかになった。これら短潜時における反応は、上丘が顔情報の粗いが素早い bottom-up 性の情報処理系に参与していることを示唆する。

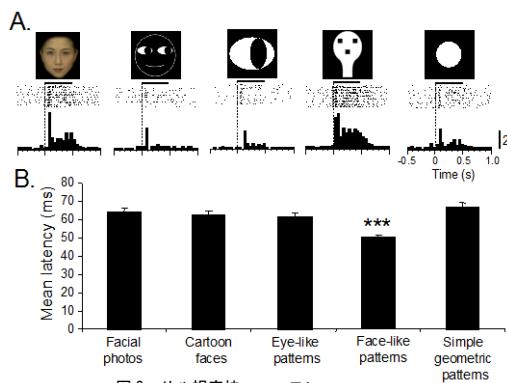


図 2 サル視床枕ニューロン

(2) 皮質下域の破壊による行動学的研究

幼若期のサルを用いて上丘を破壊することにより膝状体外視覚系の大脳皮質への情報を遮断し、その後の行動学的発達を解析した。その結果、上丘破壊サルでは、社会行動の低下（他の健常成熟期サルに対する近接行動、および探索行動の低下；他の幼若期サルに対する遊び様行動、社会的接触、およびアイコンタクトの減少）、およびヘビなどの嫌悪動物のモデルに対する嫌悪反応の低下などの特徴を呈することが明らかになった。これらの特徴は、ヒトの自閉症様行動および扁桃体障害に類似するものであり、引き続きサルの行動発達を解析中である。

(3) 皮質下領域の神経化学的研究

ラットを用い、バルプロ酸を胎生期に投与して、自閉症モデル動物を作成した。これらのバルプロ酸投与ラットでは、社会的脳機能の発達と関連することが報告されている GABA 系（パルブアルブミン陽性）ニューロン数が扁桃体や前頭葉だけでなく、上丘でも低下していることが明らかになった。一方、ヒトの自閉症や統合失調症で異常が報告されている血小板由来成長因子(PDGF)の受容体ノックアウトマウス(PDGFβ R-KO マウス)では、自閉症や統合失調症様の行動障害（社会行動、プレパルス抑制、場所学習、強制水泳、聴覚および文脈的恐怖条件付け）が明らかになった。さらに、同マウスではパルブアルブミン陽性ニューロンおよび otx2 陽性ニューロンが扁桃体や前頭葉だけでなく、上丘でも減少し、GABA 系ニューロンの指標となる γ オシレーションが障害されていることが判明した。

(4) 社会行動による脳機能発達の神経機構

ヒト乳幼児（3-9 ヶ月齢）にアイコンタクト等の社会的刺激を呈示し、大脳皮質（とくに前頭極）の脳血行動態を、近赤外分光法(NIRS)を用いて記録・解析した。その結果、他者のとくに目の領域を見つめること（アイコンタクト）により前頭極の活動が増大することが判明した。また、社会行動を行っているサル内側前頭前野のニューロン活動を解析した結果、同領域がミラーリング（自己と他者の行動に同様に応答する）だけでなく、自己と他者の区別や他者の行動のモニタリングに参与することが明らかになった。

一方、ラットの上丘の化学的刺激により、側坐核、前頭前野、扁桃体、および海馬体においてドパミンおよびセロトニンの放出が増大することが明らかになった。

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 43 件)

