
掲載内容（サマリー）：

トピックス：

- ISTEC/SRL 塩原融 所長、「高温超電導技術と環境・エネルギー現状と期待される活用ー」を語る
- 「超電導電力ネットワーク制御技術開発」事後評価結果、開示される

- 超電導関連 5-6 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン（3/20-4/19）
- 超電導速報ー世界の動き（2009 年 3 月）
- 特許情報
- 応用物理学会関連シンポジウム「超伝導」使える技術から使われる技術へ」報告
- 隔月連載記事ーやさしい「不確かさ」のおはなし（その 3）
- 読者の広場(Q&A)ー多くの鉄系超電導体はヒ素が関係すると聞きますが、ヒ素が関係しない鉄系超電導体について教えてください。

[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

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

Tel (03) 3536-7283 Fax(03) 3536-7318

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。

<http://ringring-keirin.jp>



トピックス：

- ISTE/C/SRL 塩原融 所長、「高温超電導技術と環境・エネルギー現状と期待される活用」を語る

(財) 国際超電導産業技術研究センター／超電導工学研究所所長（塩原 融）は、平成 21 年 3 月 16 日経団連会館において、「高温超電導技術と環境・エネルギー現状と期待される活用」と題した講演を行った。

地球シミュレータ等によると、CO₂ を含む温室効果ガスに起因する地球規模の気温上昇が 2100 年には 10 度にも達するとの推定情報を明らかにした。2006 年版 CO₂ Emission from Fuel Combustion によると、わが国の化石燃料を起源とする CO₂ 排出量は、船舶や航空機用燃料分を除外しても、すでに 12 億トン以上に達しており、2030 年を目途に 9 億トン水準への削減計画に沿って、電力業界、産業界、自動車業界等において様々な CO₂ 排出量削減策が講じられている。

非化石エネルギー比率の見直し、電力供給サイドにおける高効率や低炭素化、需要サイドにおける高効率機器の普及や省エネルギー化などを講じているが、高度に発展した現状技術のさらなる開発にも限界があると危惧されており、結果的にはわが国の責務目標を達成するために 7,000 億円もの排出権購入を余儀なくされていること指摘した。

非化石エネルギー比率向上の対象として、原子力発電、太陽光発電、風力発電、水素社会など電力供給サイドの再評価提案に加え、ゼロ・エミッション、超高効率省エネなど需要サイドの提案も多くなされている。かかる技術開発状況に鑑みて、超電導技術が大きく寄与できることを力説した。すなわち、電力ロスの無い超電導技術の適用によって、超高効率省エネルギー技術並びに CO₂ 排出量削減等環境技術が飛躍的に進展することが期待される。

具体的には、2008 年度から実施中の国家プロジェクト「リットリウム系超電導電力機器技術開発」の成果に大きな期待が寄せられている。例えば、1,500 MVA 級の送電容量の送配電に高温超電導ケーブルを適用することによって、現状 5 %の送配電ロス率が 1/3 程度に削減可能になり、超高効率送電が実現できる。また、8 MW 級の風力発電システムに超電導を適用することによって、風力車ナセルの容積を 1/20 以下に、重量を 1/3 以下に、コストも 1/2 以下にすることが可能になるばかりでなく、超電導変圧器、超電導限流器、SMES など関連電力機器のシナジー効果が発揮でき、省エネルギーに大きく寄与することができる。さらに、2050 年度におけるわが国における超電導導入に伴う CO₂ 排出量削減効果に関して、電力・エネルギー、産業・輸送、情報・通信分野を合計すると 2.3 億トンが見込まれている。



塩原融 所長の講演風景

最後に、これら超電導電力機器並びにこれらに適用される高温超電導線の技術開発は、2008 年 10 月に策定された総合科学技術会議における環境エネルギー技術関連施策にも沿うものであり、わが国が一丸となって推進する価値は計り知れないものと締めくくった。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

トピックス

- 「超電導電力ネットワーク制御技術開発」事後評価結果、開示される

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、平成 21 年 3 月 27 日（金）に第 21 回研究評価委員会を開催し、プロジェクトの事後評価結果を審議・決定した。今回、対象プロジェクトの一つである、2004 年度から 2007 年度まで実施された「超電導電力ネットワーク制御技術開発」（事業費総額 63.9 億円、プロジェクトリーダー（中部電力（株）長屋重夫及び東海旅客鉄道（株）中島洋）の事後評価報告書が審議され、次の評価結果となった。（詳細は以下のアドレスを参照してください）

<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/hyouka/20h/21/index.html>

プロジェクト：

超電導電力貯蔵（SMES）技術、超電導フライホイールシステム技術を活用した電力ネットワーク制御技術の開発・検証を行い、電力ネットワークの安定化を図る。

評価：

産官学が連携して取り組み、SMES に関しては、超電導コイルや大容量変換器の低コスト化、長寿命のパルス管冷却システム、電流リードの高耐電圧化の開発などが達成されたこと等特筆すべき成果があがっている。フライホイールについても、従来機と比較して大幅なコスト削減の見通しを得たこと、500 回以上の電力の入出力を実証した点は評価できる。

提言：

Y 系超電導線材及び Y 系以外の超電導線材開発の動向の把握とコイル技術の向上、信頼性・経済性の向上を図り、より効率的な開発の推進をして早期の実用化をさせる。

評点：

下表の通り。

	事業の位置づけ・必要性	研究開発マネジメント	研究開発成果	実用化、事業化の見通し
事後（平成 20 年 11 月） （プロジェクト全体）	2.8	2.3	2.6	1.6

（注記）

本件は、可否等基準により、「研究開発成果」及び「実用化見通し」の評点の合計が 4.0 以上であることから、「優良」プロジェクトと判定された。

－ NEDO ホームページより抜粋－

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 5-6月の催し物案内

5/4-8

IEEE International Magnetism Conference 2009 (INTERMAG2009)

場所: Sacramento, California (USA)

5/12

電力・エネルギー「フォーラム」ー超電導を用いるエネルギー貯蔵の最先端ー
早稲田大学 大久保キャンパス 62号館 1階 大会議室

主催: 超電導応用電力機器技術委員会

問合せ: 上智大学 高尾智明 E-mail: takao@eco.ee.sophia.ac.jp

5/13-15

CIGRE Workshop on Test Techniques and Procedures for HTS Power Applications

場所: Nagoya University, Nagoya, Japan

共催: CIGRE SCD1 WG15, Chairman Prof. Dr. Hitoshi Okubo, CIGRE JNC, METI, NEDO, TEPCO, Chubu Electric Power Co., IEEE Nagoya Section, EcoTopia Science Inst., Nagoya University

問合せ: Secretary Prof. Dr. Mathias Noe, Forschungszentrum Karlsruhe,

Tel: +49 7247 82 3500, Fax: +49 7247 82 2849, E-mail: mathias.noe@itp.fzk.de

5/25

超電導技術動向報告会 09

場所: 都市センターホテル 3F コスモスホール I

主催: 財団法人国際超電導産業技術研究センター

問合せ: <http://www.istec.or.jp/event/>

ISTEC
International Superconductivity Technology Center

超電導

技術動向報告会 09

●開催日 2009年5月25日(月) 9:30~17:00
●場所 都市センターホテル 3F コスモスホール I
東京都江東区東雲2丁目4番7号
TEL: 03-3265-8211
●主催 財団法人国際超電導産業技術研究センター
●参加費 無料
●申込申込 ホームページからお申し込みください。
<http://www.istec.or.jp/event/>

