

# 一般セッション3



# 2020年の火星---最接近とその後の動き---

三品 利郎 (月惑星研究会)

## Mars in 2020 --- The movement of Mars after closest approach

Toshiro Mishina (Association of Lunar and Planetary Observers of Japan)

### Abstract

Mars approaches up to about 62 million km on October 6, 2020. The size of the appearance of Mars becomes 22.1 seconds. Mars is seen near Antares in Scorpio in January 2020. Afterwards, Mars runs through between constellations like "Idaten". Mars passes the south of the Neptune on June 9, 2020 before four months the closest approaches. Mars comes out in the middle of the night this time. The Neptune will be able to be found if tracing it from Mars. Mars approaches Uranus and parts from July through October. And, Mars faces the Closest approach in October. Mars passes over the north side of Uranus after the closest approach in mid-January in 2021. Mars passes between Pleiades star cluster (M45) of Taurus and the Hyades star cluster in March 2021. And, the north of M35 of Gemini is passed in the end of April, and it passes in Presepe star cluster (M44) in the Cancer on June 24th.

### 1. はじめに

2020年10月6日に火星が約6200万kmまで近づき見かけの大きさが22.1秒になります。それに先立ち2020年1月にはさそり座でアンタレスと並ぶと、韋駄天のように星座の間を駆け抜けます。最接近の4ヶ月前、2020年6月9日に海王星の南を通ります。7月から10月にかけて天王星に近づいたり離れたります。そして、10月の最接近を迎えます。最接近の後、2021年1月中旬に天王星の北側を通過します。2021年3月には、おうし座のプレアデス星団(M45)とヒアデス星団の間を通過します。そして、4月下旬にふたご座のM35の北を通過し、6月24日にはかに座のプレセペ星団(M44)の中を通ります。

### 2. 火星接近の周期とパターン

図-1は、1901年から2084年まで183年に渡って最接近の時の視直径をグラフにしたものです。槍ヶ岳のようにピークが一つだけ現れるケース図-2と奥穂高岳と前穂高岳のように二回のピークが現れるケース図-3があります。

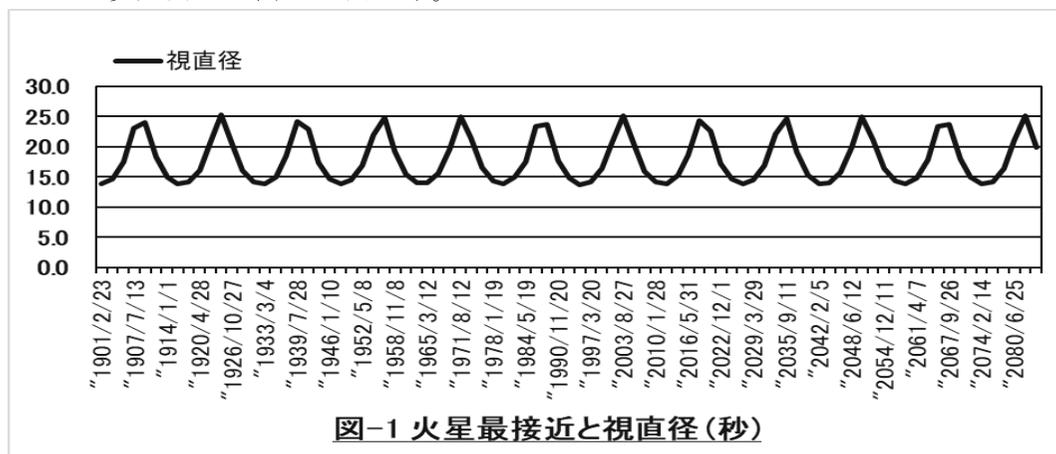
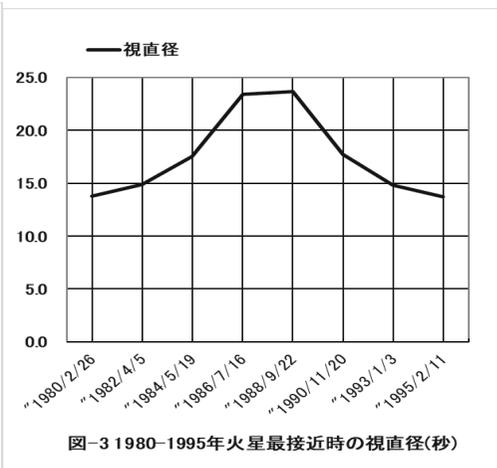
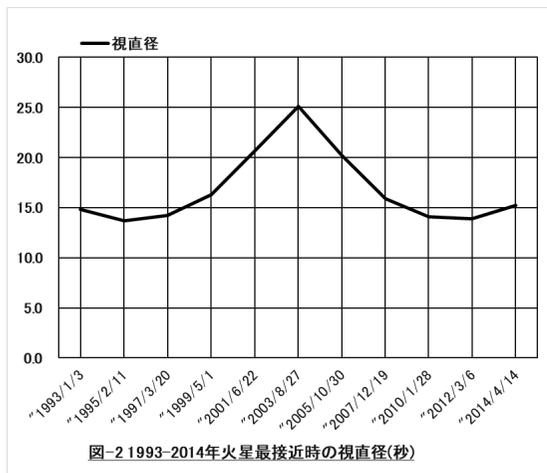


図-1 火星最接近と視直径(秒)



視直径の差が3秒以内の穂高岳パターンが7回、差が3秒を超える槍ヶ岳パターンが5回と両者の頻度は同等かやや穂高岳パターンの方が頻繁に起きています。因みに二回のピークの差が小さなケース(1907年23秒-1909年24秒)、(1986年23.4秒-1988年23.7)秒、(2065年23.4秒-2067年23.6秒)を上原貞治さんは「双子の大接近」と呼んでいます。[2]

2018年は視直径24.3秒、次回の最接近は、2020年10月6日で視直径は22.6秒に達します。その差は1.7秒です。因みに次の大接近は2035年9月11日で視直径は24.6秒ですが、その2年前、2033年7月5日に視直径22.1秒に達します。

大接近となる周期は、15年、32年、15年+32年=47年、15年+32年×2=79年と、15年と32年の組み合わせで求められること[3]が知られています。因みに、2018年は2003年の15年後、2020年は1988年の32年後に該当します。2003年の32年後が2035年、2018年の15年後が2033年に該当します。

### 3. 全天を駆け抜ける火星

図-4は左から今年の7月4日、2021年6月24日、2023年6月3日の火星の位置です。ともにM44と合になっています。即ち、今年から2021年は711日、2021年から2023年は709日で火星が天空を一巡します。

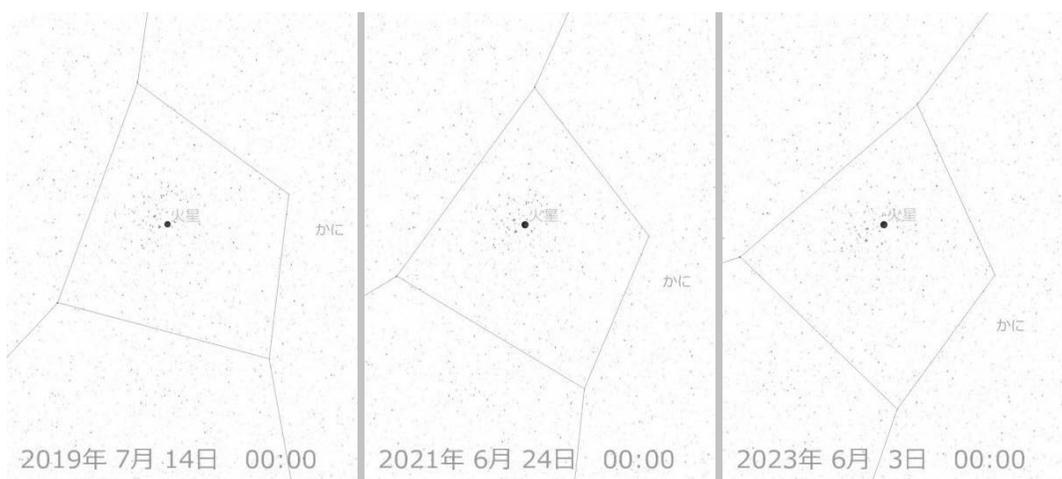


図-4 火星とM44の合

因みに、9月から5月の間にM44と合になる年は、711日から700日で火星が天空を一周しています。その間に687日で火星は軌道を一周しています。火星の公転周期は1.880866年、地

球の公転周期は 1 年、1/会合周期=1-1/1.880866 です。従って、地球に最接近する周期である地球と火星の会合周期は、779.8821 日、約 780 日です。即ち、会合周期よりも短い周期で全天を火星が一周しています。火星が全天を一巡りする間に、時間は明け方や夕方のこともあり、また、火星の視直径も小さいのですが、各惑星や黄道付近にある恒星や星団に、次から次へと近づいて行きます。その様子を動画にしたものを、YouTube で公開しています。再生速度を 1 日/秒としたものと 5 日/秒としたものがあります。url は、1 日/秒が <https://youtu.be/L4ELKNJifbg>、5 日/秒が [https://youtu.be/nuLa\\_h4YXtA](https://youtu.be/nuLa_h4YXtA) です。期間は、来年、2020 年 1 月から 2021 年 10 月までです。その間の火星の動きを StellaNavigator11 でアニメーションにして表示させ oCam という画面をキャプチャするソフトでキャプチャして動画にしました。(動画で月が上下に波打つてみえるのは、アストロアーツによると「観測者の位置が地球の中心のまわりに 1 日に 1 回転しているために起こる現象」であるとのことです。)

#### 4. 10 月の最接近前と後のイベント

2020 年 1 月には、明け方の南東の空でアンタレスと並んで見えています。視直径はまだ 4.4 秒、明るさは 1.5 等です。このころの火星はアンタレスより少し暗くなっています。1 月 21 日の明け方(図-5)には、南からアンタレス、火星、そして月齢 26 の有明の月が並んで見えます。2020 年の 3 月からは、火星が木星、土星と順に接近します。その間、3 月 23 日には冥王星の 1 分南を通過します。(図-6)

