

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2018 年 12 月号



第 12 回 宇宙ユニットシンポジウムのお知らせ

2019 年 2 月 9 日—10 日（土・日）の 2 日間に渡り、毎年恒例の宇宙ユニットシンポジウムを開催いたします。今年度の主題は「人類は宇宙社会をつくれるか？」と設定し、副題には昨年度と同じく「宇宙教育を通じた挑戦」を設定し、多様な宇宙開発利用・最先端研究・有人宇宙活動・宇宙教育普及活動などが交じり合うポスター展示交流会を設けます。皆さまのご参加をお待ちしております。

●日程・2/9（土） 13:00-17:30：ポスター展示交流会「宇宙研究の広場 2019」

・2/10（日） 10:00-17:30：シンポジウム講演会 + パネルディスカッション

●会場： 京都大学国際科学イノベーション棟 5 階 シンポジウムホール + ホワイエ

●参加申込： 事前申込が必要で、下記の詳細ページより後日ご案内いたします。参加費無料。

<https://www.ussf.kyoto-u.ac.jp/symposium12.html>

「宇宙研究の広場 2019」 出展募集中！（締切：12 月 11 日）

宇宙ユニットシンポ初日（2 月 9 日）には、ポスター展示交流会「宇宙研究の広場 2019」を実施します。様々な宇宙関連活動をする人・団体が、ポスターを並べ交流を深める場です。出展内容は「宇宙」に関係すれば何でも構いません。研究・教育・ビジネス・普及啓発など多様な活動をご紹介します。

（詳細：<https://www.ussf.kyoto-u.ac.jp/etc/symp12/190209-poster.html>）

出展応募方法

Web フォームに必要事項を記入し送信してください。内容を審査の上、採択された方へご連絡致します。シンポジウムに関する問い合わせは、メールにてお願いします。

Web フォーム：<https://goo.gl/forms/b95arhUwKntZGq833>

問い合わせ先：ussf-event@kwasan.kyoto-u.ac.jp



過去の「宇宙研究の広場」の様子

宇宙医学ワークショップ開催のご案内

2019年1月11日（金）に分野横断プラットフォーム構築企画・宇宙医学ワークショップ「人類の宇宙進出時に必要となる宇宙医学・生物学研究」を開催いたします。

現在の有人宇宙ミッションは国際宇宙ステーション（ISS）での6か月間の宇宙滞在が主流です。今後は、NASAやJAXAなどの宇宙機関が、月面有人ミッションや火星ミッションを計画しており、人類の宇宙滞在は数年または数十年単位になることが予想されます。そのため、宇宙環境が人体へどのような影響を及ぼすかを研究する「宇宙医学」が益々重要となります。しかし、これまでの宇宙医学はスペースシャトルミッションの2週間程度やISS滞在の6か月程度の宇宙滞在をした宇宙飛行士をターゲットにしたものが主流で、数年単位の宇宙滞在をした人類は存在しないため、地上での模擬宇宙環境実験しか行われていません。また、今後は民間人のサブオービタル（低軌道）宇宙旅行なども計画されており、健康な宇宙飛行士だけでなく一般の人々（高齢者も含む）が宇宙を体験する日も近い将来現実のものとなります。現在の宇宙医学はこれら一般人を対象としたものでないため、新たな観点から宇宙医学を考えていく必要があります。

そこで、各宇宙医学分野（骨格、精神心理、宇宙放射線など）で現在活躍している研究者を集め、最新の研究について意見交換を行い、日本としての宇宙医学の方向性を話し合うことを目的とし、下記のようにワークショップを開催することになりました。奮ってご参加をお願いします。

開催日時: 2019年1月11日（金）午前10時から17時

開催場所: 京都大学 理学研究科セミナーハウス

http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/access/campus/yoshida/map6r_n.html

（構内マップ・10番の建物）

問い合わせ先: 京都大学宇宙総合学研究ユニット 寺田

E-mail: terada.masahiro.2m@kyoto-u.ac.jp

Tel: 075-753-9665

プログラム:（敬称略）

- 10:00-10:10 開会の挨拶（京都大学宇宙総合学研究ユニット 寺田昌弘）
- 10:10-10:35 電離放射線の健康影響（電力中央研究所 浜田信行 主任研究員）
- 10:35-11:00 フライトサージエンの役割（JAXA 嶋田和人 医長）
- 11:00-11:25 心循環器への影響①（愛知医科大学 岩瀬敏 教授）
- 11:25-11:50 筋骨への影響（久留米大学 志波直人 教授）
- 11:50-12:15 宇宙飛行士のリハビリテーション（杏林大学 山田深 准教授）
- 12:15-13:30 ランチタイム
- 13:30-13:55 心循環器への影響②（岐阜医療科学大学 田中邦彦 教授）
- 13:55-14:20 閉鎖環境影響（JAXA 井上夏彦 主任開発員）
- 14:20-14:45 宇宙酔いメカニズム（日本大学 野村泰之 診療准教授）
- 14:45-15:10 民間宇宙旅行（東京慈恵会医科大学 関口千春 客員教授）
- 15:10-15:20 休憩（グループ討論準備）
- 15:20-16:20 グループ討論（骨格系影響、心理的影響、心循環影響）
- 16:20-16:55 グループ発表・まとめ
- 16:20-16:55 閉会の挨拶

開催報告：第 8 回宇宙学セミナー

11 月 9 日（金）に第 8 回宇宙学セミナーが東一条館で開催されました。今回は、大学院講義「宇宙学」の一環として、山形俊男 氏（宇宙総合学研究ユニット 特任教授）をお迎えして、「空と海の熱波について」という題名でご講演いただきました。山形先生は、1980 年代にエルニーニョ現象の基本的な発生メカニズムを提唱された世界的に著名な研究者です。ご講演では、今夏のすさまじい猛暑の一要因がインド洋赤道域におきる気候変動現象（ダイポールモード現象）であること、エルニーニョ現象が冷夏をもたらす仕組みなど、身近な気候現象を分かりやすく解説頂きました。講演後は、会場の学生から多くの質問があり、議論等が大変盛り上がりしました。（寺田昌弘 記）

開催報告：第 9 回宇宙学セミナー

11 月 29 日（木）に二川健 氏（徳島大学大学院医歯薬学研究部 教授）をお迎えして、第 9 回宇宙学セミナーを開催いたしました。二川先生は、宇宙での筋萎縮をご研究されており、これまでの宇宙での筋研究の功績を評価され、今年度の第 3 回宇宙開発利用大賞で文部科学大臣賞を受賞されました。本宇宙学セミナーでは、「無重力や寝たきりによる筋萎縮の分子メカニズムとその予防に対する栄養学的アプローチ」という題名で、これまでの宇宙実験の成果や、筋萎縮を予防する宇宙食の開発など大変興味深いお話をいただきました。講演後は、会場から多くの質問がありました。骨格筋の萎縮は宇宙では大きな問題であり、二川先生方の成果によって効果的な予防や対処方法が開発されることを期待します。（寺田昌弘 記）

開催報告：第 10 回宇宙学セミナー

11 月 30 日（金）に國澤朋久 氏（経済産業省産業製造局宇宙産業室 室長補佐）を迎え、第 10 回宇宙学セミナーを開催いたしました。今回の宇宙学セミナーは、「[第四次産業革命下における宇宙産業政策 ～「Tellus」政府衛星データのオープン＆フリー化～](#)」という題目の講演で、宇宙産業の世界情勢と日本の現状、政府における宇宙政策体制と目指す方向性、宇宙利用産業拡大に向けた取組などについて、解りやすくご紹介いただきました。会場の小林・益川記念室には、部屋が狭いと感じる程の参加者が集まり、特に宇宙データビジネスの新しいプラットフォーム「[Tellus](#)」について参加学生・研究者から活発な質問が出され、時間の都合上途中で止めざるを得ない程に質疑応答・議論が盛り上がりしました。ご講演いただいた資料のうち公開可能な一部のみですが、Web の[宇宙学セミナーのページ](#)に掲載しましたのでご参照ください。（水村好貴 記）

