

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K07580

研究課題名（和文）神経回路イメージングによる脳機能理解と病態メカニズム制御

研究課題名（英文）Imaging analysis of neuronal circuit for dissecting brain function and dysfunction

研究代表者

下條 雅文（Shimojo, Masafumi）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所 脳機能イメージング研究部・研究統括

研究者番号：20455348

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、脳深部の神経回路を構成する多様な細胞活動を脳局所と全脳で生体脳イメージングする事を実現し、同細胞群の活動により調節される神経回路の制御基盤とそれらが破綻し認知症病態を生じるメカニズムの解明を目的とした。研究成果として、(1)生体光イメージングにより大脳回路におけるニューロンやグリア細胞の活動を画像計測する実験システムが構築され、(2)PETレポーターイメージング技術を基軸とした全脳範囲での画像解析が実現された。また、(3)これら手法を利用して認知症モデル動物脳における回路病態の画像解析の実施に向けた着実な進展が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題の成果として、ニューロンやアストロサイト細胞活動の相互作用を脳局所と全脳でイメージングを基軸とした手法により調べる研究プラットフォームが構築された。また、タウ蓄積を呈する認知症モデルマウス脳において、回路を構成する細胞群の中で特に抑制性ニューロンやグリア細胞の機能に障害を生じている可能性が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aimed to establish an in vivo imaging platform to analyze multicellular activities in neuronal circuits for dissecting brain function and dysfunction.

We first developed an experimental system to visualize the cellular activities of neurons and astrocytes in the cerebral cortex using calcium imaging-based analysis. In addition, we also established PET reporter imaging techniques in combination with systemic injection of AAVs with serotype PHPeB which enables to conduct of whole brain macro-imaging of cellular distributions and activities. Finally, utilizing a mouse model for tauopathies, we examined the abnormal cellular activities in the brains of these animals.

研究分野：病態神経科学

キーワード：光イメージング PETイメージング 回路 炎症 認知症

1. 研究開始当初の背景

アルツハイマー病に代表される認知症を呈する多くの神経変性疾患では、タウと呼ばれる微小管結合タンパク質が脳内に凝集・沈着して中核病変を形成し、それに付随する進行性の脳萎縮が観察される。疾患発症メカニズムの全容は未だ解明されていないが、タウ凝集体形成に伴う神経毒性が引き金となり、神経炎症や回路機能の障害を生じながら神経変性に至る病態カスケードが提唱されている。脳回路における情報処理はニューロンやグリア細胞など多様な細胞活動により複雑な制御を受けているが、こうした多細胞活動がどのように協調し回路機能や動物行動に影響を及ぼしているのかほとんど解明されていない。従って、病態脳で生じる神経炎症と回路障害を理解する上でも、脳局所や全脳範囲で多細胞活動を生体イメージングする技術を確立し、回路の制御基盤の理解と認知症病態における破綻メカニズムの両側面より解明を試みる必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究課題では、脳深部の神経回路を構成する多様な細胞活動を脳局所と全脳で生体脳イメージングする事を実現し、同細胞群の活動により調節される神経回路の制御基盤とそれらが破綻し認知症病態を生じるメカニズムの解明を目的とした。具体的には、(1)大脳回路における細胞活動の画像計測、(2)レポーター技術による細胞活動の全脳イメージング、(3)上記手法を利用した認知症モデル動物脳における回路病態の画像解析、の実現を目指した。

3. 研究の方法

(1)大脳における多細胞活動の画像計測

大脳回路を構成するニューロンやグリア細胞など多様な細胞活動の蛍光イメージング法を確立し、知覚刺激など回路への入力情報がどのような多細胞応答として画像計測されるか検討した。細胞活動の指標としては、使用実績がある Syn プロモーター制御下でニューロンの Ca^{2+} イメージングによる検討を進めつつ、興奮性ニューロンや抑制性ニューロンの細胞活動を区別しながら画像解析をする目的で Syn、CaMKII、Dlx など複数種類のプロモーター制御を組み合わせた発現誘導法も取り入れながら、細胞選択性や発現効率も幅広く検討した。また、細胞活動を反映し得る指標の拡張を図り、多色イメージングにも対応した細胞内 Ca^{2+} 濃度や cAMP 濃度、ATP 濃度など複数パラメータについても幅広く検討した。初代培養神経細胞を用いて特性を検討した後、二光子顕微鏡を用いた生体脳イメージングで更なる有用性を検討した。

