

掲載内容 (サマリー):

特集: 超電導電力貯蔵装置 (SMES)

SMES の完成へ向けて - 超電導電力ネットワーク制御技術開発プロジェクトが目指すもの -
シャープ(株)亀山工場での SMES のフィールド試験状況
核融合研における瞬低対策 SMES 用伝導冷却型 LTS パルスコイルの開発
中部電力の瞬低補償用酸化物 SMES の開発状況

超電導関連 2-3 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (12/18-1/19)

超電導速報 - 世界の動き (2004 年 12 月)

特許情報

磁気科学合同シンポジウム 2004

Asian Conference 2004 on Applied Superconductivity and Cryogenics(ACASC 2004)報告

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 1)

読者の広場(Q&A) - 高温超電導線として期待されている Bi-2223 線材と Y-123 線材と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：超電導電力貯蔵装置（SMES）

「SMESの完成へ向けて - 超電導電力ネットワーク制御技術開発プロジェクトが 目指すもの - 」

中部電力株式会社
技術開発本部電力技術研究所電力グループ
超電導・新素材チームリーダー
研究主査 長屋重夫

今年度（平成16年度）から資源エネルギー庁の国家プロジェクトとして、NEDO 指揮のもと、電力系統制御用 SMES 開発プロジェクトがスタートした。このプロジェクトは、平成11年～15年にかけて行われた超電導電力貯蔵システム技術開発プロジェクトの開発成果を受け、SMES 技術の完成を目指しているものである。

超電導技術は大電流を効率良く取り扱うことが出来るため、電力応用においては、電気抵抗による損失を抑え効率を改善し、機器やシステムの小型化が可能となる。特に、発電、送変電といった既存の電力システムへの適用の他に、貯蔵分野への実用化が期待されてきた。

超電導を利用した電力貯蔵には、SMES 以外にも、軸受けに超電導を利用したフライホイールがあるが、2次電池なども含めて、SMES の特徴は、貯蔵部が繰り返しに強く、貯蔵エネルギーを秒単位で放出できる点にある。この為、瞬間的な大出力や繰り返しの動作を必要とする電力システムの安定化に最適な貯蔵システムであり、また今後、導入が進むであろう分散電源や風力、太陽光などの自然エネルギーを、柔軟に既存システムに連系するうえでも非常に有力な技術となる。

ここで、先の開発では、SMES システムの心臓部である超電導コイルを中心に、ともすれば、その高い性能、効果故に軽視されがちなコスト面での検討を行い、電力の系統制御用途に的をしぼり、SMES の動作責務に対するコイルと導体の機能、裕度を最適化することで、SMES の心臓部であるコイルのコストを大幅に低減させる技術開発に成功した。この結果、SMES は機能面だけでなくコスト面でも、初めて実用化を見通せる超電導電力機器となり、既に今回の成果を用いて、瞬時電圧低下補償装置としての SMES が検討されている。

瞬時電圧低下補償装置は、落雷時などの一瞬の電圧低下を補償する装置であり、1秒以下での貯蔵エネルギー放出が要求され、まさに SMES のもつ特徴が十二分に発揮される用途ではある。特に、工場を一括で補償するような一定以上の規模を持つ場合に、貯蔵部がコイルであり、動作責務に必要なエネルギー量でこれを構成出来る SMES の原理の有効性が最大に発揮される。これは、実際の補償動作責務が1秒前後であり、分から時間の貯蔵部となる他の手法に比べ、圧倒的にコンパクトなシステムとすることが出来るからである。

今回のプロジェクトは、コイルコスト低減技術の開発成果を受け、トータルシステムとして SMES を完成させるべく、電力変換器や冷凍機など、コイル以外のシステム主要機器の開発を行うもので、特にプロジェクト後半では、パイロットプラントを作製し、実系統連系試験において、その効果を確認する計画としている。

計画の詳細は、NEDO ホームページ（<http://www.nedo.go.jp/>）にプロジェクトの基本計画が紹介されており、そちらを参照してもらうこととし、ここでは、具体的にどのような形でプロジェクトを進め、最終的に何を狙っているのかを紹介する。

現在、プロジェクトを3つの開発軸を持って進めており、まず最初の開発軸は、主にハード面で

の開発となる、低コスト大容量変換器、高磁場酸化物系コイル、高信頼性極低温冷凍機、高耐電圧電流リード、以上4つの機器開発を行うシステム構成技術開発、2つ目の開発軸は、後半に計画している実系統連系試験に向けて試験サイトの決定から試験方法、評価法の検討、また実導入時に必要な施工性や保守・運用性の検討など、主にソフト面からの開発であり、ハード、ソフト両面からの検証を通じて、SMESのパフォーマンスを見極める。

そして3つ目の開発軸は、SMESの導入効果面からの検討であり、将来の想定市場も視野に入れた市場ニーズとその経済性を検討することで、先の2つの軸から得られたパフォーマンスにコストの軸を加え、導入時の最終判断に必要な費用対効果の形でSMESを評価、加えて競合技術も同等に評価することで、最終的には、電力用途のみならず産業応用も含めた用途別最適SMESとして、システムを標準化することを目指している。

電力分野への超電導機器の導入は、超電導技術のメリット自体が、大容量の電力を効率良く取り扱える点にあることから、必要とされる規模が大きく、また同時に信頼性も非常に高いものが要求される。SMESに関しては、開発当初の昼夜の電力負荷平準化のような大容量のものから、SMESの特徴が最も発揮される系統制御用に適用効果を絞り込むことであった。また、その開発の重点は単に超電導を用いて機器特性を上げるのではなく、責務に対して必要な裕度を最適化し、超電導性能を下げても、SMESの持つ便益に見合った形で、システムを構成することであった。このような実用化を強く意識した開発を進めたことにより、瞬時電圧低下補償という電力応用に比べ、一段小規模で、信頼性もバックアップ可能な産業応用が生まれ、実際に使用されることで、課題が明確化された。この課題の解決を目標としている本プロジェクトにより、SMESは完成するものと考えている。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力貯蔵装置（SMES）

「シャープ(株)亀山工場での SMES のフィールド試験状況」

中部電力株式会社
技術開発本部電力技術研究所電力グループ
超電導・新素材チーム
式町浩二

高品質な電力が要求される大規模半導体工場等において、瞬時電圧低下（以下、瞬低という）による甚大な被害が問題視されているが、その瞬低補償対策には瞬時大出力可能な電力貯蔵装置が必要となる。SMESはその対策装置としての最適な特長を持っており、その対策機器の早期導入に向け、金属系超電導体を用いて工場一括補償が可能な出力 5 MVA（利用可能エネルギー：5 MJ）の瞬低補償用 SMES システムを開発した。

SMES システムは、常時電力を貯蔵している超電導コイル、その保護回路部、瞬低発生時に高速で系統側電力を遮断する高速切替スイッチおよびコイル蓄積エネルギーを交直変換して負荷へ供給する電力変換器等から構成されている。ここで、SMES システムに要求されるのは切替高速化・大容量化・低コスト化であり、これらの実現には電力変換器、高速切替スイッチの開発が不可欠である。また、コイル冷却には小型冷凍機による冷媒再凝縮システムを採用し、法定管理者や冷媒補充を不要とし、メンテナンス簡素化および低コスト化を可能とした。

2003年7月より三重県亀山市にあるシャープ(株)の最新鋭大型液晶工場へ SMES システムを設置し（図 1）

フィールド試験を開始した。その後、実システムで瞬低が発生した際、SMES システムが補償動作したことを確認した。その一例を図 2 に示す。系統側電圧に瞬低が発生しているが、瞬時に SMES が負荷へ電力供給することで負荷側電圧を一定値に維持していることが確認できる。

さらに実用においては、多重雷による繰り返し瞬低発生が懸念されるため瞬低補償装置には繰り返しに対応可能な動作責務が要求されるが、繰り返し動作責務についてもフィールド試験において検証した。雷故障の連続発生により瞬低の継続を経験したが、補償動作をその間維持することで問題なく補償動作を行った。また、1分間隔で3回繰り返し瞬低を経験したが、充放電を繰り返すことで問題なく繰り返し3回補償動作を行った。

以上、技術面において瞬低補償 SMES システムに要求される仕様について実現できていることを検証した。



図 1 5MVA-5MJ 瞬低補償 SMES システム

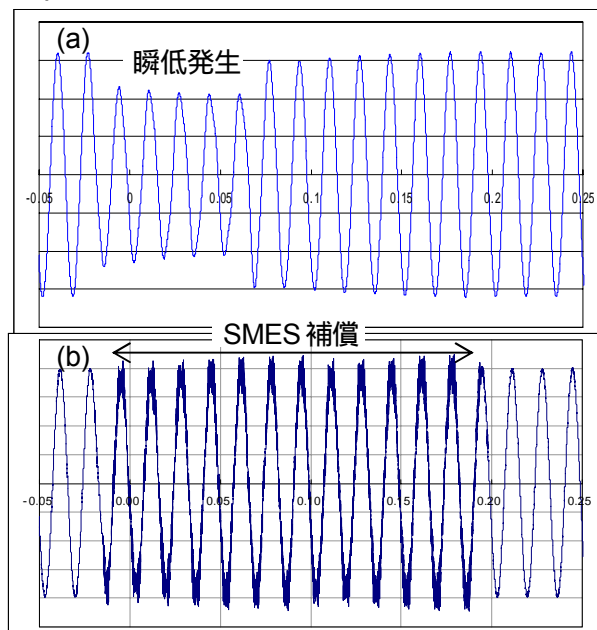


図 2 瞬低発生時の(a)系統側および(b)負荷側電圧

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導電力貯蔵装置（SMES）

「核融合研における瞬低対策 SMES 用伝導冷却型 LTS パルスコイルの開発」

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所
大型ヘリカル研究部 炉システム・応用技術研究系
研究主幹 三戸利行

核融合科学研究所では、(株)テクノバ、鹿児島大学、九州大学との協力の下、1 MW、1 秒間の電力補償を行える瞬低対策 SMES の研究開発を、NEDO の基盤技術研究促進事業の一環として行っている。瞬低対策 SMES のキーテクノロジーとして、従来にない取り扱いの容易さと安全性及び経済性に優れた伝導冷却型の低温超電導 (LTS) パルスコイルの開発を進めている。今回、超電導導体の交流損失の抑制とコイル内の高い排熱特性の両立により、従来は実現が困難とされた伝導冷却型 LTS パルスコイルの開発に世界で初めて成功した。

生産性が高いものの臨界温度の低い NbTi コイル、液体ヘリウムの高い比熱が利用できない伝導冷却、瞬低補償のためのパルス運転と言う、従来は同時に実現することが困難とされてきたこれらの組み合わせが可能であることを実証するため、1MJ 級コイルの製作に先立って 100kJ 級プロトタイプコイルを試作開発した。

コイルには、NbTi 成型撚線を低純度のアルミニウムで被覆した円形断面の高比熱導体を用い、導体をコイル内の磁場方向に合わせて捻りながら巻線することにより、交流損失の発生を低減している。試作した 100kJ 級伝導冷却型 LTS パルスコイルは、GFRP 製の巻枠の上に、カプトテープで絶縁した外径 5.9 mm の円断面アルミニウム被覆 NbTi/Cu 成型撚線を、導体を捻りながら 67 ターン × 14 層 = 938 ターン巻線し、内径 303 mm、外径 516 mm、長さ 409 mm の巻線部を構成している。巻線内部の構成を図 1 に示す。1 層分の巻線終了後、層間にダイニーマ FRP (DFRP) 製のスペーサと、リッツ線 (素線を絶縁した銅編線) を周方向に交互に挿入する。DFRP スペーサには、巻き終わった層の導体位置とこれから巻線する層の導体位置に対応した半円形の溝が両側に加工されており、その位置をスペーサが設置されるコイル周方向の角度毎に変化させることによって、層間の渡り部を含む導体の位置決め及び電磁力支持を可能にしている。一方、リッツ線は、巻線内部のコイル長手方向の熱流路を確保すると共に、コイル端部から引き出されて小型冷凍機の第 2 段コールドヘッド部に接続することによって、コイルの伝導冷却を可能にしている。

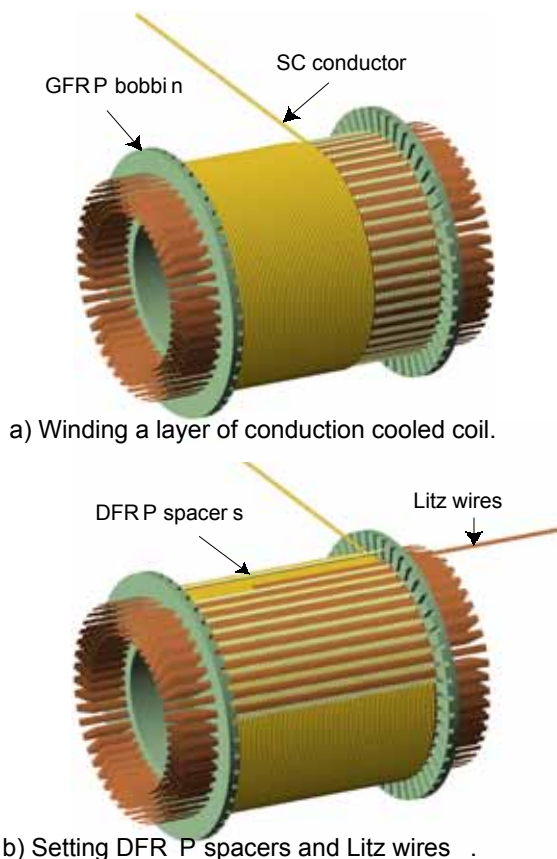


図 1 伝導冷却型 LTS パルスコイル巻線構造

冷却・励磁試験時の構成を図2に示す。冷却には、GM冷凍機を2台使用して4Kで3W、50Kで120Wの冷凍能力を発生させ、コイル端部から取り出したリッツ線によりコイルを4Kに伝導冷却すると共に、定格電流1000Aの通電が可能な高温超電導電流リードの低温端及び高温端を伝導で冷却する。

冷却・励磁試験の成果を表1に示す。

本伝導冷却型LTSパルスコイルの開発成功は、瞬低SMES用途のみでなく、パルス励磁を必要とする超電導コイルの様々な応用に適用可能であり、今までは特殊な用途に限定されていた超電導コイル応用の範囲を広げると期待される。

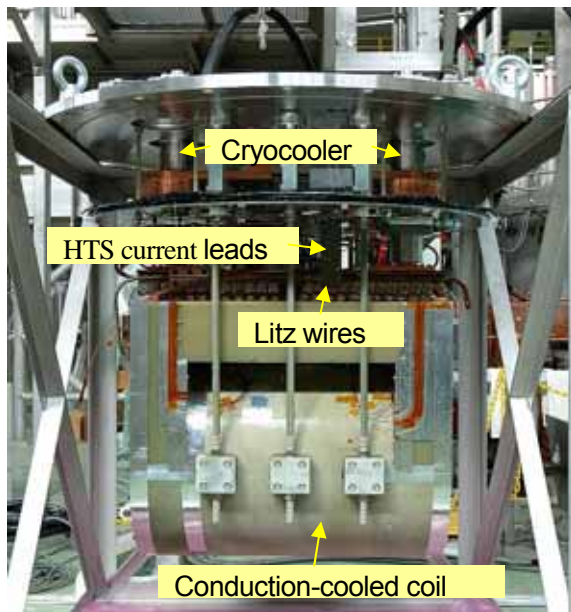


図2 伝導冷却型LTSパルスコイル冷却・励磁試験構成

表1 100kJ級プロトタイプコイルの冷却・励磁試験成果

試験項目	試験方法・内容	試験結果	成果
冷却試験	室温から130Kまで液体窒素による間接冷却、130K以下はGM冷凍機による伝導冷却を実施	液体窒素冷却1日、GM冷凍機冷却2日の実質3日の短期間で4Kまでの冷却が可能	コイル内温度差のない均等な冷却が可能、本伝導冷却コイルの優れた熱特性を実証
定格通電試験	定格電流1,000Aで1時間の保持運転を実施	コイル温度は、冷凍機の緩やかな温度上昇により、0.1K上昇、コイルと冷凍機間の温度差は一定	定格電流での安定な連続運転を実証
過電流通電試験	過電流1,230A(蓄積エネルギー150kJ)の台形波励磁の実施	1,230A、5分間の安定な通電に成功	過電流状態でもコイルの高い安定性を確認
高速遮断試験	コイル電流1,230Aから遮断時定数1.37秒(定格1秒放電時の2倍の減磁速度)での高速遮断試験を実施	常伝導部は発生せず、コイル内の温度上昇は約0.8Kに留まり、コイル内の非常に優れた熱伝導特性を確認	実機の1秒放電動作が十分な裕度を持って可能であることを実証
繰り返し高速励磁試験	50A/sの励磁・減磁速度で、ピーク電流1,000Aの三角波繰り返し励磁を実施	20回の繰り返し励磁でもコイル内の温度上昇は1.1K以下に留まり、高い除熱性能を確認	本伝導冷却コイルは連続パルス運転も可能であることを実証

特集：超電導電力貯蔵装置（SMES）

「中部電力の瞬低補償用酸化物 SMES の開発状況」

中部電力株式会社
技術開発本部電力技術研究所電力グループ
超電導・新素材チーム
平野直樹

中部電力では、Bi2212 超電導体を用いた酸化物 SMES 用コイルの開発に取り組んでいる。Bi2212 酸化物超電導体は高磁場中での高い通電特性を持ち、臨界温度も高く温度マージンが高く取れることから、金属系では実現困難な高磁界化によるコンパクト化と高い温度安定性を実現することが可能であり、また、コイルの電気絶縁を十分に施すことが可能である。すでに、Bi2212 丸線を 6 本用いた撚線導体をソレノイドコイルとし、その高い絶縁性能を確認しており、今回、4.2K、自己磁場において 2500A 級の通電容量を有した 500m 長さの Bi2212 一次撚線を用いた 1MVA 級瞬低補償用 SMES コイルを開発した。

1MVA 級瞬低補償用 SMES コイルは $\phi 1$ のニクロム線の周りに 6 本の $\phi 1$ の Bi2212 線材を(1+6)撚線した導体を短尺ソレノイド巻きし、各要素コイル間にアルミ伝熱板を挟み込んで 18 ヶ積層して構成されている。短尺ソレノイド積層方式の場合、同一導体長でコイルの製作が可能、積層コイル間にコイル伝導板を配置することが容易、導体の磁界中特性に応じてコイルの積層順を変更することが可能である等のメリットがある。図 1 にコイルの外観を、表 1 にコイル諸元を示す。



表 1 1MVA 級瞬低補償用 SMES コイル諸元

コイル形式	積層型シングルソレノイドコイル
コイル寸法	0.38(ID) × 0.70(OD) × 0.554(H) m
コイル巻数	6 × 49 × 18 積層
定格電流	500A
定格電圧	2500V
インダクタンス	7.87H
蓄積エネルギー	984kJ

図 1 1MVA 級瞬低補償用 SMES コイル

開発したコイルを伝導冷却により冷却する 1MVA 瞬低補償 SMES システム(図 2)に組み込み、1MW の模擬負荷抵抗を対象とした瞬低補償動作試験や、瞬低補償装置に求められる多重雷対応が可能であることを確認するための連続補償動作試験を実施した。この結果、瞬低補償動作はもちろんのこと、連続補償動作やコイルにとって最も過酷な状態となる遮断動作を行ってもコイル温度は設計どおりに抑えられることを確認し、酸化物 SMES の有用性を検証することができた。



図2 1MVA 瞬低補償 SMES システム

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 2-3月の催し物案内

2/8

「超電導リニアの技術開発の現状」講演会
場所：富山大学工学部大会議室（富山市）
主催：電気学会北陸支部
問合せ：富山大学工学部電気電子システム工学科 飴井賢治
Tel/Fax:0764-45-6710、e-mail:amei@eng.toyama-u.ac.jp

3/7

低温工学協会材料研究会「冷媒としての液体水素と各種超電導材料の特性」
場所：岩谷瓦斯（株）尼崎工場
主催：低温工学協会材料研究会
問合せ：住友電気工業（株）超電導開発室 林 和彦
Tel:06-6466-7900、Fax:06-6466-5705、e-mail:hayashi-kazuhiko@sei.co.jp

3/9

低温工学協会超電導応用シンポジウム「超電導技術の輸送分野への応用」
場所：東京海洋大学 越中島キャンパス 海洋工学部 越中島会館セミナー室
<http://www.mtc.e.kaiyodai.ac.jp/Access/index.html>
問合せ：JR 東海総合技術本部リニア開発本部超電導技術チーム 鈴木栄司
Tel:0568-47-5382、Fax:0568-47-5364、e-mail:e.suzuki@jr-central.co.jp

3/15

日米研究開発成果情報交流会「高温超電導利用における交流損失の評価・削減に関する研究開発」
場所：九段会館 桐の間（東京都）
主催：財団法人国際超電導産業技術研究センター
問合せ：超電導工学研究所 企画本部 数田
Tel:03-3536-5703、Fax:03-3536-5711、e-mail:kkazuta@istec.or.jp

3/17-3/18

平成17年電気学会全国大会シンポジウム講演（3/17:S15 超電導ケーブル開発の最新動向、3/17:S8 進展目覚ましいダイヤモンド電子・電気機能材料、3/18:S21 超電導磁気浮上鉄道の現状 - 5ヶ年計画を終えて - ）
場所：徳島大学 常三島キャンパス（徳島市）
主催：電気学会
問合せ：電気学会 事業サービス課 全国大会
Tel:03-3221-7313、Fax:03-3221-3704、e-mail:taikai5@iec.or.jp
<http://www.iee.or.jp/taikai/>

3/23

超電導エネルギー貯蔵研究会「The New Generation of Superconductor Electric Power Equipment」
- Dr. Alexis P. Malozemoff
場所：（株）三菱総合研究所 AV ルーム（東京、大手町）
主催：超電導エネルギー貯蔵研究会
問合せ：Tel:029-847-5366、Fax:029-847-5120、e-mail:rasmus@trc-net.co.jp

（編集局）

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (12/18-1/19)

医療ルネサンス 病院の実力 頭頸部がん 放射線 病巣を狙い撃ち 12/18 読売新聞
高温プラズマ持続 核融合研が世界新 仏の記録破る 12/18 読売新聞
核融合科学研 プラズマに 1.3 ギガジュール 炉の点火エネルギー生成 12/20 日経産業新聞、
日刊工業新聞、電気新聞
がん判断しやすく KAST など MRI の造影剤 12/20 日経産業新聞
高温超電導ケーブル コンパクトに大電力輸送 実用化へ 500 メートル長尺実験 12/21 電気
新聞
SMES コスト大幅に削減 中部電力 新型コイル開発 12/21 電気新聞、日刊工業新聞、日本
経済新聞、読売新聞、中部経済新聞、岐阜新聞
高温超電導モーター公開実験 小型・軽量化を実現 北野精機と東京海洋大、福井大 12/24 日
刊工業新聞
医療ルネサンス 最先端医療 手術せず通院で元気に 12/25 読売新聞
核融合科研 - 注入エネルギー 13 億ジュール 世界新記録更新 プラズマ状態 31 分 45 秒継続
12/25 毎日新聞
がん向き合う 「早期は手術」が基本 肺がん治療法編 術後抗がん剤に注目 集中照射、安
全性高く CT 検診拡大 発見率高まる 12/26 日本経済新聞
日本と EU の綱引きが続く建設地交渉。 国際熱核融合実験炉 (ITER) 誘致の是非 核融合エネ
ルギーの可能性は? 科学名目に税無駄遣い 条件整う日本が最適 国際貢献し能力示せ 12/27
毎日新聞
第 47 回 2004 年十大新製品賞 増田賞に「ビスマス系高温超電導線」住友電気工業株式会社
1km 超の長尺線材の量産可能 1/4 日刊工業新聞
フラーレン ポリエチレングリコールで包む 水溶性 30 倍 東京理科大 がん検診の造影剤に
道 1/7 日経産業新聞
TTF 系有機結晶の光応答 室温で高速・高感度 東工大など発見 1/7 日刊工業新聞
この技術で世界に挑戦 チタン・ニオブを伸線 特殊コーティング技術開発 樋山研磨工業 1/7
日刊工業新聞
基幹技術 10 分野、ITER など 文科省選定 1/10 日本経済新聞
ITER の誘致「今年こそ結論」 文科相が表明 1/11 電気新聞
ITER 誘致「決着を」 結城文科省次官 就任会見で強調 六ヶ所に建設へ粘り強く交渉を 中
山文科相 1/13 電気新聞
脳磁計測システム 金沢に研究開発拠点 横河電機、10 月に操業 1/13 日刊工業新聞
MRI 画像乱さず 東大、手術ロボ用モーター 1/14 日経産業新聞
論点 「国際熱核融合実験炉誘致の是非」 目立つ反対意見 読者からの反響 1/15 毎日新聞
強力磁場で命の神秘へ NMR 分光計超電導磁石 製品化に 13 年 担当者激減 不良品続出
1/15 読売新聞(夕)
医療 最新画像診断機器 より早く 優しく 鮮明に 1/17 読売新聞(夕)
高温超電導の発現機構 格子振動が関与 原研など 温度で物理量変化 1/19 日刊工業新聞

[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 (2004年12月)

電力

American Superconductor Corporation (2004年12月9日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、2004年の早い時期に大手半導体メーカーから注文を受けていた4台の産業用電力品質管理システムが順調に運転を開始したと発表した。このシステム (Power Quality Industrial Voltage Restorer (PQ-IVR(TM))) は、それぞれ定格42 MVAで、米国内半導体工場の電力供給システムを保護するために使われる。このシステムは数ミリ秒以内に電圧降下を検知し、外部擾乱敏感な半導体製造装置が停止する前に問題を処理してしまう。2001年のEPRI (Electric Power Research Institute) 報告によれば、電圧降下や類似の事故により米国産業は毎年150~240億ドルの損失を蒙っている。

(出典)

“American Superconductor Reports Successful Commissioning of Industrial Power Quality Solutions at Major U.S. Semiconductor Fabrication Facility”

American Superconductor Corporation (December 9, 2004)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=653170&highlight

Florida State University (2004年12月10日)

Florida State University (FSU)は、米国連邦政府から500万ドルの資金供与を受け、フロリダ州、ひいては米国全土の電力網を近代化し性能向上を図るための新しい方策を探るプログラムのリーダー役を務めることになったと発表した。FSUは、米国エネルギー省から資金を得ている他のフロリダの大学、電力会社、民間企業からなるコンソーシアムのリーダー役を務め、フロリダ州の電力網の現状の理解、改善、保全、近代化に向けた多面的な仕事を進めていく。FSUのCenter for Advanced Power Systems (CAPS)、センター長Steinar Daleは、「数多くの技術革新や、新しい超電導材料の出現により、より高い信頼性をもって、より効率的に電力を送ることができるようになったし、また、そうすべきでもある。これは、電力ユーザーにとっても利益になることだ。」と述べた。このプロジェクトは、いかに電力網に高い信頼性を付与し、テロリストの襲撃のような停電に繋がる事象に対していかに耐性を高めていくかを明確にすることを目的としている。リアルタイム・デジタル・シミュレータにより、電力網に変更を加えた時の状態をモデル化し、実際の電力網での実験なしに改変を加えた時の効果を調べていく。このプロジェクトでは、効率的な電力伝送に向けた超電導技術の検討も行われる予定。

(出典)

“FSU leads charge to modernize America's power grid”

Florida State University press release (December 10, 2004)

http://www.fsu.edu/%7eunicomm/pages/releases/2004_12/release_chrono_0412.html

American Superconductor Corporation (2004年12月14日)

American Superconductor Corporationは、比較的高温、強磁場下でのHTS線材の性能を倍化することに成功した。この成果は、高速な発電機や運動エネルギーを利用するような武器等、次世代線材を民用、軍用の各種応用機器に組み込む上で極めて重要な意味を持つ。65K、線材表面に垂直な磁場3Tの条件下で次世代線材の臨界電流102 A/cmを達成した。この特性は、DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) の2007年の目標である65K、3Tで115 A/cmという目標の

88%に相当する。この大きな特性の改善は超電導膜に Ho を添加することにより得られた。適切な製造条件の下で Ho を添加することにより Ho を含有するアトムレベルの粒子、即ちナノドットが生成し、これが超電導体中の磁束をピン止めし強磁場、高温でも大きな電流を流すことが可能になる。この開発は、軍事応用を目的とした DARPA との契約にサポートされている。AMSC は最新の資料「2G HTS Wire Technology: An Assessment」を公表した。これは、同社ホーム・ページ (<http://www.amsuper.com>) で見ることができる。

(出典)

“American Superconductor Reports Significant Advance in Second Generation High Temperature Superconductor Wire”

American Superconductor Corporation press release (December 14, 2004)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=654315&highlight

Intermagnetics General Corporation (2004年12月16日)

Intermagnetics General Corporation (IMGC)は、子会社の Polycold Systems を Helix Technology Corporation に売却するための契約書に調印した。現金 4,920 万ドル及び税金精算額 330 万ドルの総額が売却額である。売却は、両社の取締役会で承認を受けており、規制当局の了解を経て 2005 年 2 月中旬に手続きを完了する予定。本件に関連して、IMGC 社最高責任者 Glenn H. Epstein は以下のように述べた。「リソースを現在成長しつつある医療部門に集中することにより我々の株主に長期的に最大限の利益をもたらすことができると確信している。2004 年に Invivo と MRI Devices 両社を買収し、医療装置市場における我々の地位は強化された。Polycold Systems 売却による収入によって 2 社の買収費用に要した借入金を相当程度返済でき、今後の一層の成長に向けた戦略を検討する上で自由度が格段に増加した。」Polycold Systems 売却の結果、IMGC 社の構成は、Magnet Business Group, Invivo Diagnostic Imaging, Invivo Patient Care, 及び SuperPower, Inc. の 4 部門となる。

(出典)

“INTERMAGNETICS TO DIVEST POLYCOLD SUBSIDIARY TO FOCUS ON EXPANDING MEDICAL DEVICES BUSINESS”

Intermagnetics General Corporation press release (December 16, 2004)

http://www.igc.com/news_events/news_events.asp

Intermagnetics General Corporation (2004年12月20日)

Intermagnetics General Corporation (IMGC)は 2004 年 11 月 28 日に終了する四半期の収支を発表した。当期純収入は、約 75%増の 790 万ドル。これには、(子会社)買収関連費用及び一部非現金性収支は含まれない。(これらを差し引いた)純収入は 410 万ドルである。売り上げ総額は、前年同期の 3,990 万ドルに対し、当期は 7,520 万ドルであった。マグネット部門の売り上げはほぼ 3,000 万ドルである。同社最高責任者 Glenn H. Epstein は次のように述べた。「以前に発表した Polycold の売却による 5,300 万ドルの収入により、増加しつつあるキャッシュフローとの相乗効果もあって、子会社買収のために借り入れた借入金が減り、利子支払のための負担が大幅に軽くなった。また、これにより今後の成長のための戦略立案に当たっての自由度も大幅に増した。」Polycold の売却手続きが完了すれば、IMGC 社は医療装置市場で非常によい位置につけることができる。同社の 1T 強磁場オープン型マグネット (High-Field Open (HFO) Magnet) は最近の大きな見本市などでも好評であり、2005 年には大きな成長が見込める。さらに、SuperPower は、次世代 HTS 線材開発や発送電の容量、信頼性、品質を改善するための機器開発で大きな進歩を続けている。

(出典)

“Intermagnetics Reports Record Quarterly Performance”

Intermagnetics General Corporation press release (December 20, 2004)

http://www.igc.com/news_events/news_events.asp

NMR

Oxford Instruments Superconductivity (2004年12月15日)

Oxford Instruments Superconductivity (OIS)は、世界初の22.31T、950MHz NMR システムの製造を進めている。このNMRは2005年5月オックスフォード大学生化学学科NMR たんぱく質構造グループに引き渡され、商用NMRとしては世界最高磁場を生成できるようになる。米国ニュージャージーに本拠を置くOIS社の兄弟会社であるOxford Superconducting Technology社によって950MHz NMR向けに、大きな臨界電流を可能にしたNb基超電導体が開発された。この臨界電流の増加のおかげで（従来は必要であった）UHF-NMRシステムの高温度超電導体の内部コイルが不要となり、よりコンパクトな磁石が実現できた。OIS社は超電導体開発プログラムと並行して、コイル構造の開発を進めてきた。コイルは、最新の構造でありまた同社が特許を保有している。OIS社責任者Chris Russellは、以下のように述べた。「我々のマグネットの設計思想は、要求磁場強度実現に必要な臨界電流を持つ超電導体を組み込むということのみならず、想定される全ての運転条件下で信頼性のある機械強度を持つコイル構造を採用するということでもある。950MHz NMRをオックスフォード大学生化学学科NMR たんぱく質構造グループに引き渡した後は、分解能、感度ともに優れた同NMRシステムがグループの研究を一層強力に支援していくことになる。」

（出典）

“Oxford Instruments Superconductivity announces the world's first 950MHz magnet system for NMR Spectroscopy”

Oxford Instruments Superconductivity press release (December 15, 2004)

<http://www.oxinst.com/SCNNWP745.htm>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2004年12月8日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、追加購入契約の締結に成功した。これは、北米の主要通信事業者との契約で、最低でも750万ドル、場合によっては1,100万ドル以上の購入に繋がる可能性がある。この契約は現行の契約を2005年末まで延長するもので、当該期間中に通信事業者が購入すべきSuperLink™及びSuperPlex™の最低数量を定めている。大部分の製品は2005年に出荷されることになる。STI社はこの通信事業者と5年間取引を行ってきている。

（出典）

“Superconductor Technologies Inc. Receives Follow-On Purchase Commitment From Major North American Wireless Carrier”

Superconductor Technologies Inc. press release (December 8, 2004)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=651986&highlight>

Superconductor Technologies Inc. (2004年12月9日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、SETI Instituteのアレン・アレー望遠鏡プロジェクト

の冷凍機供給事業者選ばれた。冷凍機は超高感度受信機の冷却に使われる。アレン・アレー望遠鏡は世界最高の強力な電波望遠鏡であり、自由度も大きい。この望遠鏡は従来の電波天文学用途以外、その他の宇宙の信号を調べることができるよう設計されている。このプロジェクトは、一部、Microsoft の共同創始者である Paul Allen からの 1,100 米万ドルの寄付による資金でまかなわれている。カリフォルニア大学パークレー校に運用されている Hat Creek 観測所に、数百組の 200 フィート・パラボラ・アンテナ・アレーが設置されることになる。STI と SETI との取引条件は公表されていない。STI 社製品部長 Abhijit Karandikar は、「SETI が使用する予定の冷凍機は、通信事業者が通信ネットワーク改善のために購入している主要製品の SuperLink(TM) Rx で使っているものに手を加えたものである。」と述べた。

(出典)

“SETI Institute's Allen Telescope Array Project Chooses Superconductor Technologies Inc. to Supply Cryocoolers for Use in Highly Sensitive Receivers”

Superconductor Technologies Inc. press release (December 9, 2004)

<http://phx.corporate-ir.net/staging/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=653159&highlight>

(ISTE C 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 16 年度第 3 四半期の公開特許

平成 16 年 10 月- 12 月に公開された ISTECS 出願の特許をお知らせします。詳しい内容は特許庁のホームページ内の特許電子図書館等の特許データベースをご利用下さい。

1) 特開 2004-289529 「超電導単一磁束量子ジंकフィルタ」：

本発明は、小さい占有面積に形成可能で、高速 AD コンバータ等に好適な高次の超電導単一磁束量子ジंकフィルタを提供している。発明の要点は、セル面積は大きい、高速動作が可能な第 1 の多重積分型ジंकフィルタを前段に配置し、動作速度は劣るがセル面積の小さい第 2 の多段デシメーション型ジंकフィルタを後段に配置したことである。これにより、次数 2 以上かつデシメーション因子 4 以上の超電導単一磁束量子ジंकフィルタを $10 \times 10 \text{mm}^2$ 程度の大きさのチップ上に実現することができた。

2) 特開 2004-296969 「高温超電導装置及びその製造方法」：

単一磁束量子 (SFQ) 回路の設計では、接合を含む超電導ループは超電導ループのインダクタンス L とジョセフソン接合の臨界電流値 I_c の積が 1 磁束量子 Φ_0 以下でなければならない。このため、寄生インダクタンスの影響を極力減らすために、臨界電流密度を小さくし、比較的広い幅の接合を採用しているが、結果的に高温酸化物超電導接合のもつ高速動作性を活かしきれていない。本発明では、基板上に臨界電流密度 J_c が異なるランプエッジ構造のジョセフソン接合を形成し、高速・高精度が要求される要素回路においては高 J_c 接合で構成し、 L と I_c の積の条件が厳しい回路要素においては L を小さくするために比較的低い J_c の接合で構成することおよびその製法を開示している。本発明により、前記の課題を解決して高速動作の高温超電導回路を容易に実現できるばかりでなく、ジッターの少ない SFQ パルスの生成が可能になり回路の安定動作が向上する。

3) 特開 2004-303820 「超伝導回路」：

高温超電導体を用いた単一磁束量子 (SFQ) 集積回路では、SFQ 回路のパルスロジックをレベルロジックに変換するインターフェース回路としてラッチドライバー回路は重要である。高温超電導体接合は、電流電圧特性のヒステリシスが十分小さいことから高速動作のパルスロジックに適しているが、大きなヒステリシスを必要とするラッチドライバー回路には不向きである。本発明では、接合材料の工夫による 2 種の接合、すなわちヒステリシスの小さいパルスロジック回路用接合とヒステリシスの大きいインターフェース回路用接合を形成し、両回路の共存を図った。具体的には、前者の接合は、接合の下部超電導電極の表面にダメージを与えたバリア層とする接合を形成し、後者の接合は、接合の下部超電導電極の表面にダメージを付与した下部超電導電極上にさらにごく薄い絶縁膜を堆積したバリア層構造とし、ヒステリシスの大きいキャパシティブな接合を実現している。

4) 特開 2004-307256 「臨界電流密度及び不可逆磁界の高い MgB_2 系超電導体」：

本発明は、高い超電導特性を有する MgB_2 系の超電導体に関するものである。本発明では、 Mg 粉末と、 B 粉末と、元素 M (但し、 M は Ti 、 Zr 及び Hf から選ばれた少なくとも 1 種) の粉末とを、原子比を $\text{Mg}:\text{B}:\text{M}=1:2:x$ ($0.001 < x < 0.1$) にした混合粉末を成形し、焼結処理した MgB_2 系超電導体であって、元素 M が金属及び/又は硼化物として、 MgB_2 の結晶粒界に沿って微細分散している超電導体を提供している。元素 M の添加によって、 MgB_2 結晶粒が微細化されるだけでなく、 MgB_2 の結晶粒界に沿って微細分散した元素 M の金属及び/又は硼化物がピン止め中心として作用し、零

磁界下の臨界電流密度は $5 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ 以上に、不可逆磁界も 4.5 テスラに向上する。

5) 特開 2004-339013 「酸化物超電導材料およびその製造方法」:

RE123 系の酸化物バルク超電導体の臨界密度の向上は著しいが、液体窒素温度 (77K) における臨界電流密度は、数万 A/cm^2 程度にとどまっている。本発明は、液体窒素温度 (77K) における臨界電流密度が 10 万 A/cm^2 以上に改善されたバルク超電導体とその製法を開示している。本発明では、RE-Ba-Cu-O 系超電導材料中の RE 元素を Gd、Eu、Sm、Nd のイオン半径の比較的小さい元素群から選んだ元素 (LRE) と、Yb、Er、Ho、Y、Dy のイオン半径の比較的大きい元素群から選んだ元素 (HRE) を混合した組成とし、かつ前駆体を構成する出発原料の一つを超微細 (少なくとも $1\mu\text{m}$ 以下) な HRE211 とすることにより、数 100nm の非常に微細な RE211 粒子あるいは RE422 粒子が分散したバルク材料を得ることができ、これまでにない非常に高い臨界電流密度が達成されることを見出した。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

磁気科学合同シンポジウム 2004

東京都立大学大学院
工学研究科
教授 木村恒久

新磁気科学研究会（和田仁 新会長）と文科省科研費特定領域研究「強磁場新機能の開発」総括班（山口益弘領域代表）の共催により、標記のシンポジウムが2004年12月1日～3日、横浜国立大学教育文化ホールにおいて開催された。新磁気科学研究会第8回シンポジウムと、特定領域研究の第2回公開シンポジウムとの合同開催であった。発表件数は、口頭発表40件、ポスター発表62件、参加者は当日登録を含めると200名を超える盛会であった。大学関係の他、企業からも多数の参加があった。

まず公開シンポジウムでは「高磁気力の世界」をテーマに茂木、渡會、廣田、木吉の講師の先生方の講演があった。磁気力発生方法、磁気浮上の原理、磁気力による興味深い諸現象、分析化学への応用について、分かりやすく、示唆に富む内容であった。磁場も単に強くて均一というニーズから、例えば磁気力発生では高勾配磁場が必要といったように、磁気科学分野の発展に伴い、目的に合ったテーラーメイドの磁場が求められるようになってきている。磁場を応用する側と、磁場を発生する側の緊密な交流が今後益々重要になると感じた。

新磁気科学シンポジウムでは、例年どおり磁場効果の基礎、応用に関する幅広い発表がなされた。口頭発表の分類を列記すると、電気化学、物理化学、配向、光化学、磁気力、磁歪、モルフォロジー、結晶化、界面現象である。対象物質も、生体、有機、無機、高分子、金属に渡る。多くの面白い発表の中で、水の接触角が磁気処理により変わるという報告があった（尾関グループ）。水に対する磁場効果については、夏に開催された特定領域第2回研究会でもテーマとして取り上げられ、水の屈折率、融点が磁場印加下で変化するという報告がなされており、現在、水素結合の関与が議論されている。さらに多方面からの検証が進み、「磁気処理水」の本質が明らかになる事を期待したい。

ポスター発表では学生の発表も多数あり、この分野が着実に根をおろしつつあることを実感した。また2005年秋には2004年と同様に合同シンポジウムとして開催されるが、2005年の会は国際シンポジウムとなるそうである。世界的にも先端に行く日本のこの分野が益々発展することを期待したい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

Asian Conference 2004 on Applied Superconductivity and Cryogenics

(ACASC 2004) 報告

産業技術総合研究所
電力エネルギー研究部門 超電導応用グループ
グループ長 淵野修一郎

第2回応用超伝導・低温工学アジア会議 (ACASC 2004) が、宮崎市のワールドコンベンションセンターにて、2004年12月12-14日に開催された。この会議の発端は韓国超電導・低温工学会 (The Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics, KIASC) と日本の低温工学協会との覚書に基づき、2000年度より開催を続けてきた韓日応用超伝導・低温工学ワークショップが、昨年度より正式に中国が加わり、"Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics"として装いも新たに、昨年度は中国の北京市で開催された。開催は各国持ち回りということで、本年度は日本開催の順番に当たり、低温工学会の国際交流委員会を中心に企画・運営を行なった。会場は宮崎市にあるワールドコンベンションセンターで、市内から車で30分程度、宮崎・一ツ葉海岸の豊かな景観の中に広がるリゾートコンプレックス「シーガイア」の中央に位置する。この会場はご存知のように2000年に九州・沖縄サミット会議を開催したところであり、当時使用したテーブルが展示されていた。ただし、リゾートということで昨年度の中国の九華山庄同様、殆どホテルに缶詰状態であり、またホテル内の物価の高さには驚かされた。

登録参加者は全部で79名 (日本43名、中国8名、韓国28名) 前日まで拠点大学方式日韓学術交流セミナー「超伝導科学技術の大型応用」が同会場で開催されていたこともあり、韓国からの参加者が予想以上に多かったが、ホスト国としての面子は何とか保たれた。中国からはビザ取得に時間がかかるため受付の段階から喚起はしていたのだが、間に合わず講演キャンセルが何件あり、参加者数としては少し寂しかった。

発表件数は約60件 (招待講演11件、口頭発表19件、ポスター発表約30件) 展示が3件あった。本会議の特色を出そうという企画で、今回の会議ではパラレルセッションを設定せず、いろいろな分野の研究者が一同に会して議論できるようにした。

発表内容の内訳としては、Large Scale and Power applications が30件、Cryogenics 13件、超電導材料が14件、デバイス関係が3件で、相変わらず、中国、韓国では、超電導電力応用分野の研究開発が盛んであった。

会議のプロシーディングは発刊されないが、セレクトされた発表論文がCryogenics誌に掲載されることになっている。

次回の本会議は今年12月頃に韓国で開催される予定である。

[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1)

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1: ネットワークルータ1

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。

文香: ねえ健くん、あなたが研究しているSFQ回路のこと超電導Web21に出ていた蓮尾さんの話(2004年9月号“やさしい超電導エレクトロニクスのおはなし(その4)”)を読んで少し分かったけど、これって何の役に立つの?

健: 何だい、いきなり。ニオブ系のSFQ回路は、ネットワークルータやスーパーコンピュータ高性能計測器の信号処理回路に期待されているんだ。酸化物系のSFQ回路は、無線通信基地局用のアナログ/デジタル変換器、高時間分解能の波形観測ができるサンプラーに向けた開発を超電導工学研究所でやってるよ。

文香: いきなり頭に霞がかかってきた。分からない言葉が多すぎる。だいたい、ニオブ系、酸化物系ってなあに。

健: 蓮尾さんの話をちゃんと読んでないな。デジタル応用に使う超電導体には、大きく分けて金属系と酸化物系の二種類があるんだ。金属系はニオブという金属を使うんだけど、材料として扱いやすいんで、規模の大きなLSIを作れるんだ。けれど、マイナス269度くらいまで冷やさないと使えないんで大きな冷凍機がいるんだ。そこで、大きな冷凍機でも持ち込めるような大規模システムが応用のターゲットになるんだよ。酸化物系は、例えばイットリウム、バリウム、銅と酸素が混じった物質なんだけど、でたらめに混ぜればいいわけじゃなくて、決まった位置に決まった原子がきちんと来るように結晶成長してあげないと超電導にならないんだ。だから、酸化物系の回路は作るのが難しく、あまり大きな回路はまだできないんだ。でも、酸化物系は金属系に比べるともっと高い温度、例えばマイナス230度くらいで使えるんだ。

文香: ちょっと待ってよ。マイナス230度だって相当低い温度よ。冷蔵庫じゃ無理ね。

健: 確かにそうだけど。マイナス230度くらいだと冷凍機がとっても簡単になるんだ。マイナス269度だと脇机くらいの冷凍機本体とエアコンの室外機くらいのコンプレッサがいるんだけど、マイナス230度だとコンプレッサを含めてランチボックスくらいの大きさに収まるんだ。だから、酸化物系のSFQ回路は、持ち運びできるものやコンパクトなサイズが必要な応用に向いているんだ。

文香: ふうん適材適所ってわけね。

健: これからSFQ回路を何に使うのか説明していくね。まずは、超電導工学研究所で力を入れて開発しているニオブ系のネットワークルータから始めよう。

大スループットネットワークルータは何故必要か

文香：今更なんだけど、ネットワークルータって何？

健：いきなり来たね。いつもはみんな分かったような顔をしているから、省いちゃうんだけど。文香も電子メールやインターネットは使っているだろう。あれはデータを IP パケットというものに小分けして、パケット単位で相手とやり取りしているんだ。パケットには送り先のアドレスが書いてあって、そのアドレスを読みとってパケットを行き先別に振り分けていくのがネットワークルータの役目だよ。

文香：オフィスの隅にあってインターネットのケーブルがつないであるあれのこと？あれもルータって言うでしょう。あれを SFQ で作ろうっていうの。

健：まあそうだけど、ちょっと違う。アドレスは膨大な数あるから 1 個のルータで全て処理することはできないね。そこで、普通は階層構造を取るんだ。処理する量が多い方からハイエンドルータ、ミッドレンジルータ、ローエンドルータと呼ぶんだけど、SFQ が狙っているのはハイエンドルータだよ。オフィスにあるのは一番処理量が少ないローエンドルータだから、特に SFQ を使うまでもないよ。

文香：でも、今だってハイエンドルータってあるんでしょう。どうして SFQ なんか使わないといけないの。

健：この図（図 1）を見てごらん。この図は JPIX といって BIGLOBE や NIFTY なんかのインターネットプロバイダー同士がデータを交換する所のデータ取扱量の推移を示したものだんだけど、2001 年ころから取扱量が急激に増えているのがわかるだろう。2001 年の 7 月に比べて 2003 年の 7 月には取扱量が 5.5 倍に増えている。これは年率 2 倍以上のすさまじい勢いで、この傾向が続けば 2009 年には 2001 年の 900 倍以上に取扱量が増えることになるんだ。2004 年 7 月は少し伸びが鈍ったけど、それでもすごい勢いで増え続けているのは同じだよ。

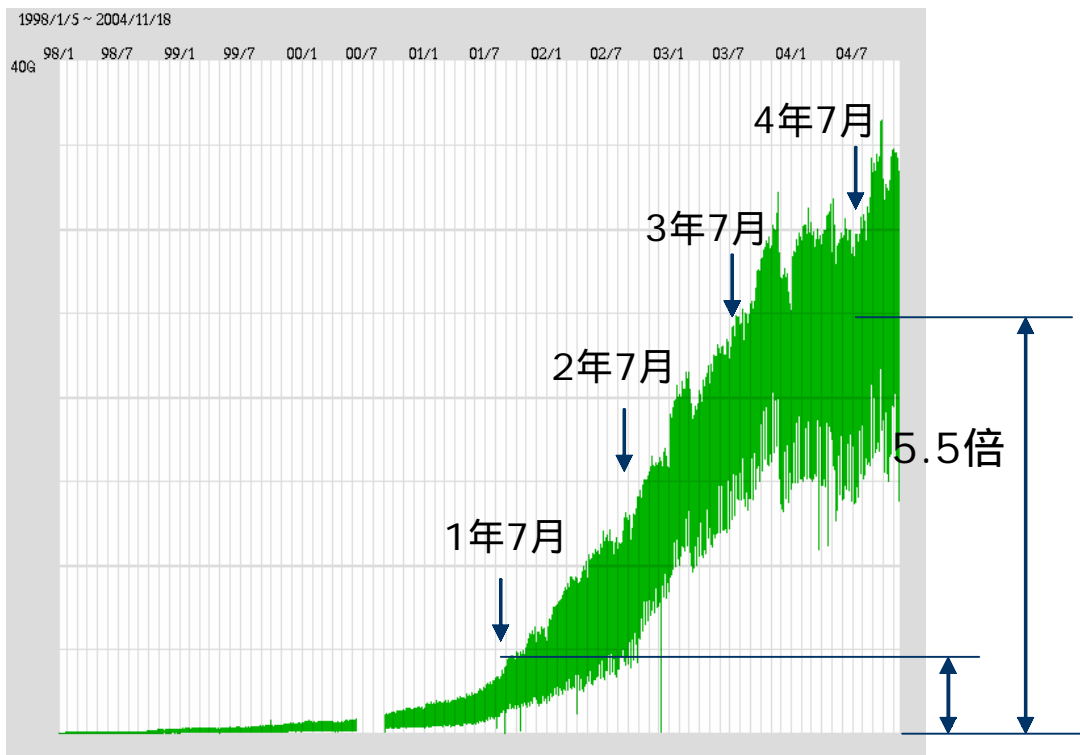


図 1 JPIX におけるネットワークトラフィックの伸び (<http://www.jpix.jp/jp/index.html> 参照)

文香：でも、半導体 LSI を使ったルータだってこの 5 年間に性能が 10 倍になったって何かに書いてあったわよ。

健：よく知ってるね。ハイエンドルータにはその時々最高性能の半導体 LSI を使っているんだ。だからこれは半導体 LSI の性能がこの 5 年間に 10 倍伸びたということだよ。でも、問題はハイエンドルータに要求される性能の伸びがもっと大きいということなんだ。それに半導体 LSI の性能も今までのようには伸びないと言われているし。ルータの処理できるデータ量のことをスループットというのだけれど、半導体ルータのスループットが 10Tbps まで行くのは難しいんじゃないかな。ととも 2010 年のハイエンドルータに必要とされている数 10Tbps は実現できないよ。

文香：Tbps ってなあに。

健：bps というのは bit per second の略で 1 秒間あたりのデータ処理量を表す単位なんだ。T はテラで 1 兆、だからスループット 1Tbps は 1 秒間に 1 兆ビットのデータを処理する能力があるということだよ。ちなみに P はペタで 1000 兆、G はギガで 10 億だよ。

文香：ふうん。で、SFQ 回路だったらルータで処理できるスループットはどのくらいになるの？

健：100Tbps は可能だね。作り方によっては 1Pbps も夢じゃないよ。これができれば、ネットワーク社会がどんなに発展しようが安泰だよ。

文香：でも、どうして SFQ を使ったらそんな大きなスループットのルータができるの。

SFQ で高スループットルータができる理由

健：そのことに答える前にハイエンドルータの構成から説明しよう。この絵（図 2）はハイエンドルータの構成をおおまかに描いたものだけど、一般にハイエンドルータはラインカードとスイッチカードという部分に分けられるんだ。ラインカードというのは、IP パケットの前処理を行うプロセッサで、この部分でセキュリティを始め様々な処理が行われるんだ。だからいろんなソフトウェアが装備されていて、ルータの使い勝手はこの部分で決まるんだ。メモリをいっぱい搭載しているのもラインカードの特徴だよ。処理を行う間に IP パケットを一時保管しておかないといけないからね。

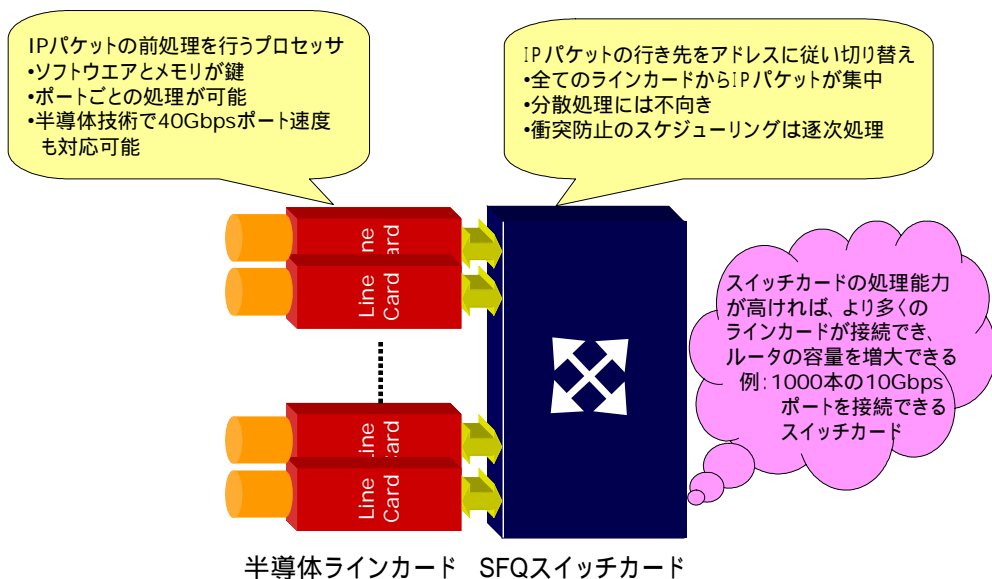


図 2 SFQ ネットワークルータの構成

- 文香：わかった。ラインカードの処理は大変だから、高性能の SFQ 回路を使うということね。
- 健：そうじゃないんだな。確かにラインカードでの処理は大変だけど、1ポートあたり1個のラインカードで処理することができるんで、ポートが増えてもラインカード数を増やすことで対応できるんだ。ポートというのは、ルータの入り口や出口のことで、それぞれのポートは光ファイバーにつながっていて、この光ファイバーを通して次の目的地に IP パケットは送られるんだ。ルータのスループットが増えると言うことは、各ポートに出入りする通信速度が上がるか、ポートの数が増えることを意味しているんだ。とにかく、一つのポートに入ってくるパケットだけを何とかすればいいんで、半導体でも 40Gbps の通信速度くらいまでなら処理できるんだ。
- 文香：そうなんだ。で、スイッチカードというのは何？
- 健：スイッチカードというのは、IP パケットの行き先をアドレスに従い切り替える部分だよ。だから全てのラインカードからのパケットが集まってくるんだ。
- 文香：何となくわかってきた。ルータで処理するスループットが増えるということは、スイッチカードが大変になるということね。
- 健：そのとおり。しかも、ルータではパケットを衝突させないということが重要なんだ。
- 文香：衝突って？
- 健：同じ出口に同時に二つのパケットがやってきたら困るだろう。これを衝突というんだ。そこでスイッチカードでは、衝突が起きないようにスケジューラという回路を使って入ってくるパケットの順番を決めているんだ。このスケジューラが、つながっているラインカードの数が増えると大変になるんだ。
- 文香：また、目の前に霧が出てきた。
- 健：いいかい、スケジューラというのはラインカードから入ってくるパケットのアドレスを一個ずつ調べて全てのラインカードからの情報がわからないと、入れる順番を決められないんだ。しかも、この処理をパケットの長さ以下の時間でやらなくちゃならないんだ。
- 文香：どうして？
- 健：だって、この処理がパケットの長さ以上かかったら、処理できないパケットがどんどんたまっていってしまうじゃないか。だから、スイッチカードはつながるラインカードの数が増えるほど高性能のものが要求されるんだ。
- 文香：何か少し晴れてきた。SFQ 回路で高性能のスイッチカードを作って、たくさんのラインカードをつなげてルータのスループットを増やそうという作戦ね。
- 健：そのとおり。冴えてるね。それに、この作戦にはユーザとのインターフェイスになるラインカードは、半導体のものがそのまま使えるという利点もあるんだ。
- 文香：健くんソフトウェアなんて作れないしね。
- 健：知的資源の有効活用だよ。それに、ユーザだって慣れ親しんだソフトウェアを変えるのはいやだろ。
- 文香：でも、ちょっと待って。最近では画像データなんかが多いんだから、一つの packets をうんと長くしたらスケジューラはゆっくり処理してもかまわないんじゃない。
- 健：冴えすぎ。でも、大丈夫。画像データを送る場合でもお互いの接続を確認するような小さなデータも結構行き交っているんだ。こんなデータにとっては、長いパケットは無駄だろ。とにかく、スケジューラによって最短のパケットが決まるわけだから、スケジューラが高性能なほどネットワークのフレキシビリティは上がるわけさ。
- 文香：納得。でも、SFQ 回路を使うと、どうしてスケジューラやスイッチカードの性能が上がるか全然わかんないんだけど。
- 健：それは話すと長くなるんで、また今度ね。

読者の広場

Q&A

Q : 高温超電導線として期待されている Bi-2223 線材と Y-123 線材とではどのような違いがあるのでしょうか？

A : これらはいずれも酸化物系高温超電導線材の仲間です。1986年以降の超電導ブームの時期に発見されたものです。また、これらはいずれも超電導体の代表特性である臨界温度が NbTi 線材や Nb₃Sn 線材などの金属系超電導線材よりも高く、金属系超電導線材よりも高い温度での利用に期待が寄せられています。金属系超電導線材が液体ヘリウムの沸点温度（約マイナス 268 度）近くで利用されるのに対して、高温超電導線材は液体窒素の沸点温度（約マイナス 196 度）近くのより高い温度で利用できます。

Bi-2223 線材は、1988 年日本で発見されたものです。ビスマス (Bi)、ストロンチウム (Sr)、カルシウム (Ca)、銅 (Cu)、酸素 (O) など 5 種類以上の元素が化合した酸化物系超電導体を線にしたものです。Bi 系超電導線材には、これらの元素の比率が 2:2:1:2 の Bi-2212 線材と 2:2:2:3 の Bi-2223 線材の 2 種類があります。Bi-2212 線材の臨界温度は約マイナス 183 度、Bi-2223 線材のそれは約マイナス 150 度であることから、Bi-2223 線材の方がより高い温度で利用することができます。これらの Bi 系線材の製作方法は、Y 系線材とは異なり、金属系超電導線材と類似したものです。まず、銀チューブに酸化物超電導体を埋め込み、伸線加工や圧延加工によってテープにした後適切な熱処理によって超電導線になります。Bi 系線材では五百メートルから千メートル長さの線材が製作できる段階まで開発が進んでおり、リニアモーターや電力ケーブルへの応用がすでに進められています。

一方、Y-123 線材は、日本ではなくアメリカで発見されたものです。イットリウム (Y)、バリウム (Ba)、銅 (Cu) 及び酸素 (O) 4 種類の元素が化合した酸化物超電導体をテープなどの線にしたもので、YBCO 線材、Y-123 線材とも略して呼ばれます。Y 系線材と呼ぶ場合、Y をガドリニウム (Gd)、ネオジウム (Nd)、ホルミウム (Ho) などの希土類元素で置き換えたものを加えます。いずれも臨界温度はマイナス 183 度からマイナス 180 度の範囲にあります。Y 系テープ線材は、耐熱金属である厚さ百マイクロンのハステロイテープ上に結晶配向した特殊なセラミックス薄膜の上に 1 ミクロン (1 ミリの千分の一) 厚さの YBCO 薄膜を成膜したものです。現在、このテープ線材は約百メートル長さのものまで開発が進んでいます。

このように Bi-2223 線材と Y-123 線材に共通する点は、金属系超電導線材よりも臨界温度が高く液体窒素の沸点（約マイナス 183 度）で利用できることです。また、Bi-2223 線材と Y-123 線材で異なる点は、臨界温度に大差はないものの、入手可能な線材の長さが Y 系線材では現在約百メートルであるに対して Bi 系線材では数百メートル級の線材が入手できることです。しかし、マイナス 183 度で適用できる磁場領域が Bi 系線材では 1 万ガウス以下であるに対して、Y 系線材では数万ガウスと高いことです。したがって、高温超電導線として利用範囲の広い Y 系線材を容易に入手したいという期待が大きいのです。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)