

メインセッション

アクティブ・ラーニングで 天文教育・普及

～主体的・対話的で深い学びを目指して～



アクティブ・ラーニングを天文教育にどう活かすか。

総説に代えて

西村 昌能

REVIEW: How to use Active Learning for ASTRONOMY EDUCATION

Masayoshi Nishimura

Abstract

In this review I briefly described the relationship between Active Learning and society, history, evaluation, and adaptation to astronomical education. Astronomy requires geometric thinking as well as mathematical handling. For this reason, teaching including 3-dimensional viewpoint movement is necessary for Astronomy Education, but in this respect many teachers are thinking about the difficulty of guidance. In Astronomy Education where such guidance is difficult, Active Learning is suitable.

1. はじめに

私は長年高校の教員として教育に携わってきた。教育実践者の視点から今回の報告をする。この講演内容には西村昌能[1]から引用している部分が含まれているので参照して頂きたい。

さて、私が高校 2 年生だった時、世界史の授業で、先生は「アレクサンドロス大王は、何故東を目指したのだろうか?」と、問われた。このような問いは授業の單元ごとに一つずつ出されたが、先生は答えを言われなかった。今でもこれらの問いの解答を心の中に求めている自分に気がつくことがある。また、私が生徒であった時、知識として記憶できるものは、自分で勉強し、授業中は先生の考え方を聞いていたことを思い出す。

この経験から、私たちの授業方法は正しいのだろうか?という内省が生じた。暗記を重視しているのではないか?教員の仕事は、生徒に自ら考える力をつけさせることではないのだろうか?とも考えた。そこで、授業改善(今から言えばアクティブ・ラーニング)の必要を感じ、実践を重ねていくことになった。

2. アクティブ・ラーニングの定義

国が定義する学力は次の三要素となっている[2]。

- ①「基礎的・基本的な知識・技能の習得」
- ②「これらを活用して課題を解決するための思考力・判断力・表現力など」
- ③「主体的に学習に取り組み多様な人たちと協働して学ぶ態度」

これが現在の学力の定義となっている。

図 1 は 2015 年発表の中教審答申の解説である[3]。この中で、上記のことを 3 つの柱」としている。

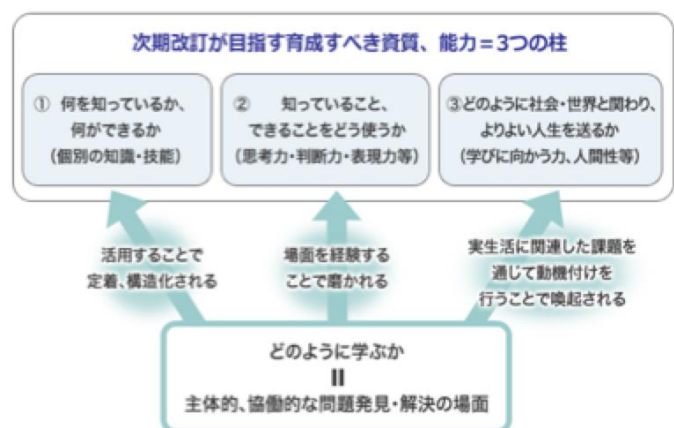


図 1 次期指導要領改定が目指す教育における 3 つの柱[3]

文部科学省はアクティブ・ラーニングの定義を「教員による一方向的な講義形式の教育とは異

なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である。」[4]とし、「伝統的な教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」[5]としている。

京都大学の溝上慎一[6]は、アクティブ・ラーニングの定義として「一方向的な知識伝達型講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。」を提案している。

これらをまとめるとアクティブ・ラーニングは

- 1) 従来型の一斉授業（対面型）ではない、
- 2) 基礎基本的な知識・技能の習得を前提とした、
- 3) 課題を解決するために思考力・判断力・表現力を高め、
- 4) 多様な仲間と協働しながら、自分で課題を見つけて学習に取り組む態度

を育成する幅広い授業法全体のことといえよう。

3. アクティブ・ラーニングへの歴史

文部科学省の言う学力観やアクティブ・ラーニングは急に現れてきたものではない。ここでは、石川一郎（2017）[7]の時代区分に習い、文部科学省の観点からアクティブ・ラーニングへの軌跡を考えてみたいと思う。

① 明治から第二次世界大戦まで、

江戸時代末の日本の人口は 3000 万人であった。その後の 80 年間でおよそ 2 倍の 7000 万人になった。急速な学制改革で集団主義的な学校教育が全国に広まった。この究極の形が国民総動員法（1938 年）であると思う。

② 第二次世界大戦後からバブル崩壊まで

この時代は右肩上がりの成長期であった。人口は 40 年間で 2 倍近い 1 億 3 千万人になった。戦後すぐの人口増で団塊の世代が誕生し競争社会が到来した。生活が安定してきたこの時代の競争の指標は学歴であったため、受験競争が激化した。大量の受験生を判定するために、記憶力を重視する試験が考案された。

③ バブル崩壊から“ゆとり教育”へ

1990 年代のバブル崩壊後、日本の経済の様相はそれまでとはかなり変わった。1970 年代からの少子化が進み、受験競争が一部緩和された。一方、不登校生徒、引きこもりの増加という社会問題が出てきた。これを受けて、1996 年には、中教審答申に「自ら学び、自ら考え、主体的に判断・・・他人とも協調する“生きる力”が子供たちに必要」の文章が掲げられるようになった。これがいわゆる“ゆとり教育”の始まりである。

この文章はアクティブ・ラーニングの定義そのままに見える。つまり、アクティブ・ラーニングは“ゆとり教育”を源としていて、この時代の学力観は現在も引き続いて文科省の根幹になっていると思われる。2008 年には中央教育審議会が大学生の学力（学士力）を「学士教育課程」で提案したことから、アクティブ・ラーニングは先ず、大学の授業改革として始まった[9]。一方、高校側では大学の受験が教育を歪めていると指摘し、現在、センター試験から高等学校基礎学力テストへの変更が進められ、高校教育が変貌し、それに引きずられるように中学校、小学校の教育内容に大きな変更が迫られているのである。

表 1 は現代社会の動き（高度成長期と低成長の時代）と授業法の変化（従来型とアクティブ・ラーニング）を比較したものである。両者には驚くほどの類似が見られる。教育が社会の要請によって行われるものであるなら両者（社会の変化と教育の変化）は一致する方向に動くはず

である。つまり、アクティブ・ラーニングは時代の要請であったといえるのだ。

表 1 現代社会の動きと授業法の変化

現代社会の動き		授業法の変化	
高度成長期 戦後からバブル崩壊まで	低成長の時代(現在・未来)	従来型授業	アクティブ・ラーニング
大量生産・画一的な規格	多様性の重視、少量生産・付加価値	授業 プログラム型	> プロジェクト型
成長志向(右肩上がり)	多様性の重視、少量生産・付加価値	形態 一斉授業(従来型)	> 協同的学び
膨張主義	お金より余暇	生徒 受け身、能動的	> 主体、受動的
人口増(いけいけドンドン)	停滞の時代	消極的、	> 積極的
第1産業から第2次産業へ	人口減(税収・年金減)少子高齢化	教室 知識習得の場	> 考える場
明るい未来(土地神話)	第3次産業から第4次産業(情報産業)	教員 教える専門家	> 学びの専門家
伝統的な知識が生きている	未来が見えない時代。土地神話の崩壊	問 正解がある	> 正解などない
答があった時代	正解のない世界=知識基盤社会の到来		
一般入試	AO入試		

世界的に見ると、アクティブ・ラーニングは 1980 年代に欧米で取り入れられ成功していた。この欧米での情勢を文科省は見ていたのであろう。

4. アクティブ・ラーニングの歴史と様々なアクティブ・ラーニング

欧米での発展していた授業改革(アクティブ・ラーニング)の基本的な項目に「問題解決学習法」と「再接近発達領域」の二つがある。いずれも前世紀に研究されたものである。

「課題解型学習 PBL : Project-Based Learning」(または問題解決学習法 Problem-Solving Learning)はアメリカの教育学者のジョン・デューイ(1859-1952)の学習理論である。デューイは我が国ではプラグマティズムの研究者・提唱者として高校の倫理で紹介されてきた人物である。彼は自身が所属する大学に付属の小学校を開設して、この取り組みを実践した。学習を能動的なものと規定して、知識の暗記にみられる受動的なものから脱却し、自ら問題を発見し解決していく能力を身につけていくことに本質を求めたものである[8]。

「最接近発達領域 ZPD : Zone of Proximal Development」はロシアの心理学者レフ・ヴィゴツキー(L. S. Vygotsky 1896-1934)が提唱したものである。ZPDは子どもがある課題を解決できる現状の発達水準と他からの援助や協同で解決できるようになる潜在的な発達水準との差や範囲を意味する。近年の理論的な再検討により、大人や発達のより進んだ人との相互作用を通して、子どもは自ら発達の最接近発達領域を形成し拡張していくと考えられるようになった。つまり、発達段階が微妙に異なる仲間とのコミュニケーションが子どもたちの知的成長を促すという考えである。

このような実践や理論をふまえてかなり前から日本でもグループディスカッション、グループワーク、ディベート、仮説実験授業(板倉聖宣 1963 年から)のような前駆的アクティブ・ラーニングが実践されてきている。

最近、アクティブ・ラーニングの手法を広めている団体は

- 1) 学びの共同体(佐藤 学 学習院大学)
 - 2) 学び合い(西川 純 上越教育大学)
 - 3) アクティブ・ラーニング実践交流会(小林昭文 産業能率大学)
 - 4) 共同学習:日本共同教育学会(杉江修司 中京大学)
 - 5) 知識構成型ジグソー法(今研究会集録 前田昌志氏のパネリスト発言参照)たとえば、CoREF(三宅まほみ 東京大学)など。
- などが見当たる。

特に1) 学びの共同体の授業を詳しく述べてみたい。この協同的学習の基本デザインは以下の 3 つの柱からなっている。

・コの字型レイアウトの教室

従来型の一斉授業では教員は黒板を背にして 40 人の生徒と対面するが、図 2 の机配置では生徒同士が向き合うのが常態となっている。教員は教室の中央におり、生徒との距離は近い。この形はクラス全体での話し合いに持っていくための配置であり、グループ学習に容易に編成替えができるような配置にもなっている。

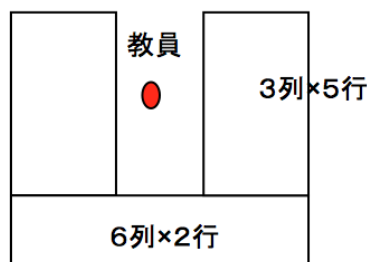


図 2 コの字型レイアウト教室

・グループ学習

座席は図 3 のように 4 人一組、男女の市松模様である。従来の班学習は班全体で課題を解決していくが、ここでのグループ学習では全員がおのおの課題に取り組む。難度の異なるいくつかの課題から自分の力に合うものを選ぶよう指導することもある。わからないことを隣や向かいの仲間にそっと聞くことができるよう図のように机をびたりと合わせ、筆箱を机の端に置き互いの勉強の様子が見えるようにする。学力の異なる者でグループを作るのがよいので教員が指定する場合が多い。



図 3 グループ学習の机配置

・理解のジャンプ

授業中に生徒が跳躍的に理解を進めることをいう。これを実現させるには授業計画をしっかりと立てることが必要であるが、生徒たちの反応によって思わぬ展開になり、教員が意図した以上の（素晴らしい）結果になることもあるようである。これはグループ学習や全体討論で得られると期待される。これを「深い学び」と言い換えてもよい。

なお、協同的学習の前提として、教員の学びの高い専門性を高めるために頻繁に公開授業研究を実施すること、教員の同僚性と児童生徒の関係性が保証されることが大事で、学校全体でこの授業法が実施される事が重要とされる。

私は、この協同的学習を実践する中で自分なりの工夫を試みた。花山天文台での太陽観測実習・西はりま天文台などでの激変星観測実習での成果を踏まえ、授業の最初に生徒自身が「一次データを取得する」というものである。

観測実習を最初に 1・2 コマ行い、一つのテーマが 10 コマを超えることもある。

1 コマ（50 分）の授業の流れは次のようになる。

教員）テーマの提示

生徒）一次データの取得

（観測、実習、実験、映像・資料からの読み取り）

生徒）解析（データ・資料の読み込み）

生徒）学習（ワークシート A4 一枚から二枚 計算課題では、学び合い法で実施）

生徒）グループ学習（各自＋グループ内で質問のし合い）

生徒）プレゼンテーション（クラスでの発表）

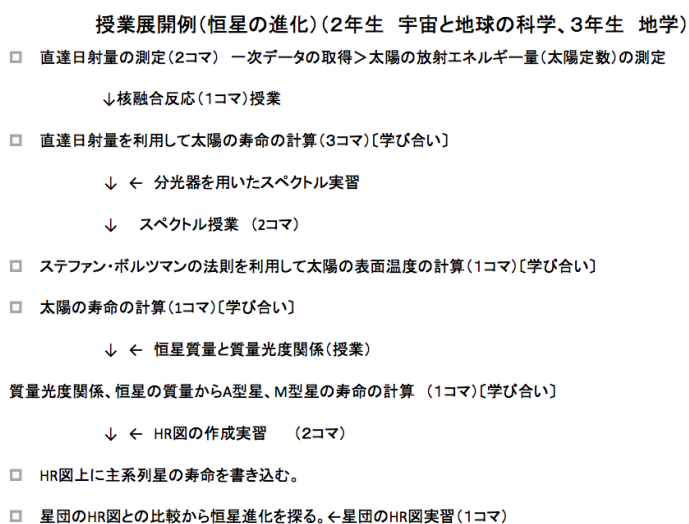


図 4 恒星進化を扱った授業展開例

生徒) ワークシート提出+振り返り

このルーチンが数コマ続いていくのである。図 4 はその展開例である。

5. アクティブ・ラーニングと評価

アクティブ・ラーニングで成績が上がったという意見と変わらないという意見が混在している現状がある。これは学力をどう見るのかにも関わっているようである。文部科学省の定義する学力は先に述べたように 1) 基礎・基本的な知識、2) 課題を解決するための思考力・判断力・表現力、3) 主体的に学習に取り組み多様な人たちと協働して学ぶ態度である。評価自体もこの観点で行われるようになってきている。成績とは記憶力の測定なのだろうか。アクティブ・ラーニングでの学力向上は従来型の成績評価では見えてこないであろう。

例えば、アクティブ・ラーニングの授業と評価法の一つに ICE 法がある。ICE とは I (アイデア=知識)、C (知識のつながり)、E (応用) を意味する。この 3 つについてルーブリックを作成し学習の進歩を知るという評価法を提案している。この際、授業のキーワード動詞がレポートに入っているかで生徒の理解度をみるやり方である[9]。

アクティブ・ラーニングで成長する学力は簡単に評価できるものではない部分も多い。小中高校教育の積み重ねで培われるものであり、総合的学力の向上がこれにあたるのであろう。評価について、今後の研究が待たれる。