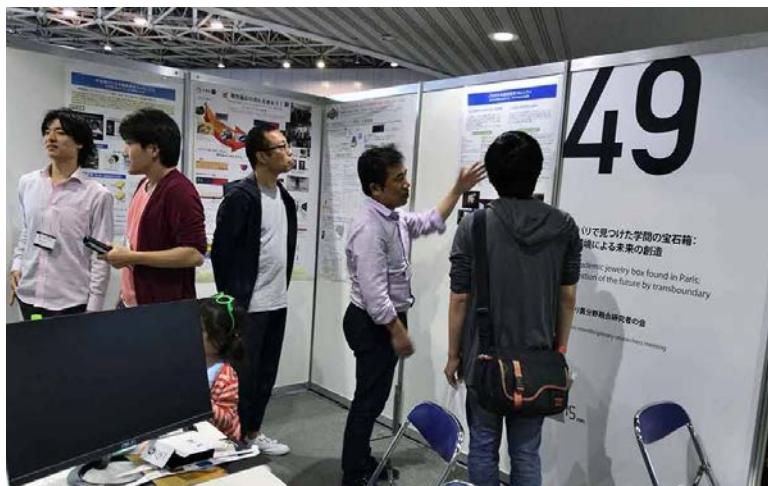
今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	場所
12 月 6 日（木） 16:30～18:00	第 11 回宇宙学セミナー （主催） 科学技術に伴うリスク Technology-driven risks : 「宇宙政策とデュアルユース」 講演者：中野 不二男 氏（宇宙総合学研究ユニット 特任教授）	会場：京都大学 東一条館 201 大講義室 学生・研究者対象
1 月 11 日（金） 10:00～17:00	宇宙医学ワークショップ「人類の宇宙進出時に必要となる宇宙医学・生物学研究」	会場：京都大学 理学研究科 セミナーハウス 学生・研究者対象
2 月 9 日（土） 13:00～17:30 2 月 10 日（日） 10:00～17:30	第 12 回 宇宙ユニットシンポジウム 「人類は宇宙社会をつくれるか？—宇宙教育を通じた挑戦—」 2 月 9 日 ポスター展示交流会「宇宙研究の広場 2019」+ 基調講演 2 月 10 日 シンポジウム講演 + パネルディスカッション	会場：京都大学国際科学イノベーション棟 5 階 一般対象

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

協賛出展報告：サイエンスアゴラ

11月10日及び11日に、東京・お台場で行われたサイエンスアゴラ（主催：JST）にて、「パリ異分野融合科学者の会」名義で「パリで見つけた学問の宝石箱：越境による未来の創造」の出展を行い、宇宙飛行士の視神経組織に起きる異常のメカニズムについての研究をはじめとする異分野融合研究の成果を発表いたしました。2日間合わせて100名余りのご来場を頂きました。



ありがとうございました。得られた成果の内容だけでなく、異分野研究への我々の取り組みに賛同いただける方が数多く、今後の活動の励みになりました。京都大学宇宙学総合ユニットをはじめとする協賛団体各位に感謝いたします。

来年のサイエンスアゴラにも出展予定です。ご期待ください。（工学研究科 准教授 掛谷一弘 記）

宇宙飛行による眼病発症のメカニズムに関する研究

工学研究科 電子工学専攻 准教授 掛谷一弘

Lariboisière 病院 研究員 篠島亜里

1. はじめに

京都大学大学院工学研究科 電子工学専攻 集積機能工学講座では、低温物性物理学とその応用に関する研究を行っています。例えば、高温超伝導体からジョセフソン効果により放射されるテラヘルツ電磁波の特性を解明し、テラヘルツ光源として実用化させることを一つの目標にしています。

そのような研究室で表題のような宇宙医学の研究を？と疑問に思った読者もいらっしゃると思いますので、経緯を簡単に説明します。2017年、掛谷は共同研究のために6か月にわたってフランス・パリに滞在していました。パリには多くの日本人研究者が長期・短期で滞在しており、研究・生活に関する情報交換のための会が「若手物理学者の会」や「日本人研究者会」といった名前で実施されています。掛谷はそれらの会で眼科医かつ宇宙医学関係の仕事をしている篠島、脳神経内科医の多田智氏と知り合いになり、本研究が始まりました。つまり、この研究は、多様性の街パリで始まった学際研究の結晶と言えるわけです。

