

# 研究設備センター年報

## Annual Report 2019

電気通信大学 研究設備センター

Coordinated Center for UEC Research Facilities

基盤研究設備部門

Division of key research facilities

低温部門

Cryogenics Center

先端研究設備部門

Division of advanced research facilities

2019 年 発行

平成 30 年度報告



## 巻 頭 言

研究設備センター  
センター長 鈴木 勝

研究設備センターは、教育研究活動を支援することを目的として、平成21年4月1日に学内共同教育研究施設として発足しました。本センターは「基盤研究設備部門」、「先端研究設備部門」、「低温部門」の3部門で構成されておりましたが、今年度はあらたに「動物実験支援部門」が加わり、4部門体制となりました。各部門は密接に連携して共同利用の大型設備・基盤的設備の管理と運営を行っています。

基盤研究設備部門では、表面・界面構造解析、化学構造解析、磁性・熱・光関連の物理量測定のための基盤的な分析・計測機器を備えています。令和元年度も前年度に引き続き、(1) 現有設備・機器の利用を促進するための設備メンテナンス、(2) 設備・機器の利用における技術的支援の充実、(3) 「設備予約システム」の安定稼働を重点課題として運営してきました。

また先端研究設備部門では、電子・光デバイス、ナノテクノロジーやロボットおよびバイオセンサー等の研究開発のための材料開発・加工・評価装置を備えています。先端研究設備部門の建物東8号館(旧SVBL研究棟)は、これらに関する研究開発が行えるよう、クリーンルームをはじめとする最先端の材料やデバイスの作製、加工、評価装置を有しております。先端研究設備部門では最先端施設・設備の利用を学外にも広く開放しておりますので、ご希望がある場合はご連絡ください。

低温部門は、ヘリウム液化装置と液体窒素供給設備を有しており、学内外のユーザに対して寒剤供給サービスを行っています。液体ヘリウム供給に関連して、学内各棟にヘリウム回収管を配置する工事も低温部門の主導により行われてきました。学内の高圧ガス利用者を対象とした高圧ガス保安講習会も低温部門が実施しております。

今年度から新たに加わった動物実験支援部門は、本学における実験動物(マウス、ラット)の管理と飼育・作業環境の整備を行います。本学では既に多くの研究室が実験動物を使用して生命工学の教育・研究を行っており、実験動物飼の一元的管理が必要です。同部門では、研究機関が実験動物を厳正に管理すべきという社会的要請にも応えるために東35号館2階に新しい動物飼養保管施設を開設します。新しい動物飼養保管施設の運用は令和2年4月の予定です。

本センターの研究成果は「研究設備センター年報」として広く公開をしています。今回、第10巻を発行しました。お目を通していただければ幸いです。本センターの活動内容はWebページ(<http://www.cia.uec.ac.jp/>)にも掲載されていますので年報と合わせてご覧ください。研究設備センターの教育研究活動支援により、本学が社会に対してこれまで以上に重要な役割を果たすことを期待して巻頭言とします。



## 目 次

卷頭言 .....	1
目次 .....	3
設置設備一覽 .....	5
研究活動成果要旨集 .....	9
低温部門活動狀況 .....	33
研究業績一覽 .....	37
外部資金獲得狀況 .....	43
委員 .....	49



## 設置設備一覧

### 基盤設備研究部門

#### 表面・界面構造解析室

X線光電子分析装置	(日本電子(株)、JPS-9200)
イオンマイクロアナライザ	(ATOMIKA 社、SIMS4000)
熱電子放出型走査電子顕微鏡	(日立(株)、S-3500H)
結晶方位分散分析走査電子顕微鏡	(日立(株)、S-4300/EBSD)
温度可変超高真空原子間力顕微鏡	(Omicron、VT・AFM)
200 kV 熱電子放出型透過型電子顕微鏡	(日本電子(株)、JEM-2010)
200 kV 電界放出型透過型電子顕微鏡	(日本電子(株)、JEM-2100F)
電子線元素状態分析装置	(日本電子(株)、JXA-8530F)

#### 化学構造解析室

超伝導フーリエ変換 NMR (500MHz)	(日本電子(株)、ECA-500)
超伝導フーリエ変換 NMR (300MHz)	(Varian 社、Unity 300)
ESI - TOF 型質量分析装置	(日本電子(株)、JMS-T100 AccuTOF)
LCQ イオントラップ型質量分析計	(Thermo Scientific 社、LCQ Fleet)
二重収束質量分析計(EL,FAB,GC/MS)	(日本電子(株)、JMS-600)
円二色性分散計	(日本分光(株)、J-720W)
CCD 型単結晶 X 線回折装置	((株)リガク、Saturn70 CCD)
DSC 粉末 X 線同時測定装置	((株)リガク、Ultima III)
熱分析装置	((株)リガク、DSC8230・TG8120)
有機元素分析装置	(PerkinElmer、Series II CHNS/O 2400)
共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡	(Carl Zeiss、LSM710)

#### 分析・計測機器室

最先端三次元形状測定・評価システム	(ZWEISS、PRISMO Navigator 5 S-ACC mass)
超伝導量子干渉型磁束計	(Quantum Design 社、MPMS-XL7)
電子スピン共鳴装置	(Bruker 社、ELEXSYS)
高磁場多目的物性測定システム	(Quantum Design 社、PPMS)
低温粉末 X 線回折装置	(マクサイエンス(現 BrukerAXS)、M18XHF22)
高速応答 FT-IR	(Thermo Scientific 社、Nicolet 6700)
顕微レーザーラマン分光計	(日本分光(株)、NRS-3100)
温度可変ホール測定装置	(ケースレー)
マクロフォトルミネセンス装置	(堀場製作所、PHOTOLUMINOR)
フラッシュ法熱物性測定装置	(Bruker AXS、NETZSCH LFA447 NanoFlash)
電磁環境測定装置 (電波暗室)	(TDK-EPC(株),(株)デバイス,Agilent Tech.(株))
無響室	
絶対 PL 量子収率測定装置	(浜松フォトニクス、Quantaaurus-QY)
最先端材料特性評価システム	

## 先端研究設備部門

### クリーンルーム

#### **Class100** イエロールーム (リソグラフィー室)

電流・電圧特性評価システム (評価設備)

ノマルスキー型微分干渉顕微鏡 (評価設備)

デジタル顕微鏡 (評価設備)

透過型赤外金属顕微鏡 (評価設備)

電子線リソグラフィー装置 (リソグラフィー設備)

高精細マスクアライナー (リソグラフィー設備)

オーブン (リソグラフィー設備)

スピナー (リソグラフィー設備)

ウエットステーション (エッチング設備)

#### **Class10000** ルーム (デバイスプロセス室)

マイクロ天秤 (評価設備)

反応性イオンエッチング装置 (F用) (エッチング設備)

反応性イオンエッチング(Cl用) (エッチング設備)

ウエットステーション (エッチング設備)

オゾンアッシャー (エッチング設備)

電子ビーム蒸着 (旧) (成膜設備)

電子ビーム蒸着 (新) (成膜設備)

酸化・拡散炉 (成膜設備)

高周波スパッター (成膜設備)

ワイヤーボンダー (その他プロセス設備)

イオン注入装置 (その他プロセス設備)

レーザー顕微鏡 (評価設備)

### その他設備

GaN系 MOCVD (有機金属気相成長) 装置 (成膜設備)

簡易蒸着装置 (成膜設備)

### 材料・デバイス分析・評価室

DEKTAK (表面粗さ計)

FE-SEM

走査型プローブ顕微鏡

X線回折装置

## マイクロマシン・ロボットシミュレーション 3D 位置計測研究設備

### 電磁シールド室

マイクロ光造形機  
マルチアングル実体顕微鏡  
超深度レーザ顕微鏡  
超微細放電加工機  
蛍光位相差顕微鏡

### 無響音室

#### 実験準備室

超微小表面硬さ測定器  
高速度ビデオスコープ

## 生体情報センサー融合実験設備（生物有機化学研究室）

冷却遠心機  
低温室  
超純水製造装置  
恒温恒湿培養器  
振盪培養器  
高圧蒸気滅菌機  
インキュベーター  
無菌ベンチ  
HPLC（高速液体クロマトグラフィー）  
微弱発光スペクトロメーター  
ルミノメーター（発光測定装置）  
発光プレートリーダー

## 低温部門

### 低温室

ヘリウム液化システム	(小池酸素工業 (株))	
ヘリウム液化機	(Linde Kryotechnik AG、L140)	液化速度 108 L/時
ヘリウム液化用圧縮機	(ケーザー、DS241)	0.93 MPa 840 Nm <sup>3</sup> /時
液体ヘリウム貯槽	(クライオファブ、CMSH2000)	容量 2,000L
ヘリウムガス回収・貯蔵設備		貯蔵能力 2,700 Nm <sup>3</sup>
ヘリウム回収圧縮機 A	(ブルックハルト、C5U2.12)	14.7 MPa 90 Nm <sup>3</sup> /時
ヘリウム回収圧縮機 B	(ブルックハルト、C5N214.4GEX)	14.7 MPa 100 Nm <sup>3</sup> /時
ヘリウムガス長尺貯槽		36 本
液体窒素貯槽	(岩谷瓦斯、CEA-10K)	東地区容量 9,700 L 西地区容量 4,900 L



## 研究活動成果要旨集

インクジェット法を用いた導電性ポリマー薄膜電極の膜表面および膜内の元素分析..... (X線光電子分析装置) 齊藤達貴・岡田佳子	11
感圧塗料計測に向けた多孔質アルミニウム陽極酸化皮膜の作製..... (結晶方位分散分析走査電子顕微鏡) 古澤竜也・宮寄 武	12
燃料電池用カソード触媒の新規開発..... (DSC 粉末 X 線同時測定装置、X 線光電子分析装置) 吉田祐介・鷹尾 忍・趙 暁・ACHARYYA, Shubhra Shankha・GHOSH, Shilpi・岩澤康裕	13
機能性磁性粒子の基礎物性評価..... (超伝導量子干渉型磁束計、200kV 熱電子放出型透過型電子顕微鏡) 小野泰輔・Jaiyam Sharma・Sandhu Adarsh	13
誘電泳動を利用して作製した金ナノ粒子配列における単一電子帯電効果..... (電子ビーム描画装置、FE-SEM) 水柿義直・島田 宏・守屋雅隆・森林 誠・谷貝知起・関根一真	14
Au 回折格子と背面照射による電流検出型 SPR 化学量センサの研究..... (クリーンルーム、アライナ、蒸着装置、F 系 RIE 等) 齋藤祥基・菅 哲朗	15
微小超伝導リングにおける量子渦の臨界捕捉とサイズ効果..... (電子線元素状態分析装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、DEKTAK、高磁場多目的物性測定システム、液体ヘリウム、液体窒素) 小久保伸人・三石真里江・岡安 悟・野島 勉・佐々木孝彦	16
ガラスニードルを利用した超伝導単結晶膜の微小な円筒作製..... (高磁場多目的物性測定システム、液体ヘリウム、液体窒素) 安藤遥香・小久保伸人	17
フラッシュ法による蛍光体粉末の熱拡散率評価..... (NETZSCH LFA447 NanoFlash) 涌井貞一・中村 淳	17
半導体電極を用いた光-化学エネルギー変換..... (X 線光電子分析装置、簡易型 SEM、ヘリウム液化システム液体窒素、DEKTAK) 二階夏光・西村 章・小野 洋	18
半導体微細構造を用いた新規蛍光材料の作製と評価..... (DSC 粉末 X 線同時測定装置、X線光電子分析装置、顕微レーザーラマン分光計、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、電子線元素状態分析装置) 奥野剛史・佐々木智徳・中川康弘・保木渉馬・柿野良太郎・久島大輝・黒川郁弥・中村裕貴・渡部勇太・七井 靖	18
YRe <sub>2</sub> SiC の超伝導..... (DSC 粉末 X 線同時測定装置、電子線元素状態分析装置、超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム) 村中隆弘	19
遍歴強磁性体 Y <sub>2</sub> Co <sub>12</sub> P <sub>7</sub> の Fe, Ni 部分置換と磁性..... (液体ヘリウム) 太田寛人・加藤優典・香取浩子	20
比熱測定による Sn ドープ Sr <sub>1-x</sub> Sn <sub>x</sub> TiO <sub>3</sub> (SSTO) の構造相転移の抑制の検出..... (高磁場多目的物性測定システム、比熱測定) 小貝侑弘・田中広敏・阿部浩二	20
BiS <sub>2</sub> 系層状化合物における圧力誘起超伝導..... (超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体窒素、液体ヘリウム ) 松林和幸・Yuan Yahua・有馬 寛人・内藤康氏・正岡麻里奈	21

興味ある電子物性材料の開発 .....	21
(CCD 型単結晶 X 線回折装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、高磁場多目的物性測定システム、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、超電導フーリエ変換 NMR(500MHz)、超電導量子干渉磁束計、電子スピン共鳴装置、熱分析装置、有機元素分析装置、ガラス細工加工設備、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
石田尚行	
短波赤外線センサに向けた薄膜形成技術の開発 .....	22
(顕微レーザーラマン分光計)	
塚本貴広	
超伝導チップ上に集積化する分布型出力信号アンプの出力電圧振幅向上に関する研究 .....	22
(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
水柿義直・島田 宏・守屋雅隆・樋口孔明・山崎洸生・曾明裕太	
人為的に様々な形態に操作される非線形光学過程 .....	23
(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
大饗千彰・Jian Zheng・Weiyong Liu・鈴木 勝・美濃島薫・桂川眞幸	
標的蛋白質の蛍光検出 .....	24
(ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、超電導フーリエ変換 NMR(500MHz))	
瀧 真清	
神経情報伝達のメカニズム .....	25
(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)	
石田健司・仲村厚志	
哺乳類卵細胞における細胞骨格の調節機構に関する研究 .....	25
(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、ヘリウム液化システム液体窒素・窒素ガス)	
荒川俊大・白川英樹	
筋細胞内 Ca <sup>2+</sup> 調節と細胞内温度の関係性 .....	26
(凍結マイクローム、ヘリウム液化システム液体窒素)	
狩野 豊・堀川大空	
脂肪細胞の大きさの定量化 .....	26
(凍結マイクローム、ヘリウム液化システム液体窒素)	
天野悠平・星野太佑	
DNA の種々溶媒環境における構造確認 .....	27
(円二色性分散計)	
櫻井俊亮・江角茉結・飯田浩希・田仲真紀子	
化学生命工学プログラム専門実験における機器利用 .....	27
(円二色性分散計)	
菅 虎雄	
In vivo イメージングに適した新規ルシフェリンアナログの創製と実用化 .....	28
北田昇雄・齊藤亮平・平野 誉・丹羽治樹・牧 昌次郎	
生物発光とソフトクリスタル化学発光の基盤研究 .....	29
(ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、ガラス細工加工設備、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、超電導フーリエ変換 NMR(500MHz)、二重収束質量分析計(EI,FAB,GC/MS)、有機元素分析装置)	
高橋佑典・上原卓也・松橋千尋・山路 稔・務台俊樹・末延知義・牧昌次郎・平野 誉	
パラメトリックスピーカの距離定位・前後知覚に与える反射の影響 .....	29
(無響室)	
野村英之・上野雅登	
発話の放射指向特性の測定 .....	30
(無響室)	
羽田陽一・秋元亜門	
アーチェリーロボットの開発 –コンパウンドボウを使用した矢の飛翔実験を行うための改良– .....	31
(最先端三次元形状測定・評価システム)	
宮下裕之・金森哉吏	

## インクジェット法を用いた導電性ポリマー薄膜電極の膜表面および膜内の元素分析 (X線光電子分析装置)

齊藤達貴・岡田佳子

電気通信大学 基盤理工学専攻

有機材料である導電性ポリマーポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン):ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT:PSS)は大気中で安定であり、高い導電性、可視領域における高い透過性、柔軟性をもつため、一般的な透明電極材料である酸化インジウムスズ(ITO)の代替として注目されている。さらに、水溶性であるため導電性インク材料として、インクジェット法などの印刷プロセスに用いられる。印刷プロセスはロールツーロールといった大面積製造プロセスに適用可能であり、プリントエレクトロニクス分野で期待されている。本研究の目的は、PEDOT:PSS と光受容タンパク質バクテリオロドプシンを用いた全有機プリント光検出器の作製である。PEDOT:PSS は導電性向上のためにジメチルスルホキシド(DMSO)などの極性溶媒処理が必要である。インクジェット法で作製した PEDOT:PSS 薄膜の極性溶媒による表面処理方法を検討し、元素分析を行った。

インクジェット法で作製した PEDOT:PSS 薄膜の DMSO による表面処理として、最終成膜後にリンスする方法(Post Rinsing Method, PRM)と、成膜ごとに繰り返しリンスする方法(Repetitious Rinsing Method, RRM)を用いた。これらの方法を用いて作製した膜に対して X 線電子分光法により膜表面および膜内の元素分析を行ったところ図 1 および図 2 のスペクトルがそれぞれ得られた。図 1 より絶縁性である PSS 中の硫黄原子の  $S_{2p}$  軌道の結合エネルギー(167.7 eV 付近)は、PRM より RRM によってより減少した。PSS の減少により導電性である PEDOT の密度が増加し、導電性が向上した。また図 2 より、絶縁性である PSS は DMSO による表面処理方法に関わらず、膜内より膜表面に多く存在することがわかった。

