

Les étoiles

名古屋大学星の会誌 Les étoiles 第44号 2021.10.11発行

星のお知らせ

オンライン「もういちど学ぶ天文学」 参加無料

第8回 2021年 11月27日(土) 時間:14:00-15:30 / 講師:福井康雄(名古屋大学大学院名誉教授)

第9回 2022年 1月29日(土)

新規参加は、下記のアドレスまで事前にお申し込みください。
restudy@a.phys.nagoya-u.ac.jp

第10回 2022年 3月26日(土)

これまでの回に参加された方には継続して案内を送付しておりますので、再度の申込は不要です。

宇宙には、私たちに共通の謎と魅力が満ちています。ステイホームの今、もういちど天文学にふれてみませんか。新たに、オンラインの天文学教室を開きます。もちろん、初めての方も大歓迎です。テキストは、「宇宙100の謎」福井康雄著(角川文庫)。zoomを使用します。

オンライン福井教室 時間:14:00-16:00

第145回 2021年 10月30日(土)

第146回 2021年 12月25日(土)

第147回 2022年 2月26日(土)

※「もういちど学ぶ天文学」福井教室は日程変更の可能性があります。福井康雄のホームページでご確認ください。

NHK文化センター宇宙講座(オンライン)

NHK文化センター名古屋教室では毎年、福井康雄(名古屋大・名誉教授)が監修しております。宇宙講座が開講されています。(受講料が必要です、詳細は下記のwebを参照ください。)

福井康雄 監修

「宇宙と物質の起源」(NHK文化センター)

http://www.nhk-cul.co.jp/programs/program_1224831.html
全12回のうち、10月以降に予定しているのは以下の3回です。

2021年10月 6日(水) ⑩ 宇宙線の起源

2021年10月20日(水) ⑪ 新しい発見

2021年11月17日(水) ⑫ まとめ

また、特別講座「月の歴史」を予定しております。

2022年1月15日(土) 時間:16:00-17:30

詳細はNHK文化センター名古屋教室にお問い合わせください。

<https://www.nhk-cul.co.jp/school/nagoya/>

TEL:052-952-7330

はじめて学ぼう、「宇宙」 講師:福井康雄(名古屋大学名誉教授)

宇宙の存在は、人の文化と思考を長年はぐんでくれました。ソフィーの講座に参加し宇宙に想いを寄せ、これからの人生を味わう準備にとりかかってみませんか。「はじめての経験」というあなたにぴったりの講座です。

2021年 11月6日(土)、20日(土)

時間:13:30-15:00(いずれも)

会場:アイエムワイビル会議室(地下鉄・JR千種駅直近)

受講料

一般 2回6,000円(星の会会員 2回5,500円)

※2回通しの講座ですが1回ごとのご受講も承ります。

○1回 3,500円

○22歳以下の方は1回1,000円

(星の会会員は2回5,500円)

主催:創企舎ソフィ(名古屋市中区新栄2-6-13)

お申し込み方法:創企舎ソフィへご予約下さい。

TEL:052-684-5894

または090-8474-6363(土日曜も可)

e-mail:soukisha-sophy@gd5.so-net.ne.jp

URL:<http://s-sophy.com>

編集後記

お待たせしました、約一年ぶりの会誌の発行となりました。コロナ禍ですっかり変わってしまった生活様式は、ますます人と人との直接の出会いやふれあいを遠いものにしていきます。今回福井先生に伺った、それからの人生に大きく影響するような出会いは、今後難しくなっていくのかもしれない。会員の望月さんの体験されたこと、私たちが忘れてはいけない原点です。目の前の人やものと、一期一会の気持ちで向き合うことが本当に大切だと痛感します。福井先生の講義を大教室で受講していたことが貴重な時間だったのだと、今改めて感じています。皆様とまた教室でお会いできる日が来ることを心より願っています。(編集委員 三浦一佐衣)

表紙説明

1998年、マゼラン雲の国際学会が開かれたビクトリアは、カナダの西海岸の港町。ハーバーには多くのヨットが係留されており、人々に憩いの時を提供している。福井康雄・画。この国際学会では、「なんてん」の観測成果が初めて披露された(8ページに関連記事を掲載)。



福井康雄のホームページのアドレスが変わりました。ビデオメッセージバックナンバー、最新の研究内容などが紹介されています。
<https://yasuo-fukui.sakura.ne.jp/wp/>

