

平成31年度地球観測技術等調査研究委託事業

「社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携
研究教育拠点（IS4D）の構築」

委託業務成果報告書

国立大学法人東京大学

令和2年5月

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人東京大学が実施した平成31年度「社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D) の構築」の成果を取りまとめたものです。

目次

1	委託業務の目的	4
2	委託業務実施期間	4
3	平成31年度における目標と成果	4
3.1	コア技術の開発	4
3.1.1	超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術	4
3.1.2	リモートセンシング技術	10
3.1.3	データサイエンス（衛星データ・地理空間データの統合解析技術）	15
3.1.4	高精度・高信頼性測位技術	18
3.1.5	社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発	22
3.2	連携力・営業力の強化	24
3.2.1	産学研究プロジェクト	24
3.2.2	関連分野との基礎共同研究プロジェクト	29
3.2.3	国際機関等との連携	29
3.2.4	投資機関等との連携	33
3.3	国際的な人材育成力の強化	34
3.3.1	プロ育成コース	34
3.3.2	ワールドスペーススクール	35
3.4	国際的なアウトリーチ力の強化	36
3.4.1	SDGs への貢献	36
3.4.2	政策形成等	36
3.5	宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討	36
3.5.1	ガバナンス	37
3.5.2	ファイナンス	37
3.5.3	成果報告	37
4	まとめ	38
4.1	コア技術の開発	38
4.2	連携力・営業力の強化	39
4.3	国際的な人材育成力の強化	40
4.4	国際的なアウトリーチ力の強化	40
4.5	宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討	40
4.6	その他	40
5	学会等発表実績	41
	機関名：国立大学法人 東京大学	41
	機関名：学校法人 慶應義塾	43
	機関名：国立大学法人 東京海洋大学	44
	機関名：国立大学法人 山口大学	45

6	巻末資料	46
6.1	プロセス開催資料.....	46

1 委託業務の目的

宇宙インフラをIoT、人工知能分野等と連携させつつ、農林業、都市開発、交通等の幅広い分野で新しい産業・社会サービスを実現しようとする世界的な競争が始まっている。利用者や社会の目線からサービスやシステムをデザインする「社会サービスのデザイン論」に基づき、宇宙インフラ技術を様々な分野での革新的利用につなげることを目的として宇宙連携拠点を構築する。

実施機関が有する超小型衛星の製作・運用、観測・通信・測位システムの構築、衛星データ解析、社会サービスのデザイン論に基づく国際的な人材育成などにおける成果蓄積をコアとして、多くの大学（国内・海外）、国際機関、開発銀行等と連携し、宇宙利用連携研究・教育機構を設立し、持続的な運用体制を確立する。

2 委託業務実施期間

平成31年4月1日から令和2年3月31日

3 平成31年度における目標と成果

3.1 コア技術の開発

宇宙インフラの広範な利用に不可欠なコア技術を開発・提供した。ただし、内容は多岐にわたるため、他機関との連携を前提に、重要なものに特化した。

3.1.1 超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術

S&F (Store and Forward)技術に絞って高度化・実用化研究を実施するため、アンテナ、ドップラシフト対策の高度化を引き続き実施しつつ、衛星のGPSを用いて国ごとに周波数を変えられるように改良を図った。

3.1.1.1 研究の概要

データ蓄積中継 (S&F : Store & Forward) システムは、海や地上に置かれた小型の送信機から衛星に向かって付属センサ等で取得したデータの送信を行い、地球を周回している衛星が、地上の送信機から送られるデータを収集していくシステムである。このシステムにより、携帯電話やインターネットを使用することの出来ない場所などでも必要なデータが取得可能となる。本事業では、S&F技術に絞って高度化・実用化研究を実施するため、アンテナ、ドップラシフト対策の高度化を昨年度に引き続き実施しつつ、衛星のGPSをもちいて国ごとに周波数を変えられるように改良を行い、受信率の向上を目指した。

3.1.1.2 RWASAT-1

RWASAT-1は2019年9月25日に種子島宇宙センターから「こうのとり」8号機により打ち上げられ、2019年11月20日に国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟から放出された3U Cubesat (10cm×10cm×30cm) サイズの衛星 (図3.1, 図3.2, 図3.3) で、打上げ実績のあるTRICOM-1R衛星の要素技術を採用することで短期間/低コストでの衛星開発の実現を目指すとともに、すでに軌道上での動作実績のあるS&F微弱信号受信システムの軌道上実験、および民生用小型カメラ撮影実験のさらなる知見の蓄積を試みることを目的とした衛星である。

また、ルワンダ共和国初の衛星として東京大学がルワンダ共和国の研究者を指導しつつ衛星開発し、ルワンダ共和国の社会問題解決のためのミッションである地上のセンサ情報を集めるStore&Forwardを搭載している。RWASAT-1のS&Fは4本のアンテナを用いており、4本のアンテナから受信した信号を1個にまとめ、円偏波として受信している。

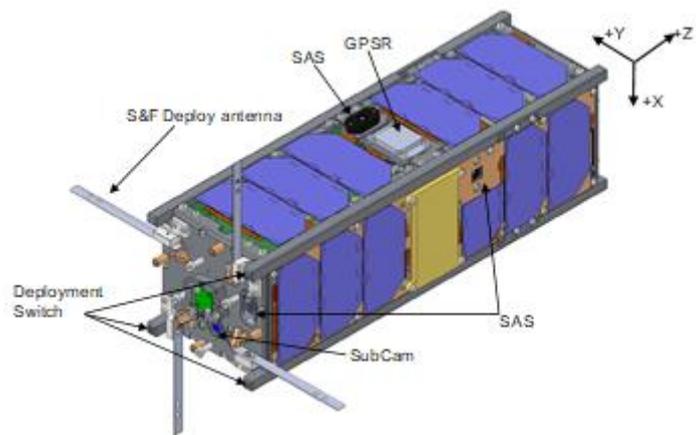


図 3.1 RWASAT-1 概略図 1

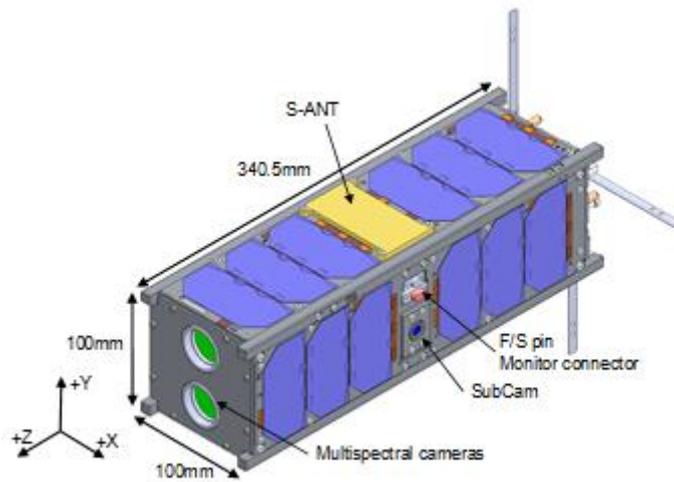


図 3.2 RWASAT-1 概略図 2

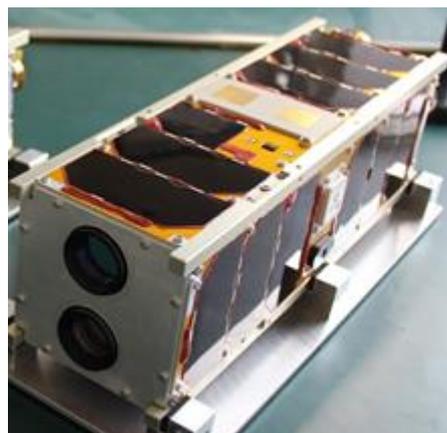


図 3.3 RWASAT-1 フライトモデル

RWASAT-1 に搭載されている S&F 受信機は、本事業にて昨年度から開発を行ったドックプレーシフト対応衛星搭載 S&F 受信モジュールとなる。(図 3.4)



図 3.4 ドップラーシフト対応衛星搭載 S&F 受信機

TRICOM-1R 衛星搭載 S&F 受信機は、衛星搭載 GPS の信号を直接入力することができなかったが、本事業で開発を行った衛星搭載 S&F 受信機は、GPS の情報を直接 S&F 受信機に接続できるように改良し、GPS 情報からドップラーを自動計算させ、受信機の周波数を変更できる仕組みとなっている。RWASAT-1 衛星に搭載したものはソフトウェア的に未対応になっているが、GPS 情報を直接接続していることから、国ごとに周波数を変えられる機能の追加は可能であり、今後ソフトウェアの追加を行う予定である。

3.1.1.3 地上アンテナ

TRICOM-1R で使用していた地上側パッチアンテナは、特殊材料を用いており、約 5dBi という利得のアンテナとなっている。しかしながら、値段が高額になってしまうというデメリットがある。そのため、本事業では昨年度の活動として材料を一般的なものに変更して、これまでの価格の 1/10 にすることに成功した。しかしながら、作成したアンテナの特性は特殊材料を用いた物よりも良くはなく、衛星との通信には適さないことが分かり、本年度はさらに改良を加え、衛星との通信が可能なアンテナを作成した。本 S&F で使用する周波数帯での特定小電力無線の条件として、アンテナ利得の最大は 3dBi と規定されているが、アンテナ利得が 3dBi を超える場合は、超えた分の送信電力を落とすことが出来るため、送信電力の節約につながる。

上記理由のため、目標は 3dBi を目指してアンテナシミュレーションソフト Ansys HFSS を用いて開発を行った。シミュレーション結果ではパッチアンテナ平面に垂直に 5dBi を上回る結果となり、実際にアンテナを作成した。(図 3.5 シミュレーション結果と作成したアンテナ)

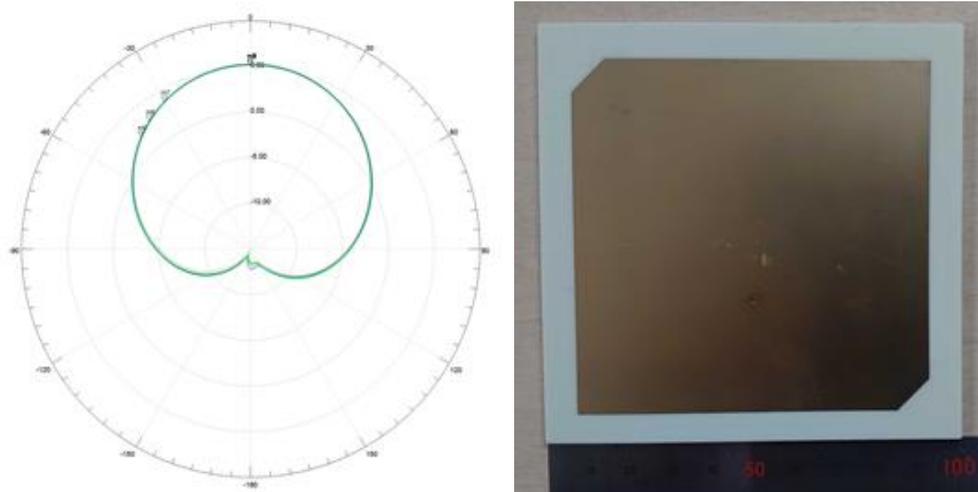


図 3.5 シミュレーション結果と作成したアンテナ

作成したアンテナは福井県工業技術センターの電波暗室で測定を実施した。測定風景と測定結果を図 3.6, 図 3.7 に示す。結果として、価格は TRICOM-1R で使用していた地上側パッチアンテナよりも安く・小さくできたものの、特殊材料の中で安いものを用いたアンテナであり、アンテナ利得としては 2.3dBi のアンテナとなった。シミュレーション結果よりもアンテナ利得が低くなった原因と考えられるのは、アンテナパターンがアンテナ前面だけではなく、裏側にも出てしまっていることが原因と考えられた。裏側にもパターンが出てしまった原因も含めて、来年度も引き続きアンテナの改善を行う予定である。

しかしながら、2.3dBi であれば衛星との通信にも使える可能性があり、さらに電波法の 3dBi という規格を満たしていることから、本アンテナを S&F 用地上無線モジュール (130 mW と 20mW) にアンテナを追加する方法で、技術適合を再取得した。



図 3.6 福井県工業技術センター電波暗室での測定風景

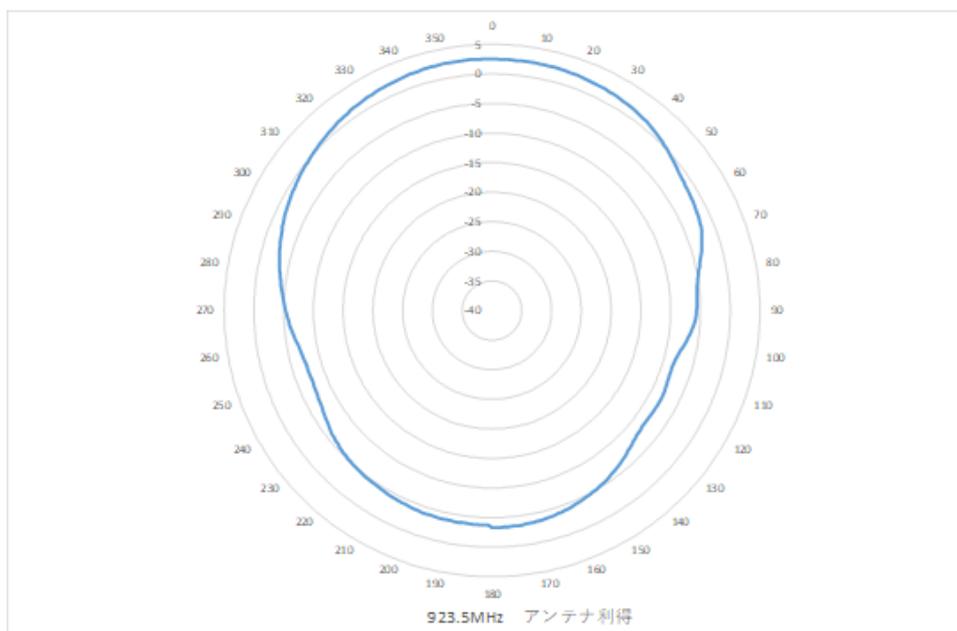


図 3.7 測定結果

3.1.1.4 RWASAT-1 との通信実験

技術適合を再取得した 130mW の送信機を用いて、東京大学工学部 7 号館屋上より、開発したアンテナを用いて RWASAT-1 に送信実験を実施した。結果として、RWASAT-1 で約 30Byte 程度の信号を複数回受信することができた。

次に 20mW の送信機を用いて、東京都調布市より送信実験を行った結果、3Byte であるが、2 パケット受信することが出来た。今後さらに送信容量を増やす等設定変更を実施し、調査をするとともに、ドップラー対応機能などの有効化を実施し、実験する予定である。

3.1.1.5 衛星搭載 S&F 受信機の SDR 化

SDR はソフトウェアで RF 信号を処理する事で、無線機性能の向上が見込まれる新たな無線技術として期待されている。衛星搭載受信機について SDR の専門家と協議し、SDR (Software Defined Radio) を用いることで、高度化・性能向上につながる事がシミュレーションから判明し、衛星搭載可能なサイズでの試作機を本年度実施した。試作した衛星搭載 SDR 受信機の写真を図に示す。

SDR 受信機にすることのメリットの一つに、従来のようなハードウェアの変更なしに、ソフトウェアで処理をすることで、ドップラーシフトの推定も容易であることも分かった。卓上実験の結果、販売されている無線モジュールの感度よりも、約 2dB 良くなる結果を得られた。今後はソフトウェアの見直しを行い、さらに向上を目指すとともに、屋外受信実験を行う予定である。

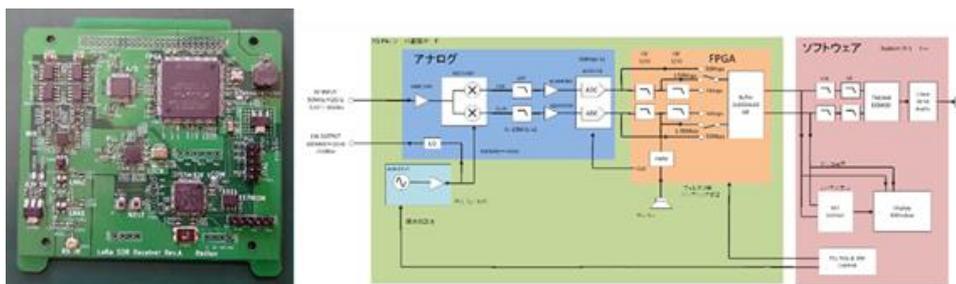


図 3.8 試作した SDR 受信機 (左) とブロック図 (右)

3.1.1.6 まとめと今後の課題

昨年度から実施している地上アンテナについては、シミュレーション結果である 5dBi よりも利得が低い 2.3dBi という結果になった。アンテナ利得が目標である 3dBi に近ければ近いほど、送信の効率は良くなるため、来年度も引き続きアンテナの改善を実施する。また、RWASAT-1 との通信実験について、送信出力 130mW の送信機では 30Byte 程度の文字列、送信出力 20mW の送信機では東京からの 3Byte の信号の受信に成功した。今後ドップラーシフト機能の有効化を行い、試験を引き続き実施し、受信率の確認をする。また、国ごとに周波数を変えられるようプログラムの追加も実施予定である。衛星搭載 S&F 受信機の SDR 化では、SDR 受信機の開発を行った。結果として市販されている LoRa 通信モジュールよりも 2dB 感度が上昇し、受信しやすくなるという結果を得ることができた。現状は基礎的な実験用プログラムが搭載されているので、今後衛星に搭載可能なプログラムの開発を行い、地上実験を実施予定である。

3.1.2 リモートセンシング技術

衛星画像（光学・SAR）からの情報抽出と利用技術を開発し、UAVにも援用するため、マイクロ波反射複素強等を利用し、CNN等の特徴抽出等を検討した。地滑りなど災害イベントのトレーニングデータを構築した。

3.1.2.1 研究の概要

ALOS-2等のSAR衛星による地球観測は、光学衛星による観測（赤外を含む）と異なり昼夜、日照条件、天候に左右されずに広い範囲での地表面の観測を行える利点を有している。特に、災害発生時の緊急観測において、被災情報の早期収集に威力を発揮することが期待されている。しかし、SAR観測で取得された情報は単波長の偏波情報付きマイクロ波複素反射強度（ゲイン、位相）情報で、更にSAR特有のノイズや歪を伴っていることから、SARに馴染みのない一般ユーザはもとより、リモートセンシング解析の専門家でさえも観測結果から被災情報等の対象物の状態を判読するのは容易ではない。この問題を解決する手段の一つとしてSAR観測によって取得されたデータを、AIを利用した特徴抽出手法により自動判読することを検討した。2019年度は、衛星画像（光学・SAR）からの情報抽出と利用技術を開発し、UAVにも援用するため、マイクロ波反射複素強等を利用し、CNN (convolutional neural network, 畳み込みニューラルネットワーク) 等の特徴抽出等を検討した。地滑りなど災害イベントのトレーニングデータを構築した。

3.1.2.2 機会学習について

近年の機械学習分野において、畳み込みニューラルネットワーク(CNN: Convolution Neural Network)を用いた画像認識技術の開発が著しい。医療画像の解析、交通監視、災害監視など、様々な分野の画像解析手法として利用されている。CNNを利用した画像認識は主に画像分類、物体検出、セグメンテーションの3種類に分けられる。画像分類とは教師データとして元のデータに特徴ラベルを追加し、教師データによって特徴全体を自動的に学習することにより、画像に単一ラベルを付与する分類である。2つ目の物体検出は、画像内の地物を認識させて、地物の画像内位置座標を取得することにより、オブジェクトの矩形領域を検出する分類である。3つ目のセグメンテーションは画像のオブジェクト領域を各ピクセルでトレーニングし、ピクセルごとのラベルを予測し、オブジェクトの輪郭を作成する分類である。このセグメンテーションに特化したアルゴリズムがU-netである。災害イベントとしては、洪水や土砂災害などがあり、その領域の輪郭を抽出(セグメンテーション)し認識することが重要であるため、本研究では、U-netの利用を検討した。

3.1.2.3 教師データ

2018年度は、SAR観測によって得られたSARデータを、AI技術を用いて解析することを目的とし、観測対象の状態推定や同定に有効な様々なトレーニングデータを構築する手法を開発した。2019年度は、前年度に開発した手法を用い、前年度に引きつづき教師データを作成した。利用したデータは、ALOS-2 (PALSAR-2 L1.1データ)の10m分解能、70km観測幅の短偏波(HH)を用いた。偏波とは、電波の性質を表す一つの指標であり、電界の振動方向の向きを表している。HHとは、水平偏波(H)で送受信を行うHH(送信偏波・受信偏波)の単偏波データである。HHの偏波は、災害による崩壊地で後方散乱強度が大きく、森林では小さくなる特徴を持つため、土砂災害や洪水などの検出に適していると考えられる。本研究では、洪水を検出することを対象とした。昨年度に構築した教師データ作成の手法を基に、U-netを実装するための洪水の教師データを作成した。図3.9に、洪水域の教

教師データ例を示す。トレーニングデータは、SAR 衛星画像（図 3.9 右）と光学衛星画像（Google Map 等；図 3.9 左）を用いて構築した。SAR 衛星画像だけでは、水域のトレーニングデータ構築が困難であるため、左の光学衛星で水域（青色ポリゴン）を検出し、その情報を右の SAR 衛星画像に重ねることで、トレーニングデータの構築を行った。本研究の対象地域は岡山県で、平成 30 年 7 月豪雨災害時のデータを用いて解析を進めた。ここでは、20,000 個の教師データを準備した。

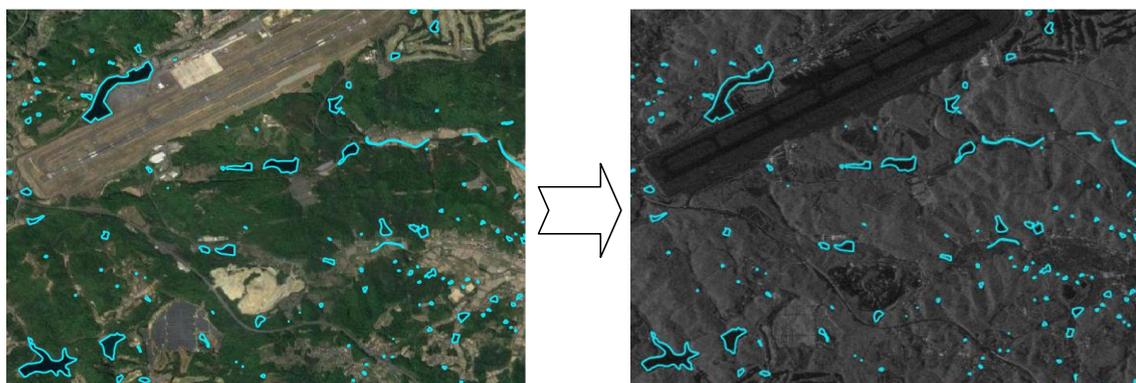


図 3.9 洪水域の教師データ

3.1.2.4 U-Net について

本研究では、機械学習による解析手法として U-net を用いた。U-net は、全層畳み込みネットワーク（Fully Convolution Network）の一種である。畳み込み層の Encode（情報を暗号化・記号化すること）の各層の特徴マップを Decode（暗号化・記号化された情報を元に戻すこと）の特徴マップにプーリング層で連結している。プーリング層は、物体の全体的な位置のズレを許容する役割を担っている。より深い層ほど、抽出される特徴はより局所的になるので、その特徴の全体的な位置情報はより曖昧になる。つまり、プーリング層により、物体の位置ズレや大きさの違いの影響をあまり受けずに、セグメンテーションができる。本研究では、ALOS-2 の SAR データを利用するため、UAV 画像や航空写真、光学衛星画像に比べて画像の歪みや位置のズレが大きい。そのため、SAR 画像から、U-net を用いて洪水の領域のセグメンテーションを実施することは、非常に有効である。

U-net に適用する学習用と検証用のデータ比率は、全体の 70%にあたる 14,000 画像を教師データとして使い、残りの 6,000 画像を検証データセットとした。図 3.10 に model accuracy と model loss による学習結果を示す。モデルの正確さ（accuracy）は、学習用の教師データ（青）で上昇し、学習中の検証データセット（オレンジ）でも上昇している。つまり、学習が十分に行われていると考えられる。また、損失（loss）は、いずれも減少している。検証データセット（オレンジ）では、学習用の教師データ（青）ほど減少していない。

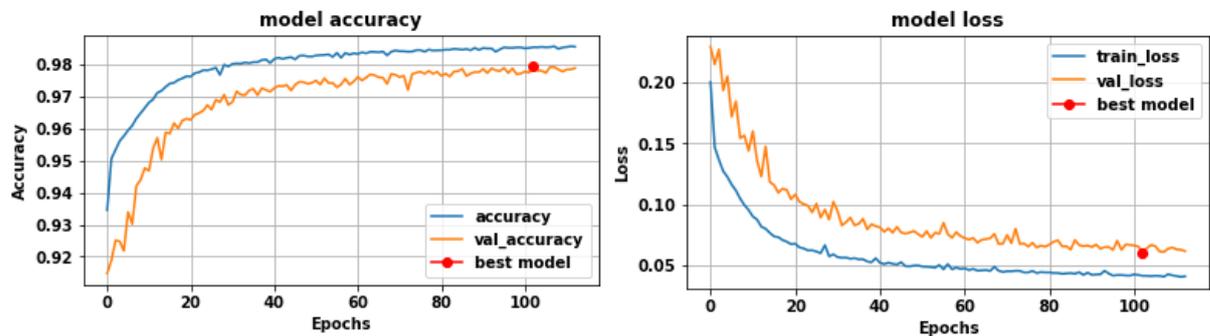


図 3.10 model accuracy と model loss

3.1.2.5 U-net を用いた検出結果

U-net にて学習したモデル（識別器）を用いて洪水域（水域）の検出を行った。衛星画像を学習データ同様の画像サイズ（ 256×256 ピクセル）に分割し、識別器へ入力し予測結果を出力した。出力された各樹種のマスク画像に個別値を設定し、元の衛星画像へ再構築を行った結果を図 3 に示す。精度検証に関しては、物体検出における評価指標である IoU（Intersection over Union）を用いた。IoU は Intersection(領域の共通部分)を Union(領域の和集合)で割る方法で、2つの領域が「どれくらい重なっているか」を表す指標である。正解領域（現地調査による水域情報）と予測領域（U-net による検出結果）の重なりが大きいほど IoU の値は大きくなる。本研究では、IoU が、0.76 となった。

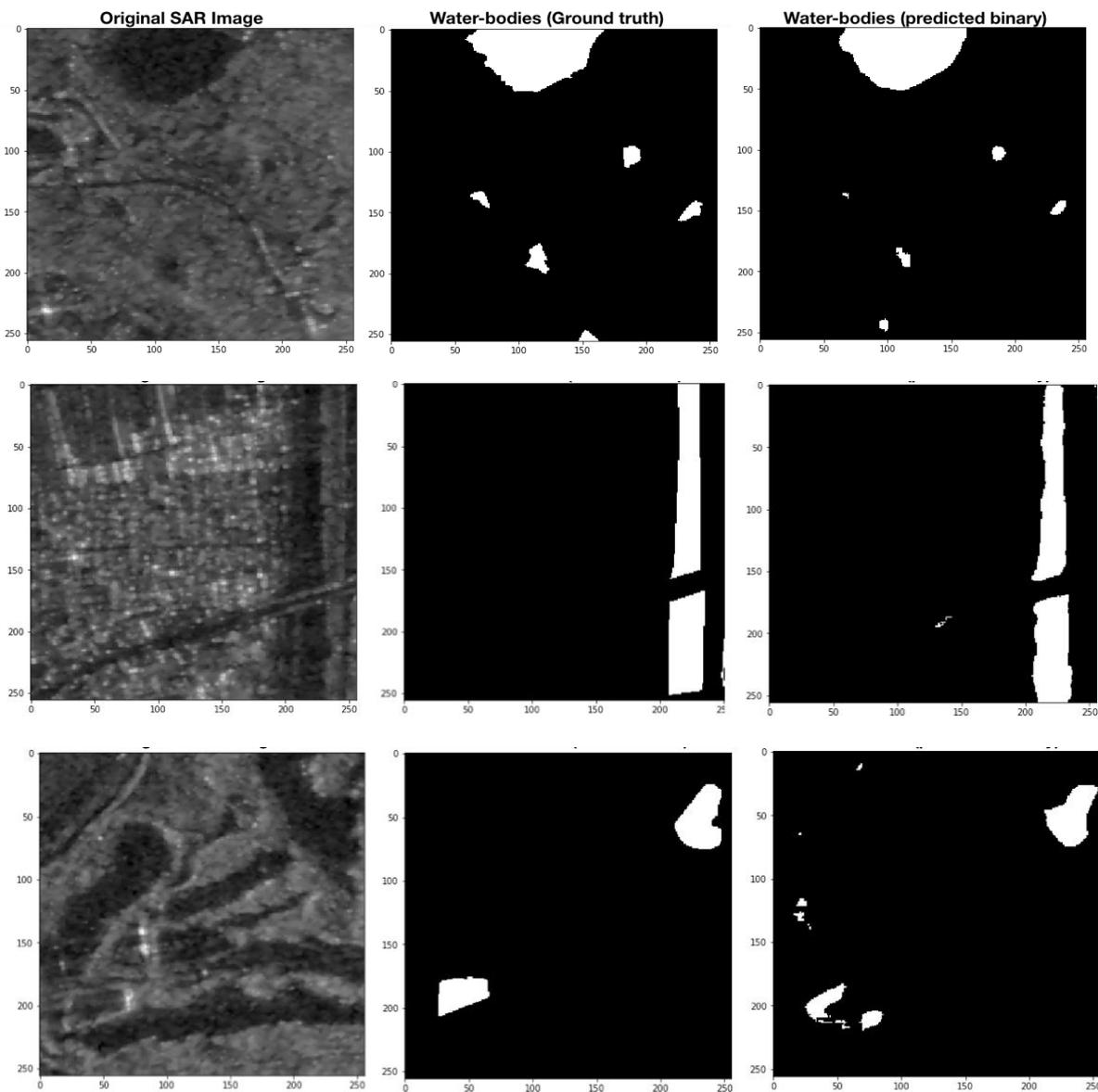


図 3.11 洪水の検出結果。左：入力した SAR データ、中央：現地調査による水域情報、右：U-net による検出結果

3.1.2.6 まとめと今後の展開

2019年度は、SAR衛星画像からの情報抽出と利用技術を開発し、洪水の検出を目的とし、2018年度の成果をもちいて、最適な教師データの構築を実施した。SAR衛星の特徴を活かし、マイクロ波反射複素強を利用し、U-netによる特徴抽出により洪水域の検出を行った。この結果により、U-netによる機械学習は、洪水災害域の検出には非常に効果的であることが分かった。また、土砂災害域の検出においては、SAR衛星から照射されるレーダの入射角や斜面の向きによっては検出ができるが、レーダシャドウやフォーショートニングなどのレーダ固有のエラー情報のため、条件によっては機械学習による検出が難しい。さらに、U-netによる特徴抽出は、光学衛星やUAV画像等への応用も十分に可能であることが確認

できた。特に、光学衛星の近赤外域の波長は、水域で特徴的な反射があるため、教師データを整備すれば、U-netによる特徴抽出の応用ができる。

2020年度は、AI（U-netによる機械学習）を用いた情報抽出の検証を他の対象物や UAV画像においても実施し、災害、環境等の分野における「社会実装」を実施する。

3.1.3 データサイエンス（衛星データ・地理空間データの統合解析技術）

衛星データと他データ（モバイルデータ等）との統合解析技術を開発するため、①.2 リモセン技術と協力し、地図データ、モバイルデータ等を組み合わせ、社会経済の状況推定方法を開発した。

3.1.3.1 研究の概要

社会経済状況の基礎的なデータとなる「人々はどこに住んでいるか」「人々はどこからどこに移動しているか」を効率的に管理・分析するための地球観測衛星データによる人間居住地マッピングシステムと携帯電話 CDR による移動体データ解析プラットフォームの研究開発を進めた。

また、開発したシステムやプラットフォームを軸に海外展開するため、利用者フィードバックを得るためのワークショップを海外にて実施したほか、海外の研究者と共同プロジェクトを実施した。

3.1.3.2 携帯電話 CDR による移動体データ解析プラットフォームの改良

昨年度の開発・試運用した移動体データ解析プラットフォームを利用者からのフィードバックを取り込みながら、改良と研究開発を進めた。利用者フィードバックを得るため、以下のとおりに、現行および潜在的な利用者とワークショップ・意見交換をおこなった。

2019年11月3日～11月6日に米国ワシントン DC・世界銀行本部にて、開発したプラットフォームのデモンストレーションを実施し、国際協力プロジェクトにおける有用性について世界銀行の専門官と議論した。

2020年1月20日～1月23日にルワンダ・キガリにて Rwanda Utilities Regulatory Authority と、開発したプラットフォームの利用方法に関するワークショップを開催し、プラットフォームの利便性・有用性について改良に向けた意見を得た。

2019年4月5日～9月25日および2019年10月5日～2020年3月31日に、タイ・アジア工科大学院にて、都市交通分野と防災分野における有用性について専門家と議論したほか、現地大学院生に対し、プラットフォームの利用方法に関するコースを実施し、アジア地域の海外展開に向けた利用普及を進めた。



図 3.12 世界銀行本部でのワークショップの様子

3.1.3.3 解析プラットフォームのオープンソース化

昨年に課題として挙げた解析プラットフォームをオープンソースソフトウェアとして公開するため、誰でも使いやすいようにソースコードの改良やドキュメントの整備をおこな

い、GitHub に公開した¹。また、解析プラットフォームの利用方法や利用事例を集約して発信するためのウェブサイトを構築し、インターネット上に公開した²。

3.1.3.4 衛星データを使った人間居住地マッピングシステムの開発

昨年度に開発を進めた携帯電話 CDR データによる移動体データを、衛星データと統合的に分析するため、①.2 リモセン技術で開発した手法を応用して、高分解能衛星画像データへのディープラーニング適用による人間居住地の自動マッピングを処理するシステムの研究開発を進めた。特に、トレーニングデータの作成・管理を効率化するための地理空間データベースシステムの開発・改良と、そのシステムを使ったワークフローの改良を実施した。

オープンソース GIS ソフトウェアである QGIS と GeoServer を主軸としてインターネットを介することで、データ作成者の居住地にかかわらず、データ作成に参画できる体制を実現できる。これにより大量のトレーニングデータを短期間で作成することができるようになった。

また、ワークフローの改良において、ディープラーニングに必要な計算インフラとソフトウェアがインターネットクラウド上で利用可能な Google Collaboratory を活用した。プログラムやコードの実行結果をステップ毎に確認できるインターフェースをワークフローに組み込む事で、作業者がディープラーニングに関する処理を学習できるようにした。さらに、機械学習の結果と手入力のトレーニングデータの差異を見比べることで、トレーニングデータの品質を向上させる手順を確立した。

今年度は、フィリピンの研究者と共同で試験的にトレーニングデータの増強プロジェクトを実施し、開発したシステムとワークフローを使えば、海外の作業者による高品質のトレーニングデータ作成が可能であることを実証した。

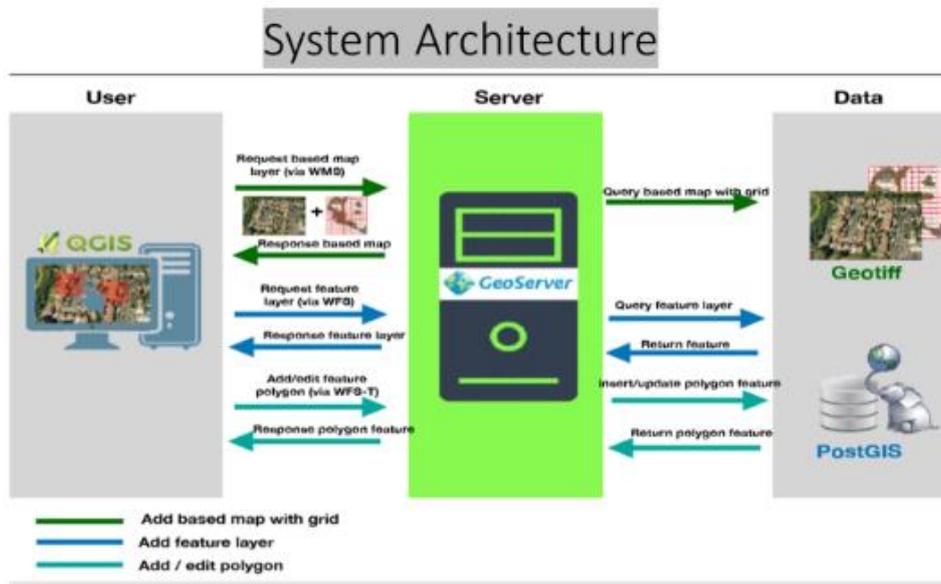
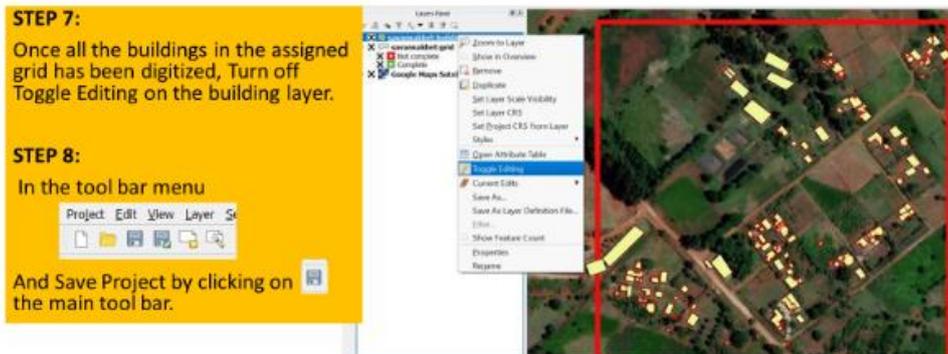


図 3.13 トレーニングデータを作成・管理するシステムの構成

¹ <https://github.com/SpatialDataCommons/CDR-analysis-tools-std>

² <https://sdc.csis.u-tokyo.ac.jp/>

Digitizer's Role



Note: You need to remain connected to the internet at all times.

図 3.14 トレーニングデータを作成するシステムのユーザーインターフェース

3.1.3.5 まとめと今後の課題

昨年度に開発した携帯電話 CDR による移動体データ解析システムを軸として海外展開に向けたワークショップや意見交換、普及促進を進めたほか、オープンソース化を実現した。また、衛星データによる人間居住地マッピングのシステム開発を進めて、海外の共同研究者や協力者と連携するための仕組みを整備した。この進捗によって、今後の研究成果等の海外展開を迅速に進めることができるようになった。

次年度以降は、これらのシステムやプラットフォームを活用した具体的な海外プロジェクトの提案、形成や実施を課題とする。

3.1.4 高精度・高信頼性測位技術

高精度測位のコモディティ化技術と、位置認証サービス技術を開発するため、低価格受信機による普及型高精度測位サービスの実現手法を開発した。位置認証サービスの改良を継続して図った。

3.1.4.1 高精度測位技術

高精度測位サービスを普及させるため、低価格受信機による技術開発を進め、開発した低価格受信機を使った実証実験を行った。主な開発成果は高精度衛星測位のためのcm級測位のアルゴリズム、RTK-GNSS³の利用で基準点とユーザの距離（基線長）に10～20 kmの制限があったものを、30～50 km程度（中基線）まで伸ばす技術を開発した。また、RTK-GNSSのサーバ型測位用のソフトを開発した。サーバ型測位を利用することで、ユーザ側は測位演算を行う必要がなくなり、受信機の観測データをサーバに送信することにより、サーバの測位エンジンがRTK-GNSSによる測位結果を計算してくれるものである。図 3.15、図 3.16 にサーバ型RTKの開発概要と実際の結果を示した。

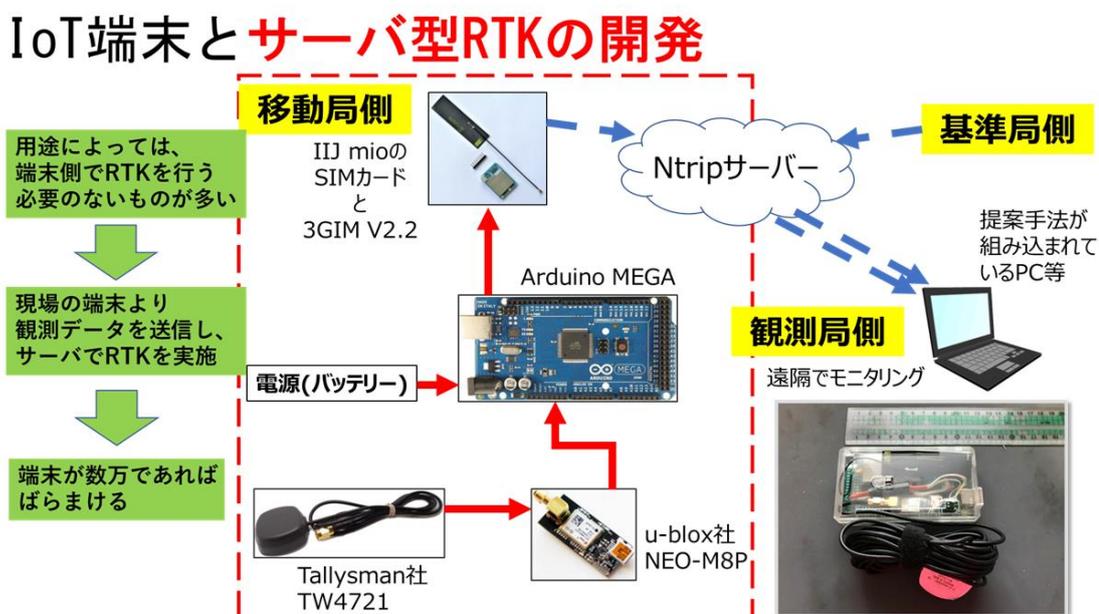


図 3.15 サーバ型 RTK の開発概要

³ RTK-GNSS(real time kinematic – global navigation satellite system)

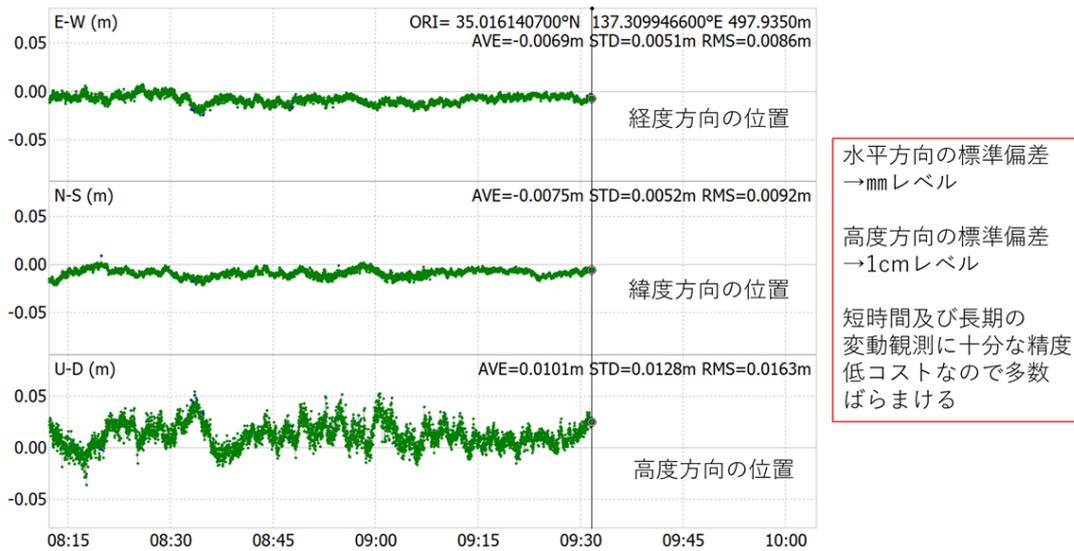


図 3.16 サーバ型 RTK の観測試験結果

上図の結果は、野外の工事現場の法面で 1 か月以上にわたって測定した一部であり、リアルタイムで 1 cm 程度の精度が確認された。実際には 1 日ごとの平均値をとればよいことから、数 mm の精度で法面の動きを精密に手元のパソコンでモニターすることができる。

中基線の RTK-GNSS の実際の結果を図 3.17 に示した。東京海洋大学の基準点を利用して、約 40 km 離れた場所にアンテナを設置し、24 時間取得したものである。対流圏遅延量の影響の大きい夏場（2019 年 9 月）の観測試験では、オープンソースで評価の高い RTKLIB（オープンソフトウェア）を利用した場合と比較して、30% を超える FIX（現在位置を高精度に計算した）率の向上を達成することができた。冬場（2020 年 2 月）の観測試験では、基線長が 50 km を超えても 90% 以上 FIX できることを確認した。水平方向の標準偏差は約 1 cm で高度の標準偏差は約 2 cm であった。

開発したプログラムは令和 2 年度に WEB サイト上に公開予定である。

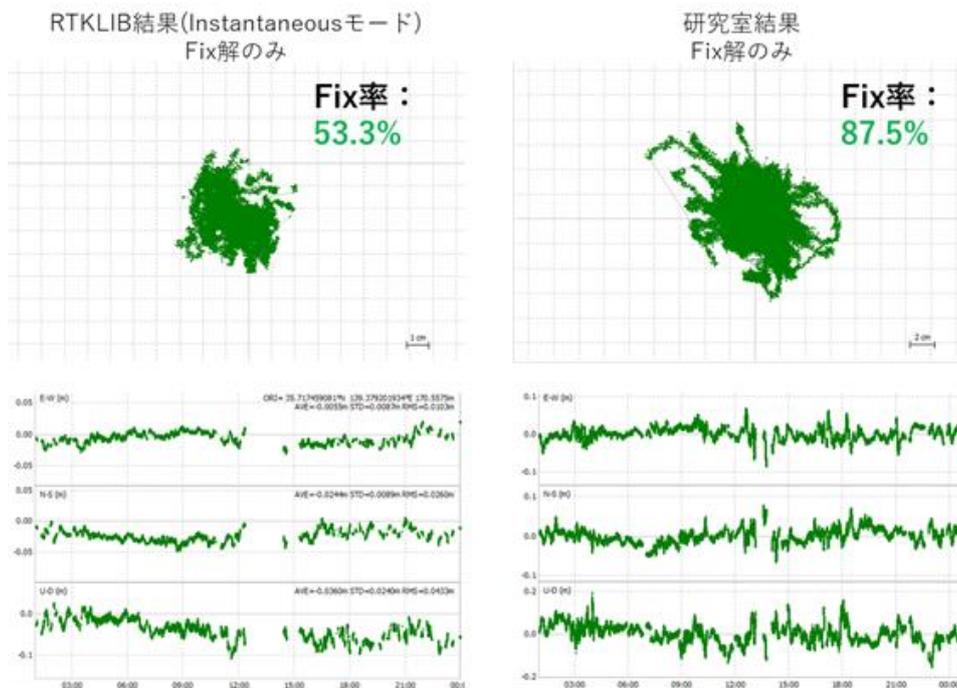


図 3.17 中基線 RTK-GNSS の実証結果

また、海外の大学と連携して共同観測試験と技術の普及を測った。マレーシア工科大の MJIIT(Malaysia-Japan International Institute of Technology)では、低価格受信機を使った測量実習(参加者 10 名、若手研究者)を実施し、フィリピン大学とは、日本の準天頂衛星より送信している高精度単独測位 (PPP) 用の補正信号を用いて、1 か月間の長期観測及び解析を行う共同試験を実施し、極めて良好な結果を得ることであった。タイの AIT(Asian Institute of technology)で GNSS のセミナー (参加者 60 名、東南アジアの若手研究者) を開催し、講義や演習を実施した。令和 2 年度に向けて、利活用の分野を探索している。

3.1.4.2 高信頼性測位技術

高信頼な位置情報を必要とするアプリケーション、例えばロードプライシング(自動車による道路の使用に対して料金を徴収すること)での GNSS の利用には、位置認証技術が必須である。位置認証とは、ある位置情報があてられたときに、その位置情報が正しいことを保証するしくみである。そのために認証技術について開発実験を実施した。

(1) 位置認証サービスのユーザインターフェースソフトウェアの開発

位置認証サービスとは、位置情報が正しいことを保証する仕組みを提供するサービスのことである。開発したユーザインターフェースを図 3.18 に示した。これは東京大学の柏キャンパスに設置したサーバを利用して、H31 年 6 月にシステムの動作試験を行った例である。試験時点で準天頂衛星からの認証用データの送信は行われていないため、認証用のデータはインターネット回線を通じて取得している。各測位衛星からの信号が正しいものであることを認証し、測位信号の受信状態をリアルタイムで表示させることができる。令和 2 年度は準天頂衛星からの送信を見越した研究を加速させる予定である。

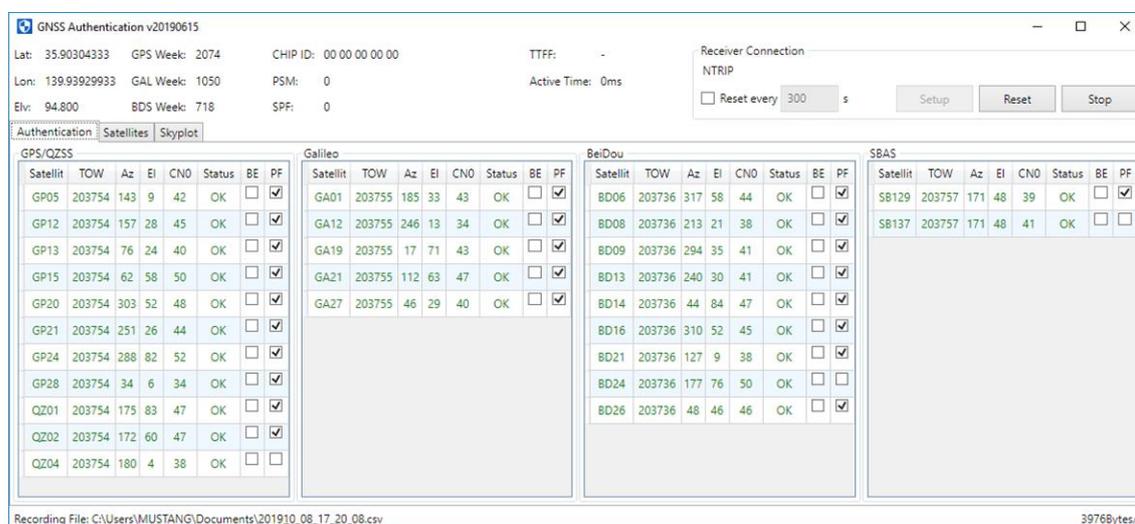


図 3.18 位置認証サービスのユーザインターフェース

(2) 国内、国外での移動体向け実証実験を開始

(1) のシステムをシンガポールの関係者と協力して、シンガポールを移動していたバスの中で認証実験を実施した。その結果の一部を図 3.19 に示した。移動中のバスで、インターネット回線を利用して開発した試験サーバ接続し、受信する衛星測位信号が正しいものであるかをリアルタイムに判定することができた。今後の課題として、偽信号(スプーフィング等)を実際に発信して、認証技術の試験の準備である。公共の場における、疑似電波信号の発信の可否や影響について、電波法や電機メーカーなどと打ち合わせを行い、実験が可能なフィールドの検討する。

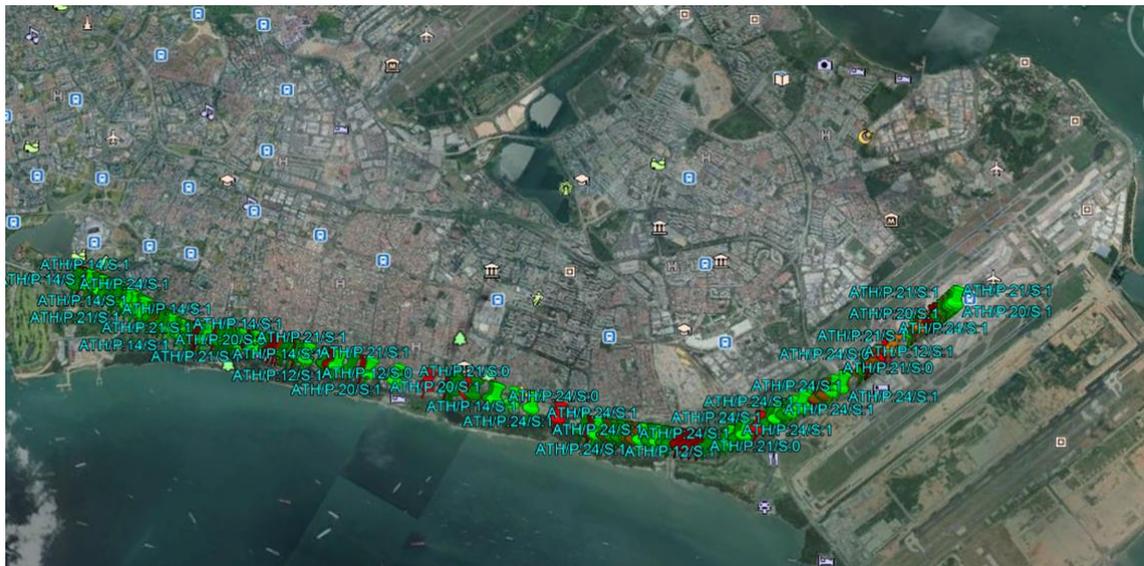


図 3.19 シンガポールで実施した位置認証実験の例

3.1.4.3 まとめと今後の課題

H31年度は、当初予定していた課題について、順調に進めることができた。今後、高精度測位技術は、これまでに開発してきた資産をWEBサイト等で公開し、そのセミナー等を実施する予定である。高信頼性測位技術は、実際に信号認証を公共の電波の下（屋外）で実施することが現時点で困難なため、屋外で実施できるフィールドを探すことが課題である。電機メーカーとはすでに打ち合わせを開始している。また両技術ともに、準天頂衛星の放送する補強信号の評価や新しく放送する信号に関連していることもあり、関係者との協議を進めることも課題である。

3.1.5 社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発

多様な場面に適用できるシステムデザイン手法を開発し、人材育成へ適用するため、複数の事例をもとに宇宙サービス・システムのデザインプロセス、手法をガイドライン化した。

3.1.5.1 研究の概要

宇宙サービス・システムの利用者を中心とした利害関係者の把握およびサービス・システムへのニーズを正しく把握し、適切にデザインを実施するために行うべきプロセスを以下の7つによってガイドラインの骨子とした。

1. **デザインチームの作成**：デザインチームのリーダーおよび背景や所属、経験が異なる多様な参加者を中心としてデザインのゴールと期間を定めて議論を開始する。
2. **デザインテーマと問の設定**：どのような問題に取り組みたいかという意向も尊重した議論を通してデザインテーマを決定し、参加者や取り組む問題に関わる利害関係者から共感される問を設定する。
3. **デザインテーマの動向や利害関係者の関係を俯瞰した仮説の設定**：現地調査の前に、インターネット、図書館、書店、講演会等、先行研究の調査を通してデザインテーマに関する最新の変化や動向を把握する。そこで得られた気づきや課題を洗い出し、対象となる人や組織の関係を俯瞰して理解し、問に対する仮説を設定する。
4. **サービス・システムを適用する現地データの収集**：現地を自ら体験して新たな気づきを得るために現地観察・調査を実施する。その際、現地での課題や環境、人間関係を熟知している人々とつながるため、現地の人々と協働する。
5. **集めたデータの保存と理解**：現地調査や観察で収集したデータを参照しやすい様式かつ事実と解釈を区別して整理し、参加者がアクセス可能な場所にまとめて保存する。データを可視化し比較することで明らかになる特異点に注目する。
6. **データの分析および情報への変換**：収集したデータから表面的な事象、深層に隠れたメンタルモデルやパターン等を探り、因果関係を可視化することで対象とする人や組織のニーズや特徴的な課題を明らかにする。さらに、利害関係者の理想を理解した上で、現状を理想に近づけるためのアプローチを検討すべく、現状のシステムで変更可能なレバレッジポイントを特定する。
7. **利用シナリオの記述および実現に向けた評価方法の設定**：利害関係者から理解を得られるサービス・システムが利用された理想の未来のシナリオを具体的に記述する。その際、利害関係者の中からシナリオの対象となる顧客を選定し、顧客と共に実行できるアイデアを作り上げる。その上で実現すべきサービス・システムのコンセプトや要求事項を決定し、システムズエンジニアリングにつなげ、設計と検証を行う。

具体的には、以下の3つのプロジェクトに上記ガイドラインのプロセスを適用し、サービス・システムへのニーズを明らかにしている。

- 1) **電子基準点の海外展開**：海外の大学等に設置した電子基準点のデータを利用した大規模農園における労務管理、農作業機の自動運転または運転アシスト、精密測量などの高精度測位サービスの普及のため、衛星測位技術の活用領域の研究者などの潜在ユーザーのニーズや電子基準点利活用に関わる利害関係者の整理を行った。
- 2) **避難所支援供給サービス**：危険地域情報や避難者の位置情報など衛星データを活用した健康確保のための災害ケアを提供するICTサービス運用のため、避難者や避難所、情報提供者の利害関係やリスク分析、災害看護の観点からの利用者のニーズ分析を行った。

3) 小規模農家への金融サービス：衛星データとモバイルデータを組み合わせた金融データに代わる新しい信用評価手法に基づく小規模農家への金融サービス提供のため、農家の信用評価観点の開発や金融に対するニーズの分析、金融機関や信用評価機関間との利害関係をサービス持続性の観点から整理した。

3.1.5.2 まとめと今後の課題

宇宙サービス・システムが多様な場面に適用されるためには、実際の設計と検証を行う前に、サービス・システムの利用者や顧客のニーズを正しく把握することが大切な前提である。本年度の活動により、ニーズ分析を強化してシステムズエンジニアリングの手法を用いたサービス・システムのデザインプロセスと手法の一通りのガイドラインを構築できた。今後は、実際のサービス・システムのプロトタイピングや実装を通じた、ガイドラインの検証を積極的に実施する予定である。

3.2 連携力・営業力の強化

宇宙インフラの社会利用は様々な分野で展開されるため、企業、国際機関等多くの組織・団体と連携することが不可欠であることから、研究機関、投資機関・企業との連携も含め、「連携力」を強化した。さらに様々な国・地域、分野での利用に関する提案を行える「営業力」も強化した。連携や営業はすでに実績のある企業や団体にフォーカスし、国際機関について令和元年度はアジア開発銀行・世界銀行を対象とした。

3.2.1 産学研究プロジェクト

人材育成要素も含んだ産学研究プロジェクトを実施しつつ、社会ニーズや企業行動を理解し効果的な連携方法・営業方法を確立するとともに、地方自治体の保有データを取り入れ地域活性化や防災等を念頭に地域産業との産学連携を実施するため、民間企業との産学研究プロジェクトを継続し、分野を拡大しつつ、事業化検討も開始した。また、自治体を対象に衛星データと行政保有データを連携、活用する事例を構築した。

3.2.1.1 山口県下関市との産学連携（昨年度：国内地域活性化）

1) 連携の概要

山口大学は、2016年3月に山口県へのJAXAからの一部機能移転が決定されたことに伴い、2016年9月、JAXA、山口県、山口大学の3者により、「衛星データ利用・研究の推進に係る連携協力に関する基本協定」を締結した。この協定に基づき、防災分野や環境分野等における衛星データの利用や衛星データ解析に係る教育について、JAXAが保有する衛星データを利用することができることとなった。この様な協定の下、山口県や山口県内の民間企業は、衛星データの新たな利用開発を進めている。山口県は、宇宙利用産業分野における県内企業等の研究開発・事業化を支援し、産業の育成・集積を図ることを目的に、「やまぐち産業イノベーション促進補助金」を創設しており、人工衛星から得られる様々なデータを活用した新たなサービスや商品等の開発を行う先導的、先進的な研究開発・実証試験の公募を行っている。

この様な背景をうけて、2019年度は、山口県下関市にある土井ヶ浜の海岸侵食を活用事例として、社会ニーズと連携し、地方自治体の保有データを利用しつつ、JAXAとの協定の下、無償利用できるプレアデス(Pleiades)衛星を利用し地域問題について取り組んだ。この取り組みは、三菱電機株式会社の共同研究を立ち上げ、山口県内に事業所のある株式会社パスコと株式会社中電技術コンサルタント株式会社に過去のデータや情報の提供を頂きながら、山口県内の企業である松田鉄工所や下関市の支援を頂いて実施した。

2) 土井ヶ浜海岸侵食

土井ヶ浜は日本海に面した山口県下関市の西岸北部に位置しており、「日本の海水浴場8選」にも選ばれたことのある山口県内有数の海水浴場である。延長は約1kmで北北西約6kmには観光名所として有名な角島がある。しかし、土井ヶ浜では冬場の強い風で起こる高い波に砂がさらわれ、海岸侵食が起こった過去がある。そこで山口県は、2003年頃に人工リーフと突堤を設置し、砂浜の流出を阻止するための侵食対策事業を行った。図3.20は土井ヶ浜において実施された海岸侵食対策の概要を示す。山口県の公共事業事後評価調査によるとこれらの対策により、汀線の安定を図ることができたとしている。

これらの沿岸対策は、一定の効果を上げた一方で、これらの対策が長期的に効果を保っているかを確認するために、定期的にモニタリングする手法の開発が望まれている。また、山口県は、3方を日本海・瀬戸内海・響灘の3つの海に面しており、広大な沿岸域や海水浴場

(表 3-1) を有している。これらの広大な地域を効果的に観測する手法が望まれている。ここでは、衛星リモートセンシングによる利用を検討した。

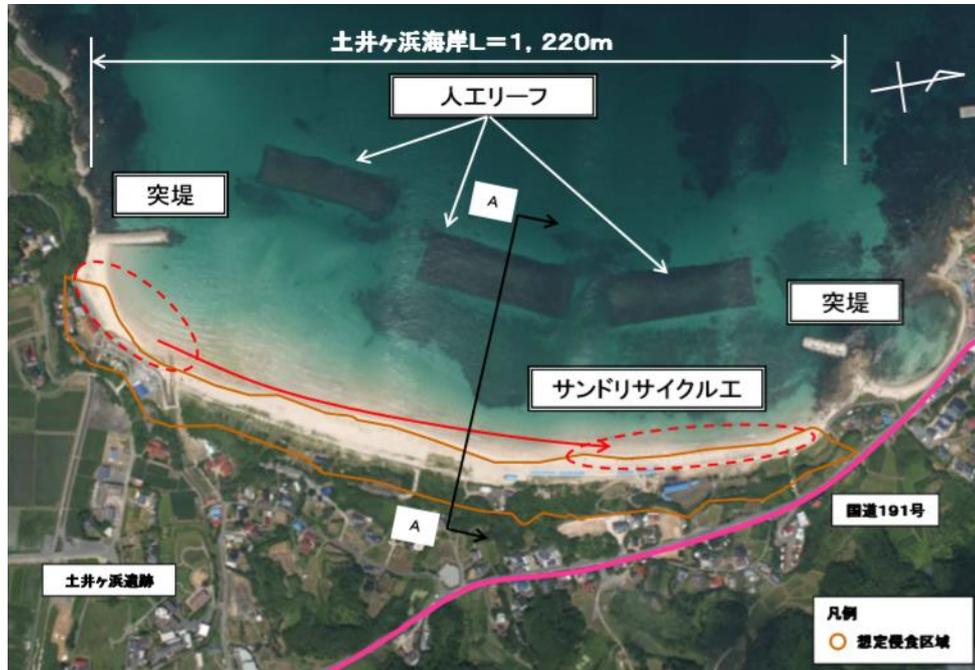


図 3.20 山口県における土井ヶ浜の海岸侵食対策

表 3-1 山口県の海水浴場

ID_	ビーチ名	エリア	Lat	Long	海岸線	陸域から海岸までの最大距離 (m)	陸域から海岸までの最小距離(m)	砂浜の面積 (m ²)
1	清ヶ浜海水浴場	阿武	34.53096750	131.49324740	600	131	16	27,400
2	筒尾海水浴場	阿武	34.51277890	131.45470830	230	18	7	1,761
3	潮風公園みなとオアシスゆう	岩国	34.03264670	132.21696090	400	95	40	25,115
4	馬島海水浴場	熊毛	33.89142050	132.05006350	320	17	5	3,237
5	丸山海浜パーク	熊毛	33.90543130	132.06957800	140	24	19	2,602
6	きららビーチ焼野	山陽小野田	33.94643810	131.16642470	430	168	2	16,630
7	はなぐり海水浴場	下松	33.97782190	131.85543850	200	30	17	4,277
8	小串うしろはま海水浴場	下関	34.18433200	130.93238900	330	40	15	7,330
9	コバルトブルービーチ	下関	34.35446830	130.85715010	400	50	20	335
10	島戸海水浴場	下関	34.35059970	130.89910360	1,460	75	10	32,929
11	角島大浜海水浴場	下関	34.35378200	130.84677800	400	122	24	18,494
12	土井ヶ浜海水浴場	下関	34.29914910	130.88749490	900	52	12	31,361
13	西山海水浴場	下関	33.94449930	130.89716440	500	83	34	22,447
14	安岡海水浴場	下関	34.02247670	130.91524030	800	30	20	12,770
15	吉母海水浴場	下関	34.08846950	130.87829730	460	65	25	16,078
16	伊保田海岸	周防大島	33.95178980	132.43770590	70	12	4	502
17	片添ヶ浜海水浴場	周防大島	33.89938256	132.36486300	800	72	30	34,642
18	庄南ビーチ	周防大島	33.88865190	132.26900230	450	46	8	12,935
19	逗子ヶ浜海水浴場	周防大島	33.94214110	132.40475190	1,000	35	10	22,572
20	ビー玉海岸海水浴場	周防大島	33.95504250	132.24788430	540	56	18	17,136
21	青海島海水浴場	長門	34.42704790	131.22148780	100	30	21	2,526
22	伊上海浜公園YYビーチ350	長門	34.37252430	131.01089820	350	60	5	5,582
23	二位ノ浜海水浴場	長門	34.40887290	131.11290180	400	55	19	12,240
24	菊ヶ浜	萩	34.41662310	131.38771350	450	70	10	18,282
25	虹ヶ浜海水浴場	光	33.96861647	131.92126740	2,500	46	16	66,805
26	室積海水浴場	光	33.94078650	131.96578610	2,700	42	8	46,278
27	富海海水浴場	防府	34.04687630	131.64005710	170	32	13	3,494
28	大畠ふれあいビーチ	柳井	33.95912780	132.16544830	540	43	27	14,511

3) 衛星画像による海岸浸食のモニタリング

Pleiades 衛星は、フランスの宇宙機関が運用している地球観測衛星である。可視光の 3 バンドと近赤外光の 1 バンドによるマルチスペクトルセンサと、高解像度撮影用のパンクロマティックセンサを搭載している。Pleiades 衛星のデータを解析し、海岸の汀線や砂浜の面積が検出できるかどうか検討した。図 3.21 に結果を示す。1 つ目は、NDVI(正規化差植生指数)である。NDVI は、植生の分布状況や活性度を示す指標であるが、水域の NDVI 数値が低くなる特徴を利用して、海岸の汀線の検出を試みた。図 3.21 の中央に示す通り、精度良く海岸の汀線を検出できるが、潮の満ち引きにより汀線が変化するので、観測時間と潮の関係を考えながら汀線検出を検討する必要がある。図 3.21 の右に示す教師付き分類は、分類前にあらかじめその場所が何であるか、地物がわかっている場合に、地物の特徴データを教師として、分類する手法である。ここでは、砂浜を特徴データとして、砂地の検出を行った。

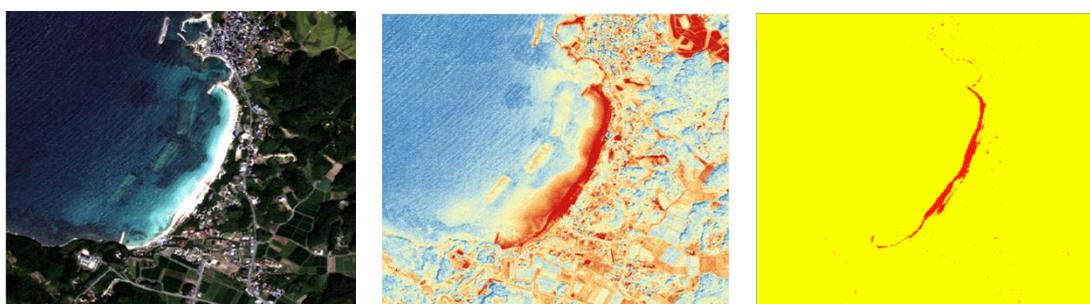


図 3.21 Pleiades 衛星による解析例
(右：トゥルーカラー画像、中央：NDVI、右：教師付き分類)

3.2.1.2 国際リニアコライダーの建設候補地に関する電子基準点データの相対変異調査

国際リニアコライダー (ILC) の安定的な運転を確実なものとするためには、地盤の変動が ILC に与える影響を把握する必要がある。国内の民間企業から依頼があり、GNSS による高精度測位がどの程度利用できるかを共同で検討した。国土地理院から発表されている電子基準点のデータの内、ILC の建設候補地と目されている北上花崗岩体近傍に位置する電子基準点のデータについて地盤変動のデータを調べ、地盤の変動の影響を把握した。さらに、周辺の電子基準点の変位と比較し、ILC に与える影響を検討した。図 3.22 は実際に解析を行った場所である (東北地方の岩手県南東付近)。赤色の基線はデータが欠損していたため、緑色の基線とした。なお真中の電子基準点は岩手大東である。

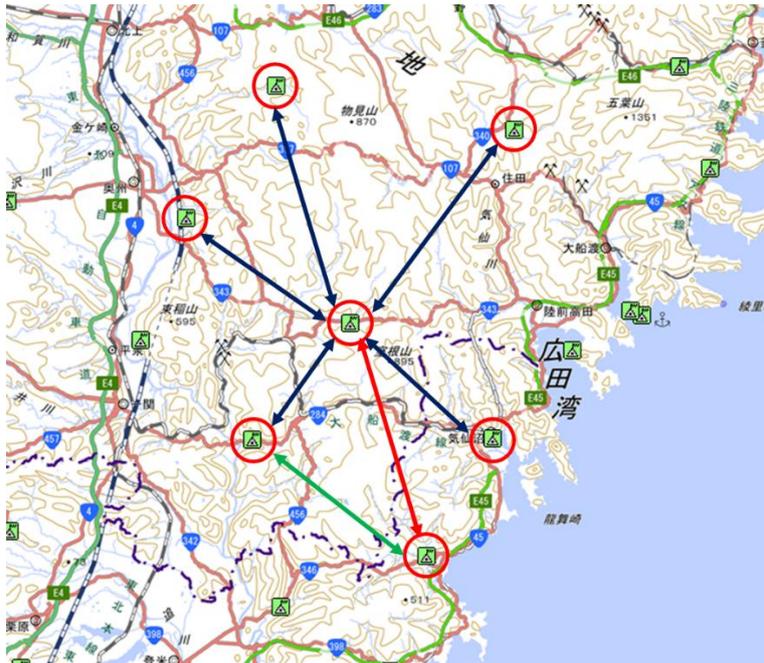


図 3.22 解析対象とした電子基準点

基線解析では、電子基準点データのうち、GPS+QZSS+GALILEO を利用した。どのくらい「相対的な変動」がみられるかを調査し、あくまでも RTK で把握できる相対的な基準局間の変動をチェックした。信頼できる FIX 解のみを抽出して、24 時間の平均値を作成した。RTK 計算及び評価をする際の基準局と移動局の位置は 9 日分すべて「2019 年 1 月 1 日の日々の座標値」として固定。1 つの基線の結果例を図 3.23 に示した。岩手大東から岩手川崎 1 への基線である。今回の変動という観点でみると、少なくともこの 3 か月弱の期間では mm レベルの変動がないことがわかった。もちろん 10 km 以上離れた両地点が全く同じ動きをしているとこの基線解析ではとらえることはできないが、少なくとも両地点の変動は非常に小さいことが示された。他の地点での基線解析結果も同様であった。

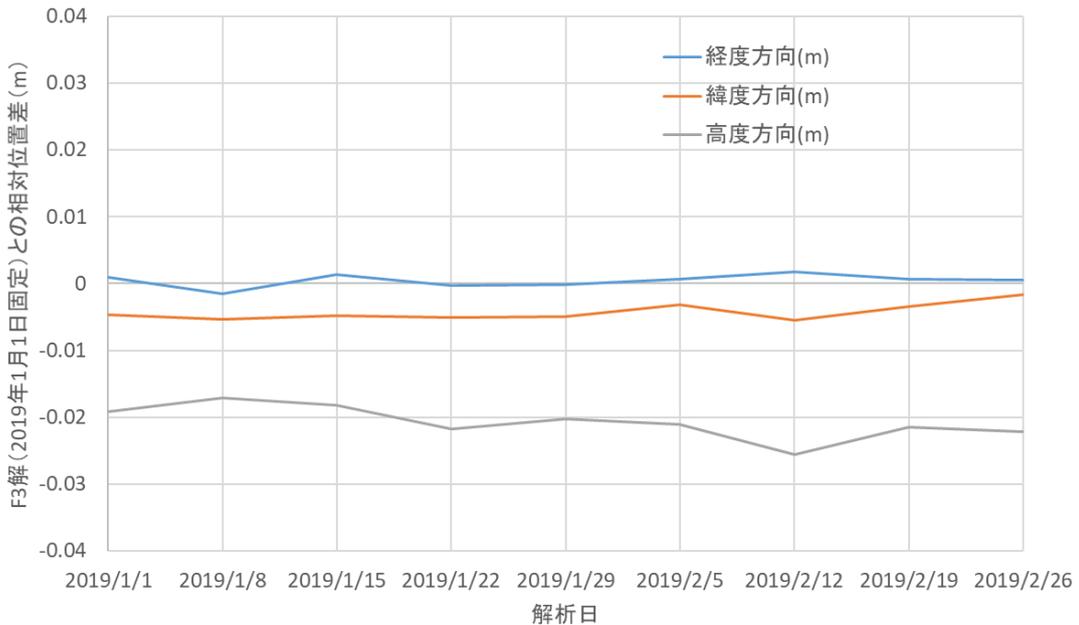


図 3.23 岩手大東→岩手川崎 1 の RTK 基線解析結果 (9 週分)

各地点での基線解析結果より、この7地点での相対位置は2ヶ月間でmm台の標準偏差であり、最大でも1~2cm程度（高度方向）しか動いていなかかった。実際には、GNSS観測値の誤差（数mm程度）も多少は含まれているため、本実験結果からは最大でも1~2cmの変動であろうと結論できた。このように、1mm未満は難しいものの、mmレベルでの変異をGNSSの高精度測位で検証できることがわかった。

3.2.1.3 海外民間企業との連携（インドネシアの南スマトラでユーカリ植林事業）

インドネシアの南スマトラでMHP（PT. Musi Hutan Persada、現地法人と日本企業との合弁会社）は、ユーカリ植林事業を行なっている。事業面積が296,400 ha（東京都の1.3倍の面積）と広大であるため、施業管理の効率化に関心が高い、そこでユーカリ植林地情報化プロジェクトを開始することとした。

現在、空間情報に関連する現況の施業・経営上の問題点は、1）高精度林分材積推定、2）除草剤散布作業の効率化、3）路面状態の悪化による交通途絶、4）違法入植問題、などがある。この中で、1）高精度林分材積推定手法の開発を共同で開始した。

伐採施業の効率化を図るために、林分材積をできるだけ正確に把握しておく必要がある。MHPは、UAV画像を利用して林分の概況を把握し、サンプリング調査により林分材積を推定しているが、推定精度と作業効率性に課題がある。また、撮影したUAV画像が有効に活用されていないことから、UAV画像を利用した林分材積の高精度推定手法の開発を行うことにした。手法開発とシステム化の概略を図3.24に示す。

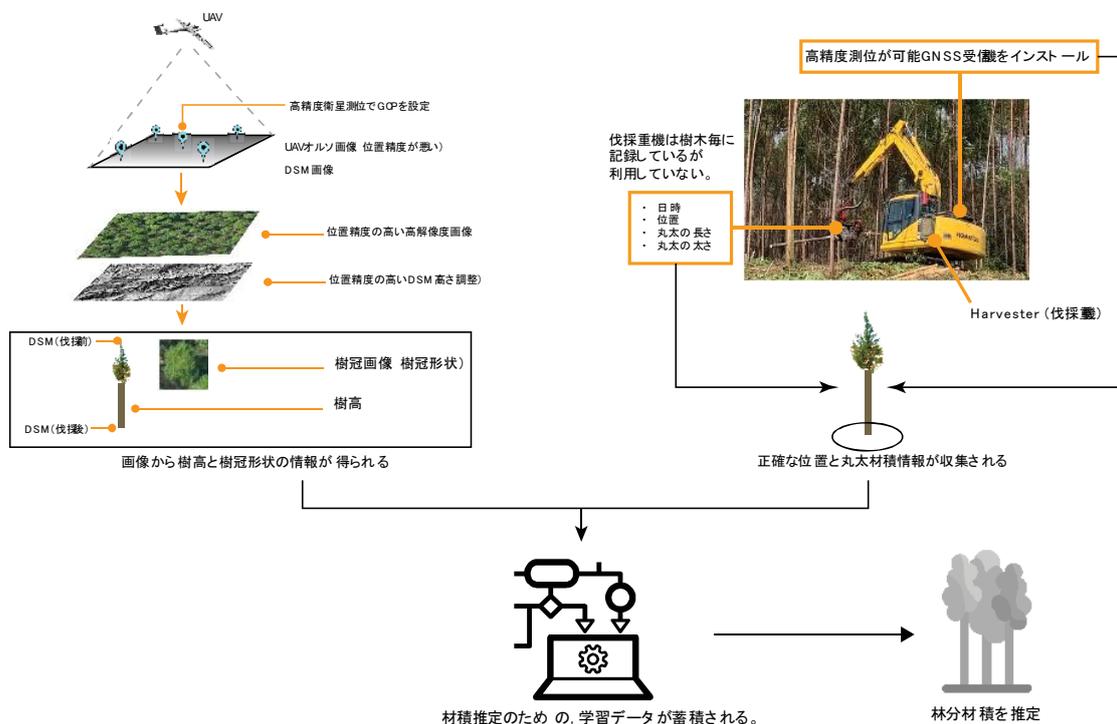


図 3.24 UAV画像を利用した林分材積の高精度推定手法の概略

今年度は、低コスト衛星測位受信機を使って電子基準点を設置し、試験地域で PPK-GNSS測位ができるようにした。また、PPK-GNSS測位によるGCPを使ってUAV画像の位置精度の向上を検証した。また、施業車両や重機にGNSSロガーを取り付け、フィールド情報と高精度位置情報をリンクさせる試験を開始した。

3.2.2 関連分野との基礎共同研究プロジェクト

AI や IoT 分野に関して、宇宙分野での応用可能性を拡大するため、AI 適用成果をマッピングシステム等へ応用、改善を実施した。特に、昨年度に開始した GeoVision の個別機能の開発を進めた。

1. NTT 空間情報から提供された空中写真データと、ニュージーランド政府がオープンデータとして公開する空中写真データを用いて、ディープラーニングによる超解像度手法および転移学習手法を開発した。
2. 長崎大学熱帯医学研究所と共同研究において、ディープラーニングにより高分解能衛星画像データから建物・家屋を全自動でマッピングする手法開発において、転移学習を適用することで建物・家屋の検出精度を向上した。

次年度は、これらの個別技術を GeoVision のプラットフォームとして統合するためのシステム開発を進めるほか、新しい個別技術の研究開発成果を GeoVision に取り込むための準備を進める。

Upscale Factor	Low Resolution	BICUBIC / PSNR	Super Resolution / PSNR
2		 27.081	 30.486
4		 23.723	 25.370
8		 20.277	 22.737

図 3.25 超解像度の適用例

3.2.3 国際機関等との連携

IS4D の連携力・営業力を拡大するため、アジア開発銀行、世界銀行との連携プロジェクトを立上げた。また、アジア・アフリカ等の拠点大学との連携プロジェクトを実施し、人材育成協力を行った。MGA や UNISEC-Global との連携の拡大を図った。

3.2.3.1 アジア開銀、世銀との連携プロジェクト

世界銀行が支援するアフリカ高等教育支援プログラムで来日した大学などの研究機関に所属する 16 名のアフリカの研究者を慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科の日吉キャンパスに 9 月 2 日（月）に招聘し、国際共同研究を支援する Africa Center of Excellence (ACE) プロジェクトと、若手研究者の博士号取得や産学連携を支援する Partnership for skills in Applied Sciences, Engineering and Technology (PASET) プロジェクトを通じた産学連携について議論した。



図 3.26 アフリカの研究者との産学連携の議論

アジア開発銀行とは、地球観測衛星データをはじめとした地理空間データを使ったインフラ開発プロジェクトの経済インパクト評価手法の研究を開始した。今年度には、Google Earth Engine に収録される時系列 Landsat 衛星データを使った都市成長を計量し、ケーススタディ対象プロジェクトの選定をおこなった。

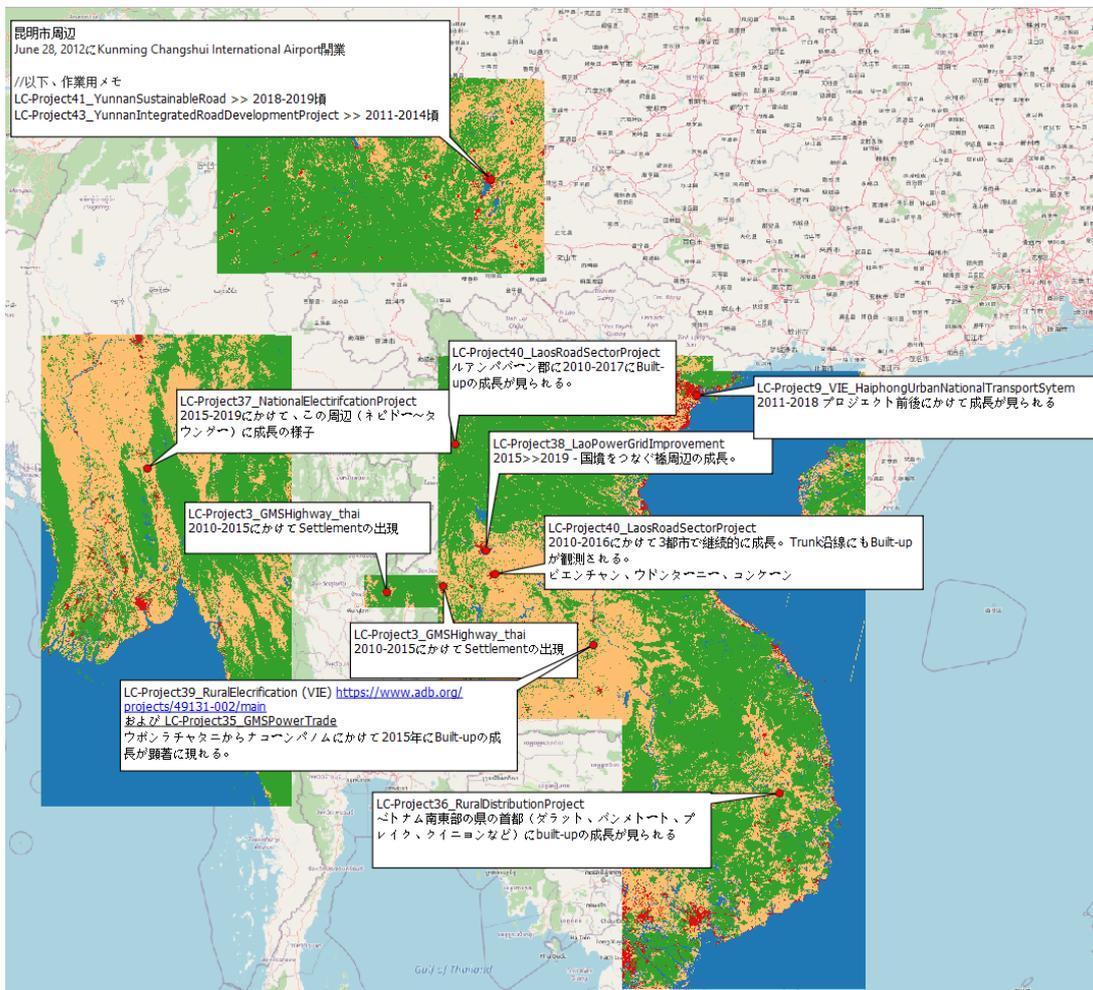


図 3.27 アジア開発銀行のインフラ開発プロジェクトと Landsat 衛星データによる都市成長マッピング

3.2.3.2 MGA（マルチ GNSS アジア）における活動

Multi-GNSS Asia (MGA) Conference は、8月27日（火）から30日（金）の4日間、タイ・バンコク郊外の IMPACT Muang Thong Thani で行われた。会期中には、衛星測位を運用している各国代表からの最新状況の講演や、アジア太平洋地域の研究機関や企業からの参加者による GNSS に関する講演では、農業や防災などに関する最新の成果が発表された。

若手研究者のコミュニティ形成を目的とした Young Professional Forum で、GNSS に関わる各国の若手研究者に加え、ブータンから参加した高校生が加わり、GNSS を活用して自国の社会課題を解決するためのアイデア創出ワークショップを実施した（25名参加）。また、4日目の8月30日は、タイ・シラチャの Space Krenovation Park で GNSS に関するデモンストレーションへ参加し、最新の GNSS 技術を体験した（25名参加）。



図 3.28 MGA における Young Professional Forum の様子

3.2.3.3 アフリカ等の拠点大学との連携プロジェクトに向けた情報交換・意見交換

2019年7月16日（火）、神戸・三宮にある神戸情報大学院大学(KIC)にて、アフリカ等の拠点大学との活動連携について議論した。神戸情報大学院大学からは学部長・副学部長・研究科長の3名、教授2名、タンザニアからの留学生1名含む学生2名、慶應義塾大学からは教員1名、ザンビアからの留学生1名含む学生3名、AMS 合同会社から1名の参加者が意見交換を行った。各大学と各学生の研究紹介を行うとともに、学生間の連携と情報交換、世界銀行やアジア開発銀行といった国際機関への接触、アフリカの課題を留学生やアフリカでの事業創出に関わる方々との対話を通してアフリカでの宇宙 IoT ソリューションを多様な参加者と創出するワークショップ開催の検討、ルワンダ訪問検討、アフリカの大学の情報共有などについて意見交換を行った。

3.2.3.4 ADPC への防災情報構築関連アプローチ

ADPC (Asian Disaster Preparedness Center, Bangkok, Thailand) は、アジア太平洋地域の災害に関係する情報を整備して配信している国際機関である。その活動の中で衛星画像を使ってメコン川流域の自然環境状況を把握し、自然災害発生リスクについて分析を進めている。災害の情報整備に関する課題について協議を行い、防災分野の専門国際機関と連携手法について検討した（11月、図 3.29）。



図 3.29 ADPC の情報誌システム説明

ADPC はリモートセンシングと GIS に関係する業務のために、衛星画像とクラウドでのデータ分析システム、データを格納するクラウドサーバーなど、Google から無償の提供を受けて運営している。情報整備を進めている一例として、メコン川流域の自然環境、土地被覆状況や洪水ハザードマップの整備を進めている。現況での課題は、この情報を元に選定される地域を対象にセミナーや訓練ドリルなどのプロジェクトの実施を増やすことと認識していた。

技術面の課題は、様々な大量な分野の情報を利用するために、分析前に情報を交互に参照できるように互換性を持たせることや、データに含まれるノイズ、誤ったデータの消去など自動処理ができないデータのクリーニング処理などが潜在的に必要なになっていた。特に大容量のビッグデータは内部の技術者だけで対応が難しい状況にあった。また、データ分析が担当者のスキルレベルに左右されるため、一連の分析処理の自動システム化を進めることで、情報提供の迅速化と経年の変化把握や時系列比較する場合の誤解釈が少なくなることが考えられた。

ADPC との協業は、スポット的な共同研究や業務委託を受ける形態になる。このため、ADPC が自前で処理できない情報整備やデータ処理、分析の技術面をサポートする形での協業を進めていくことにする。

3.2.3.5 高精度衛星測位技術利用海外ユーザーへの聞き取り

高精度衛星測位技術の活用普及面からの連携のあり方を検討するため、衛星測位による測量を業務にしている DNP (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand) の境界線測量部へ、業務内容と衛星測位測量の利用実態についての聞き取り調査を行った (11 月)。

DNP は国立公園を管理するため、公園の境界線を明確にして、保護管理しなければならない。特に、不法な侵入や侵食による公園の利用を摘発、規制する必要がある。

DNP では対象とする範囲が広いことから、衛星測量を導入して測量を行なっている。タイでは電子基準点の整備が進められていることから、その電子基準点を活用していることを予想していたが、公園設立時に設置した DNP 独自の測量基準点を利用している。この基準点にアンテナと受信機を設置し、無線信号で補正信号を送信することで、RTK-GNSS 測量を行なっている。

測量業務として森林地域の境界線測量では、従来の測量方法の一つとして衛星測量が利用されており、測位受信機などの機材や手法に対する改良、改善などの要求事項はなかった。ただし政府が行う境界線情報の構築においては、測量結果の精度を認証する必要があることを認識している。このため、測量は政府によって認証された測量チームが行うことになっている。DNPの担当部局は、衛星測位信号の脆弱性を認識しており、将来的に測量妨害が起るような場合は、対策を考えなければならないと考えていた(3.2.3.5)。



図 3.30 DNP 公園境界線測量部への聞き取り

3.2.4 投資機関等との連携

投資機関等と連携して、マッチング活動や人材育成、投資促進を実現するため、コンサルティングを通じて、海外拠点大学連携、共同研究等から得られた技術シードの事業化を検討した。

3.2.4.1 山口大学、フィリピン大学、ウダヤナ大学との3カ国連携

2019年度は、フィリピン大学ディリマン校工学部測地工学科と連携し、ADB(アジア開発銀行)、JICA(独立行政法人国際協力機構)フィリピン事務所等に対して、聞き取り調査やインターネットによる過去の公募事業調査と、フィリピンにおける研究課題やニーズを調査した。調査結果やフィリピン大学における今までの研究成果をもとに、公募事業への提案と事業化について協議を行った。衛星リモートセンシングおよび衛星測位技術の利用を下にした技術シードの事業化を検討した。

また、山口大学とフィリピン大学、ウダヤナ大学の3大学が連携し、JST(国立研究開発法人科学技術振興機構)の実施している「e-ASIA 共同研究プログラム (e-ASIA Joint Research Program; "e-ASIA JRP")」に応募を目指すこととした。日本、フィリピン、インドネシアの3カ国で多国間国際共同研究課題について、環境分野における「自然と人間のシステムに関する気候変動の影響と解決策」について、海洋および沿岸地域、異常気象と自然災害について検討した。具体的な内容を以下に挙げる。

- フィリピンおよびインドネシアにおける気候変動の RCP シナリオの現状を踏まえ内容を提案
- 沿岸環境の変化を衛星リモートセンシングや衛星測位で観測および監視

- フィリピンおよびインドネシアの政府機関に対し、観測結果を提供する仕組みの検討
- 1990年代から近年までの沿岸浸食の経年変化の観測
- 1990年代から近年までの沿岸の地盤沈下の経年変化の観測
- 沿岸域の海洋ゴミの検出手法の検討・ドローン利用の検討
- 沿岸域の水質汚染について監視手法の検討
- 沿岸域の海面上昇について衛星測位による監視
- 沿岸域の違法砂採取について監視手法の検討

3.2.4.2 アジア開発銀行のインフラ投資効果計量における宇宙利用

3.2.3.1 にて述べたアジア開発銀行によるインフラ開発プロジェクトのインパクト評価手法の適用に関して、実施コストや費用対効果、適用技術の有用性と制約をコンサルティングした。その結果、1992年から続く **Greater Mekong Subregion** プログラムで実施された過去のインフラ開発プロジェクトの効果を計量するパイロット事業を実施することになった。

3.3 国際的な人材育成力の強化

国際的な舞台で活躍するプロを目指す人材育成プログラム及び世界を対象に幅広く宇宙インフラの利用を学ぶ人々を対象とした教育プログラムを立ち上げた。なお我が国の大学等がすでに実施している人材育成プログラムについても、教材の海外発信等を本拠点が代行・支援した。

3.3.1 プロ育成コース

先端的研究能力（博士相当）、ビジネス開発能力、社会課題発掘能力を備えた宇宙利用のプロを大学院生等から選抜して育成するため、投資家や実務家から定期的にコンサルティング等を受ける機会を設けるなど、改良を行なった。

プロコースセミナーを2回開催した。このセミナーの目的は、大学院博士課程学生や若手研究員が宇宙利用に関係する研究や事業の計画や成果を発表し、専門家や事業経験者がアドバイスやフィードバックを行い、それぞれの研究や事業の価値向上につなげると共に、参加者同士の連携のきっかけを創出した。セミナー1回目は2019年12月10日（火）、2回目は2020年2月19日（水）に開催した。慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科、東京大学空間情報科学研究センター、東京海洋大学海事システム工学部門、山口大学応用衛星リモートセンシング研究センターより1回目は計9名、2回目は計6名が発表を行い、様々な参加者の方々と議論を深めた。全体討議では、海外にサービスを展開する際のユーザーのモバイルリテラシー、フィールドセンサーなど信頼性の高いデータを取得するための最適な技術手段、費用対効果の分析などについて質疑応答が行われた（図 3.31、図 3.32）。（巻末資料 6.1 に各発表者の発表テーマとその概要を記載した）



図 3.31 プロコースセミナー第1回目



図 3.32 プロコースセミナー第2回目

3.3.2 ワールドスペーススクール

基礎的・広範な技術知識の共有を世界規模で行うことを目指し、我が国の大学等の人材育成活動と連携し、世界への教育情報発信ハブとなるため、教材や講義機会の拡充を続けるとともに、海外拠点との連携を通じて国際的なアウトリーチを強化した。具体的に、九州工業大学が実施する BIRDS 衛星開発プロジェクトと連携したほか、UNISEC GLOBAL、東京大学、慶應大学、日本宇宙フォーラムが JICA 事業として共同実施するベトナムの人材育成事業と連携した。

2018 年度において試験的に開始した人材育成プログラムワールドスペーススクールのコンテンツのサービス配信をエジプト、ルワンダ地域に対して、2020 年 1 月～3 月の間、提供した。

加えて、教育コンテンツ強化のために、2019 年 5 月～10 月に渡り、宇宙情報の活用に必要な IT 基礎講座プログラムの検討を行った。実際に講師により E ラーニングコンテン

ツを活用したプログラムを東京大学関係者に試行し、今後活用すべき教材に向けての検討を実施した。

また、エジプトにおいて2020年2月23日-2月26日まで宇宙利用のハンズオンプログラム実施において、コンテンツを提供するとともに解説を行った。

3.4 国際的なアウトリーチ力の強化

世界銀行やアジア開発銀行などと連携して、SDGs への宇宙インフラの貢献の重要性を継続的に訴え、同時にデータ政策などの検討・情報発信を行った。

3.4.1 SDGs への貢献

4月22日に文部科学省宇宙開発利用課と協力し、Space for SDGs 会合を開催し、優良事例の事例紹介等を行った。特に、東京大学による国際協力活動、UNISEC による人材育成、ベトナムにて実施した人材育成、ルワンダにて UNDP と共同実施した宇宙 IoT による気象観測の実証、アジア開発銀行の宇宙利用プロジェクトの事例を紹介した。それらにもとづき、今後の産学官連携による SDGs 貢献のプラットフォームの在り方について議論を行った。

また、11月のワシントン D.C.訪問時に、世界銀行等と具体的案件の取り組みを進め、優良事例の事例紹介等を行った。具体的には、エボラ危機の際に ITU (International Telecommunication Union) との共同研究で実施した携帯電話 CDR を使った人流データの解析による感染抑止策の検討事例と、その研究で開発したデータプラットフォームを紹介し、世界銀行のプロジェクトでの有用性について議論した。さらに、国際機関 SDGs 向けの技術や、3.1.3 に示したデータプラットフォームの利活用に向けた検討を行った。

3.4.2 政策形成等

平成31年4月24日～26日にモロッコのマラケシュにおいて開催された国際宇宙航行連盟 (IAF) 主催の Global conference on space for emerging countries (GLEC2019) において、本事業におけるアフリカとの衛星開発・人材育成の報告がなされた。さらに令和1年11月にウィーンにおいて国連宇宙平和利用委員会 (COPUOS) 主催の世界宇宙フォーラムにおいても、同様に本事業を中心に取り組みが進められている宇宙分野人材育成活動の報告がなされた。

また、令和1年8月に開催された TICAD 7 におけるアフリカ宇宙フォーラムに置いても宇宙分野の人材育成についての発表を実施したほか、エジプト科学技術研究大臣と東京大学の間で、アフリカ宇宙庁を見据えたアフリカにおける宇宙開発利用における人材育成に向けた協力を進めるための協力趣意書 (LOI) に署名した。これらの議論を踏まえて、前述のとおり、2月にはエジプトにおいて、アフリカ宇宙庁およびエジプト宇宙庁との協力について協議を実施するとともに、ハンズオントレーニングを実施した。

さらに2019年8月に日 ASEAN 科学技術協力委員会において報告を行い、ERIA によってまとめた宇宙・地理空間技術協力の方向性に加えて本事業で進める人材育成についての紹介も行った。

以上の活動等を通して、G20 に向けた「質の高いインフラ」等の内閣府におけるとりまとめにおいて、インプットやロビイングを進めた。その結果、大阪 G20 サミットによって承認された「質の高いインフラ投資に関する G20 原則」に基づく、「質の高いインフラ」の宇宙事例として、本事業の取り組みが「Space Inclusion」として取り上げられた。

3.5 宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討

ガバナンス・ファイナンスのあり方を具体的にデザインした。その際、多方面の外部有識者等の支援を受けた。

3.5.1 ガバナンス

拠点のガバナンスのあり方をデザインし円滑な立ち上げを可能にするため、産業創成、社会貢献、宇宙政策などの観点から、運営体制をデザインするために、既存の取り組みのヒアリングおよび調査を行った。各種制度の調査を行った結果として、イギリスにおける NPO として新規事業創出インキュベーションを実施するカタパルトや、我が国の技術研究組合、または株式会社、NPO 法人、一般社団法人等が今後の人材育成と事業組成をセットで実施する組織の体制の案としてありうるという見解の元、関係者からのヒアリングを実施した。

意思決定・合意形成の仕組みについても詳しく検討する必要がある。次年度には今年度に行なった社会産業サービスシステムデザインの手法等により、運営体制を多面的に分析することで、意思決定・合意形成の仕組みについて検討を深める。

3.5.2 ファイナンス

上記の方針から技術研究組合、各法的人格や組織の体制としてのファイナンス組成の方法、メリットデメリットについての検討を行うために、関係しうる、または本取組に参加関心がある企業約 20 社からのヒアリングを実施した。その上で、現在の活動からのビジネスモデルの検討を深め、新たな活動の柱について定めた。

表 2 新たな活動の検討結果

活動内容	詳細
コア技術の研究開発	「超小型衛星を利用した宇宙インフラ」、「リモートセンシング」、「データサイエンス」、「高精度・高信頼性衛星測位」を国際的にリードする専門家・研究者による大学コンソーシアムを形成し、研究開発を進める。
企業等との共同研究や実証プロジェクト形成	「社会産業サービス・システムデザイン手法」を用いて社会課題を解決するプロジェクトの実施と共同研究の連携を行い、企業や公共機関と協働する。
人材育成	実証プロジェクトから事業化に向けた規模の拡張に必要な人材を適切なタイミングで投入できるように、計画的に人材育成を継続する。

3.5.3 成果報告

本来、成果報告会、シンポジウムを実施予定であったものの新型コロナ対策の観点からシンポジウムについては中止として、ウェブサイトを利用して社会への情報発信と啓蒙普及を行った。

4 まとめ

本事業で構築する拠点は、持続した宇宙インフラ技術の研究開発のために、技術の応用利用を促進して社会の課題解決や発展に寄与し、そのことにより研究開発への投資が生じる環境を整備するものである（図 4.1）。このエコシステムの実現により、継続的なコア技術の研究開発、およびコア技術がもたらす社会の課題解決と発展が、研究開発に対する投資を通じて循環する。その結果、共同研究を実施する企業等をはじめとした関連産業において先端技術を利用した事業の促進等の波及効果が期待される。

拠点構想段階では大学コンソーシアムを形成して、「超小型衛星を利用した宇宙インフラ」、「リモートセンシング」、「データサイエンス（衛星データ・地理空間データの統合解析）」、「高精度・高信頼性衛星測位」をコア技術として研究開発を行い、「社会産業サービス・システムデザイン手法」を用いて社会課題を解決するプロジェクトの実施と共同研究の連携を行い、企業や公共機関と協働する土台づくりを開始した。同時に、持続した環境にはプレイヤーが必須であることから、最新の技術と社会の課題を理解・利用できる人材も育成した。

この仕組みを運営する体制とそのガバナンス、ファイナンスのあり方を検討した。

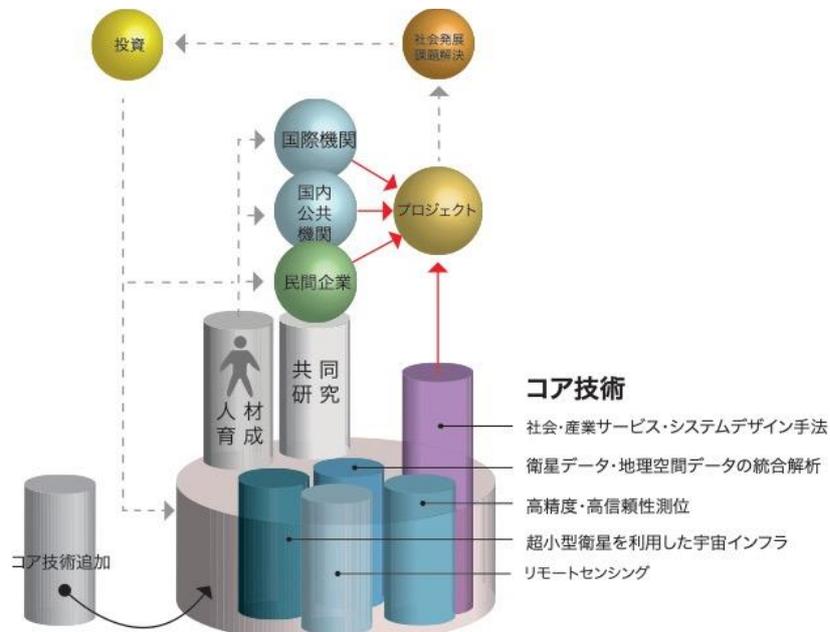


図 4.1 形成する拠点のエコシステム概念

4.1 コア技術の開発

超小型衛星を利用した宇宙インフラ技術：

本事業で開発を行ったドップラーシフト機能搭載 S&F 受信器を搭載した RWASAT-1 衛星の打ち上げに成功し、今年度開発した地上通信用アンテナを用いた実験で、RWASAT-1 との通信実験に成功した。

リモートセンシング技術：

衛星画像（光学・SAR）からの情報抽出と利用技術を開発し、UAV にも援用するため、AI を利用した衛星画像からの特徴抽出手法を検討するとともに、既知の参照情報を利用して、トレーニングデータを構築した。

SAR 衛星画像からの情報抽出と利用技術を開発した。洪水の検出を目的とし、2018 年度の成果をもちいて、最適な教師データの構築を実施した。SAR 衛星の特徴を活かし、マイクロ波反射複素強を利用し、U-net による特徴抽出により洪水域の検出を行った。この結果

により、U-net による機械学習は、洪水害の土砂災害域の検出や、光学衛星や UAV 画像等への応用も十分に可能であることを確認した。

データサイエンス：

衛星データと他データ（モバイルデータ等）との統合解析技術を開発するため、携帯から大量の位置データをマッピングするプラットフォームを構築した。

高精度・高信頼性測位技術：

高精度測位のコモディティ化技術と、位置認証サービス技術を開発するため、GNSS 基準点設置大学との連携を強化するとともに、位置認証サービスの地上実験と手法改良を実施した。

社会・産業サービス・システムデザイン手法の開発：

多様な場面に適用できるシステムデザイン手法を開発し、人材育成へ適用するため、複数の社会課題を対象に課題の分析から宇宙サービス・システムのデザインに至るまでのプロセスを開発・検証した。

4.2 連携力・営業力の強化

産学研究プロジェクト：

地域活性化のために地域の社会ニーズを理解し効果的な地方自治体や企業との連携方法を検討した。地方自治体の保有データを取り入れ地域活性化や防災等を念頭に地域産業との産学連携を実施するため、民間企業との産学研究プロジェクトの事業化検討を開始した。2019 年度は、山口県下関市にある土井ヶ浜の海岸浸食を活用事例として地域問題について取り組んだほか、国際リニアコライダーの建設候補地に関する電子基準点データの相対変異調査を実施した。

関連分野との基礎共同研究プロジェクト：

AI や IoT 分野に関して、宇宙分野での応用可能性を拡大するため、長崎大学熱帯医学研究所および NTT 空間情報と AI×画像解析分野で共同研究を実施した。

国際機関等との連携：

IS4D の連携力・営業力を拡大するため、アジア開発銀行、世界銀行、アジア・アフリカ等の拠点大学、国際連合、MGA（マルチ GNSS アジア）等との連携を開始した。

投資機関等との連携：

投資機関等と連携して、マッチング活動や人材育成、投資促進を実現するため、人材育成と関連付けつつ、投資機関等の専門家とのコンサルティング機会を組織的に作った。

山口大学とフィリピン大学、ウダヤナ大学の 3 大学が連携し、JST(国立研究開発法人科学技術振興機構)の実施している「e-ASIA 共同研究プログラム (e-ASIA Joint Research Program; "e-ASIA JRP) 」に応募を目指した。日本、フィリピン、インドネシアの 3 カ国で多国間国際共同研究課題について、環境分野における「自然と人間のシステムに関する気候変動の影響と解決策」について、海洋および沿岸地域、異常気象と自然災害について検討した。

4.3 国際的な人材育成力の強化

プロ育成コース：

先端的研究能力（博士相当）、ビジネス開発能力、社会課題発掘能力を備えた宇宙利用のプロを大学院生等から選抜して育成するため、博士学生、若手研究者を対象に研究、ビジネス、課題発掘の専門家が1対1で指導するコースを開始した。

ワールドスペーススクール（WSS）：

基礎的・広範な技術知識の共有を世界規模で行うことを目指し、我が国の大学等の人材育成活動と連携し、世界への教育情報発信ハブとなるため、我が国の大学等の宇宙関連 e-ラーニング教材等を幅広く収集し WSS から発信した。これまでの宇宙技術のみならず、具体的な利用に結び付けるために必要となる IT スキルの基礎についての教材を拡充するとともに、実際の試行によってユーザーインターフェースとユーザー体験の向上を図った。

4.4 国際的なアウトリーチ力の強化

SDGs への貢献：

世界銀行、アジア開発銀行等と連携し SDGs に資する宇宙技術の実装を推進し、アジアやアフリカにおける具体的な案件への宇宙活用を開始した。これまでの活動の成果を踏まえて、アフリカ開発銀行、国連、世界銀行との協議を実施している。また、特に、これらのアウトリーチの成果もあり、新型コロナ対策を受けて、アフリカ各国および国際機関から本事業によって進めてきた技術の利用についての問い合わせや協力依頼が多く寄せられており、2020 年度に向けて、各種対応を進めている。

政策形成等：

世界銀行、アフリカ連合やスマートアフリカ、アフリカ開発銀行、ASEAN 等との会合を開催し、データポリシー等を検討し、政策形成を支援した。宇宙・地理空間情報技術は、防災や環境等の SDGs の個々の目標やイシューに対する解決策を提示するという点での直接的貢献は難しいものの、全体のモニタリングや横断的な技術によって全体の能力向上に貢献できるため、実際に銀行におけるインパクト評価や戦略策定、政策形成に有益である点について共通理解が得られつつあり、具体的な取り組みや枠組みの検討を進めていく方向性が確認された。

4.5 宇宙利用連携研究・教育機構の運営方法・体制の検討

ガバナンス：

拠点のガバナンスのあり方をデザインし円滑な立ち上げを可能にするため、宇宙利用連携研究・教育機構のガバナンスを検討する暫定的アドバイザーボード会議として有識者からのヒアリングを実施した。その結果として、我が国の技術研究組合、または株式会社、NPO 法人、一般社団法人等が今後の人材育成と事業組成をセットで実施する組織体制がありうる事が分かった。

ファイナンス：

研究所のファイナンスのあり方をデザインし、円滑な立ち上げを可能にするため、宇宙利用連携研究・教育機構の経営戦略を検討した。今後、具体的にこれらの戦略に基づきファイナンス組成を行うための枠組み、契約モデルなどを策定していく必要がある。

4.6 その他

新型コロナウイルスの影響により、成果報告会やシンポジウムの開催ができなかったため、ウェブサイトの利用も加えて社会への情報発信と啓蒙普及を行った。

5 学会等発表実績

委託業務題目「社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D) の構築」

機関名：国立大学法人 東京大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Applications of SENTINE L-1 Synthetic Aperture Radar Imagery for Floods Damage Assessment: a Case Study of Nakhon Si Thammarat, Thailand.	Dadhich G, Miyazaki H, Babel M	ISPRS Geospatial Week 2019	2019/6	国外
Multi-Hazard Risk Assessment in Urban Planning and Development Using AHP	Sharma, A, Miyazaki, H	Gi4DM 2019 – GeoInformation for Disaster Management	2019/9	国外
Urban Growth Modeling using Historical Landsat Satellite Data Archive on Google Earth Engine	Miyazaki H, Bhushan H, Wakiyama K	2019 First International Conference on Smart Technology & Urban Development (STUD)	2019/12	国外
Utilizing User Generated Contents to describe Tourism Areas of Interest	Devkota B, Miyazaki H, Pahari N	2019 First International Conference on Smart Technology & Urban Development (STUD)	2019/12	国外
量産化を目指した 3U-Cube Sat 標準バス「TRICOM 2」の開発成果と ISS からの放出計画	青柳賢英, 松本健, 小畑俊弘, 中須賀真一	第 63 回宇宙科学技術連合講演会	2019/11	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Development of an Innovative Land Valuation Model (iLVM) for Mass Appraisal Application in Sub-Urban Areas Using AHP: An Integration of Theoretical and Practical Approaches	Bencure JC, Tripathi NK, Miyazaki H, Ninsawat S, Kim S, Minsun	Sustainability	2019/7	国外
Using Volunteered Geographic Information and Nighttime Light Remote Sensing Data to Identify Tourism Areas of Interest	Devkota B, Miyazaki H, Wityangkurn A, Kim SMinsun	Sustainability	2019/8	国外
EpiNurse, Health Monitoring by Local Nurses on Nepal Earthquake 2015	Kanbara S, Pandey A, Estuar M Regina E, Lee H Ju, Miyazaki H	Public Health and Disasters: Health Emergency and Disaster Risk Management in Asia.	2020/2	国外

機関名：学校法人 慶應義塾

1. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所 （学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・ 外の別
平成 30 年度成果報告会と セミナー開催	神武直彦	GIS NEXT 第 67 号	2019/4	国内
システム×デザイン思考に よる Google Earth Engin e 活用キャンプ開催	神武直彦	GIS NEXT 第 68 号	2019/7	国内
バンコクで“Space Data D riven Solution Workshop 2019”開催	神武直彦	GIS NEXT 第 69 号	2019/10	国内
宇宙ビジネス拠点 X-NIHO NBASHI にてプロコースセ ミナー開催	神武直彦	GIS NEXT 第 70 号	2020/1	国内

機関名：国立大学法人 東京海洋大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
準天頂衛星の補強信号に関する実験結果の報告	青木京平	宇宙・航行エレクトロニクス研究会 SANE	2020/2	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
低コスト GNSS 受信機の性能評価に関する研究	久保 信明、高橋 漱、山口 範洋、横島 喬	応用測量論文集	2019/7	国内
電波伝搬シミュレーションによるマルチパス環境における RTK-GNSS 測位の FIX 状況予測	古川 玲, 久保 信明	測位航法学会論文誌	2019/8	国内
Contribution of QZSS with four satellites to multi-GNSS long baseline RTK	Yize Zhang , Nobuaki Kubo, Junping Chen, Feng-Yu Chu, Hu Wang , Jiexian Wang	Journal of Spatial Science	2019/10	国外

機関名：国立大学法人 山口大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Forest classification by tree species with UAV data and U-net（口頭）	Ei Matsui, Masahiko Nagai, Yumiko Nagai, Tsuyoshi Eguchi, Shoji Okamoto and Yoshiaki Mizukami,	Asian Conference on Remote Sensing, Daejeon, Korea	2019/10	国外
Automated extraction of water bodies from Alos-2 images using U-net and rough training set（口頭）	Vaibhav Katiyar and Masahiko Nagai,	Asian Conference on Remote Sensing, Daejeon, Korea	2019/10	国外

**社会サービスデザインに基づく
持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D) の構築
プロセスセミナー**



博士課程に相当する学生や研究員（事業を考えている方や博士学位を持った研究員など）が研究計画や成果を発表し、専門家や事業化経験者が質問やフィードバックを行うセミナーです。全体討議も行い、社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点の構築に向けて意見交換を行い、次の一手につなげていきます。

日時：2020年02月19日（水）14:00-17:30（開場：13:30）

場所：宇宙ビジネス拠点 X-NIHONBASHI

東京都中央区日本橋室町 1-5-3 福島ビル 7 階（参照）<https://www.x-nihonbashi.com/#access>

参加：上記に興味おありの方はどなたでもご参加頂けます。

登録：席の調整などありますので、参加下さる方は、以下のアドレスにお名前・所属・連絡先をご連絡下さい。



主催：社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D)

後援：文部科学省

アジェンダ

14:00-14:10	顔合わせ
14:10-17:00	研究・取り組みについての発表と議論（発表 15 分、質疑 15 分）
14:10-14:20	■■■■先生（LocationMind） 「LocationMind の事業概要について」
14:20-14:50	■■■■（山口大学・博士課程） 「衛星データによる竹富島の沿岸環境変化に関するモニタリング手法の研究」
14:50-15:20	■■■■（東京海洋大学・学部 4 年生） 「簡易型 GNSS モニタリング装置の開発とその利用」
15:20-15:50	■■■■（東京大学・博士課程 2 年） 「Human Path Forecasting in Complex Scenarios」
15:50-16:00	休憩
16:00-16:30	■■■■（慶應義塾大学・研究員） 「極域における電離圏変動を考慮したマルチ GNSS による高精度測位システム的设计」
16:30-17:00	■■■■（慶應義塾大学・博士課程） 「早期警報システム導入のための宇宙・地上インフラ連携アーキテクチャの構築」
17:00-17:30	全体討議

図 6.2 プロコース第 2 回目プログラム

「昨今の干渉欺瞞信号に対する受信機耐性と廉価版高精度受信機の情報共有」（東京海洋大学・修士課程）

GNSS（全球測位衛星システム）を利用するシステムにおいて脅威となるスプーフィング（なりすまし）についての研究を実施。各種市販受信機に実際にスプーフィング信号を入力した実験の結果を報告し、GNSS 衛星の空間的配置を利用した 2 種類の検出手法（2 偏波アンテナ利用と GNSS コンパス利用）を紹介。

「衛星データによる竹富島の沿岸環境変化に関するモニタリング手法の研究」（山口大学・博士課程）

衛星リモートセンシングを用いて離島振興に寄与する管理・監視手法を開発・検討。沖縄県竹富島の沿岸環境を対象に、衛星データを用いた 10 年間の海表面温度変化、海面色によるサンゴ分類、島の形状変化、海底地形把握の評価を実施。サンゴ礁の植生変化の分析は、インドネシアやフィリピンにおけるサンゴ礁の養殖に応用を期待。

「早期警報システム導入のための宇宙・地上インフラ連携アーキテクチャの構築」(慶應義塾大学・博士課程)

災害多発地域に対する早期警報システムの導入支援を目的とし、GNSS と地上インフラを連携させたアーキテクチャを提案。既存のシステムや宇宙・地上インフラ連携アーキテクチャの分析を進め、冗長性や相互運用性、マルチハザードリスクを考慮したアーキテクチャを設計。プロトタイプを用いた実証やGIS(地理情報システム)シミュレーションによる評価を継続中。

「カンボジアの小規模農家を対象とした衛星データとモバイルデータを用いた貸与リスク評価」(慶應義塾大学・博士課程)

小規模農家への金融サービス提供に貢献するために、金融データではないデータで各農家の貸与リスクを算出することが目的。カンボジアのフィンテックベンチャーであるAGRI BUDDY Ltd. と協働し、スマートフォンを介して農作業データを収集する共に、地球観測衛星を用いることで農地データを収集し、それらを組み合わせて貸与リスク評価を算出するシステムデザインを研究。

「異種ビッグデータを用いた熱中症リスクの評価」(東京大学・博士課程)

地図上のPOI(関心地点)とROI(関心領域)を決定し、人工衛星、Googleストリートビュー、オープンストリートマップといったサービスが提供する写真と重ね合わせて熱中症リスクが高い地域を特定するアプリケーションを設計。東京を訪れる外国人観光客を対象としたシミュレーションを実施。

「深層強化学習を用いた災害復興過程における企業サプライチェーン行動の最適化制御」(東京大学・修士課程)

災害後のサプライチェーンが効率的な復興ができるように、個別企業の挙動を機械学習の手法を用いて最適化。事例として、荒川の洪水シミュレーション解析を実施。分析結果は、水害BCP(事業継続計画)の策定時の判断材料として活用を期待。

「UAVとU-netを用いた森林の樹種分類」(山口大学・博士課程)

U-netアルゴリズムを用いて、木材生産で利用される針葉樹の中のスギとヒノキを対象にUAV画像を取得し、樹種分類を行い、その有効性を評価。本研究により、森林に関する知識が必要な針葉樹の樹種境界判別を実現。今後の課題は他の森林地域への適用、飛行高度・日射量・林齢や学習データセット削減と判別精度の関係分析、樹木本数の決定など。

「廉価版高精度受信機に関する情報共有」(東京海洋大学・修士課程)

廉価版高精度受信機の利用拡大を目指して受信機の使用手法や、GNSSを利用した実験結果について公開。現在はGNSS TUTORというウェブサイトで各大学や企業からの問い合わせに応じて回答し、GNSSロガーなどの実験機材や性能について紹介。今後はGNSS TUTORを見やすく改修し、情報を追加。