

埼玉大学 テニュアトラック

令和2年度 研究概要・成果集

Saitama University

Tenure track

巻頭言

テニュアトラック令和2年度研究概要・成果集 発行にあたって



埼玉大学研究機構長
重原孝臣

昨年の4月に研究機構長（研究担当理事）に就任しました重原です。副機構長（研究企画推進室長）の高柳敏幸先生をリーダーとするテニュアトラック推進オフィスの皆さんとともに、本学のテニュアトラック制度が一層発展するように努めております。引き続き、どうぞよろしくお願い申し上げます。

さて、昨年4月に4名であったテニュアトラック教員のうち、豊田正嗣准教授（平成28年10月着任、分子生物）がテニュア審査に合格し、令和3年10月より理工学研究科准教授になりました。また、昨年10月には新たに高橋悠樹助教が理工学研究科に卓越研究員として採用され、現在、以下の4名の方（着任順）が本学のテニュアトラック教員として理工学研究科で活躍しています。

- ・勝田哲助教（X線・光赤外線宇宙物理）
- ・川村隆三助教（ライフ・ナノバイオ）
- ・江幡修一郎助教（核物理、時間依存密度汎関数理論）
- ・高橋悠樹（力学系、スペクトル理論、フラクタル幾何学）

新型コロナウイルス感染症の蔓延のために研究活動も種々制約を受けるなか、令和2年度もテニュアトラック教員の皆さんは着実に研究を進められました。本研究概要・成果集はその研究成果を纏めたものです。これに加えて今回から、広報も兼ねて動画コンテンツを用意しております。併せてご覧いただければ幸いです。

地球温暖化に伴う気候変動、それに伴う環境破壊や大規模な自然災害、また昨年来のコロナ禍を経験している私たちは、科学・技術と人間社会の関わりを改めて問い直す時代を迎えております。テニュアトラック教員の皆さんは言わば研究者の卵、しかも将来を期待された貴重な卵です。まずは各々の研究分野で、将来トップランナーとして駆け抜けるための足場をしっかりと固めていただくと同時に、ご自身やご自身が関わる研究分野を常に相対化し、大所高所から冷静な視点に立ってアカデミックコミュニティや社会をリードできる人材に成長されることを期待しているところです。本学教職員をはじめ、多くの関係者の皆様には、若い彼らの成長を見守るとともに、時には背中を押して激励いただければ幸いに存じます。

埼玉大学のテニュアトラック制度

埼玉大学では、平成 24 年度にテニュアトラック制を導入することを決定し、卓越した若手研究者の育成を目指した『埼玉大学・若手研究リーダー育成プロジェクト（SUTT プロジェクト）』を立ち上げました。このプロジェクトの推進により、自立的に研究できる環境整備等を通じて、新しい研究体制の構築を目指しています。また、新領域の開拓やイノベーションの創出、教員の年代・ジェンダー・国際バランスの是正等の効果をも期待しています。

5 年間のテニュアトラック教員ポストは、理工系については理工学研究科教員ポストを流用し、人文・社会系については学長裁量教員ポストを措置しています。また、国際公募・選考は実施部局が行うものの、研究企画推進室が必ず関与することとしています。採用後は、研究の自主性・独立性確保と異分野融合を目的として、テニュアトラック教員を部局から全学的な組織である研究機構に配置換えして集約し、十分な研究費と研究スペースを支援するとともに実施部局と研究企画推進室からの複数のメンターを充てることとしています。

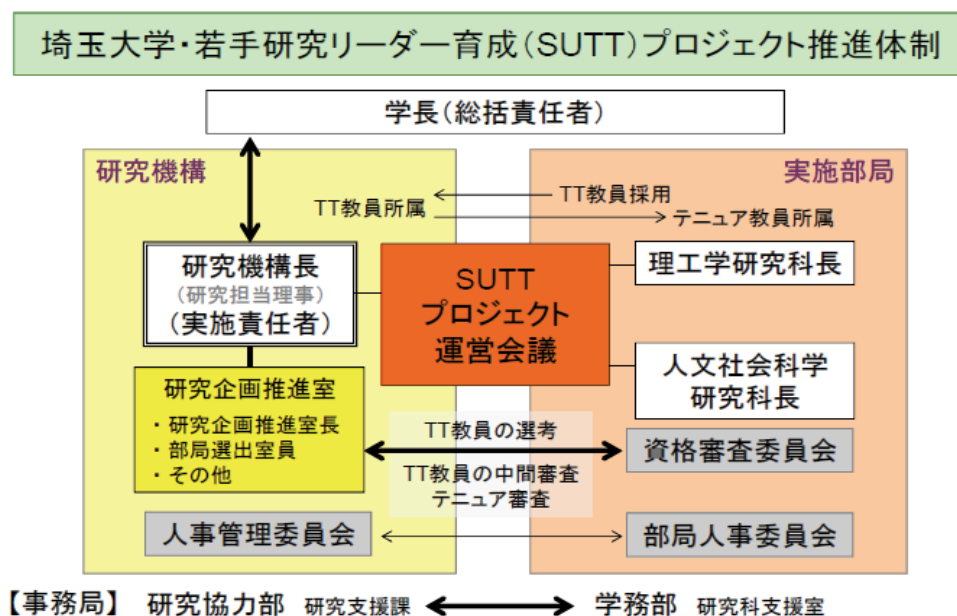
現在は、テニュアトラック制の定着及び円滑化を図るため、若手研究者情報交換の場の定期的な開催や学内普及活動を実施しています。

推進体制

学長のリーダーシップのもと、研究機構と実施部局（理工学研究科、人文社会科学研究科）が連携して SUTT プロジェクトを推進しています。具体的には、研究機構内にある研究企画推進室が主たる役割を担うとともに、研究機構長と各部局長で構成する『SUTT プロジェクト運営会議』において、研究機構と部局との連携を実質的なものとして運営しています。

また、事務的な体制として研究機構に対応した研究協力部研究支援課と、各部局に対応した研究科支援室が連携した体制を取っています。さらに、研究支援課内にテニュアトラック推進オフィスを設け、事務的なサポートを行うなどの支援をしています。

機関としてのテニュアトラック制の推進体制



卓越研究員について

卓越研究員事業は、若手研究者が、安定かつ自立して研究を推進できる環境を実現すること等を目的として文部科学省が実施している事業です。本学では、理工学研究科戦略的研究部門のライフ・ナノバイオ領域及びX線・光赤外線宇宙物理領域で平成 29 年度に 2 名採用、理工学研究科の物質科学部門で令和元年度に 1 名採用、理工学研究科数理電子情報部門で令和 2 年度に 1 名採用しました。卓越研究員には、研究費の支援、メンターの配置、研究スペースの確保等の環境整備を理工学研究科と研究機構が連携して行っています。

目次

巻頭言 テニュアトラック令和2年度研究概要・成果集 発行にあたって	1
I 令和2年度研究概要	
「植物の機械刺激感知・長距離シグナル伝達」	7
豊田 正嗣 理工学研究科 准教授（分子生物学）	
「分子が動くゲル材料 ―能動的なミクロの揺らぎ―」	11
川村 隆三 理工学研究科 助教（戦略的研究部門 ライフ・ナノバイオ領域） ・卓越研究員	
「X 線天文衛星「すざく」と「ひとみ」が捉えたカニ星雲の地球大気 掩蔽による大気密度鉛直プロファイルの測定」	15
勝田 哲 理工学研究科 助教（戦略的研究部門 X 線・光赤外線宇宙物理領域） ・卓越研究員	
「時間依存微視的原子核理論による核分裂片の核データの整備」	19
江幡 修一郎 理工学研究科 助教（物質科学部門） ・卓越研究員	
「Invariant measures for Iterated Function Systems with inverses」	23
高橋 悠樹 理工学研究科 助教（数理電子情報部門） ・卓越研究員	
II 令和2年度テニュアトラック教員の研究成果	
豊田 正嗣 理工学研究科 准教授（分子生物学）	29
川村 隆三 理工学研究科 助教（戦略的研究部門 ライフ・ナノバイオ領域）	30
勝田 哲 理工学研究科 助教（戦略的研究部門 X 線・光赤外線宇宙物理領域）	31
江幡 修一郎 理工学研究科 助教（物質科学部門）	32
高橋 悠樹 理工学研究科 助教（数理電子情報部門）	33
III 研究発表会開催の記録	37
IV メンターからの一言	48



I

令和2年度 研究概要



Mechano-sensory signal transduction in plants

植物の機械刺激感知・長距離シグナル伝達

Masatsugu Toyota

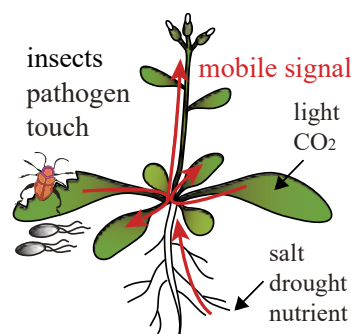
豊田 正嗣

Associate Professor, Research and Development Bureau

理工学研究科 准教授 (分子生物学)

The sessile organism plants, unlike animals, do not possess the central nervous system, but they can rapidly perceive local environmental stimuli, such as salt, drought and mechanical stresses including insect/pathogen attack, touch and gravitational force, transmit this information throughout the plant body and activate systemic responses (bottom panel)¹. However, the molecular mechanism underlying such fast sensory and plant-wide signal transduction remains largely unknown.

We have been developing novel imaging technologies, such as ultra-sensitive photon-counting camera system^{2,3}, centrifuge microscope^{4,5} and wide-field real-time fluorescent imaging system⁶⁻⁸, in order to visualize plant mechano-sensory responses. Recently, our research group created *Arabidopsis thaliana*⁹, *Mimosa pudica* and *Dionaea muscipula* (Venus Flytrap)¹⁰ expressing genetically-encoded indicators, such as Ca^{2+} biosensors (GCaMPs/GECOs) and a glutamate (Glu) biosensor (iGluSnFR), which enable high-resolution real-time cytosolic Ca^{2+} and apoplastic Glu imaging in the entire plant. Using these unique imaging devices, we have tried to understand the molecular natures of Ca^{2+} -based rapid systemic resistance responses against insect attack/mechanical wounding and rapid movements of leaves in the “sensitive” plant *Mimosa pudica* and the carnivorous plant Venus Flytrap.



Ca^{2+} -based rapid systemic resistance responses in wounded *Arabidopsis thaliana*

When a leaf is mechanically damaged with scissors and forceps or fed upon by insects, such as a caterpillar of the cabbage white butterfly (*Pieris rapae*), plants produce the stress hormone jasmonic acid (JA) not only at the wound site but also in distal unwounded leaves within a few minutes. Although previous papers suggest that changes in cytosolic Ca^{2+} concentration ($[\text{Ca}^{2+}]_c$ or Ca^{2+} signal) are involved in this systemic resistance response, neither the role of $[\text{Ca}^{2+}]_c$ nor the underlying mobile signal has been elucidated.

We have created *Arabidopsis thaliana* expressing genetically-encoded GFP-based Ca^{2+} -biosensors, such as GCaMP3, to clarify a possible role of cytosolic Ca^{2+} in this systemic signaling network. We found that mechanical wounding of rosette leaves (i.e., cutting a leaf-petiole junction) and herbivory by caterpillars of the cabbage white butterfly triggered an immediate $[\text{Ca}^{2+}]_c$ increase at the wound site that was transmitted through the vasculature (at 1.1 ± 0.1 mm/s), arriving within 1-2 minutes at specific distant target leaves. This spatiotemporal pattern of the Ca^{2+} signal transduction is consistent with that of the systemic JA production in wounded *Arabidopsis* leaves.

Phloem-specific GCaMP3 driven by promoter SUC2 indicated that this Ca^{2+} signal propagates through the phloem and/or companion cells. In the target leaf, JA/JA-Ile rapidly accumulated and JA-responsive defense marker genes were highly up-regulated. Furthermore, plasmodesmatal mutants showed an abnormal Ca^{2+}

transduction pattern moving through target leaves and reduced JA marker gene induction. These data led to my model where Ca^{2+} acts as a systemic wound signal triggering JA-related defense responses propagated over long-ranges through the phloem and then generating local responses through cell-to-cell communication via plasmodesmata.

To elucidate the molecular machineries utilized to sense the initial signal of wounding and the nature of the intracellular Ca^{2+} signaling network, we expressed GCaMP3 in a variety of mutants, such as in the *GLUTAMATE RECEPTOR LIKE* (GLR) family of ion channels. *glr3.3 glr3.6* double mutants showed no wound-induced Ca^{2+} transmission upon cutting leaf-petiole junctions. Interestingly, when a glutamate (Glu) solution was applied to a leaf, similar long-distance Ca^{2+} transmission and defense gene induction were triggered in wild type but not *glr3.3 glr3.6* mutants. We also expressed the GFP-based Glu biosensor (iGluSnFR) targeting to the apoplastic region and addressed the question whether apoplastic Glu level ($[\text{Glu}]_{\text{apo}}$) is increased upon mechanical wounding in plants. When a leaf was mechanically damaged with scissors, there was a local wave of increase in $[\text{Glu}]_{\text{apo}}$ at the cut region of the leaf. These results support our model where the plant GLRs act as a sensor to monitor the apoplastic Glu levels. When symplastic Glu leaks out of wounded tissues, the GLR rapidly creates a Ca^{2+} signal propagating throughout the entire plant, activating systemic resistance responses in distant organs (Fig. 1).

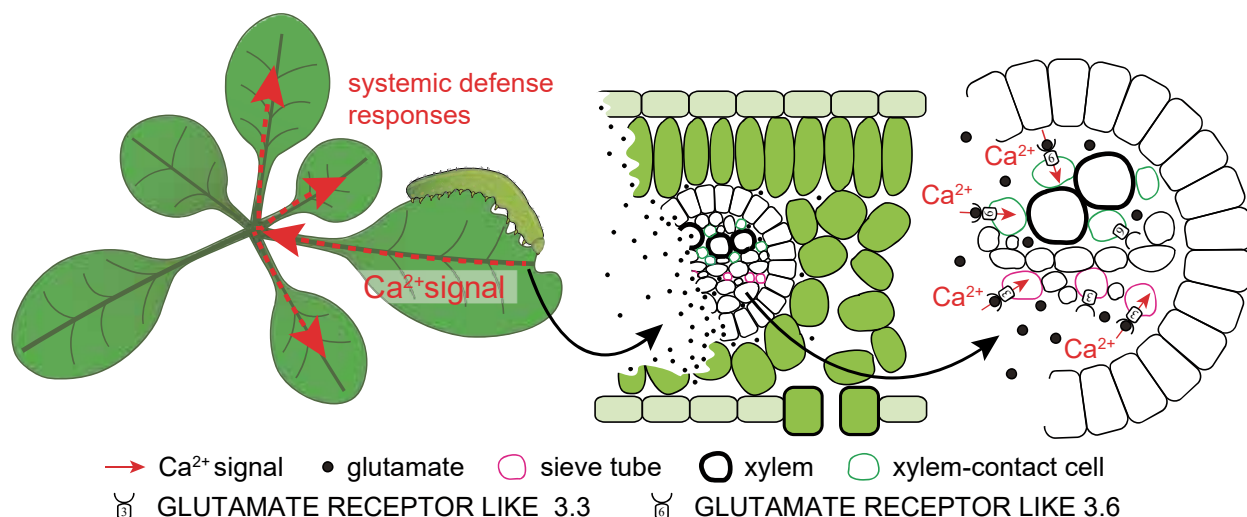


Fig. 1. Glu/GLR/ Ca^{2+} -based rapid systemic resistance model in *Arabidopsis thaliana*

Ca^{2+} -based rapid movements in *Mimosa pudica* and Venus Flytrap

The sensitive plant *Mimosa pudica*, also known as touch-me-not or shameplant, and the carnivorous plant *Dionaea muscipula* (Venus Flytrap) sense mechanical stimuli, such as touch and wounding, transmit this information toward specific motor cells/organs, such as pulvinus cells, and shut their leaves rapidly^{10, 11}. Although many electrophysiological studies suggest that a cytosolic Ca^{2+} signal is critical for rapid signal transduction and the following leaf movements, the plant-wide spatial and temporal $[\text{Ca}^{2+}]_c$ dynamics and its physiological role remain to be determined.

We have created a stable transgenic *Mimosa pudica* and Venus Flytrap expressing GCaMP6f and visualized the rapid propagating Ca^{2+} increases during the leaflet closure in response to mechanical stimulation. Interestingly, touch and wounding to a leaflet causes a rapid $[\text{Ca}^{2+}]_c$ increase in a tertiary pulvinus cell and subsequently the leaflet directly connected to this pulvinus cell shuts in *Mimosa pudica*. This Ca^{2+} response followed by leaf movement propagates on a rachilla (the central axis of the pinna) sequentially toward leaf tip (at 3.9 ± 0.5 mm/s). In Venus Flytrap, mechanical touch to a sensory hair in a leaf blade triggers long-distance rapid Ca^{2+} transmission toward the surface of the lobe and midrib (at 53.0 ± 8.2 mm/s) and the subsequent trap

closure. Although molecular machineries underlying the rapid Ca^{2+} signal transduction and leaf movements have not been identified yet, we propose the Ca^{2+} -based rapid movement model in *Mimosa pudica* and Venus Flytrap, where mechanical stimuli activate Ca^{2+} -permeable channels, such as GLRs and mechano-sensitive ion channels, leading to long-range rapid Ca^{2+} signal transduction toward motor organs, in which turgor loss via water channel activities triggers leaf (trap) movements (Fig. 2)

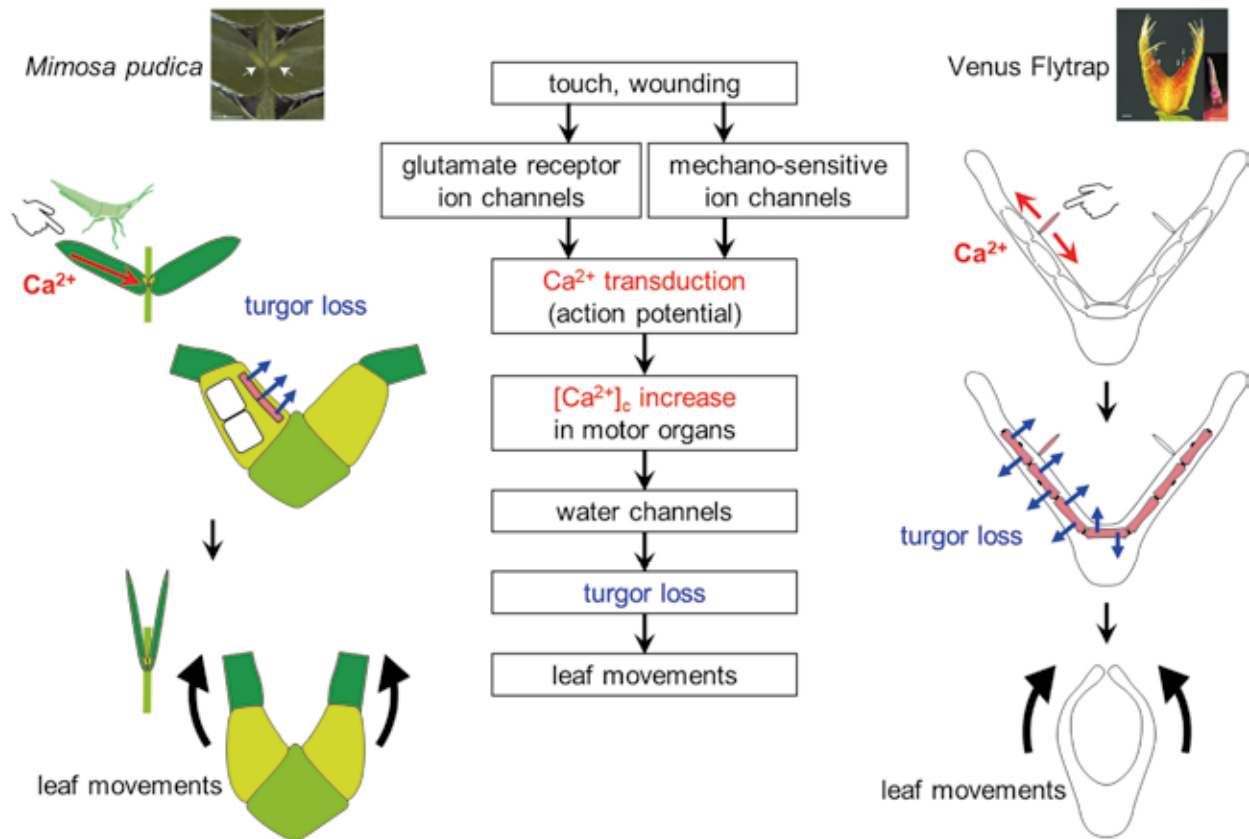


Fig. 2. Ca^{2+} -based rapid movement model in *Mimosa pudica* and Venus Flytrap

To investigate whether the $[\text{Ca}^{2+}]_c$ increase in motor cells/organs is an upstream signal triggering rapid leaf movements, we will use an optogenetic tool, a photoactivatable Ca^{2+} -releasing protein consisting of a photosensitive protein domain and a Ca^{2+} binding protein (Fig. 3). By expressing this protein in planta, we should be able to increase $[\text{Ca}^{2+}]_c$ by illumination of blue light of specific cells/organs. A further goal of this project is to optically regulate both Ca^{2+} signal in the motor cells/organs and modulate leaf movement without any associated touch stimulation and thus to elucidate the role of long-range Ca^{2+} signaling in plant rapid movements.

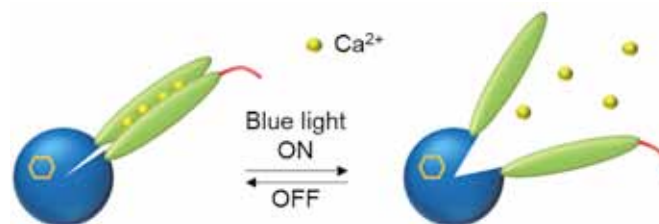


Fig. 3. Optogenetic tool: a photoactivatable Ca^{2+} -releasing protein

Acknowledgements

I would like to thank Professor Emeritus Ikuo Nishida (Saitama University, Japan), Professor Simon Gilroy (University of Wisconsin-Madison, USA) and Professor Mitsuyasu Hasebe (NIBB, Japan) for the invaluable suggestions. I also thank Takuma Hagihara, Hiraku Suda and all the colleagues in the Cell Signaling (Toyota) Lab (Saitama University, Japan) for their assistance throughout the projects. This work is supported by the Tenure-Track Program of Saitama University and grants from KAKENHI (17H05007, 18H04775, 18H05491) and Suntory Rising Stars Encouragement Program in life Sciences (SunRiSE).

References

1. Johns S, Hagihara T, Toyota M, Gilroy S (2021) The fast and the furious: rapid long-range signaling in plants. *Plant Physiology* 185:694-706.
2. Toyota M, Furuichi T, Tatsumi H, Sokabe M (2008) Cytoplasmic calcium increases in response to changes in the gravity vector in hypocotyls and petioles of Arabidopsis seedlings. *Plant Physiology* 146:505-514.
3. Toyota M, Furuichi T, Sokabe M, Tatsumi H (2013) Analyses of a gravistimulation-specific Ca^{2+} signature in Arabidopsis using parabolic flights. *Plant Physiology* 163:543-554.
4. Toyota M, Ikeda N, Sawai-Toyota S, Kato T, Gilroy S, Tasaka M, Morita MT (2013) Amyloplast displacement is necessary for gravisensing in Arabidopsis shoots as revealed by a centrifuge microscope. *Plant Journal* 76:648-660.
5. Toyota M, Ikeda N, Tasaka M, Morita MT (2014) Centrifuge microscopy to analyze the sedimentary movements of amyloplasts. *Bio-protocol* 4:e1229.
6. Vincent TR, Canham J, Toyota M, Avramova M, Mugford ST, Gilroy S, Miller AJ, Hogenhout S, Sanders D (2017) Real-time in vivo recording of Arabidopsis calcium signals during insect feeding using a fluorescent biosensor. *Journal of Visualized Experiments* 126:e56142.
7. DeFalco TA, Toyota M, Phan V, Karia P, Moeder W, Gilroy S, Yoshioka K (2017) Using GCaMP3 to study Ca^{2+} signaling in nicotiana species. *Plant Cell Physiology* 58:1173-1184.
8. Uemura T, Wang J, Aratani Y, Gilroy S, Toyota M (2021) Wide-field, real-time imaging of local and systemic wound signals in Arabidopsis. *Journal of Visualized Experiments* 172:e62114.
9. Toyota M, Spencer D, Sawai-Toyota S, Wang J, Zhang T, Koo AJ, Howe GA, Gilroy S (2018) Glutamate triggers long-distance, calcium-based plant defense signaling. *Science* 361:1112-1115.
10. Suda H, Mano H, Toyota M, Fukushima K, Mimura T, Tsutsui I, Hedrich R, Tamada Y, Hasebe M (2020) Calcium dynamics during trap closure visualized in transgenic Venus flytrap. *Nature Plants* 6:1219-1224.
11. Hagihara T, Toyota M (2020) Mechanical Signaling in the Sensitive Plant Mimosa pudica L. *Plants* 9:587.

分子が動くゲル材料 ―能動的なミクロの揺らぎ―

理工学研究科 戦略的研究部門 ライフ・ナノバイオ領域 (卓越研究員事業)
助教 川村 隆三

■Abstract: Cytoskeletal proteins and motor proteins are powering various movements of living cells such as cell deformation, inner transport, migration, division and so on. Inspired from the cooperative behaviors of these powering molecules in natural system, I have been developing active materials employing kinesin and microtubule which are representative combination of motor protein and the rail. So far, based on a method to reproduce sliding movements of microtubules by kinesins decorated on a glass substrate, methods to scale up the motions by forming network structure of the moving microtubules has been established. Here, attempts to clarify the uniqueness of movements and to measure the forces generated by the networked microtubules driven by kinesins are reported with aim to improve the functionality for future applications.

