

国際宇宙ステーションの宇宙飛行士との交信を中心にした科学技術教育

— SPP と ARISS スクールコンタクトを活用した実践 —

関市立武芸川中学校 船 戸 智
岐阜大学教育学部 川 上 紳 一

1. はじめに

人類が宇宙へ進出するようになるとともに、新しい技術が必要となり、そのために開発された技術は、現在私たちの生活の中で、数多く役立てられている（スピノフ）。私たちの生活は、このような科学技術の進歩により、便利で豊かなものになってきた。平成20年に発行された新学習指導要領でも、科学技術が、日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることに触れるべきであるとしている（文部科学省、2008）。

また、同学習指導要領の「科学技術と人間」の節において、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要である、とある。限りあるエネルギー資源など、私たちの生活を支える資源は有限であり、限られた資源の中で、環境との調和を図りながら生活することが必要である。

今日における科学技術振興の柱は、計算機科学、宇宙開発、海洋開発、エネルギー開発、ナノテクノロジー、ゲノム科学やバイオサイエンス分野など多岐にわたっている。これらの中で、国際宇宙ステーション（International Space Station (ISS)）の建設は、宇宙開発における重要なプロジェクトとして位置づけられてきた。国際宇宙ステーションの建設はアメリカ、ロシア、日本など先進11カ国の協力によって進められているものである。日本は独自の実験棟「きぼう」を建設しており、日本人宇宙飛行士が長期にISSに滞在し、様々な宇宙実験を行うことができるようになってきた。こうした宇宙開発や宇宙科学に携わる人材育成には、国際宇宙ステーションの教育利

用が重要であると考えられる。

国際宇宙ステーションの教育利用には、国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士との交信をとり入れた授業や、国際宇宙ステーションにおける理科実験、星座学習における人工天体の観測など、様々な取組が始まっている（川上、2003、2004；垣谷、2005；垣谷・渡辺、2006）。また、宇宙航空研究開発機構などの宇宙機関も積極的にアウトリーチ活動を展開している（中川、2006）。

本校では、2009年の夏、ARISSスクールコンタクトとして、国際宇宙ステーションに滞在する若田光一宇宙飛行士と、無線による交信を行う機会を得た。交信時間は、国際宇宙ステーションが上空を通過するおよそ10分間。17人の生徒が、直接話をする事ができた。本論文では、この実践に至るまでの背景や授業実践について報告し、実際に交信体験したことに対する生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心の高まり、さらには科学的なものの方や考え方を育成する上での有効性について議論する。

2. 指導計画と教材開発

(1) 背景

私たちが普段何気なく利用している携帯電話も、科学技術の発展をもとに、開発されたものである。一方、携帯電話の普及に伴い、無線機を利用した通信は急激に減少している。

しかし、目に見えない電波を自ら受けとろうとしたり、自らの声を遠く離れたところへ届けようとする活動は、生徒にとって非常に魅力的なものであり、工夫次第で、通信の質を変えることができる点などは、楽しみをつくり出す一つ

の要素である。また、携帯電話と違って、自ら電波を送受信していることが、より明確に分かるため、遠く離れたところにいる人と会話が成立したときの驚きと、感動がある。

本校では数名の生徒が主体となり、この感動を多くの人に広めようと、無線クラブを立ち上げている。無線による通信で、国内や国外のハムと交信を行うのであるが、その様子は、通りかかる生徒の目にもとまり、通信の魅力を多くの生徒が味わっている。

NASA（アメリカ航空宇宙局）の教育プログラムの一つに、ARISS（Amateur Radio on the International Space Station）スクールコンタクトがある。これは、無線通信によって、国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士と地上にいる子どもたちが会話をする、という取組である。通常、無線で通信を行うには資格が必要であるが、ある一定の条件を満たせば、特例により無資格の子どもたちでも、無線による通信が可能になる。生徒の科学に対する興味・関心を高める絶好の機会になると捉え、本校でも申請し実施することにした。

