

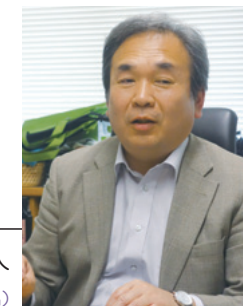
本文

著者	石本 太郎, 大垣 有美, 加藤 英之, 栗原 翔吾, 佐藤 久美子, 新道 真代, 鈴木 峰晴, 関谷 薫, 二歩 裕, 二階堂 知己, 萩原 友希江, 森本 行人
雑誌名	リサーチユニット総覧 : 多様な分野の糸が織りなす多彩なサイエンス
巻	2
ページ	2-111
発行年	2016-03-01
URL	http://hdl.handle.net/2241/00155133

宇宙開発を軸に多様な頭脳が集う

ユニット名
学際的宇宙開発

ユニット代表者 システム情報系 教授 西岡 牧人
◆ユニット構成員 総数 20名 (教員 19名 / ポスドク 0名 / 他機関 1名)



キーワード 宇宙工学、宇宙芸術、宇宙医学、生命環境、体育

<http://utseed.kz.tsukuba.ac.jp>

現代の宇宙利用の潮流をいち早く意識化し、分野を横断した学際的な「宇宙開発」の研究を行います。宇宙技術(推進・空力・熱・環境・ロボット)を創造し次世代の宇宙開発に貢献します。

総合科学技術力としての宇宙開発

宇宙開発は多様な分野の集結が必要であり醍醐味です。JAXA 筑波宇宙センターの近隣に位置する総合大学という地の利をもつ筑波大の研究者にとって、JAXAは魅力的な共同研究先です。しかし、“隣の芝生は青い”の言葉通り、宇宙開発に特化した秀逸な研究環境を誇るJAXAから見ると筑波大学の学問守備範囲の広さは、研究所で望んでも得られない得難い貴重なリソースです。ひとたび宇宙に飛び出せば、そこには今まで問えなかった様々な可能性が学問領域に渡って展開します。宇宙で生体はどういう影響を受けるか(医学)、無重力の空間でどんな新しい表現が可能か(芸術)、... そのようなあらゆる学問リソースがふんだんに有るのが、専門分野の研究所からみた大学の魅力なのです。そんなJAXAからのラブコールを受けて学内に広く声をかけると、生命環境系の奈佐原先生、陽子線医学利用研究センターの桜井先生、芸術系の逢坂先生からも次々と手が上がり、電波天文学の他に、宇宙から農作地をリモートセンシングする研究、無重力状態での宇宙芸術といった広範なトピックを紹介する「筑波宇宙フロンティアフォーラム」が開かれました。



図1: 超小型衛星(結)の装填

専門家の緩やかな結集

私が最も得意とするのはシミュレーション手法が力を発揮できる穏やかな燃焼現象ですが、先ごろ名古屋大学に移られた笠原先生はマッハ10のすさまじい速さで爆発するデトネーションを利用した新しいロ

ケットエンジンを専門にしていました。また、メンバーの亀田先生は土木系の出身ですが、学生が作る超小型衛星「結」のプロジェクト(図1)のリーダーとしてJAXAとの共同研究開発を進めました。電気系出身で電磁流体力学の専門家の藤野先生は再突入時の衝撃波を緩和する電磁的方法(図2)を研究、そして新たに加わった若手研究者の横田先生と嶋村先生はそれぞれ、電気推進(はやぶさのイオンエンジン等)(図3)、およびレーザー推進という全く新しい発想の宇宙推進機を専門としています。各専門家が、自分の分野に没頭しつつも宇宙を軸に緩やかに関係する「場」を育みたいと思っています。

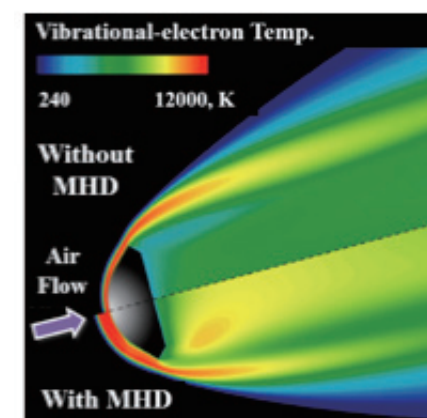


図2: MHDによる再突入時の流れの制御

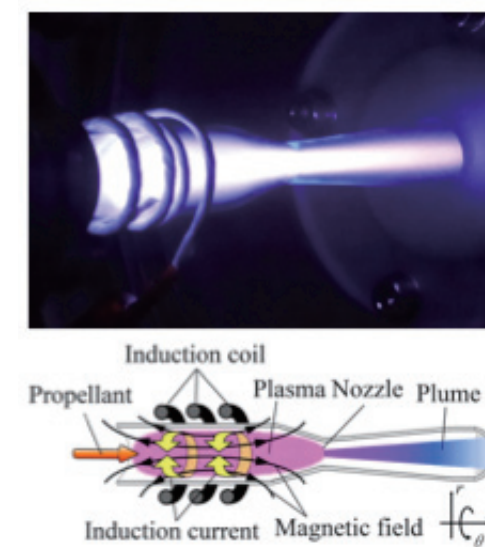


図3: ICP電熱型電気推進

社会への貢献・実績

- 電波天文学から芸術まで「宇宙」に関する話題を紹介する「筑波宇宙フロンティアフォーラム」開催

取材: 平成26年5月7日

中部山岳のフィールドで 多様な環境変動を読み解く

ユニット名

中部山岳環境変動

ユニット代表者

生命環境系 教授 松岡 憲知

◆ユニット構成員 総数 32名 (教員 19名 / ポスドク 3名 / 他機関 10名)



キーワード 中部山岳地域、気候変動、地球温暖化、生物多様性、生態系

<http://jalps.suiri.tsukuba.ac.jp/>

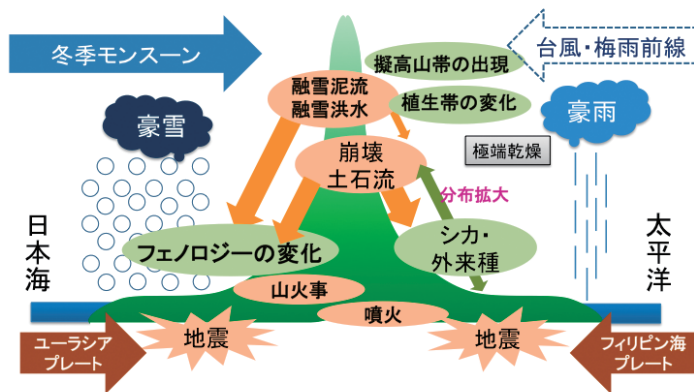
中部山岳地域はその地形や環境の特性により、気候変動や人間活動の影響が早いレスポンスで顕在化するという特徴があり、地球温暖化等の環境変動を知る上で貴重な研究フィールドと言えます。リサーチユニットの5年間では、気候の変化による山岳地域の生態系への影響や、水や土砂の動きといった自然の条件の変化を調べると共に、人間の暮らしにどのような影響があるのかを、筑波大学・信州大学・岐阜大学の3大学の研究チームが中部山岳地域をフィールドに連携し、主に生物系、農

林系、地球科学系分野での様々な学際的研究を行いました。

リサーチユニット終了後の2015年度からはさらに静岡大学・富山大学・山梨大学が連携機関に加わり、フィールドも日本海側から太平洋側まで中部山岳地域を縦断する範囲へと広げ、気候変動が山岳地域あるいは都市域へどのような影響を与えるのかを総合的に紐解く活動を続けています。

フィールド連携

長期的・突発的な環境変動の種類と、生態系の反応が大きく異なる、日本海側～内陸～太平洋側の山岳フィールド



中部地域全体を縦断するフィールドへと研究チームとテーマを拡大 国際連携も活発化

中部山岳の縦断地域は活発な地殻変動で山は隆起し、地形は早いスピードで変化しています。また、この地域の気象は、日本海側は豪雪地域、太平洋側は豪雨地域で、山岳地域から溢れた水で崩壊・洪水等が起こり下流へ影響を与えています。世界的にみてもこれだけダイナミックな変化が起きているフィールドは少なく、中部山岳地域は謂わば地球全体を理解するための1つのモデルと言えます。この広いフィールドで、大学間が連携して同時に気象や生態系の調査を行うことにより中部山岳全体で起きている変化を理解することが出来ます。



図2：インターバルカメラで崩壊発生をとらえる

また、気候変動が観光や産業へ与える影響について、環境経済学や集落の移り変わりといった社会科学分野にまで研究テーマを広げました。今では「日本山岳アカデミア」と命名した140名程度の大きな組織となり、組織を跨いで若い研究者の教育や国際的な共同研究を繰り広げています。将来的には、この組織が山岳科学における一つの学会組織となることを目指しています。

フィールドの特徴を利用し、気候変動の影響を様々な視点で検証する

フィールドでは、例えば山の中に温室を設置し、温暖化の条件を人工的に作り出します。温室の中で植物がどう変化するかを観察したり、人為的に植物を伐採し植生の変化を起こし、そこで土砂の移動の実験をしました。各大学が持つフィールドの特徴に合わせて様々な実験を行ったり、同時に実験を行い比較する事で気候変動の影響を検証しました。

図1：温暖化実験 (周囲より高温にして植物への影響を調べる)



社会への貢献・実績

- 地学雑誌「中部山岳地域の自然環境変動」特集号 (122 巻 4 号) を出版
- 国際シンポジウム「山岳科学と気候変動に関する生態学的展望」を開催 (平成 25 年 11 月・菅平高原)
- アジア・オセアニア地球科学会国際シンポジウム「Mountain Response to Climate Change」を開催 (平成 26 年 7 月・札幌)
- 国際シンポジウム「急傾斜山地における斜面変動と生態系」を開催 (平成 26 年 10 月・井川演習林)

取材：平成27年8月28日

修行を通して得られる「こころ」 ー人文科学と自然科学の学際的コラボレーションでー

ユニット名

こころのダイナミクス:実践修行に基づくこころの学際的研究

ユニット代表者 人文社会系 教授 佐久間 秀範

◆ユニット構成員 総数 19名 (教員9名/ポスドク0名/他機関10名)



キーワード ^{ゆがきょうゆいしき} 瑜伽行唯識思想、大乘仏、修行、脳科学、認識論、認知科学、東洋哲学、西洋哲学

物理学者のアインシュタインは次のような言葉を残しています。【Body and soul are not two different things, but only two different ways of perceiving the same things. Similarly, physics and psychology are only different attempts to link our experiences together by way of systematic thought. (Bite-Size Einstein: Quotations on Just About Everything from the Greatest Mind of the Twentieth Century からの引用) (邦訳:体と魂は異なるものではなく、同一の事柄を二つの方法で認識しているにすぎない。同様に、物理学と心理学とは、体系的な思考によって私たちの経験を結び付ける異なる試みにすぎない。)】 敬虔なクリスチャンであった彼は、本リサーチユニットで対象としている「こころ」を表現しているのかも知れません。本リサーチユニットでは、人文科学(仏教学)と自然科学(脳科学)の双方から、「あるがままの姿」をとらえる方法論を見つけようとするものです。

「こころ」に対する学際的研究に期待！

修行者の体験を言語で表現した初期の頃の唯識文献(論典)には、「あるがままの姿」をいかに悟ったかが記録されています。人文科学では、こうした過去の文献に残された記録(図1)をもとに、当時の人の思想や経験をとらえる研究を進めています。また、認知心理学などでは、脳波を計測することなどにより、「もの」の認識過程を客観的なデータをとらえる研究がされています(図2)。後者の自然科学的方法論研究者と前者の瑜伽行唯識研究者が互いの理論を各々の言葉で読み替えることができれば、「こころ」を学際的に新たに定義することができるはずです。

そのために、人文・自然科学両分野の考え方の隔たりを埋めながら研究を行っていきます。その結果、東西哲学分野で自然科学など他分野の研究成果を活用する方法論、もしくはその逆の活用に広がりを持たせる効果が期待されます。

「こころ」でとらえる「あるがままの姿」

私たちは、目の前にある「あるがままの姿」を、五感を通して切り取り、脳が司る概念を通して抽象一般化することで「もの」として認識しています。本リサーチユニットでは、「あるがままの姿」を「もの」に変換する概念(心・理性)と「あるがままの姿」とのギャップを超越して「生命」そのものとして存在している状態を「こころ」と呼んでいます。本リサーチユニットの研究目的は、仏教思想の側面と脳科学・認知科学の側面とから、瑜伽(ヨーガ)行の実践により「こころ」で「あるがままの姿」をとらえる(= 固定概念からの解放) 認識過程を考察し、両分野の隔たりを解消することです。

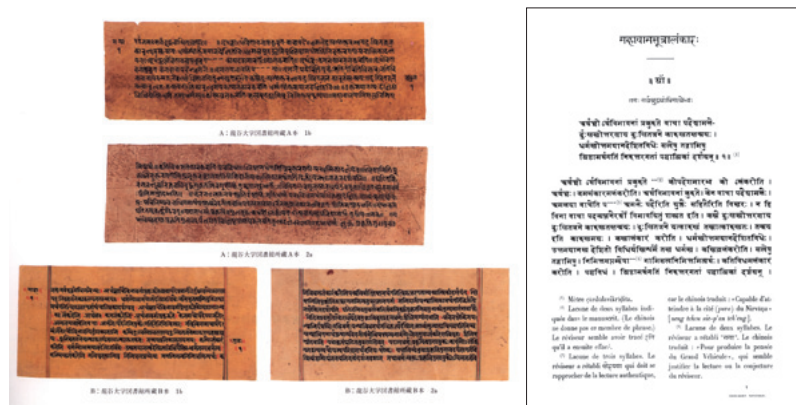


図1:『大乘莊嚴經論』の写本と校訂本(サンスクリット語)



図2: 脳波測定現場と同一環境で4名同時計測された脳波

社会への貢献・実績

本ユニットはスタートしたばかりとのことで、実績はこれから生まれてくると期待しています。生命の基本である「こころ」を幅広く扱うことで、

- (1) 我々が生まれてからどのように世界を獲得してきたかなど乳幼児発達心理学、
- (2) 世界との関わりから精神疾患の大本がどこにあるかなど精神医療、
- (3) 健常・障害の別なく人間としてのこころのあり方を考えることでの倫理的な貢献が期待できます。また私たち日本人の心の奥底にある(無宗教と誤ってイメージされている)「神様仏様への深い思い」の再発見をすることが出来るかもしれません。

取材:平成26年11月13,28日

経営を工学する

ユニット名

価値創造

ユニット代表者 システム情報系 教授 繁野 麻衣子

◆ユニット構成員 総数6名(教員6名/ポスト0名/他機関0名)



キーワード ビッグデータ、e- コーマス、CRM、アルゴリズム

皆さんは「工学的である」とはどういうことだと思いますか？ 工学が工学たる所以は、再現性があること、つまり同じインプットをすれば同じアウトプットが得られることにあります。インプットとアウトプットの間にある関数の構造を定めることが、工学の価値だと言えるでしょう。リサーチユニット「価値創造」は、企業が抱える経営上の課題に対し工学的にアプローチする研究者の集まりです。

購買行動を確率論的に理解する

経営という複雑な事象に工学的にアプローチしようという試みはアメリカで始まったもので、非常に長い歴史があります。それは基本的に、経営を財務・生産・マーケティングなどの機能別に分解したうえで分析し、それらを張り合わせて全体を理解するというやり方をとってきました。しかし、市場環境が複雑で変化の速い現代では、このような張り合わせ型のアプローチは通用しにくくなっています。そこで私たちは、企業経営において最も重要なファクターである消費者の購買行動を、確率理論や最適理論を応用して理解し、現実の経営に組み込むということに取り組んでいます。企業が現実抱えている課題を、その企業のメンバーと私たち研究者・学生が一つのチームとなって解決しようとしているのです(図1)。



図1：ミーティングの様子
企業・研究者・学生が共通の課題に一丸となって取り組む

スマートフォンアプリの将来のダウンロード数予測

私たちがFULLER社という企業と取り組んでいるプロジェクトをご紹介します。近年、スマートフォン市場は急成長を遂げており、世界中で膨大な数のアプリケーションが開発されています。消費者のスマートフォン上では、日々新たなアプリがインストールされたり削除されたりしているのです。FULLER社と私たちは、ユーザーのアプリ所持状況・使用実態などのデータを最新の数理的手法を用いて分析し、新たに開発されたアプリの将来のダウンロード数を確率論的に予測することにグループごとに取り組んでいます。

分析で用いるデータの構造

- 以下の図のような構造のデータ (DPV) を使用
- 対象アプリを起動するデバイスの推移確率行列を2期間毎に作成する
- 上記の推移確率行列を基に、将来の確率分布を推定する

DPV

Device id	Package name	k=1	k=2	...	k=K	...	k=L
d_1	a_1	1	0	...	1	...	0
d_1	a_2	1	1	...	1	...	1
d_2	a_1	0	1	...	0	...	1

0: 非起動
1: 起動

K: 実データが存在すると仮定するデータ期間
L: 予測対象期間

デバイス $d \in D$ が分析対象アプリ $a \in A$ を起動するかどうかに関するベクトルを期間 $k \in L$ において、

$$v_k(d, a) = \begin{cases} 1 & \text{if a device } d \text{ uses application } a \text{ in month } k \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$
 とし、DPVを以下のように定義する。

$$v_k(d, a) = [v_1(d, a), \dots, v_k(d, a)]$$

図2：ダウンロード数予測に用いるデータの構造

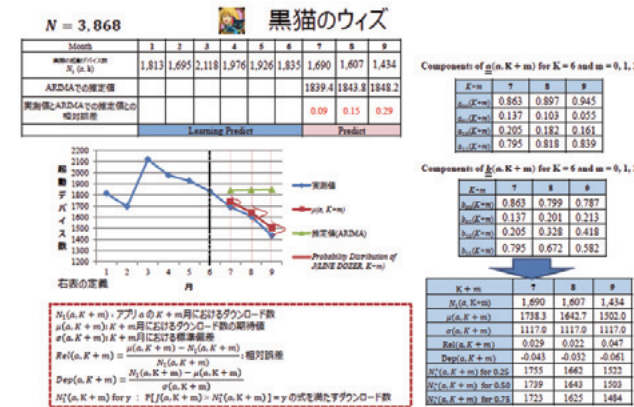


図3：開発中のアルゴリズムによるダウンロード数予測の例
ARIMA モデルよりも精度の高い予測が可能

既存の将来予測の方法論であるARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)モデルには、過去の時系列データの慣性力に影響を受けすぎるといった問題点がありました。そこで住田先生のグループでは、ARIMAモデルに非斉時マルコフ連鎖を組み合わせることで予測の精度を高めるとともに、予測値の確率分布を算出することができるアルゴリズムの開発に取り組んでいます(図2・3)。これが実用化できれば、世界中のアプリ開発企業に対して全く新しいサービスを提供することが可能になるでしょう。

私たちは、他にもユニットを構成する各先生が中心となるグループ単位で研究を進めています。互いに相補的もしくは相殺的なアプリの組み合わせを発見するアルゴリズムの開発や、特定のアプリに着目してスマホを複数のクラス(安定型、回復型、変動型など)に類別しその構成比の変化を予測するといった問題に取り組んでいます。

社会への貢献・実績

- 急成長するアプリケーション市場に、新たな分析手法や価値創造の方法論を提案
- 企業の実データを分析してディスカッションを繰り返すことによる実践的教育

観測から解析へ～北極圏温暖化研究の次のステージを拓く

キーワード 北極圏、温暖化、海水激減、生態系、北極振動

<http://plmet.biol.tsukuba.ac.jp/>

地球温暖化によって北極の氷が溶け始めている、という話を聞いたことはありませんか？ 実際に、北極圏の海水の激減によって、それまで氷で隔てられていた大西洋と太平洋の植物プランクトン種が混ざり合う現象が確認されています。また、海洋の一次生産者である植物プランクトンの種数や個体数が大きく変化し、食物連鎖系をとおして漁業資源の生産変動など人間活動にも影響が出ています。これまで、こうした多くの観測データの蓄積は膨大になっているものの、温暖化の原因や影響の解明は、まだまだ難しい問題です。

本リサーチユニットでは、フィールド調査、実験室での解析、コンピューターシミュレーション等様々なアプローチを用い、北極圏における気候変動と海洋生態系変動の原因と影響を正しく把握することを目指して研究を行っています。

多角的なアプローチで北極圏の温暖化を科学する

本ユニットには、3つの研究領域があります。環境変動解析領域は、北極圏の気候や海域・陸域の環境変動を解析しています。例えば、北極海の海水が激減している理由として、海水を砕いてしまう北極低気圧の存在が考えられていますが、その実態はよくわかっていません。そこで、スーパーコンピュータに様々な数値条件を与えて地球全体の雲や気圧の動きをシミュレーションし、実際の北極低気圧を再現することで、その構造や成因を解析しています(図1)。また、海底の堆積物の分析から過去の海洋環境を復元する共同研究を進めています。

海洋生態系変動解析領域では、海洋科学調査船によって採集された海洋植物・動物プランクトン群集の動態を解析し、温暖化がどう

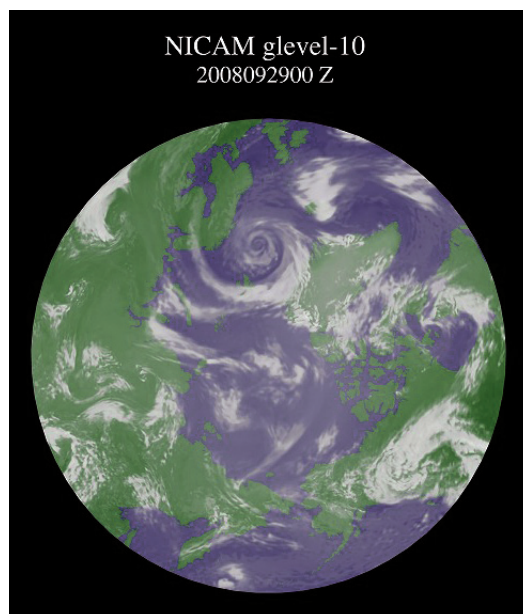


図1：筑波大学計算科学研究センターのスーパーコンピュータT2Kによる全球雲解析(渦を巻いている部分が北極低気圧)

生態系に影響しているかを調査しています。

海洋生物環境変動影響解析領域では、白亜紀に生産された石灰岩や石油の起源となったハプト藻類円石藻(図2)を対象に、世界で唯一筑波大学が海洋研究開発機構と共同で単離に成功した北極海株の生理特性を解析しています。

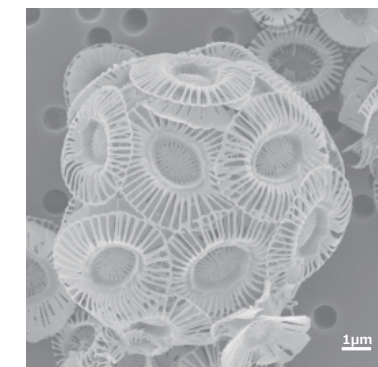


図2：円石藻類の一種。(スケールバーは1000分の1mm)

円石藻と温暖化研究の深い関係

円石藻は、海洋に生息する単細胞藻類で、光合成と石灰化により大気・海洋中の二酸化炭素を固定し、海底へ輸送するポンプの役割を担っています。バイオマス^{*1}が大きく、地球規模の炭素循環に大きな影響を及ぼす重要な生物です。この円石藻が今、北極の冷たい海で増加しています。円石藻の低温適応メカニズムや増殖特性などを解明できれば、変動する北極海における植物プランクトンの動態や生態系への影響、物質生産性を予測するために必要なパラメーターを提供することが可能になります。

こうした多角的な研究の積み重ねが、北極圏における温暖化影響解析、海洋生態系変動の未来予測には不可欠なのです。

^{*1}：ある空間に存在する生物の量を、物質の量(質量など)で表現したもの

社会への貢献・実績

- 第2回国際アルケノン研究に関するジョイントミーティングを主催
- 北極圏温暖化影響解析に関するシンポジウム「地球温暖化の停滞と加速」(気象学会)開催

取材：平成27年6月19日

環境の持続的な維持を目指して！

ユニット名

生態系サービス研究

ユニット代表者

システム情報系 教授 吉野 邦彦

◆ユニット構成員 総数3名（教員3名/ポストク0名/他機関0名）



キーワード 生態系サービス、生態リスク評価、環境影響評価、環境デザイン、環境マネジメント

人は周囲の自然環境からさまざまな恩恵(生態系サービス)を受けて生きています。このリサーチユニットでは、気候・地形やそこに暮らす生き物というような自然科学で扱われる分野と、まちづくりや人の暮らしやすさなど社会工学で扱われる分野の連携を図ることで、人と自然が調和しながら生態系サービスが持続的に維持される世界を提案します。

環境を正しく知るために

リサーチユニット代表者である吉野先生は、環境の変化を評価する研究をしています。例えば、釧路湿原の植生を上空から撮影し、過去の写真とも比較を行いながら、44種類に分類した植物群落の経年変化を調査しています(図1)。こうした調査をすることで、堤防建設による影響などを評価しようと試みています。

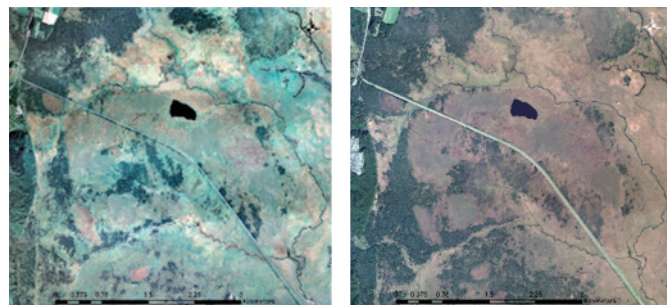


図1：釧路湿原高層湿原地帯の国土地理院撮影航空写真
左) 1977年9月23日撮影、右) 2011年10月4日撮影

村上暁信先生は、シミュレーションを活用し、人と環境の関わりを設計する研究者です。例えば、東日本大震災の津波によって失われた集落をCG(コンピュータ・グラフィックス)で再現し、市民との対話を重ねることで“もともとあった自然と市民との関わり合い”を明らかにする研究を進めて

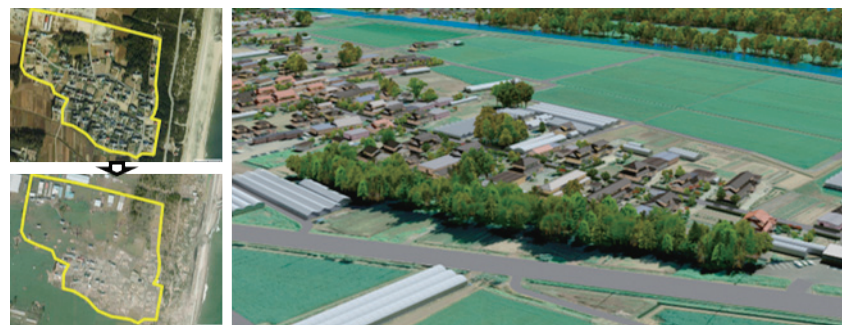


図2：東日本大震災復興計画への参画
左上) 震災前の航空写真
左下) 震災後の航空写真
右) CGで再現された集落

います(図2)。被災前に当たり前にあった自然と人の関わりを、新しいまちづくりに反映させることを目指しています。

甲斐田直子先生は、環境の経済価値を把握するための研究を行っています。ベトナム・ニャチャン湾海洋保護区(図3)を舞台に、観光客が保護区対策に対してどの程度の支払い意志があるのかを調査したところ、現状の入島料よりも高い額が妥当と考える観光客が多いことがわかりました。このことから、保護区の経済価値は考えられているよりも高いことがわかります。

このような「環境の把握」「利用の計画」「環境の経済価値の把握」といった異なる視点からの



図3：左) ニャチャン保護区内ムン島の様子、中央) 保護区内の漁業禁止区域等を示す看板、右) 漁業に代わる収入源として、お土産用の貝殻カーテンを編む島民たち

アプローチ・問題意識を、合同ゼミを通して共有することで、人と自然の持続可能な共存関係を明らかにし、政策レベルに提案していくことを目指して研究を進めています。

人が住んでいるところには、必ず人と環境の相互作用がある！

人が住む土地には、必ず人と環境の相互作用(インタラクション)があります。言い換えれば、人のいるところには、常に環境の問題・課題があります。このユニットの研究テーマは、国や人を問わず、どこでも誰でも関係することなのです。

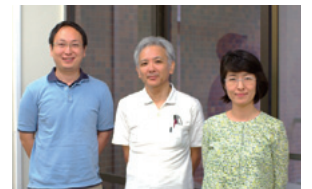


図4：生態系サービスリサーチユニットのメンバー。左から、村上先生、吉野先生、甲斐田先生

社会への貢献・実績

- 常総市、牛久市などの緑地空間整備等に関する委員会委員
- 茨城県環境影響評価審査会委員
- 「つくば市きれいなまちづくり第3次行動計画」策定委員

取材：平成27年7月24日

デジタル時代に人文学が 社会にもたらすサービスとは

ユニット名

デジタル・ヒューマニティーズ

ユニット代表者

人文社会系 准教授 和氣 愛仁

◆ユニット構成員 総数 18名 (教員 15名/ポスドク 1名/他機関 2名)



キーワード 人文情報学、デジタルアーカイブ、メタデータ、知の構造化

http://www.jinsha.tsukuba.ac.jp/research_group/tsdh

人文学研究は、従来文献資料などを主な研究対象とし、その成果を発表する方法もほとんどの場合、書籍の出版など紙媒体による一方向のアウトプットに限られていました。しかし、近年の情報技術の発展により、デジタルアーカイブ化された資料がネットワークを通じて共有されるようになり、それが人文学研究の手法に大きな変化をもたらしました。デジタル・ヒューマニティーズ(人文情報学)は、デジタル時代における人文学の価値の再創造を模索すべく、活発な活動を展開しています。

デジタル技術は人文学に何をもたらしたか

デジタル技術やネットワークによって、博物館の奥深くに収納され普段目にするできないような資料も、高解像度画像としてインターネットを通じ世界中どこからでもアクセス可能になりました。また、学術情報のオープンアクセスやインターネット上の研究者のブログなど、アウトプットの形も多様になり、同じ研究領域の中だけで流通していた情報は、別の研究領域の研究者だけでなく、一般の人たちにとっても身近なものになったといえます。

例えば1枚のパピルス画像を通じて、従来議論をする機会のなかった考古学者と宗教学者、文学者、さらに資料の内容によっては建築や天文学といった分野の研究者が出会い、多角的な意見交換の後に、新しい発見をもたらすこともあります。すると、情報に効率的にたどり着く

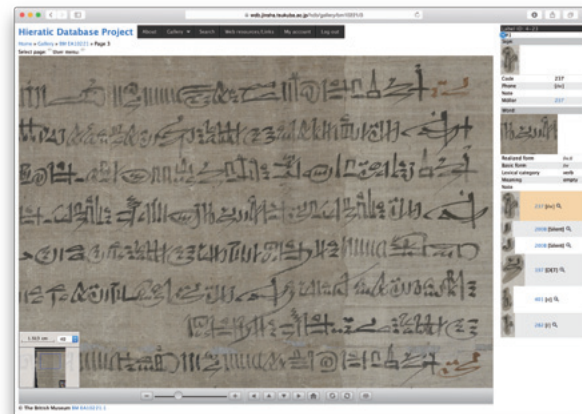


図1：代表者が構築した古代エジプト語神官文字画像データベースシステム。文字の機能や発音、語の品詞や語義など、言語学的な情報が資料画像上から直接検索できる。

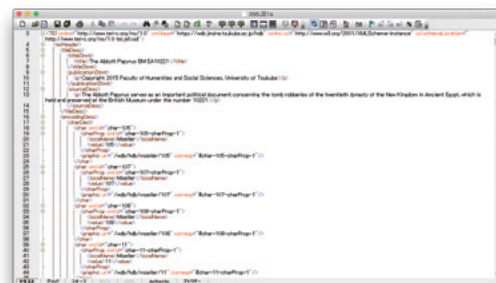


図2：上記システムから出力した TEI 形式 XML ファイル

ための方法の開発など資料共有のための技術的な問題だけでなく、これまで分野ごとに多様であった研究手法や研究評価基準の統一化や、人文学による社会貢献とは何かというような多種多様な問題を解決するための研究もまた必要になってきました。

デジタル時代に人文学がもたらす未来について考える

本リサーチユニットは、宗教学や言語学等の人文学研究者と図書館情報学の研究者で構成されており、各メンバーはそれぞれの専門分野の研究と「デジタル・ヒューマニティーズ」研究の2足のわらじをはいています。人文学が個々の資料に深く関わるのに対し、図書館情報学は個々の資料よりも資料群全体の性質や状態に着目するというように、両者は同じ文献資料を扱うものではあっても全く対照的な学問です。しかしながら図書館情報学もまた、従来の紙媒体の資料からデジタル化を経て、情報の新しいあり方を模索しているという点では、人文学と同じ問題に直面しているともいえます。だからこそ、デジタル・ヒューマニティーズが裾野を大きく広げているいま、このメンバーによって独自のアプローチができると考えています。

社会への貢献・実績

- 情報処理学会「第99回人文科学とコンピュータ研究会」における筑波大学デジタル・ヒューマニティーズ研究セッションおよびパネルディスカッション開催 (2013年8月3日・筑波大学)
- ワークショップ「デジタル・ヒューマニティーズと人文科学の再接続」開催 (2013年11月9日・筑波大学)
- 日本デジタル・ヒューマニティーズ学会国際カンファレンス JADH2014 開催 (2014年9月19～21日・筑波大学)
- スーパーグローバル大学創成支援採択事業キックオフ・ワークショップ "Digital Humanities Worldwide" 開催 (2015年2月15日・筑波大学)
- WDB: General-purpose Platform for Database System of Annotated Images (<https://wdb.jinsha.tsukuba.ac.jp>)

取材：平成27年7月1日

Sleep is important for memory

Key Words Learning, Memory, Sleep, Functional Organization, Hippocampus

Professor Pavlides is an electrophysiologist and his Research Unit is currently focusing on understanding the role of sleep in long-term memory consolidation. His research unit consists of a collaborative group of neuroscientists and uses a combination of scientific approaches, such as behavioral, molecular, anatomical and electrophysiological. He mentioned that this collaboration is necessary to attack his challenging aims because science now days is not so simple and combining knowledge from scientists with different expertise is the only way to solve complex problems.

