

### **サブテーマ3**

## **次期学習指導要領と 学校教育の今後**





# 学習指導要領が与える影響

鈴木 文二（埼玉県立春日部女子高等学校）

## The influence that a course of study gives to the actual spot

Bunji Suzuki (Kasukabe Girls' High School)

### Abstract

The course of study has legal binding force. However, it is a commentary book to restrict further. And the education receives influence from politics and economy surely. Does the course of study guarantee whether one human being can be happy? Unfortunately I think that it is not considered at all.

## 1. はじめに

学習指導要領には、法的拘束力がある。そして、それ以上に教科書執筆や授業を、「具体的に」拘束しているのは、その解説書である。行間を読まなければ検定を通らないようでは、不毛な消耗戦である。さらに、教育は現時点での政治と経済からの影響を確実に受けている。もちろん、教育と逆行するような政治のうねりもある(図1)。50年後に、一人の人間が幸福になれるかどうかを、学習指導要領は保証しているか？残念ながら、まったく考慮されていないと思う。

我が国の政治が日本国憲法に基づいて行われていることの意義について考えさせる。

日本国憲法の平和主義について理解を深め、我が国の安全と防衛及び国際貢献について考えさせるとともに、核兵器などの脅威に着目させ、戦争を防止し、世界平和を確立するための熱意と協力の態度を育てる。

図1 文部科学省 学習指導要領 中学校公民分野

## 2. 学習指導要領にこだわる理由

本会の30年にわたる議論から、天文教育の目的は次の3点に集約されると考えている。

### (1)時間概念

宇宙誕生から現在まで時間経過を、観測事実をもとに、科学的に明らかにする。

### (2)空間概念

私たちが住む地球の位置がどこか、宇宙の階層性とともに明らかにする。

### (3)物質の輪廻

自分自身の体や天体をつくる元素が、どのように生まれ、どのように自然に帰っていくかを明らかにする。

このような目的を考えた時、学習指導要領による制限は、具体的には次のようなことが上げられる。

#### (ア)距離の制限

実際に空を見上げれば、太陽系天体の他に、たくさんの恒星が見えることを、よく知っているが、発達段階に応じた空間把握能力を理由に、「太陽と月」に限られたり、「太陽系」を出られなかったりすること。

#### (イ)比較の制限

太陽の進化は、それだけを観測してわかるわけではない。他の恒星と比較して理解が進んでき

たものである。同様に、地球を知るためにには、他の惑星との違いを明らかにすることである。今まで、宇宙の全体像をいかに伝えるかということを、教授方法、教材・教具の工夫ではなく、学習指導要領の制限と制約のなかで、「どうしたらいいのか」と工夫を重ねてきたのである。

### 3. 学習指導要領が変わるとどうなるか

現行学習指導要領と、旧版を比較して、どのような違いがあるか、抜粋した中学校学習指導要領解説の相違を図2に示す。

現行の学習指導要領が、比較制限をなくし、さらに宇宙の階層性に踏み込んだ記載がなされていることが読み取れるだろうか。

旧版であれば、地球と対比させるのは、地球型惑星だと暗示的に述べていると考えられる。現行版は、ほぼ比較惑星学的な全体像を描けると思われる。さらに、ハビタブルゾーンに相当する記載まである。恒星については、太陽の位置付けが、太陽系中心天体だけではなくなつた。恒星の集団、銀河系にも触れることになった。では、恒星の比較はどこまで書けるのか、銀河系と他の銀河は比較することはできないのか。

教科書は、この学習指導要領解説を元に、手探りで書かれていくのである。逸脱しそうな部分は「発展」として区別することで、生徒の目に触れる部分として残しておく。実際、『ブラックホール』、『宇宙背景放射』まで、発展として掲げている中学校教科書は多数ある。

### 4. 現行学習指導要領の評価

本会の学習指導要領WGでは、現行の学習指導要領について、次のような評価をしている。

#### (1) 小学校

「月の満ち欠け」が復活し、3年「太陽と地面の様子」、4年「月と星」、6年「月と太陽」という学習内容の充実が見られる。また、3年「日なたと日陰の違い」、4年「星や月の動きの関連性」、6年「月の形と位置、太陽の位置」という学習の系統性が出てきた。

#### (2) 中学校

「月の満ち欠けの理由」、「惑星の特徴」、「銀河系」という学習内容の充実が見られる。加えて、太陽系から外に出したことによって、より一層の空間概念が求められるようになった。

#### (3) 高校

地学基礎のなかでは、「ビッグバン」から「太陽系の誕生」まで、宇宙全史が取り扱われるようになつた。元素の生成についても記載がなされている。特徴的なことは、位置天文学的な内容がなくなり、天体物理学的なアプローチに終始していることである。

一方で、選択の地学は、非常に細かな点まで触れられており、難解さを増している。

高校においては、基礎科目でありながら、先にあげた本会の議論が、ほぼ生かされた内容となっている。ただし、定量的な扱いは、ほとんどない。気象分野などは、地球システムが強く意識

□  
「惑星」については、主な惑星を2~3取り上げ、地球と対比させて扱うこと。「恒星」については、自ら光を放ち相互の位置を変えずに星座をつくっている天体であることを扱う程度とすること。

「惑星」については、大きさ、大気組成、表面温度、衛星の存在などを取り上げること。その際、地球には生命を支える条件が備わっていることにも触れること。「恒星」については、自ら光を放つことや太陽もその一つであることを扱うこと。その際、恒星の集団としての銀河系の存在にも触れること。

図2 中学校 理科 天文分野抜粋  
(上段 旧版、下段 現行版)

されるあまり、日常から乖離した内容が多くなっている。

## 5. 残された高校地学の問題

高校の特異性は、選択科目制度にある。現行では、卒業の単位条件として、地学基礎を含めて4つの基礎科目から3科目履修すればよいことになっている。また、「科学と人間生活」と合わせて、基礎科目を1科目でもよいとされている。前者については、地学の専門教員の数が都道府県によって大きな偏りがあり、選択制が生かされないという問題がある。後者は、大学の個別入試科目に対応するため、履修偽装として使われることである。

図3に現行の学習指導要領を含めた、基礎的な地学と考えられる科目的履修率の変化を示す。

旧学習指導要領では、「理科総合A,B」という必修科目があり、この時代に地学の履修は1割を切った。総合科目的な理科に吸収された状態であった。これは、「理科I」の必修時代にも起こっている。現在の地学基礎の履修率は3割を超えており。化学基礎、生物基礎は、ほぼ10割である。物理基礎が7割ということから、基礎科目の3つめを、物理と地学で分けていることが想像できる。

さらに、専門科目的履修率を図4に示す。

地学の履修者は、100人に1人である。つまり、もはや科目として成り立っていない状態が20年続いている。前述の問題点も考慮して書けば、文系コースの生徒が選択する科目が、地学基礎なのである。

本会の次期学習指導要領WGが掲げた目的に、「すべての高校生に天文教育の機会を」というものがある。これは、総合理科的な科目設置で解決するのか、基礎4科目必修がいいのか、未だに答えは出でていない。

## 6. 現実としての「高大連携」

高校進学率は97%を超え、短大を含めた大学進学率も50%を上回っている。少子化と大学定員の増加で、大学全入時代は、2007年から始まり(図5)、私立大学を中心に定員割れが増加している。地学基礎(もちろん地学も)を受験科目にする必要がない受験生の数は増大している。

では、高校生の進路選択、大学選びの特徴は何であろうか。経済の混迷に敏感な生徒たちは、「資格が欲しい」と考え、「就職に有利な大学」を考える傾向が多くみられる。これに呼応するようになってきたのが、「大学の質保証」に関連した、

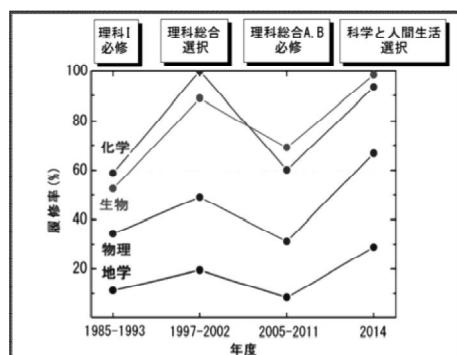


図3 基礎的な地学科目の履修率

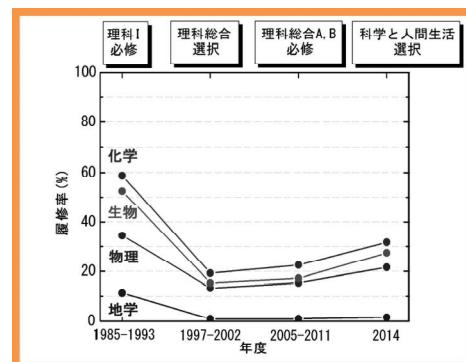


図4 理科専門科目的履修率

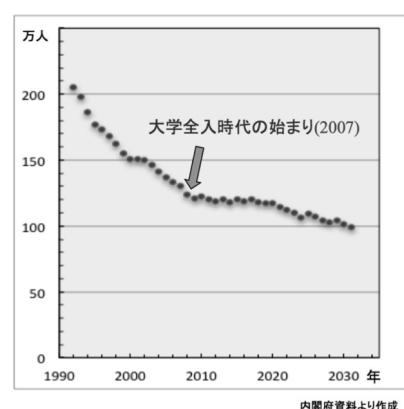


図5 18歳人口の推移(内閣府資料より)

文部科学省の「機能別分化政策」である(図 6)。

高校生の「資格」、「就職」の欲求に大学は、その姿を変えざるを得ない状況になり、「学び」のための大学は少数化しているのである。

文部科学省の統計(2012)によれば、4年制大学への進学率は、年収400万円以下の家庭では31.4%であるのに対して、年収1000万円以上では62.4%である。全入時代と合わせて、経済格差が生む学生の質的变化が、さらに大学を厳しい環境に追い込んでいるのである。

にもかかわらず、多くの高校で、理科の科目選択は受験での有利不利を基準にし、大学も受験科目、科目数に関して旧態然とした対応を続けている。これが、悪しき「高大連携」のひとつである。

## 7. 幸せになるための理科

OECD 教育調査団報告(1970)は、過熱化した日本の受験戦争に対して、「18歳のある1日に、どのような成績をとるかによって、彼の残りの人生は決まってしまう」と書いた。この発言を受けて、学習指導要領、入試制度は迷走状態に突入したのではないかと考える。もちろん、それによって学校現場は、振り回され続けてきた。「ゆとり」、「総合学習」、そして今度は「道徳」だとう。

児童・生徒は、学校の進路指導のレールに乗って、真面目に、横道にそれることなく歩めば、高い確率で人生の成功を收めることができると信じている。それが、自分の希望実現、安定収入、さらには社会的地位を上昇させるものと信じている。

理科の学習は何のためにあるのだろうか、自分の生きた価値を見つめることができるだろうか。

- ・人間として生きた意味
- ・この自然環境で生きたこと
- ・この時代に生きたこと

科学的な立場から眺めたとき、これを学習できるのは、地学的な領域ではないだろうか。そのために、たとえば、高校で次のような科目新設、必履修科目、選択科目を提案したい(図 7)。

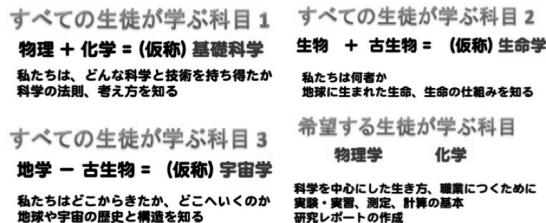


図 7 新しい科目的提案

## 参考文献

- (1) 「学校での天文教育」, 2013, 根岸 潔, 天文教育研究会集録
- (2) 「次期学習指導要領で地学を含む高校必修理科科目の設置は可能か?」, 2013, 縣 秀彦, 天文教育研究会集録
- (3) 「次世代の高校理科を考える」, 2013, 鈴木 文二, 天文教育研究会集録
- (4) 「次期学習指導要領への提言」, 2014, 次期学習指導要領 WG, 天文教育研究会集録
- (5) 「教科書採択から見る地学履修率の変遷」, 2014, 松本 直記, 天文教育研究会集録

# 何のための天文教育か

濱根 寿彦 (群馬県立ぐんま天文台)

Thinking about Education of Astronomy

Toshihiko Hamane (Gunma Astronomical Observatory)

## Abstract

The goal and the significance of education of astronomy (astronomical education) remain unclear or never reach some consensus in the Japanese Society for Education and Popularization of Astronomy. From a viewpoint of sociology of education on this subject, most significant purpose of education of astronomy must cultivate attitude toward nature individually and, consequently, continue and improve the civilized society.

