

特集3

天文教具工作作品の展示

船越 浩海（生涯学習センターハートピア安八・天文台）

1. はじめに

岐阜県安八町の生涯学習センターハートピア安八天文台・プラネタリウムでは、特色ある天文教具の開発や天文工作教室を行っている。これらの作品の一部を、令和5年4月1日に、国立天文台（三鷹）で開催された当研究会の関東支部会にて展示紹介した（図1）。



図1 展示（上）と説明（下）のようす

2. 教具開発・工作作品作成のコンセプト

太陽系の構造や天文現象などを説明する時、あと一歩うまく伝わらない経験はないであろうか。そんな時に理解の補助となるのが教具である。現在では多くのデジタルコンテンツが開発、公開されて、それらをスマホやタブレットなどで手軽にアクセスできるのはご存じのとおりである。これらデジタルコンテンツは正確で、ビジュアルにも美しい仕上が

りのものが多い。そんな中、当天文台では敢えてアナログ教具の開発を行っている。

アナログ教具には、デジタルでプログラミングするような正確なロジックを、くまなく取り込むことはできない。しかし、その現象を引き起こす最低限の要因を仕組みとして組み込むことで、おおよその現象を再現させることができる。デジタル教具では現象の要因の少なからずが、ブラックボックスに納められているのに対し、アナログ教具は押さえたい重要な要因が、ほぼむき出し（見える形）で組み込まれている。これは、遊び感覚で操作していても、繰り返すことによりその現象の要因に気づくチャンスが増えることを意味する。これが今の時代にアナログ教具を開発する理由である。複雑な現象は単純な原則を組み合わせることで説明できるが、工作の中にもこの考え方を取り入れ、さまざまな天文現象を、数個の簡単な要因の組み合わせとして捉え、その一つひとつを仕組として取り入れ、直感的に要因が理解できる構造に仕上がるように心がけている。

天文工作においては、多くの施設・個人等で、身近な安い材料を使った工夫を凝らした工作教室が、全国で開催されている。

当館でも同様なスタンスで工作を行っているが、一つ外せない基本姿勢がある。それは、少しでも長い間手元に残る工夫を入れることである。言い換えれば、工作を終えて最低1週間はゴミ箱に行かせない、愛着がわく工作作品を目指すのである。これには見た目の良さや丈夫さ、そして、ある程度の事前の作り込みが必要である。作り込みは時間がかかるが、アイデアを凝らして地道に設計製作を続けている。

3. 展示した教具、工作作品

関東支部会会場で展示説明した教具工作作品を以下に紹介する。

① 月のマルチ三球儀

宇宙視点と地上視点の2視点間をシームレスで切り替えることができ、月の満ち欠けが起こる仕組みについて、月の形や月がいつどの方向に見えるかなど、多くのことを理解できる教具である(図2)。



図2 月のマルチ三球儀

(左は宇宙視点、右は地上視点で三日月)

組み込んだしくみ：

ア. 月の昼は常に太陽方向、イ. 月の公転、ウ. 太陽との位相角に応じて満ち欠けする、エ. 満ち欠け周期は約29.5日、オ. 太陽、月の出没等は地上から風景、カ. 太陽と月の見かけの動きは似ている。

② 月の形と位置が分かる立体早見(紙工作)

①の模型の紙工作版(図3)で、主に地上



図3 月の形と位置が分かる早見盤

から見上げた月について理解を深めることができる。印刷時に切り込み部分を型抜き加工しているため、はさみは要らず両面テープだけで工作が行えるのも便利である。

組み込んだしくみは①とほぼ同様である。

③ 月の満ち欠け盤

地球の周りを公転する月が、太陽との離角(位相角)に応じて形を変化させ、満ち欠けが起こることが分かる基本的な紙工作(図4)。地球、日本を配置することにより、出没、南中についても考察できる。

