

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24300272

研究課題名(和文)衛星観測と現地調査による被災地の環境再生モニタリングと地球環境教育の実践

研究課題名(英文)Monitoring the environmental recovery of the damaged area using satellite observation and ground survey

研究代表者

長 幸平(CHO, KOHEI)

東海大学・情報理工学部・教授

研究者番号：90256199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、東日本大震災発生後、半年毎に宮城県で環境の再生状況の現地調査を実施し、その結果を衛星画像と対応付けることで地球環境教育を実践する研究を実施した。半年毎の定点観測では、毎回、気仙沼市、北上川、石巻市等に出向き、現地調査を実施した。定点で撮影した現地写真等を衛星画像と対応付けることで、環境再生の状況が多角的に捉えられ、地球環境教育に適した教材となることが確認できた。本研究では、毎回の調査に大学生や地元の高校生に参加してもらったが、彼らが、こうした調査やデータ解析を通じて、被災の深刻さや環境再生状況の力強さを実感し、問題意識を持つようになってくれたことは大きな成果であった。

研究成果の概要(英文)：On March 11, 2011, Great East Japan Earthquake struck Tohoku Region of Japan. Huge area in the northeast coast of Japan was seriously damages by the magnitude 9.0 earthquake and subsequent tsunami. In this study the authors performed the monitoring of the environment recovery of some of the damaged areas in Miyagi Prefecture with satellite images and field survey under the cooperation with university students and local high school students. The main purpose of this project was the promotion of environmental education with remote sensing. The high school students are learning the use of satellite images for environment recovery monitoring and its limitation. This project will last for at least five years .

研究分野：リモートセンシング

キーワード：地球環境 リモートセンシング 環境教育

1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した東日本大震災は東北地方に甚大な被害をもたらした。多くの地球観測衛星が捉えた被災地の被災前後の画像はその被害の大きさを如実に物語っている。しかし、今後、重要なのは破壊された環境状況がどのように再生されていくかということである。近年、地球環境教育の重要性が指摘されているが、そこで使われる教材の多くは地球環境悪化のメカニズムやその惨状を図、写真やデータで提示する方式をとっている。自分たちの周囲の環境が悪化してしまった場合、それがどのように再生していくかを観察していくことは、環境教育の観点から重要である。

研究代表者らは、これまでの基盤研究(C)「地球環境教育のためのデジタルコンテンツの開発とその有効性の検証」(平成16~18年度)、基盤研究(B)「地域分散型観測システムを活用した地球環境教育の実践」(平成20~22年度)で、東海大学の観測サイトで観測した太陽放射、気象等の観測データを体系的にデータベース化・閲覧できるようにすると共に、関連する環境問題をわかりやすく解説する地球環境教育用デジタルコンテンツを開発し、それを高校生や大学生の地球環境教育に活用することの有効性を検証している。

こうした背景から、今回、本学の大学生や被災地の高校生らと被災地の環境の再生状況を現地調査と衛星画像等と結びつけて調査し、地球環境教育を実践する研究を立案するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、東日本大震災の災害状況の把握をスタート地点として、その後、被災地の環境が年々どのように再生しているのかを、提案者らの所属する大学の指導学生や被災地の高校生らと共に、衛星画像解析と現地調査の両面から調査し、その作業を通じて青少年の地球環境教育を実践することにある。また、調査データを元に、震災からの環境再生に関する環境教育用 Web 教材を作成し、広く世界に発信する。

3. 研究の方法

研究提案者らは、これまでの研究成果から、地上調査と衛星画像を結びつけて考えさせることが、地球環境教育にきわめて有効であること、また、対話型の Web 教材の活用が、学習者の関心を高め、教育効果を高めることを確認している。これらを前提に、以下の2つの項目を実施することにより、地球環境教育の実践と地球環境教材の整備、情報発信を行うものである。その全体像を図1に示す。

