

会報

Vol.34

astron

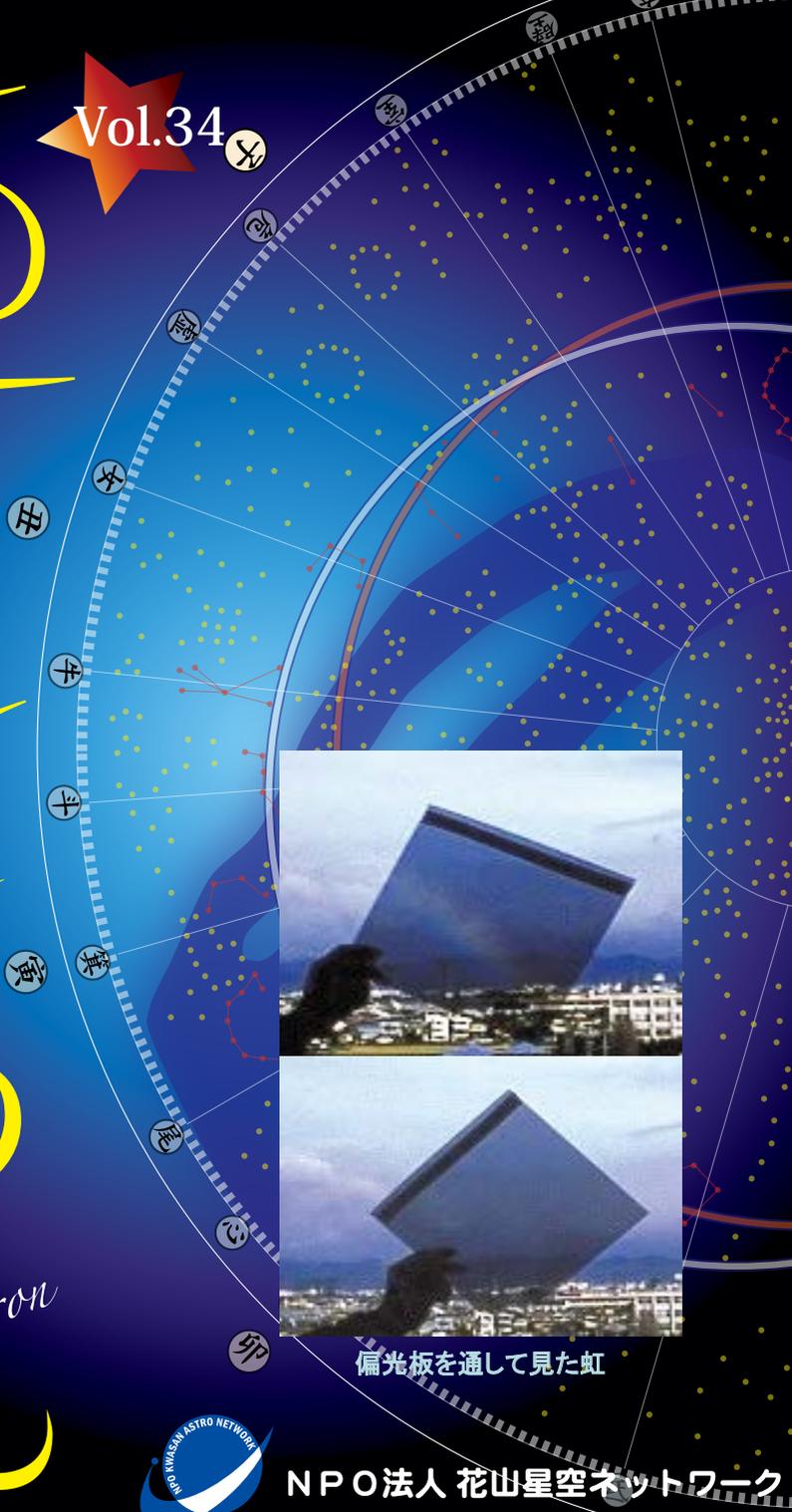
astron



NPO法人 花山星空ネットワーク



偏光板を通して見た虹



あすとろん 第34号 目次

ニュートリノと超新星爆発	前田啓一	1
第16回講演会報告	西村昌能	8
高松塚・キトラ天文図と東アジアの古星図 1	宮島一彦	12
エディンバラ訪問記	野津翔太	16
熒惑守心～今年の火星	作花一志	18
文芸欄 菜の花や	編集子	22
インドネシア皆既日食と地上の星見	茶木恵子	24
悪天候の中のインドネシア皆既日食	秋田 勲	27
天体画像教育利用ワークショップ	山村秀人	28
西村有二さんを偲ぶ	柴田一成	32
アストロトーク 春の星空	作花一志	35
気象光学現象への誘い4 ～虹の仲間たち～	西村昌能	38
お知らせ	事務局	

表紙画像 春を告げるはてな(北斗七星)となては(ししの大鎌)
アストロアーツより作成

裏表紙画像 もうじき満開 京都市左京区
糸永佳代子氏撮影 3月31日

ニュートリノと超新星爆発

前田啓一（京都大学理学系研究科宇宙物理学教室）

素粒子とニュートリノ

2015 年のノーベル物理学賞の発表は非常にエキサイティングでした。東京大学宇宙線研究所長の梶田隆章教授の授賞理由は「ニュートリノ振動の発見」[1]。ニュートリノには大きさが無い（無限小）と考えられるのですが、あえて比較するなら原子核の大きさ（1000 兆分の 1 メートル）よりもずっと小さいということになります。一方、私の研究分野は天文学、とくに「超新星爆発」。これは恒星（太陽で半径約 70 万キロメートル）に関係した現象です。両者は全く関係しないように思えるかもしれませんが、じつはこのニュートリノという謎の粒子が超新星爆発の鍵になっていると考えられています。

世の中の物質・現象をできる限り細かく分解してみます。それ以上細かくできない最小単位を「素粒子」と呼び、標準理論では 17 種類の素粒子があるとされています。「電子」は素粒子、「光子」（光）も素粒子の一つです。ニュートリノもこの素粒子の一員で、「電子ニュートリノ」「ミューニュートリノ」「タウニュートリノ」の三種類があります。

物質と物質の間に働くさまざまな「力」も「重力」「電磁力」「強い力」「弱い力」という四つの最小単位まで分割できることが知られています。素粒子は、どのような力を受けるか（どのように他の粒子と反応するか）によって特徴づけられます。電子は電気をおびているので「電磁力」の影響を受けるといった具合です。ではニュートリノはどうかというと、これは「弱い力」以外にはほとんど影響されない粒子です。冗談のようですが、「弱い力」は「弱い」のです。つまり、ニュートリノは他の物質とほとんど反応しない素粒子である、ということが言えます。

私達が物質の存在を認識するには力が働くことが必要です。ある物質が放出・反射した光が網膜で反応を起こすことで私達はものを見ています。ニュートリノは物質とほとんど反応しないので、ニュートリノがいることを認識することは通常不可能ということになります。日常感覚からすると幽霊のような粒子ですが、物理学においては基本的な粒子であり、また天文学においても様々な場面でニュートリノが本質的に重要であることが知られています。

ニュートリノと超新星爆発

ニュートリノの性質はどこまでわかっているか

ほとんど反応しないニュートリノの検出には大規模な最新装置が必要です。岐阜県の神岡鉱山地下にあるカミオカンデでは大量の純水を用います（現在はカムランドとスーパーカミオカンデと呼ばれる装置に発展しています）。個々の反応確率は非常に小さくても、「的」を大量に用意しておけば装置内のどこかで反応が起こるといことです。この手法によりニュートリノが反応を起こすところがとらえられています。

標準理論ではニュートリノは質量がゼロであるとされます。一方、仮にニュートリノが質量を持つ場合、異なる種類のニュートリノの間で「変身」が起こります。たとえば、電子ニュートリノとして生まれた粒子が、宇宙空間を飛ぶ間にミューニュートリノに変化する、といった具合です。これがニュートリノ振動です。梶田教授らは、「スーパーカミオカンデ」を用いてニュートリノ振動が実際に起こっていることを発見しました。この発見は素粒子の標準理論を塗り替えるものです[1]。

天文現象としての超新星

ニュートリノに関してノーベル物理学賞が与えられたのは初めてではありません。東京大学の小柴昌俊教授はカミオカンデによる「超新星 1987A からのニュートリノ検出」により 2002 年ノーベル物理学賞を受賞しています。超新星爆発（のうちの約半数）は太陽より 10 倍以上重い星が生涯の最期に起こす大爆発であると考えられていますが、その際に大量のニュートリノを放出すると予想されています。このニュートリノを実際に検出したという歴史的な実験結果でした（図 1、2）

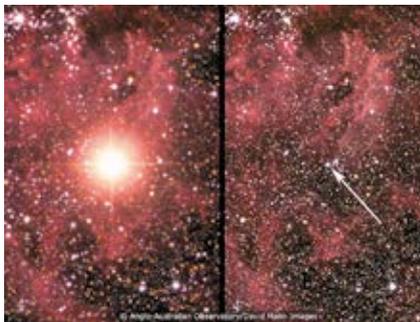


図 1：超新星 1987A の画像。爆発前（右）と爆発後（左）。アングロ・オーストラリア天文台。

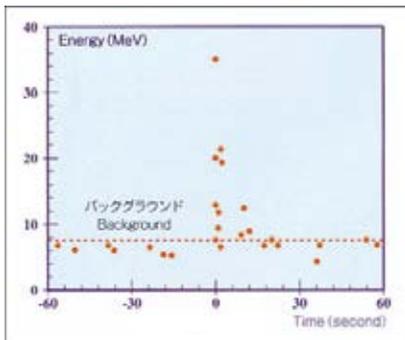


図 2：超新星 1987A からのニュートリノ観測データ。中央付近の 11 例が超新星からのニュートリノ。カミオカンデによる観測[2]。

超新星は夜空に突然現れる明るい「星」です。私達の住む天の川銀河（数千億個の星の集団であり、サイズは約 10 万光年）で発生したものは肉眼でも簡単に確認出来るほどに明るくなり得ます。望遠鏡発明以前には 7 つの超新星が記録されています。藤原定家の「明月記」には 1054 年におうし座に現れた超新星の記録が残っています。他にも、有名な天文学者であるティコ・ブラーエやヨハネス・ケプラーが詳細な観測記録を残しています。

