

令和 3 年 10 月 22 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03539

研究課題名（和文）神経活動電位・伝達物質を多重同時計測可能なナノ薄膜状ワイヤレスプローブの創製

研究課題名（英文）Development of Nanosheet-Based Wireless Probes for Multi-Simultaneous Monitoring of Action Potentials and Neurotransmitters

研究代表者

藤枝 俊宣 (Fujie, Toshinori)

東京工業大学・生命理工学院・准教授

研究者番号：70538735

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：脳科学研究の進展に伴い、低侵襲的に脳組織に介入し種々の神経活動（電位・神経伝達物質）を計測可能な柔軟なプローブの開発が求められている。本研究では、柔軟性に優れる高分子薄膜の表面に配線をインクジェット印刷することで、単一神経細胞の活動電位を計測可能な針状神経電極を作製した。また、分子インプリント法を利用することで、神経伝達物質（例：ドーパミン）を電気化学的に選択的に補足可能なプローブも開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本神経プローブは、薄膜製造技術と印刷技術を融合させることで生まれた斬新な研究成果である。とりわけ、高分子薄膜の柔軟な構造により脳組織への摩擦による損傷や神経細胞からの電極の脱落を防ぐと期待され、脳内への長期留置と機能計測が期待される。また、運動時の大脳皮質や大脳基底核の電気的活動が、神経伝達物質の濃度変化とどのような相関を持つのかは未解明であり、本プローブの活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：As brain science research progresses, there is a need to develop minimally invasive flexible probes that can monitor various types of brain activities such as neural potential and neurotransmitters. In this study, we developed a needle-like neural electrode by inkjet printing of wirings on the surface of a flexible polymer thin film, that records spikes derived from neurons. We also developed a probe by exploiting molecular imprinting method, that electrochemically and selectively monitors the concentration of neurotransmitters (e.g., dopamine).

研究分野：生体医工学・生体材料学

キーワード：高分子薄膜 インクジェット印刷 神経電極 オプトジェネティクス 無線計測 分子インプリント ポリピロール ドーパミン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

医工学・ロボティクス・情報通信の進展に伴い、21世紀の医療ではブレインマシンインターフェース(BMI)のような生体-人工物の統合が実現しつつある(引用文献①)。一方、BMIに係る技術(神経工学)を実社会で安心・安全に利用するためには、生体特有の化学的・物理的・機械的性質に馴染む神経プローブを創製する必要がある。これまでに金属製の微小針からなる神経電極は開発されてきたものの、脆弱な脳組織に対して低侵襲に介入し、神経電位(局所フィールド・単一ユニット)や神経伝達物質を多重計測するプローブは報告されていない。特に、本研究における根源的な問いは以下のように定められる。

- ・どのようなプローブ(構造・物性)であれば低侵襲的に脳組織に介入できるのか?
- ・どのようにプローブを機能化すれば神経電位と伝達物質を多重同時計測できるのか?

これらの問いに対し、前者では、人工系において生体膜レベルの超薄性(膜厚: 数十~数百ナノメートル)と柔らかさ(1 GPa 以下)を有する回路基材を作製し、プローブを脳組織に対して力学的に調和させる。後者では、電極先端部を分子インプリント(MIP)法にて改質することで電気化学的に神経伝達物質を捕捉する。この時、神経プローブに発光機能(波長: 470 nm)を付与し、光遺伝学(オプトジェネティクス)を併用することで脳組織内部の局所的な光刺激も試みる。運動行動の選択や動機の維持に関わる大脳基底核のドーパミン(DA)の電気化学的計測と、大脳皮質運動野における神経活動電位の同時計測が実現すれば、BMI 利用者の意図を組んだ滑らかなマシン制御への応用が期待される。

2. 研究の目的

本研究では、高分子薄膜(引用文献②)の成型加工を基盤技術とし、プリンテッドエレクトロニクス・超分子化学・無線通信技術を融合させることで、脳内に長期間留置したまま神経電位と複数の神経伝達物質を同時計測できる薄膜状のワイヤレス神経プローブの創製を目指した。具体的には、生体物性に馴染むナノ薄膜の特徴を利用し、各種印刷技術(例: グラビアコート・インクジェット)を組み合わせることで、脳組織に注入して作動するナノ薄膜状神経プローブを開発する。この時、インクジェット印刷にて作製した電極を、MIP 法にて機能化することで神経伝達物質に対する選択性の付与についても検討した。

3. 研究の方法

(1) 高分子薄膜を基材にした針状神経電極の作製

脳組織に対して神経電極の低侵襲な穿刺を目指すべく、柔らかい高分子薄膜とインクジェット印刷技術を組み合わせることでフレキシブルな神経電極を開発した(引用文献③)。薄膜表面にインクジェット印刷にて金ナノインクからなる微細配線(幅約 50 μm)を印刷した(図 1(a))。この時、ナノ薄膜の柔軟性を利用して、電極先端部を螺旋状にねじることで、厚さ 6 μm 、幅 3 mm のシート形状を直径 200-300 μm の針状に成型し、脳内に穿刺可能な固さに加工した(図 1(b))。次に、針先端部に電極構造を形成するため、カミソリ刃による電極作製法を利用して微小電極を露出させた(幅約 100 μm 、厚さ約 120 nm)。

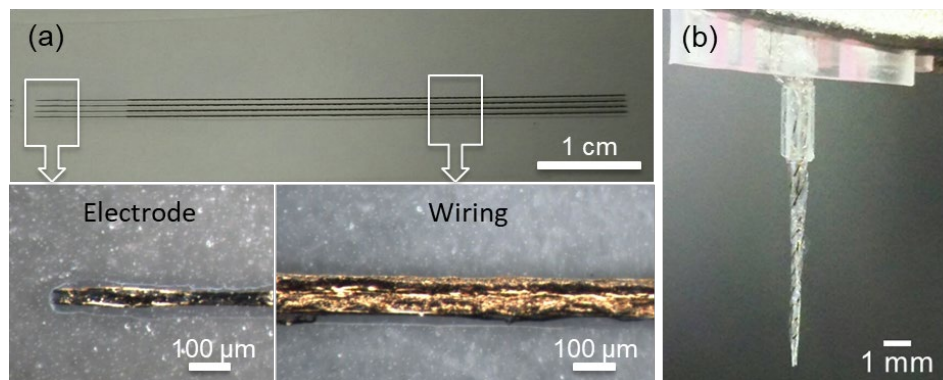


図 1 (a)インクジェット印刷にて作製した薄膜状電極および電極と配線部の拡大像, (b)針状に成型加工した神経電極(文献③を改編して引用)。

(2) 神経伝達物質の計測に向けた MIP プローブの作製

市販のガラス状炭素電極をモデルプローブとして、DA を鋳型とする電解重合を実施することで、炭素電極表面への MIP 層の形成を試みた。具体的には、ガラス状炭素電極を作用電極とし、DA (1 mM) を溶解したピロール溶液 (10 mM in Milli Q) にて、サイクリックボルタンメトリー(CV)を掃引することで、電極表面に PPy 及び DA の混合層を構築した(図 2)。その後、リン酸緩衝液中にて再び CV を掃引することで、混合層における DA の脱離及び、ポリピロールの過酸化を行い、MIP プローブを作製した。次に、厚さ 25 μm のポリイミドフィルムに金ナノインクからなる電極を印刷することで、薄膜状 MIP プローブの基材を作製した(引用文献④)。インクジェット印刷にて作製した金電極表層に対して、電解重合にて MIP 層を形成することで、薄膜状 MIP プローブを作製した。また、比較対照群として、非インプリント(NIP)プローブも作製した。

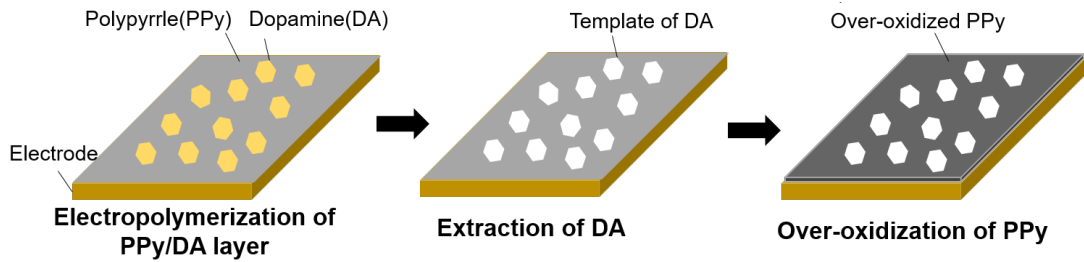


図2 DAを鋳型としたMIPプローブの作製方法.