■研究の背景と目的

「材料」として見ると生物には様々な魅力的な性質が備わっている。しなやかに「それ自体で変形できる」ことも一つである。力を加えると変形する軟らかい材料はゴムやゲルなど、身近に沢山あるがほとんどの物は能動的には変形しない。一部では、電気や磁力、温度によって変形するフィルムやエラストマー（弾性材料）が実現しているが、「生物らしさ」を考えると何かが違う。分子のスケール（つまりナノメートル）の視点で考えるとどうだろうか。動く人工材料の場合は、電場や磁場のフィールドに対して、数千、数百万の分子が一斉に同じ方向に動く。他方、生物の「能動的な変形」では、モータータンパク質と呼ばれる分子が、ナノメートルの駆動力を各々が発揮する。筋肉のように組織の中で無数の分子が一斉に同じ方向に動いて大きな動きを生み出す場合もある。

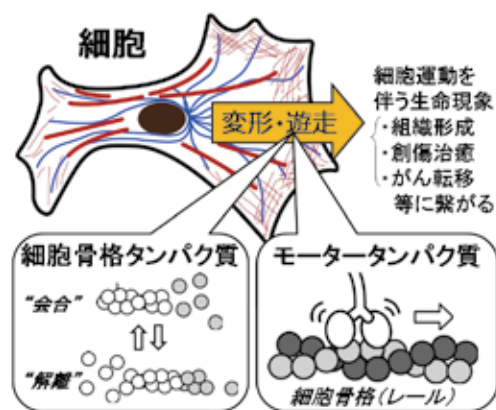


図 1: 細胞の運動を支える細胞骨格タンパク質とモータータンパク質。

れば、細胞の中身のように割と様々な方向に自律的に動いて、細胞の変形や分裂・移動を可能にもしている場合もある。つまり、脳からの指令で動くトップダウン方式だけでなく、現場で自律的に動くボトムアップ方式の働き方もできるのである。モータータンパク質は、目に見えないほど小さいが、一つ一つがエネルギーを消費して動く機械である。細胞の大きさ

が10マイクロメートルくらいで、モータータンパク質一つの大きさは10ナノメートル（ナノはマイクロの1/1000）くらいなので、細胞の中には千倍以上小さいモータータンパク質が無数にあって、機械的な動きを積み重ねて細胞としての大きな変形を見せるのである。このようなモータータンパク質の「小ささ」と「動く」という機能、そして「多数で協調的な動きを生み出す能力」に着目して、人工的な材料開発に活用する研究に取り組んでいる。

■研究方針：

モータータンパク質は大きく二種類に分類できる（図1）¹。一つは、棒が伸び縮みするように変形するタイプである（図1左下）。塩濃度や温度、化学エネルギーなどの条件によって構成分子の会合／解離が進んで繊維状の集合体が伸び縮みして見える。この繊維は細胞内ではネットワーク状になって全体の形状を時々刻々と変化させて細胞変形を可能にしているので細胞骨格と呼ばれる。この細胞

骨格は、もう一種類のモータータンパク質（歩行型）のレールとしても機能している。細胞骨格の上をパートナーとなる歩行型モータータンパク質が直線的に移動することで、リニアモータータンパク質の一式が成立する（図1右下）。細胞骨格をずらして細胞を変形させたり、骨格上を歩いて細胞内物質輸送を担ったりする。川村は、この微小管（細胞骨格）とキネシン（歩行型モーター）で構成されるリニアモータータンパク質系を抽出・精製して、再構成系で運動を顕微鏡観察する手法を軸に、多分子の運動を集積化して動くゲル材料を開発している。

■令和2年度までの研究進捗：

～ミクロな揺らぎの解析～

ガラス基板上に本来「歩く」キネシン分子を吸着し、微小管をその上に載せると微小管が長軸方向に滑り運動する様子を観察できる（図2A）²⁻³。運動機能を集積化する為に、微小管を化学的に架橋してネットワーク構造にする方法をこれまでに開発している（図2B）⁴。微小管に

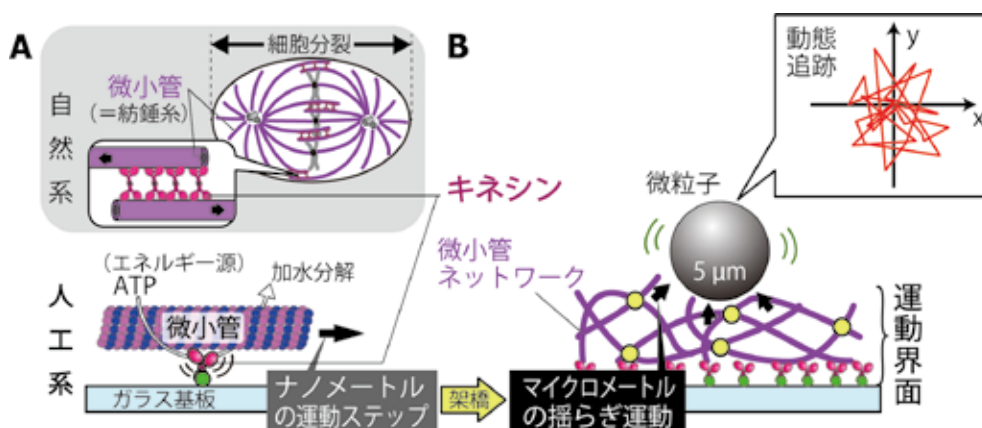


図2：微小管・キネシンの細胞内での働きと人工系での運動再現(A)．微小管を化学架橋でネットワークにしてキネシンで駆動する「運動界面」．ATPの化学エネルギーを消費しながら微粒子をマイクロメートルのスケールで多方向に揺らすことができる．

は構造上の向きがあって、キネシンはこれに沿って一方向に動く。従って、微小管をランダムに架橋したものを、基板上のキネシンで駆動すると「綱引き」の状態になって正味の運動がゼロになるとも予想されるが、実際は数十マイクロメートルスケールの揺らぎ運動を継続的に発揮することがわかっている。それで、分子の運動を集積して巨視的（マクロ）の揺らぎ運動を発生する『運動界面』として、その運動性能を解明しようとしている。令和2年度は、運動界面が発する揺らぎ運動について、他の機械的な振動を与える方法の結果と比較する目的で解析を進めた。

機械的に振動を与える単純な手法として、振動モーターで外から微粒子懸濁液の容器に振動を与える方法と、弾性材料の容器中に微粒子懸濁液を入れ、容器を機械的に伸縮する方法で、水溶液中のシリカ微粒子（直径5マイクロメートル）に揺らぎを与える試みを行った。多数ある微粒子を顕微鏡で経時観察して追跡し、その軌跡から動態を解析した。振動モーターや伸縮基板で外から揺動を与える方法でも、微粒子の群れが移動する様子が観察されたが、移動方向がどの粒子も一方向に揃う結果になり、運動界面上では微粒子が多方向にバラバラに運動する様子とは対照的な結果となった。微粒子同士の相対的な距離の変化を調べてみると、振動モーターおよび基板伸縮を用いる方法では、一方向つまり一次元的な移動であったのに対し、運動界面では二次元的な相対移動の広がりを示した。水中の物体に揺らぎを与える道具としてみた時に、

外から容器に揺動を与えた場合では、微粒子が群れとして同方向に移動し、群れの中では衝突する動きが制約されている。これに対し、運動界面では微粒子間の衝突が容易である。これはつまり、新たな「かき混ぜ」ツールに応用できると考えられる。

微粒子の動態追跡による運動界面の駆動性能解明に加え、直接的な出力の計測についても取り組んでいる。微小管の運動が架橋によってスケールアップしているメリットを活かして、ガラスマイクロニードルを探針として、そのしなりから出力を見積るというシンプルなアプローチを選んだ。前年度までの結果では、ナノニュートンレベルの出力を観測していた。しかしながら試料容器内での気液界面の揺れやガラスマイクロニードルの固定方法など、実験装置の信頼性に問題が残っていた為、令和2年度は測定系を新たに設計して製作し、マイクロニードルの固定方法も針を操作する道具であるマイクロマニピュレーターではなく専用のホルダーを製作した。その結果、ナノニュートンレベルの計測を再現することに成功している。ところで、数ナノニュートンの力とは、キネシン一分子の力が数ピコニュートン（ピコはナノの1/1000）と報告されている事を考慮すると、キネシン分子が数百～千個分の力が合わさっていると考えられる⁵。一方、キネシンは、向きのある微小管を一方向にのみ動かす。化学架橋によって微小管の向きがバラバラなネットワークになっている状況では、数百個以上あるキネシンが同じ方向に力

を合わせるだけでなく、「綱引き」のように引っ張り合いをして力を殺してしまう現象も含まれているはずである。実際のところ、どのように力が加算されているのだろうか？運動界面の「集積化した力」は計測する探針のスケールによっても変わってくると予想されるが、詳しくは分かっていない。計測のスケールを変化させたり、キネシンと微小管の作用条件を様々に変化させたりして影響を調べることでしくみを理解できるようになると考えられる。

■今後の展望：

今後は、運動界面の調製・動作の条件を変化させてキネシン・微小管の相互作用を変化させた時に、統合されて発揮する力にどのような影響を与えるのか調査して、出力のスケール特性やメカニズムの解明に取り組む計画である。分子力学ツールとして微小物体をかき混ぜる道具としての性能と原理を明らかにする一方で、かき混ぜられる対象物については生細胞を含めた応用研究を展開する予定である。

■まとめ：

微小管・キネシンを用いて人工系で作製する多分子モータータンパク質集積体である「運動界面」について、微粒子の動態追跡から運動の特異性を明らかにした。またガラスマイクロニードルを駆使した実験装置で再現性をもってマクロな出力を計測することに成功した。

■謝辞：

本研究では、卓越研究員事業に基づいて研究費、研究環境整備費の支援を文部科学省から頂いております。深く御礼申し上げます。

■参考文献：

1. Howard, J., *Mechanics of motor proteins and the cytoskeleton*. first ed.; Sinauer Associates, Inc.: Sunderland, MA 2001; p 384.
2. Vale, R. D.; Reese, T. S.; Sheetz, M. P., Identification of a novel force-generating protein, kinesin, involved in microtubule-based motility. *Cell* 1985, **42** (1), 39-50.
3. Howard, J.; Hudspeth, A. J.; Vale, R. D., Movement of microtubules by single kinesin molecules. *Nature* 1989, **342** (6246), 154-158.
4. Kawamura, R.; Sano, K. I.; Ijima, K.; Osada, Y., Chemically cross-linked microtubule assembly shows enhanced dynamic motions on kinesins. *RSC Adv.* 2014, **4** (62), 32953-32959.
5. Shirakawa, I.; Oiwa, K.; Chaen, S.; Shimizu, T.; Tanaka, H.; Sugi, H., The mode of ATP-dependent microtubule-kinesin sliding in the auxotonic condition. *Journal of Experimental Biology* 1995, **198** (8), 1809-1815.

X線天文衛星「すざく」と「ひとみ」が捉えたカニ星雲の地球大気 掩蔽による大気密度鉛直プロファイルの測定

Measuring the Vertical Density Profiles of the Earth's Upper Atmosphere from Its Occultations of the
Crab Nebula with X-Ray Astronomy Satellites Suzaku and Hitomi

勝田 哲 (Satoru KATSUDA)

理工学研究科 助教 (戦略的研究部門 X線・光赤外線宇宙物理領域)

We present new measurements of the vertical density profile of the Earth's atmosphere at altitudes between 70 and 200 km, based on Earth occultations of the Crab Nebula observed with the X-ray Imaging Spectrometer onboard Suzaku and the hard X-ray Imager onboard Hitomi. The data from 219 occultation scans at low latitudes in both northern and southern hemispheres from September 15, 2005 to March 26, 2016 are analyzed. We found no significant long-term density variation within our data. Also, there is no clear density difference compared with past observations. Thus, we generate a single, highly averaged (in both space and time) vertical density profile. The density profile is in good agreement with the Naval-Research-Laboratory's-Mass-Spectrometer-Incoherent-Scatter-Radar-Extended (NRLMSISE-00) model, except for the altitude range of 70–110 km, where the density measured is ~50% smaller than the model. Given that the NRLMSISE-00 model was constructed some time ago, the density decline could be due to the radiative cooling/contracting of the upper atmosphere as a result of greenhouse warming in the troposphere, although we cannot rule out a possibility that the present NRL model is simply imperfect in this region.