(2) 授業のねらい

地上からおよそ350km上空に浮かぶ、国際宇宙ステーション。そこは無重力状態の宇宙空間であり、地上ではできないことを体験できる空間である。スクールコンタクトでは、宇宙飛行士に対して質問をすると、その質問に対して直接宇宙飛行士が回答を返してくれる。地上ではなく、宇宙にいる人と、直接会話ができることは、大変夢のある話である。このプログラム実施により、生徒の宇宙や宇宙開発に対する興味・関心が高まるのではないかと考えた。

また、無線という交信手段を用いることから、このプロジェクトのもう一つの柱として、電波（光）にかかわる体験的な学習を位置づけた。科学的な見方や考え方を育成すると同時に、日常生活における電波の活用に関しても実感をともなった理解へと導くことができるのではないかと考えた。

(3) SPP を活用した指導計画

宇宙は未だ解明されていないことが多く、それゆえに、生徒にとっては非常に興味深いものである。しかし、生徒が抱く疑問やなぞについては、中学校の必修理科で指導する内容でないことも多い。

そこで、JST（科学技術振興機構）のSPP（サイエンス・パートナーシップ・プログラム）事業で支援を得ながら、外部の専門的な研究を進めている人材を活用し、生徒の疑問を解決しつつ、必修理科の学習にも役立つ学習を進めることにした。（ただし、スクールコンタクトは、SPPからの支援を受けずに実施した。）

これらの学習は、総合的な学習の時間をあて、宇宙と電波（光）にかかわる学習を、生徒のもつ疑問が解決するような配列で、体験的な学習ができるよう指導計画を立てた。

まず単元のはじめに、宇宙や電波（光）について、疑問に思うことや知りたいことを確認した。「宇宙人はいるのか」、「宇宙には果てがあるのか」、「（目に見えない光である）電波とは一体何か」などの疑問が出された。それを、もとに「宇宙は一体どうなっているのか」、「電波はどのように利用されているか」というテーマを設定し、学習計画を立てた。

宇宙にかかわる学習は、天文講話で宇宙に関する疑問を解決することからはじまり、将来交信することになる宇宙飛行士が滞在する、国際宇宙ステーションについて学ぶ学習を位置づけた。また、電波（光）にかかわっては、光の使われ方の学習からはじまり、実際に自分の手で電波を受信したり、電波利用の実際について学んだりする活動を仕組んだ。

また、スクールコンタクト実施後には、交信内容を生かした学習を位置づけ、生徒の姿から授業の有効性を検証していくこととした。

(4) 国際宇宙ステーションをテーマにしたデジタルコンテンツの開発と利用

岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）のホームページに、Webサイト教材「理科教材データベース」が構築されている。ここには、学校現

場で使用できるデジタルコンテンツが多く集められており、今回の取組に関しては、次のようなコンテンツが開発されており、活用している。

(a) 「国際宇宙ステーションの活動紹介」

これは、国際宇宙ステーションに建設された日本の実験棟「きぼう」の構成を紹介する web サイトで、2004年に制作したものである（川上，2004）。これは、国際宇宙ステーションはどのようなつくりになっているか、また、スペースシャトルの打ち上げから帰還までの過程を紹介するCGなどを調べることができ、国際宇宙ステーションがどのようなものかを理解することができるようになっている。

(b) 「人工衛星観測ナビゲータ」

国際宇宙ステーションは、地上からおよそ350km上空を、90分で1周している。「人工衛星観測ナビゲータ」は、国際宇宙ステーションなどの明るく輝いて夜空を飛行する人工衛星を目視で観測し、星座学習や天体観測を充実させるために構築したものである（川上ほか，2004）。webサイトにアクセスすると、その時間から2日間に観測できる人工衛星の種類、飛行経路、到来時間や明るさが表示される（川上ほか，2004）。また、2006年からは人工衛星の明るさに関する予報も掲載している（本田ほか，2006；鷺見，2008）。

(c) 「地球観測ナビゲータ」

これは、国際宇宙ステーションから見た地球を表示するシミュレーションソフトである。シミュレーションには、人工衛星によって撮影された地球画像に、1日3回気象衛星雲画像のコンポジット画像を重ねて表示している。これは、将来国際宇宙ステーションに、ハイビジョンカメラが設置されるようになるものと期待し、撮影する地域や適切な観測日時を検索するためのツールとして活用することを目指して構築したものである（川上，2005）。

これらの web サイトは、天体観察会などでの指導の際に活用しており、武芸川中学校でも早朝観察会を実施している。

(5) スクールコンタクト実施に向けて

スクールコンタクトは、世界各地で実施されている。したがって、申請をしてすぐに交信できる

とは限らない。申請後の時間を有効に活用し、関係諸機関と連携をとりながら、交信のための準備を行うことにした。

JARL（日本アマチュア無線連盟）岐阜県支部に協力依頼をするとともに、校内には ARISS 委員会を組織した。JARL と共同で、アンテナの設営、通信機器の調整・設置、等を行った。また、ARISS 委員会では、当日の会場設営・運営にかかわる準備、交信する生徒への交信指導（外国人宇宙飛行士との交信も考慮し、英語での交信練習も含む）、PTA・報道機関への連絡調整、を行った。

3. 授業実践(宇宙に関する学習を中心に)

(1) 岐阜大学での授業

ゲルマニウムラジオを作り、電波を自分で受信できるようになった生徒は、実際にどのように電波が利用されているかについて、興味をもった。そこで、岐阜大学工学部にある電波望遠鏡（図1）を見学し、最新の研究内容を聞くことにした（講師は、岐阜大学工学部の高羽浩准教授）。各地の電波望遠鏡から集めたデータをもとに、地殻変動をミリ単位で観測することが可能になったり、遠く離れた未知の天体を発見することができるようになったりするなど、科学技術の進歩について学ぶことができた。



図1. 岐阜大学の電波望遠鏡施設見学。

(2) 国際宇宙ステーションの情報収集

岐阜大学で宇宙についての講義を聞いた生徒たちは、実際の宇宙での生活に興味をもった。さらに、JAXA（宇宙航空研究開発機構）の足立昌孝先生を講師に迎え、国際宇宙ステーションでの生活について話を伺った。宇宙食の紹介、トイレで

の用のたし方等を聞いた生徒は、「宇宙へぜひ一度行ってみたい」、「(スピノフで)さらによい暮らしができるようになるよ」と語り、これからの科学技術の発展を期待する生徒が多く見られた。

(3) 天体観測会

国際宇宙ステーションの目視観測を行った。当日はあいにくの天候であったため、天体望遠鏡の使い方、星座のを見つけ方について指導を行った(図2)。この授業を通して、生徒は星を観測したり、用紙に記録したりする技能をしっかりと身につけることができた。翌日の夜には、全生徒が国際宇宙ステーションを見ることができ、「地上で350km離れたところのものは見えないけど、地上から350km離れた国際宇宙ステーションが見えたときには感動した」、「あんなに遠いところに浮かぶ国際宇宙ステーションと話ができるなんて、交信が楽しみ」と感想を書いている。



図2. 星座のを見つけ方を学ぶ授業のようす。

(4) プラネタリウムを活用した学習

天体観測会で学習した星の動き等を、実際の星空ではどのように見ることができているかについて理解できるよう、関市内にあるプラネタリウム施設を活用し、学習を進めた。講師は関市教育委員会の榊井秀敏先生をお願いした(図3)。また、3年生で学習することになる月の満ち欠けの様子も含め、天体の動きを再現していただいた。生徒は、「月の形が変わることが分かった。実際に見て観察したい」、「塾の帰り道、星を探したくなり、すぐオリオン座を見つけることができた」などと感