4. 研究成果

(1) 針状神経電極の構造・物性・機能評価

作製した神経電極のインピーダンスは、 $150\text{ k}\Omega$ - $600\text{ k}\Omega$ (1 kHz)であり、単一神経細胞の計測に求められる値が得られた。そこで、神経電極をマウス脳内に穿刺し(図3(a))、単一神経細胞の *in vivo* スパイクを計測した(図3(b))。マイクロCTにて脳内の電極構造を観察したところ、針状の電極構造を維持したまま脳内に留まる様子が認められた。さらに、オプトジェネティクスに向けて、直径 $500\text{ }\mu\text{m}$ の光ファイバにシート状神経電極を巻き付けることで、神経細胞への光刺激と活動電位のその場計測が可能なオプトロードを開発した(図3(c))。ChR2発現ラットの海馬部に穿刺し、青色光(波長: 470 nm)にて光刺激したところ、誘起された単一神経細胞の *in vivo* スパイクを計測することに成功した。

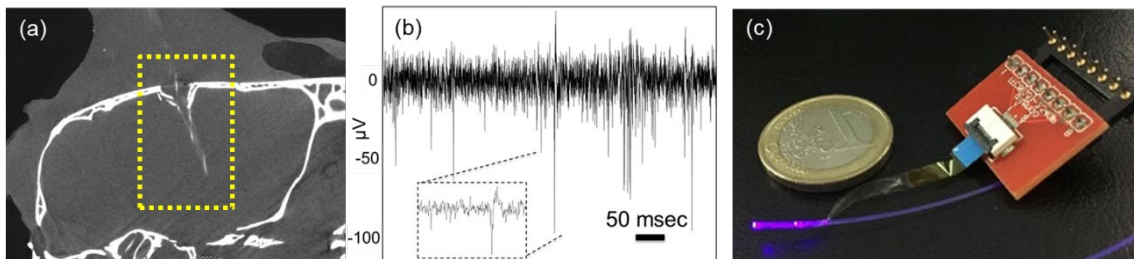


図3 (a)マウス脳深部に注入した針状神経電極のX線透視像, (b)針状神経電極を用いて計測した活動電位, (c)光刺激と活動電位のその場計測が可能なオプトロード(文献③を改編して引用)。

また、マウスやラットのような小動物に搭載可能な小型で低消費電力な脳神経信号の4チャンネル無線伝送モジュールを開発した。このモジュールは、本研究で開発した神経電極と接続可能であり、 1 mV 以下の微小電圧信号を増幅するアナログフロントエンドと、Bluetooth Low Energyによる無線通信機で構成されており、データレートは 3 kbps で、全体の大きさがわずか 3.6 cm^3 程度である。動物に干渉することなく、電池駆動で長時間の計測が可能である。実験動物に搭載可能な小型無線機を開発できれば、神経プローブと接続することで、微視的な神経電位や生理活性物質の産生量の変化と巨視的な動物行動の関係性を明らかにすることが期待される。

(2) MIPプローブの構造・物性・機能評価

市販の炭素電極を用いて作製したMIPプローブを用いて 0 - 100 nM のDA溶液に矩形波ボルタンメトリー(SWV)を掃引したところ、 0.24 V に電流値の増加が認められ(図4(a))、DAの酸化が示唆された。また、MIPにおける 0.24 V の電流値の変化量は、NIPプローブ(図4(b))の変化量より約 1.7 倍大きくなり、MIPによるDAの感度向上が示された。これは、DAを鋳型とするMIP構造に起因して、DAの吸着量が増加したためと考えられる。また、MIP層のDAの選択性を評価するため、MIPおよびNIPプローブを用いて 0 - 100 nM のノルエピネフリン(NE)およびセロトニン(5-HT)も計測した。MIPとNIPの結果を比較したところ、NEや5-HTとの共存下においてもDAを高感度かつ選択的に計測できることが示された。

