JST ERATO
染谷生体調和
エレクトロニクス
プロジェクト

Someya
Bio-Harmonized
Electronics
Project

Japan Science and Technology Agency

Newsletter vol. 1

February 2014

Junichi Kishi

フレキシブルデバイスなら装着感なくスポーツ中も生体情報が測定できる

ごあいさつ

JST ERATO 染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクトが 2011 年 8 月に発足してから、はや 2 年半の月日が経過しました。平素よりプロジェクトの活動に多大なるご理解とご支援を賜りまして、誠にありがとうございます。

プロジェクトでは、有機デバイスの柔らかさや有機分子ならではの特異な物性を生かすことで、生体とエレクトロニクスを調和させ、バイオ有機デバイスともいうべき新しいデバイスの開発を目指しています。発足以来、世界で最軽量かつ最薄の有機トランジスタ電子回路、有機 LED、有機太陽電池の開発に成功しました。

この度、最新の研究成果を定期的に紹介するため、ニュースレターを発行することになりました。このニュースレターがきっかけとなり、バイオ有機デバイスの研究交流がより促進され、ひいてはヘルスケア・医療分野における実用化や新産業創出へと発展していくことを願っております。

今後とも皆様のご支援を何卒宜しくお願い申し上げます。

研究総括 **染谷 隆夫**（東京大学大学院工学系研究科 教授）

最新研究成果

エレクトロニクス分野のオリンピック 「国際固体素子回路会議（ISSCC2014）」で発表された研究成果を解説

「世界初」柔らかいワイヤレス有機センサーシステムの開発に成功

―― ばんそうこうやおむつを電子化するための使い捨てセンサーへの応用が期待 ――

開発者からのメッセージ …… 2 - 3 ページ
柔らかいワイヤレス有機センサーシステムとは？…… 4 ページ

Takao Someya

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
染谷隆夫

profile

1997年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了、博士（工学）。2009年から工学系研究科電気系工学専攻教授。有機トランジスタ、印刷法による大面積エレクトロニクス、ならびにその医療ITへの応用に関する研究に従事。2011年8月より科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ERATO型研究）「染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト」研究総括。第5回日本学術振興会賞（2009年）など多数受賞。

フレキシブル水分感知センサーシート

最新研究成果

エレクトロニクス分野のオリンピック
「国際固体素子回路会議（ISSCC2014）」で発表された研究成果を解説

世界初、柔らかいワイヤレス有機センサーシステムの開発に成功

～ ばんそうこうやおむつを電子化するための使い捨てセンサーへの応用が期待 ～

今求められるのは実空間とのインターフェース

染谷　今年もエレクトロニクス分野のオリンピックと呼ばれるISSCC（国際固体素子回路会議）で桜井先生と私との研究成果を発表することができました（裏表紙の論文発表情報参照）。これで11年連続となります。これほど変化の激しい分野で10年以上も回路とデバイスのコラボが続いているのは非常に特徴的なことです。この10年で世の中は激変し、それに伴ってフレキシブルデバイス技術に対する認識も大きく変化しましたね。

桜井　3.11の影響などによって、もっと安心安全を物理的に、リアルに支える技術へと時代のテーマが移ってきている気がします。我々は当初から、シリコンを駆使したICTだけでは人間生活の問題すべてを解決することはできない、今後は人間の物理世界とのインターフェースが必要になるという話を何度もしてきましたが、年々その傾向は強まってきているように感じます。

染谷　リアルな物理世界とバーチャルとを結ぶインターフェースには、デジタルではない新しい技術が求められるわけですね。

桜井　たとえば高齢化問題に関しては、ITによって多くのヘルプはできるものの、視覚を取り戻すなどといった、より直接的に人体と関わる医療補助技術はITだけでは実現し得ません。今後新たなソリューションをつくる上では、形や大きさを持った、人とつながれるデバイスが必要となります。

染谷　そうした中、フレキシブルな有機半導体エレクトロニクスにどんな期待を持たれていますか？

桜井　シリコンの技術はどんどん微細化し、またより安く、より高性能になる。一方で、人間の基本的なサイズは変わりません。その人間とのインターフェースを考えると、小さなシリコンではカバーできないことがあります。このプロジェクトで最初に始めたのは、電子人工皮膚の技術でした。もの全体を覆い、どこを触っているか感知できるという大きなエレクトロニクスですね。人体そのものや、人間の生活空間といった大きな面積をカバーするインターフェースの実現には、有機エレクトロニクスが重要な意味を持ってきます。

染谷　たとえばビルの集中管理のように実空間情報を拾う技術はずっと昔からありましたが、そこで得られる情報をより多く、細分化するというニーズはあるだろうという予測が、当初からありましたね。

桜井　そうですね。より安心安全なQOLを実現していくには、人の全身を守る皮膚のように、どこか1点ではなく全体が隈なくセンサーになっているといった技術が必要だと考えていました。

染谷　当時は触覚を用いた技術なんてSFみたいだと話していたものです。しかし今やタッチパネルが世界的に普及してIT機器を一変させています。それだけ人間とのインターフェースが重要なのですね。

桜井　今のスマートフォンのような情報端末のインターフェースは今後もより使いやすく進歩するでしょう。しかし有機エレクトロニクスは、人間の生命活動の情報を読み取るといったヘルスケアの分野にも貢献できると期待しています。

染谷　センサーネットワークとかスマートインテリジェンスとか、さまざまな名で技術は発展していますが、具体的な形づくりはまだこれからです。

桜井　安心安全で暮らしやすい生活をサポートするのが、今後のセンシング技術のめざすところですね。たとえば、最近では自動車の自動運転システムなどが出てきていますが、人体に備わっているセンサーが100万以上あるといわれる中、今の自動車に搭載されているセンサーはわずか100ほどです。これを1万にし100万にしていくことも、有機エレクトロニクスに期待される大きな役割だと思い

ます。またセンサーだけでなく、人工筋肉のような出力技術についても、大面積エレクトロニクスは可能性を秘めていますね。

最薄センサーシートが実現したもの

染谷　さまざまな可能性を模索する中で、今回実現したのが「フレキシブル・ワイヤレスセンサー」でした。回路設計者である桜井先生はどんなコンセプトで取り組んだのでしょうか?

桜井　人体に負担をかけることなく情報をとってくる、薄さ10ミクロン以下というセンサーの特性を活かすには、大きなスイッチなどをつけては意味がない。すべてフレキシブルの世界だけで目的を果たす必要がありました。そこで我々は4つの目標をめざしました。「電力を無線で送る」「その電力でセンシングを行う」「得た情報を無線で返す」ことに加え、「人体が帯びる約2000ボルトもの静電気に耐える」こと。この4つの働きを持つ有機デバイスを初めて実現させるチャレンジでした。たとえば赤ちゃんのおむつで水分を感知するウェットセンサーなど、体に触れるところで水分や血液を感知しデータを取るといったシステムが実現可能です。

染谷　柔らかい有機トランジスタだけでセンシングと通信を行い、さらに静電気保護回路も統合するという、盛りだくさんの技術になりました。そのどれが欠けても実現はできません。桜井先生からいただく課題は、我々デバイスチームにとって毎回新たなチャレンジになります。

桜井　お互いとてもいい刺激になっていますね。思い描くものが、チャレンジすればできるのかそれとも不可能なのかをインタラクションで探る中でより良いソリューションが生まれるのを、とても楽しく思っています。

染谷　今回もいくつか新しいデバイスができました。大きな電圧にも耐えるダイオードや低電圧でも駆動できる信頼性の高いダイオード、低電圧下でも無線で動くリング発信機等々、先生から宿題をいただくまではできるかどうかわからなかったものがいくつもあって、それが全部動いて初めて実現する技術です。今回の成果は、つくっている自分たちが驚いてしまうほど、この技術が持つ高いポテンシャルを示しています。

