宇宙総合学研究ユニット

NEWS 2022年12月号





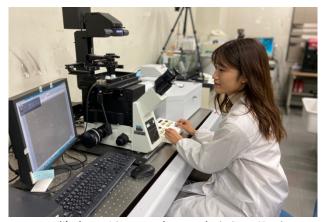
宇宙倫理学教育プログラムの受講生を紹介します!

受講生紹介の第5弾です!今回は大学院コースとして参加されている井上侑香さん(京都大学大学院工学研究科2年)に自己紹介文を寄稿していただきました!

井上侑香さん(京都大学大学院工学研究科2年)

京都大学大学院工学研究科2年の井上侑香と申します。宇宙倫理学教育プログラムの大学院コースに参加しています。プログラムに参加した理由は、微小重力空間でのものづくりに興味があり、それらの産業化に向けた倫理について学びたいと思ったからです。

微小重力空間は物質の密度差による対流が生 じないため、高品質な物質を生成することが出来る



と知られています。これまで、スペースシャトルやISSにおいて、数十マイクロメートルの大きさの揃ったスペースビーズの作製や、タンパク質の結晶化などが行われてきました。特にタンパク質の結晶化はJAXAが主体となって盛んに行われており、日本が誇る世界有数の技術です。

私自身、修士課程から生体材料学を専攻し、体内における薬物徐放や組織修復、体内環境を模倣した研究材料について学んできました。そこから、医薬品の研究に興味を持ち始め、来年度から製薬業に従事する予定です。現在、医薬品業界では、タンパク質を標的とする医薬品、またはタンパク質自体を有効成分とする医薬品が主流になっています。最近では筋ジストロフィーやインフルエンザウイルスに関係するタンパク質が宇宙で生成され、新薬創出につながる研究が行われています。「宇宙創薬」という新しい単語も生まれ、これからの創薬には高品質なタンパク質を生成することが必須であり、産業としての宇宙空間の重要性が高まってきました。幼い頃から興味があったものづくりの分野と、只々眺めているだけで好きだった宇宙がコラボし、これからの医療分野に貢献出来ることを知り、新米業界人として宇宙創薬における倫理的課題について考察したら面白いのではないかと思い、プログラムに応募しました。

ゼミでは文理を問わず、様々なバックグラウンドをもつ学生や社会人と共に学ぶことができ、日々刺激を受けています。4月時点では、宇宙と倫理、どちらの知識もありませんでしたが、講義やゼミを通して少しずつ身につけることが出来ています。また、専門用語を誤って使用した際は先生方が指摘してくださるため、非常に実践的で勉強になる環境で過ごせています。1年間と短い期間ではありますが、業界の宇宙進出をリードできるような考えをもって修了できるよう、ラストスパート頑張ります!

新たに着任した有人宇宙医学委託費技術補佐員の紹介 出口雅規(でぐち・まさき)氏

11月1日付けで技術補佐員として宇宙ユニットに参加いたします、出口と申します。宇宙ユニットに参加するのは今回が2度目です。前回は、2017年12月から2019年3月まで、同じく技術補佐員として、土井先生(現・総合生存学館特定教授)の下で小口径望遠鏡を用いた太陽系外惑星の追試観測(トランジット観測)等に従事しておりました。今回は寺田先生にお声がけいただき、有人宇宙医学に関連した研究に携わりたいと考えております。具体的にどのようなことに関心があるかと申しますと、任意



図 前職の通信制高校の一コマを貼ります。プリント 配布しているのが私です。

の低重力環境を模擬的に再現できる3Dクリノスタットで、重力加速度をパラメータとして、破骨細胞と骨芽細胞の反応を解析したいと考えています。その結果として、宇宙コロニーの人工重力が何G相当分あれば骨密度の低下をこれだけ防げるというような、或る種の妥協点となるような値を示せれば良いな、とwishful thinkingなことを考えています。

また、今度の宇宙ユニットシンポジウムでは、人工重力下で『ししおどし』を設置した場合、地上と同じように設置すると、コリオリカの影響で竹筒に水が正しく注がれずにあたり一面が水浸しになってしまうので、その解決案についてポスター発表できたら良いな、と思っています。

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
	第8回宇宙学セミナー	
	講師:佐藤 達彦 氏	京都大学東一条館1階
12月5日(月)	(日本原子力研究開発機構研究主席/ 大阪大学核物理研究セ	会議室(112/113号室)
11:00 - 12:30	ンター特任教授・京都大学大学院総合生存学館SIC特任教授)	&
	題目:宇宙飛行士や航空機乗務員を宇宙線被ばくから適切に護	Zoomオンライン形式
	る~有人火星探査の宇宙線被ばくリスクはどのくらい?~	

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/seminar/) で公開いたします。

東アジア最大の望遠鏡「せいめい」の技術 栗田 光樹夫 京都大学 理学研究科宇宙物理学教室 准教授

はじめに

せいめい望遠鏡は、京都大学によって岡山県浅口市と矢掛町にまたがる天文台に建設された、東アジア最大の望遠鏡です(図 1 参照)[1]。天体からの光は主鏡、副鏡、第三鏡の順で反射し、観測装置(高性能なデジカメのような装置や分光器)が置かれるナスミス台の上に焦点を結びます。天体を追尾するときには方位と高度の2つの回転軸を駆動させます。

せいめい望遠鏡には二つの大きな特徴があります。一つ目は直径3.8mの主鏡が日本初となる分割 鏡式であること、二つ目は望遠鏡が軽く高速駆動が可能であることです。本編では特に後者について重 点的に解説します。

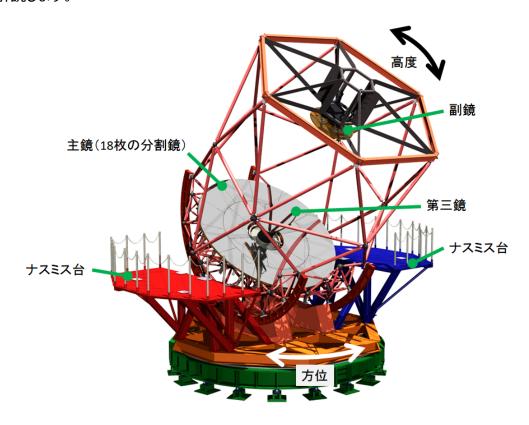


図1 せいめい望遠鏡

分割鏡

主鏡が1枚ではなく複数の独立した鏡から構成されるものを分割鏡といいます。世界最大の鏡は直径8.4mもありますが、これより大きな鏡は製造されていません。これは、8mを超えるガラスの塊を精密に製造する装置、場所、運搬方法などが非現実的なためです。そのため、将来完成する30m望遠鏡(TMT:日本、米国など)は、せいめい望遠鏡と同じ分割鏡方式を採用しています。分割鏡方式で

あれば、小さな鏡を好きなだけ並べ、より大きな主鏡を得ることができます。つまり望遠鏡の大型化には 分割鏡方式が不可欠なのです。

望遠鏡の鏡は数十ナノメートルの精度で作られます。分割鏡もその精度で正しく整列される必要があります。一方、望遠鏡は追尾に伴い高度軸が回転することで重力の働く向きが変わるため、構造が1ミリメートルレベルで変形します。その大きさは要求される精度の実に1万倍以上にもなります。変形した分は、鏡の裏側に取り付けられたアクチュエータと呼ばれるモータにより鏡を傾けたり持ち上げたりすることで補正されます[2]。

軽量化技術

せいめい望遠鏡で行う主なサイエンスとして突発天体の研究が挙げられます。突発天体現象には超新星爆発、X線連星、星表面での爆発現象であるフレアなどがあり、特に重力波源の候補となっているブラックホールや中性子星の合体による爆発などは重要なテーマです。これらの爆発現象は膨大なエネルギーを秒から数時間単位で放出しますが、非常に遠方で起こるため小さな望遠鏡では分光観測を行うことが困難です。また極めてまれな現象で、夜空のどこでいつ起こるか分かりません。このような突発天体をいち早く分光・測光観測する望遠鏡には機動性が求められ、それには軽い構造が不可欠となります。

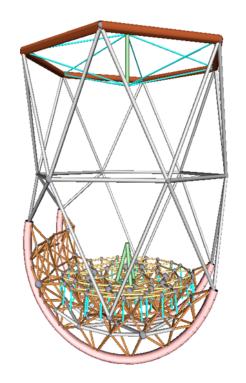
もちろん、ただ軽くすればいいわけではありません。アクチュエータがあるとはいえ、その駆動量にも限界があります。そのため変形が小さい、固い構造が必要となります。一方、固い構造を目指すと多くの材料を使うこととなり、全体の質量が増加して望遠鏡の駆動速度が低下してしまいます。

より軽く、より固いという相反する特性を実現するために、せいめい望遠鏡では遺伝的アルゴリズムという手法を用いて構造の最適化を行いました[3, 4]。最初に適当な設計を与え、それを「進化」させることで、十分な固さを持ちながら最初の設計よりも軽い構造を見つけようという試みです。以下、遺伝的アルゴリズムについて解説します。

遺伝子は生命の進化に不可欠です。子どもの遺伝子は両親の片方と一致するのではなく、交配によって双方の遺伝子を持ちます。こうすることで親とは少し違った子が生まれます。うまくいけば親よりも優れた遺伝子を持つことも可能です。しかし、優れた遺伝子とはなんでしょう。たとえば「足が速い」、「計算が得意」などを優れた遺伝子の基準とするなら、それぞれ「足の速さ」や「計算速度/精度」を表すパラメータを評価すればよさそうです。このように、できたモデルを評価するのに用いられるパラメータを評価関数と呼びます。また、生物の世界では制限された環境の中でより強いものが生き残り、遺伝子を残すような仕組みがはたらいています。しかし、そうだとすると環境に最も適応した生物だけが跋扈する世界が構築されそうですが、実際の自然界はそのようにはなっていません。突然変異により新しい特徴を持つ生物が生まれることで、多様性が保たれています。生物はいつも正しく両親からの遺伝子を受け継ぐだけでなく、ときおり放射線(地球上だけでなく宇宙からも到来する高エネルギーな電磁波や粒子など)が遺伝子に当たり、一部の遺伝子が書き換えられることがあります。その結果、両親とは異なる特徴を持つ子どもが生まれることがあり、これが種の多様性を導きます。このような生命の進化を望遠鏡という構造物にあてはめ、より優れた望遠鏡構造をコンピュータの中で進化させました。具体的には以下のような流れとなります。

