

宇宙NOW

No.264
2012

3

Monthly News on Astronomy and Space Science



パーセク：日本の思い出 剣道、カツカレー、そして俳句

おもしろ天文学：ギヤのはなし

from 西はりま：「はやぶさ2」候補天体を HYPAR が観測検出

from 西はりま：連星系の研究でも使っています。NIC

ウィム・ファン・デルル

坂元 誠

時政 典孝

鳴沢 真也



日本の思い出：剣道、カツカレー、そして俳句

ウイム・ファン・デリル

20年前、私は日本に2年間滞在しました。信州上松町の伝統的な日本家に住みました。檜や桜で美しい山々を望むことのできる田や木曾川の近くです。低い草原が広がるオランダの光景とはまるで違いました。

私は日本で暮らす経験をしてみたかったです。当時は、木曾郡に住んだり、東京大学で教えている西洋人はほとんどいませんでした。時々私は、日本で学んだ3つのことを京都の禪寺龍安寺の石庭にある白砂の大海から突き出す岩に例えてみます。

日本では剣道を続けました。

地元の子ども達といっしょにした練習はとても楽しかったです。時には、私の頭を竹刀でたたいた小さい子どもにたいして、低くお辞儀をしなくてはなりませんでした。

日本料理の作り方も習いました。特に私はカツカレーが好きです。ここパリの日本レストランでも食べることができですが、私は自分で作る方が好きです。

ずっと私は、日本の詩、とりわけ俳句に興味を持っていました。今でも、私は誕生日やドロシー計画などの特別な場合に英語で俳句を書いています。



上松中学校での剣道の練習。私の娘、田中先生と彼の二人の子どもさんと



木曾観測所の仲間、私の娘、中田先生らとの懇親会にて

Remember Japan:
cherry blossoms fall in spring,
like stars from the sky.

ウイム・ファン・デリル
(パリ天文台／オランダ出身)
ドロシー計画Ⅱ
世界合同 SETI の愛称
訳：鳴沢真也

ギヤのはなし

坂元 誠

前回は軸受けの話を書きました。軸を回転させるためには適した軸受けが欠かせないということがわかりただけたと思います。今回はその軸を回転させる力をかけるために必要なギヤのお話です。

ギヤを日本語であらわすと歯車となります。今回はギヤと同じ機能を持つ動力伝達部品も含めて紹介しましょう。

1. 減速

ギヤの大きな役割の一つが「減

速」です。2種類の大きさのギヤを組み合わせるとその外径比で入力回転数に対して、出力回転数が変わります。身近にある好例は自転車でしょう。歯車の代わりにチェーンとスプロケットを使用していますが、理屈は同じです。変速機つき自転車では車輪側のスプロケット径に対して、ペダル側の径が大きくなれば入力回転数に対して出力回転数が大きくなり、速いスピードを得ることができ、速い実感できます。速い回転速度を得るためにはペダルに大きな力を

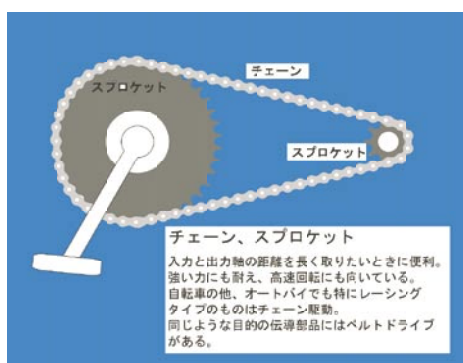
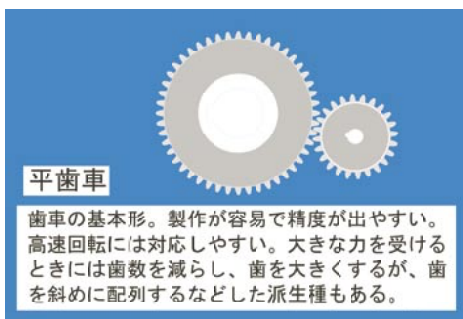
かけてやる必要があります。上り坂など、大きな力が必要なときには車輪側、ペダル側のスプロケット径の比率を小さくしてやることで、逆に出力回転数は小さくなるものの、小さな力で車輪を回すことができるようになります。