超電導 技術動向報告会 09

●開催日 2009年5月25日(月)
●場所 都市センターホテル 3F コスモスホール I
●時間 9:30~17:00(開場9:00、開場17:10)

司会: (財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 特別研究員 蓮尾 信也

9:30 開会挨拶
(財) 国際超電導産業技術研究センター 事務局長 遠川 宣

来賓挨拶
経済産業省 産業技術政策課 研究開発課 課長 土井 良治
(財) 東京エレクトロン 産業技術開発部 部長 堀田 秀樹

9:40 基調講演「Y系超電導電力機器基盤技術開発」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 所長 堀野 融
講演「電力機器応用に適するY系線材作製プロセスの開発」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 基幹研究開発部 部長 相良 輝郎
講演「高Jc-B特性を目指したピン止め導入Y系線材」
九州工業大学 教授 松本 実
講演「Y系線材による電力機器技術開発の状況」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 電力機器研究開発部 部長 倉坂 昇
講演「住友電工におけるB系線材開発と応用」
住友電気工業(株) 材料技術研究開発本部 部長 林 和彦

12:10~13:30 昼食休憩

13:30 講演「ニオブ系超電導デバイス開発の新展開」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 デバイス研究開発部 低温デバイス開発部 部長 日高 勝夫
講演「次世代気象レーダー用超電導フィルタシステムの開発」
(株) 東芝 研究開発センター 機能材料エレクトロニクス 主任研究員 加藤野 博幸
講演「低交流損失Y系線材に向けた加工・評価技術の開発」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 基幹研究開発部 部長 相良 輝郎
講演「フライホイール用高温超電導バルク体磁気軸受の開発」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所 電力機器研究開発部 部長 倉坂 昇

15:30~16:00 昼食休憩

16:00 講演「超電導国際標準化のこれまでと今後」
(財) 国際超電導産業技術研究センター 標準部 部長 田中 昌三
基調講演「電力機器応用と酸化物超電導」
市立大学 教授 山田 正三

17:00 閉会挨拶
(財) 国際超電導産業技術研究センター 事務局長 遠川 宣

17:10 開場

●問い合わせ先
ISTEC
(財) 国際超電導産業技術研究センター 普及開発部
〒135-0062 東京都江東区東雲1丁目10番13号
TEL: 03-3536-7283 FAX: 03-3536-7318
E-mail: sekai@istec.or.jp

6/16-19

ISEC2009: 12th International Superconductive Electronics Conference

場所：福岡市

問合せ： <http://www.isec09.org/>

6/23-25

Space Cryogenics Workshop

場所：Arcadia, CA, USA

問合せ： <http://www.spacecryogenicsworkshop.org/>

6/24

共催研究会「超電導材料と先端ナノ材料における自己組織化」

場所：東京大学山上会館 http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_00_02_j.html

共催：(社)低温工学協会材料研究会、(社)未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会

問合せ：(財)国際超電導産業技術研究センター 田中靖三

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

Tel: 03-3536-7214、Fax: 03-3536-7318、e-mail: tc90tanaka@istec.or.jp

テーマ：超電導材料と先端ナノ材料における自己組織化

日時：平成 21 年 6 月 24 日（水）、13:00-17:00

場所：東京大学山上会館 http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_00_02_j.html

〒113-8654 東京都文京区本郷 7-3-1 Tel:03-381-2111（代表）

参加費：低温工学協会員/材料研究会員：3,000 円（資料代込み）

未踏科学技術協会員/超伝導科学技術研究会員：無料、資料代 2,000 円

学生：無料、資料代 2,000 円

一般：2,000 円、資料代 2,000 円

共催：(社)低温工学協会材料研究会、(社)未踏科学技術協会超伝導科学技術研究会

プログラム：

13:00-13:05 開会の挨拶 材料研究会委員長

13:05-14:05 自己組織化の工学的アプローチ 物材研 中山知信

14:05-15:05 バイオに学ぶ自己組織化と”ゆらぎ”機能 東大 田畑 仁

15:05-15:20 休憩

15:20-15:50 化学的なナノ組織制御 SRL 吉積正晃、和泉輝郎

15:50-16:20 外場による高効率組織制御 フジクラ飯島康裕、SRL 山田穰

16:20-16:50 人工的又は局所的自己組織化 電中研 一瀬 中

オルガナイザー：高尾智明（上智大学）、岡田道哉（日立製作所）、田中靖三（ISTEC）

問合せ先：(財)国際超電導産業技術研究センター 田中靖三

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

Tel:03-3536-7214、Fax:03-3536-7318、e-mail: tc90tanaka@istec.or.jp

16:50-17:00 閉会の挨拶

超伝導科学技術研究会長

6/28-7/2

CEC & ICMC: Cryogenic Engineering Conference & International Cryogenic Materials Conference

場所 : Tucson, Arizona, USA

問合せ : <http://www.cec-icmc.org/>

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)



新聞ヘッドライン (3/20-4/20)

- 「標準化」ネットで検定 スキル評価、人材育成支援 経産省 3/20 日刊工業新聞
- 「緑の特需」に日本基御油照準 環境投資「グリーン・ニューディール」太陽光や風力発電軸に独、電力買い取り優遇 どんな効果見込まれる? 米で 500 満員の雇用創出 3/21 日本経済新聞
- 絶縁体→超電導を解明 高圧が電子を開放 理研など、炭素系で 3/23 日経産業新聞
- 経産省 国際標準化の記述拡充 技術戦略マップ 研究開発促進狙う 3/23 日刊工業新聞
- 核融合実験炉 仏で建設開始 日本、主導権へ一歩 東芝、心臓部を受注 2/23 日本経済新聞
- バイオマス燃料の導入 環境性、安定供給に優れた混焼方式 3/24 電気新聞
- 古河電工と昭和電線 汎用電線、販売を統合 建設・電販むけ 来年 4 月、営業開始 3/25 日刊工業新聞、電気新聞、Fuji Sankei Business i
- リニア実験線 再延伸を 追加経済対策で対応 要望 自民特命委 3/26 日刊工業新聞
- リニア皮算用発信 駅誘致に基金 関連株が上昇 建設費・需要 不安も 3/26 朝日新聞
- λ $\text{BETS}_2\text{FeCl}_4$ での磁場誘起有機超伝導体 鉄と伝導電子の奇妙な関係 東邦大グループ明らかに 3/27 科学新聞
- 新しいリニア試験車両のイメージ図 角形化で居住性向上 3/28 毎日新聞
- 環境・エネルギー 最先端 8 分野日米共同研究 4 月にも覚書調印 3/29 読売新聞
- 電波望遠鏡 ALMA 計画 120 億年 宇宙の歴史探る アンテナ 80 台 みえないものを見る 3/29 読売新聞
- リニア投資倍増 230 億円 JR 東海 来期 実験線 2 倍に延伸へ 3/30 日経産業新聞
- ニュートリノ実験施設 J-PARC で来月稼働 高エネ機構・原子力機構 スーパーカミカンデと連携 10 年に成果目指す 3/30 日刊工業新聞
- ITER 炉壁 耐熱要求性能を達成 原子力機構 既存炉の 10 倍以上 3/31 電気新聞
- セシウム元素ドーピングしたフラーレン超伝導体の謎 理研、東北大などのグループ解明 4/3 科学新聞
- たんぱく質の構造変化 少容量・低濃度でも検出 茨城大 日立・物材機構と成功 新方式 NMR 装置を使用 4/3 日刊工業新聞
- エコ送電網 主導権は米「スマートグリッド」実用化へ オバマ政策で脚光 家電向け規格浸透 4/4 Fuji Sankei Business i
- 競争力左右する標準規格 腰重い日本 4/4 Fuji Sankei Business i
- 改良リニア試験走行 先端部短く／車体は角形 JR 東海 4/4 日本経済新聞、読売新聞
- 本音がポロリ 細野さん 4/6 日刊工業新聞
- オープン電導 MRI 日立メディコ 4/7 日刊工業新聞
- 白熱 超電導開発競争 電線メーカー リニア新幹線の投資拡大 高性能・低コスト化に苦心 4/9 日刊工業新聞
- 国際標準化を経営戦略に 関経連 新組織で普及推進 4/9 日刊工業新聞
- 大型ヘリカル装置の炭素密度 電子密度比 0.3%達成 核融合研 4/9 日刊工業新聞
- 次世代送電網 日米で共同研究 スマートグリッド 環境対策の柱に 電機・建設など 15 社が検討 4/10 日本経済新聞 (夕)
- 電子の集団励起観測 原子力機構など 高温超電導体解明に道 4/14 日刊工業新聞、電気新聞
- エネルギー関連国際機関と日本人 4/14 電気新聞
- 日立メディコ 超電導式の開放型 MRI 4/14 日経産業新聞
- 遷移金属酸化物 電子の動きを観測 原研など 超電導の解明に道 4/15 日経産業新聞