6. アクティブ・ラーニングと天文教育

天文・宇宙は「未知との遭遇」であり、誰もが少なからず関心を持っている科学分野である。天文学では数学的取扱いは必須であり、何より幾何学的思考を試される学問領域だと言える。

学習指導要領に従ってどの学年でどのような内容が学習されるか書き起こしてみよう。小学校 3 年生では、太陽の位置と影の関係、4 年生では、月の形と位置の変化と太陽、星の位置の変化、星の明るさと色について、6 年生では、月齢と太陽との関係であり、中学校 3 年生では、日周運動と自転、年周運動と公転、太陽の様子、恒星と惑星、月や金星の運動と見え方となっている。高校では地学基礎と地学でたっぷりの内容があるが履修者数は化学・生物・物理に比べ格段に少ない。物理では、万有引力の項目に、惑星運動でケプラーの法則を教えるとあり、原子とスペクトルの項目もある[10]。

太陽と影の観察以外、夜に行う月の満ち欠け、天球の回転のような観察は難しい。夜の天体観測会も単発的である。隕石の密度測定を除いて、手にとって行える実験はないと言えよう。

月の満ち欠けと太陽-地球-月の位置関係の図式は「地球にしながら月の軌道の外から地球と月を見つめている自分を想像する」こと、つまり、視点の三次元移動ができて理解できる。これが理解困難な文系大学生がいるという[11]。このように天文分野は多くの学習者が興味はあるが、難しいと思っている。そして生徒の空間把握は難しいと考える教員は多いという報告もある。

しかし、最接近発達領域 (ZPD) の考えならば、この難しい事象が仲間や指導者との対話で理解が進むことは容易に想像できる。討論・議論の中で突然、テーマの理解が生じるのである。これはまさしく、アクティブ・ラーニングでいう「深い理解 (理解のジャンプ)」である。つまり、天文教育はアクティブ・ラーニングに親和的だと言える。いや、アクティブ・ラーニングでこそ、理解が進む学習領域なのかもしれない。

西村一洋は、小学校 6 年生の月の満ち欠けの授業において 1) 従来型 (講義型)、2) 電子黒板に児童が画像を映写して行うコミュニケーション型、3) グループごとにホワイトボードに記入しながら論議する協同学習型の 3 つの異なる授業法を試した。その結果、発言数や児童が描いた月の満ち欠けについて宇宙から見た図と地球から見た図を正しく理解した児童数は有意に 3) の協同学習型が多かった。西村はこの要因として、言語活動 (協同活動) を行い、児童の発言回数が増えることで児童集団全体の理解が大きく進んだことにあると考えている[12]。

数年分の天文教育誌を読み返してみると、以下のようなアクティブ・ラーニングの授業での報告が原著論文として掲載されていた。先ほどの「異なる指導法による評価の比較研究～月の満ち

欠け（6 学年）～」西村一洋（2015 年 1 月号[12]）と「分光実験でアクティブ・ラーニング天文学」 藤田あき美（2016 年 7 月号[13]）である。他にも年会や支部集会での報告で終わっていて投稿されずに埋もれているものもあると考える。会員のみなさんにはアクティブ・ラーニングの実践を天文教育誌に投稿していただき、知恵を研究会で共有できれば素晴らしいと考えている。

参考文献

- [1] 西村昌能（2014）「授業改革で天文教育～協同的学習で天文教育を行う試み～」天文教育 2014 年 3 月号 Vol.26, No.2, pp.97-105
- [2] http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/idea/1304378.htm
- [3] https://www.manabinoba.com/edu_watch/24310.html
- [4] 中央教育審議会（2012 年（平成 24 年）8 月 28 日）用語集
- [5] 2012 年中央教育審議会答申「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」
- [6] 溝上慎一（2014）「アクティブ・ラーニングと教授学習法パラダイムの転換」 東信堂
- [7] 石川一郎（2017）「2020 年からの教師問題」 pp.79-93 ベスト新書
- [8] 例えば、ジョン・デューイ 市村尚久訳（1998）「学校と社会・子どもとカリキュラム」講談社学術文庫 にデューイが彼自身の教育の考え方・実践について述べている。
- [9] Sue Fostaty Young・Robert J. Wilson 土持ゲーリー法一監訳 小野恵子訳（2013）『『主体的学び』につなげる評価と学習方法 カナダで実践される ICE モデル』 東信堂
- [10] 高等学校学習指導要領解説理科編（2010, 小中学校の内容も簡潔にまとめられている。）
- [11] 下井倉ともみ・土橋一仁（2017）「理科を専攻としない教員志望者への『月の満ち欠け』の教育の必要性」 地学教育 Vol.69, No.4, pp.211-227
- [12] 西村一洋（2016）「異なる指導法による評価の比較研究～月の満ち欠け（6 学年）～」天文教育 2016 年 1 月号 Vol.28, No.1, pp.3-11
- [13] 藤田あき美（2016）「分光実験でアクティブ・ラーニング天文学」天文教育 2016 年 7 月号 Vol.28, No.4, pp.7-17

質疑応答

Q：プラネタリウムの中で、どのようにアクティブ・ラーニングを進めたらよいか。（小山浩）

A：プラネタリウムでの番組は、児童・生徒に大いに興味を抱かせるものです。また、プラネタリウムはそれ自身で大きな教育効果をもたらすものです。AL に活用されるときは、教員と綿密な打ち合わせを行い授業の中に位置付けることで、私のいう一次データ（課題提起）になると思われます。

補足 1：私は AL の形をまねて伝統的な授業を進める AL もどきでも、最初はそれで良いと思います。今時の授業で従来型の講義で行われているのは文部科学省の指示で各県の教育委員会が配下の学校を何年もの間、指導していて AL 的になってきていると思います。ですから授業すべてが AL ではなくても良いとも考えています。でも児童生徒の成長を願う教員であれば、授業の工夫を進めていかれると思います。長い授業のどこかの場面で何回か深い学びがあるところどもたちは大きく成長出来るのではないのでしょうか。

補足 2：「月の満ち欠けと月の位相の関係」以上に理解が困難なテーマに「金星の満ち欠けと太陽系モデル」があります。これは中学 3 年生に課せられたテーマであるが、アクティブ・ラーニングで理解が進むものと思われます。

アクティブラーニングで天文教育・普及

有本 淳一（京都市立京都工学院高等学校）

Astronomy Education with Active learning

ARIMOTO Jun'ichi (Kyoto Municipal Kyoto Kogakuin Senior High School)

Abstract

Does astronomy education change with the technique of active learning? How should this technique be incorporated? Does this technique change the ability of children to wear and change in cosmology that children can acquire with this technique? I tried to deepen the discussion on panel discussion on practical report to the stakeholders from primary school to university.

1. はじめに

現在、学校教育においては明治維新以来ともいわれる教育改革が進みつつある。それは高大接続改革、学習指導要領の改訂といったシステムや学習内容に関するだけでなく、どのような手法で学ぶのかといったかつて問われなかったような内容に関する議論である。

このような背景のもと、天文教育の分野ではこの手法に関してどのように取り入れているのか、またどのように取り入れていけば良いのかということ、さらにこの手法を用いることによって天文教育はどのように変わり、どのようなところを到達点とするのかということについて、小学校から大学までの関係者に実践報告をしていただき、パネルディスカッションを通して議論を深めることを試みた。

なお“アクティブラーニング”という言葉は、新学習指導要領においては、“主体的、対話的で深い学び”という言葉に置き換えられているが、パネルディスカッションならびに本稿では呼びやすい名称として“アクティブラーニング”という名称を使用する。

2. 京都工学院高等学校での例

私の勤務している京都工学院高校は京都市立の2つの工業高校（洛陽工業高校と伏見工業高校）を再編統合する形で2016年4月に開校した。開校するにあたって本校ではアクティブラーニングを組織的に導入し、STEM教育と課題発見解決型学習（PBL）を教育の軸におくというコンセプトを立てた。またこれらを支援するため校地内全面でWi-Fiが使える教育環境を整備し、1人1台のiPadを購入し、授業に活用できるようにした。

アクティブラーニングは私の実感としては教育環境による部分もあり、ICT環境の整備に伴って、大きな混乱なく本校では、いわゆるアクティブラーニング型授業を行うことができています。ここではその中で課題発見解決学習として実施しているプロジェクトゼミを紹介する。

プロジェクトゼミは1年生（プロジェクトゼロ）2単位、2年生（プロジェクトゼミⅠ）3単位、3年生（プロジェクトゼミⅡもしくはフロンティアゼミ）2単位という構成で3年間の合計で7単位をおいている。1年生はクラス単位で実施し、5～6名のチームを組んで手法を学ぶ、2年生はクラスを解体し、学年全体で7～8のテーマのもとに別れ、その中で5名前後のアプローチグループを編成して課題解決に取り組んだ上で、プロトタイプまで製作するという日本でも初となる試みである。

例えば、1年生のプロジェクトゼロでは連携している研究機関であるJAXAのエンジニアからミッションをいただき、それに取り組むという授業を行った。この際、JAXAにお願いしたのはホンモノ体験である。実際にJAXAのエンジニアが取り組んでいるようなミッションを出し

ていただき、それに取り組んでみるということであった。実際のミッションは次の5つである。

『より長く、より高く飛べる気球の概念設計』

『小惑星での試料採取システムの概念設計』

『宇宙ビジネス用輸送システムの概念設計』

『省資源で製作可能な月面の有人拠点の概念設計』

『時間をかけてでも取り組む必要のある基盤研究において資金を獲得する方法』

取り組みの過程であったり、結果に関しては別の機会に報告したいと考えるが、ここ数年、ほとんどの高校でこのような取り組みが行われ、その中には宇宙や天文を取り上げたものも増えてきていると言える。



3. パネルディスカッション

パネルディスカッションは次の方をお願いした。

前田昌志（三重大大学教育学部附属小学校）

山田隆文（奈良県立青翔中学・高校）

水野翔太（京都市立堀川高校）

富田晃彦（和歌山大学教育学部）

西村昌能

このパネルディスカッションでは次の2点を中心に議論を行っていただいた。

① アクティブラーニング（AL）という手法で天文教育は変わるのか？

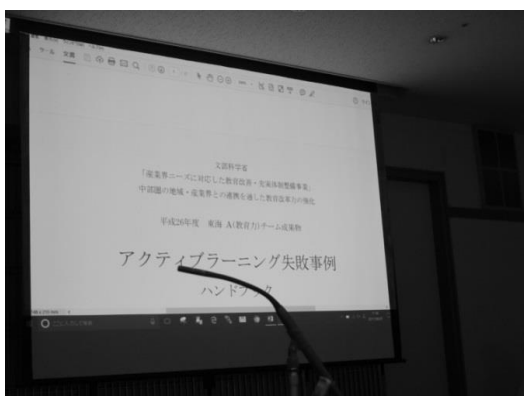
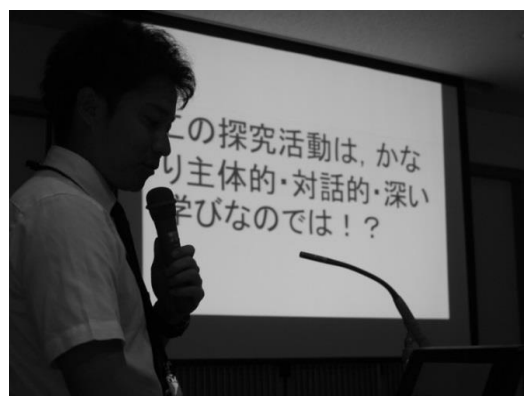
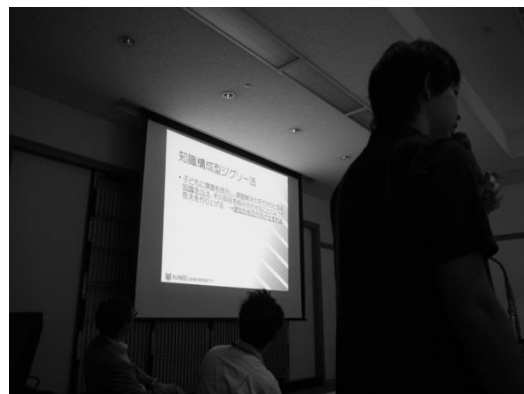
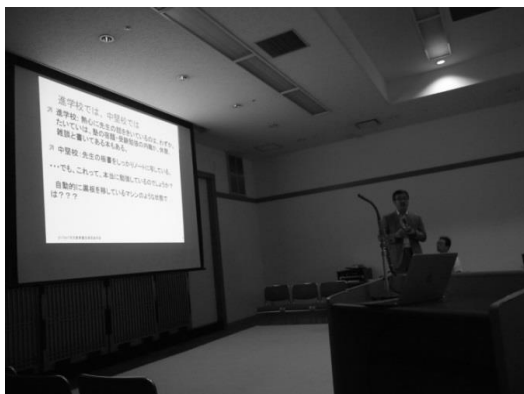
→ALという手法をどのように取り入れるべきか？

→ALという手法で子どもたちが身につける力が変わるのか？

② そして、AIという手法で子どもたちが獲得できる宇宙観に変化はあるのか？

議論の内容やパネラーのみなさんの考えはそれぞれの方が執筆されたものから汲み取っていたきたいが、私自身は先の実践経験からアクティブラーニングという手法を効果的に使うことによって子どもたちが獲得できる宇宙観や世界観は劇的に変化するものだと考えている。それはアクティブラーニングという手法だけでなく、ICTというツールを組み合わせることにより、今まで難しかった視点の移動が容易になり、授業の中で深い学びを実現できるようになったことが大きな理由だと考えている。それは今回の年会の多くの発表内容を俯瞰的に捉えてみることで誰もが気付くのではないだろうか。

今後、手法とツールを組み合わせ子どもたちの宇宙観にどのようなアプローチをかけているのかという発表が増えることを期待している。



ジグソー法におけるエキスパート活動を通した

主体的・対話的で深い学びの実践

～第3学年 「太陽の動き」より～

前田 昌志（三重大大学教育学部附属小学校）

Implementing Active, Interactive and Deep Learning Classes through the Expert Activity with the Jigsaw Method: A Case in "Motion of the Sun" of 3rd Grade Class

Maeda Masashi (Attached Elementary School, Faculty of Education, Mie University)

Abstract

In order to investigate whether the agentic, interactive, and deep learning is effective for astronomy education class, I implemented a class of "Motion of the Sun" in the 3rd-grade class of elementary school incorporating the jigsaw method. The class was partially difficult for the 3rd grade students. Instead of letting students hurry to the conclusion I set in advance, I shared a new question for next class with students, which encouraged more inquiry learning.

1. はじめに

平成29年3月に公示された新学習指導要領により、小学校教育において「主体的・対話的で深い学び」を実現するための授業改善が図られている。しかし大学・高等学校教育に比べて、小学校教育ではアクティブラーニングが従来から行われていると言われており、授業手法は大きく変える必要はないという声もある。しかし、指導者から一方的に教えられている授業や、ペア・グループ活動を形式的・表面的に取り入れるだけの授業（アクティブラーニング”型”授業ともいう）は、未だに現場で数多く見られるのが現状である。授業の主役は指導者ではなく、一人ひとりの子どもである。受け身の暗記・再生型の授業を、自ら学び共に学ぶ思考・発信型の授業に変えていくことにより、新学習指導要領が育成を目指す資質・能力[1]を身につけさせることができる。と考える。

そこで今回、新学習指導要領で明記された「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業が、天文教育において有効かどうかを検証するために、第3学年「太陽の動き」でジグソー法におけるエキスパート活動を取り入れて実践を行った。子どもがもっている力を存分に発揮し、主体的に取り組む授業を実現できるか、実際の授業分析等を交えて紹介する。

2. ジグソー法におけるエキスパート活動

アクティブラーニングの視点における授業改善を目指すために、ただグループ・ペア活動を取り入れるだけでは不十分である。単に集まって一緒に考えるだけでは、「結局できる子が解決して他の子がそれに従うだけ」「お互いの意見や考えの発表会をして終わってしまう」という状況が生まれてしまう。また、「よく話すことはできるけれど、結局はわかっていない」ということもある。そうしないための型の1つが、知識構成型ジグソー法である。

知識構成型ジグソー法は、子どもに課題を提示し、課題解決の手がかりとなる科学的事象を異なる観点から見つけさせ、その部品を組み合わせることによって答えを作り上げる[2]。そうすることで、事象の性質・働きを多面的・多角的にみることができ、理解の深化につながる。今回の実践では、最初に本時の課題に対して各自が自分なりの仮説・予想を考えてみる。その後、そ

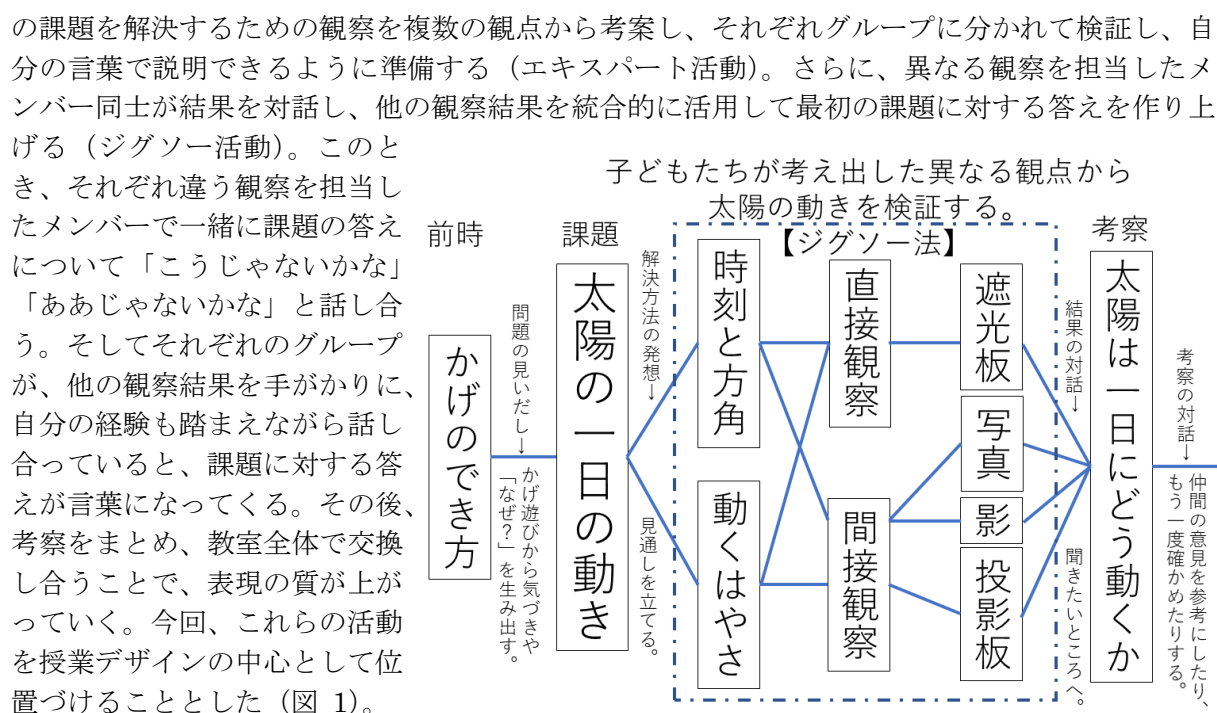


図 1：授業デザイン（詳しくは、3、4 章を参照）

3. 主体的・対話的で深い学びを実現する授業デザイン

本研究では、授業内容が主体的・対話的な学びになることで、結果的に深い学びにつながると仮定をした。ここでの深い学びとは、子どもたちが探究し続けたり追究し続けたりすることにより、事象の性質・働きを深く、広く理解することができる姿と考える。そのため、新学習指導要領で求められている理科の問題解決型学習の過程①～⑥の中に、それぞれ以下のように主体的になるための働きかけ（主）、対話的になるための働きかけ（対）を位置づけた。

- ① 【問題の見だし】課題は、子どもたちが見いだした問題を基にしながら、習得すべき科学的知識を取り入れ設定する（主）。このような課題を設定するためには、子どもが思いを表出し、指導者が把握する必要がある。そこで、単元を進める中で、「分からないこと、もっと知りたいこと、次にしてみたいことは何ですか。」と問い、子どもたちは湧き出てきた気づきや疑問を整理し、表現する。
- ② 【見通しの発想】課題を提示した後、仮説・予想を立て、自らの思考を表現する。思考するときには、「どのような結果が出ると、どのようなことが分かるのですか。」と問い、観察・実験の目的・見通しをもたせていく（主）。
- ③ 【解決方法の発想】次に、自ら立てた仮説・予想の立証や課題の解決できる観察・実験を個で思考する。次に、個が思考した観察・実験について、自ら立てた仮説・予想の立証や課題の解決のために適切であるか、少人数で対話をさせる（対）。その後、少人数で対話したことを基に全体で話し合い、実際に行う観察・実験を決定する。このとき、行う観察・実験は数種類に及ぶ。
- ④ 【観察・実験】この中から、自らの仮説・予想が立証・解決できそうな観察・実験を自ら選択し、観察・実験を行う（主）。
- ⑤ 【結果の整理】自らの観察・実験をまとめる。そして観察・実験結果を共有するために、自らの観察・実験結果を説明したり、他の実験グループに聞きに行ったりする（主）（対）。
- ⑥ 【考察】観察・実験結果を共有したところで、個で考察する。その後、個の考察について仲間に意見をもらったり、仲間が思考した考察を参考にしたり、もう一度実験結果を確かめたりするといった対話をさせる（対）。そして、考察を再構成し、それらを基にして、全体で話し合う。最後に、まだ分からないことや分かったことを整理し、新たな問題を見いだした

り科学的知識を習得したりする。

4. 第3学年「太陽の動き」での実践

4-1.単元の学習計画（全8時間）

1. かげの向きを調べよう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3時間
2. 太陽の動きを調べよう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4時間
 - ・太陽は、1日の間でどのように動くか予想し、個で観察を考えよう・・・・1時間
 - ・太陽は、1日の間でどのように動くか、少人数、全体で観察を考えよう・・1時間
 - ・太陽は、1日の間でどのように動くか観察し、考察しよう・・・・2時間（2/2本時）
3. 日時計を作り、時刻を調べよう・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1時間

4-2.本時までの授業

本時に関わる学習は、4時間の授業時間を設定し、「太陽の動き」を追究することを目的とした。課題設定は、「太陽は、1日の間で、どのように動くか。」とした。これは、前時までに子どもたちが「影ができるとき、太陽はどこに見えるのか。」「影の向きは、時間が経つとどうなるのか。」を学習し、その中で太陽の1日の動きについての問題を見いだしたためである。第1時は、課題提示をした後、予想を立て、個で観察を考えた。子どもたちは生活経験や、これまでに習得した科学的知識から、「太陽は東からのぼって、真上を通過して、西に沈みます。」「太陽は目ではわからないくらい、ゆっくり動いていると思います。」と予想した。次に、自ら立てた仮説・予想の立証や課題が解決できる観察を個で思考した。第2時では、個で思考した観察について少人数で対話をし、全体で話し合った。そして、実際に行う観察を決定した。行う観察は、4種類（「本時の観察とその様子」を参照）になった。この中から、自らの仮説・予想が確かめられそうな観察を選択した。第3時では、よく晴れた日の午前10時、正午、午後2時にそれぞれの観察グループで観察を行った。第4時（本時）では午前11時の観察をし、これまでの観察結果と合わせて、本課題の考察まで行う予定である。

4-3.本時の目標

自ら考えた観察と仲間の観察を通して、太陽は東のほうからのぼり、南の高い空を通過して、西のほうへ沈むことを理解する。

4-4.実際の授業（45分） ※実践：2017年6月28日（水）3時限

授業の初めに、これまでの課題「太陽は、1日の間で、どのように動くでしょうか。」を提示し、本時で行う観察を黒板に模造紙で示した。当日は雨天で観察に行くことができなかったため、予め指導者が用意した午前11時の観察動画や写真を、それぞれ観察グループのiPadに入れて確かめられるようにした。前時から引き続き行った観察は次の4つであった。観察1（図2）では、垂直に立てた棒にできる影の動きから、太陽の動きを間接的に観察した。この観察から、時間が経つにつれて、影の向きが西のほうから北を通過して東のほうに変わるという結果が出た。観察2（図3）では、遮光板を使って太陽の向きや動きを直接観察した。この観察から、太陽は午前中に東のほうにあって少しずつ天頂方向に昇っていき、正午は真上のほうにあって、午後は西のほうにあって少しずつ地平線方向に沈んでいくという結果が出た。観察3（図4）では、天体望遠鏡に太陽投影版を取り付け、太陽を拡大して投影し、その動くようすを観察した。この観察から、投影版上で太陽が動くことがわかり、実際の太陽が少しずつ動いているという結果が出た。観察4（図5）では、iPadで方位角が分かる目印とともに太陽を撮影した。この観察から、実際に太陽が午前中に東のほうにあって、正午は真上のほうにあって、午後は西のほうにあるという結果が出た。観察結果が出たところで、観察グループを2つに分け、観察結果を説明したり観察グループに聞きに行ったりして、この4種類の観察結果を共有した。その後、これらの観察結果から何が分かるのかを個で考察した。子どもたちは、「太陽は、東からゆっくり昇っていき、昼になると真上くらい、午後になると西へ沈んでいく。」「太陽は動いていないように見えるけど、実際に東から西にゆっくり動いている。」といった考察をした。その後、個の考察について仲間に意見をもらったり、仲間が立てた考察を参

考にしたり、必要に応じて、もう一度観察結果を確かめたりするといった対話をし、考察を再構成した。そして、それらを基にして全体で話し合った。話し合いでは、次のようなことが出された。「観察 3 から、思っていたよりも動くのが早かったけれど、観察 1、2 から、東から西に動いていることがわかりました。」「太陽が進むのはゆっくりだけど、自分が思っていたよりも早かったです。」「観察 1 のところを見ると、東から昇って、真上を通過して、西に沈むことがわかりました。」ところが、正午の太陽の位置について正確に捉えられている発言が表出しなかったため、指導者が「正午の太陽は真上を通過するのですか。」と問いかけた。すると、「太陽は影の反対側にあり、正午の影の位置が北にあるので、太陽は南側にあるんじゃないかな。」という意見が出たものの、結果的に「絶対に南を通るとは言えない。」という曖昧な理解にとどまった。その中で、子どもたちに「正午の太陽は、真上より南側にずれているのか。」という新たな問題が生まれてきた。最後に指導者が、「太陽は、1 日の間で、東のほうから昇って、空高くを通過して、西のほうに沈む。」とまとめ、新たな科学的知識を習得していった。そして、正午の太陽の位置については、新たな問題をしっかりと探究し、結論を出すことを確認し、授業を終えた。

4-5.実際の観察とその様子



図 2 観察 1



図 3 観察 2



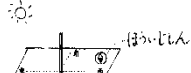
図 4 観察 3



図 5 観察 4

かんさつ 1

ぼうのかげを記ろくして、
かげの動きから太陽の動きを調べる。



1. ぼういしんの北と台紙の北を合わせる。
2. ぼうのかげのいろと時間を記録する。

かんさつ 2

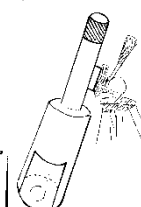
しゃくばんで、直せつ太陽の動きを
見て調べる。



1. しゃくばんで太陽を見ながら、目しるしになる
て物で、太陽が真上二つになる所を見つける。
2. その場でずわ、動かず、太陽が動いていく
方向とはやきを記ろくする。

かんさつ 3

ぼう遠きように取りつに太陽とうん、
かく大い太陽の動きを調べる。



1. ぼう遠きように向きと
太陽のある向きを
合わせる。
2. 太陽とうんいばんに
うつに太陽の動きを
記ろくする。

かんさつ 4

写真でその時間に太陽が
どの方向にあるか調べる。



1. ぼういしんで方向と調べる。
2. iPadで方向がわかるものといしに
太陽をとる。

図 6 観察の詳細（当日の板書から）

4-6.授業で行った観察と本時の働きかけにおける子どもたちの姿

★主体的になるための働きかけ

- ・ 確かめてみたい観察を自ら思考させ、表現させ、選択させる。

本課題は「太陽は、1 日の間で、どのように動くでしょうか。」に対して出された予想の立証や、課題の解決できる観察を自ら思考し、表現しながら図 5 の 4 つの観察を行うこととなった。最初に、観察の目的・見通しをもたせるために、「この観察をすることで、どういうことがわかりますか。」と問うた。子どもたちは、「観察 2 で、直接太陽を遮光板で見ると、太陽がどのように動くのかがわかります。」「観察 3 で、太陽を拡大して見ると、本当に太陽が動いているのかがわかります。」と、どうしてその観察をするのかを観察グループで話し合うことができた。さらに、仲間に観察結果を伝えなくてはいけないということから、ノートだけでなく、iPad に動画や画像で記録に残す姿も見られた。

観察結果を共有した後、子どもたちは考察をした。その際、結果と考察が区別できていた子どもが半数ほどいた。その中で、自分なりに考察をまとめられたものを以下に 2 例挙げる。

A さん「どの観察も、太陽が東から西に動いていることがわかる。また、太陽が動いているこ

とがはっきりわかり、太陽はゆっくりのぼってきて、しずんでいくことがわかる。」
B さん「全ての観察から太陽は東からのぼり、ちょっとずつ動いて西へしずむことがわかる。」

これらは、複数の観察から考察をすることができている。他の観察グループの結果を自らの考察に上手く取り入れたことによって「時間帯によって太陽がある方向が変わること」「太陽が動いていること」の 2 点について正しく捉えることができた。このように、自ら行った観察だけでなく仲間の観察も主体的に聞きに行くことの必要性を取り入れることで、より主体的な活動が可能となると考える。

★対話的になるための働きかけ

・ 自分の思考を再構成できる対話を設定する。

観察結果の対話場面では、以下のような対話の姿があった。観察 3 と観察 1 の子どもの対話である。

C さん	観察 3 では、望遠鏡で本当に太陽が動くってことがわかるんです。これが少しずつ動いてって・・・(iPad で記録した動画で説明)
D さん	おおー！
C さん	でも、ここからがすごいんです。ここに点があるでしょ。ほら、こっからだいたい動いてって、(投影版の中心点から太陽の像が動く様子を、コマ送りしながら説明)
C さん	ほんまやー！
D さん	そして最終的にはこんなに小さくなって、見えなくなる。

同様に、観察 1 と観察 4 の子どもの対話である。

E さん	それで、はじめ、ここにあったから、太陽が。10 時で、10 時にはここにあって、で、12 時はここだから、太陽がここらへんにあって、2 時やから、ここにあったから、東から西に沈むってことがまずわかった。(影の位置から、太陽の位置を白熱電灯で説明)
F さん	最初の朝は、太陽どこにあったん？
E さん	ここ。ここらへん。
G さん	ねえ、そのあと、11 時から 12 時って、その影って小さくなっているんですか？
H さん	うん。12 時はだいたい北のほう。(台紙に記録された影の位置を指さしながら)

考察の対話場面では、以下のような対話の姿があった。

I さん	えっとじゃあ、私は、太陽が東からゆっくり昇っていき、昼になると、太陽が真上くらい。次に、本当に夕方になると西へ降りていくということがわかった。
J さん	私も、太陽は思ったより速かったけど、太陽が東から西に動いたのがわかった。
I さん	おー、なるほどね。太陽って動くの速いん？
J さん	うーん・・・

観察結果の共有の対話では、上記のように動画や写真を使って相手にわかりやすく説明をする姿が見られた。しかし、四方位を使って太陽の位置を正しく伝えたり、太陽の 3 次元的な動きを白熱電球で操作しながら伝えたりすることができなかった子どももいた。また、結果をノートに記録することに終始してしまい、写真や動画を使った説明を見て理解しようとすることができていない子どももいた。考察の検討の対話では、「相手の考察を聞くことで自分の考えが変わった。」と、相手の考察を参考にして取り入れる姿が見られた。しかし、多くの子どもたちが、ノートにある個で思考した考察を、お互いに読み合うという形にとどまってしまった。正しい考察をしていたものの、他の仲間の考察を聞くことで混乱し、間違った考察に変えてしまう子どももいた。これらは、当日の天候により実際の太陽を見ることができず本時で観察できなかったことや、太陽が天球上を動くという概念が子どもたちになく、太陽の動きに関する具体的な操作やイメージが難しかったためだと考えられる。

4-7.本時後の授業

夏至の時期において、正午の太陽が南を通ることを捉えるのは難しい。そのため、ここでは全員が同じ観察をして「正午の太陽は、真上より南側にずれているのか。」という課題を追究

することとなった。まず観察 1 の正午における影の位置を全員で確認した。すると影はとても短い、北寄りにあることをとらえることができた。この時の太陽の位置を推定するため、白熱電灯を使うこととした。また影を見やすくするために、部屋を暗くすることとした。まず子どもたちは白熱電灯を自ら動かしながら、本時の観察で記録した影と、白熱電灯による影が一致する地点を探した。すると、白熱電灯は僅かながら棒の真上より南よりにあることがわかった。子どもたちからは「ほんの少しだけ南よりにある。」「太陽の高さが高すぎるから、どっちにあるかわからなかった。」「正午の時は、ほぼ真上だけど、どちらかというと南のほうを通る。」と、太陽の方角だけでなく、太陽高度についての発言が多く見られた。その後、他の時間帯の影も、同様に白熱電灯を使った影と一致する地点を探した。すると、午前や午後の太陽高度が低いこと、午前は太陽高度を徐々に上げながら東のほうから南のほうへ昇り、午後は太陽高度を徐々に下げながら南のほうから西のほうへ沈んでいくことがわかった。最後に、指導者が屋上からそれぞれの方角で撮影した太陽が動いていく動画を見せた。そして太陽が時間とともに東のほうから昇り、南の空高くを通過して、西のほうに沈むことをまとめ、授業を終えた。

4-8.授業を終えて

第 3 学年という発達段階において、観察結果を対話する際、自分がしていない観察を写真や動画、言葉だけでイメージし、他者からの説明で的確に理解するという事は難しい。そのため、結果や考察の対話の中でよくわからなかった場合、「もう一度教えてください。」「どこからそれがわかるのですか。」といった話型を提示する必要があるとわかった。しかし、十分に理解しきれない中で、考察の話し合いで「まだよくわからないこと。」として、全体に表出した。この姿から、本時では結論を急がず、新たな問いとして次時につなげた。このことがさらなる探究的な学びとなったため、今後は子どもたちの中に新たな問いが生まれるような働きかけを意図的に位置づけていきたい。

参考文献

- [1]文部科学省 教育課程企画特別部会(2015) , 論点整理「新しい学習指導要領が目指す姿」,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm
- [2]三宅なほみ・東京大学 CoREF・河合塾 (2016), 協調学習とは一対話を通して理解を深める
アクティブラーニング型授業ー, 北大路書房, pp.6-12.
- [3]片平克弘 (2017), 理科における「主体的・対話的で深い学び」を考えるーアクティブラーニングとの接点をどうとらえるかー,「理科の教育」3 月号, 一般社団法人日本理科教育学会,
pp.23-25.
- [4]安彦忠彦 (2017), 平成 29 年版 小学校学習指導要領 全文と改訂のピンポイント解説, 明治
図書, pp.236-239.

質疑応答

- Q.児童生徒のテーマを見いだす能力は個人差があると思うが、テーマ発見力についてはどのような取り組みをしているのでしょうか。(三重大学 伊藤信成さん)
- A.新学習指導要領には、第 3 学年で課題発見能力の育成が明記されています。課題（テーマ）は、子どもたちが遊びの中で自然発生的に生まれてくるよう設定したり、前の授業で子どもたちの中から生み出された疑問や湧き出てきた問題をもとに設定したりします。そうすることで、必然的に課題を発見する力が身につくと考えます。
- Q.AL を通じて、学習指導要領を超えてしまうことが予想されるが、発展的に進めていくのか。それとも、学習にストップをかけるのか。実践（学校）ではどのように対応しているのか。(ハートピア安八 船越浩海さん)
- A.学習指導要領の内容を超えて、子どもたちが深く学ぶのは私たちが狙う姿でもあります。子どもたちが「もっと詳しく知りたい」と、学習意欲を高める姿は、主体的な学びにつながるはず。そのような探究し、追究し続ける姿が「深い学び」につながると考えます。

中高一貫校における探究活動のあり方 ～中学「理科探究」の概要～

山田 隆文（奈良県立青翔中学校・高等学校）

How Research Activities are Organized at Combined Junior and Senior High Schools – An Overview of "Science Research" for Junior High Schools –

Takafumi Yamada (Nara Prefectural Seisho Junior and Senior High School)

Abstract

Seisho Junior High School in Nara Prefecture has more science class hours than any other public junior high schools. As the school's extracurricular activities "Seisho Time," "Science Research" have been carried out. Here, we actively incorporate active learning method. In this paper, I will discuss active learning by introducing practical cases and students' reactions in my regular science classes.

1. はじめに

奈良県立青翔高等学校は、平成 16 年度に全国初の理数科単科高校として設立され、当時から「総合的な学習の時間」の代替として、全学年全コースで生徒が自らテーマを設定し、研究を行う学校設定科目「探究科学」を開講していた。平成 23 年度には、文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受け、それを機にスーパーサイエンスコース（SS コース）を新設し、大学や研究機関との連携を強化した学校設定科目「スーパー探究科学」を開講した。また、平成 26 年度には、県立青翔中学校を併設し、中高 6 年間を見据えた理数科教育に取り組んでいる。

この青翔中学校の特徴は、第一に、数学・理科・英語の授業時数を他の公立中学校よりも増加し、1 クラスを 2 分割した少人数制授業を導入していることである。ちなみに理科では、第 1 学年で 140 時間、第 2 学年で 175 時間、第 3 学年で 175 時間と各学年 35 時間ずつ増加させている。第二に、体験的な活動を充実させていることである。中学校段階から積極的に研究施設や大学等の訪問を行うとともに、シンガポールへの海外研修も実施している。第三に、課外活動として「青翔タイム」という時間を設定していることである。この活動には、「統計」や「英会話」といった講座の他、「数学探究」や「理科探究」といった探究活動が含まれている。本発表では、筆者が普段の理科の授業や「理科探究」で取り組んでいる実践事例について紹介する。

2. 理科の授業の特徴と実践例

青翔中学校では、理科の年間授業時数を 4 等分し、それぞれ専門の教員が指導している。そのため、筆者が担当する地学分野は、第 1 学年後半（10 月から 3 月）に主として地震・火山・地層等を、第 2 学年前半（4 月から 9 月）に気象・海洋を、第 3 学年後半に天文・宇宙についての学習を行う。また、前述したプラス 35 時間を利用して、アクティブ・ラーニングの実施、探究活動の充実などに利用する他、高等学校理科の基礎を付した科目の内容を含む発展学習を行う。

では、第 3 学年地学分野（天文・宇宙）に関するアクティブ・ラーニングの実践例について紹介する。

A. 「日射量の測定」

- ① 次ページ図 1 の様な簡易日射計を用いて、実験マニュアル通りに日射量の測定を行わせる。（簡易日射計は、受光面に黒い金属製の容器があり、中に入れた水の温度上昇から熱量を測定できるようにした装置である。）
- ② ①の測定を通して出てきた疑問を基に、班ごとに発展的な内容の探究テーマ（色による違

- い、太陽高度による違い等)を考えさせる。
- ③ 考えた課題について、結果を予想させる。
 - ④ 考えた課題に基づき、実際に実験を行わせる。
 - ⑤ 実験を行った結果をまとめ、その理由について考察をさせる。
 - ⑥ クラスの生徒の前で、班ごとに組みんだテーマと結果について発表させる。

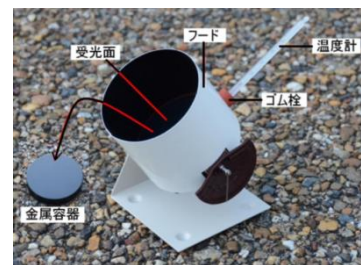


図1 簡易日射計

- ⑦ 発表内容や発表態度について、自己評価や他グループに対する評価をさせる。
- B. 「太陽系の惑星の特徴」
- ① 太陽系の惑星の中で、各生徒が調べたい惑星を選び、それに基づいて 8 つの班を編成する。
 - ② 図書館の書籍やインターネット等を用いて、班ごとに選んだ惑星の表面の様子や物理的特徴等を調べさせる。
 - ③ クラスの生徒の前で、班ごとに調べた結果を発表させる。
 - ④ 発表内容や発表態度について、自己評価や他グループに対する評価をさせる。

3. 「理科探究」の特徴と実践例

課外活動「青翔タイム」の一環である「理科探究」は、第 3 学年において隔週木曜日に 2 時間連続で実施している。この活動も、通常の理科の授業と同様に、物理・化学・生物・地学の各専門教員 4 人で指導をしている。年間の主な指導内容としては、1 学期に探究活動の基礎・基本、すなわち仮説の立て方、変数の扱い、数値データの処理方法、文献の検索方法、科学倫理等について学んだ後、夏休みから 3 学期までの間、各生徒が自分の興味のある分野を選んで 4 人 1 班となり、自分たちで自由にテーマを決め、班別探究活動を実施する。「理科探究」が開始されたのは昨年度からであるが、毎年 2～3 班が地学をテーマに選んでいる。研究を進めるに当たっては、生徒一人一人に毎時間研究ノートを書かせ、それに対して担当教員がアドバイスをを行う。そして、1 月にはクラス内発表会を行い、全てのグループが研究発表を行う。

では、平成 28 年度に地学班が行った探究活動事例を紹介する。

A. 「月のクレーター数の調査」

月周回衛星「かぐや」による月面画像データを用いて、月の表と裏のクレーター数や大きさの分布を調査した。その結果、月の表側に比べ、裏側にはクレーターが多く分布し、特に小さなクレーターが多いということがわかった。その理由を、月の自転・公転や起源をもとに考察した結果、月の表側にクレーターが少ないのは、地球が楕となったためでは無く、月ができて間もなく表側に溶岩が流れたためとした。

B. 「海陸風の探究」

海陸風の成因に興味を持ち、自分達でモデル実験を行い、水槽内で海陸風を再現しようとした。このモデル実験は、水槽の底の一方に砂の入った容器を、もう一方に水の入った容器を置き、同時に熱を与えたり、冷ましたりしてやると、砂と水の熱容量の違いにより、水槽内の空気が循環するといったものである。なお、空気の流れは線香の煙を用いて見やすくした。最初は水槽が小さく、上手くいかないことも多かったが、試行錯誤を行うことで、海陸風が起こりやすい条件を探し求めることができた。

4. 生徒へのアンケート結果とまとめ

青翔中学校では、第 1 期生が卒業した平成 28 年度より、普段の理科授業での探究活動や課外活動「青翔タイム」の「理科探究」を通して、どの様に意識が変わったか、どの様な力が身に付

いたかについて、生徒にアンケート調査を行っている。以下に示すアンケート結果は、平成 29 年 2 月に、当時の第 3 学年生徒 39 名を対象にしたものであり、大半の設問は、①とてもそう思う ②そう思う ③余りそう思わない ④そう思わない の 4 択とし、①及び②の回答を肯定的回答として処理している。これによると、アクティブラーニングや探究活動を通して、「問題解決能力が身に付いた。」に肯定的に答えた生徒は 31 人（79%）であった。また、「自主性が身に付いた。」に肯定的に答えた生徒は 24 人（62%）、「粘り強く取り組む姿勢が身に付いた。」に肯定的に答えた生徒は 29 人（74%）、「協調性が身に付いた。」に肯定的に答えた生徒は 25 人（64%）、「プレゼンテーション力が身に付いた。」に肯定的に答えた生徒は 32 人（82%）であった。また、自由記述欄には、「理科探究のクラス発表会では、優勝しようとみんなで協力したことで、班にチームワークが生まれて良かった。」などの感想も見られた。

このアンケート結果や生徒の事後の感想から分析できるように、アクティブ・ラーニングや探究活動は、従来の講義形式の授業では得られないような問題解決能力、自主性、協調性などが身に付くことが分かった。ただ、その効果を最大限発揮するためには、周到的準備と指導者の力量や経験が必要であると言える。それ故、各教員が、年間指導計画の中でアクティブ・ラーニングをどの単元で何時間程度取り入れるのかといったことを、十分に計画することが重要であろう。

質疑応答

Q：児童生徒のテーマを見出す能力は個人差があると思うが、テーマ発見力についてはどのような取り組みをしているのでしょうか。（伊藤信太さん）

A：私の場合、探究活動のテーマ設定にはかなりの時間を費やす。1 年間を通しての探究活動であれば、短い場合に 1 ヶ月、長い場合には 3 ヶ月は掛ける。生徒はその間、教科書を初めとする書籍やインターネットを調べて、疑問に思ったことを整理し、班で研究可能かどうか議論する。この様な活動こそが、生徒の問題発見能力や情報収集能力を伸ばすのに大事であると考え。勿論、テーマがなかなか決まらない班には助け船を出すこともある。

Q：アクティブ・ラーニングを通じて、学習指導要領を越えてしまう事が予想されるが「発展的に」にと進めていくのか。それとも、学習にストップをかけるのか、実践（学校）ではどの様に対応しているか。（船越浩海さん）

A：私の場合、探究活動を通して、生徒自らが発展的な問題に気づいて、それに取り組むことは非常に大切なことであり、探究活動の狙いの 1 つであると考えている。文部科学省の学習指導要領においても、発展的内容を加えて指導することができるとされている。

Q：知識習得の観点で、アクティブ・ラーニングの時間効率や習得の徹底は従来型の授業と比べてどう感じるか。また、アクティブ・ラーニングは授業デザインが難しいと感じるがどのような工夫をしているか。（松本直記さん）

A：アクティブ・ラーニングは、従来の講義型の授業と比べると、確かに時間効率は悪いと考える。また、共通した知識の習得には、普段から他の生徒の意見に耳を傾け、互いに議論ができるように訓練をしておく必要を感じる。この様に、アクティブ・ラーニングは事前準備等に変手間が掛かるし、指導者の力量が試されることになるが、生徒が得られる力は講義形式の授業よりも多岐にわたると考える。

Q：プラネタリウムの中で、どのようにアクティブ・ラーニングを進めたらよいか。（小山浩さん）

A：私の事例ではないが、中高生のためのプラネタリウムの番組制作や解説のコンテストを実施しているプラネタリウム施設があると聞いている。これは正にプラネタリウムにおけるアクティブ・ラーニングと言えるのではないかな。

普遍的な探究能力の育成

水野 翔太（京都市立堀川高等学校）

Developing the General Inquiry Skills

Shota Mizuno (Kyoto Municipal Horikawa Senior High School)

Abstract

"Inquiry Basic" is the special class following the educational goal of Kyoto Municipal Horikawa Senior High School; Be Independent 18 Years Old. I introduce the class in terms of the active learning.

1. はじめに

京都市立堀川高等学校の最高目標は「自立する 18 歳の育成」である。入学した生徒たちは将来どのような社会を生きるか分らないので、「どのような社会（分野）であったとしても、自ら課題を見出し、試行錯誤を繰り返しながら理解と習熟を深め、なんとか道を見出して課題の解決を図ることができる力」を育むことが大切になってくる。本校では「答えがすぐに見つからなかったり、答えが複数ある問いに対して、自分なりの答えを探していく活動」を探究活動と定義し、実際に探究活動をするを通して、この探究する力と態度を育成することを目的とした授業が「探究基礎」である。

2. 探究基礎に見るアクティブラーニング

探究基礎ではどのような授業が行われているのだろうか。下図は、本校の 1 年半に及ぶ探究基礎の概要図である。

学年・学期 (別称)		1年前期 (HOP)	1年後期 (STEP)	2年前期 (JUMP)
科目名	普通科	社会と情報 (前期2時間分)	探究基礎 I (後期2時間分)	探究基礎 II (前期2時間分)
	探究 学科群	探究基礎 I α (前期2時間分)	探究基礎 I β (後期2時間分)	
位置づけ		探究準備期間	探究体験期間	探究実践期間
目標		探究の「型」 を学ぶ	探究の「術」 を身につける	探究の「道」 を知る

図. 探究基礎の概要図

1 年前期の HOP は、どの分野の探究をするにも必要な探究の進め方・考え方となる探究の「型」を学ぶ期間である。具体的には、課題設定の仕方、課題解決の型、情報の入手・利用方法、論文の構成、ポスター発表などを学ぶ。

1 年後期の STEP は、10 名程度の少人数講座（ゼミ）に分かれ、課題解決に向けた探究の「術」を身につける期間である。昨年度の物理ゼミを例にとると、物理を習ったことのない生徒に対して、物理の教科書を輪読することから始める。この活動の目的は、生徒に物理の学び方を学んでもらうことである。その後は実験をおこない、測定し、データを表やグラフにまとめ、レポートにまとめるということを学ぶ。また、2 年前期の JUMP では個人研究を行うので、この STEP の期間から自分の興味をもとに何を探究するのかといった課題設定も並行しておこなっている。

2年前期の JUMP は、探究活動を実践することを通して探究の「道」を知る期間である。生徒は、

- ① 自分の興味関心に従って課題を設定し、
- ② 課題解決の計画を自ら立案し、
- ③ 課題解決に必要な知識・技能を自ら身につけ、
- ④ 得られたデータ・情報から考察し、結論を導き、
- ⑤ 自らの考えを発表・議論・対話によって洗練する。

という活動を生徒同士や教員と対話しながら、半年間を通しておこなう。この個人探究は、生徒の興味関心に合った課題を設定し、自ら必要な知識を得て、活用し、仲間との対話を通して課題解決する、というまさにアクティブラーニング（主体的・対話的・深い学び）をおこなっているとも言えるのではないのでしょうか。

実際に、教科の全授業内で探究活動を実践することは難しいかもしれないが、各授業で上記の①～⑤のどれかに焦点を当てながら、生徒が主体的・対話的・深い学びを実践できるよう授業デザインすることが必要となるだろう。

質疑応答

Q：児童生徒のテーマを見出す能力は個人差があると思うがテーマ発見力についてはどのような取り組みをしているのでしょうか。（伊藤信太さん）

A：本校の個人探究で最も難しいのがテーマ設定・課題設定です。生徒が何に興味を持っているのか、何を知りたいのか、ということは生徒との個人面談を通して生徒の内面を探っていきます。泥臭いですが、生徒の内面を引き出す質問をたくさんすることが大事だと思います。

Q：アクティブラーニングを通じて、学習指導要領を超えてしまうことが予想されるが、発展的に進めていくのか。それとも、学習にストップをかけるのか。実践（学校）ではどのように対応しているのか。（ハートピア安八 船越浩海さん）

A：探究基礎の授業では、基本的に教科書には載っていないことを学ぶので学習指導要領の範囲は超えてしまいます。むしろ、超えないといけないので、生徒と教員がともに研究をしていく形になります。また、教科の授業においても生徒が疑問に思い、考えるに足る内容であれば、みんなで考えるように促すと思います。

Q：知識習得の観点で、アクティブラーニングの時間効率や習得の徹底は従来型の授業と比べてどう感じるか。また、アクティブラーニングは授業デザインが難しいと感じるがどのような工夫をされていますか。（松本直記さん）

A：私の感覚では、時間効率や習得度合いは従来の講義型に比べて高いと思っています。上位層はどちらの型でも理解しますが、中～下位層は仲間とともに考え、上位層や同じレベルの生徒によって引き上げられているのではないのでしょうか。

教員養成の大学生との対話：主体的で対話的な授業や活動の経験

富田 晃彦（和歌山大学教育学部）

Dialog with Pre-service Student Teachers: Memories about Class and Activity with Active and Interactive Learning

Akihiko Tomita (Faculty of Education, Wakayama University)

Abstract

As for so-called active learning, I am also involved in it as a university faculty staff. I talked with some pre-service student teachers and discussed about their views of the university classes. I also discussed with other university staff about the active learning. I summarized here the discussion with them.

1. 大学の中から感じる社会からの声

大学の授業は講義「ばかり」だから、学生は受け身になっている。これでは創造性豊かな人間として育たない。社会は大学の授業のだらしなさに我慢の限界を越えてきた、というお叱りを頂戴する。

大学で、アクティブラーニングをやれ！なに？アクティブラーニング、勉強不足でわかりませんだと？[1] 大学は態度が偉そうだな。大学が動かないなら、小中高校、先にやれ！なに？小学校では前からやっている？中学、高校はどうか？従来型のアクティブでない大学受験があるから、やったら損？よし、大学受験を変えろ！これで大学も根こそぎ変わるだろう… 以上は一大学人（富田のことですが、典型的な大学人だととらえていただいて結構です）の、右往左往している頭の中を、やや大げさに書いたものである。これだから大学は世間から叩かれるのだ、という声が聞こえてきそうである。

大学にいて得られる一番の一次資料は、大学生の声である。大学の授業をどう感じているか、大学生に聞いてみた。また、アクティブラーニング¹ について他の大学教員からの意見も求めてみた。それを踏まえて、現時点での私なりの振り返りを最後にまとめた。

2. 大学生の意見

大学の授業の何が不満か？まず、これを聞いてみた。3 回生以上の、天文専攻を中心とした学生約 10 人に聞いてみた。たくさん出してもらった意見を総合すると、以下ようになる。「大人数の授業では、質問など、やりにくい。」「威圧的な先生が多い（特に、数物系に）。」「そういう先生には、質問しようがない。」「高校でも威圧的な先生は多かった。」「人情や感情はないのか。プライドは相当高そうだ。」「賢い人² だとは思いますが、人を見下していないか。」「アクティブラーニングに関すること以前に、そして、講義「ばかり」に対する不満より、大学教員の威圧的な態度に対する不満が爆発寸前である。これは大学人として自覚するところでもある。また、「質問したいのだが、やりにくい」という意見がいくつも出てきた。深い学びのために、主体的で対話

¹ アクティブラーニングという語を安易に多用することに嫌悪感をお持ちの方がいらっしゃると想像する。主体的で対話的で深い学びと書くべきだが、ここではラベルとしてこの語を使うことをお許しいただきたい。また、この語（考え方）に対して中立的な考えで書き進めたい。

² 後日、算数教育のある専門家と議論した際、「頭がいいだけではだめで、人間的な面を含めて賢い人間になれ」という言い方があることから、この文章は「頭がいい人だとは思いますが」と表現した方がわかりやすいのではないかと指摘されたことがある。しかし、これは学生が実際に話してくれたことの私のメモをもとにしているので、ここではそのまま表現した。

的な活動を学生は欲していることが確かにうかがえる。

次に、上記と同じ学生に、主体的で対話的で深い学びの、これまでの経験があれば、なんでも出してほしい、と聞いてみた。たくさん出してもらった意見を総合すると、以下のようになる。

「友人としゃべっていた時、多くを学んだ。」「高校生の時、互いに教え合っていた時、多くを学んだ。」「郷土の偉人を調べて発表する時、班活動そのものより、書いたり、色分けしたり、見やすいように表現を工夫する楽しみがあった。」これらに共通しているのは、お互いに信頼し合っている人間関係、知らないことやわからないことを恥ずかしいと思わない雰囲気、人に伝える喜びや人と共有する喜びを感じていることがあった時、主体的で対話的で深い学びの思い出として残っているということのようだ。

富田が思い出す主体的で対話的で深い学びは、大学院生時代の雑誌会や、天文・天体物理若手の会の夏の学校である。なぜそう思えるのかと言えば、何を質問してもいいという雰囲気、基本的なことを質問することを互いに恥ずかしがらないという約束、何でもいいから、それぞれの参加者にとってひとつ頭がよくなったと思って帰ればよい、というやり方があったからだを感じる。学生の意見と同じく、お互いに信頼し合っている人間関係あつてのことである。

さらに、上記と同じ学生に、大学でのアクティブラーニングの導入について意見を聞いてみた。「教職論の授業で、班で話し合えと言われるが、知らない人相手に話し合いようがない。話し合っても、受け止めてくれそうにない。」「中学校の教育実習で、いじめに関するディベートをする機会があった。指導の先生は、盛り上げろ、とおっしゃるので、頑張って盛り上げた。中学生は言い合いをして楽しかったと思うが、学びとして深いところまで行けたかどうか、疑問だった。」教員養成段階の学生であるが、冷静に大学の授業を分析している。形だけを先に追い求めた「アクティブラーニング型」の授業を、学生は冷めた目で見ている。前者は、お互いに信頼し合っている人間関係という前提がないことへの不満、後者は、その授業をしっかりと進める上でどのような形を取るかの十分な検討がないことへの不満である。

3. 大学教員の意見

地質学を専門とする教員に聞いてみた。ゼミは、いわゆるアクティブラーニングの活動だと思う。いちいち意識したことはないが、大学の普通の授業に対して、ゼミや調査での活動は、まさに主体的で対話的で深い実践だろう。大学の普通の授業について、回数をしっかり、研究での休講は最小限にといわれて、ゼミ等の活動を犠牲にしてきてしまったところがあり、皮肉なことに、大学全体としてはアクティブラーニングの度合いを落としてしまっているのではないかな。

生態学を専門とする教員に聞いてみた。生物学の観察の実習で、生き物の収集、翌週同定、という授業をやっていたが、最近、それに加えて、班ごとに発表するという回を入れてみた。班ごとに模造紙で成果をまとめた。絵心や遊びの要素も入れ、互いに成果を共有し合った。発表会では学生どうしの質問も促しやすく、またその活動の度合いを評価に取り入れた。アクティブラーニングという概念は特に持っていなかったが、今思えば、結果的にアクティブラーニングといわれる授業改善だったのかなと感じている。

これらの意見に共通することは、大学ではアクティブラーニングと呼ばれる活動を行ってきたし、新しくそういった活動を増やすことに前向きである、ということである。しかし、大学人は、それがアクティブラーニングであるという自覚は薄いのではないかと思われる。

富田の授業改善として、天文学・気象学の基礎を内容とする地学概論 B（中・高校理科教員免許必修科目の一つ）での例がある（受講者数 20 名少々）。重要な概念について、関連する教員採用試験の過去の問題を取り上げた。それを学生が予習し、授業の最初に学生が板書してその内容を説明する、ということを行った。学生はよく予習するばかりか、板書に工夫を凝らし、説明にも工夫を凝らした。一般に、大学の授業で質問を引き出すのは簡単ではないが、学生が前で発表すると質問もよく出る。専攻や学年が近く、お互いに信頼し合っている人間関係があることが、いい影響として出ているのだろう。期末の筆記試験の成績は、印象的だった。全体として 0 点

から 100 点までほぼフラットに得点が分布する中、よく板書をし、よく質問した「アクティブ」な学生と、そうでない学生の、それぞれの得点分布はほぼ一緒であった。早合点すれば、アクティブラーニング（型の授業）で、すぐに（筆記試験で測ることのできる）学力は伸びない、と結論することもできる。そうではなく、以下のような解釈も可能である。学生には、短い事業時間の中、よく動き、よく声を出す、アクティブに見える（見えやすい）学生と、そうでない学生がいる。それは学生の個性の幅である。その個性は、期末の筆記試験とはまた独立のようである。あるいは、アクティブに見える学生はアクティブな方法で自らの学力を磨き、アクティブに見えるにくい学生はそうでない方法で自らの学力を磨いている。アクティブに見えるにくい学生も、その授業で、アクティブに見える学生をよく観察していて、内面的によく参加しているのかもしれない。現時点では、富田は上記の根拠を十分に持っていない。特にアクティブに見えるにくかった学生に、居心地の悪さがなかったかを含めて聞き取りをしていきたい。これは今後の課題としたい。

4. まとめ

大学の授業で、アクティブラーニングの機能は、昔も今もある。しかしゼミや調査があるということだけ満足することなく、一般の授業において学生の積極的な発表の機会が増えれば（そのように環境を作れば）、学生どうしの信頼し合っている人間関係という力学が、学生の表現力、共同の力を伸ばし、ゼミや調査でのアクティブラーニング環境をさらに強化するだろう。ただ、大学人はアクティブラーニングとしての認識が薄いため、自分自身でその価値がよくわかっておらず、結果として自分たちの実践の発信力が弱い。これが社会からの要請をうまく受け止められない原因の一つではないかと感じる。

アクティブラーニングを実践することで、児童・生徒の宇宙観や科学観、世界観は変わるのか。これまでと違う新しいものを得るのか。天文教育実践の研究の立場からは、これが課題の一つになるだろう。大学人として感じることは、大学のゼミや若手の会といった活動は、天文を専攻する大学生の天文教育観、天文と社会との関係観を、広く、深く形成するのに貢献してきたのではないか、ということである。根拠はここでは十分に示せていない。多くの人への聞き取りで、その根拠を得ることは富田の今後の課題としたい。

大学の授業に限らず、大人は日ごろの生活そして仕事の中で、多くの人や事柄との関係性の中で生きており、その中で主体的で対話的な活動を繰り返すことで課題を解決し、また社会人としての能力を高め続けている。確かに、私たちはアクティブラーニング的環境で生きている。そして、この研究会そのものも、アクティブラーニング的環境である。

参考文献

- [1] アクティブラーニングに鈍感な大学人も多いが、実務内容豊富な学部や、私立大学を中心に学生教育に非常に熱心な大学では、アクティブラーニングの試行錯誤を続けている例がある。例えば、「アクティブラーニング失敗事例 ハンドブック」（文部科学省「産業界ニーズに対応した教育改善・充実体制整備事業」、中部圏の地域・産業界との連携を通じた教育改革力の強化、平成 26 年度東海 A（教育力）チーム成果物）は興味深い成果である。

質疑応答

Q：アクティブラーニングの手法は天文教育に親和的。アクティブラーニングという手法で、子どもたちどうして視点を変えて見た時に、世界が広がる。（生川朱美さんよりコメント）

A：月の後ろ側はどのように太陽の光が当たっているかを考える、地球の自転や公転を考えるなどの、非日常的な見方を考える際、自分の持っている誤解、相手の持っている誤解を出し合い、それを吟味し合うことができます。非日常な話だから誤解して当然、どんな誤解ができうるのか、と楽しみながら説明し合えば、確かに面白い。2017 年 7 月にオランダで開

かれた天文学・宇宙生物学教育の研究会（ISE2A）で、月の満ち欠けの指導について興味深い研究発表があった。数十年にわたる多くの実践者による多くの研究の末、教具として、これで、どこでも、という決定的なものはなく、子どもひとりひとりに、それぞれが持っている考えや誤解に合わせてじっくり教えるしかないということがわかったということである。同様の主張が、今回のこのセッションの他の発表論文の中でも繰り返し示されている。

Q：児童生徒のテーマを見出す能力は個人差があると思うがテーマ発見力についてはどのような取組みをしているのでしょうか。（伊藤信太さん）

A：私は小中高の現場で教員をした経験がないので、大学生ならば、ということで考えてみます。大学生は、お互いに信頼し合っている大学生どうしの人間関係の中で学びたがっています。テーマを見出す活動で、うまく流れに乗っている学生が他の学生を引き込むように、環境づくりに努力したい。しかし、現実はなかなか難しい。まず、大学生の間の人間関係をよく理解している必要がある。

Q：知識習得の観点で、アクティブラーニングの時間効率や習得の徹底は従来型の授業と比べてどう感じるか。また、アクティブラーニングは授業デザインが難しいと感じるがどのような工夫をされていますか。（松本直記さん）

A：私は小中高の現場で教員をした経験がないので、大学生ならば、ということで考えてみます。まず、アクティブラーニングの環境を積極的に活用できる、ゼミや調査を充実させたい。その場で学生が力を十分に出すようになるためにも、一般の授業でも学生の発表や成果発表の表現や工夫の機会を増やしたい（意図したように波及するのか、正直に言えば、説得力ある根拠を持っていない）。学生の発表や成果発表の表現や工夫の機会を増やせば、従来型の筆記試験の成績が直ちに向上するとは思えないが、下がるとも思えない（ここは、しっかりとした根拠を持っていない）。

Q：プラネタリウムの中で、どのようにアクティブラーニングを進めたらよいか。（小山浩さん）

A：質問への正面からのお返事になっていませんが、ひとつお伝えしたいことがあります。プラネタリウムは私にとって、小学校時代、学校の理科の授業を越える、アクティブラーニングの場でした。質問ができたこと、そして質問には、学芸員がこたえてくれるというより、さらに興味をわくような話をしてくださったこと、わかっていないことはわからないと誠実にお話くださったといったことが、富田の科学観の形成に大きく影響しました。

高校地学・高校物理におけるスペクトル教材の作成

山道千賀子（大阪教育大学）

Creation of spectrum teaching materials for high school earth science / high school physics

Chikako YAMAMICHI (Osaka Kyoiku University)

Abstract

In high school, we learn about the spectrum in earth science in the "structure of the universe", or in physics in "wave", "atom". In this research, I will prepare teaching materials of spectrum that can be easily handled by teachers in high school. And they conduct in earth science or physics classes and improve students' understanding.

1. はじめに

高校地学では「宇宙の構成」において、高校物理では「波」「原子」において、スペクトルについて学ぶ。本研究では、高校地学、高校物理の授業で現場の教員が容易に扱えるスペクトルの教材を作成、授業の中で実施し、理解の向上を図る。

2. 先行研究

2.1 宇宙スペクトル博物館

「宇宙スペクトル博物館」¹⁾はブラウザを起動して利用するデジタル教材である。可視光編、電波編、X線編とシリーズ化されている。可視光編では、「可視光」とは何かから、身近な色彩や風景、カメラや望遠鏡といった機械や道具とその仕組み、そして可視光や近赤外線がとらえた星や星雲・星団・銀河などさまざまな天体の姿が紹介されている。

2.2 JAHOU スペクトルカリキュラム

「JAHOU スペクトルカリキュラム」²⁾は分光学の基礎的なことを学べるカリキュラムである。「光やその波長の認識」「光のドップラー効果」から、銀河の運動や宇宙膨張など、天文学研究の一線に近いテーマまでが連続的になるような内容である。生徒用のワークブック、ワークシートのほか、ティーチャーズノートが用意されている。

以上 2 点の教材が先行研究として挙げられるが、どちらも 10 年以上前のものであり、新しい情報の追加が必要である。また、教材利用の成果、考察がなされていないため、教材の効果を計る必要があると考えられる。

3. 計画

8~11 月の間に美星天文台で不足データを取る。来年の 1 月頃までに教材の試行版を作成し、3 月頃までに教材の利用計画を立てる。教材の利用計画に関しては、本大学の附属である大阪教育大学附属高等学校に依頼するほか、本研究へご協力いただける高等学校を検討中である。

参考文献

¹⁾ 栗野諭美ほか『宇宙スペクトル博物館<可視光編>天空からの虹色の便り』裳華房、2001 年

²⁾ JAHOU スペクトルカリキュラム、2003 年

- ・ 『高等学校学習指導要領解説 理科編』文部科学省、2009 年
- ・ 西村祐次郎ほか『高等学校地学基礎』第一学習社、2012 年
- ・ 木村龍治ほか『地学基礎』東京書籍、2012 年
- ・ 森本雅樹ほか『地学基礎』実教出版、2012 年
- ・ 磯貝行雄ほか『地学基礎』啓林館、2011 年
- ・ 小川勇次郎ほか『地学』数研出版、2014 年
- ・ 佐藤文隆ほか『物理基礎』実教出版、2012 年
- ・ 中村英二ほか『高等学校物理基礎』第一学習社、2012 年
- ・ 三浦登ほか『物理基礎』東京書籍、2012 年
- ・ 三浦登ほか『物理』東京書籍、2013 年
- ・ 佐藤文隆ほか『物理』実教出版、2013 年
- ・ 中村英二ほか『高等学校物理』第一学習社、2013 年
- ・ 高木堅志郎ほか『物理』啓林館、2012 年

質疑応答

Q：高等学校の授業で実際に実施し、効果の検証もする予定ですか？

A：教材を使用する前と使用した後を比較するために検証する予定です。

Q：JAHOU の方にスペクトルカリキュラムの検討について話を伺われましたか？

A：JAHOU の方に直接話は伺えていない。しかし web 上では、学習教材としては不完全であること、教材を使用した上で利用者から問題点や改善点といった意見を求めており、その後の検討はなされていないことが伺えた。

グローバル・サイエンス・オペラ ワークショップの報告

篠原秀雄（埼玉県立草加東高等学校）、半田利弘（鹿児島大学）

Report of the Global Science Opera workshop

Hideo Shinohara (Saitama prefectural Soka-higashi high school)

Toshihiro Handa (Kagoshima University)

Abstract

The Global Science Opera (GSO) is a new style science education by collaborating science and art. Students at about 20 countries make script and act about two minutes scene which is consisted with contents based on real science. The GSO 2016 workshop was held at Soka-higashi high school for three days in last October. About 25 students participated in the workshop. We researched their changing at some viewpoints by taking some questionnaires before and after the workshop.

1. はじめに～ グローバル・サイエンス・オペラとは

グローバル・サイエンス・オペラ（以下 GSO）は、科学と芸術の融合による新しいスタイルの科学教育で、科学研究の成果に基づいてつくられたオペラのストーリーを 1～2 分程度のシーンに分割し、世界各国から参加している中・高校生等のグループが演じた各シーンを 1 つのオペラにまとめ上げてインターネット上で公開する、という取り組みである。世界ひかり年であった 2015 年にノルウェー・ストール大学の Oded 准教授等が中心となって始まり、その年は“Skylight”というテーマでビッグバンから現在にいたる宇宙の歴史をオペラ仕立てで描いた。

2. 2016 年度の GSO のテーマ

2016 年度の GSO は“Ghost Particles”（「幽霊素粒子」）がテーマであった。10 歳の少年 Joao とその友人 Little Girl の 2 人が素粒子を探求する旅に出るというストーリーで、約 20 カ国からの参加があった（図 1）。

主役の Joao と Little Girl は各国で担当するシーンに登場するため、演じる役者は国によって異なってくる。そのため、衣装のデザインを同じものにすることによって、役柄の統一性を持たせている。また、全世界公開なので、セリフはすべて英語で語られるか、あるいはその国の言語が使われている場合には英語のキャプションが入れられている。

日本からは、筆者（篠原）の勤務校である草加東高校の演劇部、吹奏楽部の生徒、あわせて約 25 名が参加した。日本のグループが担当したシーンは、オペラの前半で Joao と Little Girl が出会う場面で、その制作と演技にワークショップ形式で取り組んだ。



図 1 GSO2016 の参加国

3. 草加東高校における GSO ワークショップ

今回のワークショップが筆者（篠原）の勤務校で開催されることになったきっかけは、筆者が 2016 年 8 月にノルウェーのストール大学で開催された Global Hands on Universe (GHOU) の

会合に参加したことであった。その時のセッションのひとつがこの GSO であり、会場となった ストール大学の大学院に在籍する Janne さんが日本での GSO ワークショップ（以下 GSO-WS）開催を希望していたことから、筆者の勤務校でワークショップを実施することとなった。Janne さんは、自身が現役の芸術家であるとともに、舞台芸術を新たな観点から学ぶために、ノルウェーのストール大学大学院において、持続可能な素材による舞台装置や衣装の構成（“eco-scenography”）をテーマとして研究をしており、今回の GSO-WS では、その eco-scenography を学ぶことも目的の1つとなった。

10月8日(土)～10日(日)の3日間、草加東高校の社会科室を会場にワークショップが実施された。参加生徒は、演劇部と吹奏楽部の1～3年生の部員あわせて約25名であった。来日した Janne さんが講師となってワークショップを主導した。他に英語教諭1名が通訳にあたり、筆者（半田、篠原）が物理に関するアドバイスを通訳にあたったりした。当日は地元の埼玉新聞の取材があり、後日記事となって掲載された。

ワークショップのプログラムを表1に示す。この中で、生徒たちは、担当するシーンの場所や時間、主役以外の登場人物、背景音など事前に示された台本にはない細部を自分たちの話し合いで決めるとともに、Janne さんの研究テーマである eco-scenography について学んだり、実際に使う舞台セットをつくったりした（図2, 3）。

表1 GSO WS のプログラム

10/8 (土)	午後	集合、自己紹介 研究テーマ紹介 ストーリー説明 シナリオの詳細作成 背景音の検討
10/9 (日)	午前	ウォーミングアップ 演技練習 舞台セット製作
	午後	照明の打ち合わせ 衣装製作 演技練習 背景音の製作
10/10 (月)	午前	セット、照明、音響の調整 リハーサル 演技・撮影 ミーティング 解散



図2 吹奏楽部員による背景音の作成
楽器で夜の街の雰囲気表現している



図3 演劇部員による演技
Joao と Little Girl の出会いを演じている

4. 完成したオペラ “Ghost Particles”

草加東高校でつくったシーンは、Janne さんによって撮影され、インターネットを介してノルウェーの Oded さんに送られた。

各国から送られたシーンが1つのオペラにまとめられ、2016年11月19日の日本時間夜9時からインターネット上で放映された。当日はライブ参加したグループもあり、それらのシーンを含めた完成版のビデオは、GSO の公式ホームページ (<http://globalscienceopera.com/>) あるいは YouTube で見ることができる。完成したビデオから1シーンを図4に示す。

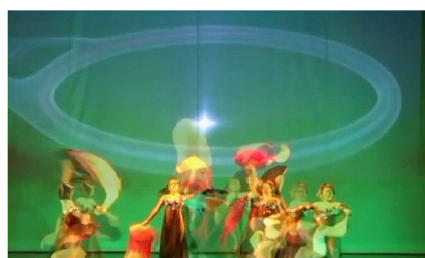


図4 チリのグループによる演技
加速器による実験をダンスで表現する

5. GSO ワークショップの特徴とそれに対する生徒の意識の変化

今回の GSO-WS には、次のような特徴があった。

- ① “Global” な取り組みであること
- ② “Science” に関する内容であること

- ③ “Opera” 形式で行われること ④ “Eco-scenography” を意識した舞台作りになること
 ⑤ 英語で実施されること ⑥ 素粒子物理学がテーマであること

ワークショップの前後で、これらの観点で生徒の意識がどのように変化するかを調べるために、ワークショップの実施前と実施後ではほぼ同内容のアンケートをとった。その結果を表 2～9 に示す。なお、ワークショップから約 1 ヶ月後の参加者全員による完成ビデオ視聴会のときにもアンケートをとったが、今回の報告ではその結果は割愛する。

5-1 “Global” な取り組みであること

(表 2)

＜質問＞この GSO-WS は、世界各国の参加者（中高生や大学生）との協同で行われます。このことについて、どれくらい興味・関心がありますか？

表 2 “Global”な取り組みについて

	とてもある	少しある	どちらでもない	あまりない	まったくない
実施前	3	4	11	3	4
実施後	14	9	1	2	0

5-2 “Science” に関する内容であること

(表 3)

＜質問＞この GSO-WS の内容は、科学に関するものでした。このことについて、どれくらい興味・関心がありますか？

表 3 “Science”に関することについて

	とてもある	少しある	どちらでもない	あまりない	まったくない
実施前	1	8	4	7	5
実施後	4	18	2	2	0

5-3 “Opera” の形式で行われること

(表 4)

＜質問＞この GSO-WS は、オペラ形式でつくられました。このことについて、どれくらい興味・関心がありますか？

表 4 “Opera”形式であることについて

	とてもある	少しある	どちらでもない	あまりない	まったくない
実施前	1	12	5	2	5
実施後	8	11	5	2	0

5-4 “Eco-scenography” を意識した舞台作りになること (表 5)

＜質問＞この GSO-WS では、木や紙、竹などの再生可能な素材を用いて衣装や舞台をつくります。このことについて、どれくらい興味・関心がありますか？
 (実施後は「興味や関心を持ちましたか？」と質問)

表 5 “eco-scenography”についての意識

	とてもある	まあある	どちらでもない	あまりない	まったくない
実施前	5	6	8	4	2
実施後	12	12	2	0	0

5-5 英語で実施されること (表 6)

＜質問＞この GSO-WS は、英語で説明され講師の方とのやりとりもすべて英語になります。このことについて、「やりがい」や「不安」を感じますか？
 (実施後の選択肢は「やりがいがあった」のように過去形で表記)

表 6 英語で実施されることについての意識

	とてもやりがいがある	少しやりがいがある	特に何もない	少し不安がある	とても不安がある
実施前	1	4	2	5	13
実施後	12	10	2	0	2

5-6 素粒子物理学に関する知識について (表 7)

＜質問＞今回の GSO のテーマは素粒子物理学です。あなたは素粒子についてどの程度知っていますか？
(実施後は「素粒子についてどの程度わかりましたか？」と質問)

表 7 素粒子物理学についての知識

	よく知っている	少し知っている	あまり知らない	ほとんど知らない	まったく知らない
実施前	0	1	5	7	12
実施後	0	17	5	3	1

5-7 素粒子物理学に関する興味について (表 8)

＜質問＞今回の GSO のテーマは素粒子物理学です。あなたは素粒子物理学についてどの程度興味がありますか？ (実施後は「興味や関心は増えましたか？」と質問)

表 8 素粒子物理学についての興味

	とてもある	少しある	どちらでもない	あまりない	まったくない
実施前	1	7	5	2	10
実施後	4	9	9	3	1

5-8 GSO-WS 全体に対する評価(表 9)

＜質問＞今回のワークショップ全体に対する評価はいかがですか？

表 9 WS 全体についての評価

	とてもよかった	まあよかった	どちらでもない	あまりよくない	まったくよくない
実施後	21	4	1	0	0

6. まとめ

GSO の 3 つの柱である”Global”, ”Science”, ”Opera”に対しての生徒の評価は、いずれも WS 実施後に高くなっていた。また、英語で実施したことについて、WS 前は不安が大きかったが、WS 後には「やりがいがあった」という評価に大きく変わった。このように、今回の GSO の取り組みは、単なる理科教育ではなく、芸術や英語などを取り入れた教科横断型の理科教育として、大きな効果があると考えられる。また、生徒自身がシナリオの細部や舞台装置、背景の効果音などを議論しながら作り上げていく過程は、アクティブラーニングそのものである。一方、「素粒子物理学」に関しては、知識の獲得においては十分とは言えないが、興味や関心の増加が見られた。生徒たちが自ら学んでいこうとするきっかけになっていることを期待したい。

なお、本報告の詳細版を「天文教育」誌に投稿する予定である。そちらも参照されたい。

7. 終わりに～2017 年度の取り組み

2017 年度の GSO のテーマは”Moon Village”である。今年も、Oded さんから参加の打診があり、草加東高校の演劇部と吹奏楽部の部員を中心に、2017 年 10 月 8 日 (土)、9 日 (日) の 2 日間でワークショップを実施する方向で準備を進めつつある。今回は、Janne さんの来日は難しいので、筆者を中心にワークショップのプログラムを組んでいくつもりであるが、Janne さんにも Skype での参加など、何らかの方法での参加していただくことも検討している。

質疑応答

Q: 今回の取り組みに対して、オペラの専門家からの評価があったのでしょうか。もしそのような評価があったなら、参加した高校生たちにとって励ましになったことと思いますが、いかがでしたか。(富田晃彦さん)

A: 残念ながら、オペラの専門家からの評価はありませんでした。ただし、今回のワークショップの講師であった Janne さんからは、とても素晴らしい取り組みだったという評価をいただいており、それは参加した生徒たちには、とてもよい励ましになっていました。

「もしも君が杜の都で天文学者になったら(もし天 2016)」の報告

津村耕司 (東北大学 学際科学フロンティア研究所)

A Report of an astronomical educational event for high school students “Imagine if you were an astronomer in the city of greens 2016 (MoshiTen2016)”

Kohji Tsumura (FRIS, Tohoku University)

Abstract

Tohoku University conducts an astronomical educational event, “Imagine if you were an astronomer in the city of greens (MoshiTen)”, for high school students since 2011. During this one-week event, participants can experience astronomical research activities including research planning, astronomical observation using the 1.3-m Hitomi telescope in the Sendai Astronomical Observatory, data analysis, and presentation. University students support these participants’ activities as Student Learning Advisors (SLAs). This event is a good example of active learning. In this report, the activity of MoshiTen in 2016 is introduced.

1. 「もし天」とは

東北大学の理学研究科天文学専攻と学際科学フロンティア研究所が主催、宮城教育大学と仙台市天文台が共催として、毎年クリスマスの時期に、高校生を対象とした天文学体験イベント「もしも君が杜の都で天文学者になったら(もし天)」を実施している。2016年度の「もし天」は第6回目の開催であった。「もし天」の詳細についてはウェブサイト¹を、「もし天」が東北大学にて実施された経緯については文献[1]を参照のこと。また「もし天」は例年、宮城県教育委員会からの後援、ならびに日本学術振興会「ひらめき☆ときめきサイエンス」からの援助を受けている。

「もし天」では、全国から宇宙好きの高校生が集い、1週間の合宿の中で実際に天文学の研究を行う。高校生の選抜は例年、作文審査にておこなわれている。「もし天」では普通の学校での授業と異なり、班ごとに議論を進めながら自分たちで研究テーマを設定し、観測プロポーサルを書き、天文観測を実施しデータを取得し、それを解析し結論を導き出すという、一連の研究過程をアクティブ・ラーニング方式で体験する。天文観測は、仙台市天文台が所有する1.3m「ひとみ望遠鏡」を参加高校生自ら操作しながら行う。そうして得られた研究成果は、最終日に市民の皆様の前で発表し、また希望者は日本天文学会ジュニアセッションで発表する。

「もし天」期間中は、東北大学・宮城教育大学の教員および学生がサポートにつく。特にサポートにつく学生は Student Learning Advisor (SLA) と呼ばれ、各班に3名程度配置し、参加高校生を手厚くサポートする。

2. 「もし天 2016」の参加者募集

ここでは、2016年12月22日(木)~28日(水)に実施された「もし天 2016」について紹介する。参加高校生は、もし天ウェブサイト¹にて、7月27日から10月14日にかけて募集した。これに先立ち、チラシ・ポスターを全国約1000校に配布したほか、東北大学プレスリリースで2回の告知などを行った。そのおかげで約3倍の申し込みがあり、作文審査にて参加者16名を選抜した。

参加者には「もし天」テキストと宿題、保護者同意書、健康調査票などを送付し、参加意思の確認を行い、参加者に天文に関する簡単な予習を促した。参加者は高校1年生から3年生に及

¹ <https://www.astr.tohoku.ac.jp/MosiTen/>

ぶため、知識の差が大きいので、事前のテキスト配布および宿題を出しておくことで、最低限の知識を揃えることを目的としている。また宿題に関しては、初日の最初の議論において、宿題でわからなかったことなどを発表し合うことで、議論のきっかけともなる。

安全配慮については、天文観測が夜間に及ぶため、参加申し込みの時点で各家庭に保護者からの同意書を得るようにした。その上で天文台・宿舎間の移動はタクシーを用いることで、高校生が夜間に移動しないようにした。

また、「もし天」開催期間にまだ冬休みになっていない高校も存在し、その場合やむなく参加者が学校を(公欠が取れずに)欠席せざるを得ないという状況が過去に何件か散見されたため、2016 年は宮城県教育委員会から、宮城県の高校に関しては学校長宛に、他県については各都道府県の高校教育課に、必要に応じて公欠の配慮をお願いする連絡を出していただいたことに加え、参加者から要望があれば、東北大学理学研究科天文学専攻長名義で、各高等学校長宛に、「もし天」のイベントの主旨などを説明し、公欠の配慮をお願いする書面を送付した。この成果もあり、2016 年度は「もし天」参加のために公欠が取得できなかったという例はなかった。

3. 「もし天 2016」 期間中の流れ

2016 年度の「もし天」の実施プログラムを表 1 にまとめる。なお、当日の様子については、ドキュメンタリムービー²などもあるので、あわせて参照のこと。

参加高校生は初日の昼に仙台市天文台に現地集合とし、そこで開校式を行う。開校式では、参加高校生やスタッフ(教員・SLA・天文台職員)の自己紹介の後、実施責任者の津村が「もし天の楽しみ方」というタイトルで「もし天」の趣旨や流れ、注意事項などを説明した。その後、早速班ごとに分かれて、研究テーマを決めるグループディスカッションに入った(図 1 左上)。班は事前アンケートにより、興味が似た高校生ごとに集めてはいるが、どういうテーマになるかはこの時の議論で決まる。ここでは、緊張した高校生をいかにときほぐし、活発な議論に導いて行くかが重要で、各班の SLA の腕の見せ所である。ここのディスカッションでは、事前に課された宿題の答え合わせから入り議論を展開して行くことに加え、2016 年からは仙台市天文台の展示スペースを自由に見られるようにしたので、その展示を見学しながら研究テーマを考える班もあった。その後、各班による中間報告ののち、班ごとにひとみ望遠鏡の操作体験を行った。ここで操作体験をしておくことで、翌日からの本番の観測にスムーズに入っていくことができる。

2 日目は班ごとに研究テーマを決め、観測プロポーサルを製作する。この日はスケジュールの都合から、夕方頃に仙台市天文台に移動してから、天文台にてプロポーサル審査会を行なった(図 1 中央上)。審査会に合格した班から好きな観測時間帯を選べるため、合格が遅れた班は、残

表 1 2016 年度「もし天」実施プログラム

日程	場所	プログラム内容
22 日(木)	仙台市天文台	開校式、「もし天」説明、ひとみ望遠鏡操作体験、グループディスカッション(研究テーマ決め)
23 日(金)	東北大学	グループディスカッション(観測プロポーサル制作)
	仙台市天文台	プロポーサル審査会、合格の班から天文観測
24 日(土)	東北大学	データ解析、中間発表会
	仙台市天文台	天文観測
25 日(日)	東北大学	データ解析、クリスマスパーティ
26 日(月)	東北大学	データ解析、中間発表会
27 日(火)	東北大学	データ解析、発表練習
28 日(水)	東北大学	午前：発表練習、午後：最終成果発表会、閉校式

² <https://www.astr.tohoku.ac.jp/MosiTen/2016.html>

された時刻に観測可能な天体を新たに探すなどの対応が必要となる。多くの班は、1度目の審査会でのコメントを受け、改訂した2度目の審査会で合格となることが多い。合格した班は、2日目の夜及び3日目の夜にひとみ望遠鏡を用いて観測を実施した(図1右上)。今回は4班中3つの班が撮像観測、1つの班が分光観測を行なった。

3日目以降は得られたデータを解析しながら研究成果をまとめて行く(図1左下)。また、途中に中間発表会を入れることで(図1中央下)、お互いに他班の研究テーマと進捗状況を知ることができ、そこでの質疑応答を通じて、研究と発表をさらにブラッシュアップさせる。また、中間発表会での質疑応答を活発化させることを目的として、質問した回数に応じて各班ごとにポイントを加算している。このポイントと、最終発表会での得点に応じて、優勝チームには景品を与える仕組みである。また、過去には最終発表会直前になると徹夜をする班も多かったが、近年は徹夜をさせることなく、計画的に研究活動を進めさせている。

最終日は午後から最終成果発表会となる(図1右下)。最終発表会では、一般の来場者に加え、東北大の教員、参加者の家族、過去の「もし天」参加者などが参加し、その前で研究発表を実施し、聴講者からの質問にも答えた。最終的に、3名の審査員の得点を上述の質問ポイントに加算し、優勝チームを決めた。最後に参加者全員に「未来博士号」を授与し、「もし天」の全日程が終了した。なお、この最終発表会は Ustream での生配信を計画していたが、これはネット環境不備から実現できなかったことは翌年以降の課題である。

「もし天」後も、ジュニアセッションでの発表に向け、各班ごとに研究成果のブラッシュアップやポスター製作を継続的に実施し、各班の SLA はそれをサポートした。ここでの活動は主にメールベースでのやりとりとなる。ジュニアセッションへの参加は任意であるが、結局4つ全ての班がジュニアセッションに参加した。



図1 「もし天」の様子。左上：初日のディスカッション、中央上：プロポーサル審査会、右上：ひとみ望遠鏡での観測、左下：観測データの解析、中央下：中間発表会、右下：最終発表会

4. 「もし天」のこれから

「もし天」は高校生を対象にアクティブ・ラーニングをうまく活用することで、成果を上げていると主催者として実感している。しかし、この感覚的な印象を、教育学的手法に基づききちんと評価することは重要である。

「もし天」の SLA への教育効果の評価研究として、田中(2017)[2]がある。この研究では、大学教育の課外活動としての SLA の参加の教育効果について、2015 年度の「もし天」に SLA として参加した2名の大学生に対するインタビュー調査を実施している。その結果として、「もし

天」SLA 活動を通して大学生は、汎用的な能力の成長、心的な成長をしており、SLA 活動は正課教育での知識・技能の獲得促進に寄与するとの結果が得られている[2]。