ギヤの役割の一つ「減速」は、回転速さの調整と、大きな力を引き出してやる、二つの役割があるのです。なお、減速の比率のことを「減速比」と呼びます。

2. 動力伝達

ギヤは減速させるだけではなく、「動力伝達」も大きな役割の一つです。力の入力軸に対して出力軸を異なる位置、方向に設定することが出来ます。また、回転方向を反転させることも可能です。

先ほどの自転車はその好例でもあります。一輪車や三輪車は車輪軸にペダルが取り付けられているため、運転者の位置や姿勢が車輪に拘束されてしまいます。一方、

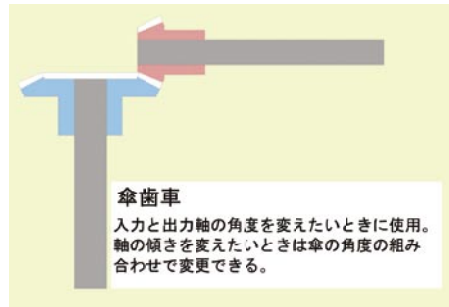


平歯車（上）とチェーン・スプロケット（下）

自転車は動力伝達部品であるチェーンやベルトによって出力軸の位置を大きくずらしています。これによって、運転者の姿勢や、車輪直径の設計に自由度がもたらされるのです。

つりを趣味にされている方は、リールの糸巻き取り部の回転軸に対して手回しハンドル軸の直交しているものが多くあることをご存じでしょう。自動車に詳しい方であれば前置きエンジンの後輪駆動車（FR）が思い浮かぶと思います。エンジンの回転軸に対して、車輪の回転軸は直交しています。このように、入力軸に対して直交した出力軸を置く場合は傘歯車とよばれるギヤが多く用いられます。多くの望遠鏡で多く使われるウォーム・ホイールと呼ばれる二つのギヤの組み合わせも入力軸に対して出力軸が直交します。傘歯車との違いは大きな減速比を得る

事が出来る点です。逆に、減速比を小さくすることができないので、高速回転には向きません。



傘歯車（上）とウォーム・ホイール（左）の模式図。どちらも入力軸に対して出力軸が直行する



工作機械（旋盤）に使われている平歯車。歯数の違う歯車を付け替えることで回転速度を変えられる



工作機械（ボール盤）に使われているベルトドライブ。ベルトをかけるプーリーを選ぶことで回転速度を変えられる

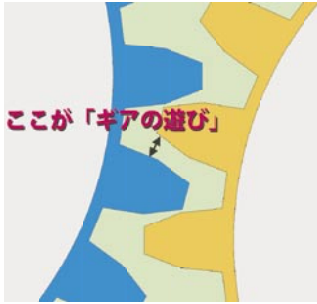


ボール盤のドリルチャックとそのハンドル。一種の傘歯車である

3. 精度

ギヤには二つの「精密さ」が要求されます。一つは歯車単体の製作精度、もう一つは歯車同士を組み合わせた状態での精度です。

まず、歯車を精度良く作ることは簡単ではありません。組み合わせられたお互いの歯は接する箇所が滑るように移動していきます。形だけでなく、当たり面がなめらかであることも要求されるのです。特に、精度が求められる場合や、大きな力が加わる場合には重視されます。また、歯がいくら良くできていたとしても、歯の円周と軸心がずれていれば大問題です。入力軸の間隔は一定であるにもかかわらず、偏芯（へんしん）しているためギヤの角度によって、軸心と歯の距離が変わってしまいます。これでは出力軸での回転速度が変化してしまいます。また、軸心と歯の距離が小さい場所ではギヤ同士のかみ合わせの隙間である「遊び」が大



ギアの遊び。回転速度によって遊びの長さは異なる

きくなってしまう、大きな誤差が生じます。

歯車を組み込むとき、目的によって調整の仕方が変わります。高速回転させる必要があるときには歯車間の「遊び」を大きくします。低速回転ではその逆となります。また、歯車の潤滑剤であるグリースの粘性（ねばりけ）によっても隙間調整をしなければなりません。低速用のグリースは粘度が高く、高速用のものは低いのが一般的です。また、それは周囲の温度によっても変化します。

