

「大規模災害対応のための災害・宇宙・航空人材育成プログラム」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関 研究代表者名	国立大学法人 山口大学 教授 長井 正彦	実施期間	平成29年度～ 令和元年度 (3年間)	実施規模	予算総額 (契約額) 45百万円		
	共同参画機関	一般財団法人都市防災研究所、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立大学法人東京大学		1年目		2年目	3年目	
				15百万円		15百万円	15百万円	

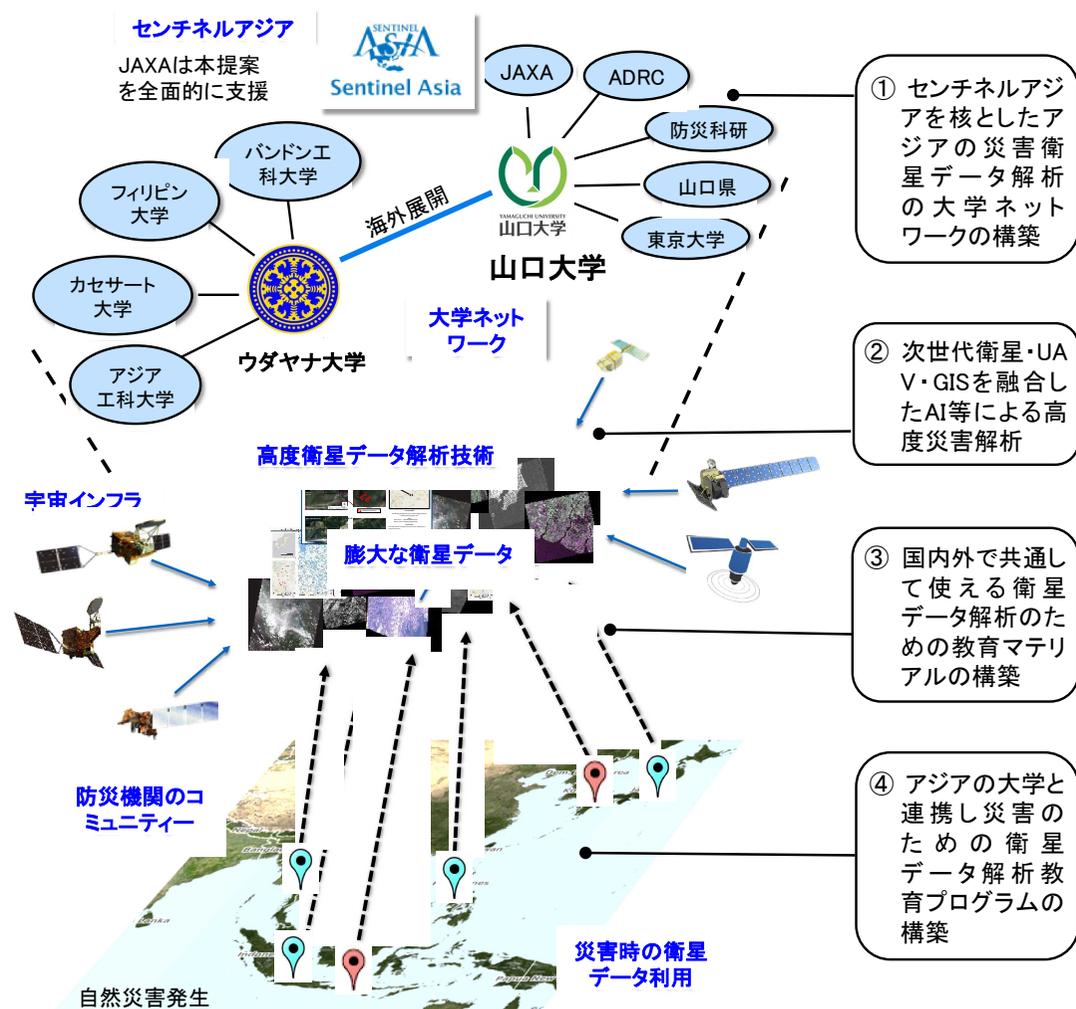
背景・全体目標

アジア各地において、甚大な被害をもたらす大規模災害が次々と発生しており、被害の検出や予測、災害対応等に対して宇宙インフラの利用、特にリモートセンシング技術の需要が高まっている。

本課題は、宇宙機関や防災機関と連携し、膨大な衛星画像データ等をIoTやAIなどの新技術を利用して解析し、社会貢献できる高度人材を、災害対応を通じて育成する事を目的とした災害・宇宙・航空人材育成プログラムである。JAXAやアジア防災センターが中心となり運営しているセンチネルアジアの枠組みを大学ネットワークに拡張し、大規模災害時に、膨大な衛星データを解析できる人材育成を進める。宇宙インフラ技術、超小型衛星、UAV、IoT、AI等の新技術をいち早く防災・災害教育現場に取り入れ、宇宙×防災の博士課程ダブル・ディグリー・プログラムを構築する。大規模災害が多発するアジアにおいて、災害対策に貢献する人材育成プログラムを構築し、災害時に必要な解析ネットワークと災害衛星データ解析の拠点化を進める。

全体概要・主な成果

- ① センチネルアジアを核としたアジアの災害衛星データ解析の大学ネットワークの構築した。また、衛星データ解析のヘルプデスクを運営し、災害対応機関を支援した。
- ② 次世代衛星・UAVデータ・GISを融合したAI等による高度災害解析に関して、新技術をいち早く防災・災害教育現場に取り入れた。
- ③ 国内外で共通して使える衛星データ解析のための教育マテリアルを構築した。これらは、センチネルアジアのWebサイトを通して公開した。
- ④ アジアの大学と連携した災害のための衛星データ解析教育プログラムの構築について、博士後期課程のダブル・ディグリー・プログラムの体制をデザインした。



