中学３年集中の天文学習を各学年に分散検討

水野孝雄(元東京学芸大学)、加藤明良(さいたま市教育委員会)

The Astronomy Subjects Learned Only in the Third Year Should be Separated to Each Year

Takao Mizuno(former Tokyo Gakugei Univ.), Akiyoshi Kato(School Board of Saitama City)

Abstract

We consider whether the astronomical subjects to be learned only in the third school year should be separated to each school year.

1. はじめに

中学理科は、第１分野の物理(エネルギー)・化学(粒子)と第２分野の生物(生命)・地学(地球)とが各学年で並列的に学習されてきた。第２分野でも生物と地学はそれぞれ並列的に学ばれてきた。

地学の学習について見ると、天文領域と気象・地震領域と地質領域とがそれぞれ１つの学年でのみ学ばれていた。それでいいのだろうかという疑問が生じる。

２．これまでの学習指導要領における地学および天文学習

・1947 年告示、1958 年告示の改訂では、天文は第 3 学年で学習していたが、

・1969 年告示、1977 年告示、1989 年告示の改訂では、天文は第 1 学年で学習することになった。ちなみに、気象は第 2 学年、大地は第 3 学年で学んでいた。

・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」とされた。ちなみに地学関係は(2)大地の変化[第 1 学年]、(4)天気とその変化[第２学年]、(6)地球と宇宙[第３学年]となった。

天文が第３学年で学ぶことになったことは悪いことではなかった。なぜなら天文は、地球からの視点での観測から宇宙空間で地球を含めた太陽系を俯瞰する視点移動を伴う理解、さらには地球スケールから太陽系や銀河系という大きなスケールを扱うということから第３学年から学ぶ方がベターだという要望があったので。

ところが、このときの改訂では週５日制の導入や“ゆとり教育”のために学習内容の３割削減が行われ、小学校の天文も簡単になって５年から４年に移行された。その結果、天文学習は小学校５年から中学２年まで“４年間の天文空白”が生じることとなった。

・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。

学ぶ順序だけでなく、学ぶ学年が明示されたので、教科書は各学年ごとにまとめた作成となった（それまでは分野ごとに上下の教科書であった)。

・2017 年告示の改訂でも、学習学年は 2008 年と同じで天文[地球と宇宙]は第３学年であった。

＝＞これまで約 10 年ごとに学習指導要領は改訂されてきたが、天文を含む地学の学習項目について各学年に分散させる検討はほとんど行われていない。

３．学習項目を学ぶにふさわしい学年に置く

学習項目の学年配置は次のようなことを考慮して行うべきであろう。

・生徒の発達段階にふさわしい学習項目を配置すべきである。例えば、大きな時間・空間概念を必要とするものは第２、３学年に置く。

・関連する他科目・教科での学びを考慮して学習項目を適切な学年に置く。

・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が必要である。

図 1.1 小学校・中学校理科の「エネルギー」「粒子」を柱とした内容の構成

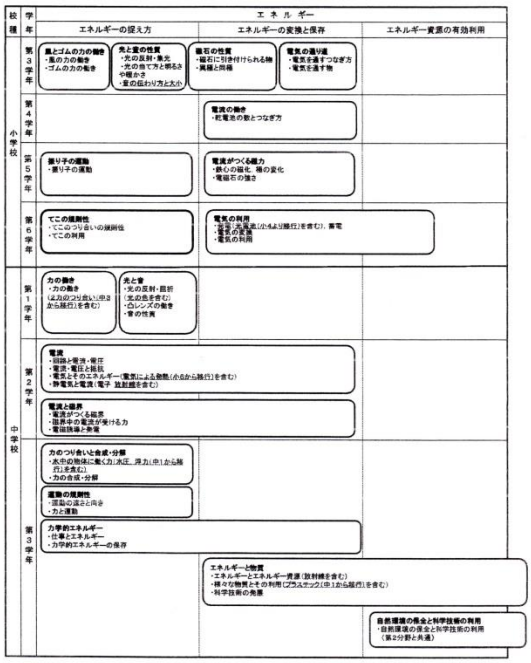
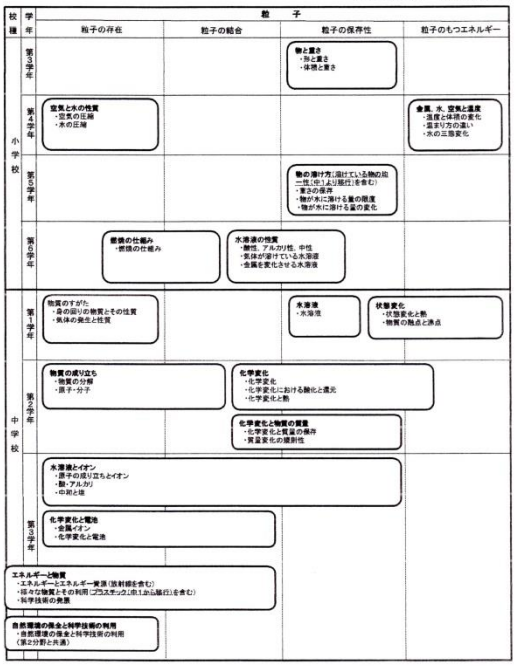


図 1.2

実線は新規項目・破線は移行項目



４．他科目での学習項目の学年分散状況

・物理では、「力」については第１学年と第３学年に学んでいる。「電流」は第２学年だけで、他の学年でも学べたらベターである。(図 1.1)

・化学では、「物質」は第１学年と第２学年分散している。「水溶液」は第１学年と第３学年に分散している。(図 1.2)

・生物では、「細胞」は第２学年と第３学年に分散している。(図 2.1)

・地学では、伝統的に大地と気象と天文というくくりで学年別に分けられてきた。(図 2.2)

＝＞各領域を分散させるという発想がなかった。地学でも、他科目の状況を参考にしつつ、望ましい分散を考えたい。

図 2.1 小学校・中学校理科の「生命」「地球」を柱とした内容の構成

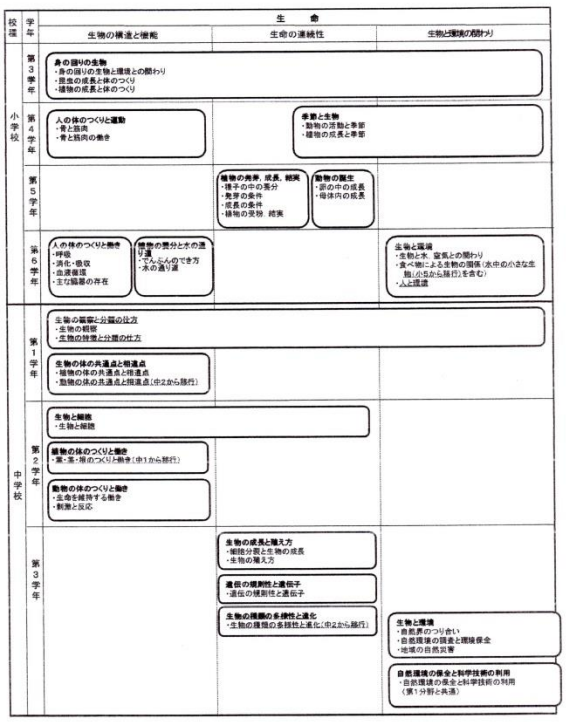
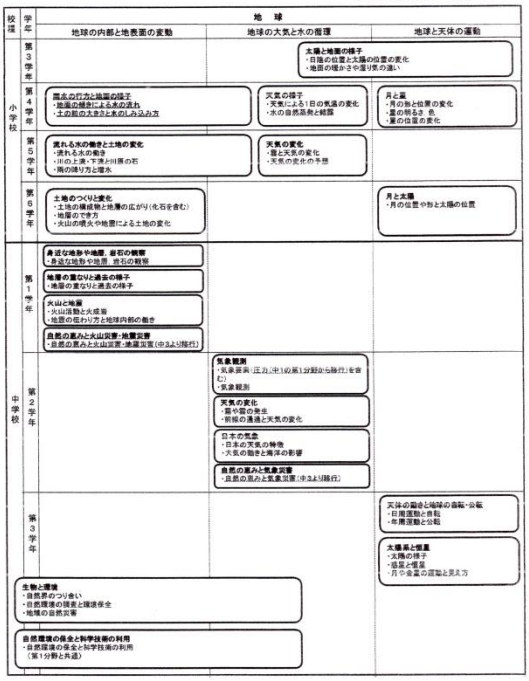


図 2.2

実線は新規項目・破線は移行項目



５．学習項目の学年分散の検討は早く

学習項目を学年分散させるか、分散させるならその方針は次の改訂作業が始まるまでに立てたい。

・次の改訂構想が練られるのは、新学習指導要領の実施(2020 年)から２，３年後(2022 年頃)には始まる。

・分散は天文だけでは出来ないので、他領域との検討時間が必要である。急ぎたい。

・新学習指導要領の改訂(2017 年)による教科書はまだ出版されていないが、改訂されたのと現行のとでは学習項目・内容・取扱いについてはほとんど変わらない。したがって、新学習項目に必要な授業時間や教科書ページ数は現行のを参考にして、検討が始められるだろう。

６．新学習指導要領での天文学習項目の具体的な学年配置案

・天文では時間的な長さ、空間的な広がりと、それに伴う視点移動等を考慮する必要がある。

・数学や物理等で得られる知識や能力を考える必要もある。

＝＞学年配置の１つの案として、

・第１学年：日周運動と自転、月の運動と見え方

（小学５年に？）　（小学６年に一緒に？）

・第２学年：年周運動と公転、惑星と太陽系

（上の？が無くなれば「年周運動と公転」を第１学年に）

・第３学年：太陽、恒星（銀河系、宇宙の広がり）

７．新学習指導要領での地学学習項目の具体的な学年配置案

・天文以外の地学でも時間的な長さ、空間的な広がりと、それに伴う視点移動等を考慮する必要がある。

・数学、地理、物理、化学、生物等で得られる知識や能力を考える必要もある。

＝＞地学での学年配置の１つの案（地学教員の示唆も得て）

・第１学年：火山と火成岩、堆積岩と化石、気象観測と天気図、
日周運動と自転、月の運動と見え方

・第２学年：地震と地球内部、飽和水蒸気量と天気の変化、
年周運動と公転、惑星と太陽系

・第３学年：地層の重なり、地球の大気循環、
太陽、恒星（銀河系、宇宙の広がり）

８．今後の方針

・天文教育普及研究会でＷＧを立ち上げ、天文レベルで検討する。

・その検討結果を踏まえて、日本地学教育学会にＷＧの立ち上げを検討いただく。

中学校理科における金星満ち欠け教材について

宮下　敦（成蹊中学高等学校）

On science teaching material of the phases of Venus for junior high school students

Atsushi MIYASHITA (Seikei High School)

Abstract

Science teaching materials on the phases of Venus in junior high school were introduced to think about the orbital motion of the inner planet, however, it has become a puzzle without observation now.