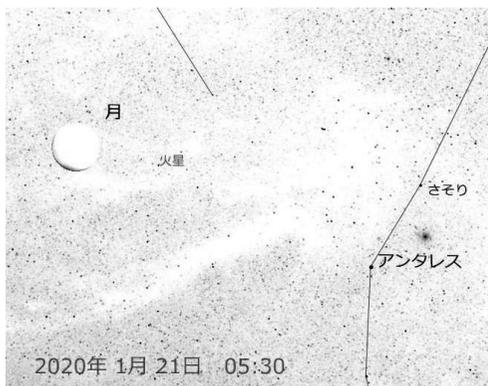


図-5 火星とアンタレス (Mitaka で作成)

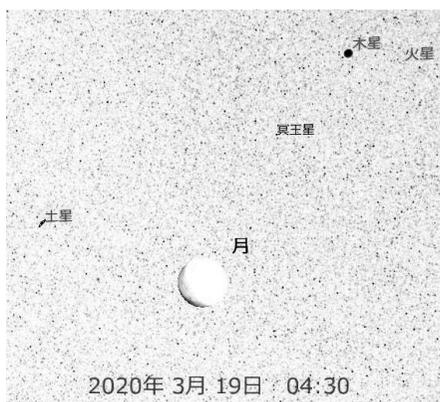


図-6 火星と木星、土星(Mitaka で作成)

最接近の 4 ヶ月前、2020 年 6 月には、海王星の直ぐ近くを通過します。このころは、夜中に火星が出てきます。火星から辿れば海王星を見つけることができるでしょう。図-7 は、海王星は 6 月 9 日 4 時の位置を示しています。火星の視直径は 9.8 秒、明るさは -0.1 等、海王星は、視直径 2.3 秒、明るさは 7.9 等です。

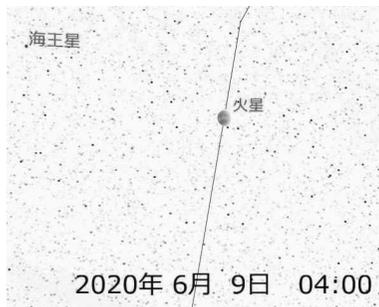


図-7 火星と海王星(Mitaka で作成)

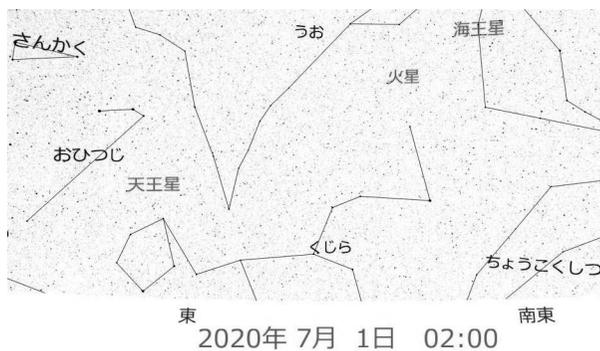


図-8 7 月 1 日未明の火星(Mitaka で作成)

7 月 1 日にはうお座の南端にあり、一旦くじら座を通りうお座へ移動し、年末にはおひつじ座

へと移動します。(図-8)

2020年10月6日の最接近の前、9月10日から逆行となり、最接近する10月6日の前後には、赤緯が $+5^\circ$ と南中時の高度も充分に高くなります。2020年10月14日/15日に、うお座で衝になります。最接近の後、11月16日から再び巡行になります。

そして、年が明けると1月20日の夕方には、上弦の月、天王星、火星と並んで見え(図-9)、1月21日に天王星の南を通過します。その後、3月上旬には、プレアデス星団とヒアデス星団の間を通過(図-10)します。

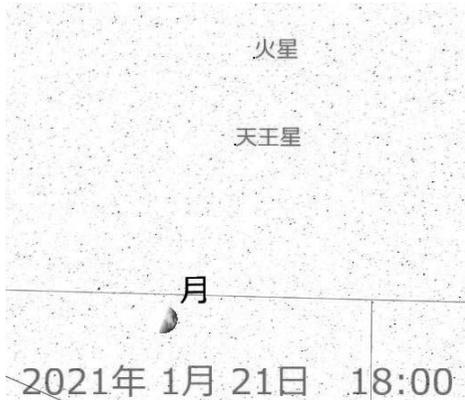


図-9 火星と天王星(Mitaka で作成)

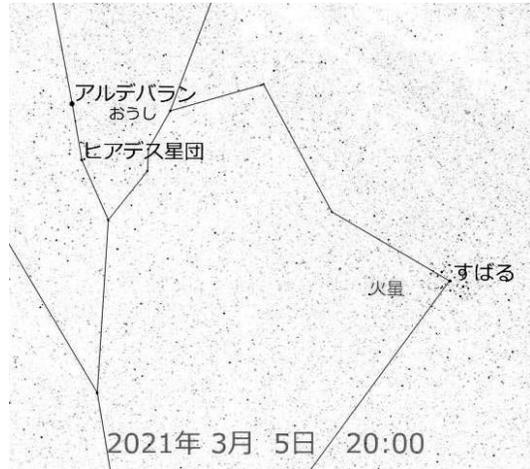


図-10 火星とプレアデス (Mitaka で作成)

## 5. まとめ

昨年は7月31日に大接近となりましたが、2020年10月にもほぼ同じくらい火星が近づく、穂高岳のパターンです。火星は約700から約710日で全天を一周し、各惑星や黄道の近くにある星団に次々に接近して行きます。大接近と呼ばれるイベントだけでなく、楽しめるイベントがあります。以下に列記します。

- 木星に接近 2020/3/20 19:35(JST) 木星の $0^\circ 42'$ 南を通過
- 冥王星に接近 2020/3/23 14:23(JST) 冥王星の $0^\circ 01'$ 南を通過
- 土星に接近 2020/4/1 02:22(JST) 土星の $0^\circ 54'$ 南を通過
- 海王星に接近 2020/6/13 20:24(JST) 海王星の $1^\circ 38'$ 南を通過
- 最接近 2020/10/6 23:18(JST) 視直径  $22.6''$
- 天王星に接近 2021/1/21 04:39(JST) 天王星の $1^\circ 37'$ 北を通過
- プレアデスに接近 2021/3/3 プレアデスの $2^\circ$ 南を通過

## 参考文献

- [1] 国立天文台、天文情報、最接近一覧 2003年から2100年までの火星最接近  
<https://www.nao.ac.jp/astro/basic/mars-list.html>
- [2] 上原貞治 偉大なる天体の周期 (第4回)  
<http://seiten.mond.jp/gt49/idaishuki4.htm>
- [3] 齊田 博 著, "天文の計算教室", 1977年, 地人書館, P99

## 質疑応答

コメント： 科学館・天文台などの人には、観望の計画や“おたより”などにトピックスとして載せたりと参考になるので、集録を待たず、MLに投稿してもらえないでしょうか。

以上

## 3.5億分の1スケール太陽系模型

河村聡人（京都大学附属天文台）

### 1 to 3.5-billion scale model of our solar system

Akito D. Kawamura (Astronomical Observatory, Kyoto University)

#### Abstract

Understanding sizes and distances of astronomical bodies is important in this interplanetary expansion age of human world. However, pictures used to introduce our solar system often tell fakes on the scale between sizes and distances simply because their differences may be in four orders of magnitude, or more. We introduce 1 to 3.5-billion scale model of the solar system as a solution with 40cm-diameter Sun, 3.7mm-diameter Earth, and 1mm-diameter Moon, separated in 43m (Sun-Earth) and 11cm (Earth-Moon). With this model, one can experience solar system from one's fingertips to a less-than-one-minute walking

#### 1. はじめに

天文教育において天体の運行は基本的な題目の一つである。その中でも、探査機はやぶさをはじめとして惑星間空間での活動が行われている昨今において、太陽系を正しいスケール感でとらえることの重要性は増していると言えよう。しかしながら、太陽系の紹介をする際に多用される図は惑星の大きさや太陽からの距離それぞれについては正しい縮尺を用いていても、大きさと距離を同一の縮尺で描いているものは全くと言ってよいほどない。これは偏に惑星の大きさに対してその距離が膨大であるからにならない。国立天文台三鷹キャンパスには歩いて体感する140億分の1スケールの模型「太陽系ウォーク」があるが、地球が1mm弱となり、月に至っては描画が非常に困難である。一方、縮尺を大きくしていくと太陽を球として表現することが困難となる。そこで今回、3.5億分の1スケールの太陽系模型を提案する<sup>1</sup>。この3.5億分の1太陽系模型は手頃なサイズ感により地球-月-太陽の大きさと距離を身体感覚に落とし込むことができ、また準備に必要な金銭的・場所的ハードルも低いことが魅力である。

#### 2. 3.5億分の1リアルスケール太陽系模型の作り方

この模型を作るにあたり必要な数値及び材料を表1にまとめた<sup>2</sup>。これよりも小さなスケールでは月の直径が1mmを下回り、扱いが極めて困難になると思われる。筆者は材料を全て100円均一ショップにて購入した。種に関しては季節商品であると思われ、筆者は2018年の6月頃に購入した(各種50円)。直径3.8cmのゴム球は2019年7月頃に購入した。いずれも各自において代替品を工夫されると良いと思うが、小さなものもあるので、対象年齢によっては十分に注意してほしい。筆者は誤飲の可能性を考え、野菜の種を採用した。

---

<sup>1</sup> 年会では30億分の1スケールと紹介したが、より正確な値を用いることにした。

<sup>2</sup> この様な計算を行うには無料の計算ウェブサイト WolframAlpha (<http://wolframalpha.com>) が便利である。他の惑星を加えたい時は各自で計算していただきたい。

表1 35億分の1スケールと材料

	実際の大きさ	35億分の1	材料
太陽	(直径) 140万 km	(直径) 40 cm	直径38cmのゴム球
地球	(直径) 1.27万 km	(直径) 3.7 mm	丸オクラの種
月	(直径) 0.34万 km	(直径) 1 mm	サラダみずなの種
太陽-地球の距離	1.5億 km	43 m	---
地球-月の距離	39万 km	11 cm	セロハンテープ

