

平成21年 4月17日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18500668
 研究課題名（和文） 合成開口レーダによる高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラムの開発
 研究課題名（英文） Development of technology education program employing high resolution earth images observed by synthetic aperture radar
 研究代表者
 伊藤 陽介（ITO YOSUKE）
 鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授
 研究者番号：90249855

研究成果の概要：

本研究課題では、人工衛星による地球観測技術の有用性や仕組み等を理解し、地球環境問題に対応できる人材を育成することを目標としている。主に学校教育において地球観測技術を導入することを想定し「合成開口レーダによる高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」を開発した。このプログラムに従った授業内容例を示すとともに、地球観測衛星から送信されるレーダ波の反射実験と教育用ソフトウェア等の教材・教具を開発し、授業実践に基づく学習評価から本プログラムの有用性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,100,000	570,000	3,670,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：合成開口レーダ、SAR、地球観測画像、科学技術教育

1. 研究開始当初の背景

地球規模で巨大化する人間の活動は、かけがえのない地球の環境に深刻な悪影響を与えつつある。人工衛星や航空機に搭載されたセンサを用いて地球を観測する技術は、広範囲にわたる地球環境の変動を把握するための重要な観測手段となっている。地球観測では、さまざまな電磁波に感度をもつセンサによる電磁波計測を観測手段とし、可視光領域を含む広帯域の電磁波を利用し、人間の目では認識できない地表面や海面等の現象の観測が可能となっている。

とくに、波長 1cm～130cm 程度のマイクロ波を放射し、地表面から散乱した電磁波を観

測する能動型センサの一種である合成開口レーダ(SAR)は、圧縮処理と呼ばれる信号処理を行うことによって約1m～10mの高い解像度を得ることができる。マイクロ波を観測手段として用いるSARは、光学的なセンサと異なり、全天候性、高分解能、物質と電磁波の相互作用、位相差と偏波情報等の特長をもつため、地球レベルの物理的、生物的、生態的なプロセスの理解に適し、1990年代から本格的にSARによる地球観測画像が応用されるようになっていく。

わが国の人工衛星である陸域観測技術衛星(ALOS)は、2006年1月に宇宙航空研究開発機構(JAXA)によって打ち上げられた。ALOSに

は、L バンド（波長：23cm）のマイクロ波をマルチ偏波で観測可能な PALSAR と呼ばれる国産の SAR が搭載されている。このように SAR による地球観測は一般的となってきたが、地球観測技術を専門的に扱う研究者や技術者以外に、その有効性や利用方法、原理等について広く知られていないのが現状である。

2. 研究の目的

近年、高度情報化社会の進展とともに、学校においても高機能なパーソナルコンピュータ(PC)等の情報機器と高速情報通信ネットワーク(LAN)を含む情報環境が整備されている。2000年頃までは、SARによる地球観測画像を取り扱うために専用のワークステーションからなる解析処理装置を必要としていた。しかし、現在学校に配置されている LAN 環境とサーバ装置、生徒用 PC、カラープリンタ等を用いて、SAR による地球観測画像を十分解析処理できるようになっている。

このような学校の情報環境の整備状況を考慮して、本研究課題では、主に中学校・技術家庭科(技術分野)(以下、技術科)における教育実践を想定した「SAR による高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」の開発を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 中学校・技術科における教育実践を想定した SAR による高解像度地球観測画像の科学技術教育に関する調査を実施し、教育実践の可能性を検証する。具体的な学習指導内容と指導計画については、教育実践に協力可能な中学校を訪問し、直接担当教員から意見招請を行い調査結果を考察し「SAR による高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」を立案する。

(2) 地球観測技術の概要、SAR の原理、レーダ波の反射板(CR)の製作・設置作業を含む反射実験方法、地球観測画像の解析処理方法等を取り扱う科学技術教育プログラムを開発するために、CR の設計と試作を行う。中学生が製作可能なように改良するとともに、三面 CR の加工の難易度と製作時間、材料費等を調査研究する。

(3) 試作した複数の CR を平坦地に設置し、PALSAR を用いた観測実験を行う。CR の観測された SAR 画像を用いてレーダ波の反射実験結果を検証するとともに、体験的かつ実践的な学習活動となる教育的な観点について評価する。

(4) 立案したプログラムを実施するために必要とされる学校教育用 SAR 画像解析・表示ソフトウェア(EduSAR)の仕様を定める。生徒用 PC の処理能力と学校から利用可能なインターネット回線の通信速度を考慮し、本ソフ