4. 望遠鏡で求められるギヤ

天体望遠鏡で強く求められる機械的性能はなんでしょう。小型望遠鏡といえども、一度角の十分の一を切る精密さで天体に向かなければならない、天体の追尾速度のムラでは千分の一を切らなければならない、この二点です。望遠鏡が大型化すればするほど、要求は厳しくなります。天体望遠鏡の駆動は他の大型機械と比べ、大きな力や速い回転速度は必要ありません。高い精度が求められるのです。

望遠鏡の中には、ギヤを仲介することによる誤差の発生をきらい、モーターの出力軸を直接望遠鏡の回転軸に直結した特殊なダイレクトモーター方式もあります。多くのものは減速ギヤをはさみます。じつはモーターは低速においてなめらかに回転することが苦手です。モーター軸1回転の中には力や回転速度に大きなムラがあるのです。これを一对百に減速

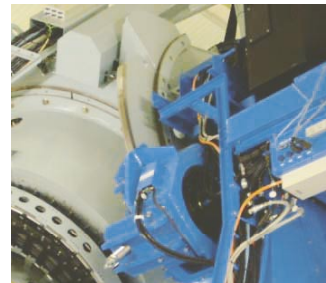
すると、出力軸1回転の中に、モーター軸が百回転するわけですから、結果的に回転ムラは百分の一となるのです。望遠鏡のギヤの減速比を大きなものにする理由は他にもあります。「遊び」をもたさなければならぬと書きましたが、この「遊び」による誤差は補正することの出来ないもので非常にやっかいなものでもあります。減速比を大きくすると、出力軸に対するこの誤差幅の影響は相対的に小さくなるのです。天体望遠鏡ではウォーム・ホイールが用いられることが多いのですが、大きな減速比を得られることがその理由です。

5. なゆた望遠鏡のギヤ

なゆた望遠鏡には様々なギヤが組み込まれています。特に注目されるのはローラー同士を押しつけて摩擦で動力伝達するフリクションドライブです。それだけでは大

きな減速比を得ることは難しいのですが、歯車の持つ遊びを持たないことが大きな魅力です。モーターとフリクションドライブの間にはハーモニックドライブと呼ばれる減速機が組み込まれています。これも遊びがなく、大きな減速比が得られるものです。もちろん、いずれのギヤも万能ということはありません。弱点も持っています。望遠鏡に限らず、機械を作るときには特性をよく知った上で適切なギヤ、伝導部品を選んでやるということが大切なのです。

（さかもとまこと・主任研究員）



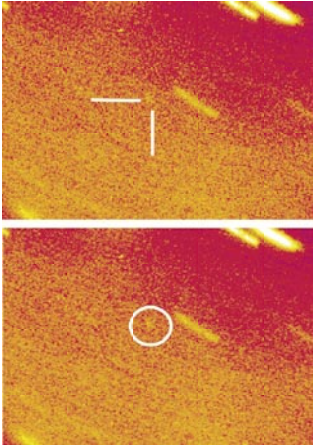
なゆたのフリクションドライブ。鉄製の円盤（円弧状）にローラーを押し付ける摩擦力で動力を伝達する。遊びはない



from 西はひま

「はやぶさ2」の探査候補天体を HYPARが観測検出

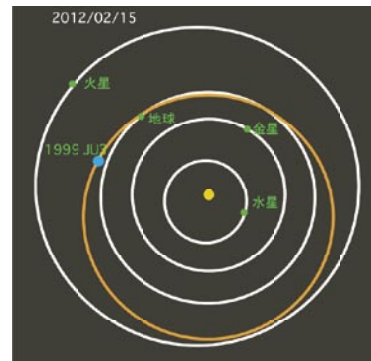
時政 典孝



JU3の画像。2011年11月26日早朝になゆた望遠鏡+ST9カメラで10分間分撮影した画像。小惑星の動きに合わせて画像をずらして重ねる工夫をした。(HYPAR/NHAO)

兵庫県小惑星研究チーム（HYPAR: Hyogo Prefecture Asteroid Research）に参加する高校生らは、2011年11月26日午前3時頃からの観測で、小惑星探査機「はやぶさ2」の探査候補天体（1999 JU3）を、兵庫県立西はりま天文台公園のなゆた望遠鏡を使って観測しました。画像処理の結果、20・7等星と暗い1999 JU3を観測することに成功しました。