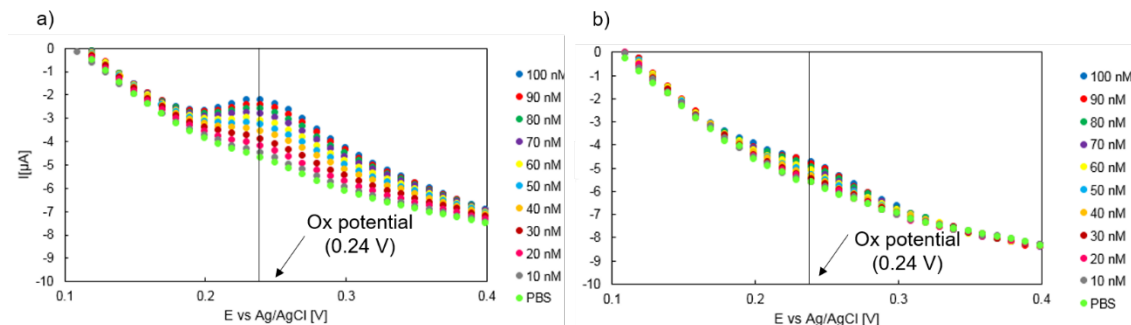


図4 異なるDA濃度に対する(a)MIPと(b)NIPプローブのSWVの比較(文献④を改編して引用)。

そこで、ポリイミドフィルムを基材とする薄膜状 MIP プローブの作製について検討した。厚さ (12.5, 25, 50 μm) の異なるポリイミドフィルムを 0.1 mm 幅のプローブ状に加工し、引張試験機にてプローブを基板に押し付けることで、各プローブが曲がるまでに必要な荷重である座屈荷重を計測した。その結果、ポリイミドフィルムの厚さが 25 μm 以上のプローブにおける座屈荷重は、マウスの脳への挿入に必要なとされる座屈荷重 (1 mN) 以上の値を示した。以上の結果から、厚さ 25 μm のポリイミドフィルムが、脳への挿入に必要な剛性を保持しつつ、かつ最も柔軟な基材であることが示された。

最後に、DA の計測に必要な金電極の面積を調べるため、異なる面積 (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0 mm^2) からなる金電極 (厚さ: 236 nm) 表面に MIP 層 (厚さ: 135 nm) を形成した。0–100 nM の DA 溶液に対する感度を評価したところ、0.5 mm^2 以上の電極面積において、DA を感度良く計測できることが見出された。この時、電極面積が 0.5 mm^2 である薄膜状 MIP プローブの感度は、NIP プローブの 3.3 倍であった。さらに、薄膜状 MIP プローブを用いて、0–100 nM の NE および 5-HT を計測したところ、DA に対する選択性も認められた。以上の結果から、DA に対する選択性を有する薄膜状 MIP プローブを開発することに成功した。

