

日中科学技術

No. 144
2013. 3.20

発行所

特定非営利活動法人 日中科学技術交流協会

〒103-0003 東京都中央区日本橋横山町 3-1 横山町ダイカンプラザ 302 号

E-mail : jcstea@alpha.ocn.ne.jp URL : <http://jcst.in.coocan.jp/>

電話 : 03 (6661) 7929 Fax : 03 (6661) 7929

2012 年度中国人留学生研究奨励賞授賞式 および研究発表会

日中科学技術交流協会 副理事長 藤崎博也



授賞式出席者の記念写真

後列: 王学睿書記官、松本真治先生、堂山理事、山脇副理事長、藤崎副理事長、永崎事務局長
前列: 張治宇氏、元金石氏、李纓公使参事官、有山正孝理事長、李陽氏、崎山一生先生

1. 授賞式

当協会の重要な事業の一つである標記研究奨励賞の授賞式と受賞者による研究発表会が、去る 2012 年 12 月 21 日午後、東京大学本郷キャンパスの山上会館において開催されました。以下に授賞式と受賞者の研究発表の概要をご報告します。

従来、当協会の活動に大きく貢献された会員を記念するための奨励賞の原資として、ご遺族や関係者から寄せられた基金があり、それらの賞には当該の会員名を冠しておりましたが、2011 年度をもってすべて終了しました。一方、2008 年度には創業支援機構から、さらに今年度には個人からの寄付がありましたが、これらの寄付者のご意向により、奨

励賞には寄付者名を冠しないこととしました。なお、2012 年度は 3 件の研究奨励賞を授与することとなりました。

2012 年 8 月に本会会員に受賞候補者の推薦を依頼しましたところ、9 件のご推薦を頂きました。候補者の研究分野に近いご専門の方々にご協力いただいで慎重厳正に審査を進め、11 月 26 日に選考委員会を開催して候補者を絞り、11 月 30 日開催の理事会において 3 名の受賞者を決定しました。

受賞者の氏名、経歴、所属(受賞時) 研究題目、指導教員は以下の通りです(発表順)。

李 陽 (LI, Yang) (江蘇省鎮江市、1986.4.26 生れ)

電気通信大学大学院 情報理工学研究科 総合情報学専攻 博士課程 2 年

研究テーマ：故障利用物理攻撃とその対策

指導教員：准教授 崎山一男

元 金石 (YUAN, Jinshi) (黒龍江省ハルビン市、1983.4.13 生れ)

筑波大学/物質・材料研究機構 連携大学院 博士課程修了(2012.7 博士号取得)

物質・材料研究機構 1 次元材料グループ ポスドク研究員(2012. 8 から)

研究テーマ：ハフニウム炭化物単結晶ナノワイヤの作成と電子源 への応用

指導教員：筑波大学 数理物質科学研究科 准教授 唐 捷

張 治宇 (ZHANG, Zhiyu) (四川省重慶市、1985. 5.20 生れ)

九州大学/物質・材料研究機構 連携大学院 博士課程 3 年

研究テーマ：強磁場発生用超伝導磁気レンズの開発

指導教員：教授 木吉 司

授賞式には、本会を代表して有山正孝理事長、藤崎博也副理事長、山脇道夫副理事長、堂山昌男理事、永崎隆雄事務局長が出席、来賓として中華人民共和国駐日本国大使館科学処の李 纓参事官と王学睿書記官、また受賞者張治宇氏の指導教官木吉先生の代理として物材研の松本真治先生をお迎えしまし

た。まず有山理事長から研究奨励賞の趣旨の説明があり、次にご出席の方々の見守る中で有山理事長から各受賞者に賞状と副賞が手渡され、さらに李参事官からご祝辞を頂き、また、受賞者を代表して李 陽氏が謝辞を述べました。冒頭に掲げたのは授賞式出席者全員の記念写真で、前列は左から、張治宇氏、元金石氏、李纓公使参事官、有山正孝理事長、李陽氏、崎山一生先生、後列は左から、王学睿書記官、松本真治先生、堂山昌男理事、山脇道夫副理事長、藤崎博也副理事長、永崎隆雄事務局長です。

以下は、授賞式における李纓公使参事官の祝辞です。



(李公使参事官)

尊敬する有山正孝理事長、ご来賓の皆様、ただいまご紹介にあずかりました中国駐日本国大使館科学技術部公使参事官の李纓でございます。本日、2012 年度中国人留学生への研究奨励賞授賞式と研究発表会にお招きいただき、大変光栄に存じます。

まず、中国大使館を代表して、本年度授賞された方々に祝賀の意を表したいと思います。また、長年以来、日中科学交流事業にご尽力なされてきた日中科学技術交流協会の皆様に、衷心より感謝を申し上げます。

ご存知のように、日中科学技術交流協会は 1977 年に設立され、この 35 年にわたって多くの科学者・技術者を中国に送り、また中国から受入れ、多くの日中合同のシンポジウムを企画・開催する等の活動を続けてきました。日中科学技術交流協会に支持され、奨励され

た科学者や技術者は帰国後、各技術分野で活躍、重要な地位を占め、中国経済と科学技術の発展に多大な貢献をされたと言えます。

これらの素晴らしい成果が得られたのは、日中科学技術交流協会の歴代理事長と役員、受賞者たちの大学や研究所、そして教師先生方のご協力とご努力のおかげであります。特に、去年の 3.11 大震災後、日本財政と企業経営の困難の中で、奨学金プログラムを実施し続けることに心から感謝を申し上げたいと思います。

