

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：32701

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2013～2017

課題番号：25118007

研究課題名(和文)共感性の分子調節機構

研究課題名(英文)Molecular mechanisms for empathetic systems

研究代表者

菊水 健史(Kikusui, Takefumi)

麻布大学・獣医学部・教授

研究者番号：90302596

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 80,600,000円

研究成果の概要(和文)：げっ歯類では、視線と匂いを社会シグナルとして情動が伝染。この時、双方のストレス内分子が機能する必要となった。脳内ではACCからPAGが情動伝染を司ること、また痛み受容チャネルのTRPV1が関与する可能性を見出した。次に、幼少期母子間の阻害で、情動伝染の機能が低下した。母子間において、帯状回オキシトシン神経系が活性化し、この幼少期帯状回オキシトシンを阻害すると、社会認知や親和性が低下することを見出した。

最期に、ヒトイヌの視線を用いた交流は両者のオキシトシンを分泌すること、飼育期間が長く、飼い主を長く見る犬は、飼い主からの情動が伝染し、飼い主と再開したイヌはオキシトシンを介した情動的な涙を流た。

研究成果の概要(英文)：In mice, visual and olfactory cues are responsible for fear-contagion. In observer mice, ACC to PAG circuits in the brain is involved in fear-contagion. TRPV1 is also a regulatory molecule in this circuit. The mice weaned earlier showed decreased capacity of emotional contagion, and physical contact from mom increased ACC oxytocin release in pups. If this oxytocin was blocked, their social cognition and affiliation was impaired.

In dog-human dyad, eye-gaze contact increase oxytocin release in both, and if the dog watch the owner, their emotion became similar to that of the owners. When dogs reunite with their owners, they secrete tears via oxytocin.

研究分野：動物行動学

キーワード：マウス 情動伝染 帯状回 中脳水道周囲灰白質 オキシトシン 心拍変動解析 涙

1. 研究開始当初の背景

動物が群れを形成し、安定して維持するためには他者の得た情報を群れの中で共有し、行動を同期化させる必要がある。情動の伝染は其中で発達してきた機能であり、例えば天敵情報を得た他者が想起した恐怖といった情動応答を有効利用し、群れ全体として天敵を避けるといった仕組みである。すなわち情動伝染とは社会集団を安定に発展させることで個々の生存と適応度を上昇させる生得的機能の一つだともいえよう。このような仕組みは霊長類を含む多くの動物で保存されており、例えばマウスでも他者の痛み行動を観察することで痛み反応が亢進すること、親和的他個体の存在がストレス応答を軽減させることなどが明らかとなっている。このことは共感性の起源といえる神経機構が、種特異的かつ生態に適應するような形で保存されていることを示唆する。しかし共感性に関与する神経回路やそれを調節する分子の同定には至っていない。

申請者らはこれまでマウスにおける性情動や不快情動の伝達に関わる神経回路の同定など(Nature 2007, 2010)、情動を司る神経回路や遺伝子、分子の同定とともに、マウスにおける情動伝染の存在も明らかにしてきた。例えば痛みを受容したマウスを観察した他個体のマウスでは痛みに対する亢進が認められ、痛み感受性が低くなることを明らかにした。また、母子間などの親和的関係性がストレス情動状態の伝染や社会的緩衝作用に影響を与えることも明らかにした(Philos Trans R Soc Lond B 2006)。つまり共感性は授乳子育てなど、特に発達期の母子間の影響を強く受けるが、申請者らは仔マウスにおいて受けた母性行動に比例して分泌される発達期オキシトシンの帯状回への作用を遮断すると、成長度の社会親和性や養育行動が低下することも見出している。比較心理学的にも、ヒトとイヌの親和的な視線のやり取りが両者のオキシトシンを分泌させることを明らかにしており、共感性に関わる分子の種を越えた共通機能を見出しつつある。そこで本研究では、マウスにおける情動伝染の神経機能解析と比較心理学的知見を駆使し、共感性に関与する神経回路、細胞、分子を同定し、共感性の進化神経基盤の解明を目指した。

