

読者の広場

Q&A

Q: 「超電導エレクトロニクス分野における最近の話題を教えてください」

A: 超電導エレクトロニクス分野には非常に多くの応用範囲があります。どんなことができるかについては、以前の Web21 に解説していますので、それを参考にしてください¹⁾。ここでは、超電導エレクトロニクス分野で最近どのような技術が進歩し、話題になっているかについて述べます。

一言でいえば、いろいろなセンサ（検出器）の進歩があげられます。超電導センサには多くの種類があります。非常に微弱な磁界を検出する SQUID（超電導量子干渉素子）、電磁波センサ、光センサなどです。これらの話題をいくつか取り上げてみましょう。

まず、SQUID です。これ自体たいへん多くの分野に応用されます。医療分野（脳磁気計測、心臓磁気計測、脊髄・末梢神経磁気計測、免疫診断）、鉱物資源探査、非破壊欠陥検査などです。これらのうち、脳からの微弱な磁界検出は、外部の磁界を遮蔽する磁気シールド室内でしかこれまで実現できませんでした。しかし、磁気シールド室の設置は場所的にも費用面でも大きな制約になります。日立製作所は磁気センサの検出コイルを工夫することにより、磁気シールド室内ではなく、通常環境の中で脳磁界が計測できるようにしました²⁾。画期的なことです。

高温超電導体を用いた SQUID はこれまで簡単な構造のものしか作れませんでした。ISTEC では、高速デジタル回路用に開発した集積回路技術を用いて、複雑な構造の SQUID が作れるようになりました。具体的には、検出コイルも同一チップ上に集積化したものです。非常に安定で、これまでの SQUID に比べると、磁束トラップなどの影響が大幅に少なくなりました³⁾。この集積回路技術で作った SQUID は、非破壊検査や鉱物資源探査など多くの分野に使われ始めており、高温超電導 SQUID の応用範囲が画期的に広がってきました。さらにその応用を広げるものとして、JST（科学技術振興機構）のプロジェクト「高温超電導 SQUID を用いた先端バイオ・非破壊センシング技術の開発」が始まりました⁴⁾。これは、JST が 2009 年度事業として開始した「戦略的イノベーション創出推進事業（S-イノベ）」プロジェクトの一つとして採択されたものです。最長 10 年のプロジェクトです。

電磁波センサも周波数帯に応じていろいろな応用があります。チリのアタカマ山地に建設が進められている、日米欧共同の ALMA プロジェクト⁵⁾にも電磁波センサが多数使われます。最大直径 18.5 km の地域に、直径 12 m と 7 m のパラボラアンテナを 66 台以上並べて干渉計方式の電波望遠鏡を構成し、宇宙の起源をさぐるという壮大なプロジェクトです。望遠鏡の心臓部に超電導 SIS ミキサとよばれるセンサが使われます。10 種類の異なる周波数の電波で宇宙を見ます。30 GHz から 950 GHz までの周波数を 10 個のバンドに分けて受信機が開発されています。日本の国立天文台はそのうちの 3 つのバンド（バンド 4: 125-163 GHz、バンド 6: 211-275 GHz、バンド 10: 787 - 950 GHz）を担当しています。このうち最も実現が困難であったバンド 10 の受信機が最近完成し、2012 年の観測開始に向けて大きく進展しました⁶⁾。

テラヘルツ波の応用については以前の Web21 に書きました⁷⁾。最近ドイツのユーリッヒ研究所は、空港でペットボトルに入った液体の種類を見分けるシステムを試作しました⁸⁾。液体により吸収する電磁波の周波数が異なることを利用して液体の種類を見分けています。

以前の Web21 で TES（超電導転移端センサ）とは何かということを書きました⁹⁾。この TES を用いたシステムも進歩しています。エスアイアイ・ナノテクノロジーは電子顕微鏡に TES を組み込むことにより、シリコンやタンゲステンなどの原子が空間的にどのように分布しているかを可視化

することに成功しています¹⁰⁾。

産業技術総合研究所では、200 nm 幅の微細 Nb 配線の SSLD (超電導ストリップ線路検出器) を作りました。これを用いて、これまで数時間要していた生体高分子 (分子数: 数十万) の質量分析を数分間でできるようにしています¹¹⁾。

光センサも大きく進歩しました。わずか一個の光子に相当する非常に微弱な光を検出するシステムもいろいろな研究機関によって実現されています。NICT (情報通信機構) では SSPD (超電導単一光子検出器) とよばれるセンサを用いて、量子暗号通信の受信機を実現しています¹²⁾。

このほかにもまだ多くの優れた成果が得られています。さまざまな分野で超電導センサを使った応用が開始され始めました。今後のさらなる進展が期待されます。

参考文献:

- 1) <http://www.istec.or.jp/Web21/PDF/Series/2004-Hasuo.pdf>
- 2) <http://www.jsap.or.jp/pressrelease/pdf/JSAP090901-2-2.pdf>
- 3) <http://www.istec.or.jp/Operation/LateNews/Press080326-J.html>
- 4) http://www.istec.or.jp/Web21/PDF/10_3/J2.pdf
- 5) <http://www.nro.nao.ac.jp/alma/J/index.html>
- 6) <http://www.nro.nao.ac.jp/alma/J/pressRelease/090612.html>
- 7) <http://www.istec.or.jp/Web21/PDF/q-pdf/902J12.pdf>
- 8) Yuri Divin, *et al.*, "Hilbert Spectroscopy Based on the ac Josephson Effect for Liquid Identification", EUCAS2009, HSZ304
- 9) <http://www.istec.or.jp/Web21/PDF/q-pdf/811J11.pdf>
- 10) 田中啓一、小田原成計、“超電導マイクロカロリメータを用いた X 線分析装置”、電気学会誌、130 巻 3 号、2010 年、p.150
- 11) 大久保雅隆、“超電導なストリップライン検出器の生体高分子質量分析への応用”、電気学会誌、130 巻 3 号、2010 年、p.155
- 12) <http://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/0901/04.html>

回答者: SRL/ISTEC 特別研究員 蓮尾信也

[超電導 Web21 トップページ](#)