現在、中日両国ともエネルギー、電子、医療、新材料など様々な産業技術の更なる発展を期待する中、ご在席の方々は、中日間の科学技術交流の架け橋の役割を果たされてきました。今後もより一層ご尽力され、中日産業技術の交流促進と両国の友誼を深めることに貢献されることを期待しております。

皆様のご健康とご活躍、及び 2012 年度受賞した留学生達の日本での学習生活が実り豊かになるように祈念し、私のご挨拶とさせていただきます。

2. 研究発表

授賞式に続いて、受賞者による研究発表が藤崎副理事長の司会により行われました。なお、李、元、張氏の発表に先立って、それぞれ崎山先生、岡田雅年理事（唐先生の代理）、松本先生に短い解説をお願いしましたので、受賞者の研究の背景と特色がより明確になりました。各受賞者の発表もよく準備され、立派なプレゼンテーションでした。

以下に各受賞者の研究の概要を記します。

(1) 李 陽氏の研究

銀行などで広く利用されている IC カードに搭載されている暗号デバイスの安全性の評価に関する研究。意図的に生起させた一過性の故障を利用して暗号デバイスから秘密情報を取得すること（これを「攻撃」という）は、一般的な実験設備を用いて行うことができ、しかも攻撃の痕跡をほとんど残さないため、情報社会における現実的な脅威として大きな問題になっています。李 陽氏は、故障攻撃に対する暗号の耐性を定量的に評価する（故障感度解析）新しい手法を考案し、さらに従来の

手法よりも強力な故障利用解析手法と、その対策とを提案しました。これらの成果は、すでに査読つき学会誌論文 6 件（うち 4 件が第一著者）、査読つき国際会議論文 10 件（うち 4 件が第一著者）として発表され、高い評価を得ています。

(2) 元金石氏の研究

電子顕微鏡の解像度を上げるためには高輝度と高相関性の安定な電子ビームを提供出来る電子源が必要です。ハフニウム炭化物(HfC)は低仕事関数、高電気伝導率、高融点をもつため、ナノワイヤに加工できれば、高性能の電界放射型電子源となり得ますが、極めて硬いため、従来の微細加工法では不可能でした。元金石氏は(1)化学気相成長法を用いて HfC 単結晶ナノワイヤを世界に先駆けて創成、(2)このナノワイヤを、ナノアセンブル装置・技術により加工し電子源を作製、(3)既存の装置・技術の改良しナノワイヤ電子源の特性の計測・評価法を開発しました。これらの研究成果を、既に 4 編の学術論文（うち 3 編で筆頭著者）に発表し、2012 年 8 月には博士号を取得しています。

(3) 張治宇氏の研究

超伝導磁気レンズは物質・材料研究機構で提案され、超伝導材料の反磁性を利用した新しい磁束分布の制御方法です。これはスリット等で周回電流が流れないように抑制した上で、超伝導体の内側面を狭めることで、磁束の集中を可能にしたものです。張治宇氏は、酸化物系高温超伝導体 GdBCO 以外の MgB₂ バルク超伝導体や NbTi/Cu シートを用いて超伝導磁気レンズを作製し、その特性を明らかにしました。またこの超伝導磁気レンズと NbTi コイルを組み合わせた小型強磁場発生装置の開発に取り組み、NbTi 線材のみでは発生困難な 10T 以上の磁場を発生する小型冷凍機伝導冷却型強磁場発生装置を開発しました。このように小型で 10T 以上の磁場を発生する装置は他にはなく、きわめて優れたものといえます。

2012 年度中国人留学生研究奨励賞受賞者の感想 日中科学技術交流協会中国人留学生研究奨励賞を受賞して

李 陽

電気通信大学大学院 情報理工学研究所 総合情報学専攻 博士修了 (2012.12)
電気通信大学産学官連携研究員 (2013.1~)

2012年12月、日中科学技術交流協会の「2012年度中国人留学生研究奨励賞」の受賞に際しまして、大変光栄に存すると共に、日中科学技術交流協会理事長有山正孝先生および協会の方々、私の指導教員である電気通信大学太田和夫教授と崎山一男准教授に心より感謝を申し上げたいと存じます。

私は、中国江蘇省に生まれ、2008年7月に中国のハルビン工程大学を卒業しました。学部2年の時に電気通信大学で一年間交換留学生として修学し、学部卒業後の2008年10月に再び日本を訪れました。半年間電気通信大学に研究生として在籍した後、2009年4月に同大学情報通信専攻博士前期課程に入学し、2011年3月に修了し、修士(工学)を取得しました。その後、総合情報学専攻博士後期課程へと進み、2012年12月に修了と共に博士(工学)を取得しました。博士取得後は電気通信大学に残り、産学官連携研究員として勤めています。

今回の受賞の対象となった研究は「新たな故障利用物理攻撃とその対策」です。以下ではその内容について簡単に紹介します。

ICカードを代表として、暗号機能を有する組み込みシステムは、現在様々なセキュリティアプリケーションに使用されています。暗号デバイス内部の秘密情報は、数理的・物理的なアプローチによる暗号解析攻撃に脅かされています。物理的暗号解析は、暗号処理時の物理現象に伴う漏洩情報を利用するサイドチャネル解析と、演算故障を利用する故障利用解析の二つに大きく分類できます。本研究では、秘密情報を取得するために意図的に故障を注入する故障利用解析に関する安全性評価に焦点を当てました。具体的には、一般的な実験設備でも実行可能であり、攻撃

の証拠をほとんど残さない非侵襲の故障利用解析に注目しています。

本研究では、故障利用解析に対する安全性評価を向上させるために、新しい観点を導入しました。まず、注入された故障を漏洩情報として捉え、情報理論的なアプローチから故障利用解析における漏洩情報量を評価しました。また、故障の注入の有無を1ビットの情報として考慮する代わりに、故障注入条件による故障発生の振る舞いを複数ビットで表現することで、故障注入による漏洩情報に対する考え方を拡張することを提案しました。研究成果の詳細は次のように要約されます。

1. 世界的に標準規格として現在広く普及しているAES (Advanced Encryption Standard) ブロック暗号に対して、故障を利用して秘密情報の取得を試みる攻撃者を想定し、攻撃者が得られる最大情報漏洩量を情報理論的に導出し、故障攻撃耐性を定量評価する手法を提案しました。

本研究では、故障利用解析の一種である差分故障解析DFA (Differential Fault Analysis) を、攻撃者が測定ノイズなしで漏洩情報を得ることができる受動的攻撃の一種として捉え、それぞれの故障モデルごとに、漏洩情報量の上限值を定めることに成功しました。これにより、故障利用攻撃により漏洩した情報を1ビットの損失もなく全て有効に利用する攻撃手法を構築することが可能となり、これまでに提案されたAES暗号に対するDFA攻撃の最適性を確認しました。

2. 故障誘発の有無が故障注入の強度に依存することに着目し、故障注入による漏洩情報に対する考え方を拡張することで、いくつかの新しい故障利用物理攻撃を提案しました。これらの解析手法により、これまでに故障利用解析に対して耐性を有し、安全とされていた実装が、安全でないことが明らかとな

りました。具体的な安全性評価の結果を次に示します。

(a) 故障時の誤り暗号文を隠蔽する対策は、DFA 攻撃に対して有効とされていましたが、今回提案する故障感度解析 FSA (Fault Sensitivity Analysis) では無効化される危険性があることを、AES 暗号実装および楕円曲線暗号実装を用いた実験により示しました。異なる故障注入強度の下で、暗号デバイスの動作を繰り返しテストすることにより、攻撃者はデバイスの正常動作から異常動作に変化する故障注入強度を故障の閾値として得ることができます。FSA による攻撃は、故障注入強度と対応する公開情報 (例えば平文、暗号文) を故障感度として記録し、暗号デバイス内部の中間値との相関を調べ、秘密情報を取得するものです。本研究では、故障感度と秘密情報の間に相関関係が実際に存在することを実験により確認し、秘密鍵取得が可能であることを明らかにしました。また、従来の故障攻撃対策が施された実装を含む様々な AES 暗号実装と楕円曲線暗号実装に FSA 攻撃を適用し、FSA の有効性の検証を行いました。

(b) 故障誘発強度の正確な制御が難しく、また平文の変更を攻撃者が任意に設定できない場合においても、鍵復元攻撃の危険性があることを示しました。同じ平文を用いて、一定の故障誘発強度の下で得られる誤り出力値の挙動を故障挙動と呼び、新しい漏洩情報として導入しました。故障挙動と秘密情報の依存性を調べ、故障挙動解析 FBA (Fault Behavior Analysis) と呼ばれる新しい故障利用攻撃を提案しました。提案した攻撃の有効性を確認するために、対策無しの AES 実装とマスキング対策を持つ 2 つの AES 実装に対して攻撃可能であることを示しました。さらに、FBA 攻撃を拡張し、同じ平文を繰り返し使用せずに、秘密を復元することができる NU-FVA (Non-Uniform Fault Value Analysis) を提案しました。本手法は、ランダムな平文に対する故障挙動を観察し、攻撃を行うものです。一般的なブロック暗号は安全性のために、Sbox という置換表が全単射となるように設計されています。しかし、故障が注入されるような環境下の場合、Sbox の全射性及び単射性を保持することができなくなるにより、暗号文の分布

が一様でなくなります。この暗号文の非一様分布を故障利用解析の漏洩情報として捉えることとしました。ケーススタディとして合成体 Sbox を持つ AES 暗号実装を対象に、理論的なモデリングを行い、回路の遅延シミュレーションと実装器を用いた実験に基づき、提案手法の正当性を確認しました。

今回提案した故障利用解析攻撃 2 (a) と 2 (b) に対しても耐性を有する新たな対策技術を提案しました。提案した対策は、故障感度が観測できないように特別なイネーブル信号を使用するもので、イネーブル信号がオフの時には、暗号処理計算の中間結果を乱数とし、攻撃者が攻撃に有効な故障感度及び故障挙動の情報を観測できないようにするものとなっています。

私は電気通信大学の大学院に在籍した 4 年の間に、第一著者として、論文誌論文を 4 件、国際会議論文を 5 件発表しました。また、共著者として、論文誌論文を 2 件、国際会議論文を 7 件発表しました。その他、電子情報通信学会の ISEC 研究会、暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS) にて、合計 20 件以上の研究成果を発表しました。

日本で過ごした 5 年間で、研究以外の面でも大変良い経験を得ました。初めて日本に来た自分と比べ、私は大変成長したと思います。まず、自信を持って社会に貢献できる研究者になることができたと言えます。そして、日本語を勉強して、自由に日本の色々なメディアなかの文化を楽しむことができ、もっと責任感のある、積極的な人間になることができたと思います。

日本に来て、美しい自然とやさしい人たちに何度も感動しました。他にも、中国が日本から学ぶべきことは非常に多いと思います。国同士の関係は人間関係と似ている部分も多いと思いますので、お互いが積極的に相互の理解と絆を深めることによって、どんな問題でも解決することができると信じています。

博士学位の授与式と同じ日に、日中科学技術交流協会の中国人留学生研究奨励賞をいただいたことは、私にとって大変大きな励みになっています。私が卒業した後は、自身の仕事をするだけでなく、中国と日本の科学技術交流の発展につながるような貢献をしたいと思います。最後に、今まで私を支えてく

れた家族、友人に感謝いたします。また、これまでご指導してくださった先生方と、日中科学技術交流協会の方々に、深く御礼を申し上げたいと存じます。

元 金石

筑波大学 数理物質科学研究科 物質材料工学専攻 博士修了 (2012.7)
物質・材料研究機構ポスドク研究員 (2012.8~)

2012 年 12 月、日中科学技術交流協会の「中国人留学生研究奨励賞」を受賞でき、大変光栄に思うとともに、日中科学技術交流協会会長有山正孝先生および協会の諸先生方に厚く御礼を申し上げます。また、平素よりお世話になりました指導教官の物質・材料研究機構および筑波大学教授の唐捷先生に深く感謝いたします。

私は中国黒竜江省出身で、2006 年清華大学を卒業しました。その後推薦をもらい清華大学機能性薄膜実験室で修士号を取得しました。その間、私はマイクロメートル尺度材料を中心に研究を続けてきました。ナノ材料の合成と応用技術はこの 20 年間、世界中で盛んに研究されています。なかでも日本はカーボンナノチューブの最初の発見地として、ナノ材料についての研究は世界でも先頭に立っています。様々な研究の中で、私は特に物質・材料研究機構の唐捷教授のプロジェクト「ナノワイヤーを利用した次世代の電子源を作り、電子顕微鏡の解像度を高める研究」に興味があり、詳しく研究するために筑波大学大学院の入学試験を受け、合格して、2009 年 8 月から 2012 年 7 月まで筑波大学と連携大学院制度を行っている物質・材料研究機構で NIMS ジュニア研究員として研究を行っていました。今はポスドク研究員として研究を続けています。

まず、今回の受賞対象となった博士論文の研究の一つである「HfC ナノワイヤーの合成と電界放出特性に関する研究」について、簡単に紹介させていただきます。

電子顕微鏡は材料やバイオロジーなどの分野でよく使われている基本的な物性解析道具として、その解像度は以前から注目されています。解像度を上げるためには、高輝度と高相干性の安定的な電子ビームの提供できる電子源が必要です。熱電子放出装置やシ

ョットキー放出などと比べると、電界放出には電流の密度が高いことや低い電子エネルギー分布などの優位性があります。一方で電界放出には、イオン衝撃などによるエミッターの破壊を抑制できないという欠点があります。また、 LaB_6 、HfC をはじめ、金属ホウ化物、炭化物には低仕事関数、電気伝導率が高い、融点が高いなどの特性を持っているため、電子源の理想的な材料であると言われていています。その上、特に高硬度の利点があるので、イオン衝撃による破壊への抵抗も可能になります。さらに、伝統的な針のようなエミッターを使用すると、電界蒸発の影響により先端が鈍化し、電界放出に必要な超高電場を妨害することになります。この問題は、均一の半径のナノワイヤーを電界放出電子源として使うことで解決できます。以上、本研究では金属炭化物ナノワイヤーを合成してエミッターを作り、電界放出の性能を測定しました。

今回、まずは CVD 法で Ni ナノ粒子を触媒として使い、グラファイト基板の表面に高品質の HfC ナノワイヤーを合成しました。ナノワイヤーの長さは数十マイクロメートルで直径はおおよそ 30 nm です。その表面には一般的な汚染層はありません。ナノワイヤーの主な成分である、Hf と C は 1:1 である。透過型電子顕微鏡 (TEM) の画像と電子回折像は、単結晶ナノワイヤーが主に「100」方向へ伸びていることを示唆しました。

そして、自ら構築したマニピュレーティングシステムから一本のナノワイヤーを選び、それを事前にタングステン針の先端を集束イオンビーム (FIB) で切って作られた表面に置き、エミッターを構成しました。次に、構造を安定させるため、電子ビーム励起沈積 (EBID) を使って幾つかの炭素クラスタを蒸着しました。その後、電界蒸発でナノワイヤーの先端を円滑化させることで、均一電場を実現しました。この過程は電界イオン顕微鏡 (FIM) を用いて、リアルタイムで観察できます。最後に、ナノワイヤーの先端は幾つかの微小平面から構成された円弧状の形になりました。FIM 像、TEM 像とシミュレータで再構築した像は処理後のナノワイヤーの先端の形を示しました。以上の手順により、電界放出能力の測定可能な、一本の HfC ナノワイヤーで構成されたエミッターを作り出

しました。

上記のエミッターを用いて、HfC ナノワイヤーの電界放出能力の測定を行いました。HfC ナノワイヤーエミッター像は、最低仕事関数をもつ結晶面(111)に対応している場所だけが光ります。HfC ナノワイヤーエミッターの I-V 曲線は電流が電圧の増加に伴い、指数関数的に増加しています。I-V 曲線の変換した曲線の傾きから、HfC ナノワイヤーエミッターの仕事関数は 3.4 eV となります。

我々はまた、HfC ナノワイヤーの放出安定性を研究しました。その結果は、室温条件下では、測定用チャンバーの真空度の不足により、チャンバー内部にガス分子が大量に残留しています。このガス分子は、伝送過程でナノワイヤーの先端表面に吸着して、高仕事関数の領域を形成し、電流の減少による急激な電界電子顕微像 (FEM) のスペクトルの輝度低下が観測されました。一方、液体窒素温度では、残留分子がチャンバー壁とエミッターの側面に吸着され、エミッター先端の発光表面拡散速度が大幅に低下します。放出電流の安定性が大幅に改善されるように、FEM のパターンは長期間安定に存在できます。この結果より、HfC のナノワイヤーの硬度はイオン衝撃によって引き起こされる干渉と破壊に抵抗できることが分かります。電界放出は、装置の真空度が十分に高い場合、または低温環境下で実施すると、より優れた安定性を期待できます。

日本に来て 4 年目になりました。研究のみならず、言葉や文化などを多く学び、研究生活を送ってきました。最初は、言葉が通じなくて悩んだり、文化の違いに戸惑ったりしました。そのような経験は人生で初めてでしたが、それを乗り越え、大学卒業以来、徐々に自身の成長を感じました。日本人の礼儀と真摯さが一番印象的です。研究面においても、多くの得るものがありました。世界で最先端の設備を使用させて頂いたり、国際会議で発表を行ったり、世界一流雑誌にも論文発表をしました。今後はこの貴重な経験を生かし、今後も切磋琢磨してより優れた研究成果が残せるよう努めます。また、日中の友好を願って、架け橋となるように尽力いたします。最後になりましたが、私の恩師である唐捷先生に感謝の意を表したいと思います。この 3 年間、研究だけではなく生活面などからもサ

ポートして頂きました。また、研究室の同僚に支えられてこそ今の私があるので、彼らに感謝しています。先生と同僚の親切が身にしみました。日本での留学経験は私の一生の宝になるでしょう。誠にありがとうございました。

張 治宇

九州大学・物質・材料研究機構連係大学院
材料物性工学専攻 博士課程 3 年

2012 年 12 月、日中科学技術交流協会の「中国人留学生研究奨励賞」を受賞致しまして、大変光栄に存じますと共に、日中科学技術交流協会理事長有山正孝様及び協会の方々、私の指導教官である物質・材料研究機構の木吉司先生に厚くお礼を申し上げます。

私は重慶市出身で、2007 年 7 月に北京科技大学材料科学科を卒業しました。その後、推薦を受け中国科学院電工研究所の修士課程に進学し、新型鉄系超伝導線材の研究開発を進め、2010 年 3 月に修了しました。2010 年 4 月には九州大学-NIMS 連係大学院の博士課程に進学し、物質・材料研究機構の超伝導線材ユニットマグネット開発グループで超伝導磁石についての研究を進めてきました。博士研究のテーマは「強磁場発生用超伝導磁気レンズの開発」です。強磁場ステーション(国際通称 Tsukuba Magnet Laboratory)は、世界の強磁場研究の中核センターとして、世界最高レベルの磁場発生技術および低温発生技術を開発してきました。またその応用についても、材料科学、ライフサイエンス、エネルギー、環境など様々な観点から取り組んでいます。このような最も先進的な実験室の中で学ぶことができれば、研究者としての能力を大きく伸ばすことができます。このことは私が日本への留学を決める理由になりました。以下では、私の研究内容について簡単にご紹介します。

超伝導磁気レンズは物質・材料研究機構で提案された、超伝導材料の反磁性を利用した、新しい磁束分布の制御方法です。超伝導磁気レンズはスリット等で周回電流が流れないように抑制した上で、超伝導体の内側面を狭めることで、磁束の集中を可能にします。

私は、この超伝導磁気レンズを利用した小型強磁場発生装置の開発に取り組み、NbTi 線

材のみでは発生が困難であった 10 T 以上の磁場を発生する小型冷凍機伝導冷却型強磁場発生装置を、超伝導磁気レンズと NbTi コイルを組み合わせて開発することを目標としてきました。将来的には卓上 NMR 装置や中性子散乱装置への適用に大きく貢献すると考えています。

私はまず、既に磁気レンズ効果が確認されていた酸化物系高温超伝導体である GdBCO バルク材以外の、MgB₂ バルク超伝導体や NbTi/Cu シートについて超伝導磁気レンズを作製し、その特性を明らかにしました。

NbTi/Cu シートについては、スリットが入り内径が徐々に変化する円板シートを積層した磁気レンズ及びシートを円錐状に丸めて積層した磁気レンズについて、小型冷凍機による伝導冷却で温度を 4 K とした条件で、NbTi コイルを用いて外部磁場を印加し、磁束の集中が期待された先端部の磁束密度を測定しました。その結果として、何れの方法も磁束密度を約 2 倍外部磁場と比較して増加できることを明らかにしました。残念ながら NbTi/Cu シートの場合、外部磁場が 1 T となる前にクエンチが生じ、濃縮した磁束が失われましたが、今後、特性の優れた超伝導シート材が開発された場合は、私の実施した磁気レンズの製作方法が有効に活用できる見通しが得られました。

MgB₂ バルク超伝導体については、MgB₂ バルクで作製された中心部の内側面が狭められた磁気レンズについて、液体ヘリウム中および小型冷凍機伝導冷却の条件で、特性を評価しました。液体ヘリウム中では外部の 2 倍以上の磁束密度が磁気レンズ中心で得られることを確認するとともに、温度が 17 K、磁場が 2 T の条件では、磁気レンズの効果が殆ど失われるなど、温度と磁場に大きく依存することを明らかにしました。また MgB₂ バルクを使用した磁気レンズは 3 種類測定しましたが、出発原料であるボロン粉末の粒径、炭素の添加によって磁気レンズ効果が異なることを明らかにしました。MgB₂ バルク超伝導体は GdBCO バルク超伝導体と比較すると大型のものが比較的安価で製作できるので、有望であると考えます。