1. はじめに

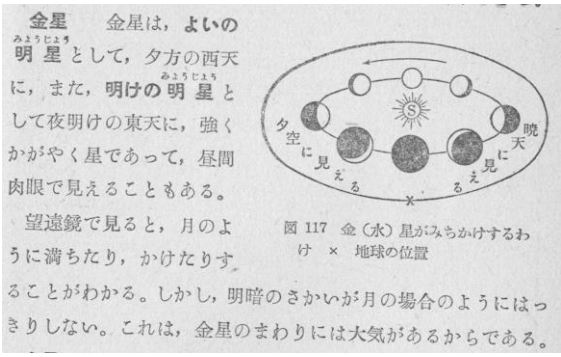
学校教育で使われている教材史を検討する目的は，現在使われている教材の由来を調べることで，効果の高い教材に置き換えることができるほか，効果の薄い教材が使われ続けた経緯を分析して同じ過ちを繰り返さないようにすることである．

中学校理科天文分野で，金星のみかけの大きさや満ち欠けを観察する実習（以下，「金星満ち欠け教材」と略述）は，この単元の主要な観察教材の１つで，高等学校の入試問題等でも扱われるものとなっている．しかし，この教材は観察が実際に実施される割合が 20％ 程度という調査があり（例えば．川村ほか，2015），観測好機が授業スケジュールと一致しない等，扱いづらいものである．また，観察結果の理解するためには．地表からの観察と太陽系モデルにおける天体位置の関係を三次元的に視点移動により変換する必要があり，中学校段階だけでなく，大人にとっても理解が難しい．

2.「金星満ち欠け教材」の教材史

金星の満ち欠けを観察する教材が，初等中等教育でどのように扱われてきたか，主に教科書を中心に調査した．

筆者が調べた範囲では，第二次世界大戦前の教科書で金星そのものが大きく扱われることはなかった．第二次世界大戦後すぐの生活単元・問題解決型学習の時代でも同様であった．生活単元・問題解決型学習が破綻して導入された系統学習において，初めて金星の満ち欠けにして簡単な説明が現れる．系統学習における扱いでは，金星の観察は行わず，金星が満ち欠けすることと合わせて，影の境界が月のように明瞭ではない写真を示し，金星に大気がある証拠として扱う惑星科学の記述がなされている(図 1)．

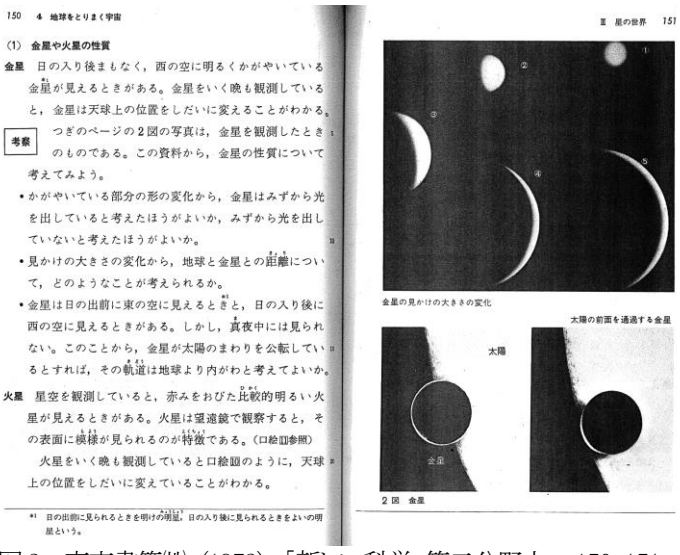


金星　金星は，よいの明星として，夕方の西天に，また，明けの明星として夜明けの東天に，強くかがやく星であって，昼間肉眼で見えることもある。

望遠鏡で見ると，月のように満ちたり，かけたりすることがわかる。しかし，明暗のさかいが月の場合のようにはっきりしない。これは，金星のまわりには大気があるからである。

図 117　金（水）星がみちかけするわけ　×　地球の位置

図 1.　学校図書㈱，(1952).「中学理科・自然のすがた」



150　4　地球をとりまく宇宙

(1)　金星や火星の性質

金星　日の入り後まもなく，西の空に明るくかがやいている金星が見えるときがある。金星をいく晩も観測していると，金星は天球上の位置をしだいに変えることがわかる。

考察　つぎのページの２図の写真は，金星を観測したときのものである。この資料から，金星の性質について考えてみよう。

- かがやいている部分の形の変化から，金星はみずから光を出していると考えたほうがよいか，みずから光を出していないと考えたほうがよいか。
- 見かけの大きさの変化から，地球と金星との距離について，どのようなことが考えられるか。
- 金星は日の出前に東の空に見えるときと，日の入り後に西の空に見えるときがある。しかし，真夜中には見られない。このことから，金星が太陽のまわりを公転しているとすれば，その軌道は地球より内がわと考えてよいか。

火星　星空を観測していると，赤みをおびた比較的明るい火星が見えるときがある。火星は望遠鏡で観察すると，その表面に模様が見られるのが特徴である。（口絵Ⅲ参照）

火星をいく晩も観測していると口絵Ⅲのように，天球上の位置をしだいに変えていることがわかる。

*1　日の出前に見られるときを明けの明星，日の入り後に見られるときをよいの明星という。

Ⅲ　星の世界　151

2 図　金星

図 2.　東京書籍㈱，(1972)，「新しい科学」第二分野上，p150−151.

1957 年の所謂スプートニク・ショック以降，世界的に理科教育の改革が進められ，日本でも探求学習を重視する方向性が打ち出された．この時期の中学校理科教科書で，金星の見かけの動きや望遠鏡による視直径や形の観察から，「内惑星の公転」を考察で導く教材が導入された．例えば，東京書籍の教科書(「新しい科学」理科第二分野上)では，金星が真夜中に見えない事実から，「金星が太陽のまわりを公転しているとすれば，その軌道は地球より内がわと考えてよいか」という課題が提示されている(図 2)．このような観察と考察とあわせて，ガリレオの業績なども記述もあり，太陽中心説の証拠としての教材であることが明確であった．1980 年代の所謂「ゆとり教

育」の時代でも，この方向性は維持され．望遠鏡による金星の観察を実施する形になっている．

金星の大きさや形を実際に観察せず，ヴァーチャルな形で扱うようになったのは，「新学力観」の時代になってからであった．現行の教科書では，金星の観察は，肉眼もしくはプラネタリウム・ソフトウェアによって金星が日の出前と日没後にしか見えないことを確認した上で，モデル実験によって大きさと満ち欠けの様子を確認する方法になっている．また，観察から惑星の公転を導くのではなく，教科書記述の説明として与えられる．これは，金星を観察しやすい夕方に見える時期が，授業が行われる時期と必ずしも整合せず，かつ，機材の面からも中学校の放課後に生徒全員に望遠鏡を使って金星の大きさや形を観察する実習が難しい，という現実から導入された方法と考えられる．しかし，これは中学生にとってヴァーチャルで現実感のない学習になっていることは否めない．また，本来は内惑星の公転を確かめることが学習課題であったはずが，ヴァーチャルな体験を元に，金星の満ち欠けと見かけの大きさと軌道上の位置をパズル的に考える学習課題になっていることも事実である．そのため，全ての中学生が理解できる形になっておらず，明確な得点差が生じるので高等学校入試問題で扱われている．現状で，これが中学生の天文学嫌いの原因となっている可能性が危惧される．

3. 方略

では，上述のような状況はどうしたらよいだろうか？ 筆者は，高等学校２年の地学基礎の中で，科学史の教材として金星の満ち欠け教材を導入している．月の満ち欠けのモデル実験をした上で．事実としてガリレオの金星スケッチを示し，同様に満ち欠けしても見かけの大きさの変化の違いで，惑星と衛星が区別できることを説明している．その上で，プトレマイオスの地球中心説では現実の金星の大きさと形の変化が説明できず，太陽中心説の直接証拠となったことを導いている．この教材は，三次元的な視点移動がより理解しやすくなる高校生や生涯教育の場で扱うことも一案と考えられる．義務教育段階で月や惑星の公転を扱うのであれば．金星満ち欠け教材よりも，より理解しやすい天文学の本質を学ぶ教材開発をしなくてはいけないだろう．

4. 引用文献

・学校図書㈱，(1952)，中学理科１年−自然のすがた，145.
・川村教一．上田晴彦．田口瑞穂，（2015），・中学校理科天文領域の学習指導の実態について　秋田県におけるアンケート調査から，　秋田大学教育文化学部研究紀要，教育科学部門，68，65～73.
・東京書籍㈱，(1972)，新しい科学　第二分野上，　151-152.

5. 質疑

Q:　鈴木文二さん：金星が中学校の天文教材のメインストリームになってしまっている．いかがなものか？ 中学と高校のどちらでやるべきか．私は高校のテーマかと思う．

A:　私個人も，金星の満ち欠けや，それが惑星公転の証拠であることは，高等学校以上の方が定着率は高いと考えている．ただ，中学理科の天文分野は，実験観察教材が限られており，金星満ち欠け教材を外すと，太陽観察くらいしか授業中にできる観察教材がない現実がある．これが，中学理科天文分野で金星満ち欠け教材がしつこく扱われる理由の１つになっている．

Q&A 縣秀彦さん(NAOJ)から，2016 年度高等学校入学試験作問者についてのコメントがあったが，一般的に入学試験作問者の構成は公にしないのが常識であるため，集録に記述するのは適切でない．コメントの内容は縣さんに直接問い合わせをして欲しい．

6. 謝辞

本発表に際して，渡部義弥さん(大阪市立科学館)との議論が有用であった．記して感謝します．

簡易自作分光器を使った高校における課題研究の充実　その２

直井　雅文（埼玉県立浦和高等学校）

Science project study in high school using a self-built spectrograph Ⅱ

Masafumi Naoi (Saitama Prefectural Urawa High School)

Abstract

I reported “Science project study in high school using a self-built spectrograph” at The 30th Meeting on Astronomy Education. In this report, I introduce the results of science project study on spectroscopic observation of Earth Shine.

