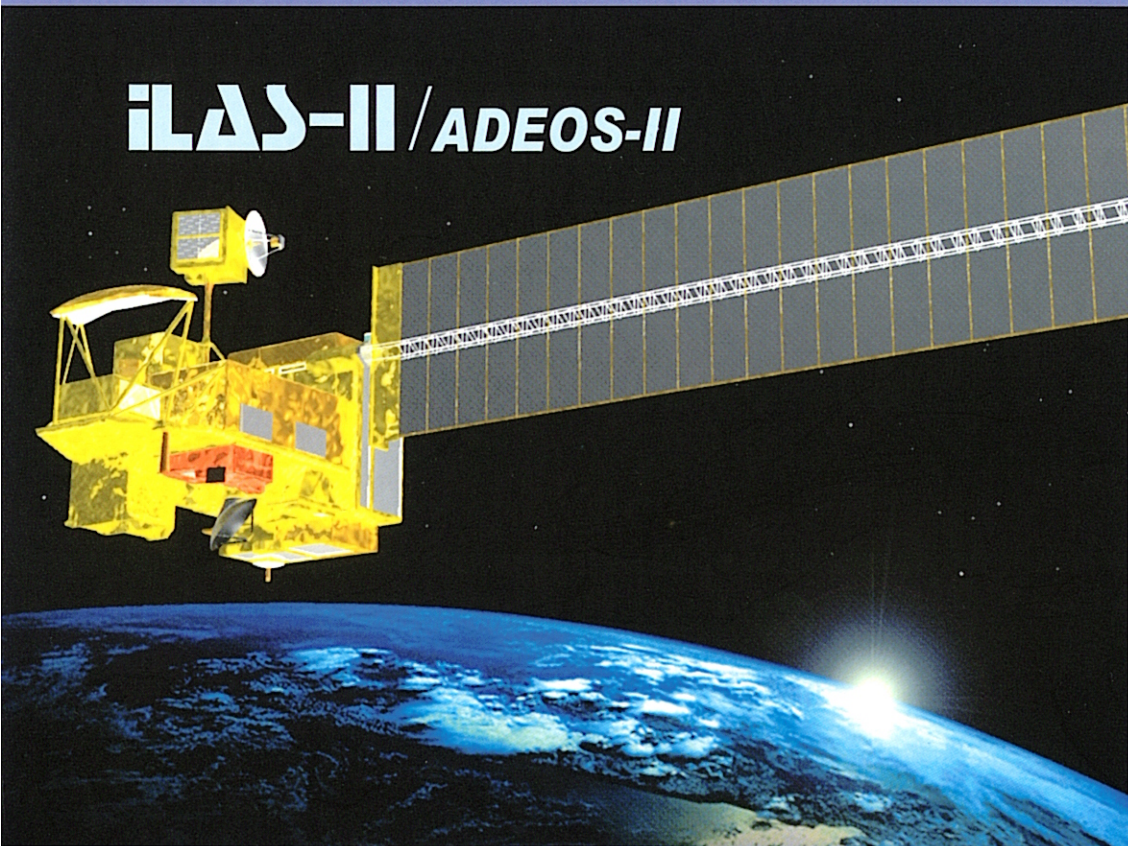


ILAS-II プロジェクト レファレンスブック

改良型大気周縁赤外分光計II型
Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II

iLAS-II / ADEOS-II



衛星観測プロジェクト

横田達也 編

Edited by
Tatsuya Yokota

ILAS-II Project

平成13年2月
February, 2001



国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

< はじめに >

1980年代に、全世界的な地球環境への取り組みの必要性が唱えられるようになった中で、オゾン層の破壊、地球温暖化（気候変動）、熱帯林の減少や砂漠化、野生生物種の減少などが、重大かつ緊急な問題として認識されるようになった。特に1985年と1987年に、WMO（世界気象機関）、ICSU（国際学術連合会議）およびUNEPから「地球温暖化にともなう地球の気候変動とそれによる深刻な社会への影響」が発表され、また1985年に、米国の人工衛星によって観測された「南極の成層圏に出現するオゾンホール」の存在が公表されたことで、地球規模の環境問題が広く一般の人々に問題提起されるようになり、地球環境問題に対する意識は急速に高まった。オゾン層の破壊に関しては、1985年に「オゾン層保護のためのウィーン条約」が採択された。そこでは、締約国が『研究及び組織的観測等に協力すること（第3条）』と定められており、環境庁（現在の環境省）では衛星搭載センサILASの開発を行った。これを受けて、国立環境研究所ではデータ処理解析と科学的なデータ利用研究を進めてきた。また、1987年には「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択され、フロンなどのオゾン層破壊物質の使用が国際的に規制され、世界各国はオゾン層破壊問題に対して前向きに取り組んできた。現在はその効果が現れてきているかどうか、あるいは地球温暖化の影響によって予測よりも回復が遅れるかが、オゾン層研究の課題の一つとなっている。オゾン層回復の有無の予測は、二酸化炭素や水蒸気などの時間的・空間的なトレンドが複雑に絡み合っているために極めて難しい。そこで衛星などの観測による実証が求められている。

環境庁（現在の環境省）では、1996年8月に打ち上げられた宇宙開発事業団の地球観測プラットフォーム技術衛星「ADEOS（“みどり”）」に改良型大気周縁赤外分光計「ILAS」を搭載し、極域オゾン層の観測を行った。さらに、ILASの後継機として、改良型大気周縁赤外分光計II型「ILAS-II」を開発した。ILAS-IIは、2002年に打ち上げが予定されている宇宙開発事業団の環境観測技術衛星「ADEOS-II」に搭載され、極域のオゾン層の状況と変動を正確にモニタリングするとともに、オゾン層破壊や地球温暖化に関連する微量気体やエアロゾル等の有効なデータを取得することを目的としている。

本書は、ILAS-IIによる観測の意義や手法、その測定データの利用・研究、ILAS-IIの開発経緯、開発体制、諸元等についてとりまとめ、ILAS-IIプロジェクト全般に関するガイドブック（レファレンス）として、プロジェクト関係者および一般に広く紹介することを目的として制作した。各章の構成、および内容は以下の通りである。

第1章「ILAS-II観測の背景」では、ILAS-IIによる観測の必要性を導く背景として、オゾン層保護に係る全世界的な動向、オゾン層破壊の現状や原理を概説するとともに、ILAS-IIの前哨機であるILASによる大気微量成分の観測成果を紹介した。

第 2 章「ILAS-IIプロジェクト」では、ILAS-IIプロジェクトの全体像を把握するために、プロジェクトの目的、推進体制等を概説した。

第 3 章「ILAS-II」では、ILAS-IIによる観測の特徴や原理、センサの構造や主要な諸元、および観測データの処理・解析に関する基本的なアルゴリズムについて記述した。

第 4 章「ILAS-II検証実験」では、打ち上げ後に実施される、ILAS-IIデータ検証実験の実施目的、体制、および計画等について概説した。

第 5 章「ILAS-IIデータの処理および提供」では、ILAS-IIデータ処理運用施設の設備構成や主要な機能を紹介するとともに、同施設より行われるユーザへのILAS-IIデータ提供サービスについて基本的な情報を記述した。なおILAS-IIデータ入手方法の詳細は、国立環境研究所が別途準備する「ILAS-IIユーザーズハンドブック」を参照されたい。

第 6 章「ILAS-IIデータによるオゾン層の監視・研究」では、オゾン層監視におけるILAS-IIデータ利用および現時点で提案されているILAS-IIデータによる研究の概略を紹介した。

第 7 章「ADEOS-IIの概要」では、ILAS-IIが搭載されるADEOS-II、およびILAS-II以外のセンサの主要諸元を紹介するとともに、ADEOS-IIデータを扱う地上設備を構成する設備／機関が担っている役割等について記述した。さらに、ILAS-IIデータを利用する際の参考情報として、ADEOS-IIの軌道、姿勢制御、運用についての基本的な情報を記述した。

また、付録として、ILAS-IIと同様に地球大気の観測を行う世界各国のセンサについて、諸元や運用スケジュールをとりまとめた資料集を参考情報として添付するとともに、本書で使用している用語の解説、および略語集を添付した。

最後に、ILAS-IIプロジェクトの推進にあたっては、宇宙開発事業団、松下技研株式会社（現在は、担当部署が松下電器産業株式会社に移行）、富士通エフ・アイ・ピー株式会社、日本アイ・ビー・エム株式会社、財団法人日本気象協会をはじめとする、多くの機関・会社、および国内外の多くの大学・研究機関の研究者のご支援を頂いている。ここに御礼申し上げますとともに、今後とも一層のご指導・ご鞭撻をお願いする次第である。

