

会報

Vol.59

astron



北米星雲・ペリカン星雲



NPO 法人 花山星空ネットワーク

あすとろん 第59号 目次

第15回通常総会報告	西村昌能	1
夏の天の川に沿って	中山公彦	2
夜明けの惑星パーティー	中川 均	4
祝！小惑星「Meigetsuki(明月記)」命名	遠藤恵美子	7
重力波 わかったこと わからないこと	真貝寿明	12
宇宙天気研究と発展途上国支援 ～CHAIN プロジェクトの紹介～	上野 悟	16
第28回講演会	上善恒雄	22
金星画像から見かけの軌道図を作図する	山村秀人	26
花山天文台今昔【13】花山天文臺日誌(2)	黒河宏企	32
太陽黒点観測が取り持った国際協力の思い出	鈴木美好	39
お知らせ	事務局	

表紙画像 北米星雲・ペリカン星雲
2018年10月5日
口径85mm 焦点距離680mm、タカハシのFSQ-85ED
中山 公彦氏提供 @茨城県土浦市

裏表紙画像 球状星団M13
2022年6月8日 5分
eVscope 使用
西村 昌能氏提供 @京都府八幡市

第 15 回通常総会報告

西村昌能（NPO 法人花山星空ネットワーク理事長）

会員の皆様、

今年も年度当初から新型コロナウイルス感染症で、大人数での集会が開催できない状況が続いています。

ようやく花山天体観望会では人数を減らしての対面開催ができるようになってきましたが、2021 年度は 6 回の観望会のうち 4 回がオンラインでの開催でした。また、講演会も Zoom によるオンラインで開催いたしました。

さて、第 15 回通常総会は昨年度、一昨年度と同じく最小人数の 3 名が会場に参集し正会員の皆様に書面表決書を提出していただくという形で開催することができましたので、ここにご報告させていただきます。

通常総会は 6 月 5 日午前 10 時 30 分から花山天文台新館会議室で開催されました。総会には議長として山村秀人理事の他、西村昌能理事長と黒河宏企氏が出席いたしました。

会場に出席した 3 名と合わせて郵送された有効な書面表決書が 176 名分でしたので合計 179 名の表決参加者となりました。これは総会当日の正会員 298 名の 2 分の 1 を超えていましたので、議長は総会の成立を確認し、議事が始まりました。各議案の賛否の集計は、以下のようになりました。

第 1 号議案：2021 年度事業報告及び活動計算書承認の件

賛成数 111 名、 反対数 0 名、 理事長委任数 68 名

賛成数と理事長委任数の合計が表決者の過半数であり、承認可決されました。

第 2 号議案：2022 年度の事業計画及び活動予算書承認の件

賛成数 111 名、 反対数 0 名、 理事長委任数 68 名

賛成数と理事長委任数の合計が表決者の過半数であり、承認可決されました。

なお、総会では、議案の議決に先立って、議事録署名人として西村昌能理事長と黒河宏企氏を選任しています。

以上、本総会で、提出させて頂きました議案は全て承認可決されましたことを会員の皆様にご報告させていただきます。

夏の天の川に沿って

中山公彦 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

2021 CygnusLoop. 180sec x10 ISO6400 327mm*STC



はくちょう座網状星雲 (Cygnus Loop)

2 万年位前に爆発した超新星の残骸です。距離約 2500 光年。衝撃波で電離したガス（赤がH-II 領域のH α 線、青はO-III 輝線）が輝いています。直径は約 120 光年もあるそうです。爆発した恒星は中性子星になっていると想定されていますが発見されていません。口径 85mm 焦点距離 680mm タカハシFSQ-85ED で撮影。



干潟星雲 M8

いて座南斗六星の柄の先端 μ 星の南西にある M20 と合わせて超ポピュラーな夏の散光星雲です。中央部に暗黒星雲の帯があります。星雲の中央にある O6 型星の強烈な紫外線で電離した H-II 領域で距離 4000~6000 光年。原始星に至る小さく丸い黒いグロビュールがあります。



三裂星雲 M20

M8 の北にある散光星雲で暗黒星雲のため三つに別れて見えます。距離は約 5000 光年。この星雲から生まれた O 型星が付近に 120 個もあります。北側には青い反射星雲があります。

夜明けの惑星パーティー

中川均（豊中天文協会、NPO 法人花山星空ネットワーク）

天文誌やネットで少し話題になっている、3月くらいから続く夜明け前の惑星パーティー！

時に月も入ってくるなど、にぎやかな夜明け前の空です。

特に写真の4月5日と5月28日前後は接近した2惑星が望遠鏡の同一視野に見えて楽しめました。

また、この後に朝焼けで夜が明けていく空を見るのもいい時間でした。

4月5日



【撮影データ】

2022年4月5日

4:26~4:40

(星野)

ペンタックス Q10

ズーム 19mm

露出 3秒

絞り 3.5

ISO 500

固定撮影

(拡大)

FC76 直焦点

ペンタックス Q7

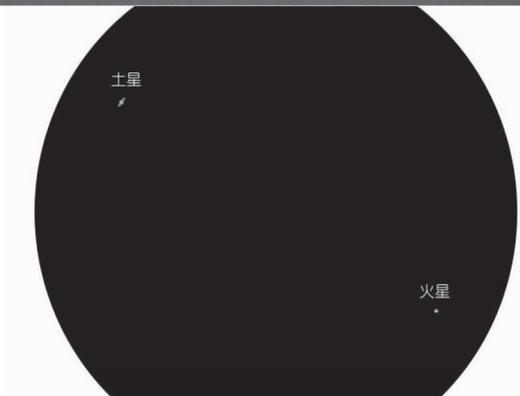
露出 1/15秒

ISO 400

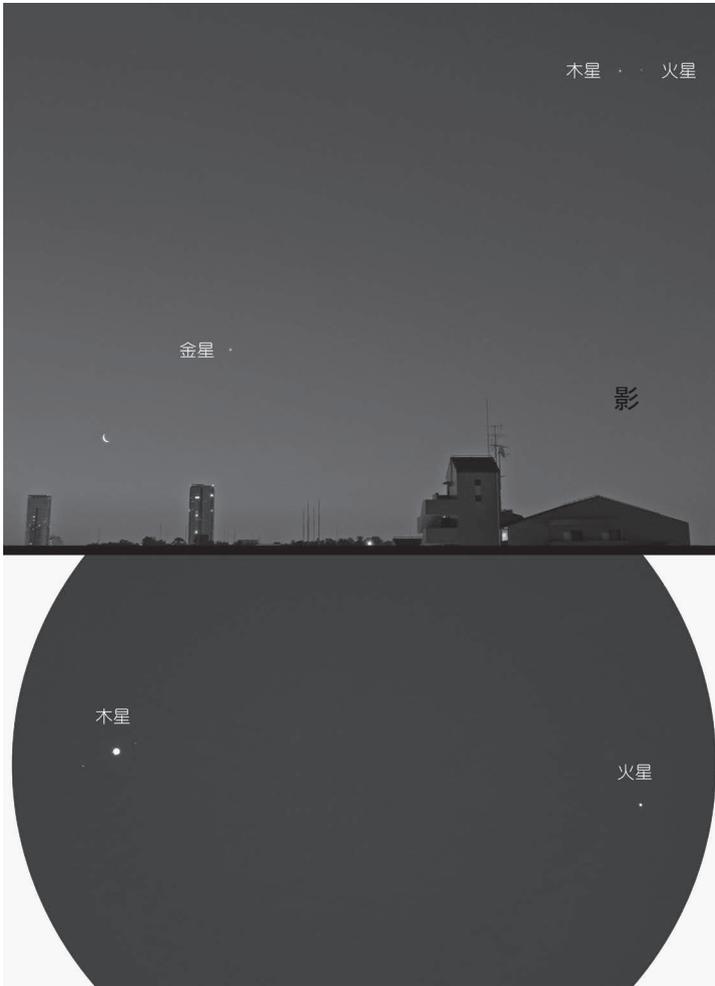
赤道儀

自動ガイド

撮影地：豊中市



5月28日



【撮影データ】 2022年5月28日 4:03~4:18

上段：(星野)

ペンタックスQ10 スピード10mm 露出6秒 絞り5.6 ISO200 固定撮影

下段：(拡大)

FC76直焦点 ペンタックスK30 露出0.6 ISO400

赤道儀自動ガイド EL9で画像処理

撮影地：豊中市



株式会社 西村製作所

代表取締役 西村 光史

〒520-0357

滋賀県大津市山百合の丘 10 番 39 号

TEL 077-598-3100

FAX 077-598-3101

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

【事業内容】望遠鏡・天体観測機器製造



第96回花山天体観望会

「名月と名曲」



琴・三味線・尺八の演奏



土星の観望

■日時: 2022年 9 月 10 日 (土) ■会場: 京都大学大学院理学研究科花山天文台
詳細は1か月前にホームページに掲載しますのでご覧下さい

第10回

2022年 10月8日(土)~10日(月)

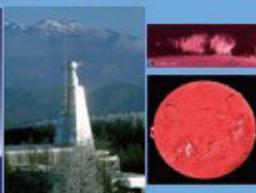
飛騨天文台自然再発見ツアー



アジア最大の65cm屈折望遠鏡で星雲と星団を観望



飛騨天文台で満天の星空と天の川を観望



世界第一級の太陽望遠鏡で太陽黒点・紅炎などを観望

●対象/定員: 大人/12名(先着順)

●集合場所: JR高山駅またはJR京都駅

※詳細はホームページをご覧ください

主催: 京大理学研究科附属天文台
NPO法人花山星空ネットワーク

祝！小惑星「Meigetsuki (明月記)」命名

遠藤恵美子 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

今月初め(2022年6月)、小惑星 9892 番星が「Meigetsuki」と命名されました。『明月記の名前が宇宙に登録された!』と、名付け親の作花一志京都情報大学院大学教授。それを記念した「京都千年天文街道・明月記コース」に参加し、「明月記」の天文学への貢献度の大きさを再認識しました。また、10日の金曜天文講話では、宇宙物理学の最先端で、今新たに「明月記の客星」の現在の姿である「かに星雲」が注目されていることを知りました。興味の尽きない800年前の「明月記」へ思いを馳せました。

「Meigetsuki」と命名された小惑星 9892 番星は、1995年12月27日に小林隆男氏により発見されました。小林氏は2,000個以上の小惑星や小林彗星を発見した世界屈指のアマチュア天文学家です。小林氏に作花教授が命名を提案し、国際天文学連合(IAU)に申請して認定されました。「明月記」の天文学的価値が国際的に周知されていた証です。

「明月記」は「新古今和歌集」や「百人一首」の選者、藤原定家(1162~1241年、鎌倉時代前期の歌人)の19歳から74歳までの56年間の日記です。その天文学的重要さは、望遠鏡観測以前の世界に残る7例の超新星記録のうち3例がまとまって記載されていることです。特に注目されるのは、「かに星雲」のもととなった超新星(SN1054)の記録です。もちろん、1054年は定家出生の100年以上前ですから、定家が実見したものではありません。

図2は、『客星出現例』のある「明月記」寛喜二年十一月八日(1230年12月13日)の条です。

定家が69歳の1230年12月6日に「客星」が現れます。定家もこれは実見していて、9日の条に『その星朧朧として光薄し。その勢い小にあらず。』と記しています。出現の翌日には「客星」に不審を抱き、天文を司る陰陽寮の安倍泰俊に問い、その返事が13日に届きます。それには定家が調査を依頼したのか8件の出現例も列挙されたていました。自筆原本では筆跡の違いが見られ、受け取った返書を定家はそのまま日記に貼り付けたようです[1]。「客星」は、突発出現天体の古天文学での呼称で、超新星、新星、彗星なども含まれます。この年の「客星」は彗星でした。また、「客星」の



図1:権中納言(藤原)定家 栗原信充(画)：江戸後期

出現は不吉・災いをもたらすものと恐れられ、祈禱が行われました。

八日、乙未、霜降、天晴、北山雪白、客星事、依不審問奏
俊朝臣、返事如此、曉夕東西之條驚而有餘、客星一昨
日夜前全現候了、出現以後去二日陰雲不見候、其外者
天快晴、速日見候、而此兩日者無引迹、天曉見良方候、
曉夕東西出現候之條以外候、

② 客星出現例、皇極天皇元年秋七月、甲寅、客星八月、
陽成院貞觀十九年正月廿五日丁酉、戌時、客星在時、
見西方、③ 宇多天皇寬平三年三月廿九日己卯、亥時、客
星在東成星東方、相去一寸所、④ 醍醐天皇延長八年五月
以後七月以前、客星入羽林中、⑤ 一條院寛弘三年四月二
日、癸酉、夜以降騎官中有大客星、如交感、光明動耀、
連夜正見南方、或云、騎陣將軍星變本體增光歟、⑥ 後冷
泉院天喜二年四月中旬以後丑時、客星出格參度、見東
方、宇天關星、大如歲星、⑦ 二條院永万二年四月廿二日、
乙丑、亥時、客星見大微宮事、⑧ 高倉院治承五年六月
廿五日、庚午、戌時、客星見北方、近王良星守傳命星、
午終許心寂房來、事外付減之由加詞、但惡血之充滿非
伺蛭時極難治云々、常隨給侍之小婢、依母病危急行南
京、老病之最中失手臂之便、

図2：「明月記」寛喜二年十一月八日(1230年12月13日)8件の客星出現例

解説には 『訓読・明月記』今川文雄、河出書房新社、1979 を使用

- ① 皇極天皇・元年秋七月甲寅(642年8月9日)・・・実体不明
 - ② 陽成院・貞觀一九年正月廿五日丁酉(877年2月11日)・・・実体不明
 - ③ 宇多天皇・寛平三年三月廿九日己卯(891年5月11日)・・・実体不明
 - ④ 醍醐天皇・延長八年五月以後七月以前(980年6月～8月)・・・彗星
 - *⑤ 一條院・寛弘三年四月二日癸酉(1006年5月1日)・・・超新星 SN1006
 - *⑥ 後冷泉院・天喜二年四[五]月中旬以後
(1054年5月20日～29日[6月19日～28日])・・・超新星 SN1054
 - ⑦ 二条院・永万二年四[三]月廿二日乙丑(1166年4月23日)・・・彗星
 - *⑧ 高倉院・治承五年六月廿五日庚午(1181年8月7日)・・・超新星 SN1181
- *印は超新星

SN1054 出現時の詳しい記録は日本と中国に
しかなく、その他にはアラビアの医学上の文
献にそれらしい記述があるだけで、ヨーロッ
パにはありません。日中の記録を統合すると
次のようになります。

ユリウス暦 1054年7月4日、午前2
時頃東方に「客星」がおうし座の天関星(と
星)付近に現れ、木星のように輝いていた。

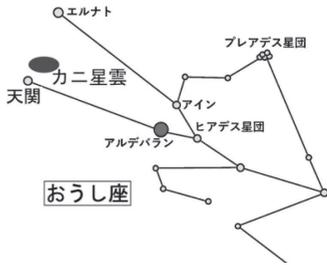


図3：おうし座と客星

昼間でも 23 日間にわたり見ることができ
夜間は約 2 年間も見えていた[2]。

その後、肉眼で見える限界の 6 等級より暗い 8 等級にまで
光度の下がった「客星」は忘れられていきました。

転機は 1600 年代からの望遠鏡観測の普及です。1731 年
イギリス人開業医で天文家のジョン・ベヴィスに「ガス状
の天体」として再発見されます。地球からの距離は 6400
光年。1774 年には、当時の（今も）主だった 110 個の天
体を掲載したメシエカタログの第 1 番目(M1) に記載され



図 5: ロス

ます。1830 年代、望遠鏡の精度はさら
に向上し、アイルランド貴族で天文学
者のウィリアム・パーソンズ(ロス卿)
が 36 インチ(約 91cm)望遠鏡の観測で
繊細なフィラメント構造を見つけ、カ
ニの足を思わせることから「かに星雲」
と名付けました[3]。20 世紀に入ると、
写真観測が開発され、正確な経年変化
を観測できるようになり、この星雲が
膨張していることがわかりました(現在も 1500km/s で膨
張している)。逆算すると 900 年前に爆発した名残らしいと
いうことで、世界中で爆発に関する古記録探しが始まりま
した。そんな折、昭和 9 年(1934)に神戸のアマチュア天文
家、射場保昭氏がアメリカの天文雑誌“Popular
Astronomy”に『日本天文史料』(東京天文台編集)の一部
を“Fragmentary notes on astronomy in Japan(日本天
文史料の一部分)”という題名で寄稿しました。そこに世界中が探し求める
「明月記」の客星⑥の記事が含まれていました。その英文は、“That (nova)
of 1054 appeared in the region of ζ Tauri and was as bright as Jupiter.
(1054 年の新星はおうし座 ζ 星の領域に現れ、木星のように明るく輝い
た)”でした。

この英文記事が西欧の学者たちの一人、東洋学者のドイベンダク氏の目にと
まり、それまでは理論的推論とされていた超新星爆発が実際に起こると
認められたのです。「明月記」の名が世界的に有名になりました[2]。

第二時世界大戦後、「かに星雲」はますます脚光を浴び、天文学=宇宙物
理学を牽引していきます。

まず、宇宙電波の発生原因として重要な「(太陽を除く)宇宙シンクロト
ロン放射」という新分野を切り開きました[3]。シンクロトロン放射は、エ



図 4: メシエ



図 6: かに星雲



図 7: 射場保昭

エネルギーの高い電子が磁場で曲げられたときに出す放射 (= 光) で、大型粒子加速器シンクロトロンで発見されたので、この名前が付けられました。

(1946年、最初のシンクロトロンがバークレー (米) で実証された) [4] そして、1948年「かに星雲」から強い電波放射が観測され、1955年にシンクロトロン放射特有の強い偏波 (波の振動面がそろっていること) が観測され、宇宙シンクロトロン放射が実証されました。その後、さらに大規模なシンクロトロン放射が銀河や電波銀河、活動銀河核で観測されています。シンクロトロン放射は太陽フレアをはじめあらゆる天体に見られる重要な放射過程で、多方面で研究されています [5]。

1967年、天文学の新たな地平が開かれました。ジョスリン・ベル・バーネルによるパルサーの発見です (PRS B 1919+21、こぎつね座、距離 2300 光年、パルス周期 1.3373 秒)。その2年後 1969年に「かに星雲」の中心にもパルサーが発見されます。

「かにパルサー」はパルス周期 0.033 秒 = 1 秒間に 30 回という超高速回転をしていて電波や X 線を出し、

可視光線で星雲全体を照らしています。中心にある中性子星は、直径約 20 km、質量 $2.8 \times 10^{30} \text{kg}$ (太陽の 1.4 倍)、光度 16.5 等級、表面温度 155 万度 [6]。

パルサーの正体が「高速で自転している、中性子星という超高密度の星」だと判明しました。しかも、超新星の名残だということから、中性子星は太陽質量の 8 倍以上重い星がその最後の爆発を起こした際に中心部が圧縮されてできる、ということまで一気に解明され、「中性子星物理学」の扉を開きました。このように「かに星雲」の研究は、従来の光の天文学以外の電波・X 線・ガンマ線天文学等々、次々に新分野確立の立役者になってきました。また、非常に強い安定した X 線を放出しているので、X 線天文学において観測機の評価に使う「標準光源」としても活躍しています。 [3]

しかし、「かに星雲」はまだ謎を秘めています。一つは中心の「かにパルサー」です。天の川銀河には約 2800 個のパルサーがありますが、その中の「かにパルサー」を含む 10 数個に特異な振る舞いが見られるということです。電波パルスがときおり通常の 10~1000 倍まで明るくなる「巨大電波パルス (Giant Radio Pulses ; GRP)」という現象です。国際共同研究グループが組織され GRP の発生メカニズムの解明に取り組まれています [7]。

また、金曜天文講話「超新星観測で迫る大質量星最後の一年」(6月10日、前田啓一氏) では、「かに星雲」を作った超新星は特殊なものではないかと話されました。最近では超新星が多く見つかるが、「かに星雲」と同じタイプの爆発は例がなく、ごく最近 2019 年に出現したものが唯一似ていると



図 8: かに星雲と
かにパルサー

言われていました。その親星は鉄のコアを持つ前段階で、特殊な星周物質をまとった状態で爆発したのではないかと。超新星爆発も水素のスペクトル線が現れる(II型)、現れない(I型)といった単純に分類できるものではなく、様々なケースがあることがわかってきているそうです。解明には、何よりも爆発直後の観測が重要で、木曾観測所のトモエゴゼンと岡山天文台のせいめい望遠鏡との連携がそれを可能にしてくれるとおっしゃっていました。

メシエが第1番(M1)に「かに星雲」を選んだように、昔も今もこれからも、「明月記」は私たちを楽しませてくれそうです。定家さんが残し、射場氏が見つないでくださった幸運に感謝してもし尽くせません。最先端で研究されている方々の今後のさらなる成果に期待しています。

最後になりましたが、この小稿を書くにあたり、「あすとろん」Vol.5(2009.1.)『京都の天文学[4] 藤原定家は、なぜ超新星の記録を残したか』(臼井正氏)とVol.46(2019.3.)『「明月記」が日本天文遺産に』(作花一志氏)を参考にさせていただきました。臼井氏は当時の社会背景や通念、陰陽道との関連を詳しく書かれています。作花氏は「明月記」の3例の超新星をより深く再現図付きで分かりやすく、さらにオーロラ出現記録も紹介されています。「明月記」の天文記録は本当に宝の山!です。

参考文献

- 図1: 「肖像画 6. 藤原定家」国立国会図書館デジタルコレクション
- 図2: 「明月記」第3(コマ番号129) 国書刊行会 1912(明治45年)
国立国会図書館デジタルコレクション
- 図3: TANTANの雑学と哲学の小部屋、「かに星雲」は筆者の加筆
- 図4,5: Wikipedia シャルル・メシエ、ウィリアム・パーソンズ(ロス卿)
- 図6: Wikipedia かに星雲
- 図7: 『明月記と最新宇宙像』京都大学 2014 写真は射場満家氏提供
- 図8: 理化学研究所研究成果 2021.4.9
- [1] 『明月記と最新宇宙像』京都大学 2014 客星記録部分の原本写真掲載
- [2] 『定家「明月記」の天文記録』斎藤国治 慶友社 1999
- [3] ISAS ニュース 2005.6 「超新星残骸 かに星雲」森浩二
- [4] Wikipedia シンクロトロン放射、シンクロトロン
- [5] ISAS ニュース 1997.12 「第12回シンクロトロン放射」楨野文命
- [6] Wikipedia パルサー、かにパルサー
- [7] 理化学研究所研究成果 2021.4.9
「宇宙の灯台「かにパルサー」に隠れていたX線のきらめき」

重力波 わかったこと わからないこと

真貝寿明（大阪工業大学）

アインシュタインによって構築された相対性理論は、量子論と並び、現代物理学を築いた物理学の理論です。一般相対性理論は、重力を時空のゆがみとして説明します。そして、ブラックホールの存在・膨張宇宙・重力波の存在を予言しました。そのいずれにも、アインシュタイン自身が拒否反応を示してしまったのは興味深いエピソードです[1]。

重力波は、時空のゆがみが光速で伝播する現象です。1974年、ハルスとテイラーによる電波望遠鏡での連星中性子星の発見により、重力波の存在が間接的に確かめられました。そして直接観測に向けた機運が高まります。ターゲットとされたのは、連星ブラックホールや連星中性子星の合体現象です。予想される波形は図1のようなものです。

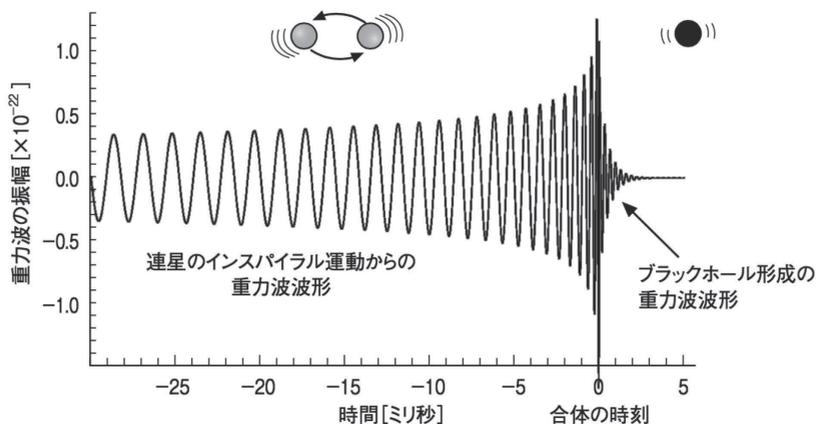


図1 連星中性子星の合体の前後で放出される重力波の波形。合体直前には、だんだんと振幅を大きくしながら、1 kHzに近い周波数にまで上がる。合体後にブラックホールが形成されるとすると、周囲の時空のゆがみはブラックホールに飲み込まれてしまい、重力波は急速に減衰する。この減衰部分が観測されれば、ブラックホールを直接観測したことになる。

巨大なレーザー干渉計の建設が 1990 年代に始まりました。コンピュータのシミュレーションも進み、連星ブラックホールや連星中性子星の合体で生じる重力波の計算もできるようになりました。日本は東京三鷹の国立天文台に TAMA300 を建設し、観測経験を積みました。アメリカは 4km、ヨーロッパは 3km の腕の長さの干渉計を 2000 年代に稼働を始めました。

2015 年 9 月 14 日、アメリカの重力波レーザー干渉計 LIGO の天文台が初めて重力波 (GW150914) を観測しました。13 億光年先での連星ブラックホールの合体現象によって生じた重力波が 0.2 秒間通過したものでした。(図 2)

2017 年 8 月 17 日、LIGO と欧州の Virgo は連星中性子星の合体で生じた重力波 (GW170817) を初めて観測しました。直後から可視光・赤外・ガンマ線・X 線などでのフォローアップ観測が行われ、マルチメッセンジャー天文学がスタートした、と後に表現されるようになりました。重力波源となった天体が特定され、観測から、鉄よりも重い元素合成が進んだことが明らかになりました。

日本は岐阜県神岡に 3km の腕をもつレーザー干渉計 KAGRA (かぐら) [2]の建設を 2011 年に始めます。地面振動を抑えるために岩盤の硬い山の中にトンネルを掘り、熱振動を抑えるためにマイナス 250 度まで鏡を冷やす能力をもった次世代技術をもった観測装置です。KAGRA は 14 の国と地域から 400 人の研究者が集まる国際共同プロジェクトになっています。2020 年 2 月から米欧と共同観測を始めました。残念ながら新型コロナ感染拡大によって米欧は観測を早期中止にしたため、重力波の実検出はおあずけとなりました。2020 年 4 月にドイツ GEO600 と共同観測し、ガンマ線バースト現象がおきた天体までの距離の下限を示す論文を出版しています。LIGO-Virgo-KAGRA のグループの次期共同観測は 2022 年 12 月から開始です。

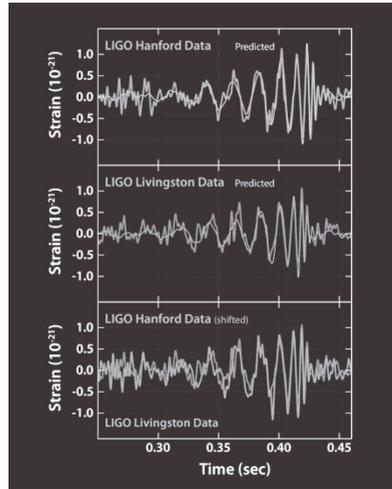


図 2 GW150914 の波形(LIGO の 2 つの干渉計のデータとそれらをかさねあわせたもの)

ブラックホールの未解決問題：ブラックホールの質量分布
この現状をどう説明する？

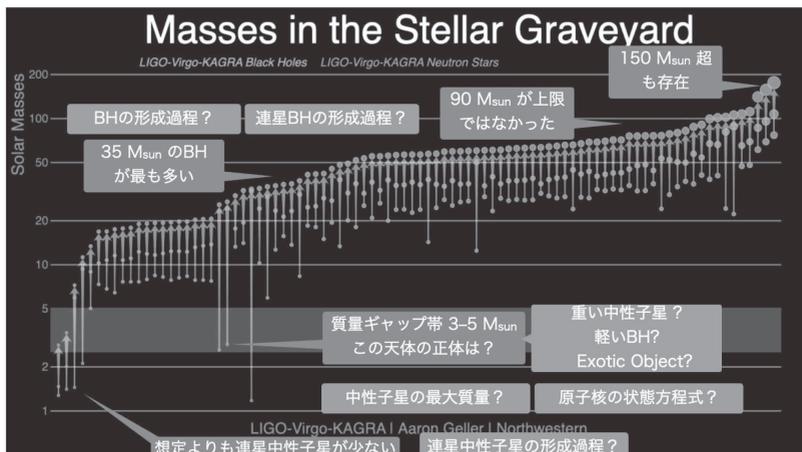


図3 2021年11月に発表された、突発性重力波カタログ3 (GWTC3) に掲載された90個の重力波イベントを波源となった天体の質量順にプロットしたものに、問題点を書き込んだ。縦軸は太陽質量。

これまでに重力波観測は、O1, O2, O3a/b と名付けられた観測が行われ、O3b までに 90 例の観測が報告されています。データは公開され[3]、誰でも再解析できる状態になっています。また、主要な論文には、日本語解説も用意されています[4]ので、ご興味あればご覧ください。丸善発行の理科年表には 2022 年度版から重力波の項が加わりました。

検出された重力波イベントのほとんどは、連星ブラックホールの合体によるものです。最も大きな質量は合体して太陽質量の 150 倍になるもの (GW190521) もあり、恒星質量ブラックホールと超巨大ブラックホールの中間にある中間質量ブラックホールの初観測として注目を集めています。連星中性子星合体は 2 例報告されましたが、いずれも重力波源の特定には至っていません。ブラックホールの質量分布もわかってきましたが、逆に不明な謎もあります。例えば、理論上はあり得ない、太陽質量の 3 倍から 5 倍の質量をもつ天体の存在です。中性子星にしては重すぎ、ブラックホールにしては軽すぎる領域で、この天体の正体が謎になっています。連星の進化やブラックホール起源の研究も盛んに行われるようになってきました。重力波観測は、「観測する」ことが目的だった時代から、「観測データを用いた天文学へ」進展を遂げつつあります。

観測感度を向上させた重力波レーザー干渉計の開発は今後も続きます。ヨーロッパでは、10km の腕を 3 つもつ三角形型の新しい重力波干渉計を地下に建設する Einstein Telescope プロジェクトが始まりました。アメリカも 40km の腕をもつ Cosmic Explorer 計画を進めています。また、宇宙空間での観測を始める LISA 計画もスタートしました。宇宙空間に出ると、地球上では地面振動で観測できない低周波数帯 (mHz—10Hz) の観測が可能になり、大質量ブラックホール合体の観測が可能になります。日本も DECIGO 計画を提案しています。将来は、銀河中心の超巨大ブラックホールの形成過程の解明につながるものと期待されています。

近い将来には、重力波観測が日常行われ、注目すべき連星中性子星合体は、合体前にアラート情報が世界中の天文台に配信されるようになるでしょう。超新星爆発や非球対称パルサーの出す重力波はまだ未検出です。そして、何より、未知の重力波が発見され、天文学が大きく進展する可能性もあります。今後も、重力波の研究報告に注目していただきたいと思います。

参考文献

- [1] 真貝寿明「ブラックホール・膨張宇宙・重力波 一般相対性理論の 100 年と展開」(光文社新書, 2015), 真貝寿明「現代物理学が描く宇宙論」(共立出版, 2018)
- [2] <https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp>
- [3] <https://www.gw-openscience.org>
- [4] <https://www.ligo.org/science/outreach.php>

宇宙天気研究と発展途上国支援

—CHAIN プロジェクトの紹介—

上野 悟（京大飛驒天文台）

はじめに

2022年6月5日の第28回NPO講演会において、標記のテーマでお話をさせて頂きました。この記事ではその内容を改めて簡潔にまとめさせて頂きます。私は普段、岐阜県高山市上宝町にある京大飛驒天文台において、ドームレス太陽望遠鏡を用いた観測研究や院生・ビジターの観測対応、装置開発・保守などを担当していますが、併行して太陽磁場活動望遠鏡（SMART）やフレア監視望遠鏡（FMT）を活用した国際太陽観測ネットワーク事業にも長年携わってきています。普段なかなか一般の皆様にお話しする機会が無いこの事業について、今回紹介させて頂く機会を頂きまして、NPOの皆様にご感謝申し上げます。

宇宙天気について

近年、テレビのニュースやドラマの中にも「宇宙天気」と言う言葉が時折登場するようになり、一昔前に比べれば一般の方々の間にも宇宙天気と言う概念はよく知られるようになってきたと思いますが、改めて簡潔な言葉で表しますと、「宇宙天気とは、地球の自然環境や地球上のテクノロジーに対し影響を与える宇宙空間環境のことを言い、主に太陽活動の地球磁場や大気への作用、宇宙線、惑星間空間の微小天体やゴミなどにより影響を受ける」と言った感じで定義できるかと思います。今回の私の話では、このうち、「太陽活動の地球磁場や大気への作用」による宇宙空間環境変動に関する部分だけに焦点を当てさせて頂きます。

宇宙天気変動を引き起こす太陽活動には、主に以下の4つの要素があると考えます。

1. フィラメント噴出とコロナ質量放出（CME）
2. 太陽高エネルギー粒子
3. 太陽放射（特にUV, EUV, X線）
4. 太陽風

様々な宇宙空間環境の変動を正確に予測するためには、これら4つの要素を全て幅広く観測・研究する必要があります。例えば宇宙天気変動現象の典型的なものの一つであるオーロラは、太陽黒点や太陽フレアの多い時期

に特に多くなると考えている人もいらっしゃるかも知れませんが、実際はそうではなく、毎年ほぼ満遍なく発生しています。オーロラの発生を予測するためには、太陽フレアに伴うフィラメント噴出や CME を観測するだけでは不十分で、太陽風の分布や太陽紫外線放射の時間変動も知る必要があります。この様に、宇宙天気変動を正確に把握することは、1 つの観測所や観測装置のデータだけを使って実現するのは難しく、地球から太陽にまで渡る多種多様で分野横断的な観測・研究を分担・連携して実施する必要があります。

CHAIN プロジェクトの経緯と目的

上記の様な背景の中、私たちの天文台では、太陽活動要素のうち、特にフィラメント噴出と CME、高エネルギー粒子の生成要因でもある衝撃波、太陽紫外線放射変動、と言った対象の観測・推定を担当する国際太陽観測ネットワークを構築する活動を 2005 年から開始しました。このネットワーク構築事業は Continuous H-Alpha Imaging Network (CHAIN) Project と名付けられました。2005 年当初は、このネットワークでは飛騨天文台の SMART 望遠鏡のように、太陽全面を H α 線周辺多波長で撮像できる装置と太陽全面光球磁場を測定できる装置とを併せ持った望遠鏡を所有するような、複数の主に先進国の太陽観測所と連携することが想定されていましたが、翌 2006 年、国連が主導する国際学術プログラム International Heliophysical Year (IHY) 2007 が始動し、CHAIN プロジェクトをこの国際プログラムに参画する日本の一事業として位置付けることになったことから、その方向性が先進国との連携から、発展途上国との連携の重視に修正されることとなりました。

IHY2007 は、宇宙天気研究の促進を通じた発展途上国支援を主たる目的の一つとするプログラムでしたが、国連が「宇宙天気研究」と「発展途上国支援」とを結びつけたことは大変理にかなっています。前述のように、宇宙天気研究のために必要となる観測対象は太陽、惑星間空間から地球磁気圏、超高層大気、地磁気まで幅広い領域に渡り、国際連携に基くグローバルなネットワーク観測や分野横断的連携観測が必須です。一方で、それらの観測は、対象の空間サイズが大きいこともあり、各分野の最先端高分解能観測装置に比べれば、比較的コンパクトで安価な装置で実施できるものが多くあります。さらに、特に 2006 年当時は宇宙天気研究そのものが、宇宙物理学・地球物理学分野において、まだ比較的歴史の浅い学問でもありました。従って、宇宙天気研究は、発展途上国が比較的コンパクトな装置を入手することで国際観測ネットワークおよび国際共同研究に新規に参入し、結果を出しやすい学問分野でもあった訳です。当 CHAIN プロジェ

クトにおいても、当初ネットワークの観測装置候補を含めていた太陽光球全面磁場観測装置はコスト削減のために海外配備装置の対象からは外し、比較的安価な太陽全面 H α 線撮像望遠鏡に限定して、これを発展途上国を中心とした国々に配備することを主軸に事業を進めることになりました。

結果として、CHAIN プロジェクトの目的は以下のようにまとめられます。

- 地球を取り囲む宇宙天気環境変動を太陽活動にまで遡って理解し、予報できるようにするための、太陽活動観測の強化。
- 太陽活動の観測研究を通じた発展途上国を含む国際的な宇宙天気研究の普及、交流、推進。
- 太陽地球間における CME や衝撃波の構造・速度をより正確に把握・予測するため、その源である太陽面上のフィラメントの噴出状態や衝撃波（モートン波）の構造・3次元速度場分布を漏らさず正確にとらえるための太陽全面観測国際ネットワークの形成。
- 継続的に観測・蓄積された太陽全面画像データを、地球大気環境に影響する太陽紫外線の長期変動再現のためにも活用。

CHAIN プロジェクトの太陽望遠鏡と発展途上国への設置支援

前章で、CHAIN プロジェクトで用いる観測装置は「太陽全面 H α 撮像望遠鏡」であると述べました。ただ、ここで重要なのは、単に H α 線の中心波長だけで撮影し続ける望遠鏡では駄目で、H α 線を含む周辺の波長帯を多波長で撮像できる装置になっている、ということです。これにより、太陽表面から噴出するフィラメントや、衝撃波で揺らされる彩層ガスなどのドップラー速度（視線方向速度）が算出できるようになります。さらに、そのドップラー速度と、元々の2次元画像上で対象を追跡することで求められる視線垂直方向速度とを組み合わせると、3次元速度場ベクトルを得ることができます。

飛騨天文台では、1991 年度に建設されたフレア監視望遠鏡（FMT）と 2003 年度に完成した太陽磁場活動望遠鏡（SMART）が、その機能を有します。前者は、異なる波長の光を通す光学フィルタ複数個を、複数の鏡筒に1個ずつ搭載し、それらで同時に太陽を撮影することにより、多波長の太陽全面像を同時に取得できる仕組みです。後者は、鏡筒は1本ですが、透過する波長を迅速に変化させることのできる特殊な光学フィルタを1台搭載することで、波長ごとの画像間に少し時間差は生じますが、任意の波長の組み合わせで多波長太陽全面像を得ることができる仕組みになっています。

CHAIN プロジェクトにおいて、まず日本国内の観測所・観測装置としては、当初からの予定通り、飛騨天文台の SMART 望遠鏡を活用することと

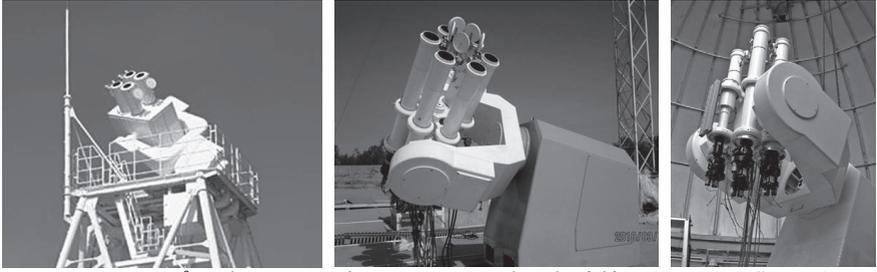


図1 CHAINプロジェクトで稼働中の3つの太陽望遠鏡。左から飛騨天文台のSMART、ペルー国立イカ大学のFMT、キングサウド大学のFMT。

しました。SMARTに搭載している光学フィルタは、2016年に透過波長をシフトさせる仕組みが大幅に改良され、現在では僅か12秒の間に、 $H\alpha$ 線を含む周辺波長帯中の計73波長点での太陽全面像を撮影・保存することが可能となっています。

一方、CHAINプロジェクトの海外第一号望遠鏡は、前述のFMT望遠鏡を飛騨天文台から移設して活用することになりました。2006年末頃には、その設置先は、南米ペルーの国立イカ大学内とすることが決まりました。その理由としては、まず、ペルーは日本とは時差が14時間あり、日本の夜間の大部分をカバーできること。次にペルーには京大OBでもある故石塚睦さんが1957年以来長年に渡り、太陽物理学や天文学の研究・教育普及を続けておられ、国立イカ大学内に、「イカ太陽ステーション」と呼ばれる太陽観測施設用の敷地を確保されていたこと。そして、当時治安も安定し始め、高等教育の発展への機運も高まってきていた発展途上国ペルーにおいて、当プロジェクトは宇宙科学の教育・研究の発展に大きく貢献できるものと考えられること、などがあげられます。2009年11月に解体された飛騨天文台のFMTは、船便で輸送され、2010年3月にペルー国立イカ大学のイカ太陽ステーション内に設置され、太陽の定常観測を開始しました。

海外第二号望遠鏡については、もう日本から移設できる既存の望遠鏡は無いため新規に製作する必要があり、主にその資金獲得の面から数年間苦慮することになりましたが、2011年、サウジアラビアのキングサウド大学が、彼ら自身の大学の予算でFMT望遠鏡を建設し、CHAINプロジェクトに参画する計画を立ち上げて頂けることになりました。キングサウド大学は、物理学天文学科の屋上に天体ドームを2つ有し、その一つの中には白色光で太陽観測するための望遠鏡が稼働しており、もう一方には夜間天体観測用の望遠鏡が設置されていました。しかし首都リヤドでの夜間天体観測は光害のため年々困難となってきたため、彼らは夜間用望遠鏡

の方を FMT 望遠鏡に置き換え、もう一つの太陽望遠鏡と併せて活用することで、今後太陽活動と宇宙天気の観測研究に重点を置くことを決めたと言う訳です。その後日本の望遠鏡製作会社により新 FMT 望遠鏡が製作され、2014 年と 2015 年の 2 回に渡って我々の立ち会いのもと現地設置・調整作業が行なわれた後、2015 年 10 月から太陽の定常観測が開始されています。

このようにして日本、ペルー、サウジアラビアの 3 観測所が揃ったことにより(図 1)、天候さえ良ければ、24 時間、常にどこかの観測所の望遠鏡が太陽を監視できる状態になりました。(サウジアラビアは丁度日本の日没とペルーの日の出との間の隙間時間を埋めてくれる経度に位置します。)

ただ、ペルーとサウジアラビアの FMT には、飛騨天文台の SMART に比べて弱点があります。前述のように、太陽を撮影できる波長点数は、光学フィルタや鏡筒の個数によって決まりますので、簡単に増やすことができず、噴出ガスの速度がある程度以上大きくなると、観測している波長範囲を超えてしまい、追跡できなくなるのです。この弱点を補うために、現在、特にペルーにおいて、イカ大学に既存の太陽分光器を利用した 2 次元分光観測装置(スペクトロヘリオグラフ)の開発も行なっています。これが完成すれば、SMART 望遠鏡で検出できる最高速以上の速い噴出現象も原理上は検出できるようになります。実はサウジアラビアにも既存の太陽分光器があるのですが、分光器に太陽光を導入する装置(ヘリオスタット)が故障中のため、今後それが改修された後、同様の 2 次元分光観測装置の実験・開発を行ないたいと考えています。このように、現在も観測装置面でのこれら 2 つの発展途上国への支援は継続中です。

一方、2006 年以降、アルジェリア、メキシコ、インド、マレーシア、パキスタン、インドネシアなど、複数の発展途上国の研究・教育機関から CHAIN プロジェクトに参加したいとのオファーを頂くことができました。ただ、前述のように、主に新望遠鏡を作るための資金調達面での困難さが原因で、残念ながら未だ海外第三号望遠鏡をそれらの何れかの国に設置する計画は具体化できておりません。

CHAIN プロジェクトを通じた学術的発展途上国支援

発展途上国支援においては、一般的によく言われるように、建物を建設したり物を提供したりするだけでは、なかなか後が続きませんし、真の発展には繋がりにくいケースが多々あります。併行して、人を育てる支援が重要となります。CHAIN プロジェクトにおいても、特にペルーやサウジアラビアにおいて、この約 15 年間、人に対する以下のような様々な学術的支援を行なってきました。

- ・ 講演会：太陽物理学や宇宙天気研究に関する講演会をペルー、サウジ

アラビア、アルジェリアにて複数回実施

- ・技術講習会：望遠鏡やデータ取得装置などの仕組み、構造、操作法、メンテナンスの方法、データの整備方法などといった技術的な部分に焦点を当てた講習会をペルーの学生や若手研究者を対象に、日本やペルーにて開催。
- ・科学教育：ペルーには太陽物理学や宇宙天気研究を専門とした研究者がおらず（故石塚睦さんを除き）、サウジアラビアには宇宙天気研究を専門とした研究者がいないことから、それを補うためにある程度まとまった期間、両国に人を派遣して科学的内容を伝授する講義や演習などを実施。
- ・データ解析ワークショップ：実際に CHAIN の太陽望遠鏡で得られたデータを用いて、最終的に論文にまとめて学術誌に発表することを目標としたデータ解析や議論を行なう会を過去 5 回、ペルーや日本において開催。ペルー、サウジアラビアの研究者に限らず日本の大学院生や他の国籍の研究員なども参加。

これらの支援のひとつの結果として、特にペルーでは 2009 年頃から講習会やワークショップに参加してきた若手研究者の一人が大使館推薦の国費留学の資格を得て 2016 年から京都大学に留学し、2019 年度末に博士号を取得（太陽物理学分野では、初のペルー人博士）、2020 年度から飛騨天文台の研究員として勤めるまでに成長しました。今後研究員の任期を終えた後はペルーの教育研究機関に就職して、ペルー国内で太陽物理学・宇宙天気研究グループを育成・リードして行ってもらえるものと期待しています。

また、これらデータ解析ワークショップなどの効果により、太陽からの噴出現象の 3 次元速度場測定を用いた研究としては、フィラメント噴出に関する事例研究の論文 (Seki et al. 2018, Seki et al. 2021, Gutierrez et al. 2021) やフィラメント噴出と CME との関係についての統計的研究の論文 (Seki et al. 2019, Seki et al. 2021) が、太陽の爆発現象に伴う衝撃波の検出に関する研究としては、衝撃波の特徴に関する事例研究の論文 (Asai et al. 2012, Shen et al. 2014, Cabezas et al. 2017, Cabezas et al. 2019) や衝撃波の生成・伝播に関する統計的研究の論文 (Zhang et al. 2011) が、これまで各種学術誌から出版されてきています。

ただ、新型コロナウイルスの大流行のため、2019 年 2 月に第 5 回のデータ解析ワークショップを開催してからは、この 3 年余りの間、ワークショップを開催することができていません。今年度は少なくともオンラインで第 6 回ワークショップを開催し、この間に共同研究者らが各自で進めてきた研究を論文に結実できるよう、サポートを再開したいと考えています。

第 28 回講演会

上善恒雄 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

第 28 回講演会が 6 月 5 日に ZOOM 上で開催されました。今回は大阪工業大学の真貝寿明先生と京大飛騨天文台の上野悟先生からご講演を頂きました。

重力波観測からわかったことわからないこと

最初にご講演を頂いた真貝先生は日本の重力波プロジェクト KAGRA の研究代表を 4 年間務められ、数学・物理学などの多数の著書があります。真貝先生には別記事に詳しい解説を頂いていますので、本稿では質疑応答のみ記録しておきます。司会は作花先生でした。

Q: 重力波って沢山見つかっているのですね。

A: 90 個あります。我々とっても忙しいです。もはやブラックホール連星は普通にあることがわかりました。

Q: 連星中性子星合体の際にカムイオカンデでニュートリノも観測されたのでしょうか。

A: ニュートリノが観測されるのは我々の銀河の中だけなので、遠かったこともあって観測されなかったようです。

Q: 将来スーパーカムイオカンデでニュートリノと一緒に観測されることもあるのでしょうか。

A: 我々の銀河の中で超新星爆発によって発生すれば神岡の場所でニュートリノと重力波の両方が観測できると期待しています。ベテルギウスの爆発が観測できたら嬉しいです。

Q: 干渉計内で 300 回の反射をどうやってカウントするのでしょうか。

A: カウントしているのではなく、装置設計でレンズの曲がり角度で 300 回連続したら抜けるような構造になっていると認識している。また、説明の時には鏡が揺れて波が干渉するような説明をしているが実際は鏡が揺れないように制御する。その際の電力を使って巧妙にセンシングしている。

Q: M87 と SgrA* で同じ色のブラックホールの写真に色がついていますが着色などのルールがあるのでしょうか。

A: 電波の強さを表現しているだけです。色ではありません。

Q: 超新星爆発の重力波は連星合体とどのように違いますか。

A: 連星合体については波形が予測できるので判別ができるが、超新星爆発

はどのような波形かの予想が難しいため観測も困難になる。超新星爆発の 1 秒間のシミュレーションをパソコンでやっても 3,4 ヶ月かかります。

Q: レーザー干渉計の 300 回往復について。

A: LIGO も同じで、200 から 400Hz ぐらいの重力波を見つけようとする、750km 程度のアームが良くて、同じ程度のもを狙っている。連星中性子星や連星ブラックホールの合体に特化して設計しているので、もっと巨大なブラックホールを対象とすると周波数帯を低くして、装置を宇宙に持っていく必要もある。eLISA では 250 万 km のアームを想定している。対象とする重力波源によって設計を変えている。

Q: ブラックホールを作る星の質量上限が太陽の 90 倍について。

A: 連星が合体するのに非常に時間がかかるので、138 億年では時間が無くて合体では太陽の 30 倍程度までしか大きくなれないという説や、銀河の中心には重い星があって次々ぶつかるから大丈夫だとか、連星を作る星の上限というのは様々な説がある。その中で 90 倍が上限であるということがデータによって否定されたというだけのことです。

Q: 重力波は等方的に出るのですか。指向性があるのですか。

A: 指向性があります。四重極公式にしたがっていますから出る方向が決まっていて、水平面状に横から見ているのが一番強く見える。加速度運動によって生じるので前とか後ろに波がきます。inclination と言ってどっち向きの角度かも検出すべきパラメータになっている。

Q: キャッチできている以外にも沢山重力波が来ているのですね。

A: 観測していない期間も含めて、逃してしまっている重力波も沢山あると思う。装置が良くなってくると 1 日にいくつも見つかるようになると思う。

Q: 偏波の観測は鍵になりますか。

A: 偏波の伸び縮みする方向でプラスモードとクロスモードと呼んでいるが、3 台の干渉計だけでは偏波情報が取り出すことができない。KAGRA が入って 4 台体制になるとどっち向きの波が来たかがわかるので、偏波モードがいくつあるのかが注目される問題になってくる。一般相対性理論を検証するにもこれから 2,3 年の間に成果が出てくると思う。

Q: 今日のスライド資料の場所を教えてください。

A: <http://www.oit.ac.jp/is/shinkai/> からお探しくください。

アンケートのコメント

- 前に重力波は歌うという本をよみましたが、それを今、まのあたりに聴いているのだと、感激しました。
- 日常の生活からややかけ離れた広大な宇宙のロマンを満喫しました。
- わからないことも明らかにしてもらえて大変興味深く聞かせていただけました。

- 地球の反対側から来る重力波も同じように反応するのか。観測装置はどこに設置されていても地球全体が重力波で揺れるので同じことなのか。
- 細かく誰にでも分かるような講演でした。
- わからないことがたくさんあるし研究し甲斐があると思いました。また KAGRA の 12 月からの 4 期目の活動がとても期待です。
- まだこれからの観測方法で宇宙にまで広げて観測できる等、どんどん伸びていきそうで楽しみなお話でした。

宇宙天気研究と発展途上国支援～CHAIN プロジェクトの紹介～

上野先生は太陽研究の第一人者であり京都大学飛騨天文台で太陽観測装置の開発にも携わっておられ、国際太陽観測プロジェクトの CHAIN を担当されている。上野先生もご講演内容について詳しく解説を頂いていますので、質疑応答のみまとめておきます。司会は柴田先生でした。

Q: FMT 望遠鏡で 400km/s のガス噴出検出に対応するために、フィルタだけで 2000 万円ということだが、分光器にすることでどのくらいのコストにできるのか。

A: 色々揃っているのでスキャンする機構など足りない部分だけなら 100 万円ぐらいあればよい。カメラを含めて 150 万円ぐらいで実現できる。

Q: 地球大気の乱れの影響はどの程度ですか。

A: 大きなフィラメントが対象ですから、カメラの分解能と同程度の影響なので気にしないで良いぐらいです。

Q: ヘリオスタットとシーロスタットの違いを教えてください。

A: 良く似た構造ですが回転軸の仕組みが異なります。

Q: 磁場はどのように観測するのですか。

A: SMART 望遠鏡では偏光を変える仕組みで観測する。円偏光だと地球方向、直線偏光だと垂直方向の磁場が強い。そこから磁場を算出できる。

Q: ペルーでは研究が進んでいるがサウジアラビアはどうですか。

A: COVID19 で遅延しているが観測条件もよいのでデータは取れている。観測波長の面でも有利なので、これから進めて行きたい。

司会: 研究交流が平和の基礎にもなるのでこれからも頑張ってもらいたい。

アンケートのコメントから抜粋

- とても平和な活動だと思いました。こういう活動などで今おこなっている戦争などがいかにナンセンスなことだときづければいいのにおもいます。
- 京大発ユニークでグローバルなご活躍に頭が下がります。
- 発展途上国支援の意義についてはもう少し聞いてみたかったが、あまり科学から離れてもよくない気もするので、このくらいのバランスで良かったようにも思います。
- 宇宙天気研究は日常生活には何も面白くないですが、突然地球全体に影響する事態が観測されたら世界が震え上がるでしょうね。
- 太陽が氷河期に入ったことの説明が欲しかった。

- 2つの国によるプロジェクトが順調に進んでいくことを期待します。研究交流が若い人たちにもつながっていく期待が持てました。活動がんばってください。



全体を通してのご感想から抜粋

- 頭を柔軟にして宇宙の秘密や自分や生命など「なんだろう」という「はてな」に少しでも近づきたいという心でたのしんでいます。いずれ孫らにきかせられたらいいな！
- 大変おもしろかったです。
- 私は2回目ですが、教室へ足を運ばなくても良いし、教室での講演会よりリラックスして聞けるし、資料も有るし便利です。
- 日常的に不思議と思われる人々の疑問をテーマにしたらもっと参加者は増えるでしょう。例えば、月が毎年僅か数センチ地球から離れて行くが、月はどこへ行くのか、海の潮はどうなるのか、人類は氷河期を乗り越えられるのか、など。
- 比較的わかりやすく講演されていて非常に良かったです。
- 初めて参加しました。こんな普通に専門の講師の方から講義を受けられるのはすばらしいと思いました。次回も是非参加したいです、またよろしくお願いします。
- 花山天文台、飛騨天文台、岡山天文台の観測を頑張っていたら、次回の講演会を楽しみにしております。貴重なお話をありがとうございました。
- 2つの講演とも現在宇宙研究の進展の速さに驚くばかりです。ジャンルは違っても、宇宙に関しては国際協力が不可欠だと強く感じました。
- 自宅から講演を聞けたので便利でした。
- 参加していて途中で飽きたりするようなことがないので、各講演や休憩などの時間配分はかなり絶妙だと思います。
- スピーカーの確認をするために開始前に音楽をならしていただければと思いました。
- 天体や重力だけでなく素粒子原子核に関係した話題も聴きたくなった
- スライドを出来るだけシンプルにして頂けるとフォローしやすいと思いました。
- 次回も是非参加したいです。
- 内容が最先端のお話で難しすぎて理解に骨がおります。もっとやさしい天体や宇宙の内容で、人に説明できるようにできたらいいと思いました。

次回は2022年12月4日に第29回講演会を予定しています。お楽しみに。

2020.5.11～2021.12.14(38 frames)

金星画像から見かけの軌道図を作図する

山村秀人 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

1. はじめに

中学校理科や高校地学の教科書には、内惑星の軌道と満ち欠けを説明する図が必ずと言っていいほど出てきます。そこには地球から見た金星軌道と太陽、金星、地球との位置関係を示す内合、外合、東方・西方最大離角や、金星の見かけの大きさの変化と満ち欠けの様子が示されています。

小中学校の理科の学習指導要領では、小学校 4 年生で「月の形と位置の変化」、6 年生で「月の位置や形と太陽の位置」を扱い、中学校 3 年生で「日周運動、公転運動と地球の自転、公転」「月や金星の運動と見え方」について学習することになっています。実際の天体の観察やパソコンによる天体シミュレーションソフトなどを使って学習しても、子どもたちにとってはなかなか難しい学習テーマです。

これらの学習が特に難しいのは、同じように金星を見るといっても「地上から宵の明星・明けの明星として見る」、「公転する地球から太陽を挟んで順行・逆行を繰り返す金星を見る」、「太陽系の外から太陽の周りを回る金星と地球を見る」など「視点の移動」が必要なことが原因といわれています。

そこで、これらの「視点の移動」を盛り込んで、より実物に近い物を扱う学習を目指して、金星の画像から金星の見かけの軌道を作図する実習教材を作成することにしました。この教材を使った実習授業を大学の文系学部の小中学校理科教員志望者が多い「地学実験」の講座で実施しました。

2. 金星画像の撮影

2020 年の内合前の 5 月 11 日から次の内合前の 2021 年 12 月 14 日までの 582 日間、ほぼ 1 会合周期 (584 日) の期間、内合付近は数日おき、外合付近は数 10 日おきに、38 日分の金星画像を得ました。撮影には 13cm 屈折望遠鏡 ($f=1000$ mm) に 1.6×エクステンダーを経由 (合成焦点距離 $f=1600$ mm) して、直焦点に CMOS カメラ (ZWOASI244MC) を付けて、30 秒間の動画撮影を行いました。撮影はできるだけ、金星が南中に近い時間帯に行いましたが、特に冬の時期は気流の状態が悪く、動画では金星の縁がグ

ダグダの時もありました。

静止画への処理は `AutoStakkert.exe` でスタッキング処理をしました。このソフトは動画で撮影した数千枚の画像から、状態の良い画像を選んで、必要な分だけ画像を重ねて 1 枚の画像にしてくれます。実際の処理では、

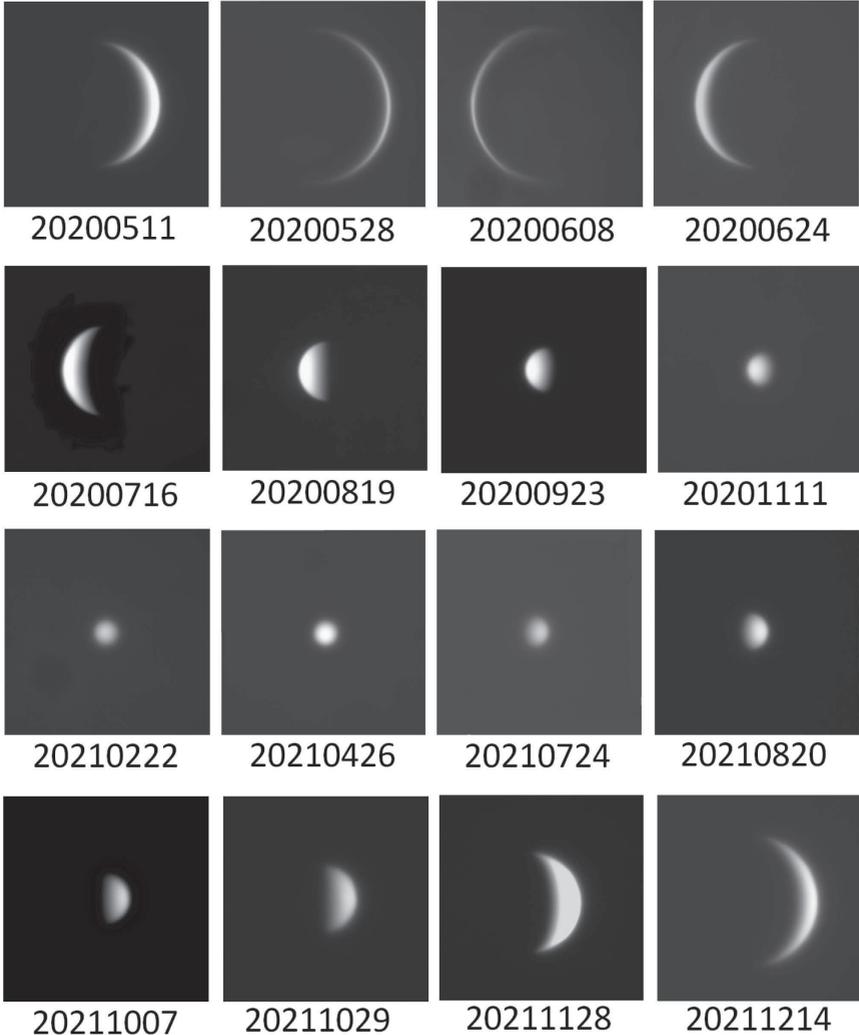


図 1. 金星画像 (2020. 5. 11~2021. 12. 14, 16/38frames 撮影 : 山村秀人)

金星画像から見かけの軌道図を作図する

動画撮影した画像の数~10 数%の画像を重ねていました。そのうち、適当な間隔で画質の良い 20 枚の画像を選んで金星軌道の作図に使用しました。

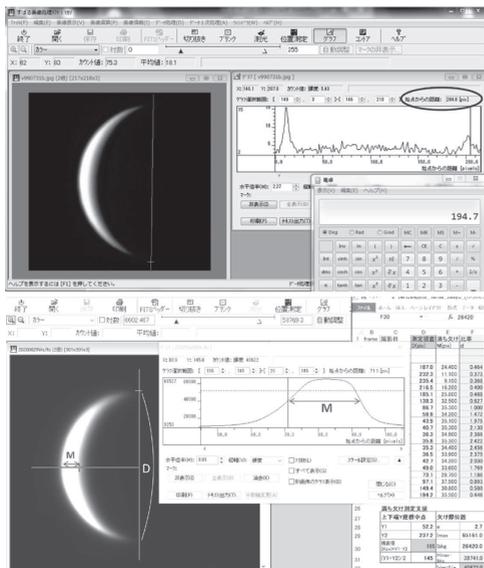


図 2. マカリによる、金星の視直径と日照部の幅の測定

光に照らされている部分の幅 (図 2 下の M) を測定して、直径との比率を求めました。

一方、金星が見える方向は太陽を基準に黄道面上で金星との離角で決まります。これと地球・金星の距離を使って、地球から見た金星の位置を決めることができます。前提として、金星と地球の軌道はほぼ円軌道 (軌道の離心率、金星 0.0068、地球 0.0167) です。金星の軌道傾斜角は 3.395° で地球以外の 7 惑星の中では水星に次いで比較的大きい値ですが、黄道面 (地球軌道面) 上での作図で、距離の有効数字は 2~3 桁確保できます。

画像撮影日の黄道上での金星と太陽の離角を知る方法には種々あります。

3. 視直径の測定と金星と太陽の離角

直近の内惑星である金星は視直径が大きく変化し、地球から見た金星までの距離は視直径に逆比例しています。そこで一定の光学系で撮影した金星画像の視直径を測定すれば撮影時の地球・金星間の距離の比を求めることができます。

金星画像の視直径の測定には FITS 画像処理ソフト、マカリ*1 (Makali.exe) のグラフ機能を使い、金星画像の南北の直径を Pix 単位で測定 (図 2 上、下図の D) しました。合わせて、満ち欠けの様子を表示するために、南北方向と垂直 (東西方向) に太陽



図 3. 国立天文台 HP、歴計算室、歴象年表

簡易的な観測による方法であれば、日の出または日没の時に、太陽から金星までの角度を測定すればよく、明るい空で金星を探すためには双眼鏡などがあれば可能です。さらに、正確に離角を観測するには、少し古いですが六分儀などを用いれば可能です。「天体位置表」を用いる方法もありますが、ここでは簡単に国立天文台の暦計算室のホームページの中の「暦象年表」*2 で撮影日の太陽と金星の地心視黄経（黄道面上で瞬時の春分点から

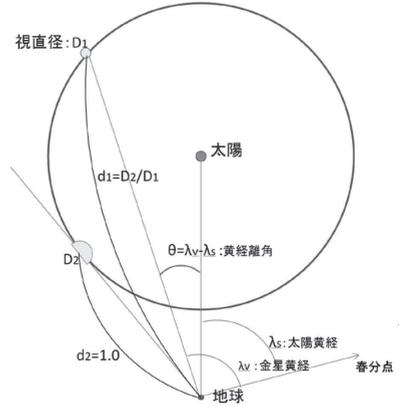


図 4. 見かけの金星軌道作図の原理

ら天体までの角度：図 4 の λ_s , λ_v の値を表示してくれます。この太陽と金星の黄経差（図 4 の $\theta = \lambda_v - \lambda_s$ ）が太陽と金星の黄経離角になります。

4. 見かけの軌道の自動作図

撮影画像の金星の視直径（Pix 単位）（D）、撮影日の金星と太陽の視黄経（ λ_v , λ_s ）を使って、地球から見た金星の見かけの軌道を作図するための自動計算表を Excel で作成しました。

東方最大離角に近い金星の位置の視直径 D_2 を基準に、距離を $d_1 = D_2 / D_1$ 、金星と太陽の黄経離角 $\theta = (\lambda_v - \lambda_s)$ を使い、金星の位置を XY 座標のグラフにプロットします。

$X_n = d_n \sin \theta_n$ $Y_n = d_n \cos \theta_n$ ($1 \leq n \leq 20$, 地球の位置 $X=0$, $Y=0$)
測定した 20 画像の金星の位置はほぼ円状に並びます。これらの点が円軌道に乗るものとして最小二乗法で円の半径 r と中心の位置 (a , b) を求めます。改めて、上の金星の位置を示した XY 座標のグラフ上に、

$$X = r \cdot \cos \phi + a, Y = r \cdot \sin \phi + b \quad (0 \leq \phi \leq 2\pi) \quad \text{で円を描きます。}$$

太陽・地球間の距離を 1 天文単位 (AU) のグラフにするために、金星の距離の基準とした東方最大離角に近い d_1 の距離で割って

$$X_n = d_n \sin \theta_n / d_1 \quad Y_n = d_n \cos \theta_n / d_1$$

金星の見かけの軌道図（図 5）の金星の位置と円軌道の部分が完成します。

5. 満ち欠けの状態を自動作図

視直径の変化や満ち欠けの状態は撮影された金星画像を見れば一目瞭然ですが、あえて、金星画像の日照部の幅 M を測定することで、満ち欠けの

金星画像から見かけの軌道図を作図する

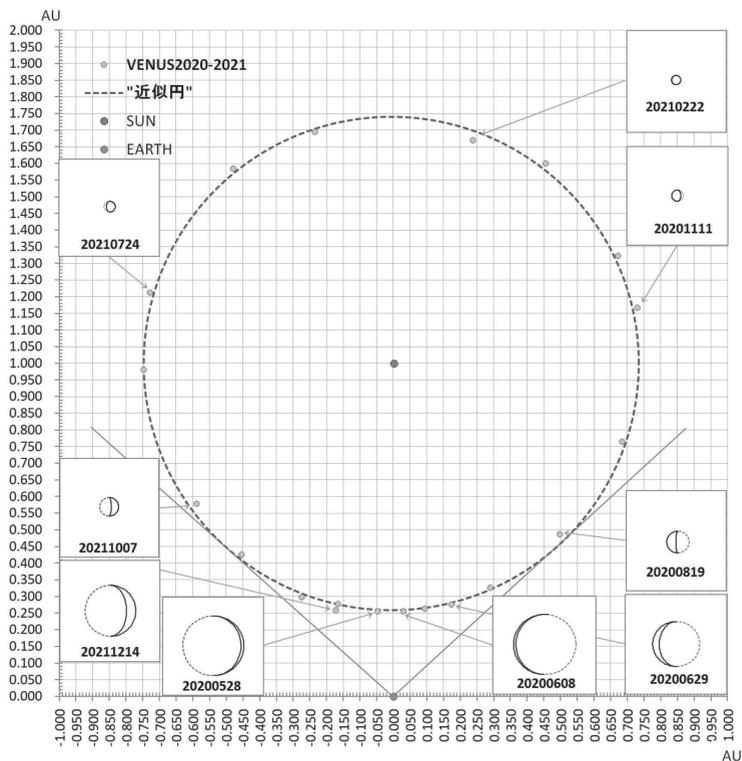


図5. 撮影日の金星の位置、見かけの大きさや形の変化と近似円軌道

状態と視直径 D の変化、見かけの軌道上の位置との関係について認識を深められるように工夫をしました。視直径 D と日照部の幅 M を使って撮影時の金星の見かけの大きさや形の変化を示す図（グラフ；図6）を作成して軌道図に入れました。

6. 手作業による軌道作図

1 会合周期の 20 画像の視直径 $D(\text{pix})$ と日照部の幅 $M(\text{pix})$ を測定して、見かけの軌道を作図する計算表(Excel)に、測定値を入力することで図5が自動で出来上がってしまいます。実際の実習授業では、より金星の動きの理解を深めるために、軌道図(図5)を完成させることに続いて、手書きで軌道図を作図する作業を付け加えました。

金星画像の視直径を測定して得た距離の比率から、A4 グラフ用紙に収まるように太陽地球間の距離(1AU)を決めて、図4のように各撮影日の地心距離 d と太陽を基準にした黄経離角 θ を基に、分度器と物差しを使って、金星の

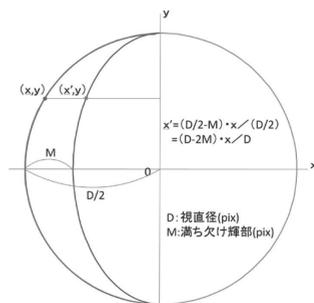


図6. 満ち欠けラインの作図

位置を作図で求めます。ほぼ円状に並ぶ金星の位置が乗るように近似的な円をコンパスで描きます(図 7)。このようにして作図した見かけの軌道の半径を求めると、0.729 天文単位(AU)となり、実際の平均距離 $a=0.723\text{AU}$ に近い値になりました。

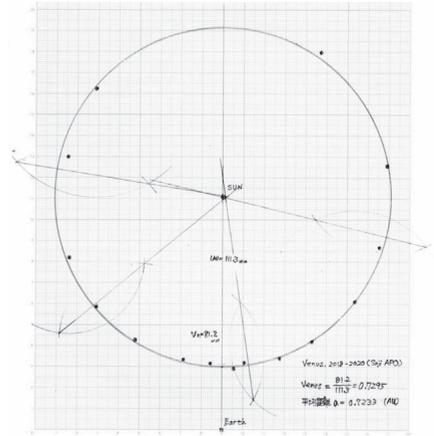


図 7. A4 グラフ用紙に手書きで作図した軌道図 (学生作図、使用画像：さじアストロパーク撮影)

7. 終わりに

このような実習授業 (90 分×2 時限) を実施したあと、受講者に簡単なアンケート (n=23 人、受講生 30 人) を実施して図 8 のような評価を得ました。特に「地球から見た金星の動きや見え方」についてもよく理解が進んでいることを示しています。この教材は金星画像を紙に大きくプリントして物差しで測定する

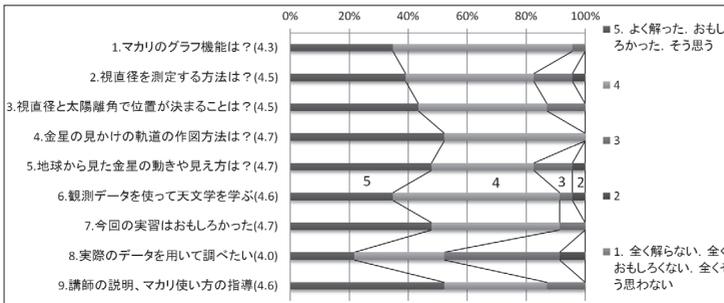


図 8. 実習後のアンケートの結果

方法でも実施することができます。この実習教材を作成するにあたり、当初はさじアストロパークの綾部さんが撮

影された金星画像 (2018~2020 年) を使用させていただきました。厚くお礼を申し上げます。この教材には、中高生対象の指導者用の解説書も作成して、別途公開していきたいと準備しています。

<参考文献>

- *1 すばる画像解析ソフト Makali'i - 配布サイト
<https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html> ja
- *2 国立天文台暦計算室 暦象年表
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/cande/>

花山天文台今昔【13】花山天文臺日誌（2）

黒河宏企（NPO 法人花山星空ネットワーク）

花山天文台の創立は1929年ですから今から93年前となります。当時活躍された皆さんは既に他界されて直接お話を聞くことは出来ませんが、宮本正太郎先生が保管されていた花山天文臺日誌から、当初どのような方々が花山天文台に出入りして、どのような活動をされていたのかを知ることができます。

宮本先生が保管されていたのは3号から17号までで、1～2号はなく、4号と8号も欠けていますが、全13冊の中に1931年10月1日から1942年4月30日までの11年間にわたる記録が残されています。

前回紹介した3号は、昭和6年（1931年）10月1日から12月29日までの記録ですが、4号が無いので、5号は1年飛んで昭和8年（1933年）1月4日から8月11日までの記録となっています。

3号は横書きでしたが、5号は縦書きです。また字体も違うので、記録担当者が変わっていることは明らかですが、記録者の署名がどこにも無いので、誰から誰に変わったのかは定かではありません。ただ、担当者ご自身のことを書いているのだなと思われる記述が時々見られるので、その日の出勤名簿から推定して、3号は森川光郎助手（後に滋賀大学教授）、5号からは稲葉通義助手（後に宮崎大学教授）によって書かれていることはほぼ間違いないと思われます。

さて、この5号の中には若かりし頃の宮本先生が度々登場しますので、今回はそれらを拾い出して紹介したいと思います。

（イ） 宮本先生花山天文台デビュー

次頁の図1（左）に掲げているのは、5号の最初のページで、昭和8年1月4日の記事です。「人事」として人の往来が記されていますが、「昼」に出勤していた人々の最後に「宮本」の名前があります。また、「記事」の3行目には、「宮本君八日又ハ七日ニ下山帰校ノ筈」と書かれています。

この宮本君は、宮本先生のことです。既に高校生の頃から花山天文台にデビューされていたのです。

宮本先生は後に、「花山天文台50年」（天文ガイド1980年2月号掲載）と題した文章を書いておられ、その中には、「私が初めて天文台を訪ねたのは高校生のと看で、山本先生のお許しを得て、冬休みの2週間を天文台にとめて

いただきました。」との記述がありますので、以下の天文臺日誌の記事がまさにこれを裏付けていることが判ります。

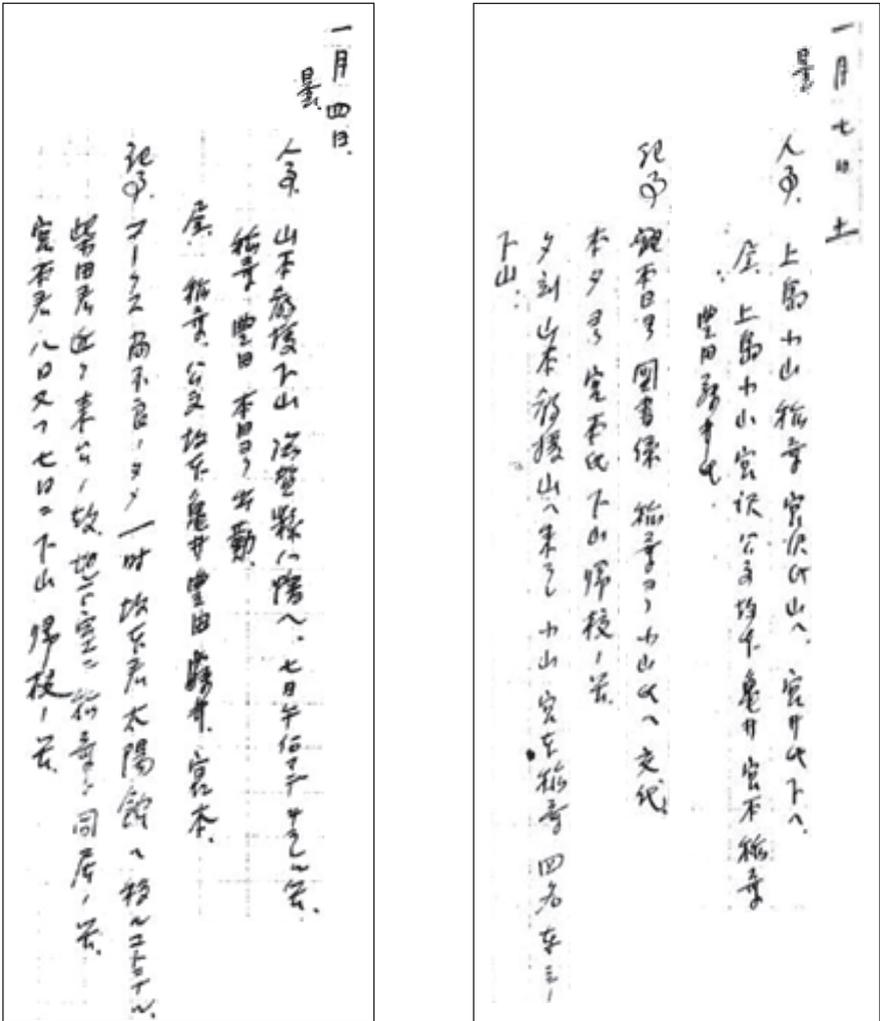
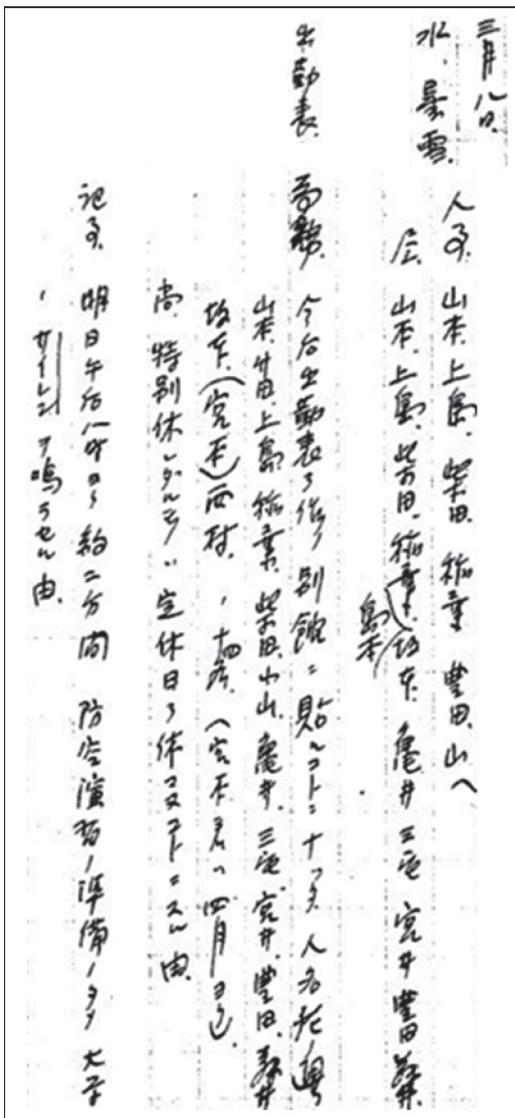


図1：花山天文臺日誌第5号 昭和8年1月4日（左）と 1月7日（右）の記事（右）の一月七日の「記事」には、「本夕ヨリ宮本氏下山帰校ノ筈」とあり、「夕刻山本教授山へ来ラレ 小山 宮本 稲葉四名車ニテ下山」と書かれています。山本教授がわざわざ宮本先生の下山に合わせて天文台に来られたようにも読み取れます。

既に高校生の頃から山本一清台長のお許しを得て、花山天文台で観測されていたとは驚きですが、余程山本台長から将来を囑望されていたのでしょう。



また、この2か月後の「3月8日・水・曇雪」の記事(図2)の中にも「宮本君」の名前が出てきます。

この日の「人事」には「山本、上島、柴田、稲葉、豊田、山へ」と5名の名前あり、「昼」には11名の名前が記されていますので、6名が前夜から天文台に泊まっていたものと思われる。

さて、「出勤表 事務」の下には、「今后出勤表ヲ作り別館ニ貼ルコトニナッタ 人名左ノ通り 山本、竹田、上島、稲葉、柴田、小山、亀井、三宅、宮井、豊田、藤井、坂下、(宮本)西村 ノ 十四名 (宮本君ハ四月ヨリ)・・・」と書かれていますので、宮本先生は、既に大学入学前から台員の一人として認められていたことが判ります。

ところで、この出勤表の最後に西村という名がありますが、この方は後に西村製作所社長として望遠鏡製作を始められた西村繁次郎さんのことです。「昔は副手として天文台に出入りしていた」という話を聞いてはいましたが、丁度宮本先生と同じ頃に入られたということは新たな発見です

図2：1933年3月8日の日誌。出勤表作成の記事

ので、このことについては次回改めて詳しく紹介したいと思います。

四月五日
 星水
 山本 祐吉
 山本 祐吉 改定 宮本 君 皇中 三宅 宮本 大田 豊田 孫
 宮本 君 本日 山へ来ル 無線室 隣へ 寝台ヲ入ル
 却心トス

図3 (左) : 4月5日

四月十一日
 大
 宇宙物理学 新入生 四名 (宮本君ヲ含ム) 台長ニ 拝シテ
 台日参観

(右) : 4月11日

また、この日の日誌の最後にはもう一つ注目すべき「記事」が書かれています。「明日午後八時ヨリ約二分間 防空演習ノ準備ノため 大学ノサイレンヲ鳴ラセル由」というものです。1931年9月に発生した満州事変から1932年3月の満州国建設と続く関東軍の勢い(暴走)を国内世論も後押しして、戦時体制の準備が行なわれていたことを示す記事です。この後すぐの1933年3月27日には日本は国際連盟から脱退して、日中戦争、太平洋戦争へと突き進むことになる節目の時期の一コマをこの日の日誌から窺い知ることができるのです。

さて、前ページ図2の3月8日の記事に、「(宮本君ハ四月ヨリ)」と予告されていた通り、図3(左)の4月5日の記事には、

「宮本君本日ヨリ山へ来ル 無線室隣へ寝台ヲ入レテ部屋トス」と書かれており、図3(右)の4月11日には、

「宇宙物理学新入生4名(宮本君ヲ含ム) 台長ニ 拝シテ

台内参観」とありますので、宮本先生は京大入学と共に花山天文台に部屋をもらって泊まり込んでおられたことが判ります。

実際、前出の「花山天文台50年」（花山天文台70周年記念誌参照）の中にも「昭和8年大学に入学し、天文台にとめてもらい夜は星をのぞき、夜が明けると山を下りて大学に講義をききにゆきました」と回想しておられます。

花山天文台から宇宙物理学教室まで、岡崎から吉田を通るのが最も近いと思いますが、それでも約6kmで、下りだと急げば1時間強でしょうが、上りはやはり1時間30分位だと思います。

それでも当時の方々にとっては、これくらい歩くのは平気だったのでしょう。

（ロ）宮本先生花山天文台で負傷入院

こうして、高校生から花山天文台デビューを果たした宮本先生は京都大学理学部宇宙物理学教室に入学すると同時に、天文台に1室をもらって、夜は観測に昼は講義にと花山天文台と教室を往復する生活を始められました。

実際、下の記事（図4）に、

「4月17日（月）曇后晴」 「彗星 Winneck 発見通知アリ 宮本 三宅 両君撮影」と書かれているように、

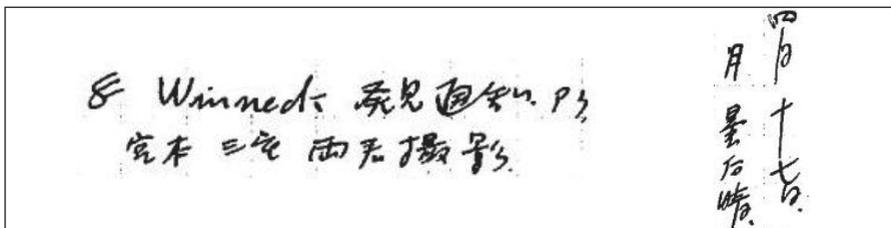


図4：4月17日の日誌

入学早々から、天文台の重要な観測要員として活躍されていた様子がうかがえます。

さて、その中で、時には思いがけない事故にも遭われていたことを示す記事が目についたので、紹介しておきます。

次ページ図5の「7月2日（日）宮本君負傷」というもので、その時の様子が以下のように詳しく記されています。

「午后4時頃宮本君ムカデ ニ カケルタメ アンモニアヲ太陽館ニ取りニ行キ

七月三日
月晴

宮本君入院 稲葉 亀井 藤井 幸昭君 附添 朝入院
 高嶋氏ノ世話ヲ万々好都合ニ行ハ 宜敷ク
 希望シラセ 目下 空負 超過ノナリ 断じ
 右眼角膜ニキオケル 他ニ大シクナリ 石眼ニ成
 視力衰へルヤラワラカ 失明ス心配ニキヤ由
 厚カクニ附添ヲタシ 稲葉 亀井 山本 朝野
 一行ヲ種々相談ス 先カ 宜敷ク常ニ 遠ニ電報
 本 父君ニ 簡單ナガラ 通知シ 且ツ 書書ヲ大作
 陸送等ヲ通知ス 更ニ 三電 君ノ 親ヲ 自安ニ手紙

図6：7月3日の日誌「宮本君入院」

モ ワカラヌガ失明スル心配ハナキ由。藤井君に附添ヲタノミ 稲葉 亀井ハ 山本教授御宅へ行き種々相談スル。先づ宮本君宅（尾ノ道）ニ電話ヲカケ 父君ニ簡單ナガラ通知シ、且ツ書書ニテ大体ノ経過等ヲ通知す。……」と書かれていますので、不幸中の幸いで、大事には至らなかったようです。

戦後宮本先生は、1956年頃から、花山天文台のクック30cm屈折望遠鏡で、火星の眼視観測を精力的に続けられて、大きな観測成果を挙げられましたので、上述の強アンモニア水の噴出事故による右眼角膜の後遺症は残らなかったものと推測されます。

さて、ムカデは今でも花山天文台の名物の一つで、水道の蛇口から出て来たり、ドアの取っ手を這っていたりします。昔は上水道の貯水槽や宿舍の風呂の湯舟に浮いていたこともありました。

最後に私が聞いた宮本先生のムカデ退治方法を紹介してこの稿を終わりたいと思います。「ムカデを見つけると缶を被せ、缶の下から少し灯油を入れてライターで火を付ける」。

さすがに強アンモニア水による方法には懲りておられたのだと思います。

参考文献：

宮本正太郎「花山天文台 50年」：花山天文台 70年のあゆみ p 65-p66(1999)

<http://hdl.handle.net/2433/241453>

太陽黒点観測が取り持った国際協力の思い出

鈴木 美好 (NPO 法人花山星空ネットワーク)

地球上での太陽黒点の観測は、固定された一箇所での観測場所では 1 日中の継続観測は不可能であるため、地球経度の異なる場所で観測することが必要である。2 か所での観測では地球上の反対経度、4 ヶ所であれば地球上の経度が互いに 45 度差で、更に有効であることがわかります。1981 年 8 月に国際アマチュア天文家連合 (IUAA) の総会がベルギーのブリュッセル大学で開催され、神奈川県の実験室の森久保茂様と、大分県の教員の船田工



写真 1 : IUAA 総会会場でベルギー王立天文台長さんと記念撮影

様からの誘いがあり、自分にとって初めての海外旅行となりました。また、この時期に太陽黒点観測の報告先がスイスのチュウリッヒ天文台からベルギーの王立天文台になっていたこともあり、この機会に王立天文台を見学

したいと思い、お願いすることになりました。王立天文台へは手紙を出してあったこともあり、到着後、空港から電話をしたのですが、この日はあいにく日曜日のため職員は不在であるとのことでした。

次の日は IUAA 総会で、会場には多くの参加者が集まっていました。突然、会場の入り口の方から大きな声で「マイヨシ、マイヨシ」と呼びかけながら入ってこられる大きな体格の方が近づいてきました。突然、森久保さん、船田さんから「鈴木さん手を挙げて！」と言われ、慌てて手を挙げて近づき握手をし、プレゼントの交換をしました。

どうやら「マイヨシ」は手紙に書いた自分の名前が「MIYOSHI」であったためのようです。(写真 1) で見られるように、大柄のがっちりとした体格の方でした。しばらく話をした後、IUAA 総会の役員もされておられるとのことで、総会場へ入って行かれました。



写真 2 : IUAA 総会場での交歓風景



写真 3 : オランダの青年に黒点観測データを説明する筆者
この 20 年分のデータを彼に説明しているのが写真 3 です。

この時、自分は日本語で、彼はオランダ語で天文に関わる専門用語は英語で互いに話し合えることがわかり感動したものです。

その後、総会場では森久保様が 1955 年から観測されてこられた流星塵の観測研究を発表されました。休憩時間には再び、ヨーロッパを始め各国の参加者同士が、(写真 2) で見られるように、気軽に話し合ったり、議論したりで、大変有意義な時間となりました。私に声掛けがあったのは、丸顔の同年齢くらいの、優しいような好青年でした。お互いに自分の国の紹介で始まり、自分が現在行っている観測研究に及び、お互いに太陽黒点で一致していました。早速、自分が観測し、図式化した相対数変化図やバタフライダイアグラムを持参していたので、

その後、彼との黒点観測交換が始まり順調に進んでいたのですが、6年後、彼の妹さんから手紙が届き、他界されたことが分かり本当に残念でした。

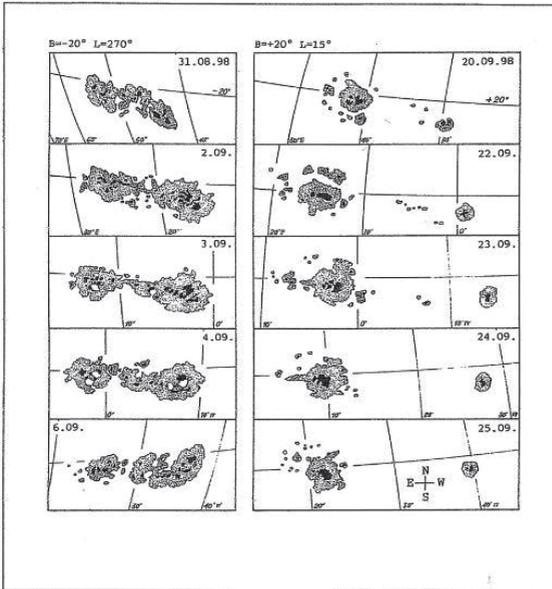
IUAA 総会を終えて、次はドイツに向かう機内で、また思わぬ幸運に恵まれました。機内は比較的すいており、私の右列には、小学校 5, 6 年生く

らしい男の子が二人並んで座っていました。その向こうには母親が座っていたのですが、見知らぬ外国人に興味があるのか、子供たちは私に盛んに話しかけてくるのですが、笑顔で返すしかなく、広島観光の添乗員さんに入ってもらい聞いてみると、私が読んでいた東亜天文学会発行の「天界」の裏表紙のプラネタリウムの宣伝画像に興味があったようでした。

母親に聞くと、彼らの叔父にあたる方が、近くにある公民館で天体観測やプラネタリウムでの解説をされていた。そこで、自作し持参していた名刺を、快く引き受けてもらいました。

SONNE

MITTEILUNGSBLATT DER AMATEURSONNENBEOBACHTER



Herausgegeben von der Fachgruppe Sonne der



ISSN 0932 - 5220

DATENBLATT 1998

図 1 : ドイツのアマチュア太陽観測者の機関誌「SONNE」の表紙

帰国後、しばらくして Mr. Andreas Zunker の名前で手紙が届き、黒点観測の情報交換の依頼がありました。その後、彼らが作成している機関誌「SONNE」(図 1) が送られてくるようになり、こちらからは自分の黒点観測履歴を見てもらうため、観測を始めてからの自分の作成した蝶形図

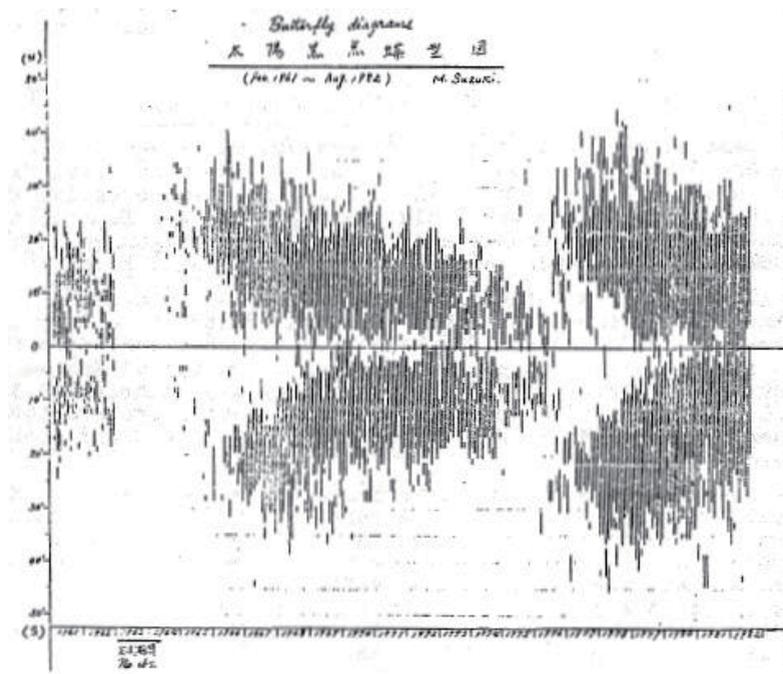


図 2 : 「SONNE25」に掲載された太陽黒点蝶形図
(1961年～1982年の黒点スケッチ観測から作成したもの)

を送信したところ、次の機関誌「SONNE25」に掲載されたものが図 2 です。

互いに各種データ交換に慣れてきたころ、初めてトルコでの皆既日食に参加し、素晴らしい皆既日食が観測でき、雄大なコロナを始めてスケッチすることができたので、ドイツの皆さんにも思い送信したところ、図 3 のような図が目次の頁に掲載されていました。

また、私のスケッチはコロナの部分だけだったのですが、いろんなものが追加され本来のコロナ観察とは異なった状態になっています。



図 3 : 1999 年トルコ日食でのコロナのスケッチ

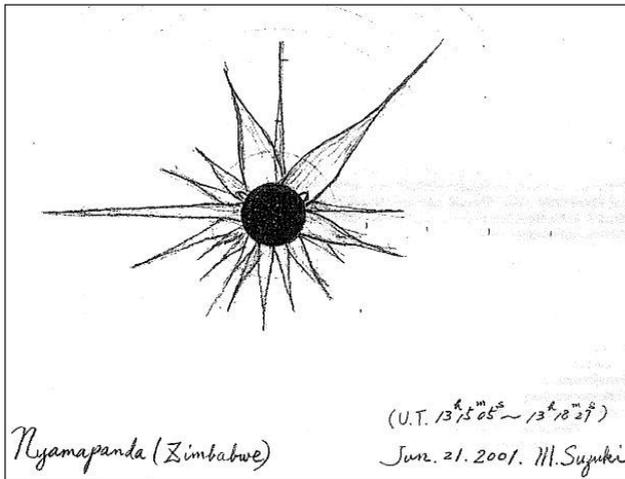


図 4 : 2001 年ジンバブエ日食でのコロナのスケッチ

しかし、次のジンバブエの皆既日食では、1 頁すべてを使いコメントまで加えて紹介してくれています (図 4)。

ここではコロナだけに注目してコメントさせていただいており、コロナの大きさや変化を的確に見ていただいております、安心しました。

天文宇宙検定

試験日 2022年11月20日(日)

申込締切日: 10月12日(水)



第14回

実施エリア

札幌・仙台・小松・高崎・東京・名古屋・
大阪・広島・高松・福岡・沖縄 予定

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・株恒里社厚生閣
協賛 京都産業大学・千葉工業大学・東京都市大学・
株ビクセン・丸善出版(株)・明星大学
後援 株セガトイズ・(公財)日本宇宙少年団・(一財)日本宇宙フォーラム

詳細はWebで▶ <http://www.astro-test.org/>

〒160-0008 東京都新宿区四谷三栄町 3-14
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

HERO

ソフトウェア開発で社会に貢献しています。

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

【事業紹介】

- ・ソフトウェア開発
 - 制御・組込系: 家電・情報端末分野の身近な機器を最新技術でより便利に
 - 情報統合系: コンサルテーションから設計開発、運用、保守まで提供
 - アミューズメント系: 開発サポートツールからアミューズメントプログラムまで
- ・技術者派遣 (流通分野、SNS 分野に特化)
- ・製品販売 ~京都大学花山天文台 星座早見盤、クリアファイル~



リポD SPACE PROJECT

リポビタミンDは宇宙開発を目指して
がんばる人々を応援しています!

リポビタミンD 指定医薬部外品 疲労回復・栄養補給

リポビタミンD公式
宇宙応援ホームページ



京都千年天文学街道

歴史と天文を学びながら都大路を歩きましょう



暦合戦コース
江戸時代の改暦の跡



明月記コース
清明・定家の天文学績
超新星爆発



詳細は <http://www.tenmon.org/>



信長と天変コース
本能寺の変と幻の改暦



神楽岡コース
京大宇宙物理学の始まり

事務局からのお知らせ

関西では例年よりかなり遅く 6 月 14 日に入梅し、不安定な季節になりましたが、皆様には、いかがお過ごしでしょうか。花山天文台では太陽館横に生えている栗の木が花盛りになり、また、燕の若い兄弟姉妹たちが飛び回っている光景を目にしています。

昨年は観望会の三分の二がオンラインになり、子ども、大人、両方の飛騨天文台ツアーが中止になりました。現在のところ、どうにか花山天体観望会は人数を制限しての観望会が実施できるようになりました。今後、対面での観望会や講演会が昔のように開催でき、みなさまとお会いできる日が来るのを楽しみにして待ち望んでおります。

今後の予定

7 月 30 日 (土) ~ 8 月 1 日 (月) 第 14 回子ども飛騨天文台天体観測教室

8 月 6 日 (土) 第 95 回花山天体観望会「月」

9 月 10 日 (土) 第 96 回花山天体観望会「名月と名曲」

10 月 8 日 (土) ~ 10 日 (月・祝) 第 10 回飛騨天文台自然再発見ツアー

10 月 15 日 (土) 第 97 回花山天体観望会「木星とガリレオ衛星」

(中止の際は HP・メールでお知らせいたします。)

編集後記

今月号には講演会関連の記事を 3 編ほど載せました。質問にはかなり専門的なものもありましたがそのまま載せてあります。

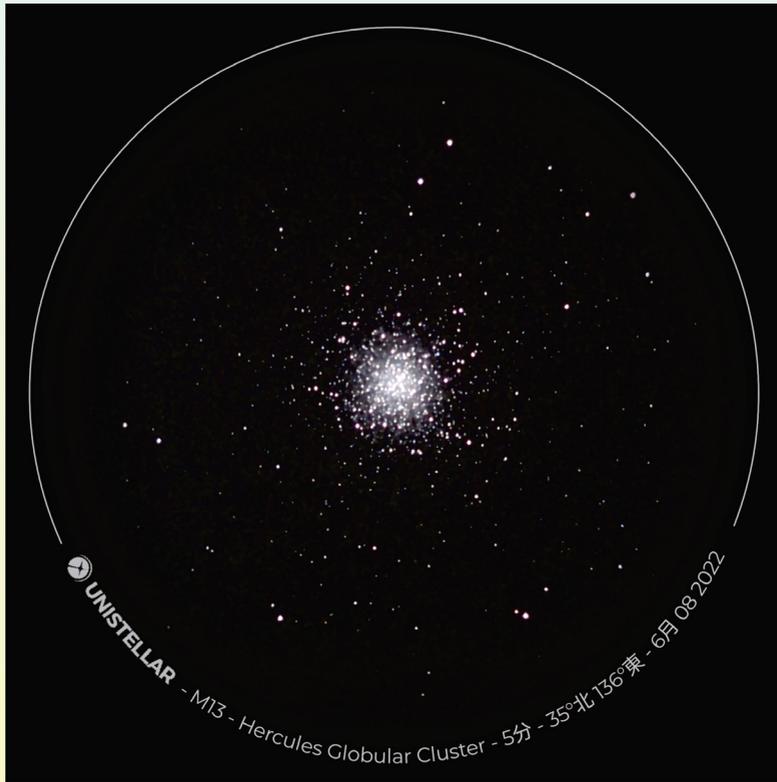
新型コロナは終息に向かっているようで、本 NPO の天文イベントも復活することが望まれますね。

次号の原稿締め切り日は 9 月 15 日で、新刊図書やビデオなどの視聴感想文も歓迎です。投稿に関しては、なるべくテンプレート(Word)を本 NPO のホームページ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して作成して下さる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

eVscopeで撮られた球状星団M13



NPO法人花山星空ネットワークへの入会方法:

ホームページ <https://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/hosizora/join.html> をご覧ください。

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れば、
(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 4,000円
(学生) ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (2) 準会員 ・入会金 1,000円 ・年会費 3,000円
- (3) 賛助会員 年額1口以上 (1口30,000円)

発行人 認定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 <https://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

2022年6月30日発行