

令和 6 年 5 月 24 日現在

機関番号：10101
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K19755
研究課題名（和文）低強度超音波薬学：微小トランスデューサアレイによる疾患モデル動物での治療効果検証

研究課題名（英文）Ultrasound pharmacology using low intensity ultrasound generated by microtransducer arrays: Evaluation of therapeutic effectiveness in animal models of diseases

研究代表者
館野 高（Tateno, Takashi）
北海道大学・情報科学研究院・教授

研究者番号：00314401
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、超音波振動を用いて中枢神経系の活動を低侵襲的に修飾する技術開発を目指した。その実現のため、脳の局所領域に超音波を放射して神経活動を修飾する小型デバイスを製作した。微細加工技術で作成した微小トランスデューサ基板で超音波の刺激を生成し、脳切片の細胞内カルシウムイメージングで神経活動の誘発が確認された。本研究結果を報告した論文は国際誌に受理されている。また、モデル動物に応用する実験系を開発し、実験プロトコル条件を探索した結果、中枢神経系のみを効果的に刺激する条件が見出された。薬剤を用いた難聴モデル動物を作成し、超音波刺激が聴覚中枢系の神経活動を直接的に誘発できること実験的に確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義として、本研究課題で開発したマイクロスケールの振動板をもつトランスデューサは、局所的な超音波振動によって、神経系の試料や脳内の神経細胞膜を刺激でき、細胞膜の神経興奮の機序を知る有用な方法となり得る。

社会的意義として、本研究課題の微細加工技術で製作された超音波トランスデューサは、脳刺激用の小型機器として医療応用が可能である。また、神経系に作用する薬剤の効果を本手法で代替することによって脳神経疾患の治療に応用できるため、将来的に医療費の削減に一部貢献できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a technology utilizing ultrasonic vibrations to modulate the central nervous system activity in a minimally invasive manner. To this aim, we fabricated micro-sized diaphragm devices capable of modulating neural activity through localized emission of ultrasound waves in the brain. The microfabricated transducer substrate generated ultrasonic stimulation, and the resulting neural activity induction was confirmed through calcium imaging with brain slices. These findings were reported in a paper submitted to an international journal. Additionally, an experimental system was devised for application in animal models, along with the exploration of experimental protocols. Consequently, optimal conditions were identified for effectively stimulating solely the central nervous system. Further, using a drug-induced hearing-loss animals, we experimentally verified the direct induction of neural activity in the auditory central system through ultrasound stimulation.

研究分野：神経工学

キーワード：超音波トランスデューサ

1. 研究開始当初の背景

中枢神経系自体の神経活動を体外から制御して、体内で産生される神経伝達物質やホルモンを積極的に利用し、病状の改善あるいは治癒のプロセスを能動的に制御する技術は、従来の薬剤治療のパラダイムを大きく転換する可能性を秘めている。特に、生体内の産生物質であれば、合成医薬品における副作用の薬害を根本的に回避できる可能性がある。

脳内の感覚知覚や認知機能における神経系の障害や疾患に根源的な治療法が見出せない場合に、非侵襲的な経頭蓋磁気刺激が有効な対症療法として利用され始めている。薬剤治療からのパラダイムシフトを可能にする、体内物質利用の技術基盤の構築とその応用技術の医療への展開は、医工学機器の研究開発の中でも重要な課題の一つである。

現在、脳刺激法には複数の物理モダリティーが臨床的に応用されている。例えば、経頭蓋磁気刺激法は、その有効性が脳疾患治療に一部認められている。磁気刺激法では、大型コイルの電磁誘導によって変動電場を発生させ、頭蓋下の神経細胞を興奮もしくは抑制する。しかし、磁気刺激法では、脳内での空間局在性および深部到達性が共に低いことが難点である。また、刺激時のアーチファクトによって脳の電氣的活動を同時センシングできないため、誘発応答に対して適応的に脳刺激強度や空間的な位置を調整・制御することが不可能である。

一方、本課題が研究対象とする超音波刺激法は、中枢神経系に対して弱い強度の集束超音波を利用して機械的振動を脳に印加する方法である。この方法は、一般に超音波の機械的振動を頭皮から印加するため低侵襲であり、電氣的アーチファクトが生じ難いため、脳刺激と同時に脳活動を計測できる。このように、従来とは全く異なる脳刺激の基盤技術を構築し、体内産生物質を有効に利用する方法の開発を本課題では目指しており、本稿ではこの方法論を超音波薬学とよぶことにする。

2. 研究の目的

本研究課題では、超音波を適応的に脳内に印加し、過剰な副反応を回避しながら対象となる脳深部を興奮もしくは抑制する装置の開発を目的とした。その実現の第一歩として、超音波振動を印加する微小トランスデューサと神経関連電位の記録電極を有するデバイスを独自に開発した。また、そのデバイス開発に微細加工技術を応用した。そして、将来的に経頭蓋超音波刺激装置のプロトタイプとなるマイクロデバイスの製作を目指している。

3. 研究の方法

以下では、主に、高精度の超音波脳刺激を実現するために、微細加工技術を応用して新たに開発した圧電材料マイクロマシン超音波トランスデューサ(piezoelectric micromachine ultrasound transducer, PMUT)の試作方法について述べ、その他の実施項目の方法について簡潔に述べる。

(1) 研究の主な方法

- ① 数値シミュレーション 本研究課題では、閉ループ方式で脳組織標本を記録および刺激するための新しいインターフェースを開発し、それを細胞実験に適用することを目的とした。そこで、共振周波数とトランスデューサ(円形ダイアフラム)のサイズの関係など、望ましい物理特性を実現できる条件を選定するために数値計算を行った。
- ② PMUTの試作 数値シミュレーションの結果に基づいて、PMUTデバイスの構造を設計した。閉ループ超音波刺激の場合、記録用微小電極をPMUTと同じデバイス上に配置する必要があり、その構造を設計した。次に、微細加工技術を利用してPMUTデバイス

を試作した

- ③ 特性評価 トランスデューサデバイスの試作後に、その電気的および音響的な特性を測定し、当初の設計時に目標とした特性と一致するかを比較した。
- ④ 神経活動誘起の検証実験 さらに、作製したデバイスを用いて、神経活動の誘発と修飾が可能かを調べるために、マウスの急性脳切片における PMUT 駆動による神経細胞の誘発応答を細胞内カルシウムのイメージング法で測定した。最後に、閉ループシステムにおける本開発のインターフェースデバイスの適合性を評価するために、そのデバイス上に作製された微小電極を使用して、脳スライスの神経活動を記録した。

(2) その他の実施項目の方法

- ① 聴覚中枢系の直接的な超音波刺激法 聴覚末梢系の神経活動を誘発せずに、超音波刺激によって中枢神経系のみを直接的に神経興奮させる刺激条件を広範囲に探索した。特に、刺激パターンの開始と終了の包絡線時間構造を変化させ、誘発神経応答を電気生理学的手法で計測した。
- ② 薬理的な難聴モデルマウス 薬剤を用いて聴覚末梢系由来の音情報を阻害する難聴モデルマウスを効率的に作成する条件を探索した。先行研究によって利用されている薬剤の投与量と投与時点を変化させ、聴性脳幹誘発応答を用いて聴覚系の音響閾値を実験的に計測し、各実験条件を比較して評価した。

4. 研究成果

以下では、超音波脳刺激を実現するために、微細加工技術を応用して、新たに開発した PMUT の特徴について主に述べる。

(1) 研究の主な成果

- ① 数値シミュレーション 本課題では、まず、超音波の振動板となるダイアフラムのサイズと共振周波数の関係を調査するために数値シミュレーションを行った。その結果、構成材料の制約から 500 kHz の特徴周波数を与える円形振動板のサイズと厚みの候補値が得られた。
- ② PMUT の試作 次に、数値結果に基づいて、半径 580 μm の 4 個の同一円形ダイアフラムと 200 μm \times 200 μm の方形記録電極 8 個を同一基板上に備える PMUT デバイスを設計し、実際に微細加工技術を用いて、そのデバイスの試作を行った (図 1A; Furukawa and Tateno, 2022; Furukawa et al., 2024)。
- ③ 特性評価 さらに、試作した PMUT デバイスの物理的特性を評価した。その結果、共振周波数は、350~850 kHz の間に分布していた (図 1Ba; Furukawa and Tateno, 2022; Furukawa et al., 2024)。また、70 V の印加電圧に対して、 65.6 ± 1.8 kPa の音響圧で

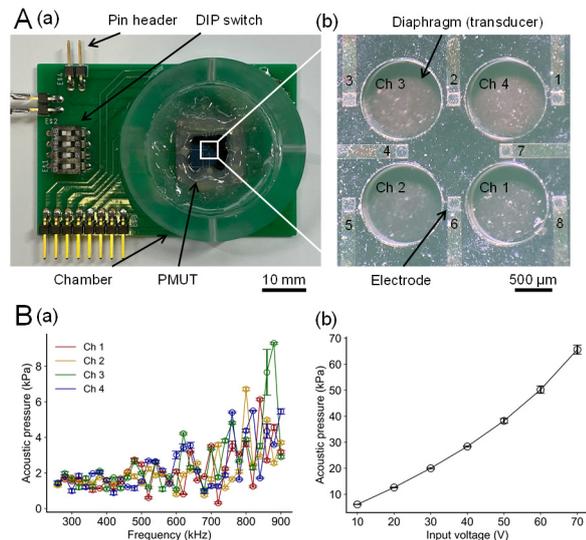


図 1 : 試作した超音波刺激基板 (A) と音響圧に関する入出力特性 (B). A: (a) PMUT 基板の全体像. (b) 超音波振動を放射するダイアフラム. B: (a) 70 V の電圧印加時における入力周波数と音響圧の関係. (b) 入力電圧と出力音響圧の関係 (共振周波数と一致した周波数の入力波形を印加). Furukawa et al., 2024 より引用.

あった (図 1Bb; Furukawa and Tateno, 2022; Furukawa et al., 2024).

- ④ 神経活動誘起の検証実験 最後に、神経活動の制御および修飾への適合性を評価するため *in vitro* の脳スライスを用いて超音波刺激実験を実施した。特に、PMUT が神経細胞の活動を誘起できることが、細胞内カルシウムのイメージングで実験的に確認された (図 2)。さらに、本研究で試作 PMUT は、製作した電極を使用して神経活動を検出することが可能であった (Furukawa and Tateno, 2022; Furukawa et al., 2024)。したがって、これらの結果から、PMUT デバイスは刺激と記録の両方に応用でき、神経活動をモニターしながら超音波を印加する基盤技術が構築された。

(2) その他の実施項目の成果

- ① 聴覚中枢系の直接的超音波刺激法 聴覚末梢系の神経活動を誘発せずに、超音波刺激によって中枢神経系のみを直接的に神経興奮させる刺激条件を広く探索し、電気生理学的手法で誘発神経応答を計測して確認した。その結果、刺激の時間長を比較的長く、かつ、刺激の開始と終了における包落線の変化を緩和した時間パターンが適切であると判明した。
- ② 薬理的な難聴モデルマウス 薬剤を用いて聴覚末梢系由来の音情報を阻害する難聴モデルマウスを効率的に作成する条件を探索した。聴覚系の音響閾値を実験的に計測した結果、薬剤の投与量と投与時点の適切な組み合わせを見出した。

(3) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

関連する先行研究報告として国内外の類似の研究では、Lee らが容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ (Capacitive micromachine ultrasound transducer, CMUT) で phased array 型トランスデューサを試作している (Lee et al., 2019)。Lee らの装置サイズは、約 3 cm であり、バイアス電圧 (200 V) と交流電圧 (振幅, 100 V) の 2 つの電圧源が必要となる。このため、小型軽量の脳刺激装置として低消費電力のデバイスは実現できない。一方、本研究課題の方法では、上記の結果が示すように、セラミックスの一種である圧電材料のチタン酸ジルコン酸鉛 (lead zirconate titanate, PZT) シートを用いることで、最大 70 V 程度の電圧印加のみで神経活動を誘発する超音波振動のデバイスを構成できる (Furukawa and Tateno, 2022; Furukawa et al., 2024)。本研究課題の方法では、特に、深部到達性の低い経頭蓋磁気刺激の代替法として、脳組織を対象に優れた空間局在性と深部到達性を有する、経頭蓋での低強度集束超音波刺激の装置を開発できる可能性がある。また、本課題で用いた細胞内カルシ

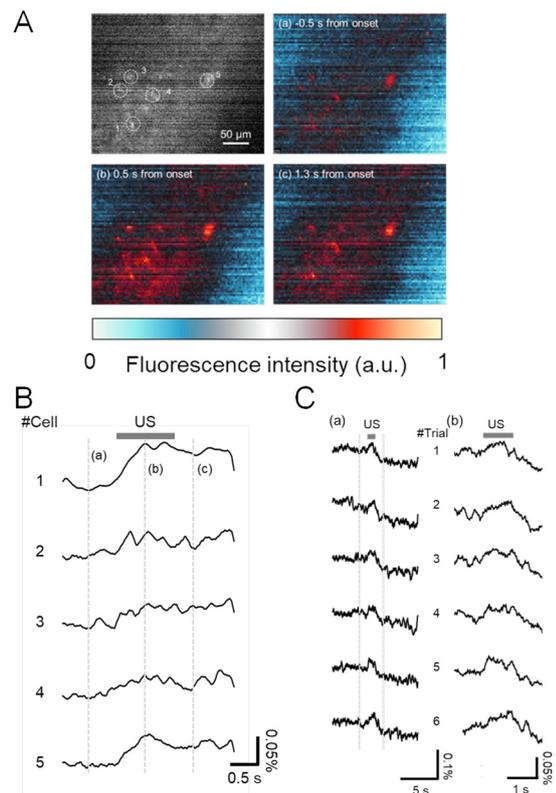


図 2 : PMUT を用いた超音波刺激下の細胞内カルシウムイメージング。A : マウス脳スライスのカルシウムイメージング。刺激印加前 (右上(a)) および刺激後 (左下, 0.5 秒後(b); 右下, 1.3 秒後(c))。B : A 左上の各番号 (Cells #1-5) の細胞応答。C : 繰り返し刺激に対する誘発応答の変化。Furukawa et al., 2024 より引用。

ウムのイメージングと電気生理学的な手法の同時計測法は、神経活動の誘発の可否を実験的に検証する方法として有用である。特に、マイクロスケールのダイアフラムの利用は、細胞サイズの超音波トランスデューサとして、膜興奮の機序を解明するツールとして利用できる。これらの利点は、従来の超音波トランスデューサの脳刺激用デバイスには存在しない点で、本研究課題の独自の成果と言えると思われる。

(4) 今後の展望

従来の脳刺激法では、予め設定された刺激条件で定期的に神経刺激を行い、状況に応じて外部から刺激条件を変更する方法が一般的であった。本研究課題では、超音波刺激用トランスデューサと神経活動を監視する記録電極を備えたマイクロデバイスを開発した。このマイクロデバイスを利用すれば、神経活動を監視しながら、異常波形を検出し、それを刺激部位にフィードバックする閉ループ刺激法 (closed-loop stimulation) を開発することができる。近年では、神経活動のみならず、様々な生体信号をセンサで同時計測しながら、その情報をフィードバックし、過剰な刺激を極力避けるような自己学習で最適な条件刺激を適応的に導出する刺激方法が研究されている。このような方法の実現には、生体センサとなる集積型電子デバイスと高精度な神経組織インターフェースが必要である。また、疾患に至る前に、最適な方向に生体活動を予防的に誘導する神経刺激を「機械」が与えながら健康状態を常時維持するような電子デバイス開発が、今後、さらに進むと予測される。ヒトの脳神経系と電気・電子デバイスとの「共存」関係をさらに進化させる、高度なブレインテクノロジー開発が求められる時代に向けて研究開発を展開し、臨床応用へのプロトタイプとなる装置の試作に繋げたい。

<引用文献>

- ① Furukawa, R., & Tateno, T. (2022). Development of a Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer using Microfabrication Technology for in Vitro Neuromodulation. In Proceedings of International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2022), 1(BIODEVICES), 196–203. <https://doi.org/10.5220/0010938500003123>
- ② Furukawa, R., Yoshikawa, T., Murakami, S., & Tateno, T. (2024) A piezoelectric micromachined ultrasound transducer combined with recording electrodes for acute brain preparations in vitro. *J Neurosci Methods*. Mar;403:110048. doi: 10.1016/j.jneumeth.2023.110048.
- ③ Lee, J., Ko, K., Shin, H., Oh, S.-J., Lee, C. J., Chou, N., Choi, N., Tack Oh, M., Chul Lee, B., Chan Jun, S., & Cho, I.-J. (2019). A MEMS ultrasound stimulation system for modulation of neural circuits with high spatial resolution in vitro. *Microsystems & Nanoengineering*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41378-019-0070-5>

