

国際的環境科学者志望意欲の向上を目的とした 教育実践とその効果

(ー スーパーサイエンスハイスクール指定校による教育実践 ー)

大前 佑斗^A、吉野 華恵^B、大島 敦子^B、
三井 貴子^B、高橋 弘毅^A

A Quantitative Analysis of Effectiveness of Education Designed to Motivate Prospective International Environmental Scientists (- Education in Super Science High School -)

Yuto OMAE^A, Kae YOSHINO^B, Atsuko OSHIMA^B, Takako MITSUI^B
and Hirotaka TAKAHASHI^A

Abstract: The Japanese government has set a goal to foster and secure human resources in the field of science and technology. To achieve this goal, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) has launched a system called "Super Science High School (SSH)". In this paper, we reviewed educational activities at an SSH high school and report on their educational effectiveness to the students. The educational objectives at an SSH high school include promoting diversity in thinking, communication skills, critical thinking, and nurtures motivation for prospective environmental scientists. To evaluate the educational effectiveness at the SSH high school, we carried out a questionnaire survey of the students who had already participated in the educational activities at the SSH high school (n=17) and those who had not (n=26). We implemented a covariance structural analysis to analyze the data obtained. The result suggested that the awareness of the issues mentioned above was notably higher for the group who had benefited from the SSH program.

Keywords: super science high school, educational evaluation, quantitative analysis

1 はじめに

我が国では、科学技術人材の育成・確保を目的とした様々な取り組みが実施されている。その中のひとつに、スーパーサイエンスハイスクール制度(SSH)がある。文部科学省より SSH の指定を受けた高等学校は、独自のカリキュラムによる授業や、大学・研究機関との連携、地域の特色を活かした課題研究の実施など、様々な教育実践を行っている¹⁾。これらの効果として、

理数系科目への興味・学習意欲が向上するという報告が多数行われている(例えば、仲谷ら²⁾、小倉³⁾、鳩貝⁴⁾など)。このように、SSH による教育実践は、特に理数系分野への心理面に対して高い効果を持つことが示唆されている。

このような中、SSH 指定校のひとつである山梨英和中学校・高等学校では、「(1)他者と協力しながら世界に蔓延する多様な問題を認識し(つながる力)、(2)語学力や ICT 能力を活用することで他者に自分の意見を適切に発信でき(伝える力)、(3)批判的に物事を捉え自主的に学ぶことのできる能力(みずから学ぶ力)があり、そして、国際的な環境問題の解決を目指すこ

A: 長岡技術科学大学 工学部

B: 山梨英和中学校・高等学校

とのできる環境科学者」に対する志望意欲の育成を目的とした教育実践を実施している。本稿では、当該校で実施された教育実践の概略を述べると共に、その教育効果の推定を行う。

2 SSHによる教育実践と評価の枠組み

本稿では、SSHの教育実践内容が総合的に影響し「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」に対する考え方が改善され、それらの力を身につける努力を良く行うようになり、かつ、国際的な環境問題に取り組む科学者になりたいという気持ちが高められたかを評価することを目的としている。本章では、2.1節でこれらの狙いを達成するための設計したSSHによる教育実践概要、2.2節でその評価のために設定したモデル、2.3節でモデル内にある各要因を定量化するために作成した尺度について説明する。

2.1 教育実践概要

当該校は、2013年3月に文部科学省よりSSHに指定された女子校であり、科学技術分野のうち、特に環境系を題材とした教育実践を行っている。この教育実践の目的は、以下に定める「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」を備えた生徒を育成すること、そして、将来国際的な環境問題の解決を目指す科学者になりたいという気持ち（国際的環境科学者志望、その人材になることができる大学への進学意欲）を増幅させ、その夢を実現できる理系大学へと送り出すことである。なお、前述した「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」は、それぞれ以下の意味を持つ能力を指す。

「つながる力」：世界で発生している多様な環境問題を認識する力、自分と違う意見や価値観を大切にし、他者と協力することのできる力を指す。

「伝える力」：ICTや日本語／英語を活用して理解の容易な資料を作る、聞き手の知識水準を考慮して発表の仕方を変えるなど、環境に適応しながら研究成果を伝えることのできる能力を指す。

「みずから学ぶ力」：わからないことは自主的な調査によって解決することができる、提示された情報を批判的に判断することのできる力を指す。

そして、これら3つの力および国際的環境科学者への志望意欲を高めるために、「授業実践」、「課題研究」、「研究機関訪問・講演会」の3つを軸とした教育実践

を行っている。この実践内容の概略を図1に示すと共に、その内容を以下に記載する。

2.1.1 授業実践（図1上部）

科目名をSSH生物（2単位）、SSH化学（2単位）、SSH物理（2単位）、SSH数学（7単位）、Science in English（1単位）と銘打ち、下記に定める特色のある授業を実施している。

SSH生物については、従来の高等学校で学ぶ「生物基礎」、「生物」を融合させ、同一系統の内容を一括して指導した。SSH化学については、従来の高等学校で学ぶ「化学基礎」を中心に指導すると共に、実験を増やすなど発展的な内容にも取り組んだ。SSH物理については、ハンズオン実験主体の授業を行い、実験レポートの作成を課した。また、協働学習として、iPadを用いて、小中学生にもわかるような高校物理の説明用の資料を作成させるといった取り組みも行った。SSH数学については、生物と同様に、同一系統の内容を一貫して指導した。また、応用・発展的な内容に挑戦させると共に、生徒に問題の解法などを説明させる場面を増加させた。Science in Englishでは、中学校で既に学んだ範囲の理科の学習内容を、ネイティブスピーカーによる教員によって再度学習した。授業は通年で行われ、授業時間内では教員・生徒ともに使用言語が英語で統一されている。すでに理解している範囲を英語で学びなおすことで、日本語のみならず、英語による科学技術表現を学んだ。以上のように授業実践は、他者への説明の機会・実験の比率の増加、協働学習の実施、英語による科学技術表現の学習などによって「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」を養うという狙いのもと実施された。

