ワークショップ

Mitaka と連携して行う立体星図工作

波田野　聡美（国立天文台）

The Craft work of 3D Star Chart cooperated with “Mitaka”

Satomi Hatano (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

We have developed 3D Star Chart Kit for a craft that children can make by themselves. To be more effective, By using this kit together with A Four-Dimensional Universe Viewer “Mitaka”, children can concretely imagine that the stars are distributed stereoscopically. At annual meeting of JESPA, we had 14 people using this kit to experience the 3D Star Chart workshop.

1. はじめに

国立天文台では、毎年夏休みの時期に、近隣の小中学生向けの天文教室、「夏休みジュニア天文教室」（http://prc.nao.ac.jp/fukyu/junior/）（写真１）を開催している。天文学者によるミニレクチャーと工作や実習を組み合わせたイベントで、天文学や宇宙に親しんでもらう目的である。近年は、2～3 日間、毎日テーマを替えて行っているが、この教材は、その中の一テーマとして昨年度（2016 年）度に開発したものである。JASMINE 検討室の矢野太平助教の協力により、ヒッパルコスカタログ（改訂版）を使って、北斗七星の空間分布を、正確なデータで再現している。ただし、一つ一つ、材料をそろえなければならないのが難点であった。今年度は、（株）ホニャプランにアイデアを提供し、協力してキット化を行った。

写真１：2016 年度の様子

2. 立体星図の詳細

立体星図の主な材料としては、細い竹串（ぎんなん串）と蓄光ビーズ、それを立てることができる台座、箱である。（写真２，３）

蓄光ビーズは、懐中電灯や、携帯電話のライトなどを当てると、しばらくの間、暗闇の中で光る。それを、内側が黒く遮光された箱に入れ、穴から覗くことで、地球から見た北斗七星の形を見ることができる。このキットの重要なポイントは、「光る」ことと「遮光の箱に入れる」こと、さらに「のぞく」ことである。

「のぞく」という行為は、人にとって、その先に見えるものに対する期待を高める効果がある。さらに、そこに「光る」北斗七星の姿を見ることで、「見えた！」という達成感を得られる。これは、実際子供たちばかりでなく、大人にも同様な反応が見られた。また、暗闇に入れることで、竹串が見えなくなり、また、距離感もわからなくなるため、夜空で見る北斗七星の姿をより忠実に再現することができるのである。（写真４）

写真２：キットの部材

写真３：立体星図(完成品)

その後、子供たちには、箱を開けたり、台座ごと箱から出したりして、観察をさせる。それは、地球以外の視点から見た北斗七星の姿、いわば、「宇宙人の見た」北斗七星ということになる。この時、子供たちは、同じ場所に張り付いているかのように見える北斗七星が、実は、さまざまな距離をもって立体的に存在していることを実感する。

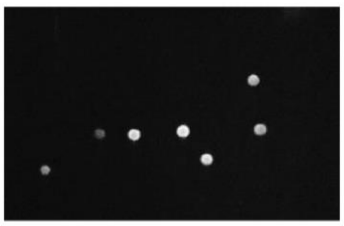


写真４：のぞくと…？

3. 4 次元デジタル宇宙ビューワー「Mitaka」との連携

しかし、残念ながらここまででは、理解はキット上の北斗七星の分布のみで、もっと広範囲な宇宙の広がりを感じさせるには、物足りないものがある。そこで、我々は、国立天文台の開発した宇宙の姿をリアルタイムで可視化するビューワー「Mitaka」と工作を組み合わせることにした。Mitaka には、星座線を出す機能があり、おおぐま座の星座線を北斗七星と置き換えることで、宇宙から見た北斗七星を見ることができる。このデータについては、Mitaka の開発者、加藤恒彦研究員の協力により、提供を受けることができた。また、新バージョン(1.4.0)で追加された、メニューカスタマイズ機能を用いて、北斗七星の真ん中の星（メグレズ）をターゲットとして、すぐさま北斗七星の近くに行くことが簡単にできるようになった。教室では、この Mitaka の特別バージョンを使用して、実演を行った。工作キットを制作したあと、地上で見た北斗七星、そして宇宙から見た北斗七星をキットと見比べることで、実際にこのように宇宙の星が立体的分布していること、さらに、遠くの星まで連続的に見ていくことで、そのほかの星々も同様に様々な方向・距離にあることを実感できるのである。(写真５)

写真５：Mitaka で見た北斗七星

なお、このキット用の Mitaka 特別バージョンは、Mitaka ダウンロードサイト内の「用途別データ」の中にある「『北斗七星』のアステリズム」をダウンロードし、Redome_BD.txt に記載されたとおりにコピーすれば使用することができる。ぜひ、キットと合わせて使っていただきたい。(http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/)

４．年会でのワークショップ風景

キットの数が、限られていたので、14 人の方にしか、体験していただくことができなかったが、大変熱心に参加していただけた。やはり、大人も子供も、「のぞく」「光る」ということに、興味を持ちやすいのだなということを実感できた。また、実施するワークショップで使用したいとの声もいただいた。ただ、このキットの改良点や今後の使い方について、ディスカッションをする時間がなかったのが残念であったが、参加していただいた皆様には、あらためて感謝申し上げたい。(写真６)

写真６：ワークショップ風景　(pix pro 360 4K で撮影)

５．おわりに

写真７：小学生も中学生も！

この北斗七星のキットに関しては、今後、工作教室等で、広く活用していただけるよう願っている。(写真７)また、立体星図キットに関しては、他の星の並びや星座についても作りたいという希望もある。ただし、ご存知のように、北斗七星の星々は、その 5 つまでが、「おおぐま座運動星団」に属する星の集まりであることから、このようにコンパクトに再現することができるが、たとえば、オリオン座では、同様の箱を使ってキットを制作する場合、少なくとも一つの星は犠牲にする（箱の外になってしまう）しかない。現在、どのような形で作成するのが良いか検討中であるが、会員の皆様からもアイデアをいただけるとありがたい。

今年度の夏休みジュニア天文教室では、昨年も行った、望遠鏡工作（君もガリレオプロジェクト)」、「立体星図工作」に加えて、電波をテーマとして「電波望遠鏡観測体験」を行った。これは、平松正顕助教をはじめとする ALMA プロジェクトメンバーの協力を得て、電波強度によるぬりえ(写真８、９、１０)を中心にワークブックを作成して実施した。このように、プロジェクトと連動することで、毎年新たな教材を開発し、それをさらに、天文台外でも活用していただけるようになればと、目論んでいるところである。

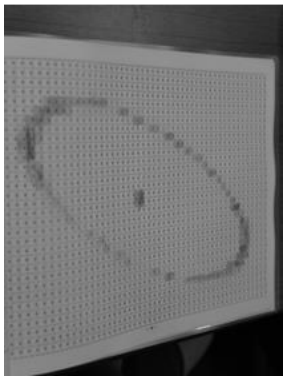


写真８：電波ぬりえ
（フォーマルハウト）

写真９：電波画像と見比べて解説

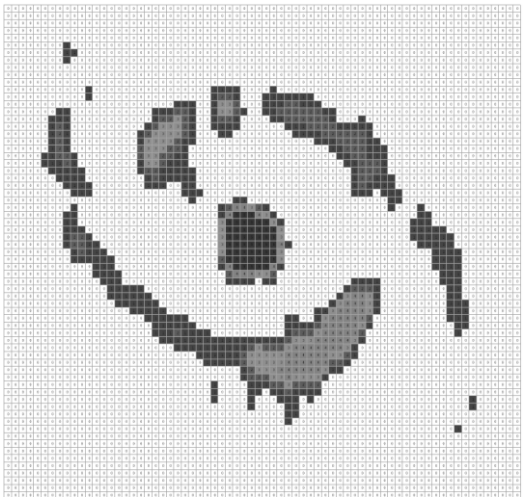


写真 10：M77（ぬりえ原図をエクセルで彩色）

銀河系中心大質量ブラックホールの質量を求めてみよう

松本　直記（慶應義塾高等学校）

Let's find the mass of the galactic centre supermassive black hole

Naoki Matsumoto (Keio Senior High　School)

Abstract

I developed a student's activity for the mass of the black hole at the centre of the Milky way galaxy.　I arranged it for workshop and implemented it.　Based on the opinions from participants, I improved to make this workshop activity easier.

