

# 日本学術会議中部地区会議ニュース

No. 141

2016. 10

## I. 平成 28 年度第 1 回日本学術会議中部地区会議運営協議会

(於 金沢大学)

## II. 学術講演会 (於 金沢大学自然科学大講義棟レクチャーホール)

### 「Future Earth—社会と共創する地球研究」

花木 啓祐 (日本学術会議副会長、東京大学大学院工学系研究科教授)

### 「中国稲作文明の起源を探る」

中村 慎一 (金沢大学新学術創成研究機構長、金沢大学人間社会研究域歴史言語文化学系教授)

### 「世界最先端の顕微鏡技術で拓くナノサイエンス研究の新たな可能性」

福間 剛士 (金沢大学理工研究域電子情報学系教授)

## III. 日本学術会議会員・連携会員コーナー

### 「ほとんど本気— 論文排出権取引どうですか」

戸田山 和久 (会員：名古屋大学大学院情報科学研究科教授)

### 「電磁波で探る身の回りから宇宙まで」

八木谷 聡 (連携会員：金沢大学理工研究域電子情報学系教授)

## IV. 日本学術会議中部地区科学者懇談会コーナー

### 「日本学術会議第 171 回総会傍聴記」

前田 達男 (科学者懇談会石川県幹事、金沢大学名誉教授)

## ○平成28年度第1回日本学術会議 中部地区会議運営協議会議事録

開催日時 平成28年6月22日(水)

10:30～12:00

開催場所 金沢大学事務局

5階中会議室

出席者 【日本学術会議中部地区会議運営協議会委員】

高橋 雅英(第二部:名古屋大学大学院医学系研究科長)

小川 宣子(第二部:中部大学応用生物学部教授)

中嶋 英雄(第三部:公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター所長)

松井 三枝(連携会員:富山大学大学院医学薬学研究部准教授)

鈴木 滋彦(連携会員:静岡大学副学長)

村田真理子(連携会員:三重大学大学院医学系研究科教授)

春山 成子(連携会員:三重大学大学院生物資源学研究科教授)

【日本学術会議中部地区科学者懇談会各県幹事】

竹内 章(富山県幹事:富山大学名誉教授)

森 寿(富山県幹事:富山大学大学院医学薬学研究部教授)

前田 達男(石川県幹事:金沢大学名誉教授)

福森 義宏(石川県幹事:金沢大学理事)

松田 正久(愛知県幹事:愛知教育大学名誉教授)

和田 肇(愛知県幹事:名古屋大学大学院法学研究科教授)

【日本学術会議事務局】

駒形 健一(事務局長)

坂上 信昭(事務局企画課課長補佐)

【陪席】

荒木 正寛(名古屋大学研究協力部研究支援課長)

小出 信吾(名古屋大学研究協力部研究支援課専門員)

新宮 陽子(名古屋大学研究協力部研究支援課研究総務係長)

下平 友理(名古屋大学研究協力部研究支援課研究総務係員)

### 議 事

#### 1. 中部地区会議運営協議会について

高橋代表幹事から、開会の挨拶の後、出席者から、所属している部及び委員会等を含めた自己紹介があった。次いで、本日の中部地区会議運営協議会は、科学者懇談会と同時に開催したいと提案があり、これを了承した。

なお、高橋代表幹事から、丹生科学者懇談会幹事長が急病で急遽欠席となったため、丹生幹事長から松田愛知県幹事を幹事長代理として指名があった旨付言があった。

#### 2. 地区会議代表幹事の報告

高橋代表幹事から、資料3-1に基づき、4月14日～16日に開催された第171回総会について報告があった。科学技術政策の方向・転換期における学術の拠点としての大学・国立大学のあり方について今年度中に提言を出す予定であること、「Future Earth」は午後からの花木副会長が講演される予定であること、女性会員が50名になったこと、さらに次の半年に取り組む課題について紹介があった。

次いで、駒形日本学術会議事務局長から、資料3-2に基づき、日本学術会議が現在取り組んでいる主な審議課題について説明があった。

続けて、資料3-3に基づき、平成28年5月20日付けで「安全保障と学術に関する検討委員会」を設置した旨の報告があり、5月26日に説明を行ったこと、また、明後日(6月24日)に第1回委員会を開催予定しており、委員長、副委員長及び幹事が決める予定であることについて説明があり、同様に、今年7月にも同委員会を開催予定である旨付言があった。

さらに、来年改選時期である会員の女性比率を30%とする目標があること、また、時期の延長を繰り返している日本学術会議の地方移転問題について、今後、移転検討委員会で検討が行われることとなっているが、現在のところ横浜市を候補地として平成30年度移転の予定である旨説明があった。

委員会等の公開の有無及び熊本地震等災害に対する日本学術会議のあり方等について、各委員で意見交換が行われ、出された意見に対するフィードバックを日本学術会議事務局に要望した。

### 3. 学術講演会について

高橋代表幹事から、後刻の「各県幹事との打合せ会」で、学術講演会の進め方等について審議したいとの説明があった。

### 4. 地区会議ニュースについて

高橋代表幹事から、資料4に基づき、次号(No.141)発行のための原稿執筆者について検討したいとの提案があり、次のとおりとした。

○会員コーナー関係記事：

戸田山 和久 (会員)

金沢大学に推薦依頼 (〆切：7月上旬)

○科学者懇談会コーナー関係記事：

前田 達男 (科学者懇談会石川県幹事：  
総会傍聴報告)

なお、締切りは8月の末日とし、別途、文書でも依頼することとした。

### 5. 平成27年度中部地区会議事業実施報告について

高橋代表幹事から、事務局に説明を求め、荒木研究支援課長から資料5に基づき、中部地区会議の平成27年度事業実施報告について説明があった。

### 6. 地区会議の開催について

高橋代表幹事から、資料6に基づき、次回地区会議の開催について、持ち回り順により岐阜県に依頼することになる旨提案し、これを了承した。なお、開催時期については、当番校で調整した結果、12月2日(金)を予定している旨案内があった。

### 7. 科学者懇談会各県幹事との打合せ会

松田科学者懇談会幹事長代理から挨拶の後、資料7に基づき、現状等について説明があった。

続いて、資料8-1及び8-2に基づき、新会員の加入、福井県幹事及び岐阜県幹事の交替について提案があり、これを了承した。併せて、新会員加入の勧誘について要請とともに、長野県幹事は、現在人選中である旨付言があった。

次いで、資料9に基づき、平成27年度科学者懇談会の収支について報告があった。

石川県幹事の前田金沢大学名誉教授から、資料10に基づき、日本学術会議第171回総会の傍聴について報告があった。

午後からの学術講演会については、別添の式次第に基づき実施すること、司会及び閉会挨拶は金沢大学の福森理事が担当すること等の説明があった。

なお、10月に開催される日本学術会議総会には、次回開催県である岐阜県幹事に傍聴を依頼することとした。

各委員から、一般研究者への広報として、「学術の動向」を国立大学だけではなく、私立大学等にも広く配付を行うこと、最新版をホームページに掲載を行ってほしい旨要望が出されたが、日本学術会議事務局から、冊子は原則購入であること、ホームページには3ヶ月後に掲載していること、広報委員会で内容改善の検討を予定していること、国立大学以外への配付は予算的に厳しいとの回答があった。

さらに、科学者懇談会とは何か、また懇談会が果たすべき役割とは、等について意見交換を行った。

## ○平成28年度第1回日本学術会議 学術講演会 「新学術創成への挑戦と取組」

開催日時 平成28年6月22日(水)

13:00～16:00

開催場所 金沢大学自然科学大講義棟

レクチャーホール

講師 ○花木 啓祐(日本学術会議副会長、  
東京大学大学院工学系  
研究科教授)

「Future Earth – 社会と共創する地球  
研究」

○中村 慎一(金沢大学新学術創成研  
究機構長、人間社会研  
究域歴史言語文化学系  
教授)

「中国稲作文明の起源を探る」

○福岡 剛士(金沢大学理工研究域電  
子情報学系教授)

「世界最先端の顕微鏡技術で拓くナ  
ノサイエンス研究の新たな可能性」

来場者 約120名

## Ⅱ. 学術講演会

<学術講演会要旨>

### Future Earth – 社会と共創する地球研究

花木 啓祐

(日本学術会議副会長  
東京大学大学院工学系研究科教授)

#### 1. Future Earth とは何か？

世界的なプログラムである Future Earth (以下 FE と略す) は何か？という質問に答えるのはむつかしいが、敢えて言えば、それは「国際的研究連携のプラットフォーム」ということができる。その目的としては、①地球環境の変化に伴い地球が直面している危機に対応、②地球課題を解決、③持続可能な社会への転換、④地球社会の未来を守るが挙げられ、その活動内容としては、①独自の研究プロジェクトの実践、②旧地球環境変化プログラムから移行したコアプロジェクトの実行、③新規、迅速、連携モデル研究プロジェクトの実行、④ FE のプロジェクト同士、FE 外の既存の関連プログラムやプロジェクトとのネットワーク構築、協働、情報交換の場の提供、が挙げられる。

FE が始められた基本的な背景としては、地球が直面している危機のうち、いくつかの要素は既に限界を超えた危険な状態にある、という事態の認識がある。

#### 2. Future Earth の誕生

地球に関する世界規模の研究プログラムはそれ以前から存在しており、世界気候計画(WCRP)、地球圏生物圏国際共同研究計画(IGBP)、生物多様性に関する国際共同研究計画(DIVERSITAS)、地球環境変化の人的側面国際研究計画(IHDP)などがさまざまな研究を進めてきた。これらの流れを汲み、後三者を統合し、発展させるのが FE である。

FE の考え方を最初に示したのが、2013年11月に作られた FE 初期設計報告書である。FE の基本的役割として、以下が挙げられている。

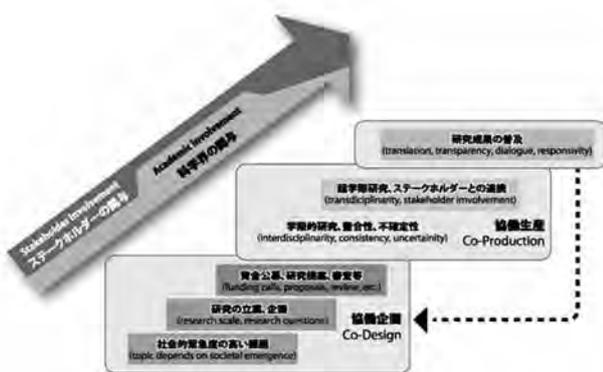
\* 持続可能な地球に移行するために不可欠な知識

の提供

- \* 根本的な課題の解決
- \* 異なる学術分野が統合し、最高質の科学的知識を提供
- \* ステークホルダーが協働し、広く科学コミュニティからのボトムアップのアイデアを包括し、課題解決を指向
- \* 既存の国際的なプロジェクト及び関連研究活動を包括

FE 誕生の背景となる問題意識を述べてみたい。地球環境に関する研究は大きな進展を遂げ、科学的知見は蓄積し、IPCC や条約への科学的知見の反映も行われているにもかかわらず、人類の生活スタイルは一向に変わず、地球環境は悪化の一途をたどっている。ここに、世界の科学者の活動や研究には、何か足りないのではないだろうかという疑問が生じ、社会が必要としている研究を行っているのか、また科学の成果を社会に生かすところまでを科学者が考えているか、という点に反省すべき面があるとの認識が出てきた。

そこで、現状を打破するために FE では分野を超えた学際的連携 (Interdisciplinary collaboration) と、社会の関係者との協働=超学際的方法 (Transdisciplinary approach) を行う。後者については、FE のカギとなる考え方で、ステークホルダーと共に研究計画を立て (Co-design)、共に研究を実施 (Co-production) し、共に結果の応用と実装 (Co-delivery) を行うことをめざす。



### 3. FE の研究ビジョン

2014 年 11 月に発行された「FE2025 ビジョン」では 8 つの挑戦が示されている。それらは、以下の通りである。

#### ①相互連関 (NEXUS)

水、エネルギー、食料をすべての人に供給し、環境、経済、社会、政治的变化による影響を含め、

それらの相互作用を管理。

#### ②脱炭素化 (Decarbonisation)

転換のための技術、経済、社会、政治、行動の変化を促進し、社会経済的脱炭素化により気候を安定化する一方、人間と生態系への気候変動の影響と適応策についての知識を深める。

#### ③自然資本 (Natural Capital)

生物多様性、生態系の機能とサービス間の関係を理解し、効果的な価値評価と統括の方法を作り上げ、陸域、淡水、海洋の自然資本を護る。

#### ④都市 (Cities)

よりよい都市環境・生活と低資源消費を両立するイノベーションを特定し、健全で復元力があり、生産的な都市を作り、災害に強い効率的なサービスと基盤設備を提供。

#### ⑤農村の将来 (Rural Futures)

土地利用、食料生産、生態系の解析と制度やガバナンスの必要性を特定し、生物多様性、資源、気候の変動の中で農村部の持続可能な将来を振興し、増加し豊かになる人びとへ食料供給を可能にする。

#### ⑥健康 (Health)

環境変化、汚染、病原体、感染媒介生物、生態系サービス、人間生活、栄養、暮らしぶりの間の複雑な関係を解明し、対応を明らかにすることによって人間健康を改善する。

#### ⑦消費 (Consumption)

資源消費による社会・環境面影響、暮らしぶりの向上と資源消費のデカップリング、持続可能な開発の道筋とそれに関連する人間行動変化を理解し、公平で持続可能な生産と消費を奨励する。

#### ⑧ガバナンス (Governance)

順応的なガバナンス、地球に関連した閾値・リスクへの早期警告、持続可能性への転換を推進し、効果的で責任を果たし透明性が高い組織を試みることで社会的復元性を高める。

これらの挑戦をおこなうために 62 の研究課題が FE 戦略的研究課題として 2014 年 12 月に示されている。

### 4. FE のプロジェクト

FE の前身の IGBP, DEVERSITAS, IHDP から引き続いて行われているプロジェクトを「コアプロジェクト」と呼んでいる。このコアプロジェクトについてはステークホルダーとの協働を強化し

ていくことが求められている。

これに加えて、FE 発足後行われている迅速プロジェクト (Fast Track Initiative) は、分野統合が特に求められたり、早急な実施が必要な新規プロジェクトである。

現在発展しつつあるプロジェクトとして、知と実践のネットワーク (Knowledge-Action Networks: KANs) がある。テーマ毎に複数の KANs が立ち上がりつつある。水・食料・エネルギー、海洋、自然資源、都市、健康のような項目別のものに加えて、持続可能な金融システムや社会の意識変革が横断的なテーマとして取り上げられ、更に計画中のテーマがある。

## 5. Future Earth の運営体制と日本の関与

ステークホルダーとの協働を重視する FE はその運営体制も複雑である。全体の意志決定機関として評議会があり、その下に科学委員会と関与委員会がある。ここで特徴的なのは関与委員会 (Engagement Committee) の存在であり、さまざまなステークホルダーがメンバーとなっている。これは、FE ならではのしくみである。これらの組織の要所には日本の組織あるいは人物が関与している。

また、国際合同事務局が 5 ヶ国のネットワークで運営されていることも特徴的である。日本がその国際合同事務局の一翼を担い、日本学術会議と東京大学サステナビリティ学連携研究機構が事務局機能を果たしている。他には、アメリカ、カナダ、スウェーデンとフランスが事務局を構成している。さらに、FE には地域ごとの事務局があり、京都の総合地球環境学研究所がアジア地区の事務局機能を担い、他に中近東・北アフリカ、アフリカ、ヨーロッパ、ラテンアメリカにも地域事務局が設置されている。

日本国内では、国際合同事務局を支援するために「日本コンソーシアム」が形成され、多くの国内組織がメンバー組織となって支援を行っている。

## 6. 日本学術会議提言

2016 年 4 月 5 日に日本学術会議は提言「持続可能な地球社会の実現をめざして－ Future Earth (フューチャー・アース) の推進－」を発出した。その提言の骨子は以下の通りである。

①学際・超学際研究推進のための研究・教育体制を構築する。

②国際的リーダーシップを果たすための体制を構築する。

③我が国として取り組むべき具体的研究課題を提示する。それを例示すると、以下のようである。

- \* 長期的視野に立ち地球環境の持続性を支える技術・制度の策定
- \* 持続可能なアジアの都市および生活圏の構築
- \* エネルギー・水・食料連環 (ネクサス) 問題の同時的解決
- \* 生態系サービスの保全と人類の生存基盤の確保
- \* 多発・集中する自然災害への対応と減災社会を見据えた世界ビジョンの策定

## 7. 日本の役割と体制

日本は、リーダーシップをとり、持続可能な地球社会の確保に貢献すべきである。とりわけ、日本らしい自然観、科学観を大切にしたい、Co-design, Co-production, Co-delivery のための研究、教育と人材育成などが重要である。また、キャパシティビルディングの推進、世界の FE 関連研究への発信と貢献を進めるべきであろう。

## 8. おわりに

FE に関する詳細の情報は以下で得られる。

<http://www.futureearth.org/> (FE 本体)

[www.scj.go.jp/ja/int/futureearth/](http://www.scj.go.jp/ja/int/futureearth/) (日本学術会議)

<http://www.futureearth.org/asiacentre/ja>

(FE アジア事務局－総合地球環境学研究所)

本講演を行うにあたり、スライドと資料の提供をいただいた、FE グローバルハブダイレクター・日本・事務局長の春日文子氏に感謝する。

## 中国稲作文明の起源を探る

中村 慎一

(金沢大学新学術創成研究機構長  
金沢大学人間社会研究域歴史言語文化学系教授)

### 1) 金沢大学新学術創成研究機構について

まず初めに、報告者が機構長を務める金沢大学新学術創成研究機構の概要につき紹介する。

金沢大学新学術創成研究機構は2015年4月に設置されたばかりの新しい組織である。金沢大学に優位性のある研究分野のさらなる強化、異分野融合研究の一層の進展、そして国際頭脳循環の継続的拡充を一体的に推し進めることにより、革新的な研究成果を生み出し、新しい学問領域の創出につながる学際的な研究を推進することをミッションとしている。

機構には「がん進展制御」「革新的統合バイオ」「未来社会創造」の3つの研究コアが置かれ、それぞれが4つの研究ユニットを擁しているため、全体で計12のユニットから構成されることになる。いずれもすでに豊富な研究実績を有する分野、あるいは今後斯界をリードする可能性が十分であると期待される分野である。まずはこれら諸分野が先陣を切って、研究の高度化と研究者人材の育成とを集中的に行い、研究大学としての本学の地歩を固めていきたいと考えている。

今後、本機構を核として展開される学のフュージョンから誕生した新領域が、学術界に次々とブレークスルーをもたらしていくことを夢見ている。

### 2) 新学術領域研究「総合稲作文明学」について

続いて、報告者が研究代表者を務める新学術領域研究「稲作と中国文明—総合稲作文明学の新構築—」(略称:総合稲作文明学)の構想と研究体制につき説明を行う。

中国は世界最古の稲作起源地である。かつてはインドや東南アジアでの稲作発祥が想定されたこともあったが、考古遺物という同時代資料から見て、中国長江流域においてもっとも早くイネの栽培が始まったことはもはや疑う余地がない。

今から1万年余りに完新世が始まると気候は

瞬く間に温暖化に転じ、その影響で海水面も急激に上昇した。中国の東海岸では数千年にわたり海岸線が毎年100メートルずつ内陸へと入り込んできた。この時期、降雨量も大幅に増大したので、長江流域の低地は広大な湖沼・湿原地帯へと変貌を遂げた。そこで野生イネの大群落と出会った狩猟採集民の目にそれが魅力的な食料と映ったことがイネ利用の発端であるに違いない。

一年生の形質を獲得したイネは他の食用植物に比べより多くの食料を供給したばかりか、絶えず新たな形質を発現させることで増加するヒトの人口を支え続けた(=集約化)。やがてイネの栽培なくしては立ちいかない社会(=稲作社会)が出現し、さらにそこから都市という集落形態と国家という政治組織を指標とする文明が誕生した。良渚文化に代表される新石器時代稲作文明である。

紀元前3千年紀に長江流域各地に生まれた新石器時代稲作文明も、紀元前2000年を前後するころまでには衰退し、それにとって代わるかのように、黄河中流域に二里頭文化が出現した。それは長江流域の新石器文化ばかりでなく、東の山東、北の山西、西の陝西や甘粛など、黄河流域の新石器時代後期文化の諸要素をも取り込み、雑種強勢と言うべき強さを獲得して四方へとその影響を及ぼし始めた。これこそ青銅器時代中国文明の始まりである。

いわゆる世界四大文明のうち今日まで命脈を保っているのは黄河文明—正しくは中国文明と呼ぶべき—のみであるとはよく言われるところである。ヨーロッパのギリシア・ローマ文明、メソアメリカや南米アンデスの文明をそこへ加えてみても状況は変わらない。もちろん、中国においても洪水などの自然災害はしばしば猛威をふるい、また、大規模な戦乱が絶えず人民を苦しめてきた。それでも、中国文明は途絶えることはなかった。

このように見てくると、1) 稲作とは、空前絶後の天変地異に見舞われた中国大陸の先史人が、それを逆手にとって成し遂げた一大イノベーションであり、2) 水田栽培(=湛水状態の確保)という特異な栽培形態が、肥料供給、塩分除去、雑草防除、保温などの効果をもっていたことで、長期にわたる稲作民社会の存続が可能になり、3) 中国文明の強靱なレジリアンスもまた、長江流域の稲作地帯が背後に控えていて初めて達成され得たのではないかと考えられるのである。

本領域は、こうした見通しの下、①中国におけるイネ栽培化プロセスを多角的かつ高精度に復元し、②長江流域に開花した新石器時代稲作文明の勃興と衰亡の要因を見極め、③新石器時代末期の諸地方文明を経て、初期青銅器時代以降、稲作文明がいかにか中国文明の構成要素として組み込まれていったかを解明することを目的としている。

本領域には五つの計画研究が設けられている。各計画研究の内容を最大公約数的に見れば、A01 = 中国考古学、A02 = 環境考古学、A03 = 民族考古学、A04 = 農学、A05 = 人類学／考古科学となるであろう。しかし、この5グループは完全に排他的な関係にあるのではなく、互いに少しずつ重なりあいながら、中心テーマを漸移的にずらしていくという形をとっている。これは、分野的に研究の空白が生じないようにするための配慮である。また、各計画研究のメンバーには必ず一人以上の考古学研究者が含まれている。それは、理工系、生物系の研究の場合、その目的と結果が考古学的に、あるいは人類史的に意味のあるものであるかを絶えずチェックしながら研究を進める必要があると考えたからである。領域全体の概要を示したものが下表である。

本領域には、いまだ方法が確立しておらず、実際に実施してみなければその有用性の程度を推しはかることができない研究も含まれている。その意味で、本領域は実験の場であると言っても過言ではない。このことを換言すれば、基礎研究と応用研究の橋渡し研究の場とも言えるであろう。本研究の実施を通じて確立された研究手法が世界各地で威力を発揮することが期待される。

ここでは、そのうち世界最古のダムを探求とストロンチウム同位体分析による炭化稲の産地推

定についてのみ紹介するにとどめよう。

良渚遺跡群の北端近く、大遮山の南麓からやや南に下ったところに、高さ2～7メートル、幅20～50メートルほどの土塁状の高まりが東西方向に5キロメートルほどの長さ延びている。地元では「塘山」と呼ばれる。従来「防洪堤」などと推測されてきたが、近年の研究により、さらにその西側に位置する数多くのダム群—北方のハイダム群（高さ20メートル前後）と南側のローダム群（高さ10メートル以下）—toに分けられる—と有機的に連関した一連の水利施設群であることが徐々に明らかとなってきた。我々は今後ボーリング調査などを実施することにより、実際に貯水状態が確保されていたのか、その場合の水深と水面の広がりほどのくらいあったのかといった事柄を、土木工学や水利史の専門家とも連携し調査を進めていく予定である。

良渚囲壁の中心部に位置する莫角山土台（東西670メートル、南北450メートル、高さ10.5メートル）の東縁の堆積状況を確認するために開けられた東西方向のトレンチでは、H11（11号ピット）と名付けられた遺構—実際はピットというよりも1枚の堆積層と言うべきもの—から紅焼土塊や木炭に交じって大量の炭化稲が出土した。発掘担当者は総量では10～15トンほどの炭化稲が含まれていると試算したうえで、稲を納める食糧倉庫が火災に遭って倒壊したものではないかと推測している。

H11から出土した炭化稲の数量はあまりにも膨大で、定量的な形態分類を行うには多くの時間を要するが、予備的な観察からは、稲の形や大きさが不揃いであるように見える。それが何を意味するかは今後の課題であるが、一つの可能性として

表 領域の構成と研究内容

計画研究	研究内容	研究視座
A01	物質文化の変遷と社会の複雑化	遺跡・遺構・遺物から文化と社会の変化を跡づける
A02	古環境の変遷と動・植物利用の諸段階	自然環境と動・植物相の変遷を読み解く
A03	民族考古学と化学分析からさぐる生業活動の諸相	残された物質文化から実際の生業活動を復元する
A04	イネの栽培化と植物質食料資源の開発	イネと他の食用植物の生物学的変化を追う
A05	高精度年代測定および稲作農耕文化の食生活・健康への影響評価	古人骨から食生活と健康状態を推測する
公募研究	漆器研究、水利史研究等	

は、米蔵に収納されていた籾がさまざまな土地から貢納されたものであり、それゆえに品種も異なり、粒形も不統一となったと考えることもできよう。今後は炭化籾のストロンチウム同位体分析を実施し、それがどの地域で栽培されたものであるかを明らかにしていくことにより仮説を検証していきたい。現在、遺跡群周辺の土壌のストロンチウム同位体データ収集を精力的に進めているところである。

前述のとおり、報告者は、青銅器時代の中国文明は、新石器時代晩期の地方文明の「交雑」によって一気に花開き、かつての辺境が中心へと転化するというプロセスによって誕生したと考えている。その雑種強勢のアナロジーは、学術研究においてもまた該当するはずだ。専門分野を異にする研究者が一つの課題に立ち向かうなかで、思いもかけないアイデアが浮かび、新たな研究分野の創出につながる。中国考古学の分野で、環境考古学の分野で、そして考古科学・文化財科学全般において、本領域の創設が学史のターニングポイントになったと後々評されるような研究成果を生み出していきたいと考えている。

## 世界最先端の顕微鏡技術で拓くナノサイエンス研究の新たな可能性

福間 剛 士

(金沢大学理工研究域電子情報学系教授)

### 1. 金沢大学の誇る革新的原子間力顕微鏡技術

現代社会には様々な科学技術課題があり、わが国でもこれまでグリーンイノベーションやライフイノベーションといった分野を中心に盛んに研究が行われてきた。その中で、近年、固液界面におけるナノスケールの現象が特に注目を集めている。例えば、電気自動車への応用が検討されている燃料電池などでも、電池の寿命や効率を左右するのは、電極表面と電解液が接する界面で生じるナノスケールの電気化学反応である。また、現在、大きな注目を集めている遺伝子治療においても、ナノスケールの大きさを持つ遺伝子を、生理溶液環境中でいかにして細胞へ輸送し、その中へと取り込ませ、機能させるかといった問題が重要である。

ナノスケールの構造を計測する技術として電子顕微鏡が挙げられる。この方法では、真空中において原子分解能で構造を観察できるが、液中ではその性能が大きく劣化してしまい、電子線の影響も大きく、絶縁体の計測にも制約がある。一方、液中での分子動態計測には、一般に蛍光顕微鏡が用いられる。この方法では、細胞内の特定の分子の挙動を3次元的に計測できるが、分子自身の位置や形はわからない他、試料を化学的に染色する必要もある。

液中で絶縁体表面を化学修飾せずにナノスケールの分解能で計測できる技術として、原子間力顕微鏡 (AFM) が挙げられる。この方法では、鋭くとがった探針を先端に有する片持ち梁 (カンチレバー) を力検出器として用いる。これを試料表面に近づけて、探針と試料間に働く相互作用力を検出する。この力を一定に保つように、探針試料間距離を制御しながら、探針を試料に対して水平方向に走査すると、探針は試料の凹凸をなぞるよう上下するため、その際の探針の軌跡を記録することで表面形状像が得られる。上記のような特長から、AFM は、これまでも結晶や生体分子

の液中観察に用いられてきた。しかし、従来の液中 AFM 技術には 2 つの大きな問題があった。第一に、観察速度が約 1 分/フレーム程度に限られており、動的な挙動を観察することは多くの場合極めて困難であった。第二に、分解能が約 1 nm に限られており、原子スケールの動的挙動を観察することが困難であった。

金沢大学には、これらの重大な問題を解決した研究者がともに在籍している。安藤敏夫教授は、従来約 1 分/フレーム程度であった観察速度を 0.1 秒/フレーム程度まで高速化させ、固液界面におけるタンパク質のナノスケール動態を直接観察することを可能にした。例えば、ミオシン V と呼ばれるモータータンパク質は、アクチン繊維の表面を移動して物質を輸送することが知られていたが、その詳細な機構はわかっていなかった。安藤教授は、高速 AFM により直接その分子動態を固液界面で観察することで、それを初めて明らかにした。

一方、著者らは、従来 1 nm 程度であった液中 AFM の分解能を 0.1 nm 程度まで改善し、液中原子分解能観察を可能とした。さらに、従来、2 次元的情報しか得られなかった AFM の動作原理に大幅な改良を加え、3 次元情報の取得を可能とした。例えば、マイカ（雲母）の表面における水分子の挙動は、雲核の形成や石油の精製技術などに関連して広く研究されてきたが、原子スケールの理解はもっぱらシミュレーションに頼っていた。我々は、高分解能 AFM を用いることで、マイカ/水界面の 3 次元水和構造分布をサブナノスケールの分解能で可視化し、長年にわたって議論されてきた ice-like な水と liquid-like な水の分布について、直接的な回答を与えた。

これらの液中 AFM 技術は、その高い空間的・時間的分解能から固液界面現象に関する様々な問題の解決に決定的な役割を果たし得る。金沢大学では、ここに挙げたような特色ある研究分野を伸ばし、世界的な研究拠点を形成するために、平成 26 年度より超然プロジェクトと呼ばれるプログラムを開始した。その中で、我々の研究グループも「革新的 AFM 技術によるナノサイエンス研究拠点の形成」という課題で採択され、その実現を目指して研究に取り組んでいる。

このプロジェクトでは、単に個々人の研究課題を推進するのではなく、まとまった領域としての

研究力強化、若手育成、異分野連携、さらにはそれらを通じた世界的研究拠点の形成を目指した活動を支援している。例えば、国内外の有力研究グループのリーダーと協定を締結し、学生やポストドクなどの若手研究者の研究を目的とした短期滞在・訪問などの活動を支援している。この活動によって、国際共同研究を活発化させるだけでなく、金沢大学の世界的研究拠点としての立場を明確化できる。また、フィンランドのアールト大学の Adam Foster 教授を、リサーチプロフェッサーとして招聘し、共同研究を活発に実施している。Foster 教授は、液中 AFM に関する原子レベルの MD シミュレーションについて多くの経験と実績を有する数少ない研究者の一人である。したがって、金沢大学が誇る液中 AFM 技術によって得られた実験結果を、Foster 教授のもつシミュレーション技術によって詳細に解析できれば、様々な現象の理解に役立つ。この連携により、基本的な研究力とともに、国際連携も大きく強化された。

## 2. 液中高分解能 AFM の学術・産業分野への応用

金沢大学では高速 AFM と高分解能 AFM の 2 つの技術をさらに発展させるための技術開発と、開発した技術を用いた様々な分野におけるナノサイエンス研究を展開している。それらの研究成果の中で、ここでは、高分解能 AFM の装置開発とそれを用いた学術・産業分野の研究事例をいくつか紹介する。

### 2.1. 学術分野への応用事例

カルサイト（炭酸カルシウム、 $\text{CaCO}_3$ ）の溶解過程は、地球規模での炭素循環、地中への  $\text{CO}_2$  の隔離貯蔵、バイオミネラリゼーション、建物や記念碑の風化など、様々な問題に関係しており、学術的にも、社会的にも重要な現象として、古くから研究されている。結晶の溶解とは、原子レベルでは、固体表面の原子ステップ端から原子が溶液中へと脱離する過程と考えることができる。しかし、従来の技術では、ステップ端近傍における原子レベルの動的挙動をとらえることができなかったために、その機構は詳細には理解されていなかった。

我々は、高分解能 AFM の動作速度の向上に長年取り組んでおり、最近、従来の 1 分/フレーム程度の速度から 1 秒/フレーム程度へと大幅に高

速化することに成功した。この高速高分解能 AFM を用いて、直接カルサイトの溶解過程を液中原子分解能観察し、ステップ端近傍に微小な層状構造が存在することを明らかにした。さらに、MD シミュレーション等を駆使して詳細な分析を行った結果、これは結晶の溶解過程に中間状態として形成された  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  吸着層であることが分かった。この結果に基づいて、カルサイトの原子レベルの結晶溶解モデルを初めて提示した。このような中間状態の存在は従来全く予想されていなかったものであり、この研究によりはじめて明らかになったものである。この結果は、カルサイト結晶溶解過程の理解に役立つだけでなく、広く一般の鉱物の溶解過程における原子レベルの挙動の理解に役立つ。

## 2.2. 産業分野への応用事例

固体の表面に分子層を形成し、その潤滑性、防汚性、凝集性を制御する技術は様々な分野で用いられている。例えば、ハードディスクの表面には、1-2 nm 程度の潤滑分子層が形成されているが、その吸着構造は詳細には分かっておらず、それが潤滑層の薄膜化、ひいては、ハードディスクドライブの記録密度の向上の妨げとなっている。我々は、3次元 AFM を用いた水和構造計測技術を発展させ、分子揺動構造計測技術を開発し、それを用いて直接その分子吸着構造を分子分解能観察することに初めて成功した。その結果から、潤滑剤分子の吸着構造や表面被覆率などの従来技術では得られなかった情報が明らかになった。現在、分子種や膜厚に対する吸着構造の依存性など、薄膜化技術の開発に必要な情報の取得に実用化されている。

もう一つの応用事例として、古くから様々な産業分野で深刻な問題となっている金属腐食に関する研究が挙げられる。例えば、我々は、大型プラントに使われるステンレス鋼、半導体デバイスに使われる銅配線、ロボットや自動車に使われるアルミ合金の腐食機構に関して、様々な民間企業と共同研究を行っている。腐食とは、金属が水に接したときに生じる金属の酸化による劣化現象である。金属表面に、腐食し易い箇所とし難い箇所の偏りが存在すると、それらの組が電池電極のように振る舞い腐食反応が進行する。この局所的な電池は局部電池と呼ばれ、ナノスケールの腐食機構

を説明するモデルとして多用されているが、実験的にこれを直接観察した例はない。我々は、ナノスケールの分解能を持つ液中電位分布計測技術を新たに開発し、この局部電池の直接観察を初めて実現した。この計測技術により、局部電池分布の詳細な経時変化の解明や、高耐食性材料の腐食活性評価に要する時間とコストの大幅な削減が期待される。現在この技術は、民間企業における高耐食性ステンレス材料の開発などに実用化されている。

## 3. まとめ

材料の物性や現象の起源は、多くの場合ナノスケールの構造・物性で説明できる。したがって、革新的なナノ計測技術の開発は、極めて幅広い学術・産業分野の発展に寄与できる。ここでは、数多くの応用事例の中から、ほんの一部を紹介したが、それらの例からだけでも、AFM による直接観察の有用性が十分に分かる。液中 AFM 技術の装置開発・応用研究には、まだまだ発展の余地が多く残されており、今後ますますの発展が期待できる。その中で、我々は、金沢大学の AFM 研究グループが世界を牽引する役割を果たし、わが国の科学技術の発展に貢献することを目指して研究に取り組んでいる。

### Ⅲ. 日本学術会議会員・連携会員コーナー

#### ほとんど本気— 論文排出権取引どうですか

戸田山 和 久  
(日本学術会議会員  
名古屋大学大学院情報科学研究科教授)

名古屋の残暑に蒸されつつ、時差惚けの頭でこんなことを考えた。

論文というのは、近代科学の最初期から続くコミュニケーションの手段で、いまでも残っている最古の学会誌の一つ、英国ロイヤル・ソサエティの *Philosophical Transactions* が創刊されたのは1665年のことだ。これから現在までの間に、学術誌の出版数はとんでもないスケールで増え続けてきた。とくに20世紀に入ってからの増加ぶりはまさに「爆発」と言ってもよい。

もともと、学術誌の数、というのはとても把握しづらい。第一に、定義の問題がある。どこまで学術誌に入れてよいのか。第二に、廃刊になったもの、ずっと休刊しているものをどう扱うかという問題。第三に、それをどうやって勘定するの、という問題がある。だから、正確な数字の把握は難しい。というより何が「正確な数字」なのかすらよくわからないのだが、いくつかの調査を総合すると、論文誌の数は、1700年代にはまだ1桁だったものが、1800年代にはおよそ100、1900年代には1000から10000のオーダー、2000年代には10万のオーダーという具合に増加している。おおむね雑誌数は指数関数的に増加してきた、と言ってよいだろう。

まともな頭の持ち主なら、このままで大丈夫か、と考えるはずだ。あまり大丈夫ではなさそう、と私は思う。まず第一に、論文が増えれば研究不正も増加する。研究不正の数は多くの場合撤回された論文数で測られるから、当たり前といえば当たり前だ。実際、研究不正も指数関数的に増加している。

研究不正の頻発を論拠にして、だから現代科学は墮落している、科学は信頼できないとするいささか性急な科学批判に対して、私は、「不正をす

るのも科学だが、それを暴いてきたのも科学だ。研究不正が明るみに出ること、或る意味で科学の健全さを示している」と主張してきた。

ところが、この調子で論文数の爆発的増加が続くと、この健全なチェック機構が働かなくなる可能性がある。研究不正を暴いて研究を正常化するのに費やされるコストは馬鹿にならない。不正を見つけ出し告発するのは、同業の学者たちだが、研究者数はせいぜい等差級数的にしか増加しない。しかも、学者は死ぬし、ボケるし。そうすると、気がつかれずに通用する研究不正の件数もまた爆発的に増加することになるだろう。

論文数の爆発も研究不正の爆発も、どちらもルーツは同じ、量的業績評価だ。「サラミ出版」という言葉がある。これは、一つの包括的な論文にすることもできるネタをサラミのように薄切りにして、たくさんの論文に分けて出版することを意味する。これは、研究倫理のテキストにはたいてい載っていて、剽窃 (plagiarism) の一種として紹介されている。この言葉を研究倫理の授業で大学院生に紹介したところ、幾人かの学生から、自分たちがやっていることはサラミに思えて仕方がない、という相談を受けた。「そうだよ」と言うわけにもいかず、困った覚えがある。何が研究倫理に触れる行為になるかには、分野のコンベンションで決まるグレーゾーンがある。他分野から見ればサラミに見える投稿・出版形態がむしろスタンダードになっている分野も確かにある。サラミ出版は、その分野が量的業績評価に適応して身につけたサバイバルの手段だ。

世間の耳目を引きつける研究不正事件が生じると、米国の研究公正局 (Office of Research Integrity) のような研究公正システムが必要だ、という議論がなされる。これは、起きてしまった研究不正に対処するためのしくみとして有効なのは確かだ。しかし、研究不正を防ぐための手段としても有効かどうかは、よく考える必要がある。こういう調査結果がある (松澤 2014)。まず、国家研究公正システムを次の3類型に分ける。第一に、調査権限をもつ、国として立法化された集権システム。米国、中国、デンマークなどがこれに当たる。第二に、法的権限はもたないが独立性の高い研究公正当局をもつシステム。英国、カナダ、ドイツ、オランダなど。第三に、以上のいずれももたないシステムがある。日本やフランスがこれだ。

で、強い研究公正システムをもつ国ほど研究不正が少ないかという、そうでもない。10万報あたりの不正論文数で測ると、強めの研究公正システムをもっている中国は10.8件とかなり高い(それゆえにもっている、とも言えるが)。第一類型の米国と第三類型の日本の不正論文発生率はほぼ等しい(4.6と4.8)。ドイツは1.0と非常に低い。第二類型にとどまる、など。強い研究公正システムは研究不正防止に有効だとは言いにくそうだ。

むしろ研究不正の発生率を説明する別のパラメータを探してみるのがよさそう。指摘されているのは、業績評価のやり方だ。執筆したすべての論文で評価するか、代表的な論文の内容で評価するか。後者の方が不正論文の発生が抑えられるだろうというのは想像しやすい。

というわけで、溢れかえる論文は、もちろん学問研究の貴重な成果であるのは確かだが、一方でわれわれの研究環境を悪化させる要因でもある。人間の活動の産物であると同時に、環境悪化の原因となると、ようするに温暖化ガスのようなものだ。そういうものは排出を制限すべし、というのが道理。そこで、論文排出権なるものを考えたらどうかと思うわけだ。研究者が一生の間に書くことのできる論文数を制限する。やたらと書けないとなると、サラム出版は減り、一つ一つの論文は丁寧に書かれることになるだろう。ついでに、ギフト・オーサーシップも減るはずだ。誰だって論文排出権を無駄遣いしたくないから、自分が本当は関与していない論文に名を連ねるのは愚行になる。

生産性の高い優秀な研究者はどうしてくれるんだ、と言われるだろう。そこで、論文排出権の取引を導入する。研究費で論文排出権を買うことができるようにするわけだ。この提案、どうですか。われながらナイスアイデアだと思うんだけど。

論文数爆発について、さらにSFちっくな妄想を膨らませてみよう。先日、人工知能の研究者と雑談していて、論文をサーベイする人工知能を開発しようとしている、と聞いた。彼曰く、すでにいくつかの分野では、論文生産のスピードが、それを読む人間の能力の限界を突破してしまった。もう、自分の研究に関わりをもちそうな論文をサーベイすることは、人手では追いつかない。そ

こで、研究テーマに応じてデータベースから論文を抽出し、サーベイをまとめてくれる人工知能を開発しようとしている、というわけだ。

ナルホドと思ったね。そこで、次のように問いかけてみた。なるほど、そうしたら、論文を英語みたいな自然言語で書く必要ももうなくなるね。もっと機械が処理しやすい言語で書くか、生データをたんにデータベースに登録して、あとは人工知能がマイニングしてくれればいいんじゃない。彼は否定はしなかった。英語が学問の共通語である時代はもうすぐ終わりだ。

もう一歩進めば、研究の現状をサーベイするだけじゃなく、有望な研究方向を示唆してくれるとか、さらにはそのための研究計画を立て、実験デザインをしてくれる人工知能もありうる話だ。なぜなら、科学研究が合理的な営みであるとするなら、その合理的な方法論はいずれアルゴリズム化することができるからだ。実際、惑星観測のデータからコペルニクスの太陽系モデルを「発見」する人工知能や、生化学的データからカルビン回路を再構成する人工知能は、とっくの昔に作られている。

人工知能やロボットの到来によってどんな仕事なくなるかの議論がかまびすしい。そこでは、運送のような単純肉体労働と、事務処理のような単純知的労働が、消えて無くなる仕事の筆頭に挙げられることが多い。一方、創造的な仕事は残る、とされている。研究開発や芸術だ。ところで、芸術はともかくとして、研究開発が本当に「人間ならではの」仕事として残るのか、私は怪しいと思う。なぜなら、芸術に対するところの研究開発は、論理的かつ合理的な仕事とみなされ、論理的かつ合理的なことがらは人工知能の最も得意とするところだからだ。実は、人工知能は創造的な仕事にけっこう得意なのだ。それが論理的・合理的な創造性である限り。

こんな人工知能がいつできるかはわからない。現在が第二次の人工知能ブームだとするなら、第一次は70年代後半から80年代前半にかけてだったろう。そのころ、明日にでも鉄腕アトムが実現されるみたいな話がされていたが、いまだに実現していない。だから、ロボット科学者だっていつになるかわからない。でも、正義の味方ロボットをつくるより簡単だ。科学的方法とは何かという問いは、正義とは何かという問いよりはるかに易

しい問いだから。

科学研究の機械化の歴史は古い。まずは望遠鏡、顕微鏡のように人間の知覚の拡張として始まった。いまでは、ニュートリノだってある意味で「見える」ようになった。すごいね。研究に含まれる肉体仕事の機械化も進んだ。試験管を振る、攪拌する、見たいものに望遠鏡を向けるなどなど。そして、20世紀になって、研究に含まれる知的作業の機械化が徐々に進みつつある。方程式を解く、統計処理、記憶、検索、文献探査、エトセトラ。そして、最後の砦「創造的アイディアの創発」の機械化に手がつき始めている。その一つのきっかけが、人間が創造性を発揮して、読み切れないほど論文を書くようになったことにあるのは皮肉だ。

こんな風に、学問研究の機械化が進んでいくとどうなるか。学問は進歩するだろう。つまり、単位時間あたりに発見される科学的真理の数、開発される人工物の数は飛躍的に増大するに違いない。問題は、こうなったときに、学問研究のうち人間に残される仕事は何かということだ。アルゴリズム化が可能な部分は機械がやったほうが能率的となると、人間の貢献の余地として残るものは、むしろ非合理的なことだけになる。つまり、功名心に駆られて無理筋を追求するとか、偏見に支配されて反証データを無視するとか…。こういう非合理性は、いつも学問の足を引っ張るとは限らない。ごくたまには、こうしたちょっとおかしな研究者のおかしな振る舞いがかえって学問を前進させたという事例はある。アルゴリズムに進む研究の「ゆらぎ」の源としてだけ人間に価値があるということになるかもしれない。

問題は次のことだ。学問がこんな営みになったとき、われわれ人間にとって学問は面白いものであり続けることができるだろうか。これって、人間がやって楽しい学問だろうか。

われわれは、自分の愛する学問を前に進めること、その進歩を加速させること、より社会に貢献するものにするに心を砕いてきた。しかし、この過程で大事なことが見失われている。

世の中の役に立つけど、やっていて楽しくはないこと。世の中に必要なことだけど、あまりやりたくはないこと。誰かがやらなくてはならないから仕方なくやること。こういったことは世の中に確かにある。問題は、われわれが、楽しくてやり

がいがあって、ついでにみんなの役にも立つことだったはずの学問を、他ならぬ自らの手で「役に立つけど誰もやりたくないこと」にしつつあるのではないか、ということだ。これは杞憂だろうか。

これまでもしばしば「科学の終焉」について語られてきた。しかしそれは、究極問題が解かれてしまい、もう研究すべき問いがなくなってしまうのではないか、という心配だった。われわれは、これとは違った科学の終焉のシナリオを想像してみることができる。科学が答えるべき問いは依然として残るものの、科学が人の手の届かない営みになってしまうことによって、あるいはもっとありそうなシナリオとしては、科学が人間にとってちっとも面白くない営みになることによって、「ヒトにとっての科学」が終焉を迎える可能性がある。

学問のスローサイエンス化を進め、学問を楽しみ人間的な活動に保つことにもっと心を砕くべきだ、と私は思う。

#### 参考文献

松澤孝明 (2014) 「諸外国における国家研究公正システム」『情報管理』56-10

## 電磁波で探る身の回りから宇宙まで

八木谷 聡

(日本学術会議連携会員  
金沢大学理工研究域電子情報学系教授)

金沢大学理工研究域電子情報学系電波情報工学研究室では、これまで25年以上にわたり国内外の科学衛星プロジェクトによる宇宙空間での電磁波計測に携わってきた。一方で、宇宙で培った電磁波計測技術を産業界へ応用し、身の回りの電磁波計測技術の開発を行っている。本稿では、当研究室での宇宙から地上までを対象とする広範な電磁波計測研究の一部を紹介する。併せて、現在金沢大学で推進している宇宙理工学連携の超小型衛星プロジェクトについても述べる。

### 1. ジオスペースにおける電磁波計測技術

地球周辺の宇宙空間はジオスペースと呼ばれ、希薄なプラズマで満たされている。太陽からの高速プラズマ流（太陽風）が地球磁場と相互作用を行い、地球周辺には巨大な磁気圏が形成されている。磁気圏プラズマが地球磁場に沿って加速され大気中に降り込んでくると、北極や南極ではオーロラが見られる。時おり太陽から放出される高エネルギープラズマが地球磁気圏に擾乱を与えると磁気嵐が発生する。このとき地上の送電線や石油パイプラインに異常電流が流れ、停電やパイプライン腐食などの原因となる。また静止衛星軌道（地球半径の6.6倍）付近より内側には特に高エネルギープラズマが集積する放射線帯が存在し、人工衛星に搭載されている電子機器の劣化や故障を引き起こすことがある。このように、ジオスペースにおけるプラズマのダイナミクスを調べること

は、科学的興味だけでなく我々の生活にとっても非常に重要な意味を持つ。ジオスペースでは様々な電磁波（プラズマ波動）が観測される。プラズマ粒子（荷電粒子）が運動すると電流が流れ電磁波が発生する一方で、電磁波の電界及び磁界（及び地球磁場）はプラズマ粒子にローレンツ力を及ぼしその運動を変化させる。このように電磁波とプラズマは密接に相互作用するため、プラズマ波動を計測することでプラズマ密度・温度や地球磁場などの情報が得られ、磁気圏の構造やダイナミクスを知る上できわめて有用となる。

当研究室は国内外の研究者と共同で、科学衛星に搭載するプラズマ波動観測装置を開発してきた（図1）。ジオスペースにおけるプラズマ波動観測では、0.1Hz～10MHzの広い周波数帯において、6桁程度の広いダイナミックレンジを持つ電磁界計測が求められる。宇宙空間の厳しい熱・放射線環境の下で、衛星上の限られたリソース（電力、重量、サイズ）を用いて最大限高品質な観測を行う必要がある。当研究室では例えば、磁界センサとして小型高感度のサーチコイル（10～20cmの高透磁率棒状コアに数万回のコイルを巻いたもので、直交3軸に組み合わせることで100kHz以下の微弱な交流磁界ベクトルを検出）の開発を行っており、磁気圏における電磁波の到来方向や偏波などの特性解明に貢献している。

最近では、プラズマ波動観測装置自体をASIC（特定用途向け集積回路）チップ化し、小型・軽量・省電力化する試みが進められている。当研究室では従来10cm角程度の大きさであった磁界受信回路（プリアンプ）をチップ化（5mm角）することに成功した。このASICプリアンプは宇宙空間の過酷な温度・放射線環境化でも高精度、高感度特性を維持できることが確認されており、サーチコイルに内蔵することで従来よりも大幅に小型軽量かつ高性能な磁界センサを実現できることから、将来の超小型衛星等への搭載が期待されている（図2）。

衛星	観測領域	観測期間	衛星開発運用(*)
あけぼの	地球磁気圏	1989～2015	ISAS
Geotail	地球磁気圏	1992～	ISAS/NASA
のぞみ	火星	1998～2003	ISAS
かぐや	月	2007～2009	JAXA
ERG	地球磁気圏 (放射線帯)	2016～	JAXA
BepiColombo/ MMO	水星	2018～	JAXA/ESA

共同研究(プラズマ波動観測)  
京大、東北大、JAXA、富山県立大、  
米NASA、米アイオワ大、仏プラズマ物理研、  
スウェーデン王立工科大、他

(\*) ISAS: (旧)宇宙科学研究所  
JAXA: 宇宙航空研究開発機構  
NASA: 米航空宇宙局  
ESA: 欧州宇宙機関



図2：磁界センサの小型化

図1：当研究室が携わった科学衛星プロジェクト

## 2. 電磁界その場計測・可視化技術

電子機器や産業機器から発生する電磁ノイズが他の機器に干渉し、誤動作等の影響を及ぼす「EMC（電磁環境）問題」への対策が求められている。電磁ノイズを抑えるには、機器の周辺で電磁界の空間分布を計測し、ノイズが機器のどこから、どのように発生しているかを特定することが重要である。電磁ノイズは機器の動作状態や設置環境により変化するため、実際に機器稼働している現場で電磁界を計測することが望まれる。当研究室では、電磁界空間分布をその場でリアルタイムに計測し、直観的に目に見えるように可視化するコンパクトな装置の研究開発を行っている。

一例として電磁界空間分布可視化装置（図3）では、ビデオカメラで電磁界センサを撮影し、画像処理により認識された映像上のセンサ位置を重ねて、センサ自身で計測された電磁界を表示する。空間をなぞるようにセンサを動かすと、映像上ではセンサの軌跡に沿って、その場の電磁界に対応した色（強度）や矢印（ベクトル）が次々に浮かび上がり、測りたい場所の電磁界をきわめて手軽に計測・可視化できる。また適切なセンサを用いることで、数 Hz の低周波磁界から数 GHz の高周波電波まで、様々な電磁界の可視化に対応できる。

もう一つの例として、高周波電波（～GHz）の2次元強度・位相分布をリアルタイムで計測・可視化する装置を図4に示す。誘電体基板の表面に小型金属パッチを配列した「メタマテリアル電波吸収体」を利用する。この電波吸収シートに電力及び位相検出センサを装荷し、表面で吸収された電波の2次元強度・位相分布を高速に計測する



図3：電磁界空間分布可視化装置

技術を開発した。電波を吸収しながら計測するため、元々の電磁環境を乱すことなく正確な計測が行える。

これらの技術は電磁界の空間分布を現場で手軽に計測・可視化できるものであり、例えば製品開発段階での電磁ノイズの評価や、実際に機器が稼働しているオフィス、工場、自動車内等の現場で容易に電磁環境の調査が可能となる。このような技術応用を通して、ジオスペースにおける電磁波計測技術は産業界にも貢献している。

## 3. 超小型衛星（金沢大学衛星）開発と宇宙理工教育研究

金沢大学では、平成26年度より、筆者を中心に、工学系から笠原禎也教授（総合メディア基盤センター）及び理学系から米徳大輔教授（理工研究域数物科学系）がとりまとめ役となり、「超小型衛星（金沢大学衛星）による宇宙科学観測」をテーマとした理工融合教育研究事業「金沢大学衛星プロジェクト」を展開している。そこでは、大学院に「宇宙理工学コース」を設置することで、超小型衛星の設計・製作を通じて最先端の宇宙理工学を重点的に学べる教育研究環境を整備し、①学生が主体となる衛星システム開発の現場を通して、理工一体の総合科学技術（理論とモノづくり）及びプロジェクト・マネジメントのスキルを身に付けた先端的職業人を組織的に育成すること、並びに、②本学が持つ世界最高水準の放射線及び電波観測装置を超小型衛星に搭載することで、従来の大型衛星では困難であった、迅速かつタイムリーな宇宙観測による学術的成果の創出を行うこと、を目的としている。

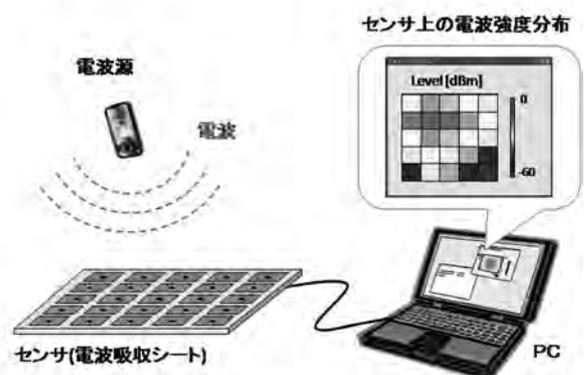


図4：電波強度・位相分布可視化装置

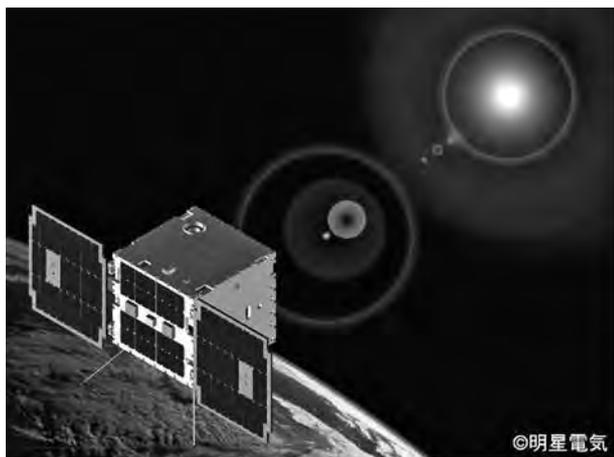


図5：金沢大学衛星1号機

現在、平成30年度の打ち上げを目指し、一辺50cmの立方体形状を持つ50kg級超小型衛星（金沢大学衛星1号機）を開発中である（図5）。1号機の科学観測目的としては米徳教授の研究テーマを採用し、昨年発見された大きな話題となった重力波の観測施設と同調し、X線突発天体を発見することで「重力波天文学」という新しい学問分野の創世に寄与するための、広視野X線撮像検出器を搭載する。重力波を発生する突発天体をX線で撮像観測することで、発生時刻や発生方向を同定し、その情報を地上観測者に通報する。また、重力波と同期したX線観測により、ブラックホール形成のメカニズム等を研究し、世界最先端の科学成果を創出することを目標とする。また、将来的に複数の超小型衛星で全天監視型のX線突発天体モニタを実施するための基盤技術を確認するとともに、大型衛星プロジェクトに搭載可能なX線撮像検出器の技術実証を行う予定である。

## IV. 日本学術会議中部地区科学者懇談会コーナー

### 日本学術会議第171回総会傍聴報告

前田 達 男

（科学者懇談会石川県幹事、金沢大学名誉教授）

**傍聴者の実数** 日本学術会議総会の傍聴は2008年の第152回総会（4月7～9日）、第162回総会（2012年4月9～11日）に続いて3回目である。8年前は当日朝一番の「はくたか」（越後湯沢で上越新幹線に乗り換え）で出かけたので、開会時間（10:00）に少し遅れ、前回は前泊したので、指定どおり開会の15分前には傍聴席に着き、受付でもらった部厚い資料集に目を通していった。今回（2016年4月14～16日）は北陸新幹線開業（2015年3月）による1時間の時短で前泊しなくとも指定時間（開会15分前）には傍聴席に座っていただけるようになっていた。傍聴席には報道関係者も含め十数名いたが、沖縄の学術振興などにも触れた島尻内閣府特命担当大臣（科学技術政策）の挨拶が終わると、傍聴席からも数名、慌ただしく退席した。学術会議の会議は原則公開であるが、人事に関する案件は会議に諮って非公開とすることができる（日本学術会議会則18条4項）。人事案件があれば、傍聴者、報道関係者は一時退場となるので、傍聴席に座っているのはほとんどが学術会議関係者だということが分かる。

3日間の総会は、1日目午前（10:00～12:00）総会、（12:00～13:30）昼休み、（13:30～15:00）各部会、（15:00～16:30）総会、大村智先生による特別講演、審議経過報告、（16:30～17:30）分野別委員長・幹事会合同会議、その後幹事会（16:30～）

2日目（10:00～12:00）各部会、（12:00～13:30）昼休み、（13:30～16:00）総会、各部会、分科会による審議経過の報告などがあり、その後の時間を利用して自由討論、（16:00～）同友会総会、引続き学術会議・同友会共催による懇親会

3日目（10:00～）各種委員会等である。

大臣挨拶が終わると会議の成立（定足数105人

の充足)が宣せられ、日程説明、配付資料の確認、学術会議事務局の人事異動紹介、物故者(金澤一郎元会長など)への黙祷などがあり、会則の一部改正(挙手採決、官報掲載)、細則の一部改正(多数決)等の議案が採択された。

### 「軍事研究」と会長「私見」

この後、大西隆会長による日本学術会議の報告と方針の提案。配付資料はPDF化されて学術会議のホームページに掲載されている。会長報告では、この間の学術会議会員選考で女性会員が50名(会員の総数は210名で目標は67名)になったこと、学術会議の横浜移転問題なども関心を呼んだが、この総会が注目を集めているのは、軍事研究(差し当たっては、防衛省「安全保障技術研究推進制度」による委託研究の公募)と日本学術会議の対応。学術会議はこれまで2度、軍事研究に対する立場・見解を表明している(1950年、1967年)。この立場は堅持しつつも、発足時(1954年)と現在では自衛隊に対する国民の意識にも変化があること(世論調査等)ことも考慮し、基礎研究についてももう少し柔軟に考えてもよいのではないか、という「私見」が追加されている。パワーポイント・スライドによれば、次のようになる。

### 安全保障にかかわる研究に関する論点(私見)

- ・日本学術会議の1950年、67年の声明「戦争を目的とした科学の研究は行わない」を堅持すべきではないか?
- ・少なくとも個別的自衛権の観点から、自衛隊の活動を国民が容認しているとの認識から、その目的にかなう基礎的な研究開発を大学等の研究者が行うことは許容されるべきではないか?
- ・上記の許容範囲はどれほどまでかについては、自衛隊活動に関する国民合意を踏まえた判断が必要。これらについて、日本学術会議の見解を示すべきではないか?
- ・広く、デュアル・ユース(研究成果の両義性)については、問題が多岐にわたる可能性があり、科学者の倫理として、各研究者が適切に対応する必要があるのではないか?

この問題については2日目午後の自由討議の時間があてられていた。私は金沢での所用のため傍聴できなかったが、新聞報道によれば、予想に違わぬ論戦となり、これを引き取った幹事会(会長、

副会長3、各部会から部長、副部長、幹事2、計16名で構成)は5月20日「安全保障と学術に関する検討委員会」の設置を決定し、大西隆会長、向井千秋副会長(東京理科大学特任副学長)、山極壽一京大総長など15名の委員を任命した。

### 外部評価委員会：広報活動の改善を

会長報告に続いて3副会長による報告。まず、女性初の宇宙飛行士・向井千秋副会長の「科学委員会」の報告、次いで井野瀬久美恵(甲南大学文学部教授、昨年10月スコットランド住民投票を話題に中部地区会議・三重大学で講演)「政府、社会及び国民等との関係」担当副会長による活動報告、最後に、国際担当・花木啓祐会長の報告「第23期の活動方針」がなされた。前回傍聴の時には配付されている資料集とパワーポイントの説明が異なっている報告もあり戸惑ったものであるが、今回はそのようなことはなかった。

この後、外部評価委員会(座長は尾池和夫元京大総長)による評価報告。学術会議の存在と活動を広く国民に知らせる広報について「送り手の論理」(研究者の観点)ではなく、受け手である国民の論理で見直すことが必要とし、文字を並べる代わりにストーリー・マンガの活用を説き、ポスターを持った沖縄出身の学生画家を登場させたのが印象に残る。

総会は昼休み休憩に入り、午後は各部会で再開。総会は15時から。今や恒例化したノーベル賞受賞者を招いての特別講演。今回はノーベル生理学・医学賞の大村智氏、講演テーマは「微生物創薬と国際貢献」、参考資料として山梨日日新聞2015.12.8の「大村さん記念講演要旨」と日本学士院PJAニュースレターNo.5(2013年1月)寄稿「思わぬ授かり物」が配付されている。耳が遠くなったせいか、ノート困難。研究所、集めた菌株2万、小林一三・・・そのあたりでノートを取るのを止めた。学術会議のHPに載る速記録に委ねよう。

**第1部会の傍聴** 第1日目の全体総会は昼休みで一旦中断、午後、会員は3つの部会の会場に移動する。私は第1部会(人文・社会系)の傍聴。事前に傍聴を申し込んでおいたせいか、傍聴者の机にも部会資料が配付されていた。幹事会からの報告、第一部に付置された「国際協力分科会」「科学と社会のあり方を再構築する分科会」「総合ジェ

ンダー分科会」からの報告などがあり、協議事項の「予算の執行について」は、貧弱な学術予算を分け合っている現実を実感した。

第1部会第2日目。午前10時、定足数を満たして再開。傍聴者は2名。最初は講演。

福永真弓氏（日本学術会議若手カデミー会員・東京大学准教授）「若手研究者から見た研究者養成とジェンダー」。世代別雇用形態折れ線グラフなども表示して説明、2.3の質疑ないし補足意見があつて、次のテーマ「いわゆる軍事研究について」に移る。「会長が自衛隊に言及したことを評価する」、「軍事研究には従わないという原則を厳守すべきである、との要請文が届いている」、「学術会議として態度表明すべきである」など、発言者が相次いだ。が、「学術会議がどう考えているか、世間は注目している」という認識では共通していた。

#### 傍聴報告覚書 学術会議の2つの声明

1949年に創立された日本学術会議は、翌年1950年4月28日第6回総会で「戦争を目的とする科学の研究には絶対に従わない決意の表明（声明）」を採択、発表した。これまでの日本の科学のあり方を反省し、今後は科学を「文化国家、世界平和の礎たらしめるとの決意のもとに上記の声明を表明したものである。他方、1967年10月20日第49回総会の声明は、米軍資金（米国陸軍極東研究開発局）の援助を受けて半導体研究の国際会議開催を日本学術会議が後援に名を連ねた、そのことを自己批判しての声明である。1967年声明は1950年声明をバージョンアップさせたものと理解すべきではない。基本は1950年声明であり、1967年声明はその一適用例であるとするべきである。なお、1967年声明では「研究は・・・行わない」であるが、1950年声明では「研究には従わない」である。加えて、昨年秋成立した安保法制によって自衛隊の性格も変わることが指摘されねばならない。日本国憲法の下で禁じられていた集団的自衛権の行使も、政府の憲法解釈のもとでは可能となり、自衛隊が米軍指揮下の戦争に動員される現実の可能性が生じたからである。

第23期 日本学術会議中部地区会議  
 運営協議会委員名簿  
 (平成26年10月1日～平成29年9月30日)

(平成 28 年 6 月 22 日現在)

関係部	氏名	勤務先
第1部	戸田山 和 久	名古屋大学
	西 村 直 子	信州大学
	松 井 三 枝	富山大学
第2部	高 橋 雅 英	名古屋大学
	小 川 宣 子	中部大学
	鈴 木 滋 彦	静岡大学
	村 田 真理子	三重大学
第3部	中 嶋 英 雄	(公財) 若狭湾エレクトロニクス研究センター
	宮 地 充 子	北陸先端科学技術大学院大学
	小 嶋 智	岐阜大学
	巽 和 行	名古屋大学
	春 山 成 子	三重大学

科学者懇談会幹事一覧

(平成 28 年 6 月 22 日現在)

県名	氏名	勤務先
富山県	竹 内 章	富山大学
	森 寿	富山大学
石川県	前 田 達 男	(金沢大学名誉教授)
	福 森 義 宏	金沢大学
福井県	永 井 二 郎	福井大学
	山 本 富士夫	(福井大学名誉教授)
長野県	奥 村 幸 久	信州大学
岐阜県	土 岐 邦 彦	岐阜大学
	荒 井 聡	岐阜大学
静岡県	荒 木 信 幸	静岡理工科大学
	石 井 潔	静岡大学
愛知県	丹 生 潔	(名古屋大学名誉教授)
	松 田 正 久	(愛知教育大学名誉教授)
	和 田 肇	名古屋大学
三重県	梅 川 逸 人	三重大学
	樹 神 成	三重大学

日本学術会議中部地区会議学術講演会のお知らせ

平成 28 年度第 2 回日本学術会議中部地区会議学術講演会を  
 下記のとおり開催いたしますので、お知らせいたします。

記

日時：平成 28 年 12 月 2 日 (金) 13 時～16 時  
 場所：岐阜大学

中部地区会議に関すること } は右記へ  
 科学者懇談会に関すること }

日本学術会議中部地区会議事務局  
 〒464 - 8601 名古屋市千種区不老町  
 名古屋大学研究協力部研究支援課内  
 TEL (052) 789 - 2039  
 FAX (052) 789 - 2041

※日本学術会議の活動についてはホームページ URL : <http://www.scj.go.jp> をご覧ください。