トウェアを Ajax 技術を基盤とする対話型 Web アプリケーションとして構成するための方法を研究する。EduSAR の研究開発と並行して、科学技術教育プログラムの実施に当たって必要な地球観測技術の概要、SAR の原理等に関する Web コンテンツを開発する。

(5) 開発した科学技術教育プログラムに従った授業を、中学校・技術科において約 30 時間教育実践する。生徒は CR を設計し製作するとともに、人工衛星に搭載された SAR による CR の観測実験を実施するための設置・撤去作業を行う。授業者は、実験作業や高解像度観測画像を解析・表示することを通じて体験的かつ実践的な学習活動となるように配慮する。事前・事後調査、及び、学習課題ごとに自己評価形式の調査を実施し、教育効果の分析と評価に用いる。

(6) 本プログラムの教育効果を評価し分析結果を報告するとともに、今後の研究課題を考察するために中学校・技術科教員を対象とする授業研究会を開催する。

4. 研究成果

(1) 「SAR による高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」の開発にあたり、まず、地球観測技術を学校教育に導入できる可能性を調査するため、主に中学校において技術科を担当している学校教員に対して意識調査を実施した。その結果、地球観測技術に関する予備知識は少ないが、レーダ等を用いた地球観測技術を題材とする技術教育への興味は高かった。また、CR を設計・製作することによる材料加工の技能を育成することや観測された高解像度地球観測画像の解析処理に関する興味は高く、学習者が体験的に地球観測画像を処理することに関する教育的な意義は大きいことが分かった。

以上の調査結果に基づき、本プログラムの目標として「人工衛星等による地球観測技術の基本的な役割を知るとともに、その技術を材料加工と情報処理の両面から構成される体験的な学習を通して、地球環境問題への応用例等を参考としつつ、地球観測技術の有用性を理解すること」とした。

(2) 本目標を達成するために主な学習内容として、地球環境問題と関連する地球観測技術の役割、材料加工による地上基準点標識となる CR の製作、CR の設置実習と観測実験、及び PC を用いた SAR データの情報処理、を取り入れる。開発した科学教育プログラムを 16 単位時間で実施する場合の授業内容例を表 1 に示す。

(3) CR は中学生が持っている技能で容易に製作・組立・設置・分解が可能なものとするため、導電性シートを貼付した木製の正方形の板を三枚互いに垂直になるように組み合わせた三面 CR を採用した。授業実践では、教

育的な配慮に基づく詳細な CR 製作手引書を新たに作成し利用した。

(4) SAR データを画像化するための情報処理には、高度な数学的な知識を必要とし、中学生を対象とする教育には、特別な配慮がなされた SAR データ処理用ソフトウェアを必要とする。そのため、新たに学校教育を主体とする EduSAR を開発した。EduSAR は、広く一般に利用されている Web ブラウザで利用可能な Ajax 技術を用いて、Web ページの再読込を伴わず Web サーバーと非同期的かつ必要最小限のデータ通信を行う対話型 RIA (Rich Internet Application) である。図 1 に EduSAR の構成をブロック図で示す。SAR プロセッサは、サーバー側で動作する SAR ソフトウェア・サーバと HTTP サーバ、及び、クライアント側で動作する Web ブラウザからなる。

(5) 表 1 に示した授業は、2007 年度に N 中学校第 3 学年生徒に対して実施された。まず、地球環境問題を取り上げ、地球観測技術の概要を学習した後、デジタル地球儀を用いて高解像度地球観測画像を閲覧後、3 基の CR を製作した。PALSAR を用いた観測実験は、ALOS の上昇と下降軌道による観測により 2 回に実施した。生徒が製作したものを含む 8 基の CR を予め想定した点像を形成するように平坦地に設置した (図 2)。

地球観測画像の処理に必要な基礎知識として、ALOS と PALSAR の概要や他の SAR との

相違、レーダ波の入射角による観測画像の特徴等について理解を深める授業実施した。製作した CR を観測した SAR データを JAXA から入手した後、EduSAR を用いて画像再生し、CR の点像と実際に配置した状態を比較したり、画像上の点像の配置から距離を計測したりする実習等を通じて、SAR を用いた地球観測技術を学習した (図 3)。最後に、地球環境に対する地球観測技術の有効性と将来像を示し、学習のまとめとした。