まずは地球-月モデルの作成方法を紹介する。表1を参考に、直径3.7mmと直径1mmの球を11cm離してセロハンテープで固定すれば完成である(完成品は図1を参照)。制作に際しては、まず十分な長さのセロハンテープを、粘着面を上にして伸ばし(両端は折り返して台に固定)、そこに地球と月を置き、その上からセロハンテープをもう一張被せ、互いの粘着面を十分に張り合わせ、余分な両端を切り取れば良い。あらかじめ、台に地球と月の置き場所のアタリとなる印をつけておくことで作業の効率化を図ることができる。

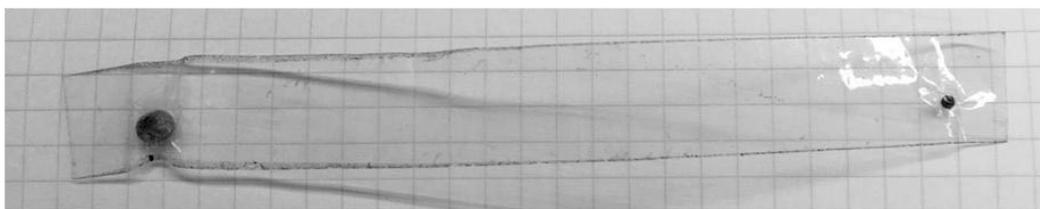


図1 地球-月モデル (Earth-Moon model) (筆者撮影)

次に太陽だが、直径40cmの球を用意すれば良い。以前、筆者は直径40cmのビーチボールにマスキングテープを貼り、その上から黄色に塗装して使っていたが、耐久性に難があった。現在は直径38cmのゴム球を無理やり円周120cm強にまで膨らませて使っている。色は出来ればオレンジ色の方がより本物に近いが、黄色から赤色の範囲であれば許容範囲であろう。目当ての色が手に入らない場合は、少々丸みを損なうが、布をかぶせるという手もある。太陽に関してはまだ試行錯誤の途上であり、より良い製品があればお教え願いたい。

最後に地球-太陽間の43mについて考察する。多くの小学校では50m走が行われていることから、屋外でならば確保が比較的容易であろう。また25m×35mの長方形の対角線がほぼ43mであるので、小学生のミニバスケットコートが2面とれる体育館であれば確保できる可能性がある。また校舎の廊下も一直線で40m強の距離を取れる可能性がある場所である。

### 3. 35億分の1リアルスケール太陽系模型の実践報告

筆者はこの模型を使ったアウトリーチ活動を3度行った。その実施内容は以下のとおりである。

- ・ 2018/07/07-08 金沢駅もてなしドームで開催のイベント NT 金沢にて(筆者の個人サーク

ル名 D's Space Lab 名義)。地球-月モデルを作るワークショップを実施。参加者は技術好きや通りがかりの人が中心。

- 2018/07/19 七夕出前授業として京都府下の小学校にて。参加者は1授業に80人ほど。太陽は見通すことができる範囲では置けなかったため、廊下の目安を口頭で伝える。地球-月モデルは授業後に回収。
- 2019/08/18-20 天文教育普及研究会年会にて。夜の部にてゲリラ的に行った。

本稿では天文教育普及研究会年会の夜の部で行った活動をもとに、このモデルの活用方法を紹介する。

年会の夜の部では、その場で声をかけた参加者に試していただいた。太陽-地球の43mは、GoogleMapで確認したところ年会会場のホテルの廊下で確保できることが判明し、これを利用した。最初に、太陽の前で地球-月のサイズ感と太陽の大きさを参加者に説明した。次に地球を目尻に当て月を目の前に伸ばすことで、月の視直径を再現できることを示した(図2)。最後に参加者に日食の原理から地球の位置を探るように求めた。

地球の位置を探る最初の試行は各自の感覚に基づいて行うよう言ったところ、参加者の全員が本来の半分の距離かそれよりも近い位置から始めた。最終的に正しい位置(廊下の反対側の端近辺)へたどり着くまでに何度もの試行がかかった。多くの参加者から「これほど遠いとは思わなかった」といった感想をいただいた。また「老眼には辛い」という感想が印象的であった。



図2 地球から見た月と太陽。実際の試行では地球を目尻にあて月を見ること。(筆者撮影)

#### 4. 将来性に関して

年会の夜の部での活動および発表(図3)の後、様々なコメントを頂いたため、次の章と重複する部分があるがここで紹介し、考察する。

まず大変光栄なことに、自身の活動において採用したいというお声は何件もあった。材料や場所の確保の平易さを意識してデザインした模型なので、このようなお声は我が意を得たりといった所感である。ライセンス料などは一切求めないので、是非ご活用いただき、また実践報告をしていただければ大変うれしく思う。

また他の天体についてのコメントもあった。この模型の現在のバージョンは3天体のみであるが、他の天体を加えることは勿論歓迎である。使用する活動でのストーリー次第で取捨選択すればよいと考える。月が必要なければさらに小



図3 年会発表にて太陽の模型を掲げる筆者(松岡さまによる撮影)

さなスケールにすることも考えられるが、月が必要な場合はこのスケールが最適解であると  
感じている。特に日食の再現にはこれ以外のスケールでは、見通せる直線距離の確保等の様々  
な困難が考えられる。

先にも述べたが、ここで紹介したノウハウは完全にフリーなので、活用して頂ければ考案  
者冥利に尽きる。

## 5. 質疑・コメントへの応答

口頭発表に対し、以下の2点の発言があった。ここにその返答をまとめておこなう。

Yさま「大変興味深い実践だと思います。『太陽系模型』というからには、地球だけでな  
く他の惑星も用いた実践はしているか。例えば、他の惑星がどこにあるのかとか、示せ  
ると思います。」

Fさま「Y先生（筆者注：個人情報伏せました）が別のスケールで事前に会場に合わせて  
設置、写真で紹介していた。子ども達も十分強い印象を受けていたので、スライドだ  
けでもぜひ太陽系を」

答：現状では3天体のみです。位置を示すだけであれば難易度は下がると思いますが、距  
離と大きさのスケールをそろえるという根幹のコンセプトを維持するには、伝え方等の工夫  
が必要かと思います。各天体の模型を手元に置き、距離をスライドで行うことがどの程度  
の理解向上に結び付くのか、これからの研究課題かと思っています。

## 謝辞

この模型の原点のひとつには馬淵正展さまが2016年の宇宙教育教材研究会で行われた教  
材実習「賀茂川で惑星への旅」（100億分の1スケール）があります。また、この模型をデ  
ザインするにあたり、京都大学の小路口直冬さまには植物の種を使うというアイデアを頂き  
ました。ここに御礼申し上げます。

# 天文ソフト「Mitaka」の最新機能

## ～ユーザーによるカスタマイズ機能と教材開発への応用～

加藤 恒彦 (国立天文台)

### Latest Version of “Mitaka” Software: User customization function and its application to teaching material development

Tsunehiko Kato (National Astronomical Observatory of Japan)

#### Abstract

“Mitaka” is a software program for visualizing the known Universe with up-to-date observational data and theoretical models developed by the 4D2U Project of the National Astronomical Observatory of Japan. Here, we first briefly outline the 4D2U Project and the Mitaka software. Then, we describe the functions using “commands” for customize Mitaka, which will be incorporated into the next versions. These functions would be useful to make teaching contents for education and outreach with Mitaka.

## 1. はじめに

### 1.1 国立天文台 4次元デジタル宇宙 (4D2U) プロジェクト

4次元デジタル宇宙プロジェクト<sup>[1]</sup>は国立天文台で進めている可視化プロジェクトで、宇宙・天文の観測・理論・シミュレーションの成果をわかりやすく可視化して一般の人に見せることを主な目的としている。現時点での構成メンバー(敬称略)は以下の通りで、開発は CfCA 下の 4D2U プロジェクトが、公開は天文情報センターが行っている。

4D2U/CfCA (開発)	小久保英一郎、加藤恒彦、中山弘敬、長谷川鋭、福士比奈子
天文情報センター (公開)	縣秀彦、臼田・佐藤 功美子、遠藤勇夫、伊東昌市、岩下由美、武田隆顕、波田野聡美、根本しおみ、高島規子

プロジェクトには 2 本柱がある。一つは本稿で紹介するソフトウェア「Mitaka」で、もう一つは、スーパーコンピュータによる大規模シミュレーションを可視化したムービーである。Mitaka の開発は加藤が一人で行っており、シミュレーションムービーの作成は中山、長谷川の 2 名が行っている。プロジェクトの成果物は、国立天文台三鷹キャンパスにある 4D2U ドームシアターでの一般向け定例公開(月に 4 回、事前申込み制)<sup>[2]</sup>で上映に用いられているほか、ウェブサイト<sup>[3]</sup>からダウンロードして使用することもできる。

### 1.2 Mitaka の概要

「Mitaka」は、4D2U プロジェクトで開発をしている、天文学の成果に基づいた最新の宇宙像を見ることができるソフトウェアである<sup>[4]</sup>。広大な宇宙の様々なスケールを自由に行き来して、各階層の様々な天体やその構造を見ることができる。これまで 4D2U ドームシアターの上映用ソフトとして用いられてきたほか、学校や科学館、公共天文台、イベントや講演会、書籍やテレビ番組などでも広く使用されてきた。フリーソフトとして公開しており、ウェブサイト<sup>[5]</sup>からダウンロードして個人の PC で使用することもできる。

Mitaka が目指しているものは、なるべく最新の観測データや理論的なモデルを用いて、科学に基づいた最新の宇宙像を見せる、ということである。例えば、恒星のスケールでは Hipparcos 衛星により得られた恒星の位置データを用いて、約 1000 光年の範囲内で星々の 3 次元地図を見ることができる(図 1(a))。遠方銀河のスケールでは、SDSS プロジェクトのサーベイ観測デー

タを用いて、銀河の 3 次元分布を見ることができる (図 1(b))。理論モデルの例としては、銀河系がある。これは、軸対称の星と塵の分布の理論モデルとシミュレーションに基づく銀河系の腕の想像図を組み合わせることでモデル化し、それをリアルタイムのボリュームレンダリングにより可視化したものである (図 1(c))。



図 1 : (a) 恒星の分布 (b) 遠方銀河の分布 (c) 銀河系の理論モデル

## 2. 次期バージョン (v1.6) の新機能 : コマンドによるカスタマイズ機能

ここでは、次期バージョン (v1.6) で追加される予定の「コマンド」を用いた Mitaka のユーザーカスタマイズ機能について紹介する。(現時点で開発中のため、詳細は変更になる可能性がある。)

### 2.1 コマンド機能の概要

v1.6.0 で追加されるコマンドによるカスタマイズ機能は、次の基本要素により構成される。

要素	内容
コマンド	個々の命令
コマンドセット	一度に実行する複数のコマンドをまとめたもの
シーケンス	複数のコマンドセットを並べて順次実行して進めていくもの

コマンドを集めたコマンドセットやシーケンスをコマンド定義ファイル (テキストファイル) で定義し、それをメニューやほかのコマンドセットから呼び出すことで様々な動作・設定を実行できる。

コマンド機能を用いることで、たとえば以下のようなことが可能になる。

- ・プリセット機能のユーザー定義 (コマンドセットとして定義する)
- ・複数のプリセットシーンのコマ送り再生 (シーケンスを定義する)
- ・番組のタイトルモード (エンドロール→諸注意→シアタータイトル→番組タイトル) のカスタマイズ (タイトルモード用シーケンスをカスタマイズする)
- ・番組の初期化のカスタマイズ (初期化用コマンドセットをカスタマイズする)
- ・一部のボタンを押したときの動作のカスタマイズ (ボタン押下時に起動するコマンドセットを編集する)
- ・表示スイッチ等の実行時変更 (コマンドで実行)
- ・実行時の文字列差し替え (コマンドで実行)
- ・字幕機能 (コマンドにより字幕表示用ウィンドウの位置を設定し、表示文字列を差し替える)
- ・メニュー動作のカスタマイズ (メニュー項目選択時に実行するコマンドセットをコマンド定義ファイルまたはメニュー定義ファイルで定義)
- ・定義済みコマンドセットやシーケンスを任意に呼び出す (起動コマンドを使用する)
- ・一部の星座のみの表示 (星座のセレクションを設定する)

コマンドセットやシーケンスの定義は拡張子が`.mcd`のテキストファイル（コマンド定義ファイル）に記述する（文字コードはBOM無しのUTF-8）。番組（プログラム）ごとに使用するコマンド定義ファイルを指定することができ、複数のコマンド定義ファイルを指定することもできる。

## 2.2 コマンド

コマンドは1つの命令文である。コマンドには以下のようなものがある。（以下では省略しているが、実際には括弧の中に設定値などのパラメータを指定するものが多い。）

コマンド	内容
<b>SetDateTime()</b>	日時を設定する
<b>SetTimeStep()</b>	進める時刻のステップを設定する
<b>SetScale()</b>	スケールを設定する（宇宙空間モード）
<b>SetOrientation()</b>	カメラの姿勢を設定する（宇宙空間モード）
<b>SetTarget()</b>	ターゲットを設定する
<b>SwitchOn()</b>	表示スイッチなどをオンにする
<b>SwitchOff()</b>	表示スイッチなどをオフにする
<b>SelectionAdd()</b>	天体などを選択状態にする
<b>SelectionRemove()</b>	天体などの選択状態を解除する

## 2.3 コマンドセット

コマンドセットは、一度に実行する複数のコマンドを一つにまとめたものである。キー名を付けて、スクリーンメニューやコマンドセット、シーケンスの中からキーを参照して呼び出すことができる。たとえば従来のプリセット機能はv1.6では一つのコマンドセットとして扱われ、その内容はコマンド定義ファイルの中でコマンドを用いて記述される。ユーザーが新たなプリセットを追加することも可能である。また、スクリーンメニューでメニュー項目を選んだ時の動作や、コントローラのボタンを押したときの動作もコマンドセットを用いて記述し自由にカスタマイズすることができる。

## 2.4 シーケンス

シーケンスは、複数のコマンドセットを並べたものである。それぞれのコマンドセットは「Pause文」によって区切られ、コントローラの○ボタンやキーボードのXキーを押すことにより順次実行される。従来の「番組」のタイトルなどの表示モード（Playボタンを押すとエンドロールが流れ、以後○ボタンを押すごとに、諸注意、シアタータイトル、番組タイトルが表示される機能）はv1.6では一つのシーケンスとして扱われる。また、v1.6で実装される文字列表示ウィンドウと併用すれば、簡易的な字幕表示を行うこともできる。シーケンスを用いることで、○ボタンで進めていく形式の教材番組をユーザーが作成、配布することも可能になると考えている。

## 2.5 Mitaka ワーキンググループ

日本天文教育普及研究会において、今年「Mitaka ワーキンググループ」が発足した（代表は波田野さん（JAXA）、メンバーは現在22人）。このワーキンググループの目標の一つには、「現行バージョン（バージョン1系列）を利用した教育・普及コンテンツ（番組プログラム、プリセットなど）の作成、配布」がある。この目標のためにもv1.6で搭載されるコマンドベースのカスタマイズ機能が役に立つと考えている。

### 3. おわりに

本稿で紹介したコマンド機能は教育普及用のコンテンツ作成をはじめ、様々な用途に活用できると考えられる。なお、現行版 Mitaka (バージョン 1 系列) の開発はこのバージョン 1.6 で一旦終了する予定である。その後は、1 からプログラムを書き直して、Windows のほかに Mac にも (可能であれば Linux やタブレットなどにも) 対応し、コマンド機能よりもさらに高機能なスクリプト言語による自動実行機能にも対応する「Mitaka 2.0」の開発を始める計画がある。

#### 参考文献

- [1] 4D2U ウェブサイト: <http://4d2u.nao.ac.jp/>
- [2] 4D2U ドームシアター ウェブサイト: <https://prc.nao.ac.jp/4d2u/>
- [3] Mitaka ウェブサイト: <http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

#### 質疑応答

Q: v2.0 では Mac 版の開発も行うとのことですが、ぜひ Linux 版の開発もお願いいたします (寺菌淳也さん)

A: v2.0 では、プログラムコードの多くの部分は OS に依存しない形で書こうと考えています。残りの OS 依存部分の開発は必要ですが、Linux 対応も念頭に開発を進めたいと思います。

Q: 探査機や天体 (他には太陽圏等のガス構造) をユーザーが追加することは可能になりますか? (河村聡人さん)

A: 現行版ではユーザーがデータを追加できるものはあまりありませんが、次の v2.0 ではそれも念頭に開発を進めるつもりです。なお、小惑星のデータについてはテキストファイルの 1 行に 1 天体の軌道情報が記述されたシンプルなものなので、データ形式を公開すれば比較的簡単にユーザーが追加できると思います。データ形式の公開を検討してみます。

# Mitaka を用いた天文教育：中学校での銀河系の授業研究

松村雅文（香川大学教育学部 及び 附属教職支援開発センター）

森 美紗子（備前市立日生東小学校）

鷺辺章宏（香川大学教育学部附属坂出中学校）

## Astronomy Education with Mitaka: Learning the Galaxy in a Junior High School

Masafumi Matsumura (Faculty of Education & Center for Educational Development and Support, Kagawa University)

Misako Mori (Hinasehigashi Elementary School, Bizen City, Okayama Prefecture)

Akihiro Washibe (Sakaide Junior High School, Attached to the Faculty of Education, Kagawa University)

### Abstract

We studied the effect of using Mitaka in classes on the Galaxy in the 3rd grade (K9) students in the Sakaide Junior High School, Attached to the Faculty of Education, Kagawa University. Our post-tests for comprehension of the Galaxy did not show significant difference between classes with and without Mitaka. However, we found that the students were much more interested in the Universe if they used Mitaka. In addition, ninety-two percentage of respondents (total n=77) answered that Mitaka was effective to understand the different appearance of the Milky Way in seasons. We thus conclude that Mitaka is a quite useful tool in those classes.

## 1. はじめに

銀河系及び銀河は、宇宙を理解するために重要な天体であるが、学校の理科の授業ではあまり注目されてこなかった。いわゆる“ゆとり教育”の時期（1980 頃～2010 年頃）には、中学校の理科に銀河系や恒星は含まれず、宇宙に関しては、太陽系のみが扱われた時代もあった。ゆとり教育への批判は強く、天文教育普及研究会（当会と略す）からも 1995 年に「学習指導要領に対する要望書」が文部大臣宛に提出され、“中学校理科第二分野の天文領域の内容を太陽系内にとどめず、恒星・宇宙に関する内容を含めること”が要望された（水野、1995）。また 2015 年にも、当会から中央教育審議会会長宛てに「次期学習指導要領についての要望書 ～すべての児童・生徒が現代の宇宙観を学べるために～」が提出され、中学校理科についての具体的な提言の一つとして、「銀河系外の天体（銀河，銀河団の存在）の学習を導入する」ことが要望された（<http://tenkyo.net/seimei/shidou2015.pdf>）。

これらの要望書が学習指導要領の改訂にどの程度効果があったのかは定かではないが、ゆとり脱却後の中学校学習指導要領（2008 年、2017 年）では、

“恒星：自ら光を放つこと、太陽もその一つであること、極めて遠方にあること”

“恒星が集団をなし銀河系を構成していることにも触れる”

と記載がなされ、銀河系の学習も含まれている。これに伴い、各教科書においても、銀河系の記述に様々な工夫がなされている。

これらの学習指導要領や教科書の改訂で、中学生の銀河系や宇宙の認識がどのように変化したのかは、必ずしも明確ではない。前回の学習指導要領改訂の後の 2009 年の調査では、中学生の多くは、地球と銀河系についての位置関係を充分には認識していないと報告されている（荻谷と縣、2010）。その後の同様な研究は、我々が知る限りでは存在していない。しかし、特に変化する要因は見当たらないため、現在の中学生の銀河系への認識も 2009 年とあまり変わっていないではない

かと想像される。

国立天文台で開発されたソフト **Mitaka** (本集録の加藤恒彦氏の稿を参照) は、元来、研究者のアウトリーチ用だが、プラネタリウム・ソフトの機能を有し、学校やプラネタリウム館などの現場で、より広く使える可能性がある。中学や高校での利用の可能性は、例えば、藤枝他 (2019) でも指摘されている。また当会において、**Mitaka** を教育の現場での使用の普及やその活用等を目的として、波田野聡美氏を中心に **WG** が 2019 年に結成され、議論が始まっている。

これまで我々は、天文学習のために **Mitaka** をどのように用いるのが良いのか、その原理を考察し (松村、2016)、金星の学習に関する研究を行ってきた (松村、2017)。銀河系に関しては、天文学史上、銀河系を認識するまでの経緯の様子のかかなりの部分を、**Mitaka** を用いれば再現できることを示した (松村、2018)。これらを踏まえ、本研究では、実際に中学校 3 年理科の研究授業を行い、銀河系の学習に **Mitaka** を用いるならば、どのような内容の構成/授業展開ができるのか、またどのような効果が得られるのかについて研究をした。

## 2. 研究授業

2018 年 11 月、**Mitaka** についての研究授業「銀河系の構造・太陽系の位置」を、香川大学教育学部附属坂中学校 3 年生のクラスで行った。3 年生計 3 クラスのうち、2 クラス (計 80 名) では **Mitaka** を使い、1 クラス (40 名) では、比較のための対照群として **Mitaka** を使用しない授業を行った。それぞれのクラスで事前および事後テストを行い、**Mitaka** による学習効果を評価した。用いた **Mitaka** システムは、「**Mitaka3D** ポータブル」(液晶シャッター方式。合同会社 科学成果普及機構による) であった。授業者は本報告の共著者の一人の森 美紗子であり、詳しい内容は、森(2019)で報告されている。

表 1 と表 2 に、**Mitaka** を用いたクラスについての研究授業の 1 時間目と 2 時間目の内容を示す。**Mitaka** を用いないクラスでも、扱った内容は同じであった。

表 1 1 時間目「銀河系の大きさや姿、太陽系との関係」授業計画 (森 2019 より)

項目	学習内容	教材等
銀河系について	恒星の大集団として銀河系が存在する。 銀河系は渦を巻き、円盤状である。 距離を、光年などで表す。	・銀河の写真 ・CD を用いた銀河系のモデル ・光速と、距離の説明
太陽系について	太陽系は、太陽を中心とした天体の集まりである。 太陽系を構成する天体は、太陽・惑星・衛星などである。	
<b>Mitaka</b> を用いた宇宙の紹介	銀河系の中心に近いほど、星の密度が高く、外ほど低い。 銀河系以外にも、銀河が多数存在する。 恒星と恒星の距離は大きい。 銀河系のスケールで見ると太陽系は小さい。 太陽から見ると地球は小さい。	・銀河系の構造の理解のため、視点を明確にして説明 ・木星の衛星 (衛星の概念を提示するため) # 気分が悪くなる生徒がいるので、適度に休むように促す。

表2 2時間目「太陽系は銀河系の中のどこにあるのだろうか」授業計画（森 2019 より）

項目	学習内容	教材等
天の川の特徴	天の川：星の集まり。夏に良く見える。	
天の川は、銀河系をみたもの。 （含・班での話し合い）	天の川：銀河系円盤を横から見たものである。 星が重なって見えるため帯状に見える。 夏の天の川は見えやすいが、冬の天の川は見えにくい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CD を用いた銀河系のモデル</li> <li>・ Mitaka の使用（帯状に見えることの説明）</li> <li>・ 夏と冬の天の川の写真</li> </ul>
冬に天の川が見えにくい理由 （含・班での話し合い）	地球が銀河系の中心から離れていることと関連する。 地球の公転によって、冬と夏で地球の位置が変化するので、見える空の方向も違ってくる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ホワイトボード（意見を集約するため）</li> </ul>
Mitaka を用いての確認	銀河系の外側から、中心方向を見ると、明るい天の川が見える。 銀河系の内側から、外側の方向を見ると、天の川は見えにくい。 地球の公転により、見える夜の空が変わり、冬の夜空は、銀河系の中心の反対方向が見える。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 銀河系の円盤に沿った、360度視点の移動（天の川は全天を流れ、銀河系の中心方向は明るいことを示す）</li> <li>・ 地球の公転による、見える夜空の変化</li> </ul>

### 3. 結果及び考察

#### 3.1. 宇宙への興味の変化

Mitaka 使用の有効性に関して、宇宙への興味が、授業の前と後で、また Mitaka の使用と不使用でどのように変わったかを調べた（図1）。この図を見ると、Mitaka の使用・不使用に関わらず、授業の後（事後テスト）では、授業前（事前テスト）に比べて、「とても興味を持つことができた」（白）と「興味を持つことができた」（薄いグレー）がかなり増加しており、授業を行う事により、興味を引き起こすことができたと言える。

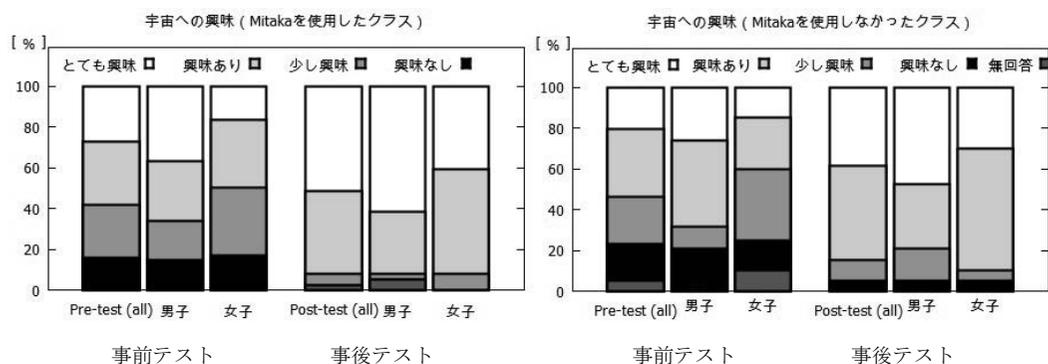


図1. 宇宙への興味の変化。左：Mitaka を用いた場合。右：用いない場合

特に Mitaka を用いた場合は、「とても興味を持つことができた」が顕著に多く（77 人中 40 名、52%）、Mitaka を用いない場合（39 人中 15 人、38%）と対照をなしており、 $\chi^2$  検定で有意な差があることが判った。つまり、Mitaka を用いることで、生徒たちに宇宙についての興味を、より引き起こすことができたと言える。なお、男子生徒が女子生徒よりも興味が高い傾向が見られる（図 1）が、大きな違いでは無さそうである。

### 3.2. 内容理解

生徒が銀河系についてどの程度理解することができたかを知るため、(1) 天の川が帯状に見える理由と、(2) 季節によって天の川の見え方が変わる理由 を事後テストで記述してもらった。当初、Mitaka を用いた場合と用いない場合で、かなり差があるのではないかと想像したが、意外なことに、Mitaka を用いても用いなくても、記述に大きな差は見い出せなかった。なお紙面の都合でこれについての詳細は省略している。

### 3.3. 生徒の Mitaka へ評価

更に、Mitaka を用いたクラスにおいて、(1) 宇宙の広がり (2) 銀河系の構造 (3) 夏と冬による天の川の見え方の違い をそれぞれ理解するとき、Mitaka は有効であったかどうかを問うた。その結果、「とても有効だった」と「有効だった」の合計が、(1), (2), (3) で、それぞれ 100%、95%、92%であった (n=77)。これは、銀河系を学習する時に、Mitaka がとても役に立ったことを示している。

以上の結果を総合すると、銀河系の学習において Mitaka を用いても、用いない場合より理解を深めることができるとは言えない (3.2.節) が、Mitaka を用いることで宇宙への関心を示す生徒の割合は増大し (3.1.節)、内容の理解のために役立っている (3.3.節) と言うことができる。つまり、中学校の銀河系学習の授業において、Mitaka は有用であることが判った。

**謝辞** 本研究は、森 (2019) の卒業論文 (香川大学) をベースにしている。また本研究は、JSPS 科研費 JP16K00969 (研究課題名「デジタル式プラネタリウムにおける天文教育手法の開発：学習投影の現状を踏まえて」、基盤研究(C)、2016～2019 年度) 及び「平成 29 年度 学部教員と附属学校園教員による共同研究プロジェクト」(香川大学) の助成を受けたものである。

### 参考文献

- 苅谷麻子、縣 秀彦、2010、天文教育 Vol.22, No.4, p.34
- 藤枝秀樹他、2019、中等教育資料、2019 年 7 月号、p.30
- 松村雅文、2016、第 30 回天文教育研究会集録、p.225
- 松村雅文、2017、第 31 回天文教育研究会集録、p.166
- 松村雅文、2018、第 32 回天文教育研究会集録、p.265
- 水野孝雄、1995、天文教育、20 号 (1995 年 3 月)、p.25
- 森 美紗子、2019、卒業論文 (香川大学)

### 質疑応答

Q : Mitaka を生徒たちに操作させると、効果は違ってくるのではないのでしょうか？

(前田昌志さん (三重大学教育学部附属小学校))

A : ありがとうございます。今回は、一斉授業とグループの討論で、授業を構成しました。今後、ICT 教育が普及すると違った展開も可能でしょうから、検討していきたいと思います。

Q : 1 時間目の授業内容は、どのようなものでしたか？ (千栴 翔さん (相模向陽高校))

A : 1 時間目は、銀河系と太陽系の大きさや距離などを中心に、太陽系を構成する天体 (惑星など) も含めて一般的な説明をしました。表 1 に示しました。

# Mitaka による天文教育/普及ワーキンググループ活動報告

波田野 聡美 (Mitaka による天文教育/普及ワーキンググループ代表)

## Activity Report of the Mitaka Working Group

Satomi Hatano (The Mitaka Working Group organizer)

### Abstract

On April 21, 2019, the Astronomical Education / Popularization Working Group by Mitaka was established. We report this year's activities of this working group and the schedule for the next year.

