

佐藤勝彦先輩の『宇宙の研究』

「あすへの話題」から

2023 年 1 月 吉日

我部山 民樹

1. はじめに

日本経済新聞（夕刊）「あすへの話題」欄に複数の各界の著名人が半年に亘って書いた記事を掲載されるそうですが、宇宙論の第一人者で我が母校の佐藤勝彦先輩が、2022 年 7 月 6 日より、12 月 21 日までの水曜日を担当されました。

OBの方から 10 月 5 日まで連載した記事のコピーを頂いて読ませていただいて、まず母校の同級生に紹介しようと思ったのですが、いっそのこと同窓生の方々などにも紹介させてもらいたいと思い立ちました。宇宙については素人の自分には難解なので調べながら読ませてもらったので、それ等を注釈（囲いの中）として加え、更に画像を取り入れることにより、少しでも理解が深まればと思い、作成してみました。

佐藤 勝彦先輩は、日本の宇宙物理学者で、専門は宇宙論です。

インフレーション宇宙論の提唱者として世界的に著名な方で、ノーベル賞候補とされています。理論が正しいことは認識されているそうですが、実証されないとノーベル賞は受賞できないようです。

米欧の国際協力で進めている 2028 年に打ち上げ予定のライトバード衛星で、B モード偏光が検出されればインフレーション理論の証明になり、ノーベル賞の受賞は間違いないと理解しています。あのブラックホールも理論が実証されるまでに半世紀ほどかかり、2020 年にやっとノーベル賞を受賞しました。



○プロフィール

東京大学名誉教授、大学共同利用機関法人自然科学研究機構長、明星大学理工学部客員教授、日本学士院会員、2017 年お茶の水女子大学学長特別招聘教授を歴任されました。

香川大学付属中学校を卒業、香川県立丸亀高校を昭和 39 年（1964 年）に卒業され、その後、京都大学物理学科および大学院理学研究科物理学第 2 専攻天体核物理学研究室で林四郎教授に師事されました。

業績は 2015 年 2 月 11 日に東京丸高会が開催した「佐藤勝彦さんの文化功労者彰をお祝いする会」（注. 香川県で 3 人目）での資料をお借りします。

『左藤先生の業績を素人が語るのは至難の業ですので、先生の後輩に当たられるビッグバン宇宙研究センター横山順一教授の言葉をご披露させていただきます。

「佐藤先生は、素粒子物理学を天体物理・宇宙論に応用した世界的な先駆者です。まず、重力崩壊型超新星爆発においてニュートリノが 10 秒間程度中心部に閉じ込められることを示し、これは後に超新星 1987A によって実証されました。また、宇宙論・天体物理からニュートリノ質量や世代数をはじめとする各種素粒子の性質を制限し、今日の素粒子論的宇宙物理学の方法論を確立されました。さらに、相互作用の大統一理論に基づき、真空の相転移にともなって、宇宙が何十桁も指数関数的に膨張することを示し、ビッグバン宇宙論をインフレーション宇宙論へと発展させました。その際、宇宙の大規模構造の種となり得る揺らぎが生成可能なこと、磁気モノポール問題が解決可能であること、また急激な宇宙膨張によって因果関係をもち得る宇宙の地平線が十分広がることにより、大きな領域にわたって一様に正のバリオン数をもつ物質宇宙が実現することを示しました。さらに、この相転移の進行にともなって、宇宙が自己相似的に多重発生することを示しました。これは「唯一絶対の宇宙」という古典的な宇宙観を、「多種多様な宇宙の中でのわれわれの宇宙」という考え方に変更することを迫った画期的なものです。

これらの研究成果によって、1989 年第五回井上學術賞、1990 年第三十六回仁科記念賞を受賞、2002 年には紫綬褒章を受章され、2010 年には日本学士院賞を受賞されると共に、2013 年より学士院会員を務められています。」』

お祝いの会場にて



尚、昨年、読売新聞に佐藤先輩の少年期より現在に至るまでの記事が連載されました。それらをまとめた記事を「丸高 41 会」のホームページに掲載しましたので併せて御覧になってください。「丸亀高校 41 会」または「丸高 41 会」で検索できます。

2. 「日本経済新聞『あすへの話題』宇宙物理学者 佐藤勝彦」より

2-1. 目次

① 宇宙の研究	(2022 年 7 月 6 日)
② 夜空の彼方に何がある？	(2022 年 7 月 13 日)
③ ムクドリ	(2022 年 7 月 20 日)
④ 星空を楽しむ	(2022 年 7 月 27 日)
⑤ 夜空が暗いのは？	(2022 年 8 月 3 日)
⑥ 大文字の送り火	(2022 年 8 月 10 日)
⑦ 「ダーク」の宇宙	(2022 年 8 月 17 日)
⑧ 我ら何者なるや	(2022 年 8 月 24 日)
⑨ 無からの創生	(2022 年 8 月 31 日)
⑩ 野菜スタンド	(2022 年 9 月 7 日)
⑪ ライトバード衛星	(2022 年 9 月 14 日)
⑫ 宇宙のエントロピー	(2022 年 9 月 21 日)
⑬ 待宵草	(2022 年 9 月 28 日)
⑭ 美は真、真は美	(2022 年 10 月 5 日)
⑮ 美とは？	(2022 年 10 月 12 日)
⑯ 私たちは星のカケラか	(2022 年 10 月 19 日)
⑰ 宇宙生命学	(2022 年 10 月 26 日)
⑱ 湯川秀樹と世界連邦	(2022 年 11 月 2 日)
⑲ 知的生命体は自滅するか？	(2022 年 11 月 9 日)
⑳ 博士とイノベーション	(2022 年 11 月 16 日)
㉑ 宇宙の未来	(2022 年 11 月 30 日)
㉒ タイムマシンと物理法則	(2022 年 12 月 7 日)
㉓ 日本の科学再生に向けて	(2022 年 12 月 14 日)
㉔ 人は神の創造物か？	(2022 年 12 月 21 日)
㉕ 地球人の未来は無限か？	(2022 年 12 月 28 日)

① 宇宙の研究 (2022 年 7 月 6 日)

私は宇宙の誕生や進化などを研究している物理学者だ。博士課程を修了して 4 年近くたっても定職がないころ、中学時代の卒業以来会うことの無かった友人に出会った。「今、僕は宇宙の研究をしています」というと「良いですね、趣味が仕事になっているなんて羨ましい！」と言われた。

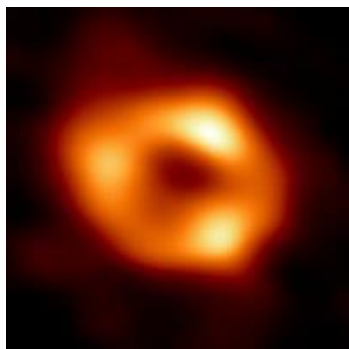
私は即座に「とんでもない、とても競争の激しい分野なのですよ、何か良いアイデアに気づくかもしれないし、すでに気づいてそのアイデアに基づき研究を始めているのかもしれないですよ」と答えた。しかし、なんとか大学に職を得て、宇宙の研究を生涯できるようになった。

振り返ってみれば、私は子どものころ抱いた好奇心を持ち続け、ただ知りたいことを研究しているだけだ。それで生業を得られるなんて、やはりこの友人の言ったとおりだと思う。しかもこの間、宇宙の研究は飛躍的に発展した。私が研究を始めたころ、宇宙の年齢は 200 億年か 100 億年かもわからなかったが、今や 138 億年とほぼ決まった。アインシュタイン（相対性理論で有名）が予言した時空のさざ波とよばれる空間が伸び縮みする波、重力波も発見された。しかもこの重力波は 2 つのブラックホール (*1) が合体するときに生じる波だったのである。

*1. ブラックホール

ブラックホール (black hole) とは、宇宙空間に存在する天体（宇宙空間にある物体）のうち、極めて高密度で、強い重力のために物質だけでなくさえ脱出することができない天体である。

2019 年 4 月 10 日、研究チームは世界 6 か所で同時に行われた記者会見において、巨大ブラックホールとその影の存在を初めて画像で直接証明することに成功したことを発表しました。



しかし、新たな謎も発見された。宇宙に存在する物質エネルギーのほとんどは、正体不明の物質ダークマター (*2) やダークエネルギー (*3) で、95%を占める。原子など普通の物質は5%にすぎない。これから半年間、宇宙物理屋として、日々の日常生活で感じている思いを書き連ねたいと思っている。

*2. ダークマター（暗黒物質）

宇宙が何でできているかを調べてみると、われわれが知っている、陽子や中性子など“目に見える”（観測されている）物質は全体の約5パーセントにすぎない。

い。その5～6倍は未知の物質（ダークマター）が占めていると考えられます。残りはダークエネルギーと呼ばれている正体不明のものです。これまで宇宙の観測に利用されてきたのは、主に光や X 線、赤外線などの電磁波ですが、“暗黒”物質というのは、電磁波での観測では見ることができないため、“暗黒（ダーク）”という呼び名がついている。

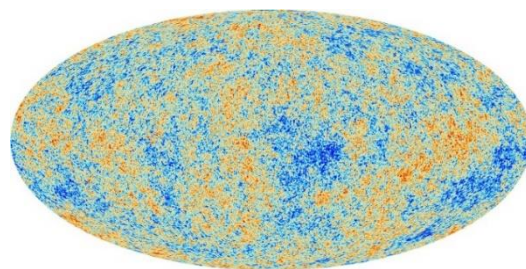


電磁波（でんじは、英：electromagnetic wave）は、電場と磁場の変化を伝搬する波（波動）である。電磁波は波と粒子の性質を併せ持ち、散乱や屈折、反射、また回折や干渉など、波長によって様々な波としての性質を示す一方で、微視的には粒子として個数を数えることができる。電磁波の量子（物理学において用いられる、様々な物理現象における物理量の最小単位）は光子（光の微粒子）である。**電磁放射**（英：electromagnetic radiation）とも呼ばれる。

日常生活で知られる光や電波などは電磁波の一種である。

*3. ダークエネルギー（暗黒エネルギー）

ダークエネルギー（ダークエナジー、**暗黒エネルギー**、英：dark energy）とは、現代宇宙論および天文学において、宇宙全体に浸透し、宇宙の膨張を加速していると考えられる仮説上のエネルギーである。2013 年までに発表されたプランクの観測結果からは、宇宙の質量とエネルギーに占める割合は、原子等の通常の物質が 4.9%、暗黒物質（ダークマター）が 26.8%、ダークエネルギーが 68.3%と算定されている。



[トップへ](#)

②夜空の彼方に何がある？（2022 年 7 月 13 日）

私は学生時代、毎年、夏の北アルプスなどの山に登った。澄み渡った夜空に輝く星は瞬くこともなく威風堂々と輝き圧倒される。岩に寝ころび星空を眺めると自分の体が宇宙で浮かぶような錯覚さえ覚える。

もう 20 年前の事であるが、ある出版社の企画で宇宙ファンでもある加山雄三さんとトークショーをした。私が高い山の星空の素晴らしさを話すと、すかさず加山さんは「イヤー、最高の星空は南太平洋でヨットの甲板で寝そべって見上げる星空ですよ」と返してきた。素晴らしいクルーザーをもっていて、船旅を楽しんでいた彼に、一本取られた。