導電性ポリマーはインクとして用いられることから、透明電極を必要とするデバイスの大面積化や低コスト化、フレキシブル化に期待される。

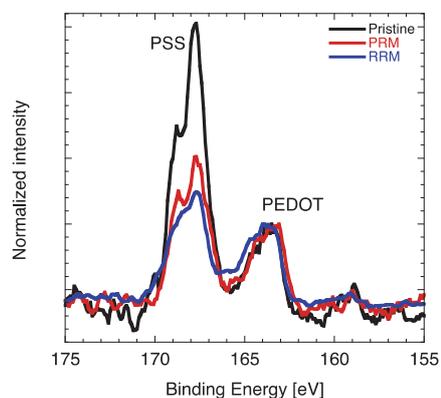


図 1 異なる極性溶媒処理方法による膜表面の XPS スペクトル。

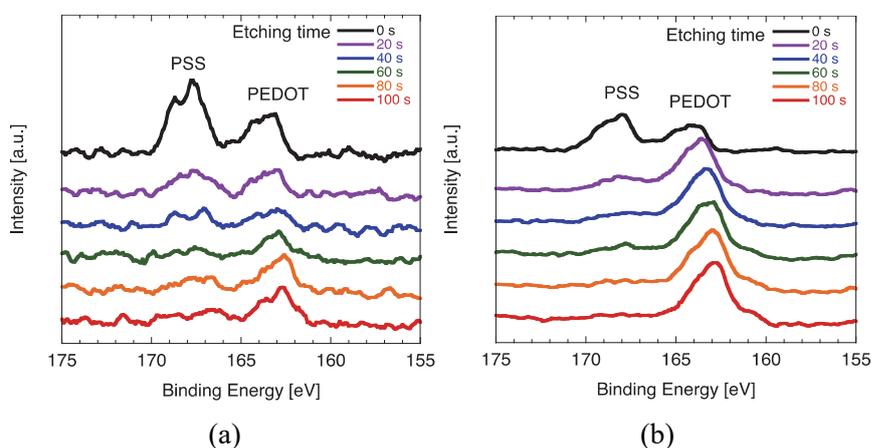


図 2 異なる極性溶媒処理方法による膜内の XPS スペクトル。(a)は PRM, (b)は RRM。

## 感圧塗料計測に向けた多孔質アルミニウム陽極酸化皮膜の作製 (結晶方位分散分析走査電子顕微鏡)

古澤竜也・宮寄 武

電気通信大学大学院機械知能システム学専攻

近年航空・宇宙分野では、非接触面計測手法として感圧塗料 (Pressure-Sensitive Paint; PSP) が研究・開発されている。PSP は発光色素を含むため、試験体表面に色素を定着させるバインダが必要となる。バインダに多孔質アルミニウム陽極酸化皮膜を用いることで、PSP に高い時間応答性を付与することができる。本研究では結晶方位分散分析走査電子顕微鏡 S-4300/EBSD (Scanning Electron Microscope; SEM) を用いて、異なる条件で作製した試験体表面を計測した。

Fig.1 は異なる条件で作製した皮膜表面の SEM 観察写真、Table 1 は皮膜作製条件である。作製条件を変えることで、皮膜の状態を変化させられていることがわかる。(A), (B) は異なる印加電流密度で同じ膜厚になるように皮膜を形成させた。また (C), (D) は陽極酸化後に沸騰水を用いて封孔処理を施した。処理時間によって皮膜表面が水和物層によって覆われ、細孔が塞がっていることがわかる。

本研究によって異なる表面状態の皮膜を得られていることが確かめられた。またこれによって、今後様々な計測状況に適した時間応答性を持たせた PSP の作製が可能となった。

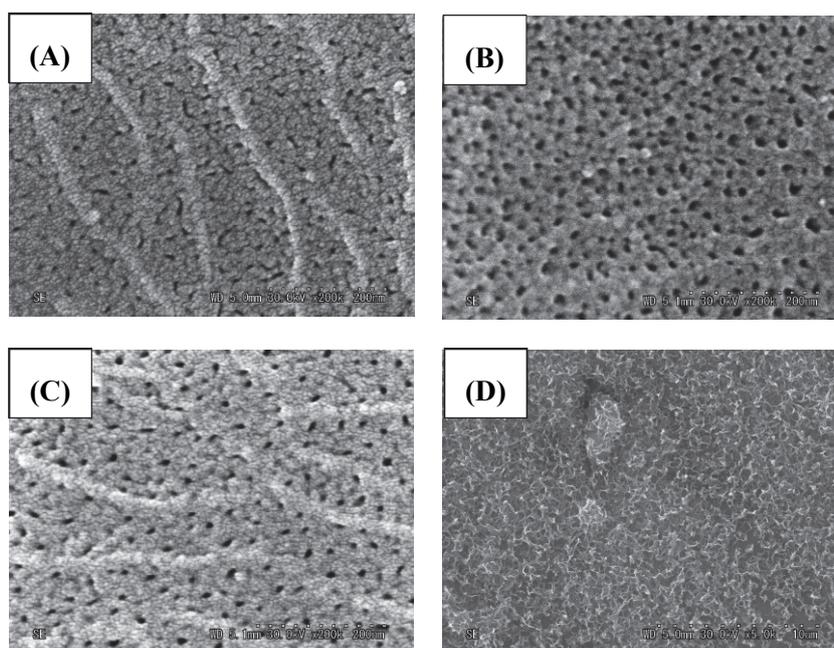


Fig.1 SEM image of anodized aluminum surface.

Table 1 Anodized condition (electrolyte: 1.0 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>aq, 3.0 °C).

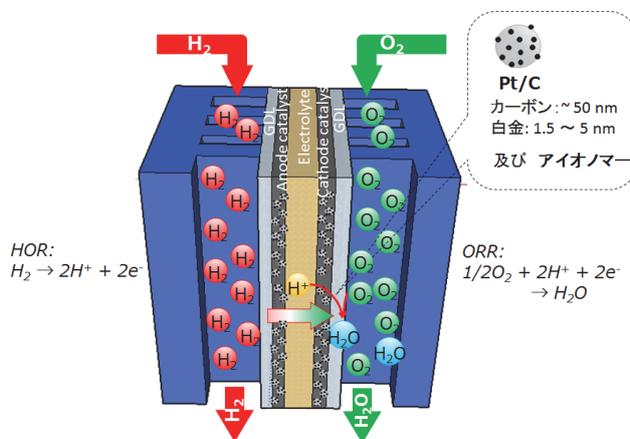
Name	Anodized current density, mA/cm <sup>2</sup>	Sealing	Magnification
(A)	17.5	—	200×10 <sup>3</sup>
(B)	12.5	—	200×10 <sup>3</sup>
(C)	12.5	10 min	200×10 <sup>3</sup>
(D)	12.5	30 min	5.0×10 <sup>3</sup>

## 燃料電池用カソード触媒の新規開発

(DSC 粉末 X 線同時測定装置、X 線光電子分析装置)

吉田祐介・鷹尾 忍・趙 暁・ACHARYYA, Shubhra Shankha・GHOSH, Shilpi・岩澤康裕  
燃料電池イノベーション研究センター

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の本格普及においては、電池活性と耐久性を含めて現 PEFC 性能の 10 倍以上の向上が課題となっている。その課題解決に必要な燃料電池カソード触媒の活性因子および劣化因子に関する基盤的知見を得ることを目的として、PEFC の膜/電極接合体 (MEA) に用いるために新規に開発したカソード触媒の活性構造を明らかにするべく物性評価を行った。新規に調製したコイル形状を持つカーボン担体に白金ニッケル合金を担持させた触媒はカソード触媒として市販触媒の 34 倍の活性と極めて高い耐久性を併せ持っていた。DSC 粉末 X 線同時測定装置で上記触媒の触媒粒径、合金化度を調べるとともに、X 線光電子分光装置では合金の表面組成と電子状態を分析した。上記の分析結果から、PEFC 用カソード触媒の活性因子の分析に成功した。



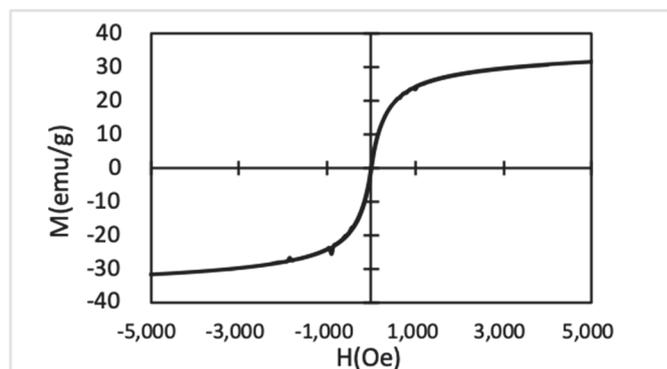
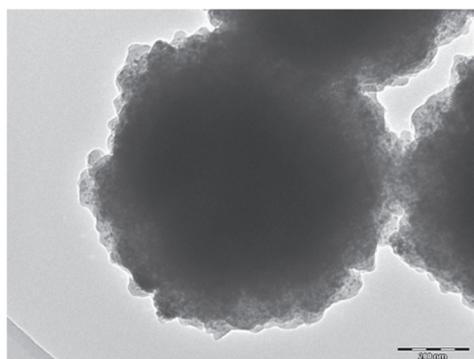
## 機能性磁性粒子の基礎物性評価

(超伝導量子干渉型磁束計、200kV 熱電子放出型透過型電子顕微鏡)

小野泰輔・Jaiyam Sharma・Sandhu Adarsh  
電気通信大学情報理工学研究科基板理工学専攻

本研究室で扱っている磁性粒子 (1 $\mu\text{m}$ ) の基礎物性評価を行った。この磁性粒子は、10 nm 前後の酸化鉄粒子がポリマーで被覆された構造をしており、表面には用途に応じて、自由に官能基や生体分子等が修飾することが可能である。左図は本大学の TEM によって取得した磁性粒子の TEM 像である。酸化鉄粒子がポリマーに被覆されている様子を観察することができた。加えて、粒子の表面はデコボコした形状になっていることが確認できた。この表面形状により、表面積が増大され、化学反応効率が向上していると考えられる。

次に超伝導量子干渉型磁束計を用いて磁性粒子の磁気ヒステリシス測定を行った。右図がその結果である。測定結果から本研究で使用している磁性粒子の質量飽和磁化は 32 emu/g であった。また、得られた結果から、磁性粒子の保磁力が 0 であり、超常磁性を示していることが分かった。



## 誘電泳動を利用して作製した金ナノ粒子配列における単一電子帯電効果 (電子ビーム描画装置、FE-SEM)

水柿義直<sup>1</sup>・島田 宏<sup>1</sup>・守屋雅隆<sup>1</sup>・森林 誠<sup>1</sup>・谷貝知起<sup>1</sup>・関根一真<sup>2</sup>  
電気通信大学 大学院・基盤理工学専攻<sup>1</sup> 先進理工学科<sup>2</sup>

トンネル接合のサイズを縮小すると、その静電容量が減少することから、そこに電子1個が帯電したときのエネルギー（単一電子の帯電エネルギー）が大きくなる。この単一電子帯電エネルギーが温度エネルギーを上回る状況では、トンネル接合での電子のトンネリングが抑制される「クーロン閉塞」が現れる。これまで、クーロン閉塞を利用する種々の単一電子素子が提案され、さらには動作実証も行われている。

単一電子素子では、その単一電子帯電エネルギーが大きくなるほど動作可能温度が上昇する。金ナノ粒子は、単一電子帯電エネルギーを大きくするための材料として広く用いられている。我々は、コロイド散布法による単一電子素子作製法の開発を行ってきた。この方法は、金ナノ粒子の高精度配置工程を排除した確率的作製法であり、すでに実証実験も行っている。一方、確率的作製法であるがゆえに、金ナノ粒子配列の形状を制御することはできない。

そこで、本研究では、金ナノ粒子の配置に誘電泳動法を利用した。電極ギャップ間に印加する交流電圧の周波数、電圧振幅、および印加時間を変えることで、種々の形状の金ナノ粒子配列を得ることができた。実験を重ねた結果、単一電子素子の作製方法に適した誘電泳動条件をある程度絞り込むことができた。

作製した金ナノ粒子配列の一例を図1に示す。金ナノ粒子の直径は30 nmであり、誘電泳動に用いた交流電は周波数1 MHzで振幅4 Vpp、印加時間は10秒とした。2つの電極間に金ナノ粒子配列が形成されているのが確認できる。

この金ナノ粒子配列が単一電子素子として動作した証拠を図2に示す。ドレイン電流  $I_D$  がゲート電圧  $V_G$  によって、周期的に変調されているのが分かる。このような非単調なゲート応答は単一電子素子の特徴である。なお、この波形には複数の周波数成分が含まれていることから、この単一電子素子が多接合（多島電極）構造になっていることが分かる。SEM像からも多接合（多島電極）構造であることが見て取れるが、ゲート電圧応答の周波数成分は多くないことから、SEM像に見られる金ナノ粒子の一部のみが単一電子効果に寄与していると考えられる。

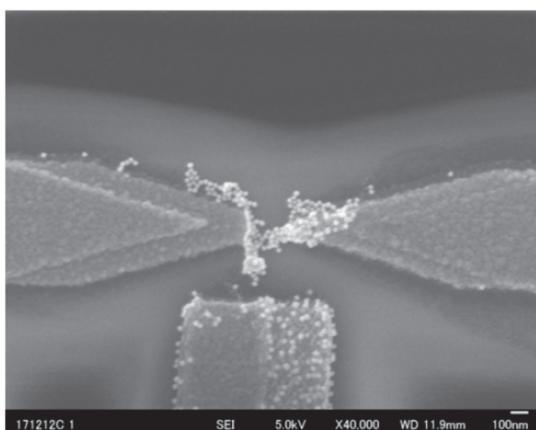


図1: 誘電泳動法で金電極間ギャップに形成された金ナノ粒子配列のSEM像。

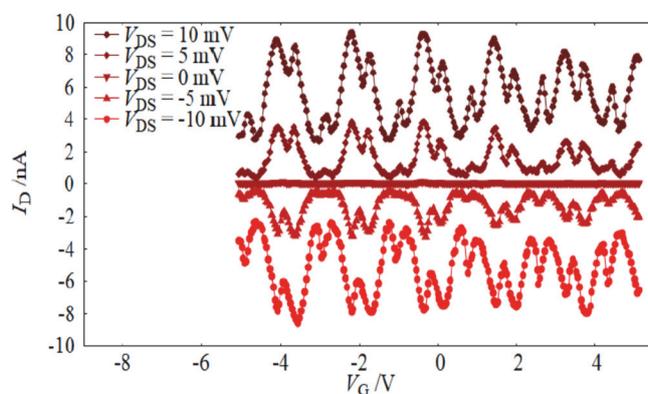


図2: 誘電泳動法で形成された金ナノ粒子配列での単一電子帯電効果。ドレイン電流  $I_D$  がゲート電圧  $V_G$  によって周期的に変調されている。

## Au 回折格子と背面照射による電流検出型 SPR 化学量センサの研究 (クリーンルーム、アライナ、蒸着装置、F 系 RIE 等)

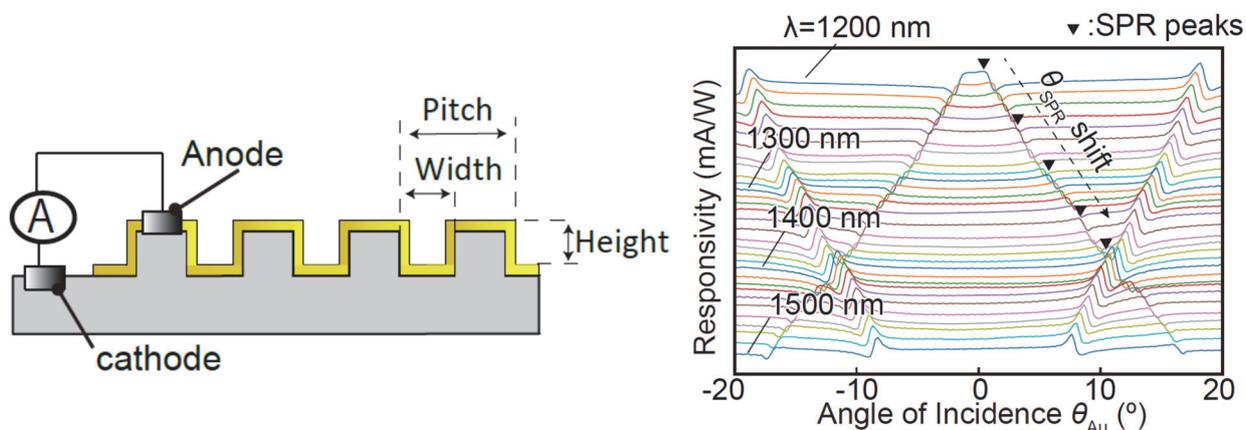
齋藤祥基・菅 哲朗

電気通信大学大学院機械知能システム学専攻

我々は、SPR 化学量センサの小型化について研究中である。従来、プリズムを用いた金表面への SPR 励起と反射光強度による測定が主流で、プリズムと受光器などの光学系が必須で大型となる欠点があった。そこで我々は、Au 回折格子を有する n-Si を基板としたデバイスを提案した。本デバイスは、回折格子で SPR を励起し、ショットキー障壁によって電氣的に検出可能である。よって、従来の光学系を除去し小型化を達成した。しかし、一般的に回折格子励起法では、試料側からの励起光照射例のみで、励起光と試料の干渉を避けられない。したがって、計測可能な試料が制限された。この解決策として、Si は近赤外領域で透明なので、近赤外光を用いた n-Si 側からの背面照射法を提案した。本論文では、背面照射による SPR 励起の実証と、提案手法の化学量センサとしての機能を検証した。

MEMS 半導体加工プロセスで提案デバイスを試作した。試作の際に、先端設備部門のクリーンルームを利用した。次に、デバイスの電流電圧特性を評価し SPR の計測可能性を確認した。得られた結果から、波長 1610 nm までの近赤外光を、SPR に伴う光電流として検出可能だと分かった。実験では、励起光を背面照射し入射角  $\theta_{Au}$  を変化させながら、デバイスの電流応答を測定した。屈折率の異なる試料として、空気と純水を使用した。電流計測のために、デバイスを PCB に実装し、Au 側をアノード、Al 側をカソードとした。さらに、溶液を測定するために、PDMS とカバーガラスで Au 領域を覆うキャビティを作成した。波長可変レーザを用いて、1200 nm~1500 nm の波長範囲で、10 nm 間隔の単色光を照射した。励起光は偏光子を通して transverse magnetic wave (TM 波) とした。測定結果は得られた電流値を励起光の光強度で除算して、応答値[A/W]として評価した。

まず、空気を試料とした時の実験結果から励起光 1200 nm と 1300 nm の結果から電流応答曲線上に SPR の発生を示すピークが現れた。よって、デバイスに対する背面照射による SPR 励起を達成した。次に、純水を試料とした結果を評価した。ピークが空気の結果と異なる角度に現れた。つまり、試料の屈折率変化を SPR に伴う電流応答の変化として検出したと言える。したがって、提案手法の化学量センサとしての機能を実証できた。



図：デバイスの断面図と得られた光電流分散図

## 微小超伝導リングにおける量子渦の臨界捕捉とサイズ効果

(電子線元素状態分析装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、DEKTAK、高磁場多目的物性測定システム、液体ヘリウム、液体窒素)

小久保伸人<sup>1</sup>・三石真里江<sup>1</sup>・岡安 悟<sup>2</sup>・野島 勉<sup>3</sup>・佐々木孝彦<sup>3</sup>

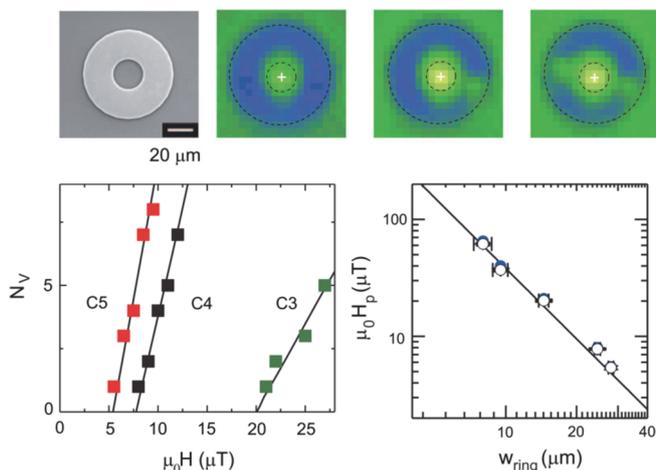
電気通信大学大学院基盤理工学専攻<sup>1</sup>・日本原子力機構先端基礎研究センター<sup>2</sup>・東北大学金属材料研究所<sup>3</sup>

超伝導ナノ・マイクロ構造体は量子情報やメモリー、量子標準などを目指す様々な応用デバイスに必須な要素として用いられているが、動作の性能を最大限に引き出すためには乗り越えるべき課題が多く残されている。過剰に蓄積される(非平衡)準粒子はその一つで、これまで超伝導共振器の Q 値の低下や超伝導量子ビットの緩和時間の増加、単電子ターンスタイル特性のぼやけなどをもたらすことが報告されている。

最近、微小超伝導に誘起される超伝導渦の渦芯が過剰な準粒子の吸収体としてはたらく可能性が指摘され、超伝導デバイスの課題される準粒子過熱の解決手法として注目を集めている。そこで当該年度は、微小超伝導体としてよく用いられるループ構造に着目し、ループを構成する超伝導膜に渦が捕捉される条件を詳しく調べた。

試料は高周波スパッタ装置で成膜した高均質なアモルファス MoGe 超伝導膜である。膜の組成を電子線元素状態分析装置にて分析し、DSC 粉末 X 線同時測定装置にて構造を確認した。膜厚は触針式段差計 (DEKTAK) を用いて求めた。一部の膜は輸送測定用にブリッジ状に加工し、高磁場多目的物性測定装置で超伝導を特徴づける超伝導転移温度、臨界磁場、臨界電流を調べた。アモルファス膜は図に示すような微小リングに加工し、学外の共同利用設備である走査 SQUID 磁気顕微鏡を用いて誘起された磁場分布を精緻に可視化して超伝導渦の侵入・捕捉条件を調べた。

図は、磁場中冷却後の試料で得られた磁気イメージである。印加磁場の増加によりリングを構成する超伝導膜に磁束スポットが現れることが分かる。これは磁束量子を伴う超伝導渦が捕捉されていることを示す。図左下は侵入する渦数と磁場の関係を示す。磁場の増加と共に侵入する渦数は直線的に増加することが分かる。この直線関係を利用して侵入が起こる臨界磁場  $H_p$  を求めるとこの臨界値はリング幅  $w$  が狭くなるにつれ、高磁場側へずれることが分かった。得られた結果を図右下にまとめると、 $H_p = 1.9 \Phi_0/w^2$  の関係に従うことがわかった。さらに詳しい解析を行うと、サイズ効果の特徴づけるスケーリング則の比例係数はリング内を周回する正味の電流 (リング外側を流れる遮蔽電流と中心の穴の周囲を流れるフラクソイド電流の合計) がゼロとなる条件で定量的に説明できた。この結果より、微小超伝導体の超伝導渦の捕捉条件がサイズで決定できることを見出した。



図：微小超伝導リングの SEM 像と磁場中冷却で得られた磁気像。左下に捕捉された渦数と印加磁場の関係を示す。左からリング幅が 28 μm (C5)、24 μm (C4)、15 μm (C3) の試料の結果を示す。右下に臨界磁場のサイズ依存性をまとめた。

## ガラスニードルを利用した超伝導単結晶膜の微小な円筒作製 (高磁場多目的物性測定システム、液体ヘリウム、液体窒素)

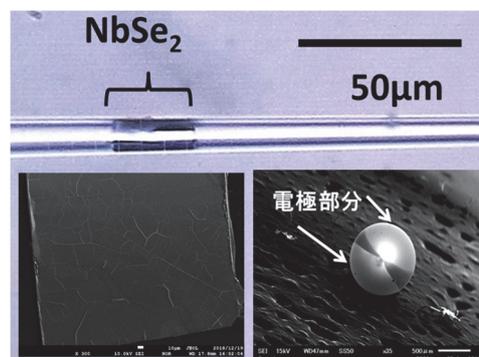
安藤遥香・小久保伸人

電気通信大学大学院基盤理工学専攻

超伝導を示す層状物質( $2H-NbSe_2$ ) の劈開面どうしを分子間力で再接合させた接合界面において、ジョセフソン効果に似た電流電圧特性が報告され、注目を集めている。本研究では、接合面に流れる超伝導電流がジョセフソン効果によるものかを別の角度から検証するため、臨界電流の磁気振動現象が期待できる微小円筒に着目し、一枚の単結晶膜をチューブ状に巻いた微小円筒の作製に取り組んだ。

試料作製は以下のように行った。まず先端径 $\sim 10\ \mu\text{m}$ ～ $1\ \text{mm}$ のガラスのニードル棒をピペットプレー装置で作成した。その後のテープ劈開した  $NbSe_2$  単結晶膜を図のように光学顕微鏡下で巻き付け、電極として銀薄膜をニードルの側面に真空蒸着した。電子顕微鏡で観察した一例を下図に示す。輸送特性は、専用の接触型冶具を自作し、高磁場多目的物性測定システムを利用して調べた。

作製した 184 本の試料の中で、電気抵抗測定まで至ったものは 22 本であった。およそ 7K 付近で超伝導転移を示すが、測定が二端子となるため残留抵抗が残る。ニードルの直径が細くなるほど、残留抵抗が大きくなり、超伝導転移に伴う抵抗変化は不明瞭となった。測定後に巻き付けた微小円筒の表面を SEM 観測すると、右下図のようにひび割れが単結晶膜表面に現れ、周径を小さくするにしがってこの構造が発達することが分かった。今後は、巻き付け方法の改善や他の材料を取り入れることによって、ひび構造を抑えた微小超伝導円筒の作製を目指したい。



図：ガラスニードルに  $NbSe_2$  単結晶膜を巻き付けた円筒試料の光学顕微鏡写真。左下はニードル先端からの SEM 像。右下に低温輸送測定後に得られた円筒の表面の SEM 像。

## フラッシュ法による蛍光体粉末の熱拡散率評価 (NETZSCH LFA447 NanoFlash)

涌井貞一<sup>1</sup>・中村 淳<sup>2</sup>

日亜化学工業株式会社 蛍光体開発センター<sup>1</sup>

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報理工学域 基盤理工学専攻 III類 (理工系)<sup>2</sup>

蛍光体の熱伝導率は、蛍光体が粉末上であることが多いため、よく分かっていない。本実験は、粉体用サンプルホルダーを使用することで、蛍光体粉末の熱伝導率評価方法を確立することを目的とする。実験で使用した装置、LFA447 では粉体の熱拡散率のみ測定可能だが、熱伝導率  $k$  は、

$$\text{熱伝導率 } k \text{ (W/m} \cdot \text{K)} = \text{熱拡散率 } \alpha \text{ (m}^2\text{/s)} \times \text{密度 } \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \times \text{比熱 } C_p \text{ (J/K} \cdot \text{kg)}$$

にて計算可能なため、密度(既知)と比熱(別途測定)を求めれば、熱拡散率から熱伝導率の計算が可能である。今回の実験では、バルクの熱伝導率が分かっている物質について、サンプルホルダーへ 5 回の詰替え $\times$ 3 回の測定を行い、粉体の詰め方による測定結果のばらつきを評価した。測定された熱拡散率は 30%程度の間でばらつきがあったが、桁が変わるほどのばらつきはなかった。また、文献の比熱を使って蛍光体粉末の熱伝導率を計算すると、バルクの 5%程度と、粉末化で大幅に熱伝導率が悪化していた。粉体の熱伝導率について、僅かな差の議論は難しいが、桁の異なる物質間の違いは評価可能と考えられる。

## 半導体電極を用いた光-化学エネルギー変換

(X線光電子分析装置、簡易型 SEM、ヘリウム液化システム液体窒素、DEKTAK)

二階夏光<sup>1</sup>・西村 章<sup>1</sup>・小野 洋<sup>2</sup>

電気通信大学先進理工学科<sup>1</sup>、電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻<sup>2</sup>

本研究課題は電解液中に浸漬された半導体電極で光を捉え、その光エネルギーを水の分解や溶存している有機物の分解に振り分ける働きを持つシステムを開発する事である。このシステムは不要物質から新たな有用物質を作り出すことも出来、環境浄化にも使用可能で応用範囲が広い。近年では、従来求められてきた高効率、高選択性など、反応の高効率化の問題に加えて、地球環境に負荷をかけない、持続可能なプロセスへの対応が益々重要になってきている。このシステムで最も重要な半導体電極には電解液中で照射された際に変質したり、溶解したりせずに長時間安定して動作することが要求される。

本研究では半導体電極( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{n-Si}$ )/電解液界面での反応場の増大を目的とした電極表面の酸化鉄膜の膜質の改善をスパッタ時の Ar 圧を変化させる手法を試行し、作製した電極の光電気化学特性を評価した。

スパッタ時 Ar 圧を変化させることで膜の堆積レートを変化させた場合、膜厚が一定であれば、Ar 圧 0.21torr で作製した電極が最適な光電気化学的特性を示すことが明らかになった。

$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{n-Si}$  電極の性能向上には n-Si 基板と表面酸化膜の抵抗率の間に密接な関係があると考えられる。また、電極表面の酸化鉄膜の XRD による結晶構造の解析により配向度の高い多結晶構造であることが判明した。今後、Si 基板の比抵抗を変えたもので電極を作製し、電極特性にどのような影響を及ぼすのかさらに検討する予定である。

## 半導体微細構造を用いた新規蛍光材料の作製と評価

(DSC 粉末 X 線同時測定装置、X線光電子分析装置、顕微レーザーラマン分光計、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、電子線元素状態分析装置)

奥野剛史・佐々木智徳・中川康弘・保木渉馬・柿野良太郎・久島大輝・黒川郁弥・中村裕貴・渡部勇太・七井 靖

電気通信大学 基盤理工学専攻

安定な酸化物材料の  $\text{CaSc}_2\text{O}_4$  およびそれに類する物質に  $\text{Eu}^{3+}$  を添加すると、白色の有用な光材料となることがわかった。 $\text{Eu}^{3+}$  の濃度が 4% 以上では通常の赤色発光を示すが、2% 以下では白色に近づく。通常の  $^5\text{D}_0$  ではなくてそれよりも上にある  $^5\text{D}_j$  ( $J=3,2,1$ ) からの準位の遷移が増えてくる。時間減衰測定などから、 $^5\text{D}_j$  から  $^5\text{D}_0$  への交差緩和が原因であることがわかった。Sc を In に置換して混晶比を 0 から 1 の範囲で連続的に変化させることにはじめて成功した。In を増やすことにより赤色から白色に近づけることができた。多フォノン緩和の抑制がその理由であることを赤外吸収分光などにより明らかにした。また、Ca と Sr の混晶比を変化させた。Sr が 0.4 までは  $\text{Eu}^{3+}$  の配位子場の対称性が保たれて白色に近づくことを示した。

$\text{Ce}^{3+}$  は黄色の発光を示すことが多いが、 $\text{La}_2\text{S}_3$  中では赤色発光を示す。作製時の雰囲気制御法を工夫することにより、1 気圧の硫黄蒸気中で強く赤色発光するものを作製することにはじめて成功した。そして、電子線励起発光の加速電圧依存性を測定した。

残光現象は、昼間エネルギーを蓄えて夜間に使おうとする方策のひとつである。 $\text{Ca}_2\text{SiSi}_4:\text{Eu}^{2+}$  を作製し、黄色の発光および残光をえた。適当な共添加イオンの種類と濃度を探索することにより、残光時間を 50 s から 900 s まで伸長でき、残光に寄与するトラップの量と深さを詳細に議論した。

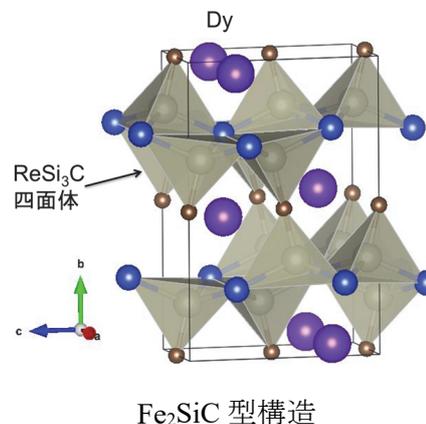
## YRe<sub>2</sub>SiC の超伝導

(DSC 粉末 X 線同時測定装置、電子線元素状態分析装置、超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム)

村中隆弘

電気通信大学 基盤理工学専攻

本研究では、MgB<sub>2</sub> や YNi<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C 等の軽元素の形成する特徴的なネットワーク構造をもつ物質において、比較的高い  $T_c$  が報告されていることや、軽元素化合物が超伝導発現に有利であるという理論的な示唆をもとに、図 1 に示すような DyFe<sub>2</sub>SiC 構造に着目した。本系では、LuFe<sub>2</sub>SiC 等、多数の合成報告がなされているが、それらの物性報告が極端に少ない。[1]同構造と同様の構造的な特徴は Y<sub>2</sub>AlGe<sub>3</sub> ( $T_c=4.5\text{K}$ )[2]などで報告されており、RT<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C 系化合物(R: 希土類元素, T: 白金族元素)[3]など超伝導体が多数報告されている ThCr<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> 型構造を有する物質群とは異なった四面体ネットワーク構造となっているため、その比較対象としても興味深い物質群である。



Dy サイトを 4f 電子を持たない非磁性元素へ、Fe サイトを他の遷移金属元素に置換した系における新超伝導体の開発を行ったところ、仕込み組成比の調整やアーク溶解後のアニール処理によって、比較的純良な YRe<sub>2</sub>SiC 相を得ることに成功した。直流磁化率と比熱の温度依存性では、約 4.5K で超伝導転移によるものと思われる転移を観測した(図 2)。観測された磁化率の転移幅から見積もられる超伝導体積分率は、バルク超伝導によるものとしては十分な値であることや、粉末 X 線回折から確認された物質などの考察から YRe<sub>2</sub>SiC が  $T_c=4.5\text{K}$  の新超伝導体であると結論付けた。

本物質の有限磁場下での振る舞いは、多くの金属間化合物超伝導体で観測されるような印加磁場の増大に伴った  $T_c$  の抑制は観測されず、通常の BCS 理論とは異なる超伝導状態の実現が予想される。また、DyFe<sub>2</sub>SiC 型構造の化合物では本物質以外は超伝導を示さないが、Y, Re といった非磁性元素への置換に加え、格子収縮による化学的圧力によって超伝導発現に有利な状況になったことが考えられる。

今後は、本系での超伝導発現メカニズムをより明確にするため類縁化合物における超伝導開発及び電子密度計算等からの物性評価が必要と考えられる。

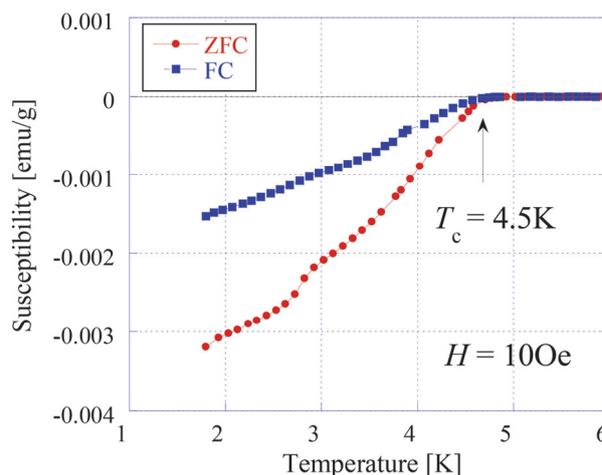


図 2: YRe<sub>2</sub>SiC の直流磁化率の温度依存性

- [1] T. Hüfken *et al.*, J. Alloy. Compd. **266**, 158 (1996).
- [2] D. Johrendt *et al.*, Z. Anorg. Allg. Chem. **622**, 589 (1996).
- [3] 例えば、R.J. Cava *et al.*, Nature **367**, 252 (1994).