### 1. はじめに

国立天文台 4D2U プロジェクトが開発する 4 次元デジタル宇宙ビューワー「Mitaka」は宇宙を俯瞰してみることができる優れたアプリケーションである。ただし、学校教育や一般普及の現場で使用するには、ややハードルが高く、また、その機能も十分に周知されていないのが、現状である。

そこで、当ワーキンググループでは、誰でもその場で使うことができる番組やプリセットを作成し、これを多くの人に届けていきたいと考えている。

また、Mitaka の次期バージョン (Mitaka2.0) の開発スタートが目前となっており、新バージョンへの要望を取りまとめ、より利用者にとって使いやすいソフトウェアとなるよう、開発者と連携して活動していく。



### 2. 活動目標

本 WG の活動目標は以下の 2 つである

- ①現行バージョン(v1.x)を利用したコンテンツ(番組プログラム、プリセット)の作成、配布
- ②次期バージョン(v2.0)への要望を取りまとめ、開発に生かす。

(最終的には、次期バージョンのお披露目)

※我々のスローガンは「活動期間中に目に見える成果を！」である。WEB 等を使って、多くの人に届けることを目標とする。そのため、天文教育普及委員会ウェブサイトだけでなく、SNS 等も有効に利用していく予定である。

### 3. メンバー

大西浩次	おおにしこうじ	長野高等専門学校
大山智輝	おおやまともき	獨協中学・高等学校
加藤恒彦	かとうつねひこ	国立天文台
佐久間理江	さくまりえ	福島県立視覚支援学校
柴田晋平	しばたしんぺい	山形大学
高野圭	たかのけい	北海道大樹高等学校
高島規子	たかばたけのりこ	国立天文台
津村耕司	つむらこうじ	東京都市大学
富田晃彦	とみたあきひこ	和歌山大学
中道晶香	なかみちあきか	京都産業大学
根本しおみ	ねもとしおみ	天窓工房/国立天文台
波田野聡美	はたのさとみ	国立天文台/宇宙航空研究開発機構
花田英夫	はなだひでお	奥州宇宙遊学館
前田昌志	まえだまさし	三重大学教育学部附属小学校
松村雅文	まつむらまさふみ	香川大学
松本直記	まつもとなおき	慶應高校
渡邊吉康	わたなべよしやす	日本科学未来館

(2019年8月20日現在 50音順)

### 4. 活動報告

- ・キックオフミーティング 5月23日(木) 18:30~開催。他 slack 等を使用して議論。
- ・Mitata 1.6 Beta 版を内部公開。検証中 (年会当時)。

### 5. 活動予定

2019年度の活動については、以下を予定している。

- ・2019年秋ごろ Mitaka ファンサイトを Facebook で開設 (バージョン 1.6 公開後)
- ・2020年2月ごろ Mitaka ワークショップ  
全国から募集し、会員・会員外を問わない、ハンズオンのグループワークを予定
- ・2020年夏ごろまでに プリセット・番組の配布開始

### 質疑応答

Q: WGに入れてください。(河村聡人)

A: 自分で手を動かして、スクリプトを書くというようなことに抵抗感がなければ大歓迎です。

Q: 高校物理の授業(ex ケプラーの法則)等の数式の理解につながるような番組があるとうれしいです。ぜひWG頑張ってください。応援しています。(白川)

A: 貴重なご意見と応援をありがとうございます!

Q: (番組という表現のため、私もわかりにくかったのですが) 子供たちが自分で Mitaka を操作することで学べる演習問題を WG で作成されてはいかがでしょうか?(内山)

A: 細かなプリセットだけでなく、授業の進め方を同梱した一つの教案となるような番組も考えています。個人的には、子供たちが Mitaka を操作しながら宇宙を探索していくというようなものも作っていきたいと思っています。

# 移動プラネタリウムネットワークの活動紹介

坂元 誠 (子ノ星教育社), 移動プラネタリウムネットワーク

## The activity of Mobile planetarium network

Makoto Sakamoto (Nenohoshi kyoikusya), Mobile planetarium network

### Abstract

There are more than 300 planetariums in Japan, That is the world's top class. However, in terms of local government units, it is about 1/6. The mobile planetarium has the potential to fill the remaining 5/6. The mobile planetarium industry in Japan is still very small.

We have organized a Mobile planetarium network (MPN) to work together for the stable development of this industry. Currently (as of August 2019), 13 members from all over the country are participating.

This article describes our mission, the project to realize it, and what we are aiming for.

### 1. はじめに

移動プラネタリウムは、その名の通り投影機とドームスクリーンを条件の合う任意の場所に持ち込み、仮設プラネタリウム館を運営するものである。日本国内では学校現場を中心に小型の簡易ドームとピンホール式投影機を用いた小規模プラネタリウムの事例は多くあった。本会でも1990年代に元聖母学院の齊藤氏による仮設プラネタリウムドームの制作に関する研究報告は、国内の教育関係者にリファーされ多くの仮設ドームの制作を促してきた。しかし、この頃はプラネタリウムを持ち運ぶという発想には繋がってなかったように思う。

移動プラネタリウムによる投影が盛んに行われるようになったのは、ここ10年ほどで、エアドームの登場と、ビデオプロジェクターの高輝度・高解像度化が大きく寄与していると思われる。デジタルプラネタリウムの表現力の多様さはもちろん、ピンホール投影についても今までの知見の蓄積やミニプロジェクター等による補助投影機の活用などにより、質的には一昔前の中規模館プラネタリウム館に負けない投影を実現しているといつて過言ではなかろう。

移動プラネタリウムはハードウェアとして教育活動を展開するのに十二分なクオリティーを得た。日本は国内に300を超える館を抱える世界でもトップクラスのプラネタリウム王国である。しかし、自治体数で考えると館を抱えるのは全市町村の6分の1程度である。当会でも投影学習の有用性は多く報告されてきた。それは即ち、投影学習の有無により地域による天文教育格差が確実にあるということを意味する。移動プラネタリウムにはこの地域格差を是正する可能性がある。また、移動プラネタリウムは商業施設などで投影する機会も多くあり、社会教育施設では働きかけが難しい、科学に関する興味関心の低い層にも啓発を行いうる。

このように天文教育普及活動に大きなインパクトを与えうる移動プラネタリウムであるが、まだ事業者数も少なく、歴史的にも日が浅い業界である。我々はこの業界の安定的発展を目指して協力し合うため、緩やかなつながりであるネットワークを「移動プラネタリウムネットワーク (MPN)」として組織した。現在 (2019年8月現在)、全国の13名がメンバーに加わっている。

### 2. MPNのミッション

MPNのミッションは移動プラネタリウム業界の安定的発展である。そのためには普及活動と事業運営の品質確保が欠かせない。この二本柱を中心にミッションを組み立てていくことになる。

## (1) 移動プラネタリウム事業の普及活動

PR先として以下のような3方面が考えられる。

### 1) 学習投影を前提とした学校教育現場

関東では盛んに行われている移動プラネタリウムによる学習投影だが、他の地域については事例が少ない。行われてるとしても、プラネタリウム館など社会教育施設が所有している移動プラネタリウムを活用場合がほとんどである。

### 2) 生涯学習を前提とした社会教育施設

公民館や図書館事業で天体観望会が実施されるケースは既に多くある。プラネタリウムは昼夜、天候に左右されない。利用のケースは増えてきている。

### 3) エデュテイメント（またはエンターテイメント）を前提とした商業施設

百貨店、ショッピングモールを始め、地域に根ざした施設の中には販促目的でなく、子育て支援、社会還元活動の一環としてプラネタリウムを依頼されるケースもある。ただ、依頼者側は「プラネタリウムは理科教育である」以上の認識を持ち合わせない場合がほとんどであり、移動プラネタリウムがどのような内容の事業であるのか知ってもらうためのアクションが必要である。

### 4) 病院、福祉施設等

障がいや病気をはじめ、様々な事情で館への移動が叶わない方々に移とって移動プラネタリウムは重要なツールである。施設に対して活用事例を広く周知すると共に、行政に対する働きかけも必要だろう。

## (2) 事業運営の品質確保

移動プラネタリウムが一般社会に受け入れられ浸透するためには事業運営の品質が確保され信頼を得る必要がある。もちろん、様々な事業主体で事業内容も営業方法も個性があるほうが業界の将来像が豊かになる。しかし、「移動プラネタリウム」という文言から連想・期待される最大公約数的な内容・品質の確保は必要だと考える。

### 1) 事業内容

「プラネタリウム＝星空」と連想される場合が多いが、具体的な内容として「最新科学の啓発もの」「理科教育的なもの」「神話物語を中心としたもの」「占星術的なもの」「ヒーリング的なもの」などがあげられる。これらそれぞれについて依頼者と実施側とのミスマッチが起こらないように、最低限の内容を提示できる材料は必要だ。特に、天文教育・普及という立場からは神話物語や占星術の扱いについては注意が必要である。

また、根本的なことではあるが、近年盛んになってきたプラネタリウム投影を行わないドームシアターとの区別は明確にしなければならない。

### 2) 信頼性

事業主体からは期待通りの事業が実現されるのか、実現可能性が重要である。国内では事例が少ないなか、不安を払拭する必要がある。事業内容についての理解を深める必要はもちろん、小規模事業体が多いこの業界ではリスクを前提に、相互協力し補完し合う体制も依頼主からの信頼を高めることに繋がるだろう。

### 3) 安全管理

移動プラネタリウムは、室内にドームシアターを展開する形態がほとんどである。「2重に設置された部屋に、観覧者が入る劇場」では他に類似したものがないようで、所管の消防署で見解が異なる場合がある。関係法令に沿った解

積を用意すると共に、必要となる災害時対応マニュアルなどを独自に整備する必要がある。

また、運営に関しても、通常の運営はもちろん、大規模災害時などの対応についても想定しておく必要がある。

### 3. MPNが取り組むプロジェクト

我々のミッションに基づき、以下のようなプロジェクトを進めていくことを考えている。

#### (1) 自主ガイドラインの作成

ガイドラインの作成は非常に重要だと考えている。社会に対する周知と同時に、我々自身の目的を明確化することでもある。

##### 1) 学習投影に関するガイドライン

本会のプラネタリウムWGで作成されたガイドラインや日本プラネタリウム協議会（JPA）での議論などをベースに、移動プラネタリウムならではの利点や制限を加味して作成する。

例えば、ドームサイズである。天球を考えたときに視点は球中心に置かなくてはならないので、直径の大きいドームほど、理想に近い星空を投影出来る。移動プラネタリウムは館のドームと比べ、直径が小さい傾向にあることは大きな欠点である。一方でこれは生徒との物理的距離が近く、コミュニケーションを取りやすい利点でもある。これは学校教育現場における教授法との親和性は高いと考える。

このように移動プラネタリウムならではの利点を活かしたガイドラインを作成することは、学校教育現場に利用を促すだけでなく、参加が予想される大手教材会社や、エンターテイメント業界に先んじて、移動プラネタリウムを用いた学習投影のスタンダードスタイルを作る狙いもある。大手の参加を否定するものではないが、例えば専門の解説員を伴わない自動投影スタイルのシステムなどで安価に提案されてしまうと、我々が考える移動プラネタリウムの利点が十分に活かされない形で普及する恐れがある。

##### 2) 安全管理に関するガイドライン

安全管理ガイドラインの作成は、移動プラネタリウム運営の安全性を高めると共に、その取り組みを社会に周知することにつながる。一般社団法人日本エア遊具安全普及協会はシンプルな安全10か条や推奨チェックシートを公開しているが、信頼性を高めることに成功している。

安全管理に関するガイドラインでは、本年会において、P会議の山道氏らが独自のガイドラインを作成した旨の報告があった。かなり入念に作成された優れたものであり、ガイドライン作成する上で参考にしたいと考えている。

##### 3) 品質確保に関するガイドライン

投影内容の品質確保については、最低限、取り扱うべき、また取り扱うべきではない内容を明確化する必要がある。ハードウェアやソフトウェアのクオリティ、解説者の能力、運営についての安定性など、信頼性を高めるために必要な情報である。しかし、実際にはハードウェアにおいては投影方式の違いがあり、ソフトウェアも全天周番組から投影者によるパフォーマンスまで幅広い。まずは我々自身が考える要素のミニマムを洗い出すことから始める必要がある。

#### (2) 全国モバイルプラネタリウム調査

1) MPNでは、移動プラネタリウムを以下のように定義した。その上で全国でどれだけの移動プラネタリウムがどのような活動を行っているのかを把握したい。

- ・ プラネタリウム投影を行うこと（星空を投影しないドームシアターのみは規定外）
- ・ ドームスクリーンを用いること（基本的に、二次元スクリーンは対象外だが、ドームスクリーンを前提としたシステムで諸事情により天井や壁面に投影しなければならない場合は除く）
- ・ 対象を所属組織内に限定しないこと（例えば、学校がその生徒のみ対象にするような場合は規定外）

## 2) 調査項目

移動プラネタリウムの調査についてはJPAが既に始めている。できれば重複することなく、協力し合えることがのぞましい。そのうえで、すでにある調査項目をベースに我々が必要とする項目を検討し、盛り込みたい。

## (3) MPN主催イベントの開催

このネットワークが出来たきっかけが、「全国の移動プラネタリウムが一同に会するイベントをやりたい!」というものであった（ドームinドームが最終目標）。広く社会へアピールする機会にもなるので是非実現したい。現在、企画中である。

## (4) 教育関係団体へのPR

関東では移動プラネタリウムを学習投影に利用するケースが多くある。しかしながら、他地域ではまだまだ限られているのが現状だ。学習投影利用の経験のない、教育委員会・学校現場にどのように有効性を訴え活用を促すのか、ハードルは低くない。全国の理科系教育研究会への働きかけも検討したい。

## 4. MPNの今後

以上、当面の取り組む課題と方法について述べた。さらに我々が見据えるのは以下の通りである。移動プラネタリウムは天文教育シーンを大きく変えるツールであると信じている。

- (1) 全国の学校で、授業内に投影学習を組み込める状況を作り出す
- (2) 移動プラネタリウムを最も市民に近い、エデュテイメントの入り口に
- (3) 将来はこのネットワークを「移動プラネタリウム協会」にまで育てたい

## 5. 質疑応答

Q. 以前、イベント会社が商業施設で行う移動プラネタリウムを企画した。機材を他所で借りて私に解説依頼が来たことがあったが、今もそういう事例はあるのか。（矢治健太郎）

A. MPN内でも（私も含め）、機材貸し出しを行っているグループはある。しかし、我々の場合は解説可能なスタッフを抱えているため、依頼があったとしても、特定の解説者が既に想定されている場合である。

ご質問のケースにある機材を貸し出す業者は、おそらく解説可能なスタッフも抱えていないのではないかと推察する。イベント業者から聞く話では完全自動解説をおこなう移動プラネタリウムがあると聞いた。移動プラネタリウムのハードウェアを有する業者は、我々が知らないところにもいくつかあるのだろう。



商業施設に展開された移動プラネタリウム

# 高校部活動における天文教育普及

直井 雅文 (埼玉県立浦和高等学校)

## Education and Popularization of Astronomy in high school Club Activity

Masafumi Naoi (Saitama Prefectural Urawa High School)

### Abstract

I have been 36 years as a high school teacher and have been in advisor of astronomical club activities at three high schools. I report on each activity and give a personal opinion about education and popularization of astronomy in high school club activity.

#### 1. はじめに

数十年前の高校では、天文系部活動がさかんなところが多かったと聞く。現在では、活発な活動が続いているところは必ずしも多くないようだ。私は高校の教員として 36 年目を迎え、3 つの高校で天文系部活動の顧問も担当してきたので、それぞれの活動の様子を報告する。そして、部活動の活性化、言い換えれば部活動を通じた天文教育普及の充実について私見を述べる。

#### 2. 顧問をした天文系部活動

##### (1) 埼玉県立岩槻北陵高等学校天文部 (1984 年新採用～12 年間)

1984 年、新採用として着任した。1986 年にハレー彗星が回帰することもあり、着任してすぐに天文部設立を提案した。開校 4 年目の新しい学校ということもあり、部活動の新設には生徒会則等の縛りが事実上無く、教員側からの提案で設立できた。入部したのは、3 年 1 名、2 年 2 名、1 年 4 名であった。

活動は、ハレー彗星等に関しての天文に関する勉強会、学校に泊まり込んでの流星観測、入笠山での校外合宿などであった。設立当初は望遠鏡もなかったが、真面目でやる気のある生徒たちで、私も若かったので、楽しく活動ができた。

部設立のきっかけであったハレー彗星は、観測できるのが明け方であったり低空であったりと、観測条件が高校生にとって良くなく、結局部活動としての成果はなかった。

その後、部員が多く入る年もあったが(図 1)、安定した活動にはならず、太陽の黒点観測を行うくらいであった。私も、本務の仕事を理由にあまり部活動に関わらず、活発な活動にはならなかった。



図 1 部員が多かったころの集合写真(1994 年頃)

(2) 埼玉県立越谷北高等学校天文気象部 (1996年～13年間)

1996年に異動した越谷北高校は各学年1クラスの理数科があり、理科好きの生徒が多い学校である。顧問になった天文気象部には、地学専門の佐藤和平さんという主顧問がいて、すでに部員数が多く活動も活発であった。文化祭(図2)に向けた準備、月1回程度の校内観測会、夏の校外合宿といった全員が関わる活動以外に、希望者で研究活動にも取り組んでいた。異動してから4年間、佐藤和平さんから部活動指導のノウハウを学ぶことができたことは、その後の教員生活への財産になったと思っている。

越谷北高校に異動してから、ハール・ボップ彗星、しし座流星群、火星大接近、金星に太陽面通過など天文現象が相次ぎ、観測対象に恵まれた。特にしし座流星群の時は、他校との合同観測会を行い(図3)、このスタイルは、現在の夏の合同校外合宿に続いている。

研究活動では、日本学生科学賞への出品を目指し、1度の入選、2度の入賞を果たすことができた。そのタイトルは以下の通りである。

- 「Leonid Meteor Storm 2001」 第46回日本学生科学賞(2002年) 入選1等
- 「ビデオ観測で求めた2001年しし座流星群の出現高度」 第47回日本学生科学賞(2003年) 日本科学未来館賞
- 「簡易分光器による地球照の観測」 第51回日本学生科学賞(2007年) 日本科学未来館賞

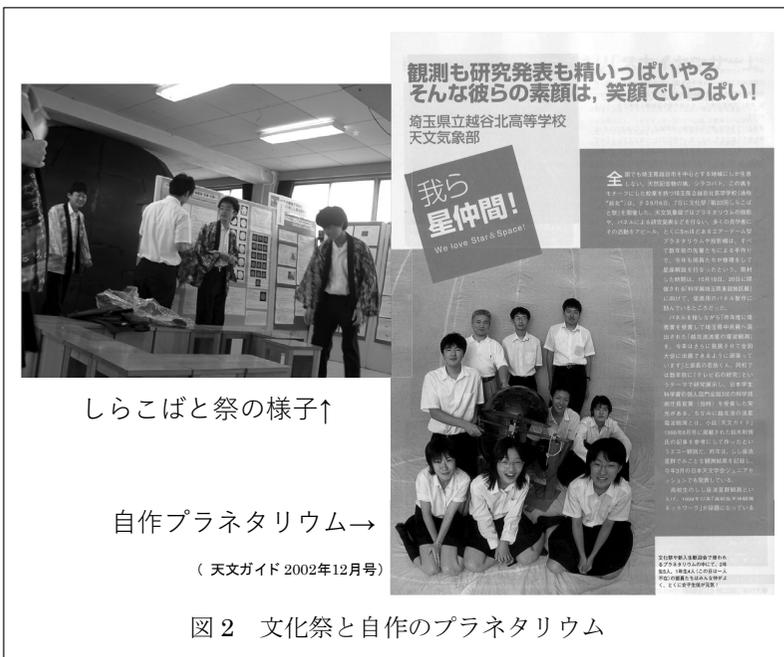


図2 文化祭と自作のプラネタリウム



図3 しし座流星群合同観測会(2001年11月17～19日)

(3) 埼玉県立浦和高等学校地学部 (2009年～現在)

2009年に異動した浦和高校は、埼玉県第一尋常中学校として開校した伝統ある男子校である。赴任したとき地学部には3年生の部員が5名いたが、文化祭以外の活動は行ってこなかったようで、新入部員の勧誘も行わず、そんな状態から顧問としての関わりが始まった。

