

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04394

研究課題名(和文) 食欲調節ホルモンによる情動制御の神経基盤の解明

研究課題名(英文) Regulation by orexigenic and anorexigenic neuropeptides of emotional behavior in fish

研究代表者

松田 恒平 (Matsuda, Kouhei)

富山大学・大学院理工学研究部(理学)・教授

研究者番号：60222303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：摂食調節作用を有する神経ペプチドの脳室内投与によって精神背理学的な運動活性が変化する。そこで、情動行動を指標としてこれらの神経ペプチドの情動行動に及ぼす影響や作用機序を探った。その結果、キンギョ、ゼブラフィッシュおよびメダカにおいて、オレキシン、PACAP、コレシストキニンなどの摂食調節作用を有する神経ペプチドはこれら魚類の不安様行動に影響を及ぼし、GABA作動性の反応と関係することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Our previous studies have indicated that intracerebroventricular (ICV) administration of several neuropeptides related to feeding regulation affect psychomotor activity in fish. Therefore, we examined the effect of ICV injection of neuropeptides such as cholecystokinin and pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) on emotional behavior including anxiety-like behavior in fish. ICV administration of neuropeptides mentioned above induced anxiety-like behavior in fish. In addition, we prepared transgenic fish (including vasotossine, PACAP and mineralocorticoid-receptor knock out fish), and observed swimming behavior. The results suggested that psychomotor activity is affected by hormones- and their receptors-knock out.

研究分野：比較神経内分泌学

キーワード：ゼブラフィッシュ 情動行動 キンギョ メダカ 摂食行動 神経基盤

### 1. 研究開始当初の背景

代表者らは、大脳の影響が少なく、本能行動の発現が顕在化しやすい中枢神経系を有する魚類や両生類をモデル動物に用いて、動物の摂食行動と他の本能行動（遊泳行動や攻撃行動）パターンを定量化する実験方法や、小さい脳内に微量の試験物質を正確に投与する実験手法を独自に開発・確立して、摂食行動制御の神経基盤に関する研究を行ってきた。その研究過程で、代表者らは魚類の摂食行動が不安緩和剤の投与によって促進され、一方、不安惹起剤の投与により抑制されることを発見した（Matsuda et al., Neuroscience 2011; Matsuda, Ann NY Acad Sci 2011）。また、摂食促進作用を示すホルモンである神経ペプチド Y が魚類の不安様行動を緩和したり、摂食抑制ホルモンのコルチコトロピン放出ホルモンが逆に不安様行動を引き起こしたりすることを明らかにした（Matsuda et al., Neuropeptides 2012; Matsuda et al., Gen Comp Endocrinol 2013）。脊椎動物において、様々な環境刺激は脳内に快情動や不快情動を生み、それは餌の探索や接近行動、外敵等の脅威に対する不安・攻撃・逃避行動として表出される。例えば、魚類は一般的に明るい環境（白背景）より暗い環境（黒背景）を好むが、それは明るい環境下では外敵からの脅威に曝されやすいため、魚類にとっては不快・不安を生んでいると考えられる。その一方で、彼らは外敵等の脅威に曝されながらも、環境を探索し餌を摂らなければならない、このことは食欲調節ホルモンが不安や恐怖といった情動行動を制御していることを示唆するものである。しかしながら、食欲調節ホルモンが脳のどこで、どのように情動を制御し、摂食行動を最適化しているのかは不明であった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、食欲調節ホルモンがどのように情動行動の制御に機能するのかを、明らかにすることである。我々ヒトでは、嬉しい時や楽しい時には食欲が湧き、一方、深い悲しみ、過度のストレスや脅威によって食欲は減退する。この一見当たり前とも思える情動と摂食との関係を裏付ける脳機構の実体はよく分かっていない。申請者は情動行動が顕在化しやすい魚類を用いた実験系を開発・確立して実験を進めたところ、食欲調節ホルモンが摂食行動のみならず、不安・攻撃・逃避行動などの情動行動にも深く影響を及ぼすことを見出した。食欲調節ホルモンは情動も制御して摂食行動を最適化している可能性が考えられる。魚類を用いて食欲調節ホルモンと情動行動とのリンクを解き明かそうとする研究は国内外に無く、本研究は食欲調節ホルモンによる情動制御の神経基盤の解明に初めて道を切り開くものと期待された。

