

SCHOOL OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF TOKYO

The Rigakubu News

# 理学部ニュース

東京大学 01 月号 2020

理学エッセイ  
将棋・AI・研究

理学部見聞録  
A Journey in Japan.

理学の謎  
インフレーションはいつ起こったか?

理学の本棚 ー貴重書編ー

ジョン・フラムステッド, フランシス・ベイリー編  
「フラムステッド自叙伝・大英帝国恒星カタログ」  
*An account of the Revd. John Flamsteed*

学部生に伝える研究最前線  
地震の始まり方と大きさからわかること

トピックス  
グローバルサイエンスコース国際卓越大学院コース (GSGC) 交流会

# 01 理学部 ニュース 月号 2020

「フラムスティード自叙伝・大英帝国恒星カタログ」の表紙紙。「東京天文台備付図書印」(国立天文台の前身)、「天文学教室図書之印」の2つの蔵書印が押されている。



表紙・裏表紙 Photo Koji Okumura (Forward Stroke Inc)  
撮影協力：理学図書館

理学部ニュースの2020年1月号をお届けします。理学部ニュースでは、理学部ならではの多様な専攻の執筆者にお願いしたバラエティに富んだ研究を毎月紹介しています。そうした研究の幅の広さを読者のみなさんにお楽しみいただけていれば幸いです。編集委員としても同じで、編集作業の中で自分の専門とは異なる分野の最新の研究に触れられる事を密かにとても楽しんでます。そういった科学の楽しさを読者のみなさんに少しでもお伝えできるように、よりわかりやすく、より楽しんでいただける紙面になるように、今後とも理学部ニュースをより良くしていきたいと思っております。理学部ニュースは駒場生や高校生にも配布していることから、いつの日か、理学部ニュースで研究を知った事をきっかけに理学部・理学系研究科に進学する学生が出てきてくれる事を待ち望んでいます。

鈴木 郁夫 (生物科学専攻 准教授)

## 東京大学理学系研究科・理学部ニュース

第51巻5号 ISSN 2187-3070

発行日：2020年01月20日

発行：東京大学大学院理学系研究科・理学部

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

編集：理学系研究科広報委員会所属 広報誌編集委員会  
rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp

安東 正樹 (物理学専攻)  
桂 法称 (物理学専攻)  
後藤 佑樹 (化学専攻)  
茅根 創 (地球惑星科学専攻)  
鈴木 郁夫 (生物科学専攻)  
吉村 大志 (総務チーム)  
武田加奈子 (広報室)  
印刷：三鈴印刷株式会社

理学部ニュース発刊のお知らせ  
メール配信中。くわしくは  
理学部HPでご確認ください。



東京大学 理学部ニュース

検索

## 目次

### 理学エッセイ 第44回

03 将棋・AI・研究  
池本晃喜

### 学部生に伝える研究最前線

04 地震の始まり方と大きさからわかること  
井出哲  
レーザー干渉計で重力波と暗黒物質の二毛作  
道村唯太／長野晃士  
光合成を駆動しない光が光合成を助ける  
河野優／寺島一郎

### 理学部見聞録 第5回

07 A Journey in Japan.  
Pierre ROMANET

### 理学の本棚 - 貴重書編 - 第37回

08 ジョン・フラムスティード、フランシス・ベイリー編  
「フラムスティード自叙伝・大英帝国恒星カタログ」  
*An account of the Revd. John Flamsteed*  
吉村 宏和

### 理学の謎 第10回

09 インフレーションはいつ起こったか？  
横山順一

### トピックス

10 駒場1年生向け理学部ガイダンス報告  
田近英一  
グローバルサイエンス国際卓越大学院コース (GSGC) 交流会  
大越慎一

### お知らせ

11 木村敏雄先生のご逝去を悼む  
小澤一仁  
博士学位取得者一覧  
人事異動報告

## Essay

## 将棋・AI・研究

池本 晃喜 (化学専攻 講師)



将棋を指す著者。盤面では、将棋 AI ソフトによって有効性が提示された戦型による戦いが繰り返されている。

「負けました。」

2013年3月30日(土)、第2回将棋電王戦にて佐藤慎一四段(現五段)が将棋AIソフトに投了を告げた。頭脳の戦いの象徴とも言える将棋において、現役のプロ棋士が初めてAIに敗れた瞬間であった。それから6年以上が経ち、最早人間がAIソフトに勝つことは不可能といえるまでにAIソフトは進化した。このような時代、プロ棋士の存在価値というのは全く無くなってしまったのであろうか。

興味深いことに、現在の将棋界では全く逆のことが起こっている。AIソフトによってもたらされた新しい将棋の観戦の仕方によって、人間同士の対局の魅力というのが増してきているのだ。将棋というゲームは、一度劣勢になると相手が間違えない限り逆転できないゲームである。いかに最善手を指し続けて均衡を保つのか、また劣勢になった際には、いかに盤面を混沌化させるような手を指すのかが問われる。「AIソフトが推奨する次の一手を果たして指せるのだろうか」、「AIソフトは劣勢という評価を下しているが、この棋士はどのように劣勢を覆すのだろうか」、このような観戦が可能となり、棋士の凄さ、人間らしさというものがより際立ってくるようになったのだ。AIソフトがもたらしたのは、それだけではない。戦術的な面でも新しい価値観をもたらしている。AIソフトによって有効性が見出された戦型が流行するのみならず、大昔に試された戦法が再評価され積極的に採用されるなどの温故知新も見られている。将棋というゲーム自体の奥深さが再認識され、その広大な局面の可能性の中で、棋士が読みくらべ、駆け引きを行なっている営みの凄さ・面白さを如実に感じられるような時代となっている。