1. はじめに

R. Schödel らマックス・プランク宇宙物理学研究所チームによる赤外線カメラ観測によって、銀河系中心大質量ブラックホールと目される「いて座 A^*」の周囲を公転する恒星の運動がとらえられ [1] 、いて座 A^*の質量がかなりの精度を持って求められた。著者は、この論文に掲載された恒星 S2 星の運動から、銀河系中心大質量ブラックホールの質量を求める実習を開発した[2]。第 31 回天文教育研究会ではワークショップセッションが企画され、開発した実習を参加者に体験してもらう機会に恵まれた。

2. 実習のワークショップ化

ある天体 A の周りを公転する天体 B の軌道半径 a と公転周期 P が求まれば、天体 A の質量は、$M = \dfrac{4\pi^2 a^3}{GP^2}$ と求めることができる。

与えられた式に単に値を入れるだけでは、面白くないので、この式の導出を行い意味するところを理解した上で、練習として、地球の公転周期と軌道半径から、太陽質量を求める演習を行うように構成した。

また、演習には関数電卓を用いるので、その習得の意味もある。関数電卓の使い方については、説明資料を用意し慣れない参加者にも扱えるよう配慮した。

太陽の質量を求め、電卓の扱いにも慣れたところで、R. Schödel らの S2 星軌道の図から、公転周期と軌道半径を読み取る。演習用の図は、近 BH 点と遠 BH 点の位置はあらかじめ明示され、図上の距離スケールを用いて両点の距離を測れば、そのまま軌道半径の倍（直径）となるよう、S2 星の軌道傾斜を修正してある。「先端科学の成果を用いて結果を導く」という視点から考えると、論文の図をそのまま利用できるのが望ましいが、与えられた時間や対象者の理解度に応じて、準備する図をアレンジすることで対応するのがよいだろう。今回のワークショップでは極めて時間が限られていたので、「そのまま測れる」ことを優先とした。

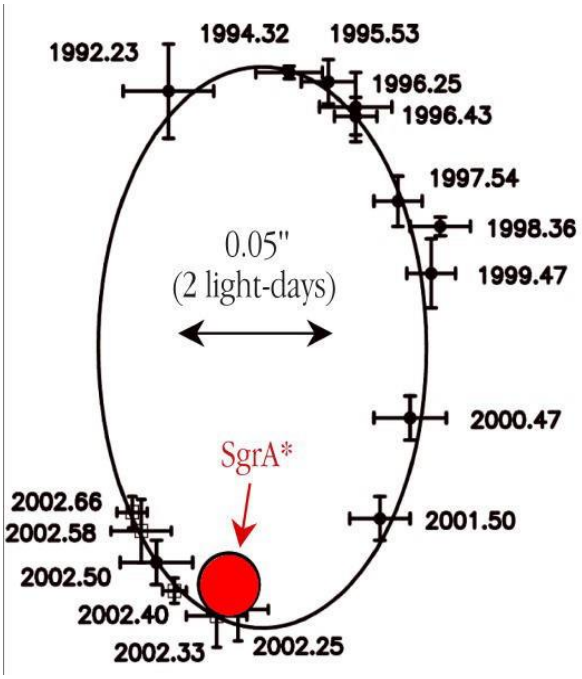


図 1　S2 の軌道　R. Schödel ら(2002)より

S2 星の公転周期と軌道半径を読み取ったところで、質量を求める式に値を代入し、銀河系中心大質量ブラックホールの質量を計算する。
・パワーポイントによる説明
・関数電卓の使用法の習得
・ワークシートによる式導出、計算や値読み取りなどの演習

この 3 つの項目を展開に応じて行うこととして、所要時間を 40 分程度と想定した。ワークショップは 90 分と設定されていたので、2 グループの実施が可能と考えた。準備が必要なものは、ワークシート、定規、関数電卓、筆記用具である。

3. ワークショップを実施して

他のワークショップは工作して素敵なおみやげが貰えたり、VR 体験ができるなど、魅力的なものが目白押しの中、授業を受けて電卓で計算するというある種、苦行のような本ワークショップにどれだけの参加者が来て貰えるか心配であったが、すぐに想定グループ人数の 6 人の方に集まっていただいた。最初のグループの方が演習を終えたところで、次の参加者の方も 2 人来て下さり演習を行った。後半のグループの方はワークショップ時間の終わりまでに演習があと少しで終わらなかった。用意したアンケートは 5 人の方から回収できた。

所要時間は、20 分 1 名、30 分 2 名、40 分 2 名であった。難易度に関しては、（高校生対象に）ちょうどよい、電卓を使いこなせればできそう、やや難しい、（勤務大学では）ムリだと思う、との回答だった。

全体的な感想からは、「面白い、生徒にやらせてみたい」、「非常によい実習、ぜひ使ってみたい」といった好意的なものや、「有効数字の扱いを明確にしてはどうだろうか」、「電卓の扱いに振り回されてしまった」、といった改善点のご指摘もいただいた。

そこで、関数電卓を必要とせず普通の電卓のみで行える版を作成した。指数表示の知識は必要なものの、指数表示$m\times10^{n}$のm（仮数部）や n（指数部）が手計算でできるようにした。S2 星軌道から公転周期と軌道半径を求めるところは、普通の電卓が必要である。

次ページに、本ワークショップで用意したワークシートを示す。また、以下のリンクからはオリジナルファイルがダウンロードできる。ぜひ実践いただき、改善点や感想などいただければ幸いである。

ワークシート	ワークシート（関数電卓不要版）	説明用パワーポイント
http://bit.ly/2vj7C9z	http://bit.ly/2wL9CYr	http://bit.ly/2xFiXxo

---

参考文献

[1] Schödel, R., et al.,2002. A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way. *Nature* 419,pp. 694-696.
[2] 松本,黒田（2015）, S2 星を用いた銀河系中心大質量ブラックホールの質量を求める教材の開発, 第 29 回天文教育研究会集録, pp.191-194

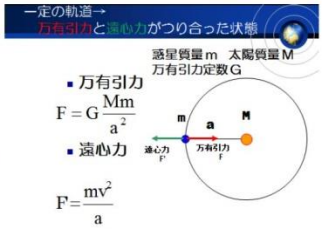
銀河中心の大質量ブラックホールの質量を求めてみよう

1．天体の質量を求める

ある天体の質量を求めるのには、その天体の周りを公転する天体の、**公転周期（P 秒）**と**軌道平均半径（a メートル）**を利用します。

太陽と地球の例で考えると、地球はほぼ一定の軌道で太陽のまわりを回っています。これは、太陽が地球を引っぱる**万有引力**と地球が公転することで生じる**遠心力**がつり合っているからです。

ここでは簡単のために地球の軌道は完全な円と考えます。



①万有引力F　引っ張り合う2物体の質量の積に比例し、距離の2乗に反比例します。力の単位をN(ニュートン)とし、太陽の質量をM(kg)、地球の質量をm (kg)、両者の距離（軌道平均半径）をa(m)とすると、この力Fは、

$$F = G\frac{Mm}{a^2} \qquad (1)式$$

と表されます。Gは万有引力定数で$G=6.67\times10^{-11}$という値です。

②遠心力F′　回転する物体にかかる遠心力は、その物体の質量m (kg)と回転速度v(m/s)の2乗に比例し、回転半径（ここでは軌道半径）aに反比例します。

$$F' = \frac{mv^2}{a} \qquad (2)式$$

ここで、地球の公転速度 v について考えましょう。速度は距離／時間です。地球は 1 公転の時間(公転周期 P 秒）の間に軌道円の円周の距離を進みます。つまり、地球の公転速度 v は、

v＝　　という式で表され、これを(2)式に代入すると　F′＝　　…(3)式

となります。万有引力と遠心力はつり合っているので、(1)式＝(3)式として、整理しM＝の形にしてください。

M＝　　…(4)式

このように、地球の軌道半径と公転周期がわかれば、中心の太陽の質量がわかるのです。

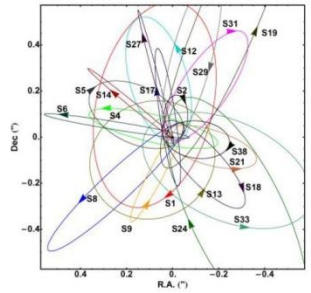
☆練習　地球の平均軌道半径 $a=1.50\times10^{11}$(m)、公転周期 P=1 年$=3.16\times10^{7}$(秒)から太陽の質量M(kg)を求めましょう。（物理法則なので、距離はm、時間は秒を用います）

(Kg)

資料　ワークシート

天文教育研究会 2017@京都西本願寺

2．銀河中心ブラックホールの質量を求める



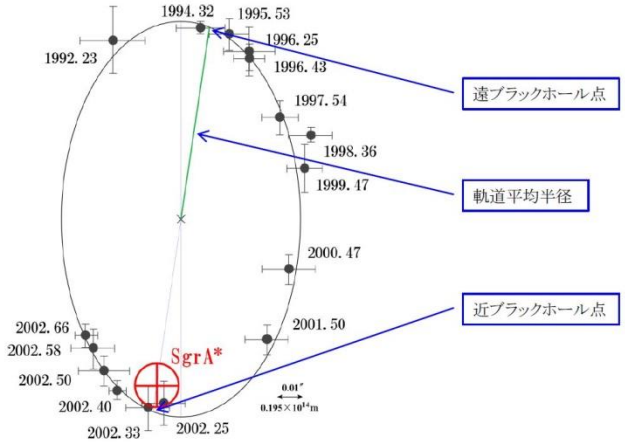
いて座 A*（いて座エースター）という天体は地球から約 8.3 kpc にあり、銀河中心の巨大ブラックホールと考えられています。ブラックホールそのものは観測できません。しかし、いくつかの研究グループによる十数年の地道な観測により、いて座 A*の周囲を公転する恒星の軌道が決定されています。

太陽と地球の関係と同じように、ブラックホールのまわりを公転する恒星のデータからブラックホールの質量を求めることができるのです。

ここでは、いて座 A*の周囲を公転する数十の星のうち、Gillessen らの 2009 年の論文に掲載された「S2」と呼ばれる星のデータを用います。

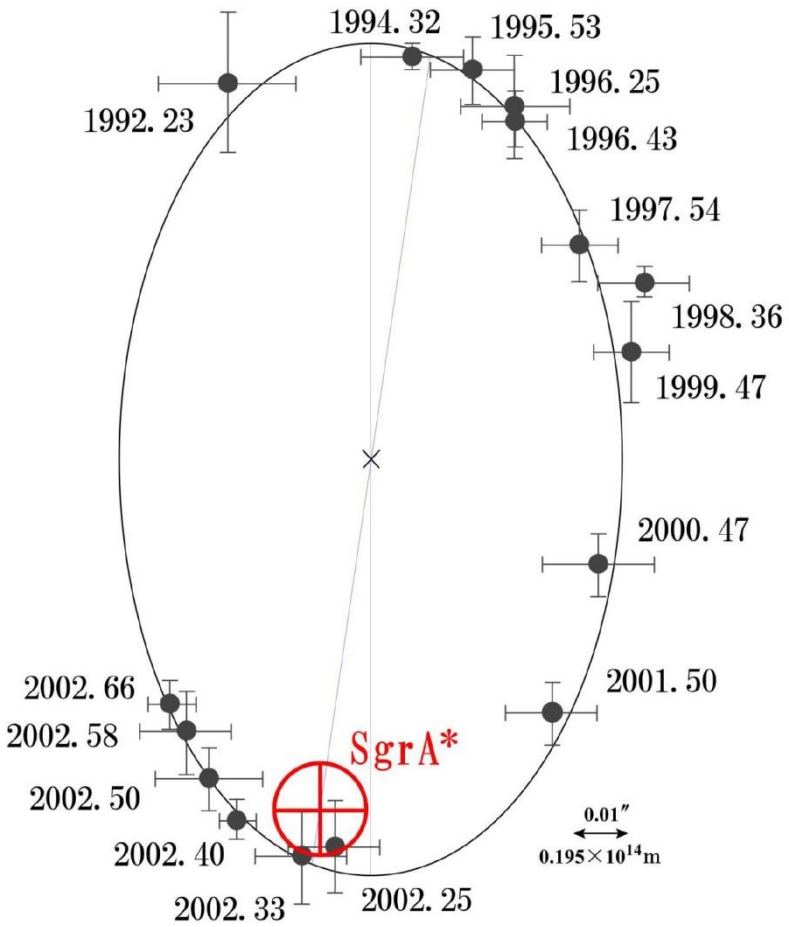
【演習】

① 下の図は、S2 の 10 数年にわたる位置観測の結果を示している(十字バーは測定誤差)。数字は観測日時（年単位）である。楕円はこの結果から推定される S2 の公転軌道である。楕円軌道の長半径（軌道平均半径に等しい）を定規で測り、0.01"の長さから、その距離を換算する。

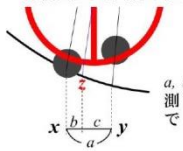


② 楕円軌道の中心と、Sgr A*の中心を結ぶ線が軌道と交わる点（近ブラックホール点と遠ブラックホール点）の日時を、比例式を使って求め、その 2 倍を公転周期とする。（1 年は 365.2422 日で計算する）。日時は年単位で表してある。

③ （4）式を用いて、中心部の巨大ブラックホールの質量 M を求める。ただし、万有引力定数は G $=6.67\times10^{-11}$ $m^3/(s^2\cdot kg)$、M は太陽質量（2.00×10^{30} kg）で換算すること。



＊比例式による日付の求め方



a, b または a, c を定規で測り、$a=(x\text{-}y)$ から比例式で z の日付を求める。

※地球から観測した S2 の軌道に、1 方向の歪みを補正した図。軌道半径は、直接測っても差し支えない図になっている。

天文教育研究会 2017@京都西本願寺

【軌道平均半径 a 】

[　　] cm → [　　] m

【公転周期 P 】

・近ブラックホール点 ： [A] 年

・遠ブラックホール点 ： [B] 年

・公転周期 $P = (A-B) \times 2$ ： [　　] 年 → [　　] 秒

（×365.2422×24×60×60）

【ブラックホールの質量 M 】

[　　] Kg → [　　] $M_\odot$（太陽質量）

（$M \div (2.00\times10^{30}\,\mathrm{kg})$ で太陽質量の比に換算する）

文献やインターネット資料などで、銀河系中心の大質量ブラックホールの質量を調べてみよう。

キ　リ　ト　リ

お名前　　所属

①ブラックホールの質量を求めるまでの所要時間は？

②この演習は高校生対象を想定して作成されました。課題の難易度はどう感じられましたか？

③改善点、全体の感想など気のついたことを教えて下さい。

「君もガリレオ！」ワークショップ

縣　秀彦（国立天文台）

"You are Galileo!" Workshop

Hidehiko Agata (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan) has been providing the opportunity to observe celestial bodies by small astronomical telescope. We call this project "You are Galileo!" project. This project was started since 2008.

At present, there are several astronomical telescope kits that can be purchased at a relatively low price, but when it is aimed at purchasing and using all of children, performance and price are not enough. Therefore, we would like to develop and distribute a new cheap assembly type small astronomical telescope.

In this workshop, all the participants checked the performance of the small telescopes. In addition, all members discussed the idea about the new “You are Galileo!” telescope kit.

1. はじめに　　－「一家に 1 台天体望遠鏡」を目指して－

国立天文台では、2008 年度より「君もガリレオ！」プロジェクト（1）を実施し、国内外の子どもたちに小型天体望遠鏡による天体観察の機会を提供してきた。現在、比較的安価に購入可能な天体望遠鏡キットは複数ある。しかし、小中学校の理科カリキュラムに沿う内容での利用を前提に、学校でまとめてあるいは児童・生徒が個々に購入して利用する場合、性能や価格面等で十分とは言えない。そこで、「一家に 1 台 天体望遠鏡」をめざし、安価な組立式小型天体望遠鏡を開発し、低価格での頒布を実現したい。

関心・意欲が高い理科分野の一つである天文・宇宙に関しての学習は、天体観察という実習を伴うため、通常の授業時間内でその実習が不可能であり、長年に渡って学習指導要領上の目的を達成できないまま今日に至っている。近年特に、児童・生徒の安全管理や教職員の労働環境等の理由で、学校にて夜間、全員が天体観察を行うことはほぼ不可能となっている。このため、家庭で各自が観察実習可能なよう、学習効果が高く、安全かつ安価な教材・教具の開発・提供が必要不可欠な課題となっている。

本共同開発計画においては、この課題解決を目的に、国内全家庭にて学習用具として購入可能なレベルの安価な組立式小型天体望遠鏡キットを開発する。習字用具、リコーダー、絵の具用具、男子の柔道着などと同様に、天体望遠鏡もほぼすべての児童・生徒が購入する必需品となることにより、国内すべての子どもたちが、天体望遠鏡による天体観察をおこなえる環境を整えることを目標とする。

2. ワークショップの内容

13:00-13:10　全体説明（7 つのワークショップの内容紹介）
13:10-13:30（20 分）　君もガリレオ！プロジェクトの紹介（説明）
13:30-13:50（20 分）　各小望遠鏡（5 種類）の性能チェック（雨天のため室内にて）
13:50-14:20（30 分）　討論（「一家に 1 台」天体望遠鏡開発の課題抽出）とまとめ（室内）

オープンスペースでの実施のため、途中からの参加や途中までの参加者もいたが、全過程参加

した方は 14 名であった。性能チェック用の組立式望遠鏡キットとしては、表１にあるような 5 種類を用意し、性能チェックを参加者全員で行った。その集約結果については後日発表予定である。

表１　性能チェックリスト

	比較チェック用　（一家に1台天体望遠鏡計画）			記入者：	
	A	B	C	D	E
	星の手帖社15倍	星の手帖社35倍	コルキット・スピカ	The Galileoscope	NAOJ望遠鏡（仮）
	星の手帖社	星の手帖社	オルビス		
口径［mm］	40	40	40	50	50.8
焦点距離［mm］	273	273	420		399.9
倍率	15倍（固定）	35倍（固定）	35倍（K-12）	25倍および50倍	可変　20倍、67倍
			可変（オプション有）		H20mm、PL6mm
価格	1,718円	4,180円	2,800	25ドル（2,750円）	目標2,500円
太陽観察	×	×	可	可	可
見え味					
使い易さ					
改善点					
感想・コメント					

3. 新天体望遠鏡の仕様提案

ワークショップでの検討の結果、次のような仕様を提案することとした。

仕様（案）：　**月の表面、土星の環、金星の満ち欠け等が観察可能なこと**

〇光学系

・口径 50㎜　色消しガラスレンズ　・ｆ8-10 程度　・接眼レンズ 2（20 倍・40 倍程度）

・天体用としてはケプラー式（倒立像）でよいが、自然観察用に正立像が可能か要検討

〇鏡筒　プラスチック筒分割式などを検討

〇その他　簡易ファインダーが必要、適した安価な三脚の供給が課題となるであろう。

〇価格　2,000－3,000 円台を目標とする。　より広く流通させるにはどうするかが課題である。

４．必要な性能と具体的な使用事例

現行学習指導要領の場合を紹介するが、2020 年以降に予定されている改訂後も大きな学習項目の変化はないと見込まれている。

小学校：

〇小３　単元「光の性質」　（全 10 時間）

ねらい：光の性質について興味・関心をもって追究する活動を通して，光の明るさや暖かさの違いを比較する能力を育てるとともに，それらについての関係の理解を図り，光の性質についての見方や考え方をもつことができるようにする。

観察提案１：光とレンズの性質

手作り天体望遠鏡キットの制作過程で、対物レンズを虫眼鏡の代用として利用可能。太陽の光を集めることで明るさや暖かさが変わることを理解。

利点：

太陽を天体望遠鏡で覗いては絶対いけないことの理解に繋がる。

欠点：
　制作途中のため、レンズに汚れや傷が付いたり、低学年のため誤って太陽を見る危険が伴う点。

〇小４　単元「月と星」　（全 14 時間）

ねらい：天体について興味・関心をもって追究する活動を通して，月や星の動きと時間の経過を関係付ける能力を育てるとともに，それらについての月や星の特徴や動きについての見方や考え方をもつことができるようにする。

観察提案２：月

月の動き、星の動きを天体望遠鏡内の視野内の動きで実感し、観察結果を記録する。

天体望遠鏡を使う利点：

肉眼での観察では、月や星の日周運動を調べるのには数時間の時間が必要。天体望遠鏡の低倍率にて数分間で観察可能。

欠点：

　動きの方向が肉眼と視野内では異なる点の理解が可能か。

観察提案３：星の明るさと色

星の色と明るさを天体望遠鏡で観察し、星のさまざまな特徴に気づく。

天体望遠鏡を使う利点：

　従来、肉眼で夏の大三角などを観察。これでは星の色の違いが分からなかったが、例えば、はくちょう座のアルビレオ（色の対比の美しい二重星）を望遠鏡で見ることで、色の違いに気づく。明るさに違いついても、星団等の観察で理解が容易。

〇小６　単元「月と太陽」　（全 6 時間）

ねらい：天体について興味・関心をもって追究する活動を通して，月の位置や形と太陽の位置の関係を推論する能力を育てるとともに，それらについての理解を図り，月や太陽に対する豊かな心情を育て，月の形の見え方や表面の様子についての見方や考え方をもつことができるようにする。**（＊天体望遠鏡での観察必須１）**

観察提案４：月

　月の表面を天体望遠鏡で観察し、太陽との違いや満ち欠けの理由などを考察

一人 1 台の利点：いままで実際には学校で実習がほぼ出来ていない単元。自宅で晴れた日に自分専用の天体望遠鏡で主体的に観察・記録できることが最大の利点。

中学校：

〇中３　単元「地球と宇宙」

ねらい：身近な天体の観察を通して，地球の運動について考察させるとともに，太陽や惑星の特徴及び月の運動と見え方を理解させ，太陽系や恒星など宇宙についての認識を深める。

　ア　天体の動きと地球の自転・公転

　　（ア）　日周運動と自転　、　（イ）　年周運動と公転

　イ　太陽系と恒星

　　（ア）　太陽の様子　、　（イ）　月の運動と見え方　、　（ウ）　惑星と恒星

観察提案５：月

　月の観察を天体望遠鏡で行い、観察記録から月の満ち欠けを理解する。

一人 1 台の利点：いままで実際には学校で実習がほぼ出来ていない必修観察内容。小 6 時同様、自宅で晴れた日に自分専用の天体望遠鏡で主体的に観察・記録できることが最大の利点。3 年間の差があるため、中 3 では視点移動も含め深く理解可能。**（＊天体望遠鏡での観察必須 2）**

観察提案６：月食

　太陽と月の動きの理解のため、月食がある年度には自宅にて月食を天体望遠鏡で観察する。観察記録から地球の直径や月までの距離なども考察可能。

観察提案７：惑星

　惑星の観察。その年度に観察可能な惑星を選び、年間通じて自宅にて観察させることが可能。

いままで、学校では実現できていなかった「金星の満ち欠けの理解」、「火星の動き」、「地球型惑星と木星型惑星の違い」などが観察によって可能となる。**（＊天体望遠鏡での観察必須 3）**

その他：中 1 での第 1 分野単元「身近な物理現象　ア光と音」のなかの、光の屈折、凸レンズの働きの理解においてもこの望遠鏡のレンズを利用することが可能。

高等学校：

科目名「地学基礎」（2 単位、履修率約 3 割）および「地学」（4 単位、履修率若干）にて、科目選択者は、引き続き利用することが可能。

具体的には、月や惑星の観察の他、恒星の明るさと色、散光星雲（M42 など）、散開星団（M44、M45（すばる）や h＆χ星団など）、天の川、銀河（M31 など）の他、年によっては明るい彗星の観察なども可能。**（＊天体望遠鏡での観察は必須）**

以上、現在でも小 6、中 3、高校「地学」において、天体望遠鏡での観察が学習内容の必須項目であるにも関わらず、そのほとんどが実施されていない現状を早急に改善する必要があり、児童・生徒一人一人が家庭や地域で観察を実施できる体制の実現をはかる。

補足事項：

○上記の学習指導要領における必須観察内容の他にも、口径 5 ㎝程度の天体望遠鏡で観察可能な天文現象は多数ある（各種天体の写真撮影やスペクトル観測、変光観測、流星の計数観測なども）。

○天体の学習以外でも利用可能。正立像が扱えるスペックの場合は野鳥の観察などの自然観察、環境調査等でも活用可能。

参考事項：

学校教育における必須教具の価格帯　（主なものを抜粋）

国語（小）　習字用具（3,000 円～4,000 円台

算数（小）　ものさし、分度器、はさみなど　～2,000 円

図工（小）　絵の具用具　2,000～4,000 円台

音楽（小）　ソプラノ・リコーダー　2,000 円程度

家庭科（小）　裁縫セット　2,000～4,000 円台

音楽（中）　アルト・リコーダー　2,000 円程度

体育（高・男）　柔道着　　5,000 円以上

参考 URL：

（１）　「君もガリレオ！」プロジェクト　　http://kimigali.jp/

ワークショップ「月と日食のペーパークラフト」

船越浩海（生涯学習センターハートピア安八　天文台・プラネタリウム）

Workshop " Paper Craft of Moon and Solar Eclipse"

Hiromi Funakoshi（Heartopia Anpachi Astronomical Observatory, Planetarium）

Abstract

At "Lifelong Learning Center Heartpia Anpachi" located in Anpachi town, Gifu Prefecture, as an activity of the observatory and the planetarium, we develop and create astronomical teaching tools and simple workpiece.

In the workshop, I introduced two paper crafts related to the moon and the solar eclipse from among them, and actually carried out a workshop class on "the three-dimensional paper model of the shape and position of the moon".

1. はじめに

岐阜県安八町にある「生涯学習センターハートピア安八」では、天文台・プラネタリウムの活動のひとつとして、不定期ながらも継続的に、天文教具や簡単な工作物の開発作成を行っている。ワークショップでは、その中から、月と日食に関した二つのペーパークラフトを紹介し、「月の形と位置の立体早見盤」については、実際に工作教室を行った。

このレポートでは、工作物の原理とワークショップの様子について報告する。

2. 簡易日食早見盤の設計

新月時に毎回日食とならないのは、月が北または南にずれて、太陽黄経を通過するためである。この原因は月の軌道面が黄道面に対して約 5° 傾斜しているためで、日食になる新月は、黄道面上で、白道の昇交点（上昇ノード）または、降交点（下降ノード）付近で新月にならなければならない。

両ノード（交点）を結んだノード線は、太陽系空間に対して回転している。

図 1 は、ノード線の回転と食のシーズンを示したものである。これらを簡単なしくみで示すことができれば、既知の日食の日にちから近々の日食の月日を予測できるのではないかと考えた。

2.1 エクリプスサイクルと食のシーズン

ノード線が太陽に対して 1 回転する周期は、エクリプスサイクル（食年）といわれ、346.6 日である。半回転でもノード線と太陽は直線上に並ぶので、食が起こるタイミング（食のシーズン）は 1／2 食年で訪れる。この時期に新月、満月になれば日食、月食が起きる。これら食に関する周期を表 1 に示した。

食年の 1/2 と朔望月の公倍数が食のシーズンの中心となり、その前後数日間が食のシーズンの期間となる。

図 2 は食のシーズンの期間を日食（新月）の例で示した図である。この図を元に簡単な前提

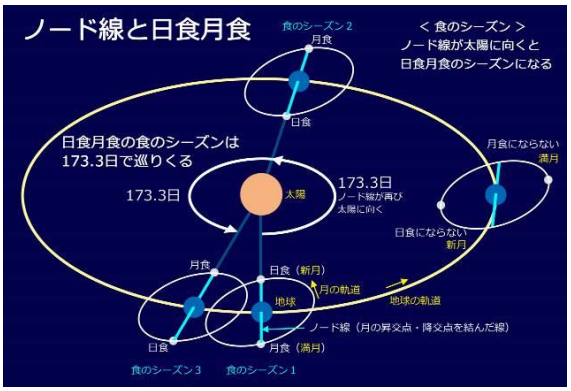


図１　ノード線の回転と日食の関係

（食年、朔望月、月と地球の大きさ、白道傾斜）で食のシーズンの期間を計算すると、約 35 日となった。（月食の場合は前提が変わるため、期間は異なる。）

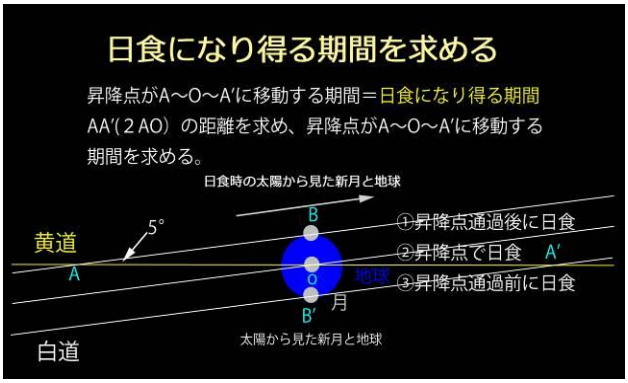


図２　図でみる日食になる期間

2.2 簡易日食早見盤の使用

既知の日食の日をベースに、前後数年間の日食の日にちを示す、簡易日食早見盤ができる。必要な構成は次の通りである。

(1)1 年の月日の目盛り円盤
(2)食年・1/2 食年（太陽を通るノード線）を示す円盤
(3)月の満ち欠けの円盤（新月）
(4)食のシーズンの期間を示す円盤

図 3 は完成した簡易日食早見盤[3]である。前述の(2)太陽を通るノード線をベース台紙にしてある。また、(1)の月日の円盤は、うるう年を考慮していない。

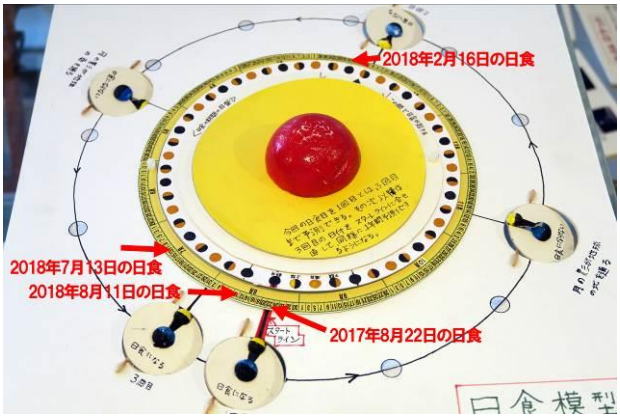


図３　簡易日食早見盤

2017 年 8 月 22 日の日食を起点に、その後の日食を早見盤上で見ると、その次は 2018 年 2 月 16 日、7 月 13 日、8 月 11 日であることが分かる。日食予測の正確性は、日食がノードの近くで起きるか、否かで違ってくる。2017 年 8 月 22 日の日食は、比較的にノードに近い箇所での日食であったために、以降の日食を正しく示すことができた。

実際にはより複雑な条件が重なり起きる日食であるが、「食年」、「朔望月」、「食のシーズン期間」という 3 つの簡単な前提でだけで、既知の指定日前後の日食が分かるのは、単純な原理の組み合わせで現実の現象を理解する科学の基本姿勢をよく示している。これが教具の醍醐味でもある。

3. 月の形と位置の関係が分かるマルチ三球儀の原理と有用性

ある位相（形）の月が、いつ（時間帯）どの方向にあるか？については、ア）地球から見た太陽と月の離角、そして、イ）時刻から推測した太陽の位置が、頭の中で整理されていれば、決して難しい問題ではない。しかし、これらの知識の習得と整理は、学校での学習では重点を置かれることは少なく、曖昧のままもしくは疑問に思うこともないまま、卒業を迎える。

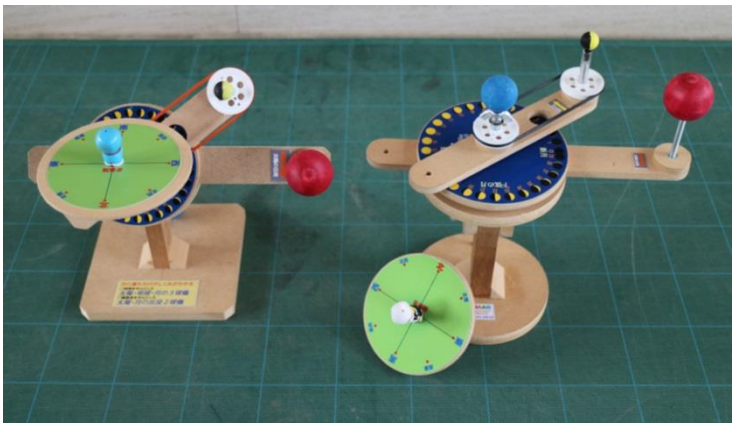


図４　マルチ三球儀 地平線モード(左)と三球儀モード(右)

これらを補うため、図 4 に示したマルチ三球儀を作成した。

ア）地球から見た太陽と月の離角と月の形は、地球を中心とした三球儀で理解が進む。

イ）時刻から推測した太陽の位置については、地平線と太陽、月の位置を示すことにより理解が進む。

ア)、イ）の 2 点を一つの教具で示

せるのが、開発したマルチ三球儀である。図の右は三日月の位置を示している。左は同じ三日月を、観察地点の緯度（日本 35°）に合わせて三球儀全体を傾けて、地平線（方角を付した円盤）をセットした様子である。図では 2 台を使って表しているが、実際は 1 台で切り替えることができる。この時、太陽は西の延長にあり日没を表し、その頃、三日月は南西の空にあることが直観的に分かる。太陽を日周運動に合わせて回転させると、月は太陽との離角を保ったまま追随し回転する。太陽の位置でおおよその時間帯を推測すると、その頃の月の位置・方角がやはり直観的に分かる。

マルチ三球儀を使うと、月の形は太陽と月の離角で決まり、離角は月の公転で周期的に変化することが分かる。また、月の出没のタイミングは昼夜とは関係がなく、太陽との離角で決まることも分かる。昼＝太陽、夜＝月という思い込みが音をなして崩れていき、月の形（月齢）と出没の時間帯に強い相関関係があることに気づかされる。

マルチ三球儀を使った学生、教員向けの講座では、この教具の有用性を評価する声を多く聞いている。

3.1 月の形と位置の立体早見盤の作成

現状マルチ三球儀は、安価で簡単に多く作成することができない。そこで、これをペーパークラフトで作ることができないかを検討した。

三球儀モードと地平線モードを両立させるのではなく、シンプルに地平線モードを採用した。

設計に当たっては、はさみを使わず印刷時の型抜きで、部品を切り抜くことができること、B4 大用紙 1 枚以外に部品を要しないこと、部品を少なくすることに注意を払った。また、できあがりの構造は地平線には方角を付し、黄道傾斜角は 55° として、北緯 35° で使えるようにした。使用後は折り畳み平らになる。