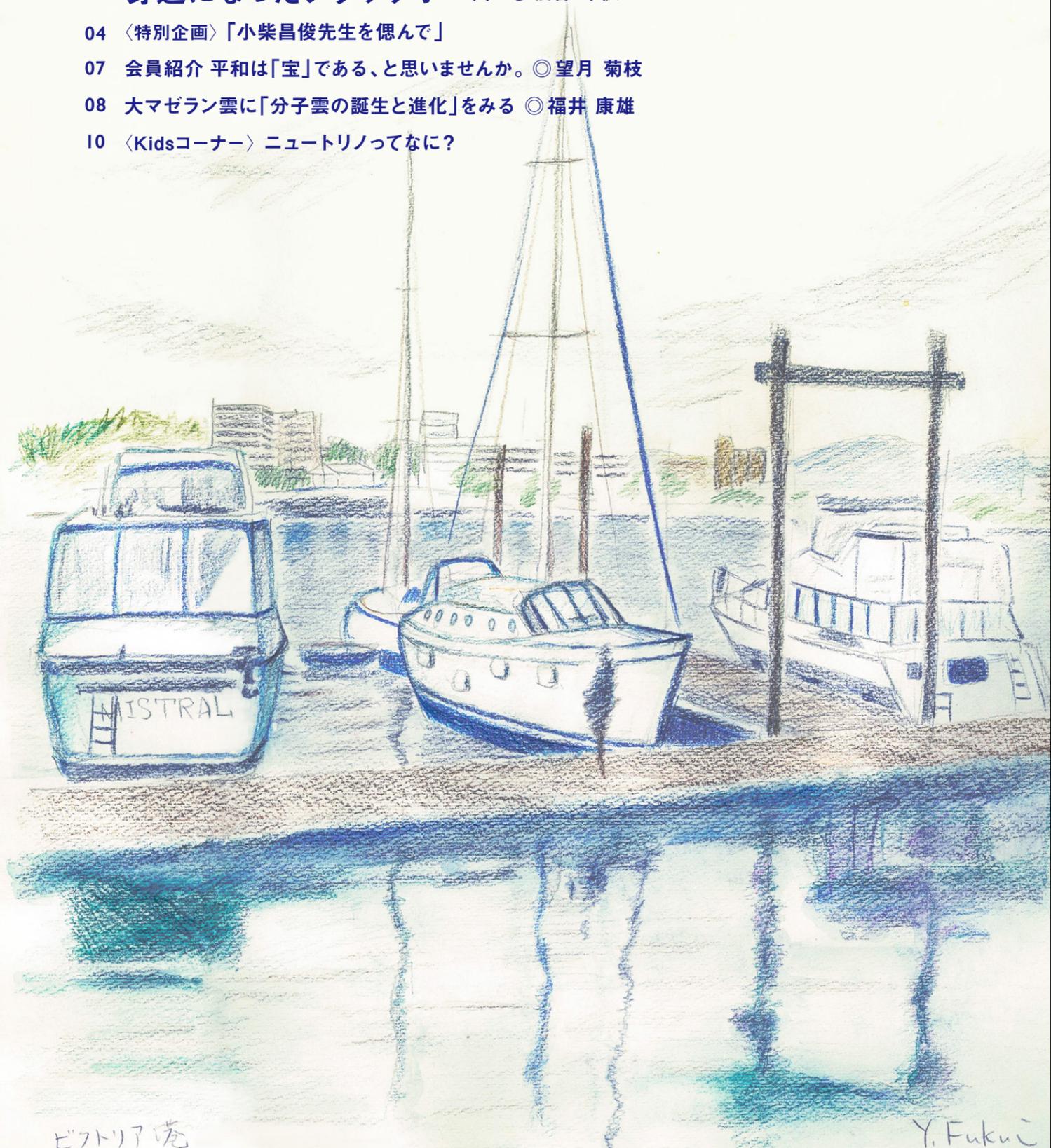
名古屋大学星の会

(題字:加藤延夫 愛知県芸術文化センター 元総長)

名古屋大学星の会 事務局
〒464-8602 名古屋市千種区不老町
名古屋大学理学部天体物理学研究室
TEL 052-789-2837
電子メールアドレス hoshikai@a.phys.nagoya-u.ac.jp

「名古屋大学星の会」は、NANTEN2と、名古屋大学の宇宙研究を応援する一般市民の集まりです。

1000



ビクトリア港

Y. Fukui

身近になったブラックホール

文=榎谷玲依 Rei Enokiya 慶應義塾大学 理工学部 研究員

2020年のノーベル物理学賞は、半分はオックスフォード大学の数学者ロジャー・ペンローズ博士が、この半分の半分はマックスプランク研究所の天文学者ラインハルト・ゲンツェル博士とカリフォルニア大学ロサンゼルス校の天文学者アンドレア・ゲズ博士が共同で受賞しました。本稿では受賞理由などについて解説します。

