

拡張現実を用いた地球観測技術の疑似体験型教材の開発

馬 文鵬*, 矢野慶志郎**, 伊藤陽介***

地球環境問題の深刻化とともに人工衛星に搭載された様々なセンサによる持続的な地球観測の重要性が高まり、特に合成開口レーダのような電波を利用した地球環境計測が普及してきた。地球観測のみならず様々な用途で電波が利用される現在においては、電波に関する基礎的・基本的な知識をもつことの必要性は高まっている。本論文では、人工衛星に搭載されたアンテナから放射された電波を地上で計測する活動を通して地球観測技術を体験的に学習するプログラムについて述べるとともに、疑似体験教材の利用を提案し、拡張現実技術を用いて開発したタブレット型パソコン用疑似体験教材アプリとその利用例について示した。

[キーワード: 地球観測技術, 拡張現実, 疑似体験, 合成開口レーダ, アンテナ]

1. はじめに

近年、地球環境問題の深刻化とともに人工衛星に搭載された様々なセンサによる持続的な地球観測の重要性が高まっている。インターネットで提供される地図サービスやデジタル地球儀ソフトウェアの普及によって全球の地球観測画像を容易かつ無償で閲覧できるようになっている[1]。

地球観測に用いられるセンサは、受動型と能動型に大別される。前者は、太陽光線の地球からの反射光を捉えたり、地球から放射された赤外線等を計測したりするために用いられる。後者は、センサに付随するアンテナから強力な電波を照射し、地球上で反射された電波を計測する。この方法は太陽光線を用いないため昼夜を問わず、雲にも影響されにくい特長をもつ[2]。地球環境に鋭敏とされる地域として両極や熱帯雨林地域がある。太陽光線を使う受動型センサでは、これらの地域を十分に観測できないため、能動型センサが積極的に利用されるようになった。能動型センサの一つとして合成開口レーダ(SAR: Synthetic Aperture Radar)があり、高分解能な観測画像が得られるとともに、位相情報や偏波情報を用いた高度な解析にも利用されている。2014年には、SARを搭載した我が国の人工衛星「陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)」[3]やヨーロッパ宇宙機関(ESA: European Space Agency)による地球観測プログラム「コペルニクス計画」によって開発された人工衛星 Sentinel-1[4]も打ち上げられ、電波を利用した地球環境計測の普及期をむかえている。

地球観測のみならず様々な用途で電波が利用される現在においては、電波に関する基礎的・基本的な知識をも

つことの必要性は高まっている。

一方、2008年に公示された中学校学習指導要領技術・家庭科(技術分野)[5]の内容B エネルギー変換において、電波に係るエネルギー変換技術を学習する場合、主に電波を技術的に利用するラジオ等の機器製作が多い。人間の感覚として捉えることの難しい電波の挙動を中学生に視覚的にわかりやすく示す教材・教具を利用した教育の開発も必要とされている。

本論文では、人工衛星に搭載されたアンテナから放射された電波を地上で計測する活動を通して地球観測技術を体験的に学習するプログラムについて述べるとともに、疑似体験教材の利用を提案し、タブレット型パソコン上で動作するアプリの開発例を示す。

2. 地球観測技術の体験学習プログラム

2.1 概要

地球観測技術の体験学習プログラムでは、地球観測技術に関する基礎的・基本的な知識を身につけ、地球観測に使われている電波の計測実験による体験的な学習を通して、地球観測技術が生活や社会に果たしている役割を理解することを目標とする。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、受信アンテナの製作、計測機器の設置実習と電波識別実験、地球観測画像の処理実習等を取り入れる。

図1に地上で地球観測用電波を計測体験する教材の構成例を示す。人工衛星に搭載されたSAR用アンテナから放射された電波を学習者が製作した受信アンテナと教育用電波識別装置等を用いて捉える。教育用電波識別装置は、スペクトラムアナライザにSARで使われるパルス

* 兵庫教育大学 連合大学院(博士課程)生活・健康系教育連合講座

** 鳴門教育大学 大学院(修士課程)生活・健康系コース(技術・工業・情報)

*** 鳴門教育大学 大学院 自然・生活系教育部

状の電波を識別するための機能を付加したものであり、パソコンの画面を介して学習者に地球観測用電波の計測状態を容易に認識させることを可能とする。

2.2 課題

地球観測技術の体験学習プログラムを教育実践する上で、以下の課題が想定される。

(1) 観測時刻

人工衛星に搭載された SAR が電波を放射し観測する時刻は予測できるが、その時刻に合わせて授業を実施することは難しい。特に、SAR は昼夜観測可能であることが特長であるため、深夜に観測される場合もある。

