

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01956

研究課題名(和文)次世代生体適合性インテリジェント繊維の創成と双方向ウェアラブルシステムへの応用

研究課題名(英文)Creation of Next Generation Biocompatible Intelligent Fibers and Their Application to Interactive Wearable Systems

研究代表者

黒子 弘道(KUROSU, Hiromichi)

奈良女子大学・生活環境科学系・教授

研究者番号：20221228

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：超臨界二酸化炭素を用いることで、絹への白金被覆を欠陥無しで実現することができ、更にその上に酸化チタンなどの高機能性無機酸化物の電気化学的電析することに成功した。これらの繊維を固体NMR測定によりめっきによる高次構造変化の情報を得ることができ、さらなる機能改良へのフィードバックが可能となった。

これらのインテリジェント繊維の応用として、心拍数や呼吸、運動などを可視化できるセンシングウェアの開発に取り組み、睡眠時における健康見守りの実現可能性を示した。さらに、快適性が高まる温度刺激の条件を示した。また、視覚障害者支援やぬいぐるみを介したコミュニケーション支援などへの応用可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身体に接するセンシング繊維に求められる性能としては、繊維としての物性を維持したまま、生体適合性(安全性)および導電性の安定性が高いことであるが、本研究課題では絹やPET繊維に対して超臨界二酸化炭素を用いることで、繊維物性にダメージを与えず、生体適合性の高いめっきを行うことに成功した。またこの繊維の応用として心拍数や呼吸、運動などを可視化できれば睡眠時における健康見守りのが可能となり、さらに、視覚障害者支援やぬいぐるみを介したコミュニケーション支援などへの応用可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：We have successfully realized void free plating of Pt on silk fiber by using supercritical carbon dioxide and moreover electrochemical deposition of high functional inorganic oxide such as titanium oxide on the metal-plated fiber. Solid-state NMR measurements of these fibers provided information on the higher-order structural changes due to plating, which can be fed back for further functional improvements.

As an application of these intelligent fibers, we have been working on the development of sensing wear that can visualize heart rate, respiration, and exercise using smart textiles. We also showed the feasibility of health monitoring during sleep, which can store human information measured by sensing wear as big data in the cloud and detect abnormalities using statistical analysis. In addition, we showed the conditions for thermal stimulation that enhances comfort. We also showed the applicability to support for the visually impaired and communication support via stuffed animals.

研究分野：被服材料学、高分子構造

キーワード：ウェアラブルデバイス 超臨界CO2

1. 研究開始当初の背景

これまで開発されている導電性繊維は十分な導電性を得るには相当量の金属や黒鉛を含ませる必要があり、繊維の物性を低下させるものや、高分子繊維表面とコーティングされた金属との密着性に問題があり、ドーピングを用いたものはドーパントは有毒物質であるためこの繊維を人体に触れる衣服に用いるのは問題があるなどの状況であった。このような状況を踏まえ、申請者らはこれまでの科研費(基盤研究(B)課題番号:26282013)によるめっき技術を応用した研究により、創成された新規導電性繊維は繊維と金属めっきとの密着性が高く、有毒物質を使用していないため肌に密着させることも可能であり、また、繊維表面全体ではなく繊維表面にパターン化して密着させることにより繊維物性の低下のほとんど無い導電性繊維作成の学術的基盤を完成させることができた。また、共同研究者の才脇・佐藤はこれまでも五感情報提示機能を持った装置の開発に成功しており、これらの技術を繊維に応用することにより、センシング機能および五感情報提示機能を付与した高度な次世代生体適合性インテリジェント繊維創成およびその応用が期待される。また、繊維の高次構造(微細構造)は物性を決定する大きな一因であり、固体NMRと量子化学計算による詳細な解析により物性と構造の関係を明らかにできれば更なる機能改良への指針を与えることが可能である。さらに従来の導電性繊維の問題点であった繊維物性の劣化や人体に対する悪影響、高精度計測を妨げるノイズなどを解決し、これまでにない安全で快適な着心地でなおかつ高精度計測が可能な双方向ウェアラブルシステムを開発できると考え、本研究課題の着想に至った。

