



報告

2015年度GROWTHプロジェクト事業報告

Report of GROWTH Project for Fiscal Year 2015

佐藤 奈穂子¹, 森田 克己¹, 秋山 演亮¹

¹ 和歌山大学宇宙教育研究所

九州大学が代表となるGROWTHプロジェクトにおいて、和歌山大学は和歌山局12mパラボラアンテナを用いたCYGNSS衛星の受信のための整備を進めている。CYGNSS衛星は、2016年10月に打上予定のGNSS-R観測衛星である。GROWTHプロジェクトは、GNSS-R観測手法の確立とともに、GNSS-Rコミュニティの創出を目指している。今年度の和歌山局は、復調器の調達を行っている。2016年度にはCYGNSS衛星のEM（開発モデル）との噛み合わせ試験を行い、和歌山局受信系の機能確認を行う予定である。

キーワード: 超小型衛星, 地上局, GNSS-R

1. 背景

九州大学 市川香教授が代表を務める研究プロジェクト「GNSS 反射信号を用いた全地球常時観測が拓く新しい宇宙海洋科学」が、文部科学省が募集する平成26年度宇宙航空科学技術推進委託費の宇宙科学研究拠点形成プログラムに採択された。和歌山大学は、このプロジェクトの共同参画機関として、九州大学、(株)IHIとともに共同研究を行っている。実施期間は、平成26年度～28年度の3年間である。

このプロジェクトは、「GROWTH (GNSS Reflectometry for Ocean Waves, Tides and Height)」の愛称で呼ばれている。本稿では、このプロジェクトの概要と本年度の大学の取り組みを紹介する。

2. GROWTHプロジェクト

2.1 プロジェクト概要

GROWTHプロジェクトは、海洋科学と宇宙工学の融合により新しく創出されたGNSS-Rという観測手法を用いて、海洋観測に新たな分野の形成を目指している。具体的には、GNSS-R観測データの取得・配信システムの整備や、データ解析手法の開発・検証・確立を通じて、コミュニティの拠点形成を進める。

GNSS-Rとは、GPS等の測位衛星（GNSS衛星）からの信号が、海面等で反射（Reflection）される事を

利用した、新しいリモートセンシング手法である。GNSS-Rの観測イメージを図1に示す。既存のGNSS衛星を用いることにより、観測者は、受信機能だけに特化した省機能の小型衛星により観測データを取得できる。小型衛星は、GNSS衛星からの直接波と海面からの反射波を比較する事により、波高や潮位、風速などの情報を得る。

この手法により、従来の船舶観測や沿岸の観測塔ではカバーしきれない海域のデータを取得可能となる。また、従来の高精度大型衛星により得られるデータに比べ精度が劣るが、小型衛星群によるコンステレーションを用いることにより、観測可能な海域と頻度を大幅に向上させることが可能である。将来的には、

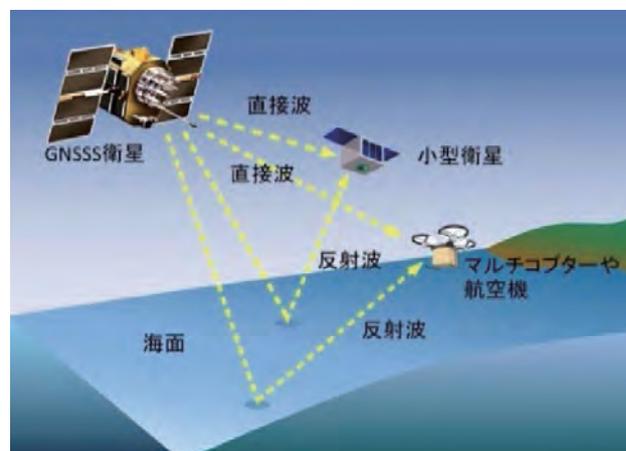


図1 GNSS-Rイメージ (GROWTHプロジェクトより)

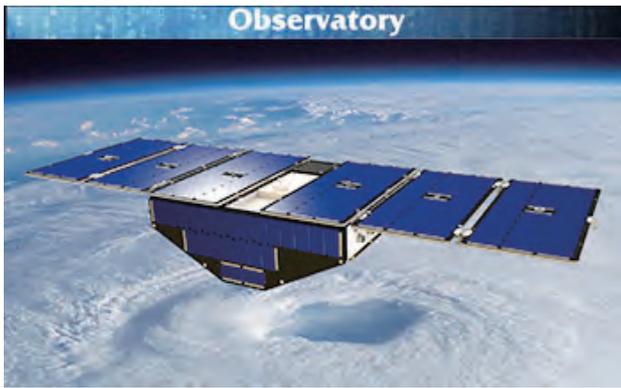


図2 CYGNSS衛星イメージ
(引用：CYGNSSプロジェクト¹⁾)

GNSS-Rを活用する事により、短時間で変化する現象や移動速度の速い現象を捕えることが可能となり、台風や爆弾低気圧、津波などへの理解が深まり、これらの状況把握や災害予測に役立てる事が期待される。

本プロジェクトでは、GNSS-Rデータ取得のための小型衛星として、2016年秋に打上予定のCYGNSS衛星を用いる。なお、衛星開発は本プロジェクトに含まれないが、衛星受信局の整備については和歌山大学が担当をしており、詳細を後述する。

事業期間3年間の年次計画においては、コミュニティ立上げのため、毎年の研究会の開催を行い、また、平成27年度には夏の学校を開催している。また、平成28年度後半にはCYGNSS衛星が打ち上がるため、実際の衛星データ受信を開始する。また、それと並行して、比較のための海上での取得データの集積とデータ利用環境の整備やデータベース構築を進めている。

2.2 CYGNSS衛星

CYGNSS衛星とは、ミシガン大学のChristopher Ruf教授が代表となるCYGNSS (Cyclone Global Navigation Satellite System) プロジェクトの打上げのGNSS-R観測のための超小型衛星群である¹⁾。ミシガン大学を筆頭とし、NASAやSwRI (Southwest Research Institute) などとの協力で進められている。

CYGNSS衛星のイメージを図2に示す。ソーラーパネルを広げた形が白鳥(キグナス：はくちょう座)に見える事からその名が付けられた。重量25kgの超小型衛星8機がコンステレーションを組み、位相角45°で軌道上に展開する。このようなコンステレーションにより、既存の大規模衛星よりも高頻度の地球観測を実現する。打上予定日は2016年10月17日で、8機を一

度に打上げる。

CYGNSS衛星のターゲットは、その名前が示すように、熱帯低気圧(Cyclone：サイクロン)である。雲にかくれて可視光で見る事ができないサイクロンの中心部の海上風速を、電波(GNSS信号)を用いる事により高頻度で観測を行うことが可能となり、その風の生成や風速の増強の物理(湿潤大気熱力学、放射や対流力学等)の理解に迫る。この結果は、サイクロンの状況把握や予測に役立てる事ができる。この目的のため、GNSS-Rという新しい技術を用いる。CYGNSS衛星の運用を通して、GNSS-Rデータ解析手法の確立をめざし、この観測手法の有用性を広げる。

日本のGROWTHプロジェクトは、このCYGNSSプロジェクトと共同研究を行う。CYGNSS衛星運用のための地上局は、ハワイ・チリ・オーストラリアの3局が準備されているが、4局目に、和歌山局がミッションデータダウンリンク専用局として、名乗りを上げている。

2.3 和歌山大学の役割

CYGNSSプロジェクトでのアメリカ側のターゲットがサイクロンであるのに対し、GROWTHプロジェクトでの日本側のターゲットは、日本近海で発生する台風や爆弾低気圧である。これらの気象現象を高頻度で観測することにより、短時間で状況が変化するこれらの現象への理解が深まり、状況把握や予測に役立てる事が期待される。また、津波や潮の満ち引きによる潮位の変化もターゲットとする。

これらの観測において、CYGNSS衛星8機それぞれが、高頻度なGNSS-R観測を行い、それらの得られる生データは膨大な量となる。そこで、衛星から地上局へのデータのダウンリンクを効率的に行うために、生データの多くは軌道上でのデータ処理を行ってデータ量の圧縮をし、一部の生データしかダウンリンクしない運用が想定される。また、その圧縮処理は、CYGNSSプロジェクトのターゲットとなる風速情報が優先されると考える。一方で、GROWTHプロジェクトが目的とする情報を得るためには、処理された風速情報だけではなく、潮汐や津波などと関連の深い海面高度など他の情報を含む、生データを得る必要がある。GROWTHプロジェクトは、和歌山局でミッションデータ受信を行う事により、ダウンリンク可能なデー

容量が増え、日本近海でのGNSS-R生データを得られる機会が増えると考えられる。一方で、CYGNSSプロジェクトは、和歌山局の参加により、純粋に、より多くのデータをダウンリンクする事が可能となる。

3. これまでの進捗

3.1 12m アンテナの改修計画

和歌山局の電波観測通信施設には、直径12mと3mのアンテナが設置されている。これらのアンテナは、現在、週2回の頻度で、和歌山大学が打上げた超小型衛星UNIFORM-1（2014年5月24日打上）の運用を行っている。このうち、12mアンテナでのCYGNSS衛星受信をめざし、改修を進めている。12mアンテナは、UNIFORM-1衛星からのミッションデータ（X-band）の受信運用のために整備してきた。一方で、CYGNSS衛星からのミッションデータはS-bandを用いる。UNIFORM-1衛星の運用を続けつつ、CYGNSS衛星の受信を行うためには、12mアンテナをS/X共用アンテナへ改修する必要がある。

現在の受信系ブロックダイアグラムと、改修後のブロックダイアグラムを図3に示す。12mアンテナに搭載されているフィードは、X-band専用のため、S/X共用フィードへの置き換えを行う。また、現在の

X-band ダウンコンバータはフィードと一体型のものを使用しているため、フィードの取り替えに伴い、新たなX-band ダウンコンバータとS-band ダウンコンバータを新設する必要がある。

今年度は、CYGNSS用の復調器の調達を行う。2016年3月にはCYGNSS衛星と和歌山局受信系の噛み合わせ試験を予定している。これは、SwRIの技術者が、衛星送信機EMを和歌山局に持ち込んでの機能確認試験となる。

3.2 研究打合せ

2015年2月10日には、ミシガン大学にて和歌山局とCYGNSS衛星との仕様調整ミーティングを持ち、プロジェクト・マネージャーのRuf教授や技術担当Rose氏などCYGNSSプロジェクトのメンバーとの顔合わせと情報交換を行った。そして、今年度および来年度へ向けてのスケジュールとマイルストーンの確認をした。

また、2015年9月10日～11日には、九州大学にてGNSS-R夏の学校が開催された²⁾。Ruf教授も招待講演として来日しており、CYGNSSプロジェクトの進捗確認と噛み合わせ試験のための情報交換の機会を得た。

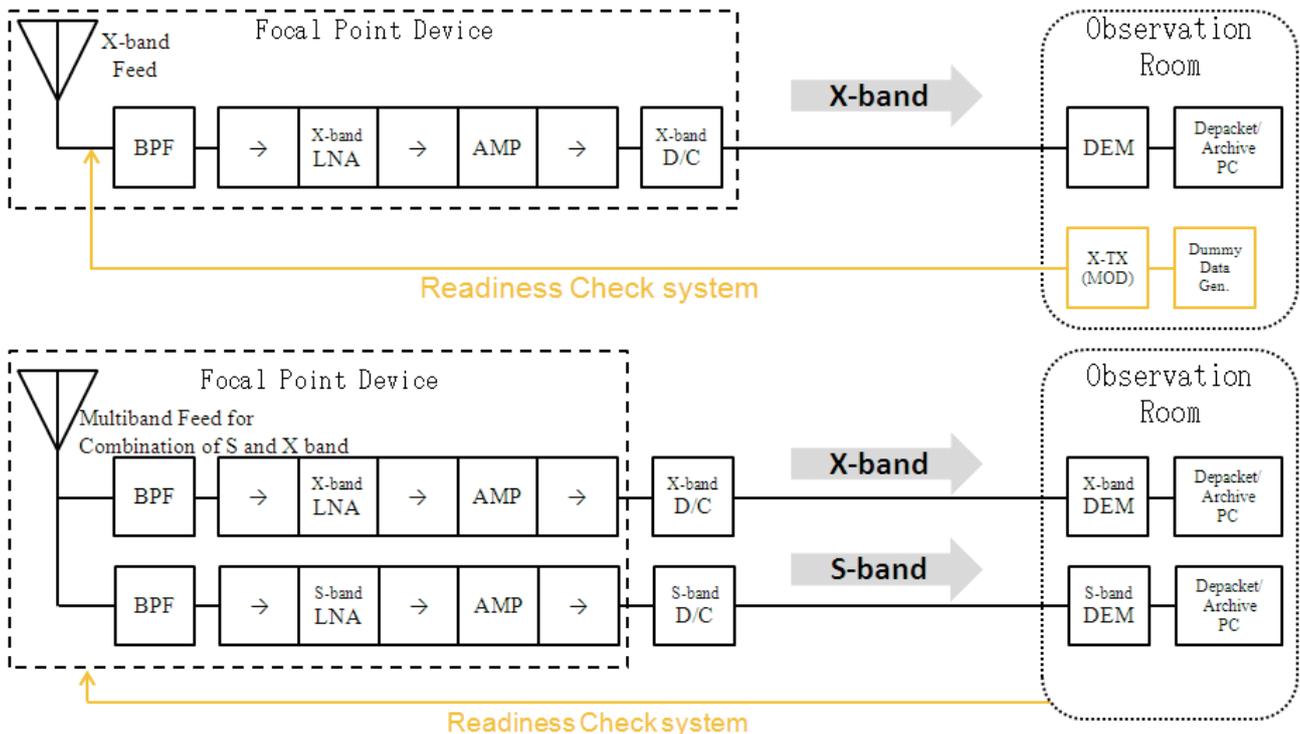


図3 12mアンテナ改修案のブロックダイアグラム
上図が現在の受信系。下図が改修後の受信系。

また、CYGNSS衛星はNASAのプロジェクトでもあるため、九州大学、IHI、和歌山大学とで、NASAへのサイエンスプロポーザルの提出を行い、共同研究の契約を取り交わす必要がある。現在、プロポーザルは受理され、TAA（技術支援契約）へのサインを待っている状況である。

4. まとめと今後の計画

九州大学が代表となるGROWTHプロジェクトにおいて、和歌山大学は和歌山局12mパラボラアンテナを用いたCYGNSS衛星の受信のための整備を進めている。CYGNSS衛星は、2016年10月に打上予定のGNSS-R観測衛星である。GROWTHプロジェクトは、GNSS-R観測手法の確立とともに、GNSS-Rコミュニティの創出を目指している。

今年度の和歌山局は、復調器の調達を行っている。2016年度にはCYGNSS衛星のEM（開発モデル）との噛み合わせ試験を行い、和歌山局受信系の機能確認を行う予定である。

来年度の和歌山局では、衛星打上までに、S/X共用フィードの調達と12mアンテナへの搭載を行う。2016年10月以降、CYGNSS衛星が打ち上がり、ミッションデータダウンリンクが始まれば、それに併せてデータ受信運用を開始する。

謝辞

本研究は、文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費宇宙科学研究拠点形成プログラム（平成26-28年度 市川、他）の補助を受けて行われた。また、プロジェクト遂行にあたり、さまざまな助力を頂いた九州大学市川教授と、北澤氏をはじめとするIHIのみなさまに感謝の意を表す。

引用・参考文献

- 1) CYGNSSプロジェクトのHP。
<http://clasp-research.engin.umich.edu/missions/cygnss/>
- 2) GNSS-R夏の学校のHP。九州大学にて開催。
http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/research/2015/summer_seminar/