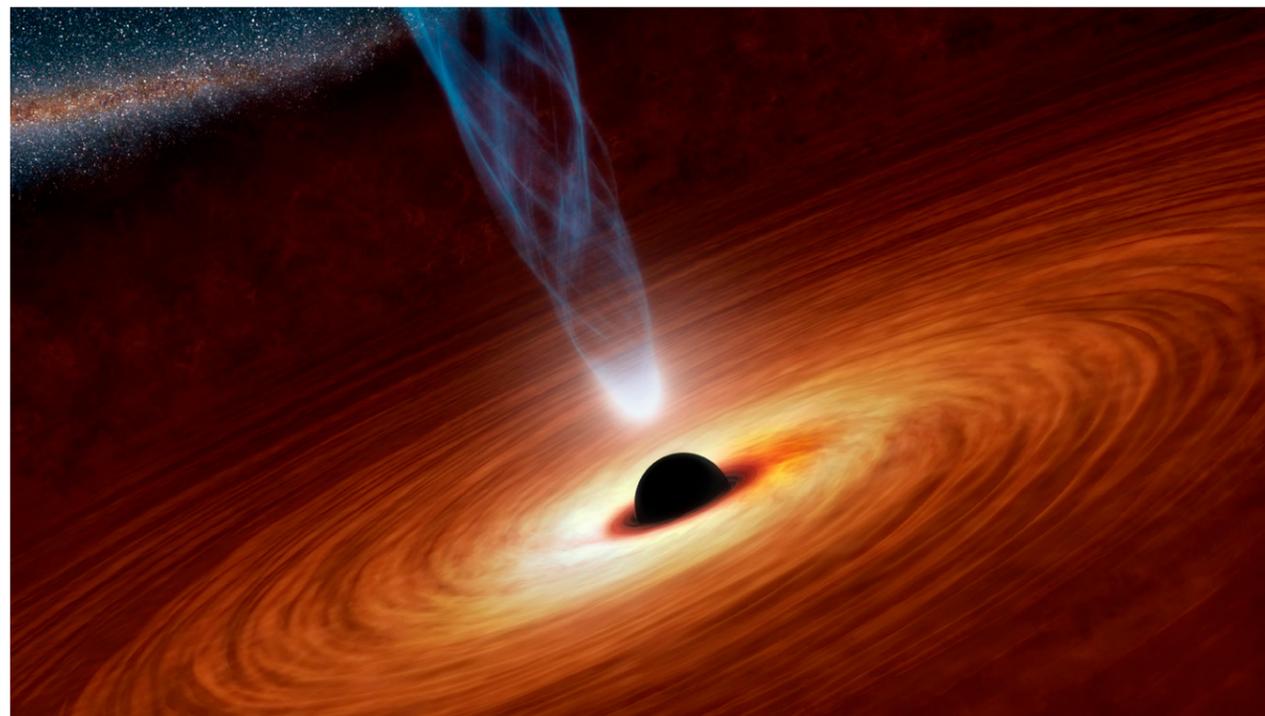


図1 ブラックホールの想像図 (画像クレジット: NASA/JPL-Caltech)

ブラックホールの存在

ブラックホールは、宇宙の最もエキゾチックで謎多き天体の一つであり、物理学研究において非常に重要な天体です。ブラックホールのような天体がアインシュタインの一般相対性理論から予言されるということは、1916年にシュバルツシルトによって最初に指摘されました。しかし、当初はアインシュタインすらもその存在に懐疑的だったそうです。そんな背景があっただけで、「ブラックホール」という名前は1967年にジョン・ホイーラーが名付けたとされ、実は意外に最近までその存在は今ほど身近ではありませんでした。今回ノーベル物理学賞を受

賞したロジャー・ペンローズ博士は、独創的な数学的手法でアインシュタインの一般相対性理論の研究を行い、ごく自然な帰結としてブラックホールが形成されるということを示しました。さらに、ブラックホールは光さえも吸い込んでしまうため、事象の地平面(光がブラックホールから脱出できる限界面)ができること、また、ブラックホールの内部中心ではすべての自然法則が破綻する時空の特異点が存在することを示しました。つまり平たく言えば、私たちが漫画やアニメなどでよく目にするブラックホールというものがこの宇宙には普通に存在するはずだということを理論的に示したのです。

ブラックホールを観察する

ノーベル物理学賞のもう半分を受賞したゲンツェル博士とゲズ博士は、互いに競合する研究チームを率いて、銀河系(私たちの住む銀河)の中心部に超大質量ブラックホールが存在することを観測的に示しました。銀河系の中心部は多くのガスや塵に覆われているため光では見通せません。そこで彼らは透過力の高い赤外線を用いて観測を行いました。

ゲンツェル博士はチリにある欧州南天天文台(ESO)の望遠鏡を用いて、ゲズ博士はハワイにあるケック望遠鏡を用いて1992年から現在まで継続して観測を続けています。彼らは、10年以上にわたるモニター観測から、S starsと呼ばれる大質量星が秒速数百~数千 kmで運動していることを発見し、それらがある点を基準にしたケプラー回転運動(太陽を周る地球の運動と同じ)をしていることを見出したのです。軌道から、いて座A*と呼ばれる基準点の質量を求めると太陽400万個分と見積もられ、この天体が大質量ブラックホールであることがほぼ間違い無いとされました。

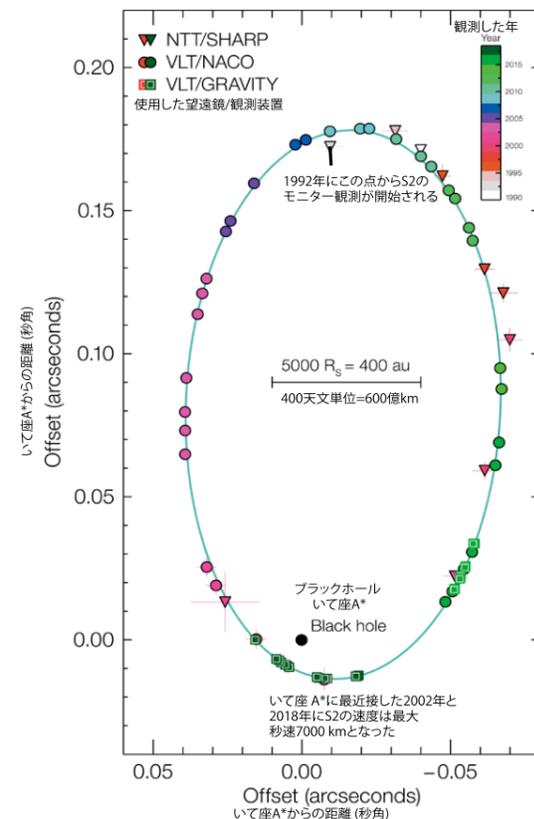


図2 ゲンツェル博士、ゲズ博士らによって観測されたS starsの1つS2の軌道。(画像クレジット: ESO/MPE/GRAVITY Collaboration, Japanese annotation by T.Hayakawa)

当初、この赤外線観測は、星のまたたきが問題となるため露光時間を1/10秒ほどの短時間にして何枚も撮影するしかなく困難を極めました。しかし、のちに補償光学と呼ばれるまたたきを計算して差し引く技術が開発され状況は大きく改善されました。このように、技術の進歩がノーベル賞を受賞するほどの大きな成果につながったのです。最近では、EHTプロジェクトがM87銀河中心部の超大質量ブラックホールの影を直接撮像したことが話題となりました。ここでは、世界中の電波望遠鏡をつなぎ合わせ一つの地球サイズの巨大望遠鏡とみなす、超長基線干渉法という技術が使われました。今後も観測技術の進歩によりどんどんブラックホールの謎が解き明かされていき、その存在はさらに身近になることでしょう。

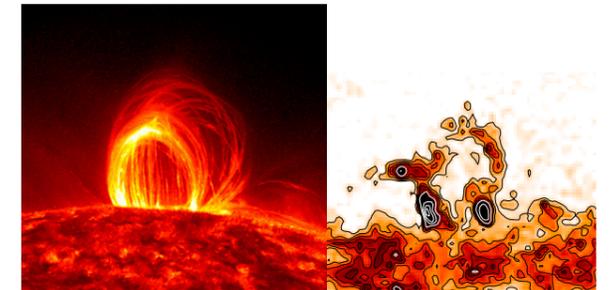


図3 (左)太陽表面の磁気ループ (クレジット: NASA/SDO/Goddard Scientific Visualization studio) (右)銀河系中心部の巨大な磁気ループ。ループ根元にガスが集中している。

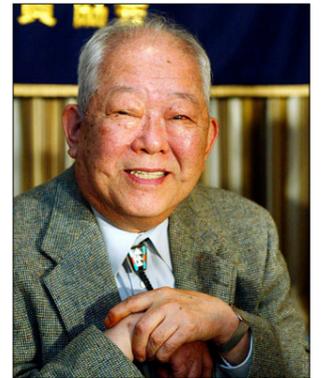
銀河中心の重力が引き起こすバリエーティ豊かな物理現象

銀河中心領域は銀河の重心であるため、中心核の大質量ブラックホールを中心に、たくさんの星やガスが密集する特異な領域です。中心核ブラックホールの質量と銀河バルジの星の総質量は比例関係にあることから、ブラックホールとバルジの星々は共進化していると言われています。私は、これらの星がどのように形成されるのかに興味を持ち、材料となるガスに注目して研究を行っています。宇宙では磁場が常にガスにくっついて一緒に動いていくため、銀河中心には大量のガスとともに蓄積された強力な磁場が存在します。この強力な磁場は、太陽表面に見られるような巨大な磁気ループを形成します。近年、ループに沿って流れ落ちたガスがループ根元にて超音速で衝突をし、たくさんの星が形成されていることがわかりました。今後の研究成果にもご期待ください。

「小柴昌俊先生を偲んで」

zoom 座談会：2020年12月13日(日)

参加者：福井康雄(名古屋大学大学院名誉教授)、柚原克朗、東悦子、
間瀬圭子、三浦一佐衣(以上編集委員4名)、早川貴敬(司会)



小柴 昌俊 Masatoshi Koshiba

小柴昌俊さんが2020年に逝去されました。

享年94歳でした。

小柴さんは素粒子実験の研究者ですが、

2002年宇宙ニュートリノの発見でノーベル物理学賞を受賞されるなど、

宇宙の研究でも大きな業績をあげておられます。

今回は、福井先生を囲んで、エピソードを交えて小柴さんのお話を伺いました。

小柴さんとの出会い

司会 福井先生は、小柴先生とどのような接点があったのですか。

福井 私が小柴先生に初めてお目にかかったのは、1974年でした。当時先生は40代後半、私は20歳そこそこです。先生は東大物理で大学院の講義を担当されていたのです。「宇宙線物理学」という講義でした。私はまだ学部学生だったので正式な聴講ではなく、いわば潜り込んだのです。13名程度の修士コースの学生に混じって受講しました。

担当されたのは3～4人の先生方で、順番に講義をされたのです。なかでも印象が強かったのが、小柴さんでした。小柴さんの講義はなにか事前に準備して話す、というのではなく、ほとんど即興です。その時に一番情熱を注いでいる研究テーマを紹介しておられたのです。小柴先生の話には熱がこもっていました。学生の目を見ながら、語りかけるスタイルです。授業中に「君、これを知っているか?」とよく学生に質問されていました。講義内容は、とても直観的でした。小柴さんは実験家ですから、直観で攻めていくというタイプですね。

20年あまり後にお目にかかった際、この時のことを

お話ししたのですが、「あ、痛～」とあまり振り返りたくない雰囲気でしたが…

司会 講義以外の印象はいかがでしょう。

福井 今では考えられませんが、昔の大先生は愛煙家が多かったのです。小柴先生もそのお一人でした。なんと講義中にも煙草をくゆらせながら、机に腰掛けてお話になっていたことを記憶しています。その様子がうちとけていて、自然でした。あとで耳に入ったのですが、その後まもなく学生の一人が講義中喫煙に抗議したそうです。小柴さんは、その抗議を受けて講義中の喫煙をすぐにやめられたそうです。

お二人の講義の共通点は?

司会 小柴先生の影響をうけたということは、福井先生にもありましたか。

福井 あったのでしょうか。なんといっても学生時代に聞いた講義の中で、小柴さんの講義が群を抜いて強い印象を私に与えました。私の研究者としてのあり方に、影響を与えたと思います。講義中に伝わったのは、小柴さんの研究に対する桁はずれの情熱、好奇心だったと思います。私もそうありたいと思っていたようです。

私も福井教室では受講生に直に質問したり、教室のなかを歩きながら話したり、身振り手振りを交えてやりますよね。その原点は小柴さんの講義にあるのかなと思います。小柴さんは、私にとっては講義法の先生でもありました。

宇宙線物理学とは

司会 1987年、小柴先生らがマゼラン雲の超新星爆発からの宇宙ニュートリノを発見し、大きなニュースになりました。小柴さんの切り開かれたニュートリノ研究について、お話いただけますか。

福井 宇宙ニュートリノを発見したカミオカンデは、もともと陽子崩壊の検証が目的でした。宇宙ニュートリノは、思いがけない偶然の発見だったと思います。超新星爆発が起きることはだれにも予見できませんから。ニュートリノも宇宙線の一種ですから、ニュートリノ天文学は宇宙線物理学の一部と言えます。

太陽の中心での核反応で水素がヘリウムに変換される時も、ニュートリノは生まれています。超新星爆発のときの素粒子反応からもニュートリノが出ていて、それぞれ重要な意味を持っています。ニュートリノを検出して初めて検証できる素粒子反応が、新しい宇宙研究につながるわけです。

ニュートリノは特殊な粒子で、他の粒子との相互作用が弱くすり抜けていくので検出が難しいんですね。カミオカンデの巨大な水槽が有名ですが、ニュートリノは反応率が少ないので検出の効率が低いんですね。そのために巨大な水槽が必要となります。おかげでカミオカンデは大変感度の高い装置になっており、宇宙ニュートリノ発見につながったといえます。

司会 ニュートリノ天文学はその後どのように発展していますか。

福井 今、南極の氷の中で「アイスキューブ」という実験でニュートリノが検出されて成果をあげています。銀河系外の銀河団から飛来していることもわかってきました。ニュートリノ天文学の豊かな将来を予感させる重要な実験ですね。

「アイスキューブ」では、南極の氷に2.5kmの穴を86個掘り、その中に浜松ホトニクス製の光電子増倍管を5,000個並べているそうです。氷の層が厚く、氷の中の水分子とニュートリノの反応を測るわけですね。国際協力ですが、我が国からは千葉大学が中心になって参加しています。カミオカンデと並んですごい実験です。小柴さんの成果が大いに刺激となり素粒子物理学の新たなフロンティアを切り拓いたのです。

マゼラン大星雲の衝突

司会 マゼラン雲といえば、なんてん望遠鏡の研究テーマでもありますよね。何か関わりは?

福井 そのとおり、重要な関係があります。私たちは1996年以来、チリからマゼラン雲を観測してきました。2017年、マゼラン雲の巨大星団が、ガス雲同士の衝突によって誕生したことを突き止めたのです(本誌37号参照)。小マゼラン雲から流入したガスが激しくガスを圧縮し、星団誕生に至ったと考えられます。実はこの衝突は数千光年にわたって起きています。星団の他、全部で400～500個の大質量星が誕生しています。そのうちの一つが超新星1987Aの親星なのです。調べてみるとこの付近に4、5個の超新星が見つかっており、異常に高い密度です。衝突起源と考えれば自然に説明できます。言い換えれば、この衝突がなければ小柴さんはニュートリノを発見出来ず、ノーベル賞受賞もありませんでした。このことは、生前、小柴さんにお知らせしておきたかったですね。

名古屋大学と小柴さん

司会 小柴さんはパブリックアウトリーチにも意欲的だったそうですね。

福井 平成基礎科学財団をつくられ、学問の普及にも力をそそがれました。私は、2004年ALMA望遠鏡推進活動の一環として、一般の方にALMAをよく知ってもらうため「私たちは暗黒宇宙から生まれた」という書籍を執筆監修しました。当時「21世紀COEプログラム」のリーダーであった私は小柴さんをお願いしてALMAへの応援メッセージをお話いただきました。この本の冒頭のインタビュー記事になっています。その時、研究者はいかに考え抜いて次の研究の卵(夢の卵)や構想の目をもたなければならないか、とお話いただいたのです。また、2004年4月23日豊田講堂での講演会でも講演をお願いしました。地下鉄のつるし広告や雑誌「文芸



春秋」に広告を出し、中日新聞でも大きく取り上げてもらいました。高校の物理の先生が生徒を連れてきたり、幅広い年代の方が集まり大盛況でした。

講演が終わってから素粒子物理の教授たちと小柴先生の好物のうなぎを食べに行き、歓談しました。ぺろっと猛スピードで召し上がっておられたのが印象的でした。

ちなみに、名古屋大学の早川幸男先生は、小柴さんと東大で同期だったそうです。1987年に小柴さんがニュートリノを発見したことに、早川さんも強く刺激を受けられたようです。当時早川先生は重力波実験に情熱を注いでいて、その研究は日本の重力波の観測装置「KAGRA」につながっています(本誌41号参照)。

司会 小柴先生が東京大学で教えていらっかった時の貴重なお話や、名古屋大学での講演会の裏話を伺い、さらに小柴先生の人物像に深みが増して感じられます。ありがとうございました。ご冥福をお祈りいたします。(文責 柚原・三浦)

書籍紹介

小柴昌俊先生の本より

2004年豊田講堂での小柴先生の講演は、腰を掛けられたままお話をされました。とても分かりやすいお話だったとの印象を覚えています。講堂のロビーには、20インチの光電子増倍管が展示されていました。残念ながら、その講演の内容を忘れてしまいましたが、ここにご紹介したい2冊の本を読んでも、既に知っていることばかりが書かれていました。おそらく、講演で聴いたことと重なっているのでしょう。

では、ご紹介します。この2冊はともに、先生の自伝的内容です。

「物理屋になりたかったんだよ
—ノーベル物理学賞への軌跡—」(朝日選書 719)

「ニュートリノの夢」(岩波ジュニア新書 646)



先生はもともと、物理学、ましてや天文学を目指していらしたわけではなく、ドイツ文学の道も視野に入れておいでだったそうです。それが、友人や恩師、朝永振一郎氏、南部陽一郎氏らに導かれながら物理学者として羽ばたかれ、その後も洋の東西を問わず幅広い人脈を持たれてご活躍なされたのでした。

浜松ホトニクスの晝馬社長よりも誕生日がわずかに早かったことを盾に、巨大な光電子増倍管を開発されたことは、新聞の追悼記事にもあり、ご記憶の方も多と思います。

そのほか、1987 Aからのニュートリノ検出のプライオリティを奪われそうになったことや、アメリカの「国際協力による原子核乾板飛行計画」というプロジェクトのリーダーでいらした折に、自らのご判断でアメリカ海軍を動かすことになったことなど、痛快なエピソードの数々が書かれていました。

僭越ながら、先生は頭が良く、とても魅力的なお人柄でいらしたのだと想像を膨らませました。あちらの世界から、100年、200年と続く基礎科学の進歩を見守ってくださっていることでしょう。

(星の会会員 間瀬 圭子)

平和は「宝」である、と思いませんか。



望月 菊枝(星の会会員)
Kikue Mochizuki

1944年、私は女学校の2年生でした。その頃日米の戦局は激しくなり、2学期には学業を中止し学徒動員として三菱電機で軍機の製作に従事しました。更に戦局が悪化し工場地帯への連日の敵機襲来に見舞われると「工場は危険」と生徒を案じた校長の判断で学校を工場として教室で作業をすることになりました。校庭には防空壕が30個程作られました。毎日の様に敵機襲来がありました。その年12月に作業中に東南海地震が、翌年1月に三河地震があった時は夜中に不気味な地鳴りも聞きました。その10日後の1月23日、当日3回目の空襲で壕に逃げ込みしばらくすると大音響と共に壕が崩れ、口や目に砂が入り壕に埋められそうになります。半壊状態の中、必死で蓋を持ち上げ外へ出ると、目の前は、これが地獄かと思われる光景でした。僅か2メートル先には直撃を受けて直径10メートル程の大穴が出来、穴の中には血まみれの体が土に埋もれ、口から血の流れる人、体は埋もれ手のみ土より出ている人、電線に垂れ下がっている人。心が乱れ、私自身今どこに居るのか分からない様な感覚でした。暗くなり帰宅が許されましたが交通機関も止まり6キロ近く歩いて帰宅する途中、スコップを担いだ父に出会いました。父の「オー助かったか!」の喜びと安堵に満ちた大声は今でも耳に残っています。父は噂を聞きつけて助けに出かける所でした。

壕を出て惨事を目の前にし暗くなって帰宅するまでの数時間の出来事は今だに記憶が抜け落ちています。

先生方が残された記録誌がその時の状況を伝えてくれます。『呼吸をするたびに血を吐く生徒を担架代りのザラ板に乗せ講堂へ運び、亡くなった生徒の血染めの土をオキシフルで拭き取り、お湯で体を拭き、欠けた体の部分は包帯を巻き、服装を整え、臨時の木箱に納め、暗くなってからトラックで家に送りました。また、3日後最後に発見された生徒は、穴より3mも下の土中より発見。凍りついた衣服を鋏で切り取り、手袋をはめた手は握りしめて硬く、鋏で切るのも大変力がかかり、体を拭き、脛の骨の露出は包帯を巻き、母上持参のユカタを着せ、やっと少女の姿になった時、母上は我に返り娘に抱きつかれました。母上は「登校の時、新しく縫ったモンペを履いて見せ笑って出かけました。」と咽び泣きされました。』

その後学校工場は松坂屋の5階に移りましたが後に焼夷弾で内部が焼失したため、とうとう工場疎開と称して私の組は中央線の釜戸の町で小学校を工場に、寺や宿屋に宿泊して軍の作業をしました。初めての親から離れての生活は終戦まで続きました。サツマイモ1本とイナゴの佃煮・・・食糧難でお腹を空かせていました。戦後は更に厳しくなりました。

今平和の中で私たちは自由を享受し、苦しい事もありますが楽しい生活が出来ています。若し爆死した彼女たちが生を得ていたなら今90才の老婦であり楽しい生活をしている事でしょう。ひ孫を抱く笑顔があるかもしれません。私自身が親になって思うのは、そんな彼女たちのあの日の親の気持ちはどんなものだったかという事です。幼顔の残る娘を朝、手を振って送り出し、夕べには想像もしない姿の我が子を迎えるとは。この様な理不尽な事があっていいのか?これが戦争なのです。戦争とは如何に悲惨で残酷なものか、深い悲しみと憤りを感じます。平和は人のみならず他の生き物にとっても大切な「宝」です。ありがとうございました。

(編註: 望月氏は杉本健吉画伯の娘さんです。)

大マゼラン雲に 「分子雲の誕生と進化」 をみる

福井 康雄 Yasuo Fukui



宇宙は銀河で構成され、銀河は星で構成される。1990年代、銀河の観測は主に可視光で行われていた。そこに見えるのは、星と星雲だけである。光では見えない「分子雲」は銀河研究の主な対象ではなかった。しかし、分子雲こそ星をつくる「もと」である。分子雲抜きにして、星と銀河の起源はわからない。

星をつくる巨大分子雲は100光年の広がりを持つ。巨大分子雲を観測するには、すくなくとも100光年を見分ける分解能が必要である。ところが銀河は遠い。最も近い銀河のお馴染みはM31、アンドロメダ銀河であるが、これは200万光年の距離にある。すくなくとも60mクラスの大型電波望遠鏡で何ヶ月もかけないとM31の広い範囲の分子雲はカバーできない。そのため、他の銀河の分子雲を個々に観測することは、2000年のころには不可能だった。銀河の分子雲の観測は立ち遅れており、銀河進化の理解は進まなかった。

この状況を世界で最初にうち破ったのは、名古屋大学がチリに設置した4m望遠鏡「なんてん」である。南の空には、例外的に太陽系に近い銀河、マゼラン雲がある。マゼラン雲は渦巻はなく、不規則銀河に分類されるが活発に星をつくっている。その距離は、アンドロメダの16分の1と近い。4mの望遠鏡でも64m(16×4m)の大望遠鏡に匹敵する分解能を実現できるのが私の狙いだった。初めて得られたマゼラン雲の分子雲総計100個余りの地図が得られ、光の星雲と若い星々に接する分子雲の分布がもれなく明らかになった(図1)。これが銀河進化の研究を変える大きな一歩となった。

「なんてん」の観測は1998年7月にカナダのビクトリアで開かれて国際天文連合シンポジウム「マゼラン雲」で初めて発表された。このとき私が注目したのは、巨大分子雲にいくつかのタイプの違うものがあることだった。「星が生まれていないもの」、「わずかに1、2個の大質量星が生まれているもの」、さらに、「いくつも星団を伴う活発に星形成しているもの」、の3タイプである(図2)。この結果は早速注目された。大御所ファンデンバーグがシンポジウムの締めくりのトークを行ったが、「最も印象的な論文は日本の『なんてん』チームによる分子雲の観測であった」とまとめたことが記憶に残る(註)。

私は3タイプが「進化の系列を表す」と考えた。第一感である。タイプ1から2を経て、3へと進化する。銀河をもれなく観測したことによって、ここに全ての巨大分子雲がふくまれる。もし、巨大分子雲の進化が定常的におきているとすると、それぞれのタイプの個数の割合1:2:1は各タイプの年齢に比例する。星団の年齢は平均500万年ほどと見積もられるため、巨大分子雲の年齢も同程度と推定される。こうして、直接測れない巨大分子雲の年齢が初めて約1千万年と推定された。これらの発見は、現在に至るまで学界をリードする概念として使われてきた。文字どおり、銀河進化の実証的研究を開拓したのである。

諸外国もこの成果に刺激されて1個の銀河の巨大分子雲の全貌を観測することに力を注いだ。ようやく2例目が公表されたのは2012年、スペインの30m鏡(ヨーロッパ連合の研究機関IRAMの運営)によ

註 S. van den Bergh 1999
 "...Particularly impressive were the results of the Japanese NANTEN survey carried out on Las Campanas in Chile. ... The observations show that the positions of young giant molecular clouds (GMCs) are strongly correlated with those of emission nebulae. The positions of slightly older GMCs correlate with those of young star clusters. Little or no correlation is found between the positions of GMCs and of supernova remnants. This suggests that the timescale for the evolution of the stellar progenitors of supernovae of Type II (which are the most common type of super-novae in the Clouds) is longer than the dissolution timescale for GMCs."

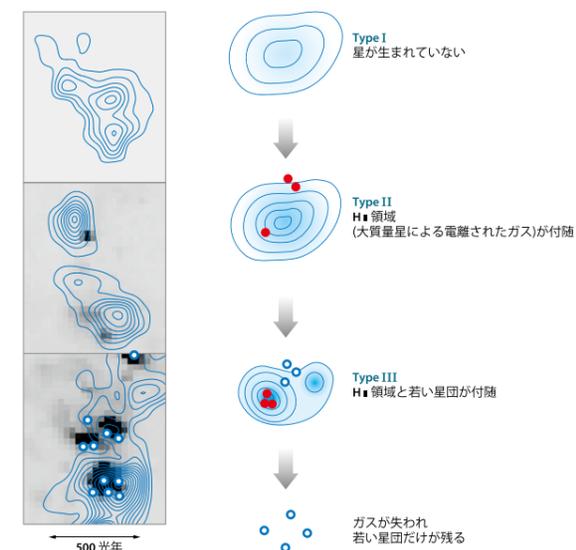


図1 大マゼラン雲の巨大分子雲。白黒画像は可視光で見た星雲、等高線は「なんてん」で見た分子雲の分布。

図2 3つのタイプの巨大分子雲。タイプI「星が生まれていないもの」、タイプII「わずかに1、2個の大質量星が生まれているもの」、タイプIII「いくつも星団を伴う活発に星形成しているもの」。

るM33の巨大分子雲の観測だった。M33は小型の渦巻銀河であり、M31と同じ距離にある。この観測でもマゼラン雲の「3つのタイプ」が確認され、巨大分子雲の進化のタイプが一般的であることが見えてきた。30m鏡で波長が半分の電波を使ったことで、60mに匹敵する分解能が得られたためである。分子雲進化の概念は、銀河全体の進化に拡張できる可能性がある。最終的には、これが銀河の100億年の進化につながるはずだ。

現在のALMA時代に入って、「巨大分子雲のタイプ」は銀河研究の本流になってきた。現在ALMA望遠鏡によって、数100個の銀河の巨大分子雲が観測されつつある。目下の焦点は、大マゼラン雲で導かれた巨大分子雲の年齢の検証にある。銀河の進化は定常的か?渦巻腕の効果は?銀河同士の衝突の影響は?また、超巨大ブラックホールをつくる銀河中心との関係は?なお、多くの謎が解明を待っている。

Kidsコーナー

太陽と月と
星と地球

ニュートリノって何?

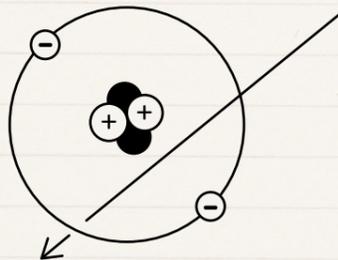


この号は、ニュートリノ天文学を開いた小柴昌俊先生の特集が組まれているね。
ニュートリノって、なんだろう?

ニュートリノは素粒子の1つだよ。

とっても小さな小さな、電氣的にプラスでもマイナスでもない粒子なんだ。あまりに小さくて、原子の中の隙間を通り抜けてしまうよ。

地球でさえほとんどそのまま通り抜けてしまうから、簡単には捕まえられないんだ。



それでも、まっすぐ飛んでいるのだから、ごくまれには何かにぶつかるよ。
それを岐阜県の神岡鉱山の跡地に作られた「スーパーカミオカンデ」で観測しているんだ。

その仕組みは、まずニュートリノ以外の素粒子などは届かない地下1000mに、水を張った大きな大きな水槽を用意して、水の分子にニュートリノがぶつかった時に出るほんのわずかな光を、水槽の壁に敷き詰めた高性能な光センサーで検出するんだ。

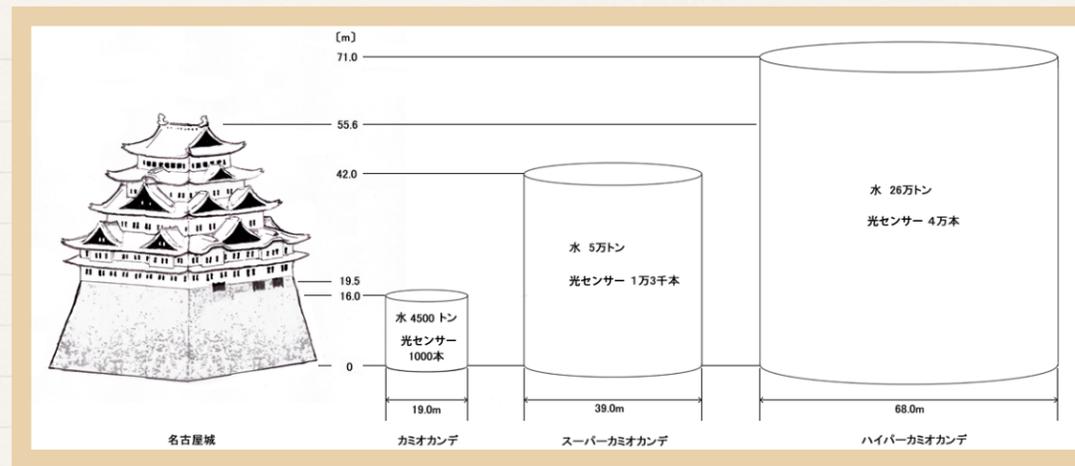
ニュートリノが飛んできた方向や強さもわかるんだよ。



この写真で、壁にいっぱい並んでいるのが「スーパーカミオカンデ」で使われている光センサーのレプリカなんだ。「スーパーカミオカンデ」では、5万トン(学校のプール120杯ぐらい)を入れた水槽に、1万3000個の光センサーを敷き詰めているんだよ。



名古屋城との大きさの比較



「スーパーカミオカンデ」の前に作られた「カミオカンデ」は、世界で最初に太陽以外の遠い宇宙から来たニュートリノの痕跡をとらえるのに成功したよ。それが「ニュートリノ天文学」の始まりになったんだ。

ニュートリノなどの素粒子は、この宇宙が始まった時から存在しているので、その研究は宇宙の成り立ちを解明するのにとっても重要なんだ。

そのために、もっと大きな(高性能な)「ハイパーカミオカンデ」の建設が始まっているよ!

もっと詳しく知りたい

QRコードを読み取ってインターネットで見ても



「5分でわかる!ニュートリノのみみつ」
(東京大学宇宙線研究所)



ニュートリノ&スーパーカミオカンデ e-紙芝居
(ひだ宇宙科学館カミオカラボ)



文/間瀬圭子(星の会会員)
早川貴敬(名古屋大学)