2.1.2 課題研究（図1中央部）

課題研究では、研究テーマの決定、仮説の設定、実験計画の作成、実験の実施、仮説の検証、研究成果の公表（ポスター）という一連の研究プロセスを、1年間を通して実施した。また、1年間の最後に研究活動に対する反省会を行い、自らの活動に対する内省を行う機会を設け、来年度の研究活動をより良いものにするように努めた。

実際に行われた研究テーマは、図1中央に示す7テーマ（いずれも環境系）であり、2～3名のグループによって研究を遂行した。以上のように課題研究は、グループ活動と環境問題への参画意識形成によって「つ

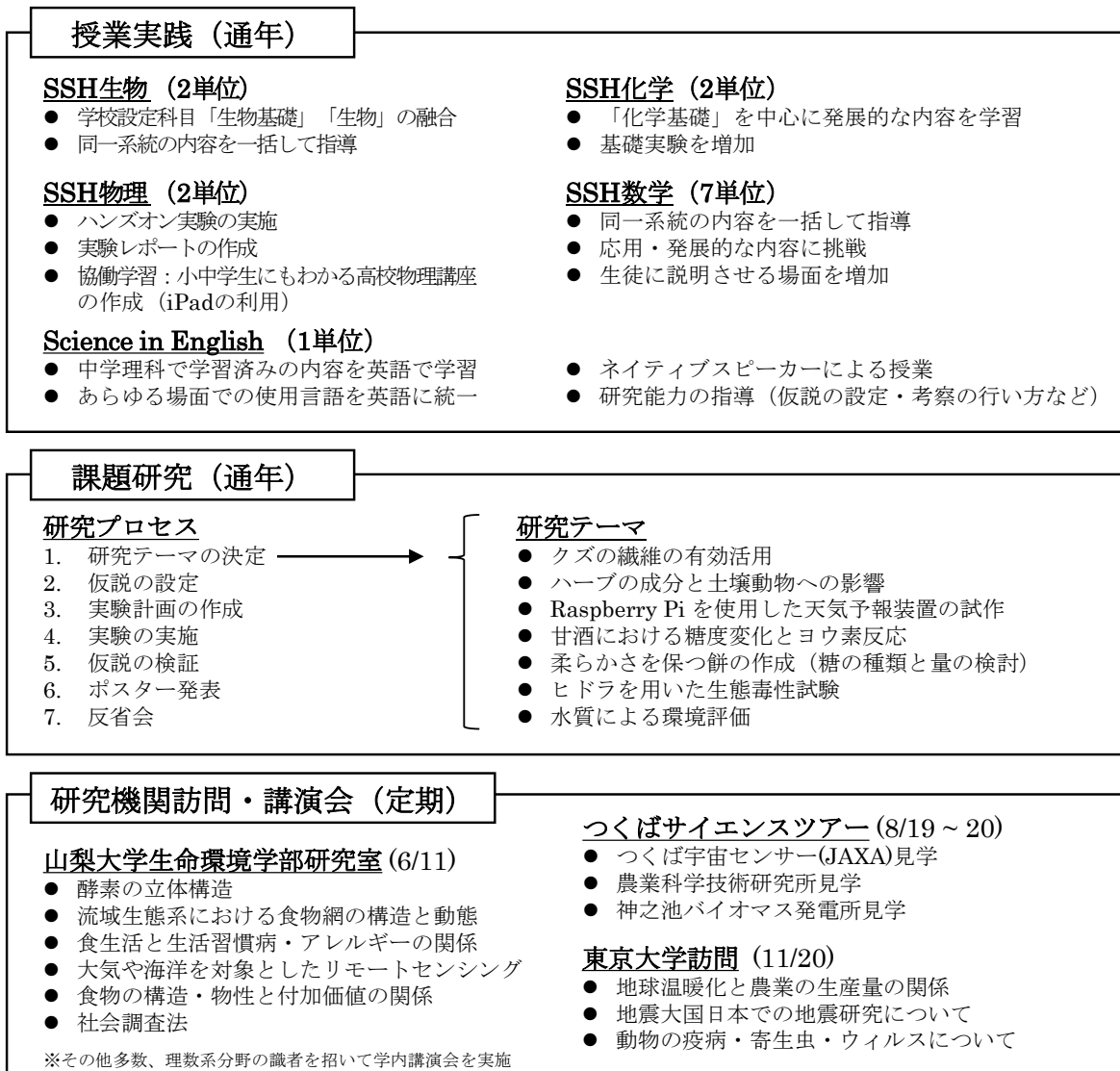


図1. 教育実践内容（4.1節におけるSSH2年生が高校1年生のときに受講）

ながる力」を、研究成果の公表によって「伝える力」を、一連の研究プロセスによって「みずから学ぶ力」を育成する狙いのもと実施された。なお本校のSSHクラスは、環境科学に興味のある生徒が数多く入学しているが、数学などその他の理系分野に興味を持つ生徒も少数存在する。そのような生徒については、興味のある分野の課題研究を行わせるなど、生徒の興味に応じたテーマ設定を行っている。