## 1. 2つの要望書

本年3月、中央教育審議会会長宛に2つの要望書が提出された。天文教育普及研究会の『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～』（以下、「研究会要望書」）と日本天文学会の『次世代をになう子どもたちに確かな科学的な基礎を』（以下、「学会要望書」）で、どちらも次期学習指導要領改訂の動きを受けて、初等・中等教育の教育課程の見直しと学習指導要領の改訂について、意見を述べたものである。前半は両提言を比較して、「何のための天文教育か」を考察する足がかりとしたい。

なお、本稿では、教育という営為を社会事象として捉え、社会の中のサブシステムとして見るマクロな視点から考察を進める。したがって、個々人の生涯発達を軸に考えるミクロな視点は、生涯学習という概念の他には原則として入らない。

## 2. 提言の比較

結論から言えば、研究会要望書は、天文を教えるための提言であり、そこには「何のための天文教育か」に答えられる「教育観」がない。対して、学会要望書にはそれがある。どうしてそう言えるのか。提言の内容を比べてみる。

### (1) 要望

研究会要望書には「現在の天文学が私たちに提示する宇宙観を、すべての生徒が高等学校卒業までに学ぶことができる。」とあり、学会要望書には「宇宙の学びを通じて身に付けるべき能力や考え方を重視して検討してほしい。宇宙についての教育内容は、より現代的・普遍的であってほしい。」とある。前者は天文学の「結果として示される宇宙観」を「学ぶ」環境を用意してもらいたいということを述べている。後者は天文学の最近の成果を用いつつ、「どんな能力や考え方を身につけるのか」を念頭に置いて「宇宙を題材とする学習課程」を検討してもらいたいということを述べており、要望書の表題にある「確かな科学的な基礎」に対応する記述となっている。

## (2) 要望の説明

研究会要望書には「天文学が提供する自然や人間に対する視点を持つことは、多様な価値観を持つ世界の人々と共に現代を生きていく上できわめて重要な意義がある。」とある。これは「科学的宇宙観・自然観を教える」ことを基盤としているが、果たして、科学に基づく価値観を持つ人々と多様な価値観を持つ人々とが、「科学」をキーワードとして相容れるものなのだろうか。意識してなのか無意識なのか、科学的宇宙観・自然観を信ずるあまり、これを絶対視（あるいは優越視）しているようにも感じられる。

これに対して、学会要望書では「宇宙、そして宇宙を探求してきた人間活動を学ぶことによって、将来の人類や社会の姿を思い描く力を養成することができる。」「そして、自然や人間社会の持続性と多様性を尊重し、あらゆる存在との共生と平和を考える心を育むことにつながる。」と述べている。ここには、科学的宇宙観・自然観を単に学習させるのではなく、科学という営為を通して人間について学ばせ考えさせ、思考力や感受性を伸ばそうという意識がある。

## (3) 天文学習が不可欠な理由

研究会要望書では「高等学校進学率が97%に達している現在、高等学校教育までで学ぶ内容こそ、国民の基本的な知的リテラシーとなる。」「よって、豊かな宇宙観・自然観を醸成し、人類を俯瞰的に見つめる視点を育てていくためには、学校における天文分野の学習が不可欠である。」と述べているが、先に指摘したように、ここには、科学的宇宙観・自然観への過信があるように思われる。また、20世紀末以来、高等学校の卒業率は入学者の90%前後で推移しており、国民の基本的な知的リテラシーの形成を高等学校教育に担わせることには無理がある。

学会要望書には「子どもたちが自ら考えるための学びの実現と、世界観・宇宙観の育成のために、総合的な科目の設定などが必要である。」「現代的な天文教材を活用して現在の宇宙観にも触れ、子どもたちの関心を高め、高校学校理科においては、すべての生徒が世界観・宇宙観の基礎となる事項を学び、身につける課程が望ましい。」とあり、人間形成の一環としての天文学習という視点をここにも見ることができる。

## (4) 総合比較

総合的に見て、研究会要望書は、「自然観を教え込む」ことが第一であり、「天文を教えたいがための天文教育への提言」のように読める。教育観がどこにあるのか見えない。対して学会要望書は、「培われる能力・思考力」を問い合わせ、「培われる力・心情」に言及している。ここには、何のための教育かという教育観が明瞭に現れている。

## 3. 何のための教育か

ここで、「何のための教育か」について、簡潔に述べておきたい。なぜなら、天文教育は教育に含まれ、「何のための教育か」が「何のための天文教育か」に直結するからである。

教育社会学では、教育とは「社会の存続のために行われる」社会的営為であり、社会というシステムのサブシステムとして位置づけられる。ここで言う教育には、学校教育はもちろんのこと、礼儀作法、倫理、交通ルール等、社会生活を送るために必要な雑多な知識

と技能、能力の獲得過程を含む。教育をサービスだという見方があるが、こうしてみれば、それはとんでもない見解であることがわかるだろう。サービスは受益者負担を原則としており、持てる者だけが享受できるものであり、教育をサービスに位置づければ、それは社会格差を生み、拡大させ固定する作用を持つことになるのである。このような格差拡大固定型社会を望むのであれば、「社会の存続のために行われる教育サービス」を主張することにも理があると言えよう。

ところで、個々の人間は「社会的存在」であり、いかに個の能力に優れていようとも、ただひとり生きていくことはできない。だからと言って個々の人間の能力が軽視されてよいかというとそうではなく、個々の人間が社会を支えてこそその人間社会であることも厳然たる事実である。社会の存続のための教育においてこの「個人あっての社会」という側面をとりわけ重視したとき、そこに「生涯学習」がある。実際、現在の日本の公教育は、生涯学習を柱に据えて展開されている。それは、文部科学省の筆頭局が生涯学習政策局であることに象徴されている。

以下では、「何のための天文教育か」を考えるが、そのためには、以上を踏まえておく必要がある。

#### 4. 何のための天文教育か

以上の議論を踏まえれば、「何のための天文教育か」という問い合わせに対する一つの回答は、「社会存続のため」に、環境、福祉、食料、医療、エネルギー等の科学が関わる諸問題を検討・議論し解決策を見出す能力を育成すること、となるだろう。そして、個人がその資質・能力を社会で活かすために、論理的な思考力を養い、協働のためのチームワークができるようにすることもまた、回答に含まれることになるだろう。

#### 5. コンピテンシーを育む～なぜ天文？

ところで、このところの先進国の潮流として、科学教育を通して「コンピテンシー」を身につけることが教育の目標として掲げられている。コンピテンシーとは、単純化して言えば、持てる知識・技能を適用して、諸問題を解決する能力のことを行う。それは、前項で掲げた「回答」の内容と軌を一にする。いや、実は「回答」はこれを踏まえてのものなのである。

このコンピテンシーの育成を考えたとき、天文教育の役割として何が見出されるだろうか。日本では、理科（科学）は物理、化学、生物、地学と分けられているが、地学の中でも「なぜ天文」を学ぶのだろうか。自然を見つめる視野や視点を養うために、という回答があるかもしれないが、物理、化学だってそれはできるし、地学の中でも地球科学、惑星科学だって可能である、いや、むしろ天文よりも身近なところでスケールの大きな現象を見つめ体感することができる。それなのに、「なぜ天文」なのだろうか。

ここに「何のための天文教育か」を具体的に考える手がありがある。そこで、日本の教育課程における天文の扱いを、ひどく乱暴な取り上げ方ではあるが、まとめてみようと思う。

#### 6. 天文の扱い

### (1) 大学の天文教育

専門教育と一般（教養）教育とに分ける。前者は学問のための教育であり、構造的、累積的な様相が強い。科学的な宇宙観・自然観と思考力を養い、実際に自然現象に適用できることを目指す。後者は資質向上のための教育であり、日常知的であり、また物語的な手法をとることもある。科学的宇宙観や自然観、思考に触れ、あわせて宇宙や自然に対する心情を養うことも視野に入る。

### (2) 高等学校の天文教育

理科教育と科学（推進）教育とに分ける。前者は教科としての理科の扱いであり、学習指導要領に定める目標がある。後者は科学の素養を伸ばす教育であり、探求的で好奇心や探究心を伸ばすことができるが、一部の恵まれた層だけがその恩恵にあずかれる側面がある。

### (3) 小中学校的天文教育

理科教育と情操教育とに分ける。前者は高等学校と同様である。後者は人間性を伸ばす教育であり、自然に対して情緒的に向き合い、あわせて他教科との連携を図る。

### (4) 教育課程での扱いからみた天文教育の優位性と必然性

理科・専門教育と情操・教養教育とに分ける。前者では、扱うスケールの大きさ、対象の幅広さとそれらが時として身近であることや、科学の各分野が含まれること等により、自然を総合的、俯瞰的に見、取り扱うことが可能となる。後者では、全てのものが宇宙であるがために、自然全般を、多様性をも含めて豊かな感受性を持って見る視点を養うことができる。

これらは、他分野では扱いが弱いか望めない事柄である。

## 7. 何のための天文教育か

上記の優位性と必然性のもとに、「何のための天文教育か」という問い合わせに対して再び回答を示すとすれば、それは、どのようなものになるだろうか。少なくとも、研究会要望書に見られるような「化石の様態を覚える」ような内容にはならないはずである。

拙稿を機に、この問題についてのより深い議論の展開と、意見表明の羅列に留まらない見解（1つとは限らないし、複数の場合、相容れるものとも限らない）の共有への道筋が見出せれば幸いである。

## 参考文献

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～ <http://tenkyo.net/seimei/shidou2015.pdf>

次世代をになう子どもたちに確かな科学的な基礎を <http://www.asj.or.jp/news/150325.pdf>

## 質疑応答

Q：科学的宇宙観が必ずしも人類を俯瞰することに結びつかないと主張がありました。これについて、「地球以外にも岩石惑星がある」「太陽系以外にも惑星系がある」「銀河系以外にも銀河がある」など人類の住む場を相対化している視点は結び

つきを与えていているのではないか。（林 隆之 さん）

A：科学的宇宙観は、科学の手法を用いて描き出された世界観とも言えますから、一般的には人類を俯瞰することに結びつけられると言っても悪くないでしょう。ただし、そのためには、「今ここにある（居る）こと」、すなわち、人間と地球についても表面的に留まらない理解が必要です。この意味で、「ただ教え込む」だけの科学的宇宙観からは必ずしも人類を俯瞰する視点が得られるとは言えないと考えます。研究会要望書に同意しない理由の一つです。

Q：たいへん興味深い考察と提案ありがとうございました。「教育の目的は社会の存続のため」と講演中に説明されていましたが、私は教育の目的は個人の人格の形成であると思います。この点は天文教育を進める上でも重要な論点で、是非、文脈を大切にした上で、ひきつづき議論させてください。

もし社会の存続が目的なら、全体主義を良しとします。ナチスや戦前の日本の教育を肯定することにもつながりかねません。個人の（すべての人々の）人格が高まることが、結果として、社会が理想の姿に近づき、存続するのではないか？その意味では天文学も人格形成のための一つの必要不可欠な要素だと思います。（縣秀彦 さん）

A：ご質問の内容については、当日は言葉が足らず、思いがうまく通じなかつたのではと思います。本稿をご覧いただければ、私が暗に「一人ひとりが自由かつ自己の社会的責任を意識した社会」を思い描いていることが、おわかりいただけることと思います。全体主義は個を殺していますので、私が前提としている「個人あっての社会」という側面が失われています。

社会の存続と個人の人格の向上は、どちらの意識が欠けてもうまくいかないものと考えます。先の「教育は社会の存続のためにある」という見解が、あの個人の自由を何よりも尊重するフランスの社会学者から出てきたことも、そう考えると頷けます。

今後もまた、継続して議論できればと思います。

# 北海道教育大学における教員養成と天文教育

関口 朋彦（北海道教育大学 旭川校）

## Comprehension of Space and Astronomy for UNIVESRITY Students in Teacher-Training course of Hokkaido University of Education

Tomohiko Sekiguchi (Hokkaido University of Education, Asahikawa Campus)

### Abstract

We here report on astronomy education at the Teacher-Training course in Hokkaido. Most astronomical observations have not been performed at elementary schools and at junior high schools. Geoscience has not been taken generally by most high school students in current Japan. Consequently, many freshman students of Hokkaido University of Education do not understand the mechanism of the lunar phases under the old government curriculum guidelines. Some students confuse it with lunar eclipse.

### 1. はじめに

北海道教育大学は道内 5 キャンパスからなり、旭川校で天文学の講義がなされている。本論文では小中高において旧教育課程の教育を受けて来た教育大生の実状と課題を取り上げる。

北海道教育大学は北海道の小中学校の教員を養成するための国立大学であり、教育学部教員養成課程からなる札幌校、旭川校、釧路校、地域色を出す函館校、芸術体育系の 5 キャンパスからなる。北海道の面積は日本の国土の 22.1%を占め（九州と四国の面積と足しても北海道の面積に満たない）、教育大学が他の都府県と同様に道内に一つだけという訳にはいかない。そのため、本学は大学名としては一つの大学であるが、元々はそれぞれが独立した教員養成課程を各地方ごとに配置し「分校（大学としては全国的にも珍しい）」として成立した。現在ではいわゆるゼロ免課程もできたが、教員養成課程の卒業生はその 6 割近くが教職に就いている。



図 1 北海道教育大学 5 キャンパスの配置図

北海道が大き過ぎることから、北海道教育大学は全国的に珍しい「分校制度」をかつて採用していた。現在でも各 5 キャンパスがそれぞれが一つの大学に近い機能を持っているが、天文の教員は旭川校にのみ在籍する。図中の五つの星形は各キャンパスの位置を表す。

北海道の小中学校の教員の多くが本学の出身である。もちろん理科教師も同じである。しかしながら本学の天文学の教員は私一人だけであり、宇宙分野の講義は旭川校でしか行われていない。本学に私は 2008 年度に赴任した。その際の「理科」の学生とのやりとりは以下のようだった。

食堂にて 私 「僕は小さい頃、鉄や金属でできたタンカーが海に浮かぶのが不思議だった」

学生 「あれ？ 鉄って水に浮かぶっけ？ 沈むんだっけ？」

野外実習時 学生 「あのー、わたしとりあえず方角とか方向とか苦手なんです」

私 「うーん、でも太陽が昇る方角ってどっちの方かってのはわかる？」

学生 「え？ 太陽が昇るのってどっちだっけ？ 西？ 南？」

理科教育専攻在学中の大学生である。赴任した当初、学生のこのような反応は私にとっては言葉に表せない程ものすごくショッキングなものであった（そして今ではさほど驚かなくなつた）。

## 2. 北海道教育大学“理科教育”新入生の「月の満ち欠け」の理解

2008年4月の赴任時、学生へのアンケート調査を行った。学生の現状把握のため自身での活用を考えていたことからその内容は「高校理科はどの科目を選択したか」「大学入試センター試験を受験した際理科はどの科目で受験したか」などで主であった。その後東京学芸大学のグループから調査研究（下井倉ら、2014）の一環としてアンケート調査の依頼があり、理科の実験観察に関する内容、とりわけ「月の満ち欠けの教授法」に関する内容も含まれていることから、2011年4月以降それまでの調査項目に加えてこの調査を実施するようになった。以下は最初の2011年度の結果の抜粋と回答例である。回答例を図2にまた結果を表1にまとめた。対象は1年生43名に再履修3年生3名を加えた計46名である。調査は毎年4月に入学したばかりの北海道教育大学理科教育専攻の新入生に必修科目「地学概論1」の最初の講義時に行っている。

**質問** 小学生に「月の満ち欠けはどうして起こるの？」と聞かれた時、あなたはどのように説明しますか。手順を追って述べてください。また、イラストを用いてもかまいません。

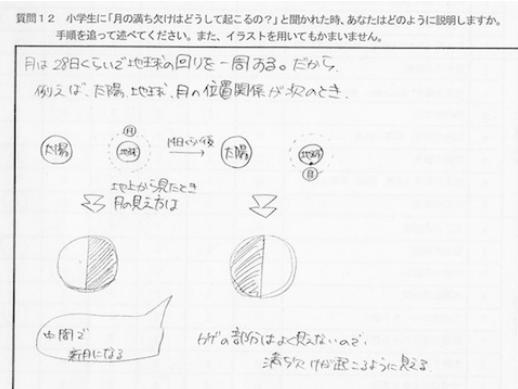


図 2a 正答例（優れたもの）

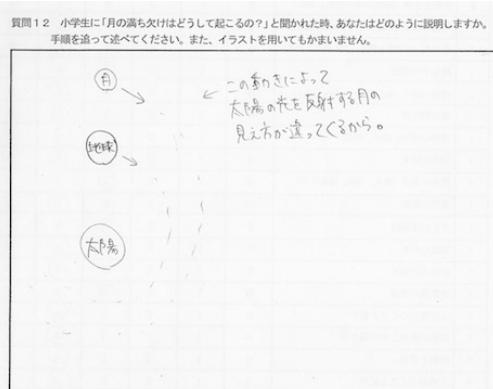


図 2b 誤答例（月が太陽を公転する外惑星）

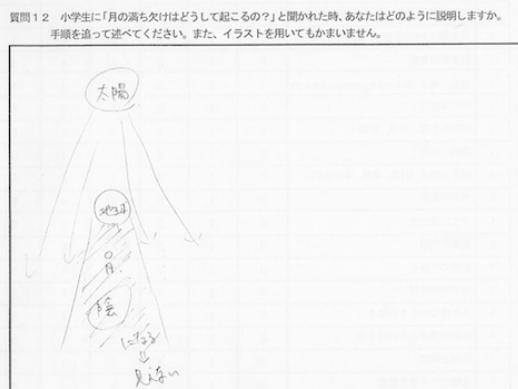


図 2c 月食と混同している 1

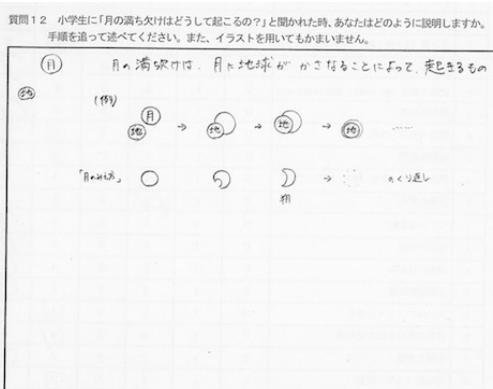


図 2d 月食と混同している 2

図 2 教育大理科の新入生が「月の満ち欠け」を図解した例

表1 大学生の月の満ち欠けの理解

正解を書いている	16名
わかりません	4名
白紙	12名
間違っている	4名
月食と混同	10名

表1のように結果は散々たるもの。当初回答には指導例を期待していたのだが、まずは満ち欠けの説明自体が正しいかどうかに着目し、回答を5種類に分別してみた。その結果、説明が合っているものは46名中16名しかいなかつた(3割強)。これには「地球と月

と太陽の位置関係」に類する言葉や図が書かれていればそれで正解としている（採点としては甘い）。また、「白紙」はおそらく面倒だから書かなかつた訳ではなく（入学後すぐで学生はまだ「すべて」いないか）、「わかりません」とほぼ同義であると推察する。この場合には「わからない」は正解数と同数ということになる。一方で、図 2b のように月が太陽の周りを公転する外惑星であるような認識も数名見られた。そしてさらに特に目を引くのが「満ち欠けを月食と混同している」認識の学生が多く見られたことだ（2 割強）。科学的に思考して得られた回答かもしれないが、なぜ大学生が月の満ち欠けをわかっていないのだろうか。教員側としてはとても憂慮すべき事態に感じている。結論は出ないが、この理由の一つには、単純に小中高で天文の実験観察をやって来なかつた／満ち欠けを習つて来なかつた事も挙げられよう（次章）。

### 3. これまでの(ゆとり世代の)大学生が小中高で受けて来た天文教育

北海道教育大学旭川校では理科教育専攻(学部) 3 年生の必修科目として「中学校理科実験」という科目を開講している。ここでは天文学分野ではまさに実験／観察／観測として中学校の教科書に載る内容を学生に実践させている。40 数名を 4 班に分け、各班に対し物化生地の各分野を扱うため天文分野の実験回数は 1, 2 回のみ。そのため毎年扱うのは a) 透明半球を用いた太陽の日周運動の記録と b) 太陽黒点の観察の二つの実験だけであるが、いずれも旧教育課程の教科書から扱われていた重要な内容だ。ここで問題となるのが、「中学生の時に学校の授業でこれらの実験を行つた経験のある大学生はとても少ない」ことである。a) は半分には満たないし、b) にいたつては毎年 40 人中 1 人いるかいないかだ。どの教科書にも載つてゐる重要な実験にも関わらず実際にはほとんど実施されていないのが現状だ（ただし北海道教育大理科での調査結果）。

ここで今の大学生が小中高で「行つてゐるはず」の教科書で扱う実験内容を見てみよう。図 3 は子供／学生の生年ごとに小中高で旧学習指導要領か現行学習指導要領のどちらで教育を受けたかがわかるようになっている(<http://ja.wikipedia.org/wiki/ゆとり世代>)。これを見ると、2011 年の調査では 18 歳で入学した学生は天文の授業が始まる小学 4 年生以降高校理科までいわゆる「ゆとり教育」を受けて來た「ゆとり世代」であることがわかる（正しくは「旧学習指導要領で教育を受けた世代」と表現すべきか）。以下に天文の実験内容の抜粋を記す。

#### 小学校での天文実験：小学校 4 年生

観察 月の動きを調べよう

観察 星座を見つけて時間が経つとどのように動くか／星座の位置と星の並び方を調べよう

いずれも夜に（学校時間割ではない時間に）、天体位置の時間変化を捉える実験であり、小学校時分に理科の授業で行った経験のある学生の報告は 8 年間で数名に過ぎない。（札幌市青少年科学館の移動天文台事業で経験したという学生もいる。）

#### 中学校での天文実験：中学校 3 年生

観察 星や太陽は天球上をどのように動くか（透明半球）

観察 太陽の表面の様子をスケッチしよう（望遠鏡＋投影板）

透明半球を用いた太陽の日周運動の記録

これらの実験を遂行する上での問題点は以下で改めて考察するが、隔年で担当する「教員免許更新講習」に参加する現職教員中には尋ねると 30-40 名中必ず一人二人の先生がちゃんと実験をやっていると答えていることは光明と言えよう。

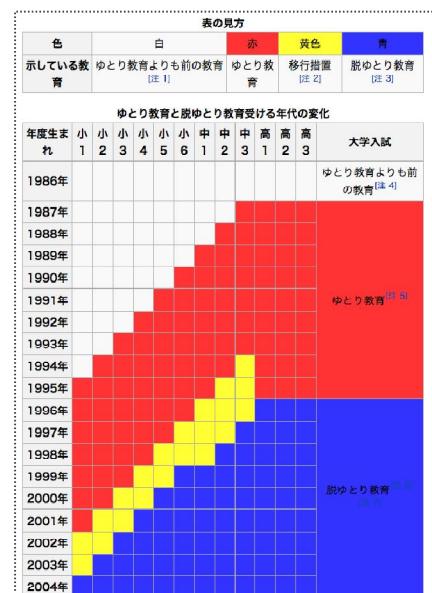


図 3 ゆとり／脱ゆとり世代

小中高で旧・現行のどちらの学習指導要領で教育を受けたかを生年ごとにまとめてある。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/ゆとり世代>

## 高校での天文経験：理科教育専攻の学生の高校時における理科地学履修割合

表 2 理科教育新入生の高校地学履修者数

高等学校で天文分野の実験経験はほぼないと言ってよい。それは高等学校地学で天文分野の

2009 年度新入生	2 名 / 41 名
2010 年度新入生	0 名 / 42 名
2011 年度新入生	3 名 / 42 名
2012 年度新入生	2 名 / 43 名
2013 年度新入生	2 名 / 43 名

実験がほとんどないことによるだけではなく、地学という科目そのものを履修してきていないことによる。先に示したアンケートの際、同時に得られる「本学新入生の高校での理科地学履修人数」は表 2 のようになっている。調査は科目「地学 I」「地学 II」のどちらかでも習っていれば、履修していたとカウントしている。

