

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03323

研究課題名(和文) 微細構造相関解析法を用いたシナプス前後の協調的成熟を支える分子機構の解明

研究課題名(英文) Investigation of molecular mechanisms underlying cooperative construction of pre- and postsynaptic compartments by an originally developed ultrastructure correlation analysis

研究代表者

深澤 有吾 (Fukazawa, Yugo)

福井大学・学術研究院医学系部門・教授

研究者番号：60343745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、研究代表者が独自開発した高分解能走査型電子顕微鏡によるシナプス結合全体の微細構造相関解析法を用いて、シナプス前後構造の協調的な構築を支える分子機構と自閉症モデルマウスに共通に見られるシナプス構造異常を明らかにすることを目的とし、シナプス接着関連分子の遺伝子改変マウスと自閉症モデルマウス解析した。その結果、シナプス前後の協調的構築異常が自閉症モデルマウスに共通した微細構造異常ではないことを明らかにし、今後、野生型NLG3とR451C変異NLG3のNeurexin分子との相互作用の違いを検討することで、シナプス前後構造の協調的構築を担う分子機構の実体が明らかになる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シナプス伝達は脳の情報処理機構の基盤となる素過程であり、神経科学領域の重要な研究対象の一つである。また、自閉症を始めとする種々の精神疾患の原因の一つにシナプス機能異常が指摘されており、シナプス伝達の分子生物学的理解を深め、疾患発症との因果関係を明らかにする必要性が高まっている。本研究で開発応用したシナプス微細構造の新規解析法は、今後の学術的なシナプス研究に意義がある。また、この解析法は、他の神経疾患モデルマウスにも応用できるので、病態解明や治療法の開発を目指した基礎研究に応用でき、社会的に意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify the molecular mechanisms underlying the cooperative construction between pre- and postsynaptic structures and the common synaptic structural abnormalities among autism model mice, by an original analysis method that enables quantitative evaluation of the ultrastructure of the entire synaptic contact. We analyzed the synaptic structures of mice genetically modified for synaptic adhesion molecules and autism model mice. Our findings suggest that the lack of cooperative construction between pre- and postsynaptic structures is not a common ultrastructural anomaly in autism model mice. We will continue to analyze other gene-deficient mice and the differences in the interaction of wild-type NLG3 and R451C mutant NLG3 with Neurexin molecules for understanding the molecular mechanisms underlying the cooperative construction of pre- and postsynaptic structures.

研究分野：分子神経解剖学

キーワード：シナプス結合 超微形態 三次元再構築 構造-機能相関

1. 研究開始当初の背景

シナプス伝達は脳の情報処理機構の基盤となる素過程であり、その可塑性は学習・記憶を支える細胞レベルの素過程として、神経科学領域の重要な研究対象の一つである。近年、自閉症を始めとする種々の精神疾患において、シナプス機能の異常が疾患原因の一つであると指摘する研究結果が報告されており (Synaptopathy review: Mandolesi et al., Nat. Rev. Neurosci., 2015; Lin et al., Front. Cell. Neurosci., 2016; Cao et al., Neurosci. Res., 2017 など)、シナプス伝達の分子生物学的理解を深め、疾患発症との因果関係を明らかにする必要性が高まっていた。

シナプス伝達の場合、シナプス結合は、2つの神経細胞の接着構造であり、情報伝達の機能的特性は、シナプス前後で起こる複数の素過程の総和として決定され、神経ペアにおける1回の伝達現象の場合、シナプス前構造中で起こる伝達物質の開口放出に関わる素過程がシナプス前の機能を決定し、シナプス後に発現する受容体の種類と数がシナプス後の機能的特性を決定する。また、高頻度な神経活動に応じた伝達においては、シナプス前構造中のシナプス小胞の総数や小胞再利用の効率と、シナプス後に発現する受容体の種類とターンオーバー率が、伝達の持続性と再現性を決定する。この様に、シナプス伝達は2つの独立した区画内で起こる複数の素過程の協調現象であり、シナプス前後の素過程が単一シナプスレベルでどのように連携し、この連携がどのような分子メカニズムで制御されているのかを明らかにすることは、シナプス伝達機能の理解に必須である。しかし、シナプス前後の構造や機能を単一シナプスレベルで同時に調べる手法が無く、シナプス前と後を独立に解析してきたので、シナプス前後の協調関係を支えるメカニズムについては全く解明されていなかった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、研究代表者が独自に確立した高分解能走査型電子顕微鏡によるシナプス前後結合全体の微細構造を定量的に解析可能な観察法を用いて、シナプス前後構造の協調的な構築を支える分子機構を明らかにするとともに、精神神経疾患モデルマウスのシナプス構造を解析し、シナプス前後構造の協調的な構築機構の破綻と精神神経疾患の発症との関連性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