2.1.3 研究機関訪問・講演会（図1下部）

研究機関訪問・講演会では、大学や研究機関、企業との連携をはかりながら、環境に関する学習を行った。ここでは実施された研究機関訪問・講演会のうち、特に自然科学分野と関連の深い山梨大学・東京大学への訪問、つくばサイエンスツアーへの参加に対する概要について述べる。

まず、山梨大学生命環境学部の研究室訪問では、特に生命工学・地域植物学・環境科学などを主体とする研究の聴講を行った。つくばサイエンスツアーでは、JAXA、農業科学技術研究所、神之池バイオマス発電所を見学した。JAXAでは、人工衛星、宇宙ステーション、月面探査機などについて学んだ。農業科学技術研究所では、生物の多様性や微生物、昆虫、肥料などについて学んだ。神之池バイオマス発電所では、バイオマス発電について学習した。東京大学訪問では、地球温暖化と農業生産量の関係、地震大国日本での地震研究の概要、動物の疫病・寄生虫・ウイルスなどについて学んだ。以上の活動は、国際的な問題の解決を目指し、他者に研究内容を説明することに長け、批判的・理論的思考力の高い研究者と交流することによって、「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」を身に

つけることは重要だと認識させる狙いのもと実施された。またこのほかにも、各種理系分野の識者を招き、理系分野に対する講演会を定期的実施した。

以上が 2014 年度に当該校で実施された教育実践の概略(図 1)である。より具体的な教育実践内容や、生徒たちが実際に遂行・作成した課題研究紹介用のポスターなどは、当該校が作成した報告書^{5) 6)}に記載され、公開されている。

2.2 評価モデル

本節では、2.1 節による教育実践の評価の枠組みについて述べる。まず、教育評価モデルを図 2 に示す。このモデルは、SSH による教育実践は「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」に対する考え方を良好にさせることができたか、それらの力を身につける活動を促進させることができたか、国際的な環境問題に取り組む科学者になりたいという気持ちが高めることができたか、という観点から構築したものである。なお、本校で実施した SSH による教育実践は、「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」の取得を目的のひとつとしているが、これらの力を身につけるためには、これらの力に対する考え方を改善させ、生徒たちの努力を促すことが必要となる。そのため本稿では「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」の具体的な能力評価の前段階として、これらの力に対する考え方および努力を質問紙により評価することにした。

図 2 左端から順に、「SSH による教育実践」、「内面」、「努力」、「国際的環境科学者志望」を配置した。「SSH による教育実践」は 2.1 節で述べた教育実践を受講す

ることを意味する。「内面」は前節で定義した「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」は重要・好きといった気持ちの度合いを表す。「努力」は同様の 3 つの力を身につけるための自主的な努力の度合いを表す。「国際的環境科学者志望」は、3 つの力を備え、かつ、国際的な環境問題に取り組む科学者になりたいという気持ちの度合いを表す。

図 1 に示した SSH による教育実践は、まずは生徒たちの 3 つの力に対する内面を改善させ、その改善により 3 つの力を身につける努力を促し、最終的に国際的環境科学者になりたいという気持ちを高めることを目標としている。これを表現するため、まず「SSH による教育実践」から「内面」へとパスを設けた。これは、SSH による教育実践を受講することによって 3 つの力に対する考え方が改善するか否かという観点で接続したものである。一方で、3 つの力に対する考え方が改善されたとしても、それが実際の行動へと波及されていなければそれらの力は身につかない。そのため、これを検証することを目的として「内面」から「努力」へとパスを設けた。最後に、それらの努力によって、国際的環境科学者に対する志望意欲が高まったか否かを評価する意味を込めて、「努力」から「国際的環境科学者志望」へとパスを設けた。