- 日立メディコ 新興国で MRI 拡販 超電導式と永久磁石式投入 今年度、世界販売 420 倍へ オープン型の超電導式 高磁場 MRI 4/16 日刊工業新聞
- 砂漠で太陽光発電 超電導で効率送電 東大、チリで試験計画 4/16 日本経済新聞
- MRI 像を鮮明撮影 龍野コルク 神戸大とパッド開発 4/17 日刊工業新聞
- 島津製作所が訓練施設 医用機器の技術者向けに 来年 6 月、日本ラジオロジー協会 医用画像機器を紹介 横浜で 19 日まで展示会 4/17 日刊工業新聞
- ヘリカル型、不純物わずか 4/17 朝日新聞
- フラーレン化合物 超伝導の仕組みを解明 理研など 4/17 朝日新聞
- 核融合炉用地 売れず 誘致失敗 一部残土置き場 茨城・那珂 4/18 毎日新聞
- 日本版グリーン・ニューディールの効果 技術優位性維持にも寄与 政府調達で需要誘発 環境政策と複合効果狙え 4/20 日本経済新聞

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報—世界の動き (2009 年 3 月)

電力

Zenergy Power plc (2009 年 3 月 9 日)

Zenergy Power plc は、Southern California Edison (SCE) が Zenergy 社の限流器の SCE グリッドへの組み込みを完了したと発表した。これは米国電力グリッドに組み込まれ、作動する最初の超電導限流器となる。分散電源に対する要求とも相まって、米国需要家の電力需要の増加という観点から、この超電導限流器の稼働は非常に重要な意味を持つ。安全確保、高効率への要求といった要因があり、米国のスマートグリッドへの投資が進んでいる。超電導限流器は、このようなスマートグリッドの重要な要素になるものと期待されている。限流器の年間世界市場は 50 億ドルになるものと見込まれている。

出典:

“First Grid Protection Device Installed and Operational in U.S. Electricity Grid”

Zenergy Power plc (March 9, 2009)

http://www.zenergypower.com/images/press_releases/2009-03-09-fcl.pdf

American Superconductor Corporation (2009 年 3 月 10 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、Southern California Edison (SCE) から一体型 Distribution Static VAR Compensator (dSVC) を受注した。このシステムは SCE の将来電力網 (Circuit of the Future) プロジェクトで使用される。このプロジェクトは 2009 年夏までに 1,420 の一般家庭及び事業所に配電をおこなうことを目的として最先端技術を組み込もうという全米的に知られたプロジェクトである。定電圧を維持するダイナミック無効電力補償システムに加え、この dSVC システムは電圧降下やフリッカーに対する保護機能も有している。この dSVC システムは、従来のコンデンサー・バンクや電圧制御システムよりずっと高速に作動して、変動から生じる不都合や生産停止という電力品質に関する問題を低減する。AMSC 社グローバルセールス・ビジネス開発担当役員 Timothy Poor は次のように述べた。「我が社の大型送電用 SVC の派生商品である dSVC を使えば、電力事業者は無効電力供給を自動的に調整して、電力グリッドの負荷がクリティカルな部分の配電電力をリアルタイムで最適化することができるようになり、顧客の変化し続ける電力需要を満たすことが可能になる。我が社の新しい一体型の dSVC システムは、独自のサイリスタバルブ設計と制御技術をもって初めて実現されるものであり、コンパクト SVC 設計という面では画期的なものである。このシステムにより FACTS 技術^(注1) が地下送電網のように従来は SVC の設置が実際的でないと考えられてきた変電所外部でも適用可能になった。我々は、SCE 社が本製品の採用第 1 号となったことを嬉しく思っている。」

出典:

“Southern California Edison to Deploy AMSC’s Smart Grid dSVC™ Solution in Its “Circuit of the Future”

American Superconductor Corporation press release (March 10, 2009)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1264524&highlight

(注 1) FACTS 技術 : Flexible Alternating Current Transmission System 技術

Bruker HTS GmbH and Nexans (2009 年 3 月 17 日)

Bruker HTS GmbH 及び Nexans 社は Superconducting Coated Conductor Cable (Super 3C) プロ

プロジェクトが成功裏に終了したと発表した。このプロジェクトにおいて、送電級 HTS 電力ケーブルがヨーロッパ・コンソーシアムによって開発、試験された。2004 年 6 月に始まった Super 3C プロジェクトは、2008 年 12 月に 30-m 単相 HTS ケーブルシステムの試験に成功して完了した。当該試験中に超電導ケーブルは 17 MW 送電を達成した。この超電導ケーブルは Y 系 HTS 導体を使った初めてのものの 1 つである。このケーブルは Bruker HTS 社が開発した HTS・銅ハイブリッド導体（同社特許）を使って製造された。このハイブリッド導体を使えば、信頼性の高い製品の製造が容易になり、HTS 技術を使った新しい電力ケーブルの運用も比較的簡単なものとなる。また、この導体を使うことにより、既存の電力ネットワーク部品との接続も可能になる。Nexans 社は、低温保持部を含む Super 3C ケーブル及びこれに必要なケーブルターミネーションの製造を担当した。この総額 520 万ユーロのプロジェクトは第 6 次フレームワークプログラム（研究、技術開発）の下、EU から 270 万ユーロを受け取った。Nexans 社及び Bruker HTS 社の他、7 のパートナーがこのプロジェクトに参加した。

出典:

“Bruker HTS and Nexans Announce Successful Completion of European Superconducting Cable Project”

Bruker HTS GmbH press release (March 17, 2009)

<http://www.advancedsupercon.com/index.php?id=2534>

Nexans press release (March 17, 2009)

http://www.nexans.com/eservice/Corporate-en/navigatepub_142482_-20454_297_2579/Bruker_HT_S_and_Nexans_Announce_Successful_Completi.html

Oak Ridge National Laboratory (2009 年 3 月 23 日)

Oak Ridge National Laboratory は、オバマ大統領の American Recovery and Reinvestment Act により、新しい化学・材料科学研究施設建設のため 7,120 万ドルを受け取ったと発表した。この施設は 1952 年に建設され修理が必要になっている非効率ないくつかの研究所が入っている老朽化した施設に代わるもの。新しい 16 万平方フィートのビルには、太陽光発電、耐食性材料及び超電導送電線などのプロジェクトに携わる 200 名の研究者を収容する。建設は、今回の発表後 8~10 週間以内に開始される予定。新しい施設は、環境側面及び低消費エネルギーの側面から、ORNL 近代化評価レベルでの LEED レベル^(注2)と認定される見込みである。この認定は Green Building Council によって行われる。この建設資金は、DOE 科学局に割り当てられた 12 億ドルから支出される。

出典:

“Oak Ridge National Laboratory to receive \$71.2 million in Recovery Act funding”

Oak Ridge National Laboratory press release (March 23, 2009)

http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr20090323-01

(注 2) LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

American Superconductor Corporation (2009 年 3 月 31 日)

American Superconductor Corporation (AMSC) と Shanghai Electric Cable Research Institute (SECRI) は戦略アライアンス契約の期間を延長し、送電電圧ケーブルもこれに含むこととした。また、これに伴い SECRI は AMSC 社に多量の HTS 線材を発注した。線材は 30-m 長、35-kV ケーブルシステムの開発、製造に用いられる。戦略アライアンスの契約条項の下で、AMSC 社は HTS 線材を供給するとともに、コンサルティングサービスを提供する。また、SECRI は上海市政府の支援の下ケーブルシステムの開発を行う。また、戦略アライアンス契約は、AMSC 社が SECRI に対する HTS 線材の優先供給元であることを定めており、100 %の拘束力はないが、SECRI の製造ライ

センサーに対しても AMSC 社が全ての超電導ケーブルについての HTS 線材の優先供給元であるという条項が盛り込まれている。SECRI 総支配人 Wei Dong は次のように述べた。「我々が現在開発してきた配電電圧級の超電導ケーブルに加え、現在、中国市場向けに送電電圧級の超電導ケーブルシステムを開発しようとしている。我々の ASMC 社との継続した良好な協力関係により、超電導ケーブルの早期実用化が可能になるものと確信している。我々は、次の 10 年の早い時期に中国電力グリッドに最初の超電導ケーブルが使われ、これが起爆剤となって全中国に超電導ケーブルが広く行き渡ることを期待している。」

出典:

“Shanghai Electric Cable Research Institute Expands Strategic Alliance with American Superconductor”

American Superconductor Corporation press release (March 31, 2009)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1271332&highlight

マグネット

HTS-110 Ltd. (2009 年 3 月 31 日)

HTS-110 社は、HTS コイルを組み込んだ世界初のシンクロトロン・マグネットが間もなくニュージャージーランドからニューヨークの Brookhaven National Lab (BNL) に出荷される予定であると発表した。この新しいダイポール・マグネットは電力消費の面では同種マグネットに比べ最も経済的なものであり、同等の銅マグネットに比べ消費電力は半分である。所要の冷却水は従来システムに比べ格段に少なくてよい。HTS-110 社 CEO、Donald Pooke は次のように述べた。「世界で建設済みまたは建設予定の 70 のシンクロトロンがあるが、これらに使われる省エネマグネットのマーケットは大きい。我が社はこれに対応できる有利な立場にある。」

出典:

“HTS-110 magnet a world-first for “super microscope”

HTS-110 press release (March 31, 2009)

<http://www.hts110.co.nz/wp-content/uploads/2009/03/hts-110-media-release-synchrotron-310309.pdf>

MRI 及び NMR

Bruker BioSpin (2009 年 3 月 25 日)

Bruker BioSpin 社は、2 種類の同社独特の新たな Ultra-High-Field (UHF) NMR マグネットを市場に投入した。900 MHz WB US2 NMR マグネット (89 mm 大口径ボアを持つアクティブシールドマグネット) 及び 850 MHz US Plus™ (コンパクトで標準ボア径 54 mm のアクティブシールドマグネット) である。これらマグネットはこのタイプとしては世界最高の磁場を発生する。900 MHz WB US2 NMR マグネットは 2 段構成になっており、感度と解像度を格段に向上させることができる。また、850 MHz US Plus™ マグネットは 1 段構成で平屋建ての研究室に設置可能であり、サイト選択の面でフレキシビリティが大きく、必要な用地費用の低減に役立つ。これらのマグネットは、Bruker 社の特許であるサブクーリング技術を使ったり超電導線材を組み込んだりすることも可能である。

出典:

“Bruker BioSpin Announces Two New Ultra-High Field Actively Shielded NMR Magnets to be Introduced at ENC 2009”

Bruker BioSpin press release (March 25, 2009)

<http://www.bruker-biospin.com/index.php?id=2542>

Duke University (2009 年 3 月 26 日)

Duke University の研究者は、MRI の手法を改良し、癌のような健康に関わる信号を発する人体内部の分子の変化を観察することを行っている。この技術では、試料中のいくつかの原子の「超分極」を使っている。「超分極」は、原子核のスピンを調整してその発する磁気信号を大きく増加させることによって実現される。このようにして、分子中のスピン密度の大きな違いを生み出し、分子をあたかも強力な磁石のような状態にする。この「超分極」法とダイナミック核分極として知られる手法を用いて、水に加えて各種分子からの強い MRI 信号を得ることができる。この手法で用いられる「超分極」生成装置には、極低温冷却装置付の超電導マグネットが使われている。研究グループのこの結果は、Science 3 月 27 日号に掲載された。Duke University の研究者は、現在、パーキンソン病、骨粗しょう症、膀胱炎で見られるような上記以外の分子信号の可視化の可能性に関しこの技術のポテンシャルを評価しているところである。

出典:

“New MRI signaling method could picture disease metabolism in action”

Duke University press release (March 26, 2009)

<http://news.duke.edu/2009/03/hyperpolar.html>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2009 年 3 月 10 日)

Superconductor Technologies Inc. (STI) は、今後 12 ヶ月の SURF プログラム（超高感度無線受信機向け半導体同調超電導フィルター）実施のため米国空軍との間の契約の更改を行った。この契約更改により新たに資金が 410 万ドル追加される。この資金は、STI 社がアダプティブ・チューナブル・フィルターの実証に成功した第 1 フェーズの実績を受けて追加されたもの。このフィルターは受信機の手数を向上させ、そのサイズとコストを低減する。今回のプログラム第 2 フェーズでは、STI 社は Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) との間での研究開発の役割を更に発展させ、試験ユニットの開発を行う予定である。

出典:

“Award for Additional Work on DARPA-Funded SURF Program”

Superconductor Technologies Inc. press release (March 10, 2009)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=1264875&highlight>

Superconductor Technologies Inc. (2009 年 3 月 11 日)

Superconductor Technologies Inc. (STI) は、2008 年 12 月 31 日に終了する四半期、及び通年の収支を発表した。第四半期純収入は、前年同期 490 万ドルに対し、当期は 130 万ドルである。当期製品純売り上げは、前年同期 330 万ドルに対し、686,000 ドルであった。政府契約やその他契約による収入は前年同期 160 万ドルに対し、当期は 592,000 ドル。当期の純損失は、前年同期の 220 万ドルに対し、当期は 380 万ドルであった。STI 社会長、CEO、Jeff Quiram は次のように述べた。
「2008 年は通信事業者が投資を減らしたため厳しい年であったが、我が社の世界に冠たる材料技術、