2. 研究の目的

1) 情動伝染神経回路と分子の同定：申請者の確立したマウスにおける情動伝染のモデルを用いて、他者の情動の受容に応答する神経細胞を、神経活動の履歴可視化マウスを用いて同定する。同定した細胞の機能を行動中のマウスの脳内で可視化、観察し、情動伝染の神経回路基盤を明らかにする。さらに同定した神経細胞の情動伝染発現における機能を実証するために、近年ランダムミュートジェネシスによって開発された Designer Receptors Exclusively Activated by

Designer Drugs (DREADDs)のシステムを用いて、実証する。

2) 発達期オキシトシンの情動伝染機能に及ぼす影響の解析：発達期に帯状回へのオキシトシン作用を遮断した共感性発達障害マウスを用い、共感性発達を司る機能とそれに関連する脳領域、ならびに遺伝子の同定を目指す。

3) オキシトシンの共感性に果たす役割の系統発生的役割の解明：共感性が身体性の同期化と関連することから、ヒト-イヌ間、ヒト-ヒト間における身体性同期化を調べる。この同期時に応答する神経部位やオキシトシン分泌変化、さらにこれら反応の基盤となるオキシトシン関連遺伝子の多型を調べ、オキシトシンの系統発生的な役割を明らかにする。

3. 研究の方法

1) 情動伝染神経回路と分子の同定(菊水)：実験系マウスでは情動伝染機能が弱化していることを見出し、野生種であるMSMに着目した。MSMを用いて、フットショックを受けているマウスを観察することによる恐怖情動伝染モデルを用いた。ショックを受けているデモンストレーター動画と音声を撮影し、また尿を採取した。これら3つの社会シグナルを提示し、デモンストレーターがどれだけすみ行動を示すかを調べた。

次に、同じモデルを用いて恐怖情動伝染を担う神経回路とそこで機能する分子の同定を目指した。まずデモンストレーターを観察したオプザーバーの脳内の神経活性を網羅的に調べ、その関与部位を調べた。次に同定した細胞の機能実証を目指した。前帯状回にカルシウムセンシングで蛍光を呈するGCaMP6をもつアデノ随伴ウイルスベクターを用いて感染させ、痛み観察時における神経活動を観察した。また逆行性トレーサーを用いて、痛み観察個体の前帯状回の神経細胞活性マーカーであるC-fos発現細胞の投射先を調べた。最後に、同定した神経回路の機能実証を目指し、その回路をDREADDsマウスを用いて操作し、情動伝染の神経回路基盤の解明を目指した。さらにその同定した神経回路とヒトの共感性発動に関与する回路とを比較した。

2) 発達期オキシトシンの情動伝染機能に及ぼす影響の解析：まず、母子間の関係性が情動伝染の機能発現に及ぼす影響を調べた。具体的には、我々が確立してきた早期母子分離モデルを用いて、成長後の痛み情動伝染を評価した。痛み情動伝染には、腹腔内への酢酸投与モデルで実施した。次に、母子間のインタラクションによって、活性化する脳部位の同定を目指した。特にオキシトシン受容体が高発現する帯状回を中心に調べ、また母子間のインタラクションによってオキシトシン神経系が活性化するかを調べた。上記で見出した脳部位に対して、オキシトシン神経系を遮断し、成長後の社会性や共感性が変化するかを明らかにしつつ、さらにどのような神経回

路や分子の変動が並行して認められるかを調べた。具体的には、オキシトシン受容体プロモータで Cre を発現誘導できるマウスと Flex で挟まれた DREADDs 遺伝子を持つアデノ随伴ウイルスを用いた。このマウスではオキシトシン受容体発現細胞に特異的に DREADDs の発現が可能である。発達期特異的に CNO を投与し、成長後の痛み情動伝染や社会性試験を実施し、帯状回ならびに扁桃体オキシトシン細胞が情動伝染や社会機能に関与するかを調べた。幼少期のオキシトシン受容体阻害には、阻害薬の EVA 樹脂によるマイクロインプラントーション法を用いた。行動実験は DREADDs と同じとした。最後に幼少期特異的に帯状回オキシトシン神経系を阻害したマウスの帯状回ならびに扁桃体をマイクロダイセクション装置を用いて切り出し mRNA を抽出、候補遺伝子の中で、変化が大きかったものの同定を目指した。