2.3 尺度の構築

図 2 で構築したモデルに基づく教育評価を実施するために、各要因を定量化する尺度を構築した。これを表 1 に示す。

まず、3 つの力に対する考え方(内面)を問う項目

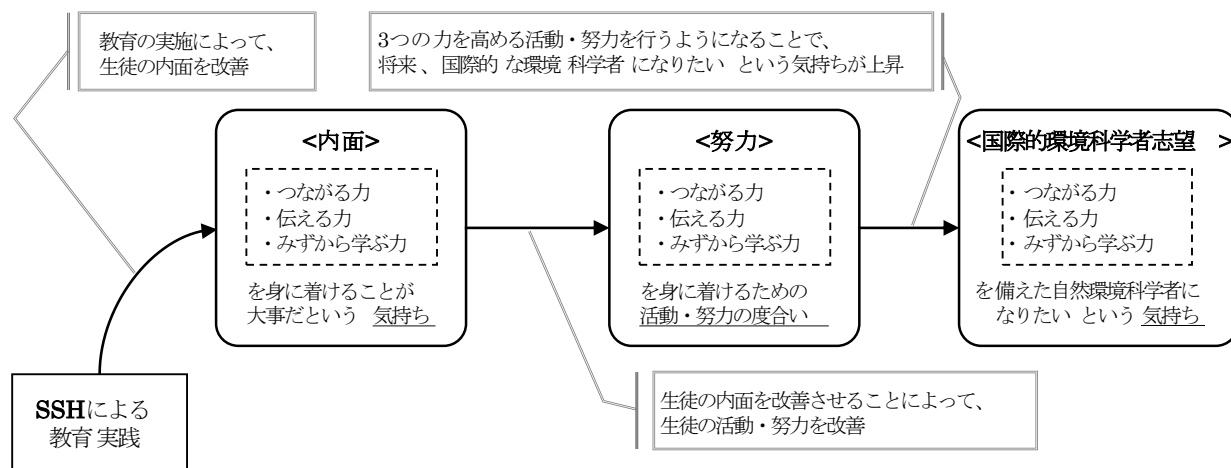


図 2. 教育評価モデル

表 1. 質問項目

要因名	質問項目（5件法 [1:とても否定～5:とても肯定]）
つながる力 [内面]	1. 人と協力して学習や研究を行うことが好きだ。 2. 環境問題は他人事ではないと思う。 3. 国内・国外で、解決しなければならない環境問題がたくさんあると思う。
伝える力 [内面]	1. 日本語だけでなく、英語でも物事を伝えることができるということは、大切なことだと思う。 2. 言葉だけでなく、パソコンやiPadを活用してわかりやすく説明することは、大切なことだと思う。
みずから学ぶ力 [内面]	1. 論理的に物事を考えることは楽しい。 2. わからないことは、まず自分で考えてみるのが大事だと思う。 3. 理数科目を自主的に勉強することが好きだ。
つながる力 [努力]	1. 国際的な環境問題を説明する番組や雑誌、ニュースなどを見ようとしている。 2. 人と協力して理数科目の学習や研究を行っている。 3. 環境に配慮した取り組みをしている。
伝える力 [努力]	1. 人前で発表したり自分の意見を言う努力をしている。 2. 英語を用いて人前で発表したり自分の意見を言う努力をしている。 3. パソコンやiPad上で文書作成（WordやPages）、表計算（ExcelやNumbers）、プレゼン資料作成（PowerPointやKeynote）をする努力をしている。
みずから学ぶ力 [努力]	1. 授業でわからないことがあった時は、自主的に質問したり調べるようになっている。 2. 自分は壁にぶつかった時もあきらめずに取り組む方だ。 3. 決まった考え方にとらわれず、自分の頭で自由に物事を考えようとしている。
国際的環境科学者志望	1. 将来、先導して国際的な環境問題に取り組む科学者になりたい。 2. 将来、人と協力して様々な問題を解決できる、環境を意識した科学者になりたい。 3. 将来、英語やパソコン・iPadを活用して研究成果を発信できる、環境を意識した科学者になりたい。

を計8問用意した。つながる力 [内面] は、他者との協調性や、世界各地で発生している環境問題を広く認識する力に対する考え方を表す。従って、人と協力して行う研究活動への好みや、世界に存在する環境問題への意識を問う項目を3問用意した。伝える力 [内面] は、語学力やICTを活用して他者に物事を伝える能力に対する考え方を表す。そのため、物事を伝えるための語学力やICT能力を獲得することに対する重要性の認識を定量化する項目を2問用意した。みずから学ぶ力 [内面] は、論理的・批判的、そして自主的に物事を考えることに対する考え方を表す。従って、これらの活動に対する興味や重要性を問う項目を3問用意した。

次に、3つの力を高める努力の度合いを問う項目を計9問用意した。つながる力 [努力] は、他者との協調性や、世界の問題を認識する力を身につける努力の傾向を表す。これを測るため、人と協力して行う勉強・研究といった活動や、国際的な環境問題を把握しようとする行動、環境問題を意識した行動の度合いを問う項目を3問用意した。伝える力 [努力] は、語学力やICT能力を活用して、他者に対し自らの意見を伝えるための努力の度合いを表す。従って、人前で発表する活動や、語学力やICTを活用して自らの意見を発表する努力の度合いを問う項目を3問用意した。みずから学ぶ力 [努力] は、論理的・批判的、そして自主的に物事を考えることに対する努力の傾向を表す。これを

測るため、自主的に物事を考える活動や、批判的に物事を考える活動の度合いを問う項目を3問用意した。

最後に、国際的環境科学者志望を定量化する項目を3問用意した。これは、当該校のSSHによる教育実践の最終的な目標である「語学力やICTを活用することで自らの意見を発信でき、人と協力して国際的な環境問題に取り組む科学者への志望意欲」を定量化するための質問項目である。

このうち、つながる力 [内面]、伝える力 [内面]、みずから学ぶ力 [内面] は、評価モデル (図2) 中の<内面>、つながる力 [努力]、伝える力 [努力]、みずから学ぶ力 [努力] は、評価モデル (図2) 中の<努力>、国際的環境科学者志望は評価モデル (図2) 中の<国際的環境科学者志望>とそれぞれ対応している。

3 尺度の信頼性の検証

3.1 調査目的と実施概要

山梨英和中学校・高等学校では、図1に示した教育実践以外にも、中学校・高校を含めた全学的なSSHによる教育実践が予定されている。そして、図1に示した教育実践および今後全学的に実施される予定のSSHによる教育実践を、2.2節で構築した評価モデルで評価する予定である。本節では、この評価のために構築した尺度 (表1) の信頼性を検証する。山梨英和中学校・高等学校に在籍する被験者496名 (中学生 :