1. Tai PT, Nishijo M, Nakagawa H, Maruzeni S, Anh NTN, Morikawa Y, Luong HV, Anh TH, Son LK, Nishijo H. Associations of Perinatal Dioxin Exposure on Neurodevelopment of Vietnamese Infants. *Am. J. Epidemiol.*, 2013, in press. 査読有
2. 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. 査読有
3. Urakawa S, Takamoto K, Hori E, Sakai N, Ono T, Nishijo H. Rearing in enriched environment increases parvalbumin-positive small neurons in the amygdala and decreases anxiety-like behavior of male rats. *BMC Neuroscience, BMC Neuroscience* 14:13, 2013. DOI: 10.1186/1471-2202-14-13. 査読有
4. Matsumoto J, Urakawa S, Hori E, de Araujo MFP, Sakuma Y, Ono T, Nishijo H. Neuronal responses in the nucleus accumbens shell during sexual behavior in male rats. *J. Neurosci.* 32(5):1672–1686, 2012. 査読有
5. de Araujo MFP, Hori E, Maior RS, Tomaz C, Ono T, Nishijo H. Neuronal activity of the anterior cingulate cortex during an observation-based decision making task in monkeys. *Behavioral Brain Res.* 230: 48–61, 2012. 査読有
6. Nishijo M, Tai PT, Nakagawa H, Maruzeni S, Anh NTN, Luong HV, Anh TH, Honda R, Morikawa Y, Kido T, Nishijo H. Impact of perinatal dioxin exposure on infant growth: a cross-sectional and longitudinal studies in dioxin-contaminated areas in Vietnam. *PLoS ONE* 7(7): e40273, 2012. doi: 10.1371/journal.pone.0040273. 査読有
7. Uematsu A, Matsui M, Tanaka C, Umeno K, Takahashi T, Suzuki M, Nishijo H. Developmental trajectories of amygdala and hippocampus from infancy to early adulthood in healthy individuals. *PLoS One* 7(10):e46970, 2012. 査読有
8. Maior RS, Hori E, Uribe CE, Saletti PG, Ono T, Nishijo H, Tomaz C. A role for the superior colliculus in the modulation of threat responsiveness in primates: towards the ontogenesis of the social brain. *Reviews in the Neurosciences* 22: 697-706, 2012. 査読有
9. Ho SA, Hori E, Nguyen PHT, Urakawa S, Kondoh T, Torii K, Ono T, Nishijo H. Hippocampal neuronal responses during signaled licking of gustatory stimuli in different contexts. *Hippocampus* 21: 502-519, 2011. 査読有
10. Nogami T, Beppu H, Tokoro T, Moriguchi S, Shioda N, Fukunaga K, Ohtsuka T, Ishii Y, Sasahara M, Shimada Y, Nishijo H, Li E, Kitajima I. Reduced expression of the ATRX gene, a chromatin-remodeling factor, causes hippocampal dysfunction in mice. *Hippocampus* 21: 678–687, 2011. 査読有
11. Nguyen PTH, Nakamura T, Hori E, Urakawa S, Uwano T, Zhao J, Li R, Bac ND, Hamashima T, Ishii Y, Matsushima T, Ono T, Sasahara M, Nishijo H. Cognitive and socio-emotional deficits in platelet-derived growth factor receptor-β gene knockout mice. *PLoS ONE* 6(3): e18004, 2011. 査読有
12. Matsuyama N, Uwano T, Hori E, Ono T, Nishijo H. Reward contingency modulates neuronal activity in rat septal nuclei during elemental and configural association tasks. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 5: 10.3389/fnbeh.2011.00026, 2011. 査読有
13. Hori E, Tabuchi E, Matsumura N, Ono T, Nishijo H. Task-dependent and independent synchronous activity of monkey hippocampal neurons in real and virtual translocation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 5:36, 2011. 査読有
14. Maior RS, Hori E, Barros M, Teixeira DS, Tavares MCH, Ono T, Nishijo H, Tomaz C. Superior colliculus lesions impair threat responsiveness in infant capuchin monkeys. *Neurosci. Lett.* 504: 257–260, 2011. 査読有
15. Tazumi T, Hori E, Maior RS, Ono T, Nishijo H. Neural correlates to seen gaze-direction and head orientation in the macaque monkey amygdala. *Neuroscience* 169: 287-301, 2010. 査読有
16. Maior RS, Hori E, Tomaz C, Ono T, Nishijo H. The monkey pulvinar neurons differentially respond to emotional expressions of human faces. *Behavioural Brain Research* 215: 129-135, 2010. 査読有