今年（1999）は5月から6月頃に地球へ接近するので、18等星と今後5年間では最も明るくなります。観測から、1999 JU3の自転軸や自転周期、形状など、これまで以上に詳しいことが分かると、はやぶさ2がスムーズに探査が行えることにつながります。



JU3の軌道。1999 JU3は、地球近傍小惑星で、図のような軌道をもつ (NASA/JPL より作図)

はやぶさ2は2011年に計画がスタートし、現在探査機製作の準備が始まっています。計画が予定通りに進めば、2014年に打ち上げられ、2018年に1999 JU3へ到着、サンプルを回収し2020年に地球へ持ち帰る計画となっています。



JU3の形状。光度変化からKaasalainenモデルによって得られた1999JU3の形状。(川上恭子氏提供)

1999年5月にリンカーン地球近傍小惑星探査（LINEAR）によって発見された地球近傍小惑星で、次期小惑星探査機はやぶさ2の探査候補天体とされています。はやぶさの探査した小惑星イトカワは、S型という分類の小惑星でしたが、1999 JU3はより原始的で有機物や水を含んでいるC型という分類に属する小惑星です。太陽系空間にある有機物や水がどのようなものなのか、そして地球上の生命や海の水との関係はどうなっているのか、非常に面白いテーマに挑戦します。

1999 JU3は、これまでの観測研究により、直径は約870メートル、約7時間40分で自転し、図のような形をしているものと考えられています。（ときまさのりとか・主任研究員）



連星系の研究でも使っています。NIC

鳴沢 真也



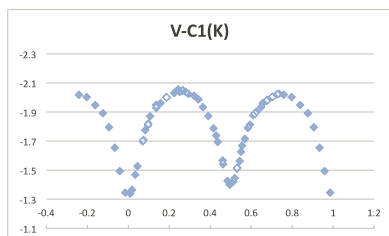
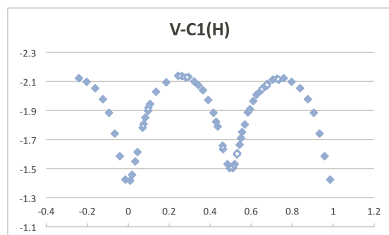
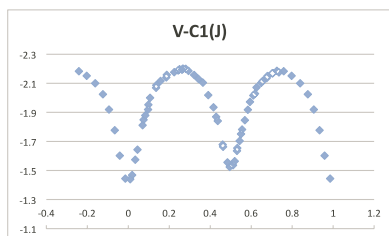
近赤外線カメラ NIC。人物は高橋研究員

NIC は、なゆたに装着されている近赤外線カメラです。天体が出す近赤外線のうち、ある3つの波長を同時に撮影することができます。これを使って、私たちは1月〜2月の計8晩でカシオペア座 V 5 2 3 星の明るさ測定を行いました。これは、日本変光星観測者連盟の永井和男さんと高橋隼研究員との共同研究です。

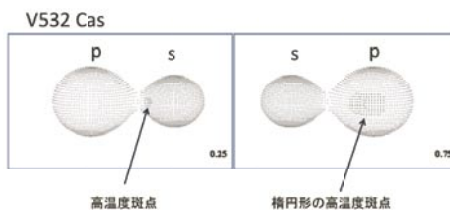
この星は、2つの星がくっついてしまつて、まるでひょうたんのような形をしています。グルグルと、たった5時間半でまわっている連星系です。地球から見ると、お互いにか

くしあつて「食」を起こすので、明るさが変わります。

工夫をこらして、ある波長では0.006等という精密さで明るさの測定を行いました。解析は現在進行中ですが、カシオペア座 V 5 2 3 星は図のような形をしていて、両方の星の表面に高温の斑点があることがわかりました。太陽の白斑のようなものかもしれません。また、公転周期は、過去10数年ほどは一定であることも判明しました。これらの結果を私は2月に京都で開催された連星系・変光星・低温度星研究会で発表しました。