さらに GdBCO バルク超伝導体についても、

磁気レンズの設計を見直し、特性向上に取り組んできました。液体ヘリウム中ではフラックスジャンプが頻繁に生じ、最悪の場合、それが超伝導磁気レンズの破損につながることも、しかし、もともと周回電流が流れないように意図的にスリットを入れる超伝導磁気レンズの構造上、バルク超伝導体内で生じたクラックによる磁束濃縮の低下は 8 %程度に止まること、エポキシ樹脂の含浸により、液体ヘリウム中でのフラックスジャンプが大幅に抑制できることを明らかにしました。さらに、改良した GdBCO 超伝導磁気レンズを用いて、20 K で外部磁場 7 T を印加した状態で 13.04 T の磁束密度を超伝導磁気レンズ内に得ることに成功し、超伝導磁気レンズの有効性を実証しました。

これら知見を踏まえて、パルスチューブ型小型冷凍機で冷却される、GdBCO 超伝導磁気レンズと NbTi コイルを組み合わせた小型強磁場発生装置の製作に取り組んでいます。超伝導磁気レンズだけでなく、NbTi コイルも自分自身で設計し、巻線を行っています。

以上が私の主な研究成果です。在学期間約 2 年半で、誌上発表 5 件 (筆頭著者としての論文 5 件) を発表し、学会での口頭発表を 7 回行いました。

また、物質・材料研究機構では冷媒、冷凍機、超伝導材料、磁石等の新たな技術の理解や装置の操作などの技術を習得しました。種々の先進技術の学習と難題に対する解決を通じて、自身の科学研究の能力を伸ばし、更に科学研究に対する関心を高めて、これからも研究活動に従事していくつもりです。

日本の生活の 2 年半余りで、私は異なる学術の文化と雰囲気も体得しました。日本の学者・研究者は落ち着いていて、厳格で、しかしその一方で思い切って革新する風格は、私に大いに利益をもたらしました。また、親切で、客好きで、礼儀正しい日本国民は、私の日本での生活に安心感を与えてくれました。

来年 4 月に博士号を取得した後も、引き続き研究業務に従事するつもりです。更に両国間の研究を強化して協力し、アジアの科学研究が共に発展するために今後も努力していきたいと思っています。

巨象の頭脳/現代中国 知的エリート層 “その厚みとスケールを知る”

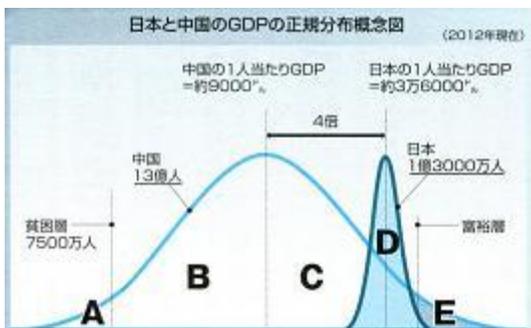
紺野大介常務理事 週刊エコノミスト 2013 年 3 月 26 日号 特集 中国の破壊力

3 月 18 日発売の“週刊エコノミスト”(毎日新聞社発行)3 月 26 日号所載の特集“中国の破壊力”の冒頭に紺野理事が“その厚みとスケールを知る”と題して中国という巨大で非均質な国家を単純な平均値でしか見ない日本人の危うさ、中国の負の面のみ強調して伝える日本のマスコミの危うさを説いておられます。以下その内容を紹介いたします。

物事を知覚する原点とは、全体をあるがままに観察し、自分の認識力や想像力を加えて本質を見抜くことといえよう。この姿勢が無いと日常一方的に流れてくるメディアの情報に流されてしまう。客観的事実に対し、伝える側の主観というフィルターがかかるためだ。誤解を恐れずにいえば、日本では同盟国といわれる米国と、仮想敵国といわれる中国で事実への主観が異なる傾向が強い。この責任は重い。第 2 次大戦時の史実に見られるごとく、日本のように単一民族均質国家の場合、そうした誤認識が生じると、それがそのまま総体化し、全体主義のようにまとまってしまう怖さがある。

中国という国家を知るときも同様である。国土は日本の 2.5 倍。経度に沿えば日本の大阪からパキスタンの首都イスラマバードまでである。そこに漢民族のほか 55 の民族をかかえ、人口は世界一の 1.3 億人。GDP は今や日本を抜き米国に次ぐ世界 2 位となったが、1 人当たり GDP はいまだ世界 90 位の、多民族不均質国家なのである。したがって伝える側も「この巨象のどこを述べているか」の自覚が求められよう。中国の全体像を簡略に把握することは容易でない。

一例として中国の GDP に日本を写像した正規分布概念図(図)を図示した。



豊かさの指標ともいえるこの図は、その平均値比較で日本と中国は 2003 年で 3.3 倍、09 年で 7.5 倍の開きがあり、昨年統計で 4 倍まで接近した。図左端 A ゾーンは貧困層。「貧困」とは国連で「1 日 1 ドル以下の収入の人」と定義されている。しかし中国の貧困とは「1 日 2 元以下(約 30 円)」¹⁾。中国政府の内部資料によれば、この定義に入る中国人は現在約 7500 万人おり、ドイツの総人口に相当する。近親結婚で生まれた人口も実に 3000 万人。少数民族が種族の維持を指向し、漢民族との交わりを避けるケースが多いからだ。他方、同性愛者も 3000 万人程いる。1996 年まで法律上犯罪扱いだったため、今でも社会的差別を受け、同性愛者の 58% が自殺志願者といわれている。中国はこうした人々に加え、インドやチベットとの国境問題、台湾帰属問題、水不足や環境汚染問題、桁違いの腐敗汚職問題など日本には存在しない深刻な内政問題がある。この負の側面のみが強調され、日本では図の A、B、C ゾーンの報道が圧倒的に多く、嫌中派増大に繋がっている面がある。

報道されない中国の知

一方で中国の富裕層、つまり図の E ゾーンも日本以上に厚い。『フオーブス』誌によれば資産 10 億ドルを超す中国人は昨年で 122 人(日本人は 22 人)、世界全体の約 9% を占め、不動産を含めた個人資産 1 億円以上の中国人に至っては 5000 万人を超えるといわれる。高級車ロールスロイスのセールスステップもかなり以前に本部をニューヨークから北京に移した。同様に、学問や知性といったアカデミア領域でも、GDP のごとく図の横軸をそのまま IQ (知能指数) や知力到達度といった指標に置き換えて把握することができる。そのスケールは日本の比では

ない。

13億人の人口の中で毎年3000人しか入学できない世界的にも超難関大学の清華大学では、20年程前から毎年約500人が米トップクラスの大学院へ全額奨学金で留学する。ハーバードやコーネルなどトップ大学学長は毎年「清華詣で」し、IQ200水準の突き抜けるような優秀な学生を買いあさる。翻って米国一流大が東大や京大などへ学生をハンティングに来たという話は、寡聞にして知らない。最近では留学予定の学生側に論文評価のインパクトファクター（学術誌への影響度）で「米国に負けない」という認識が強く、招待留学を断る清華大生が続出している。このため留学推進側の教育部（中国の文部省）と、学長側で議論が収束しないケースがあるほどだ。

こうした凄まじい中国の知性に関する事実が日本で報道されることはない。96年、筆者が英ケンブリッジ大から清華大教授として呼ばれた時、講演後の懇親会で教授たちから「清華大が3年後に単独で人工衛星を打ち上げる計画があるというのは本当か」と質問攻めにあつたことがある。筆者はその事実を知っていたが、英国がなぜそれを知っているのか驚いた。聞けば「英タイムズ紙に載っていた」とのこと。ではなぜ、日本の新聞に載らないのであろうか。マイクロサットと命名された遠隔教育用衛星はその後打ち上げに成功。大学が単独で衛星を打ち上げた画期的な事例となった。同盟国も敵国も無関係に事実を報道するメディアに英国の見識を改めて感じた。

一方、09年11月のオバマ大統領訪中時の留学生の相互乗り入れ要請もあり、清華大学の入試も変化している。従来型共通入試の他に、最近では華僑向け、米国人等の外国人向けなど、受験生に3種の枠組みを構築し、教育や研究のグローバル化に対応している。4月入学を9月入学とするだけで一大改革のごとく思念している日本とは相当な乖離がある。

教授側に転じ一例を示せば、周恩来首相（当時）は世界的な宇宙ロケット工学の権成でMIT（マサチューセッツ工科大学）教授、カリフォルニア工科大学教授、米国防省ジェット推進センター長を務め、米中で国宝級だった銭学森博士を55年に中国へ帰国

させるのに難儀した。米国が簡単に手放さなかったためだ。最近ではプリンストン大学のDNA構造解析で名を馳せた施一公博士が同様の経過をたどり、胡錦濤国家主席の要請で08年清華大医学院副院長の立場でやっと復帰した。さらに驚愕すべきはプリンストン大が施博士の名を冠した研究所を残し、敬意を払ったのである。

教授一人でMITを凌駕

産業界でも世界的所有権機関（WIPO）の統計では、昨年の国際特許出願件数でZTE（中興通訊）が世界1となった。ファーウェイ（華為技術）も世界3位でトヨタより上位である。実際の知財獲得でもその差は大きい。05年、経済産業省が「日本の大学特許収入は名古屋大が1億円でトップながら米70位の大学に及ばず」と言及した。しかし、生命科学の羅永章清華大教授の特許収入は1人で52億円。彼単独で米国6位のMIT全体より多い。こうした事実も報道されることはない。中国では産学連携などの研究開発の現場では、シーズ（種）が創出されると、学者は市場の知見を聞き調べ、第三者評価機関の公平中立な評価を受け入れる。極めて謙虚な態度なのである。こうした姿勢が日中の「産学連携の実り」の大きな差につながる。

大学発ベンチャーの売上総額において02年度で日本は250億円、中国は1兆1500億円。GDP比を考慮しない額面だけで約50倍もの差をつけられ、その差はさらに拡大している。これはもはや「勝負あった」という感が強い。

こうした客観的事実はほんの一部。日本では巨象中国の脳天に位置する「IQのEゾーン」、つまり知的エリートの最高峰の層の凄まじさ、優秀さ、謙虚さがもたらす上等な情報がメディアに載らず、様々な誤認識を払拭できないでいる。

政治に付言すれば、胡錦濤国家主席の2期日の08年、独アウディに長年勤務し、帰国後同済大学学長を経て科学技術大臣となった万鋼氏。彼は共産党員ではない。衛生部（日本の厚生省）長である陳竺氏もパリ大学に学んだ医学者で帰国後中国科学院副院長を経て厚生大臣となったが、共産党員ではない。日本のメディアでは何かにつけ中国共産党

一党独裁体制を批判言及するが、すでに、彼らは想像以上にフレキシブルな内部組織体制へと変貌を遂げている。

世界のどの国にも光と影がある。日本が中国と折衝し、競合し、協業し、共生を話し合

う相手は主に知的 E ゾーンの人々。相手を深く知覚すればするほど、論争はあっても喧嘩をせずに済む知性主義の尊重、人間の知性への信頼が期待される。

第 3 回日中電子材料シンポジウムと科学院研究所等訪問参加募集

主催：中国科学院/当協会

担当：上海微系統と情報技術研究所(上海)

募集人数：約 20 名

参加費：民間企業 30 万円 / 1 人

協会会員 15 万円 / 1 人

日程：2013 年 6 月 23 日 ~ 29 日予定

連絡先：当協会事務局長 永崎隆雄

連絡先：E-mail: jcstea@alpha.ocn.ne.jp

TEL/Fax: 03-6661-7929 / 携帯 09076296260

趣旨

日中科学交流協会は 30 数年に及び、中国科学院、中国科学技術協会、清華大学・北京大学・上海交通大学等との交流を続け、この発展に大きな貢献をしてきました。この実績に基づき、個別日本企業、研究機関、大学では訪問交流が困難な中国の重点研究所、重点大学、重要企業等を訪問し、交流を深めたい。

訪問の目的

本年のシンポジウムでは中国科学院との上海 / 北京でのシンポジウムと交流を実施する。本年のテーマは電子材料の微細化とその製造設備及びその自動車や超小型ロボット医療などの応用分野の交流に重きをおき、中国側の研究開発の状況と発展政策や重点開発政策などを把握し、日本側参加研究所、企業、大学の紹介発表を行い、日中双方の意見交換を行いたい。

また中国の科学院の重点研究室を訪問し、中国の先端研究に接し、連携の可能性を探りたい。

1. シンポジウムテーマ

- 1) 電子材料微細化技術

- 2) 露光機など製造設備

- 3) 応用 自動車など

企業参加者による上記分野の紹介

2 訪問・見学先予定

中科院上海微系統と情報技術研究所 (上海)

中科院蘇州ナノ研究所 (蘇州)

中国科学院微電子研究所 (北京)

清華大学 材料と工序系 (北京)

江南大学国家大学科技园

東京大学無錫代表所 (無錫)

中国の製造企業、研究所

中国科学院上海微系統と情報技術研究所 (元上海冶金研究所)

日本の物質材料研究所に相当する。上海微系統研究所は“電子科学と技術、情報と通信工学(工事)”を 2 大重点とし、“部品を伴ったシステム、材料を伴った部品”の開発を行っている。

冶金陶磁器、金属の腐食と防護、半導体材料と部品、IC、超小型衛星、情報通信などの領域で重要な成果を得て、“高速、超高速ダイポール型集積回路”、“先端ケイ素基 SOI 材料の研究開発と産業化”、“半導体輸送理論”などで傑出した科学技術業績を得、超小型衛星、四川科学技術救済、オリンピック環境モニタリング、都市公共安全などに重大な貢献をした。“神舟七号”の重要開発基地になっている。

中国科学院蘇州ナノ技術とナノ微生研究所 (中科院蘇州ナノ研究所) 蘇州

伝統と最前線学科との交流を通じて、ナノ科学技術と情報科学の交流、生命科学と

物理と化学などの学科の結合、マイクロエレクトロニクスとナノ電子技術の連続連結；知能型マイクロ医療診断技術とマイクロ治療技術の開発を実施している。

東京大学無錫代表所 / 国際産学無錫研究センター (無錫市)

無錫市は、中国のIT産業育成の中核と目されている都市でIT技術集積が進んでいる。東京大学工学系研究科無錫代表所(中国名称：日本国東京大学無錫代表处)は、従来の情報交換・収集のみならず、中国の大学や日中の民間企業との共同研究や具体的交流のための拠点とすべく中国科学院、中国大学と共同で設立された。

同センターは、50平米の通常実験室、150平米のクラス1000(クリーンルームの清浄度の度合い)のクリーンルームから構成されており、各種共同研究が実施できる。日本高純度化学株式会社やウシオ電機上海など日系数社との共同研究を立ち上げている。

中国科学院微电子研究所 (北京市) Institute of Microelectronics

また、微电子所は国家の特定プロジェクト“IC設備と展望性のある技術の研究開発”プロジェクトの主導組織部門であり、全国半導体設備と材料標準化技術委員会及びマイクロ光刻分技術委員の事務局、全国ナノテクノロジー標準化技術委員会ナノ加工技術ワーキンググループの事務局、北京電子学会半導体専門技術委員会フォトレジスト技術委員会事務局、中国科学院EDAセンター依託部門、中国科学院物聯網研究発展センターの依託部門である。

第32回理事会

第32回理事会は2013年3月1日に、協会事務所にて開催され、以下が審議され、了承された。

科学技術振興機構よりの受託調査

協会の日本人会員への依頼調査はできる範囲で実施する。

第3回電子材料シンポジウム

中国科学院から5月以降の実施が適切との返事があり、実施を調整する。

2013年度事業について

2013年度の事業計画・予算案作成のため意見交換をした。主な意見は以下である。

- 奨励賞を基幹事業とし、他の事業は縮小する。
- 受託調査；科技振興機構の返事を見て実施する。
- 電子材料シンポジウムは実施する。
- 紺野常務理事より奨励賞基金寄付100万円の振込み申出があった。
- 4月に開催する理事会までに事業計画及び予算案を作成する。

その他

- 会報、ホームページに紺野常務理事投稿原稿や理事からの投稿を積極的に掲載する。
- 各理事より講演会と会報の実施提案を募集し、山脇副理事長が取り纏め、理事会にて審議し、実行する。

目 次

1. 2012年度中国人留学生への研究奨励賞授賞式と研究発表会	1
2. 会員・理事の著作紹介コーナー	9
3. 第3回日中電子材料シンポジウムと科学院研究所・大学訪問 参加募集	11
4. 第32回理事会	12

訃報

当協会名誉会員 藤田良雄先生(天文学、東京大学名誉教授・元日本学士院長)は1月9日、逝去されました。104歳のご長寿でした。ご専門は低温の恒星の分光学的研究です。