想を書いていた。



図3. プラネタリウムでの学習のようす。

(5) ARISS スクールコンタクト

2009年7月11日19時15分、武芸川中学校の呼びかけに、若田宇宙飛行士が応答し、スクールコンタクトが始まった。若田宇宙飛行士の声は、大変明瞭に届いた。地上と宇宙がつながった瞬間、何とも言えない感動が会場を包んだ。

スクールコンタクトは、国際宇宙ステーション内での標準語である英語を用いた交信が一般的だが、今回は国際宇宙ステーション側のオペレータが日本人であったため、質問のやりとりはすべて日本語で実施された。

生徒は交代でマイクを握り、若田宇宙飛行士に順次質問をしていった(図4)。

そしておよそ10分後、スクールコンタクトが終了した。会場には拍手が響き渡り、見守っていた会場の全員で、成功を喜び合った。表1に、若田宇宙飛行士に送った質問とその返事の概要を示す。



図4. 若田宇宙飛行士に質問をする生徒。

表 1. 若田宇宙飛行士とのやりとり.

ARISS スクールコンタクトでの武芸川中学校(8J2ISS)と国際宇宙ステーション (NA1SS) の交信内容 17/July/2009	
OK. 武芸川中学校のみなさん, こんにちは。国際宇宙ステーションから, 若田です。皆さんとお話できることを楽しみにしておりました。質問をたくさんいただいておりますので, 皆さんからの質問にお答えしたいと思います。よろしくお願ひします。	
番号	質問
1	柔道の一本背負いをすると, どうなりますか?
	人を持ち上げることが, 宇宙ではできないですね。ですから, 持ち上げようとすると, その反動で自分も浮き上がってしまって, 一本背負いの形にはならないですね。
2	地球も月のように, 満ち欠けして見えますか?
	地球が見える範囲というのが, だいたい直径が2000km くらいなんですね。ですから, 地球の昼間を見るときというのは, 全体的にこう丸く地球が広がっているように見えて, 満ち欠けしては見えないんですけども, 夕方とか朝方, 太陽が昇る時には, 月の満ち欠けに近いような状態で見る事ができますよ。
3	宇宙でも, 地球上と同じ自然を再現できると思いますか?
	再現することは可能だと思います。ただかなり地球のようにね, 非常に大きい領域の場所が必要になってくると思いますよ。
4	将来宇宙生活において, 私たちはものを燃やすことはできますか?
	すごく面白い質問だね。燃やすことはできますよ。僕たちも, 先週・先々週とまたヨーロッパのね実験室で, ものを燃やす実験なんかもしています。ただ, 空気が循環しないとものが連続して燃えないので, 空気のファンを使って酸素を供給してあげる必要があります。
5	空気があれば, 植物は宇宙でも光合成をしますか?
	実はね, 今私が話しているロシアのサービスモジュールという実験室の中には, 植物を成長させる実験装置があって, 光を出して, 二酸化炭素を吸って, それで植物が育って, 光合成もしていますよ。
6	タマネギを切ると, 目がしみますか?
	面白い質問だね。タマネギを宇宙で切ったことがないので, まだ分からないんですけども, 国際宇宙ステーションの中には空気がありますので, きっと地球と同じように目がしみると思いますよ。今度やってみます。
7	ISS 内で竹とんぼをすると, どのように飛んでいきますか?
	竹とんぼに近いものを扱って実験してみましたけども, 竹とんぼは地球上では棒の部分が下を向いて飛んでいきますね。宇宙ステーションで飛ばすと, その棒が回し始めた方向をそのまま維持して飛んでいきます。

4. 議論

(1) 無線交信の効果について

交信をした生徒は, 次のような感想を書いている。「今宇宙にいる人と話しているんだ, と思うと, 何だかゾッとしてすごうれしくなった」, 「自分の質問に, 丁寧に答えてくれて本当に感動した」, 「若田さんに自分の名前を呼んでもらって, 夢を見ているような気分」