研究の世界においても、近年AIが台頭してきている。私が専攻する化学の分野をとってみても、最近AIを活用した論文が散見されるようになってきた。「機械学習を用いて条件設定を最適化した」、「機械学習の結果、新しい反応が予測され実際に見つかった」という想定可能な範囲の活用にまだまだとどまっているものの、将来AIによって、研究の価値自体が評価され、新しい価値観が生まれることもあるかもしれない。否定的な先生方もいるかもしれないが、将棋AIソフトが将棋の局面の形勢を評価できるようになったように、先行研究との違い・新奇性・それによって拓がる可能性を上手く数値化する評価関数さえ構築できれば、研究の価値をある程度数値化することは可能ではあるはずだ。しかしながら、そのような時代が例え来たとしても、実際に研究を行い発見に至ることこそが重要という考えは損なわれることはないであろうし、発見の駆動力となるのは、研究者の強い信念であり続けることは間違いない。

秒読みの中、悩み考え抜き着手する。将棋を観戦していると、その指し手の善悪よりも、その棋士の姿勢・生き様に心を打たれる。研究においても、「この研究はあの人にしかできない」、そのような研究者の生き様がますます重要になっている時代なのではないか。

理学部ニュースではエッセイの原稿を募集しています。自薦他薦を問わず、ふるってご投稿ください。特に、学部生・大学院生の投稿を歓迎します。ただし、掲載の可否につきましては、広報誌編集委員会に一任させていただきます。ご投稿は [rigaku-news@adm.su-tokyo.ac.jp](mailto:rigaku-news@adm.su-tokyo.ac.jp) まで。

## CASE 1

### 地震の始まり方と 大きさからわかること

地震の揺れは突然始まり、大地震だと数秒から数分も続く。

でもその揺れ始めの最初、たとえば 0.1 秒間の揺れはとても小さく人間は気づかない。

揺れは地下の岩盤の破壊によって生まれた地震波が、岩盤を伝わって地表に届いたものである。

もし地下での破壊がたった 0.1 秒で終わったなら、

われわれは地震が起こったことすら気付かない。

しかし高感度地震観測網はその揺れをキャッチし、

震源を特定し、地震がマグニチュード (M)3 より小さいと判定する。

地下での破壊が 10 秒以上続いたら M7 の大地震、

数分続いたら M9 の超巨大地震でたいへんなことになる。

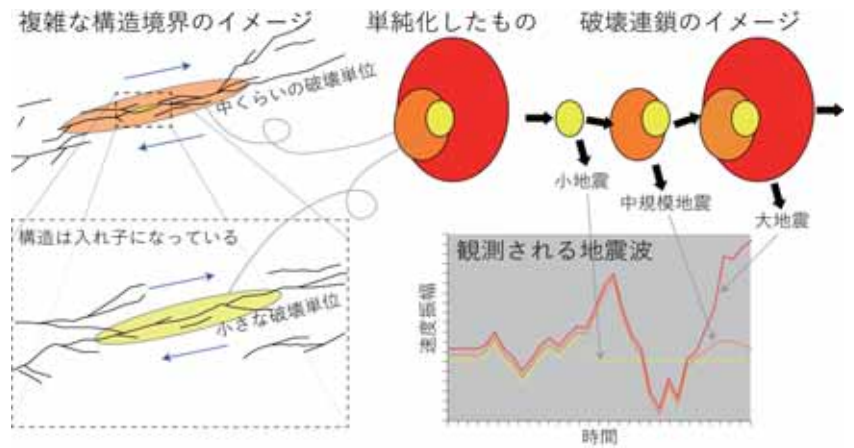
では地下での破壊が始まった瞬間、もしくは地上で

その最初の 0.1 秒の地震波をキャッチした瞬間に、

その地震が M3 なのか

M7 なのか M9 なのか、

わかるのだろうか？



図：今回の観察事実が示唆する地震発生プロセスのイメージ

この問題は地震の予測可能性にとって重要な問題であり、多くの研究者によって何十年も議論されてきた。2019年9月に*Nature*誌に掲載された論文 (Ide, 2019) は、この問題に対しひとつの明快な解答を与えた。少なくとも通常の地震波の分析では、地震の始まり方から最終サイズはわからない。なぜなら最初の約 0.1 秒の地震波が同じなのに、中規模で終わる地震も大地震になる場合もあることが分かったからである。具体的には、過去 15 年に東北沖で発生した約 2 千回の比較的大きな地震の中に、より小さな地震と同じような最初の地震波をもつペアが多数発見された。わからない、というのは一見残念な結果である。しかし、始まり方が同じという事実は地震の発生メカニズムについて、もうひとつの重要な示唆を与える。

今回発見されたペアには、2011 年の東日本大震災時のようにプレート境界で発生する地震が多く含まれる。プレート境界で発生する地震の中には、ほぼ同じところで何か月または何年か一度、同じようになりかえす地震があることが、以前から知られていた。プレート境界というのは 2 つのプレートがすれ違う境界面だが、もちろん数学的な平面ではない。長い年月をかけてできあがった凸凹や亀裂が多数存在する複雑な構造境界である。複雑な境界の中にも比較的単純な部分があり、その部分は壊れるときには一度に壊れ、そこを境に 2 つのプレートがすれ違う。いつも同じ場所が壊れるなら同じ大きさの地震が起こる。地震の始まり方どころか、すべて同じ

である。そして実際にこのようになりかえし地震は高い確率で予測可能である。

今回の発見はこの観察をより一般化する。プレート境界の複雑な構造には、さまざまな大きさのものがああり、多くは入れ子状になっている (図)。すると最初に小さな構造が壊れた後で、さらに連鎖反動的に大規模な構造が破壊することもありえる。それが今回観察されたペアのうち大きいほうの地震に相当する。この連鎖反応はいつも起きるとは限らないので、小さい地震で終わることも多い。連鎖反応がめったに起こらないなら、いつも同じ予測しやすいくりかえし地震である。今回の成果は、観測の蓄積によって、プレート境界の構造で支配された地震の起こり方を絞り込めることを示唆する。まだまだ正確な確率予測のためのハードルは高い。しかし地震は全く予測不能な現象ではない。正しい理解によって予測能力を向上させることが地震研究の重要な目標である。

