

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 19 日現在

機関番号：32515

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500995

研究課題名（和文） リモートセンシングを利用した火山噴出物表層部の実態把握

研究課題名（英文） Analysis for eruptive product using remote sensing data

研究代表者 原田 一平 (HARADA IPPEI)
東京情報大学・総合情報学部・博士研究員

研究者番号：80451748

研究成果の概要（和文）：火山性ガスの二酸化硫黄濃度（SO₂）が高い坪田高濃度地区および薄木・粟辺地区（旧阿古高濃度地区）において、低層大気中の長光路を利用して 24 時間連続測定可能な DOAS 法により SO₂ の測定を行った結果、高濃度の火山ガスが広域に分布していることを把握した。また、衛星計測データ（ASTER）による植生の生態状況と火山ガスの関係を調査した結果、噴火直後の 2001 年より 2003 年の植生の生態状況は悪く、その後、火山ガスの放出が減少するとともに植生の生態状況は回復傾向にあることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Since the volcanic eruption in the year 2000, continuous monitoring of sulfur dioxide (SO₂) gas has been conducted in Miyakejima, a volcano island around 180 km south of Tokyo. Since the sampling measurements are carried out at 14 observation posts, all located along the seashore road, it is difficult to monitor exact pollution levels inside the areas where high concentration of SO₂ often takes place. In this paper we report on our differential optical absorption spectroscopy (DOAS) measurements carried out inside the highly-polluted, restricted areas in Miyakejima in December 2009 and September 2010. The DOAS method enables the monitoring of SO₂ concentration averaged over a light path of several hundred meters with high temporal resolution of around 5 min. The comparison of DOAS data and ground sampling posts nearby the light path has exhibited similar temporal behavior, indicating that highly concentrated SO₂ gas is in fact distributed in a range of several hundred meters. The combinatory measurements with two DOAS paths perpendicular to each other have revealed that the distribution of volcanic gas near the ground level is determined by both geographical features and wind fields.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：地理情報学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：自然現象観測・予測、計測工学、火山噴出物、火山ガス、DOAS、三宅島、植生の変遷、リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

火山災害の程度を科学的に論じるためには、噴火前に十分な調査が行われていないとではない。リモートセンシングによって得られる衛星画像は、過去から現在までさかのぼって解析が可能であり、このような問題に大いに貢献しうる。本研究では三宅島 2000 年噴火前後を対象に解析を行うが、この島では、町田（連携研究者）によって長年の地下水水質モニタリングがおこなわれている。そのため、2000 年三宅島噴火後に生じた地表面現象と地下現象を関連付けて論じることが可能となると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では衛星計測データを用い、三宅島の噴火後の地表に堆積した火山噴出物および火山噴出物表層部における植生性状、大気汚染物質濃度のモニタリングを行い、火山噴出物量の厚さを見積もることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 火山噴出物表層部の実態調査

植生の生育状態は、その生育場所の過去から現在に至る気象、土壌、大気汚染などの環境状況を総合的に受け入れた結果を示しているため、衛星計測データを利用して火山性ガスによる植生の被害状態を分光反射特性から評価できる。植生の生育状態を指標とし、衛星計測データ (ASTER) および現地調査データをもとに噴火活動に伴い酸性化した噴出物表層部の実態を把握する。

(2) 火山性ガス二酸化硫黄濃度の観測

2000 年 7 月 14 日に三宅島雄山の噴火活動が活発になり、気象庁三宅島火山観測情報によると、火山ガス成分のひとつである二酸化硫黄 (SO_2) の放出量は、2000~2002 年に 4,000~80,000 トン/日と極めて高いレベルにあった (気象庁 2000, 2002 年)。今もなお 500~1,500 トン/日の多量の火山ガス (二酸化硫黄) の放出が継続しており (気象庁 2011 年)、火山ガスの放出は当分継続すると考えられる。現在、三宅島役場が全 14 箇所火山性ガス濃度の定点測定を行っているが、必ずしもその周辺地域の濃度を代表するとは限らない。本研究では、比較的簡便な装置で長距離区間の火山性ガス (SO_2) の平均濃度をその場観測できる長光路差分吸収分光

(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS) 法による計測を行った。キセノンフラッシュランプによる可搬型光源と紫外望遠鏡を利用した DOAS 法により、 SO_2 の 24 時間連続観測が可能となる

(Kuriyama et al, 2011)。DOAS 観測の光源としては、紫外で発光が可能なキセノンランプ (150W 浜松ホトニクス製、300W パーキン

エルマー製) を用いた。受光用の紫外対応望遠鏡は口径 100 mm (ニュートン式反射型、焦点距離 868 mm)、口径 100 mm (ニュートン式反射型、焦点距離 400 mm) を自作して使用し、小型分光器は Ocean Optics 社製の USB2000 (観測波長 200~800 nm, 2048 素子, 分解能 0.3 nm) および HR4000 (観測波長 200~640 nm, 3648 素子, 分解能 0.23 nm) を使用した (図 1)。



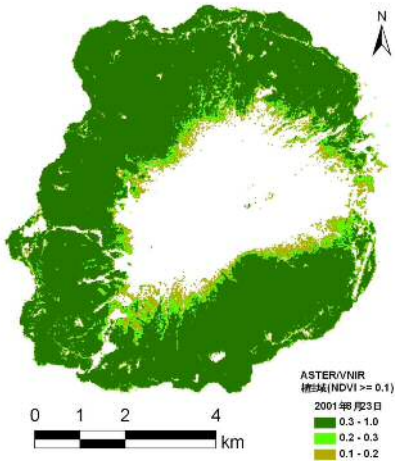
図 1 DOAS 光源装置 (左図) と DOAS 受光装置 (右図)

4. 研究成果

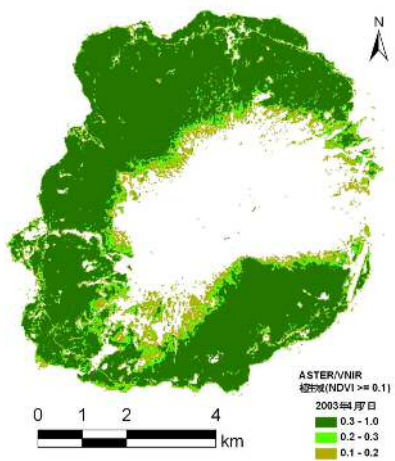
(1) 火山噴出物表層部の実態調査

2000 年の三宅島噴火によって全島民が島外へ避難したが、2005 年 2 月 1 日に避難指示が解除された。本研究では、噴火後の 2001 年 8 月 23 日、避難解除前の 2003 年 4 月 7 日、避難解除後の 2007 年 5 月 16 日の ASTER (VNIR) データから植生指標 (Normalized Difference of Vegetation Index; NDVI) を算出して、植生の生態状況と火山ガス (SO_2) との関連を調査した。植生域と非植生域の閾値としては一般に用いられている NDVI の値である 0.1 を用い (例えば、近藤、2004、原田・近藤、2005)、NDVI が 0.1 より大きい値を示す領域を植生域とした。NDVI > 0.1 の緑地を 1、0.1 > NDVI の非緑地を 0、と 2 値化した植生画像 (2001 年 8 月 23 日、2003 年 4 月 7 日、2007 年 5 月 16 日) を作成した (図 2)。次に、植生域の NDVI 平均値と緑被率を算出した結果を表 1 に示した。植生域の NDVI 平均値と緑被率は噴火直後の 2001 年 8 月 23 日より 2003 年 4 月 7 日の値がいずれも低くなっていることを確認した。噴火直後 (2001 年) の植生被害は、火山灰と泥流により間接的な影響によるものであるが、噴火後から今日に至るまで火山ガスの放出が続いており、三宅島東部と南西部の地域において植生被害が拡大していることを把握した。噴火後 2~3 年間は高木層や亜高木層の植生率の減少といった退行過程がみられたことを上條ほか (2011) は示している。また、火口からの二酸化硫黄の放出は減少しており (東京都 2011)、2007 年の植生の生態状況は回復している傾向が見られた。高橋ほか (2011) は噴火後 6~9 年で低木層が著しく増加していることを示している。

(a) 2001年8月23日



(b) 2003年4月7日



(c) 2007年5月11日

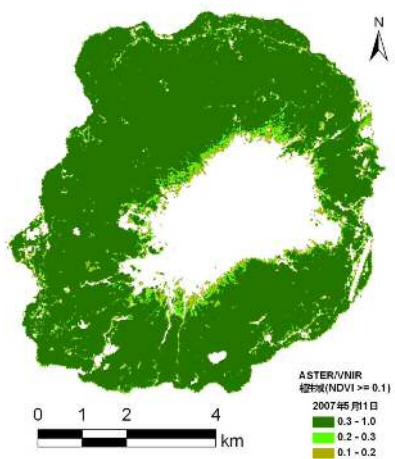


図2 三宅島噴火後の植生域の変遷

表1 植生の生態状況

	植生域のNDVI平均値	緑被率(%)
2001年8月23日	0.63	47.2
2003年4月7日	0.53	42.6
2007年5月11日	0.65	52.1

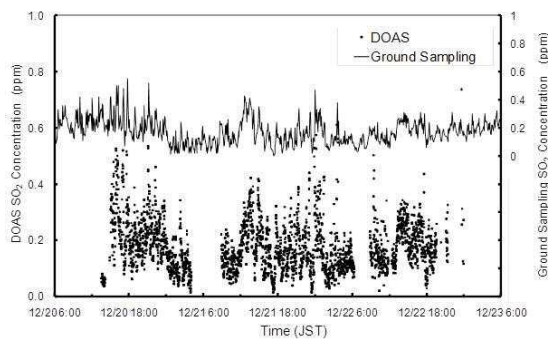
(2) 火山性ガス二酸化硫黄濃度の観測

火山噴出物表層部の実態を把握するために、2009年12月20日～12月23日、2010年9月22日～9月29日にDOAS観測を行った。SO₂濃度の解析に用いた波長領域は300-310nmである。観測対象地域は三宅島東部の坪田高濃度地区、南西部の薄木・栗辺地区(旧阿古高濃度地区)でキセノンフラッシュ光源と紫外用望遠鏡を利用したDOAS法による大気SO₂の24時間連続観測を行った。薄木・栗辺地区の光路長は1.3km、坪田高濃度地区の光路長は480mである。2009年12月19日から12月23日の期間に三宅島東部の坪田高濃度地区でDOAS法により計測した1分間平均値のSO₂濃度を図3-(a)に示した。同図には、三宅村役場が設置している定点測定局の最寄り局である三池消防器具置き場の5分値の時系列変化も図示してある。地上から10-50mの低層大気中で水平に近い長光路(480m)における大気微量成分のSO₂を測定した結果、DOAS法と地上測定によるSO₂濃度は類似した時系列変動が観測された。この結果は、この定点観測データが数100mの範囲での地域代表性をもつことを示している。火山ガスは12月19日から12月23日の期間に坪田高濃度地区で継続して発生し、0.04ppmから0.57ppmと高濃度なSO₂が観測された。しかし、12月19日から12月23日の期間に、薄木・栗辺地区(旧阿古高濃度地区)では火山ガスが発生されなかった。噴煙・火山ガスが強風によって吹きおろされるようなとき、風下の地域では高濃度の二酸化硫黄(SO₂)が観測される(飯野・木下ほか2005)ことから、火山ガスの発生は風向き、風速と関連していることが考えられる。そこで、坪田高濃度地区で発生した火山ガスと気象条件との関連性について解析を行った。2009年12月19日から12月23日の期間における風速と風向きの時系列変化を図3-(b)に示した。このデータは、気象庁地上局の三宅坪田測候所での10分計測データである。DOAS観測期間中の天候は概ね好天で、風向きは西風、風速は5-10m/sが顕著であった。西風が顕著な時に風下の地域である坪田高濃度地区で高濃度の火山性ガス(SO₂)が発生していることをDOAS観測により明らかにした。

西風が顕著な時に坪田高濃度地区で高濃度のSO₂が観測されたが、坪田高濃度地区の光路長(480m)は雄山に対して同方向のため、火山性ガス(SO₂)の拡散状況を把握できない。そこで、9月28日夕方以降に西風が顕著となり、坪田高濃度地区において高濃度のSO₂が地上局およびDOASにより観測されたため、薄木・栗辺地区(旧阿古高濃度地区)でDOAS観測していた観測機材を坪田高濃度地区へ移動して、雄山に対して鉛直方向の光路長(450m)となるようにキセノン光源と紫

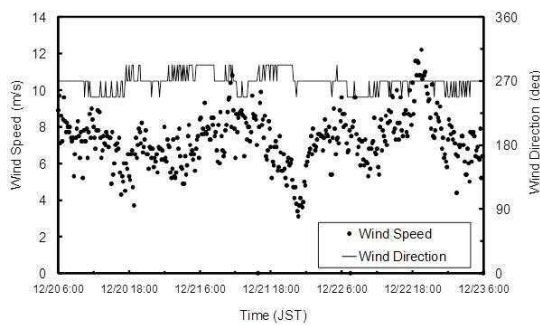
外用望遠鏡を設置した。従来の雄山に対して同方向の光路長 (480 m) と雄山に対して鉛直方向の光路長 (450 m) はともに交差する形で設置した。2010 年 9 月 28 日 21 時から 9 月 29 日 3:00 までの期間に、雄山に対して同方向の DOAS 法と雄山に対して鉛直方向の DOAS 法により計測した 1 分間平均値の SO₂ 濃度を図 4-(a)、同時期の気象庁地上局の三宅坪田測候所での 10 分計測データ (風速・風向き) の時系列変化を図 4-(b) に示した。従来の雄山山頂に対して同方向の DOAS 法 (以下; DOAS-1) と雄山山頂に対して鉛直方向の DOAS 法 (以下; DOAS-2) ともに地上局の SO₂ 濃度と類似した時系列変動が観測され、DOAS-1 による SO₂ 濃度は DOAS-2 による SO₂ 濃度よりも常に高い値を示しており、最大 0.2 ppm の差があることが明らかになった。雄山山頂に対して同方向に設置した光路長は、西風が顕著な時だけでなく地形的な効果によると考えられる。また、DOAS-1 による SO₂ 濃度は地上局の SO₂ 濃度よりも低い値を示しているものの、数 100 m の範囲で SO₂ 濃度が拡散している状況を把握した。

(a)



坪田高濃度地区における DOAS を用いた二酸化硫黄 (SO₂) 濃度の時系列変化 (2009 年 12 月 20 日~12 月 23 日)

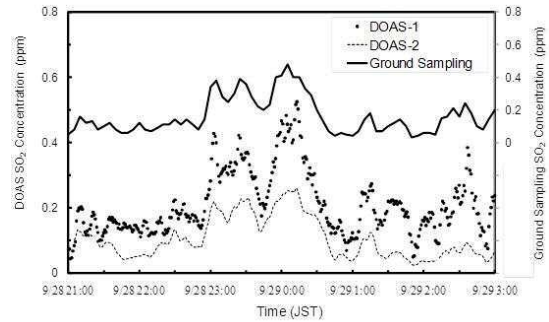
(b)



坪田高濃度地区における風速・風向きの時系列変化 (2009 年 12 月 20 日~12 月 23 日)

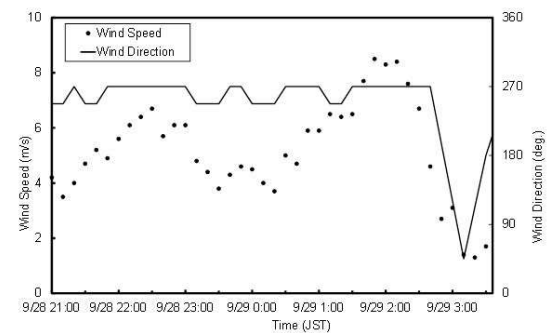
図 3

(a)



坪田高濃度地区における DOAS を用いた二酸化硫黄 (SO₂) 濃度の時系列変化 (2010 年 9 月 28 日~9 月 29 日)

(b)



坪田高濃度地区における風速・風向きの時系列変化 (2010 年 9 月 28 日~9 月 29 日)

図 4

謝辞

DOAS 観測は三宅島役場防災安全係の支援を受けて行われた。また、地上測定火山ガス (SO₂) データを提供して頂いた。ここに、記して謝意を表す。

<参考文献>

飯野直子・木下紀正・矢野利明：三宅島における高濃度火山ガス事象の地域特性、自然災害科学, 23(4), pp505-520, 2005.

上條隆志・川越みなみ・宮本雅人 (2011)：三宅島 2000 年噴火後の植生変化、日本生態学会誌, 61, 157-165.

気象庁(2000, 2002, 2011):

http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/320_So2emission.htm.

K. Kuriyama, Y. Kaba, Y. Yoshii, S. Miyazawa, N. Manago, I. Harada, H. Kuze: Pulsed differential optical absorption spectroscopy applied to air pollution measurement in urban troposphere, Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 112, 277-284, 2011.

広報みやけ (2010, 2011) :
<http://www.miyakemura.com/kouhou/kouhou.html>.

近藤昭彦 (2004) : グローバルリモートセンシングによる植生・土地被覆変動の抽出とその要因解析、水文・水資源学会誌、17、459-468.

高橋俊守・加藤和弘・上條隆志 (2011) : リモートセンシングによる三宅島 2000 年噴火後の植生モニタリング、日本生態学会誌、61、167-175.

原田一平・近藤昭彦 (2005) : TM の熱赤外データと AMeDAS の気温データを利用した東京圏のヒートアイランドの広域化の解析.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① 原田一平、松村朋子、原慶太郎、近藤昭彦、近代化の過程における日本の森林変遷に関する空間解析、景観生態学、査読有、16、2011、17-32.
- ② 谷垣悠介、原田一平、関山絢子、原慶太郎、ALOS/AVNIR-2 を用いたマダケ林とモウソウチク林および常緑樹林の分光反射特性と季節変動解析、写真測量とリモートセンシング、査読有、50、2011、361-366.
- ③ 朴壽永、原田一平、朴鍾杰、原慶太郎、金忠實、畑と森林の植生域におけるメタン (CH₄) 発生、システム農学、査読有、28(1)、2011、1-8.
- ④ K. Kuriyama, Y. Kaba, Y. Yoshii, S. Miyazawa, N. Manago, I. Harada, H. Kuze, Pulsed differential optical absorption spectroscopy applied to air pollution measurement in urban troposphere, Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 査読有, 112, 2010, 277-284.
- ⑤ K. Hara, I. Harada, M. Tomita, K. Short, J. Park, H. Simojima, M. Fujihara, Y. Hirabuki, M. Hara, A. Kondoh, Landscape transforming sequence: in which directions will our landscape move and how can we monitor these changes, Landscape Ecology -Methods, applications and interdisciplinary approach, 査読有, 15, 2010, 165-172.

[学会発表] (計 13 件)

- ① I. Harada, Y. Yoshii, Y. Kaba, K. Kuriyama, H. Kuze, Measurement of

volcanic gas in Miyakejima using differential optical absorption spectroscopy (DOAS) with a Xenon light source, 5th International DOAS workshop, 12. July, 2011, Mainz, Germany.