What is sleep all about?

We spend a significant amount of time sleeping; about 8 hours/day or one-third of our lives. His major question is why do we do that? Do we just need rest? The answer does not seem to be so simple. Previous research had suggested that sleep may play a role in learning and memory. Most of the evidence for this, however, was correlational or anecdotal. His laboratory was the first to obtain hard scientific evidence that animals need sleep for memory consolidation. This was a 'very big finding', as he said, and that it was his best discovery as a scientist. His experiment was very simple. He recorded from single cells in the hippocampus, a part of the brain which plays a major role in learning and memory. The activity of these cells is involved in spatial navigation - i.e., "place cells". Animals were confined to the place field of a place cell (a specific part of an environment with very high firing rates) while they were kept away from the place field of other place cells. When the animals went to sleep, the cells that were active during the awake state became 're-activated', in comparison to cells that were kept away from their place field (in which case they fired at low rates in sleep). This suggests that neuronal activity during sleep is involved in long-term consolidation of memories. Subsequent research from his laboratory showed that various genes involved in plasticity (e.g., Zif268, Homer 1a) are also re-activated in sleep (Fig. 1, lower right panel) following a learning experience.

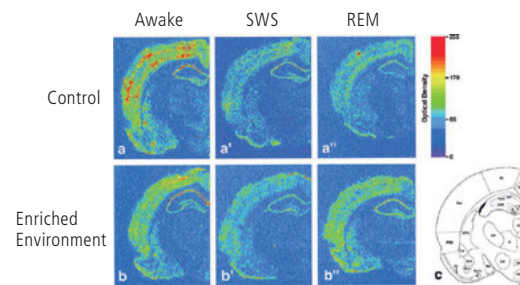


Fig. 1. Patterns of gene expression in brain

Unit name

Integrative Behavioral Neuroscience of Neuroplasticity and Sleep (学習、記憶、睡眠の行動神経科学)

Main member

Constantine PAVLIDES, PhD. Professor, Faculty Human Sciences

◆ Unit members: 4 researchers at Univ. of Tsukuba and 2 researchers at other Inst.



What is happening in the brain during sleep?

Studies undertaken since arriving at the University of Tsukuba, are aimed at investigating whether the memory enhancements in sleep may involve the activation of protein kinase A (PKA). In an initial experiment, rats were context fear conditioned following which they were allowed to sleep or kept awake during the next 4 hours (animals were tested in a home-made sleep chamber, consisting of a rubber trash container fitted with lighting, video camera, brain infusion equipment, etc - see Fig. 2, right). They were then tested for fear memory 24 hours later. Animals that were sleep deprived froze less to the context, meaning that they did not remember as well the shocks. Infusing a PKA inhibitor into the hippocampus during sleep, also disrupted fear memory, whereas, infusing a PKA activator in animals kept awake restored the fear memory. Currently, his lab is investigating possible mechanisms that may modulate both neuronal activity and PKA expression for the consolidation of memory. Specifically, they are looking at whether sharp wave ripples, observed in hippocampal EEG during sleep, may be the brain mechanism that modulates both neuronal activity and PKA expression. If indeed this is the case, it will be a very exciting finding.

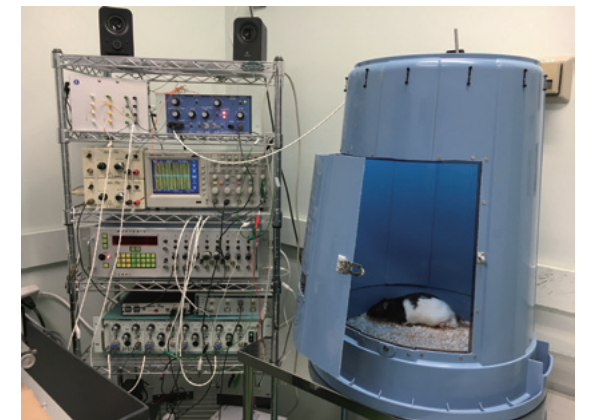


Fig. 2. A set of experimental devices

What does he teach at University of Tsukuba ?

Before Professor Pavlides came to the University of Tsukuba, he was a faculty member for 30 years at Rockefeller University, New York, USA. At Tsukuba, he teaches a couple of courses: scientific conversation in English and scientific writing in English. He emphasizes "critical thinking" which is fundamental in USA and is a very important skill for scientists.

Date of Interview. Aug 7, 2015

人文知を結集して祈りの文化史から「日本」を読み解く

キーワード 日本研究、祈り、宗教文芸、法会、比較研究

「日本を研究する」とはどのようなことでしょうか。これに挑む多様な専門の研究者の力を合わせて、「時間」「空間」「対象」等さまざまな角度から「日本」をとらえようとしています。普通の学会では重なり合わないそれぞれの専門分野に、接点となりうる共通の話題を投げ込んだら、どんな化学反応が起きるのか？そこから得られるあらたな研究成果を求めるリサーチユニットが、この「新研究領域創出型日本研究」なのです。

祈りの文化史は時空を超える

現在、リサーチユニットの中核に据えているテーマは「祈りの文化史」です。現代の日本の祈りの歴史は、前近代からの国内での文化の熟成のほか、仏教伝来以来の海外との交流の繰り返しによって成り立っています。その意味を理解する上では、日本に渡来した文化の源流の探求や比較研究の視点が自ずと必要になってきます。このような問題意識に基づき、去年は、玄奘三蔵をインドから日本までの視野でとらえ直す学際的・国際的なフォーラムを行いました。(図1)

たとえば、祈りの文化史を考えるために、「法会」という場を考えてみましょう。法会の行われる寺院空間は、仏像・曼荼羅・音楽・芸能に彩られ、僧侶の発することばがその空間を荘厳していく、まさにそれらの交響の場なのです。こうした研究対象に挑む際には、人文学諸領域の知はもちろんのこと、寺院建築など理系の学問の知をも結集して取り組む必要が生じます。

このリサーチユニットが目指すのは、そうしたスリリングな知の交流による、日本理解の核心に迫るあらたな研究の創出です。

知の激突による領域横断的研究

学際的な領域の共同研究を、専門分野を異にする研究者が集まってすすめる場合、ともすれば、おのおのの研究の表層的な部分の議論にとどまる傾向があります。

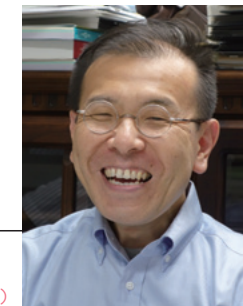
本リサーチユニットでの議論は、自分の専門を解体したり譲歩したりするのではなく、むしろ、それぞれの専門性をもとに分析を深めることを意識しています。これにより、既成の学会の枠組みを超えるようなあたらしい成果がうまれることを目指しつつ共同研究を進めています。議論の場では、意外な発見に驚いたり、思わぬ展開に冷や汗が出たりすることもしばしばですが、

ユニット名

新研究領域創出型日本研究

ユニット代表者 人文社会系 准教授 近本 謙介

◆ユニット構成員 総数 23名 (教員7名/ポスドク0名/他機関16名)



それぞれの培ってきた深い専門領域の知に裏打ちされているからこそ、真にエキサイティングな学究の場となっていると自負しています。

社会への貢献・実績

- ハーバード大学、ロンドン大学 SOAS、イリノイ大学、ヘルシンキ大学、タリン大学、台湾国立政治大学、リュブリャナ大学、タシケント国立東洋学大学等にて、国際フォーラムを開催
- 筑波大学東京キャンパスにて、第5回東アジア宗教文献国際研究集会「玄奘フォーラム」を、国内外の研究者を招いて開催(図1)



図1:「玄奘フォーラム」における阿部龍一ハーバード大学教授による基調講演

- 根津美術館にて説話文学会シンポジウム「女院と尼僧の信仰の軌跡—根津美術館蔵「春日若宮大般若経」をめぐって—」を開催(図2)



図2: 経典書写をテーマとした説話文学会のポスター

パイロテクノロジーを切り口に 人類のモノづくりの歴史に迫る

キーワード 考古学、パイロテクノロジー、石灰プaster、土器

「パイロテクノロジー (pyrotechnology)」という言葉を知っていますか？ あまり聞きなれないこの言葉は、加熱による化学変化を利用する技術の総称です。例えば、土器、ガラス、金属器のほか、石灰や石膏を用いた建築材料も、パイロテクノロジーです。旧石器時代の約250万年という長い間、素材を叩いて割り、形を変えて道具にする、という方法でモノづくりをおこなってきた人類ですが、今から約1万年前の新石器時代にパイロテクノロジーを発達させます。今の鉄鋼業など、近代産業に続く技術の原点、パイロテクノロジーに着目し、技術史の観点から人類の歴史の解明に挑戦しているのが「古代の技術史」リサーチユニットです。

■ 先端技術を用いて古代技術を解明

パイロテクノロジーの資料は、時代も地域も多岐にわたっているため、これまでそれらのつながりについて総合的な研究が行われることはほとんどありませんでした。しかし、それをパイロテクノロジーという視点を軸に、技術どうしのつながりや、新しい技術との関連などを見直すことで、これまでとは少し違う視点で理解できるようになってきます。たとえば、もっとも古いパイロテクノロジーのひとつである土器にはいくつか起源があると考えられており、日本も含めた東アジアの土器は紀元前1万3千年ころ、西アジアでは紀元前7千年ぐらゐに出現します。環境や生活様式の差が土器の必要性、その結果と



図1：トルコの新石器時代の遺跡から出土したプaster片（左）、および、復元された土器（右）



ユニット名

古代の技術史

ユニット代表者 人文社会系 教授 三宅 裕

◆ユニット構成員 総数5名（教員3名/ポスドク1名/他機関1名）



しての技術の発達度に影響を与えたのではないかと予想されていましたが、出土した土器を質量分析などの先端技術を用いて解析することで、いままではわからなかった土器の用途や交易活動など新しい事実も明らかになってきました。（図1）。

■ 筑波大学の歴史、史料を最大限に活用する

パイロテクノロジーは、先史時代に起こった大きなモノづくりの変化です。筑波大学には、前身である東京教育大学の時代から、西アジア、アフリカ、南アジア、中央アジアにおいて調査を進めてきた実績があります。調査の過程で得られたこれら貴重な資料は、新たな歴史研究の地平を切り開くことを目的に利用されています。また、リサーチユニットメンバーが教鞭をとる筑波大学人文学類では、先史学実習の一環として石灰の町である旧葛生町（くずうまち）の石灰焼成施設を対象に調査も行っています（図2）。これらの活動をつうじ、地域や時代の枠ををこえ、パイロテクノロジーをキーワードに、人類のモノづくりの歴史を探っていけたら、と考えています。



図2：旧葛生町（くずうまち）での実習風景（江戸時代後期の石灰焼成窯）

社会への貢献・実績

- 西アジア先史時代の技術に関連する新たな資料発掘に貢献

破壊と創造にまつわる人類の長期的な歴史的記憶の伝承を实践する

ユニット名

人類史上の秩序における記憶と知識

ユニット代表者 人文社会系 准教授 武井 基昇

◆ユニット構成員 総数 9名 (教員 9名 / ポスドク 0名 / 他機関 0名)



キーワード 秩序、災厄、記憶、知識、共同体

人類は、自然・人為双方の災厄による秩序の喪失と再生を連綿と繰り返してきました。絶え間なく続く災厄のなか、人類はいかにして秩序を保ち、また、いかにして秩序を取り戻してきたのでしょうか。秩序に対して人々の記憶と知識が果たした役割について、民俗学、文化人類学、考古学、東洋史、西洋史、日本史と多岐にわたる研究者が協力し、各々の研究方法から考察を進めているのが、リサーチユニット「人類史上の秩序における記憶と知識」です。

受け継がれる行動の記憶から人類史を紡ぐ

私たちは、秩序・知識・記憶の研究に当たって、歴史上の災厄をいくつもの視点から捉えています。たとえば、人為的な災厄である戦争について、沖縄の戦争記憶と戦後(図1)、中国台湾における近代国家の建設、イギリス帝国における世界大戦の戦没者追悼などを個別の出来事として切り離さずに、複眼的に捉えなおしています。沖縄本島では祖先祭祀において元祖との系譜関係が重要ですが、地上戦で戦前の文字記録(系図・家譜など)の多くが焼失してしまいました。しかし、戦後も生き残った人たちが墓・位牌への祭祀を続けたことで祖先以来の人間関係は今日までつながっています。このように歴史が今日まで連続し関連していることに気付くことが大切です。



図1：那覇市の孔子廟の「遷座式」調査風景。戦災による壊滅後の移転先から元の住所へ(2013年)

歴史の記憶を現在の実践へ

また、平時の苦難の記憶化にも視野を広げ、19世紀前半の中国における経済的な構造変化と秩序、環東シナ海(日本・韓国)の資源・観光開発や国家と交渉する民俗世界、北海道・カナダ西部の開拓といった、文化圏の境界における秩序の動態についても研究を進めています。破壊と創造、および長期的な記憶の伝承についての議論を旭上に載せ、構成員が各自の研究分野からアプローチすることで、広く人類史的な知識体系から現代社会に対する提起を目指しています。また、研究から明らかになった繋がりを現在の人々に返す、「歴史の実践」にも力を入れていきたいと考えています。



図2：公開講座『変革期の社会と人間—「破壊」と「再生」の歴史・人類学—』の開催風景

社会への貢献・実績

- 平成25年度筑波大学大学院人文社会科学研究科公開講座(図2)『変革期の社会と人間—「破壊」と「再生」の歴史・人類学—』(2014年1月11日・2月8日・22日 場所：筑波大学東京キャンパス文教校舎)

取材：平成27年1月15日

企業活動や社会の動きから 企業経営を真正面に捉える

ユニット名

サービス組織の経営学

ユニット代表者 システム情報系 准教授 生稲 史彦

◆ユニット構成員 総数 10名 (教員 10名/ポストク 0名/他機関 0名)



キーワード サービス組織、戦略経営、IT、顧客の組織化、業績評価

経済社会のサービス化が進み、先進国においては、70%以上の雇用や付加価値がサービス分野で生み出されるようになってきています。にもかかわらず、世界的に見て、サービス提供を本業とする経営組織体(サービス組織)がいかにかに生成し、いかにかに成長し、いかにかに成功・失敗するのかについての実証的研究は、散発的で不十分です。そこで、サービス組織の経営組織体の生成・成長・成功メカニズムについて、戦略、組織、IT、顧客の組織化、業績評価という5つの焦点から実証的に研究を行っているのが、「サービス組織の経営学」リサーチユニットです。

いいものを作っても、なぜ報われないのか

1980～90年代、日本は自動車や家電などを欧米へ輸出し、世界第2位の経済大国になりました。しかし、経済社会のサービス化が進んだ現代は、良い製品を大量に作るだけでは高い経済成長することが難しい状況です。つまり、「いいものをつくっても報われない」現状です。この現状に対して、多くの経営学者が実証研究を進め、原因を理解し、解決の手がかりを得ようとしています。そうした研究を踏まえつつ、このリサーチユニットでは、製造業的に理解できる現象だけではなく、「サービス」という現象を正面から捉えた研究を進めています。なかでも関心を寄せているのは、戦略を実現する組織形態、人ならではの良さを生かした企業活動および公共政策の在り方、そして、そもそもサービスとはなにかといった問いです。これらについて、現場で働く人へのインタビュー、行動観察、データ解析、行動シミュレーション等の手法を用いつつ社会科学としての理論構築を試みています(図1)。



図1：倉田久先生 日本経営工学会 秋季大会(2015年11月28日～29日、於:金沢工業大学)

お客さんが気持ちよく協力してくれなければ成立しないのがサービス組織

標準的な過程(プロセス)を経て成果(アウトプット)を生み出すだけであれば、製造業の工場で行われている経営とほとんど変わらないのですが、今われわれが取り組みたいと思っていることは、標準的な活動と標準的でない活動を組み合わせて如何に組織体の経営を成立させるのかという課題です。工場ではお客さんが関わることなく物が作られますが、サービス提供の現場では、お客さんに関わってもらわなければ活動が成立しない。したがって、お客さんに気持ちよく振る舞ってもらう仕組みを作っていくことが重要になります。気持ちよく振る舞ってもらうためには、「とくに自分のために工夫されている」とお客さんが思うような標準的ではない活動が必要なのです。一方で、企業として利益をあげるためには、活動の過程を業務として標準化し、効率を上げなければいけない。それゆえ、活動の標準化を進めつつ、人に裁量を与えて標準的ではない活動を担ってもらう。この舵取りがサービス組織の経営にとって非常にチャレンジングな課題だと考えています。

社会への貢献・実績

- 「営業を科学する」プロジェクト (ソフトブレン・サービス株式会社との共同研究)
- ファミリーレストランにおける顧客要求の探索研究 (株式会社サイゼリヤとの共同研究)
- 夕食食材宅配サービスにおける価値共創の実証研究 (ヨシケイグループとの共同研究)
- 文化庁の「アニメミライ」を題材にした政策研究 (図2)



図2：公益社団法人 日本経営工学会 2015年 秋季大会

取材：平成27年3月23日

A.R.T. (Art Resources in Tsukuba)

キーワード アート・リソース、大学美術館、美術史

<http://www.art.tsukuba.ac.jp>

昨今、大学には教育・研究のみならず社会貢献も求められています。大学には数多くの美術作品や美術展示スペース等の「アート・リソース」があるのに対し、それらを上手く活用できていないという声があります。その現状を調査し、芸術系の活動を含めて、「アート・リソース」を積極的に展示・公開し、社会へ広く情報を発信するためのリサーチユニットが「筑波大学アート・リソース」、略称A.R.T. (Art Resources in Tsukuba) です。

大学間アートリソースの活用に向けて

「アート・リソースとはなにか？」を問いかけ、大学間におけるユニバーシティ・ミュージアムの「アート・リソース」を用いた協力、保存、管理、活用について国内外で調査を行っています。

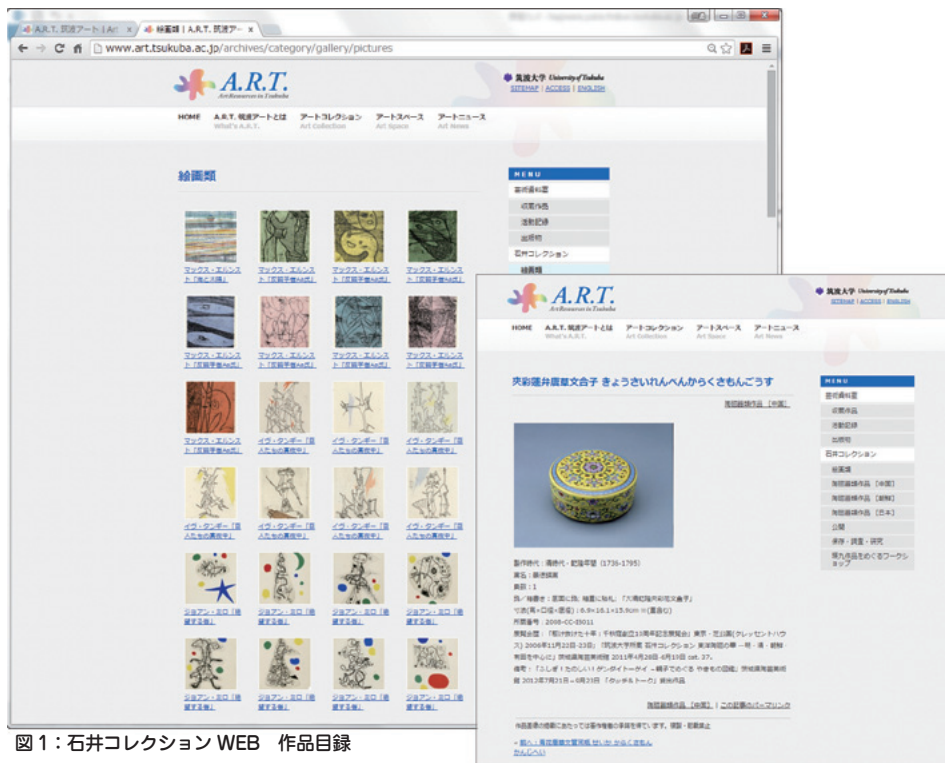


図1：石井コレクション WEB 作品目録

ユニット名

筑波大学アート・リソース

ユニット代表者 芸術系 教授 五十殿 利治

◆ユニット構成員 総数7名(教員4名/ポストク0名/他機関3名)



す。これらを元に、地域の生活に入り込み芸術学習を支援する事によって、生活者育成型教育観を実践し、市民の自己教育力の形成を図る事を目指します。

アートストリートからアートラインへ

筑波大学の芸術教育研究の存在を外向けに発信し、スペースをどう活用するのかという課題に取り組みました。大学所蔵の石井コレクションの作品展示、また作品データベースの公開のほか、学内にある中小規模の美術展示スペースを有効活用する「アートストリート」を提案しました。今後は芸術系で実現した「アートストリート」を延長した「アートライン」を構想するなど、キャンパス内外の「アート・リソース」のさらなる活用のため、さまざまな柔軟な取り組みを行っていきます。



図2：石井コレクション アートスペースにおける特集展示



図3：石井コレクション 教育活用

社会への貢献・実績

- 大学 Web トップページのパナー「筑波アート A.R.T.」、アートストリートの大学間共有

パルテノン神殿 ～その装飾の意味は??

ユニット名

パルテノン彫刻研究

ユニット代表者 芸術系 教授 長田 年弘

◆ユニット構成員 総数 12名 (教員 5名 / ポスドク 0名 / 他機関 7名)



キーワード パルテノン、彫刻、古代ギリシア、古典考古学、美術史

パルテノン神殿の装飾は、紀元前5世紀前半に戦われたペルシアに対する民族戦争について表現するために作られたものだと考えられています。古代ギリシアの人々は何を美術に求めていたのでしょうか。その装飾の意味を考え、パルテノン神殿の装飾に新しい問題提起を行うため、本リサーチユニットでは古典期アテナイ美術について解明し、ロンドンの大英博物館と、アテネの新アクロポリス美術館の彫刻群を撮影し、調査を行います。



図1：ロンドン、大英博物館、パルテノン彫刻展示室における調査
2008年（長田撮影）

アイデンティティの確立

パルテノン神殿は、神殿自身がペルシアに対するギリシア世界の勝利を象徴しています。自由と民主主義を標榜するアテナイは、このような形で、ギリシア世界に政治的メッセージを伝

えていたようです。例えば、巨人族、アマゾン族、トロヤ人、ケンタウロス族という「他者」像という、現実には存在しない神話の内容が積極的に利用されました。自民族のアイデンティティを確立し、異民族の特徴を定型化する際に、美術作品が社会的メディアの役割を果たしたと考えられます。



図2：パルテノン・フリーズ浮彫西面
アテネ、新アクロポリス美術館
2011年（長田撮影）

社会的メディア?? それとも!??

しかしながら、その社会的メディアというのも、あまりにも今日的な見方で、もしかしたら時代錯誤と言うことが考えられるのではないのでしょうか。パルテノン神殿は、社会的メディアの一つという考えがある一方で、ただ信仰の産物だったともいえます。8割が信仰の産物で、2割が社会的メディアの役割なのか、それとも逆なのかということは、その当時の生きている人に聞いてみなければわかりません。

その他にも、パルテノン神殿というのはギリシアのオリエント文化に対する優位性を保つために建設されたと考えられますが、ギリシアの内紛がおこると有力者はペルシアに亡命しており、ギリシアとペルシアは戦争時には敵味方であったとはいえ、上層階級同士は非常にコンタクトが多く、ギリシア文化がオリエント文化の影響を受けた具体例を挙げていくと、単純想定されていたギリシア対ペルシアの対立がひっくり返るのではないかという疑問が出てきます。このように、既存の歴史像に問題意識を持ち、美術史と歴史学など異なる領域からパルテノン神殿建設の経緯を再考しています。



図3：パルテノン神殿 東正面より 2007年（長田撮影）

社会への貢献・実績

- 私たちの常識は、他の文化から見れば、非常識なのかもしれません。私たちの見方や世界観が、もしかしたら簡単にひっくり返るかもしれないこと、一度真剣に、心の中をのぞきこんで考える必要があることを、歴史学は教えてくれるように思います。

取材：平成26年5月19日

ローカル・ガバナンスから ウェルビーイングの実現を目指す！

キーワード 市民社会、政策過程、政策ネットワーク、圧力団体、地方政府

<http://cajs.tsukuba.ac.jp/>

日本における政権変動、政策パラダイムの変化といった一連の政治変動は、政策過程や市民社会にどのような影響を与えたのでしょうか。歴史を振り返るとき、私たちは起きてしまった政治変動を因果関係で埋めようとしてしまいがちですが、実際は、圧力団体、政策ネットワーク、地方政府・市民社会など、拮抗したさまざまな勢力が活動した結果として生じています。体系的な調査と比較をつうじ、世界各国の政治の構造変動と政治・社会関係の変容の解明に挑戦しているのが、「国際比較日本研究」リサーチユニットです。

世界中が直面している大きな問題の解決にはコミュニティレベルでの改革が不可欠

私たちは、市民社会、政策過程、政策ネットワークの国際比較研究を継続して行っています(図1)。これらの研究から、地方政府と呼ばれる組織の実態は、「地方」ではなく、社会「基盤」だ、という実感を持っています。この基盤組織の存在は、現在だけでなく日本の未来にとっても、また、世界にとっても非常に重要です。たとえば、テロ、環境、人々の福祉、高齢化社会など、世界が直面しているこれらの課題を解決する鍵は、市民にあります。このような問題は政権トップや科学者がなにかするだけでは解決できませんし、一方で、市民がバラバラに活動していても難しい。「みんなが一緒に活動する」というコミュニティレベルでの意識改革と非常に連動していることがわかってきました。

日本のソーシャル・キャピタルを世界の資産に

現在、調査対象としている国は15ヶ国あります(図2)。そのなかで、中国、バングラデシュ、タイでは、日本と同様

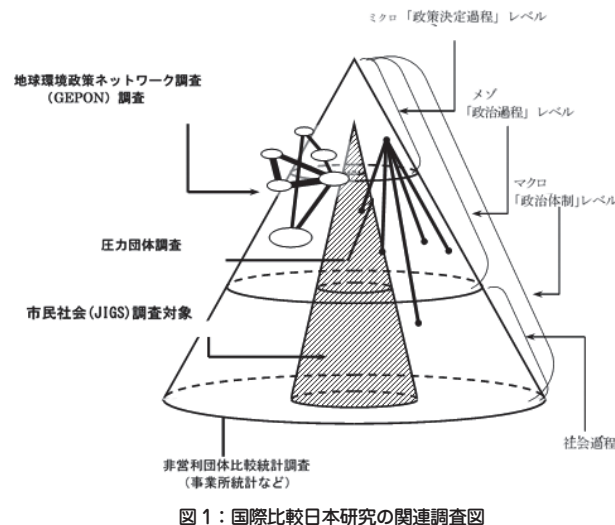


図1: 国際比較日本研究の関連調査図

に、地方政府の自治に市民社会や地元コミュニティなどの組織、中央・地方の関係が重要なことがわかってきました。また、国際比較をして初めて見えてきた日本の社会全体像もあります。たとえば、選挙や自治会・町内会・子供会・回覧板など、西洋にはないこれらの仕組みが、日本の社会資産、いわば日本のソーシャル・キャピタルだということもわかってきました。日本の市民社会は日本独自の文化・歴史と、外側の文化や社会、科学が融合し形成されてきたものです。



図2: 15国調査の対象国とバングラデシュでの調査風景

国際比較研究することで、各国のローカル・ガバナンスと、ウェルビーイングに貢献できるような人文科学的な基礎を提供していきたいと考えています。



社会への貢献・実績

- 辻中豊・李景鵬・小嶋華津子編 (2014) 『現代中国の市民社会・利益団体』 木鐸社
- Tsujinaka, Yutaka and Willy Jou, eds. (2015) *Civil Society Organizations in Comparative Perspective* (CAJS Monograph Series No. 7) (2014年度)
- CAJS「市民社会ガバナンスの会」: 6月13日 辻中豊(筑波大学法人文社会科学系教授)「比較の中の中国」他10件(2014年度)
- JIGSセミナー(英語): Yutaka Tsujinaka (Professor, Faculty of Humanities and social Sciences), "Politics and Civil Society in Japan" 他7件(2014年度)
- 辻中豊(2015)「市民社会の国際比較からみる台湾・日本・中国の将来」臺灣各大学2015日本研究聯合論壇、2015年3月21日、台湾。

チベット仏教の源流を探る

ーチベットと周辺地域における仏教の伝承と復興ー

ユニット名

内陸アジア仏教ルネサンス

ユニット代表者 人文社会系 教授 吉水 千鶴子

◆ユニット構成員 総数 17名 (教員3名/ポストク1名/他機関13名)



キーワード チベット仏教、インド仏教、内陸アジア、仏教の復興

仏教発祥の地インドでは13世紀以降仏教が衰退し、ヒンドゥー教が大勢を占めるに至ったため、地理的に隣接しているチベット仏教が元々のインド仏教に近いものとして興味深い研究対象となっています。チベットでは7世紀にインドから伝来した仏教が9世紀に一度途絶えましたが、その後100～200年の間に北インド、ネパール、カシミール、中央アジアなどの影響を受けて復興しました。その仏教復興がどのようになされたのか、また周辺地域の歴史とどのように関わっているのか、仏教学、歴史学、チベット学、インド学、などを総合して多角的にとらえようとしているリサーチユニットです。

なぜ内陸アジア(チベット)か？

仏教は、紀元前5世紀頃にインドで生まれ、ユーラシア大陸に広まり、いろいろな地域で独自の発展をしてきました。シルクロードを経由して中国、朝鮮、日本に伝わるとともに、ヒマラヤ山脈を回り込む形で内陸アジアに広がり(図1)、チベット民族の信仰の対象となりました。インドでは、13世紀のイスラム軍の侵攻にともない仏教は衰退し、その後はヒンドゥー教が主体となっています。歴史的にも地理的にもインドに近い、という点でチベット(内陸アジア)仏教は原インド仏教の色を濃く残しています。日本に少し遅れてチベット地域に仏教が伝来し、チベット古代王朝は仏教を国家宗教としました。9世紀の王朝の崩壊により一度弱まりますが、11世紀から13世紀にかけて、チベットの各地方を治める氏族の支援の下に仏教が復興し、教育機関の役割もなす寺院の建て直し、経典等の翻訳が進められました。15世紀までには、現在のチベット仏教の宗派はすべてできあがっています。チベット仏教はチベット民族を越えて内陸アジア全体に広まり、モンゴルを含む広いチベット仏教文化圏を形成し、満州人の王朝である清朝にも大きな影響を与えました。インドを中心とする南アジア、東南アジア、中国、日本を含む東アジアという仏教文化圏に匹敵する大きな仏教文化圏です。そのチベット仏教の発展の歴史は、同じ仏教を伝える日