「もし天」に参加した高校生への教育効果の評価については、「もし天」の前身である国立天文台の「君が天文学者になる 4 日間」の受講者に対するアンケート調査がある[3]。これらの先行研究を踏まえ、著者は、東北大学教育学研究科の教員との共同研究として、歴代(+今年)の「もし天」参加者(~20 名程度を想定)に対するインタビュー調査を計画中である。この研究計画では、「もし天」参加による短期的変化および中長期的変化について、KJ 法を用いて抽出するとともに、「もし天」プログラムの構成要素(合宿形式での開催、SLA の配置、テーマ決定やデータ取得などの科学的活動への能動的参加、資料からの情報収集、グループでのディスカッション等)とそれぞれの変化との関連についてグラウンデッド・セオリー・アプローチ[4]を用いてモデル化する計画である。

2017 年度も「もし天」を実施する。第 7 回目となる 2017 年の「もし天」では、「ひらめき☆ときめきサイエンス」に加え、天文学振興財団「天文学普及・啓発活動に対する助成」にも採択されている。開催期間は 2017 年 12 月 23 日(土)–29 日(金)であり、参加高校生 12 名を現在募集中である。

謝辞

2016 年度の「もし天」を成功させることができたのも、SLA として協力してくれた東北大学・宮城教育大学の学生や仙台市天文台の職員の方々をはじめ、事務職員や技術職員の方々にサポートをしていただけたおかげです。この場を持って「もし天」にご協力いただいた全ての皆様に感謝を申し上げます。また、2016 年度「もし天」は、宮城県教育委員会からの後援、ならびに、日本学術振興会「ひらめき☆ときめきサイエンス」からの助成(HT28017)を受けて実施されました。

参考文献

- [1] 服部誠, 2016, 第 30 回天文教育研究会(2016 年天文教育普及研究会年会)収録, 167
- [2] 田中幹人, 2017, 科学教育研究, in press
- [3] 室井恭子, 志岐成友, 五島正光, 縣秀彦, 2003, 天文月報, 96, 14
- [4] 戈木クレイグヒル滋子(編), 2013, 質的研究法ゼミナール 第 2 版: グラウンデッド・セオリー・アプローチを学ぶ, 医学書院

質疑応答

Q: 「もし天」の教育効果を教育学的にちゃんと評価・考察を行うのは素晴らしい。その際に、グラウンデッド・セオリー・アプローチを少人数で行うと主観が強くなるのではないかな？

鷹野重之さん(九州産業大学)

A: この手法のその弱点は認識している。実際の解析では、共同研究者の研究室の学生数名に解析に入ってもらいなどして、主観が入らないように工夫するつもりである。

Q: 学生を連れて観測に行く時によく困るのは、天気が悪かった時にどうするかということですが、これまでの「もし天」で 1 週間ずっと晴れなくて困ったことはないのですか？

岡崎 敦男さん(北海学園大学)

A: 天気については常に心配ですが、幸いなことに今まで観測データが全く取れなかった班はありません。夏ではなく冬に実施している理由の一つもこの天気の問題があります(冬の方が晴天率が良い)。また、不運にもデータが取れなかった時に備えて、ひとみ望遠鏡で過去に観測したデータが使えるように準備はしてあります。

「天文台のあるまちみたか」の取り組み 第2弾

高畠 規子（国立天文台）

The activities of Mitaka City where the NAOJ is located

Noriko Takabatake (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

There are many special activities of astronomy in Mitaka City. This is a report which introduce 4 activities chosen from the activities. They are “Hoshi to Mori to Ehon no Ie(the picture book house with stars in the forest)”, “Mitaka network University,” “Mitaka taiyokei-Walk” and “Astronomy & Science information Space”.

1. はじめに

「天文台のあるまち三鷹」。このキャッチフレーズに沿って三鷹市と国立天文台はお互いの協力のもと、さまざまな天文イベントに取り組んでいます。昨年は、その中から、国立天文台が三鷹市とともに主催、あるいは協力している団体や取り組みの主なもの4つについて紹介し、特に、「みたか太陽系ウォーク」と「天文・科学情報スペース」の二つの活動についてご報告しました。今年は、その続編として、「三鷹市星と森と絵本の家」のユニークなテーマ展示を中心にご紹介します。

2. 三鷹市星と森と絵本の家とは…

「三鷹市星と森と絵本の家」（以下、絵本の家）は、国立天文台の協力のもとに、三鷹市が設置、運営する施設です。（三鷹市・絵本の家 WEB サイト 冒頭紹介文より抜粋）

絵本の家は、世界天文年の2009年7月7日、大正時代に建てられた旧官舎の建物を再築して天文台構内にオープンしました。他に例を見ない特徴として、名前の通り

「星」「森」「絵本」「家」という四つのプロジェクトがあり、国立天文台が協力しているのは言うまでもなく、この「星」プロジェクトです。



図1 星と森と絵本の家・外観



図2 伝統的七夕祭り

の目玉のひとつとなっており、小さなお子様連れの家族でもゆったりと星を楽しむことができます。今年も8/27（日）に開催された伝統的七夕祭りでは、天候に恵まれて、100人以上の人が50cm望遠鏡でみた織姫星や土星の姿に歓声を上げていました。

そして、絵本の家取り組みを紹介するうえで忘れてはならないのが、毎年変わるテーマ展示の取り組みです。

まず、絵本の家では、毎月第4土曜日に、「星のおはなし」のイベントがあります。これは、開館翌年の平成22年以来、行われているもので、星のソムリエや天プラのメンバー、あるいはゆかりのある中学校の先生などの、いろいろな方がボランティアで話し手を務めています。それから、大きな天文関連イベントが年に2回。伝統的七夕まつり、そして、お月見会です。

どちらも、絵本の家が企画する親子対象のイベントですが、天文台の50cm公開望遠鏡による天体観望会もイベ

3. これまでのテーマ展示

表 1 にこれまで取り上げられたテーマの一覧を示しました。これらの展示は、前年度の1月くらいからテーマの検討がなされ、年明け以降、なんども検討会が開かれ、最終的に、開館記念行事が行われる7月7日におひろめされます。

国立天文台は、科学的な見地からアイデア出しをしたりアドバイスをしたり、いわゆる監修の役割でご協力していますが基本的には、絵本の家のスタッフがすべて、作り上げていきます。

また、もちろん、あくまでも絵本の展示として、きちんと成立しなければならないので、検討会には、絵本の専門家として、第一人者である広松由紀子さんも加わっています。絵本の家の来館者は、親子連れや小学生が主ですが、決して、子供だましでない、ごまかしのない内容となっています。

平成 21 年：月とおつきさま
平成 22 年：大きな地球・小さな地球
平成 23 年：おひさま いっぱい
平成 24 年：宇宙で いきてる
平成 25 年：ほしと星座
平成 26 年：絵本と宇宙
ひろくて とおくて はてしない
平成 27 年：どう うごく？おちる ころがる
平成 28 年：暦 かぞえるくらし
平成 29 年：もののもと
ぼくわたしのできるまで

表 1 これまでのテーマ一覧

4. 絵本の家のテーマ展示の特徴

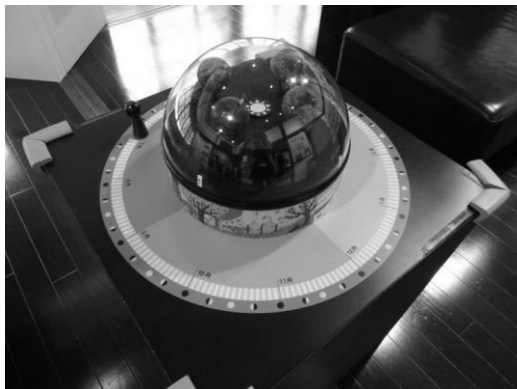


図 3 季節と地球と月の満ち欠け

絵本の家のテーマ展示の特徴の第 1 は基本「手作り」であること。市販の既製品も柔軟に取り入れながらも、絵本の家のスタッフが、テーマについて子供たちや一般の方にわかりやすく伝えるために、自分たちの目線で工夫を凝らした仕掛け展示を作り上げます。図 3 は、昨年の「暦～かぞえるくらし」での展示の一つ。四季をえがいた円筒形の台の上に、太陽の周りをまわる地球が配置されています。一番下の円盤には、1 年分の日付と月の満ち欠けが描かれ、「今日子ちゃん」人形が、毎日その日の日付を示す場所に置かれる仕掛けになっています。

特徴の第 2 は「触って動かして楽しむ展示」であるということ。図 4 も昨年の展示からの写真で、100 年分の日めくりカレンダーが並べられています。つまり、来館者が 100 歳以下であれば、必ず自分の誕生日が見つかる、ということ。来館者は、自分の誕生日の日付に、丸いシールを貼っていきます。親子、あるいは兄弟で訪れた来館者が、カレンダーの隔たりに歳の差を実感したり、おばあちゃんから僕が生まれるまでの長い年月の流れを自然に感じられるような展示です。

そして第 3 に（当たり前ですが）、これは「絵本のための展示」である、ということです。「こよみ ～かぞえるくらし」では、直接天文につながるような月の満ち欠けを扱った本はもちろん、曜日や一週間を扱った絵本、そして、誕生日などの記念日を扱った絵本などテーマに沿って、効果的に配置されています。

見学者は、暦やカレンダーという日常と宇宙が結びついていることを、しかけ展示と並んだ絵本からごく自然に感じられるように工夫されているのです。

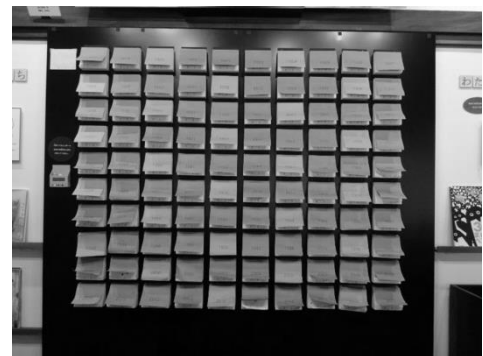


図 4 100 年カレンダー



図 5 暦 ～かぞえるくらし

5. 今年のテーマ展示は「もののもと ぼくわたしのできるまで」



図6 特別お話し会（開館記念行事）



図7 もののもと ぼく・わたしのできるまで

そして今年は、ついに「物質の起源」に挑戦しました。図6は、開館記念行事の際に林正彦天文台長が『たくさんのおしごと〜宇宙と私たち』という絵本を朗読しながらお話し会を行っている様子です。このあとのテーマ展示お披露目会では、毎年恒例の解説ツアーを行いました。

導入は、『クマの子ウーフ』の中のセリフ。
 “ウーフはおしっこでできているか？” “から。
 「ご飯を食べて大きくなるからごはんできているのかな？」 「おしっこをするからおしっこできているのかな？」 など、体を作っている物質に自然に目を向けさせます。その後、身近なものの代表として、絵本を分解した展示を示し、
 「生き物はできないけれど、モノは分解することができるね？絵本を分解してなにならできているか調べてみよう」「ものにはいろいろな手触りがあるね？触って調べてみよう。」と調べる方法を考えながら、だんだんとモノのもとに目を向けてさせていきます。

中でも最も目立つ展示は、『地球は何からできている？』のコーナー。

NASAが提供している超高解像度の地球画像が貼られた壁面は、扉のついた棚になっており、中には地球を構成する何か（岩石や鉱物、地学に関する絵本など）が入っていますが、外からはわからないので、子供たちは、楽しそうにあちこち開けて覗き込んでいます。

そしていよいよ、「もののもと」はさまざまな種類の粒（原子）だということまでたどり着きます。目に見えない、「もののもと」を実感させるために、身近な物質がどんな種類の粒でできているか、はめ込みのパズルと、並べ替えのできる物質の絵付きの周期律表パネルが用意されました。

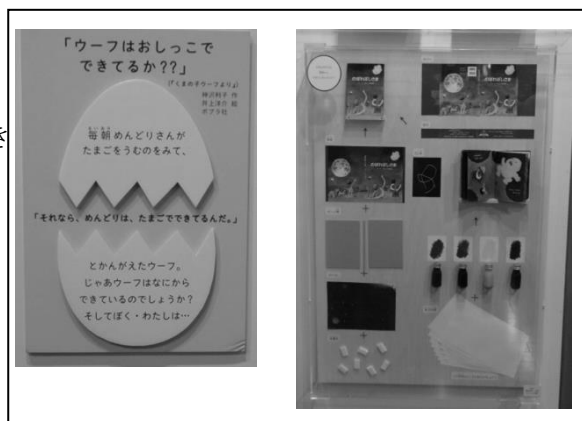


図8 導入パネルと絵本の分解展示



図9 地球は何からできている？



図10 はめこみパズルと周期律表パネル

さらに、「もののもと」のふるさとを訪ねる旅は宇宙へと続きます。

「宇宙はどんなふういろいろな種類の粒を作ってきたんだろう？」

あちこち、しかけのある宇宙の歴史を、現在からたどっていくと、最後は宇宙誕生にたどりつきます。

この宇宙の歴史の展示では、星が一生の中でいろいろな元素を作る段階を、めくったり、ひもを引っ張ったりしながら追いかけていくことができるよう工夫されており、林台長が読んだ本も展示されています。

そして、「もののもと」をたどる旅は、終着点は「ぼく・わたしは何からできているの？」という疑問。身体を構成している様々な物質について、遊びながら自然に興味をわくように工夫されています。



図 11 宇宙の歴史パネル

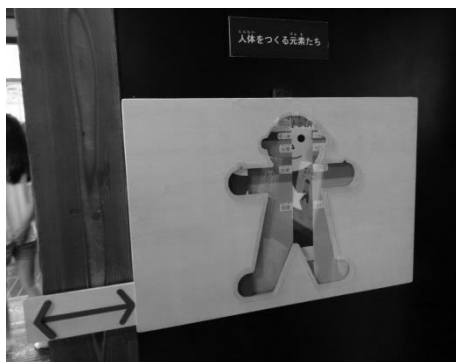


図 12 「人体を構成する元素」展示



図 13 「人体を構成する元素」展示で遊ぶ子供

6. さいごに

7 月にお披露目されたばかりの今年のテーマ展示を中心に、絵本の家の特色ある活動をご紹介します。絵本の家のスタッフたちは言います。「私たちはおもちゃを作っているわけではありません。あくまでも絵本のための展示を作っているのだ」と。たしかに仕掛け展示で楽しそうに遊ぶ子供たちは、その展示があらわそうとする内容まで深く考えてはいないでしょう。でも、ここで感じた、宇宙の不思議や謎解きの面白さは、いずれ、自然科学へ興味を持つための入り口となります。独特な切り口と手作りの工夫によって、絵本をはじめとするさまざまな書籍を紹介することで、楽しみながら科学を感じることができる場を提供し続けているのです。

昨年 9 月、ついに来館者数 25 万人を達成した三鷹市星と森と絵本の家。絵本の家は、開館 8 周年を迎え、絵本を楽しむ場、自然や科学への関心につながる活動の場として、今や三鷹市民にとってなくてはならない存在となっています。ぜひ、実際に足を運んでその目でご覧ください。

来年のテーマはいったいなにになるのか？今からとても楽しみです。