

OUR MISSION

「新しいエレクトロニクス」への挑戦

“ 柔らかいエレクトロニクスで医療・福祉に革新を起こす! ”



染谷 隆夫

JST ERATO 染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト 研究総括
東京大学 大学院工学系研究科 教授

柔らかさで人間と調和するエレクトロニクスを

エレクトロニクスは、シリコンデバイスを微細化して機械の演算速度と記憶容量を改善し、現在の高度情報化社会の基盤を作り上げました。しかし、次世代のエレクトロニクスは、単に「機械を速く」するだけでなく、「環境や人間との調和」という高度な時代の要求に応えていくことが急務の課題です。

これまでのエレクトロニクスは、そのほとんどが固い材料で出来ているため、生体との整合性が良くありませんでした。その結果として、エレクトロニクスの医療・バイオ分野への応用はまだ限定的です。もしエレクトロニクスが、柔らかくなり、さらに生体と調和する材料で出来たらどのような変革が起こるでしょうか。新しいエレクトロニクスへの期待が高まります。

解決の決め手は柔らかい有機デバイス

細胞など生体組織は、硬い素材に触れると容易に炎症反応を起こすことが知られています。そのため、体内に長期間埋め込んで血糖値をモニターするセンサーなどの実現を難しくしています。私たちは、この問題を解決するために、シリコンに代表される従来の無機材料に代わり、柔らかく、かつ生体と調和する有機半導体分子など分子性ナノ材料に着目しています。例えば、有機デバイスは、印刷プロセスで高分子フィルムの上に容易に製造できるため、大面積・低コスト・軽量性・柔軟性を同時に実現できます。有機デバイスの柔らかさや有機分子ならではの特異的な機能を生かすことで、生体とエレクトロニクスを調和させ融合する新しいデバイスの開発を目指しています。

有機デバイスをバイオ医療に応用するために

プロジェクトでは、有機デバイスをバイオ医療に応用するための技術開発を進めます。まず、より生体に適合した有機材料による特殊なインク（バイオインク）を開発し“塗る”ことで、細胞に接する生体プローブを実現します。さらに、この“柔らかい”生体プローブを作製するためのパターン形成技術（バイオ印刷）、そして神経細胞など生体組織から出る電気信号、化学信号を何百万個となる生体プローブで受信し、リアルタイムで生体の活動を可視化（生体調和イメージング）していきます。これらの技術開発を通して、インプラント（生体内への埋め込みが可能）なバイオ有機デバイスを開発します。

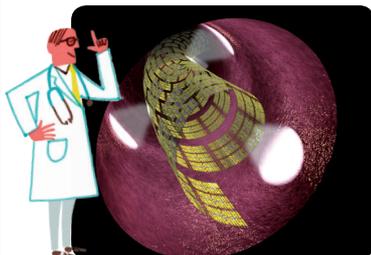
有機デバイスで新応用いろいろ、そして生活の質が良くなる

新しいバイオ有機デバイスを活用すると、膨大な神経細胞の集合体である脳の活動そのものを詳細に可視化することが可能になると期待されます。さらに、てんかん治療のための医療機器への応用、皮膚に絆創膏のように張り付けてストレスなく健康状態をモニターできるセンサーへの応用など医療ITやデジタル・ヘルスケアへの応用が広がるでしょう。日本では少子高齢化時代の本格的な到来を迎え、国民の生活の質（Quality of Life: QOL）の向上や医療コストの軽減が急務の課題になっています。本研究によるバイオ有機デバイスを駆使して、ヘルスケア・医療分野に活用することで、少子高齢化社会の諸問題の解決に貢献したいと願っております。

新しいバイオ有機デバイスを活用

フレキシブル医療IT

生体調和材料でつくる
だから、体内で優しい
そして、新しい医療ができる

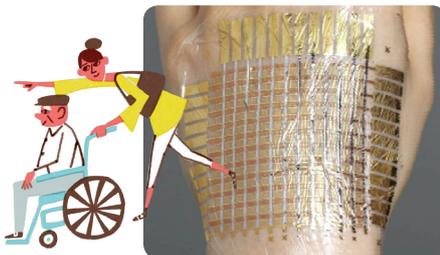


応用例

- ・スマートカテーテル
- ・体内埋め込み型デバイス（脳疾患治療）など

フレキシブル福祉IT

世界最薄、最軽量
だから、装着感なく
優しく見守るセンサーができる

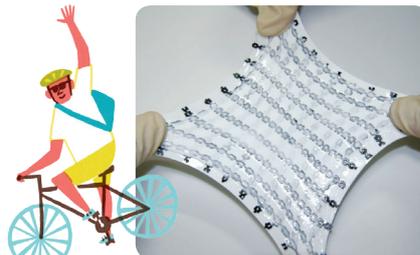


応用例

- ・転倒防止靴
- ・スマート車椅子など

フレキシブル・デジタル・ヘルスケア

伸ばしても壊れない
だから、スポーツ中にも
ヘルスマニタリングができる



応用例

- ・フレキシブル24時間健康モニター（血圧計、筋電計、血中酸素濃度、体温など）



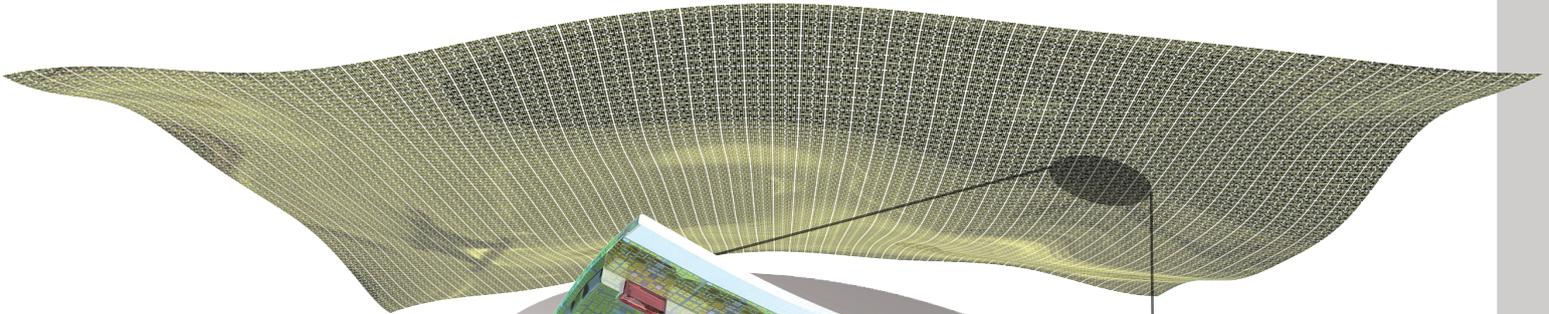
事業名 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ERATO型研究)

研究領域 「生体調和エレクトロニクス」

研究期間 2011年8月～2017年3月

研究総括 染谷 隆夫 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

研究グループ [バイオ印刷グループ] [生体調和イメージンググループ] [バイオインクグループ]

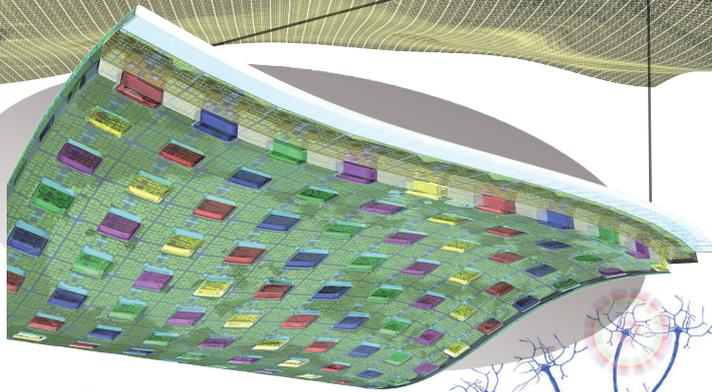


体内埋め込み型の バイオ有機システムの開発

神経細胞間のネットワークの解明へ

細胞に接する 生体プローブ

神経細胞など生体組織が発する電気信号、化学信号の受信



Bio-Printing Group

バイオ有機システムの製造技術
バイオ印刷グループ

東京大学 大学院工学系研究科

グループリーダー 関谷 毅

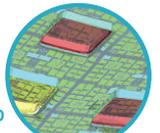


Bio-Harmonized Imaging Group

細胞間ネットワークを可視化する
生体調和イメージンググループ

東京大学 大学院工学系研究科

グループリーダー 関野 正樹



Bio-Ink Group

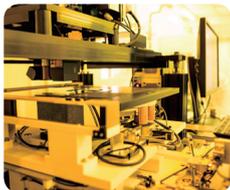
生体調和材料を塗ることでプローブ作製
バイオインクグループ

東京工業大学 資源化学研究所

グループリーダー 福島 孝典

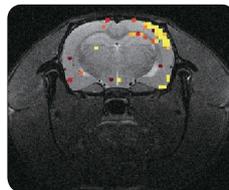
ウルトラフレキシブル有機システムを用いて “優しい”生体インターフェースを実現する

