



東北大学大学院医工学研究科
医用ナノシステム学研究分野

たなか てつ
田中 徹 先生

今回のSamco-Interviewは、東北大学を訪ね、医工学研究科教授の田中徹先生に半導体神経工学に基づく生体融和型マイクロナノ集積システムのご研究についてお話を伺いました。

ご研究内容、テーマについて お聞かせください。

生体の神経システムに対して工学的にアプローチする神経工学という学問領域があります。一方、半導体集積回路の学術的基盤となる半導体工学という学問領域があります。私の研究している領域は、生体の神経システムへ半導体工学を駆使して迫り、その構造と機能の探究を通して、生体と機械を総合した新しい融合システムを創製する半導体神経工学と言えらると思います。その半導体神経工学に基づいて、医療や生体に関する研究に使われる生体融和型のマイクロナノスケールの集積システムを創成することに取り組んでいます。

研究テーマの1つに、目の不自由な方のために人工的に視覚を再建する人工網膜の作製があります。人の眼球の内側にある網膜は、視細胞や神経節細胞など様々な細胞が層構造を成しています。網膜の一番奥にある視細胞で光を電気に変換し、その電気信号が視神経を通して脳に入っていくことで、『見える』と認識します。高齢化社会の進行に伴い、この視細胞が部分的に変性、死滅してしまう加齢黄斑変性や網膜色素変性症といった病気で失明する患者さんが増加しています。しかし、視細胞以外の網膜細胞は高い確率で生存していることがわかっています。カメラなどに使用されているイメージセンサーを

プロフィール

- 1990年 東北大学大学院 工学研究科 電子工学専攻 修士課程修了
- 1990年 株式会社 富士通研究所 入社
- 1994年 University of California, Berkeley, Visiting Fellow
- 2003年 東北大学大学院 工学研究科 機械知能工学専攻 博士課程修了
- 2005年 東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 助教授
- 2008年 東北大学大学院 医工学研究科 教授

使って光を電気に変換して、その電気信号を神経系に伝えることで視覚を再生できるのではないかと、というのが人工網膜の研究です。私の研究室では、集積回路(チップ)を多層積層する3次元集積回路でこの人工網膜を作製しています。1層目が受光素子層であり、この層で光を電気信号に変換します。2層目がカメラの顔認識のようにエッジ(画像の明るさが不連続に変化している境界)を検出する機能と細胞を刺激するための電流を生成する機能を持つ層です。これらを積層して網膜に取り付けると、光を感知して画像処理を行い、刺激電流を生成して網膜を電気刺激することが可能になります。積層構造にすることで、小面積でありながら高機能化できますので、3次元集積回路は人工網膜には非常に適していると言えます。現在、この技術を用いて1300画素程度の人工網膜の作製を目指しています。1300画素あれば、例えば、人の顔の識別や、歩道と車道を見分けることができるのではないかと考えています。人間と全く同じ機能を持つ人工網膜を30年かけて開発するより、5年、10年といった期間で、相応の機能のものを世の中に出していくことを意識して研究しています。

また、人間の体の中の電気信号を計測するセンサーの開発も行っています。神経の中を伝わっている電気信号を計測できる神経プローブというSi製の針を使い、例えば、手を動

かしたときに、脳のどこにどんな電気信号が出るのかを測定することができます。今は計測した電気信号を有線で送っていますが、針状やシート状の電極をすべて体内に埋め込んでしまい、計測した信号を無線で飛ばせば、動き回っている動物の電気信号を計測できるようになります。無線チップというものは集積回路そのものですから、半導体工学の技術を活かせば実現できます。生体や脳機能の研究者のツールとして役立つデバイスが作れないかと考えて研究を進めています。

ご研究を始められたきっかけと 経緯についてお聞かせください。

もともと半導体工学が専門で、学生時代から半導体デバイスや半導体集積回路の研究を行ってきました。富士通研究所に入社した1990年頃は、半導体の研究に勢いがありました。半導体の高性能化というのは基本的には微細化により進展していますが、企業ではまさに半導体の微細化を進め、小さな集積回路を作る研究に没頭しました。しかし、微細化には物理的・経済的な限界があります。そこで私は、これまでの微細化ではなく、半導体が使われるフィールドを広げたいと考えていました。中でも半導体の技術を活かせる新しいフィールドとして、『人間の体』が有望ではないかと感じていました。経営用語をもじって、「LSI of Scale (微細化のLSI)」から「LSI of Scope (範囲のLSI)」への転換とよんでいます。

2000年代になると韓国や台湾の半導体メーカーがものすごい勢いで成長する一方で、日本の半導体メーカーは研究開発費を抑えるようになりました。私はちょうどその頃、2005年の10月から3次元集積回路の研究で世界的に有名な東北大学の小柳光正先生の研究室に助教授として加わりました。そこで研究をしていくうちに、3次元集積回路のテクノロジーが人間の体や生体用のデバイスに適していることが明らかになってきました。

3次元集積回路が生体に適しているということには2つの意味があります。1つは、集積回路を小さくできることです。3次元集積回路は平面に並んでいた集積回路のブロックを個別に縦に積み重ねます。各ブロックを非常に薄いチップとして積み重ねますので、平面よりも短い配線でつなぐことができ、より高性能・多機能なデバイスを微細に作ることができま

す。人間の体の中にチップを埋め込むというときには、もちろん小さい方がいいですよ。1cm角のものを埋め込むには抵抗があっても1mm角ならどうでしょう、というわけです。もう1つは、網膜や脳は層構造ですので、そこに埋め込むデバイスも層構造である方が機能を模倣するなど適応させやすいのです。

サムコの装置をどのように使用していただいていますか？

CVD装置、ドライエッチング装置、ドライ洗浄装置とサムコさんの3本柱の装置を全て使わせていただいています。私の研究室では集積回路やMEMSといったモノづくりを行っていますので、エッチャーは絶縁膜の加工に、CVD装置は層間絶縁膜用SiO₂の成膜に使用しています。作製したデバイスを生体や細胞と接触させるときには基本的に生体適合性のある材料で包埋しないとイケませんが、SiやSi系の絶縁膜は生体適合性が比較的高いのです。従って、短期間のチップ埋め込みのときにはサムコさんの装置で成膜した絶縁膜を使用しています。また、ドライ洗浄装置は洗浄やレジストの硬化に使っています。学生に評価を聞いてみると、サムコさんの装置はインターフェースがいいので非常に使いやすいと言っています。

東日本大震災から2年が経過しましたが、震災の前後で変化はありましたか？

我々が普段使用している大学のクリーンルームは非常に大きな被害を受けました。あんなに大きな地震が来るとは予想もしていませんでした。装置は床のグレーティングに固定していたのですが、グレーティング自体が浮いてしまい、横倒しになった装置もあるという状況でした。また、4トン程の重さのある装置が40～50cmくらい動いていたり、ステンレス製のチャンバーが変形してしまったり、クリーンルーム内のほとんどの装置で修理や買い換えが必要でした。装置だけでなくユーティリティーも被害を受けたので約3ヵ月は完全にクリーンルームは止まってしまいました。その後、徐々に装置を動かせるようになりましたが、ユーティリティーを整備して完全に復旧するには震災から1年以上経った2012年の夏くらいまでかかりました。クリーンルームに関係する教職員と学生が全員で復旧作業にあたりましたし、その際にサムコさんをはじめとする装

置メーカーの方々に大変ご協力いただきました。改めて御礼を申し上げます。

研究の進捗には甚大な影響がありましたが、ぶれずに一歩ずつやっついていこうと学生と話をしました。また、研究室の全員が『研究を早くやろう』という意識を強く持つようになりました。いつ何が起こるか分かりませんし、早くやれば、それだけ早くフィードバックがかけられて、もっといいものができますから。

座右の銘をお教えてください。

大学時代の恩師に教えていただいた言葉で『守・破・離』が座右の銘と言えらと思います。世阿弥の風姿花伝にある言葉です。『守』はこれまでの知を学ぶ、『破』はその知の殻を破って知を鍛練する、『離』は新しい知を創造する、と私なりに理解しています。大学院生のときに初めてこの言葉を聞いてから、機会がある毎に自分が今『守・破・離』のどの段階にいるかを考えるようにしています。今もまだ『守』にいるのかもしれないませんが、ぶれずに、諦めずに進んでいこうと決めています。

最後にサムコに対して一言お願いします。

グッドサポート&グッドコラボレーションです。装置メーカーの評価とは装置本体の性能ももちろんですが、例えば装置についての質問やトラブルに迅速に対応していただけるといった我々との接点でのサポートで決まると思っています。サムコさんは仙台に営業所があり、営業の方のネットワークが非常に軽いので大変助かっています。グッドコラボレーションというのは、Win-Winの関係を築きましょうということです。装置メーカーさんにはユニットプロセスに詳しい方はたくさんいらっしゃいますが、インテグレーションを詳しく知っている方はそれほど多くないと思います。私の研究室ではユニットプロセスよりもインテグレーション、性能の良いデバイスを完成させることをゴールにしていますので、装置メーカーさんに対して、例えば、前後のプロセスを考慮して、この装置ではこうして欲しいなどのフィードバックが可能です。そういう意味で、装置メーカーさんとはグッドサポートとグッドコラボレーションでおつきあいさせていただければと思っています。

お忙しいところ貴重なお時間を頂き、誠にありがとうございました。