

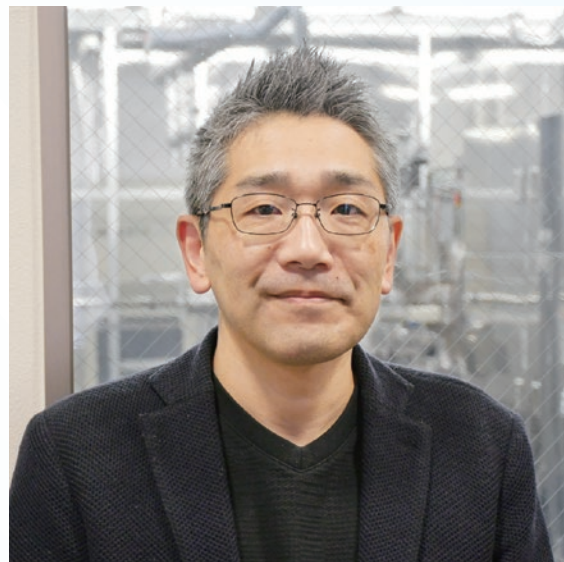
東北大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻

おおがね みきひこ

大兼 幹彦 教授

今回のインタビューは、東北大学 青葉山キャンパスを訪ね、大兼幹彦先生に量子スピントロニクス技術を基盤とした高感度磁気センシングと磁性材料のご研究についてお話を伺いました。

経 歴	2022年04月－現在	東北大学大学院工学研究科 教授
	2010年	東北大学大学院工学研究科 准教授
	2007年	東北大学大学院工学研究科 助教
	2004年	東北大学大学院工学研究科 助手
	2003年	東北大学大学院工学研究科 博士課程修了（工学博士）
	1997年	東北大学工学部 応用物理学科 宮崎照宣教授の研究室に配属
	1994年	東北大学工学部 入学



「スピンド脳を見る」という言葉を掲げ、次世代のデジタル革命の核となる、いつでも、どこでも、だれでも利用可能な脳情報インターフェースの実現に向けて日々研究を続けています。

▶先生の現在のご研究についてご紹介ください。

私たちの研究室では、量子スピントロニクス技術を駆使して、画期的な材料やデバイスを創成することを目指しています。「スピンド脳を見る」という言葉を掲げ、次世代のデジタル革命の核となる、いつでも、どこでも、だれでも利用可能な脳情報インターフェースの実現に向けて日々研究を続けています。具体的には、量子トンネル磁気抵抗効果、いわゆるTMR (Tunnel Magnetoresistance) 効果を用いた超高感度な磁気センサの開発が現在の私の研究の柱です。

このTMR効果とは、ナノメートルオーダーの極めて薄い絶縁層を2つの強磁性層で挟んだ構造において、磁化の向きが平行か反平行かによってデバイスの電気抵抗が大きく変化する現象を指します。磁化が平行なときは抵抗が小さく、反平行のときは抵抗が大きくなるというこの性質を利用して、非常に微弱な磁場を検出することが可能になります。私たちが開発しているTMRセンサは、銀色の小さなチップにこのセンサ機能が組み込まれており、非常に感

度が高いため、カメラやスマートフォンの動作による微かな磁気にも敏感に反応します。

現在、この技術を医療分野に応用するための研究が加速しています。ターゲットとしているのは、心臓の活動に伴う磁場を測る心磁計や、脳の活動を測る脳磁計です。心臓や脳といった生体から出ている磁気信号は、地磁気が約50マイクロテスラであるのに対し、その100万分の1以下、場合によっては数億分の1にも達するピコテスラからフェムトテスラという極めて微小な世界です。これを検出できるレベルのセンサは、従来は超電導を用いたSQUID (Superconducting Quantum Interference Device) と呼ばれるデバイスしかありませんでした。しかし、SQUIDは液体ヘリウムによる極低温までの冷却が必要で、装置が非常に大型かつ高価であり、大がかりな設備が普及の障害となっていました。

私たちは、この超電導デバイスに迫る性能を、室温で動作するTMRセンサによって実現しようとしています。私たちのセンサの大きな特徴は、微細な素子を集積化している点にあります。目に見えないほど小さな素子を1つのチップの中に100個、1,000個、さらには1万

個と並べて繋いでいます。これは統計学的な平均化の考え方と同じで、素子の数を増やすほど、その個数の平方根に比例してノイズを下げることができるからです。1万個の素子を繋げばノイズを100分の1に抑え、検出可能磁場を劇的に小さくすることができます。この微細加工技術によって、私たちは現在、数百フェムトテスラという世界トップレベルの感度を達成しました。

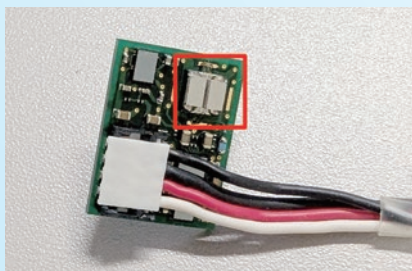
▶ご研究を始められたきっかけと、現在に至る経緯についてご紹介ください。

私がこの研究の道に入ったのは、実は全くの偶然でした。もともとは東北大学の学生として、光の研究をしたいと考えていたのです。しかし、4年生の研究室配属の際、希望していた研究室が非常に人気で入れませんでした。消去法のような形で配属されたのが、当時、巨大室温TMR効果を発見したばかりで世界的に注目されていた宮崎照宣先生の研究室でした。そこで卒業研究のテーマとしてTMR効果を与えられたのが、私の研究人生の始まりです。

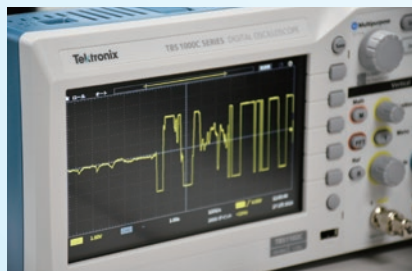
今となってはこれほど幸運なことはなかったと感じています。宮崎先生という偉大な師に出会い、その後、安藤康夫先生が提唱された超高感度磁気センサへの応用という流れを引き継ぎ、30年近くこの研究を続けてきました。TMR効果は物理的にも未知の部分が多く、学術的に非常に面白い現象であると同時に、ハードディスクのヘッドとして社会実装された歴史があるように、工学的にも極めて実用性が高いものです。理学的な深さと工学的な価値を兼ね備えたこの現象には、何度向き合っても飽きることがありません。

▶ご研究の今後の展望についてお聞かせください。

今後の展望としては、まず2027年までの戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)



TMRセンサの実物
(赤枠のチップサイズは3 mm角程度)



TMRセンサにスマートフォンやカメラなど磁力を発する物体を近づけると、オシロスコープの出力波形が変化する。

において、センサの性能をさらに1桁向上させ、10フェムトテスラという領域をリアルタイムで捉えることを目指しています。これが実現すれば、脳の情報をリアルタイムに読み取り、コンピュータやロボットと繋ぐInternet of Brains、いわゆるIoBシステムの実現が現実味を帯びてきます。私たちは脳に電極を刺すことなく、頭の外側から非侵襲的に情報を読み取る手法にこだわっています。これにより、身体を失った方の意思伝達を助けたり、ゲームやエンターテインメント、さらには工場での遠隔作業といった幅広い分野で、思い通りに物事を動かせる社会を創りたいと考えています。2040年代には誰もがウェアラブルなデバイスで脳情報を取れる社会が描かれており、そのインパクトは医療分野だけでも10億人以上の患者に影響を与え、関連産業は6兆円規模に達すると推計されています。

また、もう一つ進めているのが、超コンパクトなMRI (Magnetic Resonance Imaging) の開発です。従来のMRIは非常に巨大で病院の専用の部屋に行かなければ受けられませんが、私たちの高感度センサ技術を用いれば、デスクトップサイズにまで小型化することが可能です。2025年の大阪・関西万博では卓上型のSpin-MRIという手や足のサイズ程度を1分程度でモニタリングできるMRIシステムを展示しました。将来的な救急車への搭載や家庭用、さらには食品検査などへの応用も見据えています。解像度では大型の装置には及びませんが、必要な場所で即座に診断ができるという価値は、今後の医療において非常に大きいと考えています。

“プラズマCVD装置「PD-100ST」を導入してからは、高品質なSiO₂膜を安定して形成できるようになり、デバイスの歩留まりが飛躍的に向上しました。”

▶弊社の装置をご使用いただいておりますが、ご感想をお聞かせください。

日頃の研究プロセスにおいて、サムコさんの装置は重要な役割を果たしてくれています。私たちのデバイスはナノメートル単位の極薄膜を何層も積み重ねて作られますが、その信頼性を支えているのが層間絶縁用のSiO₂膜の形成です。以前はスパッタリング法ですべてを行っていましたが、それでは絶縁が不十分でショートしてしまう不良品が発生していました。しかし、プラズマCVD装置「PD-100ST」を導入してからは、高品質なSiO₂膜を安定して形成できるようになり、デバイスの歩留まりが飛躍的に向上しました。ショート不良がなくなったことで、1万個もの素子を高い信頼性で集積化することが可能になりました。

最近では、電極と素子を繋ぐコンタクトホー

ルを開けるプロセスのために、新しくRIE装置「RIE-10NR」を導入しました。センサのノイズを下げるためには、不純物のない金属接触をとることが不可欠で、そのためにはCVD装置で成膜した絶縁膜を完全になくす必要があります。RIE-10NRにはその役割を期待しています。

御社の装置は故障が少なく、プロセスの条件変動も小さいため、私たちのような緻密な実験を繰り返す研究室にとって頼もしい存在です。装置メーカーとしてはメンテナンスで稼ぐビジネスモデルもあるのですが、ユーザーとしてはとにかく壊れないことが一番の価値です。サムコさんの装置はその安定性と信頼性において、私たちの研究を足元から支えてくれています。

▶日頃のご研究において、心掛けておられることをお聞かせください。

研究においては、マンネリにならないことを常に心掛けています。30年同じテーマを追っていると、どうしても発想が固定されがちですが、常に新しい技術や他分野の考え方を取り込み、自分たち自身が変化し続けなければ研究を継続することはできません。

学生たちの指導については、彼らの自主性を何よりも尊重しています。東北大学に集まってくる学生は優秀ですから、大人が余計な邪魔をしない方が彼らは伸び伸びと、そして驚くほどのスピードで成長していきます。そのため私の研究室では、あえて学生自身に研究テーマを考えさせたり、自ら選択肢を選ばせたりする方針をとっています。博士課程の学生が多く集まるのも、自分自身で課題を見つけ、解決する楽しさを皆が実感してくれているからではないでしょうか。

▶休日はどうにお過ごしでしょうか？

平日は研究に没頭している分、休日はリフレッシュを心掛けています。最近の習慣は、子供たちと一緒にプールに行くことです。全身を動かす水泳は健康維持に非常に役立ちますし、水の中では研究のことを忘れて無心に



大兼先生とプラズマCVD装置「PD-100ST」



2026年に導入した平行平板型RIE装置「RIE-10NR」

なれます。あとは、動画配信サービスで海外ドラマを観たりして、のんびりと過ごす時間も大切にしています。特別な趣味というほどのものはありませんが、日々のオンとオフをしっかりと切り替えることが、長く研究を続ける秘訣だと思っています。

強いて言えば、物事のルーツを探ることは以前から興味があり、日本史に関する本はよく手に取ります。特に大和朝廷が成立した頃の、まだ多くの謎が残っている古代の歴史が好きです。この国がどうやって形作られ、今の文化の根源がどこにあるのかを推論していく作業は没頭できるので良い息抜きになっています。

▶最後に弊社に対して、一言お願いします。

サムコさんは、自らの得意とする技術領域を明確に定め、そこに対して良い品質の製品を供給する堅実なメーカーという印象を抱いています。私たちも一歩ずつ技術を積み上げ、地道な研究を続けていて、それを農耕民族的な気質と呼んでいるのですが、御社のモノづくりにもそれと共通するシンパシーを感じています。

営業の方も、私たちが予算を持っているときだけ来るのではなく、日頃から頻りに足を運び、装置の状況や困りごとを気にかけてくれる。そのような誠実な対応が、いざ新しい装置を導入しようとなったときの大きな安心感に繋がっています。技術力はもちろんですが、そうした人としての信頼関係も好感しています。

今後も、研究者が安心して使い続けられる壊れにくい装置の提供と、古い装置に対してもサポートを継続してくれるユーザーに寄り添った姿勢を大切にしていきたいです。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、ありがとうございました。

取材日：2026年1月27日

“研究者が安心して使い続けられる壊れにくい装置の提供と、古い装置に対してもサポートを継続してくれるユーザーに寄り添った姿勢を大切にしていきたいです。”