3) オキシトシンの共感性に果たす役割の系統発生的役割の解明：共感性は、個体間の関係性に強く依存し、特に絆を形成した個体間では強い応答が認められる。そこでまずヒト-イヌ間でインタラクション時のオキシトシン分泌量を尿中から測定した。また同時に行動解析を実施し、オキシトシン分泌にかかわる社会刺激の同定を試みた。さらに介入実験を実施し、イヌの鼻腔内にオキシトシンを投与して、ヒトとイヌのインタラクションがどのように変化するかを調べた。

次に自律神経系応答の同期化と行動の同調を指標に、オキシトシン分泌と身体同期化を調べた。具体的には、飼い主が心理的ストレス下にある状況で、イヌがその飼い主からどの程度の自律神経系の変動を受容し、自身の自律神経系の変動に呼応させるかを調べた。指標として、心拍変動解析のパラメータを用いた。また共感性の個体差を生み出すオキシトシンの系統発生的な役割を、オキシトシン神経系に関与する遺伝子群の多型、ならびに関連する遺伝子群の多型を調べることで明らかにした。特にオオカミと遺伝的に近縁であることが明らかとなった日本犬に注目して、行動と遺伝子の相関解析を実施した。

4. 研究成果

1) 情動伝染神経回路と分子の同定：本研究の目的は、近交系野生由来マウス (MSM/Ms) における情動伝染様式の解析である。本年度は、①情動伝染発現率における視覚情報の操作と音声情報の効果比較、②コンソミック系統を用いた情動伝染発現率の解析、以上2つの実験を行った。

①では、実験用系統 C57BL/6J (B6) 雄マウスに 0.2mA のフットショックを 12 回与え、その様子を動画音声で記録した。別室でショックを受けたマウスから尿を採取し、これら3つの刺激を MSM のオブザーバーに提示した、オブザーバーのすくみ行動発現率を解析した結果、7 割の強度ですくみ行動を示したこ

とから、3 つの感覚刺激が主な刺激源になっていると推察された。匂いを非提示、あるいは視覚情報遮断のためにモザイク処理をした動画を MSM に提示すると、すくみ行動が消失したが、音声を非提示にしても変化なかったことから、**マウスでは視覚と嗅覚を持ちいて、情動を伝染することが明らかとなった。**②では、B6-MSM のコンソミック系統マウスをオブザーバーにすることで、情動伝染に関わる遺伝子の探索を目指した。不安様行動、社会行動、攻撃性という 3 項目で高い値を示す Chr1, Chr4, Chr6C, Chr15, Chr17 に着目し、それぞれを①と同様のフットショック実験に用いたところ、Chr15 と Chr17 のコンソミック系統マウスにおいて B6 よりも高いすくみ行動の発現がみられた。特に Chr15 で情動伝染に応じた反応が認められたことから、Chr15 の 3 種類のサブコンソミックを用いた (15-C7, 15-C6-7, 15-T8)。その結果、**染色体後半部にあたる、15-T8 が Chr15 に似た行動を示した、興味深いことにその前の部分 (15-C6-7) のサブコンソミックでは、C57BL6 よりも低い程度の情動伝染しか観察されなかった。この部位が情動伝染に対して負の影響を含む可能性が示された。**

次にフットショックを受けているデモンストレーターを観察したマウスの脳内において、神経活性マーカーである c-fos の発現を調べた。ヒトで情動伝染と関連性が見出されている前帯状回 (ACC) では、情動伝染に応じて c-fos の発現上昇が認められ、またすくみ行動と高い相関を示した。恐怖学習との関連性が調べられている扁桃体中心核や基底外側核では相関が認められなかった。またすくみ行動の中核といわれる中脳水道灰白質 (PAG) では、すくみ行動に応じた c-fos の活性が認められた。これらのことから、情動伝染には ACC-PAG 回路の関与が示唆された。これを実証するため、まずマウス PAG に逆行性トレーサーを注入し、ACC で活性化している神経細胞が実際に PAG に投射しているかを調べた。その結果、ACC における活性化細胞の 3 から 4 割程度の細胞が PAG に投射していることがわかった。また情動伝染中のマウスの ACC における神経活性を GCaMP6 の活性化で調べたところ、ACC の神経細胞は、自分が痛みを受けているときに活性が上昇したが、他者が痛みを受けている最中にも活性が上昇することが明らかとなった。最後に、ACC-PAG の回路を薬理遺伝学的に遮断し、情動伝染が変化するかを調べた。具体的には、逆行性のアデノ随伴ウイルスベクター (Cre-eGFP) を PAG に感染させる。この AAV は逆行性に ACC に到着し、Cre を放出する。また注入部位には eGFP が感染し、注入部位の確認が可能である。ACC には Flex の DREADDs-Gi を感染させる。つまり、PAG に投射している ACC 神経細胞だけが DREADDs-Gi を発現することから、CNO の投与によって、特異的にこの回路だけが遮断されることに

なる。これを用いて、オブザーバーのすくみ行動を計測した。その結果、CNO 投与によって、オブザーバーのすくみ行動が低下した。これらのことから、マウスの情動伝染では、ACC で受容された他者の痛み情報が PAG に送られて、すくみ行動を誘起していることが明らかとなった。

さらに、痛み情動伝染にかかわる分子群の探索を行った。Transient receptor potential cation channel subfamily V member 1 (TrpV1) は感覚神経細胞で発現し、痛みを中枢に伝えるチャネル分子である。近年、大脳皮質や脳幹など、痛みの中枢処理機構への関与が知られてきた。そこで、自己の痛み分子が、社会的痛み（他者の痛みへの応答）として、TRPV1 の発現部位の確認と、TRPV1 欠損マウスにおける痛み情動伝染実験を行った。TRPV1 は運動野ならびに感覚野に発現し、また痛みに関与することが知られている縫線核にも発現が認められた。縫線核は、痛みの強さに比例して、神経活性が認められた。また TRPV1 欠損マウスでは、多個体の痛みに伴う痛み閾値の低下（より痛がる行動の上昇）が抑制されていた。これらのことから、**TRPV1 が社会的痛みにも関与することが示唆された。**

情動伝染のような原始的共感のさらなる研究は、共感に基づく援助行動の発現である。ヒト社会において、広範な協力社会がその特徴といえるが、果たして動物にも援助行動の源泉が見出せるか、見出せるとして、どのようなメカニズムが存在するのか、を目的とした。マウスを用いて、水没した仲間に対して、ドアを開けて、台に避難させてる行動が発現するかを調べた。この実験は本領域の佐藤らのラットの研究で明らかにされたものである。さらにこの実験を自閉症モデルマウスである TBX1 ヘテロ欠損マウスでも試みた。実験装置の工夫や、2 個体間の関係性、様々な要因を変化させたものの、マウスが水没したパートナーのためにドアを開けるような行動を示すことは認められなかった。同様の結果は佐藤らによっても、また渡邊らによっても確認された。このことから、**マウスにおいてラットで観察されたような援助行動は誘起しにくいと結論した。**

ではラットの援助行動はどのようなメカニズムで誘起されるのか、国際共同研究として、ラットの援助行動を世界で最初に報告したシカゴ大学の Peggy Mason 博士と共同研究を実施した。ラットでは筒内に閉じ込められたパートナーを、ドアを開けてフリーにする援助行動が観察されている。今回、閉じ込められたラットの不快情動が、フリーラットへと情動伝染し、その不快情動を回避するためのドア開け行動の強化（負の強化学習）が成り立つと仮説を立てた。これを検証するため、閉じ込められたラットにストレス内分泌応答によって分泌されるグルココルチコイドの産生を抑制するメチラポンを投与した。メ

チラポンが投与されたペアでは、対照群と比較して、ドア開け行動が学習されなかった。このことから、**閉じ込められたラットの不快情動がストレス内分泌応答を介して、フリーのラットに伝達され、このシグナルが援助行動の引き金になっていると推察された。**

2) 発達期オキシトシンの情動伝染機能に及ぼす影響の解析：まず、母子間の関係性が情動伝染の機能発現に及ぼす影響を調べた。早期母子分離モデルを用いて、成長後の痛み情動伝染を評価したところ、早期離乳マウスでは情動伝染が減弱していることが明らかとなった。このことから**幼少期母子間によって、情動伝染の機能が獲得されることが示唆された。**

次に、母子間のインタラクションによって、活性化する脳部位の同定を目指した。オキシトシン受容体は、前帯状回に多く発現するものの、性成熟に伴って発現が低下していた。また母子間のインタラクション後の帯状回オキシトシン濃度を測定すると、皮膚接触時間に応じて、オキシトシンが分泌されていることがわかった。発達期の帯状回オキシトシン神経系を遮断し、成長後の社会性や共感性が変化するかを調べたところ、共感性には大きな変化がなかったものの、社会認知能力の低下、母性行動の低下、社会的興味の減弱が確認された。特にマウスの社会記憶行動として既知個体との繰り返し再会によってその個体への匂い嗅ぎ行動が減少するが、その際に ACC の神経活動も減少していく。しかし、幼少期 ACC のオキシトシン阻害によって既知個体再会時でも ACC の神経活動は減少せず、社会記憶行動も阻害されていた。最後に幼少期特異的に帯状回オキシトシン神経系を阻害したマウスの帯状回をマイクロダイセクション装置を用いて切り出し mRNA を抽出、候補遺伝子を定量的 PCR 法を用いて測定した。その結果、オキシトシン受容体遺伝子の発現が低下していた。このことから、**幼少期の母子間のインタラクションは、帯状回オキシトシン神経系を発達させ、社会性や社会記憶を促進することが示唆された。**

3) オキシトシンの共感性に果たす役割の系統発生的役割の解明：ヒト-イヌ間でインタラクション時のオキシトシン分泌量を尿中から測定したところ、インタラクション後に両者のオキシトシン濃度が上昇していた。特にイヌからヒトへの視線が、ヒトのオキシトシン分泌を刺激していた。ヒトはオキシトシンの上昇に伴い、イヌへの声かけや接触が増え、それに呼応してイヌのオキシトシンが上昇した。イヌにオキシトシンを投与すると、飼い主への視線が増加して、視線が増加した飼い主の尿中オキシトシン濃度が上昇した。これらのことから、**ヒトとイヌの異種間においても、オキシトシンと親和行動のポジティブループが存在し、異種間における絆形成にかかわ**

ることが示された。本結果は Science 誌に掲載され、内外 650 ものメディアで紹介された。次に自律神経系応答の同期化と行動の同調を指標に、ヒト・イヌ間の身体同期化を調べた。ストレス条件時に飼い主に生じた何らかの変化はイヌをひきつけるものであったことが示された。de Waal は苦しみや動揺などの情動を表出している他個体を知覚した場合、その個体に対して強い関心を示す、「前関心」と呼ばれる状態が共感や同情に先立ち起こると主張している。ストレス条件下でのイヌの注視時間の延長はイヌでこの「前関心」によるものではないかと考察している。心拍変動解析は、条件間で比較した場合に飼い主・イヌともに違いが認められず、また微細な時系列で解析をしてもペア毎に結果が異なり、一貫した傾向は観察されなかった。しかしながら、ストレス条件下においてのみイヌ-飼い主の心拍変動の相関係数と年齢や飼育期間との間に有意な正の相関が見られたことから、飼い主が何らかの情動変化を示す場合には情動伝染が成立する可能性が示唆された。また、その成立のためにはイヌの年齢や飼育期間といった諸因子が影響を及ぼしていることが考えられた。これらの結果から、視線が情動の共有のシグナルとなっていると考えられた。特に目の形態、情動的な涙の機能に着目した。飼い主との再開場面で、イヌが情動的な涙を出すことを見出し、この涙はオキシトシンを介することを明らかにした。また涙腺の平滑筋に多くのオキシトシン受容体が発現し、オキシトシンが作用することで、筋収縮がおこり、涙がでることを見出した。共感性の個体差を生み出すオキシトシンの系統発生的な役割を、まずは日本犬で調査した。イヌの網羅的遺伝子解析により、日本犬は他の欧米犬種に比べて、オオカミに遺伝的に近縁であることが知られている。日本犬を含む古代犬では、飼い主に対する愛着行動が低下すること、接触が低いことが明らかとなった。またイヌの進化/家畜化にかかわる遺伝子として雑食性を高めたアミラーゼ遺伝子が注目されていたが、古代犬の調査の結果、アミラーゼ遺伝子がイヌの家畜化のボトルネックになっているとは考えにくい結果が得られた。日本犬を用いて、先に見出した飼い主とイヌのオキシトシンのポジティブループの存在を調べたが、日本犬でも存在すること、さらに日本犬は飼い主から触れてもらわなくてもオキシトシンが上昇することが明らかとなった。最後に、オキシトシン神経系に参与する遺伝子群の多型、ならびに関連する遺伝子群の多型を調べた。その結果、ストレス内分泌にかかわる MC2R 遺伝子の多型、オキシトシンの多型、ヒトのウィリアムズ症候群の原因遺伝子である WBSR17 の多型が、ヒトとのコミュニケーション行動と強い関連性があった。また、次世代シーケンサーを用いた日本犬の網羅的遺伝子解析、ならびに