本研究成果は、S. Ide, *Nature* 573, 112 (2019) に掲載された。

(2019年9月5日プレスリリース)

## CASE 2

# 重力波と暗黒物質の二毛作 レーザー干渉計で

数々の宇宙観測によって、われわれの宇宙は暗黒物質で満たされていることがわかっているが、その正体は全くわかっていない。暗黒物質の候補として、近年これまで以上に注目されているのが、アクシオンとよばれる粒子である。われわれはアクシオンと光のわずかな相互作用によって生じる光の偏光面回転を、レーザー干渉計を用いて測定することで、アクシオンを探索する新手法を提案した。この手法をLIGO(Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)やKAGRA(Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope)のようなレーザー干渉計型重力波望遠鏡に適用すると、重力波観測と同時に、かつてない精度でのアクシオン暗黒物質探索が可能となる。

暗黒物質とは、質量をもち重力の源となるが、重力以外の相互作用をほとんどせず、光を出さない物質である。その存在は、銀河の回転速度の観測や重力レンズの観測などから強く示唆されてきた。近年では宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎの観測から、宇宙の全エネルギーのうち通常の物質(バリオン)、暗黒物質、ダークエネルギーが占める割合が測定されており、それぞれ約5%、27%、68%と報告されている。この観測結果は宇宙の標準モデルと驚くべき精度で一致しており、現在は精密宇宙論の時代とも言われている。

いっぽうで、暗黒物質の正体は全くわかっていない。とくにWIMP(Weakly Interacting Massive Particles)とよばれるわずかな相互作用をする重い粒子や原始ブラックホールなどは暗黒物質の有力な候補と考えられており、大規模な観測や実験で精力的に探索が行われてきたが、いまだ検出に至っていない。そこで近年、改めて高い注目を集めているのがアクシオンとよばれる軽い粒子である。アクシオンは元々は量子色力学における強いCP問題を解決するために提案された仮説上の粒子であるが、ひも理論のような高次元理論もさまざまなアクシオンに似た粒子を预言する。

アクシオンには、光とわずかに相互作用して直線偏光をもつ光の偏光面を周期的に回転させるという性質がある。われわれはこの性質に着目し、レーザー干渉計を用いて偏光測定をすることで、アクシオン暗黒物質を探索する新手法を提案した。われわれの手法では、2枚の正対する合わせ鏡で構成したファブリ・ペロー干渉計を用いる(図上)。ファブリ・ペロー干渉計では、干渉計内をレーザー光が何回も往復するが、往復にかかる時間と偏光面の回転周期が一致すると、偏光面回転の大きさを増幅することができ、高い精度での探索をすることが可能となる。

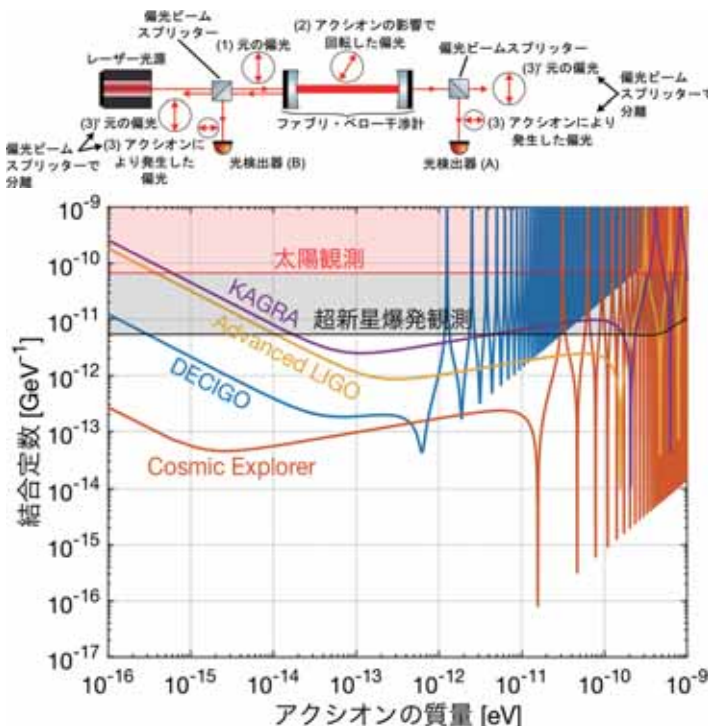
この手法には従来のアクシオン探索に用いられてきた強磁場発生装置が必要ないため、さまざまなレーザー干渉計に適用可能である。たとえば、アメリカにあるAdvanced LIGOや日本にあるKAGRAのような重力波望遠鏡は、それぞれ片腕の長さが4km、3kmの大型のレーザー干渉計であり、われわれの手法を適用するとこれまでの探索精度にくらべて約10倍高い精度でアクシオン暗黒物質を探索することが可能となる(図下)。また、Cosmic ExplorerやDECIGO(DECi-hertz Interferometer Gravitational wave Observatory)のような将来の重力波望遠鏡計画では1000倍以上の精度向上が期待されることを示した。

われわれの手法は、光検出部に偏光測定用の装置をつけるだけで適用可能である。重力波は光の位相を、アクシオンは光の偏光面を回転させるため、それぞれを分離して検出することで重力波の観測と同時にアクシオン探索をすることができる。重力波望遠鏡から、暗黒物質の初検出が報告される日が来るかもしれない。

本研究成果は、K.Nagano *et al.*, *Physical Review Letters* 123, 111301 (2019) に掲載された。

(2019年9月11日プレスリリース)