1. はじめに

超高層大気とは、地上高度 70 km 程度から 3 万 km あたりまでの大気を指す。大気の成層構造で言えば、熱圏と外圏がこれに含まれる。本研究では、超高層大気の最下層にあたる高度 70-200 km 領域に着目する。この領域の密度は、人工衛星の軌道や再突入の時刻と場所の正確な予測、宇宙から流入する隕石の総質量、対流圏からの大気重力波のエネルギー注入量を推定する上で極めて重要である。さらに、地球温暖化に伴う超高層大気の寒冷化[e.g., 1]のため、気候変動の予測にも重要な役割を果たす。

このような重要性にも関わらず、高度 70-200 km の大気密度の測定はこれまでほとんど行われてこなかった。というのも、ロケット観測や人工衛星による「その場観測」が可

能な高度が、それぞれ 100 km 以下、400 km 程度だからである。その場観測以外の手段としては、太陽などの天体が地球大気に掩蔽され減光する現象を利用したリモート観測法が有力である。1960 年代より、この手法でしばしば大気密度が計測されてきたが、ほとんどが紫外線域を用いた酸素分子の密度計測であった。酸素分子はこの高度では僅かな割合なので、トータルの大気密度の計測はできない。このため、高度 100-300 km は「熱圏ギャップ」と呼ばれるほど観測が乏しい領域であった[2]。

宇宙 X 線の大気掩蔽現象からは、高度 70-200 km の大気密度を計測できる。X 線にとっては、原子も分子も、元素の違いさえもほとんど区別がつかない。このため、全ての中性粒子のトータル密度を計測できる。本研究

以前にこの手法で大気密度を測定したのは、Determan et al. (2007)[3]のみであった。彼らは主に RXTE 衛星が観測したカニ星雲の大気掩蔽データを解析することで、高度 70-90 km, 100-120 km の密度を測定した。その結果、それぞれの高度の密度が、15%、50%程度、大気密度モデル (Naval-Research-Laboratory's-Mass-Spectrometer-Incoherent-Scatter-Radar-Extended model (NRLMSISE-00: [4]) よりも低いことに気づいた。NRLMSISE-00 モデル構築の元になった観測データは数十年前に取得されたことを考えれば、この密度の食い違いは、大気がここ数十年で寒冷化・低密化したためかもしれない。しかしながら、これほど大きな密度減少は予想外であり、納得のいく結論は現在まで得られていない。そこで、観測結果を固めるべく、他の衛星も使って観測データを増やすことが重要である。

我々は、最近の日本の X 線天文衛星「すざく」(稼働期間: 2005.7-2015.6) と「ひとみ」(稼働期間: 2016.3) を用い、大気掩蔽効果から大気密度を計測することにした。この際、「すざく」搭載の X 線 CCD カメラ XIS (感度帯域: 0.2-12 keV)、及び「ひとみ」搭載の硬 X 線撮像機 HXI (5-80 keV) の両方を用いることで、幅広いエネルギー帯域をカバーし、先行研究より広い高度帯域(70-200 km)を調査した。

2. 「すざく」と「ひとみ」によるカニ星雲の観測

観測対象としてカニ星雲(西暦 1054 年に発生した超新星爆発の痕跡)を選定した。理由は、非常に明るく、時間変動がなく、コンパクト

で、さらに観測装置の較正天体として「すざく」が何度も観測していたためである。カニ星雲が大気から昇降(rise/set)するタイミングは、「すざく」と「ひとみ」でそれぞれ 216 回と 3 回確認できた。これら全てを解析した。

図 1 に「すざく」XIS が得た、カニ星雲の大気掩蔽時の光度曲線を示す。X 線天体が地球大気から昇降する際、シャープなエッジを持たない丸い形状の強度変化プロファイルが観測される。これは、大気密度が高度の低下に伴って徐々に高くなるためである。

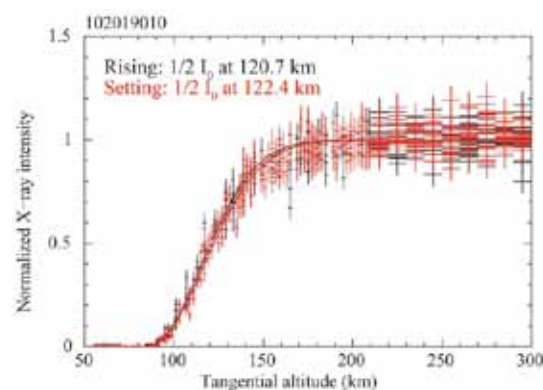


図 1: 「すざく」XIS で取得した、カニ星雲の地球掩蔽時の光度曲線。観測データは 2007 年 3 月 20 日から 21 日にかけて取得され、合計 20 回の昇降データが含まれている。黒が rising、赤が setting に対応する。実線は現象論的モデルでフィットした結果。X 線強度が半分になる高度を左上に示す。

3. 大気掩蔽中のスペクトル解析

大気密度鉛直プロファイルを計測するため、我々は接線高度(視線と地表が最も近づい

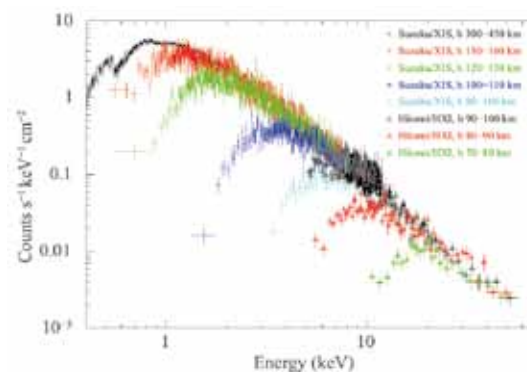


図 2: 接線高度ごとの X 線スペクトル変化

た時の高度)に対して切り分けたスペクトルを解析した。図2は、全観測を足し合わせた接線高度ごとのスペクトルを示す。高度が低くなるにつれ、X線強度が低エネルギー側から減衰しているのが分かる。

スペクトル解析では、初めに大気減光を受ける前のスペクトル形状を観測ごとに決定した。具体的には、高度300-450 kmのスペクトルを既知モデル[星間吸収×冪関数]でフィットした。次に、このモデルに大気減光を考慮したモデルで低高度のスペクトルをフィットし、各高度の大気柱密度(密度を視線方向に積分した量)を計測した。大気吸収モデルでは、吸収体としてN, O, Arを考慮した。但し上述の通り、各元素の寄与を別々に測定するのは困難なので、それらの相対量はNRLMSISE-00モデル値に固定した。なお、高度70-200 kmにおいては、ArはN+Oの1%以下しか存在しないため、実際にはほとんど無視できる。そこで、以降の結果や議論では、窒素と酸素を足し合わせた密度のみを示すことにする。

「すざく」と「ひとみ」による11回の観測時期につき、別々にスペクトル解析し、N+O

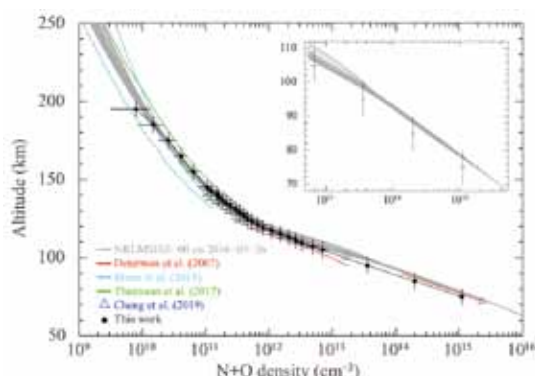


図3：高度の関数としての大気密度プロファイル。黒の十字が本研究で得られた測定値、灰色線はNRLMSISE-00モデルの期待値、その他の色は先行研究の測定値を示す。埋め込み図は、高度帯域70-110 kmの拡大図。

柱密度の時間変動を調べた。その結果、高度70-200 kmの全層において、有意な時間変動は見られなかった。そのため、「すざく」10回の観測時期全ての平均値・標準偏差を算出し、以降はそれについて議論を深めることにする。

直接的な観測量「N+O 柱密度」を、Roble & Hays (1972)[5]が開発した手法(球対称な密度分布を仮定したアーベル変換)により、N+O密度に変換した。得られた密度の鉛直プロファイルを図3に示す。この図には、1日の時間変動幅を考慮したNRLMSISE-00モデルもプロットしているが、データとモデルが概ね一致していることが見て取れる。一方、高度100 km周辺では、データがモデルに対して低めに出ることが分かる。図4は、これにより明確かつ定量的に示したプロットである。

4. 議論

図3には、比較のために先行研究の観測結果[3,6,7,8]も併せてプロットした。我々の測定値は、過去の測定値と基本的によく一致している。一部例外はあるが、諸々の不定性を加味すれば、確実な差があるとは言えない(論文[9]参照のこと)。つまり、高度100 km付近に見られるモデルとデータのズレは、我々の観測結果だけでなく、他の観測データでも同様である。

地表で温室効果ガス($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$)が増加すると、超高層大気は寒冷化し、収縮する。その結果、同じ高度における密度は時間と共に減少する。文献[1]のシミュレーション以来、複数のグループがシミュレーションの精緻化を進めているが、Akmaev et al. (2006)[10]によ

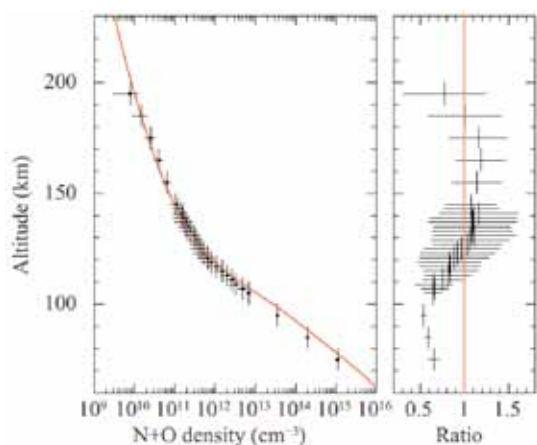


図4: 図3と同じ大気密度プロファイルを、モデルの平均値と比較した。右図は、データとモデルの比。

れば、密度低下は高度 40 km 以上のどの層でも見られ、特に 110 km 周辺で最大の減少率 -6.5%/10 年と導いている。我々の結果も、高度 100 km 付近でモデルとの差が最大となっており、このシミュレーション予測と一致する。定量的には、現在の観測結果と NRL モデル(ざっと 50 年前の観測結果を反映するモデル)で 30%程度のブレが期待される。このブレは、ファクター 2 以内で観測結果と一致し、まさに超高層大気の寒冷化を示唆している。この手法は X 線帯域では新規性が高いだけに、今後のより詳細な観測的研究から慎重に吟味する必要がある。

2022 年度に打ち上げが迫る日本の次期 X 線天文衛星「X-Ray Imaging Spectroscopy Mission: XRISM [11]」は、「すざく」と同じく地球低軌道(高度 550 km)を周回するため、同じ手法で同じ高度の超高層大気密度が測れる。「すざく」と併せれば、11 年の太陽活動周期を超えた長期的な変動調査が可能となる。さらに、XRISM の主要観測装置である X 線マイクロカロリメータは、N, O, Ar の吸収端を

捉えることができる。そのため、元素ごとに密度を計測することが可能になる。XRISM での飛躍的な進展に期待がかかる。

5. まとめ

我々は、日本の X 線天文衛星「すざく」と「ひとみ」が観測した、カニ星雲の大気減光データから、地球の超高層大気(高度 70-200 km)の大気密度プロファイルを測定した。観測結果は、概ね NRLMSISE-00 モデルと一致していたが、高度 100 km 付近で数十%モデルよりも低いことが分かった。これは、地球温暖化に伴う超高層大気の寒冷化が原因かもしれない。超高層大気は地表大気に比べ、密度・温度が桁で大きく変化する。このため、超高層大気を長期的にモニタすることは、地球温暖化の進行を予測する重要な手段になる。今後この研究を深化する必要がある。

謝辞

本研究は、多数の研究者の協力の下に遂行されました[9]。メンターの田代信教授、寺田幸功准教授を含む共同研究者の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Roble, R.G. & Dickinson, R.E. 1989, GRL, 16, 12
- [2] Oberheide, J., et al. 2011, JGR, 116, A11306
- [3] Determan, J.R., et al. 2007, JGR, 112, A06323
- [4] Picone, J.M., et al. 2002, JGR, 107, 1468
- [5] Roble, R.G. & Hays, P.B. 1972, GRL, 20, 1441
- [6] Cheng, X., et al. 2020, Atmosphere, 11, 341
- [7] Meier, R.R., et al. 2015, Earth and Space Science, 2, 1
- [8] Thiemann, E.M.B, et al. 2017, Space Weather, 15, 1649
- [9] Katsuda, S., et al. 2021, JGR, 126, e28886
- [10] Akmaev, et al. 2006, 68, 1879
- [11] Tashiro, M.S., et al. 2020, Proceedings of SPIE, 11444, 22

時間依存微視的原子核理論による核分裂片の核データの整備

Nuclear data for Fission Fragments deduced from Time-dependent Microscopic Nuclear Theory

江幡 修一郎 (Shuichiro EBATA)

理工学研究科 助教 (物質科学部門)・卓越研究員

We investigate nuclear dynamical effects for the charge polarization (CP) of fission fragments (FF). The CPs of FF for $^{235}\text{U}+\text{n}$ thermal fission reaction has been deduced by using the static microscopic mean-field calculation in the previous study. The charge distribution of FF is an important quantity to calculate several statistical quantities, such as neutron yields from FF. The CPs of major fission reactions on the nuclear power plants are compiled in the evaluated data library (Wahl systematics). From the comparison between the library and our results, the extra effects from the static theory are indicated for the CP. We consider the effects to be dynamical effects and investigate them using the canonical-basis time-dependent Hartree-Fock-Bogoliubov theory. We report the CPs considering the nuclear dynamics and nuclear pairing functional dependence.

1. はじめに

本研究は原子核分裂現象を、原子核物理に基づく非経験的な微視的方法によって記述し、核分裂片の情報(荷電分布)を導出する。そして原子力工学で利用されているデータと比較し、手法の評価を行うものである。

原子核はおおよそ数百程度の中性子和陽子(総称して核子)で構成される有限量子多体系であり、多様な状態を示す。原子核は量子流体の様相を持ちながら、原子核中で核子が軌道を運動する様に振る舞う殻構造を有しており、系が平均場を形成する描像が良く成立している。この様な核構造を持つ原子核の励起状態には、平均場描像に基づく一粒子状態の励起や系全体が振動・回転する様な集団励起状態も現れる。核融合や核分裂現象の様な大きく系を変化させる運動は大振幅集団運動と呼ばれる。この様な有限量子多体系が示す、多様な状態を理解する事が原子核物理学の目標である。

一方で、原子力発電に代表される様に、原子核反応を応用した分野が社会貢献している。核分裂現象の微細を理解せずとも応用する事は可能である。応用分野では核分裂現象で生

じる核分裂片の収量及び元素分布を決定する荷電分布のデータは非常に重要になる。それは核廃棄物の性質や、核分裂片から放出される中性子を含む放射線を知る上で必須な為である。原子力技術は非常に多くの測定を背景に精緻なデータを用いて安全性を常に確認しながら発展してきた。しかし、それは測定困難なデータがある場合、新しい技術開発が困難である事を示している。

任意の核分裂反応で生じる核分裂片に関する核データを整備する為に、原子核物理に基づく非経験的な方法を用いる事は有力なアプローチの一つである。そこで我々は原子核物理で利用されている微視的理論模型の一つである平均場模型を用いて、核分裂現象を記述し、核分裂片の配位を導出する。実際に利用されている核データと比較し、核分裂における核構造と動的効果の影響を調べる。

微視的平均場模型には核超流動性を記述する模型を採用し、ウランウム-235 が熱中性子を吸収した系($^{235}\text{U}+\text{n}$)を想定してウランウム-236 (^{236}U)の分裂現象を記述する。この核分裂反応は原子力発電で最も基本的な反応で、精度の高い核データが整備されている。原子炉

内の主な核反応に関する核分裂片の荷電分布は Wahl systematics と呼ばれるライブラリ[1,2]に荷電偏極という物理量で収録されている。原子力分野における荷電偏極とは、核分裂片の陽子と中性子の比が核分裂する親核(ここでは ^{236}U)と変わらないとする、不変荷電分布(Unchanged Charge Distribution: UCD)仮定からのズレとして定義される。

これまで静的な微視的平均場模型で核分裂片を記述し荷電偏極を導出してきた。Wahl systematics と比較すると、対称核分裂周辺の荷電偏極の振る舞いは大きく異なっている事が分かったが、中性子収量においては、非対称核分裂片が持つ ± 0.6 程度の荷電偏極が不可欠である事が分かった。静的手法で核構造の影響が明確になったが、同時に実際の反応において、静的な効果だけでは説明できない効果の存在を示唆している。そこで動的効果を取り入れる為に時間依存微視的原子核理論を採用し、荷電偏極への影響を報告する。

2.微視的平均場模型による核分裂片の核子数の導出

2.1 微視的平均場模型

本研究では原子核の核分裂現象の記述に、拘束条件付き Skyrme Hartree-Fock+ BCS 模型(CSHF+BCS)[3]と正準基底表示時間依存 Hartree-Fock-Bogoliubov 理論(Cb-TDHFB)[4]を採用する。核分裂現象は原子核の大きな変形の末、分裂に至ると考えられているので、核変形を記述する為に原子核の形に拘束条件を課す。分裂に至る変形自由度には、四重極及び八重極変形について課す。核変形は任意に

考えられるが、測定されている核分裂片の質量数分布は非対称である事から、これ等を選択している。 ^{236}U の場合、パラジウム-116 が対称核分裂生成物になるが、測定では殆ど現れない。質量数 $A \sim 96$ と、 $A \sim 140$ にピークを持つ非対称な核分裂収率が現れる。この非対称性を核変形から考えた場合、核分裂方向に対して空間非対称である事を示している。この為、核の伸長に対応する四重極変形 $Q_{20}(=r^2Y_{20})$ 、と質量非対称性を誘因する八重極変形 $Q_{30}(=r^3Y_{30})$ を拘束条件とした。

本研究では核分裂反応における原子核の動的効果を調べる為に、実時間平均場模型の一つである Cb-TDHFB を採用する。この模型では核超流動性を誘引する対相関を取り扱う事が出来る。また Cb-TDHFB の初期状態は CSHF+BCS で準備出来る為、核分裂の配位に至る前の状態を初期値として利用する。これら平均場模型で利用する有効相互作用には、Skyrme 型相互作用を採用した。対相関の汎関数は密度依存型を採用し、対相関汎関数の動的相関の変化も確認する。

2.2 核分裂片の配位とその核子数

実時間依存平均場模型で核分裂片の配位を求める際に、その初期配位に静的な平均場模型で求めた配位を利用する。CSHF+BCS を用いて原子核が断裂するまで変形させて求めた、ポテンシャルエネルギー面(PES)がある。断裂する前の配位を実時間計算の初期配位として、計算を行う。実時間計算では外場を与えずに時間発展を行い、自然に分裂に至るまで計算を行う。分裂した配位から核子数を計算する。

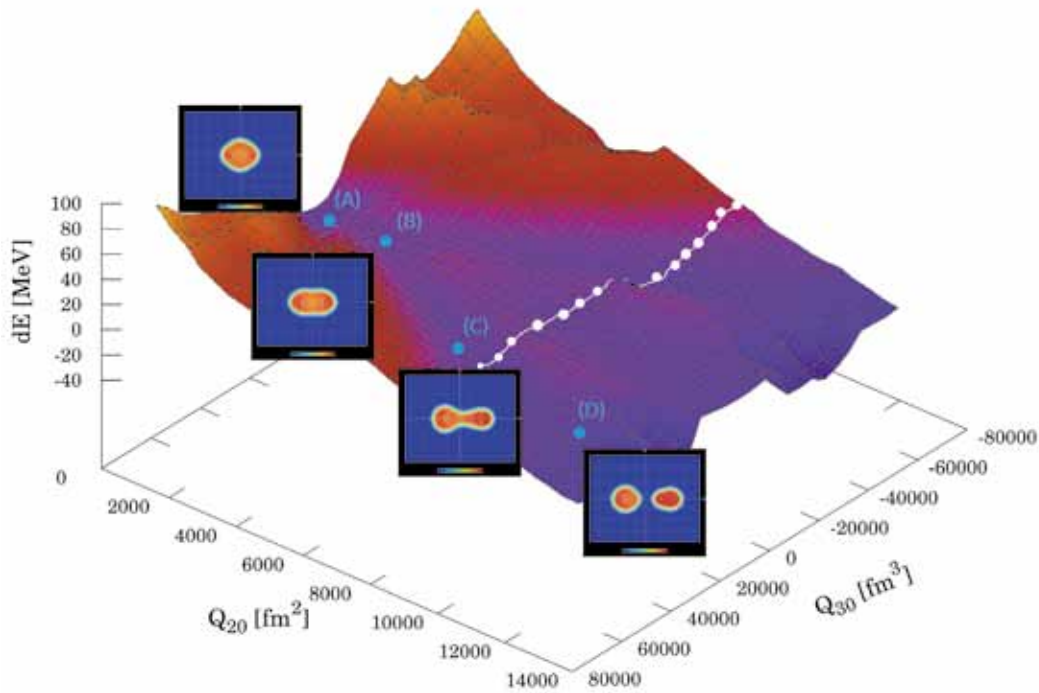


図1: ^{236}U の Q_{20} , Q_{30} に関する PES dE (MeV)。計算領域は Q_{20} [435:13,050] fm^2 , Q_{30} [0:65,000] fm^3 。埋め込まれた陽子密度分布はそれぞれ(A)基底状態、(B)準安定状態、(C)有限 Q_{30} を持つ状態、(D)断裂状態に対応する。白い点は実時間計算の初期配位に相当する点。

図1は ^{236}U の Q_{20} - Q_{30} に関するPESである。各々の格子点は基底状態のエネルギーと各々の配位点のエネルギー差から導出する： $dE(Q_{20}, Q_{30}) = E_{\text{g.s.}} - E(Q_{20}, Q_{30})$ 。図1は ^{236}U の Q_{20} - Q_{30} PESを表しており、(A)基底状態、(B)準安定状態、(C) Q_{30} モーメントを持つ状態、(D)断裂状態の陽子密度が記載されている。PES上に白い丸(○)で示したのは、実時間計算の初期配位の格子点である。初期配位は原子核の伸長を表す四重極モーメント Q_{20} が約 10,000 [fm^2]となる配位を選んだ。これは基底状態の約 10 倍程度大きい Q_{20} である。

対相関汎関数の依存性も調査する為、初期配位において汎関数を変えて再計算を行い、汎関数毎に初期状態のセットを用意した。対相関汎関数は Constant, Volume, Surface, Mixed の4種類を選択し、さらに対相関の強さを、 ^{236}U の基底状態において Constant-type で得ら

れたギャップパラメータ Δ_{cg} を再現する強さと、測定されている束縛エネルギーから3点公式で導出したギャップパラメータ Δ_{3p} を再現する強さの2通りを準備し、計8種類の対相関汎関数の初期状態を用意し実時間計算を行った。

3. 結果と比較

核分裂片の荷電偏極 dZ は UCD 仮定の陽子数 Z_{UCD} からのズレで定義される： $dZ = Z_f - Z_{\text{UCD}}(A_f)$, $Z_{\text{UCD}}(A_f) = 92/236 A_f$ 。図2は得られた核分裂配位から計算された荷電偏極と Wahl systematics で採録されているデータとの比較を示している。動的な方法で得られた結果を上部に示し、下部に Wahl systematics との比較を示している。初期配位に同じ Q_{20} を持ち異なる Q_{30} を持つ配位を用意し、Cb-TDHFにより自然に分裂させた結果(上)、静的な結果

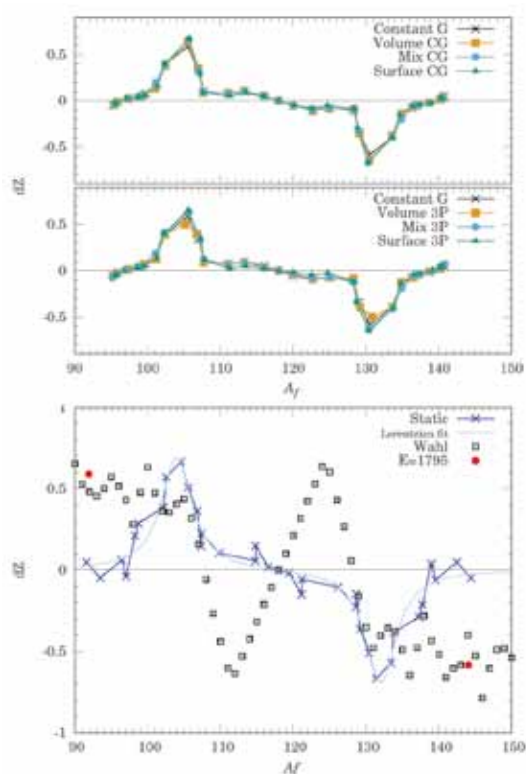


図 2 : (上)荷電偏極の対相関汎関数依存性。(下) 静的な微視的平均場模型で得られた結果、四角は Wahl systematics [2]に基づく結果を示す。

とはほぼ変わらない結果(下)になった。対相関汎関数の依存性は大きくない事も分かった。

昨年度の研究結果では、微視的研究の結果を評価する為に、原子力分野で得られている測定値まで導出し評価を行った。荷電偏極は直接測定できない為である。既存の統計崩壊計算[4]に計算で得られた荷電偏極を入力し中性子収量などを導出し比較を行っている。明らかになった事は、対称核分裂周辺の核分裂片の荷電偏極は中性子収量に影響が小さく、Wahl のデータが示す様に $A_f < 100$, $A_f > 135$ の領域にある ± 0.6 程度の荷電偏極が重要になっている事である。我々は静的な方法では ± 0.6 程度の荷電偏極を説明できない事が分かった為、他の効果として熱や動的効果が重要になると考え、今回の研究を行った。対相関汎関数の依存性を調べた事で、熱的な効果も

大きく影響しない事が予想される。また動的効果は静的な方法で現れた核構造由来の荷電偏極を弱める効果($A_f \sim 100$)として現れている。

4. まとめと今後の発展

我々は静的な微視的原子核理論に基づく方法で得た核分裂片の荷電偏極を改善する為に時間依存平均場模型を導入した。対相関汎関数の依存性も考慮したが、得られた荷電偏極は大きな影響は現れなかった。

本研究では採用した初期配位は原子核の伸長を基準にしていた。まだ考えていない効果としてエネルギー依存性がある。Cb-TDHF等で実時間発展させるとエネルギーが保存される為、初期状態のエネルギーを変えればこの依存性を調べる事が出来る。E=-1795 MeV で $Q_{20} = 10,892[\text{fm}^2]$, $Q_{30} = 60,000[\text{fm}^3]$ を初期値にして実時間発展させた試行計算を行った。図 2 の下に結果(●)があり、 $A_f < 100$, $A_f > 135$ の領域において ± 0.6 程度の荷電偏極が再現できる可能性が示唆された。

今後は等エネルギー面を初期配位の条件として与え、主要な核分裂反応へ適用し、未知の核分裂反応に対しても核データを提供できる様に研究を発展させたい。

謝辞

共同研究者の奥村森氏、石塚知香子氏、千葉敏氏に深く感謝する。埼玉大学の吉永教授にはメンターとして多岐に亘りご助言を頂いた。

参考文献

- [1] A. C. Wahl, At. Data Nucl. Data Tables, **39**, 1, 1988.,
- [2] A. C. Wahl, Los Alamos National Laboratory; 2002. LA- 13928.
- [3] S. Ebata and T. Nakatsukasa. Phys. Scr. **92** (2017) 064005.
- [4] S. Okumura, et al. J. Nucl. Sci. Technol. **55** (2018) 1009.

Invariant measures for Iterated Function Systems with inverses

Yuki Takahashi

Assistant Professor, Department of Mathematics

1. Iterated Function Systems (IFS)

A finite collection of strictly contractive maps on the real line is called an *Iterated Function System* (IFS). Let $\mathcal{F} = \{f_i\}_{i \in \Lambda}$ be an IFS. It is well-known that there exists a unique nonempty compact set K such that

$$K = \bigcup_{i \in \Lambda} f_i(K).$$

The set K is called the *attractor* of $\mathcal{F}$.

EXAMPLE 1.1. Let

$$f_0(x) = \frac{1}{3}x, \quad f_1(x) = \frac{1}{3}x + \frac{2}{3}.$$

Then the attractor is the *middle-1/3 Cantor set*. See Figure 1. It is easy to see that we have

$$K = f_1(K) \cup f_2(K).$$

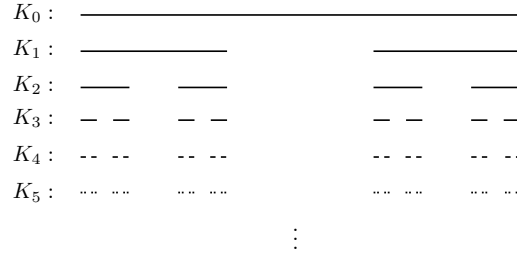


FIGURE 1. $K := \bigcap_{n=0}^{\infty} K_n$ is the middle-1/3 Cantor set.

Let $\mathcal{F} = \{f_i\}_{i \in \Lambda}$ be an IFS, and let $p = (p_a)_{a \in \Lambda}$ be a probability vector. Then it is well-known that there exists a unique Borel probability measure ν , called the *invariant measure*, such that

$$\nu = \sum_{a \in \Lambda} p_a \cdot f_a \nu,$$

where $f_i \nu$ is the push-forward of ν under the map $f_i : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$.

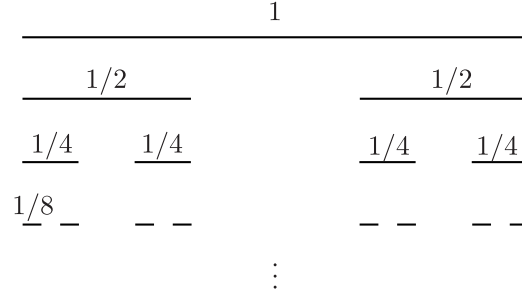
EXAMPLE 1.2. Let

$$f_0(x) = \frac{1}{3}x, \quad f_1(x) = \frac{1}{3}x + \frac{2}{3} \quad \text{and} \quad p = \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right).$$

Then the associated self-similar measure ν satisfies

$$\nu = \frac{1}{2}f_0\nu + \frac{1}{2}f_1\nu,$$

whose support is the middle-1/3 Cantor set. See Figure 2.

FIGURE 2. measure ν

When the construction does not involve complicated overlaps (say, under the open set condition) the invariant measure is relatively easy to understand. For example, if the open set condition holds then the dimension of ν is given by

$$\dim \nu = \frac{h}{\chi},$$

where $h = h(p)$ is the *entropy* and $\chi = \chi(\Phi, p)$ is the *Lyapunov exponent*. However, the situation is dramatically more difficult in the overlapping case.

EXAMPLE 1.3. Let $0 < \lambda < 1/3$, and let

$$f_0(x) = \frac{1}{3}x, \quad f_1(x) = \frac{1}{3}x + \frac{2}{3} \quad \text{and} \quad f_3(x) = \frac{1}{3}x + \lambda.$$

Then the IFS $\mathcal{F} = \{f_0, f_1, f_2\}$ have an “overlap”.

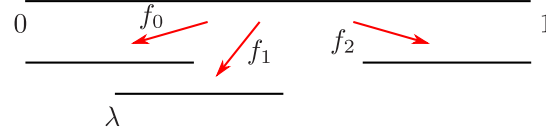


FIGURE 3. overlapping case

We are interested in one-parameter family of IFS. Let $\mathcal{F}^{\mathbf{t}}$ be a parameter family of IFS with overlaps, and let $\nu_{\mathbf{t}}$ be the associated invariant measure. Using the so-called transversality method, in [5] the authors showed that under the transversality condition the measure $\nu_{\mathbf{t}}$ satisfies

$$\dim \nu_{\mathbf{t}} = \min \left\{ 1, \frac{h}{\chi_{\mathbf{t}}} \right\}$$

for a.e. $\mathbf{t}$, and is absolutely continuous for a.e. $\mathbf{t}$ in

$$\left\{ \mathbf{t} \in U : \frac{h}{\chi_{\mathbf{t}}} > 1 \right\}.$$

For the transversality method see also [1], [2], [3], [4], [6].

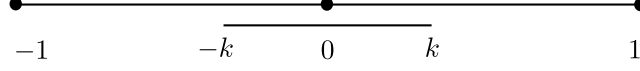
2. Iterated Function Systems with inverses

In [7], I considered the case that the collection of maps contain inverses. We call such system an *IFS with inverse*. I showed that analogous result to the above theorem holds for IFS with inverse. For the proof we need to employ the ideas from random walks on (free) groups. We give an example of IFS with inverse below, instead of giving the precise definition.

EXAMPLE 2.1 (IFS with inverse). Let $\Lambda = \{0, 1, 1^{-1}\}$, and let $p = (p_a)_{a \in \Lambda}$ be a probability vector. For $0 < k, l < 1$, define

$$f_0(x) = kx, \quad f_1(x) = \frac{(1+l)x + 1-l}{(1-l)x + 1+l}.$$

Let $f_{1^{-1}} = f_1^{-1}$. It is easy to see that we have $f_0(0) = 0$, $f_1(-1) = -1$, $f_1(1) = 1$ and $f'_0(k) = k$, $f'_1(1) = l$.



It is well-known that there exists a unique Borel probability measure $\nu = \nu(k, l)$ that satisfies

$$\nu = \sum_{a \in \Lambda} p_a f_a \nu.$$

The measure ν is called a *Furtenberg measure*.

The following is the main result.

THEOREM 2.1 (Theorem 2.1. in [7]). *Let $\nu^{\mathbf{t}}$ be the invariant measure associated to a one-parameter family of IFS with inverse. Assume that the transversality condition is satisfied. Then*

(i) *For a.e. $\mathbf{t}$,*

$$\dim \nu^{\mathbf{t}} = \min \left\{ 1, \frac{h_{RW}}{\chi^{\mathbf{t}}} \right\},$$

where $h_{RW} = h_{RW}(p)$ is the random walk entropy and $\chi^{\mathbf{t}}$ is the Lyapunov exponent.

(ii) *The measure $\nu^{\mathbf{t}}$ is absolutely continuous for a.e. $\mathbf{t}$ in*

$$U = \left\{ \mathbf{t} : \frac{h_{RW}}{\chi^{\mathbf{t}}} > 1 \right\}.$$

References

- [1] B. Barany, M. Pollicot, K. Simon, Stationary measures for projective transformations: the Blackwell and Furstenberg measures, *J. Stat. Phys.* **148** (2012), 393–421.
- [2] Y. Peres, W. Schlag, Smoothness of projections, Bernoulli convolutions, and the dimension of exceptions, *Duke Math. J.* **102** (2000), 193–251.
- [3] Y. Peres, B. Solomyak, Absolute continuity of Bernoulli convolutions, a simple proof, *Math. Res. Lett.* **3** (1996), 231–239.
- [4] M. Pollicott, K. Simon, The Hausdorff dimension of λ -expansions with deleted digits, *Trans. Amer. Math. Soc.* **347** (1995), 967–987.
- [5] K. Simon, B. Solomyak, M. Urbański, Invariant measures for parabolic IFS with overlaps and random continued fractions, *Trans. Amer. Math. Soc.* **353** (2001), 5145–5164.
- [6] B. Solomyak, On the random series $\sum \pm \lambda^i$ (an Erdős problem), *Ann. Math.* **142** (1995), 611–625.
- [7] Y. Takahashi, Invariant measures for Iterated Function Systems with inverses, to appear in *J. Frac. Geom.*



Ⅱ

令和 2 年度

テニユアトラック教員の研究成果



豊田正嗣 理工学研究科 准教授

(生命科学部門・分子生物学)

令和2年度 テニユア審査合格)



[学位]

2008年3月: 博士〔医学〕(名古屋大学)

「シロイヌナズナ胚軸および葉柄における重力応答性細胞内カルシウム上昇」

[研究分野]

生物物理学・植物生理学

[研究の内容]

研究目標

「遠心顕微鏡」「超高感度発光測定装置」「広視野蛍光顕微鏡」などの世界に1つしかないイメージング技術を駆使して細胞内シグナルを可視化し、植物の様々な感覚応答・伝播機構を解き明かす。

研究内容

- ・ 植物の重力感受機構の研究
- ・ グルタミン酸誘導性の植物の長距離カルシウムシグナルおよび病虫害抵抗性研究
- ・ オジギソウやハエトリソウの高速接触運動の研究
- ・ 揮発性物質(緑のかおり)を介した植物-植物間コミュニケーションの研究
- ・ 屈曲誘導性の側根形成の研究 など

令和2年度の研究成果

[論文・雑誌]

[1] Abe Y, Meguriya K, Matsuzaki T, Sugiyama T, Yoshikawa HY, Morita MT, Toyota M (2020) Micromanipulation of amyloplasts with optical tweezers in *Arabidopsis* stems. *Plant Biotechnology* 37:405-415.

[2] Suda H, Mano H, Toyota M, Fukushima K, Mimura T, Tsutsui I, Hedrich R, Tamada Y, Hasebe M (2020) Calcium dynamics during trap closure visualized in transgenic Venus flytrap. *Nature Plants* 6:1219-1224. 【表紙に選出】

[3] Hilleary R, Paez-Valencia J, Vens C, Toyota M, Palmgren M, Gilroy S (2020) Tonoplast-localized Ca^{2+} pumps regulate Ca^{2+} signals during pattern-triggered immunity in *Arabidopsis thaliana*. *Proc Natl Acad Sci USA* 117:18849-18857.

[4] Takahashi K, Takahashi H, Furuichi F, Toyota M, Furutani-Seiki M, Kobayashi T, Watanabe-Takano H, Shinohara M, Numaga-Tomita T, Sakaue-Sawano A, Miyawaki A, Naruse K (2021) Gravity sensing in plant and animal cells. *npj Microgravity* 7:2. (その他2件)

[メディア報道]

[1] NHK 総合「世界！オモシロ学者のスゴ動画祭」(2020年9月16日)

[2] BSフジ「ガリレオX」(2021年2月14日)

[学会発表(招待講演)]

[1] 豊田正嗣 (2020) 広視野カルシウムイメージングで見る植物の虫害防御応答. 第20回植物科学シンポジウム2020 オンライン, 11月30日.

[2] 豊田正嗣 (2021) 植物に神経はあるのか? -長距離・高速 Ca^{2+} シグナルを介した植物の虫害抵抗性反応-. 第4回大隅基礎科学創成財団創発セミナー オンライン, 1月29日. (その他4件)

[外部資金獲得]

[1] 平成30年度 科学研究費助成事業 新学術領域研究, “張力センサーを用いた細胞壁-細胞膜インターフェイスの構造力学的研究” 44,700,000 円 (直接経費総額), H30~R4年度, 代表 (総括班/計画班)

[2] 平成31年度 共同研究 (味の素株式会社), “Cu/アミノ酸誘導性の植物抵抗性誘導および Ca^{2+} シグナル発生の分子メカニズム解析” 3,182,000 円 (直接経費総額), H31~R3年度, 代表

[3] 令和2年度 科学技術振興機構 (JST) A-STEP「産学共同 (育成型)」, “グルタミン酸受容体を標的としたアミノ酸型バイオスチミュラントの開発” 28,500,000 円 (直接経費総額), R2~R4年度, 代表

川村隆三 理工学研究科 助教

(戦略的研究部門 ライフ・ナノバイオ領域
平成29年10月1日着任)



[学位]

2008年12月：博士(理学)、北海道大学
「キネシンによる微小管の動的自己組織化」

[研究分野]

生物物理化学、高分子化学(モータータンパク質、細胞運動、ゲル)

[研究の内容]

生物の運動機能の根幹的な動力源であるモータータンパク質、細胞骨格タンパク質が分子の集団として発揮する機能の探索・解明、および工学的応用について研究している。生物の運動に特有な、「集団が協調的に作用することやしなやかさ、エネルギー効率の良さなど、生物らしい特徴を再現するにはどうすればよいか」、また「どうすれば材料として有効活用できるのか」、という問いを念頭に研究を展開している。

令和2年度の研究成果：

[査読付き学術論文]

- [1] H Niinomi, T Sugiyama, A Cheng, M Tagawa, T Ujihara, HY Yoshikawa, R Kawamura, J Nozawa, JT Okada, S Uda. Chiral Optical Force Generated by a Superchiral Near-Field of a Plasmonic Triangle Trimer as Origin of Giant Bias in Chiral Nucleation: A Simulation Study. *J Phys. Chem. C*, **125**(11), 6209–6221 (2021).
- [2] N Kobayashi, S Togo, T Matsuzaki, K Hashiseko, R Kawamura, M Suganuma, S Nakabayashi, Y Yoneyama,

R Ouchi, T Takebe, HY Yoshikawa. Stiffness distribution analysis in indentation depth direction reveals clear mechanical features of cells and organoids by using AFM. *Appl. Phys. Express*, **13**, 097001 (2020).

- [3] H Niinomi, T Sugiyama, M Tagawa, T Ujihara, T Omatsu, K Miyamoto, HY Yoshikawa, R Kawamura, J Nozawa, JT Okada, S Uda. Plasmonic Manipulation of Sodium Chlorate Chiral Crystallization: Directed Chirality Transfer via Contact-Induced Polymorphic Transformation and Formation of Liquid Precursor. *Cryst. Growth & Des.*, **20**, 5493–5507 (2020).

[学会発表(一般公演)]

International Workshop on “Emergence of Life-Nano-Bio Science”(オンライン, 令和3年3月)

- [1] R. Kawamura. “Enhanced movement of kinesin-driven microtubules by crosslink and the application as active material”, (口頭発表)

MicroTAS 2020, (オンライン, 令和2年6月) [2] K. Hatazawa, R. Kawamura, T. Hoshino. “Selective electrical switching of molecular motors by dynamic virtual cathode”, (ポスター発表)

(他5件)

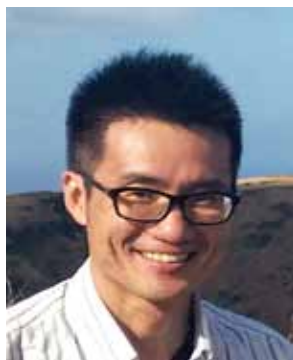
[その他の活動]

- [1] 33rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会) 論文委員
[外部資金]

- [1] 科研費 基盤(C)「運動界面によるがん細胞の転移性評価指標の導出」R1-3年度 4,290千円(代表)
- [2] 科研費 基盤(B)「超高速分子ディスプレイを用いた分子知能機械の研究(代表:星野隆行)」R1-4年度(分担)
- [3] 科研費 国際共同研究強化(B)「レーザー技術による機能性分子の秩序構造形成制御(代表:吉川洋史)」R1-5年度(分担)
- [4] 科研費 挑戦的研究(萌芽)「光物理的アプローチによる細胞骨格形成の自在制御技術の開発(代表:吉川洋史)」R2-4年度(分担)

勝田 哲 理工学研究科 助教

(戦略的研究部門 X線光赤外線宇宙物理領域
平成29年10月1日着任)



[学位]

2008年3月: 博士(理学)(大阪大学)

「古い超新星残骸のX線による観測的研究」

[研究分野]

天文学

[研究の内容]

大学院時から一貫して宇宙物理学、とりわけ「超新星残骸」という天体の観測的研究を進めています。超新星残骸とは、星が一生の最期に起こす大爆発

「超新星爆発」の痕跡で、電波からガンマ線まで様々な波長で明るく輝く花火のような天体です。

私は日々これらの詳細な観測を通じ、超新星爆発の仕組みの解明、恒星内部および超新星爆発時に進む元素合成理論の直接検証、超高エネルギー粒子「宇宙線」の加速メカニズムの解明など、様々な研究課題に取り組んでいます。最近、X線天文衛星を用いた太陽および地球大気の観測にも手を広げています。

令和2年度の研究成果

[論文(査読付き)]

[1] Fukushima, K.X., Yamaguchi, H., Slane, P.O., Park, S., Katsuda, S., Sano, H., Lopez, L.A., Plucinsky, P., Kobayashi, S.B., & Matsushita, K., The Astrophysical Journal, 897, 62, 2020 (13

pages)

[2] Williams, B.J., Katsuda, S., Cumbee, R., Petre, R., Raymond, J.C., & Uchida, H., The Astrophysical Journal Letters, 898, L51, 2020 (5 pages)

[3] Katsuda, S., Fujiwara, H., Ishisaki, Y., Maeda, Y., Mori, K., Motizuki, Y., Sato, K., Tashiro, M.S., & Terada, Y., Journal of Geophysical Research: Space Physics, 126, 4, e28886, 2021 (20 pages)

[4] Nagayoshi, T., Bamba, A., Katsuda, S., & Terada, Y., Publ. Astron. Soc. Japan, Vol. 73, No.2, pp. 302-312, 2021 (11 pages)

[5] Asakura, K., Matsumoto, H., Okazaki, K., Yoneyama, T., Noda, H., Hayashida, K., Tsunemi, H., Nakajima, H., Katsuda, S., Ishi, D., & Ezoe, Y., Publ. Astron. Soc. Japan, 73, 3, 504-518, 2021 (15 pages)

[論文(査読無し)]

[1] Sugiyama, S., et al. including Katsuda, S. as a 9th author, Proceedings of SPIE, 11443, 114436X, 2020 (14 pages)

[2] Tashiro, M.S., et al. including Katsuda, S. as a 86th author, Proceedings of SPIE, 11444, 1144422, 2020 (11 pages)

[3] Lowenstein, M., et al. including Katsuda, S. as a 23rd author, Proceedings of SPIE, 11444, 114445D, 2020 (16 pages)

[4] Terada, Y., et al. including Katsuda, S. as a 18th author, Proceedings of SPIE, 11444, 114445E, 2020 (20 pages)

[国際学会発表]

[1] “X-Ray Expansion of the Southern Rim of the Vela Jr. Supernova Remnant”
Katsuda, S., Sano, H., Mori, K., Terada, Y., & Tsunemi, H., 43rd COSPAR Scientific Assembly, Sydney (Australia), Jan. 28 – Feb. 4, 2021

[国内学会発表]

[1] “重力崩壊型超新星残骸とコンパクト天体”
勝田 哲、第4回 FORCE 研究会、名古屋大学 & online, 2021年3月

[外部資金獲得]

[1] 令和2年度科学研究費助成事業 挑戦的研究(萌芽), “X線天文衛星 Suzaku と XRISM による太陽コロナと地球超高層大気研究の新展開”, 5,000,000円(直接経費総額), 令和2~5年度

[2] 令和2年度科学研究費助成事業 基盤研究A, “超新星爆発直後の超早期分光観測と理論モデルで迫る、大質量星最期の10年間”, 33,700,000円(直接経費総額), 令和2~5年度(代表: 前田啓一、分担: 勝田哲ほか3名)

江幡修一郎 理工学研究科 助教

(物質科学部門 令和元年12月1日着任)



[学位]

2011 年 3 月: 博士 (理学) (筑波大学)

「Canonical-basis Time-Dependent Hartree-Fock-Bogoliubov Theory and Linear-Response Calculation for Light to Heavy Nuclei」

[研究分野]

原子核物理学, 核データ

[研究の内容]

原子の中心にある原子核の性質を理論的な方法を用いて主に研究しています。原子核は原子の 10 万分の 1 のサイズと非常に小さい系です。この系は数百程度の核子(中性子と陽子の総称)という粒子で構成されています。一般にこの様な系を有限量子多体系と呼び、量子力学が支配しています。構成粒子数と同数のシュレディンガー方程式またはディラック方程式を同時に解く事は一般的に困難な為、多くの模型が提案されています。私はその理論模型の一つである平均場模型に基づく方法を使って原子核を研究しています。

有限量子多体系の問題とは、平たく言えば物がたくさん集まった時に現れる秩序を理解する事です。原子核には様々な秩序が現れます。例えば、原子核は核子の集まりなので一見、液滴の様な量子流体として理解できる部分があります。同時に核子が独立して運動している様相もあります。さらに凝縮系物理で扱われる超伝導と同じような性質を示す事もあります。原子核には様々な様相が

あり、これらが複雑に絡み合い、現象の多様性が現れます。その中でも原子核を大きく変質させる核分裂や核融合は社会ではよく知られています。原子力発電、放射線治療などは核崩壊を利用しています。ニホニウム(陽子数 113)が話題になりましたが、人工的に元素を合成する為に、核融合が利用されています。私は多様な原子核のダイナミクスのメカニズム解明の為、高速計算機を用いた理論的方法で研究を進めています。

また、核物理を応用する為の核データ研究にも興味があり、実験的手法(放射化法)を用いた研究も進めています。将来、医療に用いられる可能性がある放射性核種の生成断面積の測定を、理化学研究所の方々との共同研究で行っています。

令和 2 年度の研究成果

[論文(査読付き)]

- [1] S. Ebata, Frontiers in Physics, **8**, 102, 2020.
- [2] M. Nakao, H. Umehara, R. Nakamoto, S. Ebata and M. Ito, Journal of Nuclear Science and Technology, **57**, 1121-1130, 2020.

[国内学会発表]

- [1] 江幡修一郎, 他, “実時間平均場計算で等エネルギー面から導出した核分裂片の荷電偏極の評価”, 日本原子力学会 2021 年春の大会, 早稲田大学, 2021 年 3 月(リモート)
- [2] 江幡修一郎, 他, “時間依存平均場模型による核分裂片の荷電偏極の計算”, 日本物理学会 第 76 回年次大会, 2021 年 3 月(リモート)
- [3] 江幡修一郎, 他, “時間依存平均場計算で導出した核分裂片の荷電偏極の対相関依存性”, 日本原子力学会 2020 年秋の大会, 九州大学, 2020 年 9 月(リモート)
- [4] 江幡修一郎, 他, “時間依存平均場模型による核分裂片の荷電偏極の計算”, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 筑波大学, 2020 年 9 月(リモート)

[外部資金獲得]

令和 2 年度科学研究費助成事業 基盤研究 C, “核分裂片の荷電偏極が繋ぐ微視的理論研究と応用研究” 3, 200, 000 円 (直接経費総額), 令和 2~4 年度獲得。

高橋悠樹 理工学研究科 助教

(数理電子情報部門・数学 令和2年10月1日着任)



[学位]

2017年5月: Ph.D. in Mathematics (University of California, Irvine)

「Sums and products of Cantor sets and separable two-dimensional quasicrystal models」

[研究分野]

Spectral theory, dynamical systems and fractal geometry

[研究の内容]

My recent research involves the study of Iterated Function Systems (IFS). IFS is a finite collection of strictly contractive maps on the real line. It is well-known that for an IFS and an associated probability vector there exists a unique Borel probability measure called the invariant measure. When the construction does not involve complicated overlaps (say, under the open set condition) the invariant measure is relatively easy to understand. For example, if the open set condition holds then the dimension of the invariant measure is given by the entropy divided by the Lyapunov exponent. However, the situation is dramatically more difficult in the overlapping case.

I am interested in one-parameter family of IFS (with overlaps). For a parameter family of IFS with overlaps, it is known that under the so-called transversality condition the invariant measure satisfies the dimension formula for almost every parameter value. Moreover, the invariant measure is absolutely

continuous in the parameter region such that the entropy is greater than the Lyapunov exponent.

I extended the above result to the case that the collection of maps contain inverses. For the proof it is necessary to employ the ideas from random walks on (free) groups.

The motivation of the above question is the Furstenberg measure. If a finite collection of $SL(2, \mathbb{R})$ matrices and an associated probability vector is given, then there exists a unique probability measure, which is called a Furstenberg measure, on the projective space. Furstenberg measure has a natural connection with, for example, mathematical physics and fractal geometry. In some cases Furstenberg measure agrees with the invariant measure of IFS with inverse.

One of my current interest is the Furstenberg measure in the case that the collection of $SL(2, \mathbb{R})$ matrices is symmetric. This is a quite natural assumption from the point of view of the random walks on groups. However, obtaining the analogous results for this case seems extremely hard and well beyond the scope the above method. Currently I am working on establishing a machinery to tackle this problem.

令和2年度の研究成果

[論文 (査読付)]

- [1] Y. Takahashi, Invariant measures for Iterated Function Systems with overlaps, to appear in Journal of Fractal Geometry.
- [2] B. Solomyak, Y. Takahashi, Diophantine property of matrices and attractors of projective iterated function systems in $\mathbb{RP}^1$, to appear in International Mathematical Research Notices.

