

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01174

研究課題名(和文)シート型脈波センサシステムの研究開発と血流ネットワークの可視化

研究課題名(英文)Development of sheet-type pulse wave sensor system and visualization of blood flow networks

研究代表者

関谷 毅 (Sekitani, Tsuyoshi)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：80372407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、フレキシブル生体信号計測シートを用いて、ヒトの「血流ネットワーク」を定量的にワイヤレス計測できる“パッチ式血流センサシステム”を開発してきた。実際に体に貼り付けるだけで、「多点の脈波」を同時計測し、脈波伝搬速度より、「血管硬度」、「血流ネットワーク」を推定できる“フレキシブル多点脈波センサシステム”を実現することができた。一連の成果は、世界最高峰の国際的総合学術論文誌Nature Communicationsに掲載されるなど、新しいシート型医療システムとして世界的に大きな注目を集めることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

体にべたりと貼り付けるだけで、「多点の脈波」を同時計測し、脈波伝搬速度より、「血管硬度」、「血流ネットワーク」を計測できる“フレキシブル多点脈波センサシステム”を実現することができた。薄く、柔らかく、装着感がないというハードウェアの新規性に加えて、「血流ビッグデータ」の解析アルゴリズムを情報工学の点から開発し、血流情報を“可視化”する取り組みを進めることができた。将来的には、家庭での手軽な脈波センサチェックで循環器系や関連疾患に関する兆候を知らせてくれる“家庭内ヘルスケアシステムを提供する基盤技術”になると期待されており、医療機関との連携を進めている。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a "patch-type blood flow sensor system" that enables quantitative wireless measurement of the human "blood flow network" using a flexible biometric signal measuring sheet. By simply affixing the patch to the body, we were able to realize a "flexible multi-point pulse wave sensor system" that can simultaneously measure pulse waves at multiple points and estimate "arterial stiffness" and "blood flow network" based on the pulse wave propagation velocity. The results were published in Nature Communications, the world's most prestigious international academic journal, and attracted worldwide attention as a new sheet-type medical system.

研究分野：フレキシブルエレクトロニクス

キーワード：フレキシブルエレクトロニクス シート型LSIシステム 振動計測センサ

## 1. 研究開始当初の背景

### 【社会的背景】

我が国では、“平均寿命”と“健康寿命(身の回りのことを自身でこなすことができる寿命)”の間には、男女ともおよそ10年ある。この10年間は介護を必要(要介護)とする。この要介護期間は、患者や家族のみならず、社会保障費においても多大な負担となっている現実がある。

厚生労働省の調べによれば、我が国の医療・社会保障費は70兆円を越し、2025年には150兆円に達すると予測されている。大きな社会保障費負担となっている「要介護者」の総数は現在800万人を越し、この半数(約5割)は脳血管疾患(脳梗塞)に由来する。すなわち、脳血管疾患に関連する「日々の循環器系ヘルスケア技術」が実現すれば、要介護者を圧倒的に減らすことができる。

一方で、“循環器系のヘルスケア”は、ご家庭内での血圧計等がその中核になるが、血圧は一日を通して大きく変動することが知られており、「短時間での間欠的な計測ではリスクを見落とす」可能性が大きい。

### 【技術的背景】

「“自宅で”、“手軽に”、“正確に”生体情報を測れる技術」、「生体情報を可視化・日内変化を判断できるセンサ技術」は、超高齢社会を迎えた我が国を支える次世代社会基盤として欠かすことが出来ない。とりわけ医療、介護、福祉、ヘルスケアに資するウェアラブルセンサは、今後の社会的課題を克服する技術として注目されており、この真の社会実装は喫緊の課題である。

「装着感をなくし、無意識のうちに正確な生体信号計測するためにはどのような技術が必要であるか?」、現在、多くの研究者によりその取り組みが進められている。

ここでは単体電子デバイスやその材料の開発だけでは不十分であり、「低消費電力の無線通信技術」、「薄膜・小型の大容量電池技術」、「膨大な情報を処理するためのサーバーや情報解析・処理・可視化技術」など、異分野連携の研究開発と融合技術が不可欠である。