1．はじめに

第 31 回天文教育研究会（東北大学）で，高校生の部活動や発展的な課題研究として，自作の分光器を使ったテーマがいくつか考えられることを報告した。また第 28 回天文教育研究会（東京学芸大学）では，「総合学習『宇宙人はいるのか』の実践報告」を行った。ここでは，系外惑星などに存在する地球外生命体を調べる方法についても学ぶ機会があった。地球にいる生命体と同じしくみを持つなら，光合成生物がもっている葉緑体に含まれるクロロフィルの分光反射率の特性が，バイオマーカーの一つであるということであった。

三日月のような細い月は，太陽光が直接照らしていない部分もうっすらと見える。これは，太陽光の地球の地表・雲による反射光や地球大気による散乱光が月を照らしているもので，地球照をいう（**図** 1）。系外惑星系の恒星の光を太陽光が直接照らしている部分（月光），系外惑星の光を地球照とすると，地球照の観測が系外惑星の生命探査に応用できる。そこで，自作分光器を使って地球照の分光観測を行い，地球外生命体の探査に応用ができるかを部活動の課題研究として行った。

図 1　地球照

この結果と部活動の様子について，報告する。

2．自作の分光器

今回使用した分光器の概要は，**図** 2 の通りである。特徴は，透過型回折格子を使ったスリット式であることである。そして，冷却 CCD カメラの分光感度とシャープカットフィルター（440nm 以上を透過）を使うことで，観測波長域は 450nm ～800nm 程度である。

図 2　使用した分光器

3. 課題研究の概要

2016 年 5 月から 11 月にかけて，本校地学部の生徒 5 名（当時 3 年 3 名，2 年 2 名）で，研究を行った。研究のタイトルは「地球照のスペクトル　～地球外生命体の探し方～」である。その概要は，以下の通りである。

(1)　目　的

①　地球照の成分比を見積もり，その特徴を調べる

②　本研究の手法が地球外生命体の探査に使えるか，考察する。

(2)　方　法

①　太陽光で照らされた月と地球照および Sky の分光観測を行い(2016 年 5 月 12 日，2016 年 6 月 10 日)，月光と地球照の強度比を求める(**図 3**)。

②　地表をおおうものとして，砂漠の砂と植物の葉の分光反射率を求める（**図 4，5**）。

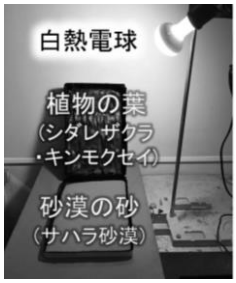


図 4 実験

③　高度の異なる月の分光観測から，大気による吸収の光学的厚さを求める（**図 6**）。

④　大気による減光(散乱・吸収)の影響を考慮して，「大気による散乱光」，「雲による反射光」，「地表による反射光」の成分比を見積もる（**図**

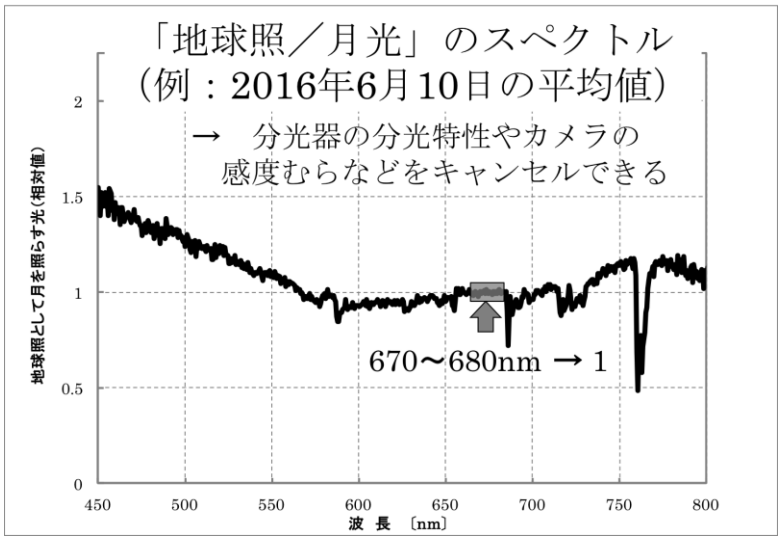


図 3　「地球照／月光」のスペクトル

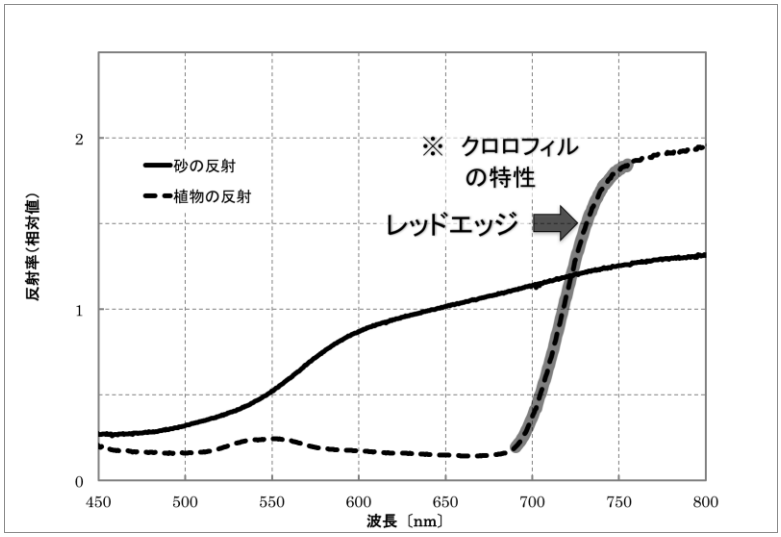


図 5　「砂/電球」・「葉/電球」のスペクトル

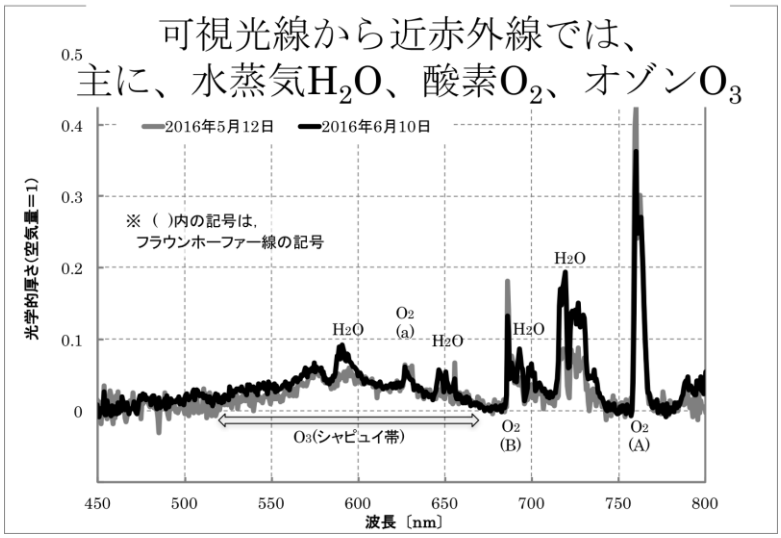


図 6　大気による吸収の光学的厚さ

7)。

⑤　明け方に見られる地球照は，海洋の割合が多い地球の反射光が月を照らしている（**図** 8)。そのような条件のときの観測を行い(2016 年 10 月 25 日，2016 年 11 月 26 日)，陸地の割合が多い夕方(5 月，6 月)の結果と比較する（**図** 9)。

(3)　結　果

①　地球照の主成分は，「大気による散乱光」と「雲による反射光」である（**図** 7)。

②　「大気による散乱光」の割合は，短波長側で高い（**図** 7)。地球照が太陽光で照らされた月と比べて青く見えるのは，この成分によると考えられる。

③　「地表による反射光」の割合は，夕方の地球照（5 月，6 月）では長波長側で大きい（**図** 9)。特に，植物による反射率が 700～750nm で急増する“レッドエッジ”の影響が大きいと考えられる。

(4)　考　察

①　“レッドエッジ”は，地球に植物が存在することを示すものである。今回と同様の方法で系外惑星の観測を行い，H_2O，O_2，O_3の吸収帯とともに“レッドエッジ”も検出できれば，地球外生命体のバイオマーカーになるのではないだろうか（**図** 10)。

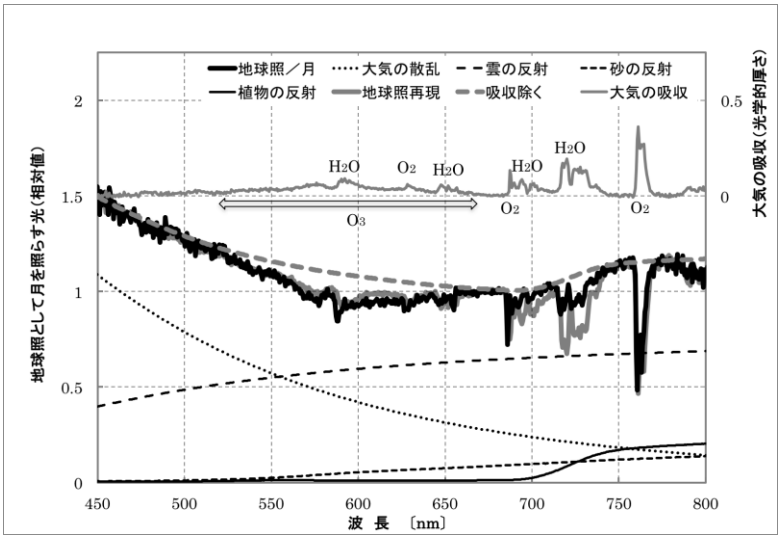


図 7　地球照の成分比の見積り
（2016 年 6 月 10 日の例）

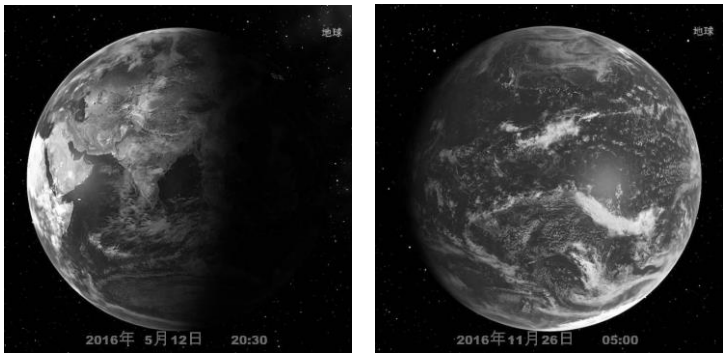


図 8　月から見た地球(左：夕方　右：明け方)

