

掲載内容 (サマリー):

特集: 超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置

SQUID 応用装置の進展

「脳磁計」の現状

高温超電導 SQUID を用いた可搬型心磁計の開発 - コンパクトな磁気シールド開発による検診用途への展開

移動型「SQUID 非破壊検査装置」

高感度「免疫検査装置」

LSI 検査・故障解析用「走査レーザ SQUID 顕微鏡」の開発 - ロジック LSI の断線箇所絞り込み -

食品・薬品異物検査装置の開発

超電導関連製品ガイド - 超電導量子干渉素子 (SQUID) 関連製品 -

超電導関連 8-9 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (6/20-7/19)

超電導速報 - 世界の動き (2005 年 6 月)

超伝導科学技術研究会第 31 回シンポジウム「躍進する超伝導技術」から

応用物理学会超電導分科会第 31 回研究会から

隔月連載記事 - やさしい超電導デジタル応用のおはなし (その 4)

読者の広場(Q&A) - 「超電導軸受」と「ころがり軸受」では、どのような違いがあるのでしょうか?

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者

財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044

超電導 Web21 トップページ: <http://www.istec.or.jp/Web21/index-J.html>



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「SQUID 応用装置の進展」

超電導の基本現象の一つ、磁束の量子化を利用した超高感度磁気センサーである超電導量子干渉デバイス(SQUID)は、医療・診断分野をはじめとし、産業分野や科学分野などで幅広い応用が期待されている。SQUID 応用装置として最初に本格的に市場に導入されたのは、帯磁率計など小規模なものを除くと、80年代後半から90年代前半にかけて開発が盛んになったニオブ系低温 SQUID を使った多チャンネル脳磁計測装置である。脳磁計測装置は、液体ヘリウム冷却で、また大がかりな磁気シールドルームを必要とし、価格は1システム数億円程度になる。これまで外国製および国産の装置全体で20台程度が大病院や研究機関に導入され、仙台の広南病院の例のように一部は臨床用に用いられている。

高温超電導の発見により、液体窒素で冷却可能な高温 SQUID を利用した簡易な装置の市場が大きく開けることが期待されたが、初期の頃は SQUID のノイズが大きく高性能の装置はなかなかできなかった。その後、薄膜技術や設計技術の進展により、高温 SQUID のノイズが低減され、90年代後半には磁場分解能が $30-100 \text{ fT/Hz}^{1/2}$ と低温 SQUID に比べ数倍程度、成人の心磁計測に十分適用できるレベルに到達している。また、平面型グラジオメータ(1次微分型 SQUID)の開発により、ある程度の環境磁場中でも使用可能になった。これに伴い、医療以外の応用も広く探索され、構造材料の非破壊検査、食品・薬品中の異物検査、半導体やLSI中の欠陥検査、バイオ免疫診断などの応用装置のシステムデモが最近行われている。これらの応用では、従来技術に比べ優れた性能/コスト比をまず実証することが実用化、市場導入に不可欠であるが、ある程度の見通しが得られ数年以内に実用化が期待されている装置も多い。

一方、低温 SQUID を用いた装置開発も精力的に続けられている。最近では64チャンネルの心磁検査装置が販売されるに到っている。また、その高感度性を活かし、脳磁計測やあるいは非破壊検査の分野でも従来装置では検出できない現象を可視化するなど高機能化の試みがなされている。まず低温 SQUID 装置で限界を追求し、将来的には高温 SQUID の性能を低温 SQUID に迫るレベルに向上させ、また低コスト製造技術を開発することにより、簡易・低コストの装置実現につなげることが SQUID 応用装置の市場拡大の一つのシナリオとして考えられる。

(SRL/ISTEC デバイス研究開発部長 田辺圭一)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「脳磁計」の現状

金沢工業大学
先端電子技術応用研究所長
教授 賀戸 久

脳の神経活動に伴う微小な磁場を SQUID で非侵襲的に計測する脳磁計は、SQUID 応用の最も成功した例である。100 点を越える観測点数を有する多チャンネル脳磁計が次々に開発され、国内で約 30 台もの脳磁計システムがすでに病院や脳機能の研究機関で稼働している。

1996 年に日本の超伝導センサ研究所のグループが 256 チャンネルの全頭型 SQUID 脳磁計の開発に成功して以来、脳磁計はますます多チャンネル化、高センサ密度化がすすんでいる。現在までのところ、商用化され医療の現場に導入されている脳磁計システムの中では、カナダの CTF 社の開発した 275 チャンネルシステムが、最大観測点数を有している。研究用のシステムとしては、金沢工業大学と横河電機が共同開発し、東京大学に設置した 440 チャンネル 300 観測点のシステムが世界最高である。

脳磁計の SQUID センサとしては、新しくベクトル差分型磁束計が開発されている。従来の脳磁計では脳表面に対して法線方向の磁場のみを計測していた。これに加え、接線方向成分を含む直交する独立な 3 成分を同時に計測し、一つの観測点での磁場をベクトル的に把握することができるのが、このセンサの特長である。これにより、限られた観測領域から磁場情報を可能な限り多く得ることができる。先に述べた 440 チャンネルシステムは 230 箇所に従来の同軸差分型磁束計を、70 箇所にベクトル差分型磁束計を装備している。このベクトル磁束計の採用により、技術的には 1000 チャンネルを越えるシステムの開発も可能である。

脳磁計を利用したてんかん診断や術前脳機能マッピングが、2003 年の 1 月にアメリカ合衆国で、2004 年の 4 月に日本で、医療保険の適用対象として収載された。しかし、価格が障壁となり、当初考えられていたほどには普及が進んでいないのが現状である。導入時のコストを押し上げている原因の一つが環境磁場ノイズを遮蔽するための磁気シールドルームである。また、冷媒のコストも一般病院には導入の障壁となっている。

今後は多チャンネル化よりも、システムのロバスト性の向上や、ノイズ低減手法や磁場源解析手法などの信号処理、アクティブ磁場シールド、低温系の改良などの付帯技術の開発に重点をおき、低価格化と信頼性向上、そしてアプリケーション開拓をはかることが、医療現場への脳磁計の普及のポイントであると考えられる。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「高温超電導 SQUID を用いた可搬型心磁計の開発 - コンパクトな磁気シールド開発による検診用途への展開 - 」

株式会社 日立製作所 中央研究所
ライフサイエンス研究センタ
神鳥明彦

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と経済産業省の産業技術実用化開発費補助事業の一環として、小型で移動を可能とする16チャンネル高温超電導心磁計と51チャンネル高温超電導心磁計を研究開発した。今回開発した心磁計の技術の特徴は、コンパクトな磁気シールド室と高感度の高温超電導 SQUID センサのマルチチャンネル化技術である。

図1に16チャンネル高温超電導心磁計の全体構成写真を示している。^{1),2)} 被験者は胸をL字の形状をしたデュワに押し当てるだけで心磁図計測が可能となるものである。また、シールドは縦型となっており設置面積が1m²程度と大変小さくできることが特徴である。

図2は51チャンネル高温超電導心磁計を示している。^{3),4)} 本心磁計ではベッド上に高温超電導 SQUID ユニットが一体で構成されている。そのため、ドーム型磁気シールド室の外部でセンサーと心臓の位置あわせを行い、ベッド全体をドーム型磁気シールド室内に送り測定開始状態となる。本システムを用いて心起電力のマッピング検査が可能となる。



図1 16チャンネル高温超電導心磁計



図2 51チャンネル高温超電導心磁計

以上のように高温超電導心磁計は集団検診などの用途に広く使用されていくことが期待される未来の心磁計の形である。今後は本開発で得られた多くの技術を生かしていき、製品化へつなげていく予定である。

参考文献

- 1) D. Suzuki, A. Tsukamoto, K. Yokosawa, A. Kandori, K. Ogata, and K. Tsukada: Jpn. J. Appl. Phys. 43, 117 (2004).
- 2) K. Yokosawa, A. Kandori, T. Miyashita, D. Suzuki, and A. Tsukamoto: Appl. Phys. Lett. 82, 4833 (2003).
- 3) 鈴木大介、塚本晃、神鳥明彦、緒方邦臣、宮下豪、関悠介、横澤宏一、第19回日本生体磁気学会論文集、17, 206, 2004.
- 4) A. Kandori, D. Suzuki, A. Tsukamoto, Y. Kumagai, T. Miyashita, K. Ogata, Y. Seki, K. Yokosawa, and K. Tsukada in press Jpn. J. Appl. Phys.

