

宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業開発の試み

—中学校数学科における図形領域に着目して—

小池 翔太¹⁾ 塩田 真吾²⁾ 藤川 大祐³⁾ 阿部 学⁴⁾ 木村 研一⁵⁾

市野 敬介⁵⁾ 荒崎 智史⁵⁾ 塚本 亜紀⁶⁾ 高良 理⁶⁾

千葉大学大学院教育学研究科 修士課程¹⁾ 静岡大学教育学部²⁾ 千葉大学教育学部³⁾

千葉大学大学院人文社会科学研究所 特別研究員⁴⁾ NPO 法人企業教育研究会⁵⁾

日本アイ・ビー・エム株式会社⁶⁾

中学生に対して、宇宙開発に携わる人材育成や宇宙開発への興味関心の喚起が必要であると考えられる。他方、中学生は「宇宙に関する仕事」といえば、「宇宙飛行士」や「天文学者」など、宇宙に関する直接的な仕事を連想してしまうだろう。そこで本研究では、中学生が宇宙開発に興味を持てるようにするために、宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業の開発を試みた。開発した授業プランは、宇宙開発に興味を持つことに寄与したと考えられる。ただし、情報技術の仕組みを理解させる点や、星の観測の疑似体験のさせ方について、細かな課題が残った。これらについては、改善した授業プランの実践をすることに加えて、開発した授業の詳細な評価についても、今後更に検討していく必要がある。¹⁾

キーワード：宇宙観測、情報技術、位置天文学、JASMINE 計画、年周視差、最小二乗法

1. 問題の所在

近年、中学生に対して、宇宙開発に携わる人材育成や宇宙開発への興味関心の喚起が必要であると考えられる。例えば、2012年12月に発表された「文部科学省における宇宙分野の推進方策について」によれば、「文部科学省の取組の方向性」の一つとして「小中学生等に対しては宇宙分野への関心の向上を主眼とした教材開発などの取組」の支援の重要性が指摘されている（科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 2012）。また、2015年1月に発表された「宇宙基本計画」によれば、「宇宙開発利用全般を支える体制・制度等の強化策」の一つとして、小中学校等における宇宙に関する教育を始めとした様々な取組を推進する重

要性が指摘されている（内閣府宇宙開発戦略本部 2015）。

他方、中学生は「宇宙に関する仕事」といえば、「宇宙飛行士」や「天文学者」など、宇宙に関する直接的な仕事を連想してしまうだろう²⁾。よって、宇宙開発に関する多様な面を、中学生にも見せていく必要があるのではないだろうか。

現在、日本で行われている宇宙開発の例として、赤外線位置天文観測衛星を打ち上げ、地球から星までの距離を高精度に測定することを目的とする、JASMINE³⁾というプロジェクト（以下、JASMINE プロジェクトと表記）がある。このような宇宙観測を実現させるためには、位置天文学者に加えて、それらを支える情報技術が重要となっている（初鳥ほか 2013）。

こうした宇宙観測を支える情報技術という側面を、中学生にも理解できる形で見せていくことによって、前述のような課題が解決されると考えられる。

宇宙観測に関する教材や授業開発は、いくつか確認できる。例えば、国立天文台が実施する授業の取り組みである「ふれあい天文学」⁴⁾や、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA⁵⁾と表記）宇宙教育センターによる、「三角形を利用して距離を測ろう」という家庭学習用教材⁶⁾、宇宙電波観測を体験させる小・中学生向けの出前講座⁷⁾（越智 2007）などがあげられる。

Shota Koike¹⁾, Shingo Shiota²⁾, Daisuke Fujikawa³⁾, Manabu Abe⁴⁾, Kenichi Kimura⁵⁾, Keisuke Ichino⁵⁾, Satoshi Arasaki⁵⁾, Aki Tsukamoto⁶⁾ and Osamu Koura⁶⁾ : Development of Teaching Practice Using Space Observation Systems – Focusing on Teaching Materials on Geometrical Figures for Junior High School Students –

¹⁾ Graduate School of Education, Chiba University

²⁾ Faculty of Education, Shizuoka University

³⁾ Faculty of Education, Chiba University

⁴⁾ Graduate School of Humanities and Social Sciences, Chiba University

⁵⁾ NPO, the Association of Corporation and Education

⁶⁾ IBM Japan Co. LTD

しかし、宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業は、これまで開発・実践されていない。そこで本研究では、宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業の開発を試みたい。

2. 研究の目的と方法

本研究の目的は、中学生が宇宙開発に興味を持てるようにするために、宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業の開発と実践を行うことである。

本研究の方法は、次の手順で進めていく。

- (1) 授業プランの開発
- (2) 単元事前の質問紙調査の実施
- (3) 授業プランの実践
- (4) 各授業事後の質問紙調査の実施
- (5) 単元事後の質問紙調査の実施
- (6) 実践した授業の分析、考察

3. 授業の開発

3.1. 授業のねらい

第1章で論じた内容を踏まえて、本研究の授業のねらいは、「中学生が宇宙観測に関わる位置天文学者や情報技術者の仕事を知ることによって、宇宙観測に関わる仕事への興味・関心を高めることができる」と設定した。

3.2. 実践校の設定

実践校は、千葉大学教育学部附属中学校とした。対象となる生徒は、選択教科（数学）受講の3年生16名である。授業日時は2014年9月3日、9月17日、10月1日である。

詳しくは以下の通りである。

- ・実践校： 千葉大学教育学部附属中学校(以下、附属中学校と表記)
- ・実施科目： 選択教科（数学）
- ・学年： 3年生
- ・人数： 16名
- ・授業日時： 2014年9月3日（水）、9月17日（水）、10月1日（水）いずれも13:00～13:45
- ・授業者： 小池翔太

3.3. 授業開発・教材の工夫

宇宙観測や情報技術は、中学校の生徒にとっては遠い存在であるだろう。そこで、中学生が宇宙観測を支える情報技術について、興味を持って学ぶことができるようにするために、主に3つの観点で授業プランの工夫を行った。

本節では、そのうちの授業開発の工夫を2点、教材の工夫を1点述べていきたい。

3.3.1. これまでの算数・数学の学習とつなげる

1点目の授業プランの工夫点は、これまでの算数・数学の学習とつなげるような授業開発の工夫を行ったことである。

本稿第1章でも取り上げたJASMINEプロジェクトでは、年周視差について、非常に小さな角度を高精度で計測しているという。この年周視差とは、「地球が太陽の周りを公転運動しているために、地球から見た天体の方向が一年を周期として変化する現象」⁸のことであり、これを用いることにより三角測量が可能となる。また、三角測量とは、「地形図などを作成する際、精密に長さを測った基線と、その他いくつかの測点を設け、それらを結びつけることによって多くの三角形の網をつくり、三角法によって計算する測量法」⁹のことである。これらの三角測量による年周視差の測定を概念図として表すと、図1のようになる。

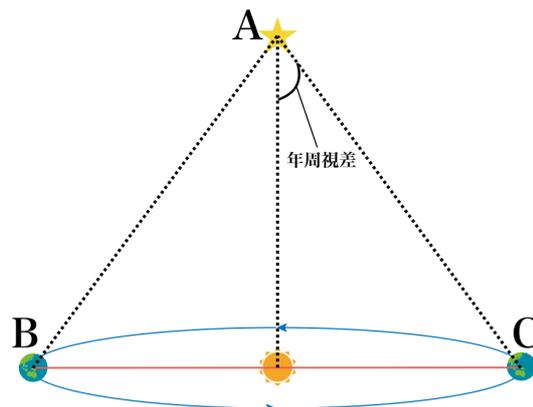


図1 三角測量による年周視差の測定の概念図(筆者らが作成)

この年周視差については、文部科学省（2009）『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』において、科目「地学」（p.107）の内容で「公転」については、年周視差と年周光行差を扱うこと（p.114）と記されている。しかし、文部科学省（2008a）『中学校学習指導要領解説 理科編』における、内容「地球と宇宙」（p.86）では、年周視差は含まれていない。

他方、三角測量の考え方は、文部科学省（2008b）『小学校学習指導要領解説 算数編』における「C図形」の領域（p.40）の内容「縮図や拡大図」（p.41）や、文部科学省（2008c）『中学校学習指導要領解説 数学編』における、領域「B図形」（p.116）の内容「平面図形の相似の意味及び三角形の相似条件」（p.116）で扱われることが多い¹⁰。

これらの三角測量の考え方が位置天文学における星の測り方と同じ原理であるため、宇宙観測という題材を中学校の数学科に着目して無理なく授業として扱うことが可能であると考えられる。

以上より、中学校の生徒にとっては遠い存在であると考えられる宇宙観測や技術について、これまで学習してきた算数・数学の学習とつなげることによって、生徒が興味を持って学ぶことができると考えた。

3.3.2. 情報技術者の仕事の疑似体験をさせる

2点目の授業プランの工夫点は、情報技術者の仕事の疑似体験をさせるような授業開発の工夫を行ったことである。

具体的には、ストロー分度器を用い、星の三角測量を疑似体験できるようにしたことである。

本授業では、前述の JAXA 宇宙教育センターによる『三角形を利用して距離を測ろう ―宇宙の学校 家庭学習用教材―』の教材を参考にして、図 2 のように星と夏至の地球と太陽のなす角、星と冬至の地球と太陽のなす角をそれぞれ測るような方法で疑似体験を行うこととした。

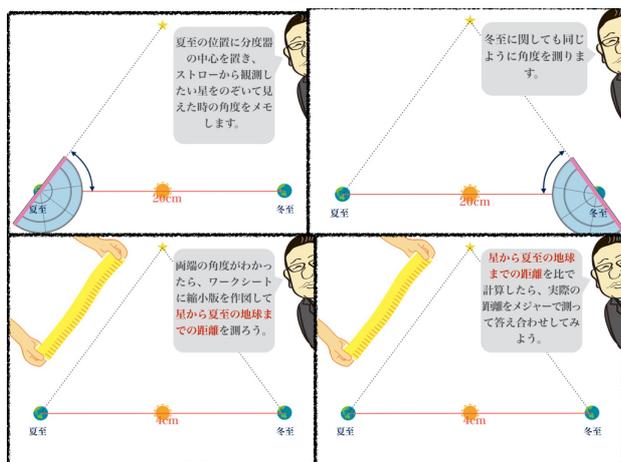


図 2 疑似体験での三角測量による星の年周視差の計測方法

図 2 の計測方法は、本来の星の年周視差であれば非常に小さな角度であるために、角度の度数を計測することは現実的には不可能である。一方、この方法で測定疑似体験を行うと、誤差が出てくるのが体感的に理解できる。この実験を通して、高精度に計測することの難しさを、生徒が理解できると考えた。

以上より、図 2 の計測方法は現実とは異なる簡単なモデルによる計測方法ではあるが、授業の中で疑似体験として生徒に行わせるようにした。疑似体験で使用するストロー分度器は、図 2 に出ているように、市販の分度器にストローを 0 度と 180 度の延長線上にテープで

貼って作成した。また、マグネットを星に見立てた。これらを使った実験についても、生徒にとっては興味を持って取り組んでくれると考えた。

また、情報技術者の仕事により近づけるために、デジタル教材を用いて、動く星の三角測量を疑似体験できるようにした。

初鳥ほか (2013) によると、実際に計測する際は、螺旋の動きを計測する星自身を座標の基準にしているという。そして、膨大な計測回数によって、星の螺旋の動きを、最小二乗法を用いて予測するという。図 3 が、その観測データを座標に表したイメージ図である。赤外線位置天文観測衛星の「Nano-JASMINE」は、ひとつの星あたり 1,200 回、1 万個の星を計測し、合計で 1,200 万回分の計測値を分析するという。このように、非常に小さな年周視差の角度を高精度で計測するために、膨大なパラメータを推定する必要があり、それらを解決するのが情報技術者の仕事である。

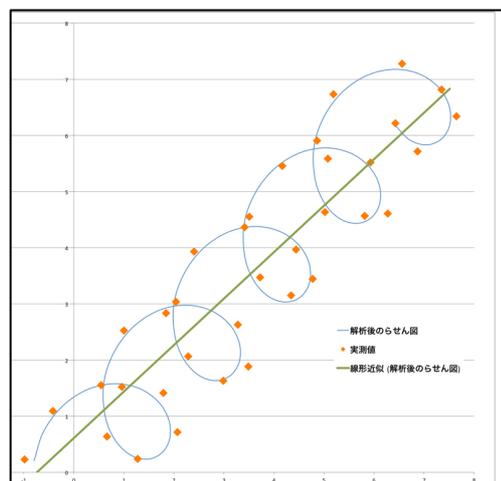


図 3 観測データのイメージ図 (筆者らが作成)

以上が星の現実の動き方と測り方の概要である。文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』における科目「地学」の中でも、このような星の現実の動き方と測り方を取り扱っていないが、アニメーション教材を用いて工夫して説明を行えば、中学生にも原理を理解できると考えた。実際は膨大なデータを取り扱っていること、そのために情報技術者の仕事が必要であることを実感できると考えられる。

しかし、現実の測定のように多くのパラメータを生徒に測定させることは、疑似体験では難しいだろう。そこで、いくつかのデータを観測して動きを予測するという、一連の手順を疑似体験させるような実験を検討した。前述の実験において、星を 4 回動かして、5 回目の星の動きを計算で求めるという疑似体験を行うこととした。そこで、図 4 の台紙を使って星を動かすようにした。

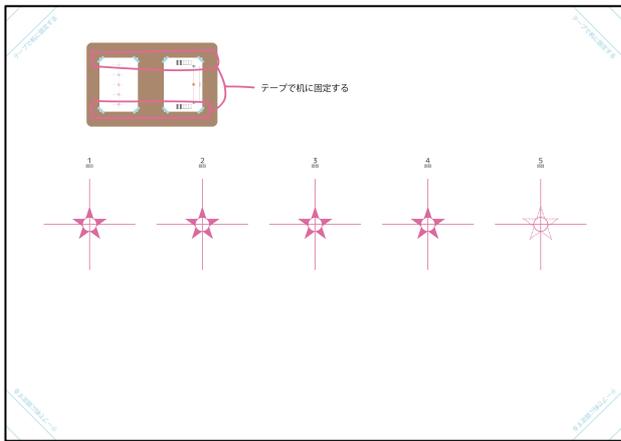


図 4 動かす星の置き場所を示した台紙

また、星を4回動かして、5回目の星の動きを計算で求めるために、図5のようなデジタル教材を開発した。この教材は、Microsoft Excelで作成したものである。図5中の記号は、それぞれ次を表す。

A=夏至の地球の位置、B=冬至の地球の位置、C=星の位置 (C1=1回目の星の位置)、t=時間 (t回目)、e=夏至の地球からCの距離、f=冬至の地球からC

の距離

それぞれの計算は、次の式から求められる。

$$e = \frac{\sin B}{\sin(A+B)}d, \quad f = \frac{\sin B}{\sin(A+B)}d,$$

$$\cos A = \frac{d^2 + e^2 - f^2}{2de}, \quad \cos B = \frac{d^2 + f^2 - e^2}{2df}$$

そして、以下の式を Excel の関数に入力をしており、自動計算できるようにした¹¹。尚、それぞれのセル番号は、図5を参照のこと。

C5の角A (セルC7)
 =DEGREES(ACOS(((POWER(B7,2))+POWER(G7,2))-(POWER(I7,2)))/(2*B7*G7)))
 C5の角B (セルD7)
 =DEGREES(ACOS(((POWER(B7,2))+POWER(I7,2))-(POWER(G7,2)))/(2*B7*I7)))
 t=5回目のときのe (セルG7)
 =FORECAST(F7,G\$2:G\$5,F\$2:F\$5)
 t=5回目のときのf (セルI7)
 =FORECAST(H7,I\$2:I\$5,H\$2:H\$5)

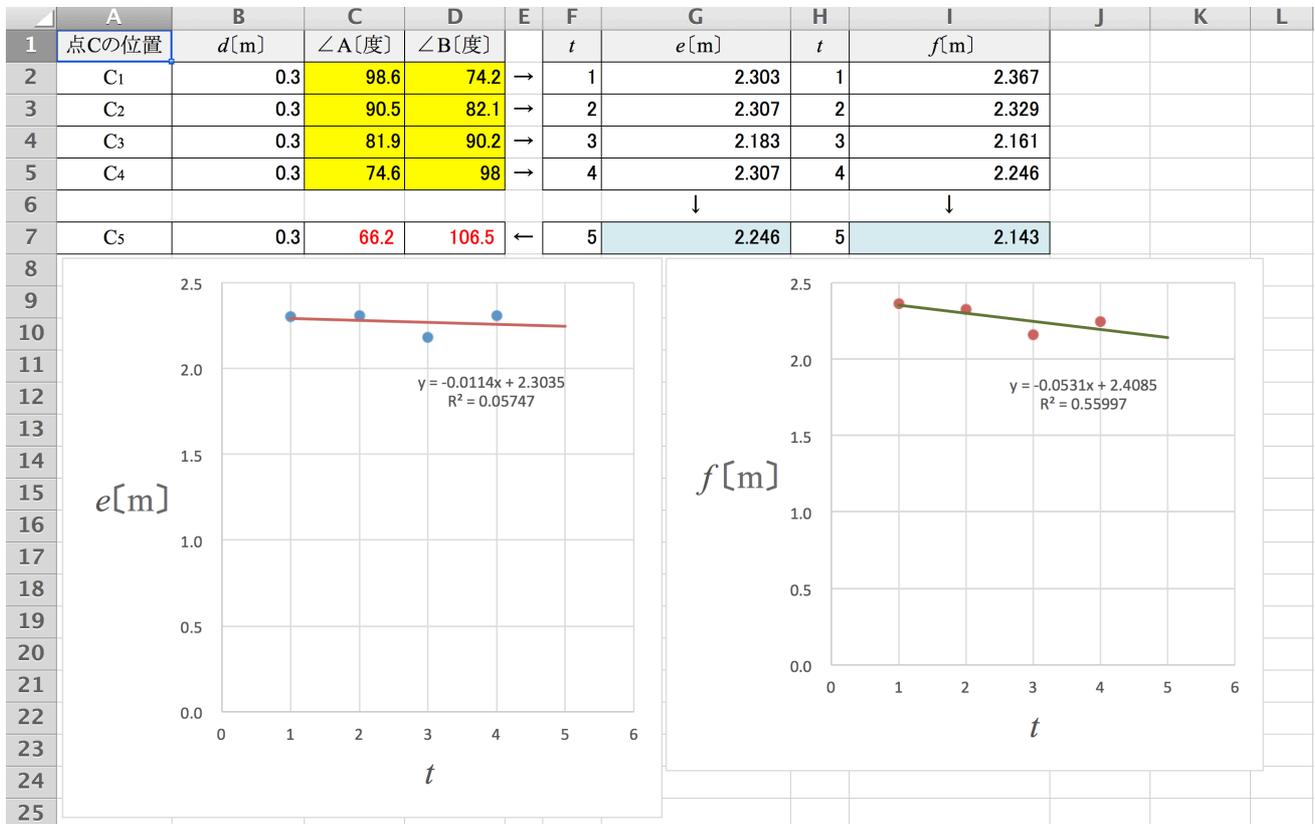


図5 Excelで作成したデジタル教材

つまり、生徒は星が C1～C4 の位置にあった時の A と B の角度を測定し、セル C2～C5 と D2～D5 に入力すれば、星が C5 の位置にあるときの A と B の度数がセル C7 と D7 に自動計算された結果が表示できるようになるという仕組みである。ただし、図 5 中のセル C2～C5 と D2～D5 に記入されている数値は、イメージとして筆者が入力したものである。これらは三角関数を用いているために、生徒になぜ自動的に計算が求まるかを理解させることは難しいが、原理的には先の実験で三角測量を用いて計算する方法とは変わらない。

現実の計測方法を極めて単純化したものではあるが、情報技術者の仕事の必要性が実感できると考え、このようなデジタル教材を用いた動く星の三角測量の疑似体験を行うようにした。

尚、この Microsoft Excel のデータは、Microsoft 社の Surface Pro 3 の端末に事前に保存しておき、各グループに 1 台配布するようにした。この端末はタブレット型であり、実験をしながらグループの人たちで画面を見やすいと考えたためである。

3.3.3. キャラクターデザインを施したアニメーション教材と映像教材

3 点目の授業プランの工夫点は、生徒が宇宙観測や技術について親しみを持てるように、キャラクターデザインを施したアニメーション教材と映像教材の工夫を行ったことである。

まず、アニメーション教材の工夫について述べていく。ここでいうアニメーション教材とは、Apple 社の Keynote を用いたスライドとして制作したものを指す。開発にあたり、阿部ほか (2012) による「図形の証明」のアニメーション教材を利用した実践の成果にならうこととした。具体的には、哲学者であるタレスをキャラクターとしてデザインし、本研究の授業内容に合わせて一部を修正して授業の中で取り上げ、三角測量の問題を取り扱ったことである。

様々な宇宙に関わる歴史上の偉人がいる中で、タレスを取り上げた理由は、タレスが測量術に魅せられ、ピラミッドの高さを三角測量によって計測しているという逸話が残っているためである。タレスは星の距離を測量することに憧れており、星空を見ていたら穴に落ちてしまったという逸話も確認できる。この逸話をもとに、キャラクターとしてタレスをデザインすることによって、生徒が宇宙観測や技術について親しみを持てるようになる考えた。

以上を踏まえて、図 6 のようなキャラクターのタレスの性格を描いたスライドをデザインし、授業全体で扱うこととした。



図 6 キャラクターのタレスの性格の描き方

次に、映像教材の工夫について述べていく。具体的な現代技術について話を取り上げる際は、国立天文台 JASMINE 検討室室長の郷田直輝教授による取材映像を使うようにした。現代技術についての解説に関してアニメーションを利用しなかった理由は、生の研究者としての声を映像として生徒に届けることによって、より現実味が出て説得力が出てくると考えたからである。

よって、アニメーション教材の中で、キャラクターのタレスが現代の技術について尋ねるようなシーンとなった場合、映像中の郷田教授に問いかけている図 7 のような描き方を行った。尚、ここで利用した映像については、筆者らが事前に取材を行った際に撮影したものであり、郷田教授には授業で利用することについて了承を得ている。



図 7 キャラクターのタレスが郷田教授に問いかけている映像

3.4. 授業プランの内容

本章で述べてきた授業のねらい、実践校、教材の工夫をもとに、以下の授業プランを作成した。各時間の具体的な授業プランの内容は、表 1 から表 3 の通りである。

- (1) 1 時間目 直接測れない距離や高さを測ろう
 - ・ 古代ギリシアのタレスの時代から、測れないものを測るための方法が考えられていたことを知る
 - ・ 川をはさんだ距離や、ピラミッドの高さを計算し、三角測量の考え方が現代の宇宙観測の技術でも元の考え方になっていることを知る
- (2) 2 時間目 星までの距離を測る体験をしよう
 - ・ 星までの距離を測る疑似体験を通して、三角測量の計算方法を理解する
 - ・ 実際は天体までの距離があまりに遠いため、疑似体験で出た誤差が許されないことを知る
- (3) 3 時間目 動く星の距離を測る体験を通して情報技術者の仕事を知らう
 - ・ タブレット端末を使って動く星の距離を予測する疑似体験を行うことを通して、実際には動く星を計測する必要があることを知る
 - ・ 星が楕円運動と螺旋の動きをしていることから、膨大なデータが必要であることを知る
 - ・ データを処理するためには、位置天文学の研究者と情報技術者が協力していることを知る

表1 1時間目の授業プラン

時間	主な授業進行
5分	0. 事前アンケート記入
10分	1. オープニング～宇宙のナゾ ・ 宇宙は最新の技術で様々なことが明らかになっているが、謎も多いことを伝える。 ・ 3時間の授業のテーマは宇宙と数学で、アニメを進めながら学ぶことを伝える。 ・ 測ること好きなタレスが登場し、現代へタイムスリップし、国立天文台の郷田教授と出会い、現代の宇宙の地図のVTRを流す。
25分	2. タレスの仕事～測量クイズ ・ 現代の技術がタレスたち先人のお陰であることを伝える。 ・ タレスの仕事を手伝う、というストーリーに基づき、2つの問題に取り組ませる。 (1)川をはさむ家の距離を測ろう (2)ピラミッドの高さを測ろう ・ 指名して誰でも回答が納得できるように、理由を前で発表させ、答え合わせをする。 ・ アニメーションを用いて解説する。
5分	3. エピローグ ・ 次回から星の距離を考えることを伝える。

表2 2時間目の授業プラン

時間	主な授業進行
8分	1. 郷田先生プロジェクト紹介 ・ 郷田教授の取材VTRを流し、JASMINE計画という星の距離を測る研究を紹介する。 ・ 年周視差を用いた三角測量の方法を、アニメーションを用いて解説する。
30分	2. 星の観測実験の説明・実践 ・ 実験の手順を実際に示しながら説明を行い、実践させる。「夏至の位置に分度器の中心を置き、ストローから観測したい星をのぞいて見えた時の角度をメモします」など。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2人～3人組で取り組ませ、誤差が無いかどうかに注意をさせ、精密に測っているかどうかを確認し、適宜助言を行う。
2分	3. まとめ・次時予告 ・ 実験について生徒にフィードバックする。 ・ 今回は星を静体と見立てていたことを伝え、次回は動体として実験することを伝える

表3 3時間目の授業プラン

時間	主な授業進行
5分	1. 星が動く理由って？ ・ 地球から星を観測した時、天球上では楕円運動しているように見えることを、アニメーションで伝える。 ・ 1つの天体が銀河を1周するには、約2億年かかると言われるため、星は止まっているように見えることを伝える。
25分	2. 星の観測実験の説明・実践 ・ 実験の手順の説明を行い、実践させる。 「前回のワークと同じように、動く星を4回にわたって測定し、計測した角度をタブレットに入力すると、5回目の予測値が算出されます。予測角度にセットして、5回目の星が見えたら成功です！」など。 ・ 2人～3人組で取り組ませ、誤差が無いかどうかに注意をさせ、精密に測っているかどうかを確認し、適宜助言を行う。
10分	3. JASMINE プロジェクトの実際の計測～エンジニアの仕事 ・ 天球上の星は楕円運動に見えるが、これに星の移動を加えると、螺旋運動になることをアニメーションで伝える。 ・ 星の距離と動く速さを正確に測定するには、なるべくキレイな螺旋図形を書く事が重要であり、そのためにエンジニアが必要であることを具体的な数値とともに紹介。 ・ エンジニア以外にも宇宙に関わる仕事がたくさんあることを伝える。 ・ 郷田教授からのメッセージビデオを流す。