① 「センチネルアジアを核としたアジアの災害衛星データ解析の大学ネットワークの構築」

実施内容・成果

目標:大学ネットワークメンバー数10校以上

■ センチネルアジアの大学ネットワーク

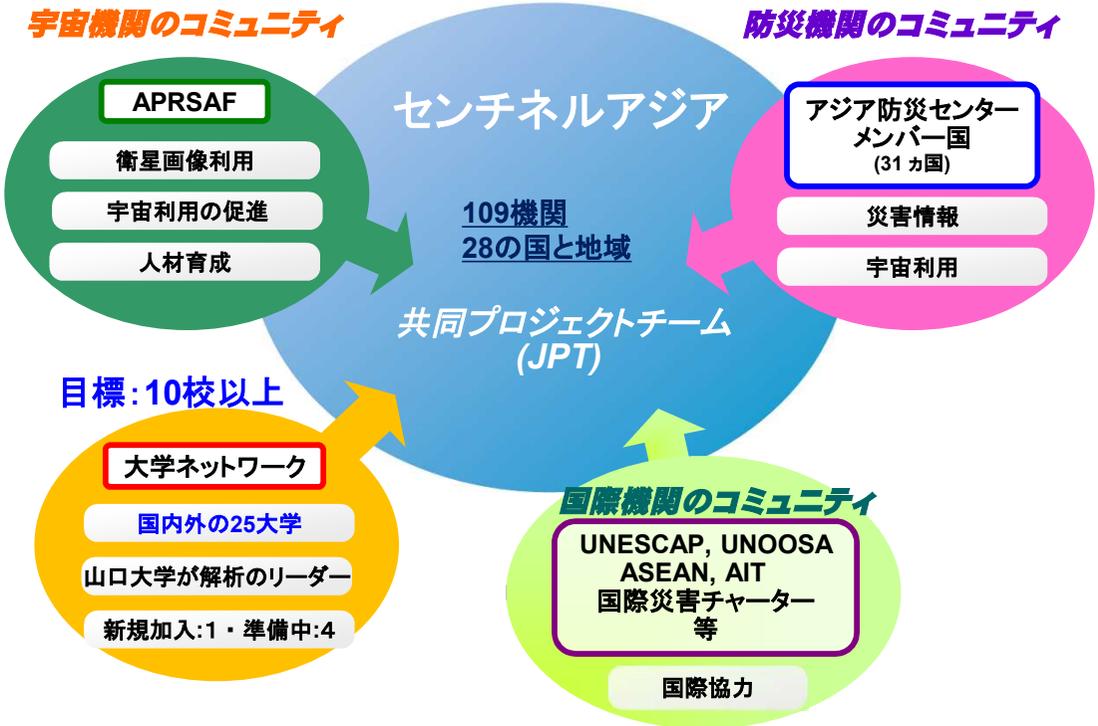
センチネルアジアは、「宇宙機関のコミュニティ」、「防災機関のコミュニティ」、「国際機関のコミュニティ」からなる共同プロジェクトチーム（JPT）により運営されている。本課題では、センチネルアジアの活動の枠組として、大学メンバーが参加する衛星データ解析の大学ネットワークを設計した。共同プロジェクト会議（JPTM）およびセンチネルアジア運営委員会において、大学ネットワークはセンチネルアジアの戦略計画（2017年～2027年）の一つとして位置づけられた。

■ データ解析のヘルプデスク

センチネルアジアの大学ネットワークでは、災害時における衛星データ解析のヘルプデスクとして活動した。主にアジア防災センターを中心とした防災機関、災害対応機関に対して衛星データ利用に関する技術的な支援を実施した。

■ 国際シンポジウム

インドネシアのウダヤナ大学において、2017年度から2019年度まで3回のシンポジウム「Human Resource Development and Space Data Utilization for Disaster（災害時の衛星データ利用と人材育成のシンポジウム）」を実施した。毎年約50名が参加し、日本、インドネシア両国の研究機関および大学の専門家が研究発表を行い衛星データの災害利用やセンチネルアジアの利用について活発な議論が行われた。また両国の博士課程、修士課程の学生も多く参加した。2020年度以降も引き続き実施、第4回は、2021年1月に、オンラインで開催予定である。



2018年1月



2019年1月



2020年1月



JPTM
バンコク 2019年11月



センチネルアジア運営委員会
ハイデラバード 2020年1月

注釈: APRSAF : アジア・太平洋地域宇宙機関会議
 UNESCAP : 国際連合アジア太平洋経済社会委員会
 UNOOSA : 国際連合宇宙局
 ASEAN : 東南アジア諸国連合
 AIT : アジア工科大学院

② 「次世代衛星・UAVデータ・GISを融合したAI等による高度災害解析」

実施内容・成果

目標:新技術の20%以上を教育マテリアルに反映

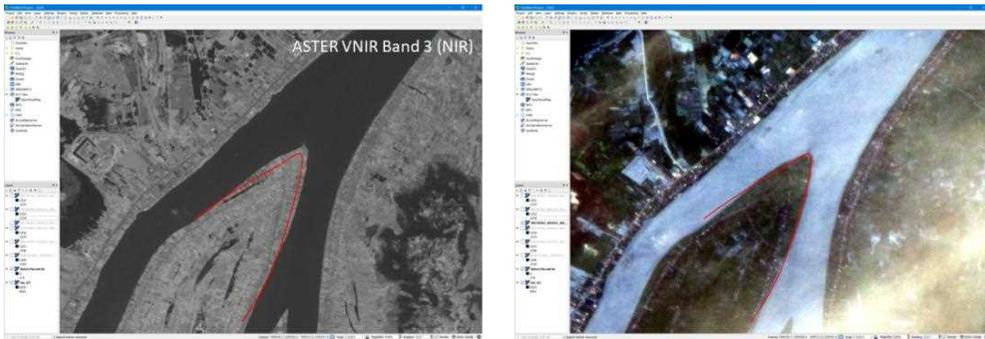
■ 災害対応に利用できる新技術の調査と検証

宇宙インフラ技術、超小型衛星、UAV、IoT、AIなどの新技術をいち早く防災・災害教育現場に取り入れるための調査と検証を行った。検証の対象とした新技術は、災害現場で利用する事を目的として、小型衛星、ドローン(UAV)、マルチGNSS、オープンデータ、IoT(モノのインターネット)やCDR(携帯電話の通信記録)データの利用技術と先進的な事例である。