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「移動型「SQUID 非破壊検査装置」」

東北電力株式会社
研究開発センター
井澤和幸

従来の SQUID 非破壊検査は、環境磁気ノイズの影響を抑えるため、SQUID センサは固定し、被検体を xy ステージ上に置いたり、回転させたりしながら検査する固定型の装置であったため、オンサイトで大型の被検体の検査に適用する事は事実上できない。これに対し、移動型「SQUID 非破壊検査(Traveling SQUID-NDE)装置」は、磁気シールドがない通常的环境磁気ノイズ下で、固定した被検体の表面を SQUID センサ自体が移動しながら検査するものであり、本装置をコア技術とすれば、フィールドに SQUID を持ち込んで大型の被検体を検査することが技術的には可能となる。

移動型「SQUID 非破壊検査装置」の開発のポイントは、移動によって発生する空間的な磁気ノイズを抑えることができる移動型 SQUID グラジオメータ、SQUID の移動で発生する振動を低減するための小型クライオスタット、並びに計測中の磁気ノイズの時間的変化に対応した計測方法である。移動型 SQUID グラジオメータは、2 次微分型検出コイル 2 個を 1 次的に接続した全く新しいタイプの Low-Tc SQUID グラジオメータであり、液体ヘリウムで冷却して使用する。なお、本装置の詳細については、既発表を参照されたい。

また実用的には、被検体の形状は必ずしも板状の平らな物ばかりではないため、移動型 SQUID 非破壊検査の技術をベースにして、産業用の 6 軸多関節ロボットに SQUID センサ搭載し、曲面をもつ被検体も扱え、3 次元曲面にも適用できるより実用に近い新システムへと発展させている。図は、開発した 3 次元移動型 SQUID 非破壊検査(3D SQUID-NDE)システムである。本システムは、レーザー変位計と任意曲面を再生する幾何学的手法とを組合せ被検体の曲面を再現し、その座標データに基づき 6 軸ロボットが 3 次的に SQUID センサを移動させて検査するものである。

電気事業において、お客さまに選択されるサービスの基本は、低廉で高品質な電力を安定的にお客さまにお届けすることである。一般に、検査の精度を高めることは、設備のさらなる安全確保や信頼度向上などにつながることから、データベースの構築など SQUID 非破壊検査の技術レベルをさらに向上させ、電気事業をはじめとする設備の保守・保全の分野への実用化を目指していく。



図 3 次元移動型 SQUID 非破壊検査装置

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「高感度「免疫検査装置」」

九州大学
超伝導システム科学研究センター
教授 円福敬二

医療診断において必要となる、疾患由来の蛋白質などを高感度に検出する磁気的な免疫検査装置を開発している。この方法では、磁気ナノ粒子で標識した検査試薬(磁気マーカー抗体)を対象物質(抗原)に結合させ、マーカーからの磁気信号を計測することにより、対象物質の種類と量を検出する。SQUID センサを用いることによりマーカーからの微弱な磁気信号を測定できるため、極めて高感度な免疫検査が可能になると期待されている。図1に開発した検査装置を示す。¹⁾ 反応容器は磁気不純物フリーであり、12個の試料を測定できるディスク形状となっている。SQUID は高温超電導体を用いており、室温の試料からの磁気信号を高感度に検出できるように、試料と SQUID の距離を 1.5 mm と近接している。なお、SQUID 装置は日立製作所と反応容器はイノアックと共同で開発した。



図1 SQUID 免疫検査装置
(日立製作所、イノアックと共同開発)

図2 (a)に測定信号波形の例を示す。反応容器を回転することにより12個の試料の測定が出来る。測定では100回の加算平均を行っており、400秒の測定時間で12個の試料の高感度検出が可能である。図2 (b)にアレルギーに関連した human IgE と呼ばれる蛋白質を検出した結果を示す。図の横軸は IgE の重さ w (pg)であり、縦軸は SQUID で検出した磁束信号 Φ_s ($m\Phi_0$)である。本実験では 0.3 pg までの IgE が検出できており、この結果は従来手法に比べて 100 倍高感度である。なお、図の実線は吸着モデルによる解析結果であり、実験結果とよく一致している。

参考文献

- 1) K. Enpuku et al, IEICE Trans. Electron. E88-C (2005) 158.

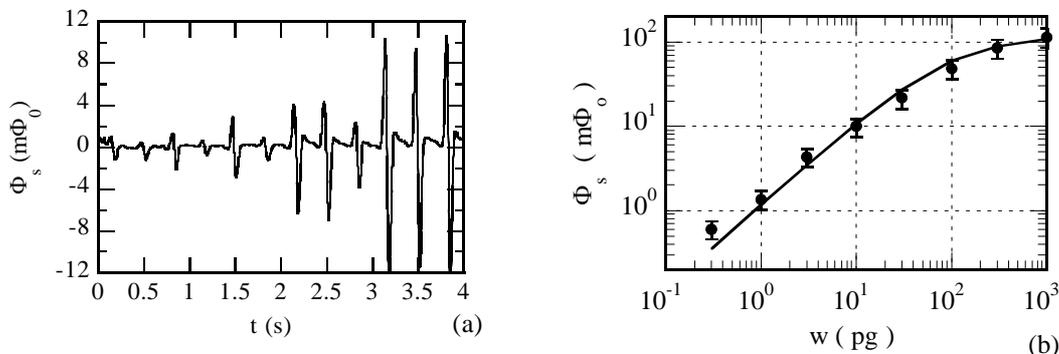


図2 (a)測定信号波形。反応容器を回転させて12個の試料を測定。(b)免疫検査により得られた抗原(IgE)の重さ w と信号磁束 Φ_s の関係。実線は解析結果。

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「LSI 検査・故障解析用「走査レーザ SQUID 顕微鏡」の開発 - ロジック LSI の断線箇所絞込み - 」

NEC エレクトロニクス株式会社
基盤技術開発事業本部 テスト評価技術開発事業部
二川 清

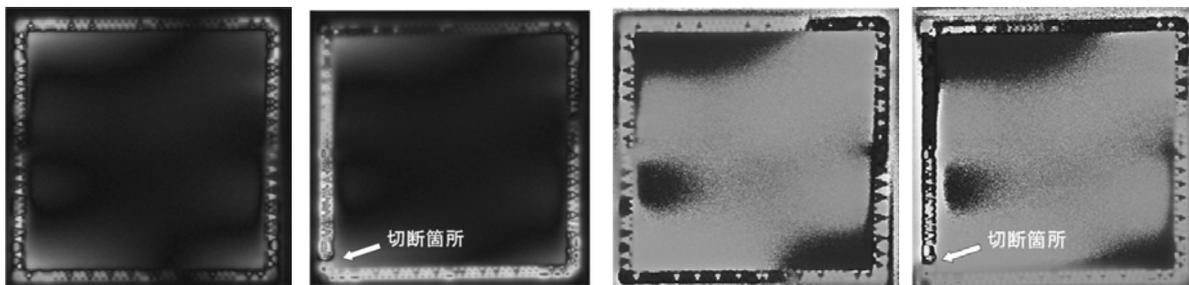
我々は、LSI チップの工程中の検査や不良・故障解析を効率的に行うことを目的として、レーザと SQUID (Superconducting Quantum Interference Device, 超電導量子干渉素子) を組み合わせた新しい解析装置 (走査レーザ SQUID 顕微鏡) を開発し、その具体的な応用法を検討している。走査レーザ SQUID 顕微鏡では、レーザを IC チップに照射した際に発生する光電流に起因する磁場を、超高感度の磁気センサである SQUID 磁束計で検出する。IC チップを走査することで磁場強度像および磁場位相像を得る。

今回、従来困難と考えられていた L-SQ 単独での故障箇所の絞り込みもある程度可能であることを示す結果が得られた。

今回の実験で用いたサンプルはゲート長90nmレベルのロジックLSIである。

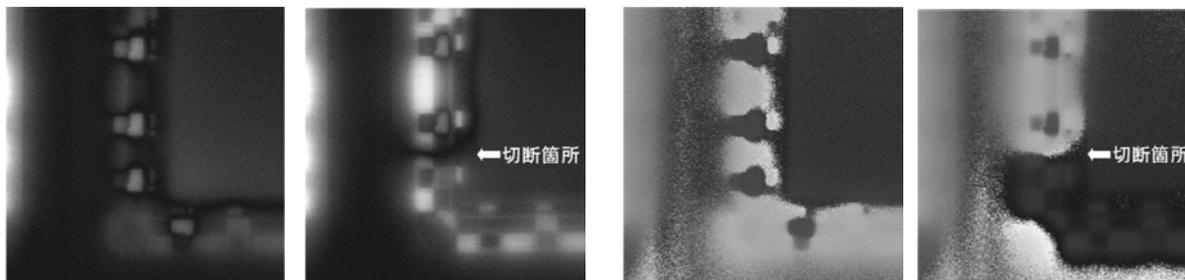
FIB で配線を切断し、切断前後での走査レーザ SQUID 顕微鏡像の違いを強度像と位相像で比較検討した。

切断前後の強度像を図1、図2に示す。図1がチップ全体の観測結果、図2が切断箇所付近の観測結果である。図1、2ともに、切断前後を比較すると、切断箇所と対応した明確な強度変化がみられる。位相像では少し様子が異なり、図3、4 に示すように、切断後は切断箇所では位相の反転が見られた。



(a) 切断前 (b) 切断後
図1 切断前後の強度像の比較：
チップ全体の観測 (5mm)

(a) 切断前 (b) 切断後
図3 切断前後の位相像の比較：
チップ全体の観測 (5mm)



(a) 切断前 (b) 切断後
図2 切断前後の強度像の比較：
切断箇所付近の観測 (1mm)

(a) 切断前 (b) 切断後
図4 切断前後の位相像の比較：
切断箇所付近の観測 (1mm)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導量子干渉素子(SQUID)応用装置 「食品・薬品異物検査装置の開発」

豊橋技術科学大学
工学部
教授 田中三郎

食品工場では細心の注意を払って食品を製造しているのであるが、時として食品異物混入事故が発生することがある。大手食品メーカーにおいて、事故が発生した場合、その損失は、製品回収費用や逸失利益（事故がなかった場合に得られたと予想される利益）を含めると、数十億から数百億円になることが知られており、事故防止は企業にとって大きな関心事となっている。現行の検出法には渦流方式、X線方式などがあるが、これらの方式では、感度が不十分なため、製造工程で用いられているストレーナー（フィルタ）のステンレスメッシュ素線（0.3～0.5mm）など、最近問題となっている異物を検出することが難しい。SQUID センサ方式はこれら従来の方法と比べて異なる画期的な方法である。この方式では被検査物を磁石で磁化し、その残留磁化を高感度磁気センサで計測するために、水分や温度の影響を受けず、また、アルミニウムなど包装材の影響もほとんど受けない。放射線（X線）被曝の問題も全くない。我々は平成14～16年度文科省 都市エリア産学官連携促進事業（豊橋エリア）の助成を受け、食品や医薬品をターゲットとした SQUID 異物検査装置の開発を行い、販売を開始している。（<http://www.aftweb.co.jp/index.htm>）

装置開発では磁気シールドおよび電磁シールドの高性能化がキーポイントであり、十分な検討を行った。図1に実用機の外観写真を示す。（シールドはステンレス外装の内側）仕様は以下の通りである。

- ・実測磁気減衰率：0.14%（1/732）（DC、鉛直方向）
- ・装置サイズ：1500mmL × 477mmW × 1445mmH
- ・実効開口部寸法：200mmW × 80mmH
- ・コンベア速度：1～100m / 分
- ・外装：オールステンレス（HACCP 対応）
- ・窒素自動供給装置付き
- ・センサ数：3 高温超電導 SQUID
- ・センサ駆動回路：変調型 FLL 方式
- ・検出性能（参考値）30～50mm 離れた 0.3mm のステンレスあるいは鋼球を検出

高温超電導の発見からもうすぐ 20 年を迎えようとしているが、ここに来てようやく高温超電導 SQUID を用いた異物検査装置の実用機を開発することが出来た。今後、本装置が各地で本格稼働し、異物混入事故の防止に少しでも役立ってほしいと願っている。最後に開発に携わったアドバンスフードテック（株）の鈴木周一氏、住友電工ハイテックス（株）の永石竜起氏、豊橋技科大の藤田啓義君、ならびに、関係諸氏に深謝する次第である。



図1 異物検査装置の外観写真

超電導関連製品ガイド - 超電導量子干渉素子(SQUID)関連製品 - (社名五十音順表示)

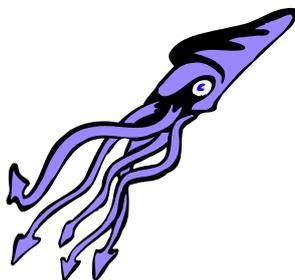
エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
Nb系 SQUID 製品他

Tel: 047-391-2142、Fax: 047-391-0960、e-mail: satoshi.nakayama@sii.co.jp
担当: 技術部 技術 5G 中山哲

住友電工ハイテックス株式会社
高温超電導磁気センサを用いた「SQUID 入門キット」, 「SQUID 実験キット」, 「SEIQUID II」, 「SQUID 顕微鏡」, 「生体磁気計測装置」, 「抗原抗体反応検査装置」, 「食品等混入磁性異物検出装置」, 「半導体検査装置」, 「地質調査装置」等
担当 永石、太田 ; Tel: 072-771-3022、Fax: 072-771-3023

株式会社 日立ハイテクノロジーズ ライフサイエンス事業統括本部 医用マーケティング部
MC-6400 日立心臓磁気計測システム
技術窓口: 内藤茂昭 (株式会社日立ハイテクノロジーズ)
Tel: 03-3504-5818、Fax: 03-3504-7756
e-mail: naito-shigeaki@nst.hitachi-hitec.com
営業窓口: 福田敦史 (フクダ電子株式会社)
Tel: 03-5684-1240、Fax: 03-5684-1315
e-mail: fukuda@fukuda.co.jp

横河電機株式会社 航空宇宙・特機事業部 MEG センター
脳磁計 (MEG) 小型・微弱磁場計測装置
Tel: 0422-52-5662、Fax: 0422-52-5946、e-mail: meg@csv.yokogawa.co.jp
担当: 富澤英明