### 3. 研究の方法

上述の背景とこれまでの研究成果をもと

に、本研究では、モデル魚種（キングヨ、ゼブラフィッシュ、メダカ、ウシガエル幼生）を用いて、食欲調節ホルモンの投与がどのような情動行動の変化を誘起するのか、また、情動を司る脳領域はどこか、その領域で情動の制御に参与する遺伝子は何か、を明らかにするための観察および実験を行った。研究期間は平成 27 年度～29 年度の 3 年間で、以下の 4 つの項目について、生理学的、組織学的、分子生物学的アプローチにより解析を進めた。

1) 食欲調節ホルモンや向精神薬物を脳に投与して、情動行動の変化を探り、また、食欲調節ホルモンの相互作用がどのように情動行動に影響を及ぼすのかを明らかにする。

2) c-fos 遺伝子発現を指標として、食欲調節ホルモンや関連薬物の投与によって活性化するニューロンや部位を見つけ、情動を制御する中枢を同定する。3) 情動を制御する中枢における食欲調節ホルモン含有ニューロンの神経網を明らかにする。4) 情動を制御する中枢における遺伝子発現動態を明らかにする。

### 4. 研究成果

平成 27 年度では、食欲調節ホルモンや関連した情報伝達系による、情動に係る生得的行動や行動を駆動する脳機能の解明を目指して、分子遺伝学的解析と神経行動学的解析に優れた動物モデル（小型魚類）を用いて研究チーム 3 名が、個々の得意分野を活かしながら、脳機能解明のための技術開発も合わせて研究を推進した。さらに、理工学研究部テニュアトラック事業に関する研究プロジェクトとともに連携しつつ、小型魚類をモデルとした世界レベルの新規研究拠点の形成を目指し、マレーシア・モナッシュ大学医学健康科学部脳科学研究所との係る研究に関しての学術交流の可能性を検討した。

平成 28 年度では、食欲調節ホルモンや関連したホルモン情報伝達系（コレシストキニン、神経ペプチド Y、オレキシン、下垂体アデニル酸シクラーゼ活性化ポリペプチド（PACAP）、アルギニンバソトシン、ミネラルコルチコイド）による、摂食と情動に係る生得的行動や行動を駆動する脳機能の解明を目指して、分子遺伝学的解析と神経行動学的解析に優れた動物モデル（小型魚類）を用いて研究チーム 4 名（平成 28 年度より研究分担者として吉田将之が参加）が、個々の得意分野を活かしながら、脳機能解明のための技術や行動観察の方法論も合わせて研究を推進した。その結果、神経ペプチド Y とオレキシンの相互作用、ミネラルコルチコイド受容体ノックアウトメダカにおける異常行動の観察、バソトシン受容体ノックアウトメダカにおける摂食・情動行動への影響について、重要な知見を得ることができた。また、PACAP 及びその受容体ノックアウトゼブラフィッシュを作出し、行動への影響を探る実験が可能となった。さらに、理工学研究部

テニユアトラック事業に関する研究プロジェクトや所属機関と国外研究機関（マレーシア・モナッシュ大学医学健康科学部脳科学研究所）との学術交流協定と連携しつつ、小型魚類をモデルとした世界レベルの新規研究拠点の形成も主な目的とした。