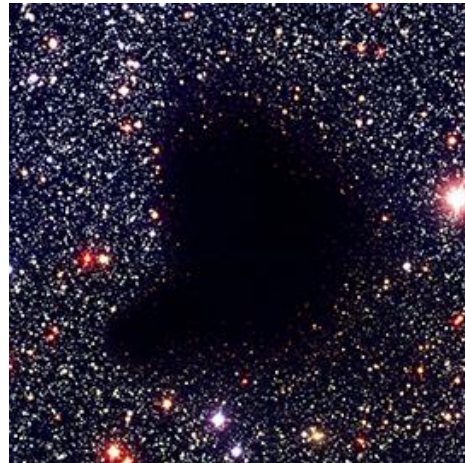
しかし、今なら「イヤー、加山さん、それよりも、チリのアカタマ砂漠で見る夜空の方がずっと素晴らしいですよ！」と反論できる。2013 年、日米欧の世界三極が協力し、標高 5,000 メートルのアカタマ砂漠に建設されたアルマ望遠鏡（*4）の完成式典が行われ、私も出席した。アルマ望遠鏡は 66 台のパラボナアンテナを、東京の山手線ほどの広さに並べた巨大電波望遠鏡である。私の実際見た夜空は、いくらか下ったサンペドロの村からではあったけれど、南半球で見る天の川は、その中心部がよく見えるので、太く力強く、すごい迫力だった。

*4. アルマ望遠鏡

66 台のパラボナアンテナ
視力 6000 に相当



アルマ望遠鏡で見る星空の例



コロナ禍前の夏、八ヶ岳山麓のリゾート地に子供たちの家族と過ごした。アタカマ砂漠には及ばないけれど、孫たちと寝そべって星空を鑑賞し幸せな時間を過ごした。

忙しく日々をおくっておられる方も、この夏は高地のリゾート地で星空を眺め、「夜空の彼方に何があるのか？」などと思いを巡らせてはいかがでしょうか。

[トップへ](#)

③ [ムクドリ](#) (2022 年 7 月 20 日)

この 2 年余、コロナ禍でほとんど自宅でテレビ会議の生活となった。よく散歩で近くの小さな公園にも行く。この春ごろからムクドリの群れがやってくるようになった。ムクドリは大集団で騒ぎ、糞をまき散らす。しかし、目の前で黄色いくちばしや尻尾を振りながら草の原を駆け回り、虫などを探している姿は可愛らしい。



一羽のムクドリをしつこく追っかけるストーカーが現れた。メスを追っかけるオスらしい。メスは「アンタなんか問題外」という感じで無視し続け、ひたすらに公園の中を駆け地面を啄(ついば)み続ける。メスが一瞬立ち止まるとオスは羽を震わせ、僕はこんなにハンサムだよと言わんばかりにディスプレイを行う。しかし、メスはちらっと見ただけで、また公園を駆け回る。テレビの自然番組でいろんな鳥のユーモラスな恋のディスプレイを見たが、目の前で直接見るのは始めてだ。結局 2 羽とも飛び去ったので恋が実ったかは分からない。

遺伝子のでたらめな突然変異と、その変異が生存に適したものだけが生き残るという自然選択(注. 自然淘汰ともいう)で生物は進化してきた。遺伝子を組み替え、より多様な子孫、種を生む出すオス・メスという性の誕生は、生命の種が激増したカンブリア紀(注. 約 5 億 4100 万年前から約 4 億 8540 万年前までの約 5560 万年の期間に相当する。)の爆発を生み出したと言われている。性の誕生は進化の大爆発だ。しかし、今、自認する性と生物学的性が一致しないトランスジェンダーの存在など L G B T (*5) がクローズアップされてきた。

*5 L G B T

レスビアン (Lesbian)、ゲイ (Gay)、バイセクシュアル (Bisexual) の 3 つの性的指向と、トランスジェンダー (Transgender) という性自認の各単語の頭文字を組み合わせた表現である。

性も多様であることが分ってきた。人は知的な生物体として多様な文化を生み出し発展してきた。誰もが生きる喜びを共に感じられる差別のない社会であってほしい。

[トップへ](#)

④星空を楽しむ（2022 年 7 月 27 日）

都会に住む方々にとっては、済み渡った星空の美しさを楽しむには標高の高いリゾート地が良いだろう。しかし、それでも住宅街などでは、それなりに明るい星や星座を楽しむことはできる。夏の夜に涼みがてらに散歩するのも良い。今の時期なら夕食後、散歩に出かけると、天頂東寄りに白鳥座が見える。星座としては見えなくても、白鳥のしっぽに輝くデネブ（注. 白鳥座 α 星）、そして隣のこと座のベガ（織姫星、おりひめぼし）、そしてわし座のアルタイル（牽牛星、けんぎゅうせい）は見えるかもしれない。夏の大三角の星々だ。

この冬のことだが、金星、木星、そして月が西南の空に見えていたのでスマホを向け写真を撮った。きれいに撮れたので Line(ライン)で妻や子供に送り、自慢した。これに味をしめ、安価なクリップ式ズームレンズと望遠鏡のセットを買った。しかし解像度も低く、満足できなかった。このセットで撮影した星空の写真がネットに多数出ているが、高級スマホで空気の澄みきった好条件で撮影されたものだろうか。

都会の人にとって星空を楽しむのは、各所で行われている星空観望会に出かけることも一興だろう。私は香川県高松市こども未来館の名誉館長を務めている。ここでも夏の宵には親子連れで夜空を楽しんでいただく観望会を開いている。さらに、昼間の仕事で疲れ切っている方のために、夕刻にプラネタリウムを開き「ヨルネタリウム」も開催している。同じような催しは全国のプラネタリウムでも行われている。満天の星空の下で静かに音楽を聴きながら、そして時には居眠りしながら、宇宙に夢をはせていただければと願っている。

[トップへ](#)

⑤夜空が暗いのは？（2022 年 8 月 3 日）

夜空はどうして暗いのか？こう聞かれると、太陽が沈んでいるのだから当たり前だと思うだろう。しかし夜空には星が輝いている。惑星を除いた星は、太陽と同じく自らエネルギーを生み出し輝いているらしいとわかってきたころ、もし星の個数密度が宇宙のどこでも一様とすると、夜空は明るく輝くはずと議論されるようになった。

星の見かけの明るさは、距離の 2 乗に反比例して暗くなる。しかしその距離にある星の数は距離の 2 乗に比例して増加する。遠くからくる光の量は、近くからと同じなのだ。星の世界が無限に続いているなら、無限に輝くことになる。この矛盾はオルバースのパラドックスとして知られている。

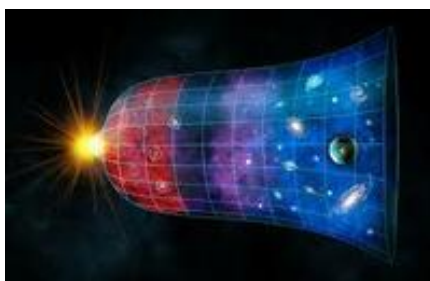
現在の宇宙の標準理論である「ビッグバンモデル」(*6) ではこのような矛盾は生じない。宇宙では光の速さはいかに速くても有限なので、遠くから光が届くには時間がかかる。遠くを観測することは過去を見ることだ。宇宙は 138 億年前に生まれたが、星が生まれ始めるのはおよそ 135 億年前で、その以前に星はない。また宇宙が膨張しているため、遠くの星ほどより速く遠ざかり、光の波長はドップラー効果で引き伸ばされる。可視光で輝いていた星も、眼に見えない赤外線で輝くように感じられる。

宇宙がビッグバンで生まれたことは巨大望遠鏡や天文衛星によって確固たる事実となった。さらに日本のすばる望遠鏡や日米欧共同で建設し運営するチリ・アタカマ砂漠のアルマ望遠鏡などの活躍で、星が生まれ始めた頃の姿がどんどん描き出されている。このように夜空が暗いのも、ビッグバンで宇宙が生まれた一つの証拠なのだ。

*6. ビッグバン

ビッグバン (英: Big Bang) とは、宇宙は非常に高温高密度の状態から始まり、それが大きく膨張することによって低温低密度になっていったとする膨張宇宙論 (**ビッグバン理論 (Big bang theory)**) における、宇宙開始時の爆発的膨張。インフレーション理論によれば、時空の指数関数的急膨張 (インフレーション) 後に相転移により生まれた超高温高密度のエネルギーの塊がビッグバン膨張の開始になる。その時刻は今から 138.2 億年前と計算されている。

ビッグバンモデル



[トップへ](#)

⑥大文字の送り火 (2022 年 8 月 10 日)

そろそろお盆に入る。私は青春時代を京都で過ごしたので、京都は私にとっては第 2 の故郷だ。暑い夏になると、いつも思い出すのは大文字の送り火だ。(*7)

*7. 大文字の送り火

毎年 8 月 16 日に京都府京都市左京区にある如意ヶ岳 (大文字山) などで行われるかがり火。宗教・歴史的な背景から「**大文字の送り火**」と呼ばれることがある。

「火床 (ひどこ)」とは松明を燃やすポイントのこと



五山の一つである大文字山の登山口、銀閣寺近くの土産物屋さんの下宿していた。家主さんは大文字の火床のひとつを担当されていた。

ある時、燃やす薪の運び込みを手伝ってくれないかと声をかけてくれた。この頃、大学の先輩が早朝に下宿にやってきて、毎日一緒に大文字までジョギングで登っていた。走って登ると「大」の中心にある祠（ほこら）まで15分もかからない。薪を運び上げるのもたいしたことではない。しかし、毎年、夏山登山も楽しんでおり、予定とぶつかり辞退せざるを得なかった。今考えれば、予定を変えてお手伝いすべきだったと悔やまれる。

博士課程の学生だったころ付き合っていた女性がいた。盆の最後の日、送り火を鴨川のほとりで一緒に楽しんだ。一生、共に生きていきたいと願い、その場でプロポーズをした。快諾してくれて嬉しかった。しかし彼女の両親から結婚の条件がそもそも整っていないと猛反対された。学生の身分で収入も無いのだから当然だ。しかし彼女の強い意志で認めていただき、今考えればままごとのような2人での生活を始めた。

大文字は私たち夫婦にとって感慨深い行事。一昨年送り火を見に行くため、大文字が真正面に見える鴨川沿いのホテルを予約した。しかしコロナ禍で送り火は中止され、キャンセルせざるを得なかった。余談であるが、今年、私たちは結婚50周年、そして中学以来の親友も結婚50周年。彼らとダブル金婚式を祝った。しみじみと幸せを感じた。

[トップへ](#)

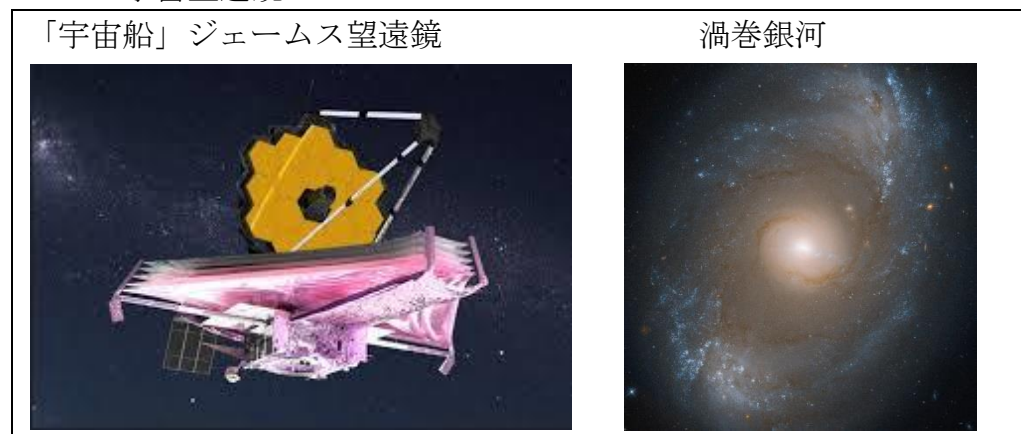
⑦「ダーク」の宇宙（2022年8月17日）

「星空を眺め、夜空の彼方（かなた）に何があるのか？などと思いを巡らせては如何（いかが）か」と先日書いた。そりゃあ、星や星の集まりである銀河などがずっと続いているのではないのか、とすぐ思われたかもしれない。その通りなのだから、星や銀河などよりケタ違いに多いモノが宇宙には存在している。それはダークマターとダークエネルギーだ。どちらも光や電波では見えないので「ダーク」という名前がついている。宇宙の中で星などの質量の割合はたった5%、ダークマターは25%、ダークエネルギーは70%だ。夜空の彼方にあるほとんどのものは、目には見えないダークなものなのだ。なぜ見えないものがあることがわかったのか？それは星や銀河の動きからだ。ダークマターは銀河や銀河団を取り囲むように分布しているので、星や銀河はその重力を受けて動く。かつては燃え尽きた星やブラックホールではないかと考えられていたが、今は私たちの体をすり抜けているような未知の素粒子という説が有力だ。一方、ダークエネルギーは宇宙を一様に満たして宇宙の膨張を加速させている謎のエネルギーだ。宇宙が膨張している事はおよそ100年前から知られていたが、万有引力で膨張は

減速していると考えられていた。しかし 20 年あまり前に、およそ 60 億年前から膨張は加速に転じたことが分かった。

地上大型望遠鏡や宇宙望遠鏡（*8）などの観測で天文学は飛躍的に進み、星、銀河などの宇宙の姿は精密に描き出されてきたが、新たな謎を見つけたのだ。知れば知るほど、知らないことが見つかる。謎を見つけることが科学の進歩ともいえる。

*8. 宇宙望遠鏡



[トップへ](#)

⑧我ら何者なるや（2022 年 8 月 24 日）

私は宇宙物理学者だが、特に宇宙論の研究をしている。科学の研究のなかでも、もっとも実生活には役に立たないといわれている分野だ。国民の皆様から、それは面白いと指示していただけないと研究できない。学校や各種教養講座など講演の依頼があると喜んで引き受けることにしている。

うれしいことに 10 年ほど前、年の始めに皇居で開催されている「講書始の儀」にお呼びいただいた。「宇宙はどのように始まったのか？現代物理学が描く創世記」と題して天皇、皇后陛下両陛下（現上皇、上皇后両陛下）に御進講させていただいた。一カ月後に皇居の御殿で両陛下の夕食に招かれた。難しいお話を分かりやすくお話頂きましたとねぎらっていただいた。

同時に、穏やかな口調で、宇宙の研究をしているとさびしい気持ちになりませんか、ともお尋ねいただいた。私はこの質問は、研究者が宇宙のことを知れば知るほど、宇宙の中で人は極めて小さい存在だと感じてしまうのではないかと、思いやりいただいたお言葉だろうと考えた。確かに宇宙の研究の中で、人は大宇宙の中で小さな存在にすぎないことがわかる。その通りなのだが、どんなにはかない存在でも、宇宙全体を知り、その中で自分が何者かを知ることのできる存在であることはたいへんな喜びだ。そのような趣旨のことを申し上げた。

宇宙論研究は日々の生活に直接寄与しないが、人類の歴史が始まったころから抱き続けてきた問い「我ら何処（いずこ）より来たりしや、我ら何者なるや」

に根源から答えることができる。長いスケールで人の心を豊かにし社会の発展に寄与できると信じている。

[トップへ](#)

⑨無からの創生（2022年8月31日）

この世界がどのように生まれたのかを語る創世神話は、世界の多くの民族で語られている。古事記の「いざなぎ、いざなみの国づくり」は、男女の神が2人で力を合わせて国をつくる物語でほほえましく、世界に誇ることのできる神話だ。

学者の大きなメリットは世界を広く旅行できることだ。会議の合間にその地の民族の文化も学べる。もう四半世紀前だがアイスランドに招かれ、この国の誇る神話「エッダ」(*9)を知った。「時の始まったときには、何もなかった。砂も海もまた冷たい波もなかった。地は見当たらず、上に空もなく大きな口を開けた裂け目があったが、どこにも草木はなかった」と世界の始まりを記述している。何もなかったというときに「砂も海もまた冷たい波もなかった」と表現するなどアイスランドバイキングの香りを強く感じた。こんな小さな国でも世界の始まりが語られていることに大変感動した。

エッダの現存最古の本はスウェーデンのウプサラ大学にある。何年か後、ウプサラ大学を訪問する機会があり、親切にも学長は大学の貴重書籍として厳重に保存してあるエッダの本を見せてくれた。アイスランドの人々の姿や文字が描かれた羊皮紙の本を拝見し、大変感激した。

*9. エッダの本

北欧神話の初期（バイキング時代）の形態を伝える文書群である。エッダと呼ばれる文書には『スノッリのエッダ』と『古エッダ』の2つがある。『スノッリのエッダ』はアイスランドの詩人スノッリ・ストゥルルソンが1220年頃に著した書物である。『古エッダ』は1643年に発見された古写本『王の写本』に記されていた古歌謡集（詩集）である。個々の詩の成立は9世紀から13世紀、編纂は1270年以前にみられている。現代の刊本では他の写本などに残されていた同形態の詩（小エッダ）を加えて『古エッダ』として刊行されていることが多い。

エッダのように「宇宙は何もない」無“から生まれた」という説は、世界の各地で昔から唱えられている。そして今、無“からの宇宙創世は、現代宇宙論のパラダイムとして復活している。ここで無“とは物質だけでなく、時間も空間もない。しかも、これが生成消滅を繰り返している揺らぎの状態だ。般若心経（*10）の世界ともいえよう。

*10. 般若心経

空の理法をさとることが根本思想とされる大乘仏教の教理が、短いこの一卷の中にすべて納まっているといわれてきた経である。空の理法とは追究すれば限りがなく、『大般若経』六百巻のような大部の経が成立したが、この短い『般若心経』一卷にすべて納まる大乘仏教の精髓を示すものとして重要視され、常に読誦されてきた。

ちなみに、色即是空（しきそくぜくう）がよく知られているが、色即是空とは現世に存在するあらゆる事物や現象「色」はすべて実体ではなく、空無である「空」ということ。

[トップへ](#)

⑩野菜スタンド（2022年9月7日）

私は東京練馬区に住んでいる。40年近く前に引っ越してきた。通勤に時間はかかるが住めば都、今はほんとにいいところに住んだと思っている。農家と住宅街が混在しており、武蔵野の雰囲気も残っている。帰宅すればグッとくつろげる。

若く元気だったころ、農家が世話している体験農園で野菜作りをした。農家の方のご指導で、自慢できる立派な野菜ができた。遠方に住んでいる娘や息子の家族を招き、孫たちに収穫の喜びを体験してもらった。体力もなくなってリタイアしたが、嬉しいことに近くの多くの農家が野菜スタンドを設置し、新鮮な野菜を提供してくれる。葉っぱもの野菜は100円玉1個、完熟トマトやトウモロコシなどは複数枚必要だ。

何年か前までスタンドは無人や対面だった。無人スタンドではコインを小さな貯金箱のようなものに入れる。ある農家では筒にコインを入れると家の方に向かって落下していく仕組みになっていた。投入するのが面白い。休日など妻にくっついてスタンドのおばさんと顔なじみになった。本当に彼女らはよく働く。もっとも最近は自動販売機のスタンドがほとんどになってしまったが。

しばらく前、生産緑地の「2022年問題」がよく報道されていた。市街化区域内の農地について税などが優遇されていたが今年で一区切りするとか。そうになると農家は税金で耐えられず農地を手放すことになり、周辺環境の劣化が進む。すでに、そうならないように行政も方策はとっていただいたようだが、周辺に住む私達も、農家が持続して農業を営めるよう応援したい。

[トップへ](#)

⑪ライトバード衛星（2022年9月14日）

宇宙は熱い火の玉、ビッグバンで生まれた。これは天文学的観測によって強く裏づけられている。ではどうして、なぜ火の玉として宇宙は生まれたのだろうか？今、この問いに答えようとする大プロジェクトが日本で進んでいる。ライトバード計画（*11）だ。JAXA（宇宙航空研究開発機構）最大のロケット「H

3」で、月よりも遠い軌道に観測機を送り、地球と一緒に太陽の周りをまわらせるという壮大な計画だ。

現在の火の玉宇宙誕生の理論、宇宙インフレーション理論は「“無” から生まれた素粒子のように小さかった宇宙は、急激な加速膨張をおこし、この加速が終わったところ一挙に加熱され火の玉になった」と予言する。ライトバードはこれが真実か検証する計画だ。私もこの理論の提唱者の一人として側面から応援してきた。計画の主唱者、羽澄昌史さんの頑張りで、世界の国々が分担する巨大プロジェクトとなり、2028 年打ち上げを目指す。

*11. ライトバード計画

ライトバードはインフレーション宇宙を検証する CMB 偏光観測小型科学衛星
インフレーション理論においては、誕生直後の宇宙に存在した量子ゆらぎがこの急激な膨張で引き延ばされた結果、原始重力波が生じると予測されている。この原始重力波は、宇宙誕生から約 38 万年後の宇宙の晴れ上がりにおいても宇宙空間を満たしており、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の偏光に「B モード」と呼ばれる特徴的な渦巻きパターンをその痕跡として遺していると考えられている。B モード偏光の検出はインフレーション理論の決定的な証拠となり得るが、2019 年現在成功した事例は存在しない。LiteBIRD は、この B モード偏光の検出（および原始重力波の検出）を 2020 年代に実現する可能性のある世界で唯一の衛星計画である。また、インフレーション理論の検証に留まらず、超弦理論に代表される量子重力理論の実験・観測による検証の可能性を切り拓くことが期待されている。135 億年前の星形成の痕跡はすでに発見されている。

宇宙インフレーション理論が正しいなら、138 億年前の宇宙の急膨張時に重力波が発生する。重力波はアインシュタインが予言した、空間が伸び縮みしながら伝わる波だ。138 億年たった現在まで、ずっと宇宙に満ちている。ライトバードは間接的な方法であるけれど、これを観測しようという計画だ。すべての存在の始まりを探る究極の問いかけに答えようとする計画だ。技術的にも費用においても国際プロジェクトでしか実現できない。それでも日本の負担金は 300 億円を越えそう。大計画を進められているのは、本当に皆様の理解のおかげだ。成果を楽しみにしている。