(1) 被災地の環境回復状況調査を通じた地球環境教育の実践

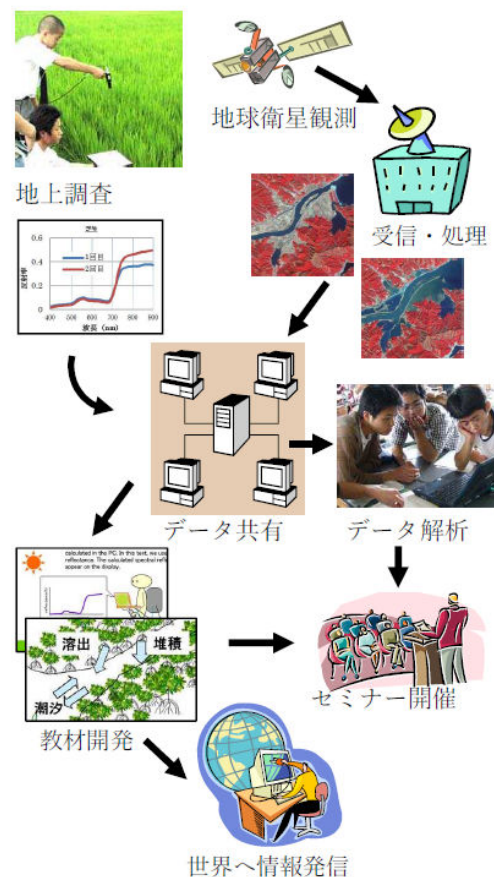
本研究では衛星画像を地上調査と的確に結びつけ、被災地の環境が最悪の状態からどのように再生していくかを、本学の大学生、現地の高校生、教員らと共に、モニタリングして

いく。対象は、水環境、植生、都市環境等である。原則として、6か月おきに現地調査を実施し、現地調査の結果を衛星画像と対応付け、取りまとめる。本研究では、現地調査それ自体を環境教育と捉え、地元の高校生、本学の学生の参加を前提としており、すでに宮城県の複数の高校の教員から協力の承諾を得ている。高校生らは現地調査と衛星画像の対比等から、身近な環境の再生状況と地球環境の関連性を体感することができる。

(2) 環境教材の開発と情報発信

調査した結果は、環境教育用 Web 教材としてとりまとめる。教材は、英語版も作成し、インターネット等で世界に発信する。また、各年度において、高校生、大学生等を対象とした地球環境教育セミナー、学会発表等を実施する。被災地の環境の回復状況の情報を発信する役割も担う。

図1. 本研究の全体像



4. 研究成果

本研究では、東日本大震災発生翌年の平成24年度から5年間、半年毎に宮城県で環境の再生状況の現地調査を実施し、その結果を衛星画像と対応付けることで地球環境教育を実践すると共に、その情報発信を実施してきた。以下にその主な成果を列挙する。

(1) 現地調査による環境教育の実践

本研究では、宮城県仙台工業高校、および気仙沼海洋高校の教員および生徒に協力頂き、高校で地球環境に関する講習を行なった後、現地調査に参加してもらった(図2、図3参照)。高校生達は、衛星画像で見た宮城県の大規模な環境変動を意識しながら写真撮影、土壌サンプリングに取り組んだ。現地調査には研究者らが指導する大学生も参加したが、彼らが、こうした調査やデータ解析を通じて、被災の深刻さや環境再生状況の力強さを実感し、問題意識を持つようになってくれたことは大きな成果であった。衛星画像で識別できた変化が地上で実際にどうなっているかを調査することは、彼らにとって非常に価値のある地球環境教育であった。



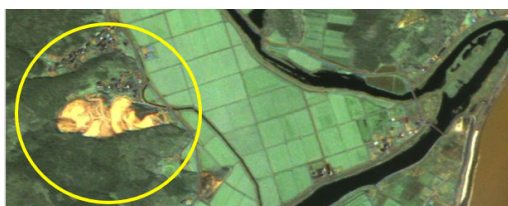
図2. 高校での講習会



図3. 高校生・大学生による現地調査



(a) 2013年3月17日 (FORMOSAT2)



(b)2013年8月7日 (FORMOSAT2)



(c)現地写真

図4. 山林を伐採した採石場
図4(a)は、北上川流域の衛星画像である。半

年後の図4(b)の画像を見ると、山林の一部が明るくなっているのがわかる。現地調査をした結果、ここが山林を伐採した採石場であることがわかった。水没した北上川河口周辺の広大な土地を埋め立てるため、こうした山林の土砂が使われているのである。こうして伐採された山林を今後どのように再生されていくかについても注意深く見守っていく必要がある。

(2) 定点観測による環境再生調査

本研究では、半年毎に気仙沼市、北上川、女川町、南三陸町、石巻市、若林区、関上等に出向き、写真撮影を中心とした現地調査を実施した。復興の過程では、土地利用状況が刻々と変化するため、時系列の写真撮影では、変化のない山並等を背景に写すなどの工夫をした。図5に北上川の北上大橋付近での定点観測の例を示す。破壊された河川堤が修復されていく様子がよくわかる。



(a) 2012年10月 (b)2013年3月



(c) 2014年3月 (d)2015年8月

図5. 北上大橋周辺の定点観測写真例

(3) 環境再生状況提示 Web サイトの構築

環境再生調査により得られたデータ(写真、土壌塩分濃度)を地図上に表示する Web サイトを構築した(図6)。これにより容易に時系列の現地写真と測定データの位置関係を把握できるようになった。

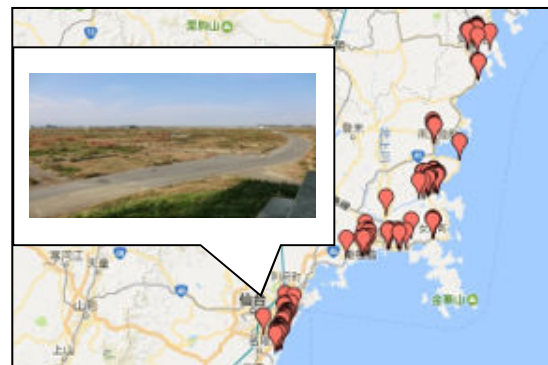


図6. 環境再生状況提示 Web サイト
(4)衛星画像の時系列解析

衛星画像も雲のない画像を時系列に収集した。図7に北上川の河口付近の時系列衛星画像を示す。津波で水没した広大な水田が年々、埋め立てられ着実に再生している状況がよくわかる。図中の黄色い矢印が図5の撮影方向を示している。地上写真と衛星画像を対応つけることで、環境の再生状況を多角的に理解することができる。

時系列の衛星データから算定した正規化植生指標 (NDVI: 植生の活性度を示す指数) の季節変動から、水田の再生状況が把握できることも確認できた。図8に一例を示す。赤線は津波の被害を受ける前の2010年の水田のNDVIの季節変動グラフである。田植え後の6月頃から夏期にかけて上昇し、収穫後の秋に低下する水田の典型的な傾向が捉えられている。また、NDVIが2011年(黒線)には津波の影響で低下し、翌年の2012年(青線)には2010年と同程度に回復している。このことから、この水田は、2012年には復旧したことが推測できる。