■ 災害のための小型衛星の利用検証

国内外で運用が進んでいる小型衛星について、衛星データ解析マニュアルを構築した。解析マニュアルを構築するにあたって、入手可能な小型衛星データの仕様について調査を実施した。次に、基本的なデータ処理手法についてマニュアルを構築した。

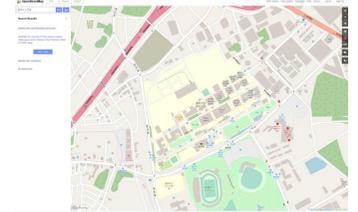
小型衛星は、そのコスト効率によって実現されるコンステレーション構成により、今後革新的な地球観測をもたらすことが期待されている。しかし、低コストのため、予期しない問題や宇宙空間における衛星の姿勢制御により、小型衛星により取得された画像は位置がずれることがある。特に災害前後の差分を計算する等の解析方法に支障をきたすことがある。本課題では位置合わせを自動的に処理する手法の開発とマニュアル構築を行った。



ほどよし1号のRGBコンジット(右)とASTER近赤外バンド(左)の比較
赤色の線は両画像のズレを表している。

■ 災害のためのオープンデータの利用検証

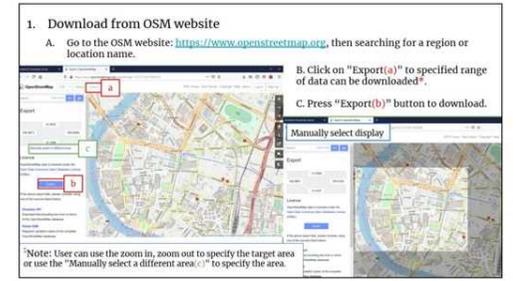
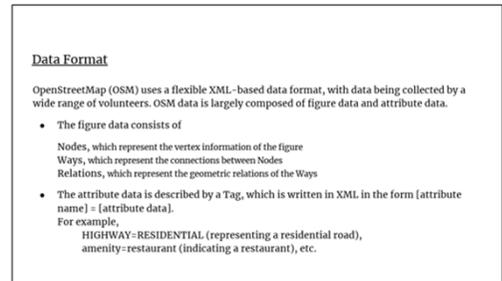
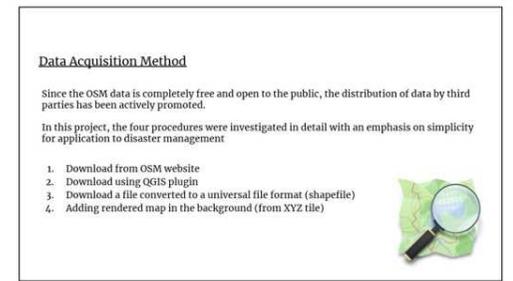
オープンストリートマップなどのオープンデータが公開されているが、これらのGISデータを災害時の活動でどの様に利用するのか、また災害時にどの様にデータを入手するのか、利用方法についてマニュアルを構築した。



オープンストリートマップの表示画面

■ 災害対応のための新技術の高度利用マニュアル

利用検証を行った新技術(15技術)に対して、データを入手方法、利用方法について7技術のマニュアルを構築(47%)した。これらは、教育コンテンツとして整備し公開した。公開した新技術利用は、5、6ページに示す。



オープンストリートマップの利用マニュアル

③ 「国内外で共通して使える衛星データ解析のための教育マテリアルの構築」

実施内容・成果 目標:15以上の教材の構築と公開

■ 衛星データ解析のための教育マテリアル

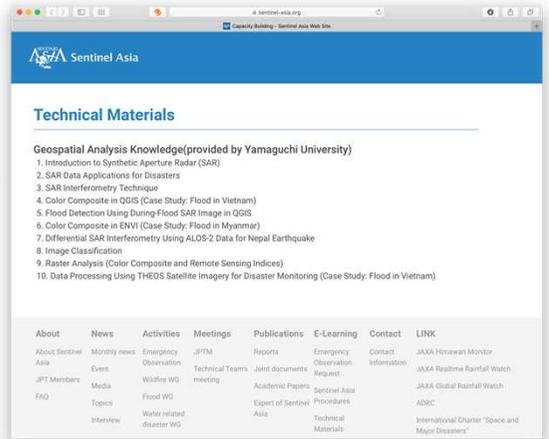
センチネルアジアで利用されているALOS-2（日本）、IRS（インド）、FORMOSAT（台湾）THEOS（タイ）、DubaiSat（UAE）等による観測データ解析の教育マテリアルを構築した。また、ほどよし（日本）やDIWATA-1（フィリピン）等の小型衛星、UAVデータ、GISの災害時の利用に関する教育マテリアルを構築した。日本における災害時の衛星データ利用事例に関しての教育マテリアルについても構築した。最終的に、7つのカテゴリー、39の教育マテリアルを作成した。

教育マテリアルの7つのカテゴリーは以下の通り。

- ① Free Data and Software
- ② Basic Python and AI
- ③ Basic Processing in QGIS
- ④ Optical Image Processing for Disasters
- ⑤ SAR Applications for Disasters
- ⑥ GNSS Applications
- ⑦ Geospatial applications for disasters