平成13年2月

横田 達也

国立環境研究所

衛星観測プロジェクト

ILAS-II プロジェクトレファレンスブック

目 次

第1章 ILAS-II 観測の背景	1
1.1 オゾン層.....	2
1.1.1 オゾン層の役割.....	2
1.1.2 オゾン層の破壊.....	3
1.1.3 オゾン層破壊のメカニズム.....	7
1.1.4 オゾン層の保護.....	8
1.2 ILAS 観測の成果および ILAS-II への継承.....	14
1.2.1 ILAS 観測の成果.....	14
1.2.2 ILAS-II への継承.....	21
第2章 ILAS-II プロジェクト	23
2.1 ILAS-II プロジェクトの目的.....	23
2.2 ILAS-II プロジェクトの推進体制.....	24
2.2.1 環境省と国立環境研究所の役割.....	24
2.2.2 プロジェクト組織体制.....	24
2.2.3 サイエンスチーム等による研究協力体制.....	26
2.2.4 ILAS-II ハードウェアの開発体制.....	31
2.2.5 ILAS-II データ処理運用施設の開発体制.....	31
2.2.6 ILAS-II プロジェクトに係る文書の体系.....	32
第3章 ILAS-II	35
3.1 ILAS-II による観測の特徴.....	35
3.2 ILAS-II のハードウェア.....	41
3.3 ILAS-II の開発経緯.....	52
第4章 ILAS-II 検証実験	59
4.1 検証実験の目的.....	59
4.2 検証実験計画の策定および検証実験チーム.....	60
4.3 検証データ取得の条件および考え方.....	60
4.4 ILAS-II 検証実験の区分.....	61
4.5 ILAS 検証実験の概要.....	61
4.6 検証実験計画の概要.....	64
4.7 検証実験に使用される主な観測機器.....	70
4.8 検証実験に係る協定等.....	76
4.9 CMDB.....	77

第5章 ILAS-II データの処理および提供	79
5.1 ILAS-II データ処理運用施設 (ILAS-II DHF)	79
5.2 データプロダクト	84
5.3 ILAS-II 観測データの処理・解析.....	85
5.3.1 処理・解析の概要	85
5.3.2 ILAS と ILAS-II のデータ処理の違い.....	87
5.3.3 レベル0 → 1 処理.....	87
5.3.4 レベル1 → 2 処理.....	89
5.3.5 解析データの評価.....	94
5.3.6 データ精度	95
5.4 ILAS-II データの提供	96
5.4.1 ユーザ区分	96
5.4.2 検証ステージ	97
5.4.3 ユーザが利用可能なデータ	97
5.4.4 データの検索・注文および提供	98
5.5 ILAS-II データ処理運用施設の開発経緯	99
第6章 ILAS-II データによるオゾン層の監視・研究	101
6.1 ILAS-II データを用いたオゾン層の監視	101
6.2 ILAS-II データを用いた研究計画.....	102
第7章 ADEOS-II の概要	105
7.1 ADEOS-II ミッションの概要	106
7.2 ADEOS-II 本体.....	107
7.3 ADEOS-II ミッション機器	110
7.3.1 高性能マイクロ波放射計 (AMSR)	111
7.3.2 グローバルイメージャ (GLI)	113
7.3.3 海上風観測装置 (SeaWinds)	115
7.3.4 地表反射光観測装置 (POLDER)	116
7.3.5 データ収集システム (DCS)	117
7.3.6 技術データ取得装置 (TEDA)	118
7.3.7 パドル動特性システム (DMS)	118
7.3.8 視覚モニタシステム (VMS)	118
7.4 ADEOS-II バス機器.....	119
7.4.1 通信及びデータ処理系 (C&DH)	119
7.4.2 軌道間通信系 (IOCS)	119
7.4.3 ミッションデータ処理系 (MDP)	119
7.4.4 直接伝送系 (DT)	120
7.4.5 電源系 (EPS)	120
7.4.6 パドル系 (PDL)	120
7.4.7 姿勢軌道制御系 (AOCS)	121
7.4.8 推進系 (RCS)	121
7.4.9 局地ユーザ送信系 (DTL)	121
7.5 ADEOS-II 地上設備.....	122

7.6 ADEOS-II の打ち上げと観測軌道・姿勢.....	124
7.6.1 ADEOS-II の観測軌道.....	125
7.7 データ中継衛星.....	127
7.8 ADEOS-II データの利用方法.....	128
第8章 ILAS-II 後継機計画.....	129
8.1 観測の特徴.....	129
8.2 SOFIS の主要諸元.....	131
8.3 SOFIS プロジェクトの現状と今後.....	132
付録-1 各国の大気観測センサ	
付録-2 参考・引用文献	
付録-3 用語集・解説	
付録-4 略語集	

図表一覧

【図】

図 1.1-1	オゾンと気温の標準的な高度分布	2
図 1.1-2	成層圏に存在する塩素の主要発生源	3
図 1.1-3	南極付近におけるオゾン全量月平均の経年変化 (10月)	4
図 1.1-4	オゾンホール の 3 要素の経年変化.....	5
図 1.1-5	北極付近におけるオゾン全量月平均の経年変化 (3月)	5
図 1.1-6	TOMS データによるオゾン全量トレンドの全球分布 (1979~1999年)	6
図 1.1-7	オゾン層保護法に盛り込まれている事項.....	9
図 1.1-8	北半球中緯度 (北海道) および南半球 (南極昭和基地) における特定フロン等ハロ カーボン類の大気中平均濃度の経年変化	13
図 1.2-1	大気微量成分の高度-経度断面.....	15
図 1.2-2	オゾン濃度変化率の変化と積分されたオゾン減少量 (混合比)	16
図 1.2-3	ILAS 780 nm 消散係数の NAT 飽和温度と気温との差に対する散布図	17
図 1.2-4	北極極渦内で ILAS によって得られた $\text{HNO}_3\text{-N}_2\text{O}$ 相関図.....	19
図 1.2-5	HNO_3 の減少率に対する空気塊が経験した最低気温と T_{ICE} の差のプロット	19
図 2.2-1	ILAS-II プロジェクトの推進体制	25
図 2.2-2	ILAS-II の開発体制	31
図 2.2-3	ILAS-II データ処理運用施設の開発体制.....	32
図 2.2-4	ILAS-II/ADEOS-II に関する文書の体系.....	33
図 3.1-1	ILAS-II の外観 (左) と内部構造 (右)	35
図 3.1-2	ILAS-II の観測原理.....	36
図 3.1-3	ILAS-II の観測位置 (緯度) の経時変化.....	37
図 3.1-4	ILAS-II の測定地点 (北半球概算値)	38
図 3.1-5	ILAS-II の測定地点 (南半球概算値)	38
図 3.1-6(a)	ILAS-II Ch.1 の理論透過率.....	39
図 3.1-6(b)	ILAS-II Ch.2 の理論透過率	39
図 3.1-6(c)	ILAS-II Ch.3 の理論透過率.....	39
図 3.1-6(d)	ILAS-II Ch.4 の理論透過率	39
図 3.1-7	ILAS-II 光学系配置概略図.....	40
図 3.2-1	ILAS-II 外観図	41
図 3.2-2	ILAS-II の ADEOS-II への取り付け状態	42
図 3.2-3	ILAS-II の内部構造	43
図 3.2-4	ILAS-II の外部構造	44
図 3.2-5	ILAS-II の機能ブロックダイアグラム	45
図 3.2-6	ILAS-II 光学系ブロックダイアグラム.....	46
図 3.2-7	ILAS-II の動作モード遷移図	51
図 3.2-8	ILAS-II 定常観測運用シーケンス	51
図 4.6-1	ILAS-II のコア検証実験計画	65
図 4.7-1	ドブソン分光光度計の測定原理.....	71
図 4.7-2	ブリューワ分光光度計	71
図 4.7-3	FTS のシステム構成	72

図 4.7-4	FTS の分光光学系.....	72
図 4.7-5	LPMA の概要.....	73
図 4.7-6	ライダーの模式図.....	74
図 4.7-7	差分吸収ライダーの測定原理.....	74
図 4.7-8	クライオジェニックサンプリングシステムの構造.....	75
図 4.7-9	オゾンゾンデの測定部.....	76
図 5.1-1	ILAS-II データ処理運用施設の機能.....	80
図 5.1-2	ILAS-II データ処理運用施設の計算機システム構成.....	83
図 5.3-1	有効部抽出処理におけるデータ抽出部分.....	88
図 5.3-2	ILAS-II レベル 0 データからレベル 1 データへの処理の流れ.....	89
図 5.3-3	ILAS-II レベル 1 データからレベル 2 データへの処理の流れ.....	93
図 7-1	ADEOS-II の外観.....	105
図 7.2-1	ADEOS-II に搭載されている機器および搭載箇所.....	107
図 7.2-2	ADEOS-II ブロックダイアグラム.....	109
図 7.3-1	AMSR 外観図.....	111
図 7.3-2	AMSR 観測概念図.....	112
図 7.3-3	GLI 外観図.....	113
図 7.3-4	GLI 観測概念図.....	114
図 7.3-5	SeaWinds 外観図.....	115
図 7.3-6	SeaWinds 観測概念図.....	115
図 7.3-7	POLDER 外観図.....	116
図 7.3-8	POLDER 観測原理.....	116
図 7.3-9	DCS 運用概念図.....	117
図 7.3-10	TEDA 外観図.....	118
図 7.3-11	DMS 外観図.....	118
図 7.3-12	VMS 外観図.....	118
図 7.4-1	C&DH 外観図.....	119
図 7.4-2	IOCS 外観図.....	119
図 7.4-3	MDP 外観図.....	119
図 7.4-4	DT 外観図.....	120
図 7.4-5	EPS 外観図.....	120
図 7.4-6	PDL 外観図.....	120
図 7.4-7	AOCS 外観図.....	121
図 7.4-8	RCS 外観図.....	121
図 7.4-9	DTL 外観図.....	121
図 7.5-1	ADEOS-II 地上設備全体構成.....	123
図 7.6-1	H-IIA ロケット外観図.....	124
図 7.6-2	ADEOS-II の軌道.....	125
図 7.7-1	DRTS 外観図.....	128
図 8.1-1	SOFIS の観測原理.....	130
図 8.1-2	SOFIS 観測スペクトル範囲.....	130
図 8.1-3	SOFIS による観測緯度範囲.....	131
図 8.2-1	SOFIS 内部構造.....	132

【表】

表 1.1-1	オゾンの生成・破壊反応	8
表 1.1-2	モントリオール議定書に基づく規制スケジュール	10
表 1.1-3	地球環境およびオゾン層保護に関する世界の動向 (1/2)	11
表 1.1-3	地球環境およびオゾン層保護に関する世界の動向 (2/2)	12
表 2.2-1	ILAS-II プロジェクト担当一覧	26
表 2.2-2	ILAS-II プロジェクト検討小委員会委員一覧	26
表 2.2-3	ILAS-II サイエンスチームメンバー	28
表 2.2-4	ILAS-II サイエンスチームメンバーによる研究提案課題	29
表 2.2-5	ILAS-II サイエンスチームメンバーによる研究提案課題 (原文)	30
表 2.2-6	ILAS-II に関する主な会議と提出文書	33
表 3.1-1	ILAS と ILAS-II の各観測チャンネルの特性比較	39
表 3.2-1	ILAS-II の主要諸元	42
表 3.2-2	ILAS-II の基本構成	43
表 3.2-3	望遠鏡の諸元等	46
表 3.2-4	分光器の諸元等	47
表 3.2-5	赤外検出器および可視検出器の諸元等	48
表 3.2-6	太陽追尾系の諸元等	49
表 3.2-7	太陽輪郭センサの諸元等	50
表 3.2-8	ILAS-II のモード定義	51
表 3.3-1	衛星搭載機器の開発における設計フェーズと審査会	52
表 3.3-2	衛星搭載機器の開発において製作されるモデルの概要	53
表 3.3-3	衛星搭載機器の開発における基本文書、審査、連絡文書	53
表 3.3-4	衛星搭載機器の開発における評価試験の概要	55
表 3.3-5	衛星搭載機器の開発における試験の概要	55
表 3.3-5	ILAS-II 開発スケジュール	57
表 3.3-6	ILAS-II 開発における光学的性能に関する評価試験の概要	58
表 3.3-7	ILAS-II 開発試験のスケジュール	58
表 3.3-8	ILAS-II プロトフライト試験のスケジュール	58
表 4.4-1	ILAS-II 検証実験の区分	61
表 4.5-1	ILAS 検証実験の概要 (南極域)	62
表 4.5-2	ILAS 検証実験の概要 (北極域)	63
表 4.6-1	ILAS-II コア検証実験の概要 (暫定)	64
表 4.6-2	サイエンスチームメンバー候補により提案されている検証実験テーマ (1/2)	66
表 4.6-2	サイエンスチームメンバー候補により提案されている検証実験テーマ (2/2)	67
表 4.6-3	ILAS-II 協力検証実験の概要 (暫定)	67
表 4.6-4	南北両極の極域近傍のオゾン観測所 (1/2)	68
表 4.6-4	南北両極の極域近傍のオゾン観測所 (2/2)	69
表 4.7-1	ILAS-II 検証実験に使用される主な観測機器	70
表 5.1-1	ILAS-II DHF ソフトウェアシステムの各サブシステムの機能概要	81
表 5.1-2	ILAS-II DHF 計算機システムのハードウェア	82
表 5.2-1	ILAS-II 処理データの種類	84

表 5.3-1	データ処理の概要 (1/2)	85
表 5.3-1	データ処理の概要 (2/2)	86
表 5.3-2	ILAS データ処理と ILAS-II データ処理の違い	87
表 5.3-3	ILAS-II レベル 2 データの推定誤差	95
表 5.4-1	研究者登録区分によるユーザ種別	96
表 5.4-2	検証ステージと提供開始時期	97
表 5.4-3	ユーザが利用可能なデータ	98
表 5.4-4	ユーザ種別による利用可能なデータ検索注文方法および提供媒体	98
表 5.4-5	データの提供可能媒体	99
表 5.5-1	ILAS-II DHF 開発スケジュール	100
表 6.2-1	ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (1/3)	102
表 6.2-1	ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (2/3)	103
表 6.2-1	ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (3/3)	104
表 7.2-1	ADEOS-II 衛星主要諸元	108
表 7.3-1	ADEOS-II 搭載ミッション機器	110
表 7.3-2	AMSR 主要諸元	112
表 7.3-3	GLI 主要諸元	114
表 7.3-4	SeaWinds 主要諸元	115
表 7.3-5	POLDER 主要諸元	116
表 7.5-1	ADEOS-II に関わる地上設備の主な役割	123
表 7.6-1	ADEOS-II 運用フェーズ	124
表 7.6-2	ADEOS-II 軌道パラメータ	125
表 7.6-3	ADEOS-II 軌道維持制御	126
表 7.6-4	ADEOS-II 姿勢制御/姿勢安定精度 (3σ)	127
表 7.6-5	ADEOS-II 姿勢決定精度 (3σ)	127
表 7.7-1	ADEOS-II ミッションデータ伝送に使用するデータ中継衛星	127
表 7.8-1	ADEOS-II データの提供	128
表 8.2-1	SOFIS 主要諸元	132
表 8.3-1	SOFIS 開発スケジュール	132

第 1 章

ILAS-II 観測の背景

第1章 ILAS-II 観測の背景

1960年代後半、欧州において酸性雨による大気汚染問題に対する警鐘が鳴らされたことをきっかけとして、1970年代に地球規模の環境保全の重要性が意識されると、オゾン層の破壊、地球温暖化、熱帯林の減少や砂漠化、野生生物種の減少など、次々に全地球的な問題が指摘されてきた。こうした問題に対して、国連等をはじめとする様々な国際会議等において政策レベルでの対策が協議されるとともに、それぞれの問題の原因解明や、改善策の検討に関する科学技術的なアプローチが並行して実施されてきている。

CFC（クロロフルオロカーボン）等による成層圏オゾン層の破壊は、1974年に米国のローランド、モリーナ両博士により可能性が指摘された。その後、航空機や衛星による観測、室内実験や数値モデル計算を通して、オゾン層破壊のメカニズムは現在までに明らかになった部分も多いが、未だ定性的といわざるを得ない部分も少なくない。また、温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化は成層圏放射収支にも影響すると考えられており、オゾン層の破壊との関連、起こりうる大気大循環パターンの変化が高層大気環境に及ぼす影響など不明な点も少なくない。そこで、成層圏オゾンや H_2O 等の変化の実態を正確に把握するとともに、成層圏の化学環境（大気微量成分）、物理環境（気象）を総合的に観測することにより、オゾン層の破壊に関わるメカニズムをより詳しく理解することが強く求められている。

改良型大気周縁赤外分光計（ILAS：Improved Limb Atmospheric Spectrometer）は、成層圏オゾン層の変動機構の解明とその長期変化の監視を目的として、環境庁（現在の環境省）が開発した衛星搭載用のセンサである。ILAS は、宇宙開発事業団（NASDA：National Space Development Agency of Japan）が開発し、1996年8月17日に打ち上げられた地球観測プラットフォーム技術衛星（ADEOS：Advanced Earth Observing Satellite）に搭載され（ADEOS は打ち上げ後、「みどり」と命名された。）、同年11月末より本格運用を開始した。ADEOS は、翌1997年6月30日に運用を停止し、従って以降の ILAS 観測データの取得は不可能となったが、定常運用開始以来取得された ILAS データには、南半球春季のオゾンホール現象を捉えたデータや、オゾンホール崩壊から静穏期に向かう夏季のデータ、さらに北半球春期の、オゾン破壊が進んだとされる時期のデータ等、非常に興味深い時期のデータが含まれており、プロセス研究、事例研究などの面において、オゾン層の研究の進展に寄与している。

改良型大気周縁赤外分光計 II 型（ILAS-II：Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II）は、地球規模の環境監視を推進する観点から、ILAS の後継機として環境庁（現在の環境省）が開発したセンサであり、2002年に打ち上げが予定されている NASDA の環境観測技術衛星（ADEOS-II：Advanced Earth Observing Satellite-II）に搭載される。ILAS-II は、ILAS と同様に

オゾンや窒素酸化物 (N₂O、NO₂)、H₂O、CH₄ 等の各種微量成分の高度分布等を、限られた地域 (緯度範囲) で繰り返し測定するものであり、成層圏オゾン層の変化を高精度で監視し、オゾン濃度の変動を定量的に把握するために重要な役割をはたすものと考えられる。

本章では、まず、オゾン層とその破壊のメカニズム、およびオゾン層保護に対する世界的な動向について述べ、ついで ILAS による観測データに基づく研究成果を紹介するとともに、後継する ILAS-II プロジェクトの意義について述べる。

1.1 オゾン層

1.1.1 オゾン層の役割

地球大気中のオゾンの約 90% は、図 1.1-1 に示すように、高度 25 km を中心として高度 15 km ~ 50 km あたりの成層圏にあり、いわゆる「オゾン層」を形成している。オゾン層には、以下に示すような働きがある。

- 太陽光に含まれる有害紫外光を吸収し、生命の生存を可能としている。
- 太陽紫外光を吸収して熱に変換し、大気を暖める。これによって、地球の大気は高度 50 km 付近に気温のピークのある温度構造を持つようになった。大気の温度構造は、大気の循環と密接に関係している。
- 地上から放射される赤外線を吸収して、地上気温を上げる (温室効果)。これは、上部対流圏において重要である。
- 成層圏や対流圏の物質を酸化する。対流圏で分解されなかった気体の多くは成層圏で紫外光により分解される。