(a) 2011年2月 (b) 2011年3月



(c) 2012年6月 (d) 2015年8月

図7. 北上川河口付近の衛星画像
(a)&(b)AVNIR2, (c)ASTER, (d)OLI

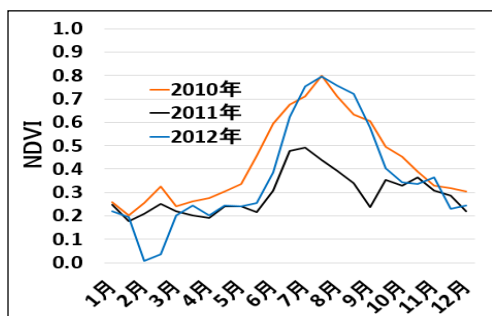


図8. 被災した水田のNDVIの季節変化

(5)衛星観測とドローン観測の併用

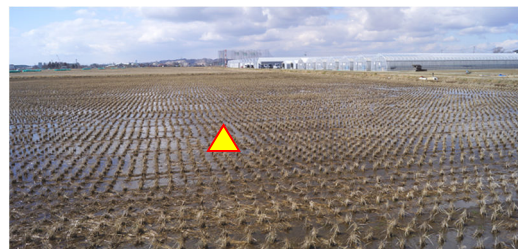
衛星画像を地上撮影写真と結びつける上で、ドローンによる観測が極めて有効であることも確認できた。図9に石巻市大曲地区の水田周辺の衛星画像と、その一部をドローンで斜め撮影した画像を示す。数十m上空から撮影したドローンの画像を間に挟むことで、衛星画像と地上写真の関係が理解しやすくなることがわかる。



(a)衛星画像 (FORMOSAT2)



(b)ドローン画像



(c) 地上写真

図9. 高度別画像 (△対応点)

(6) 北上川河口(長面浦)での水質調査

津波・地盤沈下によって甚大な被害を被った北上川河口(長面浦)において、2012年に詳細な水質調査を行い、外海と接続する狭水路が消失後、海水交換が変動し、淡水流入が減少していることが明らかになった。また長面浦では津波による浦内攪乱により、ヘドロの流出・貧酸素状態の改善が期待されていたものの、浦奥底層では依然貧酸素水塊が確認される(図10)など、震災前後で変化した点と依然変わらない点とが明らかになった。

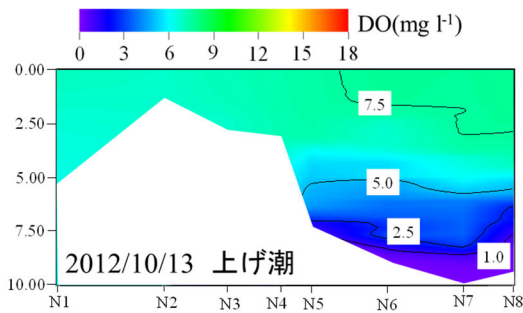
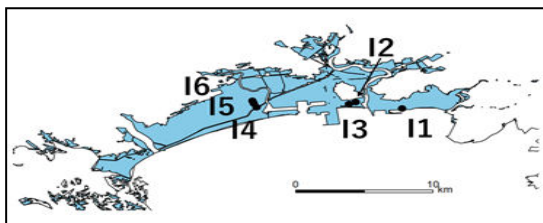


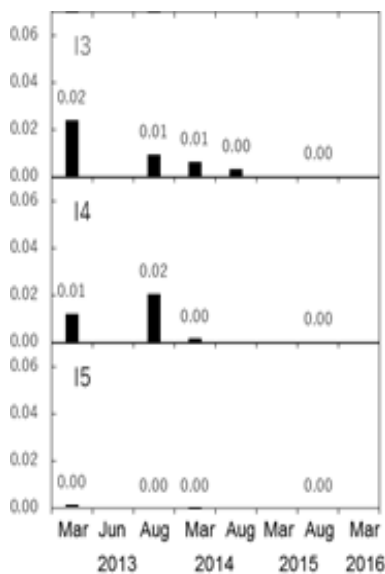
図 10. 湾口(左)から湾奥(右)間の
溶存酸素 (DO)

