

高大連携理科教育「高校生スプライト同時観測」の6年間

山本 真行

(受領日：2010年6月28日)

高知工科大学 システム工学群

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: yamamoto.masa-yuki@kochi-tech.ac.jp

要約：高大連携最先端理科教育の一環として、高知工科大学では、地球高層大気中の放電発光現象である「スプライト」の観測的研究を、全国の高校と共同し進めてきた。本稿では過去6年間の活動を振り返り、日本の理科教育における問題点として指摘される「考える力」の不足に対して、未知の自然現象の観測と発見というプロセスによるアプローチを議論する。スプライトは雷放電に関係する未知の自然現象として1989年にアメリカで発見された歴史の新しい現象で、以降およそ20年間に研究者により多くの科学的知見が得られた。電子撮像技術と画像処理技術の進展により、同現象は市販高感度ビデオカメラ等でも撮影可能となり、著者らによる観測技術の伝授と広報の結果、2004年12月の愛知県立一宮高校チームによる高校生としての初観測を皮切りに飛躍的發展を遂げた。2006年12月には全国14のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）採択高校と高知工科大学が共同し「SSHコンソーシアム」を結成、世界最大規模のスプライト同時観測が開始された。著者と参加高校理科教員による緊密に連携した研究指導と高校生チームの活躍により、2010年2月末までの間に計1613例を観測し、うち292例の同時複数点観測を得た。これら観測から統計的研究への礎となるデータセットを得たほか、2008年2月には大規模発光現象であるエルブスの同時観測に成功し、世界で初めてエルブスの発光高度を精密に検証した。2009年11月には世界的に10例程度の観測例しか得られていない発光現象ジェットを観測に成功した。これら結果は、国内および国際の学会にて高校生自らが発表して専門家から高い評価を得ており、高校生観測チームによる同時観測が最先端理科教育における教育面のみならず、最先端サイエンスの進展への貢献に繋がることを実証した。

1. はじめに

デジタルカメラ、ハイビジョンテレビ、パソコンなど、家庭で使える高度な電子機器が増えた昨今、高速インターネットが当たり前のものとなり世界が瞬時に結ばれる現在、かつて資金の潤沢な研究機関でしか成し得なかったような研究が自宅でできる時代が到来している。一方で、高度文明化された現在でも自然界にはまだまだ我々の未知なる現象が存在する。本稿で紹介するスプライトはまさにそのような現象の1つとして1989年に発見された。便利で安全な都市生活が当然の生活を送る現代社会では、ともすると人類は自然界のすべてを解明し利用できるのではないかと感じさせる傲慢を生み、自然への畏怖の念の欠如から、自然環境の理解や未知なる物への探究心が失われようとしている。

世界的な学力調査の結果からの内外の記述として、日本の学生や現代日本人の特徴として知識は豊富なものの現実と結びつけて考える力が欠如していると言われている。感心するほど単純記憶が得意な学生が居る一方、少し口頭試問して考えさせると途端に答えに窮する学生が多い。質問への1対1の回答が予め用意された受験問題をクリアするだけの道具として記憶型・パターン型の勉強に中高生の多くの時間を費やし、世代を超えそれを繰り返してきた日本では社会全体にその影響が蔓延している。時代の変革、つまりパソコンやインターネットなどIT機器の登場と自動ロボットへの移行による単純作業職の衰退により、各個人の記憶と高度知識が財を成した世界は、外部記憶され瞬時に引き出せる膨大な情報を駆使し現場で考える力が大事な世界へと変化してきた。従来

型の記憶型勉強があまり意味を成さなくなったのは、自然ないきさつと言える。

大学における研究では一般的に高度知識はもちろん、それを生かす考える力の養成に重点が置かれてきたと言える。本稿は、答えのない問題にチャレンジする「研究活動」に若いうちから触れてもらう1つの試みの中間報告である。未知なる物への探究心をもう一度取り戻し、記憶型・パターン型の勉強から一線を画した、答えのない問題を突き詰める努力を多感な中高生の時期から進めることの重要性を感じ取って頂ければ幸いである。

全国の大学に多くの研究者が居り、多種多様な最先端研究が進められているが、しかし研究は研究者だけのものではない。高度学術知識や技能が多くの人々に平均的かつ高度に蓄積された現在の日本で、今まで成し得なかったブレークスルーが起ころうとしている。本稿を参考に、教育の現場をきっかけとして静かに起きている化学反応を感じていただきたい。

2. スプライト同時観測への布石

2.1 しし座流星雨がもたらしたもの

地球に生まれた人間として、もし宇宙に関心があるならば、一生のうちに見ておきたい現象に、皆既日食、オーロラ、流星雨があるとされる。昨世紀末から今世紀初頭にかけて「しし座流星雨」の到来が多くの効果をもたらした。1998年以降、流星雨に遭遇できる可能性が報じられ社会現象となった「しし座流星群」は、果たして2001年11月18日夜、日本上空に1時間に3,100個の大流星雨をもたらした。当時まだ幼かった人は別としても多くの日本人が流星雨のことを記憶にとどめておられるであろう。もう一度あのような流星雨は見られないかと聞かれるが、その答えは「簡単ではない」である。

1998年、日本流星研究会の戸田雅之氏と著者は、日本の熱心なアマチュア天文観測者に呼びかけ、流星研究の中で最もデータ取得が困難な対象の1つである流星痕に関してキャンペーン観測を実施し、人類史上最大のデータセットを得ることに成功した。これをベースとして、流星痕同時観測の提唱から10年間に戸田氏他のアマチュア観測者と連携し多くの科学論文を執筆できた^(1,2他)。千載一遇の機会に多くの市民の眼を活用することでプロの研究者だけでは成し得ない成果を得た。その後、高知工科大学への赴任に前後し、著者は「市民参加型研究」を提唱し始めることになる⁽³⁾。

一方、高校生による天文観測を長らく支援してきた任意団体「高校生天体観測ネットワーク：Astro-HS」がある。主に高校の理科教員からなるこの団体は、しし座流星雨が予測された1998年を前に「天文好きの高校生に夜間観測を可能にさせるための組織」として発足した。天文観測はどうしても夜間となるが、これを教育に用いる場合に様々なハードルが存在する。よく言えば教育上安全な環境が、しかし悪く言えば安全のために何もできない状況がそこにはある。Astro-HSでは、運動部の部活が公欠を取って試合に行くように、夜間観測会を行った理科・天文部の部員に対し、翌日の講義を公欠にする手段を得たわけである。先生方が主導しなければこのような全国的な活動はできなかったから、Astro-HSのスピリットは大変貴重であったと言える。余談であるが、著者が高校生の頃、生徒同士の部活動として週末の夜に天体観測会を催していた。保護者には了解済であったが、母校の先生には内緒であった。そのようなことは現在およそできそうにない。実験のできない理科教員という記事も見かけるが、教科書に載っている「実験と結果」を読むだけでは理科の面白さが伝わらないは当然である。

2.2 高性能電子機器の家庭への普及と市民研究のブレークスルー

2003年12月、日本のアマチュア天文家がスプライトの撮影に成功した⁽⁴⁾。摩訶不思議な形状の発光物体の記録に撮影者自身「心霊現象か?!!」と思った発光物こそ「スプライト」であった。スプライトは超高層大気中の放電発光現象であり、雷雲から地上に落ちる落雷に対して雷雲から宇宙へ駆け昇る雷とでも言うべき不思議な現象である。1989年にアメリカで初の画像が記録・報告されて以来、世界の超高層大気研究者による精力的研究が続けられ、現在では稀ではあるが世界各地の雷雲上で比較的日常的に発生している自然現象であるとの理解が得られた。図1は高知工科大学に設置した高感度ビデオカメラで撮影したスプライトの1コマである。

山の端に見える発光は雷光が雷雲を光らせたものの、その遥か上空に光る不思議な形状の発光がスプライトである。航空機の飛ぶ高度の遥か上空、成層圏～中間圏と呼ばれる高層大気にこの発光がある。昔、国際線のパイロットが上空にナゾの発光物を見たというUFO証言はこの発光と考えられる。発光は通常ビデオの1フレーム(30分の1



図 1. スプライトの一例。高知工科大学山本研究室にて 2005 年 10 月 7 日撮影。

秒間)しか継続せず、高感度ビデオカメラでも 1 コマとして記録されるのみであることが、観測を困難にしてきた理由である。

最初のスプライト観測は新しい高感度カメラの開発者が試験撮影中に得たものであった。プロの研究者は 1990 年代、当時最先端の電子撮像機器を投入し成果を競い合った。この過程で 1995 年にエルブスと呼ばれる直径数百 km のドーナツ状の発光現象を日本のチームが新たに発見している⁽⁵⁾。1990 年代末に登場した Watec 製高感度 CCD ビデオカメラ「WAT-100N」と、2003 年にソフトウェア開発者 SonotaCo 氏 (ハンドルネーム) が開発した動体検出ソフトウェア「UFOCapture」、そしてアマチュア流星観測者とソフトウェアエンジニアの間でインターネット越しに日々交わされたフィードバック (使用報告と改善の繰り返し) が、その観測事情を一変させた。WAT-100N は数万円の価格で市場に出ており一般市民が趣味の範囲で購入できる機器にもかかわらず、肉眼で見える最も暗い星を写すことのできる高感度ビデオカメラである。動体検出ソフトウェアは画面に映った物体が変化したかどうかを常に調査し、変化があった場合のみ動画記録を行う優秀なソフトウェアである。両者の組合せによって、流星などの突発的な現象を効率よく記録する手段が整ったのである。以来、日本の流星観測者には自宅に設置した高感度カメラとパソコンで毎晩自動観測を行う環境がもたらされた。そして 2003 年 12 月のスプライトの検出へと繋がる。画期的なブレークスルーであるが、これらは日本発の電子撮像技術と画像処理技術の進展がもたらした自然な結果でもあった。



図 2. 高感度 CCD カメラによる観測の様子。左：高知県立高知小津高校。右：香川県立三本松高校。

3. 高校生による研究活動

3.1 高校生天体観測ネットワーク

しし座流星雨の機会に組織された Astro-HS の活動は、1999 年春、日本天文学会の一般セッションにおいて高校生が研究発表を行なった⁽⁶⁾ことをきっかけに学界に大きな改革を与えた。高校生の流星観測をインターネット経由で集計し全国の高校生による成果として報告された学会発表には大きなインパクトがあった。高知県で著名な関勉先生のように、人生をかけた日夜の努力により彗星や小惑星を発見し天文学や太陽系物理学の進展に貢献した数多くの功績があるアマチュア天文家が数多おられることは周知の事実であり、日本天文学会はプロとアマチュアの垣根が比較的低い学会ではあるが、ここに 2000 年、中高生の発表を受入れる「ジュニアセッション」が企画された⁽⁷⁾。毎年活発な中高生の発表を得て現在に至っているだけでなく、周辺の学会に高校生セッションを多く誕生させるなど日本の学界を根底から揺るがす波を生んだことは特筆に値するだろう。

さて、Astro-HS の活動に天文学以外の分野での一石を投じたのがスプライト観測であった。当時 Astro-HS が「子どもゆめ基金」の支援を得て、流星観測カメラとして WAT-100N を高校に貸与できる環境にあったこともあり、2004 年に Astro-HS 活動テーマとしてスプライトを選定いただき、著者が中心となって「高校生天体観測ネットワーク版スプライト観測ハンドブック 2005」をプロ・アマの多くの協力者を得て執筆⁽⁸⁾、これをバイブルとした高校生たちの挑戦が始まった。著者は研究者・大学側から高校生をサポートすべく、Astro-



図3. 高校生天体観測ネットワーク版 スプライト観測ハンドブック 2005

HSの全国フォーラムでの講演⁽⁹⁾のほか、2004年に全国何校かの高校に出向いて出張講義を行い、観測に熱心な高校生と高校理科教員との繋がり草の根的な構築を開始した。

同年12月26日には、愛知県立一宮高校のスプライト観測チームが高校生として世界初のスプライト観測に成功、著者らの目論見どおり高校生によるサイエンスへの貢献の可能性が開かれた瞬間であった⁽¹⁰⁾。2005年にかけて、岐阜県立岐山高校、宮城県仙台第二高校、千葉県立東葛飾高校が観測に参画し成果を挙げた。この時点で非常に大きかったことは、高校理科教員との繋がりを深められたことと、名古屋大学太陽地球環境研究所の支援を得て著者が企画した研究会「超高層発光現象に関する研究小集会」を通じ、大学・研究機関のプロ研究者と高校生・高校教員やアマチュア天文家を有機的に結びつけることに成功したことであった。

3.2 SSH コンソーシアムの結成

スーパーサイエンスハイスクール (SSH) は、文部科学省系の独立行政法人である科学技術振興機構 (JST) が旗振り役となり全国から理科教育に熱心な高校を公募し大学研究室並みの研究費を高校につけて最先端理科教育を行う事業である。この意図は尖った先端に重点予算配分するという意味であり、理科教育界には賛成・反対多くの意見が渦巻くが、2006年以降、ともかくも著者はこれに関わることとなる。

発端は高知県内で唯一 SSH 指定校として採択され、高知工科大学との間でも高大連携理科教育を進めている高知県立高知小津高校との繋がりであった。2005年11月の高知小津高校の SSH 研究発表会に招待講演を依頼された著者は「地球惑星

科学における市民参加型研究と理科教育」と題して高校生にはやや難解と思われる内容を含むお話しをさせて頂いた⁽¹¹⁾。その場に居られた JST の酒井宏直氏から後に SSH コンソーシアムのお話を振られることになる。

2006年秋、高知工科大学を訪問された酒井氏より全国の高校を融合した研究プロジェクトを試したいが何か良いテーマはないか、と尋ねられた。最初に思いついたのは流星の研究であった。上空 100 km 付近で発光する流星は、地上の 2 地点から観測した情報を立体解析して初めて軌道などの詳細情報が分かる。高校生のテーマとしても習得直後の三角関数を実践的に用いる機会になるなど教育的である。しかしながら、しばし思い直してスプライトの観測をテーマとしたいと回答した。これをきっかけとして、高校側ホスト校の高知小津高校と大学側サポートの高知工科大学の高大連携を核として、高知から全国に打って出る最先端理科教育プロジェクトを正式提案することとなった。

2006年12月25日、地元放送4局のTVカメラが詰め掛ける中、高知工科大学に全国14校のSSH校が集結し高知小津高校の代表生徒が結成を宣言し「SSH コンソーシアム高知研究会」が発足した。SSH コンソーシアムによるスプライト観測には、世界最大のスプライト観測網の構築という重要な意味があった。日本全国の高校が集結し、世界のプロ研究者が持ち得ない観測網を高校生が構築するという野望であり、理科教育プログラムによる、第一線サイエンスへの挑戦が開始された。

4. 研究成果

4.1 世界最大の観測グループ

2006年度は12月からの開始であり年度末までに計43例のスプライトが得られるに留まった。しかしながら各校による取組みは徐々に安定した成果を生むようになり、2007年度には図4のようなカバー領域を構築し高校生によるスプライト観測網の構築がほぼ完成した。日本の場合、スプライトの多くは冬季の日本海側上空で発生する。冬季一発雷と言われ、冬型気圧配置が強まり降雪のある時期の北陸・山陰地方に特有の巨大な放電エネルギーとその電気的特性(正極性落雷)を備えた落雷がその原因とされる。日本海側上空を狙うため、我々は主に太平洋側の高校から北方向を視野として一斉に高感度カメラを向け、その組合せで日本列島の北半分をすっぽりとカバーする監視

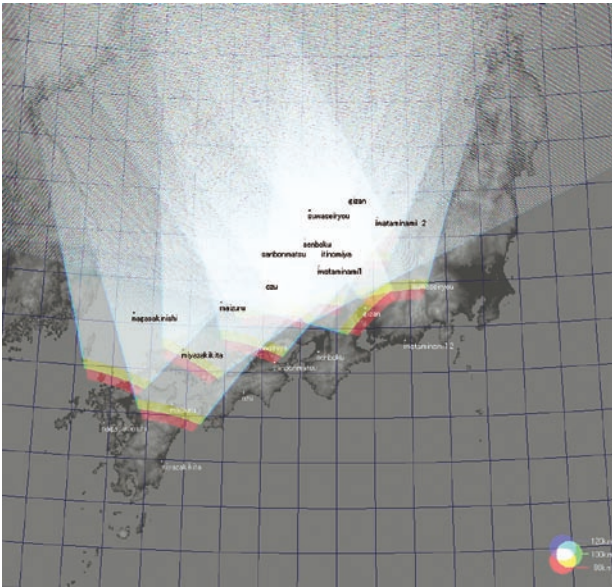


図4. 参加高校の分布と撮影カバー領域

空域を設定した。

4.2 高校生が生む研究成果

2006年度のSSHコンソーシアム高知研究会の第2回研究会では、各校で得られたスプライトが同時観測であるかどうか、高校生たちの目の前で検証を実施した。スプライトのような瞬時の現象の同時観測判断には時刻記録精度が厳しく求められる。しかし観測の初期ではカメラやソフトウェアの操作方法習得だけでも高校生の力量を超えており、瑣末な点に触れず観測を開始していただいた。研究会で集まったデータから、果たしてそのような事例が散見されることになる。A校で21:09:26に観測されたスプライトがB校では21:09:57に記録されていた。31秒の時間差は同時とは言えないが、観測状況を調べるうちにA校のパソコンの時計は30秒程度ずれている可能性があるとして生徒から発言があり、出現状況と形状から同時観測とみなせる可能性が大きくなった。このような一見些細な現場経験を通じて、測定における数値の大切さ、信頼性などについての理解が実体験として深まることに本教育活動の意義があると言える。研究会では発光位置の解析が行われたが、三角測量による位置解析が可能なスプライト同時観測は世界的にも限られており、高校生による同時観測の成果が直ちに世界最先端のデータセットとなることが明確になった。

2007年度からの3年間のスプライト観測数は表1に示すように飛躍的な発展を遂げた。各高校の理科教員が内容を十分理解し、観測機器の扱い



図5. 研究会の様子

にも慣れたため、生徒への助言などが適切に行われるようになった結果と考えることができる。この間、連絡用の専用メーリングリスト(ML)を用いた継続的な連絡体制をとりつつ、年1~2回のSSHコンソーシアム研究会(図5)を開催し、データの共有と各校研究活動の紹介を実施、進捗に応じた指導を行った。MLは2つ設け、高校教員+大学教員、高校生+高校教員+大学生+大学教員の2つのMLを活用し高知工科大学から適宜必要な情報を発信した(ML投稿数の推移を表1にあわせて示す)。2008年度にはSSH参加校への再度の呼びかけにより、当初参加校から倍増の29校の参加を得て現在に至っている。

表1. コンソーシアム結成後のスプライト観測数推移

年度	2006	2007	2008	2009
観測数	43	499	734	337*
同時例	4	95	115	78*
投稿数	56	330	377	312

* 2009年度の観測数は2月末までの数字

多くのスプライト観測結果が得られれば、同時観測例が増え、複雑奇怪な形状のスプライトの立体形状を計算したり、統計的に気圧配置などの地上気象条件との関係を議論するデータベースとなる。カラム状スプライトと呼ばれる複数の縦筋状構造の例では、それが立体的に円環状に分布し、更にフィルタを用いた観測からスプライト発光の赤色成分の強度を検証した結果⁽¹²⁾や、地域性を生かし屋久島上空のスプライトと気圧配置との関係を検証する研究⁽¹³⁾など、高校生と先生のアイ

デアによる多彩な研究が進展した。

4.3 世界初の快挙

さらに高校生の快挙は続いた。2008年2月4日、エルブスの同時観測が成立した。高知県立高知小津高校、静岡県立磐田南高校、香川県立三本松高校の3校のカメラが同時にエルブスを捉えたのであるが、これが論文を調べる限りでは世界初の快挙であることが判明した。高校生がサイエンス進展の1歩に貢献を果たした瞬間である。その後このエルブスは高校生たちの幾何学解析によって、外径260 km、内径80 km、高度89.7 kmの楕円状の発光であることが学会発表された。結果を携え、高知小津高校の高校生2名が韓国釜山で開催された国際会議 AOGS2008 に出席、英語での発表を成功裏に終えた⁽¹⁴⁾。2008年11月29日には、次なる新発見が得られた。磐田南高校と三本松高校のチームが、世界的にも10例未満の観測例しか存在しない希少な現象ジェット同時観測に成功したのである。接木状ジェットと名づけられた発光の高度分布が同時観測から求められ、2008年度より電磁波観測も開始していた磐田南高校は、専用の自作観測アンテナによりジェット出現時の電磁波の変化を同時観測するなど、プロの領域の研究成果に肩を並べるような成果を出し、日本地球惑星科学連合大会の高校生ポスターセッションで高い評価を受けた⁽¹⁵⁾。

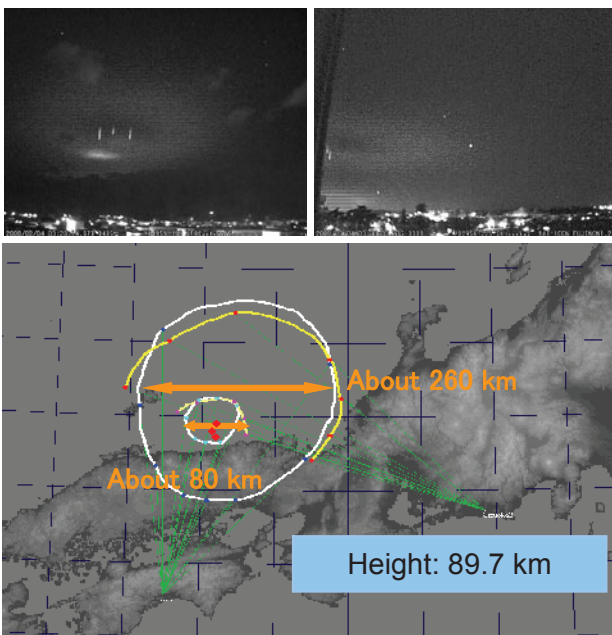


図6. エルブス同時観測と解析結果。2008年2月4日撮影。左上：高知小津高校観測。右上：磐田南高校観測。下：高校生によるエルブス形状と高度の解析結果。

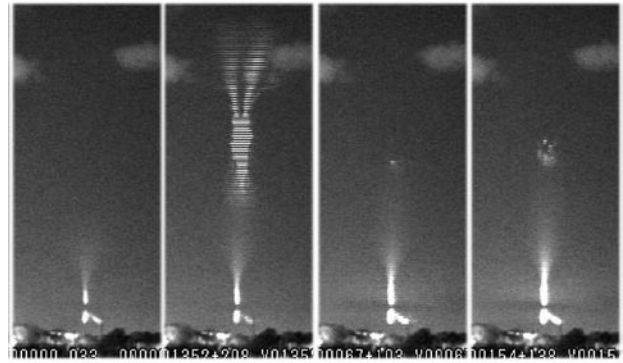


図7. 接木状ジェット。静岡県立磐田南高校チームが2008年11月29日撮影。左から2コマ目が接木状ジェットの最大発光。地上7.8 kmから98.5 kmに相当する。

表2. 本研究関連の高校生学会発表数の推移

年度	2006	2007	2008	2009	2010
国内	3	6	4	4	6*
海外	0	0	1	1	0*

(*2010年度は、5月末までの発表数)

国内学会：日本地球惑星科学連合高校生ポスターセッション、日本物理学会 Jr. セッション、プラズマ・核融合学会高校生シンポジウム

国際学会：Asia Oceania Geosciences Society



図8. 国際学会発表の様子。2008年6月18日釜山にて。外国人研究者から質問を受ける高知県立高知小津高校の生徒2名と教員。

5. 教育と研究の狭間で

日本の高校生チームは、2004年からの6年間に計1613例のスプライトを観測し、その中から計292例の多地点同時観測結果を得た。統計的には、季節依存性や特定の日に集中発生する様子が

明確となった。また後半の3年間には北方向だけでなく各校独自の視点でカメラを向けた結果、屋久島上空などこれまでスプライト発生の報告がなかった領域でも多くの観測が得られ、日本海側だけでなく日本周辺の全域で発生しうることが確認できた。さらに上述したように科学的に貴重な2例の特筆すべき成果も得られ、高校生の研究活動としては成功裏に進んでいると言える。ティーチングアシスタント (TA) として SSH コンソーシアム研究会に参加した大学生側も高校生の活動は大きな刺激になる。スプライト研究に関わった生徒が卒業後大学生 TA として参加してくれるなど嬉しい展開も現実のものとなっている。

一方、教育プログラムという理由から、大学や大学院における研究活動と同等の活動に高校生が挑戦することが必ずしも良いとは言えないという問題もある。SSH 指定校では理科研究活動の時間が多めに割り振られているが、基礎勉強の段階の高校生がそれらの課程を修めつつ研究活動にも取り組むことにはかなり無理があるとも言える。さらに困難なことは研究に取り組めるのはある程度の高校生の理科を習得した後、大学受験のための準備期間を迎える前の時期であり、基本的に2年生の1年間に限られるという事情がある。高校によっては先生方の指導により着実に後輩への引継ぎができていく好例もあるが、これがなかなか難しい様子である。大きな収穫は、参加した多くの高校理科の先生方が本プロジェクトに楽しんで取り組んでくださっていることで、なかなか高校の教育現場だけでは味わえない研究の楽しさを久しぶりに味わえたとか、県外の高校と共同で研究し学会発表するなど参加前には考えられないこと、など前向きな感想を頂いている。参加生徒も初期の生徒は既に大学4年生に進級しているはずであり、今後、卒業研究や大学院における研究活動等で、高校時点での実践と経験が生かされるのではないかと期待したい。

一方、高校時点で学会発表などを経験した大学生は特殊な例であろう。学会発表にさほどのハードルを感じない場合もあるようで、学部生からの学会発表など学会活性化に寄与する良い面もあれば、研究を安易に考える可能性もあると言える。悪い1例は大学教員が高校生時点の研究活動などは所詮無意味と頭ごなしに撥ね付けるような事態であり、優秀な学生を全否定し芽を摘み取る行為となりうる。この10年の社会状況変化に適応した対応が求められる。多くの「お膳立て」や「ツー

ル」を得て進められた研究であっても、彼らがある程度のまとまった時間を割いて自ら考え実践した研究活動を、専門家の側も正当に評価する姿勢が必要である。学生側も、高校生で幸いにもワクワクする科学研究の瞬間に出くわしたならば、その経験を生かしつつも進学先の大学で基礎からの学問とその後の研究活動にさらに真摯に取り組んで頂きたい。大学側も本プログラムを有効に生かし高校生の成果を世界に発信する一助とならなければならない。現状、どうしても大学での研究の二の次になるため専門家の立場からのサポートが十分であるとは言いがたいので、この点も反省の余地があると言える。

数多くの高校生による国内学会および国際会議への発表(表2)などを経て、日本の高校生によるスプライト観測の取組みは世界の専門家に知られるところとなった。世界随一の観測網は今後もスプライトを狙っており、高校生や先生たちの日々の努力が日本発の新しいスタイルの研究教育活動をいままさに拓いていると言える。2009年7月、シンガポールでの国際会議でジェットの観測結果などを高校生が発表した際⁽¹⁶⁾、同セッションのコンビーナを努めた著者の呼びかけで日本の高校生2名と教員2名が同国の中高一貫校を訪問し高校生同士の交流をサポートしてきた。国土の狭いシンガポールでは国際的な活動は当たり前で、天文部の生徒たちはマレーシアに観測に行き、台湾の天文台を修学旅行的に訪問しているという報告を聞いた。日本の高校生たちの発表は彼らも驚きを持って聞いた様子で、先日その高校生からシンガポールでもスプライト観測を始めたいがどうすればよいかという英文メールが著者の元に届いた。日本発いや高知発の試みがいま世界に輸出されようとしている。

6. 結論

スプライト等高高度発光放電現象に関し、2004年より6年間に渡り、全国の高校生に呼びかけ同時観測プロジェクトを進めてきた。参加高校側(理科教員等)と大学側(著者等)の緊密な連携と研究指導に基づき、高校生チームが活躍した結果、2010年2月末までの間にスプライト等高高度発光現象を計1613例観測し、うち292例の同時複数点観測結果を得ることに成功した。これら観測から統計的研究への礎となるデータセットを得たほか、2008年2月にはドーナツ型の発光現象エルブスの同時観測に成功し、世界で初め

てエルブス発光高度の精密検証に成功した。2008年11月には世界的に10例程度の観測例しか得られていない発光現象ジェットの時同時観測に成功し、「接木状ジェット」と名づけられた。これら結果は、国内および国際の学会にて高校生自らが発表し専門家から高い評価を得ており、高校生観測チームによる同時観測が最先端理科教育における教育面のみならず、最先端のサイエンス進展にも貢献できることを実証した。

謝辞

本取組みの推進にあたり、高校生天体観測ネットワーク事務局、日本天文学会ジュニアセッション実行委員会、日本地球惑星科学連合高校生ポスターセッション運営委員会、科学技術振興機構、高知県教育委員会、高知県立高知小津高等学校の皆様、及び高校生天体観測ネットワークならびにSSHコンソーシアム高知研究会のスプライト同時観測に参加された高校の皆様には大変お世話になりました。

鈴木文二氏、高村裕三朗氏、岡本純人氏、三好輝徳氏、青島晃氏、SonotaCo氏、高橋幸弘氏、佐藤光輝氏、足立透氏、戸田雅之氏、Tan Hoe Tak氏、酒井宏直氏、橋爪史明氏他、本取組みの推進に貢献されたすべての皆様方に深く感謝いたします。

文献

- (1) Y. Higa, M. Toda, M.-Y. Yamamoto, K. Maeda, J.-I. Watanabe, "Catalogue of Persistent Trains II: Images of Leonid Meteor Trains during the METRO Campaign 1998–2002," *Publ. Natl. Astron. Obs. Japan* 7, 67–131, 2005.
- (2) M.-Y. Yamamoto, M. Toda, Y. Higa, K. Maeda, J.-I. Watanabe, "Altitudinal Distribution of 20 Persistent Meteor Trains: Estimates Derived from METRO Campaign Archives," *Earth Moon Planets*, 95, 279–287, 2005.
- (3) 山本真行, "流星痕同時観測キャンペーンにおける社会参加型研究の実践," 西はりま天文台シンポジウム 2002, 4-6, 2002.
- (4) 植原敏, "流星ビデオに写った「妖精」-国内初アマチュアがスプライト現象をとらえた!," 月刊星ナビ, 2004年3月号, アストロアーツ, 2004.
- (5) H. Fukunishi, Y. Takahashi, M. Kubota, K. Sakanoi, U.S. Inan, and W.A. Lyons, "Elves:

Lightning- induced transient luminous events in the lower ionosphere," *Geophys. Res. Lett.*, 23, 2157-2160, 1996.