<引用文献>

- ① D. J. Tyler., Restoring the Human Touch: Prosthetics Imbued with Haptics Give Their Wearers Fine Motor Control and a Sense of Connection. *IEEE Spectrum*, **53**, 28–33 (2016).
- ② Yamagishi, K., Takeoka, S., Fujie, T. Printed Nanofilms Mechanically Conforming to Living Bodies. *Biomater. Sci.*, **7**, 520–531 (2019).
- ③ Kokubo, N., Arake, M., Yamagishi, K., Morimoto, Y., Takeoka, S., Ohta, H., Fujie, T. Inkjet-Printed Neural Electrodes with Mechanically Gradient Structure. *ACS Appl. Bio Mater.*, **2**, 20–26 (2019).
- ④ Kishi, T., Fujie, T., Ohta, H., Takeoka, S. Flexible Film-Type Sensor for Electrochemical Measurement of Dopamine by a Molecular Imprinting Method. *Front. Sens.*, **2**, 725427 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kishi Takumi, Fujie Toshinori, Ohta Hiroyuki, Takeoka Shinji	4. 巻 2
2. 論文標題 Flexible Film-Type Sensor for Electrochemical Measurement of Dopamine Using a Molecular Imprinting Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Sensors	6. 最初と最後の頁 725427 ~ 725427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fsens.2021.725427	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 Fujita Hajime, Yamagishi Kento, Zhou Wenshen, Tahara Yu, Huang Shao Ying, Hashimoto Michinao, Fujie Toshinori	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Design and fabrication of a flexible glucose sensing platform toward rapid battery-free detection of hyperglycaemia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC00667C	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 該当する
1. 著者名 Suematsu Yoshitaka, Tsai Ya An, Takeoka Shinji, Franz Clemens M., Arai Satoshi, Fujie Toshinori	4. 巻 8
2. 論文標題 Ultra-thin, transparent, porous substrates as 3D culture scaffolds for engineering ASC spheroids for high-magnification imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry B	6. 最初と最後の頁 6999 ~ 7008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TB00723D	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 Vannozzi Lorenzo, Mazzocchi Tommaso, Hasebe Arihiro, Takeoka Shinji, Fujie Toshinori, Ricotti Leonardo	4. 巻 4
2. 論文標題 A Coupled FEM SPH Modeling Technique to Investigate the Contractility of Biohybrid Thin Films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biosystems	6. 最初と最後の頁 1900306 ~ 1900306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adbi.201900306	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 該当する

1. 著者名 Kumagai Hayato, Fujie Toshinori, Sawada Kazuaki, Takahashi Kazuhiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Stretchable and High Adhesive Plasmonic Metasheet Using AI Subwavelength Grating Embedded in an Elastomer Nanosheet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 1902074 ~ 1902074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.201902074	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 桐野 泉, 守本 祐司, 山岸健人, 高橋 功, 武岡真司, 天野日出, 上本伸二, 藤枝 俊宣	4. 巻 32(1)
2. 論文標題 埋め込み型光デバイスと生体接着型ナノシートを用いたメトロノミック光線力学療法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 高橋 一浩, 熊谷 隼人, 藤枝 俊宣	4. 巻 572(48)
2. 論文標題 エラストマーナノシートを用いた伸縮性プラズモニックカラーシート	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンバーテック	6. 最初と最後の頁 40 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 高橋 一浩, 熊谷 隼人, 藤枝 俊宣	4. 巻 11(471)
2. 論文標題 伸縮性ナノシートを用いた可変プラズモニックカラーシート	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 機能材料	6. 最初と最後の頁 57 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 藤枝 俊宣, 青木伸峰	4. 巻 54(4)
2. 論文標題 細胞担持ナノシートの開発と難治性皮膚潰瘍治療への応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 外科と代謝・栄養	6. 最初と最後の頁 188 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 鉄 祐磨, 藤枝 俊宣	4. 巻 69
2. 論文標題 ソフトロボットのしなやかな動きを支えるナノ薄膜型デバイス	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 210 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Tetsu Yuma, Kido Yusuke, Hao Meiting, Takeoka Shinji, Maruyama Takeshi, Fujie Toshinori	4. 巻 6
2. 論文標題 Graphene/Au Hybrid Antenna Coil Exfoliated with Multi Stacked Graphene Flakes for Ultra Thin Biomedical Devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 1901143 ~ 1901143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aelm.201901143	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 Yamagishi Kento, Nakanishi Takenori, Mihara Sho, Azuma Masaru, Takeoka Shinji, Kanosue Kazuyuki, Nagami Tomoyuki, Fujie Toshinori	4. 巻 11
2. 論文標題 Elastic kirigami patch for electromyographic analysis of the palm muscle during baseball pitching	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-019-0183-1	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 Takahashi Kazuhiro, Fujie Toshinori, Teramoto Reina, Takahashi Isao, Sato Nobutaka, Takeoka Shinji, Sawada Kazuaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Elastomer-based MEMS optical interferometric transducers for highly sensitive surface stress sensing for biomolecular detection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MRS Communications	6. 最初と最後の頁 381 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2019.11	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 山岸 健人, 藤枝 俊宣	4. 巻 184(3)
2. 論文標題 生体組織接着性インプラント発光デバイスを用いたがん治療	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオマテリアル-生体材料-	6. 最初と最後の頁 194 ~ 199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 山岸 健人, 藤枝 俊宣	4. 巻 70(7)
2. 論文標題 高分子ナノシートからなるプリントドナノ薄膜の創製とバイオデバイスへの展開	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 57 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Kokubo Nana, Arake Masashi, Yamagishi Kento, Morimoto Yuji, Takeoka Shinji, Ohta Hiroyuki, Fujie Toshinori	4. 巻 2
2. 論文標題 Inkjet-Printed Neural Electrodes with Mechanically Gradient Structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	6. 最初と最後の頁 20 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbm.8b00574	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 Someya Daichi、Arai Satoshi、Fujie Toshinori、Takeoka Shinji	4. 巻 8
2. 論文標題 Extracellular pH imaging of a plant leaf with a polyelectrolyte multilayered nanosheet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 35651 ~ 35657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ra06308g	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 Yamagishi Kento、Takeoka Shinji、Fujie Toshinori	4. 巻 7
2. 論文標題 Printed nanofilms mechanically conforming to living bodies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomaterials Science	6. 最初と最後の頁 520 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8bm01290c	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57件 (うち招待講演 32件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Biomaterials for Healthcare and Medicine
3. 学会等名 1st French-Japanese Workshop on Additive Manufacturing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed nanofilms for medical and health-care applications
3. 学会等名 Joint Workshops between TokyoTech & RWTH Aachen (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Nanofilm to Engineer Bioelectronic “Second Skin”
3. 学会等名 4th NanoLSI Symposium, Chemistry-Driven Challenges: from Molecule to Nano/Microscale (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田 創, 山岸 健人, 田原 優, 橋本 道尚, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 フェニルボロン酸ハイドロゲルと薄膜状キャパシタを用いた高血糖状態の検出機構の開発と無線伝送への応用