また, 会場で見ている生徒は, 「無線機を通す

ので声が聞こえづらいと思っていたけど, はっきり聞こえてびっくりした」, 「宇宙と地上をつなぐ無線ってすごいと思った」, 「空中にコードがないのに, あんなにもはっきり聞こえてきてびっくりした。この機会を通して, 理科ってすごいと思った」と感想を書いている。

スクールコンタクトを実施したことで, 無線通信のすばらしさを発見できた。また, テレビで見かけたことのない宇宙飛行士と直接話したこと

で、多くの生徒が感動を味わうことができた。

こういった感動が、生徒の科学への興味・関心を高め、理科の学習においても学力を向上させている。

以下に、3年理科「月の動きと見え方」の授業で、生徒の科学的な見方や考え方が育成できた例を示す。

宇宙から見ると、地球も満ち欠けして見えそうだという若田宇宙飛行士の回答や、事前の月の観察結果をもとに、地上から見た月の見え方が変化する様子を考察した。天体観測会やプラネタリウムでの学習の事前指導等が生かされ、正確な月の観察記録を書く生徒が多かった。また、太陽光が当たる部分だけが光るということをもとに、太陽・月・地球がどんな位置関係にあると、月の形が変化するかを、モデルをもとに正確に話す生徒が多く見られた(図5)。



図5. 月の見え方を説明する生徒。

また、事後にとったアンケート結果では、月の満ち欠けする仕組みを94%が理解したと回答している。月の満ち欠けする仕組みについて自信をもって仲間に説明できたかについては、82%がそう言える、と回答している。さらに天体の学習をする上で、SPPやスクールコンタクトが役立ったと回答した生徒は97%であった。高まった意欲と、意図的な授業展開により、科学的な見方や考え方ができたと捉えている。

本授業実践を始める前の2008年4月におけるアンケートでは、「科学技術のニュースや話題に興味があるか」という問いに対し、「全くそう思わない・そう思わない」と回答した生徒が53%と、

学年全体の半数以上いたことを考えると、2年間の活動による興味・関心の高まりや科学技術に対する学習意欲の高まりがはっきりと読み取れた。

(2) 環境教育との関わり

今回の交信のなかで生徒の質問に対し、「現在宇宙でゴミを処理することはできないが、将来できるようにならないといけない」と若田宇宙飛行士は語っていた。国際宇宙ステーションに常時滞在する宇宙飛行士へ、地球から様々な物資を送り込んでいる。こうした活動で蓄積されたゴミも、かなりの量になっている。ゴミ問題は国際宇宙ステーションの長期運用においても重要な課題となっていることが示唆されたが、資源やゴミの問題は、わたしたちの生活する地球についても同様であり、問題の切実さを実感する生徒の姿がみられた。新指導要領の中には、「持続可能な社会をつくることが重要であることを認識すること」という記述がある。例えば、地球上の限りある資源をどう使うか、宇宙での資源活用はどうあるべきかといった課題について、国際宇宙ステーションの活動を学習することを通じて、話し合いを深めていくような展開も可能である。

(3) SPPとARISSスクールコンタクトを連携させたカリキュラム

今回、単にARISSスクールコンタクトを実施するに終わるのではなく、SPPを活用して指導計画を構築したことが、生徒の学力向上につながったと考える。

生徒の実態から、どんな点に弱さが見られるか、またそれを補うために、どんな手だてで何を学習するかについて検討し、授業を展開した結果、生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心が高まり、さらには科学的なものの見方や考え方を育成できたと考える。とりわけ、ゲルマニウムラジオの製作と無線による世界の人々との交信体験が、国際宇宙ステーションにいる若田宇宙飛行士との交信へと展開できたことが、大きな成果につながった。