[外部資金獲得]

科学研究費助成事業 若手研究「パラメータに依存する Furstenberg measure の絶対連続性」 3,500,000 円 (直接経費総額)、令和3年度～令和7年度

Ⅲ

研究発表会開催の記録



第1回 テニュアトラック 研究発表会

日時：2015年4月17日(金)

場所：総合研究棟1階 シアター教室

【プログラム】

13:00-13:05

「学長挨拶」

山口 宏樹 埼玉大学 学長

13:05-13:20

「新入のテニュアトラック教員自己紹介」

Sung-Chul Noh 助教(経営学)

乙須 拓洋 助教(応用化学)

13:20-13:50

「埼玉大学のテニュアトラック普及・定着
事業の現状と課題ーテニュアトラック
制度を新時代の要請に応える教員採用
制度とするためにはー」

小田 匡寛 特任教授

13:50-14:20

「気体デトネーション(爆轟)で生成され
る高圧・高温環境を利用した新しい飛翔
体加速装置」

前田 慎市 助教(機械)

14:20-14:50

「調和解析と偏微分方程式及び幾何計算
との相互作用」

Neal Bez 准教授(数学)

14:50-15:20

「神経回路の構築機構

ー光を用いて脳の形と機能を観るー」

津田 佐知子 助教(生体制御)

15:50-16:20

「テニュアトラック教員を経験して」

遠山 忠 山梨大学 准教授

16:20-16:50

「音響情報を利用した非侵襲的診断法」

坂井 建宣 准教授(機械)

16:50-17:20

「相対性海面上昇評価とリージョナル予測」

李 漢洙 准教授(社会基盤)

17:20-17:50

「「ロシア・ユダヤ人」と「ユダヤ人」のあ
いだー帝国崩壊後のシオニズムとユダ
ヤ・ナショナルイズムー」

鶴見 太郎 准教授(社会学)

17:50-18:00

「挨拶と研究発表会の総括」

坂井 貴文 教授(理工学研究科長)

第1回テニユアトラック研究発表会の様子



学長挨拶 山口宏樹 埼玉大学学長



講演中の津田佐知子助教



講演中の Sung-Chul Noh 助教



講演中の坂井建宣准教授



講演中の乙須拓洋助教



講演中の李漢洙准教授



講演中の前田慎市助教



講演中の鶴見太郎准教授



講演中の Neal Bez 准教授



閉会挨拶 坂井貴文 理工学研究科教授

第2回 テニュアトラック 研究発表会

日時：2016年4月15日（金）

場所：総合研究棟1階 シアター教室

【プログラム】

13:00-13:05

「開会挨拶」

佐藤 勇一 埼玉大学 研究機構長

13:05-13:20

「気体デトネーション（爆轟）の
「抑止」と「応用」」

前田 慎市 助教（機械）

13:20-13:35

「分子動力学シミュレーションを用いた
フィジカルエージング現象の再現」

坂井 建宣 准教授（機械）

13:40-13:55

「Structural and functional
compartmentalization in the cerebellar
circuitry development」

津田 佐知子 助教（生体制御）

13:55-14:10

「新規蛍光相関分光法の開発に基づく
生体膜中分子の並進拡散測定」

乙須 拓洋 助教（応用化学）

14:30-15:10

「信州大学テニュアトラック制度の歩み」

伊藤 建夫 信州大学テニュアトラック事業
コーディネーター特任教授

15:10-15:25

「Application of harmonic analysis
techniques to dispersive partial
differential equations」

Neal Bez 准教授（数学）

15:25-15:40

「Impacts of tides on tsunami propagation
in the Seto Inland Sea, Japan」

李 漢洙 准教授（広島大学大学院）

15:45-16:00

「The Transformation of Jewish Identity
behind the Militarization of Zionism」

鶴見 太郎 准教授（東京大学大学院）

16:00-16:15

「A Pacified Labour? The Transformation
of Labour Conflict」

Sung-Chul Noh 助教（経営学）

16:20-16:25

「閉会挨拶」

桐谷 正信 研究機構研究企画推進室 室長

第2回テニユアトラック研究発表会の様子



開会挨拶 佐藤勇一研究機構長



講演中の Neal Bez 准教授



講演中の前田慎市助教



講演中の李漢洙広島大学大学院准教授



講演中の坂井建宣准教授



講演中の鶴見太郎東京大学大学院准教授



講演中の津田佐知子助教



講演中の Sung-Chul Noh 助教



講演中の乙須拓洋助教



閉会挨拶 桐谷正信研究企画推進室 室長

第3回 テニュアトラック 研究発表会

日時：2017年7月28日（金）

場所：総合研究棟1階 シアター教室

【プログラム】

14：25－14：30

「開会挨拶」

佐藤 勇一 埼玉大学 研究機構長

14：30－14：50

「デトネーション燃焼を応用したエンジン」

前田 慎市 助教（機械）

14：50－15：10

「CFRP 積層板の接着不良評価」

坂井 建宣 准教授（機械）

15：10－15：30

「高次元における立方体の切断面」

Neal Bez 准教授（数学）

15：30－15：50

「Managing PhDs: 専門家たちの人的資源
管理（サムスン電子のケース）」

Sung-Chul Noh 助教（経営学）

16：05－16：25

「細胞膜研究のための新規分光法の開発と
応用」

乙須 拓洋 助教（応用化学）

16：25－16：45

「小脳の形と機能の形成」

津田 佐知子 助教（生体制御）

16：45－17：05

「植物の長距離・高速シグナル」

豊田 正嗣 准教授（分子生物）

17：05－17：10

「閉会挨拶」

桐谷 正信 研究機構研究企画推進室 室長

第3回テニユアトラック研究発表会の様子



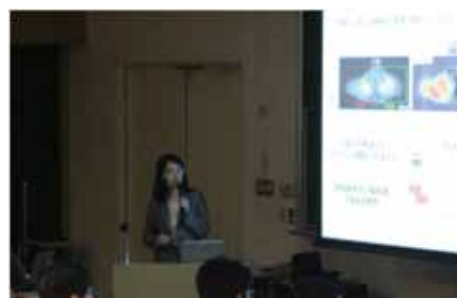
開会挨拶 佐藤勇一研究機構長



講演中の乙須拓洋助教



講演中の前田慎市助教



講演中の津田佐知子助教



講演中の坂井建宣准教授



講演中の豊田正嗣准教授



講演中の Neal Bez 准教授



閉会挨拶 桐谷正信研究企画推進室 室長



講演中の Sung-Chul Noh 助教



会場の様子

第4回 テニュアトラック 研究発表会

日時：2018年7月27日（金）

場所：総合研究棟1階 シアター教室

【プログラム】

14:05-14:10

「開会挨拶」

伊藤 修 埼玉大学 研究機構長

14:10-14:30

「オジギソウは、何のためにお辞儀をするのか？」

豊田 正嗣 准教授（分子生物）

14:30-14:50

「Brascamp-Lied の不等式:掛谷予想と
Vinogradov 予想の架け橋」

Neal Bez 准教授（数学）

14:50-15:10

「Professionals in the hierarchical order:
Balancing control and autonomy」

Sung-Chul Noh 助教（経営学）

15:10-15:30

「運動界面を用いた細胞の動的力学環境
構築と変形性評価」

川村 隆三 助教（ライフ・ナノバイオ領域）

15:45-16:05

「超新星残骸の X 線観測から迫る超新星爆
発の仕組み」

勝田 哲 助教（X 線・光赤外線宇宙物理領域）

16:05-16:25

「細胞膜研究のための新規分光法の開発と
応用」

乙須 拓洋 助教（応用化学）

16:25-16:45

「高分子材料の粘弾性変形機構」

坂井 建宣 准教授（機械）

16:45-17:05

「新たな手法として気体デトネーションを
用いた爆風シミュレータ」

前田 慎市 准教授（機械）

17:05-17:10

「閉会挨拶」

石井 昭彦 研究機構研究企画推進室 室長

第4回テニユアトラック研究発表会の様子



開会挨拶 伊藤修研究機構長



講演中の勝田哲助教



講演中の豊田正嗣准教授



講演中の乙須拓洋助教



講演中の Neal Bez 准教授



講演中の坂井建宣准教授



講演中の Sung-Chul Noh 助教



講演中の前田慎市准教授



講演中の川村隆三助教



閉会挨拶 石井昭彦研究企画推進室 室長

第5回 テニュアトラック 研究発表会

日時：2019年7月26日（金）

場所：総合研究棟1階 シアター教室

【プログラム】

14:00-14:05

「開会挨拶」

伊藤 修 埼玉大学 研究機構長

14:05-14:30

「炭素繊維強化ポリアミドの結晶化が
曲げ特性に及ぼす影響」

坂井 建宣 准教授（機械）

14:30-14:55

「分散型クラウド労働プラットフォーム
（Cloud-Crowd labor Platform）」

Sung-Chul Noh 助教（経営学）

14:55-15:20

「天の川銀河とマゼラン銀河の
重力崩壊型超新星の親星質量分布」

勝田 哲 助教（X線・光赤外線宇宙物理領域）

15:30-15:55

「細胞膜研究のための新規分光法の
開発と応用」

乙須 拓洋 助教（応用化学）

15:55-16:20

「グルタミン酸はカルシウムシグナルを介
した植物の全身性防御応答を引き起こす」

豊田 正嗣 准教授（分子生物）

16:20-16:45

「分子が動くゲル材料
ー細胞のゆりかごととしてー」

川村 隆三 助教（ライフ・ナノバイオ領域）

16:45-16:50

「閉会挨拶」

石井 昭彦 研究機構研究企画推進室 室長

第5回テニユアトラック研究発表会の様子



開会挨拶 伊藤修研究機構長



講演中の乙須拓洋助教



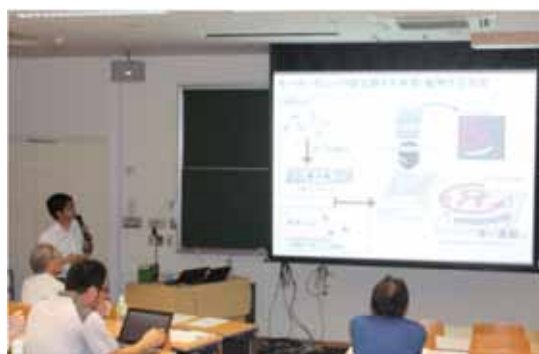
講演中の坂井建宣准教授



講演中の豊田正嗣准教授



講演中の Sung-Chul Noh 助教



講演中の川村隆三助教



講演中の勝田哲助教



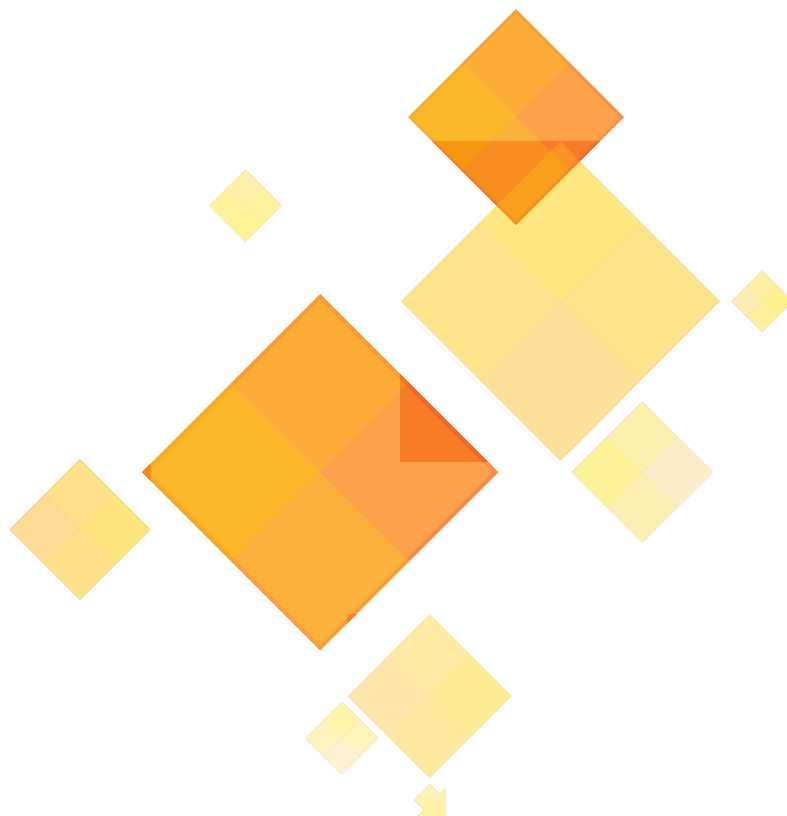
閉会挨拶 石井昭彦研究企画推進室 室長

IV

メンターからの一言

小竹 敬久 理工学研究科教授（分子生物）
（豊田 正嗣 准教授のメンター）

大学が社会で果たす役割は多岐にわたるが、研究はその最も重要なものの一つである。ここでいう「研究」とは論文や著書、学会発表、特許に限らず、大学にしかできない活動全般である。また、研究と大学の教育は表裏一体であり、研究があってはじめて専門的で高度な教育が成立する。テニュアトラック制度は、若くて優秀な教員に研究に没頭する時間と環境を与え、大きな研究成果を期待するものである。また、優秀な教員の確保・育成に大きな役割を果たし、本学の活性化にも寄与している。一方で、「研究」をテニュアトラック教員頼みにしてはならない。テニュアトラック制度の良い点、不足する点を洗い出し、本学全体の研究環境の改善に生かすことが望まれる。また、我々も日々「研究」に真摯に取り組む必要がある。最後に、テニュアを獲得された先生方に今後のさらなるご活躍を期待したい。





- 編集 テニユアトラック推進オフィス
- 住所 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
- TEL 048-829-7113
- ホームページ <http://www.saitama-u.ac.jp/iron/tt/>