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 生体貼付型デバイスによるデジタルヘルスケアへの挑戦
3. 学会等名 Future Trend in Polymer Science 2020 (FTiPS 2020) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 高分子ナノシートのバイオ・エレクトロニクス展開
3. 学会等名 高分子学会東海支部令和2年度東海シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 高分子ナノ薄膜からなる生体貼付型デバイスの開発
3. 学会等名 ナノ学会(ナノ構造・物性 - ナノ機能・応用部会合同シンポジウム)(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 ナノシート工学に基づく生体貼付型デバイスの開発
3. 学会等名 木原記念横浜生命科学振興財団LIP. YOKOHAMA BIBLIOセミナー, Yokohama Scientists Spotlight(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 高分子ナノシートが拓く医療・ヘルスケア技術
3. 学会等名 20-1高分子表面研究会(ヘルスケアと表面・界面)(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤枝 俊宣, 末松 良隆, 武岡 真司
2. 発表標題 多孔質ナノシートを用いた脂肪組織由来幹細胞のスフェロイド形成制御
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田 創, 山岸 健人, 橋本 道尚, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 グルコース感受性ハイドロゲルと薄 膜状キャパシタからなる無線通信型血糖値測定デバイスの開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 利昌, 太田 宏之, 藤枝 俊宣, 澤田 和明, 高橋 一浩
2. 発表標題 非標識神経伝達物質検出に向けた分子インプリント法によるMEMS 光干渉型表面応力センサの作製
3. 学会等名 第81回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田 創, 山岸 健人, 橋本 道尚, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 グルコース感受性ハイドロゲルと薄膜状キャパシタからなる皮膚貼付型デバイスの開発
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Emerging Flexible Devices for Advanced Healthcare and Medicine
3. 学会等名 The 3rd Japan-Russia Joint Forum for Education and Research (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Ultra-Flexible Nanofilms for Bio-Integrated Device & System
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T., Kokubo, N., Yamagishi, K., Takeoka, S., Ohta, H.
2. 発表標題 Ultra-Thin, Flexible, Inkjet-Printed Neural Probes with Mechanically Gradient Structure
3. 学会等名 2019 MRS Fall Meetings & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Ultra-Conformable Biodevice for Advanced Medicine and Healthcare
3. 学会等名 The 26th International Display Workshops (IDW '19) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Nanosheet Technology for Wearable and Implantable Devices
3. 学会等名 ISIPS2019, International workshop on Bioiontronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hao, M., Tetsu, Y., Takeoka, S., Fujie, T., Goda, T., Miyahara, Y.
2. 発表標題 Development of Flexible Antenna Coils for Gas Sensing Application
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (4th ISBE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Ultra-Flexible Polymeric Nanosheets for Wearable and Implantable Technologies
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Electronics and Applications for early career researchers - For the future collaboration between Japan and Singapore - (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T., Kokubo, N., Yamagishi, K., Takeoka, S., Ohta, H.
2. 発表標題 Ultra-Thin, Flexible, Inkjet-Printed Neural Electrodes with Mechanically Gradient Structure
3. 学会等名 RoboSoft2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣, 小久保 奈々, 山岸 健人, 荒毛 将史, 武岡 真司, 太田 宏之
2. 発表標題 力学的な階層構造を有するインクジェット印刷式神経電極の開発
3. 学会等名 第41回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 生体貼付型デバイスの開発と健康医療への展開
3. 学会等名 情報社会とイノベーション (IS&I) 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 高分子ナノ薄膜が拓く生体計測・制御技術
3. 学会等名 日本接着学会東北支部講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝俊宣
2. 発表標題 ナノ薄膜エレクトロニクスによる生体計測・制御技術の創製
3. 学会等名 高分子学会第34回茨城地区「若手の会」交流会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桐野 泉, 山岸 健人, 高橋 功, 天野 日出, 武岡 真司, 上本 伸二, 藤枝 俊宣, 守本 祐司
2. 発表標題 埋め込み型小型電子デバイスと生体接着型ナノシートを用いた、メトロノミック光線力学治療の試み
3. 学会等名 第40回日本レーザー医学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 高分子ナノ薄膜が拓く生体貼付型エレクトロニクス
3. 学会等名 東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻 第12回ChemBioハイブリッドレクチャー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 無線給電式オプトエレクトロニクスによる光がん治療
3. 学会等名 「細胞を創る」研究会 12.0（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣, 山岸 健人, 桐野 泉, 高橋 功, 天野 日出, 武岡 真司, 守本 祐司
2. 発表標題 埋め込み型光がん治療に向けた生体接着性ナノ薄膜の開発
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸 巧, 武岡 真司, 太田 宏之, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 インクジェット印刷による超薄・柔軟皮質脳波(ECoG)電極の開発
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Meiting Hao, 鉄 祐磨, 城戸 悠介, 武岡 真司, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 フッ素高分子の選択的塗布による薄膜発光デバイスの自己展開制御
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鉄 祐磨, 武岡 真司, 藤枝 俊宣
2. 発表標題 インクジェット印刷からなる高分子超薄膜を基材としたアンテナコイルの開発
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣
2. 発表標題 埋め込み型発光デバイスの開発とがん治療への応用
3. 学会等名 東京工業大学生命理工オープンイノベーションハブ 第6回LiHubフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Nanofilms for Bio-integrated System
3. 学会等名 The 1st Workshop on Active Matter for Soft Robotics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Nanofilms Mechanically Conforming to Living Bodies