図: ファブリ・ペロー干渉計で増幅された偏光面回転を検出することでアクシオン探索を行う手法を提案した(上)。重力波望遠鏡に本手法を適用すると、太陽観測や超新星爆発観測などを超える高い精度でアクシオン探索が可能となる(下)。縦軸はアクシオンと光の相互作用の大きさであり、より小さな結合定数を探索することができるほど、より高精度な探索となる。



## CASE 3

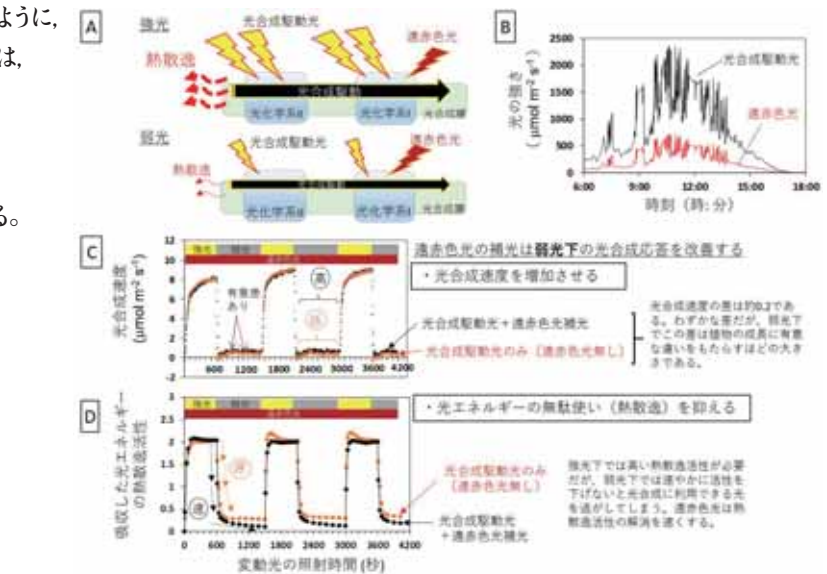
# 光合成を助ける 光合成を駆動しない光が

太陽光のさまざまな波長のうち、植物は青～赤色域の光を光合成に利用している。これに加えて、単独では光合成を駆動することはできない遠赤色光が、光合成を手助けしていることがわかった。なぜ、光合成を手助けする必要があるのか？それは、野外の光環境が、植物にとってわれわれが想像する以上に過酷だからである。交通渋滞を防ぐためにさまざまなインフラが整備されるように、光合成を手助けする遠赤色光は、光合成過程において光エネルギーや電子の渋滞緩和のための交通整理の役割を果たしている。

陸上植物は波長 400–700 nm の青色から赤色の領域の光、つまり可視光（光合成駆動光）を吸収して光合成を行う。光合成は、可視光によって、2つの光化学系（II と I）が励起されることで進行する。いっぽう、人の目には見えないとされる遠赤色光（700–800 nm）のうち短波長の光は、光化学系 II は駆動できないが、光化学系 I を駆動することができる（図 A）。遠赤色光単独ではほとんど光合成を駆動できないため、光合成における遠赤色光の役割は長年無視されてきた。

太陽光は遠赤色光を豊富に含む。さらに、自然界の光環境は、雲による遮蔽や上部に存在する植生によって、頻繁かつダイナミックにその強度と質（波長特性）が変化する変動光環境である（図 B）。

変動光に対して、植物はどんな応答をするのか。日陰の状態、つまり弱光下におかれた葉が、突然強い光に曝されることがある。植物にとって光合成量を稼ぐ絶好の機会であるとともに、強すぎる光によって実は自身が傷つく可能性もある。そうならないように、植物は吸収した光エネルギーのうち、光合成に利用できない分は積極的に熱に変換して捨てている（熱散逸という：図 A）。いっぽうで、強光（日向）から再び弱光（日陰）に曝されたときは、速やかに熱散逸の多い状態を解消しないと、光合成に利用できる光を熱として逃がしてしまうことになる。すなわち、強光に対する熱散逸の誘導と弱光下の解消が両方とも速やかであることが、植物の光合成生産性を上昇させる。



われわれは、変動光中に遠赤色光が存在することで、効果的な熱散逸によって光化学系が保護されることを先行研究で示していた。さらに今回は、光合成駆動光が強光から弱光に切り替わったときに、遠赤色光が存在することで熱散逸の解消が遠赤色光の非存在時よりも促進されることが分かった（図 C）。熱散逸の解消が速くなった結果、変動光弱光中の光合成速度は遠赤色光存在下で有意に高くなった（図 D）。単独では光合成を駆動しない遠赤色光は、光合成の調節に深く関わっており、光エネルギーや電子の渋滞緩和のための交通整理の役割を果たしているのである。

本研究成果は、植物の光合成応答の真の姿を理解するためには、遠赤色光を考慮することが必須であることを意味している。現在、遠赤色光による光合成促進機構の徹底解明を進めている。本研究成果と光合成促進機構の解明は、将来の食糧不足問題解決に向けた光合成能強化作物の創出へ貢献することが期待される。

本研究成果は、M.Kono *et al.*, *Plant & Cell Physiology*, **pcz191** (2020) に掲載された。

(2019年10月16日プレスリリース)

図：(A) 光合成駆動光と遠赤色光が光合成反応に与える影響を示した模式図。光合成駆動光は光化学系 II と光化学系 I を両方励起することによって光合成を駆動する。いっぽう、遠赤色光は光化学系 I のみを励起する。強光下、強すぎる光エネルギーの一部は、熱に変換されて安全に散逸される。いっぽう、弱光下では、吸収した光エネルギーのほとんどが光合成に利用される。(B) 晴れた日の野外の光強度の日変化。(C と D) 変動光中の光合成応答を遠赤色光の補光あり（黒色）と補光なし（橙色）と比較した。変動光中に遠赤色光が存在すると、強光から弱光に切り替わったときの光合成速度が高い (C)。これは、強光中に活性化していた熱散逸能が、遠赤色光によって速やかに解消されたためである (D)。