この目的のため、シナプス前後構造の接着構造の形成や成熟、更にはシナプス可塑性に関与することが報告されているシナプス接着分子を中心に、これら分子の遺伝子改変マウスのシナプス構造を解析した。また、自閉症モデルマウスについても同様な解析を行った。

具体的には、シナプス結合関連分子として、CAPS1 遺伝子欠損マウス、Neuroigin-1 (NLG1)、Neuroigin-3 (NLG3) 遺伝子の点変異や欠損マウス、N-cadherin 欠損マウス、Septin3、Septin5 の欠損マウス、リン酸化機能を欠失させた CaMKII 遺伝子の変異マウス、Arc 遺伝子の欠損マウスと過剰発現マウス、そして、それぞれの遺伝子改変マウスに対して対照群となるコントロールマウスの解析を行った。これら遺伝子改変マウスのうち、NLG1 の P89L 点変異マウスと NLG3 の R451C 点変異マウスは自閉症様行動を示すことが示されている自閉症モデルマウスである。

作製した試料を名古屋大学医学部所有の共同利用機器である収束イオンビーム搭載型高分解能走査型電子顕微鏡 (FIB-SEM: Scios) により、1.8 nm / pixel の解像度で 8 nm の断層撮影を行い、その後、取得した連続断層撮影画像を研究代表者の研究室に持ち帰り、ImageJ TrakEM2 パッケージによるシナプス結合構造の3次元再構築を行った後、微細構造の特徴量を定量的に解析した。解析した特徴量としては、シナプス前構造の体積、シナプス前構造中のシナプス小胞、ミトコンドリアの数量、シナプス結合の接触面の面積と形状、シナプス後スパインと内包される小胞体系膜構造の体積と数とした。これら計測値を対照マウスと遺伝子改変マウスとで比較し、各遺伝子変異と欠損のシナプス構造に対する影響を評価した。

また、必要に応じて、SDS 処理凍結割断レプリカ免疫標識法 (SDS-digested Freeze-fracture Replica labelling: SDS-FRL) による分子局在解析が可能な試料を作製し、AMPA 型グルタミン酸受容体の発現解析も実施し、シナプス伝達強度に関する分子発現指標についても検討した。

4. 研究成果

これら解析の結果、Neuroigin-3 (NLG3) の R451C 点変異マウスにシナプス前後の協調的構築阻害が見られること、NLG3 欠損マウスでは正常なシナプス前後構造の構築が見られること、同じく自閉症様症状を呈する Neuroigin-1 (NLG1) の P89L 点変異マウスでは正常なシナプス前後構造が構築されていることを示す結果を得た。また、N-cadherin (NCad) 遺伝子の欠損マウスでも、正常なシナプス前後構造の構築が見られることも明らかにした。これらの結果から、シナプス前後構造の協調的構築に NLG3 と NCad は直接的には関与しないが、NLG3 の R451C 点変異により新たな機能として、シナプス前後構造の協調的構築阻害が生じたことが示唆された。その他の遺伝子欠損マウスでシナプス前後構造の協調的構築の異常を検出することは出来ていない。また NLG1 の P89L 点変異自閉症モデルマウスでは構築異常が認められなかったことより、シナプ

ス前後の協調的構築異常が自閉症モデルマウスに共通した微細構造異常ではないことが示唆された。これらの結果に加え、NCad 欠損マウスでは、まだその機能が解明されていない微小棘 (Spinule) 構造が増大していることを見出した。