得られたカシオペア座 V523 星の光度変化。縦軸はある星を基準にした等級、横軸は公転位相。NIC は3つの波長で同時に観測することができます



光度変化の解析から予想されるカシオペア座 V523 星の想像図（これはまだ予備的な結果によるものです）

これからの NIC を使った観測からいろいろな科学的成果が得られることでしょう。
(なるさわしんや・主任研究員)

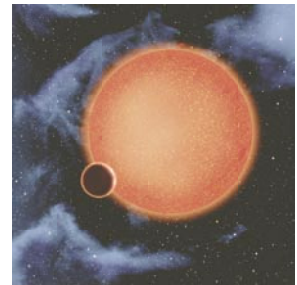
個性豊かな系外惑星たち 坂元 誠

現在発見されている系外惑星は既に 800 個に迫っています。そして、それぞれの正体に迫る観測も進んでいます。今回は最近の発見から 3 つを紹介しましょう。

その前に、系外惑星観測のおさらいをしておきます。まず、系外惑星の発見でもっともよく用いられているのは恒星のふらつきをとらえるドップラーシフト観測です。恒星のふらつきは周りに惑星があることを示しており、ふらつき幅は恒星と惑星の質量比、軌道半径で決まります。また、その周期は惑星の公転周期を表します。もう一つ、トランジット観測があります。これは恒星の前を惑星が横切ることにより起こる減光をとらえるものです。これにより、惑星の大きさなどを知ることが出来ます。

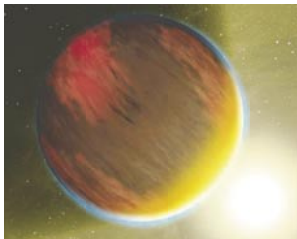
グリーゼ 1214b (2012/2/21 NASA)

グリーゼ 1214b は 40 光年離れた赤色巨星 GJ1214 の周りを回る系外惑星です。2009 年の発見時に、地球に対して 2.7 倍の直径を持つ巨大地球型惑星であるとされていました。その後のハッブル宇宙望遠鏡の赤外線観測により意外な素顔がわかりました。この惑星は濃い水蒸気の大気を持ち、密度は地球の三分の一ほどしかないというのです。この惑星は大量の水で出来ているのでしょうか、そもそも構造が全く異なるのでしょうか。



©NASA, ESA, D. Aguilar

CoRoT-20b (2012/2/23 National Geographic News)



©NASA

CoRoT- 20b は、4,000 光年離れた太陽サイズの星の周りで見つけられた系外惑星です。木星の 80% ほどの大きさにもかかわらず、質量は 4 倍あるという非常に高い密度の惑星だということがわかりました。木星の構造に当てはめると、核の占める質量が半分以上にならなければならないとのこと。これは木星の 3 倍以上の割合ということになります。いま考えられている惑星形成の仕組みからでは説明できないもので、まったく「新種」の惑星である可能性も否定できない、謎の惑星です。

KOI-961.01,02,03 (2012/ 1/11 NASA)

KOI-961 は 130 光年ほど離れた、直径が太陽の 6 分の 1 という小さな赤色矮星です。その周りに三つの惑星が発見されました。それぞれ、地球の半径と比べて 0.78, 0.73, 0.57 倍です。KOI-961 の大きさは木星と比べても少し大きいです。惑星の軌道半径も、ガリレオ衛星の軌道半径を幾分超える程度。ほとんど木星系サイズの恒星系ということになります。遠く離れたちっちゃな太陽系という発見でした。