図1：内陸アジア仏教文化圏(地図は、<http://shanghai-cool.jugem.jp> をから転載)

本人から見てもとても興味深いものなのです。そしてチベットが中華人民共和国の一部のチベット自治区となった現在でも、チベット仏教は中国に住むチベット民族ばかりではなく、ネパール、ブータン、モンゴルなどで信仰されています。その源となった仏教復興期に何が起こったか、を探ることは、とても面白い研究になります。しかし、それはこれまで資料不足によって、あまり解明されてきませんでした。

新資料発見による研究の進展への期待

ところが近年、その時代の手書き資料(一例として；図2はチベット語で書かれた12世紀の仏教資料)が、中央チベットの寺院から大量にみつき、解読されないまま写真版で中国から出版されました。まだ未研究の資料であり、チベット仏教の源流解明の基礎になるはずですが、これまでに誰も解読していない資料を世界で初めて読むことができ、仏教を復興しようとしたチベット民族の気概に触れることにワクワクしています。現在のチベット仏教の基盤がどのように形成されたのか、明らかにできるものと期待しています。リサーチユニットは、チベット語、サンスクリット語、漢語など多言語資料を用い、海外の研究者を含む歴史、思想研究の専門家、若手研究者も取り込んで、グローバルな視点で研究を進めています。

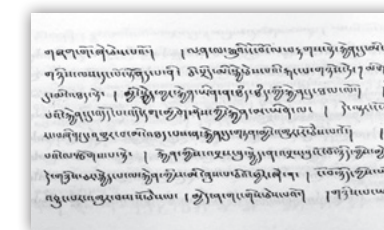


図2：手書きのチベット語仏教資料の一部

社会への貢献・実績

- 2012年10月 筑波大学にて国際シンポジウム(周辺地域からチベットへの仏教文献と思想の伝承)開催
- 2013年6月 ライプツィヒ大学(ドイツ)における国際シンポジウム(カシミールの思想文化)参加
- 2013年7月 四川大学(中華人民共和国)国際学会(チベットの歴史、考古学、宗教、美術)参加
- 2013年9月 筑波大学にて国際ワークショップ(カシミールの学匠と仏教)開催
- 2013年9月 東洋文庫アカデミア講座にて講演(チベットの今を知る)
- 2014年4月 雲南懇話会にて講演(チベット仏教の世界)
- 2015年3月 筑波大学にて国際シンポジウム(文化を越境する哲学)開催

取材：平成27年2月23日

楔形文字文書から明らかになる 古代文明

キーワード 古代西アジア、楔形文字学、アッシリア学、セム語学、メソポタミア

今から約5千年前に現在のイラク南部で人類最古の文字システムが生まれました。葦で作ったペンで粘土板に書かれたこの楔形文字文書は、シュメル語、アッカド語、ヒッタイト語など多くの言語で書かれ、古代西アジアの人間社会の諸相を記録しています。西アジア地域に由来する、この楔形文字文書を中心に、古代オリエント(古代西アジア)の歴史・文化・言語を研究しているのが、リサーチユニット「古代オリエント」です。

古代西アジアの 世界に触れる

本リサーチユニットでは、メソポタミアを中心とする古代西アジア世界の歴史、社会、文化、言

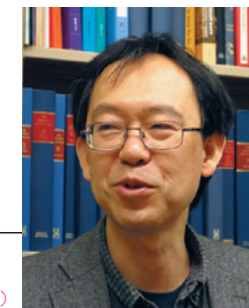


図1：シリア テル・タパン遺跡(2010)

語について、包括的に研究を行っています。現在、特に中心的に推進している研究は、①前二千年紀の北メソポタミアの社会と文化の研究、②前二千年紀の歴史と歴史記述の研究、③古代西アジアの諸言語の言語学的研究です。これらの重点課題は、粘土板文書など、原資料の体系的な分析に基づいています。



図2：柴田准教授 粘土板復元作業 シリア ハッサケ(2010)



ユニット名
古代オリエント

ユニット代表者 人文社会系 教授 山田 重郎

◆ユニット構成員 総数 38名(教員3名/ポストク0名/他機関35名)

新文書の解読と研究

シリア北東部に位置するテル・タパンで発掘された粘土板文書を使って、紀元前2千年紀の上部メソポタミア社会の様子について研究を行っています。研究が進むと歴史、行政、法、政治、教育、宗教文化の詳細が明らかになります。

また、各種楔形文字文書の音訳を作り、英語の訳と訳注をつけていくことで、当該分野の歴史と文化の解明に取り組む世界中の研究者が利用できる資料集の作成を進めています。



図3：テル・タパン出土養子縁組契約文書(前15~14世紀)

社会への貢献・実績

- シンポジウム「クルド自治区(イラク共和国)における近年の考古学的調査」(Recent Archaeological Research in Kurdistan-Iraq)
2013年10月24日、筑波大学東京キャンパス 122 講義室
- シンポジウム「西アジア・北東アフリカ史における「政治」と「宗教」」
2013年7月26日、筑波大学総合研究棟 B108 講義室
- 国際会議：“Cultures and Societies in the Middle Euphrates and Habur Areas in the Second Millennium BC: Scribal Education and Scribal Traditions”
2013年12月 5-6日、筑波大学筑波キャンパス
- 国際会議：“Interaction, Interplay and Combined Use of Different Sources in Neo-Assyrian Studies: Monumental Texts and Archival Sources”
2014年12月11-13日、筑波大学筑波キャンパスならびに筑波国際会議場

取材：平成27年1月8日

被災地の教員・保育士のストレス軽減と望ましいストレスケアの在り方を探求

ユニット名

東日本大震災被災地の教員へのストレスケア・支援

ユニット代表者 人間系 教授 松井 豊

◆ユニット構成員 総数9名(教員9名/ポストク0名/他機関0名)



キーワード 広域災害、教員、保育士、ストレスケア

<http://www.human.tsukuba.ac.jp/counseling/teacher/>

東日本大震災(2011年3月11日)は、4年経ったいまなおその爪痕を深く残し、様々なショック症状に苦しむ人々が、ストレスケアを必要としています。なかでも、被災した子供たちやその家族に対する心身ケアや支援を一手に担ってきた教員・保育士は、自身のストレスケアをこの次三の次にしがちのため、ストレスが残りやすい状況にあります。「東日本大震災被災地の教員へのストレスケア・支援」リサーチユニットでは、「学校・教育」「家族・福祉」「社会・産業」の三領域に専門を持つ教員の研究知見を集積し、被災地の教員や保育士のストレス軽減と望ましいストレスケアの在り方を探求しています。

■ 救援者にとって一番大事なストレスケアは誇り

災害を直接知る被災者やその救助にあたる消防職員のためのストレス対策は、以前より注目され整備がすすんでいます。現地の教員・保育士・看護師・被災地の一般公務員など、支援に関わって働く救援者に対するケア対策はほとんどありません。私たちは、救援する側が健全さを持っていれば健全なサポートができる、という理念のもと、救援者向けに講演や個人面談、メールでの問い合わせ返答などを行ってきました(図1)。その結果わかってきたのは、「誇り」というキーワードです。厳しい状況のなかで、頑張ってきた教員や保育士たちの誇りを支えることこそが、最も重要なストレスケアなのだ実感しています。



図1：消防職員を対象としたピアサポート研修の様子

■ ストレスケアを組み込んだ災害対策モデルを提案したい

ストレスケアの基本は、自分の体験を自分の人生の中に意味のあるものとして位置付けられるようにすることです。症状が重い場合は、不安を打ち消すようなトレーニングをいくつか組み合わせることもありますが、実際

のストレスケアでは、仲間が果たす役割が大きいことを確認してきました。また、あなたたちを覚えていて何かしたいと思っています、とメッセージを出し続けることもとても重要です。

そこで、本リサーチユニットでは、救援者たちに行われたストレスケアの記録をまとめるとともに、その結果をもとに、望ましいストレスケアの形や、離れた地域の皆さんが支え合うネットワークづくりに挑戦していきたいと思っています。また、ストレスケアを組み込んだ災害対策モデルを自治体や一般企業に提案していきたいです(図2)。

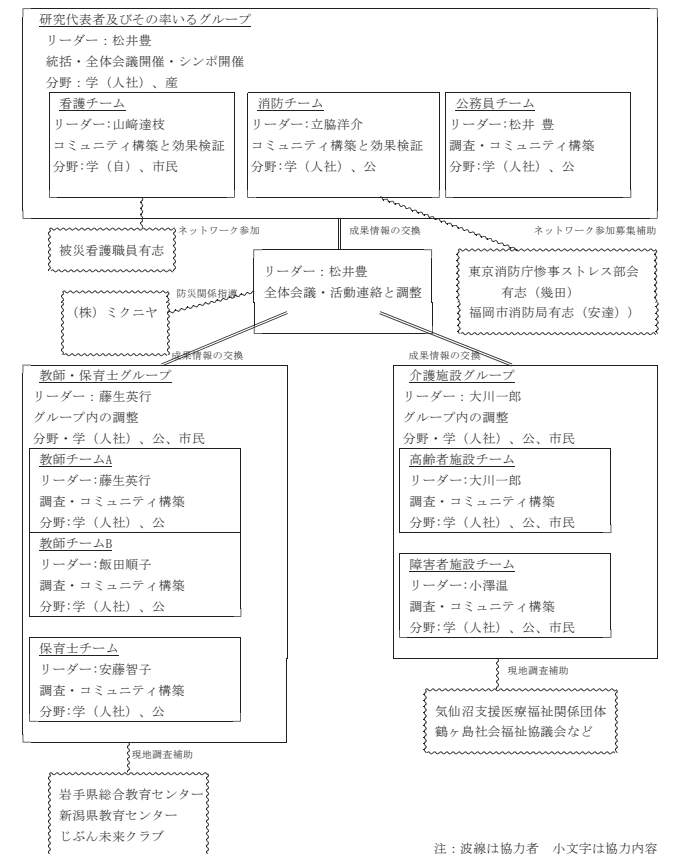


図2：リサーチユニットの体制図

社会への貢献・実績

- 消防職員や看護管理職員等のピアサポート研修
 - 教師、保育士、介護施設職員の震災時のストレスケア調査
- ※上記は、社会技術研究開発センター RISTEX の委託研究

新たな学問領域の確立と教育への展開を目指す

キーワード グローバリゼーション、国際人口移動、危機管理、社会保障、地域振興

グローバル、エリア、ナショナル、ローカルといったそれぞれのレベルでの政策は、密接に関係しています。都市社会学、国際移動論の専門家である五十嵐先生を代表者に、現代の公共性の在り方を多角的な視点から検討し、国際公共政策というディシプリンの確立と大学院における実践的な教育への展開を目指しているのが、リサーチユニット「国際公共政策研究」です。

■ 伝統的な学問領域に横ぐしをさす

本リサーチユニットには、国際関係学、社会学、政治学の3分野の研究者が集まっていますが、国際公共政策というディシプリン(学問領域)を、単なる伝統的なディシプリンの寄せ集めという形ではなく、それらを有機的に連関させて、実践的でアクチュアルな学問分野の共通認識やアイデンティティを打ち出すことを目標に結成したものです。定期的な研究会の中では、国際人口移動、危機管理、地域振興、社会保障といった公共的な課題において、各メンバーがこれまで培ってきた研究や社会的な実践が、この新しいディシプリンに対してどのような位置にあるのかということから議論を始めていきました。また、このユニットには、研究の分析のレベルにおいても、ローカルからグローバルまでさまざまなスコープを持つメンバーが集まっていましたが、普段は意識が薄くなりがち異なるレイヤーの間の相互連関を意識して議論を深めたことは、非常に刺激的なものでした。

■ トランスファラブルなスキルを身に着けるプログラム

社会学分野、国際関係分野といった伝統的なディシプリンとは一味違う、新たな視座を持った学生養成カリキュラムを構築しました。我々の活動は、教育の質的な向上を目指した専攻FD活動(Faculty Development)とも連動しています。内外の研究者と実践的な課題解決に向けた議論を深めていくだけでなく、特に大学院教育への展開を重視したことが大きな特徴です。各メンバーの企業、自治体、NGO、マスメディアなどとの協働的な経験をフィードバックし、実践的な課題解決を志向する研究者育成に留まらず、さまざまな立場で公共的な課題解決に参画する人材を育成する教育プログラムの確立を模索しました。

ユニット名
国際公共政策研究

ユニット代表者 人文社会系 准教授 五十嵐 泰正

◆ユニット構成員 総数 11名(教員 11名/ポストク 0名/他機関 0名)

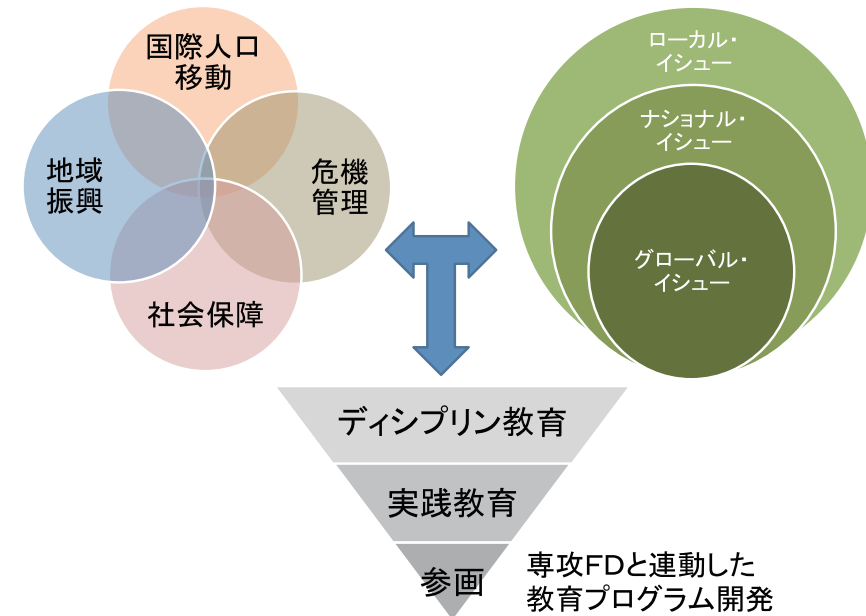


図1：リサーチユニット「国際公共政策研究」概念図

社会への貢献・実績

- 2014.6.25 2014年度第1回研究会
- 2014.9.24 2014年度第2回研究会
- 2014.10.29 2014年度第3回研究会
- 2014.12.26 2014年度公開研究会(宮内泰介・北海道大学教授を招聘)
- 2015.1.28 2014年度第5回研究会
- 2015.3.19 2014年度第6回研究会

人間は《修行》をする動物である

ユニット名

東西哲学における修行の系譜学

ユニット代表者 人文社会系 准教授 津崎 良典

◆ユニット構成員 総数6名(教員5名/ポストク0名/他機関1名)



キーワード 修行、仏教学、キリスト教学、中国哲学、西洋哲学、比較思想研究

人は、《真理》というものを捉えようとしたら、自分の今の生き方を修正する必要があります。そこで登場するのが《修行》です。《修行》は、インド、中国、ヨーロッパの各文化圏のどの文献で、どのように考察されているのでしょうか。そこにはどのような類似と相違があるのでしょうか。このような問いを比較思想という研究手法をもって、宗教学、倫理学、そして哲学の教員が共同して解明する研究をしています。

この地球に《修行》なき文化圏は存在しないのではないか？

一言で《修行》といっても多種多様です。たとえばキリスト教文化圏のなかでも東方教会には、座位前傾姿勢、呼吸の制御、心臓への意識集中、「イエスの祈り」の復唱に代表されるアトス静寂主義があります。また、『靈操』という本を執筆したロヨラを創設者とするイエズス会に代表されるカトリック修道会には、良心の究明、黙想、観想、口禱、念禱といったものがあります。インドや日本の仏教文化圏には、瑜伽行と呼ばれる瞑想法、密教に顕著な曼荼羅などのヴィジュアルツールを用いた成就法などがあり、中国には、宋儒の静坐や道教の靈光・内丹・周天といったものがあります。

ここに列挙した様々な文化圏における《修行》はいずれも比較しようがないように思われます。しかし、本当にそうでしょうか。本リサーチユニットはそのような問題意識から出発しました。そこから主に二つの問いに答えようとしています。まず、それぞれの文化圏で独自に生成展開

したように思われる個々の《修行》は何らかの接点のもとにあるのではないかという問いです。ここでいう接点とは、端的にいえば《異文化交流》のことです。様々な一次資料を解読することでこの《異文化交流》を実証的に解明しようとしています。ついで、なぜ《修行》という行為はいつの時代のどの文化圏にも何らかの仕方では存在しているのかという問いです。これらの問いを考察するうえで注目しているのが、現代フランスの卓抜した古代ギリシア哲学史家であるP・アドの主著 Exercices spirituels et



図1：修行に関わる関連書籍

philosophie antique (1993年)、アドに啓発されたM・フーコーの講義録 L'herméneutique du sujet (2001年)です。いずれも本リサーチユニットに大きな着想を与えています(図1に写真)。

宗教学、倫理学、そして哲学の研究に《領域交差》を引き起こせ！

本リサーチユニットは、学際性(interdisciplinarity)ではなく領域交差(intersection)を理想としています。学際性とは、すでに他の主題との境界線が特定されている或る主題を様々な既存の手段をもって研究するように、既成の諸学問のあいだで計画的に打ち立てられた協力体制のことです。このような協力体制は、未知の問題を斬新な方法で考察することが基本的にはありません。個々の研究領域を別け隔てる既存の境界線を変更しようとしなから、本当の意味での新機軸は生まれてこないのです。しかし領域交差は、このような境界線を打ち破り、まったく新しい研究課題に今まで誰も試したことのない方法で取り組むことを意味します。本リサーチユニットは、このような研究姿勢を重視しています。そのために、学内からは、文化人類学、民俗学、歴史学などを専門とする研究者を巻き込みながら、学外からは、ハーバード大学やハンブルグ大学の仏教学・インド哲学の研究者を本学に招きながら、多角的な研究をダイナミックに行おうとしています。

社会への貢献・実績

- 「東西哲学における精神的・身体的な修行」に関する国際ワークショップ開催
2014年9月28日(筑波大学 Tsukuba Global science Week 2014)
- 「近世ヨーロッパにおけるヘレニズム哲学の受容、批判、および新体系構築のための活用」に関する連続学術講演会
2015年3月6日-15日(日本各地で開催)
(図2)

図2：連続学術講演会の様子(2015年3月10日、学習院女子大学にて)



取材：平成27年2月4日

教室現場から真摯に学び、理論に裏付けされた確かな実践を目指す

ユニット名

英語教育学：理論と実践の統合

ユニット代表者 人文社会系 教授 卯城 祐司

◆ユニット構成員 総数5名（教員5名/ポストク0名/他機関0名）



キーワード 英語教育学、応用言語学、言語習得、教授法、外国語としての英語教育

<http://www.u.tsukuba.ac.jp/~ushiro.yuji.gn/>

グローバル化の発展、日本企業の海外進出に伴い、社会人に対する英語（英語力）の必要性を求める声は日に日に高まっています。一方で、学校教育、自主的・生涯学習を経てなお英語に悩む日本人は少なくありません。英語を外国語として習得することには、母語話者による第一言語習得のプロセスとどのような違いや共通点があるのでしょうか。外国語習得のメカニズムの解明をつうじ、英語の教授方法とより普遍的な理論の究明に取り組んでいるのが「英語教育学：理論と実践の統合」研究ユニットです。

「プロセス」が密接に関係していますが、従来の研究ではある一時点だけを切り取って検討していたため、このプロセスが明らかにできていませんでした。私たちの研究ユニットでは眼球運動測定法（図2）に基づく多角的な検証を行うことで「破綻プロセス」と「修復プロセス」に伴う流動的な読解プロセスがだんだんと明らかになってきました。

外国語を読解するうえで欠かせない「破綻」と「修復」プロセス

日本人は、よく英語が苦手と言われます。母語話者による第一言語習得のプロセスと外国語習得のメカニズムの比較をつうじた研究から私たちが注目しているのが、日本人学習者の英語リーディングにおける「英文理解の破綻と修復プロセス」（図1）です。日本人学習者の一貫した英文理解には、理解の破綻を検知する「破綻プロセス」と、一度生じた破綻を修復する「修復

英語教育学は理論と実践を統合する学問

また、教育的介入方法としてコミュニケーションの必要性を伴う読解タスクの導入も行っており、一貫性を維持しながら英文全体を適切に理解できる自律した読み手を育成する方法や学習者の習熟状況や読解のタイプに応じた効果的かつ具体的な英語リーディング指導法についても検討しています。英語教育学は理論と実践を統合する学問です。授業実践を行うにあたっては、理論が真摯に教室現場の実践から学び、実践では理論に裏付けされた確かな提案を行っていく努力が必要不可欠です。本研究ユニットでは、各構成員だけでなく、ユニットの理念に共鳴した多くの大学院生を研究の関心をひとつに統合することにより、外国語習得のメカニズム解明と教授方法および理論の究明に挑戦しています（図3）。



図3：毎週行われる研究ゼミ

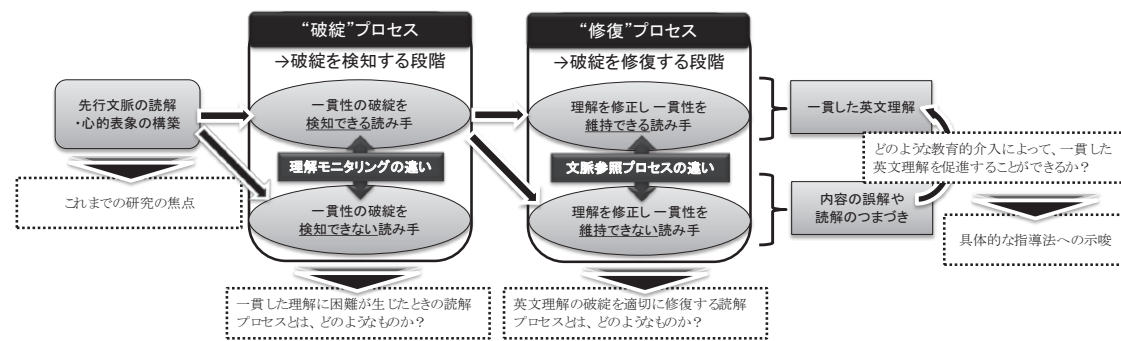


図1：英語教育学：理論と実践の統合の概念図

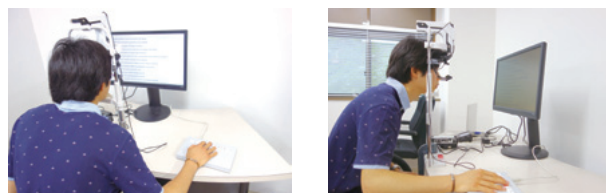


図2：眼球運動測定風景

社会への貢献・実績

- 都道府県教委・市町村教委主催による現職教員研修の実施
- 文部科学省検定済み中学校・高等学校教科書および大学テキストの編集
- 電子辞書検索の技術研究と電子辞書セミナーの実施
- 中・高連携を企図したタスク分析に基づくライティングのシラバス開発
- 再話課題により自分の意見を述べる指導法とテスト開発
- ビデオ活用プレゼンテーションやインスタントテキストフィードバックシステム構築

取材：平成27年7月7日

粒子加速器と粒子検出器技術を用いて宇宙の歴史を解明する

ユニット名

KEK 連携による国際教育研究拠点

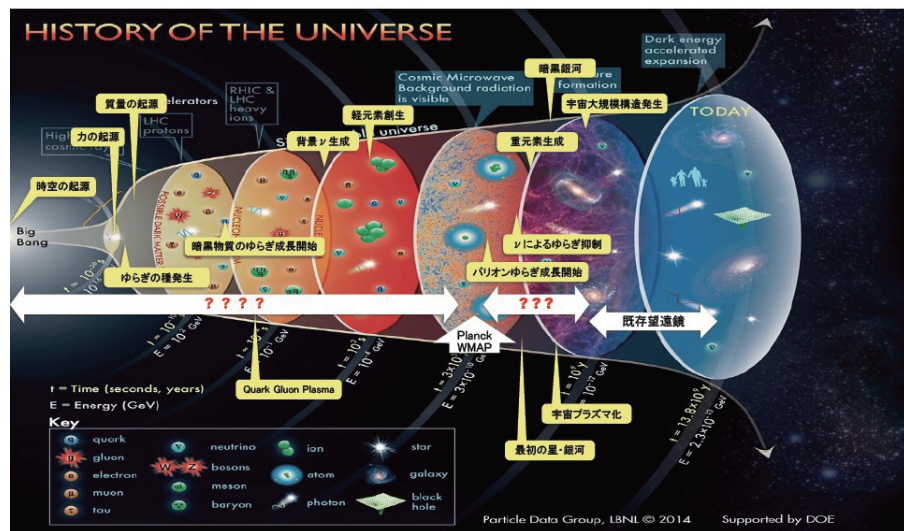
ユニット代表者 数理物質系 教授 金 信弘

◆ユニット構成員 総数 24 名 (教員 21 名/ポスドク 0 名/他機関 2 名)



キーワード 宇宙史、粒子加速器、粒子検出器、宇宙背景ニュートリノ、ヒッグス粒子、クォークグルオンプラズマ

筑波大・KEK（高エネルギー加速器研究機構）連携による国際共同研究によって、宇宙背景ニュートリノ崩壊探索、世界最高エネルギーの LHC 加速器を用いた質量起源の解明とクォークグルオンプラズマ (QGP) の研究、ブラックホール・銀河形成の研究を推進して宇宙・物質の階層と歴史 (図 1) の解明に貢献しています。また、ナノテクノロジーやグリーンテクノロジー分野における教育研究を推進しています。



- 生命につながる元素の起源? 宇宙の構造の起源? カと物質の起源? 時空の起源?
- 実験的に未解明の領域(暗黒)が多く残されている。

図 1: 宇宙史。横軸が時間軸、縦軸が空間軸で、ビッグバン宇宙の膨張とともに、相が変わっていくことを示す。

ンから膨張宇宙に至る宇宙史の中で再構築し、暗黒物質・エネルギーの解明、宇宙進化・物質起源の研究を推進しています。

筑波大を中心とするオールジャパンチームと海外研究所・大学が宇宙史の統一的理解を目指した素粒子・原子核・宇宙物理学の融合研究を推進。→ 宇宙史国際研究センター



図 2: 宇宙史コンソーシアム。筑波大学が中核となつて、国内・海外の研究機関が連携して宇宙史の統一的理解を目指した融合研究を推進している。

新型粒子検出器の開発研究

宇宙史研究のための粒子検出器(下記)を KEK と共同開発しています。

- (1) 宇宙背景ニュートリノ崩壊を検知する超伝導トンネル接合素子 (STJ) 赤外線検出器
- (2) ヒッグス粒子研究のための SOI ピクセル飛跡検出器
- (3) クォークグルオンプラズマ研究のためのシリコン電磁カロリメータ検出器・MRPC 飛行時間測定器 TIA-ACCELERATE とも連携

社会への貢献・実績

- 日本学術会議の策定の第 22 期大型研究計画マスタープランに私たちの推進する宇宙背景ニュートリノ崩壊探索、南極天文台、ALICE 実験、ATLAS 実験、RIBF 実験の 5 つのプロジェクト(先頭 3 つは中核機関=筑波大)が採択。
- 素粒子原子核分野に限らず物質科学・生命科学分野や医療分野でも重要な加速器科学での人材を育成。

CO₂ 問題の解決、水素社会の構築 を新しい触媒から

ユニット名

ナノグリーン

ユニット代表者 数理物質系 教授 中村 潤児

◆ユニット構成員 総数 28 名 (教員 28 名 / ポスドク 0 名 / 他機関 0 名)

キーワード 環境・エネルギー、CO₂削減、元素戦略、触媒、炭素利用
http://www.ims.tsukuba.ac.jp/~nakamura_lab/
<http://www.tsukuba-greeninovn.org/>

人の活動に伴って排出される二酸化炭素 (CO₂) は世界的に増加の一途をたどっています。また、CO₂ を排出しない水素社会の構築がここ数年強く叫ばれています。本リサーチユニットは、未来に負担を負わずに高度な科学技術を実現する社会を支えるために、触媒機能を利用してエネルギーをいかに産み出すかを念頭において活動しています。白金 (Pt) などの貴重資源の使用を抑え、試行錯誤ではなく科学的な設計指針に基づいて安価で安全な元素からなる触媒を研究開発していこうとしています。

水素社会を支える高効率触媒の研究開発

CO₂ の排出を抑制するには、高生成効率・低生成エネルギーの観点から、CO₂ を水素と反応させてメタノールにするのが最も現実的で合理的な考えです。一方、水素 (H₂) 燃料電池を使うことにより CO₂ を排出することなく水 (H₂O) を排出することで、地球規模で負担の少ない社会を実現することができます (図 1 参照)。現在過剰に存在する CO₂ を削減し、新しい燃料電池システムを実現するためには、いずれも水素を必要としています。CO₂ からメタノール合成するためには、CO₂ を触媒表面で活性化させる必要があります。そのために、水素原子を表面に吸着させた銅 (Cu) 表面に CO₂ 超高速分子線を衝突させることで、対称性の高い CO₂ を活性化して最終的にメタノールに変換する研究を進めています。触媒開発はこれまで試行錯誤的な研究開発に陥ってしまうのが通例でしたが、本リサーチユニットでは、計算科学と表面科学の知識を融合させて物理化学の基礎を確立した上で、工学的な技術を社会に提供しようという研究に重きをおいています。

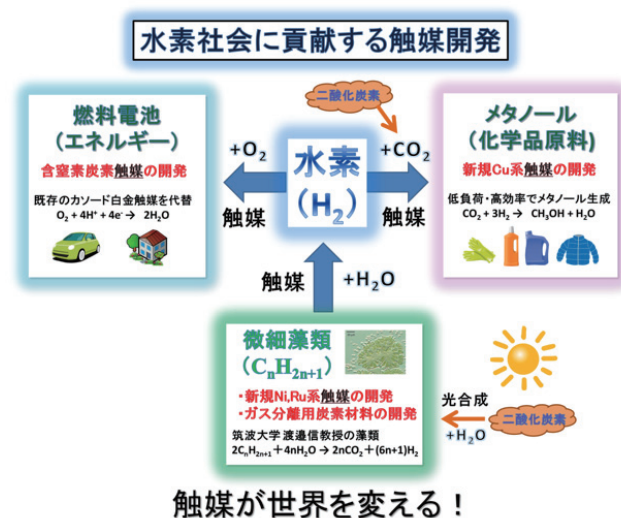


図 1: 水素社会に貢献する触媒研究の概念

燃料電池への水素利用と藻類を利用した水素製造

自動車、家庭でのエネルギー源として燃料電池が広く使われだしています。現在はカソード電極触媒として Pt が使われていますが、低価格化、希少資源の有効活用の観点から、 π 電子系炭素利用の研究を進めています。窒素を含有させたグラフェン (C 原子 1 層からなる物質) や ナノカーボンのエッジ効果を利用しようとするものです。本来なら非常に均一な電子状態をもつグラフェンが、図 2 のように N 原子などが作る欠陥周囲で原子毎に異なる電子状態をもつことを見出しました。また化学的性質が明らかにされていないカーボンナノ構造を基礎的に理解したうえで新しい触媒を開発しようとしています。また、メタノール合成、燃料電池で利用する水素は、筑波大学で先進的な研究をしている藻類から作ることを考えています。

従来の科学技術は、基礎科学 (シーズ)、応用研究、実用化研究、実用というフローで進められてきましたが、変化が速く、競争の激しい現代社会の中では、社会に受容されることを必要な要素として基礎研究を進めることが要求されています。本リサーチユニットでは、産業界・社会での実用に必要な課題を取り入れつつ、できるだけ早く実用化に移行できる基礎研究を産業界とも連携して進めています。

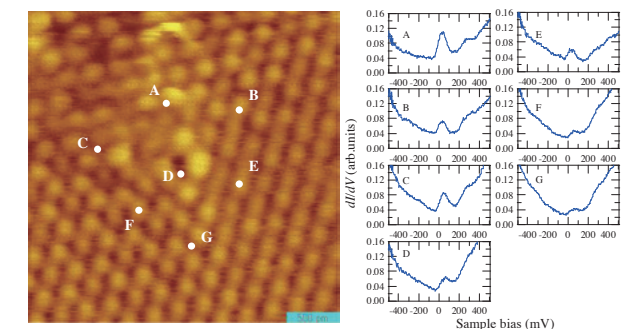


図 2: N 含有グラフェンの STM 像と STS スペクトル (STM: 走査トンネル顕微鏡、STS: 走査トンネル分光法)

