

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 22 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350196

研究課題名(和文) 全天観測カメラを用いた火山と気象の教材「桜島と雲」を活用したモジュールの探究

研究課題名(英文) A Study of Lesson Module Utilizing Volcano and Weather Educational materials "Mt. Sakurajima and Clouds" using with All-Sky Imaging Camera System.

研究代表者

土田 理 (Tsuchida, Satoshi)

鹿児島大学・法文教育学域教育学系・教授

研究者番号：10217325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地域の素材である桜島と鹿児島市上空の雲の流れを用いた理科教育用気象教材モジュールの開発を目指した。

そして次の点が成果としてあげられる。(1) 東西南北全方位全天に渡って桜島の噴煙移流、雲の移動を記録している全方位定点観測カメラシステムの記録画像解析と利用可能画像の抽出、(2) 全方位定点観測カメラの記録映像と気象基礎データを配信するweb型データベースの試作、(3) 小学校、中学校の気象と火山に関する理科授業単元の探究

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a meteorological teaching module for science education using the flow of clouds over Mt. Sakurajima and Kagoshima City.

The results are as follows:(1) Analysis and extraction images of the movement of clouds and plume from Mt. Sakurajima recorded by all-sky image camera system, (2) Develop the prototype web-based database delivering weather chart and videos of clouds and plume from Mt. Sakurajima recorded by all-sky image camera system, (3) Study science class lesson units of weather and volcano for elementary and junior high school.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 理科教育 気象教材 火山噴火 全天画像カメラ

1. 研究開始当初の背景

桜島は、約2万5千年前に火砕流を噴出した後に形成された始良カルデラ（南北17km、東西23km）の南の縁位置する活火山である。桜島南岳のみならず、2006年からは桜島昭和火口の活動も再開し、連日、活発な噴火活動を続けている。桜島は孤立峰なので、噴煙の流れや山頂付近に生じる雲は、周辺の気象条件に大きく左右される。つまり、噴煙の流れや雲の生成と動きは、周辺の気象条件、前線の通過、気圧の変化、上層風の変化を示す。

桜島が他の火山と大きく異なる特徴として、「人口60万人の鹿児島市から10kmという近距離でありながら、孤立峰としての様々な典型例気象現象や、火山噴火や爆発という地球のダイナミックな活動を日常的に観察することができること」「桜島の標高が約1100mであるため、その頂上が対流圏の自由大気とエクマン境界層の境界面に位置し、風向・気流などの立体的変化率（ウインド・シャー）を噴煙と雲の移動から比較的容易に観察することができること」が上げられる。

このような特徴をもつ桜島に対して、筆者は2000年（平成12年）より固定式観測カメラを鹿児島大学教育学部理系研究棟屋上に1台設置し、早朝から夜間までの継続観測、データ蓄積、そしてインターネットを通してのデータ配信を行ってきた（<http://volcey.edu.kagoshima-u.ac.jp/>）。

これらのデータは、火山を対象とした地学教材の試行、MICOSを通してのオセアニア方面へ飛行する航空機運航情報の噴火・噴煙データなどとして、利用されてきた。

さらに、2011年からは全方位定点観測カメラシステムの開発を進め、2013年2月に鹿児島大学教育学部理系研究棟屋上に設置し早朝から夜間までの30秒毎の画像蓄積を開始、地域の素材を最大限に活用した理科教育用気象教材の開発を行ってきた。

しかし、膨大な蓄積画像データを基にした雲画像解析、ウインド・シャーが大きく高度によって雲移流が異なる気象条件の観測結果分析などを行う必要がある、気象教材「桜島と雲」をより完成されたものにして授業実践可能なモジュールとする必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、これまで13年にわたって蓄積してきた膨大な桜島画像データを基礎にして、地域の素材である桜島と鹿児島市上空の雲の流れを用いた理科教育用気象教材の開発を目指す。

具体的には、2011年度（平成23年度）から2013年度（平成25年度）に開発を行ってきた全方位定点観測カメラシステムを用いた桜島噴煙移流、雲の移動記録画像を基礎とする気象教材「桜島と雲」の活用と小中学校の理科授業単元の開発を、2014年度（平成26年度）から2016年度（平成28年度）で行うことを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 東西南北全方位全天に渡って桜島の噴煙移流、雲の移動を記録している全方位定点観測カメラシステムの記録画像解析と利用可能画像の抽出

(2) 全方位定点観測カメラの記録映像と気象基礎データを配信するweb型データベースの試作

(3) (1)(2)を基に小学校、中学校の理科授業単元の探究

4. 研究成果

(1) 東西南北全方位全天に渡って桜島の噴煙移流、雲の移動を記録している全方位定点観測カメラシステムの記録画像解析と利用可能画像の抽出

2013年2月から運用を開始している全方位定点観測カメラシステムで記録された画像から、桜島噴煙と雲の移流を捉えた画像の抽出を肉眼識別分析を基に行った。画像記録は毎日5:00から20:00の間、30秒間隔で行っているため、1日の静止画像は1799枚になる。

これらの画像をイメージシーケンスとしてQuickTimeを用いて每秒15フレームの動画に変換することで、約2分のコマ送り画像となり、噴煙移流や雲の移動を観察することが可能となる。抽出の自動化を試みたが、撮影画像の波長域が肉眼画像と同じであるため、雲移流と噴煙移流が重なったときのイメージ分離を画像認識で行うことが困難であり、今回は実現できなかった。

全天カメラを設置している鹿児島大学教育学部理系研究棟は、桜島南岳の西方、約10kmに位置している。そのため、噴煙移流と上空の雲の移動が同時に撮影できるのは、天候が良く、噴煙が西寄りに流れた場合である。

そこで、桜島の噴火活動が停止していた、2015年9月29日から2016年2月4日、2016年7月27日から2017年3月24日を除く、2014年1月から2017年3月までのすべてのイベントに関して、鹿児島地方気象台火山班ホームページ（http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/kazan_top.html）で公開されている噴火観測表を用いて、移流が西方向（W, NW, SW）のイベントの抽出、動画化、噴煙移流の確認を行った。

噴火観測表で噴火として示されている時刻でも、全天カメラで記録された画像で噴火が確認できない日時を除いて抽出を行ったところ、2014年で18イベント、2015年で19イベント、2016年で6イベントについて、噴煙移流と雲の動きの同時観測が出来た（表1）。

(2) 全方位定点観測カメラの記録映像と気象基礎データを配信するweb型データベースの試作

FileMaker Severを基盤に、パソコン用FileMaker Proで動画画像の書込等の管理を行

う事が出来る「桜島と雲」データベースの試作を行った。

表1：全天カメラで噴煙移流と雲の動きの同時観測が抽出されたイベント
(色の GW は灰白色を表している)

| 噴火発生時刻 | 色 | 量 | 高(m) | 流向 |
|--------------------|----|----|-------|----|
| 1 2014/3/4 6:29 | GW | 3 | 1600 | W |
| 2 2014/3/23 8:19 | GW | 2 | 1000 | SW |
| 2014/3/23 9:22 | GW | 2 | 1000 | SW |
| 2014/3/23 12:31 | GW | 3 | 1400 | SW |
| 2014/3/23 14:38 | GW | 3 | 1200 | SW |
| 3 2014/3/28 14:09 | GW | 3 | 1200 | NW |
| 4 2014/4/2 18:58 | GW | 3 | 1200 | SW |
| 5 2014/4/24 13:55 | GW | >3 | >1200 | W |
| 6 2014/4/26 8:07 | GW | 3 | 1600 | NW |
| 2014/4/26 8:28 | GW | 3 | 1400 | NW |
| 2014/4/26 8:58 | GW | 3 | 1400 | NW |
| 7 2014/5/10 20:04 | GW | 4 | 2000 | W |
| 2014/5/10 20:52 | GW | 3 | 1800 | W |
| 8 2014/5/31 12:57 | GW | 3 | 2000 | W |
| 2014/5/31 16:05 | GW | 4 | 2200 | W |
| 9 2014/6/9 6:41 | GW | 3 | 1500 | NW |
| 2014/6/9 7:11 | GW | 2 | 800 | NW |
| 2014/6/9 7:53 | GW | 4 | 2000 | NW |
| 2014/6/9 8:24 | GW | 3 | 1800 | NW |
| 2014/6/9 10:11 | GW | 4 | 2200 | NW |
| 2014/6/9 11:14 | GW | 4 | 2000 | NW |
| 10 2014/6/11 17:29 | GW | >3 | >1800 | SW |
| 2014/6/11 19:57 | GW | >3 | >1000 | W |
| 11 2014/6/19 19:27 | GW | 3 | 1200 | NW |
| 12 2014/9/7 17:57 | GW | 3 | 1500 | W |
| 2014/9/7 18:19 | GW | 3 | 1600 | W |
| 13 2014/9/27 7:25 | GW | >2 | >800 | W |
| 2014/9/27 8:04 | GW | 3 | 1800 | W |
| 2014/9/27 8:51 | GW | >3 | >1800 | W |
| 2014/9/27 9:51 | GW | >3 | >1000 | W |
| 2014/9/27 11:08 | GW | 3 | 1800 | W |
| 2014/9/27 12:26 | GW | >4 | >2000 | SW |
| 2014/9/27 14:36 | GW | >3 | >1600 | SW |
| 2014/9/27 15:52 | GW | >3 | >1800 | SW |
| 2014/9/27 16:08 | GW | >3 | >1600 | SW |
| 2014/9/27 16:37 | GW | 3 | 1400 | SW |
| 2014/9/27 16:55 | GW | 3 | 1400 | SW |
| 2014/9/27 17:36 | GW | >3 | >1100 | SW |
| 14 2014/10/3 17:38 | GW | 3 | 1500 | SW |
| 15 2014/10/5 7:33 | GW | 2 | 500 | SW |
| 2014/10/5 14:26 | GW | 1 | 200 | SW |
| 16 2014/10/10 6:39 | GW | 3 | 1000 | W |
| 17 2014/11/4 16:00 | GW | 4 | 2700 | W |
| 18 2014/11/5 9:47 | GW | 3 | 1600 | W |
| 2014/11/5 13:20 | GW | 3 | 1600 | W |
| 2014/11/5 17:05 | GW | 3 | 1200 | W |

| 噴火発生時刻 | 色 | 量 | 高(m) | 流向 |
|-------------------|----|----|-------|----|
| 1 2016/2/11 10:39 | GW | 3 | 1300 | W |
| 2 2016/4/2 14:42 | GW | >4 | >2000 | W |
| 2016/4/2 15:01 | GW | >3 | >1000 | W |
| 3 2016/5/2 14:39 | GW | 3 | 1300 | NW |
| 4 2016/5/18 7:03 | GW | 3 | 1800 | SW |
| 2016/5/18 8:14 | GW | 3 | 1300 | SW |
| 2016/5/18 11:16 | GW | 3 | 1300 | SW |
| 2016/5/18 12:39 | GW | 4 | 2100 | SW |
| 2016/5/18 15:34 | GW | 3 | 1200 | SW |
| 5 2016/5/21 8:56 | GW | 4 | 2300 | W |
| 2016/5/21 11:12 | GW | 3 | 1800 | W |
| 2016/5/21 11:32 | GW | 3 | 1100 | W |
| 2016/5/21 16:54 | GW | 3 | 1600 | W |
| 6 2016/5/22 12:47 | GW | 3 | 1900 | W |

※表中の噴火発生時刻、色、量、高(m)、流向は、鹿児島地方気象台火山班ホームページ (http://www.jma-net.go.jp/kaagoshima/vol/kazan_top.html) で公開されている噴火観測表より引用



図1：全天カメラに撮影された噴煙移流の例 (2014年11月4日16:40:00, 画像上から時計回りに、南東北西の方角)

授業では、タブレット型コンピュータで動作する FileMaker GO を用いることで、最大10グループまで同時にデータベースにアクセス可能である。

児童・生徒はイベントカレンダーから噴火の日付を選び、全天カメラ画像から作成したコマ送り動画と、従来の東向き桜島定点観測カメラ画像から作成したコマ送り動画の両方を比較して、噴煙移流と雲の動きを確認することが出来る。

また、イベント当日15時の実況天気図を、日本気象協会の過去天気ホームページ (http://www.tenki.jp/past/?selected_type=chart) から引用しているので、天気図からの風向予測と噴煙移流や雲の動きを比較することもできる。

さらに、グループでの話し合いをコメントとして記入することで、話し合いの結果や画像などから分かったこと、疑問点を記録することも可能である。(図2, 図3)。



図2：イベントカレンダーの例 (PC用 FileMaker Pro で表示)



図3：カレンダーから選択した個々のイベント提示の例 (動画1：全天カメラ動画, 動画2：従来カメラ動画, 画像1：実況天気図 (15時), コメント：気象台観測された噴火状況, PC用 FileMaker Pro で表示)

データ管理システムへのイベント登録は、PC用 FileMaker Pro からデータベースを呼び出した後、カレンダーからイベントがあった

日を選び、動画提示エリアに提示させたい動画をドラッグ・ドロップすることで可能となっている。データベースについての知識がなくても、通常のワープロソフトに写真を取り込む感覚で、簡単にデータの追加を行う事ができる。

(3) 小学校、中学校の理科授業単元の探究「桜島と雲」データベースを用いることが出来るのは、小学校4年「天気の様子」5年「天気の変化」6年生「土地のつくりと変化」、中学校1年「火山と地震」2年「気象観測」「天気の変化」「日本の気象」3年「自然の恵みと災害」「大地の変化」である(表2)。

表2：適応内容と特徴

| 学校・学年 | 内容 | 「桜島と雲」を用いた単元の特徴 |
|--------|-----------|---|
| 小学校・4年 | 天気の様子 | 天気と一日の気温の変化の学習において、全天の雲量を確認が可能 |
| 小学校・5年 | 天気の変化 | ・鹿児島市上空と桜島周辺に見られる雲の形を季節や天気変化と比較して観察することが可能 ・人工衛星から観察される上空の雲は、通常は西から東へ移動するが、低い位置の雲は東から西へも移動していることの観察が可能 |
| 小学校・6年 | 土地のつくりと変化 | 火山噴火による噴煙は、火山周辺の気象状況で、高さや移流方向が変化することの観察が可能 |
| 中学校・1年 | 火山と地震 | 火山噴火は、降雨などと同じ自然事象であることの認識を強化 |
| 中学校・2年 | 気象観測 | ・生徒自身の気象観測結果との比較が可能 ・雲は高度によって形が異なることの確認が可能 |
| | 天気の変化 | 天気図から読み取ることが出来る気象予想と、桜島噴煙移流による実際の風向の比較が可能 |
| | 日本の気象 | ・鹿児島市付近を横切る前線の前後の風向、雲の形、天気の変化を、天気図と比較して確認することが可能 ・桜島上空の風向きに季節変化があることの確認が可能 |
| 中学校・3年 | 自然の恵みと災害 | 火山地形のつくる自然豊かな環境は、気象状況によっては災害をもたらす場合もあることの認識の強化 |
| | 大地の変化 | 火山噴火活動の規模を比較することで、地下でのマグマの活動状況を推察することが可能 |

授業単元開発に際しては、本学部附属小学校の3年生から6年生の240名を対象に小学校児童の桜島に関する意識調査を行った。その結果、学年を問わず多くの児童が桜島の噴火を気にしているものの、その事に関して興味関心を持続させている児童は多くないことが明らかになった。

また、桜島周辺に抱えているイメージを描画と文章記述で記録させたところ、噴煙のイメージを描いている児童はいたが、噴煙移流までを描いている児童はほとんどいなかった。また、桜島周辺に見られる雲を描いている児童も、ほとんどいなかった。

このような状況の中で、児童・生徒に桜島噴煙の動きと雲の動きに興味・関心をもってもらうため、桜島の噴煙移流は周囲の風向に關係していること、風向によって低層の雲と噴煙は同じような動きをするが高層の雲の動きと異なる場合があること、桜島周辺の風向は気象状況と季節によって変わること等に気づくことを授業単元では目指している。

2013年に訪れたイタリア国立地球物理学火山研究所のヴェスビオス火山観測所で開発していた火山と防災教育プロジェクトEDURISKの分析結果に併せて、本研究期間中の2014年には、ギリシャのクレタ大学自然史博物館が中心となって行っている初等学校向け防災教育プログラムRACCEについて、スーパーバイザーのFassoulas Charalampos博士と意見交換を行った。そして、博物館のプログラム提供の実態調査、幼稚園と小学校での授業実践視察の他、現地教員や大学教授とも意見交換を行い、本研究で目指している気象現象と火山噴火を関連づけた単元に、防災教育の観点を加えるための指針を得ることが出来た。

これらの指針は、今回の単元開発のみならず、特に、防災に関する科学的な「問いの生成」の観点は、今後の本研究に対する展望の指針になった。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計4件)

- ①土田理, 全天画像カメラによる雲と桜島噴煙の移流観測, 日本理科教育学会第64回全国大会論文集, 2014. 8. 23-8. 24, 愛媛大学(愛媛県・松山市)
- ②土田理, イタリアの火山と地震の教育プログラム「EDURISK」の概要, 平成26年度第1回日本科学教育学会研究会報告, 2014. 11. 8, 福岡教育大学(福岡県・宗像市)
- ③土田理, 南ヨーロッパの防災科学教育プログラムRACCE, 平成27年度日本理科教育学会九州支部大会発表論文集Vol. 42, 2015. 5. 23, 沖縄市町村自治会館(沖縄県・那覇市),
- ④木下紀正, 眞木雅之, 土田理, 飯野直子, 金柿主税, 衛星画像と光学・レーダー観測による九州の火山噴火の解析, 第19回CERes環境リモートセンシングシンポジウム, 2017. 2. 16, 千葉大学(千葉県・千葉市)

[その他]

ホームページ等

<http://volceye.edu.kagoshima-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土田 理(TSUCHIDA, Satoshi)

鹿児島大学・法文教育学域教育学系・教授
研究者番号:10217325