DNA マイクロアレイを用いた、柴犬の行動関連遺伝子の解析を行ったところ、複数の遺伝子座に強い相関が認められ、それらの遺伝子は、いずれも中枢で発現していることが明らかとなった。今後は見出した候補遺伝子と行動との関連解析を達成する予定である。

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 54 件)

1: Tsunoda M, Miyamichi K, Eguchi R, Sakuma Y, Yoshihara Y, Kikusui T, Kuwahara M, Touhara K. Identification of an Intra- and Inter-specific Tear Protein Signal in Rodents. *Curr Biol.* 2018 Apr 23;28(8):1213-1223.e6. doi: 10.1016/j.cub.2018.02.060. Epub 2018 Mar 29. PubMed PMID: 29606417.

2: Konno A, Inoue-Murayama M, Yabuta S, Tonoike A, Nagasawa M, Mogi K, Kikusui T. Effect of Canine Oxytocin Receptor Gene Polymorphism on the Successful Training of Drug Detection Dogs. *J Hered.* 2018 Mar 10. doi: 10.1093/jhered/esy012. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 29538681.

3: Kikusui T, Kajita M, Otsuka N, Hattori T, Kumazawa K, Watarai A, Nagasawa M, Inutsuka A, Yamanaka A, Matsuo N, Covington HE 3rd, Mogi K. Sex differences in olfactory-induced neural activation of the amygdala. *Behav Brain Res.* 2018 Jul 2;346:96-104. doi: 10.1016/j.bbr.2017.11.034. Epub 2017 Dec 2. PubMed PMID: 29203334.

4: Hattori T, Osakada T, Masaoka T, Ooyama R, Horio N, Mogi K, Nagasawa M, Haga-Yamanaka S, Touhara K, Kikusui T. Exocrine Gland-Secreting Peptide 1 Is a Key Chemosensory Signal Responsible for the Bruce Effect in Mice. *Curr Biol.* 2017 Oct 23;27(20):3197-3201.e3. doi: 10.1016/j.cub.2017.09.013. Epub 2017 Oct 12. PubMed PMID: 29033330.

5: Nagasawa M, Ogawa M, Mogi K, Kikusui T. Intranasal Oxytocin Treatment Increases Eye-Gaze Behavior toward the Owner in Ancient Japanese Dog Breeds. *Front Psychol.* 2017 Sep 21;8:1624. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01624. eCollection 2017. PubMed PMID: 28983270; PubMed Central PMCID: PMC5613112.

6: Inokuchi K, Imamura F, Takeuchi H, Kim R, Okuno H, Nishizumi H, Bito H, Kikusui T, Sakano H. Nrp2 is sufficient to instruct circuit formation of mitral-cells to mediate odour-induced attractive social responses. *Nat Commun.* 2017 Jul 21;8:15977. doi: 10.1038/ncomms15977. PubMed PMID: 28731029; PubMed Central PMCID: PMC5525001.