<国際会議等での口頭発表>

- ① Ryo Furukawa, Shuichi Murakami, and Takashi Tateno, An Event-Driven Closed-Loop Ultrasound Stimulator Composed of a Micro-Transducer and Multi-Site Electrodes in Vitro, Proceedings of the 17th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIODEVICE 2024) Volume 1: 95-102, Rome, Italy, 21-23 February, 2024.
- ② Ryo Furukawa and Takashi Tateno, Development of a Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer using Microfabrication Technology for in Vitro Neuromodulation, Proceedings of the 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIODEVICE2022) Volume 1: BIOSTEC, 196-203, Online Streaming, February 9-11, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Furukawa Ryo, Murakami Shuichi, Tateno Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 An Event-Driven Closed-Loop Ultrasound Stimulator Composed of a Micro-Transducer and Multi-Site Electrodes in Vitro	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the 17th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2024)	6. 最初と最後の頁 95-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0012307900003657	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 Yoshikawa Takahiro, Sato Hiromu, Kawakatsu Koki, Tateno Takashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Low-Cost Electroencephalographic Recording System Combined with a Millimeter-Sized Coil to Transcranially Stimulate the Mouse Brain in vivo	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	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) 10.3791/65302	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 Furukawa Ryo, Yoshikawa Takahiro, Murakami Shuichi, Tateno Takashi	4. 巻 403
2. 論文標題 A piezoelectric micromachined ultrasound transducer combined with recording electrodes for acute brain preparations in vitro	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Neuroscience Methods	6. 最初と最後の頁 110048 ~ 110048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jneumeth.2023.110048	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 Yoshikawa Takahiro, Higuchi Hisaya, Furukawa Ryo, Tateno Takashi	4. 巻 1796
2. 論文標題 Temporal and spatial profiles of evoked activity induced by magnetic stimulation using millimeter-sized coils in the mouse auditory cortex in vivo	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Research	6. 最初と最後の頁 148092 ~ 148092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.brainres.2022.148092	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 Furukawa Ryo, Kaneta Hiroki, Tateno Takashi	4. 巻 16
2. 論文標題 A Multielectrode Array-Based Recording System for Analyzing Ultrasound-Driven Neural Responses in Brain Slices in vitro	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in 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/fnins.2022.824142	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 Furukawa Ryo, Tateno Takashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer using Microfabrication Technology for in Vitro Neuromodulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2022)	6. 最初と最後の頁 196-203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0010938500003123	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 -