(2) 観測周期

地震等による緊急観測要求を除くと、同一地域を SAR によって観測される周期は、一般に10~40日程度と長い。観測実験を失敗しまうと、再実験までに時間を要する。

(3) 天候

受信用アンテナ等の教材は野外に設置されるため、雨や風等の気象状況によっては、実験できないことがある。

3. 受信用アンテナの教材化

3.1 設計

地球観測技術の体験学習プログラムにおいて、主に対象とする人工衛星をALOS-2とした場合の受信用アンテナの設計要件は、以下のとおりである。

- <1> 1.2GHz 帯の電波を受信可能であること。
- <2> 必要な指向性をアンテナの形状で達成可能であること。

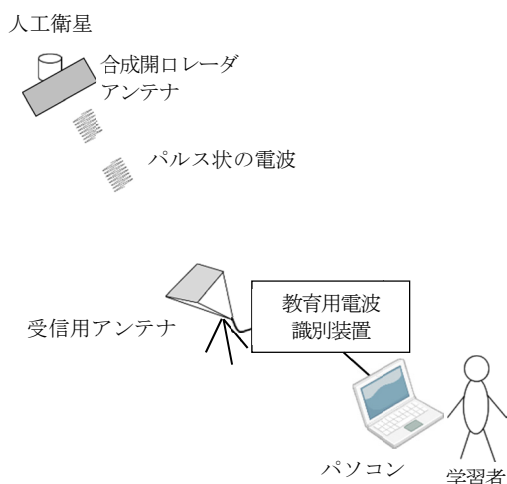


図1 地上で地球観測用電波を計測体験する教材の構成

- <3> 伝搬方向との直交面に位相がそろった電波を効率的に受信できること。
- <4> アンテナの開口面積あたりの利得が大きいこと。
- <5> 学習者が容易に製作可能であること。

上記の要件を満たす形状の1つとして角錐ホーン型アンテナを選定した。このアンテナを教材化するために電磁界シミュレータを用いて所要の利得と指向性をもつ構造としてホーン長(250mm)、開口面(縦 208×横 312mm)、導波管(40×80×40mm)を設計した。このアンテナの展開図を図2に示す。

3.2 教材化

受信用アンテナを教材として学習者が製作できるように、ここではアルミニウムを蒸着した厚紙を材料として用いる。学習者はアンテナの展開図を厚紙の上に描画し、所定の部品にはさみ等で切り取る。折り目をつけた部品の糊代部分に貼付した両面テープを用いて組み立てる。SMA型同軸コネクタの芯線に20mm程度のスズメッキ線を半田付けし、同軸コネクタの外周部分とアンテナが導通するように導波管の中心部に固定する。本アンテナはSAR

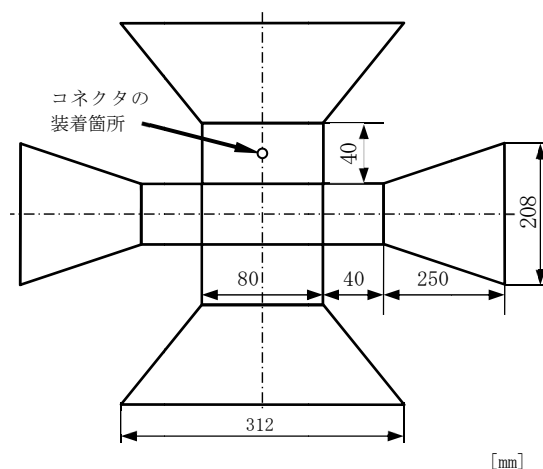


図2 受信用アンテナの展開図

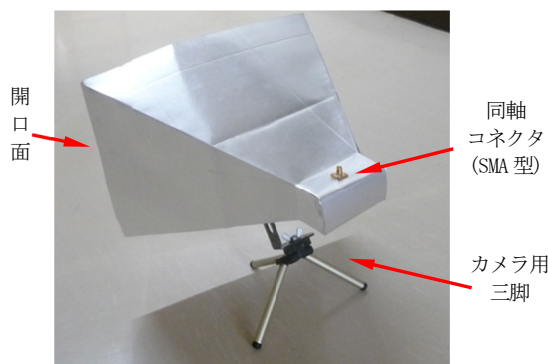


図3 受信用アンテナの製作と設置例

から放射される電波の方向に設置する必要があるため、カメラ用三脚を用いる。ホーンの底面およびコの字型金具にマジックテープを貼付する。三脚の雲台にコの字型の金具を蝶ねじで固定し、上部にアンテナを取り付ける(図3)。

4. 地球観測技術の疑似体験型教材

4.1 疑似体験型教材

SAR による観測時刻を授業時間中に実施できる場合を積極的に選択することによって、2.2節で述べた課題(1)は回避できる。しかし、電波観測実験の失敗や授業日の天候状態に係る課題(2)及び(3)については不可避である。

野外における電波観測実験を実施することが最優先ではあるが、不可避な状況となった場合を想定し、ここでは、拡張現実(AR: Augmented Reality)技術を用いた疑似体験型教材の利用を提案する。

4.2 AR 技術による教材開発

AR 技術は、現実環境に対して様々な情報を付加、削除、強調、減衰させることによって人間から見た現実世界を拡張する[6]。AR 技術では、2次元図形からなるマーカを認識し、マーカとカメラとの相対的な位置をリアルタイムで算出するとともに、カメラの姿勢を推定する。これらの結果を用いて、文字や画像、映像、3次元CG、音声等の仮想的な情報を利用者が見ている画面に重畳表示する。AR の実現方法は、ロケーションベースAR、マーカ型ビジョンベースAR、及びマーカレス型ビジョンベースARに大別される。ここでは、容易にマーカを作成でき一定の認識精度が得られやすいマーカ型ビジョンベースARを採用する。このマーカに適する図形としてQRコード等がある。

AR 技術を用いた疑似体験型教材アプリの開発環境を表1に示す。ここで利用対象とする情報端末は、背面カメラを備えたタブレット型パソコンとし、その主な仕様は、OS: Android 4.4.4以上、表示画面のサイズ: 9.7インチ、解像度 2048×1536 ドット、背面カメラ解像度: 500 万画

表 1 AR を用いた疑似体験型教材の開発環境

項目	規格等
OS	Windows 8.1 Enterprise
AR 用 SDK	Qualcomm Vuforia SDK (5.0.5)
マーカ作成	汎用画像処理ソフトウェア
統合開発環境	Unity 3D (5.2.1)
	MonoDevelop (C#)

素である。

4.3 疑似体験型教材アプリ

疑似体験型教材アプリで用いるマーカを図3に示す。下部にQRコードを配置し、上部に特定の文字列を追加することで認識しやすくしている。このマーカは、白色用紙にカラー印刷した後、受信用アンテナの上面の形状に合わせた形に切り取って用いられる。図5に示すように、学習者が製作した受信用アンテナの上面に皺にならないように丁寧に貼り付ける。

疑似体験教材アプリによってマーカを認識した状態を図5に示す。認識状態になると、画面左上隅に[True]という文字列を表示するとともに、2つの操作ボタンが表示される。操作ボタンは、右側に「表示」、左側に「保存」という文字列が表示された矩形領域である(図6)。「表示」ボタンをタップすると、AR による重畳表示が開始され、当該ボタンの文字列は「非表示」に変更される(図7)。「非表示」ボタンをタップすることによって、AR による重畳表示が終了し、元の「表示」ボタンに戻る。マーカを認識した状態では、常に3次元空間内でマーカとタブレット型パソコン本体との位置関係を推定し、重畳表示され



図 4 疑似体験型教材用マーカ

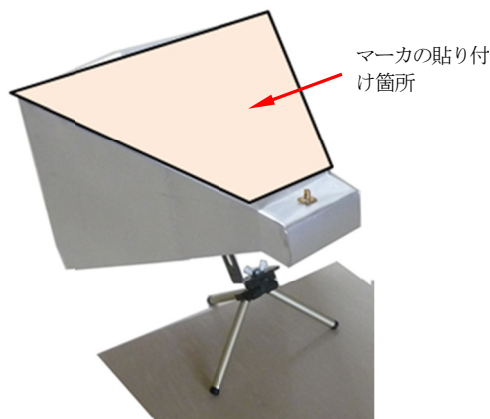


図 5 マーカの貼り付け箇所

るアニメーションや図形を画面に表示された実物に同期して3次元表示する。「保存」ボタンをタップすると、現在表示中の画面のスナップショットをとり、画像ファイルとしてタブレット型パソコン内に記憶する。なお、マーカを途中で認識できなくなったときは、画面左上隅に[False]と表示され、操作ボタンは表示されなくなる。