やはりよく知られているように今の大学生は高校で地学を履修してきていないことがここからもよく読み取れる。

大学入試センター試験では、かつては地学が物理と同じ時間に試験が行われており（今は別）、受験科目に物理を選択する理系の生徒は地学を選択することがかなり困難な状況であった。このこともあり、高校では教員側から生徒に対して「理系はなるたけ地学を選択しないように」という指導が行われていた学校も多いと聞く。そして選択する生徒が少ないと必然的に地学の教員も増員されず、これがさらに地学を開講しない高校を多くしてしまっていたはずである。高校地学減少悪循環である。おそらくこれは一つの側面、一つの理由に過ぎないであろうが、このことからも高校理科で地学（天文）にまったく触れていない大学生が大多数という現状が窺える。

## 4. 小中学校教科書に載る実験(観察/観測)の問題点

小学校、中学校の教科書に載る実験はどれも重要なものばかりだ。一方で、実際に行おうとする際には問題や障壁となる点も数多い。

- 晴れないと観察ができない
- 観察日や観察可能な季節が限られている
- 数時間／数日間に渡って観測しないといけない／放課後に行わないといけない
- 50 分授業（理科の時間割）では成立しない
- 夜間に行うはずの観測が実質的にはできない

夜間は校長／教頭に許可を申し出る必要性が生じたり、家庭への配慮やさらには子供を送迎しなくてはならなくなる可能性も出て来る。何より夜は塾通いの子供を集められない。実質的に「夜間の観測は行われていない現状」にあるであろう。その場合には小学校 4 年生の天文分野の実験がやられていないことになる。これに加えて中学校では

- 透明半球を生徒全員に購入させる金銭的制限
- 教員が天体望遠鏡（太陽投影版付き）操作の練習を積まなくてならない

ことも挙げられる。小中高で天文をやって来ていない現職の（旧学習指導要領下で習った）若手教員は天体望遠鏡の操作ができない者が大多数であることを申し添える（特に小学校教員は壊滅的な状況）。

そして、現場の中学校教員をさらに苦しめるのが「実際の太陽黒点数」だ。太陽黒点数に直結する太陽磁場活動は 11 年で周期変動を起こし、増減次第では観測しづらい年がありうるからだ。実際私自身が大学の授業で実験を行う際に可搬太陽望遠鏡 coronado やソーラースコープを用いた観測では 2010 年の実験では太陽黒点やプロミネンスはまったく確認できなかった。図 4 にベ

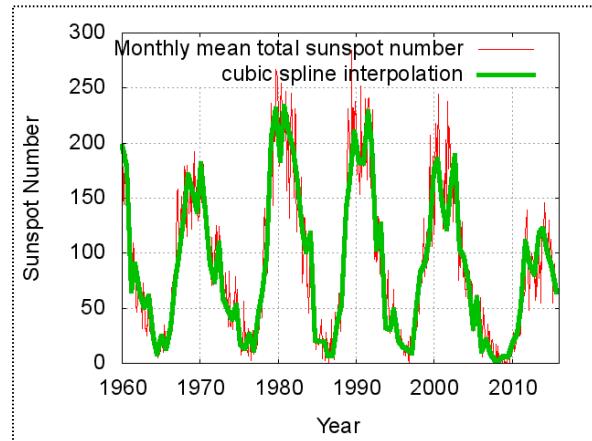


図 4 太陽黒点数の年推移

太陽磁場の活動は 11 年周期で変動し、その極小期には黒点数は極めて少ないことが読み取れる。中学校理科の実験に支障をきたす可能性も。ベルギー王立天文台のデータから描画。太線はデータの 3 次スプライン補間。

ルギー王立天文台が公開する黒点数データを描画した（細線）。見やすさの便宜のためデータの3次スプライン補間結果を太線で示した。2010年前後は黒点がほとんど見えなかった訳だ。

## 5. 旧学習指導要領と新学習指導要領／ゆとりと脱ゆとり？

では大学生が受けた教育（旧学習指導要領）とこれから大学生になる今後の新入生が受けた教育（現行学習指導要領）を比べてみる（表3, 表4）。いわゆる脱ゆとりでは一見して、天文分野でも教育内容が増えたことが見て取れる。とりわけ「月の満ち欠け」が小中において明示されたことが挙げられる。

### 小学校学習指導要領

小学校：旧-学習指導要領	小学校：現行-学習指導要領
月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置の特徴や動きについて 4年生	月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置の特徴や動きについて 4年生
	月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子 6年生[純増]

表3 小学校学習指導要領における宇宙天文分野（抜粋）の旧／現行比較

4年生のみから6年生の天文の単元が純増、月と太陽の位置関係（満ち欠け）を小学校でも教える

小学校では旧学習指導要領では4年生しか宇宙／天文の内容がなかった。現行では4年生に加えて6年生でも天文を扱い、月の満ち欠けが教科書に復活することになった。

### 中学校学習指導要領

中学校：旧-学習指導要領	中学校：現行-学習指導要領
太陽、恒星、惑星とその動きの観察を行い、太陽の特徴、恒星と惑星の特徴を理解し、惑星の公転と関連付けて太陽系の構造をとらえる	太陽の観察を行い、太陽の特徴を見い出す 月の観察を行い、月の公転と見え方をとらえる 惑星と恒星などの特徴を理解し、惑星の見え方を太陽系の構造をとらえる [増]
	月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子 [純増]

表4 中学校学習指導要領における宇宙天文分野（抜粋）の旧／現行比較

現行指導要領では「月の満ち欠け」が復活し、教科書の中で「日食／月食」も扱うようになった

中学校でも月の満ち欠けを扱うことになった。ここは本研究会の努力によるところもある（例えば県ら、2004年）。注意点として、どの教科書の中でもこの満ち欠けの学習のすぐに日食月食を扱っている。これはひじょうに評価できる点であり一方で、注意を払って授業しなくてはいけない点もある。現状の月の満ち欠けを説明できない「大学生」に対して、月の満ち欠けを説明する際、「じゃあなぜ満月のたびに月食が起こらないの？新月のたびに日食が起こらないのだろうか？」と必ず聞くようになっている。そしてそれに答えられる大学生はほとんどいないのが現状であるのだ（天文学研究室の4年生も答えられなくて驚いた）。地球と月と太陽の位置関係を平面的に教えてしまっては、宇宙を空間的に立体的に理解することはひじょうに難しいのである。

### 高等学校地学 学習指導要領

では高校ではどうだろう。高校地学に関する問題点はこれまでにも数多く取り上げられており、ここでは詳細は割愛するが、ポイントは現行指導要領では宇宙の大規模構造や宇宙のビッグバンの証拠、宇宙の年齢を扱うことが強調されたことにある。ここでも注意点として挙げておきたいのは「宇宙の年齢」であり、WMAP衛星による観測結果から「 $137.4 \pm 1.1$ 億年」とされ、高校

地学の教科書を出版する数研出版と啓林館のどちらの教科書にも約 137 億年と明記されているのだが、その後の Planck 衛星による観測結果から「 $137.96 \pm 0.58$  億年」と約 138 億年になってしまっていることに注意したい。実際に教える現場の教員はたいへんである。(WMAP 衛星の結果も最新の Planck 衛星の結果も誤差の範囲内ではまったく整合的である)

## 6. おわりに

これまでの（最近の）大学生の現状を北海道教育大学理科教育専攻（学部）を例に取り上げ、そこにおける問題点を考察した。以前の旧学習指導要領で教育を受けてきた現大学生は小学校中学校で天文学の実験をほとんどやって来ていない。そして高校理科で地学を選択していない。そして北海道の教員に話を限ると、現場教員を輩出する北海道教育大学では旭川校以外では天文の講義がない。小中高さらに大学でも天文教育の経験のひじょうに乏しい教育大卒業生が現場の教壇に立っているのが今の北海道の天文教育の現状である。

現在の大学生は学習指導要領の観点において過渡期にある。一方で今後の大学生たちは小中高において脱ゆとりの現行学習指導要領の下で学習して来たことになる。現行指導要領で学習してきた今後の新入生が月の満ち欠けの説明ができる学生たちであることを期待する。

## 参考文献

- 「理科教育崩壊-小学校における天文教育の現法と課題-」， 縣秀彦， 2004 年 4 月号天文月報
- 「理科を専攻としない学生を対象とした「小学校理科を教える自信」に関する調査 -理科内容学の視点から-」 下井倉ともみ・土橋一仁・松本伸示， 2014， 科学教育研究， 第 38 卷， 第 4 号
- "World Data Center-Sunspot Index and Long-term Solar Observations", Royal Observatory of Belgium
- <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BF%E3%82%A4%E3%82%A4%E3%82%BF>

## 質疑応答

Q：(伊藤哲也さん) 理科の教員を目指す学生の「月の満ち欠けの理解度の低さ」に驚いた。

また、現職の小学校の先生が天文をわかっていないというのは良く耳にすることもある。

このような状況の中で北海道教育大学では旭川校以外の 4 キャンパスでは天文学の講義がないとのことだが、今後どのような対策があり得るのか。

A：学内のテレビ会議システムで遠隔授業をするなど、やはり関口が努力すべき部分があると思います。しかしながらそれでは根本的な解決策にはなっていない。やはり全国的な取り組みの中で小中高での教育課程から考えないといけない面もあるのだとも思います。

Q：(内山秀樹さん) 静岡大学教育学部の理科専修の場合でも学生の状況はよく似ている。多くの学生が季節(春夏秋冬)が移り変わる理由を説明できない。故に北海道教育大学に特有の問題などではなく、今の学生がこれまでに受けて来たカリキュラム自体に問題があろう。

A：なるほど、どこでも状況は同じなのですね。(皆で考えていかなくてはなりませんね)

Q：(矢治健太郎さん) 小学校実験における「月の見える位置の観察」を目中に実際に行った経験がある。二時間程度の時間でも位置の変化が十分にわかる（理解させることができる）。

A：(授業の順番を入れ替えて、日中に月が見える日程で授業を設定しなければならないという問題も発生しうるが) 検討する価値は多いにあるかと思います。ありがとうございます。

Q：(船越浩海さん) 地域の科学館やプラネタリウムの活用も視野に入れてみてはいかが。

A：それは重要な観点だと思います。ありがとうございます。(一方で北海道では、札幌旭川などプラネタリウム施設のある都市部の学校では可能だが、郊外や小規模校／へき地校などでは都市部まで出るだけで数時間掛かってしまう。「施設へのアクセス」の問題もある。)

# 横浜サイエンスフロンティア高校「課題研究」における研究活動の紹介

石田 光宏（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校）

## The Introduction of the scientific research by the students of Yokohama Science Frontier High School

Mitsuhiko Ishida (Yokohama Science Frontier High School)

### Abstract

The second-year students of Yokohama Science Frontier High School work on research for one year in the class of “Science Literacy II”. This report shows you how our students have worked on their research activities.

## 1. はじめに

本校には、課題研究型の 95 分授業を行う学校設定教科「サイエンスリテラシー(以下 SL)」が存在する(図 1)。1 年次に履修する SLI では、主に大学や企業の方の話を聞いて、様々な研究分野を知る。2 年次に履修する SLII では、生徒は理科(物理、化学、生物、地学)、数学、情報の中から希望分野を選択し、その分野の中で一人一人が研究テーマを決め、一年間かけて研究活動を行う。3 年次の SLIII(自由選択)では、2 年次に行った研究をさらに発展させ、より高度な探究活動を行う。ここでは、2 年次に行う SLII における天文分野の取り組みについて紹介する。

1年	SL I	理数数学 I	理数物理	理数化学	理数生物	理数情報 A・B	現代社会 (GSI)	芸術	保健	体育	国語総合	コミュニケーション 英語 I	OC PD I	L H R	
2年	SL II GS II	理数数学 II	特論	理数数学	理数理科 (物・化・生・地) から 2 科目選択	世界史 A	日本史 A	家庭基礎	保健	体育	現代文 B	古典 B	コミュニケーション 英語 II	OC PD II	L H R
3年	理数数学 II	体育	現代文 B	リスキデルイズング	ラスキデルイズング	理数数学探究					選択科目(最大16単位) 6単位以上選択			L H R	
						理数数学研究					選択科目(最大20単位) 10単位以上選択				

図 1 本校の教育課程(H26 年度入学生用)

## 2. SLII 一年間の流れ

SLII で研究する分野は、生徒の希望を考慮し、1 年次の 1~2 月に決まる。2 年次の 4 月から研究がスタートし、8 月下旬~9 月上旬に、分野別中間発表会(口頭発表)がある。10 月中旬にはマレーシア海外研修があり、マレーシアにある本校の交流校でポスター発表(英語)を行う。1 月上旬に分野別最終発表会(口頭発表)がある。その後、研究内容をレポートにまとめ、2 月上旬に提出して、研究活動が終わる。