7: Saito H, Nishizumi H, Suzuki S, Matsumoto H, Ieki N, Abe T, Kiyonari H, Morita M, Yokota H, Hirayama N, Yamazaki T, Kikusui T, Mori K, Sakano H. Immobility responses are induced by photoactivation of single glomerular species responsive to fox odour TMT. *Nat Commun.* 2017 Jul 7;8:16011. doi: 10.1038/ncomms16011. PubMed PMID: 28685774; PubMed Central PMCID: PMC5504302.

8: Asaba A, Osakada T, Touhara K, Kato M, Mogi K, Kikusui T. Male mice ultrasonic vocalizations enhance female sexual approach and hypothalamic kisspeptin neuron activity. *Horm Behav.* 2017 Aug;94:53-60. doi: 10.1016/j.yhbeh.2017.06.006. Epub 2017 Jun 29. PubMed PMID: 28645693.

9: Okabe S, Tsuneoka Y, Takahashi A, Ooyama R, Watarai A, Maeda S, Honda Y, Nagasawa M, Mogi K, Nishimori K, Kuroda M, Koide T, Kikusui T. Pup exposure facilitates retrieving behavior via the oxytocin neural system in female mice. *Psychoneuroendocrinology.* 2017 May;79:20-30. doi: 10.1016/j.psyneuen.2017.01.036. Epub 2017 Feb 2. Erratum in: *Psychoneuroendocrinology.* 2018 Feb 9;:. PubMed PMID: 28246032.

10: Toh H, Matsubara T, Tomida S, Mimura I, Arakawa K, Kikusui T, Morita H. Draft Genome Sequence of *Bifidobacterium lemorum* DSM 28807(T) Isolated from the Gastrointestinal Tracts of Ring-Tailed Lemurs (*Lemur catta*). *Genome Announc.* 2017 Feb 23;5(8). pii: e01656-16. doi: 10.1128/genomeA.01656-16. PubMed PMID: 28232445; PubMed Central PMCID: PMC5323624.

11: Kikusui T, Ishio Y, Nagasawa M, Mogil JS, Mogi K. Early weaning impairs a social contagion of pain-related stretching behavior in mice. *Dev Psychobiol.* 2016 Dec;58(8):1101-1107. doi: 10.1002/dev.21443. Epub 2016 Jul 1. PubMed

PMID:
27364014.

他 43 報

[学会発表] (計 105 件)

1. 小児内分泌研究会, 「オキシトシンによる母子間の絆形成」2017年2月
2. 国際シンポジウム 異種間情報伝達から学ぶコミュニケーションの基礎 「Reciprocal communication and endocrine response in human-dog interaction」2016年11月

他 103 件

[図書] (計 6 件)

1. 「愛と分子：惹かれあう二人のケミストリー」東京化学同人、2018年(菊水健史)
2. 「日本の犬：人とともに生きる」東京大学出版会 2015年 (菊水健史、永澤美保、外池亜紀子、黒井眞器)
3. 「情動の進化」岩波出版 2015年 (菊水健史、渡辺 茂 他)
4. 「観察する目が変わる動物学入門」ベレ出版 2014年 (菊水健史、浅場明莉)
5. 「母性と社会性の起源」岩波講座 (コミュニケーションの認知科学 第3巻) 2014年 (開一夫、菊水健史、他)
6. 「行動生物学辞典」東京化学同人 2013年 (上田恵介、菊水健史、長谷川寿一 他)

[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

<https://sites.google.com/a/carazabu.com/car/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

菊水健史 (KIKUSUI, Takefumi)
麻布大学獣医学部・教授
研究者番号：90302596

(2)研究分担者

茂木一孝 (MOGI, Kazutaka)
麻布大学獣医学部・准教授
研究者番号：50347308

(3)連携研究者

永澤美保 (NAGASAWA, Miho)
麻布大学獣医学部・講師
研究者番号：70533082