(6) 「SAR による高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」による学習効果を評価するために、授業実践の前後に 5 段階で学習調査を実施した。事前と事後調査で共通する項目を 6 分野に分類し、評価点の変化を分析した結果、平均して 144% の向上がみられ、開発した科学教育プログラムの有用性が明らかにされた。さらに、授業終了時に生徒に対して自己評価形式の学習調査を行った。この結果から、CR の製作が進むとともに、生徒は CR の完成形をイメージできていることが分った。地球観測技術については、学習開始時から関心が高く、製作した CR を観測した SAR データを処理することによって、より一層理解が深まっていることが示された (図 4)。また、本授業実践に関して授業研究会等で学校教員からも授業内容とその実

表 1 開発したプログラムの授業内容例

時	授 業 内 容
1	・地球環境問題の現状等を把握するための手段として地球観測技術が使われていることを知る。
2	・地球観測技術の簡単な歴史と概要について学習する。
3	・デジタル地球儀を用いて高解像度地球観測画像を閲覧し、地表面の状態を知る。
4	・地上基準点標識となるレーダ波の反射板 (CR) の役割を学習する。
5	・CR の構造を理解し、反射板と筋交を加工する。
6	・反射板と L 字金折を組み合わせて仮組みをしながら、穴あけ加工を行う。
7	・製作した CR の設置形態を考える。
8	・仮組みした CR を解体し、導電性シートを貼付するための準備をする。
9	・導電性シートの加工をする。
10	・反射板に導電性シートを貼付する。
11	・CR を組立て、筋交を用いて反射板が互いに垂直になるように補強する。
12	・CR の設置方法を実習する。
13	・地球観測衛星による観測実験に参加する。
14	・地球観測用人工衛星の概要について Web 教材を用いて学習する。
15	・地球観測技術の一つである合成開口レーダ (SAR) の概要について Web 教材を用いて学習する。
16	・学校教育用 SAR 画像解析・表示ソフトウェア (EduSAR) の利用方法を学習する。
17	・SAR 画像と光学式画像の違いを把握するためデジタル地球儀を用いて学習する。
18	・EduSAR を用いて SAR データを画像化し、設置した CR の観測結果を考察する。
19	・地球環境に対する地球観測技術の有効性と将来像を示し、学習のまとめをする。

(1 単位時間 : 50 分間)

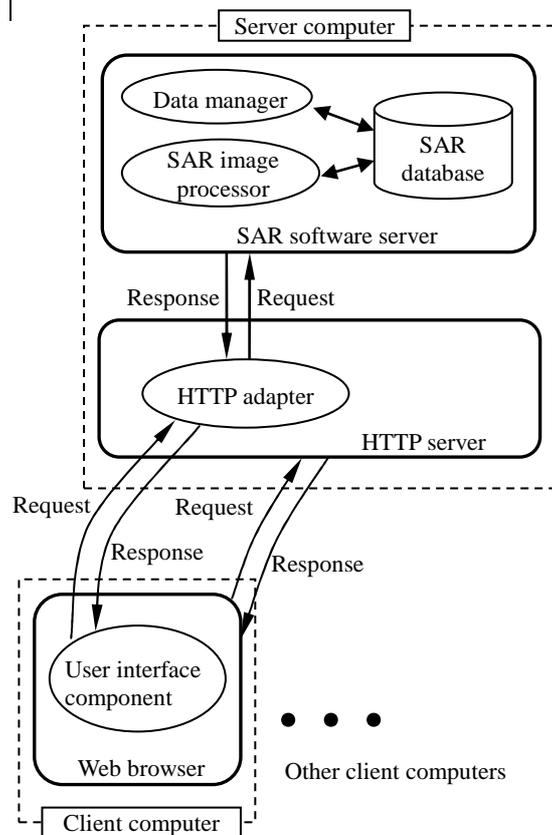


図 1 学校教育用 SAR 解析・表示ソフトウェア (EduSAR) の構成図

施方法について意見を集め、開発した科学技術教育プログラムの構成を省察した。

(7) 本研究課題では、「SARによる高解像度地球観測画像を用いた科学技術教育プログラム」を学校教員に対する意識調査ならびに学校における情報環境を考慮して開発し、具体的な授業内容として構築した。本プログラムを効果的に教育実践するために必要とされる教材・教具を新たに研究開発した。中学校において研究授業を実施し、その学習効果を評価した結果、定めた目標を概ね達成できていることが明らかとなった。

