

皮膚のように柔らかな電子材料を追い求めて

海外でも注目されている松久直司さんの研究室は、日本人より外国籍の学生のほうが多い。その多様性を背景に、材料とデバイスを開発し、応用探索にも精力的に取り組んでいる。

東京大学
先端科学技術研究センター 准教授

松久直司

まつひさ・なおじ 1990年、大阪府生まれ。東京大学工学部電気電子工学科卒業。同大学院工学系研究科博士課程修了。博士（工学）。シンガポール南洋理工大学材料工学科研究員、スタンフォード大学化学工学科ポスドク研究員、慶應義塾大学理工学部電気情報工学科専任講師、同客員准教授、東京大学生産技術研究所准教授を経て、2023年4月より現職。2022年、マサチューセッツ工科大学のテクノロジーレビューイノベーターズアンダー35グローバル部門を受賞。趣味は日本酒、ビール、ゲーム。三児の父親。[第38回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

柔らかさと導電性を両立

——まず、先生の研究についてご紹介ください。どういうテーマで研究されているのですか。

簡単にいうと、柔らかくて伸び縮みする電子材料や、それを用いた電子デバイスの開発です。例えば、ゴムは柔らかい素材ですが、通常のゴムは電気を通さず、導電性が低い性質があります。一方、銅などの金属は硬い素材ですが、一般的に導電性が高い性質を有しています。柔らかいと電気を通さず、硬いと電気を通す。柔らかさと導電性がトレードオフの関係にあるわけです。そこで、柔らかさと導電性を兼ね備えた材料、トレードオフの関係を突破した材料の開発に取り組んでいます。

また、半導体の素材として電子基板で使われているシリコンは硬くて脆い性質がありますが、最近では高性能で伸縮性のある半導体材料が開発されています。これらの

伸縮性のある電子材料を用いて、まったく新しい電子デバイスの開発を行っています。

——そうした材料を用いると、どのようなことが可能になるのでしょうか。

伸びる発光デバイス、伸びる回路、伸びる太陽電池などがつくられるようになっていますが、私たちが注力しているのはヘルスケアのためのウェアラブルデバイスです。

医療の現場で腕時計型、指輪型などのウェアラブルデバイスを使うと、従来は1年に1回くらいしか取れなかったような生体信号をずっとモニタリングでき、なかなか見つけられなかった病気などが比較的容易に見つけられるようになることがわかってきました。

ただ、腕時計や指輪の形をしたウェアラブルデバイスは装着できる部位に限られるため、取得できる生体信号の種類も限られてしまいます。しかも肌に強く密着しな

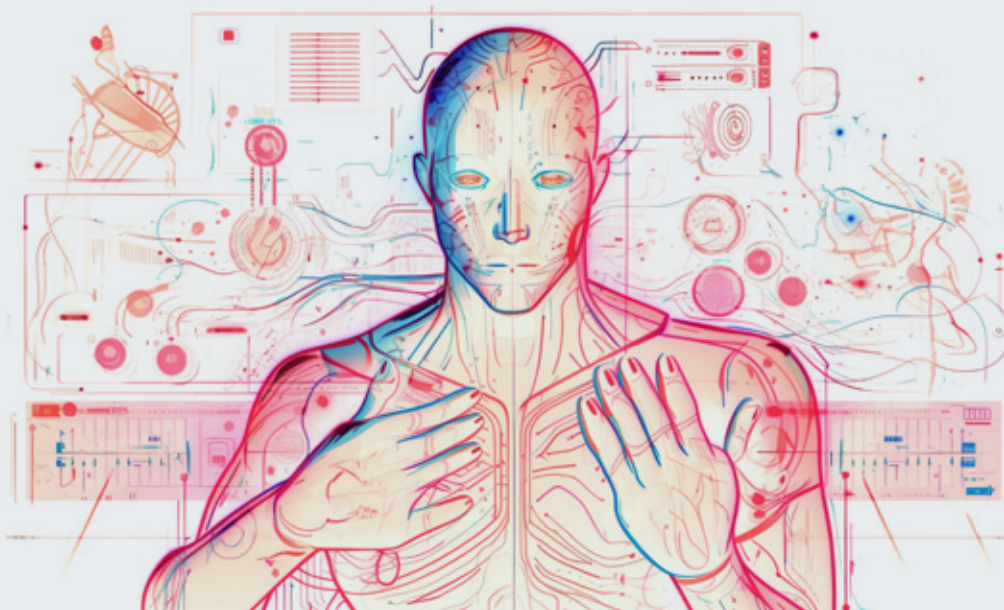
いので、取れる信号の精度がそれほど高くありません。伸縮性のある電子材料を用いたウェアラブルデバイスは、いろんな部位に装着できるためさまざまな生体信号を取ることができますし、肌に密着するため取れる信号の精度も高くなります。