近年では、モノのインターネット(Internet of Things: IoT)の重要性が認識されている。単体の電子デバイスとしての機能ではなく、互いに連携することで新たな機能を創出する試みであり、大きな波及効果が期待されている。このIoTの追い風により、無線技術、薄膜電池、情報処理技術(人工知能: Artificial Intelligence, AI)の開発が急速に発達している。これらの融合技術により真に社会実装可能なウェアラブルセンサの要素技術が整った。

上記を背景に、本研究提案では、手軽に、日常的に脈波を計測可能なシステムを開発し、脈波ログ(血流ログ)を手軽に実現できる基盤技術開発を行う。日常的に気軽に脈波ログを取るためには、装着感のない脈波センサの開発が不可欠であり、本提案により実現する。

### 【学術的独自性・創造性を活かした実績】

研究代表者関谷らは、「独自のフレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス技術」と、「マイクロボルト( $\mu\text{V}$ )微小信号を抽出するアルゴリズム」を用いて、「パッチ式脳波センサシステム」を実現し、阪大発ベンチャーPGV株式会社を創業した。この技術を応用することで、世界初となる「パッチ式脈波センサ」を実現し、血管硬化のリスクを事前に知ること、脳血管疾患のリスクを未然に防ぐ取り組みを行う。

本研究提案の最大の特徴・独創性は、「無装着感と計測精度の両立」にある。関谷らはすでにフレキシブルエレクトロニクス・ストレッチャブルエレクトロニクス技術により、装着感のないセンサシステムの技術開発を世界に先駆けて進めており、国内外から高い評価を得ている(2014年トムソン・ロイター「高被引用研究者」、2018年クラリベートアナリティクス「高被引用研究者」、2016年日経ビジネス「次代を創る100人」等でその実績が紹介されている)。さらに10g以内の薄膜小型システムにより0.1マイクロボルトまでの計測精度を有する技術開発に成功している。

## 2. 研究の目的

本研究では、申請者が世界に先駆けて開発した【フレキシブル生体信号計測シート(Science2008, Nature Mater.2009, Nature Comm.2016: 申請者が主著者)]を用いて、ヒトの「血流ネットワーク」、「血管硬度」を定量的にワイヤレス計測できる“パッチ式血流センサシステム”を開発する。

具体的には、体に貼り付けるだけで、「多点の脈波」を同時計測し、脈波伝搬速度より、「血管硬度」、「血流ネットワーク」を計測できる“フレキシブル多点脈波センサシステムの開発”である。このシステムより得られる「血流ビッグデータ」の解析アルゴリズムを情報工学の観点から開発し、血流情報を“可視化、自動診断”する。簡単な脈波センサチェックで循環器系や脳の病理兆候まで知らせてくれる“ご家庭内脳ヘルスケアシステムを提供する基盤技術”を構築することを本研究の最終目標とする。

### 3. 研究の方法

柔軟性を有し、耐久性・耐熱性耐環境性に優れた有機圧電フィルムを用いることで、日常生活において装着感なく気軽に身に着けられる脈波センサの開発を行い、脈波ログを負担なく実現できる基盤技術を構築する。本取り組みは、循環器系の多様な健康チェックができるウェアラブル医療機器としての有用性を検証するとともに、センサネットワークにリンクして脳波情報との相関を取ることから病理兆候も警告してくれるシステムを目指す。

本研究では、以下の計画に基づき研究開発を進め、「センサネットワークを活用した血管関連疾患の兆候診断システム」を実現する。単なるデバイスの開発、材料の開発ではなく、システム構築・情報可視化アルゴリズムの開発を経て、医師使用のもと、臨床研究まで3年以内を実現する取り組みである。

(初年度)

圧電脈波センサの構造最適化、さらに信号処理回路開発とワイヤレス化

【期待される成果】

脈速度、血圧等、血管健康診断可能な脈波センサの基盤技術開発

(2年目)