図8に疑似体験型教材アプリによる表示画面における実物とARの関係について示す。マーカと受信アンテナは実物であり、操作ボタン、人工衛星及びアンテナから放射された電波のアニメーションは、ARである。

4.4 疑似体験型教材を用いた学習

疑似体験型教材を用いた学習活動の流れを以下に示す。

- 〈1〉 製作した受信アンテナにマーカを貼り付ける。
- 〈2〉 タブレット型パソコンにインストールされた疑似体験教材アプリを起動する。
- 〈3〉 背面カメラでマーカを貼り付けた受信アンテナを撮影し、疑似体験教材アプリにマーカを認識させる。
- 〈4〉 タブレット型パソコンの画面上にある「表示」ボタンをタップし、人工衛星やパルス状の電波が放射されてくる様子を示すアニメーションを重畳表示させる。



図6 疑似体験教材アプリがマーカを認識した状態



図7 疑似体験教材アプリによる重畳表示例

る。

- 〈5〉 タブレット型パソコンの位置や撮影角度をゆっくりと変化させ、重畳表示されているアニメーションがよく見えるようにする。
- 〈6〉 「保存」ボタンをタップし、よく見える状態の画面のスナップショットをとり、ワークシート等に追加する。

5. まとめ

本論文では、地球観測技術を体験的に学習するプログラムとその課題について述べ、疑似体験教材の利用を提案した。AR技術を用いたタブレット型パソコン上で動作するアプリの開発例について述べ、具体的なマーカや重畳表示内容を示した。

今後、疑似体験教材アプリに関しては、人工衛星を固定した位置に重畳表示するのではなく、受信アンテナを横切るように移動しつつ、それに同期してアンテナから放射されるパルス状の電波をイメージできるアニメーションに改良する必要がある。さらに、地球観測技術を体験的に学習するプログラムの実施に合わせて、開発した疑似体験教材を利用し、その有用性を評価するとともに、改善点を模索しなければならない。

謝辞

本研究の一部は科学研究費(基盤研究(C) 26381213)の助成による。

参考文献

- [1] Google Earth, <https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/> (最終アクセス日: 2016年3月6日).
- [2] 日本リモートセンシング学会編(2011) 基礎からわ

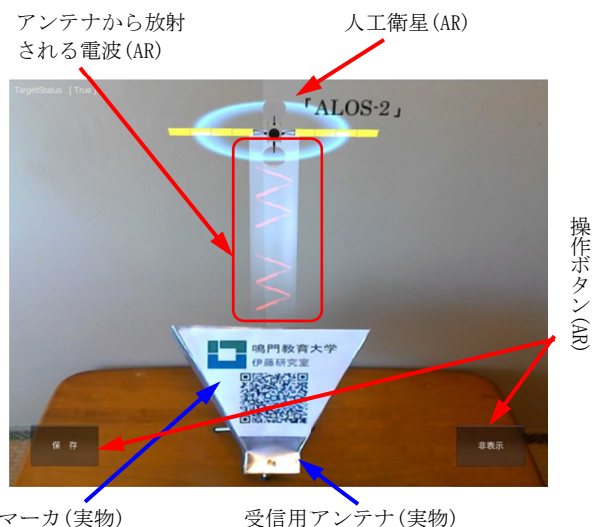


図8 実物とARの表示内容

- かるリモートセンシング, 理工図書, pp. 255-299.
- [3] ALOS-2・ALOS, ALOS 解析研究プロジェクト, 宇宙航空研究開発機構, 地球観測研究センター,
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm (最終アクセス日: 2016年3月6日).
- [4] Sentinel-1, European Space Agency,
[http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_t](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1) he_Earth/Copernicus/Sentinel-1 (最終アクセス日: 2016年3月6日).
- [5] 文部科学省(2008) 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 教育図書.
- [6] R. T. Azuma(1997) A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6, 4, pp. 355-385.