図 5 は用紙に展開した部品である。図 6 は完成したモデルで、日没時に三日月が南西寄りにあることを示している。太陽を日周に応じて回転させると、やがて月が 21～22 時頃に沈むようすを再現できる。

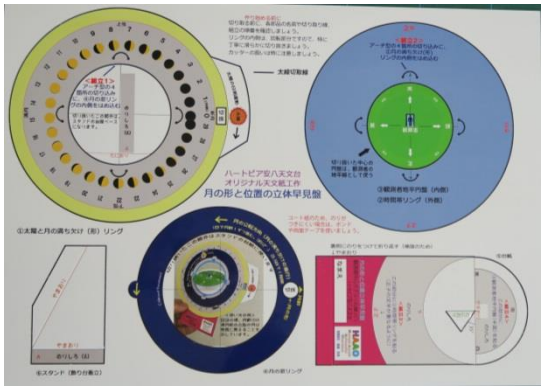


図 5　月の形と位置の立体早見盤
(B4 大のペーパークラフト、型抜加工

図 6　月の形と位置の立体早見盤
（日没時に三日月は南西寄りに見える）

4. ワークショップ

ワークショップは次のように進めた。

ア）簡易日食早見盤の説明と使用デモンストレーション（5 分）
イ）月の形と位置の立体早見盤の原理説明（5 分）
ウ）月の形と位置の立体早見盤の工作（20 分）
の構成で、一斉に開始終了させる教室形式で 3 回（90 分）行った。スペース（机）の制約もあり、1 回の参加人数は 8 名である。

ア)、イ)、ウ）ともにパワーポイントを使った解説を行い、簡易日食早見盤の解説では、実物でのデモンストレーションを行った。

5. アクティブラーニングでの展開

今回のワークショップでは、90 分で 3 回のローテーションをこなすため、残念ながら年会のテーマでもあった、アクティブラーニングの手法は導入できなかった。しかし、「月の満ち欠けと月齢・時刻による月の位置の変化」については、教具を使った展開は、大変有効であると考えている。

考えて、実践して、確かめる工程を繰り返し行い、グループ学習の中で意見を出し合い、真実を見出していく。月の満ち欠けや、どんな月がいつどこで観られるかについては、視点の移動と立体的な空間（天体）把握を必要とする。これらが容易ではないことは多く指摘されているところである。３次元を理解するためには、できるだけ３次元で示すことが好ましい。立体的空間把握、視点の転回を意識せず簡単に行えるのが、立体的な教具である。教具の使用では、受講者が手に取り、試行錯誤を繰り返しながら、その原理と規則性を見出すのに適しているのである。アナログで単純な機構の教具は、取扱いのハードルも下げる効果が期待できる。同時に、こんな簡単な原理で今まで分からなかったことの概要を正しく理解することができることが分かると、今まで難しかったことは何だったのだろう？と思い、難しく考えずに簡単な原理の組み合わせで説明ができることに気づくであろう。これこそ科学的な取り組み方の一つである。

6. おわりに

今回のワークショップに参加して、教具を利用したアクティブラーニングでの展開を考える良い機会となった。これまで行ってきた教員養成大学学生向けや教員向けの講座では、アクティブラーニングに固執せずとも理解をひきだせた。今後は、これら教具を使った児童生徒や一般向けの天文教室でも取り入れていきたいと考えている。

また、会期中多くの方々からご助言をいただいた。この場を借りてお礼の意を表したい。

参考文献

船越浩海、日食にあたり二つのアプローチ（2017）「天文教育」、Vol29(4)、32-34

デジタル立体地球儀でみる地球と惑星 - 見て触って作る−

小田木洋子（京都大学）

3-D presentation of the Earth and planets with “Dagik Earth”, a digital globe system

Yoko Odagi (Kyoto Univ.)

Abstract

Dagik Earth is an educational project to enjoy the scientific outputs on the Earth and planets with three-dimensional digital globe in classrooms, science museums, and home. It is an open system to be used for educational and scientific activities.

Besides the 3D digital presentation by Dagik Earth, workshop of hand-made globe is frequently held in science events and classes. Various types of the Earth and planetary science data are displayed in 3D with Dagik Earth, and hand-made globes.

1. ダジック・アースとは

ダジック・アース（http://earth.dagik.org/）は学校や科学館、家庭などで地球や惑星を立体的に表示し、楽しむプロジェクトである。教育の様々な場（授業、文化祭、研究発表、常設・企画展示、星空観望会など）で活用されている。一般的な機材を用い、様々なデバイスに対応しているので、誰でも気軽に利用できる。自分で作り、後からじっくり手に取り学べる「手作り地球儀」も人気で、2000 年 2 月 8 日以降の地球（雲、地震）や惑星コンテンツから作った、いろいろなオリジナル型紙を web で提供している（http://dagik.org/globe）。

2. 理科の学習単元に関連するダジック・アースのコンテンツ

小学校と中学校の理科における、各学習単元の授業で活用できるダジック・アースのコンテンツの例は、以下のようになる。

小学校 3 年　「太陽と地面の様子」: 太陽全球観測 X クラスフレア、ひまわり 8 号可視光画像
小学校 4 年　「季節と生物」: 森林の分布、地球表面の季節による変化
「天気の様子」: 夏の雲の動き、日本に来た台風
「月と星」: 月、星の配置
小学校 5 年　「天気の変化」: 日本に来た台風、最近の雲と雨の分布（3 日前から今日まで）
小学校 6 年　「土地のつくりと変化」: 地震が起こった場所
「月と太陽」: 月の満ち欠け、月、太陽全球観測、太陽黒点の様子

中学校　「科学技術と人間」: 地球の街灯り、ISS から見た大気光
「大地の成り立ちと変化」: 地震が起こった場所、海底形成年代と大陸の移動、
プレート境界、東日本太平洋沖地震による津波伝搬、地表海底面の高低
「気象とその変化」: 季節ごとの雲に関するコンテンツ、台風の発生場所、
地表付近の気温、地表での風速
「地球と宇宙」: 昼と夜に関するコンテンツ、星の配置、オゾン量の変化、月と惑星

3. 今回のワークショップ実施内容

今回のワークショップではダジック・アースとして卓上型の機材を展示し、2 種類の「手作り

地球儀工作」を行った。

卓上型ダジック・アースとしては、「ダジック・アース」アプリを入れた iPad をプロジェクターに接続し、8cm の球体に投影することで図 1 に示すような展示行った。使用した機材は下記のとおりである：iPad、ミニプロジェクター、ミニ三脚、HDMI ケーブル、8cm 発泡スチロール球スクリーン（表面研磨、ジェッソ塗布)、球台（空スピンドルケースの軸、紙で工作)、遮光シェード（プラ段ボール、製本テープで工作)、ゴムシート

図 1　卓上型ダジック・アース

「手作り地球儀工作」では、折り紙による立方体型の地球儀の作成と、球体にシールを貼り付ける地球儀の 2 つを行った。

折り紙地球としては「フジモト・キューブ」という立方体の折り方に合わせた型紙を作成して用いた。使用したダジック・アースのコンテンツは「オゾン分布」と「海表面の塩分」である。「フジモト・キューブ」の折り方は http://dagik.org/globe/menu/html/origami/fujimoto.html にまとめられている。

球体の地球儀として用いた材料は下記のとおりである：A4 紙（再剥離ラベル ノーカット）に印刷した地球儀シート、直径 75mm プラスチック・カプセル、磁石。用いた地球儀シートの例を図 2 に示した。球体としてはプラスチック・カプセル以外に発泡スチロールの球を用いることも可能である。球体の地球儀の作り方は http://dagik.org/globe/menu/html/globe/globe_rect_manual.pdf にまとめられている。