## 3. 天文分野における研究活動の紹介

テーマは以下の二つである。

- (A) 太陽の観測  
 (B) マカリを使った天体の解析

(A) 太陽の観測

○ 黒点の観測(投影法)

生徒は SLII の時間中や昼休みを利用して、本校屋上にある天体望遠鏡(図 2)で太陽を投影し、黒点をスケッチする(図 3)。観測後、太陽面経緯度図(図 4)を用いて黒点・黒点群の経度・緯度などを割り出す。



図 2 本校の天体望遠鏡

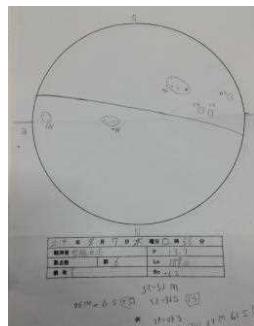


図 3 黒点のスケッチ

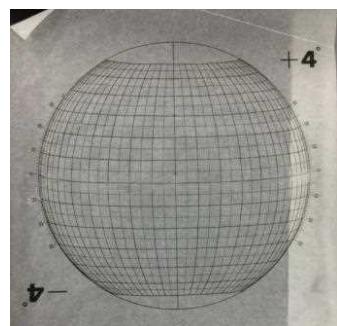


図 4 太陽面経緯度図

この作業を繰り返し、毎日の黒点相対数の推移、緯度ごとの自転周期の算出、プロミネンス(図 5)との比較などを行っている。

○ スペクトルの観測

本校のデジタル分光器(ファイバマルチチャンネル分光器、図 6)を用いてスペクトルを観測する。結果は図 7 である。ここから吸収線の元素同定、カウント値が最大となる波長から表面温度を見積もり太陽定数を計算、時間・季節ごとのスペクトルの変化の観察などを行っている。



図 5 H<sub>α</sub> 線で観測した太陽



図 6 スペクトル観測のセット(丸印が分光器)

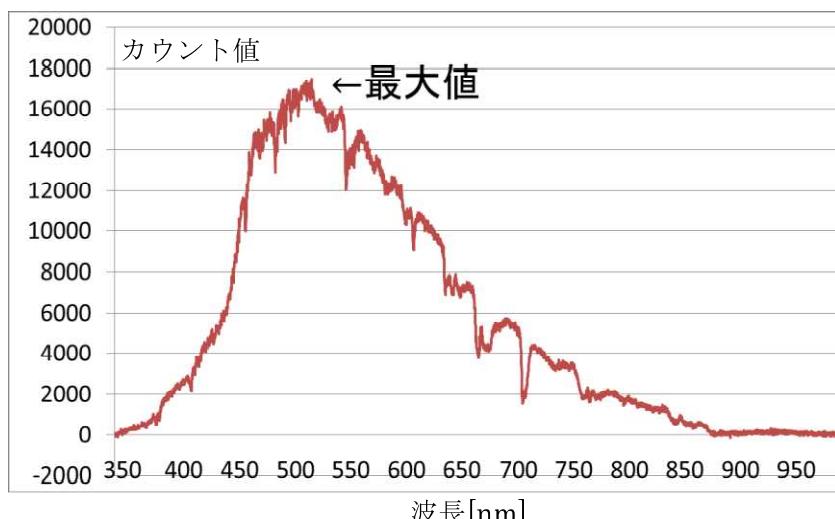


図 7 太陽のスペクトル

## (B) マカリを使った天体の解析

すばる画像解析ソフト マカリ(Makali`i)とは、国立天文台が配布している、すばる望遠鏡などで得られた FITS データを解析することができるソフトである。本校のパソコン実習室にインストールされている。

### ○ SMOKA データの解析

すばる 三鷹 岡山木曽アーカイブシステム(SMOKA)とは、すばる望遠鏡などの日本の光赤外大口径望遠鏡のデータを公開しているデータアーカイブシステムである。生徒はここから必要なデータをダウンロードし、マカリで解析を行う。主なテーマとしては

- ・星団の B・V バンドデータから色一等級図を作成→星団までの距離や星団年齢の推定
  - ・銀河のスペクトルから後退速度を算出→ハッブル定数・臨界密度の推定、銀河までの距離の推定(図 8,9)
- などがある。

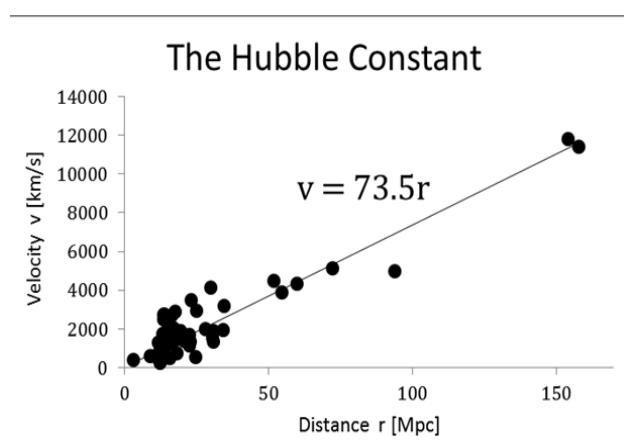


図 8 ハッブル定数の推定

(天文学会ジュニアセッション(2014 秋)で発表)

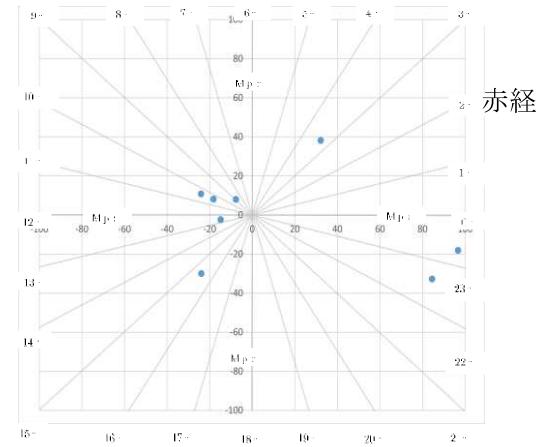


図 9 衝突銀河の分布図

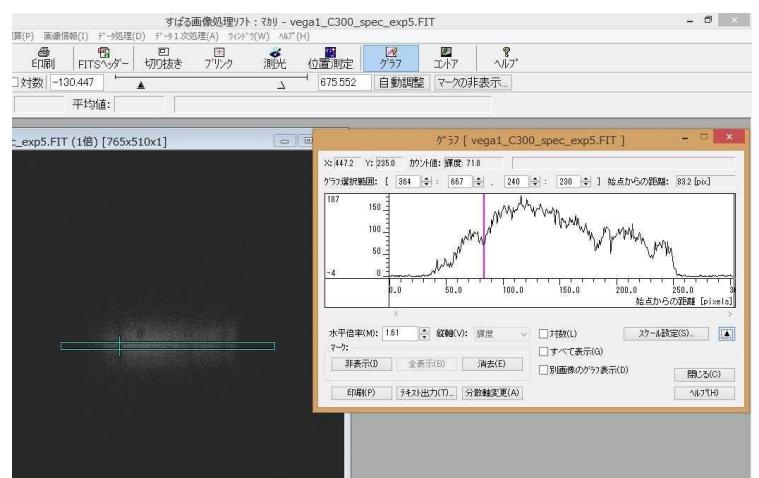
(地球惑星科学連合 高校生セッション(2015)で発表)

### ○ 本校天体望遠鏡による実測

本校の天体望遠鏡(図 2)により、天体を観測する。高校生であることを考慮し、翌日授業がない金曜日を中心に行い、時間も 19 時～21 時とする。これまでのテーマとしては

- ・天体のスペクトル観測(図 10)
- ・変光星の観測

などがある。



## 4. 天文分野の課題と今後の展望

図 10 ベガのスペクトルをマカリで解析

講演者がこの分野を担当するようになって、今年で三年目である。天文分野における課題は三点あると考えている。一点目は、天文分野を選択する生徒が毎年数人と非常に少ない点である。一方で、天文部に所属している生徒は毎年数十人と非常に多い。この状況から、天体を見たり写真に撮ったりすることは好きだが、研究となるとあまり興味がない生徒が多いことが分かる。講

演者は、もっと天文学の研究を生徒に知つてもらおうと、今年の 8 月に行われる夏期講習で、マカリの講座を設置したところ、41 名の申込みがあった。このような機会を利用し、生徒に天文の研究を体験させたい。二点目は、研究の進め方についてである。天文分野を選んだ生徒は、すでに研究したいテーマを持っている者が多いが、一年間で行うのが難しいものもある。このような場合、別のテーマに変更させるか、できるところまで行わせるか、判断が難しい(過去に、系外惑星の大気成分の推定、銀河の回転曲線グラフの作成、銀河の年齢推定などがあった)。生徒とよくコミュニケーションをとり、お互いが納得した形で進めていけるよう努力したい。最終的に生徒を指導されるのは、大学や研究機関の職員である。高校教員は、いわばつなぎ役として、高校生に応じた指導をしつつも、生徒の夢をあきらめさせないようにしていくことが大事だと考える。三点目は、指導する教員の負担である。3 で紹介したように、生徒がそれぞれ別のテーマで研究を行うので、個に応じた専門的な指導が求められる(講演者は光赤外天文学の専門家ではない)。校務分掌などもあり、研究活動の準備に割ける時間も限られる。今後は、可能な限り研究者にも指導をお願いし、高校と大学の連携を強めていくことが必要である。

#### 4. おわりに

高校で天文学の研究を経験できることは、大変貴重である。毎年様々なテーマが出てきて、教員自身も勉強になっている。生徒には、本校での SLII の経験を活かし、今後も天文学を学び続けていってほしい。

#### 参考文献

マカリホームページ <https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>

「SMOKA の利用とその成果」2015, Vol108, No.9, 天文月報

#### 質疑応答

Q : 天文をとっている人が意外と少ないですが、地学は必修ですか？(嶺重慎さん)

A : 必修ではないです。2 年生で選択可能です。

Q : 高校段階で高度な装置をそろえての研究活動は興味深い取り組みだとは思う。一方で、そこで満足してしまってその後の研究者としての伸びに繋がるか、調査などはあるか伺いたい。  
(林隆之さん)

A : 調査はしていません。今後、可能な限り調べていきたいと考えています。

# 中学生による「お盆のような月」の研究で分かったこと

船越 浩海（生涯学習センターハートピア安八・天文台）

What we understood from the study of  
non-Lambertian scatterer reflection of the moon  
by junior high school students

Hiromi Funakoshi (Lifelong learning center Heartopia Anpachi astronomical observatory)

## Abstract

The Heartopia Anpachi astronomical observatory is supporting the observation for students on Junior Astronomical Club.

Club members measured brightness of the various places of the full moon. As a result, the brightness of the full moon was the same everywhere. And they investigated the reason without limb darkening in the full moon.

Reflection of the moon was found to be a diffuse reflection of a complex uneven surface by the reflection experiment.