192名、高校生：304名)であり、調査は2015年6月に実施された。使用した質問項目は表1の20項目である。

3.2 結果と考察

496名中28名の回答に、1問以上の欠損が存在した。そのため、上記28名を分析から除外し、468名分のデータを利用した。表1に定める尺度の信頼性を検証するため、各要因についてクロンバックの α 係数を計算した。その結果、つながる力[内面]は.69、伝える力[内面]は.67、みずから学ぶ力[内面]は.64、つながる力[努力]は.61、伝える力[努力]は.76、みずから学ぶ力[努力]は.73、国際的環境科学者志望は.96であった。いくつかの要因については.70を下回っているが、内的整合性が極端に低い要因は存在しなかった。そのため、構築した尺度(表1)は山梨英和中学校・高等学校に在籍する生徒たちに対して、汎用的に使用することができると考えられる。そのため、次章で述べる調査では表1に定める尺度を利用することにした。

4 教育効果の検証

4.1 調査目的と実施概要

2.1節に記載したSSHによる教育実践を教育評価モデル(図2)の枠組みで検証することを目的として、質問紙調査を実施した。使用尺度は表1に示す質問項目であり、調査は2015年6月に実施された。被験者は高校1・2年生43名であり、内訳は以下の通りである。

【SSH1年生】(n=26)：2.1節で述べたSSHによる

教育実践を受講することを希望して高校に入学してきた高校1年生である。これからSSHによる教育実践を受講するため、調査実施の段階では未受講である。

【SSH2年生】(n=17)：2.1節で述べたSSHによる教育実践を受講することを希望して高校に入学し、高校1年生のとき1年間(2014年4月～2015年3月)をかけて当該教育実践を受講した高校2年生の生徒たちである。

いずれの被験者も能動的にSSHの教育実践を受講することを希望しているという点が統制されている。その一方で、SSH2年生は実際に教育を受講しているが、SSH1年生は未受講という差がある。そのため、SSH2年生とSSH1年生の各要因の差分を2.1節で述べた教育実践の効果と仮定することには一定の妥当性がある。以上の理由により本研究では、SSH2年生とSSH1年生の差分をSSHによる教育実践の教育効果と仮定し、評価を実施することにした。

4.2 結果と考察

43名(SSH1年生26名、SSH2年生17名)中1名に、1問分の欠損が存在した。そのため、この生徒の当該要因については、欠損が生じていた要因を測定する別の質問項目の平均値を[0,1]の範囲に正規化することで定量化を行った。欠損が生じていない要因については、同一要因内の質問項目に対する回答の平均値を計算し、[0,1]の範囲に正規化することで定量化を行った。さらに、図2で示す枠組みで教育評価を行うために、各要因の平均値、標準偏差(SD)、相関行列を計算した(表2)。

表2より、図2の枠組みにおいて「内面」を表現す

表2. 統計量(平均値、標準偏差、相関係数)

要因名	平均値(SD)	相関行列						
		A	B	C	D	E	F	G
A: つながる力 [内面]	.83 (.13)	1.00						
B: 伝える力 [内面]	.89 (.12)	.44	1.00					
C: みずから学ぶ力 [内面]	.75 (.14)	.56	.50	1.00				
D: つながる力 [努力]	.64 (.18)	.61	.37	.44	1.00			
E: 伝える力 [努力]	.66 (.19)	.31	.46	.37	.60	1.00		
F: みずから学ぶ力 [努力]	.73 (.16)	.47	.44	.39	.50	.56	1.00	
G: 国際的環境科学者志望	.39 (.25)	.49	.32	.48	.48	.33	.37	1.00

るレイヤーにある「つながる力[内面]」、「伝える力[内面]」、「みずから学ぶ力[内面]」間の相関係数が.44～.56と高い水準にあることがわかった。従ってこれら3要因を「3つの力に対する考え方」としてまとめ、共通因子と見做すことにした。同様に、図2の枠組みにおいて「努力」を表現するレイヤーにある「つながる力[努力]」、「伝える力[努力]」、「みずから学ぶ力[努力]」間の相関係数が.50～.60と高い水準にあることもわかった。従って、こちらも同様にこれら3要因を「3つの力を高める努力」としてまとめ、共通因子と見做すことにした。そして、SSHによる教育実践の受講の有無を表現するダミー変数を用意し、1年間受講済みであるSSH2年生については1、未受講であるSSH1年生については0と表現することにした。

上記の処理を施し、図2に示す枠組みで共分散構造分析を実施した(図3)。その結果、想定したパスは1～5%水準で有意であった。

モデル適合度を求めた結果、GFI=.86、NFI=.78、RMSEA=.12、SRMR=.08、CFI=.89となった。一般に、GFI、NFI、CFIは.90以上、RMSEA、SRMRは.10以下であれば許容可能と判断されることが多い。また、NFI、GFI、RMSEAなどは、サンプルサイズが小さいときモデルが正しくても良好な値にならないという欠点がある⁷⁾。今回構築したモデルにおけるサンプルサイズは、n=43と小さいため、上記の欠点を改良した評価指標であるCFIを用いてモデルの評価を行うことにした。CFIは一般に.90以上が良好な値として知られている⁸⁾。今回構築したモデルのCFIは.89でありその基準を満たさなかった。しかし、.90に極めて近い値であること、図2の評価モデルで想定

した「SSHによる教育実践」から「内面」へのパス、「内面」から「努力」へのパス、「努力」から「国際的環境科学者志望」へのパスがいずれも5%ないしは1%水準で有意であること、この2点を考慮すると、図3に示した結果は一定の妥当性を持つと考えられる。

以上より、図2の枠組みで示した「SSHによる教育実践」を1年間受講することによって、3つの力に対する考え方が良好な方向に変化し、それによって3つの力を身につける努力の傾向が増加する。この努力を行うことによって、将来、国際的な問題に取り組む環境科学者になりたいという気持ちが高まる。」という関係の存在が示唆された。これは、2.1節で紹介したSSHによる教育実践の有効性を表していると考えられる。

