

研究奨励賞	連星中性子星合体の物質放出と重元素合成	藤林翔	142
ASTRO NEWS	XRISM ニュース (7): XRISM International Conference 2025 開催	山口弘悦・榎戸輝揚	151
EUREKA	同時代観測記録から見るダルトン極小期	早川尚志	154
天球儀	福島県立白河旭高校での手作り電波望遠鏡を用いた 中性水素 21 cm 輝線の全天観測と電波地図作成 根本靖彦・蓮見咲弥・橋本真実・菅野晃生・菊地佑真・ 小林優斗・塚田涼雅・百瀬宗武・浅山信一郎		160
シリーズ: 天文学者たちの昭和	「シリーズ: 天文学者たちの昭和」10周年	高橋慶太郎	166
雑報	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>s, i & r Element Nucleosynthesis Conference (sirEN), Nuclei in the Cosmos XVIII (NIC-XVIII)</i>	岡田寛子	173
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>Parker Four</i>	吉田南	174
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>39th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2025)</i>	阿部正太郎	176
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>International Astronomical Union Symposium 400 —Solar and stellar multi-scale activity—</i>	井上峻	178
	日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 <i>39th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2025)</i>	寺内健太	180
月報だより・寄贈図書リスト			182

【表紙画像説明】

一般相対論的輻射流体シミュレーションにより計算された連星中性子星合体による物質放出の様子。合体の瞬間における、連星の軌道面での質量密度（上半面）と中性子の割合（下半面）の分布を示している。中性子に富む放出物質の中では r プロセスにより重元素が合成される。合体後、形成される大質量の中性子星はこの後すぐブラックホールに崩壊し、その周りの降着円盤からは第二の物質放出が始まる。

【今月の表紙デザイン】

2月には「金環日食」です。2026年2月半ばに、南極から観察できる天体イベントをモチーフにしました。南極で見る日食はどんな景色でしょうか。ペンギンたちとそれを眺める様子を描きました。

連星中性子星合体の物質放出と重元素合成

藤 林 翔

〈東北大学学際科学フロンティア研究所 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3〉

e-mail: sho.fujibayashi@astr.tohoku.ac.jp



連星中性子星の合体は、中性子に富む物質を宇宙空間へ放出し、その中でrプロセスが進むことで重元素を合成すると考えられている。2017年に観測されたGW170817と対応するキロノヴァは、こうした理論予測を強く裏づけるものであった。本記事では、一般相対論に基づく連星中性子星合体の長時間の数値シミュレーションを行うことで明らかになった、物質放出のメカニズムと元素合成への影響を概説する。特に、円盤からの放出物質の中性子の割合を決めるメカニズム、その結果として得られる元素組成、そして合体後に生成される大質量中性子星の寿命についての制限について議論し、今後のマルチメッセンジャー観測と理論研究の展望を述べる。

1. 重元素の起源と連星中性子星の合体

我々や、我々の身の周りの物質を形作る数多くの元素は今までの宇宙の歴史の中で、何らかの天体現象の中で作られてきました。宇宙の物質の多くを占める水素やヘリウムはビッグバン元素合成によって、炭素・酸素などの比較的軽いものから鉄までの元素は星の中の核融合反応、そして星の爆発によって作られたと考えられています。鉄より質量数の大きい原子核のうち約半分は、中性子過剰かつ高中性子密度の環境の下で原子核が自らの崩壊よりも速く中性子を捕獲して質量数を増やす“rプロセス”(r=rapid)と呼ばれる重元素合成過程によって作られたと考えられています^{*1}

[1]. rプロセスが理論的に提案 [2] されてから60年以上の間、この重元素合成過程が起こる天体現象は謎のままであり、rプロセス元素の起源は宇宙物理学の未解決重要問題の1つとなっています。

2つの中性子星が互いの周りを回る連星中性子星は、重力波の放出によって公転のエネルギーを失い合体に至ります。その際の重力波は現在稼働中、また近い将来に建設が予定されている地上重力波望遠鏡の主要なターゲットとなっています。それに加え、合体によって放出される物質はもとも中性子星の一部であるので素朴には中性子に富むと予想され、放出物質中においてrプロセス元素合成が進むと期待できます。そのため、連星中性子星合体はrプロセス元素の起源となる天体現象として長らく注目されてきました。

放出物質の内部で、rプロセスにより出来上がった重元素の多くは放射能をもっており、その崩壊によってより安定な原子核になる過程で放出物質の内部エネルギーを上昇させます。これによる熱的放射である、“キロノヴァ”と呼ばれる突発天体が予言されてきました^{*2}。連星中性子星合体は、重力波と電磁波という2つの波の同時観測による“マルチメッセンジャー”天文学の対象と

^{*1} もう半分は、中性子捕獲反応が崩壊より遅い環境で進むsプロセス(s=slow)によって、漸近巨星分枝星や一部の大質量星で作られると考えられています。

^{*2} 放射性ニッケルの崩壊によって輝く超新星と同じような現象です。

してここ20年ほど注目されてきました [3].

2017年8月17日, 連星中性子星の合体からの重力波の初めての検出がなされました (GW170817 [4]). その後の電磁波での追観測により, 電波からガンマ線まで, 幅広い波長において対応天体が発見されました (AT2017gfo [5]). この中で近赤外線から可視光における放射の性質は, これまで理論的に予言されてきたキロノヴァのものと整合していました. これにより, 連星中性子星合体により物質が放出され, その中でrプロセス元素合成が起こることが観測的に裏づけられました [6].

このキロノヴァの理論モデルは, 連星中性子星合体の数値シミュレーションで得られた知見に立脚しています. 私は, シミュレーションに基づく連星中性子星合体のモデルの構築と, そこでの元素合成に注目して研究してきました. 本稿では, まずこれまでの数値シミュレーションによって得られた知見を紹介します. そして私のこれまでの研究で明らかになった合体後の系の性質と元素合成への影響について説明し, 最後に今後の展望について述べて本稿を締めます.

2. 連星中性子星合体の数値シミュレーション

連星中性子星合体は, 多くのプロセスが非線形に絡み合う複雑な現象であり, その理解には数値シミュレーションが必須です. 過去20年ほどの間に, アインシュタイン方程式を数値的に解き, 動的に変化する時空とその上で起こる流体现象をシミュレーションする手法 (数値相対論) は飛躍的に進歩しました. 現在は様々なプロセス (後述しますが, ニュートリノの放射と吸収や磁場の効果) を取り入れ, シミュレーションをより現実的なものにする段階にあります [7, 8]. 以下ではまず, これまでの数値シミュレーションで得られた物質放出に関する知見を, 私自身の研究と絡めて紹介します.

3. 連星中性子星合体における物質の放出

連星中性子星合体における物質放出は, 大きく分けて2種類存在します. 1つ目は合体の瞬間0.01秒程度の間, 潮汐相互作用や衝撃波加熱によって起こるものです (図1参照). この動的な過程で放出される物質の性質については, 過去に

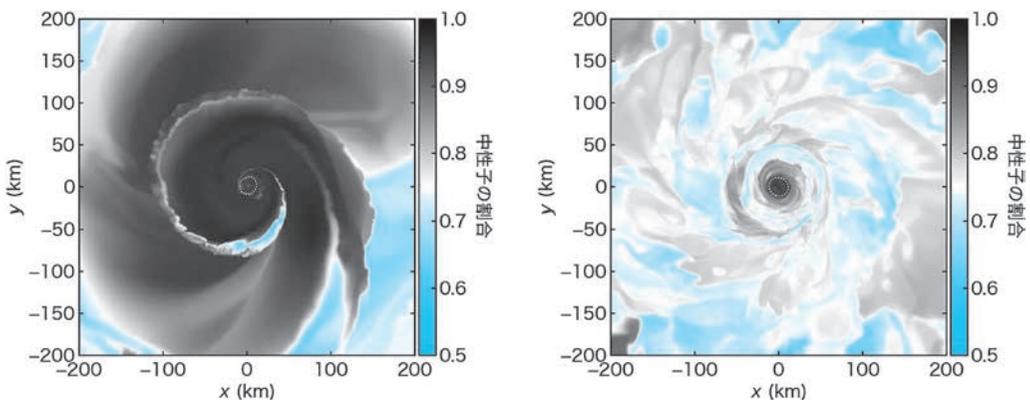


図1 合体の瞬間の中中性子の割合の空間分布を, 合体した連星の軌道面について示したもの. 左図は非等質量の連星, 右図は等質量の連星の合体のシミュレーションの結果. 点線は $1 \times 10^{14} \text{ g cm}^{-3}$ の等密度線で, 大質量中性子星の位置を表す.

詳しく調べられてきました。連星を特徴づける、連星の質量と2つの中性子星の質量比、そして理論的に未解決である高密度核物質の状態方程式によって値は異なりますが、複数のグループの研究により、多くて太陽質量の1%程度の物質が、典型的には光速の10%程度の速さで放出されることがわかっています [9-11]。

連星が合体した後は、合体でできたコンパクト天体（ブラックホールもしくは大質量の中性子星）の周りに遠心力で支えられた構造、円盤が形成されます。これが2つ目の物質放出の舞台です。円盤は差動回転しているために、磁気回転不安定性によって発達した磁気乱流によって、実効的な粘性が働きます。それによる角運動量の輸送で円盤の物質の一部は中心天体に降着するのですが、一部の物質は粘性加熱により円盤から放出されます。この物質放出は円盤の粘性による進化の時間スケールである1秒程度の間起こると思われています。

私がこの研究に着手し始めた2010年代中頃は、この遅れて放出される物質の質量は合体の瞬間に放出される物質と同等か、むしろ大きく超えることが指摘されていました [12-15]。これは、キロノヴァの性質や、合成される元素の組成を論じるうえで合体後の系から遅れて起こる物質放出は欠かせない要素だということを意味します。しかしながら、この物質放出の起こる時間は合体後1秒程度と、0.001秒以下である系の力学時間に比べてとても長く、直接の数値シミュレーションによって放出物質を研究することは計算コストの観点で現実的ではありませんでした。更に当時、この放出物質の性質については、人工的・恣意的な初期条件のもと、一般相対論的重力を近似的にのみ取り入れた数値シミュレーションにより研究されており、定量的な研究は行われていませんでした。私はこの問題を解決するべく以下の研究に

取り組んできました。

4. 放出物質の性質

連星中性子星合体の後の（中心天体と円盤から成る）系は軸対称に近づきますが、私はそこに注目しました。空間3次元の数値シミュレーションにより得られた流体プロファイルを系の回転軸の周りに平均化し、それを初期条件として空間2次元の軸対称シミュレーションを行うことで、系の長時間変化を追うことを可能にしました^{*3} [16]。そして、磁気乱流による効果を粘性流体方程式を解くことで取り入れ、合体後の系からの物質放出を調べました [17-19]。

まずは合体後の系の円盤からどのように物質が放出されるのかを概説します。ここで重要となるのが、粘性による加熱とニュートリノ放射による冷却の競合です。連星合体後の数値シミュレーションで得られた結果の例として最初に、連星合体後、大質量中性子星が0.01秒程度の短時間でブラックホールに崩壊する場合（短寿命；4.3節）に注目します。図2上図は、系のニュートリノによる冷却率 (L_ν) とブラックホールへの質量降着率 (\dot{M}_{BH}) と光速 c を用いて $L_\nu/\dot{M}_{\text{BH}}c^2$ と定義された冷却効率を、合体からの時間の関数として描いています。合体直後、 ~ 0.1 秒程度の円盤は降着率と温度が高く、ニュートリノ放射によって円盤の物質は効率的にエネルギーを失います。その結果として、粘性加熱によって上昇した内部エネルギーは直ちにニュートリノによって持ち去られ、粘性加熱による物質の放出は抑制されます。図2下図は放出物質の質量の時間発展を描いていますが、その間に放出物質の質量の大きな増加は見られません（この段階で既に存在している放出物質は、合体の瞬間に放出された成分です）。時間が経過し、円盤の質量降着率が下がってくると円盤温度も低下し、円盤のニュートリノ冷却効率も低

^{*3} 数値相対論による軸対称2次元のシミュレーションは、当時精力的に行われていませんでした。

下します。このフェーズになると、ニュートリノにより持ち去られなくなった内部エネルギーを使って円盤は膨張し、その一部の物質が放出されます。図2では、冷却効率が低下した後に放出物質の質量が増加していることが読み取れます。

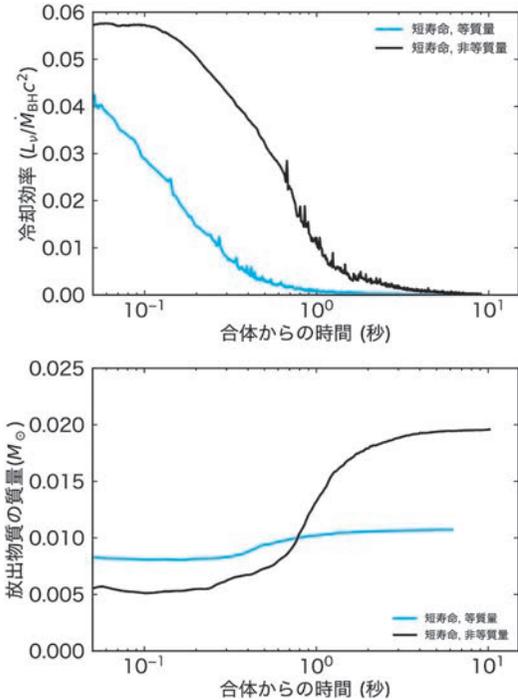


図2 上図：降着円盤の冷却効率の時間発展を、連星合体後の大質量星が短寿命の（合体後の大質量中性子星がすぐにブラックホールへ崩壊する；4.3節）場合に描いたもの。下図：上図と同じモデルについて、放出物質の質量の時間発展を描いたもの。横軸は合体からの時間。

4.1 放出物質の中性子の割合

放出物質の中性子の割合は、rプロセスによって合成される元素を決める重要な量です。中性子の割合が大きいほど、各々の原子核がたくさんの中性子を捕獲することができ、結果重い（質量数の大きな）原子核を作ることができます。私の研究では、合体の瞬間、そして合体後の円盤からのそれぞれの放出物質について、中性子の割合の系の性質への依存性を包括的に調べました [19]。

合体の瞬間に放出される物質が持つ中性子の割合は、合体する2つの中性子星の質量比に依存します。2つの中性子星の質量が大きく異なる場合、物質放出は主に潮汐相互作用によって起こります。その結果として、中性子星の物質はもともと持っていたとても高い中性子の割合を保ったまま放出されます。図1の左図はその例で、潮汐力によって引き伸ばされた構造に沿って中性子の割合が高い領域が存在していることが読み取れます。一方で、合体する中性子星の質量が同程度の場合は、合体する瞬間の衝撃波加熱が主な物質放出のメカニズムとなります。その結果、放出される物質は電子の縮退が下がり、更に高温となるために陽電子の捕獲反応が進み、中性子の割合が低下します。図1右図は等質量の合体の例です。様々な強度の衝撃波を経験した放出物質は幅広い中性子の割合を持ちます。

では合体後の円盤からの放出物質はどのような中性子の割合を持つのでしょうか。図3の左図と中図は、図1と2で示した2つの連星合体のモデ

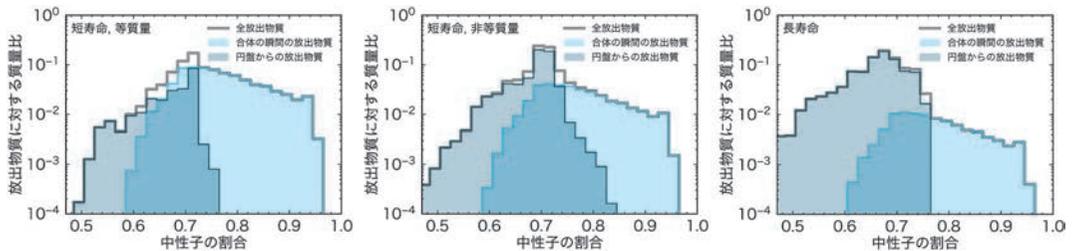


図3 放出物質の中性子の割合の分布。左から、合体後の大質量星中性子星が短寿命かつ合体する中性子星が等質量の場合、短寿命かつ非等質量の場合、そして長寿命の場合を示す。異なる色の線で、合体の瞬間の放出物質、合体後の円盤からの放出物質、そして全放出物質の分布を示す。

ルについて、放出物質の中性子の割合の分布を示したものです。この図からわかるように、合体後の円盤からの放出物質は中性子の割合が0.7ほどのところにピークを持つ分布を示します。なぜこのような特徴的なピークが現れるのか、それを明らかにするために、私は弱い相互作用の時間スケールと放出物質の膨張時間スケール、そして弱い相互作用による中性子の割合の平衡値に注目しました [18, 20].

図4の上図は、合体後の円盤からの放出物質の中の電子・陽電子捕獲反応の時間スケール t_{cap} と、放出物質の膨張時間スケール t_{exp} を放出物質の温度の関数として描いたものです。放出物質の温度は膨張とともに低下していくため、横軸は時間の進む向きと見なすことができます。2つの時間スケールは

$$t_{\text{cap}} = \min\left(\frac{n_p}{\dot{n}_{\text{ec}}}, \frac{n_n}{\dot{n}_{\text{pc}}}\right), t_{\text{exp}} = \frac{r}{v} \quad (1)$$

と定義しています。ここで $n_{n,p}$ は自由中性子、自由陽子の個数密度、 $\dot{n}_{\text{ec,pc}}$ は電子、陽電子捕獲反応の単位体積、単位時間あたりの反応数、 r は中心天体から測った放出物質の半径、 v は同径方向の速度です。温度が 2×10^{10} Kより高いときにはこの時間スケールは膨張時間スケールに比べて十分短いです。この状況においては、放出物質の中性子の割合は、電子捕獲と陽電子捕獲が釣り合った平衡 ($\dot{n}_{\text{ec}} = \dot{n}_{\text{pc}}$) によって決まることが期待されます。これを示しているのが図4の下図で、確かに放出物質の中性子の割合はその平衡値の周囲に分布していることがわかります。電子の縮退が強いとき、中性子の割合の平衡値は0.5（陽子数＝中性子数）より大きくなります。

放出物質が膨張して密度が下がると、電子の縮退が徐々に解け、平衡値は小さくなっていきます。これに従い、電子・陽電子捕獲反応により、放出物質の中性子の割合は小さくなる平衡値に追随しようとしています。しかし、電子・陽電子捕獲反

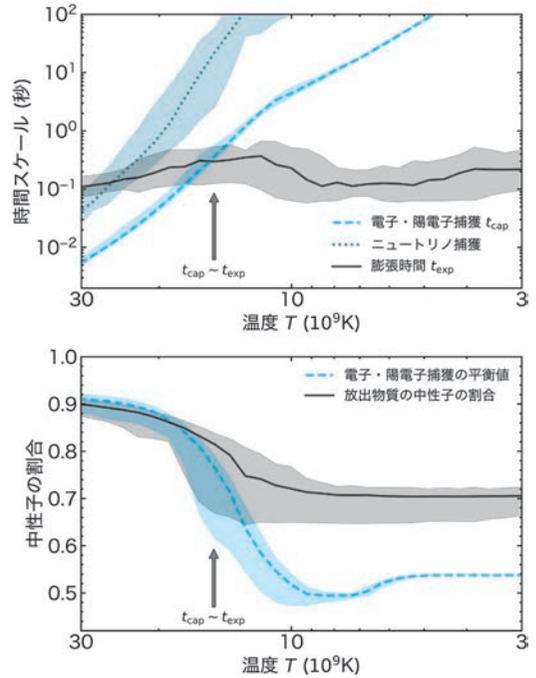


図4 合体後の円盤からの放出物質の中性子の割合を決めるメカニズム。上図では電子・陽電子の捕獲とニュートリノ捕獲反応の時間スケール（それぞれ破線と点線）を、膨張時間（実線）と比較している。下図は放出物質の持つ中性子の割合を、電子・陽電子捕獲の平衡値で決まる値と比較している。横軸は放出物質の温度であり、右ほど低温（膨張する放出物質にとっては時間が進む向き）となっている。放出物質の流体素片ごとに性質が異なる結果として、諸量には分布を持つ。この図において、線は最頻値であり、その周りの帯は分布の10から90パーセントイルを意味する。図中の矢印は、電子・陽電子捕獲反応の時間スケールと膨張時間が同程度になる温度を示す。

応の時間スケールは近似的に T^{-5} に比例し、温度が低下すると急激に長くなり、 $T \approx 1.5 \times 10^{10}$ Kにおいて2つの時間スケールが同程度となります。これより低温では電子・陽電子捕獲は実効的に働かなくなり、中性子の割合はその時点で「凍結」します*4。これが合体後の円盤からの放出物質に

*4 初期宇宙において、陽子・中性子の個数比が決まるメカニズムと類似しています。

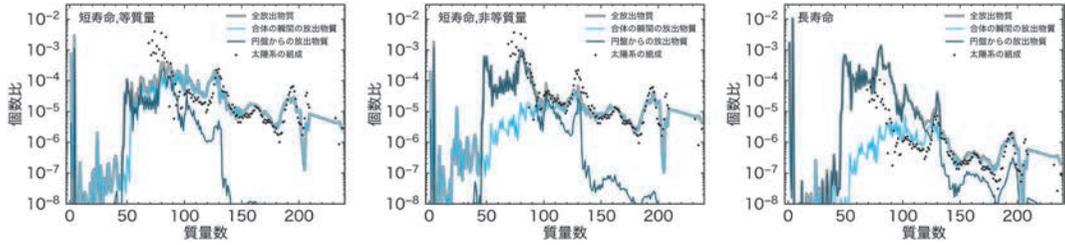


図5 放出物質の元素組成. 3つのパネルは図3に示した各合体のモデルに対応する. それぞれのパネルについて, 合体の瞬間の放出物質, 合体後の円盤からの放出物質, そしてそれらの合計の, 原子核の個数比を質量数の関数として示している. 点で示すのは太陽系のrプロセス原子核の組成で, 適当にスケールされている.

において中性子の割合が決まるメカニズムです.

ちなみに, 電子型ニュートリノの捕獲によっても中性子の割合は変化しますが, 図4の上図に示したように, ニュートリノ捕獲の時間スケールは電子・陽電子の捕獲に比べて長く, この反応は重要ではありません. これは合体後, 円盤から物質が放出されるフェーズにおいては図2に示すように冷却効率が落ち, ニュートリノ光度が下がっていることの結果です.

4.2 放出物質の元素組成

放出された物質の中性子の割合と, 物質の密度・温度の時間発展をインプットとし, 元素合成計算を行った結果を図5に示します. この図は放出物質の原子核の個数比 $(n(A)/n_b)$. ここで $n(A)$ は質量数 A を持つ原子核の数密度, n_b はバリオン数密度) を質量数の関数として描いたものになっています. まずは概観すると, 合体の瞬間の放出物質の内部では強いrプロセスが起これ, rプロセスの第3ピーク ($A \approx 195$)^{*5} やアクチノイド (ウランやトリウム; $A \approx 240$) が作られています. 一方で合体後の円盤からの放出物質の中性子の割合は, 強いrプロセスを起こすには低く, 重元素を効率よく作ることはできないことがわかります.

私はこの結果から, 合体後の円盤からの放出物

質はrプロセスを効率よく起こせないと結論づけました. 当時主流であったアイデアは, ブラックホールが早期に形成される場合はニュートリノ吸収の影響が小さく, 円盤からの放出物質の中性子の割合は高くなり, (rプロセスの第3ピークまで合成するような) 強いrプロセスが進むというものでした. 私の研究結果はそれに反するものになったのですが, 私は4.1節のように放出物質の中性子の割合を決定するメカニズムを明らかにし, この結果には物理的根拠がありました. そのため, この結果は広く認められることになりました.

では, 合体の瞬間の放出物質と合体後の円盤からの放出物質を合計した元素組成に注目していきます. このように, 2つの放出時期とメカニズムの異なる放出物質成分の和を統合的に取れることが, 私の計算手法の強みです.

まず連星の質量比による違いをみていくと, 連星が等質量の場合 (図5左図) は, 幅広い中性子の割合を持つ結果として合体の瞬間の放出物質の中では様々なrプロセス原子核が作られます. この組成は太陽系のrプロセス原子核の組成をうまく再現できます [21]. この場合においては円盤の質量が小さい結果として合体後の放出物質は合体の瞬間のもの比べて寄与が小さく, 重要では

*5 太陽系のrプロセス原子核の組成 (図5の点) には, $A \approx 80, 130, 195$ にピークが確認できます. これらをそれぞれ, rプロセスの第1, 2, 3ピークと呼びます.

ありません。

一方で、連星が非等質量の場合（図5中図）は、合体の瞬間の放出物質の中性子の割合が高すぎ、重たい r プロセス原子核が選択的に作られます。しかしながらこの場合、重たい円盤が形成された結果として、合体後の放出物質が支配的となります。この放出物質は中性子の割合がさほど高くないため、合体の瞬間の放出物質のみでは不足していた軽い r プロセス原子核を補う結果、放出物質全体の組成は太陽系の r プロセス原子核の組成をほどよく再現できます。

4.3 合体後の中性子星の“寿命”への示唆

ここまでにお見せしてきたのは、合体後に形成される大質量中性子星が0.01秒程度でブラックホールに崩壊する場合の結果でした。もしも合体する連星の質量（ \approx 合体後の大質量中性子星の質量）が、核物質の状態方程式によって支えられ得るものである場合は、この大質量中性子星が長時間存続することが考えられます。この場合、円盤の物質は中性子星の表面で降着がブロックされ、放出物質になる割合が増加します。結果として、大質量中性子星が長時間（1秒程度より長く）存続する場合は、図3の右図で示すように合体後の円盤から放出される物質が、合体の瞬間の放出物質と比べても多くなります。図5の右図の元素合成の結果をしてみると、太陽系の r プロセス原子核の組成と比べて軽い r プロセス原子核が多すぎ、太陽系組成を再現できないことがわかります。

ここから、もし連星中性子星合体が宇宙の r プロセス元素の主たる起源であるのなら、太陽系組成を再現するために、大方の合体イベントについて合体後の大質量中性子星はすぐにブラックホールに崩壊しないとけない—短寿命である—という制限をつけることができます（他グループの同様の主張としては [22] を参照）。

最後に補足として、連星中性子星合体が r プロセス原子核のうちの一部のみを生成し、他の（複

数の）天体现象において残りの原子核を生成するという可能性は、金属欠乏星の観測結果から考えづらいことが示唆されています。極めて少ない回数の r プロセス元素合成を経験したガスから成ると考えられる、 r プロセス元素過剰を示す金属欠乏星は、重元素の組成が太陽系組成とよく似ています [23]。これは、 r プロセスを起こす天体ひとつひとつで作られる r プロセス元素の組成が太陽系の組成とだいたい同じであることを示唆しています。すなわち、連星中性子星合体が r プロセス元素の起源であるならば、少なくとも主要な合体イベントにおいては、放出物質の r プロセス元素組成が太陽系のそれを再現する必要があるのです。

5. 最近の進展と今後の課題

私の紹介した結果は磁気流体プロセスを粘性流体方程式を解くことでモデル化したものでした。しかし当然、合体後に形成される円盤や大質量中性子星の中で働く角運動量輸送やエネルギーの散逸は、磁気流体方程式を解くことで最も整合的にモデル化することができません。また、合体後の大質量中性子星が長寿命である場合は、合体後の中性子星が作る大スケールの強磁場による影響が大きくなることが予想されます。したがってこの場合は磁気流体方程式を解くことによる直接計算が必要になります。このような直接計算は、近年やっと可能になりつつあります [24–26]。その計算によると、大質量中性子星が長寿命の場合、中性子星の強力な磁場により放出物質の質量が増加すると共に運動エネルギーも大きくなり、結果として非常に明るいキロノヴァが予言されます。このような可能性は、将来の重力波および電磁波による（マルチメッセンジャー）観測により明らかになることと期待できます。

更に、より定量性の高い理論モデルの構築のために、ニュートリノの輻射輸送の精緻化も求められます。磁気流体方程式とニュートリノ輻射輸送

083029

- [21] Wanajo, S., et al., 2014, ApJ, 789, L39
- [22] Just, O., et al., 2023, ApJ, 951, L12
- [23] Cowan, J. J., et al., 2021, Rev. Modern Phys., 93, 015002
- [24] Kiuchi, K., et al., 2023, Phys. Rev. Lett., 131, 011401
- [25] Hayashi, K., et al., 2022, Phys. Rev. D, 106, 023008
- [26] Kiuchi, K., et al., 2024, Nat. Astron., 8, 298
- [27] Kawaguchi, K., et al., 2023, MNRAS, 525, 3384

Mass Ejection and Heavy Element Synthesis in Binary Neutron Star Merger

Sho FUJIBAYASHI

Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Aobayama Campus, 6-3 Aoba, Aramaki aza, Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan

Abstract: Binary neutron star merger ejects neutron-rich matter into space, in which the r-process can proceed to synthesize heavy elements. The gravitational-wave event GW170817 observed in 2017, together with its associated kilonova, provided strong support for this picture. In this article, I summarize the mechanisms of mass ejection during the binary neutron star merger and their impact on nucleosynthesis based on long-term numerical simulations of binary neutron star mergers performed in full general relativity. In particular, I discuss the weak-interaction freeze-out that determines the neutron fraction of disk outflows, the resulting elemental abundance patterns, and the constraints these place on the lifetime of the massive neutron star formed after the merger. I conclude with prospects for future multimessenger observations and theoretical advances.

XRISMニュース (7): XRISM International Conference 2025開催



山口



榎戸

山口 弘悦¹・榎戸 輝揚²

〈¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

〈² 京都大学大学院理学研究科物理学第二教室宇宙線研究室 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: ¹yamaguchi.hiroya@jaxa.jp, ²enoto.teruaki.2w@kyoto-u.ac.jp

XRISMのこれまで

X線分光撮像衛星 (XRISM) は、高い分光性能を特長とするX線マイクロカロリメータ Resolve と、広い視野を特長とするX線 CCD カメラ Xtend を搭載し、宇宙の構造形成、化学進化、エネルギー輸送過程などの解明を目指すミッションである。2023年9月7日の打上げ以降、様々な科学成果を収めていることは、これまでの天文月報でも報告された通りである [1, 2]。2024年9月からは公募観測期に入り、XRISM コラボレーション外

の研究者による成果報告の数も、徐々に増えてきた。また、2025年10月には、日本天文学会欧文研究報告誌 (PASJ) より XRISM 特集号が刊行された [3]。

XRISM初めての国際会議

公募観測期が1年ほど経過した2025年10月20日から24日にかけて、XRISM International Conference 2025 (第1回 XRISM 国際会議) を、京都駅近くの会議施設「京都テルサ」にて開催した (図1)。XRISM コラボレーションメンバーのた



図1 国際会議の講演 (左上, 中上), およびポスターセッション (右上) の様子. 下段は木曜日に行われたバンケットにおける, 日米欧の代表による鏡開き (左下), SOCメンバー一部の記念撮影 (中下), PIの田代信教授の挨拶 (右下) の様子.

めの internal meeting はプロジェクト発足当初から半年に一度のペースで開いてきたが、コミュニティに広く開かれた国際会議は今回が初めてとなる。会議には、世界17カ国から約330名の参加をいただき、うち約300名が現地参加だった。参加者の約半数は、コラボレーションメンバー外からの参加であった。筆者の山口は本会議の科学組織委員会 (SOC) の代表を、榎戸は現地組織委員会 (LOC) の代表を、それぞれ務めた。

会議開催の目的は、XRISMによる過去2年間の科学成果を総括したうえで、未解決の課題を抽出し、今後の観測戦略を構築するための議論を行うことである。これを達成するため、19名の招待講演者による基調講演を軸に、XRISMの関連トピックを幅広く、かつトピック間の横の繋がりが活きるようにプログラムをアレンジした。初日には、X線連星や白色矮星など、主に銀河系内のコンパクト天体に関する講演が続いた。これらの多くは明るく時間変動も激しいため、Resolveによる精密分光の威力を実感するのにうってつけだった。2日目には超新星残骸や星間現象に関する講演のほか、Xtendの広視野を活かした、地球大気や太陽風に関するユニークな成果報告もあった。3日目には宇宙の化学進化にフォーカスした天体カテゴリ横断的なセッションを組んだ。超新星残骸や銀河団だけでなく、活動銀河核のトラスでも高精度の元素組成診断が行えるようになったことなど、XRISMならではの観測成果も報告された。4日目には銀河や銀河団の講演を配置し、XRISMのメインテーマの一つである宇宙の構造形成の研究が期待通りに進んでいることを確認した。「ひとみ (ASTRO-H)」によるペルセウス座銀河団の観測 [4, 5] で指摘されたプラズマ乱流の小ささが、合体期にあるものも含めて多数の銀河団において確認されたことは、本会議におけるハイライトの一つとなった。また、銀河団プラズマに対する活動銀河核の影響 (いわゆる AGN フィードバック) を明確に示す観測結果も報告さ

れた。最終日は活動銀河核に関する講演が続き、大質量ブラックホールの周辺環境やアウトフローに関する理解が大きく進んだことを確認した。また、長年論争的であった降着円盤最内縁部からの「一般相対論効果によって広がった鉄輝線」が確実に存在することも示された。

まとめると、会議の開催目的は十分に達成され、総じて大成功だったと言える。高エネルギー宇宙物理学における精密X線分光の重要性を皆で再確認できたことに加え、今後の宇宙科学におけるXRISMの位置づけが明確になった。とりわけニュートリノ天文学など、X線天文学以外の分野からの期待が大きいことも確認できた。なお、口頭講演は約50件、ポスター講演は200件超にのぼった。大学院生や若手研究者による発表も多く、活気に満ち溢れていたことも印象的だった。唯一の心残りは、10月初めから続いた米国政府閉鎖のため、NASAの研究者が来日できなかったことだ。彼らは、Resolveの検出器や望遠鏡の中心的開発メンバーである。「お祭り」とも言える今回の開催を、彼らと共に祝いたかった。

なお、国際会議前日の日曜日には、同会場で一般の方向けの公開講演会を開催した。筆者の2人に加え、XRISM PIの田代信氏 (埼玉大学)、志達めぐみ氏 (愛媛大学) の4名がXRISMの開発史や科学成果に関する講演を行い、小学生からシニアに至る幅広い年齢層の参加者と交流させていただいた。また、会議3日目 (水曜日) の午後は、京都三大祭の一つである「時代祭」の開催日だった。偶然にもその時間をフリータイムに設定していたため、参加者の多くが祭の見物を楽しんでくれたようだ。

XRISMのこれから

XRISMの運用期間は、打上げから3年間に相当する2026年の秋で一旦の区切りとなる。その後はJAXA, NASA, ESAの各機関でミッションの延長申請を行い、承認されれば後期運用期に入



図2 2025年に京都テルサで開催された第1回XRISM国際会議の集合写真(左)と2006年に同会場で開催された第1回すざく国際会議(右)の集合写真。当事者たちは、両者を見比べて時の流れの残酷さを思い知らされているに違いない。若者たちよ、明日は我が身ぞ。「少年老い易く学成り難し」という言葉を決して忘れるなかれ。

る。各所で報告されているように、XRISMはResolveのゲートバルブが開放されていないという大きな問題を抱えている。しかしそれを除くと搭載装置は全て健全であり、ゲートバルブの影響が少ない鉄K殻遷移のエネルギー帯(6-9 keV)では、各種天体から革新的なスペクトルデータが得られ続けている。この帯域でXRISMを上回る精密X線分光を実施できるミッションが稼働するのは、おそらく2040年以降となるだろう。今回の国際会議で抽出された新たな課題を解決するためにも、また後世の天文学のためにも、この先できるだけ長く運用を続け、精密X線分光のレガシーデータを残していきたい。なお我々は、XRISMのこれまでの科学成果を系統的に取りまとめた書籍「XRISM Science Book(仮称)」を、来年度中の目標で出版する予定である。今後の科学観測の見通し等についても、本書の中で詳しく議論する。是非ご期待いただきたい。

最後に、今回の国際会議の開催地である「京都テルサ」は、2006年にXRISMの先輩にあたるX線天文衛星「すざく」の第1回国際会議が開かれた場所でもある(図2)。当時まだ大学院生だった筆者らは、先輩方の講演を末席で聞いていたに過ぎず、まさかその19年後に自分たちが次のミッションの第1回国際会議を主催することになるうとは、思いもしなかった。それどころか、業

界で生き残れるのかさえ、怪しいような状況だったように思う。幸運だったのは、当時は「すざく」の最新の観測データが豊富にあったことだろう。そのおかげで、未熟ながらもそれなりの科学成果を残し、XRISMに繋ぐことができたのだと思う。そして今まさに、「すざく」よりも優れたXRISMのデータが目の前にある。今回の会議で活躍してくれた若手の皆さんには、是非XRISMを使い倒し、たくさんの成果を挙げ、さらに次の世代へとバトンを繋いでもらいたい。そんな思いを強く感じた国際会議だった。

謝辞

本国際会議は、日本学術振興会、欧州宇宙機関、京都大学教育研究振興財団、東京大学次世代ニュートリノ科学・マルチメッセンジャー天文学連携研究機構、東京都立大学、愛媛大学、宇宙科学振興会、および宇宙科学研究所からの助成を受けました。ここに厚く感謝いたします。

参考文献

- [1] 山口弘悦・野田博文, 2025, 天文月報, 118, 328
- [2] 藤田裕・佐藤浩介・萩野浩一, 2025, 天文月報, 118, 534
- [3] https://academic.oup.com/pasj/issue/77/Supplement_1 (2025.12.26)
- [4] 松下恭子, 天文月報, 112, 279
- [5] Hitomi Collaboration, 2016, Nature, 535, 117

同時代観測記録から見るダルトン極小期

早川 尚志

〈名古屋大学宇宙地球環境研究所 / 高等研究院 〒464-8601 名古屋市千種区不老町〉

e-mail: hisashi@nagoya-u.jp



太陽活動は通常の「11年周期」とは別に、より長期の変動を見ることがあります。マウンダー極小期やダルトン極小期はその好例です。一方、このような異常期は体系的な現代観測が始まる以前に起こっており、その様相は必ずしも明らかではありません。果たして当時の文献は当時の太陽活動をどう記録していたのでしょうか。本稿では、そもそもダルトン極小期がなぜそう名付けられたか、ダルトン極小期での太陽黒点群数や太陽黒点座標の挙動はどうなっていたのかについて、同時代の歴史的観測記録に基づく最近の研究成果を御紹介します。

1. はじめに

太陽黒点観測は人類史上最も古くから継続されている定量観測の一つとされています [1]。1607年にケプラーがカメラ・オブスキュラで、そして1610年にハリオットが望遠鏡で太陽黒点の観測を始めてからはや4世紀以上、先人たちの積み上げてきた太陽観測は人を、場所を、そして機材を変えて今日も営々と続けられています [2-4]。

このような太陽活動の観測記録は長期的な太陽地球環境の変動や地球への影響を考える上で極めて重要です。特に、太陽活動周期24（2009-2019年）は過去100年で最も黒点数の振幅が小さく、太陽活動がこれ以上低下すると、いわゆるダルトン極小期（1790-1820年代）のような太陽活動の極めて低調だった時期と同じ水準に落ち込む可能性さえ議論されていました [5, 6]。

興味深いことに、このように太陽活動が長期的に低調になった時期は、いずれも地球気候が寒冷化した時期と重なり、両者の関係はこれまで議論の対象になってきました [7, 8]。一方、図1に見る通り、1900年以前の太陽活動の様相について

は不明なところが少なくありません。

例えば、マウンダー極小期（1645-1715年頃）には太陽黒点の出現頻度が劇的に低下し、そのほとんどが南半球に集中し（図1）、太陽コロナのストリーマーもほとんど見えなくなってしまっていたと考えられていますが、具体的に太陽活動がどの程度低調になったかは議論の分かれるところです [2, 9-12]。

これはダルトン極小期も同様です。当時の太陽活動の具体的な様相を示す太陽黒点群数の復元も研究ごとに食い違っており、その様子は必ずしも明らかではありませんでした。また、ダルトン極小期当時の太陽黒点の分布についてはこれまで具体的にわかっていませんでした（図1） [12]。

このような問題の背景には、ダルトン極小期当時の生の太陽観測記録の多くが未公開のままで、その詳細が科学コミュニティから満足にアクセスできていなかったことがあります。そこで本報告では、天文月報の誌面をお借りして近年のダルトン極小期の太陽観測の再検討の様子の概略をお伝えしたいと思います。

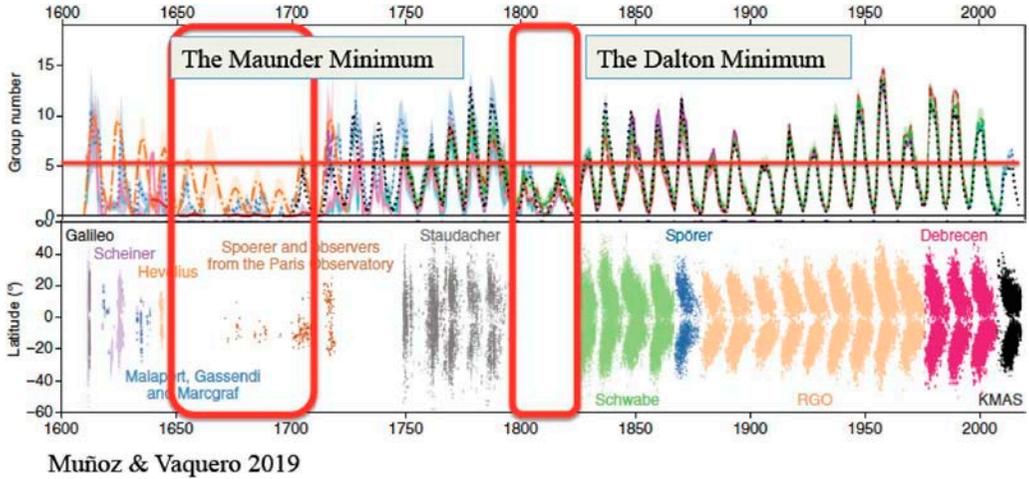


図1 過去410年間の太陽活動の復元。[12]に修正加筆したもの。ダルトン極小期黒点群数(上)はマウンダー極小期(1645-1715)やダルトン極小期(1797-1827)には低調になっていたものの、復元ごとに大きく食い違っている。また下図では太陽黒点の座標が示されており、マウンダー極小期では黒点が南半球(下側)に集中する一方、特にダルトン極小期の黒点座標の情報が欠落していたことがわかる。Springer Nature: Nature Astronomy [12]より許可を得て転載。

2. ダルトン極小期の太陽黒点観測

そもそもダルトン極小期とはいつのことでしょう。通常ダルトン極小期とは、1790年代から1820年代にかけて太陽活動が特に低調だった時期を指します。例えばこの時期、イングランドではジョン・ダルトン(John Dalton: 1766-1844)がオーロラの観測を行っていました。そう、化学の教科書でお馴染みのダルトンです。彼はこの時期にオーロラの出現頻度の顕著な減少を捉えていました。1978年にヨセミテで開催されたSolar Terrestrial Coupling Conferenceでもこの時期の太陽活動が話題になり、サム・シルヴァーマンはジャック・エディやジョージ・シスコーなどとの議論を踏まえ、この時期をジョン・ダルトンの名に因んでダルトン極小期と名付けることを提案しています[13]。

ダルトン極小期当時の長期の太陽黒点観測データの内、黒点群数と黒点座標の両面から近年検討が進んだのは特に旧ハプスブルク帝国はクレムスマュンスターのデルフリンガー(Thaddäus Derflinger)、同ウィルテンのプラントナー(Stephan

Prantner)、旧プロイセン王国はグラッツ(現ポーランド領クウォツコ)のフォン・リンドナー(Karl Christian Reinhold von Lindener)の三名の観測記録群です[14-16]。本研究では、彼らの観測の手稿を各々クレムスマュンスター修道院、ウィルテン修道院、ヴロツワフ大学の文書館にて複写・撮影し、その分析を行いました。

図2にお示しするのはウィルテン修道院文書館所蔵のプラントナーの黒点観測記録の手稿からの抜粋です。例えば1816年当時にはプラントナーはライヒェンバッハ製の4フィート望遠鏡を用い、太陽面を正立像で写していたことが彼自身の手稿から分かっています。同様の分析から、デルフリンガー、プラントナー、フォン・リンドナーは各々、倒立像、倒立像(1802-1815)と正立像(1816-1844)、倒立像にて太陽像を描いていたこともわかってきました[14-16]。

3. ダルトン極小期の太陽黒点群数

このようなダルトン極小期の観測記録を検討するにあたり重要なのは黒点群数です。太陽表面に

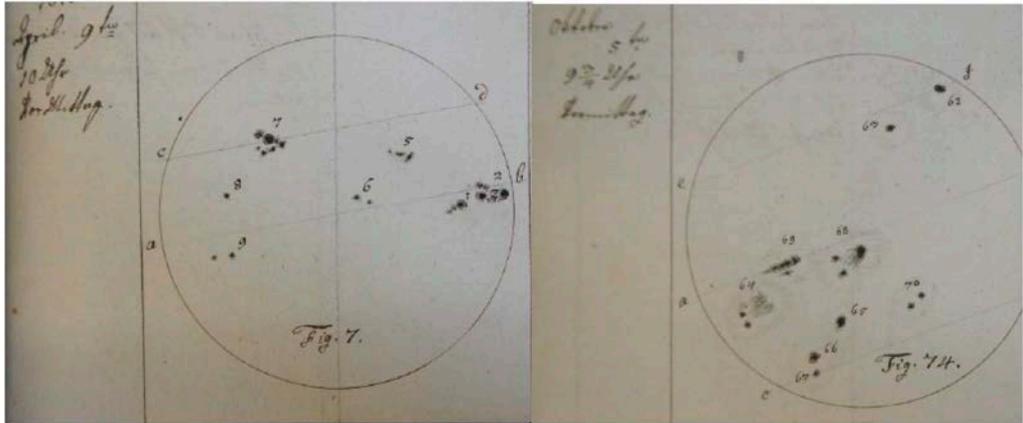


図2 プラントナーによるダルトン極小期の黒点スケッチ：1816年4月9日と1816年10月5日（MS A07 03 07, f. 16 and f. 27b; ©the Stiftsarchiv Wilten）. [14] より再録.

1785 – 1835年の黒点群数

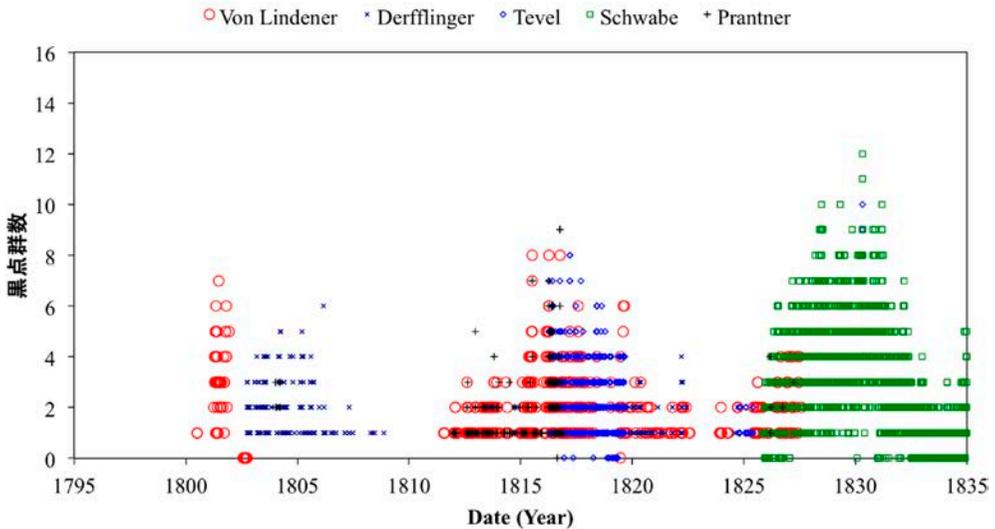


図3 ダルトン極小期周辺での長期観測者の黒点群数（縦軸）。黒点群数は太陽活動の指標になる。本記事に特に関連深いデルフリンガー、プラントナー、フォン・リンドナーに加え、テヴェルとシュワーベの黒点群数も示した。[16] より改変。

浮上する磁場の様子を近似すべく、過去の黒点記録についてチューリヒ天文台の黒点群の分類に従い、黒点群数のカウントが進行しています。図3に示すように、ダルトン極小期周辺でもデルフリンガー、プラントナー、フォン・リンドナーに加え、オランダのテヴェルやシュワーベの黒点群数が近年の研究から新たに再検討されています [17, 18].

重要なのは新たなデータの導出だけではありません。先行研究での誤読の修正も同様に、あるいはそれ以上に重要になってきます。例えばデルフリンガーの観測記録については、先行研究で黒点スケッチのない太陽高度観測が無黒点日として扱われてきました。しかし、実際にデルフリンガーの観測記録をしてみると、そもそもデルフリンガーは

このような場合に必ずしも無黒点日であることを明示していません。それ以前に、太陽高度観測と黒点群数の記述は互いに独立している様子さえ伺えます。例えば1818年7月24日、26日に同じ黒点群が見えているのに、25日はスケッチがないために無黒点日扱われていました。前後で同じ黒点群が見えているのに、間の25日だけ綺麗さっぱりその黒点群が消えるのはいかにも不自然です。このような誤読は黒点相対数の収集、編纂、較正を行ったルドルフ・ウォルフ本人がクレムスミュンスターの原典記録にアクセスできず、伝聞式に情報が歪んでしまったことに起因しています [14]。

また、このような手稿は言及されていることがあっても、必ずしもその原典が検討されているとは限りません。プラントナーの観測記録がその好例です。ウィルテン修道院の文書館には、1994年5月13日付でダグラス・ホイットからウィルテン修道院のフリッツ・シュタイネッガーに宛てられた書簡が残されています。そう、かつて過去4世紀の黒点群数データベースの大元になった

Hoyt & Schatten 論文 [19] の筆頭著者の彼です。ダグラス・ホイットはそのデータベースでプラントナーのデータを全容不明としながら含んでいましたが、この書簡からはプラントナーの手稿の原典にアクセスできず、ウィルテンの関係者経由で間接的にデータを得ており、そのデータも黒点群数と個別黒点数の混同があったことがわかります。今回のプラントナーの記録の「再」検討は原典ベースの検討としては初めてのものになります [14]。

このような事例から、ダルトン極小期当時の長期の黒点観測記録の手稿を原典ベースで再検討することの重要性がわかります。その検討結果を1日単位で示したのが図3です。太陽活動周期5-7 (1798-1833) の様子がおおよそ見えてくる他、ダルトン極小期でも黒点群数が9にも到達していたことがわかります。このような様子は太陽黒点群数が極めて少なかったマウンダー極小期の様子とは対照的です [20-22]。

また、各観測者の黒点群数の一年平均値を示したのが図4です。デルフリンガー、プラントナー、

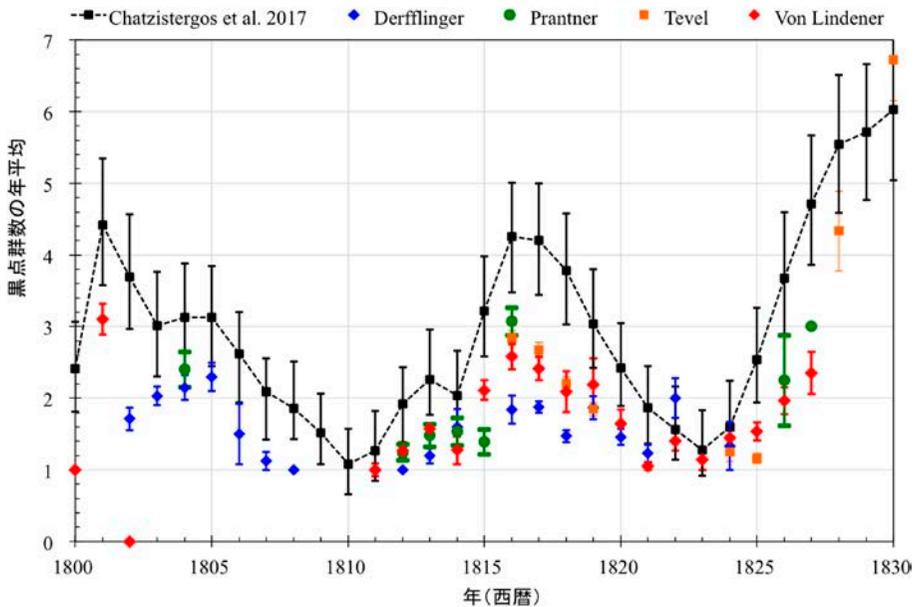


図4 ダルトン極小期周辺での長期観測者の黒点群数の一年平均値(縦軸)。図3同様、本記事に特に関連深いデルフリンガー、プラントナー、フォン・リンドナーに加え、テヴェルとシュワーベの黒点群数も示し、Chatzistergos et al. (2017) による黒点群数復元値とも比較した。 [16] より改変。

フォン・リンドナーの黒点群数はおおよそ誤差幅の中で一致します。一方、一致しない箇所も見受けられます。1816年がその好例でしょう。実際にはこの当時の観測記録を見ると、プラントナーはこの年83日も観測を行っており、同年5-6、10月などデルフリンガーの観測がない時期に太陽黒点群数が少なからず増大していた様子を捉えています。このことから、黒点群数の較正を行う際、年平均の単純比較だけでは思わぬ落とし穴に嵌る可能性があり、1日単位での比較 [23] も重要になることもわかります。

4. ダルトン極小期の太陽黒点座標

太陽黒点群数と同様かそれ以上に重要なのが太陽黒点座標の分布です。マウンダー極小期には太陽黒点座標が南半球に大きく偏るなど [24, 25]、現代の太陽活動周期から想像しにくい状況も発生していました。一方、図1に示す通り、ダルトン極小期の太陽黒点座標はつい最近までよく知られておらず、両者の関係は不透明なままでした。

近年の研究では、ダルトン極小期について、デ

ルフリンガー、プラントナー、フォン・リンドナーの三観測者の記録から黒点座標を導出しています。第2節で述べたように同観測者の太陽面の方角を求めた後、観測日が連続するものについては黒点群の動きから、観測日が孤立したものについては観測時刻の記述から黒点座標を求めています。

このような検討の結果、ダルトン極小期当時には南北両半球に黒点群の分布が確認され、黒点群がほぼ南半球にしか現れていなかったマウンダー極小期 [22, 23] とは大いに様相が異なるものであることも明らかになってきました。

また高緯度側での黒点群の観測のタイミングから、太陽活動周期の始まりを従来よりも精密に求めることも可能です。デルフリンガーやフォン・リンドナーの記録から太陽活動周期7は1822年6-7月には始まっていた可能性が浮上しています [14, 15]。

5. おわりに

以上、本稿では、近年のダルトン極小期の太陽観測記録の再検討の様子を紹介しました。本研究

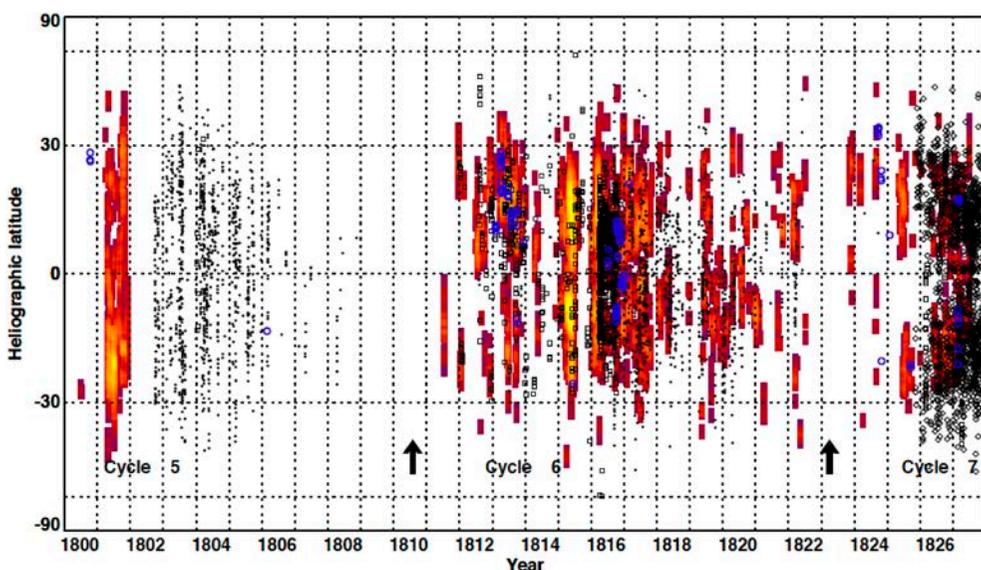


図5 ダルトン極小期周辺での黒点座標の復元。デルフリンガーは黒点，プラントナーは黒四角，シュワーベは黒菱，フラウゼルグは青丸，フォン・リンドナーは密度分布で提示されている。 [14] より再録。

の内容から、ダルトン極小期での黒点群数が原典ベースで大幅に改訂され、新たに黒点座標が復元されたことが見えてくるかと思えます。このような検討結果はダルトン極小期においても太陽活動周期を割と明確に示し、黒点群数を最大で9まで報告し、黒点群が南北半球に分布していた様子も明らかにしています。

このような内容は黒点群がほぼ現れず現れても南半球に集中していたマウンダー極小期と対照的です。マウンダー極小期にコロナのストリーマー構造が見えなくなっていたのに対し、ダルトン極小期にはコロナのストリーマー構造が明確に見えていた事例を思うと [11, 26, 27], どうやら両者の見せる太陽活動の様相は相当違ったようです。このような差異はダルトン極小期とマウンダー極小期の両者の根本的な差異を強く示唆しているのかもしれませんが。ともあれ、未だ過去の太陽観測の調査は道半ばです。引き続き各国の文書館を発掘・精査して過去の太陽活動の様子を明らかにすることで、より長期での太陽の時期活動が明らかになっていくことでしょう。場合によっては今現在の過去の太陽活動についての「常識」が新たな文献調査から塗り変わる可能性もあるかもしれません。今後の調査が待たれます。

謝 辞

本研究はJSPS 科研費21K13957, 名古屋大学宇宙地球環境研究所所長リーダーシップ経費, 名古屋大学高等研究院 若手新分野創成研究ユニットの助成をうけたものです。

参 考 文 献

[1] Owens, B., 2013, Nature, 495, 300
 [2] Clette, F., et al., 2023, SP, 298, 44
 [3] Arlt, R., & Vaquero, J. M., 2020, LRSP, 17, 1

[4] Hayakawa, H., et al., 2024, ApJ, 970, L31
 [5] Upton, L. A., & Hathaway, D. H., 2018, GRL, 45, 8091
 [6] Kitiashvili, I. N., 2020, ApJ, 890, 36
 [7] Anet, J. G., et al., 2014, Climate of the Past, 10, 921
 [8] Owens, M. J., et al., 2017, JSWSC, 7, A33
 [9] Eddy, J. A., 1974, Science, 192, 1189
 [10] Usoskin, I. G., et al., 2015, A&A, 581, A95
 [11] Riley, P., et al., 2015, ApJ, 802, 105
 [12] Muñoz-Jaramillo, A., & Vaquero, J. M., 2019, Nature Astron, 3, 205
 [13] Silverman, S. M., & Hayakawa, H., 2021, JSWSC, 11, 17
 [14] Hayakawa, H., et al., 2021, ApJ, 919, 1
 [15] Hayakawa, H., et al., 2020, ApJ, 890, 98
 [16] Hayakawa, H., et al., 2023, JSWSC, 13, 33
 [17] Carrasco, V. M. S., 2021, ApJ, 922, 58
 [18] Arlt, R., et al., 2016, MNRAS, 433, 3165
 [19] Hoyt, D. V., & Schatten, K. H., 1998, Solar Phys., 179, 189
 [20] Usoskin, I. G., et al., 2015, A&A, 581, A95
 [21] Vaquero, J. M., et al., 2015, A&A, 577, A71
 [22] Hayakawa, H., et al., 2024, MNRAS, 528, 6280
 [23] Chatzistergos, T., et al., 2017, A&A, 602, A69
 [24] Ribes, J. C., & Nesme-Ribes, E., 1993, A&A, 276, 549
 [25] Hayakawa, H., et al., 2021, ApJ, 909, 166
 [26] Hayakawa, H., et al., 2021, JSWSC, 11, 1
 [27] Hayakawa, H., et al., 2020, ApJ, 900, 114

The Dalton Minimum, as Seen from Contemporary Observational Records

Hisashi HAYAKAWA

Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan

Abstract: Apart from regular 11-year cycles, the solar activity shows longer modulations, as exemplified with the Maunder Minimum and the Dalton Minimum. However, they took place significantly before our systematic “modern” observations and do not allow us to easily quantify their behaviors? What did contemporary documents record about the solar activity at that time? This article introduces recent studies on how the Dalton Minimum came to be named, and how sunspot group number and sunspot positions behaved during the Dalton Minimum on the basis of contemporaneous archival records.

福島県立白河旭高校での 手作り電波望遠鏡を用いた中性水素 21 cm 輝線の全天観測と電波地図作成



根本

根本 靖彦¹・蓮見 咲弥¹・橋本 真実¹・
菅野 晃生¹・菊地 佑真¹・小林 優斗¹・
塚田 涼雅¹・百瀬 宗武^{2,3}・浅山 信一郎⁴

〈¹ 福島県立白河旭高等学校 〒961-0914 福島県白河市旭町 1-3〉

〈² 茨城大学基礎自然科学野 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1〉

〈³ 国立天文台チリ観測所 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

〈⁴ SKA Observatory, Jodrell Bank, Lower Withington, Macclesfield, SK11 9FT, UK〉

e-mail: ¹nemoto.yasuhiko@fcs.ed.jp

福島県立白河旭高等学校において、有志の生徒が自作した低コスト3Dコーナリフレクタ (3DCR) アンテナを用い、電波天文学者の遠隔指導のもと中性水素21 cm輝線の全天観測を実施し、全天電波地図の作成に成功した。さらに21 cm輝線のドップラーシフトを解析することで天の川銀河の回転構造を捉え、国際的なサーベイとの整合性も確認された。これらの成果は、教育現場における電波天文学実習の有効性と可能性を示すものであり、今後の科学教育への応用に向けた重要な一例となる。

1. はじめに

近年電波天文学は大型観測施設を中心とした国際共同研究が進展する一方で、身近な材料や安価な電子機器を用いた観測手法の可能性も示されつつある。情報通信技術の発展により高性能化したソフトウェア無線 (SDR) や低雑音増幅器 (LNA) などのアマチュア無線技術を活用することで、自作の電波望遠鏡による中性水素21 cm輝線の観測環境が整いつつあることが報告されている [1, 2]。しかしながら、高校生が電波天文学を実体験する機会は依然として限られており、教育現場における実践的な電波天文学体験の普及が求められている。

こうした背景のもと、福島県立白河旭高等学校において、有志の生徒が夏季課題として「自作3Dコーナリフレクタ (3DCR) アンテナを用いた天の川銀河の中性水素21 cm輝線の観測と全天電波地図の作成」に取り組んだ。本報告では、生徒が自作した3DCRアンテナを用いて中性水素21 cm輝線の観測を実施し、電波天文学者による遠隔指導のもとで得られたデータを解析し、全天電波地図を作成した結果を報告する。

2. 3DCR アンテナおよび観測装置

3DCRアンテナは、三枚の直交する反射板とモノポールアンテナから構成されており、金網など入手容易な材料で製作可能である [3]。本アンテ

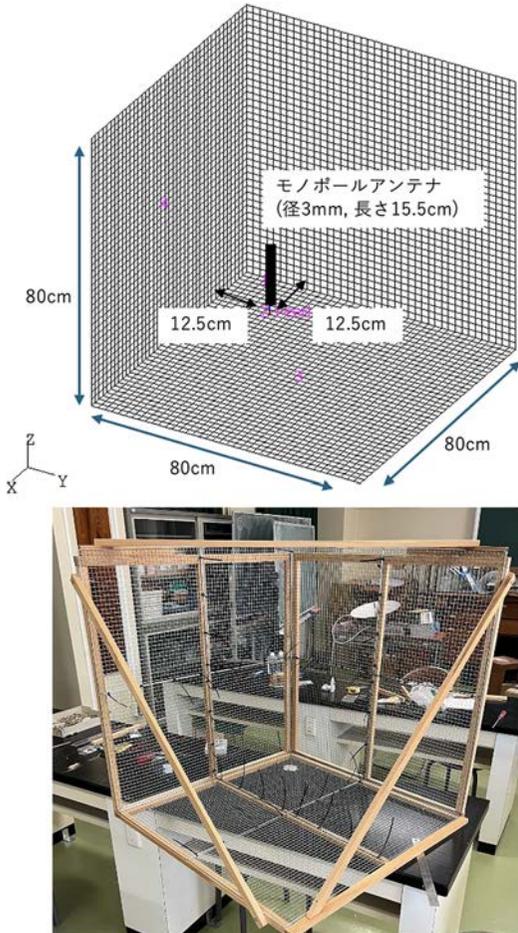


図1 (上) 3DCRの3次元モデル。3 mm径で長さ15.5 cmのモノポールを、反射面から12.5 cmの位置に配置している。(下) 作成した3DCR。

ナを用いた電波天体観測の事例も、これまでに複数報告されている [4, 5]。3DCRアンテナの金属反射面は、観測波長の約3倍のサイズが必要とされる。今回の観測対象である中性水素21 cm輝線に対しては、一辺60 cm以上の金属面が望ましい。そこで容易に入手可能な40 cm角の焼き網(100円ショップ製)を4枚連結し、約80 cm四方の反射面を構成した。焼き網は木製の枠に取り付け、結束バンドを用いて固定することで構造的な安定性と反射面の平坦性を確保した。図1に作成した3DCRアンテナの写真を示す。モノポール

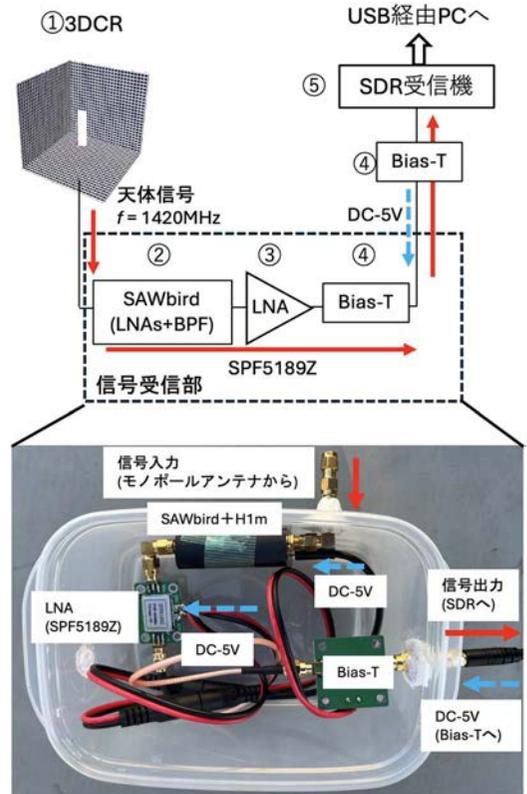


図2 (上) 観測システムのブロック図。①3DCRアンテナ、②NooElec SAWbird+H1m、③LNA (SPF5189Z)、④Bias-T、⑤SDR受信機 (NES-DR SMArt v5)。(下) 信号受信部の写真。NooElec SAWbird+H1 m, LNAおよびBias-Tによって構成されている。

アンテナには、長さ約15.5 cmの真鍮製ロッドを使用した。アンテナは反射面から約12.5 cm離れた位置に配置している。

図2には観測システムのブロック図を示している。信号受信部には、市販の中性水素21 cm輝線検出用モジュールNooElec SAWbird+H1m [6]と、LNAとしてSPF5189Zを用いた。SAWbirdは2つのLNAとBand Pass Filter (BPF) からなるモジュールである。SAWbirdとSPF5189Zへの電源供給はBias-Tを介して同軸ケーブルにDC-5Vを重畳することでやっている。システムの感度劣化を避けるためには、アンテナ入力から

信号受信までの信号損失はできる限り小さくする必要があるので、信号受信部をモノポールアンテナ直下に設置した。防水のために電子機器は食品保管用の密閉容器内に納めている（図2下図）。アンテナで受信された天体信号はSMA同軸ケーブル（長さ20 m）を用いて白河旭高校屋上から観測PCの設置場所まで引き込んでいく。

データ取得にはSDR（NESDR SMarT v5 [7]）とWindowsノートPCを使用した。SDRは2.4 MHzでサンプリングし、中心周波数～1420 MHzの複素電圧データをUSB経由でPCに保存している。PC上においてPythonのNumPyパッケージのfftモジュールを使用し、FFT（高速フーリエ変換）を実行してパワースペクトルを生成している。

3. 観 測

図3に、3DCRアンテナを白河旭高校屋上に設置した様子を示す。自作3DCRアンテナが電波望遠鏡としての機能を有するかを検証するため、まず太陽を対象としたドリフトスキャン観測を実施した。観測日は2025年8月31日であり、太陽の南中時刻（11時45分）を中心とした前後4時間の時間帯において、太陽が3DCRアンテナのビームパターンを横断する際の受信出力の変化をモニタリングした。3DCRアンテナのビームは各反射面に対して45度の角度で形成されるため、

観測日における太陽の南中高度（約 62° ）に対応するよう、アンテナ底面を 17° 上方に傾斜させて設置した。得られたデータにより、自作した3DCRアンテナが太陽からの連続的な電波放射を受信可能であることを確認した。これを受け、目的とする中性水素21 cm輝線の全天観測へと移行した。

天体は日周運動により天の北極を中心に東から西へ1日1回転する。この性質を活用することで、固定観測点においても時間軸に沿って広範な天空領域を取得することが可能となる。南北方向に3DCRアンテナの仰角を 15° 刻みで日々変更し24時間連続の定点観測を行った。受信データは10分間隔で取得している。図4には白河旭高校屋上から取得された、銀河座標系における観測天空領域を示す。Google Mapから白河旭高校の緯度と経度（ 37.1°N , 140.2°E ）を取得し、Pythonの天文データ解析パッケージであるAstropy [8-10]のcoordinatesモジュールを用いて観測時刻における方位角（Az）と仰角（El）を銀河座標系 [11]の銀緯（ b ）と銀経（ l ）に変換している。

アンテナを天体に向けると、天体信号に加えて大気や装置由来の雑音も受信される。電波望遠鏡観測では、これらを除去するためにポジションスイッチ法 [12]と周波数スイッチ法 [13]が広く用いられる。ポジションスイッチ法では、アンテナを動かして目的天体の方向（ON点）とそこから少し離れた天体からの信号がアンテナのビームに入らない方向（OFF点）を交互に観測する。ON点の信号からOFF点の信号を差し引くことで天体由来の信号のみを抽出することが可能となる。しかし天の川銀河に分布する中性水素ガスは天球面上に広く広がっており、ON点に近いOFF点を設定することが困難であること、また我々の3DCRアンテナは駆動機構を使用せず手でアンテナの向きを調整しているため、24時間にわたるポジションスイッチ観測を行うことは不可能である。そこで今回は、周波数スイッチ法を採用し



図3（左）生徒たちによる3DCRアンテナ設置の様子。（右）太陽の南中時刻を利用し日時計の原理に基づいて南北方向を確認。屋上に南北基準線をマーキングしアンテナの方向合わせの基準とした。

た。周波数スイッチ法ではアンテナの向きを変えずにON点のみを観測し、観測中に周波数をわずかに変化させた2種類のスペクトルを比較することで天体由来の成分を抽出する。実際の観

測では、観測中心周波数に対して ± 0.6 MHzずつ周波数を変化させ、それぞれの周波数で1秒間の観測を16セット実施した。

天の川銀河における中性水素原子ガスの視線速度を求めるにあたっては、局所静止基準 (Local Standard of Rest: LSR) に対する観測者の速度を補正する必要がある。本報告では観測者速度の計算に西村淳氏が公開しているAstroPyを用いた計算コード [14] を用いた。

4. 観測結果

得られた観測データの解析は、Leiden/Argentine/Bonn HI Survey (以下LABサーベイ) との比較により行った [15]。LABサーベイはLeiden/Dwingeloo SurveyおよびInstituto Argentino de Radioastronomía Surveyを統合したものであり、全天にわたる中性水素21 cm輝線の観測データを

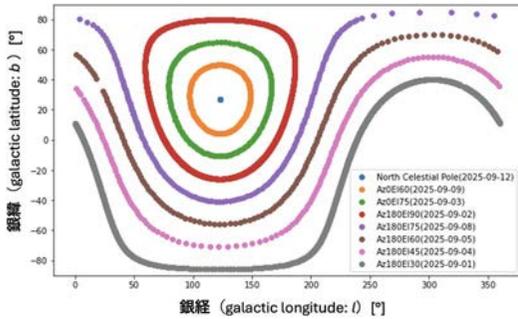


図4 白河旭高校屋上における観測天空領域(銀河座標系)。仰角を 15° 刻みで変化させ、日ごとの24時間観測によりデータを取得した。天の北極 (North Celestial Pole) は不動のため観測点は固定された一点のみである。

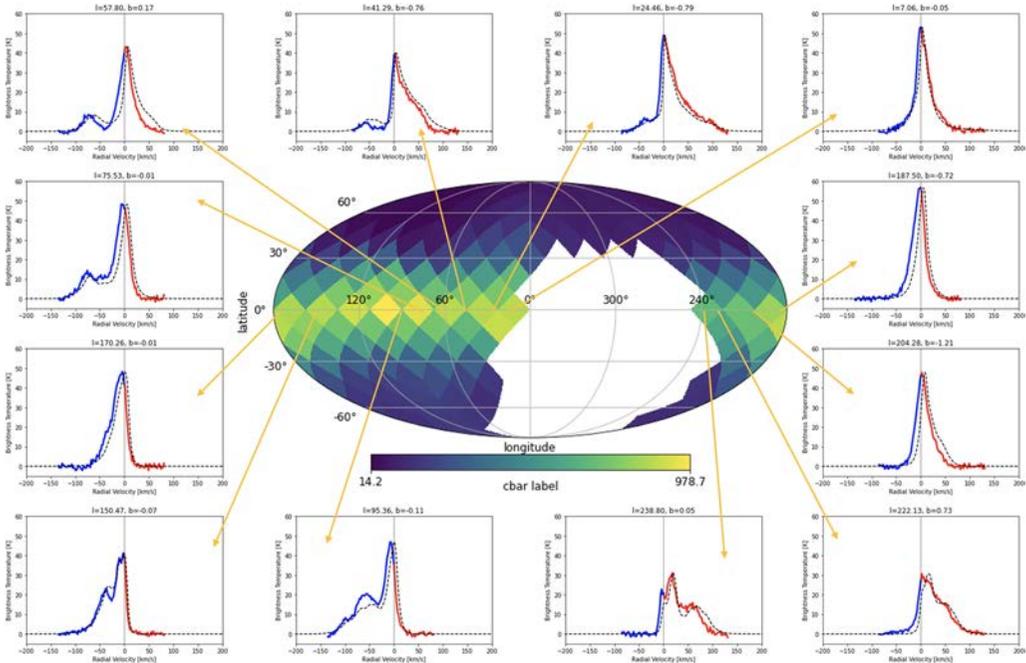


図5 自作3DCRアンテナを用いて白河旭高校屋上で行った全天観測によって得られた電波地図と、銀河面 ($b \sim 0^\circ$) における各銀経方向の中性水素21 cm輝線のプロファイル。破線はLABサーベイのデータを示している。観測データをLABサーベイデータの輝度温度 (brightness temperature) に基づいてスケールし強度校正を行っている。

収録したアーカイブである。3DCRアンテナのビームサイズは円対称ではないものの平均して約25°程度である。このためLABサーベイとの比較解析に際しては、同等のビームサイズに平滑化されたデータをWebインターフェース [16] から取得し解析に用いた。観測データをLABサーベイデータの輝度温度 (brightness temperature) に基づいてスケージングし強度校正を行っている。

図5に白河旭高校屋上において取得された21 cm輝線の速度方向への積分値による全天電波地図 (中央) と、銀河面 (銀緯 $b \sim 0^\circ$) における観測結果として取得された、各銀経方向における中性水素21 cm輝線のプロファイルを示す。取得した全天データを適切に可視化するために、HEALPix投影法 [17] を用いて全天の電波地図を作成した。HEALPixは分割された各画素の面積が等しいという特性を持ち、全球データを均等に扱うのに適した手法である。

白河旭高校にて取得されたデータを用いて作成した電波地図は、天の川銀河の銀河面に沿って電波強度が増加する傾向を示しており、過去の電波地図と整合的な結果が得られた。一方で、LABサーベイに基づくプロファイルとの間には若干の差異が認められる。この理由としては、3DCRアンテナのビームサイズが円対称でないことに加え、赤道儀などの精密なアンテナ位置合わせ機材を使用せず、日時計によって求めた南北基準線 (図3右図) とスマートフォンのコンパスや水準器を用いて手動でアンテナの方向調整を行っているため、3DCRアンテナのビーム方向と意図した観測方向との間にずれが生じている可能性が挙げられる。

図5に示された中性水素21 cm輝線プロファイルでは、視線速度がマイナスの領域が青方偏移を示し、この方向に位置する銀河内の中性水素ガスの大部分が太陽系方向へ運動していることが示唆される。一方、視線速度がプラスの領域は赤方偏移を示し、中性水素ガスが太陽系から遠ざかって

いることを示している。図5のプロファイルは銀河中心に対して対称的な傾向を示しており、天の川銀河の回転運動を反映していると考えられる。これらの結果は、生徒が手作りした電波望遠鏡を用いて、天の川銀河の回転を観測的に検証できたことを示している。

5. おわりに

福島県立白河旭高等学校の有志の生徒により自作した3DCRアンテナを用いて中性水素21 cm輝線の検出を行い、白河旭高校から観測可能な全天領域に対する電波地図の作成にも成功した。得られた21 cm輝線のプロファイルはLABサーベイの結果と良好に一致しており、観測データの信頼性が確認された。またプロファイルの速度分布に見られる対称性は、天の川銀河の回転構造を示すものであり、自作装置による観測を通じてその実証が可能であることを示した。一方で本報告における観測は手動によるアンテナ方向調整に依存しており、観測方向の精度に関して課題が残された。赤道儀等の導入も検討されるが、高校生の活動という枠組みにおいては、生徒の主体的な取り組みを促すためにも敷居を低く保ちつつ、限られた活動費の中で自作にこだわり創意工夫を重ねることが重要であると考えている。

簡易かつ安価な装置を用いて中性水素21 cm輝



図6 3DCRアンテナとの集合写真.

線の全天電波地図を作成した本成果は、国内の高等学校等教育現場における電波天文学実習の有効性と可能性を示すものであり、今後の教育的展開に向けた貴重な一例となるだろう。

謝 辞

本活動にあたり予算面でのご支援ならびに貴重なご助言を賜りました、上越教育大学学校教育研究科（研究院）濤崎智佳教授に心より感謝申し上げます。本活動は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：24K21474）の助成を受けて実施されたものです。

参考文献

- [1] 谷敷怜空, 2024, 天文月報, 117, 315
- [2] 谷敷怜空他, 2025, 天文月報, 118, 53
- [3] Inagaki, N., 1974, IEEE Trans. Antennas Propagat., 22, 580
- [4] 矢口徳之他, 2024, 天文月報, 117, 109
- [5] 宮本祐介他, 2025, 天文月報, 118, 558
- [6] <https://www.nooelec.com/datasheets/100811>
- [7] <https://www.nooelec.com/store/sdr/sdr-receivers/nesdr-smart-sdr.html>
- [8] Astropy Collaboration, et al., 2013, A&A, 558, A33
- [9] Astropy Collaboration, et al., 2018, AJ, 156, 123
- [10] Astropy Collaboration, et al., 2022, ApJ, 935, 167
- [11] <https://astro-dic.jp/galactic-coordinates/>
- [12] <https://astro-dic.jp/position-switching/>
- [13] <https://astro-dic.jp/frequency-switching/>
- [14] <https://qiita.com/nishimuraatsushi/items/9c8885daaf710b036f43> (2025.09.10)
- [15] Kalberla, P. M., et al., 2005, A & A, 440, 775
- [16] <https://www.astro.uni-bonn.de/hisurvey/euhou/LABprofile/index.php>
- [17] Gorski, K. M., et al., 2005, ApJ, 622, 759

All-Sky Observation of the 21 cm HI Line Using a Student-Built Radio Telescope at Shirakawa Asahi High School

Yasuhiko NEMOTO¹, Saya HASUMI¹,
Mami HASHIMOTO¹, Kosei KANNO¹,
Yuma KIKUCHI¹, Yuto KOBAYASHI¹,
Rima TUKADA¹, Munetake MOMOSE^{2,3} and
Shin'ichiro ASAYAMA⁴

¹Shirakawa Asahi High School, 1-3 Asahi-machi, Shirakawa, Fukushima 961-0914, Japan

²College of Science, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan

³National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

⁴SKA Observatory (SKAO), Jodrell Bank, Lower Withington, Macclesfield, SK11 9FT, UK

Abstract: Students at Shirakawa Asahi High School in Fukushima Prefecture conducted observations of the 21 cm emission line of neutral hydrogen using a hand-made 3D corner reflector antenna. With remote guidance from radio astronomers, they successfully produced an all-sky radio map. Analysis of the Doppler-shifted 21 cm signal revealed the rotational structure of the Milky Way Galaxy, and the results showed good agreement with previous survey data. These findings highlight the educational value and effectiveness of hands-on radio astronomy activities in school settings, particularly within STEM (Science, technology, engineering, and mathematics) education.

「シリーズ：天文学者たちの昭和」10周年



高橋慶太郎

〈熊本大学大学院先端科学研究部 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1〉

e-mail: keitaro@kumamoto-u.ac.jp

筆者はこれまで退職された天文学者の方々へのインタビューを行ってきており、20世紀後半の天文学の発展だけでなく教育や社会の変化についても詳しく伺ってきました。そしてその内容を10年間にわたって「シリーズ：天文学者たちの昭和」として天文月報に掲載してきました。幸い、読者の皆さんの好評を得ることができ、長く続けてこられました。本稿では連載開始10周年を記念して、改めてこの活動はどういうものなのか、その目的や意義、プロセスを説明します。そして話者の方々の証言からどのような歴史を紡いでいけるのか、展望いたします。

1. シリーズ：天文学者たちの昭和

筆者は天文学のオーラルヒストリー、つまり退職された天文学者の方々へのインタビューを行い、その記事を「シリーズ：天文学者たちの昭和」としてこれまで10年間にわたって掲載してきました。具体的には以下の通りです（敬称略）。

- ・古在由秀（2015年・全5回）
- ・西村 純（2016年・全5回）
- ・川口市郎（2017年・全3回）
- ・杉本大一郎（2018年・全5回）
- ・小暮智一（2019年・全5回）
- ・海部宣男（2020年・全13回）
- ・小平桂一（2021年・全12回）
- ・佐藤文隆（2023年・全12回）
- ・日江井榮二郎（2025年・全11回）

幸い、これらの記事は読者の皆さんに好評をいただいております。連載前は、このような記事はシニアの方々には懐かしんで読んでもらえるとしても、若い方々の興味はあまり惹かないのではないかと思っていました。しかし年会や研究会などで院生

の方から声をかけてもらったり、様々な方からメールをいただいたりして、思いの外多くの方に読んでもらえていることがわかって喜んでます。

インタビュー自体は2012年から始めました。これまで行ったインタビューは上記の方々を含め、23名、合計150回にも及びます。本稿ではシリーズ10周年として、この活動について少し詳しく紹介したいと思います。

2. オーラルヒストリーとは

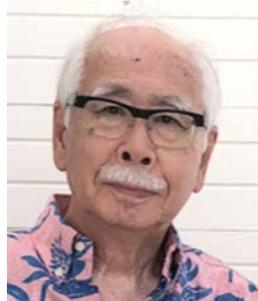
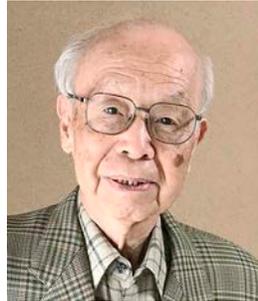
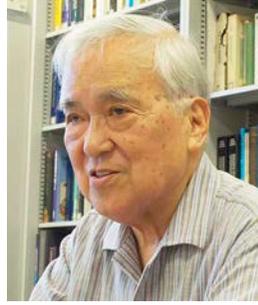
オーラルヒストリーとは、歴史的出来事の当事者に直接お話を伺って記録を残す手法で、人の経験や記憶をアーカイブする活動ということもできます。公的資料に残らない事実を聞けたり、よく知られた事実でもその背景やニュアンスを知ることができたりする点がオーラルヒストリーの醍醐味です。また、その人のものの見方や考え方を知ること、当時の時代背景や社会を探る手がかりとすることもできます。特に、同時代を生きた複数の人たち、1つの出来事に様々な立場関わった人たちのお話を総合することで、物事を多面的に見ることができます。まさに多波長天文学史で

す。さらに公的資料や文献、歴史的建造物や物品などを組み合わせることで、マルチメッセンジャー天文学史を構築することができます。

このような活動を行う個人的な動機としては、当然ながら日本の天文学がどのように発展してきたか知りたいということがありました。太平洋戦争後、日本そのものと同様に日本の天文学は焼け野原状態から再出発しました。それが現在では日本の天文学者も観測装置も世界の第一線で活躍しています。どのようにしてここまで登り詰めたのか、これを知りたいというのが1つです。

もう1つは天文学や天文学者の人生を通して日本の社会を見てみたいということがありました。戦後から高度経済成長、バブル経済に至る日本の現代史は様々な形で語られてきました。一方、天文学者というものはいつの時代でも「ちょっと変わった人たち」です。天文学者の人生を追うことで、日本の現代史のこれまで語られなかった側面が見えてくるのではないかと、これがもう1つの動機です。シリーズ名が「昭和の天文学者たち」ではなく「天文学者たちの昭和」となっているのはそのような意味合いがあり、個人的にはむしろこちらの興味の方が大きいです。そのためインタビューでも、受けてきた教育や家庭環境、経済発展とともに変わっていく生活、研究者を取り巻く社会状況、戦前生まれの方には戦争体験など、天文学と直接関係ないようなことをたくさん聞いています。

本活動のインタビューでは、話者の方に詳細な資料を参照しながら慎重に語ってもらうのではなく、記憶を頼りにざっくりばらんにお話してもらっています。天文月報記事でもできるだけその方の語り口や言い回しを残すようにしているため、生き生きとして話者の人柄が伝わるような記事になっていると思います。しかし、人間には記憶違いもありますし、その場の勢いでつい誇張してしまうこともあるでしょう。記事にするときには人名・年号・事実関係などをできるだけチェッ



各インタビュー連載初回に、記事冒頭に掲載された近影写真。

左上から右に古在、西村、川口、杉本、小暮、海部、小平、佐藤、日江井。

クして本人への確認のもと修正しますが、チェックが難しい項目も多々あります。また、個人の主観や偏見・誤解も当然あります。これらは一見客観的事実ではなく歴史的資料とはならないと思われるかもしれませんが、ある立場の人がある出来事に関して、偏見であれ正論であれある意見を持つということは、それはそれでその人や時代を表す証言であると考えられます。もちろん、その偏見・誤解の内容が真実であると読者に受け取られないように注意する必要があります。

そういうわけで、このインタビュー記事を楽しんで読むだけなら全く問題はありますが、もし歴史資料として用いるときには注意が必要です。天文学でもある1つの波長帯の観測だけではノイズや系統誤差、較正ミス、パラメータ縮退などがあり天体の真の姿はわかりません。インタビュー記事に限らず、あらゆる資料はそれだけを信用せずに様々な資料と比較することが基本です。1つの出来事に対して複数の人の証言、公的資料、文献をあたることでその出来事を多面的に見ることができます。このあたりは日江井榮二郎氏の第10回(2026年1月号)でも話題になりましたので、ご参照ください。

3. プロセス

ここでは企画立案から記事作成までの具体的なプロセスをご紹介します。オーラルヒストリーそのものは歴史学の中で確立された方法論ですが、筆者は素人で見よう見まねで模索しながらやっていることをご了承ください。

1. インタビュー対象者選定

まずテーマや問題意識を設定し、それに相応しい対象者を選定していくのが本来でしょうが、実際は全くそうではなく当初は行き当たりばったりでした。というのも、1920-30年代生まれの方々は筆者が大学院に入った頃にはすでに退職していたため、そもそも誰に話を聞いたらよいのかわからず、どのように連

絡を取ったらよいのかもわからないという状況でした。そのため、身近にいるシニアの方々にアドバイスや連絡先を聞いて、連絡を取っていきました。

2. 準備

インタビューを引き受けていただけるとなったら、どのようなことを聞くのか考えるためにある程度下調べをします。筆者は物理出身であることもあり、1920-30年代生まれの天文学者の方々について失礼ながらほとんど存じ上げませんでした。前もって履歴書をいただいたりして出身地、学歴、指導教官、研究分野、職歴、公的な役職などをざっと調べます。それを元にどのような質問をするかを考えますが、20人以上インタビューして経験的にわかったことは、あまり下調べし過ぎない方がよいということでした。それは、こちらがあまり知らない方が話を聞いていて新鮮な驚きがあり、それが話者にも伝わるので話者もより積極的に話してくれるからです。

3. インタビュー実施

インタビューは1回にだいたい2-3時間、2-3ヵ月に1回くらいのペースで行います。初回にまずこの活動の趣旨を改めて説明し、インタビューを録音すること、公表する際には原稿を加筆修正する機会があるのでこの場では何でもごっくばらんに話して欲しいことをお願いします。もう一つ重要なお願いは、若い読者にとって昭和の日本は別世界なので、自分としては当たり前でつまらない話でも読者には十分面白い話になり得る、だからとにかく何でも話してほしいということです。こちらからも細かいことを根掘り葉掘り聞いていきます。基本的小生まれの頃から退職後まで時系列で聞いていき、その後重要なトピックについて個別に詳しく伺います。そうするとインタビュー回数は1人5-10回程度、多い人では15回にもなりました。



古在氏へのインタビュー風景（2014年8月。撮影：吉田二美氏）。天文月報108巻6号掲載。

2-3 ヶ月に1回のペースだと、1人に2-3年程度かかることとなります。筆者の場合、1人に聞き終わったら次の人というやり方ではなく複数人のインタビューを並行して進めています。ここ5年くらいは同時に5-6人を進めていて、色々な人の人生が頭の中でごちゃ混ぜになってしまうことがよくあります。

4. 協力者・対談

たいていは筆者と話者の1対1でインタビューを行います。筆者と話者は専門分野も生きていた時代も違うので、筆者だけでは引き出せない話題がたくさんあります。そこで専門分野が近い協力者に同席していただいたり、ゲストと対談をしてもらったりすることがあります。機会がなくてまだ掲載できていませんが、古在・海部対談ほかたくさんの貴重な対談を行ってきました。唯一、佐藤文隆氏については天文月報記事が書籍化されることになり、荒船次郎氏、村木綏氏、橋本幸士氏それぞれとの対談が収録されています。

5. 音声書き起こし

録音した音声の書き起こしは大変な作業で、人名や専門用語がたくさん出てきますし、できるだけ話者の語り口や言い回し、ニュアンスをそのまま再現したいので、基本的には一

言一句漏らさず書き起こす必要があります。だいたい1時間の作業で10分程度、慣れてくると15分程度の音声を書き起こすくらいのペースになります。初期の頃は業者をお願いしていましたが、予算不足のため最近では学生など身近な人に業者の半額くらいの謝金をお願いしています。最近ではAIによる音声書き起こしが可能になってきましたが、試してみたところ8割くらいの精度です。8割という精度が高いと思われるかもしれませんが、どの文にも2割間違いがあるので、結局全部聞き直して逐一直す必要があります。今のところ最初から人がやった方が速いです。

6. 原稿編集

書き起こしが終わると天文月報用の原稿にまとめていきます。基本的にはインタビューに沿って時系列の記事にしていきます。皆さんだいたい理路整然とお話しされますが、時には話が飛んだり同じトピックが繰り返し出てきたり説明不足だったりするので、読みやすくするために整理します。また、人名・年号・専門用語などが正しいかもチェックします。編集も非常に地道で長い時間がかかる作業ですが、改めて話者と対話をしている気分になれるので楽しい作業でもあります。

7. 話者によるチェック

出来上がった原稿は話者にチェックしてもらい、事実関係の間違いや意図通りになっていない部分などを修正してもらいます。ただ、明らかな間違いは修正してもらおうとしても、それ以外はあまり修正しないようお願いしています。冷静な状態で原稿を読むと、インタビュー中に勢いでしゃべったようなことはつい修正してしまいがちです。するとライブ感が失われてしまうだけでなく、当時の感情や価値観も抑えられてしまい、代わりに後患的で無難な言説になってしまいがちです。目的や話題によってはその方がいい場合もあ

りますが、本活動では多くの場合、インタビュー時の自然な語りの方を大事にしています。

8. 原稿完成

話者によるフィードバックを受けて原稿が完成すると天文月報に投稿します。話者と専門分野が近い方を担当編集者にさせていただけることが多いので、専門的な部分のチェックでは大いに助けられています。

9. 読者からのフィードバック

天文月報に掲載後、メールまたは直接に感想をいただいたり、時には間違いを指摘されたりすることがあります。明らかな間違いは後で訂正記事を出します。感想でも間違いの指摘でも、何かしらフィードバックがあると励みになりますのでぜひお願いします。

4. オーラルヒストリーが紡ぐ戦後日本天文学史

これまで、本活動では1920年代から1940年代の生まれの方々にお話を伺ってきました。これらの方々がどのような時代を生きたのかを概観するため、20世紀後半の日本の天文学を、主に観測装置の建設を軸に軽く振り返っておきます。

1. 戦後復興期: 1948年に礼文島で日米合同の日食観測が行われ、1949年には乗鞍コロナ観測所が建設されました。太陽研究では連続観測が重要ですが、アメリカ・ヨーロッパがカバーできない時間帯を日本がカバーすることで日本は国際的な舞台に復帰することができました。戦後の東京天文台については、1946年に東京天文台長に就任した萩原雄祐が1955年に書いた「天文臺復興の芽生え」をぜひお読みください[1]。

2. キャッチアップ期: 日本は1950年代半ばから約20年にわたる高度経済成長の時代に入ります。この間、1960年に岡山天体物理観測所に188 cm望遠鏡、1970年に三鷹に6 m

電波望遠鏡、1974年には木曾観測所にシュミット望遠鏡が完成し、日本の天文学は世界にキャッチアップしていきました。そして日本の天文学を世界レベルに引き上げる人材が育っていきます。

3. 飛躍期: その後、高度経済成長が終わり1980年代後半のバブル景気とその崩壊、失われた10年へと続いていきます。1981年に野辺山の45 m電波望遠鏡が建設され、1988年に東京大学東京天文台が国立天文台に改組し、1999年にすばる望遠鏡のファーストライトが実現しました。この時代には日本は世界の第一線に躍り出たと言えるでしょう。

先ほど「1920年代から1940年代の生まれの方々」と一口に書きましたが、世代により上記の3つの段階への関わり方は変わってきます。以下、大正～昭和初年代生まれと昭和10年代生まれに分けて、世代ごとにどのような立場で3つの段階に関わったかを概観します（カッコ内は掲載済みのの方々）。

大正～昭和初年代生まれ（川口市郎・小暮智一・西村純・古在由秀・日江井榮二郎）の方々は高校生や大学生として終戦を迎えており、旧制高校や旧制大学で教育を受けました（日江井氏は新制大学1期生）。物心がついてから日中戦争・太平洋戦争に突入し、当時の雰囲気、疎開や空襲などの戦争体験を聞くことができました。彼らは戦後に天文学の道に進み、若手研究者として現場で汗を流して復興に取り組みました。萩原雄祐や仁科芳雄、荒木俊馬など、戦前から活躍し戦後の学界を指導した方達を直接知っているのはこの世代までです。キャッチアップ期には彼らは30-40代の中堅となり、観測装置や研究環境の近代化に取り組みます。そして飛躍期にはシニア研究者として学会やコミュニティの意思決定に関わり、日本の天文学を第一線へと引き上げました。

昭和10年代生まれ（杉本大一郎・小平桂一・佐藤文隆・海部宣男）の方々には終戦時に小学生も

しくはそれ以下の年齢で、新制大学で教育を受け、高度経済成長期に研究者の道に進みました。その頃には国内の研究体制が整い始めており、研究に専念できる環境にありました。そして飛躍期には30-40代の中堅で、日本の天文学が世界と肩を並べるための大きな推進力となりました。また、彼らの指導学生が、21世紀の日本の天文学を牽引していくこととなります。

お一人お一人の人生や経験も大変興味深いのですが、個々の人生の糸を束ね、日本の天文学史を編んでいくことがこの活動の目的です。インタビューは天文学で言えば観測、これまで掲載してきた記事は最低限の校正だけを行った速報のようなものです。そこからどのような歴史を紡ぐことができるかは今後の課題です。

1つの例として、戦後の日本天文学のマイルストーンの1つであるすばる望遠鏡の建設を取り上げてみます。すばる望遠鏡は言うまでもなく日本が世界に誇る望遠鏡で、数々の世界的な業績を上げました。後にすばる望遠鏡と呼ばれる次世代望遠鏡JNLT (Japan National Large Telescope) は、1980年ごろからコミュニティでの本格的な議論が始まり、1988年の国立天文台改組を経て1991年から建設が開始されました。これまで天文月報で掲載された方の中では古在氏、小暮氏、小平氏、海部氏がキーパーソンです。

古在氏は1981年に東京天文台長に就任し、国立天文台への改組後1994年まで台長を務めました。国立天文台への改組は当時の行政改革の大きな流れの中で起こったものでしたが、古在氏としてはすばる望遠鏡ほどの大規模な事業は東大の中の研究所ではやっていけないという思いがありました。古在氏はすばるを念頭に置きつつ改組について東京大学、文部省、水沢緯度観測所などと折衝し、すばるについては日本学術会議やコミュニティと対峙しました。

小暮氏は光学天文連絡会（現在の光学赤外線天文連絡会）の代表としてコミュニティの議論を取

りまとめ、東京天文台や日本学術会議との窓口になりました。東京天文台内部での議論がなかなか外部に見えてこないという歯痒さを感じていたということでした。

小平氏は当初はコミュニティの一員として次世代望遠鏡についてアンケート調査を行ったりサイト調査をしたりしました。国立天文台に改組するとすばる準備室に入り、予算獲得や海外での望遠鏡建設実現のための手続きに注力します。そして予算がつくと推進室長となり1994年からは台長として建設を推進しました。

海部氏は野辺山45 m電波望遠鏡の建設や運用の経験を買われ、小平氏を引き継いですばる建設の責任者となりました。そして様々な困難を乗り越えて1999年にファーストライト、2000年に共同利用観測開始を実現しました。

このようにすばる望遠鏡建設に様々な立場で関わった方々の証言が得られています。これらの証言から、すばる望遠鏡建設の意思決定・推進の過程について大まかな道筋が浮かび上がってきます。しかしこれで十分ではありません。すばる望遠鏡建設にはもっと多くの人たちが携わっており、この4人にはない視点があるはずで、さらなる証言を集めるとともに、他の文献資料を組み合わせることで、どのようにこの大きな事業が成し遂げられたのか、またそこからどのような教訓が得られるのかを考えていくことが今後重要となります。

5. まとめと展望

「シリーズ:天文学者たちの昭和」10周年ということで、これまで9人の方々の記事を掲載してきました。冒頭で述べたように、インタビュー自体は20人以上に行っており、まだ継続中の方々もいます。今後も記事の掲載やインタビューを続けていく予定です。

これまでの記事の話者は東京大学・国立天文台・京都大学の関係者がほとんどでした。しか

し、日本の天文学史をより立体的に描くには、それ以外の立場からの声も欠かせません。地方大学からは日本の天文学の発展はどのように見えていたのでしょうか？ また、戦後から数少ないながらも活躍していた女性研究者の視点では？ 研究者を支えた技官や事務職員、官僚の方のお話にも興味が出てきますね。実はこれらの方々にもインタビューを始めていますので、そのうちご披露できればと思います。

今のところ、この活動は筆者と少数の協力者による細々とした活動です。読者の皆さんの中で、様々な形で協力していただける方がいれば大変ありがたいです。どういう人にどういうことを聞けばよいか、アドバイスをいただけるだけでもありがたいです。一緒にインタビューをしてくれる人、原稿の編集を手伝っていただける人、これまでの証言をまとめたり分析してくれたりしていただける人、歓迎します。天文学と同じで、大変な作業ではありますがやりがいも大きいです。過去を共有することはコミュニティの維持拡大にとってとても重要なことです。今後も直接間接にサポートしていただければと思います。

最後に、これまでインタビューを引き受けていただいた方には深く感謝いたします。偉大な先輩方に何十時間もお話を聞けるとするのは筆者にとって素晴らしい経験でした。またインタビューに協力していただいた千葉庫三さん、小久保英一郎さん、浅井歩さんに感謝します。

参考文献

- [1] 萩原雄祐, 1955, 天文月報, 48, 11

10th Anniversary of “Series: Astronomers’ Showa”

Keitaro TAKAHASHI

*Faculty of Advanced Science and Technology,
Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami,
Kumamoto 860-8555, Japan*

Abstract: The author has conducted interviews with retired astronomers, asking them not only about the development of astronomy but also about changes in education and society more broadly in the latter half of the twentieth century. Over the past ten years, these interviews have been published in *The Astronomical Herald* as a series entitled “Series: Astronomers’ Showa.” Fortunately, the series has been well received by readers, allowing it to continue over a long period. To mark the tenth anniversary of the series, this article revisits the nature of this undertaking and explains its aims, significance, and methodology. It also looks ahead to the kinds of historical narratives that may be woven from the testimonies of the interviewees.

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

s, i & r Element Nucleosynthesis Conference (sirEN), Nuclei in the Cosmos XVIII (NIC-XVIII)

氏 名：岡田寛子（兵庫県立大学大学院理学研究
科物質科学専攻D2（渡航当時））

渡航先：イタリア・ジュリアノーヴァ，スペイン・ジローナ

期 間：2025年6月7～22日

この度、第129回日本天文学会早川幸男基金のご支援のもと、2025年6月8日から13日にイタリア・ジュリアノーヴァで開催された研究会“*s, i & r Element Nucleosynthesis Conference (sirEN)*”および、6月15日から20日にスペイン・ジローナで開催された国際会議“*Nuclei in the Cosmos XVIII (NIC-XVIII)*”に参加しました。両研究会において“*The origin of weak r-process nucleosynthesis*”という題目で自身の研究成果を発表し、多くの研究者と議論・交流を行うことができました。

私は、宇宙における元素の起源を解明することを目的に、金属欠乏星の観測研究に取り組んでいます。金属欠乏星とは、水素やヘリウム以外の元素（すなわち金属）が非常に少ない恒星で、宇宙初期に形成されたと考えられる低質量星です。これらの星は、超新星爆発などによる金属の汚染をほとんど受けておらず、形成当時の化学組成を保持しているため、宇宙初期の化学進化を探るうえで極めて重要な天体です。

今回の研究発表では、鉄より重い元素を合成する中性子捕獲反応の一つである *r-process* に関する成果を報告しました。*r-process* は、中性子捕獲元素の主要な合成過程でありながら、その起源は未だ明確に特定されていません。本研究では、[Sr/Ba] 比が極端に高い超金属欠乏星に注目し、VLT/UVESによって得られた高分散分光データ

の解析を行いました。この星は、軽い *r-process* 元素のみを合成する *weak r-process* によって汚染された可能性が高く、*r-process* の起源や多様性を理解するうえで重要な手がかりとなります。Baを含む複数の元素存在量を新たに決定し、これらの元素組成を理論モデルと比較した結果、この星の組成比は中性子星合体では再現が困難であることが明らかとなりました。これにより、原始中性子星風や磁気駆動型超新星といった他の天体現象が *r-process* 元素の供給源として寄与している可能性が示唆されました。

sirEN は、*s-*、*i-*、*r-process* という3種類の中性子捕獲反応に焦点を当てた研究会であり、理論・観測・実験の各分野で中性子捕獲反応に興味をもつ約100名の研究者が参加しました。開催地はイタリア中部、アドリア海沿岸に位置する町ジュリアノーヴァで、会期中には *coffee break* や *lunch time* に加え、*beach party* や *social dinner* といったイベントが催され、和やかな雰囲気の中で分野横断的な議論や交流が行われました。

私はこの研究会で、初めて海外の研究会における口頭発表を経験しました。緊張もありましたが、発表後には多くの研究者から質問やコメントをいただき、自身の研究への関心を直接感じることができました。特に恒星の観測に携わる研究者からは、中性子捕獲元素だけでなく、軽元素の組成や位置空間情報・運動情報に関する質問も寄せられました。

発表直後の *coffee break* では、Albino Perego 氏や仏坂健太氏らと、中性子星合体後に形成される降着円盤から放出されるやや中性子過剰度の低い放出物質 (*post-merger ejecta*) のみで次世代の星が形成され得るのか、特に銀河系外における可

能性について議論を交わしました。

ほかの参加者による発表も非常に学びの多い内容でした。中性子捕獲過程を担う天体現象に関する観測・理論研究の講演が多数あり、化学組成の解釈に必要な関連分野への理解を深めることができました。さらに、r-process 元素が過剰な恒星の観測を行う R-process Alliance や中間金属量天体の組成解析を進める MINCE project など、世界各地で進行中の観測プロジェクトについての成果や展望を直接聞くことができた点も、国内研究会では得難い貴重な経験でした。また、Erika Holmbeck 氏や Francesca Lucertini 氏、Ása Skúladóttir 氏など、観測研究の第一線で活躍する研究者との対話を通じて、自身の研究の位置づけや今後の課題を再確認し、研究への意欲を一層高めることができました。

翌週に参加した NIC-XVIII は、1990 年から隔年で開催されている、宇宙核物理学における世界最大級の国際会議です。第 18 回となる今回は、スペイン北東部カタルーニャ州に位置する歴史都市ジローナで開催され、200 名を超える研究者が集まりました。

この会議では、同様の内容についてポスター発表を行いました。ポスター会場は昼食スペースと併設されていたため、ポスターセッションの時間帯以外にも自由に議論することができました。sirEN でいただいた質問をきっかけとして、観測結果の解釈において weak s-process の可能性を検討する必要性を感じ、回転を伴う大質量星モデル

の計算を行っている Arthur Choplin 氏と議論を交わしました。金属を全く含まない初代星における weak s-process の可能性について有益な知見をいただき、今後の理論研究との比較に向けて、同氏の元素合成計算結果をご提供いただくことになりました。

さらに、ポスター発表の内容に加え、Young Sun Lee 氏や Andreas Korn 氏には、修士課程から取り組んでいる明るい金属欠乏星の探査および高分散分光による組成調査の計画について紹介する機会を得ました。また、中国や韓国で金属欠乏星の観測研究に取り組む同世代の研究者と互いの研究内容を紹介し合い、金属欠乏星候補の選択手法や abundance fitting など、様々な内容について議論を重ねました。こうしたやりとりを通じて、今後の情報交換や共同研究の礎となるつながりを築くことができました。

今回の渡航では、自身の研究成果を発信するだけでなく、関連分野における最新の研究動向や成果を幅広く知るとともに、海外研究者との研究連携の基盤を築くことができました。また、化学組成の解釈に関する多角的な議論は、今後の研究の方向性や観測計画を考えるうえで多くの着想を与えてくれる、大変有意義な機会となりました。本渡航で得られた学びと国際的なつながりを活かし、研究のさらなる発展と国際共同研究の展開を目指していきたいと考えています。最後に、本渡航をご支援いただいた日本天文学会早川幸男基金ならびに関係者の皆様に、心より御礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Parker Four

氏 名：吉田 南（東京大学大学院理学系研究科
地球惑星科学専攻 D3（渡航当時））

渡航先：アメリカ・メリーランド州

期 間：2025 年 5 月 4～10 日

本渡航では、2025 年 5 月 5 日から 9 日に米国メリーランド州ジョンズ・ホプキンス大学応用物理研究所（APL）で開催された“Parker Four”に参加し、口頭発表を行いました。

この学会では、2018年にNASAのプロジェクトとして打ち上げられ、初めて太陽コロナを直接観測したParker Solar Probe (PSP)の成果や、関連した発表・議論が行われました。申請者は、“Connectivity of solar and interplanetary magnetic fields over the solar cycles”の題目で口頭発表を行いました。

太陽の活動が地球周辺の環境に影響を及ぼす「宇宙天気」を理解するうえで、太陽から惑星間空間へ広がる磁場の構造を解明することは不可欠です。しかし、太陽磁場から惑星間空間磁場(IMF)の強さを推定すると、常に観測値より過小評価されてしまう「オープンフラックス問題」が長年の課題となっています。本研究では、この問題の詳細な理解のために、太陽活動周期を通してIMFがどのように変動しているのか、各サイクルに共通する特徴や特別な変動があるのか、何がそれを作り出しているのかを探りました。太陽活動サイクル21から25にわたるIMFの変動と、球面調和関数で成分分解した太陽磁場を比較し、定量評価しました。その結果、太陽活動周期をIMF変動の特徴に基づいて5つの期間に分類することで、IMFの変動をより定量的に説明できることを発見しました。

例えば、太陽活動の極大期にIMFの増加が停滞する現象や、極磁場反転後にIMFが急増するメカニズムなどを、太陽表面の磁場構造の変化と関連づけて明らかにしました。この成果は、これまで大きく「極大期」や「極小期」として議論されてきた太陽と地球の関係性を、より詳細に定量的に説明するものです。さらに、PSP/FIELDSを用いることで、実測値のデータを増やし、これまで外挿のみで補っていた空間に対して、実データを解析することが可能になります。PSPの主要開発機関であるAPLで開催される本学会は、自身の研究成果と今後の展望について議論する絶好の機会でした。

今回の学会参加を通じて、自身の研究の展望に

ついて議論することができました。2025年3月に打ち上げが成功したPUNCH衛星を主導するCraig DeForest博士とは、今後PUNCH衛星をどのように活用し、ほかの観測と組み合わせることができるのか、議論しました。またゲッチング大学のLulia Chifu博士からは、自身の研究で用いている磁場モデルの妥当性を検証するための新しい視点について有益なアドバイスをいただきました。また、異分野の研究者との議論を通じて、自身の研究の新たな可能性を見出せました。NASA本部のArik Posner博士やプリンストン大学のJamie Rankin博士から宇宙線との関連について質問を受け、これまで視野に入れてこなかった分野への応用の可能性に気づかされました。今後は、PSPの観測データを活用し、宇宙線研究者との連携も模索していきたいと考えています。

本学会は、PSPの主要開発機関であるAPLで開催されたこともあり、非常に活発な雰囲気でした。1日に複数回設けられたコーヒープレイクでは、リラックスした雰囲気の中で多くの第一線の研究者と率直な意見交換ができ、大変刺激になりました。懇親会では、Catholic University of America/NASAのLeon Ofman博士らと、海外での研究環境やポスドクの実情について直接お話しする機会を得て、将来の選択肢が広がりました。博士課程卒業後の



会場となったジョンズ・ホプキンス大学応用物理研究所 (APL)

キャリアを考えるうえで、海外での研究活動を視野に入れることができました。

また、APLという場所柄、厳重なセキュリティ体制が敷かれていましたが、その中で最先端の研究に触れることができたのも貴重な経験です。

当初は単身での参加で知り合いもほとんどいませんでしたが、積極的にコミュニケーションをと

ることで、今後の研究に結びつく多くの繋がりを得ることができました。本学会で得た知見と人脈を最大限に活用し、本研究を組み込んだ博士論文を完成させたいと思います。末筆となりますが、今回の渡航に際して援助いただいた早川幸男基金の関係者の方々に、心より御礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 39th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2025)

氏 名：阿部正太郎（東京大学宇宙線研究所PD
（渡航当時））

渡航先：スイス・ジュネーヴ

期 間：2025年7月11～25日

申請者は2025年7月にスイス・ジュネーヴで開催された第39回国際宇宙線会議（ICRC 2025）に参加し、銀河中心領域からの超高エネルギーガンマ線観測に関する最新の研究成果を発表した。ICRCは、宇宙線・ガンマ線・ニュートリノ・暗黒物質など、申請者の研究対象と密接に関わる分野の専門家が世界中から一堂に会する、当該分野で最大規模かつ最重要の国際会議である。発表タイトルおよび講演者^{*1}は以下の通りである。

・講演1（口頭）：“TeV Gamma-Ray Diffuse Emissions in the Galactic Center Region with CTAO LST-1”; S. Abe, H. Kubo, M. Strzys, M. Teshima, and I. Vovk, for the CTAO-LST Project.

・講演2（ポスター）：“VHE Gamma-Ray Emission in the Inner 10 Parsecs of the Galactic Center with CTAO-N LSTs”; S. Abe, T. Inada, and E. Moulin.

・講演3（口頭，共著）：“Line Emission Search from Dark Matter Annihilation in the Galactic

Center with LST-1”; S. Abe, A. Abhishek, M. Doro, T. Inada, M. Teshima, S. Ventura, and G. Verna, for the CTAO-LST Project.

・講演4（口頭，共著）：“Discovering the Higgsino at CTAO-North within the Decade”; S. Abe, T. Inada, E. Moulin, N. L. Rodd, B. R. Safdi, and W. L. Xu.

Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) 計画は、南北二箇所にチェレンコフ望遠鏡アレイを設置する次世代ガンマ線天文台の国際共同計画である。特に日本が大きく貢献している Large-Sized Telescope (LST) は、その初号機LST-1が2018年にスペイン・ラパルマ島（北半球サイト）に建設され、現在は性能検証と科学観測が並行して進められている。残る3台のLSTも同サイトで建設が進められており、近く竣工する予定である。

申請者は、このLST-1による天の川銀河中心領域の観測プロジェクトにおいて責任者（PI）を務め、日・米・欧の約15名の国際メンバーを率いて、観測戦略の立案からデータ取得、解析手法の開発、物理的解釈までを一貫して主導してきた。また、LSTアレイ完成後を見据えたシミュレー

^{*1} 慣例により著者名はアルファベット順で記載し、講演者に下線を付した。

ション研究にも先駆的に取り組んでいる。特に重要な科学目標として、次の二課題に取り組んでいる。以下では、課題1に関連する講演1に焦点を当てる。

課題1 PeV宇宙線加速源 (PeVatron) の存在と性質の解明

課題2 超対称性粒子を念頭に置いたTeVスケール暗黒物質探索とその正体の解明

H.E.S.S.による2016年の報告では、銀河中心領域におけるPeVatronの存在を示唆する観測的証拠を初めて提示した。しかし、その後のMAGICやHAWCによる結果とは完全には整合しなかった。このような状況において、銀河中心領域に本当にPeVatronが存在するのか、また存在するとすればその供給量が天の川銀河全体のPeV宇宙線にどの程度寄与しうるのかを明らかにすることは、高エネルギー宇宙物理学における極めて喫緊の課題である。

申請者は、LST-1を用いた大天頂角観測法および非点源解析法を開発し、TeV領域における単位時間あたりの拡散ガンマ線観測感度として世界最高性能を達成した。この性能を活かし、LST-1によって銀河中心を約39時間観測し、そのデータを解析した。その結果、約200 pcに広がるリッジ領域の拡散ガンマ線放射においてスペクトルカットオフ $E_{\text{cut}} \sim 24$ TeVが示唆され、MAGICの結果と整合的であることを確認した。一方、Sgr A*近傍の20–60 pc程度の領域では単純なべき乗則が成立し、 $E_{\text{cut}} > 46$ TeV (90% C.L.) という制約を得ており、H.E.S.S.の結果と整合的であった。

以上の結果は、銀河中心におけるTeVガンマ線拡散放射に空間的なスペクトル曲率の変動が存在する可能性を、世界で初めて観測的に示唆したものであり、これまでの観測結果間の不一致を統合的に説明することができる。物理解釈としてはいくつかの可能性が考えられるが、一つのシナリオとして、超大質量ブラックホールSgr A*が過去の限定的な期間にのみPeVatronとして活動し

ていたとすれば、銀河中心にPeVatronは確かに存在したものの、そのPeV宇宙線供給量は限定的であった可能性がある。このように、本研究はPeVatronシナリオに対して新たな観測的制約を与える重要な成果であり、銀河中心研究の大きな進展を示した。なお、これらの解析結果および科学的解釈は、投稿論文としてまとめている段階にあり、現時点では予備的報告であることには留意されたい。

発表時の質疑応答では多くの質問を受け、講演後にも複数の研究者から積極的な意見交換が行われるなど、非常に活発な反応が得られたことは率直に嬉しく感じた。個人名の記載は控えるが、そのうち数名とは、他の解釈シナリオや解析過程における潜在的な系統的誤差など様々な観点から踏み込んだ議論を行い、新たな共同研究として継続的に議論を進めることで合意した。帰国後も実際にZoomミーティング等を通じて議論を継続している。また、既存の共同研究者とも現地で複数回にわたり詳細な議論を行い、通常の遠隔会議では時間的制約から十分に扱えない技術的な確認を、対面で集中的に進めることができた。さらに、私的な事項ではあるが、次のポジションに関する関係者との意見交換を現地で多く行えたことも特筆すべき成果である。また、ジュネーヴ開催という地の利を活かしCERN内部を見学するとともに、CERNでのセミナー後の研究者たちと合流して近隣のイタリアンレストランで国際的な交流を深める機会にも恵まれたことは、貴重な経験となった。

なお、詳細はここでは割愛するが、講演2の内容は学会後の2025年9月に出版されたことを記しておく： Abe, S., Inada, T., and Moulin, E., *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP)*, 09, 009, 2025, doi:10.1088/1475-7516/2025/09/009.

本渡航は、早川幸男基金からの助成により実現したものであり、ここに深く感謝の意を表す。本助成によって国際会議への参加が可能となり、銀河中心領域に関する最新研究成果を世界に向け

て発表するとともに、多くの研究者との議論を通じて新たな知見と共同研究の端緒を得ることができた。現地で得られた学術的および人的成果は、今後の銀河中心研究およびLSTやCTAOの発展

に大きく寄与するものである。このような貴重な機会を与えてくださった早川幸男基金に、改めて深甚なる謝意を表する。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

International Astronomical Union Symposium 400

—*Solar and stellar multi-scale activity*—

氏 名：井上 峻（京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻物理学第二教室宇宙線研究室D2（渡航当時））

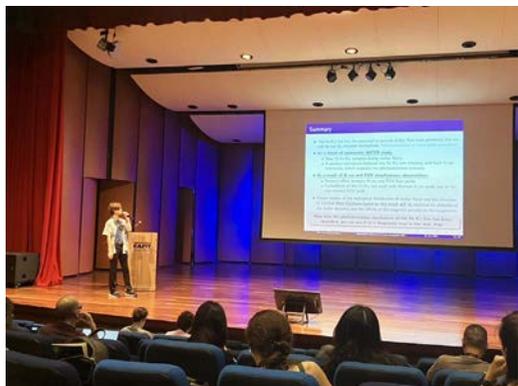
渡航先：コロンビア・メデジン

期 間：2025年7月19～26日

今回の渡航では、2025年7月21-25日にコロンビア／メデジンのEAFIT大学にて開催されたInternational Astronomical Union Symposium 400—*Solar and stellar multi-scale activity*—に参加し、Investigating the emission mechanism of the Fe K α and L α lines of stellar flares on RS CVn-type starsと題した口頭発表を行った。本会議は本年度に行われる唯一の太陽・恒星磁気活動に関する大規模な国際会議であり、太陽・恒星の両分野の研究者が多数参加し、活発な議論が行われた。

本会議において、申請者は長年2つの説が議論されてきた太陽・恒星フレアにおけるFe K α 輝線(6.4 keV)の放射機構について、重要な観測的な示唆を与える結果を発表した。Fe K α 輝線は中性・低電離の鉄イオンのL殻の電子がK殻に遷移する際に放射されるX線帯域の輝線であり、太陽・恒星フレアのX線観測でしばしば観測されてきた。一般的に太陽・恒星フレアにおいて放射されるX線は数10 MKを超える高温なコロナ中のフレアループを起源とするが、そこでは鉄イオンは電子の数が2つのヘリウム状、1つの水素状に

まで高階電離したイオンとして存在する。そのため、Fe K α 輝線はより下層の光球内の中性・低電離の鉄イオンから放射されている、X線の波長帯の輝線でありながら光球を起源とする非常にユニークな輝線と考えられてきた。Fe K α 輝線の放射機構は、フレアループからの硬X線による光電離とループトップで加速された非熱的電子による衝突電離の2つが1980年代から考えられており、未だ決着がついていない。さらに、ひのとりやSMMなどの1980年代のX線観測衛星以降はFe K α 輝線のエネルギー帯を含む太陽のX線分光観測が長年行われていないことから、本話題は太陽コミュニティで議論される機会が減り、「忘れ去られた問題」となりつつあった。また、太陽での本エネルギー帯の観測が行われなくなってからも、恒星フレアでのFe K α 輝線の検出は行われていたが、こちらでも2000年代後半を最後に恒星コミュニティで議論される機会はなくなっていった。本研究では、X線望遠鏡NICERが観測してきた潤沢な恒星フレアのデータを用いて、(1) Fe K α 輝線とフレアで放射される硬X線の光度の間に存在する正の相関、(2) Fe K α 輝線と熱的放射(連続X線)のフレアピークの一致という2つの光電離説を強く支持する観測的証拠を発見した。Fe K α 輝線が光電離で放射されている場合、本輝線の等価幅や中心エネルギーといった観測値を輻射輸送計算と比較することで、空間分解できない恒星フレアのジオメトリ推定を行うことが



口頭発表の様子

可能となるため、本成果は太陽物理の範疇を超えて恒星・惑星物理の様々な分野に波及する重要な結果である。

今回の学会は太陽・恒星の両分野の世界中の研究者が集まる場であったため、Fe K α 輝線の放射機構という「忘れ去られた問題」を改めて太陽・恒星コミュニティに喚起する非常によい契機となった上に、Fe K α 輝線を利用した今後の研究の可能性を議論する場としても活用できた。特に、質疑応答では「Fe K α 輝線が検出されたフレアで、白色光の同時観測が行われたものはないのか？」という今後の観測計画を考えるうえで非常に重要な質問をいただいた。

また、Fe K α 輝線以外の話題として、恒星コロナからのX線放射のモデリングを行っている南京大学のYue-Hong Chen氏と議論を重ね、彼女が現在執筆中の論文において計算したX線スペクトルの解釈に関して共同で検討する形で、共著者として参加する国際共同研究を新たに開始することができた。申請者はこれまで観測的研究しか行っ

たことがなかったため、このようなシミュレーションを用いた研究に当事者として関わる機会を得られたことは、研究者として成長するために重要であると感じている。そのほかには、現在その予算案をめぐる様々な混乱が起きている米国のアカデミアに属する複数の研究者からその実情を聞くことができた。申請者は博士号取得後、米国でポスドクを行うことを計画しているため、実際に当事者からその現状を聞くことができた機会は大変貴重であった。

本会議ではセッションのみでなく、コーヒープレイクやカンファレンスディナーなどの様々な形で参加者同士が交流する機会が設けられており、会議参加者のみでなく現地のコロンビアの学生たちとも深く交流することができた。特に、開催地であるEAFIT大学の学部生たちが、自分が書いた論文を授業で輪講したと語ってくれたことは、自身の研究のモチベーションを大きく向上させてくれた。

以上のように本渡航では、自身の研究成果の発表だけでなく、多くの新しい繋がりや知見を得ることができた。本渡航で得られた知見をもとに、投稿論文・博士論文の執筆に取り組む予定である。またサイエンス面以外では、渡航前はその情報の少なさから治安面等に不安のあったコロンビアという国に対しても、実際に現地の人々と交流することで大きくイメージが向上し、これも現地に渡航したことの大きな収穫の一つであった。最後に今回の有意義な会議を開催して下さったSOC/LOCの皆様、渡航にご支援をいただいた早川幸男基金の関係者の皆様に心より感謝いたします。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

39th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2025)

氏 名: 寺内健太 (京都大学理学研究科物理学・
宇宙物理学専攻 D4 (渡航当時))

渡航先: スイス・ジュネーヴ

期 間: 2025年7月13~25日

本渡航では、2025年7月15日から24日にかけてスイスのジュネーヴで開催された第39回宇宙線国際会議 (39th International Cosmic Ray Conference, 通称ICRC) に参加した。ICRCは宇宙線・宇宙物理分野で最も規模の大きい国際会議であり、例年およそ1,000名が約50カ国から集う場として知られている。会場には多様な実験・観測グループや理論研究者が一堂に会し、最新成果が矢継ぎ早に報告される。その密度の高い議論の中心に身を置けたこと自体が大きな刺激であった。今回私は、本年度に受理された主著論文 (K.Terauchi et al., 2025, ApJ) の内容をもとに、“GeV Gamma-Ray Detection from Intense GRB 240529A During the Afterglow’s Shallow Decay Phase” という題目で口頭発表を行った。

ガンマ線バーストからの放射は、即時放射および残光放射という2段階の放射に分けられ、即時放射は数ミリ秒から数千秒続き、サブ秒スケールの変動を伴うパルスの放射を示す一方、その後続く残光放射は数日からそれ以上にわたって観測でき、主として冪乗則で減衰する光度曲線を示す。X線残光放射の約90%では、観測開始後およそ103秒の間に緩慢減衰期 (shallow decay phase) と呼ばれる減衰の冪が0.5以下となるような緩やかな減衰を示すことがわかっている。この緩慢減衰期は残光の標準モデルでは説明できず、その物理メカニズムはいまだ未解明であるため、緩慢減衰期は、ガンマ線バーストの爆発機構・相対論ジェット・中心エンジンなどの重要な

知見を与えると期待されている。

そうした中、今回の講演では去年5月に発生したGRB 240529Aについて、主にGeVガンマ線観測衛星Fermiによる観測結果を報告した。講演ではFermi衛星に搭載されているLAT検出器を用いた解析により、緩慢減衰期中に 4.5σ の検出有意度でGeV放射が検出されたことを報告した。Swift衛星で観測されたX線データも解析すると、観測されたGeVフラックスはX線フラックスと比べて4.2倍も高く、X線スペクトルの外挿ではGeVフラックスを説明できないことも紹介した。これは、シンクロトロン放射ではなく逆コンプトン放射がGeV帯において支配的であることを示している。講演ではさらに数値シミュレーションを用いた緩慢減衰期の多波長モデリングについても発表した。モデリングの結果、衝撃波のエネルギーが徐々に増えていくエネルギー注入モデルおよび星風の中を初期ローレンツ因子が数十の遅いジェットが伝播する星風モデルのどちらも緩慢減衰期中のX線光度曲線を再現可能である一方、モデル間でGeVスペクトルの冪・形状に差が生じることを示した。GeVガンマ線の光子統計が不十分であったため、決定的なことは言えないものの、観測データは星風モデルを支持する結果となり、将来のCherenkov Telescope Array ObservatoryによるTeVガンマ線観測で、同様のイベントに対してモデルを十分に切り分けられることにも講演では触れた。

発表後の質疑応答では、Fermi-LATで観測されたGRB 240529AのGeV放射継続時間の算出方法について質問をいただいた。本解析では、これまでFermi-LATで観測されたガンマ線バーストと比較するため、LATのカタログ論文で用いられた手法に沿って継続時間を求めている。しか



口頭発表中の様子

し、GeV光子の統計が少ないため、この手法では継続時間の算出にバイアスが生まれてしまうのではないかと、というのが質問の主旨である。本解析では、カタログと比較するため相対的な値に興味を持っていたが、絶対的な値を求める際には注意を払う必要があると考えている。このバイアスについて、より丁寧に評価するにはシミュレーションを用いたスタディが必要になるだろう。ちょうどFermi-LATを用いたガンマ線バーストの系統解析を今後の研究案の一つとして考えていたため、よい機会なのかもしれない。

発表後には、銀河間磁場を研究しているTénéman Keita氏に声をかけていただき、ガンマ線バーストからのGeV-TeV放射を用いた銀河間磁場の測定可能性について議論した。ガンマ線バースト残光からのガンマ線放射を用いて銀河間磁場を調べる手法は以前から耳にはしていたが、

この議論を通してより深く理解することができ、将来のCherenkov Telescope Array Observatoryによる観測で銀河間磁場の研究はより加速するだろうとお互いの意見が一致した。これまで自分が取り組んできたガンマ線バーストの研究が、宇宙進化・銀河形成のような専門外の分野にまで波及することを再認識でき、今後の研究方針を立てる上で貴重な視点を獲得することができた。

学会期間中には、宇宙線実験の最新の動向やニュートリノ・重力波とのマルチメッセンジャー連携など、広範な話題にも触れることができた。分野横断的な視点を得られたことで、ガンマ線バーストの研究をより大きな文脈の中で位置付け直す契機となり、今後の研究計画書の説得力向上にも直結すると感じている。また、学会に参加していて実感したのは日本人の多さである。本学会で初めて言葉を交わした日本人も少なくなく、宇宙線・宇宙物理という分野における日本人の層の厚さを感じずにはいられなかった。

最後に、本渡航を支援していただいた早川幸男基金に心より深く御礼申し上げます。スイスの物価は日本とは比べものにならないほど高く、これもまた良い人生経験にはなったものの、本基金からのご支援があったおかげで何とか乗り切ることができました。今回の学会およびスイスでの生活から得た貴重な経験を糧に、今後の研究に一層励んでまいります。

宇宙する人生 東京大学最終講義, 須藤靖, 四六判,



月報だよりの原稿は毎月20日に締切り, 翌月に発行の「天文月報」に掲載いたします。ご投稿いただいた記事は, 翌月初旬に一度校正をお願いいたします。

記事の投稿は, e-mailで toukou@geppou.asj.or.jp宛にお送りください。折り返し, 受領の連絡をいたします。

人事公募

日本スペースガード協会観測員

- 募集人員: 観測員 1名
- (1) 所属部門・所属機関, (2) 勤務地:
 - NPO 法人日本スペースガード協会
 - 美星スペースガードセンター (岡山県井原市美星町)
- 専門分野: 地球接近小惑星, スペースデブリなど移動天体の光学観測 (ただしこれまでの専門については問わない)
- 職務内容:
 - 地球接近小惑星, スペースデブリなど移動天体の光学望遠鏡を使った夜間観測業務 (観測計画や天候条件等により観測のできない時間帯は観測以外の業務を行っていただきます。)
 - 円滑な運営のための事務作業
 - 観測業務遂行のための技術的作業
 - 業務に関係した開発・研究および広報・普及活動
(勤務時間中は, 上記に掲げる業務に専念していただきます。光学望遠鏡ハードウェア, 望遠鏡制御, 解析ソフトウェア, いずれかのメンテナンスおよび開発を担当していただく予定)
- (1) 着任時期, (2) 任期:
 - 着任時期2026年4月1日以降なるべく早く
 - 常勤 (任期なし), 試用期間: あり (12ヶ月)
- 応募資格:

理工学系の大学・高等専門学校卒, または準ずる学識を有する方
- 提出書類:
 - 履歴書 (写真添付, 捺印, 学歴・職歴・受賞歴・所属学会・住所・携帯電話番号・e-mailアドレスなどを明記のこ, 書式は任意)
 - 主体的に担当した業務歴および研究歴, 観測や開発の経験があれば, それを含めて記述した書類
 - 研究業績リスト (査読の有無別, 口頭発表を含む)
 - 応募者について照会可能な方2名の氏名と連絡先 (電話, メール等)
 - 採用後の抱負 (A4用紙1ページ以内)
- 応募締切・受付期間:

随時受付 (採用者が決まり次第終了)
- (1) 書類提出先, (2) 問合せ先:
 - 〒130-0026 東京都墨田区両国2-21-5-504 NPO 法人日本スペースガード協会 理事長 浅見敦夫
 - 事務局 (03-6659-9582, info@spaceguard.or.jp)
- 応募上の注意:
 - 選考は, 選考委員会による書類審査を行った後, 面接により最終選考を行います。面接に伴う旅費等は応募者の負担とします。
 - 応募封筒の表に「観測員応募」と朱筆する。
- その他:
 - 給与, 勤務形態は, 協会給与等規程による (年収420万円程度35歳)。1ヵ月160時間勤務 (概ね夜勤10日, 昼勤5日)。
 - 夜間勤務手当, 通勤手当, 時間外勤務手当等, 各種手当あり。
 - 健康保険 (協会けんぽ), 厚生年金保険, 雇用保険, 労災保険, 保険給付金 (入院・傷害給付等) に加入
 - 通勤のため自動車免許が必要。

- (5) 文科省科研費補助金取扱規程第2条に規定する研究機関として認定されており、科研費の応募が可能。
- (6) 当協会は、男女雇用機会均等法を遵守し、男女共同参画社会の実現に向けた取り組みを進めています。採用にあたっては、性別にかかわらず、業績評価・能力・適性・人柄等を総合的に判断し、女性も含めて積極的に人材を採用します。
- (7) 日本スペースガード協会の活動についてはホームページを参照のこと。
<https://www.spaceguard.or.jp/>
- (8) 応募に際していただいた情報は、この選考および事務連絡以外のいかなる目的にも使用いたしません。
- (9) 応募書類は返却いたしません。

大阪大学大学院理学研究科・准教授

1. 募集人員：准教授1名
2. (1) 所属部門・所属講座：大学院理学研究科宇宙地球科学専攻宇宙進化グループ
(2) 勤務地：豊中キャンパス（大阪府豊中市待兼山町1-1）
3. 専門分野：宇宙物理学理論
4. 職務内容：宇宙進化グループのスタッフと協力して、宇宙物理学理論の研究を遂行する。研究に加え、学部・大学院教育を担当し、研究室運営にも携わる。
5. (1) 着任時期：2026年10月1日以降できるだけ早い時期
(2) 任期：なし
6. 応募資格：博士の学位、あるいは関連分野において同等以上の学識を有する者。
7. 提出書類：応募書類は英語または日本語で記述のこと
(1) 履歴書（写真添付、着任可能な時期も明記すること）
※以下のサイトより、「教育研究系職用」の応募用履歴書をダウンロードしてお使いください。
<https://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/employment/links>
(2) 業績リスト（原著論文（主要な業績に印をつけること）、解説・総説、著書、国内外の学会発表、外部資金獲得実績など）
(3) 主要原著論文（3編以内）
(4) これまでの研究の概要（A4用紙3枚程度）
- (5) 着任後の研究計画と教育に対する抱負（A4用紙3枚程度）
- (6) 照会可能な方3名の氏名・所属・連絡先（少なくとも1名は海外の研究機関所属の研究者であることが望ましい）
8. 応募締切・受付期間：2026年3月9日(月) 必着
9. (1) 提出先：
応募者は1～6の応募書類を一つのPDFファイル（30MB以内）にまとめて添付し、下記のE-Mailアドレスまで送付してください。
大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻専攻長
E-Mail: application@ess.sci.osaka-u.ac.jp
※件名を「准教授応募」としてください。
(2) 問合せ先：
同上 長峯健太郎
Tel: 06-6850-5481
E-Mail: kn@vega.ess.sci.osaka-u.ac.jp
10. 応募上の注意：
 - ・書類審査を行ったのち、その通過者に対して、面接審査を行います。
 - ・海外在住の方には、オンラインでの面接が可能です。
11. その他（待遇など）：
 - ・労働条件については国立大学法人大阪大学教職員就業規則等によります。
 - ・女性研究者の積極的な応募を歓迎します。
 - ・大阪大学は、男女共同参画を推進し、女性教職員のための様々な支援を実施しています。

会務案内

事務所からのお知らせ

【移籍・退会について】

2025年度末をもって移籍・退会希望の方で、まだ学会事務所に連絡していない方は、大至急書類のご提出をお願いいたします。書式は当学会ホームページ「各種手続き」から申請してください。

※退会の届け出がない限り、会員資格は年度始めに自動更新されます。会費の納入を停止しても退会とはなりません。

【会費納入について】

◆正・準会員の皆様◆

2026年度（2026年4月～2027年3月）会費の納入期限は、2026年4月30日です。

正会員：16,000円

正会員（学生）：8,000円

※学生である旨連絡の上、期限内に納入の場合にのみ学生割引適用。納入期限超過の場合16,000円。

準会員：8,000円

※紙版年会講演予稿集は2026年度より製作いたしません。

- ・会費の口座自動引き落とし登録の方は、2026年4月10日に引き落としますので口座残高不足にご注意ください。

通帳には引き落とし代行会社の「JCB」という文字が印字されます。

- ・口座自動引き落とし登録のない方には、3月下旬にメールで支払方法のご案内をお送りします。メールの利用がない方は、今月号の発送台紙に記載のご案内をご覧ください。
- ・海外在住の方は、会費金額をご確認のうえ、クレジットカードまたは銀行振込等でご納入ください。詳しくは学会ホームページ「各種手続き」の「会費の納入」をご覧ください。

※金融機関の利用明細をもって本学会の領収書とさせていただきます。控えや明細書は大切に保管してください。

◆団体・賛助会員の皆様◆

4月に請求書をお送りしますので、それ以降にご納入ください。

賛助：30,000円（1口）団体：10,000円

入会・移籍・退会のお知らせ

2025年12月22日に開催された公益社団法人日本天文学会理事会において、正式に入会・移籍が承認された方、退会が報告された方の人数をお知らせします。

入会 正会員：94名 準会員：16名

退会 正会員：6名 準会員：3名

移籍 準→正：1名

年会開催地立候補の募集

日本天文学会では年会開催地の決定にあたり立候補を募集いたします。詳しい内容は学会ホームページに掲載しますので、そちらをご覧ください。なお、開催地は立候補状況を見ながら理事会にて決定する予定です。皆様、奮ってご応募お願いします。

2025年度日本天文学会各賞について

2025年度日本天文学会各賞は、2026年1月13日の代議員総会において次のように決定しましたのでご報告いたします。

◇林忠四郎賞（1氏）

大向一行（おおむかいかずゆき）氏・東北大学教授
研究の表題「初代天体形成過程の理論的研究」

◇欧文研究報告論文賞（2編）

- ・論文題目：CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). IX. $^{12}\text{CO} (J=2-1) / ^{12}\text{CO} (J=1-0)$ line ratio on kiloparsec scales

著者：Yoshiyuki Yajima, Kazuo Sorai, Yusuke Miyamoto, Kazuyuki Muraoka, Nario Kuno, Hiroyuki Kaneko, Tsutomu T. Takeuchi, Atsushi Yasuda, Takahiro Tanaka, Kana Morokuma-Matsui, and Masato I. N. Kobayashi

出版年等：Vol. 73 (2021), No. 2, pp. 257–285

- ・論文題目：HSC-XXL: Baryon budget of the 136 XXL groups and clusters

著者：Daichi Akino, Dominique Eckert, Nobuhiro Okabe, Mauro Sereno, Keiichi Umetsu, Masamune Oguri, Fabio Gastaldello, I-Non Chiu, Stefano Etori, August E. Evrard, Arya Farahi, Ben Maughan, Marguerite Pierre, Marina Ricci, Ivan Valtchanov, Ian Mccarthy, Sean Mcgee, Satoshi Miyazaki, Atsushi J. Nishizawa, and Masayuki Tanaka

出版年等：Vol. 74 (2022), No. 1, pp. 175–208

◇研究奨励賞（3氏）

- ・尾上匡房（おのうえまさふさ）氏・早稲田大学高等研究所講師
研究の表題「遠方超巨大ブラックホールの革新的な観測研究」
- ・鄭昇明（ちょんすんみょん）氏・Max Planck Institute for Astrophysics 研究員
研究の表題「宇宙初期における低金属度星の初期質量関数の進化に関する理論的研究」
- ・行方宏介（なめかたこうすけ）氏・京都大学白眉センター特定助教
研究の表題「多波長観測と太陽・恒星の比較による恒星スーパーフレアとコロナ質量放出の理解」

◇天体発見賞（3氏，5件）

- ・櫻井幸夫（さくらいゆきお）氏・1件
新星 V7991 Sgr の発見
- ・板垣公一（いたがきこういち）氏・3件
新星 V7992 Sgr の発見，超新星 2025cof の発見，超新星 2025fvw の発見
- ・小嶋 正（こじまただし）氏・1件
新星 V4371 Oph の発見

◇天体発見功労賞（2氏，3件）

- ・小嶋 正（こじまただし）氏・2件
新星 V7993 Sgr の独立発見，新星 V7994 Sgr の独立発見
- ・金津和義（かなつかずよし）氏・1件
新星 V7994 Sgr の独立発見

◇天文功労賞

長期的な業績（2件，2氏）

- ・津村光則（つむらみつのり）氏
「50年以上にわたる彗星観測および天体画像を用いた啓発活動による貢献」
- ・中村彰正（なかむらあきまさ）氏
「日本のアマチュア天文家による彗星光度観測の国際化と観測者育成への貢献」

短期的な業績（2件，計11氏・2団体）

- ・鎌塚吉忠（かまづかよしただ）氏，星と森のロマンティア天文台「銀河」，
信太浩信（しだひろのぶ）氏，島田雅宏（しまだまさひろ）氏，関口孝志（せきぐちたかし）氏，
東京都立川高等学校天文気象部，藤井大地（ふじいだいち）氏
「2025年8月ペルセウス座流星群における極めて稀なクラスター現象の発見と解析」
- ・石田正行（いしだまさゆき）氏，井狩康一（いかりやすかず）氏，
山村秀人（やまむらひでひと）氏，渡部勇人（わたなべはやと）氏，
真砂礼宏（まなごのりひろ）氏，宮下和久（みやしたかずひさ）氏
「掩蔽観測による小惑星の衛星の日本初の発見」

◇天文教育普及賞（2氏・1団体，3件）

- ・東山正宜（ひがしやままさのぶ）氏
「国内外の天文台等からの定常的な高品質星空ライブ映像の配信」
- ・公益財団法人倉敷天文台
「民間初の公開天文台として100年間にわたる天文教育普及活動」
- ・茶木恵子（ちゃきけいこ）氏
「市民主導による多彩で持続的な天文普及活動」

訃 報

会員の谷口義明氏は2026年1月9日に逝去されました。満71歳でした。谷口氏は当学会で、評議員、年会開催地理事を務められました。心より御冥福をお祈り申し上げます。

会員の谷川清隆氏は2026年1月18日に逝去されました。満81歳でした。谷川氏は当学会で、1993～1995年に天文月報編集理事を務められました。心より御冥福をお祈り申し上げます。

天文月報 119巻4月号 主な掲載予定記事

ASTRO NEWS: XRISM ニュース (8)

天球儀：中学2年生の職場体験における手作りバルサー望遠鏡での観測報告【林泰知】地球の公転に関する教育課程の現状と課題【林隆之】小惑星(65635) Hiramashinの命名と平山信先生へのご報告【中村士、渡部潤一】

シリーズ・アカデミアの外を知る：第4回：科学を「鮮やか」に伝える仕事【高橋宏典】

追悼：宿敵？ 谷口義明くんの思い出【福江純】 Jerry Ostriker博士【須藤靖・長峯健太郎】

編集委員：日下部展彦（編集長）、岡本文典、小山翔子、志達めぐみ、鈴木大介、高橋葵、田中壱、谷川衝、鳥海森、中島亜紗美、信川久美子、橋本拓也、福島肇、藤澤幸太郎、宮武広直、宮本祐介、守屋堯

令和8年2月20日 発行人 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1 国立天文台内 公益社団法人 日本天文学会

印刷発行 印刷所 〒162-0801 新宿区山吹町332-6 株式会社 国際文献社

定価733円（本体667円） 発行所 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1 国立天文台内 公益社団法人 日本天文学会

Tel: 0422-31-1359（事務所）／0422-31-5488（月報） Fax: 0422-31-5487

振込口座：郵便振替口座00160-1-13595 日本天文学会

三菱UFJ銀行 三鷹支店（普）4434400 公益社団法人 日本天文学会

日本天文学会のウェブサイト <https://www.asj.or.jp/> 月報編集 e-mail: toukou@geppou.asj.or.jp

会費には天文月報購読料が含まれます。

©公益社団法人日本天文学会 2026年（本誌掲載記事は無断転載を禁じます）