(7) 表層土壌塩分の経年調査

沿岸浸水域において表土塩分含有量を計測し、震災後の 2013 年から約 3 年間の経年変化を調査した。一例として図 11 に石巻における塩分測定地点と各地点の塩分含有量の経年変化を示す。石巻においては 2014 年 8 月まで僅かながら塩分が残留していたが、その後調査した全地点でゼロを示し、土壌の回復の様子が見て取れた。



(a)測定地点 (石巻市)



(b) 測定地点の塩分濃度の時系列変化
図 11. 表層土壌の塩分含有量測定の実例

(4)国際協力

本研究を進める過程で、欧州連合と JST が企画した欧州各国と日本の研究交流プロジェクト CONCERT-Japan が立ち上がり、研究者らの取組みを災害調査に関する国際協力に発展させることができたのも大きな成果であ

った。国際学会等で度々研究成果の報告を行ったが、災害からの復興状況を定点観測で継続的に調査した本研究に対する関心は高く、その波及効果は大きいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

(1) Osamu Uchida, Masafumi Kosugi, Gaku Endo, Takamitsu Funayama, Keisuke Utsu, Sachi Tajima, Makoto Tomita, Yoshitaka Kajita and Yoshiro Yamamoto, A Real-Time Information Sharing System to Support Self-, Mutual-, and Public-Help in the Aftermath of a Disaster Utilizing Twitter, IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E99-A, No.8, 2016, 1551-1554

(2) Chi-Farn Chen, Nguyen-Thanh Son, Cheng-Ru Chen, Kohei Cho, et al, Assessing rice crop damage and restoration using remote sensing in tsunami-affected areas, Japan, J. Appl. Remote Sens., Vol.9, 2015, 096002-1-19

(3) Yuki Uratsuji, Kentaro Takemura, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara, Mobility assistance system for an electric wheelchair using annotated maps, Advanced Robotic, Vol.29, 2015, 481-491

(4) 玖津見将史, 寺田一美, 内田理, 福江潔也, 長幸平, 宮城県石巻市長面浦における東日本大震災後の水質特性, 宮城県石巻市長面浦における東日本大震災後の水質特性, Vol. 69, 2013, 1096-1100

(5) Yutaro Aoki, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Yuki Sato, Kiyonari Fukue, Kohei Cho, Construction of a Web-Based System to Present the Status of the Earthquake the Disaster Recovery, Proc. MJIT-JUC Joint International Symposium 2013, MJIS2013, 2013, 1096-1100

〔学会発表〕(計 17 件)

(1) 寺田一美, 佐藤勇喜, 内田理, 長幸平, 東日本大震災浸水域における表層土壌塩分の経年調査, 土木学会関東支部 第 44 回技術研究発表会, 2017, さいたま市

(2) 加藤勝何, 内田理, 寺田一美, 福江潔也, 長幸平, 佐藤俊明, 東北環境再生モニタリングマップにおける震災時ツイート提示機能の実装, 情報処理学会第 101 回グループウェアとネットワークサービス研究会, 2017, 東京

(3) Shoka Kato, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Kiyonari Fukue, Kohei Cho, Toshiaki Sato, "TERM MAP: Development of Tohoku District Environment Recovery Monitoring Map", Proc. Image Electronics and Visual Computing Workshop 2017, 2017, Vietnam

(4) Kohei Cho, Recovery Monitoring of Tsunami Damaged Areas in Japan, the 37th Asian Conference on Remote Sensing (招待講演) 2016, Colombo

(5) Kohei Cho, Ryota Uemachi, Kiyonari Fukue, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Kentaro

Takemura, Hiroyuki Wakabayashi, Toshiaki Sato, Chi-Farn CHEN, Recovery Monitoring of Tsunami damaged Paddy Fields using MODIS NDVI, the 37th Asian Conference on Remote Sensing, 2016, Colombo

(6) 加藤勝何, 内田理, 寺田一美, 福江潔也, 長幸平, 佐藤俊明, "TERM MAP: 東北環境再生モニタリングマップの構築", 2016年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2016, 札幌

(7) 加藤勝何, 内田理, 寺田一美, 福江潔也, 長幸平, 佐藤俊明, "東日本大震災復興マップの構築", 画像電子学会第 276 回研究会, 2016, 福岡県飯塚市.