4. 授業の実際と考察

本章では、授業の実際の様子、各授業後の質問紙調査の結果、単元前後の質問紙集計結果から考察を行っていく。尚、生徒の質問紙調査の結果は、表4の通りである。

また、表4中の表記に関して、以下に5点補足する。

- (1) 4件法の質問への回答について、肯定的なものから4点から1点と点数化したこと
- (2) 記名式の質問紙であるが、表中においては、C1からC15と仮名にしたこと
- (3) 「未」という表記は、記入が確認できなかったり、欠席をしたりしていたために、未回答であったことを表すこと
- (4) 凡例は、以下の質問紙調査の設問を省略したものであること
 - ・ 「数学興味」＝講座の受講理由から「好き(1点)」「嫌い(0点)」で評価した結果

表 4 生徒の質問紙調査の結果一覧（一部）

	性別	数学 興味	宇宙への興味		宇宙の仕事への関心		宇宙仕事 連想個数		宇宙・数学 連想個数		1時間目 楽しさ	2時間目 楽しさ	3時間目 楽しさ
			単元事前	単元事後	単元事前	単元事後	単元事前	単元事後	単元事前	単元事後			
C1	男子	未	2	2	1	1	1	3	0	0	3	4	4
C2	男子	1	4	4	2	2	2	3	0	1	4	4	4
C3	男子	1	3	3	2	2	1	1	1	1	4	未	3
C4	男子	1	4	3	1	3	0	2	0	1	4	4	4
C5	男子	1	3	3	2	2	2	0	1	1	3	3	3
C6	男子	1	3	4	2	1	3	2	2	1	4	3	3
C7	男子	1	3	3	1	1	1	1	1	2	3	3	3
C8	男子	1	3	3	2	3	1	3	1	1	4	4	4
C9	男子	1	4	4	2	3	1	3	0	0	4	未	4
C10	女子	0	4	4	2	2	1	1	0	1	4	4	4
C11	女子	0	2	3	2	2	1	2	1	3	3	4	4
C12	女子	0	3	4	2	2	1	1	1	2	4	4	4
C13	男子	1	3	4	2	2	2	5	1	1	4	4	4
C14	男子	1	4	4	1	1	4	2	0	1	3	4	4
C15	女子	0	1	3	1	2	1	5	1	2	3	3	4
C16	女子	1	3	未	2	未	0	未	0	未	3	4	未
平均		0.73	3.06	3.40	1.69	1.93	1.38	2.27	0.63	1.20	3.56	3.71	3.73
標準偏差		0.44	0.83	0.61	0.46	0.68	0.99	1.39	0.60	0.75	0.50	0.45	0.44

- ・「宇宙への興味」＝「あなたは「宇宙」に興味がありますか？」の事前・事後
- ・「宇宙の仕事への関心」＝「あなたは現在、「宇宙」に関する仕事につこうと思うことはありますか？」の事前・事後
- ・「宇宙仕事 連想個数」＝「「宇宙の仕事」と聞いて、イメージするものをなるべくたくさん書いてください」の事前・事後
- ・「宇宙・数学 連想個数」＝「「“宇宙”と“数学”のつながり」と聞いて、イメージする内容をたくさん書いてください」の事前・事後
- ・「(1・2・3) 時間目楽しさ」＝「今日の授業は楽しかったですか？」の各時間の回答

(5) 単元前後の質問である「宇宙の仕事」と聞いて、イメージするものをなるべくたくさん書いてください。」と、「“宇宙”と“数学”のつながり」と聞いて、イメージする内容をたくさん書いてください」については、筆者が不適切と判断したもののについては数値を除外したこと

以上を踏まえて、授業プランの工夫に関する考察を、次の4つについて行っていく。

第1に、授業プランで示した時間通りに授業を実践できたかどうかについて考察する。

授業時間については、おおむね授業プラン通りに授業を実践することができた。

しかし、2時間目の「星までの距離を測る体験をしよう」は、授業者の予想以上に、生徒が星を観測する疑似体験を早く終わってしまった。そこで、プランをその場で変更し、3時間目「動く星の距離を測る体験」の手順を先に紹介した。以上から、活動時間が十分取れるということを事前に予測した上で、他の学習内容を取り上げることができないかどうか、検討する必要がある。

生徒が疑似体験を行う授業の様子は、図8の通りである。

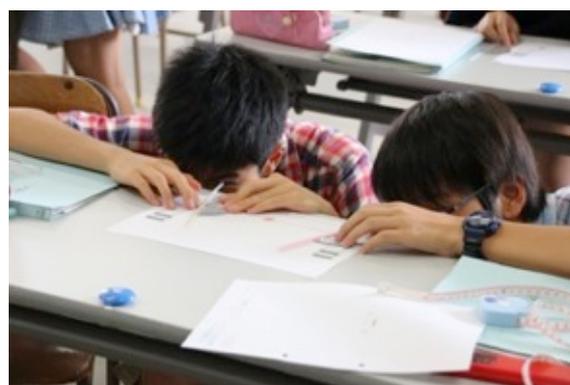


図8 授業の様子

第2に、星の観測を疑似体験する実験の様子について考察を行う。

生徒のうち、疑似体験で高精度にこだわって実験をする姿がみられた。本研究の授業の実験では、前述の通りマグネットを星に見立てたが、より中心を正確に測りた

いことから、マグネットよりも小さい消しゴムを星に見立てる生徒の様子が確認できた。この生徒のこだわりは、宇宙観測では重要な考え方であるだろう。それを生徒が体現できているという点では、疑似体験の教材が有効であったと考えられる。

一方で、それらの生徒の意欲を尊重し、より高精度に計測できるような教材を授業者として提示する必要がある点は課題である。例えば、0.1度単位で測れるようなデジタル分度器を使うことが考えられる。疑似体験における教材の提示については、今後も改善をした上で授業の成果を検証していく必要がある。

第3に、各授業後の質問紙調査において、満足度を4件法で尋ねる設問「今日の授業は楽しかったですか？」への全体の回答傾向について考察を行う。

各時間の平均値は、1時間目 3.56、2時間目 3.71、3時間目 3.73であった。標準偏差¹²は、1時間目 0.50、2時間目 0.45、3時間目 0.44であり、いずれもばらつきは少なく、高い満足度であると言ってよいだろう。ただし、特別授業という形式であったこと、活動の時間が多かったことなどから、肯定的な回答をせざるを得ない状況であったかもしれない。また、感情として単純に楽しさだけが残っただけで、授業のねらいに到達できたかどうかを判断するには、留意する必要がある。

第4に、単元前後に宇宙の仕事について尋ねる2つの質問「あなたは「宇宙」に興味がありますか?」、「あなたは現在、「宇宙」に関する仕事につこうと思うことはありますか?」について、全体の回答傾向と自由記述の内容に関して考察を行う。

まず、宇宙の仕事への興味に関する質問の回答結果の平均値は、単元事前 3.06、単元事後 3.40であった。また授業を通して肯定的な回答に向上した生徒は5名(C6、C11、C12、C13、C15)確認できた。また、自由記述の感想において、C13は「位置天文学の距離測定が面白かった」と回答し、C10は「位置天文学の存在を知りませんでした」と回答している。これらのことから、中学生が無理なく学習することができると捉えることができるために、授業プランの工夫がおおむね妥当であったと考えられる。

次に、宇宙の仕事に関する質問の回答結果の平均値は、単元事前 1.69、単元事後 1.93であった。また授業を通して肯定的な回答に向上した生徒は4名(C4、C8、C9、C15)確認できた。また、単元の事前事後で回答が否定的となったC6についても、自由記述において「JASMINEプロジェクトについて、知ることができてよかった」という前向きな感想が確認できた。仕事について低下した理由は質問紙や授業の様子だけでは明らかにならなかったが、宇宙観測の仕事については、おおむね肯定的であったと捉えることができる。

5. 研究の成果と今後の課題

本研究で開発した授業プランは、宇宙開発に興味を持つことに寄与したと考えられる。前節で述べてきたように、質問紙調査において、宇宙の仕事につくことに関心の無い生徒に対しても、中学生では難しいと考えられる年周視差の学習内容について、楽しく授業で学ぶことができると回答していたことが確認できた。

ただし、受講生徒数が少ないことから、開発した授業の詳細な評価ができなかった。これについては今後の課題である。

さらに、授業での宇宙観測の学習が楽しいと感じた上で、情報技術者の仕事についても楽しそうだと感じてもらえるようにするためには、どのような手立てが必要か、今後も実践を通して検討していく必要がある。例えば、具体的な数値で見せたり、キャラクターで親しみのあるような描き方をしたりするだけではなく、直接教室や現場に情報技術者が出向くことの有効性も考えられるかもしれない。本実践ではそれらの効果については、検証できなかった。

また、情報技術者の仕事を理解するという点では課題が残った。3時間の授業の時間に余裕がある構成だった上に、情報技術者の仕事を最後にしか取り上げられなかった点が、その原因として考えられる。例えば、授業を2時間扱いにして、なるべく情報技術者を早い段階で登場させたり、授業の冒頭で情報技術者を伏線として登場させるような描き方をしたり、実際に情報技術者の生の声を映像で届けたりするなど、生徒の印象に残るような手立てはいくつか想定できるだろう。これらについて、実践を通して検討していく必要があるだろう。

前節でも述べたように、生徒たちは宇宙観測における情報技術者の仕事を、自分たちが行った疑似体験で出てくる誤差の対策をするための仕事であるという点についての理解までしか達成できなかった。情報技術者がどのようなソフトや計算を仕事で行っているかという仕事内容についてまで、どのように理解させることができるのかについては課題が残った。

以上のような成果と課題を踏まえて、今後もさらに多くの学校で実践と評価を行っていく必要がある。

¹ 本論文は、筆者による平成26年度千葉大学大学院教育学研究科修士論文「宇宙観測を題材したキャリア教育の授業開発—中学校数学科における図形領域に着目して—」の内容を抜粋し、小池ほか(2015)で論じた新たな知見を加え、再構成したものである。

² 書籍『13歳のハローワーク』(村上2003)がきっかけとなり、2005年10月に立ち上げられた、以下の『13歳のハローワーク公式サイト』で検討した。これは、同公式サイトの説明