■ 教育マテリアルの公開

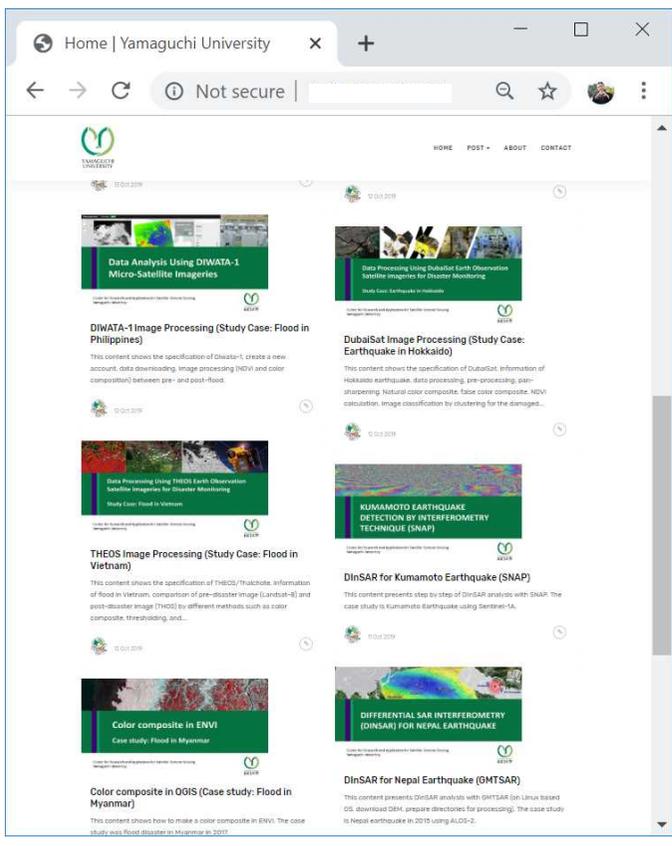
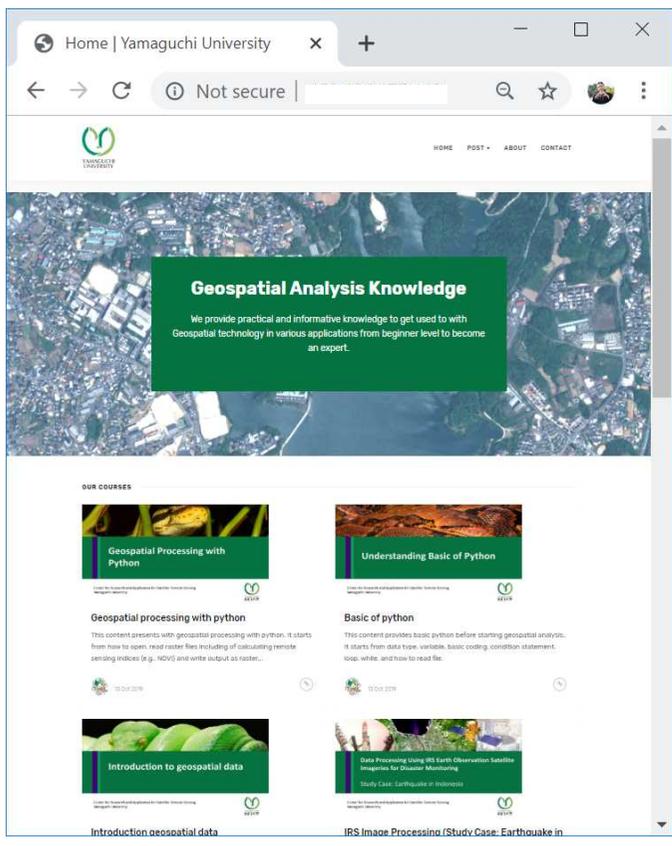
本課題で構築した衛星データ解析マニュアル、教育マテリアルに関して、山口大学応用衛星リモートセンシング研究センターのWEB上で閲覧できるようにして公開した。



センチネルアジアのWebサイトで公開

■ オンライン教育教材としての利用

令和2年度は、新型コロナウイルスの影響で、山口大学とウダヤナ大学においてもオンライン講義が主流となった。このような状況下で、衛星データ解析や関連技術、利用事例に関する教育マテリアルが有効に利用された。7つのカテゴリー、39個の教育マテリアルがあるため、災害時の衛星データ利用についてほぼ全てを網羅している。



山口大学の公開サイト

③ 「国内外で共通して使える衛星データ解析のための教育マテリアルの構築」

実施内容・成果

■ 7カテゴリ・39の教育マテリアルの一覧 ①

1) Free Data and Software

- Free and Open Source Software for Remote Sensing and GIS (リモートセンシングとGISのための無償のオープンソースソフトウェア)
- Free Remote Sensing and GIS Data (無償のリモートセンシングとGISデータ)

2) Basic Python and AI

- Introduction to Geospatial Data (地理空間データの紹介)
- Understanding Basic of Python (基礎的なPythonの理解)
- Geospatial Processing with Python (Pythonによる地理空間処理)
- Setting-Up Python Environment (Jupyter Notebook) (Pythonの環境設定)
- Keras and TensorFlow (KerasとTensorFlowの使い方)
- Co-registration of small-scale satellite data (小型衛星の位置情報登録手法)
- How to get Twitter data using QGIS and Python (QGISとPythonによるTwitterデータの使い方)

3) Basic Processing in QGIS

- Play with Vector and Make Map (ベクターマップの表示と地図の作り方)
- Raster Analysis (Color Composite and Remote Sensing Indices) (ラスター解析)
- Image Classification (画像分類)
- Useful Tools in QGIS (QGISを利用する上での便利なツール)

4) Optical Image Processing for Disasters

- Data Processing Using THEOS Satellite Imagery for Disaster Monitoring (THEOS衛星(タイ国)による災害監視とデータ解析: ケーススタディはベトナムの洪水)
- Data Processing Using DubaiSat Satellite Imagery for Disaster Monitoring (DubaiSat衛星(アラブ首長国連邦)による災害監視とデータ解析)
- Data Processing Using DIWATA-1 Microsatellite Imagery for Disaster Monitoring (DIWATA-1衛星(フィリピン国)による災害監視とデータ解析: ケーススタディは北海道の地震)
- Data Processing Using IRS Satellite Imagery for Disaster Monitoring (Case Study: Earthquake in Indonesia (IRS衛星(インド国)による災害監視とデータ解析: ケーススタディはインドネシアの地震)

③ 「国内外で共通して使える衛星データ解析のための教育マテリアルの構築」

実施内容・成果

■ 7カテゴリ・39の教育マテリアルの一覧②

5) SAR Applications for Disasters

- Introduction to Synthetic Aperture Radar (SAR)(SAR入門)
- SAR Data Applications for Disaster(災害時のSARデータ利用)
- SAR Interferometry Technique(干渉SAR解析手法)
- Color Composite in QGIS (Case Study: Flood in Vietnam)(QGISによるカラー合成画像作成: ケーススタディはベトナムの洪水)
- Flood Detection Using During-Flood SAR Image in QGIS(QGISによる災害時の洪水検出手法)
- Color Composite in ENVI (Case Study: Flood in Myanmar)(ENVIによるカラー合成画像作成: ケーススタディはミャンマーの洪水)
- Differential SAR Interferometry Using Sentinel-1 Data for Kumamoto Earthquake(Sentinel-1衛星(欧州宇宙局)による差分干渉SAR解析手法)
- Differential SAR Interferometry Using ALOS-2 Data for Nepal Earthquake(ALOS-2衛星(日本)による差分干渉SAR解析手法)
- Flood Detection Using ALOS-2 Images in SNAP (ALOS-2衛星(日本)によるSNAPを用いた洪水検知手法)
- Earthquake Damage Detection Using SAR Interferometric Coherence(SAR干渉のコヒーレンス変化による地震被害の検出手法)
- How to better understand SAR, interpret SAR products and realize the limitations(SAR画像判読の方法)

6) GNSS Applications

- Introduction to GNSS (GNSS入門)
- The GPS/GNSS Signal(GPS/GNSSの信号について)
- Biases and Receivers (受信機と初期化バイアス)
- GNSS Observation (GNSSによる観測手法)
- GNSS Observation Using U-BLOX (U-BloxによるGNSSによる観測手法)
- DEM Generation Using GNSS Data (GNSSデータによるDEM(数値標高データ)の構築手法)

7) Geospatial applications for disasters

- Unmanned Aerial Vehicle Application for Disaster (ドローンによる災害応用利用)
- Disaster Damage Assessment and Recovery Monitoring using Night-time (夜間衛星データによる災害評価と復旧監視方法)
- Application of OpenStreetMap in Disaster Risk Management (オープンストリートマップによる災害リスクマネジメント)
- Visualizing CDR data (CDRデータの可視化手法)
- Cases of Disaster Prevention Activities in Japan(日本における災害時の衛星データ利用事例)

④ 「アジアの大学と連携した災害のための衛星データ解析教育プログラムの構築」

実施内容・成果

目標:ダブルディグリープログラムの構築

■ 衛星データ解析教育プログラムの構築

インドネシアのウダヤナ大学と連携し、災害対応に資する衛星データ解析教育プログラムを設計した。災害・宇宙教育のコアとなる教育内容を整理し、シラバスを作成した。また、博士後期課程のダブル・ディグリー・プログラムの体制をデザインした。その上でウダヤナ大学大学院長のプトオ・ゲデ・アデミカ教授と運用されている修士課程ダブル・ディグリーを**博士課程に拡大する内容で協定を締結**し、インドネシア高等教育局（DIKTI）への手続きの準備ができた。

■ 衛星データ解析教育プログラムの拡大

センテネルアジアへの加盟、教育マテリアルの利用拡大、ダブルディグリープログラムの横展開の可能性のある大学を訪問し、本事業の説明を行うとともに学生派遣の検討を行った。2019年度はカセサート大学、2019年度は、シーナカリンウィロート大学（タイ）を訪問し、教育マテリアルの紹介をするともに、ダブル・ディグリー・プログラムの実施の可能性について協議した。



カセサート大学(タイ)での
デモ授業
(2019年2月)



シーナカリンウィロート大学
(タイ)でのデモ授業
(2019年11月)



博士課程ダブル・ディグリー
協定の締結（2020年2月）



山口大学での共同授業



ウダヤナ大学での共同授業

■ 山口大学とウダヤナ大学との共同授業

センテネルアジアの大学ネットワークでは、災害時に置ける衛星データ解析のヘルプデスクとして活動した。主にアジア防災センターを中心とした防災機関、災害対応機関に対して衛星データ利用に関する技術的な支援を実施した。

ウダヤナ大学との共同授業10科目は以下の通り。

- | | | |
|--|------------------|--------|
| ① Space Engineering & Satellite Remote Sensing | 宇宙工学・リモートセンシング特論 | 博士(修士) |
| ② Digital Image Processing | デジタル映像処理特論 | 博士(修士) |
| ③ Disaster Mitigation | 自然災害特論 | 博士(修士) |
| ④ Advanced Geoinformatics | 空間情報学特論 | 博士(修士) |
| ⑤ Environmental Fluid Dynamics | 環境流体力学特論 | 博士(修士) |
| ⑥ Environment Remote Sensing | 環境リモートセンシング特論 | 修士 |
| ⑦ Oceanography | 海洋・大気力学特論 | 修士 |
| ⑧ Climate Change | 気候変動特論 | 修士 |
| ⑨ Land, Water, & Vegetation Conservation | 陸域・水域・植生保全特論 | 修士 |
| ⑩ Lake & Coastal Environment | 沿岸・湖水環境特論 | 修士 |

その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他研究発表	実用化事業	プレスリリース・取材対応	展示会展展
	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 14	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 7 国際 : 0	国内 : 2 国際 : 0

成果展開の状況・期待される効果

本課題の成果を通じて、人々の生命、生活に密接に関わる重要な課題である災害対応に大きく貢献できる。近年、国内外で集中豪雨、スーパー台風等による大規模災害が多発している。これらの将来起こりうる災害に対応すべく、宇宙利用技術を充実させ、リモートセンシングや空間データを包括的に利用しながら災害に対応できる人材を育成することは、喫緊の課題であるため、社会的にもインパクトが大きく、特に東南アジアでは、対応する人材の需要も大きい。

また、宇宙・航空技術に関する教育だけでなく、災害対応機関、地方自治体との連携、個人ごとの災害に関する技術やその対策など、多様化する災害対策、社会問題を解決するための人材教育プログラムとして、インパクトは大きい。この様な活動を広める国際シンポジウムについても、新型コロナウイルスの影響で今年度はオンライン開催ではあるが、2020年度以降も引き続き実施する。



2019年10月の台風19号では、山口大学の学生がセンチネルアジアの災害活動に参加し、衛星データを解析



台風19号において、山口大学の学生が衛星データを解析した箇所

今後の研究開発計画

本課題の成果は、センチネルアジアと連携しながら継続していくことで合意を得ており、組織的、資金的、人的体制の方向性も明確である。センチネルアジア運営委員会において、本課題の成果である大学ネットワークの構築と衛星データ解析のための新技術導入が、センチネルアジアの戦略計画（2017年～2027年）の一つとして位置づけられた。

センチネルアジアの戦略計画において、テーマ2のValue Added Product (付加価値プロダクト) が衛星データ解析に関する内容の戦略計画を扱っている。山口大学が担当機関となった。この中で2.2-1 が衛星データ解析の大学ネットワーク、2.2-3が小型衛星利用などの新技術導入に関しての項目となっている。



Sentinel Asia
Strategic Plan
2017-2027
-Value Added Product (VAP)-



Jan 2020

Sentinel Asia Steering Committee, VAP Lead
Yamaguchi University
Masahiko Nagai

Main Topics
II. Value Added Product (VAP)

- 2.1 Research and Development (R&D)
 - 2.1-1 Standard Operation Procedure (SOP)
 - 2.1-2 Standardization of VAP.
 - 2.1-3 Researches on Urban Flood Mapping
- 2.2 Product Development
 - 2.2-1 VAP through University Network
 - 2.2-2 Review Data Policy and Data for R&D
 - 2.2-3 Identify the potential use case of VAPs in disaster
 - 2.2-4 In-situ data collection through GNSS
 - 2.2-5 Pre-disaster image repository and access

事後評価票

令和2年3月末現在

1. プログラム名	宇宙航空人材育成プログラム
2. 課題名	大規模災害対応のための災害・宇宙・航空人材育成プログラム
3. 主管実施機関・研究代表者	国立大学法人山口大学・教授 長井正彦
4. 共同参画機関	一般財団法人都市防災研究所 国立研究開発法人防災科学技術研究所 国立大学法人東京大学
5. 事業期間	平成29年度～令和元年度
6. 総経費	42百万円
7. 課題の実施結果	
(1) 課題の達成状況	
「所期の目標に対する達成度」	
◆ 所期の目標	
<p>本課題は、宇宙機関、防災機関と連携し、膨大な衛星画像データ等をIoTやAIなどの新技術を利用して解析し、社会に貢献できる高度人材を、災害対応を通じて育成する事を目的とした、災害・宇宙・航空人材育成プログラムである。JAXA やアジア防災センター等が中心となり10年以上の運用実績のあるセンチネルアジアの枠組みを大学ネットワークに拡張し、大規模災害時に、膨大な衛星データを解析できる人材育成を進める。また、宇宙インフラ技術、超小型衛星、UAV、IoT、AIなどの新技術をいち早く防災・災害教育現場に取り入れ、教育マテリアルの構築と博士後期課程におけるダブル・ディグリー・プログラムを構築する。</p> <p>本課題は、アジアで不足している衛星データサイエンティストを養成するとともに、国内外で頻繁に発生している大規模災害の対応に貢献できる大学ネットワークを構築する。センチネルアジアに加えて、平成29年2月に山口県に開所したJAXA「西日本衛星防災利用研究センター」と連携し、日本の地球観測衛星ALOS-2の災害利用の拡大を進めることを通じて、山口大学に災害・宇宙・航空データ解析の国際的な教育・研究拠点を構築する。</p>	

◆ 達成度

① センチネルアジアを核としたアジアの災害衛星データ解析の大学ネットワークの構築

センチネルアジアにおいて、大学メンバーが参加する衛星データ解析の大学ネットワークを設計し、この中で、衛星データ解析のヘルプデスクを運営し、災害対応機関を支援した。また、衛星データの防災への利用に関する国際セミナーを3回開催し、技術的なニーズ、不足している人材の調査を行うと同時に、センチネルアジアのプロモーション活動を実施した。

② 次世代衛星・UAV データ・GIS を融合した AI 等による高度災害解析

国内外で運用が進んでいる小型衛星、ドローン、オープンストリートマップ等の新技術について、災害利用への可能性を検証した。これらを教育マテリアルに取り入れた。このような最新技術は、研究論文として公開されるのみなので、解説を加えた教育マテリアルとして構築することで、非常に新規性の高い教育教材となった。

③ 国内外で共通して使える衛星データ解析のための教育マテリアルの構築

災害対応に向けた衛星利用を促進するため、センチネルアジアで利用されている衛星を利用した教育マテリアルを構築した。さらにリモートセンシングや GNSS（衛星測位システム）等の基礎技術に関する教育マテリアルを加え、センチネルアジアの Web サイトを通して公開した。

④ アジアの大学と連携した災害のための衛星データ解析教育プログラムの構築

インドネシアのウダヤナ大学と連携し、災害対応に資する衛星データ解析教育プログラムを設計した。災害・宇宙教育のコアとなる教育内容を整理し、シラバスを作成した。また、博士後期課程のダブル・ディグリー・プログラムの体制をデザインした。

「必要性」

本課題は、以下の観点から、十分な必要性が認められる。

■ 社会的価値（安全・安心で心豊かな社会等）

本課題は、センチネルアジアの枠組を利用し、主にアジアの宇宙機関と防災機関と連携しながら事業を進めたが、東南アジアの途上国において、災害時の衛星データの利用促進を進めるには、防災機関のオペレーションの現場の様々なニーズを踏まえつつ、大学等の教育機関と連携し、新技術を導入した教育としての宇宙防災人材育成を実施し、各国において高度人材育成のできる教員を増やして行く必要がある。災害の現場における衛星データは、超小型衛星の利用等、新たなステージを迎えている。そのため、宇宙航空技術と災害対応技術の両面から、分野横断的な宇宙人材の育成が重要である。

■ 科学的・技術的意義

現在、小型人工衛星の開発が急速に進んでおり、東南アジアの国でも地球観測衛星を保有している。また、UAV の低価格が進み、災害の現場で多く利用されている。GIS においても、オープンストリートマップなどが利用されている。そのため、膨大なデータの自動処理や AI 技術の利用等、新たな技術を積極的に取り入れ災害現場での活用が期待されている。これらの新技術についての利用研究や教育・トレーニングプログラムの確立が必要である。

また、衛星データ解析の手法は、様々な研究が実施されているが、災害対応に特化した衛星データ解析に関する実践的な教材は不足している。特に、災害の場合は、状況や時間の変化に適した解析、新技術を導入した教材を構築する必要がある。

「有効性」

本課題は、以下の観点から、十分な有効性が認められる。

■ 実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組

災害時には、膨大な衛星データ、小型衛星や UAV データなど、様々なデータが提供されるようになり、これらを実際の災害の現場で利用できる実践的な解析技術・教育マテリアルを構築した。特に、IoT や AI などの新技術を取り入れた災害×宇宙の教育プログラムを構築した。センチネルアジアのデータ解析活動を防災担当部署だけでなく、アカデミアに広げることにより、災害対応における衛星データ利用の拡大を進めるとともに、大規模災害時におけるデータ解析者の不足に貢献した。防災・災害対応は、日本の宇宙インフラ利用技術の海外展開にとって重要なテーマであり、アジア地域における災害時の ALOS-2（だいち 2 号）の利用拡大に大きな貢献ができた。

■ 人材の養成、知的基盤の整備への貢献や寄与

本課題の成果は、災害対策における宇宙利用人材育成のための教材や、これを使った人材育成プログラムである。リモートセンシングなどの宇宙データの利用だけでなく、様々な災害に関する知識、超小型衛星、UAV 等も用いた対策、災害関連の各機関とも連携した宇宙データ利用等、災害対策と宇宙開発利用に関する裾野拡大に寄与することができた。

教材は英語で作成し、講義の中で実践的な教育プログラム（Project Based Learning : PBL）も実施した。既存のセンチネルアジアのコミュニティーも有効利用しながら、災害対策における宇宙利用の裾野がアジアの隅々まで拡大することができた。特に、東南アジアにおいては、災害時の衛星データの利用ニーズは非常に高く、この事業に基づく人材育成プログラムに対する期待は高い。

「効率性」

本課題は、以下の観点から、十分な効率性が認められる。

■ 計画・実施体制の妥当性

本課題は、アジア全域において活動実績のあるセンチネルアジアの枠組みを利用し、国内外の大学

ネットワークの構築と、教育マテリアルの構築を実施した。また、国内外の災害対策・対応機関や、地方自治体の災害対策部署などの関係各機関とも連携して実施していくので、非常に実用性が高い。事業終了後も、センチネルアジアの宇宙・防災コミュニティの中で、長い期間教育が継続される計画および体制となっている。

■ 研究開発の手段やアプローチの妥当性

海外の大学とのダブル・ディグリー・プログラム等による人材育成を実施するので、国際的な視野に立った災害・宇宙利用の次世代を担う人材を、定常的に輩出できるようになる。特に、宇宙機関、災害対応機関、地方自治体等を巻き込んだ協働プロジェクトを通し、災害管理・防災・減災に関する多くの知見が蓄積される。また、衛星データの利活用に関しては、環境や農林水産業などの様々な分野にも応用することが期待できる。

■ 費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

センチネルアジアの枠組を利用するため、教育マテリアルや大学ネットワークの構築のニーズ調査や成果の公開について、多くの費用をかけずに効率的に実施することができた。また、事業終了後も、センチネルアジアの宇宙・防災コミュニティの中で、長い期間活動が継続される計画および体制となっているので、本課題の費用対効果は高いと言える。

また、山口大学の教育プログラムとして、教育が継続される計画および体制で進めたので、本課題の費用対効果は高いと言える。

(2) 成果

「アウトプット」

本課題における主なアウトプットは下記の通りである。

■ センチネルアジアにおける大学ネットワーク

センチネルアジアの活動において、大規模災害発生時に、大学が協力して衛星データ解析を行う大学ネットワークの仕組みを構築した。また、衛星データ解析のヘルプデスクを大学ネットワークの中で運営し、災害対応機関の支援を開始した。

■ センチネルアジアにおける新規大学メンバー

この活動を通して、神戸大学が新規の国内大学メンバーとなった。また、京都大学、鳥取大学で加盟の準備を進めている。海外では、シーナカリンウィロート大学（タイ）、カセサート大学（タイ）、ガジャマダ大学（インドネシア）が加盟の準備を進めており、所期の目標を達成することができた。

■ 衛星データ解析のための教育マテリアル

センチネルアジアで利用されている ALOS-2（日本）、IRS（インド）、FORMOSAT（台湾）THEOS（タイ）、DubaiSat（UAE）等による観測データ解析の教育マテリアルを構築した。また、ほどよし（日

