

# 模型でわかる月の満ち欠け

大井 克己\* ・ 大橋 邦宏\*\*

## 1. はじめに

著者の一人である大井は、平成14年度に大阪府教育センターの中学校「理科」長期研修（後期）に参加した。その研修で、ある実験室に置いてあった、段上和夫氏が作製した「月の満ち欠け」模型<sup>1)</sup>に関心を持った。

この模型は、月を示す球（半分を黒く、他の半分の黄色く塗ってある球）が軌道上のどの位置にあっても一定方向を向くように（黄色に塗られている側がいつも太陽に向くように）工夫されているので、地球から見た月の形の変化がよく理解できた。

これを、選択授業の時間を使って生徒に製作させたいと考え、月が地球の周囲を自由に回転できるように工夫を加えたのが、図1に示す「月の満ち欠け」模型である。

以下に、その製作手順等を紹介する。

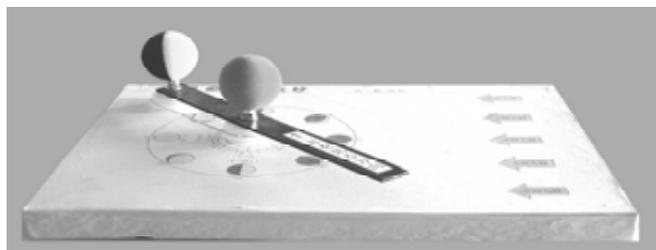


図1 「月の満ち欠け」模型

## 2. 用意するもの

### (1) 材料

- 厚紙：台紙用のA4版と腕木用の210mm×40mm（「板目表紙」がよい）-----各1枚
- 発泡スチロール球（直径約30mm）-----2個
- 35mmフィルムケースの蓋（蓋の一部がケースの内側に入り固定される型のもの）-----2個
- ボルト（太さ4mm，長さ30mm）-----2個
- ナット（4mm用）-----5個

- 座金（4mm用）-----8個
- 鳩目鉋（5mm用）-----2個
- 細い丸ゴム紐（約35cm）-----1本
- 木綿糸
- アクリル絵の具-----青・黄・黒・赤
- マスキングテープ
- 瞬間接着剤（金属を接着できるもの）

### (2) 工具等

- ペンチ
- ドライバー
- 2穴パンチ
- 鳩目パンチ
- 千枚通し（またはそれに代わる穴開け道具）

### (3) 生徒に持参させるもの

- のり
- はさみ
- 水彩筆
- パレット

## 3. 製作手順

図2に製作作業部分の概要を示し、作業を「月と地球の製作」、「台紙の製作」、「腕木の製作」、「Aの部分の製作」、「Bの部分の製作」、「ベルトの製作と取り付けその他」に分けて述べる。

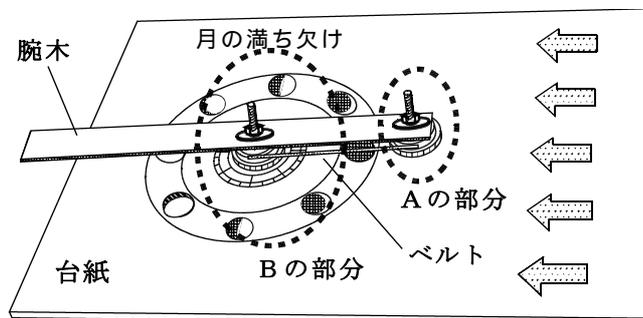


図2 製作作業部分

\* 摂津市立第五中学校

\*\* 大阪府教育センター

### (1) 月と地球の製作

- a. 地球に用いる発泡スチロール球Aの全体を青色に

塗る。

b. 月に用いる発泡スチロール球Bの半分強を黄色に塗る。

c. 発泡スチロール球Bの黄色に残したい部分（太陽に照らされて光っている部分になる）を、マスキングテープで保護し、露出部分（太陽に照らされない陰の部分になる）を黒色に塗る。

このとき、黄色に塗ってから十分に乾燥させないと、貼ったマスキングテープを剥がすときに色が取れることがあるので、aとbの作業は事前準備で済ませておいてもよい。また、授業時間が2回とれるならば、1回目にaとbの作業を済ませ、2回目にcの作業をする。

### (2) 台紙の製作

a. 台紙用厚紙に、図3をA4サイズに拡大して印刷する。（この作業は事前に行い、授業では、印刷したものを配布するとよい。）

b. 太陽光線を示す矢印、月の明るく見える部分等を、必要に応じて着色する。

c. 月の軌道を示す円の中心に直径約4mmの穴を開ける。

### (3) 腕木の製作

a. 腕木用厚紙に、穴を開ける位置と二つ折りするための線を描く（図4）。

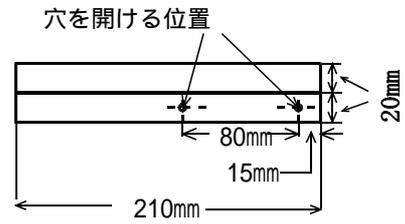


図4 腕木用厚紙

b. 二つ折りして糊づけし、圧着する。

c. 2穴パンチで穴を開け、鳩目紙で補強する。

このとき、図5のように端から55mmの位置に印をつけ、この印を2穴パンチの中央の印に合わせる。また、2穴パンチに紙が深く入りすぎないように、予め2穴パンチに細工をしておくともよい。

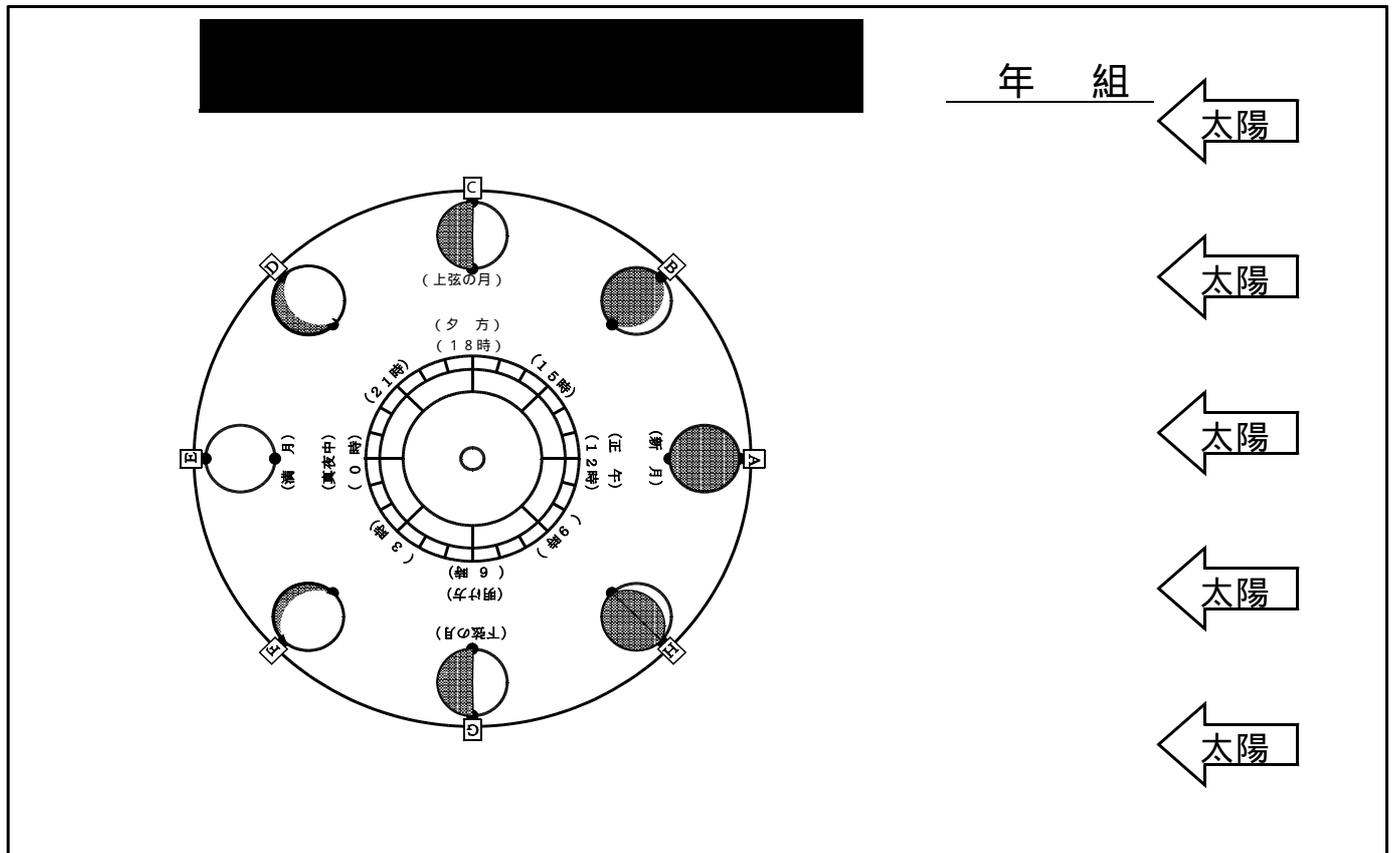


図3 台紙に印刷する図



図5 腕木に穴を開ける要領

d. 腕木に、縦書きで「月を見る方向」と書く（図6）。

A 4サイズの板目表紙に、切取線・折り線・穴開け位置・「月を見る方向」を印刷して配布すれば、作業時間が短縮できる。



図6 「月を見る方向」の記入位置

(4) Aの部分の製作

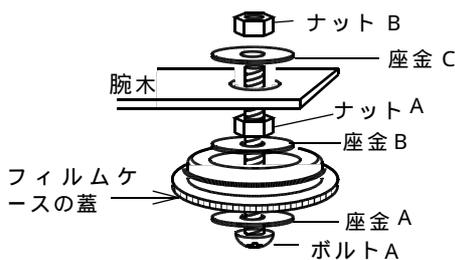


図7 Aの部分の分解図

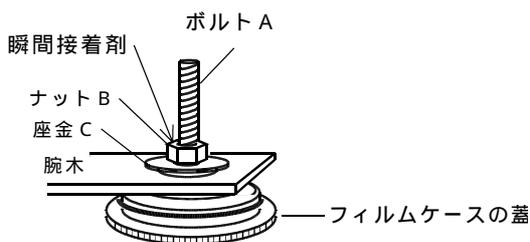


図8 Aの部分の完成図

a. フィルムケースの蓋の中心に直径4mmの穴を開け、外径の大きい方を下（裏返し）にして、下から座金Aを付けたボルトAを通し、上から座金BとナットAで、フィルムケースの蓋が回らないように強く締める。（ナットAと座金Bは、フィルムケースの蓋の中央の凹みに入り込む。）

b. aで作った部分の上に、腕木と座金Cを通し、

ナットBをボルトAに、瞬間接着剤を用いて、フィルムケースの蓋が軽く回る位置で固定する（図7、図8）。

(5) Bの部分の製作

a. 座金Dを通したボルトBを、台紙の月の軌道を示す円の中心に開けた穴に、台紙の裏側から差し込み、座金Eとで台紙を挟むようにして、ナットCで固定する（図9）。

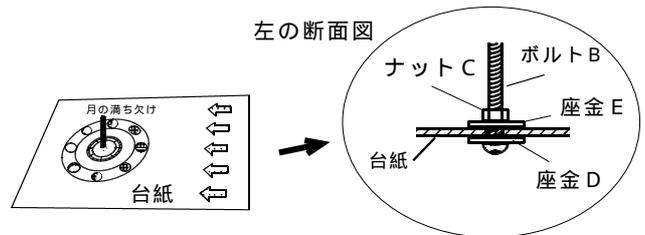


図9 中心軸の設置

b. ボルトBに座金F、外径の大きい方を下（裏返し）にしたフィルムケースの蓋及び座金Gを差し込み、フィルムケースの蓋が動かないように、ナットDで強く締める（図10）。（座金GとナットDは、フィルムケースの蓋の中央の凹みに入り込む。）

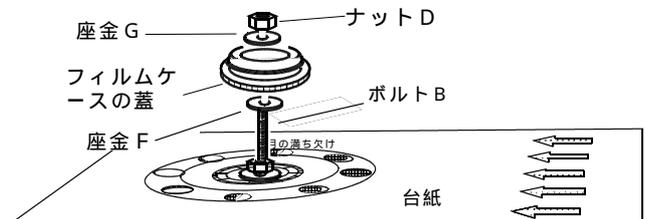


図10 フィルムケースの蓋の取り付け

c. ボルトBに腕木と座金Hを差し込み、ナットEでとめる（図11）。

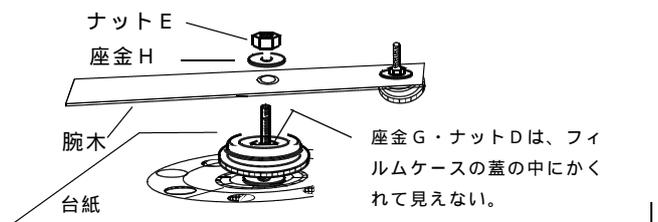


図11 腕木の取り付け

d. ナットEをボルトBに、瞬間接着剤を用いて、

腕木が軽く回る位置で固定する（図12）。

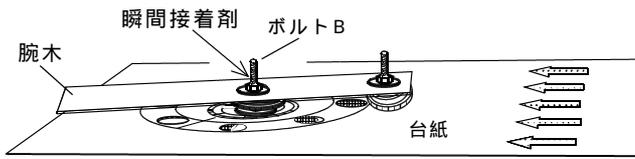


図12 Bの部分の完成図

(6) ベルトの製作・取り付けその他

a. ゴムひもをAの部分とBの部分のそれぞれに取り付けたフィルムケースの蓋（これが滑車になる）の窪みに掛け、ベルトとして掛けたときの長さより2mm短いところに印をつける（図13）。

b. ゴムひもにつけた2箇所の印を合わせて木綿糸で強く縛って輪を作り、端の部分の部分を短く切り取る。

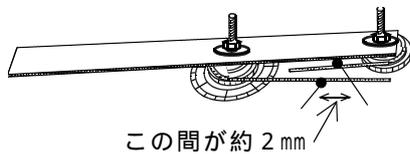


図13 ゴムひもを結ぶ位置

c. ベルト（ゴム輪）を滑車（2つのフィルムケースの蓋）に掛ける。

d. 発泡スチロール球AをボルトBの先端に差し込み、地球とする。また、発泡スチロール球Bを、黄色く塗った面が太陽光線の方に向くように、ボルトAの先端に差し込み、月とする（図14）。

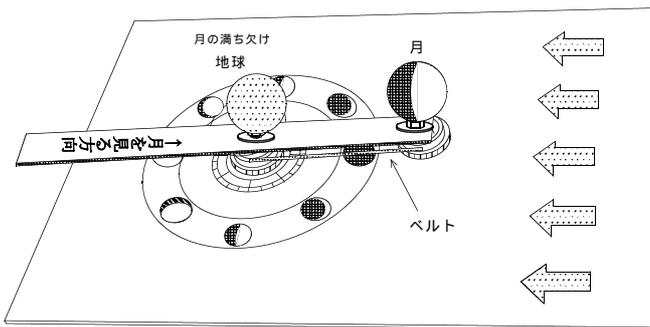


図14 完成図

4. 補足

授業で生徒に製作させることを目的としたので、材料等は安価で手に入りやすいものを心がけた。

「理科」長期研修での課題発表用に製作したときは、ボルト・ナット等は太さ3mmのものを使用した。しかし、生徒には太さ4mmの方が扱いやすいと

思い、今回は太さを4mmとした。そのため鳩目鉋の穴の直径も5mmのものに変更したが、このほうがパンチ穴にもよく適合した。

絵の具は、地球を緑色にするなど、好みと必要に応じて色を選択すればよい。また、試作では、発泡スチロールの着色に油性インクを用いたが、発泡スチロールが溶けるので、アクリル絵具を用いるのがよい。

板目表紙への印刷は、厚紙印刷のできるパソコン用プリンターが市販されており、顔料インク使用のものもあるので、それを用いればA4版印刷はもちろん、カラーの美しいものを作ることもできる。

ベルト用ゴムひもの長さは教師が指定してもよい。

5. 大阪で見る月

(1) どこでも月の見え方は同じ?

地球は球形に近いので、観測地点の緯度によって月の見え方は異なるはずである。

この模型では、ボルトBが地球の自転軸となるため、台紙を水平に置いたとき、腕木に沿って見えるのは「北極で見る月」ということになる。

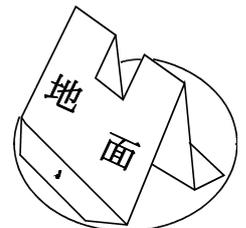


図15 地球が球であることを考慮した地面

そこで、大阪付近で観察できる月の様子を知るために考えたのが図15である。

(2) 「地球が球であることを考慮した地面」の製作

a. 少し厚い紙に、図16を、最外円の直径40mmで描いて切り抜き、中心に直径約4mmの穴を開ける。

b. aで用いたのと同質の紙に、図17を、2本の谷折りの線の間が45mmになるように描いて切り抜く。

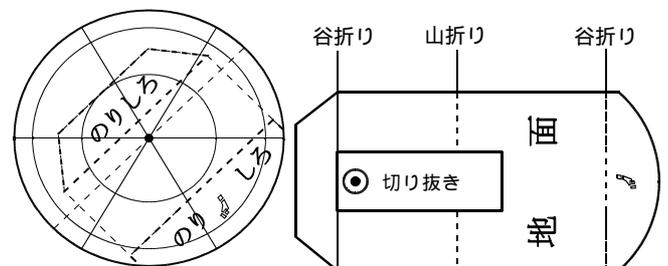


図16 部品1

図17 部品2

図16と図17を拡大複写して用いればよいが、ここでは、大阪が北緯約35°に位置しているので、「地面」と表記してある面が台紙に対して約55°の傾き

を持つように作ってある。緯度の異なる地点では、両者のつくる角が「 $90^\circ$  - その地点の緯度」となるようにする。

c. aで作った円盤にbで作ったものを糊づけする。  
 (3) 「地球が球であることを考慮した地面」の利用方法

a. ボルトBに差し込んだ発泡スチロール球Aを外し、代わりに5(2)で作ったものを差し込む(図18)。

b. 「地面」と表記してある面が水平となるように装置全体を傾けて、腕木に示した方向から月を見る。

c. 「地面」と表記してある面を腕木の長辺と平行にすれば、「地平線から昇るとき」又は「地平線に沈むとき」の様子が観察できる。また、小さく描かれた日本列島の方向を台紙に描かれた時刻盤と合わせることによって、任意の時刻の、任意の月齢での様子(ただし、月の公転面と赤道面の交角は考慮されていない。)を観察できる。

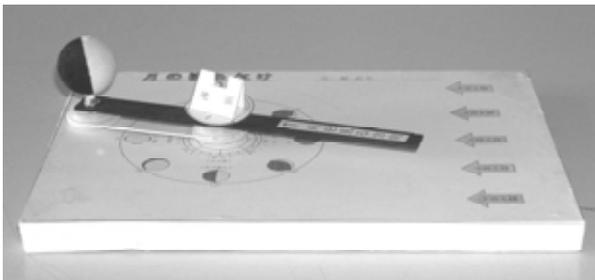


図18 「地球が球であることを考慮した地面」を装着した様子

### 6. 改良型「月の満ち欠け」模型

月の満ち欠け模型を「理科」長期研修の課題研究で発表した際、「これでは、生徒に『月は自転していない』という錯覚を与える心配がある。」との指摘を受けた。月は、地球に同じ面を向けながら地球の周りを回っている。すなわち、地球を1周する間に1回自転しているため、月は常に同じ面を地球に向けているのである。

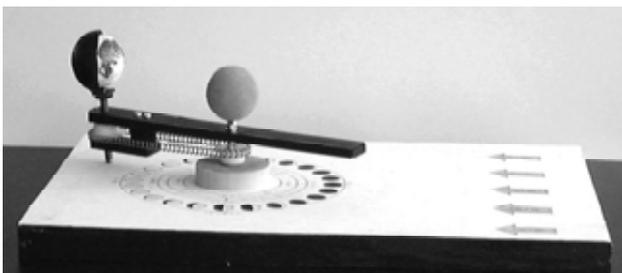


図19 改良型「月の満ち欠け」模型

それで、月を示す球は腕木の回転に伴って回転するようにし、同時に、太陽に照らされない面を表す半球はいつも太陽光線とは逆方向の半分を覆うように改良を加えた模型が、図19に示す改良型「月の満ち欠け」模型である。

完成したものを動かしてみると、月の自転がよく分かり、指摘の適切さに改めて驚いた。作業工程、材料、その他の点で生徒に製作させるのは無理であるので、もし「月の満ち欠け」模型を生徒に作らせる機会があれば、その授業の最後に、この改良型模型を是非見せたいと思っている。

以下に各部分の拡大写真等を示す。

(1) 材料等について

a. 台は合板を用い、裏側の縁は細い角材で補強した。

b. 腕木と月を示す球も木製とした。

c. 歯車とチェーンは、市販されているラダーセットを用いた。

(2) 月の取り付け部

チェーンを外して月の取り付け部を真横から見た写真が図20で、図21にその部分の断面を示す。

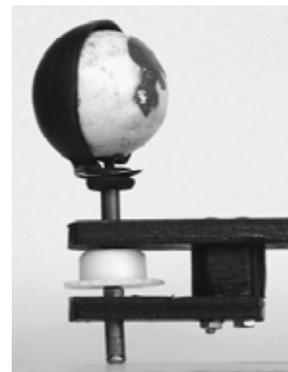


図20 月の取り付け部

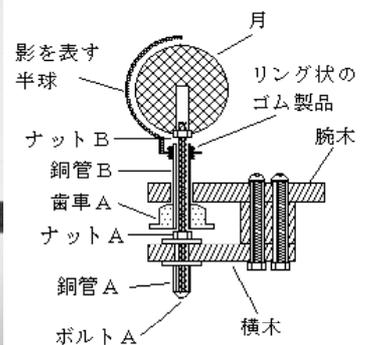


図21 左の断面図

a. ナットAは、歯車と横木の間隔を開けてチェーンが通る隙間をつくると同時に、横木を締め付けることによって、ボルトAが回転しないようにしている。

b. 銅管Aは、腕木を水平に保つための高さ調整に用いている。また、銅管Bは、歯車Aに打ち込んである。

c. 月には木製の球を用いて、ナットBを埋め込んで(図22)、銅管の中に通し

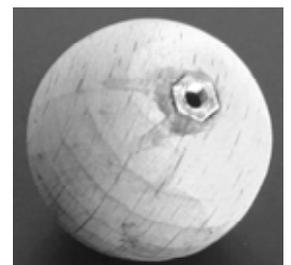


図22 月に使う木球

ているボルトAに固定する。(固定するため、ナットBとボルトAの接合部にごく少量のペンキを垂らした。)

