2014 Issue

Science

Japanese Scientists in *Science* 2013

サイエンス誌に載った

日本人研究者

COSMO BIO CO., LTD.
Inspiration for Life Science

Science
AAAS

このJapanese Scientist in *Science* 2013では、2013年の1年間にサイエンス誌に論文が掲載された日本人研究者・グループを紹介しています。誌面の都合上、または著者本人のご意向により、すべての日本人著者を紹介しているわけではありませんが、その旨ご了承ください。

所属名、共著者名、本文から図表の選定まで、すべて著者の皆様からご提供いただいたものです。特に、掲載論文については、日本語で分かりやすくご解説いただいておりますので、サイエンス誌に掲載された図表とは異なるものを使用している場合があります。また、記載の所属先やメールアドレス、URLなど一切の情報は、2014年1月時点のものになります。

内容については細心の注意を払っていますが、情報の正確性、専門性について発行者はいかなる責任を負うものではありません。正確な情報は、必ず原文にてご確認ください。

発行元
American Association for the Advancement of Science（AAAS）
1200 New York Avenue, NW
Washington, DC 20005
USA

協　賛
コスモ・バイオ株式会社
〒135-0016 東京都江東区東陽2-2-20 東陽駅前ビル
TEL：03-5632-9610　FAX：03-5632-9619
http://www.cosmobio.co.jp

企画・編集
株式会社アスカコーポレーション
〒541-0046 大阪市中央区平野町1-8-13 平野町八千代ビル6F
TEL：06-6202-6272　FAX：06-6202-6271
http://www.asca-co.com

表紙デザイン
株式会社大伸社 東京本社
〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷2-9-9
TEL：03-3405-0603　FAX：03-3405-0653
http://www.daishinsha.co.jp/

発行日
2014年3月

© 2014 American Association for the Advancement of Science（AAAS）. All Rights Reserved.

Science

Japanese Scientists in *Science* 2013

サイエンス誌に載った日本人研究者

ご挨拶

米国科学振興協会（AAAS）の公式刊行物である*Science*は、1880年トーマス・エジソンの資金援助を受けて創刊されました。以来、世界をリードする科学誌として、科学研究に大きなインパクトを与える論文やニュースを毎週発信しています。

2013年の科学界は、前年にiPS細胞研究がノーベル生理学・医学賞を受賞したのに引き続き、医学分野で大きな進歩がみられました。*Science*は2013年最も顕著であった10項目の科学的業績（Breakthrough of the Year 2013）のトップとして、がんの免疫療法をあげています。近年は免疫学のほかにも遺伝学、分子生物学などの発見から実際の治療への応用が進んでおり、昨年はその流れをさらに加速させた1年であると言えます。Breakthrough of the Year 2013では他にも医学関連のトピックとしてヒトのクローニング、ミニ臓器の作成など数々の研究が取り上げられました。今後こうした研究成果が医療の枠組みを大きく変えると予想されます。日本に目を向けると、昨年も日本人科学者がさまざまな分野で大きな成果を上げ、*Science*への掲載数も高い水準を保っています。その中で2013年の傾向としては、女性研究者の躍進が目立ちました。

本年は特別企画として、*Science*に掲載された研究のご紹介に加え、編集チームが選んだ特に興味深いトピックについて、専門とする著者の方々にコラムをご寄稿いただきました。このコラムでは、専門的な研究内容を特に学生の方にも理解してもらえるよう、わかりやすく紹介しています。この記事をきっかけに、将来の*Science*著者が生まれることを願っています。

本誌の制作にあたり、ご多忙の中、ご協力くださった日本人研究者の皆様に心より御礼申し上げます。そして、多大なるご支援を賜りましたコスモ・バイオ株式会社様に深く感謝を申し上げます。

2014年3月

編集チーム一同

Writing for *Science* Magazine

Science is a global enterprise, and *Science* magazine aims to reflect this by publishing the best research papers from multiple countries. The number of papers submitted to *Science* by Japanaese authors is almost 1000 each year, and Japan has consistently ranked among the top five or six countries in terms of numbers of papers published in *Science* over the past decade. We at *Science* are keen to see Japan maintain its position among the top countries submitting outstanding papers to the journal. In the following paragraphs I summarise some of the key features of the editorial system at *Science*, aiming to show that the process of writing and submitting papers to *Science* magazine is actually more straightforward than it may seem.

When a paper is submitted to *Science* (see http://www.sciencemag.org/site/feature/contribinfo/index.xhtml for details of the submission process) it is first assigned to one of 28 staff editors, each of whom is a specialist in a particular discipline.The review process then has two stages. First, the staff editor assigns submissions to one or more of the external, global Board of Reviewing Editors for rapid evaluation. The Board members are active, senior scientists (see http://www.sciencemag.org/site/about/editorial_board.xhtml for a list) who evaluate up to six *Science* submissions per week, and rate them for potential novelty and likely interest, as well as plausibility and competence. The Board members advise, but do not decide.

75% of papers are then rejected by the staff editor on the basis of the Board's advice, and the author usually receives this decision within about a week of submission.

Reasons for rejection at the first stage are various. It is certainly not the case that all of the rejected papers are poor in quality. In most cases, the research is solid and well-presented, but may be of interest to only a limited number of specialists within a broad discipline, or may lack the conceptual novelty that is likely to catalyse significant new research directions. While there is a basic checklist of criteria, there is no hard threshold above which a paper automatically passes the first stage. The question the editors are trying to answer at this stage is: 'if correct, would this be a *Science* paper, or would it be better in the specialist literature?' The answer inevitably carries an element of subjectivity, but the combination of Board of Reviewing Editors and staff editors (all of whom have had research careers before joining the Science team) tends to act as a reliable filter.

The 25% of papers that are judged to have the promise of conceptual novelty, broad interest and the potential for a substantial impact on their field, are sent for the second stage: in-depth peer review. At this stage the editors are looking for evidence of all of the usual elements that make a technically excellent paper, as well as a further assessment of likely value and lasting impact. Most of these papers are also rejected at the end of the in-depth peer review process, usually because significant flaws or limitations are detected. Even if the flaws can be fixed, a paper may still be rejected if the level of referee enthusiasm and/or the overall quality is lower than for other papers being considered at the same time. The duration of the second stage varies around a mean of three weeks.

No decision on rejection or acceptance is taken at *Science* without consultation with at least one other staff editor, and thus the specialist staff editor will always have input even if not personally handling the manuscript. Thus, not only are consistent standards established across the editorial team, but also the authors can be reassured that the decision on their paper was not made in isolation. Short biographical details of the editors are at http://www.sciencemag.org/site/about/meet_editors.xhtml. When submitting papers to *Science* via the submission website, authors are able to nominate the editor who is most appropriate to handle their paper; these requests are honoured as far as possible.

Is it worth submitting your paper to *Science*? The answer is certainly yes, if you think that it is one of the best pieces of research you have done, and if that opinion is shared by a broad cross-section of your colleagues. Readers who wish to find out more about the process are welcome to contact the editors - but please check our website first: a good place to start is http://www.sciencemag.org/site/feature/contribinfo/faq/.

Andrew Sugden
International Managing Editor
Science

“存在”ってなに？

自然科学の研究者の多くが、幼い時期に野外で過ごした時間が多い傾向があると聞きます。私自身の幼いころを思い出しても、林を駆け抜け、水を跳ね、虫を追い、泥にまみれた記憶ばかりです。鼻を衝く青草の匂い、沼魚の生臭いぬめり、掌に乗せたカエルの跳躍、岩陰の蛇の冷たい眼、仔猫の弱々しい温み。日が暮れるまで外に居て、生きるものの生と死が身近にありました。やがて本に馴染む頃になると、自然の中で起きる様々な出来事の解説本に興味が尽きませんでした。ダーウィンやファーブルに始まり、コンラート・ローレンツ、デズモンド・モリス。事象の理由を、証拠と再現性で紐解いて行くというプロセスは、人間の知的欲求を満たす脳内麻薬を誘発するのでしょうか。

当時は、まだ「博物学」という言葉が書物のどこかに残っていました。「博物学」は遠く古代ギリシャ時代のアリストテレスによる「動物誌」に遡り、日本の動植物を広く世界に紹介したシーボルトなど、18世紀以降の博物学者達が近代科学の礎を築いたと聞きます。時を経て、様々な分野の自然科学研究が進み、生物学、生理学、生化学、分子生物学、あるいは無機化学、有機化学、物理学、地球科学などに細分化され、原因と結果の網目構造が次々と明らかにされてきました。マイクロ、ナノ、ピコ…。分子、原子、電子、中性子… ニュートリノ…。マクロからミクロへ、微細な“存在”の構造と機能を解きほぐしながら、誰もが“存在”の本質を探し続けているのかもしれません。

極寒の地で星を見上げたことがあります。広大な漆黒の空に無数に浮かぶ小さな星々は、自分が立ち尽くしている大地よりも間違いなく巨大な存在であることに思いを巡らせます。足元に凍みる乾いた雪が微かにきしみ、すべての音が雪の闇に吸い込まれる重い静寂。星月の光が雪原を照らし、静寂する天空が重く迫ります。自分の“存在”がどれほどに小さいか、そして同時に、“存在”がどれほど確かなものかを知った時でもあります。では、その“存在”とは？

科学とは、物事の成り立ちを解き明かし、“存在”の本質を知ることで、人々の幸福を見出すためのものなのかもしれません。*Science*は、「科学振興を通じて社会に貢献する（advance science and serve society）」ことを目的とした米国科学振興協会（AAAS）が発信する、最先端の科学技術情報誌です。今を知り、今を伝える大切なツールです。私たちは、このツールを通して先達の轍を超え、未知の領域に足を踏み入れ、後進を導かなければなりません。多くの研究者が力を合わせて取り組んでいる研究テーマの先には、いずれもさらに突き詰めてゆくべきプロセスがあり、そのプロセスを担う次の世代の研究者たちを育てる作業は、私たちの重要な役割です。人間の“存在”は小さくても、遠い星の謎を解く力がありますし、目には見えないほど小さな物を利用して、健康な生活を守る知恵もあります。*Science*に紹介された研究を、「見つけた、わかった」に留めることなく、その過程の楽しさ、成果の価値と魅力を、今まさに進路としての将来の仕事や、学ぶべき専門領域を探している高校生や中学生、幼い子供たちにまで伝えることができたら、次の世代を担う研究者の仲間が増えるのではないかと期待します。私たちの活動が、何かのきっかけになれたらと希望しています。

コスモ・バイオ株式会社
常務取締役　櫻井 治久

Japanese Scientists in *Science* 2013

サイエンス誌に載った日本人研究者

Writing for *Science* Magazine 2

「サイエンス誌に載った日本人研究者」によせて “存在”ってなに？ 3

1月4日号 REPORT
抗菌薬ストレス下のマイコバクテリアは分裂しながら生き残る 10
Dynamic Persistence of Antibiotic-Stressed Mycobacteria
東京大学大学院 総合文化研究科 複雑系生命システム研究センター 准教授 若本 祐一

1月11日号 REPORT
結晶サイズの縮小化によって錯体フレームワーク内に現れる形状記憶ナノ細孔 11
Shape-Memory Nanopores Induced in Coordination Frameworks by Crystal Downsizing
京都大学 物質－細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS） 拠点長・教授 北川 進
京都大学 物質－細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS） 准教授 古川 修平
神戸大学大学院 理学研究科 化学専攻 特命助教（元WPI-iCeMS博士研究員） 酒田 陽子

1月11日号 REPORT
ヒストン脱アセチル化酵素に対する内在性阻害因子β-ヒドロキシ酪酸による酸化ストレス抑制 12
Suppression of Oxidative Stress by β-Hydroxybutyrate, an Endogenous Histone Deacetylase Inhibitor
理化学研究所 眞貝細胞記憶研究室 研究員 島津 忠広
京都大学大学院 医学研究科 血液・腫瘍内科学 助教 白川 康太郎

1月18日号 REPORT
思春期のストレスはグルココルチコイドを増やし、エピジェネティックにドパミン作動性ニューロンの遺伝子発現を抑える 13
Adolescent Stress-Induced Epigenetic Control of Dopaminergic Neurons via Glucocorticoids
Postdoctoral fellow, Department of Psychiatry and Behavioral Sciences, Johns Hopkins University School of Medicine 丹羽 美苗

1月25日号 REPORT
ショウジョウバエにおいて絶食はCREBのコアクチベーター CRTCを活性化することにより、長期記憶形成を促進する 14
Fasting Launches CRTC to Facilitate Long-Term Memory Formation in Drosophila
京都大学大学院 医学研究科 メディカルイノベーションセンター SKプロジェクト 特定准教授／科学技術振興機構さきがけ 平野 恭敬
東京都医学総合研究所 運動・感覚システム分野 学習記憶プロジェクト プロジェクトリーダー・参事研究員 齊藤 実

COLUMN
賢い脳とは ～記憶研究からの見解～ 15
京都大学大学院 医学研究科 平野 恭敬

2月1日号 REPORT
葉緑体の内包膜におけるタンパク質トランスロコンの解明 16
Uncovering the Protein Translocon at the Chloroplast Inner Envelope Membrane
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 准教授 中井 正人
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 特任研究員 菊地 真吾
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 外国人特別研究員 Jocelyn Bédard
光産業創成大学院大学 光バイオ分野 講師 平野 美奈子
光産業創成大学院大学 光バイオ分野 教授（現 岡山大学） 井出 徹

2月8日号 REPORT
ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼの機能を模した水素からの電子・ヒドリドイオン移動触媒 17
A Functional [NiFe] Hydrogenase Mimic That Catalyzes Electron and Hydride Transfer from H_2
九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所／大学院工学研究院 教授 小江 誠司

2月8日号 REPORT
2011年東北地方太平洋沖地震時断層変位が最も大きいエリアの応力状態 18
Stress State in the Largest Displacement Area of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地震断層研究グループ グループリーダー 林 為人

COLUMN
地球深部探査船「ちきゅう」が明かす地中の謎 …… 19
海洋研究開発機構 高知コア研究所 所長 木下 正高
同 地震断層研究グループ グループリーダー 林 為人

2月15日号 REPORT
超新星残骸からのπ中間子崩壊に特有なガンマ線放射の検出 …… 20
Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants
京都大学大学院 理学研究科 物理学第二教室 助教 田中 孝明
立教大学理学部 物理学科 准教授 内山 泰伸

COLUMN
フェルミガンマ線宇宙望遠鏡ってどんな望遠鏡? …… 21
日本フェルミ衛星グループ 日本代表 広島大学大学院 理学研究科 教授 深沢 泰司

3月1日号 REPORT
KNOX2遺伝子は陸上植物の複相で単相の形態形成を抑制している …… 22
KNOX2 Genes Regulate the Haploid-to-Diploid Morphological Transition in Land Plants
広島大学大学院 理学研究科 生物科学専攻 特任助教(現 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 発生進化研究室 助教) 榊原恵子

3月15日号 REPORT
海嶺翼部の深部に埋没した玄武岩における微生物の炭素と硫黄循環の証拠 …… 23
Evidence for Microbial Carbon and Sulfur Cycling in Deeply Buried Ridge Flank Basalt
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地下生命圏研究グループ グループリーダー 稲垣 史生

3月15日号 REPORT
核からの時間シグナルによる葉緑体転写の概日制御 …… 24
Circadian Control of Chloroplast Transcription by a Nuclear-Encoded Timing Signal
千葉大学大学院 園芸学研究科 応用生命化学領域 准教授 華岡 光正

3月15日号 REPORT
前頭側頭型変性症および筋萎縮性側索硬化症の原因である*C9orf72*遺伝子上のGGGGCCリピートは、凝集性のジペプチドリピート蛋白へと翻訳される …… 25
The *C9orf72* GGGGCC Repeat Is Translated into Aggregating Dipeptide-Repeat Proteins in FTLD/ALS
Research Fellow, Adolf Butenandt-Institute, Biochemistry, Ludwig-Maximilians-University Munich 森 康治

3月22日号 REPORT
作動性リガンドが引き起こすToll様受容体8二量体の構造再構築 …… 26
Structural Reorganization of the Toll-Like Receptor 8 Dimer Induced by Agonistic Ligands
東京大学大学院 薬学系研究科 蛋白構造生物学教室 清水 敏之

3月22日号 REPORT
RNAヘリカーゼDDX3はWnt/β-カテニンシグナル経路においてカゼインキナーゼ1を制御するサブユニットである …… 27
RNA Helicase DDX3 Is a Regulatory Subunit of Casein Kinase 1 in Wnt-β-Catenin Signaling
名古屋大学大学院 医学系研究科 神経遺伝情報学 大河原 美静

4月5日号 REPORT
SelA・tRNA^{Sec}複合体の十量体の環構造から細菌によるセレノシステイン生合成のメカニズムが明らかになった …… 28
Decameric SelA·tRNA^{Sec} Ring Structure Reveals Mechanism of Bacterial Selenocysteine Formation
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻 教授/理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域 領域長(現 理化学研究所 横山構造生物学研究室 上席研究員) 横山 茂之
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻(現 Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire) 伊藤 弓弦

4月12日号 REPORT
ヒストンのアセチル化スイッチがSWR-Cリモデリング酵素によるH2A.Zの蓄積を制御する …… 29
A Histone Acetylation Switch Regulates H2A.Z Deposition by the SWR-C Remodeling Enzyme
Research Instructor, Program in Molecular Medicine, University of Massachusetts Medical School 渡邉 慎也

4月19日号 REPORT (1)
枝分かれした形状をもつメソ多孔性シリカのナノ粒子:エピタキシャル成長のメカニズム …… 30
Multicompartment Mesoporous Silica Nanoparticles with Branched Shapes: An Epitaxial Growth Mechanism
Postdoctoral Fellow, Department of Materials Science and Engineering, Cornell University 佐井 宏聡

8月2日号 REPORT (2)
ブロック共重合体から作られる積層多孔質重合担体 …… 31
Hierarchical Porous Polymer Scaffolds from Block Copolymers
Postdoctoral Fellow, Department of Materials Science and Engineering, Cornell University 佐井 宏聡

4月26日号 REPORT
セイバルで発見された初期の祭祀建造物：
低地マヤ文明は地域間交流から生まれた …… 32
Early Ceremonial Constructions at Ceibal, Guatemala, and the Origins of Lowland Maya Civilization
Professor, School of Anthropology, University of Arizona 猪俣 健

COLUMN
マヤ文明を科学する ～地中に眠る遺構と人々の生活～ …… 33
アリゾナ大学人類学部 教授 猪俣 健

4月26日号 REPORT
光化学系Ⅱ酸素発生複合体のフェムト秒X線分光およびX線回折同時測定 …… 34
Simultaneous Femtosecond X-ray Spectroscopy and Diffraction of Photosystem II at Room Temperature
Staff Scientist, Physical Biosciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory 矢野 淳子

4月26日号 REPORT
翅連続相同体の改変による昆虫形態の多様化 …… 35
Insect Morphological Diversification Through the Modification of Wing Serial Homologs
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室 日本学術振興会特別研究員(PD) 大出 高弘
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室 名誉教授 柳沼 利信
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室 助教 新美 輝幸

5月3日号 REPORT
睡眠中の脳活動パターンから夢の内容を解読する …… 36
Neural Decoding of Visual Imagery During Sleep
ATR脳情報研究所 神経情報学研究室 室長/奈良先端科学技術大学院大学 計算神経科学研究室 客員教授 神谷 之康

COLUMN
夢の中へ ～夢を可視化する～ …… 37
ATR脳情報研究所 神谷 之康

5月10日号 REPORT
初期の中胚葉由来の情報が、トリの三次心臓領域において
将来心臓ペースメーカー細胞となる運命を指定する …… 38
Early Mesodermal Cues Assign Avian Cardiac Pacemaker Fate Potential in a Tertiary Heart Field
Camilla and George D Smith Distinguished Professor, Cardiovascular Research Institute, University of California San Francisco 三川 隆

5月24日号 REPORT
味細胞の機能変化がゴキブリの適応行動を支えている …… 39
Changes in Taste Neurons Support the Emergence of an Adaptive Behavior in Cockroaches
Senior Research Scholar, Department of Entomology and W.M. Keck Center for Behavioral Biology, North Carolina State University 勝又 綾子

5月31日号 REPORT
ビタミンE輸送タンパク質とホスファチジルイノシトールリン酸の相互作用不全が
家族性ビタミンE欠乏症の根本的原因である …… 40
Impaired α-TTP-PIPs Interaction Underlies Familial Vitamin E Deficiency
東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学 助教 河野 望
東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学 教授 新井 洋由

6月21日号 REPORT
ファンデルワールスヘテロ構造内の質量を持ったディラック・フェルミ粒子とホフスタッターの蝶 … 41
Massive Dirac Fermions and Hofstadter Butterfly in a van der Waals Heterostructure
東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授 越野 幹人
東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 助教(現 韓国高等科学院(KIAS)、Research Fellow) 文 泌景

6月21日号 REPORT
ショウジョウバエ感覚ニューロンにおいて
局所性カルシウムシグナルは樹状突起の選択的除去を誘導する …… 42
Compartmentalized Calcium Transients Trigger Dendrite Pruning in *Drosophila* Sensory Neurons
東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 脳機能学分野 研究員 金森 崇浩
東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 脳機能学分野 教授 榎本 和生

6月28日号 REPORT
三核チタンポリヒドリド錯体による窒素分子の切断と水素化 …… 43
Dinitrogen Cleavage and Hydrogenation by a Trinuclear Titanium Polyhydride Complex
理化学研究所 環境資源科学研究センター 先進機能触媒研究グループ 上級研究員 島 隆則
理化学研究所 環境資源科学研究センター 先進機能触媒研究グループ 特別研究員 胡 少偉
理化学研究所 環境資源科学研究センター 副センター長 兼 先進機能触媒研究グループ グループディレクター 侯 召民

7月5日号 REPORT
超流動 ^{3}He-Aにおけるカイラル対称性の破れ …… 44
Chiral Symmetry Breaking in Superfluid ^{3}He-A
理化学研究所 河野低温物理研究室 専任研究員 池上 弘樹
理化学研究所 古崎物性理論研究室 基礎特別研究員 堤 康雅
理化学研究所 河野低温物理研究室 主任研究員 河野 公俊

7月5日号 REPORT
miR-200b および miR-429 は
マウスの正常な排卵に必須で雌の生殖能を維持する …… 45
MiR-200b and miR-429 Function in Mouse Ovulation and Are Essential for Female Fertility
大阪大学 微生物病研究所 助教（現 慶應義塾大学医学部 専任講師） 蓮輪 英毅
大阪大学 名誉教授 岡部 勝

7月12日号 REPORT
多目的な薄膜と微粒子の工学のための、金属錯体のワンステップアセンブリ …… 46
One-Step Assembly of Coordination Complexes for Versatile Film and Particle Engineering
東京大学 生産技術研究所 助教 江島 広貴

7月12日号 REPORT
H^+/Ca^{2+} 交換輸送体による対抗輸送機構の構造基盤 …… 47
Structural Basis for the Counter-Transport Mechanism of a H^+/Ca^{2+} Exchanger
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻 教授 濡木 理

7月12日号 REPORT
マカクザル側頭葉における物体の神経表象は、
複数の領野における局所神経回路によって階層的に構築される …… 48
Microcircuits for Hierarchical Elaboration of Object Coding Across Primate Temporal Areas
東京大学医学部 医学系研究科 統合生理学教室 講師 平林 敏行
東京大学医学部 医学系研究科 統合生理学教室 教授 宮下 保司

7月19日号 REPORT
メラノコルチン2受容体付属蛋白2の機能喪失は哺乳類の肥満と関連する …… 49
Loss of Function of the Melanocortin 2 Receptor Accessory Protein 2 Is Associated with Mammalian Obesity
名古屋大学大学院 医学系研究科 病理病態学講座腫瘍病理学分野 特任講師 浅井 真人

7月26日号 REPORT
I-Love-Q：中性子星やクォーク星における
慣性モーメント、潮汐ラブ数、四重極モーメント間の普遍的な関係 …… 50
I-Love-Q: Unexpected Universal Relations for Neutron Stars and Quark Stars
Postdoctoral Fellow, Department of Physics, Montana State University 八木 絢外

COLUMN
重力波って何？ …… 51
モンタナ州立大学 八木 絢外

7月26日号 REPORT
金属ガラスにおける20面体の幾何学的フラストレーション …… 52
Geometric Frustration of Icosahedron in Metallic Glasses
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授 陳 明偉
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 准教授 平田 秋彦

7月26日号 REPORT
Xkr8 および CED-8 はアポトーシス細胞において
ホスファチジルセリンの露出を促進する …… 53
Xk-Related Protein 8 and CED-8 Promote Phosphatidylserine Exposure in Apoptotic Cells
京都大学大学院 医学研究科 医学専攻 分子生体統御学講座医化学分野 助教 鈴木 淳
京都大学大学院 医学研究科 医学専攻 分子生体統御学講座医化学分野 教授 長田 重一

8月2日号 REPORT
シグナル伝達系における摂動に対する情報伝達の頑健性と補償性 …… 54
Robustness and Compensation of Information Transmission of Signaling Pathways
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻・生物情報科学科 教授 黒田 真也

8月9日号 REVIEW
配列制御ポリマー …… 55
Sequence-Controlled Polymers
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 教授／日本学術会議 会員（第三部）（第20-22期） 澤本 光男
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 准教授／科学技術振興機構さきがけ 大内 誠
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 助教 寺島 崇矢

8月16日号 REPORT
季節的な温度変化が個体群変動システムの安定性を変化させることで、昆虫の連続的な大発生が引き起こされている …… 56
Recurrent Insect Outbreaks Caused by Temperature-Driven Changes in System Stability
(独)農業環境技術研究所 農業環境インベントリーセンター 主任研究員(Department of Biology, Queen's UniversityにOECDフェローとして半年間滞在中) 山中 武彦

8月23日号 REVIEW
神経堤細胞の発生とその関連疾患における組織相互作用 …… 57
Tissue Interactions in Neural Crest Cell Development and Disease
京都大学大学院 理学研究科 生物科学専攻 動物学教室動物発生学研究室 教授 高橋 淑子
神戸大学大学院 医学研究科 生理学・細胞生物学講座 神経分化・再生分野 教授/理化学研究所 発生・再生総合研究センター 特別主管研究員 榎本 秀樹

8月23日号 REPORT
SGK196は糖鎖修飾に特異的なO-Mannnoseキナーゼでありジストログリカンの機能発現に必要である …… 58
SGK196 Is a Glycosylation-Specific O-Mannose Kinase Required for Dystroglycan Function
Research assistant professor, Department of Molecular Physiology & Biophysics, The University of Iowa Carver College of Medicine 森口 貴子

8月30日号 REVIEW
金属–有機構造体の化学と応用 …… 59
The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks
Department of Chemistry, University of California – Berkeley/Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory 古川 博康

8月30日号 REPORT
核内Wave1は卵母細胞における転写の初期化と正常な発生に必要である …… 60
Nuclear Wave1 Is Required for Reprogramming Transcription in Oocytes and for Normal Development
Wellcome Trust/Cancer Research UK Gurdon Institute, University of Cambridge/Herchel Smith Postdoctoral Fellow and Research Fellow of Wolfson College 宮本 圭

COLUMN
リプログラミング(細胞の初期化)とは? …… 61
ケンブリッジ大学 宮本 圭

9月6日号 REPORT
ヒストン脱メチル化酵素Jmjd1aによるマウス性決定のエピジェネティックな制御 …… 62
Epigenetic Regulation of Mouse Sex Determination by the Histone Demethylase Jmjd1a
京都大学ウイルス研究所 ゲノム改変マウス研究領域 准教授(現 徳島大学疾患酵素学研究センター 教授) 立花 誠

9月6日号 REPORT
ショウジョウバエ幼虫の光指向性の神経内分泌系による制御 …… 63
Neuroendocrine Control of Drosophila Larval Light Preference
Research Associate, Department of Genetics, Cell Biology and Development, University of Minnesota 山中 直岐

9月13日号 REPORT
ハチの高速羽ばたきの分子引き金 …… 64
The Molecular Trigger for High-Speed Wing Beats in a Bee
高輝度光科学研究センター(JASRI) 主幹研究員 岩本 裕之
高輝度光科学研究センター(JASRI) コーディネーター 八木 直人

9月27日号 RESEARCH ARTICLE
リコネクション面における電磁エネルギーの転換 …… 65
Electromagnetic Energy Conversion at Reconnection Fronts
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所(ISAS/JAXA) 宇宙プラズマグループ 准教授 篠原 育

9月27日号 REPORT
トポロジカル結晶絶縁体におけるディラック電子のノード形成と質量獲得が共に観測される …… 66
Observation of Dirac Node Formation and Mass Acquisition in a Topological Crystalline Insulator
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構(AIMR) 材料物理グループ 助教 岡田 佳憲

9月27日号 REPORT
熱処理サイクルによって誘起された異常結晶粒成長 …… 67
Abnormal Grain Growth Induced by Cyclic Heat Treatment
東北大学大学院 工学研究科 金属フロンティア工学専攻 計算材料構成学分野 大森 俊洋

10月4日号 RESEARCH ARTICLE
バソプレシンV1a受容体とV1b受容体の遺伝子を二重欠損させたマウスは時差ぼけに耐性を持つ …… 68
Mice Genetically Deficient in Vasopressin V1a and V1b Receptors Are Resistant to Jet Lag
京都大学大学院 薬学研究科 医薬創成情報科学システムバイオロジー分野 教授 岡村 均

11月1日号 REPORT
2次元的物質との1次元的電気接触 …… 69
One-Dimensional Electrical Contact to a Two-Dimensional Material
物質・材料研究機構 先端的共通技術部門 先端材料プロセスユニット 超高圧グループ グループリーダー 谷口 尚
物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 光・電子材料ユニット 光・電子機能グループ 主席研究員 渡邊 賢司

11月8日号 REPORT
T_H17細胞分化は概日時計によって制御される …… 70
T_H17 Cell Differentiation Is Regulated by the Circadian Clock
自治医科大学大学院 医学研究科 生化学講座 病態生化学部門 准教授 / Adjunct Associate Professor, Department of Internal Medicine, University of Iowa 柏田 正樹

11月22日号 REPORT
共生細菌は腫瘍微小環境を調整することで癌の治療反応性を制御する …… 71
Commensal Bacteria Control Cancer Response to Therapy by Modulating the Tumor Microenvironment
金沢大学医薬保健研究域医学系 恒常性制御学 / 金沢大学附属病院 消化器内科 飯田 宗穂

11月22日号 RESEARCH ARTICLE
アイスキューブ・ニュートリノ検出器で
地球外起源の高エネルギーニュートリノの証拠を見つけた …… 72
Evidence for High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector
Department of Physics and Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center, University of Wisconsin 倉橋 尚子

COLUMN
IceCube（アイスキューブ・ニュートリノ観測所） …… 73
ウィスコンシン大学 倉橋 尚子

11月29日号 RESEARCH ARTICLE
ロシア・チェリャビンスクで空中爆発した隕石による
被害の評価と回収隕石の宇宙科学的特徴 …… 74
Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization
東京大学大学院 理学系研究科 教授 長尾 敬介
東京大学大学院 理学系研究科 博士研究員（学振） 羽場 麻希子
東京大学大学院 理学系研究科 准教授 三河内 岳
早稲田大学高等研究所 助教 小松 睦美
東北大学大学院 理学研究科 教授 中村 智樹

11月29日号 REPORT
数個の樹状突起スパインの刺激は、長距離にわたって積算され、
核内ERKシグナル経路を活性化する …… 75
Long-Distance Integration of Nuclear ERK Signaling Triggered by Activation of a Few Dendritic Spines
Scientific Director, Max Planck Florida Institute for Neuroscience 安田 涼平

11月29日号 REPORT
哺乳類大脳皮質における
Btbd3を介した神経活性依存的な樹状突起の方向性の制御 …… 76
BTBD3 Controls Dendrite Orientation Toward Active Axons in Mammalian Neocortex
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チーム チームリーダー 下郡 智美
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チーム 研究員 松居 亜寿香

12月6日号 RESEARCH ARTICLE
マウス神経前駆細胞の
多分化能と運命を決定する因子のオシレーション制御 …… 77
Oscillatory Control of Factors Determining Multipotency and Fate in Mouse Neural Progenitors
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 教授 / 京都大学 物質―細胞統合システム拠点 副拠点長 影山 龍一郎
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 特定准教授 / 京都大学 白眉研究センター 特定准教授 今吉 格
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 博士研究員 磯村 彰宏

12月6日号 REPORT
室内実験より決定された東北沖プレート境界断層の地震時低剪断応力 …… 78
Low Coseismic Shear Stress on the Tohoku-Oki Megathrust Determined from Laboratory Experiments
筑波大学大学院 生命環境科学研究科 地球進化科学専攻 准教授 氏家 恒太郎

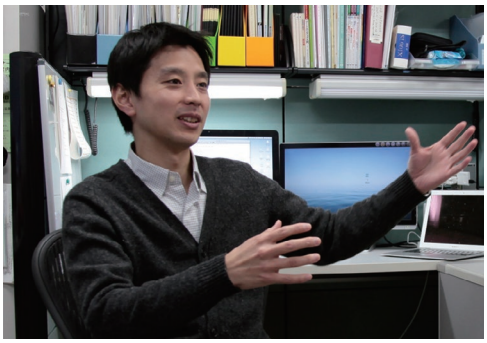
12月20日号 REPORT
巨大ラシュバ型スピン構造を持つ半導体におけるベリー位相の検出 …… 79
Detection of Berry's Phase in a Bulk Rashba Semiconductor
理化学研究所 創発物性科学研究センター（理研CEMS）強相関量子伝導研究チーム 客員研究員 / 大阪大学大学院 理学研究科 物理学専攻 助教 村川 寛
東京大学大学院 工学系研究科附属 量子相エレクトロニクス研究センター 特任講師 モハマド・サイード・バハラミー
理研CEMS センター長、強相関物性研究グループ グループディレクター / 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 教授 十倉 好紀
理研CEMS 副センター長、強相関理論研究グループ グループディレクター / 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 教授 永長 直人
理研CEMS 強相関量子伝導研究チーム チームリーダー / スタンフォード大学 教授 ハロルド・ユンスン・ファン

Science 投稿について …… 80

Science 1月4日号 REPORT
Science 4 January 2013: Vol. 339 no. 6115 pp. 91-95
DOI: 10.1126/science.1229858

抗菌薬ストレス下のマイコバクテリアは分裂しながら生き残る

Dynamic Persistence of Antibiotic-Stressed Mycobacteria



若本 祐一 *Yuichi Wakamoto*
東京大学大学院 総合文化研究科 複雑系生命システム研究センター 准教授
Neeraj Dhar[1] Remy Chait[2] Katrin Schneider[1]
François Signorino-Gelo[1] Stanislas Leibler[2,3]
John D. McKinney[1]

[1] School of Life Sciences, Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL)
[2] Laboratory of Living Matter, The Rockefeller University
[3] Simons Center for Systems Biology and School of Natural Sciences, Institute for Advanced Study

Contact
E-mail：cwaka@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp
所在地：153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1

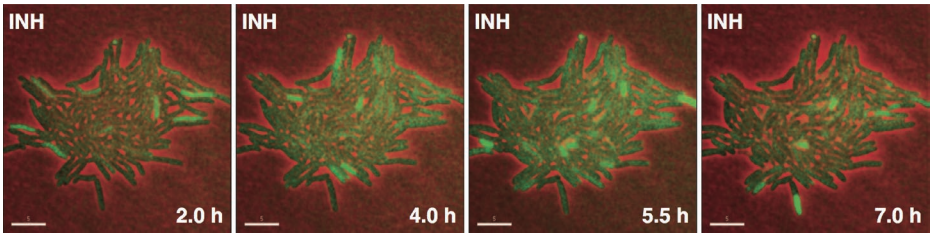
確率的な遺伝子発現によって実現する遺伝的に均質な細菌集団の生存

遺伝的に均質な細菌のクローン集団に、抗生物質などの致死的ストレスを与えても、一部の細胞が長期間生き残り、集団はなかなか死滅しません。この現象は「パーシスタンス（Persistence）」と呼ばれています。同じストレス環境で、同じ遺伝情報を持つにもかかわらず、細胞間で生存能力に差があるのはなぜでしょうか？

我々は、クローン集団内の一つ一つの細胞の成長能力や遺伝子発現量、生死の測定を可能にするマイクロ流体デバイスを新たに作製し、これを用いて、結核菌の近縁種である*Mycobacterium smegmatis*のパーシスタンス現象を解析しました。もともと、パーシスタンス現象を説明する有力な仮説として、集団内に成長を停止したいわゆる「ドーマント細胞」が少数含まれ、これが生き残るのではないかと考えられていました。しかし、我々の解析の結果、抗生物質イソニアジドに対するパーシスタンス現象では、成長状態と生存にはほとんど相関がないことが分かりました。そのかわり、抗生物質の活性化に関わるKatGと呼ばれるタンパク質が細胞ごとに確率的に発現し、発現状態に依存して生存能力に差を生んでいることを明らかにしました（図）。

細胞内タンパク質の確率的発現は、タンパク質の種類や、生物種を問わず一般的に見られる現象です。我々の結果は、遺伝的に同じ集団にも不可避に生じる遺伝子発現量の差のような状態差が、様々なストレスに対する集団の生存へ寄与している可能性を示唆しています。

Figure and Note



図：抗生物質イソニアジド（INH）投与下でのKatGの確率的発現
マイクロ流体デバイスを用いて抗生物質を投与しながら、KatGの発現パターンを1細胞レベルで計測した。その結果、KatGは一部の細胞のみで強く発現し、その細胞の生存確率を下げることを明らかにした。

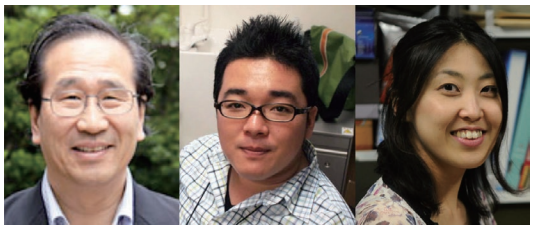
東京大学大学院 総合文化研究科
複雑系生命システム研究センター 若本研究室のメンバー

「生と死の境界はどこか？」「なぜ生物は様々な環境に柔軟に適応できるのか？」「なぜ発生はうまく進むのか？」「進化はどこまで予言できるのか？」。
我々の研究室では、生物の根幹に関わるいくつかの重要な問題に対し、細胞レベルでアプローチできる問題にフォーカスして、実験・理論の両面から研究を行っています。細胞の動態に関する高精度定量情報の取得を可能にする新しい測定技術の開発にも力を入れています。得られる定量情報の解析を通じて、現象の背景にあるシンプルな法則を見抜くことを夢見ています。

Science 1月11日号 REPORT
Science 11 January 2013: Vol. 339 no. 6116 pp. 193-196
DOI: 10.1126/science.1231451

結晶サイズの縮小化によって錯体フレームワーク内に現れる形状記憶ナノ細孔

Shape-Memory Nanopores Induced in Coordination Frameworks by Crystal Downsizing



左から北川 進、古川 修平、酒田 陽子

Contact

北川 進　**E-mail**：kitagawa@icems.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8302 京都市左京区吉田牛ノ宮町
古川 修平　**E-mail**：shuhei.furukawa@icems.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8501 京都市左京区吉田本町
URL：http://www.kitagawa.icems.kyoto-u.ac.jp/MC2/

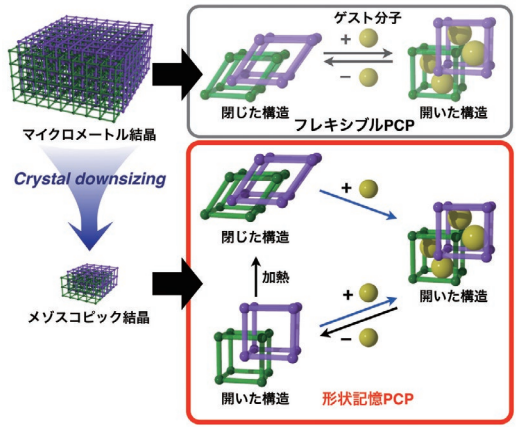
北川 進 *Susumu Kitagawa*
京都大学 物質ー細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）拠点長・教授
古川 修平 *Shuhei Furukawa*
京都大学 物質ー細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）准教授
酒田 陽子 *Yoko Sakata*
神戸大学大学院 理学研究科 化学専攻 特命助教（元WPI-iCeMS博士研究員）
近藤 美欧[1,2]　平井 健二[3]　堀毛 奈央[2]　高嶋 洋平[2]
上原 広充[2]　Nicolas Louvain[1,2]　Mikhail Meilikhov[2]
鶴岡 孝章[2,5]　磯田 正二[1]　高坂 亘[2]　坂田 修身[4]

[1] 京都大学 物質ー細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）
[2] 科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 ERATO 北川統合細孔プロジェクト
[3] 京都大学大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻
[4] 物質・材料研究機構（NIMS）中核機能部門 高輝度放射光ステーション
[5] 甲南大学 フロンティアサイエンス学部（FIRST）生命化学科

分子の吸着状態を「記憶」し「消去」するナノ細孔物質を発見

無機化合物はサイズによって全く別の機能が現れることが知られています。このサイズ効果は電子の性質に由来するものです。一方で、分子の動きに由来する現象におけるサイズ効果は全く知られていませんでした。本研究では、有機物と無機物からなる「多孔性金属錯体（PCPもしくはMOF）」というナノ細孔をもつ結晶性の多孔性材料を用いて、分子の動きに由来するサイズ効果を世界で初めて発見しました。PCPの中でも、分子を取り込む際にナノ細孔の構造を変化させるフレキシブルPCPに注目しました。この化合物は、分子を吸着する前はナノ細孔が閉じた構造であるのに対し、分子を吸着するとナノ細孔が開いた構造に変化し、分子を取り除くとまた閉じた構造に戻ります。このフレキシブルPCPの結晶サイズを数マイクロメートルから数十ナノメートル（メゾスコピック領域）まで小さくすると、分子を吸着したナノ細孔が開いた構造から分子を取り除いても閉じた構造に戻らず、開いた構造を「記憶」していることがわかりました。また開いた構造を加熱により閉じた構造へ戻すことにも成功し、分子の吸着情報をナノ細孔の構造により「記憶」し「消去」できる形状記憶ナノ細孔を合成することが可能となりました。この研究により、多孔性材料に加えてタンパク質結晶、有機ポリマー結晶など有機結晶中での分子の動きによる新しい機能を産み出す研究や、物質の優れた貯蔵、分離機能の科学と技術の開発に寄与することが期待されます。

Figure and Note



図：フレキシブルPCPの結晶ダウンサイズによる形状記憶効果の発現
結晶サイズを小さくするとフレキシブルPCPから形状記憶PCPへと変化します。これは結晶サイズを小さくする事に伴い、構造の柔らかさが徐々に堅くなり、分子を取り除いても開いた構造を維持するためです。

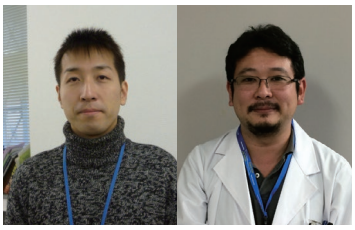
京都大学
物質 ― 細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）
北川研究室メンバー

北川研究室では、1nmよりも小さいサイズから数nmのサイズにわたる大きさの空間をもつ多孔性材料を開発し、その空間内に取り込まれた分子やイオンが主役となって引き起こすサイエンスを研究しています。私たちが対象とするこの多孔性材料は、無機 ― 有機ハイブリッド材料である多孔性金属錯体（PCP）です。現在、我々が開発してきたこれら材料を地球環境・エネルギー問題解決へ応用したり、さらには細胞生物学へ応用することで新しいサイエンスを拓きつつあります。

Science 1月11日号 REPORT
Science 11 January 2013: Vol. 339 no. 6116 pp. 211-214
DOI: 10.1126/science.1227166

ヒストン脱アセチル化酵素に対する内在性阻害因子β-ヒドロキシ酪酸による酸化ストレス抑制

Suppression of Oxidative Stress by β-Hydroxybutyrate, an Endogenous Histone Deacetylase Inhibitor



左から島津 忠広、白川 康太郎

島津 忠広 *Tadahiro Shimazu*
理化学研究所 眞貝細胞記憶研究室 研究員

白川 康太郎 *Kotaro Shirakawa*
京都大学大学院 医学研究科 血液・腫瘍内科学 助教

Matthew D. Hirschey[1,2] John Newman[1,2] Wenjuan He[1,2] Natacha Le Moan[3] Carrie A. Grueter[4,5] Hyungwook Lim[1,2] Laura R. Saunders[1,2] Robert D. Stevens[6] Christopher B. Newgard[6] Robert V. Farese Jr.[2,4,5] Rafael de Cabo[7] Scott Ulrich[8] Katerina Akassoglou[3] Eric Verdin[1,2]

[1] Gladstone Institute of Virology and Immunology
[2] Department of Medicine, University of California
[3] Gladstone Institute of Neurological Disease
[4] Gladstone Institute of Cardiovascular Disease
[5] Department of Biochemistry and Biophysics, University of California
[6] Sarah W. Stedman Nutrition and Metabolism Center, and Departments of Pharmacology and Cancer Biology and Medicine, Duke University Medical Center
[7] Laboratory of Experimental Gerontology, NIA, NIH
[8] Department of Chemistry, Ithaca College