[トップへ](#)

⑫宇宙のエントロピー（2022 年 9 月 21 日）

宇宙はどのようにして今日の銀河や星、惑星、そして生命が宿る美しい宇宙の姿を作り出したのか？

物理学の重要な法則にエントロピー増大の法則がある。エントロピーとは乱雑さの尺度である。簡単に言えば、親がきれいに整理した子ども部屋が、捨て置けば乱雑になるのと同じような法則だ。100 年前、宇宙の膨張が知られていなかった時代には、この法則で宇宙はもっとも乱雑な状態の” 熱的死 “を迎えると考えられていた。

では、現在のビッグバン理論ではどうなるのか？宇宙は熱い火の玉で始まったのだから、もともと何の構造もない。宇宙のエントロピーは増えるだけなので構造など生まれるはずがない。それでも構造が生まれた第一の理由は、宇宙全体を支配する重力が万有引力と呼ばれるように引力しかないことだ。宇宙を満たすガスの中で密度が少し高いところがあれば、周りの物質を引き寄せて大きな塊になる。しかし、塊から構造物、例えば星や惑星などが作られるとその内部ではエントロピーが発生する。

第二の理由は、発生するエントロピーを熱エネルギーとして周りの宇宙空間にいくらでも捨てられるからだ。宇宙は膨張しているので、外の宇宙空間の温度は下がり続け、現在はマイナス 270 度だ。このようにして現在の美しい宇宙が生まれた。人間は熱としてエントロピーを地球外に捨て、文明、つまり秩序や構造を形成してきた。しかし今人類は二酸化炭素など温室ガスを放出し、宇宙空間へのエントロピー放出を妨げている。自滅行為を止めなければ人類はやがて“ 熱的死 ” を迎えるだろう。

[トップへ](#)

⑬待宵草（2022 年 9 月 28 日）

コロナ禍でよく散歩をするようになり、路傍に咲いたけなげな花を見つけるのが楽しみとなった。夕方、道と住宅の境界石の隙間に親指の爪程度のかわいい花を見つけた。花の名前がわからない時は、すぐにスマホで写真を撮り、ネットで検索する。アカバナユウゲショウ（赤花夕化粧）とのことだ。どんな花か調べると待宵草（マツヨイグサ）に属するとか。私は田舎に育ったので、夕方に川の土手などで大きな黄色の花を咲かせて、背丈も 1 メートル近くある存在感のある大待宵草（オオマツヨイグサ）はなじみの花だ。可憐（かれん）な赤い花を咲かせる小さな草が待宵草に属するのに驚いた。

また先日、空き家の荒れた庭に 2 種類の花を見つけた。小さくて黄色い花が雌待宵草（メマツヨイグサ）、薄いピンクのかわいい花が昼咲月見草（ヒルザキツキミソウ）とのこと。さらに調べると待宵草属の花は 100 種類を越えるそうだ。けなげな赤花夕化粧（アカバナユウゲショウ）から、これらすべてが同じ待宵草属なのには驚いた。それぞれ突然変異で形態は変えながらも、それぞれニッチを見つけその環境に適して子孫を残してきたのだ。

待宵草は日本の風土に相応しい花として愛されている。待つと宵を入れ替えた「宵待草」と名付けられた竹久夢二作詞による歌がよく知られている。「待てどくらせどこぬひとを 宵待草のやるせなさ こよいは月もでぬさうな」はメロディも美しく心に響く。



待宵草を見るとこの歌が好きだった祖母も思い出す。祖母は18歳で家と家との都合で結婚させられた。しかし社会や政治問題まで語れることもできる、自分の意思を持った凛（りん）とした女性だった。歌「宵待草」を愛した明治生まれの祖母の青春はどんなものだったのだろうか？今も臉（まぶた）に浮かぶ。

[トップへ](#)

⑭美は真、真は美（2022年10月5日）

「美は真、真は美」（*12）は私の好きな言葉だ。イギリスの詩人ジョン・キーツの詩の一節だ。

*12. 美は真、真は美

この言葉は詩人キーツがギリシャの古瓶を見ながらギリシャ芸術の美を、はたまたそこからもたらされる「美学」について語った言葉である。

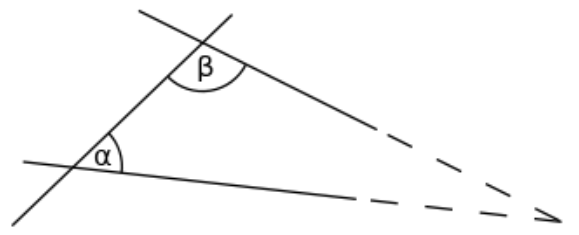
キーツはイギリスのロマン主義の詩人でバイロン、シェリーとともに第二世代に属する。結核のため 25 歳で亡くなる。(1795～1821 年)

物理学の法則はどうしてこんなに美しいのだろうか？と学生時代から感じていた。その極みはアインシュタインの一般相対性理論だ。極めて簡単な原理をいくらか立てることで、この理論が導かれる。専門的になって恐縮だが、重力と加速度は等価だという等価原理などがその一つだ。非ユークリッド幾何学 (*13) という数学は必要だが、時間、空間、物質エネルギーを一体として扱い、宇宙の姿まで描きだせる現代物理学の基本法則が導かれる。

*13. 非ユークリッド幾何学

非ユークリッド幾何学はユークリッド幾何学の平行線公準が成り立たないとして成立する幾何学の総称。

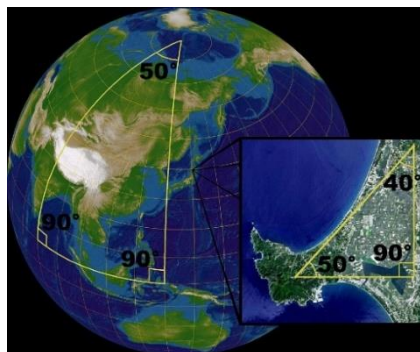
○ユークリッド幾何学は五か条の公理、五か条の公準を出発点とする巨大な演繹的体系である。そのうちの平行線公準とは



「内角 α と β の角度の和が 180° 未満であれば、二つの直線は無限に伸ばせば同じ側で交わる。」である。

○非ユークリッド幾何学の公理系を満たすモデルは様々に構成されるが、計量をもつ幾何学モデルの曲率を一つの目安としたときの両極端の場合として、至る所で負の曲率をもつ双曲幾何学と至る所で正の曲率を持つ楕円幾何学（特に球面幾何学は楕円幾何学の代表的なモデルである）が知られている。

○球面幾何学



- ・地球を例にすると、球面にある三角形の内角の和は 180 度にならない。球面のうちの狭い範囲だと、内角の和は 180 度に近づく。
- ・球面上では平行な直線は存在せず、すべての直線は 2 点で交わる。劣弧（半円より小さい円弧）に制限すれば、三角形の内角の和は常に 180 度より大きく 540 度 ($3 \times 180^\circ$) より小さくなる。

日常生活にも役立つ。スマホに搭載されている位置情報を知る GPS だ。この理論は、重力の強いところでは時間がゆっくり進むことを予言する。上空の GPS 衛星と地上では時間の進む速さが違うので、補正をちゃんとやってはじめて正しく位置を求められる。一般相対性理論を学んだ時、世にも美しい理論と感激した。真は美なのだ。

車いすに乗った天才と言われたホーキング (*14) は、私がキーツの言葉が大好きだと知り、「真は美だが、美は必ずしも真ではないよ」とコメントされた。確かにそのとおりである。

*14. ホーキング博士

スティーブン・ホーキングはイギリスの理論物理学者である。大英帝国勲章 (CBE) 受勲、FRS (王立協会フェロー)、FRA (ロイヤル・ソサイエティ・オブ・アーツフェロー)

一般相対性理論と関わる分野で理論的研究を前進させ、1965 年にブラックホールの特異点定理を発表し、世界的に有名になった。1971 年には「宇宙創成直後に小さなブラックホールが多数発生する」とする理論を提唱、1974 年には「ブラックホールは素粒子を放出することによってその勢力を弱め、やがて爆発により消滅する」とする理論 (ホーキング放射) を発表、量子宇宙論という分野を形作ることになった。

「車椅子の物理学者」としても知られる。1960 年代、学生の頃に筋萎縮性側索硬化症 (ALS) を発症したとされている。ALS は発症から 5 年程度で死に至る病であると考えられていたが、途中で進行が急に弱まり、発症から 50 年以上にわたり研究活動を続けた。

しかし、真は美の中にある。美を探求することで真に達することができる。莊子も「原天地之美、達万物之里」(*15) と記している。

*15. 原天地之美、達万物之里

聖人者原天地之美、而達万物之里

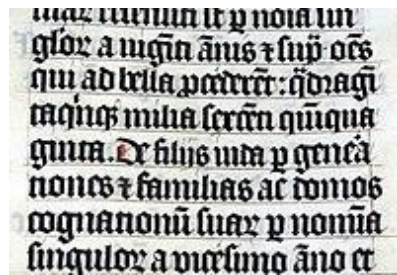
(読) 聖人なるものは天地之美に原 (もと) づきて萬物之里に達す

(訳) 聖人というものは、この天地自然の優れた働き（美）を根拠として、万物の道理に通達している。（金谷治氏）

私の友人の娘さんにカリグラフィー（*16）を趣味として楽しんでいる方がおられる。彼女がこの言葉を英文のまま、装飾を施した美しい字体で描き、額に入れてくださった。文字の背景には宇宙の誕生と進化の図がうっすらと描かれている。私の書斎に宝物として飾ってある。

*16. カリグラフィー

西洋や中東などにおける、文字を美しく見せるための手法。
15 世紀イングランドの聖書写本におけるカリグラフィー。



[トップへ](#)

⑮美とは？（2022 年 10 月 12 日）

もう数年前になるが、雑誌「現代思想」で増刊号「知のトップランナー50 人の美しいセオリー」が組まれた。理工、生命、人文社会系など広い分野の特性をもった多様な考えが示されていて大変面白い。大筋では簡単な論理で、多くの現象を統一的に理解、説明できる理論、例えばダーウィンの進化論等を挙げている。私は相対性理論が世にも美しい理論だと書いた。

しかし、美とは人の感性だ。美とは何か、これは人間科学の問いだ。世に多様な美学がある。私は進化心理学（*17）が説くように、美とは自らの生命を維持し子孫を残すことに寄与する現象に快感し、また反対のものには不快と感じるように、自然選択（注. 自然淘汰ともいう）の過程で遺伝子に書き込まれた感性だと信じている。

*17. 進化心理学

人間という存在を、生物学的な「ヒト」としてとらえて、ダーウィンの進化の視点から心の働きについて理解する学問である。

社会学と生物学の視点から、現代的な進化理論を用いて、感情、認知、性的適応の進化などを含めた人間の本性を解明する学際的（いくつかの分野にまたがる）な学問

美の快感は、考えることなく素早くそれらを認識する感性で、報酬として仕込まれたものと思う。生存に不可欠な糖質やたんぱく質を私達は美味と感じる。私たちは太陽という可視光で輝く星の惑星に発生した生命なので、澄んだ星空、木々の緑、晴れた青空といった生存に好ましい環境を美しいと感じる。

もし、映画「未知との遭遇」(*18)のように、地球外知的生命体、宇宙人に遭遇し、彼らの美的感性を知ったなら、宇宙人の生まれた星の性質を知ることができるだろう。

*18. 映画「未知との遭遇」

1977年のスティーブン・スピルバーグ監督の映画。UFOや宇宙人といった「未知と人類のコンタクトを描いたSF映画の傑作。

(ほんの) あらすじ

世界各地で異変が起こり、UFOらしき謎の発光体の目撃情報が多数寄せられ、原因不明の大規模停電が発生。発電所に勤めるロイ・ニアリーも停電復旧作業に向かう途中、不可思議な機械の誤作動を起こす飛行物体と遭遇。それが放つ閃光を浴びて以降、理由も判らないまま、憑かれたようにUFOの目撃情報を集め出し、枕やシェービング・クリームに漠然と山のような形を見出すようになる。

偶然UFOと遭遇した人々は何かに導かれるようにワイオミング州ムーアクロフトを目指す。そこへ山の影から巨大な母船が姿を現す。



しばらくすると、母船からかつてUFOに連れ去られた人々が次々と現れる。その中に少年バリーの姿もある。母親ジュリアンは駆け寄り、息子を強く抱きしめる。宇宙に惹かれたロイ・ニアリーはUFOに乗り込むことを希望する。たくさんの宇宙人が現れ、ロイ・ニアリーを囲みながら、彼を母船に招く。そしてUFOが地球から飛び立って行く。

もっとも、認知科学「(*19)の説くように、私たちの脳は見た現象を都合よく

拡大解釈し、規則性、まやかしの美を見てしまう。これも世界に関する知識を瞬時に体系化し整理する脳活動の副産物だ。進化の過程で遺伝子に書き込まれたものだ。要注意だ。

*19. 認知科学

情報処理の観点から知的システムと知能の性質を理解しようとする研究分野。認知科学は以下に挙げる諸学問の学際領域である。

- ・心理学-認知心理学-進化心理学-文化心理学
- ・人口知能-ニューラルネット（「入力を線形変換する処理単位」がネットワーク状に結合した数理モデルである）-コネクショニズ（人工知能研究においてニューラルネットワークモデルに基づいた知能体を実現・実装する立場のこと）-計算機科学
- ・言語学-心理言語学-生成文法-認知言語学
- ・人類学-認知人類学-認知考古学
- ・神経科学-認知神経科学-脳科学
- ・哲学-心の哲学-認識論

御参考；日本の人工知能の第一人者・松尾豊氏も坂出附属中学校→丸亀高校卒（東大）

[トップへ](#)

⑩私たちは星のカケラか（2022年10月19日）

「どんな小さなものでも みつめていると 宇宙につながっている」。これは詩人まど・みちおさん（*20）の詩集のタイトルだ。私は物質の最も小さな極限、素粒子や原子核の物理に基づき、宇宙の誕生、成り立ちを研究している。まどさんの言葉は、本当に宇宙物理学の神髄を表している。

星 20. まど・みちおさん

1909年～2014年、日本の詩人。作詞家。本名は石田・道雄。25歳のときに北原白秋その才能を認められた。詩作りは20代から始め、以来生涯にわたって詩を作り続けた。「ぞうさん」や「やぎさんゆうびん」などの、そのおおらかでユーモラスな作品は童謡としても親しまれている。表現の前に存在があるという意味で「存在の詩人」とも称された。

物理学者ガモフは、宇宙の火の玉として生まれたというビッグバン理論(*21)を提唱した。

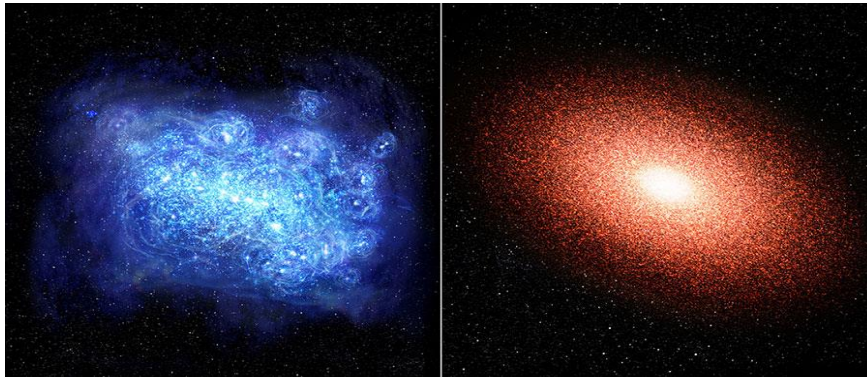
*21. ビッグバン理論

宇宙はビッグバンという大爆発により誕生し、高温高密度の「火の玉」状態から膨張とともに冷却し、その過程で恒星や銀河などの構造を作りながら、現在に至ったという理論。

1964 年、アメリカ・ベル研究所のアーノ・ペンジアスとロバート・ウィルソンはビッグバンの痕跡（135 億年前の星形成の痕跡）

、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）を発見し、1978 年のノーベル物理学賞を受賞した。

宇宙マイクロ波背景放射（CMB）



私たちの体を含めて物質世界を構成する化学元素がどのように作られたかを説明する仮説として、この理論を提唱した。火の玉で生まれた宇宙の最初の 3 分間で、核融合反応によって最も軽い水素から最も重いウランまで、一挙に合成されたと彼は主張した。後の厳密な計算で、せいぜい原子番号 3 のリチウムまでの軽い元素しか合成できないことがわかっている。しかしビッグバンの証拠が次々と天文観測で発見され、理論は揺るぎないものとなった。私たちが日常使うスマホはリチウムイオン電池を利用している。リチウムは後に星などでも作られるが、スマホの中のリチウムの何割かは間違いなくビッグバンでできたものだ。

ビッグバンの後、宇宙は膨張し温度は下がり、ガスは塊となって星が生まれた。その中心で水素が核融合反応を起こし、炭素、窒素、酸素、そして鉄など重い元素を合成しながら光輝く。最後に大きな星は超新星（*22）という大爆発を起こし、より重い金や鉛、ウランなどを合成し、宇宙空間にまき散らす。

*22. 超新星

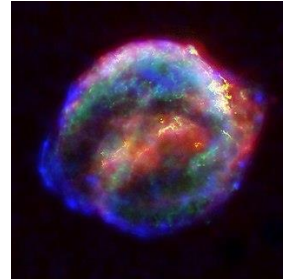
・超新星とは、大質量の恒星や近接連の白色矮星（はくしょくわいせい）が起こす大規模な爆発（超新星爆発）によって輝く天体のこと。

・白色矮星（はくしょくわいせい）は、大部分が電子の凝縮した物質によって構成されている恒星の残骸であり、恒星が進化の終末期にとりうる形態の一

つである。 白色矮星は非常に高密度であり、その質量は太陽と同程度であるにも関わらず、体積は地球と同程度しかない。

・矮星とは中心で水素核融合反応を行っている太陽程度または、それよりも小質量の星のこと。

ケプラーの超新星（SN 1604）の超新星残骸



これらが混じったガスから新たな星が生まれ、爆発を起こす。星は輪廻転生（注．りんねてんしょう、「輪廻」は車輪がぐるぐると回転し続けるように、人が何度も生死を繰り返すことを指す。「転生」は生まれ変わることを指す）しているのだ。そして私たちもこの中から生まれた。私たちは夜空に輝く星々のカケラだ。

[トップへ](#)

⑰宇宙生命学（2022 年 10 月 26 日）

宇宙に生命、命を持つもの、は普遍的に存在するのだろうか？今日、NASA（米航空宇宙局）をはじめ世界の宇宙研究機関が掲げる主要目的のひとつだ。近い将来、火星や木星、土星の衛星などで生命、もしくはその痕跡が見つかる期待が高まっている。さらに天文衛星（*23）によって太陽系外にも無数の惑星系が存在することがわかった。

*23. 天文衛星

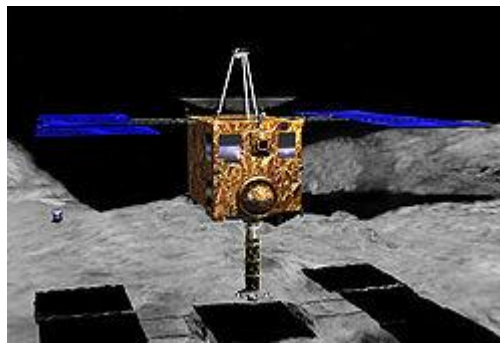
一般には宇宙望遠鏡と惑星探査機を総称して用いられる名称だが、厳密な定義はない。

宇宙望遠鏡とは地球の衛星軌道上などの宇宙空間に打ち上げられた天体望遠鏡のことである。

宇宙探査機 は、探査機的一种で、地球以外の天体などを探査する目的で地球軌道外の宇宙に送り出される宇宙機であり、ほとんどが無人機である。宇宙空間そのものの観測（太陽風や磁場など）、あるいは、惑星、衛星、太陽、彗星、小惑星などの探査を目的とする。



ハッブル宇宙望遠鏡

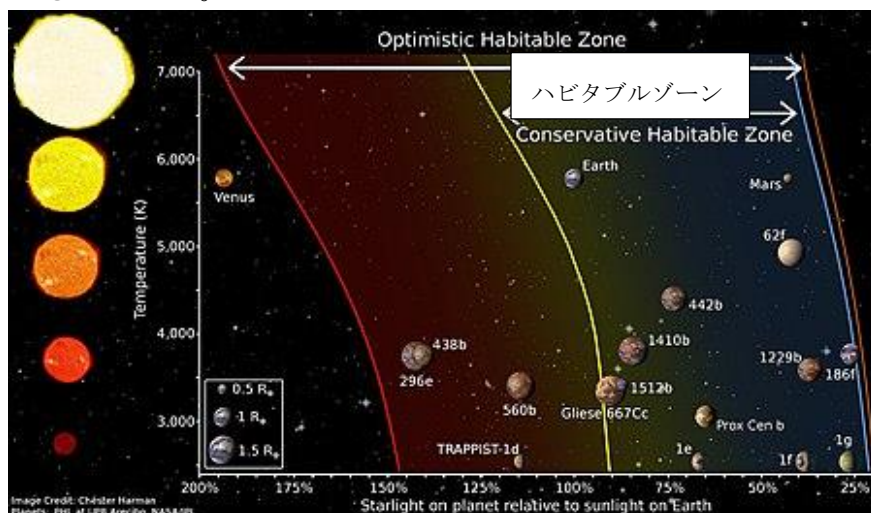


惑星探査機はやぶさ（小惑星イトカワを探索）

その中に、地球と同じように水が液体として存在する軌道領域、ハビタブルゾーン（*24）に、地球の質量に近い惑星が多数見つかってきた。今や宇宙における生命を普遍的に研究することが求められている。

*24. ハビタブルゾーン

惑星系のハビタブルゾーン（英語: Circumstellar habitable zone、CHZ）を指すことが多く、**恒星**（自ら光を発し、その質量がもたらす重力による収縮に反する圧力を内部に持ち支える、ガス体の天体の総称）の周辺において十分な大気圧がある環境下で惑星の表面に液体の水が存在できる範囲を指す。惑星系のハビタブルゾーンの範囲は、太陽系内における地球の位置と太陽から受ける放射エネルギー量に基づいている。地球の生物圏における水の重要性から、ハビタブルゾーンの性質とその中に位置する天体は、地球上に存在するような地球外生命体そして地球外知的生命体が存在する範囲と分布を決定づけるのに重要になるかもしれない。



この図は恒星周辺のハビタブルゾーンの境界と、恒星の種類に応じてそれがどのように変化するかを示した図。この図には太陽系の惑星（金星・地球・火星）と TRAPPIST-1、ケプラー-186 f、そして地球に最も近い太陽系外惑星で

あるプロキシマ・ケンタウリ b などの特に意義深い太陽系外惑星が含まれている。

惑星系のハビタブルゾーンの他に、銀河系内において居住するのに適している領域を示す銀河系のハビタブルゾーン（英語：Galactic habitable zone、GHZ）や、ブラックホールの周囲において居住するのに適している領域であるブラックホールのハビタブルゾーンなど、惑星系のハビタブルゾーン以外にもいくつかの形態のハビタブルゾーンの理論が提唱されている。

数年前、大学共同利用機関法人自然科学研究機構の長をしているとき、全国の大学研究者でアストロバイオロジーセンター（*25）を設立できた。

この機関は国立天文台や基礎生物学研究所など 5 つの研究所を統括しており、まさにこれらの研究所が分野を越えて連携し、新しい分野を創生できる。文部科学省も直ちに予算を付けてくれた。

*25. アストロバイオロジー（宇宙生命学）センター

アストロバイオロジーは「宇宙における生命の起源、進化、伝播、および未来」を研究する学問で、その研究センター。

天文学、宇宙生物学、惑星科学、生化学、地球物理学、微生物生態学、地質学、分子進化学、地球化学、比較生理学など、様々な広範囲の研究者が集まってきた。

最近、面白い研究が発表された。質量が太陽より小さくて赤い色で輝く赤色矮星（わいせい）（*26）のハビタブルゾーンに、惑星が多く見つかった。

*26. 赤色矮星

赤色矮星（せきしよくわいせい、英語：red dwarf）とは、主系列星（矮星）の中で特に小さく低温な恒星のグループである。主にスペクトル型が M 型の主系列星を指すが、低温の K 型主系列星の一部を含めることもある。表面が低温で赤色にみえるため、この名がある。

赤色矮星は、少なくとも太陽の近傍においては銀河系の恒星の中で最も一般的なタイプの恒星である。しかし光度が小さいため、個々の赤色矮星を観測するのは容易ではない。地球からは、狭義の赤色矮星に該当する恒星で、肉眼で見ることができるものはない。太陽に最も近い恒星であるプロキシマ・ケンタウリは赤色矮星であり、太陽系に近い恒星 60 個のうち 50 個が赤色矮星である。ある推定によると、赤色矮星は銀河系内の恒星のうち 4 分の 3 を占める。

この惑星で植物が存在すれば、可視光ではなく近赤外線で光合成するように進化する。惑星の反射光は地球とは異なるので、それを観測できれば証拠となることがわかった。このセンターは田村元秀センター長のもと、地球外生命の普遍的

な研究とともに、惑星・生命を探索する機器の開発等を全国の大学と共同研究している。生物学者と天文学者の連携で、日本発の宇宙生命学、アストロバイオロジーの研究成果がどんどん出てくることを楽しみにしている。

[トップへ](#)

⑱湯川秀樹と世界連邦（2022年11月2日）

ロシアがウクライナに侵攻し、10月には4つの州を領土にすることを決めた。さらに核兵器までもちだして威嚇を繰り返している。多くの方々は世界の歴史が巻き戻され、第2次世界大戦の時代に戻ってしまったと感じたに違いない。私は国際紛争が起こるたびに、人類社会は本当に進化していないのだと思ってしまう。アフリカのチンパンジーの集団間の争いと変わらない。弱い集団は結局、大きくて強いグループに資源を奪われ、支配されてしまう。現生人類をホモサピエンスというが、決してサピエンス（賢い）ホモ（人）ではない。

ヒトは社会的動物として「心」も進化してきた。親族だけでなく他人のために貢献できれば、うれしく幸せと感じる感性を身につけた。「情けは人の為ならず」で、他人への親切は自身にもかえってくると遺伝子レベルでも身につけた。しかし属する集団が大きくなるにつれ、集団の利益が優先され、忠誠が求められる。またヒトがチンパンジーと枝分かれした頃の古い心を持ったまま核兵器をつくってしまった。当然、集団間の公正な利害調整が不可欠となる。

日本人初のノーベル賞学者・湯川秀樹、そしてスミ夫人（*27）が熱心に取り組んでいた「世界連邦運動」を思い出す。

*27. スミ夫人

本名；湯川澄子、81年に夫・秀樹氏が死去後、博士の悲願だった核兵器廃絶の遺志を継いで平和運動を本格化。世界38カ国、56団体で構成する世界連邦世界協会（現・世界連邦運動）の名誉会長に就任し、運動の先頭に立った。世界連邦運動協会名誉会長以外に世界連邦全国婦人協議会会長、WFM 名誉会長、世界連邦京都婦人の会会長を歴任。世界連邦運動；世界の全ての国家を統合した世界連邦の成立を目指す運動、およびその国際的な非政府組織である。

国際連合の改革、強化を通じて、世界の法治の実現を目指す運動だ。私は湯川先生の授業を受け、セミナーで講演もさせていただいた。反核運動に共鳴しデモにも参加した。核戦争などによる人類絶滅までの時間を表す世界終末時計（*28）は今年100秒前となったそう。ソ連崩壊時には17分前だった。湯川先生の運動を決して終わらせてはならない。

*28. 世界終末時計

人類が滅亡する「地球最後の日」を午前零時とし、それまでの残り時間を象徴的に示す時計。米科学誌「ブレティン・オブ・ジ・アトミック・サイエンティ

スツ(原子力科学者紀要)」が、1947 年以降、核開発や戦争、環境破壊などへの警告を目的に、定期的に残り時間を発表している。

[トップへ](#)

⑭ 知的生命体は自滅するか？ (2022 年 11 月 9 日)

宇宙人はいるのか？ 私達の住む銀河系 (*28) の、電波を発する高度文明の数を推定するのに「ドレイクの式」がある。簡単な式で、地球型惑星の存在する確率など、いくつかの数値をかけるだけだ。

*28. 銀河系

私たちが住む地球は、太陽が輝き、月の明かりに照らされて 1 日 1 日を積み重ねている。そんな地球が属しているのが太陽系で、その太陽系が属しているのが「銀河系」です。

銀河系（天の川銀河）と近くの銀河



銀河系；太陽系が存在する銀河の固有名称のこと

太陽系；太陽の引力で拘束されている惑星などの集まり

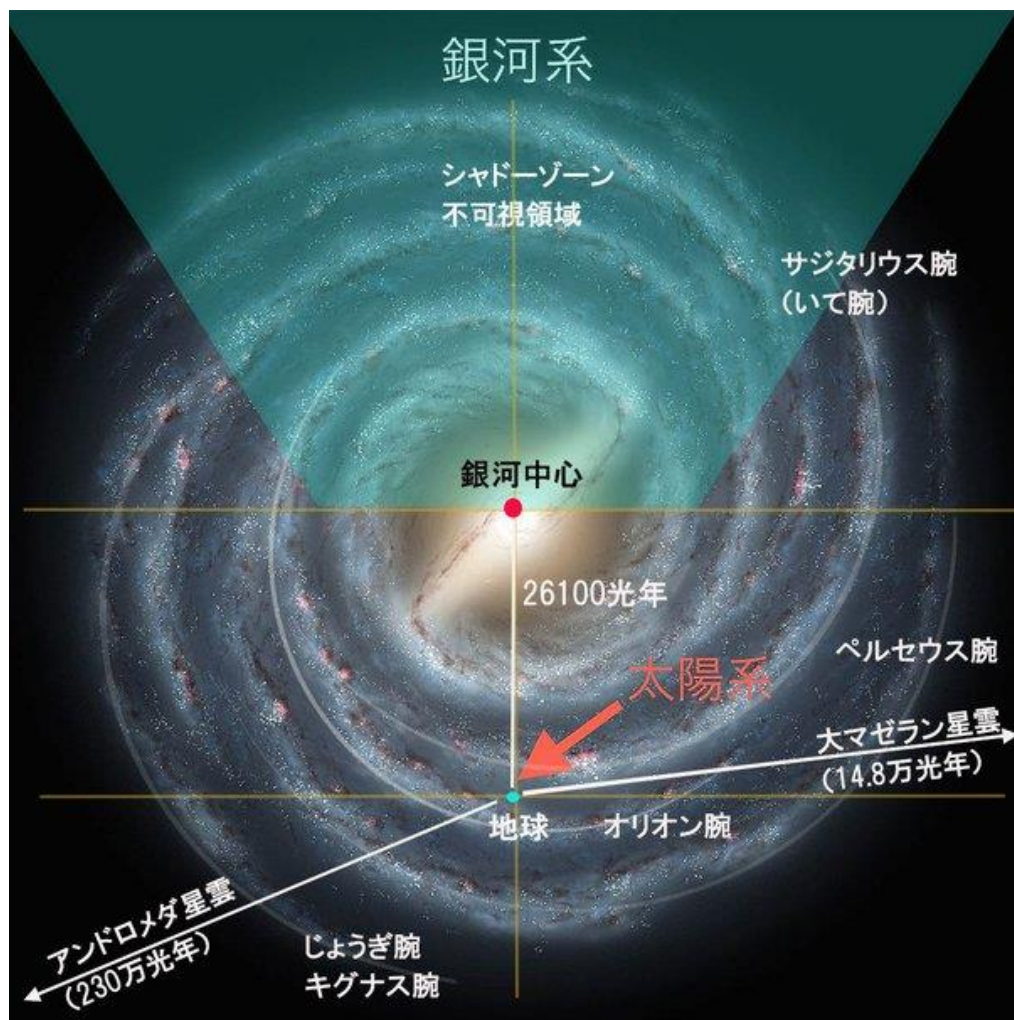
惑星；太陽を回る天体のうち、十分な質量を持っているために丸い形をしていて、周りに比べて圧倒的に大きく成長したものを指す

銀河；銀河系と同等の規模をもつ無数の恒星や星間物質からなる集合体。形か、渦巻銀河・棒渦巻銀河・楕円銀河・不規則銀河などに分類される。銀河系外星雲。系外銀河。小宇宙。島宇宙がある。

恒星；自ら光を発し、その質量がもたらす重力による収縮に反する圧力を内部に持ち支える、ガス体の天体の総称である。

銀河系外星雲；銀河系の外側にあり、独立した島宇宙となっている大星雲。恒星と星間物質の大集団で、直径数千ないし十数万光年におよぶ。形状により、楕円星雲、渦巻き星雲、棒渦巻き星雲、不規則星雲などに分類される。アンドロメダ大星雲は最も有名。

星間物質；恒星間の宇宙空間に分布する、希薄な物質の総称である。密度では、地球の上層大気よりも遙かに希薄である。



現在、太陽系外に多くの惑星が発見されている。液体の水が存在する惑星は、統計的に 1 つの恒星あたり 1 個くらいある。銀河系にはおよそ 100 億個は恒星が存在するので、同じ数の地球型惑星がある。天文学的数値はこの値で良い。細菌程度の生命が発生確率も 1 として良いだろう。

まったく不明なのは、知的生命体 (*29) に進化する確率とその持続期間だ。
*29. 知的生命体

知性を持つ生命体。既知のものは人類のみ。一般に、地球外生命のうち人類と同等以上の知性を持つ未知の生命体をいうことが多い。知的生命体→宇宙人 →異星人

遺伝子学者の木村資生は、人間は宇宙における奇跡で、確率はマイナス 100 乗でも不思議ではないという。私たちは唯一の存在という主張だ。生物学者の考え方も変わってきているので「エイヤー」と 1 万分の 1 としよう。

では持続期間はどうか？私の友人、英国王室天文官の M・リースは「今世紀で人類は終わる？」という本を書き、環境問題、核戦争、遺伝子操作技術で人類が絶滅する可能性を論じた。知的生命体の社会は不安定で、自滅の確率が高い。そこで持続期間を 1000 年とすると、算出される数は 1、つまり人間だけとなる。

一方、電波観測による高度文明探査、SKA (*30) も計画されている。

(*30) SKA

Square Kilometre Array (一平方キロメートル電波干渉計) は SKA 機構が牽引する国際協力により世界最大の望遠鏡を建設プロジェクトである

初期宇宙 (*31) 探査が本来の目的だが、全方向を徹底的に観測する。

*31. 初期宇宙

インフレーションが終わると、加速膨張を引き起こした莫大なエネルギーから大量の素粒子が生成され、宇宙が高温、高密度な火の玉となる。ビッグバンの始まりだ。その後高温で高密度な状態から宇宙の膨張により宇宙全体の温度が下がっていき、水素やヘリウムなどの軽い原子核が作られる。これは宇宙が始まっておよそ 3 分後のことだ。そして誕生からおよそ 38 万年後に、光が宇宙空間を自由に伝わるようになる。これを宇宙の晴れ上がりといい、この頃に放たれる光を宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) という。インフレーションから宇宙の晴れ上がりまでの宇宙は初期宇宙と呼ばれる。

空港レーダー強度の電波を出しているとする 150 光年以内の高度文明の存在確立が求められる。もし一つでも見つければ、高度文明の持続期間も長くなるのではないかと私たちの未来も少し明るくなる。

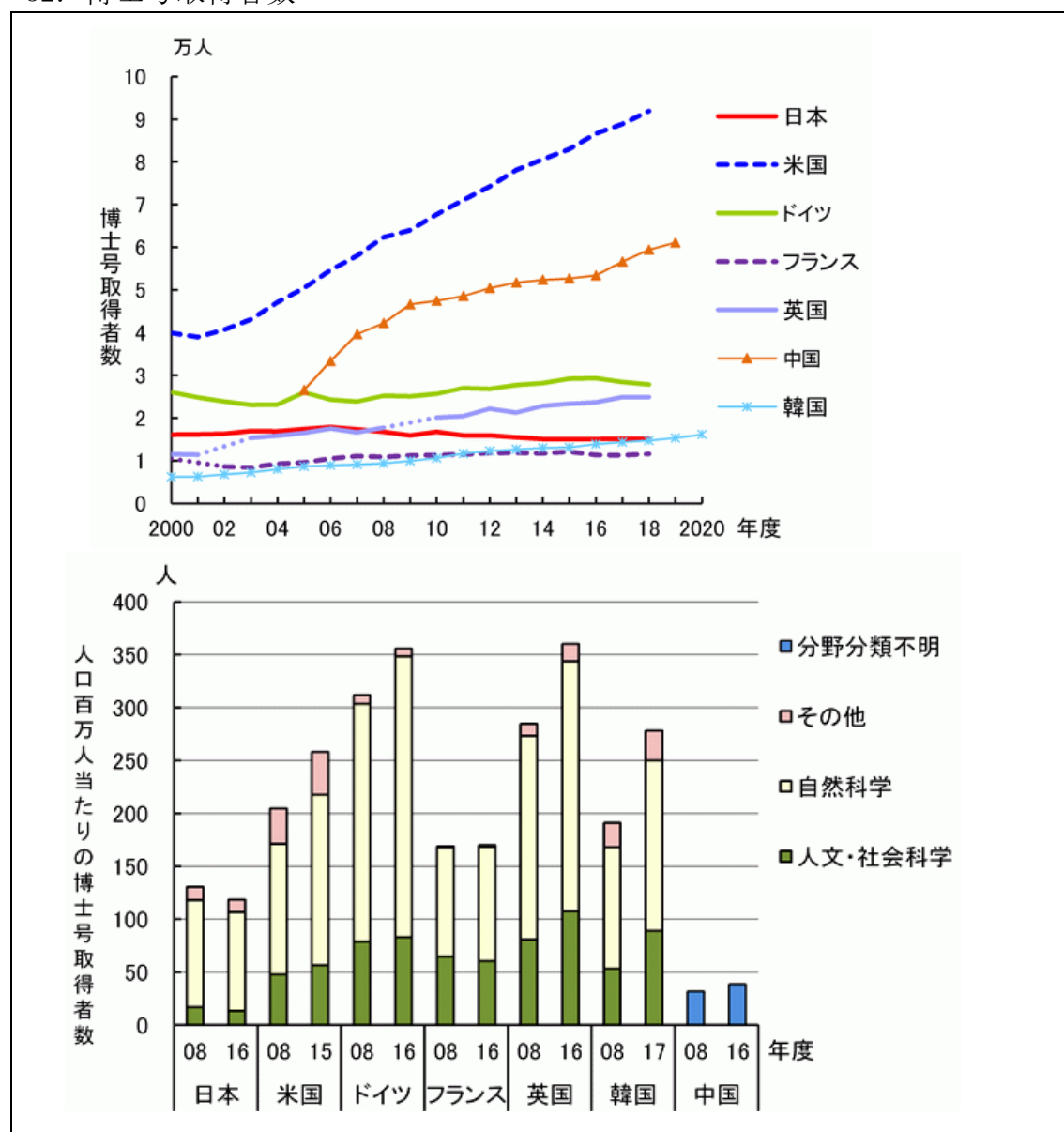
[トップへ](#)

②⑩ 博士とイノベーション (2022 年 11 月 16 日)

高度研究者養成の指標である博士号取得者数が近年減少を続けている。(*32) 一方、米国、中国、韓国は増えている。これらの国々では博士取得者が活躍し、多くのイノベーションを引き起こしている。日本は2000年には米国、ドイツに次いで世界第3位だったが、いまや6位で韓国よりも少数になった。これでは日本ではイノベーションは減少するばかりだ。

文科省は補助金を支給する大学院支援プログラムを実施してきたが、私もその重要性を認識していたので、その一つ「博士課程教育リーディングプログラム」に協力させていただいた。専門分野の枠を超えてグローバルに活躍するリーダーを養成するように抜本的改革を支援するプログラムだ。

*32. 博士号取得者数



一言でいえばアカデミズムに閉じこもることなく、民間や国際機関などで活躍できる、広く俯瞰力（*33）を持った博士を養成するように転換するプログラムだ。

*33. 俯瞰力（ふかんりよく）

俯瞰力とは、物事や事態、思考を全体的に眺めることができる力のこと。「俯瞰」とは、高いところから広い範囲を見下ろすことで、「鳥瞰（鳥のように空から見下ろすこと）」とほぼ同じ意味。俯瞰力は、全体像をとらえる力ともいえる。

リチウムイオン電池を開発し、ノーベル賞を受賞された吉野彰（*34）さんと共に一つの部会を運営した。

*34. 吉野彰氏

電気化学を専門とする日本のエンジニア。学位は博士。旭化成株式会社名誉フェロー。名城大学大学院理工学研究科教授。携帯電話やパソコンなどに用いられるリチウムイオン二次電池の発明者の一人。2019年12月10日にノーベル化学賞を受賞。ノーベル化学賞を受賞した福井謙一の孫弟子に当たる。

それなりに大学院生は民間等志向の方々が増えたと思う。しかし、最大の問題は、一部の分野を除いて企業での博士の採用数が今もって少ないことだ。待遇も低いままではほとんど変わらない。これでは修士課程で就職した方が有利で博士課程に魅力はない。

大学教員も問題発見能力、解析能力を身につけて広い分野で活躍できる俯瞰力を持つよう指導することが必要だ。企業と大学は連携し、博士課程修了者がグローバルに活躍できるようさらに改革を進めて、日本でイノベーションが進み、負のスパイラルから脱却できるように頑張ってもらいたい。

[トップへ](#)

②宇宙の未来（2022年11月30日）

宇宙の始まりや現在の姿は、ハイテクを駆使した観測で素晴らしく描き出されるようになった。しかし知的生命体として宇宙に生まれた人類としては、これからの宇宙はどうなるのか、未来も知りたい。

宇宙の未来のカギを握るのは、宇宙を満たす正体不明のエネルギー、ダークエネルギー（①項*3の注記を参照）だ。いま宇宙の膨張を加速させており、このまま続くなら宇宙の未来は悲しい。現在の宇宙は100億光年を超えて銀河が無数に広がった豊かな存在だが、1千億光年後にはすべて視界外に飛び去ってし

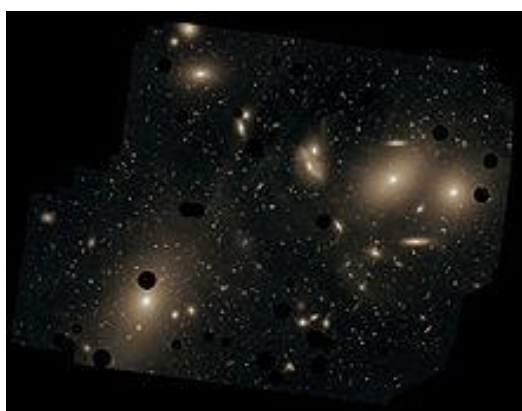
まう。その時、天の川銀河と隣のアンドロメダ銀河は合体し、ミルコメダと名付けられる超銀河（*35）になる。

*35. 超銀河

超銀河；銀河の集団である銀河団や銀河群が、複数個以上連なった大構造のこと。およそ1億光年程度以上の大きさを持つ。フィラメントと呼ばれるブリッジ構造を介して連なっている。

銀河団；多数の銀河が互いの重力の影響によって集団となったもの。銀河の数は数百から1万におよぶ。規模の小さいものは銀河群と呼称される。

おとめ座銀河団



うみへび座銀河団



太陽はとっくに燃え尽きています。（注．理論計算によると、太陽は約100億年の寿命がある。太陽系が生まれたのは46億年前なので、太陽はあと50億年ほど今と同じように輝き続けることができる。）

それでも私達の末裔がほかの惑星に移住を繰り返し、また生命の形態をも自己設計して変えながら生き延びているかもしれない。しかし燃え尽きようとする暗い星々のかなたに、虚空が広がるのを見るだけだ。もしダークエネルギーが消え宇宙の膨張が減速すれば、遠くに消え去っていた銀河が次から次へと視界に戻ってくる。そうなれば私たちの末裔は大宇宙に広がり、宇宙をより豊かにしているかもしれない。

最近、大栗博司（注記．日本の物理学者。専門は素粒子論。学位は、理学博士（東京大学・1989年）。カリフォルニア工科大学フレッド・カプリ冠教授およびウォルター・バーク理論物理学研究所所長。東京大学カプリ数物連携宇宙研究機構機構長。アスペン物理学研究所理事長）さんをはじめ超弦理論（*36）の研究者らは、ダークエネルギーが減少する可能性を理論的に示した。うれしいニュースだ。

*36. 超弦理論

弦理論；点粒子の代わりに、一次元的に広がった弦の運動を扱う量子論。1970年頃、ハドロン（素粒子のうち、強い相互作用をする粒子の総称）を広がった素

粒子としてとらえ、その模型として初めて定式化された（双対共鳴模型）。ハドロンを記述する理論として量子色力学（素粒子物理学における、強い相互作用を説明する基本理論）が導入されたあとは、量子色力学と弦理論の関係が研究された。

超弦理論；超対称性を備えた弦の理論である超弦理論が、 10^{-35}m 程度の非常に小さなスケールでの究極の統一理論として研究されている。1970 年頃に登場した弦理論の一種として発展した。

また過去から現在にかけて変化がないかを観測で調べようという国際観測計画が主宰者村山斉（注記. 日本の物理学者。専門は素粒子理論。学位は、理学博士（東京大学・1991 年）。東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構初代機構長。リニアコライダー・コラボレーション副ディレクター。日本とアメリカを行き来しつつ活動している）さんらの頑張りで進んでいる。最近、ハワイ島にある日本のすばる望遠鏡(*37)に観測装置を設置し、最終調整の段階となった。私たちの末裔の明るい未来を願いながら、観測結果を楽しみにしている。

*37. すばる望遠鏡

ハワイ島マウナケア山頂に設置された大型光学赤外線望遠鏡。



[トップへ](#)

②タイムマシンと物理法則（2022 年 12 月 7 日）

タイムマシン、これは SF の永遠のテーマだ。時空の物理法則である相対性理論（相対論）では、光の速さに近いロケットで宇宙旅行をした飛行士が地球に帰ってくると、自分の成長した息子よりも若くなることが起こるが、論理的矛盾は何ら起こらない。未来に行くだけなら問題はない。

しかし過去に行けるとすれば因果律が崩壊する。あまり使いたくない言葉だが「親殺しのパラドックス」が生じる。過去に行って、誤って結婚前の母親を殺めたなら自分は生まれなくなる。生まれないはずのない自分が母親を殺められ

るのか？これでは困る。多くの物理学者は時空の法則、相対論が厳密に禁止していると思っていた。

しかし最近ノーベル物理学賞を受賞したK・ソーン（注記. キップ・ステファン・ソーン博士）は四半世紀前に、未来の知的生命体が通行可能なワームホールを作れば過去に旅行できると相対論から示したのである。ワームホールとは離れた場所を瞬時につなぐトンネルだ。ほかにも相対論から過去に行ける方法も指摘されている。

これに対し、車椅子の天才と言われたホーキングは時間順序保護仮説（注記. S.W. ホーキング 著；佐藤勝彦 解説・監訳を参照）を提唱した。過去に戻れるようなワームホールは、ミクロの世界の法則、量子論によって壊れてしまうはずだというのである。現代物理学の体系は量子論と相対論という 2 つの土台に建つ摩天楼だ。もう一つの土台である量子論が因果律を守るはずだという。

「ドラえもん」では、過去の歴史を変えようとする悪人を取り締まるタイムパトロール隊がいる。量子論がその役割をはたすのだ。彼は残念ながら 4 年前に亡くなった。物理学の大問題は残されたままだ。

[トップへ](#)

②日本の科学再生に向けて（2022 年 12 月 14 日）

各国の科学研究のレベルを表す指標である。「トップ 10%論文数」で、日本は人口が約半分の韓国にも抜かれ、12 位に転落した。かつて 2000 年ごろに米国などに次ぐ 4 位だった。あまりにもひどい凋落（ちょうらく）ぶりに愕然（がくぜん）とした。21 世紀になって日本の自然科学系のノーベル賞受賞者数は米国に次ぐ 2 位であるが、過去の業績によるものだ。

この傾向は十数年前から始まっていた。文科省の審議会、学術分科会は 2015 年、私も参加した特別委員会で子細な分析を行った。原因に挙げられたのは大学の基盤的研究費の減少、若手のポストの減少、博士課程への進学率の低下などだった。

いずれも基本的に 04 年の国立大学の法人化の結果だ。国の予算が厳しいことを受け、運営費交付金を毎年 1%減額するが、国立大学に人事、予算、体制に裁量を与え、互いに競争させ大学を改革しようとするものだった。この法人化を推進した一人、元東京大学総長で文部大臣も務めた有馬朗人（*38）さんは晩年、法人化は大失敗だったといつも嘆いておられた。

*38. 有馬氏の失敗論

国立大学の教育・研究活動に必要な基盤的経費である国立大運営費交付金。

2004 年に国立大学が法人化して以降、年々減少が続いており、東大もその例

外ではない。この法人化の方向性を決めたのが、1998～99年に文部大臣（現・文部科学大臣）に就いていた元東京大学総長の有馬朗人氏だ。当時は、大学に自主性が生まれるといった効果を期待して法人化されたが、結果的には、そうした効果以上に人件費に充当される運営費交付金の削減で、若手研究者の減少を招くこととなった。法人化は失敗だった。

しかし後戻りはできない。大学の基盤経費の確保充実は不可欠だが、長期的な凋落を防ぐには、若手と女性研究者の育成、活躍推進を図ることだ。欧米の多くの国々では博士課程の院生には実質給与が支給される。研究者として位置づけ、経済的支援を充実させ博士課程を魅力あるものにすべきだ。減少した若手任期なしポストの増員、さらに女性研究者のサポート強化、そして教授、準教授への雇用促進だろう。若手・女性の活躍で日本の科学が再生することを願っている。

[トップへ](#)

④人は神の創造物か？（2022年12月21日）

宇宙には根源的な大きな謎がある。あたかも神様がおられ、巧みに物理法則や物理定数を微調整してくれたおかげで、宇宙は人間が生み出したように見えるのだ。

人体はじめ普通の物質は、その最小単位である素粒子で作られている。これらの間に力が働いて天体、地球、生命、そして人間が作られ、運動している。物質の運動、仕組みを支配しているのが物理法則だ。例えば原子や分子の構造や運動を決めている電磁気力の強さが4%でも大きかったり小さかったりすると、もはや生命を構成する主要元素の炭素や酸素は宇宙では造られない。当然、生命はこの宇宙には存在できない。調べあげると、人間が生じる確率はありえないような極めて小さな値となる。

この奇跡的な微調整は科学的に説明できるのだろうか？それを説明しようとするのが、宇宙は無数にあるという「マルチバース」(*39)だ。宇宙を意味する英語のユニバースの「ユニ」を、多数を意味する「マルチ」に置き換えた造語だ。物理法則すべての統合を目指す超弦理論は、「物理法則がそれぞれ異なる宇宙が無数に存在する」というマルチバースを予言している。

*39. マルチバース

宇宙は我々が存在する宇宙だけでなく、別に、または無数に存在するかもしれないという仮説に基づく。インフレーション宇宙論から導かれる無数の泡宇宙や量子力学の多世界解釈による多元宇宙など、さまざまな仮説が提唱されている。いずれも原理的に観測可能な宇宙ではなく、行くことも見ることもできない理論上の存在と考えられている。多宇宙。平行宇宙。

こう考えると、ほとんどの宇宙には認識主体となる知的生命は生まれず、その宇宙の存在も認識されない。しかしありえないような小さな確立でも知的生命体が生まれる宇宙では、かならずその宇宙は存在することが認識される。皆さんはこの説明で納得できただろうか？因果関係を持たない別の宇宙の存在は証明できない。万能の創造主、神を信じるのと変わらないのか？

この謎は解けるときは来るのだろうか。

[トップへ](#)

②地球人の未来は無限か？（2022年12月28日）

人類は百年スケールで太陽系内に居住区を持ち、千年のスケールで自らを自己設計し、多様な形態に変え、太陽系に満ちあふれる。十万年スケールで天の川銀河に満ち、百万年スケールで隣のアンドロメダ銀河など他の銀河に広がる。さらに長い時間スケールでは宇宙論的生命体として宇宙を豊かで多様な世界へ発展させるだろう！

これは知の巨人、未来学者ともいわれていたF・ダイソン（注記. フリーマン・ジョン・ダイソン、イギリス・バークシャー生まれのアメリカ合衆国の理論物理学者・宇宙物理学者・サイエンスライター）の言葉である。数学、素粒子、生命、宇宙、軍事、環境などあらゆることに興味を持ち、研究発信し続けたが、2年前に亡くなった。30年前、来日された彼に、宇宙と人類の未来、インターネット情報社会の未来などについて聞き、知の世界の広さに圧倒された。私自身の宇宙創生の研究も話し、楽しい時間を過ごした。

量子計算理論のパイオニアであるD・ドイッチェ（注記. デヴィット・ドイッチェ、イギリスの物理学者。イスラエル共和国ハイファ生まれ。オックスフォード大学の教授。量子計算理論のパイオニアである。量子力学の多世界解釈の支持者である）は著書「無限の始まり」において「人類がこれまでに得た、世界、宇宙の

真理は極めて初歩的なものだ。人類が知識を創造し続けることで未来は無限に広がる。我々人類はそれを実現できる創造力を備えている」というようなことを主張している。これまた究極の楽観だ。

人類は頭脳を発達させ、得られた「知」によって大きく発展した。しかし「心」が新たな高度知識社会に適応した段階に進化する時間はなかった。核戦争、遺伝子操作技術、環境問題などによって人類は絶滅する可能性がある。「知」はもろ刃の剣だ。人類は無限の未来を拓（ひら）くのか？自滅に至るのか？人類の知性を信じたいが、21 世紀はその分岐点だ。明日の我々にかかっていると言えよう。

[トップへ](#)

4. さいごに

宇宙のことは難しいのですが、その片鱗に触れることができました。が、宇宙のことだけでなく、下降線をたどる日本の大学や自然科学界の将来を憂うべき根拠も教えて頂きました。また、人類が発達させた頭脳で「知」を得たが、それにより人類は無限の未来を拓くのか、それとも人類の絶滅の可能性があるのか？幅広く含蓄のある内容だと思いました。

2030 年頃にノーベル賞を受賞されると信じていますので、その節には是非、読み直して頂きたいと思います。

[トップへ](#)

出典

- ・日本経済新聞（夕刊）；「あすへの話題」
- ・ウィキペディア
- ・東京丸亀高等学校同窓会・公式 Web サイト

以上