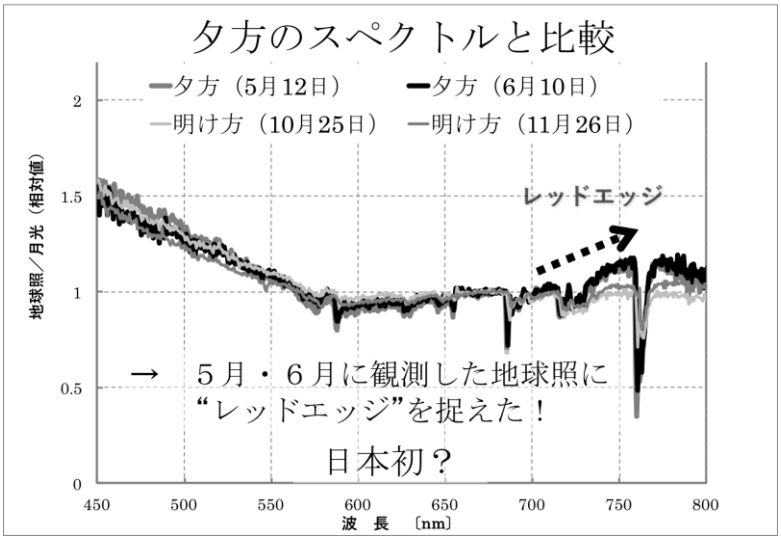


図 9　夕方・明け方のスペクトルの比較

②　“レッドエッジ”は陸地の反射光から検出でき，海洋からは検出できない。このことから，惑星の自転によって，“レッドエッジ”が検出できない場合も考えられるので，継続観測が必要である。

4．課題研究の充実

市販のレンズや接続リング等で作成した分光器で，これまでなかなか検出できなかった“レッドエッジ”を捉えることができた。昨年報告したことも含めて，あらためて簡易自作分光器を使うことで，高校生としてはかなり本格的な課題研究ができることが分かった。

また今回地学部で研究した内容は，宮城県で行われた第41 回全国高等学校総合文化祭自然科学部門で発表した。

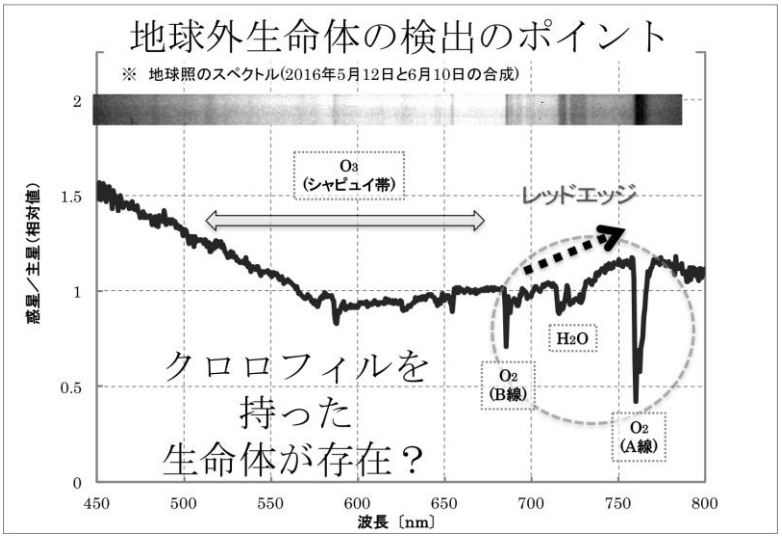


図 10　地球外生命体発見のポイント

5．おわりに

今後は自作分光器をさらに改良して，太陽の分光観測ができるようにしたい。そして太陽光を利用して，地球大気の散乱・吸収についての課題研究の可能性を模索したい。

参考文献

「総合学習『宇宙人はいるのか』の実践報告」，直井雅文，2014，第 28 回天文教育研究会集録
「簡易自作分光器を使った高校における課題研究の充実」，直井雅文，2016，第 30 回天文教育研究会集録
“The Spectrum of Earthshine”，　Woolf, N. J., et al., 2002, ApJ, 574, 430
“Spectrum of a Habitable World”，Turnbull, M. C., et al., 2006, ApJ, 644, 551
「大気の散乱の近似式」，気象庁の Web サイト，
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/aerosolhp/report/aod_obs.html〉
「エアロゾルを宇宙から観る」，関山 剛，2011 年，
<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ap/ap1lab/member/tsekiyam/files/satellite2011.pdf〉

質疑応答

Q：　アクティブラーニング，特に「理科課題研究」でのよいテーマなので，是非普及お願いします。　（縣　秀彦さん）

A：　さらに内容を深めていきます。

Q：　レッドエッジのスペクトル観測は，10 年以上前海老塚さんが試みられましたが，うまくいかなかったので，検出は日本初であると思います。　（西村　昌能さん）

A：　コメントありがとうございます。

銀フェス開催報告

作花一志（京都情報大学院大学）坂元誠（子ノ星教育社）
福江純（大阪教育大学）山田竜也（株式会社ナスピア）

Report of Ginga Festival

Kazushi Sakka (The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics),
Makoto Sakamoto(Nenohoshi Kyoiku-sha), Jun Fukue（Osaka Kyoiku University）,
and Tatsuya Yamada(KNOSPEAR Inc.)

Abstract

The result of an astronomical popularization event (named as Ginga Festival) was reported. It was performed at the underground shopping center in Kyoto .We presented planetarium-watching, craft making for elementary and middle school students, and lectures on new topics for general astronomical fans.

銀フェスとは銀河フェスティバルの略称で昨年夏より始まりその結果は天文教育 1 月号で報告した。今年も 6 月 24 日と 8 月 20 日にゼスト御池地下街でプラネタリウム上映、ミニ講演、クラフトワーク（天文工作）、ぷらはんど体験などを行った。参加者数は昨年とほぼ同様約 100 名だが、実行スタッフは 3 名増えた。ミニ講演では小中学生よりも大人の参加者が目立った。やや異色だった講演は株本訓久氏による「日本のガリレオ」で、京都伏見でわが国最初の天体観望会を開いた岩橋善兵衛の紹介だった。彼の作った望遠鏡も紹介された。今後のために考えておくことは今回の研究会で富田晃彦氏の発表にあったスペース・スクープを紹介すること、また集計が大変だがやはりアンケート記入を実施すべきだったと思われる。

ボランティアでお手伝いに来てくれた大阪教育大学、京都コンピュータ学院、京都教育大学の学生さんと小学生さん（なぜかみんな女子）ありがとうございました。

コメント

山田氏

地下街なので一般人を引き込んで行った。参加を狙って来た人とそうでない人が半々くらいだった。

福江氏

子ども連れの家族が多く午後 1 時～2 時がピークなのでそれに合わせたプログラムにすればいい。

ジオパークにおける天文的アクティビティの提案

中串 孝志（和歌山大学観光学部）

Proposal of astronomical activities in Geoparks

Takashi Nakakushi (Faculty of Tourism, Wakayama University)

Abstract

Business that includes educational and economic activities using geoscientific contents, called Geopark, has spread out recently. We suggest significance and potential by adding astronomical essence, and conducting astronomical activities in Geoparks.

1. ジオパークとは

ジオツーリズム geotourism とは、単純には、「地球」のもたらすコンテンツを楽しむ観光と言うことができる。ジオツーリズムの拠点として、世界的に、また全国的に展開されているジオパークと呼ばれている地域ないし事業が挙げられる。ジオパークは、2016 年 9 月末時点で、日本国内では 43 地域が認定されている（世界ジオパーク 8 地域を含む。表 1）。世界ジオパークは 2015 年秋よりユネスコの正式プログラムとなった。2017 年 5 月末時点で世界ジオパークは 35 の国・地域に合計 127 ヶ所認定されている（図 1）。

2. ジオパークが危ない

これらのジオパークの提示するコンテンツを概観すると、地質・岩石に関するものがほとんどである。またその地に暮らす人々や文化に関する事物もジオパークの提示するコンテンツとされるが、それらの背景として地質・岩石コンテンツを強引に関連付けるものが多い。このコンテンツの偏りは、各地のジオパークのコンテンツを地質学者が中心となって取りまとめていることがその主たる原因であると考えるのが自然であろう。またマネジメントやコンテンツプロデュースは行政の手に委ねられており、さらに、筆者が各地のジオパークを視察した限りではあるが、現場で接客するのはシルバー人材利活用の一環で登用されたボランティアガイドが多い。これらの当然の帰結として、ジオパークは盛り上がっておらず、例えば Twitter では「内輪で閉じた生態系を成している」ことが示唆されている[Itoh et al., 2017]。地域振興がジオパークにかかっているところもあることを考慮すると、ジオパークがこのような「受けない」もしくは「受けにくい」コンテンツに偏った状況にあることは社会的見地から見て憂慮すべき事態であり、せめてコ

表 1　日本国内のジオパーク（＊を付したものは世界ジオパーク）

1. アポイ岳＊	15. 下仁田	30. 三笠
2. 洞爺湖有珠山＊	16. 茨城県北	31. 桜島・錦江湾
3. 糸魚川＊	17. 白山手取川	32. とかち鹿追
4. 南アルプス（中央構造線エリア）	18. 秩父	33. 南紀熊野
	19. 男鹿半島・大潟	34. 立山黒部
5. 山陰海岸＊	20. 箱根	35. 天草
6. 室戸＊	21. 佐渡	36. 苗場山麓
7. 島原半島＊	22. 銚子	37. Mine 秋吉台
8. 恐竜渓谷ふくい勝山	23. 伊豆半島	38. 三島村・鬼界カルデラ
9. 隠岐＊	24. 八峰白神	39. 栗駒山麓
10. 阿蘇＊	25. 四国西予	40. 下北
11. 白滝	26. ゆざわ	41. 筑波山地域
12. 伊豆大島	27. 三陸	42. 浅間山北麓
13. 霧島	28. おおいた姫島	43. 鳥海山・飛島
14. 磐梯山	29. おおいた豊後大野	