(2)細胞活動の全脳イメージング

細胞選択的に働くプロモーター制御下で、ニューロンやアストロサイトにレポーター分子を全脳範囲で発現誘導して細胞群を標識し、ポジトロン断層撮像法(PET)で細胞分布や活動状態を画像解析する手法の確立を検討した。全脳範囲へ遺伝子を導入する方法として、血液脳関門を透過可能とする血清型 PHPeB でパッケージングしたアデノ随伴ウイルスベクターによる静脈投与法の有用性を検討した。また、活動ニューロンの標識法としては、最初期遺伝子 cFos プロモーター制御下でレポーター分子を発現誘導可能な遺伝子を導入しておき、知覚刺激や化学遺伝学的に活性化されたニューロン群を二光子顕微鏡や PET 画像のシグナル変化として捉えられるか検討した。一方、アストロサイト選択的かつ活動依存的に発現誘導できるシステムは開発が進んでいなかったため、一般に汎用される GFAP プロモーターを利用した際にアストロサイト活動状態をどの程度の発現変動として捉えられるかどうか検討を進めた。

(3)認知症モデルマウス脳における回路病態の画像解析

ヒトタウ変異型遺伝子を過剰発現する rTg4510 系統トランスジェニックマウスを認知症モデルマウスとして活用した。同モデルマウス脳では、タウ病変が形成され脳萎縮や細胞死が生じることに先行し、神経炎症や回路 E/I バランス異常が生じることが明らかとなっている。そこで、病態が進行する早期と後期で興奮性ニューロンや抑制性ニューロン、アスト

ロサイトの細胞活動にそれぞれどのような異常が生じるのか、二光子顕微鏡による生体イメージングを実施する事で画像解析を試みた。また、タウ病変進行に伴う全脳範囲でのニューロンやアストロサイトの細胞活動を画像描出するため、レポーターイメージング法による画像解析を検討した。

4. 研究成果

(1) 大脳神経回路における細胞活動の画像計測

細胞選択的プロモーター活性に依存して蛍光タンパク質の発現誘導を可能とするアデノ随伴ウイルスベクターを調整し、初代培養神経細胞やマウス大脳皮質に遺伝子導入する事を通じて、細胞選択性や発現誘導の効率を評価した。その結果、CaMKII、Dlx、及びGFAPプロモーターを適切な血清型と組み合わせる事で、興奮性ニューロン、抑制性ニューロン、アストロサイトにそれぞれ遺伝子導入し標識できる事が実現された。そこで、興奮性と抑制性ニューロンに赤色蛍光タンパク質を発現させて標識し区別しつつ、Synプロモーター制御下でカルシウムセンサー蛍光蛋白質 GCaMP6 を大脳皮質の各細胞に発現させ二光子顕微鏡による生体イメージングを実施した。その結果、知覚刺激や遺伝学的操作によっていずれの細胞群も活動が賦活化される様子を画像計測できる事が実証された。一方、最初期遺伝子プロモーター制御下でレポーター分子を発現誘導する方法を検討するため、改良型 cFOS プロモーター-RAM 制御下で d2Venus を発現誘導できるウイルスベクターを調整し大脳皮質の体性感覚野に遺伝子導入した。その結果、知覚刺激や遺伝学的に活性化されたニューロン群では 12~24 時間の時間経過で d2Venus 発現が誘導され、活動ニューロンを標識できる事が明らかとなった(図 1)。

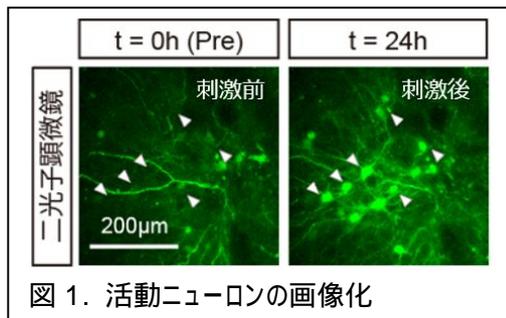


図 1. 活動ニューロンの画像化

(2) 細胞活動の全脳イメージング

ポジトロン断層撮像法(PET)で画像描出が可能な ecDHFR タンパク質をタグとして付加したレポーター分子を神経細胞に遺伝子導入し、 $[^{18}\text{F}]$ FE-TMP を利用した PET レポーターイメージング法も確立した(図 2A)。また、標的細胞に全脳範囲で遺伝子発現を誘導する方法を検討する中で、血液脳関門を透過可能なアデノ随伴ウイルスベクター血清型 PHPeB を静脈より投与することにより、簡便かつ安定して遺伝子改変マウスを作製できる事が実証された(図 2B)。同手法の最適化を図る目的で、マウス遺伝子背景やウイルス力価と導入効率の相関、発現分布、プロモーター発現効率などの項目を検討し、ニューロンやアストロサイトなど全脳範囲で細胞選択的に遺伝子導入できる目途が得られた。そこで、両手法を組み合わせる活用し、RAM や GFAP プロモーター制御下で ecDHFR-EGFP レポータータンパク質を全脳範囲のニューロンやアストロサイトに発現誘導し PET 画像描出を試みたところ、アストロサイトについては画像化できる見込みが得られた(図 3)。

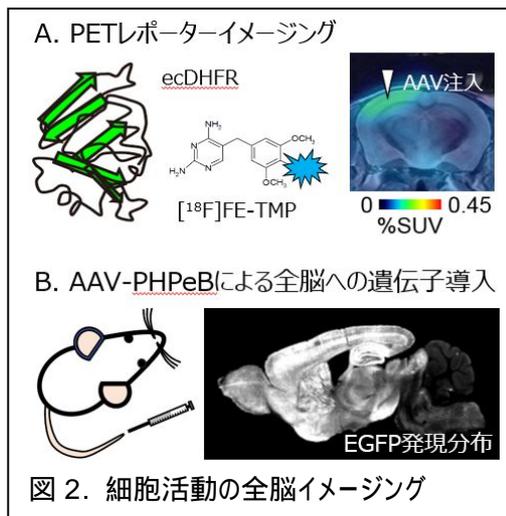


図 2. 細胞活動の全脳イメージング

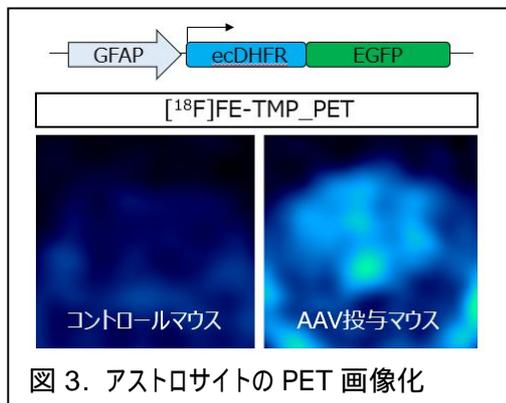


図 3. アストロサイトの PET 画像化

(3) 認知症モデルマウス脳における回路病態の画像解析

上記 2 項目で確立された技術をそれぞれ活用し、タウ病態を呈する認知症モデルマウス脳における細胞活動を調べる手法として有用性を検討した。同マウス大脳における興奮性と抑制性ニューロンの活動を二光子顕微鏡による生体イメージング解析したところ、抑制性ニューロンで選択的に活動障害が生じている所見が見いだされた。電気生理学や組織学的な解析など死後脳解析を通じて検討したところ、抑制性ニューロンのサブタイプの中で特にパルバルブミン陽性の介在ニューロンに選択的障害が生じている所見が見いだされ、その背景メカニズムとして神経炎症が寄与していることも示唆された。

一方、同マウス脳における神経炎症を画像描出する事を目的に、GFAP プロモーター制御下で ecDHFR-EGFP レポータータンパク質を全脳範囲のアストロサイトに発現誘導し、PET による画像描出を試みた。その結果、正常マウスと認知症モデルマウスのいずれにおいても脳内に放射性シグナルの分布を検出する事が実現された。認知症モデルマウスにおけるタウ蓄積と炎症性アストロサイトの画像所見の比較を進めつつ、炎症性グリア細胞と抑制性ニューロンの関連性について更なる発展的な検討を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Kudo Takehiro, Takuwa Hiroyuki, Takahashi Manami, Urushihata Takuya, Shimojo Masafumi, Sampei Kazuaki, Yamanaka Mitsugu, Tomita Yutaka, Sahara Naruhiko, Suhara Tetsuya, Higuchi Makoto	4. 巻 26
2. 論文標題 Selective dysfunction of fast-spiking inhibitory interneurons and disruption of perineuronal nets in a tauopathy mouse model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 106342 ~ 106342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2023.106342	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 Kudo Takehiro, Takuwa Hiroyuki, Takahashi Manami, Urushihata Takuya, Shimojo Masafumi, Sampei Kazuaki, Yamanaka Mitsugu, Tomita Yutaka, Sahara Naruhiko, Suhara Tetsuya, Higuchi Makoto	4. 巻 26
2. 論文標題 Selective dysfunction of fast-spiking inhibitory interneurons and disruption of perineuronal nets in a tauopathy mouse model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 106342 ~ 106342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2023.106342	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 Kimura Taeko, Ono Maiko, Seki Chie, Sampei Kazuaki, Shimojo Masafumi, Kawamura Kazunori, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Takado Yuhei, Higuchi Makoto	4. 巻 49
2. 論文標題 A quantitative in vivo imaging platform for tracking pathological tau depositions and resultant neuronal death in a mouse model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging	6. 最初と最後の頁 4298 ~ 4311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00259-022-05898-3	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 Ono Maiko, Komatsu Masaaki, Ji Bin, Takado Yuhei, Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Warabi Eiji, Yanagawa Toru, Matsumoto Gen, Aoki Ichio, Kanaan Nicholas M., Suhara Tetsuya, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto	4. 巻 21
2. 論文標題 Central role for p62/SQSTM1 in the elimination of toxic tau species in a mouse model of tauopathy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aging Cell	6. 最初と最後の頁 e13615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ajcl.13615	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 Kubota Manabu, Kimura Yasuyuki, Shimojo Masafumi, Takado Yuhei, Duarte Joao MN, Takuwa Hiroyuki, Seki Chie, Shimada Hitoshi, Shinotoh Hitoshi, Takahata Keisuke, Kitamura Soichiro, Moriguchi Sho, Tagai Kenji, Obata Takayuki, Nakahara Jin, Tomita Yutaka, Tokunaga Masaki, Maeda Jun, Kawamura Kazunori, Higuchi Makoto	4. 巻 41
2. 論文標題 Dynamic alterations in the central glutamatergic status following food and glucose intake: in vivo multimodal assessments in humans and animal models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism	6. 最初と最後の頁 2928 ~ 2943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0271678X211004150	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 Takado Yuhei, Takuwa Hiroyuki, Sampei Kazuaki, Urushihata Takuya, Takahashi Manami, Shimojo Masafumi, Uchida Shoko, Nitta Nobuhiro, Shibata Sayaka, Nagashima Keisuke, Ochi Yoshihiro, Ono Maiko, Maeda Jun, Tomita Yutaka, Sahara Naruhiko, Near Jamie, Aoki Ichio, Shibata Kazuhisa, Higuchi Makoto	4. 巻 42
2. 論文標題 MRS-measured glutamate versus GABA reflects excitatory versus inhibitory neural activities in awake mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism	6. 最初と最後の頁 197 ~ 212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0271678X211045449	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 Shimojo Masafumi, Ono Maiko, Takuwa Hiroyuki, Mimura Koki, Nagai Yuji, Fujinaga Masayuki, Kikuchi Tatsuya, Okada Maki, Seki Chie, Tokunaga Masaki, Maeda Jun, Takado Yuhei, Takahashi Manami, Minamihisamatsu Takeharu, Zhang Ming Rong, Tomita Yutaka, Suzuki Norihiro, Maximov Anton, Higuchi Makoto	4. 巻 40