脈波データ解析技術の開発とノイズキャンセリングアルゴリズムの開発

【期待される成果】

装着感なく違和感なく日常的な脈波ログを取得可能な基盤構築

(3年目)

センサネットワーク構築(脈波 脳波の相関性抽出)

【期待される成果】

センサネットワークを活用した病理兆候診断可能なシステム

### 4. 研究成果

柔軟なシート型振動センサ、有機薄膜トランジスタによる信号増幅回路や整流回路を作製し、超低消費電力ワイヤレス通信モジュールと高度に融合させることで“パッチ式血流センサシステム”を実現することができた。装着感のない柔軟な多チャンネル振動センサと柔らかい有機薄膜集積回路により体に貼り付けるだけで、「多点の脈波」を同時計測し、脈波伝搬速度を簡易的に求めることができる。この脈波伝搬速度から、「血管硬度」、「血流ネットワーク」を計測できるアルゴリズムを構築することができた。

現在は、様々な医療機関と連携し、ヒトへ適用するための計測信頼性試験、安全性試験などを実施しており、近い将来の家庭内ヘルスケアセンサとしての有用性を検証している。

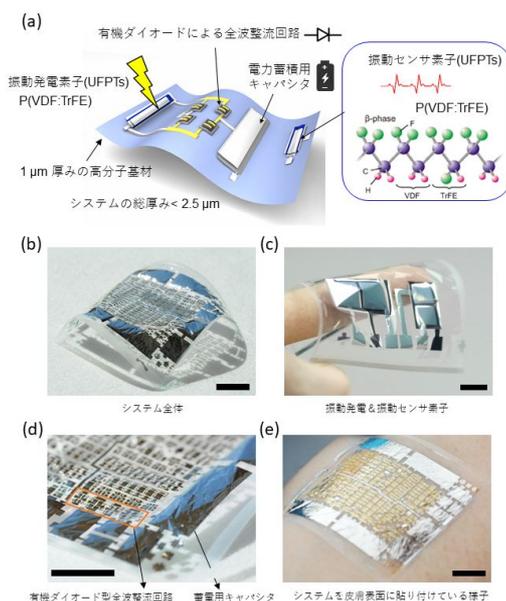


図1：(a)パッチ式血流センサシステムの構成と写真。(b)システム全体写真と(c),(d)センサ素子部と(e)皮膚に張り付けている様子。

本取り組みでは、手首付け根の脈動計測、頸動脈計測、足裏の脈動計測を主眼に、比較的体

の端部へ容易に張り付けられるシート型システムを想定し、取り組みを開始した。

以下に、年度ごとの取り組みとその成果について記載する。

### [初年度]

初年度は脈速度、血圧等、血管健康診断可能な脈波センサの基盤技術開発を目的として、以下の二つの研究開発項目に取り組んだ。

#### 1. 圧電脈波センサの構造最適化 2. 信号処理回路開発とワイヤレス化

ヒトの脈波はおよそメートル毎秒の速度を持つとされることから、計測サンプリング周波数はkHzを必要とする。さらにヒトの表皮は柔らかく、複雑な形状であることから柔らかい共有誘電性ポリマーを振動から電気信号へ変換するセンサ部（トランスデューサ）として選定した。これを独自のナノ細線構造形成プロセスにより薄膜、柔軟、かつ高感度なトランスデューサに成型することに成功し、脈波に対応する的確な振動が得られることを確認した。さらに開発の重点を体動ノイズとの分離アルゴリズム開発とした。

ここでは機械学習の手法を用いて、周波数領域の独立成分分析アルゴリズムを構築することで、脈波と体動ノイズや汗など電極ずれの影響を排除できることを突き止めた。通信においては既存のBLEを用いることで、所望の計測精度が得られることを確認した。

初年度までに、装着感のない高感度な脈波計測を高い信号ノイズ比で実現できることを確認することができた。

### [2年目]

二年目には実際に脈波が計測可能なシステム構築とそのシステムの最適化を行った。特に、柔軟な皮膚表面と接する振動センサを柔軟に作製していることから、微弱な振動を見落とす可能性があることを突き止め、振動計測感度を向上させる強誘電性材料の最適化に取り組んだ。

ここでは、オーストリアの研究チームとの共同研究により見出した新型強誘電性高分子が極めて高感度かつ皮膚表面においても機微な振動を見落としにくいという特性を得ることができた。この材料のプロセス条件や電極構造を詳細に検討し、一年目に開発していたシステムやアルゴリズムとの融合を行うなど、システムとして最適化を行った。

その成果として、2年目終了時に極めて優れた多チャンネルシート型振動計測システムを実現することができた。従来にない高感度性と軽量性を両立させたシート型多チャンネル生体振動センサ（脈波センサシステム）と血流ネットワークの可視化技術にたどり着くことができた。

2年目までの成果で、精度の高い脈動がワイヤレスで計測できることから、実際に首周りの頸動脈計測を行い、極めて高い品質のデータを得た。

一連の成果は、世界最高峰の国際的総合学術論文誌 Nature Communications に掲載されるなど、新しいシート型医療システムとして世界的に大きな注目を集めることができた。

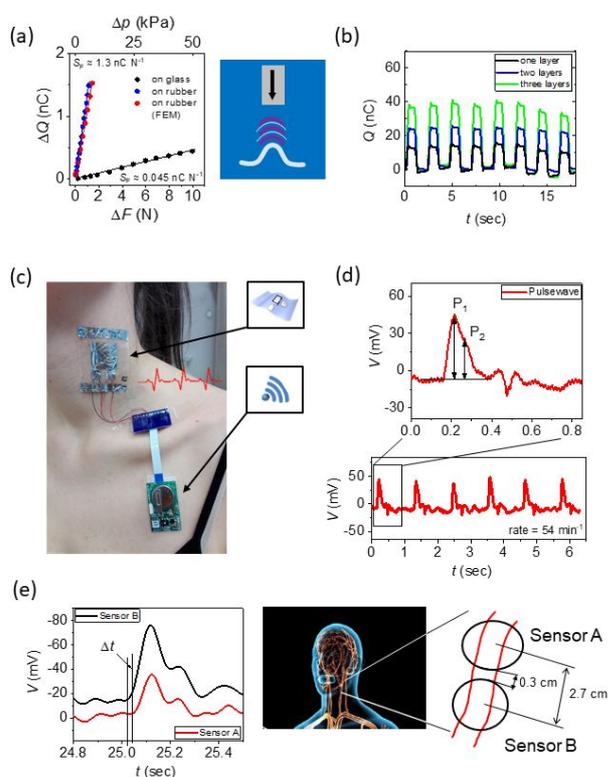


図2：(a),(b)シート型振動センサの電気的特性と(c)頸動脈波の計測写真(d)とその実データ。(e)2点間の脈波伝搬速度の遅延から様々な生体情報へと変換する。

**[論文タイトル]**

Imperceptible energy harvesting device and biomedical sensor based on ultraflexible ferroelectric transducers and organic diodes

**[著者]**

Andreas Petritz, Esther Karner-Petritz, Takafumi Uemura, Philipp Schöffner, Teppei Araki, Barbara Stadlober & Tsuyoshi Sekitani

**[論文番号]**

Nature Communications volume 12, Article number: 2399 (2021)

**[3年目]**

2年目までのシステム全体の有用性を世界的な論文で紹介し、多くの医療機関から連携の提案を得ることができた。これらの連携提案をヒントに、手首周りの脈動、頸動脈など、身体の様々な部位へ展開して、その脈動の遅延(脈波伝搬速度)を体全体で計測する取り組みなどを進めた。また、研究室にて実績のある脳波計などの医療機器と連動させることで、様々なバイタルサインと脈波伝搬を同時に計測することに成功した。

シート型で装着感のない柔軟脈波伝搬速度計測器というハードウェアの新規性ととともに、「血流ビッグデータ」の解析アルゴリズムを情報工学の点から開発し、血流情報を“可視化”する。最終的には、家庭での手軽な脈波センサチェックで循環器系や関連疾患に関する兆候を知らせてくれる“家庭内ヘルスケアシステムを提供する基盤技術”を構築するという本研究の当初目標に到達することができた。

現在、医療機器の認証取得を目指した計測安定性試験や情報可視化アルゴリズムの開発を進めており、コロナ後の社会において必要とされる遠隔医療の実現を目指した取り組みを引き続き進めている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Masahiro Sugiyama, Sophie Jancke, Takafumi Uemura, Masaya Kondo, Yumi Inoue, Naoko Namba, Teppei Araki, Takanori Fukushima, Tsuyoshi Sekitani	4. 巻 96
2. 論文標題 Mobility enhancement of DNTT and BTBT derivative organic thin-film transistors by triptycene molecule modification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 106219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2021.106219	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 Koki Taguchi, Takafumi Uemura, Naoko Namba, Andreas Petritz, Teppei Araki, Masahiro Sugiyama, Barbara Stadlober, Tsuyoshi Sekitani	4. 巻 33
2. 論文標題 Heterogeneous Functional Dielectric Patterns for Charge-Carrier Modulation in Ultraflexible Organic Integrated Circuits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2104446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202104446	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 Andreas Petritz, Esther Karner-Petritz, Takafumi Uemura, Philipp Schffner, Teppei Araki, Barbara Stadlober, Tsuyoshi Sekitani	4. 巻 12
2. 論文標題 Imperceptible energy harvesting device and biomedical sensor based on ultraflexible ferroelectric transducers and organic diodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-22663-6	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 Takemoto Ashuya, Araki Teppei, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Yoshimoto Shusuke, Izumi Shintaro, Tsuruta Shuichi, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Printable Transparent Microelectrodes toward Mechanically and Visually Imperceptible Electronics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 2070105 ~ 2070105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aisy.202070105	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 Araki Teppei, Bongartz Lukas M, Kaiju Taro, Takemoto Ashuya, Tsuruta Shuichi, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Flexible neural interfaces for brain implants-the pursuit of thinness and high density	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Flexible and Printed Electronics	6. 最初と最後の頁 043002 ~ 043002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2058-8585/abc3ca	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 Kondo M., Melzer M., Karnaushenko D., Uemura T., Yoshimoto S., Akiyama M., Noda Y., Araki T., Schmidt O. G., Sekitani T.	4. 巻 6
2. 論文標題 Imperceptible magnetic sensor matrix system integrated with organic driver and amplifier circuits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 6094 ~ 6094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aay6094	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 Bhardwaj Bishwajeet Singh, Sam Rhea Thankam, Umakoshi Takayuki, Namba Naoko, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi, Verma Prabhat	4. 巻 13
2. 論文標題 Probing inter-molecular interactions of dinaphthothienothiophene (DNTT) molecules in a transistor device using low-frequency Raman spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 022010 ~ 022010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6e0d	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 Ota S., Ando A., Sekitani T., Koyama T., Chiba D.	4. 巻 115
2. 論文標題 Flexible CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junctions annealed at high temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 202401 ~ 202401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5128952	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 Araki Teppei, Uemura Takafumi, Yoshimoto Shusuke, Takemoto Ashuya, Noda Yuki, Izumi Shintaro, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Wireless Monitoring Using a Stretchable and Transparent Sensor Sheet Containing Metal Nanowires	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1902684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201902684	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 Bhardwaj Bishwajeet Singh, Sugiyama Takeshi, Namba Naoko, Umakoshi Takayuki, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi, Verma Prabhat	4. 巻 9
2. 論文標題 Orientation analysis of pentacene molecules in organic field-effect transistor devices using polarization-dependent Raman spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-51647-2	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 Kondo Masaya, Uemura Takafumi, Ishiwari Fumitaka, Kajitani Takashi, Shoji Yoshiaki, Morita Masato, Namba Naoko, Inoue Yumi, Noda Yuki, Araki Teppei, Fukushima Takanori, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Ultralow-Noise Organic Transistors Based on Polymeric Gate Dielectrics with Self-Assembled Modifiers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 41561 ~ 41569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b13056	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 Sugiyama Masahiro, Uemura Takafumi, Kondo Masaya, Akiyama Mihoko, Namba Naoko, Yoshimoto Shusuke, Noda Yuki, Araki Teppei, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 An ultraflexible organic differential amplifier for recording electrocardiograms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 351 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-019-0283-5	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 Takemoto Ashuya, Araki Teppei, Noda Yuki, Uemura Takafumi, Yoshimoto Shusuke, Abbel Robert, Rentrop Corne, van den Brand Jeroen, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Fine printing method of silver nanowire electrodes with alignment and accumulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 37LT03 ~ 37LT03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ab2aad	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 Araki Teppei, den Toonder Jaap M J, Sugauma Katsuaki, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Yoshimoto Shusuke, Izumi Shintaro, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Non-contact Laser Printing of Ag Nanowire-based Electrode with Photodegradable Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 429 ~ 434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.32.429	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 Kondo Masaya, Kajitani Takashi, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Araki Teppei, Yoshimoto Shusuke, Fukushima Takanori, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Highly-ordered Triptycene Modifier Layer Based on Blade Coating for Ultraflexible Organic Transistors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-45559-4	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 Ota Shinya, Ono Masaki, Matsumoto Hiroki, Ando Akira, Sekitani Tsuyoshi, Kohno Ryuhei, Iguchi Shogo, Koyama Tomohiro, Chiba Daichi	4. 巻 12
2. 論文標題 CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junction directly formed on a flexible substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 053001 ~ 053001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab0dca	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 Inaoka Misaki, Izumi Shintaro, Yoshimoto Shusuke, Nezu Toshikazu, Noda Yuki, Araki Teppei, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Noise Evaluation System for Biosignal Sensors Using Pseudo-Skin and Helmholtz Coil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISMICT 2019	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) 10.1109/ISMICT.2019.8743712	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 Araki Teppei, Yoshida Fumiaki, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Yoshimoto Shusuke, Kaiju Taro, Suzuki Takafumi, Hamanaka Hiroki, Baba Kousuke, Hayakawa Hideki, Yabumoto Taiki, Mochizuki Hideki, Kobayashi Shingo, Tanaka Masaru, Hirata Masayuki, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Long Term Implantable, Flexible, and Transparent Neural Interface Based on Ag/Au Core-Shell Nanowires	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Healthcare Materials	6. 最初と最後の頁 1900130 ~ 1900130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adhm.201900130	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36件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 植村隆文、関谷毅
2. 発表標題 フレキシブル有機トランジスタの生体センサへの応用
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサエティ大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木 徹平, 吉本 秀輔, 植村 隆文, 栗平 直子, 笠井 夕子, 宮崎 愛子, 根津 俊一, 飯田 博一, 関谷 毅
2. 発表標題 医療応用可能な高透明・高伸長な生体適合性電極の開発
3. 学会等名 第30回マイクロエレクトロニクスシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高根慧至、野田祐樹、豊嶋尚美、根津俊一、荒木徹平、植村隆文、関谷毅
2. 発表標題 自己組織化単分子膜に覆われた単一金ナノワイヤのノイズ特性評価
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高根慧至、野田祐樹、豊嶋尚美、根津俊一、荒木徹平、植村隆文、関谷毅
2. 発表標題 自己組織化単分子膜に覆われた単一金ナノワイヤのノイズ特性評価
3. 学会等名 第76回産研学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Teppei Araki, Takafumi Uemura, Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Flexible Sheet Sensors to Monitor Biosignals
3. 学会等名 9th imec Handai International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Teppei Araki, Shusuke Yoshimoto, Hiroki Hamanaka, Yuki Noda, Takafumi Uemura, Toshikazu Nezu, Shuichi Tsuruta, Masayuki Hirata, Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Flexible and Transparent Sensor Materials Toward a Fully Implantable Brain-Measurement System
3. 学会等名 2020 Materials Research Society (MRS) fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関谷毅
2. 発表標題 フレキシブルデバイスで創るデジタル社会基盤
3. 学会等名 地域企業イノベーション支援事業・フレキシブル3D実装コンソーシアム 公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木徹平, 吉本秀輔, 濱中裕喜, 野田祐樹, 植村隆文, 根津俊一, 鶴田修一, 平田雅之, 関谷毅
2. 発表標題 フレキシブルセンサ素材を利用する完全埋込可能な脳計測システムの開発
3. 学会等名 第57回日本臨床神経生理学会技術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Low-Noise Biosignal Monitoring with Ultra Flexible Transistors
3. 学会等名 The 27th International Display Workshops (IDW 20) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, Tomoharu Kimura, Yayoi Shibafuji, Takeshi Suyama, Hiroyuki Ueno, Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultra-Low-Noise Organic Biosignal Amplifier with Flat Stamp Parallel Printed Electrodes
3. 学会等名 2020 Virtual MRS Spring/Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高根慧至, 野田祐樹, 豊嶋尚美, 根津俊一, 荒木徹平, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 表面分子修飾された単一金ナノワイヤのノイズ特性変化
3. 学会等名 応用物理学会 KOSEN SC 第2回 VR学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口剛輝, 植村隆文, 難波直子, Andreas Petritz, 杉山真弘, 荒木徹平, 野田裕樹, 関谷毅
2. 発表標題 光バタニング可能な有機トランジスタの閾値電圧制御
3. 学会等名 応用物理学会 KOSEN SC 第2回 VR学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村和也, 荒木徹平, 竹本明寿也, 桐山一輝, 秋山実邦子, 笠井夕子, 栗平直子, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 透明有機電気化学トランジスタの作製と評価
3. 学会等名 フレキシブル・ストレッチャブル・エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木徹平, 竹本明寿也, 笠井夕子, 栗平直子, 根津俊一, 飯田博一, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 超柔軟な透明配線技術の開発と高耐久エレクトロニクスへの応用
3. 学会等名 第27回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西村和也, 荒木徹平, 竹本明寿也, 桐山一輝, 秋山実邦子, 笠井夕子, 栗平直子, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 透明フレキシブル電気化学トランジスタの印刷作製と周波数特性の評価
3. 学会等名 第27回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口剛輝, 植村隆文, 難波直子, Andreas Petritz, 荒木徹平, 杉山真弘, 関谷毅
2. 発表標題 光パターニングによるフレキシブル有機トランジスタの閾値電圧制御
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村昌弘, 森時彦, 田中稔彦, 桑原章史, 瀬下雄一, 関谷毅, 桜井貴康
2. 発表標題 炭素配線シートを使った長寿命電源システムの間欠動作における電源電圧
3. 学会等名 2021年 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 知玄, 植村 隆文, 芝藤 弥生, 陶山 武史, 上野 博之, 関谷 毅
2. 発表標題 反転オフセット印刷電極を用いた低ノイズ有機生体信号アンプ
3. 学会等名 第67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 Tepei Araki, Takafumi Uemura, Shusuke Yoshimoto, Yuki Noda, Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2 . 発表標題 Stretchable and Transparent EEG Sensor Based on Metal Nanowire and Dry Bioelectrode
3 . 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ashuya Takemoto, Tepei Araki, Yuki Noda, Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2 . 発表標題 Printed, Ultrathin and Transparent Organic Electrochemical Transistors Via Selective Wetting and Thermal Lamination for Soft Bioelectrical Interfaces
3 . 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Masahiro Sugiyama, Takafumi Uemura, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, Yumi Inoue, Shusuke Yoshimoto, Tepei Araki, Yuki Noda, and Tsuyoshi Sekitani
2 . 発表標題 Sheet-Type Instrumentation Amplifier Integrated with Bio-Conformable Organic Cmos Circuit and Thin-Film Resistors
3 . 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuki NODA, Hirokazu IIDA, Toshikazu NEZU, Tepei ARAKI, Shunsuke YOSHIMOTO, and Tsuyoshi SEKITANI
2 . 発表標題 Biocompatible Gel for EEG Measurement with High S/N Ratio
3 . 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi UEMURA, Naoko NAMBA, Masaya KONDO, Masahiro SUGIYAMA, Mihoko AKIYAMA, Shusuke YOSHIMOTO, Yuki NODA, Teppei ARAKI, and Tsuyoshi SEKITANI
2. 発表標題 Biosignal Monitoring Systems with Bio-Conformable Organic Amplifier
3. 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei ARAKI, Yuki NODA, Takafumi UEMURA, Shusuke YOSHIMOTO, Shintaro IZUMI, and Tsuyoshi SEKITANI
2. 発表標題 Flexible and Transparent Electrodes Toward Implantable Electronics
3. 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, Masahiro Sugiyama, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, Shusuke Yoshimoto, Yuki Noda, Teppei Araki, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Low Noise Biomonitoring with Ultra Flexible Organic Differential Amplifier
3. 学会等名 8th imec Handai International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Araki, Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Flexible Sensors for Long-Term Monitoring on Brain Activities
3. 学会等名 8th imec Handai International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Patch-Type Biosignal Monitoring System Based on Flexible Electronics
3. 学会等名 The Society for biotechnology, International symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Biosignal Monitoring System Based on Organic Thin-Film Transistors
3. 学会等名 SPIE Organic Photonics + Electronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sugiyama, Takafumi Uemura, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Low-noise electrocardiogram recording with flexible organic differential amplifier
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Araki and Takafumi Uemura and Shusuke Yoshimoto and Yuki Noda and Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ag-Nanowire-Based Stretchable Electrodes Improved in Migration Durability for Long Therapeutic Bio-Applications
3. 学会等名 The 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppe Araki and Takafumi Uemura and Shusuke Yoshimoto and Yuki Noda and Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Transparent and Stretchable Electrodes for Long Therapeutic Bio-Applications
3. 学会等名 The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST 2019), Flexible Packaging (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Biosignal Amplifier Based on Organic Thin-Film Transistors
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Amplification Circuits for Imperceptible Brain Monitoring System
3. 学会等名 2019 International Symposium on VLSI, Design, Automation and Test (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Brain-implanted flexible and stretchable integrated circuit system for comprehensively monitoring brain activities from cerebral cortex to deep brain regions
3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting EP04: Soft and Stretchable Electronics -From Fundamentals to Applications- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Organic Differential Amplifier for Low-Noise Biosignal Monitoring
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging (ICEP2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Application of Flexible Devices for Monitoring Cranial Nerve Activities
3. 学会等名 SPIE Defense + Commercial Sensing, Advanced Environmental, Chemical, and Biological Sensing Technologies XV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 計測装置	発明者 関谷毅他2名	権利者 国立大学法人大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、2020-095710	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 振動センサおよび圧電素子	発明者 関谷毅他6名	権利者 国立大学法人大阪大学他
産業財産権の種類、番号 特許、2020-186773	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 生体信号計測装置	発明者 関谷毅他3名	権利者 国立大学法人大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、2021-022697	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/aed/japanese/  
 大阪大学産業科学研究所 先進電子デバイス研究分野 関谷研究室ホームページ  
 https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/aed/  
 大阪大学 関谷毅ホームページ  
 https://www.sekitani-lab.com/

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	荒木 徹平  (Araki Teppei)  (10749518)	大阪大学・産業科学研究所・助教   (14401)	
研究分担者	植村 隆文  (Uemura Takafumi)  (30448097)	大阪大学・産業科学研究所・特任准教授(常勤)   (14401)	
研究分担者	野田 祐樹  (Noda Yuki)  (30784748)	大阪大学・産業科学研究所・特任助教(常勤)   (14401)	
研究分担者	和泉 慎太郎  (Izumi Shintaro)  (60621646)	神戸大学・システム情報学研究科・准教授   (14501)	
研究分担者	吉本 秀輔  (Yoshimoto Shusuke)  (80755463)	大阪大学・産業科学研究所・招へい教員   (14401)	

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			
オーストリア	JOANNEUM RESEARCH			