次に、SSH1年生とSSH2年生の間ほどの程度の差が生じているのか検証するため、両群の各要因の平均値を計算し、t検定により比較した。この結果を表3に示す。つながる力[内面]、伝える力[内面]、つながる力[努力]、伝える力[努力]、国際的環境科学者志望についてはSSH2年生のほうが、SSH1年生よりも有意に高いことがわかった。このことから、生徒たちに対してSSHによる教育実践は、国際的な環境問題への意識、他者と協力することの重要性の認識を高め、国際的な環境問題を把握するための行動や他者と協力する行動を促進させる効果を持つ可能性が示唆された(つながる力)。また当該教育実践は、自らの意見を伝達すること、その手段としての語学力やICT能力の重要性の認識を高め、それらの能力を獲得するための行動を促進させる効果を持つ可能性も示唆された(伝える力)。また当該教育実践は、自らの意見を伝達すること、その手段としての語学力やICT能力の重要

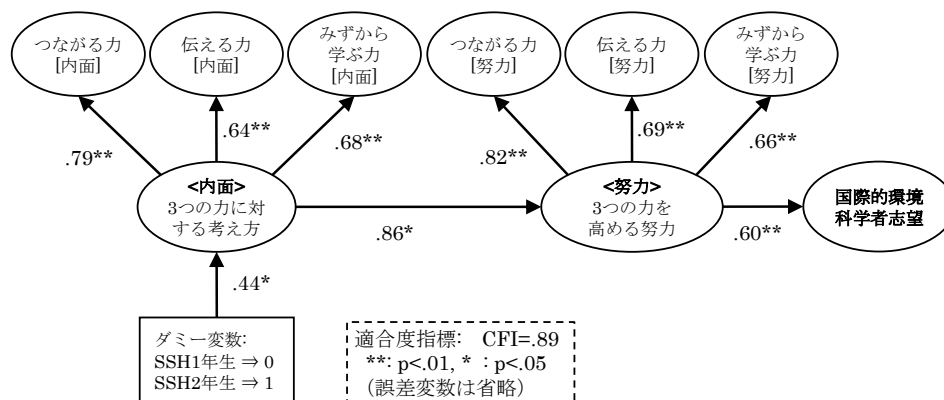


図3. 教育評価の検証結果

表 3. 各要因の平均値とその比較

要因名	SSH1年生 (n=26)	SSH2年生 (n=17)	差分	p値
つながる力 [内面]	.79	.90	.11	***
伝える力 [内面]	.85	.94	.09	***
みずから学ぶ力 [内面]	.74	.77	.03	n.s. (.252)
つながる力 [努力]	.57	.73	.16	***
伝える力 [努力]	.63	.72	.09	*
みずから学ぶ力 [努力]	.72	.74	.02	n.s. (.417)
国際的環境科学者志望	.33	.48	.15	**

***:p<.01, **:p<.05, *:p<.10, n.s.: otherwise

性の認識を高め、それらの能力を獲得するための行動を促進させる効果を持つ可能性も示唆された（伝える力）。その一方で、みずから学ぶ力 [内面] / [努力] については、平均値自体は SSH2 年生のほうが SSH1 年生よりも高いものの、その差は有意ではなかった。みずから学ぶ力は、図 1 に示した教育実践の中で特に課題研究で育むことを目標としている。これは特に環境系のテーマのもと、仮説を設定し実験により真偽を与える仮説検証型のプロセスを踏む。高校生という若年層の学習者に対し研究指導を行う場合、一般的な理工系大学で実施される自然科学分野の卒業研究の指導よりも丁寧な指導を行わざるを得ないという側面がある。そのため、みずから学ぶ力 [内面] / [努力] について、課題研究に 1 年間従事した SSH2 年生と従事していない SSH1 年生の間に有意な差が生じなかったのだと考えられる。また、みずから学ぶ力は、伝える力やつながる力よりも相対的に上昇させにくい能力の可能性もある。

ただし、ここで述べた有意差が生じなかった原因は、推測に寄るところが大きい。そのため、今後はヒアリングや別のアンケート調査を通して、SSH2 年生と SSH1 年生の間でみずから学ぶ力 [内面] / [努力] に有意差が生じなかった原因を明らかにしていくことも重要である。

以上より、SSH2 年生については、今後「つながる力」、「伝える力」を高い水準で維持しつつ、「みずから学ぶ力」を育成する教育実践を中心に展開することが望ましい。また、国際的環境科学者志望は SSH1 年生と SSH2 年生の間で大きな差が生じていることがわかる。図 3 の評価結果でも示されていたことだが、SSH

による教育実践は、将来国際的な環境問題に取り組む環境科学者になりたいという気持ちを高める効果を持つ可能性が示唆された。

なお本章で実施した一連の分析は、SSH1 年生と SSH2 年生の差分を教育効果と仮定している。両群共に主体的に SSH の教育実践の受講を希望して高校に入学しているため、入学時点の初期値は類似していると考えられる。そのため、設定した仮定はある程度の妥当性を持つと思われるが、本調査はあくまで一時点のデータによる分析である。そのため、実際に個別の生徒たちの上昇を確認したわけではない。このことから今後は、継続的に質問紙調査を実施し、事前・事後を比較することで、より厳密な教育効果の検証を行いたい。

5 志望意欲向上のための条件

5.1 調査目的と実施概要

当該校では、今後も継続して SSH1 年生/2 年生に 3 つの力を備えた国際的環境科学者志望を高める教育の実施を行う予定である。これをより効果的に行うには、3 つの力に対する考え方やそれらを身につける努力の傾向にどのような特徴を持つ生徒がどの程度集まっているのか把握していることが望ましい。そのため本研究では、これを把握することを目的に調査・分析を実施した。4 章の調査と同様のデータを用いているため、実施概要は 4.1 節に記載したものと同様である。

5.2 結果と考察

SSH1 年生/2 年生の生徒たちが、3 つの力に対する考え方やそれらを身につける努力の傾向についてどのような特徴を持っているのか把握するために、k-means 法を用いて当該要因をクラスタリングした。クラスタ数は、解釈の容易性および 1 クラスタあたりの被験者数から、4 に設定した。そして、各要因に対する相対的な特徴を知るために、各クラスタの重心座標から各要因の平均値（表 2 第 2 列目）の差分を計算した。さらに、3 つの力に対する考え方やそれらの力を身につける努力の傾向に対する国際的環境科学者志望意欲の強さを知るために、クラスタ毎にその平均値を計算した。

これによって得られた結果を表 4 に示す。C1~C4 がクラスタ名でありそこから左へ行く毎に、人数、3

表 4. 3つの力に対する考え方と努力の傾向に対するクラスタリング結果

ID	人数 (割合)			3つの力に対する考え方・努力の状態: クラスタ重心座標と平均値 (表2第2列目) の差分 ^{a)}						国際的環境 科学者志望 (平均値)
	All (n=43)	SSH1年生 (n=26)	SSH2年生 (n=17)	つながる力 [内面]	伝える力 [内面]	みずから 学ぶ力 [内面]	つながる力 [努力]	伝える力 [努力]	みずから 学ぶ力 [努力]	
C1	10 (23.3%)	3 (11.5%)	7 (41.2%)	.137	.088	.114	.264	.227	.171	.550
C2	14 (32.6%)	8 (30.8%)	6 (35.3%)	.063	.042	.022	-.046	-.058	.033	.417
C3	10 (23.3%)	7 (26.9%)	3 (17.6%)	-.088	-.112	-.052	-.119	-.223	-.195	.283
C4	9 (20.9%)	8 (30.8%)	1 (5.9%)	-.154	-.039	-.104	-.089	.085	-.025	.269

a) クラスタ重心座標と平均値の差分が .05 以上離れているものについては**太字**で表記

つの力に対する考え方とそれらの力を身につける努力の傾向に対するクラスタ重心座標とそれらの平均値の差分、国際的環境科学者志望を記載した。差分の符号がプラスの場合は平均値よりもその要因が高いため、相対的に優れていることを表す。一方で、マイナスの場合は平均値よりも低いいため相対的に劣っていることを表す。さらに、その絶対値が.05 よりも大きいものを太字で記載した。各要因は値の範囲が[0,1]に規格化されているため、太字の要因は相対的に 5%以上高いあるいは低いことを意味している。表現を統一する意味を込めて、太字の要因については「高い/低い」、それ以外の要因については「平均的」と修飾することにして、各クラスタの特徴を以下に記載する。

【C1】 SSH1 年生 11.5%/SSH2 年生 41.2% :

3つの力に対する考え方や、それらの力を身につける努力の傾向が高いという特徴を持つ。このクラスタは、国際的環境科学者志望が最も高い。SSH2 年生の中で最も多くの生徒がこのクラスタに属している。一方で、SSH1 年生については最も少ない。

【C2】 SSH1 年生 30.8%/SSH2 年生 35.3% :

つながる力に対する考え方は高い水準にあるが、その努力の傾向は平均的である。また、伝える力に対する考え方は平均的だが、その努力の傾向は少なめである。このように、内面が努力へと波及されていない傾向がある。ただし、みずから学ぶ力に関しては、内面も努力も平均的である。このクラスタは、国際的環境科学者志望が 2 番目に高い。

【C3】 SSH1 年生 26.9%/SSH2 年生 17.6% :

3つの力に対する考え方や、それらの力を身につける努力の傾向が低いという特徴を持つ。このクラスタは、国際的環境科学者志望が 2 番目に低い。

【C4】 SSH1 年生 30.8%/SSH2 年生 5.9% :

内面については、つながる力とみずから学ぶ力が低いものの、伝える力は平均的である。つながる力を身につける努力の傾向は少ないが、みずから学ぶ力については平均的、伝える力については高めという特徴を持つ。このクラスタは、最も国際的環境科学者志望が低い。

上記 4 クラスタの特徴から、必要な教育についての考察を行う。まず、C1 は 3 つの力に対する考え方およびそれらの力を身につける努力の傾向が良好であり、国際的な環境問題に取り組む科学者になりたいという気持ちが最も高いため、目標とすべき良好なクラスタであることがわかる。

C2 については、伝える力を身につける努力の傾向が低い。従って、伝える力を身につけることは重要だという気持ちを高めることが望ましい。さらにその他の内面も改善させることで、C1 へと遷移すると考えられる。

C3 については、3 つの力に対する考え方とそれらを身につける努力の傾向が、全体的に低い。そのため、3 つの力に対する考え方を全体的に高め、それらの力を身につける努力を促すことが望ましい。このような教育を実施することができれば、C1、C2 へと遷移すると考えられる。

C4 については、伝える力に関しては良好な一方で、その他については低いという特徴がある。そのため、つながる力とみずから学ぶ力を身につけることの重要性を認識させるような教育実践を行い、内面を改善させるとともに、努力へと波及させることができれば、C1、C2 へと遷移すると考えられる。

これらのクラスタのうち、C1 と C2 は将来国際的な

環境問題を取り扱う科学者になりたいという気持ちが強く、C3とC4は低いというように、両者の間に明確な差が生じていることがわかる。従って、C3およびC4をC2まで押し上げることが一つの良好な教育方針として考えられる。これを成すことは難解な問題だが、生徒毎に異なる最適な教授方略の指針を得たことには一定の価値があるものと思われる。

6 おわりに

文部科学省指定SSHである山梨英和中学校・高等学校では、「つながる力」、「伝える力」、「みずから学ぶ力」を備えた環境科学者に対する志望意欲の向上を目的とした教育実践を行っている。本稿では、この教育実践の教育効果を図2の枠組みで推定した。

教育効果を推定するため、SSHの教育実践の受講を希望して高校に入学したSSH1年生と、同様の条件で高校に入学し1年間当該教育を受講したSSH2年生に対して、表質問紙調査(表1)を実施した。得られたデータを分析した結果、SSHによる教育実践から3つの力に対する考え方、それらの力を身につける努力の傾向、国際的環境科学者志望へと、間接的・直接的な介入効果が認められた(図3)。さらに、SSH1年生とSSH2年生の具体的な差を把握するため、両群の測定要因の平均値を計算し、t検定によりその差を比較した。その結果、「つながる力」、「伝える力」、「国際的環境科学者志望」については、SSHによる教育実践を受講した生徒たちの方が優れている結果となったが、「みずから学ぶ力」については明確な差が認められなかった(表3)。以上の分析を通して、昨年度実施されたSSHによる教育実践の良好な箇所と改善箇所が明確となった。

次に、今後の教育実践に活かすことを目的として、教育対象の生徒たちの3つの力に対する考え方やそれらの力を身につける努力の傾向の特徴を把握するために、当該要因でクラスタリングを実施した。その結果、「内面」と「努力」の両面が良好、「内面」は平均的だが「努力」が少ない、「内面」と「努力」共に低いなど、4つの特徴を持つクラスタが得られた。さらに、クラスタ毎に望ましい教育の方向性について考察を行った。

今後の課題として、以下の4点が挙げられる。1点目は、より厳密な教育効果の検証である。本稿では、SSH1年生とSSH2年生の差分を教育効果と仮定して、

分析・考察を行っている。両群共に自主的にSSHの教育実践の受講を希望して進学を志望し、高校へと入学している。この点は統制されており、実際に2.1節に定める教育を受講した/していないについて差があるため、上記の仮定はある程度の妥当性を持つものと思われる。一方で、本稿で述べた教育評価は、高校1年生と2年生の比較によって行われているため学習段階が統一されていない。また、事前・事後の差分から得たものではないため、あくまで仮定を置くことによって得られる推定値に留まる。そのため今後は、比較対象の学習段階を統一させると共に、時系列的にデータを収集し、教育実施前・実施後による差分から教育効果の検証を行いたい。また、SSHによる教育実践は高校入学から卒業までの3年間で行われるため、3年間の教育評価を行うことも重要である。2点目は、5章による調査から得られた結果を今後の教育実践に活かすことである。これを実現するため、定期的に表1に定めるアンケートを実施し、クラス間での移行を確認しながら生徒の特徴に適合した教育の実施を目指したい。3点目は、尺度の改良である。今回構築した尺度の回答は、生徒たちの主観的な判断に依存する。自分に甘い・厳しいといった個性により回答が異なると考えられるため、これは望ましくない。そのため今後は、できる限り生徒の主観的な判断に依存しにくい、より客観的な回答を得られる尺度を構築したい。4点目は、具体的な成果物からの3つの力の測定である。今回実施したような質問紙調査では、生徒たちの内面や努力の自主的な評価が限界である。つながる力、伝える力、みずから学ぶ力そのものを評価するためには、課題研究の発表ポスターや実験レポートなど、生徒たちの具体的な成果物を精査する必要がある。そのため今後は、これについて実施していきたい。

引用・参考文献

- 1) 独立行政法人科学技術振興機構理数学推進部/スーパーサイエンスハイスクール: <https://ssh.jst.go.jp/> (2015年07月26日参照)
- 2) 仲谷史雄, 片桐昌直, 畦浩二, (2011). 附属学校における科学教育研究実践の効果とその評価 I. 大阪教育大学紀要第4部門教育科学, 60(1), 153-166.
- 3) 小倉康, (2005). 科学への学習意欲向上に関する施策の効果. 日本科学教育学会年会論文集, 29, 407-408.
- 4) 鳩貝太郎, (2005). SSHにおけるカリキュラム開発

と高大連携の現状. 日本科学教育学会年会論文集,
29, 309-312.

- 5) 山梨英和中学校・高等学校. (2015). 平成 25 年度文部科学省指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書・第 2 年次.
- 6) 山梨英和中学校・高等学校. (2015). 平成 25 年度文部科学省指定スーパーサイエンスハイスクール課題研究ポスター集・ドイツ研修記・第 2 年次.
- 7) 小島隆矢, 山本将史, (2013) Excel で学ぶ共分散構造分析とグラフィカルモデリング. オーム社.
- 8) 朝野熙彦, 鈴木督久, 小島隆矢. (2005). 入門 共分散構造分析の実際. 講談社.

受付日 2015 年 9 月 22 日、受理日 2016 年 3 月 29 日