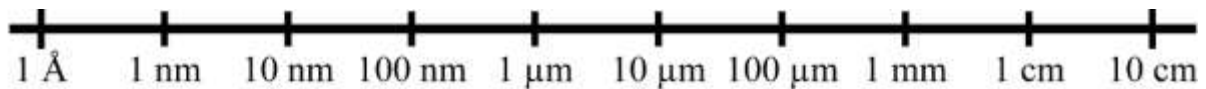


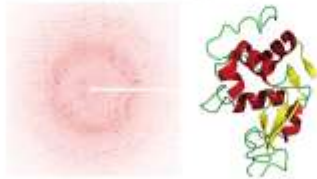
# ATI News

## 第 18 号

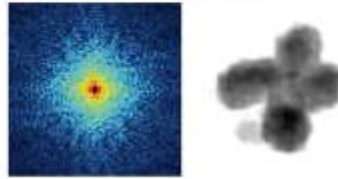


### X線を用いたさまざまな可視化法

X線結晶構造解析



コヒーレントX線回折イメージング



X線撮影・X線CT



X線の短い波長

X線の高い透過性

### X線を用いた様々な可視化法

(図提供: 北海道大学電子科学研究所 西野研究室)

### \*\*\* 目次 \*\*\*

	ページ
巻頭言: ATIは科学の梁山泊!?	1
齋藤 理一郎	
研究アラカルト: コヒーレントX線回折イメージング	2
西野 吉則	
第VIII期研究会のコンセプト	8
西野 吉則、片浦 弘道、日下 勝弘、大谷 義近、一杉 太郎	
「5年後の科学技術」懇話会	11
中島 邦雄	
コーヒーブレイク: ヨッフエ研究所名誉所員に選出されて	12
榎 敏明	
ATI研究奨励賞選考報告	14
森田 清三	
ATI合同研究会 開催記	15
一杉 太郎	
ATI合同研究会 挨拶講演	17
伊達 宗行	
ATI公開フォーラム開催記	21
色野 美和子	
受賞・著書紹介	21
事務局便り: 御茶ノ水 坂道散歩 -その式-	22
白石 貞純	

## ATI は科学の梁山泊!?

ATI 評議員 齋藤 理一郎  
東北大学大学院理学研究科 教授



新世代研究所 (ATI) における主たる活動として 5 つの研究会がある。その一つであるナノカーボン研究会の委員長を 2015 年 3 月まで務め任期満了した。この 6 年間 (委員長任期 3 年、再任で計 6 年)、伊達理事長、高瀬様をはじめ ATI の皆様、研究会のメンバー多くの方に支えながらここまで無事に活動できた。感謝したい。ナノカーボン研究会は、前委員長であった遠藤守信先生 (信州大学) のときから参加しているので、合計 12 年間お世話になっている。ちなみに 12 年前というと、下の娘が小学校に入学した時で、その娘も今年の春に高校を卒業したのであるから、何とも長い年月であると感じている。2015 年からは片浦弘道先生 (産総研) にバトンタッチして、私も引き続きナノカーボン研究会のメンバーにさせていただいた。引き続きナノカーボン研究会を盛り上げていきたい。

ナノカーボンの歴史は、1985 年 C<sub>60</sub> フラーレン分子の発見から始まり、今年で発見後 30 年になる。12 年間のナノカーボン研究会の活動を振り返り、この 30 年の歴史をコンパクトにまとめた本として、2015 年 1 月 23 日に「フルラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学」を共立出版より出版した (本誌 21 頁参照)。本の前書きにナノカーボン研究会と新世代研究所に謝辞を入れさせていただいた。この本は、共立出版の物理学最前線シリーズの 1 つである。同シリーズには ATI スピントロニクス研究会の齋藤英治・界面ナノ科学研究会の村上修一両先生が書かれた「スピン流とトポロジカル絶縁体」があり、かなり売れている。ぜひ拙著もあやかり、皆様のお目に留まることを期待している。ATI 研究会は、研究者の世界で有名になっている。その理由の一つとして、ATI 研究会の委員長が、2 年続けて文部科学省科学研究費 (新学術領域研究) の領域代表になったことがあげられる。2013 年にナノカーボン研究会は新学術領域研究「原子層科学」で採択され、2014 年にスピントロニクス研究会 (大谷義近先生) が「ナノスピン変換科学」で採択された。他の ATI 研究会も科研費 (基盤 S)、NEDO、JST など大型研究プロジェクトを獲得するなど、新世代研究所が現代科学の『梁山泊』(有志の集合場所) になっている。いうまでもないが新世代研究所は科研費獲得のための場ではない。ATI 研究会活動の結果が自然と、科研費で認められる研究領域に成長したとご判断していただければ幸いである。今のご時世で、温泉 (毎回ではない) などできつくり腰を据えて研究仲間と議論できる機会は稀であり、新しい発想の学問領域を生む場になっていることがとても重要である。今後も研究会が相互に刺激しあいながら発展することを願っている。

## コヒーレント X線回折イメージング

バイオ単分子研究会委員長 西野 吉則  
(北海道大学電子科学研究所 教授)



### 1. はじめに

コヒーレントイメージングとは、波の位相の揃ったコヒーレントなビームを試料に当てて測定したビーム強度パターンから、試料の画像を得る手法である。一般的な光学顕微鏡では、対物レンズを用いて試料の画像を得る。これに対して、コヒーレントイメージングでは、対物レンズを用いずに試料の画像を得る。

クレジットカードや紙幣の偽造防止にも用いられる David Gabor が発明した ホログラフイー (1971 年ノーベル物理学賞) は、コヒーレントイメージングの一種である。ホログラフイーでは、試料に当たり散乱した「物体波」と、試料に当たらなかった「参照波」の干渉パターンであるホログラムを記録する。「参照波」との干渉により、ホログラムには「物体波」の位相の情報が記録される。ホログラムを記録したフィルムに「参照波」を当てると、「物体波」が再生され、試料を観察できる。また、ホログラムを CCD 等のイメージセンサーで記録し、計算機を用いて試料の画像を得ることもできる。

コヒーレント回折イメージング (CDI: Coherent Diffractive Imaging) と呼ばれるコヒーレントイメージング法もある。コヒーレント回折イメージングでは、ホログラフイーとは異なり「参照波」を用いず、試料に当たり散乱した「物体波」のみ記録する (図 1)。実験配置はホログラフイーに比べ単純であるが、試料の画像を得るのに重要な波の位相の情報は直接的には記録されない。このため、コヒーレント回折イメージングでは、コヒーレント回折パターン (「物体波」の強度パターン) に、反復的位相回復アルゴリズムを適用して試料の画像を得る。

一般的な光学顕微鏡では、試料による入射ビームの吸収率の分布が可視化できるのに対して、コヒーレントイメージングでは 位相コントラスト (位相差) が可視化できる。位相コントラストの可視化は、無染色の細胞など、一般の顕微鏡では観察が困難な、透明な試料の観察に重要な役割を果たす。位相コントラストが可視化できる顕微鏡としては、Fritz Zernike が



図 1 「物体波」の概念図。試料に波 (コヒーレントなビーム) を当てて相互作用した後の波が「物体波」である。コヒーレント回折イメージングでは、遠方場での「物体波」であるコヒーレント回折パターンを測定し、試料背面の「物体波」 (位相コントラスト) を定量的に可視化する。

開発した位相差顕微鏡（1953年ノーベル物理学賞）や微分干渉（DIC）顕微鏡が一般に知られている。これら従来法は、位相コントラストを強度に変換し結像できるが、定量的な観察はできない。これに対し、コヒーレントイメージングでは、試料背面での「物体波」が再生され、位相コントラストを定量的に可視化できる。

## 2. コヒーレントX線回折イメージング

### 2.1 概要

X線は極めて透過性が高く、分厚い試料の内部を観察するのが得意である。一方で、この高い透過性のため、X線は細胞など重元素をほとんど含まない小さな試料をほとんど素通りしてしまう。このため、細胞などをX線を用いて観察する場合、コヒーレント回折イメージングのような感度の良い位相コントラストイメージングが必須となる。

また、X線は波長が短く、高分解能イメージングの潜在能力をもつ。実際、試料が結晶の場合、原子分解能での構造解析が広く行われている。一方、結晶以外の試料を対物レンズを用いたX線顕微鏡で観察する場合、X線に対する倍率の良い対物レンズを作製するのは技術的に困難であるため、分解能が制限されてしまう。また、波長の短いX線を用いたホログラフィーの細胞などへの適用は、参照波と物体波との干渉縞が極めて細かくなり過ぎるため困難である。これに対し、コヒーレントX線回折イメージングは対物レンズも参照波も必要とせず、単純な実験配置で高分解能化に道が拓かれる。

図2に示すように、コヒーレントX線回折イメージングは、X線の高い透過性と短い波長という大きな2つの特徴を活かして、細胞のように電子顕微鏡にとっては分厚すぎる試料を、染色の必要なく高いコントラストで、光学顕微鏡を凌ぐ分解能で観察できる優れた特徴を持っている。

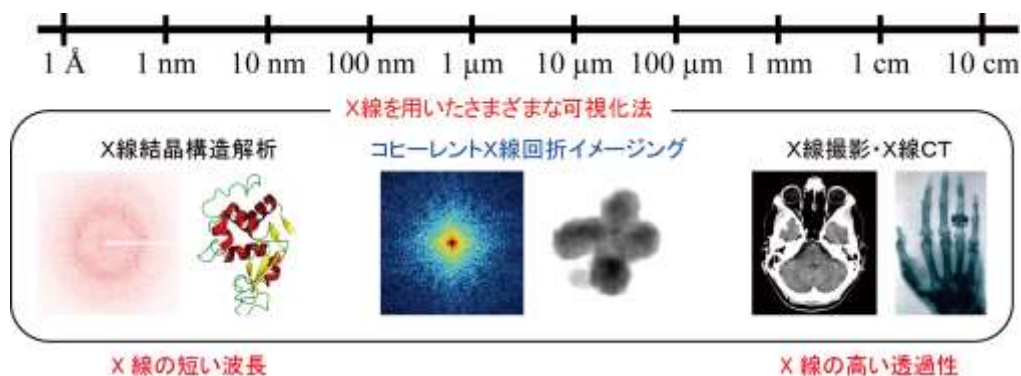


図2 X線を用いた様々な可視化法

### 2.2 歴史的背景

コヒーレント回折イメージングの元となるアイデアは、X線結晶構造解析の研究で有名な David Sayre によって 1952 年に提案された [1]。Sayre は、情報理論のシャノンのサンプリング定理 (1949 年) からの着想を得て、Bragg 点の間での X 線回折強度が分かれば、

試料が中心対象な構造をもつ場合には構造決定ができることを、0.5 ページの論文で指摘した。

結晶試料の場合、Bragg 点の中間の X 線回折強度を測定することは困難である。一方、結晶以外の試料をコヒーレント X 線で照らした場合、散乱した X 線同士が干渉して、スペックル（斑点）状の連続的に分布したコヒーレント X 線回折パターンが得られ、X 線回折強度を細かい間隔で測定することが可能となる。なお、コヒーレント回折パターン中の一つ一つのスペックルの大きさは、試料の大きさに逆比例する。

Sayre の着想を発展させ、結晶以外の試料をイメージングするには、コヒーレント X 線回折パターンから試料像を再構成するアルゴリズムが必要となる。試料の電子密度分布とコヒーレント X 線回折の波動場は、フーリエ変換の関係にある（フラウンホーファー回折）。仮にコヒーレント X 線回折の波動場が実験的に測定できれば、逆フーリエ変換により試料の電子密度分布を求めることができる。しかし、実際には X 線の位相（X 線の波の山や谷がいつ検出器に到着したか）は測定できず、測定できるのは強度（光子数）のみである。波の強度の測定データから位相の情報を復元する 位相問題 は、光学の幅広い分野に関係する極めて重要なテーマである。

Ralph W. Gerchberg と W. Owen Saxton は 1972 年に、電子顕微鏡の場合のように、実空間と逆空間（フーリエ空間）での強度パターンが測定可能な場合、フーリエ変換と逆フーリエ変換を反復しながら、実空間と逆空間で既知の情報（測定した強度パターン）を拘束条件として課すことによって、位相を回復できることを示した [2]。Gerchberg と Saxton の 反復的位相回復アルゴリズム は、その後、光学の幅広い分野で大きな発展を遂げた。James R. Fienup は 1982 年に、逆空間でのみ強度パターンの測定が可能な場合にも位相を回復できる HIO (hybrid input-output) アルゴリズム を提案した [3]。Fienup は、天文学への応用を念頭に HIO アルゴリズムを開発したが、Sayre は遅くとも 1990 年代初頭にこの位相回復法の存在を知り、コヒーレント X 線回折イメージングを提案した。

Sayre はその後、コヒーレント X 線回折イメージングの実現に向けて、放射光を用いた実験を開始した。しかし、その実現には多くの年月を要した。これは、実験に必要な波の位相の揃ったコヒーレント X 線を発生させることが当時困難だったためである。長年の努力の末 1999 年に、Sayre とその当時大学院生であった Jianwei Miao らは、金ナノ粒子で作られた文字パターンの軟 X 線による回折パターンから、試料像を再構成することに成功した [4]。この結果は、従来の X 線回折に基づく原子分解能の結晶構造解析法を、結晶以外の試料にも拡張するものとして、多くの関心を集めた。

Miao らの実験では、前方方向に散乱したコヒーレント X 線回折パターンを測定し、試料の位相コントラストイメージングを行った（図 3 左：前方散乱配置）。前方散乱配置では、試料の電子密度分布が得られる。2001 年に、Ian K. Robinson らは、ナノ結晶試料に対して、Bragg 点近傍のコヒーレント X 線回折パターンから、ナノ結晶中の格子歪みの分布が得られることを示した（図 3 右：Bragg 反射配置） [5]。

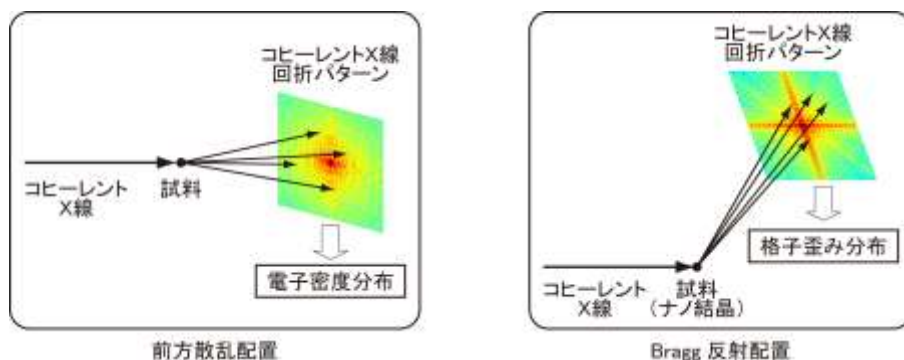


図3 コヒーレントX線回折イメージングの2つの実験配置

サンプリング定理から類推できるように、コヒーレント回折イメージング実験では、コヒーレント回折パターンを細かい間隔でサンプリング（強度測定）する必要がある。実験で要求されるサンプリングの細かさに対する条件は、オーバーサンプリング条件と呼ばれる。コヒーレント回折実験では、通常、CCDなどの二次元イメージセンサーが検出器として用いられる。オーバーサンプリング条件は、具体的には、イメージセンサーのピクセル面積が、スペックルの面積の半分以下であることを要求する。スペックルの大きさは、試料の大きさに逆比例するため、試料の大きさが大きくなり過ぎると、オーバーサンプリング条件を満たすことが難しくなる。現実的には、マイクロメートルほど以下の大きさの孤立した試料が測定に適している。

コヒーレントX線回折イメージングの適用範囲を空間的に広がった試料に対しても拡張する手法として、走査型のタイコグラフィが近年注目を集めている [6]。タイコグラフィでは、試料の前にピンホールや集光光学系を置いて、照射領域をマイクロメートルサイズ程度に制限する。試料を走査して重なり合いのある複数の試料領域からのコヒーレント回折パターンを測定することで、実験データの冗長性を高め、広がった試料の構造を再構成する。

### 2.3 放射光を用いた研究例

著者は、コヒーレントX線回折イメージングの世界初の実験を行った Miao らとの共同研究を、理研の石川哲也の研究グループにおいて 2001 年に開始した。研究では、世界最先端の放射光施設である SPring-8 を用いた。初期の研究例には、コヒーレントX線回折イメージングによる世界初の生物試料の測定である大腸菌のイメージングなどが挙げられる [7]。

著者らは、その後、コヒーレントX線回折イメージング装置を独自開発し、研究を発展させた。主な研究として、前島一博らと共同で行った染色体のイメージングが挙げられる (図4) [8]。染色体の分子レベルの構造は、DNA の二重らせんや、DNA がヒストンに巻き付いたヌクレオソームなどが知られている。一方で、より大きなサイズの高次の折りたたみ構造は、いまだに謎が多い。著者らは、無染色のヒト染色体のコヒーレントX線回折イメージングに成功し、染色体の中心軸付近に、背骨のような密度の高い構造が波状にう

ねていることを示した。この結果は、蛍光顕微鏡で観察される染色体の軸付近のらせん構造とも合致する。染色体の軸状構造の観察には、それまでイメージコントラストを人為的に高める染色が必要

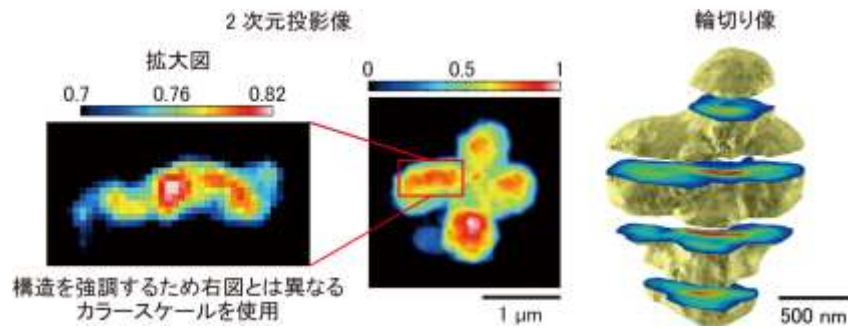


図4 コヒーレントX線回折イメージングによる無染色のヒト染色体の観察

だった。この研究は、コヒーレントX線回折イメージングが無染色の生物試料を高コントラストでイメージングでき、従来の顕微鏡では困難だった細胞内部のナノ世界の観察に有効であることを示した。さらに試料を回転させて記録した様々な入射角度でのコヒーレントX線回折パターンから、ヒト染色体の3次元像を再構成することにも成功した。これは、高いエネルギーのX線を用いた、世界初の細胞小器官のX線CT撮影である。

#### 2.4 X線自由電子レーザーを用いた研究例

X線や電子線などの放射線を用いた生物試料のイメージングでは、放射線による試料の損傷が大きな問題となる。2000年にJanos Hajduは、フェムト秒の発光時間をもつX線自由電子レーザー(XFEL)が実現すると、試料が損傷を受ける前の一瞬の姿を捉えることができ、従来の分解能限界を超えた生物試料のイメージングに道が開かれることを計算機シミュレーションにより示した [9]。

著者らは、2012年に共用運転が始まったばかりのXFEL施設SACLAを用いて、生きた細胞のナノイメージングに世界で初めて成功した(図5) [10]。この研究は、別所義隆、城地保昌、木村隆志、大島泰 郎 らやSACLAのスタッフと共同で行われた。

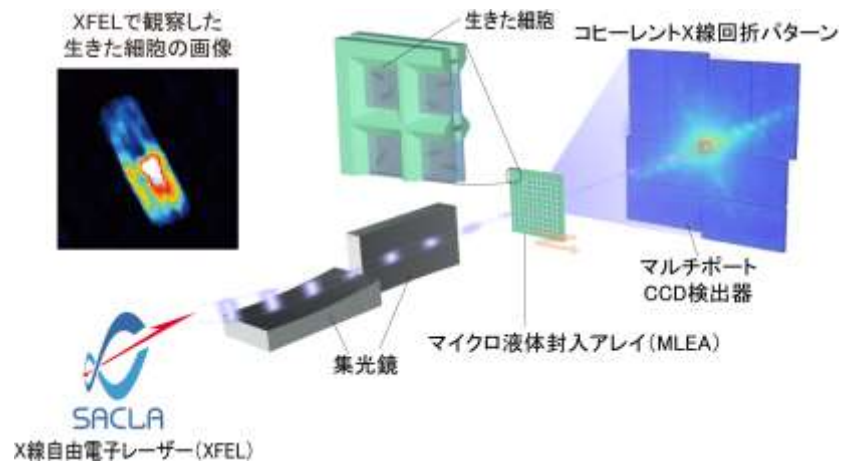


図5 XFELを用いた生きた細胞の観察

この実験のため、XFELを用いた溶液試料に対するコヒーレントX線回折イメージング法である、パルス状コヒーレントX線溶液散乱法(PCXSS)を構築した。生物にとって水は

構造を保つ上で必須であり、PCXSS による溶液試料のナノ観察は極めて重要である。PCXSS では、溶液試料を薄膜の間に静置し、環境を制御したイメージングが行える。XFEL は極めて強力で、溶液試料を挟む薄膜は、XFEL を一発当てると破壊される。このため、独立の液体槽を 2 次元アレイ状に多数配置した、マイクロ液体封入アレイチップ (MLEA) を独自開発した。実験では、*Microbacterium lacticum* という微生物細胞を観察した。*M. lacticum* は、サブマイクロメートルという小さなサイズのため、光学顕微鏡では内部構造の観察は困難であり、細胞生物学的知見はほとんど得られていない。XFEL で観察した細胞には、核様体に由来すると考えられるイメージ強度の高い領域などが観察された。

### 3. おわりに

著者らは、XFEL の集光度を向上させることなどにより、さらに小さな生体分子の観察や、さらなる分解能の向上を目指している [11]。また、可視光領域でのコヒーレント回折イメージングにより、生物試料などを定量的に位相コントラストイメージングする研究も進めている。

### 参考文献

- [1] D. Sayre: Acta Crystallogr. **5**, 843 (1952).
- [2] R. W. Gerchberg and W. O. Saxton: Optik **35**, 237 (1972).
- [3] J. R. Fienup: Appl. Opt. **21**, 2758 (1982).
- [4] J. Miao, P. Charalambous, J. Kirz and D. Sayre: Nature **400**, 342 (1999).
- [5] I. K. Robinson, I. A. Vartanyants, G. J. Williams, M. A. Pfeifer and J. A. Pitney: Phys. Rev. Lett. **87**, 195505 (2001).
- [6] P. Thibault, M. Dierolf, A. Menzel, O. Bunk, C. David, and F. Pfeiffer: Science **321**, 379 (2008).
- [7] J. Miao, K. O. Hodgson, T. Ishikawa, C. A. Larabell, M. A. LeGros and Y. Nishino: Proc. Natl. Acad. Sci. USA **100**, 110 (2003).
- [8] Y. Nishino, Y. Takahashi, T. Ishikawa, N. Imamoto, and K. Maeshima: Phys. Rev. Lett. **102**, 018101 (2009).
- [9] R. Neutze, R. Wouts, D. van der Spoel, E. Weckert, and J. Hajdu: Nature **406**, 752 (2000).
- [10] T. Kimura, Y. Joti, A. Shibuya, C. Song, S. Kim, K. Tono, M. Yabashi, M. Tamakoshi, T. Moriya, T. Oshima, T. Ishikawa, Y. Bessho, and Y. Nishino: Nat. Commun. **5**, 3052 (2014).
- [11] J. Pérez and Y. Nishino: Curr. Opin. Struct. Biol. **22**, 670 (2012).



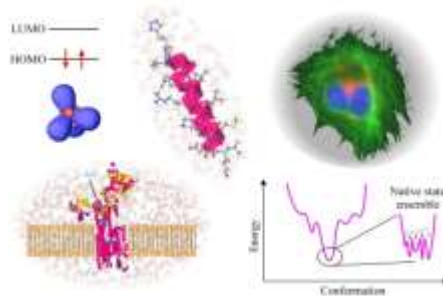
2015 年 4 月より第Ⅷ期 5 研究会が発足いたしました。以下に、各研究会のコンセプトを紹介いたします。

**■ バイオ単分子研究会 委員長：西野 吉則（北海道大学電子科学研究所 教授）**

生命現象を動的な分子レベルから理解することは、生物学の究極の目標の一つである。これは、量子力学的な「デジタル」世界と古典統計力学的な「アナログ」世界とを結び付けるという、自然科学の壮大な問いにも通じる。

特定の立体構造をもったタンパク質分子やその複合体は、あるものは精密な「デジタル」な分子機械として振る舞う一方で、あるものは熱的な揺らぎを受けて「アナログ」な動的機能を発現する。DNA を介して「デジタル」な遺伝情報は次世代に正確に受け継がれるが、エピジェネティックな制御により「アナログ」で多様な表現型に道が開かれる。さらに、生物は雄大な時間スケールで大進化を起こす。このように、生物は、確実な動作や情報伝達を行うデジタルな世界と、多様性と個性をもったアナログの世界を巧みに使い分けて自らを制御している。

多数の分子のアンサンブル（集団）平均や時間平均ではなく、生物試料を、生きた細胞の中や生きているに近い環境で、分子レベルで理解するには、多岐に亘る革新的な技術開発が求められる。本研究会では、様々なプローブを用いた単分子レベルでの計測技術や、細胞の動的制御技術、さらには情報科学や理論など、様々なアプローチから、生命現象の動的な分子レベルからの理解を目指す議論を交わすことを目的とする。



**■ ナノカーボン研究会 委員長：片浦 弘道（産業技術総合研究所 首席研究員）**

ナノカーボンとは、少なくとも1次元方向の大きさが 100 ナノメートル以下の炭素材料であり、「ナノ」が引き出す魅力的な物性を示す。特に炭素  $sp^2$  ネットワークは構造柔軟性が高く、フラレン（0次元）、ナノチューブ（1次元）、グラフェン（2次元）等、多彩な新材料群が見出され、その優れた基礎物性から次世代半導体材料などとして期待されている。これらナノカーボン材料の合成・精製技術の近年の進展は著しく、特定の原子配列の構造体の合成や分離精製も可能になってきており、その物性解明も進みつつある。しかし、多彩な物性の本質的な理解にはたどり着いておらず、それ故にその応用展開も制限されている。

ナノカーボン研究会では、この魅力的なナノカーボン材料に焦点をあわせ、その基礎物性の理解から応用技術展開まで、既存の分野カテゴリーにとらわれることなく、広く調査研究を行い、科学・技術の発展への貢献を目指す。構成委員を中心に、招待講演者も加えた研究会を開催し、討論に十分な時間を確保することにより、通常の学術集会では得られない熱い議論と深い理解の機会を提供する。気鋭の若手研究者の積極的参加を促し、ナノカーボン材料研究のさらなる発展を目指す。



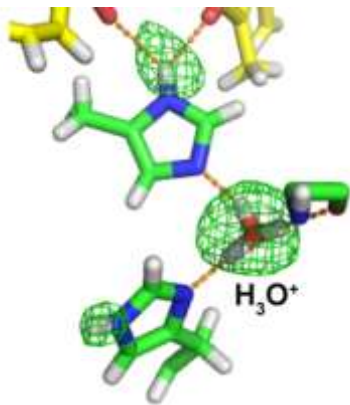
■ 水和ナノ構造研究会

委員長：日下 勝弘（茨城大学フロンティア応用原子科学研究センター 准教授）

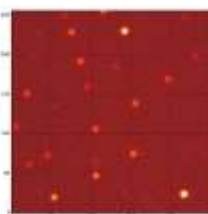
サブナノメートルレベルで生体内機能を制御するタンパク質等の周りには、非常に多様な形で水が存在する。あるものは安定に水和し、あるものは運動し、そしてあるものはイオンの形で存在する。タンパク質や核酸 DNA のように特定の大きな構造を持つ生体高分子と比べて、小さな分子である水が、生体高分子とどのように相互作用をして生命活動を成立させているかは、未知な部分が多い。たとえば、タンパク質や DNA が機能する直前の分子認識における水の役割、化学反応中の状態における水の関与したプロトンや水分子自体の授受および水素結合の形成・解消、そして、反応後の水の脱離やタンパク質・DNA 分子への再水和・再配置、さらには膜タンパク質のプロトンポンプ機構におけるプロトン等の授受における水の役割のように、生体機能の中において、ナノスケールで重要な役割を、黒子のように、果たしている。

このような水和ナノ構造の解明には、水素位置決定を得意とする中性子回折法が重要な役割を担う。まもなく1MW の最高出力を迎える J-PARC の中性子回折計(茨城県生命物質構造解析装置 iBIX)にて、各種酵素とその基質との複合体や膜タンパク質も含めた水和構造に関して、プロトネーションも含めた機能に直結した水や水素位置構造の解明を目指す。

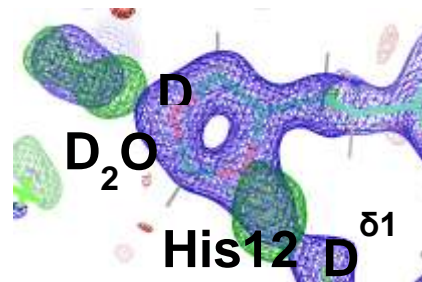
本研究会では、上記 iBIX のソフトウェアの改良や必要な大型結晶育成法も含めて、さまざまな実験分野のほか、計算科学研究者にも生体高分子中の水やプロトネーションについて議論を深めてもらい、関連分野の飛躍的な発展を狙う。



光合成色素合成酵素のオキソニウムイオン



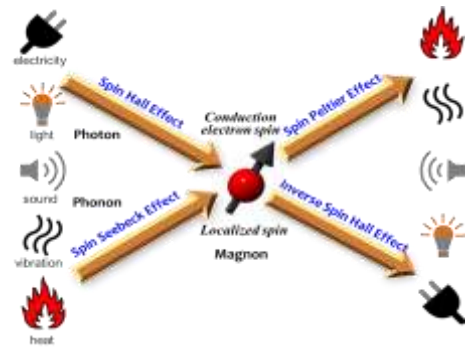
J-PARC iBIX とその回折像の一部



核酸分解酵素活性部位で観測された配位水

■ スピントロニクス研究会 委員長：大谷 義近（東京大学物性研究所 教授）

スピン変換は、角運動量保存則に基づく、電気、光、音、振動、熱の相互変換現象の総称であり、スピントロニクス研究の根幹を担うものである。この中には、スピンホール効果、逆スピンホール効果、スピンゼーベック効果、スピネルチェ効果、純スピン流誘起磁化反転、絶縁体へのスピン注入、スピン起電力、強磁性超薄膜の磁気異方性電圧制御など、最近発見された関連現象が数多く含まれる。これらのスピン変換現象の多くは、磁性体、非磁性体、半導体、絶縁体等の異種物質の比較的単純な接合界面近傍のナノスケールの領域で発現する。このため、スピン変換現象は優れた汎用性・応用性を持っており、様々な物質の接合種を選択できることから自由度の大きな機能設計が可能である。



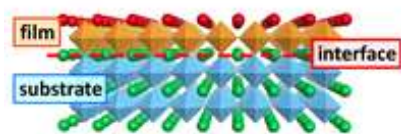
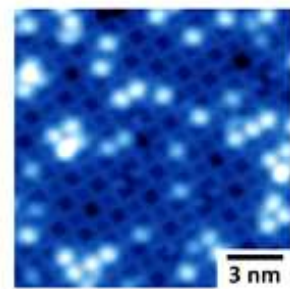
本研究会では、日本のスピントロニクス研究の中心メンバーが集まり、こうしたスピン変換現象を遍歴スピン、マグノン、フォノン、フォトンなど多様な粒子・準粒子間の相互変換として実験と理論の両面から統一的な理解を目指し、最終的には新しいスピントロニクス機能を提言することを目標とする。

■ 界面ナノ科学研究会

委員長：一杉 太郎（東北大学原子分子材料科学高等研究機構 准教授）

“界面はデバイスそのものである”と、ノーベル賞受賞者である Kroemer 博士は喝破した。これはシリコン半導体素子や半導体レーザー素子を想定した言葉であったが、今、この一言は色あせるどころか、ますます輝きを増している。

ナノテクノロジーの進展に伴い、原子レベルで制御された構造作製や、一つ一つの原子や分子を操ることも可能となってきた。そして構造が微小化するにつれ表面の効果が顕在化し、表面上に形成する界面が物性を決定づける要素となっている。持続的発展可能社会の担い手でもある太陽電池や蓄電技術は、原子レベルでの界面制御の場である。そして将来的には、量子効果と多元素による新機能の組み合わせによる全く新しい可能性も期待できる。さらに、表面・界面研究は各種ナノ計測技術進展の牽引車ともなっており、科学研究の知識と技術の源泉と言っても過言では無い。近代科学では、従来の物理、化学、無機物、有機物という縦割りは用をなさない。その先鋒である“界面ナノ科学”は、多くのフィールドの研究者の知恵を動員して開拓すべき一大研究領域である。そのような多彩な研究者が集まってなされる活発な議論こそが“表面・界面”であり、そこから新たなナノ科学が花開くことを狙う。



基板と薄膜、そして界面

## 「5年後の科学技術」懇話会

ATI 理事、セイコーインスツル(株) (SII) 研究開発センター長 中島 邦雄

本懇話会は SII からの提案により ATI 特別企画として 2013 年度に設置したものです。この懇話会では近未来に必要となる、或いは可能となるであろう科学技術を、その時代の社会の様相を推測しつつ考察し、その実現のために必要と考えられる研究課題・技術課題を取り上げ、広い視野で自由に議論し、将来技術と産業を考察する機会とすることを目指しています。これまでに 2 回の懇話会を開催してきました。出席対象者は ATI 企画委員および SII の研究開発者や話題に関連する SII 事業部の企画、マーケティング、技術の方々としています。また、主旨の具体化や話題提供者の選定などについては ATI 評議員の中原氏にお力を貸していただきつつ検討してきました。

以下に概要を記します。なお、「5年後」と銘打っていますが、5～10年後の科学技術と社会を考える場と捉えています。

\*\*\*\*\*

### 第 1 回「5年後の科学技術」懇話会(2014 年 3 月 27 日)

#### 『近未来の通信ネットワークが創りだす社会環境と技術課題』

話題提供者 中原 恒雄 氏(ATI 評議員/元 住友電工(株)代表取締役)

近未来の科学技術として取り上げるべき研究・技術領域は多岐にわたりますが、懇話会の初回としてはそれらを包括して視野に収めることのできると思われ、かつ社会の在り様ともかわりの深い「通信ネットワークが創りだす社会環境と技術課題」を取り上げ、その近未来像実現のための技術と必要なブレイクスルーなどについて考えました。ここには通信インフラ自体をもさることながら、材料、半導体技術、電子デバイス、エネルギー制御、情報セキュリティなど、およびそれらの実現に向けたナノ加工・ナノ計測技術などを含みます。

話題提供者として、長年住友電工にて通信インフラの研究開発と事業化に携わってこられた中原氏にお願いしました。中原氏よりどのように将来予測を行い、技術開発を先導し実現してこられたか、などについてお話しいただき、その後は自由に議論し近未来の通信ネットワークを考察しました。

\*\*\*\*\*

### 第 2 回「5年後の科学技術」懇話会(2014 年 12 月 18 日)

#### 『安全・安心・健全・快適な市民社会を支える社会インフラストラクチャーの将来像』

話題提供者 野呂 一幸 氏(技術同友会/元 大成建設(株)常務役員設計本部長)

懇話会第 2 回としては、安全・安心・健全・快適な市民生活を支えるための社会インフラストラクチャーの将来像と、それを構築するため産業技術に求められるものをより具体的に議論したいと考えました。例えばビルや住宅の管理・メンテナンスをよりインテリジェント化するためのネットワークシステム、或いは高齢化対応の一つとして、生活支援・見守りや医療・介護のための情報ネットワークに求められる電子・情報技術(センサーや電子デバイスなど)は何か、などについて示唆を得るべく、産業界の事業モデルを考察しました。

話題提供者としては大成建設において設計本部を率いてこられました野呂一幸氏にお願いしました。

\*\*\*\*\*

第1回、第2回とも SII 研究開発センターと事業部からの出席を得、それぞれ 20 名程度の妥当な規模で開催することができました。フリーディスカッションとして、第1回では光ファイバーの開発の歴史と通信インフラ技術の進展、社会の変化や政策への意識、企業における研究開発、インフラ産業とデバイス産業との相違と共同、など、また第2回においては社会インフラの将来像、日本と新興国における新旧の都市インフラ、IT の活用とそれによる設計思想・設計システムの変化、住民の秩序観と知見を基にした安全・安心そして美しい街作りへの期待、などが議論されました。



第2回懇話会の模様

また、ATI と SII 事業部との交流の場の一つとなったことも収穫の一つです。今後も続けていきたいと思えます。



(コーヒーブレイク)

## ヨッフエ研究所名誉所員に選出されて

東京工業大学名誉教授 榎 敏明

一昨年 10 月にロシア科学アカデミー・ヨッフエ研究所(Ioffe Physical Technical Institute, Russian Academy of Sciences)の名誉所員に選出され、昨年 10 月、ロシア・サンクトペテルブルグにある同研究所での研究所創設者 Abram F. Ioffe の誕生日(10月29日)を記念して行われる称号とメダルの授与式に出席し、受賞講演を行いました。受賞式は Paul Dirac 等、現代物理学の巨匠や様々な著名研究者も講演した研究所の本館講堂で行われました。名誉所員には現在までに 58 名が選出され、なかには、Nikolay G. Basov、江崎玲於奈、Klaus von Klitzing、Sir Nevil F. Mott、Alexander M. Prokhorov、Kai Siegbahn らのノーベル賞受賞者、核磁気共鳴の Anatole Abragam、Andreev 反射の Alexander F. Andreev、発光ダイオードの Nick Holonyak、フラーレンの理論的予言を行った大澤映二、Clinton 政権のナノテクノロジー国家戦略の責任者 Mildred S. Dresselhaus 等も名を連ねており、研究所本館の廊下には歴代の名誉所員の写真が並べられております。



研究所の創設者Abram F. Ioffe (1880-1960)は、Marie Curie、Albert Einsteinと同時代に活躍した現代物理学のパイオニアの一人であり、1918年にサンクトペテルブルグに同研究所を創設し、初代研究所長として、旧ソビエトの物理学研究の最前線を支えてきました。Ioffeは居所を研究所の一角に構え、多くの研究者と研究をともにしました。そのなかで、ヨッフエスクールからは、Pyotr L. Kapitsa、Lev D. Landau、Igor E. Tamm、Nikolay N. Semenov、Zhores I. Alferovらのノーベル賞受賞者や半導体中のエキシトンの業績で知られるYakov I. Frenkel等、多くの現代物理学の礎を築いた研究者が育ち、現代物理学の歴史に大きな足跡を残しました。また、ヨッフエ研究所は、固体物理学、特に半導体物理学の研究での大きな貢献の他、核融合の研究にも大きなアクティビティを持っており、トカマクを用いた研究が行われております。1960年代のフルシチョフ第一書記が政権を担当していたときには、ガガーリン少佐による最初の宇宙飛行の人工衛星制作にも研究所の研究者が携わったとのことでした。

ヨッフエ研究所のあるサンクトペテルブルグは、フィンランド湾に面し、ピョートル大帝によって、1703年にロシアのヨーロッパへの玄関口として建設され、ロマノフ王朝がロシア革命によって倒されるまでロシアの都として、また、文化の中心として栄えました。300年前に建設されたヨーロッ



パ風の町並みは今でも良く保存され、街の中心を流れるネヴァ川の南にネフスキー大通りが走り、その西端にはエルミタージュ美術館、東端にはアレクサンドルネフスキー修道院が位置し、修道院の墓地にはチャイコフスキー、ルビンシュテイン、ムゾルグスキー、リムスキー・コルサコフ、ドストエフスキー、ロモノソフ、オイラー他、数多くの音楽家、画家、作家、科学者の墓があります。また、街の中をフォンタンカ運河、白鳥運河が流れ、街の中心には、巨大な聖イサーク大聖堂、皇帝アレクサンドル2世が暗殺されたハリストス復活大聖堂、詩人プーシキンが決闘の前に立ち寄った文学カフェ、オペラやバレエの殿堂マリンスキー劇場、運河に囲まれ、森の緑と沢山の彫刻が良く調和した美しい夏の庭園、ネヴァ川対岸にあるペトロパヴロフスク要塞、また、郊外には、琥珀の間等のあるエカテリーナ宮殿等があり、ロシア文学、ロシアの音楽、歴史、絵画、建築の愛好家には興味の尽きない街です。私は、サンクトペテルブルグにはこれまで何度となく訪れました。行く度にネフスキー大通りを走るジョギングは楽しいひとときであり、科学研究のみならず、芸術の街として、また、ロシア革命の舞台として、サンクトペテルブルグは様々な顔を持った私の好きな街の一つとなっています。

## 2015 年度 ATI 研究奨励賞選考報告

選考委員長 森田 清三

ATI 研究助成は、35 歳以下の若手研究者のナノサイエンスに関するチャレンジングな研究を奨励する目的で毎年公募し、10 件程度の研究テーマを採択しています。従来は助成期間後に成果報告を受領することで助成終了としていましたが、若手研究者への奨励をさらに促進するため『ATI 研究奨励賞』を設置し、研究計画が十分に達成され、かつ優れた研究成果を出したと評価しうる研究を毎年 2 件以内で表彰を行うこととしました。第 1 回目の 2014 年度 ATI 研究奨励賞では、2012 年度の採択テーマ 12 件より同主旨の選考を、選考委員長(長)、研究会委員長、外部選考委員によるトップダウン体制で書類審査を行い、2 件の研究テーマについて奨励賞を授与することが決定し、去年 7 月の「研究報告会」にて授賞と成果報告を行いました。

第2回目となる今回の2015年度ATI研究奨励賞からは、研究助成に採択された若手研究者から、ATI研究助成受領後3年以内に奨励賞申請書を出して貰って選考する自薦（ボトムアップ）方式に切り替えました。これは、研究成果のアピールを申請者本人によって行って貰うことと、ATI研究助成による研究成果であることを自薦により申請者が直接確認するためです。今回の2015年度ATI研究奨励賞では、2012年度採択者10名（12名の採択者中2名は2014年度ATI研究奨励賞受賞済みで除く）から3人、2013年度採択者10名から4人の自薦があり、合計20名の応募資格者から7件の応募がありました。一次選考で外部選考委員1名を含む9名で奨励賞申請書や成果論文や過去の研究助成申請書や報告書を審査して、各委員が推薦した1位と2位を点数化し合計順位を出して、その後、選考委員全員で合議を行いました。その結果、2位が同点で2名いて、上位3人とも授与に値する十分優秀な業績結果であるとの結論になりました。他方、授与は2名以内としていたため、2名目を誰にするかを議論したのですが、分野も異なるなど決めるのは困難との結論で、最終的に下記の1位の一人にだけ2015年度ATI研究奨励賞を授与することが決まりました。7月31日開催予定の研究報告会にて授与と研究報告を行います。

●竹井邦晴氏（大阪府立大学 助教）2013 年度採択者

「無機ナノ材料界面の電氣的解析とその大面積印刷デバイス」

ATI 研究助成で開発した大面積印刷技術による歪みセンサ、温度センサをさらに応用することにより、オリジナリティの高い下記デバイスを開発

- (1) 指紋構造による「触覚」「摩擦」「温度」を検出可能な電子皮膚デバイス  
(3 軸触覚センサ)
- (2) 基板の曲げから完全独立した高選択比触覚センサとその電子皮膚デバイス

## 『原子層と界面そのものが鍵となる新機能』

## — 物質を薄くしていった極限の科学：現状と展望 —

一杉 太郎（界面ナノ科学研究会委員長）

2014年11月26日(水)、東北大学 東京分室(東京駅)において、「二次元」を共にキーワードとするナノカーボン研究会(委員長：齋藤理一郎)と界面ナノ科学研究会(委員長：一杉太郎)の合同研究会(第9回 ATI 合同研究会)が開催されました。両研究会の研究対象物質や計測技術の知識を交換し、新たな視点をもたらすことによって研究を活発化することを目指しました。

近年、「極限の薄さをもつ構造」を合成し、興味深い物性を探索する研究が活発に行われています。ATIの研究会では、界面ナノ科学研究会とナノカーボン研究会が二次元構造や関連物質の研究を推進しています。

界面ナノ科学研究会では、二つの物質が接する界面における性質が主題です。界面構造が原子レベルで制御・規定されると、界面にナノメートルオーダーの「二次元」機能物質が形成されたと見なすことができます。そして、これら界面における新規物性について理解を深め、新界面物性を創製することを目指しています。

一方、ナノカーボン研究会は、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド等、原子層の層数が数えられる「二次元」物質(原子層物質)の合成と科学を研究対象としています。原子層物質では、純粋に二次元物性を得ることができ、究極の性質を得ることが期待されています。

当日は、二種類以上の界面や原子層を組み合わせた複合界面、複合原子層の合成法、外場制御等、目標や現状と併せて活発な議論を行いました。

プログラムを以下に記します。

1. 「ポストグラフェンとしての2次元酸化物ナノシート」 佐々木 高義 (NIMS)
2. 「遷移金属ダイカルコゲナイドの原子層形成手法と素子応用」 上野 啓司 (埼玉大学)
3. 「グラフェンFETの実現へ向けて—コンダクタンス法によるギャップ内準位解析—」  
長汐 晃輔 (東京大学)
4. 「Less is different」 岩佐 義宏 (東京大学)

研究会では、まず伊達理事長から、「古典巡礼 量子論諸問題」と題して、1920年代の日本での量子力学の立ち上がりについて挨拶講演がありました。ハイゼンベルグ博士とディラック博士が日本に来て講演されたときに、数百人の聴衆が東大に集まったとのこと。その頃の日本の物理界の熱気がうかがわれました(ちなみに、この1929年に伊達先生がご誕生



とのこと)です。この時の講演会は、仁科芳雄博士によって翻訳され、「量子論諸問題」というタイトルで財団法人啓明会紀要 11 号として出版されています。伊達先生がその貴重な本をお持ちになったので、大変興味深く拝見させていただきました。その後調べたところ、この本は国立国会図書館デジタルコンテンツとして、ダウンロードできることがわかりました<sup>1</sup>。現在、東北大学 齋藤理一郎研のウェブサイト<sup>2</sup>からもダウンロードできます。興味のある方はぜひご覧ください。

今回の合同研究会の根底には、グラフェン研究の発展があります。グラフェンのフェルミエネルギー近傍のバンド構造はディラック点と呼び、量子力学で精度高く記述できます。伊達理事長の講演は研究会のイントロとして非常にマッチしていました。

次に、NIMS の佐々木高義先生から、酸化物ナノシートについての研究紹介がありました。さまざまな酸化物結晶を化学的に剥離して酸化物ナノシートを作り出し、さらにデバイスへの展開まで、幅広いレンジで酸化物ナノシートのおもしろさについて講演をいただきました。今後の広がりが見え、研究の発展が楽しみです。

上野先生からは  $\text{MoS}_2$  や  $\text{WSe}_2$  などの遷移金属ダイカルコゲナイドの合成から、デバイス応用への問題点まで整理していただきました。

長汐先生は、バイレイヤーグラフェンの可能性と BN の絶縁破壊について、丁寧に説明されました。実用化に向けて着実に一歩ずつ進んでいる様子がわかりました。

岩佐先生は、現在、ひっぱりだこの研究者であり、電気二重層トランジスタ構造を活用して、遷移金属ダイカルコゲナイドからの円偏光発光や超伝導についてお話いただきました。薄くすることにより、こんなにおもしろいことが起きるのか！と目から鱗が落ちるのを実感しました。

また、今回は、討論会という初めての試みも行いました。森田清三先生に座長をしていただき、齋藤ナノカーボン研究会委員長と筆者から、それぞれの接点における興味深い研究について説明しました。特に、 $\text{SrTiO}_3$  上の一層の  $\text{FeSe}$  極薄膜が 100 K の超伝導転移温度を示すというタイムリーな報告があり、議論が盛り上がりました。



どの講演にも、講演途中から多くの質問があり、議論が大変盛り上がりました。

懇親会も開催され、両研究会の交流は十分に達成されたと感じています。これをきっかけにしてさらなる情報交換や共同研究につながることを期待しています。

<sup>1</sup> <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1049359>

<sup>2</sup> <http://flex.phys.tohoku.ac.jp/japanese/edu/ryousigairon/ryouronshomondai.pdf>

## 第 9 回合同研究会挨拶講演より

## 古典巡礼

## 量子論諸問題

—ハイゼンベルグ、ディラック講演—

理事長 伊達 宗行

2013 年の本講演で、筆者は『原子と核子』と題する講演を行ったが、その際、提示した湯川博士の古書に注目する聴衆が多かった。それで本年は古典巡礼と題して、日本における量子力学の黎明期、1929 年に来日、講演を行ったハイゼンベルグ、ディラックの講演集を取り上げ、ご紹介することにする。仁科芳雄氏の丁寧な翻訳文を見ての解説である。

## 1 序説

1929 年 9 月 2～7 日の 6 日間、東京帝国大学文学部第 29 番教室および理化学研究所 2 号館講堂において数百人の聴衆を前にライブチヒ大学教授ハイゼンベルグ博士 (W.Heisenberg)、およびケンブリッジ、セントジョンズカレッジフェロー ディラック博士 (P.A.M.Dirac) の量子論講演会が開かれた<sup>1)</sup>。彼らは欧州を出てアメリカに渡り、日本に来て欧州に帰る世界一周旅行の途中であった。この時彼らは共に 28 歳、量子論の発展に偉大な成果を上げ、それを世界に示すキャンペーンの旅でもあった。彼らの日本招致を実現したのは、長岡半太郎、仁科芳雄らであるが、特に仁科の貢献が大きい。そして講演後、翻訳出版したのも仁科である。一方、事務的業務は財団法人啓明会が行い、その紀要第 11 号 (昭和 7 年 4 月 20 日) がこの講演会記録となっている (図-1)。翻訳者は仁科で、出版の遅れを詫びている。しかし非常にしっかりした訳文である。



図-1

## 2 構成

この講演会報告は、講演順序にとらわれることなく、仁科が講演者から受け取ったドラフトを見て編集したものとみられる。その目次は次のようになっている。

## 目次

本会常務理事序文	1
仁科芳雄氏序文	3
ハイゼンベルグ教授講演	
1 不定関係と量子論の物理的原理	5
2 強磁性論	14
3 電気伝導論 (ブロッホ著)	36
4 量子論における遅延ポテンシャル (パウリ共著)	58

## ディラック博士講演

1 重畳原理と二次元の調和振動体	81
2 統計量子力学の基礎	96
3 多くの電子を有する体系の量子力学	105
4 相対性電子論	127

このリストを見ると、改めて時代の背景が浮かび上がる。激動の量子論はすでにその骨格を浮上させ終わっている。原子がわかり、スピンもわかり、物質波も捕らえられた。その物質波で浮上した量子力学の危機を、ハイゼンベルグは不確定関係の導入で切り抜けた。この講演会はそこから始まっている。そして締めはディラックの相対性電子論、この不朽の名作はまだ陽電子が発見される前での状態にある。よくぞこの時期にこのような講演会を日本で開き得たものである。

具体的な旅行および行事の詳細はわからないが、仁科芳雄往復書簡集 (1)<sup>2)</sup> を拾い読みすると、全体像が見えてくる。予定の変更もあったと思われるが、日程の概略は次の通りである。

8月30-9月1日	横浜着 箱根周辺散策
9月2-7日	量子論講義 東大、理研
9月8-9日	日光ツアー
9月10日	列車で京都へ
9月11-13日	京都、奈良見物
9月13日	夜行列車で門司へ
9月14日	午後門司出港

なお、ハイゼンベルグは印度経由で帰国、ディラックはシベリア鉄道で帰国している。

この講演会を開くにあたってどんな準備が行われたのだろうか。断片的な話しか残されていないが、いくつかの勉強会があったようである。また論文が謄写版印刷され、それを元に勉強したとも伝えられている。

以下の章で両博士の講演概要を述べるが、注意を要するのは学術用語の訳である。今日定着している表現と違っているものがあるので、その主なものを挙げておく。例えば我々といわずに吾人という。縮退は退化、または塊堆、これはむつかしい。行列は方列、これは一般的ではない。この時代の数学書を見ても行列式は行列式となっている。仁科独特の訳語である。また磁気能率は単に磁率である。磁化率と間違いやすい。こんな点に注意する必要がある。

## 3 ハイゼンベルグの講演

ハイゼンベルグ(図-2)の講演は4章に分かれている。

## (1) 不定関係と量子論の物理的原理

不確定性原理の丁寧な解説。粒子と波動の二面性をもたらす必然的な不確定について彼は『これは見方



図-2

によっては甚だ不満足な状態であるという人もあろう。しかし物質を構成する究極の微粒子の存在が既にそんな人の抱く概念を裏切っていることに想起すれば、吾人の概念または言葉そのものの性質上避くべからざる当然の帰結と言わなければならぬ』と云っている。

(2) 強磁性論

ランジュバン、ワイスに始まり、ハイトラー・ロンドンの水素分子模型の成功を見ての構成。むつかしい論文である。アインシュタイン・ドハースの実験で、強磁性がスピン角運動量から来る、との発見が重要なヒントになっている。そして理論の核心部にある交換相互作用がプラスの理由はわからないと言っている。ひとこと付け加えれば、交換相互作用エネルギーがスピン演算子のスカラー積で書けることは後年のディラックによって指摘されたのであり、この論文ではまだわかっていなかった。

(3) 電気伝導論—ブロッホ—

ハイゼンベルグの弟子、ブロッホは師の指示で金属電子論に取り組んだ。ドルーデ・ローレンツ電子論の欠点、比熱、電気抵抗の解決、ブロッホの定理などが登場する。

(4) 量子論における遅延ポテンシャル—パウリと共著—

ボーアの原子模型においては相対性理論は考慮されていない。当然これが取り入れられるべきであるが、問題はむつかしい。これをどう取り扱うべきかについての一般論を述べている。実験事実との対比はしていない。理論の整理が主である。

#### 4 ディラックの講演

ディラック (図-3) の講演課題はつぎの 4 項目である。

(1) 重畳原理と二次元の調和振動体

光を例として粒子と波動の二面性を丁寧に解説している。特に古典論との違いを対比して述べており、わかりやすい。そしてこれを二次元の調和振動子と対比して光の偏光、角運動量を説明する。初学者に大変親切である。後年の、朝永振一郎の名著『光子の裁判』<sup>3)</sup> が思い出される。

(2) 統計量子力学の基礎

フェルミ・ディラック統計の生みの親の解説。しかしここでは古典統計と量子統計との違いと類似点を対比して簡単に述べている。

(3) 多くの電子を有する体系の量子力学

量子力学の手法が確立し、これまで手付かずであった原子の多電子系の解明が可能となった。それまではフントの結合則で現象論的取扱いにとどまっていたものが、見通しの良い理論にまとめられた。

(4) 相対性電子論

ディラックの最も有名な相対性電子論の丁寧な解説。注目すべきことは、この講演が行われた時点で、まだ陽電子は発見されていないのである。ディラックは最後にこの理論の問題点を取り上げている。彼は次のように述べている。古典論でも計算上負のエネルギーが出てくるが、それは削除できる。しかしこの理論ではそれを削除できない。今後の問題であると締めくくっている。そしてこの講演から 3 年後、アンダーソンによって宇宙線の中に陽電子が発見されたのである。



図-3

## 5 講演の周辺

この講演会が開かれた時はどんな時代だったのだろうか。その雰囲気勝木渥著『量子力学の曙光の中で』<sup>4)</sup>に述べられているエピソードを中心に眺めてみよう。

今日と違って外国との交流、情報交換が甚だ時間のかかるものだった。商業航空機は無いから旅行はすべて船と鉄道であり、手紙は船便が主である。そしてコピー機もないからすべて手書きであり、謄写版印刷である。こんな中で著名な科学者を招聘することは大事業であった。物理学の分野でその成功例をあげれば、1922年のアインシュタイン、1928年のゾンマーフェルト、そして1929年のハイゼンベルグ・ディラックが1920年代のすべてである。そして通訳を務めたのが、それぞれ石原純、杉浦義勝そして仁科芳雄であった。アインシュタインの来日は関東大震災の前年、日本中がお祭り騒ぎになったという。ゾンマーフェルトは1928年12月、東大法学部講堂で4回、『波動力学と電子論』と題する講演を行った。金属電子論が中心だったという。

ハイゼンベルグ・ディラック講演会では、1929年の4月から一部で勉強会が行われたようである。しかし、その主催者や出席者はあまりわかっていない。また講演会自体については犬井鉄郎がかなり後で思い出話を書いているなどを参考にすると、ハイゼンベルグの講演中にディラックが居眠りをしたとか、めったに人を先生と呼ばない長岡半太郎が、ハイゼンベルグを先生と言ったなどのエピソードがある。またちょうどこの時、ドイツが世界に誇る飛行船、ツェッペリン号(図-4)が東京にやってきた。これを見てハイゼンベルグが『グラフ ツェッペリン(ツェッペリン伯爵)』と叫んだ、という。この時代の象徴的な話である。

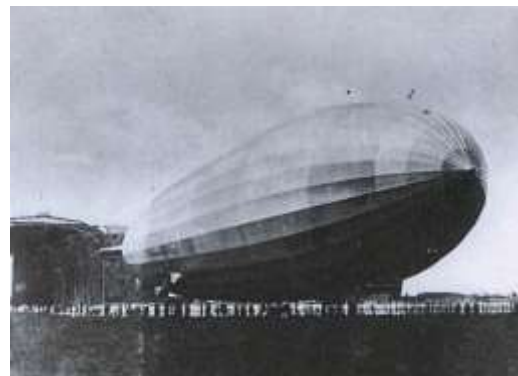


図-4

## 文献

- 1) 量子論諸問題 啓明社 紀要第11号 (1932) 4月号
- 2) 仁科芳雄往復書簡集(1) 中根良平他編 みすず書房(2006)
- 3) 朝永振一郎 光子の裁判(1)、(2) 弘文堂 基礎科学(1949) 11-29、12-24
- 4) 勝木渥 量子力学の曙光の中で 星林社(1991) 88-94

## 第 37 回 ATI 公開フォーラム開催記

2014 年 11 月 27 日（木）に明治大学紫紺館で、第 37 回 ATI 公開フォーラムが開催されました。これは新しい科学・技術や時宜に応じた社会・文化の話題を広く一般に紹介する公開講座です。今回は国立遺伝学研究所斎藤成也教授による『日本列島人の由来』、信州大学中村浩志名誉教授による『ライチョウが語りかけるもの』の 2 講演が行われました。



斎藤先生からは、私たち日本人のルーツ解明につながる大変興味深いお話があり、中村先生のご講演では、ライチョウをテーマとしながらも、それだけにとどまらない様々な問題を考えさせられる機会となりました。約 50 名の参加者は、みなさん大変熱心に聴講され、講演後は活発な質問も出されました。詳しい内容については、近いうちに発行される講演録をご覧ください。

これからも幅広い層の皆様に興味を持っていただけるテーマを選んで開催していきますので、関係者の皆様からも多数のご参加をお待ちしています。（事務局長 色野）

### （受賞紹介）

#### 大野 英男氏「第 5 回化合物半導体エレクトロニクス業績賞赤崎勇賞」を受賞



大野英男氏（スピントロニクス研究会）が「第 5 回化合物半導体エレクトロニクス業績賞（赤崎勇賞）」を受賞されました。

本賞は、化合物半導体エレクトロニクス分野において新しい技術の開発、発明、新原理の発見、または卓越した実証システムの構築などにおいて顕著な業績を挙げた者を顕彰するもので、今回の大野教授の受賞理由は「強磁性化合物半導体の創成とスピントロニクスの先導的研究」によるものです。

授賞式は第 62 回応用物理学会春季学術講演会期間中の 3 月 11 日に行われ、「AllInAs/GaInAs から強磁性半導体 GaMnAs まで」と題する記念講演を行いました。

### （著書紹介）

#### 『フラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学—ナノカーボンの世界—』 基本法則から読み解く物理学最前線 [5] 巻（共立出版）

ATI 評議員でナノカーボン研究会委員長の齋藤理一郎氏（東北大学教授）が著した『フラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学』が「基本法則から読み解く物理学最前線\*」の第 5 巻として共立出版より刊行されました。本書ではナノカーボン分野の最新の情報がコンパクトにまとめられ、高校生から大学院生、研究者、一般の幅広い読者を異国の地（ナノカーボンの世界）へ案内する旅のガイドブックとして、読者それぞれの興味とレベルに合わせて読むことのできる構成になっています。ぜひ一度お手にとってご覧ください。



\*このシリーズの第 1 巻はスピントロニクス研究委員である齋藤英治氏と界面ナノ科学研究委員である村上修一氏の共著による『スピン流とトポロジカル絶縁体』（ATI ニュース 16 号で紹介）

## 御茶ノ水 坂道散歩 —その貳—

## 甲賀坂



日大歯学部直前にこの甲賀坂の標識は立つ。ATI フォーラム、研究報告会、…、催しの度に、私はこの坂と言えない緩やかな登りを機材を抱えながら一抹の不安とともに過ぎる。準備は果たして万端であったか…。そんな折ふと気付いた標識の文字に何故か心が和んだ。今、ここに自分がこうしてあることを楽しむべし、と。

初めてこの街を知ったとき、隣接する建物が別の大学であることに奇妙な感覚を抱いた。他人の街であった。今は勤務地としていくばくかの苦心とともにこの街に親しんでいる。



## 紅梅坂



外出時駅までの途上で、ふらりと足を踏み入れることがしばしばある坂道である。ほんの少しの気分転換と街の雰囲気季節変化を感じ取りたいためであったか。

石垣の上はニコライ堂、正門でちょっと振り返りその白と緑の清冽を感じさせる建物の美しさをまた観る。バザーに紛れ込みワインを一杯いただいたこともあった。スケッチのメッカであり、私にとっての癒しの道でもある。

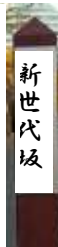
元々は前述の幽霊坂と一本だったが、維新後敷かれた本郷通りにより分断され改称された。が、「紅梅坂」とは、いささか安易である。



## 新世代坂

御茶ノ水駅聖橋口から大きなカーブを描いて緩やかに下る駿河台3丁目交差点までの坂道であり、私の命名である。もちろん標識はない。

ATIを兼務していた頃の幕張からの途上、少し憂鬱だった気分を引きずったままATIに辿りつこうとしていた。私の眼に映ったのは、晩秋の早くも傾きかけた午後の日差しに映える見事な銀杏並木の黄葉だった。息を呑み佇むことしばし、憂鬱な気分は速やかに消えた。このとき以来、私は御茶ノ水とATIにぞっこんとなった…。そして今、これをしたためている。



## 観音坂



ATIのあるビルから始まるこの坂は私の御茶ノ水暮らしのためにある。手軽に短時間で弁当とするか、しっかりと牛タンか、はたまたこってりと中華定食か…昼食は思案のしどころ。時にはアルコールの仕入先にもなるし、坂道を抜けた突き当りにはご用達のイタリアンレストランもある。出不精な私にはこれで事務所生活のほぼ全てを賄うことができている。

名前の由来はかつてあった観音院もしくは観音寺による。御茶ノ水には珍しく、生活臭漂う通りである。写真の風景も心なしかごたごたしている。

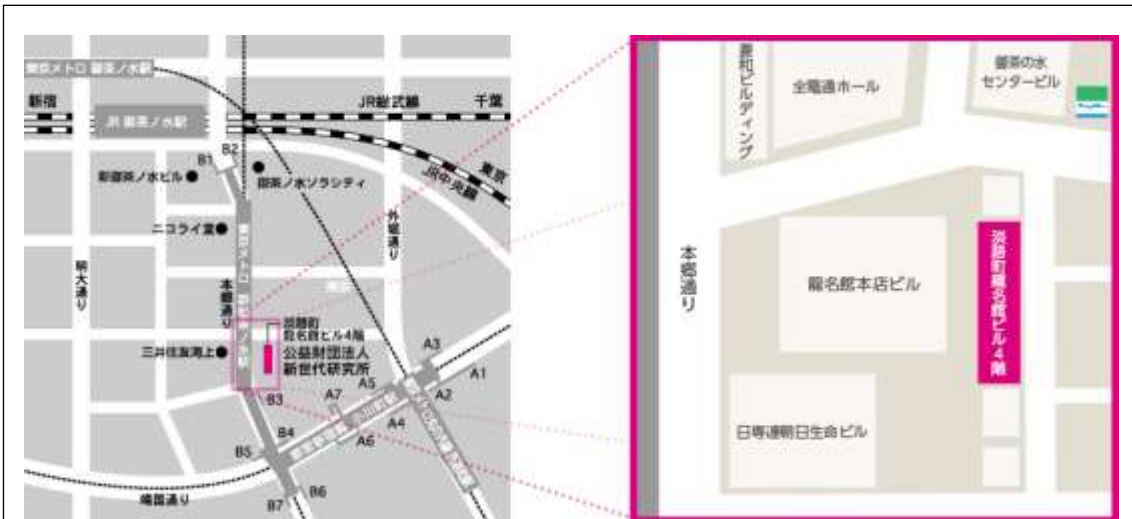


(事務局 白石)

### 【編集後記】

2015年度の事業活動が始まりました。5研究会中、6年間続いた3研究会が、委員長を新たにスタートします。第一線の研究者の集まりである新世代研究所(ATI)の研究会の始まりはいつもワクワクします。これまでもATIの研究会を活用してさまざまな業績を挙げていただいているので、新しい研究会でもすばらしい成果が飛び出してくるのではないかと思います。皆様も今年度からの5研究会にどうぞご期待ください。研究会の委員の方は『この方の、こんな講演を聞きたい』などのご要望がありましたら、委員長に遠慮なくおっしゃってください。2015年度も幅と深みのある研究会を目指して活動していきたいと考えております。

ご協力の程、お願いいたします。(高瀬)



J R	御茶ノ水駅 (聖橋口)	徒歩 5 分
東京メトロ千代田線	新御茶ノ水駅	徒歩 2 分
丸の内線	淡路町駅	徒歩 3 分
都営地下鉄新宿線	小川町駅	徒歩 3 分

発行所

**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](mailto:info@ati.or.jp)

2015 年 5 月