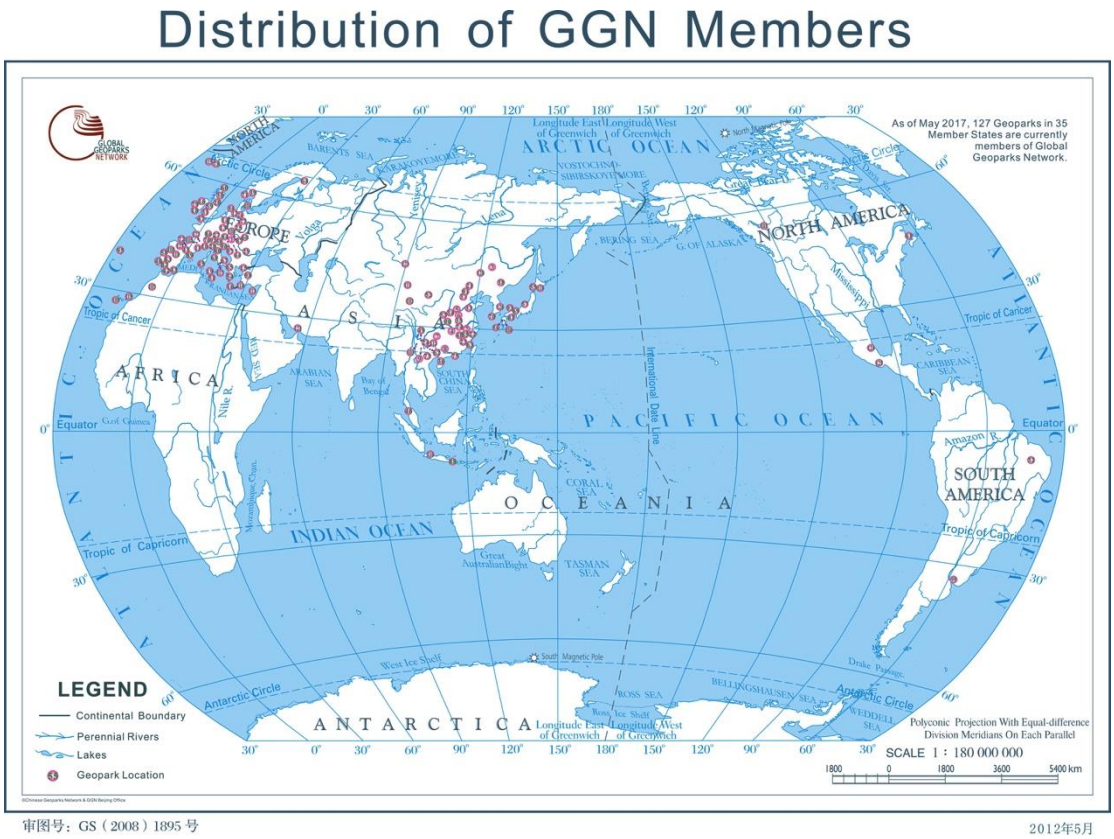


図 1 世界ジオパークの分布（2017.05 現在）

ンテンツの多様性が求められるところであろう。

3. 横断的なコンテンツ提供の可能性

既存のジオパークの提供するコンテンツに対し、天文的コンテンツは親和性が高いと考えられる。例えば、外から地球を見る視点、他の惑星との違い etc.はジオパーク側から見ても良い効果が期待できる。中串[2014]は、ジオパークのコアコンピテンスは日常では出会えない時空間スケールであると捉え、御池山隕石クレーター（南アルプスジオパーク、図 2）等の具体例を挙げつつ、惑星科学的コンテンツの提示、コラボレーションの可能性を論じている。

またアクティビティとしては、最も単純なものとして天体観望会が考えられる。
そもそもジオパークは非都市部で展開されることがほとんどであり、透明度の面からも光害の面からも、夜空のコンディションは良いことが多い。

このような事情を踏まえ、筆者は日本地球惑星科学連合 2015 年大会のジオパークセッションにおいて、『あかつきツーリズム：次世代ジオパークコンテンツとしての金星観望キャンペーン』と題したポスター発表を行った。これは、2015 年末に我が国の金星探査機「あかつき」の金星周回軌道再投入が実施されることを踏まえ、惑星探査のプロモーションとジオパークの新しいコンテンツの提示の両方を狙ったジオパークにおける金星観望会開催キャンペーンをアピールするものである。このセッションには各地のジオパークガイドや協議会メンバー等の関係者が多く訪れる。しかし反応は惨憺たるもので、全く興味がないか、「難しくてわからない」と逃げていくばかりであった。ポスターのメッセージを「ジオパークでは惑星も扱える！」「でも難しいからまず惑星観望会をしよう！」「金星観望会で『あかつき』にわくわくしよう！」「『あかつき』軌道再投入は 2015 年 12 月 7 日(月)！」のたった 4 文にまとめて大書してあるにも関わらず、である。筆者は、愕然としつつ、ジオパーク関係者からのこのような動きは期待することはできないことを確信した。

図 2　御池山隕石クレーター（南アルプスジオパーク）

4. 天文の出番

ジオパークのために貢献するとなると天文関係者、特に天文教育関係者は多忙であることが多く、ハードルが高いと思われる。そうではなく、ジオパークの提供するコンテンツ及びコンテキストを使った「新たなコンテンツ」創造の可能性のある、天文教育・普及活動の「新たなフィールド」と捉えると良いだろう。また、展開する活動自体は従前通りでも構わないであろう。ジオパーク界が近年気付きつつあることの一つが、一般的なお客様には科学的コンテンツを「学ばせる」ではなく「楽しんでもらう」ことが必要である、ということだが、この点に関しては天文関係の、あるいは天文教育・普及関係の業界の方がはるか昔から実践してきた蓄積があり、実際にレベルが高い。したがって活動状況はそのままであっても、例えば、大学（の天文系のグループ）や公開天文台がジオパークの拠点に加わる（名を連ねる）ことで、コンテンツの「あいのり」や、お客様の相互乗り入れのための扉を開いておくことから始めるのはいかがだろうか。まずは年会参加者・本稿読者諸兄諸姉のお近くにジオパークがあるかご確認いただければ幸いである。

参考文献

Itoh, H., H. Onodera, M. Kumagai, M. Tsuji, and M. Suzuki, Present State of Geoparks on the Twitter. -Prospectuve study based on Social Network Analysis-, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, MIS14-10, May 21, 2017

中串孝志, あかつきツーリズム：次世代ジオパークコンテンツとしての金星観望キャンペーン, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 24-28 2015 at Makuhari, Chiba, Japan, MIS23-P07, 2015

中串孝志, 惑星科学アウトリーチとしてのジオパーク, 日本惑星科学会誌『遊・星・人』, 23, 4,

2014

質疑応答

Q：ジオパークと天文の連携は大変重要だと思います。我が会津若松の近くの裏磐梯ジオパーク（の中のホテル）でも天文系イベントを予定しています。いわゆるジオの分野（地質学、鉱物学）と天文の連携でいいアイディアはありますでしょうか？（寺薗淳也さん）

A：まずはとにかく観望会を開催するのが良いと思います。

Q：ジオパークの活動で観望会、の前に、私たちの観望会に、ジオパークの関係者を招き、観望会は、こんなに面白いのか！すごい！と感じさせ、その後、ジオパーク側が天文やを呼ぶ（呼ばせる）、と言う戦略はいかがか？（富田晃彦さん）

A：それは素晴らしいアイディアだと思います。先のご質問の答えにもなっていると思います。

大学における天文学シラバス調査

鴈野重之（九州産業大学），縣秀彦（国立天文台），Lina Canas（IAU/国立天文台）

Analysis of Syllabi of Astronomy in Domestic Universities

Shigeyuki Karino (Kyushu Sangyo Univ.), Hidehiko Agata (NAOJ) and Lina Canas (IAU/NAOJ)

Abstract

We examine syllabi of astronomy in domestic universities. We focus on classes of general education courses in private universities, and we checked totally 56 syllabi which includes “astronomy” or “universe” in their course-title. We classified these syllabi into roughly two groups: astronomy courses (A-group) and geo-science courses (B-group). The main results of our study are: (1) Many classes are focusing on geo-science even if their course-title is “astronomy”, and (2) Many classes are conducted by (suspected) non-specialist of astronomy.

1. はじめに

文部科学省からの要請に基づき，2015 年頃より「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準」の策定が各分野で進められている．この中で，日本学術会議の物理科学専門部会により，天文学を含む物理分野全般を対象とした参照基準が示された[1]．しかし，この中では天文学に割かれる部分は少なく，具体的な内容まで踏み込めないため，日本天文学会では，独自文書を発表することとなった[2]．このように，大学で天文学を教育するうえでの標準的な内容を示すことが要請され，実際に学会主導で示されつつあるが，現状での教育内容に対しての調査と反省は十分であろうか．実際，現行の大学での天文学教育は何が問題なのだろうか．今後，大学教育における参照基準をブラッシュアップしつつ運用していくうえで，現状を把握しつつ作業にあたることは重要である．

本研究では，文献（シラバス）調査により，現在日本の大学で行われている天文学教育がどのような状況にあるのかを概観することを目的とする．問題点などを指摘・改善・提案することではなく，あくまで現状を客観的に紹介することを目的として調査を行う．そのため，可能な限り網羅的に調査を行い，偏りの少ないデータを得て，何らかの傾向があるかを分析する．

2. 調査

本調査では，日本国内の大学（28 年度学校基本調査確定値で 777 大学）の 25%を調査目標としてシラバス調査を行った．調査標本は次のように抽出した．文部科学省 web ページの大学リストから，国立・公立・私立大学ごとに無作為に 25%の大学を選び，総計 195 大学を抽出した．次に，抽出された 195 の大学のオンラインシラバスにアクセスし，講義タイトルに「天文」または「宇宙」を含む授業を 250 講義収集した．オンラインシラバスの収集は 2016 年度の開講授業を対象とし，2016 年 4 月から 9 月の間に各大学のホームページから収集した．その中から明らかに科学と関係ないもの（「宇宙法」など法学に関するものや，文学などに関するもの）を除外するとともに，卒業研究や研究室単位のセミナーなども除外し，標本を 171 講義にまで絞り，これらのシラバスをデータベース化してさらなる調査標本とした．上記のように抽出された授業シラバスを「天文シラバス」を記すこととする．

シラバス調査を行った 195 大学中，実際に天文学授業を開講している大学は 49 大学にであった．これは全体の 25%にとどまる．ただし，本調査では授業タイトルでスクリーニングしてい

るため，内容が天文学・宇宙科学であっても，タイトルに「宇宙」「天文」を含まない科目（「自然科学概論」「自然誌」「地学」など）は調査標本に含まれない．したがって，この数字は下限値である．とくに，私立・公立大学では天文学講義を開講しない大学が多数派であり，私立・公立大学での開講率は 19%でしかなかった．一方，国立大では 71%の大学で天文学講義が開講されていた．

講義の対象としては，全シラバスの 47%が理学部等理系専門科目と判断される．（シラバスに明記されていない場合，理系学部のみが対象である 2 年生以上を対象とする講義を専門科目と推定した．）しかし，開講している大学としての数は多くない．一方，全シラバスの 45%が一般教養科目としての開講であった．また，残りの若干数が教員養成課程における科目で，地学教育や天文教育に関するものであった．

各大学で開講される講義数としては，大半の大学で 1 ないし 2 科目のみの開講が多かった．これらの大学では主に一般教養科目として若干の講義を行っている．他方，10 科目近く開講する大規模大学も存在する．これらの大学では，複数の一般教養科目を開講しているマンモス大学である場合と，理系で専門的教育を行っている場合がある．

天文学に関する専門科目と，一般教養科目では，授業の内容や設置目標などに大きな違いがあり，同列に分析することは妥当とは言えない．そこで，本調査では，より多くの大学で開講されている一般教育科目に絞ってさらなる分析を進めることとする．本発表では，その初期段階の分析結果として，私立大学で開講されている一般教養科目に関する結果を紹介する．分析対象となるシラバスは 56 講義分である．

3. 結果

本調査ではシラバスを詳細に検討し，講義内容を分析する．そのため，講義内容を特徴づける「変数」として，キーワード分析を行った．シラバスの中から，講義概要と講義内容に相当する部分のみを抽出し，品詞分析ソフトである KH コーダーで名詞のみを抽出し，その登場数を記録した[3]．ここで抽出された名詞から一般的な名詞（「講義」「紹介」「学習」など理系学術用語とは考えられないもの）を除外して，キーワードリストを作成した．このリストを表 1 に示す．

シラバスの標本を概観すると，講義タイトルに「宇宙」「天文」とつくものをすべて拾っているため，「宇宙地球科学」のように内容が天文学に限らない講義も含まれていることに気が付く．実際にシラバスからから抽出したキーワードには，天文学に関する内容だけでなく，地球惑星科学や，宇宙工学などの内容も多く含まれている．

次に，表 1 に示されたキーワードを何個含むかに基づいて，シラバス群に対するクラスター分析を行った．クラスター分析は市販の統計ソフトである「エクセル統計」を用いた[4]．クラスター分析の結果として得られる樹形図を図 1 に示す．図中の横軸は各々のシラバスの「距離」を示しており，左側で統合されるほど，それらのシラバス（グループ）は近い特徴（含まれるキーワードの類似性／傾向）を持つことを示している．

一般教育科目として開講されている講義は，大きくわけて 2 グループに分類される（図 1 参照）．これら 2 つのグループは以下のように特徴付けられる：

・A：天文学に関係する内容（キーワード）を多く含む講義
・B：地球科学に関係する内容（キーワード）を多く含む講義

表 1：シラバス中の頻出キーワード

宇宙	天文	天体	銀河	恒星
BH	ビッグバン	太陽	地球	惑星
エネルギー	物理	構造	生命	生物
起源	大気	環境	地震	災害

全シラバス中で A グループの占める割合は 68%であり，B グループは 32%である．A グループはさらに以下のように細分化してみることができる：

・A１：天文学に関係する内容全般をバランスよく含む講義
・A2：天文学の中でも，とくに相対論・宇宙論・宇宙線など物理よりの内容を多く含む講義
・A3：天文学の中でも，とくに惑星科学の内容を多く含む講義

同様に B グループもさらに細分化してみることができる：

・B１：地球科学の中でも，とくに固体地球科学に関する内容を多く含む講義
・B2：地球科学の中でも，とくに環境・生命に関する内容を多く含む講義

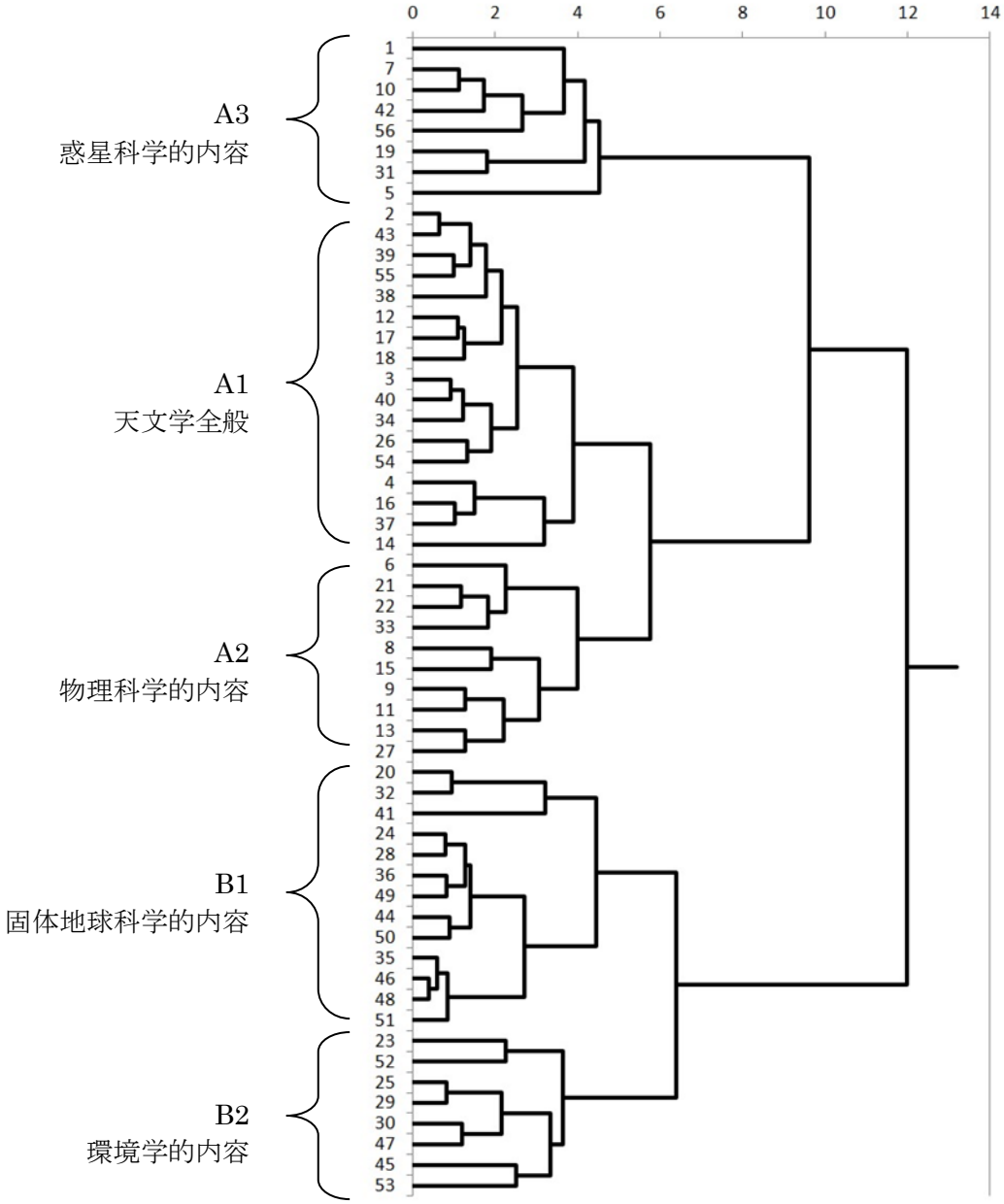


図１：クラスター分析の結果

4. 議論とまとめ

前述のように，「宇宙」「天文」をタイトルに関する授業であっても，そのかなりの部分は天文学以外の内容が扱われていることがわかった．さらに，「宇宙」「天文」というタイトルであるにも関わらず，まったく天文に触れない講義すらも少なからず存在している．講義を受講する学生は，希望する内容を学ぶためには，講義タイトルだけで中身を判断せず，シラバス中の講義内容を精査する必要があるといえるだろう．

また，これらの授業を担当している教員はいったいどのような分野の専門家なのかも調査を行った．ここでは全シラバスに記載されている授業担当者（複数いる場合にはその全員）の名前が，2016 年度発行の日本天文学会会員名簿に記載されているかどうかを調査した．その結果，開講されている講義のうち，天文学会員（準会員も含む）が担当するものは全体の 5 分の 1 にとどまることがわかった．このことから得られる直接的な結論は，「宇宙」「天文」をタイトルに関する講義の多くは，天文学を生業としない教員によって担当されているということである．（天文学を生業とする者が必ずしも日本天文学会に入るとは限らないことは留意する必要がある．）グループ A に属する授業であっても，日本天文学会会員は 3 分の 1 であった．

このこと自体が問題であるわけではない．天文学に精通している教員が必ずしもよい講義を行えるわけではなく，むしろ天文学の専門家でなくても，より本質を伝えるスキルを持った教員が，わかりやすい授業を行った方がよい場合もあり得る．

しかし，実際に天文学を専門としないであろう教員が「天文学」を関する授業を担当している場合はかなり多く，このことは教員の専門分野と担当授業の不整合が起きていると考えてよいだろう．逆に，天文学以外の授業を担当する天文学者も相当数いることは想像に難くない．大学の教育現場で教員の適材適所がなされていない恐れが端的に示唆されていると考えられる．

ここでは，私立大学における一般教養科目としての天文学の授業シラバス分析を行った．大学での天文教育の質を向上するうえで，このような調査は必要不可欠である．今後，国立・公立大学のシラバス分析を進めるとともに，天文学専門課程でのシラバス分析も進めていく．

本研究は科研費研究「国際的スタンダードカリキュラムの構築～大学学部における総合科学としての天文学（課題番号：16K12776）」による支援を受けている．

参考文献

[1] 日本天文学会 web ページより　http://www.asj.or.jp/news/160314.pdf
[2] 現在作成中につき未公開
[3] 樋口耕一 2004 「テキスト型データの計量的分析 —2 つのアプローチの峻別と統合—」『理論と方法』 (数理社会学会) 19(1): 101-115
[4] BellCurve 社「エクセル統計」アカデミック版

質疑応答

Q：大学の規模，学部，国公私立別で状況に差があるか？
A：差はある．今後，まとめて発表したい．
Q：過去のシラバス調査や追跡調査により，傾向の変化がみられるのでは？
A：オンラインシラバスを取得しているので，過去の分は通常は調査できない．しかし，将来的に追跡調査することはできるので，ぜひ調べたいと思う．
Q：入試科目として地学を出題する大学では何か特徴がみられるか？
A：受験科目との相関に関しては，興味深い点ではあるが，現時点ではまだ調査していない．

Mitakaによるバーチャルリアリティ宇宙体験

加藤 恒彦（国立天文台）

Experience of Virtual Reality Universe with "Mitaka" software

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 briefly outline the 4D2U Project and the Mitaka software. Then, we describe virtual reality experience with Mitaka and its effectiveness for education. We also mention the scientific visualization methods utilized in Mitaka, which are based on physics models for light scattering and transfer to visualize some kinds of celestial objects.

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[1]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、高畠規子

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。これらの成果は、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）[2]で上映に用いられているほか、ウェブサイト[1]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[3]。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。ウェブサイト[3]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てモデル化し、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)）。

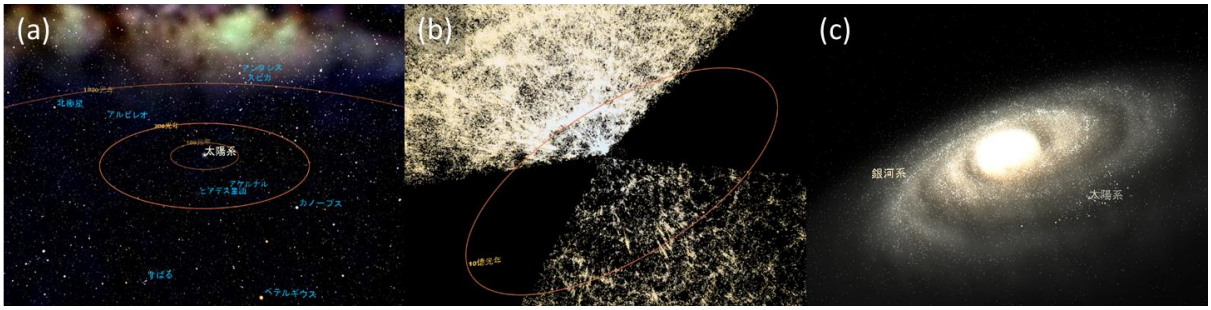


図 1：(a) 恒星の分布　(b) 遠方銀河の分布　(c) 銀河系の理論モデル

2. バーチャルリアリティ（VR）対応

バーチャルリアリティ（VR）とは、コンピュータが作り出す仮想世界を現実であるかのように知覚させる技術のことである。VR 用のゴーグルをかぶると、前後左右上下、全方位の仮想空間を見渡すことができ、さらに仮想空間内で動くこともできる。PC 向けの VR システムは、基本的に VR ゴーグル、位置センサー、そして VR 用のソフトを駆動する高性能 PC の 3 点から構成される（図 2(a)）。位置センサーが VR ゴーグルの位置をトラッキングするため、体験者は仮想空間内で動くことができる。

Mitaka も昨年、VR に正式に対応し、これにより、Mitaka のすべてを仮想空間内で楽しむことができるようになった。今年の 2 月には Mitaka のウェブサイト[3]でも「Mitaka for VR」としてリリースをしている。Mitaka for VR は Oculus Rift と HTC Vive に対応する。一人用に楽しむことができるほか、制御用 PC と複数の VR 用 PC をネットワークで接続して複数人に同時に体験してもらうこともできるようになっている。また、HTC Vive では最大 3m×4m の範囲内を自由に歩き回れる「ルームスケール VR」を楽しむこともできる。プロジェクトではこの VR 版の Mitaka を使って、国立天文台の三鷹、水沢、野辺山の特別公開など、様々な機会に体験イベントを実施してきた（図 2(b), (c)）。今回の年会でも、2 日目の昼休みと午後にルームスケール版の Mitaka VR の体験会を実施した。時間の都合上、残念ながら希望者全員に体験していただくことはできなかったが、体験者の感想は大変好評であった。

こうした VR の仮想空間で宇宙を観察することは、天文教育においても非常に有効なツールとなり得る。VR を使えば、例えば以下のようなことが可能である。

- 天体や構造の 3 次元的形状をいろいろな視点から見る
- 日食時に地球の地表に落ちる影に近づき、そこから太陽の方を振り返って日食を観察する
- 天体の位置と位相との関係を仮想空間内で動きながら理解する

これらは体験者が VR 空間内で能動的に観察を行う、広い意味でのアクティブラーニングとも呼べるもので、高い学習効果も期待される。ただし、

- 年齢制限がある（一般的には 13 歳以上）
- VR ゴーグル 1 つにつき 1 人しか見られないため、一度に複数人に見せようとするとその人数分だけ VR システムが必要となる
- 導入コストがかかる（VR ゴーグル 1 セット約 10 万円＋高性能 PC）

などの課題や問題点もある。

図 2：(a)VR システムの３点セット　(b)Mitaka VR チラシ　(c)Mitaka VR 体験会の様子

3. 科学的可視化

Mitaka では、一部の天体の描画において「科学的可視化」を行っている。これは、物理学に基づきなるべく科学的に正しい方法で天体の見え方を可視化するというものである。主なものでは、地球大気、銀河系、土星リング、月、天の川、においてこのような可視化を行っている。これらの多くのものは、光の散乱の物理モデルと輻射輸送の方程式に基づいて計算を行っている。ここでは土星リングと月の可視化について紹介する。

土星リングも月も、光の反射において似た性質を持っている。これは「衝効果」と呼ばれるもので、観測対象の天体（もしくはその一部）が観測者から見て太陽と正反対の方向にある時に、反射光が特に明るく見える現象である。土星リングの衝効果は、遠く地球から見た場合にはリング全体が明るくなる現象として観測される。一方、土星探査機カッシーニによって観測されているように、土星リングに近い視点ではスポット的に光る点として観測される。Mitaka の最新版では、土星リングにおける光の散乱の物理モデルとして、Hapke によるモデル[4]を使用して可視化を行っており、これにより地球から見た場合と土星リングに近い位置から見た場合の土星リングの衝効果が再現されるようになった（図 3(a)）。このほか、土星リングは太陽の光が当たる面では密度が高い B リングが明るく見え、裏側の面では逆に B リングが最も暗く見えるが、この様子も再現されるようになった（図 3(b)）。

月についても、土星リングと同様の散乱モデルに基づいて可視化を行い、衝効果も再現されるようになった。特に、満月の際に円盤全体が明るく輝く様子も再現される。同時に法線マップという手法にも対応し、月表面のクレーターの影も再現できるようになった。こうして写真のようなリアルな描画ができるようになっている（図 3(c)）。

図 3：(a)土星リングの衝効果の再現（リング手前の光る点）　(b)リング裏側の見え方　(c)衝効果の物理モデルと法線マップの手法を用いた月の描画

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/
[4] B. Hapke, Icarus 59, 41 (1984), B. Hapke, Icarus 67, 264 (1986), B. Hapke, Icarus 157, 523 (2002), B. Hapke, Icarus 195, 918 (2008)

質疑応答

Q：３D 対応の３６０度動画出力機能を実装する予定はありますか？　（河村聡人さん）

A：4D2U ドームで使っているのと同じ方法で立体視画像を作りそれを連番出力すれば技術的には可能です。将来的に実装することを検討します。

宇宙教育に関する教員へのアンケート調査結果と Mitaka for VR を利用した教育プログラムの試み

伊藤 真之、吉本 悠一郎、小原 麻悠子、安田 和弘、中垣 篤志（神戸大学）
加藤 恒彦（国立天文台）

Result of a Survey on Space Education in Japanese High Schools and an Attempt of a Space Education Program with *Mitaka for VR*

Masayuki Itoh, Yuichiro Yoshimoto, Mayuko Kohara, Kazuhiro Yasuda, Atsushi Nakagaki (Kobe University),
Tsunehiko Kato (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

We report part of the results of a survey on space education in Japanese junior and senior high schools conducted in 2015. From the survey, we found that junior high school teachers think that difficulty of observations or experiments is the problem in teaching space-related topics. They also think that students' insufficient ability of spatial thinking is another problem. Based on these results, we started an attempt to develop a space education program utilizing 3D VR software *Mitaka for VR*.

1. はじめに

ここでは、天文学、惑星科学、宇宙工学などを含めて、広く宇宙に関わる科学技術の諸領域に基づく教育を「宇宙教育」と呼ぶこととする。日本の宇宙開発・利用の推進に関する基本方針等は、宇宙基本法に基づいて内閣府宇宙開発戦略本部が策定する「宇宙基本計画」に定められる。平成 25 年度の宇宙基本計画において、(a) 宇宙の開発利用の推進が政策的課題と位置づけられる中で、将来の宇宙開発・研究を担う人材育成という観点から、また (b) 宇宙が青少年期から興味や関心を持ちやすい分野であることから、科学技術に関する初等中等教育を充実させるための手段として、宇宙教育の重要性が謳われた[1]。

これを背景として、我々は、宇宙教育の日本における現状と課題を探り、今後の展開に資する知見と提言をまとめることを目的として調査・研究に取り組んでいる。ここでは、そのうち日本の中学校・高等学校の教員を対象としたアンケート調査の結果の一部と、その結果を受けて開始した 3 次元バーチャルリアリティ（3D VR）技術を利用した宇宙教育プログラム開発の試みについて紹介する。なお、本稿の内容は、科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書[2]の内容に若干の修正を加えたものである。

2. 日本の中・高等学校における宇宙教育の現状と課題に関するアンケート調査

2.1 アンケート調査の方法

アンケート調査は、日本全国の中学校および高等学校で、宇宙に関する授業を行ったことのある理科教員を対象として、2015 年 11 月から 12 月にかけて実施した。全国の中学校、高等学校各 500 校を無作為に選択し、郵送により質問紙を送付し、郵送により回答を回収した。その結果、中学校 211 件、高等学校 166 件の回答が得られた（1 校あたり複数の教員から回答を得た場合は、独立に扱った）。

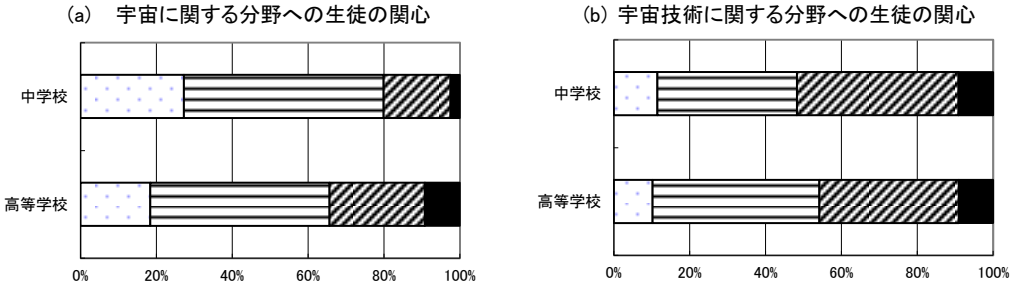


図1　宇宙教育に関する教員へのアンケート結果(1)。(a) 設問「宇宙に関する分野について、一般に生徒の関心は高いと思う」に対する回答。(b) 設問「宇宙に関する分野の中で、技術（観測技術、人工衛星、ロケットなど）の分野について、生徒の関心は高いと思う」に対する回答。いずれも、区分領域は、左から「そう思う」、「ややそう思う」、「ややそう思わない」、「そう思わない」に対応。

2.2 アンケート調査の結果

アンケート調査の結果から重要と思われる点の一部を以下に紹介する。

・中学校、高等学校ともに、宇宙に関する分野について、一般に生徒の関心が高いと考えるかという設問に対して、肯定的回答の数（「そう思う」と「ややそう思う」の合計）は、否定的回答の数（「ややそう思わない」と「そう思わない」の合計）と比較して有意に多かった（$p<0.01$。以下同様）。
・これと関連して、天文分野と宇宙技術分野それぞれについて生徒の関心が高いと考えるかを尋ねたところ、天文分野では肯定的回答が否定的回答と比較して有意に多かったのに対して、技術分野では肯定的回答と否定的回答の間に有意な差がなかった（図 1）。
・宇宙に関する分野の授業を行うにあたって課題と感じていることを、選択肢（複数選択可）を示して尋ねたところ、中学校教員では、「空間的な思考が苦手な生徒が多い」という選択肢を選択した回答が最も多く、次いで「観測が難しい」、「実験がしにくい」などの回答が多かった（図 2 (a)）。

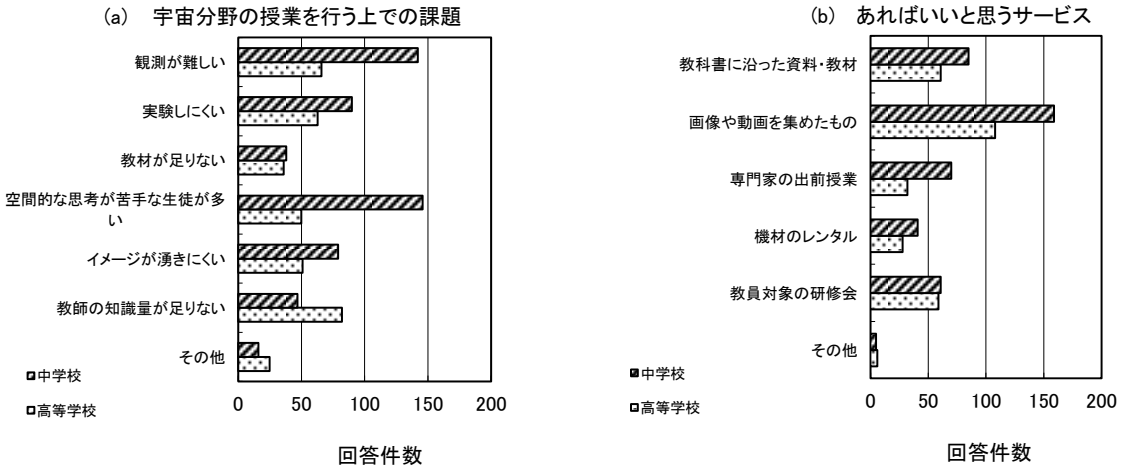


図 2　宇宙教育に関する教員へのアンケート結果(2)。(a) 設問「宇宙に関する分野の授業を行うにあたって、あなたが課題と考えていることはありますか？」（選択肢提示）に対する回答。(b) 設問「宇宙に関する分野の授業を行う上で、このようなサービスがあればいいと思ったものはありますか？」（選択肢提示）に対する回答。

・これに対して、高等学校教員では、「教師の知識量が足りない」、「観測がしにくい」、「実験がしにくい」などの回答が多かった。
・宇宙に関する授業を行う上で期待するサービスを尋ねたところ（選択肢提示、複数選択可）、中学校、高等学校ともに、「画像や動画を集めたもの」という回答が最も多かった（図 2(b)）。
・JAXA（宇宙航空研究開発機構、日本）や NASA（アメリカ航空宇宙局、米国）などの宇宙機関がインターネット上で公開している動画や補助教材を知っているかという問に対して、「知っている」と回答した教員は 60%程度で、「知らない」と回答した教員に対して有意に多い一方、それらを「利用したことがある」と回答した教員は、JAXA、NASA いずれの場合も 20%程度にとどまった（図 3）。

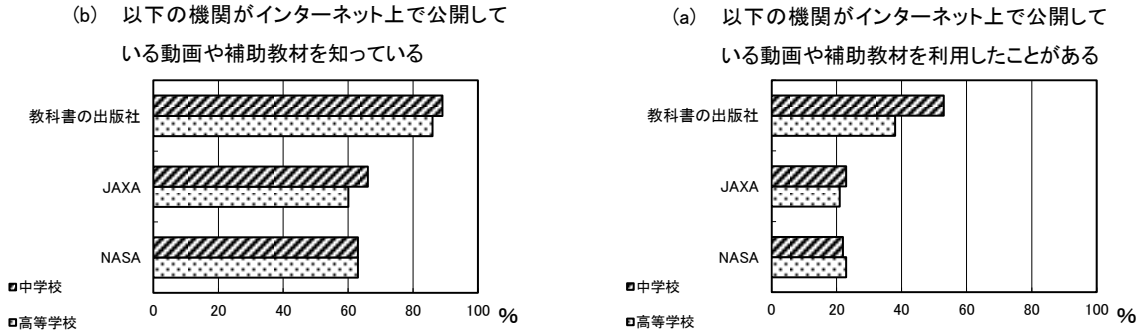


図 3 宇宙教育に関する教員へのアンケート結果(3)。(a) 設問「以下の機関がインターネット上で公開している動画や補助教材をご存知ですか？」に対する「はい」の回答の割合。(b) 設問「（それらを）利用されたことはありますか？」に対する「はい」の回答の割合。

2.3 日本における宇宙教育の今後の展開に向けて

これらの結果から、日本の中学校および高等学校における今後の宇宙教育の展開に向けて、(a) JAXA、NASA などの宇宙機関が提供する画像、動画等のコンテンツを授業で利用しやすい形で整理、紹介するような資料やポータルサイト等の整備、(b) 宇宙に関わる観測や実験への支援や教育プログラム、教材開発など、(c) 特に中学校において、空間的な思考を助けるような教材や教育プログラムの開発と普及などが有効であると考えられる。

3. Mitaka for VR を利用した宇宙教育プログラムの試験的設計と試行

上に述べたように、宇宙に関する分野の授業を行う上での課題として、「観測が難しい」、また特に中学校において「空間的な思考が苦手な生徒が多い」などの点が多くあげられていること、さらに、2016 年に 3D VR 技術の発展・普及が急速に進んだことを背景として、我々は 3D VR 技術を利用した宇宙教育プログラムの開発の試みに着手した。ソフトウェアとしては Mitaka for VR [3] を利用することとし、本格的な教育プログラムの開発・評価に先立ち、技術的な課題や評価方法の課題等を明らかにするための試行を行った。

3.1 教育プログラムの設計と試行

教育プログラムの設計にあたっては、アクティブラーニング、グループ学習などの要素を重視した。上述のアンケート調査の結果をふまえて、中学生を対象として、3 次元的な構造の把握、理解に関わるテーマを選択した。

具体的内容としては、Mitaka の宇宙航行モードを利用して、宇宙船による仮想宇宙空間探査を想定した状況設定とした。生徒は、船長、オペレーター、記録係の 3 名のチームを構成する。このうち、船長とオペレーターはヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着し、記録係は装着せずディスプレイ画面で船長の視野画像を確認する。50 分授業 2 時限を想定したプログラム

として、第１時限には、授業テーマや Mitaka for VR の説明、役割分野、プレ探査として太陽系惑星軌道の観察を行い、それを通じて操作方法を習得した後、本探査として生徒が選択した惑星の観測を行い、最後に実験シートへの記入とまとめを行う。第２時限では、第１時限の活動を受けたディスカッションを行う。まず、惑星探査を振返り、「太陽系内で住んでみたい惑星」と「太陽系の惑星以外で探査したい天体と探査の内容」の２つの課題について、ディスカッションをし、その内容をまとめて発表する。

教育プログラムの試行は、2017 年 1 月に神戸大学附属中等教育学校において科学部の生徒を対象として実施した。授業は教職課程を履修した大学 4 年の学生が行った。

3.2 試行から得られた知見等

期待したとおり、3D VR 技術は中学生にとって新鮮なものであり、生徒は強い興味・関心を持つことが確認された。今回の試行では、プログラムの教育効果について定量的、客観的な評価は行っていないが、3D VR による仮想体験は生徒に強い印象を与えることから、単元の導入やまとめにおいて利用するなど、授業の中で有効に利用できる高い可能性を持つと考えられる。

今回利用した 3D VR の装置は、HMD ごとに処理能力の高いコンピュータが必要であることから、多くの生徒が同時に利用する形の授業には、導入コストの点で困難が予想される。

今後、試行を通じて得られた知見を活かしながら、学習効果の測定も含めて、より本格的な教育プログラムの開発と評価実験を進めてゆきたい。導入コストの問題については、技術の急速な発展と普及により解決に向かうことを期待している。

謝辞・研究担当等

本研究は JSPS 科研費 JP15K12383 の助成を受けて実施した。著者のうち、吉本悠一郎が宇宙教育に関する教員へのアンケート調査と分析を、小原、安田、中垣、加藤が *Mitaka for VR* を利用した教育プログラムの試行を担当し、伊藤は全体を統括した。

参考文献

[1] 内閣府宇宙開発戦略本部，2013,「宇宙基本計画」（平成 25 年度 1 月 25 日）

[2] 伊藤真之，2017，科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書（課題番号：15K12383，研究課題名：日本における展開に向けた宇宙教育の課題と国際動向の研究）

[3] 加藤恒彦，2017,「Mitaka によるバーチャルリアリティ宇宙体験」，第 31 回天文教育研究会集録

質疑応答

Q：今回のアンケートにおいて、「JAXA の指導資料」というのは、おそらく JAXA 宇宙教育センターで公開している教材ではないか？JAXA や NASA について、教材の存在を認知しているにもかかわらず利用されていない理由について掘り下げた調査を行っているか？（寺薗淳也さん）

A： アンケートでは、特定の資料等としてではなく、当該機関が「インターネット上で公開している動画や補助教材」として尋ねた。利用度が低い理由について掘り下げた調査は行っていない。今後、インタビューなどの形で調査を試みたい。

Q：JAXA の公開資料利用についての質問は２次利用のものを含めるか？一般の方は JAXA、NASA、NAOJ など区別していない、かつ利用ポリシーの関係で JAXA 資料の利用率は低いかもしれない。（玉澤春史さん）

A：アンケート中では、２次利用のものを含めるかどうかについて、言及していない。