2. 研究の目的

耐久性が高く、繊維物性の低下がほとんど無く、人体に対しての悪影響が無い生体適合性インテリジェント繊維をの創成を行い、詳細な構造解析と風合い評価を通して改良を行い、安全で快適な着心地でかつ高精度計測と五感情報提示が可能なプロ向け健康管理アンダーウェアを開発することを目的としている。

3. 研究の方法

生体適合性の高い絹に、白金や金などの貴金属をめっきする方法においては、クロム酸やマンガン酸などの環境に負荷を与えると同時に繊維を化学的に損傷させる溶媒による処理が不可欠である。我々はそのような処理を利用せず、パラジウム有機金属錯体を溶解させた超臨界二酸化炭素溶媒により、繊維にパラジウム触媒化を施し、白金や金などの生体適合性繊維を欠陥無しに無電解めっきにより被覆することに成功した。その電気抵抗は非常に低く、ウェアラブルデバイスに利用可能なレベルである。その高い電気抵抗を利用して、その金属被覆繊維の上に酸化チタンや酸化亜鉛などの機能性の無機酸化物を多層電析することを行った。また、酸化チタン粒子を分散した無電解めっき法で複合めっきも実施した。

生体適合性インテリジェント繊維を実現するためには、多くが絶縁体であるテキスタイル繊維に導電性を付与するためのメタライゼーションが必要不可欠である。代表的なメタライゼーションプロセスに、無電解めっき法が挙げられる。金属コーティングと繊維表面との間の結合力を向上させるために、植物根系を模し、「超臨界二酸化炭素無電解めっき法」を開発した。図1に、超臨界二酸化炭素を用いた無電解めっき法により無欠陥金被膜をシルク繊維上に形成させるプロセスを、植物根系の成長と対比させて示す。ステップ 1では、植物の種を土壌に植えるのと同様に、金属触媒種をシルク構造に植え付ける段階である。ステップ 2では、植物の水やりと発芽に対応する段階で、より多くの金属イオンおよび還元剤がシルク構造中に移動する。金属イオンの還元は金属触媒種から開始される。その後、徐々に、

金属の根が金属触媒種から伸びていく。そして、ステップでシルク構造中に伸びる金属根を有した高信頼性および高生体適合性金属皮膜が形成される。

繊維の物性と高次構造は密接な関係にあり、高次構造を詳細に明らかにすることにより、物性のさらなる改良に繋がるため、繊維の高次構造解析は極めて重要である。このため、本研究課題では、固体高分解能

NMR を用いて、触媒化した試料とともにめっきした試料について CP/MAS や PST-echo/MAS 法を用いて化学シフト、半値幅、強度比を決定し、さらにそれぞれの化学シフト成分に対応した分子運動性の議論をするためにスピン-格子緩和時間(T_1)を測定した。布帛に対しては地方独立行政法人京都市産業技術研究所にご協力を仰ぎ、予め撚糸機を用いて撚り合わせた試料を用い、表面に露呈させる長さ、露呈の間隔などの条件を変え織布した。なお、試料条件に合わせ、基布にはシルクまたはポリエチレンテレフタレートを利用した。処理系の強度は、「JIS L1013 化学繊維フィラメント系試験方法」に準拠し、室温 20、湿度 65%の環境下で調べた。なお、試料は事前に同環境で調湿し測定に供した。基布、および基材繊維であるシルク、ナイロン、ポリエチレンテレフタレートの生体親和性評価には、それぞれ至適溶媒に溶解しドロップコーティングにより作製したフィルムを用いた。静的水接触角はフィルム表面に純水を接触させ着滴した際のフィルム面とのなす角を調べる液滴法により調べた。また、フィルム上での細胞増殖はマウス繊維芽細胞を用い評価した。インテリジェント繊維の応用については、スマートテキスタイルを用いて、心拍数や呼吸、運動などを計測可能なセンサと衣服を一体化することに取り組んだ。また、そのセンサが計測した生体情報を Wifi 経由でタブレットやスマートフォンにリアルタイム転送するモジュールの改良に取り組んだ。従来は、Bluetooth を用いていたが、転送速度や電波の安定性の問題があったためである。加えて、それらのデータをクラウドに保存して分析するソフトウェアについても、開発を行った。

すべてのシステム開発完了後、呼吸器専門医の協力で基本動作に問題がない事を確認し、評価実験のために実験協力者（80代 70代の高齢者 4名、50代 40代の勤労世代 4名）を対象として、開発したセンシングウェアを用いた睡眠の質の評価実験に取り組んだ。特に、気道の閉塞により睡眠が妨げられ、夜間のいびきや、昼間時の眠気など業務の能率低下や事故が懸念される「睡眠時無呼吸症候群」の発見可能性について検討した。また、導電性繊維の温度刺激装置として用途に着目し、温熱的快適性を向上させる双方向ウェアラブルシステムを実現するため、快適性が高まる温度刺激の条件を検討した。先行研究を参考に、特に温度刺激の面積と、温度変化速度に着目した評価を行った。実験参加者に対して、刺激面積や温度変化速度、刺激温度の各条件が異なる刺激をランダムに提示した。刺激面積の実験は腰部に、温度変化速度の実験は前腕部に対して刺激を行った。そして、それらの主観的な感覚強度や快適性を評定尺度法で回答させた。

また、ウェアラブルシステムへの応用可能性について検討した。まず、ぬいぐるみセラピーへの応用を目指して、ぬいぐるみに体温を付与するぬいぐるみ服を提案、試作した(図 2)。

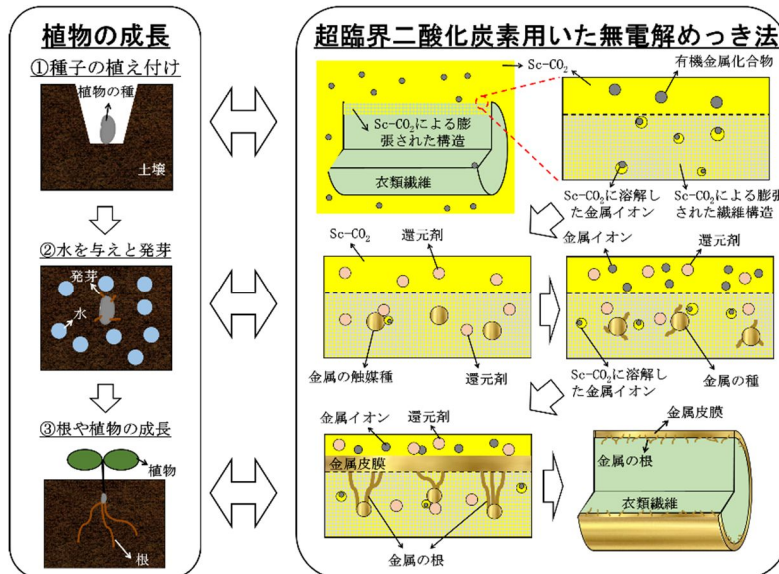


図 1: 植物根系にヒントを得て着想した超臨界二酸化炭素を用いた無電解めっき法

その有効性を示すために、先行研究を参考に、セラピー効果の一指標である使用者の向社会的な変化として評価した。次に、視覚障害者の支援として、障害物の有無を温度刺激により通知するシステムを提案、試作した（図 3）。目隠し状態で歩行し、前方の障害物を温度刺激により認識、衝突前に停止できるか評価した。

導電性繊維のヒーターを服の内側に貼り付け、ぬいぐるみに着用



図 2 体温を付与するぬいぐるみ服の試作

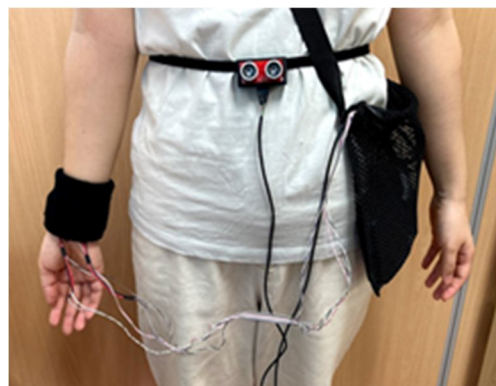


図 3 視覚障害者支援システムの試作

4. 研究成果

パラジウム有機金属錯体を溶解した超臨界二酸化炭素を用いることで、生体適合性の高い絹に、白金の均一の被覆に成功し、その高い電気導電性を実現した。また、超臨界二酸化炭素を用いることで、絹にパラジウム触媒を担持し、無電解ニッケルめっきと無電解金めっきを多層被覆し、高い導電性を実現できることにも成功した。絹/ニッケル/金複合繊維の上に、酸化亜鉛を被覆し、太陽光から発電する機能性繊維の実現を達成した。更に、絹の上に酸化チタン微粒子を複合化した無電解ニッケルめっきを施し、殺菌と発電を実現できる繊維の作成に成功した。

この研究では、生体適合性インテリジェント繊維を実現するために、超臨界二酸化炭素無電解めっき法による合成繊維である PET(ポリエチレンテレフタレート)の Ni-P メタライゼーションが実現した。有機金属化合物 Pd(II) hexafluoroacetylacetonate を触媒とした場合平滑な金属被覆を実現した。この被覆された繊維に対して電気抵抗率を測定した結果、良好な電気伝導性が確認できた。Ni-P/PET の電気抵抗、Ni-P メタライゼーションの時間とテープ接着試験

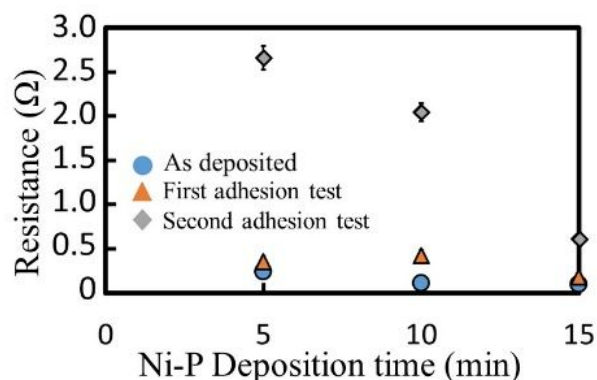


図 4: Ni-P / PET の電気抵抗、Ni-P メタライゼーションの時間とテープ接着試験の影響

の影響を図 4 に示す。メタライゼーションの時間が 5 分から 15 分に増加すると、Ni-P / PET の電気抵抗率は 0.244 Ω から 0.102Ω に減少した。これは、Ni-P 被覆率と Ni-P 層の厚さが増加した結果でもある。1 回のテープ接着試験後、5 分と 10 分間メタライゼーションしたの Ni-P / PET の電気抵抗率は約 0.5Ω にわずかに増加し、2 回のテープ接着試験を実行後に電気抵抗率はさらに 2.0Ω より増加した。一方、15 分のメタライゼーションでの Ni-P/PET の電気抵抗率は、1 回のテープ接着試験に 0.178Ω にしか増加せず、2 回のテープ接着試験サイクル後に抵抗は 0.616Ω に達した。この研究で達成された Ni-P / PET 繊維は、ウェアラブルデバイスでの応用に十分な電気伝導率を得た。

Ni-P / PET 繊維を固体 NMR を用い高次構造解析及び分子運動解析を行った。

測定されたスペクトルは、スペクトルシミュレーションにより結晶・非晶成分に分離しその化学シフト、半値幅、相対強度および、スピン-格子緩和時間から、めっきにより特にカルボニル炭素の非晶領域に影響を与えることが明らかとなった。

布帛に対しては、モデル系としてまず金糸を用い、基布をシルクとして金属系の間隔等を変え織布を行った。得られた結果をもとに、撚り合わせた触媒化ナイロン糸を用いて、その露出間隔や表裏の露出状態を変え作製した織布を得た。なお、基布となる緯糸、および触媒化ナイロン以外の経糸には、導電性糸との区別のためポリエステルを用い、その後のめっき処理に供した。

各処理が与える物性への影響を調べるため、各処理済糸の引張(破断)強度を JIS 法に準拠し評価した。超臨界二酸化炭素による処理を施した繊維は未処理繊維と同程度の強度を有しており、従来法に比べても本課題で採用している処理方法は、繊維の強度等の特性を変えずに触媒付与・めっきができる手法であることが認められた。

またシルク、ポリエチレンテレフタレート、ナイロンの安全性評価の一つとして、各フィルム上での細胞増殖挙動などを調べた。結晶化度や高次構造が異なると生体親和性の変化をもたらす結果が示され、超臨界二酸化炭素処理後繊維や材料の生体親和性の理解の一助となる可能性が示された。

応用展開の研究として、我々はこれまで、日常生活時における健康見守りデバイスとしてのセンシングウェアの研究に取り組んできた。元々、寝たきりの後期高齢者の見守りのような、少子高齢化時代の看護介護に役立つ技術の研究開発を志向してきたからである。一方、それらの研究を通じて、こうしたシステムは必ずしも後期高齢者ばかりではなく、広く社会に求められつつあることがわかった。例えば、働き方改革に伴う定年延長で社会進出が著しい高齢者や、労働人口そのものの減少で業務の質が厳しくなっている働き盛り世代といった、より若い年齢層にみられる「睡眠時無呼吸症候群」の蔓延とその見守りはその一例である。継続的に睡眠の質の分析を行う事で、悪化の兆候が見られたら産業医やカウンセラーに相談してもらったり、シフトを変更するといった柔軟な労務管理が実現できることで、事故の未然防止などに役立つ。本研究では、我々が開発したセンシングウェアが、臨床検査用の呼吸計測装置の一つとして一般的に使われる鼻フローカニューラと比較し、同等程度の呼吸周期計測精度を有し、「睡眠時無呼吸症候群」の評価に役立つ可能性を示すことができた。また、快適性を高める温度刺激の条件の検討について、温度刺激面積については、面積が広く温度が高いほど感覚強度が向上する一方で、快適性は面積によってのみ向上した。そのため快適性の向上には温度刺激面積を広げることが有効であると示唆された。導電性繊維は広範囲への温度刺激に有効であり、応用が期待できる。さらに温度変化速度の影響を評価した実験では、温度変化速度が 3 /s 程度の場合はすっきり感が、温刺激の場合は 0.3 /s 程度とすることで気分の良さが向上することが示唆された。

ぬいぐるみ服の評価では、温度刺激がある条件の参加者群は、刺激がない条件の参加者群に対して、向社会的な行動が統計的に有意に促進されることを示した。そのため、ぬいぐるみセラピーとして有効であると考えられる。また視覚障害者の支援システムの評価では、後頸部や手首において $5 \sim 7$ の温度低下を生じさせることで、 1m 以上先の障害物を認識可能となることを示した。いずれのシステムも、導電性繊維の柔軟性を活かして使用者の身体に適應する形で実装することが重要であるため、導電性繊維の有効なアプリケーションになると期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Tokuoka Kenichi, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Chiu Wan-Ting, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 223
2. 論文標題 Metallization of PET textile utilizing supercritical CO2 catalyzation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microelectronic Engineering	6. 最初と最後の頁 111233 ~ 111233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mee.2020.111233	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 Chiu Wan-Ting, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 294
2. 論文標題 Ni-P and TiO2 codeposition on silk textile via supercritical CO2 promoted electroless plating for flexible and wearable photocatalytic devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 68 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2018.10.076	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 Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone	4. 巻 294
2. 論文標題 Ni-P and TiO2 Codeposition on Silk Textile via Supercritical CO2 Promoted Electroless Plating for Flexible and Wearable Photocatalytic Devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 68-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2018.10.076,	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 Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Yuma Tahara, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone	4. 巻 350
2. 論文標題 Platinum Coating on Silk by a Supercritical CO2 Promoted Metallization Technique for Applications of Wearable Devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Surface & Coating Technology	6. 最初と最後の頁 1028-1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2018.02.070,	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 Katsunari Sato, Manami Usui	4. 巻 10894
2. 論文標題 Assessment of Perceived Intensity and Thermal Comfort associated with Area of Warm Stimulation to the Waist	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EuroHaptics2018	6. 最初と最後の頁 106-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93399-3_10	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 W.T. Chiu, B.H. Woo, M. Sano, T.F.M. Chang, C.Y. Chen, T. Hashimoto, H. Kurosu, M. Sone	4. 巻 2
2. 論文標題 Highly reliable metallization on polymer and their fundamental characteristics toward wearable devices applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Biosensors: Reviews, IFSA Publishing	6. 最初と最後の頁 1-86
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 Chiu Wan-Ting, Tahara Yuma, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 164
2. 論文標題 A Supercritical CO2 Promoted Electroless Ni-P Plating on Silk and Their Fundamental Characteristics Investigations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Electrochem. Soc.	6. 最初と最後の頁 D406 ~ D411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0551707jes	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 Chiu Wan-Ting, Tahara Yuma, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 175
2. 論文標題 Silk-Pt composite integration by supercritical carbon dioxide assisted electroless plating for medical devices application	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Microelectronic Engineering	6. 最初と最後の頁 34 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mee.2016.12.024	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 Chiu Wan-Ting, Tahara Yuma, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 56
2. 論文標題 Fundamental Property Assessments of Biocompatible Silk/Pt Composite Prepared by Supercritical Carbon Dioxide Promoted Electroless Plating	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ind. Eng. Chem. Res.	6. 最初と最後の頁 8864 ~ 8871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.7b01749	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 Chiu Wan-Ting, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Tahara Yuma, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 253
2. 論文標題 Fabrication and Photocatalytic Performance of Au/ZnO Layered Structure on Silk Textile for Flexible Device Applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 39 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2017.09.041	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 Chiu Wan-Ting, Chen Chun-Yi, Chang Tso-Fu Mark, Tahara Yuma, Hashimoto Tomoko, Kurosu Hiromichi, Sone Masato	4. 巻 350
2. 論文標題 Platinum coating on silk by a supercritical CO2 promoted metallization technique for applications of wearable devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Surface and Coatings Technology	6. 最初と最後の頁 1028 ~ 1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2018.02.070	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 橋本朋子・黒子弘道	4. 巻 10
2. 論文標題 NMR によるシルクフィブロインの構造解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 479-482
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 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 Sato Katsunari、Usui Manami	4. 巻 10894
2. 論文標題 Assessment of Perceived Intensity and Thermal Comfort Associated with Area of Warm Stimulation to the Waist	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EuroHaptics 2018	6. 最初と最後の頁 106 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93399-3_10	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 才脇直樹	4. 巻 8
2. 論文標題 女子大生が提案する導電ナノファイバーと情報処理の融合型ソリューション	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nanofiber	6. 最初と最後の頁 22-28
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 -

[学会発表] 計45件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Kenichi Tokuoaka, Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Akiko Saji, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 Effects of Deposition Temperature on Electroless Plating of PET Catalyzed in Supercritical CO2
3. 学会等名 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Tokuoaka, Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Akiko Saji, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 Ni-P/PET Fiber Prepared by Supercritical CO2 Catalyzation for Wearable Device Applications, 45th International Conference on Micro & Nano Engineering
3. 学会等名 45th International Conference on Micro & Nano Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口美穂、秋山里桜子、橋本朋子、佐野奈緒子、Chiu Wan-Thing、Chang Tso-Fu Mark、曾根正人、黒子弘道
2. 発表標題 新規インテリジェント繊維の高次構造解析
3. 学会等名 繊維学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsunari Sato and Nanako Matsuda
2. 発表標題 Thermal Wear for Stuffed Animal to Enhance Therapy Effect
3. 学会等名 WorldHaptics2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Anzai Emi, Kawaji Wakana, Fujimoto Wakayo, Honda Mayumi and Saiwaki Naoki
2. 発表標題 Development and Validation of a Novel Smart Elastic Joint Support for Monitoring Human Body Movement
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W.Fujimoto, W.Kawaji, M.Honda, E.Anzai, M.Yamauchi and N.Saiwaki
2. 発表標題 Development of Sensing Ware Using Printed Electronics for Respiratory Measurement
3. 学会等名 Comfort and Smart Textile International Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W.Fujimoto, M.Honda, E.Anzai and N.Saiwaki
2. 発表標題 Study of Effective Costume and Interaction for IoT Nurse Robot
3. 学会等名 Comfort and Smart Textile International Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 スマートテキスタイルの健康見守り技術への応用
3. 学会等名 Comfort and Smart Textile International Symposium 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 IoTとスマートテキスタイルを応用した生活創造技術
3. 学会等名 日本化学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 人工知能と臨床工学の発展と課題
3. 学会等名 第4回アジア臨床工学フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 福井発の新しい技術開発から製品へ
3. 学会等名 産総研福井サイト講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 スマートテキスタイルとIoTによるファッションナブルIoT
3. 学会等名 岐阜県産業技術総合センター（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 里見 和首, 安在 絵美, 才脇 直樹
2. 発表標題 導電性面ファスナーを用いたスマートバッグの開発
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本 和賀代, 川治 和奏, 本田 麻由美, 安在 絵美, 山内 基雄, 才脇 直樹
2. 発表標題 プリントドエレクトロニクスを用いたセンサウェアの研究
3. 学会等名 第63回システム 制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川治 和奏, 藤本 和賀代, 本田 麻由美, 安在 絵美, 才脇 直樹
2. 発表標題 プリントドエレクトロニクスを用いたセンシングサポータの開発
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅谷智弘, 井上奨一朗, 山本大輝, 石井真由子, 田村祐一, 才脇直樹, 横山 清子
2. 発表標題 IoTデバイスによる掛け寝具の分布センシングを利用した就寝状況の変化検出
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅谷智弘, 山本大輝, 石井真由子, 田村祐一, 才脇直樹, 横山清子
2. 発表標題 IoT デバイスによる多点センシングを利用した就寝環境の変化検出
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本 和賀代, 安在 絵美, 太田 裕治, 山内 基雄, 才脇 直樹
2. 発表標題 着心地の良さを重視した呼吸器計測可能なセンシングウェアの製作
3. 学会等名 日本家政学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題	Silk/Ni-P/TiO ₂ Composite Material Prepared by Supercritical CO ₂ Promoted Electroless Plating for Flexible Photocatalytic Device Applications
3. 学会等名	44rd International Conference on Micro & Nano Engineering (MNE2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	an-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題	ZnO/Au Layered Silk Prepared by Supercritical CO ₂ Promoted Electrodeposition toward Applications in Flexible Electronic Device
3. 学会等名	Taiwan-Japan-US Joint Workshop on Energy Materials and Sustainable Development (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題	Co-Deposition of Ni-P/TiO ₂ on Silk Textile by Supercritical CO ₂ Promoted Electroless Co-Deposition for Gas sensor Applications
3. 学会等名	The 2nd Taiwan-Japan Joint Symposium in Taiwan, by The study group of the Integrated MEMS of JSAP & Nano Engineering and Microsystem Technology Conference (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Wan-Ting Chiu, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題	Co-deposition of Ni-P and P25 on Silk Textile by Supercritical CO ₂ Promoted Electroless Plating for Flexible Photocatalyst Applications
3. 学会等名	22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Wan-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 ZnO Synthesis on the Au Metallized Silk Textile for Flexible Photocatalyst Application
3. 学会等名 TMS 2018 Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 女子大がリードするオープンイノベーションと未来社会
3. 学会等名 第三回武庫川女子大学研究成果の社会還元促進に関する発表会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 地域包括ケアへの応用を目指したファッションナブルなIoTデバイス/システム開発
3. 学会等名 日本繊維機械学会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 導電性ファイバ(スマートテキスタイル)とIoTを用いた健康管理デバイスの開発
3. 学会等名 日本画像学会電子ペーパー/フレキシブル技術部会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 プリンテッド・エレクトロニクスを用いた呼吸計測可能なセンサウェアの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会 コミュニケーション支援専門研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 才脇直樹
2. 発表標題 IoTロボットナースの衣服とインタラクションデザインに関する基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 コミュニケーション支援専門研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田菜々子, 佐藤 克成
2. 発表標題 温刺激によって生き物感を付与するぬいぐるみ服の検討
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳岡 賢一, W.T. Chiu, C.Y. Chen, T.F.M. Chang, 佐治 明子, 橋本 朋子, 黒子 弘道, 曽根 正人
2. 発表標題 超臨界CO ₂ を用いた無電解めっきによるNi/PETハイブリッド繊維の創製
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 秋山里桜子, Chiu Wan-Thing, Chang Tso- Fu Mark, 橋本朋子, 佐野奈緒子, 曾根正人, 黒子弘道
2. 発表標題 新規センシング繊維の高次構造解析
3. 学会等名 繊維学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiyama Rioko, Chiu Wan-Thing, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Sano Naoko, Sone Masato, Kurosu Hiromichi
2. 発表標題 Higher-order structure analysis of new sensing fibers
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiyama Rioko, Taniguchi Miho, Chiu Wan-Thing, Chang Tso-Fu Mark, Hashimoto Tomoko, Sano Naoko, Sone Masato, Kurosu Hiromichi
2. 発表標題 Higher-order structure analysis of metallized silk fibroin by solid state NMR
3. 学会等名 生体医歯工学共同拠点国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷口美穂, 秋山里桜子, Chiu Wan-Thing, Chang Tso-Fu Mark, 橋本朋子, 佐野奈緒子, 曾根正人, 黒子弘道
2. 発表標題 新規インテリジェント繊維の高次構造解析
3. 学会等名 生体医歯工学共同研究拠点 成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wan-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-yi Chen, Tso-fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 Composite of ZnO/Au Hybrid Structure on Silk Textile for Flexible Photocatalyst Application
3. 学会等名 TMS 2018 Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wan-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 ZnO Synthesis on the Au Metallized Silk Textile for Flexible Photocatalyst Application
3. 学会等名 TMS 2018 Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wan-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 Property Enhancement of Platinum Metallization on Silk by Supercritical Carbon Dioxide Promoted Electroless Plating
3. 学会等名 ACT2017 International Thin Films Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wan-Ting Chiu, Haochun Tang, Chun-Yi Chen, Tso-Fu Mark Chang, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題 Realization of flexible and photocatalytic ZnO/Au/silk composite materials as components in wearable devices
3. 学会等名 TSCFA 2017 Annual Meeting
4. 発表年 2017年

1. 発表者名	Wan-Ting Chiu, Yuma Tahara, Chun-yi Chen, Tso-fu Mark Chang, Tomoko Hashimoto, Hiromichi Kurosu, Masato Sone
2. 発表標題	ZnO/Au Hybrid Layered Structure on Silk Textile Prepared by Supercritical Carbon Dioxide Promoted Electrodeposition for Application in Flexible Multifunction Electronic Devices
3. 学会等名	43rd International Conference on Micro & Nano Engineering (MNE2017)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	Tomoko Hashimoto, Yuma Tahara, Mitsuo Sano, Tso-Fu Mark Chang, Masato Sone and Hiromichi Kurosu
2. 発表標題	Structural analysis of metal depositing Nylon 66 for the novel wearable device
3. 学会等名	The 2nd International Symposium on Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	才脇直樹、藤本和賀代
2. 発表標題	女子大学で取り組んできた導電性繊維 / ウェアラブル・プロジェクトの ご紹介
3. 学会等名	日本繊維製品消費科学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	才脇直樹
2. 発表標題	スマートテキスタイルとIoTによる ファッションナブルIoT
3. 学会等名	新技術説明会 (招待講演)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 才脇直樹、藤本和賀代
2. 発表標題 生活工学におけるスマートテキスタイル及びウェアラブル関連研究
3. 学会等名 日本繊維機械学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 才脇直樹、藤本和賀代
2. 発表標題 スマートテキスタイルと IoT ~ 工学と家政の融合 ~
3. 学会等名 有機エレクトロニクス材料研究会第226回研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 才脇直樹、藤本和賀代
2. 発表標題 生活工学で取り組むスマートテキスタイルを応用した健康管理のための IoTシステムと五感インタフェースの研究
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 渡辺 武達、金山 勉、野原 仁	4. 発行年 2019年
2. 出版社 世界思想社	5. 総ページ数 368
3. 書名 メディア用語基本事典〔第2版〕	

1. 著者名 堀照夫	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 267
3. 書名 スマートテキスタイルの開発と応用	

〔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	曾根 正人 (Sone Masato) (30323752)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	
研究分担者	才脇 直樹 (Saiwaki Naoki) (20252637)	奈良女子大学・生活環境科学系・教授 (14602)	
研究分担者	佐藤 克成 (Sato Katsunari) (00708381)	奈良女子大学・生活環境科学系・講師 (14602)	
研究分担者	橋本 朋子 (Hashimoto Tomoko) (10589930)	奈良女子大学・生活環境科学系・助教 (14602)	
研究分担者	チャン ツォーフーマーク (Chang Tso-Fu Mark) (10647069)	東京工業大学・科学技術創成研究院・助教 (12608)	

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