# 理学部見聞録

第5回

Pierre ROMANET

(地球惑星科学専攻 博士研究員)

## A Journey in Japan.

I think that, since I was a teenager, I have always wanted to come to Japan. I was probably influenced a lot by mangas and animes. But as time passed over I kind of forget this idea. Japan was a way too far and expensive country in my eyes. However, when I started to specialize more, following the path to become a seismologist, after a master in exploration Geophysics and a PhD on the mechanics of earthquakes, this idea took over again. Why not go to Japan if I had the occasion? Well this occasion happen after I met my current supervisor in a conference in San Francisco. Before coming to Japan, I had some ideas about how will be my life there. I was expecting state-of-the-art technology everywhere, people that are dressed fancy most of the time, robots walking in the street. The reality is somehow different, people are still using fax and "salarymen" (=business men: サラリーマン) invariably dress in black suits.

Coming to Japan was like entering a new world, where everything is perfectly set, and fixed. The visa process went smoothly, flights are on time, and people were even smiling at the embassy.



Being the highest person in Japan, summit of Fuji san on 17/08/2019.

What is fascinating about Japan is that the contrast between extremes, crawling city that completely stops as soon as you reach the mountains. You can walk in the noisy streets of Akihabara, take randomly the next street and end up in a quiet and peaceful temple like Kanda temple; even there if you look further, you will soon realize that the Ema (絵馬), the small wooden plaque where it is common to write wishes, are not just the one that you will see in every temple, but are actually a continuation of the thrill of the neighborhood. People draw on them manga, in the hope (I guess) to become mangaka. I suspect that Japanese people are actually cultivating this opposition, or maybe in their eyes it is just a continuation, between present and past, noisy to quiet, city to nature.

When leaving Kanda temple, just go out from the main entrance, and turn right. If you walk from around 30 minutes, you will end up in the University of Tokyo. When you are arriving at the University, I recommend you to go through the Akamon Gate (赤門), a strong red wooden gate that a Daijyō had built to welcome his future wife, a daughter of a Shōgun. Continue your path through Sanshiro pond, where you can believe for a few seconds that you are in the middle of a forest. After Sanshiro pond, you should be able to see the school of science. This is where I am passing most of my scientific life. The building itself has nothing special, or maybe I don't know enough about it. If you now enter the building 1 and go to the 7th floor, you will end up in my department (Earth and Planetary science).

It is difficult for me to tell general things about school of sciences, apart that the environment is particularly nice and the administrative staff does a wonderful job. However I can tell more things

### Profile

I was born in France and I spend most of my childhood in a region called Auvergne. There is one thing that Japanese people usually know about this region: the water Volvic. I was about to become a geotechnical engineer, until I change my mind in master, to finally become a seismologist. I did a PhD in Paris, specializing in the mechanics of earthquakes, and then move to Japan for a postdoc. My main hobbies are climbing and hiking.

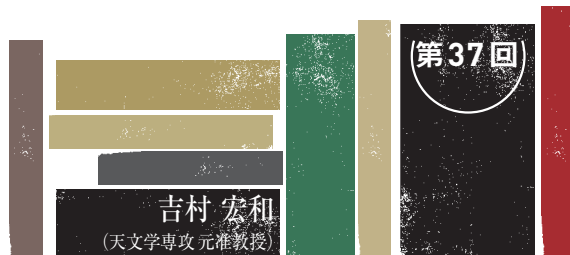


One aspect of Japanese culture, the view of cherry blossom (花見). Photo taken in Chidorigafuji park on 27/03/2019.

about my laboratory. The work-life balance suits me, I still have time to do sports, play videogames, and go to holidays. Professors are even encouraging students to have other activities than just lab-work. I fell very lucky to have met the people in the laboratory. From students to professors, they are not only very good scientists, but they are also very thoughtful and kindhearted people. I do not mean that it is always easy, cultural differences are here. The hierarchy is strong, and it may be difficult to break the ice and make friends at the beginning. However, if you are willing to learn, living to Japan will be an amazing experience.

This is the thing; coming to Japan may be a long journey, with probably some hard time, however if you are patient, every day will bring new discoveries to you. In my opinion, it is not really the objective of your stay that matters, but how you experience it in every day life. One of my last experience in Japan was Yukimizake (雪見酒), please look for it if you are curious. Just an hint, it is related to Sake, Snow, and hotsprings!

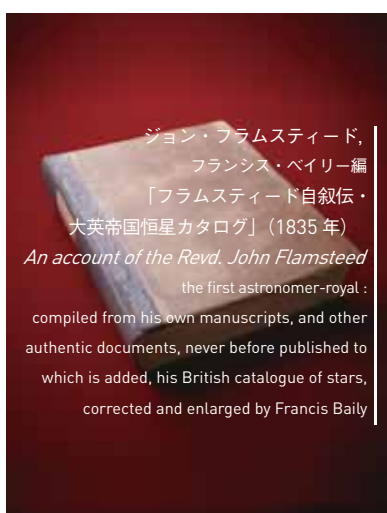
# 理学の本棚



ジョン・フラムステード、  
フランシス・ベイリー編

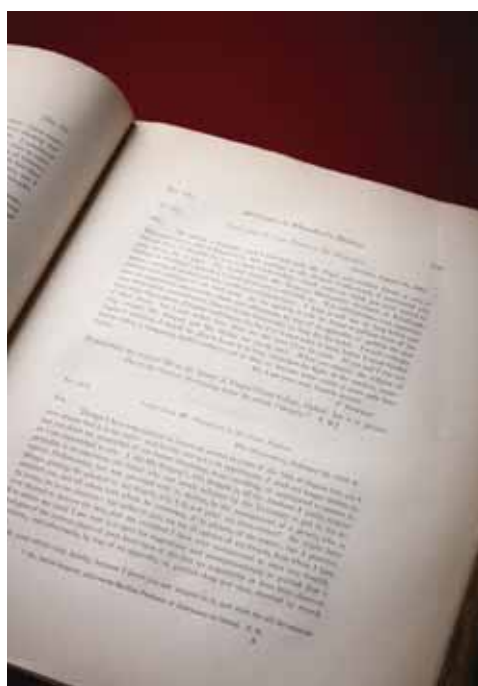
## 「フラムステード自叙伝・大英帝国恒星カタログ」 *An account of the Revd. John Flamsteed*

the first astronomer-royal: compiled from his own manuscripts, and other authentic documents, never before published to which is added, his British catalogue of stars, corrected and enlarged by Francis Baily



本書は、1835年に大英帝国枢密院海軍委員会の命令で発行され、限られた人々に贈られたものである。どのような経過で天文学教室図書館に所蔵されることになったのか記録は見当たらない。天文学教室が麻布に在って東京天文台と同一の図書館をもっていたころ、明治期の先達が英国から輸入したものと思われる。本品は、10数年前に天文学教室で専門の書籍修復家に依頼して修復されたものである。

16世紀から19世紀にかけて、ニコラウス・コペルニクス (Nicolaus Copernicus)、ヨハネス・ケプラー (Johannes Keple), ガリレオ・ガリレイ (Galileo Galilei) からアイザック・ニュートン (Sir Isaac Newton)、エドモンド・ハレー (Edmond Halley) らの貢献によって地動説の世界観が確立されていった。本書籍は、その過程において、グリニッジ天文台の初代台長アストロノマー・ロイヤルであるジョン・フラムステード (John Flamsteed, 1646-1719) の果たした役割が再評価されるきっかけとなった画期的な著作として有名である。フランシス・ベイリー (Francis Baily, 1774-1844) が大量のフラムステードの手書きの文章とさまざまな人との交流の手紙を発見し、ニュートン、ハレーなどとの関係の



アイザック・ニュートンとの往復書簡。ニュートンがフラムステードに恒星カタログの発行を急ぐように伝える内容

証拠を丁寧に整理しまとめたからである。そのため読み物としても、たいへん面白い。このような書籍が東京大学理学図書館の貴重本として大切に保管されるようになったことは喜ばしいことである。しかしながら、このような貴重本の取り扱いについては各国で異なる。米国ハーバード大学 (Harvard University) では Google がスキャンしたデジタル画像をそのまま公開している。英国ケンブリッジ大学では大学出版局でスキャンした結果を特殊なソフトで処理し新本のように印刷し低価で販売している。Amazonでも購入できる。知識の伝搬の戦略が異なることは明らかである。

本書籍はさらにジョン・フラムステードの妻のマーガレット・フラムステード (1670-1730) を独立した天文学者として再評価するきっかけにもなっている。



## インフレーションはいつ起こったか？

横山 順一

(ビッグバン宇宙国際研究センター 教授)

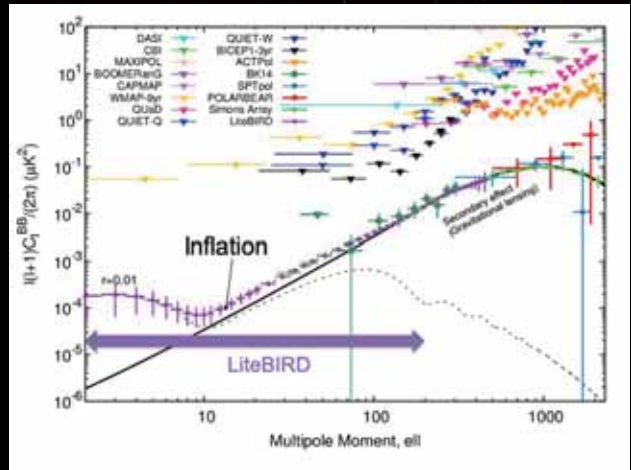
**私**は、わが国はいずれ財政破綻し、敗戦後と同じような混乱とインフレーションを迎えるものと予測し、公私ともにその備えをぼちぼち始めているところですが、ここで話したいのはそんなことではなく、初期宇宙のインフレーションの宇宙膨張がいつ起こったのか、という問題です。

私たちが現在暮らしている宇宙は、観測可能な差し渡し 970 億光年にわたって大域的に一樣で、曲率半径がきわめて大きい実質的に平坦な空間です。このような一樣・平坦という観測事実は、宇宙が熱い小さな状態から始まり、万有引力のもとで減速膨張しながら現在に至った、というビッグバン宇宙論のもとでは理解できない奇妙な性質です。

とくに、宇宙がイオン化したプラズマ状態から、電氣的に中性な水素原子で満たされるようになった、宇宙の晴れ上がり（宇宙開闢後 38 万年）の時の状態を直接伝える生きた化石である宇宙マイクロ波背景放射は、当時の地平線（各時刻までに直接交信できた距離の上限）をはるかに超えた現在の地平線上でも 4 桁もの精度で等方的であることが観測されています。これはビッグバン宇宙論のもとでは、因果律に矛盾したことが起こったことを示すものであり、この理論の大きな困難であるといえます。

これを解決するのが、初期宇宙に急激な加速膨張期を与え、地平線を急拡大してしまおうというインフレーション宇宙論です。インフレーションの急膨張が起これば、それまであった凸凹も引き伸ばされてしまうので、宇宙が平らな空間になることも合わせて説明できます。インフレーションは、それ以前に存在した凸凹だけでなく、ミクロなスケールに生成し続ける量子論的なゆらぎまで引き伸ばすので、宇宙全体を一樣等方化すると共に、各スケールにほぼ同じ大きさの微小なゆらぎを仕込む役割を果たします。これが宇宙マイクロ波背景放射の 5 桁目に観測されている温度ゆらぎの起源や銀河・銀河団などの宇宙の大規模構造の起源を与えてくれます。