Contact

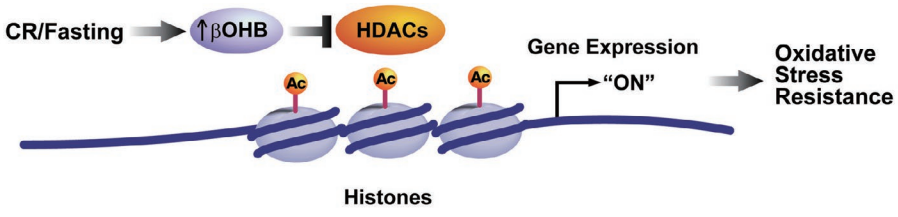
島津 忠広 **E-mail**：tshimazu@riken.jp
所在地：351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
U R L：http://shinkai.riken.jp/（2014年4月以降 閲覧可能）

白川 康太郎 **E-mail**：kotash@kuhp.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8507 京都市左京区聖護院河原町54
U R L：http://www.kuhp.kyoto-u.ac.jp/~hemonc/

ケトン体β-ヒドロキシ酪酸はヒストン修飾を介して転写を制御する

アセチルCoAやNAD$^+$の濃度はヒストンのアセチル化状態に影響を及ぼすなど、生体における代謝の状態は遺伝子の転写制御と関連することが明らかになってきました。この論文において、筆者らは生体における代謝産物であるβ-ヒドロキシ酪酸がクラスIヒストン脱アセチル化酵素を特異的に阻害することを明らかにしました。β-ヒドロキシ酪酸をマウスへ投与するとヒストンのアセチル化レベルが上昇したのに加え、β-ヒドロキシ酪酸の蓄積する飢餓状態あるいはカロリーを制限したマウスの組織においてもヒストンのアセチル化のレベルは亢進していました。さらに、β-ヒドロキシ酪酸によるクラスIヒストン脱アセチル化酵素の阻害は転写状態のグローバルな変化をともない、酸化ストレス耐性遺伝子である*Foxo3a*遺伝子や*Mt2*遺伝子の発現も上昇することが判明しました。β-ヒドロキシ酪酸の処理により*Foxo3a*遺伝子および*Mt2*遺伝子のプロモーター領域におけるヒストンのアセチル化が亢進すること、さらにHDAC1あるいはHDAC2のノックダウンはこれらの遺伝子の発現を亢進することが明らかになりました。以上の現象と一致して、マウスにβ-ヒドロキシ酪酸を投与すると酸化ストレスに対して耐性を示すことが明らかになりました。

Figure and Note



図：β-ヒドロキシ酪酸による転写制御モデル

飢餓状態やカロリー制限によってケトン体β-ヒドロキシ酪酸濃度が上昇するとクラスIヒストン脱アセチル化酵素が阻害されてヒストンのアセチル化が上昇する。これにより酸化ストレス耐性遺伝子の発現が上昇し、酸化ストレスに耐性を示す。

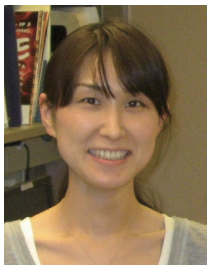
カリフォルニア大学 サンフランシスコ校 グラッドストーン研究所 Verdin研究室メンバー

本研究はカリフォルニア大学留学中に、代謝産物による転写調節に注目して研究しているEric Verdin教授の下で行った研究になります（写真は当時のラボメンバー）。現在、筆者らはそれぞれ理化学研究所および京都大学医学部において、ヒストンメチル化酵素などのエピジェネティクス調節因子についての研究や、HIVの潜伏感染のメカニズムについての研究を行っています。熱意と好奇心にあふれた大学院生の参加をお待ちしています。

Science 1月18日号 REPORT
Science 18 January 2013: Vol. 339 no. 6117 pp. 335-339
DOI: 10.1126/science.1226931

思春期のストレスはグルココルチコイドを増やし、エピジェネティックにドパミン作動性ニューロンの遺伝子発現を抑える

Adolescent Stress-Induced Epigenetic Control of Dopaminergic Neurons via Glucocorticoids



丹羽 美苗 *Minae Niwa*
Postdoctoral fellow, Department of Psychiatry and Behavioral Sciences, Johns Hopkins University School of Medicine
Hanna Jaaro-Peled[2] Stephanie Tankou[2] Saurav Seshadri[2] 疋田 貴俊[2,4]
松本 友里恵[1,3] Nicola G. Cascella[2] 加野 真一[2] 尾崎 紀夫[3] 鍋島 俊隆[1,5] 澤 明[2]
[1] 名城大学大学院薬学研究科 薬品作用学
[2] Department of Psychiatry and Behavioral Sciences, Johns Hopkins University School of Medicine
[3] 名古屋大学大学院医学系研究科 精神医学
[4] 京都大学大学院医学研究科 メディカルイノベーションセンター
[5] 名城大学薬学部 地域医療薬学

Contact
E-mail：mniwa1@jhmi.edu
所在地：600 North Wolfe Street, Meyer 4-150, Baltimore, MD 21287
U R L：http://www.hopkinsmedicine.org/psychiatry/specialty_areas/schizophrenia/research/molecular_psychiatry/

遺伝環境要因の相互作用による精神疾患の発症機構を解き明かす

成長・発達期に受けた心理的ストレス等の環境要因が、成長後にも影響し、うつ病など精神疾患の発症に関わります（図1）。しかし、成長・発達期の環境要因がどのように作用して、その後の脳の発達や行動パターンに影響を与えるかは、明らかにされていませんでした。

今回の研究は、精神疾患の遺伝要因を持ったマウスに、隔離飼育によりストレスを負荷した結果、ストレスホルモンの上昇を介して、脳内ドパミン神経系に持続的なエピジェネティックな変化（DNA塩基配列の変化を伴わない）を起こし、この変化が成長後の行動に影響することを明らかにしました（図2）。

この研究は、生まれ持った遺伝要因と成長期の環境要因との相互関係が成長後にどの様にして影響を与えるかを明らかにしました。精神疾患の発症する仕組みの研究の進展や、発症を抑える予防法やストレスホルモンの過剰な働きを抑制する治療薬の開発等、精神疾患の新たな予防治療戦略への道が開かれることが期待されます。

Figure and Note

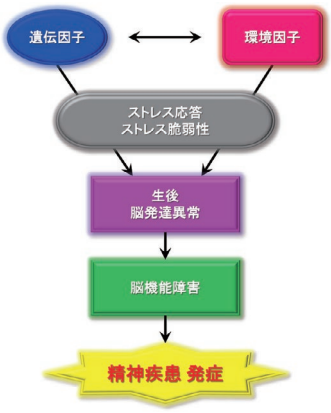


図1：遺伝環境要因の相互作用により精神疾患が発症する

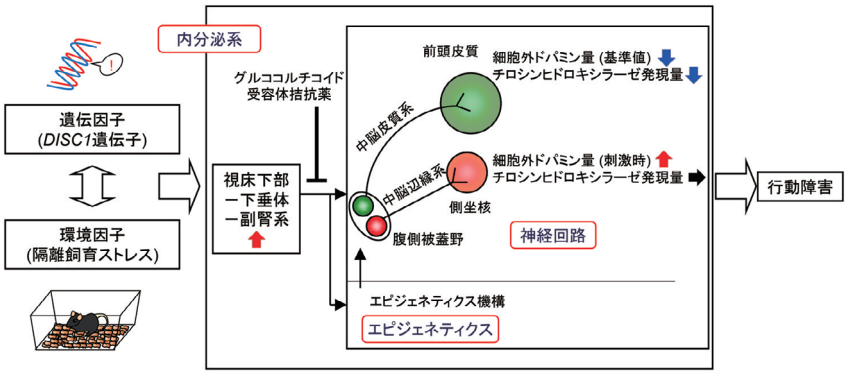


図2：精神疾患脆弱性遺伝子と思春期心理的ストレスの相互作用により、グルココルチコイドレベルの増加を介してエピジェネティック制御が起こる。それにより、ドパミン作動性神経系の異常および行動障害が引き起こされる。

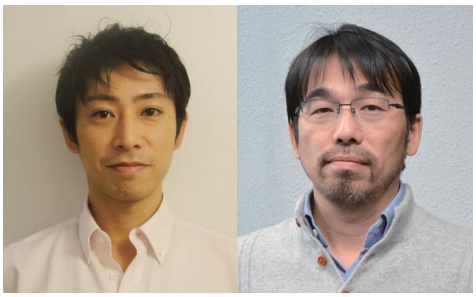
日本から世界に羽ばたいた研究

今回発表した研究に用いた遺伝子改変マウスは、約10年前に米国ジョンズホプキンス大学で作製されました。しかし、この遺伝子改変マウスの行動変化はわずかであり、実験材料として長年に渡り眠っていました。筆者が日本で行なっていた環境因子の研究をアレンジし、遺伝環境相互作用の観点から日米で研究を進めることによって、このマウスモデルは多くの発見をもたらしました。ぜひ様々な食材を（実験材料）、工夫を凝らしたレシピで（実験方法）、料理（研究）してみませんか?

Science 1月25日号 REPORT
Science 25 January 2013: Vol. 339 no. 6118 pp. 443-446
DOI: 10.1126/science.1227170

ショウジョウバエにおいて絶食はCREBのコアクチベーターCRTCを活性化することにより、長期記憶形成を促進する

Fasting Launches CRTC to Facilitate Long-Term Memory Formation in Drosophila



左から平野 恭敬、齊藤 実

平野 恭敬 *Yukinori Hirano*
京都大学大学院 医学研究科
メディカルイノベーションセンター SKプロジェクト 特定准教授
科学技術振興機構さきがけ

齊藤 実 *Minoru Saitoe*
東京都医学総合研究所 運動・感覚システム分野 学習記憶プロジェクト
プロジェクトリーダー・参事研究員

増田 朋子　長野 慎太郎　松野 元美
上野 耕平　宮下 知之　堀内 純二郎
東京都医学総合研究所 運動・感覚システム分野 学習記憶プロジェクト

Contact
平野 恭敬 **E-mail**：hirano@sk.med.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8507 京都市左京区聖護院川原町53
U R L：http://www.mic.med.kyoto-u.ac.jp/
齊藤 実 **E-mail**：saito-mn@igakuken.or.jp
所在地：156-8506 東京都世田谷区上北沢2-1-6
U R L：http://www.igakuken.or.jp/memory/

空腹状態になると記憶力があがる仕組みを発見

動物は経験した事柄を記憶することで、生存に有利な行動をとることができます。そのような記憶は動物の外的要因や内的要因に影響されるのでしょうか？ 今回私たちはショウジョウバエをモデル動物として用い、軽度の空腹状態では、長期的な記憶が作られないはずの弱い学習でも長期記憶が作られることを発見しました。通常の長期記憶は転写因子CREBとその結合タンパクCBPにより作られます。しかし空腹状態ではCREBと結合するCRTCが活性化し、弱い学習でも長期記憶が作られることをつきとめました。さらに空腹状態でのCRTCの活性化はインスリンシグナルの低下によることも明らかにしました。CRTCを活性化させれば、空腹状態でなくとも弱い学習で長期記憶を作ることができたことも注目すべき発見です。以上の結果から、ハエは食料が欠乏した環境下で空腹状態になると、CRTCを活性化させて長期記憶を作りやすい脳内環境を作り出すことがわかりました。

Figure and Note

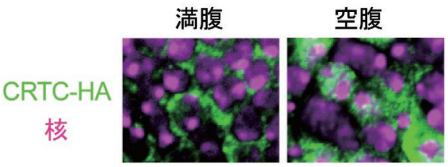


図1：空腹状態ではCRTCが核移行することで活性化する

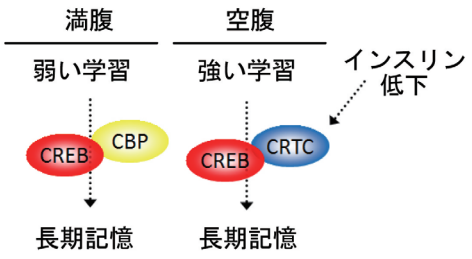
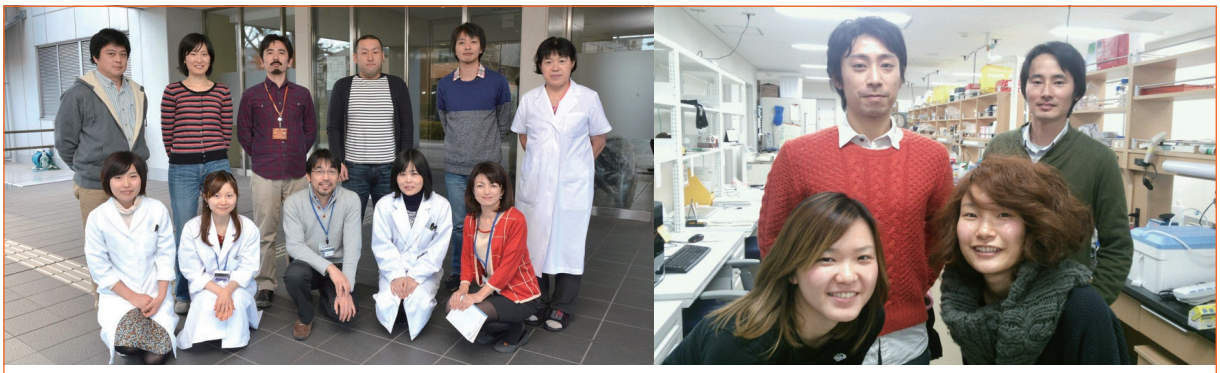


図2：空腹状態による長期記憶形成メカニズム



（左）東京都医学総合研究所 運動・感覚システム分野 学習記憶プロジェクト
（右）京都大学大学院 医学研究科 メディカルイノベーションセンター SKプロジェクト

齊藤研を卒業し京都大学でラボをスタートさせた平野は、エピジェネティクスによる記憶制御という視点から研究を行っています。記憶とは何か、記憶が作り出す我々の心とは何か、つかみどころのなかったこれらの問いに、今、科学で答えることができるのではないかと期待しています。ポスドク・学生、随時募集しています。

賢い脳とは　～記憶研究からの見解～

京都大学大学院 医学研究科　**平野 恭敬**

誰でも「賢い人」に憧れるに違いありません。しかし「賢い脳」とはどのような脳のことを言うのでしょうか？ 脳を持つのは、ヒトだけではありません。ヒトだけを見るよりも、他の動物を見てみると生物学的に賢い脳とは何か、答えが見えてきます。

ミツバチとショウジョウバエ、どちらが賢い脳を持つ？

ミツバチとショウジョウバエを比較してみましょう。ともに昆虫で形も似ていますが、ミツバチは巣を持ち、女王バチを中心とする社会性昆虫である一方、ショウジョウバエは巣がなく社会性も希薄です。ミツバチが初めて巣から出るときは必死に周囲を記憶し、餌を取って巣に帰るとき迷子にならないようにします。しかし、巣を持たずにいつも新たな餌場を探しているショウジョウバエはそのような行動はとりません。当然予想されることとして、ミツバチは場所を覚える脳を持っていますが、ショウジョウバエは場所を覚える脳は持っていないようです（ただ、簡単な視覚的サインは覚えるようです）。

では、場所を覚えられるミツバチのほうが賢いのでしょうか？ しかし近縁種の多さでは、現在繁栄を極めているのはミツバチよりもショウジョウバエなのです。すなわち生き残りという視点ではショウジョウバエのほうが賢い選択をしていると言えるかもしれません。どちらが優れているか、そして近縁種が多いことが繁栄と言えるのかなど、色々な見解があるとは思いますが、私個人としては、動物が選択した生き残り戦術に特化した脳、それが生物学的に「賢い脳」だと思います。

勉強もほどほどが良い？

次にヒトの話です。我々はいろいろなことをよく記憶する人を見て賢いと思います。世界最高の写真的記憶を持っていた人は、円周率を一目で覚えるなど、視覚情報を瞬時に記憶しました。しかし一方でその人には、なんと人の顔が覚えられないという欠点がありました。なぜなら人の顔には表情があるからです。表情込みでまるごと人の顔を覚えてしまうので、別の表情をしたとたん、別の人と認識してしまうのです。この実例は、人間社会ではある程度“適当に”記憶することが重要だということを教えてくれます。

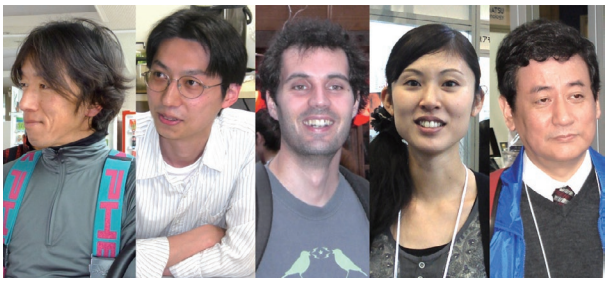
同様のことが、現代の情報化社会にも当てはまります。情報にあふれた社会を生き残るためにはよく記憶する脳が“賢い脳”だという考え方もあるでしょう。しかしながら、勉強しすぎると新しいものが生まれないとも言われます、つまり情報を記憶することだけにとらわれてしまうと、それをどう使うかということがおろそかになってしまうということです。現存の情報にとらわれ、脳が飽和状態になり、重要なことに気がつかなくなるからだと思います。ヒトにとって賢い脳とは、“ほどほどに”よく記憶する脳ではないかと、私は考えています。決して勉強をしないほうがいいというわけではありません。ヒトの財産である知識を捨ててヒトの繁栄はありえないでしょう。そうではなく、ヒトが生き残るには記憶力と情報処理能力のバランスがとれた脳が必要だということです。

では実際に、脳は適度に記憶するという性質を持ち合わせているのでしょうか？ ショウジョウバエは空腹時に記憶力が高まることがわかり、さらにその仕組みが我々の発見で明らかになりました。逆の言い方をすれば、より記憶することが可能であるのに、十分な食物があるときには、記憶力を適度に抑えているということです。他にも、このように記憶を適度に抑える仕組みがあると私は考えています。現代神経科学の発展により、ようやく我々は脳を知り始めたところです。我々がなぜヒトという生物種として賢い脳を持つのか、その根源的なメカニズムを知りたいと思いませんか？

Science 2月1日号 REPORT
Science 1 February 2013: Vol. 339 no. 6119 pp. 571-574
DOI: 10.1126/science.1229262

葉緑体の内包膜における タンパク質トランスロコンの解明

Uncovering the Protein Translocon at the Chloroplast Inner Envelope Membrane



左から中井 正人、菊地 真吾、Jocelyn Bédard、平野 美奈子、井出 徹

Contact

中井 正人 **E-mail**：nakai@protein.osaka-u.ac.jp
所在地：565-0871 吹田市山田丘3-2
U R L：http://www.protein.osaka-u.ac.jp/enzymology/nakaiJ.html

中井 正人 *Masato Nakai*
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 准教授

菊地 真吾 *Shingo Kikuchi*
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 特任研究員

Jocelyn Bédard
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 外国人特別研究員

平野 美奈子 *Minako Hirano*
光産業創成大学院大学 光バイオ分野 講師

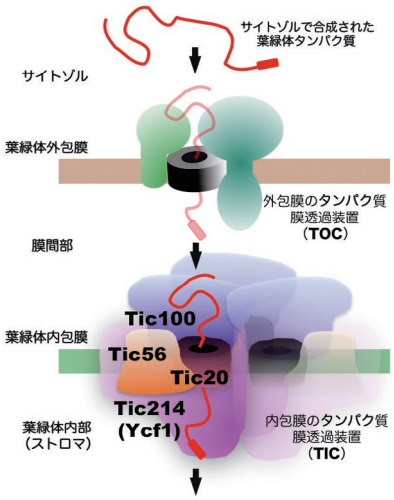
井出 徹 *Toru Ide*
光産業創成大学院大学 光バイオ分野 教授（現 岡山大学）

平林 よしの　大石 摩耶　今井 緑　高瀬 麻衣
大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室

生命が進化の過程で生み出した タンパク質膜透過装置の一つが明らかに

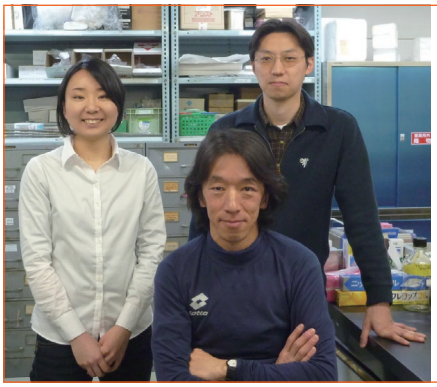
2千種類を超える葉緑体タンパク質の多くは核ゲノムコードで、葉緑体の外、サイトゾルで合成されるため、これらを特異的に輸送する分子装置が葉緑体を包む膜には存在しています。葉緑体を包む2重膜のうち、内包膜のタンパク質膜透過装置トランスロコンについては異論も多く良く分かっていませんでした。われわれは、この葉緑体内包膜のトランスロコンの中核タンパク質を決定し、それに精製用のタグ配列を付加したシロイヌナズナの形質転換植物を利用する事で、このトランスロコンを分子量100万の複合体のまま精製する事に成功し、その全構成因子を同定しました。また、精製複合体が、輸送される葉緑体タンパク質と相互作用する膜チャネルとして機能する事を示しました。葉緑体の進化や植物の進化に関して新たな知見を与える研究成果であると同時に、生物が長い進化の過程で生み出してきた数少ないトランスロコンの一つが、本研究により明らかにされたことになります。今後、生体膜を隔てて蛋白質を輸送するという重要な細胞構築の基本原理の理解に貢献していくと期待されます。

Figure and Note



図：従来の通説を覆す新発見となった、今回、シロイヌナズナの葉緑体内包膜に同定されたTICトランスロコンのモデル図

驚いた事に、Tic214は、長年その機能が謎とされていた葉緑体ゲノム上の必須遺伝子*ycf1*の発現産物であった。Tic20, Tic56, Tic100は核コードである。このトランスロコンは、緑藻が進化した段階でほぼ原型が出来、その後、陸上植物の出現の時期に完成したと考えられる。



大阪大学 蛋白質研究所 生体反応統御研究室 中井准教授グループ

葉緑体タンパク質輸送の分子機構の完全理解を目指します。シアノバクテリアの内共生から生じたとされる葉緑体が、藻類や植物の進化に伴い、輸送機構をどう変化させてきたかに関しても、国内外の共同研究とともに進めています。生化学的解析に加え、*in vivo* significance（生体内での意義）の確認を大切にしています。電顕観察や結晶解析による構造研究にも発展させる予定です。私（中井）自身も含め各人が2～3人分の実験をこなす少数精鋭のグループですが、多くの若い人の参画を期待します。

写真：現在のメンバー。
中井 正人 准教授（中央）、菊地 真吾 研究員（右）と大学院生の小谷 佳子（左）。

Science 2月8日号 REPORT
Science 8 February 2013: Vol. 339 no. 6120 pp. 682-684
DOI: 10.1126/science.1231345

ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼの機能を模した水素からの電子・ヒドリドイオン移動触媒

A Functional [NiFe] Hydrogenase Mimic That Catalyzes Electron and Hydride Transfer from H_2

小江 誠司 *Seiji Ogo*
九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 / 大学院工学研究院 教授
市川 幸治[1]　木島 崇宏[1]　松本 崇弘[1,2]　中井 英隆[1]　日下 勝弘[3]　大原 高志[4]
[1] 九州大学大学院 工学研究院応用化学部門
[2] 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
[3] 茨城大学 フロンティア応用原子科学研究センター
[4] 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

Contact
E-mail：ogotcm@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp
所在地：819-0395 福岡市西区元岡744
U R L：http://web.cstm.kyushu-u.ac.jp/ogo/

水素活性化酵素ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼの完全モデル化に成功

安全かつクリーンで持続可能なエネルギーを供給することは、21世紀の重要な課題の一つです。水素（H_2）はそのエネルギーキャリアーとしての役割を担っていけるかどうかが問われています。自然界では、水素活性化酵素「ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼ」が常温常圧という温和な条件で、エネルギーキャリアーである水素から電子（e^-）・ヒドリドイオン（H^-）を取り出していますが、これまでその反応を人工的に行うことはできませんでした。私たちはこの酵素のモデル触媒として、図1のニッケル－鉄触媒を開発し、常温常圧で水素からの電子・ヒドリドイオンの抽出に成功しました（図2）。結晶構造の解明により、水素を活性化した後に生成するヒドリドイオンがニッケルではなく、鉄に結合していることを明らかにしました（図1）。本研究により、ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼによる水素活性化のメカニズムの解明と、貴金属フリー触媒による水素活性化の研究が飛躍的に前進しました。

Figure and Note

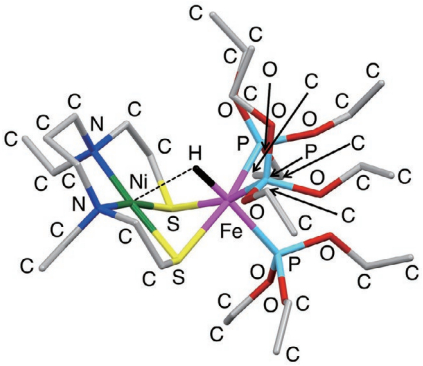


図1：水素（H_2）から電子（e^-）・ヒドリドイオン（H^-）を取り出すニッケル－鉄触媒
自然界のニッケル－鉄ヒドロゲナーゼと同様の機能を持つ、人工モデル触媒（図2の2）の構造

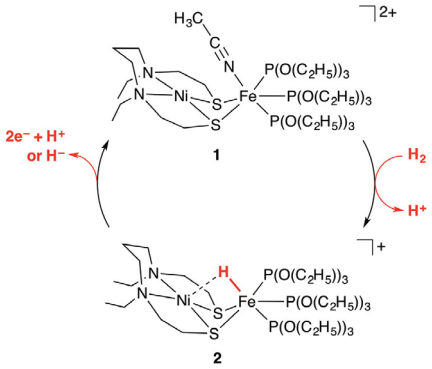


図2：ニッケル－鉄触媒を用いた水素からの電子の抽出メカニズム（H_2：水素分子、e^-：電子、H^-：ヒドリドイオン）
触媒1が常温常圧で水素を活性化し触媒2になり、触媒2が電子・ヒドリドイオンを放出し触媒1に戻ります。

異分野の融合と同時進行の重要性

私たちの研究グループは3つの研究チーム：「バイオチーム」、「分子モデルチーム」、「応用技術チーム」から成っています。それぞれのチームが「生命機能の解明」、「生命機能のモデル化」、「応用技術の開発」を命題としています。今回の研究テーマ「水素からの電子抽出」では、バイオチームは「新規ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼの採取・精製」に、分子モデルチームは「ニッケル－鉄ヒドロゲナーゼの完全モデル化」に（本サイエンス誌に掲載）、応用チームは「分子触媒による水素燃料電池の開発」に成功しました。今回の成果は、3つの異なる研究チームが機能的に融合し、研究を同時進行した結果です。

Science 2月8日号 REPORT
Science 8 February 2013: Vol. 339 no. 6120 pp. 687-690
DOI: 10.1126/science.1229379

2011年東北地方太平洋沖地震時断層変位が最も大きいエリアの応力状態

Stress State in the Largest Displacement Area of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake

林 為人 *Weiren Lin*
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地震断層研究グループ グループリーダー
Marianne Conin[1] J. Casey Moore[2] Fredrick M. Chester[3] 中村 恭之[4]
ジェームス モリ[5] Louise Anderson[6] Emily E. Brodsky[2] 江口 暢久[4]
IODP第343次航海乗船研究者一同

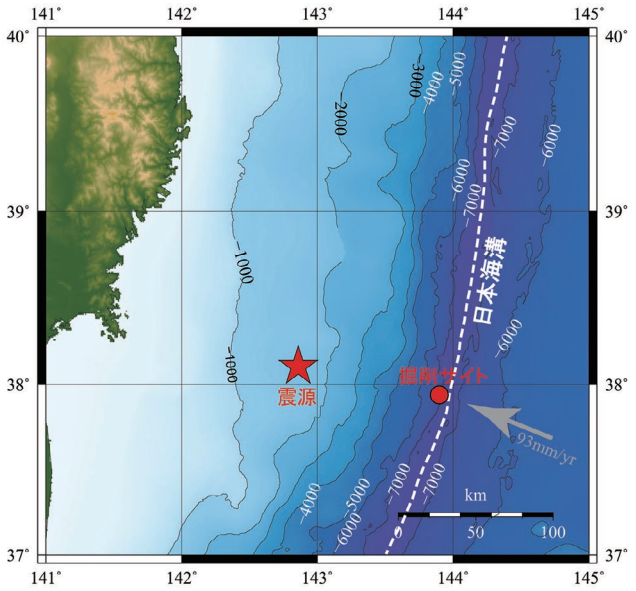
[1] CEREGE
[2] University of California
[3] Texas A&M University
[4] 海洋研究開発機構
[5] 京都大学 防災研究所
[6] University of Leicester

Contact
E-mail：lin@jamstec.go.jp
所在地：783-8502 高知県南国市物部乙200
U R L：http://www.jamstec.go.jp/seika/pub-j/res/ress/lin/index.htm

なぜ東北地震時断層すべり量は海溝付近でさらに大きくなったか

東北地方太平洋沖地震調査掘削プロジェクト（略称JFAST）は、巨大津波の原因を解明するために、断層すべり量が最も大きい領域内（仙台の東方約270km、日本海溝の手前6km、水深約7km）で、掘削船「ちきゅう」を用いて北米プレートと太平洋プレートの境界に位置する震源断層を掘り抜きました。掘削孔壁の部分崩壊現象（Breakoutと呼ぶ）の解析から震源断層近傍の応力状態（力のかかり具合）を測定することに成功しました。その結果、東北地震と同じタイプの逆断層すべりを起こす横押しの力は地震後にほぼ完全に解放され、いわゆる正断層型になっていたことを明らかにしました。また、本掘削による地層の層理や小断層の構造解析に基づき、既存の研究成果をも考慮して、地震前の応力状態は横押しの力が強い逆断層型であったと推定しました。この地震前後の応力状態の変化は、日本海溝付近のプレート境界浅部断層が深部の震源から始まった破壊を受けてすべり出し、応力とエネルギーを解放しながら断層のすべり量をさらに増幅させた結果、津波の巨大化を招いたことを示しています。

Figure and Note



図：東北地震の震源位置とJFASTの掘削サイト

掘削船「ちきゅう」を用いて、断層すべり量のもっとも大きい海域で掘削し、応力状態を調べた結果、プレート境界断層の浅部域は応力解放したため、すべり量を増幅させ、津波の巨大化を招いたことが示されました。

「ちきゅう」による科学海洋掘削の世界新を達成した瞬間

本論文に用いた生データが得られた掘削孔C0019Bにおいては、掘削目標深度に到達したとともに、海洋科学掘削史上、世界最深記録を達成しました。水深約6,884mの海底からさらに約856m掘削して、海面から約7,740mというこれまでで最も深いところに到達しました。写真は、一部の乗船研究者がその達成直後に船上のライブラリルームで撮影したものです。

地球深部探査船「ちきゅう」が明かす地中の謎

海洋研究開発機構 高知コア研究所 所長　木下 正高
同 地震断層研究グループ グループリーダー　林 為人

宇宙探査機「はやぶさ」は1.4億kmもの距離を旅し、我が太陽系、そして地球の起源の謎を解明するために小惑星のサンプルを持ち帰ってきました。一方、地球内部のサンプル、コア試料を取るための掘削では、人類はこれまで最深で地下10km程度、海底下ではせいぜい2kmまでしかたどり着けていません。海底のさらに奥の世界は、ある意味宇宙よりも遠いと言えますが、そこには「知的な宝」が隠されています。

深海での大深度掘削に挑む「ちきゅう」

教科書に載っている海底下の構造（堆積層、海洋地殻、マントル）は、最初は地震波などから推定されたものでした。しかし地球の進化の様子を理解するためには、実際にこれらの物質を地下から採取し、その成分や起源、物理的性質を計測することが必要です。1961年に人類最初の海洋科学掘削が開始されて以来、海洋地殻とその下のマントルを掘削する計画が米国で進められたものの、当時の技術ではマントルにたどり着くことはできませんでした。しかし海洋地殻の掘削によって、現在地球科学の根幹をなす「プレートテクトニクス理論」が実証されました。

マントル物質はいまだに得られていません。また、日本近海など沈み込み帯では、巨大地震の仕組みを理解するため、プレート境界（巨大逆断層）を掘削してサンプルを得ることが求められています。どちらも水深2,000～4,000mという深海での掘削作業になり、その上海底から5,000～7,000mの大深度掘削になるという、二重のチャレンジです。

©JAMSTEC

掘削作業は、1本の直径13センチの掘削管に全てがかかっています。これを掘削船のモーターで回転させ先端につけたビット（刃）で地層をくりぬいていきます。また、深くなると、地層中の圧力が増大し掘った先から孔（あな）が崩れてしまいます。この地層圧力に対抗するため、その圧力に見合った「重い水（泥水（でいすい））」を、掘削管内を通じて送り込みます。様々な成分を混合した泥水は、掘った孔にセメントのように作用して孔壁を保護する役目も果たします。また、とても高価なのでこれを循環して使用しなければいけません。

このような作業を可能にするために日本で建造されたのが、地球深部探査船「ちきゅう」です。総延長10,000mの掘削管の外側に泥水を吸い上げるための「ライザー管」を据えることで、泥水循環システムを確立した「ちきゅう」は、水深2,500mまでライザー掘削を行うことが可能です。

めざせ、初の「生」マントル回収！

2007年以来、最初のターゲットである、南海トラフ地震発生帯断層からの断層サンプルの回収の試みを始め、今も作業が続いています。水深2,000mでの作業は2014年1月時点で海底下3,000mに到達し、最初の断層まであと2,000mと迫っています。年間4～6cmの速さで本州の下に沈み込む海洋プレートが、この断層面を通じて本州ブロックを引き摺り込むことで、巨大地震の莫大なエネルギーを蓄積していると考えていますが、その断層面がどうなっているのか、「生」断層ゲットまであと1年です。

©JAMSTEC

次のターゲットはマントルです。それを狙える最良の場所は水深が4,000mとなるので、2,500mより長くても壊れることのない、新たなライザー管を開発中です。その完成を待って、人類初の「生」マントル回収を目指します。しかし、マントルのサンプルを取ることがゴールではありません。海洋地殻の全断面を解明することで、おそらくプレートテクトニクス理論が書き換えられることになるだろうと感じています。

「ちきゅう」には25名の研究者が1～2ヵ月程度乗船し、地層や天候など、刻々と変化する状況に科学者の知恵を集結して対応します。日々繰り広げられるドリラー達の現場、そして地球から贈られた奇跡のコア試料を目の当たりにするのも、悪くないものです。あなたも私たちとともに、この興奮を共有しませんか？

Science 2月15日号 REPORT
Science 15 February 2013: Vol. 339 no. 6121 pp. 807-811
DOI: 10.1126/science.1231160

超新星残骸からの π中間子崩壊に特有なガンマ線放射の検出

Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants

左から田中 孝明、内山 泰伸

田中 孝明 *Takaaki Tanaka*
京都大学大学院 理学研究科 物理学第二教室 助教
内山 泰伸 *Yasunobu Uchiyama*
立教大学理学部 物理学科 准教授
Stefan Funk[1]　田島 宏康[2] et al.
[1] Associate Professor, Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, Stanford University
[2] 名古屋大学 太陽地球環境研究所 教授
全著者リスト：http://www.sciencemag.org/content/339/6121/807.abstract

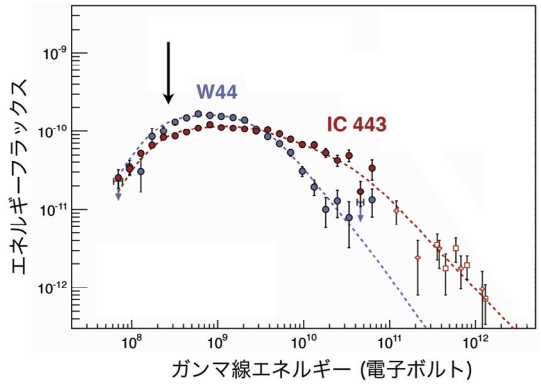
Contact　田中 孝明　**E-mail**：ttanaka@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8502 京都市左京区北白川追分町

宇宙線の起源が超新星残骸であるとする説を裏付ける証拠を発見

地球には絶え間なく高エネルギー粒子が降り注いでいます。これを宇宙線と呼びます。宇宙線は約100年前に発見されていますが、その起源については長い間決着がついていませんでした。その有力な候補としては、星が一生を終える際の爆発の痕跡、超新星残骸が挙げられます。実際に、最近の観測によって宇宙線の電子成分の起源が超新星残骸であるという証拠が得られています。しかしながら、宇宙線の約90%は陽子です。したがって、宇宙線陽子の起源を探る必要がありました。

私たちは、IC 443とW44と呼ばれる2つの超新星残骸について、フェルミ・ガンマ線望遠鏡による観測データを解析しました。得られたスペクトル（図）から、これらの超新星残骸からのガンマ線放射が中性パイ中間子の崩壊に由来するものだということがわかりました。中性パイ中間子は高エネルギー陽子が周囲のガスと衝突することにより生成されます。これが短い時間に崩壊してガンマ線を出すのです。この放射が検出されたことで、宇宙線陽子の起源が超新星残骸であるという説が確かなものとなったと言えます。

Figure and Note



図：超新星残骸IC 443とW44のガンマ線スペクトル
塗りつぶしの点がフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡で得られたスペクトルです。黒い矢印で示されたエネルギーより低い側でエネルギーフラックスが急激に小さくなっています。これが中性パイ中間子の崩壊の特徴です。

フェルミ・チームでの日本人の活躍

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡のチームには各国から数100名の科学者が参加しています。日本チームは観測装置の開発段階から参加しています。日本人研究者は、2008年の打ち上げ以降、データ解析でも活躍しています。特に、本論文も含め超新星残骸に関してフェルミ・チームが発表した論文の多くは日本人研究者が主導しています。

超新星残骸IC 443。マゼンタがフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡で得られたガンマ線画像。黄色は可視光、青、水色、緑、赤は赤外線で得られている画像。
（NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration, Tom Bash and John Fox/Adam Block/NOAO/AURA/NSF, JPL-Caltech/UCLA）

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡ってどんな望遠鏡？

日本フェルミ衛星グループ 日本代表 広島大学大学院 理学研究科 教授　深沢 泰司

私達は、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡を使って、宇宙からやってくるガンマ線を観測しています。このガンマ線は、放射性同位体が発生するガンマ線よりも1,000倍以上もエネルギーの高い電磁波の一種で、加速器施設でないと発生できません。このガンマ線を観測することで、超新星爆発やブラックホールの発生など、宇宙で何が起こっているのかを知ることができます。そこから宇宙の謎に迫るのが研究の大きな目的です。

さて、このフェルミガンマ線宇宙望遠鏡は、普通の光学望遠鏡とは姿かたちが全く異なる望遠鏡です（図1）。鏡を持たない大きな箱型の装置で、どちらかというと加速器実験施設にあるような装置です。大きさは1.8m四方、高さは0.72mで、重量は2,789kgもあります。

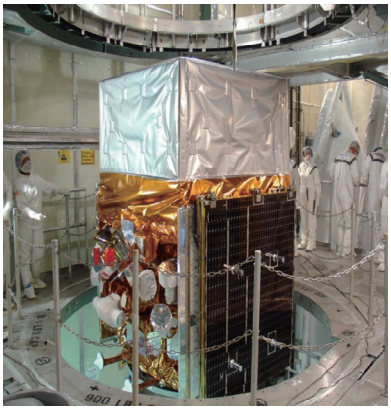


図1：フェルミ衛星全体の写真。上部の銀色の膜で覆われた部分がガンマ線宇宙望遠鏡。
（NASA/GSFC and Fermi-LAT collaboration）

最先端の日本製センサー

望遠鏡の中には、いろいろな装置が組み込まれていますが、最も大事な部分は、シリコンストリップセンサー（図2）と呼ばれるものです。天体からのガンマ線が望遠鏡に入ると、望遠鏡の中にあるタングステンと反応して電子陽電子ペアという粒子になります。この粒子が何層にも重ねられているシリコンストリップセンサーを通過すると、通過した場所から信号が出ることにより、粒子がどこを通ったかを知ることができます。粒子はほぼ直線状に走るので、それを逆に戻して空に投影すると、どの天体からガンマ線が来たのかがわかる、という仕組みです。シリコンストリップセンサーは、広島大学のグループと浜松ホトニクスが開発した日本製品です。正方形のセンサー上に0.228mm間隔で384本の細いセンサーが縞状に並ぶ構造をしており、反応位置の1次元情報がわかります。これを交互に90度回転させて重ねると、反応の位置が3次元でわかることになります。このシリコンストリップセンサーが全部で約1万枚も使われています。

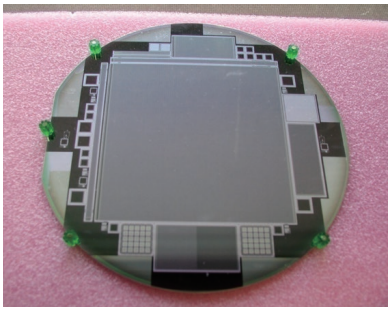


図2：フェルミガンマ線宇宙望遠鏡を構成しているシリコンストリップセンサー。（広島大学）

シリコンストリップセンサー36層の下には、CsIシンチレータと呼ばれる粒子のエネルギーを計測する構造があります。さらにシリコンストリップとCsIシンチレータは、プラスチックシンチレータと呼ばれる薄いプラスチックで覆われており、ガンマ線以外の宇宙線を除去するための信号を出します。これらのシンチレータは光の信号を出すのですが、その光を捉えるセンサーとして同じく日本の浜松ホトニクスの製品が使われています。ですから、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡は、日本の技術がふんだんに使われている観測装置なのです。

世界をつなぐプロジェクト

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡は、日本、アメリカ、イタリア、フランス、スウェーデンの国際協力により、Gamma-ray Large Area Space Telescope（GLAST）計画として約5年かけて製造されました。その後、衛星打ち上げまでに、さまざまな試験を行って壊れないことを確認した後に、2008年6月12日にNASAのケネディ宇宙センターがあるケープ・カナベラルから打ち上げられました。フェルミガンマ線宇宙望遠鏡と名付けられたのは、打ち上げ後の2008年8月27日のことです。

5年間の観測を経て、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡は100個を超える新しいガンマ線パルサーを発見し、光速度不変原理の検証、ブラックホールから噴き出す宇宙ジェットの構造解明、宇宙線陽子の生成源の特定、新たな粒子加速機構の兆候の発見、暗黒物質の探査など、天文学の躍進に大きく貢献しています。現在も順調に観測を続けており、少なくとも今後さらに5年間は観測を続けられると期待されています。

Science 3月1日号 REPORT
Science 1 March 2013: Vol. 339 no. 6123 pp. 1067-1070
DOI: 10.1126/science.1230082

KNOX2遺伝子は陸上植物の複相で単相の形態形成を抑制している

KNOX2 Genes Regulate the Haploid-to-Diploid Morphological Transition in Land Plants

榊原 恵子 *Keiko Sakakibara*
広島大学大学院 理学研究科 生物科学専攻 特任助教
（現 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 発生進化研究室 助教）
安藤 沙友里[1,2] Hoichong Karen Yip[3] 玉田 洋介[1,4] 日渡 裕二[1,4]
村田 隆[1,4] 出口 博則[5] 長谷部 光泰[1,2,4] John L. Bowman[3,6]
[1] 基礎生物学研究所 生物進化研究部門
[2] 科学技術振興機構ERATO 長谷部分化全能性進化プロジェクト
[3] Section of Plant Biology, University of California, Davis
[4] 総合研究大学院大学 生命科学専攻
[5] 広島大学大学院 理学研究科 生物科学専攻
[6] School of Biological Sciences, Monash University

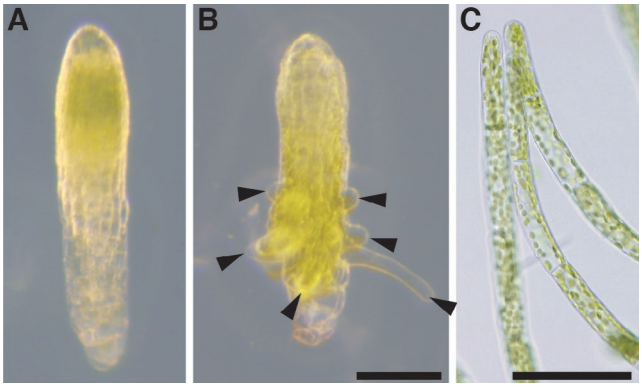
Contact
E-mail：bara@biol.s.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 文京区本郷7-3-1

160年来の謎、陸上植物の世代交代を制御する因子の発見

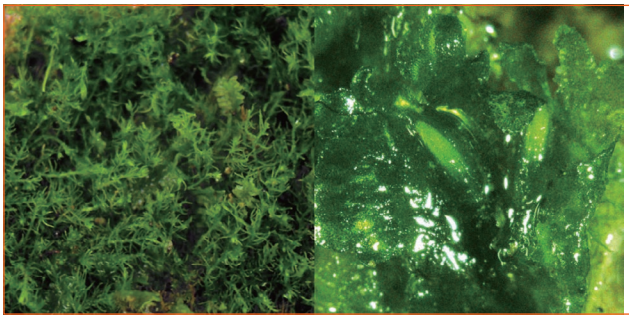
真核生物は生活環の中に染色体を1組持つ時期（単相）と2組持つ時期（複相）を持ちます。その中でも陸上植物は、単相と複相で形の異なる多細胞体を作り、それらが受精と減数分裂によって切り換わることが知られており、この現象は「世代交代」と呼ばれています。陸上植物はシャジクモ藻類から進化して来たと考えられていますが、陸上植物に最も近縁と考えられている現生のシャジクモ藻類の複相は単細胞の受精卵のみであり、減数分裂を経てすぐに単相へと移行するので、陸上植物の進化の過程で複相の多細胞化が起こったと考えられています。

私たちは陸上植物ヒメツリガネゴケを用いて、複相から単相への世代交代のスイッチとして働く遺伝子KNOX2を発見しました。この遺伝子が機能しないと、複相で単相の多細胞体に似た組織が分化します（図）。このことからKNOX2遺伝子は複相で単相の体作りを抑制していると考えられました。KNOX2遺伝子は、陸上植物の複相の体作りに重要な分裂組織の維持に働くKNOX1遺伝子の姉妹にあたる遺伝子です。陸上植物の進化の初期に祖先的なKNOX遺伝子が重複により2個になり、KNOX1遺伝子が複相の分裂組織を維持する機能を、KNOX2遺伝子が複相で単相の体作りを抑制する機能を獲得したことで、複相の多細胞化が実現したと考えられます。今後、これらの遺伝子の機能をさらに解析することで、複相の多細胞化、巨大化という陸上植物の進化の謎を解明できると期待しています。

Figure and Note



図：KNOX2遺伝子が機能しないと、複相に単相様組織が作られる。
（A）ヒメツリガネゴケ複相組織。（B）KNOX2遺伝子が機能しない複相組織。矢尻は、通常なら複相で作られることのない単相様組織。（C）ヒメツリガネゴケ単相組織。KNOX2遺伝子は複相から単相への切換えが起こらないように抑制していると考えられる。スケールは100μm。



コケ研究仲間募集中!!