2. 宇宙飛行士の眼病の歴史

2000年10月31日、長期滞在の準備が整ったISSに最初のソユーズ宇宙船がドッキングし、第

1 次長期滞在チームが活動を開始しました。宇宙空間では、地表での重力の 100 分の 1 以下である微小重力のために、宇宙飛行士の身体に様々な変化が現れます。地表で常時使用している足腰の筋力が衰えるだけでなく、大脳や視神経など体の内部にも異常がでることがわかってきていました。宇宙飛行士の眼病に関しては、一般に論文として報告されたのは 2011 年でした。眼の異常の例として、長期滞在後に図 1 に示すように、眼球の後部がつぶれ、眼球と脳をつなぐ視神経の周辺組織が変形し、近くの見えにくさが報告されました。主要国の宇宙機関で、その謎が解明できないため、脳と眼に関する項目が最重要課題として取り上げられることとなりました。

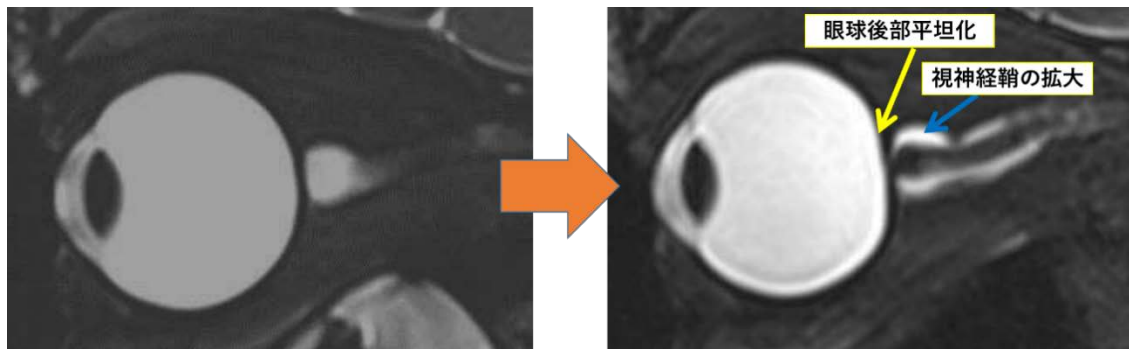


図 1. 40 代半ばの宇宙飛行士の宇宙飛行前に撮影された眼球周辺組織の MRI 画像（左）。半年程度の長期滞在を終え、帰還後 6 日目に撮影された MRI（右）。（出典元・Brunstetter, T. NASA・一部改変）

3. 宇宙飛行士の眼病のメカニズムの解明に関する研究の歴史

宇宙での視神経周辺組織の変形の中で最も顕著なのは、視神経を取り囲む視神経鞘の拡大です。地上では、視神経鞘拡大は頭蓋骨内部の髄液の圧力が上昇していることを示唆します。臨床の現場では、どれくらい髄液圧が上がっているかについて、腰の安全な部位に太い針を刺して髄液の圧を測定します。しかしそのような身体を傷つける検査を、重力がほとんど無い ISS 内で行うことは現実的ではありません。一方で視神経鞘の形状は、身体を傷つけない超音波検査によって観察可能であり、ISS 内でも行われています。宇宙飛行中に視神経鞘拡大を含む眼球形態異常が認められた宇宙飛行士は、帰還後に髄液の圧を測定することがあり、実際に、地球に帰還後も髄液の圧が上昇したままである宇宙飛行士がいることが報告されました。一方、眼球形態異常が認められているにもかかわらず髄液圧が上昇していない宇宙飛行士もいることがわかったため、従来 VIIP（Vision Impairment and Intracranial Pressure）と呼ばれていたものが 2017 年に SANS（Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome）という名称に変わりました。

4. 宇宙飛行士の眼病のメカニズムの解明に関する研究への取り組み

本研究では第一に、宇宙飛行中の髄液圧を推測するために、まず、眼球後部に存在する視神経鞘に着目しました。解剖して取り出した人間の視神経鞘の内部に圧力を加えた場合の直径変化に関する既存の研究成果を用いて、図 2 のような視神経鞘の薄肉管モデルを作成しました。次に、飛行中に超音波測定された視神経鞘直径から髄液圧を推定した結果、飛行中の髄液圧は 210mmHg にも上がることがわかりました。正常範囲と言われている髄液圧は側臥位での測定で、概ね 10～18 cmH₂O [7～13 mmHg] の範囲にあり、推定された値はその 10 倍にも達します。このような髄液

圧では、ミッション遂行どころではなくなってしまいます。つまり、視神経鞘の拡大は髄液圧の上昇のみでは説明できないという結論になり、議論は行き詰ってしまいました。ちょうどその頃、米国の研究グループによって ISS に長期滞在後の宇宙飛行士の**大脳が地上への帰還後も上方へ移動したままになっている**、という衝撃的な論文が出版されました。その内容を吟味していくうち、私たちに天啓が授けられました。すなわち、(1)大脳の上方移動に伴って、眼の後ろにある骨（眼窩）の隙間を通して大脳と繋がっている視神経が後ろに引っ張られ移動する。(2)視神経を取り囲む硬膜（図 2・黄色・灰色の円筒部分）は眼窩の骨膜とつながっているために、視神経と一緒に後ろに下がることはできず、眼球を押し戻すような力が働く。(3)その結果、視神経鞘が拡大・変形し眼球後部平坦化が起きている、と考えたのです。つまり、宇宙飛行士の場合、大脳が頭頂方向に移動することに伴い、大脳と繋がっている視神経が後ろへ引っ張られ、髄液圧とは関係なく視神経鞘が拡大することを私たちは指摘しました。私たちの主張により、各国宇宙開発機関で宇宙飛行士の健康診断プロトコルが改訂されることになるでしょう。

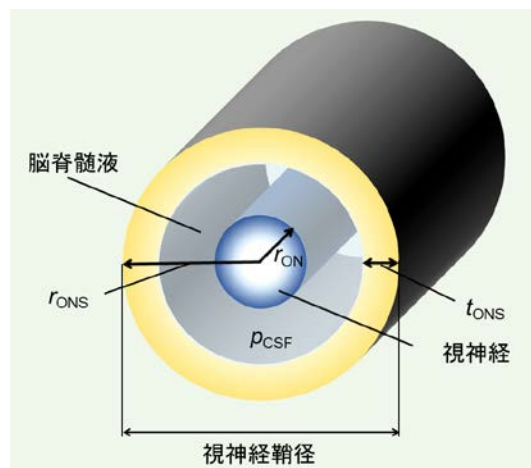


図 2. 髄液圧を検討するために導入した視神経鞘の薄肉管モデル。

5. おわりに

先日、京都大学総合博物館へ、「ノーベル賞化学者を育んだ教室—応用をやるには基礎をやれ—2018 年度企画展」に足を運び、福井謙一先生が終生の師・喜多源逸教授より受け継いだ、この言葉の重みを感じながら帰宅しました。

本研究は、掛谷は研究者として 22 年、篠島は医師として 12 年めでの成果となりました。宇宙医学研究は専門が無ければまずやることが出来ないと言われています。眼科専門医でもある篠島は、眼科の基礎および臨床がこの宇宙医学研究への応用につながったと考えています。掛谷氏の本研究の多大な功績である視神経鞘モデルの作成は、物理学の応用に当たります。今後さまざまな宇宙医学関連の問題解決につながるよう、今、目の前にある課題に真剣に取り組んで行きたいと考えています。

<論文タイトルと著者>

タイトル : Association of Space Flight with Problems of the Brain and Eyes.

著者 : A. Shinojima, I. Kakeya, S. Tada.

掲載誌 : JAMA Ophthalmology.

DOI : 10.1001/jamaophthalmol.2018.2635

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<http://www.uss.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 403 号室

編集人 : 出口雅規

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