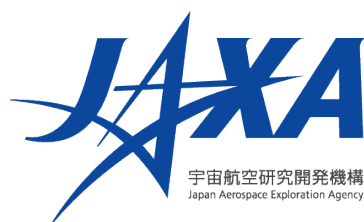


気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)

データ利用ハンドブック

B 版

2023 年 12 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るなか、未来の人々が安心して暮らせる環境を維持するための気候変動予測の研究が進められています。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 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 つの衛星シリーズにより構成されています。水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)は、2012 年 5 月 18 日に打上げられ、搭載された高性能マイクロ放射計 2(AMSR2:Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)による観測運用を継続中です。続いて2017年12月23日に、気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)が打上げられ、打上げ後 3 ヶ月にわたる初期機能確認運用を完了し、搭載された多波長光学放射計(SGLI:Second-generation Global Imager)による観測を続けています。

GCOM-Cに搭載されているSGLIは、ADEOS-II(「みどりII」)に搭載されたグローバルイメージャ(GLI)の後継センサであり、近紫外から熱赤外域(380nm~12 μm)を 19 チャンネルで計測するイメージング放射計です。地表面観測幅を 1000km 以上確保することにより、日本付近の中緯度で約 2 日に 1 回の全球観測が可能です。さらに、海外の同種のグローバルセンサと比べて、250m という高い地表分解能で観測することができ、偏光多方向観測機能等の SGLI 特有の観測機能を持っています。

SGLIにより観測されたデータは、地上局(JAXA 国内局、スバルバード局)にダウンリンクされた後、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。SGLI による全球観測データにより、陸圏、大気圏、海洋圏、雪氷圏に渡る 28 種類の地球物理量データセット(植生・バイオマス、海面水温、海色、エアロゾル、雲特性、雪氷特性など)を作成します。

JAXA では、GCOM-C 衛星の打上げ後から取得した SGLI 観測データに対し、レベル 1 プロダクト(放射輝度)及び、高次レベルプロダクト(地球物理量)を、2018 年 12 月より地球観測データ提供システム(G-Portal:<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>)から提供しています。

本書は、データを利用されるユーザの皆様に、GCOM-C/SGLI プロダクトを利用していただ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。

2018 年 12 月

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
GCOM プロジェクトチーム

気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)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 GCOM-C/SGLI ミッションの概要.....	1-2
第 2 章 GCOM-C/SGLI の概要	2-1
2.1 GCOM-C の概要.....	2-1
2.2 多波長光学放射計 (SGLI).....	2-5
第 3 章 GCOM-C 地上システムの概要	3-1
3.1 全体システム.....	3-1
3.2 衛星管制システム.....	3-2
3.3 ミッション運用系システム.....	3-2
3.4 受信記録設備.....	3-2
3.5 地上システム運用.....	3-3
第 4 章 SGLI 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.....	4-24
4.3 高次処理アルゴリズム.....	4-38
4.4 プロダクトフォーマット.....	4-48
4.5 校正・検証.....	4-48
第 5 章 データ提供	5-1
5.1 プロダクト提供方針.....	5-1

図表一覧

表 2-1 GCOM-C 主要諸元	2-3
表 2-2 衛星バス機器機能	2-4
表 2-3 SGLI の観測波長帯	2-6
表 2-4 VNR センサ性能	2-6
表 2-5 SWIR センサ性能	2-7
表 2-6 TIR センサ性能	2-7
表 2-7 SGLI 校正種別	2-12
表 2-8 SGLI 基本観測パターン	2-15
表 3-1 地上局の衛星運用対応	3-3
表 3-2 準リアルタイムプロダクトプロダクト ID 一覧 (2023 年 12 月 8 日現在)	3-4
表 4-1 SGLI プロダクトの定義	4-1
表 4-2 平均太陽照度 F_0 (at 1AU)	4-5
表 4-3 レベル 1 プロダクトグラニューール ID	4-6
表 4-4 レベル 1 プロダクトグラニューール ID 設定値	4-7
表 4-5 レベル 1 プロダクトグラニューール ID 秒数記号一覧	4-8
表 4-6 分解能識別	4-11
表 4-7 レベル 2 プロダクト一覧(1/2)	4-12
表 4-8 レベル 2 プロダクト一覧(2/2)	4-13
表 4-9 レベル 2 統計プロダクト一覧	4-14
表 4-10 レベル 2 プロダクト(シーン)グラニューール ID	4-18
表 4-11 レベル 2 プロダクト(タイル・全球)及びレベル 3 プロダクトグラニューール ID	4-18
表 4-12 レベル 2 プロダクト(シーン)グラニューール ID 設定値	4-19
表 4-13 レベル 2 プロダクト(タイル・全球)及びレベル 3 プロダクトグラニューール ID 設定値 ..	4-19
表 4-14 レベル 3 プロダクト一覧(1/2)	4-21
表 4-15 レベル 3 プロダクト一覧(2/2)	4-22
表 4-16 SGLI センサ概要	4-24
表 4-17 レベル 1 処理概要	4-25
表 4-18 主な前処理内容	4-28
表 4-19 VNR-NP 撮像画素補助データ画素並び(軌道上加算後)	4-30
表 4-20 VNR-PL 撮像画素補助データ画素並び(軌道上加算後)	4-30
表 5-1 GCOM-C/SGLI 提供プロダクト	5-1
表 5-2 G-Portal プロダクト保存領域・期間(即時ストレージ)	5-2
図 1-1 JAXA 地球観測衛星の開発および運用スケジュール	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 Terra/Aqua が観測したエアロゾル光学的厚さ	1-4
図 1-4 放射強制力の推定値と要因ごとの集計(出典: IPCC AR5 WG1 SPM)	1-5
図 1-5 Terra/Aqua が観測した植生指数と海面水温	1-6
図 1-6 二酸化炭素の放出と吸収のバランス(出典: IPCC AR5 WG1 SPM)	1-7
図 1-7 SGLI による日本近海の海色	1-8
図 1-8 SGLI による地表面温度(左図)と植生分布(右図)	1-9
図 1-9 SGLI による日本周辺のカラー合成画像	1-10
図 1-10 SGLI で観測されたインドネシア・スマトラ島シナブン山の噴煙	1-12
図 2-1 GCOM-C の外観	2-2
図 2-2 SGLI の外観	2-5
図 2-3 気候変動要因となる物理量と SGLI 観測波長の関係	2-7
図 2-4 VNR 光学系分光特性	2-7
図 2-5 IRS 光学系分光特性	2-8
図 2-6 SGLI の観測イメージ	2-8
図 2-7 PL 観測概念図	2-9
図 2-8 VNR 光学系ユニット	2-9
図 2-9 IRS 光学系ユニット	2-10
図 2-10 VNR-NP のチャンネル配置	2-11
図 2-11 VNR-PL の偏光方向配置	2-11
図 2-12 IRS 走査角度と視野の定義	2-12
図 2-13 VNR 太陽光・内部光源校正機能	2-13
図 2-14 IRS 校正機能	2-13
図 2-15 SGLI 観測運用概要	2-15
図 3-1 GCOM-C 地上システム概要	3-1
図 4-1 SGLI レベル 1-レベル 2 処理フロー	4-2
図 4-2 SGLI レベル 2-レベル 3 処理フロー	4-2
図 4-3 GCOM-C パス定義(Path 1~151)	4-9
図 4-4 GCOM-C パス定義(Path 181~331)	4-9
図 4-5 GCOM-C パス定義(Path361~481)	4-9
図 4-6 EQA (sinusoidal equal area) 図法	4-17
図 4-7 レベル 3 プロダクト EQA 図法(1次元)定義	4-23
図 4-8 レベル 3 プロダクト EQR 図法定義	4-23
図 4-9 レベル 3 プロダクト PS 図法定義	4-24
図 4-10 VNR-NP 処理フロー	4-25
図 4-11 VNR-PL 処理フロー	4-26
図 4-12 IRS-SWIR 処理フロー	4-26
図 4-13 IRS-TIR 処理フロー	4-27

図 4-14 ラジオメトリック情報算出処理 (左)NP、PL、SWIR (右)TIR.....	4-29
図 4-15 IRS ラインとピクセルの関係	4-31
図 4-16 観測点緯度経度算出処理フロー	4-33
図 4-17 観測地点の緯度経度算出処理の模式図	4-35
図 4-18 衛星軌道を中心とした円筒面投影による L1B フレーム	4-35
図 4-19 理想的な観測値(左)と迷光がある場合の観測値(右)	4-36
図 4-20 精密幾何補正済み大気上端放射輝度アルゴリズム全体処理フロー.....	4-40
図 4-21 SGLI 校正検証計画概要図.....	4-49

第1章 序論

毎年融けていく氷河や極域の氷床、多数の死者を出す異常高温や強大な台風、上昇し続ける海面水位、デング熱など伝染病の感染地域の拡大など、いま、地球の気候は深刻な温暖化が進み、私たちが経験したことのないような変化が観測されている。世界の平均気温はこれまでの30年間で約1°C上昇し、今後さらなる上昇が懸念される。しかし一方で将来の気候の予測は難しく、たとえば2100年の時点での気温予測結果には、2°C程度のばらつきがあるのが現状である。予測がここまでばらつく理由としては、気候に影響を及ぼしていると考えられている要素一つ一つの影響力の強さや作用のメカニズムが、いまだに解明されていないことが挙げられる。特に問題となっているのが、“放射収支”と“炭素循環”が気候に及ぼす影響である。

これらの要素を地球規模で長い間観測し続け、その移り変わりや気候変動との関係を定量的に知ることができれば、気候への影響を予測することが可能となる。

宇宙航空研究開発機構(JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency)が開発した気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C: Global Change Observation Mission – Climate 「SHIKISAI」)は、多波長光学放射計(SGLI: Second-generation Global Imager)を搭載し、エアロゾル、植物の分布をはじめ、大気・陸域・海洋・雪氷の4つの圏にわたって28項目もの気候変動に関係する物理量を全地球規模で長期間観測し、気候変動予測の高精度化に貢献する。

1.1 目的

本書は、JAXAが公開するSGLIプロダクトを入手したユーザが、同プロダクト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-C衛星、搭載センサであるSGLI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として、衛星、センサ、地上システム、プロダクト及びデータ提供方法についての概略を説明する。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。本書は、以下の5つの章と付録から構成されている。

第1章 序論

第2章 GCOM-C/SGLIの概要

第3章 GCOM-C 地上システムの概要

第4章 SGLIプロダクト

第5章 データ提供

付録 略語一覧、関連情報

1.3 GCOM-C/SGLI ミッションの概要

SGLI は GCOM-C 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、SGLI について説明を行う。(GCOM-C 気候変動観測衛星(概要説明書)より引用)

1.3.1 GCOM コンセプト

地球環境変動観測ミッション GCOM は、宇宙から地球の環境変動を長期間にわたって、グローバルに観測することを目的としたプロジェクトである。GCOM は、地球の水循環と気候変動を観測する、いわば宇宙から地球を健康診断する役割を持っている。GCOM には水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W: Global Change Observation Mission – Water 「Shizuku」)と気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)という2つのシリーズがある。多波長光学放射計(SGLI)を搭載する「しきさい」は、雲、エアロゾル(大気中のちり)、海色、植生、雪氷などを観測する。また、マイクロ波放射計(AMSR2: Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)を搭載する「しずく」は、降水量、水蒸気量、海洋上の風速や水温、土壌の水分量、積雪の深さなどを観測する。

GCOM は、大気、海洋、陸、雪氷といった地球全体を長期間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。図 1-1 に JAXA 地球観測衛星の開発及び運用スケジュール、図 1-2 に JAXA の気候・環境監視の衛星ミッションについて示す。

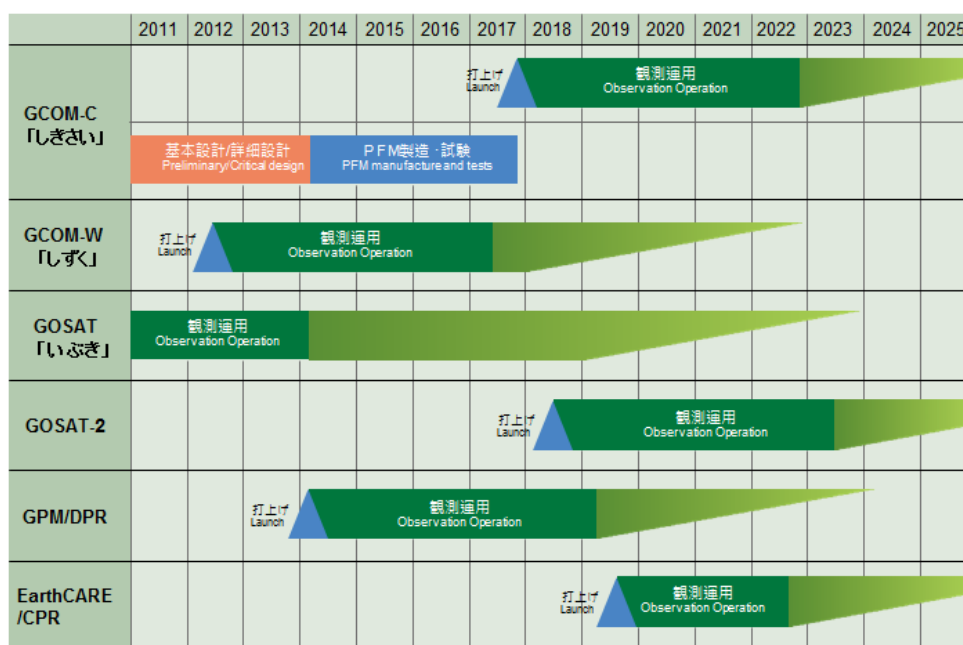


図 1-1 JAXA 地球観測衛星の開発および運用スケジュール

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。GCOMは、この GEOS にも貢献するミッションである。



図 1-2 JAXA の気候・環境監視の衛星ミッション

1.3.2 SGLI ミッションの概要

1.3.2.1 放射収支:エアロゾルと雲の観測

放射収支に対するエアロゾルと雲の観測について説明する。エアロゾルとは、大気中に浮遊する微粒子の総称である。エアロゾルや雲の存在は気候を変化させる大きな要因となっているが、温暖化への影響度合いはまだ詳しく解明されていない。「しきさい」では、エアロゾルと雲を高い精度で長期間観測することで、気候変動の予測精度の向上に貢献する。

エアロゾルの種類には、化石燃料や森林火災によって放出される”すす”、同じく化石燃料の燃焼や火山噴火・海洋プランクトンからの放出ガスにも起源をもつ”硫酸(塩)”、風によって巻き上げられる”海塩や黄砂”、その他にも”火山灰”や”花粉”などがある。近年、中国から高濃度で飛来し、健康への被害が懸念され大きな話題となった PM2.5 もエアロゾルの一種である。この非常に小さな浮遊物であるエアロゾルは、地球温暖化や酸性雨など、地球環境に非常に大きな影響を及ぼしている。

影響の一つはエアロゾルが直接太陽光を散乱したり吸収したりすることで、地表の温度を下げる「直接効果」である。1991年にフィリピンのピナツボ山が大噴火を起こしたが、このとき大気中に放たれた大量の火山灰や火山ガスが微粒子化したエアロゾルが「日傘」となって太陽光を遮り、2年以上ものあいだ地球規模で気温が約 0.5℃低下した。同時に成層圏まで運ばれた硫酸エアロゾルによって、大量のオゾン層が破壊されたことも知られている。このように、エアロゾルはそれ自体がとても強い影響力を持っている。

もう一つは、エアロゾルが水蒸気から雲が作られる時の凝結核となる「間接効果」である。大気中の水蒸気は、気温が下がると水や氷となって雲粒が作られる。このとき、核となるエアロゾルが多いほど、小さい雲粒がたくさんできるようになる。同じ水蒸気量から雲が生成される場合、含まれる雲粒が小さいほど白く明るい雲になるので、地球に届く太陽光をよく反射し、地表の温度を下げるように働くことになる。このように、エアロゾルは雲の形成を通して気候を変化させる効果もある。

エアロゾルの存在は直接的・間接的効果によって気候を変化させる大きな要因となっているが、温暖化に対して実際にどの程度の影響力があるのか、まだ解明されていない。それは地球温暖化が進むことで、雲のさまざまな特性も変化してしまい、雲が温暖化を加速させるのか減速させるのか、専門家のあいだでも意見が分かれているためである。エアロゾルの影響力を正しく判断するためには、エアロゾル自身と雲を長期にわたって観測する必要がある。

「しきさい」では、従来から他の衛星で行われてきた可視及び近赤外観測に加え、独自に近紫外観測と偏光観測を組み合わせることで、人間活動や火山・林野火災などの陸上から発生するエアロゾルを高い精度で観測することが可能となり、全地球規模のエアロゾルの分布を長期間観測することができる。

図 1-3 は、2015 年 10 月に NASA の人工衛星 Terra/Aqua が観測したエアロゾル光学的厚さで、赤いほどエアロゾルの濃度が高いことを表している。インドネシアでは毎年秋に大規模な野焼きが行われ、大量の煙による周辺国への大気汚染が深刻な問題となっている(図中央)。このような人間が放出するエアロゾルは、そのほとんどが陸上で発生するが、従来の人工衛星では陸上エアロゾルの高精度な観測が困難であるという問題があった。

図 1-4 は、IPCC で報告された温室効果ガスやエアロゾル等による地球の温暖化あるいは冷却化の効果の大きさを、棒グラフで表したものである。エアロゾルによる影響の見積もりには依然大きな不確定性が含まれている。

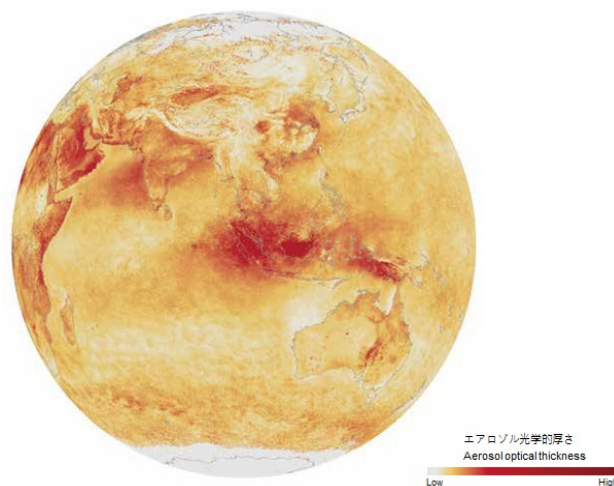


図 1-3 Terra/Aqua が観測したエアロゾル光学的厚さ

※Terra/Aqua データを JAXA で処理

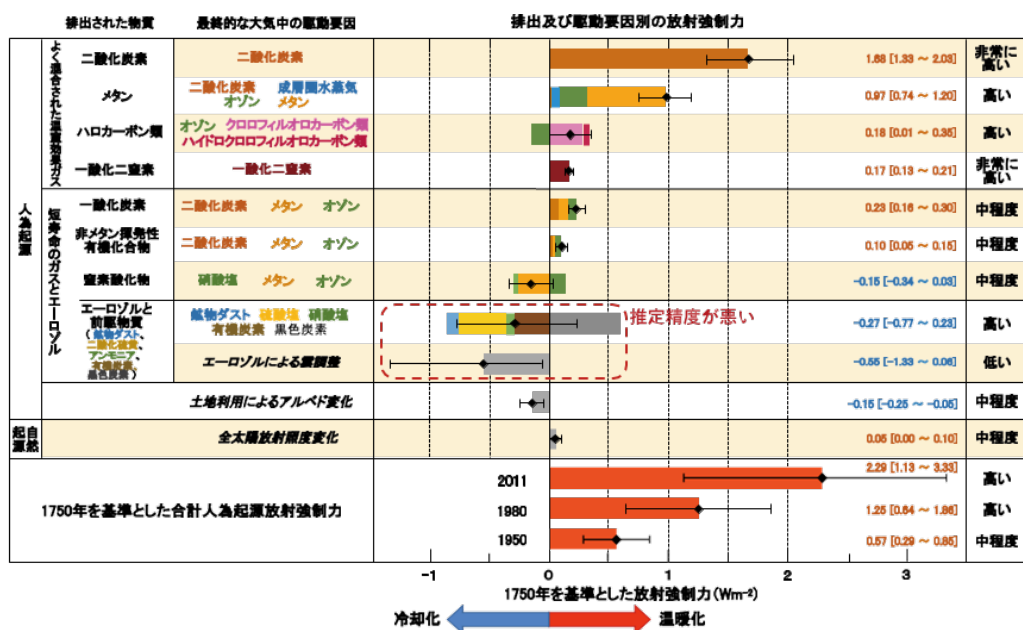


図 1-4 放射強制力の推定値と要因ごとの集計(出典:IPCC AR5 WG1 SPM)

1.3.2.2 炭素循環:植物の分布と海面水温の観測

炭素循環に対する植物の分布と海面水温の観測について説明する。温暖化の一番の原因と言われているのが二酸化炭素である。植物の分布と海面水温はどちらも大気中の二酸化炭素濃度に大きな影響を与えていると言われているが、どちらも正確な吸収量を見積もることは非常に難しい課題となっている。「しきさい」では、植物や温度の分布とその変化を全地球規模で長期観測することで、二酸化炭素の吸収・放出の仕組みを解明し、気候モデルの予測精度の向上に貢献する。

大気中の二酸化炭素濃度は、ここ数十年で急激に増加している。過去数万年間の二酸化炭素濃度は、200~300ppm の間で変動はしているものの、その変化は非常に緩やかであった。これは動植物の呼吸やその死骸の分解、火山活動などによる二酸化炭素の放出と、植物の光合成や海洋への溶解による二酸化炭素の吸収とのバランスが、大気中の二酸化炭素濃度の急激な変化を抑制していたためである。

いま、人間の活動によって二酸化炭素の放出量が飛躍的に増え、このバランスが崩れつつある。人間活動から放出された二酸化炭素の少なくとも半分以上は植物や海洋によって取り込まれてきたが、放出量が非常に多いため、産業革命が始まった1750年代に比べ二酸化炭素濃度は40%も増加した。このような急激な二酸化炭素濃度の増加は、地球の歴史上でもほとんど経験したことがない。

今後、温暖化が進んだ時に、植物や海洋がどれだけ二酸化炭素を吸収できるのかを予測することができれば、植物や海洋の温暖化への影響を把握することができる。しかし、植物は、葉っぱの部分は光合成によって二酸化炭素を吸収するが、その他の部分は昼も夜も呼吸によって二酸化炭素を放出する。さらに、気温や降水量といった気象条件、大気中の二酸化炭素濃度、樹木の種類や年齢などによって、二酸化炭素の吸収量・放出量は変化する。したがって、今後、森林分布がどのよう

に変化し、それによって二酸化炭素の吸収量がどのくらい変化するかを正確に見積もることは、非常に難しい課題である。

また、海が大気から吸収できる二酸化炭素の量は、大気と海面の二酸化炭素濃度によって大きく変化する。特に海面の二酸化炭素濃度に影響を及ぼす要因は、海面水温や生物の活動などさまざまである。たとえば、水温が上がると、温くなった炭酸水のように、海水中の二酸化炭素が溶けきらなくなって大気に放出される。生物活動が盛んになると、植物プランクトンが二酸化炭素を消費することで海面の二酸化炭素濃度は低くなる。将来温暖化が進むと、海洋の温度が上がって二酸化炭素が溶けにくくなる効果が強く働き、海洋による吸収が減ることが予測されているが、吸収された二酸化炭素による海洋酸性化がもたらす海洋生態系への影響等、その他のさまざまな要因も考えた場合に、その正確な吸収量の変化を見積もることは非常に難しい課題となっている。

「しきさい」では、250m/500m/1km の中～高解像度かつ高頻度観測という強みを活かし、植物の分布と海面水温の全球観測を行う。特に、「しきさい」の特徴である多角度観測からの植生の凸凹に関する情報によって、針葉樹林・広葉樹林・草地・沙漠などといった、全球の土地被覆の分類精度が大きく向上することが期待されている。

図 1-5 は、2017 年 8 月に NASA の人工衛星 Terra/Aqua が観測した植生指数(陸域)と海面水温(海域)である。植生指数は、植物の分布状況や活性度の指標となり、アマゾンで高く、サハラ沙漠で低くなっているのがわかる。また、海面水温の観測では、メキシコ湾からヨーロッパ西岸に向かって流れる北大西洋海流が見えている。

図 1-6 は、IPCC で報告された大気中の二酸化炭素の放出(赤色)と吸収(青色)のバランスである。化石燃料の使用やセメント生産によって人間が放出する二酸化炭素量の見積もりに比べ、陸や海が生態系の活動などを通して吸収できる二酸化炭素量の見積もりには大きな不確実性が含まれている。

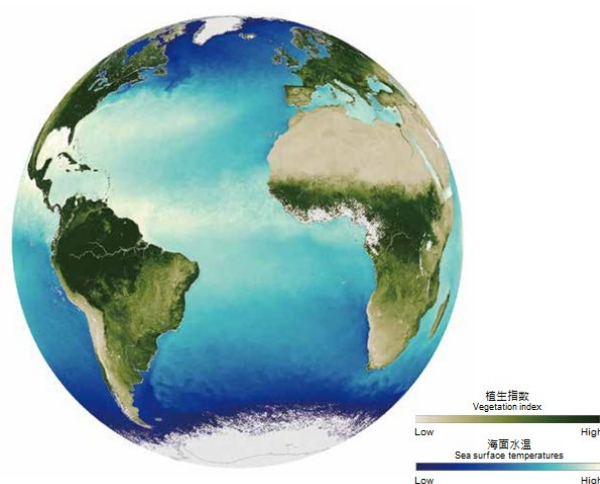
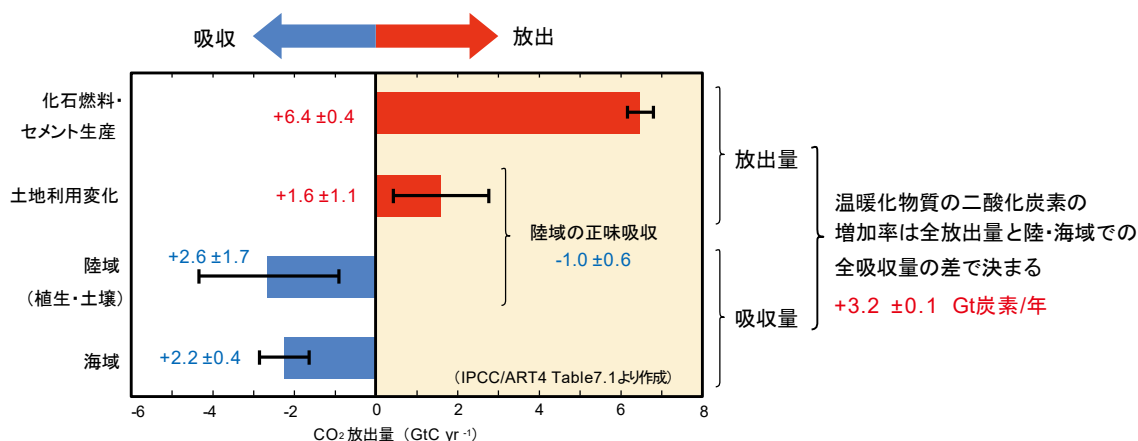


図 1-5 Terra/Aqua が観測した植生指数と海面水温

※Terra/Aqua データを JAXA で処理



出典: IPCC AR5 WG1 SPM

図 1-6 二酸化炭素の放出と吸収のバランス(出典: IPCC AR5 WG1 SPM)

1.3.2.3 観測データ利用

「しきさい」は、エアロゾル分布、海面温度や植生分布のほかにも、雪氷や日射量、植物プランクトンの分布など、気候変動と相互に影響する様々な地球環境を観測する。「しきさい」で観測したさまざまなデータは、将来の気候予測に役立つだけでなく、我々の暮らしに多くの恩恵をもたらす。

(1) ~ (4) に GCOM-C/SGLI データ利用例を示す。(JAXA GCOM-C/EORC 画像ギャラリーより引用)

その他のデータ利用については以下を参照されたい。

JAXA/EORC

(https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/monitor/gallery/index_j.html)

(1) データ利用例 その1 ～漁業～

食卓を彩る食材のひとつとして、魚介類は欠かすことができない。「しきさい」は、食物連鎖の出発点となる植物プランクトンや、魚介類の生態に強く影響する海面水温を広域に観測する。観測したデータを科学的に解析し、水産事業者の漁場探索や漁場形成に役立てることによって、安定した水揚げ量をもたらすことを目指す。私たちの食卓を豊かにすることも「しきさい」の役割である。

図 1-7 は、250m 分解能で観測した 2018 年 1 月 1 日午前 11 時 10 分頃(日本時間)の対馬海峡周辺域(中央図)と 2018 年 1 月 6 日午前 10 時 28 分頃(日本時間)の関東沿岸・沖合い(右図)のカラー合成画像である(左図に画像の切り出し位置を示した地図を示す)。SGLI は暗い海面を高感度に観測可能な海洋観測用チャンネルを備えており、水中の懸濁物質やプランクトンの濃度差によって生じる僅かな色の違いを捉えることができる。図 1-7 に示すように、沿岸海域の海色の様子を詳細に観測することで、漁場予測や赤潮発生状況の把握に役立てられると期待されている。