今後、学習評価結果等を踏まえ、技術と社会や環境とのかかわりにおいて地球観測技術を利用できるように学習内容や教材・教具を継続的に改善する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① 伊藤 陽介、石塚 仁志、大泉 計、菊地 章、ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案、日本産業技



図2 製作したCRを用いた観測実験



図3 EduSARを用いたSAR画像処理実習

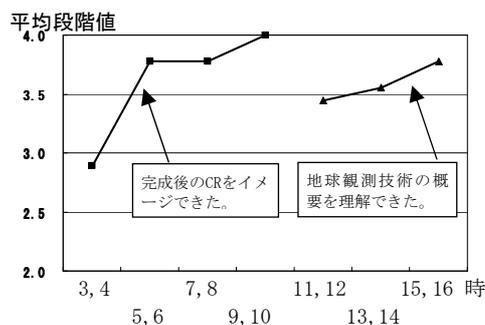


図4 共通項目による学習調査結果

術教育学会誌、査読有、第50巻、第2号、pp. 59-67 (2008)

- ② 伊藤 陽介、合成開口レーダ画像の再生処理用ソフトウェアの開発、鳴門教育大学情報教育ジャーナル、査読無、第5号、pp. 7-16 (2008)
- ③ 伊藤 陽介、山本 学、合成開口レーダ用反射板の設計・製作と性能評価、鳴門教育大学研究紀要、生活・健康編、査読無、第23巻、pp. 359-368 (2008)
- ④ 伊藤 陽介、森 誉範、菊地 章、大泉 計、「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践、日本産業技術教育学会誌、査読有、第49巻、第3号、pp. 213-221 (2007)

〔学会発表〕(計14件)

- ① 加志崎 保貴、地球観測技術を題材とする技術教育の授業実践と学習評価、日本産業技術教育学会第24回四国支部大会、2008年12月7日、香川県高松市
- ② 久保川 雄大、地球観測画像と表計算ソフトウェアを用いた情報教育の開発、日本産業技術教育学会第24回四国支部大会、2008年12月7日、香川県高松市
- ③ 伊藤 陽介、マルチコア対応SARプロセッサのWebアプリケーション化、日本リモートセンシング学会第45回学術講演会、2008年12月4日、北海道江別市
- ④ 伊藤 陽介、地球観測技術を題材とする技術教育の授業実践と学習調査、日本産業技術教育学会第51回全国大会、2008年8月24日、宮城県仙台市
- ⑤ Y. Ito, Development of educational SAR processor using Ajax technology, The XXI Congress, The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 4 July 2008, Beijing (China)
- ⑥ 伊藤 陽介、地球観測技術を題材とする技術教育の授業実践、日本産業技術教育学会第23回情報分科会研究発表会、2008年3月15日、岡山県岡山市
- ⑦ 伊藤 陽介、Ajax技術を用いたSARプロセッサの開発、日本リモートセンシング学会第43回学術講演会、2007年12月7日、大阪府堺市
- ⑧ 久保川 雄大、合成開口レーダ用反射板の製作とALOS PALSARによる観測実験、日本産業技術教育学会第23回四国支部大会、2007年12月1日、徳島県鳴門市
- ⑨ 加志崎 保貴、地球観測技術を題材とする技術教育の開発—事前調査と授業計画の立案—、日本産業技術教育学会第23回四国支部大会、2007年12月1日、徳島県鳴門市
- ⑩ 伊藤 陽介、AJAX技術を用いた画像処理システムの開発、日本産業技術教育学会第

50回全国大会、2007年8月26日、大阪府柏原市

- ⑪ 加志崎 保貴、リモートセンシング技術を題材とする中学校における技術教育に関する調査、日本産業技術教育学会第50回全国大会、2007年8月26日、大阪府柏原市
- ⑫ 伊藤 陽介、衛星地球儀ソフトウェアの特性を活かした教材開発、日本産業技術教育学会第50回全国大会、2007年8月26日、大阪府柏原市
- ⑬ Y. Ito, Development of web-based SAR processor for education, 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 24 July 2007, Barcelona (Spain)
- ⑭ 伊藤 陽介、リモートセンシングを題材とする技術教育の開発、日本産業技術教育学会第22回情報分科会研究発表会、2006年12月16日、東京都世田谷区

[その他]

報道関連情報：

- ① 衛星電波の反射板設置 観測データを分析、p.30、徳島新聞、2007年11月16日発行

Web ページ：

- ② <http://www.naruto-u.ac.jp/~ito/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 陽介 (ITO YOSUKE)
鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・
教授
研究者番号：90249855

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし