衛星画像の環境教育への適用に関する研究

白　木　洋　平*　　加　藤　一　郎**

キーワード：環境教育、アンケート調査、リモートセンシング、人工衛星

1．はじめに

近年の科学技術の進歩は産業や経済の発展を促し、住民の生活環境に高い利便性をもたらしたが、その一方で地球温暖化や砂漠化といったいわゆる地球規模の環境問題のみならず、顕著なヒートアイランドの発生や局地的豪雨の頻度増加といった人々の健康や安全に直接的な影響を与えるような地域的・局地的な環境問題の発生にも大きな影響を与えてきた。このような様々な環境問題を解決し、次世代に質の高い自然環境を残していくためには科学技術の進歩に伴って生じた大量生産、大量消費の社会から持続可能な社会へと移行していく必要があり、そのためにはまず環境問題に対する正しい知識や認識を得る機会、すなわち環境教育の充実を図ることが重要となってくる（環境省，2014）。 持続可能な社会の形成における環境教育の重要性は、1992年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロにて開催された「環境と開発に関する国連会議（United Nations Conference on Environment and Development）」にて採択されたアジェンダ21の第36章「教育、意識啓発、訓練の推進（Promoting Education, Public Awareness and Training）」における記述や（United Nations Division for Sustainable Development, 1992）、2002年に南アフリカ共和国のヨハネスブルグにて開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議（World Summit on Sustainable Development）」にて提案された「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development）」（United Nations, 2002）を受けて2005年から開始された取組みである「持続可能な開発のための教育の10年（United Nations Decade of Education for Sustainable Development）」、あるいは2012年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロにて開催された「国連持続可能な開発会議（United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20）」の成果報告書である「私たちが望む未来（The Future We Want）」（United Nations, 2012）における記述などからもわかるように世界的にも広く認識されている。このような世界的潮流を背景として、わが国においても環境保全活動や環境教育の一層の推進を図るために環境問題に対する教育の重要性を記載している「環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律（平成16年10月施行）」を「環境教育等による環境保全の取組の推進に関する法律（平成23年６月改正、同10月施行）」へと発展的な改正を行ったことや、新たな学習指導要領（小学校は平成23年度、中学校は平成24年度より全面実施。高等学校は平成25年度より学年進行にて実施）にて環境教育のさらなる充実を記述するといった環境教育に対する積極的な試みがなされており、とくに小学校や中学校、高等学校では様々な工夫をもって環境教育が行われている。たとえば、実際の自然に触れることで驚きや感動をもって自然や社会の仕組みについて認識を深めることが期待できる野外での環境教育は（佐藤，1999）、その期待できる効果から現在でも数多く実施されているが（国土交通省国土政策局国土交通課，2012）、近年ではGIS（Geographic Information System：地理情報システム）やWeb-GIS、リモートセンシングといった環境問題の解析や視覚化に特化したICT技術を利用した環境教育もたびたび実践されている（たとえば、伊藤・鵜川，2001；作野・二宮，2009；永野，2011）。ここでGISとは、位置に関連づけられた様々な情報を作成、加工、管理、分析、可視化、共有するためのシステムであり、Web-GISとはブラウザを通してGISを利用可能にする仕組みのことである。また、リモートセンシングとは上空から地球の表面や大気を観測し知りたい情報を得る技術であり、その手段として主に人工衛星などが利用される。しかしながら、近年公表されているGISやWeb-GISは操作が簡便であったり構造が単純であったりするものが多いことや、オープン

*　立正大学地球環境科学部環境システム学科
**　埼玉県立坂戸高等学校

ソースによるGISソフトウェアが出現してきたこと、新学習指導要領の中でGISの利用促進がうたわれていることなどから、初等・中等教育において活用事例が増加しているものの（文部科学省, 2011）、環境の変化を捉える上で視覚的な判断が容易であり、広域性・同時性・連続性という大きな利点を持っているリモートセンシングにおいては目的とする情報を得るまでに一定の知識や技術が必要とされるため、大学における環境教育に利用されることはあるが、初等・中等教育の教育現場にて積極的に利用されているとはいえない。

そこで、本研究では埼玉県立坂戸高等学校の生徒を対象にリモートセンシングに関する基礎的な知識や環境問題への適用事例、衛星画像を解析するために必要となる処理の一例について特別授業を行い、環境問題に対する興味にどのような影響を与えるか事前・事後アンケートを用いた基礎的調査を行うこととした。なお、特別授業にて生徒に提示した衛星画像は事前に処理・作成済みであることを追記する。

2．特別授業の概要

本研究では、埼玉県立坂戸高等学校の２年生105名を対象とし、2014年２月に１回45分の特別授業を計３回行った。なお、事前・事後アンケートともに記載・提出した生徒は105名中92名であり、本研究のアンケート調査はこの92名が対象である。また、特別授業は、リモートセンシングに対する知識が環境問題への興味にどのような影響を与えるかについて調査を行うことを目的としているため、本来であれば事前に自然環境や環境問題についても解説することが望ましいが、限られた時間でそれらを特別授業の内容に含めることは難しい。そのため、人文地理的な要素のみならず環境問題の考察や解析に必要とされる自然地理的な要素について事前に学習している地理Ｂを選択している生徒のみを対象とした。特別授業の内容として、１回目は①リモートセンシングとは何か、②リモートセンシングの概念および仕組み、③リモートセンシングによって見えてくるもの、④代表的な地球観測衛星の紹介、といったリモートセンシングの基礎的な知識に関する説明を、２回目は①地球観測衛星Landsatを用いた関東地方の地表面温度分布、②地球観測衛星Landsatを用いた環境変化の抽出、③気象衛星DMSP（Defense Meteorological Satellite Program）を用いた地上光のモニタリング、④気象衛星NOAAから作成されたNDVI（Normalized Difference Vegetation Index；植生の活性度を示す値）のデータセットであるGIMMS（Global Inventory Modeling and Mapping Studies）を用いた広域植生モニタリングといった、リモートセンシングを用いた環境問題への解析事例について説明を行った。また、３回目は衛星画像を解析するために必要となる処理の一例として、移動平均フィルタと画像の二値化処理について説明を行い、併せてパソコンを必要としない練習問題を行わせた。図１に本特別授業で利用したスライドの一部を示す。

3．特別授業の事前・事後アンケート結果

特別授業が生徒の環境問題への興味にどのような影響を与えるかについて評価を行うために、事前に「環境問題にどの程度興味を持っているか」、事後に「特別授業の受講前と比べて環境問題に対する興味をもつことができたか」についてアンケートを用いた意識調査を行った。図２に事前・事後アンケートより作成した特別授業を受講した生徒の環境問題の興味に関する意識調査結果を示す。これによると、事後アンケートでは「以前と興味が変わらなかった」という否定的な回答が約10％見られたものの、事前アンケートでは「とても興味がある」「まあまあ興味がある」の割合が全体の約70％であったのに対して、特別授業後では「興味を持つことができた」「まあまあ興味を持つことができた」の割合が全体の約90％となっており、特別授業の内容について一定の評価を得ることができた。また、表１に示す環境問題への興味に対する事前・事後アンケートのクロス集計結果を見てみると、環境問題への興味について事前アンケートでは「まったく興味がない」、事後アンケートでは「まあまあ興味を持つことができた」と回答した生徒が１名いるものの、全体的には特別授業を受講する以前において環境問題について高い興味を持っていた生徒ほど、特別授業後の興味も高くなる傾向を見ることができた。

次に、「特別授業を受講してリモートセンシングに興味を持つことができたか」についてアンケートを用いた意識調査を行ったところ、事前アンケートでは「リモートセンシングという言葉を聞いたことがあるか」について「聞いたことがある」と答えた生徒は１名のみであったが、事後アンケートでは「とても興味を持つことができた」「まあまあ興味を持つことができた」と回答した生徒が約83％となった（図３）。また、事後アンケートにおける環境問題への興味とリモートセンシングへの興味のクロス集計結果を見てみると（表２）、特別授業終了後にリ

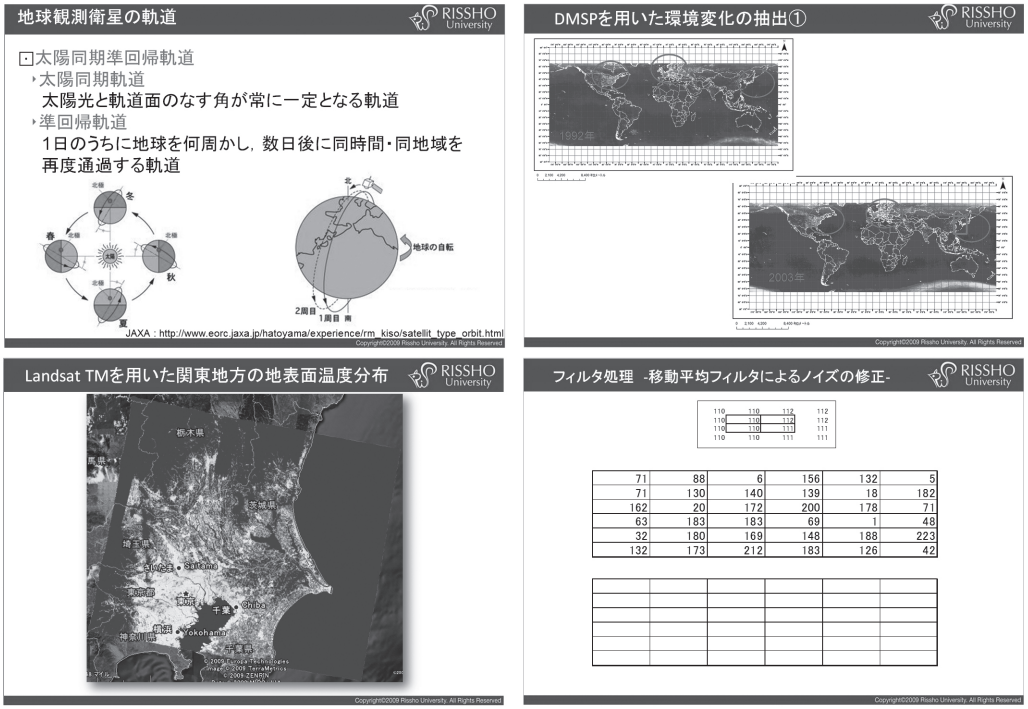

図１．特別授業で利用したスライドの一例

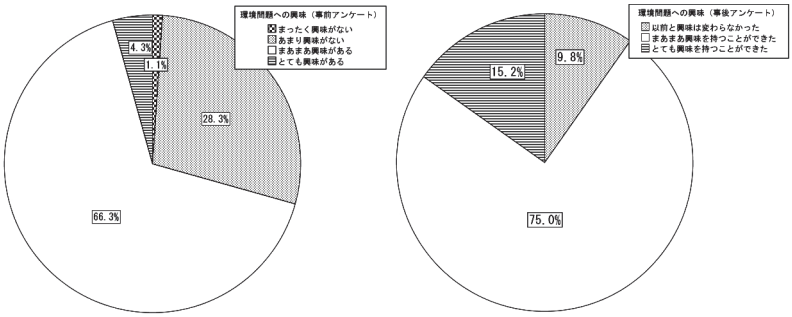

図２．特別授業を受講した生徒の「環境問題への興味」に関する意識調査
（左図：事前アンケート結果、右図：事後アンケート結果）

表１．「環境問題への興味」に対する事前・事後アンケートのクロス集計結果

			環境問題への興味（事後アンケート） a	b	c	総計
環境問題への興味（事前アンケート）	A	度数	0	1	0	1
		%	0%	100.0%	0%	100%
	B	度数	4	21	1	26
		%	15.4%	80.8%	3.8%	100%
	C	度数	5	44	12	61
		%	8.2%	72.1%	19.7%	100%
	D	度数	0	3	1	4
		%	0%	75.0%	25.0%	100%
総計		度数	9	69	14	92
		%	9.8%	75.0%	15.1%	100%

※表中「環境問題への興味（事前アンケート）」のＡは「まったく興味がない」Ｂは「あまり興味がない」Ｃは「まあまあ興味がある」Ｄは「とても興味がある」であり、「環境問題への興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味は変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。

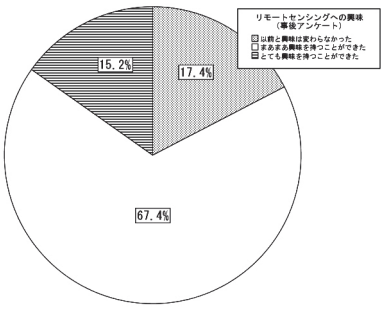

図３．特別授業を受講した生徒の「リモートセンシングへの興味」に関する意識調査
（事後アンケート結果より作図）

モートセンシングに興味を持つことができた生徒ほど環境問題への興味も持つことができる傾向を見ることができたが、一方ではリモートセンシングの解析にはパソコンを用いた解析が必要であるにも関わらず「パソコンを利用して衛星画像の解析を行ってみたいと思うか」という事後アンケートでは、「あまり思わない」「まったく思わない」が約50％を占めるという結果となった（図４）。このことから、特別授業を受講した生徒はリモートセンシングの大きな特徴でもある「環境の変化を捉える上で視覚的な判断が容易」という点については高い興味を持つ一方で、特別授業での画像処理に関する説明やパソコンを利用しない練習問題についての興味、特に「画像処理（二値化処理）」については他の話題と比べても決して低くはないものの（表３）、実際に自分がパソコンを利用して画像解析を行うことについては消極的となる生徒が多くなる可能性が示唆される。

表２.「環境問題への興味（事後アンケート）」と「リモートセンシングへの興味（事後アンケート）」のクロス集計結果

			リモートセンシングへの興味（事後アンケート）			総計
			a	b	c	
環境問題への興味（事後アンケート）	A	度数	3	5	1	9
		%	33.3%	55.6%	11.1%	100%
	B	度数	13	45	11	69
		%	18.8%	65.2%	15.9%	100%
	C	度数	0	12	2	14
		%	0%	85.7%	14.3%	100%
総計		度数	16	62	14	92
		%	17.4%	67.4%	15.1%	100%

※表中「環境問題への興味（事後アンケート）」のＡは「以前と興味は変わらなかった」Ｂは「まあまあ興味を持つことができた」Ｃは「とても興味を持つことができた」であり、「リモートセンシングへの興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味が変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。

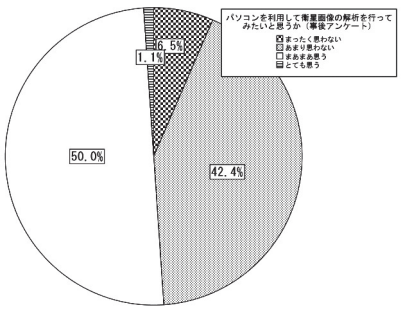

図４．特別授業を受講した生徒の「パソコンを利用して衛星画像の解析を行ってみたいと思うか」に関する意識調査

（事後アンケート結果より作図）

表３．特別授業を受講して興味をもった話題

（事後アンケートより作図）

※本設問は複数回答可としている

特別授業を受講して興味をもった話題（複数回答可）	回答者数※
リモートセンシングの基礎的な知識	16名（17.4%）
代表的な人工衛星の紹介	29名（31.5%）
衛星画像の環境問題への適用	37名（40.2%）
画像処理（移動平均フィルタ）	18名（19.6%）
画像処理（二値化処理）	28名（30.4%）

※カッコ内はアンケート回答人数に対する割合

４．特別授業の有効性に関する考察

環境問題に対する興味を高める有効な授業の方法は、受講する生徒ごとに異なることが考えられる。したがって、より効果的な環境教育を行うためには特別授業がどのような生徒に対して有効であるのかを知ることが重要となってくる。そこで、本研究では前述した環境問題に対する事前の興味のほかに、生徒の基礎的な情報である「成績」と「３年次でのコース選択」を利用してクロス集計を用いた考察を行うこととした。ここで、成績とは地理Ｂにおける１学期の中間・期末、２学期中間・期末の４回の定期考査の合計点であり、３年次でのコース選択とは特別授業を実施した埼玉県立坂戸高等学校では普通科においては３年次より文系コースおよび理系コースにわかれるため、生徒が現在どちらのコースを選択しているかという情報である。なお、特別授業をおこなったクラスのうち、一クラスは外国語科であったため、当該クラスは便宜上文系コースとした。表４に成績と事前・事後アンケートより得られた環境問題への興味のクロス集計結果を示す。ここで、成績は下位から上位に向かって第１グループから第４グループまでの４つのグループに均等に分類を行っている。これによると、事前アンケートでは第２グループ、第３グループ、第４グループにおいては大きな違いを見ることができなかったが、第１グループにおいて「あまり興味がない」と回答した割合が他のグループと比べて高くなる傾向を見ることができた。また、事後アンケートでは「とても興味を持つことができた」と回答した割合は第１グループや第２グループと比較すると相対的に成績の高い第３グループ、第４グループにて高くなるが、第４グループにおいては「以前と興味が変わらなかった」の割合がすべてのグループの中でもっとも高くなるという傾向も見ることができた。さらに、表５に示す成績と事後アンケートより得られたリモートセンシングへの興味のクロス集計結果をみてみると、前述した環境問題への興味と同様に第２グループ、第３グループ、第４グループにおいては大きな違いを見るこ

表４．成績と環境問題への興味のクロス集計結果
（上表：事前アンケート，下表：事後アンケート）

			環境問題への興味（事前アンケート）				総計
			a	b	c	d	
成績	第1グループ	度数	0	10	12	1	23
		%	0%	43.5%	52.2%	4.3%	100%
	第2グループ	度数	0	5	17	1	23
		%	0%	21.7%	73.9%	4.3%	100%
	第3グループ	度数	0	6	16	1	23
		%	0%	26.1%	69.6%	4.3%	100%
	第4グループ	度数	1	5	16	1	23
		%	4.3%	21.7%	69.6%	4.3%	100%
総計		度数	1	26	61	4	92
		%	1.1%	28.3%	66.3%	4.3%	100%

			環境問題への興味（事後アンケート）			総計
			a	b	c	
成績	第1グループ	度数	2	21	0	23
		%	8.7%	91.3%	0%	100%
	第2グループ	度数	1	19	3	23
		%	4.3%	82.6%	13.0%	100%
	第3グループ	度数	2	15	6	23
		%	8.7%	65.2%	26.1%	100%
	第4グループ	度数	4	14	5	23
		%	17.4%	60.9%	21.7%	100%
総計		度数	9	69	14	92
		%	9.8%	75.0%	15.2%	100%

※表中「環境問題への興味（事前アンケート）」のａは「まったく興味がない」ｂは「あまり興味がない」ｃは「まあまあ興味がある」ｄは「とても興味がある」であり、「環境問題への興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味は変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。
※成績は下位から上位に向かって第１グループ、第２グループ、第３グループ、第４グループである。

表５．成績とリモートセンシングへの興味（事後アンケート）のクロス集計結果

			リモートセンシングへの興味（事後アンケート）			総計
			a	b	c	
成績	第1グループ	度数	8	15	0	23
		%	34.8%	65.2%	0%	100%
	第2グループ	度数	3	15	5	23
		%	13.0%	65.2%	21.7%	100%
	第3グループ	度数	2	16	5	23
		%	8.7%	69.6%	21.7%	100%
	第4グループ	度数	3	16	4	23
		%	13.0%	69.6%	17.4%	100%
総計		度数	16	62	14	92
		%	17.4%	67.4%	15.2%	100%

※表中「リモートセンシングへの興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味が変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。

とができなかったが、第１グループにおいて「以前と興味が変わらなかった」と回答した割合が他のグループより高くなる傾向を見ることができた。このことから地理Ｂの成績が一定以上の場合、環境問題やリモートセンシングに対して興味を持ちやすい傾向が見られるが、一方で成績が最も高いグループである第４グループの数名の生徒が事後アンケートにて「環境問題への興味が以前と変わらなかった」を選択した理由として提供した環境問題についてすでに知識として得ている可能性があり、従って、今後特別授業を実施する際には提供する話題について精査する必要がある。

次に、表６に３年次でのコース選択と事前・事後アンケートより得られた環境問題への興味のクロス集計結果を、表７に３年次でのコース選択と事後アンケートより得られたリモートセンシングへの興味のクロス集計結果について示す。これによると、３年次でのコース選択によって事前・事後アンケートともに環境問題に対する興味に大きな違いを見ることはできない。しかしながら、リモートセンシングへの興味においては３年次でのコー

表６．３年次でのコース選択と環境問題への興味のクロス集計結果
（上表：事前アンケート、下表：事後アンケート）

			環境問題への興味（事前アンケート）				総計
			a	b	c	d	
3年次でのコース選択	文系	度数	0	15	34	2	51
		%	0%	29.4%	66.7%	3.9%	100%
	理系	度数	1	11	27	2	41
		%	2.4%	26.8%	65.9%	4.9%	100%
総計		度数	1	26	61	4	92
		%	1.1%	28.3%	66.3%	4.3%	100%

			環境問題への興味（事後アンケート）			総計
			a	b	c	
3年次でのコース選択	文系	度数	4	40	7	51
		%	7.8%	78.4%	13.7%	100%
	理系	度数	5	29	7	41
		%	12.2%	70.7%	17.1%	100%
総計		度数	9	69	14	92
		%	9.8%	75.0%	15.2%	100%

※表中「環境問題への興味（事前アンケート）」のａは「まったく持っていない」ｂは「あまり持っていない」ｃは「まあまあ持っている」ｄは「とても持っている」である。
※表中「環境問題への興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味は変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。

表７．３年次でのコース選択とリモートセンシングへの興味（事後アンケート）のクロス集計結果

			リモートセンシングへの興味（事後アンケート）			総計
			a	b	c	
3年次でのコース選択	文系	度数	12	35	4	51
		%	23.5%	68.6%	7.8%	100%
	理系	度数	4	27	10	41
		%	9.8%	65.9%	24.4%	100%
総計		度数	16	62	14	92
		%	17.4%	67.4%	15.2%	100%

※表中「リモートセンシングへの興味（事後アンケート）」のａは「以前と興味が変わらなかった」ｂは「まあまあ興味を持つことができた」ｃは「とても興味を持つことができた」である。

ス選択を文系としている生徒に比べて理系としている生徒の方が興味を持つ傾向が見てとれる。このことから文系・理系の区別がなく、複合的な視点が必要となる環境問題については３年次でのコース選択によって大きな違いを見ることができないが、パソコンに対する技術や論理的思考が必要とされるリモートセンシングに対する興味は３年次のコースとして理系を選択する生徒の方が興味を持ちやすいことが示唆された。

５．まとめと今後の課題

本研究では、埼玉県立坂戸高等学校の２年生を対象にリモートセンシングに関する基礎的な知識や環境問題への適用事例、衛星画像を解析するために必要となる処理の一例について特別授業を実施し、環境問題に対する意識にどのような影響を与えるか事前・事後アンケートを用いた意識調査を行った。その結果、特別授業を受講することにより環境問題に対する興味のみならず、リモートセンシングに対する興味に関しても全体的に上昇する傾向を見ることができた。しかしながら、今回実施した特別授業がどのような生徒に対して有効であるのかに対しては、特別授業を実施する以前において環境問題について高い興味を持っていた生徒ほど、特別授業後の興味も高くなる傾向を見ることができ、地理Ｂの成績においても一定の傾向が見られたものの統計的な議論は行っていない。また、リモートセンシングへの興味においては差が見られたものの環境問題への興味に対する変化と生徒の３年次でのコース選択の関係においては傾向を見ることができなかった。そのため、今後は高等学校にて継続的に特別授業を行うことでデータの収集を行い統計的な処理を加えていくとともに、生徒の基礎的な情報についても再度検討を行い、今回実施した特別授業のような形態がどのような生徒に対して有効であるのかについて調査を行っていく必要がある。

参考および引用文献

伊藤　悟・鵜川義弘（2001）環境教育における地理情報システムの利用．地理情報システム学会講演論文集，10，249－254.

環境省（2014）環境・循環型社会・生物多様性白書.
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h26/pdf/full.pdf
（2014年12月21日閲覧）

国土交通省国土政策局国土交通課（2012）初等中等教育における GIS の活用事例　―GIS を効果的に活用した学習活動等の紹介―.
http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/gis/gis/kyoiku/04_jirei_all.pdf（2014年３月１日閲覧）

作野裕司・二宮　力（2009）衛星データを利用した中学校における自然環境教育の教材開発と実践．土木学会教育論文集，１，57－63.

佐藤群巳（1999）環境教育入門，183p.

永野昌博（2011）Web-GIS を活用した環境教育の実践．大分大学高等教育開発センター紀要，４，１－12.

文部科学省（2011）環境教育に活用できる学校づくり実践事例集.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/ecoschool/detail/1311403.htm（2014年３月１日閲覧）

United Nations（2002）Report of the World Summit on Sustainable Development.
http://www.un.org/jsummit/html/documents/summit_docs/131302_wssd_report_reissued.pdf（2014年12月18日閲覧）

United Nations（2012）The Future We Want: Outcome document adopted at Rio+20.
http://www.uncsd2012.org/content/documents/727The%20Future%20We%20Want%2019%20June%201230pm.pdf（2014年12月18日閲覧）

United Nations Division for Sustainable Development（1992）agenda 21.
http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf（2014年12月18日閲覧）

Study on Application to Environmental Education of Satellite Image

SHIRAKI Yohei *, KATO Ichiro **

*Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University
**Saitama Prefectural Sakado High School

Key words：Environmental education, Questionnaire survey, Remote sensing, Satellite image