©NASA

1日(水) 新年あけたとと思ったらもう2月。雪の予報にもかかわらず晴れ、鳴沢研究員はなゆた&NIC(近赤外線カメラ)で観測。筆者は60センチで観測。

2日(木) 今日は予報通り大雪。夜帰宅後、急用で天文台に戻る。雪道をこわごわ往復。

3日(金) 朝から雪かき。お客様の安全が第一だが、足跡ひとつない銀世界を乱していくのはなんだかもつたいない気も。大学間連携で突発天体の観測依頼があり、観測実施。

4日(土) 神戸大学院生の真鍋翔さんが観測のため来台。曇りでほとんど観測できず。

5日(日) 渡邊研究員、はりま宇宙講座のため加古川へ。石田台長と推進員の瀬畑さん、サイエンスフェアin兵庫に出展のため神戸へ。

7日(火) ソウル大の石黒正晃さんが来台。筆者と分担して、NICの性能評価報告書を作成。以後1週間ほど報告書の執筆・手直しに追われる。

8日(水) 研究について議論する

サイエンスワーキンググループ開催。

10日(金) 石田台長、講義の試験実施のため兵庫県立大へ。

11日(土) 時政研究員がサポートする兵庫県の高校生チームが、はやぶさ2ターゲット候補の小惑星の撮影に成功した記事が、

2月 高橋 隼 嘱託研究員 活動日記

スタッフ

神戸新聞に掲載。

12日(日) 観望会は「長寿星を見よう」企画だったが、残念ながら見えず。

13日(月) なゆた運用委員の定金さん、兵庫県立大次期教授の伊藤藤さんを交え、購入予定のCCDについて協議。方向性がかたまる。

14日(火) 渡邊研究員、推進員の皆さんとともに、館内展示入れ替え作業。とてもかわいくなりそう。完成は3月末予定。

15日(水) 坂元研究員、淡路島の津名高校で出前講義。

16日(木) 大きな火球があつたそう。松田研究員が天文台の空モニタに映っていたことを確認。一度、直接見てみたい。

17日(金) 石田台長、県立大の教授会に出席。園長の代理もあつて今月は大学関係の仕事が忙しそう。鳴沢研究員、研究会でNICを用いた連星系観測について発表(記事参照)。前野研究員、氷点下の寒空の中、サテライトB望遠鏡の調整。

19日(日) 一般観望会は2回目の「長寿星を見よう」企画だったが、今回も残念。天候は徐々に回復し、観望会後は快晴に。ふたたび滞在中の真鍋さんと観測。

21日(火) 時政研究員、龍野高校で講義。

22日(水) 松田研究員によるコロ

キウム。晩期型超巨星の金属輝線の観測について。興味深い現象が捉えられた模様。ぜひ研究を完成させてほしい。

23日(木) 渡邊・時政研究員、佐用高校との連携について高校側と打ち合わせ。

24日(金) 新規の嘱託研究員・特別研究員の公募開始。どんな人が来てくれるのかな。

25日(土) 観望会は約100名のご参加。曇りで観望はあきらめムードだったが、途中から晴れ、数天体見ていただくことができ安堵。今月2度目の来台の石黒さんと小惑星を試験的に観測。研究の手応えを得る。

28日(火) 鳴沢・坂元・松田研究員、故障中の分光器MALLSの修繕作業。

29日(水) 鳴沢・坂元・松田研究員、前日に引き続き作業。天体スペクトルの撮像に成功!筆者、3月のNIC偏光モード導入作業に使う物品を借りに、神戸大に出張。大雪が何度かあつた2月だが、終盤は暖かい日もちらほら。春はもうすぐだ。



Come on! 西はりま

第 177 回天文講演会『星の誕生と進化』

日時：3月25日（日）14:00～15:30

場所：天文台南館スタディールーム

対象：一般（参加費無料、予約不要）

講師：石田 俊人

（西はりま天文台公園／兵庫県立大学）

内容：恒星の誕生と進化に関する分野は、現代の天文学における基本となっており、たとえば進化理論の結果はさまざまな分野で使われています。しかし、その一方で最前線の研究成果も出ています。

ここでは、恒星についての基本的なことから、観測及び理論の最近の状況までご紹介いたします。



空にワッフル？ 不思議な雲が出現

「え!? 何これ？」

1月24日午後7時頃、なゆたの観測中にふと全天モニター画面を見てびっくり。なんと、空に格子状の雲がでているのです。まるでお菓子のワッフルのようです。こんな雲ははじめて見ました。

気象庁に務めている知人に写真を送って「鑑定」を依頼しました。ベテランの先輩を含めて検討していただいたようです。雲の種類は高積雲、あるいは巻積雲（うろこ雲、いわし雲）とのことですが、なぜ格子状になったのかは、いろいろと分析してもらいましたが、けっきょく不明とのことでした。

私はかなり貴重な雲を目撃してしまったのかもしれません。天体観測にとっては邪魔物なのですが、これがきっかけで、雲にも興味ができそうです。

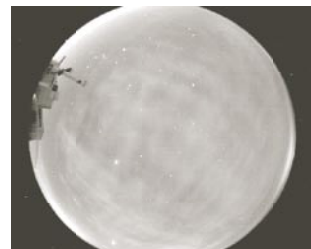
鳴沢真也



午後6時52分



午後6時53分



午後6時54分



は友の会会員のみなさんだけへのお知らせです。

昼間の星と太陽の観察会

日時：3月24日(土)～4月5日(木)
(26日(月)は休園日)
13:30、15:30 (各1時間)
日曜日、祝日
11:00、13:30、15:30 (各1時間)
場所：天文台北館
参加無料、申し込み不要
内容：60センチ望遠鏡を使って昼間に見える1等星や惑星を、また、太陽観察専用の望遠鏡を使って太陽を観察します。



第132回 友の会例会

日時：5月12日(土) 18:30(受付)～翌朝
費用：宿泊 大人500円、子供300円
朝食 500円(希望者)
申込方法：申込表(下表)を参考に
電話：0790-82-3886、FAX：0790-82-2258
e-mail：件名に「May」と記入し、
アドレス「reikai@nhao.jp」へ
申込締切：家族棟(別途料金)4月14日(土)
グループ棟泊、日帰り5月5日(土)
◎テーマ別観望会：次号でご案内します

例会参加申込表

会員 No.	氏名		
宿泊棟	家族用	ロッジ・グループ用	ロッジ
	大人	こども	合計
参加人数	()	()	()
宿泊人数	()	()	()
シート数	()	()	()
朝食数	()	()	()
部屋割	男 ()	女 ()	家族 ()
グループ別観望会の希望コース ()			

惑星を見よう!

日時：4月15、22日(日) 19:30～21:00
(受付 19:00 から)
場所：天文台南館
対象：一般(参加費無料、予約不要)
内容：1年のシリーズを通して太陽系の全ての惑星(地球をのぞく)を観望します。
第1回は火星、金星、土星で、なゆた望遠鏡で観望します。観望記念惑星カードのプレゼントがあります。

友の会観測デー

日時：4月14日(土) 19:00～
場所：天文台北館4F 観測室
要宿泊代、友の会会員限定(要予約20名)
内容：友の会会員の皆様限定の観測会です。
60cm 望遠鏡を利用して天体観望や写真撮影など、様々な内容を企画してチャレンジしています。



観測デーで撮影した画像は天文台公園ホームページからご覧いただけます。また、過去の観測デーで撮影した画像のご提供もお待ちしています。<http://www.nhao.jp/tomonokai/tomoday.html>

編集後記

編集担当もこの号で終了です。読んでいただき、ありがとうございます。来年度からは友の会の一会員として宇宙NOWをじっくりと読もうと思います。何だか不思議な気分です。
前野将太

ほしぞら

4月

15日20時30分

7日21時頃

22日20時頃



★Topics

- 3日 金星がすばるに接近
- 16日 土星が衝
- 22日 こと座流星群が極大
- 全般 金星、火星、土星が見ごろ

月齢

- 7日
- 13日
- 21日
- 29日

表紙の説明

春の星座おおぐま座にある渦巻銀河M81と不規則銀河M82。地球からの距離はともに約1200万光年。左がM82で、非常に活発に星が形成されているスターバースト銀河と呼ばれる銀河です。

望遠鏡・Vixen R200SS(焦点距離800ミリ、F14.0)、カメラ・ニコンD90、露出時間・84分(2分露出の画像を42枚合成)、撮影者・岸本良氏(友の会会員) 岡山県備前市にて。

今月のみどころ

木星の観望シーズンが終わりましたが、代わって東の空、おとめ座のスピカ付近には観望会で最も人気がある天体の一つ、土星が輝いています。環の傾きも大きくなり、土星らしい姿を堪能できます。火星は小接近とはいえ、一等星で最も暗いレグルスが目立たなくなるほど、赤く存在感を示しています。

春は銀河の観望シーズンでもあります。月明かりのない4月中旬のすっきり晴れた日、惑星とはうってかわって遙か彼方の銀河もご覧ください。