社会への貢献・実績

- CO₂ 還元ワークショップの開催 2015 年 3 月 13 日
- アルカリドープグラファイトにおける無磁場下のランダウ準位 (Nature Communications, Vol. 3, 2012.)
- ヘテロダイン STS の開発 (Scientific Reports, 4, 6711, 2014.)
- 県民大学「ナノグリーンイノベーション」2015 年 5 月～8 月 茨城県県南生涯学習センター

人工光合成から グリーンイノベーションへ

キーワード 人工光合成、水の酸化、二酸化炭素還元、グリーン化学

自然界における光合成は、植物や藻類が光合成色素を介して光エネルギーを化学エネルギーに変換する機能で、大気・水中の二酸化炭素から炭水化物を合成しています。これを環境にやさしい金属錯体を触媒とした人工光合成に置き換え、生成される電子、プロトン（水素イオン）、アルコールをエネルギー資源として利用するグリーンイノベーションには大きな付加価値が生まれます。また、このような知識・経験をもった人材を社会に送り出すことにも大きな意義があります。本リサーチユニットでは、人材育成にも力を注いでいます。

若い研究者を育てるユニットのポリシー

近頃の大型研究プロジェクトは、ともするとすぐ役に立つ応用研究に重きを置いています。本ユニットでは20 - 30年後のための基礎研究こそ必要であると考えています。

歴史を振り返るとイノベーションは全く異なる発想をもつ専門分野外研究者やフレキシブルで明晰な頭脳をもった若い人たち（若い専門家とは限りません）により達成されています。本ユニットのメンバーは錯体触媒および周辺分野の研究者から構成されています。このような研究集団からは、これまでの概念・常識に捕われない発想による物質開発が期待されます。また、リサーチリーダーは、この研究が学問的に魅力的であり、我々の研究が社会に貢献できることを学生にコンビンスさせ、また研究の自由度をもたせることが重要です。モチベーションとアイデアこそ本研究推進の駆動力になります。数年以内で私たちリサーチユニットが革新的なイノベーションを起こすことができるとは限りませんが、この研究に従事する若い人たちが、今後の日本の化学イノベーションにおいて重要な役割を担うことになると期待しています。（図1）

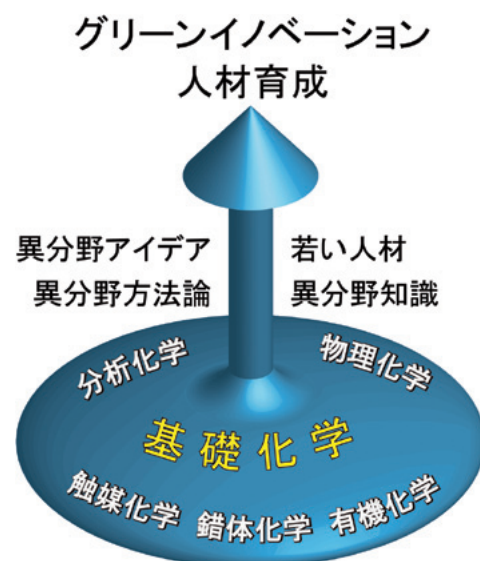


図1：ユニットのコンセプト

ユニット名

革新的無機有機ハイブリッド化合物研究

ユニット代表者 数理物質系 教授 大塩 寛紀

◆ユニット構成員 総数16名（教員14名/ポスドク0名/他機関2名）



環境エネルギー問題に立ち向かう研究と人材育成の両立

光エネルギーを駆動力として、有機化合物の酸化的化学変換、水の酸化、CO₂の還元的固定化及び水素生成を可能（図2）とし、グリーンイノベーションとしての基礎化学及びその方法論を確立しようとしています。例えば、天然の光合成で見られる光合成システムを模倣して、光エネルギーを捕集、水を酸化、電子移動、二酸化炭素の還元を行なう光機能性複合超分子の構築を目指しています。さらに、学際的な本研究の遂行を通じて、化学における広い視野、深い知識と経験をもつ大学院生の教育、国際的競争に勝てる研究者の育成を目標にしています。

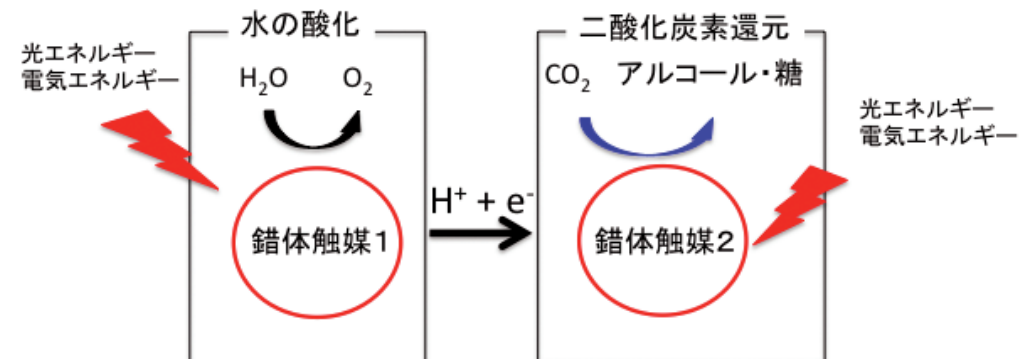


図2：錯体触媒による水の酸化と二酸化炭素の還元

社会への貢献・実績

- 本リサーチユニットで創られる革新的物質による地球温暖化などの環境問題とエネルギー問題の解決

極微細領域の磁性研究と 実用化への発展

キーワード スピントロニクス、磁気記録、省エネルギー、元素戦略

電子にはスピンと呼ばれる性質があり、原子を構成する電子のスピンの向き（上向き、下向き）と個数により、鉄（Fe）などの元素の磁性が発現します。工学的にスピンと電荷の両方を利用する分野がスピントロニクスと名付けられ、固体物性の一分野となっています。本リサーチユニットでは、極微小領域のスピンを精密に制御して新しい特性を生み出し、さらに電流や抵抗を制御したり、逆にスピンを電流で制御したりして新しい材料系を生み出そうとするものです。ユニットには、磁化反転の高時間分解能計測、半導体とスピンの接合、理論的なスピン伝導、さらには磁性薄膜形成を研究対象とするメンバーが含まれ、基礎から実用化まで広範囲な内容を扱っています。

磁気記録媒体への応用

日常生活で馴染みの深いハードディスクは磁性材料が基本となっています。従来型の面内方向に磁性をもつものでは、1ビットのサイズが100 nm²程度であったものが、磁性を面内に垂直にした垂直磁気記録では1ビットあたり10 nm²オーダーになろうとしています。ここまで微細化（高密度化）すると、磁化が（室温でも）熱エネルギーで揺らぎを生じて、エラーを起こしてしまいます。このような極限領域でも安定動作させるためには、材料、プロセスの基礎から研究開発を行う必要があります。材料では貴金属を使わないフェライトの利用、プロセスでは材料自身による自己組織化の利用やイオン照射技術の応用などが考えられています。ユニットでは現在使用されているCoCrPt合金や次世代の材料と考えられるFePt合金のようなPtを含む材料に替わる材料として、記録材料として十分な性能を持つCoフェライト（CoFe₂O₄）薄膜を開発しました。図1には、Krイオンを照射したマグネタイト（Fe₃O₄）薄膜を示しますが、明るい部分が非磁性化されていて、この手法でスピネルフェライトのビットパターン化ができることがわかります。研究段階ではパターン化のサイズが大きく、実用に至るにはさらなるパターン化の微細化と

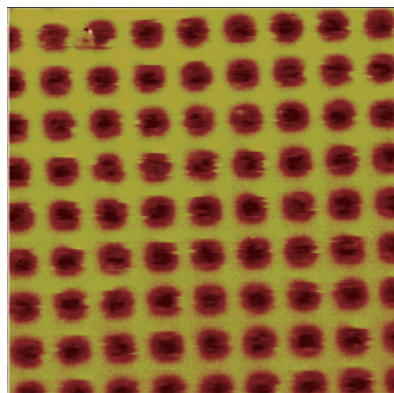


図1：スピネル強磁性体のイオン照射によるパターン形成の例。（磁気力顕微鏡写真）マグネタイト薄膜にKrイオンを照射して、図の明るい部分を非磁性化した。

ユニット名

ナノスピン

ユニット代表者 数理物質系 教授 喜多 英治

◆ユニット構成員 総数13名（教員13名/ポスドク0名/他機関0名）



材料の選択が必要です。このような新材料開発技術を実用化レベルにするには、マスプロダクツ技術を有するメーカーとの共同での研究開発が必要となります。

磁性粒子の医療への応用やスピントロニクス

磁気記録媒体は、薄膜構造を基本にしています。本ユニットでは、次元数を下げたナノ粒子をスピンを有する材料で作成し、その応用を試みています。図2には、Fe₃O₄で構成される直径20 nmのパーティクルを示します。このパーティクルにガイド分子を付加させて、特定の細胞（癌細胞）に到達させることが可能となります。この特定部位を含む組織を磁場中に置くことにより、局部的に高温発熱させ、癌細胞を焼ききってしまう応用展開が考えられています。ここでは、磁性を有する材料を磁場中に置くことで発生する電流が熱に変換する基本原理を利用しています。ユニットでは1gあたり1kWの発熱が可能な高性能発熱粒子を開発しました（図2）。

また今後、大きな研究の広がりが期待されるスピントロニクス分野でも、ユニット内のメンバーは精力的な研究を行っています。磁石の運動の基本原理を探ることが可能になる1000兆分の1秒の電子スピン運動を捉える顕微鏡の開発（重川グループ）や新しいエレクトロニクス素子を目指す半導体スピントロニクス（黒田グループ）、窒化物スピントロニクス（末益グループ）、理論（佐野グループ）の分野で成果を上げています。

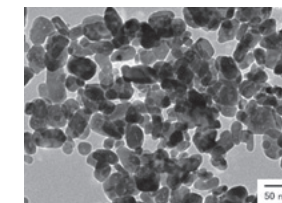


図2：ガン治療用に開発した高い発熱能力を持つ楕円板状の磁性ナノ粒子。

社会への貢献・実績

- Ptを含まないハードディスク記録材料の実用化
- Coフェライト薄膜で実現した高い磁気異方性の発表（Applied Physics Letters誌、および新聞発表）
- 元素戦略プロジェクト研究
- 大学院生が2014年磁気学会での講演賞、研究員が応用物理学会のポスター講演で受賞

取材：平成27年5月1日

豊富な元素を利用したフォトニクス、スピントロニクスデバイス開発

ー持続可能なエレクトロニクスー

キーワード 太陽電池、薄膜、豊富な元素、省資源、省エネルギー、バリウムシリサイド

<http://www.bk.tsukuba.ac.jp/~ecology/index.html>

このユニットの母体となる研究室は、技術をステップアップしつつ、つねに新しい対象にチャレンジしてきています。「分子線エピタキシー (MBE) による金属 / 絶縁体積層構造の結晶成長と共鳴トンネルトランジスタの研究」から「MBE による半導体鉄シリサイド (β -FeSi₂) の結晶成長と赤外発光デバイス」へ。次には「シリコンベース半導体レーザ」へ。また「半導体シリサイド BaSi₂ をベースとする高効率薄膜太陽電池に関する結晶成長とデバイス化」にテーマが変遷しています。いずれも、私たちの周囲に大量にあり、かつ安全な元素で高性能デバイスを作り上げようとするポリシーが感じ取れます。

バリウムシリサイド系高効率薄膜太陽電池の研究開発

本リサーチユニットでは、化学的に安定、かつ薄膜にすることで原料の少量化が可能であり、また光劣化のない高効率薄膜太陽電池の研究を進めています。一例として、図 1 のように BaSi₂ 結晶薄膜の pn 接合による太陽電池の研究開発を進めています。n 型 BaSi₂ 結晶薄膜を Si (111) 基板上に MBE で形成し、レーザードーピング法により B (ホウ素) を注入することで p 型に変換して pn 接合をつくるものです。(Jpn. J. Appl. Phys., 2004) さらに、自然酸化膜を介して BaSi₂ 結晶薄膜上に Mo 酸化膜、ITO (酸化インジウムスズ) 透明電極層を形成して太陽電池性能を評価しました。(図 2, Appl. Phys. Lett., 2015) 非常に明瞭なショットキー特性を示すと同時に、可視光全域(波長:約 400 - 800 nm)で、逆方向バイアス印加時にバイアスのない状態に比べて 30 倍程度外部量子効率が高くなること分かりました。将来は、単結晶シリコン太陽電池と同程度以上の変換効率を目指しています。

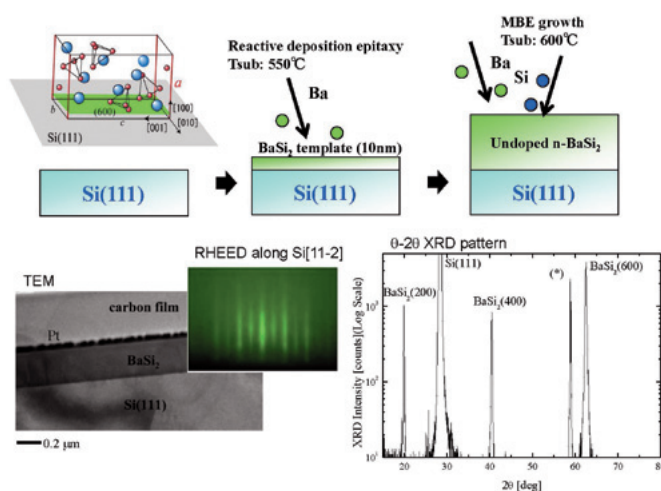


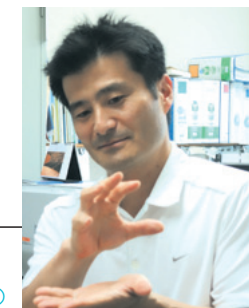
図 1 : Si 基板上への BaSi₂ 成長の原理と反射高速電子線回折 (RHEED) による面内結晶性評価

ユニット名

薄膜太陽電池

ユニット代表者 数理物質系 教授 末益 崇

◆ユニット構成員 総数 8 名 (教員 5 名 / ポスドク 2 名 / 他機関 1 名)



研究は国内外の連携で!

本リサーチユニットは多くが筑波大学の研究者で構成されています。しかし、研究を加速して、より高度な成果を得るためには国内外の連携が重要と考えています。物質・材料研究機構とはカソードルミネッセンス (CL) による材料評価、シュトゥットガルト大学とはレーザードーピング法について共同研究を進めています。また、つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano) のナノエレクトロニクス研究コアを通じて産業技術総合研究所とも連携しています。さらには、名古屋大学との連携、放射光施設 (SPring-8) の利用の他に実用化を目指して企業との共同研究も行っています。

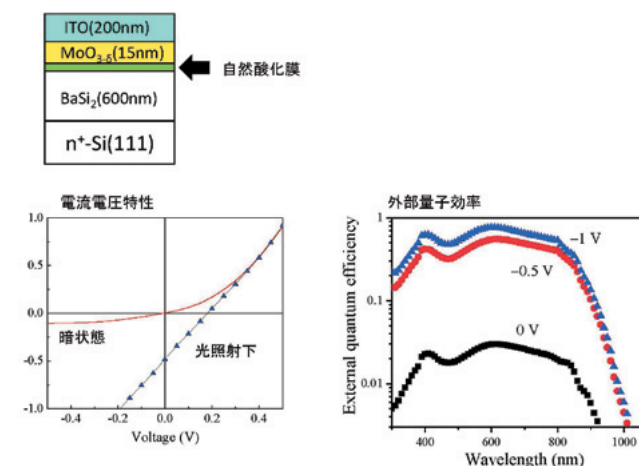


図 2 : BaSi₂ 膜を使った太陽電池の例

社会への貢献・実績

- 書籍による成果普及 : 「シリサイド系半導体の科学と技術 : 資源・環境時代の新しい半導体と関連物質」(裳華房、2014、前田 佳均 編集) で反応性エピタキシャル成長、Ba シリサイド、シリサイド発光素子 / 太陽電池に関する紹介
- 産業技術総合研究所 (AIST) や物質・材料研究機構 (NIMS) などで活躍する太陽電池研究者との連携強化とつくば連携による研究推進
- 幅広い視野を持った次世代リーダーとなる若手研究者の育成
- 筑波大学公開講座「日本の技術と北アフリカの太陽光と砂で世界の電力問題に挑む」ー太陽電池を薄く作る試みー 2014 年 10 月 3 日、筑波大学

安全な情報管理システムとネットワークの構築に向けて

ユニット名

情報とネットワークのセキュリティ技術

ユニット代表者 システム情報系 教授 古賀 弘樹

◆ユニット構成員 総数 11 名 (教員 6 名 / ポスドク 0 名 / 他機関 5 名)

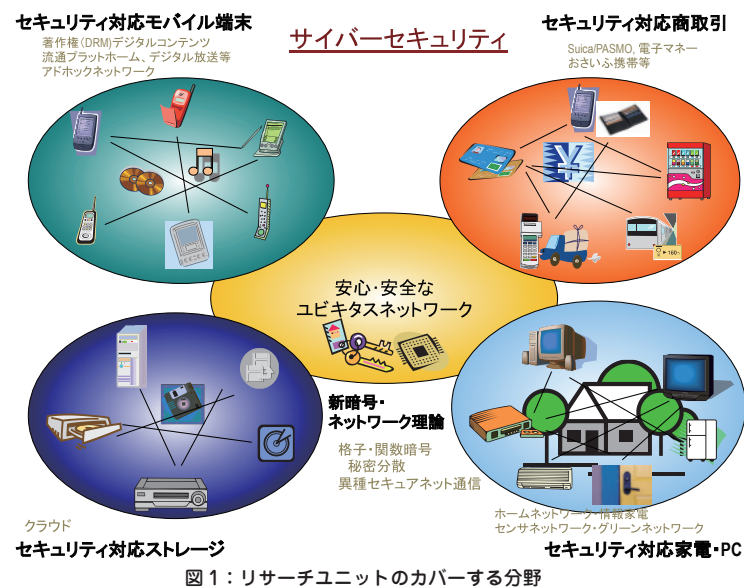


キーワード 情報セキュリティ、セキュアネットワーク、暗号理論、秘密分散法

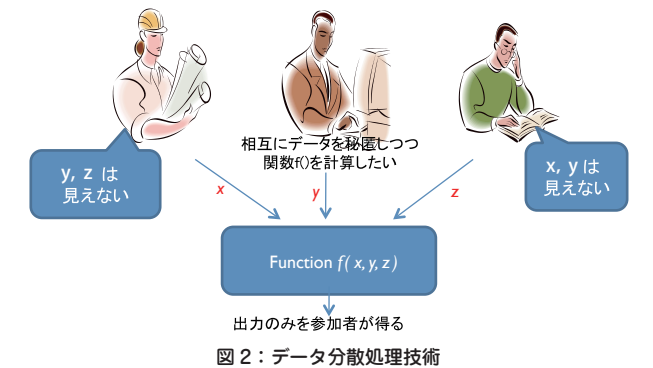
ネットワークの高機能化、情報の複雑化、クラウドサービスの一般利用という現状を考えると個人情報、組織情報の安全性を確保するセキュリティ技術は非常に重要になっています。本リサーチユニットでは、高機能暗号化技術、重要な情報を分散して保全する秘密分散法、暗号化時の電力負荷を軽減する省電力グリーンネットワーキングなどを研究対象としています。また、要素技術とシステム技術の両面、言い換えると各々の研究対象の基礎理論から、実装・システム化、インフラ構築までをカバーして、新しい情報セキュリティ技術の実現を目指しています。

サイバーセキュリティを基礎とした安心・安全なネットワーク社会を目指して

本リサーチユニットでは、情報セキュリティの基礎技術を基盤とした安全なユビキタスネットワークに役立つ研究を進めています。図1のように、モバイルネットワーク、商取引、ストレージ、また家電・PCのいずれもがネットワーク化された現代では、他者に対する情報の秘匿性は非常に重要なものとなっています。例えば、クラウドとして利用されるサーバーに関して、重要なデータを複数のサーバーに断片化して分散配置する研究を進めています。あわせてクラウド上でのデータの暗号化、暗号のままのデータ処理や検索を行うための研究も行っています。データを分散しておけば、あるサーバーをハッキングしても、それと関連付けられたサーバー上のすべてのデータと統合されない限りデータは意味をもたないこととなります(図2)。こ



のような秘密分散型で秘匿計算を行うことでプライバシーを保護しようとしています。ネットワーキング应用だけでなく、それを支えるプロトコル研究、セキュア通信技術の開発、また、より上流に位置する新暗号・ネットワーク理論といった要素技術の確立も目指しています。



汎用的高速暗号化プラットフォームの提供

本リサーチユニットでの研究内容は、重要な要素技術の基礎的な研究開発もありますが、実用化に供されてこそ価値が生まれます。筑波大学が開発した暗号演算方式を汎用的に使うために、C言語で利用するソフトウェアライブラリ TEPLA (University of Tsukuba Elliptic Curve and Pairing Library) を公開しています。TEPLAは、双線形性・2入力1出力でペアリングと呼ばれる関数を中心として、暗号プロトコル実装時に必要となる機能を備えています。前述した多くの暗号プロトコルではペアリング関数がベースになっており、このような機能のライブラリの重要性が増しています。TEPLAはこれまでのライブラリに比べて高速であり、使い勝手の良いものになっています。従って、従来型の暗号プロトコルに較べると、多くの場面や様々な条件下で適用できる柔軟性を持っています。オープンソースとして提供することにより、無償で使ってもらえることを目指しており、既に世界中に多数ダウンロードされています。

社会への貢献・実績

- 汎用的高速暗号化プラットフォーム TEPLA のオープンソース提供
- 双線形性を有する pairing 暗号技術の普及を図るためのペアリングフォーラムの主宰
- 民間 ICT 企業との共同研究によるニーズを踏まえてのシーズ研究展開
- 学生がより先端的な研究テーマに携わるとともに高いレベルの会合に参加できる教育効果を狙っている

取材: 平成27年5月21日

サービス資源の最適配分方法を数式で解く

ユニット名

サービス資源の最適配分

ユニット代表者

システム情報系 教授 吉瀬 章子

◆ユニット構成員 総数6名(教員6名/ポスドク0名/他機関0名)



キーワード 最適化モデル、確率モデル、サービス科学、地域連携、オペレーションズ・リサーチ

産業構造の変化を受け、世界的にサービス産業の重要性が高まっています。日本も例外ではなく、労働者数の約7割、国内総生産の約8割がサービス業に占められていることから、サービス産業の成長は、経済政策の要だと認識されています。「サービス資源の最適配分」リサーチユニットでは、最適化モデルや確率モデル等の数理的なアプローチを用いて、人・モノ・情報等のサービス資源を適切な規模で適切に配分できる手法の追及を行っています。

「○○をうまく決めて、■■を最小(あるいは最大)にしたい！」をかなえる強力な武器

人・モノ・情報等のサービス資源は、その配分方法がサービスの品質とその効率性に影響することから、企業だけでなく、地域のニーズが高まる自治体の運営にも関係するもっとも基本的な課題です。これらの課題は難しいと捉えられがちですが、じつは、数式を使って解くことができます。たとえば、給食の配給方法も「各給食センターから配送する給食の数をうまく決めて、CO₂の排出量を最小にしたい」と捉えることで、数式化が可能です(図1)。これは、経営工学の分野で最適化モデルと呼ばれる数理技術です。この技術は、乗り換え案内検索にも応用されています。本リサーチユニットでは、最適化モデル、確率モデル等の数理モデルを用いてサービス産業および自治体における、人・モノ・情報等のサービス資源の最適な配分方法について、多角的に研究しています。

出張講義

最適化モデルとは「●●をうまく決めて■■を最小(あるいは最大)にする」ための数理モデルです

最適化モデルとは？

- ◆うまく決めたい●●
●●を変数であらわし、それが満たすべき条件を数式で表す
- ◆最小にしたい■■
■■を数式で表す → 目的関数 最適解
- ◆ある条件のもとで
目的関数を最小(あるいは最大)にする解を求めるモデルを、「最適化モデル」という

線形計画問題と整数計画問題

整数計画問題はもう少し難しい

●●の最小値を求めたい

図1：サービス資源の最適配分概念図

コミュニティバスの運行計画、(4) 災害時の避難経路策定、(5) 病院手術室の利用スケジュール、(6) データセンターにおける仮想計算機のパッキング、(7) ホテル業務の従業員割当システム、(8) 売店の従業員割当システム、等を題材に、サービスの品質と効率性を高める研究に取り組んでいます。また、単なる実験的な成果に終始することなく、実務的な課題から抽出された数理モデルの構造や性質を理論的な研究として結実させること、社会問題への数理的アプローチを用いた問題解決(ソリューション想像力)の育成にも力を入れています(図2)。

筑波大学システム情報系 大澤義明 繁野麻衣子 山本芳嗣 八森正泰 竹原浩太 吉瀬章子(代表)

茨城県内の高校交流による数理モデルを用いた地域課題解決提案

筑波大合宿 3. 合宿発表会 最終発表会

筑波大合宿後も、データ収集やモデルの改良・工夫などに取り組み11月4日(月) 筑波大学祭において最終発表会を行いました

合宿3日目午後6グループそれぞれがこれまでのモデル化・プログラミングの作業をスライドにまとめて合宿発表会

筑波大「業峰祭」では多くの皆様にご来場いただきました。さらに日立北高は北茨城市で開催した震災復興支援シンポジウムでも発表しました

図2：茨城県内の高校交流による数理モデルを用いた地域課題解決提案

社会への貢献・実績

- 病床管理の自動割当システムの開発
(筑波大学附属病院ならびに新日鉄住金ソリューションズ)
- 階層型光ネットワークにおける波長経路割り当てに関する研究(産業総合研究所)
- 国際観光旅館におけるサービス事業の作業効率化に関する研究(筑波山江戸屋)
- 自販機管理事業における作業の疲労度予測と効率化に関する研究(株式会社いいじま)
- 「最適化の理論と応用—未来を担う若手研究者の集い2015—」の開催
(2015年5月30日、5月31日)
- 「高大連携シンポジウム2014」シンポジウムの開催(2014年11月2日)

水の無限の恩恵に預かるために

ユニット名

水文科学

ユニット代表者 生命環境系 教授 杉田 倫明

◆ユニット構成員 総数6名(教員6名/ポスト0名/他機関0名)



キーワード 水文科学、水循環、水環境、陸域環境、地球環境

<http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~hydro/>

海には膨大な量の水がありますが、そのほとんどは水資源として利用できません。大気中の水が雨や雪として陸域に降り、それが海に流れ去ってしまうまで、あるいは蒸発して再び大気へと戻るまでの間の水だけが、人間の生命維持や農業生産・工業活動に利用できるのです。水の無限の恩恵に預かるためには水循環を正しく理解し、適正な利用を心がける必要があります。「水文科学」リサーチユニットでは、水循環プロセスの解明をつうじ、地域や地球規模の環境問題の解決とその基盤となる基礎科学の発展に挑戦しています。

過去・現在・未来、小スケールから地球規模まで、水環境のすべてを理解する

水は私たちの生命にとって無くてはならないものです。また、その存在と流れの過不足から生じる災害や飢饉などにより私たちに大きな影響を及ぼします。水文科学は、そうした様々な問題の根源や解決の糸口を見出すために、水の循環やその変質プロセスをまるごと理解しようとする学問です(図1)。このために、過去から現在の状況を把握し、そのモデル化を通して将来予測につなげます。たとえば、研究フィールドの1つモンゴルでは、水の通過量(フラックス)と貯留量、滞留時間等の計測をもとに地域環境と水循環の現状を把握し、水文・生態系モデルを活用することで、過去から現在まで放牧がなぜ持続的に行われてきたのかを明らかにすると共に、将来の地球温暖化や放牧圧増加にともなう変化の予測を行うことも可能になってきています。

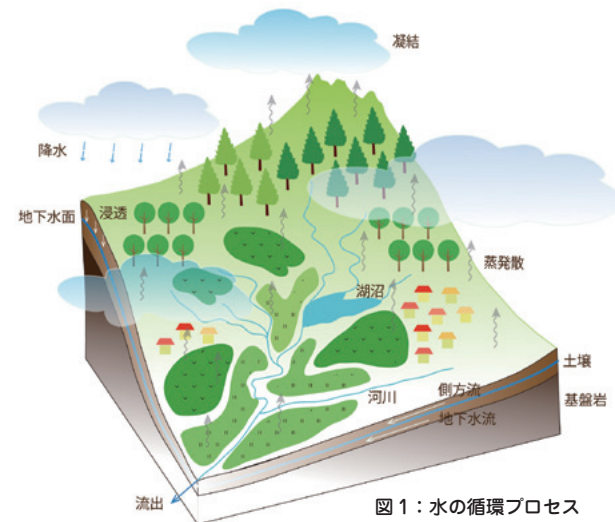


図1: 水の循環プロセス

決にも、水循環が重要な鍵を握っています。たとえば、霞ヶ浦は水質の回復が進んでいません。周辺からの物質の流入は主に水が媒介になっているので、その流れを正確に把握することが大事です。さらに霞ヶ浦のような湖沼はCO₂ガスの吸収・放出を通して地球大気中のCO₂濃度にも影響があることが分かってきています。この理解のため、水や二酸化炭素の輸送量を現地観測やモデル化を通して明らかにしてきました(図2)。このように本リサーチユニットでは、所属する研究者が協力し、1) 水文過程の各プロセスのメカニズムの解明、2) 水収支に基づく対象地域のフラックスと貯留量、滞留時間の解明、3) 水文現象と環境との相互作用の解明を主な目的として、小スケールから地球規模までの水文過程と環境との相互作用の現状を把握、モデル化による過去の復元、将来の予測に挑戦しています。

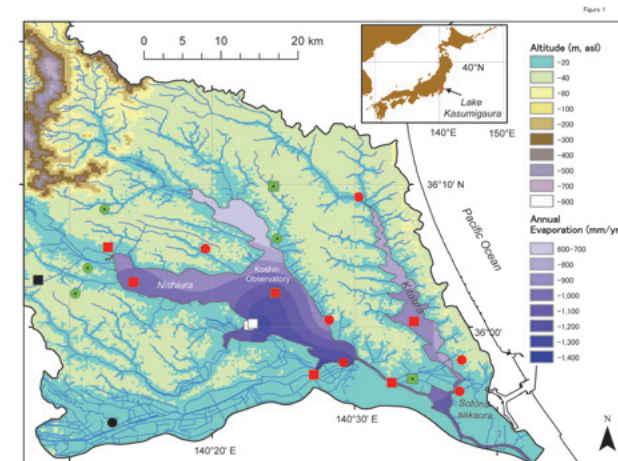


図2: 霞ヶ浦からの水蒸気フラックスの計算結果(左)とフィールドでの河川流量調査風景(右)

社会への貢献・実績

- UNESCO-Chair によるモンゴルにおける地下水資源の持続可能な管理に関する科学協力事業
- つくば市: 小中学校における環境教育カリキュラムの作成
- 文部科学省教育協力拠点形成事業「国際協カイニシアティブ」: 水資源・環境・災害教育協力モデルの最適化

地球温暖化、砂漠化、酸性雨といったグローバルな環境問題のみならず、身近な環境問題の解

取材: 平成27年7月9日

持続的な環境の維持を目指して

ユニット名

地域資源開発技術研究ユニット

ユニット代表者 生命環境系 教授 北村 豊

◆ユニット構成員 総数5名（教員5名/ポスト0名/他機関0名）



キーワード 地域資源、地産地消、食料、エネルギー、バイオマス

いま日本では、低エネルギー社会への移行が強く求められています。私たちの住んでいる地域には、農産物、食品、バイオマス、自然エネルギーなど様々な資源が潜在的に存在しています。本リサーチユニットは、そのような潜在的な資源を持続的かつ高度に活用する技術を開発し、物流に要するエネルギーの低減をも目的として生産・消費活動を地域で完結させる地域型の第6次産業とも呼ばれる「21世紀型地産地消システム」の確立を目指しています。

■ ライスプリン商品化の成功

本リサーチユニットの目指すモデルのひとつに、2年前に食品製造会社と北村教授の共同研究で商品化した「ライスプリン」があります(図1)。米は、卵や牛乳、小麦に比べてアレルギーを起こす人が少ないことから、米粉の加工食品はアレルギーの代替食品として近年注目されています。しかし、従来の方法では米を滑らかなミルク状に加工することができないため、加工する機器の開発からライスミルクを利用した食品の試作、パッケージ方法の検討まで大学と企業で行いました。さまざまな食品に加工してみましたが、米特有のもちもちとした食感はプリンにとてもマッチしており、また、おいしいだけでなく常温で長期保存が可能、温めるともちもちの食感が戻るなどのメリットもあり、「大学生まれの食品」としてマスコミでも紹介されました。



図1: ライスミルクとライスプリン

■ 徳島県と中国吉林省での地域資源開発

もうひとつのモデルとして、本リサーチユニットメンバーが徳島県と中国吉林省とでそれぞれ行っている開発があげられます。

徳島県のモデルは、地元の民間企業、県と国の農業試験場をまたぐ大きな共同研究で、漢方に見える国産の生薬原料を栽培して健康食品に加工し、それによって中山間農業の振興をめざす複合的な取り組みです(図2)。ここでは、ソーラーパネルを設置することで、生薬の栽培に向いている日陰をつくりながら同時にエネルギーも生産するという発想がキーになっていますが、それも分野の異なる研究者が交わることによる多角的なアプローチの結果であると考えています。

北村教授と楊准教授が携わる中国吉林省の共同研究では、農産物の生産から付加価値をつけた販売までを最適化するため、研究大学を含む吉林省の公的機関と民間企業が取り組んでいます。農産廃棄物と副産物の有効利用(例えばバイオマス発電など)も考慮した総合的な開発を行うには、やはり分野の異なる専門家による分野横断的な発想が成功の鍵となるでしょう。



図2: 徳島大と徳島県庁との打ち合わせ風景

本リサーチユニットはユニット全体としてはまだ研究がスタートしたわけではありませんが、これらのモデルにあるような専門の違う研究メンバーで「21世紀型地産地消システム」を創り出したいと考えています。

社会への貢献・実績

- 単行本「おうちで作る生ライスミルクのカフェレシピ」(宝島社) 監修: 北村 豊
- ムック「太らない体をつくる! スーパーミルク健康法 —ライスミルク・アーモンドミルク・ココナッツミルク」(小学館) 監修: 北村 豊
- 茨城県稲敷市、TWM マネジメント、常陽銀行の3者と地域創生に向けた事業推進における産官学で、ライスミルクの商品化の連携協定を締結
- テレビ(NHK、フジテレビ、日本テレビ、テレビ東京など) やラジオ(J-WAVE など) に多数出演

取材: 平成27年8月7日

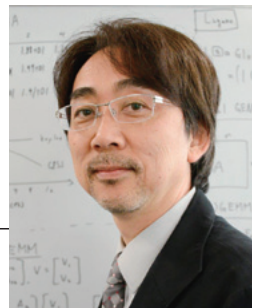
技術革新を支えるアルゴリズムとソフトウェアを開発

ユニット名

先端数値解析ソフトウェア

ユニット代表者 システム情報系 教授 櫻井 鉄也

◆ユニット構成員 総数 13名 (教員 7名/ポスドク 1名/他機関 5名)



キーワード 数値アルゴリズム、高性能ソフトウェア、大規模シミュレーション、データ解析

<http://na.cs.tsukuba.ac.jp/asna/>

今の時代、実世界での現象をコンピュータ（計算機）上で再現し、解析・予測を行うという手法はあらゆる分野で使われています。テレビなどで、コンピュータ・シミュレーションの結果としてのCG映像を目にする機会も多くありますが、これらはすべて“数値の計算”をすることによって求められています。櫻井先生のリサーチユニットでは、次世代の計算機を使いこなし、効率よく数値計算を行うための研究開発を進めています。

自然科学・産業応用、様々な分野に広がる数学的アプローチ

同じ問題を解く場合でも、計算のやり方にはいろいろな方法があります。どのように計算するか、という手順の部分「アルゴリズム」と呼びます。私たちのリサーチユニットでは、特に線形方程式や固有値問題を解く際の高性能なアルゴリズムを研究しています。

固有値問題を解くとは、多変数からなる関数を変化させたときに、変化を特徴付けるベクトル（方向）とその変化量を調べることを指します。難しいようですが、例えば自動車の振動を小さくするためには部品をどのような形にすればよいか、という問題も固有値計算によって解析することができます。他にも、線形方程式や固有値計算は、船舶や航空機の設計、ビルの免震、創薬、半導体開発、遺伝子解析や画像解析、宇宙や素粒子といった自然科学分野の研究など、幅広い分野で使われています。私たちのリサーチユニットでも、こうした幅広い分野と共同研究を進めています（図1）。

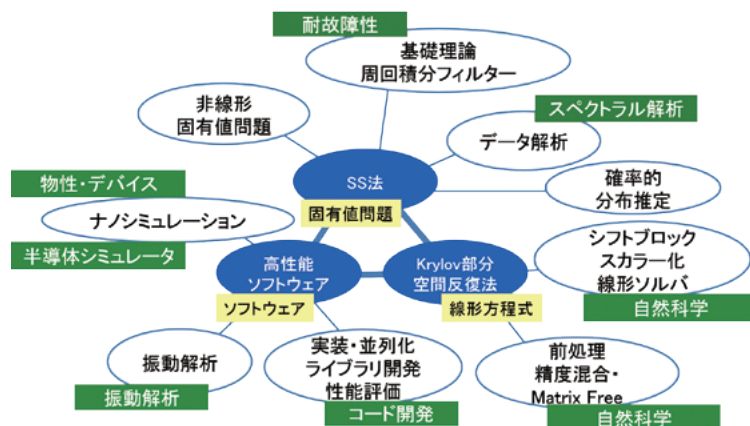


図1：リサーチユニットで取り組む研究テーマとその広がり

次世代の高性能計算機を使いこなすために

計算機の性能・計算速度は日々進歩しています。性能の良い計算機を使えば、もっと早く、もっとたくさんの固有値を計算できるはずですが、ところが、現在広

く用いられている数値計算アルゴリズムでは、最近の高性能計算機^{*1}の性能を十分に引き出すことが難しくなっています。最新の大規模並列型計算機の性能を活かすには、計算機の構造にあった新たなアルゴリズムの開発と、計算機上でアルゴリズムを動かすためのプログラム・ソフトウェアといった実装技術が必要です。私たちのリサーチユニットでは、次世代の高性能計算機の構造をよく理解した高性能計算の専門家と、アルゴリズムの専門家が一緒に研究を進めることで、次世代の超並列型計算機を使いこなすアルゴリズムとその高性能並列計算ソフトウェアの開発を進めています（図2）。

また、先にも上げたような応用分野の研究者に対してユニットの成果であるソフトウェアを提供し、実際に使ってもらうことで、性能の改善や実用性の向上を目指して研究をしています。

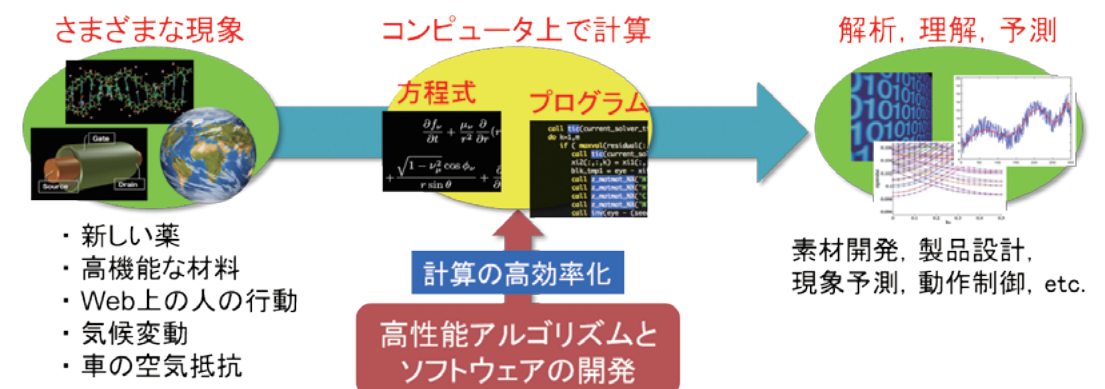


図2：リサーチユニットの研究の位置づけ

*1：現在の高性能計算機は、たくさんの計算機をネットワークでつないだ並列型が主流。各計算機が同時並行で進められる計算過程が多いと計算速度が早くなる、という特徴がある。

社会への貢献・実績

- 大規模固有値計算に関する国際会議（EPASA2014, EPASA2015）開催
- 「京」コンピュータ向けソフトウェア「z-Pares」、SLEPc向け「CISS」を開発
- 研究成果をもとに MathDesign 社を起業

つくばの頭脳で ソフトマターに挑む

キーワード ソフトマター、複雑液体、液晶、バイオマテリアル

<http://www.chem.tsukuba.ac.jp/sms/>

ソフトマターとは、液晶・高分子など柔らかい物質の総称で、物理学・化学・生物学の境界領域に位置し、多角的な視点から研究が進展します。そこで、液晶、複雑液体、バイオマテリアルを3本の柱に、理論と実験を有機的に結合した主担当グループを組織し、研究を強力に推進するリサーチユニット「ソフトマター科学」を結成しました。

ソフトマターの可能性は無限大

“物のありよう”の研究(物性物理学)ははじめ、金属、半導体、セラミックなどの硬いもの(ハードマター)対象に急速に発展しました。ハードマターは大多数の原子が規則正しく配列している結晶構造を持ち、測定することも理論的研究も比較的容易で、様々なモノに実用されてきました。一方、ソフトマターは、生物の体、食べ物、数々の石油化学製品など、私たちの身の回りにあふれているものです。意外なことですが、ガラスのように“硬い”物質の中にもソフトマターに分類されるものがあります。ガラスの中は実は原子がバラバラに配列していて、「粘り気が極度に高い液体」の状態なのです。結晶のようにながっちり原子配意が固定されておらず様々に変化できる「液晶」もソフトマターの代表格です。

「ソフトマター」という言葉は、ピエール=ジル・ド・ジェンヌがこの分野の研究でノーベル物理学賞を受賞した1991年頃から使われ始め、近年では生体膜や化粧品などへの応用研究が注目されています。ソフトマターは分子の集まり具合で形や性質が決まり、また、光や温度で変形するなど多様な性質を持ちます。混沌の中の可能性を探るのがソフトマター研究の醍醐味です。

齋藤教授の研究グループはリサーチユニット発足後の2012年、液晶を対象に行った研究から、複雑な構造における分子の凝集構造を明らかにしました。この構造(図1)は高分子でも広く見出されることから、「科学新聞(2012年9月7日付)」でも『ジャイロイド相の分子配列解明』と紹介されるなど注目を集めました。

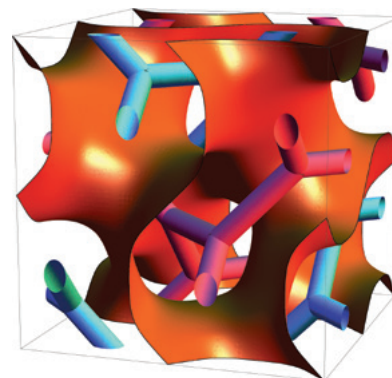


図1: ソフトマターで広く見られる双連続構造の単格格子。赤と青のギャングルジムが周期的極小曲面で仕切られた二つの空間に存在する。液晶では1000個ほどの分子が集まってこのような構造を作る。

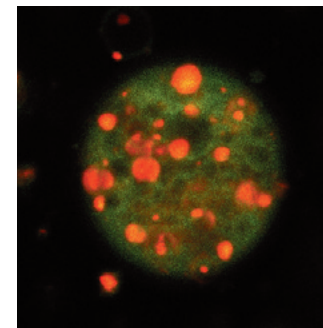


図2: 細胞膜類似の構造をもつベシクル(閉じた小胞)上の脂質二重膜内で起きた相分離(蛍光色素でオレンジとグリーンに着色)。機能発現にはこうした膜の不均一が重要と考えられている。

ユニット名

ソフトマター科学

ユニット代表者 数理物質系 教授 齋藤 一弥

◆ユニット構成員 総数8名(教員5名/ポスドク0名/他機関3名)



つくばエリアのソフトマター研究を結集

ソフトマター研究はまだ開拓時代ですから、異分野の研究者が刺激しあいながら難解な敵に挑む体制が有効です。幸い、つくばエリアには筑波大学に加えて、産総研、NIMS、KEKといった研究機関がソフトマター研究者を有し、ごく自然に少人数での研究集会を行っていました。その活動が発展し、つくばエクスプレス沿線の東大物性研究所も加わって、「つくばソフトマター研究会」と題して研究発表会を年1回開催(2009年~)するほか、学生を介した相互協力や共同プロジェクトでの連携など活動は広がりを見せています。

社会への貢献・実績

- 一般向け書籍出版: 瀬戸秀紀(著)「ソフトマターやわらかな物質の物理学」(米田出版, 2012)
- 「つくばソフトマター研究会2013」開催(2013年3月11日 会場: 筑波大学)
- 国内外の研究者を招き、年2~3回セミナーを開催



図3: クラック核物理研究所(ポーランド)から2名の研究者を招きセミナーを開催(2014年11月)

取材: 平成27年7月22日

望ましい都市のかたち

ユニット名

コンパクトシティ

ユニット代表者 システム情報系 教授 谷口 守

◆ユニット構成員 総数 14名 (教員9名/ポスト0名/他機関5名)



キーワード コンパクトシティ、持続可能性、社会基盤、エクメーネ、土地利用

<http://infoshako.sk.tsukuba.ac.jp/~tj330/Labo/taniguchi/ccity/index>

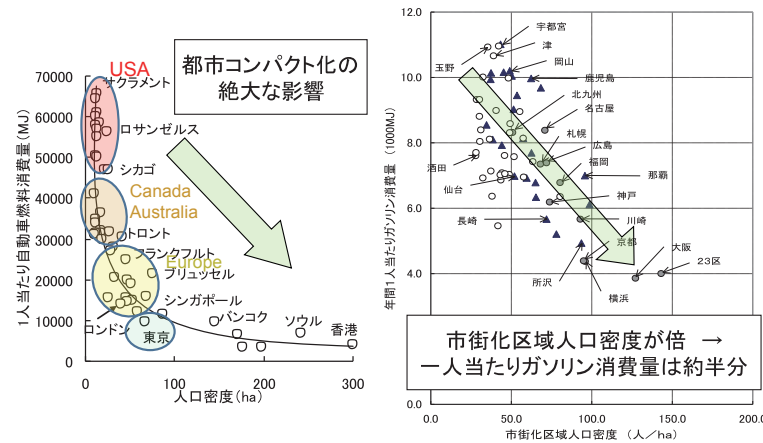
近年、日本の都市計画においてコンパクトシティという概念に注目が集まっています。なぜ今この概念が注目を集めているのでしょうか。都市のコンパクト化にはどのような効果が期待され、どのような課題が存在するのでしょうか。リサーチユニット「コンパクトシティ」は、コンパクト化の具体的方法論の提案や、実現に向けた課題解決を目指し、幅広い専門家が集まったユニットです。

都市のかたちを見直す

戦後の日本の都市の多くは自動車依存型の発展をしてきたと言えるでしょう。すなわち、人口の増大・市街地の郊外への拡大・自家用車利用頻度の増大が並行して進んできたのです。しかし、2007年にピークを迎えた日本の人口は今後急激な減少が予測されており、財政規模の縮小も避けられません。肥大化した市街地全体に都市サービスを提供し続けることは事実上困難だと予想されます。また、環境負荷低減の観点からCO₂排出量を削減していくことも必要になります。このような背景から、日本の都市計画は持続可能なコンパクトな都市、コンパクトシティを目指す方向に舵をきりはじめたのです。

歴史的転換点に立ち会う

しかし、日本においてコンパクトシティという概念が具体的に政策に反映されるまでには長い道のりが必要でした。欧州では1980年代後半からコンパクトシティ政策が実務に反映され始めましたが、日本では2000年以前に中央官庁でそのような議論が行われた形跡すらなかったのです。私たちは中央官庁や学



P. Newman & J. Kenworthy: Sustainability and Cities, Island Press, 1999. 谷口守・村川威臣・森田哲夫: 個人行動データを用いた都市特性と自動車利用料の関連分析, 都市計画論文集, No.34, 1999.

図1: 人口密度が高いほど自動車燃料消費量は下がる



図2: コンパクト化とは単なる高層化ではなく、自動車燃料消費量を下げ中心部ににぎわいを生む都市構造を形成すること

会に対し、データを用いて都市コンパクト化の必要性を示すとともに(図1)、コンパクト化の概念が正しく理解されるための情報発信を行ってきました(図2)。

大勢の関係者の努力が実を結び、都市コンパクト化の重要性は次第に日本国内で認識され始め、政策に反映されてきました。2000年以降いくつかの転換点がありましたが、2014年8月に「都市機能誘導区域」等の制度が施行されたことは、日本の都市コンパクト化を推進するうえで歴

史的な転換点になるでしょう(図3)。

しかし、現実に人が暮らしている地域で都市をコンパクト化していくためには、まだまだ越えなければならない課題が存在します。私たちは、引き続きこれらの課題を明確にし、乗り越えていくための方法論を提示することに取り組んでいきます。

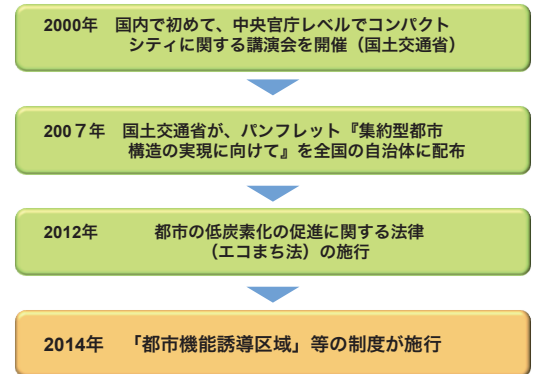


図3: 日本におけるコンパクトシティ政策の流れ

社会への貢献・実績

- 政府や地方自治体のコンパクトシティ政策への提言、参画
- 実際の社会動向を踏まえた実践的大学院教育

原理をきちんと見極めた 環境に優しい新技術開発

キーワード 環境調和型エネルギーシステム、エネルギー変換、エネルギーネットワーク、環境評価、災害リスク

<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/eeru>

環境への影響を考慮した新技術を開発します。企業との連携プレーでエネルギー関連技術だけでなく、洗浄技術なども、理論（熱力学、流体力学）、実験、計測、シミュレーション（可視化）の手法を総動員で研究します。

本ユニットが対象とするのは、(1) 熱流体場の能動制御、(2) 小型分散型エネルギー源と大規模集中型エネルギー源を結合する新たなエネルギーネットワーク構築、(3) エネルギー機器の健全性評価技術および要素材料の特性評価、(4) 日本社会の持続可能な発展を支えるエネルギーシステムの総合的な分析評価、(5) 環境評価、環境制御、環境予測など、大変広い範囲を対象としています。

環境に優しいマイクロバブル洗浄法

IT技術の基礎となる半導体基盤の台となるウエハーのような超精密機器用の材料の洗浄には従来、「熱濃硫酸」といういかにも危険な薬品が使われます。洗浄に使った廃液は環境を汚染しないように十分な処理が必要です。それに対して私たちは、ベンチュリー管を用いたマイクロバブル洗浄法、という環境負荷が全く無い強力な洗浄法を開発しております。ほとんどの洗浄が化学薬品による化学の力での洗浄なのに対し、我々の方法は直径100ミクロン以下の小さい泡（マイクロバブル）の力を用いて、様々な機械材料の洗浄を行います。普通の空気の泡でも洗浄力がありますが、泡の中をオゾンにするとさらに高い洗浄力を発揮します。オゾンを使う場合でも、オゾンはすぐに自然に分解して酸素になるので全く環境負荷がありません。私たちは、ベンチュリー管という一度細くなりまた広がる管に気体を通してマイクロバブルを作っています。

その様子を可視化し音速を超える衝撃波ができることがわかり、それによっても洗浄力が向上することが分かりました。

一方で、オゾンの持つ特別の洗浄力を最大限に活用するには分解が速すぎてもいけません。工学ではそんな場面で「最適化

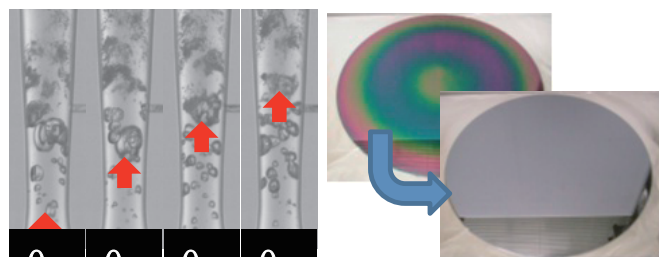


図1：マイクロバブル洗浄法
(左)ベンチュリー管を用いた微細気泡生成、(右)高濃度オゾン水による洗浄結果

ユニット名

エネルギー・環境

ユニット前代表者 システム情報系 教授 阿部 豊

◆ユニット構成員 総数 15名（教員 14名／ポストク 0名／他機関 1名）



手法」が登場します。たまたま上手くいったというのも、出発としては大事ですが、何がどんな仕組みで働いて、欲しい性能を出すのか、学理を深く理解するのが企業との共同研究において、大学が果たすべき重要な役割です。それによって「最適化」が可能になります。

エアコンの室外機が手のひらサイズに

エアコンの冷房では室内の熱を室外に逃がすための冷媒液が、太いパイプを通過して室外機にゆき、室外機の扇風機で熱を室外に発散します（熱交換）。面白いことは私たちの技術では、あの大きな室外機以上の性能が手のひらサイズで実現できます。秘密は冷媒の通り道を髪の毛ほどのサイズに作った仕組みです。この仕掛けで熱交換の効率が100倍になり、その分室外機を非常に小さくできました。ここでも大学の研究として大事な仕事は仕組みを明らかにすることです。髪の毛の太さのなかの流体の動きを可視化し、流体が途中で気化する様子を捉えることができました。

この例のようにエネルギーに関係した研究を私たちは他にも多く行っています。バブル時代のエネルギー保全が軽んじられる時も、震災直後の省エネルギーが重視されるときも、昨今の異常な原油安のときでも、ブレる事なく物理と化学の基礎を明らかとし、明らかとした原理を基に汎用性のあるものを提供するのが大学研究の役目と考えています。

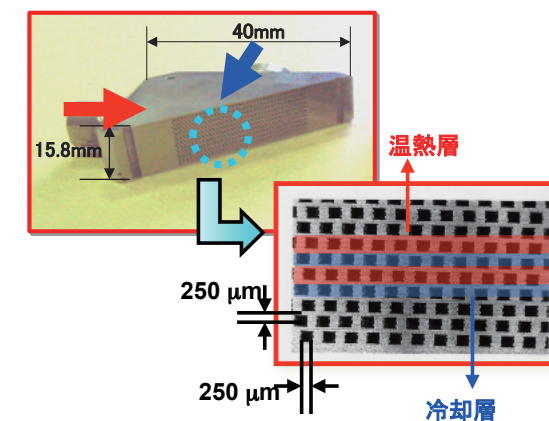


図2：手のひらサイズの熱交換器：(左上)熱交換器本体、(右下)断面図

社会への貢献・実績

- 熱交換器をマイクロチャンネル積層型熱交換器として製品化（図2）
(<http://www.welcon.co.jp/jp/>)

社会を支える基盤技術のブレイクスルーを目指す

ユニット名

パターン認識・機械学習

ユニット代表者

システム情報系 教授 福井 和広

◆ユニット構成員 総数 9 名 (教員 8 名 / ポスドク 0 名 / 他機関 1 名)



キーワード パターン認識、画像認識、機械学習、統計科学、ビッグデータ

<http://www.cvlab.cs.tsukuba.ac.jp/~prml/>

人を支える様々な知的システムの高性能化や、ビッグデータの出現に伴い、近年、社会の様々な場面で、膨大なデータを用いて柔軟で複雑な判断をするコンピュータが求められています。パターン認識は、コンピュータが入力された情報の特徴をデータベースと照合する際に使われる技術です。また、こうした照合の積み重ねによって独自にデータベースを更新していくことを機械学習といいます。これらの技術によって、人間が経験を活かして物事を判断するように、コンピュータも判断や学習ができるようになります。しかしデータ量が多くなると、コンピュータの計算処理時間が増え、実用レベルではなくなってしまいます。この問題を解決するため、本リサーチユニットでは統計学など数学を駆使して、パターン認識と機械学習の精度向上に向けた理論と基盤技術の研究開発を進めています。

指文字学習支援システム

リサーチユニットの研究成果の一例として、指文字学習支援システムを紹介しましょう。指文字は、手の形で 50 音の各文字を表現する視覚言語の一つです。人差し指と中指を揃えて伸ばす、離して伸ばす、などの良く似た形が違う音を表すこともあります。指文字の学習者にとっては、自身の指文字が相手に通じる正しい「形」になっているかどうかを判断してフィードバックしてくれる機械が存在すれば、効果的に学習を進めることができます。しかし、見る角度によっては同じに見えてしまうような形もあり、二次元的な形の比較だけでは精度面で実用に耐えるものにはなりません。

本リサーチユニットでは、複数台のカメラを用いて学習者の指文字を撮影し、データベースにもさまざまな角度から撮影した複数画像を用いることで、精度の高い指文字学習システムを開発しました(図1)。データ量の増加に対応するために、相互部分空間法^{*1}という識別法を用いて識別処理の効率化を実現しています。

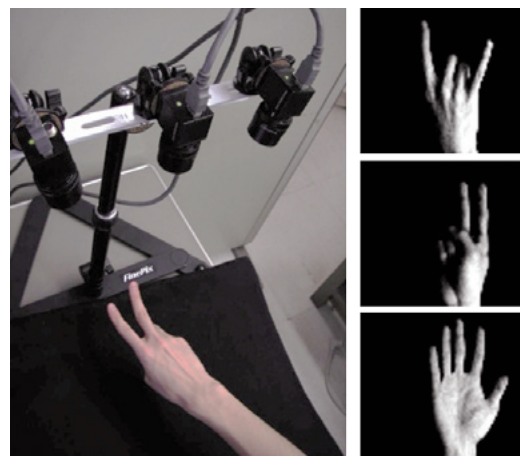


図1：指文字認識システム。複数台のカメラで撮影した画像を、様々な指文字と照合する。

医学・セキュリティ・さまざまなフィールドへ

他にも、本リサーチユニットではさまざまな視点からパターン認識技術の実用研究を進めています。例えば、検体の中から特定の細胞を検出する技術や、CT画像から臓器の病変を認識し医師の判断をサポートする技術など、医学分野への応用研究も行っています。

また、パターン認識技術の応用先は画像処理だけではありません。情報を暗号化したままで内容を照合する秘密検索手法の開発にも取り組んでいます。

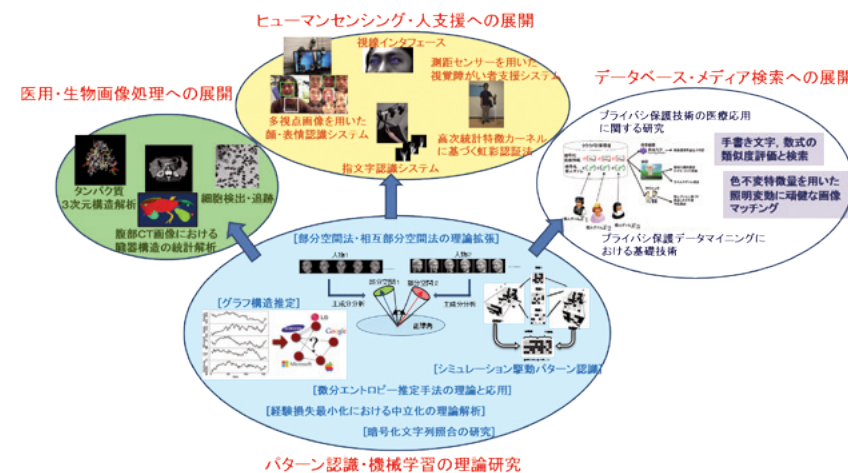


図2：リサーチユニットの研究分野

こうした異なる課題に取り組む研究者同士が相互に情報交流することで、新しいパターン認識の理論体系の創出を目指して研究を推進しています(図2)。

*1：相互部分空間法では、一枚の画像を高次元ベクトル空間の一つのベクトルと見なし、比較する2つの画像セットをそれぞれベクトル空間における部分空間でコンパクトに表します。これにより2つの画像セットの類似度を部分空間の距離として効率良く求めて、安定な識別を実現しています。

社会への貢献・実績

- プライバシー保護技術の医療応用に関する研究を実施
- 画像センサを用いた視覚障がい者支援システムの研究開発を実施
- 腹部 X 線 CT 画像からの対話的な臓器抽出手法の研究開発を実施
- タンパク質の構造解析のためのマルチモーダル構造類似度の研究開発を実施

分野横断的・国際的視点による 都市・地域経営の再構築

ユニット名

都市・地域の経営とデザイン

ユニット代表者 システム情報系 教授 有田 智一

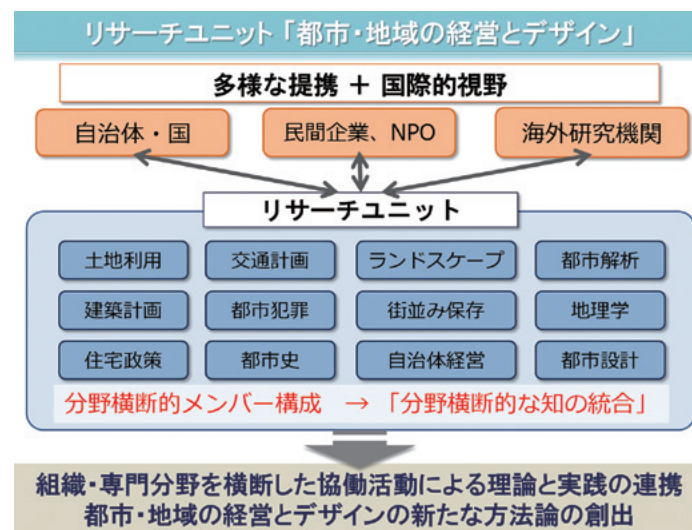
◆ユニット構成員 総数 15名 (教員 11名/ポストドク 0名/他機関 4名)



キーワード 都市計画、地域計画、まちづくり、デザイン、経営

20世紀の都市計画は、人口増加、経済発展に伴う都市の発展・拡大に対応し、様々な計画技術面での発展をとげてきました。しかし、特に1980年代半ば以降の世界的な経済社会構造の転換や公共セクターの役割の弱体化等に伴い、都市計画の方法論とその担い手にも構造転換が進行しています。

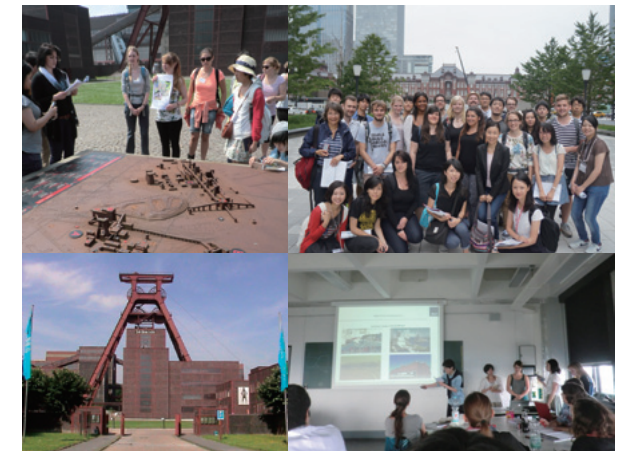
リサーチユニット「都市・地域の経営とデザイン」は、都市・地域経営における課題の多様化が進行する中で、個別専門分野ごとの進化のみにとどまらず、「分野横断的な知の統合」に基づいた国際的視野のもと、都市・地域の経営とデザインの新たな方法論を創出することを目的としています。



個別組織・個別専門分野を横断した協働活動によって理論と実践の連携を図る

本リサーチユニットには、土地利用、交通計画、ランドスケープ、建築計画、都市史、都市設計、都市解析、街並み保存、自治体経営、住宅政策、都市犯罪、地理学等の様々な分野の専門家が集まりました。更に、各メンバーは多様な企業（不動産、鉄道、建設等）、公的機関（自治体、公的研究機関等）及び市民セクター等との連携も活発に行っています。

本リサーチユニットの活動を通じて、従来までの都市づくりにおいて指摘されてきた個別組織・個別専門分野毎の縦割りによる弊害を乗り越え、「分野横断的な知の統合」を図ることにより、新たな理論と実践の連携のあり方を探求しています。



ルール大学(ドイツ)との国際ワークショップ(ドイツ及び日本にて実施)