本) や DIWATA-1 (フィリピン) 等の小型衛星、UAV データ、GIS の災害時の利用に関する教育マテリアルを構築した。日本における災害時の衛星データ利用事例についての教育マテリアルについても構築した。最終的に、7つのカテゴリー、39個の教育マテリアルを作成した。

■ 教育マテリアルの公開

構築した全てのマテリアルの体裁をととのえ、衛星データや解析結果、挿入されている画像、説明などの著作権について確認し、山口大学の応用衛星リモートセンシング研究センターおよびセンチネルアジアの Web サイト (2箇所) で公開した。

■ 国際シンポジウムの開催

ウダヤナ大学において、2017年度から2019年度まで3回のシンポジウム「Human Resource Development and Space Data Utilization for Disaster (災害時の衛星データ利用と人材育成のシンポジウム)」を実施した。毎年約50名が参加し、日本、インドネシア両国の研究機関および大学の専門家が研究発表を行い、また両国の博士課程、修士課程の学生が参加して行われた。

■ 衛星データ解析教育プログラム

山口大学とウダヤナ大学 (インドネシア) の両大学院ダブル・ディグリー制度へ向けた具体的な活動として、オンライン授業による共同授業 (10科目) を実施した。

博士課程のダブル・ディグリー・プログラムに関しては、両大学院の間でプログラムの設計を行った。その上でウダヤナ大学大学院長のプトオ・ゲデ・アデミカ教授と運用されている修士課程ダブル・ディグリーを博士課程に拡大する内容で協定を締結し、インドネシア高等教育局 (DIKTI) への手続きの準備ができた。

「アウトカム」 (令和2年10月末時点)

■ オンライン教育としての教育マテリアルの利用

令和2年度は、新型コロナウイルスの影響で、山口大学とウダヤナ大学においてもオンライン講義が主流となった。このような状況下で、衛星データ解析や関連技術、利用事例に関する教育マテリアルが有効に利用された。7つのカテゴリー、39個の教育マテリアルがあるため、災害時の衛星データ利用についてほぼ全てを網羅している。

■ センチネルアジアにおける大学ネットワークの拡大

国内外の災害に関する研究を実施している大学で、センチネルアジアの活動に関するプロモーションを実施した。センチネルアジア加盟の手続きに想定以上の時間を容易したケースもあるが、本課題の成果として、今後、大学メンバーの加盟が増えていくと考えられる。さらに、知名度のある国際的なセンチネルアジアと連携しながら実施したことで、本課題の成果普及・社会的認知度を高めることに繋がった。

■ 衛星データ利用の波及効果

本課題では、災害対応を核として宇宙利用技術、リモートセンシングに関する人材育成を実施した。災害は、気象、風水害や地殻変動など、衛星データの解析手法が多岐に亘るため、これらを網羅するための包括的な教育マテリアルや人材育成プログラムができた。そのため、ここで学んだ学生は、災害に限らず、環境監視や森林、農業など様々な分野で、衛星データの活用ができる人材となることが期待できる。

(3) 今後の展望

本課題の成果を通じて、人々の生命、生活に密接に関わる重要な課題である災害対応に大きく貢献できる。近年、国内外で集中豪雨、スーパー台風等による大規模災害が多発している。これらの将来起こりうる災害に対応すべく、宇宙利用技術を充実させ、災害に対応できる人材を育成することは、喫緊の課題であるため、社会的にもインパクトが大きく、東南アジアでは、対応する人材の需要も大きい。

また、宇宙・航空技術に関する教育だけでなく、災害対応機関、地方自治体との連携、個人ごとの災害に関する技術やその対策など、多様化する災害対策、社会問題を解決するための人材教育プログラムとして、インパクトは大きいことが期待される。

この活動は、引きつづき、センチネルアジアと連携しながら継続していくことで合意を得ており、組織的、資金的、人的体制の方向性も明確である。センチネルアジア運営委員会において、大学ネットワークの構築と衛星データ解析のための新技術導入はセンチネルアジアの戦略計画（2017年～2027年）の一つとして位置づけられている。

国際シンポジウムにおいては、新型コロナウイルスの影響でオンライン開催ではあるが、2020年度も引き続き実施する。

8. 評価点

B

評価を以下の5段階評価とする。

- S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。
- A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。
- B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。
- C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につながっていない。
- D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本課題は、衛星データ利用のマテリアル整備や活動のネットワーク構築、更にデータ解析利用分野での人材育成を実施するとともに、海外大学との合同授業を実施することについては計画通り実行されている。国際的な防災への衛星データの応用を考慮した教育支援ができつつあり、海外への日本の宇宙技術の有効性を示すことは、ある程度達成できていると考えられる。

一方、目標に対する達成度の具体性が示されていないなど、実施成果に不明確な点もある。目標における UAV、IoT、AI との関係も不明瞭である。更に、プロジェクト終了後は、センチネルアジアの枠組を利用して活動を継続することとされているが、その運用・資金計画は構想レベルで、具体的な体制も準備されていないと考えられる。

以上より、本課題は、相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。

今後は、以下の点が期待される。

- 日本人学生の人材育成への波及効果もあるようだが、より広範な効果を期待したい。
- 国際的な活動が教員のみ集中しており、学生教育における国際化が弱いと見られる。国際的に活躍できる若手学生や教員の育成を、国の内外で更に進めることが望ましい。
- 教育マテリアルは充実しているが、これを国内へ更に展開することを計画されたい。
- 作成した教材を用いて教育を行い、課題を解決することにより、育成プログラムとしての効果を、人数等の定量的成果、受講した学生の達成度、4つの海外大学への成果の横展開を裏付ける統計的データ等に基づいて、確認することが望ましい。
- プロジェクト終了後の運用・資金計画を立て、具体的な体制を構築することが望ましい。