組み込んだしくみ：

ア. 地球の周りを月が公転、イ. 太陽と月の離角で月の形が決まる、ウ. 地球の自転



図4 月の離角と形

④ 日食再現遊星儀

地球と太陽を固定して滑車を回し、月を公転させ、新月時に日食を再現させる教具である(図5)。新月でも日食が起きる場合と起きない場合があり、日食は6朔望月(時に1朔望月連続)で繰り返すことが分かる。

組み込んだしくみ：

ア. 月が1朔望月で回転(≒公転)、イ. 月の公転面(白道)が黄道に対して傾いている、ウ. 月の白道の傾きは、月の公転と逆向きに約19年で1回転している

この教具から日食にならない新月はその影が地球の北、または南を通過していること、

その原因は白道が傾いていることに気づく。更に日食が半年毎に起きないのは、ゆっくりと白道が回転していることが原因であることや食のシーズンの認識も説明しやすい。

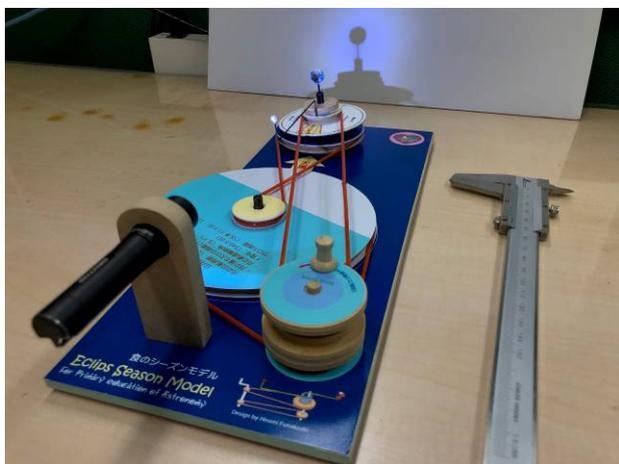


図5 日食再現遊星儀

日食は月食と約半月を隔て対で起きる現象であるが、この模型では月食は実際よりも頻度が多く再現されてしまう。太陽光源として使用している小型ライトは、光束が放射状になるので、模型での月食は地球の影が大きくなり正しい頻度で再現できない。

⑤ 簡易日食早見盤

初期値として任意の日食の月日をセットすることで、その後しばらくの日食の月日を予測できる早見盤である(図6)。閏年は考慮していないので、当該の年は1日ずれる。

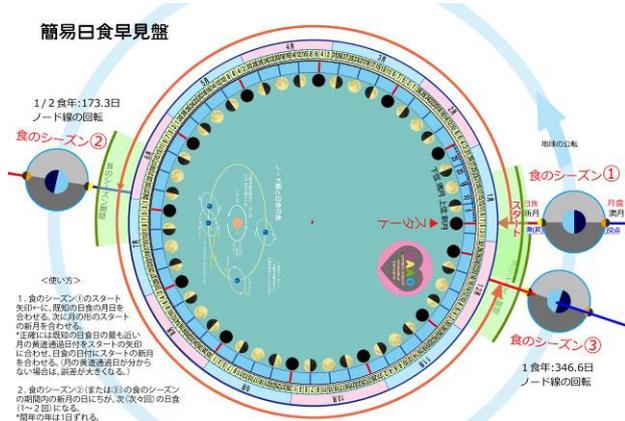


図6 簡易日食早見盤

組み込んだしくみ：

- ア. 食のシーズン、イ. 日月食が起きる期間(注1)、ウ. 朔望月(特に新月の周期)

⑥ 金星の満ち欠け遊星儀

地球と金星をそれぞれの公転周期で回転(公転)させて、金星の位置(外合、東方最大離角、内合、西方最大離角など)による見かけの形や大きさの変化(満ち欠け)などが分かる遊星儀である(図7)。地球の自転を考慮すると明けの明星、宵の明星、深夜に不可視など現象にも言及できる。