- 1)技術者が最初の設計図を作る(その設計図を父親とする)
- 2) その設計図とは少し違った構造を突然変異により作る(その設計図を母親とする)。突然変異は乱数によって生成される。
- 3) 父親と母親の設計図から、それらをかけ合わせた設計図を複数作る(交配)。かけ合わせる比率はコンピュータがランダムに決める。同時に突然変異もランダムに加える(こうしてできた設計図を子どもとする)。
- 4) 評価関数を参照して、子どもの中からより軽く固い構造を選び(選択)、それを親として次の子どもの設計図を作る

以上の交配、変異、評価、選択をアルゴリズム化して反復計算することで、徐々に優れた設計図がコンピュータの中で自動的に作られていきます。その際、好き勝手に突然変異が許されるかというとそうではなく、たとえば、材料は鉄のみであるとか、光路を遮るような部品があってはいけない、などといった環境条件を決めておきます。また、実際の交配や突然変異の方法も生命そっくりです。コンピュータの中ではすべての情報が2進数、つまり0と1の配列で扱われます。たとえば「Hello」は2進数で「0100100001100101011011011011011011111」となります。設計図もこれと同じように0と1でできた遺伝子のリボンになります。これらを適当なところで切り貼りすれば交配になり、ランダムに書き換えれば突然変異となります。こうして出来上がった設計図を図2に示します。進化(最適化)の結果、400kgの軽量化と仕様を満たす固さの両方を実現しました。



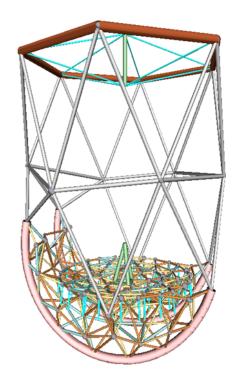


図2 遺伝的アルゴリズムによる構造の最適化

以上のようにせいめい望遠鏡では国内初、世界でも2例目となる分割式望遠鏡技術の獲得のために、 要素技術の開発を行ってきました。これらの技術はさらなる大型望遠鏡実現のために必須の技術となる と同時に海外の研究機関からも注目されています。実際にせいめい望遠鏡の姉妹機がインドネシアに建 設中です。また、本編では紹介しませんでしたが、鏡づくりの技術はベンチャー企業によって社会還元されています[5-8]。

※本編は花山星空ネットワークの会報「あすとろん」43号「せいめい望遠鏡のとその技術」に掲載した 記事を一部変更したものです。

参考文献・リンク

- [1] "The Seimei telescope project and technical developments"
- M. Kurita, M. Kino, F. Iwamuro, K. Ohta, D. Nogami, H. Izumiura, M. Yoshida, K. Matsubayashi, D. Kuroda, Y. Nakatani, K. Yamamoto, H. Tsutsui, M. Iribe, I. Jikuya, H. Ohtani, K. Shibata, K. Takahashi, H. Tokoro, T. Maihara, T. Nagata PASJ, Vol. 72, 3, 48 (2020)
- [2] "Development status of the segmented mirror control system in Seimei Telescope", I. Jikuya, K. Ueno, M. Kino, M. Kurita, K. Yamada, SPIE, 1145152 (2020)
- [3] "Light-Weight Telescope Structure Optimized by Genetic Algorithm"
- M. Kurita, H. Ohmori, M. Kunda, H. Kawamura, N. Noda, T. Seki, Y. Nishimura, M. Yoshida, S. Sato, T. Nagata, SPIE, 77333E (2010)
- [4] "Ultra-Lightweight Telescope Mount", M. Kurita, S. Sato, N. Noda, PASP, Vol. 121, 266 (2009)
- [5] "Interferometric testing for off-axis aspherical mirrors with computer-generated holograms", M. Kino, M. Kurita, Applied Optics, Vol. 51, 19, pp. 4291-4297 (2012)
- [6] "A new manufacturing system for free form and large optics", M. Kurita, H. Tokoro, K. Takahashi, M. Kino, SPIE, 114510N (2020)
- [7] "Dragging three-point method for measurement of telescope optics", M. Kurita, Y. Morimoto, N. Emi, Optics Continuum Vol.17, pp.1552-1564 (2022)
- [8] "Data-stitching algorithm based on elasticity", M. Kurita, and A. Ishii, Applied Optics, Vol.61, pp.8333-8340 (2022)

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆さんのご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人:名越 俊平(宇宙ユニットRA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp