

B コース

2006 年宇宙の旅 ～太陽系をめぐる～

川村寿郎 高田淑子 （宮城教育大学教育学部理科教育講座）

担当教官： 川村寿郎、高田淑子

実施日時： 2006 年 7 月 22 日（土） 23 日（日）

実施場所： 宮城教育大学 理科学生第 1 実験室

参加学生： 小澤孝太、木村雄太、鈴木芳行、三浦俊輔、大泉加奈子、白鳥翔太、
谷口弘美、堀越詩野、三井類、三宅悠子、若林藍、渡邊淳美

参加生徒数： 22 日 14 名、23 日 5 名

1. はじめに

本コースでは、宇宙という壮大なスケールを体験することに重点をおき、天文分野の特に太陽系の惑星の学習を計画した。

私たちは、普段生活するうえで地球の大きさや宇宙の広さなど考えて過ごすことはまずないが、誰しもが一度は不思議に思うことである。今回様々な実験を通し、書物からや話だけでは理解しづらいことを、体験を通して理解につなげられることを念頭に置き、企画した。

2. テーマ設定

B コースでは、地層、地震、天体など様々な分野からテーマから話し合う中で、実際に観察や実験が困難で取り上げづらい分野ではあるが、昨年のアンケート結果より子ども達が最も関心を持っている天文分野に挑戦することを決定した。さらに話し合いを進め、「教科書だけではイメージしにくい太陽系のスケールを実感させ、モデル実験を通して、太陽系を構成する惑星を学習すること」を目的とし、「太陽系」をテーマにすることにした。

3. 実施内容

3 - 1. 午前中の活動

午前中は主に 4 つの活動を行った（時間順に示す）

- (1) 太陽系の惑星
- (2) 太陽系距離当てゲーム
- (3) 惑星の大きさ比べ
- (4) 10 億分の 1 のミニチュア太陽系の確認

(1) 太陽系の惑星

1 日の授業を円滑に進めるために、導入の段階で「太陽系ってな～に？」と題して定義を確認した。まず、先代の科学者の間では天動説と地動説の 2 つの説があったことを説明し、観測技術の発達により地動説が正しいことが明らかになったことを伝えた。そして、太陽のように自ら光を放つ天体を恒星、地球のように恒星の周りを回る天体の中でも大きい天体を惑星と呼ぶことを共通理解させた。地球以外の惑星を生徒に挙げてもらい、9 つ全ての惑星が挙げたところで、画用紙と惑星シールを使ってそれらが太陽からどのような順番で並んでいるのかを班ごとに予想・発表してもらった（図 1）。



図1 惑星の並び方を予想している



図2 距離当てゲームの様子

(2) 太陽系距離当てゲーム

予め作成しておいた長さ 6 m の数直線と惑星の駒を用いて、太陽から各惑星への距離がどれくらいになるかを確認するために 1 兆分の 1 の縮尺で惑星の駒をならべる距離当てゲームを行った (図 2)。太陽と地球との距離が 1 億 5 千万 km (実際は 15 cm) であることを提示し、太陽と他の惑星の距離を予想してもらった。ワークシートに表として記載されている実際の距離を、自分の予想と照らし合わせて、正しい位置に置き直してもらい太陽系の惑星の距離比を実感させた。

(3) 惑星の大きさ比べ

ここでは、10 億分の 1 の縮尺で惑星の大きさを比較することを目的とした。まず、直径 140 cm の風船を太陽に見立てたときの地球の大きさはどのくらいになるのかをビー玉、ピンポン玉、野球ボール、バスケットボール、バランスボールの 5 つの中から予想してもらい、予想を確かめるため、太陽と同様に実際の直径を 10 億分の 1 に縮小するという計算作業を生徒に実施させ、これによって、140 cm の太陽の直径に対する地球の大きさは 1.3 cm となり、ビー玉程度となることを理解する。他の惑星も同様に行い、各惑星に対応する大きさのモデル模型 (発泡スチロールで作成) を示した (図 3)。

(4) 10 億分の 1 のミニチュア太陽系の確認

午前中の学習のまとめとして、太陽からの各惑星の距離を (3) で行った大きさ比べと同じ 10 億分の 1 の縮尺に縮小する計算作業をまず行い、10 億分の 1 の縮尺における各惑星の配置を実感するため、生徒とともに野外で太陽と各惑星との距離を確認した。それぞれの惑星の位置に三角コーンを置きながら、太陽からの距離を水星から順に確認し、学内の敷地内で火星の距離 (230 m) まで確認した。木星以遠については実験室に戻り仙台市の地図を使って確認、太陽系の広がりや宇宙空間を体験した。



図3 惑星の大きさ比べの様子



図4 屋外での太陽との距離の確認

3 - 2 . 午後の活動

午後の活動は主に以下の5つである（時間順に示す）。

- (1) 太陽系の惑星の仲間分けと惑星のでき方の解説
- (2) 地球型惑星と木星型惑星の大きさの違いを確認する実験
- (3) 惑星内部の形成過程を理解するちりの分離実験
- (4) 地球と木星の半球モデルの製作
- (5) 学習のまとめ

(1) 太陽系の惑星の仲間分けと惑星のでき方の解説

午前中に“距離当てゲーム”で用いた1兆分の1の縮尺の数直線上で、惑星間の距離、惑星の大きさが急激に変化している場所を見つけさせ、地球型惑星と木星型惑星に分類、小さくて太陽に近い「地球の仲間」と大きくて太陽から遠い「木星の仲間」があることを理解させた。

そして、これらの惑星が太陽系星雲の中から成長したことを理解するために、太陽系星雲内でガス円盤の形成、塵が円盤上に集積、塵が衝突合体し、微惑星が形成、微惑星の衝突・合体による原始惑星の形成、惑星の形成へ、という惑星形成までのプロセスを模式図で示し、太陽から近い領域では地球型惑星、太陽から遠い領域では木星型惑星の原始惑星が形成されたことを説明した（図5）。この惑星の形成される過程の中で「地球の仲間」と「木星の仲間」にわかれることを示唆し、(2)の実験につなげた。

(2) 地球型惑星と木星型惑星の大きさの違いを確認する実験

原始太陽系星雲内で惑星が形成される際、太陽に近い高温環境下では「塵」のみからできる小さな原始惑星が形成され、太陽から遠い低温環境下では「塵」のみならず微惑星に塵の約10倍の「氷」もが晶出し、原始惑星の固体核形成に寄与するため原始惑星の核が大きく成長し、その強力な重力で暴走的に周囲のガスを引き寄せ巨大なガス惑星へと成長したと考えられている。

そこで、地球型・木星型惑星の大きさが大きく異なる要因を理解するために、原始太陽系星雲内の温度によって「氷」が晶出するか否かを確認する実験を実施した。太陽系のガス円盤の地球型惑星・木星型惑星形成領域に見立てた2つのスチロールトレイを用意し前述の温度環境の違いを表現するために、木星型惑星モデルのトレイには板状のドライアイスを入れる。そして塵の集積面に見立てたアルミホイルをかぶせ、塵に見立てたパラフィン+研磨剤の粉末を落下させる。木星型惑星モデルの表面には「塵」の粉末のみならず氷（霜）が晶出するので見た目で両者の固体物質の体積の違いがわかる（図6）。地球型惑星は「塵」のみ、木星型惑星は「塵+氷」からなる原始惑星の核を形成したため、各惑星はその後の運命に差が生じたということを確認させた。氷の晶出までの時間の短縮を予備実験で検討を重ねたため、生徒も飽きることなく観察を続けトレイの変化に敏感に反応した。



図5 惑星形成の説明の様子



図6 地球領域(右)では塵物質のみ、木星領域(左：ドライアイス入)では氷が晶出

最後に、惑星形成のプロセスを再確認した上で塵に見立てたパラフィン+研磨剤の粉末を小さくまとめ擬似微惑星を生徒に再現させ、次にそれを1つにまとめ擬似原始惑星をつくらせた。

(3) 惑星内部の形成過程を理解するちりの分離実験

原始惑星が形成されると、微惑星が衝突した際の運動エネルギーが熱となり、原始惑星表層が溶解してマグマオーシャンができ、その中で鉄の融離・沈殿が発生したと考えられている。まず、この説明を行い、マグマオーシャンの中での物質の分化を再現のために、擬似原始惑星の一部をロートに入れてロートを湯せんし、疑似原子惑星の物質を溶融した。湯せんをすると、研磨剤が流れ落ちるように容器下部へと沈む様子が確認できた。事前に同体積のパラフィンと研磨剤をそれぞれ用意し、上皿天秤を用いて両者を比較させ、密度の大きい研磨剤の方が沈殿することを理解した。微惑星衝突の熱によって生じた原始惑星のマグマオーシャンにおいても、溶融鉄は、岩石より密度が大きいいため、惑星内部に集積され、惑星内部が層構造を成していることを説明した。また、分離したパラフィンと研磨剤は観察後冷却し、希望する生徒にはおみやげとして持ち帰らせた。



図7 擬似微惑星の作成



図8 分離実験の湯せんの様子

(4) 地球と木星の半球モデルの製作

午後の活動のまとめとして、地球と木星の半球モデルを粘土で作成した(図9)。各班に地球の鉄部分と岩石部分、木星の岩石+氷部分とガス部分に見立てた色粘土を配り、透明な板の上で中心部分の粘土の上に外縁部の粘土を重ねて半球モデルを作成するものである。各粘土は10億分の1の縮尺に準じた各層の体積分量の粘土を用意した。作成した半球モデルは透明な板の下から、あるいは、裏返して観察した。ただ単に粘土を重ねる作業ではあるが、地球と木星の大きさの違い、構成物質の違い、各層の体積比を実感するには有効で、生徒達は粘土の感触を楽しみつつ体験的に理解していた(図10)。



図9 半球粘土モデルの作成の様子

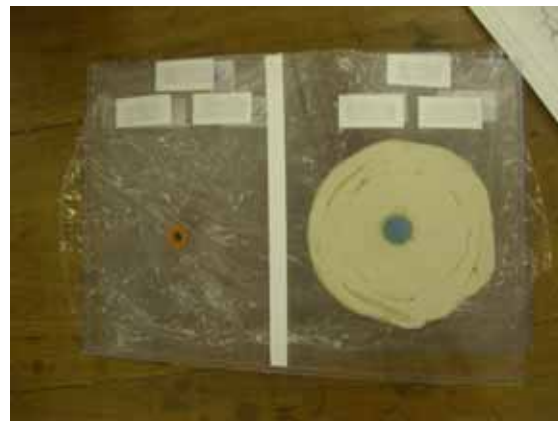


図10 地球(左)と木星(右)の粘土モデル

(5) 学習のまとめ

今日一日に学習したまとめとして、以下のことを確認した。

太陽系の広がりや惑星の大きさ

惑星が2つのグループに分けられること、

このグループは、惑星形成時の太陽系星雲の温度の違いに起因していること

惑星形成の過程

惑星の内部構造とその成り立ち

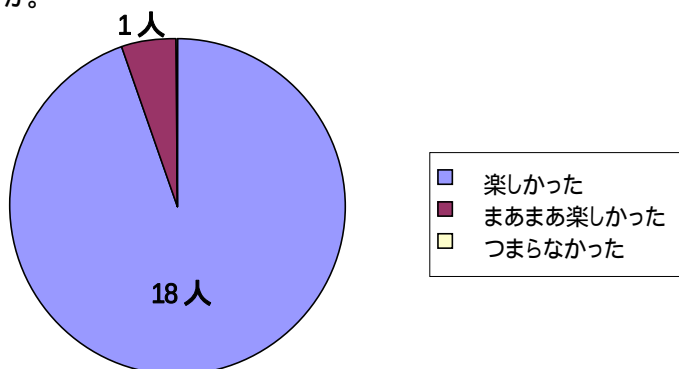
4 アンケート結果

今回生徒らに実施したアンケートについての結果を以下にまとめる。

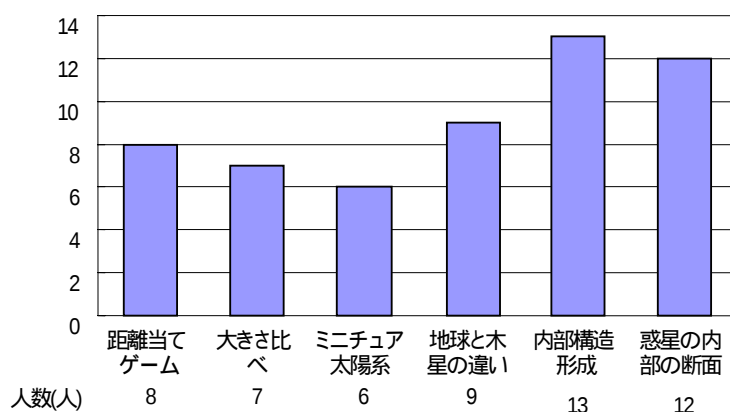
4 - 1 . なぜ「2006 年宇宙の旅」のコースを選びましたか？

- ・おもしろそうだったから。
- ・たのしそうだったから。
- ・(宇宙のことなどに) 興味があったから。
- ・あまり宇宙のことを知らなかったので、選んでみました。面白そうだなと思ったので。
- ・惑星のことや太陽系のことを知りたくて自由研究にしたかったから。
- ・いろんな体験をしてみたかったから
- ・わからないことがたくさんあったから、かいつくしたかった
- ・宇宙のことについてたくさんのが知りたかったから
- ・夏休みの課題で自由研究があったから

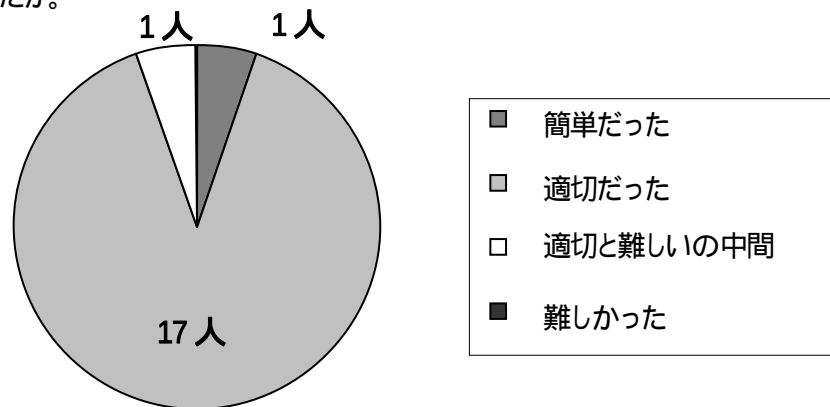
4 - 2 . 楽しかったですか。



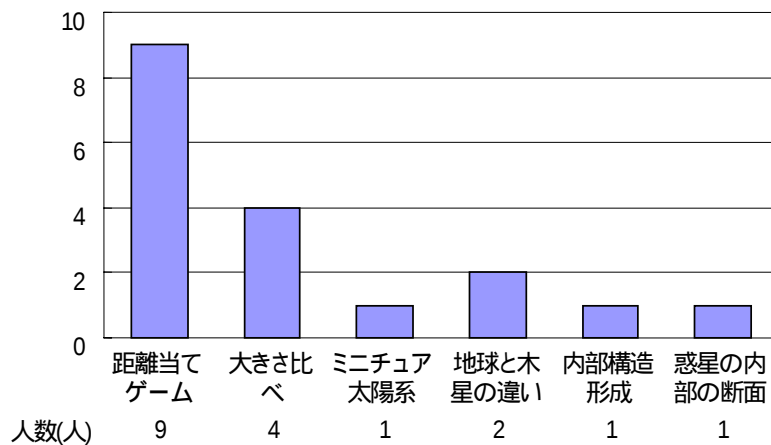
4 - 3 . 一番楽しかった実験は何ですか (複数可)。



4 - 4 . 難易度はどうでしたか。



4 - 5 . 難しかった実験は何ですか (複数可)。



4 - 6 . 今日一日で学んだことや感じたこと、感想などを教えてください。

(A) 内容に関するもの・知識の習得

- ・自分の足や手を使って惑星の勉強ができたので、より理解が深まり楽しかった！！
- ・太陽に対しての地球の小ささにおどろいた。いままであまり見なかったものや、考えなかったものも考えられてよかった。
- ・自分が思っていたより、地球の大きさが全然違ってびっくりした。
- ・宇宙のことについてくわしく教えていただいたので、すごく分かりやすかった。
- ・惑星の誕生や中身のでき方が詳しく分かった。
- ・地球の内部や惑星の構造について学ぶことができた。
- ・惑星の位置や形や大きさいろいろなことが知れた。
- ・今まで考えていた惑星の大きさより、実際は全然違っていた。いろいろ知れて良かった。
- ・木星の大体がガスでビックリ。
- ・宇宙がすごく大きいなぁと感じた。ここから家までの距離が10億分の1した太陽と冥王星の距離で驚いた。

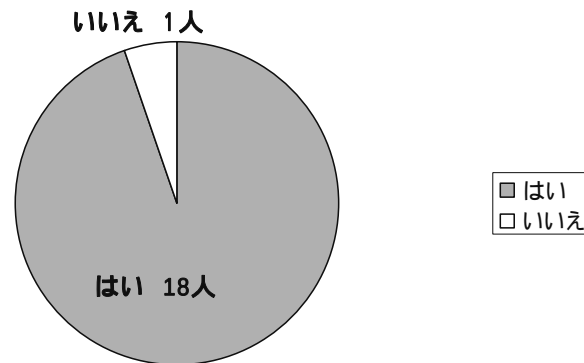
(B) ふれあいに関するもの

- ・みんな(大学生の人達)楽しかった。
- ・楽しかった。
- ・おねえさんおにいさんがやさしくてとってもおもしろかった。
- ・わからなかったことがあったけど、しっかり話を聞いてわかったのがよかった。

(C) その他

- ・今日学んだことを学校で発表しようと思う。

4 - 7 . 次回も参加しますか



当初「わかりにくい」「難しい」という内外からのコメントの割に、アンケート結果からは生徒らは、難易度も適当であり好意的な意見が多かった。これは当初実験を各学生が構築するのに手一杯であった時期から反省も含めて全体のストーリー性、生徒が理解するための工夫など、終盤になり切磋琢磨した結果であろう。

特にモデル実験を通して、実際の大きなスケールに焼き写すことを生徒に指導する難しさがあったと思われるが、午後のモデル実験も好評であったことから、逆にこのようなモデル実験が学校教育の中に取り入れられる素性を持っているということも感じる。

5 まとめ

天文分野は、実際の教育現場においても、敬遠されがちな分野であり、その授業内容を考えるのは難しいものであった。実物を使つての実験が不可能で、さらに実施時間が昼間であるため望遠鏡で天体を見ることも困難である。しかしそのような中でも、どのような代用品をどのように使って教えていけば太陽系のことを理解させられるのか、イメージを持たせることが出来るのかを考えてきた。

日常生活や教科書などから抱くイメージと実際とのギャップから驚きを得て、正しい理解をするということがこの授業のねらいの1つであったので、特に大切に扱っていた。中学生からのアンケートで「今まで考えていた惑星の大きさより、実際は全然違っていました。」「宇宙がすごく大きいなあと感じた。」などのコメントがあったことから、そのねらいは達成出来たように思う。本物を扱えない状況で工夫を重ね準備をしてきたので、実を結べて達成感があった。

その他、今回のフレンドシップ事業からは実に多くのことを学んだ。教える内容の何倍もの量を勉強しなければならないこと、本番で成功させるための予備実験の大切さ、一人ではなく複数人で授業をつくっていく難しさと分かち合い、実際に子どもたちと向かいあったときにどう進めていくかなど、自分たちで動いてきたからこそ、少しでも見えてきたように思う。

フレンドシップが終了して1ヶ月後、惑星の定義が変わった。冥王星が惑星群から抜け、惑星は8個という定義になった。結果的には、本実験が、タイムリーな話題提供をしたことになった。