陸上植物の進化の過程で最初に分岐した一群であるコケ植物を使って、陸上植物の進化を研究しています。本研究で用いたヒメツリガネゴケ以外にも、魅力的な材料はたくさんあります。さらに、コケ植物と、陸上植物に近縁なシャジクモ藻類あるいは後に出現した維管束植物や被子植物とを比較することで、陸上植物の進化の道筋を探ることができます。一緒に研究したいという方は、ぜひご連絡ください！

左：ナンジャモンジャゴケ、右：ヤマトツノゴケモドキ

Science 3月15日号 REPORT
Science 15 March 2013: Vol. 339 no. 6125 pp. 1305-1308
DOI: 10.1126/science.1229240

海嶺翼部の深部に埋没した玄武岩における微生物の炭素と硫黄循環の証拠

Evidence for Microbial Carbon and Sulfur Cycling in Deeply Buried Ridge Flank Basalt

左から稲垣 史生、Mark A. Lever

稲垣 史生 *Fumio Inagaki*
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地下生命圏研究グループ グループリーダー

Mark A. Lever[1,2] Oliver Rouxel[3,4] Jeffrey C. Alt[5] 清水 孚道[3]
小野 周平[6] Rosalind M. Coggon[7] Wayne C. Shanks III[8]
Laura Lapham[2] Marcus Elvert[9] Xavier Prieto-Mollar[9]
Kai-Uwe Hinrichs[9] Andreas Teske[1]

[1] Department of Marine Science, University of North Carolina at Chapel Hill
[2] Center for Geomicrobiology, Department of Bioscience, Aarhus University
[3] Woods Hole Oceanographic Institution
[4] IFREMER
[5] Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan
[6] Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology
[7] Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London
[8] U.S. Geological Survey
[9] Department of Geosciences and MARUM Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen

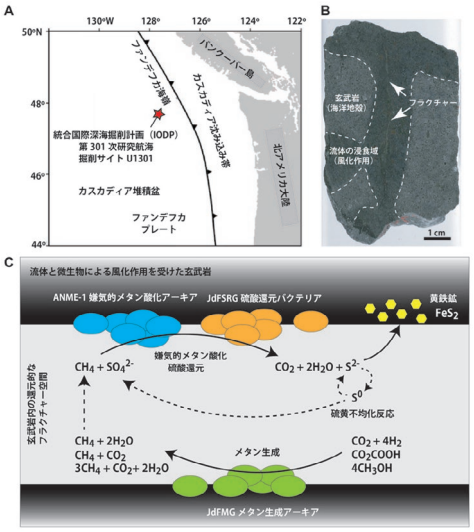
Contact

E-mail：inagaki@jamstec.go.jp
所在地：783-8502 高知県南国市物部乙200
ＵＲＬ：http://www.jamstec.go.jp/kochi/j/

科学掘削を通じた生命探査により海洋地殻の生命活動を発見

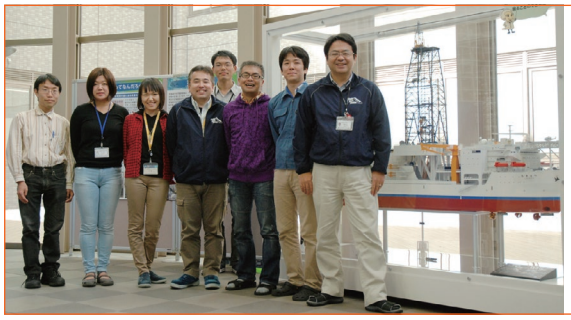
地球表層の約7割を占める海洋地殻は、地球最大の生命生息可能空間であると考えられています。これまでの科学海洋掘削による生命探査によって、海底表層から深さ1,000mを超える堆積物に膨大な数の微生物細胞が存在することが明らかになっています。しかし、海洋地殻の大部分を構成する岩石圏（玄武岩）内に、実際に生命が存在するかどうかについては不明でした。本研究では、統合国際深海掘削計画第301次研究航海によって、米国オレゴン沖のファンデフカ海嶺東翼部から採取された海底面からの深さ351～583メートルの玄武岩のコア試料を分析し、炭素や硫黄をエネルギー源として生息する嫌気的な微生物群集の存在を明らかにしました。地殻流体の通り道となるフラクチャー（亀裂）を含む玄武岩のコア試料から、嫌気的メタン酸化アーキア（古細菌）や硫酸還元菌の16S rRNA遺伝子と代謝機能遺伝子（*mcrA*, *dsrB*）を検出し、生命活動の痕跡を示す有意な炭素・硫黄同位体組成の変化が認められました。

Figure and Note



図：統合国際深海掘削計画（Integrated Ocean Drilling Program）第301次研究航海の掘削地点と海洋地殻内に発見された海底下の生命活動

（A）掘削サイトU1301の位置（水深：2669メートル）。2004年、米国の掘削船ジョイデスレゾリューション号によって掘削調査が行なわれた。
（B）同航海によって掘削採取された、約350万年前に形成された海洋地殻（玄武岩）のコア試料。
（C）玄武岩内から検出された微生物生態系と生物学的作用による元素循環を示す概略図。本研究により、海嶺翼部の堆積物の下に拡がる広大な岩石圏内に、炭素や硫黄などの元素循環に寄与する生命活動の証拠が初めて示された。



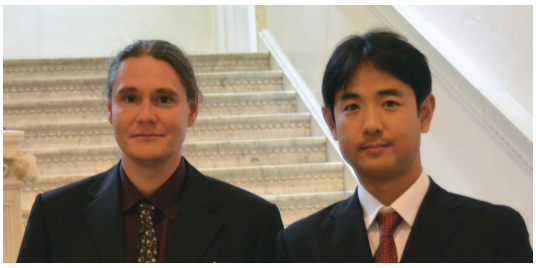
海洋研究開発機構 高知コア研究所 地下生命圏研究グループメンバー

当研究グループは、国際的な科学海洋掘削プロジェクトよって採取された試料を用いて、地球深部生命に関する基礎的な研究を行っています。微生物学・分子生物学と同位体地球化学を融合した最先端の分析手法を用いて、地球規模の海底下生命の空間分布や多様性・代謝機能・生理生態を分析し、約40億年にわたる生命と地球の共進化のプロセスや、生命活動が関与した元素循環と環境変動との関わり、地下深部環境における生命存続条件などの解明を目指しています。

Science 15 March 2013: Vol. 339 no. 6125 pp. 1316-1319
DOI: 10.1126/science.1230397

核からの時間シグナルによる葉緑体転写の概日制御

Circadian Control of Chloroplast Transcription by a Nuclear-Encoded Timing Signal



左から Antony N. Dodd、華岡 光正

華岡 光正 *Mitsumasa Hanaoka*
千葉大学大学院 園芸学研究科 応用生命化学領域 准教授

Zeenat B. Noordally[1] 石井 健雄[2] Kelly A. Atkins[3]
Sarah J. Wetherill[3] Jelena Kusakina[4] Eleanor J. Walton[3]
加藤 麻衣子[2] 東 美由紀[5] 田中 寛[6] Antony N. Dodd[4]

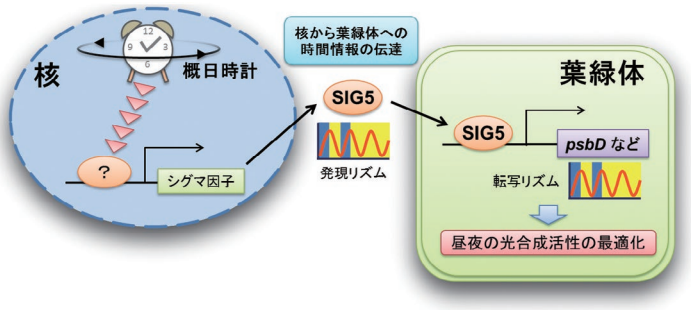
[1] SynthSys, University of Edinburgh
[2] 千葉大学大学院 園芸学研究科
[3] Department of Biology, University of York
[4] School of Biological Sciences, University of Bristol
[5] 東京大学 分子細胞生物学研究所
[6] 東京工業大学 資源化学研究所

Contact
E-mail：mhanaoka@faculty.chiba-u.jp
所在地：271-8510 千葉県松戸市松戸648
U R L：http://www.h.chiba-u.jp/tenure/

昼夜のサイクルに応じて植物が光合成機能を最適化する仕組み

動物のみならず植物にも概日時計は存在し、光合成や代謝など様々な機能が1日の中で最適な時間帯に起こるよう調節しています。植物の場合、光合成能や生産力の向上において概日時計が必要であることが知られています。葉緑体は光合成反応の「場」であるため、その機能は昼夜の光サイクルに強く依存していると考えられます。しかし、核を中心に作られた概日時計の情報がどのようにして葉緑体に伝えられているかは長らく謎とされてきました。光合成に必要な多くの遺伝子は葉緑体ゲノムにコードされており、その発現調節には転写制御に関わるシグマ因子が重要な役割を果たします。本研究では、複数のシグマ因子の発現が概日時計によってコントロールされることを発見しました。特に、シグマ因子の1つであるSIG5の欠損株では、光合成に必要な*psbD*遺伝子の周期的な発現が失われることが示され、時間情報がシグマ因子を介して核から葉緑体に伝えられることが実証されました。このシステムにより、昼夜の光環境変化に応じた葉緑体タンパク質の生産や光合成活性の最適化が実現していると考えられます。

Figure and Note



図：植物細胞における葉緑体への時間情報の伝達モデル
細胞の時間情報はSIG5をはじめとしたシグマ因子を介して葉緑体に伝えられることで、昼夜のサイクルにおける光合成や代謝などの葉緑体機能が厳密に維持されているものと考えられる。

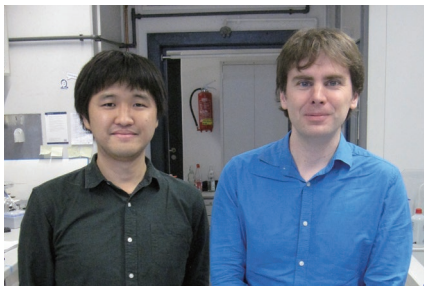
千葉大学大学院 園芸学研究科
応用生命化学領域 華岡研究室メンバー

地球上の全ての生命は、葉緑体の光合成機能により支えられています。葉緑体機能を正確に構築・維持するためには、常に核や他の細胞小器官との連携（クロストーク）が必要であると考えられています。私達の研究室では、光や概日時計に応答した遺伝子発現調節や細胞内シグナル伝達機構について研究を進めています。また、その仕組みを活かした応用による食料問題・環境問題の解決も目指していきます。これから科学を学ぶ若い頭脳の参加を期待しています。

Science 3月15日号 REPORT
Science 15 March 2013: Vol. 339 no. 6125 pp. 1335-1338
DOI: 10.1126/science.1232927

前頭側頭型変性症および筋萎縮性側索硬化症の原因である*C9orf72*遺伝子上のGGGGCCリピートは、凝集性のジペプチドリピート蛋白へと翻訳される

The *C9orf72* GGGGCC Repeat Is Translated into Aggregating Dipeptide-Repeat Proteins in FTLD/ALS



左から森 康治、Dieter Edbauer教授

森 康治 *Kohji Mori*
Research Fellow, Adolf Butenandt-Institute, Biochemistry, Ludwig-Maximilians-University Munich

Shih-Ming Weng[2] Thomas Arzberger[3] Stephanie May[2] Kristin Rentzsch[2] Elisabeth Kremmer[4] Bettina Schmid[2,5] Hans A. Kretzschmar[3] Marc Cruts[6,7] Christine Van Broeckhoven[6,7] Christian Haass[1,2,5] Dieter Edbauer[1,2,5]

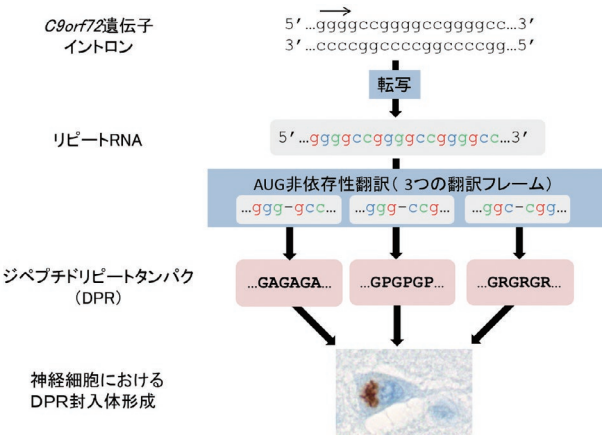
[1] Adolf Butenandt-Institute, Biochemistry, Ludwig-Maximilians-University Munich
[2] German Center for Neurodegenerative Diseases (DZNE)
[3] Center for Neuropathology and Prion Research, Ludwig-Maximilians-University Munich
[4] Institute of Molecular Immunology, Helmholtz Zentrum München
[5] Munich Cluster of Systems Neurology (SyNergy), Ludwig-Maximilians-University Munich
[6] Neurodegenerative Brain Diseases Group, Department of Molecular Genetics, VIB
[7] Laboratory of Neurogenetics, Institute Born-Bunge, University of Antwerp

Contact
E-mail：kohji.mori@dzne.lmu.de
所在地：Schillerstraße 44, 80336, Munich, Germany
U R L：http://www.biochemie.abi.med.uni-muenchen.de/index.html

病原性イントロンリピート配列に由来するリピートタンパク

2011年、前頭側頭型変性症と筋萎縮性側索硬化症という2つの神経変性疾患の共通の原因として、*C9orf72*遺伝子のイントロン領域にGGGGCCという6塩基の繰り返し配列が同定されました。さらに、この配列を持つ患者の神経細胞には封入体と呼ばれる塊が見つかりましたが、何が凝集しているのかはわかっていませんでした。本論文では、イントロン上にあり翻訳を受けないはずのGGGGCCリピート配列が、開始コドンAUGに依存しない非定型的な翻訳機構により、3つの翻訳フレームで[-グリシン-アラニン(GA)-]、[-グリシン-プロリン(GP)-]、[-グリシン-アルギニン(GR)-]というジペプチドの繰り返し、すなわち3種類のジペプチドリピートタンパク(DPR)へと翻訳されることを明らかにし、それらDPRが亡くなられた患者の脳で封入体を形成していることを示しました(図)。正体不明の封入体は、実はイントロンの病原性リピートに直接由来するものだったのです。

Figure and Note



図：ジペプチドリピートタンパク(DPR)封入体の形成機序
写真はGGGGCCリピートを有する症例にみられるDPR封入体陽性を示す神経細胞（海馬CA3）。抗GA抗体陽性のDPR封入体が褐色に染出されている。

ドイツ ミュンヘン大学(LMU)/ドイツ神経変性疾患センター(DZNE)
Christian Haass研究室
Dieter Edbauer研究室

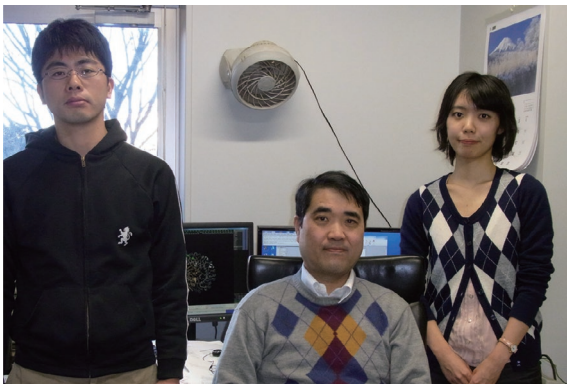
大阪大学精神医学教室より留学中です。私の所属する研究室では、生化学、分子細胞生物学、マウスモデル、ゼブラフィッシュモデル、死後脳などを用いて、認知症を中心とした神経変性疾患の分子メカニズムの解析を精力的に行っています。アルプスの北側に位置するミュンヘンはドイツ南部の中心都市ですが、治安が良く、歴史と自然の豊かな住みやすい街です。

写真：ミュンヘン市内にあるニュンフェンブルク宮殿

Science 22 March 2013: Vol. 339 no. 6126 pp. 1426-1429
DOI: 10.1126/science.1229159

作動性リガンドが引き起こすToll様受容体8二量体の構造再構築

Structural Reorganization of the Toll-Like Receptor 8 Dimer Induced by Agonistic Ligands



左から大戸 梅治、清水 敏之、丹治 裕美

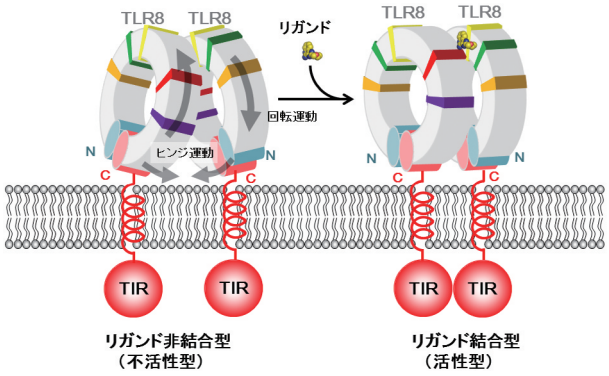
清水 敏之 *Toshiyuki Shimizu*
東京大学大学院 薬学系研究科 蛋白構造生物学教室
丹治 裕美[1]　大戸 梅治[2]　柴田 琢磨[2]　三宅 健介[2]
[1] 東京大学大学院 薬学系研究科
[2] 東京大学 医科学研究所

Contact
E-mail：shimizu@mol.f.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

核酸を認識する自然免疫受容体Toll様受容体の活性化機構を解明

自然免疫システムはヒトのみならず、昆虫などの無脊椎動物、植物にも備えられた病原微生物感染に対する重要な生体防御のシステムです。ヒトのような高等動物は自然免疫と、リンパ球を中心とした獲得免疫を融合させた免疫システムを築き上げていますが、自然免疫は後に続く獲得免疫の誘導という重要な役割も果たしています。自然免疫システムの中でToll様受容体（TLR）は病原微生物に対しいち早くその侵入を察知するセンサーとして働いており、病原体の様々な部分を認識することにより後に続くシグナルを活性化すると考えられています。今回我々は一本鎖RNAを認識するTLR8の立体構造解析に成功し、TLR8はリガンドが結合していない状態でも二量体構造を形成していますが、リガンドの結合により構造が再構成され活性型になることを原子レベルで明らかにしました。またリガンドの詳細な認識機構の解明は有望な医薬品開発につながることが大きく期待されます。

Figure and Note



図：リガンド結合によるTLR8の活性化機構

TLR8はリガンドが結合してない状態でも二量体として存在しているが、リガンド結合により回転運動およびヒンジ運動が起こり、C末領域が近づく。その結果細胞内のTIRドメインが会合し、シグナルを伝えることが可能になると考えられる。

東京大学大学院 薬学系研究科 蛋白構造生物学教室

我々の研究室では、タンパク質をはじめとする生体高分子ならびにその複合体の立体構造を原子レベルで決定することによって、その分子機能と関連する生命現象を構造科学的な観点から理解することを目標としています。また創薬への応用という観点からも研究を進めていきたいと思っています。
“研究は楽しく真剣に”が、モットーです。

「子曰わく、これを知る者はこれを好む者に如かず。これを好む者はこれを楽しむ者に如かず。」

Science 3月22日号 REPORT
Science 22 March 2013: Vol. 339 no. 6126 pp. 1436-1441
DOI: 10.1126/science.1231499

RNAヘリカーゼDDX3はWnt/β-カテニンシグナル経路においてカゼインキナーゼ1を制御するサブユニットである

RNA Helicase DDX3 Is a Regulatory Subunit of Casein Kinase 1 in Wnt-β-Catenin Signaling

左からCristina-Maria Cruciat、Christine Dolde、大河原 美静、Christof Niehrs

大河原 美静 *Bisei Ohkawara*
名古屋大学大学院 医学系研究科 神経遺伝情報学

Cristina-Maria Cruciat[1] Christine Dolde[1]
Reinoud E. A. de Groot[2] Carmen Reinhard[1]
Hendrik C. Korswagen[2] Christof Niehrs[1,3]

[1] Division of Molecular Embryology, DKFZ-ZMBH Alliance, Deutsches Krebsforschungszentrum
[2] Hubrecht Institute, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences and University Medical Center Utrecht
[3] Institute of Molecular Biology

Contact **E-mail**：biseiohkawara@med.nagoya-u.ac.jp
所在地：466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町65

RNAヘリカーゼファミリー因子DDX3がキナーゼを制御する！

Wnt/β-カテニンシグナル経路は線虫からヒトまで進化的に保存された経路で、様々な生命現象に関与します。この経路にはいくつかのプロテインキナーゼが関与しますが、カゼインキナーゼ1（CK1）を含むそのうちのいくつかは常に活性化状態にあると考えられ、その制御の仕組みは不明でした。今回我々のグループは、網羅的なスクリーニングによりDDX3というRNAヘリカーゼ機能を持つと予想された因子がWnt/β-カテニンシグナル経路に関わっている事を見出しました。DDX3はWntリガンド存在下でCK1に特異的に強く結合し、その活性を亢進します。さらにこのDDX3の機能は、線虫からカエル卵の発生、そして哺乳類細胞において保存されていること、また他のDDXファミリー因子の中にも、同様の機能を有するものがあることも証明しました。これらの結果は、シグナル伝達経路においてプロテインキナーゼがどのようにその活性を制御されているかという仕組みを提案しました。

Figure and Note

図1：DDX3が無くなると頭でっかちになる
アフリカツメガエル胚にアンチセンスヌクレオチドをインジェクションし、DDX3の発現を抑制した。この結果からDDX3はWnt/β-カテニンシグナル経路の膜タンパク質LRP6と同様に、カエル胚において頭尾軸の形成に関与していることがわかる。

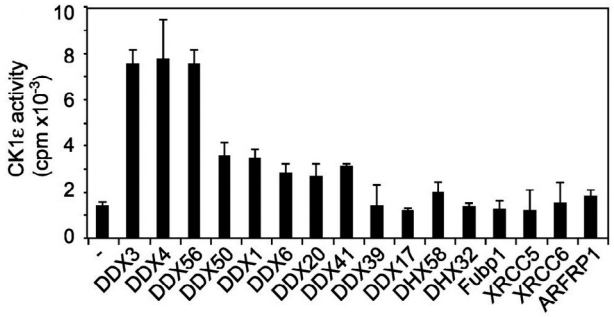


図2：DDX3だけじゃない
試験管内で各DDXのたんぱく質を加え、カゼインキナーゼ1の活性を測定した。多くのDDXファミリー因子がカゼインキナーゼ1の活性を上昇させた。

感動を分かち合う

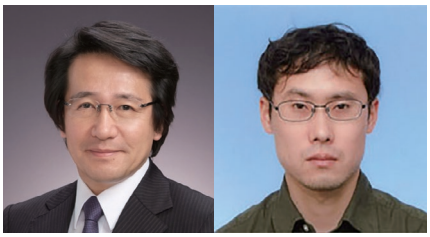
ある日、共著のボスからこんなことを言われました。
「アイディアや結果はオフィスのコンピュータの前で出るものではない。実験室で出るものだ。」
たしかに、研究を始めてから、サイエンスをはじめ権威ある雑誌に載っているたくさんの論文を読んできました。その内容はほとんど覚えていません。しかし、多くの仲間と一緒に手を動かして結果を観察し、散々考察して得られた結果は、今でも心を熱くします。これがあるからやめられません。

写真：Christof Niehrs研究室の実験室の窓からの風景。季節の中で向かい側にある山の様子の移り変わりを実験中に眺めていました。土地柄、大きな虹も良く出て、気分転換に良い風景でした。

Science 4月5日号 REPORT
Science 5 April 2013: Vol. 340 no. 6128 pp. 75-78
DOI: 10.1126/science.1229521

SelA·tRNA^{Sec}複合体の十量体の環構造から細菌によるセレノシステイン生合成のメカニズムが明らかになった

Decameric SelA·tRNA^{Sec} Ring Structure Reveals Mechanism of Bacterial Selenocysteine Formation



左から横山 茂之、伊藤 弓弦

Contact

横山 茂之 **E-mail**：yokoyama@riken.jp
所在地：230-0045
横浜市鶴見区末広町1-7-22

横山 茂之 *Shigeyuki Yokoyama*
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻 教授
理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域 領域長
（現 理化学研究所 横山構造生物学研究室 上席研究員）

伊藤 弓弦 *Yuzuru Itoh*
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻
（現 Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire）

Markus J. Bröcker[1]　関根 俊一[2]　Gifty Hammond[1]
末次 志郎[3]　Dieter Söll[1,4]

[1] Department of Molecular Biophysics and Biochemistry, Yale University
[2] 理化学研究所 生命分子システム基盤研究領域
[3] 東京大学 分子細胞生物学研究所
[4] Department of Chemistry, Yale University

「21番目のアミノ酸」セレノシステインの生合成

セレンは、ヒトを含む幅広い生物にとって不可欠な微量元素です。生体内では「21番目のアミノ酸」セレノシステイン（Sec）という特殊なアミノ酸を構成し、一部のタンパク質に含まれています。Secは、専用の転移RNA（tRNA）であるtRNA^{Sec}に結合したセリンというアミノ酸から合成されます。ヒトを含めた真核生物／アーキアのグループと細菌のグループでは、合成メカニズムが異なります。これまでヒト型の解明が進んでいましたが、細菌型は不明のままでした。私たちは、Secを合成する細菌の酵素SelAとtRNA^{Sec}が結合した状態を結晶化し、その立体構造を解明しました（図1）。SelAが10個のサブユニットからなる超巨大な5角形の環状構造をしていました。SelAはtRNA^{Sec}の特徴的な領域と相互作用することで、tRNA^{Sec}と、他のアミノ酸のtRNA、特にセリンのtRNA（tRNA^{Ser}）とを識別するという特異性を達成していることが分かりました。特異性はタンパク質の必要な位置のみにSecを組み込む上で極めて重要です。さらに、セリンを結合した1つのtRNA^{Sec}に対して4個のSelAサブユニットが働いており、サブユニットの絶妙な配置がSecの合成とtRNA^{Sec}の識別の両方を可能にしていることを突き止めました（図2）。

Figure and Note

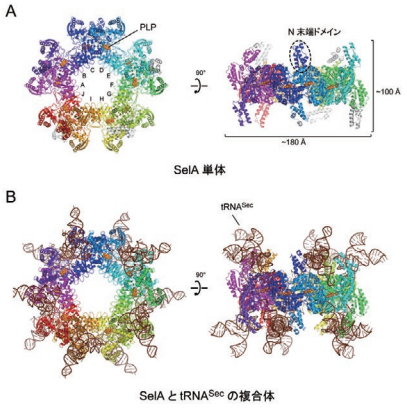


図1：SelA単独およびtRNA^{Sec}との複合体の結晶構造
SelAは10量体で、触媒部位に補酵素PLPを持ち、10個のtRNA^{Sec}が結合していました。

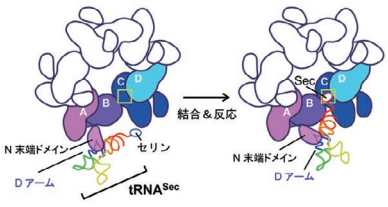


図2：Sec合成メカニズム
1つのtRNA^{Sec}に対して4個のSelAサブユニットが働きます。
SelAのN末端ドメインが、tRNA^{Sec}の特徴的な領域であるDアームと相互作用してtRNA^{Sec}を識別し、セリンをSecに変換します。

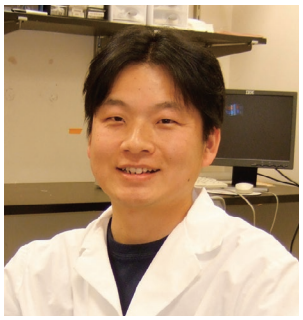
理化学研究所 横山構造生物学研究室

私たちは、タンパク質、核酸等の立体構造を解明して、未知の仕組みを理解し、それらを合理的にエンジニアリングする研究を進めています。基本的な20種類のアミノ酸に加え、Secが21番目のアミノ酸として機能していることは、生物が新たなアミノ酸を必要としている可能性を示します。私たちは、遺伝暗号に従うタンパク質合成の仕組みを解明し、そこに新たな人工アミノ酸を加える技術を開発しています。この技術は、基礎研究から産業応用まで大きな役割を担い始めています。

Science 4月12日号 REPORT
Science 12 April 2013: Vol. 340 no. 6129 pp. 195-199
DOI: 10.1126/science.1229758

ヒストンのアセチル化スイッチがSWR-Cリモデリング酵素によるH2A.Zの蓄積を制御する

A Histone Acetylation Switch Regulates H2A.Z Deposition by the SWR-C Remodeling Enzyme



渡邉 慎也 *Shinya Watanabe*
Research Instructor, Program in Molecular Medicine,
University of Massachusetts Medical School

Marta Radman-Livaja[1] Oliver J. Rando[1] Craig L. Peterson[2]

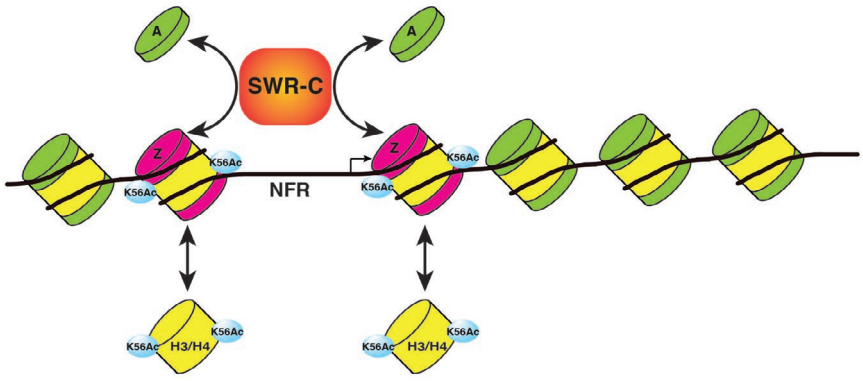
[1] Department of Biochemistry and Molecular Pharmacology,
University of Massachusetts Medical School
[2] Program in Molecular Medicine, University of Massachusetts Medical School

Contact
E-mail：Shinya.Watanabe@umassmed.edu
所在地：373 Plantation Street, Worcester, MA 01605
U R L：http://www.umassmed.edu/petersonlab/index.aspx

クロマチンのダイナミクスを制御するヒストン修飾の新たな機能を発見

ヒストン修飾は“ヒストンコード”と呼ばれているように、通常、下流のタンパク質が結合する骨格として機能していると考えられています。今回、筆者らは、ヒストンH3の56番目のLysのアセチル化が、クロマチンリモデリング酵素SWR-Cのヒストン交換反応における基質特異性を変化させ、本来、ヒストンH2Aバリアントであるヒストン H2A.Zをヌクレオソームに蓄積させる酵素であるSWR-Cを、H2A.Zをヌクレオソームから放出する酵素に変化させる“スイッチ”として機能していることを示しました。これは全く新しいヒストン修飾の機能です。このアセチル化により活性化されたヒストンH2Aとヒストン H2A.Zとの交換反応は、ヒストンH3-ヒストンH4四量体の解離を促進しヌクレオソームのターンオーバーを上昇させると考えられます。この研究成果は、ヌクレオソームのダイナミクスを制御する分子機構を理解するうえで新たな知見を与えるものです。

Figure and Note



図：ヒストンH3の56番目のLysのアセチル化による遺伝子プロモーター領域のヌクレオソームの迅速なターンオーバーのモデル
NFR：ヌクレオソームフリー領域、A：ヒストンH2A、Z：ヒストンH2A.Z、K56Ac：ヒストンH3の56番目のLysのアセチル化

マサチューセッツ大学医学部 Craig Peterson研究室メンバー

Craig Peterson研究室では、クロマチンの生化学と酵母の遺伝学を用いたin vitroとin vivoの両面からのアプローチにより、クロマチン制御の分子機構の解明に取り組んでいます。真核生物では、転写、複製、修復など、ほぼすべてのDNAプロセスにおいて、クロマチン構造の制御が必須であり、最近の研究からもヒトのすべての癌の約2割はクロマチンリモデリング酵素の変異によるものであることが示されており、今後益々重要な研究分野になると思われます。

Science 4月19日号 REPORT (1) *Science* 19 April 2013: Vol. 340 no. 6130 pp. 337-341
DOI: 10.1126/science.1231391

枝分かれした形状をもつメソ多孔性シリカのナノ粒子：エピタキシャル成長のメカニズム

Multicompartment Mesoporous Silica Nanoparticles with Branched Shapes: An Epitaxial Growth Mechanism

左からTeeraporn Suteewong、佐井 宏聡、Ulrich Wiesner

Contact

E-mail：hs438@cornell.edu
所在地：214 Bard Hall, Cornell University, Ithaca NY, 14853, USA
U R L：http://wiesner.mse.cornell.edu

佐井 宏聡 *Hiroaki Sai*
Postdoctoral Fellow, Department of Materials Science and Engineering, Cornell University

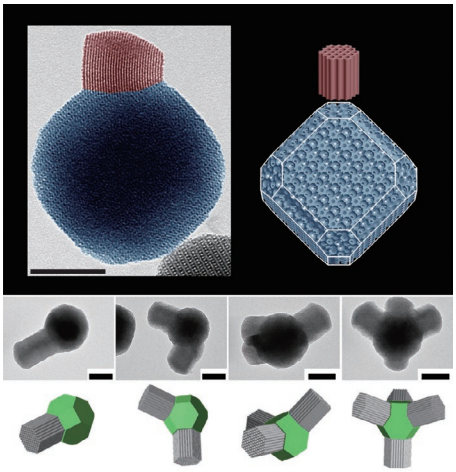
Teeraporn Suteewong[1,2] Robert Hovden[3]
David Muller[3,4] Michelle S. Bradbury[2]
Sol M. Gruner[4,5,6] Ulrich Wiesner[1]

[1] Department of Materials Science and Engineering, Cornell University
[2] Department of Radiology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center
[3] School of Applied and Engineering Physics, Cornell University
[4] Kavli Institute at Cornell for Nanoscale Science
[5] Department of Physics, Cornell University
[6] Cornell High Energy Synchrotron Source (CHESS), Cornell University

二つの異なるメソ細孔構造を同一粒子内に有するシリカナノ粒子

メソ多孔性シリカのナノ粒子は、細孔構造や表面修飾を幅広く制御できることから、薬剤輸送システムや触媒担体への応用を見据えた研究が盛んに行われています。特に薬剤輸送用のキャリアにおいては、異なる輸送区画を単一粒子内に持つ材料を使って、薬剤放出のプロファイルを区画ごとに制御することが大きなテーマとなっています。当研究では、アミン官能基を含むシリカ前駆体を用いたゾル・ゲル合成により、単一粒子内に互いにエピタキシャルな立方格子と六方格子のメソ細孔区画を含む多孔性シリカナノ粒子の作製に成功しました。さらに、反応溶液中に含まれる酢酸エチルの量を変えることによって六方格子部分の体積比を調節できることを発見しました。我々は、塩基による酢酸エチルの加水分解によって、溶液中の水素イオン濃度が上がることを実験的に示し、シリカ前駆体に付属するアミンがプロトン化することにより、生成されるメソ構造が反応途中で六方格子に切り替わるというメカニズムを提唱しました。今回見られたようなワンポット合成におけるダイナミックな構造生成の変化を利用することによって、より複雑な構造を有するメソ多孔性シリカナノ粒子の設計に役立つと期待しています。

Figure and Note



図：複区画メソ多孔性シリカナノ粒子の構造
今回作製されたシリカナノ粒子の透過型電子顕微鏡写真と、そのモデル。粒子中央の立方格子のメソ細孔構造の角から、1～4本の六角柱の枝が伸びている様子がわかります。（縮尺バー：100 nm）

コーネル大学工学部 材料工学科 Wiesner研究室メンバー

当研究室では、ブロック共重合体を主とするソフトマテリアルの自己組織化を利用した、有機・無機ハイブリッド材料の作製を主に行っています。立体的なナノ構造の精密制御を通じ、持続可能なエネルギー変換・貯蔵デバイスや限外ろ過膜など、様々な応用分野につながる材料開発の研究を行っています。また、近年では生体イメージングに応用できる蛍光シリカナノ粒子（C-dot）の開発を精力的に行っています。

URL: http://wiesner.mse.cornell.edu

Science 8月2日号 REPORT (2)
Science 2 August 2013: Vol. 341 no. 6145 pp. 530-534
DOI: 10.1126/science.1238159

ブロック共重合体から作られる積層多孔質重合担体

Hierarchical Porous Polymer Scaffolds from Block Copolymers

佐井 宏聡 *Hiroaki Sai*
Postdoctoral Fellow, Department of Materials Science and Engineering, Cornell University

Kwan Wee Tan[1] Kahyun Hur[1] Emily Asenath-Smith[1] Robert Hovden[2,3] Yi Jiang[4] Mark Riccio[5]
David A. Muller[2,3] Veit Elser[4] Lara A. Estroff[1] Sol M. Gruner[3,4,6] Ulrich Wiesner[1]

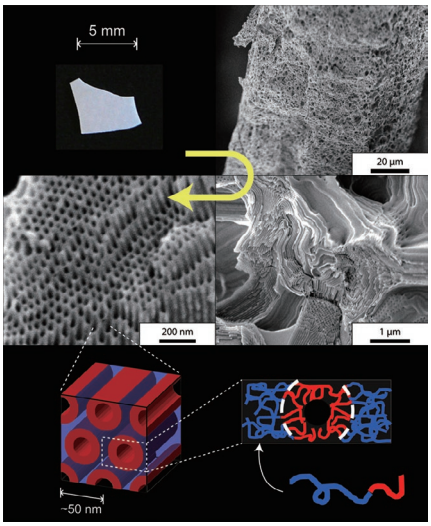
[1] Department of Materials Science and Engineering, Cornell University
[2] School of Applied and Engineering Physics, Cornell University
[3] Kavli Institute at Cornell for Nanoscale Science
[4] Department of Physics, Cornell University
[5] Cornell University Institute of Biotechnology, Cornell University
[6] Cornell High Energy Synchrotron Source (CHESS), Cornell University

Contact
E-mail：hs438@cornell.edu
所在地：214 Bard Hall, Cornell University, Ithaca NY, 14853, USA
ＵＲＬ：http://wiesner.mse.cornell.edu

溶媒蒸発に伴うマクロ・ミクロ相分離を利用した階層的な多孔構造

複雑な階層構造を持つ多孔質は、大きな比表面積と高い物質輸送特性を併せ持つことから、触媒担体やろ過膜、生体工学材料などとして注目を浴びています。しかし、構造の複雑さから立体的な材料作製には多段階の工程が必要とされていました。今回我々は、主にポリスチレンとポリエチレンオキシドからなるブロック共重合体と低分子量のポリエチレンオキシドからなる添加剤の混合溶液を出発原料とし、溶媒蒸発にしたがって起こる共重合体と添加剤のマクロ相分離（1-10μm）と、その後に起こる共重合体のミクロ相分離（20-50nm）によってできる階層構造を元に、添加剤を洗い流すことによって階層的な多孔質の重合担体を得ることに成功し、構造評価を行いました。この階層的な相分離現象は分子量や化学的性質の異なるブロック共重合体においても再現され、蒸発速度によってミクロ相分離の挙動が変化することから、相分離の動力学を基にした汎用性の高いプロセスであることを示しました。炭酸カルシウムの結晶成長環境に本担体を浸したところ、マクロ・ミクロ構造内での結晶成長が見られ、高い物質輸送特性が有機・無機ハイブリッド材料の作製に有用であることがわかりました。

Figure and Note



図：添加剤の除去後の積層多孔質重合担体の構造
約0.2mmの厚みを持つ平板の形をした積層多孔質重合担体の 写真（左上）と、断面の 走査型電子顕微鏡像（右上・中央）。1-10μmスケールのランダムな共連続マクロ孔構造と、六方格子状に規則的に配列した管状のメソ孔構造が見られます。メソ孔を縁取るブロック共重合体は、ブロックの継ぎ目を界面として並列しています（下）。

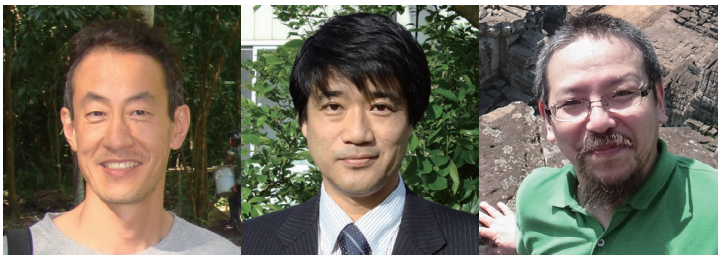
コーネル大学の材料科学研究施設

本研究においては、大学内の共用施設の使用が特に大きな成果を挙げました。小角Ｘ線散乱にはコーネル高エネルギーシンクロトロン装置（CHESS、写真）、電子線トモグラフィーにはコーネル材料研究センター（CCMR）所属の透過型電子顕微鏡、そしてマクロ構造の分析にはバイオテクノロジー研究センター（BRC）のナノスケールＸ線CT装置を使用しました。共用施設で他の研究者と頻繁に交流することで、共同研究を行いやすい下地が整っていることも特徴です。

Science 4月26日号 REPORT
Science 26 April 2013: Vol. 340 no. 6131 pp. 467-471
DOI: 10.1126/science.1234493

セイバルで発見された初期の祭祀建造物：低地マヤ文明は地域間交流から生まれた

Early Ceremonial Constructions at Ceibal, Guatemala, and the Origins of Lowland Maya Civilization



左から猪俣 健、青山 和夫、米延 仁志

猪俣 健 *Takeshi Inomata*
Professor, School of Anthropology, University of Arizona
Daniela Triadan[1]　青山 和夫[2]
Victor Castillo[1]　米延 仁志[3]
[1] School of Anthropology, University of Arizona
[2] 茨城大学人文学部 教授
[3] 鳴門教育大学自然・生活系教育部 准教授

Contact
E-mail：inomata@email.arizona.edu
所在地：1009 E. South Campus Drive, Tucson, Arizona 85721, USA
ＵＲＬ：http://www.ceibal-aguateca.org/

最古の祭祀センターの発見からマヤ文明起源について新説を提示

グアテマラ国セイバル遺跡の発掘から、紀元前1000年頃の定住生活の開始と同時に造られた、マヤ地域最古の祭祀センターを発見しました。各地の放射性炭素年代と土器編年の検証を通して、オルメカの中心地のラ・ベンタが台頭する200年前にこれらの遺構が建設されたこと、また、同様の祭祀空間の形態がセイバルからメキシコ・チアパス州にかけてほぼ同時期に広まることが証明されました。マヤ文明の起源については、オルメカ文明の影響によって発展したという説とマヤ地域内で自生的に起こったとする説の間で論争が続いていましたが、どちらの説とも異なる、多地域間の文化交流からマヤ文明が発達したという新説を提示しました。文明の形成過程一般についても、新しい文化要素が必ずしも政治的な中心地から広がるわけではないこと、儀礼や建築などの共同作業が初期の定住集落の形成に重要な役割を果たしたことなど、重要な知見が得られました。

Figure and Note

図1：セイバル遺跡の最古の祭祀遺構（Structure Ajaw）
紀元前1000年頃に造られたこの建造物は後の時代のピラミッドにより深く覆われており、トンネル発掘により発見された。

図2：セイバル遺跡出土のオルメカ様式石偶

マヤ遺跡の発掘調査

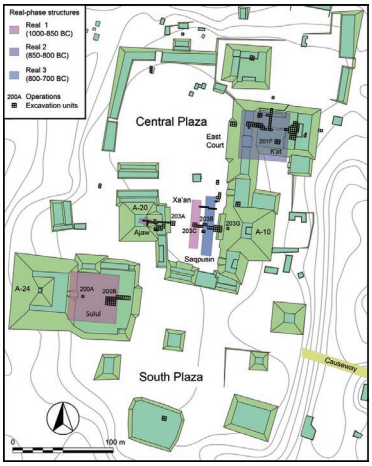
グアテマラ国のジャングルにあるアグアテカ遺跡、セイバル遺跡などで調査を行ってきました。アリゾナ大学の他、日本、グアテマラ、スイス、カナダ、フランス等の研究者による国際的なチームで、学際的研究を進めています。調査を行ううえで、マヤ人を含む現地の人々との相互理解を深めることが重要です。このような考古学研究は、我々自身の文化と社会のあり方やその将来について考えることにつながると思います。

マヤ文明を科学する　～地中に眠る遺構と人々の生活～

アリゾナ大学人類学部 教授　猪俣 健

マヤ文明というと、ジャングルに覆われた神殿ピラミッドや神聖文字の刻まれた石碑などが有名ですが、これらの多くは紀元8世紀頃のマヤ社会の最盛期に作られました。マヤ文明の起源はそこから2千年近くもさかのぼります。

当時の文化を知るには、後の時代の建造物の下に深く埋もれた最下層の遺構を見つけなければなりません。私たちはグアテマラ共和国にあるセイバルという遺跡（図）を調査して来ましたが、他の多くの遺跡のデータと比較検討することにより、初期の建造物のある場所を予測しました。それを実際に証明するため、何年もかけて8m以上の深さまで発掘したり、長さ20m以上のトンネルを掘りすすめたりしました。その末に、想定通り最古の遺構を発見したときの感動は忘れられません。これらの建物は大きな広場をはさんで作られており、その広場の中心線に沿って、ヒスイ製品などの儀礼品（写真）が奉納されていたのが見つかりました。セイバルでの定住生活が始まった頃から、集落の人々が集まって儀礼を行う大規模な空間（祭祀空間）が整備されていたのです。



図：セイバル中心部。地上に見える紀元9世紀のセイバル最盛期の建造物（緑色）とともに、発掘で見つかった初期の遺構が示されている。

科学が解き明かすマヤ文明の日常

考古学の面白さは、伝統的な発掘の手法と、最新の科学的な分析法や人類学理論を組み合わせることにより、昔の社会に様々な角度から迫れることにあります。*Science*掲載の論文では、多数の放射性炭素年代測定値（炭素の成分から、何年前のものかを測定する）と時代ごとの土器の変化や地層の上下関係のデータをあわせ、ベイズ統計という手法を使うことにより年代測定の精度を上げました。その結果、マヤ地域ではこのような祭祀空間を伴う定住集落が、それまでの通説から200年以上もさかのぼる、紀元前1000年頃に始まったことがわかりました。

写真：セイバル遺跡の紀元前1000年頃の祭祀広場に埋められた儀礼用のヒスイ製石斧。

現在の私たちの研究は、マヤ文明の変遷が農業の形態や自然環境の変化とどのようにかかわっていたのかということを重要なテーマとしています。最盛期のマヤ文明はトウモロコシ農耕に支えられていました。しかし、初期のトウモロコシは軸の長さが数センチにも満たないような植物で、あまり重要な食べ物ではなかったようです。セイバルでの居住が始まる紀元前1000年頃を境として、トウモロコシの生産性が飛躍的に向上し、主食の作物としての地位が築かれていったようです。このようなことが、古代の人骨に含まれる炭素や窒素の成分（安定同位体）の分析から食べていた物を推測したり、地層に含まれる微細な植物の痕跡から農作物の利用状況を調べることにより、わかりつつあります。また、湖の底から採取した堆積物に含まれる花粉や鉱物などの研究からは、森林の伐採がかなり進んでいたことが推定されます。

日本人研究者ならではの貢献

こうして見ると、神秘の文明と呼ばれることの多いマヤ文明にも、他の人間社会に共通する社会や経済の仕組みがあったことがわかります。たとえば、セイバルの最古の祭祀空間は後のマヤ社会の形態の原型を示すものですが、そこに見られる祭祀と政治権力の強い結びつきには、天皇制に代表される古代から中世にかけての日本の政治制度とも多くの類似点がみられます。

マヤ考古学の研究は、主に欧米の考古学者により進められてきましたが、近年では日本人の研究者も少しずつ増えています。研究成果が客観的に現れやすい自然科学と違い、社会や文化の研究では、解釈や理論を構築する過程で、研究者間の言葉や文化の違いが障害になることもあります。その点では苦労もしましたが、日本人なりの歴史観・宗教観・世界観を通して、新しい視点からの研究もできるのではないかと思っています。

Science 26 April 2013: Vol. 340, 6131, pp. 491-495
DOI: 10.1126/science.1234273

光化学系II酸素発生複合体のフェムト秒X線分光およびX線回折同時測定

Simultaneous Femtosecond X-ray Spectroscopy and Diffraction of Photosystem II at Room Temperature

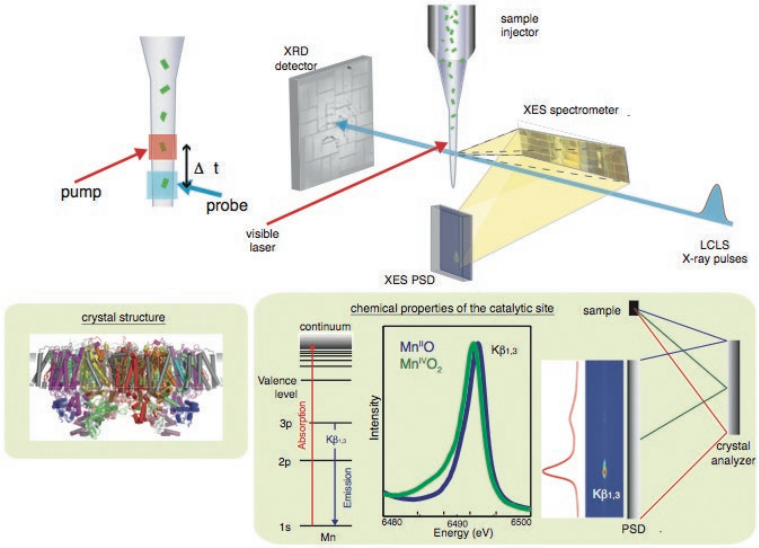
矢野 淳子 *Junko Yano*
Staff Scientist, Physical Biosciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory
Jan Kern[1,2] Roberto Alonso-Mori[2] Rosalie Tran[1] Johan Hattne[1]
Nicholas K. Sauter[1] Vittal K. Yachandra[1] Uwe Bergmann[2] et al.
[1] Physical Biosciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory
[2] Linac Coherent Light Source (LCLS), SLAC National Accelerator Laboratory
全著者リスト：http://www.sciencemag.org/content/340/6131/491.abstract

Contact
E-mail：jyano@lbl.gov
所在地：1 Cyclotron Rd., Berkeley, CA 94720, USA

X線自由電子レーザーを用いた光化学系II酸素発生複合体の研究

自然界で植物が行う光合成による水分解反応は、膜タンパク質である光化学系II複合体において起こります。その活性中心は4つのMnと1つのCaが酸素架橋したクラスターによって構成されています。このマンガンクラスターの触媒機構を解明するため、我々のグループはX線自由電子レーザーを用いてタンパク質及び活性中心の構造と触媒反応中におこる化学変化に関する研究を進めています。本論文では、X線構造解析とX線発光法を室温において同時に測定する方法を確立し、それを光化学系II複合体の研究に応用しました。これによって、タンパク質の構造のダイナミクスと、その中で起こる金属活性中心の化学変化を同時に追うことができます。また、非常に強度の強く、かつパルス幅の短いX線自由電子レーザーがタンパク質の構造研究に有効であることを示しました。

Figure and Note



図：XES/XRD実験装置
XES/XRDの同時実験装置。X線下流側で回折データを測定し、同時にエネルギー分散型の高分解能分光器を使ってX線発光スペクトルを測定する。

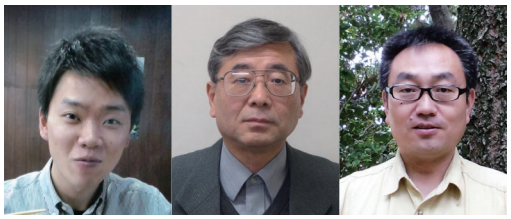
ローレンスバークレー国立研究所

私たちのグループでは、自然界における光合成および人工光合成に関する研究を行っています。そのうち、ごく最近使用可能になったX線自由電子レーザーを用いた研究では、生物から化学、そして物理に渡る幅広い分野の研究者との共同研究が必要です。お互いの専門分野を理解し合うのに時間がかかることがありますが、そこから日々いろいろなことを学んで刺激を受けています。こういった境界領域の研究に興味のある方にはとても良い研究環境だと思います。

Science 4月26日号 REPORT
Science 26 April 2013: Vol. 340 no. 6131 pp. 495-498
DOI: 10.1126/science.1234219

翅連続相同体の改変による昆虫形態の多様化

Insect Morphological Diversification Through the Modification of Wing Serial Homologs



左から大出 高弘、柳沼 利信、新美 輝幸

大出 高弘 *Takahiro Ohde*
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室
日本学術振興会特別研究員(PD)

柳沼 利信 *Toshinobu Yaginuma*
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室 名誉教授

新美 輝幸 *Teruyuki Niimi*
名古屋大学大学院 生命農学研究科 資源昆虫学研究室 助教

Contact
E-mail：新美 輝幸 niimi@agr.nagoya-u.ac.jp
所在地：464-8601 名古屋市千種区不老町

昆虫の隠れた翅を発見

昆虫は4枚の翅をもちます。しかし、大昔の昆虫の祖先には翅のようなものがもっとたくさんあったことが化石証拠より明らかになっています。そのたくさんあった"原始翅"のうち4枚が飛ぶために進化してきたと考えられています。では、他の翅はどこにいってしまったのでしょうか。進化の過程で失われたのか、あるいは形を変えて今の昆虫にも存在しているのか、二つの可能性が考えられますが、これまでわかっていませんでした。今回の研究では、現代の昆虫で翅をつくるために必要な遺伝子の働きを調べることにより、原始翅が飛ぶためとは大きく異なる働きをもつように形を変えている場合があることを初めて明らかにしました。昆虫種は現在記載されている動物種の7割を占めるほど多様性に富んでいます。今回の発見により、大昔の昆虫の原始翅が進化の過程でいろいろな形に変化して、地球上の多様な昆虫の形づくりに利用されている可能性が示されました。

Figure and Note

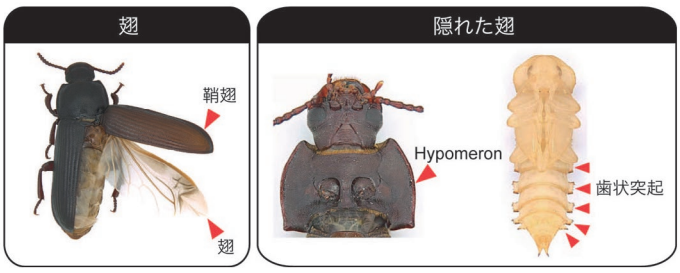


図1：チャイロコメノゴミムシダマシの翅と"隠れた翅"

(左)中胸と後胸の翅。チャイロコメノゴミムシダマシの前翅は体を守る固い鞘翅に変化している。(右)成虫前胸のHypomeronと蛹腹部の歯状突起が、原始翅が形を変えた隠れた翅である可能性を示した。

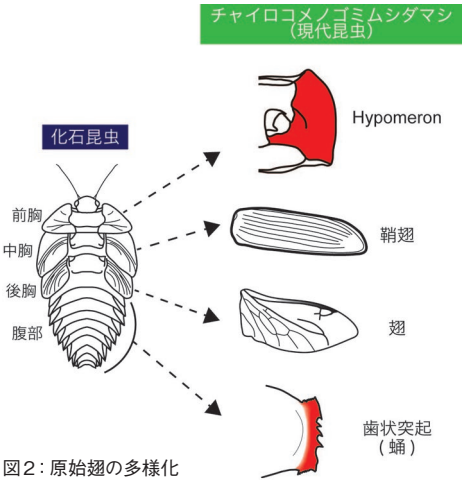


図2：原始翅の多様化

昔の昆虫の原始翅は失われたのではなく、形を変えて今も存在していると考えられる。

実験材料の昆虫たち。上段左から、ナミテントウ、ヘリグロテントウノミハムシ、カブトムシ、アフリカメダマカマキリ。下段左から、マダラシミ、アトラスオオカブト。

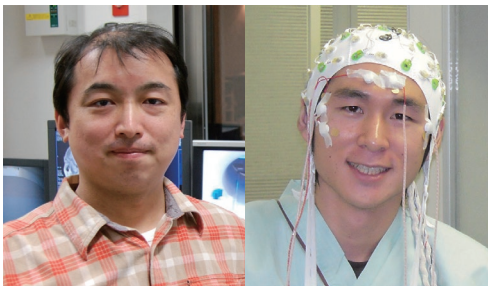
名古屋大学
大学院生命農学研究科 資源昆虫学研究分野

私たちのグループでは、昆虫に特異的な適応形質が進化の過程でどのように獲得され多様化したのかを遺伝子レベルで解き明かすことを目指しています。現在は、翅の起源、テントウムシの斑紋と擬態、カブトムシの角、性決定、休眠などの研究を進めています。
昆虫を見つめることにより、様々な興味深い現象に出会うことができます。自分の目でじっくり観察し、不思議に満ちた昆虫の世界を一緒に堪能しましょう!

Science 5月3日号 REPORT
Science 3 May 2013: Vol. 340 no. 6132 pp. 639-642
DOI: 10.1126/science.1234330

睡眠中の脳活動パターンから夢の内容を解読する

Neural Decoding of Visual Imagery During Sleep



左から神谷 之康、堀川 友慈

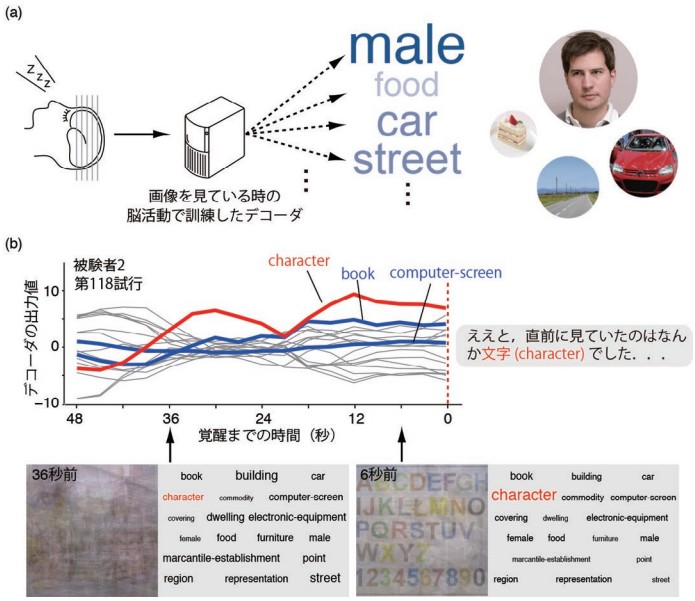
神谷 之康 *Yukiyasu Kamitani*
ATR脳情報研究所 神経情報学研究室 室長
奈良先端科学技術大学院大学 計算神経科学研究室 客員教授
堀川 友慈[1,2]　玉置 應子[1,*]　宮脇 陽一[1,3,#]
[1] ATR脳情報研究所　[3] 情報通信研究機構　[#] 現 電気通信大学
[2] 奈良先端科学技術大学院大学　[*] 現 ブラウン大学

Contact
E-mail：kmtn@atr.jp
所在地：619-0288 京都府相楽郡精華町光台2-2-2
U R L：http://www.cns.atr.jp/dni/

コンピュータのパターン認識により脳画像から夢の内容を予測

夢は外界からの刺激とは関係なく生じる主観現象で、見た本人にしかその内容が分からない、すぐに忘れてしまう、などの理由から、客観的な解析が困難な対象でした。この研究では、睡眠中の脳活動パターンをコンピュータの機械学習アルゴリズムを用いて解析することにより、夢の内容を客観的に推定する手法を開発しました。実験では，機能的磁気共鳴画像（fMRI）装置を用いて睡眠中の脳活動を計測し、被験者を覚醒させて直前に見ていた夢の内容を言葉で報告させる手続きを繰り返しました。実際に画像を見ているときの脳活動パターンで学習したプログラムを用いて睡眠中の脳活動を解析することで、夢の報告に現れた物体を高い精度で予測することができました。この結果は、夢を見ているときにも画像を見ているときと共通する脳活動パターンが生じていることを示しています。この方法は、夢の解読だけでなく、自発的に生じる脳活動の機能や、幻覚などを伴う精神疾患の病態の解明にも貢献することが期待されます。

Figure and Note



図：デコーディングの概要

(a) 画像を見せた時の脳活動データで学習したプログラム（デコーダ）を用いて、睡眠中の脳活動から各物体の有無を予測。(b) デコーダが出力するスコアの時間変化。

ATR・神経情報学研究室

当研究室では、物理学、情報工学、心理学など多様なバックグラウンドをもつメンバーが、神経科学と数理科学の幅広い手法を動員して脳と心の謎に挑んでいます。われわれが開発している脳から心の状態を推定する技術（脳情報デコーディング）は、脳機能の解明に役立つだけでなく、ブレイン－マシン・インターフェース（BMI）など、脳を介した情報通信・制御技術の基礎となるものです。この技術が未来のコミュニケーションや社会を大きく変えるかもしれません。

夢の中へ　～夢を可視化する～

ATR脳情報研究所　**神谷 之康**

2013年の5月のある日、あるTVドラマを見ていると、物理学者である主人公が「脳からイメージを可視化するなんて、今の科学でできるわけがない！」と語るシーンがあり、私はのけぞってしまいました。というのも、ちょうどその数週間前、脳から夢の内容を解読することに成功した論文を*Science*に発表したばかりだったからです。「脳からのイメージの可視化」こそ、私の研究室が取り組んでいる研究のテーマです。2008年には、見ている視覚像を脳の信号から画像として取り出すことにも成功しました。われわれの成果がまだ世の中で受け入れられていないことを残念に感じる一方、テレビドラマですら荒唐無稽と扱われるテーマを研究していることを少し誇らしく思ったものです。

夢の内容が解読できる?!

夢は主観的な現象であり、本人にしか体験することができません。夢を可視化するといっても、本人になり代わって体験することはできないからです。われわれのアプローチは、夢を見ている時に「どのような画像を見ている時と似た脳の状態にあるか」を調べることで、睡眠中の脳のデータから夢の内容を推測するものです。そのために、実験の参加者にまずたくさんの画像を見てもらい、その時の脳の活動パターンをMRIという脳をスキャンする装置を使って記録しました。このデータを使い、脳活動パターンから画像への「翻訳機」を作りました。これが、「脳情報デコーディング技術」です。この翻訳機の作成には、「機械学習」という方法を用いています。機械学習は、手書き文字の認識やスパム・フィルターなどさまざまな用途に用いられているコンピュータサイエンスの技術で、学習データ（例題）から自動的にパターンやルールを探しだし、新しいデータに関する予測を行うアルゴリズム（算出方法）を作り出すものです。この方法を使って脳のデータを解析することで、肉眼では区別がつかない微細な脳活動パターンから心的イメージを解読することができます。

写真の画面の中に映しだされている映像が、コンピュータが推定する夢内容の一例です。文字の大きさと合成画像が、関連する物体のカテゴリーを表現しています。文字が大きいほど、夢で見ている可能性が高いことを表します。

なぜ夢を見る?

では、夢は何のために見るのでしょうか？ 危機的な状況に対するシミュレーション（予行演習）、記憶の定着と整理、ネガティブな感情の中和などさまざまな仮説が提案されていますが、現代の科学はまだ明確な答えをもっていません。これまで科学者の関心は、「夢の機能」という大きなテーマよりも「REM睡眠の機能」など客観的に扱える問題にあえてとどまっていたようにも思えるのです。夢の機能を理解するためには、夢の具体的な内容と脳や行動との関係を知ることが必要です。われわれが開発した夢の解読法は、元来主観的な夢の内容を客観的に扱うことを可能にします。これを用いて夢の謎を解明することが私の「夢」です。

Science 5月10日号 REPORT
Science 10 May 2013: Vol. 340 no. 6133 pp. 744-748
DOI: 10.1126/science.1232877

初期の中胚葉由来の情報が、トリの三次心臓領域において将来心臓ペースメーカー細胞となる運命を指定する

Early Mesodermal Cues Assign Avian Cardiac Pacemaker Fate Potential in a Tertiary Heart Field

左からMichael Bressan、Gary Liu、三川 隆

三川 隆 *Takashi Mikawa*
Camilla and George D Smith Distinguished Professor,
Cardiovascular Research Institute,
Unifersity of California San Francisco

Michael Bressan
Ph.D. (Postdoctoral Fellow), Cardiovascular Research Institute,
Unifersity of California San Francisco

Gary Liu
Research Technician, Cardiovascular Research Institute,
Unifersity of California San Francisco

Contact
E-mail：takashi.mikawa@ucsf.edu
所在地：555 Mission Bay Blvd South, MC3120, San Francisco, CA 94143-3120, USA

心臓ペースメーカー細胞の由来と分化方向指定機構の同定

生体リズムは色々な所で私達の体の働きを調節しています。一生働き続ける心臓の規則的な収縮もその例で、大静脈と右心房の間にあるペースメーカー細胞から出る電気信号によってリズムが調整されています。ペースメーカー細胞の存在は一世紀以上前から知られ、その生理学的性質も詳しく調べられていますが、この特殊な生体リズムを生み出す細胞が、何処からどのように生まれるのか解っていませんでした。今回ニワトリ胚を使った研究で、ペースメーカー前駆細胞が、実はこれまで知られていた心筋前駆細胞領域とは異なる中胚葉領域で生まれること、ペースメーカーになる運命が心臓形態形成開始よりずっと前に指定されていること、この運命指定過程に、意外なことに心筋分化の疎外因子として知られているWnt分子が正の情報因子として働いていることなどが見つかりました。生体リズムを司る細胞が誕生する秘密のさらなる解明の一助になればと期待しています。

Figure and Note

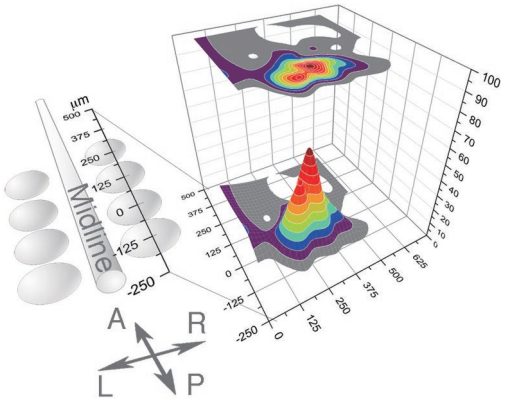


図1：ペースメーカー前駆細胞領域の同定
心臓のペースメーカーへの分布確率地図。従来知られていた心筋前駆細胞領域とは異なる中胚葉領域の約100個程度の細胞がペースメーカー前駆細胞として同定されました。

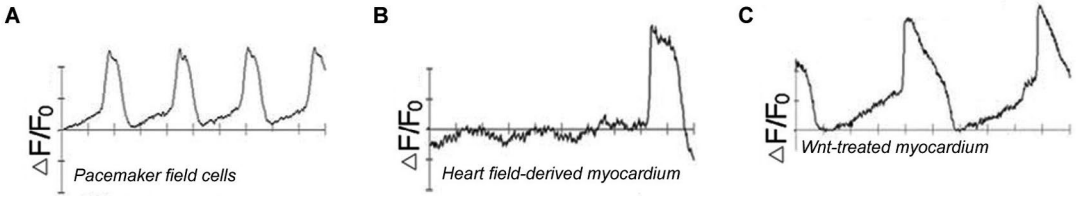


図2：Wint分子による心筋前駆中胚葉細胞のペースメーカー細胞化
(A) ペースメーカー前駆細胞は、分化し規則的に活動電位を発生し始めます。(B) 心筋前駆中胚葉細胞は分化しても、不規則にしか活動電位を発生しません。(C) Wint分子による心筋前駆中胚葉細胞のペースメーカー細胞化。

カリフォルニア大学サンフランシスコ校 心血管研究所 三川研究グループ

多細胞生物の発生や形態形成は、与えられた時間軸の中で次々と非定常状態反応を積み重ねることで、成り立っているようです。主に恒常性の維持とそこからのゆらぎの過程を調べる、成体を主体とした研究とは幾分違う視点を持つ生命科学かもしれません。定常状態を破り続ける発生過程の設計図を解き明かしたいという人達が、世界各地から集まり、イマジネーションとできるだけシンプルなアプローチを大切に、それぞれ独立のテーマを提案、研究しています。

写真：研究室の近くにあるATT球場にてラボメンバーとサンフランシスコジャイアンツ応援

Science 24 May 2013: Vol. 340 no. 6135 pp. 972-975
DOI: 10.1126/science.1234854

味細胞の機能変化が ゴキブリの適応行動を支えている

Changes in Taste Neurons Support the Emergence of an Adaptive Behavior in Cockroaches

左から勝又 綾子、Jules Silverman、Coby Schal

勝又 綾子 *Ayako Katsumata*
Senior Research Scholar, Department of Entomology and W.M. Keck Center for Behavioral Biology, North Carolina State University

Jules Silverman
Professor, Department of Entomology and W.M. Keck Center for Behavioral Biology, North Carolina State University

Coby Schal
Professor, Department of Entomology and W.M. Keck Center for Behavioral Biology, North Carolina State University

Contact
E-mail：akatsum@unity.ncsu.edu
所在地：100 Derieux Place, Gardner Hall, North Carolina State University Raleigh, NC, USA 27695
ＵＲＬ：http://www.cals.ncsu.edu/entomology/schal_lab

「甘い」を「苦い」と感じて命拾い

チャバネゴキブリの駆除には糖で甘味づけした毒餌が用いられます。しかし毒餌の急激な淘汰圧（とうたあつ）を受けた地域では、毒餌を食べない個体群が発達します。我々は、これらのゴキブリが摂食刺激物質として毒餌に使われるグルコースを忌避することを示し、また、強い淘汰圧下で発達した「グルコース忌避」という適応的食物選択行動が、味覚感覚神経の感受性の変異に支えられていることを、電気生理学的手法で示しました。すなわち、グルコースを好む野生系統は、他の生物種と同様に、口器にある甘味物質感受性の味覚神経でグルコースを受容します。しかしグルコース忌避系統では、苦味物質感受性の味覚神経がグルコース感受性を示します。従って、グルコース忌避のゴキブリは、グルコースを甘味ではなく苦味として情報処理していると考えられました。また、グルコースと誘導体を用いた構造活性相関試験によって、グルコース忌避系統の苦味感覚神経に発現している味覚受容体の構造が、グルコースと結合するよう変異している可能性があることが分かりました。これらの発見で、急激な環境変化に伴い生物個体群が適応的食物選択行動を新しく発達させる時、味覚感覚神経の感受性のポリモルフィズムが重要な役割を果たすことが明らかとなりました。

Figure and Note

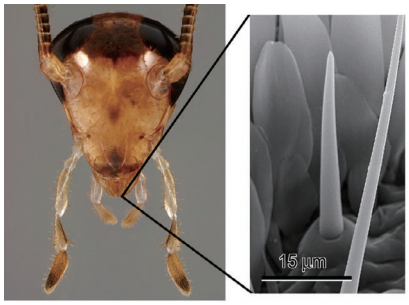


図1：チャバネゴキブリの頭部（左）と味覚神経を備えた口器の味覚感覚器

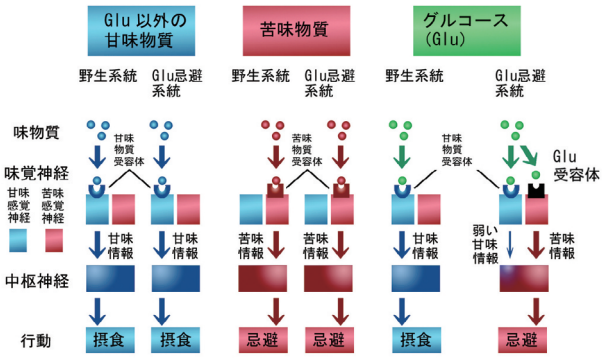
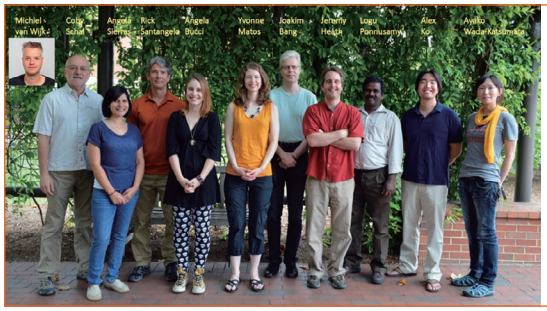


図2：グルコース忌避のメカニズム
苦味感覚神経の苦味物質受容体が変異してグルコースを受容するため、グルコースが忌避物質として情報処理される。



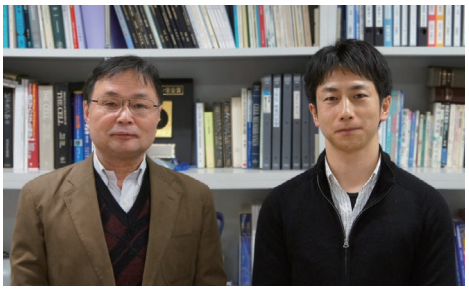
Department of Entomology, North Carolina State University

アメリカ独特の大規模な畜産・農業システム、および都市・自然環境の保全と発展を目指し、複数の研究室が連携して様々なIPMプログラムを進めています。Schal研究室では主に、ゴキブリ、トコジラミ、ネッタイシマカ、タバコガ、キバチなどの行動制御に関わる化学物質の分析・同定、害虫の嗅覚・味覚感覚の試験、ゲノムマーカーを用いた害虫侵入経路の解析などを行っています。

Science 5月31日号 REPORT
Science 31 May 2013: Vol. 340 no. 6136 pp. 1106-1110
DOI: 10.1126/science.1233508

ビタミンE輸送タンパク質とホスファチジルイノシトールリン酸の相互作用不全が家族性ビタミンE欠乏症の根本的原因である

Impaired α-TTP-PIPs Interaction Underlies Familial Vitamin E Deficiency



左から新井 洋由、河野 望

河野 望 *Nozomu Kono*
東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学 助教
新井 洋由 *Hiroyuki Arai*
東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学 教授
大戸 梅治[1]　平松 達史[2]　卜部 倫子[2]　内田 安則[2]　佐藤 能雅[1]
[1] 東京大学大学院 薬学系研究科 蛋白構造生物学
[2] 東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学

Contact
E-mail：新井 洋由　harai@mol.f.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

細胞内脂質輸送における ホスファチジルイノシトールリン酸のユニークな機能

ビタミンEは、抗酸化作用を持つ脂溶性ビタミンであり、その欠乏により、神経変性や不妊等の重篤な病気を発症します。しかし、ヒトは通常の食生活ではめったにビタミンE欠乏に陥る事はありません。一方、通常の食餌を摂取していても体内のビタミンEレベルが低下する「先天性ビタミンE欠乏症」という疾患があります。私たちは、α-TTPと命名した細胞内ビタミンE輸送蛋白質を発見し、さらに先天性ビタミンE欠乏症の原因がα-TTP遺伝子変異であることを突き止めました。現在までに、世界中で20種類以上のα-TTP遺伝子変異が報告されています。本研究では、これらの遺伝子変異の中で、ビタミンE結合能には異常がないものの重篤なビタミンE欠乏症を引き起こすArg残基の1アミノ酸変異に注目し、ビタミンE欠乏症に至る原因を調べました。その結果、α-TTPが細胞膜の目印として機能するホスファチジルイノシトールリン酸（PIPs）と相互作用することで、細胞内のビタミンEのベクトリアル輸送を可能にしていることを見出し、このα-TTPとPIPsの相互作用の不全が先天性ビタミンE欠乏症の原因となることを明らかにしました。さらにα-TTP-PIPs複合体の結晶構造の解析等から、PIPsの結合によってα-TTPのビタミンE結合ポケットが開き、細胞膜へビタミンEが放出される、というPIPsを介したα-TTPから細胞膜へのビタミンEの受け渡し機構が明らかとなりました。

細胞内には様々な脂質輸送蛋白質が存在しています。しかし、多くの脂質輸送蛋白質がどのように脂質を適切な場所に運び、脂質を受け渡すのか、その機構は明らかとなっていませんでした。本研究は、遺伝病の原因を解明するのみならず、細胞内脂質輸送機構に新たなコンセプトを提供するものであります。

Figure and Note

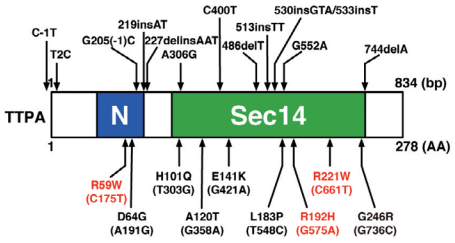


図1：先天性ビタミンE欠乏症におけるα-TTP遺伝子変異
上段にはフレームシフト変異、下段には1アミノ酸変異を示す。N, CRAL-TRIO_Nドメイン。

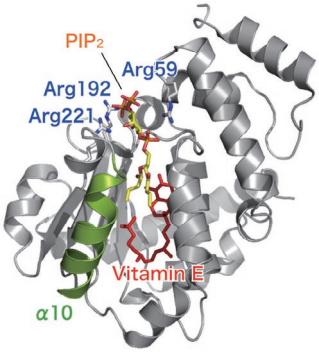


図2：α-TTP-PIP_2複合体の結晶構造
先天性ビタミンE欠乏症で変異のみられるArg残基がPIP_2のリン酸基と相互作用している。PIP_2の脂肪酸鎖はビタミンE結合ポケットの蓋（α10）と相互作用し、ポケットを開状態へと導く。

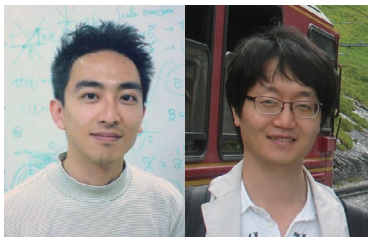
東京大学大学院 薬学系研究科 衛生化学教室

生体膜はリン脂質二重層という基本構造により形成されています。生体膜を構成するリン脂質には、極性頭部と脂肪酸鎖の違いにより1,000種類以上の分子が存在し、それらの適切なバランスが生体膜の様々な機能 — 例えば、生体膜のバリアー機能や膜蛋白質の機能発現・制御 — に重要であると考えられています。私達の研究室は、モデル生物を用いた遺伝学解析と脂質メタボロミクスとを駆使しながら、多様性に富む生体膜リン脂質の形成機構やこれまで思いもよらなかった生理機能の解明を目指しています。

Science 6月21日号 REPORT
Science 21 June 2013: Vol. 340 no. 6139 pp. 1427-1430
DOI: 10.1126/science.1237240

ファンデルワールスヘテロ構造内の質量を持ったディラック・フェルミ粒子とホフスタッターの蝶

Massive Dirac Fermions and Hofstadter Butterfly in a van der Waals Heterostructure



左から越野 幹人、文 泌景

越野 幹人 *Mikito Koshino*
東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 准教授

文 泌景 *Pilkyung Moon*
東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 助教
(現 韓国高等科学院(KIAS)、Research Fellow)

B. Hunt[1] J. D. Sanchez-Yamagishi[1] A. F. Young[1] M. Yankowitz[2]
B. J. LeRoy[2] 渡邊 賢司[3] 谷口 尚[3] P. Jarillo-Herrero[1] R. C. Ashoori[1]

[1] Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology
[2] Department of Physics, University of Arizona
[3] 物質・材料研究機構

Contact
越野 幹人 **E-mail**：koshino@cmpt.phys.tohoku.ac.jp
所在地：980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3
U R L：http://www.cmpt.phys.tohoku.ac.jp/~koshino/index-j.html

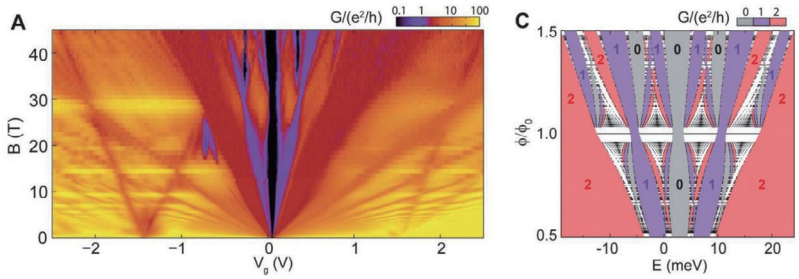
量子力学の中に現れるフラクタルの観測に成功

フラクタルとは「図形の部分を拡大すると全体と同じ形になっている」という構造を指す言葉です。腸の内壁や樹木の枝分かれといった複雑な系に現われることが知られていますが、今回私たちは実験グループとの共同で、2層の薄膜を重ねた単純な物理系から、量子力学の効果によってフラクタルが生じることを確かめました。

観測にはグラフェンと六方晶窒化ホウ素(hBN)と呼ばれる2種類の薄膜を用います。いずれも1原子層から成る2次元物質で、互いによく似た結晶構造を持ちますが、原子間隔が微妙に異なるために、二つ重ねると長い周期の「モアレ模様」が生じます。この系に磁場をかけると、薄膜中の電子は磁場とモアレ模様両方から影響を受けて非常に複雑な運動をします。磁場の大きさを変えながら膜の電気抵抗を測定すると、その変化がフラクタルの図形を描くのです。

これはホフスタッターの蝶と呼ばれ、磁場下の周期構造に見られる一般的現象として1970年代に理論的に予言されました。しかし観測に必要な長周期を持つ現実の物質がなかったために、現在に至るまで見つかっていませんでした。21世紀に入り急速に発展した原子薄膜の技術によってこれが実現されたのです。

Figure and Note



図：グラフェン－hBN系におけるホフスタッターの蝶
(左) 磁場とゲート電圧に対する電気伝導度。色が明るいところほど電気伝導度が高い。
(右) エネルギースペクトルの理論計算。

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻
物性理論研究室 越野グループ

我々の研究グループではグラフェンやhBNといった原子薄膜物質や、トポロジカル物質と呼ばれる新しい物質系の性質を理論的に研究しています。これらは従来型の物質とは異なる電子の性質を持ち、今まで予想もしなかった異常な物性が生じることがあり、それを予言するのが我々の目的です。また今回の論文のように、実験グループとのコラボレーションも行っています。

Science 6月21日号 REPORT
Science 21 June 2013: Vol. 340 no. 6139 pp. 1475-1478
DOI: 10.1126/science.1234879

ショウジョウバエ感覚ニューロンにおいて局所性カルシウムシグナルは樹状突起の選択的除去を誘導する

Compartmentalized Calcium Transients Trigger Dendrite Pruning in *Drosophila* Sensory Neurons

左から金森 崇浩、榎本 和生

金森 崇浩 *Takahiro Kanamori*
東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 脳機能学分野 研究員
榎本 和生 *Kazuo Emoto*
東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 脳機能学分野 教授
金井 誠[1]　大領 悠介[1,2]　安永 桂一郎[1]　森川 麗[1,2]
[1] 大阪バイオサイエンス研究所 神経細胞生物学部門
[2] 東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 脳機能学分野
Contact **E-mail**：榎本 和生　emoto@biol.s.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

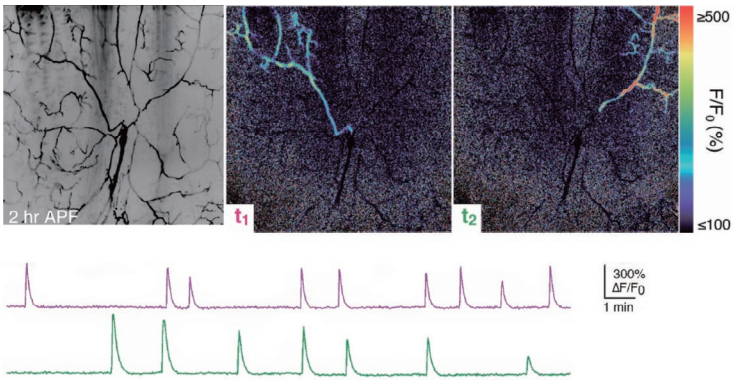
不要神経回路の選択的除去メカニズム

出生直後のヒト脳神経回路は、いわゆる「混線状態」にあります。その後の発達段階において、不要回路の切断・除去を含むネットワークの再編が起こることにより、機能的な情報処理回路へと成熟します。

近年の研究から、不要神経回路の除去不全が自閉症など発達障害の一因となることが示唆されていますが、簡便な解析モデルが確立されていないため、不要神経回路の除去を担う分子細胞基盤はほとんど理解されていません。我々は、ショウジョウバエが幼虫から成虫へと移行する変態期の脳神経回路において、不要神経回路の選択的除去を含む大規模な回路再編が起きることを見出しました。さらに、神経突起局所において発生する低頻度カルシウム振動（1分間に1回程度の頻度で観察される周期的な細胞内カルシウム濃度の上昇）が、不要神経突起の選択的除去を誘導する初発因子であることを突き止めました。刈り込まれる樹状突起では膜興奮性が増大しており、電位依存性カルシウムチャネルを介したカルシウム流入経路が選択的に活性化していました。

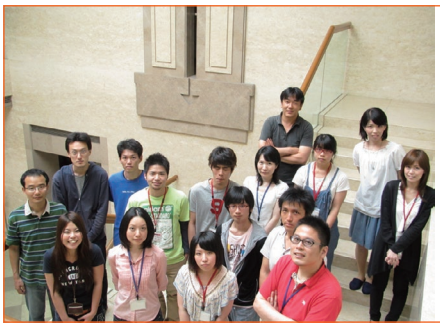
以上の結果から、「ニューロンは樹状突起の膜興奮性を局所的に増大させることによりカルシウム流入を誘導し、不要な樹状突起のみを選択的に刈り込む」という新たなメカニズムが明らかになりました。

Figure and Note



図：樹状突起局所に発生する低頻度カルシウム振動

左図は 樹状突起の 構造を、中図と右図は、樹状突起内に発生したカルシウム動態を異なる時間軸で示す。2カ所の異なる突起にコンパートメント化が起こり、異なるパターンのカルシウム振動が発生する。



東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 榎本研究室メンバー

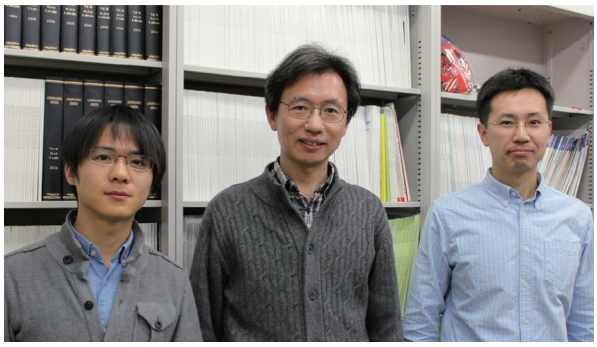
本研究室では、ショウジョウバエやマウスを個体モデルとして、心と個性を生み出す脳神経回路の構築原理と作動原理の理解を目指して研究を行っています。とくに、個体が外界からの複数情報に基づき価値判断を行い、そのアウトプットとして適切な行動を生み出すメカニズムを回路レベルで明らかにしたいと考えています。

研究室HP：http://www.biol.s.u-tokyo.ac.jp/users/brain/index.html

Science 6月28日号 REPORT
Science 28 June 2013: Vol. 340 no. 6140 pp. 1549-1552
DOI: 10.1126/science.1238663

三核チタンポリヒドリド錯体による窒素分子の切断と水素化

Dinitrogen Cleavage and Hydrogenation by a Trinuclear Titanium Polyhydride Complex



左から胡 少偉、侯 召民、島 隆則

島 隆則 *Takanori Shima*
理化学研究所 環境資源科学研究センター
先進機能触媒研究グループ 上級研究員

胡 少偉 *Shaowei Hu*
理化学研究所 環境資源科学研究センター
先進機能触媒研究グループ 特別研究員

侯 召民 *Zhaomin Hou*
理化学研究所 環境資源科学研究センター
副センター長 兼 先進機能触媒研究グループ グループディレクター

羅 一 羅 根 亢 小輝
大連理工大学

Contact
E-mail：島 隆則 takanori_shima@riken.jp
所在地：351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
U R L：http://www.riken.jp/lab-www/organometallic/index.html

常温・常圧で窒素分子を切断し、水素化する

空気中の8割を占める窒素は、安定した反応性に乏しい分子です。工業的には、窒素と水素から高温・高圧のもと固体触媒を使ってアンモニアを製造しています。このプロセスは、多大なエネルギーを使用しており、より少ないエネルギーでアンモニアを合成できる触媒開発が望まれます。アンモニア合成においては、複数の金属−水素（ヒドリド）活性種が窒素分子に対して協奏的に作用していると考えられますが、複数の活性部位を持つ多金属ヒドリド化合物による窒素の活性化はこれまで報告されていません。

今回私たちは、3つのチタンからなるヒドリド化合物が窒素を常温・常圧で切断し、窒素−水素結合を形成することを見出しました。本反応では、チタンヒドリド化合物のヒドリド原子が、電子を与える電子剤として働くことで窒素分子の結合を切断し、また電子を放出することでプロトンとして働き、窒素の水素化を実現していることを明らかにしました。この成果は、将来的に窒素と水素から温和な条件下でアンモニアを合成する省資源・省エネ型手法の開発につながると期待できます。