3. 学会等名 3D Lab Exchange Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsu, Y., Takeoka, S., Fujie, T.
2. 発表標題 The development of inkjet-printed nanosheet antenna coil using multi-stacked graphene flake ink
3. 学会等名 3D Lab Exchange Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed nanofilms for ultra-conformable biodevices
3. 学会等名 NRF-JSPS Joint symposium on Method for construction and delivery of vascularized 3D-tissue assure (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Nanofilms as Flexible Building Blocks of Bio-Integrated Device
3. 学会等名 The 1st Workshop for Soft Artifacts (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T., Yamagishi, K., Kirino, I., Takahashi, I., Amano, H., Takeoka, S., Morimoto, Y.
2. 発表標題 Tissue-adhesive optoelectronics for wirelessly-operated photodynamic therapy
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meetings & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeoka, S., Someya, D., Arai, S., Fujie, T
2. 発表標題 Development of a sheet-like pH imaging sensor with polyelectrolyte multilayered thin films
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meetings & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kido, Y., Tetsu, Y., Takeoka, S., Fujie, T., Goda, T., Miyahara, Y.
2. 発表標題 Ultra-thin Flexible Electronics for Healthcare Applications
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Biomedical Engineering (3rd ISBE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed nanofilms for wearable and implantable devices
3. 学会等名 NANOPIA 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Ultra-Flexible Polymer Nanosheet for Bio and Electronics Applications
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Polymer Nanosheets as Flexible Building Blocks for Bio-Hybrid Systems
3. 学会等名 The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Development of Printed Nanofilms for Bio-Integrated Devices
3. 学会等名 35th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujie, T.
2. 発表標題 Printed Nanofilms for Biomonitoring Technologies
3. 学会等名 International Conference on Molecular Electronics and Devices (IC ME&D 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鉄 祐磨, 武岡 真司, 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 多層グラフェンフレークの剥離を利用した有機高分子基材からなる薄膜状アンテナコイルの開発
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 高分子ナノ薄膜が拓くウェアラブル・インプラントブル技術
3. 学会等名 日本接着学会第14回関西支部若手の会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 生体貼付型エレクトロニクスの開発と展望
3. 学会等名 色材協会第15回色材IT講座（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 無線式バイオデバイスの医療・ヘルスケアへの応用
3. 学会等名 第229回有機エレクトロニクス材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 城戸 悠介, 鉄 祐磨, 武岡 真司, 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 医療応用に向けた無線給電式薄膜発熱デバイスの開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小久保 奈々, 荒毛 将史, 山岸 健人, 守本 祐司, 武岡 真司, 太田 宏之, 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 高分子ナノシートを基材としたインクジェット印刷配線による微小神経電極の開発とオプトジェネティクスへの応用
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小久保 奈々, 山岸 健人, 武岡 真司, 太田 宏之, 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 インクジェット印刷による柔軟神経電極の開発とオプトジェネティクスへの応用
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 無線式バイオデバイスの医療・ヘルスケアへの応用
3. 学会等名 第229回有機エレクトロニクス材料研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 インプラントデバイスに向けたプリンテッドナノ薄膜の開発
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 バイオ・エレクトロニクスに向けたプリンテッドナノ薄膜の創製
3. 学会等名 新化学技術推進協会 先端化学・材料技術部会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊宣.
2. 発表標題 高分子ナノシートの創製とバイオデバイスへの展開
3. 学会等名 有機デバイス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山岸 健人, 藤枝 俊宣	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 12
3. 書名 柔らかい生体組織に馴染む「ナノ薄膜エレクトロニクス」の創製と応用 (第10章) in ストレッチャブルエレクトロニクスの技術動向 (関谷 毅監修)	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 生体由来物質計測用デバイス	発明者 藤枝俊宣, 藤田 創	権利者 東京工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-077990	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室ホームページ
<https://sites.google.com/view/fujie-laboratory/>
 伸び縮みによって色が変化する伸縮性カラーシートの開発に成功
<https://www.titech.ac.jp/news/2020/047134>
 日本生体医工学会 臨床応用研究賞・荻野賞を受賞
<https://www.titech.ac.jp/news/2019/044602.html>
 バイオマテリアル・サイエンス誌の新進研究者2019に選定
<https://www.titech.ac.jp/news/2019/043660.html>

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	太田 宏之 (Ohta Hiroyuki) (20535190)	防衛医科大学校 (医学教育部医学科進学課程及び専門課程、動物実験施設、共同利用研究施設、病院並びに防衛・薬理学・講師) (82406)	
研究分担者	小林 正治 (Kobayashi Masaharu) (40740147)	東京大学・大学院工学系研究科 (工学部) ・准教授 (12601)	
研究分担者	武岡 真司 (Takeoka Shinji) (20222094)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	

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		
イタリア	Scuola Superiore Sant'Anna		
シンガポール	Singapore Univ Technology and Design		