高周波技術のさらなる活用の検討に着手して、自社が展開する市場の拡大に努めたところである。」2008 年 12 月、STI 社は DOE の Los Alamos National Laboratory と Y 系線材を使った送電システム向けの HTS 製品の共同開発を目的とした CRADA 契約を締結した。STI 社は同社知的財産である薄膜技術を使えば、企業が電力グリッドへの HTS 製品の展開に必要な製品価格レベルを達成しうるものと確信している。これ以外の分野でも STI 社は構成変更可能な電話機向けフィルターの性能実証を行ったし、高周波無線分野でも干渉信号除去ソリューションの事業を継続している。STI 社は、また、中国の新しい 3G ネットワークでの TD-SCDMA 向けにフィールド試験を行って、成功している。

STI 社の 2008 年通年の純収入は、2007 年の 1,790 万ドルに対し、当年は 1,130 万ドルであった。製品販売収入は、前年の 1,280 万ドルに対し、当年は 680 万ドルであった。また、政府及びその他契約収入は、2007 年の 510 万ドルに対し、2008 年は 450 万ドルであった。2008 年の純損失は、前年の 910 万ドルに対し、1,270 万ドルであった。2008 年 12 月 31 日時点で、STI 社の現金、現金等価資産、受注残は合わせて 272,000 ドルである。

出典:

“Superconductor Technologies Inc. Reports 2008 Fourth Quarter and Year-End Results”

Superconductor Technologies Inc. press release (March 11, 2009)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=1265109&highlight>

基礎

Rice University (2009 年 3 月 12 日)

米国及び中国の研究者は、共同で鉄プニクタイトの複雑な量子的振る舞いを説明、予想する新しい理論を提案した。Rice University 物理研究者 Qimiao Si は次のように述べた。「我々の研究は鉄プニクタイトで見られる磁氣的量子ゆらぎに対応するもので、電子間相互作用がこの振る舞いをいかに支配しているかを説明する理論を提案するものである。」Rice University の他に Rutgers University, Zhejiang University, Los Alamos National Laboratory の研究者が参加するこの研究グループは、銅酸化物とプニクタイトの間の類似点及び相違点について説明している。例えば、プニクタイトの場合親化合物は金属的であるが、銅酸化物では絶縁体である。しかし、ドーブしない銅酸化物と同様プニクタイトは反強磁性である。他の金属における電子相互作用と反強磁性についての現在の知見に基づき、研究グループは共同してプニクタイトの振る舞いを説明し、それが相転移を起こすときの振る舞いを予想する理論的枠組みを作り出した。この研究グループの研究結果は、Proceedings of the National Academy of Sciences のオンライン版で見ることができる。

出典:

“Physicists offer new theory for iron compounds”

Rice University press release (March 12, 2009)

<http://www.media.rice.edu/media/NewsBot.asp?MODE=VIEW&ID=12289&SnID=2045262890>

University of Liverpool (2009 年 3 月 19 日)

University of Liverpool と Durham University の研究者は、電気を送るために超電導体をいかに使用することができるかについてさらに理解を深めることに資する新しい物質を作り出した。研究グループはカーボン 60 として知られるフットボール形状の粉体状の分子を作り出し、商業用途として適する温度で超電導体としていかに機能するかを示した。この分子の単純な構造のため、電子の移動に関する自由度を制御したり、これを超電導状態にするための操作をおこなったりすることが

容易である。Durham University 教授 Kosmas Prassides は次のように述べた。「1 気圧では物質中の電子は超電導とはほど遠い。そこで、我々は加圧装置を使って電子を圧縮した。その結果、我々は、物質が瞬時に状態が変化して、非伝導状態から超電導状態に移ることを発見した。これにより正確にどのような構造で超電導が発生するかを見ることができた。」グループの研究結果は *Science* に掲載された。

出典:

“New material could help cut future energy losses”

University of Liverpool press release (March 19, 2009)

http://www.liv.ac.uk/news/press_releases/2009/03/superconductors.htm

National Institute of Standards and Technology (2009 年 3 月 25 日)

National Institute of Standards and Technology (NIST) の研究者は、磁性が鉄プニクタイトの物理的性質を支配する決定的な要因であること示す強い証拠を見出した。もし磁性を考慮に入れなければ、鉄プニクタイトの内部構造（例えば、鉄層間の距離）についての理論計算が実際の測定と一致しない。もし、磁性の効果を入れれば、この相違は解消する。この結果から、磁性が鉄プニクタイトの超電導に重要な役割を果たしていると考えられる。NIST の理論家 Taner Yildirim は次のように述べた。「鉄プニクタイト系の超電導メカニズムの解明は他の高温超電導体の長年にわたる謎の解明にとって非常に重要である。ひとたび我々がこの奇妙な現象を理解することができれば、より高い臨界温度を持つ新たな超電導体を予言し、設計することができるようになる。」この研究結果は、3 月の American Physical Society 会合での招待講演として発表された。

出典:

“Magnetism governs properties of iron-based superconductors”

National Institute of Standards and Technology press release (March 25, 2009)

http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2009_0324.htm#iron-sc

(ISTEC 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 20 年度第 2～4 四半期の公開特許

平成 20 年 7 月～平成 21 年 3 月に公開された ISTEK 出願の特許をお知らせします。詳しい内容は特許庁ホームページ内の特許電子図書館等のデータベースをご利用ください。

1) 特開 2009-47335「液体窒素を用いた冷却器」:

本特許は液体窒素を用いた冷却器に関し、低コストで携帯可能な液体窒素冷却器を実現することを目的とする。

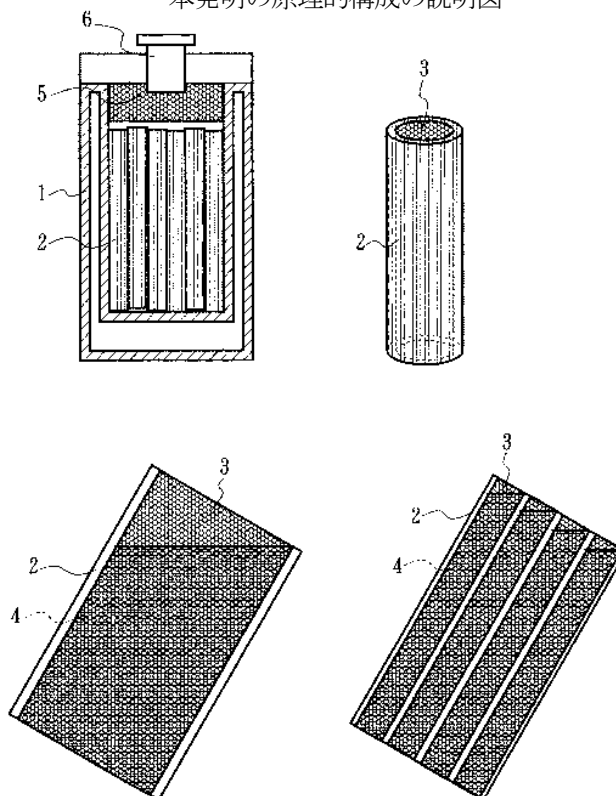
近年、超電導線材、原子力発電所、プラント、航空機、エレベータあるいは遊具等の非破壊検査のために SQUID が用いられるようになってきており、このような SQUID を始めとする高温超電導デバイスの冷却には真空断熱容器に蓄えられた液体窒素を用いる方法や、冷凍機を用いる方法が選択されてきた。

上記のような電子機器、とくに SQUID 非破壊検査装置等の小型電子機器については必要な時に簡便に検査ができるようにハンディタイプの小型電子機器への要望が多くなっている。

