



プロフィール

学歴 1984年 東北大学 工学部 応用物理学学科 卒業
1986年 東北大学 大学院工学研究科 修士課程 修了

職歴 1986年 コニカ株式会社 研究員
1992年 東北大学 工学部 助手
2000年 東北大学 大学院工学研究科 助教授
2007年 東北大学 大学院工学研究科 教授

受賞歴 1995年 トーキン科学技術振興財団研究奨励賞
1996年 日本化学会第71秋季年会シンポジウム賞
1997年 日本応用磁気学会平成9年度 論文賞
1999年 第39回原田研究奨励賞
2008年 日本磁気学会平成20年度 論文賞
2012年 第34回応用物理学学会 優秀論文賞
2013年 The 74th JSAP Autumn Meeting, 2013, Poster Award
2015年 第9回応用物理学会フェロー表彰
2018年 日本磁気学会フェロー
2018年 日本磁気学会第23回業績賞

あんどう やすお
**東北大学 大学院工学研究科
応用物理学専攻 教授**

安藤 康夫 先生

今回のSamco-Interviewは、東北大学を訪ね、大学院工学研究科 応用物理学専攻の安藤康夫教授にスピントロニクスを利用した生体磁気センサのご研究についてお話を伺いました。

▶ 安藤先生のご研究についてご紹介ください。

原子は電子と原子核から成り立っていますが、電子は電荷だけでなく、微小磁石（スピニン）としての性質も持っています。しかも、右回りと左回りの2種類のスピニンが存在します。電子の電荷としての性質とスピニンとしての性質の両者をナノテクノロジーによって融合することで、新しい電子デバイスの創成を目指す研究分野は『スピニエレクトロニクス（スピントロニクス）』と呼ばれています。このスピントロニクスの領域の中でも、我々のグループでは材料やデバイス、それに関する研究を広く手掛けており、最近では、特に超高感度生体磁気センサの開発に力を入れております。

▶ 現在に至るご研究の経緯について
ご説明ください。

当研究室はもともと宮崎照宣教授の研究室であり、1994年に宮崎先生のもとで、世界で初めて室温でトンネル磁気抵抗（TMR）素子の巨大磁気抵抗効果が観測されました。TMR素子は非常に薄い絶縁膜を2枚の強磁性体で挟んだ構造で、量子トンネル効果によって電子が薄い絶縁体を透過（トンネル）し、両電極間に電流が流れます。2枚の強磁性体の「磁化の向きが平行のときに電流が流れやすく」、「反平行のときに流れにくく」なるという現象がTMR効果です。以来、TMRに関する研究を続けております。

TMR効果が発見された直後は、日本ではHDDの磁気ヘッドへの応用が大きく期待されておりました。当時の巨大磁気抵抗（GMR）ヘッドでは出力が足りないためTMRヘッドにシフトしようとする業界全体の意向があり、それに関する低抵抗化や高磁気抵抗効果を出すための材料、あるいはデバイス作製等を行いました。一方、海外では磁気ヘッドよりも磁気メモリ（MRAM）のニーズが強く、2000年

頃からは国内でもメモリに取り組まなければならぬという危機感がありました。このとき、宮崎先生がまとめ役としてご尽力され、漸く国内でプロジェクトが立ち上がり、海外との技術競争に巻き込まれていきました。当然ながら私の研究のメインもその方向性となっていました。もちろんメモリ、磁気ヘッドは必要な技術ですが、その一方では、もっと別のアプリケーションはないものかとずっとと思い続けておりました。2007年に教授に昇進して、テーマ設定に責任が生じると、ますます、何か世の中の役に立つもの、特に誰もが分かる技術や製品にTMR素子を展開したいと模索しておりました。

生体を測るセンサというのは漠然とかなり初期から思い続けてきたテーマでした。企業の方と面談をしたときは必ず、この点を挙げて、意見を聞いてきましたが、ポジティブな回答は得られませんでした。技術が難しいわりに、ビジネスモデルを描くのが難しいという理由です。そんな中、以前に自分が勤めていたコニカ（株）（現 コニカミノルタ（株））の同僚に会うことがあり、彼にこの考えを話したところ、「それは面白いですね。一緒にやりましょう。」と二つ返事で同意をいただきました。それが大きな転機となりました。また、彼の知人のつてで、てんかんを専門としている東北大学大学院医学系研究科の中里信和教授と偶然出会うことができました。彼らとの出会いのお蔭でこの研究ができると言っても過言ではありません。中里先生は脳の磁場を測るために超伝導量子干渉計（SQUID）を使われていましたが、冷却に液体ヘリウムを使うためセンサを生体表面に密着できず、測定の空間分解能が予想したほど向上しないという限界を感じておられ、この装置を用いた研究の発展を諦めておられたそうです。我々の技術では、室温で動作する小型のセンサを生体表面に密着させて測定できるため、感度の

向上に併せて空間分解能をも各段に向上させることができます。これを紹介したところ大変興味を示され、そこから今の研究が始まり、現在までの期間に著しく発展しました。3年前にコニカの友人は志半ばにして他界しましたが、それ以降も彼の意志を継ぐ者が集まり、現在は私も大変充実した研究がでできていると思っております。