で「月間 800 万ページビューを超えるサイト」であるということから、中学生が職業に関してインターネットを使って調べる際に、このウェブサイトが目につくことが考えられるためである。同公式サイトにおいて、宇宙に関わるエンジニアの職業や宇宙開発技術の職業紹介は、実際に働く人の紹介をするコンテンツも宇宙飛行士の内容が掲載されているのみであった。また僅かながら一致した宇宙物理学に関する検索結果のうち、宇宙観測に関わると考えられる情報が掲載されていることが期待できたが、中学生が進路に関わる相談として「宇宙物理学者の主な仕事内容について教えてください」と掲示板に質問している一方、その回答が得られていない状態であった。以上から、中学生が宇宙観測と情報技術者に関する職業を考える際、年齢に合った情報を得る機会がほとんどないことが明らかとなった。

『13歳のハローワーク公式サイト』

<http://www.13hw.com/home/index.html> (2015年3月12日確認)

³ “Japan AstrometrySatellite Mission forInfrared Exploration”の略称。

⁴ 以下の国立天文台の公式ウェブサイトを参照。授業の内容は、担当講師である天文学者の専門分野や学年などによって様々であることが確認できる。また、宇宙観測に関するテーマの講座として、例えば「星はどのくらい遠くにあるの？」や「星までの距離」、「宇宙のひろがりとそのはかりかた」などがある。いずれも小学校での実践ではあるが、中学校でも宇宙観測に関わると考えられるテーマが確認できる。

『ふれあい天文学』 <http://prc.nao.ac.jp/delivery/fureai.html> (2015年1月12日閲覧)

⁵ “Japan Aerospace eXploration Agency”の略称。

⁶ 以下の JAXA 宇宙教育センターの公式ウェブサイトを参照。『三角形を利用して距離を測ろう—宇宙の学校 家庭学習用教材—』 <http://edu.jaxa.jp/materialDB/detail/79096> (2015年3月12日確認)

⁷ 対象に中学生を含む講座は、2日間の米子工業高等専門学校の文化祭での出展で開催されたもののみであった。また、学校の授業として行われたのは、2007年3月3日の米子市立住吉小学校の40名を対象とした出前講座のみであった。他にも2007年3月23日に社会福祉協議会においても行われ、出前講座の合計実施件数は2件だったという。よって、中学校では行われていない講座であるという点に留意する必要がある。また、情報技術について、今回の宇宙電波観測の講座で扱っているかどうかについては、記述が確認できなかったために不明である。

⁸ 大辞林第三版より引用。

⁹ 大辞林第三版より引用。

¹⁰ 以降、小学校算数科の領域構成における「C図形」や中学校数学科の領域構成における「B図形」について、「図形領域」と呼ぶようにする。

¹¹ ここで用いた関数は、次の意味である。

DEGREES=ラジアンを度に変換する関数、ACOS=数値のアーーク cos を返す、POWER=数値のべき乗を返す、FORECAST=回帰線上の値

¹² 表中で集計した標準偏差は、Microsoft Excel の関数“STDEVP”による母標準偏差の計算結果である。

引用文献

- 阿部学・塩田真吾・藤川大祐・古谷成司・市野敬介 (2012) 「アニメーション教材を活用した数学史の授業開発—中学校数学「図形の証明」における試み—」、CIEC 研究会論文誌、vol.3、pp.23-27
- 越智信彰 (2007) 「宇宙電波観測を体験させる小中学生向け出前講座の実践報告」、物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集、日本物理教育学会、24号、pp.16-17
- 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 (2012) 文部科学省における宇宙分野の推進方策について

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/houkoku/1329049.htm (2015年3月12日確認)

小池翔太・塩田真吾・藤川大祐・阿部学・木村研一・市野敬介・荒崎智史・塚本亜紀・高良理 (2015) 「宇宙観測を支える情報技術を題材とした授業の開発・実践と評価」、日本教育工学会研究報告集 (九州大学)、15 (5、pp.261-267

内閣府宇宙開発戦略本部 (2015) 宇宙基本計画

<http://www8.cao.go.jp/space/plan/keikaku.html> (2015年3月12日確認)

初鳥陽一・宮下尚・清水淳也・山田良透 (2013) 「モデル駆動型システムズエンジニアリングに基づくモデル管理およびデータ解析 —Nano-JASMINE データ解析への応用—」、宇宙航空研究開発機構研究開発報告—宇宙科学情報解析論文誌、第二号、宇宙航空研究開発機構、pp.103-111

松村明・三省堂編修所 (2006) 『大辞林 第三版』、三省堂

村上龍 (2003) 『13歳のハローワーク』、幻冬舎

文部科学省 (2008a) 『中学校学習指導要領解説 理科編』、大日本図書

文部科学省 (2008b) 『小学校学習指導要領解説 算数編』、東洋館出版社

文部科学省 (2008c) 『中学校学習指導要領解説 数学編』、教育出版

文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理教編』、実教出版

付記

本研究は、文部科学省委託事業「平成 25 年度宇宙科学技術推進調整委託費・宇宙航空科学技術人材育成プログラム」において、NPO 法人企業教育研究会が実施した『「宇宙観測を支える情報技術とエンジニア」についての教材の開発とパッケージ化』によるものである。

謝辞

授業開発にあたり、ご協力いただいた国立天文台 JASMINE 検討室室長の郷田直輝教授に感謝申し上げます。