(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 8-9月の催し物案内

7/31-8/5

LTD-11: 第 11 回極低温検出器国際ワークショップ

場所: 東京大学武田先端知ビル(東京都文京区)

主催: AIST、JAXA、東京大学

問合せ: Mrs.Yiner Chen

TEL:029-861-5080、FAX:029-861-5730

E-mail:ltd-11info@m.aist.go.jp

<http://www.astro.isas.jaxa.jp/ltd11/>

8/5-6

第 2 回材料研究会 / 東北・北海道支部合同研究会「超伝導薄膜の高特性化、デバイスと評価」

場所: 秋田大学 地域共同研究センター
(秋田市)

問合せ: 秋田大学工学部資源学部材料工学科
永田明彦

TEL: 018-889-2411、FAX: 018-837-0403

E-mail:aknagata@ipc.akita-u.ac.jp

8/10-17

LT24: 24th International Conference on Low Temperature Physics

場所: Orland, FL, USA

<http://www.phys.ufl.edu/~lt24/>

8/17-19

第 10 回超伝導・低温若手セミナー 新たな展開のための超電導講座

場所: 蔵王温泉エコーホテル、山形市

主催: 低温工学協会 東北・北海道支部

問合せ: 東北大学大学院 浜島高太郎

E-mail: hamajima@ecei.tohoku.ac.jp

8/24-26

第 21 回低温工学基礎技術講習会

場所: 神戸大学 海事科学部、大阪府立大学理学部及び大阪府立大学文化交流センター

主催: 低温工学協会 関西支部

(編集局)

申込先: 低温工学協会関西支部事務局(大阪大学低温センター内)

Fax:06-6879-7986

E-mail:kousyukai@mail.jcryo-kansai.ltc.osaka-u.ac.jp

8/29-9/2

CEC/ICMC 2005: 2005 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference

場所: Keystone, CO, USA

<http://www.cec-icmc.org/>

9/5-9

ISEC2005: 10th International Superconductive Electronics Conference 2005

場所: Noordwijkerhout, The Netherlands

<http://www.isec05.org>

9/11-15

7th European Conference on Applied Superconductivity

場所: Vienna, Austria

E-mail: eucas@ati.ac.at

eucas@interconvention.at

<http://www.eucas.at/>

9/19-23

19th International Conference on Magnet Technology, MT-19

場所: Genova, Italy

E-mail: mt-19@ge.infn.it

<http://mt-19.ge.infn.it/>

9/26-28

ISMST8: 8th International Symposium on Magnetic Suspension Technology

場所: Dresden, Germany

<http://www.ifw-dresden.de/imw/ISMST8/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (6/20-7/19)

高効率のマイクロコージェネ 永久磁石採用し小型化 6/20 日経産業新聞
がん放射線治療 導入支援で提携 市ヶ谷 TRS など3社 6/20 日経産業新聞
超電導状態を簡易に実現 富士電気システムズが極低温小型冷凍機 携帯基地局など適用期待
6/21 電気新聞
メディカルサテライト MRI 使い心臓検査 6/22 日本経済新聞、日経産業新聞
ITER 誘致断念 仏に建設決定へ 6/22 毎日新聞
「関連施設」はや綱引き ITER 誘致断念 6/23 毎日新聞
熱核融合炉の誘致断念 6/24 読売新聞
高温プラズマ状態 自発電流 75%で7.4秒 低電力運転に道 原研 6/24 日刊工業新聞、電気新聞
高速点火レーザー核融合 阪大などが解析技術 6/24 日刊工業新聞
国際核融合炉 28日、南仏に決定へ 6/26 読売新聞
ITER 建設地問題きょう決着 モスクワで6極閣僚会合 日本本体誘致を断念 6/28 日刊工業新聞、電気新聞
熱核融合炉仏に決定 日本企業受注 1500億円 重電メーカーなど商機 6/29 日本経済新聞、朝日新聞、日経産業新聞、読売新聞、毎日新聞、日刊工業新聞、電気新聞
最難関研究に技術結集 熱核融合炉計画始動 超電導材料など産業に波及も 7/1 日本経済新聞
熱核融合炉関連施設 日本へ「六ヶ所村で遠隔実験」検討 「T-60」大改修も 7/1 朝日新聞(夕)
熱核融合炉 中国が計画 7/2 読売新聞
絶対音感 目立つ日本人 7/3 朝日新聞
ITER 誘致かなわず 不協和音 くすぶり続け 青森の「国策不信」増大も 7/4 電気新聞
南仏、産業復興に期待 ITER 一致決定 年内着工 7/4 日本経済新聞
リニア技術応用 円盤回転で蓄電 JR 東海と経産省 7/4 日本経済新聞
ITER 交渉、仏に建設で決着 「国際プロ」協力を最優先 7/5 日刊工業新聞
熱核融合炉 誘致失敗の日本 名を捨て実を取れた? 7/6 読売新聞
今さら聞けない MRI 体内の水素を画像化 異変キャッチ 7/10 朝日新聞
脳科学の進歩 「心を見る」者、自ら倫理問う 7/11 朝日新聞
地球最速パソコン 次世代機に政財界も期待 7/12 朝日新聞(夕)
超電導磁石 磁場、世界最高に 東北大・東芝 実験装置向け 7/15 日経産業新聞
次世代の近距離無線通信規格 UWB に商機 米・中で映像機器に採用 7/15 日刊工業新聞
無線ネット競争激化 周波数めぐる政策カギ 7/18 朝日新聞
超電導モーター高出力化 90キロワット、製品化めど 7/19 電気新聞
超電導センサーで神経計測 金沢工業大学 先端電子技術応用研究所 7/19 フジサンケイビジネスイイ
揺らぐ知力の基盤 国際標準 軽視で後手に 7/19 読売新聞

[超電導 Web21 トップページ](#)

【ビジネストレンド】超電導速報 世界の動き (2005年6月)

電力

American Superconductor Corporation (2005年6月1日)

American Superconductor Corporation は、メキシコの最大手線材・ケーブルメーカーの Conдумex 社から 10 km 長の第 1 世代 HTS 線材の注文を受けた。Conдумex 社は、この HTS 線材を使って 3 系統の 33m 送電線を製造、メキシコシティ変電所に設置する。このプロジェクトでは、メキシコシティの地下を利用してより多くの電力を送り、グリッドのボトルネックを解消して、顧客に信頼性が高く、安定した電力が提供できることをデモすることを目指している。この配電用交流ケーブルシステムは 47MW の電力を伝送できる。

Conдумex のスポークスマンは「Conдумex は、HTS 線材が、光ファイバーが通信事業に引き起こしたのと同様な革命を電力ケーブル事業の分野でもたらすものと信じている。」と述べた。Conдумex は、来年までに超電導ケーブルを設置、運転を開始する予定。メキシコ政府は、このケーブル・プロジェクトの資金の 1/3 を援助する。

出典:

“Conдумex to Build High Temperature Superconductor (HTS) Cable System with HTS Wire from American Superconductor”

American Superconductor Corporation press release (June 1, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=715485&highlight

American Superconductor Corporation (2005年6月28日)

American Superconductor Corporation は、5MW の HTS 船用推進システムのプロトタイプが、海軍の厳しいテスト・プログラムをパスしたと発表した。この船用推進システムは海軍向けに設計、開発、製造されたもの。海軍の監督の下、モーターは負荷及び船用ミッションに関する各種シミュレーション試験を成功裏に終了することができた。この試験は 3 つの海軍の目標を満たしているかどうかを調べるもの。試験内容は、1 番目として、全速での長期耐久試験であり、2 番目は重要なマシン・パラメータを正確に維持できるかを調べることであり、3 番目は模擬海上環境下でのダイナミックな性能を調べることである。