21世紀の都市は、先進国では縮小し、発展途上国では拡大する

先進国の中で、日本は少子高齢化に伴う都市問題に最も早く直面しています。都市の発展的縮小化という新たな課題への日本の対応策は、今後他の国から注目を集めるでしょう。

一方で発展途上国ではメガシティと呼ばれる巨大都市が多数出現しており、経済社会のグローバル化、地球環境問題の深刻化などの背景の下で、開発と保全のバランスを踏まえた持続可能な都市・地域のあり方を探ることが不可欠になっています。

本リサーチユニットは、ドイツ及び韓国の大学からの研究者をメンバーに迎えて活動しています。更にメンバーは中国、イギリス、アメリカ、カナダ、アフリカ等の様々な国の研究者との協働の機会を有しています。こうした連携活動を通じて、上述した地球規模的課題への解決策を探っています。

社会への貢献・実績

- 自治体との連携、まちづくりワークショップ開催等、学術指導等（つくば市、土浦市、桜川市、神栖市、他多数）
- 韓国・漢陽大学校及び韓国国土研究院との協働
- ドイツ・ルール大学及び自治体、企業及び市民セクターとの協働による国際ワークショップの開催（ルール大学（ドイツ）、都市再生機構、東京都、横浜市、川崎市、墨田区、不動産会社、鉄道会社等との協働）
- その他国際連携活動（中国、イギリス、ドイツ、カナダ、アメリカ、アフリカ等）
- その他企業等との連携活動（株式会社プレイスメディア、「パッシブタウン黒部モデル（YKK株式会社）」のランドスケープデザイン等）

取材：平成27年9月7日

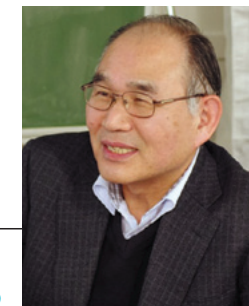
極寒の南極大陸から挑む銀河の形成、進化の解明

ユニット名

数物連携による南極天文学の推進

ユニット代表者 数理物質系 教授 中井 直正

◆ユニット構成員 総数 37名 (教員 19名/ポストク0名/他機関 18名)



キーワード 天文学、宇宙物理、逆問題、スペクトル、テラヘルツ波

南極といえばブリザードと呼ばれる激しい吹雪を連想される方もいて、望遠鏡の設置計画に驚かれるかもしれません。しかし南極大陸の内陸部、標高3000mを超える高原地帯は晴天率が高く風も弱い安定した気候であり、さらには地上で唯一、テラヘルツ波による天体観測が可能な場所なのです(図1)。現在、計画されている南極10mテラヘルツ望遠鏡が目指すのは、生まれて間もない銀河を探し出す遠方銀河の大規模広域サーベイ観測です。銀河がいつどのように生まれたのか、南極からの宇宙観測により現代天文学の重要課題解明に挑戦するリサーチユニットです。

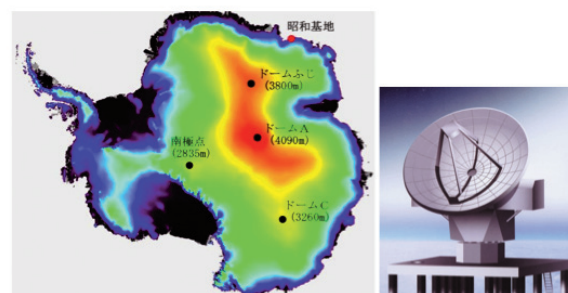


図1：昭和基地から約1000キロメートルの内陸部には標高3000メートルを超える高原地帯が広がっている。右は南極10mテラヘルツ望遠鏡の完成予想図。

ミリ波)で探査し、生まれて間もない宇宙初期の銀河を見つけ出すことは、銀河がいつ、どのように生まれたのか、その謎を解明する大きな手がかりになるはず。このように遠方銀河の観測に非常に有望なテラヘルツ波ですが、大気中の酸素や水蒸気に吸収されやすいため、地上からの観測が困難であり、これまで観測されていませんでした。

地上で唯一、南極に開くテラヘルツ波観測の窓

大気中の水蒸気による影響を減らすため、標高が高くかつ乾燥している場所が望遠鏡の設置には適しています。アルマ望遠鏡があるチリのアタカマ高原も非常に条件の良い場所ですが、大気中の水蒸気による吸収のためにテラヘルツ波は地上に届きません。それに対して南極内陸の高原地帯は年間平均気温が -54°C 、最低気温が -80°C と極寒の地であることから、大気中の水蒸気が極めて少なく、地上で唯一宇宙からのテラヘルツ波が地上に届きます(図3)。

もちろん、南極ならではの課題もあります。最低気温 -80°C 、最高気温 -20°C の温度変化に対し、口径10mアンテナ主鏡面の熱膨張による変形を $20\mu\text{m}$ 以下に抑えなくてはなりません。またアンテナ主鏡に霜がつかないように、主鏡を周囲の大気温度に対し $+2\sim 5$ 度程度に暖める必要があります。加えて望遠鏡の建設地が沿岸部から約1000km以上内陸となるため、建設資材、発電用の燃油など大量の物資輸送をどのように行うのか検討を進めています。これらの課題を解決した先に設置される南極10mテラヘルツ望遠鏡は、新たな宇宙観測の目となります。これまで観測されてこなかったテラヘルツ波が私たちにどのような銀河の姿を見せてくれるのか、大きな期待が寄せられています。

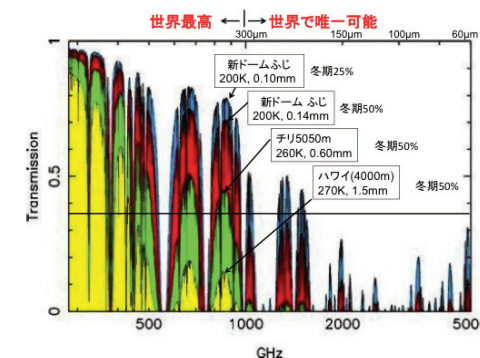


図3：南極(新ドームふじ)とチリ、ハワイにおける大気透過率の計算値。テラヘルツ波(1000GHz以上)で大気に吸収されず地上に届くのは南極のみ。

遠方銀河の探索から銀河誕生の謎にせまる

銀河の光が地上に届くまでには時間がかかるため、遠方にある銀河を観測すると、過去の銀河の姿を観測していることとなります。そこで誕生間もない銀河を見つけ出そうと、遠方銀河の探査観測が行われており、代表的なものとしてハッブル宇宙望遠鏡による成果や、すばる望遠鏡による最遠方銀河の発見が知られています。これらの可視光望遠鏡により多くの遠方銀河が発見されていますが、その数はまだ理論的予測の1~3割程度にしかならず、宇宙には可視光では観測できない「暗黒銀河」と呼ばれる銀河が多数存在すると考えられています。銀河は一般に赤外線でも最も明るいのですが、遠方の銀河は宇宙膨張に乗って高速で私たちから遠ざかっているため、ドップラー効果により地上では波長の長いテラヘルツ波(やサブミリ波)で明るく観測されると考えられます(図2)。可視光で観測できない暗黒銀河をテラヘルツ波(～サブ

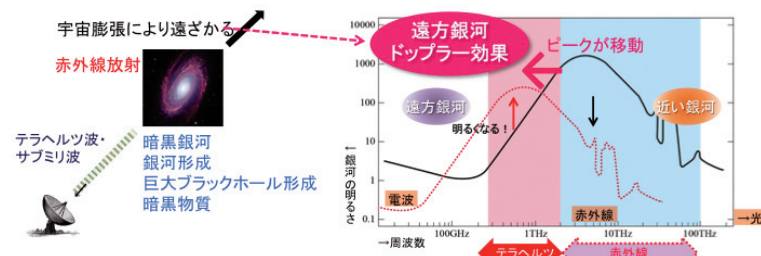


図2：ドップラー効果のため、遠方銀河はテラヘルツ波で明るく観測される。

ミリ波)で明るく観測されると考えられます(図2)。可視光で観測できない暗黒銀河をテラヘルツ波(～サブ

社会への貢献・実績

- 現代天文学の重要課題の解明へ期待

取材：平成27年3月17日

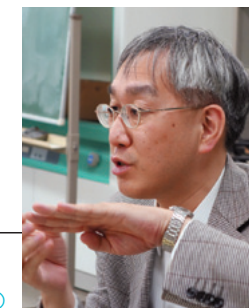
最先端量子ビームを駆使して マテリアルス・サイエンスを切り開く

ユニット名

量子ビーム

ユニット代表者 数理物質系 教授 守友 浩

◆ユニット構成員 総数 26名 (教員 26名 / ポスドク 0名 / 他機関 0名)



キーワード 量子ビーム、放射光、中性子、エネルギー材料、グリーン材料

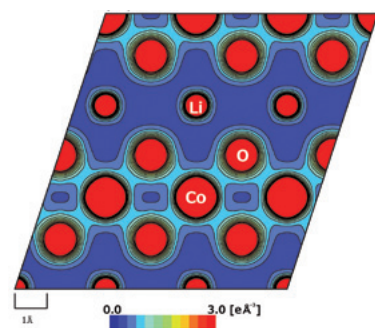
新材料、新デバイスの研究開発には、それらの特徴づける計測が不可欠です。その一つの手法として、電磁波(可視光～X線)を用いた材料分析法があります。通常の実験室に設置できる装置もありますが、シンクロトロン放射光(SR)を利用した技術も盛んに用いられています。SRには、計測に適した波長(エネルギー)のX線を選択でき、微小領域に照射できるという特徴だけでなく、光源のパルス性を利用することで高い時間分解能で材料の変化をとらえることができる長所もあります。「量子ビーム」ユニットでは、大型放射光施設SPring-8(兵庫県佐用郡)、KEK-PF(高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリー/つくば市)、大強度陽子加速器施設J-PARC(茨城県東海村)(図1)や海外の共同利用施設の電磁波や中性子を利用して物質科学の新たな展開を開こうとしています。



図1: 量子ビーム光源施設(国内)

無機材料の起源に迫る

世界で初めてエピタキシャル膜作成に成功した、垂直磁気記録材料である Co_4N 系薄膜を放射光(SPring-8)の偏光性を利用したX線磁気円二色性分光(XMCD)で解析した結果、室温で垂直

図2: LiCoO_2 の電子密度構造

磁気異方性をもつことが分かりました。この磁性材料は、ユビキタス元素(Fe, Co, Mn, Nといった「どこにでもある元素」)だけで構成されており、磁気メモリの低コスト化が期待できます。この研究により、伊藤啓太氏は博士課程在学中に権威あるSPRUC 2013 Young Scientist Awardを受賞しました。また、リチウムイオン電池材料である LiCoO_2 の電子密度レベルの構造解析(図2)により、この化合物がイオン結合で形成されていることが分かりました。エネルギー材料の結合様式の解明は、高性能材料の設計指針や劣化機構の解明に大い

に貢献できると期待できます。デバイスの稼動状態での観察(オペランド計測)に適用できれば、一層の応用展開が可能となります。

有機材料の可能性を開拓する

有機薄膜太陽電池はドナー性分子とアクセプター性分子がナノレベルのドメイン構造を形成し、高い光電エネルギー変換効率を示します。KEK-PFの走査型軟X線透過顕微鏡(STXM)で太陽電池薄膜形態を詳細に調べたところ、ドメイン内で2つの分子が混合していることが明らかとなりました。(図3) 薄膜形態の解

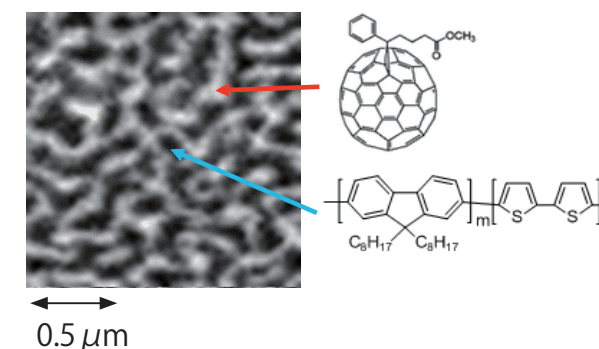


図3: 有機薄膜太陽電池の分子構造

明は、高効率太陽電池の設計指針や劣化機構の解明に大いに貢献します。

本リサーチユニットでは、ユーザーとして大型共同利用設備を利用させてもらうことで、新しい解析法を武器に材料科学(マテリアルス・サイエンス)に切り込んでいこうとしています。今後は、空間的・時間的により高分解能なイメージング手法を用いて、新材料の性質を同定することで社会貢献できればと考えています。さらに、国際テニユアトラック制度を活用した国際研究連携、大学院研究の強化を図ろうとしています。

社会への貢献・実績

- Fe, Co, Mn, Nのみから構成される磁性材料を発見 (Appl. Phys. Lett. 2011)
- リチウムイオン電池材料の結合様式を解明 (Appl. Phys. Express 2011)
- 有機薄膜太陽電池のドメイン内分子混合の発見 (Appl. Phys. Express. 2014)
- 新しい光記録効果の発見 (Appl. Phys. Lett. 2007)
- 国際物質科学研究拠点の形成へ
- TIA-nano(つくばイノベーションアリーナ)連携の推進

取材:平成27年3月25日

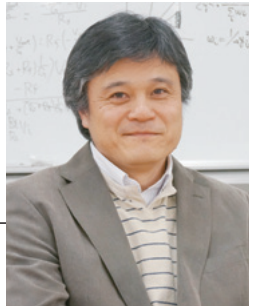
宇宙初期の物質状態を 世界連合チームで探る

ユニット名

クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)

ユニット代表者 数理物質系 准教授 江角 晋一

◆ユニット構成員 総数 5名 (教員 4名 / ポスドク 0名 / 他機関 1名)



キーワード クォーク・グルーオン・プラズマ、高エネルギー原子核衝突重イオン

<http://utkhii.px.tsukuba.ac.jp/>

高エネルギーの重イオン衝突実験を行い高温・高密度の宇宙初期の状態を再現し、全ての物質の構成要素がバラバラに飛び交うクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 状態を国際共同チームで探求します。

地上で宇宙初期の超高温や中性子星内部の超高压を再現

膨張し冷え続ける宇宙 (現在マイナス 270℃) は、時を遡れば次第に高温となり宇宙初期は超高温です。その時モノはどんな様子でしょう? 全てのモノは水素や鉄など「原子」から出来ていると習ったのを覚えていますか。どの原子も幾つかの陽子と中性子が結合した原子核とその周りを回る電子から成ります。高温で原子核と電子がバラバラになった「プラズマ」は蛍光灯の内部や太陽内部の状態です。もっと高温では、原子核を構成する陽子・中性子もバラバラになります。実は陽子・中性子はクォークとそれを繋げるグルーオンという素粒子から成ります。そして、超高温でクォークとグルーオンがバラバラ飛び回るようになったスープがクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) です。密度が太陽の 100 兆倍の中性子星の内部にも QGP ができています。米国のブルックヘブン国立研究所 (BNL) と欧州の CERN にある巨大な装置で原子核を超高速で衝突させると QGP 状態が地上で再現します。研究により、この不思議な状態 QGP も水が蒸気になるような「相転移」の結果であることまでがわかってきました。



図 1 : CERN 研究所の ALICE 検出器の前で共同実験研究者の集合写真

究極の国際的ビッグサイエンス

米国と欧州の巨大装置を世界中の研究者が共同で使います。実験に必要な技術の種類も多数で、一つの研究グループが最大 1 - 2 千人にのぼります。米国・欧州・日本を結ぶ TV 会議が四六時中行われます。インターネットの進歩で議論やデータ解析は世界どこでもできますが、新しい装置の取り付け、動作チェックのためには、プロの研究者だけでなく大学院生も数ヶ月間欧州や米国に滞在します。人類共通の科学的謎に挑む究極的文化活動です。

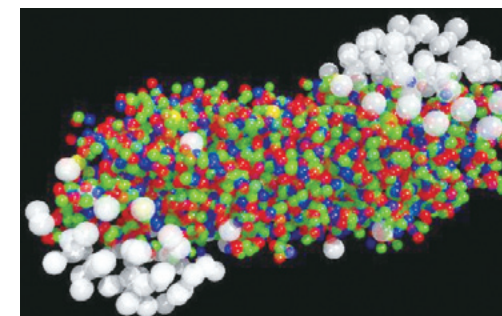


図 2 : 原子核・原子核の衝突シミュレーションの様子 (UrQMD 計算より)

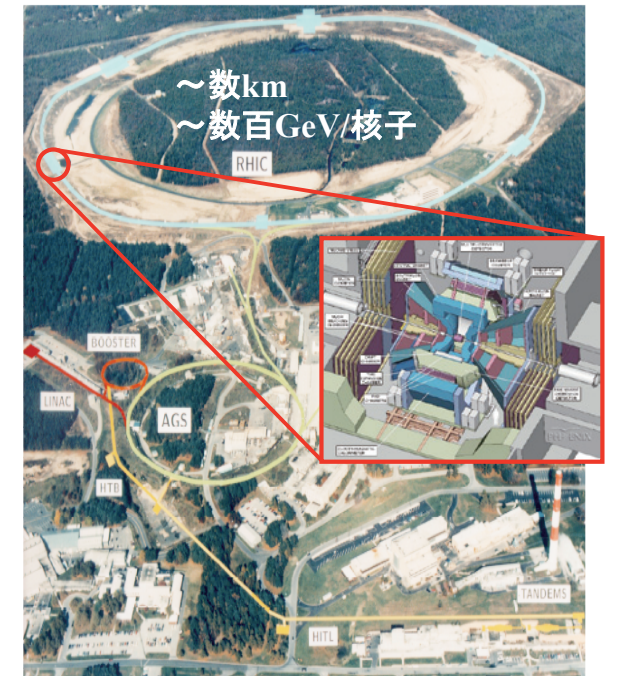


図 3 : BNL 研究所の RHIC 加速器と PHENIX 実験の検出器

社会への貢献・実績

- つくばグローバルサイエンスウィーク 2014 (国際会議) にて 宇宙進化・物質起源セッション開催
- スーパーサイエンスハイスクール「茗溪学園高校」の生徒の CERN 訪問 (H25・H26 夏)

取材 : 平成27年1月14日

逆問題の手法で「非破壊検査」

ユニット名

逆問題研究

ユニット代表者 数理物質系 教授 磯崎 洋

◆ユニット構成員 総数 19名 (教員 16名/ポストク 0名/他機関 3名)



キーワード 逆散乱理論、ウエーブレット解、高次元データ解析、トモグラフィ、幾何解析

<http://fc.jp.org/inverse-problem/>

数学・物理学で古くから知られる逆問題の計算手法は、数学者と他分野の研究者との異分野融合研究の中で様々な応用が試みられ始めました。この手法で様々な対象の内部構造の探査にチャレンジしてゆきます。

順問題と逆問題

数学や物理学には順問題と逆問題というものがあります。ある音源から音を発すとき、幾つかの物体に反射されて戻って来る音の大きさを計算するのが順問題であり、配置の情報から反射音の情報から導かれます。その逆に反射音の情報から物体の配置情報を推定するのが逆問題であり、この手法は魚群の探知や内臓の検査に現在広く用いられています。一般に、逆問題では「音」のような単純な（低い次元の）情報から内臓画像のような複雑な（高い次元の）情報を推定することが要求される場所に原理的な難しさがあります。数学はその困難を、1) 複数の仕方で観測された単純情報を組み合わせることで情報を増やす、2) 低次元情報と高次元情報の密接な

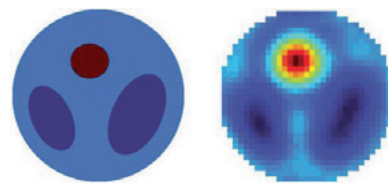


図1：体の断面に見立てた数理モデル。内臓（紺）と腫瘍（赤）を含む。
右：逆問題の手法で推測

結びつきが理論的にわかっている特別なケース（解析性など）を当てはめる、といった手法で乗り越えます。後者の代表例は「境界値逆問題」です。図1左のような人体のモデルを考えたとき内臓や腫瘍で電流の流れ方が異なりますが、体の表面の電流の様子を調べるだけで体内の電流を推測し、結果的に内臓や腫瘍の位置を推定できます（図1右）。フィンランドの研究仲間とともに、これを本物の人体に応用する計画が進んでいます（図2）。

応用範囲は多様

他のさまざまな物質の内部構造の推定にも逆問題の手法は使われ始めています。例えば炭素の同位体が六角格子と呼ばれる構造で構成されている“グラフェン”の内部構造の推定（図3）。また、老朽化した鉄橋の金属内部の欠陥を見つけるための応用も考えられています。欠陥のある場所では局所的に温度が変化することを利用する技術です。このように逆問題の手法は数学と他分野の融合研究の好例となっています。

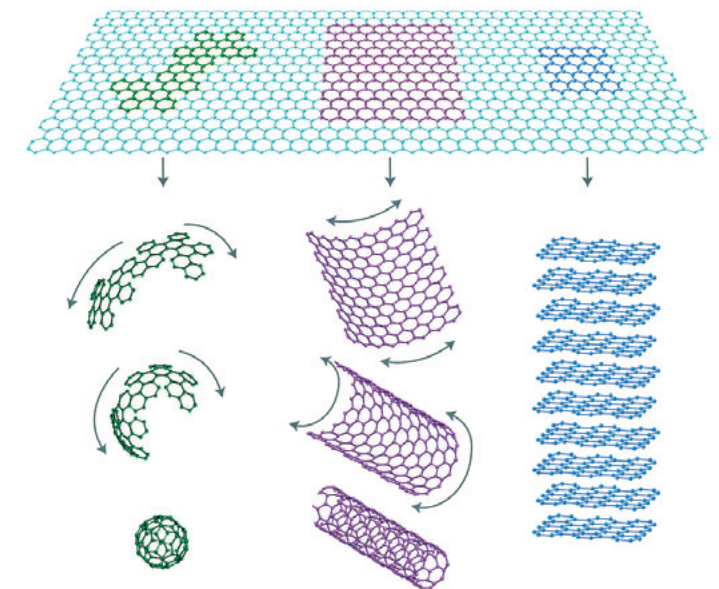


図3：グラフェンの構造、以下より抜粋
“PROPOSAL for the 'Strategic Innovation Agenda' (SIA) for the EIT written by Prof. László P. Biró Nanostructures Dept. Research Institute for Technical Physics and Materials Science, Budapest, Hungary”

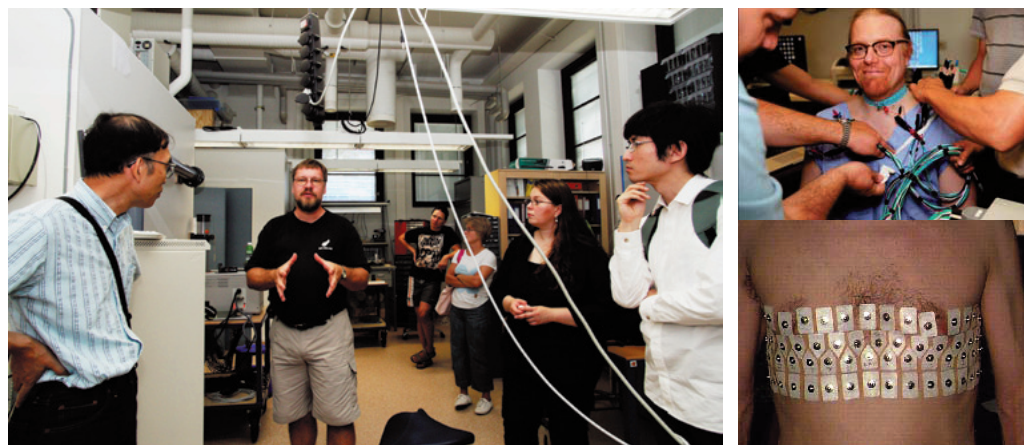


図2：ヘルシンキ大学 Samuli Siltanen 教授が自ら体表の電流測定テスト

社会への貢献・実績

- アメリカの学術専門雑誌 “Inverse Problems and Imaging” 編集委員

生命の源「海」を見つめ、「ヒト」をより深く理解する

キーワード 海洋生物学、環境、生態、多様性、進化

<http://www.shimoda.tsukuba.ac.jp/>

地球上の生命は約 40 億年前に原始の海で誕生したと考えられています。それ以降、海はたえず生命の源として、また、生物の多様性を育む母体として機能してきました。「海洋生物学」リサーチユニットでは、海洋生物や海洋環境に関する基礎研究・学際研究をつうじ、ライフサイエンス、医学、水産学、環境科学など、生命に関わる多岐の学問についての知的基盤構築を目指しています。

「海」というひとつの巨大な生態系をまるごと理解する

ヒトと海洋生物では全く異なる外見をもちますが、そのルーツをたどると約 40 億年前に原始の海に誕生した生命に行きつきます。また、ヒトの体のイオン成分も海水に近いです。これは生命が海から生まれヒトへと進化してきた証です。たとえば、細胞分裂や受精など基本的な生命現象が初めて観察されたのはどちらも海の生物で、それらの知識がライフサイエンスの基盤となっています。一方で、海は物質循環や環境とも関係しています。たとえば、生活排水や海水酸性化などは海の生態系と切り離せない関係にあります。過去に海や海の生態系についての知識がないまま護岸工事などの開発を進めてしまった結果生じた環境破壊や環境汚染が問題になっていますが、これらの根本解決にもやはり海や海の生態系についての知識が必要になります（図1）。

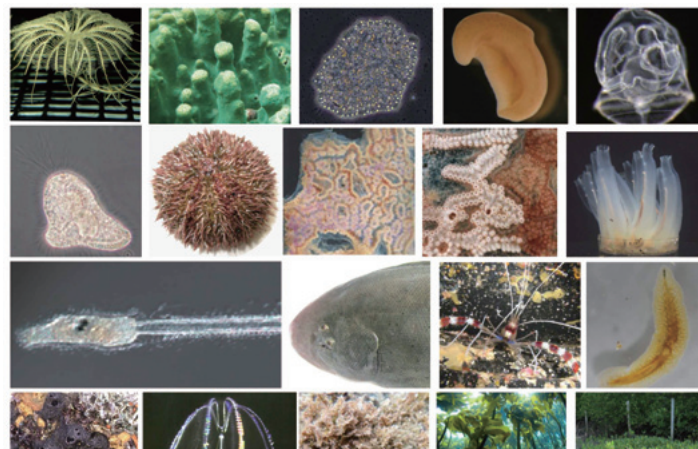
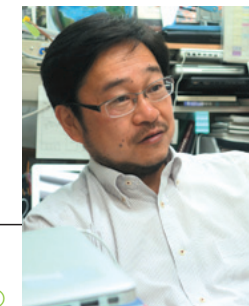


図1：下田臨海実験センターで研究している海の生き物（一部）



ユニット名

海洋生物学

ユニット代表者 生命環境系 教授 稲葉 一男

◆ユニット構成員 総数 40 名（教員 34 名／ポストク 5 名／他機関 1 名）

下田臨海実験センターのフィールドを最大限に活用する

研究の対象は海の生物やそれらの生息環境が中心となりますが、下田臨海実験センターを利用している他の研究者との共同研究も進めています。具体的には①海洋生物のゲノム科学、ポストゲノム科学の推進、②海産生物の多様性を利用した細胞の構造・機能の解析、多様化機構の解明、③海産生物の発生過程、メカニズムの解明と生物系統発生、進化の考察、④免疫系、神経系、生殖系などの構築と成立メカニズムに関する研究、⑤海洋生物の個体間相互作用、個体群の形成、個体群相互作用と生態系の成立に関する研究、⑥海洋無機物・有機物の海洋生物生態に与える影響に関する研究、⑦地球環境変動と海洋環境に関する研究、⑧下田周辺の海洋フィールドに棲息する生物種の記述、⑨各種海洋生物の飼育繁殖に関する基礎研究、などを行っています。このユニットが本拠地に行っている下田臨海実験センターのフィールドを最大限に活用した研究を実践することにより、ライフサイエンス、医学、水産学、環境科学など、多岐の学問の基盤となる研究、化学、物理、工学といった異分野との融合研究を目指しています（図2）。



図2：研究調査船「つくばⅡ」と下田臨海実験センター

社会への貢献・実績

- 市民講座、公開講座、一般公開、自然観察会、民間企業委託実験（付着生物検定）
- JAMBIO フォーラム・国際シンポジウムの開催、国際マリンステーション機構運営

取材：平成26年5月12日

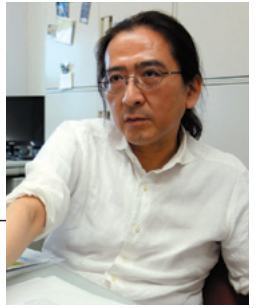
生物全体の生命原理を探求する

ユニット名

生命の樹

ユニット代表者 生命環境系 教授 橋本 哲男

◆ユニット構成員 総数 60名 (教員 60名 / ポスドク 0名 / 他機関 0名)



キーワード 基礎生物学、細胞機能、分子機構、進化系統樹

<http://www.treeoflife-tsukuba.jp/>

分子生物学的手法が身近になったおかげで、私たちは「ゲノム」という側面から多様な生命の全体像をとらえることが可能になってきました。これらの知識を用い、生命の根幹である細胞とその機能の進化を正しく理解すること、そして、得られた知識を改訂・再構築し新しい生命の基本原則＝生命の樹の幹を導き出すことは、基礎生物学分野の最重要課題です。「生命の樹」リサーチユニットでは、普遍性と多様性の双方の面から進化に光をあて、その実態を浮き彫りにすることで、生命の基盤原理の展開と再構築に挑戦しています。

■ ミトコンドリアの本当の能力って何だろう？

本リサーチユニットは基礎生物学の研究拠点として活動するグループです。ユニットには、非モデル生物を対象に生物多様性について研究を行っているメンバー、モデル生物を用いて先端生命科学研究を行っているメンバー、生物情報解析を行っているメンバーなど生物学に関連する多数のメンバーが存在していますが、その誰もが「生命の樹」(図1)というコンセプトを軸に細胞機能の多様化プロセスの解明に取り組んできました。その結果わかってきたことは、「細胞機能には大きな多様性が存在する」と、いうことです。たとえば、モデル生物の研究から導かれてきた生命の基本原則のひとつに、ミトコンドリアは酸素呼

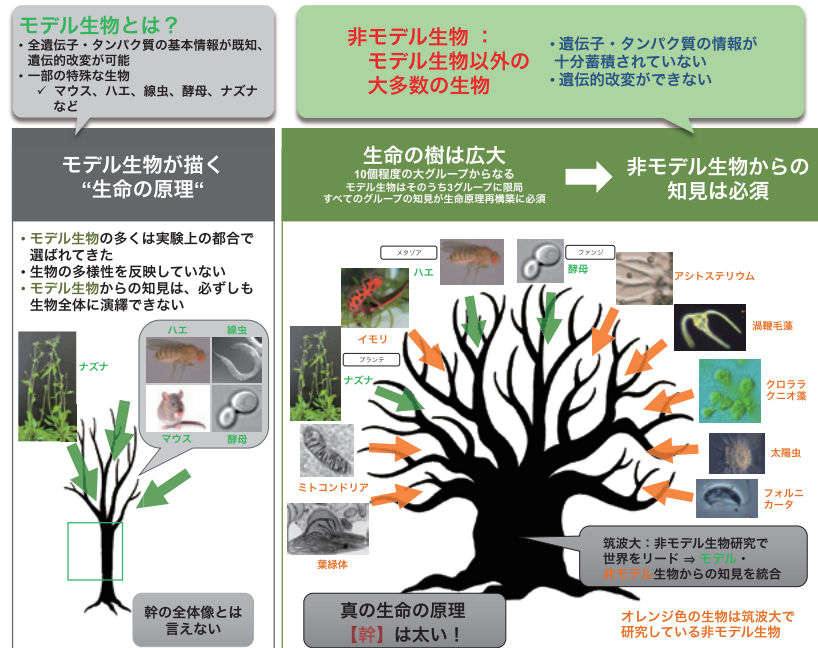


図1：生命の樹(=全生物の系統樹)の概念図

吸を担う細胞小器官だ、という定説があります。しかし、私たちユニットメンバーの研究により、酸素呼吸をしない生き物ではミトコンドリアが持つ酸素呼吸能が退化してしまっている、ということがわかってきたのです。

■ モデル生物だけでは「生命の樹」は完成しない

酸素呼吸能を退化させてしまったミトコンドリアと酸素呼吸能をもつミトコンドリアの共通点を探索してみると、酸化還元反応の電子のやり取りに関する鉄硫黄クラスターを作る、という能力はどちらももっていることが分かりました。つまり、全てのミトコンドリアに共通する機能は鉄硫黄クラスターの合成だということです。このように、モデル生物に共通する現象から構築されてきた定説に、非モデル生物から得た新たな細胞機能とその進化に関する知見を集積することで、基本原則(生命の樹の幹)の改訂・再構築を積極的に行っていきたいと考えています。また、個別の生物の生命現象や細胞構造の把握(図2)に留まらず、比較解析の基礎となるゲノムやトランスクリプトームの配列データの取得、オミックス解析^{*1}にも注力していく予定です。

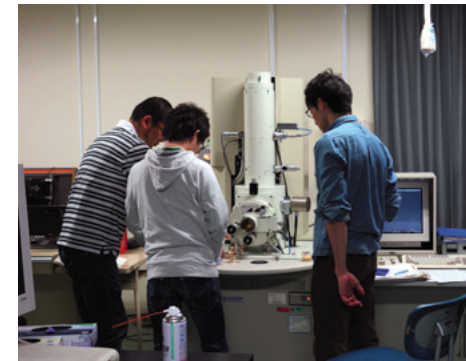


図2：細胞の構造把握に欠かせない電子顕微鏡を使った実験の様子

*1：オミックス解析：遺伝子の発現(トランスクリプトーム)、たんぱく質の発現(プロテオーム)、SNPの同定、細胞内の全代謝物質の網羅的解析(メタボローム)等、個々の分子情報を網羅的に調査し、種々の分子情報の差異と共通性に基づいて全体性の把握に努めようとする研究分野のこと。

社会への貢献・実績

- ミオスタチン抑制剤の開発
- 植物におけるアレルゲン大量生産に関わる基盤研究
- エイズ日和見原虫感染症に対する新規薬剤標的の探索と生理機能の解明

強靱な生物観の構築に挑戦

ユニット名

生物多様性・分類・生態研究ユニット

ユニット代表者 生命環境系 教授 町田 龍一郎

◆ユニット構成員 総数 26 名 (教員 25 名 / ポスドク 0 名 / 他機関 1 名)



キーワード 生物多様性、進化、相互作用、生態系、環境

<http://www.sugadaira.tsukuba.ac.jp/>

現代生物科学は、生命現象を細胞・分子・遺伝子にまで分解し分析的に捉える分子生物学的手法の開発とともに飛躍的に研究が進みました。しかし、このような方法だけで、本当に生き物を理解した、と言えるのでしょうか？ リサーチユニット「生物多様・分類・生態研究ユニット」は、生き物をより深く理解するために、筑波大学の伝統である生物多様性・生態系研究の流れを引き継ぎ、生物間および生物-環境の相互作用の観点も含めた総合的な視点から強靱な生物観の構築に挑戦しています。

点からの「進化の描写」を目指しています。たとえば、世界 13 カ国・地域、43 研究機関の研究者 101 名が参加する国際研究プロジェクト「1000 種昆虫トランスクリプトーム進化」コンソーシアム (1KITE) を推進し、昆虫の全分類群をカバーする 103 種の膨大なゲノムデータに基づく昆虫の目(もく)間の頑健な系統関係の解明に成功しました(図1)。

生き物をまるごと理解する、1000 種昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト

筑波大学の学問的蓄積とフィールドを最大限に活かす

地球には多様な生き物が存在しています。これらの生き物は、太古の海で生まれた共通の祖先がより複雑な生命へと変化する過程で誕生したと考えられています。分子生物学的手法の発展により容易に生物のアミノ酸配列や遺伝子の塩基配列解析ができるようになったことから、生物が進化してきた道筋(系統)を遺伝子や分子に分解して理解する分子系統学が盛んに行われ

筑波大学生命環境系は系統分類学、生態系研究において伝統的な学問的蓄積があり、本学ほど多様な生物群を対象とした研究を精力的に展開している大学はほかにありません。また、リサーチユニットの構成メンバーの数人も所属している菅平高原実験センターには、発足後 80 年の間に計画的に放置した二次遷移系列^(*)があり、もともとの自然林と併せると約 100 年分の植生が観察できる貴重なフィールドを有しています(図2)。これらの資源を基盤に、本ユニットでは、生物多様性、生態系、生物環境系相互作用の解明を目指し、また、これらの研究をつうじ、現代社会が抱える諸問題(地球環境悪化、災害、エネルギー問題など)を解決するのに不可欠な生物環境のデータを提供したいと考えています。

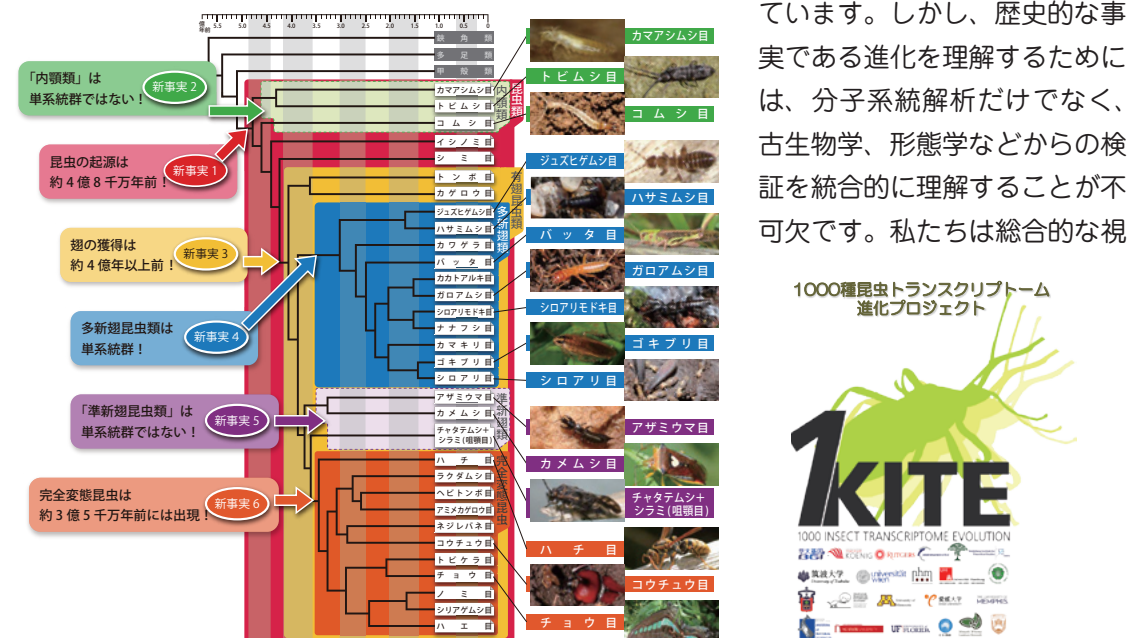


図1: 1KITEにより明らかになった昆虫の新たな系統関係

ています。しかし、歴史的な事実である進化を理解するためには、分子系統解析だけでなく、古生物学、形態学などからの検証を統合的に理解することが不可欠です。私たちは総合的な視

*1: 二次遷移系列: 人為的な伐採によりはじまった植物群の遷移のこと。



図2: 100年分の植生遷移が観察できる菅平高原実験センター

社会への貢献・実績

- 「発酵茶由来高分子ポリフェノールによるサルコペニアの予防と発症遅延」に関する特許取得
- 菅平高原実験センターフィールドに産する微生物のバイオリソース化
- 『週刊上田』での連載
- 『菅平生き物通信』の発行
- 教育関係共同利用拠点「ナチュラルヒストリーに根ざした森と草原の生物多様性教育拠点」としての活動を実施

取材:平成26年6月27日

藻類によるバイオ燃料生産の実用化を目指して



ユニット名
藻類研究

ユニット代表者 生命環境系 教授 鈴木 石根

◆ユニット構成員 総数 29名 (教員 13名/ポスドク 9名/他機関 7名)

キーワード バイオマス、微細藻類、再生可能エネルギー

<http://plmet.biol.tsukuba.ac.jp/algalres.html>

近年、地球温暖化や化石燃料コストの急騰を背景として、化石燃料に代わる新しい燃料の開発が期待されています。そのようななか、全く新しい燃料として藻類バイオマスに着目しているのが、リサーチユニット「藻類研究」です。

バイオ燃料としての藻類の可能性

藻類とは、一般的には光合成を行う生物のうち被子植物・裸子植物・シダ植物・コケ植物を除いたものの総称で、例えばクロレラやユーグレナも藻類に含まれます。現在分かっているだけで約4万種、未記載種を含めると30万種から1000万種の藻類がいると言われていています。藻類には細胞内に脂質を多く含む種の存在が多数知られており、さらに未知の有用物質を生産する種が存在する可能性も高いため、世界中で藻類を原料としたバイオ燃料生産への注目が高まっているのです(図1)。

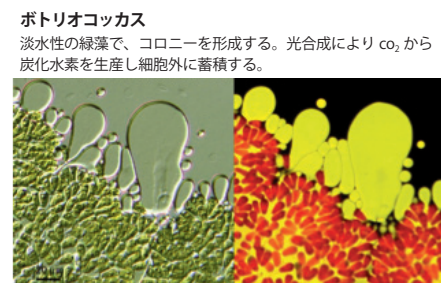
私たちのユニットでは、藻類のなかでもボトリオコッカスとオーランチオキトリウムに注目しています(図2)。オーランチオキトリウムは光合成をしない従属栄養性の生物です。厳密には藻類ではありませんが、ワカメやコンブの仲間と近縁の生物で、従属栄養性藻類と呼んでいます。私たちがこの2種に着目している理由は主に3つあります。1点目は生産効率が非常に高いことです。一般的なバイオ燃料の原料であるトウモロコシと比較すると、ボトリオコッカスは590倍、オーランチオキトリウムは7080倍の生産効率を示します(1ha当たりの年間潜在的燃料生産量で比較)。2点目に、脂質を生産する藻類の多くがトリグリセリドを生産するのに対し、この2種が炭化水素を生産することがあります。炭化水素は、トリグリセリドと異なりそのまま燃料にすることができる

- ✓ 藻類の潜在的オイル生産能力は**油脂植物の数10~数百倍**
- ✓ 生産に要する**面積が少ない**
- ✓ 食料と**競合しない**
- ✓ 生産に**耕作地は不要**(休耕地は活用)
- ✓ 石油の完全代替となる**炭化水素を産生する種が存在**

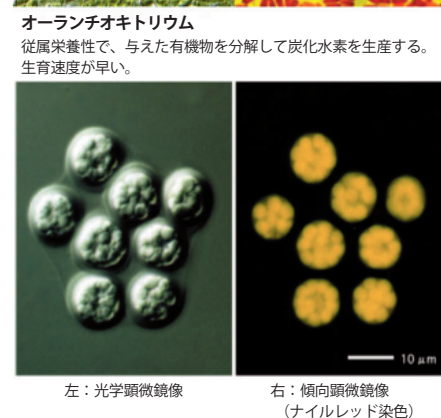
作物の種類	オイル生産 (t/ha/年)	必要な土地面積 (Mha)*
トウモロコシ	0.2	1324
大豆	0.5	530
ペニバナ	0.8	331
ヒマワリ	1.0	265
アブラナ	1.2	221
アブラヤシ	6	44
微細藻類	47-140	5.6-1.9

* アメリカの輸送に必要なとされるエネルギーの半分をまかなう場合の数値 (Chisti, Y., 2007)

図1: 第三世代のバイオマス「藻類」に世界が注目



ボトリオコッカス
淡水性の緑藻で、コロニーを形成する。光合成によりCO₂から炭化水素を生産し細胞外に蓄積する。



オーランチオキトリウム
従属栄養性で、与えた有機物を分解して炭化水素を生産する。生育速度が早い。

図2: 我々が着目している藻類

のです。3点目に、光合成するボトリオコッカスと有機物を取り込んで増殖するオーランチオキトリウムを組み合わせることで、より効率の良い燃料生産が可能になるという点があげられます。

実用化のための戦略

このように、ボトリオコッカスとオーランチオキトリウムによるバイオ燃料生産は非常に大きな可能性を秘めています。とは言え、研究室レベルで可能性が示されることと社会的に実用化されることの間には大きな壁が存在します。この壁を越えて藻類バイオ燃料を実用化するため、私たちは生物学・工学・医学など様々な分野の専門家の知見をつなげつつ、2つの戦略を採用しています。

1つ目は、実用化レベルでの生産効率の向上に取り組むことです。屋外での大量培養生産に向け、培養方法の確立、新種の探索、代謝経路の解明などを並行して進めています。そして2つ目は、バイオ燃料実用化に先立って高付加価値の機能性成分を実用化することです。オーランチオキトリウムが生産するスクワレンには、鎮痛や免疫性の向上などの健康機能があることが知られています。スクワレンのような高付加価値の成分を先行して実用化することで藻類培養のコストを削減し、バイオ燃料としての実用化を実現したいと考えています。

社会への貢献・実績

- 国内の藻類バイオマス研究の中核拠点となり、国際連携の国内拠点を担う。
- 産業界と連携し藻類バイオマス生産を産業として定着させる。
- 当該分野で必要とされる人材を、国際研究機関・産業界と連携しつつ養成する

取材: 平成26年4月25日

感染とはどういう現象なのか 分子レベルで解明する

ユニット名

感染生物学

ユニット代表者 医学医療系 助教 川口 敦史

◆ユニット構成員 総数 11名 (教員 11名 / ポスドク 0名 / 他機関 0名)



キーワード 細菌、ウイルス、寄生虫、生体防御、医薬品開発

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/basic-med/infectionbiology/microbiology/index.html>
<http://www.md.tsukuba.ac.jp/basic-med/infectionbiology/virology/index.html>

人類は長い歴史を通じてずっと感染症と闘ってきました。しかし、現在でも世界の死亡原因のおよそ15%は感染症が占めています。微生物やウイルスがどのように感染症を引き起こすのかについては、実は未解明の点が多く残されています。リサーチユニット「感染生物学」は、感染という現象の理解を深め、感染症を制御することを目指す研究者のグループです。

感染体と宿主の相互作用を理解する

感染症は、微生物やウイルスがヒトの体内に侵入することによって引き起こされます。そこには侵入する側（感染体）と侵入される側（宿主）が存在するわけですが、これまでの研究は感染体について理解しようとするものに偏っていました。一方で私たちは、感染という現象を理解するためには感染体と宿主の相互作用を分子レベルで明らかにすることが重要であるという考えのもと、感染体と宿主の研究に取り組んできました。以下に、私たちが取り組んでいる研究テーマから3つを取上げてご紹介しましょう。

感染症は古くて新しい研究領域

皆さんご存知のとおり、インフルエンザは毎年世界中で猛威をふるいます。しかし、その原因であるインフルエンザウイルスについては、宿主細胞の核でどうやってウイルスゲノムを増幅し、細胞外に運び出されるのかさえ分かっていませんでした。私たちは、ウイルスゲノムの複製に必要な宿主のタンパク質を複数同定し、その輸送には微小管という細胞の骨格が必要であることを明らかにしました（図1・2）。

黄色ブドウ球菌は、2割程度のヒトの鼻腔に常在しており、病原性遺伝子や薬剤耐性遺伝子を外部から取り込んで多剤耐性株へと進化する病原細菌です。私たちは、黄色ブドウ球菌がどのようにヒトの体内環境に適応しているのか、どうやって病原性遺伝子や薬剤耐性遺伝子を外部から取り込むのか、という謎の解明に取り組んでいます。

トリパノソーマは、蚊など吸血性の虫を介してヒトに感染し、アフリカ睡眠病などを引き起こす寄生虫です。トリパノソーマのメッセンジャーRNAはヒトと異なり複数のメチル化修飾を受けます。私たちは、この寄生虫に特異的な修飾機構とその意義を明らかにすることで、新しい抗

感染症薬の開発につなげることを目指しています。

このように、人類と感染症の闘いの歴史は長いにも関わらず、感染という現象の基礎的なメカニズムについては分かっていないことが数多くあります。生命現象の基礎的なメカニズムを明らかにすることは、大学というアカデミックな科学の担い手が取り組むべき課題です。私たちは、感染体の増殖の仕組みや宿主の防御機構を解明することが、将来的に感染症の新たな治療法開発に繋がっていくと考えています。

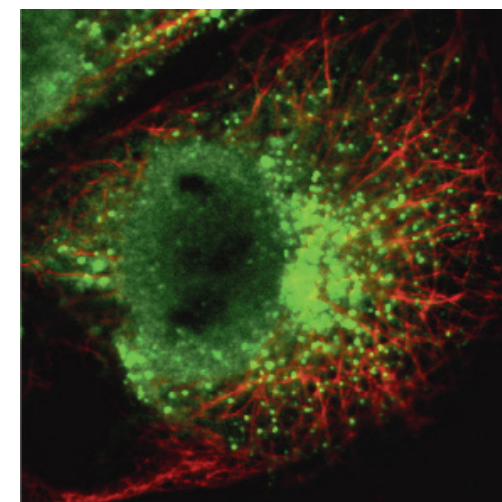


図1：細胞核で複製したウイルスゲノムが微小管により輸送されている様子
赤：微小管、緑：ウイルスゲノム

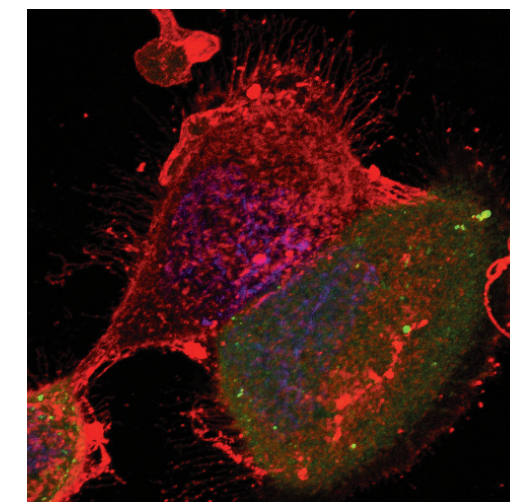


図2：ウイルス粒子が細胞から繊維状に出芽している様子
赤と緑：ウイルス感染細胞 青：細胞核

社会への貢献・実績

- 感染における宿主応答の基本原理の解明
- 感染体増殖の分子機構の解明
- 感染症撲滅を目指した創薬研究
- 感染症研究における、広い視野を持つ人材の育成

取材：平成26年6月5日

神経系に蓄積する異常タンパク質の分子病態解析から神経変性疾患の治療法確立を目指す

ユニット名

神経分子病態解析学

ユニット代表者 医学医療系 教授 玉岡 晃

◆ユニット構成員 総数 12名 (教員 12名/ポストク0名/他機関0名)



キーワード アルツハイマー病、パーキンソン病、多系統萎縮症、筋萎縮性側索硬化症、前頭側頭葉性変性症

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/clinical-med/neurology/index.html>

神経変性疾患はアルツハイマー病、パーキンソン病、多系統萎縮症、筋萎縮性側索硬化症、前頭側頭葉性認知症などを含む難治性疾患です。神経細胞が原因不明のままに脱落していくこれらの疾患は老化とも関連が深い。リサーチユニット「神経分子病態解析学」は、特に神経変性疾患の神経系に異常蓄積するタンパク質の分子病態に焦点を絞って、病因関連物質の解析を推進するとともに、神経変性疾患の治療法の開発に向けた研究に力をいれています (図1)。

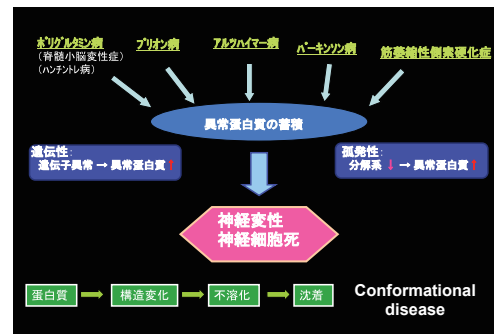


図1：神経変性疾患の分子病態

らは現在、アルツハイマー病の発症に関してもっとも有力な仮説、アミロイドカスケード仮説を支持する重要な根拠となっています (図2)。

アルツハイマー病の根本治療薬の開発に力を入れていきたい

じつは、Aβそのものは、私たちの体の中に大量にあり髄液中にも存在しています。Aβが毒性を持つのは、これらが2個~数百個程度集まったオリゴマーであり、この産生を抑制するためのさまざまな疾患治療薬が開発されています。そのなかで私たちが注目しているのはAβのN末端を切る酵素、β-セクレターゼ (BACE1) の阻害剤です。遺伝子欠損による異常が軽微なBACE1を標的とすることで、副作用の少ない治療薬の開発できると考えています。BACE1はAβオリゴマーにより発現の増加が示されており (Mamada N, et al. Mol Brain. 2015 Nov 9;8(1):73)、BACE1阻害薬はADの治療薬として合理的と考えられます。また、Aβに対するモノクローナル抗体も早期に投与すれば有効である可能性が示唆されています。現在、筑波大学に新設されたつくば臨床医学研究開発機構 (T-CReDO) を中心に、さまざまな国内外の製薬会社と臨床研究を進めており、BACE1阻害剤や抗Aβモノクローナル抗体の治験を進めています。また、医薬品の再開発も重要なテーマと考えており、高コレステロール血症治療薬のスタチンがAβ抑制に有効であるという知見を見いだしております (図3)。抗Aβモノクローナル抗体の臨床研究では、投与時期・投与量の最適化にも取り組んでいます。これらの研究を通じて、今後もアルツハイマー病の治療法確立に取り組んでいきたいと考えています。

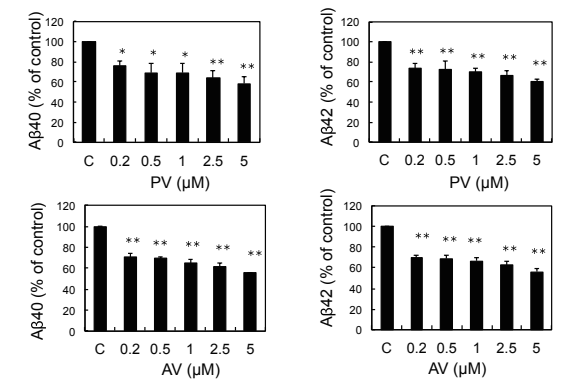


図3：スタチンによるAβの抑制 (PV: ピタバスタチン、AV: アトロバスタチン) Hosaka A, et al. Neurochem Res, 38: 589-600, 2013.より引用

アミロイド・カスケード仮説を支持する重要な根拠

ポリグルタミン病、プリオン病、アルツハイマー病、パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) などは、原因不明のまま神経細胞が脱落していく疾患ですが、どの疾患でも共通して観察されるのは神経系への異常タンパク質の沈着です。沈着は、タンパク質の構造異常や、タンパク質分解系の障害などにより生じていることが明らかにされてきていることから、異常タンパク質の沈着に焦点を絞った研究が世界中で行われています。そのなかで私たちが注目しているのがアミロイドβ蛋白 (Aβ) です。Aβは日本で約400万人の患者がいるアルツハイマー病の発症において、最も初期に沈着が観察されるタンパク質です。Aβに注目した先行研究の結果、①Aβはアルツハイマー病に対する疾患特異性が高い、②家族性アルツハイマー病のある種のタイプはAβの前駆体遺伝子に変異を持つ、③Aβが沈着した老人斑が最も初期の病理学的変化である、④Aβが少数重合したオリゴマーは神経毒性が強い、という4つの知見が明らかにされ、これ

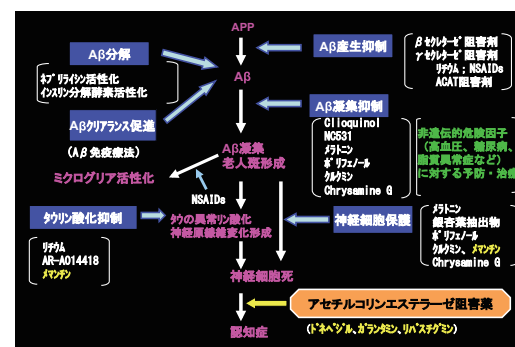


図2：アミロイドカスケード仮説とそれに基づくアルツハイマー病治療戦略

社会への貢献・実績

- アストラゼネカ、メルク、エーザイとの多施設共同治験の実施

取材：平成26年7月16日

免疫の基本原理を明らかにすることで疾患を克服する

キーワード 難治性免疫疾患、アレルギー、遺伝学、免疫学、臨床免疫学

免疫は、私たちヒトの身体を感染症などから守る生体防御の仕組みです。しかし、免疫システムの異常が逆に疾患を引き起こしてしまうこともあるのです。リサーチユニット「難治性免疫疾患・アレルギー発症の分子機構解析と分子標的治療開発」は、本学の基礎免疫生物学、遺伝免疫学、臨床免疫学の研究者が結集し互いに共同研究を展開して、これらの難治疾患を克服することを目指しています。

免疫システムのほころびが疾患を引き起こす

免疫システムは、自己 (self) が非自己 (foreign) を認識して排除することにより成り立っています。T 細胞や B 細胞などの多種多様な免疫細胞が、あたかもオーケストラのようにそれぞれの役割を担い、病原微生物などの非自己を排除するのです。

しかし、この精緻なシステムにほころびが生じることがあります。免疫反応が過剰になったり、自己の組織を攻撃したりすることにより、アレルギーや自己免疫病など様々な疾患が引き起こされます。実際、130 ほどのいわゆる難病と呼ばれる疾患（厚生労働省の難治性疾患克服研究事業対象疾患）の半数近くに免疫システムの異常が関わっているのです。

アレルギー発症を抑制する受容体分子

私たちは、免疫システムのほころびに関わる様々な疾患について、その発病機構の解明と克服を目指し研究に取り組んでいます。その一つの研究成果として、アレルギーの発症を抑制する受容体分子を発見しました。

すべてのアレルギーは、花粉やダニなどのアレルゲンが体内で IgE と呼ばれる抗体と結合することから始まります。アレルゲンと結合した IgE が全身に分布する肥満細胞上の IgE 受容体に結合し、活性化した肥満細胞がヒスタミンなどを含んだ顆粒を放出することでアレルギー反応を抑える働きのあることがわかりました (図 1)。私たちは、肥満細胞上に発現して肥満細胞からの顆粒の放出を抑制する新しい受容体を発見し、Allergin-1 (アラジン -1) と命名しました。アラジン -1 は、肥満細胞からの顆粒放出を抑制し、アレルギー反応を抑える働きのあることがわかりました。もしアラジン -1 の働きを強める薬剤を開発すれば、すべてのアレルギー反応を

ユニット名

難治性免疫疾患・アレルギー発症の分子機構解析と分子標的治療開発

ユニット代表者

医学医療系 教授 住田 孝之

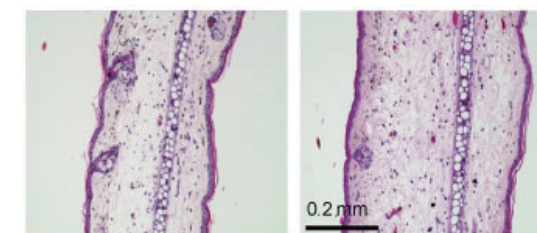
◆ユニット構成員 総数 17 名 (教員 16 名 / ポスドク 1 名 / 他機関 0 名)



根本から抑えられる可能性があります。

このように、私たちはこれからも基礎研究と臨床医学の両面から、難治性免疫疾患研究に取り組んでいきます。

局所型アナフィラキシー反応



野生型マウス

遺伝子欠損マウス

全身型アナフィラキシー反応

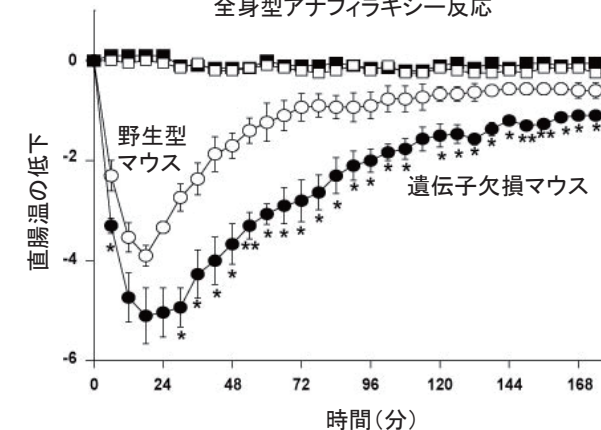


図 1: アラジン -1 によるアレルギー反応の抑制
Allergin-1 遺伝子欠損マウスは野生型マウスと比較し、重篤なアナフィラキシー反応を示した。(局所型: 耳の膨張、全身型: 体温低下)

社会への貢献・実績

- 難治性免疫疾患およびアレルギー疾患の発症機序の解明
- 発症機序に基づく根治的な治療戦略の開発
- 患者の QOL および生命予後の著明な改善、医療費の削減

取材: 平成26年8月5日

がん細胞の代謝を利用して がんを見つけ出し、治療する

キーワード 腫瘍特異的ヘム-ポルフィリン代謝、光化学診断法、がん治療法、活性酸素

日本をはじめとする先進国では高齢化を迎えて、脳血管障害や心臓冠状動脈疾患等の原因である動脈硬化の患者が急速に増加しています。動脈硬化の治療には血小板を固めないようにアスピリン等の薬物を投与します。その為、この患者ががんなどの別の疾患を発症すると、出血を伴う手術が困難となります。このような背景の下、現在見直されているがん治療としてレーザーなどを用いた光化学療法があります。低侵襲で出血の少ない治療が求められているのです。

がんの光化学療法では、がん細胞に集まるポルフィリンという蛍光色素にレーザーを当てて活性酸素を発生させ腫瘍細胞を壊します。正常細胞ではポルフィリンは鉄分子と結合しヘムという物質に代謝されますが、がん細胞では代謝酵素が失活しているためにポルフィリンが蓄積します。本ユニットではこの蛍光物質の蓄積機序を解明することで、がんの診断・治療に役立てようとしています。ポルフィリン前駆体の増減により蛍光物質の蓄積を制御し、蛍光を強めてがんの領域診断に役立てることや、蛍光物質にレーザーを照射した際に発生する多量の活性酸素を利用してがん細胞を特異的に殺傷することが実現します。

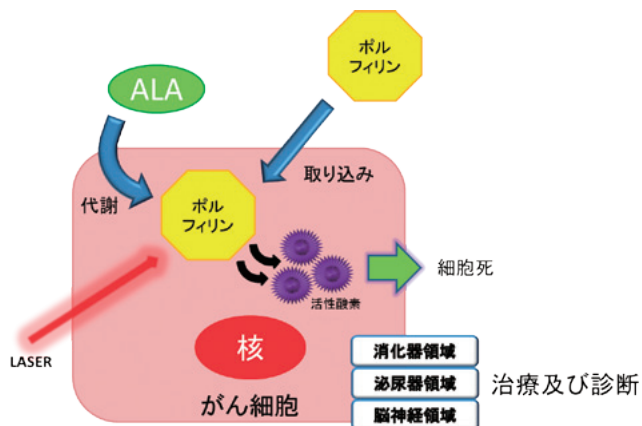


図1: ALAはポルフィリンとしてがん細胞に蓄積する。これにレーザーを当てると細胞傷害性の高い活性酸素が発生する。

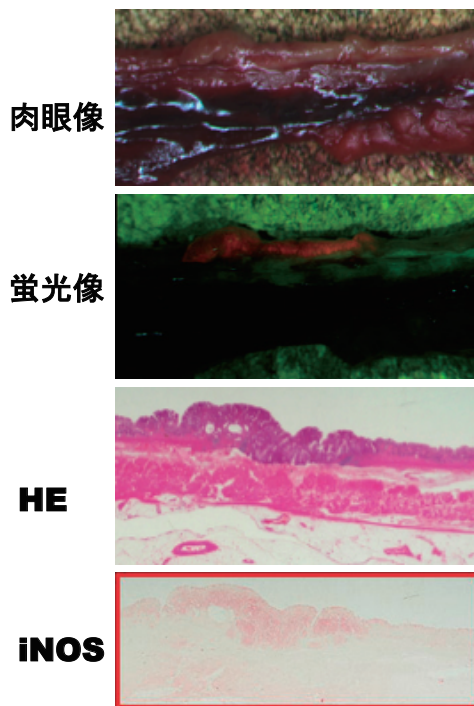


図2: がん手術検体の組織像（赤枠は組織免疫染色像）蛍光像で赤色蛍光を放っている部分と活性酸素種を産生するiNOSの局在が一致している。赤色蛍光部ががん部位である事はHE染色から確認する事が出来る。

ユニット名

腫瘍特異的ヘム-ポルフィリン代謝を利用した診断・治療法開発

ユニット代表者 医学医療系 教授 松井 裕史

◆ユニット構成員 総数8名（教員8名/ポスドク0名/他機関0名）



様々な領域において、がん代謝に着目した光化学診断が始まっている

本ユニットは脳神経外科、消化器内科、腎泌尿器外科に横断したチームです。脳神経外科領域では、脳腫瘍の手術の際に光化学診断を用います。患者がアミノレブリン酸（ALA）というポルフィリンの前駆体を飲むことで腫瘍患部が光り、それを手掛かりに顕微鏡を見ながら光った部位だけを切除します。