星の一生

星（恒星）は様々な星座を形作り非常にロマンにあふれたものに見えますが、その正体は「非常に重くて熱いガスの塊」です（それでも天文学者はそれが基本的な物理過程の積み重ねで説明できることにロマンを感じます！）。宇宙空間のガス（主に水素）が自身の重力によって寄り集まって誕生しものが星です。太陽の重さは地球の重さの約 30 万倍です。これだけものを詰めこむと、非常に高温になります。そのため太陽のような星は光り輝き、宇宙空間へ光を放出しながらエネルギーを失います。これを賄うため、星の内部では激しい原子核反応（水素融合によりヘリウムができる反応）が起こっており、常に大量のエネルギーを生み出しています。

核反応により燃料である水素は消費されますから、いつか水素融合反応を起こせなくなります。ここに至ると、星は膨張して太陽の 1000 倍程度の半径を持つ赤色（超）巨星へと進化します。太陽のような星ではその後中心でヘリウムの核反応が始まり炭素・酸素を作り、あとは静かに冷えていきます。このまま静かに一生を終えることとなります。

一方、太陽の 10 倍以上の質量をもつ重い星になると、巨星になった後も中心部で激しい核反応が続きます。炭素・酸素ができた後はこれらを燃料とする核反応によりシリコンができ、その後シリコンを燃料として鉄まで形成されます。最終的に、星の中に鉄の芯ができることとなります（図 3）。この「鉄の形成」が星の一生におけるターニングポイントとなります。鉄というのは特別な元素で、自然界で最も安定です。鉄が核反応を起こすとエネルギーが失われます。つまり、鉄の芯ができてしまうと、この後の核反応により星はどんどんエネルギーを失うこととなります。エネルギーがなくなれば重力に逆らって星を支えることができなくなるため、鉄の芯は急激に潰れることとなります[3]。

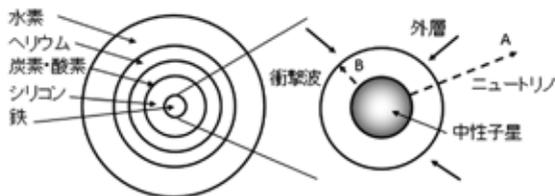


図3：重い星の超新星爆発直前の構造(左)と超新星爆発の「遅延ニュートリノ爆発モデル」(右)の模式図。中性子星からのニュートリノはすかさずか抜けていくが(A)、一部は中性子星の上空で吸収されて外層を吹き飛ばす力を与える(B)。

天体物理現象としての超新星爆発：ニュートリノの重要性

鉄の芯が激しく潰れていくと、1立方センチメートル当たり1億トンという超高密度に達します。原子核同士の反発力を生み出す「強い力」が働きだし、鉄の芯は非常に密度の高い天体になり収縮が止まります。太陽程度の質量を持ちながら半径は10キロメートル程度しかない天体の誕生です。これは中性子星と呼ばれます。

鉄の芯が中性子星となると、突然「かたい表面」ができますので、収縮を続ける星の外層部はこの中性子星表面で跳ね返されます。これにより、外層部が吹き飛んで爆発する、つまり超新星爆発が起こるのではないかとということになります(図3)。実際、明月記に記録された超新星の位置を現在の技術でもって観測すると、中性子星(「かにパルサー」)が存在することが知られています。また、かにパルサーを囲んで物質が吹き飛んでいる様子が知られています(「超新星残骸」)。このように、重い星の最期に中性子星を形成しながら超新星爆発が起こるといふ枠組みは観測的に検証されています(図4、5)。

しかし、この理論には欠点があります。この理論モデルに従ってコンピュータで計算をすると、実は中性子星の表面で跳ね返った物質はさらに外から降ってくるものに抑え込まれ再び中性子星表面に降り積もってしまうことがわかっています。つまり、爆発が起きません。ここで、ニュートリノが重要になります(図3)。星の内部に作られた中性子星は非常に熱く、大量のニュートリノを放出します。その数は約 10^{58} 個(10の58乗)、このうち1パーセントが外層に吸収されれば外層を再び外に向かって吹き飛ばすことが可能なのではないかと考えられています。

では、この「ニュートリノ遅延爆発モデル」ですべてが説明できているかということ、これも残念ながらそうはなっていません。長年の間超新星のコンピュータシミュレーションを行うと超新星爆発が起こらないとされてきましたが、近年は爆発するモデルも報告されています[6]。それでも、ま

だ観測事実を説明できるだけの大規模な爆発の再現には至っていない、というのが現状です。この理論モデルは非常に精度の良い物理過程の理解を必要としており、少しニュートリノ反応の取り扱いを変更しただけで結果が変わることが知られています。今後ニュートリノの性質がより精密にわかってくれば、現在の理解で何が足りないのかが明らかになってくだろうと期待しています。

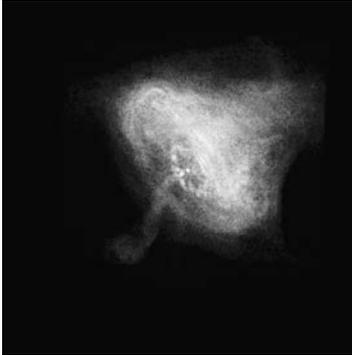


図 4：X 線で観測したかに星雲。中心に見える白い点が中性子星[4]。

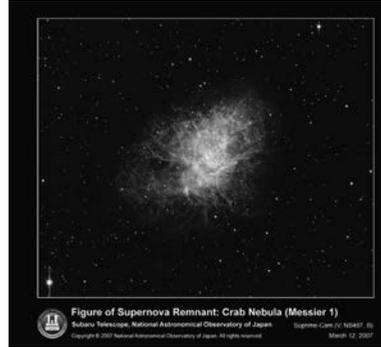


図 5：すばる望遠鏡で観測したかに星雲[5]。

次の天の川銀河内の超新星爆発

現在、我々は宇宙遠方で発生した超新星までも発見することができます。その報告数は年間 1000 以上に及びますが、これら遠方の超新星からのニュートリノは現在の技術では検出することができません。一方で、私たちの住む天の川銀河内では 400 年以上報告例がありません。一つの銀河では 100 年に 1 回以上の頻度で超新星が発生すると見積られており、これは一件奇妙に思われます。実は私たちの天の川銀河で活発に星が生まれてくる場所は非常に濃いガスに覆われており、そこで発生した超新星を光で見つけてくることは困難であると考えられています。

一方、ニュートリノはほとんど途中のガスで吸収されません。したがって、もし今日の川銀河の中で超新星が起これば、どこで起こったとしても確実にニュートリノで検出できます。一度超新星爆発が発生したことがわかれば、あとはその方向を大望遠鏡で詳細に観測すればよいので、光でも超新星を確認できるでしょう。中性子星ができてニュートリノが一気に放出されてから星の外層が吹き飛んで光で輝き始めるまでには典型的に数時間程度の遅れがありますので、このニュートリノ「予報」により超新星が



株式会社 西村製作所

代表取締役 西村 光史

〒601-8115

京都市南区上鳥羽尻切町 10 番地

TEL 075-691-9589

FAX 075-672-1338

<http://www.nishimura-opt.co.jp>

【事業内容】望遠鏡・天体観測機器製造



CHUO

天体観測機器・光学機器 設計/製作



豊かな想像力と確かな技術力

有限会社 中央光学

〒491-0827 愛知県一宮市三ツ井 8-5-1

TEL:0586-81-3517 FAX:0586-81-3518

<http://www.chuo-opt.com>

Advanced Engineering Services



株式会社エイ・イー・エス

Advanced Engineering Services Co.,Ltd.

株式会社エイ・イー・エスは
航空宇宙で培った技術を基に、
お客様のニーズにあったあらゆる分野に
おける設計、製造、試験を提供いたします。
さらに、自社開発・所有の衛星を自社所有の
地上局にて運用しております。

〒305-0032 茨城県つくば市竹園 1-6-1

TEL:029-855-2001 FAX:029-855-9815



光で輝き始める瞬間の観測すら可能になります（現在は、光で輝き始めてから早くても数日程度たってから見つけています）。

さらに、天の川銀河のなかでも地球のすぐ近くで超新星が起こる場合、鉄の芯ができる過程で放出されるニュートリノですら検出することができますと期待されています。この場合、爆発の数日前に私達はどの星が爆発するかを知ることができます。世界中の最先端の天文観測機器がその一つの星に照準を合わせることになるでしょう。これは、どのような星が爆発するかを直接確認し（大質量星の鉄の芯崩壊に至る最後の数時間から数日の進化は、実は今の理論ではまともに計算できません！）、爆発した瞬間をとらえることで（超新星爆発は未だにコンピュータ上で再現できていません！）、星や超新星の物理・未解明問題の解決のための決定的な糸口になるでしょう。

京都大学宇宙物理学教室・附属天文台でも、現在岡山に3.8メートルの大口径望遠鏡を建設中です。東アジアで最大の望遠鏡になります。この望遠鏡は2017年度中に稼働開始を目標としており、安定に稼働し始めると超新星の観測にうってつけの望遠鏡となります。非常に機動性を高くすることがコンセプトの一つであり、また大学の所有物ですから観測スケジュールに縛られず柔軟に新しい天体に対応することができます。次の天の川銀河内で超新星が発生した際にはぜひこの望遠鏡で超新星爆発の瞬間をとらえたい、またそれを目指し様々な予備研究を積み重ねとおかねばいけないと考えています。

参考文献

- [1] 2015年ノーベル物理学賞
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2015/
- [2] スーパーカミオカンデ・ホームページ。
<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/physics/supernova.html>
- [3] 岩波講座物理の世界「元素はいかに作られたか」
- [4] チャンドラ X線望遠鏡によるかに星雲の画像
<http://chandra.harvard.edu/photo/2011/crab/>
- [5] すばる望遠鏡によるかに星雲の画像
http://subarutelescope.org/Pressrelease/2007/03/12/j_index.html
- [6] 諏訪雄大氏（京都大学）、滝脇知也氏（国立天文台）による報告
<http://www.cfca.nao.ac.jp/pr/20140418>

第16回講演会報告

西村昌能（京都府立洛東高等学校）

はじめに

12月12日、昨日の豪雨がなんだったのかと疑うばかりの、そして平年より数度も気温が高い、気持ちの良い午後の陽だまりの中で、第16回の講演会が京都大学大学院理学研究科セミナーハウスを会場にたくさんの来場者をお迎えして開催されました。

まず、司会を柴田一成 花山天文台台長（当 NPO 副理事長）にお願いして、黒河理事長から挨拶と NPO の活動内容と今年の活動状況を楽しく説明していただきました。京都大学の青木さんから京都千年天文学街道ツアーとアストロトーク、星座早見盤の紹介がありました。

講演

講演の最初は、「ニュートリノと超新星爆発」という題名で京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室 准教授 前田啓一さんをお願いしました。

柴田先生のご紹介のあと、「梶田先生がノーベル賞を受賞されたところで。受賞が決まった時、研究室に柴田先生が話をしると無茶ぶりされてきました（笑）。」と軽快でわかりやすい語り口でご講演がはじまりました。



講演中の前田啓一先生

まず、何故、梶田さんや小柴さんがノーベル賞を受賞されたのか？というお話です。みんなあまりわかっていない「素粒子」の話です。宇宙には4つの力があります。重力、電磁気力、強い力、弱い力です。ニュートリノは重力を受けない、電磁気力を受けない、強い力を受けないが、弱い力のみを受ける。力が弱いということは他のものと影響を受けない。「この幽霊のような粒子が何故ノーベル賞を受けたのか（笑）。」

太陽の内部は光では見えません。太陽は大変重いのでつぶれないために原子核反応でエネルギーをつくっていますが、この時ニュートリノが出てきます。ニュートリノはすかさず抜けるので中がわかる。どれだけ原子核反応が起こっているのかが、わかる。すかさずかなので、ニュートリノを見るには大量の水を利用して数打ちやあたる式で行われた。すると電子ニュートリノが理論の三分の一しか捕まえられなかった。これが、太陽ニュートリノ問題です。

ニュートリノ振動は、ニュートリノの種類が時間とともに勝手に変わることです。電子ニュートリノがミューニュートリノに変わるので。

神岡では、ニュートリノが大気で止められている。頭上から来るニュートリノの方が裏側から来るものより多いことが確定してきた。

標準モデルの仮定の一つが崩れた、これがノーベル賞受賞の理由です。とお話はどんどん進んでいきます。詳しい講演内容は先生ご自身が p1 に書かれていますので、お読みください。さて、質問がたくさんでした。

質問：毎日膨大なニュートリノが出ている。これは、宇宙に漂っているのですね。

答え：宇宙空間のあふれているニュートリノを探すプロジェクトが走っています。これをニュートリノ背景放射といいます。

質問：超新星爆発をすると 99%、ニュートリノに行くのですか？

答え：100%エネルギーを持っていきますが、そのうち1%が行くのです。

質問：ニュートリノ観測を日本が成功した理由は？

答え：外国は水でない物質を使って少量で観測をしていました。

日本では、神岡のきれいな莫大な量の水を利用しています。ニュートリノと水が反応するときに出る光を捉えることのできる浜松ホトニクス製の光電子増倍管が素晴らしいのです。

陽子崩壊を発見しようとしていたが、失敗して、天体ニュートリノの方針を変えて頑張ったのですね。

第16回講演会報告

質問：カミオカンデ見学したが、チェレンコフ光を観測してそのあとニュートリノは、どうなるのかという質問をしたが、その理解でいいのか？

講演2は司会が作花さんになり、同志社大学（中之島科学研究所）の宮島一彦さんによる「高松塚・キトラ天文図と東アジアの古星図」の講演となりました。

「宇宙物理学教室の卒業生です。この横の建物は、当時ありませんでした。木造のオンボロの建物で勉強していたのです。大学院時代の1972年に高松塚古墳に天文図が発見され、みんなで出かけました。天文学史の師匠 藪内清先生から、「二人で入ろうか。」と誘われましたが、無理でした。ものすごく小さい部屋で、一人でいっぱいだったのです。

と、大阪人らしい語り口で、誰もが興味を持つ内容のお話を、懐かしい先輩・先生方のお写真を見せていただきながら、キトラ古墳、高松塚古墳の天文図を当時の東アジア全体の情勢を交えながら解説してくださいました。

先生からの詳しい解説は p12 に掲載されています。



講演される宮島一彦先生

質問：原図作成場所について、国立天文台の相馬さんとの食い違いはどこにありますか？

答え：緯度の推定は、内側の円（内規）をどう見るかによります。どのような比率で書かれているかが重要なのです。天の北極との角度の位置を図の上でどこに書くかという関係が正比例なら 37.5 度になります。相馬さんのものは内規が 34.5 度とすると赤道が 90 度になりません。

質問：高句麗の流れで高松塚のような天文図は発見されていないのですか？

答え：天皇陵に入れば、あるかもしれないです。



講演者の先生方と司会者、理事長
左から黒河理事長。宮島先生、前田先生、作花理事、柴田副理事長

第 17 回 NPO 講演会は次のように開催されます。

日時 5 月 22 日（日）13:30～16:00

会場 京都大学理学研究科北部セミナーハウス

演題 宇宙をめざせ（土井隆雄氏：京都大学宇宙ユニット特定教授
元 J A X A 宇宙飛行士）

重力波が開く新しい宇宙像（田中貴浩氏：京都大学理学研究科
物理学第二教室教授）

ぜひお越しください。

[講演録]

高松塚・キトラ天文図と東アジアの古星図 1

宮島一彦（中之島科学研究所/同志社大学）

この講演会場(京都大学北部構内・理学部セミナーハウス)のすぐ東に宇宙物理学教室の5階建ての建物があります。私の理学研究科大学院時代(ポストドクター1年間を含めて、1969年4月~75年3月)にはこんな立派な建物ではなく、戦前建てられた木造でした。

高松塚石室天井に壁画とともに天文図(星宿図)が発見されたのはその間の1972年春のことで、大きなセンセーションを巻き起こしました。天文学史の方の師匠である藪内清先生がその調査を担当されることになり、「できたら君にも一緒に石室内に入って手伝ってもいたい」とおっしゃったのですが、結局それは実現しませんでした。なぜなら石室内のスペースが、一人が横になっただけでいっぱいになるような狭いものだったからです。先生が調査に入られる前日か数日前に、この北部キャンパスの北門を出たすぐ北にある先生のお宅に呼ばれ、半日かけて写真から星を拾いだして下図(したず)を作りました。先生は石室でその図と対照して正式の図面を作成されたのです(文化庁『高松塚古墳壁画調査報告(1973)』)。

その26年後の1998年に、不肖の弟子の私がキトラ古墳天文図の調査に当たることになったのも何かの縁でしょうか。

高松塚天文図が発見された年の秋、宇宙物理学教室の雑誌会か何かで私はその話題を取り上げたのをきっかけに、教室有志(大学院生と事務員)で高松塚の見学会を行いました。図1がその時のもので、若かりし作花さんも写っています。



図 1. 高松塚見学会
1972年11月
前列右が筆者で後列
中央が作花氏

この時にはまだ高松塚はこんな状態でしたが、現在は整備されて図2のようになっています。



図 2. 現在の高松塚

一方、キトラの現在の様子は図3のとおりで、ともに二段円丘で大きさも似ています。石室内法(うちのり)も高松塚が高さ113.4×横103.5×奥行き265.5cmなのに対し、キトラ古墳は123.7×105.4×236.1cmで同じぐらいです。ただ天井は、高松塚が平面であるのに対し、キトラは四辺が「割(く)り込み」といって斜めになっています。



図 3. 現在のキトラ古墳

天文学とも関係のある四面の壁の四神像も、互いにたいへんよく似ています。1983年、キトラ古墳に高松塚と酷似した北壁の玄武の絵が発見された時、私は他の壁面の神獣の絵と、天井天文図の残存を期待したのですが、機材の故障でそれ以上の調査は行われませんでした。1998年にキトラ古墳の調査が再開され、西壁の白虎と東壁の青竜については高松塚とよく似た壁画が発見されました。

どちらの古墳も南側が正面で、前が窪地になっています。盗掘もこちら側から行われたため、高松塚では南壁の朱雀像が失われていますが、キトラは盗掘口が僅かに西にずれていたため、ダイナミックかつ優美な姿が残っていることが2001年に確認されました。他の3つについては、両古墳のものはよく似ていますが完全に同じではありません。白虎の向きは反対です(高松塚の場合のように南を向いているのが普通です)、玄武(蛇+亀)の蛇の描く楕円も、高松塚の縦18.7×横35.3cmに対しキトラ12.37×18.67で、大きさだけでなく、縦横比も違います。それでも、中国や高句麗の古墳での四神像の多様さに比べると、両者は非常に似ていると言つてよいと思います。

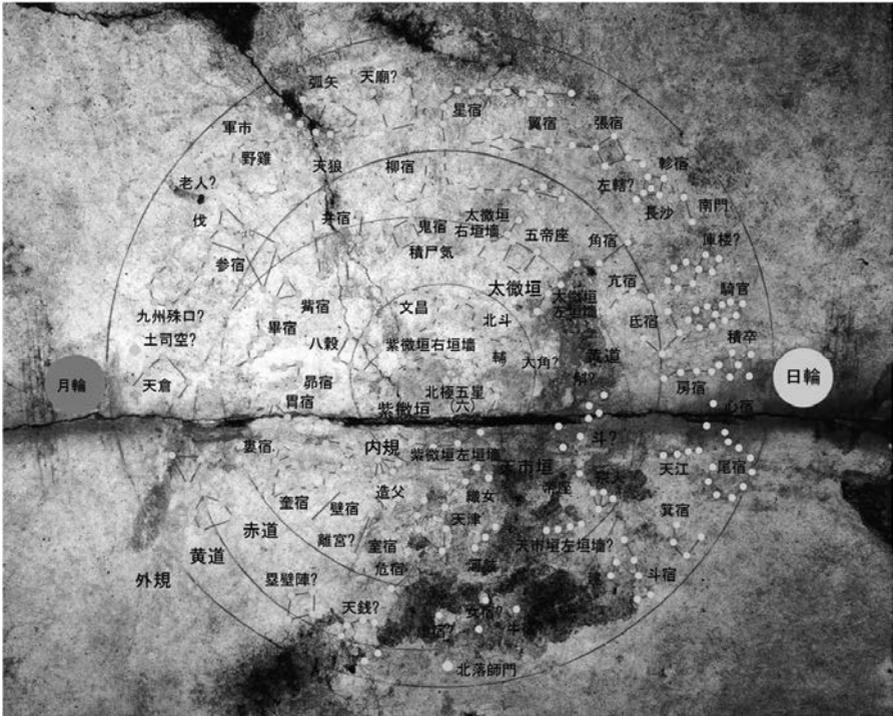


図 4. キトラ古墳天井天文図の星座同定図。筆者による 2006 年のもので、一部修正が必要。

期待どおり天文図も発見されましたが、予想に反して高松塚のものとは大いに異なっていました。高松塚のものは四周に二十八宿(正しくは「にじゅうは

っしゅう」と読みます)を7宿ずつ、中央に北極五星と四輔(しほ)という星座のみを描き、様式的で装飾的傾向が強いものです。キトラ古墳のものは天の北極を中心とする円形星図の形式で、内規・赤道・外規の同心円と黄道と見られる偏心円、75星座(未定や不確かなものを含む)と350余星が描かれていました(図4)。装飾的傾向は強いが、比較的、本格的星図に近いものです。「に近い」というのは、一見本格的星図のように見えますが、本格的星図に比べ、数が少ないことや、星座の形・大きさ・位置関係などがかなりデフォルメされているからです。また、いくつかの誤りも見つかっています。高松塚に比べ、キトラのほうが星座数や星数が多く、円も描かれていて本格的星図に近いからといって、その方が天文学が進歩したから、というわけではありません。両者はメニューの選択の違いに過ぎないと思います。

以下次号 本稿は3回シリーズの1です

参考地図 GoogleMapより



エディンバラ訪問記

野津翔太（京都大学 理学研究科 宇宙物理学教室）

京都大学理学研究科宇宙物理学教室の野津翔太です。3月に無事修士号を取得し、この4月から引き続き博士後期課程に進学しました。今後とも宜しくお願い致します！

さて僕は3月前半に1週間程度、スコットランド・エディンバラへ行ってきました。関西からだとは飛行機を何度か乗り継ぎ片道約1日の長旅でした。

今回の出張は、**Protoplanetary Discussions**

([http://www-star.st-and.ac.uk/ppdiscs/index.html](http://www.star.st-and.ac.uk/ppdiscs/index.html)) という国際研究会に参加し、自分の研究に関するポスター発表を行うのと同時に、世界における研究の現状を知るのが目的。僕自身の研究分野である惑星形成過程、とりわけ原始惑星系円盤の理論・観測研究に特化した研究会ということで、分野全体の現状や今後の方向性などを知る事ができたほか、日々論文等で名前を目にする海外の研究者の方々と、双方の研究内容について英語でdeepな議論が出来たので、自分としてもとても楽しく充実した研究会となりました(^_^)。



図1：参加した国際研究会の様子

また、前後の日程やエクスカージョンの時間を利用して、エディンバラ市内の観光もする事が出来ました。以下ではその様子を、写真を用いて御紹介します。古くからスコットランドの首都であった事もあり、数多くの歴史的なお城・教会・街並みを楽しむ事が出来ました。また、街の様々な場所に物理学者Maxwellをはじめ、エディンバラにゆかりのある人物の銅像が建っているのが印象的でした。



図 2 : エディンバラ城と、城からの眺め。遠くには海も見えます。



図 3 : 中心部の街並みと、ホリールドハウス宮殿。

かつてスコットランド国王夫妻の住居として使われ、今でもエリザベス女王がスコットランドを公式訪問される時は、毎回ここに滞在するそうです。歴史的な事件・出来事が起こった部屋や、エリザベス女王が実際に使う部屋などにも入る事ができ、なかなか興味深い場所でした。



有名な電磁場の Maxwell 方程式も記してありました。

熒惑守心～今年の火星

作花一志（京都情報大学院大学）

熒とは螢に似ていますが見慣れない字です。熒惑（ケイワクと読んでいるが正確にはケイコクらしい）とは火星のことです。古代中国には「惑星」という言葉はなくそれを意味する言葉は「五星」でした。水星、金星、火星、木星、土星の文学的呼称が辰星、太白、熒惑、歳星、鎮星です。

「守心」の心は中国の星座のひとつ心宿のことで「守心」とは心宿に留まるということです。中国の星座は白道にそって二十八宿があり心宿はさそり座の西部にあたります。すなわち熒惑守心とは火星がアンタレスあたりで順行・逆行を繰り返してうろうろする現象です。

このときには戦乱が起こる、君主の身に異変が起こるなど不吉な予告と言われてきました。『宇宙からのメッセージ』（斉藤國治著）には『史記』『漢書』をはじめ数々の天文志の記述をもとに、戦国時代から明時代まで25の例が挙げられています（ただし、そのうち5例は不発ですが）。

実は今年の夏にこの現象が起こるのです。

『史記始皇本紀』に始皇帝没年1年前の何やらアヤシイ天文事件が記されています。

三十六年（BC211年）熒惑星が、心星の宿るところに止まって動かなかった。星が東郡に落ちて石となった。

この事件は始皇帝の死を暗示するように書かれています。翌三十七年（BC210年）始皇帝は末子の胡亥（＝二世皇帝）・宦官の趙高らを従え大規模な巡行に出かけます。会稽山（かいけいざん：浙江省）に赴き自分の偉業を讃える石碑を作らせて禹（伝説の聖帝）に報告したり、瑯邪（ろうや：山東省）では自ら大魚を射たりしましたが、帰路病に倒れ七月丙寅の日（＝9月10日）に亡くなりました。この年火星は2月～7月心宿で徘徊し、4月中旬（逆行）にも7月中旬（順行）にもアンタレスに接近し、そして東へ去って行った9月に始皇帝が亡くなるのです。ところが上述のように『史記始皇本紀』には熒惑守心は前年の始皇三十六年（＝BC211年）の天象と書かれています。なぜ1年ズレてるのでしょうか？単なる記載ミス？それとも暦変換の間違いなのでしょう？それとも・・・？

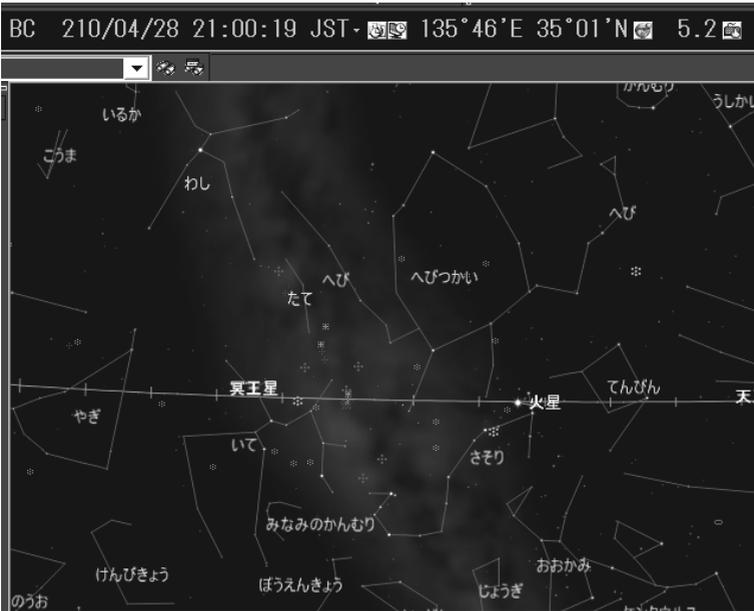


図 1
始皇帝
没年の
火星

ここで注目すべきは『漢書天文志』の次の記載です。
十二年の春熒惑が心宿に留まった。四月、天子が崩御した



図 2
漢高祖
没年の
火星

熒惑守心～今年の火星

すなわち漢の高祖劉邦の没年 BC195 年にも類似の天象が起きていることです。火星はこの年の初から 7 月まで、心宿ではなく氐宿（てんびん座）でほとんど停止しています。3 月 4 月は逆行中、5 月末より順行に転じ、心宿に向います。病に伏した劉邦は「四月 甲辰に崩じた」と記されていますが、この日を干支をもとにして求めると 6 月 1 日に当たります。やはり火星が逆行から順行に転じたころ亡くなっているのです。漢の歴史官・天文官にとって熒惑星の徘徊は初代皇帝崩御の兆候と見たかったでしょうが、現王朝の創立者と前王朝の暴君が同じような天象のもとで亡くなったとは書きにくかったので、始皇帝没に関する天象を 1 年繰り上げて記したのかもしれませんが。ちなみに高祖劉邦の皇后で悪名高き呂后が亡くなった BC180 年 8 月 18 日にも火星はアンタレスの側にいました。

他にもこじつけがましいですが、○○帝の没年とか○○の乱の前兆ということはたくさんあります。まあ中国四千年の歴史には数百人の皇帝がいるから没年がこのような天象と重なっても不思議はないですが。

惑星が順行・留・逆行というややこしい運動を繰り返す（だからこそ惑星）のは衝の前後で、火星の場合の周期は 779.94 日（=2.135 年）です。火星が n 回公転する間に地球は m 回公転（すなわち m 年間）として 2.135 に近い既約分数 m/n を $m \leq 100$ で探すと下表のようになり、最も簡単なのは 15/7 です。この計算は Excel でできますからトライしてみてください。火星が 7 回公転する時間は 14.948 年で 15 年には約 19.1 日足りない。したがって 15 年後には約 19 日前に次の衝が起こることになります。また地球は 1 日～1 度公転しているのでこれは約 19 度に相当し、衝の起こる位置もこの角度だけ西に移動していることになります。

BC210 年 4 月下旬 アンタレス付近
BC195 年 4 月上旬 てんびん座 α 星付近
BC180 年 3 月中旬 スピカ付近

n	m	年数	備考
7	15	14.948	19.1 日不足
15	32	32.031	11.3 日過剰
22	47	46.979	7.7 日不足
37	79	79.010	3.6 日過剰

菜の花や

編集子



<http://www.tenki.jp/suppl/romisan/2015/04/03/2481.html>

菜の花や月は東に日は西に

この有名な蕪村の俳句が詠まれた日はいつなのだろう？菜の花が咲き乱れ日の入りの頃に月が昇ってくるのだから満月のチョット前か・・・なんて考えていたら、すでに調べた人が居てウェブに載っていました。

安永三年三月二十三日（旧暦）の作ということですが、これでは月は下弦で沈むのは真昼です。

該当の日はそれより約十日前のこと。蕪村は十日くらい前に見た光景を思い出しながら、二十三日にこの句を詠んだのではないかといわれています。現行暦では1774年4月23日です。

彼は大阪の生まれで、各地修行の旅をして、この句は六甲山地の摩耶山（まやさん）を訪れたときのもので、後半生は京都暮らしで、墓所は一乗寺の金福寺（こんぶくじ）にあります。



<http://www.bell.jp/pancho/travel/ossaka/kagirohi-no-oka.htm>

実は蕪村の句の元歌は万葉集に載っている柿本人麻呂の有名な歌です。

東の野にかぎろひの 立つ見えて

かへり見すれば 月傾きぬ

かぎろいとは厳冬のよく晴れた日の出前、東の空を彩る太陽の光です。人麻呂がかぎろいを見てこの歌を詠んだのは待統六年陰暦十一月十七日といわれ、太陽暦では西暦692年12月29日の朝、日の出前の5時50分ごろだそうです。振り返って見れば、たちまちの月が西に傾いているところです。

なおこの絵は中山正實画伯の作品で「安騎野の朝」という表題が付いています。奈良県宇陀市大宇陀かぎろいの丘万葉公園の中央公民館の壁面に展示しており、筆者も見たことがあります。馬の乗っている若者は人麻呂が仕えた軽皇子（後の文武天皇）です。

柿本人麻呂はこのころは宮廷歌人として活躍しています。晩年は石見で不幸な死を遂げたそうです。

シャドーバンドがギリギリ撮れた？

インドネシア皆既日食と地上の星見

茶木恵子(花山星空ネットワーク)

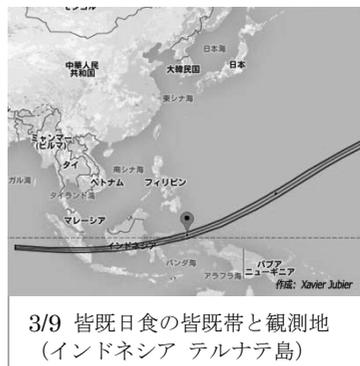
3月9日にインドネシアから太平洋にかけて、皆既日食がありました。日本では、部分日食となりましたが、北海道を除き、お天気はあまり良くなかったと聞きました。

陸上の皆既帯は赤道付近の熱帯雨林地域で、晴天率が極めて低く、少しでも見られたらラッキーと思える程、絶望的でした。ただ、数万匹の蛍の生息地にも近かったので、日食はダメ元で行ってみようと思いました。日本から飛行機も沢山飛んでおり、往復4万円足らず、ホテルも一部屋3000円程ですので、個人手配でお気楽ツアーを企画し、友人達と行く事にしました。

観測地はインドネシアの中でも最も晴天率が高く（と言っても、たったの20-30%）皆既時間も長いテルナテ島に決めました。ただ、ホテルが少なく、2年も前から業者によって貸切になっており、一部屋も空室はありませんでした。そこで、海外の日食仲間から、英語の話せる、島のツアーガイドさんを紹介してもらい、ホテルや車+ドライバーのチャーターをしました。英語のわかる方が少ない島で、現地と直接連絡を取り合う事ができたのは、本当に助かりましたし、何より安心でした。

友人達は日食当日現地着ですが、私は前日に現地入りし、チャーター車で、日食観測に良さそうな場所を探して、島内を3周分ぐらい走りました。停めては降りを繰り返してロケハンした結果、皆既時間の最も長く、車のそばで観測のできる、島最南端の **Benteng Kalamata** 遺跡に決めました。ベンテンという名前がおめでたくて良いでしょうか。（笑）。また、日食時の天気が微妙なら、車で雲の合間を求めて走ってもらおうとも思いました。

さて、日食当日、島の北にある空港に友人達を迎えに行き、二台の車で島の南端を目指してGO。島の歴史上最多の来客でごった返す道路を、事故すれすれで走って行きました。ベンテンに到着すると、現地の人達が集まっており、車から機材を出してセットしていると、地元の子供たちに囲ま



3/9 皆既日食の皆既帯と観測地
(インドネシア テルナテ島)

れました。NPO の手作り日食めがねを何個か持参しましたが、もし一人の子供に渡したら、他の子供たちも欲しいと言って、大変な事になると予想されたので、ドライバーにだけ一つ渡して、あとはそっと隠し機材設置を続けました。ポータブル赤道儀に望遠鏡をセットしてカメラのモニターを見たら様子がおかしいではありませんか。あれれとフィルターを外してみたら、対物レンズがない！ギャー。ただの筒だ！（爆笑）。今回、余りに忙しかったので、出発前日に大慌てで適当に荷造りして出てきました。飛行機の手荷物制限が厳しかったので、対物レンズを外し・・・はて、その先の記憶がありません。もしかしたら、日本に置いて来たかも・・・。そうこうする内に部分日食はずんずん進んで行きました。拡大撮影を諦めようと思った頃に、ようやくレンズが出てきて胸をなでおろしました。空には薄雲があるものの、欠けた太陽は日食めがね越しでも見えていました。時折その雲が厚くなったり薄くなったりで、こうなると、皆既の時に薄い部分に当たれば上出来です。



現地は赤道直下とあって、太陽は真上に上がって行きました。部分食でも日差しはきつく、暑さは半端ではありませんでした。皆既直前になり、周囲は暗くなって行きました。太陽はキラリと光り、ピンクの大きなプロミネンスが見えました。皆既の始まりでした。薄雲越しにコロナが見え、その中心の黒い太陽（月）が私達を見ているようでした。辺りは暗闇とどよめきと歓喜と畏怖と・・・様々な思いの入り混じった空気感が広がりました。みんな、スマホやコンデジで写真に撮ろうと、暗闇の中に、無数の



第三接触のダイヤモンドリングと
かすかなシャドーバンド

液晶が太陽に向かってかざされていました。で、自分の液晶を見て、びっくり。フィルター外すのを忘れて真っ暗でした。よくやるんですよええ。上げかり見ていて、気づいたらフィルター忘れてるって事。まあこれも愛嬌と、自分に大爆笑しながら、フィルターを外して、また、皆既を楽しみました。少しひんやりとした風が顔に当たりました。

さて、現地ではシャドーバンドを観る余裕がありませんでしたが、帰

インドネシア皆既日食と地上の星見

国後、一部の画像にそれらしいものが写っていました。一緒に居た友人の写真にはもっとはっきりと写っていましたが、私のは、この程度なので、あすところん上では、全くわからないかもしれません。黄色い線に平行に筋（線）のようなものが見えるのですが、おわかりでしょうか？

2分45秒の皆既はあっという間に終わり、美しいダイヤモンドリングがきらきらと輝きました。そして部分日食になり、辺りは一気に暑くなりました。両腕が真っ赤になり、火傷にも似たヒリヒリ感がありました。

この4日間ほどともに寝ていなかった所に暑さが加わり、熱中症で倒れそうでした。周りに集まっていた現地の人たちも、徐々に退散しはじめました。

一緒に記念撮影したいと頼まれ、快諾すると、次から次へと撮影されて、まるで有名人になった気分でした（笑）。日食終了後、ホテルをチェックアウトし、空港に向かいました。テルナテに別れを告げ、次なる目的地に向けて飛び発ちました。

さて、今回の旅行のもう一つの目的は、蛍の大イルミネーション観察です。以前、テレビで蛍の大合唱？を見て、いつか絶対に行こうと思いました。



カノープス（左上）と
地上の星のイルミネーション

の木々に、何千匹も何万匹もいるのです。光の色も白っぽいので、まさにクリスマスツリーのイルミネーション状態です。

日食の感動に続き、地上の星の大感動を体験できた贅沢な旅行となりました。



た。日食を観測したテルナテ島の比較的近い場所に生息地があったので、当初はそこに行こうと思っていましたが、調べた所、ここ数年、異常気象のせいか、蛍の生息地が変わってしまい、見られなくなってしまったようです。マレーシアなら見られるようなので、インドネシアからマレーシアに往復し、蛍観察をしました。マレーシアでも車とドライバーをチャーターし、20人乗りの蛍の船まで貸切

てしまいました。日本の蛍と種類が全く異なり、体長数ミリで一秒間に3~4回も点滅します。それらがマングローブ

悪天候の中のインドネシア皆既日食

秋田 勲(花山星空ネットワーク)

日食はボルネオ島のバリクパパンで見ましたが、ホテル組は晴れてよく見え、中心線に行った約 9 割 100 余名は曇られました。私もその一人です。綺麗な画像をお送りできませんが太陽が垂直に上る様子は何とか捕えることができました。

来年に期待しています。



07:29~08:49

5min

08:3442 第3接触ベイリビーズ

08:2952

08:3436 皆既中 プロミネンス

あなたもできるデジカメ天文学

天体画像教育利用ワークショップ

山村秀人 (NPO 花山星空ネットワーク・PAOFITS WG)

PAOFITS WG (パオフィット ワーキンググループ) では、各地の天文台やハッブル宇宙望遠鏡などで得られた最先端の研究観測画像(FITS 画像)を教育・普及に活用することを目指し、国立天文台開発の天体画像解析ソフト Makalii (マカリ) を使って、体験的に天文分野の学習・研究ができるさまざまな実習教材を開発してきました。それらは、各地の中学校・高校、教育系大学、博物館・科学館などで活用されています。過去 10 年近く、国立天文台をはじめ全国各地でワークショップ*1 を開きその普及に努めてきました。
(*1:<http://paofits.nao.ac.jp/#WSinfo>)

1. ワークショップの趣旨

今回、あすとろん編集長の作花先生の京都情報大学院大学百万遍校舎を会場に 3 月 20 日～21 日にワークショップを開きました。天文台職員、小・中・高・大学の教員、大学生、アマチュア天文家など全国から約 30 人が集まりました。内 10 人近くは地元京都の先生方や NPO 花山星空ネットワークの会員さんにも参加していただきました。ワークショップ終了後には、希望者による花山天文台の見学ツアーを実施しました。

PAOFITS WG では今まで冷却 CCD など撮像された FITS 画像を題材にしてきましたが、最近のデジタルカメラの性能向上はめざましく、一般向けのデジタルカメラでも、目的と方法を適切に選べば、十分に有用な観測画像が得られ、新たな天文教材の開発もできるようになってきました。そこでデジカメで撮った天体画像をマカリで測定することでこんな事を調べられますという幾つかの例を示し、デジカメ天文学の方法を紹介するために、『あなたもできるデジカメ天文学—マカリパーフェクトマニュアル—*2』

(図 1) という本を、今年の秋、出版しました。

(<http://www.kouseisha.com/book/b214578.html>)

今回のワークショップはその本の内容に沿ったものになりました。



図 1. 「あなたもできるデジカメ天文学」の表紙

2. RAW 画像から FITS 画像へ

天体写真を撮って星の位置や天体の形を問題にするには、デジタルカメラで広く使われている JPG 画像を、そのままかりで測定することができます。しかし、天体の明るさを問題にする測光のときは、CCD の受光素子で集めた光の量をそのまま数値で保存している RAW 画像を使う必要があります。また、デジカメではカラー画像を表現するために、赤・緑・青（光の三原色、RGB）のフィルターを掛けた受光素子を組み合わせて測光し、R・G・B それぞれの光の強さを測定し、これを元にモザイク画のようにしてカラー画像を再現しています。



図 2. ワークショップの様子

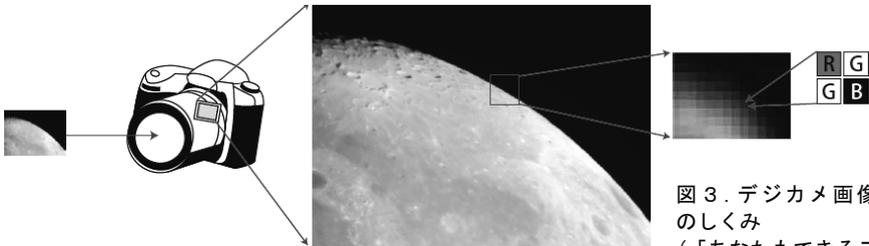


図 3. デジカメ画像のしくみ
（「あなたもできるデジカメ天文学」より）

このため、RAW 画像を使って天体の明るさを測光する場合は、RAW 画像を FITS 画像に変換する必要があります。これには幾つかのソフトがありますが、今までステライメージ（アストロアーツ社）などの市販ソフトがよく使われてきました。しかし、天体測光では CCD の各素子が受け取った光量と保存された光量データが厳密に対応している必要があります、そのための raw2fits というソフトを開発された、星空公団の小野間史樹さんに「デジカメ星空診断とカメラの特性」と題して講演をお願いしました。

星空公団では、一般の方々に星空をデジカメ(RAW 画像)で撮影してもらい、夜空の明るさの変化を継続的に捉えて、環境問題の側面から研究・普及活動をされています。

3. 天体測光のための一次処理

2 日目の実習では、天体測光をするために撮影した RAW 画像から変換した FITS 画像を使って、天体本来の光の量を表すデータを取り出すために、CCD による画像特有の補正処理の方法を PAOFITS WG の畠さんの指導で

天体画像教育利用ワークショップ

学習しました。

デジタルカメラの画像は、何千万もの画素に記録された受光素子から出力された電気信号の値です。撮像した天体画像は、天体本来の光による値とカメラレンズなどの光学系により発生する光のムラも一緒に混ざった画像になっています。画像に含まれるノイズやムラを取り除いて、天体の光のデータだけを取り出す処理を画像の一次処理と言います。

図4は光学系によるムラの典型であるレンズによる周辺減光のイメージとマカリで測光したグラフを示しています。緩やかなカーブを描いて周辺部が減光しています。また、CCDが熱によって発生する電気信号の分を引き算する補正などを行います。

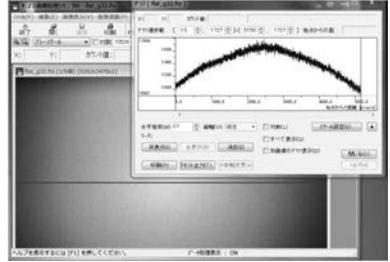
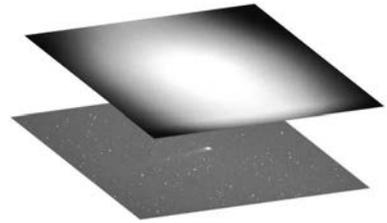


図4. 周辺減光とマカリの測光グラフ
（「あなたもできるデジカメ天文学」より）

最近のデジカメはこれらの補正を自動的にしてくれるものもありますが、天体測光をする場合は厳密に補正を行います。かみのけ座の星々を撮影した画像の一次処理をして星の明るさ（等級）を求めました。求めた星の明るさの誤差が一次処理をしない場合に比べて、画像上の場所によって、より小さくなっていることを確かめました。

4. ガリレオ衛星の動きと木星の質量

デジタルカメラで木星を撮影した画像から、ガリレオ衛星の位置をマカリで測定して、その動きから木星の質量を求める実習をしました。画像は私が2015年4月～5月にかけて、焦点距離200mmズームレンズ（35mm版： $f=320\text{mm}$ 相当）で撮影した約50枚の画像を使い、参加者全員で分担して木星本体とガリレオ衛星の位置を測定して、一つのグラフに仕上げました。



図5. マカリによる画像上の位置の測定と距離の計算

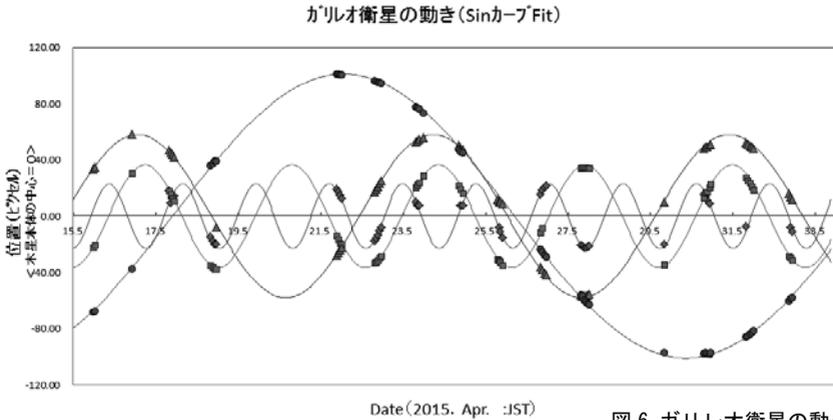


図 6. ガリレオ衛星の動き
 (「あなたもできるデジカメ天文学」より)

このグラフを使って、カリストが木星から最も離れる距離 (画素単位) を求めて、カメラの画角 (画像の天球上での実際の角距離) や地球・木星間の距離などのデータと合わせて、木星・衛星間の距離 (km) に換算して、カリストの軌道半径 a を求めます。さらに、カリストの公転周期 P も求めて、ケプラーの第三法則と万有引力の法則の関係から木星の質量を算出しました。その結果、地球の 280 倍 (実際は 320 倍) という値になりました。10% 程度の誤差で木星の質量を求められたこととなります。

5. 花山天文台の見学

ワークショップ終了後、希望者による花山天文台の見学ツアーも実施しました。幸いにも快晴に恵まれ、別館では $H\alpha$ 太陽像や太陽館では見事な太陽光のスペクトルを観察できました。100 歳を超えるザートリウス望遠鏡や特徴ある 45cm 屈折望遠鏡、太陽望遠鏡など今なお活躍している姿を見られて、遠方からの参加者にも大いに満足をしていただきました。ご案内をいただきました黒河先生、石井さん、会場でお世話になった作花先生にこの場を借りてお礼申し上げます。

デジカメで撮った天体画像をマカリで測定することで、さらにいろいろなことを調べることができ、その幾つかを「あなたもできるデジカメ天文学」に掲載しました。今後、「あすとろん」でも順次紹介をして行きたいと考えています。



図 7. 花山天文台 45cm ドームの見学

西村有二さんを偲ぶ

柴田一成（花山天文台）

昨年（2015年）5月8日に西村製作所の社長の西村有二さんが突然亡くなられるという悲しいできごとがありました。享年68歳でした。

西村さんと初めてお会いしたのは、私が愛知教育大に就職したばかりの頃、1981年だったと思います。愛知教育大には屋上に西村製作所製の40cm反射望遠鏡があり、望遠鏡の修理やメンテのために、西村さんがちょくちょく愛知教育大に来ておられました。当時は私はまだ26歳。西村さんも34歳くらい。西村製作所は京都に会社があり、私も京大から就職したばかり、ということで、親しくお話してくださいました。あるとき、望遠鏡が動かないので困り果てて、西村さんにすぐに電話しました、「とにかく困っています。すぐに来てくれませんか?」。西村さんは京都からはるばる車をぶっ飛ばして来てくださいました。しばらく屋上ドーム内の望遠鏡をチェックされておられた西村さんは、突然、「先生、コンセントが抜けてますやん!」コンセントをつなぐと望遠鏡は見事に動き出したのです。「いやー、大変助かりました。何せ私は理論家なもので、、、」こんなことがあっても西村さんは不平の一言も言わず、その後も何度も愛知教育大に来て助けてくださいました。

その後、1991年に私は国立天文台に移り、「ようこう」衛星によるスペース太陽観測にかかわるようになりましたので、仕事の面で西村さんと直接お話することはなかったかと思えます。しかし、西村さんとは色んなところでお会いしていた記憶があります。それが天文学会なのか、京大なのか、国立天文台なのか、今となっては記憶はあやふやですが。いつもここに、「柴田センセ、元気にやってますか?」という感じで親しく話かけてくださるのです。まるで先輩後輩の間柄のように。

実際、私が京大時代（その後も）お世話になった先生方は、みな西村さんとは親しい間柄でした。それもそのはず、現在花山天文台にある大陽館の70cmシーロスタット（1961年）は西村製作所製、飛騨天文台の太陽磁場活動望遠鏡（SMART）（2003年）も西村製作所製なのです。今、ペルーにあるフレア監視望遠鏡（FMT）（1992年に飛騨天文台に導入、2010年にペルー・イカ大学に移設）も、西村製作所製です。

実は、西村有二さんのお父さんの西村繁次郎さんは、花山天文台の旧職員だったことがあります（「花山天文台 70 年の歩み」p.68）。西村製作所の沿革を見ますと、

「1926 年（大正 15 年）国産第 1 号反射望遠鏡を製作、京都大学に納入。」

とあり、また富田良雄・久保田諄著「中村要と反射望遠鏡」p.148 には、

「（中村要は）1930 年秋には神戸の射場のために口径 19cm 焦点距離 224cm の対物レンズを製作。西村製作所の作った赤道儀に搭載した。」

とあります。レンズ・鏡磨きの伝説の名人、中村要（当時、花山天文台助手）が作ったレンズや鏡を用いて西村製作所が望遠鏡を完成させ、アマチュア天文家に普及していた様子がうかがわれます。実際、インターネットで調べてみると、

<http://www.astrophotoclub.com/nakamurakaname/nakamurakaname.htm>

「中村（要）は 300 面近い鏡を製作し、西村製作所や五藤光学研究所の望遠鏡に取り付けて安価で高性能の反射望遠鏡を広くアマチュアに普及させた功績は大きいと言えるだろう。1926 年に西村製作所（西村繁次郎）は京都大学へ国産第 1 号反射望遠鏡を製作納入している。」（「中村要と反射望遠鏡」加藤保美氏）

とのことです。京大花山・飛騨天文台が西村製作所とともに発展し、さらにまた、アマチュア天文学の発祥の地と言われる花山天文台におけるアマチュア天文家の育成にも、西村製作所が大きな役割を果たしてきたことがわかります。

こういう西村製作所と京大天文台の間の親密な歴史は、実は最近になって知ったのですが、西村有二さんが私にとってまるで先輩か兄のように親しくしてくださったのは、こういう歴史のおかげだったのだと思います。

私が京大花山天文台の台長になってからも、飛騨天文台や花山天文台の望遠鏡がトラブルになったときは、いつもすぐに西村さんに電話して助けていただけていました。いつだったか、夜の 10 時頃、花山天文台での観望会後に本館ドームのスリットが閉まらなくなったときも、急いで西村さんに電話しましたら、真夜中にもかかわらず、すぐに関さんと一緒に花山天文台に来てくださり、応急処置をしてスリットを閉めてくださいました。スリットが閉まらないと、雨が降ったら望遠鏡は台無しになりますから、このときほど感謝したことはありません。

近年も、京大天文台の関わるあらゆる事業、ペルー、サウジアラビア、飛騨、岡山、そして NPO 花山星空ネットワーク、野外コンサート、宇宙落語会に至るまで、西村有二さんからはいつも暖かいアドバイスやご支援をいただけていましたので、西村さんの急逝は、本当にショックでした。返

西村有二さんを偲ぶ

す返すも残念でなりません。
ご冥福をお祈りします。

本原稿は、昨年(2015年)末 <http://sarif-report.blogspot.jp/>
に書いた追悼文を少し改変したものです。



2011年12月20日、花山天文台忘年会の折。
後列左から3人目が西村有二さん

アストロトーク 春の星空

作花一志（京都情報大学院大学）

アストロトーク開催も 24 回となりました。2012 年から年に数回、京大総合博物館の 3F の部屋を借りてミニ講演（主として筆者担当）と 4D シアター上演（青木氏担当）という内容で行っています。もともと天文街道ツアーの冬休み中に行ってきたものですが、天文街道の参加者は歴史ファンが、一方アストロトークのほうは天文ファンが多く層はかなり異なってきました。これまでミニ講演では日食、超新星、カイパーベルト天体など天文現象の紹介が主でしたが、次第に難しい話になりそうでこれでは話すほうも聞くほうも大変です。去年は国際光年ということもあり「光は曲がる～アインシュタインから 100 年」なんてやってしまいました。ところが逆に星空紹介のような分野は話したことがないのです。そこで今年は各季節の星空紹介を行うことにして、3 月 5 日にはオリオン座、ふたご座、おとめ座の物語と天体について話しました。以下はふたご座の物語です。次回は 6 月 19 日のヘルクレス座、さそり座、いて座についてお話しする予定です。

卵から生まれたふたご

早春の代表的な星座であるふたご座はギリシアや日本ではほぼ天頂を通ります。名前の由来はカストルとポルックスという 2 つの明るい星が並んでいるためで、ギリシア神話ではこの 2 星は双子の兄弟とされていますが、なんとこの二人は卵から生まれたのです。でも鳥や魚の子ではなく、大神ゼウスと人間スパルタの王妃レダの間に生まれました。この絵はレオナルド・ダ・ビンチの原画をセストが完成させたもので、昨年京都文化博物館で展示されました。

ある日ゼウスは水浴びしているレダに魅せられて白鳥の姿になって、この美女に



レダと白鳥と 4 人の子（ダ・ヴィンチの絵画に基づく）チェザーレ・ダ・セスト作

近づき誘惑しました。月満ちてレダは、大きな卵を 2 つ産みます。その 1 つから双子の兄弟カストルとポルックスが生まれました。二人は仲のいい兄弟で、長じてカストルは剣のポルックスはボクシングの名手になりました。一緒にさまざまな冒険をした中にはイアソンのコルキス遠征の参加も含まれます。カストルはケンタウロスのケイロンから乗馬も習っています。

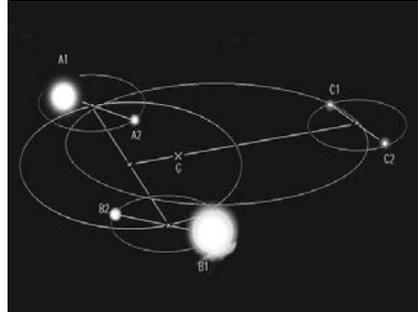
ところがある日、獲物の取り合いでいとこ達と争い、カストルは命を落してしまいます。ポルックスは兄の亡骸をかき抱いて非常に悲しみ、いっそ一緒に死のうと剣や矢で自分の胸を刺しますが、どうしても死ねません。カストルは人間である母レダの血を、ポルックスは神である父ゼウスの血を引いているからです。ポルックスは苦しみに耐えかねて、父神に自分の命を奪ってくれるよう訴えます。ここでゼウスはカストルを蘇らせるべきなのに、なんとポルックスの願いをそのまま聞き届けてしまうのです。嗚呼なんという父親でしょうね！結局 2 人とも天に昇って星になったというお話です。

さてもう一方の卵からは双子の姉妹ヘレネとクリュタイムネストラが生まれました。一つの卵からカストルとクリュタイムネストラが、もう一つの卵からポルックスとヘレネが生まれたという話もあります。長じて絶世の美女となったヘレネはスパルタの王妃になるのですが、ビーナスによってトロイの王子パリスのもとに連れ去られてしまいました。妃を拉致され怒り狂ったスパルタ王メネラーオスと兄アガメムノンはヘレネを奪還するため全ギリシア連合軍を率いてトロイを攻めます。戦いはダラダラと 10 年間も空しく続きますが、最後はオッデセウスの木馬の機略で終結します。(トロイ戦争：紀元前 13 世紀?) この時のギリシア連合軍の総大将アガメムノンの妻がクリュタイムネストラです。このお騒がせの大神である白鳥は夏から初秋の夜空を飾るはくちょう座です。

カストルとポルックスの 2 つの星は同じ方向に見えているだけで、もちろんふたご星ではありません。カストルを望遠鏡で眺めてみると 2 つの星 A (白：1.9 等星) と B (白：2.9 等星) に分れて見えます。この 2 星は現在約 3" 離れてほぼ東西に並んでいますが、長期間注意深く観測すると次第に離れてその離角や向きが変わり、420 年周期でその重心の周り

を回っていることが解かります。両星の距離は約 130 億 km, 太陽と冥王星の距離の約 2 倍に当たります。さらに A, B より約 $1'$ 離れて赤い 9 等星がありこれもカストルのメンバー C で, A, B の重心の周りを 1 万年以上かかってゆっくりと公転しています。これだけならカストルは 3 重連星ですが実はこの A, B, C の 3 星それぞれがまた連星なんです。

これら 3 組のペアは互いの距離が近すぎてどんなに巨大な望遠鏡でも分離して見られませんが, スペクトル観測の結果, 分光連星であることが解かっています。なんとカストルは六重連星, 双子ならぬ六つ子なのです!



A の 2 星は約 9 日で, B は約 3 日で, C はわずか 20 時間で公転しています。A も B も主星はシリウスやベガのような主系列星ですが伴星はかなり小さな星のようです。またカストル C は両星とも太陽の $2/3$ くらいの 2 つの赤い小さな星で時々ガスを交換しながら忙しく公転しています。

一方, ポルクスは惑星を伴っています。その惑星は木星の約 2 倍の質量があり 590 日で公転しています。昨年テスティアスと名づけられました。

カストルの足元にくらげ星雲 (IC443) と呼ばれる淡い星雲があります。またポルクスの足元にはゲミンガ (ジェミンガ) という名のガンマ線天体があります。これらはともに超新星残骸で, 特にゲミンガは 800 光年という近距離なので, 爆発の規模がかに星雲超新星と同程度なら最輝時には -10 等くらいに達したことでしょう。最も明るかった超新星です。爆発時期は推定約 30 万年前, まだ〇〇原人の時代ですから記録はありませんが, 人類の進化に何らかの影響を与えたのではないのでしょうか?

占いからするとふたご座は初夏の星座と思われがちですが, そのころ太陽はふたご座の方向にいたので見られません。4 月末までに日没後の北西の空を眺めてみましょう。

気象光学現象への誘い4 ～虹の仲間たち～

西村昌能（京都府立洛東高等学校）

はじめに

前回[1],[2],[3]では、太陽光線が氷の結晶（氷晶）に出会って生じる光景についてお話をしました。今回は、太陽光線が水滴に入って生じる虹の仲間をご紹介します。

虹と蛇

虹について、日本書紀には以下のような記述があります。第一四巻「……乃ち河上に虹（ぬじ）の見ゆること蛇（をろち）の如くして、四五丈ばかりなり。虹の起てる処を掘りて、神鏡を獲……」[4]。また、その注に「虹をナギ・ノーギなどといい、蛇をまた、ナガ、ナギともいう方言（沖縄及び東北地方）がある。つまり、虹と蛇とは同じものと観られていたことがある……」とあります[5]。

古事記では、虹の根元に鏡があったという故事を書いています。青木氏の注では、虹と蛇の同一性を述べています。虹と蛇の同一性は、中国の伝説でもあります。

谷川健一氏は、「中国神話の伏羲（フツキ）・女媧（ジョカ）の神話の系統が日本にも渡来してイザナキ・イザナミの神話となった、という説がある。ナキ・ナミはナーガの変形語で蛇を意味している。」としています。青木氏の注[5]をみるとヌジは古い日本語のようで、古日本語であったと私は考えています。現代のシンハラ語（スリランカの言語の一つ）では蛇をナガーまたはナー（Naga,Na）といいます[7]。シンハラ語では虹はSakanuduといい、ヌヅの語が入っています。さらにサンスクリット語ではナガールは龍を表します。何かユーラシアに共通の知識があるようです。

一方、オーストラリアのアボリジニも虹＝蛇と見なしていますので、世界で長いものをナガ（NG）で表し、虹も長い生き物の系統だと言えます。余談ですが、unagi,anago はどちらも長い（nagai）生き物ですね。

ちなみに、古代中国では、虹は二頭の龍があわさったものと考え、雄を虹、雌を蜺（ゲイ）としました。ある本では、虹の左右に付け根の雄、雌がいて、ある本では、明るい主虹を虹、暗い副虹を蜺とするとしています。

蜺は、右図のように、両頭の龍の形です[8]。



気象光学現象

さて、気象光学現象としての虹を見てみましょう。
ハロと違い虹を作る粒子は水滴です。綺麗な色を見せる水滴の大きさは雨粒の大きさ、つまり 1mm くらいです。



写真 1 1992 年 12 月 26 日 パラオで見られた主虹・副虹

虹は、明るい主虹が太陽とは反対の方向（対日点）から 40～42 度の位置に円を描きます。少し暗い副虹は対日点からおよそ 51 度の位置に見えます。主虹は内側が明るくなり、副虹は、外側が明るくなります。主虹は太陽光線が水滴の中で一回反射、副虹は 2 回反射して、起こります。だから、主虹の方が明るいのです。主虹と副虹の間は暗くなり、これをアレクサンダ

気象光学現象への誘い4～虹の仲間たち～

一の暗帯と名付けられています。この明るさが、空本来の明るさなのです。主虹の内側を詳しく見ますと、虹が繰り返してみえることがあります。これは水滴による屈折でなく、干渉で起こる現象です。

太陽高度が低い朝、夕にはそれぞれ西と東に大きな半円の虹が見えます。ところが、冬には、正午ころでも太陽高度が低いので、真北に虹がみえることがあります。冬でも太陽高度が高いので、虹は地表スレスレに見え、これを水平虹と呼んでいます。



写真2 比叡山の方向に見える水平虹 洛水高校屋上から北の空を見る。
1993年2月19日13時45分

写真2は洛水高校の2年生球技大会の時、北東の方向に見えた水平虹です。球技大会の指導をしていたら、北山が妙に赤いので、ハッと気がついて屋上にあがりました。そうしたら右のガスタンクから左のマイクロウエーブの塔まで比叡山を中心にうっすら虹が見えたのです。京都の秋から冬にかけて時雨がやってきます。こんな時、北の空を注意して見ると、紅葉で色づいた山々に虹がかぶさっている光景が見られます。

虹は水滴で起こります。水滴の内側で反射しています。水面で反射？そう、水面は自然光を偏光させます。だから、偏光板を通して虹を撮ると……上の写真では虹が見えていますが、下の写真では見えていません。偏光板

の黒いラインが 90 度傾いているのが見えますね。水滴の内側の表面に反射した光は偏光していることがはっきりわかります。

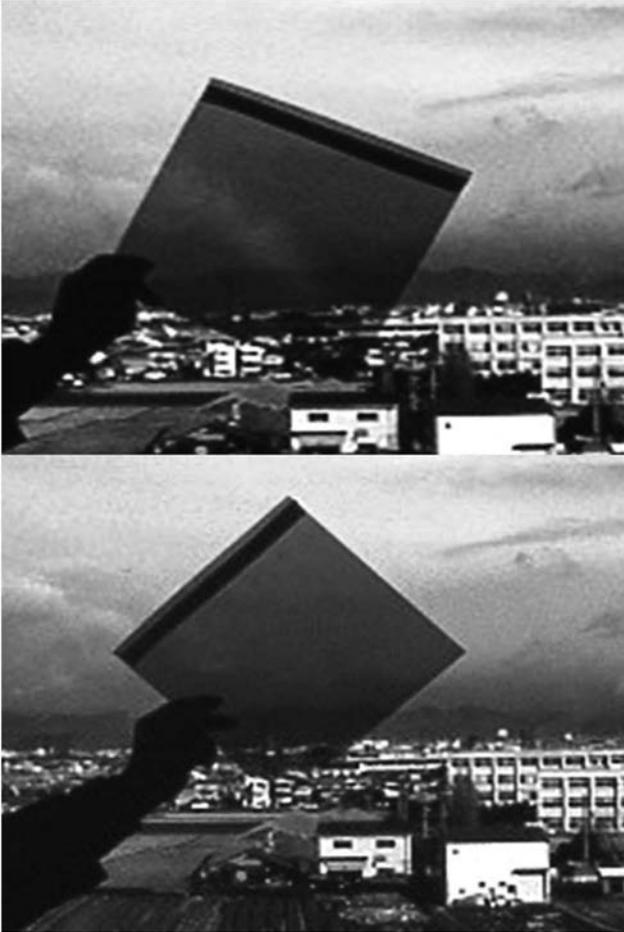


写真3
偏光板を通して見た虹
1998年1月16日
12:10

水滴でおこる気象光学現象

私の趣味の一つにダイビングがあります。潜る方です。その帰り道、2005年12月28日、那覇から伊丹への航空機に乗って外を見ていました。夕方ですから、太陽高度は大変低いものでした。16時53分に南側の窓の外を見ると一条の光の帯が飛行機の翼の下から雲の上に伸びていました（写真

気象光学現象への誘い4～虹の仲間たち～

4)。

何だろうと思っているとしばらくして機首が少し南に振れたところで飛行機の進行方向（北東）の右（つまり東か東北東）方向に光環が見えてきました（写真5 17時03分）。



写真4 白虹

写真5 光環

三重の光環が確認できました。真後ろに太陽が低く輝いていたのです。飛行高度は12000mだとアナウンスがありました。光環と白条の角度はおよそ40°から50°。狭い航空機の窓からは、両者は同時には見えません。Greenler [9]によるとこれは白虹であると考えら

れます。光輪は対日点に見える水滴に生じる現象です。白虹は雲に投影されると双曲線に見えるのですが、太陽の光度が低いためと視野が狭いため直線的に見えたのです。この白虹は、地上の霧虹と同じで雲虹ともいわれています。雨つぶより小さな雲つぶ(0.01mm)でおこる反射のため、散乱現象で色が重なり合って白色に見えるのです。



飛行機から見た光環は登山ではブロッケン現象といわれています。写真6は2005年7月30日8時00分に、八ヶ岳の赤岳・横岳の縦走路から見たブロッケン現象です。背景は美しい山は阿弥陀岳です。一度、飛行機から外を見ることを覚えれば、雲があれば、光環、その外側に白虹を簡単に見つけることができるようになりました。

写真6 ブロッケン現象

文献

- [1] 西村昌能 あすとろん 30号 p7 2015
- [2] 西村昌能 あすとろん 30号 p11 2015
- [3] 西村昌能 あすとろん 31号 p36 2015
- [4] 「日本書紀」 青木和夫校注 岩波文庫 日本書紀 中巻 p32
- [5] 同書 注 p354
- [6] 谷川健一「日本の神々」p94 岩波新書 1999
- [7] 戸部実之「シンハラ語入門」泰流社 1990
- [8] 白川静 「中国古代の民俗」p166 講談社学術文庫 2000
- [9] Greenler 「太陽からの贈りもの」 p22-24 丸善 1992

プラネタリウムのなかでは、
おおきな宇宙への夢が
育っています。



コニカミノルタ プラネタリウム株式会社

東京事業所 〒170-8630 東京都豊島区東池袋3-1-3

大阪事業所 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-10 西本町インテス11階

東海事業所 〒442-8558 愛知県豊川市金屋西町1-8

URL:<http://pla.konicaminolta.jp>

TEL (03)5985-1711

TEL (06)6110-0570

TEL (0533)89-3570

HERO

一人ひとりが HERO ! アナログ人間の味方です !

株式会社ヒーロー

代表取締役 岡村 勝

〒532-0011 大阪市淀川区西中島 6 丁目 6-6 NLC 新大阪 11 号館 7 階

TEL:06-6309-5265 FAX:06-6309-5285 <http://www.herojp.co.jp>

【事業紹介】

・ソフトウェア開発

物流業務システム、スマートフォンアプリ、各種ゲーム etc.

・技術者派遣 (流通分野、SNS 分野) ・コンサルティング

・製品販売 ~英雄(ヒーロー)シリーズ~

楽図英雄 (図面付受注書作成システム)、勤怠英雄(就業管理システム)

・アニメパンフ「キャラクター+ストーリー」でわかりやすく会社案内・観光案内・商品説明。用途いろいろ !



天文宇宙検定



第 6 回

試験日 2016 年 10 月 9 日(日)

実施エリア▶北海道・東京・名古屋・大阪・福岡・沖縄

受験料▶1 級 : 6,200 円 2 級 : 5,700 円

3 級 : 4,600 円 4 級 : 4,100 円 (税込)

※併願・ペア・団体割引あり

詳細は Web で▶<http://www.astro-test.org/>

主催 : (一社) 天文宇宙教育振興協会

協力 : 天文宇宙検定委員会 (株) 恒星社厚生閣

協賛 : 京都産業大学 (株) セガトイズ (株) ビクセン 丸善出版(株)

後援 : 千葉工業大学 (公財) 日本宇宙少年団 (一財) 日本宇宙フォーラム

〒160-0008 東京都新宿区三栄町 8

TEL 03-3359-7371 FAX 03-3359-7375

<http://www.astro-test.org/>

(一社) 天文宇宙教育振興協会

事務局からのお知らせ

梅が2週間も早く咲いたほどの暖い冬でしたが、3月26日の第59回花山天体観望会「木星」では、咲き始めた桜を感ずすほどの寒さとなりました。それでもその夜は快晴に恵まれましたので、参加者の皆さんには、木星のしま模様やガリレオ衛星などを十分に楽しんで頂くことが出来ました。

この会報がお手元に届くころには、花山天文台の林も次々と萌出る新緑に覆われてきているはずですが、これから夏にかけては、いよいよ天体観望にとって絶好の季節となります。以下のように、講演会も含めて、順番に楽しんで頂く予定です。皆さんの積極的なご参加をお願い致します。

4月24日(日)：第60回花山天体観望会「太陽」

5月14日(土)：第61回花山天体観望会「月と木星」

5月22日(日)：第17回講演会、第9回通常総会・懇親会

7月23日(土)：第62回花山天体観望会「火星と土星」

7月30日(土)～8月1日(月)：第10回こども飛騨天文台天体観測教室

また、今年は花山星空ネットワーク創立10周年となりますので、来年の「アメリカ日食観測ツアー」に向けた学習会など、記念となるようなイベントの開催も計画しています。こちらについても、皆さん方からのご参加・ご提案をお待ちしております。

編集後記

今回は昨年12月に行われたNPO講演会の収録を載せました。2編とも高度な内容ながら平易に綴られています。「あすとろん」は本NPOの活動を紹介し、また会員間の理解を深めるために発行されている季刊誌です。今後さらに内容を充実していくために、会員の皆様から天文ニュース、普及活動報告、思い出の星空、天文書・ソフト、和歌・俳句・川柳、天体写真・イラストなど投稿、また掲載された記事へのご意見などをお寄せくださるようお願いいたします。

次号の原稿締め切り日は6月10日で、投稿に関しては、なるべくテンプレート(Word)を<http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora/astron.html>からダウンロードして、エディタに書いたテキスト文をそこにコピー貼り付けて作成してくださいようお願いいたします。原稿作成のお問い合わせや送付先は

astron@kwasan.kyoto-u.ac.jpです。

編集子

もうじき満開



NPO法人花山星空ネットワークへの入会方法

住所・氏名・連絡先電話番号を電子メール または電話でお知らせ下さい。

電子メール：hosizora@kwasan.kyoto-u.ac.jp 電話：075-581-1461。

入会申込書と会費の振込用紙を郵送いたします。

- (1) 正会員（一般） ・ 入会金 2,000円 ・ 年会費 3,000円
（学生） ・ 入会金 1,000円 ・ 年会費 2,000円
- (2) 準会員 ・ 入会金 1,000円 ・ 年会費 2,000円
- (3) 賛助会員 年額1口以上 （1口30,000円）

発行人 NPO法人花山星空ネットワーク

〒607-8471 京都市山科区北花山大峰町 京都大学花山天文台内

Tel 075-581-1461 URL <http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora>

印刷所 株式会社あおぞら印刷

〒604-8431 京都市中京区西ノ京原町15

2016年3月31日発行

定価：320円