それに、着け心地の問題もあります。

「人」と「電子工学」を融合

——医療用のウェアラブルデバイスでも、着け心地は大切なのですか。

以前、シンガポールにいたことがあります。年中暑くて、湿度も高いんです。そういうところで長期間装着するとしたら、やはり着け心地も重要な要素になります。そもそも腕時計とか指輪は身に着けたくないという人もいますから、装着していても違和感を感じない、



着けていることを感じさせないのが理想です。

また、ファッション性も大切です。生体データは長時間取り続けることに意味があるものが少なくありません。電極が目立ったりして着けたら街中を歩けないようなデバイスでは、データを取ることができないのです。

——そういう問題を解決できるデバイスができたということでしょうか。

私たちが開発した電子材料は人間の皮膚と同じくらい柔らかいため、皮膚の表面にペタッと貼り付くウェアブルデバイスをつくることができます。伸縮性があるため着け心地がよく、装着していることを忘れてしまうようなデバイスです。また、いかにも機械を着けているような見た目にもなりません。

その応用範囲は、ヘルスケアの分野以外にも広がっています。今、VR (Virtual Reality＝仮想現実) やAR (Augmented Reality＝拡張現実) の世界では大きなデバイスを顔に装着していますが、私たち

の材料を使って電極をつくれば、目の周りなどに貼るだけでVRやARの入力デバイスとして使うことができます。

本質的に人に近いような電子材料をつくることで、人とエレクトロニクスを融合するようなデバイスができるのではないかと考え、ヘルスケアに限らず多様な分野での応用探索を行っています。

工学科で材料研究に没頭

——このようなテーマで研究をしようと思われたのはいつ頃からですか。

東京大学工学部電気電子工学科に入ってからですね。どんな研究をしようかと思っいろいろな研究室を見ていたら、導電性を持つゴムの研究をしているところがありました。通常、ゴムは電気を通さないため絶縁体として使われますが、そのゴムに導電性を持たせる研究ということで俄然、興味が湧きました。しかし、研究室に入ったらその研究はすでにやめたということだったんです。