3年生引退後、兼部で2年生2名が、翌年は1年生が3名入部し、部活動が形になってきた。学期に1～2回の校内観測会、夏休み中の校外合宿も実施できるようになった。

2012年の金環日食の時は、部員が400個ほどの日食メガネをつくり、校庭で一般生徒と共に観測会を行った(図4)。

現在は年に2回程一般生徒対象の観望会を行っているが、2018年8月中旬の夕方には月・惑星が観察しやすい位置にいたこともあり、地域の小学生対象の観望会も行った(図5)。

前任校と同様に希望制での研究も行っており、2014年10月8日と2018年1月31日の皆既月食について調べた以下の研究が、入選・入賞した。

「月食のスペクトル ～地球大気による光の屈折・散乱・吸収～」

第59回日本学生科学賞(2015年) 入選2等

「月食のスペクトル ～本影の縁は本当にターコイズ色なのか～」

第43回全国高等学校総合文化祭自然科学部門(2019年) 研究発表地学部最優秀賞



図4 金環日食観測会(2012年5月21日)



図5 小学生対象の星空観望会(2018年8月17日)

### 3. おわりに

高校の現場では、生徒も教員も多忙化しているのは間違いないだろう。そんな中、数十年前までのように、生徒たちが勝手に部活動することはなかなか期待できない。部活動を通じた天文教育普及の充実つまり部活動の活性化には、まずは生徒の意欲があつてであることは言うまでもなく、そこに顧問の関わりつまり顧問の想いと掛け合わせる事が重要になっていると考える。

#### 質疑応答

Q： 生徒の意欲を高める方法はあるか。

A： せっかく入部しても活動が活発でないと、次第に意欲が下がってくるのではないか。部活動に入るときは、皆意欲を持っていると考えている。

Q： 顧問として様々な活動を行うには、いわゆるブラックな働き方にならないか。

A： 時期によって忙しいときもあるが、通常は週に2～3回の活動である。

# 中学理科「地球と宇宙」分野における学習項目の学年分散検討

水野 孝雄 (WG代表 ; 元東京学芸大学)、  
WGメンバー (大山智輝、佐久間理江、清水政義、高島徹、高橋修、林隆之)

## Discussing the division of astronomical studies into more than one year at junior high school

Takao Mizuno (Chairperson of WG; formerly Tokyo Gakugei Univ.) and WGmembers

### Abstract

Students of junior high school learn the astronomical subjects only in one school year up to now. We will discuss the division of not only astronomical studies but also into more than one year.

### 1. はじめに

中学における天文領域はこれまでは1つの学年で集中して学ばれてきた。具体的にこれまでの学習指導要領の改訂により天文領域の学びは次のようになっていた。

- ・1947年告示と1958年告示の改訂では、天文領域は第3学年で学習することになっている。
- ・1969年告示と1977年告示と1989年告示の改訂では、天文領域は第1学年で学ぶことになっている。ちなみに気象領域は第2学年で、大地領域は第3学年で学習することになっている。
- ・1998年告示の改訂では、「第2分野の内容の(1)~(7)をこの順序で取り扱う」とのみ書かれている。実際には地学関係の「(2)大地の変化」は第1学年で、「(4)天気とその変化」は第2学年で、「(6)地球と宇宙」は第3学年で学習している。ところがこの期の改訂で小学校での天文領域の学びは第4学年までとなったので、中学での第3学年まで天文を学ばないという“天文空白の4年”という事態が生じてしまった。
- ・2008年告示の改訂では、「第2分野の内容の(1)及び(2)[大地の成り立ちと変化]は第1学年、内容の(3)及び(4)[気象とその変化]は第2学年、内容の(5)~(7)[(6)地球と宇宙]は第3学年で取り扱う」となった。ちなみに教科書はそれまで分野ごとに上下分冊になっていたが、この時から各学年ごとの分冊となった。
- ・2017年告示の改訂でも、(2)[大地の成り立ちと変化]は第1学年、(4)[気象とその変化]は第2学年、(6)[地球と宇宙]は第3学年で取り扱う」となった。

今まで天文を含む地学関係の学習項目について、各学年に分散させることの検討は表立って行われてこなかった。分散するならば天文だけでは閉じないので、天文以外の領域との検討も必要になる。

### 2. 各学習項目の学年配置で考慮すべきこと

- ・生徒の発達段階にふさわしい学習項目を配置する。  
生徒の発達段階については、中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総則編では、「中学校段階は小学校段階と比べ心身の発達上の変化が著しく、また、生徒の能力・適性、興味・関心等の多様化が一層進展する」と述べられている。地学関係の3領域についての興味付けは早めが望ましいであろう。大きな時間・空間概念を必要とするものは2, 3年に置くのが適切であろう。
- ・小学校での学習や、関連する他領域・他科目・教科での学びを考慮すべきであろう。

天文領域については今回の改訂でも小学6学年で学んだ後は、中学3学年までに2年間のプランクが存在する。

- ・大切な事項(災害など)や定着の困難な概念等は、各学年で興味・関心をつなぎつつ継続的に繰り返し学ぶことも重要である。
- ・中学第3学年には高校受験が控えている。  
公立高校入試までは教科書の全学習内容を終わらせたり、入試対策も行ったりで現実的に授業数は少ないことを十分に念頭に置くべきである。

### 3. 「地学」でどのような内容を学び、能力を育成するか

- ・地学においては、「私たちはどのようなところに、どのようにして存在するようになったか」を宇宙・地球規模で学ぶと同時に自然現象の解明に必要な科学的思考方法を修得させたい。小、中学校の地学関係ではそのエッセンスを学べればと思う。
- ・小、中学校では身のまわり(環境)を理解するというこで、扱いは身近からスケールの大きなところに広げられる。空間的な広がりであれば、視点移動の能力が求められる。時間的には、時間変化から現在の状態を推論・理解することを学ぶ。気象の天気図変化から次の天気を推論したり、過去の地層からその後の地殻変動等を読み取ったりする。同様の能力は天文においても必要とされる。

### 4. 学年分散の一つの案

学年分散のイメージが湧くように具体的な案を提示する。あくまでも一つの案であって、3つの学年に分散することも、2つの学年に分散することも有り得ると考える。

- ・第1学年「地球について知ろう」：身のまわりの現象面を中心とした理解  
気象観測、日常的天気の変化  
身近な地層の観察 [地形、地層から分かること]  
岩石のつくりの観察 [地質をつくる岩石]  
日周運動と自転  
月と太陽 [月の位相、日食・月食]
- ・第2学年「変化し続ける地球」：現象面から変化の原因を考察  
天気変化の原因 [飽和水蒸気、大気の動きと海洋の影響]  
火山活動 [マグマの粘性と噴火の特徴、火成岩の成因]  
地震と津波  
プレートの動き  
年周運動と公転  
惑星の見え方 (金星の見え方と運動を含む)
- ・第3学年「生命の存在と地球環境の維持・保全」：総合的、分析的な見方や考え方  
過去の変動を知る [地層の変化を見抜く]  
地質年代、化石、柱状図の分析  
太陽系と銀河系  
生命が存在する条件  
自然の恵みと災害 (風水害、地震、津波、噴火)

### 5. 学習項目の学年分散検討は早く！

- 1) 学習内容項目の学年分散は天文領域だけでは行えない。
  - ・他領域との各学年での授業時間数の調整が必要である。

- ・他領域でも各学年への分散を望むかもしれない。
  - ・他領域と共にどのような学習項目を配置すべきかを考えるとき、義務教育で学ぶべき地学関係の内容と、そこで育成されるべき能力を地学全体で検討する必要がある。
- 2) 学年配置の方針は学習指導要領の次の改訂作業が始まるまでに立てられるようにしたい。
- 今までの改訂作業の進行を参考にすると、次の改訂構想が練られるのは、新学習指導要領の実施(2021年)から2,3年後頃には始まるとみられる。分散検討は他領域とも関係するので時間が必要であり、急ぎたい。
- =>いずれにしても、日本地学教育学会でも学年分散について検討いただくよう提案したい。

## 参考文献

- ・文部科学省(2017)中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編
- ・文部科学省(2017)中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総則編
- ・水野孝雄(2017)「中学3年集中の天文学習を各学年に分散検討」,第31回天文教育研究会集録
- ・水野孝雄(2018)「中学における天文学習の各学年分散検討WGの活動と継続報告」,第32回天文教育研究会集録

## 発表時間内に「学習内容を複数学年に分散すること」への賛否をとった

- ・挙手による賛否をとった結果、賛成15、反対10、決め兼ねる30、不挙手60であった。(きちんと数え切れていない部分があるので、概ねの数字である。)
- ・関東支部会での賛否は、賛成19、反対3、決め兼ねる24であった。

=>年会での反対の割合が大きい。

特に反対の理由を休憩や昼食時間に聞かせていただきたいと伝えた。

### 1) 反対の理由

- ・1つの学年に1つの領域の学習項目がまとめて置かれた方がストーリー性をもたせた授業が行いやすい。[この理由が最も大きく、多いようです。]
- ・各学年で教える教員が異なることがあるので、1つの学年にまとまっている方が教えやすい。

### 2) 決め兼ねる理由

- ・全部の項目でなくても、関連項目はまとめた方がいい。
- ・参加者は教員に限らないので、指導について考えることが難しいのだろう。[推測コメント]

### 3) 挙手しない理由

- ・手を挙げ損ねた。[推測と経験から]
- ・教員ではない人は、挙手により統計に影響することを懸念した。[推測]

## \*反対理由に対する個人的コメント

- ・今は天文は第3学年にまとめて置かれているので、難しそうな項目も含めてストーリー性をもたせた授業が可能であるが、第1学年にまとめて置かれたらそのストーリーは困難となろう。また現在は第1学年にまとめて置かれている大地にも第3学年に移ったら第1学年では難しいストーリー性をもたせる授業が可能となろう。
- ・天文の学習項目のうち、日周運動と自転、年周運動と公転、日食・月食などは第3学年に置く必然性はない。特に、年周運動と公転は気象の季節変化の前に学ばせるのがベターであろう。