[学会発表] (計 102 件)

1. Nishijo H, Le VQ, Hori E, Nguyen MN, Ono T. Neuronal responses to dangerous stimuli in the monkey pulvinar. *Vietnamese Physiological Meeting*, 2012, 12, 1, Hue, Vietnam (Invited lecture).
2. Urakawa S, Takamoto K, Hori E, Sakai N, Ishikawa A, Ono T, Nishijo H. Eye contact-dependent hemodynamic responses in the prefrontal pole of infants: A near-infrared spectroscopic study. *Soc. Neurosci. Meeting*, 2012, 10, 13-17, New Orleans, USA.
3. Matsumoto J, Urakawa S, Hori E, Mariana FPA, Sakuma Y, Ono T, Nishijo H. Sexual behavior-related neuronal responses in the

- nucleus accumbens shell of male rats. Soc. Neurosci. Meeting, 2012, 10, 13-17, New Orleans, USA.
4. Nishijo H, Hori E, Uwano T, Matsumoto J, Kondoh T, Torii K, and Ono T. Behavioral significance of umami taste in the forebrain. The 9th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception. 2011, 11, 4-6, Fukuoka (Invited lecture).
 5. Matsumoto J, Urakawa S, Hori E, Ono T, and Nishijo H. Number of delta oscillating neurons increases after ejaculation in the nucleus accumbens in male rats. ASSC15, 2011, 6, 9-12, Kyoto.
 6. Mariana FPA, Hori E, Rafael SM, Carlos T, Ono T, and Nishijo H. Monkey medial prefrontal cortical involvement in social-based decision-making. ASSC15, 2011, 6, 9-12, Kyoto.
 7. Nakamura T, Phuong THN, Hori E, Urakawa S, Wano T, Juanjuan Z, Ruixi L, Nguyen DB, Hamashima T, Ishii Y, Matsushima T, Ono T, Sasahara M, and Nishijo H. Schizophrenia and autism-like symptom in Platelet-Derived Growth Factor Receptor- β Gene Knockout mice. The 6th International Conference of Neurons and Brain Diseases, 2011, 8, 5, Toyama.
 8. Nguyen MN, Hori E, Urakawa S, Nguyen TNA, Pham TT, Nishijo M, Nakagawa H, Maruzeni S, Ono T, and Nishijo H. Effects of maternal exposure to TCDD on parvalbumin-positive neurons in the limbic system of rat offspring. The 6th International Conference of Neurons and Brain Diseases, 2011, 8, 5, Toyama.
 9. Nishijo H, Hori E, Uwano T, Matsumoto J, Kondoh T, Torii K, and Ono T. Behavioral significance of umami taste in the forebrain. The 9th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception. 2011, 11, 4-6, Fukuoka.
 10. Urakawa S, Sakai N, Takamoto K, Hori E, Sakai S, Ono T, and Nishijo H. Effects of environmental enrichment on behavioral alteration and parvalbumin-positive neurons in the basolateral amygdala. Soc. Neurosci. Meeting, 2011, 11, 12-16, Washington, USA
 11. Villas-Boas CA, Furuya Y, Matsumoto J, Hori E, Ono T, Nishijo H. Place and direction-related neuronal activity in the monkey hippocampal formation and parahippocampal gyrus in a virtual reality navigation task. Soc. Neurosci. Meeting, 2010 11, 13 - 17, San Diego, USA.

〔図書〕（計 4 件）

1. Nishijo M, Tai PT, Nui NM, Anh NTN, Hai NM, Maruzeni S, Nghi TN, Phuong PT, Nishijo H, Anh TH, Luong HV, Kido T, Okamoto R, Son LK, Nakagawa H. Effects of dioxins exposure on social emotional behavior of children living in a hot spot area, Vietnam. Organohalogen Compounds, 74:1332-1335, 2012.

〔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)研究分担者

堀 悦郎 (HORI ETSURO)

富山大学・大学院医学薬学研究部（医学）・准教授

研究者番号：90313600