## 1. はじめに

ハートピア安八天文台ジュニア天文俱楽部は、2012年の金環日食以来、毎年身近な天文現象や天体を対象にした研究を行っている。

2014年から2015年にかけては、「お盆のような月」を研究対象にした。満月を始めとした月は、太陽とは違い中央部から周縁部まで明るさは変わらず、周辺減光は見られない。周辺減光がない満月の姿をもって、昔から月の輝きを「お盆のような月」と称している。

ジュニア天文俱楽部は、2012年の金環日食の照度観測から、太陽の周辺減光を求める研究を行っていた。月の明るさについての研究という大枠から、的を絞りきれずに始まった研究だが、発足当初の研究でなじみのあった「周辺減光」と「月の明るさ」とを紐付け、「お盆のような月」のキーワードにたどり着いた。

この研究報告では、ジュニア天文俱楽部での月の観測研究について、観測指導から解析手法についての実践指導事例を紹介する。



図1 お盆のような月（右）と発泡スチロール球

## 2. 研究の目的と指導手順

月に周辺減光がないことについて、実験的に追求しその原因を探ることが、最終目的であるが、研究の進行に沿って、経過段階での目標を次の3点とした。

### ①月の測光

満月の写真の中央から周縁までの複数のポイントで、月面の明るさを測り、周辺減光の有無を確認する。

## ②拡散反射実験

月の表土と似た試料を用意し、実験から散乱反射の特性を調べる。

## ③実験結果の月への応用と非周辺減光の原因追及

周辺減光がない月の反射の特性を調べ、その原因を探る。

しかし、研究過程では、暗室で行った反射実験のデータ（単位：ルクス）と、月の明るさデータ（明るさカウント）など、単位が違うデータを、どのように客観的に比較し考察を進めるのか、鏡面反射ではなく拡散反射の特徴をどのように現すか、など、生徒にとっては初めての経験もあり、その都度、より小さな目標をたて、最終目標へと到達させる筋道を考えさせた。

特に学校で習っていないことや、新しい方法や考え方が必要な場面に突き当たると、研究の歩みが鈍くなり、時に止まってしまうことが少なからずあった。そんなときに共通して言えたのが、その時々で（研究のステップ毎に）、こうあるべきだという姿を、頭の中に描けば五里霧中の状態になっていたことであった。考えているようで、実は考えていないのと同様の状態である。この状態を打破するために指導を行ったのは、次の5のステップである。

- ①常に一步～二歩先のこうあるべきだという小さなステップ目標をもつこと。
- ②持ち合わせた知識や技量と、ステップ目標の間を橋渡しするものは何か？を考え、アイデアを出すこと。
- ③橋渡しするものについて具体的に調べ、必要に応じて研究者に助言を求め、知識や技量を深めること。
- ④これらを通して、自分たちにできることを明確にし、研究（実験・観測や考察）進めること。
- ⑤結果がうまくいかない場合には、②からもう一度やり直すこと。

これら①～⑤のステップを踏んでいる場合に限り、そのステップに応じた研究のヒントを出すことにした。研究指導に当たって、実は指導者である私自身も初めての研究対象であり、研究指導の詳細設計がされぬまま、研究指導を進めている。①～⑤のステップは、私自身も生徒たちと同様に進めることができ、有効な手順である。

## 3. 月の明るさを測る（写真観測から測光）

### 3-1 月の写真観測

月の写真については、天気の不順から中止が相次ぎ、結果として、過去の撮影画像（jpg）を利用した。

撮影は、表1に示すとおり、ハートピア安八天文台の15cm屈折望遠鏡にレデューサーを介した直焦点撮影である。

### 3-2 月の測光（測光ポイントと測光方法）

図2は、満月の見かけの中心を0°、縁を90°とし、それを4分割した22.5°ごとの地点で測光のポイント（星印）を設定した図である。特定の角度（入射角、反射角）に設定したのは、反射実験との条件の統一をしやすくするためである。具体的な測光ポイントは、海と陸や大きなクレーターなどの影響がないように選定をした。

表1 月の撮影方法

項目	内 容
場 所	岐阜県安八郡安八町ハートピア安八天文台
望遠鏡	口径15cm、f=1,800mm屈折望遠鏡
カ メ ラ	CANON EOS 60D
撮影方法	レデューサーを利用した直焦点撮影 合成f=1,260mm
露 出	適正露出とその前後を10枚ずつ
ISO感度	100～800
その他の	ブレ防止のため、電子レリーズを使用 画角縦横を南北、東西に合わせる 画質（フォーマット）は低圧縮のJPEG

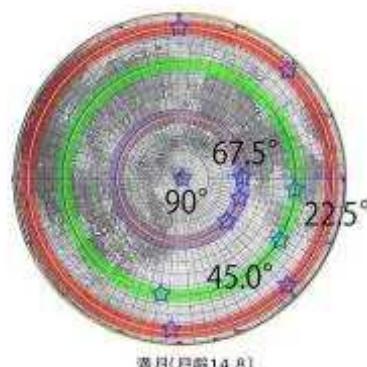


図2 満月の測光ポイント（星印）

測光には、フリーの画像処理ソフトを使用した。マカリーアを使用するのが王道であるが、敢えて他の方法でも明るさの目安をつかめることを体験させたかった。（この次年度の研究では、マカリーアを使っていく。）

具体的には、Paint.NET というフリーの画像処理ソフトで、指定範囲の明度を複数回測り、中央値を取り、明るさのデータとした。測光にあたっては、画像の解像度を下げ、クレーターなど地形による影響をおさえた。図3に半月の測光のようすを示す。

### 3-3 月の明るさの測光結果と周辺減光の有無

満月の測光結果を、図4に示した。満月の中央部から周縁にかけての陸地の明るさは、すべて67カウントで一定であり、周辺減光は認められなかった。

測光にあたっては、元画像の解像度を意図的に下げて、クレーターによる明暗の影響が現れないようにした。

## 4. 周辺減光がない月の原因（仮定）

### 4-1 月面の特徴と非周辺減光

月に周辺減光がない理由について、拡散反射面としての月面に注目し、以下の4つを考えた。

- (1) ①物質の組成（石の種類）
- (2) ②物質の色（石の色）
- (3) 月の地形（クレーター、山、谷）
- (4) 反射面の粒子の形状と大きさ（砂粒の形、砂粒の大きさ）

月の陸（斜長岩：白）と海（玄武岩：灰～黒）には、いずれにも、周辺減光がない。これを考慮すると、非周辺減光の原因として、物質や色は直接の原因でないことが分かる。また、月の地形の影響に左右されないように測光方法を決めたので、これも原因ではない。反射面の粒子の形状、大きさについては、否定要素がなくこれを原因と仮定した。

### 4-2 月の表面をおおう「レゴリス」

月の非周辺減光の原因と仮定した、月面の粒子について調べた。月の表面は、図5の写真のような「レゴリス」と呼ばれる粒子で覆われている。火山性ガラス（ビーズ）といった丸いものも含まれるが、レゴリスは、ほとんどの粒子が角ばった1mm程度の微粒子で、軽石に見られるような穴があいているのが特徴である。

これを参考に、反射実験に使う素材を選ぶことにした。



図3 Paint.NETでの測光

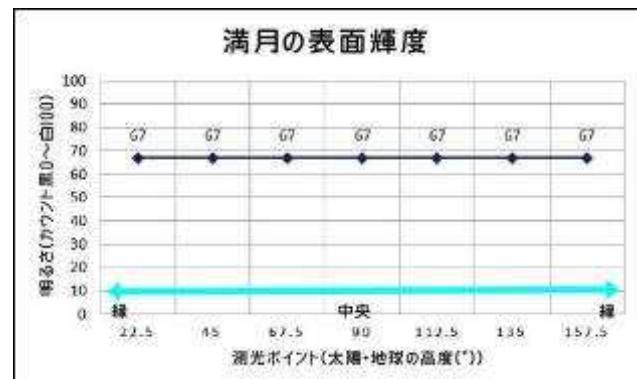


図4 満月の写真測光結果（周辺減光がない月）

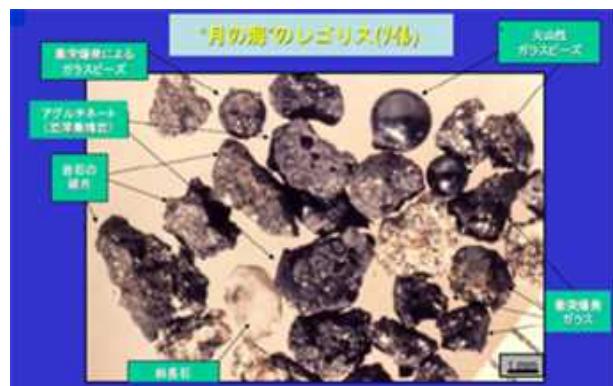


図5月面の粒子（レゴリス） 出典 JAXA, 月の環境

## 5. 反射実験の試料と実験装置

月面を模した反射実験の資料素材として注目したのは、粗い砂と紙やすりである。紙やすりと粗い砂の表面を顕微鏡で見ると、図6のように小さな砂粒がたくさんついているのが分かる。詳しく観察すると、紙やすりは表面がのりで覆われており、光沢の表面をしている。一方、粗い砂は粒子の大きさが様々で、複雑な凹凸がある積もり方をしている。これらの砂粒をレゴリストに見立てて、実験試料とした。比較対象の試料として、表面がつるつるの白色コート紙も選んだ。

図7で示したのが反射実験装置である。光源のLEDライトと照度計センサーは、自由に高度角と水平角を動かせるよう自作した。

また、交流電源化や、フードの使用、黒い紙での被覆、さらに、実験時間の短縮など誤差軽減の工夫をした。

実験では、光源とセンサーをそれぞれ $22.5^{\circ}$ ずつ動かし、変角光度分布を求め、別途、月面の測光ポイントの方向角を調べるため、半球にグノモンをつけて、太陽、地球のそれぞれの方向から光を当て、高度角と方位角を測定した。



図6 紙やすり（左）と粗い砂（右）



図7 反射実験装置（自作）

## 6. 鏡面反射と拡散反射モデル（調べ）

反射には、鏡面反射と拡散反射があり、拡散反射には、ランバート反射と、より一般的なオーレン・ネイヤー反射があることが分かった。実際の反射は、これらが複雑に交じり合ったものと考えられる。

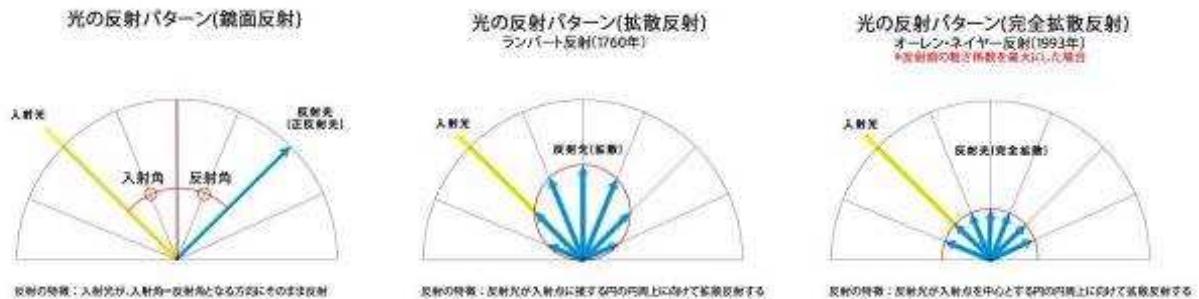


図8 反射モデル（左：鏡面反射、中：ランバート反射、右：オーレン・ネイヤー反射（粗面））

図8の左は、鏡面反射のモデル図である。これは正反射とも呼ばれ、入射角と反射角が等しいモデルである。中央は、拡散反射のうち、古くから知られていたランバート反射である。入射光は、入射点に接する円の円周上に向けて反射する。右は、最近解明されたオーレン・ネイヤー反射である。ランバート反射を一般化させたモデルで、反射面の粗さを示す係数を変えることにより、いろいろな反射のようすを再現できるそうだ。反射面を粗くすると、入射光は、入射点を中心とする円の円周上に向けて反射する。

図9は拡散反射を球体に示した図で、左がランバート反射で、これは滑らかな面のオーレン・ネイヤー反射と同じである。オーレン・ネイヤー反射の面の粗さを表すパラメーターを大きくすると、順に右のように変化し、一番粗い面が右の反射となり、周

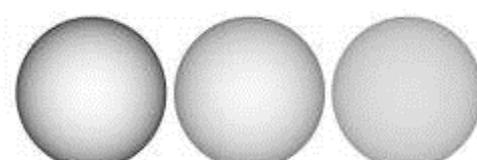


図9 拡散反射による球体

辺減光がほぼない状態になる。左の球体は、古くから研究されていた周辺が暗く見えるランバート反射であるが、月の輝きはこれとは違うので、「非ランバート反射」と呼ばれている。

## 7. 反射実験結果

反射実験の結果を、満月の例で示す。

### 7-1 変角高度分布

図10のグラフの縦軸は照度、横軸は反射角で、月の直径方向に対応している。実線のコート紙は、中心部が明るく周縁が暗くなっている。長鎖線は紙やすりで、明るさの変化は目立たないものの周辺減光がわずかに残っている。粗い砂は、月と同様に明るさの変化がほとんどなく、月面の反射を表している。

これにより、月のレゴリスが、非周辺減光の原因の一つだと考えられる。これを反射モデルでも検証を行った。

### 7-2 コート紙の反射モデル

図11は、コート紙の反射モデルである。矢印の長さが反射光の明るさを表している。大きい入射角では、鏡面反射の要素が極めて大きいことが分かる。入射角が45.0°になると鏡面反射が減り、散乱光成分が大きくなる。コート紙の反射は、鏡面反射とランバート反射の組み合わせである。