しかし、真空断熱容器にためられた液体窒素冷却の場合、運搬や測定時に液体が暴れるため、液漏れしたり突沸したりする危険を伴い、また冷凍機は高価で電池駆動が困難、振動ノイズが問題になるなどハンディ型測定器への適用には課題が多い。

本発明は液体窒素 4 を用いたコードレスで軽量低価格な冷却器であって、断熱容器 1 と断熱容器 1 内に收容されるとともに、液体窒素 4 を吸収および保持する構造を有する連続気泡を有する繊維集合体 3 を内部に挿入された複数の中空管状容器 2 とを少なくとも備えたことを特徴とするもので、連続気泡を有する繊維集合体に液体窒素 4 を吸収保持させることで運搬や測定時に液体窒素 4 が暴れて液漏れや突沸を抑制することができ、また中空管状容器 2 を複数備えることによって熱の伝達性の向上と、容器が傾いた場合の液体窒素 4 の漏れ出しを効果的に制御できる。

本発明の原理的構成の説明図



- | | |
|----------|---------|
| 1.断熱容器 | 4.液体窒素 |
| 2.中空管状容器 | 5.断熱材 |
| 3.繊維集合体 | 6.圧力開放弁 |

(SRL/ISTEC 企画部長代理 永野一郎)

[超電導 Web21 トップページ](#)

応用物理学会関連シンポジウム

「超電導」使える技術から使われる技術へ」報告

ここ数年の Bi 系や Y 系等高温超電導線材の性能の向上が著しく、国家的プロジェクトでケーブル等の電力応用機器の実証試験も国内外において行われるまでになっている。しかし、今後超電導が「汎用技術」として使われるようになるためには、様々な市場化への壁を乗り越えていかなければならない。そういう状況を踏まえ、応用物理学会超伝導分科会企画の本シンポジウムでは超電導技術の現状を俯瞰した上で、「使われる」ようになるには、今何が必要なのか、どのような課題があるのか、技術者、研究者に何が求められているのかについて議論が行われた。応用物理学会関係連合会講演会内のシンポジウムということもあり、出席者は百名を超え、大変盛況であった。

まず、冒頭に藤巻幹事長（名大）の主旨説明があり、現在直面しているエネルギー問題を利便性の高い社会の追求、超高齢社会の到来、安全安心な社会実現の期待などを満たしながら解決する鍵となりうるのは超電導技術であるということが述べられた。続いて ISTEK の田中氏より、既に量産化され分析機器、MRI、高エネルギー物理等で広く用いられている金属系超電導体の状況について、実用化の鍵となった製法技術におけるブレイクスルーや、どのように使用分野が広がっていったのか等が紹介された。続いて住友電工の林氏から、Bi 系線材は 95 年頃には既に 1000 m 級の線材が出来ていたが 2000 年頃の加圧焼結法の開発により高 I_c 化、歩留まり向上が大幅に進み、応用線材としての入り口によりやくたてたという話があった。また、Bi 線材を用いたアプリケーションの開発動向について持ち運び型 MRI、や 1 GHz 以上の NMR、医療用加速器等の他、電力、運輸分野への応用等様々な応用技術が紹介された。

一方、Y 系線材の状況について ISTEK の藤原氏は、この数年での性能向上が著しく、現在国内では 500 m 長 300 A 級、米国では 1 km 長のものが出来てき、機器に使えるものが出てきたと述べた。昨年 6 月に始まった NEDO プロジェクト「Y 系超電導電力機器技術開発」の概要も紹介した。また MgB_2 、鉄系超電導等のその他新超電導材料の可能性について物材機構の熊倉氏は、 MgB_2 は既に PIT 法や拡散法線材が出来ており、応用研究がかなりすすんでいるが特性はまだ十分ではないこと、また鉄系は線材化研究が始まったばかりで、今のところ粒界特性の向上が大きな課題であることを指摘した。

東北大の濱島氏は「超伝導技術の未来 -液体水素冷却時代は到来するか?-」というタイトルで、エネルギー問題の解決の鍵として、自然エネルギー（太陽光、風力）、水素+燃料電池、超電導の組合せを提案し、例えば電力貯蔵の場合水素（化学エネルギー貯蔵+冷却）（capacity-oriented storage）+SMES（access-oriented storage）の相乗効果が期待できると述べた。また、日経新聞社の黒川氏は「使われる」という受け身ではなく日本で育てた技術を「使わせる」という考え方をすべきだと指摘し、「使わせる」入り口としては、大規模なインフラではなく、直流送電など小口のものから始めるべきであると提案した。

続いて行われたパネルディスカッションでは、実用化はどこまで進んでいるのか及び超電導技術の未来に関する期待という二つのテーマで討論が行われ、高温超電導体の実用化に関しては経済性及び長期間の信頼性が課題であること、また、超電導をもっと社会的に応援してもらえるような雰囲気づくりが大事であり、その一つとして、例えば炭素排出量に対してペナルティを課す等政策的に行うことが超電導利用のドライビング・フォースになりうるのではという意見がだされた。

（SRL/ISTEK 材料物性バルク研究部 筑本知子）

【隔月連載記事】

やさしい「不確かさ」のおはなし (その 3)

産業技術総合研究所

計測標準研究部門 応用統計研究室

榎原研正

4. かたよりとばらつき (つづき)

今回は、家庭用血圧計の不確かさを、かたよりとばらつきに分けて評価し、それらを合成するという手順で全体の不確かさを求めました。しかし、かたよりとばらつきの区別は、場合によってはかなり微妙であることも指摘しました。今回は、この話題の整理のため、ばらつきの中に存在する構造について説明します。なお、前回も述べましたが、かたよりとは、補正可能な既知の効果はすべて補正した後になお残る効果のことを、ここでは意味しています。

4.3 ばらつきの階層構造

同一の測定条件で同一対象を短時間の間に複数回測定することをここでは「繰り返し(repetition)」とし、測定日、測定者、測定装置などのどれか一つ以上の測定条件を変えた複数の測定を「反復(replication)」と呼ぶことにします。日を変えると、前日のデータと傾向が違っていたということは少なからずあります。測定を日常的に行っている人は、繰り返しのばらつきよりも反復のばらつきの方が一般には大きいことを経験されていると思います。測定日、測定者、測定装置などによるばらつきは、繰り返しによるものとは、大きさ、原因、統計的ふるまいなどが一般に異なります。

真値 τ の測定量を、5 日間にわたって毎日 10 回繰り返し測定したものとします。第 i 日目の第 j 繰り返しのデータを y_{ij} とすると、測定データは次のようにモデル化することができます。

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \tau + \delta + \gamma_i + \varepsilon_{ij} \\ &= \mu_i + \varepsilon_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

このような表現は、統計学でデータの構造モデルと呼ばれています。 δ はこの測定法がもつ固有のかたより、 γ_i は日による違いを表す確率変数、 ε_{ij} は繰り返しのばらつきを表す確率変数です。

この状況は模式的に図 3(a)のように表せます。第 i 日目の楕円は、その日の測定値の「母集団」、つまりその日の測定データとして可能性のある全ての値の集合を表すものとします。これは、その日に測定を無限回繰り返したと想定したときに得られる値の集合です。実際に測定を無限回繰り返すことは不可能ですから、母集団というのはあくまで仮想的な集合です。一方、現実には手元にある 10 個のデータは、この母集団からランダムに抽出して得た「試料」と考えます。「母集団」と「試料」の二段構えは、測定値を統計学的に取り扱う際にしばしば利用される考え方です。