## 遍歴強磁性体 $Y_2Co_{12}P_7$ の Fe, Ni 部分置換と磁性 (液体ヘリウム)

太田寛人・加藤優典・香取浩子  
東京農工大学物理システム工学科

$Y_2Co_{12}P_7$  は六方晶系に属する化合物であり,  $T_C = 153\text{ K}$  以下で Co 由来の遍歴強磁性を示す。Co は  $CoP_4$  四面体サイトと  $CoP_5$  ピラミッドサイトを 3:1 で占有する。今回 Co を Fe および Ni に部分置換した試料を作成し, 磁化測定を行った。

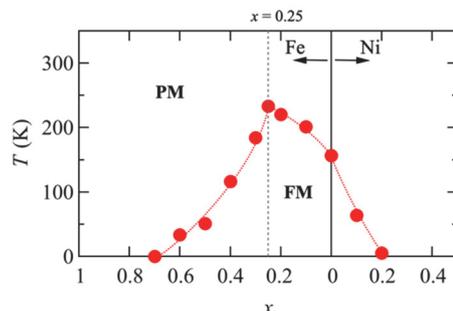


図 :  $Y_2(Tm_xCo_{1-x})_{12}P_7$  の  $T_C$  の  $x$  依存性

図は  $Y_2(Tm_xCo_{1-x})_{12}P_7$  ( $Tm = Fe, Ni$ ) の  $T_C$  の  $x$  依存性である。Ni 置換および  $x > 0.25$  の Fe 置換では  $T_C$  が減少する一方で,  $x < 0.25$  の Fe 置換では  $T_C$  が上昇した。Fe 置換系では  $x < 0.25$  の範囲ではピラミッドサイトの Co と置き換わることから,  $T_C$  の上昇はピラミッドサイトへの Fe の導入に由来すると考えられる。また,  $x$  とともに  $T_C$  が減少する領域では  $Tm$  が四面体サイトの Co と置き換わる。従って, 四面体サイトへの置換はキャリアドーピング効果があると考えられる。

## 比熱測定による Sn ドープ $Sr_{1-x}Sn_xTiO_3$ (SSTO) の構造相転移の抑制の検出 (高磁場多目的物性測定システム、比熱測定)

小貝侑弘・田中広敏・阿部浩二  
電気通信大学 基盤理工学専攻

機能性薄膜の蒸着基板として知られる  $SrTiO_3$  は量子誘電体として興味を持たれている。Sn イオンのドーピングにより比較的高温 ( $\sim 200\text{ K}$ ) で強誘電相転移が出現することが知られ, 新しい誘電体材料として注目されている。一方,  $T_0=107\text{ K}$  での  $TiO_3$  八面体の回転により生ずる構造相転移が Sn ドープにより消滅することが報告されている。

我々はドーピング量の異なる SSTO の比熱測定を行った。比熱の相転移点における異常は極めて小さく, 変化を見えやすくするため  $Cv/T$  を図 1 に示す。  $x=0$  と  $0.02$  までは構造相転移点で比熱の異常が観測され相転移が生じている。一方,  $x=0.05$  以上では, 比熱の異常が観測されないことが分かった。

この結果から, Sn ドープによる構造相転移の抑制が起こっていることが明らかになった。

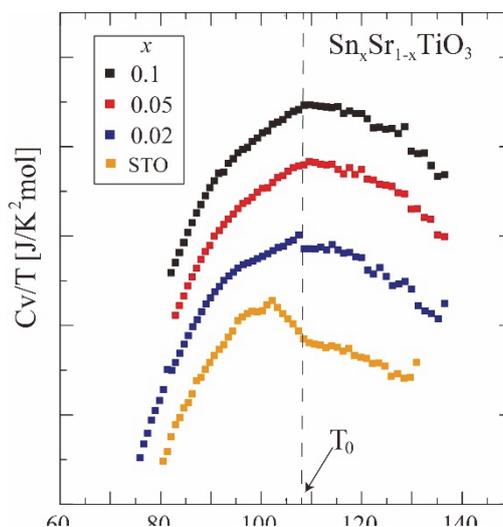


図 1 SSTO の  $Cv/T$  温度変化

## BiS<sub>2</sub>系層状化合物における圧力誘起超伝導

(超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体窒素、液体ヘリウム)

松林和幸・Yuan Yahua・有馬 寛人・内藤康氏・正岡麻里奈

電気通信大学 基盤理工学専攻

Bi<sub>4</sub>O<sub>4</sub>S<sub>3</sub> における超伝導の発現に端を発して、類似の層状構造を有する超伝導体が次々と発見されており、新たな超伝導研究の舞台として活発な研究が行われている。これらの系は、電気伝導性を担う BiS<sub>2</sub> 層と絶縁ブロック層が交互に積層した構造をとるが、絶縁ブロック層における酸素の一部をフッ素に置換することにより超伝導が発現する。本研究では、最近に新たに発見された BiS<sub>2</sub> 系層状化合物 LaOBiPbS<sub>3</sub> および La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Bi<sub>3</sub>AgS<sub>6</sub> に着目し、その圧力効果を調べた。両物質では、BiS<sub>2</sub> 系超伝導体の母物質 LaOBiS<sub>2</sub> と比較するとそのエネルギーギャップの大きさは小さく抑えられている。加圧により半導体的な振る舞いは抑制され、わずか 1 GPa 以下の圧力域において圧力誘起超伝導を示すことを見出した。その転移温度は最大で LaOBiPbS<sub>3</sub> では  $T_c \sim 4.6$  K、La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Bi<sub>3</sub>AgS<sub>6</sub> では  $T_c \sim 3.3$  K にも達することが明らかとなった。今後は現在開発を進めている高圧下比熱測定により、超伝導ギャップなどに関する詳細な研究が展開できると期待される。

## 興味ある電子物性材料の開発

(CCD 型単結晶 X 線回折装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、高磁場多目的物性測定システム、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、超電導フーリエ変換 NMR(500MHz)、超電導量子干渉磁束計、電子スピン共鳴装置、熱分析装置、有機元素分析装置、ガラス細工加工設備、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

石田尚行

電気通信大学 基盤理工学専攻

本研究課題では、分子性磁性体を基調にして、複合磁性材料やナノ磁石の合成開発を推進した。以下の成果を挙げた：(1) 外部刺激によって基底スピン多重度を変える材料すなわちスピントロニクスオーバー錯体を開発し、そのクロスオーバー温度に与える置換基依存性を調査した。(2) スピントロニクスオーバーは通常単イオン内で起こる現象とされるが、我々のグループは三中心スピン系でそれを実現し、極めて斬新なスピントロニクスオーバーのシナリオを確立した。(3) 2p-4f ヘテロスピン化合物の合成においては、ラジカルスピンがベンゼン環上へ非局在することによるベンゼン二量化という非常に稀な反応を見出した。(4) 有機ビラジカル化合物で基底三重項状態を有する架橋配位子を合成開発した。この論文は、*New Journal of Chemistry* の裏表紙を飾った。(5) 酸化鉄材料からナノサイズ粒子を合成し、その超常磁性としての振る舞いを精密に調査した。この研究課題はインドネシアのマラン大学との共同研究として実施された。

標記の機器のうち、合成物の同定に NMR, MS, IR, 有機元素分析装置等が有効に使われた。ESR は有機ラジカルの同定およびその機能評価に用いられた。超伝導量子干渉磁束計 (SQUID) と高磁場多目的物性測定システム (PPMS) により磁性に関する広範なデータを得ることができた。なお、液体ヘリウムと液体窒素をほぼ通年にわたり低温室から供給を受けた。

## 短波赤外線センサに向けた薄膜形成技術の開発 (顕微レーザーラマン分光計)

塚本貴広

電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻

可視光より波長が長い短波赤外 (SWIR) 光を用いると、可視光では得られない内部情報が非破壊・非接触に得られる。そのため、食品管理などの非破壊で内部状態を評価したい場合に有用である。また、暗視センサとしての応用も可能であり、車載センサとしての開発も進められている。このように SWIR を用いたセンサの需要は大きく、市場の拡大においてはセンサの高感度化や低コスト化が必要である。Si 系で SWIR センサの受光部に応用可能な材料は GeSn であり、高結晶な GeSn 薄膜の形成技術の開発などによるセンサ感度の向上が課題である。

本研究では、顕微レーザーラマン分光計を用いて、GeSn の結晶性及び歪状態を明らかにした。GeSn を Ge 基板上に形成した場合、その組成比や膜厚により、歪緩和が起こり、欠陥が形成してしまう。また、結晶性は成膜温度に依存しており、高温成膜が好ましいが、Sn が析出してしまうため、最適な成膜条件を明らかにする必要がある。Ge 基板上に GeSn 薄膜を形成し、その結晶成長における温度や膜厚が GeSn 薄膜に及ぼす影響を明らかにした。結晶性はラマンスペクトルの半値幅から評価し、歪はラマンスペクトルのピーク位置により評価した。これらの実験結果より、短波赤外線センサに向けた GeSn 薄膜の形成条件を決定した。今後は、デバイス試作による特性取得を行う予定である。

## 超伝導チップ上に集積化する分布型出力信号アンプの出力電圧振幅向上に関する研究 (ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

水柿義直<sup>1</sup>・島田 宏<sup>1</sup>・守屋雅隆<sup>1</sup>・樋口孔明<sup>1</sup>・山崎洸生<sup>1</sup>・曾明裕太<sup>2</sup>

電気通信大学 大学院・基盤理工学専攻<sup>1</sup> 先進理工学科<sup>2</sup>

単一磁束量子 (Single Flux Quantum: SFQ) を情報担体とする超伝導デジタル回路は、高速性と低消費電力性を兼ね備えており、種々の信号処理応用が期待されている。一方、超伝導集積チップ上のデジタル信号は小振幅であることから、これを室温機器で読み出すには増幅する必要がある。本研究では、SFQ を用いる RS フリップフロップと読み出し用 dc-SQUID の組み合わせた基本ステージをカスケード接続した分布型出力信号アンプに着目した。その出力振幅の向上させるための方法としては、読み出し dc-SQUID を二重 SQUID で置き換えた構造を採用した。二重 SQUID は、センシング・インダクタを共有する形で二つの dc-SQUID が直列接続されたものである。数値計算によるパラメータ最適化の結果、従来型と比較してほぼ 2 倍の出力振幅が得られることが示された。最適化で得られた素子パラメータを実現する回路レイアウト設計を行い、産業技術総合研究所の Nb 標準プロセス 2 を用いて試作した。液体ヘリウムを用いた低温環境での動作試験を行ったところ、4 段回路で 2.9 mV、12 段回路で 8.3 mV の出力電圧振幅が得られた。

人為的に様々な形態に操作される非線形光学過程  
 (ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

大饗千彰<sup>1,2</sup>・Jian Zheng<sup>3</sup>・Weiyong Liu<sup>2,3</sup>・鈴木 勝<sup>2,3</sup>・美濃島薫<sup>1,2,3</sup>・桂川眞幸<sup>1,2,3</sup>  
 量子科学研究センター<sup>1</sup>、JST, ERATO Minoshima IOS<sup>2</sup>、基盤理工学専攻<sup>3</sup>

非線形光学過程に關与する電磁場の相対位相關係を任意の位置で任意の値に制御することで、非線形光学過程そのものを人為的に様々な形態に操作する研究を実施した。高次の誘導ラマン散乱光発生過程を典型例として、誘導ラマン散乱光の発生を、狙った特定のラマンモードに選択的に集中させる実験をおこなった。高次系列発生初の過程、つまり、1次のストークス光、アンチストークス光の発生がほぼ理論通りに制御されることを実験で示すことができた [1]。さらに、この結果をもとに、同様の人為的な操作を高次過程に拡張する研究を進めた。液体窒素温度下で位相操作が可能な装置開発を進め完成させ、開発した装置を用いて、高次のストークス光、アンチストークス光の発生を様々な形態に制御する研究を実施した。

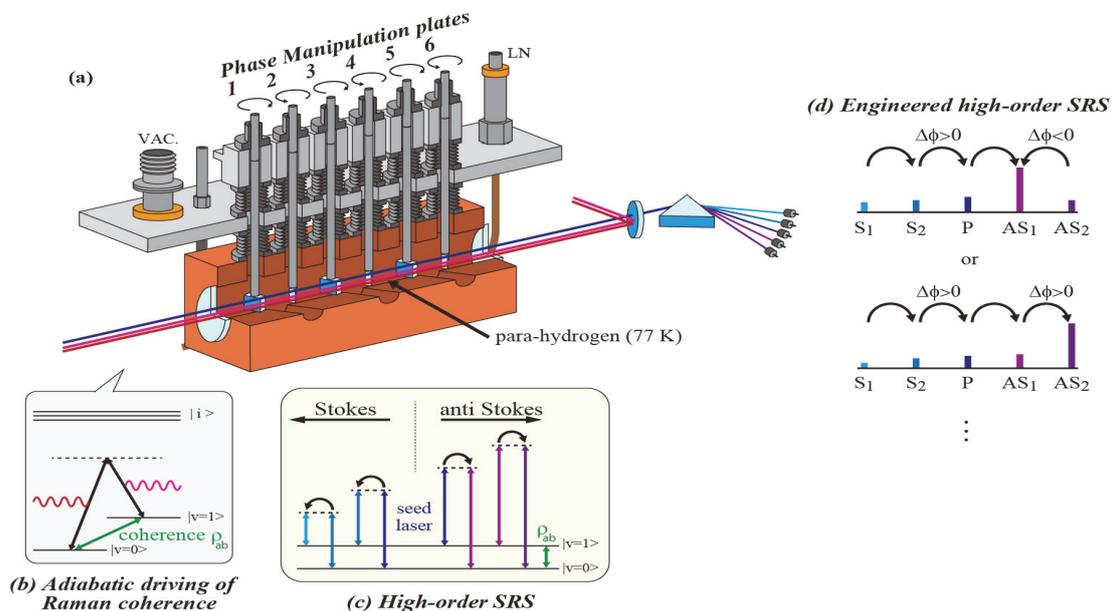


図 1. 開発した低温下で位相操作が可能なラマンセルと、高次誘導ラマン散乱光発生過程の操作に用いた相互作用スキーム。

## 標的蛋白質の蛍光検出

(ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、超電導フーリエ変換 NMR(500MHz))

瀧 真清

電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻

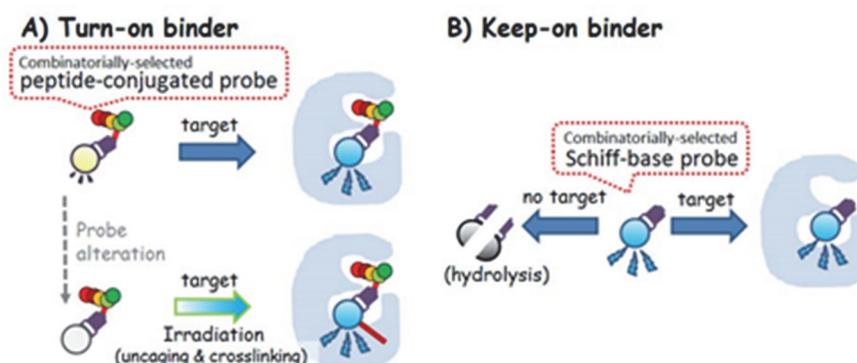
標的蛋白質の蛍光検出に関する研究を、以下の2つの異なるストラテジーで行った。標題の A,B は図1の A,B とそれぞれ対応している。

### A. Turn-on 型

これまでに、T7 フェージディスプレイ法を改変して人工物質を分子進化させる手法(10BASEd-T法)を応用して、標的蛋白質の特定サイトにのみ中分子ペプチドを「共有結合」させる手法を確立している。今回、共有結合をさせるための仕掛けを持っている人工官能基を更に改良し、365nm の紫外光を照射したときのみ共有結合するようにした。その際、共有結合すると同時に分子構造が変化して、分子内電荷移動 (ICT) による蛍光発光が現れるケージド特性 (Turn-on caged property) を持たせるような分子設計を行った。すなわち共有結合させた標的蛋白質に蛍光性を付与できる。これにより、標的蛋白質が共有結合したかどうかを電気泳動 (SDS-PAGE) 後の蛍光イメージングにより容易に確認でき、共有結合体の更なる構造解析を行うべきかどうかの初期判断が容易となる。上記の結果を、大学院生を筆頭著者として速報[1]としてまとめた。(IF=4.18)

### B. Keep-on 型

標的蛋白質に特異的に結合する低分子蛍光体の選択を行った。まず、蛍光化合物群として、シッフ塩基構造を持つダイナミックコンビナトリアルライブラリー (DCL) の作製を行った。このライブラリーと標的蛋白質とを混合したのち、サイズ排除クロマト (SEC) にて選択を行い、標的蛋白質と結合した低分子蛍光体のみを分離し、本学の測定装置類を用いることで分子構造を決定した。本蛍光体はシッフ塩基構造を持つため、標的蛋白質が存在しないと徐々に加水分解が進行して無蛍光性となるが、標的蛋白質の疎水ポケット内に取り込まれていると加水分解を免れるため、蛍光性を保ち続ける (>Keep-on 蛍光性と新たに定義)。Keep-on 蛍光性を用いた標的検出を新たなコンセプトとして提唱し、大学院生を筆頭著者として速報[2]としてまとめた。(IF=3.31)



**Fig. 1** Fluorescence detection of target proteins by (A) turn-on or (B) keep-on principle.

### References:

1. Yatabe *et al.*, *Int. J. Mol. Sci.*, **19**, (2018) 3682.
- Tabuchi *et al.*, *Anal. Bioanal. Chem.*, **410**, (2018) 6713.