- ② 原田一平、由井四海、蒲靖人、栗山健二、久世宏明、キセノン光源と望遠鏡を利用した大気中の火山性二酸化硫黄ガスの計測、日本リモートセンシング学会第 50 回学術講演会、2011 年 5 月 26 日、日本大学文理学部、東京.
- ③ 原田一平、朴鍾杰、Xiangguang Zhang、浅沼市男、木下紀正、MODIS とサイマルキャスト・ビューアを用いた霧島新燃岳噴火の観測、2011 年度日本地球惑星科学連合大会、2011 年 5 月 23 日、幕張メッセ、千葉.
- ④ I. Harada, K. Hara, M. Tomita, K. Short, J. Park, Monitoring of Landscape Changes in Japan using MODIS data: Effectiveness of a new concept for 'Landscape Transformation Sere (LTS)', International Conference in Landscape Ecology. "Landscape structures, functions and management: response to global ecological change", September 5, 2010, Mendel University, Brno, Czech Republic.
- ⑤ I. Harada, K. Hara, K. Short, J. Park, A. Kondoh, Analyses of long-term land use/cover changes in Japan using remote sensing and GIS, The 2nd International Conference of Urban Biodiversity and Design, May 21, 2010, WINC AICHI, Nagoya.
- ⑥ K. Kuriyama, N. Manago, Y. Kaba, S. Miyazawa, I. Harada, H. Kuze, Development of a spectroradiometer system for observing UV-VIS-NIR skylight, 15th CERES International Symposium on Remote Sensing, Dec.16, 2009, Chiba Univ., Chiba.
- ⑦ 原田一平、蒲靖人、栗山健二、久世宏明、近藤昭彦、浜田崇、一ノ瀬俊明、第 35 回リモートセンシングシンポジウム、2009 年 11 月 5 日、日本大学文理学部、東京.
- ⑧ 栗山健二、眞子直弘、蒲靖人、宮澤周司、原田一平、久世宏明、UV-VIS-NIR 波長域における天空光同時観測システムの開発、第 70 回応用物理学会学術講演会、2009 年 9 月 10 日、富山大学 (富山).
- ⑨ H. Kuze, I. Harada, D. Kataoka, K. Kuriyama, and N. Manago, Measurement of urban air pollution and volcanic gas emission using

differential optical absorption spectroscopy (DOAS), International Symposium on Atmospheric Light Scattering and Remote Sensing, July 16, 2009, Xi'an University of Technology, China.

- ⑩ I. Harada, D. Kataoka, T. Matsumoto, K. Kuriyama, H. Kuze, T. Ichinose, Measurement of atmospheric pollutants by means of differential optical absorption spectroscopy (DOAS) with a PC projector light source, The 7th International Conference on Urban Climate, July 3, 2009, PACIFICO YOKOHAMA, Yokohama.
- ⑪ 原田一平、松村朋子、近藤昭彦、近代化の過程における日本の森林の変遷に関する空間解析、日本景観生態学会第19回大会、2009年6月27日、新潟大学、新潟。
- ⑫ 町田功、原田一平、李善勳、三宅島2000年噴火後の地下水水質変化、日本地球惑星科学連合大会2009年、2009年5月28日、幕張メッセ、千葉。
- ⑬ 原田一平、片岡大祐、松本拓、栗山健二、久世宏明、町田功、キセノン光源を利用した長光路差分吸収分光 (DOAS) 法による火山ガスの計測、日本地球惑星科学連合大会2009年大会、2009年5月20日、幕張メッセ、千葉。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田 一平 (HARADA IPPEI)
東京情報大学・環境情報学科・博士研究員
研究者番号：80451748

(2) 研究分担者

該当なし
研究者番号：

(3) 連携研究者

久世 宏明 (KUZE HIROAKI)
千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授
研究者番号：00169997
町田 功 (MACHIDA ISAO)
独立行政法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究員
研究者番号：80435768