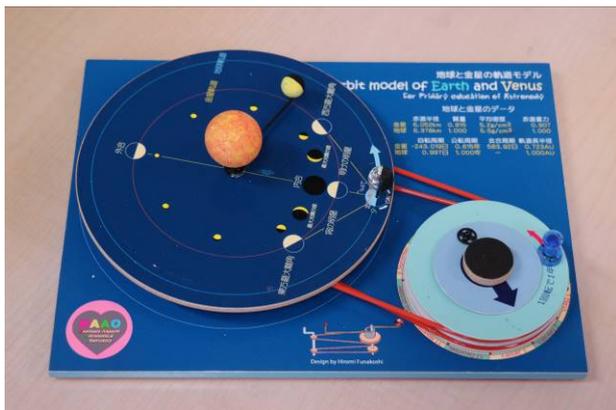


図7 金星遊星儀

組み込んだしくみ：

- ア. 地球、金星の周期に応じた公転、イ. 太陽光による金星の昼夜

⑦ 金星の満ち欠け紙工作版

⑥の紙工作版である(図8)。金星の内側、地球の外側の目盛りの一目盛りは、それぞれ約15日間で公転する角度を示していて、同じ目盛り分だけ金星、地球を反時計回りに回すことにより、それぞれの公転運動を表すことができる。



図8 金星の満ち欠け(紙工作版)

⑧ 火星の接近遊星儀

地球と火星を公転させることで、2年2か月弱ごとに起きる火星の接近現象を示す教具である(図9)。火星の軌道は、楕円軌道の一つの焦点である太陽を中心とした平均公転半径の円で近似させている。このことにより地球と火星の中心はずれ、大接近～小接近を示すことができる。

また、台紙には火星の近日点、遠日点、火星の地軸の傾き、おおよその地球の月日が示されているので、大接近時に火星はいて座付近にあり、南極冠が見えるといったことも分かる。

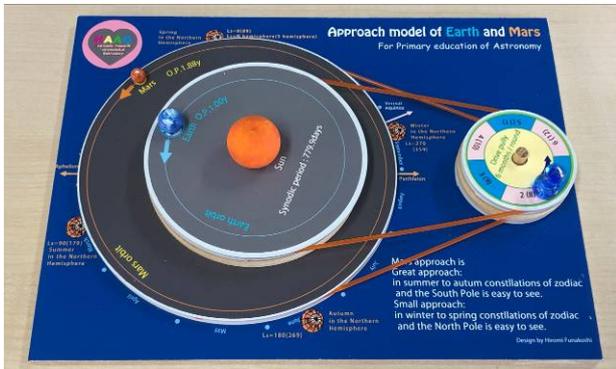


図9 火星の接近遊星儀

組み込んだしくみ：

ア.地球、火星がそれぞれの周期で公転している、イ.火星軌道の焦点(円近似で中心)は太陽からずれている

⑨ 火星の接近紙工作版

⑧の紙工作版である(図10)。それぞれの



図10 火星の接近(紙工作版)

公転円盤に記した半径方向の矢印線は、一目

盛りが30日間で公転する角度に相当する。地球、火星をそれぞれ一目盛りずつ回転させることで公転運動を示せる。また、会合周期分の回転角(矢印線)が記載されているので、次回接近時の位置を一目飛びに知ることができる。

⑩ 土星の輪の傾き遊星儀

土星の輪が約29.5年周期で傾きを変えていることやその理由が分かる遊星儀である(図11)。地球視線の土星の輪の傾き変化と公転による土星の位置を同時に示すことにより、輪の傾きと公転との関係が分かる。



図11 土星の輪の傾き遊星儀

組み込んだしくみ：

ア.土星が約29.5年で公転している、イ.土星の地軸(輪)は太陽系空間の一定方向に傾いている、ウ.土星は太陽から約10AUの位置にあるため地球から見た土星は大雑把に太陽から見たものと捉えてもよい。

⑪ 60億分の1太陽系惑星モデル

小さな惑星に精密ベアリング鋼球を使用した惑星のスケールモデルである(図12)。60億分の1では水星は直径0.8mmになる。8惑星を手に乗るほどの小さなケースに納めることができる。台紙には太陽惑星の諸データ、縮尺上の惑星の距離などを整理して記載している。また、同縮尺の太陽の一部をプリントしているので、太陽黒点と惑星の大きさ比べがそのままできる。太陽については、工作はないが、100均で取り扱っている直径23cm