桜井　それが毎年続いていたのは染谷先生のチームの成果ですよね。

異業種連携で見いだす新大陸

桜井　1と0の世界でない実空間に踏み込めることが有機エレクトロニクスの価値ですが、そこから得られるビッグデータをどうITに持ち込み活かすか、やるべきことはまだまだあります。どこまでをデバイス内で処理しどこまでをクラウドに持って行くのかという全体のシステム構成は今後もっと議論を重ねる必要がありますね。

染谷　デバイスサイドとしては、今回実現した2000ボルトの耐圧は大きな一歩となりましたが、この性能をさらに上げていくのが今後の課題です。

桜井　システムとデバイスという異なるレイヤー間連携は、これからますます重要になると思います。一つの専門分野を掘り下げて安く生産するだけなら、何も日本でやる必要はありません。異分野が手を組んで新たなものを生み出す中にこそ大きな新大陸が見いだせると、私は思っています。

染谷　さて12回目のチャレンジはどうなるでしょうね。

桜井　そういう問いが、一緒に議論する中で生まれるのがコラボのいいところですね。どんな技術ができそうかということと、どんな意義を持たせるかということを、お互いが考え、議論を重ねるうちに、どこかで新しい次元が開ける。そうやっていつも1年間走っていく中で決まっていきます。

染谷　新しい技術、シーズができた時、それを社会的ニーズとどう組み合わせるかですね。

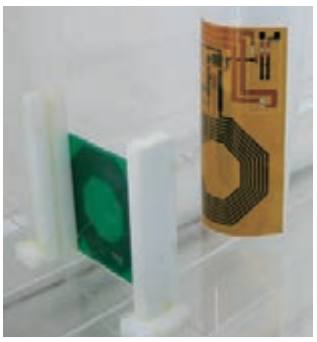
桜井　それには、一般の方を含めたいろいろな人が「あれに使える」「これに使える」という夢を持って、それをフィードバックしてくださるということが非常に重要です。現にこういう発表をするたびに外部からいろいろな反響をいただいています。幅広い皆さんにこの技術が役立つ可能性を考えてほしいですね。

染谷　こうした研究活動をわかりやすい形で情報発信しながら、いかなる無理難題をもらっても頑張って挑戦していきたいと思います。

東京大学生産技術研究所 教授
桜井貴康

profile

1981年東京大学電子工学専攻博士課程修了。(株)東芝にて半導体回路素子の設計研究開発に従事し、世界初のDRAM混載ASICや広く半導体産業界で使用されているα乗則MOSモデル、世界初のMPEG2用LSIなど多くの技術を開発する。1996年より東京大学、生産技術研究所教授。平成2010年IEEE Pederson賞、2010年および翌2011年IEEE Paul Rappaport賞など多数受賞。工学博士。



ワイヤレスリーダーコイル(左)と
フレキシブル水分感知センサーシート(右)

研究成果解説

国際固体素子回路会議（ISSCC2014）で発表された「柔らかいワイヤレス有機センサーシステム」とは？

技術のポイント

- **有機デバイスの集積化によって、ワイヤレスで電力伝送やデータ通信が可能な柔らかい有機センサーシステムを実現。**
- **水分を電子的に検出するおむつなど、柔らかく装着感なく、使い捨てにもできる衛生的なセンサーへの応用が期待され、ヘルスケア・介護分野でニーズが拡大。**

ワイヤレスセンサーの急速な発展によって、生活空間におけるさまざまな物理情報の計測と活用が進んでいます。センサーの計測対象は、最近、物から人へ急速に拡大しています。人体に接触しながら生体に関する情報を計測する際には、装着感のない柔らかさ、衛生面から使い捨てにできることなど、従来の電子部品になかった課題の解決が急務です。

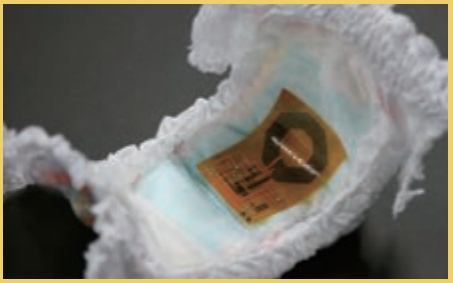
研究チームは、高分子フィルム上に有機集積回路を作製することで、ワイヤレスで電力とデータを伝送できる柔らかい水分検出センサーシートの開発に成功しました。開発の決め手は、世界で初めて、有機集積回路を駆動するための電力伝送に電磁界共鳴法を採用したことです。これによって、高効率に長距離のワイヤレス電力伝送と通信が可能となりました。