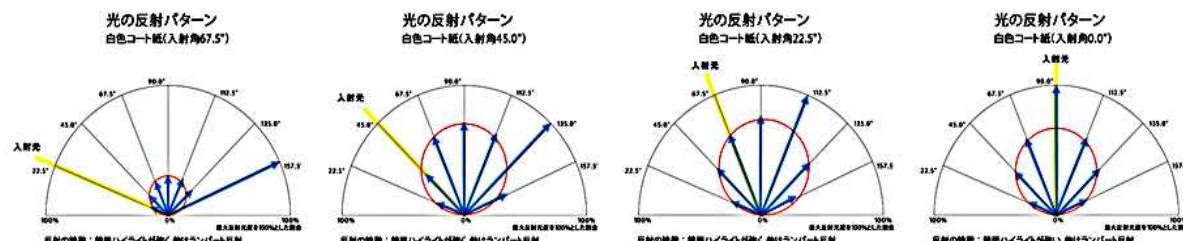


図11 コート紙の反射モデル（反射実験結果）

### 7-3 紙やすりの反射モデル

図12は、紙やすりの反射モデルである。入射角が大きいと、鏡面反射の要素が大きいものの拡散され、広がりを持っている。入射角が22.5°では、鏡面反射要素が少し目立っているが、何らかの誤差を含んでいるかもしれない。紙やすりは、入射角が大きいほど、粗面の拡散反射が大きく、小さくなるとランバート反射に近づくことが分かる。

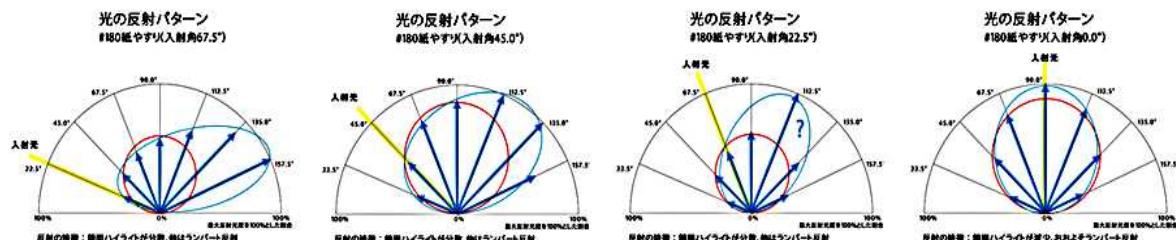


図12 紙やすりの反射モデル（反射実験結果）

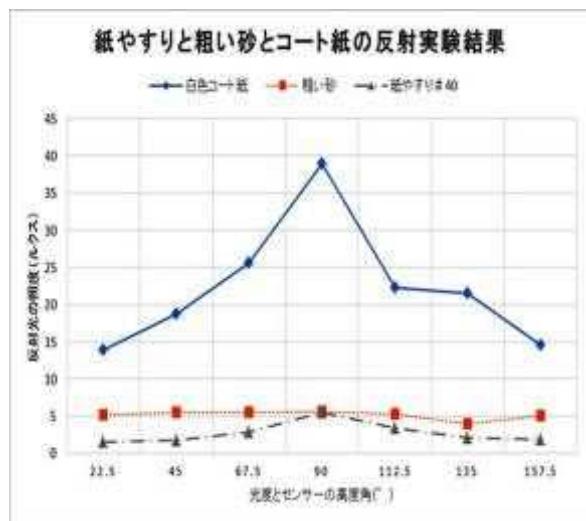


図10 反射実験結果（明るさの変化）

## 7-4 粗い砂の反射モデル

図13は、粗い砂の反射モデルである。入射角によらず、光の入射方向の反射光が最も明るくなるという特徴がある。入射角が $0^\circ$ のときは、紙やすりと似ているように見えるが、その違いは、粗い砂は光の入射と反射が同じ方向のときは、反射光の明るさがほぼ一定で、かつ、最大である。これは、月の反射の特徴と同じである。(※1)つまり、粗い砂の反射は「非ランバート反射」であるといえる。これまでにない月の反射の特徴と同様の結果となった。

\*1:月はさらにどの方向の反射も等しいと思われる。

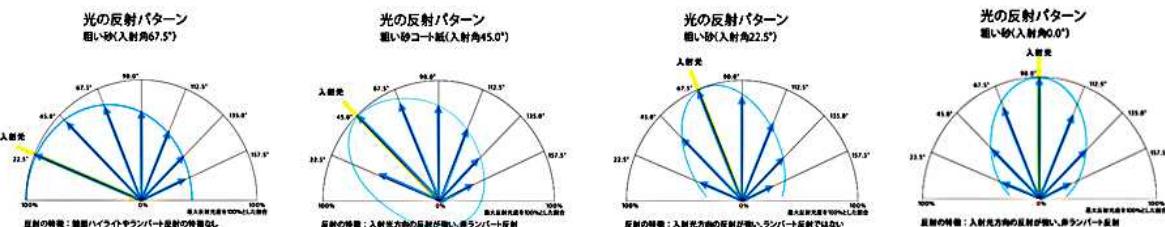


図13 粗い砂の反射モデル（反射実験結果）

## 8. 考察と結論

### 8-1 考察

反射モデルを回転させて月面に配置し、満月の明るさ分布を再現した。（図14）白色コート紙では、地球から見た中央部が一番明るく、縁に行くほど暗くなり、顕著な周辺減光が見られる。粗い砂のモデルでは、周辺減光が全くなく、満月の反射を再現している。また、周辺減光がないのは低い反射率とも関係しているかもしれない。実際に月の反射率は7%程度である。

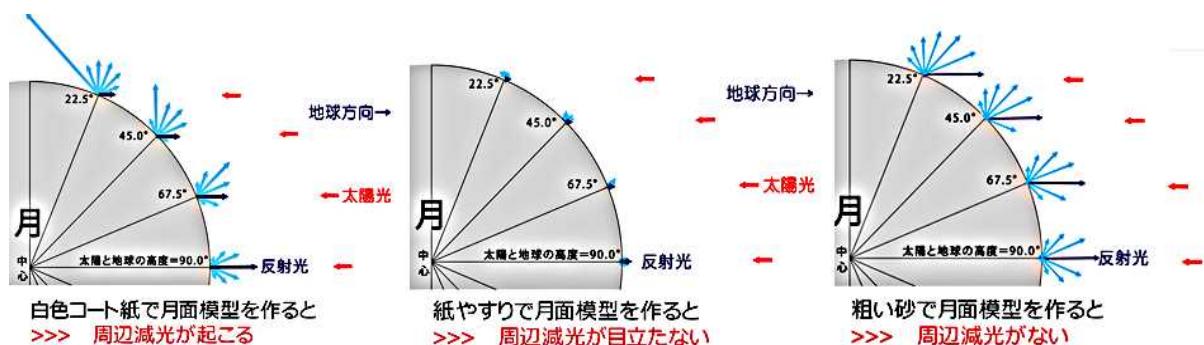


図14 白色コート紙、紙やすり、粗い砂の反射モデルで再現した月面の拡散反射

### 8-2 結論

(1) ②拡散が強い乱反射で説明できる。

月の拡散反射は、複雑な凹凸のある、粒子の形状と堆積状況が深く関与している。反射モデルは、粗面のオーレン・ネイヤー反射で説明できる。

(2) 反射率が低いことでも説明できる。

しかし、反射率の実験は未検証である。

### 8-3 追加実験による検証

深さがある凹凸な反射面で、表土の中で何度も反射を繰り返した後に、複雑に分岐した光が表面に戻り、多数の反射光となって、表面から出ていくモデルが、カギを握っていると確信した。これを再現するものとして、次のモデルを考えた。

「沢山の釘をランダムに密集させて打ち、そこに横から光を当てると、どのような反射をするか。」このパチンコの釘に玉が何度も跳ね返されながら、進むようすが、深い反射のイメージである。パチンコ玉では重力で下に行くが、光は上下左右関係なく、反射の法則で上にも下にも反

射する。これを再現すべく、板に釘を何本か打っているうちに、生け花などに使う剣山が、そのものぞばりだと気がついた。

図15は、剣山の針の山に、横からLEDの白色光束を当てた写真である。反射のようすは、見事に粗面のオーレン・ネイイヤー反射で、月面の反射のようである。この反射の特徴を「深さを持った反射」と呼ぶことにした。

#### 8-4 この実験結果を受けての検証されたこと

- (1) 深さを持った反射が月の反射の本質
- (2) レゴリス表面の穴や、角ばった形状による隙間が多い堆積が、深い反射環境を創り出す
- (3) 重力が弱く、風化のない月の環境もプラスに影響

#### 9.今後の課題

剣山による拡散反射は、写真で見る限り月面の拡散反射を再現しているように見えるが、数値的な検証はなされていない。今後は、剣山の反射を測光して、深さを持った反射の反射モデルを描くことで、数値的な証拠をつかみたい。

また、よりレゴリスに似ていると思われる火山灰を試料とした反射モデルをつかみたい。

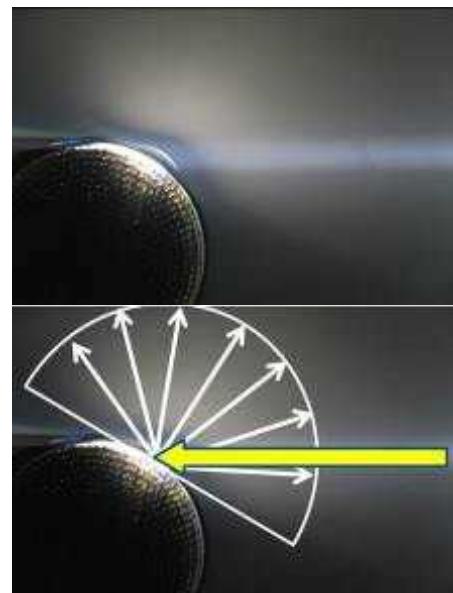


図15 剣山による深い拡散反射の再現

#### 10. おわりに

今回の研究は、「お盆のような月」の理由として、拡散反射に注目してその原因を探った。月の反射については、凸凹の地表にさす太陽光の角度による明暗効果である「衝効果」でも、説明している書籍がある。この研究では、当初から地形の影響を排除したため、衝効果にはたどり着くことはなかった。

そこで、拡散反射の特性を考慮せずに、衝効果だけで「お盆のような月を」を説明できるのかを考えてみた。その結果、図16に示したとおり、衝効果だけで非周辺減光を説明することは、現実的ではないことが分かった。

最後にこの報告をするにあたり、観測を行った小学生観測チームからは、貴重なデータをお借りした。研究では、幾つものハードルを頑張って乗り越え、その都度進歩が見られた。それら努力に感謝し、メンバーを紹介させていただきお礼とさせていただきたい。

研究者（ジュニア天文俱楽部）（敬称略）

田島 恵一郎（岐阜市立中央中学校2年）

橋口 健太（山県市立伊自良中学校2年）

誠にありがとうございました。

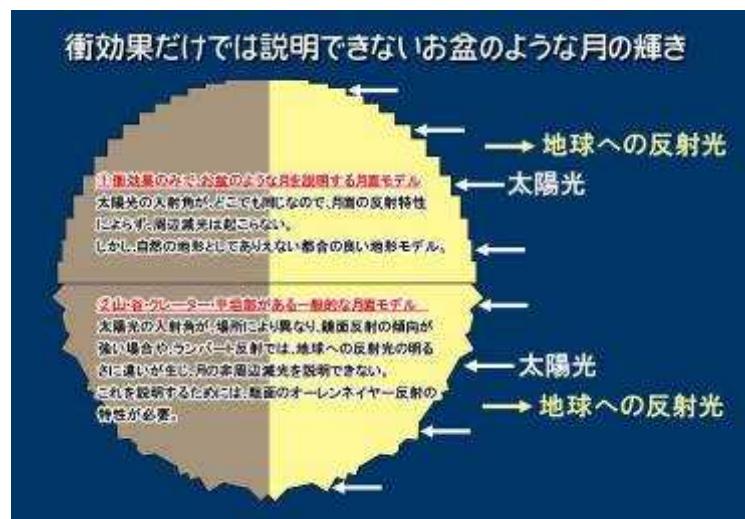


図16 衝効果でだけでは説明できない非周辺減光

# 小学校を舞台とした天文クラブ活動

## ～松阪市立第五小学校の取り組み～

前田 昌志（松阪市立第五小学校）

### **Astronomy club in elementary school**

Masashi Maeda (Matsusaka Daigo Elementary School)

#### **Abstract**

An astronomical club has been built up in elementary school at Matsusaka, Mie to promote experience-based learning through astronomical activities. Our club is not temporal but permanent. Pupils attend the club regularly and learn about telescope handling and/or make a plan of a stargazing party. There are few cases to do such regular actions in Japanese elementary school because night-time activities increase various risks to children. In order to reduce risks and advance knowledge about astronomy, learning materials which can be provide as homework have been developed. We are going to hold a stargazing party twice a year as an opportunity for presentation of club achievements.

## 1. はじめに

本校では 2015 年度から、従来のクラブ活動の時間に天文クラブを設置した。天文クラブは、年間を通して継続的な活動を通して、観望会を中心とした体験的な学習を展開することができる。しかし、小学校でこのような「天文・宇宙」を扱った継続的な活動は、全国的に見てもあまり見られない。これは、活動が夜間中心であることから、児童の安全面・学校運営面で困難をきたすためである。そのため本校では、「1.児童が自宅でできる学習プログラムを作成し、クラブ活動の時間はその習得にあてることで、夜間活動の問題をクリアする」「2.児童の活動を発信する場として、教職員や PTA、地域との連携を図った年 2 回の星空観望会活動を行う」ことで課題を克服する。本稿では、これらの取り組みの一部を紹介する。

## 2. 活動の背景

児童の「理科離れ現象」が指摘されていることを踏まえ、理科は現行学習指導要領において、科学的な見方や考え方の育成、科学的な思考力、表現力の育成、科学を学ぶ意義や有用性を実感させ科学への関心を高めることなどの観点から充実が図られており、その方向に沿った学習指導の充実が求められている。

本校ではこのことを踏まえ、科学的な見方や考え方の育成を図る体験活動の一環として「皆既月食観望会」を 2014 年 10 月に実施した。当日は希望した児童・保護者合わせて約 180 名の参加があり、観望会後の参加者の満足度を問うアンケートでは、5 段階中、平均で 4.7 ポイントを示すなど、非常に満足度の高い企画となつたことがわかった。また、年度末に行った追跡調査では、観望会に参加することで「星に興味を持つようになった」「理科に興味をもつようになった」と答えた児童が半数以上を占めた。このことから、2015 年度以降も継続して観望会を実施していく意義があると考えた。

しかし、2014 年度は教職員が提供するという形の観望会であり、児童が貴重な体験活動に対して受け身の立場であったこと、観望会以後に継続的な取り組みができなかつたことが問題点として挙げられた。そこで 2015 年度から、本校従来のクラブ活動の時間に、高学年を対象とした天文クラブを設置した。児童が主体となって観望会を実施することで、観望会に向けての準備から観望会後の課題の洗い出しなど、年間を通じての活動が可能となる。そして、児童が主体とな

って観望会を進め「科学コミュニケーション」を図ることで、学校・保護者・地域が一体となつた継続的な体験活動を行うことができると考えた。

### 3. 天文クラブの立ち上げ

#### (1) クラブ活動

クラブ活動といえば、小学校より中学校で行われているイメージが強いのではないだろうか。しかし小学校では、第4学年以上でクラブ活動が必修になっている。これは学習指導要領に定めがあり、特別活動の一領域とされているためである〔1〕。他方、中学校では平成10年、高等学校では平成11年改訂（実施は、それぞれ平成14年、15年）の学習指導要領で必修のクラブ活動は廃止され、現在では各学校の実態に応じ、課外活動の一環として部活動が行われている。

本校では当初、「第五小アストロリーダー」として課外活動として扱う予定だったが、天文クラブとして従来の学校教育活動の時間に組み込むこととなった。2015年度の通常の授業時間内での活動は年6回であるが、年2回の観望会とその準備を含むと年10回の活動となる（表1）。

#### (2) PTAとの連携

天文クラブが主体になって行う観望会は、夜間の活動になる。そのため、学校では天文クラブの児童はもちろん、観望会参加者の万が一のための責任の所在をはっきりさせておかなければならない。そこで、本校ではPTA本部の承認を受け、観望会をPTA行事とした。観望会の参加は保護者同伴が条件であることから、PTA行事として本活動に対して保護者の理解と協力を得ることができる。また、PTAの主催・共催するPTA活動であれば、万が一の児童・保護者・教職員の傷害事故に対して、PTAが加入する保険から補償が行われる。ただし、補償の対象となる人には範囲（主に、児童・生徒とその同居家族、教職員）があり、観望会参加者を募集する場合には十分注意する必要がある。

#### (3) 大学との連携

本活動は、三重大学教育学部理科教育コース天文学教室と連携し協力をいただいている。そのため、普段利用する望遠鏡などは、大学から借りることにより機材の問題を克服している。今後は、本校の隣にある松坂高校との連携も考えている（図1）。

#### (4) 助成金の活用

独自の教育研究に対する助成はある種類がある。2015年度の本校の取り組みに関しては、公益財団法人ちゅうでん教育振興財団の助成を受けている。

#### (5) 職員会議での全職員との共有

3月、4月、5月の各月の職員会議で、天文クラブ立ち上げに関する提案をし、全職員での共有を図った。また、観望会1ヶ月前の職員会議においては、観望会に関する提案と、当日の協力者を募ることとする。

表1. 2015年度の全10回の活動

回	日	日	内
回	日	内	容
1	5月25日(月)	6限目	望遠鏡のしきみ
2	6月15日(月)	6限目	星座カード
3	9月25日(金)	放課後	観望会準備
4	9月28日(月)	18:45~	お月見観望会
5	10月19日(月)	6限目	望遠鏡組立実習
6	11月30日(月)	6限目	冬の星空について
7	12月11日(金)	放課後	観望会準備
8	12月14日(月)	18:30~	冬の観望会
9	1月25日(月)	6限目	ペットボトルロケット
10	2月15日(月)	6限目	新聞作成

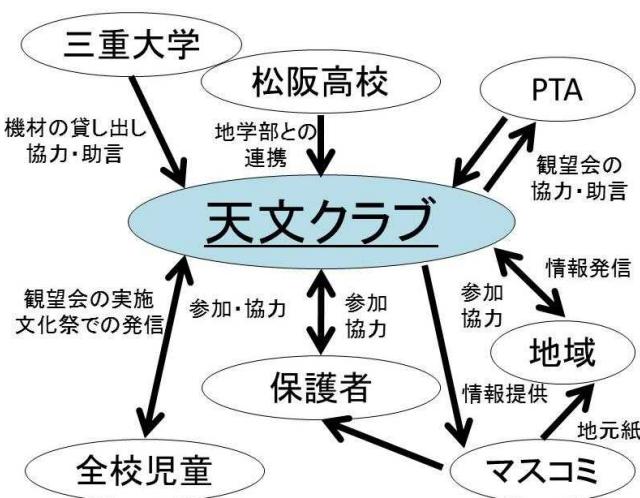


図1. 天文クラブと児童・保護者・地域のかかわり

#### 4. 家庭学習教材

##### (1) 冊子の作成（保護者に見てもらえる環境づくり）

2015 年度は、4~6 年生の 19 名の児童（定員 20 名）で天文クラブが始動した。クラブ活動の時間は、主に「天文や宇宙に対して興味を持つこと」「自宅でできる家庭学習プログラムの習得」に当てる。そのために、毎回のクラブでは家に持ち帰って読める冊子を作成する（図 2）。天文クラブの児童を対象としたアンケート（N=19, 2015 年 7 月）では、83% の児童が「クラブでしたことを、お家の人に話している」としており、この実態をさらに有効活用していく必要がある。

##### (2) 星座カードの作成と、コルキット望遠鏡の組み立て

「星に重ねる星座カード」は、OHP シートに特殊な蛍光ペン（ルミノマーカー）で星座の形を写し取る教材である[2]。天文クラブは、星に詳しい子どもは少なく、体験的に星座を知る必要がある。そのため、晴れたときに自宅で、空にかざして見られる教材を選び、作成することにした。なお、OHP シートに写す星座の大きさは、ちょうど空にかざした時に、実際の星座と同じ大きさになるように作成した。また、10 月にはコルキット望遠鏡「スピカ」も組み立てる。望遠鏡の簡単なしくみを知るとともに、家で実際に月や惑星を見ることができる。



図 2. クラブ活動で配る冊子

#### 5. 年 2 回の星空観望会

2015 年度は、以下の要領で観望会を開催する。なお、観望会では望遠鏡を用意するとともに、校舎の壁にスライドを投影し、天文クラブの児童が解説やクイズをする（図 3）。また、チラシを作成し、3 週間ほど前から参加者を募集する（図 4）。

##### ①9月 28 日（月） 18:45~19:45 お月見観望会

内容：望遠鏡での満月の観察、天文クラブによるお月見クイズ

※2015 年は 9 月 27 日が中秋の名月となる。暦の上では翌 28 日は満月の日にあたり、望遠鏡で

月を観察するには最適な条件となる。当日の給食は、栄養教諭の協力のもと特別に「お月見メニュー」になり、1日を通して子どもたちが日本の伝統的な行事「お月見」を実感できる日となる。

【2015年9月20日現在、総計358人の申し込みがあり、三重大学等に学生協力を依頼した】

#### ②12月14日(月)18:30~19:30 ふたご座流星群観望会

内容：望遠鏡での三日月の観望、冬の星空解説

\*12月は「1年で最も星がきれいな時期」とも呼ばれる。空気が乾燥して澄みわたり、東の空には、星座の王様「オリオン座」が昇ってくる。また、この日は西の低空に三日月も見ることができ、望遠鏡での観望がしやすくなる。また、ふたご座流星群の極大日にあたり、流れ星を見ることができる可能性が高くなる。絶好の観望会日和となる。

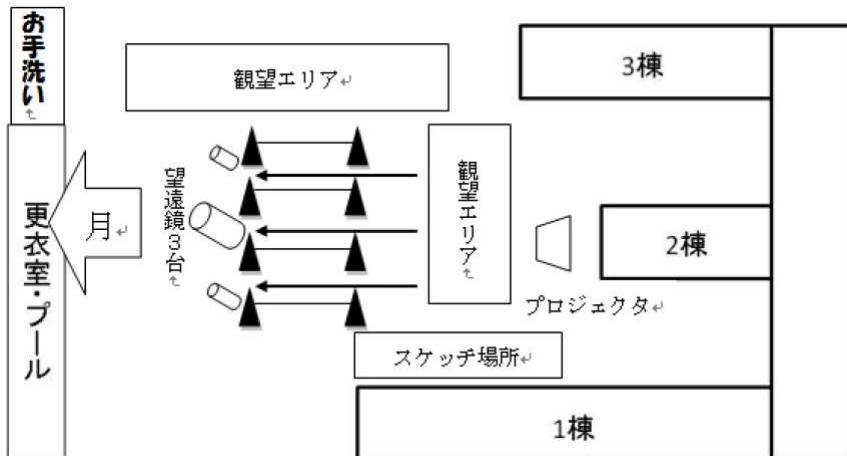


図3. 会場配置図 (職員会議資料より)



図4. 観望会チラシ

## 6. おわりに

2015年度、天文クラブ1期生は順調にスタートした。PTAや教職員、管理職の理解や協力は欠かせず、2年目教員の提案する本企画を支えていただいた現在の職場環境には、感謝してもしきれない。しかし、現段階ではお金に依存するプログラムが多く、持続性に課題があるため、さらなる家庭学習教材の充実・精査を図る必要がある。また、本校の活動を地方の公立小学校に広めていくことが、天文教育の裾野を広げることに繋がる。そのため本校の取り組みは、今後、全国の小学校教員のために「現代版小学校天文普及活動」一般化していきたい。

## 参考文献

[1]学習指導要領 [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/toku.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/toku.htm)

[2]星に重ねる星座カード <http://www.edu.utsunomiya-u.ac.jp/scied/Seiza/index.html>

## 質疑応答

Q：観望会のマニュアル等を残しておいて、前田さんが別の学校に異動しても、活用できるといいですね。（矢治健太郎さん）

Q：大変すばらしい取り組みです。転勤などがあっても取り組みが続いていくような工夫やしくみはどうされていますか？（有本淳一さん）

A：ご指摘の通りです。まずはこの取り組みを一般化していく必要があると考えています。また、若い先生を巻き込んで、ノウハウを伝えていくことも行っていきたいと思います。

Q：先生の異動後のクラブ活動の継続に、意欲のある児童による組織化や他の児童・生徒の引き上げなどは難しいのですか？（平山大地さん）

A：本校のクラブ活動は、1年ごとに希望を出して変わることができます。そのため、児童が1つのクラブ内に留まり続けることは難しいかもしれません。