

ATI News

第 27 号

2019 年 10 月

— 目次 —

1. 巻頭言			
基礎研究、応用研究、産学連携: 今昔の感	評議員	松本 和彦	..... 1
2. 研究アラカルト			
蛍光ダイヤモンド粒子を用いた生体イメージング	評議員	原田 慶恵	..... 2
3. ナノメカニクス研究会の紹介	研究会委員長	都甲 潔	..... 8
4. コーヒーブレイク	理 事	今野 美智子	..... 10
5. 研究助成 2019 年度 選考結果	事務局		..... 11
6. 研究報告会 開催記	理 事	川戸 佳	..... 12
7. 研究助成成果発表会 開催記	事務局		..... 14
8. 研究奨励賞 2019 年度 授賞式	事務局		..... 15
9. 文部科学大臣表彰 若手科学者賞	事務局		..... 16
10. 公開フォーラム 予告	事務局		..... 17

基礎研究、応用研究、産学連携：今昔の感

評議員 松本和彦（大阪大学名誉教授）



朝永振一郎先生が、1965年にくりこみ理論と超多時間理論でノーベル賞を受賞されると、当時の新聞は「紙と鉛筆でも世界に勝てる」と囃し立てたのを中学生だった筆者は鮮明に覚えている。前年に東京オリンピックが成功裏に終わり、日本がドイツを抜いて GNP 世界第2位になりつつある頃で、日本の工業力がどんどん伸びつつあるときでも、一般の人々には日本の工業力に関して自信がなかった様子が伺われる。その頃日本人が誇らしく思った工業製品は、東京オリンピックでの超精密計測で一躍有名になった SEIKO の時計であった。多くの企業が懸命に生産性を上げることに躍起になった挙句、今となっては死語の感がある様々な公害が日本の至る所で発生し、中でも神経的、肉体的疾患をとともなう水俣病は悲惨で、罹患者の気の毒な写真は胸をえぐるものがあつた。「水俣の猫は月に向かって踊る」と、水俣湾の魚を食べた有機水銀中毒に侵された猫の描写は今も鮮烈に覚えている。これらの状況から、当時は「大企業は悪である」という感覚がまかり通り、1970年代初頭は学生運動がまだ残滓を残しており、学生運動家の論理は「大学と企業との共同研究などもってのほか」という感覚で、企業との共同研究をやるものなら吊し上げは必須であった。ただこれらの学生運動家も卒業後はなるべく大企業に就職しようとしていた矛盾を露呈しており、ノンポリ学生の我々は冷笑していたものである。

1980年代に入ると、日本の半導体の売り上げが世界一になり、余裕のある企業は何か新しい芽がないかと大学や国研との連携を探るようになり、化合物半導体や MBE など、ちょうど基礎と応用との間の分野で自然に共同研究が活発に行われていった。当時は同業他社が秘密保持契約も結ばず、何社もが我々の同じ研究室で共同研究を行い、他社間の研究者同士の情報交換も全く自由であった。世知辛い今日から考えるとゆったりと余裕を持った夢のような時代である。

このような日本のエレクトロニクスの隆盛、「Japan as No.1」と囃されたやっかみや焦りからか、米国から日本の「基礎研究ただ乗り論」が喧しく喧伝されるようになった。これを受けてか日本でも「基礎シフト」という議論が高まり、文部省ではなく、なんと通産省が「量子化機能素子プロジェクト」という単一電子トランジスタなどを含む基礎研究を、1990年代初頭から企業を巻き込んで10年間100億円のプロジェクトを遂行し、我々も新機能素子の夢を追い続けた。が結局世の中に有用なものは何も現れず、後継巨大プロジェクトも立たなかった。これは思うに基礎シフトしすぎた結果であり、以後応用物理学会や、国際固体素子材料コンファレンスには日本の企業からの参加者がほとんどいなくなり、こうして失われた20年が不毛にすぎってしまった。

これらの反省のもとか、近年大学と企業の産学連携が花盛りなりつつあるが、特に企業から多額の共同研究費を日本の大学に供出させる希望が文科省側に強い。これは日本の企業は米国の大学には数千万円／1件出すが、日本の大学には数百万円／1件の共同研究費しか出さないという不満が根底にある。これは30数年前から言われていることと全く変わっておらず、当時の東工大の末松学長が「日本の企業は米国の大学に多額の共同研究費をだして、米国で中国や韓国からの留学生を育て、日本の敵対勢力を成長させるのは愚の骨頂」と警鐘を鳴らしておられたが、その悪い予感が的中しているのが現在である。

今後いかに大学の基礎的な素晴らしいシーズを企業が効率よく実用化に展開していくかが重要であり、しかも大学側も大学のシーズを世の中に効果的に知らしめる努力や枠組みが必要である。泥臭い結晶成長技術を制し、理想的な産学連携で GaN 青色 LED の開発に成功された赤崎先生の「大学は企業のしもべとなる勿れ」という言葉を噛み締めつつ、基礎研究と応用研究のバランスをはかり、大学と企業の理想的な産学連携を推進していくことが肝要である。

< 研究アラカルト >

蛍光ダイヤモンド粒子を用いた生体イメージング

評議員 原田 慶恵(大阪大学 蛋白質研究所 教授)



ダイヤモンド結晶内に不純物として存在する、負に荷電した窒素-格子空孔中心 (NV) は、新しい蛍光プローブとして注目されている。NVは従来の蛍光プローブのように、退色やブリンキング (蛍光の明滅) を起こさない。また、NVの蛍光遷移過程には、電子スピン共鳴に関与するエネルギー準位も含まれるため、磁気共鳴技術を使って、NVからの蛍光強度を制御することができる、というユニークな性質を持つ。本稿ではこれらの性質を利用した新しい生体イメージングについて紹介する。

1. はじめに

タイプ I b に分類される人工ダイヤモンド内には、不純物として窒素原子が 0.1% 程度存在する。この窒素原子と、炭素原子が存在しない空孔が隣接した状態を、窒素-格子空孔中心 (Nitrogen-Vacancy Center) と呼ぶ (図 1a) ¹⁾。この窒素-格子空孔中心に外部から電子が 1 個供給されると、負に荷電した窒素-格子空孔中心 (Negatively Charged Nitrogen-Vacancy Center、NV) になる。NVは、よく使われる蛍光色素であるテトラメチルローダミンや Cy3 を励起するのと同じ、560 nm 付近の緑色光で励起され、およそ 600~800 nm の範囲の蛍光を発する (図 1b)。NVの蛍光は非常に安定しており、退色やブリンキング (量子ドットなどでよく起こる蛍光の明滅) は起きない²⁾。量子収率はおよそ 0.7~0.8 と非常に高く、直径 35 nm のダイヤモンド粒子の蛍光が、同じ条件で励起した 1 分子の Alexa Fluor 546 の蛍光よりも明るいという報告がある²⁾。蛍光寿命は室温で 25 ns と比較的長い。また、量子ドットのように毒性のある物質を含んでおらず、細胞毒性はほとんどないことが確認されている。これまでに様々な培養細胞内や、線虫、マウスの体内に取り込ませたダイヤモンド粒子の蛍光観察例が報告がされている³⁾。

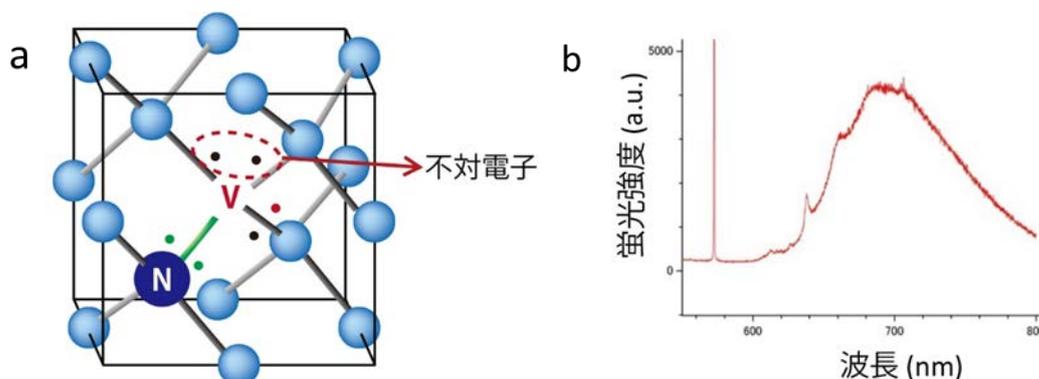


図1. ダイヤモンド内の負に荷電した窒素-格子空孔中心 (NV)
a. ダイヤモンド格子とNVの模式図 b. NVを含むダイヤモンドの蛍光スペクトル

2. NVの光検出磁気共鳴

NVはその蛍光遷移過程に電子スピン共鳴に関与するエネルギー準位を含む。そのため、磁気共鳴技術を使ってNVからの蛍光強度を制御することができる、というユニークな性質を持つ¹⁾。NVには、光励起前のスピン状態に依存して、2つの緩和過程が存在する。スピン三重項基底状態のうち、 $m_s = 0$ 状態から励起された電子は、高い確率で蛍光を発して元の $m_s = 0$ 状態に緩和する。一方、 $m_s = \pm 1$ から励起された電子は、蛍光を発して元の $m_s = \pm 1$ 状態へ緩和する過程と、一重項状態への項間交差を経て蛍光を出さずに $m_s = 0$ 状態へ緩和する過程が、ほぼ等確率で起こる。したがって、 $m_s = \pm 1$ から励起された場合は、蛍光強度が弱くなる(図2a)。通常励起光を照射し続けると $m_s = 0$ 状態が優性である。しかし、およそ2.87 GHzの高周波を照射すると、磁気共鳴(ESR)によって $m_s = \pm 1$ 状態への遷移が起き、蛍光強度の減少を引き起こすことができる¹⁾。これを光検出磁気共鳴(Optically detected magnetic resonance、ODMR)という。高周波照射時に周波数を掃引すると、ODMRスペクトルが得られる(図2b)。

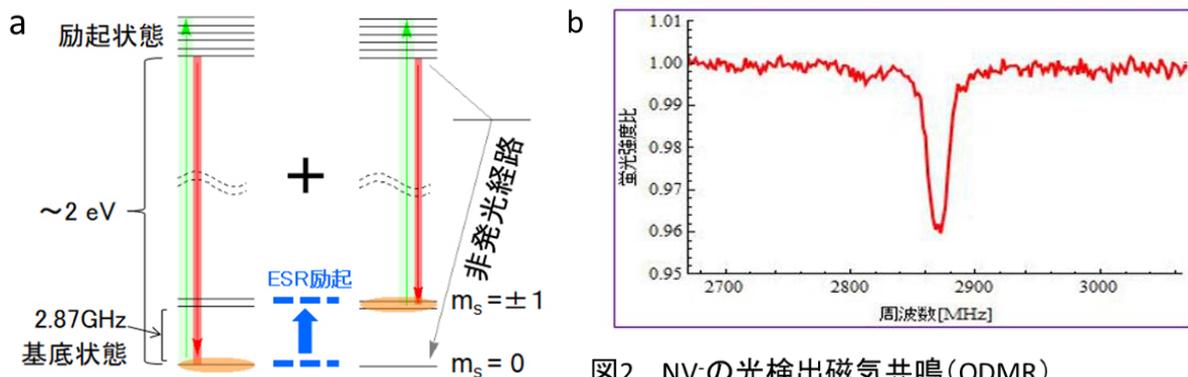


図2. NVの光検出磁気共鳴(ODMR)
a. NVのエネルギー準位図 b. ODMRスペクトル

このODMRスペクトルの形はNV近傍の電場、磁場、温度によって変化する。この性質を利用して、これまでに単一神経の活動電位の検出⁴⁾、磁性細菌内のマグネトソームの磁場の検出⁵⁾、細胞内の温度計測⁶⁾が行われている。また、NVに外部から静磁場を印加すると、N-V結合方向と静磁場とのなす角度に依存して磁気共鳴をおこす共鳴周波数がシフトする。したがって、ODMRスペクトルの変化からダイヤモンド粒子の向きを知ることができる(図3)⁷⁾。

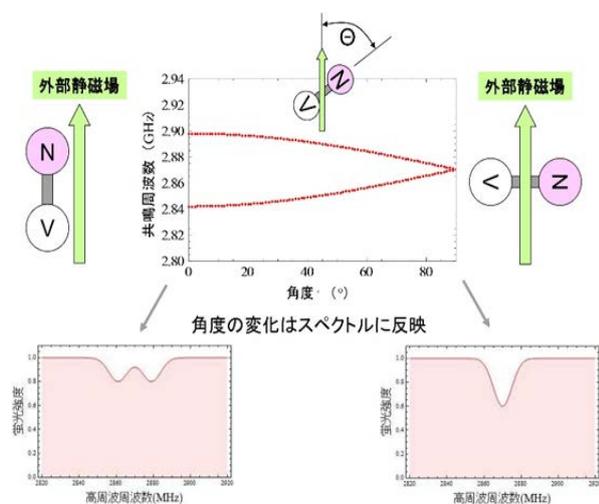


図3. NVの光検出磁気共鳴(ODMR)
外部磁場存在下におけるダイヤモンド粒子の回転によるODMRスペクトルの変化

3. ダイヤモンド粒子の選択計測

我々は、磁気共鳴が起こると蛍光強度が減少する、という NV の性質を利用して、蛍光画像からダイヤモンド粒子を選択的に検出する方法を開発した (図 4a,b)。励起光を照射すると、ダイヤモンド粒子内の NV だけでなく、他の蛍光物質も同じように蛍光を発する。ここで高周波を on/off を繰り返しながら照射する。すると、NV は周期的に ESR を起こし、ダイヤモンド粒子の蛍光強度は、高周波照射の on/off 周期に同期して明るくなったり暗くなったりする。高周波照射によって蛍光強度の変化が起きない、目的外の蛍光物質からの蛍光との差を取ることで、ダイヤモンド粒子の蛍光を選択的に検出することが可能になる。

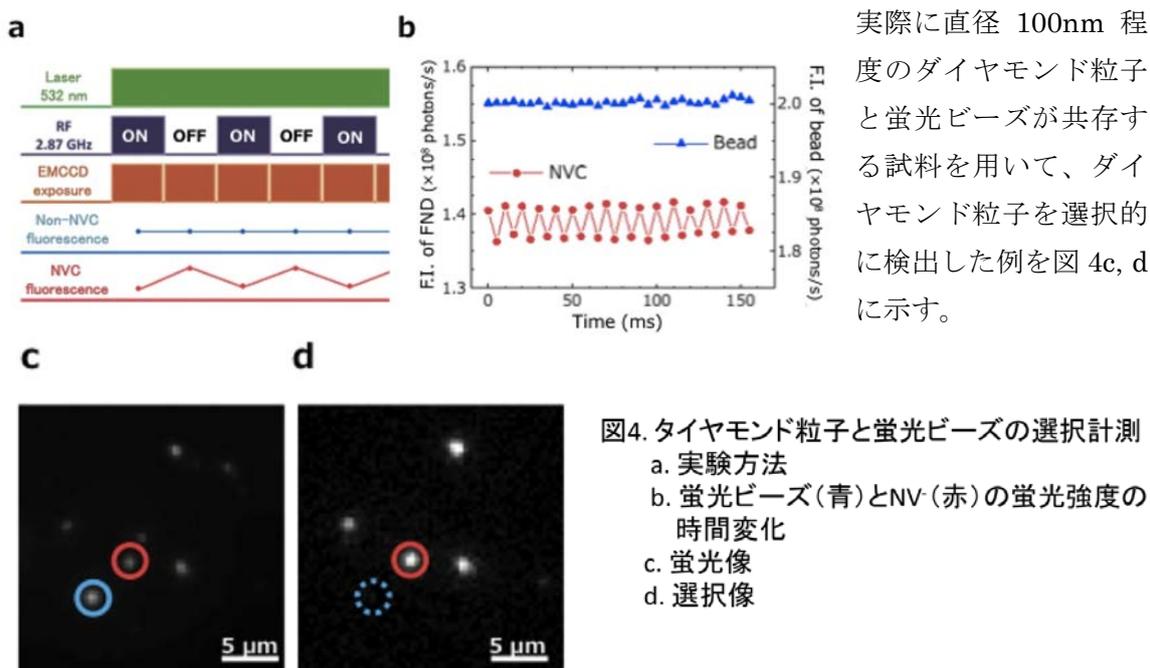


図4. タイヤモンド粒子と蛍光ビーズの選択計測
 a. 実験方法
 b. 蛍光ビーズ(青)とNV(赤)の蛍光強度の時間変化
 c. 蛍光像
 d. 選択像

この方法を使って HeLa 細胞内のダイヤモンド粒子をリアルタイムで選択観察した例を図 5 に示す。また、線虫にダイヤモンド粒子を食べさせた後、腸管内の壁に非特異的に吸着しているダイヤモンド粒子を、線虫の腸内に存在する、自家蛍光物質と区別して検出することや、マウスの皮下に注射したダイヤモンド粒子を同様に自家蛍光物質と区別して検出することにも成功した⁸⁾。この選択計測技術を使うことで、ダイヤモンド粒子を結合させた観察対象分子を、自家蛍光物質や同じ波長で励起される他の蛍光色素で標識した分子と区別して検出することが可能になった。

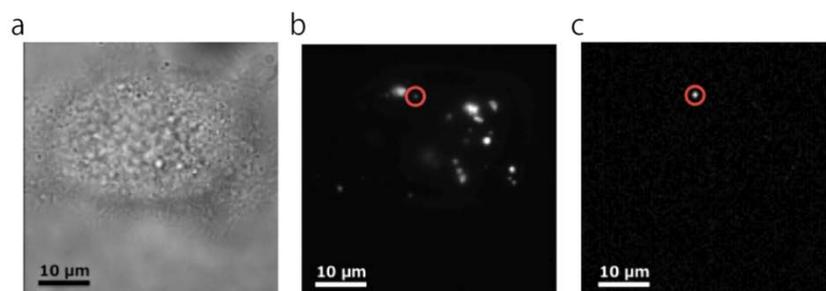


図5. HeLa細胞内でのダイヤモンド粒子のリアルタイム選択観察
 a. 明視野像 b. 蛍光像 c. 選択像(赤丸で示したNVの像を選択的に検出)

4. ダイヤモンド粒子の向きの変化の追跡

NV⁻に外部から静磁場を印加すると、 $m_s = \pm 1$ の縮退がとけ、NV⁻のESRの共鳴周波数が2.87 GHzからシフトする。そのシフトの大きさは外部磁場の方向と「NとVを結ぶベクトル」のなす角度に依存する。すなわち、ダイヤモンド粒子と外部磁場の角度に依存して磁気共鳴が起こる高周波の周波数が変化し、光検出磁気共鳴スペクトルの形状が変化する(図3)。したがって、外部静磁場の向きを固定した場合、スペクトルの形の変化は、ダイヤモンド粒子の向きの変化(動き)を反映することになる。McGuinnessらは、10時間以上にわたって、HeLa細胞内にエンドサイトーシスされたダイヤモンド粒子の並進運動と、その粒子の「向き」の変化を追跡した実験結果を報告した⁷⁾。我々はダイヤモンド粒子を膜タンパク質に結合させ、その向きの変化を追跡することで、細胞膜の運動性の検出を試みた。細胞骨格を強固にするEGFの添加によって細胞膜中のタンパク質の動きが不活発になる様子や、逆に細胞骨格を破壊するLatrunculin Aで処理すると、膜タンパク質の運動が活発になる様子を検出することができた。現在我々は、ダイヤモンド粒子の角度変化を計測する方法を開発している。この方法の開発に成功すれば、NVを含むダイヤモンド粒子を生体分子に標識することで、これまで検出することができなかった生体分子の角度変化や構造変化の検出が可能になる。

5. 温度計測

温度は細胞の恒常性や生理機能を担う重要な物理パラメータのひとつであり、細胞内の様々な分子の構造・機能に影響を与える。細胞内に生じる温度とその生物学的な意義を探るために、これまで、様々な温度センサーが開発されてきた。タンパク質型、ポリマー型、蛍光低分子型温度センサーなどの発展により、細胞内の温度分布、細胞の熱産生機構、熱感受システムが徐々に明らかになってきた⁹⁾。ここではダイヤモンド粒子を使った細胞内局所温度計測について説明する。

$m_s = 0$ と $m_s = \pm 1$ 間の電子の遷移周波数は温度に依存する。温度が高くなると磁気共鳴をおこす共鳴周波数が低周波側に移動する。したがって、ODMRスペクトルを計測し、共鳴周波数の変化を求めることで、温度計測を行うことができる(図6)。

細胞内温度計測においてしばしば問題となるのは、プローブの環境依存性である。細胞内の環境(pH、塩強度、粘性、分子相互作用など)は複雑かつ時空間的に変動している。ダイヤモンド粒子の場合、

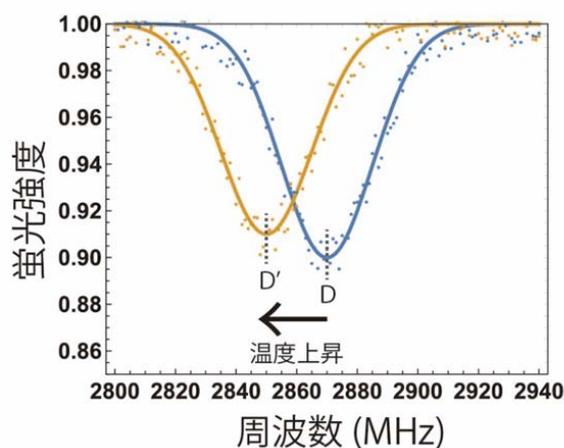


図6. ダイヤモンド粒子による温度計測
ODMRスペクトルの温度依存性

温度計測の役割を担う NV は、ダイヤモンドという高い熱伝導性を有する剛直な結晶構造の内部に埋め込まれている。したがって、細胞内で生じる環境の変化に左右されず、温度のみを正確に検出できることが期待される。我々は、27.0、32.0、37.0 °C の条件下で 1 mM 塩酸水溶液、1 mM 水酸化ナトリウム水溶液、3 M 塩化ナトリウム水溶液、グリセロール、ポリエチレンイミン分子の表面吸着、エタノール中における共鳴周波数の温度依存性の評価を行った (図 7)。その結果、いずれの条件であっても温度依存性は、報告されているおよそ $-70 \text{ kHz}/^\circ\text{C}$ を示していることから、ダイヤモンド粒子の温度計測能がこれら環境に影響を受けないことが実験的に立証された¹⁰⁾。

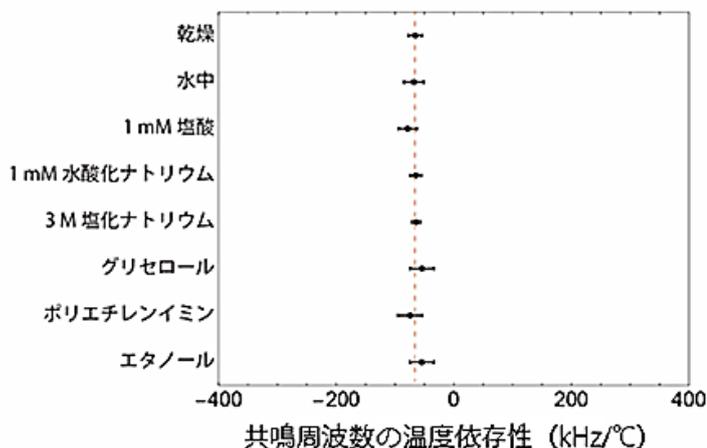


図7. ダイヤモンド粒子による温度計測温度計測能の環境依存性

6. おわりに

NV を含むダイヤモンド粒子は、その高い蛍光安定性から、長時間の細胞イメージング用の蛍光プローブとして有望視されている。しかしそれ以上に、蛍光検出技術と磁気共鳴によるスピン操作技術を組み合わせた、新しい計測法の創出と生体イメージングへの応用に大きな期待が寄せられている。ダイヤモンド粒子周辺の電場、磁場、温度の直接計測に加え、ダイヤモンド粒子を生体分子に標識することで、間接的ではあるが運動性や相互作用の情報も得られる。ダイヤモンド粒子は強酸処理によって、その表面をカルボキシル化することで、生体分子に特異的に標識することが可能である。今回の紹介した実験例で使用したダイヤモンド粒子の直径は、50 nm~100 nm 程度と生体イメージングの蛍光プローブとしては、かなり大きいものである。タンパク質分子に標識し、その挙動を高い時間分解で観察するには、タンパク質の動きを邪魔しない、できるだけ小さいプローブであることが望まれる。また現状、ODMR 信号が弱く、測定には数秒~数分程度を要する。すでに直径 3 nm 程度のダイヤモンド粒子で ODMR スペクトルが計測されているが、現在、克服すべき課題は、きれいな ODMR スペクトルが得られる明るく、質の良い NV を含む、直径数 nm のダイヤモンド粒子を大量に調製する方法の開発である。何とかこの問題を解決し、ダイヤモンド粒子が様々な生体イメージングに使われるようになることを願っている。

謝辞

この研究は、京都大学大学院工学研究科 白川昌宏教授との共同研究で行われました。ここで紹介した研究成果は、現量子科学技術研究開発機構 五十嵐龍治博士、現日本学術振興会特別研究員 外間進悟博士、現光産業創成大学院大学 横田浩章博士、現日本電子株式会社 吉成洋祐博士をはじめ多くの方によって得られたものです。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Schirhagl R, et al. *Annu. Rev. Phys. Chem.*, 65, 83-105 (2014)
- 2) Fu C-C, et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 727-732 (2007)
- 3) Igarashi R, et al. *Nano Letters*, 12, 5726-5732 (2012)
- 4) Barry J F, et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 113, 14133-14138 (2016)
- 5) Le Sage D, et al. *Nature*, 496, 486-489 (2013)
- 6) Kucsko G, et al. *Nature*, 500, 54-58 (2013)
- 7) McGuinness L P, et al. *Nature Nanotechnol.*, 6, 358-363 (2011)
- 8) Igarashi, R, et al. *Nano Letters*, 12, 5726-5732 (2012)
- 9) Okabe K et al. *Pflügers Archiv.*, 470, 717-731 (2018)
- 10) Sekiguchi T et al. *Biophysics and Physicobiology*, 15, 229-234 (2018)

< ナノメカニクス研究会の紹介 >

ナノメカニクス研究会 委員長 都甲 潔
(九州大学高等研究院 特別主幹教授)



新世代研究所の新たな研究会として、「ナノメカニクス研究会」が 2019 年 4 月に正式発足し、活動を開始した。

2018 年 4 月から新研究会設置のための準備を開始し、研究会メンバー候補が集まって議論した 2018 年 11 月の準備会、そして 2019 年 2 月の長野でのコア会議を経て、3 月の理事会で研究会設置が承認された。他の 5 研究会と同じく 2018 年度から 2020 年度の 3 年間の活動を予定している。委員長を九州大学都甲潔、副委員長を信州大学脇若弘之特任教授が務め、研究会メンバーにはセンサ、アクチュエータ、制御、MEMS、材料、微細加工、メカトロニクス、振動解析、生体機構など幅広い専門分野からなる計 13 名の研究者が参加している。6 月には、第 1 回研究会を開き、インチュイティブサージカル社に da Vinci 手術支援システムについて講演を賜り、現時点では触覚・力覚を使用していないことを確認し、活発な意見交換が行われた。

ナノメカニクス研究会は、10 年から 20 年先の将来社会を予想し、その社会的課題を解決するために設立されたものであり、Society5.0 のロボティクス技術に注力する。具体的には、微小な寸法の 3 次元構造がもたらす機械特性と機能を探究し、高性能化や新機能を付加したセンサ、アクチュエータ応用の基礎科学技術を構築することを最初の目標とする。「ナノ振動」をキーワードとして、生体機構など複数に渡る分野の科学と技術を融合し、従来にない高度集積・知能システムを創成し、最終的には、研究成果の社会実装という形の社会貢献を目指す。

10年から20年先の将来社会を予想し、その社会的課題を解決する - Backcasting 思考 -

➤ 背景

将来課題(2030年問題:労働力人口の激減)

➤ 社会変化

労働力人口減少により...

- ✓ 高齢化
 - ・ 労働力不足
 - ・ 熟練ノウハウの消失
 - ・ 高齢者の貧困・孤立
- ✓ 社会サービスの低下
 - ・ 医療費の増大
 - ・ 医療・介護人材不足
 - ・ 社会インフラの老朽化
- ✓ 地方都市の衰退

Society5.0社会:

IoTで全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有される世界 / CPS (Cyber-Physical System)

- ・ IoT技術により様々な知識や情報を共有
- ・ ビッグデータ・AI技術により新たな価値を創造
- ・ ロボティクス技術により人手不足解消/熟練ノウハウ継承

ロボティクス技術から

CPSにおける知覚・制御を実現する
人間拡張 (AR) 技術と位置付ける



ナノメカニクス研究会設置の背景

五感を有するロボットが近未来登場することは当然予測される。視覚や聴覚に関係したセンサは成熟した科学技術である。味覚についても、既に味覚センサが開発され、市場に投入され、全世界で使われている。匂いセンサについても、近年、開発が著しく、既に幾つもの製品が販売されているが、どれも「帯に短し、たすきに長し」状態で使い勝手の良いものはない。それは、味覚には5つの味質(酸味、苦味、塩味、甘味、うま味)という基本要素があるため、その基本要素に応答するセンサを開発すれば良かったのに対し、嗅覚には基本臭と呼ばれるものがなく、バラの香り、コーヒーの香り、ニラの匂い、石けんの匂い、体臭といった具体に、センサが匂い(臭い、香り)の個々を判定・識別しないとけないことに起因している。つまり、扱う対象が圧倒的に多いのである。しかしながら、昨今の人工知能(AI)の発達で膨大なデータを扱うことが可能となり、AIを活用した匂いセンサも登場しており、5年以内には信頼性の高い匂いセンサが実用化されることが期待される。

ところが、触覚・力覚に関する研究が意外と遅れている。つまり、表面の質感や硬さ、弾力、動きといった触覚・力覚のセンシングと伝達、アクチュエータによる再現がまだ可能となっていないのである。もし、これが可能になると、柔らかいもの、形状が不定なものなどに対しても微妙で多様な作業を安全、安心、確実かつ迅速に実行できる。つまり、人間の手を超える究極の「手」の機能が実現することになる。

本研究会組織は、前述の通り、多岐に渡る専門家が、この研究開発にチャレンジする。本研究会の特徴は出口指向にあり、社会貢献を目指す。その目的達成のために、異分野の研究者が忌憚のない意見交換をすることで、世界初の技術を創出する。まずはメカニカル機構などを利用したハプティクス機能に関する議論から進める。第1回は既に da Vinci 手術支援システムの調査を終え、次回は制御システムに関する講演を2件予定しており、まずは今後2年間で、課題解決のためのアイデア創出を行う。新世代研究所では、10年以上もの間、新規の研究会が発足されていないとのことで、今回、基礎から社会実装までを視野に入れた研究会の発足となった。皆様の温かいご支援を期待する。

氏名	所属	研究キーワード		
委員長 都甲 潔	九州大学 高等研究院 五感応用デバイス研究開発センター	五感	センサ	生体模倣
副委員長 脇若 弘之	信州大学 工学部	磁気特性測定工学	磁気利用アクチュエータ工学	磁気利用機械量センサ工学
相原 建人	法政大学 理工学部	振動解析	機構解析	動力伝達機構
土方 亘	東京工業大学 工学院	電磁アクチュエータ	医用メカトロニクス	筋電気刺激
川戸 佳	帝京大学 薬学部、順天堂大学 医学部 東京大学	脳神経科学	生物物理学	
竹村 泰司	横浜国立大学 大学院工学研究院	センサ・アクチュエータ	磁気応用	エネルギー・ハーベスティング
大岡 昌博	名古屋大学 大学院情報科学研究科	触覚センサ	ヒトの触覚	錯覚の科学
古谷 克司	豊田工業大学 工学部	圧電アクチュエータ	精密機構	放電加工
植田 敏嗣	早稲田大学 情報生産システム研究センター	センサ	MEMS	レーザー
中本 裕之	神戸大学 大学院システム情報学研究科	計測工学	食感・触覚計測	非破壊計測
式田 光宏	広島市立大学 情報科学研究科	MEMS	マイクロセンサ	医用応用
中本 高道	東京工業大学 科学技術創成研究院	嗅覚センサ	嗅覚ディスプレイ	香り再現
山岡 悦二	KOA株式会社	薄膜プロセス	抵抗材料(一部センサ材料)	解析・シミュレーション
重城 幸一郎	セイコーウオッチ株式会社	時計	機械	
飯野 朗弘	セイコーインスツル株式会社	メカトロニクス	アクチュエータ	トライボロジー

ナノメカニクス研究会員リスト

< コーヒーブレイク >

Michael G. Rossmann 先生の思い出

理事 今野 美智子 (お茶の水女子大学名誉教授)

アメリカの Purdue 大学の Michael G. Rossmann 先生は今年の 5 月に 88 歳の生涯を閉じた。心からお悔やみを申し上げます。Rossmann 先生との出会いは、私に科学研究分野の方向の転機を与えて下さった。それは 1981 年にカナダのオタワで開催された国際結晶学会において、Rossmann 先生がなさった 「トマトスタントウイルス」の情熱的な特別講演は、タンパク質構造解析がタンパク質の生理活性を解明する基礎となると確信した。私は、東京大学の大学院時代からそれまで東京大学物性研究所で、混合原子価錯体、スピנקロスオーバー錯体、有機伝導物質の相転移の研究を進めていた。Rossmann 先生の研究室に 1984 年の秋に飛び込んだ。Purdue 大学は、インディアナ州の大学町 west Lafayette にある。シカゴから車で 2.5 時間、どこまでもトウモロコシ畑が続き、しばらく走ると点在している町が遠くに見える。



私はウサギ由来フォスフォグルコムターゼの構造解析の研究に専念していたが、Rossmann 先生にとって大きな飛躍となる発見があった。それは、1986 年に *nature* に掲載された人間の風邪のウイルスの結晶構造決定で、一般のニュースを賑わせた。このウイルスはエンベロープのない RNA1 本鎖ウイルスのエンテロウイルスの 1 種で核酸を囲むタンパク質の殻カプシドのインヒビターの研究に役立つ他に、エンテロウイルスが利用する逆転写の機構、細胞に侵入する機構、RNA を核としたカプシドの殻の構成機構の理解に役立つ。動物細胞が持っているこれらの本質的な機能を使って細胞に侵入し増殖する過程は、細胞の本質的な機能を理解するのに重要である。

私は幸運にも 1987 年お茶の水女子大学の理学部化学科の助教授のポストに着任することとなった。Rossmann 先生の研究に触発され、根源的な細胞の機能にかかわるタンパク質に取り組むことを決意し、反応自体は分かっているが分子科学的な本質が解明されていなかったアミノアシル-tRNA 合成酵素とサイクロフィリンの研究を進めた。特に、20 種類のアミノアシル-tRNA 合成酵素は、すべての生物に存在し、各酵素の種間の相動性は低い、ほぼ同じ効率で、反応が維持されて生物進化した酵素で、分子科学的本質を考えるのに適していると考えた。



Rossmann 先生の見出した分子同型置換法は、現在タンパク質の結晶の構造を解く際に広く使われている。1973 年に発表された Rossmann fold 核酸結合モチーフは、核酸の結合に関与するアミノ酸の配置を維持するのに共通の構造を持つ観点から重要である。Rossmann 先生は、クライオ電子顕微鏡を早くから取り入れ、ウイルスの研究が益々面白くなったとおっしゃって、デングウイルスを中心に蚊が仲介するフラビウイルスの立体構造の研究を長年にわたってされた。2016 年に発表されたジカウイルスの構造の研究に繋がった。ウイルス大腸菌に感染する巨大なバクテリアオファージ T4 の立体構造を 2014 年に報告された。

2017 年に Purdue 大学主催の Rossmann 先生を称える記念シンポジウムに出席した際、3 階建て研究所を案内して頂いた。以前は、Lilly ホールの地下 1 階を占拠していたが、今回は太陽の当たる 2 階の一室が先生の部屋である。この建物全階が、先生の関係する研究室で、真ん中に堂々と、クライオ電子顕微鏡があり、X 線回析装置が数台あった。Rossmann 先生の元気な姿が思い出される。

< 研究助成 2019 年度 選考結果 >

(1) 助成事業概要

- ① 助成件数 : 5 件
- ② 助成金総額 : 500 万円 (100 万円/件)
- ③ 助成期間 : 2019 年 10 月 1 日～2020 年 9 月 30 日
- ④ 応募資格 : 日本国内の大学・公的研究機関の研究者、原則満 35 才以下

(2) 募集選考日程

- ① 募集期間 : 5 月 13 日～6 月 20 日
- ③ 一次審査 : 7 月 25 日 (選考委員 6 人+研究会委員長 5 人)
- ④ 二次審査 : 8 月 21 日 (同上)
- ⑤ 選考委員会 : 8 月 26 日 (選考委員 6 人)
- ⑥ 理事会承認 : 9 月 10 日

(3) 応募者/採択者

	人数	(内)女性	(内)外国籍
応募者	74 人	8 人	8 人
採択者	5 人	1 人	1 人

(4) 採択テーマ

研究テーマ	氏名	所属機関	職位
ナノワイヤを基盤とした次世代尿解析技術の創出	安井 隆雄	名古屋大学	准教授
異種元素配合サブナノ粒子の物性・機能に関わる組成効果の解明	塚本 孝政	東京工業大学	助教
高垂直磁気異方性磁性体薄膜における超高速スピン起動トルク磁化反転の観測	飯浜 賢志	東北大学	助教
A. I. 支援原子間力顕微鏡を用いたメカノバイオロジーに基づく早期がん診断	王 洪欣	物質・材料研究機構	ポスドク 研究員
高エネルギー重イオンビームを用いた磁気メタマテリアルの作製	喜多村 茜	日本原子力研究開発機構	研究員

< 研究報告会 開催記 >

2018 年度活動実績と 2019 年計画

理事 川戸 佳（帝京大学特任教授）

7月2日(火)、TKP 御茶ノ水カンファレンスセンターで 2018 年度研究報告会が開催された。これ迄、ナノ科学にフォーカスした 5 研究会が新世代研究所の重要な事業として活動してきた。5 研究会は昨年より第 9 期に入り、5 研究会のうち 2 研究会では委員長が交代し、3 研究会は委員長再任の形で活動している。更に 2019 年度からは新しい 1 研究会が加わり、活動の幅がさらに広がっている。



今回の研究報告会では、まず伊達理事長が研究会活動の目的とその意義について挨拶をされ、続いて各委員長から活動報告がなされた。



界面ナノ科学研究会の柴田直哉新委員長は、「界面ナノ科学の新展開」と題して報告を行った。ナノ界面に関する、1)学際的メンバーによる最先端の研究交流、2)フロンティアの開拓、3)若手研究者の発掘と仲間作り、4)科学者と社会や大学の今後も議論、の 4 点を念頭に運営してゆく方針を示した。2018 年は 2 回の研究会を開催した。第一回のミーティングは「界面研究の新大陸とは？」と題するキックオフミーティングであり、第二回は「最先端の理論の発展」に重きをおいた講演と議論に加えて、ATI 研究助成採択者が講演を行った。2019 年は「界面デバイス、材料開発」「最新界面ナノ計測」に関する研究会を計画しているようである。柴田氏の研究紹介で、走査型透過電子顕微鏡 STEM で原子レベルの磁場分布を見る、新しい顕微鏡の話があった。議論の中で日本を装置開発能力が落ちているとか、輸入費用が高い、学生も装置開発しないとか、研究レベルの高いこの分野にしては耳の痛い指摘もあった。

ナノカーボン研究会の片浦弘道委員長は、「円熟のナノカーボン vs 情熱の二次元系」と題して幅の広い報告があった。円熟の技術の例としては、CNT は界面活性剤による金属型と半導体型の分離が出来るが、その原理を第一原理計算で明らかにした業績がある。また、CNT を近赤外光を発するプローブとして用いることで、絶食したマウスの褐色脂肪組織の傷ついた毛細血管から CNT が漏れている場をイメージングできた。傷ついた毛細血管を持つもっと重要な腫瘍のイメージングの可能性が出てきた。情熱の二次元系としては、六方晶 hBN 基板で二次原材料の包み込を行い、二次原材料の物性測定が可能になってきたことなども紹介された。



スピントロニクス研究会の齊藤英治新委員長は、「スピン科学—現状とこれから—」と題して報告した。非公開で世間の 1 年先を議論する、ということを研究会の重要な趣旨に掲げている。2018 年度は新しい視点として取り入れた、「新しい機能発現の場として注目が集まっている、人工知能デバイス応用へ向けたスピントロニクス」、「トポロジーに規定された物性を持つワイル物質のスピントロニクス」、「スピントロニクスの代表的な応用事例である、不揮発性メモリで

ある NRAM 技術の最前線」という研究会を開催し、活発に討議した成果が発表された。例えば、反強磁性体の多磁区構造の磁気抵抗をアナログ制御して、人工シナプスとして利用できる脳型情報処理などは興味深い。

水和ナノ構造研究会は、日下勝弘委員長の体調が悪く、代理で田中伊知朗副委員長が活動報告をした。「中性子回折による高感度水素が切り開く構造生物学」を中心に据えている。2018年度は「タンパク質プロトン化状態の機能制御と測定法及びソフトウェアの高度化」及び「ナノ環境下における水素と水溶液中のナノ粒子挙動」の研究会を開催し、イオン輸送性ロドプシンの構造、アンモニウム輸送蛋白の輸送構造、光化学系 II でのプロトン反応、などの蛋白質の構造機能解析に迫った。また、トリプレット DNP 法による超高感度 NMR/MRI 法。パルス中性子を用いた方法、溶液散乱法、ナノ流体工学法、などの新手法についても議論した。



バイオ単分子研究会の西野吉則委員長は、「環境制御微生物と酵素の創成」と題して 2018 年度の研究会活動を報告した。「バイオ単分子から地球環境問題への挑戦」を中心として議論し、その重点関連施設としての横浜市北部汚泥資源化センターの見学を通して、具体的な処理工程を学んだ。環境汚染問題の解消に向けて、微生物や酵素を用いたアプローチの研究を深く議論し、これと先端的 1 分子・1 細胞解析技術を組み合わせて、汚染物質の細胞内での分解メカニズムの解明へつなげる方式で、大型プロジェクト計画を練りあげていることが報告された。

2019 年度から、新研究会である「ナノメカニクス研究会」が発足し、都甲潔委員長から、研究会の方向性と抱負が述べられた。他の研究会とは少し趣旨が異なり、主に工学的アプローチを用いて、例えば「人間の手を超える究極の手の機能を実現する」ことなどを目的としている。ちなみに都甲委員長は味覚センサや匂いセンサなどの開発に多くの実績がある。



今回は、6 研究会の報告の他に特別企画として、界面ナノ科学研究会の一杉太郎研究会員から「日本の研究力強化」に関し 1 年間にわたる検討報告があった。

最近巷に言われている研究力の低下の原因として、教授などの高年齢化、運営費の削減、ポストの削減などがある。シニア教員のキャリアパス多様化など、これらを改善する方法を考え、財務省・文科省・内閣府にもうまく伝える必要がある。大学を元気にする投資は、産業も元気にする非常に有効な国内投資である。

報告会の終了後、引き続き場所を変えて意見交換会が開催され、研究の展望や問題点などを話し合っ、有意義に過ごすことができた。6 つの研究会の今後の展開が非常に楽しみである。

< ATI 研究助成成果発表会 >

2019年度ATI研究助成成果発表会が、5月14日に御茶ノ水の三井住友海上駿河台新館3階TKPガーデンシティ会議場にて、約40名が参加して開催されました。

伊達理事長と森田副理事長(選考委員長)の挨拶で始まり、2017年度採択者による研究成果報告、2018年採択者による研究テーマ説明が行われました。



当財団の研究助成採択者は、数年後に文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞する方が多く、2018年度は6名、2019年度は3名が授賞されました。「皆さんもとてもいい研究をされているのでこれからも頑張ってぜひ受賞を目指して下さい」、と励ましの言葉がありました。

第2部はポスター発表となり、助成採択者・奨励賞受賞者の活発な質疑や情報交換が行われ、若手同士の交流や共同研究の種が育ったと思われます。また財団の選考委員、研究会員、評議員及び理事の先生方も参加し、厳しい質問やアドバイスも多数ありました。

最後は立食形式となり、さらに意見交換をしながら若手と先輩の先生方との交流が活発に行われました。



< 研究奨励賞 2019 年度 >



2019 年度 ATI 研究奨励賞の表彰式が、5 月 14 日に御茶ノ水にて、研究助成成果発表会と同時に約 40 名が参加して開催されました。

森田選考委員長（財団副理事長）より、表彰状と副賞の SEIKO 高級腕時計が授与された後、受賞講演が行われました。

前列左より、新庄副理事長、北条元氏、中村彰彦氏、伊達理事長
後列左より、森田選考委員長、湯浅選考委員、齋藤選考委員、渡邊選考委員

「省エネルギーリニアモーターの運動性を決める構造的要素の解明」

中村 彰彦（自然科学研究機構 分子科学研究所 助教）

この度は 2019 年度 ATI 研究奨励賞を授与頂き、新世代研究所関係各位に深く感謝申し上げます。

私は農学部で結晶性多糖類を分解する酵素の生化学解析と構造解析を行っていましたが、表題の課題を行うために分子科学研究所に移動し 1 分子計測を用いた研究を始めました。着任してからもととの専門から離れた研究には当初苦心しましたが、目標としていた多糖類分解酵素の運動原理の解明を達成でき、さらにはこのような素晴らしい賞をいただくことができ大変光栄です。

この研究で得られた知見を元に、今後は多糖に限らない固体基質分解酵素の機能解析方法の確立及びその酵素機能の改良を試みていきたいと思っております。



「次世代メモリ実現のための Bi 系マルチフェロイック物質の開発」

北条 元（九州大学大学院 総合理工学研究院 准教授）

この度は 2019 年度 ATI 研究奨励賞を頂きましたこと、大変光栄に存じます。まず、本研究助成および研究奨励賞選考に当たりご尽力いただいた財団関係者並びに審査委員の先生方、そして本研究に協力いただいた共同研究者の皆様へ厚く感謝申し上げます。

本財団の支援により、室温で弱強磁性と強誘電性が共存したマルチフェロイック薄膜を作製すること、さらに室温において電場により磁化反転を実現することに成功しました。今後は微細加工によりデバイス構造を作製し、これまでの圧電応答顕微鏡ではなく、電極を用いた電気分極反転による磁化反転を試みる予定です。引き続き、様々な機能性酸化物の開発とその機能発現機構の解明を目指し、研究を進めていきます。



<文部科学大臣表彰 若手科学者賞 受賞>

【平成 31 年度受賞者】

平成 31 年度は、当財団関係者が 5 名受賞いたしました（受賞者総数 99 名）

氏名	所属	業績名	ATI 関係
伊野浩介氏	東北大学大学院 工学研究科	チップデバイスを用いたバイオ計測に関する研究	研究助成 2015 年度
近藤浩太氏	理化学研究所 創発物性科学研究センター	固体の表面準位における電荷—スピン相互変換現象の実験研究	研究助成 2018 年度
相良剛光氏	北海道大学 電子科学研究所	機械的刺激に応じて発光特性が変化する有機超分子材料の研究	研究助成 2017 年度
沙川貴大氏	東京大学大学院 工学系研究科	情報処理の熱力学の理論的研究	界面ナノ科学 研究会
宮田耕充氏	首都大学東京大学院 理学研究科	原子層ヘテロ構造の創成と機能開拓に関する研究	ナノカーボン 研究会

研究助成採択者及び当財団推薦者から、今迄に多くの受賞者がでています。

<平成 30 年度受賞者>

(受賞者総数 99 名)

菅原克明氏	2012 年度 研究助成	2014 年度 研究奨励賞
竹井邦晴氏	2013 年度 研究助成	2015 年度 研究奨励賞
大塚朋廣氏	2014 年度 研究助成	2017 年度 研究奨励賞
坂本良太氏	2015 年度 研究助成	2018 年度 研究奨励賞
寺尾京平氏	2015 年度 研究助成	
宮島大吾氏	2015 年度 研究助成	

<新世代研究所推薦による受賞者>

新見康洋氏	平成27年度 授賞
家田淳一氏	平成28年度 授賞
近藤浩太氏	平成31年度 授賞

< 公開フォーラム 予告 >

日時:11月30日(土) 14:00~17:00

場所:御茶ノ水 ワテラスコモンホール (JR 御茶ノ水駅聖橋口 徒歩5分)

予約:10月中旬案内&予約受付開始 (ATI関係者は先行予約受付開始)

—ポスタ(暫定版)—

日時:2019年11月30日(土曜日)14時~17時

場所:御茶ノ水 ワテラスコモンホール

申込み:HPより事前登録下さい(参加無料) <http://www.ati.or.jp>

ATI 公益財団法人新世代研究所
FOUNDATION ADVANCED TECHNOLOGY INSTITUTE

【編集後記】



ビールから日本酒へ
季節のある日本に住む幸せ
お酒がおいしく飲める健康の幸せ
ATI の人と語る幸せ

一杯一息入れて新たな発想

青木

ATI 公益財団法人 **新世代研究所**
FOUNDATION ADVANCED TECHNOLOGY INSTITUTE

〒101-0063

東京都千代田区神田淡路町 1-23-5 淡路町龍名館ビル 4 階

Tel : 03-3255-5922、Fax : 03-3255-5926

ホームページ : <http://www.ati.or.jp/>

E:mail : info@ati.or.jp

2019 年 10 月