(8) 青木雄太郎, 内田理, 寺田一美, 福江潔也, 長幸平, 佐藤俊明, 東日本大震災の再生・復興状況を提示する Web マップの構築, 画像電子学会第 272 回研究会, 2015, 和歌山市

(9) Kohei Cho, Kiyonari Fukue, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Hiroyuki Wakabayashi, Toshiaki Sato, Chi-Farn Chen, Study on Detecting Disaster Damaged Areas, the 36th Asian Conference on Remote Sensing, 2015, Manila

(10) 青木 雄太郎, 内田 理, 寺田 一美, 佐藤 勇喜, 福江 潔也, 長 幸平, 東日本大震災の復興状況を提示する Web システムの構築, 画像電子学会第 269 回研究会, 2014, 広島市

(11) 長幸平, 福江潔也, 内田理, 寺田一美, 時系列衛星画像と現地調査による被災地の環境再生モニタリング, 日本写真測量学会平成 26 年度年次学術講演会, 2014, 東京都

(12) Kohei Cho, Emmanuel Baltsavias, Fabio Remondino, Uwe Soergel, Hiro Wakabayashi, RAPIDMAP Project for Disaster Monitoring, the 35th Asian Conference on Remote Sensing, 2014, Nay Pyi Taw

(13) Kohei Cho, Kiyonari Fukue, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Chi-Farn CHEN, Monitoring Environmental Recovery of Damaged Area in Tohoku, Japan from Space and Ground for Environmental Education, the 34th Asian Conference on Remote Sensing, SC03, 2013, Bali

(14) Kohei Cho, Emmanuel Baltsavias, Fabio Remondino, Uwe Soergel, Hiro Wakabayashi, Resilience Against Disasters Using Remote Sensing and Geoinformation Technologies for Rapid Mapping and Information Dissemination, the 34th Asian Conference on Remote Sensing, SC05, 2013, Bali

(15) Yutaro Aoki, Osamu Uchida, Kazumi Terada, Yuki Sato, Kiyonari Fukue and Kohei Cho, "Construction of a Web-Based System to Present the Status of the Earthquake Disaster Recovery", Proc. MJIT-JUC Joint International Symposium 2013, pp.341-344, Nov. 2013.

(16) 青木 雄太郎, 内田 理, 寺田 一美, 福江 潔也, 長 幸平, 震災復興状況提示 Web システムの構築, 画像電子学会第 266 回研究会, 2013, 長野市

(17) 玖津見将史, 寺田一美, 内田理, 福江潔也, 長幸平, 宮城県石巻市長面浦における

東日本大震災後の水質特性, 第 60 回海岸工学講演会, 2013, 福岡市

[その他]

Space Eye -衛星観測と現地調査による被災地の環境再生モニタリングと地球環境教育の実践-

[http://www.ds.u-](http://www.ds.u-tokai.ac.jp/cholab/space-eye/indexj.html)

[tokai.ac.jp/cholab/space-eye/indexj.html](http://www.ds.u-tokai.ac.jp/cholab/space-eye/indexj.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長 幸平 (CHO KOHEI)

東海大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 90256199

(2) 研究分担者

福江潔也 (FUKUE KIYONARI)

東海大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 90147158

内田 理 (UCHIDA OSAMU)

東海大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 50329306

寺田一美 (TERADA KAZUMI)

東海大学・工学部・講師

研究者番号: 30547998

竹村憲太郎 (TAKEMURA KENTARO)

東海大学・情報理工学部・准教授

研究者番号: 30435440

佐藤俊明 (SATO TOSHIAKI)

東京工業大学・総合理工学研究科・准教授

研究者番号: 50567146