これらによって作成された地球儀の例を図 3 に示した。

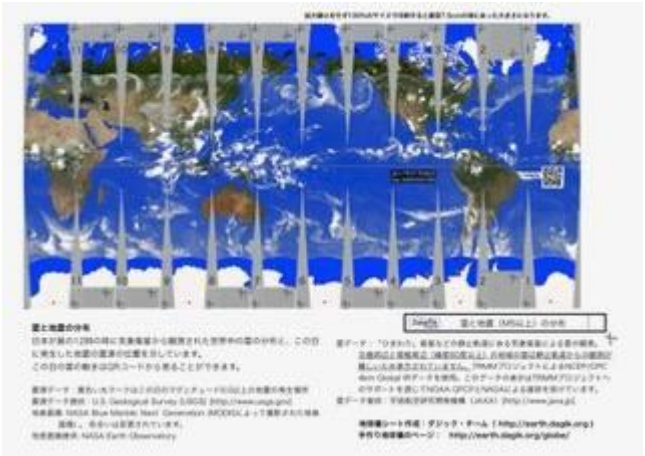


図 2　手作り地球儀の型紙

図 3　手作り地球儀

4. まとめ

デジタル立体地球儀を用いて行う授業やワークショップのデモとして、デジタル立体地球儀ダジック・アースの展示と地球儀工作を実施した。いずれも小学生以上を対象として、地球や惑星、宇宙に関する関心を高めるのに有効な教材であり、今後も幅広く利用されることを目指し、システムの開発を行っていく。

Mitaka を利用した金星の満ち欠け指導

足立　耀・重藤　知春・谷口　健・廣野　友紀・横井　瑛一（愛知教育大学）

Mitaka for Junior High School Education of Waxing and Waning of Venus

Yo Adachi,Zyuto Tomoharu,Ken Taniguchi,Yuki Hirono,Eichi Yokoi(Aichi University of Education)

Abstract

We showed Example about Junior High School Education of Waxing and Waning of Venus at Annual convention. In this paper, we describe the condition at that time.

1. はじめに

8 月 7 日に、天文教育研究会にて、「Mitaka を利用した金星の満ち欠け指導」と題し、ワークショップを出展させて頂いた。本文では、Mitaka を金星の満ち欠けの指導において利用する意義と、ワークショップでの様子を掲載する。

2. Mitaka を利用する意義

Mitaka は、国立天文台がフリーソフトとして配布している、天文シミュレーションソフトである。Mitaka を利用することで、中学校 3 年生で学習する「金星の満ち欠け」の指導において、宇宙空間モードを利用することで、天動説的視点から、地動説的視点へと、実感を持った移行ができると考えられる。また、Mitaka はフリーソフトであるため、生徒が興味を持てば、自宅や学校で、主体的に Mitaka を使用して学習を行わせることが可能である。

3. 天文教育研究会でのワークショップ

実際のワークショップでの実演では、現職の先生方だけでなく、多数の方に来ていただき、実際の指導の流れを体験して、アクティブラーニングの方法の焦点化、アンケートの実施方法、生徒が興味を持つ方法について、貴重なご指摘・ご意見をいただいた。また、先生方の金星指導の工夫もお聞きすることが出来、金星指導の難しさと奥深さを実感し、とても有意義な時間となった。

4. おわりに

現在は、いただいたご指摘を基にプログラムを改良し、実際の学校現場で模擬授業を行うことを検討している。もし、模擬授業を行うことが出来れば、データを取り、定量的な効果を実証したい。

「みんなで作るバタフライダイアグラム」

鴨部 麻衣（京都大学理学研究科附属花山天文台）

“Let’s Make Our Butterfly Diagram!"

Mai Kamobe (Kwasan Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University)

Abstract

Sunspots have been observed by drawing at the Kwasan Observatory since 2004. And we have provided an opportunity for many school students to visit our observatory. To enhance the students’ understanding for observations of Astronomy, we provide a learning tool that children draw the butterfly diagram by using sunspot data observed at the Kwasan Observatory. In this workshop, we present this tool and invite the attendance to join to make “our butterfly diagram” together.

1. はじめに

花山天文台では 2004 年 8 月よりスケッチによる黒点観測を継続している。また、アウトリーチ活動も積極的に行っており、学校向けの見学や実習を多く受け入れている。2013 年からは京都市教育委員会との連携事業により、毎年約 700 人の京都市立小学校の児童が花山天文台を訪れている。花山天文台での太陽観測や研究を疑似体験してもらうためのアクティブラーニングツールとして、2015 年度より「みんなで作るバタフライダイアグラム」という教材を取り入れている。これは花山天文台の十数年に及ぶ黒点スケッチのデータを使って、見学者一人一人にグラフ上にシールを貼ってもらい、一つの大きなグラフを完成させるという取り組みである。本ワークショップでは、この取り組みを紹介し、参加者の皆さんにもバタフライダイアグラムの作成に加わって頂いた。

2. バタフライダイアグラムとは？

バタフライダイアグラム（Butterfly Diagram）は、太陽面上に発生した黒点の緯度を時系列でプロットしたもので、日本語では「蝶形図」と呼ばれている。太陽活動は約 11 年の周期で活動期と減衰期を繰り返しており、太陽黒点の数は約 11 年で周期的に増減してきた。黒点の発生緯度についても、活動周期の初期は高緯度に出現しやすく、時が進むにつれて赤道付近に多く発生する。この様子をグラフに表すと、蝶が羽を開いたように見えることから Butterfly Diagram と呼ばれている。（図 2）

花山天文台では 2004 年 8 月からスケッチによる黒点観測を行っており（図 1、図 3、図 4）、ようやく太陽活動の 1 周期分を観測したことになる。黒点観測のデータは花山天文台のホームページで公開しており（*）、ベルギー王立天文台の太陽物理学部門（SILSO）、国立天文台太陽観測科学プロジェクト、東亜天文学会にも毎月の観測を報告している。

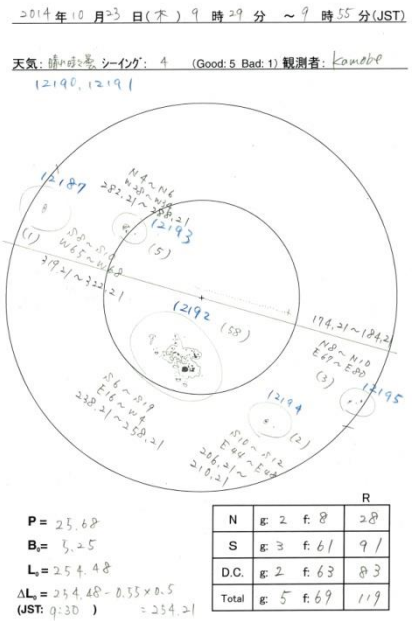


図 1　花山天文台での黒点スケッチの例
（2014 年 10 月 23 日）

(*)：花山天文台黒点観測のページ
http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Sartorius/ss_sketch/sunspot_sketch.html

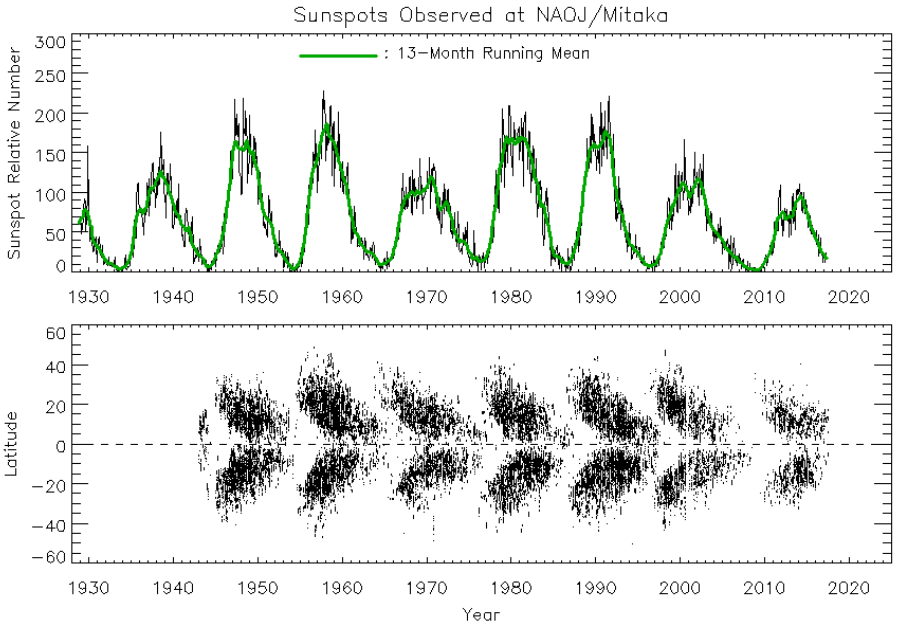


図 2　国立天文台作成の黒点相対数・バタフライダイアグラム

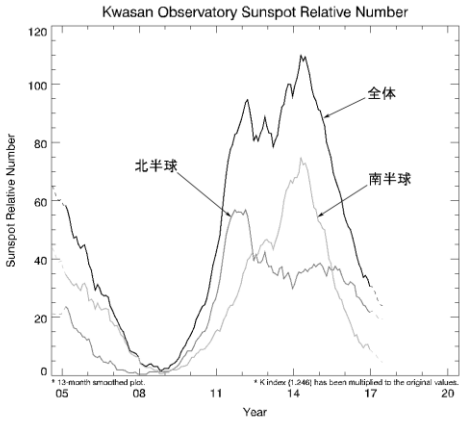


図 3

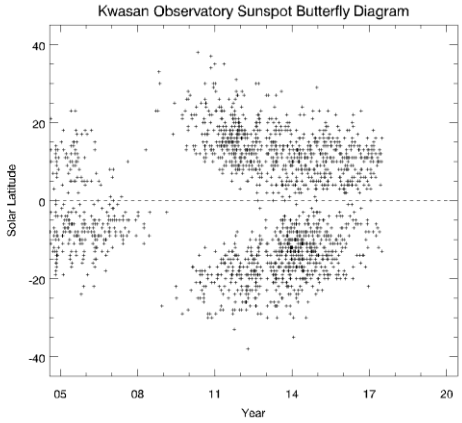


図 4

図 3　黒点相対数（2004 年 8 月～2017 年 6 月　花山天文台の観測データより作成）
図 4　バタフライダイアグラム（2004 年 8 月～2017 年 6 月　花山天文台の観測データより作成）

3.「みんなで作るバタフライダイアグム」の作り方

「みんなで作るバタフライダイアグラム」を実践するにあたり、以下のものを用意した。

・黒点データ（発生年月、緯度）
　グラフが煩雑になるのを避けるため、時系列は「月」単位、緯度は「1 度」に丸めた。
・2017 年版グラフ用紙(縦 90cm ×横 154cm)
　1 マス=8mm
　横軸：1 目盛＝1 カ月　縦軸：1 目盛＝緯度 1 度
・一人一人に配布する「あなたの黒点カード」（図 4）
・丸シール（直径 8mm）
色は 12 色用意し、学校やグループごとに変えられる。
・完成図や製作過程の記録を紹介したウェブサイト。
　QR コードのリンク先となっている

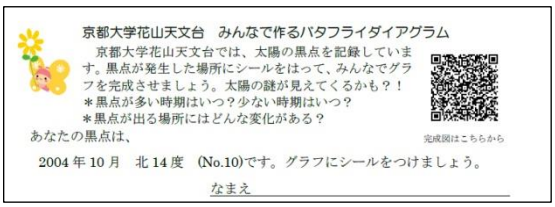

京都大学花山天文台　みんなで作るバタフライダイアグラム
京都大学花山天文台では、太陽の黒点を記録しています。黒点が発生した場所にシールをはって、みんなでグラフを完成させましょう。太陽の謎が見えてくるかも？！
＊黒点が多い時期はいつ？少ない時期はいつ？
＊黒点が出る場所にはどんな変化がある？
完成図はこちらから
あなたの黒点は、
2004 年 10 月　北 14 度　(No.10)です。グラフにシールをつけましょう。
なまえ

図 4　あなたの黒点カード

黒点データ、グラフ用紙については、花山天文台黒点観測のページ（*）にて公開しているので、ご活用頂きたい。
(*)：花山天文台黒点観測のページ
http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Sartorius/ss_sketch/sunspot_sketch.html

４．これまでの実践

京都市教育委員会の事業である「花山天文台体験学習」内で 2015 年度に初めて導入し、京都市立小学生 724 名が参加した。2016 年度は対象範囲を広げ、以下の皆さんにご参加者頂いた。花山天文台一般公開（約 170 名）、京都市小学校体験学習（720 名）、京都市教育委員会（約 80 名）、京都橘中学校（59 名）岡山県立岡山操山中学校（22 名）、滋賀県立虎姫高校（4 名）、京都千年天文学街道（15 名）、京都大学一本ゼミなど

花山天文台体験学習に参加した小学校には、後日、完成したグラフの実物大コピーと解説資料を配布した。2016 年度には、事後学習の時間を設けて下さった学校もあり、柴田一成花山天文台台長自ら「八咫烏」に扮し、小学校で出前授業を行った。出前授業では、見学時には時間の制約上、説明できなかった部分のフォローも行うことができた。（図 5）出前授業の感想を以下に紹介する。「やたがらすの登場や太陽の爆発のこととかがすごくおもしろかった。」「これからバタフライダイアグラムがどのように変化していくのか気になります。」「いつもあたり前のようにある太陽にはまだ、たくさんの分からないことがあることが分かりました。」

2017 年版については、飛騨天文台一般公開（19 名）を皮切りに、本年会では、のべ 61 名の方にご参加頂いた。（図 6）

図 5　出前授業の様子
（2017 年 2 月 6 日京都市立久我の杜小学校）

図 6　ワークショップの様子

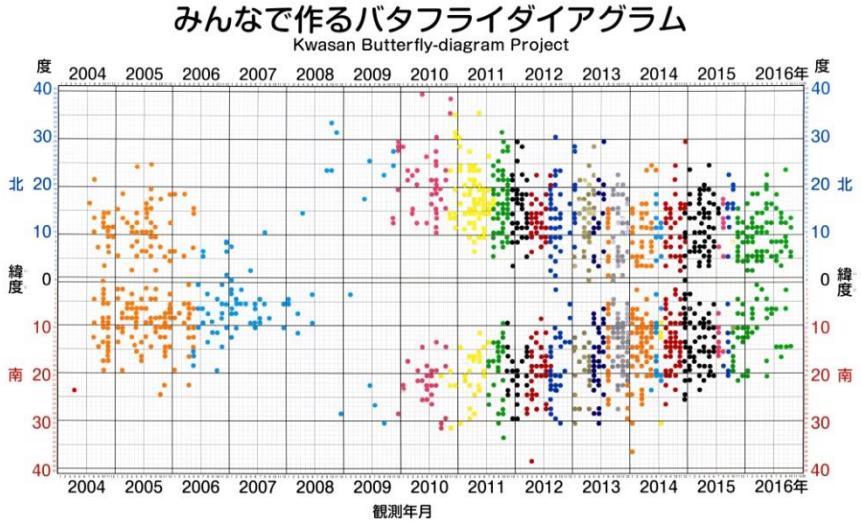


図 7　2016 年版　完成した「みんなで作るバタフライダイアグラム」

５．今後の課題

京都市立小学校の「花山天文台体験学習」では限られた時間内で、一回の見学あたり 40 人～100 人程の子どもたちに対応しなければならないため、太陽観測の意義やバタフライダイアグラムに表れる太陽の謎を十分に説明するのに限界がある。観測者や研究者の思いを伝え、天文学のわくわく感をより多くの児童・生徒に実感してもらうためには、花山天文台と学校の先生・教育委員会とのさらなる連携が望まれる。

近年、花山天文台も重大な転換点を迎えている。岡山県浅口市に完成する 3.8m 望遠鏡の開設に伴い、これまでの花山天文台の運営予算の大半が岡山天文台へと移譲されることとなった。今後どのように機材の保守整備費用や人材を確保していくのかが大きな課題である。

天文学は長大な時間スケールを扱う学問であり、地道な継続観測なくしては宇宙の謎を解明することは不可能である。人類にとって最も身近な恒星である太陽については、我々はたった 400 年しか望遠鏡を向けていない。今後も観測は続けられるだろうか？東亜天文学会の定期刊行紙「天界」に掲載されている「太陽課月報」によると、1984 年 11 月には国内 49 か所（海外 3 か所）からの報告が寄せられているが、2017 年 4 月には、国内 25 か所（海外 8 か所）と国内からの報告が半減している。人類代表として引き続き太陽観測を続ける人材の育成が望まれる。

太陽はバタフライダイアグラムを通してどのような問いを人類に投げかけてくるのか、引き続き地道な観測を続けていきたいものである。

（ワークショップにご参加頂いた皆様には、この場をお借りしてお礼申し上げます。この集録が完成する頃には 2017 年度版「みんなで作るバタフライダイアグラム」が完成しているかもしれません。是非、以下サイトにアクセスして頂き、2017 年度の進み具合をご確認下さい。）

・みんなで作るバタフライダイアグラム　2017 年

http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Sartorius/ss_sketch/sunspot/bfly/2017/bfly2017.html

参考文献

Solar Physics Marshall Space Flight Center　The Sunspot Cycle
https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml
国立天文台太陽科学観測プロジェクト　三鷹太陽地上観測プロジェクト
http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/
天界　1985 年 1 月号
天界　2017 年 8 月号

参加者からのコメント

- 後日、サイトにアクセスして自分の名前を入力し、自分が貼った場所が確認できるようにしてもいいのでは。
- ほんとにみんなで作るんですね。
- 中学生向けの部活紹介でやってみようかな。（高校の先生より）
- バタフライダイアグラムの手前でも太陽・黒点関係のおもしろいトピックはいろいろある。