バイオ印刷グループでは、有機材料の「柔軟かさ」、「多様な電気特性」、「自己組織化現象」に着目し、分子（ナノスケール）が示す優れた物性現象をヒトの大きさ（メートルスケール）まで大規模展開することを目的としています。さらに、これを用いた装着感のないウルトラフレキシブル有機システムを実現し、生体・バイオ・医療・福祉分野へ応用するための研究開発を行っています。



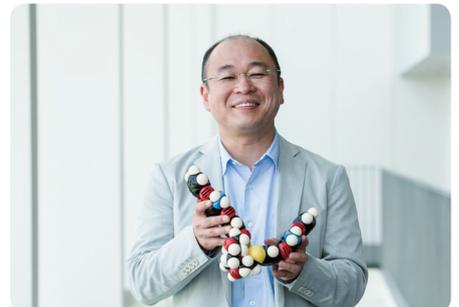
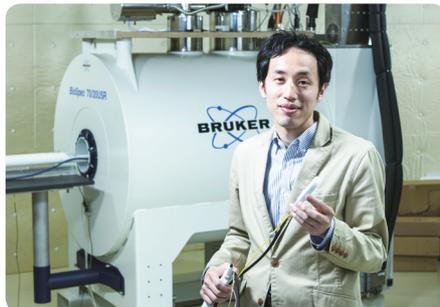
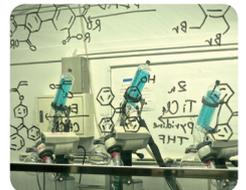
柔らかい埋め込み型センサーによって 生体のダイナミックな活動を可視化する

複雑な曲面を持つ脳の表面や拍動する心臓に、埋め込みによる違和感がなく、自在にフィットする電子デバイスが実現すれば、臓器をスキャナで読み取るかのように高精細に、かつリアルタイムに、生命活動を捉えることができます。柔らかい電子デバイスの登場によって、夢のような生体イメージングが、現実のものになるようとしています。



化学の力でエレクトロニクスと 生体を調和する革新的物質開拓を目指す

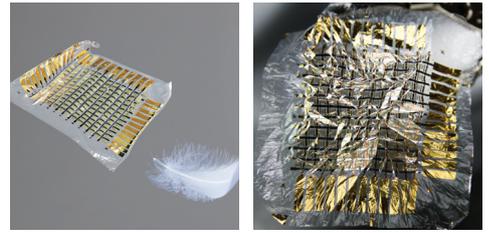
分子の世界は無限の多様性があります。したがって、柔らかく、生体と調和する新しい分子性ナノ材料を見出すには、分子の構造や性質を深く理解し、合目的的にデザインしなければなりません。それを可能にするのが化学です。バイオインクグループでは、最先端化学の力を駆使し、生体とエレクトロニクスの調和を可能にする革新的物質を分子レベルから設計・開発しています。



主要な成果 ①

世界最軽量、世界最薄の柔らかい電子回路の開発に成功 ~羽毛よりも軽く、装着感のないヘルスケアセンサーへの応用が期待~

世界で最軽量 ($3\text{g}/\text{m}^2$) かつ最薄 (2マイクロメートル) の柔らかい電子回路の開発に成功しました。開発の決め手は、表面が粗い1マイクロメートル級の高分子フィルムに、厚さ19ナノメートルという極薄の絶縁膜を均一かつ密着性高く形成する手法です。より具体的には、陽極酸化を用いた独自の室温プロセスにて、高均質かつ基材への密着性の高いアルミニウム酸化膜を形成する手法を確立しました。装着感のない (人間が感知できない) ヘルスケアセンサー、ストレスフリーの福祉用の入力装置、医療電子機器用のセンサー、衝撃に強いスポーツ用のセンサーなど多方面への応用が期待されます。

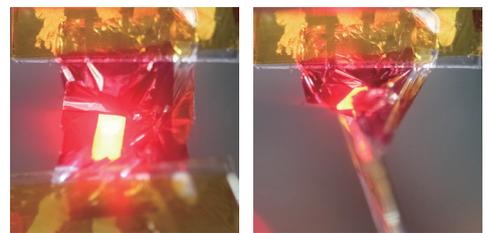


Publication Martin Kaltenbrunner, Tsuyoshi Sekitani, Jonathan Reeder, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Takeyoshi Tokuhara, Michael Drack, Reinhard Schwodiauer, Ingrid Graz, Simona Bauer-Gogonea, Siegfried Bauer, and Takao Someya, "An ultralightweight design for imperceptible plastic electronics", Nature 499, 458–463 (25 July 2013) doi:10.1038/nature12314.