母集団としては、測定日毎の母集団以外に、測定日を特定しない全体の母集団があります。図 3(a)では、最も外側の円がこれに対応します。この全体の母平均(母集団の平均値)を図では μ としています。一方、式(6)の μ_i は、第 i 日の測定値の母平均です。日を特定しない場合、繰り返しのばらつき ε_{ij} 以外に、日によるばらつき γ_i があり、ばらつきが階層構造をもっていることがわかります。測定者や測定装置などの要因も入ってくると、さらに多重の階層構造となります。

なお、ここでは不可知量はギリシャ文字で、可知量はアルファベットで表しています。この記法は統計学でしばしば用いられるもので、例えば同じ「平均」であっても、母平均(不可知量)なのか、試料平均(測定値の平均で可知量)なのかについての無用の混乱を避けることができます。ここでは τ , δ , γ_i , ε_{ij} はすべてその厳密な値は知り得ない不可知量で、測定値 y_{ij} が可知量です。

また、式(6)のような表現はあくまでモデルであることに注意しておきたいと思います。現実の測定に生じるばらつきは、ここまでが測定日によるばらつき、ここからが繰り返しによるばらつきと明瞭に区別できるとは限りません。特に、ランダムウォークのように元来は小さい偶然的変動が継続的に集積することにより一定のかたよりが生じるような場合、式(6)のような表式は必ずしも適当ではありません。

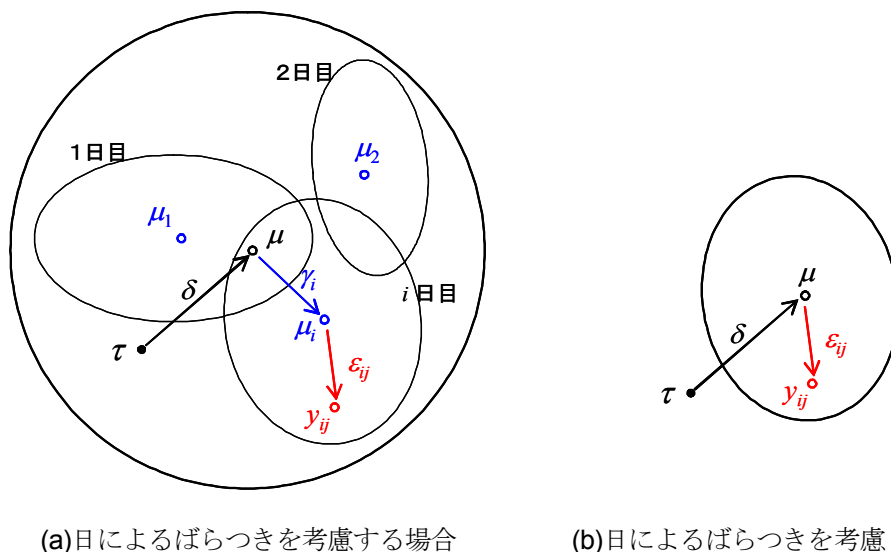


図 3 測定データの母集団

4.4 母集団の選択

δ をかたより、 ϵ_{ij} をばらつきと呼ぶのは自然な呼び方と思われますが、 η をどう呼ぶかは微妙です。第 i 日の母集団の中だけで見ると、その中では一定値であり、かたよりですが、全体の母集団からはばらつきに見えます。すなわち、かたよりかばらつきかは、母集団をどう捉えるかに依存しています。ところで図 3(b)は、日毎のばらつきが無視できるような状況で想定される母集団ですが、測定は一日で終了し、二日以上に及ぶことはない場合、不確かさ評価の際に母集団として想定すべきはこの図 3(b)でよいでしょうか？

測定が一日で終わるとしても、その一日が図 3(a)のどの日に相当するのかわかりませんから、日による変動があり得ると思われる場合には、図 3(a)の全体の母集団（一番外側の円）を想定する必要があります。測定者や測定装置などについても同様で、「この測定は担当者一人で行っているため、人によるばらつきは考えなくて良い」ということにはなりません。

逆に図 3(b)のような母集団の想定が妥当となるのは、日毎の変動が無視できることが確認されている場合、毎朝 1 回測定標準を用いて測定装置を校正することにより日毎の変動を除いている場合[†]、あるいは日毎の変動をかたより δ の一部として評価する場合です。

なお図 3(a)の状況で、日毎のばらつきの大きさと繰り返しのばらつきの大きさを分離して評価する方法として、分散分析と呼ばれる統計的手法があります。分散分析を用いた不確かさ評価の例に

[†] 厳密にいうと、この場合は、校正作業の不確かさを考慮する必要があります。図 3(b)にはこの成分は描かれていません。

についてもいずれ紹介したいと考えています。

4.5 「偶然」の意味 — 繰り返しのばらつきについて

一般に、ばらつきは偶然誤差、かたよりは系統誤差とも呼ばれます。偶然誤差と言われると、原因不明で対策無しと思わず納得してしまいそうですが、偶然というのはどういう意味でしょうか。例えば、マイクロメータでシリンダーの直径を繰り返し測定した際のばらつきはどうでしょうか。シリンダーの測定位置の微妙なずれ、測定力のばらつき、手から伝わる熱などによる温度の微小な時間的な変化など、なんらかの物理的原因によりばらつきが生じていると考えられます。明確な原因は今不明にせよ、努力すれば原因が判明し、ばらつきを減らすことができる可能性は潜在的にはあります。本当に人が制御できないばらつきも存在し、それは不確定性原理で表されるような量子的な効果によるものですが、我々が実際に目にするデータのばらつきが量子的な限界に達しているケースは多くはありません。

つまり偶然誤差の「偶然」というのは、統計的な一つの見方にすぎず、物理的には何らかの原因による必然的な結果であると（量子効果を除けば）言えます。測定の繰り返しによるばらつきは偶然誤差と呼ばれることが多いのですが、これを原理的に原因不明で対策が無いものと安易に仮定するのは適当ではありません。無論、その低減対策は現実には難しいのですが、「偶然」という言葉には十分の警戒が必要です。

4.6 かたよりは減らせるか

ばらつきの階層構造を上昇につれ、かたよりの性質が増えてきます。このような固定的な傾向がある成分は、その原因を追求し対策をとることが比較的容易にできそうと思われるかも知れません。しかし現実これが実行可能であることはあまり期待できません。例えば、測定日によるばらつきは、温度や湿度の日による違いが原因なのではないか、それらを揃えればばらつきは減るのではないかと、机上では想像できるかもしれません。しかし日毎の違いが弊害となっている状況ならば、容易に想像できる原因についての対策はすでにとられていると考えるのが自然です。十分な努力による対策がとられ、可能な補正はすべて施した上でなお残っているかたよりが本当の問題なのです。原因がわかってもコストのために対策がとれないということもあります。コストは重要な技術要素の一つですから、実際上対策がとれないという点では同じです。前回、水の三重点の国際比較の例で紹介したように、データのばらつきの主要な原因の一つが判明し、その対策が可能になるというのは大変珍しい例で、このようなことがあればそれ自体科学技術の大きな成果といえます。日常の測定の中に含まれる変動成分については、それが上の方の階層でかたよりの性質が強いものでも、原因を特定して低減対策をとることは一般に難しいと言えます。