▶ スピントロニクスのご研究の展望について
お聞かせください。

スピントロニクスの展望に関しては、非常に危機感を感じております。新しい現象を見つけて世界で最初に実証すればネイチャー やサイエンスに載りますので、それを狙ってベテランから若い研究者まで一生懸命研究を行います。しかし、領域を活性化させるためには一方では地に足を付けてするような研究が数多くあるのではないかと思っております。たとえばTMR素子を用いた高感度の磁気センサは、TMRの巨大磁気抵抗が報告された直後から応用できるといわれており、実際私自身もやれば容易にできると思っていました。しかしながら開発を始めてみると非常に奥が深く、材料やデバイスのパッケージを少し変える程度ではできないということに気付きました。業界を挙げて取り組んでもいいテーマではないかと思っております。発表の機会があるたびに泥臭い研究をしてほしいと呼びかけています。メーカーには日頃から困っている泥臭い悩みがたくさんあります。私がこういう話をするとメーカーの方が結構来てくださって、相談を受けます。我々も現在何社かと共同研究を行っていますが、その数倍の企業から相談を受けます。スピントロニクスには面白い学術的なテーマが多く、展望としては明るいという意見がたくさん出るのではないかと思います。それを否定するわけではありませんが、もっと泥臭い研

究テーマにも注目するようになってほしいと思っております。

▶ TMRセンサで起業されたスピニンセンシングファクトリー株式会社について紹介ください。

スピントロニクスの展望の話に続きますが、さまざまな会社と共同研究を行っていると、困っているところは大体同じだということが分かります。一番ベーシックなところでは、出力が足りないから上げてほしい、ノイズがちょっと高いので下げてほしいといったところから始まり、それぞれの会社の自社製品に応用しようとするとこんなことができない云々という相談を受けます。その際、大学の一研究室としてできることは限られます。例えば素子を提供するとなった場合、どこかの企業と一緒に開発したものであれば技術コンタミネーションの問題がありますし、素子を作つて提供するとなるとそれなりに人手が必要です。最初からコンタクトがある場合は、その企業から研究員を出していくだいて、その方に自分で素子を作製してもらいますが、それでは次第に間に合わなくなってしまいます。もっと大量に使いたいという話が増えてくると、とても大学では対応できません。素子を提供する専門の会社があれば、我々はそこに共同研究として技術を提供し、会社は素子の作製に専念して対会社という位置付けてさまざまなどころにコンタクトして共同研究あるいは商品開発ができる。そういう理想的な位置付けのものができるのではないかと思ったのがこの始まりです。実際にそういうことをやる会社が他にも出でてくれればよいのですが、センサとして使うためにTMR素子を作製する会社がなかなかありません。そういうところに我々が入って行く余地がいくらでもあると感じて、このスピニンセンシングファクトリー株式会社を創設しました。

▶ 日頃のご研究において心がけておられることはどのようなことでしょうか？

TMRが発見され、大面積の金属と金属の間に1nmの絶縁層を形成することになりました。「とてもじゃないけれども無理だ」と最初は思いましたが、時が経つと1nmの高均一の膜ができるようになりました。材料においても、酸化マグネシウム(MgO)が使われるようになり、非常に大きな磁気抵抗が出るようになりました。我々のグループでもホイスラー合金を用いた素子を作り始め、大きな磁気抵抗を出しております。技術的に当初は難しいと思っていたことも実現しています。生体磁場はそれまでのTMRセンサから比べると4~5桁くらい小さい磁場になりますので、これはさすがに無理かと思いましたが、プロジェクトを立ち上げるときに「絶対できる」と言い切りました。実際には、3年目くらいで心臓磁場も脳磁場も積算すれば測定できるようになりました。今後はリアルタイム測定を目指す

ことになりますが、さすがに無理だろうといわれることが多いのは確かです。それでも限界を設ければ物事は進みませんので、「絶対にこれは実現する」と言い切ってやっています。実際に世の中の技術の進歩というのは往々にしてそのようなものではないでしょうか？

▶ 座右の銘をお教えください。

伊達正宗のいくつかある名言のうち、『五常訓』と呼ばれるものが特に好きです。「仁に過ぐれば弱くなる。義に過ぐれば固くなる。礼に過ぐれば諂いとなる。智に過ぐれば嘘を吐く。信に過ぐれば損をする。…」と続きますが、普段から感じていることを的確に示していく、度々読み返しては自らの行動を考え直すことがあります。「仁に過ぐれば弱くなる」は、(弱くなるのが自分か相手か両方の説があるそうですが)学生に対して手ほどきをしそうと、学生もそれを当てにして自分で考えなくなり、世の中で生きていく力をむしろ失わせているように感じます。「信に過ぐれば損をする」もよく考えて見ると深い意味を感じます。世の中に性格的にも個人の考え方もさまざまな人がいて、彼らどうまく付き合うことが重要です。いずれも「過ぐれば」というところがポイントで、世の中で良いことであると思われているものでも度が過ぎるといけないということを具体的に絶妙に表しているように感じます。時々読み直しては、自らの振る舞いを検証しております。

▶ 休日などはどういうふれ過ごしますか？

多趣味でやりたいことはいくらもありますが、どうにも時間が確保できずに夢見るだけ終わってしまっています。現実は持ち帰った仕事をしているといったところです。普段から家族、特に家内には苦労をかけてばかりいるので、休日はできるだけ家族との時間を大切にと考えています。時間の許す範囲で料理をしたりもします。(実際には自分の食べたいものを作りたいだけですが。)ただし何をやっていても、仕事のことが頭のすみから離れないのは事実です。良くも悪くも。頭の中でさまざまな情報を整理しておけば、休み明けにこれらを一気にこなすことができます。

▶ 最後にサムコに対して一言お願いします。

サムコさんには2012年にシリコン酸化膜(SiO₂)厚膜形成用CVD装置を納入していただきましたが、ほとんどトラブルなく稼動しており、安定してデバイスを作製できております。学生にも好評で、大変助かっていると言っています。堅実な信用できる会社だと思っております。これからも信頼性の高い装置を提供していただければと思います。

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。