泌尿器領域では、ALAの摂取後の尿を調べます。尿中にALAから生成されたポルフィリンが入っていたら、尿が赤く光ることで膀胱がんのスクリーニングが出来ます。また赤色を頼りに膀胱鏡で治療を試みます。

がんの代謝を見る診断・診療は世界の中でも日本がリードしている領域であり、更に発展させていくことを目指しています。

光化学診断の可能性を広げる新しい取組み

新しいチャレンジとして循環腫瘍細胞の分離に取り組んでいます。循環腫瘍細胞は血管の中を循環しており、がんの転移メカニズムや薬剤耐性機序などを細解くものと言われていますが、この分離・培養が難しく世界中の研究者が挑んでいます。本ユニットでは、細胞表面に標識を付けて分離するのではなく、ALAを作用させ光った細胞を回収するという方法の開発にベンチャー企業と共に取り組んでいます。また、異分野とのコラボレーションにより、新しい光線力学療法に材料を藻等の植物から合成するといったことにも取り組んでいます。

社会への貢献・実績

- 日本酸化ストレス学会フリーラジカルサマースクール開催(2012～2015年度毎年開催)

取材：平成27年4月27日

シグナル伝達の異常に起因した疾患を治療する創薬開発に向けた研究

ユニット名

シグナル伝達と疾患

ユニット代表者 医学医療系 教授 金保 安則

◆ユニット構成員 総数 11名 (教員 11名 / ポスドク 0名 / 他機関 0名)



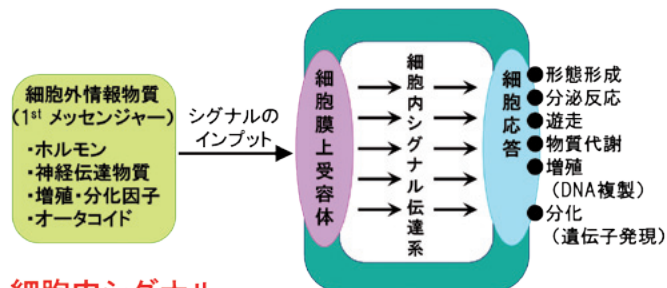
キーワード シグナル伝達、がん、アレルギー、神経疾患、腫瘍血管新生

私たちの体は組織ごとに様々な種類の細胞からなり、ホルモン・成長因子・神経伝達物質などが細胞膜にある受容体に結合すると、細胞内にあるタンパク質や酵素が活性化されます。それにより細胞内で情報(シグナル)が連鎖的に伝達され、最終的に細胞機能が発現します。この細胞内で連鎖的に情報が伝達される仕組みを「シグナル伝達」と呼びます。シグナル伝達に異常が生じると、生体に病的状態を引き起こされます。最近では、環境因子で誘発される疾患にもシグナル伝達に関係していると言われています。本リサーチ・ユニットでは、異なる研究分野の研究者の有機的な連携により、シグナル伝達と病気との関わり合いを分子レベルから個体レベルで研究し、シグナル伝達に関わる分子を標的とした創薬につながる研究に挑んでいます。

細胞内シグナル伝達のメカニズム解明による病気の探索

私たちの体内の組織や臓器は、それらに特有の細胞によって作られています。それらの細胞がホルモン・成長因子・神経伝達物質などの情報を受け取って、シグナル伝達が稼働して細胞機能が発揮されることにより組織や臓器が正常に機能します。その結果として私たちは正常な生活を営むことができます。(図1)しかし、細胞のシグナル伝達に異常をきたすと、様々な病気になります。この異常は、シグナル伝達を行うタンパク質や酵素の性質の変化によって起こります。シグナル伝達の異常によって起こる病気には、がんやアレルギー、神経疾患などがあります。シグナル伝達がどのようなメカニズムで作動しているのかを解明して、それらの異常がどのような病気に関連しているのかを分子レベル、細胞レベル、および個体レベルで解明することが求められています。

細胞内シグナル伝達系の研究意義



細胞内シグナル伝達系の破綻

↓
疾患

細胞内シグナル伝達系に関する研究
● 各種疾患の理解を深め、診断、治療、創薬のための基盤を構築する

図1：研究の概観

シグナル伝達の解明から新しい薬の開発を

シグナル伝達のメカニズムを解明して、どのようなシグナル伝達の異常が病気を引き起こすのかを明らかにすることにより、病気の治療薬を開発することが可能となります。私たちの研究グループは、これまでに原因がわからなかった病気や治療が非常に困難な病気の原因解明を目指して、画期的な薬の創成に貢献するために研究を続けています。これまでに病気に関連したシグナル伝達系として、花粉症のようなアレルギーを引き起こすシグナル伝達を抑制する新

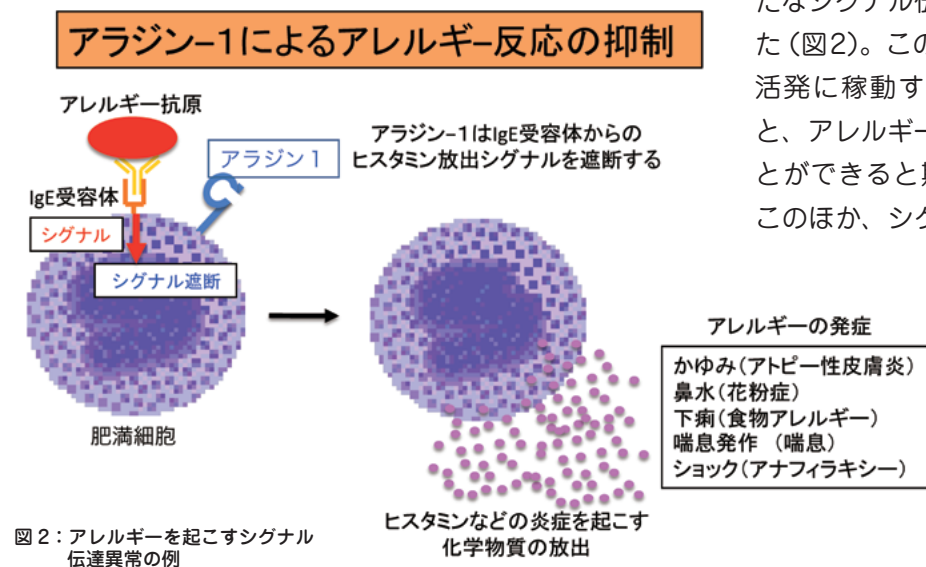


図2：アレルギーを起こすシグナル伝達異常の例

たなシグナル伝達を発見しました(図2)。このシグナル伝達を活発に稼働する薬を見出せると、アレルギーを確実に直すことができると期待しています。このほか、シグナル伝達は、がんや神経疾患などの多くの病気に関連していることを明らかにしています。

社会への貢献・実績

- 画期的な薬を見出すための大手製薬企業との共同研究
- 画期的な薬を作るための基礎的研究成果の社会への発信(報道発表)
- 国内外の学会での研究成果発表
- 次代を担う若手研究者の育成

取材：平成26年5月7日

悪性腫瘍の治癒を目指す ～創薬開発に向けて

キーワード 前がん病変、早期がん病変、つくばトランスレーショナルリサーチコア、がん発生

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/diagpatho/>

日本人の実に2人に1人が生涯の間がんに罹るといわれるほど、がんは私たちにとって身近な病気です。野口先生が代表者を務めるリサーチユニットでは、臓器によって異なるがんの初期状態や進行の分子メカニズムについて、さまざまな専門をもつグループが連携して研究をしています。目指すのは、がんの早期発見早期治療です。

がんの早期発見早期治療に貢献したい！

私たちの体は細胞の集まりでできています。細胞は必要なときに必要なだけ分裂して新しく供給されますが、この仕組みを制御する遺伝子に異常が生じると不必要に増殖を続ける細胞の塊（がん細胞）ができてしまいます。近年ではがん細胞の遺伝子の異常に着目した分子標的治療薬の研究が盛んに進められています。しかし、がんを引き起こす遺伝子の異常は一つではありません。がんの進行とともに、遺伝子の異常は蓄積されて複雑に関与するようになるため、現在の分子標的治療ではがんを完全に治すことは困難です。

では、遺伝子の異常が複雑になる前のがん分子標的治療薬が使えたらどうでしょう？ 手術をせずに薬を飲むだけでがんを“治す”ことが可能になるかもしれません。このリサーチユニットでは、さまざまな臓器で発がん初期の遺伝子異常を研究することで、ヒトにおける発がんの

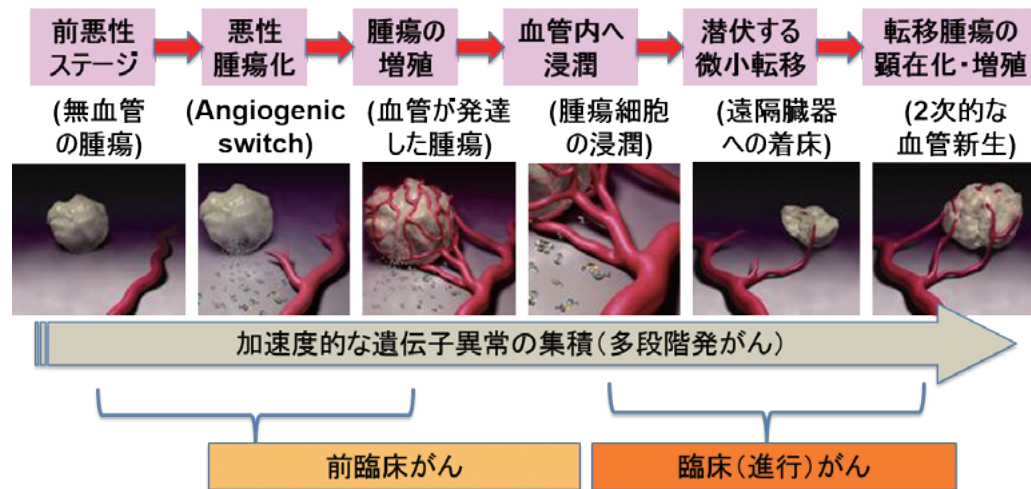


図1：がん進行の各段階

ユニット名

前臨床がん研究

ユニット代表者 医学医療系 教授 野口 雅之

◆ユニット構成員 総数 19名 (教員 19名/ポストドク 0名/他機関 0名)



分子機構の本質を明らかにし、がんの早期発見早期治療に貢献することを目指しています。

一般に「がん」と言った場合は、病院で医師によってがんと診断されるような臨床がんをさしますが、本リサーチユニットではそれよりも前の進行段階にあたる「前臨床がん」を研究の対象にしています（図1）。前臨床がんを集め、どのような遺伝子に異常が見つかるかを系統的に解析しているのは、全国でも筑波大学だけです。

前臨床がん研究の最前線

肺がんは手術によって肺の一部を切除することで治すことができます。しかし、肺の一部を失うことによる呼吸量の低下など、手術による体への負担は少なくありません。もし前臨床がんの時点で薬によって治すことができれば、手術の必要はなくなります。

幸い、肺の前臨床がんはCT 検診で比較的容易に発見できる前臨床がんの一つです（図2）。この肺前臨床がんを使って、私たちはストラテフィンという遺伝子の研究を進めています。私たちのこれまでの研究で、肺の前臨床がんではストラテフィン遺伝子が細胞の増殖に影響を与えていることが明らかになりました。現在は、ストラテフィン遺伝子が作るタンパク質を標的とした分子標的治療薬の研究を開始しています。

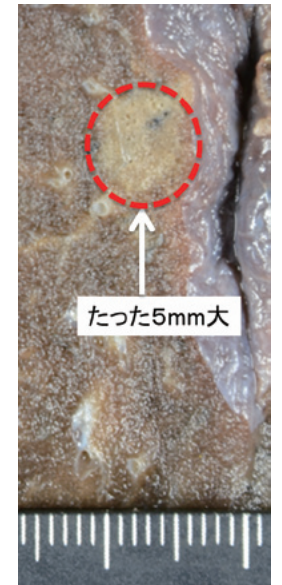


図2：肺の前臨床がんの一例

社会への貢献・実績

- 第4回 つくばカンサーアリーナ開催 (2013年7月25日)
- 第5回 つくばカンサーアリーナ開催 (2014年2月21日)
- WHOにおける肺がんの分類変更に貢献
(細胞診で得られた細胞が分類可能になり、診断に貢献)

取材：平成27年7月24日

「見つけた!」「これだ!」と 思った時こそチャンス!?

ユニット名

神経生理学

ユニット代表者 医学医療系 教授 松本 正幸

◆ユニット構成員 総数6名(教員6名/ポスト0名/他機関0名)



キーワード 神経活動、神経回路、脳機能、運動機能

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/basic-med/physiology/>

頭が良くなるためにはどうすれば良いか考えたことはありませんか?脳の中で一番大切なのは、脳のどこの領域とどこの領域が情報交換しているかという神経回路です。ドーパミンという神経伝達物質は、神経回路のつながりを強めたり、弱めたりする働きがあります。そのような働きは私たちの精神機能の維持に深く関係しています。神経生理学リサーチユニットの4つのグループの1つである認知行動神経行動学グループでは、ドーパミンに注目して、研究活動を行っており、国内外からの注目を集めています。

れるかを示した後、ある線分を覚えさせます。その後一定のタイムラグ後にたくさんの線分を表示させ、その中から覚えた線分を選ばせます(図1)。するとドーパミン神経細胞は、線分を記憶する際に活動を上昇させました。また、「これだ」と正解の線分を見つけた時にも活動が上昇しました。一方、より簡単な探索条件(たとえばたくさんの○の中から△を見つけ出す条件)で正解を見つけても、ドーパミン神経細胞の活動の上昇がみられませんでした。このような結果から、ドーパミン神経細胞が記憶や視覚探索に係わる何らかのシグナル伝達に関わっていると考えられます。

ドーパミンの認知機能の可能性

ドーパミン神経細胞から放出されるドーパミンは意欲や報酬に関わっているということはこれまでの研究からもわかっていました。パーキンソン病や鬱、ADHD、統合失調症にもドーパミン神経系の異常が関わりと報告されており、患者さんは意欲障害の症状を示します。パーキンソン病の患者さんのその他の症状を見てみると、意欲障害だけではなく、認知機能障害、運動機能障害も併発しています。意欲障害はこれまでのドーパミンの研究で説明できます。しかし、なぜそれ以外の認知機能・運動機能障害がおきるのでしょうか?そこで私たちのグループではドーパミンの認知機能に関する役割に注目して研究をしています。

このような活動を示すドーパミン神経細胞は、黒質緻密部と呼ばれる脳領域の一部で観察されました。これは、今まで報告されてきた意欲や報酬に関わるシグナルを伝達するドーパミン神経細胞の他に、認知機能に関わるシグナルを伝達するグループが存在することを示しています(図2)。私たちのグループはこのようにドーパミン神経細胞は認知機能に関してもなんらかの信号を出していると考えており、今後例えば、認知機能が高められるときに、ドーパミン神経細胞の活動が上昇するのであれば、その時にその活動を減弱あるいは増減させて、認知機能がどうなるのかという事が調べられるような実験をしていきます。

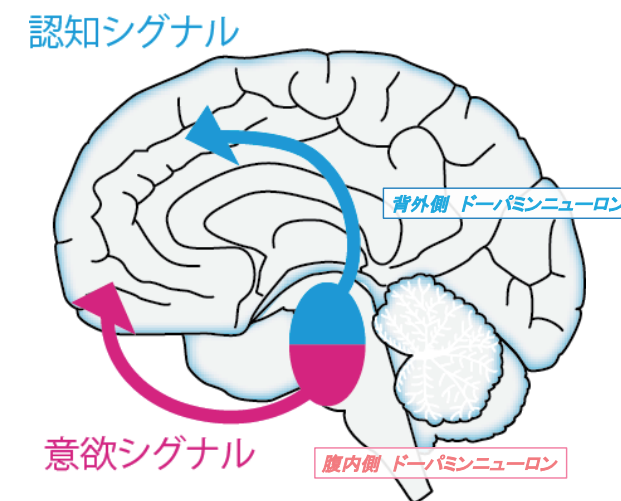


図2: 2つの異なるドーパミンシグナル

これまでとは違う ドーパミン神経細胞の活動

私たちのグループでは、脳構造が人間に比較的近い霊長類に様々な認知行動課題をおこなわせ、視覚探索課題を行わせた時の神経細胞の活動を調査しています。まず、モニターを使い、最初にどれくらい報酬(リンゴジュース)が与えら

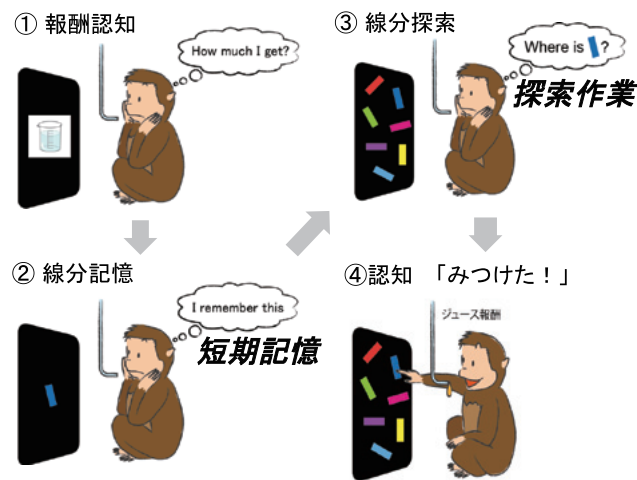


図1: サルに行わせた視覚探索課題

社会への貢献・実績

- 2013年 文部科学大臣表彰 若手科学者賞
- 2010年 日本神経科学学会 奨励賞
- 2008年 日本神経回路学会 論文賞

脳のさらなる理解への融合研究

ユニット名

統合的神経回路

ユニット代表者 医学医療系 教授 柁 正幸

◆ユニット構成員 総数9名(教員9名/ポスト0名/他機関0名)



キーワード 神経回路、神経発生、遺伝子、神経活動

<http://www.md.tsukuba.ac.jp/duo/molneurobiol/>

脳が働く基盤は脳の中の情報処理の場である神経回路が担っています。この神経回路は、発生期に細胞分化、軸索誘導、シナプス形成などの過程を経て形成されますが(図1)、これらの個別の現象からどのようにして複雑な神経回路網が形成されるか、その分子メカニズムは明らかにされていません。リサーチユニット「統合的神経回路」は、分子レベルから個体レベルまで、統合的なチームを作る事によりミクロからマクロまで包括的な研究を進めています。特に、分子生物学を基本とし、マウスの発生工学的手法を用いつつ、神経系の成り立ちと働きを支える分子の機能を明らかにしようとしています。

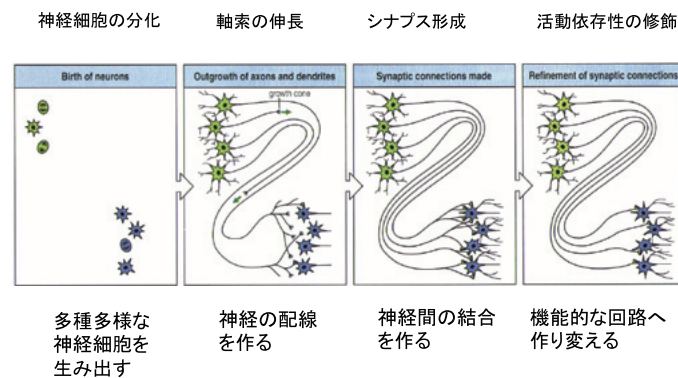


図1: 神経回路の発達過程

出典: Principles of Development, Lewis Wolpert, Oxford University Press ISBN 0-19-850263-X より引用、改変

脳のネットワークへのアプローチ方法

脳の働きを理解しようとする、脳のネットワークを理解しようとしなければなりません。図2にある Computer 回路のようなしくみを描いただけでは動作原理を説明することはできず、遺伝子からネットワークの全てをつなげて理解しなければなりません(図3)。今までは各々の研究者が別々にその専門分野内で研究を行っていました。この方法では脳の複雑なネットワークの解明には限界があります。そこで、遺伝子を研究している研究者から、人の行動を研究する研究者までがそれぞれの特色を活かし、実験手法を共有した共同研究を行った結果、精神疾患や行動異常に関係する可能性がある遺伝子が新たに見つかりました。

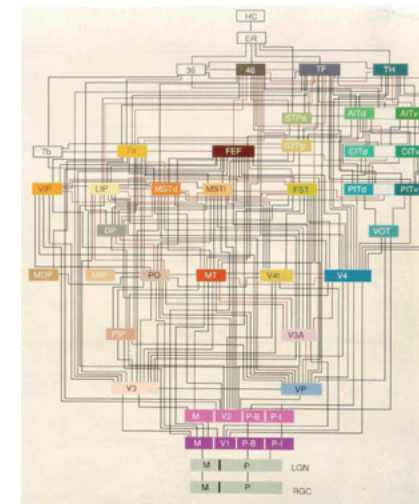


図2: 視覚情報処理経路

出典: Illeman, DJ and Van Essen, DC. (1991) Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. Cerebral Cortex 1: 1-47. より引用。

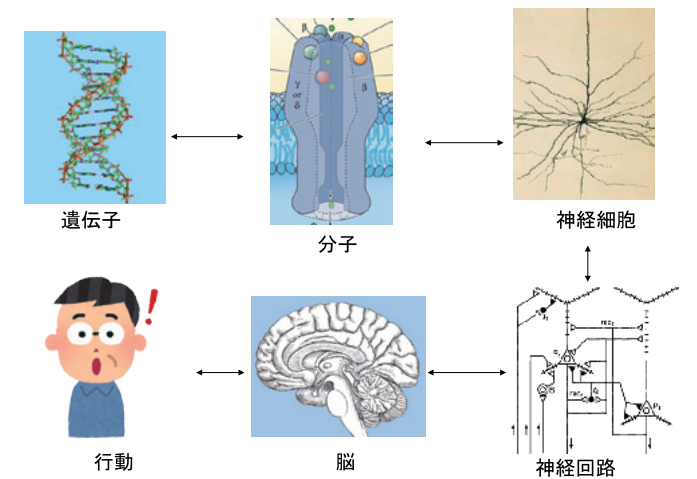


図3: 脳の働き

遺伝子からの行動説明

我々の研究グループのメンバーがもっている日本人の統合失調症の集団と、健常者のデータを比較すると、染色体のどの辺りに原因となる遺伝子変化があるかを探ることができます。そこでマウスで行動異常があることを発見した新たな遺伝子について、健常者と疾患グループで遺伝子の型を比べると、実はその遺伝子が人の双極性障害と関係性がありそうだということがわかってきました。このように複数の分野の共同により包括的に研究をすすめる事で、より神経回路の動作原理やその異常についての理解につながると考えています。

社会への貢献・実績

- 人の精神神経疾患と関連する遺伝子を同定
- 歩行運動を制御する神経回路を解明。歩行障害治療への応用の可能性も

取材: 平成27年7月8日

「血管を守れ！」

～チームで挑む心臓血管病

キーワード 循環器、生活習慣病、チーム医療、疫学

高齢化や生活習慣病により、死に至る病気は大きく変化しているように見えます。しかし、直接の死因であるかを突き詰めると、「血流の異常」、すなわち「心臓血管死」が依然として多く、全死因の約30%を占めています。

血流は心臓から全身に張り巡らされていますから、これを突き詰めることは多くの疾患の根治・根絶に役立つはずですが、本リサーチユニットは、「心臓血管死」とあらゆる側面から戦っています。

高度先進医療を核としたチーム医療の推進

本リサーチユニットには、循環器内科、心臓血管外科、小児内科循環器グループ、放射線科、臨床疫学等、およそ心臓血管を扱うすべての領域の医師が参加し、分野を超えて疾患の治療に向けた議論が交わされています。これにより、診療科の枠を超えた最適な治療法を提供するチーム医療が行われています。

たとえば大動脈弁狭窄症に対して施行される経カテーテル大動脈弁留置術（TAVI）、内科的な治療である不整脈の根治術、薬剤耐性高血圧治療に役立つ腎交感神経アブレーション術など、これまで複数の診療科の治療法にまたがっていた領域に心臓血管チームで対応することでより有効な治療法を提供することが可能となっています。

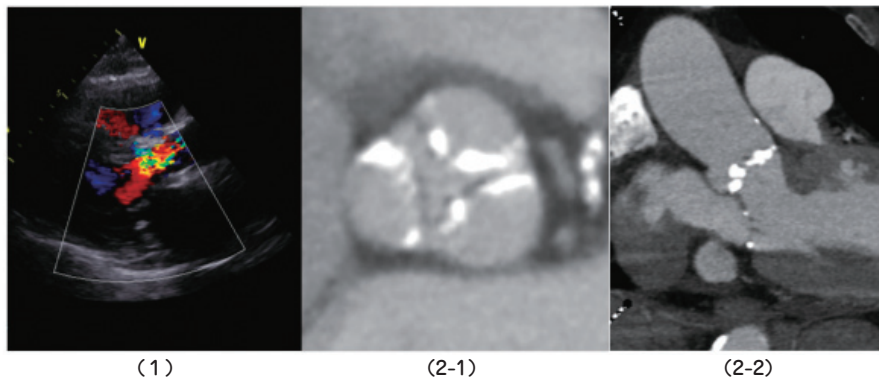


図1：大動脈弁狭窄症
(1) 心エコー図（色が付いている部分は弁の不具合により血流に異常がある部分）
(2) CT検査（弁の断面像と長軸像。弁に石灰化による異常がある）

ユニット名

心臓血管

ユニット代表者 医学医療系 教授 青沼 和隆

◆ユニット構成員 総数38名（教員38名/ポストク0名/他機関0名）

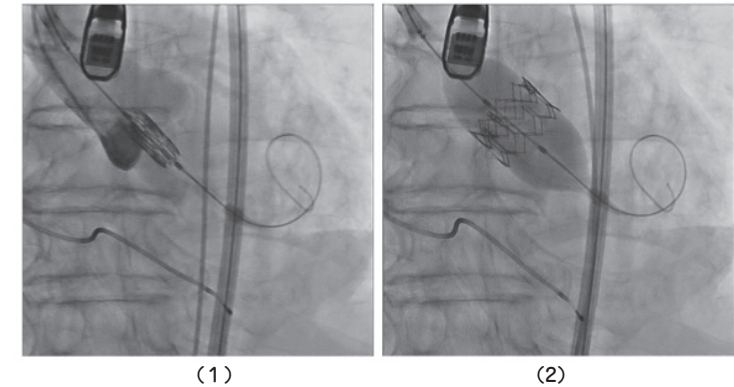


図1：大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル大動脈弁置換術（TAVI）
(1) 生体弁を留置部位に挿入します。
(2) バルーンを膨らませ、生体弁を留置し、カテーテルを抜き取ります。

最新の研究成果が、リスクを下げ、イノベーションを生む

「心臓血管死」は、死因として戦後大きくその数が減少しています。これは、治療技術だけでなく、その背景となる高血圧症への理解や、減塩など、発症を予防する知識の啓蒙があったためです。一方、近年は従来からの高血圧を起点とした発症ではなく、高カロリー等生活形態の変化や先天的な要因の解明など、さらなる減少に向けたターゲットも明らかとなってきました。このためには、未病段階から先制攻撃をするべく、たとえば疫学的調査と、最新の基礎医学の成果を融合させた発症因子の解明などが求められており、本チームでも茨城県などと協力して研究を進めています。

さらに新しい治療法の開発は、これらを支える機器や薬剤の開発を生み出すことから、医工連携によるイノベーションの出発点になることも期待されています。

社会への貢献・実績

- 本ユニットに関連する研究成果を国内外の論文誌、学会等と通じて積極的に発信
- 大学関係者や市民向けに著名な研究者を招く等によるセミナーを開催

取材：平成27年8月18日

全生物相、全生物間の相互作用 ネットワークの解明を目指して！

キーワード 生物多様性、進化、相互作用、生態系、環境

人類に莫大な恩恵をもたらす生物多様性は、ほとんど未知のまま消失の危機にあります。本リサーチユニットは、良好な自然環境が守られた一地点内に生息する全生物相を解明し、全生物間の相互作用ネットワークを網羅的に解析することで、世界で最も生物多様性情報が集約された山岳研究教育フィールドの確立を目指しています。

そこにいる、全ての生物を知る！

私たちは冷温帯を代表する草原・森林フィールドと過去80年間の生物相データの蓄積を有し、良好な自然環境が守られた菅平高原実験センター(図1)を舞台に、一地点の全生物相と全生物間相互作用ネットワークを集中的かつ網羅的に解析することを目指しています。ユニットメンバーの専門は、昆虫、その他節足動物、菌類、藻類、植物病理、原生生物など多様で、幅広く生物をカバーしています。

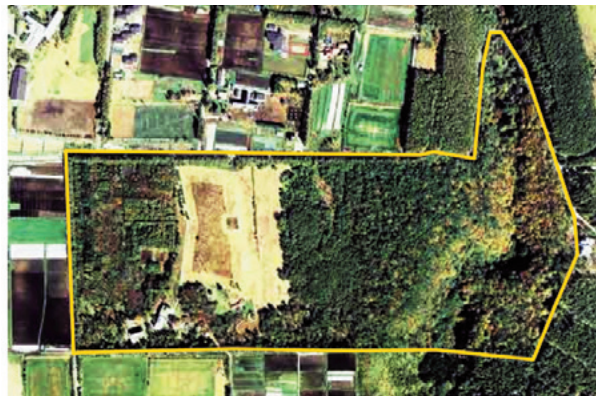


図1：菅平高原実験センター（枠内）鳥瞰図

また、植物生態学、分子生態学などを専門とするメンバーが、生物同士の関わりを探究しています。菅平高原実験センターという一地点であっても、そこに住むすべての生物を知るのは簡単にできることではありません。特に、目に見えないサイズの生物まですべて解明しようという試みをしているのは、世界でもここだけです。そこで、多様な生物を相手に研究する100人超の研究者と協同しながら、全生物に関するあらゆるデータの集約を進めています。高度な生物多様性情報を集約することで、例えば新たな生物資源の発見と持続的な活用法の研究、自然と調和した土地利用法の開発といった発展的研究の基礎を作ることができます。

市民から研究者まで、すべての人に生物多様性教育を！

集約された生物多様性情報は、市民も含む全世代への生物多様性教育にも活かされています。

ユニット名

山岳域の全生物群生物多様性観測
ATBI(All Taxa Biodiversity Inventory)プロジェクト

ユニット代表者

生命環境系 助教 出川 洋介

◆ユニット構成員 総数10名(教員9名/ポストク0名/他機関1名)



<http://www.sugadaira.tsukuba.ac.jp/>



図2：菅平高原の動植物(左上から時計回りに：フクジュソウ、ベニテングタケ、ヒレハリソウの蜜を吸うコマルハナバチの雄、コガラ(上)とシジュウカラ(下)、シカの糞上に生えたミスヤマカビ、地衣類コアカミゴケ)

自然の中にこそ新たな発見のヒントがある、という理念のもと、応用生物分野や生物以外の分野に進む学生にも、本物の生き物に触れる機会を提供しています。また、本リサーチユニットの成果に基づき、菅平高原実験センターは文部科学省教育関係共同利用拠点「ナチュラリヒストリーに根ざした森と草原の生物多様性教育拠点」に認定されました。今後全国の大学、研究機関が教育研究に活用することで、さらに生物多様性情報が蓄積されるという正の相乗効果を促進していきたいと考えています。

社会への貢献・実績

- 「岩波生物学辞典 第5版」生物分類表 真核生物ドメイン・菌界・アメーバ界・バイコンタ上界・植物界・クロミスタ界ほか(岩波書店)2013年(pp.1552-1553, 1628-1636, 1652-1666, 1601-1628.)
- 「菌類の事典」接合菌門・子囊菌門・接合菌門の無性生殖・有害性・その他の病気(野生植物の病気)・(日本菌学会編、朝倉書店)2013年(21-23, 25-28, 100-103, 569-571, 594-595 他)
- 上田市、上田市教育委員会後援国際植物の日イベント「来て見て発見！多種多様な植物・私たちの命を支える植物の多様性～その利用と研究」
- 四季の菅平高原実験センター構内自然観察会(年3回開催)
- 筑波大学菅平高原実験センター、菅平水土里会主催特別講演会「釧路湿原の自然再生事業の紹介—湿原の生態系保全と農業の共存・共生を目指して—」
- JST 委託事業「SS リーグ」小中高校生対象ジェネラル&アドバンストフィールド実習

取材：平成26年6月27日