有機集積回路は主に３つのブロックから構成されています。第１のブロックは、有機ダイオードを用いた整流回路で、電磁界共鳴によりワイヤレスで電力を受けます。第２のブロックは、抵抗変化で発振周波数が変化する有機リング発振回路で、水分による抵抗の変化をワイヤレスにデータ転送します。第３のブロックは、有機ダイオードを用いた静電気保護回路で、２キロボルト（ｋＶ）に帯電した人体に触れても壊れない耐性を実現しました。

今回の研究の原理は、水分以外にも、温度や圧力などさまざまなセンサーに応用することも可能です。今後は、ばんそうこう型のセンサーなど装着感が少なく使い捨てにもできる衛生的なセンサーとして幅広い用途への応用が期待されます。

発表文献

"Organic Transistor Based 2kV ESD Tolerant Flexible Wet Sensor Sheet for Biomedical Applications with Wireless Power and Data Transmission Using 13.56MHz Magnetic Resonance", Hiroshi Fuketa, Kazuaki Yoshioka,Tomoyuki Yokota, Wakako Yukita, Mari Koizumi, Masaki Sekino, Tsuyoshi Sekitani, Makoto Takamiya, Takao Someya, and Takayasu Sakurai, 2014 IEEE International Solid - State Circuits Confernece (ISSCC), San Francisco, U.S.A. (Februay 12, 2014).



水分感知センサーをおむつに応用

研究員のONとOFF

001 チップ製作の裏話

東京大学大学院工学系研究科
特任助教
横田 知之

Q. チップ製作を担当した感想は？

A. ISSCC のチップ製作を担当するのは、学生時代も含め、3 回目になります。今回の回路は本当に盛りだくさんで、色々な種類の有機デバイスを集積化する必要がありました。どの有機デバイスも自分自身で研究を進めてきていたものなので、完成させられる自信はありました。一方、ISSCC での連続発表記録が 10 回を超える中、ここで途切れさせてはいけないというプレッシャーと責任を例年以上に感じていました。

Q. チップ製作で工夫した点は？

A. 一番苦労した点は、メタルマスクの設計段階でした。従来と比べて相当に多種類の構成要素を一つの回路に集積化するためには、作製プロセスの順番を慎重に考える必要があります。そこで、集積回路を製作する前に、個別のデバイスのプロセスを最適化することによって、プロセスの手順を見極めました。この検討の緻密さが、実際にチップを試作する段階で、作業を円滑に進められた点だと思います。

Q. チップ製作で苦労した点は？

A. 今回は、2種類の集積回路シートを製作しました。それぞれのシートを製作するのに、プロセスが 25 段階以上も必要です。投稿締め切りまでのスケジュールがタイトで、全プロセスを 1 週間程度で仕上げる必要がありました。研究室では様々なプロジェクトが同時進行しているのでマシーンタイムの確保が大変でしたが、研究室のメンバーの協力もあり、なんとか納期までにデバイスが完成できました。

Q. 今後への抱負は？

A. 大変にチャレンジングなチップを製作する機会に恵まれて感謝しています。次回もさらに大きな目標を掲げて、全力を尽くしたいと思います。また、今回の試作では、回路設計者と緊密な議論を通して、回路設計の面白さが少しずつ分かってきました。将来の夢としては、回路設計からチップ作製まで全てを熟知していなければできないユニークな有機集積回路を実現し、新しいアプリケーションをどんどん開拓していきたいです。

■ JST ERATO 染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト　http://www.jst.go.jp/erato/someya/index.html
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学系研究科 工学部10号館320号室
JST ERATO 染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクトヘッドクォーター
TEL: 03-5841-0411／FAX:03-5841-6709　E-mail: someya@ee.t.u-tokyo.ac.jp

201402-1000-graminc