(4) 国際宇宙ステーションを身近にするための手立て

今回のような宇宙飛行士と無線で交信するよう

な学習活動を、多くの学校で実施されることが望まれる。申請から実施まで時間はかかるが、宇宙に滞在する宇宙飛行士と直接話す機会は、めったにないことである。また交信できたときの感動は、非常に大きい。今後、日本人宇宙飛行士の滞在機会も多くなっていくようである。ARISS スクールコンタクトへと接続するカリキュラムとして、電波や無線、宇宙科学や宇宙開発、地球環境問題などを取り入れた学習計画を構想し、実現への準備をしていくことが必要と考えられる。星座学習における国際宇宙ステーションや人工衛星の目視観測は、国際宇宙ステーションを身近に感じる体験の第一歩であるといえる（川上，2003）。

5. おわりに

3年理科「月の動きと見え方」の授業後、TIMSS2007における、理科の科学的な見方や考え方に関する調査を実施した。その問いの正答率を見ると、全国平均47%に対し、本校のそれは58%と、大幅にポイント数を上回っていた。また、今年度初めに実施した平成21年度全国学力・学習状況調査では、思考力を問う問題の正答率が、全国平均とほぼ同じであったことから考えても、この結果は大きな成果があったと考えられる。

これらのことから、国際宇宙ステーションと交信するにあたり、事前に様々な学習をしたり、実際に交信体験したりすることは、生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心を高め、さらには科学的なものの見方や考え方を育成するのに有効であったと考えられる。

謝辞. スクールコンタクト実施にあたり、音響機器設置を岐阜大学工学部の成瀬有二先生に、パネル設置をJAXAと中京大学情報理工学部の磯直行先生に、ビデオ撮影を岐阜県教育委員会教育研修課の皆様にお世話になりました。ここに記して、感謝いたします。

引用文献

本田和靖・東條文治・川上紳一（2006）人工衛星の観測を取り入れた天文学習のための人工衛星の明るさの観測と光度予測，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），30，57-64.

垣谷文章（2005）国際宇宙ステーションと教育，日本航空宇宙学会，53，No.615，111-115.

垣谷文章・渡辺勝巳（2006）宇宙・国際宇宙ステーションを素材とした教育実践と支援：宇宙は生徒の好奇心に火をつけられるか，日本科学教育学会年会論文集，30，531-532.

川上紳一（2003）星座の中を移動する人工衛星を見つけよう！ 科学，73，No.9，931-933.

川上紳一（2004）国際宇宙ステーションを活用した21世紀型科学教育，岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），28，No.2，99-101.

川上紳一・三谷弘敏・長谷川司・上田康信（2003）人工衛星の観測を取り入れた星座学習へ向けて，日本科学教育学会研究会研究報告，No.17，1-6.

川上紳一・三谷弘敏・長谷川司・上田康信（2004）国際宇宙ステーションを活用した21世紀型科学教育，日本教育工学会研究報告集，89-92.

川上紳一・三谷弘敏・坂井蘭美・林徹（2005）地球観測ナビゲータ：国際宇宙ステーションから見た地球の3Dシミュレーション，日本科学教育学会年会論文集，29，611.

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説—理科編平成20年9月，大日本図書.

中川人司（2003）宇宙機関の教育アウトリーチプログラムの有効性，日本科学教育学会年会論文集，27，133-134.

鷲見陽紀（2008）人工衛星の明るさの観測 岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）卒業論文 37p.

web サイト：

ARISS Japan

<http://www.jarl.or.jp/ariss>

岐阜県教育委員会「まるごと学園」

<http://gakuen.gifu-net.ed.jp/hoso/>

人工衛星観測ナビゲータ（岐阜大学）

http://www.star.gs/~sat/sat/jin_i.cgi

地球観測ナビゲータ（岐阜大学）

<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/kyo/tenmon/EarthNavi/index.html>

国際宇宙ステーションの活動紹介（岐阜大学）

http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/kyo/tenmon/eisei/iss_web/tops.jpg