平成 29 年度（最終年度）では、昨年度に引き続いて食欲調節ホルモンや関連したホルモン情報伝達系（コレシストキニン、神経ペプチド Y、オレキシン、PACAP、アルギニンバソトシン、ミネラルコルチコイド）による、摂食と情動に係る生得的行動やこれらの行動を駆動する脳機能の解明を目指して、分子遺伝学的解析と神経行動学的解析に優れた動物モデル（小型魚類：キンギョ、ゼブラフィッシュ、メダカ、ウシガエル幼生）を用いて研究チーム 4 名が、個々の得意分野を活かしながら、脳機能解明のための技術や行動観察の方法論も合わせて研究を推進した。その結果、神経ペプチド Y とオレキシンの相互作用、ミネラルコルチコイド受容体ノックアウトメダカにおける異常行動の観察、バソトシンノックアウトおよび同受容体ノックアウトメダカにおける摂食・情動行動への影響に関して、研究を進めることができた。また、PACAP 及びその受容体ノックアウトゼブラフィッシュを作出し、行動への影響を探る実験を実施し、情動行動や記憶学習行動への影響を見出すことができた。さらに、理工学研究部テニユアトラック事業に関する研究プロジェクトや所属機関と国外研究機関との交流協定と連携しつつ、小型魚類をモデルとした世界レベルの新規研究拠点の形成も主な目的とし、マレーシア国モナッシュ大学医学健康科学部脳科学研究所との小型魚類の行動解析に係る国際共同研究体制を構築した。

#### 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 16 件）

- 1) Tomoya Nakamachi, Eri Kamata, Ayano Tanigawa, Norifumi Konno, Seiji Shioda, Kouhei Matsuda (2018). Distribution of pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide 2 in zebrafish brain. *Peptides* 103, 40-47.
- 2) Kouhei Matsuda, Kairi Matsumura, Syun-suke Shimizu, Tomoya Nakamachi, Norifumi Konno (2017). Neuropeptide Y-induced orexigenic action is attenuated by the orexin receptor antagonist in bullfrog larvae. *Frontiers in Neuroscience* 27, 6688.
- 3) Matsuda, K., Yoshida, M., Kawakami, K., Hibi, M., Shimizu, T. (2017). Granule cells control recovery from classical conditioned fear responses in the zebrafish cerebellum. *Scientific Reports* 7, 11865.
- 4) Takeuchi, M., Inoue, C., Goshima, A., Nagao, Y., Shimizu, K., Miyamoto, H., Shimizu, T., hashimoto, H., Yonemura, S., Kawahara, A.,

Hirata, Y., Yoshida, M. (2017). Medaka and zebrafish contactin 1 mutants as a model for understanding neural circuits for motor coordination. *Genes to Cells* 22, 723-741.

5) 松田恒平、東森生、浜口晃吉、南和希 (2018). キンギョにおけるソマトラクチンの分泌制御と生理機能に関する研究日本下垂体研究誌 5, 1-9.

6) Nakada, T., Toyoda, F., Matsuda, K., Nakakura, T., Hasunuma, I., Yamamoto, K., Onoue, S., Yokosuka, M. and Kikuyama, S. (2017). Imorin: a sexual attractiveness pheromone in female red-bellied newts (*Cynops pyrrhogaster*). *Scientific Reports* 41334.

7) Sakamoto, T., Yoshiki, M., Takahashi, H., Yoshida, M., Ogino, Y., Ikeuchi, T., Nakamachi, T., Konno, N., Matsuda, K. and Sakamoto, H. (2016). Principal function of mineralocorticoid signaling suggested by constitutive knockout of the mineralocorticoid receptor in medaka fish. *Scientific Reports* e1-e10.

8) Hamasaki, S., Mukuda, T.\*, Kaidoh, T., Yoshida, M., Uematsu, K. (2016). Impact of dehydration on the forebrain preoptic recess walls in the mudskipper, *Periophthalmus modestus*: a possible locus for the center of thirst. *Journal of Comparative Physiology-B* 186, 891-905.

9) Takiyama, T., Hamasaki, S., Yoshida, M. (2016). Comparison of the visual capabilities of an amphibious and an aquatic goby that inhabit tidal mudflats. *Brain, Behavior and Evolution* 87, 39-59.