今後も他の遺伝子が欠損したマウスのシナプス構造を解析し、更に野生型 NLG3 と R451C 変異 NLG3 の Neurexin 分子との相互作用の違いを検討し、シナプス前後構造の協調的構築を担う分子を同定し、その分子機構の実体を明らかにしたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Martin-Belmonte Alejandro, Aguado Carolina, Alfaro-Ruiz Rocio, Moreno-Martinez Esther Ana, de la Ossa Luis, Martinez-Hernandez Jose, Buisson Alain, Shigemoto Ryuichi, Fukazawa Yugo, Lujan Rafael	4. 巻 21
2. 論文標題 Density of GABAB receptors is reduced in granule cells of the hippocampus in a mouse model of Alzheimer's disease	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21072459	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 該当する
1. 著者名 Kleindienst David, Montanaro Jacqueline, Bhandari Pradeep, Case Matthew, Fukazawa Yugo, Shigemoto Ryuichi	4. 巻 21
2. 論文標題 Deep learning-assisted high-throughput analysis of freeze-fracture replica images applied to glutamate receptors and calcium channels at hippocampal synapses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21186737	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 該当する
1. 著者名 Martin-Belmonte Alejandro, Aguado Carolina, Alfaro-Ruiz Rocio, Itakura Makoto, Moreno-Martinez Esther Ana, De La Ossa Luis, Molnar Elek, Fukazawa Yugo, Lujan Rafael	4. 巻 12
2. 論文標題 Age-dependent shift of AMPA receptors from synapses to intracellular compartments in Alzheimer's disease: Immunocytochemical analysis of the CA1 hippocampal region in APP/PS1 transgenic mouse model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Aging Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnagi.2020.577996	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 該当する
1. 著者名 Murata Koshi, Kinoshita Tomoki, Ishikawa Tatsuya, Kuroda Kazuki, Hoshi Minako, Fukazawa Yugo	4. 巻 528
2. 論文標題 Region- and neuronal-subtype-specific expression of Na,K-ATPase alpha subunit isoforms in the mouse brain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Comparative Neurology	6. 最初と最後の頁 2654-2678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cne.24924	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 該当する

1. 著者名 Tanaka Aoi, Ishida Shohei, Fuchigami Takahiro, Hayashi Yoshitaka, Kuroda Anri, Ikenaka Kazuhiro, Fukazawa Yugo, Hitoshi Seiji	4. 巻 30
2. 論文標題 Life-long neural stem cells are fate-specified at an early developmental stage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 6415-6425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhaa200	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 Kasahara Yuka, Masukawa Daiki, Nakamura Yoshie, Murata Koshi, Hashimoto Tatsuo, Takizawa Kohtaro, Koga Motokazu, Nakamura Fumio, Fukazawa Yugo, Funakoshi Kengo, Goshima Yoshio	4. 巻 S0168-0102
2. 論文標題 Distribution of mRNA for GPR143, a receptor of 3,4-L-dihydroxyphenylalanine, and of immunoreactivities for nicotinic acetylcholine receptors in the nigrostriatal and mesolimbic regions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2020.08.003	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 Parajuli Laxmi, Urakubo Hidetoshi, Takahashi-Nakazato Ai, Ogelman Roberto, Iwasaki Hirohide, Koike Masato, Kwon Bae Hyung-, Ishii Shin, Oh Chan Won, Fukazawa Yugo, Okabe Shigeo	4. 巻 0248-20
2. 論文標題 Geometry and the organizational principle of spine synapses along a dendrite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 eNeuro	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0248-20.2020	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 Murata Koshi, Kinoshita Tomoki, Fukazawa Yugo, Kobayashi Kenta, Kobayashi Kazuto, Miyamichi Kazunari, Okuno Hiroyuki, Bito Haruhiko, Sakurai Yoshio, Yamaguchi Masahiro, Mori Kensaku, Manabe Hiroyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 GABAergic neurons in the olfactory cortex projecting to the lateral hypothalamus in mice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-43580-1	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 Noriki Sakon, Iino Satoshi, Kinoshita Kazuyuki, Fukazawa Yugo, Inai Kunihiro, Sakai Toyohiko, Kimura Hirohiko	4. 巻 69
2. 論文標題 Pathological analysis of cadavers for educational dissection by using postmortem imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pathology International	6. 最初と最後の頁 580 ~ 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pin.12857	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 Nakamoto Chihiro, Konno Kohtarou, Miyazaki Taisuke, Nakatsukasa Ena, Natsume Rie, Abe Manabu, Kawamura Meiko, Fukazawa Yugo, Shigemoto Ryuichi, Yamasaki Miwako, Sakimura Kenji, Watanabe Masahiko	4. 巻 528
2. 論文標題 Expression mapping, quantification, and complex formation of GluD1 and GluD2 glutamate receptors in adult mouse brain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Comparative Neurology	6. 最初と最後の頁 1003 ~ 1027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cne.24792	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 Eguchi Kohgaku, Velicky Philipp, Hollergschwandtner Elena, Itakura Makoto, Fukazawa Yugo, Danzl Johann Georg, Shigemoto Ryuichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Advantages of Acute Brain Slices Prepared at Physiological Temperature in the Characterization of Synaptic Functions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Cellular Neuroscience	6. 最初と最後の頁 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fncel.2020.00063	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 Ohmichi Yusuke, Ohmichi Mika, Tashima Ryoichi, Osuka Koji, Fukushige Kaori, Kanikowska Dominika, Fukazawa Yugo, Yawo Hiromu, Tsuda Makoto, Naito Mune kazu, Nakano Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Physical disuse contributes to widespread chronic mechanical hyperalgesia, tactile allodynia, and cold allodynia through neurogenic inflammation and spino-parabrachio-amygdaloid pathway activation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PAIN	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/j.pain.0000000000001867	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 Saito Akira C., Higashi Tomohito, Fukazawa Yugo, Otani Tetsuhisa, Tauchi Masashi, Higashi Atsuko Y., Furuse Mikio, Chiba Hideki	4. 巻 32
2. 論文標題 Occludin and tricellulin facilitate formation of anastomosing tight-junction strand network to improve barrier function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Biology of the Cell	6. 最初と最後の頁 722 ~ 738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1091/mbc.E20-07-0464	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 Ishii Chiaki, Shibano Natsumi, Yamazaki Mio, Arima Tomoki, Kato Yuna, Ishii Yuki, Shinoda Yo, Fukazawa Yugo, Sadakata Tetsushi, Sano Yoshitake, Furuichi Teiichi	4. 巻 11
2. 論文標題 CAPS1 is involved in hippocampal synaptic plasticity and hippocampus-associated learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-88009-w	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 Martin-Belmonte Alejandro, Aguado Carolina, Alfaro-Ruiz Rocio, Albasanz Jose Luis, Martin Mairena, Moreno-Martinez Ana Esther, Fukazawa Yugo, Lujan Rafael	4. 巻 22
2. 論文標題 The Density of Group I mGlu5 Receptors Is Reduced along the Neuronal Surface of Hippocampal Cells in a Mouse Model of Alzheimer 's Disease	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 5867 ~ 5867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22115867	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 該当する

1. 著者名 Mori Yasunori, Takenaka Koh-ichiro, Fukazawa Yugo, Takamori Shigeo	4. 巻 4
2. 論文標題 The endosomal Q-SNARE, Syntaxin 7, defines a rapidly replenishing synaptic vesicle recycling pool in hippocampal neurons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-02512-4	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 Xie Min-Jue, Iwata Keiko, Ishikawa Yasuyuki, Nomura Yuki, Tani Tomomi, Murata Koshi, Fukazawa Yugo, Matsuzaki Hideo	4. 巻 12
2. 論文標題 Autistic-Like Behavior and Impairment of Serotonin Transporter and AMPA Receptor Trafficking in N-Ethylmaleimide Sensitive Factor Gene-Deficient Mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Genetics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fgene.2021.748627	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 Shimoda Yoshiteru, Beppu Kaoru, Ikoma Yoko, Morizawa Yosuke M., Zuguchi Satoshi, Hino Utaro, Yano Ryutarou, Sugiura Yuki, Moritoh Satoru, Fukazawa Yugo, Suematsu Makoto, Mushiake Hajime, Nakasato Nobukazu, Iwasaki Masaki, Tanaka Kenji F., Tominaga Teiji, Matsui Ko	4. 巻 163
2. 論文標題 Optogenetic stimulus-triggered acquisition of seizure resistance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurobiology of Disease	6. 最初と最後の頁 105602 ~ 105602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nbd.2021.105602	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 Danjo Yosuke, Shigetomi Eiji, Hirayama Yukiho J., Kobayashi Kenji, Ishikawa Tatsuya, Fukazawa Yugo, Shibata Keisuke, Takanashi Kenta, Parajuli Bijay, Shinozaki Youichi, Kim Sun Kwang, Nabekura Junichi, Koizumi Schuichi	4. 巻 219
2. 論文標題 Transient astrocytic mGluR5 expression drives synaptic plasticity and subsequent chronic pain in mice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1084/jem.20210989	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 該当する

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 深澤有吾, Elhanbaly Ruwaida, 石川達也, 村田航志, 黒田一樹
2. 発表標題 FIB-SEM観察法によるシナプス結合における協調的前後構造の構築を支える分子メカニズムの解析
3. 学会等名 第126回日本神経科学学会全国学術集会・第98回日本生理学会大会 合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒田一樹、石川達也、村田航志、深澤有吾
2. 発表標題 神経細胞における凍結割断レプリカ標識法(SDS-FRL法)と免疫タグノックインを組み合わせたNAK 3を含むNa+/K+-ATPaseの定量的分布解析の最適化
3. 学会等名 第126回日本神経科学会全国学術集会・第98回日本生理学会大会 合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Martin-Belmonte A, Aguado C, Alfaro R, Moreno-Martinez R. AE, de la Ossa L, Molnar E, Fukazawa Y, Lujan R
2. 発表標題 Reduction of synaptic AMPA receptors in the CA1 region of the hippocampus in a mouse model of Alzheimer´s disease
3. 学会等名 FENS 2020 Virtual Forum (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Alfaro-Ruiz R, Aguado C, Martin-Belmonte A, Moreno-Martinez R. AE, de la Ossa L, Martinez-Hernandez J, Buisson A, Shigemoto R, Fukazawa Y, Lujan R
2. 発表標題 Density of GABAB receptors is reduced in granule cells of the hippocampus in a mouse model of Alzheimer´s disease
3. 学会等名 FENS 2020 Virtual Forum (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 4. 領家崇、黒田一樹、村田航志、酒井涼、吉村仁志、佐野和生、深澤有吾
2. 発表標題 歯を含む硬組織における感覚受容関連分子の発現と局在についての解析基盤の確立
3. 学会等名 日本解剖学会 第79回中部支部学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 動物用の運動訓練評価装置	発明者 深澤有吾, 酒井涼, 黒田一樹, 村田航志, 領家崇, 霊河秀樹	権利者 国立大学法人 福井大学
産業財産権の種類、番号 実用新案、実願2021-3353、実登3234861	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

福井大学医学部脳形態機能学分野 https://www.med.u-fukui.ac.jp/laboratory/brain/ 院とラボ：神経科学分野：深澤研究室 https://science-pass.com/2021/09/02/%E7%A5%9E%E7%B5%8C%E7%A7%91%E5%AD%A6%E5%88%86%E9%87%8E%EF%BC%9A%E6%B7%B1%E6%BE%A4%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%AE%A4/
--

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
研究分担者	松井 広 (Matsui Ko) (20435530)	東北大学・生命科学研究所・教授 (11301)	
研究分担者	黒田 一樹 (Kazuki Kuroda) (60557966)	福井大学・学術研究院医学系部門・准教授 (13401)	
研究分担者	加藤 輝 (Kato Kagayaki) (30391915)	大学共同利用機関法人自然科学研究機構（新分野創成センター、アストロバイオロジーセンター、生命創成探究・生命創成探究センター・特任助教 (82675)	

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			
オーストラリア	オーストリア国立科学研究所	インスブルック大学		
スペイン	カスティーララマンチャ大学			
ドイツ	フライブルグ大学			