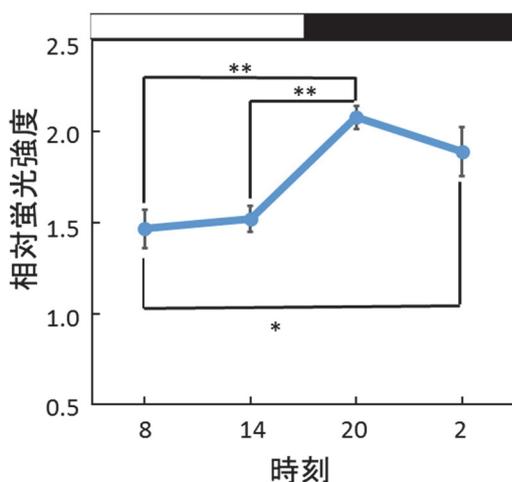
## 神経情報伝達のメカニズム

(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)

石田健司・仲村厚志

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻

我々の体内の様々な生理現象には、約1日周期のリズムが存在する。このリズムは概日リズムと呼ばれ、概日リズムを生み出す生物時計を概日時計と呼ぶ。概日時計が約24時間周期のリズムを生み出す仕組みは、まだ不明な点が多い。本研究ではAMPキナーゼと呼ばれる蛋白質リン酸化酵素の、概日時計機構における24時間のリズムを生み出す仕組みへの関与を調べている。哺乳類において、概日時計の中樞は脳の視床下部の視交叉上核という領域に存在している。視交叉上核におけるAMPキナーゼの機能を明らかにするために、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡を用いて、マウスの脳における組織学的な解析を行った。その結果、AMPキナーゼの活性化が視交叉上核に局在していることが明らかになった。さらに、その活性が夜の前半の時間帯に高いことも明らかになった(図)。本年度は、再現性を確認するために、各時刻において、マウス5匹からサンプリングを行った。



マウスの脳における組織学的な解析を行った。その結果、AMPキナーゼの活性化が視交叉上核に局在していることが明らかになった。さらに、その活性が夜の前半の時間帯に高いことも明らかになった(図)。本年度は、再現性を確認するために、各時刻において、マウス5匹からサンプリングを行った。

図 マウス視交叉上核におけるAMPキナーゼ活性の日周変動

Zeitgeber time (ZT): 明期の開始時刻をZT0、暗期の開始時刻をZT12とする12時間12時間の明暗周期における体内時計の時刻。

## 哺乳類卵細胞における細胞骨格の調節機構に関する研究

(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、ヘリウム液化システム液体窒素・窒素ガス)

荒川俊大・白川英樹

電気通信大学基盤理工学専攻

哺乳類卵の受精時には周期的な細胞内 $Ca^{2+}$ 濃度( $[Ca^{2+}]_i$ )の上昇( $Ca^{2+}$ 振動)が生じ、これによって卵は賦活化されて胚発生が開始される。本研究では、マウス卵細胞での $Ca^{2+}$ 依存的なアクチンフィラメント(F-actin)の調節機構を明らかにするため、 $Ca^{2+}$ 振動に伴うアクチンフィラメント(F-アクチン)の細胞内局在の変化を詳細に観察した。アクチン結合タンパク質を用いた蛍光プローブ(EGFP-UtrCH)を発現させてF-アクチンを可視化した卵に、PLC $\zeta$ を発現させることで $Ca^{2+}$ 振動を誘発した。染色体近傍の細胞皮層部に局在するF-アクチンの厚い層構造(アクチンキャップ;AC)は、 $Ca^{2+}$ 振動の始めの数回の $[Ca^{2+}]_i$ 上昇の際に一過的な減少を示した後、急速に消失した。アクチン重合核形成タンパク質Arp2/3およびフォーミンの阻害剤であるCK-666およびSMIFH2を投与すると、いずれの場合もACのF-アクチンが減少した。時空間的パターンの詳細な比較から、 $[Ca^{2+}]_i$ 上昇に伴うACの一過性減少はArp2/3、AC消失時の変化はフォーミンが関わるプロセスに対する $Ca^{2+}$ 依存的な抑制機構が関与していることが示唆された。AC以外の細胞皮層部では、F-アクチンは微絨毛の基部に密に局在しており、その近傍にリン脂質 $PIP_2$ も局在していた。さらに、その部位のF-アクチンと $PIP_2$ が、 $[Ca^{2+}]_i$ 上昇に伴ってほぼ同期して増加することが観察された。マウス卵受精時の $PIP_2$ の増加は表層顆粒の開口分泌に依存しているという報告があることから、 $[Ca^{2+}]_i$ 上昇に伴う皮層部F-アクチンの変化は開口分泌をトリガーする過程に関与している可能性が考えられる。

## 筋細胞内 $\text{Ca}^{2+}$ 調節と細胞内温度の関係性 (凍結マイクローム、ヘリウム液化システム液体窒素)

狩野 豊・堀川大空

電気通信大学情報理工学研究科

骨格筋の活動(収縮・弛緩)には  $\text{Ca}^{2+}$ 調節機構が深くかかわっており、筋収縮によって上昇した  $\text{Ca}^{2+}$ を  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase (SERCA) が筋小胞体 (SR) 内に回収する過程で大きな熱産生を伴うことが予想される。発生した熱は筋機能低下の要因となるため、 $\text{Ca}^{2+}$ 調節機構と骨格筋細胞の温度変化との関係性を明らかにすることは生理学的に重要である。我々は蛍光プローブを用いることで骨格筋における熱動態を *in vivo* イメージングすることに成功しており、この手法を用いて筋細胞の  $\text{Ca}^{2+}$ 調節と温度動態との関係性を調べた。Wistar 雄性ラット (~12 週齢) の脊柱僧帽筋 (spino) を麻酔下で露出させ、マイクロインジェクション法を用いて温度感受性蛍光プローブ (Cellular Thermoprobe for Fluorescence Ratio, FDV-0005) を骨格筋単一筋細胞に導入した。ラット個体を蛍光顕微鏡下に固定し、spino の筋表面に温度センサーを装着した。その後、プローブ導入細胞に薬理刺激 ( $\text{Ca}^{2+}$ または SERCA 阻害剤) を加え、この時の FDV-0005 由来の Ratio 値 ( $R_{562-594} / R_{513-533}$ ) を筋細胞毎に経時的に測定した。筋細胞への直接的な  $\text{Ca}^{2+}$ インジェクションによって、細胞内の温度は上昇することが確認された。この温度上昇は、SERCA 阻害剤によって、有意に抑制されることが示された。本研究は温度感受性蛍光プローブを生きた個体の骨格筋細胞に導入し、筋細胞の  $\text{Ca}^{2+}$ 調節機構のひとつである SERCA の作用によって細胞内の筋温上昇が生じることを明らかにした。

## 脂肪細胞の大きさの定量化

(凍結マイクローム、ヘリウム液化システム液体窒素)

天野悠平・星野太佑

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・基盤理工学専攻

運動トレーニングが、脂肪細胞の機能的な変化と形態的な変化を引き起こすのか検証した。電気刺激による運動トレーニングをラットに週 3 回 4 週間おこなった後、皮下脂肪である鼠径部の脂肪組織を摘出した。摘出したラットの皮下白色脂肪組織の一部を切断し、凍結組織包埋剤で覆い、液体窒素により冷却したイソペンタンで凍結包埋処理をした。凍結サンプルは、クライオスタットによって  $-30^{\circ}\text{C}$  下で  $10\ \mu\text{m}$  の薄切切片を作成したのち、ヘマトキシリン-エオジン (HE) 重染色をおこなった。脂肪細胞の短径の長さを画像解析ソフト imageJ を用いて解析したところ、非運動群と比較して運動群の脂肪細胞の短径は、 $20\sim 30\ \mu\text{m}$  の割合が有意に高値を示し、 $50\sim 60\ \mu\text{m}$  の割合が有意に低値を示した (図 1)。このことから、運動トレーニングが鼠径部の脂肪細胞の形態を小さくすることが明らかとなった。脂肪細胞の形態は、熱産生タンパク質やミトコンドリアの量と関連が指摘されているため、今後はそれらとの関係を明らかにする予定である。

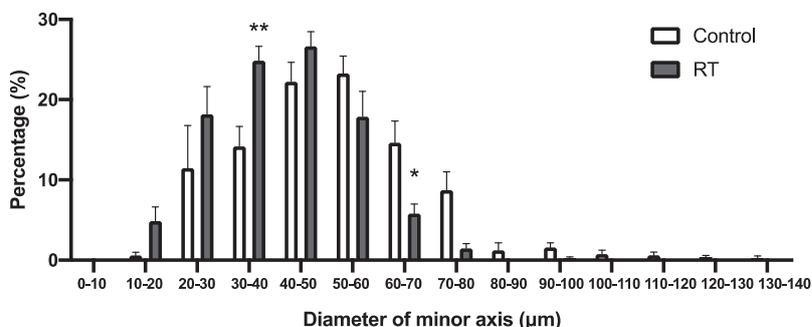


図1. 脂肪細胞の大きさのヒストグラム. Control:非運動群, RT:運動群

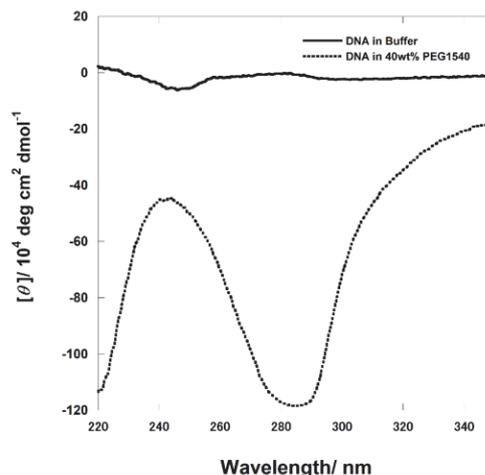
## DNA の種々溶媒環境における構造確認

### (円二色性分散計)

櫻井俊亮・江角茉結・飯田浩希・田仲真紀子

電気通信大学基盤理工学専攻

DNA の二重らせん立体構造は、水素結合や $\pi$ スタッキングによって安定な構造を形成している。本研究においては一般的な二重らせん構造とは異なる円二色性スペクトルを示す、 $\Psi$ (psi, polymer-salt-induced)型と呼ばれる DNA の液晶構造を観察している。 $\Psi$ 型 DNA は適切な塩、ポリマー濃度によって形成され、本研究においてはポリマーとしてポリエチレングリコール(PEG、分子量 1540)を使用している。円二色性スペクトル測定により、本研究で用いた 42mer の二本鎖 DNA は 100 mM NaCl かつ 40wt% PEG1540 の条件で $\Psi$ 型を形成することが確認された。



## 化学生命工学プログラム専門実験における機器利用

### (円二色性分散計)

菅 虎雄

電気通信大学教育研究技師部実験実習支援センター

昨年度から継続して本学 III 類化学生命工学プログラム 3 年次において開講されている化学生命工学実験第二の学生実験課題の実施における機器利用となった。測定サンプルは食品用ゼラチンと栄養補助食品コラーゲンペプチドの組み合わせを行い、比較対象を行った。前者は後者と比較して、三重らせん構造の含有を反映する CD (Circular Dichroism) スペクトルを測定することができた (図 1)。

また、鶏卵白由来のリゾチームタンパク質を用い、 $\alpha$ -ヘリックス構造の含有を反映する CD スペクトルを測定し、その系にタンパク質変性剤である尿素を追加していくことで、ヘリックス構造の破壊を観察することも行った。今後は測定サンプルの種類を増やす、または変更していくことも検討している。

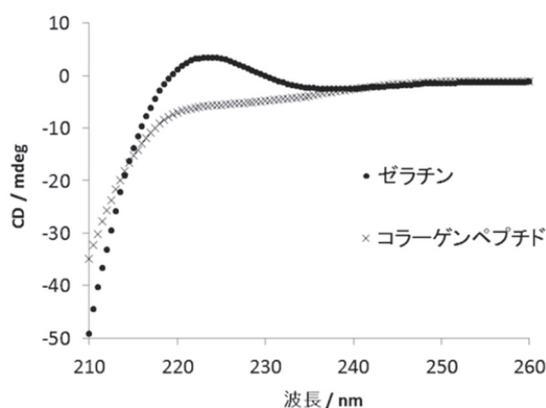


図 1. 食品用ゼラチンと栄養補助食品コラーゲンペプチドの CD 測定結果

## In vivo イメージングに適した新規ルシフェリンアナログの創製と実用化

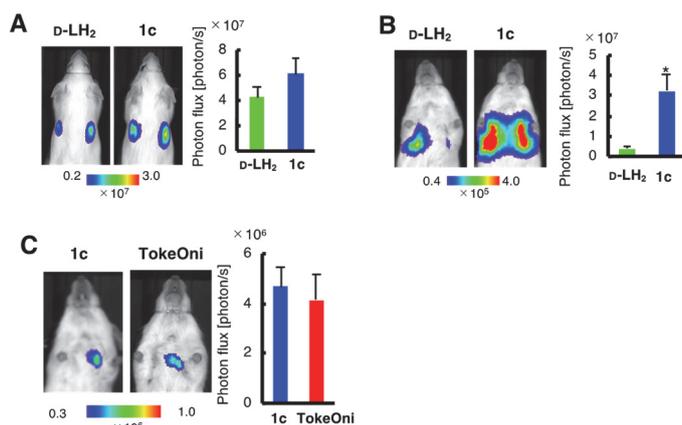
北田昇雄・齊藤亮平・平野 誉・丹羽治樹・牧 昌次郎  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻

In vivo イメージング技術は、ライフサイエンスの重大関心事である一方、生体内深部可視化は難しい事が世界的な課題とされている。すでにこれを解決する材料”AkaLumine”, “TokeOni”を本学で創製、黒金化成株式会社で製造、それぞれ富士フィルム和光株式会社、米国シグマ・アルドリッチ社（現 Merck グループ）から国際販売しているが、これらは遺伝子組み換えしていないマウス/ラットの肝臓で発光することが知られている。この改善が世界的に求められ、これまで通りの長波長発光を有し、実用性ある水溶性も兼ね備え、しかも肝臓発光しない材料を緊急に開発することとなった。鋭意研究の結果、“SeMpai”の開発に成功し、2018年11月に米国シグマ・アルドリッチ社（現 Merck グループ）から国際販売した（右横）。

右下図 1c が“SeMpai”であり、D-LH<sub>2</sub>は天然の発光基質である。マウス生体内で 1c が D-LH<sub>2</sub>を遙かに上回り、“TokeOni”と同等の発光を示すことがよくわかる。

1. Ryohei Saito, Takahiro Kuchimaru, Shoko Higashi, Shijia W. Lu, Masahiro Kiyama, Satoshi Iwano, Rika Obata, Takashi Hirano, Shinae Kizaka-Kondoh, Shojiro A. Maki, “Synthesis and luminescence properties of near-infrared N-heterocyclic luciferin analogues for in vivo optical imaging” *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **92**, 608-618 (2019).
2. 化学工業日報「深部細胞を高感度観察：電通大、黒金化成 新規標識材料を開発」  
2018年12月19日

3. メディアリリース「生体深部の癌細胞などを可視化する新たな標識材料：ルシフェリンアナログ『seMpai』を開発」  
[https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2018/20181217\\_1514.html](https://www.uec.ac.jp/news/announcement/2018/20181217_1514.html)：2018年12月18日

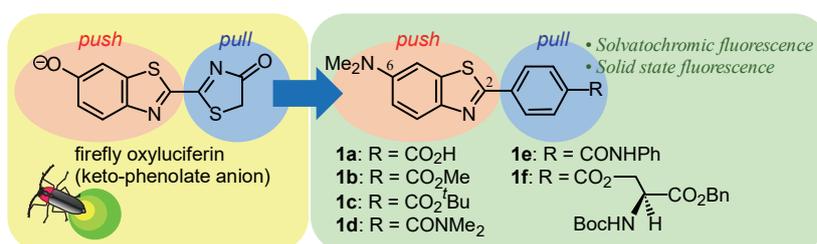


## 生物発光とソフトクリスタル化学発光の基盤研究

(ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、ガラス細工加工設備、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz)、二重収束質量分析計 (EI,FAB,GC/MS)、有機元素分析装置)

高橋佑典<sup>1</sup>・上原卓也<sup>1</sup>・松橋千尋<sup>1</sup>・山路 稔<sup>2</sup>・務台俊樹<sup>3</sup>・末延知義<sup>3</sup>・牧昌次郎<sup>1</sup>・平野 誉<sup>1</sup>  
電気通信大学 基盤理工学専攻<sup>1</sup>、群馬大学<sup>2</sup>、東京大学<sup>3</sup>、大阪大学<sup>4</sup>

我々は生物発光の分子機構解明とソフトクリスタル化学発光の学理探求に関する研究を行っている。この中で、ホタル生物発光の発光色制御機構に関する研究結果を基に、発光体オキシルシフェリンに基づく結晶蛍光を示す蛍光色素開発を行った。この色素構造はソフトクリスタル系への応用も期待される。具体的な分子設計として、6 位に電子供与性ジメチルアミノ基を有するベンゾチアゾール環の 2 位に、電子受容性のエステル、アミド基を導入したフェニル基を連結し、その蛍光特性を評価した。この結果、①電子ドナー／アクセプター構造特有の蛍光ソルバトクロミズム性と②高い蛍光量子収率を示すことを見出し、さらに③分子構造と結晶構造と蛍光性の相関に関する知見を得た。以上より、ホタル発光系に基づく蛍光色素の分子設計指針と結晶内発光系の構築指針を得るに至った。



参考文献：Takahashi, Y.; Uehara, T.; Matsushashi, C.; Yamaji, M.; Mutai, T.; Yoshikawa, I.; Houjou, H.; Kitagawa, K.; Suenobu, T.; Maki, S.; Hirano, T. “Spectroscopic properties of push-pull 2-(4-carboxyphenyl)-6-dimethylaminobenzothiazole derivatives in solution and the solid state,” *J. Photochem. Photobiol. A* **2019**, 376, 324–332.

## パラメトリックスピーカの距離定位・前後知覚に与える反射の影響

(無響室)

野村英之<sup>1</sup>・上野雅登<sup>2</sup>

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻<sup>1</sup>、電気通信大学 情報理工学部 情報・通信工学科<sup>2</sup>

近年、高臨場音場再生技術としてパラメトリックスピーカが注目されている。本スピーカは超音波の持つ指向性と非線形現象を利用しており、ダイナミックスピーカのように音源から直接放射される音波と音像の定位が異なることが指摘されている。本研究では特に、反射波存在する場合の、距離定位と前後知覚について実験を行った。

反射が定位に与える影響として、直接音と反射音の大小関係か時間差などが考えられる。そこで、反射が起こる空間でパラメトリックスピーカとダイナミックスピーカによる反射音の測定を行った。ダイナミックスピーカでは 1, 2, 4 kHz のバースト信号を、パラメトリックスピーカではキャリア周波数が 40 kHz である変調波を送波し、差音 1, 2, 4 kHz の信号を用いた。その結果、ダイナミックスピーカでは多くの反射波が存在するのに対し、パラメトリックスピーカでは超音波エミッタ正面からの反射が明確に存在することが確認された。

次に、スピーカと視聴者の距離および前後を変えながら、距離と前後に関する視聴実験を行った。その結果、ダイナミックスピーカにくらべ、パラメトリックスピーカのほうが実際の距離より認識距離が短くなる傾向が見られた。また、前後に関しては、パラメトリックスピーカはダイナミックスピーカに比べ、前方向の正答率が低くなり、後ろ方向の正答率が高くなる傾向を示した。

## 発話の放射指向特性の測定

(無響室)

羽田陽一・秋元亜門

電気通信大学大学院情報学専攻

当研究室では、マイクロホンアレーおよびスピーカアレーを用いた指向性制御や音場制御の研究を行っている。今年度は特に人間の発話放射特性を制御するための基礎データを得るために、頭部包囲型の 48ch マイクロホンアレーを作成し、複数人の発話の測定を行った。マイクロホンアレーは球面を模擬する t-design method により生成した 56 点のうち、下方を除く 48 点にマイクロホン素子を配置したものをを用いた。図 1 に発話の測定の様子を示す。発話者に母音を発生してもらい、その際の音圧レベルを周波数ごとに表示した結果を図 2 に示す。この図から低周波数では、口の方向と頭部後方での音圧差は少ないが、1k Hz 以上の周波数では、頭部後方での発話レベルは低いことが分かり、低域を制御することで発話の放射特性をコントロールできる可能性が示唆された。

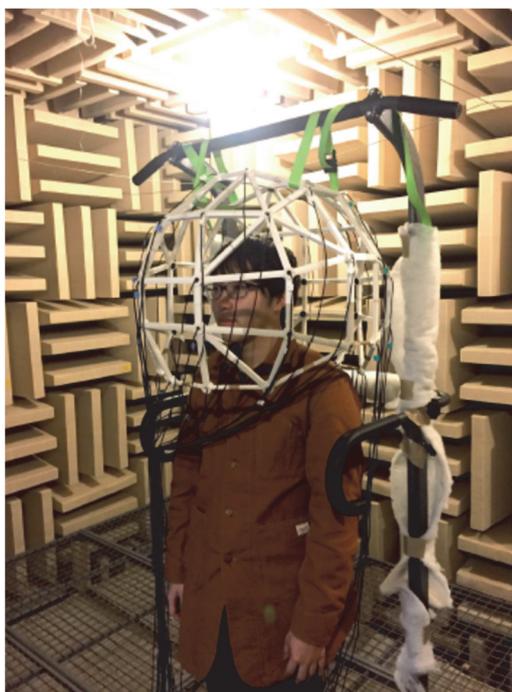


図 1 発話放射特性の測定の様子

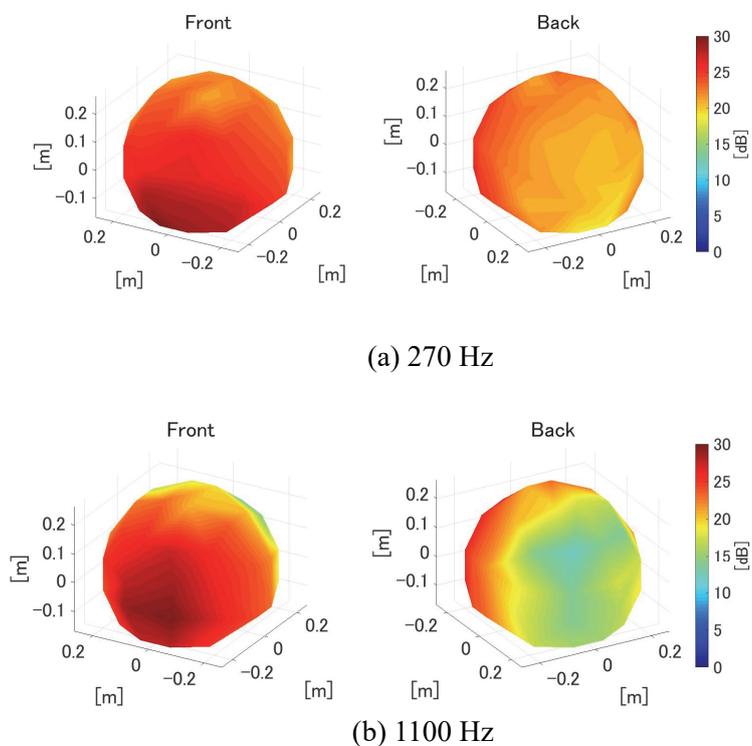


図 2 発話の放射指向特性

# アーチェリーロボットの開発 ―コンパウンドボウを使用した矢の飛翔実験を行うための改良― (最先端三次元形状測定・評価システム)

宮下裕之・金森哉吏

電気通信大学 大学院 機械知能システム学専攻

**1. 目的** 現代のアーチェリー競技は、スポーツとしてその様式が洗練されており、新素材や新機構の導入により発射性能が飛躍的に高まっている。人が弓具を使ってアーチェリーの矢を発射すると、矢にたわみ振動が生じる。これにより矢の後方の矢羽が弓のハンドル部に接触せずに通過できるというメリットがある一方で、矢の飛翔が、矢の重心の並進運動、矢のたわみ振動、矢羽の空力効果による矢軸周りの回転運動を合成した複雑な運動となり、的中精度に大きく影響するというデメリットがある。これをアーチェリーパラドックス(またはアーチャーズパラドックス)という。本研究は、競技者と同じ用具を改造することなくそのまま使用し、競技者と同じ技法を用いて矢を放ち、競技者の矢の飛翔を再現することのできるシューティングシミュレータの開発を目的とする。

**2. 研究内容および成果** これまでリカーブボウを使用し、人間の行射した矢と同様の挙動、すなわち進行方向に対して一定の迎え角で初速度による並進運動と屈曲状態による水平面内のたわみ振動が発生した矢を発射することのできるロボットを開発してきた。一方で、弓の上下のカムを持ち、リカーブボウに比べて大きな引き力を効率よく引いて保持が容易となる機構を持つコンパウンドボウがある。コンパウンドボウは、リリーサと呼ばれる装置を使うことにより、たわみ振動を最小限に抑えた矢を発射することができる。そこで本年度はアーチェリーロボットでコンパウンドボウを使用し、たわみ振動をできるだけ小さくした矢を発射することを目指した。本装置は、弓把持部、弓引き部、指機構部、仰角調整部、土台部から構成される。弓把持部は、コンパウンドボウ(HOYT 社製 Pro Edge Elite)に対応するために新たにハンドルホルダと弓支持部を設計試作した(図1参照)。また指機構部には、従来のスロープ式弦リリース機構と交換可能なリリーサトリガ機構を搭載した(図2参照)。なお、本ロボットの各部の設計には、使用する用具・部品の三次元形状測定結果を用いている。矢(シャフト)に EASTON 社製 X10 protour を使用して近射実験を行いハイスピードカメラでたわみ振動を測定した。その結果、水平面内は 1.94mm (標準偏差 0.9mm)、垂直面内は 1.40mm (標準偏差 0.27mm) であった。その後、江戸川区総合体育館にて、55m の長距離飛翔実験を行った。

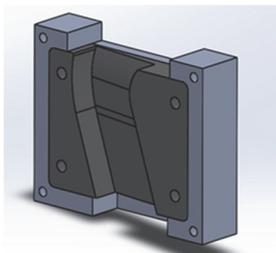


図1 コンパウンドボウ用ホルダ  
(測定データに基づく設計図)

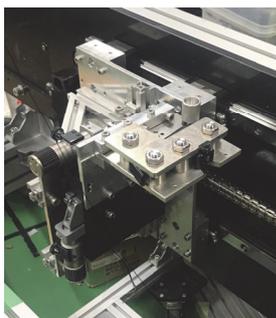


図2 リリーサ式トリガ機構

**謝辞** ロボットの開発にあたり「チーム「ニッポン」マルチサポート事業」のご支援を頂き深く感謝致します。本研究遂行にあたり、国立スポーツ科学センター(JISS)、全日本アーチェリー連盟に謝意を表します。また今後とも研究のきっかけを頂いた本学宮寄武教授とともに研究を進めていきます。



図3 コンパウンドボウによる矢の飛翔実験の様子



## 低温部門活動状況

研究設備センター低温部門 部門長 島田 宏  
学術技師 小林利章

### 1. 業務概要

種々の材料の電氣的，磁氣的あるいは光学的性質等を調べる物性研究，それらを材料として利用したデバイスやセンサーなどの新機能開発，超伝導材料開発と応用，超伝導磁石による強磁場発生など，様々な理工学研究分野において，極低温からの広い温度範囲を利用する測定技術の利用が不可欠である。時代を切り拓く科学技術の創造的研究活動とそれを担う人材育成による社会への貢献を目指す本学にとって，上記分野の教育・研究の重要性は言うまでもない。この教育研究活動の基盤整備と支援のために，研究設備センター低温部門低温室は，実験用寒剤の液体窒素（大気圧での沸点 77 K）と液体ヘリウム（同じく 4.2 K）の供給，寒剤利用に関連する技術的サポートを業務として活動している。また，近隣する東京農工大学に対しては，両大学間の大学間連携の一環として，平成 16 年 9 月より本学学内利用者への供給と同一の条件（供給価格・ガス回収の義務）で液体ヘリウムの供給を行なっている。

液体窒素は大気中の窒素ガスが原料である。低温室では大学キャンパス東西地区それぞれに液体窒素供給設備（CE：Cold Evaporator）を備え，外部業者より調達した液体窒素の貯蔵と利用者への供給，および配管による窒素ガスの供給を行なっている。

液体ヘリウムの原料ヘリウムガスは，枯渇が憂慮される地球資源の 1 つである。またヘリウムガスの産出地は世界的に偏在しており，我が国は全量を輸入にたよっている。本学ではこのような背景のもとで，利用者が液体ヘリウムを使用した後の蒸発ヘリウムガスを回収し，再液化して寒剤として再度供給するというヘリウムの循環的利用を行なっている。

ヘリウムの回収液化業務を行なうには高圧ガス保安法に基づき高圧ガス製造の許可が必要であり，本学は東京都の許可を受けた第一種製造者である。国立大学法人化に伴い，本学は平成 16 年度より特認事業所から一般事業所に移行し，保安統括者を選任する等の保安制度の整備を行なった。研究設備センター低温部門では法規に基づき高圧ガス保安の体制を整え維持し，東京都による保安検査の受検，全学の高圧ガス（液体ヘリウムおよび液体窒素を含む）利用者を対象とした保安教育（年 1 回の保安講習会や従業者に対する保安教育）の実施など自主的な高圧ガス保安に努めている。保安講習会では寒剤利用者に限らず一般高圧ガスの利用者を対象とし，保安や研究遂行のうえでの危険防止だけでなく，寒剤資源の有効利用のための教育も行なっている。

以下に，近年の活動状況について述べる。

### 2. 設備の現状

図 1 は，低温室開設以来の液体窒素と液体ヘリウムの供給量の年次推移を示している。液体窒素の供給量は 1990 年代前半にはほぼ飽和した。一方，液体ヘリウムの供給量は 1990 年頃から急速に増大しはじめ，1995 年に年間約 4 kL に至り，ほぼ供給能力の限界に達した。そこで，平成 12 年度（2000 年度）に実施した液化室の東 6 号館移転に合わせ，ヘリウム液化設備を増強した。この具体的には，液化能力の高い液化機を東大物性研究所より移設することで

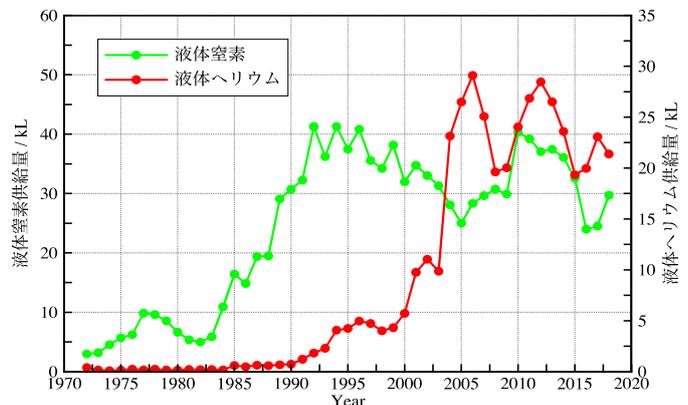


図 1 寒剤供給量の年次推移

液化能力を格段に増強し、以後の需要量の飛躍的な増大に対応できた。液体ヘリウム需要の飛躍的な増大（2003年度の10 kLから2006年度の29 kL）に対応する液体ヘリウムの円滑な供給と蒸発ガスの確実な回収のために、回収設備、ガス貯蔵設備の増強を行なった。

平成21年度（2009年度）には大規模な設備増強と更新を行い、寒剤供給の安定をはかった。この設備更新と増設により、液化システムの液化速度は108 L/時（設計値）となった。またヘリウム回収系は2台の圧縮機の並列運転が可能となり、異常・保守時には相互に代替するシステムとなった。

窒素ガス配管に関しては、平成24年度（2012年度）には東1号館への窒素ガス供給配管の延伸、続いて平成25年度（2013年度）には東1号館各実験室に配管を敷設した。2014年度には東8号館へ主管の延伸を実施し供給を開始した。