Figure and Note

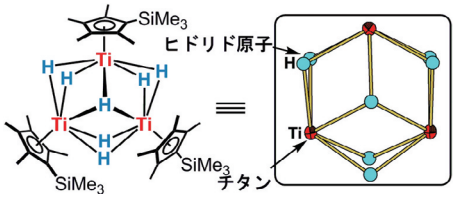


図1：多金属のチタンヒドリド化合物の構造

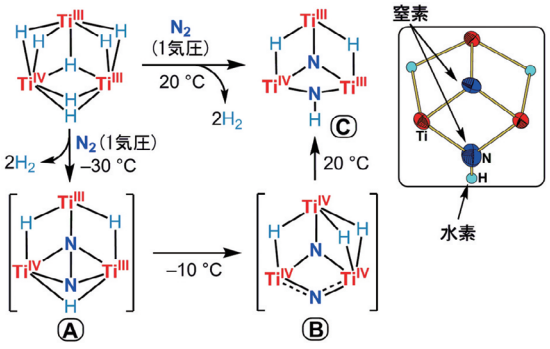


図2：窒素と多金属チタンヒドリド化合物の反応プロセス

−30℃で窒素分子が取り込まれ、2つの水素分子が脱離し、窒素ー窒素結合が単結合まで還元された（A）。−10℃で窒素ー窒素結合が切断された（B）。20℃で窒素ー水素結合が生成した（C）。

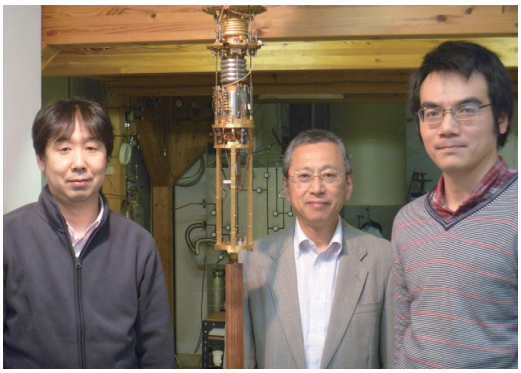
理化学研究所 環境資源科学研究センター 先進機能触媒研究グループメンバー

新しい触媒の開発は、従来にない優れた機能を持つ物質の創製につながり、様々な分野にインパクトを与える重要な研究課題です。私たちは、革新的触媒の開発を通じて、省資源・活資源・省エネ型物質創製を追求します。特に、窒素から温和な条件下でのアンモニア合成、高付加価値有機化合物合成への二酸化炭素の有効活用、異なるモノマーの効率的・選択的共重合による高機能ポリマー材料の創製等、実用化も念頭に多岐にわたる基礎研究を行います。

Science 7月5日号 REPORT
Science 5 July 2013: Vol. 341 no. 6141 pp. 59-62
DOI: 10.1126/science.1236509

超流動 ^{3}He-A におけるカイラル対称性の破れ

Chiral Symmetry Breaking in Superfluid ^{3}He-A



左から池上 弘樹、河野 公俊、堤 康雅

池上 弘樹 *Hiroki Ikegami*
理化学研究所 河野低温物理研究室 専任研究員
堤 康雅 *Yasumasa Tsutsumi*
理化学研究所 古崎物性理論研究室 基礎特別研究員
河野 公俊 *Kimitoshi Kono*
理化学研究所 河野低温物理研究室 主任研究員

Contact
E-mail：池上 弘樹 hikegami@riken.jp
所在地：351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

超流動ヘリウム３は右と左の対称性を破る

多くの物質では、自然が本来持っている対称性を自発的に破ることにより物理学的に興味深い状態になります。液体ヘリウム３を0.001ケルビンまで冷却してできる超流動ヘリウム３は、対称性を複雑に破った状態として知られています。その超流動相の一つであるA相では、クーパー対の軌道回転方向は、右回りまたは左回りのどちらか一方が選ばれ、カイラル対称性を破った状態となります。しかし、これまでカイラル対称性の破れの直接観測はありません。

今回私たちは、A相中に打ち込んだ電子が固有マグナス力と呼ばれる力を受けることを発見しました。この力の向きから、クーパー対の軌道回転方向の観測が可能となります。さらに、超流動転移時に、クーパー対が右回りまたは左回りのどちらかの軌道回転を選ぶことを示し、カイラル対称性の破れを実証しました。対称性の破れは物性物理学と素粒子物理学を包含する基礎概念です。今回の観測は、対称性の破れの明快な観測例となると同時に、対称性の破れの結果として生じる位相欠陥など詳細な理解につながります。

Figure and Note

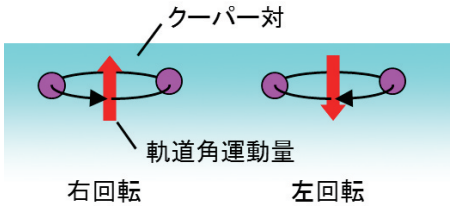


図１：超流動ヘリウム3-A相におけるカイラル対称性の破れ
超流動転移の際に、右回りまたは左回りのどちらかの回転方向が選ばれる。

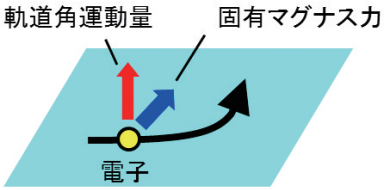
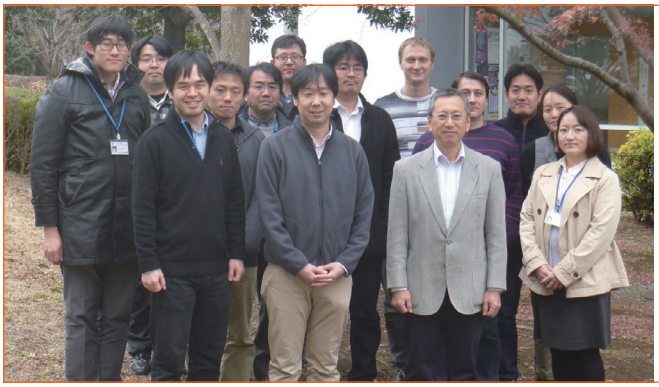


図２：固有マグナス力
超流動ヘリウム3-A相を運動する電子には、クーパー対の軌道角運動量と電子の速度の両方に垂直な方向に力が働く。



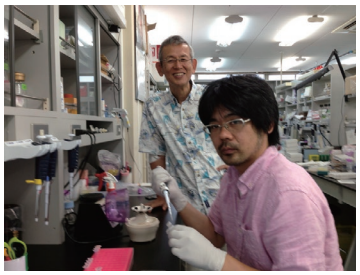
独立行政法人理化学研究所
河野低温物理研究室メンバー

私たちの研究室では、超低温における液体ヘリウムや半導体ナノ構造で発現する量子現象の研究を行っています。超低温では熱ゆらぎが抑えられるため、ミクロな世界を司る量子力学が現象を支配します。特に超流動ヘリウムに代表される巨視的量子現象において、トポロジカル量子現象など新しい概念の検証と新規量子現象の探索を目指して研究を行っています。新規量子現象を利用した新しい量子デバイスを構築する事も視野に入れて研究を進めています。

Science 7月5日号 REPORT
Science 5 July 2013: Vol. 341 no. 6141 pp. 71-73
DOI: 10.1126/science.1237999

miR-200bおよびmiR-429はマウスの正常な排卵に必須で雌の生殖能を維持する

MiR-200b and miR-429 Function in Mouse Ovulation and Are Essential for Female Fertility



左から岡部 勝、蓮輪 英毅

蓮輪 英毅 *Hidetoshi Hasuwa*
大阪大学 微生物病研究所 助教
（現 慶應義塾大学医学部 専任講師）

岡部 勝 *Masaru Okabe*
大阪大学 名誉教授

上田 潤
大阪大学 微生物病研究所 特任助教

伊川 正人
大阪大学 微生物病研究所 教授

Contact
岡部 勝 **E-mail**：okabe@biken.osaka-u.ac.jp
所在地：565-0871 吹田市山田丘3-1

排卵は脳下垂体中のマイクロRNAによる制御を受けている

タンパク質をコードしないRNAであるマイクロRNA（miRNA）と呼ばれるもののうち、miR-200bとmiR-429をもたないマウスを作製すると排卵せず不妊になりました（図1）。その理由を調べると、正常な個体ではこれらのmiRNAは脳下垂体にたくさん存在しており、*Zeb1*遺伝子のメッセンジャーRNA（mRNA）に結合してZEB1タンパク質の産生量が多くなりすぎないように働いていました。さらにZEB1は下垂体のなかで排卵に必要な黄体形成ホルモン（LH）遺伝子発現を抑制して、LHホルモンの産生量を抑える働きをしていました。そのため、これらのmiRNAがないマウスではZEB1が増え、その結果LHが減少することになります。今回の研究により、miRNAの欠損から不妊に至る経路を明らかにしました（図2）。排卵は種の存続そのものに影響する重要な現象ですが、それがわずか20塩基ほどの短いRNA分子であるmiRNAに制御されているという仕組みが明らかになり、不妊症の原因の1つである排卵障害に新たな視点を加えることができました。

Figure and Note

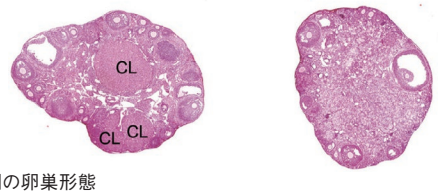


図1：交尾翌朝の卵巣形態
正常に排卵が起こった卵巣には黄体（CL）が形成されるのに対し（左）、miR-200b、miR-429欠損マウスでは排卵しないため、黄体が形成されない（右）。

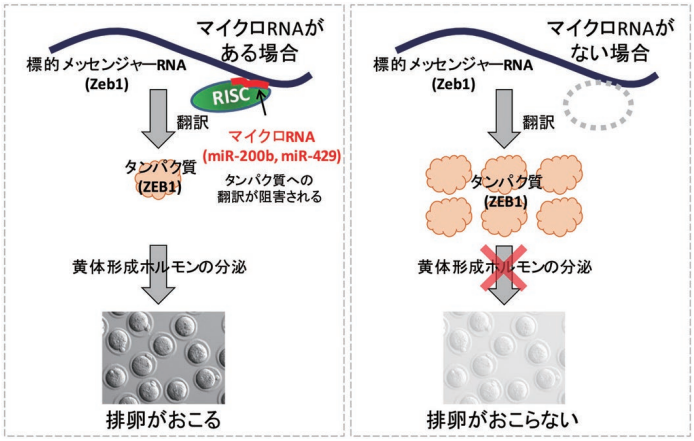


図2：miR-200bとmiR-429により制御される排卵メカニズム
マイクロRNAはRISC*とよばれるRNA-タンパク質複合体を形成し、RNA配列の相同性により標的メッセンジャーRNAを認識し、メッセンジャーRNAからのタンパク質の翻訳を抑制する。miR-200b、miR-429が欠損するとZEB1の量が多くなり、排卵機能が破綻する。
* RISC：RNA-induced silencing complex（RNAにより誘導される遺伝子不活性化複合体）

遺伝子改変動物の力とノンコーディングRNAの不思議

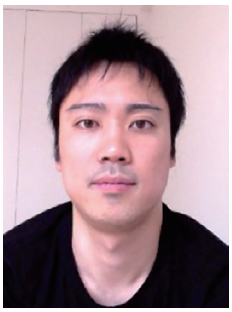
試験管内の反応から遺伝子の働きを予測することは極めて難しいという観点から私達は様々な遺伝子を欠損したマウスを作製してきました。この論文はそういう研究の流れから生まれました。現在も伊川教授のもと大阪大学微生物病研究所の遺伝子機能解析分野では数多くの遺伝子改変動物の作製が進行中です。蓮輪助教は専任講師として慶応大学に移り、引き続きノンコーディングRNAの不思議に迫っています。

写真：大阪大学 微生物病研究所 遺伝子機能解析分野研究室

Science 7月12日号 REPORT
Science 12 July 2013: Vol. 341 no. 6142 pp. 154-157
DOI: 10.1126/science.1237265

多目的な薄膜と微粒子の工学のための、金属錯体のワンステップアセンブリ

One-Step Assembly of Coordination Complexes for Versatile Film and Particle Engineering



江島 広貴 *Hirotaka Ejima*
東京大学 生産技術研究所 助教

Joseph J. Richardson　Kang Liang　James P. Best　Martin P. van Koeverden
Georgina K. Such　Jiwei Cui　Frank Caruso
Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The University of Melbourne

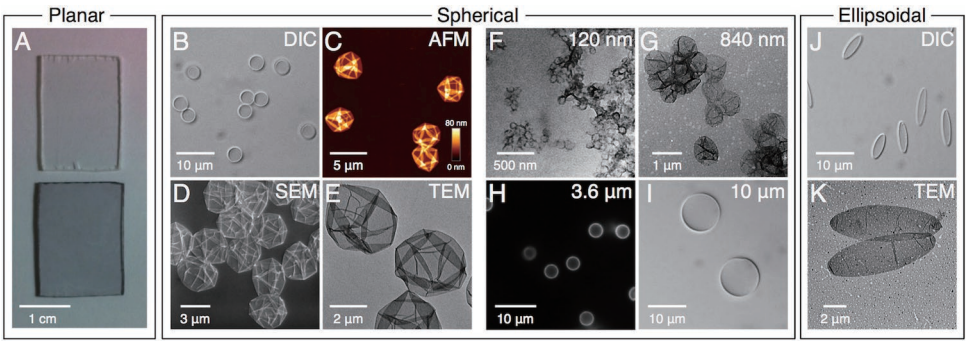
Contact
E-mail：hejima@iis.u-tokyo.ac.jp
所在地：153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1
ＵＲＬ：http://yoshielab.iis.u-tokyo.ac.jp/

生体適合性マイクロカプセルをポリフェノールから瞬時に合成

マイクロカプセルは、薬剤等有用な分子を内包し、ある種の刺激に応じてそれを放出することができるため、薬物送達システムをはじめとする様々な分野において大変有用です。これまでにその調製方法はいくつか開発されてきましたが、時間がかかる、高価な機器を必要とする、などの問題点がありました。今回、ポリフェノールと鉄イオンを混ぜるだけで瞬時に界面にフィルムが形成することを発見し、これをカプセル形成手法に応用しました。

このポリフェノールからなるフィルムのコーティング技術は優れた汎用性をもっています。無機物、ポリマー、金属、水ー油界面、バクテリアなど様々な基板を瞬時にコーティングすることができます。粒子状基板をコーティングして選択的に除去すれば自立性の空洞ナノフィルムすなわちマイクロカプセルを得ることもできます。本手法は安価でとてもシンプルなため、マイクロカプセルのある種の実用化を大きく加速させることが期待されます。

Figure and Note



図：ポリフェノールフィルムとカプセル
(A) ポリフェノールコート前（上）と後（下）のガラス基板、(B-E) ポリフェノールカプセルの微分干渉顕微鏡像 (B)、原子間力顕微鏡像 (C)、走査型電子顕微鏡像 (D)、透過型電子顕微鏡像 (E)、(F-K) 様々なサイズと形状のポリフェノールカプセル

化学とバイオの融合領域

オーストラリア メルボルン大学 カルーソー研究室では化学の力でものづくりをし、それをバイオへ応用するというスタイルで研究を進めています。具体的には、高分子ナノカプセルの合成と薬物送達システムへの応用です。研究室では多様な出身地と研究バックグラウンドを持った人たちが協力しあって、新しい領域を切り開こうと日々切磋琢磨しながら研究を進めています。

メルボルン大学 カルーソー研究室
クリスマスパーティー後の集合写真。
一番右がカルーソー教授、右から２番目が筆者。

Science 7月12日号 REPORT
Science 12 July 2013: Vol. 341 no. 6142 pp. 168-172
DOI: 10.1126/science.1239002

H^+/Ca^{2+}交換輸送体による対抗輸送機構の構造基盤

Structural Basis for the Counter-Transport Mechanism of a H^+/Ca^{2+} Exchanger

濡木 理 *Osamu Nureki*
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻 教授
西澤 知宏[1,2] 喜多 紗斗美[3] Andrés D. Maturana[4] 古屋 憲孝[1] 平田 邦生[5]
糟谷 豪[1] 小笠原 諭[6] 堂前 直[2] 岩本 隆宏[3] 石谷 隆一郎[1,2]
[1] 東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻
[2] 理化学研究所 基幹研究所
[3] 福岡大学医学部 薬理学教室
[4] 名古屋大学大学院 生命農学研究科
[5] 理化学研究所 放射光科学総合研究センター
[6] 京都大学大学院 医学研究科

Contact **E-mail**：nureki@biochem.s.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0032 東京都文京区弥生2-11-16

CAXによるCa^{2+}とH^+のアンチポート機構

真核細胞は、1mMほどの高いCa^{2+}濃度の環境にさらされながら、細胞質の遊離のCa^{2+}濃度を0.1μM程度まで下げることで、Ca^{2+}の流入による細胞シグナル伝達（例えば筋肉の収縮）を達成しています。したがって、細胞内のCa^{2+}濃度を低く保つ輸送体は、生命の維持にとって極めて重要です。我々は、Ca^{2+}を細胞外に排出するCa^{2+}/H^+交換輸送体CAXの結晶構造を2.3Å分解能で決定しました。その結果、CAXはコアドメインとゲーティングバンドルから構成されることが明らかになりました。既に発表されているCa^{2+}/Na^+交換輸送体の構造が細胞外開構造であったのに対し、本構造は細胞内開構造でした。2つの構造の比較から、CaCAは、ゲーティングバンドルがコア表面上の疎水性パッチ上を滑ることにより、ゲーティングヘリックスが回転し、その上に存在する親水性クラスターが、細胞外側の透過孔を向いたり、細胞内側の透過孔を向くことを繰り返すことで、細胞外開構造と細胞内開構造の間を切り替わることが明らかになりました。また、本構造は、カチオン結合ポケットに3つのH^+が結合したH^+結合型でありましたが、プロトン化している3つのGlu残基のうち2つが、向きを変えてCa^{2+}を結合することが判明し、H^+とCa^{2+}は同時には結合できないこともわかりました。さらに、カチオン結合ポケットにH^+やCa^{2+}が結合することで初めて、コアドメイン上に疎水性パッチが形成され、ゲーティングバンドルはこの上を滑ることができることが明らかとなり、カチオン依存的な構造変換の機構が解明されました。

Figure and Note

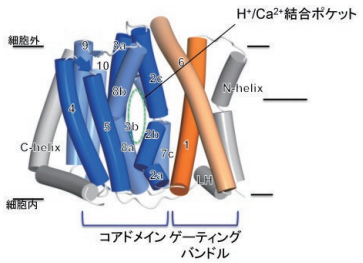


図1：CAXの結晶構造

CAXは分子内に偽2回対象を持ち、膜貫通ヘリックス2-5, 7-10がコアドメインを形成し、膜貫通ヘリックス1と6がゲーティングバンドルを形成する。カチオン結合部位はコアドメイン中にある。

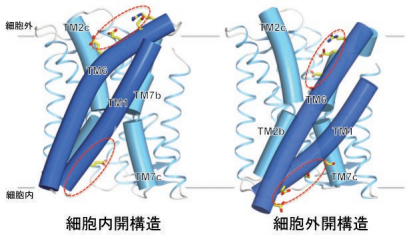


図2：CAXの細胞内開構造と細胞外開構造

ゲーティングバンドルがコア表面上の疎水性パッチ上を回転しながら滑ることにより、その上に存在する親水性クラスターが、細胞外側の透過孔を向いたり、細胞内側の透過孔を向くことを繰り返すことで、細胞外開構造と細胞内開構造の間を切り替わる。

我々を夢中にさせる膜タンパク質研究

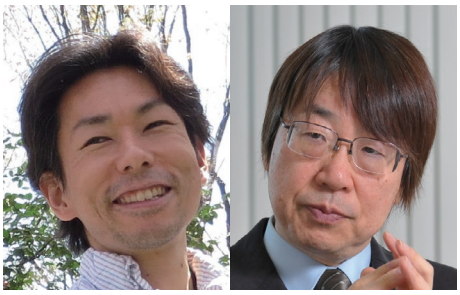
我々の研究グループは、タンパク質、特に膜輸送体や受容体等の膜タンパク質がダイナミックに構造を変換することで、膜を介して物質を輸送したり、シグナルを伝達したりするメカニズムを原子分解能レベルで解明しています。ヒトの遺伝子の30%は膜タンパク質をコードしており、また創薬ターゲットの半分以上は膜タンパク質が標的ですので、これからも新しいメカニズムがどんどん明らかになり、創薬も可能になると思います。

写真：2013年10月 濡木研究室10周年記念祝賀会にて

Science 7月12日号 REPORT
Science 12 July 2013: Vol. 341 no. 6142 pp. 191-195
DOI: 10.1126/science.1236927

マカクザル側頭葉における物体の神経表象は、複数の領野における局所神経回路によって階層的に構築される

Microcircuits for Hierarchical Elaboration of Object Coding Across Primate Temporal Areas



左から平林 敏行、宮下 保司

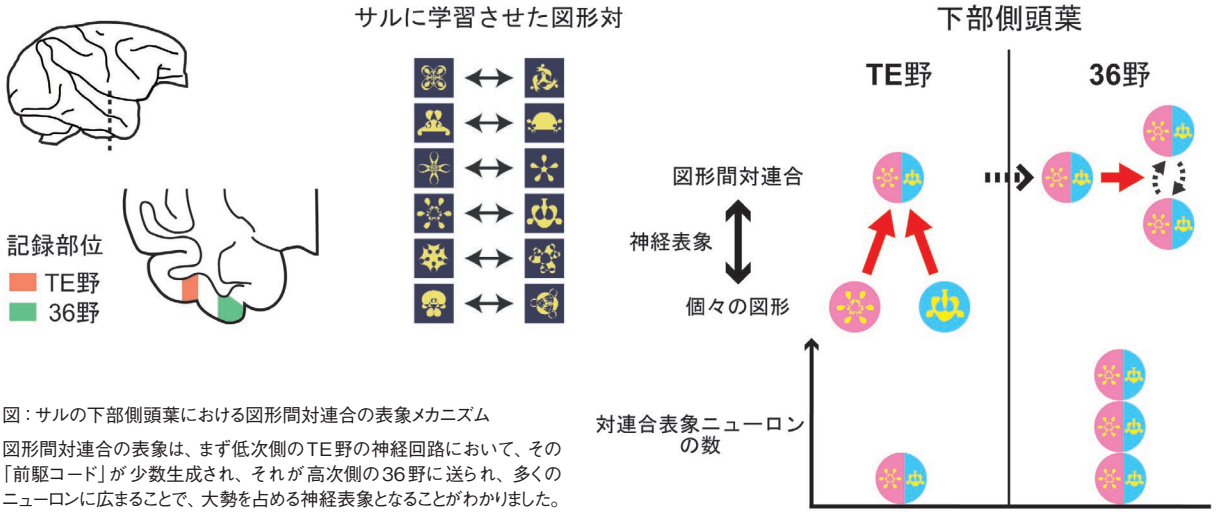
平林 敏行 *Toshiyuki Hirabayashi*
東京大学医学部 医学系研究科 統合生理学教室 講師
宮下 保司 *Yasushi Miyashita*
東京大学医学部 医学系研究科 統合生理学教室 教授
竹内 大吾　田村 啓太
東京大学医学部 医学系研究科

Contact
E-mail：平林 敏行　thirabay@m.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
U R L：http://www.physiol.m.u-tokyo.ac.jp

脳内での外界情報データベースの作り方を解明 ― 定説を覆す発見

私たちは、脳の外界情報データベース「外界の内部表現」を通じて世界を認識しています。大脳皮質における内部表現のうち、物体の視覚特徴の表象様式の研究が最も進んでいます。個々のニューロンの活動計測に基づいた従来の見解では、ある脳領野における視覚特徴の神経表象は、その領野内で生成され、支配的な神経表象になると考えられてきました。これに対して、低次領野において神経表象の「前駆コード」が少数生成され、それが高次領野において「増殖」する、という「前駆コード生成→増殖仮説」も立てることができます。本研究では、マカクザル下部側頭葉の隣接した領野であるTE野と36野のそれぞれにおいて複数のニューロン活動を同時記録し、図形間対連合の神経表象を生成する神経回路を明らかにすることにより、後者の仮説が正しいことを初めて実証しました。本研究により、私たちの脳が世界を表象する原理についての理解が深まるだけでなく、階層的な構造をもつ人工データベースの効率的設計や、神経表象に関わる疾患に対する治療法にも繋がると期待されます。

Figure and Note



図：サルの下部側頭葉における図形間対連合の表象メカニズム

図形間対連合の表象は、まず低次側のTE野の神経回路において、その「前駆コード」が少数生成され、それが高次側の36野に送られ、多くのニューロンに広まることで、大勢を占める神経表象となることがわかりました。

東京大学医学部 統合生理学教室メンバー

「汝自身を知れ」との箴言（しんげん）に自然科学的方法によって答えることはできるでしょうか？ 過去の経験を振り返り、不確定な未来に思いをはせるヒトの能力の起源をたどることはできるでしょうか？ 私達は、記憶と思考の大脳メカニズムの神経科学的研究を通じて、こうした問いに答えたいと思います。記憶には沢山の種類がありますが、その中でも認知記憶（陳述記憶）の記銘・貯蔵・及び想起の各過程を、電気生理学的方法、分子生物学的方法、非侵襲機能画像法などを総合的に駆使して研究しています。

Science 7月19日号 REPORT
Science 19 July 2013: Vol. 341 no. 6143 pp. 275-278
DOI: 10.1126/science.1233000

メラノコルチン2受容体付属蛋白2の機能喪失は哺乳類の肥満と関連する

Loss of Function of the Melanocortin 2 Receptor Accessory Protein 2 Is Associated with Mammalian Obesity

左から浅井 真人、Maria Joachim、Joseph A. Majzoub

浅井 真人 *Masato Asai*
名古屋大学大学院 医学系研究科 病理病態学講座腫瘍病理学分野 特任講師
Shwetha Ramachandrappa[1] Maria Joachim[2]
Yuan Shen[2] Rong Zhang[2] Li F. Chan[3] Adrian J. Clark[3]
I. Sadaf Farooqi[1] Joseph A. Majzoub[2] et al.

[1] University of Cambridge Metabolic Research Laboratories and National Institute for Health Research (NIHR) Cambridge Biomedical Research Centre, Institute of Metabolic Science, Addenbrooke's Hospital
[2] Boston Children's Hospital, Harvard Medical School
[3] William Harvey Research Institute, Centre for Endocrinology Queen Mary, University of London Barts and The London School of Medicine and Dentistry

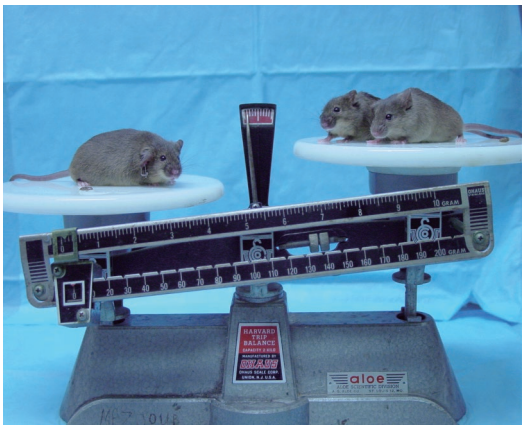
全著者リスト：http://www.sciencemag.org/content/341/6143/275.abstract

Contact
E-mail：masato-a@med.nagoya-u.ac.jp
所在地：466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町65
U R L：http://www.med.nagoya-u.ac.jp/medical/6272/6367/shuyoubyourigaku_shinkeikinoubyourigaku.html

視床下部にある体重調節の「構造」を求めて

脳の奥深くに視床下部という場所があります。この視床下部に意図的にナイフで切れ目を入れることでラットを肥満させ、視床下部破壊と肥満の因果関係が証明されたのは1940年米国シカゴの研究者によってでした。今年はその証明から74年目になりますが、この間に分子生物学の発展により、肥満の研究は、視床下部のさらに細かな構造や、細胞中のどのような遺伝子が体重調節に関わっているかの解明に向かっています。今回の私たちの研究はMRAPというタンパクが副腎のMC2R受容体をサポートするというイギリスの先行研究から、MRAPに似た視床下部にあるMRAP2も視床下部のMC4R受容体をサポートするのではないかという発想のもとに、最初から肥満だけを狙って遺伝子破壊マウス（ノックアウトマウス）が作成され、見事予想どおり肥満しました。動物の体がどうやって体重や食事の「適量」を知るかについて、このマウスを使ってさらに研究しています。

Figure and Note



図：MRAP2遺伝子が壊れるとマウスの体重は2倍になる
天秤ばかりの左の秤量皿にMRAP2ノックアウトマウス1匹、右の皿には同じ母から同時に生まれた正常型マウス2匹が載っています。一つの遺伝子の破壊でマウスの体重が正常の2倍以上になることは滅多におこりません。

毎週月曜夕飯はパスタとおしゃべり

留学先のボストンに到着した当初、隣町（Jamaica Plain）にあるLindaとNealという引退した牧師さん夫婦のお家でホームステイをしました。ふたりは33才になっていた私を我が子のように大切にしてくれました。ラボの近くのアパートに移ってからも、留学の4年間ほぼ毎週月曜の夕飯にJamaica Plainを訪れ、全く同じメニューであるパスタを食べながらいろいろおしゃべりしました。留学生活には研究だけでない深い喜びが含まれています。

Science 7月26日号 REPORT
Science 26 July 2013: Vol. 341 no. 6144 pp. 365-368
DOI: 10.1126/science.1236462

I-Love-Q：中性子星やクォーク星における慣性モーメント、潮汐ラブ数、四重極モーメント間の普遍的な関係

I-Love-Q: Unexpected Universal Relations for Neutron Stars and Quark Stars

左から八木 絢外、Nicolás Yunes

八木 絢外 *Kent Yagi*
Postdoctoral Fellow, Department of Physics,
Montana State University

Nicolás Yunes
Assistant Professor, Department of Physics, Montana State University

Contact

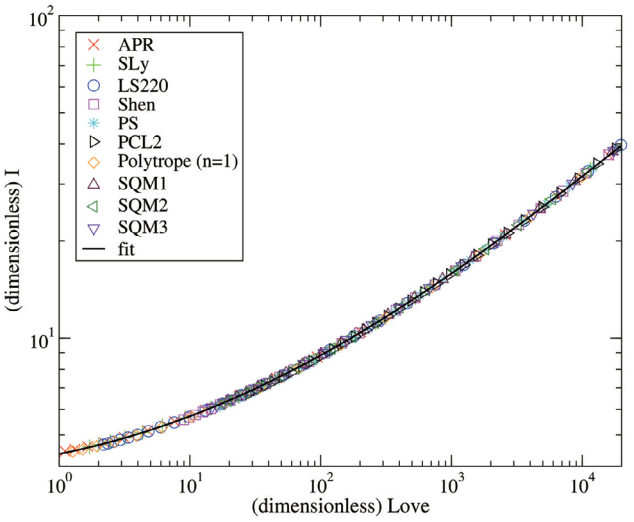
E-mail：kyagi@physics.montana.edu
所在地：EPS 220, Montana State University, Bozeman, MT, 59717-3840
U R L：http://www.physics.montana.edu/gravity/

未知である中性子星の内部構造に依らない関係性を理論的に発見

太陽よりも10倍から数10倍程度重い星は、最後に超新星爆発を起こし、中性子星になることが知られています。しかし、中性子星の内部は地上では実現できないほど高密度なため、内部構造は未だ解明されていません。様々な内部構造が理論的に提唱されており、例えば、中性子星の質量と半径の関係性は、内部構造に強く依存します。

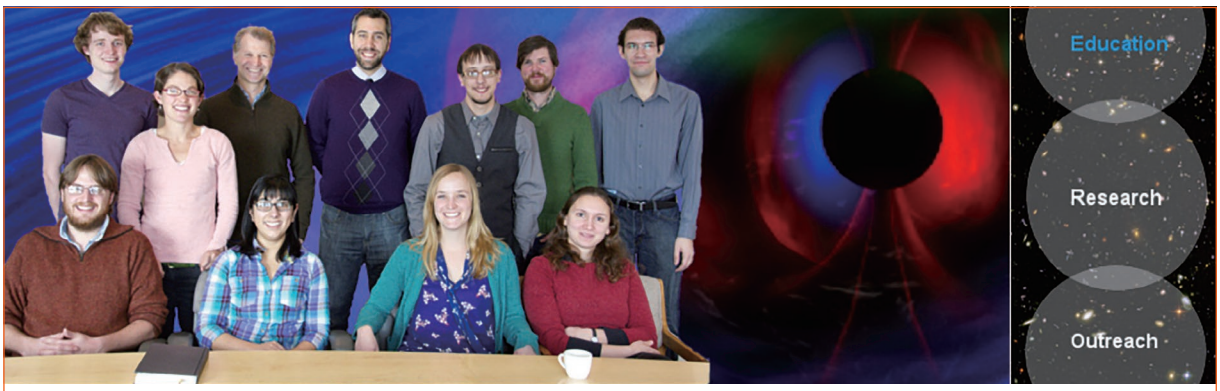
今回、筆者達は、中性子星の慣性モーメント(I)、潮汐ラブ数(Love)、四重極モーメント(Q)の間に、内部構造にはほとんど依存しない関係性を、理論的に発見しました。この関係性を用いると、I-Love-Qのうちどれか一つを観測できれば、自動的に、他の2つの情報を得ることができます。また、将来の重力波観測において、中性子星の自転を測定する際に役立ちます。さらには、強重力場での重力理論の検証に応用することも可能です。今回の理論的発見は、重力物理学、天体物理学、核物理学等、様々な分野に基づいた新発見ということができます。

Figure and Note



図：中性子星のI-Love関係性

中性子星の慣性モーメント(I)と潮汐ラブ数(Love)を、提唱されている様々な内部構造で比較した。その結果、数％の範囲内で、すべて一致することがわかった。



モンタナ州立大学 重力物理学グループ

このグループは、重力波観測を用いて、基礎物理学の未解決問題を解明すべく、日々理論的研究を行っています。例えば、一般相対性理論では説明しきれない観測が存在します。そこで、本当に正しい重力理論、ひいては、この世のあらゆる現象を説明できる究極理論を解き明かしたいと考えています。また、重力波は現在観測されていませんが(観測されればノーベル賞は確実だろうと言われています)、近い将来の観測を見据えたデータ解析も行っています。

重力波って何？

モンタナ州立大学　八木 絢外

普段あまり意識しませんが、我々にとって最も身近な力である重力。実は、重力はとっても魅力的で奥が深い力なのです。

重力と重力波

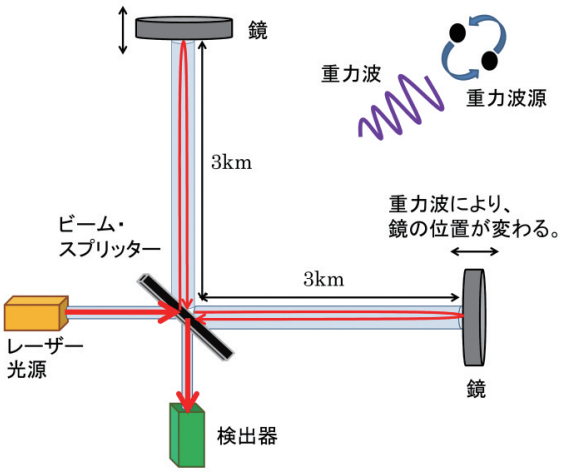
ニュートンが、木から落ちる林檎を見て、重力の存在に気付いたというのは有名な逸話です。しかし、ニュートン重力は完璧な重力理論ではありません。例えば、天体の運動を正しく記述したり、人工衛星によるGPSの精度を高めるためには、ニュートン重力では不十分なのです。

1915年、アインシュタインは驚くべき重力理論（一般相対性理論）を提唱しました。なんと、重力の正体は時空の歪みだと主張したのです！ 物質のまわりではそのエネルギーにより時空が歪み、これを我々は重力として感じるのです。この突拍子もない理論は、既に天体から出る光の曲がり（重力レンズ効果）などの観測により、観測誤差の範囲内で検証されています。

さて、時空を歪ませている物体が動くと何が起こるでしょう？ 水面の物質が動くと波紋が広がるのと同様に、時空の歪みも波となって伝播します。この波こそが、重力波なのです。つまり、重力波とは時空のさざ波なのです。

重力波はどうやって検出する？

重力は物質との相互作用がとても弱いため、重力波の検出は非常に難しく、いまだに検出されていません。検出されれば、ノーベル賞級の発見と言えます！ 重力波は時空の歪み方を変えるため、重力波が通過する際の物質の長さの変化を精度良く測定できれば、重力波を検出することができます。現在、世界中で重力波検出器の建設が進んでいます。日本でも、ニュートリノ実験で有名な岐阜県の神岡鉱山に、KAGRAと呼ばれる検出器が建設されています。



KAGRAは、図の様に3kmの2本の「腕」から成ります。まず、レーザーをビーム・スプリッターに照射します。すると、レーザーは二手に分かれてそれぞれの腕に沿って進んでいき、腕の端にある鏡に反射してビーム・スプリッターに戻ってきます。その後、2本のレーザーは検出器へと進みます。このとき、2本のレーザーは干渉するのですが、重力波がやってくると、2本の腕の長さが変わるため、干渉パターンが変化します。この変化から、重力波がやってきたかどうかを判断します。

重力波検出には、なんと原子核より1,000倍も小さな変化を捉えるだけの精度が要求されますが、目標感度はもうすぐというところまできています。数年後に、重力波検出のニュースが世界中を駆け巡るのではないかと、多くの物理学者は期待しています。

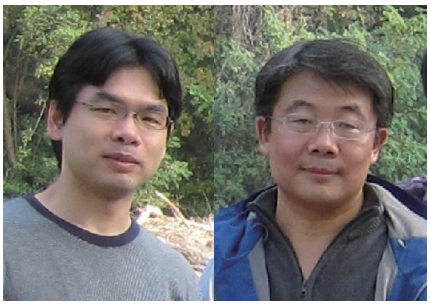
重力波から何がわかる？

質量が大きく、コンパクトで激しく動く物質ほど、大きな重力波を放出します。なので、重力波検出器の主なターゲットは、ブラックホールや中性子星と呼ばれる、非常に重くてコンパクトな天体になります。現在の宇宙の観測は、電磁波に頼りっきりですが、もし重力波が検出されれば、宇宙を探る新たなツールを人類は手にすることになります。重力波天文学の幕開けです。電磁波が光ならば、重力波はさしずめ音に対応します。電磁波からは得られない様々な情報を、重力波はもたらしてくれることでしょう。ダーク・エネルギー、ダーク・マター、インフレーション、一般相対論の検証、ブラックホールの時空構造、核物質の状態方程式等々、現在未解決である様々な問題を解明するヒントが得られるかもしれません。さらには、人類が想像もしえなかった、全く新しい情報が得られる可能性もあるのです。

Science 7月26日号 REPORT
Science 26 July 2013: Vol. 341 no. 6144 pp. 376-379
DOI: 10.1126/science.1232450

金属ガラスにおける20面体の幾何学的フラストレーション

Geometric Frustration of Icosahedron in Metallic Glasses



左から平田 秋彦、陳 明偉

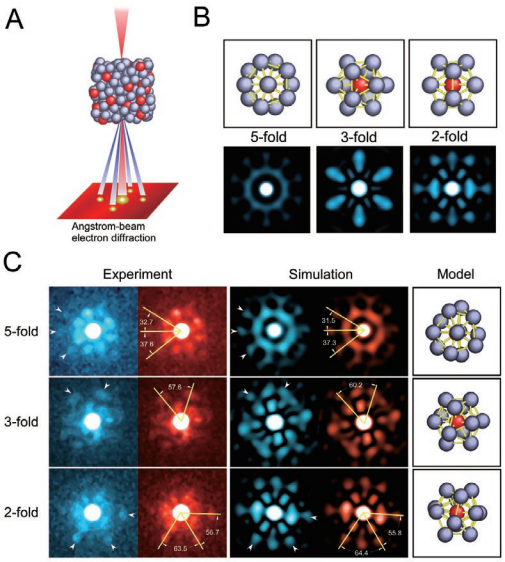
陳 明偉 *Mingwei Chen*
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授
平田 秋彦 *Akihiko Hirata*
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 准教授
Lijing Kang[1] 藤田 武志[1] Boris Aleksandrovich Klumov[2] 松江 要[3]
小谷 元子[1,3] Alain Reza Yavari[1,4]
[1] 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構
[2] Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences
[3] 東北大学理学部
[4] Euronano, SIMAP-CNRS, Institut National Polytechnique de Grenoble

Contact
E-mail：平田 秋彦 hirata@wpi-aimr.tohoku.ac.jp
所在地：980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
U R L：http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/chen_labo/

金属ガラス中に存在する20面体局所構造の直接観察に成功

ガラス物質は、光ファイバーや光ディスクに使用される等、我々の生活になくてはならない材料です。しかし、繰り返し構造を持つ結晶とは異なり、原子配列に規則性を持たないガラス物質の構造はよく分かっておらず、その解明は、物質科学における長年にわたる問題として知られています。金属ガラスに関しては、1952年に20面体の局所構造モデルが提唱されて以来、多くの研究者によってその重要性が指摘されてきましたが、直接的な証拠は得られていませんでした。本研究では、我々がこれまで開発したオングストロームビーム電子線回折法を用い、Zr-Pt金属ガラス中の極微小領域から、20面体構造の直接観察を試みました。その結果、個々の20面体構造の観察に初めて成功し、数学的解析と組み合わせることにより、どの20面体も同様に低い対称性を持つと同時に、結晶の特徴も併せ持つものであることが明らかとなりました。本研究手法は様々なガラス物質構造の理解に役立つものであると期待されます。

Figure and Note



図：オングストロームビーム電子線回折法による20面体構造の直接観察
(A)オングストロームビーム電子線回折法の模式図。(B)正20面体構造から計算で得られた電子回折パターン。(C)金属ガラス中の20面体局所構造から実験によって得られた電子回折パターンとモデル構造から計算で得られた電子回折パターン。

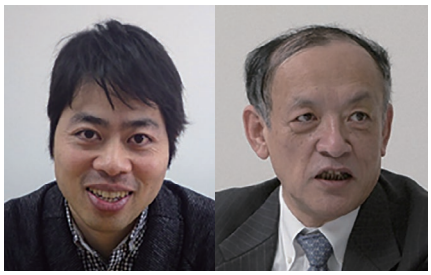
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 陳研究室

本研究室では、金属ガラス、ナノポーラス金属、セラミックスなどの機能性材料の研究を行っています。特に機能発現のメカニズムを原子レベルの観察によって明らかにし、材料開発にフィードバックすることにより、新たな材料の創製を目指しています。また、種々の材料に内在するガラス転移、触媒反応、変形挙動などの物理現象にも着目し原子レベルからの理解を試みています。

Science 7月26日号 REPORT
Science 26 July 2013: Vol. 341 no. 6144 pp. 403-406
DOI: 10.1126/science.1236758

Xkr8およびCED-8はアポトーシス細胞においてホスファチジルセリンの露出を促進する

Xk-Related Protein 8 and CED-8 Promote Phosphatidylserine Exposure in Apoptotic Cells



左から鈴木 淳、長田 重一

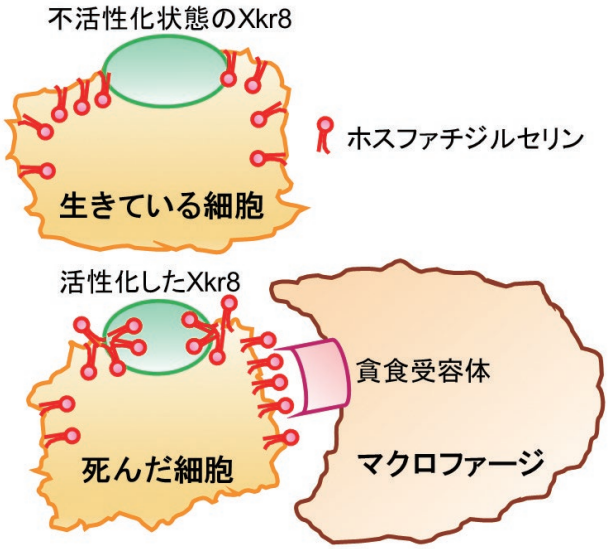
鈴木 淳 *Jun Suzuki*
京都大学大学院 医学研究科 医学専攻 分子生体統御学講座医化学分野 助教
長田 重一 *Shigekazu Nagata*
京都大学大学院 医学研究科 医学専攻 分子生体統御学講座医化学分野 教授
Daniel P. Denning[1]　今西 英一[2]　H. Robert Horvitz[1]
[1] Howard Huges Medical Institute and Department of Biology, Massachusetts Institute of Technology
[2] 京都大学大学院 医学研究科

Contact
E-mail：鈴木 淳　jsuzuki@mfour.med.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8501 京都市左京区吉田近衛町
U R L：http://www2.mfour.med.kyoto-u.ac.jp/~nagata/

死んだ細胞の目印となるホスファチジルセリンの露出機構の解明

生体内においては、毎日数十億の細胞がアポトーシスにより死滅していますが、これらの死んだ細胞は食細胞であるマクロファージによって貪食されることで生体内から除去されています。マクロファージは死んだ細胞を積極的に食べますが、生きている細胞を食べることはありません。これは、死んだ細胞が、通常は細胞膜の内側に存在する脂質のホスファチジルセリンを細胞表面に提示することで自分は死んでいるという目印をつけているからです。しかしながら、ホスファチジルセリンがどのように死んだ細胞の表面に出てくるかは長い間の謎でありました。我々は、このホスファチジルセリンの露出を制御しているタンパク質を同定することを目的として研究を進め、膜タンパク質のXkr8がこの役割を担っていることを発見しました。また、線虫という進化的に初期の動物においてもXkr8と似たタンパク質(CED-8)が保存されており、同様の機能をもっていることも分かりました。

Figure and Note



図：マクロファージによるアポトーシス細胞の貪食
生きている細胞で細胞膜の内側に存在するホスファチジルセリンは、死んだ細胞ではXkr8によって細胞表面に露出し、マクロファージの貪食受容体によって認識され貪食される。

京都大学大学院 医化学教室メンバー

生体内の恒常性は、細胞の増殖と死のバランスにより保たれています。我々はその中でも、細胞死の方に興味を持ち研究を進めています。具体的には、細胞死の過程、また食細胞による死細胞の処理時にどのようなタンパク質が働いているのか、またその生理的意味は何なのかを明らかにしようとしています。現在はその研究の過程で見つかった他のおもしろい生命現象にも興味をひろげています。

Science 8月2日号 REPORT
Science 2 August 2013: Vol. 341 no. 6145 pp. 558-561
DOI: 10.1126/science.1234511

シグナル伝達系における摂動に対する情報伝達の頑健性と補償性

Robustness and Compensation of Information Transmission of Signaling Pathways

左から宇田 新介、黒田 真也

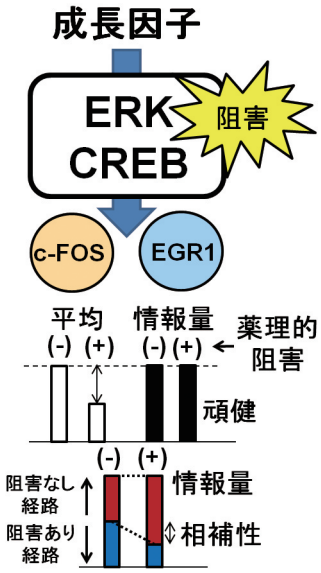
黒田 真也 *Shinya Kuroda*
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻・生物情報科学科 教授
宇田 新介[1] 斎藤 健[1] 工藤 隆将[1] 小鍛冶 俊也[2] 土屋 貴穂[1]
久保田 浩行[1] 小森 靖則[1] 尾崎 裕一[1] 黒田 真也[1,2,3]
[1] 東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻
[2] 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 情報生命科学専攻
[3] CREST

Contact **E-mail**：skuroda@bi.s.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0032 東京都文京区弥生2-11-16

細胞はどのように情報を処理しているのか

細胞は、分子を介して成長因子の情報を細胞内部へと伝達して細胞の分化などを制御していますが、細胞ごとの分子活性のばらつきのもとで、具体的にどれぐらいの情報量をどのように伝達しているのかについては、ほとんど不明でした。我々は、細胞が伝達している情報量をシャノンの情報理論の概念を用いて解析し、細胞の情報伝達は成長因子が異なっても約1ビットですが、成長因子の種類によって主に情報伝達に用いる経路が異なっていることがわかりました。さらに、細胞にさまざまな経路の阻害剤を加えたところ、活性強度の平均は下がるものの情報量は保たれることがわかりました。活性強度の平均が下がると情報量は減少しやすくなりますが、情報量が減少しないということは細胞が阻害剤による摂動に対して情報を頑健に伝える仕組みを持っていることを示しています。情報を頑健に伝達する仕組みのひとつとして、阻害剤によりある経路が阻害されても、阻害されていない経路が情報量を補償して合計の情報量を保つことがわかりました。

Figure and Note



図：情報量からみた細胞内シグナル伝達の概念図

途中経路が阻害されることにより、活性強度や遺伝子産物の発現強度の平均は下がる。しかし、遺伝子まで伝達される成長因子の情報量の変化は比較的小さく、頑健である。頑健である要因のひとつに相補性がある。

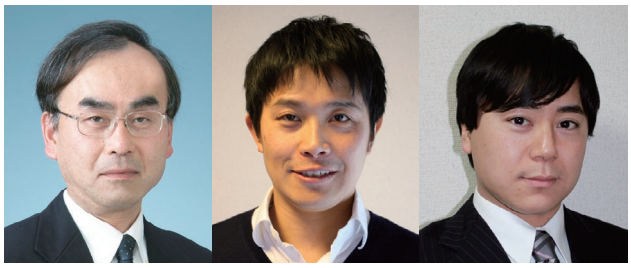
東京大学大学院 理学系研究科 生物化学専攻 システム生物学

私たちの研究の目標は、さまざまな細胞機能を制御するシグナル伝達ネットワークのメカニズムを「システム」として理解することです。私たちは生物学的実験方法と数理モデリング、ロボットによる自動化などさまざまな分野融合の手法を用いてシステム生物学という観点から生命システムの原理を理解しようとしています。「人材の多様性」が私たちの研究室の揺らぐことのない基本理念です。他学部、他大学の異なったバックグラウンドを持つ学生さんやポスドクなど大歓迎です。

Science 8月9日号 REVIEW
Science 9 August 2013: Vol. 341 no. 6146 pp.628
DOI: 10.1126/science.1238149

配列制御ポリマー

Sequence-Controlled Polymers



左から澤本 光男、大内 誠、寺島 崇矢

Contact
E-mail：澤本 光男　sawamoto@star.polym.kyoto-u.ac.jp
所在地：615-8510 京都市西京区京都大学桂
U R L：http://living.polym.kyoto-u.ac.jp/index.html

澤本 光男 *Mitsuo Sawamoto*
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 教授
日本学術会議 会員（第三部）（第20-22期）

大内 誠 *Makoto Ouchi*
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 准教授
科学技術振興機構さきがけ

寺島 崇矢 *Takaya Terashima*
京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 助教

Jean-François Lutz[1]　David R. Liu[2]

[1] Precision Macromolecular Chemistry Group, Institut Charles Sadron, UPR22-CNRS
[2] Department of Chemistry and Chemical Biology and the Howard Hughes Medical Institute, Harvard University

配列が制御された合成高分子：天然高分子に迫る分子機能に向けて

「高分子とは何か?」という問いに対し、「高分子量の巨大分子」や「プラスチック」と答えるのが一般的ですが、むしろ「多数の繰り返し単位が配列した巨大分子」と認識するのが本質的です。例えば我々の体内にある酵素や遺伝子も高分子ですが、その機能に関しては、分子骨格に沿って多数の機能基が特定の順序（シークエンス）に配列していることが重要です。ここでは、繰り返し単位は「情報単位」（ビット）として機能し、シークエンス制御された機能基の協調で特定の構造と空間形態が一分子で発現し、ここに単一分子でも（酵素触媒のように）機能しうる高分子の本質とポテンシャルが存在します。

従来の合成高分子では、繰り返し単位の配列は無秩序に近く、各単位間の微小な分子間力を多数蓄積した集合体として研究と開発が行われてきました。しかし近年の精密重合法の発展もあり、合成高分子でもシークエンスを制御する研究が活発化しています。配列を制御することで天然高分子に迫る新しい分子機能の創出が期待されます。

Figure and Note

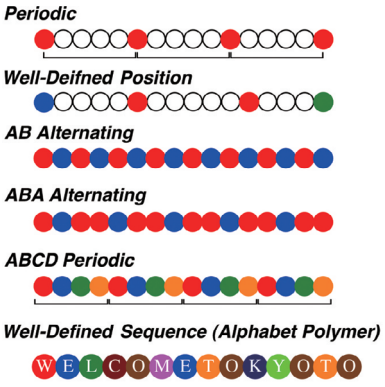


図1：配列制御ポリマーの例

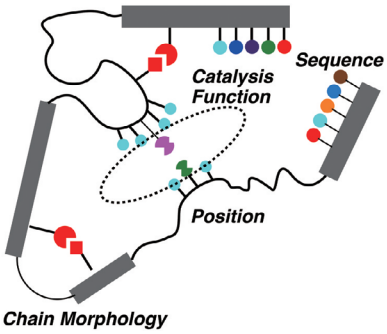


図2：配列制御による一分子自立機能ポリマー

京都大学大学院 工学研究科 高分子化学専攻 澤本研究室

配列や機能基を含む様々な構造因子が完全に制御されている天然高分子は一分子でも機能できる「自立機能分子」です。私たちの研究室では、構造制御による新分子機能の創出を目指して、合成高分子に対して分子量、立体構造、配列を極限に制御する「高分子生成論」を研究し、特に極限までの「精密重合」と「精密合成」の開拓に邁進しています。「おもしろそうでも人の研究の追随はせず」「何が独自で新しいか」を常に問いながら、常に世界に目を拡げて、「責任ある自由研究」をモットーに、自分で考えたアイデアで研究を勝負できる（自立機能分子を超える）「自立研究者」の育成を目指し、和気藹々（わきあいあい）の雰囲気に厳しさと自己管理のスパイスをきかせて研究を進めています。京都で一緒に高分子の道を極めてみませんか?

Science 8月16日号 REPORT
Science 16 August 2013: Vol. 341 no. 6147 pp. 796-799
DOI: 10.1126/science.1238477

季節的な温度変化が個体群変動システムの安定性を変化させることで、昆虫の連続的な大発生が引き起こされている

Recurrent Insect Outbreaks Caused by Temperature-Driven Changes in System Stability

左からWilliam A. Nelson、Ottar N. Bjørnstad、山中 武彦

山中 武彦 *Takehiko Yamanaka*
(独)農業環境技術研究所 農業環境インベントリーセンター 主任研究員
(Department of Biology, Queen's UniversityにOECDフェローとして半年間滞在中)
William A. Nelson[1] Ottar N. Bjørnstad[2]
[1] Associate Professor, Department of Biology, Queen's University
[2] Distinguished Professor of Entomology and Biology, Pennsylvania State University

Contact
E-mail：apple@affrc.go.jp
所在地：305-0856 茨城県つくば市観音台3-1-3
U R L：http://www.niaes.affrc.go.jp/

春夏秋冬の季節変化が温帯の害虫の発生パターンを生み出している

日本の茶害虫、チャノコカクモンハマキは、年間4，5世代の規則正しい大発生ピークを示します。農林水産省の病害虫発生予察事業の一環として鹿児島県で51年間、5日間隔で取られた誘蛾灯捕殺データを、時系列解析したところ、春先の気温が15℃を超えると大発生サイクルが始まり、秋口に15℃を下回ると終了することがわかりました。さらに、卵～成虫の成長ステージを記述した数理モデルを構築し、室内実験から得られたデータを組み込んでシミュレーションを行ったところ、15℃を境にモデルの安定性が単純な安定から激しい大発生を繰り返すリミットサイクルに変化することが示されました。これまで温帯で世代ごとの大発生を繰り返す害虫については、春先に全個体の発生ステージが斉一化し、それが継続するためだと漠然と考えられてきましたが、実際には、温度変化が害虫個体群の安定性を絶滅から安定、そしてリミットサイクルへ変化させるため起こっている現象であることを証明しました。

Figure and Note

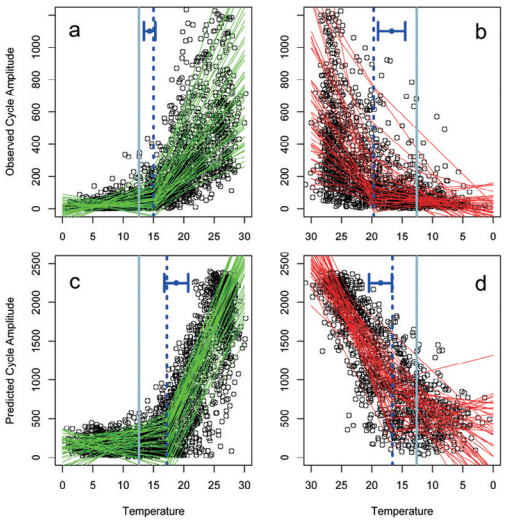


図1：チャノコカクモンハマキデータにおける発生強度（振幅）を温度でプロットしたもの

観察された振幅は、春先の温度上昇に伴って大きくなり(a)、秋の温度低下に伴って減衰する(b)。青いエラーバーはデータから推定される閾値を示し、水色の縦の実線は図2の安定性解析から導かれた閾値。

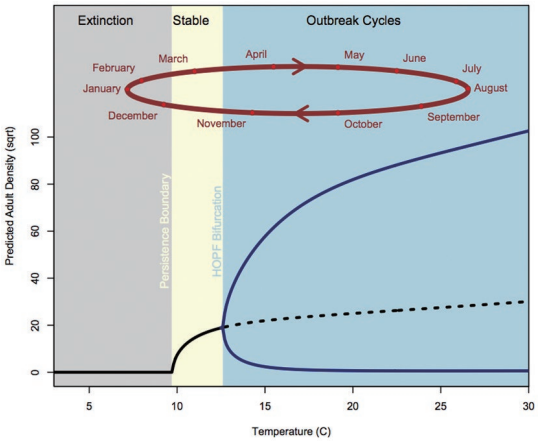


図2：数理モデルを使った温度変化に伴う安定性の解析

10℃の手前まで個体群は絶滅の領域にあり、13℃付近までは安定平衡。それ以上では規則正しいサイクルを示すようになる。上の赤いサークルは、鹿児島県知覧における月平均気温の推移。

世界の研究者と交流するとアイデアも広がる！

2005年にBjørnstad博士の所に短期留学するまで、外国で研究したことはなく、*Science*はもちろん海外の学術誌は遠い存在でした。この留学を契機に、博士を含めて様々な海外の研究者と共同研究を行うようになりました。今回の研究は、Nelson博士を含めて、3人で研究を進めています。
多くの日本人にとって、活発な議論が行われる国際学術社会は、言葉と文化的な障壁があって入りづらいのではないでしょうか。それでも様々な国の研究者と交流することは、想像のつかないアイデアをもらったり、多くの刺激を受けたりするものだと実感しています。是非世界の研究者と交流しましょう。

Science 23 August 2013: Vol. 341 no. 6148 pp. 860-863
DOI: 10.1126/science.1230717

神経堤細胞の発生とその関連疾患における組織相互作用

Tissue Interactions in Neural Crest Cell Development and Disease

左から高橋 淑子、Douglas Shipp、榎本 秀樹

高橋 淑子 *Yoshiko Takahashi*
京都大学大学院 理学研究科 生物科学専攻 動物学教室動物発生学研究室 教授

榎本 秀樹 *Hideki Enomoto*
神戸大学大学院 医学研究科 生理学・細胞生物学講座 神経分化・再生分野 教授
理化学研究所 発生・再生総合研究センター 特別主管研究員

Douglas Shipp
理化学研究所 発生・再生総合研究センター

Contact
高橋 淑子 **E-mail**：yotayota@develop.zool.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8502 京都市左京区北白川追分町

榎本 秀樹 **E-mail**：enomotoh@med.kobe-u.ac.jp
所在地：650-0017 神戸市中央区楠町7-5-1

神経堤細胞の移動と分化能から読み解く細胞の新機能

神経堤細胞は、胚発生の過程で活躍する細胞群です。胚内をあちこち動き回り、最終的に末梢神経系（神経細胞やシュワン細胞など）や色素細胞などに分化します。この総説では、神経堤細胞に特徴的な移動能と分化能に注目し、正常発生およびヒト疾患に関する最新の知見を概説しました。①神経堤に由来する交感神経系前駆細胞の移動には、移動経路に存在する血管からのシグナルが重要な役割を担います。トリ胚の血管移植実験から示されました。②同じく神経堤に由来する腸神経前駆細胞が腸内を移動する際、腸のカーブをうまく利用して「近道」する細胞群が発見されました。ヒルスシュプルング病の解明に繋がる知見です。③これまでの定説を覆し、色素細胞がシュワン前駆細胞（神経堤由来）から分化することがわかりました。④シュワン細胞がライ菌（ハンセン病の原因菌）によって「ハイジャック」され、初期化を起こすことがわかりました。ハンセン病の発症機構の解明に大きく貢献します。神経堤細胞の研究は、発生と病態解明とをつなぐ架け橋として、今後の発展に期待がかかります。

Figure and Note

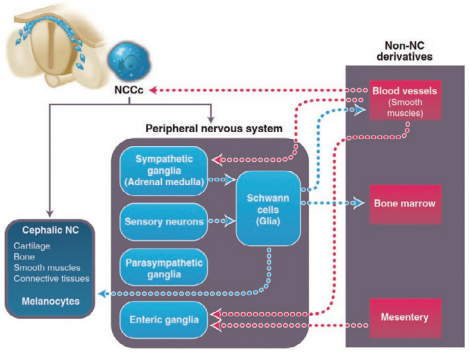


図1：神経堤細胞と他の細胞種との相互作用

神経堤細胞は、胚内でダイナミックに移動します。その際、彼らが「出会う」細胞といろんなコミュニケーションを交わすようです。今後、さらに新たな相互作用が見出されることでしょう。

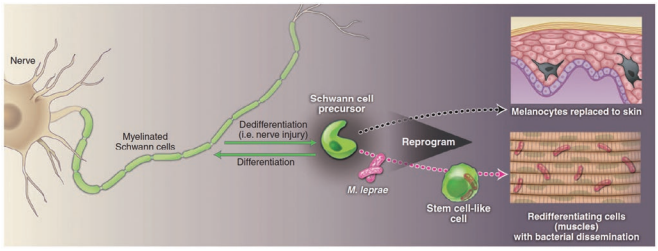
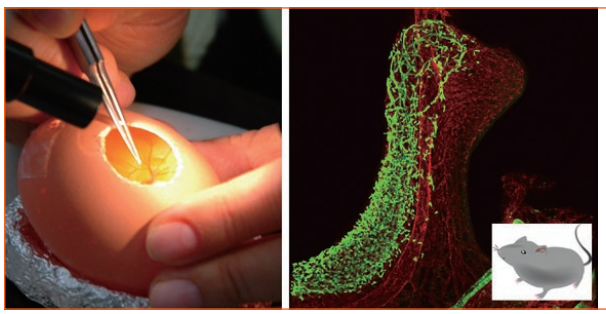


図2：シュワン前駆細胞（神経堤由来）がみせる多分化能

シュワン前駆細胞が、正常発生では色素細胞への分化を、またハンセン病ではライ菌を媒介しつつ初期化することが示されました。いずれも従来の常識を覆す発見です。



神経堤細胞を多角的に捉える「探検隊」

主にトリ胚を用いている高橋と、マウス遺伝学を主とする榎本が神経堤細胞の話を始めると、お互い興奮してきてディスカッションが止まりません。自分とは少し異なる見方をもつ研究者の意見が、自分の世界を大きく拡げてくれます。サイエンスの大きな魅力の一つです。

Science 8月23日号 REPORT
Science 23 August 2013: Vol. 341 no. 6148 pp. 896-899
DOI: 10.1126/science.1239951

SGK196は糖鎖修飾に特異的なO-Mannnoseキナーゼでありジストログリカンの機能発現に必要である

SGK196 Is a Glycosylation-Specific *O*-Mannose Kinase Required for Dystroglycan Function

森口 貴子 *Takako Yoshida-Moriguchi*
Research assistant professor, Department of Molecular Physiology & Biophysics,
The University of Iowa Carver College of Medicine

Tobias Willer[1] Mary E. Anderson[1] David Venzke[1] Tamieka Whyte[2]
Francesco Muntoni[2] Hane Lee[3] Stanley F. Nelson[3] Liping Yu[1] Kevin P. Campbell[1]

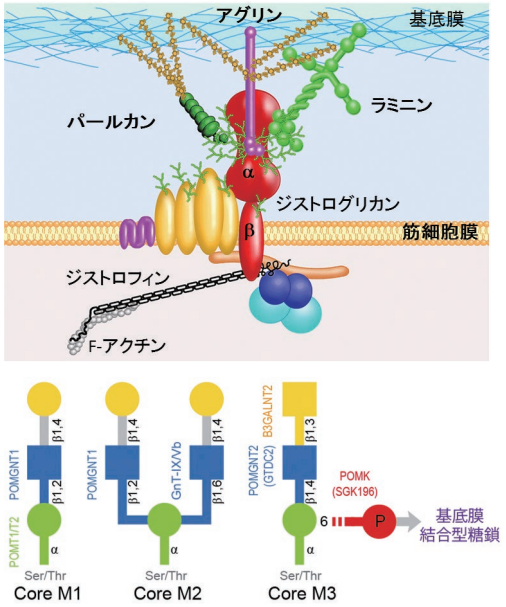
[1] University of Iowa College of Medicine
[2] Institute of Child Health and Great Ormond Street Hospital for Children
[3] University of California

Contact **E-mail**：takako-moriguchi@uiowa.edu
所在地：4283 Carver Biomedical Research Building, 285 Newton Road, Iowa City, IA 52242

筋ジストロフィー原因遺伝子SGK196はジストログリカンをリン酸化する

筋肉は収縮と弛緩を繰り返す動的な組織であり、コラーゲンやラミニン等によって構成される膜状の構造体（基底膜）が筋細胞膜と接合することで、物理的なストレスから筋細胞を保護しています。遺伝子変異による本接合の不全は、目や脳の発達異常を伴う筋ジストロフィーを引き起こすことが知られています。この接合は、細胞表層タンパク質であるジストログリカン（図1）の糖鎖が基底膜構成因子であるラミニンやパールカンと結合することで成立しますが、本結合型糖鎖の全構造は未だ明らかになっていません。先天性筋ジストロフィー原因タンパク質の局在性や酵素能を解析した結果、GTDC2とB3GALNT2の糖転移活性によってジストログリカン上に合成される特定の糖鎖（Core M3、図1）がprotein pseudokinaseと推測されてきたSGK196によって特異的にリン酸化され、本リン酸基がさらに修飾されることで、基底膜結合型糖鎖が合成されることを明らかにしました。

Figure and Note



図：ジストログリカンは糖鎖を介して基底膜と結合する。
（上）ジストログリカンはジストロフィン－糖タンパク質複合体の基底膜レセプターとして機能します。
（下）哺乳類でこれまでに見出された3種のO-マンノシル糖鎖。本研究により、Core M3がリン酸化といった更なる修飾を受け、基底膜結合分子へと特異的に成熟することが示されました。

アイオワ大学 Wellstone筋ジストロフィーセンター

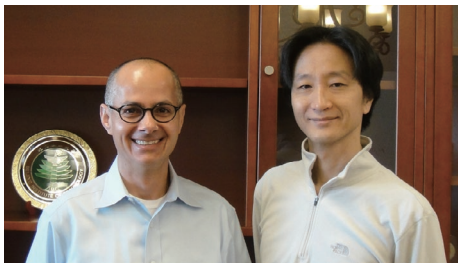
当センターでは、医師と研究者が共に働き、筋ジストロフィーの治療を目的とした研究を行う他、最先端の遺伝子診断を提供しています。また、ジストログリカンの機能不全により発症するタイプの筋ジストロフィー患者とその家族を対象としたカンファレンスを毎年行っております。このような交流を通じて、センターの研究者はプロジェクトの重要性を実感し、時には励まされ、日夜研究に勤しんでいます。

写真：患者家族を対象としたラボツアーの様子。

Science 8月30日号 REVIEW
Science 30 August 2013: Vol. 341 no. 6149 pp.974
DOI: 10.1126/science.1230444

金属–有機構造体の化学と応用

The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks



左からOmar M. Yaghi、古川 博康

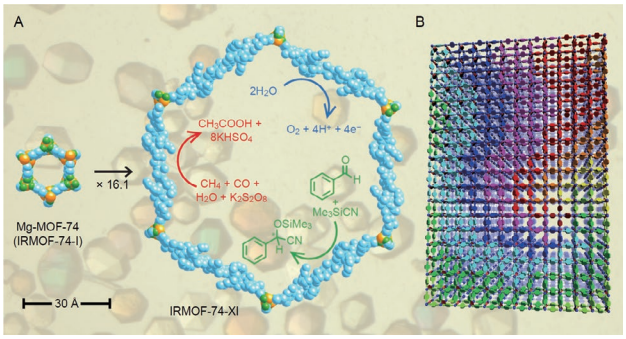
古川 博康 *Hiroyasu Furukawa*
Department of Chemistry, University of California – Berkeley
Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory
Kyle E. Cordova　Michael O'Keeffe　Omar M. Yaghi
Department of Chemistry, University of California – Berkeley
Materials Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory

Contact
E-mail：furukawa@berkeley.edu
所在地：Berkeley, California 94720, USA
U R L：http://yaghi.berkeley.edu/

構成要素の組み合わせを変え結晶性多孔質材料の機能を自在に操る

有機分子と金属多核部位(つまり有機と無機の構成要素)を規則正しく並べて結合させると、金属–有機構造体(MOF)と呼ばれる結晶性の多孔質材料が得られます。MOFの細孔構造やその内部に配置される置換基は、適切な有機分子や金属元素の選択により容易に変えられるため、従来の多孔質材料に比べ、必要とされる機能(例えば、ガス分離・吸着能、プロトン伝導性や触媒活性)に合わせた材料設計が容易にできるようになりました。さらにここ数年、MOF合成の後に骨格内の置換基を別の性質を持つ置換基へと反応させる研究も進み、導入可能な置換基の種類は多岐にわたるようになりました。本総説では、これまでに合成された代表的なMOFの特徴に触れつつ、それらが持つ機能との関連性について述べました。また、MOFの機能は、結晶中に含まれる構成要素の種類を増やしつつも、その配列に適度な規則性を与える事により更に高められると期待されています。しかしながら、そのような「制御された複雑さ」を有する多成分型のMOFは、その合成のみならず構造決定の難しさも相まって、実際の報告例はそれほど多くありません。そこで、総説の後半ではMOFを高機能化するための具体的な方法を示すとともに、今後進むべき研究の方向性を提案しました。

Figure and Note



図：MOFのサイズや置換基を変えてみる
(A)MOFの細孔を広げ置換基を導入すると、様々な触媒反応を進めるに適した空間を作り出すことができます。
(B)細孔内の多くの置換基を一定の規則性を保ったまま修飾したMOFの概念図。背景は、結晶の光学写真。

カリフォルニア大学バークレー校 ローレンス バークレー国立研究所 Yaghi研究室

MOFの合成と応用は世界中で注目されているため、当研究室にも様々な国から学生・研究者が集まっています。また研究を進めるためのノウハウを提供するため、日本を始めアジアや中東の大学とも交流を進めています。研究分野だけでなく文化的にも異なる背景をもつ人々と研究を進める場合、予期せぬトラブルに巻き込まれることもありますが、長い目で見れば、幅広い人脈の構築に役立つなど、いい経験になります。特に、若手の学生・研究者の方、各国で選りすぐられた同世代の研究者とともに時を過ごし、刺激を得られるのは今のうち。海外の研究機関で研鑽を積む機会を作ってみませんか?

Science 8月30日号 REPORT
Science 30 August 2013: Vol. 341 no. 6149 pp. 1002-1005
DOI: 10.1126/science.1240376

核内Wave1は卵母細胞における転写の初期化と正常な発生に必要である

Nuclear Wave1 Is Required for Reprogramming Transcription in Oocytes and for Normal Development

左から宮本圭、John B. Gurdon

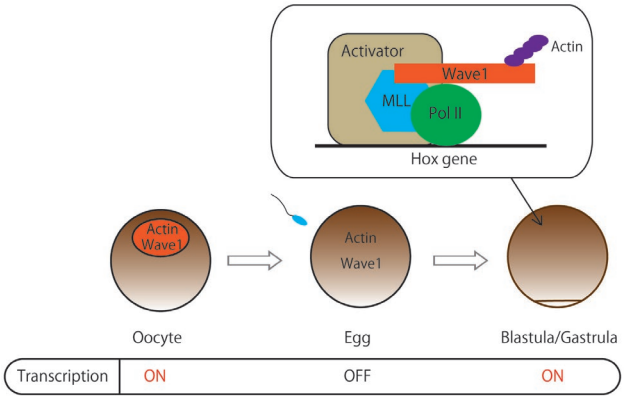
宮本 圭 *Kei Miyamoto*
Wellcome Trust/Cancer Research UK Gurdon Institute, University of Cambridge
Herchel Smith Postdoctoral Fellow and Research Fellow of Wolfson College
Marta Teperek[1]　遊佐 宏介[2]　George E. Allen[1]
Charles R. Bradshaw[1]　John B. Gurdon[1]
[1] Wellcome Trust/Cancer Research UK Gurdon Institute, University of Cambridge
[2] Wellcome Trust Sanger Institute

Contact
E-mail：k.miyamoto@gurdon.cam.ac.uk
所在地：Tennis Court Road, Cambridge CB2 1QN, UK.
U R L：http://www.gurdon.cam.ac.uk/

卵細胞に存在するリプログラミング関連因子の同定

初期胚の発生過程において、生殖細胞（精子や卵子）で発現が抑制されていた胚性の遺伝子が次々に活性化されます。一方、分化した細胞を卵子に移植して作られる核移植胚の場合も同様の変化が誘導され、体細胞から胚性遺伝子が発現します。これらの転写プログラムの初期化（リプログラミング）は胚の正常な発生のために不可欠であることが知られています。今回の研究では、アクチン結合タンパク質の一つであるWave1が卵母細胞核に存在することを発見し、核移植された体細胞核の転写リプログラミングに必要であることを見出しました。また、母性Wave1は正常な胚発生にも必要であり、ホメオティック遺伝子群の発現活性化に関与していました。核に存在するWave1は転写活性化因子と結合し、その働きを調節することにより転写制御に関わることも示唆されました。これらの研究成果は、Wave1を母性リプログラミング因子として同定するとともに、発生における核アクチン結合タンパク質の新たな機能を明らかにするものです。

Figure and Note



図：卵母細胞に存在する核内Wave1は、胚発生においても転写の活性化に関与する

転写が活発に起こっている卵母細胞核内にはWave1や核アクチンが存在する。これらのタンパク質は卵成熟後細胞質に拡散し、転写が再び開始する胞胚・原腸胚期には核内で他の転写活性化因子と結合しHox遺伝子等の活性化に関与している。

ケンブリッジ大学 ガードン研究室 メンバー

ガードン研究室では、カエル卵を用いて転写のリプログラミングのメカニズムを研究しています。大きく2つのアプローチでリプログラミングを解析しています。一つは卵が持つリプログラミング誘導能力の実体は何か、もう一つは体細胞がリプログラミングに「抵抗」しようとするメカニズムは何かです。これらを通じてリプログラミングをより深く知るとともに、細胞の可塑性の実体を探っています。ガードン研究室は8つの異なる国の出身者から構成され、国際性に富んだユニークなグループです。

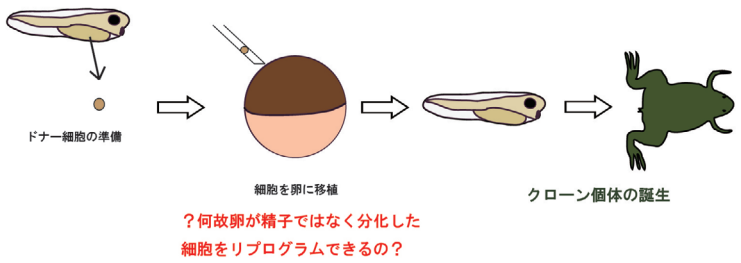
リプログラミング（細胞の初期化）とは？

ケンブリッジ大学　宮本 圭

2012年、京都大学の山中伸弥教授とケンブリッジ大学のジョン・ガードン教授がノーベル生理学・医学賞を共同受賞したニュースで日本中が歓喜したことは、記憶に新しい出来事です。授賞理由は「成熟した細胞がリプログラムされて多能性を有した状態に変化できることを発見した」ためです。しかしこの専門用語が並ぶ直訳の文章では、多くの人にとって、何がどうすごいのかを理解するのが難しいと思います。実際、私もイギリスBBC放送局の方に、いったいどんなすごい事がわかったのかを改めて説明してくれるよう頼まれたことを覚えています。まず、リプログラミングとは何かについてその発見の歴史と共に簡単に紹介します。

リプログラミングの発見

私達の体は、約60兆個の細胞から出来ています。この果てしない数の細胞は、元をたどれば精子と卵子が受精してできるひとつの受精卵から作られます。受精卵は分裂を繰り返して成長し、体の各パーツを構成する様々な機能をもつ細胞へと変化していきます（分化）。以前から発生は後戻りのできない（不可逆的）プロセスであり、一度分化した細胞はもとの状態に戻ることができないと信じられてきました。例えば、私達の皮膚からとってきた細胞は受精卵のような発生の初期には戻れないということです。しかしこの常識を覆す実験が約50年前に当時学生だったガードン博士の手によって行われました。核を取り除いたカエルの卵にオタマジャクシの分化した腸の細胞の核を移植したところ、移植された卵（クローン胚）が受精卵のように発生を進め、普通のカエルと見分けがつかない正常な個体へと成長しました（図）。



分化した細胞核と同じDNAを持つクローン個体の誕生により、分化した細胞核がリプログラムされる、すなわち発生初期の受精卵状態に戻れることがわかったのです。その数十年後、1996年に哺乳類でもクローン羊のドリーが生まれ、リプログラミングが哺乳類にも存在することが証明されました。

iPS細胞の登場

哺乳類におけるクローンの成功によりリプログラミング技術に対する期待がますます膨らんできました。例えば、病気等で体内の特定の細胞を欠損した患者のために、その人自身の皮膚細胞をリプログラムして発生の初期の段階に戻し、そこから再び正常な細胞を作り出そうという発想が生まれました。しかし、ヒトの卵を実験のために使用することは倫理的に難しく、実際のところこの考えは実現不可能に思われました。しかし、2006年、山中教授らが卵を使用せずに、皮膚の細胞から発生の初期の状態にある細胞、すなわち色々な細胞に分化できる細胞を作り出したのです。人工多能性幹細胞（iPS細胞）と呼ばれるこの細胞は、分化した細胞内にある特定の遺伝子を強制的に導入することによって作られました。iPS細胞の特長は非常に容易に作れ、失敗の確率が低いことです。現在iPS細胞を安全にさまざまな体内の細胞に分化する方法が開発されており、近い将来、難病治療のために実際に利用されることになるでしょう。これからiPS細胞を用いた治療が本格化されれば、今までの医療にない「未知の領域」が切り開かれていくはずです。

リプログラミング技術のさらなる研究

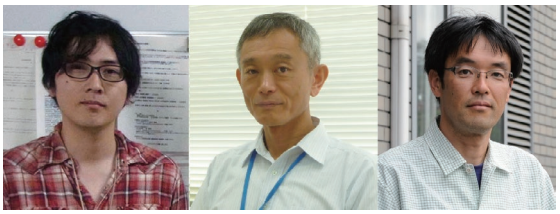
希望にあふれたリプログラミング技術ですが、果たして細胞のリプログラミングはどのようにして起こるのでしょうか？ 実はこの質問に対するはっきりとした答えはまだありません。現在世界中の多くの研究者がこの疑問に答えるために実験を行っています。私達ガードン研究室ではクローン技術を用いてこの課題に取り組んでいます。リプログラミングは卵の中で効率よく進んでいくことはわかっているのですが、その実態はいまだつかめていません。

多くの卵で受精後の発生を促すのと同じ力がリプログラミングにも働いていると考え、卵の中で何がその役割を担っているのか（因子）を突き止めようとしています。そのような因子を明らかにすることで、リプログラミング技術のさらなる向上とともに、卵から生物がひとつの個体となる驚くべき力の源を突き止められるのではと考えています。

Science 6 September 2013: Vol. 341 no. 6150 pp. 1106-1109
DOI: 10.1126/science.1239864

ヒストン脱メチル化酵素Jmjd1aによるマウス性決定のエピジェネティックな制御

Epigenetic Regulation of Mouse Sex Determination by the Histone Demethylase Jmjd1a



左から黒木 俊介、眞貝 洋一、立花 誠

立花 誠 *Makoto Tachibana*
京都大学 ウイルス研究所 ゲノム改変マウス研究領域 准教授
（現 徳島大学疾患酵素学研究センター 教授）

黒木 俊介[1]　的場 章悟[2]　秋吉 美歌[1]　松村 泰子[1]
宮地 均[1]　三瀬 名丹[2]　阿部 訓也[2]　小倉 淳郎[2]
Dagmar Wilhelm[3]　Peter Koopman[3]　野崎 正美[4]
金井 克晃[5]　眞貝 洋一[1,6]

[1] 京都大学 ウイルス研究所
[2] 理研バイオリソースセンター
[3] The University of Qeensland
[4] 大阪大学 微生物病研究所
[5] 東京大学農学部
[6] 理化学研究所 眞貝細胞記憶研究室

Contact

E-mail：mtachiba@tokushima-u.ac.jp
所在地：606-8507 京都市左京区聖護院川原町53
U R L：http://www.virus.kyoto-u.ac.jp/Lab/mousemodel/index.html

ヒストン修飾によるマウスの性決定の新たな制御機構を発見

ほ乳類の未分化性腺が精巣へと分化するためには、性決定遺伝子である*Sry*が特定の胎児期に、かつその量がある閾値を超えるように発現することが必須です。この特徴的な*Sry*の発現がどのようなメカニズムにより生み出されるのかについてはよく分かっていませんでした。ヌクレオソームを構成するタンパク質であるヒストンは、アセチル化、リン酸化、メチル化などの様々な化学修飾を受け、遺伝子発現制御やその他のクロマチンの高次機能に深く関わっています。ヒストンH3の9番目のリジン（H3K9）は、転写の抑制に働くエピジェネティックマークです。我々は、H3K9脱メチル化酵素であるJmjd1aのノックアウトマウスで、性染色体がXYであるにも関わらず雄から雌への性転換が起きること、さらにこのマウス胎児では*Sry*の活性化が不完全であることを明らかにしました。Jmjd1aは、*Sry*遺伝子座の抑制的なエピジェネティック修飾を外すことで転写活性化を促します。本研究は「ほ乳類の性は受精のときに決定する」という一般的な概念の再考につながりました。

Figure and Note

図1：雄化が不完全なXY，Jmjd1a-KO個体の内部生殖器
雄型の性腺である精巣（Te）と雌型の性腺である卵巣（Ov）の双方を有しています。

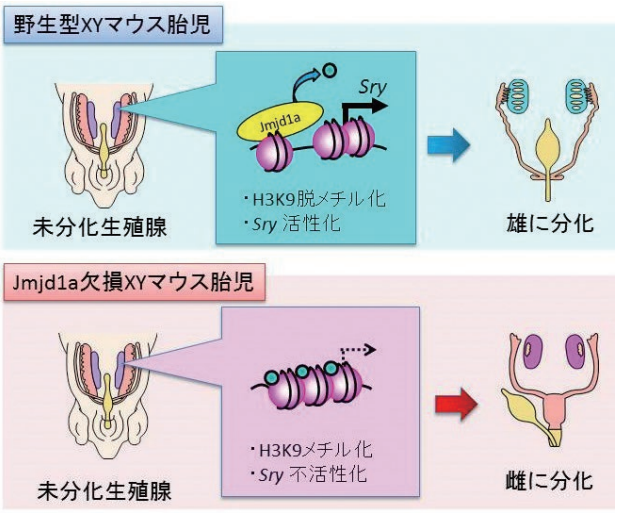


図2：Jmjd1aによるマウスの性分化の制御メカニズム
Jmjd1aによって*Sry*遺伝子座のH3K9のメチル化修飾が外されると、*Sry*遺伝子の発現が上昇します。Jmjd1aが欠損したマウスでは*Sry*遺伝子の発現が十分でなくなるため、雌化します。

京都大学 ウイルス研究所 ゲノム改変マウス研究室

当研究室は、発生工学的手法を用いてノックアウトマウスやトランスジェニックマウスを作成、解析することによって、生体機能分子の役割やヒト疾患の原因を究明する研究領域です。特に、DNA塩基配列の変化を伴わない後天的な遺伝子発現制御「エピジェネティクス」をキーワードに、その分子メカニズムや生理的機能を明らかにすることを目標に研究を行っています。

Science 9月6日号 REPORT
Science 6 September 2013: Vol. 341 no. 6150 pp. 1113-1116
DOI: 10.1126/science.1241210

ショウジョウバエ幼虫の光指向性の神経内分泌系による制御

Neuroendocrine Control of Drosophila Larval Light Preference

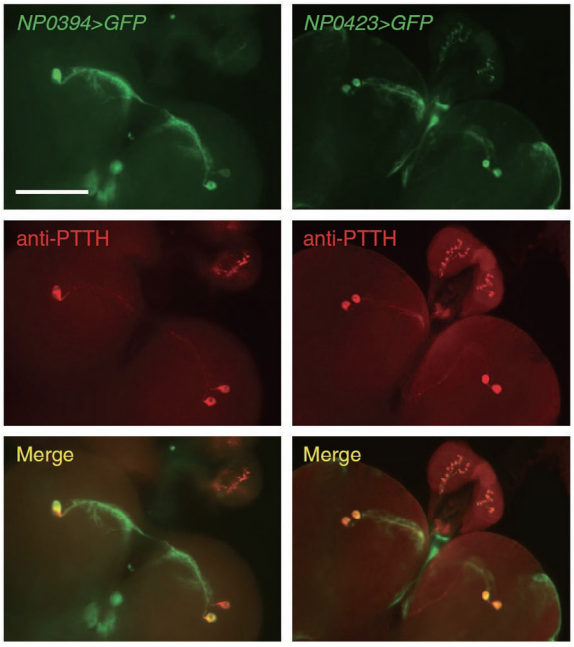
山中 直岐 *Naoki Yamanaka*
Research Associate, Department of Genetics, Cell Biology and Development, University of Minnesota
Nuria M. Romero[1] Francisco A. Martin[1] Kim F. Rewitz[2]
Mu Sun[3] Michael B. O'Connor[4] Pierre Léopold[1]
[1] University of Nice-Sophia Antipolis, CNRS, INSERM, Institute of Biology Valrose
[2] Department of Biology, Cell and Neurobiology, University of Copenhagen
[3] Neurodegeneration Discovery Performance Unit, GlaxoSmithKline Research and Development
[4] Department of Genetics, Cell Biology and Development, University of Minnesota

Contact **E-mail**：yamanaka_naoki@hotmail.com
所在地：6-160 Jackson Hall, 321 Church St. SE, Minneapolis, MN 55455, USA

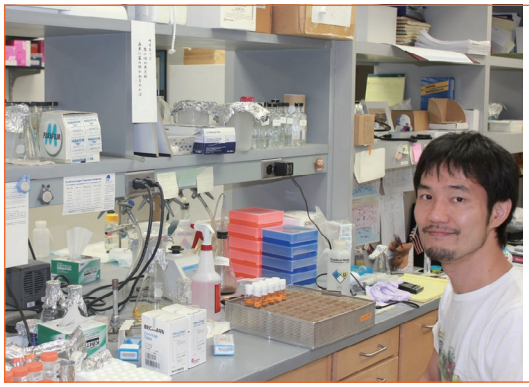
ショウジョウバエ幼虫が光を避ける行動を制御するホルモンを発見

地球上の動物はその発達段階や環境条件に応じてパターン化された（遺伝的にプログラムされた）行動をとることにより、個体の生存と種の繁栄を図っています。例えばショウジョウバエの幼虫が生まれつき示す、光を嫌がって暗がりへ逃げる行動（光忌避行動）などはその一例です。今回、我々の研究グループは、昆虫が蛹になるタイミングを決定する「前胸腺刺激ホルモン」が、ショウジョウバエ幼虫の光忌避行動を制御していることを見い出しました。前胸腺刺激ホルモンは幼虫期の終わりに変態の開始を促進しつつ、光忌避行動を促して幼虫を暗い場所へと導くことで、蛹が安全な隠れた場所において成虫へと成長するのを助けていたのです。このように、前胸腺刺激ホルモンは幼虫が「いつ、どこで」変態を行うかを決定し、昆虫の成長条件を最適化する役割を担っていると考えられます。

Figure and Note



図：光忌避行動を制御する神経は前胸腺刺激ホルモンを発現する
光忌避行動を司ることが知られていた2対の神経（2通りの方法でGFPによって緑色にラベルされている）は、前胸腺刺激ホルモンを検出する抗体によって赤く染色されました。



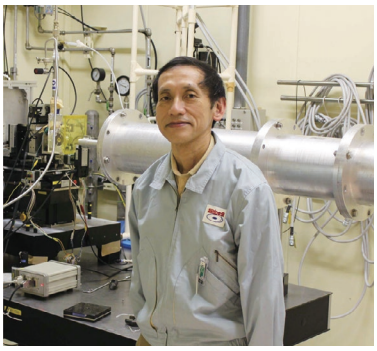
アメリカ中西部での研究生活

ミネソタ州はアメリカ中西部に位置し、カナダと国境を接しています。「アメリカの冷蔵庫」というニックネームが示す通り冬はかなり冷え込みますが、美しい四季の移り変わりがあり、日本人好みの環境です。中西部には筆者の所属するミネソタ大学を始め、著名な研究者を擁する大学や研究所が多数存在します。アメリカ留学を考えている皆さん、穏やかな時間が流れるここ中西部で、研究生活を満喫してみてはいかがでしょうか。

Science 13 September 2013: Vol. 341 no. 6151 pp. 1243-1246
DOI: 10.1126/science.1237266

ハチの高速羽ばたきの分子引き金

The Molecular Trigger for High-Speed Wing Beats in a Bee



岩本 裕之 *Hiroyuki Iwamoto*
高輝度光科学研究センター（JASRI） 主幹研究員
八木 直人 *Naoto Yagi*
高輝度光科学研究センター（JASRI） コーディネーター

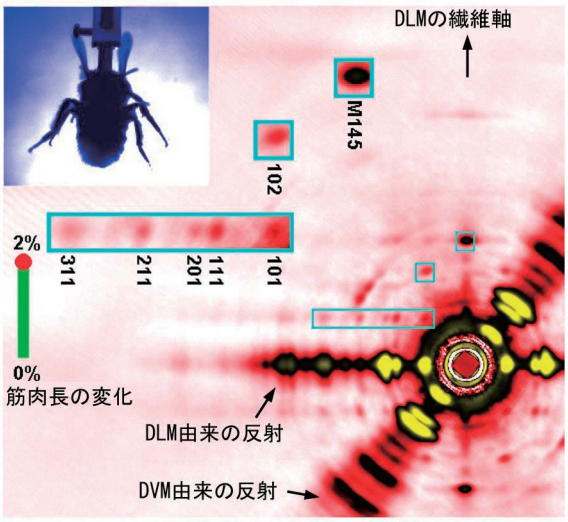
Contact
E-mail：岩本 裕之 iwamoto@spring8.or.jp
所在地：679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都１丁目1-1

超高速Ｘ線ムービーによる昆虫飛翔筋動作機構の解明

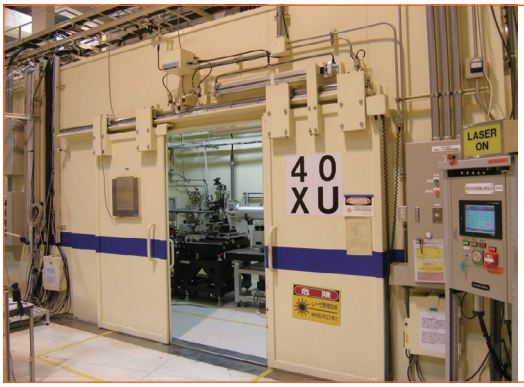
小さな昆虫は非常に速く羽ばたきます。例えば、蚊は1秒に500回も羽ばたきます。このような高速の動きを通常の筋肉の収縮弛緩の繰り返しで実現するのは困難です。進化した昆虫の飛翔筋（羽を動かす筋肉）は、収縮したまま自励振動することで高速の羽ばたきを実現します。この自励振動に欠かせないのが「伸張による活性化」（外から引っ張られると遅れて大きな力を発生する性質）ですが、この分子機構は分かっていませんでした。

この実験ではSPring-8の強力なＸ線を羽ばたき中のマルハナバチの胸部に当て、毎秒5,000コマという超高速Ｘ線ムービーを記録することで飛翔筋の中の収縮タンパク分子の動きを調べました。その結果、「伸張による活性化」が起こるタイミングで特異的なＸ線シグナルが記録されました。これは主要な収縮タンパク、ミオシンの変形によってうまく説明できます。「伸張による活性化」は、従来言われたように飛翔筋にしかない特殊なタンパクが起こしているのではなく、引っ張りによるミオシンの受動的な変形が引き金になって起きると考えられます。

Figure and Note



図：羽ばたき中のマルハナバチ飛翔筋から記録されたＸ線ムービーの１コマ
飛翔筋収縮タンパクの規則的な配列を反映した多数の反射が見える。これらの強度変化を解析することで羽ばたき中のタンパク分子の動きを推測できる。２種の飛翔筋（DLM、DVM）の回折像が同時に記録されている。



SPring-8の高輝度ビームライン・BL40XU

SPring-8（スプリングエイト）は世界最大のシンクロトロン放射光実験施設で、太陽光の１億倍の輝度をもつＸ線を発生できます。SPring-8には約60本のビームの取出し口（ビームライン）がありますが、その中でもとりわけ輝度の高い（他の1,000倍）Ｘ線を発生できるのがBL40XUビームラインです。ここでは上のような高時間分解能測定のほか、数ミクロンに絞ったＸ線マイクロビームを使った測定など、さまざまな特色ある実験が行われています。

写真：BL40XUビームラインの実験ハッチ

Science 9月27日号 RESEARCH ARTICLE *Science* 27 September 2013: Vol. 341 no. 6153 pp. 1478-1482
DOI: 10.1126/science.1236992

リコネクション面における電磁エネルギーの転換

Electromagnetic Energy Conversion at Reconnection Fronts

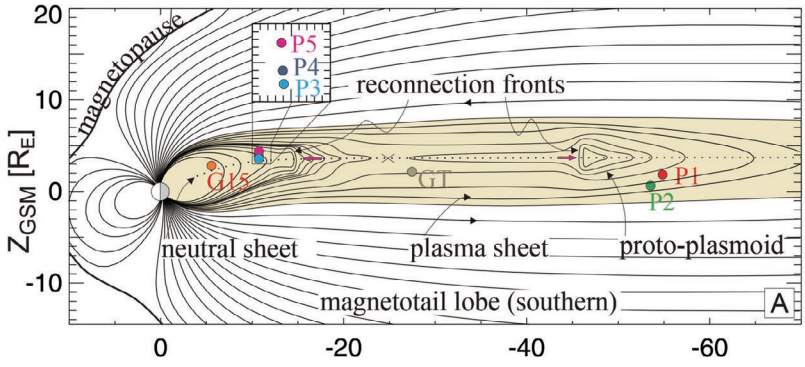
篠原 育 *Iku Shinohara*
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所（ISAS/JAXA） 宇宙プラズマグループ 准教授
V. Angelopoulos[1] A. Runov[1] X.-Z. Zhou[1] D. Turner[1] S. A. Kiehas[2] S.-S. Li[1]
[1] Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California
[2] Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences

Contact **E-mail**：iku@stp.isas.jaxa.jp
所在地：252-5210 相模原市中央区由野台3-1-1

磁気圏現象のエネルギー源となる磁気圏尾部における電磁エネルギーの転換領域を同定

地球の夜側にのびる磁気圏尾部領域には、太陽風から得られたエネルギーが磁場エネルギーとして蓄えられ、磁気圏内の高温プラズマやオーロラ、放射線帯のエネルギーの源となります。磁場エネルギーがプラズマのエネルギーに変換される物理過程としては、磁気リコネクション現象が関わっていることはわかっていたものの、どこでどのように磁場エネルギーがプラズマに解放されるのかについては、これまで明確な観測はありませんでした。今回、THEMIS、Geotail衛星等、8つの衛星が磁気圏尾部に並ぶ同時観測機会に得られたデータから、リコネクションによって発生する流れの最前面に形成された非常に薄い電流層内においてエネルギー変換が行われていることを突き止めました。また、このエネルギー変換量の見積から、磁気圏尾部全体における電磁エネルギー解放の中で大きな役割を果たしていることを示しました。この結果は、宇宙プラズマにおける磁気リコネクション現象の理解にとって重要な発見です。

Figure and Note



図：地球磁気圏の模式図と衛星群の位置
地球磁気圏の夜側（尾部）の8つの衛星が並び、磁気リコネクションによって生成されるプラズマの高速な流れを観測しました。
（P1-P5がTHEMIS衛星、GTがGeotail衛星、G15がGOES衛星）

国際協力による 太陽－地球・惑星系環境の観測

地球超高層大気から宇宙空間に繋がる領域は、宇宙空間で起こる現象を“その場”で直接観測できる貴重な環境です。この太陽－地球系環境は世界各国が打ち上げた人工衛星によって観測が続けられることで研究が進んでいます。今回の研究にも使われた日本のGeotail衛星が大きな成果をあげてきたことをはじめ、ジオスペース探査衛星ERGや水星磁気圏探査機MMOなどの新しい衛星・探査機を通して、今後もこの研究分野における国際協力・競争の中で日本は重要な位置を占め続けていくでしょう。

写真：Geotailプロジェクトチーム
（打ち上げ20周年時の集合写真）

Science 9月27日号 REPORT
Science 27 September 2013: Vol. 341 no. 6153 pp. 1496-1499
DOI: 10.1126/science.1239451

トポロジカル結晶絶縁体におけるディラック電子のノード形成と質量獲得が共に観測される

Observation of Dirac Node Formation and Mass Acquisition in a Topological Crystalline Insulator

左から岡田 佳憲、Vidya Madhavan

岡田 佳憲 *Yoshinori Okada*
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構（AIMR） 材料物理グループ 助教

M. Serbyn[1] H. Lin[2] D. Walkup[3] W. Zhou[3] C. Dhital[3]
M. Neupane[4] S. Xu[4] Y. J. Wang[2] R. Sankar[5] F. Chou[5]
A. Bansil[2] M. Zahid Hasan[4,6] S. D. Wilson[3] L. Fu[1]
Vidya Madhavan[3]

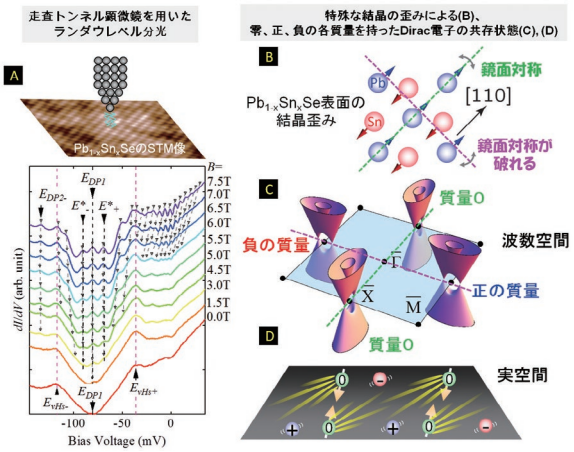
[1] Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology
[2] Department of Physics, Northeastern University
[3] Department of Physics, Boston College
[4] Joseph Henry Laboratory, Department of Physics, Princeton University
[5] Center for Condensed Matter Sciences, National Taiwan University
[6] Princeton Center for Complex Materials, Princeton University

Contact
E-mail：yoshinori.okada@wpi-aimr.tohoku.ac.jp
所在地：980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 WPI-AIMR インテグレーションラボ棟508
U R L：http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/hitosugi_labo/members_okada.html

新物質、“トポロジカル結晶絶縁体（TCI）”の特徴を実験で捉える

トポロジカル絶縁体（TI）は、結晶表面でエネルギーと波数の分散関係が線形となる電子（Dirac電子）が特殊な金属状態を生み出す新しいタイプの物質群です。TIのDirac電子は、不純物などに邪魔されることなく超高速で動き回れることから、次世代の低消費電力デバイスなどへの応用が期待されています。今回、TIの中でも最近注目を集める新物質、“トポロジカル結晶絶縁体（TCI）”の1つである$Pb_{1-x}Sn_xSe$を走査トンネル顕微鏡を用いて観測し（図A）、零、正、負の各質量を持ったDirac電子の共存状態が実現されていることを発見しました。従来のTIとは異なり、TCIでは結晶の歪みを制御することで各種質量を持つDirac電子の共存状態を自由に操れることを初めて実験的に示す成果です。今後、このようなTCIの性質を利用した電子デバイスの研究の展開も期待されます。

Figure and Note



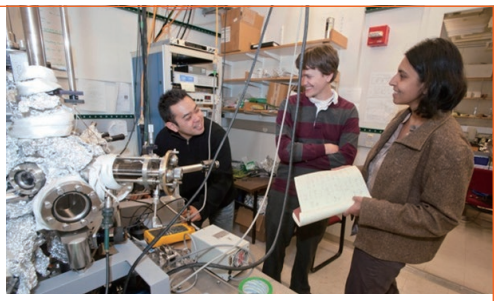
図：研究成果の概要
トポロジカル結晶絶縁体（TCI）である$Pb_{1-x}Sn_xSe$の走査トンネル顕微鏡を用いた磁場中の分光実験の結果（A）と、その結果から得られる結論の模式図（B）-（D）。特殊な結晶の歪み（B）の存在で、様々な質量（零、正、負）を持つDirac電子が異なる波数空間で共存し（C）、実空間で混在する（D）。

電子の振る舞いを原子スケールで直接探る

私は、走査トンネル顕微鏡（STM）を最大限に活用し、固体材料が示す様々な興味深い物理現象の発現メカニズム解明を目指して研究を行っています。STMを用いることで、着眼している物理現象を担うエネルギーを持った電子の振る舞いのみを選択的、かつ原子スケールの空間分解能でイメージングすることができます。イメージングで得られる結果は我々に様々なインスピレーションを与え、革新的な特性を示す有用材料の設計指針の獲得に繋がります。

現在、私は東北大学 原子分子材料科学高等研究機構（AIMR）において、STMを用いるアプローチを様々な材料の新奇な物理現象の観察に拡張させ、研究の新展開を狙っています。AIMRでは各国から様々な分野の研究者が集まっており、数学との連携を含め、非常に自由でユニークな融合研究が展開されています。

http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/index.html　http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/hitosugi_labo/index.html


写真：Boston Collegeでの実験の風景（走査トンネル顕微鏡の前にて）。左から岡田 佳憲、Stephen Wilson、Vidya Madhavan

Science 27 September 2013: Vol. 341 no. 6153 pp. 1500-1502
DOI: 10.1126/science.1238017

熱処理サイクルによって誘起された異常結晶粒成長

Abnormal Grain Growth Induced by Cyclic Heat Treatment

大森 俊洋 *Toshihiro Omori*
東北大学大学院 工学研究科 金属フロンティア工学専攻 計算材料構成学分野
草間 知枝[1] 川田 紳悟[1] 大沼 郁雄[1] 須藤 祐司[1]
荒木 慶一[2] 石田 清仁[1] 貝沼 亮介[1]
[1] 東北大学大学院 工学研究科
[2] 京都大学大学院 工学研究科

Contact
E-mail：omori@material.tohoku.ac.jp
所在地：980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-02
U R L：http://www.material.tohoku.ac.jp/~seigyo/

熱処理で巨大結晶をつくる

通常、金属やセラミックスは原子が周期的に配列した結晶であり、方位の異なる多数の結晶粒からなる集合体（多結晶体）です。結晶粒の境界面である結晶粒界はエネルギーが高く不安定なため、原子の移動が可能な高温では、結晶粒界の割合を減らすために結晶粒成長が起こります。結晶粒成長は、粒径がサブミリ（0.1～1mm）に達すると遅滞することが知られています。

本研究では、Cu-Al-Mn形状記憶合金において、約900℃以下の温度域において冷却と加熱のサイクル熱処理を行うことで、結晶粒成長が著しく速くなる異常粒成長現象を見出しました。この現象を利用することで、通常より1～2桁大きい数センチメートルの結晶粒径を得ることができます。

Cu-Al-Mn合金の形状記憶特性は、材料サイズに対する結晶粒径が大きいほど優れた性質を示します。約1ミリメートル以下の断面サイズに限られていた銅系形状記憶合金の用途を数センチメートルに拡大することが可能になるため、建造物の制震構造用部材などの大型部材への適用を目指して研究を行っています。

Figure and Note

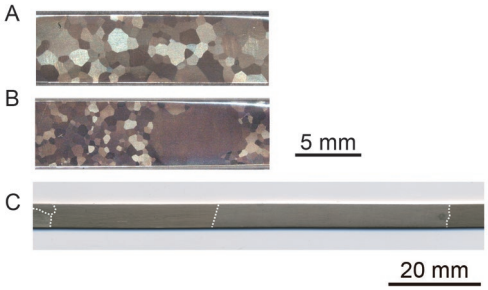


図1：Cu-Al-Mn合金のミクロ組織
A. 通常の等温熱処理（900℃ 24時間）後の結晶粒組織
B. 900℃→500℃→900℃のサイクル熱処理により一つの結晶粒が異常に粗大化した異常粒成長組織
C. サイクル熱処理を5回繰り返して得られたセンチメートルサイズの結晶粒組織

このような異常粒成長現象はいくつかの条件を満たす他の材料でも起こると考えられ、単結晶を作製する新しいプロセスとしての幅広い利用も期待できます。

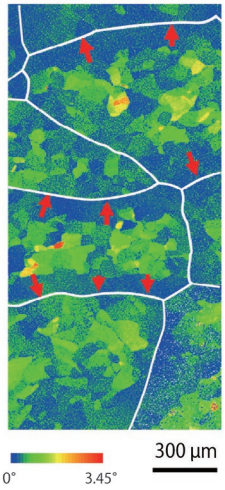
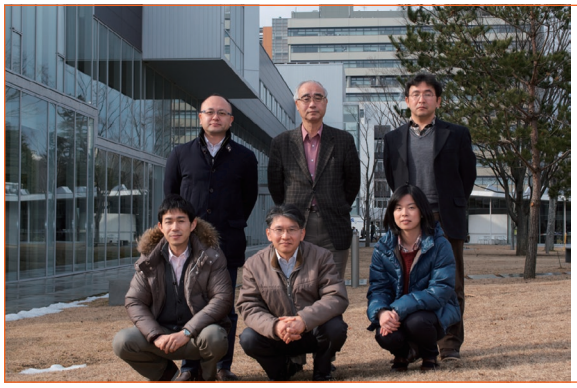


図2：電子線後方散乱回折（EBSD）法で観察したCu-Al-Mn合金の方位差マップ
大きな結晶粒内部に存在する、3°以下の方位差を有する小さな結晶粒の粒界エネルギーが、異常粒成長の駆動力であると考えられます。



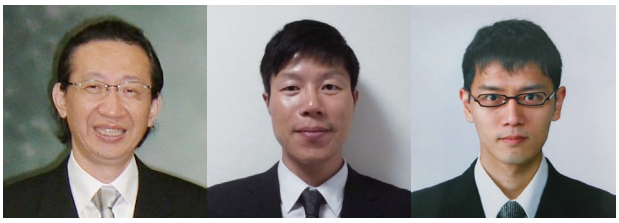
東北大学大学院
工学研究科 金属フロンティア工学専攻
貝沼研究グループメンバー

当研究グループ（写真前列中央：貝沼教授）では、合金状態図を実験・計算の両面から研究しています。物質は、温度・圧力・成分比等（示強変数）の組合せに応じて、液体や固体など様々な状態に変化します。各状態の存在条件を示強変数に対し図示したのが状態図です。状態図は「材料の地図」であり、材料開発において欠かせない情報です。さらに、状態図に基づいた合金設計とミクロ組織制御を行い、新規構造・機能材料の研究を行っています。

Science 10月4日号 RESEARCH ARTICLE
Science 4 October 2013: Vol. 342 no. 6154 pp. 85-90
DOI: 10.1126/science.1238599

バソプレシンV1a受容体とV1b受容体の遺伝子を二重欠損させたマウスは時差ぼけに耐性を持つ

Mice Genetically Deficient in Vasopressin V1a and V1b Receptors Are Resistant to Jet Lag



左から岡村 均、山口 賀章、鈴木 暢

Contact

E-mail：okamurah@pharm.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8501 京都市左京区吉田下阿達町46-29
U R L：http://www.pharm.kyoto-u.ac.jp/system-biology/shozoku.html

岡村 均 *Hitoshi Okamura*
京都大学大学院 薬学研究科
医薬創成情報科学システムバイオロジー分野 教授

山口 賀章[1]　鈴木 暢[1]　溝曽路 祥孝[1]　郡 宏[2,3]
岡田 和樹[1]　陳 宇林[1]　Jean-Michel Fustin[1]
山崎 文義[1]　水口 直樹[1]　張 晶[4]　董 新[4]
辻本 豪三[5]　奥野 恭史[6]　土居 雅夫[1]

[1] 京都大学大学院 薬学研究科 システムバイオロジー分野
[2] お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 情報科学科
[3] CREST
[4] 神戸大学大学院 医学系研究科 分子脳科学分野
[5] 京都大学大学院 薬学研究科 ゲノム薬理分野
[6] 京都大学大学院 薬学研究科 システム創薬分野

時差ぼけは視交叉上核の神経細胞のバソプレシン神経伝達の乱れ

時差は、体内時計が容易に海外の現地時間にリセットされず、両者が不一致となるために起こります。今回、私たちは、この不一致の神経生理機構とそれを裏打ちする分子機構を明らかにしました。驚くべき事に、時差では体内時計の中枢である視交叉上核の時計が止まってしまい、これが回復するとともに時差が解消されました。同時に、時差の分子機構の中枢を担っているのがバソプレッシンおよびそのV1a受容体とV1b受容体である事が解明されました。しかも、バソプレッシンV1aおよびV1b受容体の拮抗剤が時差解消に効果がありました。時差は、近年急増するシフトワークによる生活習慣病の病因としても注目されており、今後の展開が期待されます。

Figure and Note

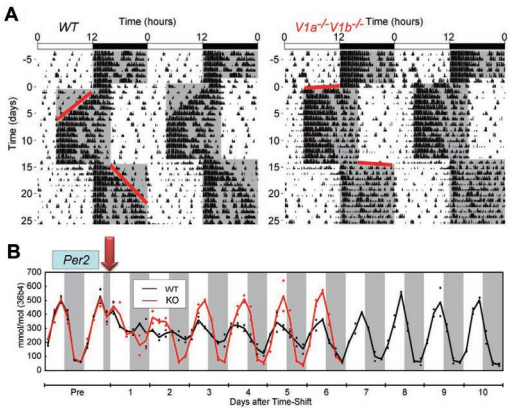


図1：時差Jet lag時の、(A)行動リズム、(B)視交叉上核におけるPer2 mRNAのリズム。
(A)正常マウスは新明暗周期に同調するのに約1週間かかるが(左)、V1aV1b欠損マウスは時差後直ちに同調(右)。(B)時計遺伝子の中でも最も振動に重要なPer2遺伝子は、時差で完全に消失するが(黒線)、V1aV1b両受容体の欠損マウスでは同調が速やかに起こる(赤線)。

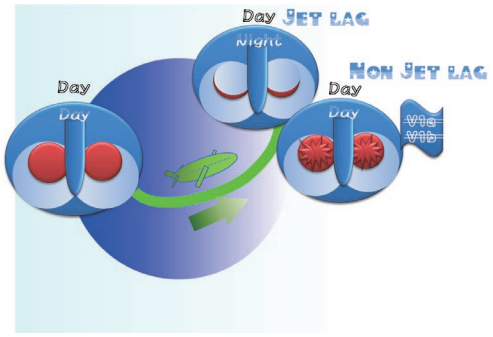


図2：時差の分子機構のカートゥーン
SCNは白目でバソプレッシンは赤目で表し、第三脳室が鼻である。飛行機で旅行しても体内時計はすぐには動かないので、現地時間が朝でも、SCNは夜のままであるが(Jet lag)、V1aV1b受容体を抑制すると、SCNはすみやかに現地時間に同期する(Non-Jet lag)。

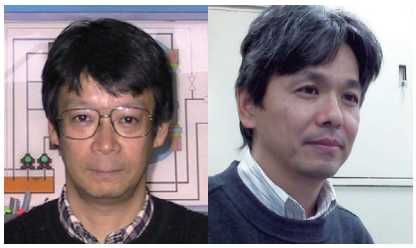
時間のサイエンスは新しい病気を解明する

皆さんは夜更かししていませんか。知っていますか、日本人は世界で最も睡眠時間の短い国民であることを。夜更かしをするたびに、脳の時計はもちろん、数十兆個の細胞にある身体の時計も時差を起こしています。この時計は、細胞の核酸や呼吸代謝とリンクしており、リズム異常は、高血圧や癌など生活習慣病の新しい病因として注目されています。若い皆さん、この新しい時間生物学の分野へ是非参加して、その治療薬を見つけてください。

Science 1 November 2013: Vol. 342 no. 6158 pp. 614-617
DOI: 10.1126/science.1244358

2次元的物質との1次元的電気接触

One-Dimensional Electrical Contact to a Two-Dimensional Material



左から谷口 尚、渡邊 賢司

谷口 尚 *Takashi Taniguchi*
物質・材料研究機構 先端的共通技術部門 先端材料プロセスユニット
超高圧グループ グループリーダー

渡邊 賢司 *Kenji Watanabe*
物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 光・電子材料ユニット
光・電子機能グループ 主席研究員

Lei Wang[1,2] Inanc Meric[1] Pinshane Y. Huang[3] Qun Gao[4] Yuanda Gao[2]
Helen Tran[5] Luis M. Campos[5] David A. Muller[3] Jing Guo[4] Philip Kim[6]
James Hone[2] Kenneth L. Shepard[1] Cory R Dean[1,2,7]

[1] Department of Electrical Engineering, Columbia University
[2] Department of Mechanical Engineering, Columbia University
[3] School of Applied and Engineering Physics, Cornell University
[4] Department of Electrical and Computer Engineering, University of Florida
[5] Department of Chemistry, Columbia University
[6] Department of Physics, Columbia University
[7] Department of Physics, The City College of New York

Contact

谷口 尚 **E-mail**：taniguchi.takashi@nims.go.jp
所在地：305-0044 茨城県つくば市並木1-1
ＵＲＬ：http://www.nims.go.jp/personal/BN_research/index-j_BNR.html

グラフェンと六方晶窒化ホウ素が織りなす新しい物理の世界

グラファイトの原子層はグラフェンと呼ばれ、炭素のsp^2結合からなる2次元平面結晶構造を持ち、質量のないディラックフェルミオンとしての電気伝導や分数量子ホール効果など物理的に非常に興味深い物性を示します。

一方、六方晶窒化ホウ素（*h*-BN）はグラファイトと類似の結晶構造を持つ絶縁体であり、グラフェン同様に剥離法にて膜厚を制御した原子層を得ることができます。この六方晶窒化ホウ素原子層は、グラフェン物理に新しい側面をもたらします。図1で示すように対向する六方晶窒化ホウ素層により絶縁保護されたグラフェンはより理想に近い均一な二次元電子ガス状態を保持することができます。このような状態のグラフェンに1次元（ライン）接触させた金属電極を取り付けると、他の物質系では得られない高いキャリア移動度（電子・正孔の動きやすさ）を観測することができます（図2）。また、逆にグラフェンと六方晶窒化ホウ素を原子配列のレベルで配向させ積層するとグラフェン電子構造の変調現象も観測でき（本誌41ページ、参照。）、グラフェンと六方晶窒化ホウ素の組み合わせはその層間相互作用を制御することができる興味ある物質系です。

Figure and Note

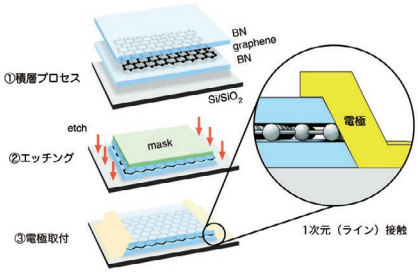


図1：グラフェンデバイス作製
窒化ホウ素（BN）で絶縁されたグラフェンは電極と1次元（ライン）接触しています。

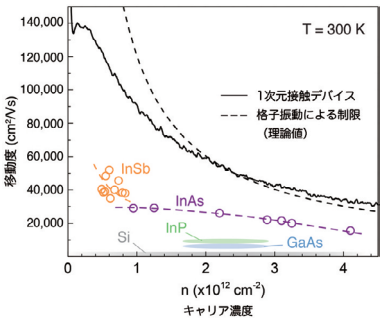


図2：高いキャリア移動度を示すグラフェンデバイス
電極と一次元接触させたグラフェンデバイスは、熱振動（格子振動）による理論限界に迫ります。

自然はままならない、研究も

私たちは窒化ホウ素の高純度単結晶化技術を通して華やかなグラフェン物理の世界と深く関わっています。もともと六方晶窒化ホウ素単結晶研究は、偶然発見した強い遠紫外線発光現象がきっかけとなって、ここまで発展させることができたものです。科学の芽は、決して思うようには伸びていかないもので、これからどんな花が咲くのか楽しみです。

写真：六方晶窒化ホウ素単結晶育成は高圧プレス装置を使って行われます。

Science 8 November 2013: Vol. 342 no. 6159 pp. 727-730
DOI: 10.1126/science.1243884

T_H17細胞分化は概日時計によって制御される

T_H17 Cell Differentiation Is Regulated by the Circadian Clock

柏田 正樹 *Masaki Kashiwada*
自治医科大学大学院 医学研究科 生化学講座 病態生化学部門 准教授
Adjunct Associate Professor, Department of Internal Medicine, University of Iowa

Xiaofei Yu[1] Darcy Rollins[1] Kelly A. Ruhn[1] Jeremy J. Stubblefield[2] Carla B. Green[2]
Paul B. Rothman[3,4] Joseph S. Takahashi[2,5] Lora V. Hooper[1,5]

[1] Department of Immunology, The University of Texas Southwestern Medical Center
[2] Department of Neuroscience, The University of Texas Southwestern Medical Center
[3] Department of Internal Medicine, University of Iowa
[4] The Johns Hopkins University School of Medicine
[5] The Howard Hughes Medical Institute, The University of Texas Southwestern Medical Center

Contact **E-mail**：masaki-k@jichi.ac.jp
所在地：329-0498 栃木県下野市薬師寺3311-1

体内時計と炎症性T細胞分化のクロストーク機構を解明

地球上の生物の生命活動は、概日リズムという約24時間周期を制御する概日時計によって支配されています。概日時計が代謝や睡眠を制御することはよく知られていますが、免疫系については不明でした。時計遺伝子NFIL3は多くの免疫細胞の分化や機能の発現に重要な転写因子です（図1）。本研究では、NFIL3がT_H17細胞分化制御因子RORγtの発現を直接調節することで、T_H17細胞の分化を制御することを明らかにしました。NFIL3自身の発現が概日時計で制御されているため、RORγtの発現、さらにT_H17細胞の数も日内変動を示します。また「時差ボケ」マウスでは、腸管のT_H17細胞が著名に増加しており、その結果炎症性腸疾患様の症状を示しました。

本研究は、昼夜の光サイクルで制御される体内時計と炎症性免疫細胞の分化のクロストークを分子レベルで初めて明らかにしました（図2）。本知見は将来、感染症や病因性炎症の新規治療法や予防法の開発につながるものと期待されます。

Figure and Note

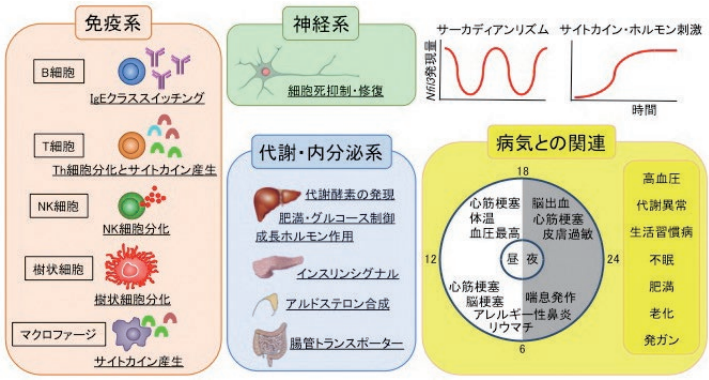


図1：NFIL3の多彩な機能

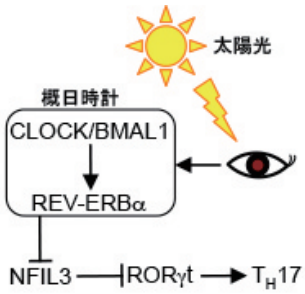


図2：NFIL3による概日時計とT_H17細胞分化のリンク
NFIL3は直接Rorγtの転写を抑制することでT_H17細胞分化を抑えており、T_H17細胞分化と概日時計を結びつけている。

テキサス大学サウスウェスタンメディカルセンター Hooperラボとアイオワ大学医学部 Rothmanラボ

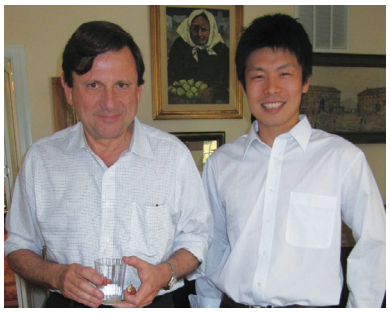
Hooperラボでは、腸内細菌の宿主組織への侵入や腸管バリアへの侵襲を防ぐ免疫機構を研究しています。Rothmanラボでは、サイトカインシグナルを中心に免疫細胞の分化、機能発現の分子機構の研究をしていましたが、Dr. Rothmanがジョンズ・ホプキンス大学医学部長兼CEOとして異動したため、NFIL3を中心とするプロジェクトは、帰国後所属する自治医科大学生化学講座で進行中です。大学院生（修士・博士）を募集しています。

写真左：Hooperラボ、右：Rothmanラボ

Science 11月22日号 REPORT
Science 22 November 2013: Vol. 342 no. 6161 pp. 967-970
DOI: 10.1126/science.1240527

共生細菌は腫瘍微小環境を調整することで癌の治療反応性を制御する

Commensal Bacteria Control Cancer Response to Therapy by Modulating the Tumor Microenvironment



左から Dr. Giorgio Trinchieri、飯田 宗穂

飯田 宗穂 *Noriho Iida*
金沢大学医薬保健研究域医学系 恒常性制御学
金沢大学附属病院 消化器内科

Amiran Dzutsev[1,2] C. Andrew Stewart[1] Loretta Smith[1]
Giorgio Trinchieri[1] Romina S. Goldszmid[1] et al.

[1] Cancer and Inflammation Program, National Cancer Institute
[2] Leidos Biomedical Research, Inc., Frederick National Laboratory

全著者リスト：http://www.sciencemag.org/content/342/6161/967.abstract

Contact
E-mail：niida@m-kanazawa.jp
所在地：920-8641 石川県金沢市宝町13-1

腸内細菌叢は腸外の腫瘍内の炎症細胞の反応性を変化させます

腸内細菌叢（さいきんそう）が全身の免疫や炎症を修飾することが分かってきていますが、腸外の腫瘍内に存在する炎症細胞を修飾し、抗癌剤の効果を変化させることが本研究で初めて示されました。抗菌剤を飲用し腸内細菌叢を大幅に殺菌したマウスでは、抗IL-10R抗体とCpGの腫瘍内注入による腫瘍壊死効果が減弱します。これは、腫瘍内の白血球によるTNFなどの炎症性サイトカイン産生が低下しているためと分かりました。腸内細菌の網羅的解析から選択した*Alistipes shahii*を消化管に移植すると抗菌剤で低下した腫瘍内白血球のTNF産生が回復しました（図1）。また、プラチナ系の抗癌剤の効果も抗菌薬投与にて減弱します（図2）。これは腫瘍内炎症細胞からの活性酸素産生が減弱するためです。本研究の結果は抗癌治療の効果を上げる戦略を生み出す可能性を示したと思います。

Figure and Note

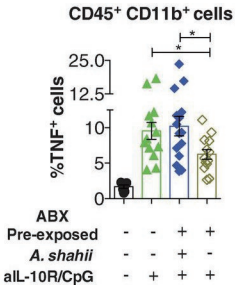


図1：*A.shahii*の消化管内移植は腫瘍内CD11b陽性細胞のTNF産生を回復させる

抗菌剤カクテル飲用マウスの腫瘍浸潤白血球において低下したTNF産生は、*A.shahii*を口から移植することで回復する。腫瘍内のTNF産生は抗IL-10R抗体腹腔注射とCpGの腫瘍内注入にて誘導している。

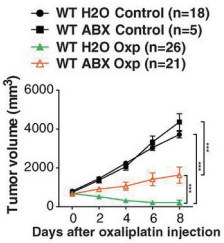


図2：抗菌剤カクテル（ABX）飲用野生型（WT）マウスではオキサリプラチン（Oxp）の抗癌効果が減弱する

勉強の重要性を知ること

アメリカ国立癌研究所に留学し貴重な経験をしました。ボスとのディスカッションも、多国籍な方たちとの交流も、国立公園めぐり（写真、ホワイトサンズ国定公園）もどれも素晴らしい経験となりましたが、私が最重要視したのは勉強でした。研究の結果は吉と出るか凶と出るか分かりませんが、勉強したことだけは生涯、自分の礎となり残っていくと信じ、とにかく勉強しました。まず教科書、そして論文を読むこと、さらに大切なのはディスカッションだと思います。誰彼とつかまえて癌や免疫、生物学についてディスカッションを行いました。これからの若い研究者の方々には勉強する時間を惜しまないように、その点を強調したいと思います。

Science 22 November 2013: Vol. 342 no. 6161 pp.947
DOI: 10.1126/science.1242856

アイスキューブ・ニュートリノ検出器で地球外起源の高エネルギーニュートリノの証拠を見つけた

Evidence for High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector

倉橋 尚子 *Naoko Kurahashi Neilson*
Department of Physics and Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center, University of Wisconsin

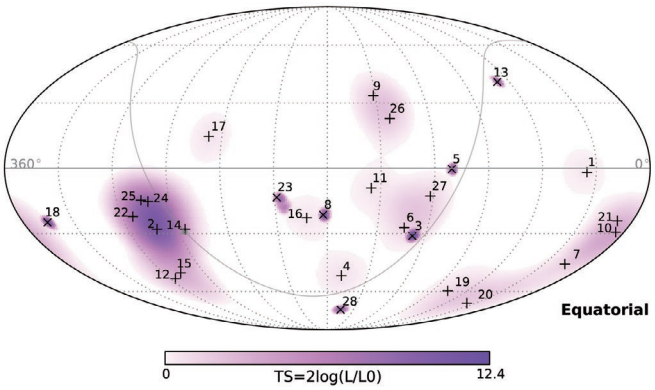
IceCube Collaboration
http://icecube.wisc.edu/collaboration/authors/current
全著者リスト：
http://www.sciencemag.org/content/342/6161/1242856.abstract

Contact
E-mail：naoko@icecube.wisc.edu
所在地：222 W. Washington Ave 500, Madison, WI 53703
U R L：http://icecube.wisc.edu/

地球外からの高エネルギーニュートリノをはじめて観測

銀河系、また銀河系外で起こる高エネルギー天体現象では、高エネルギーの宇宙ニュートリノが生成されていると考えられています。しかし、地球の大気圏で宇宙線によって生成される地球ニュートリノなどのバックグラウンドが多いため、今まで検出されることがありませんでした。今回、アイスキューブ実験では地球ニュートリノ、ミュー線などのバックグラウンドでは説明できない数のニュートリノが観測され、その高いエネルギー及び方角から宇宙ニュートリノだと推定されました。今後、この新しく発見された宇宙ニュートリノをさらに集めることで、これらの発生源の天体物体の特定を進めていくことになります。

Figure and Note



図：ニュートリノ発生源の可能性がある方角
検出したニュートリノとその性質を使い、発生源となる天体物質の位置を統計的に探ります。

南極大陸は南極点への旅

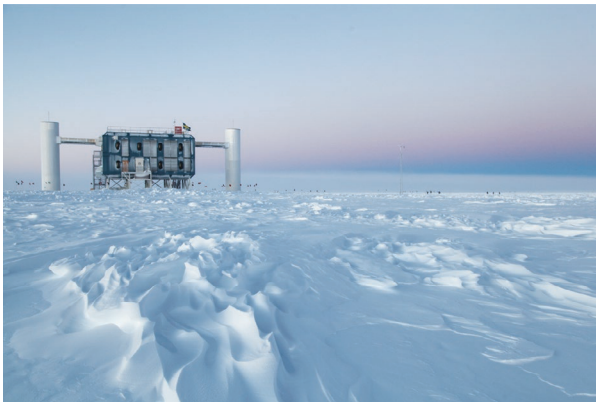
アイスキューブは南極点の氷の下に検出器が埋まって出来ている実験施設です。そのため、南極点へ毎年数名の研究者が、アクセスが可能な夏の間に行く事になります。2012年1月に私は行くことが出来ました。マイナス20度を超える寒さ、沈まぬ太陽、3km近くある氷河の上の「高原」での生活。まるで違う惑星に住んでいるかの様でした。
http://nankyoku-nikki.blogspot.com/ に当時の日記があります。

写真：南極点にて、日本の国旗と

IceCube（アイスキューブ・ニュートリノ観測所）

ウィスコンシン大学　倉橋 尚子

IceCube（アイスキューブ・ニュートリノ観測所）は南極にある世界最大のニュートリノの観測施設です。ニュートリノは、原子や陽子よりもはるかに小さい、物質を構成する最小単位の粒子であると言われています。アイスキューブでは、宇宙から来る高エネルギーのニュートリノの観測を目的としています。具体的には、ニュートリノが氷の中の原子と反応を起こした際にできる光（チェレンコフ光）を検出して、元のニュートリノの性質を再構築します。こうやって集めた、年間10万以上のニュートリノのデータをもとに、大気ニュートリノと宇宙から来るニュートリノの選別を試みています。



©2014 IceCube

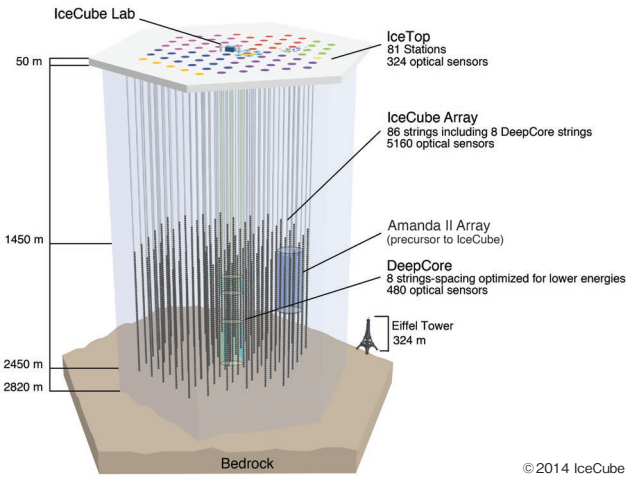
なぜ南極で観測を？

南極点で実験を行う理由は、精度の高い検出を行うために、氷がたくさん必要だからです。しかも、光学的に適した、光が吸収されにくくきれいな氷が必要です。雪が積もったあと、空気泡のないきれいな氷は高い圧力によって圧縮されてできます。ニュートリノの観測には少なくとも1kmの厚さの氷、さらに実験用に1kmの氷が必要です。この氷があるということが条件で、南極の他にはグリーンランドで実験施設を作ることも検討されたようです。南極点にはアムンゼン・スコット基地というアクセスのいい基地があり、その利便性が決め手となって、南極点にアイスキューブが作られました。

アイスキューブの建設のために、南極点で深さ3kmの氷をドリルで掘り始めたのは2004年のことです。南極点へはLC－130という軍用航空機しかアクセスできず、その貨物室に入れるために、ドリルのパーツは分解できるように開発されました。夏季だけしか南極点にはたどり着けないため、限られた時間で氷をドリルし、検出器を埋める作業が長く続き、7年後の夏の2010年にアイスキューブが完成しました。

アイスキューブ実験施設の構造

この図を見てわかるように、南極点では大陸（Bedrock）の上に約3kmほどの氷河があります。その地上に、アイスキューブの実験を操作し、データをすべて集めてオンラインの解析をするコンピュータがある実験棟（IceCube Lab）があります（上の写真）。実際の検出器はその下にあり、約1.5kmから2.5kmの深さの氷を1キロ平方メートル使用し、水平に125m、上下で17mの間隔で、アイスキューブが独自で開発した光センサーが埋められています。



©2014 IceCube

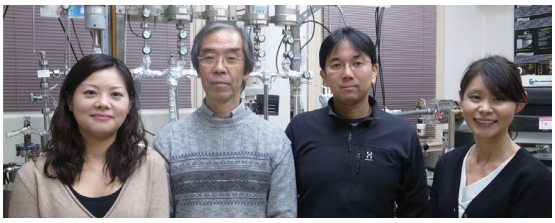
アイスキューブの今後

私たちの最終的な目標はニュートリノで宇宙を観測することです。従来、光（電波からガンマ線まで）を集めることで行われてきた天文学に新たな視点を加えたいと考えています。

Science 11月29日号 RESEARCH ARTICLE
Science 29 November 2013: Vol. 342 no. 6162 pp. 1069-1073
DOI: 10.1126/science.1242642

ロシア・チェリャビンスクで空中爆発した隕石による被害の評価と回収隕石の宇宙科学的特徴

Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization



左から羽場 麻希子、長尾 敬介、三河内 岳、小松 睦美

長尾 敬介 *Keisuke Nagao*
東京大学大学院 理学系研究科 教授

羽場 麻希子 *Makiko K. Haba*
東京大学大学院 理学系研究科 博士研究員(学振)

三河内 岳 *Takashi Mikouchi*
東京大学大学院 理学系研究科 准教授

小松 睦美 *Mutsumi Komatsu*
早稲田大学高等研究所 助教

中村 智樹 *Tomoki Nakamura*
東北大学大学院 理学研究科 教授

Contact

長尾 敬介 **E-mail**：nagao@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp
所在地：113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
U R L：http://www.eqchem.s.u-tokyo.ac.jp/

Olga P. Popova[1] Peter Jenniskens[2,3] et al.
(the Chelyabinsk Airburst Consortium)

[1] Institute for Dynamics of Geospheres of the Russian Academy of Sciences
[2] SETI Institute
[3] NASA Ames Research Center

全著者リスト：
http://www.sciencemag.org/content/342/6162/1069.abstract

イトカワと類似の小惑星から120万年前に飛び出した隕石

2013年2月15日にロシアのチェリャビンスク市に落下した隕石は空中爆発し、その際に発生した衝撃波は多くの建物を破壊し、1,000名を超える負傷者を出しました。空中での爆発で直径約20メートルの隕石が破裂し、大部分がガスや塵として大気中に霧散したために、地面に達した多数の小片を足し合わせても元の質量の0.1％以下でした。東北大学の中村と韓国極地研究所のInsu Ahn、Jong-Ik Leeは、隕石の種類を決定するうえで最も重要な酸素同位体比測定を行い、この隕石が小惑星探査機「はやぶさ」が試料採取した天体であるイトカワとよく似ていることを明らかにしました(図1)。東京大学と早稲田大学のグループが測定した8個の小片の希ガス同位体組成から、この隕石が120万年前に小惑星から飛び出し、隕石表面から3メートルまでの深さにあった岩石が、空中爆発の際にこれらの小片になったことがわかりました(図2)。

Figure and Note

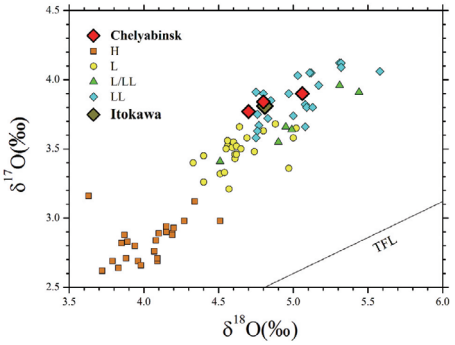


図1：酸素同位体比$^{17}O/^{16}O$と$^{18}O/^{16}O$のプロット

酸素同位体組成はイトカワと同じLLコンドライトの範囲にある。グラフの原点は地球の標準海水（SMOW）の酸素同位体比であり、同位体比$^{17}O/^{16}O$と$^{18}O/^{16}O$は$\delta^{m}O=[(^{m}O/^{16}O)_{sample}/(^{m}O/^{16}O)_{SMOW}-1]\times1000$(‰)であらわす。TFL(Terrestrial Fractionation Line)は地球物質の同位体分別を示す。

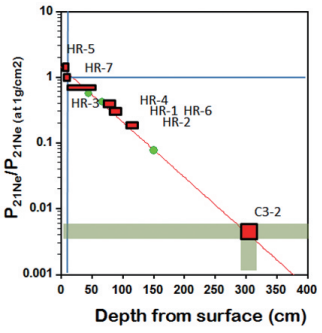
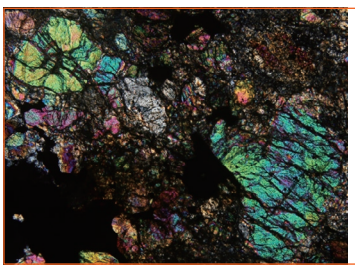


図2：高エネルギー宇宙線による核反応で作られたネオンやクリプトンの同位体濃度から推定した、8個の小片の落下前のチェリャビンスク隕石表面からの深さ。縦軸は表面付近(深さ1cm)にあった小片HR-7に対する、それぞれの小片中における^{21}Neの生成率の比を示し、横軸は生成率に相当する深さ。測定した小片のうち7個は表面から1mまでの深さにあったが、C3-2は最も深い3mにあった。小片HR-7の^{81}Krと^{21}Neの濃度から、この隕石が120万年前に母天体から飛び出したことがわかった。



隕石は太陽系の成り立ちを解き明かすロゼッタストーン

46億年前に作られた隕石は、太陽系の形成を記録した極めて大切な太陽系の化石です。隕石には多くの種類があり、太陽系が誕生する前に作られた粒子を含むものや、まだ人類が知らない未知のものが存在する可能性もあります。このような種々の隕石と、今後盛んになる惑星や小惑星・彗星などからのサンプル採取とを組み合わせた研究による太陽系の歴史解明に、若い人たちが参加されることを期待しています。

写真：チェリャビンスク隕石を厚さ約0.03mmまで薄い板状にして偏光顕微鏡で撮影したもの。青色や緑色などに見えているのはカンラン石や輝石で、光の干渉色によるものである。

Science 11月29日号 REPORT
Science 29 November 2013: Vol. 342 no. 6162 pp. 1107-1111
DOI: 10.1126/science.1245622

数個の樹状突起スパインの刺激は、長距離にわたって積算され、核内ERKシグナル経路を活性化する

Long-Distance Integration of Nuclear ERK Signaling Triggered by Activation of a Few Dendritic Spines

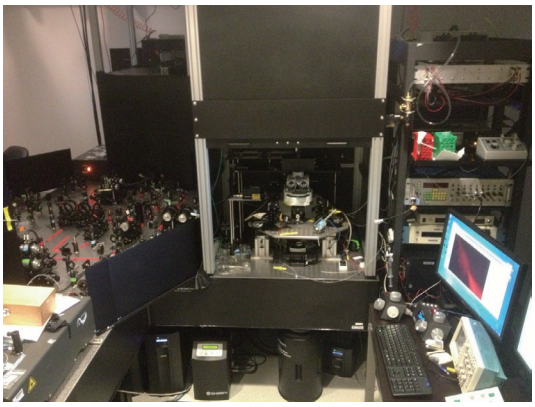
安田 涼平 *Ryohei Yasuda*
Scientific Director, Max Planck Florida Institute for Neuroscience
Shenyu Zhai[1] Eugene D Ark[2] Paula Parra-Bueno[3]
[1] Department of Neurobiology, Duke University Medical Center
[2] Department of physics, Duke University
[3] Max Planck Florida Institute for Neuroscience

Contact **E-mail**：ryohei.yasuda@mpfi.org
所在地：1 Max Planck Way Jupiter, FL 33458, USA

数個のシナプスの入力によって核内の遺伝子転写が制御されている

神経細胞における遺伝子転写は脳の学習、記憶に重要な役割を果たしています。しかし、1つの神経には約10,000個のシナプスの入力があり、それらがどのように統合されて遺伝子転写を制御しているのかは謎でした。この問題を解決するために、特定のシナプスを刺激したときに核内でおこる信号伝達分子の活性を可視化する技術を開発しました。これにより、10,000のシナプスのうち、ランダムに選ばれた3～7個程度のシナプスを刺激しただけで、核内の遺伝子転写に重要なたんぱく質を活性化することが明らかになりました。この少数の入力は、複数の樹状突起に分散していた場合に効率よく核へのシグナルが移行しました。さらに、シナプスから核へのシグナルは、生化学的な信号伝達によっておこり、数十ミクロンにわたっておこる入力を、数十分にわたって積算することがわかりました。シナプスと核の分子的な連絡のやりとりのメカニズムが1つ解決したことになります。

Figure and Note



図：細胞内シグナルを可視化する2光子蛍光寿命顕微鏡

若い才能の活躍

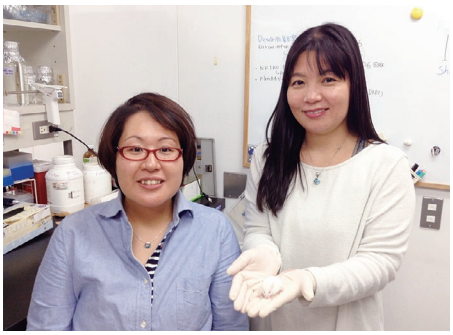
この研究は、私の研究室の大学院生だったShenyu Zhaiが中心となって行ったものです。彼女は、シナプス1個がどのように核のシグナルに影響するのかを調べるシステムを考案して、数週間後には数個のシナプスが核を制御しているという結果を得ました。その後、その結果をいろいろな方法で検証し、サイエンスに論文を掲載するまでに、4年間かかりました。彼女のひらめきと、地道な努力が実を結んだ論文だと思います。私たちの研究室は、最近マックスプランクフロリダ研究室に移り、新しい蛍光技術を使って、神経細胞の秘密を探っています。日本からの新しい才能をお待ちしています！

写真：マックスプランクフロリダ研究所

Science 29 November 2013: Vol. 342 no. 6162 pp. 1114-1118
DOI: 10.1126/science.1244505

哺乳類大脳皮質におけるBtbd3を介した神経活性依存的な樹状突起の方向性の制御

BTBD3 Controls Dendrite Orientation Toward Active Axons in Mammalian Neocortex



左から松居 亜寿香、下郡 智美

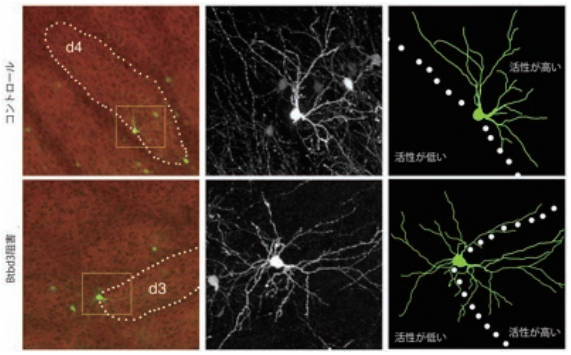
下郡 智美 *Tomomi Shimogori*
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チーム チームリーダー
松居 亜寿香 *Asuka Matsui*
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チーム 研究員
May Tran* 吉田 彩 菊池 里美 禹 真美 小川 正晴
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チーム
*（現 University of California, San Francisco）

Contact
E-mail：下郡 智美 tshimogori@brain.riken.jp
松居 亜寿香 asuka_m@brain.riken.jp
所在地：351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
U R L：http://www.brain.riken.jp/jp/faculty/details/40

樹状突起の形態形成を決める分子メカニズムの一端を解明

神経細胞は情報を伝える軸索とそれを受け取る樹状突起から成り、それぞれが正しい場所で結合して神経回路が形成されます。この時、外部からの情報入力が少ない余分な樹状突起を除去し、入力が多い樹状突起を維持し、さらに枝分かれを増加させ、より効率的な神経回路が形成されます。このメカニズムが機能しないと神経回路内で不要な接続や混線が生じ、高次機能の障害につながる可能性がありますが、その詳細は明らかにされていませんでした。我々は、マウスの大脳皮質の体性感覚野にあり、ヒゲから入力される感覚情報を処理する「バレル皮質」で、余分な樹状突起を除去し、残った樹状突起の枝分かれを増やす神経細胞に着目しました。この神経細胞に特異的に発現する遺伝子「*Btbd3*」の機能を阻害したところ、本来は非対称な形態になるはずの樹状突起が対称な形態を維持していたことから、*Btbd3*が樹状突起の除去と枝分かれの増加に重要な役割を果たすことが分かりました（図）。さらに、フェレットの視覚野を対象にした同様の実験も行った結果、同様にして余分な樹状突起の除去に関わることを見出し、*Btbd3*による樹状突起の形態をコントロールする機能は種を超えて保存されている事を明らかにしました。

Figure and Note



図：*Btbd3*を阻害したときのマウスのバレル皮質の神経細胞
上：通常マウス（コントロール）。脳の体性感覚野のバレル皮質の神経細胞を可視化すると個々の神経細胞の樹状突起が感覚情報の入力が多い（活性が高い）方向にのみ枝分かれし、樹状突起は非対称な形態となる。
下：これらの細胞で*Btbd3*の機能を阻害すると、感覚情報の入力が少ない（活性が低い）方向にある樹状突起が除去されず、樹状突起は対照な形態となる。

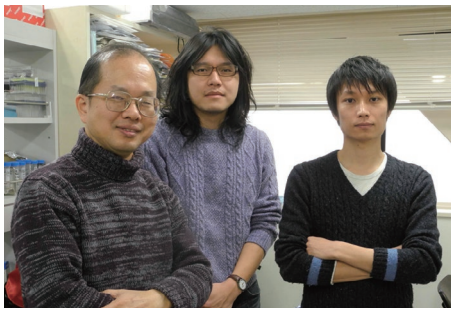
理化学研究所 脳科学総合研究センター 視床発生研究チームのメンバー

脊椎動物の脳発生には細胞の形態変化が伴い、正しい形づくりが正しい脳機能を担っていることも明らかです。この形作りには細胞に遺伝的なプログラムに基づいて発現する分子だけでなく、外界からの刺激に由来する神経活性も重要な役割を担っていることから、我々は発達環境がどのようにして脳形成をコントロールし、健康な脳ができているのかに興味を持って研究しています。

Science 12月6日号 RESEARCH ARTICLE *Science* 6 December 2013: Vol. 342 no. 6163 pp. 1203-1208
DOI: 10.1126/science.1242366

マウス神経前駆細胞の多分化能と運命を決定する因子のオシレーション制御

Oscillatory Control of Factors Determining Multipotency and Fate in Mouse Neural Progenitors



左から影山 龍一郎、今吉 格、磯村 彰宏

影山 龍一郎 *Ryoichiro Kageyama*
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 教授
京都大学 物質 — 細胞統合システム拠点 副拠点長

今吉 格 *Itaru Imayoshi*
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 特定准教授
京都大学 白眉研究センター 特定准教授

磯村 彰宏 *Akihiro Isomura*
京都大学 ウイルス研究所 増殖制御学分野 博士研究員

播磨 有希子[1] 宮地 均[1] 藤原 敬宏[2] 石館 文善[2] 郡 宏[3] 川口 喬吾[4]

[1] 京都大学 ウイルス研究所
[2] 京都大学 物質 — 細胞統合システム拠点
[3] お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科
[4] 東京大学大学院 理学系研究科

Contact

E-mail：影山 龍一郎 rkageyam@virus.kyoto-u.ac.jp
所在地：606-8507 京都市左京区聖護院川原町
U R L：http://www.virus.kyoto-u.ac.jp/Lab/Kageyama/index.html

多種類の運命決定因子の発現振動が神経幹細胞の多分化能に必須

運命決定因子Ascl1, Hes1, Olig2の働きによって、神経幹細胞からそれぞれニューロン、アストロサイト、オリゴデンドロサイトが分化します。神経幹細胞ではこれら3種類の因子の発現が振動していること、運命決定時にはどれか1つが持続発現することがわかりました。さらに、光遺伝学的手法によってAscl1の発現を振動させると神経幹細胞は未分化状態に止まり増殖能が活性化されました。一方、Ascl1の発現を持続させると増殖を止めてニューロン分化が起こりました。したがって、発現動態の違いでAscl1はまったく逆の機能を発揮することがわかりました。これらの結果から、多分化能とは多種類の分化決定因子が発現振動する状態であり、どれかが持続発現すると特定の運命に分化することが示されました。この光遺伝学的手法は、光の照射パターンを変えるだけで神経幹細胞の増殖やニューロン分化を自在にコントロールでき、今後、再生医療研究への貢献が期待されます。

Figure and Note

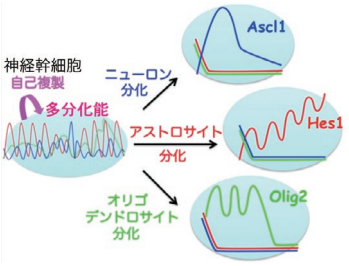


図1：神経分化における運命決定因子の発現動態

多分化能を持つ神経幹細胞では、Ascl1、Hes1、Olig2といった分化決定因子の発現が振動しています。運命決定が行われる際には、そのうちのどれか1種類の発現レベルが上昇し、他の2種類の因子の発現が消失します。

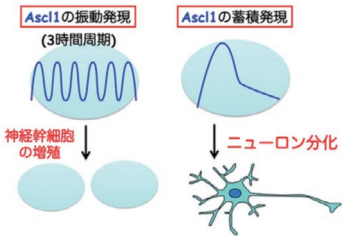


図2：発現動態に依存したAscl1の異なる機能

光遺伝学的発現操作技術を用いて、Ascl1を3時間周期で発現振動（オシレーション）させたところ、神経幹細胞の増殖が促進されました。一方、Ascl1を蓄積発現させたところ、ニューロン分化が誘導されました。

京都大学 ウイルス研究所 影山研究室メンバー

私達の研究グループでは、イメージング技術を駆使して、いろいろな生命現象におけるダイナミックな遺伝子発現動態を明らかにするとともに、新たな光遺伝学的操作方法を使って様々な遺伝子発現動態の意義を探っています。さらに、数理モデルを構築して、予測と検証実験を行い、種々の生命現象の動作原理の解明や、その操作と制御を目指しています。特に、幹細胞を操作・制御することによって再生医療技術の発展に貢献したいと考えています。

Science 12月6日号 REPORT
Science 6 December 2013: Vol. 342 no. 6163 pp. 1211-1214
DOI: 10.1126/science.1243485

室内実験より決定された東北沖プレート境界断層の地震時低剪断応力

Low Coseismic Shear Stress on the Tohoku-Oki Megathrust Determined from Laboratory Experiments

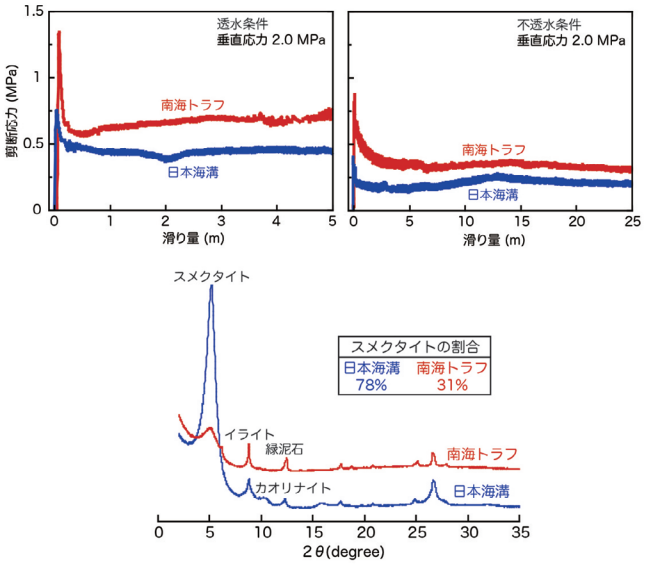
氏家 恒太郎 *Kohtaro Ujiie*
筑波大学大学院 生命環境科学研究科 地球進化科学専攻 准教授
田中 英恵[1]　斎藤 翼[1]　堤 昭人[2] et al.
IODP第343・343T次航海乗船研究者一同
[1] 筑波大学大学院 生命環境科学研究科 地球進化科学専攻
[2] 京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻
全著者リスト：http://www.sciencemag.org/content/342/6163/1211.abstract

Contact
E-mail：kujiie@geol.tsukuba.ac.jp
所在地：305-0006 つくば市天王台1-1-1
ＵＲＬ：http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~kohtaro/index.html

東北地方太平洋沖地震における浅部巨大地震性滑りの成因を解明

これまでプレート境界断層浅部は、固着が弱く、歪みをそれほど蓄えず、地震性滑りが起こりにくい領域であると考えられてきました。しかし、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では日本海溝近くのプレート境界断層浅部が約50mも滑り、その結果巨大津波を引き起こしました。この浅部巨大地震性滑りの成因を明らかにするために、地球深部探査船「ちきゅう」によりプレート境界断層浅部から採取された試料を用いて地震性高速滑りを再現する室内実験を行いました。その結果、地震時剪断応力は非常に低いことが分かりました。その原因として、断層物質が低摩擦粘土であるスメクタイトを大量に含むことと、thermal pressurization効果（高速滑りにより発生した摩擦熱による間隙水圧上昇）であることを突き止めました。本研究により、巨大地震時にプレート境界断層浅部が大きく変位した成因が明らかとなりました。

Figure and Note



図：日本海溝と南海トラフプレート境界断層物質を用いた室内実験結果の比較
不透水条件ではthermal pressurizationが効果的に起こり、剪断応力はより低下。透水・不透水条件ごとで比較すると、日本海溝はスメクタイトの割合が多いため、南海トラフより剪断応力が低い。

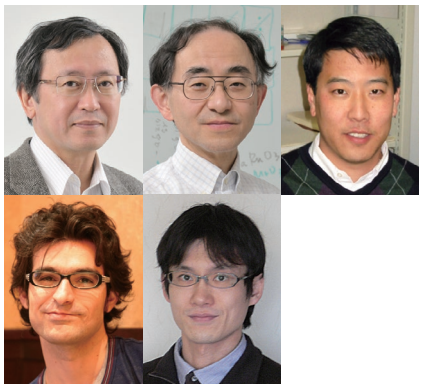
筑波大学大学院 生命環境科学研究科 地球進化科学専攻 氏家研究室

我々の研究室では、「フィールド調査」・「室内実験」・「深海掘削」に基づいて、沈み込み帯で発生する地震や付加体形成など様々な変動現象を対象に研究を行っています。例えば、プレート境界地震時に断層はどのようなメカニズムで滑り、どのように挙動したのか？この問いに明確に答えるべく、断層に記録された地質学的情報を詳細に読み取り、その根底となる物理プロセスを定量的に検討しています。地質学は地球変動現象を読み解く鍵なのです。

Science 12月20日号 REPORT
Science 20 December 2013: Vol. 342 no. 6165 pp. 1490-1493
DOI: 10.1126/science.1242247

巨大ラシュバ型スピン構造を持つ半導体におけるベリー位相の検出

Detection of Berry's Phase in a Bulk Rashba Semiconductor



上段左から十倉 好紀、永長 直人、ハロルド・ファン、
下段左からサイード・バハラミー、村川 寛

村川 寛 *Hiroshi Murakawa*
理化学研究所 創発物性科学研究センター（理研CEMS）強相関量子伝導研究チーム 客員研究員
大阪大学大学院 理学研究科 物理学専攻 助教

モハマド・サイード・バハラミー *Mohammad Saeed Bahramy*
東京大学大学院 工学系研究科附属 量子相エレクトロニクス研究センター 特任講師

十倉 好紀 *Yoshinori Tokura*
理研CEMS センター長、強相関物性研究グループ グループディレクター
東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 教授

永長 直人 *Naoto Nagaosa*
理研CEMS 副センター長、強相関理論研究グループ グループディレクター
東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 教授

ハロルド・ユンスン・ファン *Harold Yoonsung Hwang*
理研CEMS 強相関量子伝導研究チーム チームリーダー
スタンフォード大学 教授

徳永 将史[1]　小濱 芳允[2]　金子 良夫[3]　Chris Bell[4]

[1] 東京大学 物性研究所 国際超強磁場科学研究施設 准教授
[2] 東京大学 物性研究所 国際超強磁場科学研究施設 特任助教
[3] 理研CEMS 強相関物性研究グループ 上級技師
[4] スタンフォード大学 助教

Contact

村川 寛　**E-mail**：murakawa-h@riken.jp
所在地：351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
ＵＲＬ：http://www.cems.riken.jp/jp/

電子スピン偏極状態に内在する量子力学的位相の検出

現代エレクトロニクスを支える物質中の電子の運動は量子力学で支配されており、その状態は波動関数の振幅と位相により記述されます。将来への応用可能性が注目されている電子スピン偏極状態では、電子の運動量やエネルギーに関連した通常の位相に加え、スピン軌道相互作用によって運動方向に対して固定された電子スピンの幾何学性を起源とするベリー位相の存在が期待されています。しかしベリー位相の検出は容易ではなく、定量的評価にも多くの問題が残されていました。

私たちは、極性結晶構造を持つ3次元の半導体BiTeI単結晶の磁気抵抗率の量子振動を測定し、電子の運動方向と結合した「ラシュバ型電子スピン偏極構造」（図1B）が持つベリー位相の検出に成功しました。この物質固有の非常に大きなスピン分裂エネルギーにより、ラシュバ型スピン構造が強磁場中でも安定して存在するため、量子振動の解析から電子スピンのベリー位相を定量的に求めることができました。

ベリー位相の解析によって電子スピン状態を読み解くことが可能になれば、多様な物性の理解が進み、新しい量子現象の開拓につながるものと期待されます。

Figure and Note

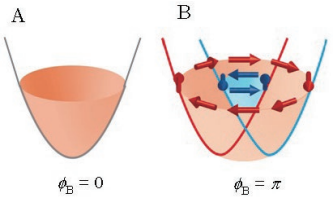


図1：波数空間における電子状態
スピン縮退状態（A）ではベリー位相Φ_B=0であるが、ラシュバ型スピン偏極状態（B）ではΦ_B=πとなる。

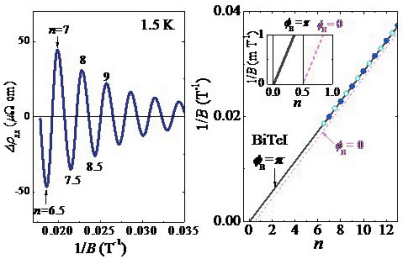


図2：量子振動の解析によるベリー位相の評価
抵抗率の極大を整数、極小を半整数として指数付けしたときに、磁場の値の逆数に対して外挿した切片が0となり、Φ_B=πであることを示している。

理化学研究所 創発物性科学研究センター（CEMS）メンバー

理研CEMSでは、幅広い分野の研究者が集まり、電子や分子の集合体が生み出す「創発的」な物性機能の開拓に取り組んでいます。従来の常識では予想のできない革新的な物性機能を用いた超高効率なエネルギー収集・変換や、超低エネルギー消費のエレクトロニクス材料の開発を通じて、環境調和型の持続可能な社会の実現を目指しています。

Science 投稿について

*Science*は、最高水準の独創的な科学論文、さらには最先端の研究および科学政策の論評と分析を掲載する週刊の科学専門誌です。科学に関するあらゆる分野からの投稿を受け付けています。掲載に向けた競争は厳しく、多くの論文は詳細な審査に進むことなく返却されます。幅広い関心を集める新しい概念を提示する論文が重視されます。

以下に*Science* Information for Authors（投稿規定）の簡易版を掲載しています。投稿前には、ウェブサイト（http://www.sciencemag.org/site/help/authors/index.xhtml）で、最新の完全版を必ずご確認ください。

掲載される論文・記事の種類

Research Articles（4500語以内もしくは誌上5頁まで）：画期的な研究成果を発表する論文。アブストラクト、緒言、6点以下の図表、各章ごとに短い見出しのついた本文、40件以内の参考文献で構成されます。

Reports（2500語以内もしくは誌上3頁まで）：重要性、速報性の高い研究報告。アブストラクト、緒言、4点以下の図表、30件以内の参考文献で構成されます。

Reviews（6000語まで）：学際的研究の新たな展開、解明されていない謎とその研究の行方を紹介します。アブストラクトと要点をまとめた緒言、簡潔な見出しと100件以内の参考文献から構成されます。主に編集者からの寄稿依頼によるものですが、自発的な投稿も受け付けます。

COMMENTERY

*Science*読者が興味を持つ特集についての、科学者や専門家による分析。Perspectives、Policy Forumsは主に編集者からの寄稿依頼によるものですが、自発的な投稿も受け付けます。

Perspectives（1000語以内）：最新の研究の進展について分析する記事ですが、基本的には著者本人の研究には触れません。

Books *et al.*（1000語以内）：*Science*読者の関心を引く最新の書籍、マルチメディア、展示会、映画の論評です。

Policy Forum（1000～2000語）：科学政策にかかわる科学と社会の交わりについての記事。

Education Forum（1000～2000語）：就学前から大学院教育までの科学教育とその実践に関するエッセイ（教育に関する研究結果はReportsに投稿してください）。

Letters（300語以内）：過去3カ月以内に*Science*に掲載された論文または一般的な関心を集めるテーマについての意見。ウェブ投稿サイト（www.letter2science.org）より投稿してください。誌面の都合により、編集される場合があります。

Comments：*Science*掲載記事に対するコメント。その記事の掲載直後にのみ投稿を受け付けています。

Technical Comments（1000語以内、図または表2点、15件以内の参考文献）：サイエンスオンライン版で全文が公開され、過去6カ月以内の研究論文について議論します。印刷版のLettersに60語以内の簡潔な要約が掲載されます。オリジナル論文の著者には返答の機会が与えられます。コメントと返答は必要に応じて審査、編集されます。

論文の選考

提出された論文はすみやかに審査され、掲載されるよう努めています。提出・審査プロセスは完全に電子化されています。論文はその分野の知識を有する編集者が担当します。大半の論文については、審査担当編集委員会が掲載が妥当かを評価します。審査対象となる論文の選考にあたり、編集者は同委員会の意見を考慮します。受理に至らなかった論文の著者には2週間以内に電子メールで通知されます。米国科学振興協会（AAAS）の会員であるかどうかは論文の選考基準ではありません。

論文は2名以上の外部匿名審査員により詳細に審査されます。審査員には論文送付前に連絡をとり、2週間以内にコメントを返すよう依頼します。迅速な評価が必要な論文の場合には、審査の過程を大幅に短縮することもあります。採用された論文は、精度や明解さの向上、または長さの調整のため必要に応じて編集されます。

関心度の低さ、あるいは有益性の乏しさを理由に不採用となった場合、再投稿は受け付けておりません。審査員の重大な過失により論文が不採用となった場合については、再投稿できる場合があります。*Science*に投稿された論文が掲載に至らなかった場合にも、*Science Signaling*または*Science Translational Medicine*での掲載をお薦めする場合があります。大半の論文は、採用後4～8週間で掲載されます。一部の論文は採用後速やかに*Science Express*（www.sciencexpress.org）にオンライン掲載されます。

投稿に際しての要件および条件

著者資格：論文の提出にあたり、論文のすべての著者が氏名の掲載に同意し、論文の内容と*Science*への投稿を承認していなければなりません。原著者に関する変更には、オリジナルの著者全員の文書による承認が必要です。すべての著者による承認が得られていない論文は、即刻却下されます。

資金調達および利益相反：著者は、偏見の潜在的原因と見なされ得る（*Science*の利益相反ポリシーで定義）すべての提携先、資金提供元、財務的または経営的関係を開示することに合意します。

過去の発表：発表済み、もしくは他誌で発表を検討している論文またはその一部については掲載できません。インターネット上での配信も発表と見なされ、*Science*に投稿する論文としての独自性が損なわれます。主な研究結果をマスメディアに公開することは、研究の新規性が損なわれ、*Science*には不適切な論文とみなされます。本方針についてご不明な点がおありの際は、編集者までお問い合わせください。

関連論文：*Science*に投稿された論文に関連する、いずれかの著者によって他誌に投稿された論文のコピーを提出してください。

セキュリティに関する懸念：研究内容が軍事利用などに関わりうる場合、事前に編集者にご相談ください。

未発表データおよび私信：未発表データおよび私信を、論文の資料とすることはできません。

データの入手可能性および資料の共有：発表前に大量のデータセット（マイクロアレイデータ、蛋白質またはDNA

配列、および巨大分子構造用の原子座標または電子顕微鏡検査マップなど）を承認データベースに寄託し、出版される論文に識別コードを記載し、寄託された情報が論文発表時に公開されるようにします。電子顕微鏡検査から得られたマップも寄託します。出版後、すべての*Science*読者が、論文の結果を理解、評価するために必要なすべてのデータおよびコンピューターコードを入手できるようにします。正当な資料請求に適正に対応してください。採用前に、*Science*に対し、資料共有の制限（例：Material Transfer Agreements：MTA）について通知してください。

ヒトを対象とした試験：試験の本質と予想される結果が説明された後、インフォームドコンセントが取得されていなければなりません。ヒトを対象としたすべての試験は治験審査委員会（IRB）の承認を得ていなければなりません。

実験動物への配慮：著者が所属する機関のガイドラインに従って、実験動物への配慮がなされていることが必要です。

出版許諾：著作権は著者に帰属します。著者は論文を印刷版ならびにオンライン版で出版する独占的許可を*Science*に与えることに合意します。

アクセスポリシー：出版後、著者は採用された論文を、著者個人のウェブサイトに掲載することができます。また、個人または機関のウェブサイトで照会リンクを張り、ユーザーが*Science*のオンラインサイトに掲載された論文に自由にアクセスできるようにすることができます。*Science*は、発表から6カ月が経過した時点で、採用された論文を、*Science*に掲載された最終版へのリンクを張ることを条件に、創設者であるNIHおよびウェルカムトラストの要件に従いPubMed Centralに寄託することを認めます。オリジナルの研究論文は、出版から12カ月後、登録を条件に*Science*のウェブサイトで自由に閲覧できます。

原稿の作成

詳しくはInformation for Authors（http://www.sciencemag.org/site/help/authors/index.xhtml）を必ずご覧ください。

タイトル：90文字以内とします。

著者および所属機関：タイトルページに記載します。著者名と機関名には上付き文字で番号を付してください。

アブストラクト：一般読者を対象に、研究の実施理由と結果の重要性を説明してください。アブストラクトでは、論文の主要ポイントと結果および結論の概要を示してください。125文字以内とします。

見出し：Research Articles、Reviewsのみ。タイトルの補足。

本文：多様な分野の読者が理解できるよう、論文の意義を説明する簡潔な緒言から始めます。専門用語は定義してください。記号、略語、および頭字語は初出時に定義してください。すべての表および図は番号順に引用してください。

参考文献および注記：引用する順に番号を付けてください（本文、参考文献の本文、図表説明文、SOM）。各参考文献には固有の番号を付け、参考文献を組み合わせたり、注記に参考文献を含めたりしないでください。op.、cit.、またはibid.は使用しないでください。

謝辞：資金提供に関する情報、データの入手可能性に関する記載、アクセッション番号、および原著者の利益相反に関連するあらゆる情報を、参考文献の最後にまとめてください。

表：参考文献の末尾に含めてください。本文と同じではなく、補足としてください。表説明文の1文目は、記述的な短いタイトルとしてください。各縦列には見出しを付け、測定単位を括弧内表示してください。同一列内で単位を変更しないでください。

図説明文：ダブルスペースで番号順に表記してください。説明文の1行目に図タイトルを表記してください。説明文は200語以内とします。図中で使用する用語、略語、記号および単位は、本文と合わせてください。

Supporting online material（SOM）：SOMは論文にリンクして*Science*オンラインに掲載され、自由に閲覧されます。SOMには、論文の完全性に重要となるMaterials and Methods、図表、ビデオまたはオーディオクリップが含まれます。

図：オンライン投稿時に提出してください。ただしファイルサイズが大きい場合には、必要に応じてCDまたはDVDに記録の上、提出してください。図の一部を選択的に処理することは認められません。図表の作成について詳しくはInformation for Authorsをご覧ください。SOMに高解像度画像を含めることができます。

論文またはLetterの投稿

*Science*では、論文およびLetterのオンライン投稿（www.submit2science.org）を受け付けています（Eメールによる投稿は受け付けておりません）。オンライン投稿時には、論文の要点を記載したカバーレター、公正な審査プロセスに必要となる情報、および投稿される論文をレビューした方の氏名を提出してください。

関連論文のPDFコピー（投稿要件を参考）は、オンライン投稿番号を明記の上、PDF形式にてEメールでお送りください（science_editors@aaas.org）。

マスコミ報道および科学会議での発表について

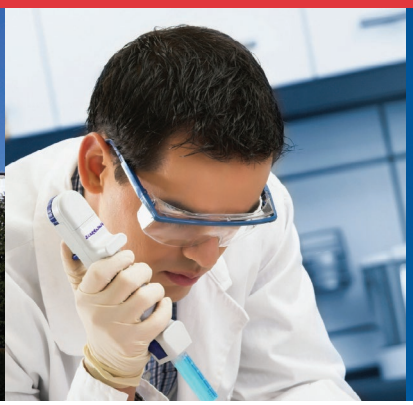
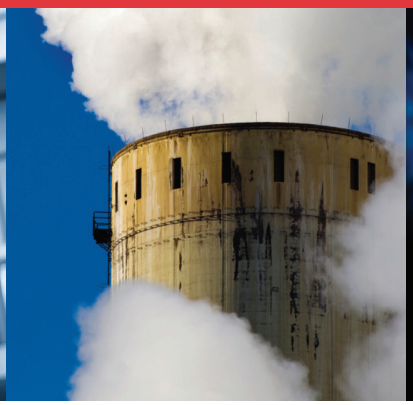
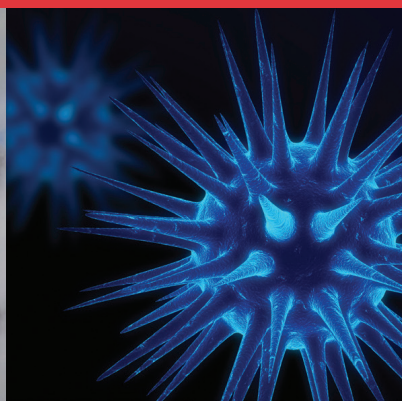
論文は秘密文書であり、したがって出版前に報道関係者または一般に公開することはできません。広報に関するお問い合わせは、AAAS Office of Public Programs（電話：+1-202-326-6440）またはScience Japan Customer Service Office（電話：06-6202-6272）までご連絡ください。

この投稿規定の日本語版は、2014年2月現在の*Science*投稿規定に基づいて抜粋された簡易版です。*Science*投稿規定は現在見直しが予定されており、予告なく変更される可能性がありますので、投稿用原稿の作成にあたっては本記事の冒頭に記載のリンク先から必ず最新の完全版をご参照ください。

問い合わせ先

Science Contact Information
Phone: (1)-202-326-6550 (USA)
(44)-1223-326500 (UK)
Fax: (1)-202-289-7562 (USA)
(44)-1223-326501 (UK)
E-mail: science_editors@aaas.org (USA)
science@science-int.co.uk (Europe)

Stem Cell Lawsuit Finally Over. Russian Team Retrieves First Sample from Lake Vostok. Surprise Choices Mark New Leadership on U.S. House Science Panel. India Unveils Ambitious Science Policy.

Now, more than ever, developments in the lab are directly connected to decisions made in the halls of government.

*Science*Insider, the policy blog from the journal *Science*, is your source for news from the intersection of science and policy. From budget debates in the United States Congress, to climate change agreements at the United Nations, *Science*Insider covers the issues that have an impact on your work, your field, and your world.

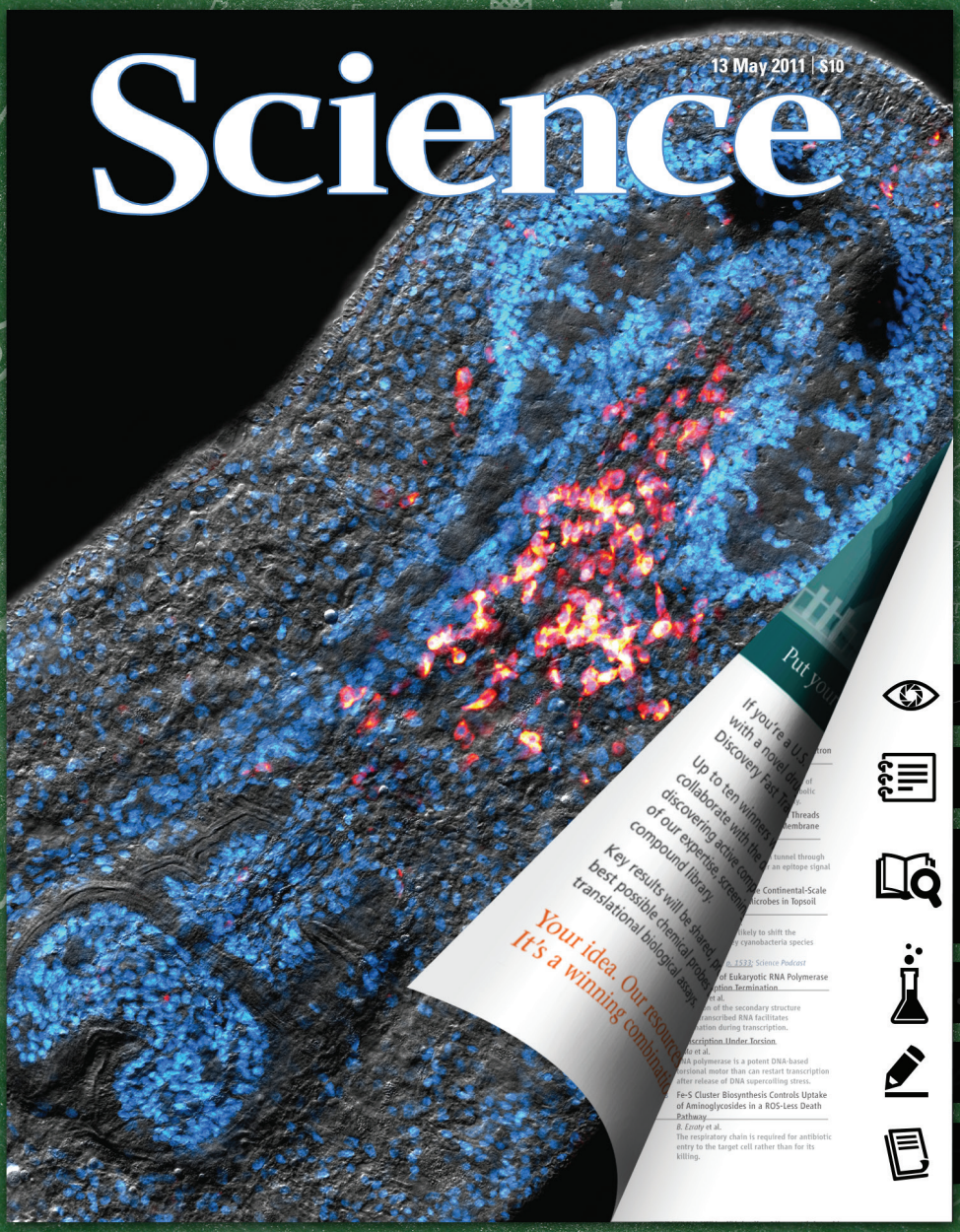
Keep up to date and keep informed. Go inside the issues at **www.ScienceInsider.org**

*Science*Insider

Breaking news and analysis from the world of science policy

Science

AAAS



Learning Lens

Learning Notes

Connect to Learning Standards

Activities

Discussion Questions

References

Online tools to help your students analyze a professional research paper!

Science

Tell me and I forget. Teach me and I remember. Involve me and I learn. -- Benjamin Franklin

Featuring over 6 research papers at any given time, *Science* in the Classroom is specifically designed to help young researchers understand the structure and workings of professional scientific research.

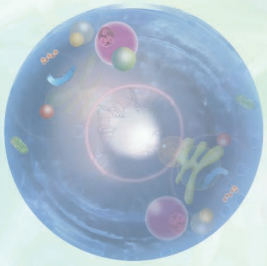
Learn for yourself how *Science* in the Classroom can help your students deepen their understanding of scientific research. **Visit scienceintheclassroom.org today.**

AAAS
ADVANCING SCIENCE, SERVING SOCIETY

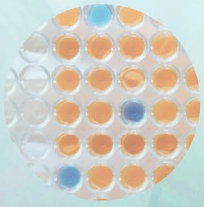
Enzo Life Sciences

INTEGRATED SOLUTIONS FOR IMPROVING HUMAN HEALTH

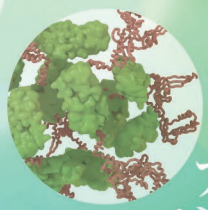
ライフサイエンス研究に貢献する
トータルソリューション



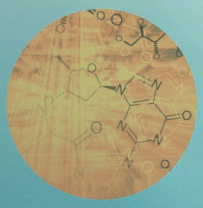
セルベース
アッセイ



イムノアッセイ

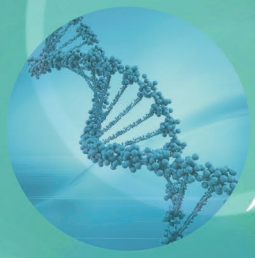


プロテオスタシス
& エピジェネティクス



生理活性物質

エンゾライフサイエンス社 プラットフォーム
QRコードでカンタンアクセス！



ゲノミクス

Enzo Life Sciences, Inc.　メーカー略号：ENZ

コスモ・バイオはエンゾ・ライフサイエンス社と世界的に提携しています
製品はコスモ・バイオが責任をもってお届けいたします

人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

お問い合わせ　TEL: (03)5632-9610
URL : http://www.cosmobio.co.jp/

電気泳動プレキャストゲル

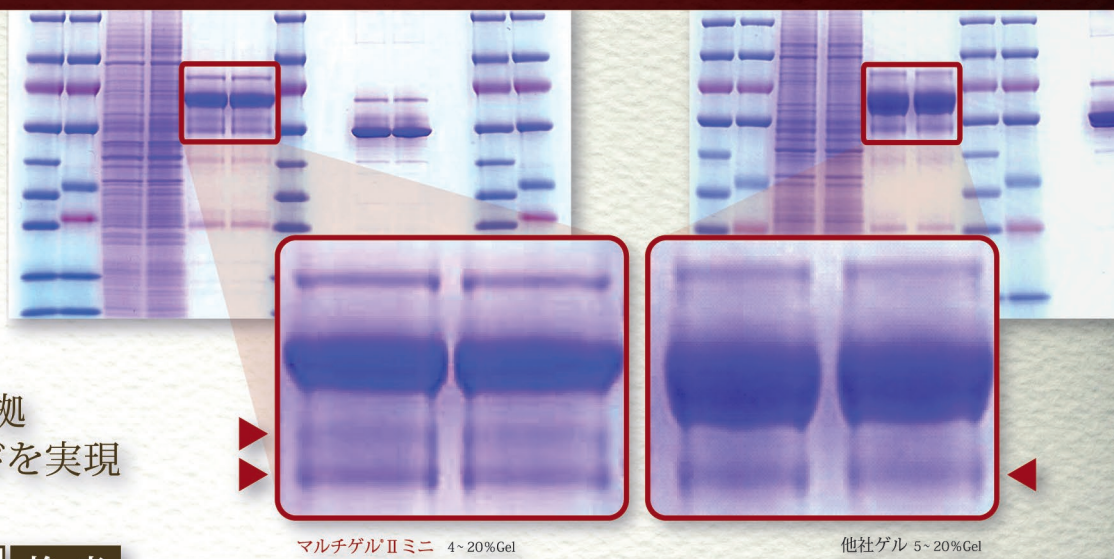
マルチゲル® II

極

見逃してはならない小さな違い
真実への大きなヒント

大切な実験結果を、確かな研究成果につなげるために
妥協はない

泳動ゲルのゴールドスタンダード
マルチゲル® II



Laemmli法に準拠
シャープなバンドを実現

詳細は
マルチゲル 検索

メーカー略号:DCB

Multi Gels

人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

お問い合わせ TEL: (03)5632-9610
URL : http://www.cosmobio.co.jp/

人と科学のステキな未来へ
コスモ・バイオ株式会社

www.cosmobio.co.jp