ガス器具のエネルギー効率試験の不確かさ評価に協力したことがあります。もともと難しい試験で、試験結果のばらつきも大きいのです。同一のガス器具を複数のラボで試験するラウンドロビンテストを行ったところ、ラボ間のばらつきは、同一ラボ内での繰り返し試験のばらつきより明白に大きいことが判明しました。これに対して、ある統計学の専門家が、ラボ間のばらつきは繰り返しのばらつきのレベルまで下げるべきであり、これを放置したまま試験を続けるのはモラルの欠如とまで発言されたのを聞いて、大変驚いたことがあります。繰り返しのばらつきは偶然的効果であって対策は不可能であるが、それより大きな変動を持つ効果はその原因を特定して対策をとることができるはずであるという二重の誤解がここにはあると思います。ラボ間のばらつきをラボ内での繰り返し試験のばらつきと同程度の大きさに押さえることは一般には困難です。ラボ間のばらつきに対して私たちが期待できるのは、各ラボ毎に評価された不確かさの大きさと同程度かそれ以下であるということです。

かたよりはくみしやすし、ばらつきはくみし難しとの理解が、しばしば見受けられますが、実際

にはむしろ逆のことが多いと言えます。かたよりの大きさについての手掛かりは、自分の測定データをいくら眺めても見つからないのです。測定結果に含まれているかたよりの大きさを知ることは大変難しいのです。かたよりは、科学技術の新たな発展、別のグループとの測定結果の比較、あるいは別の測定原理との比較などによって初めて目に見える形で姿を現すことになります。

一方、ばらつきはそれが実際に統計学で想定されている偶然誤差のように振る舞うならば、その対策はむしろ容易です。まず、その大きさは自ら採取可能なデータによって見積もることが出来ます。その低減が必要であれば、測定方法や測定環境に対して何らかの対策をとろうということになるでしょう。それが技術的に難しいことがわかったときには、最後の対策として、多数個のデータをとってその平均を求めるという手段が残されています。 n 個のデータの平均値はもとのデータと比較するとばらつきが $1/\sqrt{n}$ 倍に減少するというのが統計学の教えるところです。

不確かさ評価では、ばらつきやかたよりの低減が目的ではなく、それらの大きさをありのまま評価することが重要です。かたよりはばらつきよりも評価しにくいという観点からは、かたよりの成分もできるだけばらつきの成分として評価すればよいことになります。母集団としてできるだけ広いものを想定し、単なる繰り返しのばらつきだけでなく、測定日や測定装置などに類する様々な要因をとりあげた反復測定のばらつきを評価する実験を行うのが望ましいということが言えます。

4.7 まとめ

以上、あらためて整理すると、

- (1) ばらつきには一般に階層構造がある。繰り返し測定のばらつきと測定法固有のかたよりの間の中間的な変動成分が存在する。
- (2) それがかたよりかばらつきかは測定データの背後に想定する母集団の選択に依存する。
- (3) 現実の測定で固定されている要因であっても、不確かさ成分として考慮しなければならないことがある。
- (4) 「かたよりは補正可能、ばらつきは対処不可能」という考え方は適当ではない。現実には、かたよりはばらつきより、評価も低減対策も難しいことが多い。
- (5) 不確かさ評価では、繰り返し測定だけでなく、反復測定を行うことにより、評価の難しいかたよりの成分を、統計的に評価可能なばらつきの成分として評価することができる。

なお、GUM では、かたよりとばらつきを系統誤差、偶然誤差とは呼ばず、系統効果 (systematic effect)、偶然効果 (random effect) と呼んでいます。かたよりとばらつきの区別は母集団の想定次第で変わり得るため、誤差をその性質に応じて固定的に区別することを避ける意図があるものと考えられます。

読者の広場

Q&A

Q: 「多くの鉄系超電導体はヒ素が関係すると聞きますが、ヒ素が関係しない鉄系超電導体について教えてください。」

A: ヒ素が関係しない鉄系超電導体についてとのことですが、鉄を構成元素として含む超電導体自体は、高压下の単体の鉄をはじめスクッテルダイト型構造を持つものなど、以前からいくつかの化合物が知られていました。ここでは正確を期すため、鉄系超電導体を 2008 年 2 月に東工大の細野グループによって高温超電導が発現することが見出された「鉄の正方格子を有する超電導体群」と定義させていただき、最も重要な指標のひとつである超電導転移温度(T_c)を中心にまとめさせていただきます。

現在までに鉄系超電導体は REFePnO (Pn: P, As) 系、AEFe₂Pn₂ (AE: Ca, Sr, Ba) 系、LiFePn 系、FeCh (Ch: Se, Te) 系と 4 種の結晶構造を持つものが知られています。これらのうちヒ素を含まないもので超電導が発現しているのは今のところ REFePO 系と FeCh 系のみで、AEFe₂P₂ と LiFeP は化合物としては以前から知られていますが、今のところ超電導化の報告はないようです。REFePO 系の T_c は最も高い LaFePO でも 4 K で、酸素をフッ素で部分置換した場合でも 7 K と、同じ結晶構造を持つ REFeAsO の T_c が 50 K 以上に達するのに比べると低い値にとどまっています。また REFeAsO では La を他の希土類に置換することで T_c が上昇するのに対して、LaFePO の La を他の希土類に置換した化合物ではそれより低い T_c しか報告されていません。FeCh 系は鉄系超電導体で唯一リンもヒ素も含まない化合物群で、常圧下では 8 ~ 13 K の T_c が報告されています。この物質は高压下で T_c が上昇することが報告されており、 T_c はこれまでのところ最高で 38 K と、二元系化合物としては C₆₀ と MgB₂ に次いで三番目に高い値を示しています。このように比較的高い T_c を持つことと、鉄系超電導体としては最も単純な構造を取ることから、薄膜などの研究も盛んに行われています。

これまでに知られていたヒ素を含まない鉄系超電導体はこの二系統のみだったのですが、筆者らの研究グループは 2009 年 3 月に、鉄系超電導体としては新しい結晶構造を有する新化合物 (Fe₂P₂)(Sr₄Sc₂O₆) (図 1) を発見しています。この物質は T_c が 17 K と、REFePO 系の T_c よりはるかに高く、常圧下としてはヒ素を含まない鉄系超電導体の中で最も高い T_c を示しています。筆者らは、この高い T_c の理由の一部は FeP 層の部分構造が REFePO 系と若干異なるからではないかと考えていますが、詳細は今後の研究で明らかにされていくでしょう。余談ですが、この発見を契機に (Fe₂Pn₂)(AE₄M₂O₆)(M: 遷移金属元素) が新しい鉄系超電導体群として注目されています。今のところ信頼できるデータとして最高の T_c は、本原稿執筆時点では (Fe₂As₂)(Sr₄V₂O₆) の 37.2 K ですが、これまでの鉄系超電導体は一般的には結晶構造の二次元性が高いほど T_c も高い傾向にあること、(Fe₂P₂)(Sr₄Sc₂O₆) が LaFePO よりはるかに高い T_c を持つことから、この系の T_c がどこまで上がるかにも期待したいと思います。

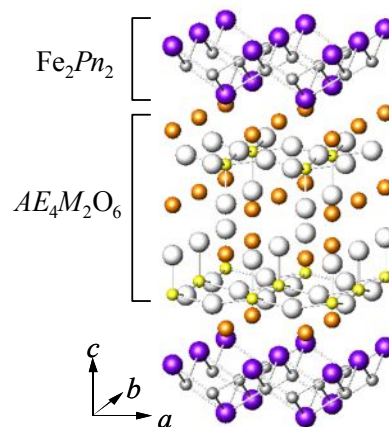


図 1 (Fe₂Pn₂)(AE₄M₂O₆)の結晶構造

回答者：東京大学大学院 工学系研究科応用化学専攻 助教 荻野拓 様