2017年には東地区液体窒素供給所の台秤（ロードセル）の更新を行った。

2018年の高圧ガス設備に対する定期自主検査において、回収圧縮機A（2000年度に本学へ移設）の配管に腐食によるごく微量の漏洩が発見された。法に基づく高圧ガス事故として所定の届と変更許可手続きを行った後に、漏洩配管の交換を実施した。

近年の設備増強を表1に、現在のヘリウム液化システムの概要を表2に示す。

表1 近年の主な設備増強

年度	設備	内容
2007	回収設備	長尺容器増設（6本組）
2009	液化システム	更新（L140）
2012	窒素ガス配管	東1号館へ延伸
2012	液体窒素供給設備（CE）	西地区への新設
2013	窒素ガス配管	東1号館内室内配管工事
2014	窒素ガス配管	東8号館への延伸
2015	ヘリウムガスカードル受入設備	容器置場の新設と配管変更
2016	液化システム	保安用無停電電源装置の導入
2017	液体窒素供給設備（CE）	東地区ロードセル更新

表2 2018年度末のヘリウム液化システムの概要

設備	形式・製造業者	諸元
ヘリウム液化機	L140（リンデ）	液化速度 108 L/時
液化用ヘリウム圧縮機	DS241（ケーザー）	0.93 MPa 840 m <sup>3</sup> /時
中圧乾燥器	小池酸素工業	
液体ヘリウム貯槽	CMSH2000（クライオフアブ）	2000 L
ヘリウムガス中圧タンク		0.93 MPa 16 m <sup>3</sup>
ヘリウム回収圧縮機	C5U2.14（ブルックハルト）	14.7 MPa 100 m <sup>3</sup> /時
ヘリウム回収圧縮機	C5U2.12（ブルックハルト）	14.7 MPa 90 m <sup>3</sup> /時
長尺容器（36本組）		14.7 MPa 2700 Nm <sup>3</sup>
ガスバッグ（3基）		計 30 m <sup>3</sup>
液体窒素貯槽（東地区）	CEA-10K（岩谷瓦斯）	9700 L
液体窒素貯層（西地区）	CE-5（巴商会）	4900 L

### 3. 高圧ガス保安教育

定期開催の高圧ガス保安講習会では、低温室危害予防規程に基づき高圧ガス保安法など法令教育、高圧ガスの安全な扱い方、低温寒剤の取り扱い方法について、低温室寒剤利用者に限らず学内で高圧ガスを利用する関係者（職員、学生）を対象に保安教育を行った。各年度の講習会受講者数を表3に示した。寒剤の利用者の増加に対応し、例年150人から200人程度が受講している。講習では学外から講師を招くなど講習企画の改善に取り組んでいる。

定期の保安教育以外に、必要時には要望に応じ個別に保安講習会を開催した。また自主的な高圧ガス保安推進の一環として、高圧ガスに関わる従業者を対象にした保安教育を企画し、表4の通り実施した。

表 3 高圧ガス保安講習会の受講者数

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
人数(人)	176	169	158	176	217	176

表 4 2018 年度に実施した保安教育

実施年月	対象者	内容
2018 年 4 月	保安係員・従業者	低温工学・超電導学会 冷凍部会例会
2018 年 5 月	全学の高圧ガス利用者	高圧ガス保安講習会, 追加講習会
2018 年 5 月	西地区液体窒素利用者	液体窒素液取り講習会
2018 年 7 月	保安係員・従業者	東京大学物性研究所主催 高圧ガス保安講習会
2018 年 9 月	保安係員・従事者	機器・分析技術研究会
2019 年 3 月	保安係員・従事者	総合技術研究会

#### 4. 液体ヘリウム供給体制と価格について

液体ヘリウム供給の利用者負担金には喪失ヘリウムの補填, 液化に必要な液体窒素等の供給コストを含めており, 供給コストは回収率に大きく依存する。図 2 に示すように, 回収率は液化室の東 6 号館移転前 (2000 年以前) の 60 %程度に比べ大きく改善され, かつ近年の供給量の増大もあって液体ヘリウム供給価格はかなり下げることができた。2013 年度以降は 220 円/L で供給を行った。低価格に安定した液体ヘリウム供給を行うにはガス回収率を高く維持する必要がある, 低温室では回収率維持のために利用者への積極的な技術協力を行っており, 液体ヘリウム供給の安定に努めている。

ヘリウムの世界市場状況は, 2018 年頃から構造的な需給タイト化が進行している。背景には, 供給側は主要なヘリウム供給地である中東の情勢悪化, 米国 BLM の備蓄ヘリウム払い下げの終了, 天然ガス生産のシェールガスへの移行などによる供給量不足, 不安定化があり, 需要側は中国や東南アジア, インドなどでの半導体生産の拡大によるヘリウム需要の増大がある。理化学研究向けヘリウムの供給は抑制傾向にあり, ヘリウムの研究利用において回収再液化の重要性はますます高まっている。

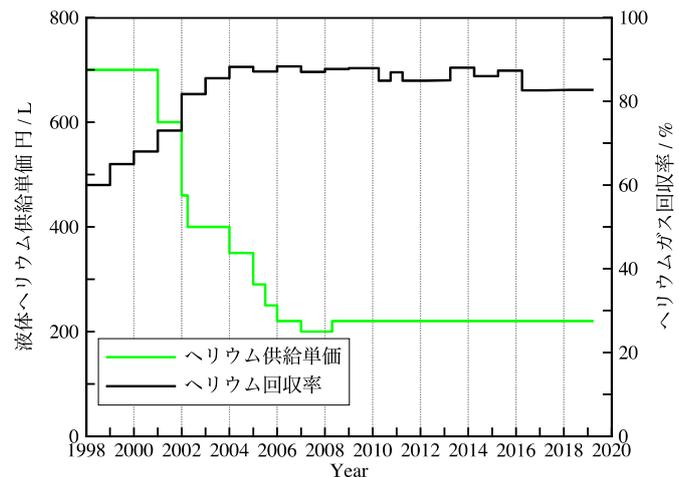


図 2 ヘリウムガスの回収率と供給単価

#### 5. 終わりに

低温室が供給した液体ヘリウムを使用して, 本学および寒剤供給先の東京農工大学では, 低温環境を利用した新奇電子材料や新奇電子デバイスに関する研究が行われている。具体的には, 低温下で発現する量子現象の研究, 素子材料の開発を目指した材料物性研究, 量子効果を利用した新機能デバイスやセンサーの開発など, そのテーマは多岐に渡っている。「低温寒剤を利用した (低温環境を必要とする) 研究分野」は活性化しており, 大学として戦略的に重要な分野となっている。低温室が提供する安定した寒剤の供給体制はこれら研究分野の活性化に大いに貢献するものである。今後寒剤利用者数はさらなる増加が見込まれており, 研究支援組織として低温室が果たしている役割は大きい。

また, 現在のところヘリウムガスの回収なしに (蒸発ヘリウムガスを使い捨てて) 低温実験を行っている教育・研究機関は日本国内に多く存在するが, 全ての研究機関にヘリウム液化機を導入する事は効率的ではない。現在, 本学と東京農工大学で行なっている協力体制は, 地域協力や大型基盤設備の共同利用の観点からの 1 つのモデルになると考えられる。



## 研究業績一覽

- K. Yatabe, M. Hisada, Y. Tabuchi, and M. Taki,  
Cysteine-reactive small photo-crosslinker possessing caged-fluorescence property: binding-site determination of a combinatorially-selected peptide by fluorescence imaging / tandem mass spectrometry.  
*International Journal of Molecular Sciences*, **19**, 3682 (2018).
- Y. Tabuchi, M. Taki,  
Fluorescent 'keep-on' type pharmacophore obtained from dynamic combinatorial library of Schiff bases.  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **410**, 6713-6717 (2018).
- M. Tanaka, T. Matsumoto and H. Iida,  
Attenuation of guanine oxidation via DNA-mediated electron transfer in crowded environment using small cosolutes.  
*Organic & Biomolecular Chemistry*, **16**, 6695-6702 (2018).
- H. Sekine and T. Ishida  
Unexpected Complexes of a [3+3] Cycloadduct from Biphenyl-3,5-diyl Bis(*tert*-butyl Nitroxide) with Gadolinium(III) 1,1,1,5,5,5-hexafluoropentane-2,4-dionate.  
*Chem. Lett.*, **47**, 74-77 (2018).
- Y. Homma and T. Ishida  
A New  $S = 0 \rightleftharpoons S = 2$  "Spin-crossover" Scenario Found in a Nickel(II) Bis(nitroxide) System.  
*Chem. Mater.*, **30**, 1835-1838 (2018).
- T. Fujikawa, T. Uehara, M. Yamaji, T. Kanetomo, T. Ishida, S. Maki, and T. Hirano,  
Structure-Fluorescence Relationship of Push-Pull 2-Phenylbenzothiazole Derivatives Designed Based on the Firefly Light-Emitter.  
*Tetrahedron Lett.*, **59**, 1431-1434 (2018).
- A. Ondo and T. Ishida,  
Cobalt(II) Terpyridin-4'-yl Nitroxide Complex as an Exchange-Coupled Spin-Crossover Material.  
*Crystals*, **8**, 155(1)-155(12) (2018).
- A. Taufiq, A.F. Muiyasaroh, S. Sunaryono, H. Susanto, E. Suarsimi, N. Hidayat, N. Mufti, A. Okazawa, T. Ishida, and Darminto,  
Preparation of Superparamagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles from Iron Sand Mediated by Soft Template and Their Performance as Antibacterial Agent.  
*J. Magnetism*, **23**, 337-344 (2018).
- A. Kimura and T. Ishida,  
Spin-Crossover Temperature Predictable from DFT Calculation for Iron(II) Complexes with 4-Substituted Pybox and Related Heteroaromatic Ligands.  
*ACS Omega*, **3**, 6737-6747 (2018).
- A. Okazawa, Y. Terakado, T. Ishida, and N. Kojima,  
A Triplet Biradical with Double Bidentate Sites Based on *tert*-Butyl Pyridyl Nitroxides as a Candidate for Strong Ferromagnetic Couplers.  
*New J. Chem.*, **42**, 17874-17878 (2018) (Journal Back Cover).
- H. Sekine and T. Ishida,  
Unexpected Complexes from *meta* - Phenylene Bis ( *tert* - butyl Nitroxides ) and Gadolinium ( III ) 1, 1, 1, 5, 5, 5 - Hexafluoropentane - 2, 4 - dionate.  
*AIP Conf. Proc.*, **1929**, 020022 (6 pages) (2018).

- A. Kimura and T. Ishida,  
Substituent Effect in Spin - Crossover Behavior of Iron ( II ) – Ar - pybox Complexes  
( Ar-pybox = 4 – Aryl – 2, 6 – bis ( oxazolin – 2 – yl ) pyridine).  
*AIP Conf. Proc.*, **1929**, 020025 (7 pages) (2018).
- X. Zhao, S. Takao, T. Kaneko, Y. Iwasawa,  
Key Factors for Simultaneous Improvements of Performance and Durability of Core-Shell Pt<sub>3</sub>Ni/Carbon  
Electrocatalysts Toward Superior Polymer Electrolyte Fuel Cell.  
*Chem. Rec.* 19, 1337-1353 (2018),
- S. S. Acharyya, S. Ghosh., T. Kaneko, K. Higashi, Y. Yoshida, Y. Iwasawa.  
Confined Single Alkali Metal Ion Platform in Zeolite Pore for Concerted Benzene C-H Activation to Phenol  
Catalysis.  
*ACS Catal.* 8, 11979-11986 (2018),
- 奥野剛史、中川康弘、志村佳熙、七井靖、佐藤義孝、御園生敏行  
低速電子線励起用新規橙赤色硫化物蛍光体の開発  
信学技報 IEICE Technical Report EID2018-12(2019-1) pp.89-92
- Viviani, V. R.; Gabriel, G. V. M.; Bevilaqua, V. R.; Simões, A. F.; Hirano, T.; Lopes-de-Oliveira, P. S.  
The proton and metal binding sites responsible for the pH-dependent green-red bioluminescence color tuning in  
firefly luciferases.  
*Sci. Rep.* 2018, 8, 17594 (14 pages).
- Takahashi, Y.; Uehara, T.; Matsushashi, C.; Yamaji, M.; Mutai, T.; Yoshikawa, I.; Houjou, H.; Kitagawa, K.; Suenobu, T.;  
Maki, S.; Hirano, T.  
Spectroscopic properties of push-pull 2-(4-carboxyphenyl)-6-dimethylaminobenzothiazole derivatives in solution  
and the solid state.  
*J. Photochem. Photobiol. A* 2019, 376, 324–332.
- Ryohei Saito, Takahiro Kuchimaru, Shoko Higashi, Shijia W. Lu, Masahiro Kiyama, Satoshi Iwano, Rika Obata,  
Takashi Hirano, Shinae Kizaka-Kondoh, Shojiro A. Maki,  
Synthesis and luminescence properties of near-infrared N-heterocyclic luciferin analogues for in vivo optical  
imaging.  
*Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **92**, 608-618 (2019).
- Tomoya Fujikawa, Takuya Uehara, Minoru Yamaji, Takuya Kanetomo, Takayuki Ishida, Shojiro Maki and Takashi  
Hirano,  
Structure-fluorescence relationship of push-pull 2-phenylbenzothiazole derivatives designed based on the firefly  
lightemitter.  
*Tetrahedron Letters*, **59** (14), 1431-1434 (2018).
- Nobuo Kitada, Tsuyoshi Saitoh, Yuma Ikeda, Satoshi Iwano, Koji Suzuki, Shigeru Nishiyama, and Shojiro A. Maki,  
A Novel Emission Wavelength Tuning Method with Allyl Substitution on Firefly Luciferin Analogs toward  
Near-Infrared Region Bioluminescence.  
*Tetrahedron Letters*, **59**, 1087–1090 (2018).
- Yuma Ikeda, Tsuyoshi Saitoh, Kazuki Niwa, Takahiro Nakajima, Nobuo Kitada, Shojiro A. Maki, Moritoshi Sato,  
Daniel Citterio, Shigeru Nishiyama, and Koji Suzuki,  
An Allylated Firefly Luciferin Analogue with Luciferase Specific Response in Living Cells.  
*Chemical Communications (Chem. Commun.)*, **54**, 1774-1777 (2018).
- 岩野 智, 牧 昌次郎, 宮脇 敦史,  
「In vivo 生物発光イメージングのすゝめ」  
*実験医学*, 第36巻・第19号, 3273-3281 (2018).

牧 昌次郎,

「次世代のポリマー・高分子開発,新しい用途展開と将来展望」

<ISBN 978-4-86104-738-1>第10章 第5節「生物機能模倣による,発光イメージング技術が 拓く次世代医療技術」(2019年)株式会社 技術情報協会(発行)

Matsu-ura, T., Shirakawa, H., Suzuki, K.G.N., Miyamoto, A., Sugiura, K., Michikawa, T., Kusumi, A., and Mikoshiba, K. Dual-FRET imaging of IP<sub>3</sub> and Ca<sup>2+</sup> revealed Ca<sup>2+</sup>-induced IP<sub>3</sub> production maintains long lasting Ca<sup>2+</sup> oscillations in fertilized mouse eggs.

Sci. Rep. 9, 4829, March 2019

Hirai DM, Colburn TD, Craig JC, Hotta K, Kano Y, Musch TI,

Poole DC. Skeletal muscle interstitial O<sub>2</sub> pressures: bridging the gap between the capillary and myocyte. Microcirculation. Microcirculation. 2018 Aug 18:e12497.

Hiroaki Eshima, David Poole, and Yutaka Kano.

Mitochondrial calcium regulation during and following contractions in skeletal muscle.

The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2018.7(4).205-211.

Kazuki Hotta, Bradley Behnke, Kazuto Masamoto, Rie Shimotsu, Naoya Onodera, Akihiko Yamaguchi, David Poole, and Yutaka Kano.

Microvascular Permeability of Skeletal Muscle After Eccentric Contraction-Induced Muscle Injury: In Vivo Imaging Using Two-Photon Laser Scanning Microscopy.

J Appl Physiol. 2018, 125(2):369-380.

Toshiaki Nakajima, Seiichiro Koide, Tomohiro Yasuda, Takaaki Hasegawa, Tatsuya Yamasoba, Syotaro Obi, Shigeru Toyoda, Fumitaka Nakamura, Teruo Inoue, David Poole, and Yutaka Kano.

Muscle hypertrophy following blood flow-restricted low force isometric electrical stimulation in rat tibialis anterior: Role for muscle hypoxia.

J Appl Physiol. 2018, 125(1):134-145.

Daniel M. Hirai, Jesse C. Craig, Trenton D. Colburn, Hiroaki Eshima, Yutaka Kano, William L. Sexton, Timothy I. Musch, and David C. Poole.

Skeletal muscle microvascular and interstitial PO<sub>2</sub> from rest to contractions.

J Physiol. 2018, 596(5):869-883.

Sharma, T. Ono, R. Yukino, H. Miyashita, N. Hanyu, H. Handa & A. Sandhu,

smartphone based platform for real-time sharing of medical diagnostics information by optical detection of functionalized fluorescent magnetic nanoparticles.

Biomed. Phys. Eng. Express, 5, 035014 (2019)

R. Yukino, K. Ambai, J. Sharma, and A. Sandhu,

Enhancement of sensitivity of nano-grating guided mode resonance filter by varying azimuthal rotation.

The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.

Jaiyam Sharma, Ryoji Yukino, Adarsh Sandhu,

Simultaneous tracking of thousands of microbeads in 4K resolution with a smartphone for biosensing applications.

The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.

H. Miyashita J. Sharma, R. Yukino and, A. Sandhu,

Observation of single magnetic nanoparticles on gold surfaces.

The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.

K. Ambai, R. Yukino, J. Sharma, and A. Sandhu,

Quantitative detection of biomolecules by using photonic crystals.

The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.

- T. Ono, R. Yukino, J. Sharma, A. Sandhu,  
Rapid and sensitive medical diagnosis protocol using fluorescent magnetic particle.  
The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.
- F. Nakamura, J. Sharma, T. Onodera, S. Ly, and A. Sandhu,  
Lithography on concave spherical regions of glass substrates using EBL for medical diagnostics with magnetic nanoparticles.  
The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.
- M. Kato, J. Sharma and A. Sandhu,  
Measurement of biomolecular interaction forces by self-assembled chain in a rotating magnetic field.  
The Irago Conference 2018, 2018, Tokyo, Japan.
- Y. Arai, T. Watanabe, K. Higuchi, H. Shimada, and Y. Mizugaki,  
Double-Flux-Quantum Amplifier with a Single-Flux-Biasing Line.  
Journal of Physics: Conference Series, vol. 1054, 012062 (8 pages), 2018.
- C. Ohae, J. Zheng, K. Ito, M. Suzuki, K. Minoshima, and M. Katsuragawa,  
Tailored Raman-resonant four-wave-mixing process.  
Optics Express, 26, 1452 (2018).
- Hiroto Ohta, Daisuke Noguchi, and Hiroko Aruga Katori,  
Disappearance of the Itinerant Electronic Ferromagnetism in Layered Compound  $\text{Sr}_2\text{VO}_3\text{CoAs}$  due to Self-Electron-Doping Effect.  
Journal of the Physical Society of Japan, vol.87, pp.094711-1-6, 2018,
- Yusuke Kato, Hiroto Ohta and Hiroko Aruga Katori,  
Magnetic Study on  $\text{Y}_2\text{M}_3\text{Co}_9\text{P}_7$  (M: Transition Metals) with Cation-Ordered  $\text{Zr}_2\text{Fe}_{12}\text{P}_7$ -Type Structure.  
Solid State Phenomena, vol.289, pp.164-169, 2019,
- Y. Mizugaki, M. Takiguchi, N. Tamura, and H. Shimada,  
Magnetoresistance of single-electron transistors comprising a superconducting island with ferromagnetic leads,  
Journal of Physics: Conference Series, vol. 969, 012154 (6 pages), 2018.
- Y. Mizugaki, K. Matsumoto, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, and F. Hirose,  
One-dimensional array of small tunnel junctions fabricated using 30-nm-diameter gold nanoparticles placed in a 140-nm-wide resist groove,  
Japanese Journal of Applied Physics, vol. 57, no. 9, 098006 (3 pages), 2018.
- M. Moribayashi, T. Yagai, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, F. Hirose, and Y. Mizugaki,  
Single-electron charging effects observed in arrays of gold nanoparticles formed by dielectrophoresis between SAM-coated electrodes,  
AIP Conference Proceedings, vol. 2067, 020019 (8 pages), 2019.
- S. Takashima, M. Moriya, Y. Kimura, A. Hirano-Iwata, and Y. Mizugaki,  
Temporal change of AC impedance measured across a free-standing bilayer lipid membrane,  
AIP Conference Proceedings, vol. 2067, 020015 (5 pages), 2019.
- Hidetoshi Takahashi, Tetsuo Kan, Akihito Nakai, Tomoyuki Takahata, Takanori Usami, Isao Shimoyama:  
Highly sensitive and low-crosstalk angular acceleration sensor using mirror-symmetric liquid ring channels and MEMS piezoresistive cantilevers,  
Sensors and Actuators A: Physical, vol. 287, pp. 39-47, 2019.
- 磯崎 瑛宏, 菅 哲朗, 高橋 英俊, 松本 潔, 下山 勲:  
薄膜メタマテリアル実現に向けたフレーム構造の THz 応答解析,  
電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌), 2018, vol. 138, no. 7, pp. 281-286 (Published 1st on July 2018)

Yoshiki Saito, Yosuke Yamamoto, Tetsuo Kan, Takuya Tsukagoshi, Kentaro Noda, and Isao Shimoyama:  
Current Detection Type SPR Sensor Using Au Grating and Backside Illumination,  
The 32nd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2019), Seoul, Korea, Seoul,  
Korea, pp. 452-455, 27-31 Jan. 2019.

Yoshiharu Ajiki and Tetsuo Kan:  
Schottky Barrier Modulation for Electronic Shutter Operation of Si Based IR Photodetector,  
2018 IEEE 18th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO), Cork, Ireland, pp.1-4,23-26 July 2018.



## 外部資金獲得状況

『部門』は、右肩に下記略称を記載してある。

- ・基盤研究設備部門：基
- ・先端研究設備部門：先
- ・低温部門：低

(科学研究費補助金)

- ・基盤研究(A)
  - (1) 波長変換の任意操作による超広帯域単一周波数波長可変レーザーの開発<sup>低</sup>  
代表者 桂川 眞幸
- ・基盤研究(B)
  - (2) 光受容タンパク質を用いた単純細胞受容野型フィルター素子の作製と画像処理<sup>基、先</sup>  
代表者 岡田 佳子
  - (3) 高圧力制御による励起子凝縮と超伝導の研究<sup>基</sup>  
代表者 松林 和幸
  - (4) MEMS キラルメタマテリアルによるテラヘルツ分光方法の研究<sup>基、低、先</sup>  
代表者 菅 哲朗
  - (5) クラウドセンシングを用いた無線環境相関認識による異種システム周波数共用手法の研究<sup>基</sup>  
代表者 藤井 威生
  - (6) 新設計マルチコアファイバーによる自己収束限界を超える高出力反位相モード光発生<sup>基、低</sup>  
代表者 白川 晃
  - (7) 高次励起状態から発光する分子設計と光エネルギー材料への応用<sup>基、低</sup>  
代表者 平田 修造
  - (8) 筋細胞の適応を決定する運動後のカルシウムイオンダイナミクスの重要性<sup>基、低</sup>  
代表者 狩野 豊
  - (9) 僅かな分子の構造変調が劇的なスピン状態変化をもたらす材料群の研究<sup>基、低</sup>  
代表者 石田 尚行
  - (10) 多価イオンにおける超長寿命準安定状態のポピュレーションキネティクス<sup>低</sup>  
代表者 中村 信行
  - (11) ヘテロ接合型量子ドット太陽電池のナノ界面制御と多重励起子の電荷分離に及ぼす効果<sup>基、低、先</sup>  
代表者 沈 青
  - (12) マイクロ波 UWB レーダによる超分解能生体内部画像化法の研究<sup>基</sup>  
代表者 木寺 正平
- ・基盤研究(C)
  - (13) 超音波の非線形伝搬に伴う広帯域化を利用したマイクロホン簡易感度校正の実現<sup>基</sup>  
代表者 鎌倉 友男
  - (14) アーチェリー矢の空力特性 -飛翔姿勢と乱流遷移-<sup>基</sup>  
代表者 宮寄 武
  - (15) 多周波ステップ CPC 方式における空間・周波数ダイバーシチ技術の研究<sup>基</sup>  
代表者 秋田 学
  - (16) 1次元ヘリウム系における超流動量子相転移の臨界現象<sup>基、低</sup>  
代表者 谷口 淳子
  - (17) 酸化物半導体トンネル接合電極導入による AlGaN 系 UVC-LED 高効率化の研究<sup>基、先</sup>  
代表者 内田 和男

- (18) 生物発光における鍵反応過程の分子機構と高性能化要因の解明 <sup>基、低</sup>  
代表者 平野 誉
- (19) 新規誘電体材料 Sn ドープチタン酸ストロンチウムの強誘電性発現のメカニズム <sup>基、低</sup>  
代表者 阿部 浩二
- (20) ウェアラブルスピーカアレーの実現に向けた聴感的指向特性生成技術 <sup>基</sup>  
代表者 羽田 陽一
- (21) 母体の光吸収波長を利用した低温焼成新規高演色蛍光体材料の開拓 <sup>基</sup>  
代表者 奥野 剛史
- (22) 光ビーム断面内のエネルギーの流れの測定に関する研究 <sup>先</sup>  
代表者 宮本 洋子
- (23) ナノ液滴成長法による SiO<sub>2</sub>/Si 基板上への InGaN 量子ドットの自己形成 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 山口 浩一
- (24) 分子輝線観測による大質量星なしクランプ内部での分子雲コア形成過程の解明 <sup>基、低</sup>  
代表者 酒井 剛
- (25) 微小な超伝導単結晶薄膜に閉じ込めた量子渦状態と制御 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 小久保 伸人
- (26) インビーム・メスバウアー分光法を応用した鉄水素化物の電子状態と化学結合の研究 <sup>基、低</sup>  
代表者 小林 義男
- (27) フォトニッククロマトグラフィーの原理と技術創出 <sup>基、低</sup>  
代表者 庄司 暁
- (28) 導電性ナノ粒子の2次元ランダム配列を用いた低コストな確率論的単一電子素子作製法 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 水柿 義直
- (29) 蛍光分子の2段階成熟による環境応答性センサー型分子の取得 <sup>基、先</sup>  
代表者 瀧 真清
- (30) 多センサ融合により歩行者の位置情報・危険度合を高精度に導出する技術の研究開発 <sup>基</sup>  
代表者 湯 素華
- (31) 高周波・低周波超音波を用いたデュアルスケール超音波イメージングシステムの開発 <sup>基</sup>  
代表者 野村 英之
- (32) 摩擦制御を目指したナノ滑りでのエネルギー散逸の研究 <sup>基、低</sup>  
代表者 鈴木 勝
- ・国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
- (33) 協調型自動運転実現のための無線環境学習型高度車両無線ネットワークの研究 <sup>基</sup>  
代表者 藤井 威生
- ・若手研究
- (34) ドーピング禁止薬物の投与による代謝的適応にエピジェネティクスな制御は関わるか <sup>基、低</sup>  
代表者 星野 太佑
- ・若手研究(B)
- (35) Eco-friendly water-based microemulsions for large-scale and low-cost organic photovoltaics windows <sup>基、先</sup>  
代表者 Vohra Varun
- (36) 素材の流動特性活性化による木質系材料のみを用いた成形技術の開発 <sup>基</sup>  
代表者 梶川 翔平
- (37) 視覚および聴覚情報の優先性による楽器演奏方略の違いに関する実験検証 <sup>基</sup>  
代表者 饗庭 絵里子
- (38) 適用的多モーダルバイオメトリクスの基本技術の確立 <sup>基</sup>  
代表者 市野 将嗣

- ・若手研究独立基盤形成支援
  - (39) ドーピング禁止薬物の投与による代謝的適応にエピジェネティックな制御は関わるか 基、低  
代表者 星野 太佑
- ・新学術領域研究（研究領域提案型）
  - (40) ソフトクリスタル化学発光系の創製と刺激応答機能の時空間制御 基、低  
代表者 平野 誉
- ・新学術領域研究（研究領域提案型）（公募研究）
  - (41) 高圧力で拓く多極子と伝導電子の混成効果による新奇物性 基  
代表者 松林 和幸
  - (42) 高品質トンネルスピンインジェクタを用いた電荷・スピン・超伝導複合効果の研究 基、低、先  
代表者 島田 宏
  - (43) ソフトキラル分子結晶による刺激応答性室温円偏光蓄光材料の創生 基、低  
代表者 平田 修造
- ・挑戦的研究（萌芽）
  - (44) 生体内で筋線維タイプを同定するバイオイメーjing技法の開発 基、低  
代表者 狩野 豊
  - (45) 磁性ナノコンポジット材料を用いたホログラフィック中性子スピン偏極制御 低  
代表者 富田 康生
  - (46) 振動子強度ゼロのキラル分子の円偏光発光サイエンスと EL 素子への応用 基、低  
代表者 平田 修造







## 委 員 (令和元年度)

### 研究設備センター 運営委員

センター長	鈴木 勝	教 授
基盤研究設備部門長	平野 誉	教 授
先端研究設備部門長	青山 尚之	教 授
低温部門長	島田 宏	教 授
研究設備センター	桑原 大介	准教授
機械知能システム学専攻	久保木 孝	教 授
基盤理工学専攻	山口 浩一	教 授
基盤理工学専攻	奥野 剛史	教 授

### 基盤研究設備部門、低温部門 委員

基盤研究設備部門長	平野 誉	教 授
低温部門長	島田 宏	教 授
表面・界面構造解析室長	中村 仁	准教授
化学構造解析室	安井 正憲	准教授
分析・計測機器室長	石田 尚行	教 授
研究設備センター	桑原 大介	准教授

### 先端研究設備部門 委員

部門長	青山 尚之	教 授
部門長代行	内田 和男	教 授
機械・ロボット室長	青山 尚之	教 授
機械・ロボット室長代行	金森 哉吏	准教授
デバイス室長	SANDHU Adarsh	教 授
光・バイオ室長	牧 昌次郎	准教授
機械知能システム学専攻	菅 哲朗	准教授
基盤理工学専攻	守屋 雅隆	助 教
機械知能システム学専攻	新竹 純	助 教
情報・ネットワーク工学専攻	田尻 武義	助 教
研究設備センター	加藤 匡也	研究支援推進員
研究設備センター	桑原 大介	准教授

### 動物実験支援部門 委員

部門長	狩野 豊	教 授
機械知能システム学専攻	正本 和人	教 授
基盤理工学専攻	白川 英樹	准教授
基盤理工学専攻	松田 信爾	准教授
基盤理工学専攻	牧 昌次郎	准教授
機械知能システム学専攻、共通教育部	安藤 創一	准教授
基盤理工学専攻、共通教育部	星野 太佑	准教授
基盤理工学専攻	仲村 厚志	助 教
脳・医工学研究センター	田中 繁	特任教授

## 専門委員

### 基盤研究設備部門専門委員

#### 表面・界面構造解析室

室長	中村 仁	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	山口 浩一	教授	基盤理工学専攻
	松村 隆	准教授	機械知能システム学専攻
	Choo Cheow Keong	准教授	国際教育センター
	中井 日佐司	講師	国際教育センター
	小野 洋	助教	基盤理工学専攻
	坂本 克好	助教	基盤理工学専攻

#### 化学構造解析室

室長	安井 正憲	准教授	基盤理工学専攻
	平野 誉	教授	基盤理工学専攻
	石田 尚行	教授	基盤理工学専攻
	加藤 昌寛	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	松村 隆	准教授	機械知能システム学専攻
	瀧 真清	准教授	基盤理工学専攻
	白川 英樹	准教授	基盤理工学専攻
	桑原 大介	准教授	基盤理工学専攻、研究設備センター
	三瓶 巖一	准教授	基盤理工学専攻
	牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
	畑中 信一	助教	基盤理工学専攻、共通教育部

#### 分析・計測機器室

室長	石田 尚行	教授	基盤理工学専攻
	鈴木 勝	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	久保木 孝	教授	機械知能システム学専攻
	奥野 剛史	教授	基盤理工学専攻
	内田 和男	教授	情報・ネットワーク工学専攻
	金森 哉吏	准教授	機械知能システム学専攻
	中村 仁	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	白川 晃	准教授	基盤理工学専攻、レーザー新世代研究センター
	野村 英之	准教授	情報・ネットワーク工学専攻
	谷口 淳子	助教	基盤理工学専攻

### 低温部門専門委員

#### 低温室

室長	島田 宏	教授	基盤理工学専攻
	山口 浩一	教授	基盤理工学専攻
	水柿 義直	教授	基盤理工学専攻
	鈴木 勝	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	阿部 浩二	教授	基盤理工学専攻
	中村 信行	准教授	基盤理工学専攻、レーザー新世代研究センター

### 先端研究設備部門専門委員

青山 尚之	教授	機械知能システム学専攻
内田 和男	教授	情報・ネットワーク工学専攻
SANDHU Adarsh	教授	基盤理工学専攻
島田 宏	教授	基盤理工学専攻
金森 哉吏	准教授	機械知能システム学専攻
菅 哲朗	准教授	機械知能システム学専攻
牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
新竹 純	助教	機械知能システム学専攻
守屋 雅隆	助教	基盤理工学専攻
田尻 武義	助教	情報・ネットワーク工学専攻
加藤 匡也	研究支援推進員	研究設備センター

### 動物実験支援部門専門委員

狩野 豊	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
正本 和人	教授	機械知能システム学専攻
白川 英樹	准教授	基盤理工学専攻
松田 信爾	准教授	基盤理工学専攻
牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
安藤 創一	准教授	機械知能システム学専攻、共通教育部
星野 太佑	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
仲村 厚志	助教	基盤理工学専攻
田中 繁	特任教授	脳・医工学研究センター







## 電気通信大学 研究設備センター

Coordinated Center for UEC Research Facilities

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

TEL 042-443-5732 FAX 042-443-5784

E-mail [info@cia.uec.ac.jp](mailto:info@cia.uec.ac.jp) <http://www.cia.uec.ac.jp>