[学会発表] 計25件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Shuichi Murakami, and Takashi Tateno
2. 発表標題 An Event-driven Closed-loop Ultrasound Stimulator Composed of a Micro-transducer and Multi-site Electrodes In Vitro
3. 学会等名 International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 T. TATENO, F. SUGIMOTO, and H. SATO
2. 発表標題 Bidirectional modulation effects on neural activity induced by near-infrared light stimulation to the mouse inferior colliculus in vivo
3. 学会等名 Neuroscience 2023 (Society for Neuroscience) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 館野 高, 石川 瑛大, 坂上 雅明
2. 発表標題 耳毒性難聴マウスを用いた超音波脳刺激における聴覚の末梢系と中枢系の神経応答解析
3. 学会等名 第46回日本神経科学学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤 広務, 杉本 太, 館野 高
2. 発表標題 近赤外光温熱刺激がin vivoマウス下丘の音誘発と自発の神経活動に及ぼす変調効果
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 古川凌, 館野高
2. 発表標題 簡易的可塑性モデルがin vitroマウス聴覚皮質の受容体拮抗薬下の長期抑圧の時間的動態を明らかにする
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 川勝 孝基, 館野 高
2. 発表標題 数値解析および動物実験に基づく電気刺激極性が特徴づけるマウス脳波誘発応答の解析
3. 学会等名 第46回日本神経科学学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川勝 孝基, 舘野 高
2. 発表標題 小動物の機能的神経結合の推定を目指したin vivo 局所電磁気刺激と脳波多点計測
3. 学会等名 2023年電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柴公晟, 舘野高
2. 発表標題 音響圧空間分布推定に基づく超音波駆動の神経可塑性誘発法の開発 – 神経細胞間結合の低侵襲的な制御方法の開発に向けて–
3. 学会等名 令和5年度 電子情報通信学会 北海道支部 インターネットシンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Hiroki Kaneta, and Takashi Tateno
2. 発表標題 A spatiotemporal analysis of ultrasound-driven responses reflecting acoustic pressure distributions and cortical circuits in mouse brain slices in vitro
3. 学会等名 第45回日本神経科学大会 (NEURO2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 広務, 舘野高
2. 発表標題 In vivo近赤外光神経刺激によって誘発されるマウス下丘での双方向性の神経活動変調効果
3. 学会等名 第45回日本神経科学大会 (NEURO2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Furukawa and Takashi Tateno
2. 発表標題 A piezoelectric micromachined ultrasound transducer with the interface of simultaneous measurement of neural activity in vitro
3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Yoshikawa and Takashi Tateno
2. 発表標題 Magnetic Stimulation Conditions Needed for Localized Electrophysiological Responses in Mouse Auditory Cortex in vivo
3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂上雅明, 舘野 高
2. 発表標題 経頭蓋超音波刺激における齧歯類の頭蓋振動と聴性脳幹誘発応答の相関解析
3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川 隆洋, 舘野 高
2. 発表標題 局所的な反復磁気刺激による脳内電場分布と電気生理学的応答の特徴: 聴覚皮質の可塑性誘導条件の探索
3. 学会等名 令和4年 電気・情報関係学会北海道支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂上 雅明, 舘野 高
2. 発表標題 聴覚末梢・中枢系の同時計測法による超音波刺激の誘発応答解析: 骨伝導の影響評価
3. 学会等名 令和4年 電気・情報関係学会北海道支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 広務, 舘野 高
2. 発表標題 光誘発温熱刺激による脳活動変調: 物理モデルとマウス脳での実験的評価
3. 学会等名 令和4年 電気・情報関係学会北海道支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 広務, 舘野 高
2. 発表標題 近赤外光刺激がマウス下丘に及ぼすin vivo神経活動の変調効果
3. 学会等名 令和4年 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, and Takashi Tateno
2. 発表標題 Development of a Piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer using Microfabrication Technology for in Vitro Neuromodulation
3. 学会等名 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hayato Ishizaka, Takashi Tateno and Jun Nishikawa
2. 発表標題 Evaluation of hearing loss and temporal processing deficits in senescence-accelerated mice: a study using auditory brainstem response and gap pre-pulse inhibition of acoustic startle reflex
3. 学会等名 Neuroscience 2021 (日本神経科学学会, the 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Tateno
2. 発表標題 Spatio-temporal analysis of cortical response properties induced by the magnetic stimulation of millimeter-sized coils to mouse brain in vivo
3. 学会等名 Neuroscience 2021 (日本神経科学学会, the 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Furukawa, Takashi Tateno
2. 発表標題 Development of a piezoelectric micromachined ultrasound transducer using microfabrication technology -Aiming to realize the efficient induction of responses in local neural networks
3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門大会, オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川凌, 箱野高
2. 発表標題 MEMS圧電性トランスデューサの開発: 超音波ニューロモジュレーションへの応用
3. 学会等名 北海道大学部局横断シンポジウム, オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川凌, 館野高
2. 発表標題 微細加工技術による圧電型マイクロ超音波トランスデューサの開発 - In vitro超音波神経刺激実験への応用 -
3. 学会等名 令和3年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, オンライン開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川隆洋, 館野高
2. 発表標題 脳内電場分布計算に基づく局所パルス磁気刺激のマウス大脳皮質誘発応答特性 - 効果的な経頭蓋可塑性誘導法の開発に向けて -
3. 学会等名 令和3年度電子情報通信学会北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石坂 駿人, 館野 高, 西川 淳
2. 発表標題 老化促進モデルマウスにおける難聴および時間処理障害の評価: 聴性脳幹反応および音響驚愕反射ギャッププレパルス抑制を用いた研究
3. 学会等名 第36回老化促進モデルマウス(SAM)学会学術大会
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
研究 分担者	村上 修一 (Murakami Syuichi) (70359420)	地方独立行政法人大阪産業技術研究所・和泉センター・主幹 研究員 (84431)	

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
---------	---------