10) Nakamachi, T., Ohtaki H, Seki T, Yofu S, Kagami N, Hashimoto H, Shintani N, Baba A, Mark L, Lanekoff I, Kiss P, Farkas J, Reglodi D, Shioda S. (2016). PACAP suppresses dry eye signs by stimulating tear secretion. *Nat Commun*

11) Ichijo Y, Mochimaru Y, Azuma M, Satou K, Negishi J, Nakakura T, Oshima N, Mogi C, Sato K, Matsuda, K., Okajima F, Tomura H. (2016). Two zebrafish G2A homologs activate multiple intracellular signaling pathways in acidic environment. *Biochem Biophys Res Commun* 469, 81-86.

12) Tomiyama, S., Nakamachi, T., Uchiyama, M., Matsuda, K., and Konno, N. (2015). Urotensin II upregulates migration and cytokine gene expression in leukocytes of the African clawed frog, *Xenopus laevis*. *General and Comparative Endocrinology* 216, 54-63.

13) 松田恒平、中町智哉、今野紀文 (2015). 魚類の摂食行動・情動行動と脳ペプチド 海洋と生物 37, 596-604.

14) Shioda, S., and Nakamachi, T. (2015). PACAP as a neuroprotective factor in ischemic neuronal injuries *Peptides* 72, 201-207.

15) Kakumura, K., Takabe, S., Takagi, W., Hasegawa, K., Konno, N., Bell, J., Toop, T., Donald, J., Kaneko, T., and Hyodo, S. (2015).

Morphological and molecular investigations of the holocephalan elephant fish nephron: the existence of a countercurrent-like configuration and two separate diluting segments in the distal tubule. *Cell and Tissue Research* 362, 677-688.

16) Matsumoto, M., Nakamachi, T., Watanabe, J., Sugiyama, K., Ohtaki, H., Murai, N., Sasaki, S., Xu, Z., Hashimoto, H., Seki, T., Miyazaki, A., and Shioda, S. (2015). Pituitary Adenylate Cyclase-Activating Polypeptide (PACAP) Is Involved in Adult Mouse Hippocampal Neurogenesis After Stroke *Journal of Molecular neuroscience* 59, 270-279.

〔学会発表〕(計 60 件)

1) サチリガ、吉田大祐、飯沼直人、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2017). キンギョとゼブラフィッシュの遊泳行動と情動行動に及ぼすコレシストキニンの影響 第 2 回モナッシュ大学脳科学研究所—富山大学国際シンポジウム「神経行動学研究の最新動向」第 12 回シンポジウム「水生動物の行動と神経系」合同シンポジウム

2) 後藤はるか、吉識円香、高橋英也、今野紀文、中町智哉、坂本浩隆、坂本竜哉、松田恒平 (2017). ミネラルコルチコイド受容体ノックアウトメダカにおける行動の観察 第 2 回モナッシュ大学脳科学研究所—富山大学国際シンポジウム「神経行動学研究の最新動向」第 12 回シンポジウム「水生動物の行動と神経系」合同シンポジウム

3) サチリガ、吉田大祐、飯沼直人、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2017). キンギョとゼブラフィッシュの情動行動に及ぼすコレシストキニンの影響 平成 29 年度日本動物学会中部支部大会

4) 澤田彩乃、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2017). 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

5) 吉田大祐、宮澤晃弘、サチリガ、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2017). ゼブラフィッシュの情動行動の評価法の確立と遊泳行動に及ぼすコレシストキニン脳室内投与の影響 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

6) 谷川絢野、海谷啓之、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2017). 2 種のゼブラフィッシュ PAC1 受容体サブタイプの特徴づけ 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

7) 酒谷斎、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2017). キンギョにおけるソマトラクチン分泌に及ぼすメラニン凝集ホルモン(MCH) の影響 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

8) サチリガ、飯沼直人、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2017). コレシストキニンによるキンギョの不安様行動の作用機構の検討 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

9) 稲垣祐香、中町智哉、松田恒平、今野紀文

(2017). メダカの鰓におけるバソトシン V2a 受容体と AQP3 の機能的関連性 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

10) 浦田智栄子、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2017). CRISPR/Cas9 法による PAC1 受容体遺伝子欠損ゼブラフィッシュ作出の試み 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

11) 後藤はるか、吉識円香、高橋英也、今野紀文、中町智哉、坂本浩隆、坂本竜哉、松田恒平 (2017). ミネラルコルチコイド受容体ノックアウトメダカにおける行動量と情動行動の観察 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

12) 高野萌、海谷啓之、中町智哉、松田恒平、今野紀文 (2017). メダカとツメガエルにおけるウロテンシン $\alpha$ 受容体サブタイプの同定とその特徴づけ 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

13) 熊谷知泰、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2017). ゼブラフィッシュにおける T 字迷路水槽を用いた空間認知記憶試験 第 42 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

14) 中町智哉、鎌田愛里、谷川絢野、今野紀文、松田恒平 (2017). ゼブラフィッシュにおける下垂体アデニル酸シクラーゼ活性ポリペプチド 2 の脳内分布 日本動物学会第 88 回大会

15) 高野萌、海谷啓之、中町智哉、松田恒平、今野紀文 (2017). メダカとツメガエルにおけるウロテンシン $\alpha$ 受容体サブタイプの同定 日本動物学会第 88 回大会

16) 稲垣祐香、中町智哉、松田恒平、今野紀文 (2017). メダカの鰓におけるバソトシン V2a 受容体と AQP3 の機能連関の可能性 第 32 回日本下垂体研究会学術集会

17) 松田恒平 (2017). ソマトラクチンとプロラクチンの分泌制御と生理機能に関する研究 第 32 回日本下垂体研究会学術集会

18) 南和希、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2017). ゼブラフィッシュ下垂体中葉におけるソマトラクチン産生細胞の局在およびソマトラクチン免疫陽性反応と mRNA 発現に及ぼす背景色の影響 第 32 回日本下垂体研究会学術集会

19) 吉田将之 (2017). 魚類の行動計測 ~ 準備性と内的状態の問題 ~ 中国四国動物生理・動物学会九州地区合同研修会

20) 吉田将之 (2017). サカナの行動と情動の計測 ~ 生物心理学的アプローチ ~ 海洋生物環境研究所研究談話会

21) 瀧山智、吉田将之 (2017). キンギョの恐怖条件付けにおける下オリーブ核ニューロンの役割 中国四国動物生理・動物学会九州地区合同研修会

22) 辻朋弥、吉田将之 (2017). ハゼ科魚類における生息環境と脳形態との関係 中国四国動物生理・動物学会九州地区合同研修会

23) 福田和也、辻田菜摘、国吉久人、棕田崇生、吉田将之、須之部友基 (2017). 魚類にお

ける配偶時社会行動の生理的基盤を探る 中国四国動物生理・動物学会九州地区合同研修会

24) Takiyama, T., Yoshida, M., Ikenaga, T. (2017). Effects of the olivocerebellar tract lesion on classical fear conditioning in goldfish 第39回日本比較生理生化学会大会

25) 瀧山智、吉田将之 (2017). キンギョにおける恐怖学習に関わる脳内神経経路 第24回魚類生理学会

26) 辻朋弥、吉田将之 (2017). ハゼ科魚類の生態と脳形態との関係 第24回魚類生理学会

27) 大西星奈、吉田将之 (2017). 魚脳の外部形態の3D画像化 第24回魚類生理学会

28) 小早川稔晶、吉田将之 (2017). ゼブラフィッシュ仔魚からの光学的心拍記録 第24回魚類生理学会

29) 原口省吾、野崎美月、佐藤未来、松田恒平、徳元俊伸、橘哲也、宮崎章、筒井和義 (2016). 松果体アロプレグナロンによる小脳プルキンエ細胞の細胞死抑制機構 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

30) 谷川絢野、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2016). ゼブラフィッシュにおける下垂体アデニル酸シクラーゼ活性化ポリペプチドの発現分布と摂食行動への影響 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

31) 井口わかかな、神田真司、中町智哉、松田恒平、今野紀文 (2016). パソトシンノックアウトメダカの自発遊泳行動の解析 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

32) 熊谷知泰、柴田治希、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2016). ゼブラフィッシュにおけるY字迷路を用いた短期記憶評価系の確立 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

33) 澤田彩乃、今野紀文、松田恒平、中町智哉 (2016). CRISPR/Cas9法を用いたPACAP遺伝子欠損ゼブラフィッシュの作出 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

34) 南和希、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2016). ゼブラフィッシュ下垂体中葉におけるソマトラクチン(SL)様免疫陽性細胞の分布 第41回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム

35) Kouhei Matsuda, Takeharu Nakashima, Madoka Yoshiki, Haruka Goto, Hideya Takahashi, Norifumi Konno, Tomoya Nakamachi, Hiroataka Sakamoto, Tatsuya Sakamoto (2016). Observation of psychomotor activity in the mineralocorticoid receptor knockout medaka 日本動物学会第87回大会

36) Norifumi Konno, Shinji Kanda, Susumu Hyodo, Kouhei Matsuda (2016). The role of vasotocin V2a-type receptor in teleost: insights from studies using V2aR knockout Medaka The 22nd International Congress of Zoology

37) Yuka Inagaki, Hiyori Kato, Shinji Kanda,

Susumi Hyodo, Kouhei Matsuda, Norifumi Konno (2016). Functional characterization of vasotocin V2a-type receptor knockout medaka generated by transcription activator-like effector nucleases (TALENs) technology International Symposium on pituitary gland and Related Systems

38) Kazuki Minami, Akiyoshi Hamaguchi, Makito Komayashi, Tomoya Nakamachi, Norifumi Konno, Kouhei Matsuda (2016). Involvement of somatolactin-a and -b in regulation of pigmentation in goldfish International Symposium on pituitary gland and Related Systems

39) Kouhei Matsuda, Haruki Shibata, Naoto Iinuma, Tomoya Nakamachi, Norifumi Konno (2016). Effect of ICV administration of sulfated cholecystokinin octapeptide on psychomotor activity in goldfish 8th International Symposium on Fish Endocrinology

40) Kouhei Matsuda (2016). Observation of swimming behaviour in the mineralocorticoid receptor-knockout medaka fish 8th International Symposium on Fish Endocrinology

41) Kouhei Matsuda, Haruki Shibata, Naoto Iinuma, Tomoya Nakamachi, Norifumi Konno (2016). Sulfated cholecystokinin octapeptide (CCK-8s) induces anxiety-like behavior in goldfish The 8th Congress of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology

42) 吉田将之 (2016). 小脳と情動 ~キンギョの恐怖学習から~ 埼玉大学脳科学セミナー

43) 中町智哉, 渡邊潤, 塩田清二 (2015). マウスにおけるPACAPの唾液分泌促進作用 第121回日本解剖学会総会全国学術集会

44) 松田恒平 (2015). Regulation of feeding behavior and psychomotor activity by neuropeptides in goldfish 日本比較内分泌学会第40回大会・日本比較生理生化学会第37回大会合同大会シンポジウム

45) 南和希、浜口晃吉、東森生、中町智哉、今野紀文、小林牧人、松田恒平 (2015). Effect of two molecular forms of recombinant goldfish somatolactin (SL) on scalar melanophores in goldfish 日本比較内分泌学会第40回大会・日本比較生理生化学会第37回大会合同大会

46) 松田恒平、飯沼直人、中町智哉、今野紀文 (2015). キンギョにおいてコレシストキニン是不安様行動を引き起こす 第11回水生動物の行動と神経系シンポジウム

47) 熊谷知泰、坂下徹、柴田治希、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2015). Y字迷路を用いた小型魚類の学習試験法の確立 第11回水生動物の行動と神経系シンポジウム

48) 今野紀文、島崎祐希、中町智哉、松田恒平 (2015). ベタの攻撃行動と繁殖行動は脳内性ホルモンレベルにより制御される 平成27年度日本動物学会中部支部大会

49) 今野紀文、海谷啓之 (2015). 非哺乳類を

用いた比較研究からウロテンシン II の新機能を探る第 6 回ペプチド・ホルモン研究会

50) Nakamachi, T., Watanabe, J., Seki, T., Ohtaki, H., and Shioda, S. (2015). Effects of PACAP on the secretions of tear and saliva in mouse Neuropeptide 2015

51) Nakamachi, T., Wada, Y., Endo, K., Seki, T., and Shioda, S. (2015). PACAP attenuates retinal damage in association with modulation of the microglia/macrophage status and cytokines expression 12th international symposium on VIP/PACAP and related peptides

52) 松田恒平、今野紀文、中町智哉 (2015). キンギョの精神運動活性に及ぼす摂食調節ペプチドの影響日本動物学会シンポジウム南和希、浜口晃吉、今野紀文、中町智哉、小林牧人、松田恒平 (2015). キンギョにおける黒色素胞に及ぼすソマトラクチンの影響 日本動物学会第 86 回新潟大会

53) 今野紀文、島崎祐希、中町智哉、松田恒平 (2015). 闘魚ベタの攻撃行動は脳内エストラジオールレベルの増加により減弱する 日本動物学会第 86 回新潟大会

54) 原口省吾、鎌田真気、松田恒平、筒井和義 (2015). 松果体アロプレグナノロンは PACAP を介して小脳プルキニエ細胞の細胞死を抑える 日本動物学会第 86 回新潟大会

55) 熊谷知泰、柴田治希、坂下敦、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2015). キンギョとゼブラフィッシュにおける Y 字迷路による学習試験法の確率 日本動物学会第 86 回新潟大会

56) 飯沼直人、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2015). キンギョの情動行動に及ぼすコレスチストキニン脳内投与の影響 日本下垂体研究会第 30 回学術集会

57) 南和希、浜口晃吉、東森生、小林牧人、今野紀文、中町智哉、松田恒平 (2015). キンギョ黒色素胞に及ぼす組換えキンギョソマトラクチン (SL) の影響 日本下垂体研究会第 30 回学術集会

58) 今野紀文 (2015). 抗利尿ホルモンの機能からみた脊椎動物の進化 日本下垂体研究会第 30 回学術集会

59) 飯沼直人、中町智哉、今野紀文、松田恒平 (2015). キンギョの精神運動活性に及ぼすコレスチストキニンの影響 第 12 回 GPCR 研究会

60) 中町智哉、渡邊 潤、佐々木駿、塩田清二 (2015). PACAP の唾液および汗分泌促進作用 第 12 回 GPCR 研究会

〔図書〕(計 2 件)

吉田将之 (2017). 「魚だって考える」キンギョの好奇心、八咫の空間認知築地書館

Nakamachi T. (2016). Chapter 27. “Role of PACAP in Astrocytes and Astrocytic Tumors” Springer International Publishing

〔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

富山大学 松田研究室

<https://toyama-u-bio-kmatsuda.jimdo.com/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

松田 恒平 (MATSUDA, Kouhei)

富山大学大学院理工学研究部 (理学)・教授

研究者番号 : 60222303

(2)研究分担者

今野 紀文 (KONNO, Norifumi)

富山大学大学院理工学研究部 (理学)・講師

研究者番号 : 50507051

中町 智哉 (NAKAMACHI, Tomoya)

富山大学大学院理工学研究部 (理学)・講師

研究者番号 : 20433840

吉田 将之 (YOSHIDA, Masayuki)

広島大学大学院生物圏科学研究科・准教授

研究者番号 : 70253119