程のゴムボールをそのまま太陽として扱える。

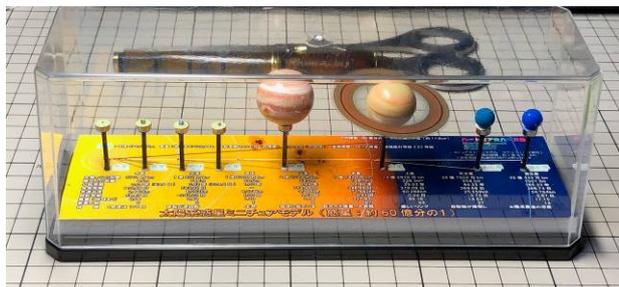


図12 60億分の1太陽系惑星モデル

⑫ 立体星座

1辺90mmの立方体のクリアケースに収まったオリオン座、カシオペヤ座、北斗七星、みなみじゅうじ座の立体星座である。

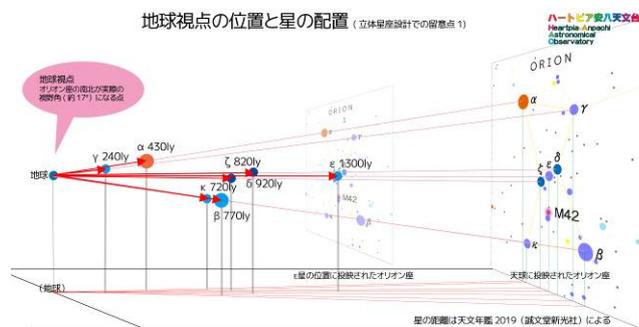


図13 太陽(地球)視点でのオリオン座の星の配置

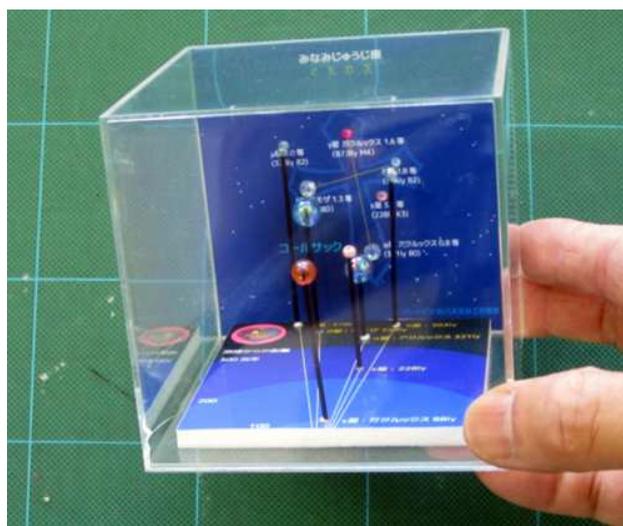


図14 立体星座(みなみじゅうじ座)

眼視等級に応じた大きさのビーズで星を表し、スペクトル型により色付けしている。星

の立体配置は、ケースの外に太陽(視点)の位置を決め、主な星の距離、星座の視角度を考慮して平面図と立面図を書き位置を決めている。図13はオリオン座を例とした太陽(地球)視点での主な星の位置を示した図である。

立体星座の一例として図14にみなみじゅうじ座を示した。

以上、取り上げた教具、工作作品はコンパクトに作られており、すべてを普通のトートバック一つに収めて運ぶことができる。

4. おわりに

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、形・仕組みに組み込めるアナログ教具は、今後もその有意さ故デジタル教具とともに発展していくであろう。これがアナログ教具の醍醐味でもある。

教具や工作について、気軽に紹介し合えるFacebookグループを開設しています。ご興味のある方は「天文教具工作部」で検索してみてください。また、よろしければグループに参加していただくと幸いです。

注釈

[注1] 食のシーズンの期間は30~37日とされている。

<http://www2s.biglobe.ne.jp/~orbus/season-ecl.htm>



船越 浩海