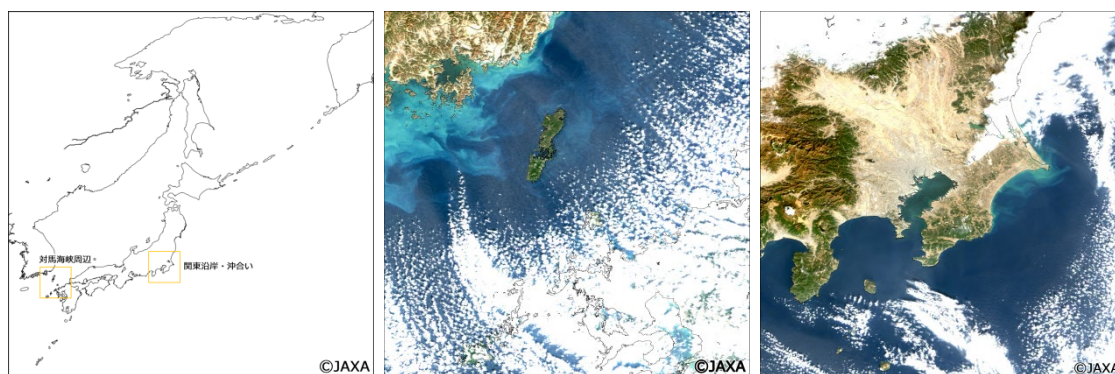


図 1-7 SGLI による日本近海の海色

2018 年 1 月 1 日午前 11 時 10 分頃(日本時間)の対馬海峡周辺域(中央)と 2018 年 1 月 6 日午前 10 時 28 分頃(日本時間)の関東沿岸・沖合い(右)のカラー合成画像。R・G・B に SGLI の VN7、VN6、VN4 の各チャンネル反射率を割り当てている。

(2) データ利用例 その2 ～農業～

「しきさい」で得られる世界各地の耕作地分布や、作物暦、農業気象(日射量、地表面温度など)から、作物の生育状況や生産量を把握することができる。たとえば小麦や大豆のような輸入に大きく依存している作物について、世界各地の生育状況や生産量に関する日本独自の客観的な情報を得ることにより、我が国の食料供給におけるリスク分析・評価に役立てられる。また、アジア各国の水稲作況情報などを関係機関に提供することにより、国際的な食料の安定供給への貢献も期待される。

「しきさい」は近紫外～熱赤外まで幅広い波長の観測を行うことができ、この中の熱赤外の波長帯の観測によって地表面の熱の状態を知ることができる。図 1-8 左図は 2018 年 8 月 1 日の 10:40 頃に観測された熱赤外バンド(波長 10.8 μm , 12.0 μm)から推定した地表面温度の画像である。図の白色の領域は雲域を示す。図 1-8 右図は植生分布の画像で、緑が濃いほど植生が多いことを示す。地表面温度の分布を植生分布と比較すると、東京や名古屋、京都大阪などの大都市では日中は非常に温度が高くなっているのに対し、森林域では日中も比較的溫度が高くなっていないことがわかる。

熱赤外の波長帯は地球からの輻射(熱放出)を見ているため夜間でも観測を行うことができる。また、これまでの地球観測衛星の熱赤外観測に比べ、250m というより高い空間分解能で高頻度の観測を行えることも「しきさい」の大きな特徴の一つである。

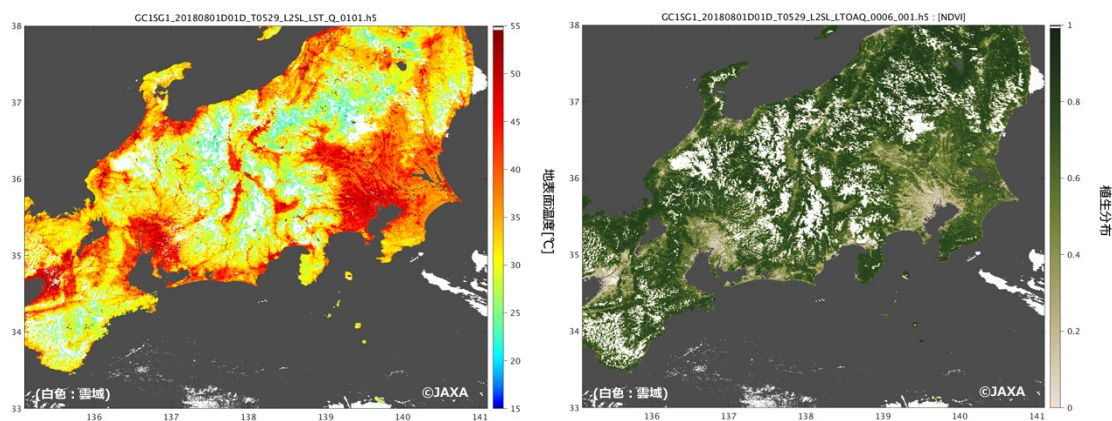


図 1-8 SGLI による地表面温度(左図)と植生分布(右図)

2018 年 8 月 1 日の 10:40 頃に観測された地表面温度。図の白色の領域は雲域を示す(雲の縁や薄い雲は雲と判別されていない場合がある)。なお、2018 年 8 月現在はデータ公開前の初期校正検証期間のため、地表面温度の精度は検証中である。下段は植生分布(NDVI)を表す。

(3) データ利用例 その3 ～海況・気象～

「しきさい」で得られる 250m の高分解能の海面水温分布や偏光・多方向観測と、近紫外観測で実現する高精度陸域エアロゾル分布を用いることで、海上気象情報や数値予報、黄砂予測モデルの精度向上に貢献することができる。また、沿岸や内湾の水質監視にも活用可能で、これらの情報を養殖業者等へ提供することにより、赤潮やアオコ、青潮等の状況把握・被害低減などに役立てることができる。

図 1-9 は、2018 年 3 月 29 日の日本周辺の観測画像である。左図は、人間の目で見た色に近くなるように、SGLI の赤(VN08:673.5 nm)・緑(VN05:530 nm)・青(VN03:443 nm)のチャンネルの観測データをそれぞれ R・G・B に割り当てたカラー合成画像である。この画像では濃い黄砂の領域は、周囲に比べて黄褐色に見える(図 1-9 左図の黄色矢印)。右図は、青(VN03:443 nm)、紫(VN02:413 nm)、近紫外(VN01:380 nm)の観測データを R・G・B に割り当てた疑似カラー合成画像である。陸域のエアロゾルの有無や雲・海面とのコントラストはより明瞭になり、黄砂とそれ以外のタイプのエアロゾルとの識別もより明確になる。右図では、エアロゾルが九州北部・中国地方にまで広がっていることが識別できる。また、桜島周辺から北東に伸びる噴煙、画像上部の林野火災に由来すると考えられる煙も識別することができる。

「しきさい」は多数の観測チャンネルに加えて、偏光観測という特徴的な機能を用いて、エアロゾルの量と特性を全球規模で高精度に定量化することを計画している。

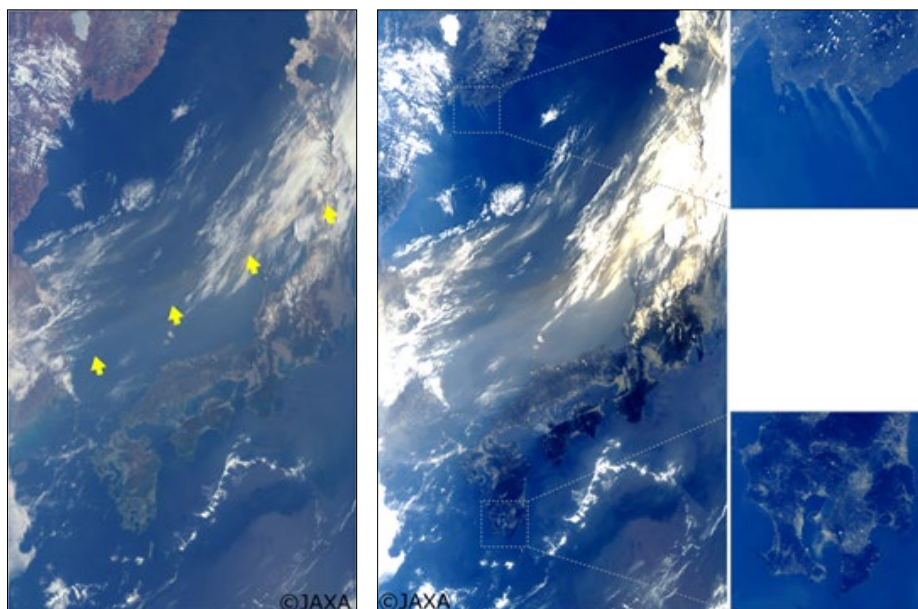


図 1-9 SGLI による日本周辺のカラー合成画像

2018 年 3 月 29 日観測データから作成したカラー合成画像。左図は赤(VN08:673.5 nm)・緑(VN05:530 nm)・青(VN03:443 nm)を、右図は青(VN03:443 nm)、紫(VN02:413 nm)、近紫外(VN01:380 nm)を、それぞれ R・G・B に割り当てている。

(4) データ利用例 その4 ～火山・林野火災～

火山は噴火による災害のほかにも、噴煙による航空機の欠航など、私たちの生活に大きな影響を及ぼす。また、林野火災は森林資源や家屋の焼失だけでなく、煙霧による呼吸器疾患などの健康被害にも関係し、世界的な課題となっている。目に見えない赤外線や紫外線を観測できる「しきさい」は、赤外線では熱に関わる火山活動の状態や林野火災の発生位置などを、紫外線では火山活動や火災に伴う煙などを把握することができる。これにより、火山や林野火災による災害を低減することができ、私たちの生活の安全・安心を支える有益な情報が提供可能となる。

2018年2月19日に、インドネシア・スマトラ島北部にあるシナブン山が噴火した。図1-10は、「しきさい」が同日3時40分頃(世界時)に250mの解像度の可視～熱赤外波長のバンドで捉えた、山頂付近に広がった噴煙の様子である。図1-10上段は、SGLIの赤・緑・青波長バンドによるトゥルーカラー合成画像で、中心付近の薄茶色に見えるものが火山灰と考えられる。図1-10下段左図は、熱赤外(11 μm 波長)輝度温度画像で、大気上層に達した火山灰はその高度の気温に近い赤外放射を出すことから、観測した赤外輝度温度によって火山灰がどの程度の高度に達したかが推定できる。また、図1-10下段右図は、輝度温度差(11 μm の輝度温度から12 μm の輝度温度を引いた値)画像で、火山灰を構成するケイ酸塩鉱物には波長10 μm 付近に吸収帯があり、11 μm と12 μm の観測輝度温度差は太陽光の当たらない夜間でも火山灰と水雲・氷雲を区別することができる。火山灰の領域が強い負の輝度温度差を示しており、火山灰に特徴的な火山性鉱物が存在していることを表している

上空に広がる火山灰は航空機運航の障害になる場合があるだけでなく、長期的な観点では日射を遮ることで気候変動にも影響すると考えられている。「しきさい」ではこのような現象を全球規模で観測していく計画である。

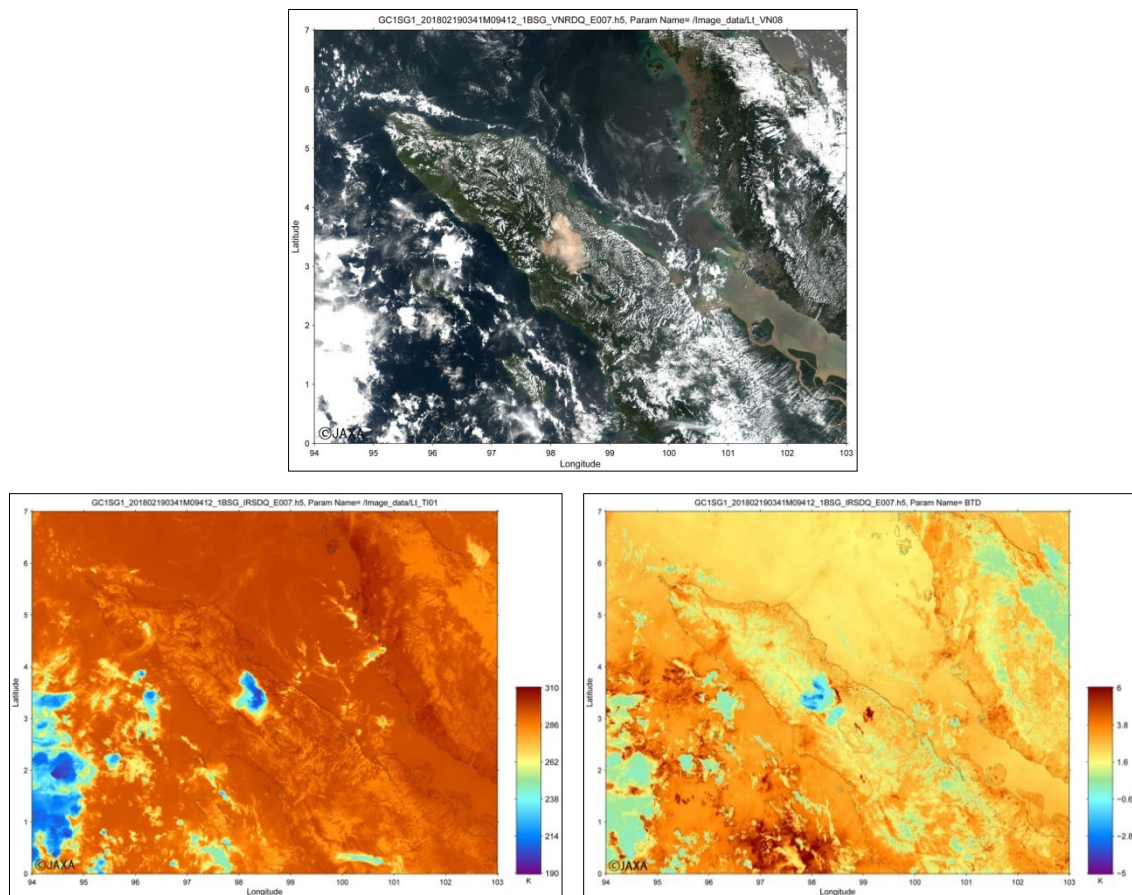


図 1-10 SGLI で観測されたインドネシア・スマトラ島シナブン山の噴煙

上段は SGLI の赤・緑・青波長バンドによるトゥルーカラー合成画像、下段左図は熱赤外(11 μ m 波長)輝度温度画像、下段右図は輝度温度差(11 μ m の輝度温度から 12 μ m の輝度温度を引いた値)画像である。

第2章 GCOM-C/SGLI の概要

GCOM-Cは、将来の気温上昇量の正確な予測に必要な放射収支および炭素循環の変動メカニズム解明のため、全球規模での長期間継続的な観測・データ収集を行うとともに、気候数値モデルを有する研究機関と連携し、気候数値モデルによる気温上昇量の予測誤差低減と様々な環境変化予測の高精度化に貢献する。

搭載されるセンサである SGLI は、近紫外から熱赤外域(380nm~12μm)においてマルチバンド観測を行う光学放射計である。GLI(GLobal Imager)よりも高い地上分解能を実現し、偏光観測機能・多方向観測機能を有する。偏光観測機能により、これまで精度よく捉えることが難しかった陸上エアロゾルを観測し、エアロゾルによる日傘効果の見積り精度を向上させる。また、多方向観測機能により、植生バイオマスの長期変動を監視し、植物生産量の計測精度を向上させる。これらを通して、気候数値モデルによる気温上昇予測の精度を向上させるとともに、全球森林炭素量の監視を行う。

2.1 GCOM-C の概要

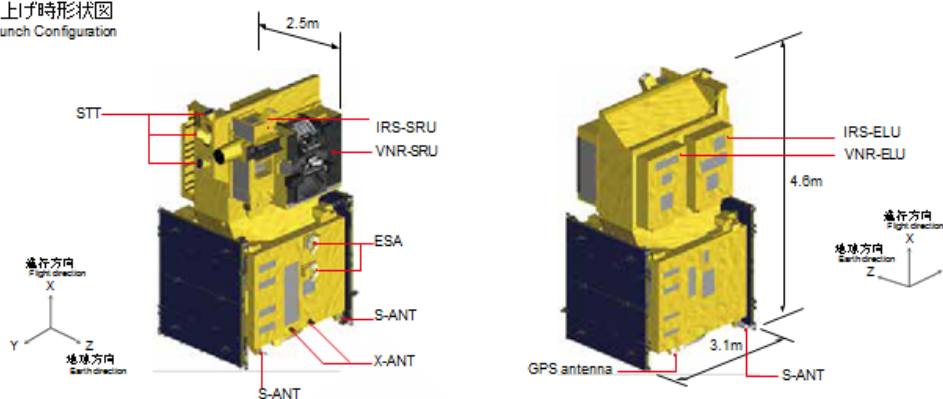
ミッション機器として GLI の後継機である SGLI を搭載する GCOM-C は、ADEOS(ADvanced Earth Observing Satellite)シリーズで観測してきた、地球の気候形成に影響を及ぼしている様々な物理量の観測を継承している。また、気候数値モデルの高精度化のために不可欠で、これまで精度よい観測が行われてこなかった陸上エアロゾルおよび植生バイオマスの観測に重点を置いて、さらなる観測機能の強化を図っている。

GCOM-C の外観と主要諸元をそれぞれ図 2-1、表 2-1 に示す。また、衛星バス機器の概要を表 2-2 に示す。

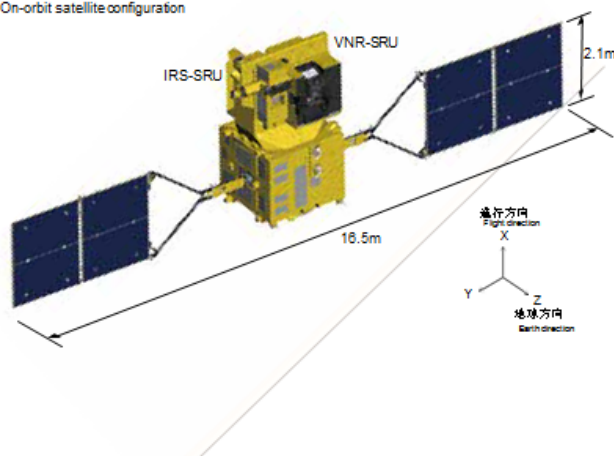
- 「しきさい」フライトモデル
(プロトフライト試験中)
GCOM-C proto-flight model
(under proto-flight test)



- 打上げ時形状図
Launch Configuration



- 軌道上形状図
On-orbit satellite configuration



SGLI	多波長光学放射計 (SGLI) Second generation Global Imager
VNR-SRU	VNR 光学系ユニット VNR Scanning Radiometer Unit
VNR-ELU	VNR 電気系ユニット VNR Electronic Unit
IRS-SRU	IRS 光学系ユニット IRS Scanning Radiometer Unit
IRS-ELU	IRS 電気系ユニット IRS Electronic Unit
ESA	地球センサ Earth Sensor Assembly
S-ANT	S バンドアンテナ S-band Antenna
STT	恒星センサ Star Tracker
X-ANT	X バンドアンテナ X-band Antenna

図 2-1 GCOM-C の外観

表 2-1 GCOM-C 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
	打上げ日 Launch date	平成 29 年 12 月 23 日 December 23, 2017
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)	798km
	軌道傾斜角 Inclination	98.6°
	降交点通過地方平均太陽時 Local sun time at descending node	10:30±15min.
質量 Weight	打上げ時 Launch mass	2060kg (推薬含む) Approx. 2060kg (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 2.5m×2.5m×4.6m Approx. 2.5m×2.5m×4.6m
	太陽電池パドル(展開時) Solar array paddle (after deployment)	約 7.1m×2.1m Approx. 7.1m×2.1m
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	4,000W 以上 (EOL) 4,000W min. (End of life)	
ミッション機器 Mission equipment	多波長光学放射計(SGLI) Second generation Global Imager 可視・近赤外放射計部(VNR) Visible and Near Infrared Radiometer 赤外走査放射計部(IRS) InfraRed Scanning radiometer	

表 2-2 衛星バス機器機能

衛星バス機器	機能
ミッションデータ処理系 Mission Data Handling Subsystem (MDHS)	ミッションデータ処理系は、観測データを地上に送るためのサブシステムであり、SGLIにより取得された観測データは、ミッションデータ符号化器でデジタル処理(符号化)された後、ミッションデータレコーダ(MDR)に蓄積されると同時に、Xバンド周波数帯(8GHz帯)の電波に変換して地上に向けて送信される。
テレメトリ・コマンド系 Telemetry, Tracking and Command Subsystem (TT&C)	テレメトリ・コマンド系は、地上からの指令(コマンド)や衛星の状態を示すデータ(テレメトリ)を地上とやり取りするためのサブシステムで、Sバンド周波数帯(2GHz帯)の電波で受信したコマンドを 解読したり、テレメトリデータを処理して地上に向けて送信する。
姿勢軌道制御系 Attitude and Orbit Control Subsystem (AOCS)	姿勢軌道制御系は、衛星の姿勢や軌道を制御する。衛星の姿勢は、通常、恒星センサの信号をもとにリアクションホイールで高精度に制御され、軌道を変更する時は、スラスタで姿勢を制御しながら、軌道制御用のスラスタを噴射する。また、GPS 衛星の信号を GPS 受信機で受信して、衛星の位置を決定する。
電源系 Electrical Power Subsystem (EPS)	電源系は、太陽電池パドル系より供給される電力を衛星内の機器に供給すると共に、バッテリーに充電し、日陰時には充電した電力を機器に供給する。EPS は耐故障性向上のため、独立した2系統の電源バスを有する。
太陽電池パドル系 Solar Array Paddle Subsystem (PDL)	太陽電池パドル系は、衛星に必要な電力を太陽光エネルギーから発生させる。軌道上では、太陽電池パドルの太陽電池セル面が常に太陽方向を向くように、パドル駆動機構が太陽電池パドルを回転させる。
モニタカメラ系 Deployment Monitor Subsystem (DM)	モニタカメラ系は、投光器を有しており、日陰中においても太陽電池パドルの展開・回転画像を撮影することができる。
推進系 Reaction Control Subsystem (RCS)	推進系は、スラスタからの推進薬噴射により推力を発生させるサブシステムであり、ミッション期間に必要な推進薬量をタンクに貯蔵し、スラスタへ供給する。
構体系 Structure Subsystem (STR)	構体系は、SGLIの機器及び恒星センサを搭載するミッション構体、バス機器を搭載するバス構体から構成されている。また、打上げロケットであるH-IIAに適合する機械インタフェースを有する。
熱制御系 Thermal Control Subsystem (TCS)	熱制御系は、打上げからミッション終了に至るまで、衛星各部の温度を制御するためのサブシステムで、熱制御方式は、MLI、OSR等による受動型熱制御およびヒータ、ヒートパイプによる能動型熱制御を併用している。ヒータは、ヒータ制御回路によりON・OFF制御が行われる。

2.2 多波長光学放射計(SGLI)

SGLI は、地上から放射される近紫外から熱赤外域波長(380nm~12 μ m)の光の強度を 19ch のマルチチャンネルで広範囲かつ高精度で観測することができる光学センサである。雲・エアロゾル、海色、植生、雪氷等を全地球規模で長期間継続的に観測することで、将来の気温上昇量の正確な予測に必要な放射収支、および炭素循環の変動メカニズムの解明に貢献する。

SGLI は、地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)に搭載された海水海温走査放射計(OCTS: Ocean Color Temperature Scanner)や、環境観測技術衛星「みどり II」(ADEOS-II)に搭載されたグローバルイメージャ(GLI)の後継機である。SGLI は「可視・近赤外放射計部(VNR: Visible and Near Infrared Radiometer)」と「赤外走査放射計部(IRS: InfraRed Scanning radiometer)」の 2 つの放射計から構成される。GLI に比べ、地表面分解能が高い(1km→250m)こと、陸上エアロゾル等を観測するための偏光・多方向観測機能を持つこと、等の改善を行っている。SGLI の外観を図 2-2 に示す。また、SGLI の観測波長帯を表 2-3 に、地上試験における打上げ前の SGLI センサ性能について表 2-4~表 2-6 に示す。気候変動要因となる物理量と SGLI 観測波長の関係を図 2-3、各バンドの総合波長特性を図 2-4、図 2-5 に示す。波長特性については JAXA/EORC (https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/prelaunch/index.html) より取得できる。

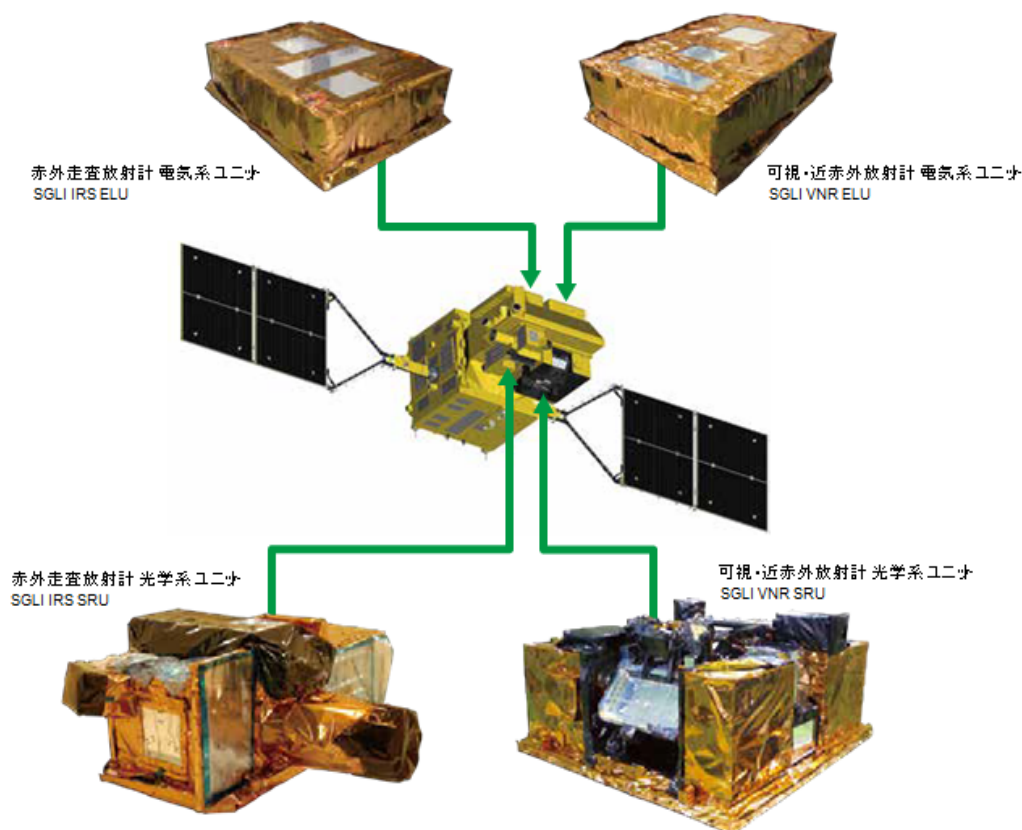


図 2-2 SGLI の外観

表 2-3 SGLI の観測波長帯

SGLI channels						
CH	λ	$\Delta\lambda$	L_{std}	L_{max}	SNRatLstd	IFOV
	VN, P, SW: nm T: μm		VN, P, SW: W/m ² /sr/ μm T: Kelvin		VN, P, SW: SNR T: NE Δ T	m
VN1	380	10	60	210	250	250/1000
VN2	412	10	75	250	400	250/1000
VN3	443	10	64	400	300	250/1000
VN4	490	10	53	120	400	250/1000
VN5	530	20	41	350	250	250/1000
VN6	565	20	33	90	400	250/1000
VN7	673.5	20	23	62	400	250/1000
VN8	673.5	20	25	210	250	250/1000
VN9	763	12	40	350	1200	250/1000
VN10	868.5	20	8	30	400	250/1000
VN11	868.5	20	30	300	200	250/1000
P1	673.5	20	25	250	250	1000
P2	868.5	20	30	300	250	1000
SW1	1050	20	57	248	500	1000
SW2	1380	20	8	103	150	1000
SW3	1630	200	3	50	57	250/1000
SW4	2210	50	1.9	20	211	1000
T1	10.8	0.7	300	340	0.2	250/500/1000
T2	12.0	0.7	300	340	0.2	250/500/1000

λ : Wavelength L_{std} : Standard radiance SNR: Signal to Noise ratio
 $\Delta\lambda$: Wavelength width L_{max} : max radiance IFOV: Instantaneous Field Of View
 NE Δ T: Noise Equivalent Temperature Difference

表 2-4 VNR センサ性能

Band		Center Wave length	Band width	Signal Level		SNR at Lstd
				Lstd (Spec.)	Saturation Level	
				W/m ² /str/ μm		
		nm		-		
VNR-NP (3 鏡筒)	VN01	379.9	10.6	60	240-241	624-675
	VN02	412.3	10.3	75	305-318	786-826
	VN03	443.3	10.1	64	457-467	487-531
	VN04	490.0	10.3	53	147-150	858-870
	VN05	529.7	19.1	41	361-364	457-522
	VN06	566.1	19.8	33	95-96	1027-1064
	VN07	672.3	22.0	23	69-70	988-1088
	VN08	672.4	21.9	25	213-217	537-564
	VN09	763.1	11.4	40	351-359	1592-1746
	VN10	867.1	20.9	8	37-38	470-510
	VN11	867.4	20.8	30	305-306	471-511
VNR-PL	PL01_+60	672.2	20.6	25	295	609
	PL01_0				315	707
	PL01_-60				293	614
	PL02_+60	866.3	20.3	30	396	646
	PL02_0				424	763
	PL02_-60				400	752

表 2-5 SWIR センサ性能

Band		Center Wave length	Band width	Signal Level		SNR at Lstd
				Lstd (Spec.)	Saturation Level	
				nm		
SWIR	SW1	1.05	21.1	57	289.2	951.8
	SW2	1.39	20.1	8	118.9	347.3
	SW3	1.63	195.0	3	50.6	100.5
	SW4	2.21	50.4	1.9	21.7	378.7

表 2-6 TIR センサ性能

Band		Center Wave length	Band width	Signal Level		NEdT at Tstd
				Tstd (Spec.)		
				K		
TIR	T1	10.785	756	300		0.08
	T2	11.975	759	300		0.13

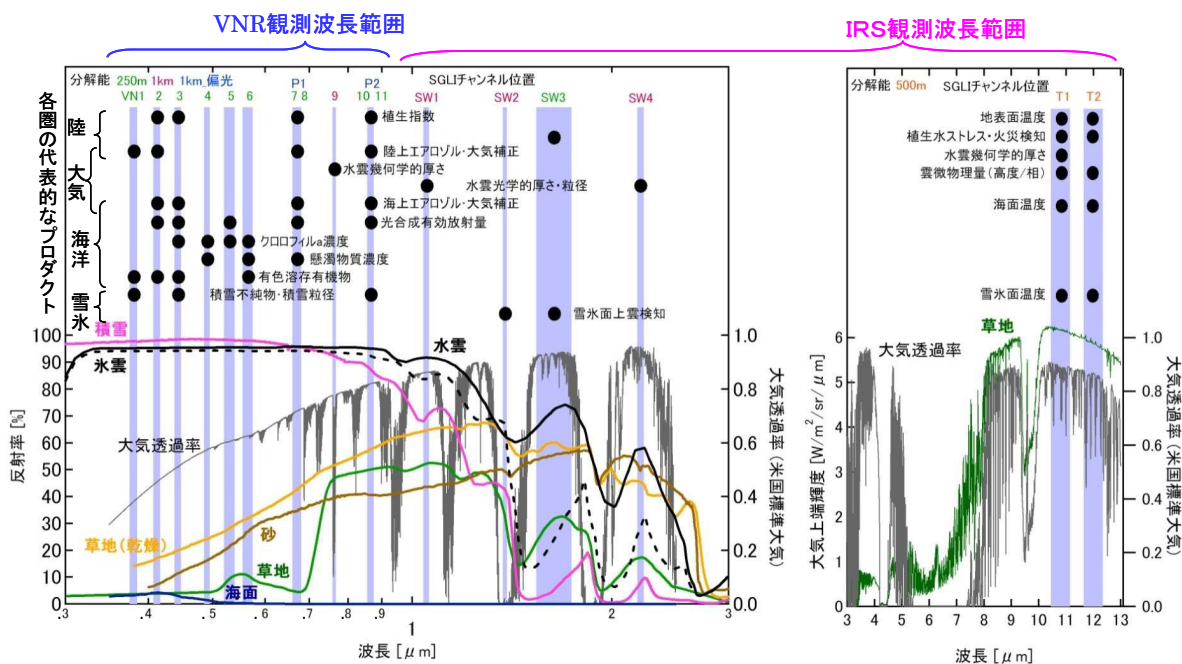


図 2-3 気候変動要因となる物理量と SGLI 観測波長の関係

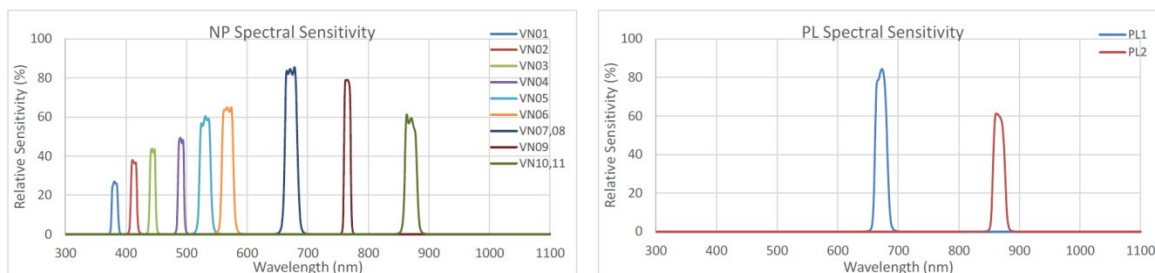


図 2-4 VNR 光学系分光特性

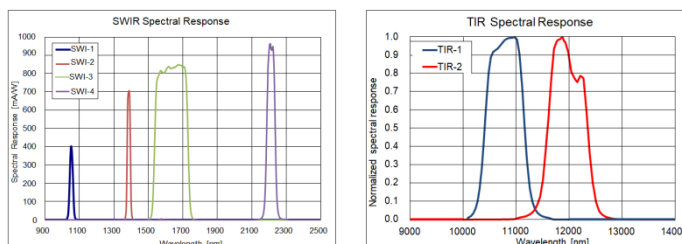


図 2-5 IRS 光学系分光特性

2.2.1 SGLI 動作原理

SGLI は、可視・近赤外放射計部(SGLI VNR)と赤外走査放射計部(SGLI IRS)の 2 つの放射計から構成されている。SGLI の観測イメージを図 2-6 に示す。SGLI では、日本付近(緯度 35 度)において 2 日に 1 回の観測が可能である。SGLI VNR の観測幅は 1150 km、SGLI IRS は 1400 km である。

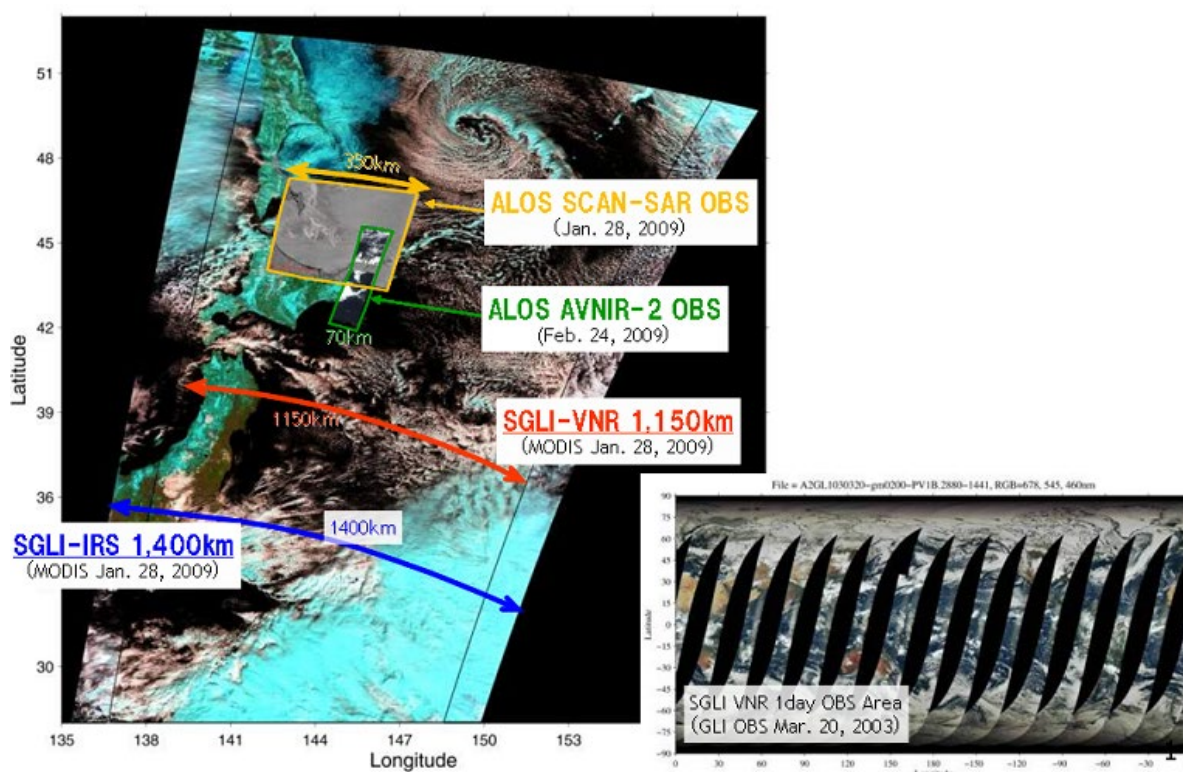


図 2-6 SGLI の観測イメージ

ALOS は陸域観測技術衛星「だいち」の観測である。また MODIS は、NASA の地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている NASA/GSFC により開発された光学センサ(中分解能撮像分光放射計)である。

VNR は、光学系ユニット(SRU: Scanning Radiometer Unit)と電気系ユニット(ELU: Electronic Unit)の 2 つのユニットで構成される。光学系ユニットは、直下方向を観測する非偏光観測センサ

(NPサブユニット:380nm~868.5nm、11チャンネル)と、+45°方向~-45°方向の範囲で切り替え、多方向観測できる偏光観測センサ(PLサブユニット:673.5nm、868.5nm、2チャンネル)から構成されている。センサの検出器にはCCDを用いており、機械走査が不要な電子走査方式(プッシュブルーム方式)の放射計となっている。

非偏光観測センサ(NP)は画角24°の観測方向の異なる3本の鏡筒で合計70°(約1150km)の走査幅を有し、センサ内で抽出した11チャンネルの波長を陸域・沿岸においては250mの分解能、外洋域においては1kmの分解能で観測する。

また偏光観測センサ(PL)は、673.5nm用と868.5nm用の2本の鏡筒を用いて、0°、±60°の3つの偏光方位角に対して偏光観測を実施する。また、衛星進行方向に対して前後±45°の範囲で任意の角度に設定可能なチルト機構に実装されており、+45°前方視/-45°後方視で約1150kmの幅を1kmの分解能で観測する。PL観測概念図を図2-7に示す。また、VNR光学系ユニットを、図2-8に示す。電気系ユニットは、光学系ユニットを監視・制御し、検出した観測信号を編集して出力する機能を有する。

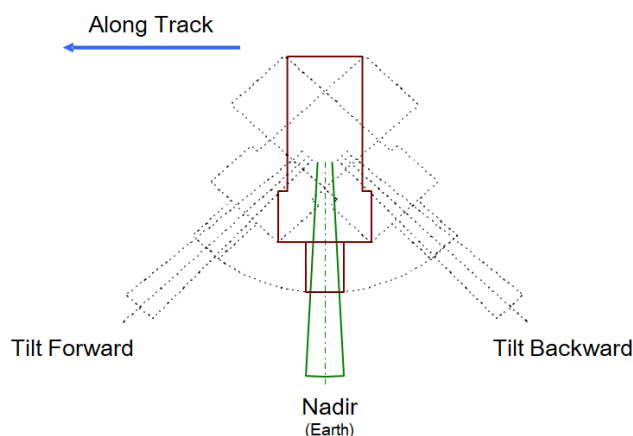


図 2-7 PL 観測概念図

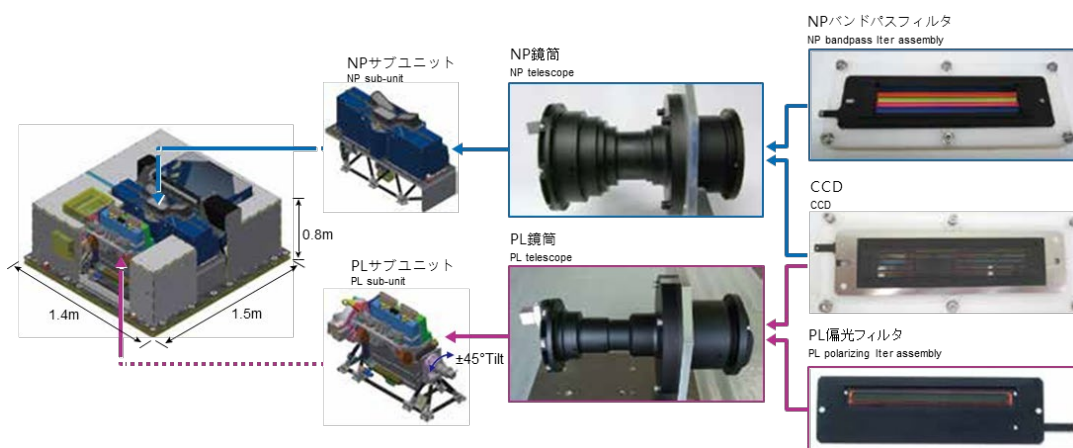


図 2-8 VNR 光学系ユニット

IRS も VNR と同様に、光学系ユニットと電気系ユニットの 2 つのユニットで構成される。光学系ユニットは、地上から受けた光を、リッチレチアン型光学系を経由してダイクロイックミラーにより短波長赤外 (SWIR: 1.05 μm ~2.21 μm 、4 チャンネル) と熱赤外 (TIR: 10.8 μm 、12.0 μm 、2 チャンネル) に分光し、各々の検出器へと導入する。検出器は、短波長赤外には InGaAs 検出器、熱赤外には光起電力型 (PV 型) の HgCdTe 検出器を採用し、前者はペルチェ素子を用いて -30 $^{\circ}\text{C}$ 、後者はスターリング式の機械式冷凍機を用いて 55K まで冷却して使用する。

IRS の走査方式は、走査鏡反射率の入射角依存性が影響しないよう、回転軸に対して 45 度傾けた走査鏡による機械式走査方式 (ウイスクブルーム方式) を採用する。この方式により、0.74 秒間に 1 回、地表面を走査し、1 回の走査で観測幅 80 $^{\circ}$ (約 1,400km) を観測する。IRS 光学系ユニットを、図 2-9 に示す。電気系ユニットは、VNR と同様、光学系ユニットを監視・制御し、検出した観測信号を編集して出力する機能を有する。

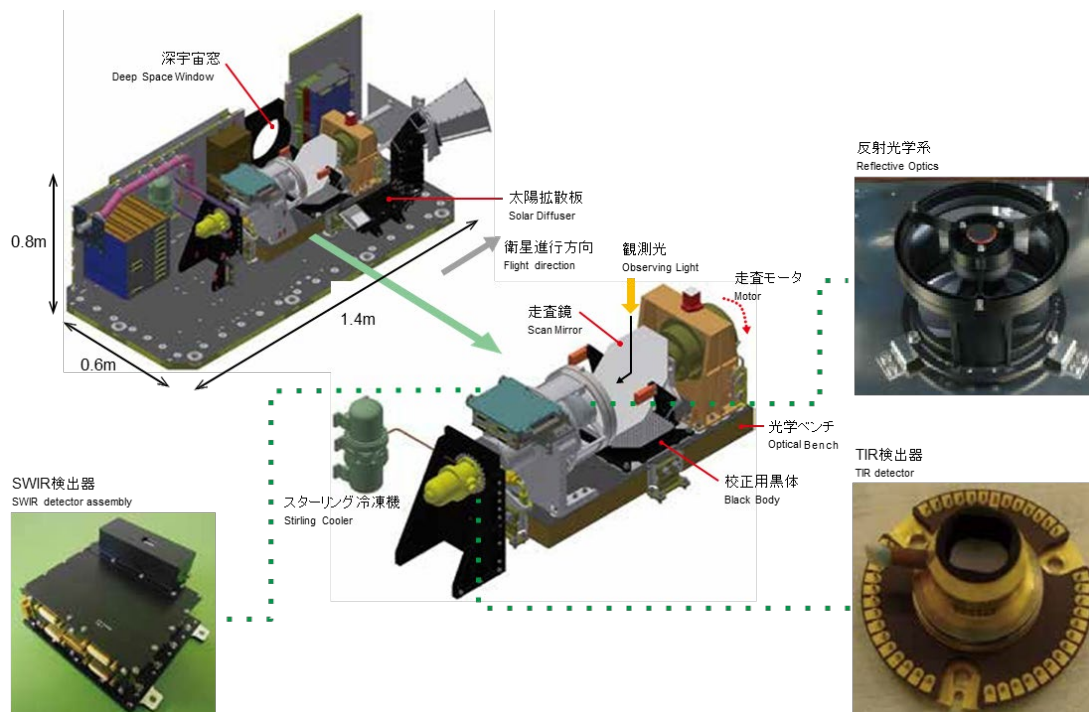


図 2-9 IRS 光学系ユニット

2.2.2 SGLI システム構成

VNR-NP の 11 チャンネルの観測波長抽出は、短冊状に加工した分光フィルタを、11 ライン CCD (長さ約 80mm) の各ライン焦点面上に配置することで行っている。分光フィルタは、観測波長帯域外の応答を抑制できるよう、上下 2 枚のフィルタから構成されている。VNR-PL は、3 偏光方位角 (+60°, 0°, -60°) の観測により、ストークスパラメータの 3 要素 (I, Q, U) を導出する手法を用いている。PL の 3 偏光方位角の抽出は、11 ライン CCD のうちの 3 ラインの焦点面上に、短冊状に加工した 3 偏光方向の偏光子からなる偏光フィルタを配置することで行っている。図 2-10 に VNR-NP におけるチャンネル配置を、図 2-11 に VNR-PL の偏光方向配置を示す。

また、VNR で使用する CCD において、1 ラインの素子数は 6000 素子であり、NP では、CT 方向 4 素子と AT 方向 4 素子を加算する。つまり 16 素子を軌道上でデジタル加算して、250 m 相当の 1 画素とする。一方、PL においては、CT 方向 7 素子×AT 方向 7 素子=49 素子を軌道上でデジタル加算して 1 km 相当の 1 画素とする。



図 2-10 VNR-NP のチャンネル配置

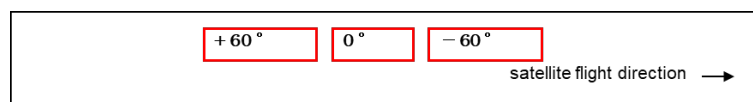


図 2-11 VNR-PL の偏光方向配置

IRS は 45°鏡による機械走査方式であり、IRS 走査機構部で保持された走査鏡は、740 ms で定速回転して観測光を SGLI IRS 内部に導いている。IRS 走査角度と視野の定義を図 2-12 に示す。

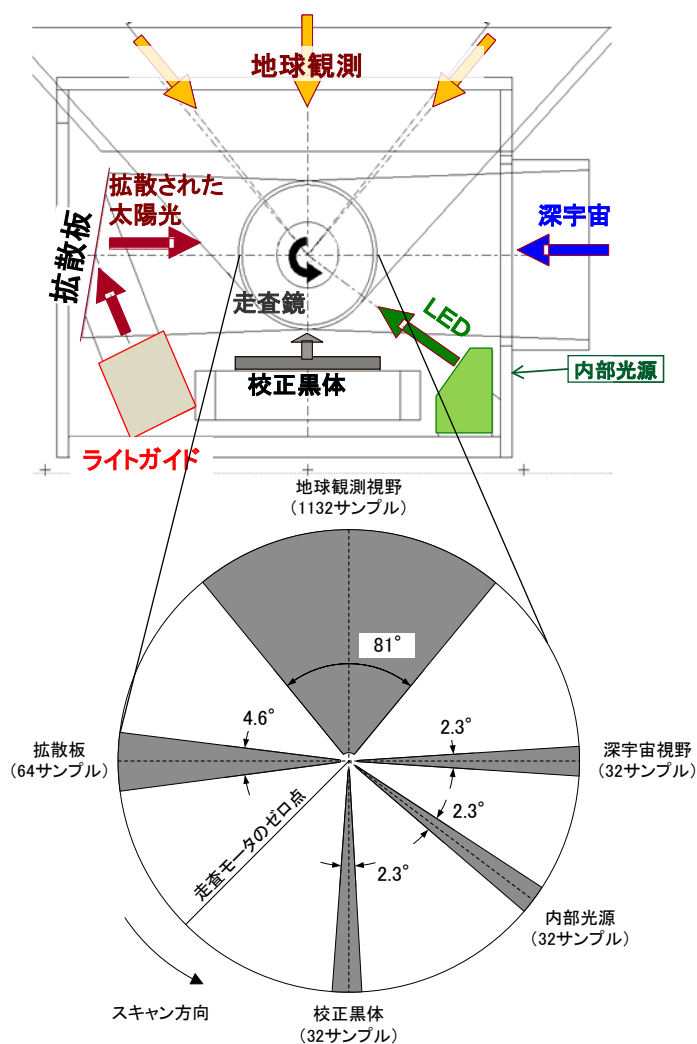


図 2-12 IRS 走査角度と視野の定義

サンプル数は、DSP 出力のサンプル数

2.2.3 校正機能

SGLI では定期的を実施する軌道上校正及び校正マヌーバにより取得されたデータを評価することで健全性やトレンドの評価を行う。SGLI 校正種別を表 2-7 に示す。

表 2-7 SGLI 校正種別

	軌道上校正					校正マヌーバ		
	太陽光校正	内部光源校正	暗時校正	黒体校正	深宇宙校正	月校正 ピッチマヌーバ	太陽光校正 ヨーマヌーバ	感度偏差校正 ヨーマヌーバ
VNR	○	○	○	-	-	□	△	△
SWIR	○	○	○	-	◇	□	△	-
TIR	-	-	-	◇	◇	□	-	-

○: 8 日に 1 回 ◇: 毎走査 □: 月に 1 回 △: 年に 1 回

2.2.3.1 VNR 校正

VNR の校正機能としては、太陽、内部光源、月を用いて行うラジオメトリック校正機能、および電氣的校正機能を有している。太陽および内部光源(白色 LED、近赤外 LED)による校正は、図 2-13 に示すように、展開された拡散板からの反射光を利用して行う。拡散板を非偏光観測センサの視野方向に展開し、さらにチルト機構で偏光観測センサの視野を拡散板に向けた状態で、校正光の拡散板からの反射光を各センサで受光し校正を行う。

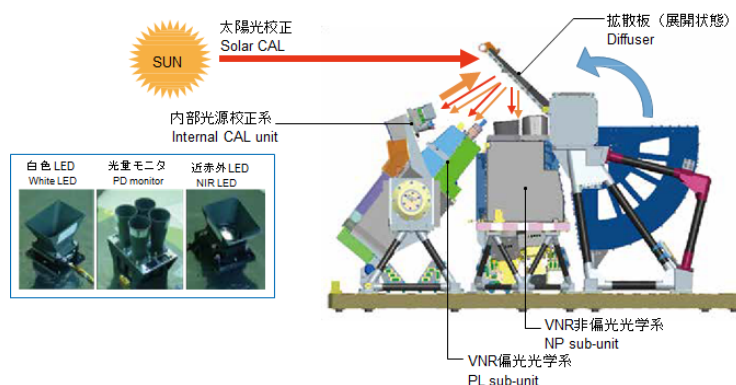


図 2-13 VNR 太陽光・内部光源校正機能

2.2.3.2 IRS 校正

IRS 校正機能を図 2-14 に示す。IRS では地表観測データを取得するのは、走査鏡 1 回転(360°)のうち 80°の範囲で、それ以外の角度範囲において、校正部(太陽光、内部光源、深宇宙、黒体)のデータを取得する。短波長赤外チャンネル(SWIR)については太陽光、内部光源(波長 1.6 μm の LED、ハロゲンランプ)、および月を利用して、ラジオメトリック校正を行う。また、熱赤チャンネルについては黒体(高温校正源)、深宇宙(低温校正源)を観測して得られるデータを使用して、2 点校正を毎走査行う。

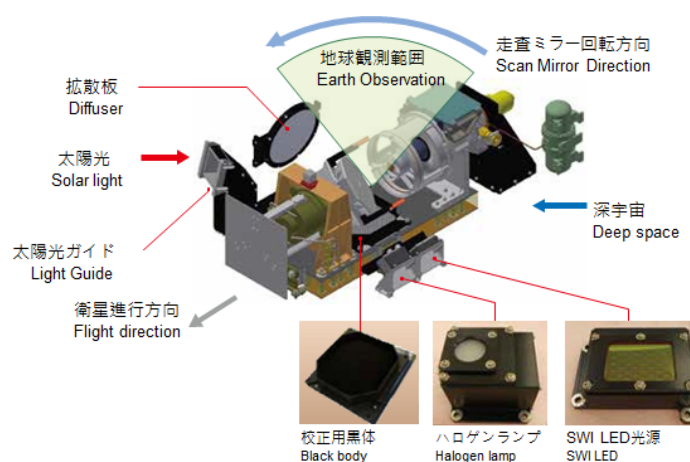


図 2-14 IRS 校正機能

2.2.3.3 校正マヌーバ

GCOM-C ではマヌーバを行い、SGLI を校正するためのデータを取得する。

(1) 月校正マヌーバ

SGLI 月校正ピッチマヌーバは、GCOM-C の姿勢をピッチ軸周りにマヌーバすることにより撮像した月の観測画像をラジオメトリック校正データとして使用し、センサ入出力特性、バンド間相対感度の評価、深宇宙画像を用いた暗時データの評価等を実施する。太陽光を反射する月は安定な光源であり、長期的な校正光源として適当である。月校正ピッチマヌーバは、観測運用終了まで継続して、月と太陽の会合周期である 29 日程度に 1 回の頻度で月校正マヌーバ運用を行う。また Phase Angle が 7° 前後の時に、観測を実施する。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネル及び IRS 全観測チャンネルである。

(2) 太陽光校正マヌーバ

地球は太陽周りを回っており、地球の楕円軌道と軌道傾斜角により、ヨー軸方向(太陽 β 角)が徐々に変化する。SGLI の太陽光校正ヨーマヌーバは、GCOM-C の姿勢をヨー軸周りにマヌーバすることにより、太陽光校正におけるヨー軸方向を校正する。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネル、IRS-SWIR チャンネルである。

(3) 感度偏差校正マヌーバ

SGLI 感度偏差校正ヨーマヌーバは、GCOM-C の姿勢をヨー軸周りに約 90° マヌーバすることにより撮像した、地上ターゲットをラジオメトリック校正データとして使用し、画素間感度偏差を評価する。衛星をヨー軸周りに回転させ、異なる CCD 画素がほぼ同じ地上のターゲットを観測出来るようにマヌーバを実施する。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネルである。

2.2.4 観測運用

SGLI の基本観測パターンと SGLI の観測運用の概要をそれぞれ表 2-8 と図 2-15 に示す。日照観測は 19 チャンネルすべてで行われる。陸域・沿岸観測の分解能は、250 m もしくは 500 m(熱赤外のみ)、外洋観測の分解能は 1 km である。また日陰観測は、短波長赤外チャンネル(SWIR)の陸域と、熱赤外チャンネル(TIR)の全域において観測される。地上日照観測として、VNR 及び IRS SWIR 観測の開始・終了タイミングは、薄暮観測を目的として地上日陰明けよりも早く観測 ON になり、地上日陰入り後に OFF となる。VNR 偏光チルト観測は、太陽位置を考慮して北側では前方チルト、南側では後方チルトを通常観測シーケンスとする。また、各センサの観測 ON/OFF については独立に行われる。なお、上記は基本観測パターンであり、実際の観測運用はダウンリンクされるデータ量なども考慮し計画される。

表 2-8 SGLI 基本観測パターン

Basic observation modes	VN-NP	VN-P	SW1-2, 4	SW3	T1-2	Mbit/s	
1 Day-land/coast-T250	250m	1km	+45° -45°	1km	250m	250m*	23.407
2 Day-land/coast-T500						500m	20.922
3 Twilight-land/coast-T250	1km	1km	+45° -45°	1km	250m	250m*	7.273
4 Twilight-land/coast-T500						500m	4.788
5 Day-offshore/polar	1km	1km	+45° -45°	1km	1km	1km	2.612
6 Night-land-T250	OFF	OFF	1km	250m	250m*	250m*	5.360
7 Night-land-T500						500m	2.875
8 Night-coast-T250	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	250m*	3.353
9 Night-coast-T500						500m	0.868
10 Night-offshore/polar	OFF	OFF	OFF	OFF	1km	1km	0.246

*: 250m mode is limited by downlink data volume per a path

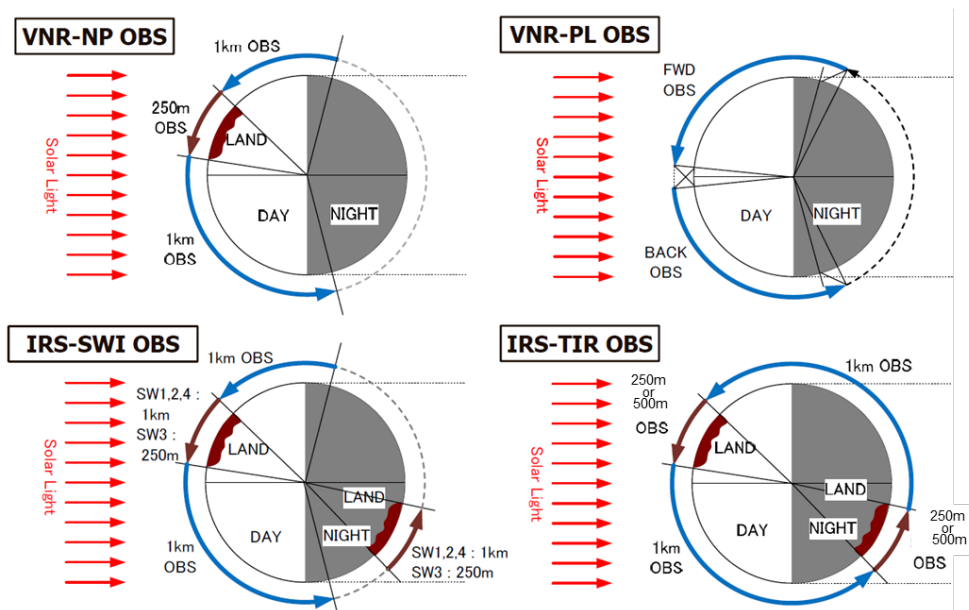


図 2-15 SGLI 観測運用概要

第3章 GCOM-C 地上システムの概要

3.1 全体システム

GCOM-C 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・提供、利用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。

図 3-1 に GCOM-C 地上システム概要図を示す。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-band 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-band 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。外国局としては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。

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。

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-band 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 1 及び高次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。

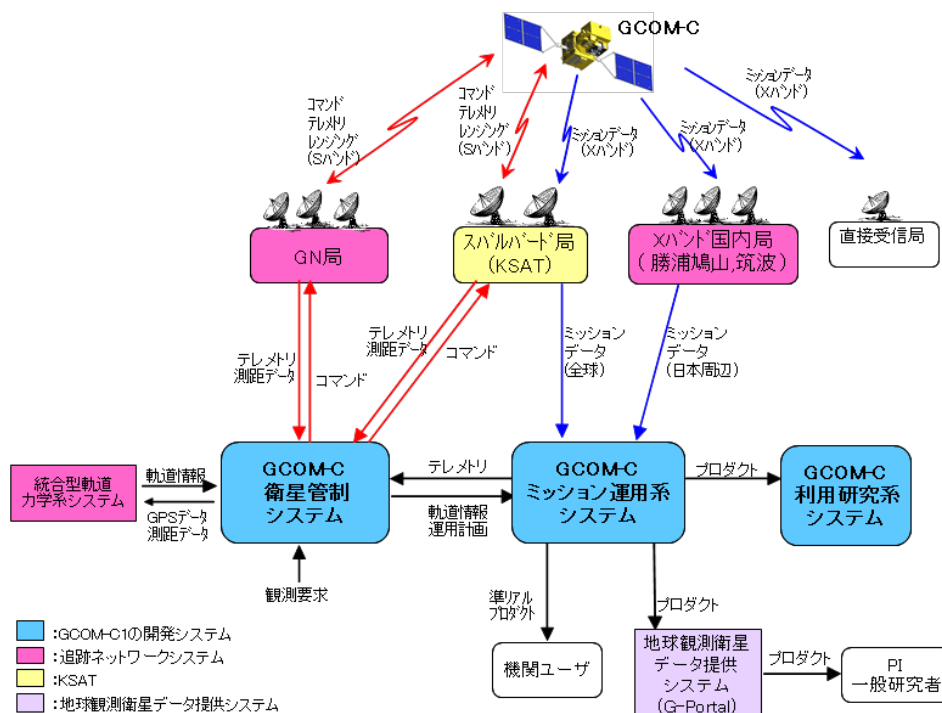


図 3-1 GCOM-C 地上システム概要

3.2 衛星管制システム

衛星のテレメトリ・コマンド運用は、基本的に JAXA の地上ネットワークシステム(GN 局)を使用し
て行われる。また、衛星のテレメトリデータは軌道上でデータレコーダに格納され、每周回スバルバ
ード局(KSAT)で受信されている。データはその後、筑波宇宙センターにある衛星管制システムに
送られ、不可視域での衛星状態の確認が行われる。

3.3 ミッション運用系システム

GCOM-C ミッション運用系システムは、衛星から X-band 帯で地上局にダウンリンクされたミッシ
ョンデータの処理を行う「GCOM-C データ処理機能」と、処理された GCOM-C データ、プロダクトや衛
星の運用情報の保存・管理、及びシステム内外におけるデータ伝送を行う「GCOM 情報システム機
能」から構成される。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を行うシステムであ
る。データ処理機能と情報システム機能の概要を以下に示す。

(1) データ処理機能

① 処理制御機能

処理計画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、GCOM-C データ処理全般の制御を行う機能。

② 処理固有機能

処理制御部による処理計画に基づき、GCOM-C/SGLI 固有の処理(レベル1 処理,高次処理)を行
う機能。

(2) 情報システム機能

① システム管理機能

ミッション運用系システム全体のシステム構成管理等を行う機能。

② データ伝送機能

ミッション運用系システム内外におけるデータインタフェースを行う機能。

③ データ保存機能

データ処理機能にて作成されたデータ・プロダクト、衛星に関する運用情報を保存管理する機能。

④ システム監視機能

ミッション運用系システムの運用監視を行う機能。

3.4 受信記録設備

GCOM-C 運用のための受信記録設備(X-band 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で受信する。

国内主局となる勝浦局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。筑波局については国内従局という位置付けで、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。

一方で、外国局である 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)、受信した X-band の観測データと HK テレメトリデータの ASD を作成して GCOM-C ミッション運用系システムへ伝送を行う。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ストアード観測データ、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。各地上局の衛星運用対応を表 3-1 に示す。

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。

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	ストアード 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	○	○	○	○	(○) (北極近傍)
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

3.5 地上システム運用

3.5.1 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国内局(勝浦局・筑波局)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、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。

3.5.2 準リアルタイムプロダクト

精度を確保するために観測後 1~2 日程度で生産する標準プロダクト(SG)に加えて、可能な限り早期の機関ユーザへの提供と G-Portal における公開を目的として、観測データ受信後直ちに処理を開始する準リアルタイムプロダクトを生産している。

準リアルタイムプロダクトには、日本周辺(SL)および全球(SN)の 2 つの領域に対し、レベル 1 プロダクトと物理量プロダクト(レベル 2)がある(表 3-2)。G-Portal における準リアルタイムプロダクト

の公開は、登録後 1 週間・sftp のみの限定公開であり、利用には別途のユーザ登録手続きが必要である。

関連 URL: <https://gportal.jaxa.jp/gpr/information/product#GCOM-C>

表 3-2 準リアルタイムプロダクトプロダクト ID 一覧 (2023 年 12 月 8 日現在)

		日本周辺 (SL)	全球 (SN)
観測輝度 (大気上端)	レベル1B	L1B	L1B
	大気上端放射輝度(レベル 2)	LTOA	LTOA
大気圏	エアロゾル(レベル 2)	-	ARNP
	雲フラグ(レベル 2)	-	CLFG
雪氷圏	オホーツク海海氷分布(レベル 2)	OKID	OKID
	積雪・海氷分布(レベル 2)	SICE	SICE
	雪氷面温度(レベル 2)	-	SIPR
陸圏	地表面温度(レベル 2)	-	LST
	陸域反射率(レベル 2)	-	RSRF
海洋圏	クロロフィル a 濃度(レベル 2)	IWPR	IWPR
	正規化海水射出放射輝度(レベル 2)	NWLR	NWLR
	海面水温(レベル 2)	SST	SST

注) -: 生産なし

第4章 SGLI プロダクト

4.1 プロダクトの定義

SGLI プロダクトは高次プロダクトも含め、HDF5 フォーマットであり、Group、Dataset、Attribute から構成される。HDF5 フォーマットについての定義は The HDF Group(<http://www.hdfgroup.org>)を参照されたい。

4.1.1 処理レベル定義

SGLI プロダクトの処理レベルの定義を表 4-1 に示す。

表 4-1 SGLI プロダクトの定義

処理レベル	概要
レベル 0	ASD を入力とし、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データ。各地上局からインタフェースされる ASD 単位で処理される。
レベル 1A	レベル 0 データを入力として以下の処理を施したプロダクト。 <ul style="list-style-type: none"> 重複パケットの削除・欠損パケットのダミーデータによる補間 シーンの編集・切り出し(前後オーバーラップを考慮) ラジOMETリック補正情報の算出・付加 幾何学情報の算出・付加 パケット欠損情報、品質情報の付加
レベル 1B (マスターデータ)	レベル 1A プロダクトを入力とし、以下の処理を施したプロダクト。 <ul style="list-style-type: none"> ラジOMETリック補正 幾何補正及びレベル 1B 基準座標系へリサンプリング 波長バンド毎の幾何情報と使用した校正情報等の付加 または高解像度のレベル 1B プロダクトを入力とし低解像度リサンプリング処理を施したプロダクト。
レベル 2	レベル 1B プロダクトやレベル 2 プロダクトを入力とし、各種物理量を算出したプロダクト。出力領域はレベル 1B と同じシーン、全球(等面積格子)、タイル(全球を格子状に緯度 10 度毎 18 分割、赤道上で経度 10 度毎 36 分割したもので、空間分解能はシーン・タイルが 250m/1km、全球は 4km(1/24 度)のものが存在する。また全球及びタイル形式は、等面積格子上でモザイク処理したプロダクト(モザイクプロダクト)を含む。
レベル 2 統計	レベル 2 プロダクトのタイルプロダクトを入力とし、領域定義は変更せずに、8 日分/1 か月分の時間統計処理あるいは雲域除去処理を施したプロダクト。
レベル 3	レベル 2 プロダクト(全球・タイル)を入力とし、全球を出力領域として空間(1/12 度、1/24 度)および時間(1 日、8 日、1 月)統計処理を施したプロダクト。

注: 「マスターデータ」とは、万が一のディスク障害等によりプロダクトが失われた場合に備えて、長期保管しているデータ。

4.1.2 処理フロー

レベル 1 プロダクトとレベル 2 プロダクトの処理フロー図を図 4-1 に示す。図 4-1 の左側が処理の上流となり、矢印は処理の主な入力データを示している。また、レベル 2 からレベル 3 プロダクトの処理フロー図は図 4-2 に示す。レベル 2 プロダクトを入力とし、レベル 2 統計プロダクト及びレベル 3 時間統計、空間統計プロダクトが作成される。プロダクトの種類については 4.1.3、4.1.4、4.1.5

に記載する。また、高次アルゴリズム概要については 4.3 に記載する。

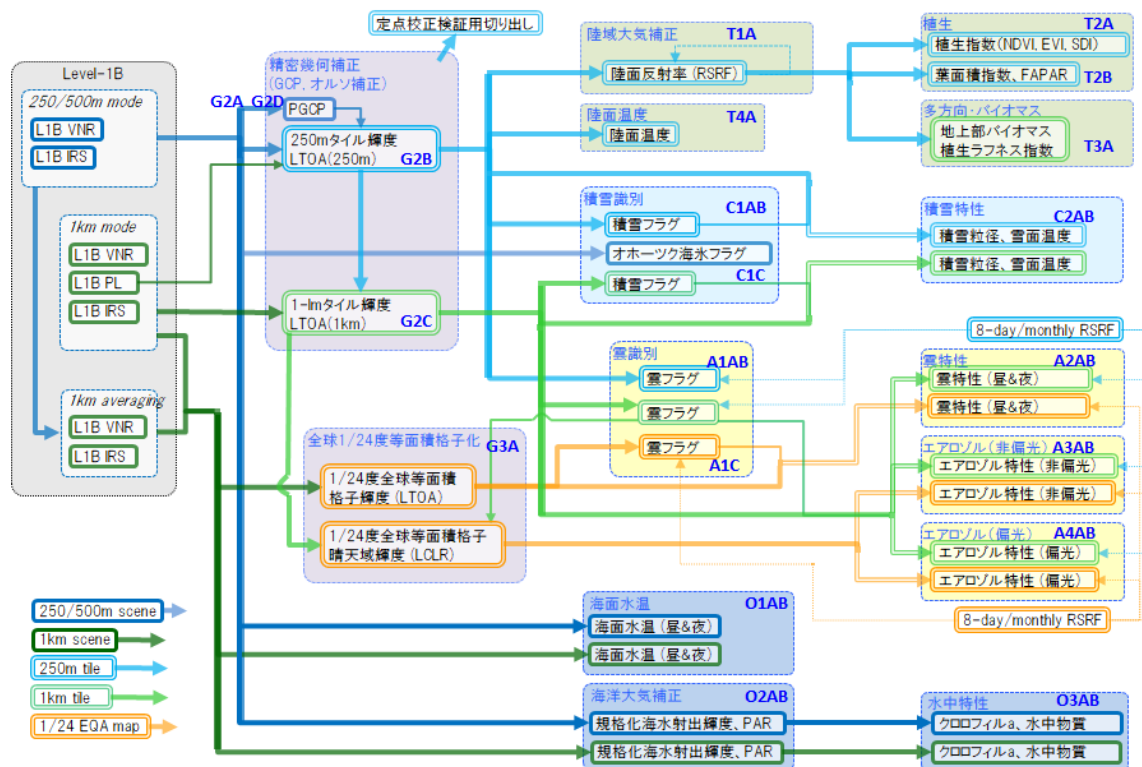


図 4-1 SGLI レベル 1-レベル 2 処理フロー

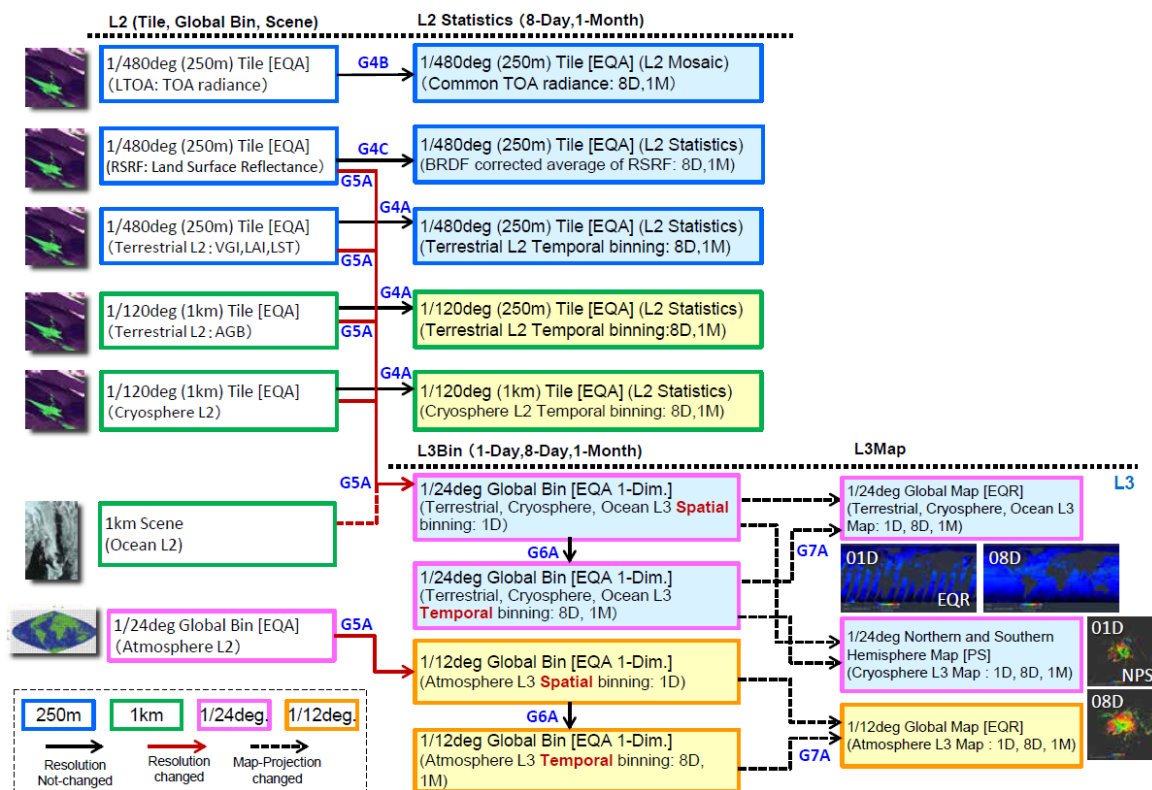


図 4-2 SGLI レベル 2-レベル 3 処理フロー

4.1.3 レベル 1 プロダクト

レベル 1 プロダクトは VNR-NP、VNR-PL、IRS (SWIR+TIR) のセンサ単位で作成される。また、表 4-1 に示した観測データに対する処理内容の違いからレベル 1A とレベル 1B に分けられる。高解像度で作成されたレベル 1B プロダクトについては 1km 分解能にリサンプリングしたレベル 1B プロダクトも作成される。

4.1.3.1 レベル 1A プロダクト

レベル 1A プロダクトに格納される簡易情報を以下に示す。詳細についてはプロダクトフォーマット書を参照されたい。プロダクトフォーマット書については以下の URL にて公開している。

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-C/SGLI_Level1_Product_Format_Description_B_jp.pdf

(1) 主な格納データ

画像データとして Band 毎に観測 DN 値が格納される。放射輝度への変換アルゴリズムは 4.2.2.2 参照とする。また幾何も未補正であり、画素毎の地表観測位置は Band 毎に異なる。そのため、Band 毎に 10 画素間引きの緯度経度情報が付加されている。ただし、IRS については AT 方向の間引きは無い。格納される幾何情報は画素中心位置である。

(2) 観測画像格納配列サイズ

① VNR-NP

[telescope (Left, Nadir, Right) × line × pixel] = [3 × line^{*} × 1500(250m) or 375(1km)]

*line 数はファイルにより変わる

② VNR-PL

[line × pixel] = [line^{*} × 857(1km)]

③ IRS-SWIR

[line × pixel] = [line^{*} × 4584(250m) or 1146(1km)]

④ IRS-TIR

[line × pixel] = [line^{*} × 4584(250m) or 2292(500m) or 1146(1km)]

4.1.3.2 レベル 1B プロダクト

レベル 1B プロダクトに格納される簡易情報を以下に示す。詳細についてはプロダクトフォーマット書を参照されたい。プロダクトフォーマット書については以下の URL にて公開している。

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-C/SGLI_Level1_Product_Format_Description_B_jp.pdf

(1) 主な格納データ

画像データとしてラジオメトリック補正済みの 16bit 大気上端放射輝度 SI (Scaled Integer) 値が格納される。ただし、上位 2bit については迷光補正処理情報を識別するフラグであり、実際の放射輝度に変換の際には注意が必要である。

また、幾何については VNR-NP と IRS 共通で L1B 基準座標系 (4.2.2.4 参照) に投影されており、各画素における地表観測位置は同一となる。そのため、幾何情報として Band 共通に 10 画素間引きの緯度・経度及び太陽方位角・太陽天頂角情報が格納される。一方で、衛星方位角・衛星天頂角については観測画素における衛星位置は厳密には Band 毎に異なるため、Band 毎に 10 画素間引きで格納される。格納される幾何情報は画素中心位置である。

また、レベル 1B プロダクトには観測画像に対応する QA フラグも付加される。

(2) 観測画像格納配列サイズ

① VNR-NP

[line × pixel] = [line* × 5000 (250m) or 1250 (1km)]

*line 数はファイルにより変わる

② VNR-PL

[line × pixel] = [line* × 1000 (1km)]

③ IRS-SWIR

[line × pixel] = [line* × 5000 (250m) or 1250 (1km)]

④ IRS-TIR

[line × pixel] = [line* × 5000 (250m) or 2500 (500m) or 1250 (1km)]

(3) SI 値から大気上端放射輝度への変換

SI 値 $[SI]_{ch,l,p}$ から大気上端放射輝度値 $[L]_{ch,l,p}$ への変換は $[SI]_{ch,l,p}$ の下位 14bit の抽出を行い、Attribute に付加されている *slope*、*offset* の値を用いて以下のように求める。また、センサ仕様上、観測ターゲットによっては飽和する Band が存在する。ここで、*l* は line、*p* は pixel を示す。

$$[L]_{band,l,p} = [slope]_{band} \times [SI]_{band,l,p} + [offset]_{band}$$

(4) SI 値から大気上端反射率(太陽天頂角未補正)への変換

VNR 及び SWIR について、SI 値 $[SI]_{ch,l,p}$ から大気上端反射率 $[R]_{ch,l,p}$ への変換は $[SI]_{ch,l,p}$ の下位 14bit の抽出を行い、Attribute に付加されている *slope_reflectance*、*offset_reflectance* の値を用いて以下のように求める。 $[R]_{ch,l,p}$ は太陽地球間距離は補正しているが、 $\cos \theta_{solar_zenith}$ は未補正である。また、1AU で規格化された各 Band の平均太陽照度 F_0 を表 4-2 に示す。

$$[R]_{band,l,p} = [slope_reflectance]_{band} \times [SI]_{band,l,p} + [offset_reflectance]_{band}$$

表 4-2 平均太陽照度 F_0 (at 1AU)

Band ^{※1}	$F_0[W/m^2/um]^{※2}$	Band ^{※1}	$F_0[W/m^2/um]^{※2}$
VN01	1092.1436	VN10	956.2323
VN02	1712.1531	VN11	956.5352
VN03	1898.3185	PL01	1503.605
VN04	1938.4602	PL02	956.8333
VN05	1850.9604	SW01	646.5213
VN06	1797.1344	SW02	361.2250
VN07	1502.5667	SW03	237.5784
VN08	1502.3177	SW04	84.2413
VN09	1245.3663		

※1 VNR-NP については Nadir 鏡筒の値を示す。

※2 Thuillier et al., The Solar Spectral Irradiance from 200 to 2400 nm as measured by the Solspec Spectrometer from the Atlas and Eureka Missions, Solar Physics, 214 (1): 1-22, May 2003.

4.1.3.3 レベル 1 グラニューール ID 定義

グラニューール ID とは、全球地球観測衛星データを一意に識別することのできるコードのことを称し、プロダクトのファイル名はグラニューール ID に HDF5 を示す拡張子「.h5」を付与したものと定める。レベル 1 プロダクトのグラニューール ID 命名規則を表 4-3 に示す。また、表 4-4、表 4-5 にグラニューール ID 設定値を示す。

表 4-3 レベル 1 プロダクトグラニューール ID

ID	SceneID																				ProductID																				
	Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
GID	G	C	1	S	G	1	_	Y	Y	Y	Y	M	M	D	D	H	H	m	m	s	P	P	P	S	S	_	L	L	x1	x2	_	K	K	K	m	r	_	a	p	p	p
設定例	G	C	1	S	G	1	_	2	0	1	1	1	1	1	3	2	3	4	5	A	0	1	2	0	6	_	1	B	S	G	_	I	R	S	N	K	_	z	0	0	1
項目	Satellite (fix)	Sensor (fix)	Observation start UT※1										Path※2	Scene ※3	-	Level ※4	Type ※5※6	-	subsystem ※7	mode※8	resolution※9	-	algorithm ver.※10	parameter ver. ※11																	

表 4-4 レベル1 プロダクトグラニューール ID 設定値

No.	GID	項目	詳細	備考
※1.	YYYYMMDD HHmms	Observation start UT	プロダクトの理想的な開始時刻を設定する。プロダクトの前後には若干量のオーバーラップが付与されるため、プロダクト開始ラインの時刻とは一致しない。 (UTC 時系) 秒数についてはアルファベット 1 文字で表現する。	表 4-5 参照。
※2.	PPP	Path	パス番号を設定する。設定値: 1~485。	4.1.3.3 (1) 参照
※3.	SS	Scene	シーン番号を設定する。設定値: 1~24。	4.1.3.3 (2) 参照
※4.	LL	Level	処理レベルを設定する。 L1A の場合: 1A L1B/L1B(地上 1km リサンプリング) の場合: 1B	—
※5.	x1	Type	S(標準プロダクト)固定。	—
※6.	x2	Type	運用ごとの処理の種別を設定する。 全球処理(標準処理)の場合 :G 準リアルタイム処理(日本周辺)の場合:L 準リアルタイム処理(全球)の場合:N	4.1.3.3 (3) 参照
※7.	KKK	subsystem	観測データの種別を設定する。 VNR-NP の場合 :VNR VNR-PL の場合 :POL IRS(SWIR+TIR)の場合:IRS	—
※8.	m	mode	日照観測/日陰観測の種別を設定する。 [観測プロダクト] 日照観測(Day)の場合:D 日陰観測(Night)の場合:N [校正プロダクト] 太陽光校正:S 内部光源校正:L 電気校正:E マヌーバ:M	VNR センサ ON/OFF に連動するため、校正モードやイレギュラー観測時に地表状態(Day/Night)と合致していない場合がある。4.1.3.3 (4) 参照
※9.	r	resolution	分解能を設定する。 K: 1000m L: 1000m(低解像度リサンプリング) Q: 250m IRS の場合には、他に H、Y、X、M の 4 種類が存在する。表 4-6 参照。	4.1.3.3 (5) 参照
※10.	a	algorithm ver.	アルゴリズムバージョンを設定する。 設定値: 0~9、A~Z。	—
※11.	ppp	parameter ver.	パラメータバージョンを設定する。 設定値: 000~999。	—

表 4-5 レベル 1 プロダクトグラニューール ID 秒数記号一覧

秒数記号	秒数
A	$00 \leq \text{sec} < 03$
B	$03 \leq \text{sec} < 06$
C	$06 \leq \text{sec} < 09$
D	$09 \leq \text{sec} < 12$
E	$12 \leq \text{sec} < 15$
F	$15 \leq \text{sec} < 18$
G	$18 \leq \text{sec} < 21$
H	$21 \leq \text{sec} < 24$
J	$24 \leq \text{sec} < 27$
K	$27 \leq \text{sec} < 30$
L	$30 \leq \text{sec} < 33$
M	$33 \leq \text{sec} < 36$
N	$36 \leq \text{sec} < 39$
P	$39 \leq \text{sec} < 42$
Q	$42 \leq \text{sec} < 45$
R	$45 \leq \text{sec} < 48$
S	$48 \leq \text{sec} < 51$
T	$51 \leq \text{sec} < 54$
U	$54 \leq \text{sec} < 57$
V	$57 \leq \text{sec} < 60$
W	$60 \leq \text{sec} < 61$

(1) パス番号

パス番号は衛星が昇交点から北極、南極を通過して再び昇交点に到達するまでを単位として、回帰周回数まで隣接軌道間隔で、西向きに順番に地上軌跡に番号を付加する。GCOM-C の回帰日数は 34 日であり、1 回帰の周回数は 485 となる。図 4-3～図 4-5 に 30 周回置きのパスの軌跡を示す。

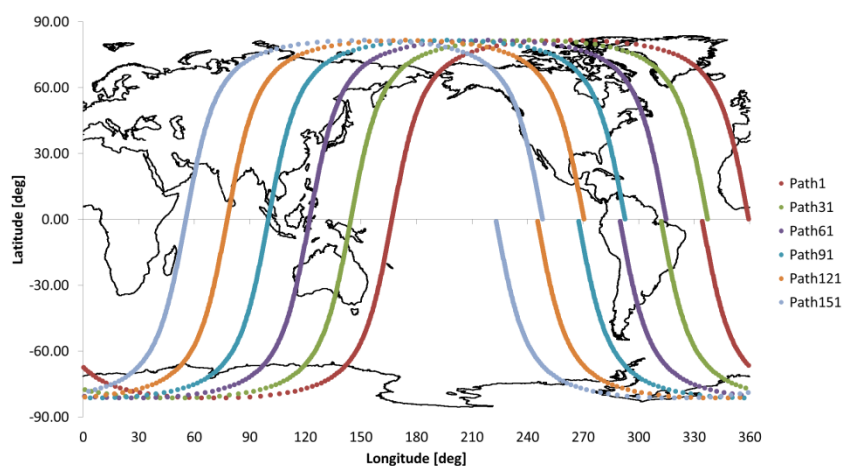


図 4-3 GCOM-C パス定義(Path 1~151)

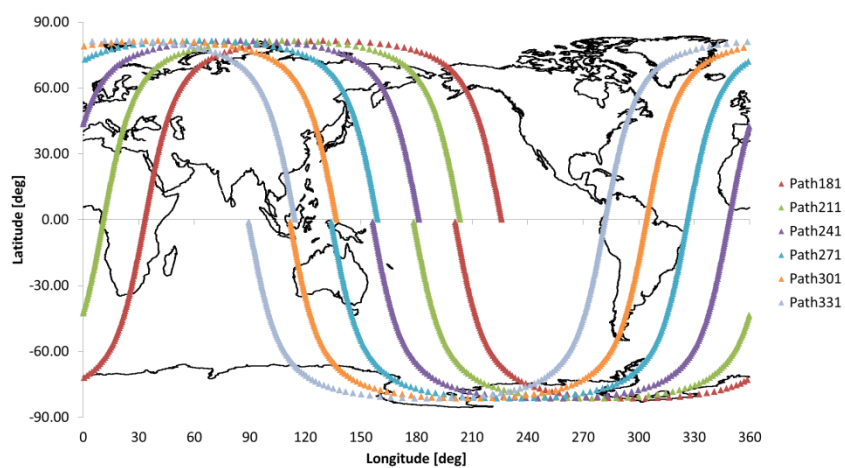


図 4-4 GCOM-C パス定義(Path 181~331)

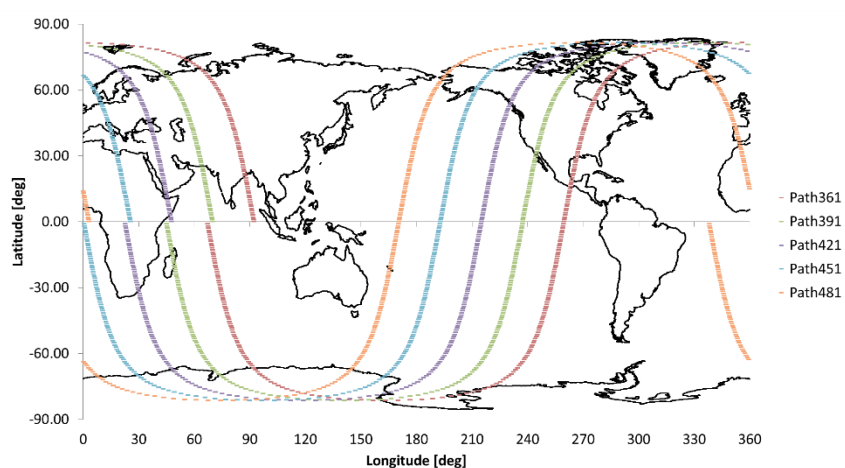


図 4-5 GCOM-C パス定義(Path361~481)

(2) シーン番号

レベル 1 処理を実施する単位をシーンと呼ぶ。VNR-NP および IRS では、1 シーンは昇交点を起点として衛星の 1 周回を 24 分割した範囲とし、周回ごとに定義する。昇交点以降、観測時刻の最も早い時刻のシーン番号を 01 とし、以降、シーンごとに 1 ずつカウントアップする。1 シーンを複数のプロダクトに分割した場合には、もともとは 1 つのシーンであるため、同じシーン番号のプロダクトが複数作成される。

VNR-PL については、1 シーンは 1 周回中の日照観測域をすべて含む範囲と定義する。そのため、シーン番号は 00 固定となる。

(3) 標準・準リアルタイム処理

準リアルタイムプロダクトは、配信時間要求遵守を最優先とし作成されるため、標準処理で作成されるシーン作成範囲と異なることがある。該当プロダクトについては 3.5.2 に記載する。

(4) 日照・日陰

通常観測時、SGLI センサは日照観測では、VNR と IRS の全ての種類のデータを常に観測する。一方で、日陰観測では VNR の観測を停止し、IRS の SWIR も観測する地域によって観測と停止を切り替える。ただし、IRS の TIR については、日照、日陰に関係なく、常に観測する。

観測が停止している期間については、原則としてプロダクトは作成されない。ただし、TIR と SWIR のどちらかのみが観測停止しているケースや、観測停止期間が短いケース、VNR と IRS の観測開始タイミングが若干ずれたケースなどでは、プロダクト中の該当データに欠損値が格納される。

日照と日照時におけるセンサの運用の概要は 2.2.4 に記載する。

(5) 分解能

SGLI センサは分解能を切り替えて観測することができるため、グラニューール ID における解像度識別は表 4-6 に示す。特に IRS については SWIR と TIR のデータを 1 プロダクトに格納するため、観測分解能の組合せにより識別が変わる。

表 4-6 分解能識別

プロダクト 種別	VNR-NP プロダクト	VNR-PL プロダクト	IRS プロダクト		
			SW01,02,04 分解能	SW03 分解能	TIR 分解能
K	1km	1km	1km	1km	1km
			OFF		1km
			1km	1km	OFF
H	—	—	1km	1km	500m
			OFF		500m
Y	—	—	1km	1km	250m
X	—	—	1km	250m	1km
M	—	—	1km	250m	500m
Q	250m	—	1km	250m	250m
			OFF		250m
			1km	250m	OFF
L	1km 低解像度 リサンプリング プロダクト	—	1km	1km 低解像度 リサンプリング プロダクト	1km 低解像度 リサンプリング プロダクト
			1km	1km 低解像度 リサンプリング プロダクト	1km
			1km	1km	1km 低解像度 リサンプリング プロダクト

4.1.4 レベル 2 プロダクト

レベル 2 プロダクトは処理フローの上流となるレベル 1B プロダクトやレベル 2 プロダクトを主要な入力とし、各種物理量を算出したプロダクトである。レベル 2 プロダクトの種類を表 4-7、表 4-8 に、レベル 2 プロダクトに対して統計処理を行ったプロダクトの種類を表 4-9 示す。

表 4-7 レベル 2 プロダクト一覧(1/2)

L2	物理量	作成単位	時間統計量 01D : 1 日 08D : 8 日 01M : 1 月	プロダクト ID	分解能		
					K : 1km H : 500m Q : 250m F : 1/24deg C : 1/12deg		
海洋圏	正規化海水射出放射輝度 光合成有効放射量 大気補正パラメータ	シーン	—	NWLR	K	Q	
	クロロフィル a 濃度 懸濁物質濃度 有色溶存有機物吸光係数	シーン	—	IWPR	K	Q	
	海面水温	シーン	—	SST	K	H	Q
雪氷圏	オホーツク海海氷分布	シーン	—	OKID	K	Q	
	積雪・海氷分布	タイル	01D	SICE	K	Q	
	雪面特性	タイル	01D	SIPR	K	Q	
陸圏	大気上端放射輝度	タイル	01D	LTOA	K	Q	
	地表面反射率	タイル	01D	RSRF	Q		
	植生指数	タイル	01D	VGI_	Q		
	葉面積指数 光合成有効放射吸収率	タイル	01D	LAI_	Q		
	地上部バイオマス 植生ラフネス指数	タイル	01D	AGB_	Q		
	地表面温度	タイル	01D	LST_	Q		

表 4-8 レベル 2 プロダクト一覧(2/2)

L2	物理量	作成単位	時間統計量 01D : 1 日 08D : 8 日 01M : 1 月	プロダクト ID	分解能		
					K : 1km H : 500m Q : 250m F : 1/24deg C : 1/12deg		
大気圏	雲識別	タイル	01D	CLFG	K	Q	
	雲特性	タイル	01D	CLPR	K		
	エアロゾル	タイル	01D	ARNP	K		
大気圏 (全球)	大気上端放射輝度(全球)	全球	01D	LTOA	F		
	雲除去済み大気上端放射輝度(全球)	全球	01D	LCLR	F		
	雲識別(全球)	全球	01D	CLFG	F		
	雲特性(全球)	全球	01D	CLPR	F		
	非偏光エアロゾル(全球)	全球	01D	ARNP	F		
	偏光エアロゾル(全球)	全球	01D	ARPL	F		

表 4-9 レベル 2 統計プロダクト一覧

L2 統計	物理量	作成単位	時間統計量		プロダクト ID						分解能 K : 1km H : 500m Q : 250m F : 1/24deg C : 1/12deg	
			01D : 1 日	08D : 8 日	01M : 1 月							
雪氷圏 (統計)	積雪・海水分布(統計)	タイル	08D	01M	SICE							K
	雪氷面温度(統計)	タイル	08D	01M	SIST							K
	浅層積雪粒径(統計)	タイル	08D	01M	SGSL							K
陸圏 (統計)	大気上端放射輝度(統計)	タイル	08D	01M	LTOA							Q
	地表面反射率(統計)	タイル	08D	01M	RV01 ^{*1}	RV02 ^{*1}	RV03 ^{*1}	RV04 ^{*1}	RV05 ^{*1}	RV06 ^{*1}	Q	
					RV07 ^{*1}	RV08 ^{*1}	RV09 ^{*1}	RV10 ^{*1}	RV11 ^{*1}	RS01 ^{*2}	Q	
					RS02 ^{*2}	RS03 ^{*2}	RS04 ^{*2}	RT01 ^{*2}	RT02 ^{*2}	GEOV ^{*6}	Q	
					GEOI ^{*6}	RN08 ^{*5}	RN11 ^{*5}	RP01 ^{*4}	RP02 ^{*4}	GEOV ^{*6}	Q	
	正規化植生指数(統計)	タイル	08D	01M	NDVI							Q
	拡張植生指標(統計)	タイル	08D	01M	EVI_							Q
	カゲ指数(統計)	タイル	08D	01M	SDI_							Q
	葉面積指数(統計)	タイル	08D	01M	LAI_							Q
	光合成有効放射吸収率(統計)	タイル	08D	01M	FPAR							Q
地上部バイオマス(統計)	タイル	08D	01M	AGB_							Q	
植生ラフネス指数(統計)	タイル	08D	01M	VRI_							Q	
地表面温度(統計)	タイル	08D	01M	LST_							Q	

*1 RVxx : VNR-NP バンド xx 反射率

*2 RSxx : IRS-SWIR バンド xx 反射率

*3 RTxx : IRS-TIR バンド xx 反射率

*4 RPxx : VNR-PL バンド xx 反射率

*5 RNxx : VNR-PL に合わせた VNR-NP バンド xx 反射率

*6 GEO : 幾何情報(V:VNR-NP、I:IRS、P:VNR-PL)

4.1.4.1 レベル2プロダクト作成単位

表 4-7、表 4-8に示したようにレベル2プロダクトの作成単位はシーン、タイル及び全球となる。シーン定義のプロダクトについては 4.1.3.3 (2) のレベル1プロダクトと同様である。

図 4-6に示す EQA(sinusoidal equal area)図法で定義される全球範囲が1つのプロダクトに格納されたものを全球プロダクトと定義する。また、領域毎に 10[deg] × 10[deg]のグリッドを切った単位をタイルと定義する(タイルプロダクトの定義については表 4-1も参照)。タイル及び全球プロダクトは衛星進行方向(アセンディング/ディセンディング)でそれぞれ作成される。タイルの各画素に対する緯度経度については以下の計算により算出できる。なお、格納されている緯度は、測地緯度である。

タイル番号は左上から(0,0)で始まり、画素中心の緯度経度(lat, lon)を算出したいタイル内画素の縦方向(上⇒下)の画素番号を lin、横方向(左⇒右)の画素番号を col とする。タイル内の左上端画素の中心を(0,0)とする。

また、各係数の一覧は以下を参照。

・lintile: 縦方向の1タイルの画素数	・coltile: 横方向の1タイルの画素数
・vtilenum: 縦方向の総タイル数	・htilenum: 横方向の総タイル数
・vtile: 縦方向のタイル番号	・htile: 横方向のタイル番号

・緯度方向(dlin)、経度方向(dcol)、それぞれの1画素の大きさ[deg]は、

$$dlin = 180.0[deg]/lintile/vtilenum [deg/pixel] \quad \dots\dots\dots ①$$

$$dcol = 360.0[deg]/coltile/htilenum [deg/pixel] \quad \dots\dots\dots ①'$$

$$d = dlin = dcol \quad \dots\dots\dots ①''$$

・求めたいタイル番号の左上画素の中心の緯度[deg]は、

1 タイルあたりの角度が 10[deg]であることから、

$$lat0 = 90.0[deg] - vtile \times 10[deg] - d/2 [deg] \quad \dots\dots\dots ②$$

・求めたいタイル番号の左上画素の中心の参照経度(赤道上(緯度 0[deg])では経度に相当)は、

1 タイルあたりの角度が 10[deg]であることから、

$$lon0 = -180.0[deg] + htile \times 10[deg] + d/2 \quad \dots\dots\dots ③$$

・以上から、lin の中心の緯度[deg]は、

$$lat = lat0 - lin \times d \quad \dots\dots\dots ④$$

・Lon0 の赤道上(緯度 0[deg])での長さを1とした時の

緯度 lat での経度方向の長さの比 r は、

$$r = \cos((lat) \times \pi[rad]/180[deg])$$

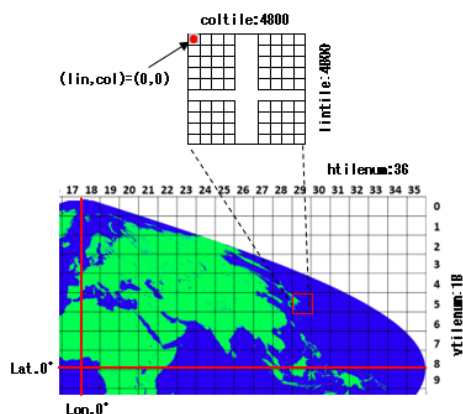
$$= \cos((lat0 - lin \times d) \times \pi[rad]/180[deg]) \quad \dots\dots\dots ⑤$$

・以上から、col の経度[deg]は、

$$lon = (lon0 + col \times d)/r \quad \dots\dots\dots ⑥$$

計算例は以下の通り。

例) 分解能 250m タイルのケース[格納画素数 4800×4800、タイル番号 v05h29]



- ・ (lin, col) = (0,0) : タイル内の左上画素
- ・ lintile = 4800 : 縦方向の1タイルの画素数 (250m相当)
- ・ coltile = 4800 : 横方向の1タイルの画素数 (250m相当)
- ・ vtilenum = 18 : 縦方向の総タイル数
- ・ htilenum = 36 : 横方向の総タイル数
- ・ vtile = 5 : 縦方向のタイル番号
- ・ htile = 29 : 横方向のタイル番号

・ 緯度方向(dlin)、経度方向(dcol)、それぞれの1画素の大きさ[deg]は、

$$dlin = 180.0/4800/18 = 0.0020833333 \text{ [deg]}$$

$$dcol = 360.0/4800/36 = 0.0020833333 \text{ [deg]}$$

$$d = dlin = dcol = 0.0020833333 \text{ [deg]}$$

・ 求めたいタイル番号の左上画素の中心の緯度[deg]

$$lat0 = 90.0 - 5 \times 10 - 0.0020833333/2 = 39.9989583333 \text{ [deg]}$$

・ 求めたいタイル番号の左上画素の中心の参照経度(赤道上(緯度 0[deg])では経度に相当)は、

$$lon0 = -180.0 + 29 \times 10 + 0.0020833333/2 = 110.0010416666 \text{ [deg]}$$

・ lin の中心の緯度[deg]

$$lat = 39.9989583333 - 0 \times 0.0020833333 = 39.9989583333 \text{ [deg]}$$

・ Lon0 の赤道上(緯度 0[deg])での長さを1とした時の

緯度 lat での経度方向の長さの比 r は、

$$r = \cos((39.9989583333 - 0 \times 0.0020833333) \times \pi / 180) = 0.7660561292$$

・ col の経度[deg]

$$lon = (110.0010416666 + 0 \times 0.0020833333) / 0.7660561292 = 143.5939710860 \text{ [deg]}$$

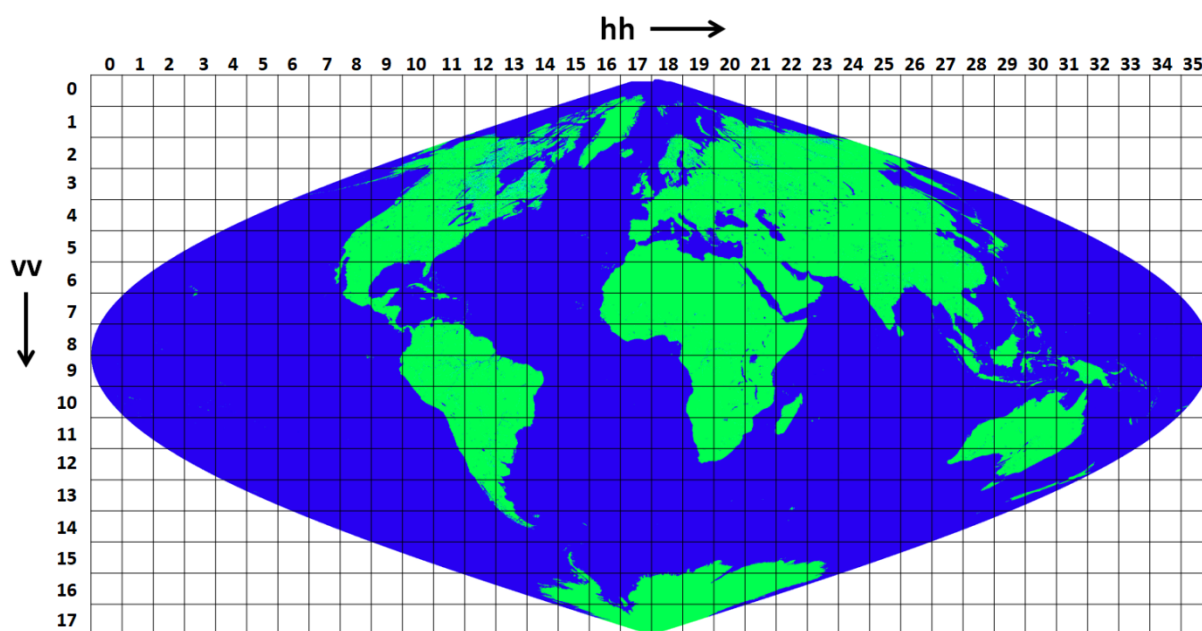


図 4-6 EQA (sinusoidal equal area) 図法

4.1.4.2 レベル 2 プロダクトグラニューール ID 定義

表 4-10 にレベル 2 プロダクト(シーン)のグラニューール ID 命名規則、表 4-11 にレベル 2 プロダクト(タイル及び全球)のグラニューール ID 命名規則を示す。また、それぞれの設定値を表 4-12、表 4-13 に示す。

なお準リアルタイムレベル 2 タイルプロダクトのファイル名は、表 4-11 に示すグラニューール ID に整数 3 桁のシーケンス番号(nnn)が付加され「グラニューール ID_nnn.h5」と定義する。同一日の複数パスで同じタイル番号に相当する範囲を観測する場合(主に極域など)、1 日に同じグラニューール ID のプロダクトを複数ファイル作成することがある。これらのプロダクト識別のため、シーケンス番号はプロダクトが作成された順に 000 から開始する通番が設定される。

表 4-10 レベル 2 プロダクト(シーン)グラニューール ID

ID	ScenelD																				ProductID																				
Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	114	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
GID	G	C	1	S	G	1	_	Y	Y	Y	Y	M	M	D	D	H	H	m	m	s	P	P	P	S	S	_	L	L	x1	x2	_	K	K	K	K	r	_	a	p	p	p
設定例	G	C	1	S	G	1	_	2	0	1	1	1	1	1	3	2	3	4	5	6	0	1	2	0	6	_	L	2	S	G	_	S	S	T	D	K	_	1	0	0	1
項目	Satellite (fix)		Sensor (fix)		Year		Month	Day		Hour	min	sec	Path ※1		Scene ※1		Level ※2		Type ※1		Subsystem ※3		Resolution※1		algorithm ver.※1		parameter ver. ※1														
	Observation start UT※1																																								

表 4-11 レベル 2 プロダクト(タイル・全球)及びレベル 3 プロダクトグラニューール ID

ID	ScenelD																				ProductID																				
Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	114	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
GID	G	C	1	S	G	1	_	Y	Y	Y	Y	M	M	D	D	m	t	t	t	_	g	A	A	A	A	_	L	L	x1	x2	_	K	K	K	K	r	_	a	p	p	p
設定例	G	C	1	S	G	1	_	2	0	1	1	1	1	1	3	D	0	1	D	_	A	0	0	0	0	_	L	2	S	G	_	C	L	F	G	Q	_	1	0	0	1
項目	Satellite (fix)		Sensor (fix)		Year		Month	Day		AD※2		Process time unit ※3		Mapping※4		Area tile no. ※5		Level ※6		Type ※7※8		Subsystem ※9		resolution※10		algorithm ver.※11		parameter ver. ※12													
	Observation start UT※1																																								

表 4-12 レベル 2 プロダクト(シーン)グラニューール ID 設定値

No.	GID	項目	詳細	備考
※1.	表 4-4レベル1 定義を参照			
※2.	LL	Level	処理レベルを設定する。:L2	—
※3.	KKKK	subsystem	プロダクト ID を設定する。	表 4-7 のプロダクト ID 参照

表 4-13 レベル 2 プロダクト(タイル・全球)及びレベル 3 プロダクトグラニューール ID 設定値

No.	GID	項目	詳細	備考
※1.	YYYYMMDD	Observation start UT	観測開始時刻を設定する。 UTC 時系、秒以下は切り捨て。	—
※2.	m	A/D	衛星進行方向を設定する。 Ascending :A Descending :D	—
※3.	ttt	Process time unit	統計データ日数 1日 :01D 8日 :08D 1月 :01M	—
※4.	g	Mapping	投影法 EQA(一次元) :X EQA :A EQR :D PS-N :N PS-S :S Tile :T	—
※5.	AAAA	Area tile no.	タイル番号。 0000—1735 前 2 桁が緯度方向、 後 2 桁が経度方向	—
※6.	LL	Level	処理レベルを設定する。 L2 :L2 L3Bin 統計 :3B L3Map :3M	—
※7.	x1	Type	S(標準プロダクト)固定。	—
※8.	x2	Type	運用ごとの処理の種別を設定する。 全球処理の場合 :G 準リアルタイム処理(特定地域)の場合 :L 準リアルタイム処理(全球)の場合 :N	—
※9.	KKKK	subsystem	プロダクト ID を設定する。	表 4-7、表 4-8、 表 4-9 のプロダクト ID 参照
※10.	r	resolution	分解能を設定する。 1000m の場合 :K 250m の場合 :Q 1/24deg の場合 :F 1/12deg の場合 :C	—
※11.	a	algorithm ver.	アルゴリズムバージョンを設定する。 設定値 :0~9、A~Z。	—
※12.	ppp	parameter ver.	パラメータバージョンを設定する。 設定値 :000~999。	—

4.1.5 レベル 3 プロダクト

レベル 3 プロダクトはレベル 2 プロダクト入力とし、各種物理量の時間統計、空間統計を算出したプロダクトである。L3 プロダクトの種類を表 4-14 に示す。

表 4-14 レベル 3 プロダクト一覧(1/2)

	物理量	作成単位	時間統計量			投影法			プロダクト ID						分解能 F : 1/24deg C : 1/12deg
			01D : 1日	08D : 8日	01M : 1月	3B : EQA	3M : EQR	PS : Polar Stereo	L380	L412	L443	L490	L530	L565	
海洋圏 (L3)	正規化海水射出放射輝度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		L380	L412	L443	L490	L530	L565	F
									L670						F
	光合成有効放射	全球	01D	08D	01M	3B	3M		PAR_						F
	大気補正パラメータ	全球	01D	08D	01M	3B	3M		T670	T865					F
	クロロフィル a 濃度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CHLA						F
	懸濁物質濃度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		TSM_						F
有色溶存有機物吸光係数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CDOM						F	
海面水温	全球	01D	08D	01M	3B	3M		SST_						F	
雪氷圏 (L3)	積雪・海水分布	全球/極域	01D	08D	01M	3B	3M	PS	SICE						F
	雪氷面温度	全球/極域	01D	08D	01M	3B	3M	PS	SIST						F
	浅層積雪粒径	全球/極域	01D	08D	01M	3B	3M	PS	SGSL						F
陸圏 (L3)	地表面反射率	全球	01D	08D	01M	3B	3M		RV01 ^{*1}	RV02 ^{*1}	RV03 ^{*1}	RV04 ^{*1}	RV05 ^{*1}	RV06 ^{*1}	F
									RV07 ^{*1}	RV08 ^{*1}	RV09 ^{*1}	RV10 ^{*1}	RV11 ^{*1}	RS01 ^{*2}	
									RS02 ^{*2}	RS03 ^{*2}	RS04 ^{*2}	RT01 ^{*3}	RT02 ^{*3}	GEOV ^{*6}	
									GEOI ^{*6}	RN08 ^{*5}	RN11 ^{*5}	RP01 ^{*4}	RP02 ^{*4}	GEOV ^{*6}	
									SNZV ^{*7}	SLZV ^{*8}	RLAV ^{*9}	SNZP ^{*7}	SLZP ^{*8}	RLAP ^{*9}	
	正規化植生指数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		NDVI						F
	拡張植生指標	全球	01D	08D	01M	3B	3M		EVI_						F
	カゲ指数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		SDI_						F
	葉面積指数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		LAI_						F
	光合成有効放射吸収率	全球	01D	08D	01M	3B	3M		FPAR						F
地上部バイオマス	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AGB_						F	
植生ラフネス指数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		VRI_						F	
地表面温度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		LST_						F	

表 4-15 レベル 3 プロダクト一覧(2/2)

	物理量	作成 単位	時間統計量			投影法			プロダクト ID						分解能 F : 1/24deg C : 1/12deg	
			01D : 1日	08D : 8日	01M : 1月	3B : EQA	3M : EQR	PS : Polar Stereo	CFR1	CFR2	CFR3	CFR4	CFR5	CFR6		
大気圏 (L3)	雲種別雲量	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CFR1	CFR2	CFR3	CFR4	CFR5	CFR6	C	
									CFR7	CFR8	CFR9	CFRA	CFRH	CFRM		
									CFRL							
		雲頂温度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CLTT						C
		雲頂高度	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CLTH						C
		水雲光学的厚さ	全球	01D	08D	01M	3B	3M		COTW						C
		水雲粒径	全球	01D	08D	01M	3B	3M		CERW						C
		氷晶雲光学的厚さ	全球	01D	08D	01M	3B	3M		COTI						C
		海洋上エアロゾル光学的厚さ	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AOTO						C
		陸上エアロゾル光学的厚さ(近紫外)	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AOTL						C
		海洋上オングストローム指数	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AAEO						C
		陸上オングストローム指数(近紫外)	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AAEL						C
		陸上エアロゾル光学的厚さ(偏光)	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AOTP						C
	陸上オングストローム指数(偏光)	全球	01D	08D	01M	3B	3M		AAEP						C	
	陸上一次散乱アルベド	全球	01D	08D	01M	3B	3M		ASSA						C	

*1 ~*6 : 表 4-9 と同じ

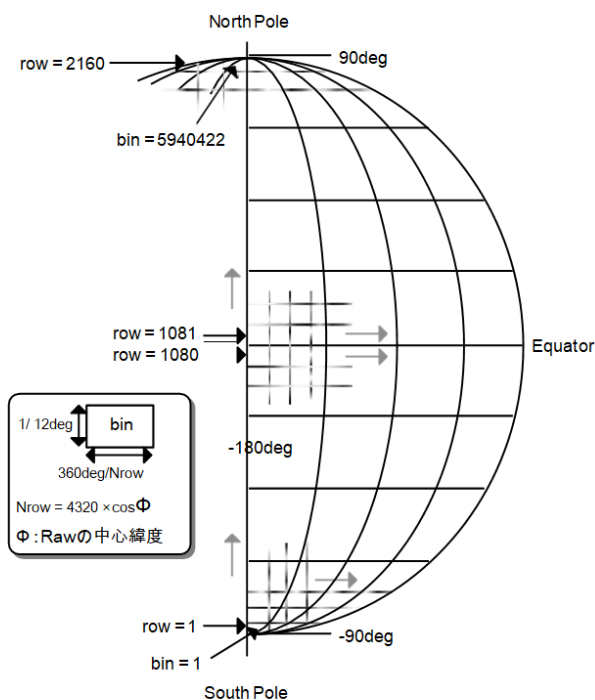
*7 SNZ : 衛星天頂角(V:VNR-NP、I:IRS、P:VNR-PL)

*8 SLZ : 太陽天頂角(V:VNR-NP、I:IRS、P:VNR-PL)

*9 RLA : 相対方位角(V:VNR-NP、I:IRS、P:VNR-PL)

4.1.5.1 レベル3 プロダクト作成単位

表 4-14、表 4-15 に示したようにレベル3 プロダクトの作成単位は EQA 及び EQR (equirectangular)、PS(polar stereographic)となる。図 4-7 に EQA 図法(1次元)定義、図 4-8 に EQR 図法定義、図 4-9 に PS 図法定義を示す。



上記は1/12deg分解能のケースであり、あるRowの中心緯度がΦであるとすると、そのrowのbinnedグリッドの数は以下の式で求められる。

Binnedグリッドの数 (Nrow) = [4320 × cos Φ] ([] は四捨五入を表す)

例 (row のbinnedグリッドの数) : row1 → 3 個、row2 → 9 個 …… row 1080 → 4320 個 …… row 2160 → 3 個

図 4-7 レベル3 プロダクト EQA 図法(1次元)定義

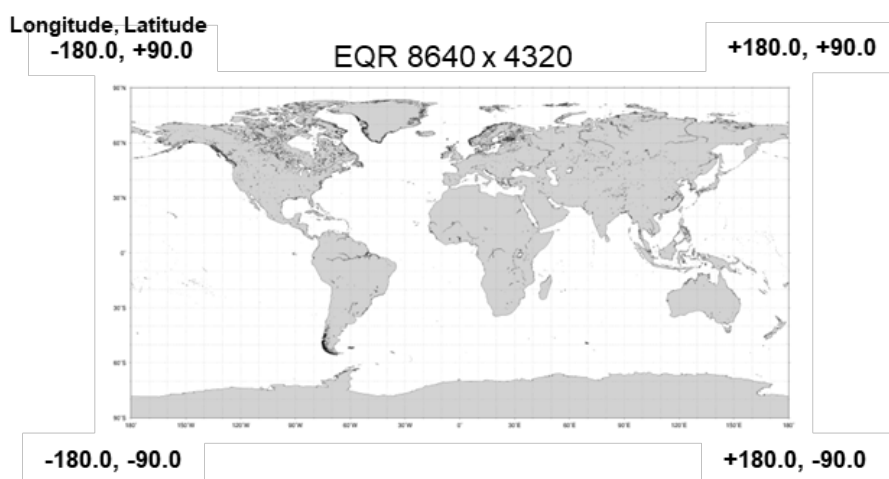


図 4-8 レベル3 プロダクト EQR 図法定義

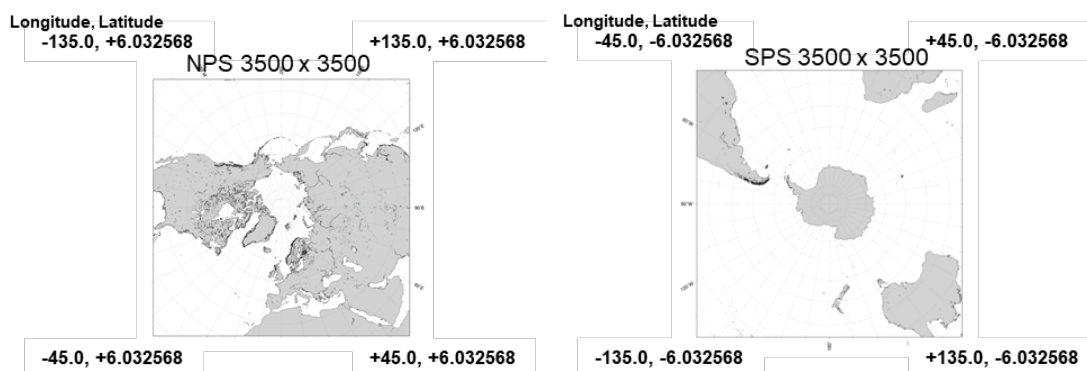


図 4-9 レベル 3 プロダクト PS 図法定義

4.1.5.2 レベル 3 プロダクトグラニューール ID 定義

レベル 3 プロダクトグラニューール ID 定義は表 4-11 に、プロダクト ID については表 4-14、表 4-15 に示す。

4.2 レベル 1 処理アルゴリズム

4.2.1 前提条件

SGLI では各センサにより、表 4-16 に示す 4 種類のデータを観測するため、それぞれのセンサに対してレベル 1 処理を行う。

表 4-16 SGLI センサ概要

No.	放射計部	チャンネル数	観測データ内容
1.	VNR-NP	11ch	NP 観測(非偏光(Non Polarized)観測)による、地上の大気や地表面により散乱、吸収された反射光の強度の観測。
2.	VNR-PL	2ch (3 偏光子)	PL 観測(偏光(Polarized)観測)による、地上の大気や地表面により散乱・吸収された反射光の偏光状態の観測。
3.	IRS SWIR	4ch	IRS の SWIR(短波長赤外センサ(Short wavelength Infrared))による観測。
4.	IRS TIR	2ch	IRS の TIR(熱赤外センサ(Thermal Infrared))による観測。

また、SGLI レベル 1 処理は各センサ観測データに対する処理内容の違いからレベル 1A、レベル 1B、及び低解像度へのリサンプリング処理が定義されている。各処理の内容の概要を表 4-17 に、センサ毎の処理フローを図 4-10～図 4-13 に示す。各処理の詳細についてはアルゴリズム基準書及びレベル 1 処理実装アルゴリズム説明書を参照されたい。

表 4-17 レベル1 処理概要

No.	処理	概要	備考
1	前処理	<ul style="list-style-type: none"> RAW データからデパケット 工学値変換 データチェック 欠損確認 幾何情報の算出 	—
2	ラジオメトリック情報算出処理	分光放射輝度算出のための Gain/Offset 値の算出	—
3	分光放射輝度算出処理	分光放射輝度算出(ラジオメトリック補正)	—
4	L1B 基準座標系変換処理	SGLI の全センサ共通、チャンネル間のレジストレーションを合わせた座標系への変換係数の算出	—
5	L1A 幾何情報算出処理	<ul style="list-style-type: none"> L1A の撮像時刻算出 各画素の緯度経度情報算出(WGS84 座標系) 	—
6	迷光補正処理	<ul style="list-style-type: none"> 迷光補正処理 迷光フラグ算出 	IRS-TIR を除く
7	縞除去	画像に縞や VNR-NP の鏡筒間偏差がでた場合に、縞を除去する処理を実施	—
8	L1B 座標への輝度再置換	迷光補正処理補正後輝度の L1B 基準座標系への置換	—
9	二次の縞取処理	ラジオメトリックと No.7 の縞除去で補正しきれなかった縞の除去処理	打上げ後必要に応じて実装する
10	ストークスペクトル算出処理	ストークスペクトルへの変換処理	VNR-PL のみ
11	陸海フラグ算出処理	各画素のフットプリントの陸海の割合を算出してプロダクトに格納	—
No.	処理	概要	備考
1	低解像度プロダクト作成処理	高解像度(250m or 500m)プロダクトから、低解像度(1km)に変換	—

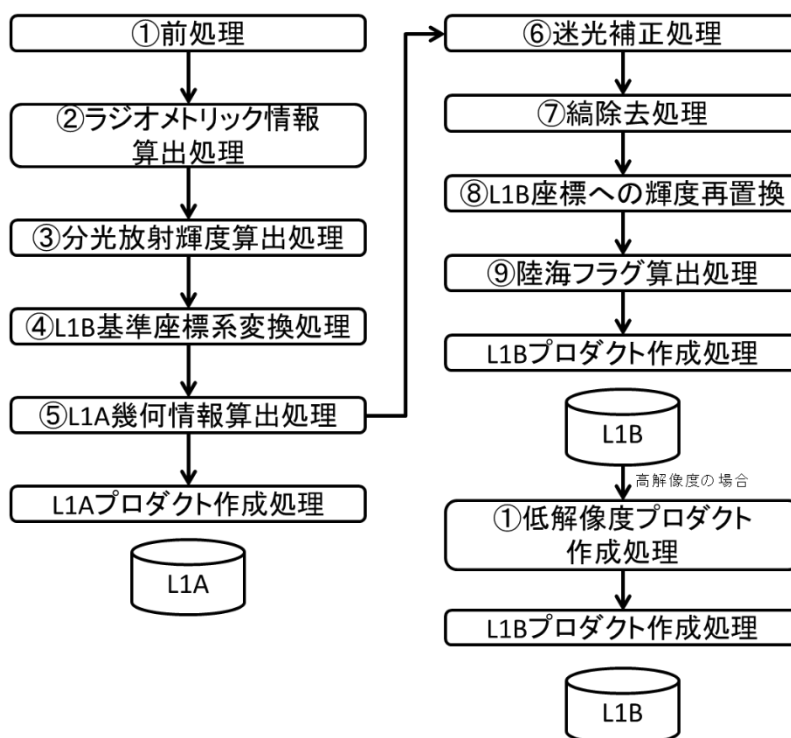


図 4-10 VNR-NP 処理フロー

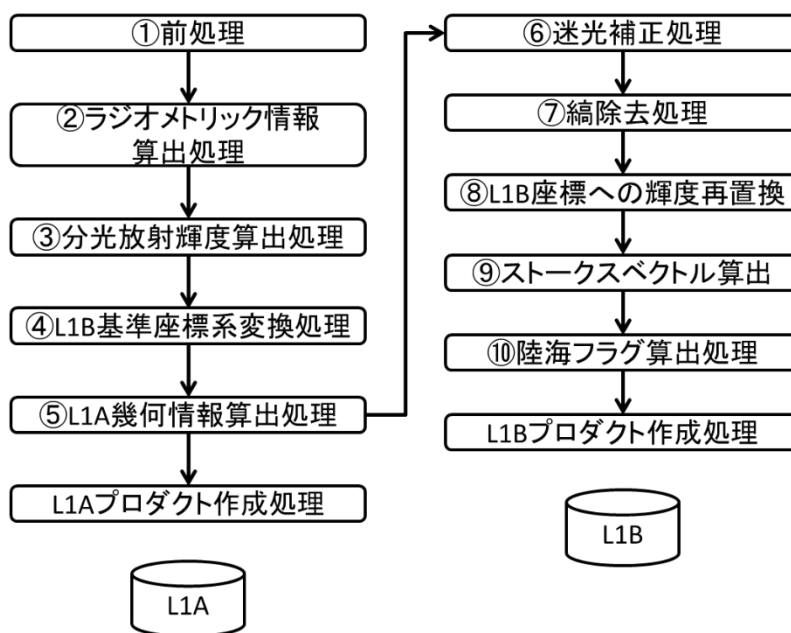


図 4-11 VNR-PL 処理フロー

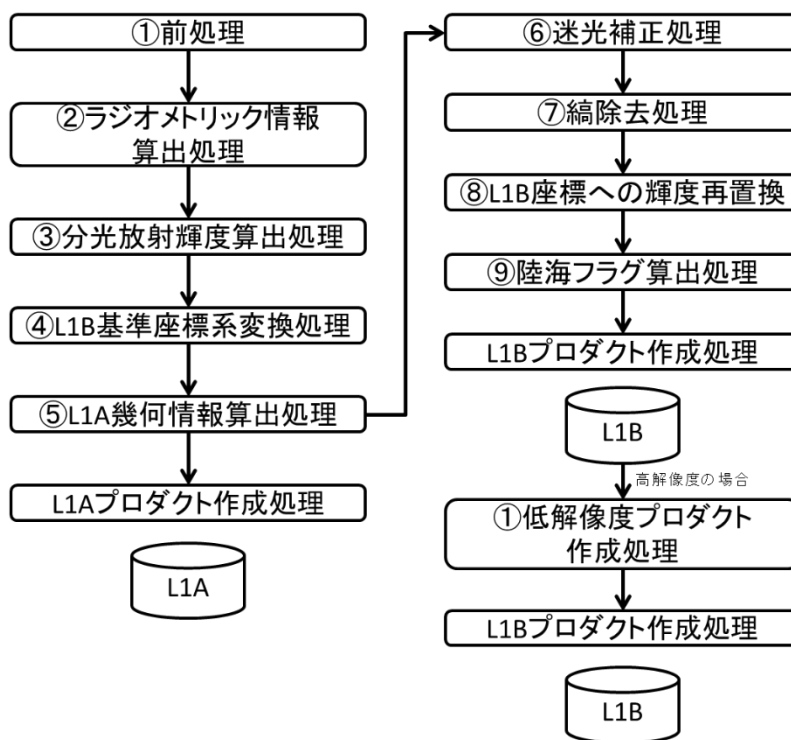


図 4-12 IRS-SWIR 処理フロー

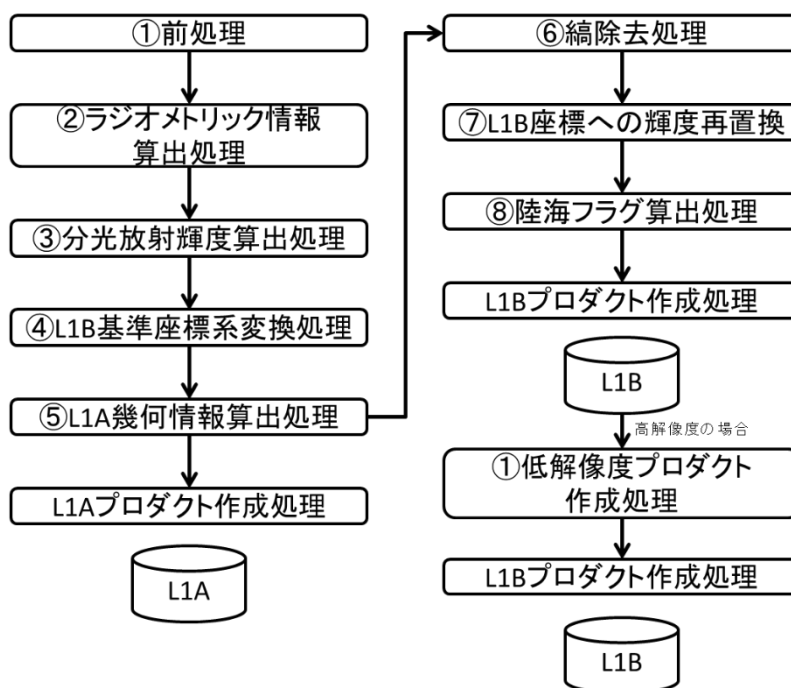


図 4-13 IRS-TIR 処理フロー

4.2.2 レベル 1 処理

4.2.2.1 前処理

定常処理におけるレベル 1A 処理の入力は ASD 又はレベル 0 データ(ミッションデータ、リアルタイム PCD テレメトリ)ファイルとなる。前処理は複数の処理で構成されており、指定されたシーンの範囲において、軌道データ、姿勢データの入力を行い、校正プロダクト判別、撮像時刻補正、幾何情報算出等を行う。表 4-18 に前処理概要を示す。

再処理の場合は、ASD データ又はレベル 0 データの代わりに、指定されたレベル 1A プロダクトから ASD(レベル 0 データ)相当のデータを抽出して前処理を行う。

表 4-18 主な前処理内容

No.	処理名	処理概要
1	ASD 入力処理	ASD ファイル又はレベル 0 データファイルからミッションデータパケットまたはリアルタイム PCD パケットを取得して以下の処理を実行する。 ・パケット整列および重複削除
2	撮像時刻算出処理	ASD 入力処理で取得したミッションデータパケットまたは、リアルタイム PCD パケットに含まれる時刻を、以下の内容で補正または変換する。 ・GPS 時刻の TAI93 時系変換 ・DMS 時系時刻の補正 ・撮像時刻の算出
3	校正プロダクト判別処理	ASD 入力処理で取得したミッションデータパケットからレベル 1 処理対象外の校正種別のデータを取り除く。
4	PCD 情報抽出処理	撮像時刻算出処理で時刻を変換済みのリアルタイム PCD パケットから変換済み PCD データ(軌道・姿勢情報)を抽出する。
5	ASD 情報抽出処理	再処理の際にレベル 1A プロダクト内に格納されているデータを抽出し、ミッションデータおよびリアルタイム PCD 補助データの packets を復元する。
6	ミッションデータプロダクト変換処理	ASD 入力処理で取得したミッションデータパケットをスキャン単位のフォーマットに変更し、必要な情報を抽出する。 ・観測データパケットの欠損チェックを行い、パケット単位の欠損情報(欠損有無)データを生成 ・欠損しているスキャンの観測時刻(通算積算秒)の補間 ・ミッション(観測)データパケットに含まれている各種情報を抽出・算出し、Raw_data、Ancillary_data に格納 ・チルト角補間 ・観測データの並び替え
7	シーン切り出し処理	指定されたシーン開始時刻、シーン終了時刻でデータを切り出す。シーン開始前、シーン終了後に、オーバーラップスキャン(スキャン数はパラメータ)を付加する。
8	軌道データ算出処理	姿勢決定時刻に対応する衛星位置/速度の算出を行う ・リアルタイム PCD のうち、撮像時刻の開始と終了が含まれる姿勢決定時刻範囲のデータを切り出し、連続性チェックを行う ・使用する軌道データ(PCD データ/確定軌道歴/予測軌道歴/基準軌道)の判定及び、算出を行う
9	姿勢データ算出処理	姿勢決定時刻に対する姿勢データの算出を行う ・リアルタイム PCD のうち、撮像時刻の開始と終了が含まれる航法時刻範囲のデータを切り出し、連続性チェックを行う ・使用する姿勢データを判定し、算出する
10	幾何情報算出処理	幾何情報/地球回転パラメータより以下の値を算出する ・衛星座標系における太陽の方位角 ・衛星座標系における太陽の天頂角 ・衛星座標系における月の方位角 ・衛星座標系における月の天頂角 ・月方向ベクトルと衛星 Y 軸のはさみ角(IRS のみ)

4.2.2.2 ラジオメトリック情報算出処理

センサ別のラジオメトリック情報算出処理を行う。図 4-14 の左に VNR-NP、VNR-PL、IRS-SWIR の処理概念図、右に IRS-TIR の処理概念図を示す。

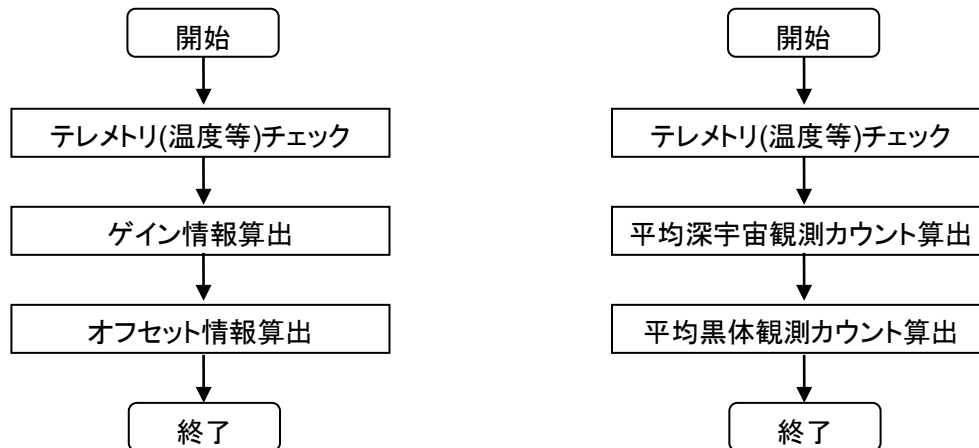


図 4-14 ラジオメトリック情報算出処理 (左)NP、PL、SWIR (右)TIR

(1) VNR-NP, PL

① テレメトリチェック

工学値変換された ASP 温度、CCD 温度のリミットチェックを行い、異常と判断されたラインについては処理に使用しない。正常ラインについては、移動平均($\overline{T^{ASP}}$, $\overline{T^{CCD}}$)をとり、温度に依存するラジオメトリックパラメータの入力となる。

② ゲイン情報算出

地上試験にて得られた基準ゲイン G_0 とバンド積分時間による電子シャッタ補正係数 $\Delta G_{shutter}$ 、温度依存補正係数 ΔG_{Temp} 、ゲイン経年変化パラメータ ΔG_{period} から、各鏡筒/バンド/画素毎に総合ゲイン G_{total} が算出される。

$$\{[G_{total}]_{n_{poly}}\}_{k,ch,r,s,p} = [G_0]_{k,ch,r,p}^{n_{poly}} \cdot [\Delta G_{shutter}]_{k,ch,r,s,p} \cdot [\Delta G_{Temp}]_{k,ch,r,p} \cdot [\Delta G_{period}]_{k,ch,r,p}$$

ここで k : 鏡筒、 ch : バンド、 r : 解像度、 s : スキャン、 p : ピクセル、 $poly$: 多項式次数である。

これらのパラメータは軌道上における校正結果により更新される。

③ オフセット情報算出

VNR では複数のオフセット補正を行う。VNR では観測用素子の前後(pre/post)にオフセット補正用の素子を持っている。pre/postともに観測素子に近い暗時部(OB: Optical Black)ではシールドされ露光しない構造となっており、その外側のスキャン部(Scan)では PD(Photodiode)がなく CCD のみの構造となっている。軌道上で Scan/OB についても加算処理がされている。加算処理後の観測補助データ画素並びを表 4-19、表 4-20 に示す。この Scan/OB 画素を使用して毎ラインで

Scan/OB オフセット補正值 $DN_{obs}^{Scan/OB}$ を算出する。

表 4-19 VNR-NP 撮像素素補助データ画素並び(軌道上加算後)

VNR-NP	Blank	pre Scan	pre OB	dummy	OBS pixel	dummy	post OB	pre Scan	Blank
pixel	1~20	21-37	38-45	46	【1500pixel(250m)】 【375pixel(1km)】	47	48-55	56-91	73~92

表 4-20 VNR-PL 撮像素素補助データ画素並び(軌道上加算後)

VNR-PL	pre Scan	pre OB	dummy	OBS pixel	dummy	post OB	pre Scan
pixel	1-34	35-44	45-46	【857pixel(1km)】	47-48	49-58	59-92

もう一方のオフセット補正として画素方向のばらつきに対して DSNU (Dark Signal Non-Uniformity) の補正を行う。 $DN_{dsnu-offset}$ はテーブルとして持っており、軌道上校正の結果により更新される。総合的なオフセット値 DN_{offset} は以下により算出される。

$$[DN_{offset}]_{k,ch,r,s,p} = [DN_{obs}^{Scan/OB}]_{k,ch,r,s} + [DN_{dsnu-offset}]_{k,ch,r,p} + [DN_{period}]_{k,ch,r,p}$$

(2) IRS-SWIR

① テレメトリチェック

工学値変換された SWIR 焦点面温度、ASP 温度、プリアンプ温度のリミットチェックを行い、異常と判断されたスキャンについては処理に使用しない。正常スキャンについては、移動平均をとり、温度に依存するラジオメトリックパラメータの入力となる。

② ゲイン算出

地上試験にて得られた基準ゲイン G_0 と温度依存補正係数 ΔG_{Temp} 、ゲイン経年変化パラメータ ΔG_{period} から、各バンド/画素毎に総合ゲイン G_{total} は算出される。また、温度依存補正係数は検出器温度 T^{DET} 、ASP 温度 T^{ASP} 度、プリアンプ温度 T^{PRE} それぞれに依存するゲイン関数により構成される。

$$\{[G_{total}]_{n_{poly}}\}_{ch,r,l,s} = [G_0]_{n_{poly}}_{ch,r,l} \cdot [\Delta G_{Temp}]_{ch,r,s} \cdot [\Delta G_{period}]_{ch,r,l}$$

ここで ch : バンド、 r : 解像度、 s : スキャン、 l : ライン、 $poly$: 多項式次数である。

これらのパラメータは軌道上における校正結果により更新される。IRS におけるラインとピクセルの関係を図 4-15 に示す。

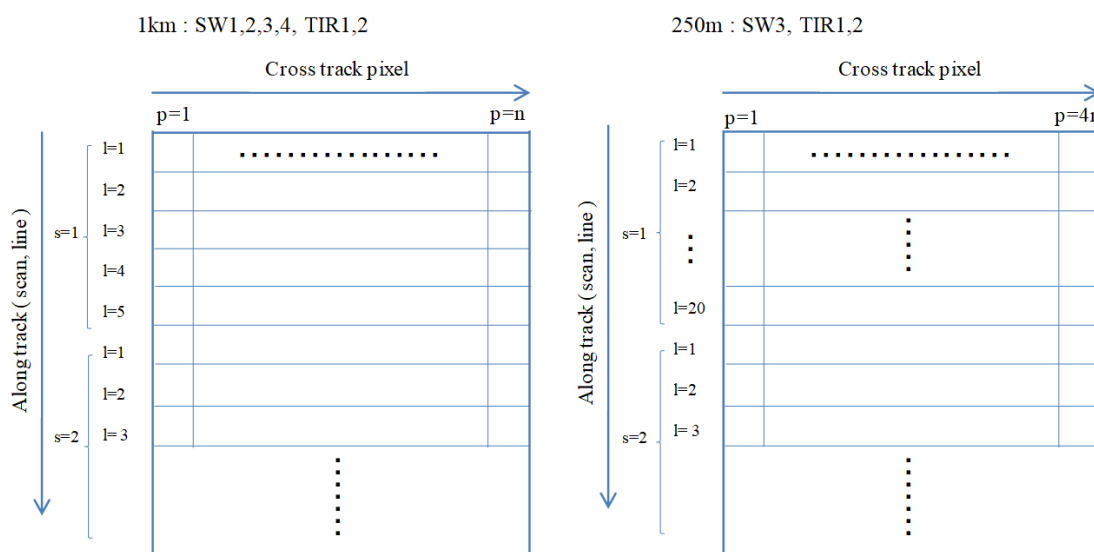


図 4-15 IRS ラインとピクセルの関係

③ オフセット情報算出

SWIR では毎スキャン観測している深宇宙データを使用し、オフセット補正值 DN_{offset} を算出する。初めに深宇宙データに対して深宇宙視野への月影響判定とリミットチェックを行い、異常データは平均値算出時に除外する。平均深宇宙データ $\overline{DN_{DS}}$ はノイズを除去するために、前後数スキャンにわたって平均処理を実施するが、平均の際は同じライン番号にて行う。 ΔDN_{offset} はオフセット算出時の補正パラメータである。

$$[DN_{offset}]_{ch,r,s,l} = [\overline{DN_{DS}}]_{ch,r,s,l} + [\Delta DN_{offset}]_{ch,r,l}$$

④ 地球観測カウント値及びオフセット値のノンリニアリティ補正

SW1、2、3はASP温度によって影響を受けるリーク電流により、低輝度の出力レベルが影響を受けるため、DN値に対してノンリニアリティ補正を行う。

$$\begin{aligned} [DN_{obs_nlc}]_{ch,r,s,l,p} &= [DN_{obs}]_{ch,r,s,l,p} - [Leak_{obs}]_{ch,r,l} \\ [DN_{offset_nlc}]_{ch,r,s,l} &= [DN_{offset}]_{ch,r,s,l} - [Leak_{offset}]_{ch,r,l} \end{aligned}$$

(3) IRS-TIR

① テレメトリチェック

工学値変換された黒体温度について平均温度 $[\overline{T_{BB}}]_s$ 算出を行う。また、黒体周辺温度のリミットチェックを行い、校正黒体のビューファクター解析結果を考慮し重み付けをした代表温度 $[\overline{T_{env}}]_s$ を算出する。

② 平均深宇宙観測カウント算出

毎スキャン観測している深宇宙データに対して深宇宙視野への月影響判定とリミットチェックを行い、異常データは平均値算出時に除外する。平均深宇宙データ $\overline{DN_{DS}}$ はノイズを除去するために、

前後数スキャンにわたって平均処理を実施するが、平均の際は同じライン番号にて行う。

$[\Delta DN_{DS}]_{tm,ch,r,l}$ は平均深宇宙観測カウント値の補正パラメータである。

$$[\overline{DN_{DS_C}}]_{tm,ch,r,s,l} = [\overline{DN_{DS}}]_{tm,ch,r,s,l} + [\Delta DN_{DS}]_{tm,ch,r,l}$$

ここで tm : TDI mode、 ch : バンド、 r : 解像度、 s : スキャン、 l : ラインである。

③ 平均黒体観測カウント算出

深宇宙データと同様に毎スキャン観測している黒体データに対してリミットチェックを行い、異常データは平均値算出時に除外する。平均黒体データ $\overline{DN_{BB}}$ はノイズを除去するために、前後数スキャンにわたって平均処理を実施するが、平均の際は同じライン番号にて行う。 $[\Delta DN_{BB}]_{tm,ch,r,l}$ は平均黒体観測カウント値の補正パラメータである。

$$[\overline{DN_{BB_C}}]_{tm,ch,r,s,l} = [\overline{DN_{BB}}]_{tm,ch,r,s,l} + [\Delta DN_{BB}]_{tm,ch,r,l}$$

4.2.2.3 分光放射輝度算出処理

4.2.2.2 で得られたラジオメトリック情報を用いて分光放射輝度の算出を行う。

(1) VNR-NP, PL

地球観測カウント値 $[DN_{obs}]_{k,ch,r,s,p}$ に対して、算出されたゲイン・オフセット値を用いて、以下の式で分光放射輝度 $[L]_{k,ch,r,s,p}$ が算出される。この時、飽和値・欠損値も反映される。

$$[L]_{k,ch,r,s,p} = \sum_{n=0}^4 \{ [G_{total}]_n \}_{k,ch,r,s,p} \cdot \left([DN_{obs}]_{k,ch,r,s,p} - [DN_{offset}]_{k,ch,r,s,p} \right)^n$$

(2) IRS-SWIR

ノンリニアリティ補正された地球観測カウント値 $[DN_{obs_nlc}]_{ch,r,s,l,p}$ に対して、算出されたゲイン・オフセット値を用いて、以下の式で分光放射輝度 $[L]_{ch,r,s,l,p}$ が算出される。この時、飽和値・欠損値も反映される。

$$[L_{SWIR}]_{ch,r,s,l,p} = \sum_{n=0}^4 \{ [G_{total}]_n \}_{ch,r,s,l,p} \cdot \left([DN_{obs_nlc}]_{ch,r,s,l,p} - [DN_{offset_nlc}]_{ch,r,s,l,p} \right)^n$$

(3) IRS-TIR

TIR は主に検出器の特性により、系統的に信号電圧に依存する非線形性が重畳するため、地球観測、深宇宙観測、黒体観測カウント値に対してオフセット調整機能 $[e]_{tm,ch,r,l}$ による補正を行う。

$$\begin{aligned} [DN_{obs}']_{tm,ch,r,l} &= [DN_{obs}]_{tm,ch,r,l} - [e]_{tm,ch,r,l} \\ [\overline{DN_{DS}'}]_{tm,ch,r,l} &= [\overline{DN_{DS_C}}]_{tm,ch,r,l} - [e]_{tm,ch,r,l} \\ [\overline{DN_{BB}'}]_{tm,ch,r,l} &= [\overline{DN_{BB_C}}]_{tm,ch,r,l} - [e]_{tm,ch,r,l} \end{aligned}$$

TIR 分光放射輝度は、ノンリニアリティ補正及び2点校正の式から次式で算出する。 $[\kappa_{BB}]_{tm,ch}$ は黒体輻射率である。 $B(\lambda, T)$ は温度 T [K] のプランク関数である。

$$L_{TIR} = \frac{\sum_{n=0}^4 \{[\beta']_n\}_{tm, ch, r, l} \cdot \left\{ ([DN_{Obs}]_{tm, ch, r, l})^n - ([DN_{DS}]_{tm, ch, r, l})^n \right\}}{\sum_{n=0}^4 \{[\beta']_n\}_{tm, ch, r, l} \cdot \left\{ ([DN_{BB}]_{tm, ch, r, l})^n - ([DN_{DS}]_{tm, ch, r, l})^n \right\}} \cdot \{[\kappa_{BB}]_{tm, ch} \cdot \bar{B}(\bar{T}_{BB} + 273.15) + [\sigma]_{tm, ch} \cdot \bar{B}(\bar{T}_{env} + 273.15)\}$$

$$\bar{B}(T) = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} R'(\lambda) B(\lambda, T) d\lambda$$

$$R'(\lambda) = \frac{R(\lambda)}{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} R(\lambda) d\lambda}$$

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

ここで、 β' は非線形性補正係数であり、 σ 背景放射の実効放射率である。

4.2.2.4 L1B 基準座標系変換処理

(1) 観測点の緯度経度算出

観測点の緯度経度算出処理の概要を図 4-16 に示す。

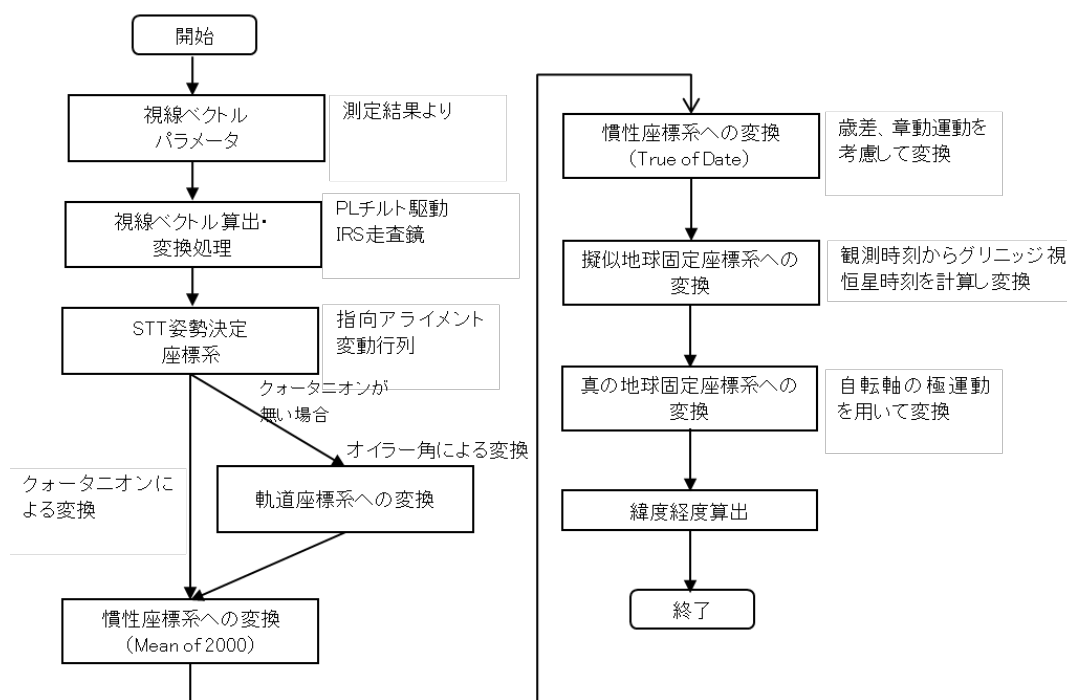


図 4-16 観測点緯度経度算出処理フロー

① 視線ベクトル算出・変換処理

センサ毎に与えられるジオメトリ関数 Geo_{opt} を用いて放射計部基準座標における各画素の視線ベクトルを算出する。VNR(NP、PL)の光学系は視野角が大きく焦点面上の素子数が多い且つ歪曲が無視できないため、 Geo_{opt} は素子番号の高次関数で与えられる。また、PL についてはチルト

駆動するため、チルト角回転行列を考慮する必要がある。一方、IRS (SWIR、TIR) は視野角が狭く、焦点面上の素子数が少ないため Geo_{opt} は素子毎に与えられるが、回転走査鏡による反射を考慮し、視線ベクトルを算出する必要がある。

また、瞬時撮像時刻算出も各センサ特有の処理となる。

② STT 姿勢決定座標系への変換

①で得られた放射計部基準座標における視線ベクトルについて指向アライメント行列を用いて、STT 姿勢決定座標系における視線ベクトルに変換する。指向アライメント行列は取付アライメント固定バイアス・長周期バイアス変動成分・熱歪軌道周回変動成分からなる。

③ 慣性座標系 (J2000) への変換

リアルタイム PCD に含まれるクォータニオンを用いて STT 姿勢決定座標系の視線ベクトルを J2000 慣性座標系へ変換する。ただし、クォータニオンは 10Hz でサンプリングされるため、瞬時撮像時刻での補間が必要である。また、クォータニオンが使用できない場合は瞬時撮像時刻における姿勢誤差角を用いて軌道座標系への変換を行い、衛星位置・速度ベクトルにより、慣性座標系 (J2000) へ変換する。

④ 慣性座標系 (True of Date) への変換

J2000 慣性座標系のベクトルに対し、瞬時撮像時刻と地球回転パラメータを用いて、歳差行列・章動行列を算出し、慣性座標系 (True of Date) へ変換する。

⑤ 擬似地球固定座標系への変換

慣性座標系 (True of Date) のベクトルを Greenwich 平均視恒星時を用いて、極運動を考慮していない擬似地球固定座標系へ変換する。

⑥ 真の地球固定座標系への変換

擬似地球固定座標系のベクトルを極運動パラメータを用いて真の地球固定座標系へ変換する。

⑦ 観測地点の緯度経度の算出

地球固定座標系における画素視線ベクトル u^{ECR} 、画素視線ベクトル原点 r_0^{ECR} 、衛星位置 r_{SAT} から、観測地点の緯度経度を算出する。処理の模式図を図 4-17 に示す。

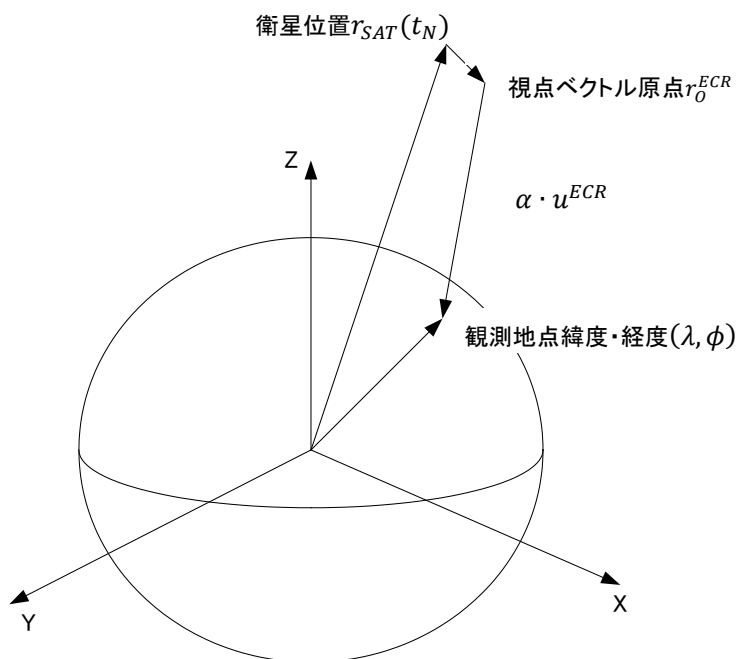


図 4-17 観測地点の緯度経度算出処理の模式図

(2) L1B 基準座標系変換処理

L1A 画素値を投影する L1B フレームとして、衛星軌道を中心とした仮想円筒面にプッシュブルーム方式の CCD ラインセンサを配置したような仮想的なフレームを定義し L1B 基準座標系とする(図 4-18)。

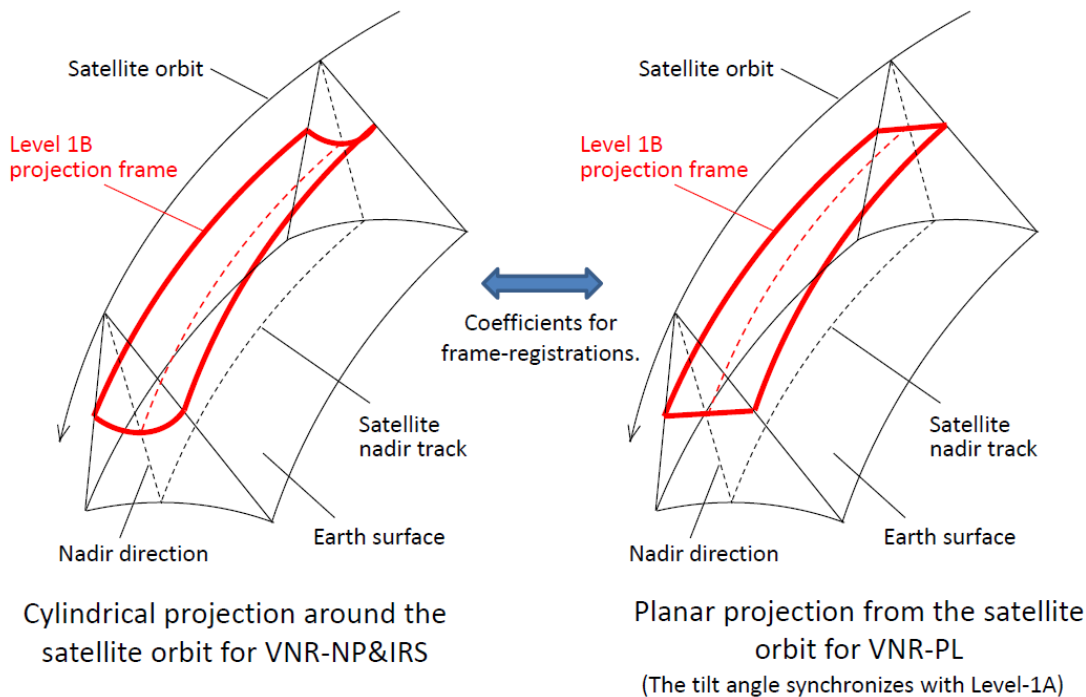


図 4-18 衛星軌道を中心とした円筒面投影による L1B フレーム

L1B 基準座標系変換処理では、L1B フレームの画像アドレスに対する L1A 画像アドレスの対応を収束演算により算出し、L1A の輝度値を対応する L1B フレームへ格納する。本アドレスの対応については、L1B フレームのライン毎に L1A へのアドレス変換を与える近似多項式の係数として表現する。なお、本係数は L1B データに格納される。また、VNR-NP の各鏡筒間に重複観測域が存在するが、各鏡筒の中心画素に近い画素値を使用する。

4.2.2.5 L1A 幾何情報算出処理

L1A の緯度経度情報は、4.2.2.4 同様に L1A-L1B の各画像アドレスの対応関係を用いて算出する。ただし、本処理では 4.2.2.4 と異なり L1A のライン毎に L1B へのアドレス変換を与える近似多項式の係数を算出し用いる。この係数は VNR-NP では鏡筒毎にあり、同様に L1B データに格納される。

4.2.2.6 迷光補正処理

迷光とは、センサ内のハードウェア特性により通常とは別の光路を通る一部の光のことであり、測定誤差要因となる。図 4-19 に迷光の発生イメージを示す。迷光補正処理はこの迷光をソフトウェア的に除去する処理を指す。ある素子に光が入射したとき、その周囲にどの程度の迷光が発生するかは地上試験により測定することができる。SGLI による観測画像は、真の観測画像に SGLI の迷光伝達関数を畳み込んだものと考えることができる。よって、SGLI の迷光伝達関数が予め測定できていれば、軌道上で観測された画像に対して逆畳み込み演算を施すことで、観測画像から迷光を除去することができる。

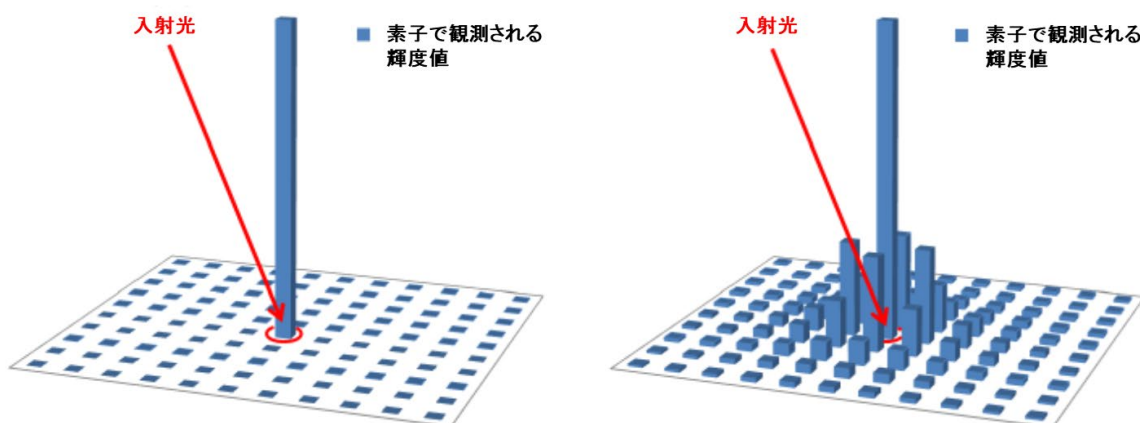


図 4-19 理想的な観測値(左)と迷光がある場合の観測値(右)

迷光補正処理は L1A 座標系(軌道上の観測画像)で行う補正と簡易幾何補正後の座標系(VNR は試験座標系、IRS はSRU 視線ベクトル座標系)で行う補正がある。まず、L1A 座標系での迷光補正処理を行い、次に、L1A 座標系上の CT 分割領域の FFT 演算対象画素について、簡易幾何補正を行い、迷光補正の座標系に変換し $t=t_0$ 時点の瞬時画像を作成する。ある時刻 $t=t_0$ に迷光発

生源となった地点は、その地点がセンサによって観測される時刻 $t=t_0+\Delta t$ には地球の自転により移動している。そのため、L1A 座標系で迷光補正処理を行うと、焦点面の画素近傍で生じる迷光を除き、迷光発生源のずれが補正精度に大きな影響を与えるため、 $t=t_0$ における衛星位置から観測される瞬時撮像画像を作成する。この処理を簡易幾何補正と呼ぶ。次に、この瞬時撮像画像に対して迷光補正を行い、各画素における迷光補正量 ΔL を算出する。この迷光補正量 ΔL 画像について逆簡易幾何補正を行い L1A 座標系に変換し、L1A 座標系各画像に対する迷光補正量を合成し、元画像に付加する。センサ毎の迷光種類、補正を行う座標系、補正処理詳細についてはアルゴリズム基準書及び実装アルゴリズム説明書を参照されたい。

4.2.2.7 縞除去処理

ラジオメトリック補正を実施した輝度画像において、画素間感度偏差や鏡筒間偏差 (VNR-NP) を要因とする縞が残存する可能性がある。そのため、この縞を除去する補正処理を具備する。詳細は実装アルゴリズム説明書を参照されたい。

4.2.2.8 陸海フラグ算出処理

処理対象 L1B シーン領域に対して、観測点の緯度・経度と当該ラインに対応する軌道点と標高データを用いた収束計算により、観測点の緯度・経度を算出する。その情報から観測点近傍のフットプリントに含まれる陸海フラグ源泉情報を探索し、フットプリント中の陸域の割合を [%] として求める。

4.2.2.9 ストークスベクトル算出処理 (VNR-PL)

VNR-PL の 2 鏡筒×3 チャンネル (偏光子: +60°[S09]、0°[S10]、-60°[S11]) の観測データから、2 鏡筒分のストークスベクトル (I、Q、U 成分) を算出する。算出モデルは簡易モデルと光学系偏光特性を補正するモデルの 2 種類ある。

(1) 簡易モデル

$$\text{ストークスベクトル } \vec{S}_{n,s,p} = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \end{bmatrix}_{n,s,p} = A_{n,p} \begin{bmatrix} L_{n,S09,s,p} \\ L_{n,S10,s,p} \\ L_{n,S11,s,p} \end{bmatrix}$$

偏光板のミューラー行列からゲイン成分を除去した $M_{POL,band}$ よりデータ解析行列 A が得られる。

$$A_{n,p} = \begin{bmatrix} 1 & \cos(2\phi_{n,S09}) & \sin(2\phi_{n,S09}) \\ 1 & \cos(2\phi_{n,S10}) & \sin(2\phi_{n,S10}) \\ 1 & \cos(2\phi_{n,S11}) & \sin(2\phi_{n,S11}) \end{bmatrix}^{-1}$$

n : Band

ch : 偏光フィルタの透過軸の向きが異なる 3 つのチャンネル S09、S10、S11

s : スキャン番号 (ライン番号)

p : 画素番号

$L_{n,ch,s,p}$: 分光放射輝度 (L1B 基準座標系)

$\phi_{n,S09}$: S09 の偏光フィルタ透過軸の方位角

(2) 光学系偏光特性を補正するモデル

集光光学系のミューラー行列 M_{LEN} 、偏光フィルタの偏光方位角と光学系の偏光解消成分のミューラー行列 $M_{POL,band}$ よりデータ解析行列 A が得られる。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & (1 - a_{P,09}) \cos 2(\phi_l + \phi_{09}) & (1 - a_{P,09}) \sin 2(\phi_l + \phi_{09}) \\ 1 & (1 - a_{P,10}) \cos 2(\phi_l + \phi_{10}) & (1 - a_{P,10}) \sin 2(\phi_l + \phi_{10}) \\ 1 & (1 - a_{P,11}) \cos 2(\phi_l + \phi_{11}) & (1 - a_{P,11}) \sin 2(\phi_l + \phi_{11}) \end{pmatrix}^{-1}$$

行列成分をパラメータ化したデータ解析行列 A を以下とする。逆行列の9成分 ($n_{11,09} \sim n_{13,11}$) はセンサ校正パラメータである。

$$A_{n,p} = \begin{pmatrix} n_{n,p,11,09} & n_{n,p,12,09} & n_{n,p,13,09} \\ n_{n,p,11,10} & n_{n,p,12,10} & n_{n,p,13,10} \\ n_{n,p,11,11} & n_{n,p,12,11} & n_{n,p,13,11} \end{pmatrix}^{-1}$$

ϕ_l : 集光光学系の偏光回転角

$n_{11,09} \sim n_{13,11}$ は CCD 素子の画素番号 i でのパラメータであるため、レベル 1A 座標系上画素番号への変換係数を参照する必要がある。

また、 $\vec{S}_{n,s,p}$ はセンサで観測した座標系であり、Level1B には散乱面座標系で定義されたストークスベクトルが格納される。ストークスベクトルの散乱面座標系へは走査面法線ベクトルと散乱面法線ベクトルの挟み角 α を用いて変換する。

$$\vec{S}_{n,s,p_scattering_plane} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\alpha & -\sin 2\alpha \\ 0 & \sin 2\alpha & \cos 2\alpha \end{pmatrix} \vec{S}_{n,s,p}$$

レベル 1B プロダクトには散乱面座標におけるストークスベクトル $\vec{S}_{n,s,p_scattering_plane}$ 、分光放射輝度 $L_{n,ch,s,p}$ とレベル 1A 座標系への変換式の係数(4.2.2.4)が格納されている。

4.2.2.10 低解像度プロダクト作成処理

VNR-PL を除くセンサにおいて、レベル 1B 高分解能観測 (250/500m) プロダクトをリサンプリングし、低解像度 (1km) のレベル 1B プロダクトを作成する。処理対象となる L1B 高分解能シーンプロダクトに対して、前後のシーンプロダクトも同時に入力される。これは処理対象プロダクトのオーバーラップに欠損箇所があった場合に補填するために使用される。

4.3 高次処理アルゴリズム

高次処理アルゴリズムについて、4.3.1 に陸圏、4.3.2 に大気圏、4.3.3 に海洋圏、4.3.4 に雪氷圏、

4.3.4 に統計処理の各アルゴリズム概要を示す。詳細については各アルゴリズムのアルゴリズム基準書(ATBD)を参照されたい。高次処理 ATBD については以下の URL にて公開している。

http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/product_std_j.html

4.3.1 陸圏アルゴリズム

陸圏アルゴリズムではレベル 2 処理として、タイルデータの作成処理となる精密幾何補正処理と、そのデータを入力とし、陸圏の物理量算出に特化した計 5 種類の標準アルゴリズムがある。

4.3.1.1 精密幾何補正済み放射輝度アルゴリズム

(1) プロダクト定義

精密幾何補正済み大気上端放射輝度タイルプロダクトとして、GCP を用いて位置ずれを推定したパラメータ PGCP を用いた姿勢変動や標高による視差の補正を行い、経度 0 度を中心とする EQA 図法の格子上に投影した画像を格納する。

(2) アルゴリズムの概要

精密幾何補正済み大気上端放射輝度プロダクトは複数のアルゴリズムから成る。構成する各アルゴリズム概要を以下に示す。また、全体処理フローを図 4-20 に示す。

① 幾何標定アルゴリズム

VNR/IRS のパス毎のレベル 1B 及び GCP_Info(GCP 計測データ)を入力し、VNR/IRS それぞれの標定要素を標定計算により算出して、各 GCP の標定残差データと共に PGCP ファイルに格納する。

② オルソモザイクアルゴリズム

VNR/IRS/POL のレベル 1B・PGCP・標高データを入力し、PGCP の標定要素誤差を考慮した幾何投影演算により、タイルの各グリッド水平位置および標高に対応するレベル 1B アドレスマップを作成する。レベル 1B アドレスマップを基にレベル 1B の画像データ及び幾何データ(センサ角、太陽角等)をタイルの各グリッドにセットする。このとき、異なるパスが重複する場合は、センサ天頂角が小さいデータを優先とする。1km(G2C)の場合は 250m タイルデータを入力とした変換処理(4x4 平均処理)を行う。

③ GCP マッチング処理

入力となるレベル 1B の位置情報(緯度経度データ)から、該当する AVNIR-2 シーン画像の検索・読み込みを行い、SGLI および AVNIR-2 のそれぞれの画像を同一解像度のマッチング画像へリサンプリングする。SGLI 画像から特徴点を自動抽出し、正規化相互相関を用いたマッチング処理により AVNIR-2 とのタイポイントを GCP として抽出する。AVNIR-2 幾何情報データから緯度経度を算出し、DEM から高さを付加し、GCP(画像アドレス、緯度経度高さ)自動計測データとして「GCP_info」を出力する。

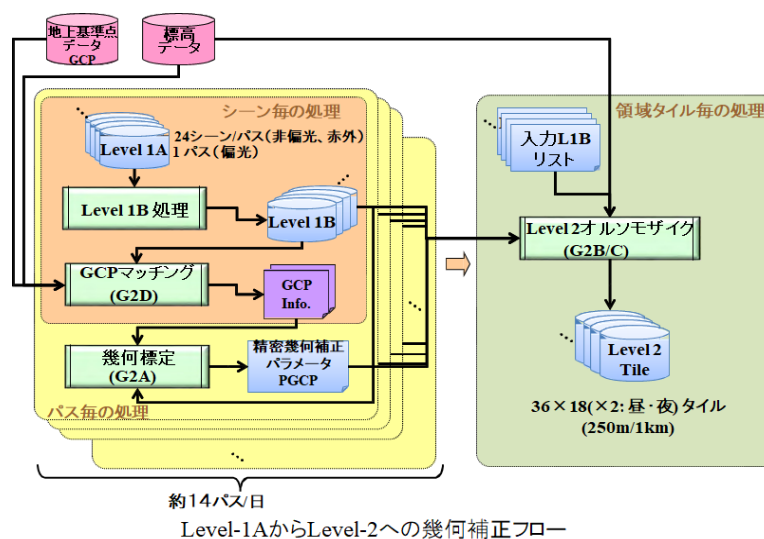


図 4-20 精密幾何補正済み大気上端放射輝度アルゴリズム全体処理フロー

4.3.1.2 陸域大気補正アルゴリズム

(1) プロダクト定義

大気中の気体分子やエアロゾル粒子による光の散乱・吸収の効果を取り除き、地表面相当の反射率に補正したものであり、8日・月データでは方向性の補正を行う。

(2) アルゴリズムの概要

日照域の大気上端輝度(反射率)データを入力にして、大気分子やエアロゾルを補正し、地表面反射率を出力する。複数の日のタイルデータを入力とすることで、地表面の BRDF を考慮して処理対象日の衛星太陽幾何条件における反射率を出力する。

4.3.1.3 植生指数アルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトは正規化植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)・拡張植生指数(EVI: Enhanced Vegetation Index)・カゲ指数(SDI: ShaDow Index)から成る。NDVI・EVIは植生の被覆や活性などを示す指数であり、SDIはスペクトル情報を用いた植生の陰影の割合を示す指数である。

(2) アルゴリズムの概要

NDVIは $(\text{近赤外} - \text{赤}) / (\text{近赤外} + \text{赤})$ という式によって計算され、値が大きくなるほど植生密度が大きくなる。EVIは $G \times (\text{近赤外} - \text{赤}) / (\text{近赤外} + C1 \times \text{赤} - C2 \times \text{青} + L)$ という式によって計算(G、C1、C2、Lは定数)され、NDVIと比べて植生が密な所での感度が良くなる。SDIは「植生の立体構造によって生じるカゲの割合(1画素内の面積占有率)」を、太陽光の入射角と短波長赤外の反射率から現場データに基づきカゲの割合を推定する。

4.3.1.4 葉面積指数・光合成有効放射吸収率アルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトは葉面積指数 (LAI: Leaf Area Index)・光合成有効放射吸収率 (FAPAR: Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation) から成る。LAI は地表の単位面積当たりのその上部の植物のすべての葉の片側の総面積 (m²/m²) であり、本プロダクトでは上層植生 (森林域では樹冠葉、非森林域では低木・草本等) の LAI を推定する。FAPAR は光合成によって吸収されるスペクトル領域 (光合成有効放射: 400-700nm の波長の光) における入射光のうち、樹冠 (樹木についている葉) が吸収した比率である。

(2) アルゴリズムの概要

① LAI、FAPAR と反射率 (NDVI) の関係算出 (土地被覆毎)

土地被覆項目毎に、3次元の放射伝達をシミュレートする FLIES を用いて LAI、FAPAR、地表面反射率と樹冠反射率の関係を示すルックアップテーブル (LUT) を、任意の太陽天頂角、衛星天頂角、相対方位角に対して作成する。この際、各土地被覆を代表する林分構造 (樹数、樹冠形状、樹冠高など)、個葉の反射率・透過率、土壌の反射率等を利用して現場データに合わせてチューニングを行っている。また、アルゴリズム上で RED/NIR の反射率を NDVI に変換している。

② 衛星直下方向の地表面反射率算出 (過去 8 日間で衛星天頂角最小時の値)

観測日を含む過去 8 日間の SGLI で観測されたデータから、衛星天頂角が最も小さい (地表面から見て衛星が最も高い) 日のデータを画素毎に算出する。

③ 二方向の NDVI (地表面反射率から算出) から LAI・FAPAR 推定

SGLI の特徴の一つである二方向観測を生かし、衛星直下方向の反射率 (VN08 と VN11) と斜め方向の反射率 (PI01 と PI02) を用いて LAI・FAPAR を推定する。

4.3.1.5 地上部バイオマスアルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトは地上部バイオマス (AGB: Above Ground Biomass)・植生ラフネス指数 (VRI: Vegetation Roughness Index) から成る。AGB は地上部の生物の量を乾燥重量で表したもの (t/ha) であり、VRI は多方向観測で得られる「観測方向による観測光の違い」から、植生の三次元構造の情報 (樹冠密度の空間的な不均一性分布) を抽出した指数である。

(2) アルゴリズムの概要

反射率データ (衛星直下方向と斜め方向) を入力として林冠の分光反射率と AGB の関係を示す LUT に基づいて AGB を出力する。衛星直下方向の反射率には赤と近赤外を用い、斜め方向の反射率には偏光鏡筒データ (赤と近赤外) を用いる。LUT 作成においては、二方向性反射率シミュレータ BiRS を用いる。BiRS に入力する森林構造モデルは、日陰のキャノピー、日向のキャノピー、樹木配置等の現地データを基に作成する。AGB は、既存の土地被覆分類プロダクトを用いて土地

被覆分類項目毎に算出する。

① AGB、VRI と反射率の関係算出(8 タイプの土地被覆に対して)

BiRS を用いて AGB、VRI、RED/NIR に対する分光反射率(nadir 方向と slant 方向)の関係を示す LUT を GlobCover データセットの土地被覆項目毎に、任意の太陽天頂角、衛星天頂角、相対方位角に対して作成し、アルゴリズム上で RED/NIR の反射率を NDVI に変換する。

② 二方向の NDVI(地表面反射率から算出)を用いて AGB・VRI 推定

衛星直下方向の反射率(VN08 と VN11)と斜め方向の反射率(PI01 と PI02)をそれぞれ NDVI に変換し、観測時の幾何条件に対応する、AGB・VRI・NDVI の関係を LUT から抜き出し、衛星データの NDVI と比較して一致度が高いものを求め、相当する AGB・VRI を推定値として出力する。

4.3.1.6 地表面温度アルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトは地表面温度(LST:Land Surface Temperature)および地表面射出率から成る。

(2) アルゴリズムの概要

幾何補正済み大気上端放射輝度データを入力にして、熱赤外 2 バンドにおける放射伝達式と Split-Window 法から準解析的な手法を用いて地表面温度と地表面射出率の同時推定を行う。これにより、地表面射出率の時間変動を考慮した地表面温度を得ることが出来る。処理高速化のための放射伝達コードを開発・実装する。

4.3.2 大気圏アルゴリズム

大気圏アルゴリズムはタイルデータを入力とし、大気上端放射輝度の全球プロダクトを作成する処理と大気圏の物理量に特化した計 4 種類の標準アルゴリズムがある。

4.3.2.1 全球大気上端放射輝度・晴天域合成アルゴリズム

(1) プロダクト定義

1 日分の観測データを用いて、大気上端放射輝度(LTOAF)及び雲除去済み大気上端放射輝度(LCLRF)の全球 EQA プロダクト(1/24deg)を作成する。

(2) アルゴリズムの概要

1 日分のレベル 1B(1km)プロダクトを入力にし、全球における大気上端放射輝度プロダクトを作成する。この出力プロダクトは雲フラグ及び雲特性アルゴリズムの入力となる。また、1 日分の大気上端放射輝度タイル(1km)プロダクト及び雲識別(1km)プロダクトを入力にし、全球における雲除去済み合成大気上端放射輝度を作成する。この出力プロダクトは非偏光/偏光エアロゾル特性アルゴリズムの入力となる。

4.3.2.2 雲フラグアルゴリズム

(1) プロダクト定義

画素内の雲の有無を表す雲フラグ、雲粒が水滴か氷晶かを表す雲相フラグから成る。両フラグは全球の昼/夜画素を対象にする。また、大気雲フラグはアルゴリズム下流に位置する雲特性/非偏光エアロゾル特性/偏光エアロゾル特性/大気上端輝度全球晴天域合成の各アルゴリズムの入力となる。

(2) アルゴリズムの概要

雲識別アルゴリズム CLAUDIA (Cloud and Aerosol Unbiased Decision Intellectual Algorithm) は大気上端輝度(反射率・輝度温度)及びそれらの差や比を使った閾値テストを複数実施してテスト毎に信頼度(0.0: 雲 ~ 1.0: 晴)を算出し、それらを合成して最終的な晴天信頼度を出す。任意の閾値テストが使えるため観測チャンネル構成に関して汎用性がある。また、一部欠測があっても 1 つ以上のテストが実施できれば晴天信頼度が算出可能なため、処理ロバスト性がある。雲相分類アルゴリズムについては赤外チャンネルの輝度温度情報を使って水雲か氷晶雲かを識別する。

4.3.2.3 雲特性アルゴリズム

(1) プロダクト定義

雲光学的厚さ・雲粒有効半径・雲頂温度/高度/気圧の雲特性パラメータ群に加えて、雲光学的厚さおよび雲頂気圧と形態学的な雲種の関係で定義された ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) 雲種から成る。雲粒有効半径は水雲のみ、その他は水/氷晶雲の両方を対象とする。また雲光学的厚さと雲粒有効半径は昼画素のみ、雲頂温度/高度/気圧と ISCCP 雲種は昼/夜画素の両方を対象とする。

(2) アルゴリズムの概要

雲特性アルゴリズムは GLI で使われた CAPCOM (Comprehensive Analysis Program for Cloud Optical Measurements) を SGLI 観測チャンネル特性に最適化し、氷晶雲特性推定と ISCCP 雲種分類の機能を追加している。また、放射伝達計算は LUT を用いて高速化を行い、SW4 (2.21 μm) の 1.6 μm 付近での帯域外応答も放射伝達計算で考慮している。

氷晶粒子散乱特性モデルは氷晶粒子の形状と散乱特性にボロノイ型粒子モデルを使用する。また、ISCCP 雲種分類は雲光学的厚さと雲頂気圧の関係性に従い分類する。

4.3.2.4 非偏光エアロゾル特性アルゴリズム

(1) プロダクト定義

海洋上エアロゾル特性は可視/近赤外反射率から推定したエアロゾルの光学的厚さ・オングストローム指数・エアロゾル種別から成る。また、陸上エアロゾル特性は近紫外反射率から推定したエアロゾルの光学的厚さ・オングストローム指数・単一散乱アルベドから成る。

(2) アルゴリズムの概要

エアロゾル光学モデルは海・陸で共通のモデルを使用し、スカイラジオメータ観測をもとに設定した。大粒子・小粒子モデルの形状・複素屈折率実部・粒径分布などは固定し、小粒子比率と複素屈折率(SSA に換算)は可変とする。リトリーバルに関しては、観測に合うエアロゾルパラメータを推定し、エアロゾル光学的厚さ・オンゲストローム指数・単一散乱アルベドを出力する。

4.3.2.5 偏光エアロゾル特性アルゴリズム

(1) プロダクト定義

偏光観測データを用いて推定した陸上エアロゾルの光学的厚さ・オンゲストローム指数・単一散乱アルベドから成る。

(2) アルゴリズムの概要

380nm 帯の非偏光観測(VN01)、670nm 帯と 870nm 帯の偏光観測(PL1、PL2)を使用して、陸域のエアロゾル光学的厚さ・オンゲストローム指数・単一散乱アルベドを推定する。事前に放射伝達計算によって整備した LUT を参照することにより推定処理の高速化を行う。

4.3.3 海洋圏アルゴリズム

海洋圏アルゴリズムはレベル 1B プロダクト(シーン)を入力とし、海洋圏の物理量に特化した計 3 種類の標準アルゴリズムがある。

4.3.3.1 海面水温アルゴリズム

(1) プロダクト定義

海面のバルク温度(雲検知を含む) [°C]を算出する。

(2) アルゴリズムの概要

海面水温は赤外放射伝達方程式を近似的に解く(実装では LUT を使用する)ことで推定する。雲域か否かは閾値テストとベイズ推定手法を組み合わせた手法を用いて、VN8 と SW2(日中のみ)、及び、T1、T2 の各データから推定する。得られた雲確率は SST の精度と統計的に相関があり、目的に応じたデータ利用を可能とする。

4.3.3.2 海色大気補正アルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトは正規化海水射出放射輝度(NWLR)・大気補正パラメータ(ACP)・光合成有効放射量(PAR)から成る。NWLR は海水から射出する放射輝度[W/m²/sr/μm]、ACP は大気散乱などの影響を推定するために用いるエアロゾルの光学的厚さ τ_a 、PARは植物プランクトンが潜在的に光合成へ利用できる波長 400–700nm の海面入射光量の 1 日あたりの積算 [Ein/m²/day]である。

(2) アルゴリズムの概要

NWLR は日照域のレベル 1B プロダクトを入力にし、大気分子やエアロゾル、サングリッタ、ホワイトキャップ、BRDF(双方向反射率分布関数)補正し、NWLR を出力する。ACP はエアロゾル反射率補正処理内で光学的厚さを推定する。PAR は NWLR と太陽光の海面への入射を、「大気分子+エアロゾル」と「雲+海表面」の 2 つの要素に簡略化することで、高速・安定的に推定する。

4.3.3.3 水中特性アルゴリズム

(1) プロダクト定義

プロダクトはクロロフィル a 濃度(CHLA)・懸濁物質濃度(TSM)・有色溶存有機物吸光係数(CDOM)から成る。CHLA は植物プランクトンの主要な光合成色素濃度の表層における濃度[mg/m^3]、TSM は水中表層の懸濁物質を単位水あたりの乾燥重量で表したもので、プランクトンなどの有機物と土壌などの無機物を合わせたもの[g/m^3]、CDOM は表層の水に溶解している有色溶存有機物による吸光係数[m^{-1}]である。

(2) アルゴリズムの概要

CHLA は青と緑のバンド間の比を用いてクロロフィル a 濃度を推定し、一定以下の濃度の場合にはバンド間の差を用いる方法に切り替えて推定を行う。TSM は経験的な手法から NWLR より推定を行う。CDOM は IOP モデルから CDOM と非藻類粒子(NAP)の吸光係数($a^{\text{CDOM+NAP}}$)を求め、経験的な手法から有色溶存有機物の吸光係数を推定する。

4.3.4 雪氷圏アルゴリズム

雪氷圏アルゴリズムはタイルデータを入力とし、雪氷圏の物理量に特化した計 2 種類の標準アルゴリズムがある。ただし、レベル 1B プロダクト(シーン)を入力とするオホーツク海海水分布プロダクトについては積雪海水分布アルゴリズムに含む。

4.3.4.1 積雪海水分布アルゴリズム

(1) プロダクト定義

地表面種別の反射特性の違いから、陸域雪氷域および海水域における雪氷を判別する積雪・海水分布プロダクト(SICE)と、日本近郊、オホーツク海域を対象とした雪氷を判別するオホーツク海水分布プロダクト(OKID)から成る。8 日・月データでは時間平均を行う。

(2) アルゴリズムの概要

観測された波長別反射率および輝度温度によって、正規化雪指数、単波長試験および 2 波長可変閾値試験を実施し、雲および地表面種別(積雪・海水・裸地など)の判別を行い、識別フラグを出力する。

- ① 正規化雪指数 NDSI(Normalized Difference Snow Index)を用いた閾値法による試験を実施し、雪氷域、非雪氷域、雲の判定を行う。

- ② 単波長反射率試験として可視・近赤外域の波長別反射率の閾値を用いた複数の試験を実施し、雲域の判別を行う。晴天域と判定された場合は、さらに地表面種別判定試験が実施され、対象となるピクセルがどのカテゴリに属しているのかを判定する。
- ③ 2波長可変閾値試験として、積雪は変質による粒径の変化に伴い反射率が変化するため、2波長(SW4 および SW3)の波長別反射率が、積雪粒径に伴ってどのように変化するかを雲の反射率も含めてあらかじめ計算し、LUTを作成する。作成したLUTから決定した閾値を用いた試験を実施し、積雪域・雲域を判定する。

4.3.4.2 雪面特性アルゴリズム

(1) プロダクト定義

陸域雪氷域および海氷域における雪面特性プロダクト(SIPR)として、晴天域雪氷面の浅層積雪粒径(SGSL)および雪氷面温度(SIST)が算出される。8日・月データでは時間平均を行う。

(2) アルゴリズムの概要

フォワード型放射伝達モデル・ニューラルネットワーク法・非線形最適推定法の3つのステップにより、雪面特性を推定する。積雪粒子の光学特性の推定において、粒子形状は非球形ポロノイ粒子を用い、前身のGLIアルゴリズムで用いられた球形や六角柱形と比較して、現実的な積雪粒子形状に近いと、精度よく散乱特性を推定可能である。このようなポロノイ粒子形状の光学特性を用いて、様々な粒径の場合の大気-積雪系の放射伝達計算を放射伝達モデル(DISORT)によって行い、積雪粒径と放射輝度の関係を得る。放射輝度から積雪粒径を推定するにあたってはニューラルネットワーク法で両者の関係を非線形関数として学習させ、非線形最適推定法を用いて、入力した放射輝度から浅層積雪粒径を推定する。また、雪氷面温度の表面温度推定にはスプリットウィンドウ法を用いる。雪面放射率の観測角依存性を考慮して、観測条件によってパラメータを変えることで雪氷面に特化し、精度よく温度を推定する。

4.3.5 統計処理アルゴリズム

1日分のレベル2データを入力として、分解能を変えずにタイル単位で8日・月毎に統計もしくはモザイクを行うレベル2統計処理と、空間統計範囲として全球であり、8日・月統計を行うレベル3統計処理がある。

4.3.5.1 レベル2 統計アルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル2 陸圏・雪氷圏タイルプロダクトの時間統計量プロダクトを作成する。

(2) アルゴリズムの概要

陸圏・雪氷圏のレベル2プロダクト(Daily, Tile, 250m or 1km 分解能)を入力とし、8日間あるいは1ヵ月間の統計量を算出し格納する。また、出力プロダクトの領域定義や空間分解能は入力デー

々に準ずる。格納統計量としては、平均値(AVE)、二乗平均平方根(RMS)、最大値(MAX)、最小値(MIN)、入力データ数(Ninput)、使用データ数(Nused)、観測日(Date)、品質フラグ(QA_flag)を算出する。

4.3.5.2 レベル 2 大気上端輝度モザイクアルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル 2 幾何補正済み大気上端放射輝度タイルプロダクトのモザイク(晴天域合成)プロダクトを作成する。

(2) アルゴリズムの概要

レベル 2 幾何補正済み大気上端放射輝度タイルプロダクト(Daily、Tile、250m 分解能)を入力とし、晴天域画素を選択基準にて選択し、8 日間あるいは 1 ヶ月間の晴天域モザイクデータを格納する。また、出力プロダクトの領域定義や空間分解能は入力データに準ずる。画素選択基準は NDVI 絶対値最大値合成法を用いる。これは一定処理期間内に $(|NDVI| - \alpha)$ が最大となる観測日の放射輝度を出力ファイルの各画素に格納する。 α はチューニングパラメータである。

4.3.5.3 レベル 2 BRDF 補正平均陸面反射率アルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル 2 大気補正済み陸域地表面反射率タイルプロダクトから BRDF(双方向反射)補正を行った直下しの反射率を格納する。

(2) アルゴリズムの概要

レベル 2 大気補正済み陸域地表面反射率タイルプロダクト(Daily、Tile、250m 分解能)を入力とし、複数日分を用いて、晴天域の地表面の BRDF 補正を行い、該当日の太陽角度条件における衛星直下視相当の反射率を作成し格納する。また、出力プロダクトの領域定義や空間分解能は入力データに準ずる。8 日間処理では 8 日間の最後の日を含めた過去約 24 日間、1 か月間処理ではその 1 か月間の地表面反射率データから BRDF モデルにフィッティングして係数を算出する。

4.3.5.4 レベル 3 空間 Binning アルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル 2 プロダクトの空間解像度を落として全球の 1 日統計量をとったレベル 3 プロダクトを作成する。

(2) アルゴリズムの概要

全球のレベル 2 プロダクト(Daily、Tile-250m/1km[陸圏・雪氷圏]、Scene-1 km[海洋圏]、全球 Bin-1/24 度[大気圏])を入力とし、空間解像度 1/24 度(陸圏・雪氷圏・海洋圏)あるいは 1/12 度(大気圏)の格子間隔で統計量を算出し格納する。格納統計量としては、平均値(AVE)、二乗平均平

方根(RMS)、最大値(MAX)、最小値(MIN)、入力データ数(Ninput)、使用データ数(Nused)、観測日(Date)、品質フラグ(QA_flag)を算出する。

4.3.5.5 レベル 3 時間 Binning アルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル 3 空間 Binning プロダクトの時間解像度を落として 8 日・月統計量をとったレベル 3 プロダクトを作成する。

(2) アルゴリズムの概要

全圏のレベル 3 空間統計プロダクト(Daily、全球 Bin-1/24deg[陸圏・雪氷圏・海洋圏]、全球 Bin-1/12deg[大気圏])を入力とし、8 日間あるいは 1 ヶ月間の統計量を算出し格納する。格納統計量としては、平均値(AVE)、二乗平均平方根(RMS)、最大値(MAX)、最小値(MIN)、入力データ数(Ninput)、使用データ数(Nused)、観測日(Date)、品質フラグ(QA_flag)を算出する。

4.3.5.6 レベル 3Map アルゴリズム

(1) プロダクト定義

レベル 3 空間/時間 Binning プロダクト地図投影したレベル 3 プロダクトを作成する。

(2) アルゴリズムの概要

全圏のレベル 3 空間/時間統計プロダクト(全球 Bin-1/24deg[陸圏・雪氷圏・海洋圏]、全球 Bin-1/12deg[大気圏])を入力として、統計量を等緯度経度(雪氷のみ追加で極投影)に地図投影し格納する。格納統計量としては、平均値(AVE)、品質フラグ(QA_flag)を算出する。

4.4 プロダクトフォーマット

SGLI レベル 1 及び高次プロダクトフォーマットの詳細については、G-Portal より取得可能である。

■ SGLI レベル 1 プロダクトフォーマット説明書

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-C/SGLI_Level1_Product_Format_Description_B_jp.pdf

■ SGLI 高次プロダクトフォーマット説明書

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-C/SGLI_Higher_Level_Product_Format_Description_B_jp.pdf

4.5 校正・検証

GCOM-C 校正・検証では、打上げ前の地上試験、センサモデルの構築、打上げ後の軌道上校正における評価、算定された地球物理量の精度検証、精度評価結果の公開等の一連の校正検証活動を通じて GCOM-C/SGLI 標準プロダクトの品質と信頼性を保証する。図 4-21 に校正検証計画の概要を示す。

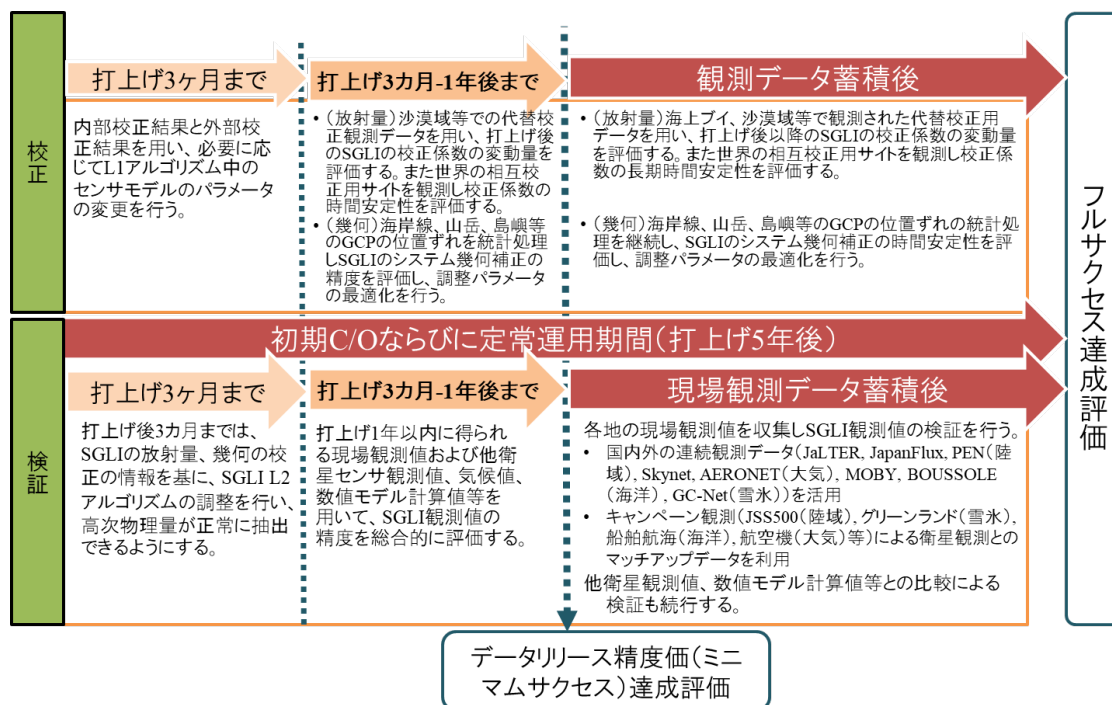


図 4-21 SGLI 校正検証計画概要図

4.5.1 校正

4.5.1.1 校正項目

打上げ前からの各フェーズにおける計画を以下に示す。

(1) センサ性能評価フェーズ(～打上げ)

校正に関係するセンサ特性を特定し、地上試験や解析を行い、必要に応じて補正方法を検討する。この検討結果から、必要に応じて、輝度変換・幾何変換を行うためのセンサモデルの係数決定等を行い、打上げ前の初期値として、レベル 1 処理アルゴリズムに入力する。

(2) 初期チェックアウトフェーズ(打上げ～打上げ+3M)

太陽光拡散板や内部光源、黒体などの軌道上校正データや初画像を取得し、衛星・センサの各種機能(地球観測・校正機能等)の健全性の評価を実施する。また、マヌーバ観測機能により、月校正や拡散板のβ角依存性評価用データを取得する。幾何校正に関しては GCP 評価を開始し、初期校正検証フェーズの早い段階での幾何精度の安定化を行う。

(3) 初期校正検証フェーズ(打上げ+3M～打上げ+12M)

定期的に太陽光校正、内部光源校正、深宇宙校正、月校正、電気校正、GCP 評価等を実施し、センサ性能の定常的な確認とトレンド評価を実施する。また、軌道上校正に加えて、画質評価、代替校正、相互校正を実施し、プロダクト作成に必要なセンサ特性の推定を行う。レベル 1 プロダクトのデータリリースに向けて、これらの校正結果をアルゴリズムに反映させる。

(4) 定常評価フェーズ(打上げ+12M~)

軌道上校正を定常的に評価し、必要に応じて校正結果をアルゴリズムに反映させることで継続的にプロダクト精度を保証する。特にセンサ感度の時間変動については太陽光校正の β 角の効果や月校正における月齢等の効果の詳細な解析や代替校正を組み合わせる。

4.5.2 検証

4.5.2.1 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の比較により行う。SGLI 高次プロダクトの精度評価はミッションフェーズ毎に定められた目標精度を、現場データや他衛星観測値、数値モデルによる計算値等との比較を通して評価を実施する。

各高次プロダクトのフェーズ毎における目標精度と検証方法については以下の URL にて公開している。

https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/validation_j.html

また、校正・検証作業の効率化のため、準リアルタイムで地上観測データの取得が可能なものについては、データ取得から SGLI 観測値・物理量とのマッチアップ解析までの一連の処理を自動化する校正検証モニタシステムを構築している。

第5章 データ提供

GCOM-C/SGLI プロダクト提供は、原則として G-Portal (地球観測衛星データ提供システム：<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>)により提供行う。G-Portal とは JAXA にて処理・提供される全ての地球観測衛星データを提供するポータルシステムであり、GCOM-C/SGLI も本システムから標準プロダクト及び準リアルタイムプロダクトを利用ユーザに向け、インターネット経由で提供する。なお、GCOM-C/SGLI プロダクトのデータ検索及び注文などの詳細については、G-Portal 地球観測衛星データ提供システムユーザマニュアルを参照されたい。

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/COMMON/upload/GPortalUserManual_ja.pdf

5.1 プロダクト提供方針

GCOM-C プロダクトについて、5.1.1 に示すユーザに対してプロダクトを公開する。GCOM-C のデータの権利やデータ利用条件等の詳細は、資料「GCOM-C データ配布方針」を参照されたい。

5.1.1 ユーザ区分

ユーザは、以下のとおり、機関ユーザもしくは一般ユーザに区分される。ユーザに提供されるデータの区分を表 5-1 に示す。

(1) 機関ユーザ

JAXA と JAXA が自ら行う衛星、搭載センサ及びプロダクトの校正検証、気候変動メカニズム研究への貢献や、研究公募 (RA) で採択された科学研究等を行う協力機関、研究者及び、気象予報や気候モデルを所有する現業機関、漁海況情報提供、海路情報管理等、データを用いて利用実証を行う機関。

(2) 一般ユーザ

上記以外の一般利用者。

表 5-1 GCOM-C/SGLI 提供プロダクト

	レベル 1A プロダクト	レベル 1B プロダクト	レベル 2 プロダクト	レベル 3 プロダクト
機関ユーザ	標準	標準/準リアル	標準/準リアル	標準
一般ユーザ (※)	標準	標準	標準	標準

(※) ユーザからの申込書を受けて JAXA が「特別ユーザ」として審査後承認することで、準リアルタイムプロダクトの利用も可能

5.1.2 プロダクト提供方法

G-Portal ではユーザが最新データを即時に取得するためのストレージ領域を持つ。即時ストレージにおける保存領域と保存期間を表 5-2 に示す。保存期間についてはプロダクト毎に変更される

可能性がある。また、準リアルタイムプロダクトのアクセス権限は表 5-1 に示すとおりである。この期間外のプロダクトについては世代管理の範囲内で、注文により取得できる。また、切り出し・フォーマット変換等の加工処理プロダクトの提供も G-Portal 経由にて実施する。

表 5-2 G-Portal プロダクト保存領域・期間(即時ストレージ)

プロダクト		G-Portal 保存領域	保存期間
標準レベル 1A		即時ダウンロード用	全期間
標準レベル 1B			全期間
標準レベル 2	シーン		全期間*1
	タイル		全期間
	全球		全期間
標準レベル 3			全期間
準リアルレベル 1B		準リアル用	7 日間
準リアルレベル 2			7 日間

(*1)OKID のみ 1 か月間(31 日間)

5.1.3 処理バージョン

GCOM-C アルゴリズムの維持を継続するとともに、SGLI 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。公開開始時における処理アルゴリズムは、バージョン 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のためのメジャーバージョンアップを行うことをベースラインとする。

バージョンアップ等に伴う再処理実施時においては、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がある。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(世代管理は 5.1.4 を参照)為、データ取得・参照時に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)に付与されたアルゴリズムバージョン、パラメータバージョンにより各々の識別が可能である。グラニューール ID については表 4-3、表 4-10、表 4-11 を参照されたい。

5.1.4 プロダクト世代管理

G-Portal における GCOM-C プロダクトは最新世代の 1 世代管理が基本となる。ただし、GCOM-C では一定期間毎に遡りながら再処理を実施する計画であり、再処理実施中においては段階的に 2 世代が混在する期間が存在する。

5.1.5 利用規約

G-Portal のデータ提供ポリシーおよび個人情報の取り扱いの詳細については JAXA のサイトポリシー(http://www.jaxa.jp/policy_j.html)を参照されたい。

付録1 略語表

略語	:	英訳
	:	和訳
ALOS	:	Advanced Land Observing Satellite
	:	陸域観測技術衛星
AMSR2	:	Advanced Microwave Scanning Radiometer 2
	:	高性能マイクロ波放射計 2
ADEOS	:	ADvanced Earth Observing Satellite
	:	地球観測プラットフォーム技術衛星
ADEOS- II	:	ADvanced Earth Observing Satellite - II
	:	環境観測技術衛星
AOCS	:	Attitude and Orbit Control Subsystem
	:	姿勢軌道制御系
APID	:	Application Process IDentifier
	:	アプリケーションプロセス ID
ASD	:	APIDSorted Data
	:	APID 分離済みデータ
ASP	:	Analog Signal Processor
	:	アナログ信号処理部
AT	:	Along Track
	:	アロングトラック
ATBD	:	Algorithm Theoretical Basis Documents
	:	アルゴリズム基準書
AVNIR-2	:	Advarced Visible Near Infrared Radiometer 2
	:	高性能可視近赤外放射計 2 型
BiRS	:	Bi-directional Reflectance Simulator
	:	二方向性反射率シミュレータ
BRDF	:	Bidirectional Reflectance Distribution Function
	:	双方向反射率分布関数
CAPCOM	:	Comprehensive Analysis Program for Cloud Optical Measurements
	:	-
CCD	:	Charge Coupled Device
	:	電荷結合素子
CCE	:	Cooler Control Electronics
	:	冷却系制御部

CDA	:	Cooler Dewar Assembly
	:	クーラ・デュワアッセンブリ
CLAUDIA	:	CLoud and Aerosol Unbiased Decision Intellectual Algorithm
	:	-
CT	:	Cross Track
	:	クロストラック
DEM	:	Digital Elevation Model
	:	数値標高モデル
DISORT	:	DIScrete Ordinate Radiative Transfer
	:	-
DM	:	Deployment Monitor subsystem
	:	モニタカメラ系
DSNU	:	Dark Signal Non-Uniformity
	:	暗信号不均一性
DSP	:	Digital Signal Processor
	:	デジタル信号処理部
EearthCARE/CPR	:	Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer/Cloud Profiling Radar
	:	雲エアロゾル放射ミッション/雲プロファイリングレーダ
ELU	:	ELectronic Unit
	:	電気系ユニット
EORC	:	Earth Observation Research Center
	:	JAXA 地球観測研究センター
EPS	:	Electrical Power Subsystem
	:	電源系
EQA	:	sinusoidal EQual Area
	:	正弦曲線
EQR	:	EQuiRectangular
	:	等緯度経度
ESA	:	Earth Sensor Assembly
	:	地球センサ
EVI	:	Enhanced Vegetation Index
	:	拡張植生指標
FAPAR	:	Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
	:	光合成有効放射吸収率
FFT	:	Fast Fourier Transform
	:	高速フーリエ変換

FLIES	:	Forest Light Environmental Simulator
	:	三次元植生放射伝達モデル
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
GCP	:	Ground Control Point
	:	地上基準点
GEOSS	:	Global Earth Observation System of Systems
	:	全球地球観測システム
GLI	:	GLobal Imager
	:	グローバルイメージャ
GN	:	Ground Network system
	:	地上ネットワークシステム
GOSAT	:	Greenhouse gases Observing SATellite
	:	温室効果ガス観測技術衛星
GOSAT-2	:	Greenhouse gases Observing SATellite-2
	:	温室効果ガス観測技術衛星 2 号
GPM/DPR	:	Global Precipitation Measurement/Dual-frequency Precipitation Radar
	:	全球降水観測計画/二周波降水レーダ
G-Portal	:	Globe Portal system
	:	地球観測衛星データ提供システム
GPS	:	Global Positioning System
	:	全地球測位システム
GPSR	:	GPS Receiver
	:	GPS 受信機
GTS	:	Global Telecommunication System
	:	全球気象通信組織
HCE	:	Heater Control Electronics
	:	ヒータ制御部
HDF	:	Hierarchcal Data Format
	:	階層型データフォーマット
HK	:	House Keeping
	:	衛星の状態監視(ハウスキーピング)

HPLC	:	High Performance Liquid Chromatography
	:	高速液体クロマトグラフィー
IFOV	:	Instantaneous Field Of View
	:	瞬時視野角
IOP	:	Inherent Optical Properties
	:	固有光学特性
IPCC	:	Intergovernmental Panel on Climate Change
	:	国連気候変動に関する政府間パネル
IRS	:	InfraRed Scanning radiometer
	:	赤外走査放射計
IRS-ELU	:	IRS Electronic Unit
	:	IRS 電気系ユニット
IRS-SRU	:	IRS Scanning Radiometer Unit
	:	IRS 光学系ユニット
ISCCP	:	International Satellite Cloud Climatology Project
	:	国際衛星雲気候計画
I-ASP	:	IRS Analog Signal Processor
	:	IRS アナログ信号処理部
I-DSP	:	IRS Digital Signal Processor
	:	IRS デジタル信号処理部
JAXA	:	Japan Aerospace Exploration Agency
	:	宇宙航空研究開発機構
KSAT	:	Kongsberg Satellite Services AS
	:	コングスバーク・サテライト・サービス
LAI	:	Leaf Area Index
	:	葉面積指数
LED	:	Light Emitting Diode
	:	発光ダイオード
LST	:	Land Surface Temperature
	:	地表面温度
LUT	:	Look-Up Table
	:	ルックアップテーブル
MDHS	:	Mission Data Handling Subsystem
	:	ミッションデータ処理系
MDR	:	Mission Data Recorder
	:	ミッションデータレコーダ

MLI	:	Multi Layer Insulation
	:	多層断熱材
MODIS	:	MODerate resolution Imaging Spectrometer
	:	中分解能撮像分光放射計
NAP	:	Non-algae particles
	:	非藻類粒子
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration
	:	アメリカ航空宇宙局
NASA/GSFC	:	NASA Goddard Space Flight Center
	:	アメリカ航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター
NDBC	:	National Data Buoy Center
	:	米国国立データバイセンター
NDSI	:	Normalized Difference Snow Index
	:	正規化雪指数
NDVI	:	Normalized Difference Vegetation Index
	:	正規化植生指数
NIR	:	Near InfraRed
	:	近赤外領域
NP	:	Non Polarized
	:	非偏光
NP-ASP	:	Non Polarized Analog Signal Processor
	:	非偏光系アナログ信号処理部
OB	:	Optical Black
	:	暗時部
OCTS	:	Ocean Color Temperature Scanner
	:	海水海温走査放射計
PCD	:	Payload Correction Data
	:	ペイロード校正用データ
PD	:	Photo Diode
	:	フォトダイオード
PDL	:	Solar Array Paddle Subsystem
	:	太陽電池パドル系
PGCP	:	Precise Geometric Correction Parameter
	:	精密幾何補正パラメータ
PL	:	PoLarized
	:	偏光

PL-ASP	:	PoLarized Analog Signal Processor
	:	偏光系アナログ信号処理部
POL	:	POLarization
	:	偏光
PS	:	Polar Stereographic
	:	ポーラステレオ
RA	:	Research Announcement
	:	研究公募
RCS	:	Reaction Control Subsystem
	:	推進系
RMS	:	Root Mean Square
	:	二乗平均平方根
SDI	:	ShaDow Index
	:	カゲ指数
SGLI	:	Second-generation Global Imager
	:	多波長光学放射計
SMCU	:	Scan Motor Control Unit
	:	走査系制御部
SNR	:	Signal to Noise Ratio
	:	信号対雑音比
SRU	:	Scanning Radiometer Unit
	:	光学系ユニット
SSA	:	Single Scattering Albedo
	:	単一散乱アルベド
SST	:	Sea Surface Temperature
	:	海面水温
STR	:	Structure Subsystem
	:	構体系
STT	:	Star Tracker
	:	恒星センサ
SWIR	:	Short Wave InfraRed
	:	短波長赤外
S-ANT	:	S-band ANTenna
	:	Sバンドアンテナ
TAI	:	International Atomic Time
	:	国際原子時

TCS	:	Thermal Control Subsystem
	:	熱制御系
TIR	:	Thermal InfraRed
	:	熱赤外
TT&C	:	Telemetry, Tracking and Command Subsystem
	:	テレメトリ・コマンド系
UT	:	Universal Time
	:	世界時
UTC	:	Coordinated Universal Time
	:	協定世界時
VNR	:	Visible and Near Infrared Radiometer
	:	近赤外放射計
VNR-ELU	:	VNR Electronic Unit
	:	VNR 電気系ユニット
VNR-SRU	:	VNR Scanning Radiometer Unit
	:	VNR 光学系ユニット
VRI	:	Vegetation Roughness Index
	:	植生ラフネス指数
V-DSP	:	VNR Digital Signal Processor
	:	VNR デジタル信号処理部
WGS84	:	World Geodetic System 1984
	:	世界測地系 1984
X-ANT	:	X-band ANTenna
	:	Xバンドアンテナ

付録 2 関連情報

付録 2.1 参考文献

- (1) GCOM-C 気候変動観測衛星(概要説明書)
- (2) SGLI レベル 1 プロダクトフォーマット説明書
- (3) SGLI 高次プロダクトフォーマット説明書
- (4) SGLI アルゴリズム基準書
- (5) SGLI レベル 1 処理実装アルゴリズム説明書
- (6) SGLI 高次処理アルゴリズム基準書
- (7) SGLI ユーザツール取扱説明書
- (8) G-Portal 地球観測衛星データ提供システムユーザマニュアル
- (9) GCOM-C データ配布方針
- (10) SGLI プロダクト I/O ツールキット取扱説明書
- (11) SGLI センサ特性ガイド

付録 2.2 関連ホームページ

■ JAXA サイト

- (12) JAXA ホームページ

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

- (13) しきさいポータル

https://shikisai.jaxa.jp/index_j.html

- (14) 宇宙利用ミッション本部/人工衛星プロジェクト/しきさい(GCOM-C) ページ

http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gcom_c1/

- (15) JAXA プロジェクト 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) ページ

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

- (16) GCOM-C/EORC

https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/index_j.html

- (17) G-Portal

<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>

■ 海外サイト

(18) HDF ホームページ

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

付録 2.3 問合せ先

◆データ提供及びデータ利用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

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

地球観測衛星データ提供システム(G-Portal) サポートデスク

E-mail: z-gportal-support[*]ml.jaxa.jp

注) [*]は@に置き換えて下さい。