主要な成果 ②

世界最軽量、世界最薄の柔らかい有機LED (発光ダイオード) の開発に成功 ~あらゆる曲面に張り付けられる有機LED照明、電子看板、ヘルスケア・センサーの新しい光源への応用が期待~

世界で最軽量 ($3\text{g}/\text{m}^2$) かつ最薄 (2マイクロメートル) の柔らかい有機LEDの開発に成功しました。開発の決め手は、表面が粗い1マイクロメートル級の高分子フィルムに、ダメージを与えずに有機LEDを製造する低温プロセスです。より具体的には、高エネルギープロセスが必要な酸化インジウムスズ (ITO) の透明電極を利用せず、低温かつ低損失で成膜可能な導電性高分子を電極 (陽極) に活用しました。自由曲面にも張り付けられるユニークな有機LED照明、電子看板、装着感のないヘルスケアセンサー用の全く新しい光源など多方面への応用が期待されます。

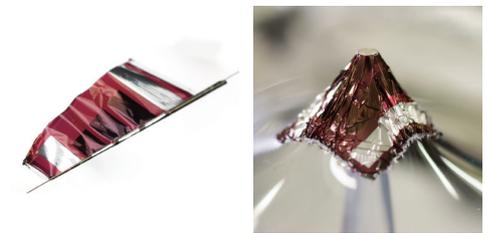


Publication Matthew S. White, Martin Kaltenbrunner, Eric D. Glowacki, Kateryna Gutnichenko, Gerald Kettlgruber, Ingrid Graz, Safae Aazou, Christoph Ulbricht, Daniel A. M. Egbe, Matei C. Miron, Zoltan Major, Markus C. Scharber, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Siegfried Bauer, and Niyazi Serdar Sariciftci, "Ultrathin, highly flexible and stretchable PLEDs", Nature Photonics (28 July, 2013) doi:10.1038/nphoton.2013.188.

主要な成果 ③

世界最薄かつ最軽量の有機太陽電池の実現に成功 ~有機太陽電池 1gあたりの発電量 10Wを達成~

厚さ1.4マイクロメートルという極薄の高分子フィルムに、有機半導体薄膜を均一に形成するプロセス技術を開発し、世界で最薄かつ最軽量の有機太陽電池を高分子フィルム上に作製することに成功しました。この有機太陽電池1gあたりの発電量は10Wに相当し、この値はあらゆる太陽電池と比較しても最軽量、最薄、最柔軟な太陽電池です。また、この超薄型の有機太陽電池は、曲げ半径35マイクロメートルに折り曲げても、エネルギー変換効率4.2%を維持しつつ機械的にも壊れません。さらに、この薄型有機太陽電池を応用して、300%伸縮させても電氣的・機械的な特性が劣化しない伸縮自在な太陽電池を実現しました。

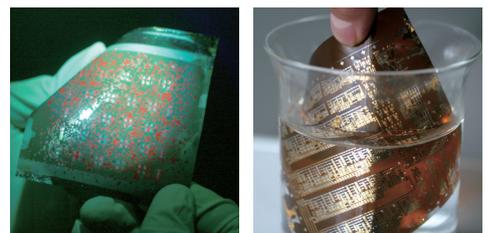


Publication Martin Kaltenbrunner, Matthew S. White, Eric D. Glowacki, Tsuyoshi Sekitani, Takao Someya, Niyazi Serdar Sariciftci, and Siegfried Bauer, "Ultrathin and lightweight organic solar cells with high flexibility", Nature Communications 3, Article number: 770 (3 April, 2012) doi:10.1038/ncomms1772.

主要な成果 ④

世界初、滅菌できる柔らかい有機トランジスタの作製に成功 ~体内に埋め込めるデバイス開発に道~

高温の滅菌プロセスに耐え得る柔らかい有機トランジスタを高分子フィルム上に作製することに世界で初めて成功しました。高耐熱性の有機トランジスタを実現するための決め手は、厚さ2ナノメートルという極薄の自己組織化単分子膜を高分子フィルム上に高密度で向きを揃えることによって、高温でもピンホールを発生しないようにする絶縁膜形成技術でした。本成果は、装着感のないウェアラブル健康センサーや柔らかいペースメーカーなど体内埋め込み型デバイスへの応用が期待されます。



Publication Kazunori Kuribara, He Wang, Naoya Uchiyama, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Cherno Jaye, Daniel Fischer, Hagen Klauk, Tatsuya Yamamoto, Kazuo Takimiya, Masaaki Ikeda, Hirokazu Kuwabara, Tsuyoshi Sekitani, Yueh-Lin Loo, and Takao Someya, "Organic transistors with high thermal stability for medical applications", Nature Communications 3, Article number: 723 (6 March, 2012) doi:10.1038/ncomms1721.