2. 論文標題 A genetically targeted reporter for PET imaging of deep neuronal circuits in mammalian brains	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The EMBO Journal	6. 最初と最後の頁 e107757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15252/embj.2021107757	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 Sato Hideaki, Takado Yuhei, Toyoda Sakiko, Tsukamoto-Yasui Masako, Minatohara Keiichiro, Takuwa Hiroyuki, Urushihata Takuya, Takahashi Manami, Shimojo Masafumi, Ono Maiko, Maeda Jun, Orihara Asumi, Sahara Naruhiko, Aoki Ichio, Karakawa Sachise, Kitamura Akihiko, Higuchi Makoto	4. 巻 7
2. 論文標題 Neurodegenerative processes accelerated by protein malnutrition and decelerated by essential amino acids in a tauopathy mouse model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabd5046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abd5046	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17件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 下條 雅文
2. 発表標題 脳疾患モデル動物を用いたPET画像解析
3. 学会等名 第66回日本神経化学会大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 SfN2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 第50回 内藤カンファレンス（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 Molecular profiles of inflammatory astrocyte in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 第46回 日本神経科学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 下條 雅文
2. 発表標題 脳疾患モデル動物を用いたPET画像解析
3. 学会等名 第66回日本神経化学会大会（招待講演）
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 SfN2023（国際学会）
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 第50回 内藤カンファレンス（国際学会）
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Takahiro Shimizu, Uchida Shoko, Takahashi Manami, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Minatohara Keiichiro, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 Molecular profiles of inflammatory astrocyte in rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 第46回日本神経科学会
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 下條 雅文
2. 発表標題 認知症モデル動物脳における炎症病態の画像解析
3. 学会等名 タウ研究会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Manami Takahashi, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Keiichiro Minatohara, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in the pathophysiological cascade of rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 第45回 日本分子生物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Minamihisamatsu Takeharu, Manami Takahashi, Takuwa Hiroyuki, Matsushita Yumi, Yanai Rin, Keiichiro Minatohara, Zhang Ming-Rong, Sahara Naruhiko, Higuchi Makoto
2. 発表標題 In vivo assessment of progressive astrogliosis in the pathophysiological cascade of rTg4510 tauopathy animal brains
3. 学会等名 Neuro2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保 崇之, 下條 雅文, 小野 麻衣子, 藤永 雅之, 小川 政直, 念垣 信樹, 永井 裕司, 南本 敬史, 樋口 真人, 張 明栄
2. 発表標題 ecDHFRイメージング用の遺伝子レポーターPETトレーサー[18F]FHP-TMPの開発
3. 学会等名 第62回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下條 雅文
2. 発表標題 脳深部回路を可視化するPETレポーターイメージング技術
3. 学会等名 第24回 日本ヒト脳機能マッピング学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Ono Maiko, Takuwa Hiroyuki, Mimura Koki, Nagai Yuji, Fujinaga Masayuki, Kikuchi Tatsuya, Okada Maki, Seki Chie, Tokunaga Masaki, Maeda Jun, Takado Yuhei, Takahashi Manami, Minamihisamatsu Takeharu, Zhang Ming Rong, Tomita Yutaka, Suzuki Norihiro, Maximov Anton, Higuchi Makoto
2. 発表標題 Genetically targeted PET reporter imaging of deep neuronal circuit in the mammalian brain
3. 学会等名 第44回 日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Ono Maiko, Takuwa Hiroyuki, Mimura Koki, Nagai Yuji, Fujinaga Masayuki, Kikuchi Tatsuya, Okada Maki, Seki Chie, Tokunaga Masaki, Maeda Jun, Takado Yuhei, Takahashi Manami, Minamihisamatsu Takeharu, Zhang Ming Rong, Tomita Yutaka, Suzuki Norihiro, Maximov Anton, Higuchi Makoto
2. 発表標題 Genetically targeted PET reporter imaging of deep neuronal circuit in the mammalian brain
3. 学会等名 第64回日本神経化学学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shimojo Masafumi, Ono Maiko, Takuwa Hiroyuki, Mimura Koki, Nagai Yuji, Fujinaga Masayuki, Kikuchi Tatsuya, Okada Maki, Seki Chie, Tokunaga Masaki, Maeda Jun, Takado Yuhei, Takahashi Manami, Minamihisamatsu Takeharu, Zhang Ming Rong, Tomita Yutaka, Suzuki Norihiro, Maximov Anton, Higuchi Makoto
2. 発表標題 Genetically encoded reporter for PET monitoring of neuronal ensemble activities in the deep brain circuit
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下條 雅文
2. 発表標題 タウ病態モデルマウスにおける脳回路障害とその画像描出
3. 学会等名 タウ研究会議（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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