- (6) 小川宏, 山本雅之(愛知県立千種高校), 全国高校生同時観測会(2576名), "しし座流星群の眼視計数ネットワーク観測結果," 日本天文学会1999年春季年会, L11a, 1999.
- (7) 吉川真, ジュニアセッション世話人会, "日本天文学会のジュニアセッションの試み—中高生を天文学会の場に—," *天文月報*, 96, No.1, 21-27, 2003.
- (8) 山本真行, 鈴木文二 編著, "高校生天体観測ネットワーク編 スプライト観測ハンドブック 2005," 高校生天体観測ネットワーク事務局, pp. 65, 2004.
- (9) 山本真行, "謎の放電現象スプライトを観測しよう!," *Astro-HS 全国フォーラム 2004*, 名古屋, 2004.
- (10) 大野裕司, 横山一樹, 廣田真子(愛知県立一宮高校), "超高層大気発光現象スプライト," プラズマ・核融合学会 第6回高校生シンポジウム, 大阪, 2006.
- (11) 山本真行, "地球惑星科学における市民参加型研究と理科教育," 高知小津高校 SSH 研究開発成果報告会講演会, 高知, 2005.
- (12) 横山一樹, 河村玄気(愛知県立一宮高校), "レッドスプライトは真実か," 日本地球惑星科学連合 2007年大会, A002-P003, 2007.
- (13) 小村慧(鹿児島県立錦江湾高校), "南九州上空のスプライトとその気象場との関連について," 日本地球惑星科学連合 2009年大会, A001-P008, 2009.
- (14) S. Okamoto, K. Hashimoto, A. Tanabe, M.-Y. Yamamoto, the SSH consortium, "Sprite Observation Project by High School Students," AOGS 2008, Busan, 2008.
- (15) 小藪江裕介, 阿部哲久, 渡辺稜介, 山住高德(静岡県立磐田南高校), "2008年11月29日若狭湾上空で発生した高高度発光現象「ジェット」の形態," 日本地球惑星科学連合 2009年大会, A001-P018, 2009.
- (16) S. Okamoto, A. Aoshima, Y. Osonoe, T. Abe, M.-Y. Yamamoto, the SSH consortium, "TLE triangulation observations by Japanese high school students during a space educational project of the SSH consortium Kochi," AOGS 2009, Singapore, 2009.

A high school-university collaborative education program: 6-year achievement of sprite simultaneous observation campaign by high school students

Masa-yuki Yamamoto

(Received : June 28th, 2010)

Faculty of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: yamamoto.masa-yuki@kochi-tech.ac.jp

Abstract: As one of high-school-university collaborative educational projects, observational studies of TLE (Transient Luminous Events: sprites, elves, blue-jets, etc.) have been carried out with a collaboration with many high schools (HS) in Japan. In these days "lack of consideration ability" in younger generation has been discussed especially in educational field in Japan. In this article, efficiency of tracing a process in science field by students for obtaining new findings in nature as an education program to HS students is discussed, with looking backward on our 6-year activities. Sprites, firstly found over United States in 1989 as an unknown phenomenon in upper atmosphere, highly related to lightning, have been investigated for about 20 years by scientists, revealing many interesting findings. Recent progresses of electrical imaging devices and image processing technique enable us to detect sprites by using high-sensitivity and relatively low-cost video cameras. After teaching observational technique, as well as encouraging HS students and their teachers for TLE observation by the author and earnest collaborators, the first detection of sprites by high school students of Ichinomiya HS of Aichi prefecture was obtained in December 2004, and then, sprites observation by HS students has been dramatically developed. In December 2006, we organized the "SSH consortium" by collaborating 14 Super Science High schools (SSH) and Kochi University of Technology, establishing one of the largest observational network for triangulation of sprites. As of February 2010, owing to educational activities based on successful collaboration between participating HS teachers and University side, 1613 examples of sprites including 292 triangulation observations were successfully obtained by many HS groups. Not only valuable datasets for statistical studies of TLEs were obtained but also the first triangulation of an elf was detected in success in February 2008, deriving the first triangulated result of detailed altitude of the elf. In November 2008, students observed a jet that is very rare phenomenon detected only about 10 examples in total in all over the world. These results have been reported by students themselves in domestic and/or international scientific conferences, having good experiences and valuable comments by scientists. It might be a good proof that these activities are effective not only in educational field but also in contribution to the science.