——ハシゴを外されたような格好になりましたね。

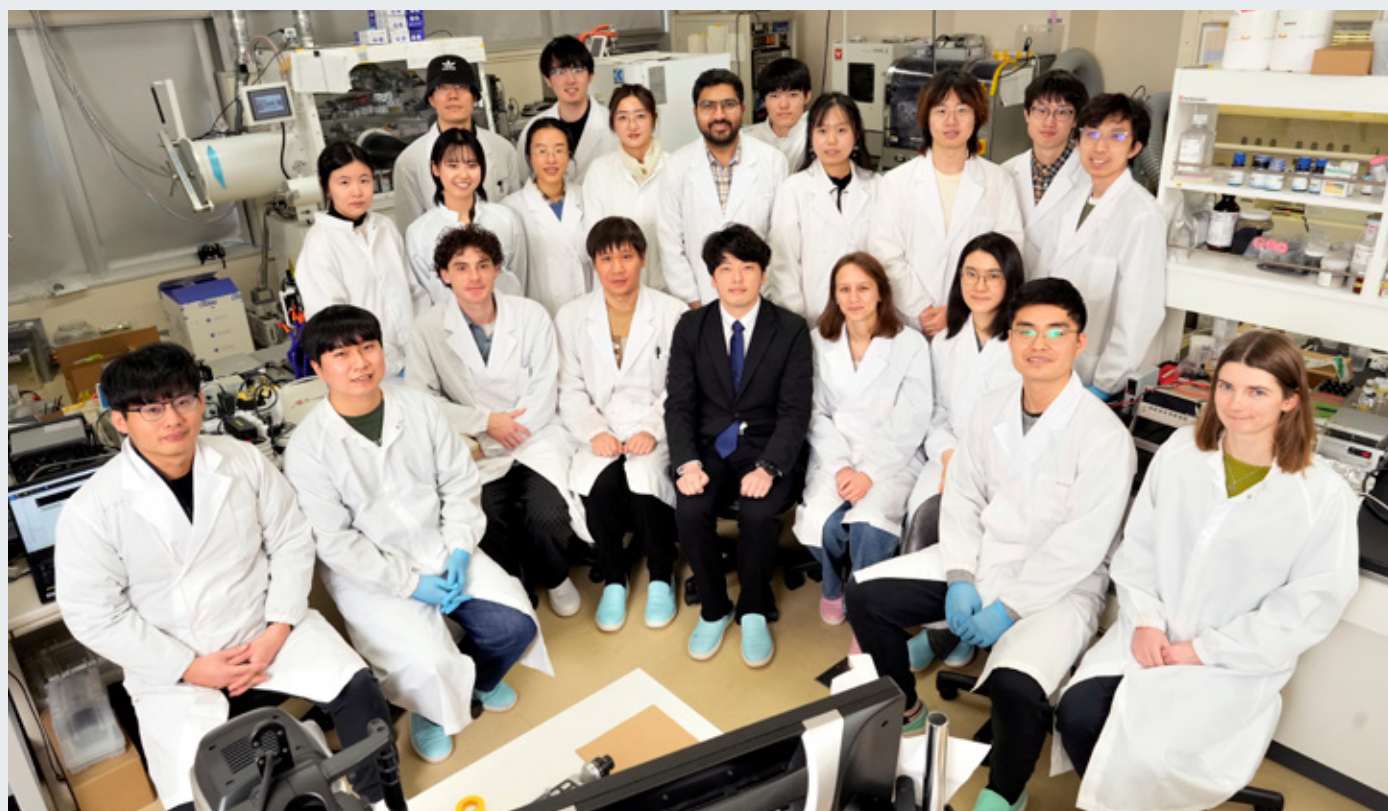
電気電子工学ではなく、材料寄りの研究だったからでしょう。あるとき指導教員の先生から「電気電子工学科で材料の研究をしても、材料を専門に研究している人には勝てない。やめたほうがいい」といわれました。しかし私は「導電性を持つゴム」というアイデアに魅了されていたため、めげずに研究を続けました。すると、結構いい材料ができたんです。それで、ますますそちらの方向に興味を持つようになっていきました。

——大学院も電気系ですよ。

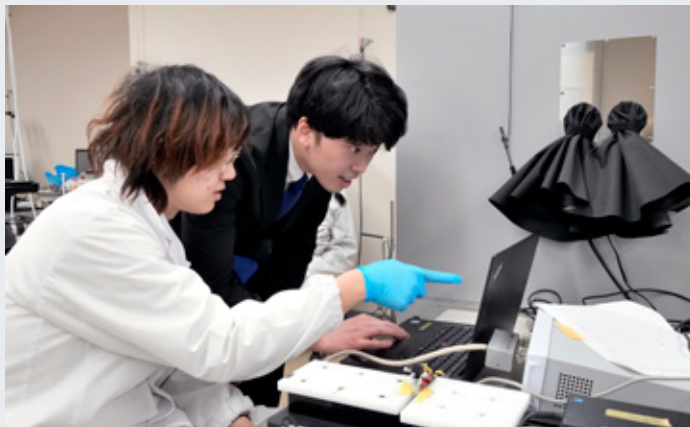
はい。東大大学院の工学系研究科で博士号を取り、そのあとシンガポールの南洋理工大学の材料工学科で研究員をし、ポスドクでスタンフォード大学の化学工学科に行きました。

——スタンフォード大学は世界的に有名ですし、南洋理工大學もアジアではトップレベルといわれています。

スタンフォードでは化学工学科の研究室でしたが、バイオロジー



松久准教授（写真中央）と研究室の皆さん



研究室の学生を指導する松久准教授



研究室には女性も多く在籍し、日々研究に励んでいる

や電池などいろいろな分野の研究者がいて、世界一の研究はこういうところから生まれるのかと思いました。今、私の研究室には学生が20人くらいいますが、生物、有機合成などさまざまな分野の学生がいて、国籍もフランス、スロバキアなどさまざまです。日本人より外国籍の学生のほうが多いくらいです。そうした多様性も1つのバックグラウンドとして、面白い研究ができればと思っています。

ヘルスケア領域で 応用探索が進む透明電極

——学生が20人というのはずいぶん多いですね。

日本よりも、海外で注目されているかもしれません。海外ではスタンフォード大学にいたということだけでも関心を引くようですし、2022年に米国マサチューセッツ工科大学(MIT)のメディア部門が主催する国際アワード「MIT Technology Review Innovators Under 35 Global」を受賞したことで、さらに広く知られるようになりました。

——研究の進捗状況は、今、どういう段階ですか。

有機合成による材料開発、その材料を使っの電子デバイス開発、そしてすでにできている電子材料の応用探索。これが現在の3本柱です。

伸縮性のある電子材料は開発が

進み、伸びる半導体材料も最近できました。その材料でつくった半導体デバイスの性能をいかによくするか、その半導体デバイスをどう使うか、それと同じように伸縮する電子材料をどう開発するかを今、検討しています。

用途に関しては、医療分野から共同研究の提案がいくつか来ています。

——医療分野との共同開発では具体的にどういことをされているのですか。

ステルス電極と呼ばれる透明電極がありますが、透明だけでなく、肌に貼ると肌と完全に一体化するような生体電極を現在開発しています。厚さが5ミクロンを切るほどしかなくて非常に柔らかく、ヤング率(弾性係数)はプラスチックフィルムの1,000分の1ほどです。

この電極なら額に貼ったまま外出できるため、24時間脳波を取り続けることができます。そうすれば、うつ病やアルツハイマーといった脳に係する病気を早期に発見できるようになる可能性があります。アルツハイマーなどは早期に治療を始めれば劇的に進行を遅らせられるといわれているため、大きな期待が寄せられています。そのほかには、ディスプレイの機能を持たせた透明な材料も開発しています。

多様な学生が集まる 学際的な研究環境

——これからの目標を教えてください。

私たちがつくったものでしかすることができない、非常に意味のある生体情報を取れるようにすることが現在の目標です。

また、多くの人たちが面白いと感じてくれるヒューマンインターフェースをつくれればともっています。例えば、ディスプレイ機能を持つ透明なシートを顔に貼っておくと、人と目が合ったときに頬の色が変わる。そんなものができる、新しいコミュニケーションツールになるかもしれません。

——東大の先端科学技術研究センターの研究環境はいかがでしょうか。

先端研はさまざまな分野から研究・分析を行う学際性に特長があり、多様な学生が集まっています。私たちのように学際的な領域の研究を行っている研究者にとっては、恵まれた環境です。私は受け持っている講義が少なく、雑務も少ないので、研究にほぼ専念できるのも助かっています。

スタンフォード大学は本当に素晴らしかったのですが、先端研は東京にありますから、文化的な背景が充実しています。博物館や美術館などの施設がたくさんあり、いろいろなイベントも行われています。駒場の近くにはいい居酒屋もあり、学際的な交流に最適です。