

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K07257

研究課題名（和文）こころの性とその多様性を生み出す神経基盤の解明を目指した性的二型核の解析

研究課題名（英文）Analysis of sexually dimorphic nucleus for understanding the sex of brain

研究代表者

塚原 伸治（Tsukahara, Shinji）

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：90318824

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：脳の性差を構築するカルビンディン（CB）ニューロンの生理学的役割とCBニューロンの性差構築機構を明らかにするため、マウスを用いて研究を行った。研究の結果、CBニューロンには、性特異的な社会行動の表出を調節する働きがあることが明らかになった。特に、雄マウスのCBニューロンは、性的動機づけの調節や、同種他個体に対して適切な行動を引き起こすために必要である。CBニューロンには雄にしか存在しない集団があることも明らかになった。そして、雄特異的CBニューロンの出現には、新生仔期と思春期の精巣から分泌されるアンドロゲンの作用が必要であることも分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳の性差は、実験動物だけでなくヒトにも存在する。本研究の成果は、脳の性分化機構を解明するという学術的目標の達成に貢献するだけでなく、ヒトの脳の性差の理解に資する科学的知見を提供するものである。本研究の成果を社会に発信することで、こころの性と性の多様性に関する理解が深まることが期待される。

研究成果の概要（英文）：This research project was performed to determine the role of calbindin neurons, a sexually dimorphic cell group of the brain, in the physiology of mice, and the mechanisms responsible for establishing brain sexual dimorphism. We found that calbindin neurons are involved in the control of social behaviors. Specifically, our data suggest that calbindin neurons in the male brain regulate sexually motivated behavior and have a function that is required for male mice to display an appropriate social behavior toward conspecific. In addition, we identified a male-specific population of calbindin neurons. The emergence of the male-specific calbindin neurons requires the actions of testicular androgens during the postnatal and pubertal periods.

研究分野：行動神経内分泌学

キーワード：性差 性分化 性的二型 脳 社会行動 性ホルモン

1. 研究開始当初の背景

様々な生理現象を制御する脳には性差がある。脳の性差を生み出すメカニズムの全貌は明らかになっていないが、脳の内部構造の性差がその基盤になる。形態学的な性差がみられる神経核は性的二型核と呼ばれ、1978年にラットの視索前野で最初の性的二型核が発見された。その後、性的二型核は他の動物種でも確認され、ヒトではこころの性に関する性的二型核が存在する。近年、こころの性の多様性に対する社会の関心は高まり、性的マイノリティの存在が認知されるようになった。脳の性差を理解し、脳の性分化機構を解明するには性的二型核の研究が必要不可欠である。ラットだけでなく、マウスの視索前野にも性的二型核があり、この性的二型核(以後、CALB-SDN)はカルシウム結合タンパク質であるカルビンディン(CB)を発現するニューロンを多く含む。分界条床核にもCBニューロンの性的二型核(以後、CALB-BNST)がある。CALB-SDNとCALB-BNSTに含まれるCBニューロンの数は雄マウスにおいて雌マウスよりも多く、この性差の形成には周生期の精巣から分泌されるテストステロンが重要である。遺伝的雌であってもテストステロンが作用するとCBニューロンの数は増加して、雄のようになる。さらに、思春期に分泌されるテストステロンにもCBニューロンの雄性化を促す働きがあることを明らかにした。また、CALB-BNSTの性差を形成するCBニューロンは局所神経回路を構築する介在ニューロンであることも明らかにした。そして、CALB-SDNのCBニューロンには局所神経回路を構築する介在ニューロンと中脳の腹側被蓋野(VTA)に投射するニューロンの2種類があり、前者の細胞数には性差はなく、後者は雄マウスのみが存在するという明瞭な性差があることを突き止めた。しかし、CALB-BNSTとCALB-SDNを構築するCBニューロンの生理機能と性差形成機構には不明な点が多く残されている。

2. 研究の目的

CALB-SDNを含む視索前野とCALB-BNSTを含む分界条床核は、社会行動の制御に重要な領域である。視索前野と分界条床核が関わる社会行動には、雌雄の性行動、雌に特有な母性行動、雄に特有な攻撃行動があり、細胞数や神経投射に性差がみられるCBニューロンには、それぞれの性に特有な社会行動に対して何らかの役割を担うと考えられる。

本研究では、CALB-SDNとCALB-BNSTpを構築するCBニューロンの社会行動制御における役割を明らかにすることを目的にした。加えて、CALB-SDNからVTAに投射するCBニューロンの性差形成に対するテストステロンの働きを調べることで、性的二型核の性差形成機構の一端を明らかにすることを試みた。

3. 研究の方法

(1) 神経活性マーカーを用いたCBニューロンの組織学的解析

社会行動を起こした雌雄マウスのCBニューロンの神経活性を調べるため、神経活性のマーカーであるc-fosの免疫組織学的解析を行った。同種他個体と遭遇した被験動物の行動を観察し、性行動あるいは攻撃行動を起こした雄マウスおよび性行動あるいは母性行動を起こした雌マウスを作製した。その後、被験動物を灌流固定し、脳を採取した。脳を薄切した後、脳切片に抗c-fos抗体と抗CB抗体を使用して免疫染色を施し、CALB-SDNおよびCALB-BNSTに観察されたc-fos発現CBニューロンの数を計測した。

(2) 雄マウスのCALB-BNSTに存在するCBニューロンの機能解析

実験1の結果より、雄マウスのCALB-BNSTに存在するCBニューロンは、性行動や攻撃行動に関与することが示唆された。そこで、CALB-BNSTのCBニューロンを特異的に破壊して雄マウスの行動への影響を調べた。CBニューロン選択的にCreリコンビナーゼを発現するトランスジェニックマウス(CALB-Cre TGマウス)のCALB-BNSTにCreリコンビナーゼ依存的にカスパーゼ3を発現させるアデノ随伴ウイルスベクター(AAV)ベクターを注入した。その後、AAVを注入した被験動物の性行動と攻撃行動を観察し、データ解析によりCBニューロン破壊の影響の有無を検討した。

(3) 雄マウスのCALB-SDNに存在するCBニューロンの機能解析

実験1の結果より、雄マウスのCALB-SDNに存在するCBニューロンは性行動に関与することが示唆された。そこで、VTAに投射するCALB-SDNのCBニューロンが性行動の制御に関与するか否かが明らかにするため、DREADDシステムを用いてCALB-SDNからVTAに投射するCBニューロンの活性を操作し、動物の行動への影響を調べた。CALB-Cre TG雄マウスのCALB-SDNにCreリコンビナーゼ依存的にDREADDサブタイプ3(hM3Dq)あるいはサブタイプ4(hM4Di)を発現するAAVベクターを注入し、CBニューロン特異的にhM3DqまたはhM4Diを発現させた。その後、合成DREADDリガンド(CNO)を動物に腹腔内投与してCBニューロンの活性を促進あるいは抑制した後、雌マウスに対する性行動を観察した。

(4) CALB-SDN に存在する雄特異的 CB ニューロンの出現におけるテストステロンの役割

CALB-SDN から VTA に投射する CB ニューロンの雄優位な性差の形成にテストステロンが関与するか否かが明らかにするため、VTA に投射する CB ニューロン数に対する周生期および思春期のテストステロンの影響を調べた。出生日あるいは出生 20 日に精巣を除去した CALB-Cre TG 雄マウスと出生日あるいは出生 20 日にテストステロンを投与した CALB-Cre TG 雌マウスを作製した。成熟後、動物の VTA に Cre リコンビナーゼ依存的に tdTomato を発現する逆行性 AAV ベクターを注入し、CALB-SDN に観察される tdTomato 発現ニューロンの数を計測した。

4. 研究成果

(1) 神経活性マーカーを用いた CB ニューロンの組織学的解析

発情雌マウスに対して性行動を起こした雄マウスの CALB-SDN には多数の c-fos 発現 CB ニューロンが観察された (図 1 A-C)。しかし、侵入雄マウスに対して攻撃行動を起こした雄マウスの CALB-SDN には僅かな c-fos 発現 CB ニューロンが観察されただけだった (図 1 D-F)。雄マウスの刺激を受けて性行動を示した雌マウスの CALB-SDN にも c-fos 発現 CB ニューロンが観察された。しかし、その数は、性行動を起こした雄マウスのそれに比べて少なかった (図 1 G-I)。仔マウスに対して母性行動を示した雌マウスの CALB-SDN の c-fos 発現 CB ニューロン数は少なく、対照群との間に有意差はみられなかった (図 1 J-L)。

CALB-SDN と同様、発情雌マウスに対して性行動を起こした雄マウスの CALB-BNST には多数の c-fos 発現 CB ニューロンが観察された。CALB-SDN とは異なり、侵入雄マウスに対して攻撃行動を起こした雄マウスの CALB-BNST には c-fos 発現 CB ニューロンが観察され、その数は対照群に比べて有意に多かった。CALB-SDN と同様、雄マウスの刺激を受けて性行動を示した雌マウスの CALB-BNST にも c-fos 発現 CB ニューロンが観察され、その数は対照群よりも有意に多かった。仔マウスに対して母性行動を示した雌マウスの CALB-SDN では殆ど観察されなかったが、CALB-BNST では c-fos 発現 CB ニューロンが観察された。そして、その数は対照群よりも有意に多かった。

以上の結果から、CALB-SDN と CALB-BNST の性差を構築する CB ニューロンは、社会行動の制御あるいは調節に関与することが示された。

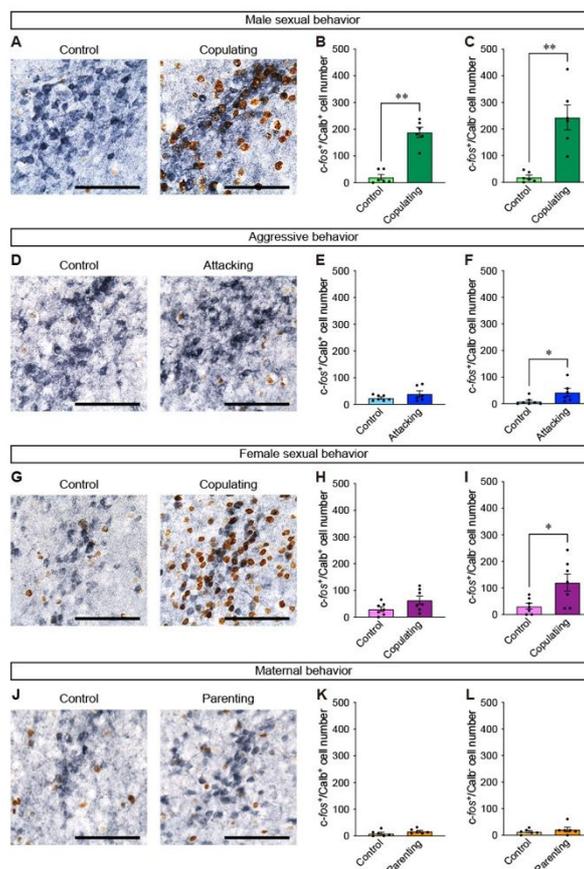


図 1 Calb neurons in the CALB-SDN activate during sexual behavior in male mice. Representative photomicrographs of the SDN in Calb (blue gray)- and c-Fos (brown)-immunostained brain sections from males with or without sexual behavior (A) and aggressive behavior (D) and females with or without sexual behavior (G) and maternal behavior (J). Scale bars, 100 μ m. The number of c-Fos⁺/Calb⁺ cells (B, E, H and K) and c-Fos⁺/Calb⁻ cells (C, F, I, and L) in the SDN of males displaying sexual behavior (B and C) and aggressive behavior (E and F), and of females displaying sexual behavior (H and I) and maternal behavior (K and L). Data are presented as the mean \pm standard error of the mean. Black dots represent individual data points. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$.

(2) 雄マウスの CALB-BNST に存在する CB ニューロンの機能解析

CALB-BNST の CB ニューロンを破壊された雄マウスは、対照群の雄マウスと同様、発情雌に遭遇した際は性行動を起こし、自身のホームケージに侵入した雄マウスに対して攻撃行動を起こした。しかし、行動の潜時と頻度には対照群の間に有意差がみとめられた。性行動を解析した結果、CB ニューロン破壊群の雄マウスは、対照群の雄マウスに比べて、射精の潜時が有意に短縮し、射精の回数は有意に増加した。攻撃行動を解析した結果、CB ニューロン破壊群における攻撃行動の潜時は対照群に比べて有意に長くなり、攻撃行動の回数は有意に少なくなった。興味深いことに、CB ニューロンを破壊した雄マウスは、通常、発情雌マウスに対して起こす性行動であるマウントを頻繁に雄マウスに対して起こした。

以上の結果より、雄マウスの CALB-BNST の CB ニューロンには、発情雌マウスに対する性行動を抑制的に調節する働きがあり、テリトリーに侵入した雄マウスに対して攻撃性を維持するため誤った性行動を抑制する働きがあると考えられた。

(3) 雄マウスの CALB-SDN に存在する CB ニューロンの機能解析

VTA に投射する CB ニューロンの活性を阻害した雄マウスは発情雌マウスに対してマウント

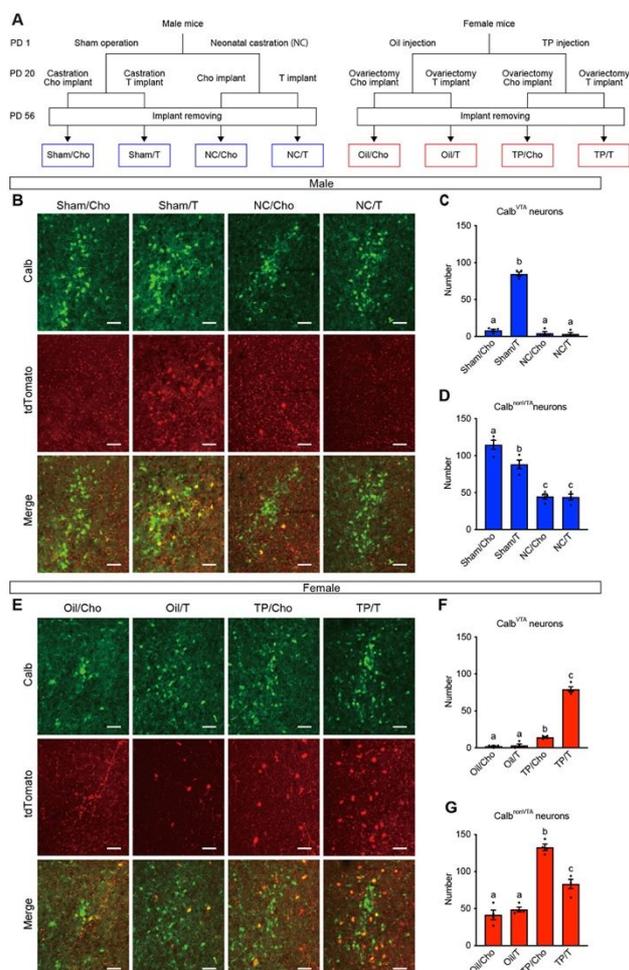
を示し、マウントの出現率と回数は対照群のそれと同程度であった。しかし、イントロミッションと射精の出現率と回数は、CBニューロンの活性阻害により有意に低下した。CBニューロンを活性化させた雄マウスにおけるマウント、イントロミッションおよび射精の出現率は、対照群に比べて有意に低下した。

以上の結果から、VTAに投射するCBニューロンは、雄マウスの性的動機づけを調節することで、性行動の発現に影響を及ぼすと考えられた。しかし、性行動の制御におけるCBニューロンの役割には不明な点があり、詳細な解析が必要である。

(4) CALB-SDNに存在する雄特異的CBニューロンの出現におけるテストステロンの役割

解析の結果、CALB-SDNからVTAに投射するCBニューロンの出現には、新生仔期と思春期の両方で作用するテストステロンが必要であることがわかった(図2)。新生仔期と思春期のどちらか一方でテストステロンが作用しなかったマウスでは、VTA投射CBニューロンが観察されなかった。以上の結果から、CALB-SDNに存在する雄特異的CBニューロンの出現には、新生仔期と思春期に作用するテストステロンが不可欠であることが明らかになった。

図2 The roles of androgens in the emergence of Calb neurons projecting from the MPOA to the VTA. Schematic illustration shows the hormonal manipulations of the experimental groups (A). Representative photomicrographs of the SDN in Calb-immunostained brain sections from males with AAVretro-CAG-DIO-ttdTomato-WPRE-SV40pA and AAV2-hSyn-EGFP-WPRE-bGHpA injected into the VTA (B). The number of Calb^{VTA} neurons (Calb⁺/dTomato⁺ cells) (C) and Calb^{nonVTA} neurons (Calb⁺/dTomato⁻ cells) (D) in the male SDN. Representative photomicrographs of the SDN in Calb-immunostained brain sections from females with the AAV vectors injected into the VTA (E). The number of Calb^{VTA} neurons (F) and Calb^{nonVTA} neurons (G) in the female SDN. Data are presented as the mean ± standard error of the mean. Black dots represent individual data points. Values with different characters are significantly ($p < 0.05$) different from each other. Scale bars, 50 μ m.



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Morishita Masahiro, Kobayashi Kaito, Mitsuzuka Moeri, Takagi Ryo, Ono Kota, Momma Rami, Tsuneoka Yousuke, Horio Shuhei, Tsukahara Shinji	4. 巻 43
2. 論文標題 Two-Step Actions of Testicular Androgens in the Organization of a Male-Specific Neural Pathway from the Medial Preoptic Area to the Ventral Tegmental Area for Modulating Sexually Motivated Behavior	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 7322 ~ 7336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0361-23.2023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsukahara Shinji, Morishita Masahiro, Sasaki Shiho, Wakayama Kanta, Kobayashi Kaito, Ohno Koichi, Kawashima Takaharu	4. 巻 314
2. 論文標題 Sexually dimorphic expression of sexual differentiation genes in the internal genital organs of Japanese quail embryos	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	6. 最初と最後の頁 113917 ~ 113917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygcen.2021.113917	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Morishita Masahiro, Kamada Arisa, Tsukahara Shinji	4. 巻 755
2. 論文標題 Neuronal activation of the sexually dimorphic nucleus of the preoptic area in female and male rats during copulation and its sex differences	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 135915 ~ 135915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2021.135915	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kimura Risa, Kondo Daisuke, Takemi Shota, Fujishiro Miyuki, Tsukahara Shinji, Sakai Takafumi, Sakata Ichiro	4. 巻 33
2. 論文標題 The role of central corticotrophin releasing factor receptor signalling in plasma glucose maintenance through ghrelin secretion in calorie restricted mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neuroendocrinology	6. 最初と最後の頁 e12961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jne.12961	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Win-Shwe Tin-Tin, Kyi-Tha-Thu Chaw, Fujitani Yuji, Tsukahara Shinji, Hirano Seishiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Perinatal Exposure to Diesel Exhaust-Origin Secondary Organic Aerosol Induces Autism-Like Behavior in Rats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 538 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22020538	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Sonoko, Tsukahara Shinji, Choleris Elena, Vasudevan Nandini	4. 巻 110
2. 論文標題 Estrogenic regulation of social behavior and sexually dimorphic brain formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience & Biobehavioral Reviews	6. 最初と最後の頁 46 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neubiorev.2018.10.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sano Kazuhiro, Matsukami Hidenori, Suzuki Go, Htike Nang Thinn Thinn, Morishita Masahiro, Win-Shwe Tin-Tin, Hashimoto Shunji, Kawashima Takaharu, Isobe Tomohiko, Nakayama Shoji F., Tsukahara Shinji, Maekawa Fumihiko	4. 巻 138
2. 論文標題 Estrogenic action by tris(2,6-dimethylphenyl) phosphate impairs the development of female reproductive functions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environment International	6. 最初と最後の頁 105662
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envint.2020.105662	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sagoshi Shoko, Maejima Sho, Morishita Masahiro, Takenawa Satoshi, Otubo Akito, Takanami Keiko, Sakamoto Tatsuya, Sakamoto Hiroataka, Tsukahara Shinji, Ogawa Sonoko	4. 巻 438
2. 論文標題 Detection and Characterization of Estrogen Receptor Beta Expression in the Brain with Newly Developed Transgenic Mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 182 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2020.04.047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Morishita Masahiro, Koiso Ryoma, Tsukahara Shinji	4. 巻 161
2. 論文標題 Actions of Peripubertal Gonadal Steroids in the Formation of Sexually Dimorphic Brain Regions in Mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Endocrinology	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1210/endo/bqaa063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okino Eri, Morita Sayaka, Hoshikawa Yumi, Tsukahara Shinji	4. 巻 120
2. 論文標題 The glutamatergic system in the preoptic area is involved in the retention of maternal behavior in maternally experienced female rats	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychoneuroendocrinology	6. 最初と最後の頁 104792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.psyneuen.2020.104792	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsukahara Shinji, Morishita Masahiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Sexually Dimorphic Formation of the Preoptic Area and the Bed Nucleus of the Stria Terminalis by Neuroestrogens	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2020.00797	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 本間なみ、小磯諒馬、塚原伸治
2. 発表標題 視索前野の性的二型核の形成におけるカルピンディンD-28Kの役割
3. 学会等名 第46回日本神経科学大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塚原伸治、小林海斗、三塚萌理、高木凌、門馬楽美、恒岡洋右、堀尾修平、森下雅大
2. 発表標題 内側視索前野から腹側被蓋野へ至る雄特異的な神経投射の形成におけるアンドロゲンの2段階作用
3. 学会等名 第46回日本神経科学大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塚原伸治
2. 発表標題 細胞数の正確な見積のためのステレオロジー解析
3. 学会等名 日本動物学会第94回山形大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川嶋貴治、塚原伸治
2. 発表標題 鳥類胚を用いた性分化異常検出のための背景データ：ウズラ胚における生殖器形成と性ホルモンとの関係
3. 学会等名 第69回日本実験動物学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寄山茜里、阿部夏子、川嶋貴治、塚原伸治
2. 発表標題 鳥類における脳の性分化異常を検出する分子マーカーの探索
3. 学会等名 第49回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部夏子、嵯山茜里、川嶋貴治、塚原伸治
2. 発表標題 ウズラ発育卵を用いた生殖器の性分化異常の検出
3. 学会等名 第49回日本毒性学会学術年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林海斗、森下雅大、三塚萌理、恒岡洋右、堀尾修平、塚原伸治
2. 発表標題 マウスの内側視索前野における性差を構築するカルビンディンニューロンの形態学的特徴と生理機能
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本間なみ、小磯諒馬、塚原伸治
2. 発表標題 マウスの内側視索前野-性的二型核の形成におけるカルビンディンの役割
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 門馬楽美、荒井秀冬、上田千尋、塚原伸治
2. 発表標題 マウスの脳における血管作動性腸管ペプチド産生ニューロンの性差に関する組織学的解析
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒井秀冬、上田千尋、塚原伸治
2. 発表標題 マウスにおける脳の性差を構築する血管作動性腸管ペプチド産生ニューロンの組織学的解析
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川嶋貴治、Tin Tin Win Shwe、黒岩麻里、水島秀成、塚原伸治
2. 発表標題 ウズラ胚を用いた化学物質による性分化異常を検出する新たな試験法の開発
3. 学会等名 第35回日本動物実験代替法学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚原伸治
2. 発表標題 最新の脳科学から ヒトの脳はグラデーション
3. 学会等名 男女平等参画区民協同企画講座（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mohd Jais. NA, Win-Shwe.TT, Maekawa F, Firdous J, Muhamad. N, Tsukahara. S, Htike, NTT
2. 発表標題 Immunocytochemistry: A method for purity assessment of primarily cultured cells
3. 学会等名 The 5th International Conference on Tropical Medicine and Infectious Diseases (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Morishita M, Mitsuzuka M, Tsuneoka Y, Horio S, Kobayashi K, Kato S, Tsukahara S
2. 発表標題 A male-specific neuronal projection from the medial preoptic area to the ventral tegmental area is involved in the control of male sexual behavior in mice
3. 学会等名 The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒井 秀冬、塚原 伸治
2. 発表標題 マウスの分界条床核に投射する血管作動性腸管ペプチドニューロンの性差
3. 学会等名 第92回日本動物学会オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若山 幹太、塚原 伸治
2. 発表標題 ラットの脳の性分化に対する成育環境の影響
3. 学会等名 第92回日本動物学会オンライン米子大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森下雅大、三塚萌理、小野浩太、恒岡洋右、堀尾修平、加藤成樹、小林和人、塚原伸治
2. 発表標題 内側視索前野の性的二型性を確立するニューロンの形態学的特性、生理機能および性差構築機構の解析
3. 学会等名 第47回日本神経内分泌学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Arai H, Tsukahara S
2. 発表標題 A histological study of vasoactive intestinal peptide neurons establishing sexually dimorphisms in the bed nucleus of the stria terminalis in mice
3. 学会等名 The 99th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wakayama K, Tsukahara S
2. 発表標題 Effects of growth environment on sexual activity in transsexual female rats
3. 学会等名 The 99th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kobayashi K, Mitsuzuka M, Morishita M, Tsuneoka Y, Tsukahara S
2. 発表標題 Role of calbindin neurons establishing sexually dimorphism of the medial preoptic area in the control of male sexual behavior
3. 学会等名 The 99th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三塚萌理、森下雅大、小野浩太、塚原伸治
2. 発表標題 形態学的な性差と領域特性を示すGABA作動性カルピンディンニューロンの生理機能の探索
3. 学会等名 第32回日本行動神経内分泌研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森下雅大、三塚萌理、恒岡洋右、塚原伸治
2. 発表標題 中脳腹側被蓋野へ投射する内則視索前野のカルピンニューロンは勃起の制御に関与する
3. 学会等名 第32回日本行動神経内分泌研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Morishita and Shinji Tsukahara
2. 発表標題 Male-specific neurons contributing to male sexual function
3. 学会等名 International Workshop on “Emergence of Life-Nano-Bio Science” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ono K, Morishita M, Tsukahara S
2. 発表標題 Morphology and physiological function of calbindin neurons in the bed nucleus of the stria terminalis of mice
3. 学会等名 International Workshop on “Emergence of Life-Nano-Bio Science” (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuzuka M, Tsukahara S
2. 発表標題 Involvement of calbindin neurons in sexually dimorphic nuclei on the control of social behaviors in male and female mice
3. 学会等名 International Workshop on “Emergence of Life-Nano-Bio Science” (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koiso R, Tsukahara S
2. 発表標題 A histological analysis of sex hormone receptors in the sexually dimorphic nucleus in pubertal mice
3. 学会等名 International Workshop on “Emergence of Life-Nano-Bio Science” (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 近藤保彦 他	4. 発行年 2023年
2. 出版社 西村書店	5. 総ページ数 364
3. 書名 カラー版 脳とホルモンの行動学 わかりやすい行動神経内分泌学 第2版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------