インフレーションの起こった時刻を知るには、そのときの宇宙のエネルギー密度を測定すればよいのですが、それにはインフレーション中に生成する長波長の量子的重力波を検出することが必要



です。このような長波長原始重力波は、宇宙マイクロ波背景放射の B モード偏光にその痕跡を残すので、それを測定すれば知ることができます。偏光のパターンには電場と磁場のように湧き出し型と回転型があり、それぞれ E モード、B モードとよばれますが、重力波の情報を直接伝えてくれるのが B モードなのです。物理学専攻の日下研究室ではその測定を目指した地上観測を行っています。さらに、これを測定する人工衛星 LiteBIRD が 2027 年に打ち上げられることが決まり、10 年以内には結果が得られます。それ次第では、私たちがもっとも一般的な単一場インフレーション理論の枠組みである G インフレーション理論を提唱した際に発見した、インフレーション中に宇宙膨張率が徐々に大きくなるようなモデルが検証できるかもしれません。

さらに、この量子的重力波を直接検出する実験は DECIGO 計画として安東研究室を中心にその基礎研究が進められています。これが成功した暁には、インフレーションのあとビッグバンがいつ起こったかも知ることができる可能性があることを私たちは示しています。

図：(上) LiteBIRD 衛星の概念図 (JAXA 宇宙科学研究所提供) (下) LiteBIRD における B モード測定感度予想 (LiteBIRD チーム提供)

# TOPICS

## 駒場1年生向け理学部ガイダンス報告

田近 英一 (教務委員長/地球惑星科学専攻教授)

**2**019年12月2日(月)18:45~21:00に、駒場キャンパス13号館1323教室において「理学部ガイダンス@駒場~なぜ私は理学を選んだか~」(駒場1年生向け進学ガイダンス)を開催した。今回も約450名の学生が参加して大盛況だった。

広報室の菅原栄子さんの司会により、最初に武田洋幸理学部長からご挨拶いただいた。基礎研究の重要性のほか、理学部での教育によって「ロジカル・シンキング」ができるようになり、研究者としてだけでなく社会でも活躍できるようになるというお話があった。次に、筆者から理学部の簡単な紹介、国際化推進、学生支援、進学・就職状況、進学選択などについて説明した。その後、各学科を代表して10名の学部生・大学院生が、それぞれ3分間で学科

紹介を行った。皆さん簡潔でたいへん良いプレゼンをしていただき、短いながらも各学科の特色や雰囲気が良く伝わったのではないかと思います。ガイダンス後半は各学科に分かれて、教員や学生らを囲んだ懇談会が21時近くまで熱心に行われた。

今年は900番教室が工事のため使えず、例年よりも狭い教室で開催せざるを得なかったが、狭いがゆえにたいへん盛況な雰囲気で、また途中退室もしづらい構造だったせいか、最後まで大勢の学生が残ってくれたようであった。いずれにせよ、駒場生にとって、本ガイダンスが理学部を志望するきっかけとして役に立てば幸いである。



ガイダンス当日の様子(上:武田洋幸理学部長、下:学科紹介を行った10学科の学部生・大学院生)

## グローバルサイエンス国際卓越大学院コース(GSGC)交流会

大越 慎一 (副研究科長・GSGC ファカルティ委員会委員長/化学専攻教授)

**グ**ローバルサイエンス国際卓越大学院コース(GSGC)は2016年に開始した大学院教育の国際化と多様性を推進することを目的とした英語のみで学位が取得できるコースで、現在9か国から39名の学生を受け入れている。

例年開催しているコース生と関係教員による交流会を2019年10月31日(木)18:00から小柴ホールにおいて開催し、約60名が出席した。交流会ではコース生の進行によ

**G**lobal Science Graduate Course (GSGC) is an international graduate level course established in 2016 at the Graduate School of Science which allows students to obtain their degrees in English. It aims to foster international academic collaboration and promote diversity. Currently 39 students from 9 different countries belong to the course.

As previous years, GSGC hosted an Exchange Meeting Seminar on October 31, 2019. This meeting is held to facilitate communication

り、初めに昨年9月に入学した4名の学生がプレゼンテーションを行い、それぞれの研究内容について専門分野外の人にも分かりやすく発表した。引き続き開催された懇談会では、2019年9月に新たにコース生となった学生による自己紹介や先輩学生による歓迎のスピーチなどがあり、和気藹々とした雰囲気の中、出席者が交流を深める有意義な時間となった。

amongst GSGC faculty members and students, sharing student's daily activities to further their research. In the seminar, four academic presentations were made by GSGC students. Each designed to be easily understood by attendees outside their own research fields.

Toward the end of the seminar, professors made a welcome speech, newly enrolled students gave an introduction presentation, and seniors from the course wished them all



グローバルサイエンス国際卓越大学院コース交流会当日の様子

the best with their studies.

Roughly 60 students and professors attended this year and it was heralded as a success.

## 木村敏雄先生のご逝去を悼む

小澤 一仁 (地球惑星科学専攻 教授)

**木**村敏雄本学名誉教授が2019年10月11日ご逝去されました。享年97歳でした。先生は1922年福岡県生まれで、1943年に東京帝国大学理学部地質学科を卒業され、東京帝国大学大学院へ入学後休学、終戦後1947年9月に東京帝国大学理学部助手、1950年3月に名古屋大学理学部助教授、1957年に東京大学教養学部助教授を経て、1962年5月より1982年定年退職されるまでの20年間にわたり、東京大学理学部教授として地質学教室構造地質学講座を主宰され、構造地質学、地質学の研究と教育に邁進されました。その間、国際地質学連合の委員や国際地質対比計画国内委員会委員長などを歴任されました。

先生は、野外観察と岩石の緻密な顕微鏡観察に基づいて地質図を作成し、剪断褶曲や流れ褶曲等の小構造解析手法を確立することで、地質構造を明らかにする研究を展開され、構造層準や構造階層という概念を具体化、明確化することで、多くの成果をあげられました。褶曲波面で区切られた地層群の積み重なりからなる階層構造は、後にプレート収束帯で形成されるデコルマンやデュプレックス構造につながって行きました。こうした研究は、日本列島の構造発達史の研究に発展し、『日本列島』という全3巻からなる大著として実を結びました。先生の真摯な講義は、今でも鮮やかに思いたすほど印象的で、私も多くの事を学ばせて頂きました。ご冥福をお祈りします。



故・木村 敏雄先生

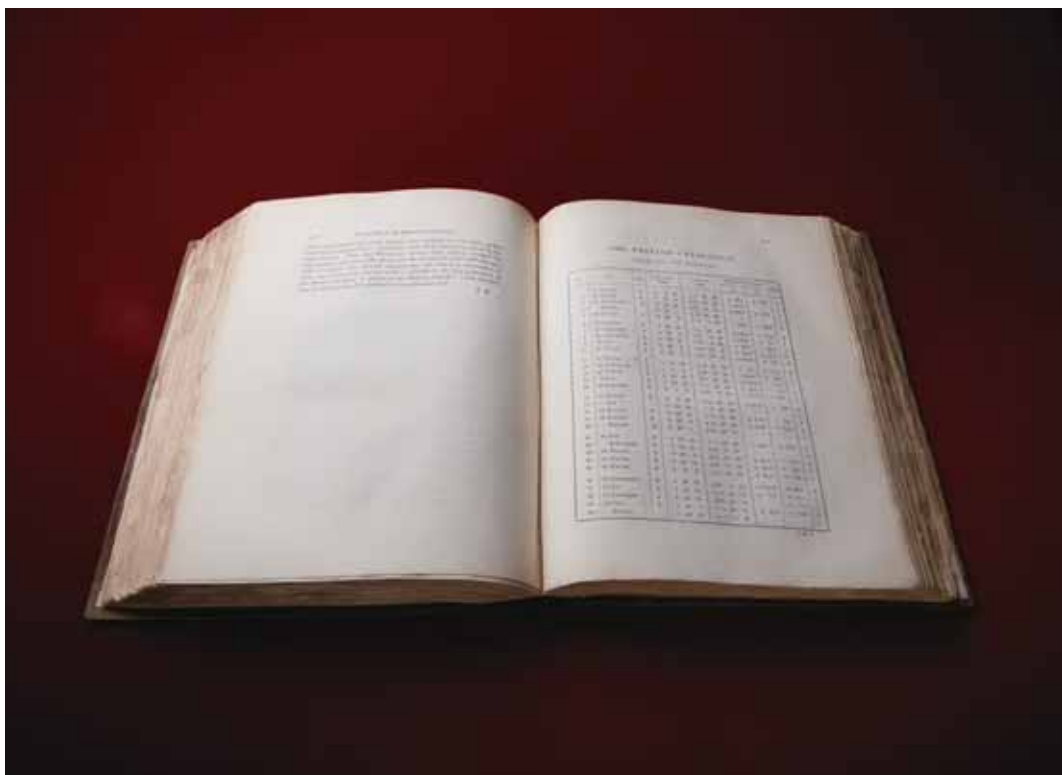
## 博士学位取得者一覧 |

(※) は原題が英語 (和訳した題名を掲載)

種別	専攻	取得者名	論文題名
<b>2019年10月28日付 (2名)</b>			
課程	化学	XING JUNFEI	金属有機構造体合成における反応中間体の原子分解能電子顕微鏡観察 (※)
課程	生科	仮屋 園遼	保存されたHORMAD型染色体因子Hop1による組換え開始制御機構 (※)
<b>2019年12月16日付 (4名)</b>			
論文	生科	中野 和宏	新規グリコーゲン合成酵素活性化剤AJS1669による <i>ob/ob</i> マウスの耐糖能改善作用と体脂肪減少効果 (※)
課程	物理	永吉 賢一郎	すざく衛星を用いた0.2-2keVにおける軟X線背景放射の研究 (※)
課程	天文	柴田 雄	現実的な合体条件を考慮した微惑星集積 (※)
課程	生科	星野 里奈	シロイヌナズナにおける陽葉と陰葉形成の解析 (※)
<b>2019年12月31日付 (3名)</b>			
課程	生科	久保 文香	イネの発生に多面的に作用する <i>DWARF WITH SLENDER LEAF1</i> 遺伝子の機能解析 (※)
課程	生科	後藤 幸久	植物自然免疫の制御機構 (※)
課程	生科	SARATH EMMA ELIZABETH	アリ植物におけるドマティア形成過程の形態学および分子生物学的解析 (※)

## 人事異動報告 |

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2019.10.15	物理	客員教授 (GSGC)	SVIRKO YURY	退職	
2019.10.31	化学	助教	廣井 卓思	退職	同専攻特任助教へ
2019.11.1	化学	特任助教	廣井 卓思	採用	
2019.11.16	地惑	客員教授 (GSGC)	BECKER Erich Johannes Heinrich	退職	
2019.11.30	生科	助教	田中 若奈	退職	広島大学大学院統合生命科学研究科・助教へ
2019.11.30	生科	特任助教	西田 知訓	退職	
2019.12.1	生科	特任講師	西田 知訓	採用	



巻末の恒星カタログ。星座名と番号，等級，赤経，赤緯などの情報が赤経順に記載されている。