

第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)

データ利用ハンドブック

初版

平成 25 年 1 月



はじめに

昨今、地球温暖化が進行する等、地球規模の環境変化についての関心が高まりつつあります。(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、地球規模での気候変動、水循環メカニズムを解明するため、全球規模で長期間の観測を継続して行えるシステムを構築し、そのデータを気候変動の研究や気象予測、漁業等に利用して有効性を実証することを目的とした「地球環境変動観測ミッション(GCOM : Global Change Observation Mission)」を推進しています。GCOMには水循環変動観測衛星(GCOM-W)と気候変動観測衛星(GCOM-C)という2つの衛星シリーズがあり、各シリーズ3世代で10~15年程度の長期観測をする計画です。第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)は、GCOM-Wシリーズの第一期の衛星です。

GCOM-W1は、2012年5月18日に種子島宇宙センターからH-IIAロケット21号機により打ち上げられ、高度約700km、軌道傾斜角約98度、周期約99分で地球を周回する軌道に乗りました。GCOM-W1はA-Train(The Afternoon Constellation:高度約700km、昇交点通過地方平均太陽時13時30分付近を観測軌道とする複数衛星から構成される米国航空宇宙局(NASA)主導の地球観測衛星のコンステレーション(衛星群))に参加しており、多様な地球観測データ取得に貢献しています。GCOM-W1に搭載される観測センサの高性能マイクロ放射計2(AMSR2:Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)は、ADEOS-II(「みどりII」)に搭載された高性能マイクロ波放射計(AMSR)、及びNASAの地球観測衛星Aquaに搭載された改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E)の後継です。地球表面及び大気から放射される微弱なマイクロ波帯の電波を6つの周波数帯(垂直・水平偏波)で測定し、主に水に関する様々な地球物理量を計測するセンサです。観測されたデータは、地上局(JAXA国内局、スバルバード局)で受信された後、オンラインでJAXA/筑波宇宙センターに伝送され、データ処理・提供を行います。AMSR2は、AMSR/AMSR-Eによる、高空間分解能、かつ、低周波チャネルを含む多周波での全球観測を継続することで、気候変化の理解・監視・予測に貢献する、信頼性が高く長期的な地球物理量データセット(積算水蒸気量、積算雲水量、降水量、海上風速、海面温度、海水密接度、積雪深、土壌水分量)を作成します。

JAXAでは、GCOM-W1衛星の打上げ後から取得したAMSR2観測データに対し、初期校正検証を実施し、レベル1プロダクト(輝度温度)については2013年1月より、高次レベルプロダクト(地球物理量)については2013年5月より、GCOM-W1データ提供サービス(<https://gcom-w1.jaxa.jp/>)から一般提供の予定です。

本書は、データを利用されるユーザの皆様、GCOM-W1/AMSR2プロダクトを利用して頂く上で必要となる情報の提供を目的としています。多くのユーザの皆様にご利用いただき、気象予測、漁業分野における有効性が実証されるとともに、地球規模における環境変動のメカニズムや気候変化への影響の解明、地球規模の環境変動監視や環境保全等に貢献できれば幸いです。

2013年1月

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

GCOMプロジェクトチーム

第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1) データ利用ハンドブック
目次

第 1 章 序論	1-1
1.1 目的	1-1
1.2 範囲	1-1
1.3 AMSR2 ミッションの概要	1-2
第 2 章 AMSR2 の概要	2-1
2.1 GCOM-W1 の概要	2-1
2.2 高性能マイクロ波放射計 2 (AMSR2)	2-3
2.3 A-Train	2-24
第 3 章 GCOM-W1 地上システムの概要	3-1
3.1 全体システム	3-1
3.2 GCOM-W1 ミッション運用系システム	3-2
3.3 受信記録設備	3-4
3.4 地上システム運用概要	3-6
第 4 章 AMSR2 プロダクト	4-1
4.1 プロダクトの定義	4-1
4.2 レベル 1 処理アルゴリズム	4-6
4.3 高次処理アルゴリズム	4-13
4.4 プロダクトフォーマット	4-25
4.5 校正・検証	4-26
第 5 章 データ提供サービス	5-1
5.1 プロダクトの保存	5-1
5.2 プロダクト提供方針	5-2
5.3 ユーザツール	5-8

図表一覧

表 1-1 GCOM-W1 で観測される物理量	1-4
表 2-1 GCOM-W1 主要諸元	2-3
表 2-2 AMSR2 の主要諸元	2-4
表 2-3 AMSR シリーズの主な比較概要.....	2-5
表 2-4 AMSR2 の構成.....	2-7
表 2-5 アンテナ部主要性能	2-9
表 2-6 高温校正源主要性能	2-11
表 2-7 低温校正源主要性能	2-11
表 2-8 受信部主要性能.....	2-12
表 2-9 回転駆動部主要性能	2-13
表 2-10 信号処理部主要性能	2-14
表 2-11 電力分配部主要性能.....	2-15
表 2-12 AMSR2 温度分解能(仕様値)	2-18
表 2-13 ビーム幅とフットプリント	2-22
表 2-14 オーバラップ率(設計ノミナル条件)	2-23
表 3-1 地上局の衛星運用対応.....	3-7
表 3-2 ミッションデータ処理の定義	3-8
表 3-3 実利用機関へのプロダクト配信(気象庁)	3-9
表 3-4 実利用機関へのプロダクト配信 (社)漁業情報サービスセンター(JAFIC).....	3-10
表 4-1 AMSR2 プロダクトの定義.....	4-1
表 4-2 AMSR2 のシーン定義.....	4-2
表 4-3 観測中心位置	4-2
表 4-4 AMSR2 レベル 1 プロダクトのデータ仕様	4-5
表 4-5 AMSR2 レベル 2 プロダクト一覧.....	4-5
表 4-6 AMSR2 レベル 3 プロダクト一覧	4-6
表 4-7 走査バイアス補正に使用する係数.....	4-10
表 4-8 リサンプリング対象周波数.....	4-13
表 4-9 係数 a,b の水温依存性	4-19
表 4-10 AMSR2 レベル 3 プロダクトの投影法及び格子サイズ.....	4-25
表 4-11 AMSR2 全体スケジュール.....	4-26
表 4-12 AMSR2 地球物理量毎の設定精度.....	4-29
表 4-13 プロダクトの概要	4-29
表 5-1 対象データ一覧.....	5-1
表 5-2 一般研究者向けプロダクトの配信	5-2
表 5-3 データ利用ユーザ区分	5-2

表 5-4 サービス内容	5-3
図 1-1 GCOM ミッション概要	1-2
図 1-2 JAXA の気候・環境監視の衛星ミッション	1-3
図 1-3 AMSR2 の観測周波数と物理量の関係	1-5
図 1-4 水循環観測の観測例	1-6
図 1-5 北極域海水分布の観測例	1-6
図 1-6 エルニーニョ、ラニーニャ傾向の観測例	1-7
図 1-7 土壌水分量の観測例	1-7
図 1-8 漁業への利用例	1-8
図 2-1 GCOM-W1 の 外観	2-2
図 2-2 AMSR2 の 外観	2-4
図 2-3 AMSR2 動作原理図	2-6
図 2-4 AMSR2 外 観図	2-9
図 2-5 AMSR2 モード遷移図	2-17
図 2-6 CAL 外 観図	2-19
図 2-7 AMSR2 のジオメトリック関連特性模式図(オフナディア、地表面入射角)	2-20
図 2-8 一次放射器の配列	2-20
図 2-9 AMSR2 のジオメトリック関連特性模式図(サンプリング間隔、ビーム幅、フットプリント、オーバーラップ)	2-21
図 2-10A-Train の 概要	2-24
図 3-1 GCOM-W1 地上システム概要	3-1
図 3-2 AMSR2 データ処理概要	3-2
図 3-3 GCOM-W1 データ提供サービス ホーム画面	3-4
図 3-4 勝浦局概観	3-5
図 3-5 筑波局概観	3-5
図 3-6 KSAT/スバルバード局概観 (KSAT/HP より引用)	3-6
図 3-7 KSAT/トロール局概観 (KSAT/HP より引用)	3-7
図 4-1 AMSR2 シーン定義と衛星直下との関係	4-2
図 4-2 走査中心観測点位置とデータ点数の関係	4-3
図 4-3 ポーラステレオ図法定義(北半球、TB/SIC)	4-3
図 4-4 ポーラステレオ図法定義(南半球、TB/SIC)	4-4
図 4-5 ポーラステレオ図法定義(北半球、SND)	4-4
図 4-6 レベル1A プロダクト処理フロー	4-7
図 4-7 観測点緯度経度算出処理フロー	4-7
図 4-8 観測点の緯度経度算出の概念図	4-8
図 4-9 アンテナ温度変換係数算出処理フロー	4-9

図 4-10 レベル1B プロダクト処理フロー	4-10
図 4-11 レベル 1R プロダクト処理フロー	4-11
図 4-12 レベル 1R 処理の概要	4-12
図 4-13 S36 の異方性補正方法	4-19
図 5-1 レベル 1/レベル 2 グラニューール ID 付与規則	5-4
図 5-2 レベル 3 グラニューール ID 付与規則	5-4
図 5-3 検索画面(ゲストユーザ)	5-8
図 5-4 ユーザユールの入手方法(その 1)	5-9
図 5-5 ユーザツールの入手方法(その 2)	5-9

第1章 序論

豊かさを求めて拡大してきた人間活動は、近年地球スケールの環境においても無視できない大きさになり、温暖化やオゾンホール拡大のようにその影響を実感するところまで来ている。このような中でこれから我々が目指すべき豊かさとは、日々の豊かさだけでなく、子や孫の世代に安心して引き継ぐことができる健全な人間社会と地球環境を持つことであり、そして将来の健全な地球環境のためには、地球環境の現状と仕組みを知り、将来を予測し、環境保全・改善対策へ繋げていくことが大切である。

地球環境観測の方法には、地上や海上で観測対象を直接測定する方法と、人工衛星などから可視・赤外光やマイクロ波などの電磁波を介して遠隔測定(リモートセンシング)する方法がある。後者は観測量を導出するために様々なアルゴリズムや処理が必要となるが、地球規模の現象を一度に観測するためには欠かせないものである。

宇宙航空研究開発機構(JAXA: Japan Aerospace eXploration Agency)は、地球環境観測のために人工衛星を利用した、地球環境変動観測ミッション(GCOM: Global Change Observation Mission)を進めている。このミッションは、地球規模での水循環メカニズム、気候変動を長期間に渡って、グローバルに観測を行う、いわば宇宙から地球を健康診断する役割を持っている。

第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1: Global Change Observation Mission 1st-Water "Shizuku")は、水循環メカニズムを観測する GCOM-W シリーズの第一期の衛星である。高性能マイクロ波放射計 2(AMSR2: Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)を搭載し、降水量、水蒸気量、海洋上の風速や海面水温、土壌の水分量、積雪の深さなどを観測する。

1.1 目的

本書は、JAXA が公開する AMSR2 データを入手したユーザが、同データを有効利用する為に必要となる情報を提供するものであり、標準プロダクトを含む各種プロダクトをはじめ、GCOM-W1 衛星、搭載センサである AMSR2 及び地上システム等に関連する情報を示す。

1.2 範囲

本書では、ユーザが必要とする情報、衛星、センサ、地上システム、プロダクト及びデータ提供サービスの概略を説明する。尚、ユーザがデータを入手する為に必要となるデータ提供サービスについては同サービスへアクセスする為に必要な情報を示す。また、各プロダクトフォーマットを付録として添付する。本書の構成を以下に示す。

第1章 序論

第2章 AMSR2 の概要

第3章 GCOM-W1 地上システムの概要

第4章 AMSR2 プロダクト

第5章 データ提供サービス

付録 略語一覧、関連情報、AMSR2 プロダクトフォーマット

1.3 AMSR2 ミッションの概要

AMSR2 は GCOM-W1 衛星に搭載されるセンサである。本章ではまず観測センサのバックグラウンドをなす GCOM コンセプトについて説明を行った後、AMSR2 について説明を行う。

1.3.1 GCOM コンセプト

GCOM には水循環変動観測衛星 (GCOM-W) と気候変動観測衛星 (GCOM-C: Global Change Observation Mission - Climate) という 2 つのシリーズがある。GCOM-W はマイクロ波放射計を搭載し、極域を含む全球規模での「水・エネルギー循環」に関わる観測を行う。GCOM-C は多波長光学放射計を搭載し、全球規模での気候のバランスにかかわる「放射・熱収支」と「食糧生産や炭素循環につながる植物生育状況」に関するパラメータの長期継続観測を担う。

GCOM は地球全体を長期間(10~15 年)観測することによって、水循環や気候変動の監視とそのメカニズムを解明することが期待されている。10 年以上の長期観測を実現するため、それぞれの衛星シリーズを 3 期に分けて衛星を計 6 機打ち上げる計画である。また、後続の衛星との軌道上運用期間を約 1 年間重複させ、両観測センサの比較・校正を実施することで、観測データの連続性を確保する予定である。

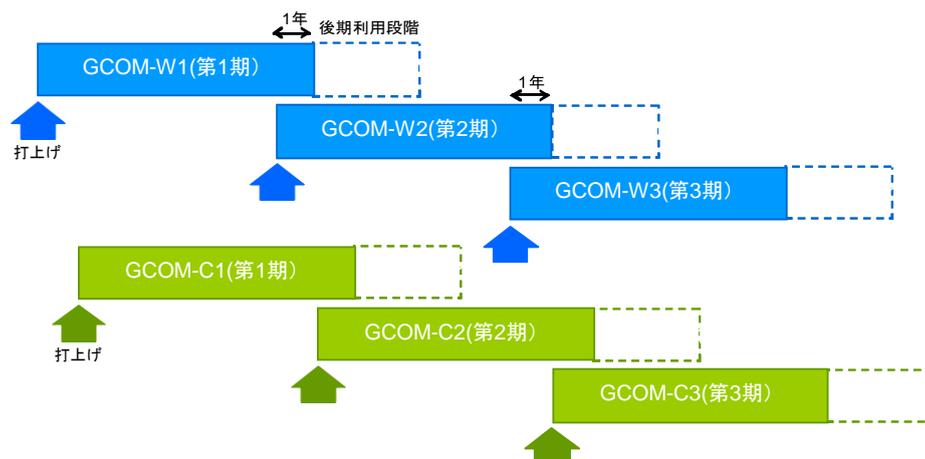


図 1-1 GCOM ミッション概要

我々の地球は広大で、地球環境変動の把握に必要な観測を一国だけの力で全て網羅することは困難である。このため、全球地球観測システム (GEOSS: Global Earth Observation System of Systems) という世界的な枠組みのもと、各国で気候・環境監視のための衛星計画が進められ、国際的な協力が進んでいる。我が国は地球温暖化・炭素循環の変動、水循環変動・気候変動及び災害の 3 分野を中心に、貢献する旨を表明している。GCOM は、この GEOSS に貢献するミッションであり、またアメリカ海洋大気庁 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) の共同極軌道衛星システム (JPSS: Joint Polar Satellite System) との協力など、国内外の計画と連携して国際貢献を果たす。

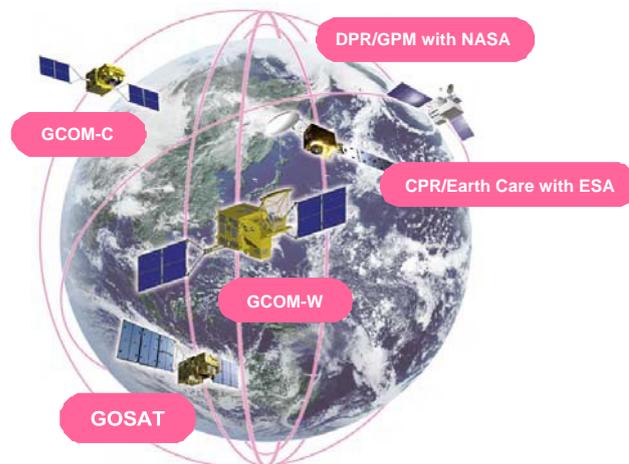


図 1-2 JAXA の気候・環境監視の衛星ミッション

1.3.2 AMSR2 ミッションの概要

1.3.2.1 水循環変動観測の重要性

地球上の水は、地表面に降り注いだ太陽エネルギーが再分配される過程で重要な役割を担っており、気象現象や気候変動と密接に関連している。海洋や陸上に液体と固体の状態が存在する地表面の水は、太陽エネルギーを受けて蒸発・昇華して水蒸気となり、地表面から大気へ運ばれる。大気に運ばれた水蒸気は、やがて冷やされて雲や降水などの液体・固体の水に戻るが、その際、気体の水蒸気が持っていたエネルギーは大気を加熱し、様々な気象現象を引き起こす駆動力となる。一方、大気中で液体と固体に変化した水は、降雨や降雪となって再び地表面に降り注ぐ。これらは、河川を経て海に戻るとともに、土壌水分や積雪・凍土といった形で陸上にも蓄えられる。それらは、状態を一定の期間記憶する「気候メモリー」の役割をもち、膨大な水を蓄える海洋とともに、複雑な地球システムの中・長期的な変動の重要な要因となっている。

このように地球上を循環する水は、私たちの生活に欠かすことのできない存在である。雨は生態系を維持するために重要であり、人間社会にも多くの恵みをもたらす。しかし、時として台風や豪雨は社会基盤に大きな損害を与え、人命をも奪う。また、干ばつになると、生態系がダメージを受け、農作物にも直接的な被害が及ぶ。今後、気温上昇に伴って台風・豪雨や干ばつなどの極端な現象の発生頻度が増えることが懸念されている。そのような変化の中で、自然災害による被害を最小限に抑えながら降水を水資源として有効に活用するためには、現在の地球の水循環の状態をモニタリングするとともに、蓄積された観測データを利用して水循環の仕組みを理解し、短期～中・長期的な変化の振る舞いを予測することが重要な課題となる。

表 1-1 GCOM-W1 で観測される物理量

地球物理量 Geophysical parameter	対象領域 Observation region	分解能(概略) Spatial resolution (approximate value)
積算水蒸気量 Integrated water vapor	全球洋上 Global ocean	15km
積算雲水量 Integrated cloud liquid water	全球洋上 Global ocean	15km
降水量 Precipitation	熱帯～温帯 From Tropical to Temperate zones	15km
海面水温 Sea surface temperature	全球洋上 Global ocean	15km
海上風速 Sea surface wind speed	全球洋上 Global ocean	15km
海水密接度 Sea ice concentration	高緯度洋上 High-latitude region	50km
積雪深 Snow depth	陸圏 Land	30km
土壌水分量 Soil moisture content	陸圏 Land	50km

1.3.2.2 マイクロ波による観測とデータ利用

GCOM-W1 は、水循環に関わる様々な姿の水をマイクロ波放射計により地球規模で高頻度に観測する。マイクロ波は水に感度をもち、マイクロ波放射計は「水の情報」を持ったマイクロ波エネルギーを計測する。地表面や大気中の物体を放射源とするために太陽光を必要とせず、夜間や冬季極域の観測も得意とする。また、マイクロ波では、観測周波数帯によって対象とする物体の見え方が異なる。波長の短い高周波数帯は雲や降水に感度をもち、波長の長い低周波数帯は雲を透過して地表面を観ることができる。このような性質を利用して水循環に関わる物理量を定量的に観測するため、6.9GHz 帯から 89GHz 帯までの 7 つの周波数帯で計測を行う。

観測されたデータは、大気状態の重要な要素である降水や水蒸気、近年その減少が懸念される北極域海水面積、干ばつ・洪水の把握や農業分野への応用が考えられる土壌水分量、そして、黒潮等の海洋観測に威力を発揮する全天候海面水温などの衛星プロダクトとして様々な分野へ提供される。

これらの観測データは、数値気象予測や漁業利用などの現業面でも不可欠となりつつある。現在改良型高性能マイクロ波放射計(AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS)のデータは、気象庁や漁業情報サービスセンターなどの機関で定常的に利用されており、気象予測、特に台風や豪雨などに関わる降水予測や、漁場把握のための漁海況情報作成に活用されている。GCOM-W1 に搭載される AMSR2 は AMSR-E から様々な改善が加えられており、より利用価値の高いデータが得られることが期待されている。

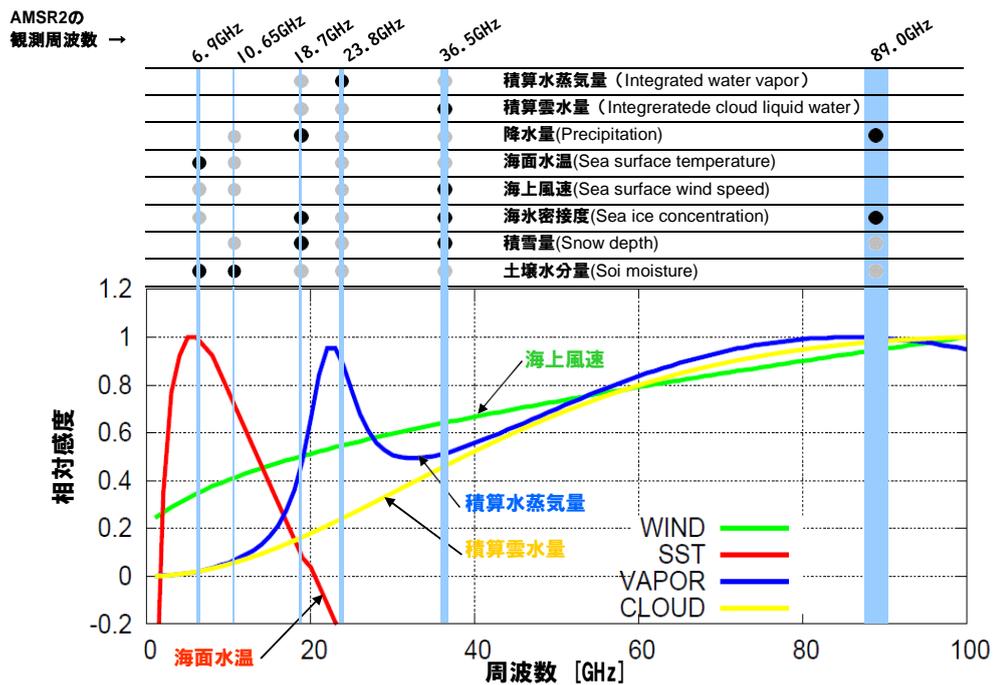


図 1-3 AMSR2 の観測周波数と物理量の関係

図 1-4 は、AMSR2 の前世代のセンサである AMSR-E で観測された 2004 年 4 月の月平均の地球物理量で、それぞれ海面水温(左上)、積算水蒸気量(右上)、海上風速(左下)、降水量(右下、降水量は月積算)の全球分布を表す。

2004 年 4 月はエルニーニョでもラニーニャでもなく、比較的平年値に近い状態であった。このような状況では、左上図のように、東部赤道太平洋のペルー沖では湧昇により周囲よりも海面水温が低くなる。右下図の降水量分布では、西赤道の少し北側に強い雨が帯状に広がっているのが目立つが、これは下層の風の収束場と対応した「熱帯収束帯」と呼ばれる領域にあたり、同様の収束帯は南半球にもみられる。このとき、熱帯地域では、大気中の水蒸気量を表す積算水蒸気量(右上図)が降水量の分布とよく一致している。また、南極海域ではその風や浪の強さから「吠える 40 度」「狂う 50 度」「絶叫する 60 度」という俗称があるが、海上風速観測(左下図)でも、南極の周囲で非常に強い風が観測されている。

このように、GCOM-W1 では全球規模の水循環に関わる複数のデータをほぼ同時に観測することが可能である。

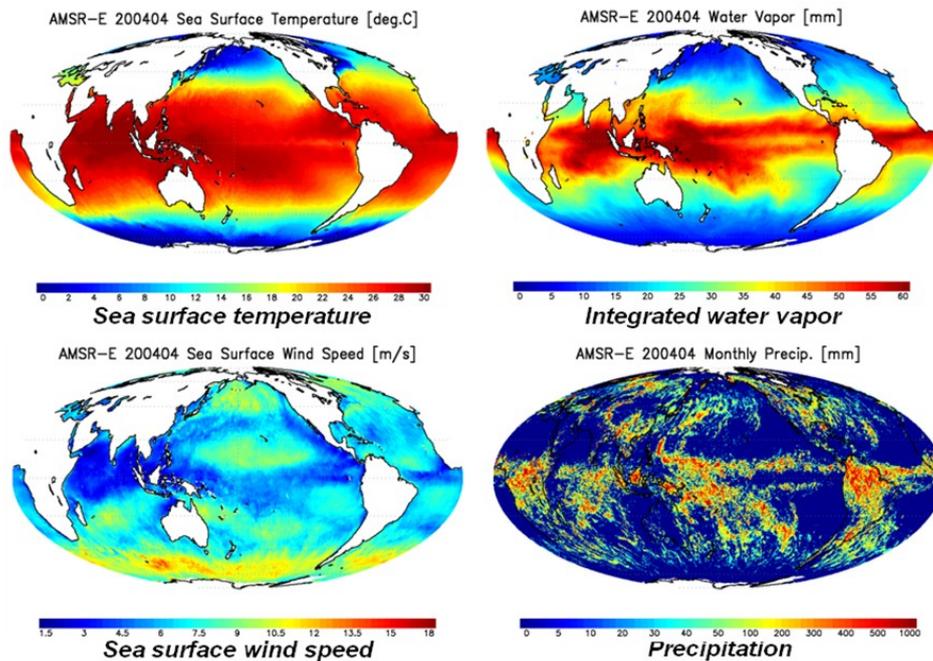


図 1-4 水循環観測の観測例

1.3.2.3 データ利用例 その1 ～北極域海水分布の観測～

AMSR-E で観測された北極域海水分布を図 1-5 に示す。左から 2002 年、2007 年、2010 年の 9 月中旬の海水分布を示す。2007 年には、以前最小面積を記録した 2005 年から更に日本列島約 2.8 個分の氷が消失し、衛星観測史上で最小面積を記録した。平年は融けないカナダ北部の多島海の海水まで消失し、太平洋～大西洋を結ぶ北極海航路が長く開いた。

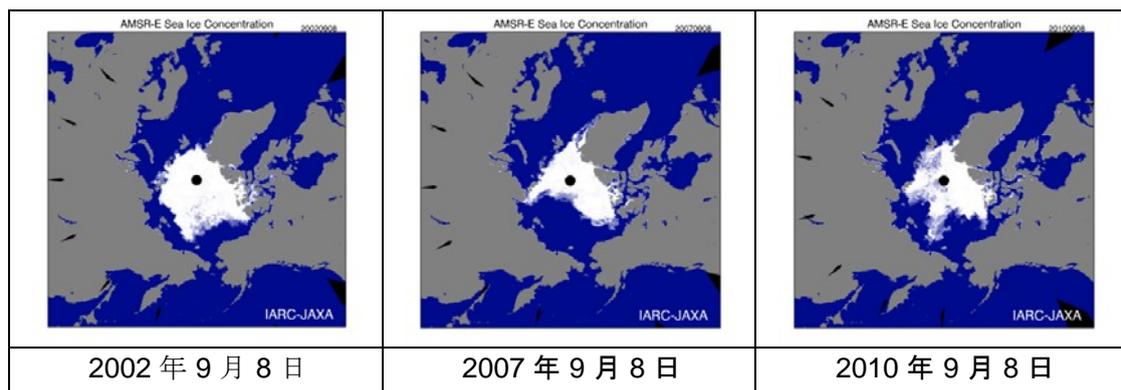


図 1-5 北極域海水分布の観測例

1.3.2.4 データ利用例 その2 ～エルニーニョ、ラニーニャ傾向の観測～

AMSR-E によるエルニーニョ・ラニーニャ傾向の観測例を図 1-6 に示す。上段は 2010 年 9 月初旬の海面水温分布で、深海から湧き上がる冷水がペルー沖から赤道に沿って西へ運ばれている様子が見られる。下段は、上段の黒枠内のエルニーニョ監視海域における海面水温の平年値から

の偏差を時系列で示している。2010年9月現在は負偏差で、ラニーニャ傾向にあることがわかる。

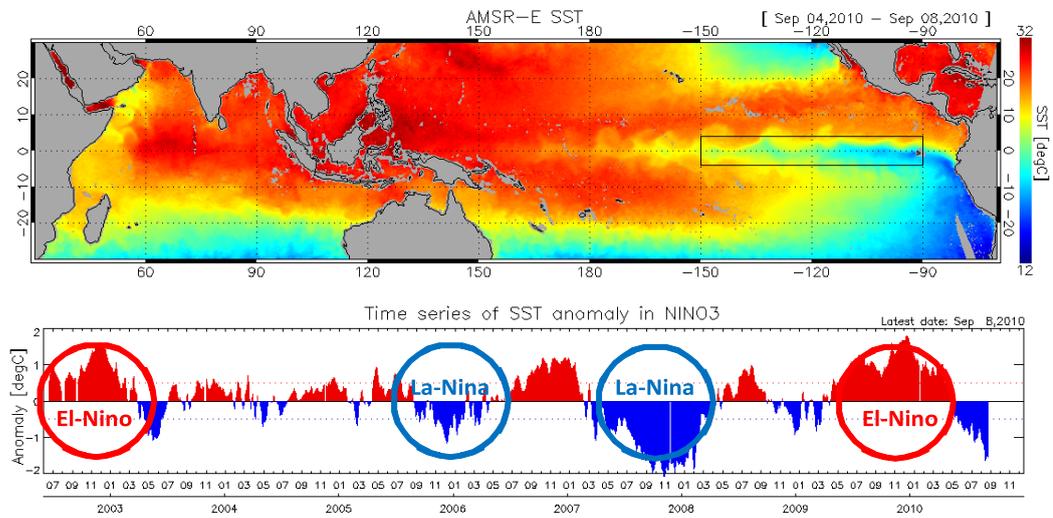


図 1-6 エルニーニョ、ラニーニャ傾向の観測例

1.3.2.5 データ利用例 その3 ～土壌水分量の観測～

2010年夏季のロシアで大規模な干ばつが発生し、農作物に多大な被害をもたらした。図 1-7 において、上図はロシア域における 2010年7月の AMSR-E 土壌水分の平年値比で、赤色が平年より乾燥している状態を示し、下図は上図の青枠域における 3月～8月の AMSR-E 土壌水分変化で、黒線が平年値、赤線が 2010年を表している。

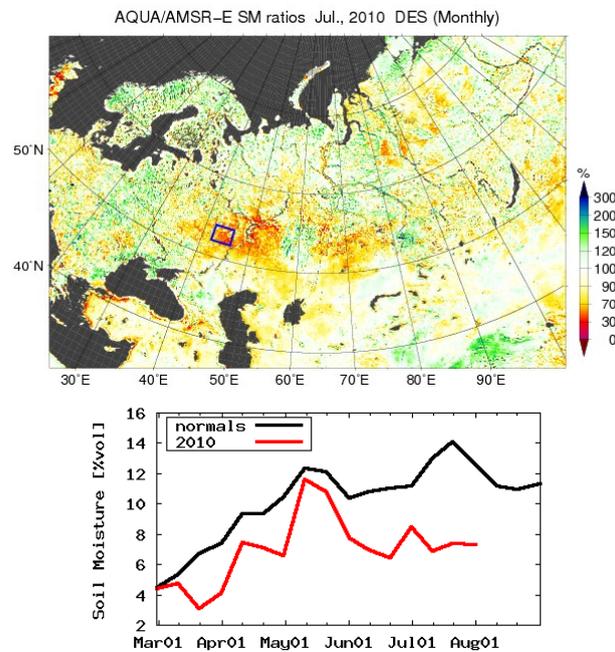


図 1-7 土壌水分量の観測例

1.3.2.6 データの実利用例 ～漁業への利用～

漁業における効率的操業には海洋環境や魚群分布等の情報が重要であり、その把握のために海水温は最も基礎となる情報の一つである。魚は周りの水温に敏感で、種類ごとに適した水温がある。暖流域に分布する魚は温かい水を好み、寒流域に分布する魚は冷たい水を好む。

図 1-8 は 2003 年 10 月 19 日~21 日(上)と 2004 年 10 月 19 日~21 日(下)の AMSR-E/SST 画像に、この時期の漁場位置をプロットした図で、黄色いマーカはイワシ・サバまき網漁場、青いマーカはカツオ釣り漁場、赤いマーカはマグロ等延縄漁場、緑色のマーカはサンマ棒受網漁場を示している。特に特徴的なのはサンマ漁場で、2003 年は親潮が広く南下して、沖合に漁場が形成された。一方 2004 年は暖水塊が道東に分布し、沿岸沿いに漁場が形成された。カツオ漁場も 2003 年のこの時期は沖合の漁場形成であった。

漁場は魚種の適水温で形成されるため、漁場が海水温度により把握できる。AMSR2 のようなマイクロ波を利用した衛星センサは雲の影響を受けにくいので、定常的な海面水温情報を得ることができ、漁場把握等に有効利用されている。

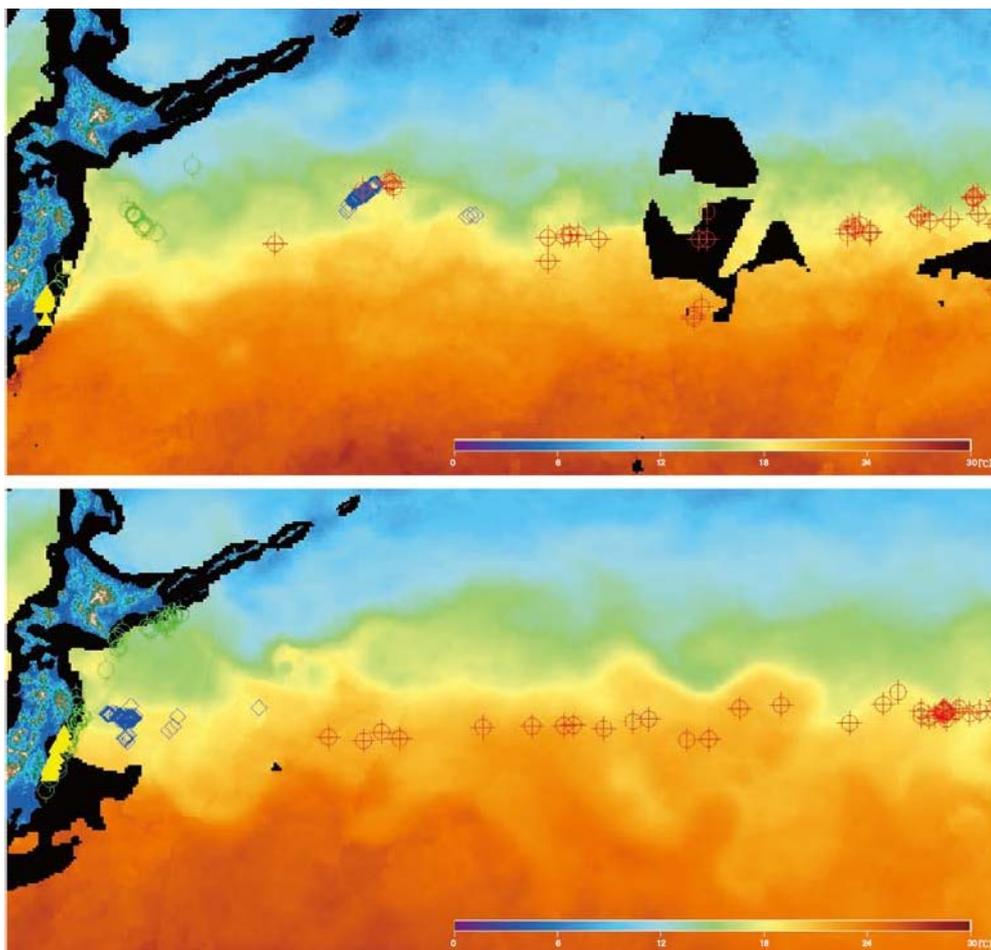


図 1-8 漁業への利用例

第2章 AMSR2 の概要

AMSR2 は、GCOM-W シリーズの第一世代である GCOM-W1 衛星に搭載される高性能マイクロ波放射計 2 である。AMSR2 は、環境観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS-II : ADvanced Earth Observation Satellite- II) 搭載の高性能マイクロ波放射計 (AMSR : Advanced Microwave Scanning Radiometer) および Aqua 衛星搭載の改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) の後継であり、地球表面および大気から放射される微弱なマイクロ波帯の電波を多周波・多偏波で測定し、主に水に関する様々な地球物理量を推定する。

AMSR2 は、AMSR/AMSR-E による、高空間分解能、かつ、低周波チャンネルを含む多周波・多偏波での全球観測を継続することで、気候変動の理解・監視・予測に貢献する、信頼性が高く長期的なデータセット(海水密接度、海面水温、海上風速、水蒸気量、降水量、および海洋フラックスを含む)を作成する。

2.1 GCOM-W1 の概要

GCOM-W シリーズの第一期衛星である GCOM-W1 は、ミッション機器として AMSR-E の後継機である AMSR2 を搭載している。着実な開発・ミッション遂行のため衛星本体は信頼性・サバイバビリティ等に関して次のような特徴を持っている。

【信頼性・サバイバビリティ】

- ① 搭載機器のほとんどが冗長系を有しており、信頼性の高い設計となっている。
- ② 2 翼ある太陽電池パドルのうち、万が一方が故障した場合に備えて、省電力で衛星を運用できる「縮退モード」を設けることで、衛星のサバイバビリティを向上している。
- ③ 軌道上で不測の事態に備えて、衛星が軌道上で自律的にさまざまな制御を行う「自立化機能」を備えている。
- ④ 過去衛星の軌道上実績に基づいた信頼性の高い機器・部品を選定している。また、GCOM-W1 の後に打ち上げられる第一期気候変動観測衛星(GCOM-C1)とバス設計を共通化することで、低コスト化が図られている。

【アクセス性・整備性】

- ⑤ 衛星バスはバスモジュール、ミッションモジュール、推進系モジュールの3つのモジュールから構成され、それぞれを並行して開発・整備可能な構造となっている。また、組立て後も衛星バスモジュールから推進系モジュールを比較的容易に取り外し可能で、アクセス性、整備性に優れている。

ここで GCOM-W1 の外観図と主要諸元をそれぞれ図 2-1、表 2-1 に示す。

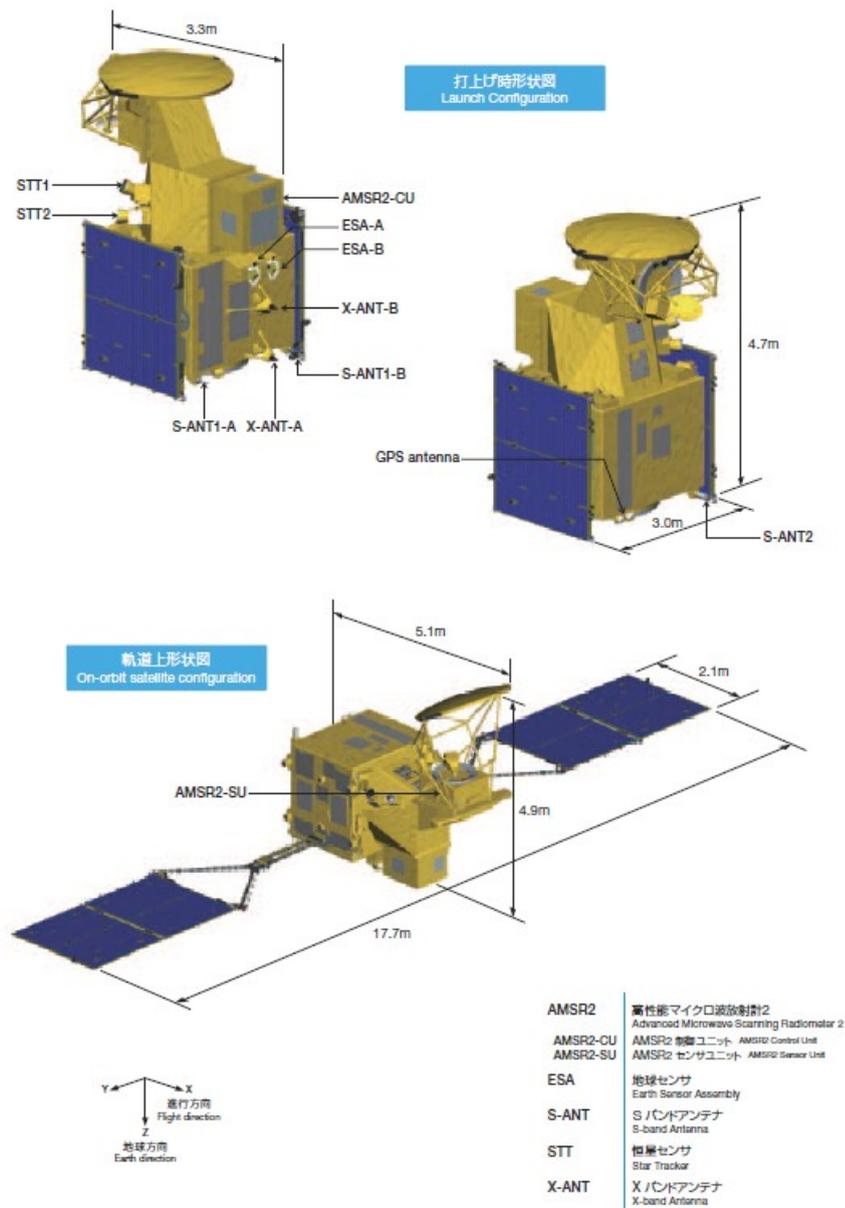


図 2-1 GCOM-W1 の外観

表 2-1 GCOM-W1 主要諸元

打上げ Launch	打上げロケット Launch vehicle	H-II A
	射場 Launch site	種子島宇宙センター Tanegashima Space Center
	打上げ時期 Launch timing	平成 24 年度 FY2012
軌道 Orbit	太陽同期準回帰軌道(フローズンオービット) Sun-synchronous sub-recurrent Orbit (frozen orbit)	
	高度(赤道上) Altitude (above the equator)	699.6km
	軌道傾斜角 Inclination	98.186°
	昇交点通過地方平均太陽時 Local sun time at ascending node	13:30±15min.
質量 Weight	打上げ時 Launch mass	1991kg max. (推薬含む) 1991kg max. (including the propellant)
形状 Shape	2 翼太陽電池パドルを有する箱型 Box shape with two solar array paddles	
	衛星本体 Satellite body section	約 2.2m × 2.1m × 1.8m Approx. 2.2m × 2.1m × 1.8m
	太陽電池パドル Solar array paddle	約 7.7m × 2.1m Approx. 7.7m × 2.1m
	高性能マイクロ波放射計 2(展開時) AMSR2 (after deployment)	約 2.2m × 4.9m × 2.0m Approx. 2.2m × 4.9m × 2.0m
寿命 Life	設計寿命 Design life	5年 5 years
	残存確率 Probability of survival	打上げ 5 年後、0.8 以上 0.8 min., 5 years after launch
発生電力 Powergenerated	3,880W 以上 (EOL) 3,880W min. (End of life)	
ミッション機器 Mission equipment	高性能マイクロ波放射計 2 Advanced Microwave Scanning Radiometer 2	

2.2 高性能マイクロ波放射計 2(AMSR2)

AMSR2 は ADEOS-II に搭載された AMSR、および NASA の地球観測衛星 Aqua に搭載された AMSR-E の後継機として開発された。AMSR2 は AMSR-E に比べてアンテナ口径が 1.6m から 2.0m に大型化され、空間分解能が向上した。また、電波干渉の影響を除去するために 7.3GHz チャンネルを新たに追加し、さらに校正精度を高めるために校正システムの改善を行い、より精度の高い観測を行うことができる。

なお、GCOM ミッションでは 3 世代の衛星を継続することで 10~15 年程度の長期観測を行うことを目的としている。1 世代目となる AMSR2 以降も、2 世代、3 世代目として AMSR2 後継機が引き続き開発される予定である。

AMSR2 の外観図、主要諸元をそれぞれ図 2-2、表 2-2 に、さらに、AMSR シリーズの主な比較概要を表 2-3 に示す。



図 2-2 AMSR2 の外観表

2-2 AMSR2 の主要諸元

観測周波数 Observation Frequency [GHz]	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0(A)	89.0(B)
帯域幅 Band Width [MHz]	350	350	100	200	400	1000	3000	3000
偏波 Polarization	H/V							
温度分解能 Temperature Resolution [K]	0.34	0.43	0.7	0.7	0.6	0.7	1.2	1.2
ダイナミックレンジ Dynamic Range [K]	2.7~340							
オフナディア角 Off-Nadir Angle [deg]	47.5							
観測幅 Swath Width [km]	1450							
走査周期 Scan Period [sec]	1.5±1% (40rpm)							
ビーム幅 Beam Width [deg]	1.8	1.8	1.2	0.65	0.75	0.35	0.15	0.15
瞬時視野 IFOV (Az × El) [km]	35×62	34×58	24×42	14×22	15×26	7×12	3×5	3×5
ビーム効率 Beam Efficiency [%]	>90							
サンプリング間隔 Sampling Interval [km]	10						5	

表 2-3 AMSR シリーズの主な比較概要

センサ名	AMSR	AMSR-E	AMSR2
運用期間	2002.12.14- 2003.10.25	2002.5.4- 2011.10.4	2012.5.18-
搭載衛星	ADEOS-II	Aqua	GCOM-W1
AMSR シリーズでの 主な性能変更	—	・衛星フェアリングの制約によるアンテナ口径の縮小(2.0m から1.6m)および展開方式の採用ならびに50GHz 帯チャンネルの削除	・空間分解能向上のため展開型アンテナを2m 口径に大型化 ・信頼性の高い輝度温度算出のための校正システムの改善 ・地上使用電波との干渉の影響低減のために7.3GHz 帯チャンネルを追加
観測周波数 (GHz)	空間分解能 (km)		
6.925	40x70 (HV)	43x75 (HV)	35x62 (HV)
7.3	—	—	35x62 (HV)
10.65	27x46 (HV)	29x51 (HV)	24x42 (HV)
18.7	14x25 (HV)	16x27 (HV)	14x22 (HV)
23.8	17x29 (HV)	18x32 (HV)	15x26 (HV)
36.5	8x14 (HV)	8.2x14.4 (HV)	7x12 (HV)
50.3	6x10 (V)	—	—
52.8	6x10 (V)	—	—
89 (A 系)	3x6 (HV)	3.7x6.5 (HV)	3x5 (HV)
89 (B 系)	3x6 (HV)	3.5x5.9 (HV)	3x5 (HV)

* HV:水平偏波、垂直偏波、V:垂直偏波

AMSR2 は回転走査部であるセンサユニットと固定部である制御ユニットの2つのユニット、及び衛星ミッション構体に搭載されるモーメントムホイール B 系で構成される。地上からのマイクロ波を受信する AMSR2 のアンテナ部分は、1.5 秒間に 1 回転のペースで地表面を円弧状に走査し、1 回の走査で約 1450km もの幅を観測する。この走査方法によって、2 日間で地球上の 99%以上の場所を昼夜 1 回ずつ観測することができる。地表観測データを取得するのは、衛星進行方向を中心とした±61 度の走査範囲で、それ以外の角度範囲において、校正部(高温校正源、低温校正源)のデータを取得する。高温校正源は約 300K に温度制御された電波吸収体、低温校正源は深宇宙を指向した反射鏡であり、これらを観測して得られるデータを使用し 2 点校正を行う。これらの低温校正データ、地球観測データ、高温校正データを順次正確な回転角度で取得するには走査回転速度を

一定に制御する必要があるため、回転駆動部からの速度信号を入力とするフィードバック制御が行われる。

また、回転走査部が発生する大きな角運動量を補償するためにモーメントムホイールが搭載されており、回転走査部の角運動量に追従するようにモーメントムホイールの回転数が制御され、衛星システム全体に影響を与えないようになっている。

2.2.1 AMSR2 動作原理

AMSR2 は、6.9GHz 帯から 89GHz 帯までの 7 周波数帯のアンテナ等価雑音温度として地表等の放射輝度データを各々垂直偏波および水平偏波で取得するマイクロ波放射計である。

図 2-3 に AMSR2 の軌道上動作原理図を示す。AMSR2 センサユニットは衛星進行方向先端部に搭載され、Z 軸反時計回りに回転しながら飛翔することにより、アンテナビームの地表入射投影は直径約 1660km の円弧を描きながら前進するコニカル走査となる。

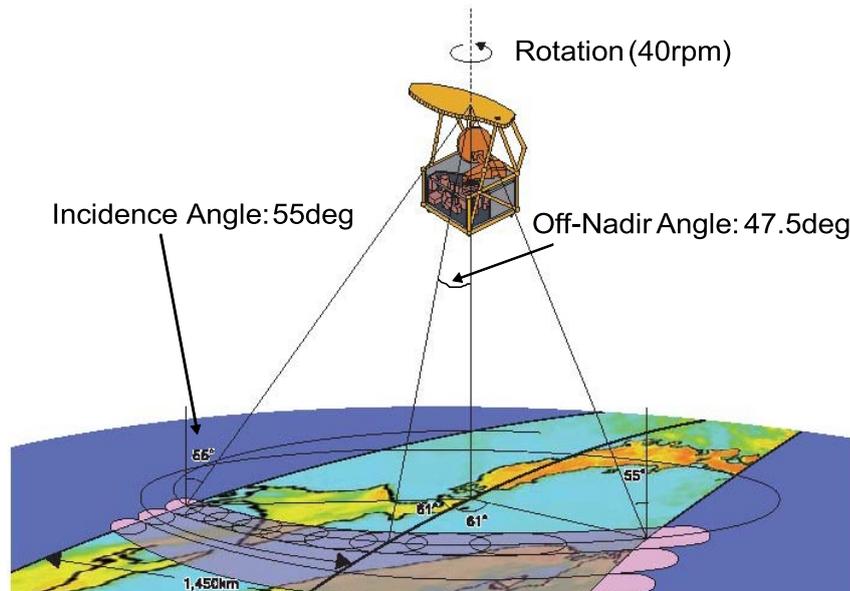


図 2-3 AMSR2 動作原理図

アンテナビーム方向は Z 軸に対して 47.5° のオフナディア角を有しており、地表入射角としては地球の球状効果により 55° となる。

マイクロ波放射計のラジオメトリック特性は入射角依存性が強いいため、観測地点に依存せず地表入射角一定となるコニカル走査方式とすることで良好な特性を確保している。55° の地表入射角は海上風の影響が小さく、垂直と水平の偏波の相違が大きくなる角度として設定されている。

信号処理部においては、X 軸方向を中心として ±75° 以上の地表観測データを取り込む設計となっている。一方、メインビームの低温／高温校正源などの干渉については、6.9GHz 帯で -61° ~ 58° において、またその他の周波数帯においては、±61° の範囲に干渉物がない設計となっている。このため、有効な地表観測データとしては、X 軸方向を中心として ±61° 以内の走査角範囲で取得されたデ

ータを採用することとしており、これに対応する地表面観測幅は 1450km となる。

衛星進行方向のサンプリング間隔 10km とするために、高度 700km を飛行する GCOM-W1 の対地換算速度を考慮して、地表換算距離 10km 相当でセンサユニットが 1 回転するようコニカル走査の走査周期を 1.5sec ノミナルとしている。この回転速度は 40rpm に相当しており、走査方向サンプリング周期を 2.6msec と設定することにより走査方向サンプリング間隔 10km を確保する。

なお 89GHz に関しては、チャンネル間で衛星進行方向に約 15km オフセットされた別システムのビームが追加設定してあるので、3 回転相当前後したデータと合わせて衛星進行方向のサンプリング間隔が 5km ノミナルとなる。また走査方向にもサンプリング周期を 1.3msec と設定して走査方向サンプリング間隔 5km ノミナルとしている。

各アンテナビームの瞬時視野(フットプリント、半値幅で規定)は衛星進行方向に長い楕円形状であり、アンテナ有効開口径約 2m で、瞬時視野約 5km × 3km(89GHz 帯衛星進行方向 × 走査方向)となる。また約 2.6msec の積分時間(89GHz では 1.3msec)に対応して走査方向に約 10km 長い領域の観測データが 1 画素(空間分解能)相当のデータとなる。走査ライン間及び走査ライン方向の隣接画素とのオーバーラップがなくなった状態がアンダーラップであるが、アンダーラップが生じない設計としている。

観測周波数帯として 7 周波数帯の観測を行うため、アンテナ部に 6 式の一次放射器を横並びに配列しており、そのビーム中心が主反射鏡の異なる部分を指向するため、主反射鏡から地表を同時に指向する角度は各周波数で異なる。そこで各周波数の一次放射器を衛星進行方向にずらして配置することにより、各周波数、各偏波のビーム中心は同一の走査線上を通るよう設計している。また走査方向のずれを補償するよう各周波数の観測タイミングをずらすことにより、各周波数のフットプリントが地表の同一ポイントを観測するよう設計している。フットプリントの各周波数の相対位置ずれが周波数レジストレーションである。

2.2.2 システム構成および外観

AMSR2 は、センサユニットと制御ユニットの 2 つのユニットにより構成される。ここでは、AMSR2 のシステム構成および外観を示す。

2.2.2.1 システム構成

AMSR2 は、表 2-4 に示すサブシステムおよびコンポーネントにより構成されている。

表 2-4 AMSR2 の構成

ユニット	コンポーネント	略語	主要機能
センサユニット (SENS UNIT)	アンテナ部	ANT	地球からのマイクロ放射波を受信部へ導入する。
	校正部	CAL	観測データの温度校正のための低温および高温校正源で構成される。
	受信部	RX	アンテナ部から入力されたマイクロ波を低雑音増幅した後、観測帯域幅に帯域制限し、さらに増幅・検波・積分して信号処理部へ出力する。また、観測データ校正のため、必要な温度モニタを行う。
	回転駆動部	ADA (ADM)	AMSR2 のアンテナ部および受信部等を一定の回転

ユニット	コンポーネント	略語	主要機能
			速度で回転させる。
	信号処理部	SPS	受信部からの観測データのA/D変換、受信部のキャリブレーション制御、SPCから受信したコマンドによるセンサユニット内の各部制御、センサ部内のテレメトリ取得及びSPCへの出力を行う。
	ヒータ制御部	TCS	SPSからのコマンドを受け、センサユニット内のヒータ制御を行う。
	電力分配部	PDUS	PDUCと電源インターフェースをとり、センサユニットの各機器へ電力を分配する。
	擾乱制御部	OBM/OBE	軌道上でセンサユニット回転部分の質量バランス調整を行う。
	構体	STRS	センサユニットの各コンポーネントを保持固定する。
	展開機構部	DEP	打ち上げ時に、アンテナ部主反射鏡を収納状態にし、軌道上で展開する。
	インテグレーション部品	-	各コンポーネントを、電氣的、機械的に統合する。
制御ユニット (CONS UNIT)	回転駆動部 (回転駆動回路部)	ADA (ADE)	回転駆動部を校正する駆動機構(モータ、ベアリング等)はセンサユニットにあり、回路部分が制御ユニットに含まれている。
	信号処理部	SPC	SPSより入力した観測データおよびテレメトリに衛星テレメトリを含むほかのテレメトリを加え所定のフォーマットに編集して衛星システム側に出力する。また、衛星システム側からコマンドを受信し、制御ユニット内の各部制御を行うとともに、センサユニットのコマンドをSPCに送信する。また、ADAおよびMWAの回転/擾乱制御を行う。
	ヒータ制御部	TCC	SPCからのコマンドを受け、制御ユニット内のヒータ制御を行う。
	電力分配部	PDUC	衛星システムと一次電源インターフェースをとり、制御ユニットおよびPDUSへ電力を分配する。
	擾乱制御部	MWA	走査のための回転により生じる角運動量を補償するため、その角運動量と同じ角運動量を有し、逆方向に回転するモーメントホイールを有する。
	構体	STRC	制御ユニットの各コンポーネントを保持固定する。
	インテグレーション部品	-	各コンポーネントを、電氣的、機械的に統合する。

2.2.2.2 外観

AMSR2の外観を図2-4に示す。

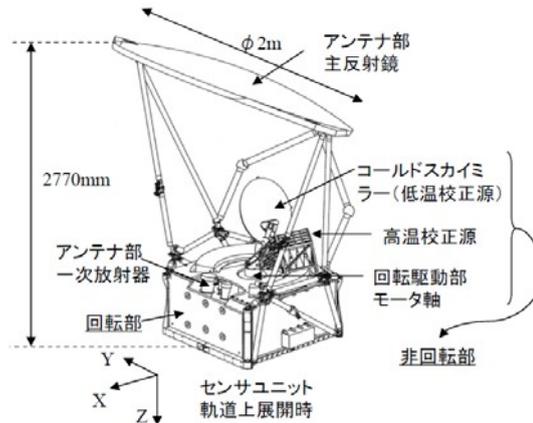


図 2-4 AMSR2 外観図

2.2.3 コンポーネントの概要

ここでは、AMSR2を構成する各コンポーネントについて、構成および主要機能、性能を示す。なお、以下に示す性能は仕様値であり、打ち上げ後の機器の検証等を通して今後見直される可能性がある。

2.2.3.1 アンテナ部

(1) 構成

AMSR2 アンテナ部は、主反射鏡と一次放射器で構成される。また、一次放射器は6/7GHz 共用、10GHz、18/23GHz 共用、36GHz、89GHz(2 個) 帯用ホーンアンテナ、および垂直、水平偏波を分波するための偏分波器により構成される。なお、6/7GHz、18/23GHz 帯を共有する一次放射器の分波部には、両周波数を分離するためのバンドリジエクシオンフィルタおよびハイパスフィルタが設けられている。

(2) 機能

アンテナ部の主要機能を以下に示す。

- ① 地球からのマイクロ波放射を受信部へ導入する。
- ② 必要な空間分解能が得られるビーム幅を有する。
- ③ 十分な観測精度が得られるビーム効率を有する。
- ④ 水平偏波と垂直偏波を分離し、各偏波用の受信機へ導入する。

(3) 性能

アンテナ部の主要性能を表 2-5 に示す。

表 2-5 アンテナ部主要性能

項目	性能							
中心周波数[GHz]	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0	89.0

							(A)	(B)
帯域[MHz]	350	350	100	200	400	1000	3000	3000
ビーム幅[deg]	1.8	1.8	1.2	0.65	0.75	0.35	0.15	0.15
交差偏波	-20dB 以下							
メインビーム効率	90%以上							
偏波	垂直および水平							
一次放射器個数	1	1	1	1	1	1	1	1

2.2.3.2 校正部

(1) 構成

AMSR2 校正部は、観測データを校正するために、深宇宙の輝度温度(約 2.7K)を取得する低温校正源(CSM: Cold Sky Mirror)、および常温付近に温度制御された高温校正源(HTS: High Temperature Source)で構成される。

(2) 機能

アンテナ部の主要機能を以下に示す。

- ① 高温校正源(HTS)は、温度を一定に制御した電波吸収体であり、校正の基準となるマイクロ波を放射し、一次放射器に入力する。
- ② 低温校正のための校正用反射鏡(CSM)は、深宇宙からのマイクロ波背景放射(2.7K)を一次放射器へ導入する。

(3) 性能

高温校正源、低温校正源の主要性能をそれぞれ表 2-6、表 2-7 に示す。

表 2-6 高温校正源主要性能

項目	性能						
中心周波数[GHz](公称)	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
帯域[MHz](公称)	350	350	100	200	400	1000	3000
反射特性	-30dB 以下						
温度制御範囲	20°C±10°C						
表面温度分布差	2.5°C _{p-p} 以下						
温度計測精度	バイアス成分 0.3°C ランダム成分 0.4° (3σ)以内 (0.1°C以内目標) (白金センサ単体、電波吸収体表面温度と温度センサ間の温度差、温度測定回路での誤差)						
温度計測範囲	-35°C~+35°C						
偏波	垂直および水平偏波						

表 2-7 低温校正源主要性能

項目	性能						
中心周波数[GHz](公称)	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
帯域[MHz](公称)	350	350	100	200	400	1000	3000
反射鏡形式	オフセットパラボラ						
ビーム幅	10deg 以下						
偏波	垂直および水平偏波						

2.2.3.3 受信部

(1) 構成

AMSR2 受信部は、周波数毎に、水平偏波と垂直偏波に対してそれぞれ独立した受信機から構成される。

(2) 機能

受信部の主要機能を以下に示す。

- ① アンテナ部から入力されたマイクロ波を低雑音増幅した後、観測帯域幅に帯域制限し、さらに増幅・検波・積分して信号処理部へ出力する。
- ② 観測データの校正のため、必要な温度モニタを行う。
- ③ 信号処理部からの制御信号により制御される自動利得制御 (AGC: Auto Gain Control) 機能を有する。
- ④ DC/DC コンバータを有し、一次電源を安定化した電圧として供給する。

(3) 性能

受信部の主要性能を表 2-8 に示す。

表 2-8 受信部主要性能

項目	性能						
	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
中心周波数[GHz]	6.925	7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
IF 中心周波数[GHz]	-	-	2.5	2.5	2.2	2.5	4.5
帯域[MHz]	350	350	100	200	400	1000	3000
雑音指数[dB]	1.25	2.0	1.52	2.30	2.70	4.40	6.70
積分時間[ms]	2.6						1.3

2.2.3.4 回転駆動部

(1) 構成

AMSR2 回転駆動部は、回転駆動機構と回転駆動回路からなる。回転駆動機構は、主として以下の構成部品からなる。なお、回転駆動回路は、制御ユニットに含まれている。

- ① モータ
- ② ベアリング
- ③ スリップリング
- ④ エンコーダ
- ⑤ コミュテータ

(2) 機能

回転駆動部の主要機能を以下に示す。

- ① AMSR2 のアンテナ部および受信部等を、一定の回転速度で回転させることにより、地表面をコンカルに走査する。
- ② 固定軸は、回転部分にベアリングを介して保持する。
- ③ 回転部分内の機器と、固定部分の機器との電力と信号を相互に伝達するために、スリップリング等を有する。
- ④ エンコーダは、回転位置および速度をモニタするための機能を有する。

(3) 性能

回転駆動部の主要性能を表 2-9 に示す。

表 2-9 回転駆動部主要性能

項目	主要性能	備考
走査回転速度	40rpm±1% (ノミナル観測時)	但し、30rpm 超~40rpm 未満の回転数においても、正常に観測データ、校正データを取得できる機能を有する。
回転方向	+Z 軸に対して反時計回り	

2.2.3.5 信号処理部

(1) 構成

AMSR2 信号処理部は、センサユニット信号処理部 (SPS: Signal Processor Sensor Unit) および制御ユニット信号処理部 (SPC: Signal Processor Control Unit) で構成される。SPS は、擾乱制御部電子回路を含む。また、SPC およびそのインタフェース部は、冗長系を有する。

(2) 機能

信号処理部の主要機能を以下に示す。

- ① 受信機からの観測データを A/D 変換し、校正データおよびテレメトリデータとともに、所定のフォーマットに編集して衛星システムに送出する。
- ② 受信機の利得制御、オフセット制御を行う。
- ③ 受信機積分器放電タイミングおよび受信機ホールドタイミング制御を行う。
- ④ センサ部、制御部の温度測定を行う。
- ⑤ 衛星システムからのコマンドを処理し、AMSR2 の他のコンポーネントに展開する。また、AMSR2 の他のコンポーネントから収集したテレメトリを編集して衛星システムに送出する。
- ⑥ DC/DC コンバータを有し、一次電源を安定化した電圧として供給する。

(3) 性能

信号処理部の主要性能を表 2-10 に示す。

表 2-10 信号処理部主要性能

項目	主要性能
受信機信号 A/D 変換分解能	12 ビット
温度センサチャンネル数	SPS :46 チャンネル SPC :31 チャンネル
温度測定周期	1.5 秒 (定常観測時)

2.2.3.6 ヒータ制御部

(1) 構成

AMSR2 ヒータ制御部は、センサユニットヒータ制御部(TCS: Thermal Controller Sensor Unit)と、制御ユニットヒータ制御部(TCC: Thermal Controller Control Unit)から構成される。

(2) 機能

ヒータ制御部の主要機能を以下に示す。

- ① センサユニットヒータ制御部は、センサユニット信号処理部からコマンドを受け、ON/OFF 制御方式により、センサユニット内のヒータ制御を行う。
- ② 制御ユニットヒータ制御部は、制御ユニット信号処理部からコマンドを受け、ON/OFF 制御方式により、制御ユニットおよびセンサユニット内のヒータ制御を行う。

2.2.3.7 電力分配部

(1) 構成

AMSR2 電力分配部は、センサユニット電力分配部(PDUS: Power Distributor Unit Sensor Unit)と、制御ユニット電力分配部(PDUC: Power Distributor Unit Control Unit)から構成される。

(2) 機能

電力分配部の主要機能を以下に示す。

- ① センサユニット電力分配部は、制御ユニット電力分配部とインタフェースをとり、センサユニットの各機器へ電力を分配する。また、キャパシタバンクを有する。
- ② 制御ユニットの電力分配部は、衛星システムと一次電源インタフェースをとり、AMSR2 制御ユニットおよびセンサユニット電力分配器へ電力を分配する。また、キャパシタバンクを有する。

(3) 性能

電力分配部の主要性能を表 2-11 に示す。

表 2-11 電力分配部主要性能

項目	主要性能
最大分配電力	センサユニット : 533W 以上 制御ユニット : 900W 以上

2.2.3.8 擾乱制御部

(1) 構成

AMSR2 擾乱制御部は、センサユニット擾乱制御部と、制御ユニット擾乱制御部から構成される。センサユニット擾乱制御部は、バランス調整機構(OBM: Orbital Balancing Mechanism)およびバランス調整電子回路(OBE: Orbital Balancing Electronics)で構成され、制御ユニット擾乱制御部は、モーメントムホイールおよびホイール制御回路で構成される。また、擾乱制御部電子回路は、制御ユニット信号処理部に含まれている。

(2) 機能

擾乱制御部の主要機能を以下に示す。

- ① 走査のための回転により生じる角運動量を補償するため、その角運動量と同じ角運動量を有し、逆方向に回転するモーメントムホイールを装備する。
- ② 軌道上でセンサユニット回転部分の質量バランス調整を行うための、能動的な OBM を有する。
- ③ 衛星システムから受信するコマンドにより、モーメントムホイールおよび OBM を制御する。
- ④ 衛星の姿勢にできるだけ影響を与えないような回転の立ち上げ、立ち下げを行う。

2.2.3.9 展開機構部

(1) 構成

AMSR2 展開機構部は、主に以下の構成部品から構成される。

- ① 支持構造
- ② ヒンジ
- ③ ジョイント
- ④ ダンパ
- ⑤ ラッチ

(2) 機能

展開機構部の主要機能を以下に示す。

- ① 打上げ時にアンテナ部主反射鏡を収納状態に保ち、軌道上で展開する。

(3) 性能

展開機構部の主要性能を以下に示す。

- ① 軌道上でアンテナ部主反射鏡を展開するのに十分なトルクを有する。

- ② アンテナ部主反射鏡の展開後に、所要のアライメント精度が確保できる。

2.2.4 運用モード

2.2.4.1 モードの定義

AMSR2 には、以下に示す 6 つの運用モードがある。

(1) サイエンスモード

観測データを取得／編集し、ミッションデータとして衛星に出力するモードであり、受信機を含む全機器がオン状態である。観測モードにおいては、ミッションデータおよび HK テレメトリデータが衛星側に出力される。また、本モードには、受信部や高温校正源 (HTS) 用ヒータをオンした後、観測データが取得されるまでの待機状態も含まれる。

(2) セーフ 1 モード

観測を休止している状態。回転駆動部 (ADM: Antenna Drive Mechanism) および制御ユニット擾乱制御部 (MWA: Momentum Wheel Assembly) は定常回転数で回転している。受信部電源はオフし、各機器を許容温度範囲内に制御するためのヒータ設定が実施される。衛星側のセーフモード移行に対応して、AMSR2 はサイエンスモードより本モードに移行する。

(3) サバイバルモード

機器を動作可能な温度範囲に保つ状態。ADM および MWA の回転は停止し、各機器を許容温度範囲内に制御するためのサバイバルヒータ設定が実施される。なお、本モードにおいては、信号処理部でのテレメトリおよびコマンド処理のみは実施されている。

(4) オフモード

全機器がオフの状態。打ち上げ時、およびアンテナ展開、センサユニット解放時は本モードである。

(5) ランアップ

ADM および MEA を停止状態から定常回転数までランアップし、安定回転するまでのモード。加速準備として、ADM 用ヒータのオンから、加速動作およびヒータ設定切替等の一連の動作／状態を含む。

衛星側への発生擾乱を許容値内に抑えるために、数段階に分けて回転数の増加を行い、必要に応じて MWA の回転数の補正、および OBM によるセンサユニットのバランス調整を行う。なお、ADM の定常回転数は 40rpm であり、MWA の定常回転数は約 2000rpm (2 台運用時) である。

(6) ランダウン

ADM および MWA を定常回転数から停止状態までランダウンするモード。減速動作およびヒータ

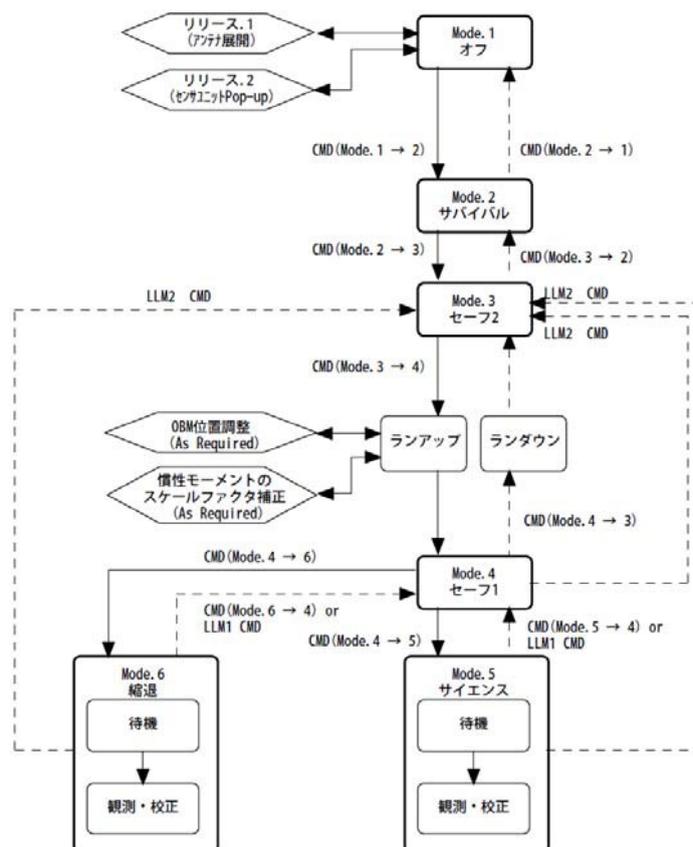
切替等の一連の動作／状態を含む。AMSR2 の軌道上での通常運用では、本モードは使用されない。

2.2.4.2 モードの遷移

AMSR2 は、オールオフモードにて打ち上げ、アンテナ展開、センサユニット開放までサバイバルモードで機器の温度制御を行う。アンテナ展開、センサユニット開放時には、一旦全機器をオフにするオールオフモードの状態にし、爆管等による展開／開放を行う。

アンテナ展開／センサユニット開放後、サバイバルモードに移行し、ランアップのタイミングによりランナップを行う。ランナップ中には、必要に応じて OBM によりセンサユニットのバランス調整を実施する。ADM および MWA が定常回転に達するとスリープモードに移行し、受信部の電源オンおよびノーマルモードのヒータ設定を行うことにより、最終的にノーマルモードに移行する。図 2-5 にアンテナ展開およびセンサユニット開放以後の AMSR2 のモード遷移図を示す。

なお、AMSR2 は、通常運用では常時観測を行うノーマルモードで運用を行うが、必要に応じてスリープモード、ランダウン、サバイバルモードに移行することが可能である。



擾乱系の異常処理中に LLM コマンドを受信した場合には、擾乱系の異常処理シーケンス処理を優先させる。

図 2-5 AMSR2 モード遷移図

2.2.5 ラジオメトリック特性

2.2.5.1 観測周波数と偏波

AMSR2 の観測周波数および偏波は表 2.3-1 で示した通りである。AMSR-E と比較して人工電波との干渉の影響を低減するため、7.3GHz が追加されている。

2.2.5.2 メインビーム効率

メインビーム効率は、ビーム幅 2.5 倍の角度範囲に含まれる所望偏波の電力の全受信電力に対する割合で、観測帯域内の平均値で規定される。AMSR2 の各観測周波数帯のメインビーム効率には 90%以上が要求されている。

2.2.5.3 温度分解能

AMSR2 の各観測周波数帯に対する温度分解能を表 2-12 に示す。

表 2-12 AMSR2 温度分解能(仕様値)

中心周波数[GHz] (公称)	温度分解能[K]
6.925	0.34 以下(0.3 以下目標)
7.3	0.43 以下
10.65	0.7 以下(0.6 以下目標)
18.7	0.7 以下(0.6 以下目標)
23.8	0.6 以下(0.55 以下目標)
36.5	0.7 以下(0.65 以下目標)
89.0	1.2 以下(1.1 以下目標)

2.2.5.4 ダイナミックレンジ

AMSR2 のダイナミックレンジは 2.7K~340K である。ダイナミックレンジの確保は、高温および低温校正出力を所定出力レンジに収まるように受信器のゲイン／オフセットを調整することにより達成される。

2.2.5.5 リニアリティ

AMSR2 のリニアリティは、±1%(RMS)である(仕様値)。

2.2.6 校正

AMSR2 は、受信機の利得変動の影響を校正するために、1.5 秒の走査周期中に低温および高温校正データを取得する。高温校正源 (HTS) および低温校正用反射鏡 (CSM) の位置関係を示すため、図 2-6 に CAL 外観を示す。

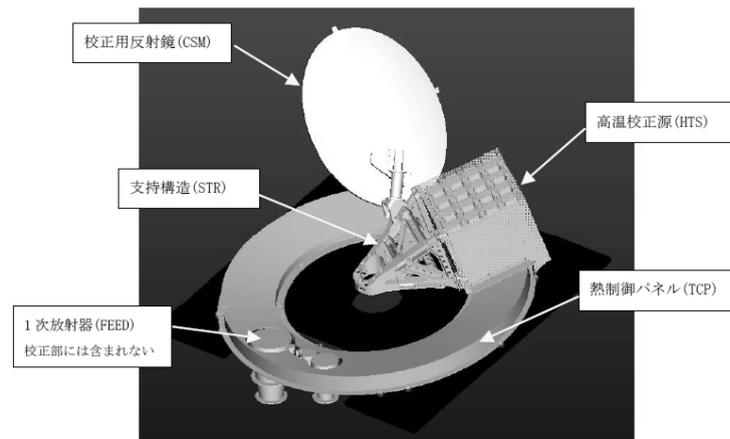


図 2-6 CAL 外観図

2.2.6.1 低温校正

低温校正は、低温校正用反射鏡(CSM)を用いて深宇宙(輝度温度 2.7K)を観測することで実施するが、深宇宙背景放射以外から受ける影響により校正輝度温度が 2.7K より上昇する。

この低温校正源輝度温度には、地球の放射、月の放射、静止衛星からの電波干渉、太陽光の混入、衛星構体の放射および主反射鏡に映る地球の放射が誤差要因として影響する。このうち、特に地球の放射、月の放射、電波干渉および太陽光による影響が比較的大きく、これらの誤差に対しては、レベル 1A 処理の過程で補正処理が施される。

2.2.6.2 高温校正

高温校正データは、300K に温度制御された電波吸収体である高温校正源(HTS)を観測することで実施する。

この高温校正源輝度温度には、高温校正源の不均一性、白金センサ計測温度との相違などによる誤差が含まれるものと考えられる。これらの誤差に対しては、レベル 1A 処理の過程で補正処理が施される(4.2.1 項参照)。

2.2.7 ジオメトリック特性

AMSR2 のジオメトリック特性としては、オフナディア角、地表入射角、走査角、観測幅、瞬時視野に係わるビーム幅、瞬時視野と積分時間を考慮したフットプリント、ポインティング等の特性について総合性能として把握する必要がある。

2.2.7.1 オフナディア角と地表入射角

オフナディア角と地表入射角は、地球形状及び衛星高度に関する幾何学的パラメータであり、AMSR2 のハードウェア設計上は AMSR2 座標軸に対するビーム方向の設計に依存するものである。図 2-7 に、これらのパラメータの関係を模式化して示す。

AMSR2 においては、衛星軌道高度 700km を前提とし、また地球半径として 6378km とした場合

に、地表入射角 55° となるようオフナディア角を設定している。その結果、オフナディア角は 47.5° ノミナルとなるよう設計されている。

また 89GHz については衛星進行方向にノミナル 15km づつオフセットした 89GHzA と 89GHzB の 2 つのビームを使用しており、89GHzB のオフナディア角 47.0° に設定することにより、89GHzA-B 間の地表換算距離が 14.98km ノミナルとなる。この際 89GHzB の地表入射角は 54.5° ノミナルとなっている。

なお、AMSR2 では図 2-8 に示すように、6 個の一次放射器が同時に主反射鏡を利用する方式のため、各一次放射器の向き・配置を幾何学的にオフセットすることで、センサオフナディア角 47.5° を実現している。

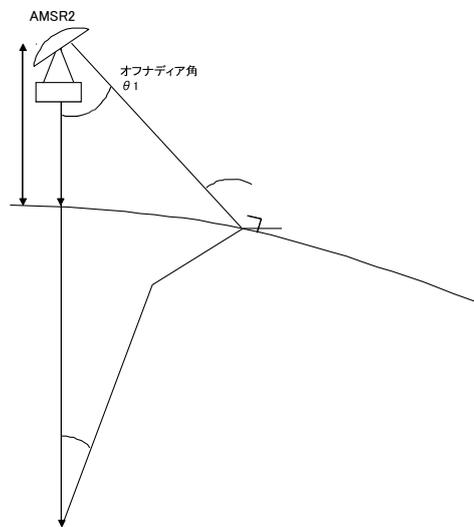


図 2-7 AMSR2 のジオメトリック関連特性模式図(オフナディア、地表面入射角)

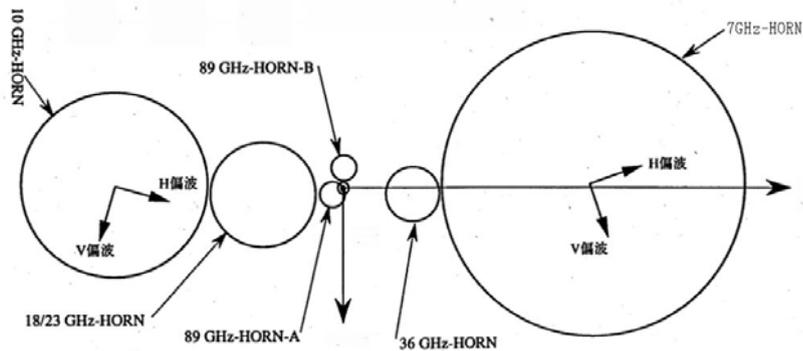


図 2-8 一次放射器の配列

2.2.7.2 走査角と観測幅

AMSR2 のオフナディア角を 47.5° に設定し、アンテナ部を含む可動部を地心方向(Z 軸方向)を回転軸として反時計回りにコンカルスキャンすると、AMSR2 固定部を基準にして見たビーム中心の地表投影は直径 1660km の円周を描くことになる。

更に、衛星進行方向(X 軸方向)を基準として $\pm 61^\circ$ の走査角を確保した場合、その走査角範囲の地表投影幅として 1450km ノミナルの観測幅を確保できる。

次に AMSR2 のハードウェア設計上は、走査角を確保するために、所定走査角範囲内において、一次放射器から主反射鏡、及び主反射鏡から地表面に至るメインビームの経路内に干渉物がないこと、信号処理部において所定走査を包含するデータを取得、処理していることが条件となる。

メインビームの干渉については 6.9GHz では $-61^\circ \sim +58^\circ$ において、また他の周波数帯では $\pm 61^\circ$ の範囲内に干渉物のない設計となっている。

また信号処理部においては観測データとして $\pm 75^\circ$ 以上のデータを取り込んでおり走査角は十分確保されている。

また 6.9GHz についても、 $+58^\circ \sim +61^\circ$ の領域で想定される視野干渉があっても利得、ビーム効率、交差偏波、発生量ともに問題なく、設計上は実効的に全周波数において走査角 $\pm 61\text{deg}$ 、観測幅 1450km 以上が確保できている。

2.2.7.3 回転速度、走査周期とサンプリング間隔

AMSR2 のジオメトリックな撮像原理として、衛星進行方向のサンプリング間隔は AMSR2 回転部が任意の回転角度でデータ取得した後に、1 回転して同じ回転角度で再びデータ取得するまでの間(走査周期)の衛星進行方向対地換算移動距離に対応している。模式図を図 2-9 に示す。

衛星軌道高度を 700km、地球半径を 6378km とすると、GCOM-W1 の対地換算速度は 676km/sec となる。AMSR2 回転部が 40rpm ノミナルで回転した場合、走査周期 1.5sec でちょうど 1 回転することになり、衛星進行方向サンプリング間隔が 10.14km ノミナルとなる。

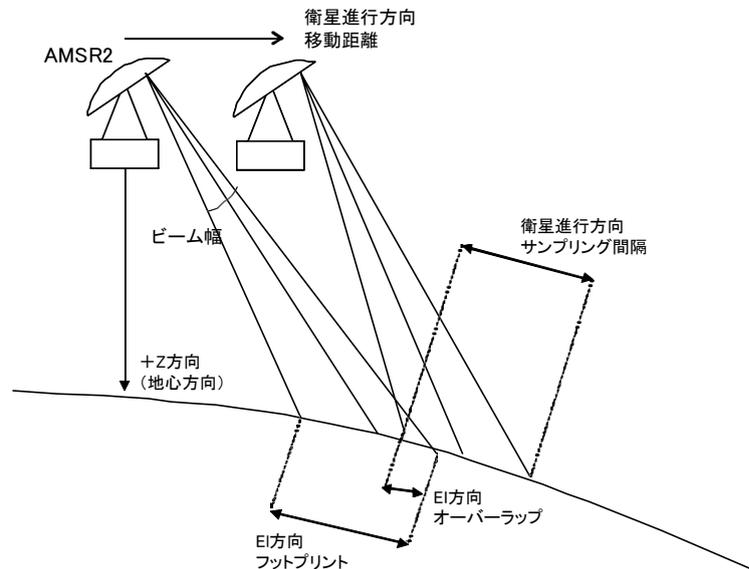


図 2-9 AMSR2 のジオメトリック関連特性模式図(サンプリング間隔、ビーム幅、フットプリント、オーバーラップ)

2.2.7.4 サンプルング周期、積分時間とサンプルング間隔

AMSR2 のビーム中心の地表投影は直径 1660km の円弧を描いており、AMSR2 回転部の回転速度が40rpm ノミナルの場合、サンプルング周期を2.6msecに設定すると走査方向サンプルング間隔は 8.87km ノミナルとなる。89GHz 帯の場合はサンプルング周期が 1.3msec であるため、走査方向サンプルング間隔は 4.44km ノミナルとなる。

2.2.7.5 ビーム幅とフットプリント

ビーム幅は、アンテナ部の特性として実現するよう設計している。アンテナ部のビーム幅設計値を表 2-13 に示す。

一方メインビームの地表面投影形状及び地表上換算距離(以下フットプリントと総称する)は衛星高度、オフナディア角、及びビーム幅に依存し、地球形状に対応して決まる。

図 2-9 に示すように、例えば衛星進行方向のフットプリントは、ビーム幅の衛星進行方向上限から下限までの地表入射範囲として幾何学的に決定する。衛星高度を 700km、地球半径を 6378km とした場合に、各周波数帯でノミナルビーム幅に対応するフットプリントを表 2-13 に併記する。

表 2-13 ビーム幅とフットプリント

中心周波数帯	ビーム幅 (ノミナル)	フットプリント (走査×進行方向)	備考
6.925 GHz	1.8° ±15%	35 × 61 km	衛星軌道高度： 700km 地球半径： 6378km とした場合
7.3 GHz	1.8° ±15%	35 × 61 km	
10.65 GHz	1.2° ±15%	24 × 41 km	
18.7 GHz	0.65° ±15%	13 × 22 km	
23.8 GHz	0.75° ±15%	15 × 26 km	
36.5 GHz	0.35° ±15%	7 × 12 km	
89.0 GHz A	0.15° ±15%	3 × 5 km	
89.0 GHz B	0.15° ±15%	3 × 5 km	

2.2.7.6 オーバーラップとアンダーラップ

衛星進行方向のオーバーラップは、フットプリントに対して次の走査周期におけるフットプリントの重複する部分の進行方向長さの比率であり、逆に重複がなくなった状態をアンダーラップという。

同様に、走査方向のオーバーラップは、走査方向の 1 積分区間内にカバーするフットプリントに対して、次の積分区間のフットプリントの重複する部分の走査方向長さの比率であり、逆に重複がなくなった状態をアンダーラップという。

表 2-14 に設計ノミナル条件における進行方向／走査方向の両方について、観測周波数毎のオーバーラップ率を示す。

表 2-14 オーバラップ率(設計ノミナル条件)

周波数帯	オーバーラップ率	
	走査方向	進行方向
6.925GHz	82.6%	86.6%
10.65GHz	76.3%	80.3%
18.7GHz	62.9%	63.0%
23.8GHz	66.2%	67.8%
36.5GHz	46.5%	29.5%
89GHz A/B	42.5%	22.6%

2.2.7.7 周波数レジストレーション

周波数レジストレーションに関しては、衛星進行方向、走査方向のそれぞれについて以下の誤差要因を考慮している。

<走査方向>

- ・アンテナビーム方向誤差
- ・撮像タイミングずれ

(地表同一点のデータを取得するまでの各周波数毎の時間補正算差)

<衛星進行方向>

- ・アンテナビーム方向誤差
- ・衛星進行効果

(地表同一点のデータを取得するまでの周波数毎の時間差)

上記の要因の中で設計あるいは組立製造の初期設定で発生する要因としてはアンテナビーム方向初期設定誤差、撮像タイミングずれがあり、打上げ後に発生する要因としては衛星進行効果及び熱変形等に基づくアンテナビーム方向の変動が挙げられる。

また衛星進行方向の影響は厳密には進行方向と走査方向の両方向に影響するが、その影響度合いは AMSR2 が進行方向直下観測時(X-Z 面通過時)の進行方向において最大となるため、この条件下の影響を評価した。一方走査方向に関しては量的にネグリジブルである。

各誤差要因を考慮した設計結果から、各周波数、各偏波のビーム軸中心は、89GHz 帯 B 系を除き同一の走査線上を通り、その誤差は、衛星進行方向に $\pm 0.16^\circ$ 以内となる。

また、走査方向サンプリング中心は、89GHzA 系のサンプリング開始位置から $\pm 0.26^\circ$ 以内となる。

2.2.7.8 ポインティング

AMSR2 センサのアンテナビームホアサイトの指向ずれは、ADM 取付面中心で定義される AMSR2 座標系を基準とし、アンテナビームが衛星進行方向前向き(走査角中心)の位置における走査方向、進行方向への傾き角の各誤差要因を積算評価している。誤差要因としては、時間依存

しない固定誤差となる固定誤差成分と、時間依存する変動誤差成分に分けることができる。このうち、固定誤差成分の誤差は一定であるため、観測データによる評価も含めた角度誤差認識精度を上げることで補正が可能と考えられるが、変動分についてはそのまま観測データ誤差に影響を与えるものである。

2.3 A-Train

A-Train(The Afternoon Constellation)とは、高度約 700km、昇交点通過地方平均太陽時 13 時 30 分付近を観測軌道とする複数の衛星から構成される、NASA 主導の地球観測衛星のコンステレーションである。

A-Train に参加する衛星の観測軌道は厳密に管理されているため、異なる衛星同士が約 10 分以内に同地点を観測することが可能である。

現在軌道上では、Aqua、Cloudsat、CALIPSO、Aura の 4 衛星が、A-Train を構成し、GCOM-W1 も、この A-Train に参加し、AMSR2 のデータを利用した科学研究のさらなる拡大を目指す。

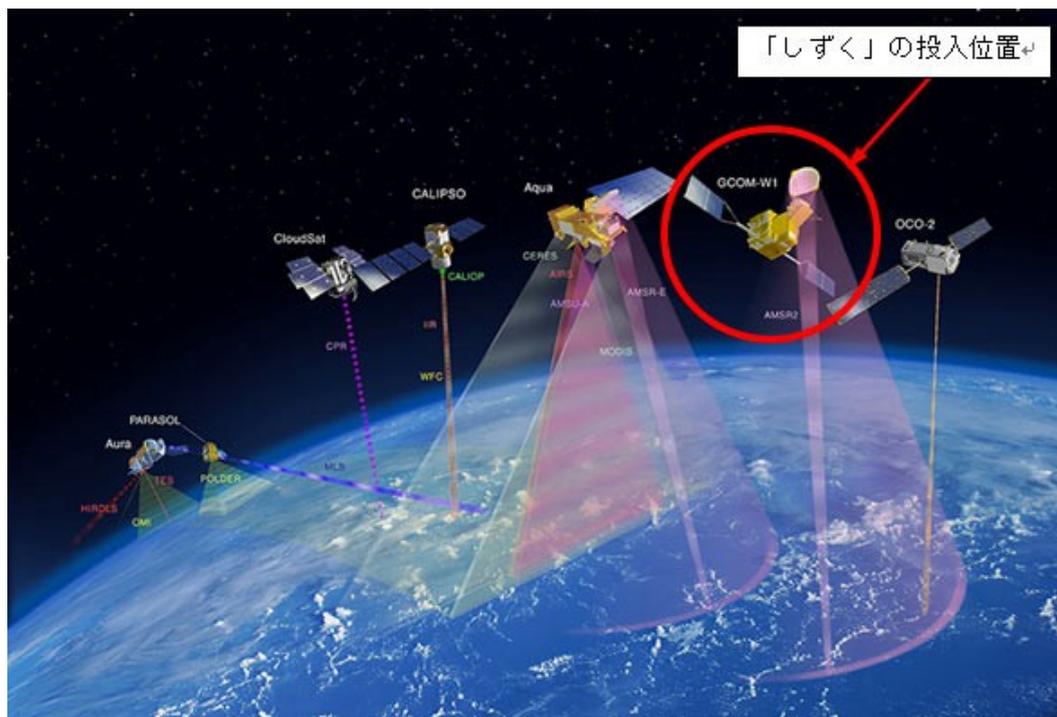


図 2-10 A-Train の 概要

©NASA

第3章 GCOM-W1 地上システムの概要

3.1 全体システム

GCOM-W1 地上システムは、“衛星管制系システム”、“ミッション運用系システム”、“利用研究系システム”の3系から構成され、主に衛星管制系システムでは衛星運用、ミッション運用系システムではデータ処理、解析研究系システムではアルゴリズム開発や校正検証が行われる。ここ説明するミッション運用系システムは、衛星観測データの処理を行う“データ処理システム”、処理されたプロダクトや衛星の運用情報の保存・管理やシステム内外におけるデータ伝送を行う“EORC 情報システム”、及び、一般ユーザへのデータ提供を行う“データ提供サブシステム”から構成される。

追跡ネットワークシステムは、地上ネットワークシステムを使用して、S バンドでのテレメトリ受信／コマンド送信／レンジング運用を実施する。また、国内局、外国局の受信記録設備において X バンドデータ受信を行い、観測データの復調、APID 分離済みデータ(ASD: APID Sorted Data)作成までを実施する。

衛星管制システムは、ミッション運用計画及び衛星運用計画を立案すると共に、追跡ネットワークシステム／スバルバード局経由のテレメトリ／コマンド処理を実施する。

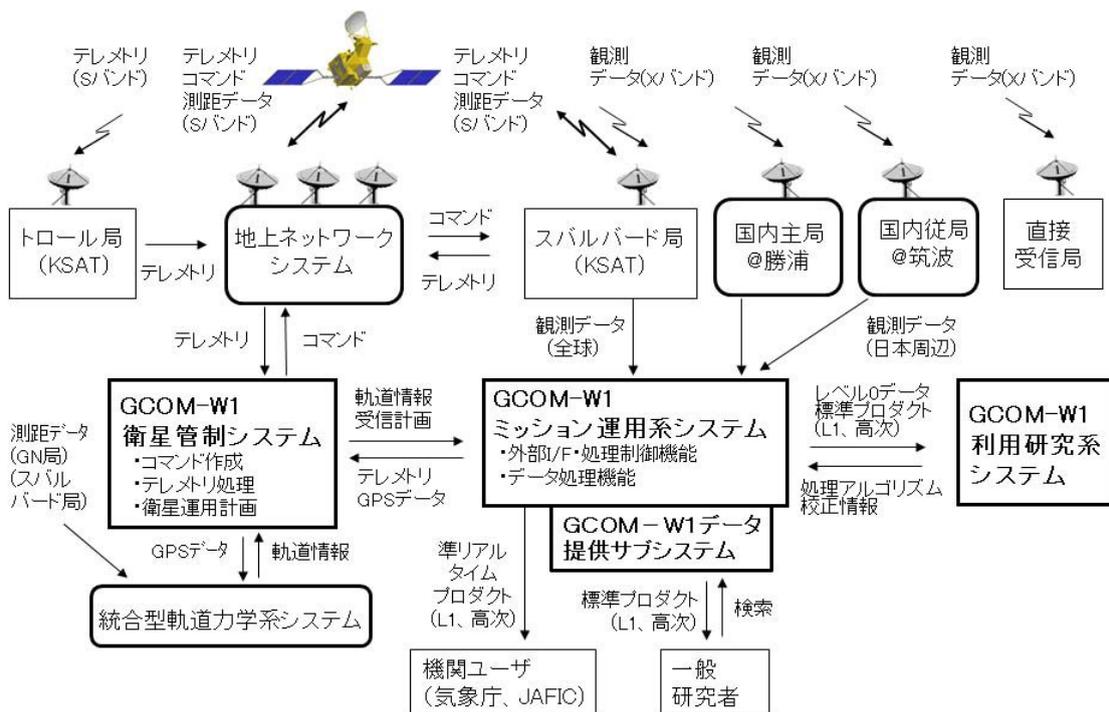


図 3-1 GCOM-W1 地上システム概要

ミッション運用系システムは、国内局、外国局の受信記録設備において受信された X バンドの観測データ処理を行う。データ処理は ASD を入力とし、レベル 0、レベル 1 および高次処理(レベル 2、レベル 3)までを実施し、データ保存管理及びユーザサービスまでを担う。また、機関ユーザに対

する準リアルタイム処理プロダクトの処理から提供までを行う。

利用研究系システムは、ミッション運用系システムからのレベル 0 データ及びレベル 1 プロダクトの提供を受け、処理／校正に関するアルゴリズム及びパラメータの検証を行う。

3.2 GCOM-W1 ミッション運用系システム

GCOM-W1 ミッション運用系システムは、X バンド受信局にて受信・復調されたミッションデータを入力し、AMSR2 データ処理を実施した上でアーカイブ保存・管理するシステムである。また、機関ユーザに対する準リアルタイムプロダクトの提供、及び一般ユーザに対するサービス窓口となるシステムである。

3.2.1 GCOM-W1 データ処理システム

GCOM-W1 データ処理システムは、X バンド受信局よりインタフェースされたミッションデータ (ASD) から、レベル 0 処理、レベル 1 処理、高次処理を実施し、EORC 情報システムへ提供するシステム。また、機関ユーザに向け、準リアルタイム処理を行う。なお、本システムは、以下のサブシステムから構成される。

3.2.1.1 処理制御部

GCOM-W1 ミッションデータに関する処理計画の立案やステータス管理を行い、計画を基にした処理固有機能の制御 (外部ファンクションの呼び出し等) や処理計算機の負荷制御を行うシステム。また、処理アルゴリズムが更新された場合には再処理となり、同様に処理計画立案からデータ処理までを制御する。

3.2.1.2 処理固有部

処理制御部による処理計画に基づき、GCOM-W1/AMSR2 (レベル 0、レベル 1、高次、準リアルタイム処理) のデータ処理機能を実行 (提供) するシステム。以下に、データ処理の概要を示す。

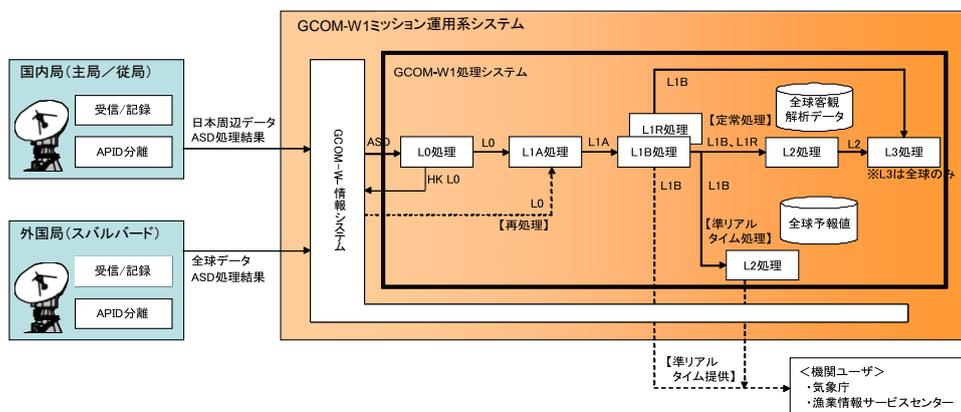


図 3-2 AMSR2 データ処理概要

3.2.2 EORC 情報システム(GCOM-W1 用)

EORC 情報システムは、Xバンド受信局や筑波宇宙センター内の他プロジェクト(設備)とミッション運用系システム間における基幹的なインタフェースを担うシステム。また、ミッションデータのアーカイブ及びユーザサービスを行う設備でもある。なお、本システムは、以下のサブシステムから構成される。

3.2.2.1 データ伝送サブシステム

ミッション運用系システムと GCOM-W1 に係わるミッション運用系外部のシステム(衛星管制システム、追跡ネットワークシステム(国内局、外国局を含む)、利用研究系システム等)とのデータインタフェースを司るシステム。

ミッション運用系外部システム間のデータインタフェースについても、機構内インフラの整備に応じて、本サブシステムを介したデータ伝送を実施することが出来るものとする。

3.2.2.2 データ管理サブシステム

全球地球観測データ処理システム(GCOM-W1 用)で作成されたAMSR2 レベル0 データ、レベル1 及び高次処理プロダクトの保存・管理等を行うシステム。また、データ処理に必要となる補助情報(軌道情報、全球解析データ等)も合わせて保存・管理する。

なお、GCOM-W1 標準プロダクトのデータ保存ポリシーに基づき、レベル 1 プロダクトは最新の1 世代を保存・管理。高次処理プロダクトは、最新と 1 世代前の 2 世代分を保存・管理するものとする。

3.2.2.3 カタログ管理サブシステム

GCOM-W1/AMSR2 の標準プロダクト(レベル1 及び高次処理プロダクト)に対するカタログ情報をデータベースとして保有し、後述のデータ提供サブシステムにて受け付けるユーザ要求に応じたアーカイブプロダクト提供を行う。

3.2.2.4 リモート監視機能

リモート監視機能は、GCOM-W1 ミッション運用系システムを構成する計算機及びインタフェースする既存の機構装置の状況、ミッションデータの受信・処理・配信等の処理状況について、24 時間体制で運用を行う衛星管制システム側(運用室内)からリモート監視(モニタ)する機能。

3.2.3 GCOM-W1 データ提供サブシステム

GCOM-W1 データ提供サブシステムは、GCOM-W1 ミッション運用系システムに属し、EORC 情報システムとインタフェースを持ち、一般研究者に対してオンラインによるデータ提供サービスを行うための下記機能を有するシステムである。

- 一般研究者(ユーザ)の顧客情報管理機能
- プロダクトのアーカイブ検索機能

- プロダクトオンライン提供機能
- 各種ツールのオンライン提供機能
- ステータス/実績管理機能

なお、本サブシステムでは、AMSR2 と同系統センサであるADEOS-II/AMSR、Aqua/AMSR-E のプロダクト(機構アーカイブ分)についても、一様に検索・提供を行う。



図 3-3 GCOM-W1 データ提供サービス ホーム画面

3.3 受信記録設備

GCOM-W1 運用のための受信記録設備(Xバンド受信局)は勝浦局、筑波局、KSAT(スバルバード局)より構成する。国内の勝浦局・筑波局ではリアルタイム可視域の受信を基本とし、全球観測データはスバルバード局にて受信する。以下に各局の概要を示す。

3.3.1 勝浦局(国内主局)

勝浦局受信記録設備は、国内のアンテナ設備における観測データの受信及び記録を行う設備であり、ASD をミッション運用系システムに提供する。勝浦局による通常の X-band 運用では、リアルタイム観測データ及び、リアルタイムHK テレメトリデータの受信・伝送を主目的とする。また、受信したリアルタイム HK テレメトリは S バンドのリアルタイムテレメトリのバックアップとする。

なお、本設備は以下のサブシステムから構成される。

- RF 設備(周波数変換/復調器)
- ベースバンド設備(CCSDS パケット処理)
- 記録設備(APID 分離処理まで)



図 3-4 勝浦局概観

3.3.2 筑波局(国内従局)

筑波宇宙センター内に設置するKSAT 適合性試験装置を適合性試験後に改修し、X-band 運用の筑波局として整備した。勝浦局と同様に ASD をミッション運用系システムに提供する。筑波局によるX-band 運用では、リアルタイム観測データ及び、リアルタイムHK テレメトリデータの受信・伝送を主目的とする。また、受信したリアルタイム HK テレメトリは S バンドのリアルタイムテレメトリのバックアップとする。なお、筑波局は国内従局という位置付けにて、他衛星との競合や維持保守等で主局である勝浦局が使用できない時のバックアップ局として運用する。

なお、本設備は以下のサブシステムから構成される。

- アンテナ設備(Antenna subsystem)
- Xバンド復調器(X-band Modem subsystem)
- 受信設備(Data Acquisition subsystem)
- Sバンド追跡管制設備(S-band TT&C subsystem)
- M&C 設備(M&C subsystem)



図 3-5 筑波局概観

3.3.3 外国局

GCOM-W1 衛星の運用では、外国局としてノルウェーの企業であるコングスバーク・サテライト・サービス(KSAT:Kongsberg Satellite Services AS)の、スバルバード局(北緯 78 度)を用いる。

3.3.3.1 KSAT/スバルバード局

KSAT/スバルバード局では、S-band の TT&C 運用(テレメトリ、コマンド)及び X-band のミッションデータ伝送運用を行う。なお、初期機能確認運用の期間にレンジング機能・性能を確認し、衛星異常など必要時にレンジング運用を実施する。また受信した X-band の観測データ及び、HK テレメトリデータの ASD を作成して筑波宇宙センターのミッション運用系システムへ伝送する。KSAT/スバルバード局による通常の X-band 運用は衛星のデータレコーダに蓄積された観測データ、及びストアード HK テレメトリデータの受信・伝送を主目的とする。また、受信したリアルタイム HK テレメトリは S バンドのリアルタイムテレメトリのバックアップとする。



図 3-6 KSAT/スバルバード局概観 (KSAT/HP より引用)

KSAT/スバルバード局は受信設備を冗長化しており、受信失敗のケースとしては一時的に観測データ伝送運用ができない場合でも、次のパスまでに回復するケースがほとんどであることから、每周回 2 パス分(当該パス分+前パス分)を定常運用としてダウンリンクする計画を立てる。

X-band の受信パスに対して S-band のリアルタイム HK テレメトリデータのモニタ運用を実施する。異常時等の運用には、コマンド運用を行う。

3.4 地上システム運用概要

3.4.1 データ受信

定常運用での地上局体制は、ミッションデータのダウンリンク局として KSAT/スバルバード局を用い、日本近辺のデータを取得する事を目的として勝浦局、そのバックアップ局として筑波局を用いる。

KSAT/スバルバード局へのダウンリンクは、原則として可視全パスを対象に実施し、地上局の短期異常及び受信不良に対応する為、每周回、過去 2 周回分の観測データをダウンリンクする。同局で

は S-band(TT&C)の運用も行われる。

各地上局の衛星運用対応を表 3-1 に示す。

表 3-1 地上局の衛星運用対応

局名	TT&C 運用(S-band)		ミッションデータ伝送運用(X-band)			
	コマンド レンジング	リアルタイム/ ストアードテレ メトリ	ストアード テレメトリ	全球観測 データ	リアルタイム テレメトリ	リアルタイム 観測データ
勝浦局 (X-band)	—	—	○	○	○	○ (日本近傍)
筑波局 (X-band)	—	—	○	○	○	○ (日本近傍)
KSAT/[スバルバ ード局 (S/X-band)	○*1	○	○	○	○	(○)*2 (北極近傍)
KSAT/トロール局 (S-band)	—	○	—	—	—	—
JAXA 新 GN 局 (S-band)	○	○	—	—	—	—

*1 スバルバード局のレンジング運用対応は必要時のみ

*2 北極近傍のリアルタイム観測データは利用予定がないため、スバルバード局では受信するがデータ配信はしない。

上記の他、リアルタイム観測データの直接受信を要望する地上局(国内外直接受信局に対して、衛星から X-band 伝送により直接配信する。国内外直接受信局への伝送運用はJAXA と当該の国内外機関との協定に基づいて実施される。

尚、スバルバード局が長期にわたって使用できなくなった場合は、バックアップ外国局(キルナ局、フェアバンクス局)を使った伝送運用を行う。

KSAT/トロール局を使用してS-band のテレメトリデータ(リアルタイム、ストアードテレメトリ)の受信を行う。トロール局を用いた S-band のテレメトリデータ受信は、トロール局アンテナ(7.3mφ)によるダウンリンク回線が成立する範囲で実施する。



図 3-7 KSAT/トロール局概観 (KSAT/HP より引用)

3.4.2 定常処理

3.4.2.1 ミッション運用システムによる処理

KSAT/スバルバード局及び勝浦局で受信された観測データは ASD として筑波宇宙センターのミッション運用システムに伝送され、表 3-2 の処理の定義におけるレベル 0、レベル1、高次処理を行う。レベル 1 処理に用いる軌道、姿勢情報はセンサパケットの PCD データに含まれるオンボード GPSR 軌道決定値、姿勢決定値を使用することを基本とする。(GPS ロックオフ時は、GPS ロックオフのフラグを立てAOCs 軌道伝播値をPCD データに入力する。)但し、再処理には、統合型軌道力学系システム(uFDS)で作成された軌道生成値も使用可能とする。

表 3-2 ミッションデータ処理の定義

データ名	データ内容	実利用機関への提供	
		気象庁	JAFIC
Raw データ	衛星からの RF 信号(変調波を復調器により復調しビット列のデジタル信号に変換したものを記録したデータ(CADU))。		
APID 分離済みデータ(ASD)	CADU を VCID ごとに分離後、CCSDS 準拠のパケット同期処理、APID 毎に分離したデータ。		
レベル 0 データ	ASD に時刻、パケットシーケンスカウンタ等に基づくデータソートと欠損処理を施したものの。		
レベル 1A プロダクト	レベル 0 プロダクトを入力として以下の処理を施したものの。 <ul style="list-style-type: none"> • シーンの切り出し • ラジオメトリック補正情報の算出 • 幾何学情報の算出 • パケット欠損情報、品質情報の付加 		
レベル 1B プロダクト (標準プロダクト)	レベル 1A プロダクトを入力としてセンサからのデジタル出力値を輝度温度に変換処理を施したものの。		
準リアルタイムレベル 1B プロダクト (日本周辺/全球)	国内局にダウンリンクされる日本周辺の AMSR2 リアルタイム観測データ、スバルバード局にダウンリンクされる AMSR2 全球観測データをダウンリンク単位で準リアルタイム処理して作成するレベル 1B プロダクト。	○*	
レベル 1R プロダクト (標準プロダクト)	AMSR2 L1B プロダクトの各周波数の解像度を合わせて再編したプロダクト。		
レベル 2 プロダクト (標準プロダクト)	レベル 1B もしくは 1R プロダクトを入力として水に関する各種物理量を算出したものの。		

データ名	データ内容	実利用機関への提供	
		気象庁	JAFIC
準リアルタイム レベル2プロダクト (日本周辺/全球)	日本周辺の準リアルタイム L1 プロダクト、全球準リアルタイムL1プロダクトを入力として作成したレベル2の準リアルタイム物理量プロダクト。	○*	○*
レベル3 (標準プロダクト)	レベル1B及びレベル2標準プロダクトを時間・空間的に平均して全球、北極または南極域で地図投影したプロダクト。昇交データ、降交データの別に1日単位、1ヶ月単位の統計プロダクトを作成する。		○

*:準リアルタイム提供プロダクト詳細は後述の表 3-3、表 3-4 を参照。

3.4.2.2 実利用機関へのプロダクト配信

日本周辺および全球の AMSR2 の輝度温度プロダクト(L1B)、高次処理により生成される物理量プロダクト(L2)は、気象庁及び(社)漁業情報サービスセンターに対し観測からプロダクト提供までの配信時間要求(準リアルタイム処理要求)の範囲で、表 3-3 及び表 3-4 に示す所定のプロダクトが提供される。なお、準リアルタイム提供する全球観測データは、KSAT/スバルバード局で受信したデータの単位とする。

尚、準リアルタイム配信する実利用機関は、今後増える可能性がある。表

3-3 実利用機関へのプロダクト配信(気象庁)

配信プロダクト		提供地域	配信時間・要求
AMSR2 レベル 1B 準リアルタイムプロダクト	輝度温度 (TB)	日本周辺	観測時刻+0.5h までに 80%以上 観測時刻+0.8h までに 95%以上
		全球	観測時刻+2.5h までに 70%以上 観測時刻+4.1h までに 90%以上
AMSR2 レベル 2 準リアルタイムプロダクト	海水密接度 (SIC)	全球	観測時刻+3.0h までに 70%以上 観測時刻+5.0h までに 90%以上 観測時刻+8.0h までに 95%以上
	積雪深 (SND)	全球	観測時刻+5.0h までに 90%以上
	土壌水分量 (SMC)	全球	観測時刻+5.0h までに 90%以上
	海面水温 (SST)	全球	観測時刻+3.0h までに 70%以上 観測時刻+5.0h までに 90%以上 観測時刻+8.0h までに 95%以上

配信プロダクト		提供地域	配信時間・要求
	海上風速	日本周辺	観測時刻+1.0h までに 80%以上
	(SSW)	全球	観測時刻+3.0h までに 70%以上

表 3-4 実利用機関へのプロダクト配信 (社)漁業情報サービスセンター(JAFIC)

配信プロダクト		提供地域	配信時間・要求
AMSR2 レベル 2 準リアルタイムプロダクト	海面水温 (SST)	日本周辺	観測時刻+1.5h までに 95%以上
		全球	観測時刻+3.0h までに 70%以上 観測時刻+5.0h までに 90%以上
AMSR2 レベル 3 標準プロダクト	海面水温 (SST)	全球	作成単位にて配信 日単位:1 回/日配信 月単位:1 回/月配信

3.4.2.3 ユーザとのインタフェース

AMSR2 は日照・日陰を問わず、連続運用で全球観測を行う為、データユーザとの間で観測運用の要求に関する入力インタフェースは発生せず、観測データは GCOM-W1 データ提供システムから提供される。

3.4.2.4 データの保存

ミッション運用システムにおけるデータの保存方針を以下に示す。

- ① 外国局で受信した X-band の Raw データは、外国局の記録装置にて受信後 7 日間保存し、ミッション運用システムからの再送要求に応じて、ASD に変換して再送する。
- ② 国内主局で受信した X-band の Raw データは、受信局の記録装置にて受信後 7 日保存し、ミッション運用システムからの再送要求に応じて、ASD に変換して再送する。国内従局に対しても同様とする。
- ③ 受信局から伝送されてきた観測データ(ASD)を入力として作成したレベル 0 データをマスターとし、標準プロダクト、処理結果(カタログ情報)等はミッション運用系システムにおいて長期保存する。また、マスターと位置付けるレベル0 データは、ミッション運用系システムだけでなく、システム設置場所とは離れた場所におけるバックアップ保管を行う。

第4章 AMSR2 プロダクト

4.1 プロダクトの定義

4.1.1 処理レベル定義

AMSR2 プロダクトの処理レベルの定義を表 4-1 に示す。

表 4-1 AMSR2 プロダクトの定義

処理レベル	概要
レベル 0	品質チェックフラグを付与したデータ。
レベル 1A	レベル 0 データにラジオメトリック補正処理、幾何補正処理を加え、アンテナ温度変換係数とアンテナ温度カウント値等を計算し、シーン単位に切り出したプロダクト。
レベル 1B	レベル 1A で出力したアンテナ温度を変換係数を用いて輝度温度に変換したプロダクト。
レベル 1R	レベル 1B プロダクトをあらかじめ算出したリサンプリング係数を用いてより低い周波数の分解能にあわせるようにリサンプリング処理したプロダクト。
レベル 2	レベル 1B から、主に水に関する物理量を算出したプロダクト。
レベル 3	レベル 1B プロダクト、およびレベル 2 プロダクトを、地球表面にあらかじめ設定した格子点上で空間的、時間的に平均化し、全球サイズにマッピングしたプロダクト。

4.1.2 シーン定義

4.1.2.1 レベル 1A/レベル 1B/レベル 1R/レベル 2

AMSR2 のシーンは、観測位置に対して北極から南極間の半周回と定義する(表 4-2)。ここで言う AMSR2 の観測位置は、衛星直下の位置ではなく、衛星進行方向に対して前方を観測している地球表面観測位置を示す。従って、シーンは、衛星直下に対して約 2.5 分前方にシフトした範囲になる(図 4-1)。また、衛星進行方向に対して前方を観測している位置は、走査の中心位置で、表 4-3 に示す観測点を定義する(図 4-2)。

AMSR2 の 1 シーンの走査数は、軌道が 1 回帰する間隔とパスの総数、走査間隔を用いて算出することができる。1 シーンの走査数は、半周回が約 49.4 分で約 1979 走査に相当する。なお、AMSR2 のレベル 1B プロダクトは AMSR/AMSR-E で実施していた観測データの切り出しは行わない。そのため、プロダクトの観測点数はレベル 1A/レベル 1B と変わらない。

$$1978.7 = 86400[\text{sec/day}] * 16[\text{day/rec}] / 233[\text{orbits/rec}] / 1.5[\text{sec/scan}] / 2[\text{scene/orbit}] + 1[\text{the other pole}]$$

ただし、1 シーンの走査数は、衛星の姿勢等の擾乱による影響で変動する。

表 4-2 AMSR2 のシーン定義

軌道方向	定義
昇交軌道(Ascending)シーン	半周回の最南点から最北点までの走査 (シーン先頭に最南点を含む)
降交軌道(Descending)シーン	半周回の最北点から最南点までの走査 (シーン先頭に最北点を含む)

表 4-3 観測中心位置

処理レベル/周波数	観測点数	開始位置	中心位置	
L1A、L1B	89GHz 以外	243	1	122
	89GHz	486	1	244

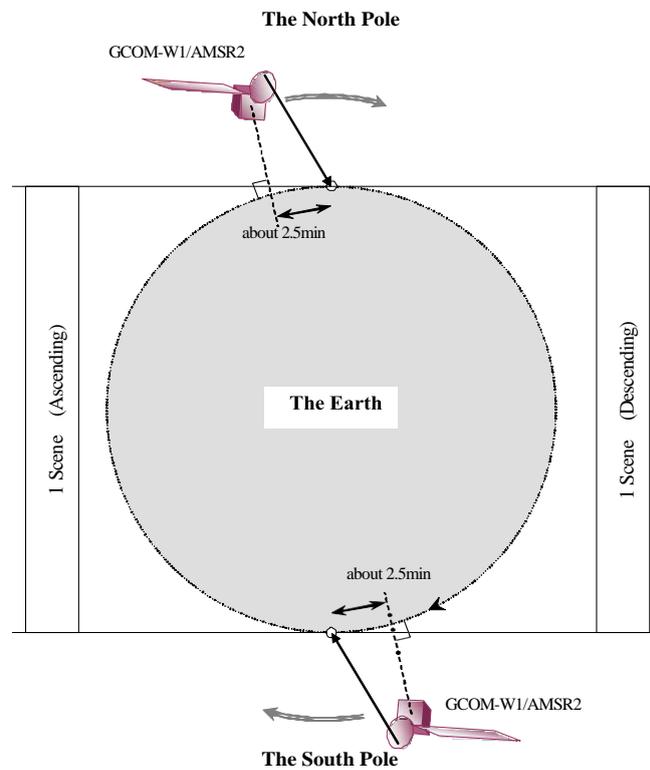


図 4-1 AMSR2 シーン定義と衛星直下との関係

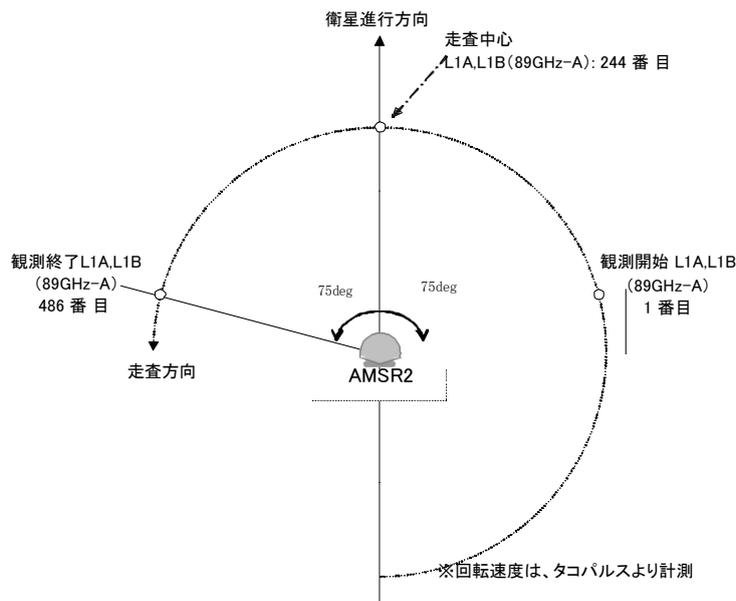
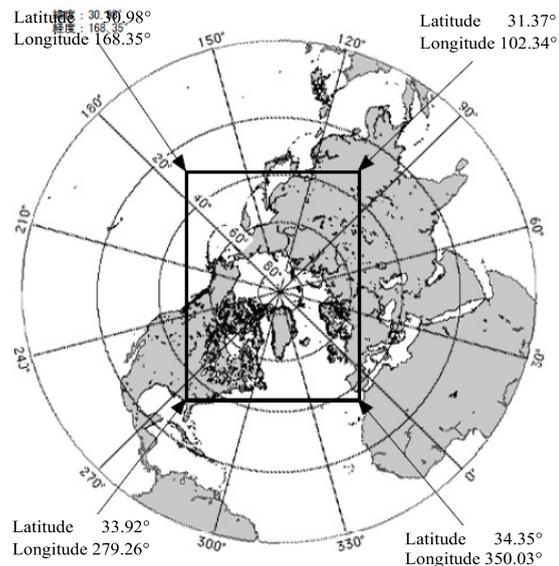


図 4-2 走査中心観測点位置とデータ点数の関係

4.1.2.2 レベル 3

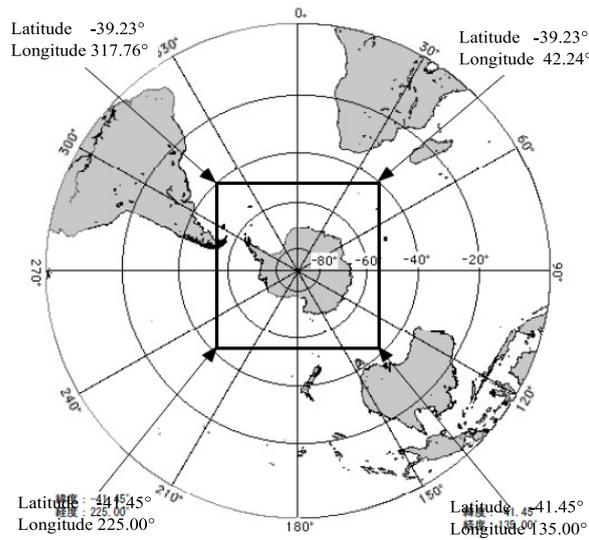
レベル 3 プロダクトは、シーン単位でなく全球データである。

- ① 地図投影法は、等緯度経度(EQR)とポーラステレオ(PS)の 2 種類がある。
- ② マップの格子点間隔は、EQR では 0.25°、PS では 25km である。
- ③ PS 図法の定義は、図 4-3 から図 4-5 に示す通りである。



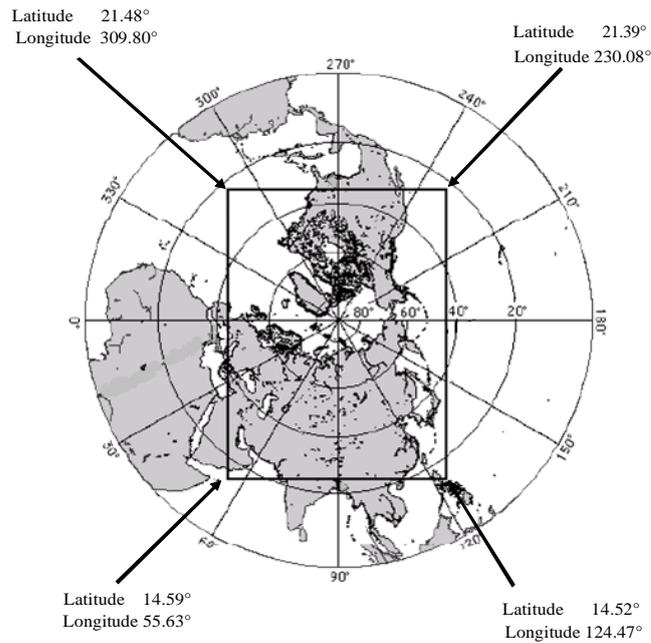
*図内の緯度経度はピクセル端の緯度経度を示す。

図 4-3 ポーラステレオ図法定義(北半球、TB/SIC)



*図内の緯度経度はピクセル端の緯度経度を示す。

図 4-4 ポーラステレオ図法定義(南半球、TB/SIC)



*図内の緯度経度はピクセル端の緯度経度を示す。

図 4-5 ポーラステレオ図法定義(北半球、SND)

4.1.3 プロダクト定義

4.1.3.1 レベル 1 プロダクト

AMSR2 のレベル 1 プロダクトは表 4-4 に示す 3 種類であり、階層型データフォーマット(HDF: Hierarchical Data Format)フォーマットの 1 シーン単位のファイルである。

表 4-4 AMSR2 レベル 1 プロダクトのデータ仕様

レベル	処理の内容	観測データの格納状態
1A	<ul style="list-style-type: none"> ・観測データの packets を抽出し、重複 packets がある場合削除 ・ミッションデータ中の欠損 packets をダミーデータで補間 ・観測データ(12 ビット)を 2 バイト(16 ビット)のカウンタ値に変換 ・レベル 1B 処理に必要なアンテナ温度変換係数の算出 ・観測データに対応する緯経度情報、観測入射角と方位角、太陽仰角と方位角の算出 ・パケット欠損情報、品質情報の付加 ・陸海判定フラグの付加 ・シーン前後にオーバーラップ(前後各 10 走査)を付加 ・ピクセルごとの品質情報(人工電波干渉(RFI: Radio-Frequency Interference)に関する情報)の付与 	カウンタ値
1B	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル 1A データのカウンタ値からアンテナ温度に変換し、さらに輝度温度へ変換 (・AMSR2 では AMSR/AMSR-E で実施していた観測データの切り出しは行わない。) 	変換済みの輝度温度
1R	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル 1B の輝度温度を、あらかじめ算出したリサンプリング係数を用いてより低い周波数の分解能にあわせるようにリサンプリング処理を行い、レベル 1R プロダクトを作成する。 ・観測領域の平均高度の算出。 	

4.1.3.2 高次プロダクト

4.1.3.3 レベル 2 プロダクト

- (1) レベル 1B データをもとに各物理量を算出したもの。
- (2) レベル 1B と同様に幾何学情報が付加され、品質情報、付加情報(国際電子時刻で、1993 年からの通算秒である TAI93 に準拠する走査毎の時刻、軌道番号)を格納。

表 4-5 AMSR2 レベル 2 プロダクト一覧

プロダクト	データ単位	対象領域	分解能
積算水蒸気量	シーン (半周回)	全球洋上	15km
積算雲水量		全球洋上	15km
降水量		熱帯-温帯	15km
海面水温		全球洋上	50km
海上風速		全球洋上	15km

プロダクト	データ単位	対象領域	分解能
海氷密接度		高緯度洋上	15km
積雪深		陸圏	30km
土壌水分量		陸圏	50km

4.1.3.4 レベル 3 プロダクト

- (1) レベル 1B の輝度温度(TB)データおよびレベル 2 の物理量データを、あらかじめ地球表面上に設定した格子点对応に、空間的、時間的に平均化したものである。時間平均は、1 日と 1 ヶ月の 2 種類とする。平均化したデータは、EQR と PS の 2 種類の地図投影法で全球サイズにマッピングされる。
- (2) データ単位は、各プロダクトについて全球データとするが、Ascendingによる全球データと、Descending による全球データの 2 種類がある。

表 4-6 AMSR2 レベル 3 プロダクト一覧

プロダクト	データ単位	投影法	作成単位	分解能
輝度温度	全球 (Ascending/ Descending)	EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
		PS 北半球	日/月	高解像度(10km)/低解像度(25km)
		PS 南半球	日/月	高解像度(10km)/低解像度(25km)
積算水蒸気量		EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
積算雲水量		EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
降水量		EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
海面水温		EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
海上風速		EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)
海氷密接度		PS 北半球	日/月	高解像度(10km)/低解像度(25km)
		PS 南半球	日/月	高解像度(10km)/低解像度(25km)
積雪深	EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)	
	PS 北半球	日/月	高解像度(10km)/低解像度(25km)	
土壌水分量	EQR	日/月	高解像度(0.1°)/低解像度(0.25°)	

4.2 レベル 1 処理アルゴリズム

4.2.1 レベル 1A 処理

レベル 1A 処理では、編集処理で出力した編集済みデータを入力とし、図 4-6 に示すようにラジオメトリック情報および幾何情報を算出する。

尚、ミッションデータ読み込み・チェックにおける処理としては、AMSR2 ミッションデータを読み込み、ミッションデータの欠損状態、HW の状態をチェックする。

時刻算出処理では、衛星の GPS 時刻を時刻系(TAI93)に変換した後、閏秒を考慮した観測開始時刻の算出等を行う。

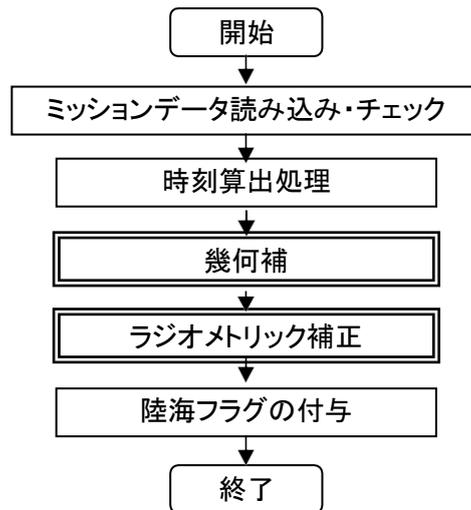


図 4-6 レベル1A プロダクト処理フロー

4.2.1.1 幾何情報算出

(1) 観測点の緯度経度算出

観測点の緯度経度算出処理の流れを図 4-7 に示す。

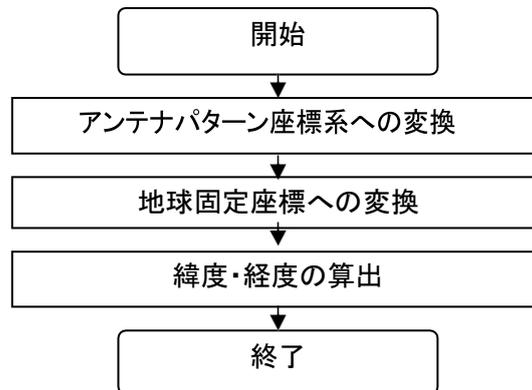


図 4-7 観測点緯度経度算出処理フロー

観測点の緯度/経度算出は AMSR2 の観測アンテナが地球表面のどこに向いているかを計算するものである。そのためには、アンテナパターン座標系で定義されている観測方向を地球表面の位置を算出するための地球固定座標系で求める必要がある。そこで、いくつかの適切な座標系を定義し、座標変換を繰り返すことで、地球固定座標系での AMSR2 の観測アンテナ方向を求める。そして、その方向を用いて地球表面の観測位置を計算する。

以上は地表面のサンプリング間隔が細かい 89GHz-A チャンルに対して行う。そして他の低周波数は 89GHz-A チャンルの観測位置およびメタデータに格納されている相対レジストレーション係数を用いて計算を行う。相対レジストレーション係数を用いた観測位置の計算はフォーマット説明書を参照のこと。

なお、89GHz-B チャンルのみは観測位置が他のチャンネルとは別の位置を観測しているので、

89GHz-A チャンネルの計算方法と同じ方法で、計算を行いプロダクトに格納する。

上記の計算において使用する地球の楕円体モデルは WGS84 である。観測点の緯度経度算出の概念図を図 4-8 に示す。

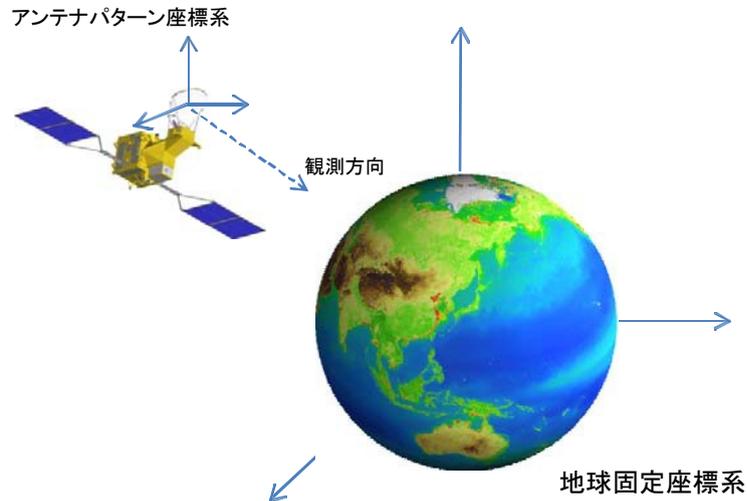


図 4-8 観測点の緯度経度算出の概念図

(2) 太陽の仰角と方位角、地表面の入射角と方位角

上記で算出した観測点の緯度・経度と太陽の位置を用いて、89GHz の観測位置に対応した太陽の仰角と方位角を算出し、緯度・経度から地表面の入射角と方位角を算出する。

(3) 全周波数の陸/海フラグ情報の設定

上記で算出した観測点の緯度・経度から、データベースとして保持している陸海フラグ情報を検索した結果を設定する。

4.2.1.2 ラジオメトリック情報算出

ラジオメトリック情報算出処理の流れを図 4-9 に示す。

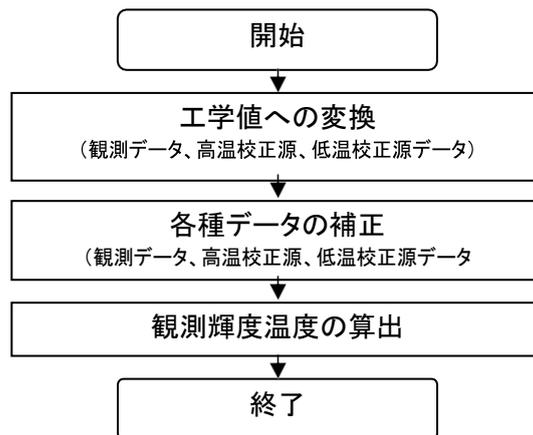


図 4-9 アンテナ温度変換係数算出処理フロー

(1) 同一ゲインオフセット点の特定／平均化

同一の AGC (Auto Gain Control) レベル (ゲイン、オフセット) で低温、高温校正データが取得された範囲を特定し、同じゲインレベルで取得された校正データを平均化する。ゲインまたはオフセット値が異なるデータの平均は行わない。

(2) 高温校正源/低温校正源の補正

高温校正源温度と低温校正源カウント値に対して以下の補正を実施する。

- ① 高温校正源温度の補正 (補正アルゴリズム使用)
- ② 低温校正源温度の補正 (月／地上放射／電波干渉／太陽光の除去)

(3) 全周波数のアンテナ温度変換係数の算出

観測カウント値 (C_{obs}) を一次放射器の入力であるアンテナ温度 (TA) に変換するための1次の校正式の係数 (A, B) を算出する。

$$TA = A \times C_{obs} + B$$

4.2.2 レベル 1B 処理

レベル 1B 処理は、レベル 1A 処理で算出したラジオメトリック係数を用いて、アンテナ温度に変換後走査バイアス補正、非直線性補正を実施し輝度温度に変換する。

図 4-10 にレベル 1B の処理フローを示す。

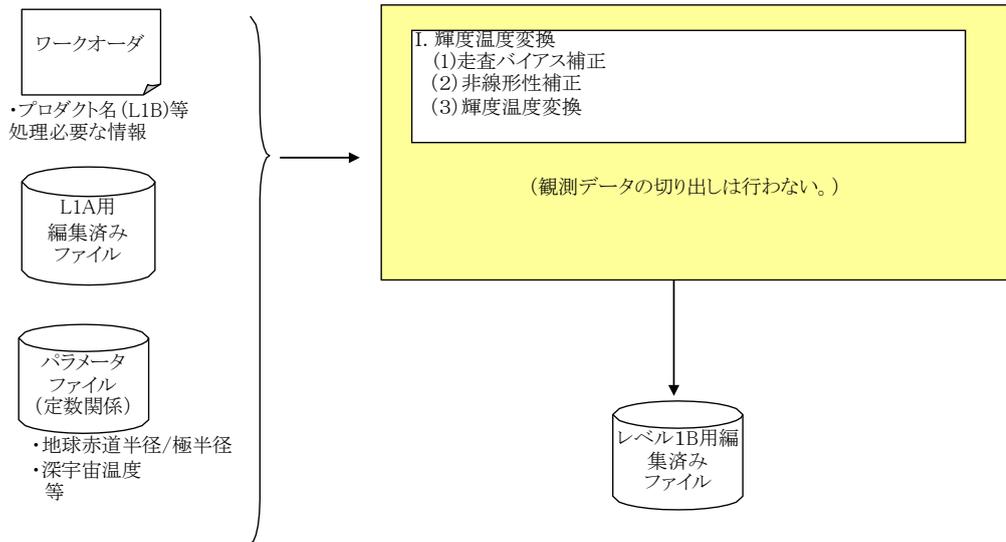


図 4-10 レベル1B プロダクト処理フロー

4.2.2.1 走査バイアスの補正

観測アンテナ温度には、校正源によるブロッキングなどの影響により1走査内での観測点においてバイアスが発生する可能性がある。そのため、このバイアスを補正する関数を組み込む。

バイアスの傾向は、周波数・偏波により差が生じると考えられるため、各周波数・偏波により別々の係数を設定する。また、観測点位置ごとにも係数が変化するので別々の係数とする。

観測カウント値からアンテナ温度への変換は、4.2.1.2 項で示す計算式を用いて行う。

変換された観測アンテナ温度に対して、以下の式により走査バイアス補正を行う。それぞれの係数の意味については、表 4-7 に示す。

$$T'_A = T_a \times Cg[i] + Co[i]$$

表 4-7 走査バイアス補正に使用する係数

係数	説明	
T' _A	走査バイアス補正後のアンテナ温度	-
T _a	アンテナ温度	-
Cg[i]	各観測点の走査バイアス補正ゲイン係数(i: 観測位置)	全観測点毎に設定
Co[i]	各観測点の走査バイアス補正オフセット係数(i: 観測位置)	全観測点毎に設定

4.2.2.2 受信機非線形性(ノンリニアリティ)の補正

アンテナ温度の走査バイアスを補正した後、さらに受信機非線形性の補正を、下式を用いて実

施する。

$$T_A = A_L T_A' + B_L T_A'^2 + C_L$$

T_A : 非線形性補正実施後のアンテナ温度

T_A' : 走査バイアス補正後のアンテナ温度

A_L, B_L, C_L : 非線形性補正係数

なお、補正係数 A_L, B_L, C_L は打ち上げ前は $A_L = 1, B_L = 0, C_L = 0$ とし、打ち上げ後の校正・検証により係数の決定を行う。

4.2.2.3 輝度温度算出

4.2.2.2 項で述べた受信機の前線性補正を行ったアンテナ温度から輝度温度への変換は交差偏波、スピルオーバーの補正を考慮した以下の式により行う。なお、それぞれの係数は打ち上げ前にあらかじめ計算した値を用いるものとして、打ち上げ後に評価により再調整するものとする。

$$T_{Bv} = A_{vv} T_{av} + A_{hv} T_{ah} + B_v$$

$$T_{Bh} = A_{vh} T_{av} + A_{hh} T_{ah} + B_h$$

ここで、 T_{Bv}, T_{Bh} : V 偏波、H 偏波観測輝度温度

T_{Av}, T_{Ah} : V 偏波、H 偏波観測アンテナ温度

A_{vv}, A_{hh} : V 偏波、H 偏波主偏波寄与率

A_{hv}, A_{vh} : V 偏波、H 偏波交差偏波寄与率

B_v, B_h : V 偏波、H 偏波輝度温度変換バイアス

4.2.3 レベル 1R 処理

レベル 1R 処理では、レベル 1B プロダクトを入力として、図 4-11 に示す処理を実施する。

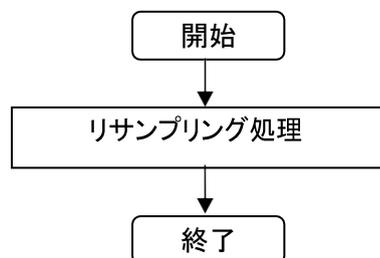


図 4-11 レベル 1R プロダクト処理フロー

レベル 1R 処理は、レベル 1B の輝度温度データを低周波の解像度相当にリサンプリングする処理

である。リサンプリング処理は Backus and Gilbert 法を用いて算出した重みパラメータ(リサンプリング係数)をオリジナルの輝度温度データにたたみ込むことにより行う。処理概要を図 4-12 に示す。

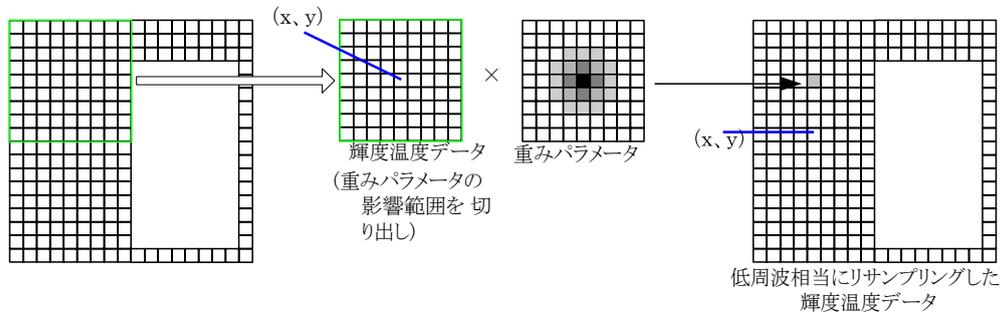


図 4-12 レベル 1R 処理の概要

4.2.3.1 リサンプリング対象周波数

L1R 処理においてリサンプリングの対象とする周波数は以下の方針に基づいて決定している。

- ① 解像度の高い周波数の輝度温度を解像度の低い周波数相当へリサンプリングする。
- ② AMSR2 の各周波数には、解像度がほぼ同じ周波数が存在する。6GHz と 7GHz は空間解像度が同一であるため、リサンプリングデータは共通とする。18GHz と 23GHz は解像度がほぼ同じであるが、23GHz の解像度の方がやや低いため、23GHz の解像度に合わせたリサンプリングデータのみ作成する。
- ③ 89GHz は A/B2 系統の受信機から構成されるが、両系データの処理方法(片系のみ使用、両系の統合等)はリサンプリング係数の与え方で決定することとし、処理には両系のデータを同時入力する。
- ④ 偏波については、H 偏波または V 偏波それぞれでのリサンプリングを行う。例えばある目標周波数の H 偏波のリサンプリングを行うときには、他の周波数の H 偏波の L1B 輝度温度データを用い、V 偏波は用いない。

以上の方針をまとめると、リサンプリングを実施する周波数の一覧は表 4-8 のようになる。

L1B データの、表 4.2-2 で○・☆印が付いている周波数の輝度温度データをリサンプリングして L1R プロダクトとして出力する。○印は空間分解能変換を伴う処理、☆印は主に中心緯度経度を揃えるための処理であり、空間分解能変換は主目的ではない。中心緯度経度は 89GHz A 系受信機データに整合させることとする。なお、89GHz については、A/B 系ともにオリジナルの輝度温度データも一式格納する。

表 4-8 リサンプリング対象周波数

		目標解像度の周波数				
		6/7GHz	10GHz	23GHz	36GHz	89GHz
観測周波数	6GHz	☆	-	-	-	-
	7GHz	☆	-	-	-	-
	10GHz	○	☆	-	-	-
	18GHz	○	○	○	-	-
	23GHz	○	○	☆	-	-
	36GHz	○	○	○	☆	-
	89GHz	○	○	○	○	-

注) ○・☆印が処理・格納対象となる周波数。○印は主に空間分解能変換を伴う処理、☆印は主に中心緯度経度を揃えるための処理であり、空間分解能変換は主目的でない。

4.3 高次処理アルゴリズム

4.3.1 レベル 2 処理

レベル 2 処理では AMSR2 レベル 1 データを入力し、実際の物理量を算出する。算出される物理量には、積算水蒸気量、積算雲水量、降水量、海上風速、海面温度、海水密度、積雪深、土壌水分量の 8 種類がある。

4.3.1.1 積算水蒸気量

(1) 入力データ

水蒸気量の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

- ① AMSR2 レベル 1R プロダクト
 - a. 18.7、23.8、36.5、89.5GHz 輝度温度(垂直／水平偏波)
 - b. 緯度・経度
 - c. 地表面入射角
 - d. 観測時刻
 - e. 陸海フラグ
- ② 海面温度(気象庁全球解析海面水温 MGDSST/JMA)
- ③ 850hPa 気温(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)
- ④ 海上風速(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)
- ⑤ 参照テーブル
 - a. 海面射出率算出用参照テーブル
 - b. 大気平均温度算出用参照テーブル
 - c. 積算水蒸気量変換テーブル

(2) アルゴリズムの概要

マイクロ波放射計の 19、23、37GHz 波長帯を用いて、大気中の水蒸気や、雲水量の放射率を観測することができる。大気上端の放射輝度は、大気中の水蒸気や雲中の水分量を積算した値である。海面からの射出放射率を正しく見積もることは、積算水蒸気量のリトリーバルには重要である。海面射出率は、マイクロ波の観測周波数、海面水温、海上風速、地表面入射角によって変わる。本アルゴリズムでは、海面上の1層の均質で等温大気を仮定し、大気中の水蒸気、酸素、オゾンによる放射吸収と海面での放射吸収をマイクロ波放射伝達モデルでシミュレーションする。AMSR2 の観測周波数帯では、塩分に対する感度はあまりよくないため、海面放射の塩分の変化による影響は考慮されていない。風により波立つ海面の起伏の効果と海面水温別の放射率の変化は考慮している。大気中の水分子の散乱過程が複雑で計算に時間がかかるため、降雨域は算出しない。

AMSE2 の各周波数帯は、水蒸気や雲水に対して異なる感度を持っているので、AMSR2 の多周波・多偏波を組み合わせて、積算水蒸気量の算出を行う。

① 海面射出率の算出

海面射出率は、海面水温と海上風速の補助データを使って参照テーブルから算出される。参照テーブルは、ゾンデから得られた大気鉛直プロファイルデータと AMSR2 観測輝度温度と海面水温と海上風速の補助データのマッチアップから作成される。

② 大気平均放射温度、大気透過率二乗の算出

大気透過率(T_r)に初期値を入れる。大気平均放射温度(T_a)が、二つ目の参照テーブルから算出される。参照テーブルは、大気透過率(T_r)と 850hPa における大気温度から作成される。事前に作られる参照テーブルは、ゾンデの大気鉛直プロファイルデータ(気温と湿度)とマイクロ波放射伝達モデルを使って作成される。

パラメータ α が、式 2 を使って、各々の観測周波数、観測偏波ごとに計算される。

大気透過率(T_r)は、両偏波毎に式 3 をつかって、AMSR2 の輝度温度から算出される。

各々の観測周波数帯の大気透過率(T_r)は、両偏波で求められた透過率を相乗平均して見積られる。上記を反復して、大気透過率(T_r)の収束値を見つける。

$$T_b = \alpha \left\{ 1 - (1 - \varepsilon_s) T_r \right\} \quad [1]$$

$$\alpha = \left\{ T_a + \frac{(T_s - T_a) T_r \varepsilon_s}{1 - (1 - \varepsilon_s) T_r} \right\} \quad [2]$$

$$T_r^2 = \frac{1 - T_b \alpha}{1 - \varepsilon_s} \quad [3]$$

③ 水蒸気量インデックスおよび雲水量インデックスの算出

まず、18.7GHz、36.5GHz 帯に対する大気透過率二乗から雲水量インデックス(CWI: Cloud

liquid Water Index)を算出する。この CWI と 18.7GHz、23.8GHz 帯に対する大気透過率二乗、および海面水温との関係を定義した参照テーブルから取得される係数(β)および定数(γ)から水蒸気量インデックス(PWI: Precipitable Water Index)を算出する。なお、この参照テーブルは、PWI とラジオゾンデによって算出された積算水蒸気量との相関が最大となるよう準備されている。

$$PWI = \beta \ln(T_{r19HV}^2) - \ln(T_{r22V}^2) + \gamma CWI \quad [4]$$

$$CWI = \ln(T_{r19HV}^2) - \ln(T_{r37HV}^2) \quad [5]$$

④ 積算水蒸気量の算出

AMSR2 による観測データから算出した PWI と、ラジオゾンデによる観測データから算出した PWA が一致するように調整された参照テーブルを用いて PWI を PWA(kg/m²)に変換し、算出する。また、変換の際に、36.5GHz 帯の風速依存性を除去するためのパラメータ(AMSR2 風速アルゴリズムで定義されている S36)を使用する。

4.3.1.2 積算雲水量

(1) 入力データ

積算雲水量の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1R プロダクト

- a. 18.7、23.8、36.5、89.5GHz 輝度温度(垂直/水平偏波)
- b. 緯度・経度
- c. 地表面入射角
- d. 観測時刻
- e. 陸海フラグ

② 海面温度(気象庁全球解析海面水温 MGDSSST/JMA)

③ 850hPa 気温(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

④ 海上風速(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

⑤ 参照テーブル

- a. 海面射出率算出用参照テーブル
- b. 大気平均温度算出用参照テーブル
- c. 積算雲水量変換テーブル

(2) アルゴリズムの概要

マイクロ波放射計の 19、23、37GHz波長帯を用いて、大気中の水蒸気や、雲水量の放射率を観測することができる。大気上端の放射輝度は、大気中の水蒸気や雲中の水分量を積算した値である。海面からの射出放射率を正しく見積もることは、積算水蒸気量のリトリーバルには重要である。

海面射出率は、マイクロ波の観測周波数、海面水温、海上風速、地表面入射角によって変わる。本アルゴリズムでは、海面上の1層の均質で等温大気を仮定し、大気中の水蒸気、酸素、オゾンによる放射吸収と海面での放射吸収をマイクロ波放射伝達モデルでシミュレーションする。AMSR2の観測周波数帯では、塩分に対する感度はあまりよくないため、海面放射の塩分の変化による影響は考慮されていない。風により波立つ海面の起伏の効果と海面水温別の放射率の変化は考慮している。大気中の水分子の散乱過程が複雑で計算に時間がかかるため、降雨域は算出しない。

AMSE2の各周波数帯は、水蒸気や雲水に対して異なる感度を持っているので、AMSR2の多周波・多偏波を組み合わせて、積算雲水量の算出を行う。

① 海面射出率の算出

海面射出率は、海面水温と海上風速の補助データを使って参照テーブルから算出される。参照テーブルは、ゾンデから得られた大気鉛直プロファイルデータとAMSR2観測輝度温度と海面水温と海上風速の補助データのマッチアップから作成される。

② 大気平均放射温度、大気透過率二乗の算出

大気透過率(T_r)に初期値を入れる。大気平均放射温度(T_a)が、二つ目の参照テーブルから算出される。参照テーブルは、大気透過率(T_r)と850hPaにおける大気温度から作成される。事前に作られる参照テーブルは、ゾンデの大気鉛直プロファイルデータ(気温と湿度)とマイクロ波放射伝達モデルを使って作成される。

パラメータ α が、式2を使って、各々の観測周波数、観測偏波ごとに計算される。

大気透過率(T_r)は、両偏波毎に式3をつかって、AMSR2の輝度温度から算出される。

各々の観測周波数帯の大気透過率(T_r)は、両偏波で求められた透過率を相乗平均して見積られる。上記を反復して、大気透過率(T_r)の収束値を見つける。

$$T_b = \alpha \left\{ 1 - (1 - \varepsilon_s) T_r^2 \right\} \quad [1]$$

$$\alpha = \left\{ T_a + \frac{(T_s - T_a) T_r \varepsilon_s}{1 - (1 - \varepsilon_s) T_r^2} \right\} \quad [2]$$

$$T_r^2 = \frac{1 - T_b / \alpha}{1 - \varepsilon_s} \quad [3]$$

③ 雲水量インデックスの算出

まず、18.7GHz、36.5GHz帯に対する大気透過率二乗から雲水量インデックス(CWI: Cloud liquid Water Index)が算出される。

$$CWI = \ln(T_{r19HV}^2) - \ln(T_{r37HV}^2) \quad [4]$$

④ 雲水量の算出

算出された CWI は、水蒸気の影響をうけているので、AMSR2 より算出された PWA を用いて、水蒸気量別に依存度を考慮し、水蒸気補正を行った後に、積算雲水量 (CLW: Cloud Liquid Water) を算出する。

4.3.1.3 降水量

(1) 入力データ

降水量の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1B プロダクト

- a. 10.65、18.7、36.5、89.0GHz 輝度温度 (垂直／水平偏波)、23.8GHz 輝度温度 (垂直偏波)
- b. 緯度・経度
- c. 地表面入射角
- d. 陸海フラグ

② 気温 (気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

③ 地表面温度 (気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

④ 0°C 高度 (気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

⑤ 海面温度 (気象庁全球解析海面水温 MGDSST/JMA)

(2) アルゴリズムの概要

本アルゴリズムの特徴は、多波長の輝度温度の観測値との差が最小になる輝度温度の計算値を与える、降水量の最適値を求めることである。ルックアップテーブル (LUT: Look-Up Table) を作成するための順 (フォワード) 計算部分と、LUT と輝度温度の観測値から降水量を推定するリトリーバル部分で構成されている。海氷、低温域、高緯度を除いた、海域、陸域、沿岸域の降水量を推定する。海域、陸域、沿岸域でそれぞれ別のアルゴリズムが適用され、一般的に海域での推定精度は陸域や沿岸域より良好である。海氷域、低温域、高緯度の判定は、位置情報や輝度温度情報等に基づきアルゴリズム内で実施される。

① 順 (フォワード) 計算

順 (フォワード) 計算部分において放射輝度温度の上昇や下降と降水強度の関係は放射伝達方程式によって結びつけられる。即ち、ある降水強度を持った降水物理モデル (対流性降雨と層状性降雨の分類、降水タイプ、降水プロファイル、雨滴粒径分布、融解層高度など) を放射伝達方程式に取り入れて、衛星が観測する放射輝度温度の計算値を求める。具体的には、温度、高度、水蒸気量、地表風速 (気象庁全球客観解析データを使用) や海面水温を入力値として、事前に仮定した降水物理モデルに基づき、様々な降水強度に対してすべての観測周波数に対する放射輝度温度計算を行い、降水強度と放射輝度温度の関係をテーブル化する。

LUT 作成において、まずは一様な降水に対する計算を行い、降水強度の第一推定値から降雨の

非一様性を推定して、非一様性の修正を行っている。降水が観測視野の中で非一様である場合、たとえ観測視野内での平均的な降水強度が同じであっても放射輝度温度が異なるため、このような補正が必要になっている。

また、このアルゴリズムは液体降水と固体降水を分ける 0°C 高度を、不確かさのある観測データから推定するのではなく、気象庁の全球客観解析データをもとに決定していることも特徴として挙げられる。

なお、LUT は 5° (緯度) × 5° (経度) の矩形領域ごとに算出される。

② リトリバル

リトリバル部分では LUT をもとにして輝度温度の観測値から降水強度を推定する。リトリバル部分は「降水強度の第一推定」、「陸上、海上、ならびに海岸線における降雨判定」、「非一様性の補正」、「散乱アルゴリズム」、「放射アルゴリズム(海上のみ)」という流れになっている。

4.3.1.4 海上風速

(1) 入力データ

海上風速の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1B プロダクト

- a . 10.65,36.5GHz 輝度温度(垂直／水平偏波)
- b . 6.925GHz 輝度温度(水平偏波)

② 海面温度(気象庁全球解析海面水温 MGDSST/JMA)

③ 気温(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

(2) アルゴリズムの概要

海上風速は、主に 36.5GHz 垂直／水平偏波の輝度温度から算出される。高周波数の輝度温度は、大気の影響を受けやすい。そのため、低周波数の 6GHz を使用して大気の影響をみる。風速の影響で増加する 6GHz の垂直偏波は、6m/s 以下のような弱風域では、ゼロであり、風の増加とともに大きくなる。6GHz の水平偏波は、弱風域でも増加し、その増加は、6GHz の垂直偏波より全ての風速で大きい。また、AMSR2 のアンテナ指向方向と海上風向との角度に依存する異方性が大きく、6GHz では、垂直偏波では横風で最大、上下方向の風で最小であり、このことは 36GHz でも当てはまる。

従って、36GHzのデータを使い、[1]式で定義する S36 を計算し、異方性を除去した後、風速に変換する手法を行っている。

① S36 の算出

$$S36=(36H-(a \times (36V-208)-b))/f + t \quad [1]$$

$$f=1-(36V-200) \times 0.01 \quad [2]$$

係数a, b は水温に依存する。S36 とSeaWinds の風速を比較することにより、水温 0-30°Cにおいて、5°Cおきに係数を定める。表 4-9 にその係数を示す。

表 4-9 係数 a,b の水温依存性

SST	a	b
0 °C	2.23	132.0
5	2.20	132.2
10	2.14	131.5
15	2.07	130.7
20	2.06	128.8
25	2.03	127.4
30	2.06	124.2

② S36 の異方性の補正

計算した S36 には、相対風向による異方性が残っている。異方性は、S36 と 6H*(大気の影響と海面水温による影響を取り除いた値)を組み合わせて見積もることができる。図 4-13 は、SeaWinds の風速・風向を用い、風速1m/s から19m/s までを2m/s 間隔で、風上・横風・風下におけるS36 と6H*の値を表示したものである。S36 は、風下で最大、風上で最小である。また、6H*は、横風で最大、風下・風上で最小となる。異方性の補正とは、風下・風上のS36 を、図 4-13 で示されているフィッティング曲線に一致する横風の S36 に補正されることを意味する。傾きは、風上から横風、風下から横風で異なる。

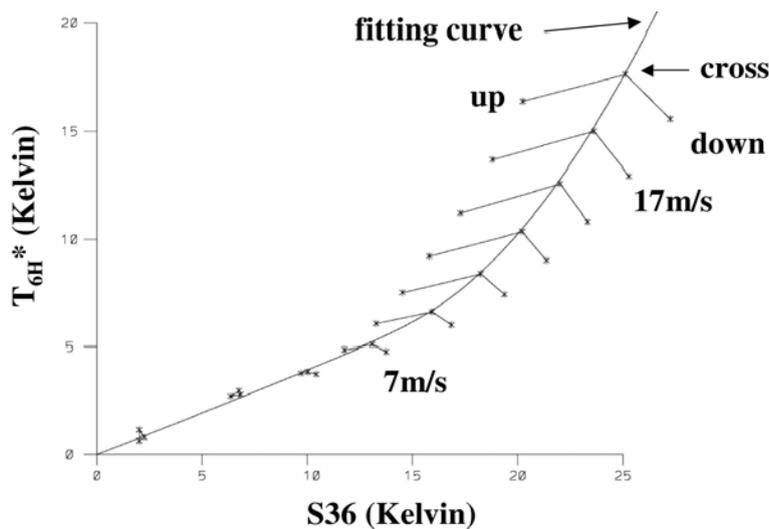


図 4-13 S36 の異方性補正方法

③ S36 から風速への変換

最後に、異方性を除去した(横風相当の)S36 から、変換曲線を使って、風速に変換する。この変換曲線は、7か月間の 3×108 個の SeaWinds 風速を参照して作成した。S36 は、時々負の値になるので、負の場合の変換方法も用意されている。S36 が負になる原因は、AMSR の輝度温度ノイズ、週平均海面水温から算出された海面水温の誤算出がある。補正後の S36 になお残る誤差は、風速の誤差の原因となる。S36 の 1K の誤差は、風速 15m/s~20m/s において、1m/s の誤差となる。

4.3.1.5 海面水温

(1) 入力データ

海面水温 (SST: Sea Surface Temperature) の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1B プロダクト

- a . 6.925、10.65GHz 輝度温度(垂直/水平偏波)
- b . 23.8、36.5GHz 輝度温度(垂直偏波)

② 海面温度(気象庁全球解析海面水温 MGDSST/JMA)

③ 気温(気象庁全球解析値 GANAL/JMA)

(2) アルゴリズムの概要

6GHz の垂直偏波を使用して、SST を算出する。6GHz 垂直偏波は、様々な他のパラメータのシグナルを SST に追加して含んでしまう。これらは、(a)大気の影響、(b)風の影響、(c)塩分の影響、(d)陸によるコンタミネーション、(e)海氷によるコンタミネーション、(f)サングリッターの影響がある。最初の 3 つの影響の中で、塩分による影響はかなり小さい。塩分の影響は、月平均塩分気候値を使って補正することができる。(d)~(f)によるコンタミネーションは大きいので、この領域については、出来る限り取り除く。陸の影響により欠損となる領域は、海岸から 100 km 以内の範囲である。そして、サングリッターによる欠損領域は、AMSR2 の入射角と太陽の入射角の間が、25 度かそれ以下の場合である。海氷の場合は、AMSR2 で海氷と判断されたピクセルを除去する。(a)から(c)の影響と(d)と(f)によるコンタミネーションは、マイクロ波放射計にとって共通である。これらに付け加えて、AMSR2 に特有のエラーを補正する必要がある。これらは、(g)入射角依存性、(h)スキャンバイアス誤差、(i)電波干渉がある。

SST を算出するために、初期値として、AMSR2 では気象庁提供の MGDSST を使用する。

AMSR2 海面水温の主な算出過程の大気補正、海上風速補正、海面水温への変換について下記に述べる。

① 大気補正

6.925、10.65GHz 帯の観測データに対する大気補正は、23.8、36.5GHz 帯の垂直偏波を用いて実施する。ただし、23.8、36.5GHz 帯の輝度温度は海面温度に依存して変化するため、 $0 \sim 35^{\circ} \text{C}$ の範囲における海面温度に対して 5°C 間隔で補正テーブルが準備される。

また、SST 精度は降雨域において劣化するため、降雨の影響を受けている観測データを除去する必要がある。この処理は、6.925、10.65GHz 帯の視野内において、規定の閾値の範囲内にある観測データをカウントすることで実施する。閾値の範囲外の観測データが、有効なデータよりも多い場合には SST の算出は行われない。

② 海上風速補正

海上風速が 7~8m/s 以下の場合、垂直偏波により観測された輝度温度は一定となるが、水平偏波の輝度温度は上昇する。一方、海上風速が 7~8m/s 以上の場合、輝度温度は垂直、水平偏波ともに上昇する。この関係に基づき、海上風速の補正は、6.925、10.65GHz 帯の垂直偏波と水平偏波を用いて、各周波数毎に独立して行われる。

③ 海面水温への変換

これらの補正を施した 6V は、沿岸域での除去、海氷及びその近隣域での除去、サングリッター域での除去を行ってから、Klein-Swift (1977)の海面水温の複素誘電率を用いて計算した 6V と海面水温を関係づけた曲線を用いて海面水温に変換する。この値に少しの誤差があると見られ、ブイの水温との差が小さくなるように、この曲線に補正を加え算出を行った。

4.3.1.6 積雪深

(1) 入力データ

積雪深の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1 プロダクト

- a. 89.5GHz 輝度温度(垂直偏波)
- b. 10.65、18.7、23.8、36.5GHz 輝度温度(垂直/水平偏波)
- c. 緯度・経度
- d. 地表面入射角

② 補助データ

- a. 陸/海/海岸/氷マスク
- b. 積雪気候値データ
- c. 森林被覆率
- d. 森林密接度

(2) アルゴリズムの概要

雪から出る放射の波長による強さの違いは、いくつかの物理的な変数、雪の温度、雪粒子サイズ、雪の体積、下層表面の状態、植生に依存する。

衛星スケールでは、瞬時視野内の水分の割合が重要である。

積雪深が5センチより深い乾雪、もしくは積雪水量が10ミリ以上では、雪の結晶によるマイクロ波放射が等方散乱であるとされている。

雪の放射は、周波数が約20GHz以下では、ほとんど検知されず、約20GHz以上の周波数帯で大きい。そして、この積雪の散乱特性が、積雪深をもとめる基本原理である。

① 地表面温度(T)の算出

対象となるピクセルの積雪の可能性を判定するために、地表面温度を算出する。地表面温度(T)は、18.7、23.8、89.5GHz 垂直偏波、36.5GHz 水平偏波を用いて算出される。

$$T = 58.08 - 0.39T_{18V} + 1.21T_{23V} - 0.37T_{36H} + 0.36T_{89V} \quad [1]$$

② 積雪深の算出

積雪深が、深い(中程度含む)か、浅いかの判断が行われる。

積雪深が、深い(中程度含む)場合、ふたつの基準がある。

一つは、非散乱と散乱のチャンネル差が、ゼロより大きい。非散乱チャンネルと散乱チャンネルの差が正であることは、散乱媒質があることを示す。AMSR2 の場合は、非散乱チャンネルを10GHz、散乱チャンネルを36GHzとして、10GHzと36GHzの水平垂直偏波の差が正をみたまつ場合、積雪が存在すると判断する。

二つめの基準は、降水の散乱と雪の散乱を区別するためのものである。

雪の存在と量を見積もるために使われる物理的な方法は散乱であるが、散乱は、乾雪だけでなく、降水にもよってもおこるので、これらの二つの散乱を区別するために閾値が設定される。降水は、36GHz周波数帯の輝度温度で、雪よりも高い値を示す。36GHz 垂直偏波の輝度温度の閾値が255Kより小さく、かつ36GHz 水平偏波輝度温度が245Kより小さい場合は、降水ではなく、積雪が存在すると判断する。

上記2つの条件を満たす場合、積雪深(SD)は、森林の積雪深(SD_f)と非森林域の積雪深(SD₀)と森林被服率(ff)、森林密度(fd)を用いて算出される。

$$SD = ff(SD_f) + (1 - ff) \times (SD_0)[cm] \quad [2]$$

$$SD_f = 1 / \log_{10}(T_{b_{36V}} - T_{b_{36H}}) \times (T_{b_{18V}} - T_{b_{36V}}) / (1 - fd \times 0.6)[cm] \quad [3]$$

$$SD_0 = [1 / \log_{10}(T_{b_{36V}} - T_{b_{36H}}) \times (T_{b_{10V}} - T_{b_{36V}})] + [1 / \log_{10}(T_{b_{18V}} - T_{b_{18H}}) \times (T_{b_{10V}} - T_{b_{18V}})][cm] \quad [4]$$

積雪深が浅い場合は、36GHz に対して応答しないので、23GHz垂直水平偏波(Tb23V,Tb23H)と89GHz垂直水平偏波(Tb89V,Tb89H)を用いて、地表面温度(T)を求める。地表面温度が267K以下の場所は、積雪深が浅い積雪の可能性はある。浅い積雪の存在を確定させるために、[5]式を使用する。

$Tb23V > Tb89V$ & $Tb89v < 255K$ & $Tb23H > Tb89H$ & $Tb89H < 255K$ & $T < 267K$ [5]

[5]式をみたま場合は、積雪深が、浅い積雪が存在する。低い輝度温度が、積雪の放射によるものであることを確認するために、89GHzの輝度温度が255K以下であることと、地表面温度が267K以下であることを確認することによって、大気の影響を最小限にする。

なお、[5]式より積雪深が浅いと判定された場合、積雪深(SD)は[6]式で算定される。

$SD = 5.0[cm]$

[6]

4.3.1.7 海水密接度

(1) 入力データ

海水密接度の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1 プロダクト

- a. 6.925、18.7、23.8GHz 輝度温度(垂直偏波)
- b. 36.5GHz 輝度温度(垂直／水平偏波)
- c. 緯度・経度
- d. 地表面入射角
- e. 陸海フラグ

② 補助データ

- a. 海面水温(AMSR2 海面水温プロダクト)

(2) アルゴリズムの概要

① タイポイント等の抽出

36.5GHzの垂直偏波と水平偏波の輝度温度、及び、18.7GHzと36.5GHzの垂直偏波の輝度温度それぞれの組み合わせに対する海水面の輝度温度及び密接度100%領域の特徴を抽出する。

② 海水域の識別

陸海フラグを用いて、海域を抽出する。次に海域における海水域を抽出する。海水域の抽出は、

(a) 18.7GHz 垂直偏波の輝度温度と23.8GHzと18.7GHzの垂直偏波の輝度温度差、(b) 36.5GHzの垂直偏波と水平偏波の輝度温度、(c) 36.5GHzと6.925GHzの垂直偏波の輝度温度、(d) AMSR2 海水面温プロダクト、の4データを用いて海水域を選別する。

③ 海水密接度の推定

海水密接度は、36.5GHzの垂直偏波と水平偏波の輝度温度、及び、18.7GHzと36.5GHzの垂直偏波の輝度温度から、Bootstrap法を用いて算出される。まず、36.5GHzの垂直偏波と水平偏

波の輝度温度を用いて高密度領域の海氷密度を推定する。次にそれ以外の領域の密度を、18.7GHz と 36.5GHz の垂直偏波の輝度温度を用いて推定する。

④ 陸域フィルター

沿岸域は、陸の影響を受け海氷密度が高く推定される場合がある。そのため、陸域フィルターを用いて沿岸域の海氷密度を補正する。

4.3.1.8 土壌水分量

(1) 入力データ

土壌水分量の算出アルゴリズムは、以下のデータを入力とする。

① AMSR2 レベル 1 プロダクト

- a. 10.6GHz 輝度温度(垂直/水平)、36.5GHz 輝度温度(水平偏波)
- b. 緯度・経度
- c. 観測日

② 補助データ

- a. 全球植生被覆率

(2) アルゴリズムの概要

陸域には植生が広く分布する。植生には多くの水分が含まれるため、衛星データから土壌水分量を推定するためには、マイクロ波放射伝達における植生の影響を評価することが不可欠となる。土壌水分アルゴリズムでは、10GHz 帯と36GHz 帯の輝度温度から求まる偏波指標PIと周波数指標ISWを用いて、あらかじめ作成しておいたルックアップテーブル(LUT)を参照し、土壌水分と植生水分を同時に推定する方法を採用している。PIとISWは、それぞれ、次式のように偏波差と周波数差を平均値で除した値で定義される。

$$PI = \frac{TB_{10v} - TB_{10h}}{2 \cdot \frac{1}{2}(TB_{10v} + TB_{10h})}$$

$$ISW = \frac{TB_{36h} - TB_{10h}}{2 \cdot \frac{1}{2}(TB_{36h} - TB_{10h})}$$

ここで TB は輝度温度、下付き文字は、それぞれ 10 と 36 が周波数帯(10.6GHz、36GHz)、v と h が垂直偏波と水平偏波を表す。これらの指標は、平均値で正規化することによって物理温度の影響が少ない特徴を持つため、アルゴリズムでは物理温度を固定値として処理を簡略化している。

なお、フットプリント内の植生被覆の不均一性を考慮するため、植生被覆率によって補正した LUT

を用いる。

4.3.2 レベル 3 処理

1 日分のレベル 1B データおよびレベル 2 データを入力として、規定の地図投影法(等緯度経度またはポーラステレオ)に従って地図投影し、各グリッド上での単純相加平均により日平均統計量を算出する。また、各物理量の 1 日平均レベル 3 データ1ヵ月分を入力とし、1 日平均と同様に各グリッド上での単純相加平均により月平均統計量を算出する。ただし、統計量の算出は、衛星の昇交軌道と降交軌道での観測に対してそれぞれ算出される。また、何らかの理由でパケットの欠損があった場合、パケットが欠損した部分に対応する観測データをダミーデータで埋め込む。なお、埋め込まれるダミーデータの値は、-9999 である。また、未観測グリッド及び地図投影法の関係でデータが存在しないグリッドにはダミーデータ-8888 が設定される。

4.3.2.1 ポーラステレオ図法による地図投影

AMSR2レベル3プロダクトでは、プロダクト毎に投影法を設定し、等緯度経度図法及びポーラステレオ図法のどちらかを用いる。ポーラステレオ図法の場合、異なる範囲 3 つの中から 1 つを選択することもできる。また、高解像度(0.1 度または 10km)及び低解像度(0.25 度または 25km)も選択することができる。現時点の AMSR2 レベル 3 プロダクトの投影法及び格子サイズの一覧を表 4-10 に示す。

表 4-10 AMSR2 レベル 3 プロダクトの投影法及び格子サイズ

		高解像度(0.1 度、10km)		低解像度(0.25 度、25km)	
		ピクセル数	ライン数	ピクセル数	ライン数
投影法	PN(SIC)	760	1120	304	448
	PN(SND)	1080	1435	432	574
	PS	790	830	316	332
	EQR	3600	1800	1440	720

*PN(SIC) :ポーラステレオ図法の北緯側、海水密接度

PN(SND) :ポーラステレオ図法の北緯側、積雪深

PS :ポーラステレオ図法の南緯側

EQR :等緯度経度図法

4.4 プロダクトフォーマット

AMSR2 レベル 1~3 プロダクトフォーマットの詳細については、付録として本文書に添付されている以下のフォーマット仕様書等を参照のこと。

- AMSR2 レベル 1 A フォーマット説明書
- AMSR2 レベル 1B プロダクト フォーマット説明書

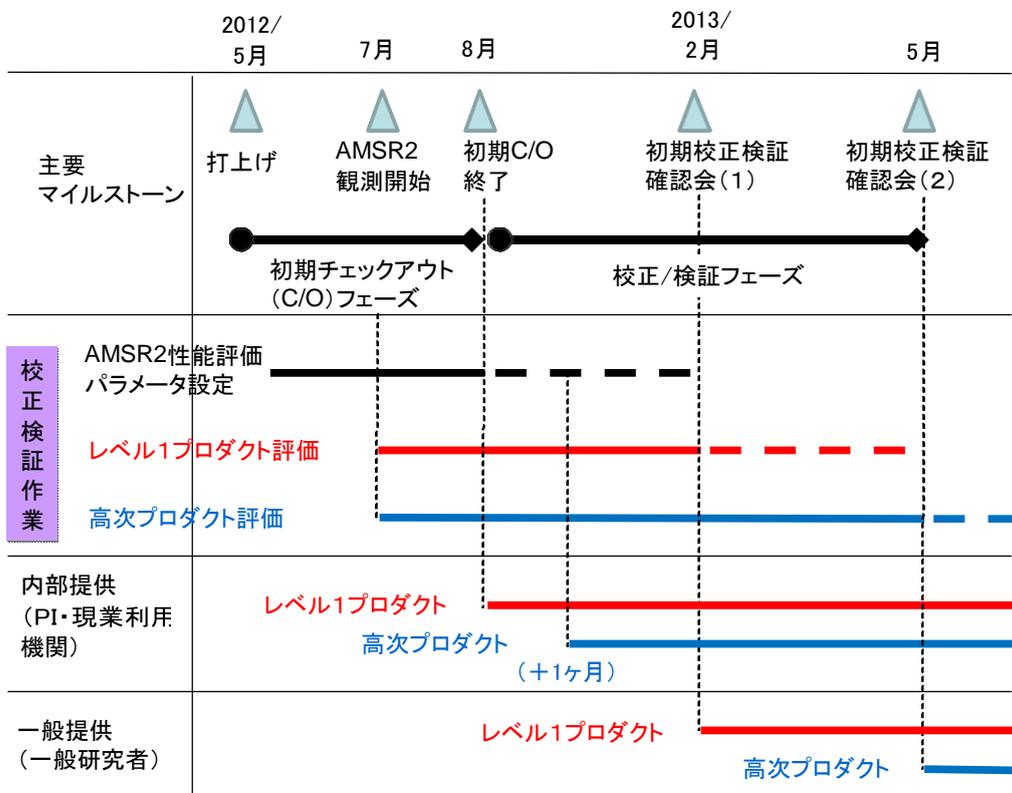
- AMSR2 レベル 1R プロダクト フォーマット説明書
- AMSR2 レベル 2 プロダクト フォーマット説明書
- AMSR2 レベル 3 フォーマット説明書

4.5 校正・検証

GCOM-W1 搭載 AMSR2 は、全球の水に関する観測を行う多周波マイクロ波放射計であり、6.9～89GHz の周波数領域に 6 周波・16 チャンネルを有し、衛星に到達する輝度温度を観測する。さらに、複数チャンネルの輝度温度を科学的知見によって組み合わせることにより、地球物理量プロダクトを導出する。このようにして得られる全球・高頻度・定常的な輝度温度および地球物理量プロダクトを生成・提供し、全球水循環変動・長期気候変動の把握や予測、および現業利用への貢献を行うことが GCOM-W1 の目的であり、全球で均一、かつ長期間安定した精度を有するデータの生成が求められる。また、同時期に運用される他衛星搭載マイクロ波放射計、および他センサから生成される地球物理量との整合性も重要な要素である。

GCOM 校正検証では、打上げ前の地上試験とセンサモデルの構築、打上げ後の軌道上データ評価と校正、算定された地球物理量の精度評価、精度評価結果の公開等、一連の校正検証活動を通じて上記のデータ品質を達成する。全体スケジュールを表 4-11 に示す。

表 4-11 AMSR2 全体スケジュール



4.5.1 校正

4.5.1.1 校正計画の概要

打上げ前設計開発段階での地上試験とセンサモデルの構築、打上げ後初期校正検証段階での軌道上校正、複合・相互校正、センサ特性・データ品質評価、および幾何校正等のほか、定常評価段階での校正に関連するデータを定常的にモニタする。

なお、校正スケジュールは、表 4-11 を参照のこと。

4.5.1.2 校正項目

(1) 設計開発段階

センサ設計開発と連携し、校正に関係するセンサ特性を特定し、地上試験・解析項目に反映させるとともに、必要に応じて補正方法を検討する。この検討結果は、衛星プロジェクト主体で構築され、レベル 1 (輝度温度) 処理アルゴリズムの入力となる輝度温度変換・幾何変換を行うためのセンサモデルに反映される。センサの地上試験・解析が完了した時点で、その結果に基づいてセンサ特性と補正方法の再評価、センサモデルの係数決定等を行い、初期校正検証フェーズで使用するセンサモデルを確定し、レベル 1 処理アルゴリズムに入力する。

(2) 初期校正検証段階

① 輝度温度校正

輝度温度校正については、一意に絶対的な評価を行う方法が事実上存在しない。そのため、以下に示す各種の校正評価手段の結果の整合性などを総合的に評価し、最終的な校正を決定する。

a. 軌道上校正

軌道上校正は、低温・高温校正源データを用いた 2 点校正を基本とする。まず、各校正源データについて、各種テレメトリ情報と比較評価し特性を把握する。得られた特性がセンサモデルで既に表現されている場合は、センサモデル内の係数等を調整することにより最適化する。それ以外の特性が確認された場合はモデル化を検討する。低温校正源については、地球・月・衛星構体など深宇宙以外の寄与の除去、高温校正源については、校正源温度テレメトリから有効放射温度を算出するモデルの調整などが挙げられる。2 点校正の結果得られる輝度温度については、後述するセンサ相互校正等の結果を併用して総合的に評価し、必要な場合は更に補正を実施する。

b. 複合・相互校正

地球上には絶対値校正を行う理想的なターゲットが存在しないため、同時期に運用されている類似のマイクロ波放射計群との相互校正、地上観測・他センサ観測データと放射伝達計算を併用した結果との比較検証などの評価を実施する。

c. センサ特性・データ品質評価

走査内・走査間バイアス、受信機個体差(89GHz A+B 系、6.9+7.3GHz 等)、温度分解能、利得安定性等のセンサ特性を、実際の観測・校正・テレメトリデータの統計処理等によって調査し、深宇宙校正や複合校正の結果と併せて総合的に評価する。また、人工電波干渉等による異常値の全球分布・頻度評価と適切な除去方法の決定等を実施する。

d. 深宇宙校正(参考)

深宇宙校正は、静止・極軌道衛星からの人工電波入力による故障リスクの観点から基本的には実施されない。但し、機能は有しており、校正上の観点から必要な場合は実施可能である。深宇宙校正マヌーバにより取得する深宇宙温度の観測結果を用いて、低温絶対校正、走査内バイアス評価・補正、スピルオーバー量評価(TBD)を実施する。これらの結果は、他の校正結果と併せて総合的に評価する。

② 幾何校正

各チャンネルの観測データと、予め設定した海岸線・島嶼などの地図情報との比較により、幾何精度の評価を行う。この結果を用いて、センサモデル内のアライメント情報や周波数間レジストレーションパラメータ等の修正を実施し、幾何補正を行う。

③ レベル 1 処理ソフトウェアの最適化

上記の校正作業で得られた結果をセンサモデル、およびレベル 1 処理ソフトウェアに反映して最適化を行う。

(3) 定常評価段階

前項で記述した初期校正検証段階での校正作業を定常的に実施するとともに、校正に関連するテレメトリデータ、校正データ、熱帯雨林・氷床域・海域等の特定領域上の輝度温度等を定常的にモニタすることにより、長期データの精度と安定性を評価する。また、地球物理量のトレンド評価から、逆に輝度温度校正へ反映される場合もある。

(4) 国際的校正検証フレームワークとの連携

CEOS/WGCV、GPM 等の国際的フレームワークを活用し、効率的な相互校正や情報交換を行う。

4.5.2 検証

4.5.2.1 検証計画の概要

AMSR2 検証計画の主要な目的は、各プロダクトの精度を定量的に定義すること、そして要求される精度でプロダクトを作成し、必要に応じてアルゴリズムを改良することである。

AMSR2 地球物理量(プロダクト)毎の設定精度を表 4-12 に示す。

表 4-12 AMSR2 地球物理量毎の設定精度

プロダクト ¹	対象領域	空間分解能(概略)	精度 ²			計測範囲	備考	
			リリース ³	標準 ⁴	目標 ⁵			
輝度温度 (6周波帯・2偏波)	全球	5-50km	±1.5K	±1.5K	±1.0K ±0.3K	2.7 - 340K	系統誤差(最大振幅, 150K 相当) 変動誤差(3σ, 150K 相当)	
地球物理量	積算水蒸気量	全球洋上	15km	±3.5kg/m ²	±3.5kg/m ²	±2.0kg/m ²	0 - 70kg/m ²	鉛直積算量、海水・降水域除く。
	積算雲水量	全球洋上	15km	±0.10kg/m ²	±0.05kg/m ²	±0.02kg/m ²	0 - 1.0kg/m ²	鉛直積算量、海水・降水域除く。
	降水量	熱帯～温帯	15km	海上±50% 陸上±120%	海上±50% 陸上±120%	海上±20% 陸上±80%	0 - 20mm/h	地表面降水量。精度は 50km 平均の相対誤差(平均降水強度に対する RMSE の割合)。
	海面水温	全球洋上	50km	±0.8°C	±0.5°C	±0.2°C	-2 - 35°C	海水・降水域除く。目標精度は緯度 10° 毎の 1ヶ月平均バイアス値。
	海上風速	全球洋上	15km	±1.5m/s	±1.0m/s	±1.0m/s	0 - 30m/s	海水・降水域除く。
	海水氷接度	高緯度洋上	15km	±10%	±10%	±5%	0 - 100%	精度は海水氷接度[%]で表示。
	積雪深	陸圏	30km	±20cm	±20cm	±10cm	0 - 100cm	氷床と密な森林域を除く。精度は積雪深で示しており、瞬時値の絶対値平均誤差。
土壌水分量	陸圏	50km	±10%	±10%	±5%	0 - 40%	全球陸域(乾燥地、寒冷地を含む)で、植生被覆が水分相当 2kg/m ² 以下の地域での体積含水率。氷床と密な森林域を除く。精度は瞬時値の絶対値平均誤差。	

- *1 輝度温度はセンサの工学値出力を最も基本的な観測量に変換したものであり、それ以外の地球物理量は、変換アルゴリズムを介して輝度温度を地球物理量へ換算したものである。
- *2 精度については、特に示さない限り瞬時値の二乗平均平方根誤差(RMSE)で表している。輝度温度の精度はオンボード及び地上処理の校正精度に依存する。それ以外の地球物理量の精度は、輝度温度精度、変換アルゴリズムの性能、及び検証方法に依存する。
- *3 気候変動解析に貢献しうるデータとしてリリースできる最低精度。
- *4 AMSR、AMSR-E 等の実績を踏まえた、有用かつ標準的な精度レベル。
- *5 アルゴリズム性能や校正精度改善等の研究要素を多く含む精度レベル。

4.5.2.2 パラメータの概要

プロダクトの概要を表 4-13 に示す。

表 4-13 プロダクトの概要

プロダクト	概要
積算水蒸気量 (可降水量)	Total Precipitable Water (TPW) 鉛直方向に積算した大気中の水蒸気の総量
積算雲水量	Cloud Liquid Water (CLW) 鉛直方向に積算した大気中の雲水量の総量
降水量	Precipitation 地表面における液体降水(降雨)の時間雨量
海面水温	Sea Surface Temperature マイクロ波が浸透する海面下数 mm 程度の水

プロダクト		概要
	(SST)	温(準表皮水温)
海上風速	Sea Surface Wind Speed (SSW)	海面上 10m の高さの風速
海氷密接度	Sea Ice Concentration (SIC)	18GHz 帯の観測視野内に存在する海水と海氷のうち、海氷の占める面積の割合
積雪深	Snow Depth (SND)	積雪の深さ
土壌水分量	Soil Moisture Content (SMC)	表層土壌における体積含水率

4.5.2.3 プロダクト検証

検証は地球物理量プロダクトの精度評価を目的とするもので、地上観測等によって得られる実測値と AMSR2 算定値との比較により行う。世界の気象・海洋観測機関や研究プロジェクト等との連携により、世界各地で定常的に取得される各種実測データの提供を受け有効に活用するとともに、特定の物理量については観測実験を実施し検証データを収集する。

なお、検証スケジュールは、表 4-11 を参照のこと。

(1) 積算水蒸気量

積算水蒸気量プロダクトは、鉛直方向に積算した大気中の水蒸気の総量を格納する。積算水蒸気量に対しては、全球のラジオゾンデ網を利用した検証を主とする。また、必要に応じて、離島に設置した地上マイクロ波放射計、地上型全地球測位システム(GPS: Global Positioning System)受信機による検証を行う。さらに、他の全球降水観測計画(GPM: Global Precipitation Measurement mission)衛星観測との相互比較や、現業数値予報システムを用いた品質調査を行う。

具体的な検証方法は以下の通り。

ラジオゾンデにより取得される気温、気圧、相対湿度データから算出する積算水蒸気量をAMSR2による推定値と比較する。全球のラジオゾンデデータは、全球気象通信(GTS: Global Telecommunication System)回線で配信される指定気圧面データ、及び特異点を含むデータを利用する。AMSR2 推定値は海上のみ存在するため、ラジオゾンデは面積の小さい島等に設置され、陸域放射の影響を受けないものを選定する。ラジオゾンデと AMSR2 のフットプリントの時空間的に一致したマッチアップデータセットを定常的に作成し、検証を行う。同様に、観測データについてもマッチアップデータを作成して検証を実施する。

(2) 積算雲水量

積算雲水量プロダクトは、鉛直方向に積算した大気中の雲水量の総量を格納する。積算雲水量

の検証は、可視・赤外センサのデータと組み合わせた品質評価と、地上(海上)でのマイクロ波放射計観測データ等を用いて実施する。雲水量は定量的な検証が困難な物理量の一つである。雲水量測定には、ビデオゾンデを用いる方法や航空機による測定等があるが、雲の空間分布が離散的で時間変動が激しい一方、ビデオゾンデは一点の観測であり、航空機による観測も領域や頻度が限られる。また、それらの測定の定量性も完全ではない。地上からのマイクロ波放射計観測等による雲水量推定は間接的なりモトセンシングではあるが、観測背景が宇宙背景放射であり、安定、一様であることから衛星軌道からの推定よりも精度が高い。また、シーロメータや雲レーダ等による鉛直方向の情報を加えることで、雲水量の推定精度向上も可能である。他のGPM 衛星観測、衛星搭載雲レーダ観測との相互比較を行う。また、現業数値予報システムの解析値との比較も行う。

具体的な検証方法は以下の通り。

- ① 多波長光学放射計(SGLI: Second-Generation Global Imager)、中分解能撮像分光放射計(MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)、可視赤外イメージャー・放射計(VIIRS: Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)等の可視・赤外センサデータ、もしくは雲関連レベル 3 データセットを用いた評価検証。
- ② 地上マイクロ波放射計等と AMSR2 データのマッチアップ作成と検証。
- ③ 雲ライダー、衛星搭載雲レーダ観測等との比較評価。

(3) 降水量

降水量プロダクトは、地表面における液体降水(降雨)の時間雨量を格納する。月単位のプロダクトについては月積算雨量を格納する。降水量は時空間変動が激しく、地上観測データとの直接比較が難しい地球物理量の一つである。基本的には既存の現業地上レーダ網や地上雨量計群を用いた検証を行うが、地上データ自体の精度や均一性の観点から、運用時期が合致すれば衛星搭載降水レーダとの比較を行うことが非常に重要である。

具体的な検証方法は以下の通り。

① 現業の地上レーダ網、地上雨量計との比較

日本、米国、欧州等に整備されている現業の地上レーダ網、並びに地上雨量計群のデータとの比較検証を行う。日本のレーダアメダスとの比較検証については、衛星による高精度高分解能全球降水マップ(GSMaP: Global Satellite Mapping of Precipitation)および GPM の全球降水マップの検証計画と連携する。

② 衛星搭載降水レーダとの比較

同時期に熱帯降雨観測衛星(TRMM: Tropical Rainfall Measurement Mission)搭載の降水レーダ(PR: Precipitation Radar) またはGPM 衛星搭載の二周波降水レーダ(DPR: Dual-frequency Precipitation Radar)などの衛星搭載降水レーダが運用されている場合、これらのデータとの比較検証を定常的に実施する。

③ 国際的降水比較実験への参加

気象衛星調整会議(CGMS: Coordination Group for Meteorological Satellites)に設置されている国際降水作業部会(IPWG: International Precipitation Working Group)が主催する Program to Evaluate High Resolution Precipitation Products (PEHRPP)などの国際的な降水比較実験に参加し、整合性の取れた降水プロダクトの検証に資する。

(4) 海面水温

海面水温プロダクトは、マイクロ波が浸透する海面下数mm 程度の水温(準表皮水温)を格納する。AMSR2 海面水温の検証評価は、全球に分布する固定・漂流ブイの水温データを用いて実施する。具体的な検証方法は以下の通り。

GTS 固定・漂流ブイのデータを毎日オンラインで入手し、AMSR2 データとのマッチアップデータを自動的に作成する。このマッチアップデータを用いてブイ水温を基準とした検証評価を行うとともに、AMSR2 海面水温の頻度分布や他物理量との相関を評価する。ブイ水温との比較結果を毎日更新して表示・公開できるシステムを構築することが望ましい。また、同時期に得られる衛星搭載赤外放射計による海面水温との比較により、特に観測初期における全球の面的な検証や、両者の特性・誤差の全球分布を評価する。

(5) 海上風速

海上風速プロダクトは、海面上 10m の高さの風速を格納する。AMSR2 海上風速の検証は、全球に分布する固定ブイの風速データを用いて実施する。

具体的な検証方法は以下の通り。

初期段階(打上げ後約半年まで)においては、GTS 回線を通じて入手される固定ブイの風速データを用いた検証を行う。GTS 固定ブイのデータを毎日オンラインで入手し、AMSR2 データとのマッチアップデータを自動的に作成する。初期段階後(打上げ後約半年～1年)は、別途インターネットで入手可能な米国国立データブイセンター(NDBC: National Data Buoy Center)の固定ブイの風速データを用いてマッチアップデータを作成する。これらのマッチアップデータを用いてブイ風速を基準とした検証を行うとともに、AMSR2 海上風速の頻度分布、他物理量との相関等について調査する。同期間に衛星搭載マイクロ波散乱計が運用されている場合は、これとの比較も実施する。

(6) 海氷密接度

海氷密接度プロダクトは、18GHz 帯の観測視野内に存在する海水と海氷のうち、海氷の占める面積の割合を格納する。海氷は、風や海流の影響を受け日々移動する領域が大部分を占めており、新生氷や1年氷や多年氷などが混在する領域も存在する。AMSR2 の標準海氷密接度推定アルゴリズムである Bootstrap アルゴリズムや、NASA の AMSR-E 標準アルゴリズムである NASA Team 2 アルゴリズムのどちらにおいても、観測データを用いた特徴空間上における1年氷、多年氷、開放水面の分布に基づく各種パラメータの設定が重要となる。これらの分布はセンサ、季節、海域によって変動するため、衛星打ち上げ後、南極域、北極域、オホーツク海等の海氷域において特徴区間

の分布を作成しその分布を基に、アルゴリズムのパラメータ調整を行う必要がある。さらに、大気・陸域の影響等の評価も不可欠である。これらについても観測データを用いてその影響を評価し、アルゴリズムのパラメータ調整を行う。特に大気の影響は地域差、季節変動が大きいため、各海氷域、夏期、冬期等での検証が必要となる。また、薄い海氷が卓越するポリニヤや氷縁等は、推定精度が低くなる領域である。このような領域に存在する海氷は、成長に伴い放射特性が変化しやすくこれまでも詳細な観測が十分に実施されていない。そのため、ポリニヤや氷縁に存在する海氷の各周波数帯の放射特性を観測によって把握することも密接度推定精度向上のためには重要である。

具体的な検証方法は以下の通り。

密接度の検証は、主に光学センサとの比較によって実施する。使用する光学センサは、GCOM-W1 と同じ A-Train を構成する Aqua/MODIS 等のデータを用いる。MODIS 等の高分解能画像から海氷の有無を決定し、AMSR2 の観測領域の密接度データを作成し比較する。MODIS 画像等からの密接度データは、アルゴリズム開発時と同様、船舶や海氷上での海氷観測、航空機観測、Terra、Aqua 等の衛星観測を同期したマルチステージ観測により、地上レベルから段階的にトゥルスデータセットを構築する。構築されたデータを基に海氷の有無を分類する。比較は、オホーツク海や、冬季・夏季における北極・南極において実施する。また、AMSR2 に比べ 10 倍、20 倍以上の分解能を持つ衛星データとの比較により、陸域・大気の影響を評価し、アルゴリズムの検証を行う。海氷密接度推定精度に大きく影響する各種パラメータを最適化するため、海域、季節による変動を評価し、チューニングを行う。そのためには、打ち上げ直後の一時的な検証だけでなく、ある程度、定期的に、複数の海域における検証を関係機関と協力して実施していく必要がある。

特に推定精度向上のために不可欠な領域である、ポリニヤ領域や氷縁域においては、各海氷タイプのタイポイントを、他衛星との比較や、紋別港周辺やサロマ湖、両極の海氷域等の現場観測によって得られた海氷の放射特性からの考察も適用し検証する。

(7) 積雪深

積雪深プロダクトは、積雪の深さを格納する。積雪量推定アルゴリズムの検証には、以下の 3 点の影響を考慮した検証計画が肝要である。

① 多様な積雪条件下(積雪粒径、層構造)での検証

積雪の変態による積雪粒径および層構造の変化はマイクロ波放射伝達特性に大きな影響を与える。したがって、これらの異なる放射伝達特性を与える条件下での検証が必要となる。

② 積雪下での地面のマイクロ波特性を考慮した検証

積雪層下の地表面のマイクロ波放射、散乱特性は、積雪層内でのマイクロ波放射伝達式の境界条件を与える。冬季においても地表面融解が進む領域と積雪層下面での融雪がない領域、あるいは凍土が形成されて後に積雪が生じる領域では、マイクロ波放射伝達式における下部境界条件

が著しく異なる。したがって、多様な積雪条件下において、積雪下での地面の状態が異なる条件下での検証が必要となる。

③ 異なる植生条件(植生量・タイプ、樹冠積雪、植生被覆の不均一性)下での検証

植生に含まれる水分が積雪上でどのように分布するか、すなわち植生バイオマス量、樹木の葉・幹の構造、樹冠の積雪、フットプリント内での植生分布の偏りがマイクロ波放射伝達に大きな影響を与えることが知られている。したがって、上記の多様な条件で異なる植生条件に対応した検証が必要である。

具体的な検証方法は以下の通り。

概要で述べた各条件下での検証を行うため、以下の a.と b.を組み合わせる検証を行い、さらに、必要に応じて c.を実施してアルゴリズムの高度化を図る。

a. 衛星フットプリントサイズの検証領域における集中検証観測実験

地形が単調でアクセスが容易な 25km 四方の検証領域を設定し、領域内に自動積雪深観測装置と自動気象観測装置を多数配置して、長期の観測体制を築く。その観測データを用いて衛星プロダクトの比較を行う。さらに、積雪開始期から融雪期において、人力による積雪密度・粒径・層構造・地表面温度・土壌水分・植生観測を実施し、詳細な検討を行う。

b. 多様な気候条件下での長期観測データによる検証

気象、植生、積雪条件、土壌状態が異なる条件下で、長期にわたり検証実験を実施する。上記 a.の対象領域はもとより、たとえ点観測であっても周囲条件が比較的均一とみなせる対象を選択して実施する。

c. 良く管理された諸条件下での地上マイクロ波放射計観測検証

積雪条件、積雪下面の特性、植生条件を定量的に計測可能なスケールで、衛星センサと同様の性能を有する地上マイクロ波放射計を用いて高精度の観測データを収集し検討を行う。

(8) 土壌水分量

土壌水分プロダクトは、表層土壌における体積含水率を格納する。土壌水分量推定アルゴリズムの検証には、以下 4 点の影響を考慮した検証が肝要である。

① 乾燥～湿潤の広い土壌水分条件下での検証

湿潤条件下では地表面の放射率(地表面の誘電率と表面散乱特性が重要である。土壌水分は誘電率を決める主要因の1つ)と地表面温度によってマイクロ波放射伝達特性が決まるのに対し、乾燥条件下では土層内でのマイクロ波放射伝達特性(体積散乱)と土壌温度の鉛直プロファイルが支配的となる。従って、これらの異なる放射伝達特性を与える条件下での検証が必要となる。

② 異なる土壌タイプ(地表面粗度、テクスチャ)での検証

地表面の表面散乱特性では地表面粗度が、土層内での体積散乱ではテクスチャの違いがマイクロ波放射伝達特性に与える影響が大きい。したがって、乾燥～湿潤の広い土壌水分条件下において地表面粗度、テクスチャの異なる条件下での検証が必要となる。

③ 異なる植生条件(植生量、植生タイプ、植生被覆の不均一性)下での検証

植生に含まれる水分が地表面上でどのように分布するか、すなわち植生バイオマス量、葉・茎の構造、フットプリント内での分布の偏りがマイクロ波放射伝達に大きな影響を与えることが知られている。したがって、上記①、②の条件下で植生の多様な条件に対応した検証が必要である。

④ フットプリント内の土壌水分分布の不均一な条件下での検証

実際の土壌水分の分布は一樣ではなく、降水分布・地表面被覆・微地形などにより変化し不均一に分布することが知られている。衛星のフットプリントは数十 km あり、このスケールに対応した面的な検証が必要である。

具体的な検証方法は以下の通り。

上述の各条件下での検証を行うため、以下の a.と b.を組み合わせる検討を行い、更に必要に応じてc.を実施してアルゴリズムの高度化を図る。また、利用推進に資するため、d.と e.によりプロダクトの精度・品質の高度な把握に努める。

a. 衛星フットプリントサイズの検証領域における長期データ取得

地形が単調でアクセスが容易な数十 km 程度の検証領域を設定し、領域内に自動土壌水分観測装置と自動気象観測装置を多数配置して長期の観測体制を築く。その観測データを用いて衛星プロダクトとの比較を行う。

b. 多様な気候条件下での長期観測データによる検証

気象・植生・土壌タイプが異なる条件下で長期にわたる検証実験を実施する。全球の様々な地域において比較検討するために、上記 a.の対象領域に加えて点観測であっても周囲が比較的均一とみなせる対象を選択して実施する。

c. 良く管理された諸条件下での地上マイクロ波放射計観測検証

乾湿条件、土壌特性、植生条件を定量的に計測可能なスケールで、衛星センサと同様の性能を有する地上マイクロ波放射計を用いて高精度の観測データを収集し、アルゴリズムの高度化を検討する。

d. 他の衛星プロダクトやモデル出力との相互検証

他の土壌水分プロダクトや数値気象モデルの出力との相互比較を推進する。

e. フットプリントに対応した面的な検証方法の検討

土壌水分が不均一に分布する場合のフットプリントスケールの面的な土壌水分の定義と、効果的な衛星検証方法を検討する。

4.5.2.4 アルゴリズム検証

プロダクト検証の結果、必要に応じて算出アルゴリズムを改良する。なお、アルゴリズムの詳細は4.3.1 項を参照のこと。

第5章 データ提供サービス

一般研究者向けのプロダクトは、GCOM-W1 データ提供サブシステム(DPSS:Data Provision SubSystem)を用いた「GCOM-W1 データ提供サービス」¹(以下、「本サービス」)により行われる。ここでは、本サービスによるデータの提供範囲を示し、併せてその概要について説明する。尚、本サービス詳細については、JAXA のウェブサイトより公開されている²はじめて衛星データを使用する方への GCOM-W1 データ提供サービスの使い方²をご参照下さい。

5.1 プロダクトの保存

本サービスを通し提供するデータを以下に示す。なお、提供するプロダクトのバージョンはレベル 1 (L1)データは最新 1 世代、高次データ(レベル2(L2)、レベル3(L3))は最新 2 世代である。

表 5-1 対象データ一覧

衛星	データ種別	観測期間	世代
ADEOS-II	AMSR 標準プロダクト	2003/04/02 ~ 2003/10/24	—
Aqua	AMSR-E 標準プロダクト	2002/06/01 ~ 2011/10/04	—
GCOM-W1	AMSR2 標準プロダクト	2012/5/18 ~ 5 年間	L1:最新 1 世代 L2/L3:最新 2 世代
	関連情報(軌道情報、衛星・センサ運用情報、ユーザツールキット等)	—	—

注)本サービスのカタログ詳細等で表示するバージョン情報は、10 以降をアルファベットにより表現する。

記述例: 1、2、3、…、9、A、B、…

DPSS では、最新プロダクトバージョンの AMSR2 プロダクトのみを保管管理する。ただし、ユーザへ提供する AMSR2 プロダクトは、ミッション運用系が保管管理する古いプロダクトバージョンも提供対象とするため、ミッション運用系のみが保管している古いプロダクトバージョンのプロダクト注文をユーザから受けた場合、ミッション運用系から当該データを取得し提供する。なお、AMSR - AMSR-E については、ユーザ提供対象となるプロダクトは全データを DPSS にて保管管理することとする。

また研究プロダクト、試作プロダクト等は本システムの対象外とし、各データが格納されているサイトへのリンクを提供する。

¹ <https://gcom-w1.jaxa.jp/auth.html>

² <https://gcom-w1.jaxa.jp/Beginner.pdf>

5.2 プロダクト提供方針

5.2.1 データポリシー

GCOM-W1 データ提供サービスでは、以下の条件の下にプロダクトを一般に公開する。

- ① 対象ユーザ：不特定多数の一般研究者
- ② 取り決め：個別取り決めなし(オンラインでデータ利用約款に同意のうえ、自動申請、登録を行う)。
氏名、所属、利用目的の記載は必須とし、利用結果についても、JAXA は適宜情報収集を行う。
- ③ 提供プロダクト：AMSR、AMSR-E、AMSR2 観測データ(標準プロダクト)
- ④ 提供方法：オンラインによる提供
- ⑤ 提供実費：JAXA に追加的費用が発生しない限り無償
第三者への再提供：認めない

一般研究者に向けた標準プロダクトは、処理性能要求を踏まえ、以下に規定する時間内にデータ提供サブシステムよりプロダクト提供を開始出来る。

表 5-2 一般研究者向けプロダクトの配信

配信プロダクト	提供までの時間
標準プロダクト	a.レベル1 プロダクト: 観測開始時刻から12 時間以内
	b.レベル2 プロダクト: 観測開始時刻から24 時間以内
	c.レベル3 プロダクト: レベル3 処理に適用するプロダクトの最終観測時刻から 24 時間以内 (L3 月平均は翌月の 1 日)

5.2.2 ユーザ区分

本サービスのデータ利用ユーザ区分を以下に示す。ユーザがプロダクトを取得するためには、「登録ユーザ」の登録申請を行う必要がある。「登録ユーザ」の登録は、Web からユーザ自身で行うことができる。

表 5-3 データ利用ユーザ区分

ユーザ区分	定義	利用制限・特権
ゲストユーザ	ユーザ登録を行っていない利用者	データ検索を行えるが、注文やプロダクトの取得はできない。
登録ユーザ	Web でユーザ登録を行った利用者	データ検索・注文が可能。ただし、1回に注文できる容量には制限が設けられている(1.5GB)。また、注文をしなくてもプロダクトの直接取得が可能。

表 5-4 サービス内容

提供サービス	対象ユーザ	
	ゲスト	登録
ユーザ認証	○	○
ユーザ登録	○	—
ユーザ情報変更	—	○
ニュース、アナウンス情報	○	○
プロダクト検索	○	○
検索条件の保存・読込	—	○
画像表示・カタログ確認	○	○
注文(即時ダウンロード含む)	—	○
衛星・センサ運用情報	○	○
登録データ数	○	○
プロダクト説明	○	○
プロダクトバージョン履歴	○	○
ユーザマニュアル(検索・注文の説明書)	○	○
プロダクトバージョン履歴	○	○
ツールキット	○	○
標準プロダクトの直接ダウンロード	—	○
ヘルプデスクへの問合せ		
メール問合せ(日/英)	○	○
FAX 問合せ(日/英)	—	○
電話問合せ(日)	—	○

5.2.3 処理バージョン

GCOM アルゴリズム開発の目的は、利用目的に対して有効な精度で地球物理量を生成するアルゴリズムの研究開発・システム実装、維持改訂等を行うことである。アルゴリズムの維持を継続するとともに、AMSR2 の実データを用いた試行処理、検証等を実施してデータを公開する。処理アルゴリズムは、開発完了時、データリリース時をそれぞれバージョン 0、1 とする。データリリース後は 1.5 年毎にプロダクト精度向上、および GCOM-W2 に向けてのアルゴリズムバージョンアップを行うことをベースラインとする。

その為同一センサ/期間/対象領域において、処理バージョンが異なるプロダクトが作成されることとなる。本サービスでは原則として最新アルゴリズムにより処理されたプロダクトが提供される為、利用者は処理バージョンに留意が必要である。処理バージョンはファイル名(グラニューール ID)に付与されたプロダクトバージョン、アルゴリズムバージョン及びパラメータバージョンにより各々の識別が可能である。以下にグラニューール ID 付与規則を示す。

用に際して”の”利用規約”³を参照下さい。(斜文字は引用部を示す)

GCOM-W1 データ提供サービス(以下、「本サービス」)では、宇宙航空研究開発機構(以下、「JAXA」)は、第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)搭載 AMSR2、みどりII(ADEOS-II)搭載の AMSR、及び、Aqua 搭載の AMSR-E プロダクトの無償提供を行っています。

本規約は、本サービスを利用いただくうえで、利用者に遵守していただくものを定めたものです。本サービスを利用される方(以下「ユーザ」といいます)は、以下の内容をお読みいただき、同意の上、ご利用ください。

(1) サイトポリシー

本サービスの提供を行うウェブサイト(<https://gcom-w1.jaxa.jp>)のサイトポリシーは、JAXA のサイトポリシー・利用規約(http://www.jaxa.jp/policy_j.html)に準拠します。

(2) ユーザ登録

本サービスの利用にはユーザ登録が必要です。本サービスのログインには、メールアドレス(ユーザアカウント)とパスワードによる認証方式を採用しています。利用に必要なユーザ登録情報は、氏名、メールアドレス、所属機関、所属部署、国または地域名、利用目的です。

(3) ユーザ登録の取り消し

ユーザは、本規約末尾に記述している「GCOM-W1 データ提供サービス ヘルプデスク」に対して、ユーザ登録の取消の旨をメールにて通知した上で、ユーザ登録を取り消すことができます。

(4) 個人情報保護および個人情報の取り扱い

JAXA は、登録いただいた個人情報(氏名、メールアドレス、所属機関、所属部署、国または地域名、利用目的)については、JAXA が別途定めている「個人情報保護に関する規定」に則り、適切に取り扱うものとします。

詳細は JAXA 個人情報保護(http://www.jaxa.jp/about/disclosure/kojin/index_j.html)をご確認ください。

JAXA は、登録いただいた個人情報を以下の目的以外には使用いたしません。

- ・ データ利用状況の把握
- ・ 本サービスの向上を目的とする利用者意向調査・アンケートの実施
- ・ ユーザからの問い合わせ対応

また、JAXA は業務の一部を他社に委託しています。委託業務には、システム管理、ユーザ管理、ヘルプデスク業務があります。代行業者は上記の業務を遂行するために必要な個人情報を利用しますが、それ以外の目的で利用することはありません。

³ <http://gcom-w1.jaxa.jp/useagreement.html>

(5) アカウントおよびパスワードの管理

ユーザアカウント、およびパスワードの管理、使用はユーザが全ての責任を持つものとし、第三者の不正使用等から生じた損害等については JAXA は補償いたしませんのでご注意ください。

(6) データ等に関する権利の帰属

本サービスにて提供するプロダクト、画像データ等の全てのデータについては、JAXA が著作権・知的財産権を有します。本サービスによって取得した全てのデータの第三者への再配布は禁止します。

ご利用になる場合には、JAXA の「[サイトポリシー・ご利用の範囲と利用条件](http://www.jaxa.jp/policy_j.html)」

(http://www.jaxa.jp/policy_j.html) で定める条件に従ってください。

また、商業活動、営利活動を目的とした利用の場合は、著作権者(JAXA)の事前許諾を得ずに利用することはできません。商業目的、営利目的で利用を希望する場合は、事前に「[JAXA 産業連携センター](http://aerospacebiz.jaxa.jp)」までお問い合わせください。(http://aerospacebiz.jaxa.jp)

(7) サービスの利用停止

JAXA は、ユーザが本規約に違反した場合や、その他ユーザとして不適当と判断した場合には、ユーザ登録を取り消すことができるものとします。

(8) 本サービスの変更

JAXA は、適宜本サービスの運営の諸条件、サービス内容、規約の変更等を行うことができるものとします。本規約を変更した場合は、本サービス上に提示し、お知らせするものとします。本規約の変更を提示した後、ユーザ各位が初めて本サービスを利用する際には、変更後の規約を確認した上で利用してください。

(9) 本サービスの終了

JAXA は、JAXA の判断において、本サービスを終了させることができるものとします。

その場合、JAXA はあらかじめ適切な方法によってユーザに対して本サービス終了の予告をします。

(10) 成果の報告

本サービスにて提供するプロダクト、画像データ等を用いて論文、レポート等を出版する場合は、以下のような文章を明記してください。

日本語の場合:

「本論文にて使用した AMSR2 データ(AMSR-E データおよび、AMSR データ)は、宇宙航空研究開発機構 GCOM-W1 データ提供サービスより提供を受けました。」

英語の場合:

"AMSR2 data (AMSR-E, AMSR data)' were supplied by the GCOM-W1 data providing service, Japan Aerospace Exploration Agency."

また、GCOM-W1 データ提供サービス ヘルプデスクでは関連文献の収集を行っています。本サービスにて提供されたデータを利用した論文、レポート等については、別刷またはコピーをしていただき、本規約末尾に記述している「GCOM-W1 データ提供サービス ヘルプデスク」まで送付ください。ご協力をお願い致します。

別刷またはコピーの送付方法については、特に指定していませんので、郵送、E-mail 添付、FAX 送信など、可能な手段で送付ください。

(11) 注文データ容量の制限

限られたネットワークや計算機の資源を多くのユーザが公平に利用いただけるように、ユーザアカウントごとに1回の注文にてダウンロードできるデータ容量を制限しています。

(12) 免責事項

本サービスについてあらゆる面から細心の注意を払っていますが、JAXA は安全性及び掲載情報の信頼性について一切保証するものではなく、また利用者各位が本サービスおよび本サービスの情報を利用することによって生じる、いかなる損害についても責任を負うものではありません。

JAXA は、本サービス上の情報を変更・削除したり、本サービスの運用そのものを中断・中止することがありますが、これによって生じる利用者各位のいかなる障害についても、責任を負うものではないこととします。あらかじめ、ご了承ください。

(13) 問い合わせ

本サービス全般に関する質問等については、下記にお問合せください。

担当窓口 : GCOM-W1 データ提供サービス ヘルプデスク
住所 : 〒305-8505
茨城県つくば市千現 2-1-1 宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター
開設時間 : 9:30~12:15/13:00~17:45(土日祝日、年末年始(12/29~1/3)を除く)
TEL : 050-3362-6599
FAX : 029-859-5574
E-mail : Z-gw1help@jaxa.jp

5.2.5 データ検索及び注文

本サービスでは、データの検索と注文を下記の3つの異なる方法から行うことができる(図5-3)。尚、操作方法詳細については、GCOM-W1 データ提供サービス/ユーザマニュアル を参照してください。

(1) 説明を見ながら選ぶ

ウィザード形式で指定して検索を行うことができる。プロダクト、観測期間・観測範囲、更に詳細条件で絞り込む検索条件をウィザード(step by step)形式で説明を見ながら設定できる。step1:カテゴリ別にプロダクトを指定する、step2:期間と範囲を指定する、及び step3:バージョン/品質/衛星/センサ/パス番号で更に条件を絞ることができる。

(2) カテゴリ・物理量から選ぶ

カテゴリ・物理量を指定した検索を行うことができる。物理量、観測期間、観測範囲、更に条件を絞る等の検索条件を一画面で設定できる。

(3) 衛星・センサ名から選ぶ

衛星・物理量を指定した検索を行うことができる。衛星・センサ名、観測期間、観測範囲、更に条件を絞る等の検索条件を一画面で設定できる。



図 5-3 検索画面(ゲストユーザ)

5.3 ユーザツール

GCOM-W1 データ提供サービスでは、同サービスを利用する一般研究者に向けて、ユーザ個々に関連情報の参照やツール等のダウンロードを任意に行うことを基本としたサービスを行う。提供するユーザツールは無償配布を基本とし、提供されるツールにはオンラインヘルプなどを整備する

ことで、ツールに対するユーザサポートは行わない。

本ツールの入手に際し、各自下記サイトにアクセスしダウンロードする事が可能である。
GCOM-W1 データ提供サービスのホームページ上より、AMSR/AMSR-E 関連ツール及び AMSR I/O ツールキットは”ツールキットのダウンロード”より、GCOM-W1 軌道要素及び衛星情報は”衛星・センサ運用情報を見る”より取得可能である。

本サイトで提供するデータを取得する衛星及びセンサは下記のとおりです。



● 衛星・センサ運用情報

「しずく」(GCOM-W1)衛星運用情報、AMSR2やAMSR-Eのセンサ運用情報を掲載しています。

↓ 衛星・センサ運用情報を見る

● ツールキット

データを解析するための各種ツールの無償配布を行っています。

↓ ツールキットのダウンロード

● 関連文書・ガイド

ユーザマニュアル、フォーマット説明書等はこちらからご覧ください。

↓ ドキュメントのダウンロード

Algorithm theoretical basis document (ATBD)については、「EORC Bulletin/Technical Report」を参照してください。

図 5-4 ユーザールの入手方法(その 1)

もしくは、AMSR/AMSR-E 関連ツール及び AMSR I/O ツールキットは下記サイトの”ツールキット”より、GCOM-W1 軌道要素及び衛星情報は”衛星・センサ運用情報”より取得可能である。



図 5-5 ユーザツールの入手方法(その 2)

付録1 略語表

略語	:	英訳
	:	和訳
ADM	:	Antenna Drive Mechanism
	:	回転駆動部
AGC	:	Auto Gain Control
	:	自動利得制御
AMSR2	:	Advanced Microwave Scanning Radiometer 2
	:	高性能マイクロ波放射計 2
AMSR-E	:	Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS
	:	改良型高性能マイクロ波放射計
ASD	:	Apid Sorted Data
	:	APID 分離済みデータ
A-Train	:	The Afternoon Constellation
	:	地球観測衛星コンステレーション
CALIPSO	:	Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations
	:	-
CEOS	:	Committee on Earth Observation Satellites
	:	地球観測衛星委員会
CGMS	:	Coordination Group for Meteorological Satellites
	:	気象衛星調整会議
CLW	:	Cloud Liquid Water
	:	積算雲水量
CSM	:	Cold Sky Mirror
	:	低温校正源、低温校正用反射鏡
CWI	:	Cloud liquid Water Index
	:	雲水量指数
DPR	:	Dual-frequency Precipitation Radar
	:	二周波降水レーダ
DPSS	:	Data Provision SubSystem
	:	データ提供サブシステム
EQR	:	Equi-Rectangular Map Projection
	:	等緯度経度図法
GANAL	:	Global objective analysis data
	:	大気客観解析データ

GCOM	:	Global Change Observation Mission 地球環境変動観測ミッション
GCOM-C	:	Global Change Observation Mission - Climate 気候変動観測衛星
GCOM-W	:	Global Change Observation Mission - Water 水循環変動観測衛星
GCOM-W1	:	Global Change Observation Mission 1st-Water "Shizuku" 第一期水循環変動観測衛星:しずく
GEOSS	:	Global Earth Observation System of Systems 全球地球観測システム
GPM	:	Global Precipitation Measurement 全球降水観測計画
GPS	:	Global Positioning System 全地球測位システム
GSMaP	:	Global Satellite Mapping of Precipitation 衛星による高精度高分解能全球降水マップ
GTS	:	Global Telecommunication System 全球通信
HDF	:	Hierarchical Data Format 階層型データフォーマット
HTS	:	High Temperature Source 高温校正源
IPWG	:	International Precipitation Working Group 国際降水作業部会
JAXA	:	Japan Aerospace eXploration Agency 宇宙航空研究開発機構
JPSS	:	Joint Polar Satellite System (米国)共同極軌道衛星システム
KSAT	:	Kongsberg Satellite Services AS コングスバーク・サテライト・サービス
LUT	:	Look-Up Table ルックアップテーブル
MGDSST	:	Merged satellite and in situ data Global Daily Sea Surface Temperatures in the global ocean 全球日別海面水温解析値
MODIS	:	MODerate resolution Imaging Spectrometer 中分解能撮像分光放射計

MWA	:	Momentum Wheel Assembly 制御ユニット擾乱制御部
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration アメリカ航空宇宙局
NDBC	:	National Data Buoy Center 米国国立データブイセンター
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration アメリカ海洋大気局
OBE	:	Orbital Balancing Electronics バランス調整電子回路
OBM	:	Orbital Balancing Mechanism バランス調整機構
PDUC	:	Power Distributor Unit Control Unit 制御ユニット電力分配部
PDUS	:	Power Distributor Unit Sensor Unit センサユニット電力分配部
PR	:	Precipitation Radar 降水レーダ
PS	:	Polar Stereo Map Projection ポーラステレオ
PWA	:	Precipitable Water Amount 可降水量
PWI	:	Precipitable Water Index 可降水量指数
RFI	:	Radio-Frequency Interference 人工電波干渉
RMSE	:	Root Mean Square Error 平均二乗誤差
SGLI	:	Second generation Global Imager 多波長光学放射計
SIC	:	Sea Ice Concentration 海氷密接度
SMC	:	Soil Moisture Content 土壌水分量
SPC	:	Signal Processor Control Unit 制御ユニット信号処理部
SPS	:	Signal Processor Sensor Unit

	:	センサユニット信号処理部
SST	:	Sea Surface Temperature
	:	海面水温
SSW	:	Sea Surface Wind speed
	:	海上風速
SND	:	Snow Depth
	:	積雪深
TB	:	brightness temperature
	:	輝度温度
TCC	:	Thermal Controller Control Unit
	:	制御ユニットヒータ制御部
TCS	:	Thermal Controller Sensor Unit
	:	センサユニットヒータ制御部
TPW	:	Total Precipitable Water
	:	積算水蒸気量
TRMM	:	Tropical Rainfall Measuring Mission
	:	熱帯降雨観測ミッション
VIIRS	:	Visible and Infrared Imager Radiometer Suite
	:	可視赤外イメージャー・放射計
WGCV	:	Working Group on Calibration and Validation
	:	校正・検証作業部会
WGS84	:	World Geodetic System 1984
	:	世界測地系 1984

付録 2 関連情報

付録 2.1 参考文献

- (1) GCOM-W1 第一期水循環変動観測衛星(概要説明書)(N/A)
- (2) レベル 1 処理アルゴリズム記述書(N/A)
- (3) 地球観測衛星データの保存方針(MAS-100037)
- (4) 第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)プロダクト定義書(NEB-090029)
- (5) 第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)校正検証計画書(NDX-070017)
- (6) 水循環変動観測衛星(GCOM-W1)検証実施計画書(NDX-110017)
- (7) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Precipitation Algorithm
- (8) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Snow Depth Algorithm
- (9) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Sea Ice Concentration Algorithm
- (10) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Sea Surface Temperature Algorithm
- (11) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Sea Surface Wind Speed Algorithm
- (12) Algorithm Description of GCOM-W1 AMSR2 Integrated Water Vapor and Cloud Liquid Water Algorithm
- (13) GCOM-W1 MISSION OPERATIONS INTERFACE SPECIFICATION (M O I S)
- (14) 第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)地上システム運用コンセプト(SGC-070079)
- (15) 第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)定常運用ベースライン(ミッション運用)(N/A)
- (16) GCOM-W1 ミッション運用系システム インタフェース管理文書(案)(DSD-800774-B02C)
- (17) 第一期水循環変動観測衛星(GCOM-W1)データ提供サブシステムの構築及び運用 操作説明書

付録 2.2 関連ホームページ

■ JAXA サイト

- (1) JAXA ホームページ

<http://www.jaxa.jp/>

- (2) 宇宙利用ミッション本部/人工衛星プロジェクト/しずく(GCOM-W1) ページ

http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gcom_w1/index.html

- (3) JAXA プロジェクト 第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1) ページ

http://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_w/index_j.html

(4) GCOM/EORC

http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM/index_j.html

(5) GCOM-W1 データ提供サービス

<https://gcom-w1.jaxa.jp/auth.html>

(6) 宇宙利用ミッション本部 人工衛星プロジェクト Aqua/AMSR-E ページ

<http://www.satnavi.jaxa.jp/project/aqua/>

(7) JAXA/EORC ホームページ

<http://www.eorc.jaxa.jp/>

(8) AMSR/AMSR-E ホームページ(JAXA/EORC)

http://sharaku.eorc.jaxa.jp/AMSR/index_j.htm

(9) AMSR/AMSR-E 関連情報ページ

<http://www.eorc.jaxa.jp/about/distribution/info/aqua.html>

■ 海外サイト

(10) NASA ホームページ

<http://www.nasa.gov/>

(11) Aqua ホームページ

<http://aqua.nasa.gov/>

(12) AMSR-E ホームページ(NASA/MSFC)

<http://wwwghcc.msfc.nasa.gov/AMSR/>

(13) HDF ホームページ

<http://www.hdfgroup.org/>

付録 2.3 問合せ先

◆ユーザハンドブックの問合せ先

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1
(独)宇宙研究開発機構 筑波宇宙センター
GCOM-W1 データ提供サービス ヘルプデスク
E-mail: Z-gw1help@jaxa.jp

◆GCOM-W1 データ提供サービスの問合せ先

5.2.4 (13) 問合せ を参照のこと。

付録 3 AMSR2 プロダクトフォーマット

付録 3.1 AMSR2 プロダクト フォーマット説明書

- (1) AMSR2 レベル1プロダクト フォーマット説明書(SGC-120002)
- (2) AMSR2 高次処理プロダクト フォーマット説明書(SGC-120004)