良好なテスト結果は HTS 回転装置の開発に向けての重要なベンチマークとなるものであり、今後のプログラム継続が正当なものであることを示すものである。今後、AMSC 社と Northrop Grumman 社とが製造を進めている 36.5MW、120rpm 高温超電導モーターが 2006 年夏に海軍に納入される予定。

AMSC 社最高責任者 Greg Yurek は次のように述べた。「このテストの成功は、世界的な軍用及び商用造船事業者の注目を集めている。AMSC 社は船用電気推進システムに対する要求事項を明確にするため興味を持つ将来の顧客とすでに話し合いを始めており、2006 年には顧客向けの事業に着手することを目指している。」

出典:

“5-Megawatt American Superconductor HTS Ship Propulsion Motor Passes Rigorous Load and Ship Mission Profile Dynamic Simulation Tests at the Center for Advanced Power Systems”

American Superconductor Corporation press release (June 28, 2005)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=724337&highlight

THEVA (2005年6月30日)

THEVA社はISD法により、配向したMgOバッファー層を持つハステロイC276上に、37m長、10mm幅のHTS次世代線材を作製した。平均の臨界電流は158Aで、以前のTHEVA社の10m長で臨界電流200Aという結果を凌ぐものである。37mの長手方向で臨界電流の大きさはばらついてはいるものの、THEVA社は、今後、短尺で実現した結果(1mで300~350A/cm、1cmで500A/cm)を長尺でも実現できるものと確信している。37m長の線材の成功はTHEVA社にとって基礎開発フェーズから、商用フェーズへの切り替わりを意味するものであり、今後線材長で年産4~5km程度を計画している。また、同社は、毎年製造能力を3倍づつ高めていきたいと考えている。

出典:

“THEVA FABRICATES 37 METER LONG COATED CONDUCTOR”

THEVA press release (June 30, 2005)

http://www.theva.com/redaktionssystem/news_and_press/pdf/presserelease_theva_300605.pdf

THEVA (2005年7月1日)

THEVA社は、ドイツのOSWALD Elektromotoren GmbHが設計、製造する新世代小型・強力リニアモーターの2種類のプロトタイプに使用する5kmの次世代線材供給事業者に選定された。小さいほうのモーターは30mの線材を必要とする18のダブルパンケーキコイルからなり、大型のモーターは135mの線材を必要とする30のコイルからなる。線材の供給は、2007年初めまで継続することになり、この注文だけでTHEVA社の生産能力のほぼ半分を占めることになる。THEVA社最高責任者T. Werner Prusseitは次のように述べた。「このプロジェクトは、次世代線材をマーケットインするための重要な試金石である。この新素材の固有のポテンシャルをエンジニアリング会社が認識してくれてうれしく思っている。OSWALDのような経験あるメーカーと組むことにより、実際の応用での過酷な条件に適合するよう材料を最適化するための得がたいチャンスが得られるものと思っている。」ドイツ教育科学省が、このリニアモーター・プロジェクトに資金を提供している。

出典:

“THEVA TO DELIVER 5 KM OF COATED CONDUCTOR FOR MOTOR PROJECT”

THEVA press release (July 1, 2005)

http://www.theva.com/redaktionssystem/news_and_press/pdf/presserelease_theva_010705.pdf

エレクトロニクス

University of Illinois at Urbana-Champaign(2005年6月16日)

イリノイ大学 Urbana-Champaign 校は、モリブデン及びゲルマニウム皮膜で覆ったDNA分子骨格から構成される新しいタイプの超電導ナノデバイスを開発、その動作を調べた。得られた1対のナノワイヤーは、磁場測定や超電導領域のマッピングに使える可能性のある新しいタイプの量子干渉現象を示した。このナノ構造自身は、わずか3~4分子の直径程度(5~15nm)の幅を持つ1対の超電導ワイヤーから構成される。磁場がなければ、ワイヤーは広い温度範囲で抵抗0である。ただし、このナノワイヤーは、より太いワイヤーが超電導を維持できる温度で常電動状態になってしまう。しかしながら、磁場強度を調整することにより、遷移温度付近でこのデバイスは抵抗値が明確な周期的振動を起こす。詳細な研究によりこの現象は説明された。磁場を印加することにより小さな電流が流れる。その大きさは磁場及びナノワイヤーが埋め込まれているトレンチの幅によって変化する。この電流が大きな抵抗変化をもたらす原因である。この周期的な振動は、物質の波動的性質を反映したものである。この新しいナノワイヤー・デバイスの用途としては、局所的な磁気測定や超電導電流によって生成される相のプロファイリングが考えられる。このDNA骨格を用いて、

分子レベルの複雑な電子デバイスが創り出せるかも知れない。さらには、電子ビームでナノワイヤーの一部を加工したり再結晶化させたりすることにより、単電子デバイスのようなナノ電子デバイスが創り出せるかも知れない。この結果は Science の 6 月 17 日号及び Nanotechnology 8 月号に掲載の予定。NSF、Alfred P. Sloan 財団、DOE が研究資金を提供している。

出典:

“Superconducting nanowires show ability to measure magnetic fields”
University of Illinois at Urbana-Champaign press release (June 16, 2005)
<http://www.news.uiuc.edu/news/05/0616nanowires.html>

通信

ISCO International(2005年6月22日)

ISCO International 社は、地域通信事業者の First Cellular of Southern Illinois 社に RF2 系製品を出荷した。これにより First Cellular 社は 1 つのセルサイトに CDMA, GSM 及びアナログシステムを統合できる。この ISCO の CDMA MultiCoupler Front End ソリューションは、First Cellular 社が、各種の無線システムや OEM 地上局を統合して色々な顧客の要求に応じることを可能にし、同社の競争力向上に貢献することになる。

出典:

“ISCO INTERNATIONAL'S RF TECHNOLOGY INTEGRATION SOLUTIONS HELP FIRST CELLULAR OF SOUTHERN ILLINOIS STAY AHEAD OF THE FIELD”
ISCO International press release (June 22, 2005)
<http://www.iscointl.com/>

基礎

Massachusetts Institute of Technology(2005年6月22日)

MITの研究者は新しいタイプの物質を創り出した。高温で超流動を引き起こす原子のガスである。この研究は金属中の超電導と密接な関係を持っており、この超流動現象を観察することにより高温超電導に関する疑問に答えることができるようになるかも知れない。MITのチームは、50ナノケルビンに冷却し、赤外レーザーによって保持されたりチウム6同位体のフェルミ原子ガス中に超流動渦を見出した。緑レーザーをガスに回転しつつ照射すると、超流動が回転し、渦の生成が観察された。これは明らかにガスが超流動状態であることを示すものである。金属中の電子密度にスケールリングして外挿すると、ガスの超流動転移温度は、金属超電導の転移温度が室温以上であることに相当する。この結果は、6月23日のNatureに掲載された。

出典:

“MIT physicists create new form of matter”
Massachusetts Institute of Technology press release (June 22, 2005)
<http://web.mit.edu/newsoffice/2005/matter.html>

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超伝導科学技術研究会第31回シンポジウム「躍進する超伝導技術」から

(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会は、平成17年6月23日にアルカディア市ヶ谷(私学会館)において第31回シンポジウム/第9回超伝導科学技術賞授賞式を開催した。

このシンポジウムにおいて、荻原宏康氏による「超伝導開発の流れと将来展望」につづき、熊倉浩明氏のイントロダクションのもとで「超伝導線材開発の最前線」に関する4件の講演と日高睦夫氏によるイントロダクションのもとで「超伝導エレクトロニクス技術の最前線」に関する4件の講演があった。

荻原氏の講演は、「応用超電導は10年から30年もかかるスロー・テクノロジーである。」「超電導はアームチェア・エンジニアに知的安らぎをもたらす。」「超電導体の“超”の字が消える日-これが夢である。」など厳しさの中にも優しさの滲むものであった。林氏の講演は、「ビスマス系高温超伝導線材のプロセス技術は加圧焼成法によって性能が大きく改善された。」「製品開発としてロジスティックカーブにおける“死の谷”を越える見通しを得つつある。」「一方、ビスマス系線材の市場性にはコスト問題など“ダーウィンの海”越えが課題である。」というものであった。

萬氏の講演は、「SFQ回路技術はポストCMOSロジック技術に位置づけられている。」「SFQ回路のLSI化に向けた作製技術、設計技術、パケットスイッチなど応用技術及びチップ間信号伝送技術において急速の進歩があった。」「光技術とのハイブリッド化、量子ビットの制御、テラヘルツ領域融合技術へと展開しうる。」などマスコミ(日経マイクロデバイス)も注目するものであった。

また、第9回超伝導科学技術賞授賞式では、つぎの特別賞と科学技術賞が授与された。

- 特別賞 -

荻原宏康:「超伝導マグネット及び関連技術開発に対する貢献」

- 科学技術賞 -

向山晋一、石井登、市川路晴、鈴木寛、木村昭夫、安田健次:「500m長高温超伝導送電ケーブルの開発」、神鳥明彦、塚田啓二、宮下豪、鈴木大介、横澤宏一:「超伝導SQUIDを用いた心臓磁気計測システムの製品化に向けた研究開発」、田仲由喜夫、柏谷聡:「異方的超伝導体における界面現象の理論と実験検証」、高田和典、櫻井裕也:「水和コバルト酸化物超伝導体の発見」及び田島節子:「高温超伝導体における電子格子相互作用の解明」



(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

応用物理学会超電導分科会第 31 回研究会から

応用物理学会超電導分科会主催の第 31 回研究会は、「将来の超高周波、高速化、高精度を担う超電導応用技術」をテーマとして 2005 年 6 月 24 日に超電導工学研究所にて開催された。午前中のレビュー講演に続き午後からは応用各論の講演があった。産総研の東海林氏からは SNS 接合である NbN/TiN/NbN を用いることにより短時間で電圧の切換えが可能なプログラマブルジョセフソン電圧標準 (PJVS) の開発状況が報告された。平坦化プロセスによりマイクロ波照射時のラインの J_c を増加できたことが一つのブレークスルーであり 1V-PJVS に成功している。現在冷凍機動作の 10V-PJVS を開発中であるが、冷凍機のノイズや磁束トラップの問題と、327,680 接合を集積化する必要があるためにパーティクルや水垢の問題など生々しい話を聞かせていただいた。SRL の萬氏はハイエンドルータとしての超電導ルータの開発状況として、160Gbps 用の 4x4 スイッチやスケジューラの動作確認がされていること、SFQ LSI の設計技術の開発や進行中の冷却システム、さらには将来の 100Tb/s 以上での新たなアーキテクチャーの可能性や光ルータ技術と SFQ 技術の融合など将来の可能性についても報告した。また、SRL の鈴木は超高速の超電導サンプリングシステム開発の現状として 50GHz までの波形観測に成功したことと 100GHz を超える性能の将来展望を報告した。

名大の藤巻先生からは、デジタル-RF 無線システムへの超電導オーバーサンプリング ADC のメリット、現状と応用に関する報告があった。半導体 ADC の進歩は 0.18bit/年とスローペースであり広帯域、高感度、高 SNR の超電導 ADC が将来使われる可能性が高いこと、現在研究の変調器のメリットや課題、現在取り組んでいる解決方法や得られている性能などが紹介された。東芝の橋本氏は NHK と共同開発している地上デジタル放送中継局用の HTS フィルタの開発状況を紹介した。群遅延を 500ns に低減し隣接チャンネルへの減衰を 30dB 以上とすることや、起動時間、寸法、重量、消費電力など詳細な仕様を示された。また OFDM 信号伝送試験で強烈な妨害波の下でも超電導フィルタにより信号がきちんと取り出せた結果など完成度の高さを示した。

NICT の王氏からは、高感度化と THz へのアプローチとして SIS ミキサとホットエレクトロンボロメータ(HEB)ミキサを中心とした超電導ミキサの現状が報告された。SIS の高周波化への取り組みとしては MgO 基板上的 NbN で幅 60 ミクロン、長さ 1mm、厚み 25 ミクロンと小さなオール NbN チップを用いて 800GHz で雑音温度 200K が得られている。さらには AI の同調回路で 2.8GHz まで可能なようである。現在は IF 帯域や安定性等に問題があるものの、将来は THz 帯での主役は HEB か? という状況のようである。国立天文台の野口先生からは超電導デバイスの成功例の一つであり、これがなければ現在の電波天文は成り立たない SIS ミキサ開発の歴史と、チリのアタカマ (高度 4800m) に 12m のパラボラアンテナを計 64 台と 7m12 台を建設予定の日米欧協力のビッグプロジェクトであるアルマ計画について紹介された。30G ~ 950GHz の 8 組のバンドのうち日本は 3 バンドを受け持つとのことである。要求されるミキサの性能を満足する SIS ミキサの開発、特に 950G 付近でのミキサ開発とともにデバイスを含むシステムの開発・生産への対応は大変なようである。

最後に SRL の田辺氏は、HTS の発見から 19 年が経過したが、半導体の例をとっても 1947 年のトランジスタの発明後 20 年以上経って Kb-DRAM が実用化されたこと、IC や半導体レーザーなども実用化には 20 - 30 年要したことなども考えると HTS デバイスの実用化は 2010 年以降であろうとの予想が示された。また、今後は分野間の技術の融合が重要であることや技術レベルの維持や低コストライオウラの開発や研究者数の確保が重要であることが強調された。

(SRL/ISTEC デバイス研究開発部 鈴木秀雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

やさしい超電導デジタル応用のおはなし(その4)

SRL/ISTEC

デバイス研究開発部 低温デバイス開発室
室長 日高睦夫

その4: スーパーコンピュータ

超電導工学研究所に勤める健くんには文香さんという婚約者がいる。文香さんは将来夫となる人の仕事を理解しようと色々勉強しているが、どうもわからないことが多い。特に健くんが研究しているSFQ(単一磁束量子)回路というものが何の役に立つのかさっぱりわからない。そこで健くんはSFQ回路が何の役に立つのか聞いてみることにした。

地球シミュレータは今でもダントツのトップ

文香: 今日はSFQを使ったスーパーコンピュータの話だったよね。

健: そうだよ。でもその前に半導体を使ったスーパーコンピュータの話から始めよう。この前話した地球シミュレータって覚えている。

文香: 体育館のような建物にぎっしり詰まったすごいコンピュータだったわよね。それで、ついこの前まで2年半も世界トップだったっていうアレね。

健: そうだよ。今はアメリカのコンピュータに抜かれて、4位になってしまったけどね。

文香: なんだ4位か。

健: おいおい、4位だってすごいんだよ。それに、実際の研究に使う複雑なシミュレーションでは今でもダントツのトップなんだよ。

文香: 今4位って言ったばかりじゃない。4位がどうしてトップなのよ?

健: もっともな疑問だね。世間では公表された順位だけが取り上げられて、勝った、負けたと騒いでいるようだけど、どうやって順位が決められているかは、皆あまり知らないよね。

文香: そういえばそうね。

健: スーパーコンピュータのランキングは、半年に一度公表される「TOP500リスト」で決まるのだけれど、これにはLINPACKと呼ばれるベンチマークテストが使われているんだ。

文香: ベンチマークって何?

健: ハードウェアやソフトウェアの性能を評価するためのプログラムのことだよ。LINPACKは主に浮動小数点演算のための連立一次方程式の解法プログラムなんだ。異なったスーパーコンピュータの計算能力を比べるために、同じプログラムつまりLINPACKを実行させるんだよ。

文香: 同じプログラムを実行させて競わせるんだったら、公平なんじゃない。

健: ところがそうでもないんだな。地球シミュレータと今1位から3位にいるアメリカのコンピュータとでは、コンピュータの構造(アーキテクチャ)が違っているんだ。この前も少し説明したけど、地球シミュレータはベクトル型といって比較的大きなプロセッサが、ネットワークを使って密につながっているんだ。だから、プロセッサ同士で頻りにデータをやり取りするような計算に向いているんだ。これに対して、1位から3位のコンピュータはスカラー型といって比較的小さなプロセッサをたくさんつないでいるんだ。

文香: それだと、どうなるの?

健：お互いに無関係な計算をたくさんのプロセッサに割り振って、最後に計算結果をまとめるという場合はスカラー型でも性能が出せるんだ。計算はお互いに無関係だからプロセッサの数を増やすことで計算能力を増やすことができるからね。それに、この前説明した地球シミュレータで使われている単段クロスバー接続を使っているわけではないので、接続するプロセッサの数を増やすことがそれほど大変ではないんだ。でも、プロセッサ間のデータのやり取りが多くなってくると、こういうコンピュータは性能がガクンと落ちてくるんだ。その点ベクトル型では、プロセッサ間のデータのやり取りが増えても性能があまり落ちないというのが強みなんだ。

文香：実行させる計算の種類によってスカラー型に有利になったり、ベクトル型に有利になったりする訳ね。じゃあ、LINPACK はどちらのタイプの計算なの？

健：元々はプロセッサ間のデータのやり取りが必要なプログラムだったんだけど、ある計算手法が開発されてスカラー型でも性能が出るようになってしまったんだ。でも、気象変動を調べるといった実際のシミュレーションでは、スカラー型でも性能が出るようなものは少なく、こんなシミュレーションではベクトル型とスカラー型の差は LINPACK でのテスト以上に大きいんだ。

文香：そうか。「TOP500 リスト」はあくまでも LINPACK での順位ってということね。

健：そういうこと。でもそのことを分かっている人はあんまりいないと思うよ。この図(図1)は、アメリカのエネルギー省傘下の研究所が、実際に研究に使う複雑なシミュレーションプログラムを実行させて、アメリカ製のスーパーコンピュータと地球シミュレータの効率比較を行った結果なんだけど、地球シミュレータの効率が実際のシミュレーションでは勝っていることがわかる。しかも、アメリカの CRAY X1 が 64 プロセッサしかないため、比較は 64 プロセッサで行われているんだ。地球シミュレータは 5,120 プロセッサ構成で、プロセッサ数を増やしても効率はほとんど落ちないから、実際の性能差はこの図以上に大きいと思うよ。

文香：地球シミュレータってすごいね。

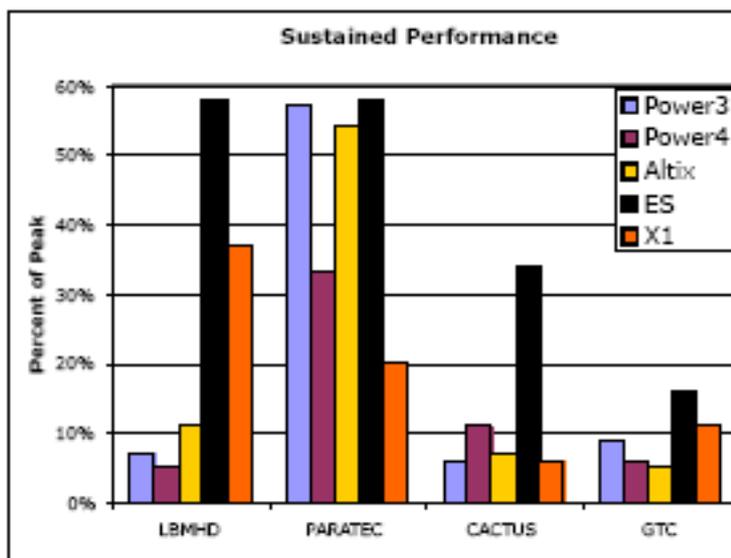


図1 地球シミュレータ(ES)と米国製コンピュータの実効性能比較
各コンピュータとも 64 プロセッサを使用。

LBMHD (プラズマ物理)、PARATEC (材料科学)、CACTUS (天体物理)、GTC (核融合)

L. Oliker, A. Canning, J. Carter, J. Shalf and S. Ethier,
"Scientific Computations on Modern Parallel Vector Systems",
<http://crd.lbl.gov/~oliker/papers/SC04.pdf>

SFQ スーパーコンピュータ

健：前置きが大部長くなってしまったけど、ここから本題に入ろう。

文香：いよいよ SFQ を使ったスーパーコンピュータの話ね。

健：地球シミュレータの話で分かったと思うけど、スーパーコンピュータで重要なのは個々のプロセッサ性能と台数のかけ算であるピーク性能だけではなくて、プロセッサ間のデータ交換能力やメモリとプロセッサ間のデータ交換能力も重要で、これらの性能のバランスが取れている必要があるんだ。しかもプロセッサの性能が上がれば上がるほど全てのコンポーネントを近くに置く必要があるんだ。つまり小さなコンピュータにする必要があるんだ。

文香：どうして。すごい性能のコンピュータは大きくてもいいんじゃないの？

健：どんな信号でも真空中の光の速さ以上の速さで伝わることはできないって、知ってるよね。真空中の光は1秒間に30万km進むんだけど、光ファイバーや電気ケーブルを使うとそれより確実に遅くなるんだ。仮にプロセッサのクロックが上がって地球シミュレータの10倍の10GHzになったとしよう、10GHzだと100ピコ秒（ピコ秒は1兆分の1秒）ごとにデータが出てくるんだけど、100ピコ秒の間に信号の進める距離は真空中の光でもたった3cmなんだ。ところがコンピュータの大きさが地球シミュレータより大きくなって、例えばプロセッサ間の距離が300mあったとしたら、データは10,000クロック以上かかってやっと別のプロセッサに到着できることになるね。実際にはこれにネットワークの処理時間も加算されるから、プロセッサはその間ずっと待つことになるね。だから、プロセッサ間の距離が大きくなると性能が落ちてくるんだ。

文香：何とか工夫ができないの？

健：ある程度までは処理方法の工夫で回避できるけど、本質的に信号到達に時間がかかってしまうのは、物理法則だからどうしようもないよ。唯一の解はプロセッサ間の距離を小さくすることだよ。つまり、小さなコンピュータを作るってことだよ。

文香：性能を上げて、小さくするんでしょう。これって矛盾していない。どうすればいいの？

健：方法は二つあって、一つは個々のプロセッサの能力を上げること。こうすると、ある性能を達成するために必要なプロセッサ数を減らすことができる。もう一つは、プロセッサなどのコンポーネントをできるだけ近づけて置くこと。こうすれば、全体を小さくできるだろ。

文香：何となく話が見えてきたわ。この前スイッチの話で聞いたように、半導体プロセッサの性能を上げると発熱が大きくなるんで、近づけることができなくなるのね。そこで、高性能でも発熱が小さいSFQの出番って訳ね。

健：教育の成果が出てきたね。するどいじゃない。

文香：ありがと。

健：SFQ技術を使うと、半導体より数十倍大きなクロックが使えるので、単体のプロセッサ性能を大幅にアップすることができるんだよ。この写真（図2）は、名古屋大学、横浜国立大学と超電導工学研究所が共同で開発したSFQマイクロプロセッサだよ。7つの命令を実行するだけの簡単なものだけど、半導体より5倍以上速い21GHzクロック動作が実証されているんだ。この技術を発展させると、地球シミュレータの約25倍の計算能力にあたる1PFLOPS（ペタフロップス）を実現するために、半導体プロセッサ100,000個が必要なところを、SFQプロセッサを使うと4,000個で

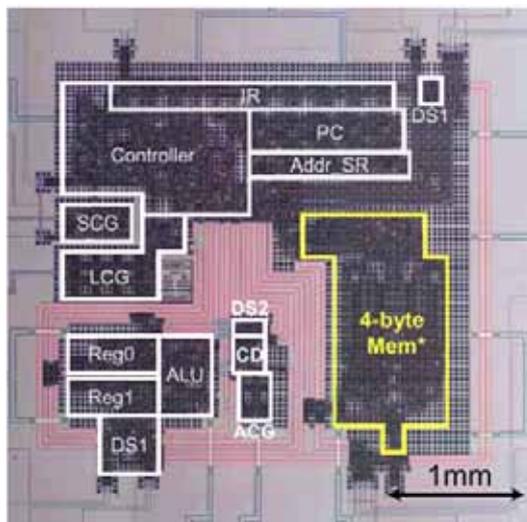


図2 21GHzクロック動作が確認されたSFQマイクロプロセッサ回路
(設計・評価：名大、横国大 試作：超電導工学研究所)

すむという試算もあるよ。

文香：すごく少なくてすむのね。

健：おまけに SFQ 回路は発熱が小さいから思い切りコンパクトに詰め込むことができるしね。プロセッサとプロセッサ、プロセッサとメモリを縦に積み重ねる三次元実装も発熱を心配せずにできるしね。

文香：SFQ でスーパーコンピュータを作るとどんなものができるの？

健：この図（図 3）は、横浜国立大学の吉川教授の試算を基にした SFQ スーパーコンピュータのイメージだけど、地球シミュレータの約 40 倍の計算能力を持つ 1.6 PFLOPS システムが僅か 4m 四方に収まるんだ。半導体技術で同じものを作るとすると 300m 四方程度必要になるんだよ。おまけに、この規模で SFQ スーパーコンピュータの消費電力はたった 4kW なんだ。冷却用の冷凍機の消費電力を加えても 1.4 MW だよ。これに対して、半導体システムでは 240 MW というとてつもない電力が必要になると予想されているよ。

文香：SFQ の方が環境にもやさしいって訳ね。

健：地球温暖化をシミュレーションしているコンピュータが、バカみたいに電力を消費しているんじゃカッコ悪いからね。ここまで説明したように、SFQ 技術を使えば本当の意味で計算能力が高いスーパーコンピュータが実現できるんだよ。それに、場所や電力も少なくてすむからコストもずいぶん低く抑えることができると思うよ。

文香：SFQ スーパーコンピュータって、ちっちゃくって、ご飯も少ししか食べないのにとっても賢い。まるで私みたい。

健：どこが！

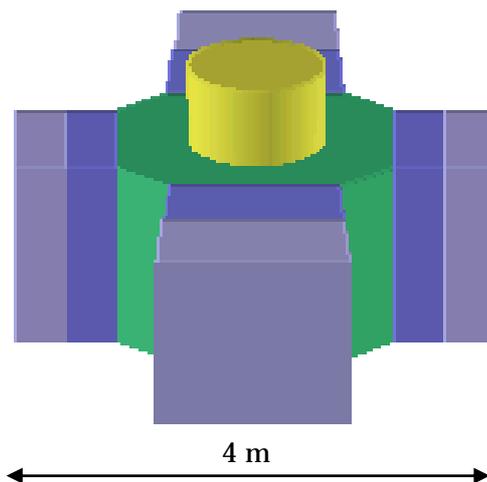


図 3 1.6 PFLOPS SFQ スーパーコンピュータのイメージ
(横浜国大吉川教授作成)

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q:「超電導軸受」と「ころがり軸受」では、どのような違いがあるのでしょうか？

A:「ころがり軸受」とは、図1のように鋼球等を用いて、文字通り「ころがり運動」をさせるものであり、精密かつ安価、潤滑が容易等々の特徴により、回転体のアキシャル荷重を支持する軸受として、広く一般的に使用されています。

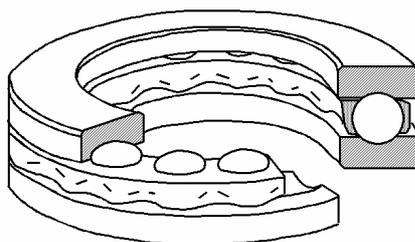


図1 単式スラスト玉軸受

一方、永久磁石と超電導バルク体を利用した「超電導軸受」は、真空中で回転体を超電導体のピンニング力によって非接触支持するものであり、回転損失の大幅な低減や超強力超電導磁石を用いた荷重支持力の向上が可能となるため、図2に示すようにフライホイール電力貯蔵装置への適用が期待されており、世界各国で研究開発が盛んに行われています。また、ころがり軸受で問題となる、軸受の損傷、潤滑油の劣化等がなく、メンテナンスフリーかつ長寿命化が可能な点も超電導軸受の大きな利点と言えるでしょう。

特に軸受損失に関しては、超電導軸受の採用により、従来の軸受に比べて 1/100 以下に低減できるとの報告¹⁾もあり、今後、フライホイールを用いた時間オーダーでの電力貯蔵の実現が大いに期待されています。

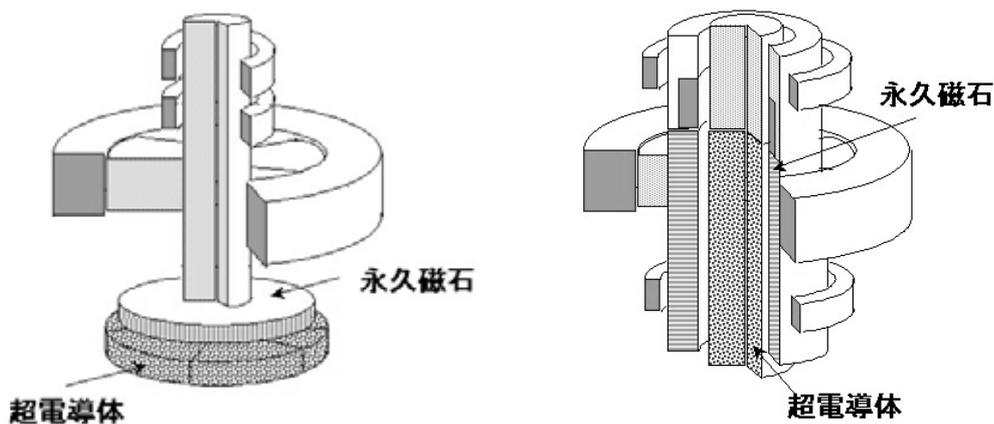


図2 アキシャル型(左)とラジアル型(右)超電導軸受を適用したフライホイールのイメージ

1) William V. Hassenzahl, "Superconductivity, An Enabling Technology for 21st Century Power Systems?", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 11, No. 1, March 2001

回答者：SRL/ISTEC 企画本部 兼 材料物性研究部 バルク研究開発室 市原卓巳