月の着色に当たって、月面地形の概略等の模様を描いておけば、自転の様子が分りやすくてよい。

d. 影の部分を表す半球は、卓球用の球を切って加工し、着色する。

また、脚部にはリング状のゴム製品をはめ込み、銅管Bに取り付ける(図23)。その結果、歯車Aが回れば銅管Bが回り、影の部分を表す半球も同じように回ることになる。

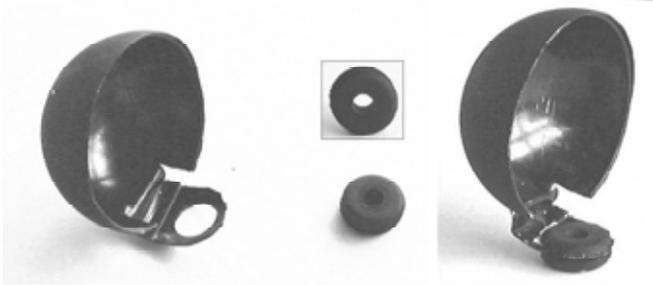


図23 月の影の部分を示す部品

リング状のゴム製品(図23中央部の2個)は、電気器具からコードが出るところに用いられるものであるが、通常より小さなもの(穴の径が3~4mm)を用いた。

### (3) 地球の取り付け部

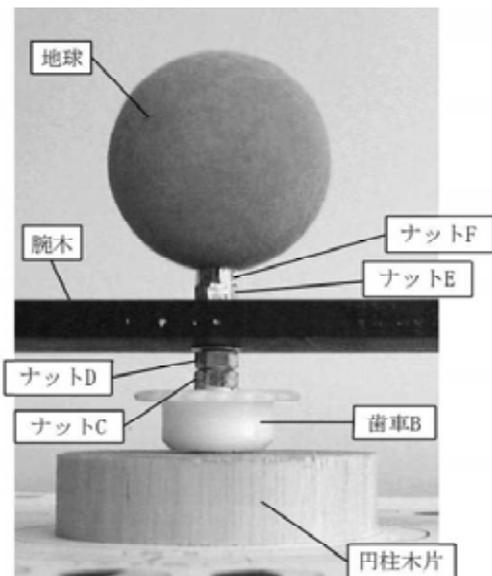


図24 地球の取り付け部

地球の取り付け部を示したのが図24である。

a. 円柱木片は、中心のボルトを安定させるためのものである。台に描いた時刻盤が隠れない大きさとし、台に接着剤で固定する。

b. 歯車Bは、月の取り付け部に用いた歯車Aとは裏返しにして用いる。また、回転しないように、ナットCでしっかりと台に固定する。ナットDは、ナットCが緩むのを防ぐためのものである。

c. ナットEは、腕木が軽く回る位置で固定する。また、ナットFは、腕木を回したときに、ナットEが緩んだり腕木を締め付けたりしないようにするためのものである。したがって、ナットEを瞬間接着剤でボルトに接着したときは、ナットFは不要となる。

d. 地球は、発泡スチロール球で製作した。これは、「5. 大阪で見る月」で述べた「地球が球であることを考慮した地面」の利用のため、着脱できるようにしておく。

### 7. おわりに

「理科」長期研修の同期の参加者に、課題研究発表の資料集に載せた手順で製作してもらったところ、「非常に分りにくい。」との指摘を受けた。それで、分かりやすいものをと悩んでいるうちに、研修期間は過ぎてしまった。

それから数か月、とにかく作り上げたものが、この製作手順書である。機会があれば生徒に作らせながら改良していきたいと思っている。

未筆ながら、協力していただいた方々にこの紙面を借りて心からお礼を申し上げる。

### 参考文献

- 1) 段上和夫, 藤原伸興: 大阪と科学教育, 12, 39 (1998)