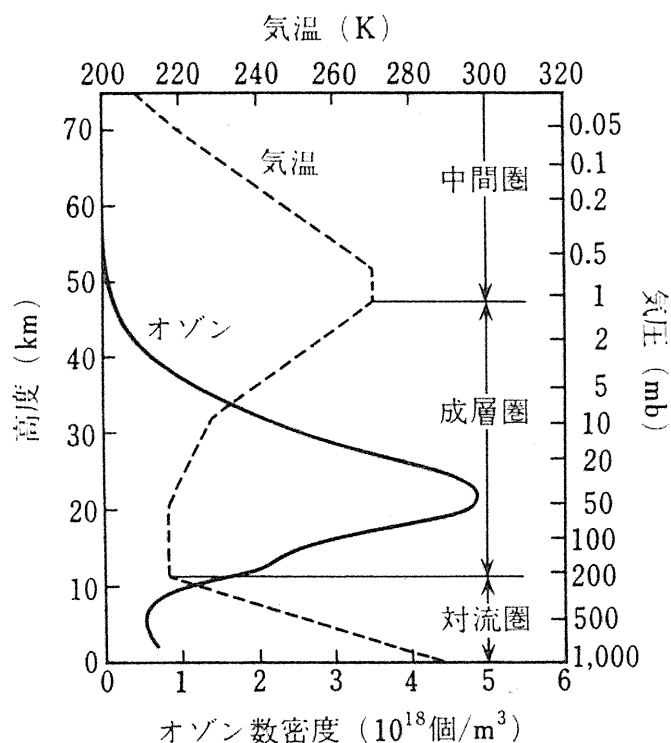


図 1.1-1 オゾンと気温の標準的な高度分布
(出典：地球環境ハンドブック、1994：朝倉書店)

1.1.2 オゾン層の破壊

人工的な化学物質であるCFC等のオゾン層破壊物質が大気中に放出された後成層圏に達し、そこで太陽からの紫外光により分解されて塩素原子や臭素原子を放出し、これらが触媒的に成層圏のオゾン層を破壊することが、1970年代以降問題になっている。オゾン層は太陽光に含まれる有害紫外光（UV-B）の大部分を吸収しているため、オゾン層が破壊されると有害紫外光の地上への到達量が増加し、人の健康や生態系に悪影響を及ぼす。地上への有害紫外光到達量の増大は、皮膚がん、白内障、免疫抑制等の人の健康に対する悪影響や陸上植物や水界生態系等への悪影響を招くおそれがある。

オゾン層を破壊する物質は、CFCの他に、ハロン、四塩化炭素、1-1-1-トリクロロエタン、HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）、臭化メチル等が知られている。

成層圏に到達する塩素等の量は、人為起源のものが自然からの寄与によるものを遥かに凌いでいる（図1.1-2）。

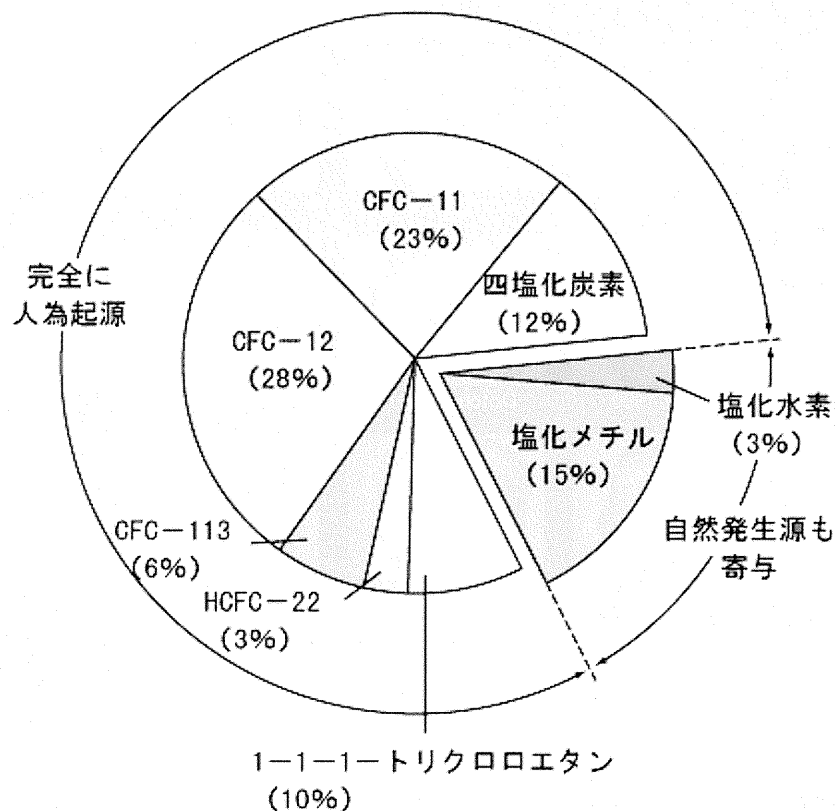


図 1.1-2 成層圏に存在する塩素の主要発生源

(出典：平成11年度 環境白書)

(1) オゾン層の状況

1980 年以降、南極上空では、毎年南極の春に当たる 9 月から 11 月頃にかけて成層圏のオゾン量が著しく少なくなる「オゾンホール」と呼ばれる現象が現れるようになった（図 1.1-3）。オゾンホールの面積とオゾン破壊量は、1992 年から高い状態で推移しており、1998 年には過去最大規模のオゾンホールの出現が確認された（図 1.1-4）。また、北半球高緯度地域においても、1997 年以降、冬から春先にかけて顕著なオゾン量の減少が確認されている（図 1.1-5）。

オゾン層の長期的傾向としては、熱帯域を除き、全球的にはほぼオゾン量が減少傾向にあり、高緯度ほどその傾向が強い（図 1.1-6）。

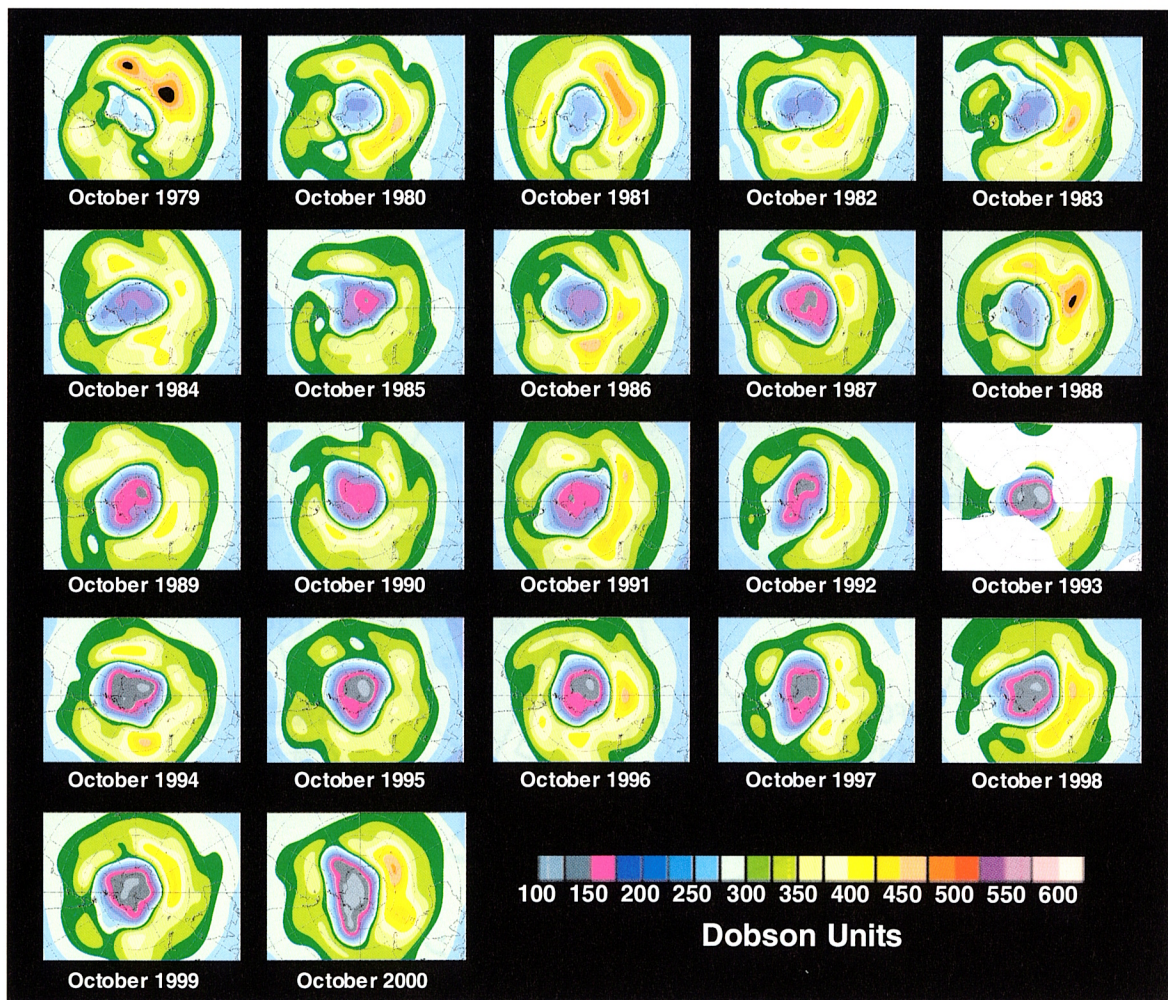
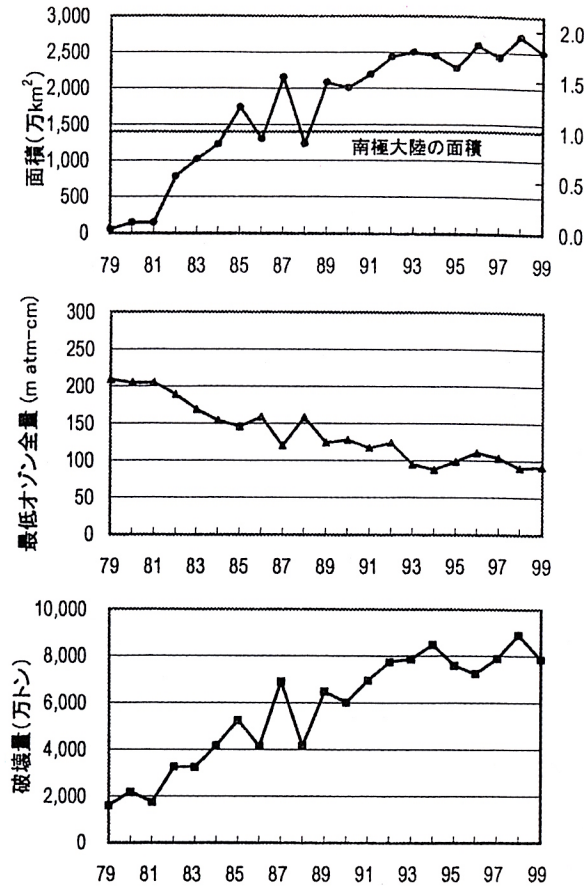


図 1.1-3 南極付近におけるオゾン全量月平均の経年変化（10 月）

注：TOMS、TOVS およびドブソン計等により観測したデータより、World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre が作成し、ホームページで公開している画像より作成。



注：1979～1999 年のオゾンホール面積、最低オゾン全量、オゾン破壊量の年極値の変化。NASA 提供の TOMS データをドブソン計による観測値と比較検討の上作成。1995 年については、TOVS の高分解能赤外放射計のデータを用いて作成した。

図 1.1-4 オゾンホールの 3 要素の経年変化

(出典：気象庁「オゾン層観測報告 1999」)

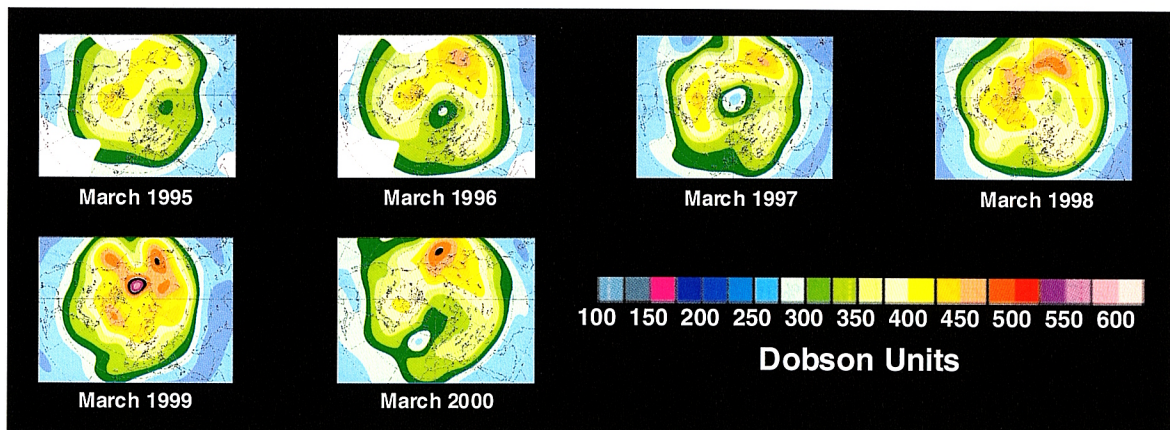
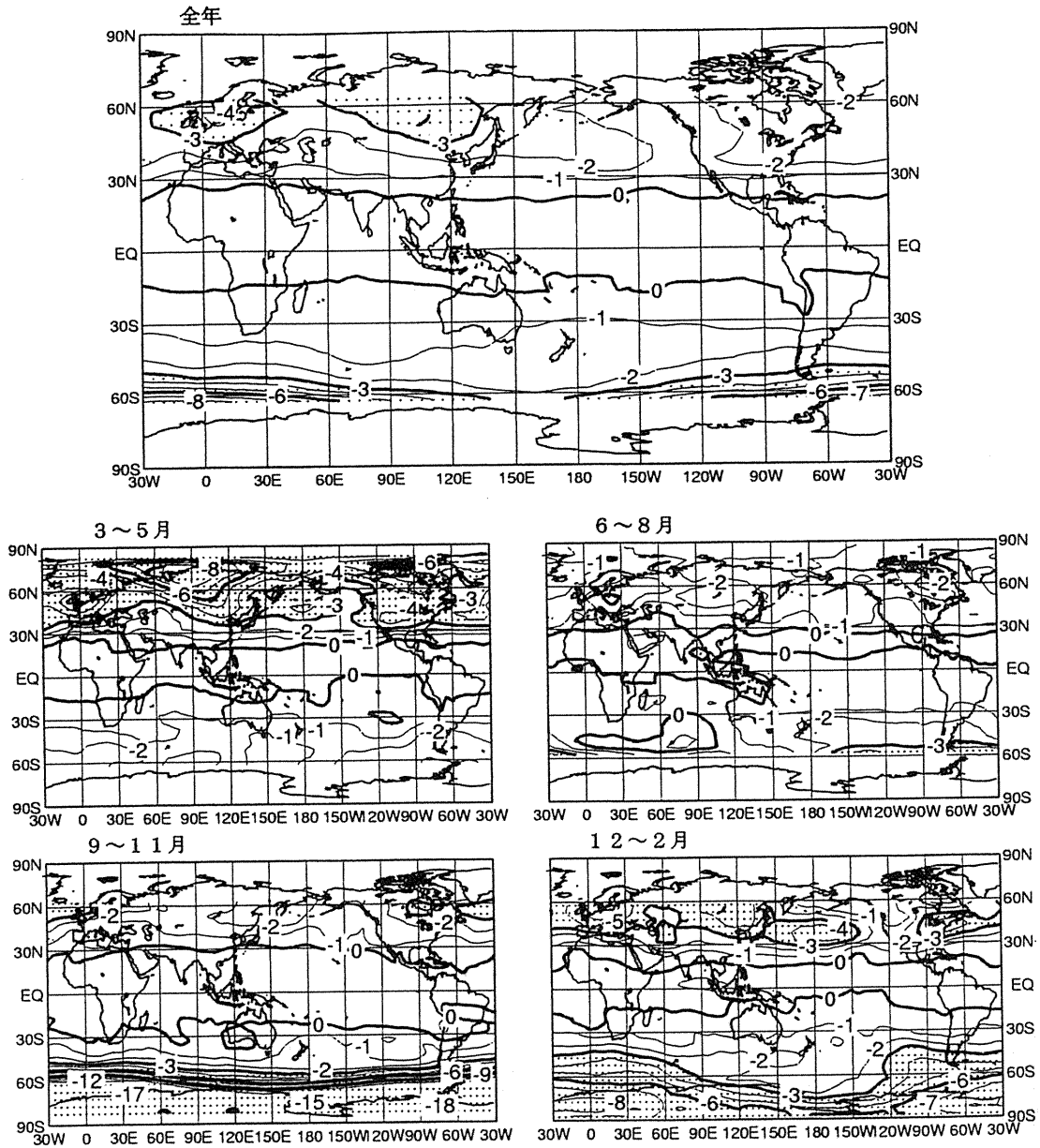


図 1.1-5 北極付近におけるオゾン全量月平均の経年変化 (3 月)

注：TOMS、TOVS およびドブソン計等により観測したデータより、World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre が作成し、ホームページで公開している画像より作成。



緯経度格子点 (5°メッシュ) 毎の月平均オゾン全量時系列 (1979~1999 年) に、季節変化、太陽活動、QOB の影響を除去した後、直線回帰を適用して評価したトレンド (%/10 年) の全球分布。上段は全年、下段はそれぞれ左上が 3~5 月、右上が 6~8 月、左下が 9~11 月、右下が 12~2 月についてのトレンド。等値線は 1%/10 年毎。点域は、減少率が -3%/10 年を越える領域。NASA 提供の TOMS データから評価。

図 1.1-6 TOMS データによるオゾン全量トレンドの全球分布 (1979~1999 年)

(出典：気象庁「オゾン層観測報告 1999」)

1.1.3 オゾン層破壊のメカニズム

オゾンの生成・消滅に関係する代表的な反応を、別表に簡素化して示した。成層圏オゾン層は、オゾンの光化学的な生成・消滅と輸送のバランスの上に成り立っており、消滅過程の速度は、関連する大気微量成分濃度によって支配されている。これに対して、近年、フロン等の人工起源物質の生産・使用量が増大し、オゾンの消滅反応（オゾン破壊の連鎖反応）に関わる物質（ ClO_x 、 BrO_x 等）の成層圏中での濃度が上昇してきた。これに伴って、それ以前のオゾン層の状態に比べて、オゾン濃度の低い状況が観測されることが多くなってきた。

フロン等の人工起源の塩素化合物は、対流圏中では化学的に極めて安定で、ほとんど壊れることはない。しかし、大気循環、拡散等の効果で成層圏に運ばれると、波長の短い紫外光を浴びて分解し、塩素原子を放出する。これが、 ClO_x サイクルによるオゾン消滅の連鎖反応を引き起こし、オゾン層破壊をもたらすと考えられている。塩素原子は、表に示したような終結反応を経て、大気中から除去されるまで、連鎖反応が続く。

近年に見られる、南極オゾンホールが発生、あるいは中緯度の下部成層圏でのオゾン濃度の顕著な減少等には、上に述べた気体成分同士の化学反応過程（均一反応）の他に、粒子表面での不均一反応過程（異相反応）が関与していると考えられている。特に南極上空では、冬季に形成される極渦がタイトであるため極めて低温になり、そこで極成層圏雲（PSCs : Polar Stratospheric Clouds）が形成される。極成層圏雲の表面では、 ClONO_2 （クロリンナイトレート）や HCl 等のリザーバ分子がより活性な分子に変換され、オゾン破壊反応を加速する。現時点では、まだそのメカニズムは解明されていないが、PSCs の重力落下により、その空気塊中の HNO_3 や H_2O 濃度が激減することも観測されており（脱硝や脱水）、そういった大粒子がなぜできるのかということも含め、オゾン破壊との関連がなおも議論されている。

硫酸エアロゾルの表面では、 N_2O_5 と Sulfate 中の H_2O の反応が起こり、大気中の NO_x （窒素酸化物）の減少をもたらす、ひいては中緯度の下部成層圏におけるオゾン破壊に寄与していると考えられている。

表 1.1-1 オゾンの生成・破壊反応

①	反応の種類	反応式	備考
①	オゾンの生成反応	$O_2 + hu \rightarrow 2O$ $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$ $O_3 + hu \rightarrow O_2 + O$ $O_3 + O \rightarrow 2O_2$	1 酸素分子と 1 酸素原子が結合して 1 オゾン分子を生成する。なお、この反応を、チャップマン反応という。
②	オゾン破壊連鎖反応 (ClO _x , NO _x , HO _x サイクル)	$X + O_3 \rightarrow XO + O_2$ $XO + O \rightarrow X + O_2$ 正味: $O + O_3 \rightarrow 2O_2$ (X=H, OH, NO, Cl)	1 酸素元素と 1 オゾン分子が反応して 2 酸素分子を生成する。 なお、X は連鎖反応に介在する物質である。
		$BrO + ClO \rightarrow Br + Cl + O_2$ $Br + O_3 \rightarrow BrO + O_2$ $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$ 正味: $2O_3 \rightarrow 3O_2$ $2(Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2)$ $ClO + ClO + M \rightarrow Cl_2O_2 + M$ $Cl_2O_2 + hu \rightarrow Cl + ClOO$ $ClOO + M \rightarrow Cl + O_2 + M$ 正味: $2O_3 \rightarrow 3O_2$	2 オゾン分子が反応して 3 酸素分子を生成する。
③	連鎖反応の終結反応	$HO_2 + HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$ $NO_2 + OH + M \rightarrow HNO_3 + M$ $Cl + CH_4 \rightarrow HCl + CH_3$ $ClO + NO_2 \rightarrow ClONO_2 + M$ $BrO + NO_2 + M \rightarrow BrONO_2 + M$	連鎖反応は無限に続くわけではなく、ClONO ₂ や HCl のような塩素原子の貯蔵分子 (リザーバ分子) を生成して終結する。
④	エアロゾルが関連した反応	$ClONO_2 + HCl \rightarrow Cl_2 + HNO_3$ $ClONO_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HNO_3$ $HOCl + HCl \rightarrow Cl_2 + H_2O$ $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$ $N_2O_5 + HCl \rightarrow ClNO_2 + HNO_3$	極成層圏雲 (PSCs) 表面で、リザーバ分子が活性化されるとともに硝酸が PSCs 表面にとどまる。硫酸エアロゾル表面では、N ₂ O ₅ が Sulfate 中の水と反応して、硝酸を生み、窒素酸化物の減少をもたらす。いずれも、直接的、間接的にオゾン破壊を促進させる。

注) X の供給源 : X が H, HO の場合CH₄, H₂O, H₂
 X が NO の場合N₂O
 X が Cl の場合CFC (フロン) 等

1.1.4 オゾン層の保護

(1) 国際的取組とオゾン層保護法

オゾン層の破壊を防止するために、「オゾン層の保護のためのウィーン条約」が 1985 年 3 月に、また「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が 1987 年 9 月にそれぞれ採択された。我が国においてもこれらを的確かつ円滑に実施するため、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」(以下「オゾン層保護法」という。)を 1988 年 5 月に制定するとともに (図 1.1-7)、同年 9 月に条約および議定書を締結した。

しかし、その後の科学的知見の集積により、従来の予測よりも成層圏のオゾンの減少が早く進み、従来の CFC 等の規制ではオゾン層の適正な保護に不十分であることが分かり、1990 年、1992 年、1995 年および 1997 年の 4 度にわたって、議定書の改正等による規制強

化が図られた。ここで、現在の規制スケジュールを表 1.1-2 に示す。

また、1970 年代初頭から、現在にいたるまでの、地球環境全般およびオゾン層保護に関わる世界的な動向を、表 1.1-3 に整理した。

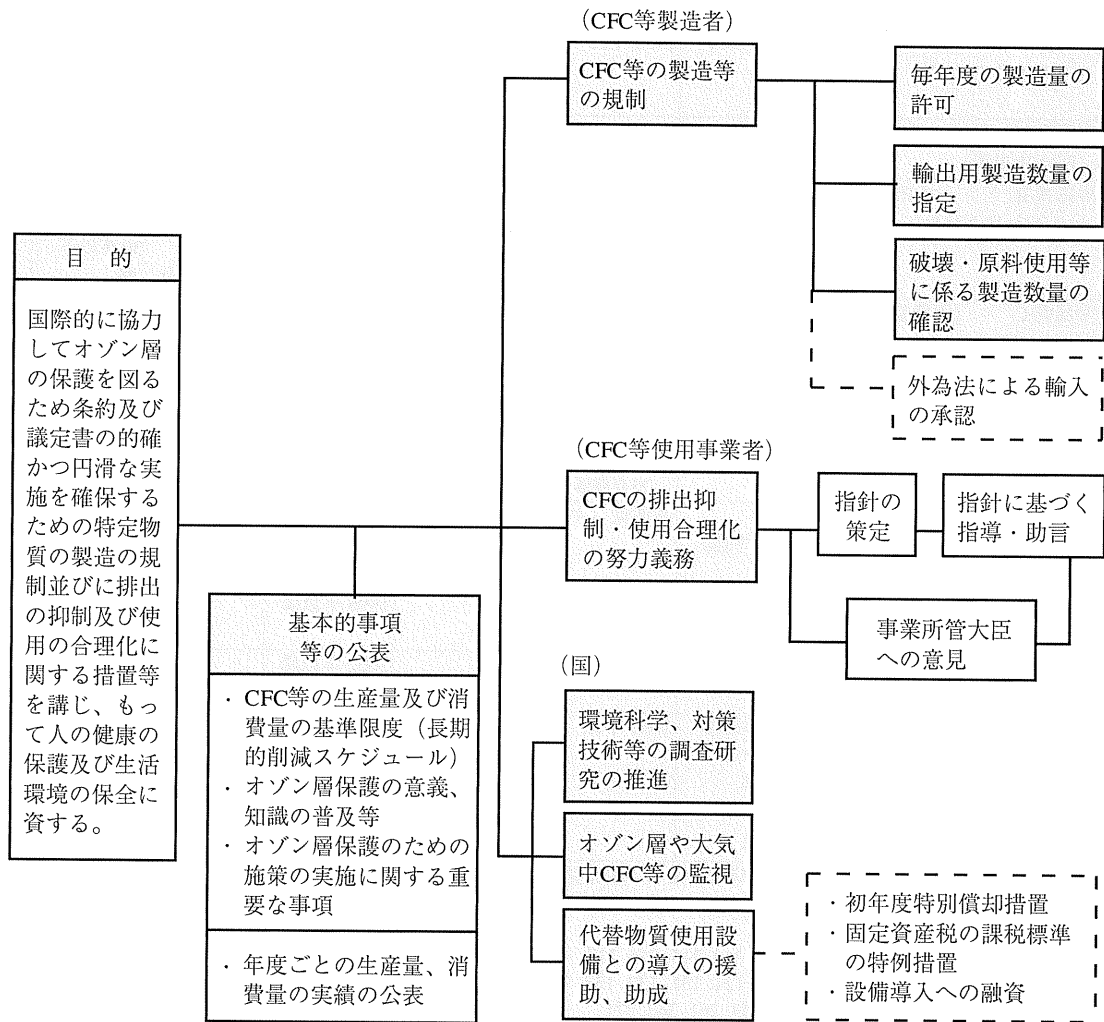


図 1.1-7 オゾン層保護法に盛り込まれている事項

(出典：平成 12 年度 環境白書)

表 1.1-2 モントリオール議定書に基づく規制スケジュール

物質名		先進国に対する規制スケジュール		途上国に対する規制スケジュール	
附属書 A グループ I (特定フロン ⁽¹⁾)		1989 年以降 1994 年 1996 年	1986 年比 100%以下 25%以下 全 廃	1999 年以降 2005 年 2007 年 2010 年	基準量比 ⁽⁸⁾ 100%以下 50%以下 15%以下 全 廃
附属書 A グループ II (ハロン ⁽²⁾)		1992 年以降 1994 年	1986 年比 100%以下 全 廃	2002 年以降 2005 年 2010 年	基準量比 ⁽⁸⁾ 100%以下 50%以下 全 廃
附属書 B グループ I (その他の CFC ⁽³⁾)		1993 年以降 1994 年 1996 年	1989 年比 80%以下 25%以下 全 廃	2003 年以降 2007 年 2010 年	基準量比 ⁽⁹⁾ 80%以下 15%以下 全 廃
附属書 B グループ II (四塩化炭素)		1995 年以降 1996 年	1989 年比 15%以下 全 廃	2005 年以降 2010 年	基準量比 ⁽⁹⁾ 15%以下 全 廃
附属書 B グループ III (1,1,1-トリクロロエタン)		1993 年以降 1994 年 1996 年	1989 年比 100%以下 50% 全 廃	2003 年以降 2005 年 2010 年 2015 年	基準量比 ⁽⁹⁾ 100%以下 70%以下 30%以下 全 廃
附属書 C グループ I (HCFC ⁽⁴⁾)	消費量	1996 年以降 2004 年 2010 年 2015 年 2020 年	基準量 (キャップ 2.8%) 比 ⁽⁶⁾ 100%以下 65%以下 35%以下 10%以下 全 廃 (既存機器への補充用を除く)	2016 年以降 2040 年	2015 年比 100%以下 全 廃
	生産量	2004 年以降	基準量 (キャップ 2.8%) 比 ⁽⁷⁾ 100%以下	2016 年以降	2015 年比 100%以下 ⁽¹⁰⁾
附属書 C グループ II (HBFC)		1996 年以降	全 廃	1996 年以降	全 廃
附属書 C グループ III (プロモクロロメタン)		2002 年以降	全 廃	2002 年以降	全 廃
附属書 E グループ I (臭化メチル ⁽⁵⁾)		1995 年以降 1999 年 2001 年 2003 年 2005 年	1991 年比 100%以下 75%以下 50%以下 30%以下 全 廃	2002 年以降 2005 年 2015 年	基準量比 ⁽¹¹⁾ 100%以下 80%以下 全 廃

各物質のグループ毎に、生産量および消費量 (=生産量+輸入量- 輸出量) が削減される。

(1) CFC-11, 12, 113, 114, 115

(2) Halon-1211, 1301, 2402

(3) CFC-13, 111, 112, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217

(4) HCFC-21, 22, 31, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142, 151, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 231, 232, 233, 234, 235, 241, 242, 243, 244, 251, 252, 253, 261, 262, 271

(5) 検疫および出荷前処理用として使用される臭化メチルは、規制対象外となっている。

(6) 基準量は、次式で算定される。なお、次式中の x%を「キャップ」と呼ぶ。

基準量=HCFC の 1989 年消費量+CFC の 1989 年消費量× (x%)

(7) 基準量=HCFC の 1989 年生産量・消費量平均値+CFC の 1989 年生産量・消費量平均値× (x%)

(8) 基準量は、1995 年～1997 年の生産量・消費量の平均値または生産量・消費量が一人当たり 0.3 kg となる値のいずれか低い値

(9) 基準量は、1998 年～2000 年の生産量・消費量の平均値または生産量・消費量が一人当たり 0.2 kg となる値のいずれか低い値

(10) 基準量は、2015 年の生産量と消費量の平均値

(11) 基準量は、1995 年～1998 年の生産量・消費量の平均値

注：生産等が全廃になった物質でも途上国の基礎的な需要を満たすための生産および試験研究・分析や定量噴霧式吸入器などの必要不可欠な用途についての生産等は規制対象外となっている。

(出典：平成 12 年度 環境白書)

表 1.1-3 地球環境およびオゾン層保護に関する世界の動向 (1/2)

年	全体の動き	オゾン層の破壊
1971	<ul style="list-style-type: none"> ・日本、環境庁設置 ・UNESCO、人間と生物圏(MAB)計画設置 	
1972	<ul style="list-style-type: none"> ・国連人間環境会議開催(ストックホルム) ・ローマクラブ『成長の限界』発表 ・日本、自然環境保全法公布 ・国連環境計画(UNEP)発足 	<ul style="list-style-type: none"> ・OECD環境委員会大気管理部会東京会議
1973	<ul style="list-style-type: none"> ・日本、公害健康被害補償法制定 	
1974	<ul style="list-style-type: none"> ・第1回OECD環境大臣会合開催 ・世界人口会議開催(ブカレスト) ・世界食料会議開催(ローマ) ・地球環境モニタリングシステム(GEMS)開始 ・日本、国土利用計画法公布 ・日本、国立公害研究所発足 ・北欧環境保護条約締結 	<ul style="list-style-type: none"> ・ローランド&モリナ(米国) フロンガスによるオゾン層破壊説を発表
1975	<ul style="list-style-type: none"> ・日米環境保護協力協定締結 	
1976	<ul style="list-style-type: none"> ・OECD環境委員会、日本の環境政策分析会議開催(東京) ・WHO、NOxクライテリア専門家会議開催 	<ul style="list-style-type: none"> ・UNEP、オゾン層問題の専門的検討開始を決定
1977	<ul style="list-style-type: none"> ・第20回OECD環境委員会で日本の環境政策についての カンントリー・レビュー討議(パリ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・UNEP、オゾン層に関する専門家からなる調整委員会 (COOL)設置
1978		<ul style="list-style-type: none"> ・米国、フロンを使用したスプレーの製造中止(北欧、 カナダも同様の措置)
1979	<ul style="list-style-type: none"> ・米、スリーマイル原発事故発生 ・第2回OECD環境大臣会合開催(パリ) 	
1980	<ul style="list-style-type: none"> ・UNEP、IUCN、WWF「世界環境保全戦略」を発表 ・米『西暦2000年の地球』報告 ・気候変動国際協力研究計画(WCRP)発足 	<ul style="list-style-type: none"> ・EC閣僚理事会、フロン生産量凍結とスプレー用のフロン の生産削減を決定 (日本もOECDの場で同様の方針を表明)
1982	<ul style="list-style-type: none"> ・国連人間環境会議10周年記念会議(ナイロビ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・南極昭和基地観測隊、成層圏オゾンの異常減少を観測
1983	<ul style="list-style-type: none"> ・セーガン等『核の冬』発表 	
1984	<ul style="list-style-type: none"> ・環境と開発に関する世界委員会(WCED)発足 ・インド、ボパール事件発生(農薬工場から有害ガスで、 2000人死亡) 	
1985	<ul style="list-style-type: none"> ・第3回OECD環境大臣会合開催、宣言「環境：将来への 資源」および「開発援助プロジェクトおよびプログラ ムに係る環境アセスメントに関する理事会勧告」採 択 	<ul style="list-style-type: none"> ・「オゾン層保護のためのウィーン条約」採択 ・ファーマン(英国)、南極上空オゾン層の異常低下を 発表
1986	<ul style="list-style-type: none"> ・チェルノブイリ原発事故発生 ・国際学術連合会議(ICSU)総会で地球圏・生物圏国際 協同研究(IGBP)開始を決議 	<ul style="list-style-type: none"> ・WMO、NASA共同で、大気中オゾンに関する包括的な 報告書作成
1987	<ul style="list-style-type: none"> ・WCED、『Our Common Future』公表、持続可能な開発 を提言(東京) 	<ul style="list-style-type: none"> ・オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定 書採択(10年間でフロン消費量を1986年比50%減) ・日本、「成層圏オゾン層の保護に関する検討会」設置
1988	<ul style="list-style-type: none"> ・トロント・サミット開催、地球環境問題への積極的取 組みを表明 	<ul style="list-style-type: none"> ・オランダ・ハーグにおける国際会議でモントリオール 議定書のフロン規制強化に向けた再評価作業を1年早 めることを決定 ・米国、大気浄化法に基づくフロン規制規則公布 ・米国、将来におけるフロンの95%削減を提唱 ・日本、特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関 する法律(フロン等規制法)公布

(出典：地球情報科学, 25-1, 1996：(社)環境情報科学センター)

表 1.1-3 地球環境およびオゾン層保護に関する世界の動向 (2/2)

年	全体の動き	オゾン層の破壊
1989	<ul style="list-style-type: none"> ・国連総会で 1992 年の地球サミット開催を決議 ・地球環境保全に関する東京国際会議開催 	<ul style="list-style-type: none"> ・オゾン層保護に関する閣僚級会議開催 (ロンドン) ・ウィーン条約及びモントリオール議定書第 1 回締約国会議開催で、ヘルシンキ宣言採択 (特定フロンは今世紀末まで全廃等)
1990	<ul style="list-style-type: none"> ・持続可能な開発に関するベルゲン会議開催 (ノルウェー) ・UNCED 第 1 回準備会議開催 (ナイロビ) ・ESCAP 環境相会議開催 (バンコク) ・国際社会科学会議 (ISSC) の下に、地球環境変化の人間次元の研究計画 (HDP) 設置 ・日本、地球科学技術に関する研究開発基本計画を総理大臣決定 ・全欧州安保協力会議で、パリ憲章採択・持続可能な開発に関するベルゲン会議開催 (ノルウェー) ・全欧州安保協力会議で、パリ憲章採択 	<ul style="list-style-type: none"> ・ウィーン条約およびモントリオール議定書第 2 回締約国会議 (フロンを 2000 年に全廃) ・EC 首脳会議、オゾン層保護へ環境宣言採択 ・米気象衛星、南極上空で史上大規模のオゾンホール観測
1991	<ul style="list-style-type: none"> ・湾岸戦争勃発 ・第 1 回環境と開発に関する開発途上国会議開催 (北京) ・南方サミット開催 (カラカス) ・環境法に関するリオ国際会議開催 ・健全な地球のための世界女性会議開催 (マイアミ) ・南極条約締約国会議で、環境保護に関する南極条約議定書調印 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本、オゾン層保護法の一部改正公布 ・ウィーン条約およびモントリオール議定書第 3 回締約国会議開催 (ナイロビ、オゾン層破壊物質全廃時期の前倒しの声強まる)
1992	<ul style="list-style-type: none"> ・地球環境賢人会議開催 (東京) ・環境と開発に関する国連会議開催 (UNCED、リオ・デ・ジャネイロ) ・第 2 回環境と開発に関する開発途上国会議開催 (クアラルンプール) ・領地・環境・開発に関する先住民世界会議開催 (リオ・デ・ジャネイロ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 4 回締約国会議開催 (コペンハーゲン、CFC の 1996 年全廃等削減スケジュール前倒し、HCFC 等規制物質の追加) ・米大統領、95 年末までにフロン全廃声明発表 ・EC 環境相会議、フロン全廃、95 年度で合意
1993	<ul style="list-style-type: none"> ・持続可能な開発委員会 (CSD) 第 1 回会合 ・日本、環境基本法公布 	<ul style="list-style-type: none"> ・英国南極観測局 (BAS)、過去最大のオゾンホール観測 ・オゾン層破壊の溶剤を減少するための会議開催 (クアラルンプール) ・米国、オゾン層破壊物質使用製品への「ラベル規制」発効 ・モントリオール議定書第 5 回締約国会議開催 (バンコク)
1994	<ul style="list-style-type: none"> ・欧州環境庁 (EEA)、コペンハーゲンに設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 6 回締約国会議開催 (ナイロビ)
1995		<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 7 回締約国会議開催 (ウィーン) ・先進国でフロン全廃 (途上国は 2010 年までに)
1996		<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 8 回締約国会議開催 (サンホセ)
1997		<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 9 回締約国会議開催 (モントリオール) ・臭化メチル規制スケジュールの前倒し (先進国は 2005 年までに全廃、途上国は 2015 年までに全廃)
1998		<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 10 回締約国会議開催 (カイロ)
1999		<ul style="list-style-type: none"> ・モントリオール議定書第 11 回締約国会議開催 (北京)

(出典：地球情報科学, 25-1, 1996：(社) 環境情報科学センター、環境庁報道発表資料)

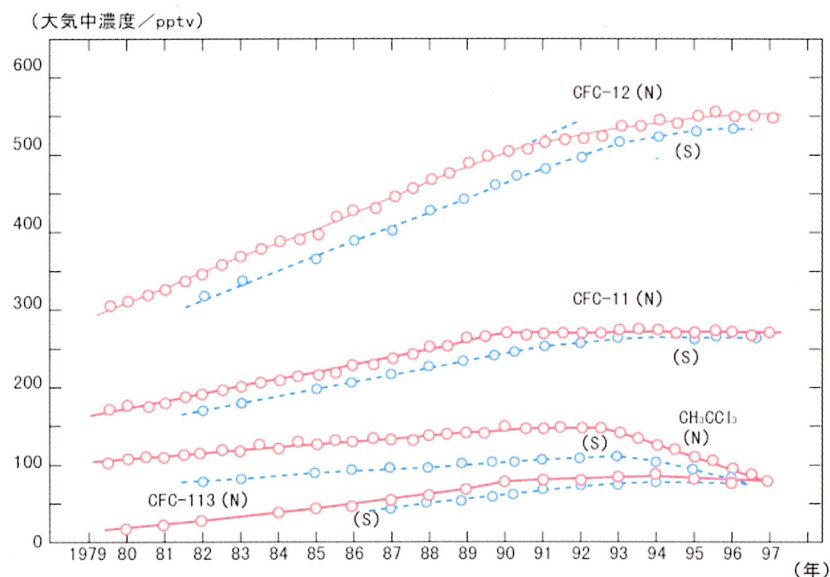
(2) オゾン層破壊物質の大気中濃度の状況

北半球中緯度においては、CFC の対流圏（地表～地上約 10 km 上空にわたる大気圏）中濃度の増加がほとんど止まっているほか、大気中の寿命の短い 1,1,1-トリクロロエタンの対流圏中濃度については、減少に転じている（図 1.1-8）。一方、HCFC については、最近増加傾向にある。また、南極においても、CFC 等の対流圏中濃度の増加率の低下が始まっている。さらに、対流圏中の CFC 等に由来する塩素等の濃度は、1994 年初頭にピークを迎え、その後 1995 年には減少傾向に転じたことが米国海洋大気庁（NOAA）により確認されている。これらは、モントリオール議定書に基づき、我が国を含む先進国において既に CFC 等の生産が全廃されたことによるものと考えられる。

なお、国連環境計画（UNEP）および世界気象機関（WMO）の報告（1998 年）では、全ての締約国が 1997 年に改正されたモントリオール議定書を遵守すれば、

- 成層圏中の塩素および臭素濃度の合計は 2000 年以前にピークに達する。
- オゾン層破壊のピークは 2020 年までに訪れる。
- 成層圏中のオゾン破壊物質濃度は 2050 年までに 1980 年以前（オゾンホールが観測される前）のレベルに戻る。
- オゾン化学にとって重要なその他の気体（亜酸化窒素、メタン、水蒸気等）の将来の増加または減少および気候変動がオゾン層の回復に影響を及ぼすであろう。

と予測されている。



備考：北半球中緯度（北海道：N）および南半球（南極昭和基地：S）

図 1.1-8 北半球中緯度（北海道）および南半球（南極昭和基地）における特定フロン等ハロカーボン類の大気中平均濃度の経年変化

（出典：Y. Makide：Seventh Asian Chemical Congress（May, 1997. Hiroshima））

1.2 ILAS 観測の成果および ILAS-II への継承

1996 年 8 月に打ち上げられた ADEOS (みどり) に搭載された ILAS は、同年 11 月より定常的な観測を開始し、翌年 1997 年 6 月に ADEOS が運用停止するまでの約 8 ヶ月間に極域の大気観測データを取得した。

ここでは、ADEOS の運用期間中に、ILAS が取得した観測データによる研究成果の一例を紹介するとともに、後継する ILAS-II プロジェクトへの継承の意義について述べる。

1.2.1 ILAS 観測の成果

ADEOS は太陽同期の極軌道衛星であり、ILAS が太陽を光源とすることから、ILAS の測定対象領域は南北両半球の高緯度地域の上空の比較的狭い緯度範囲になる。ADEOS は 1 日に地球の周りを約 14 周するので、南北両半球でそれぞれ 14 回の測定が行われ、測定点はほぼ同一の緯度帯の円周上の 14 地点で、約 25 度ずつ経度位置が西にずれる。対象高度範囲はおよそ 10 km から 60 km、高度分解能 (瞬時視野の高度方向の幅) は約 2 km である。

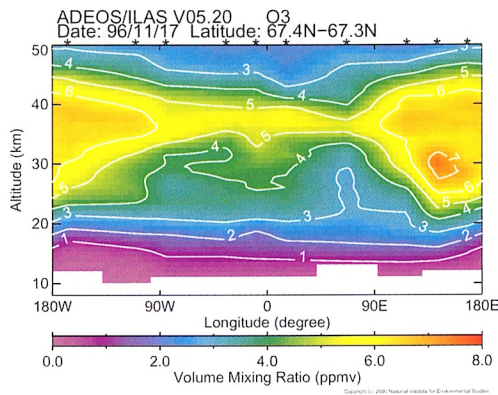
本項の(2)、(3)、(4)は、それぞれ、Sasano et al. (2000)、Hayashida et al. (2000)、Kondo et al. (2000) からの引用である。

(1) 大気微量成分濃度の高度-経度断面

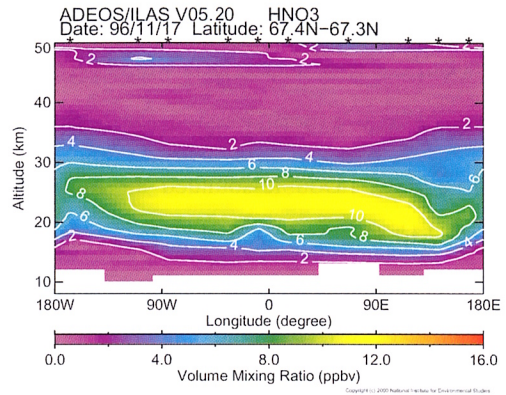
ILAS では、測定される大気微量成分すべてについて、ある 1 日における高度-経度断面図を描くことができる。

図 1.2-1(a)~(f)は、1996 年 11 月 17 日の南半球における 13 点の ILAS の観測結果を合成して描かれた、各種微量成分濃度の高度-経度断面図である。オゾンは緯度・季節によって、高度 30~40 km に混合比 (対象とする大気成分の数密度 (単位体積当たりの分子数) を全空気分子数密度で割ったもの) の極大が見られる。図 1.2-1(a)にあるように、高緯度の晩春では、30 km 付近にその極大が見られる (数密度は後述の図 1.2-3 に示すように、高度 20 km 付近が極大になる)。また、西経 60 度付近と東経 120 度付近とではオゾンの高度分布に大きな違いが見られる。これは、それぞれの ILAS 観測点が極渦の内側と外側とに別れていたためである。高度 20 km 付近以下に着目すると、極渦の内側に相当する東経 45 度から西経 135 度までは、オゾン濃度の低い、いわゆるオゾンホールの状態が引き続き残っていることがわかる。また、極渦の内外では他の微量成分 (図 1.2-1(b)~(f)) にも特徴的な分布の違いが見られる。これは、晩秋の極渦形成時からの極渦内での非断熱的な大気の下降運

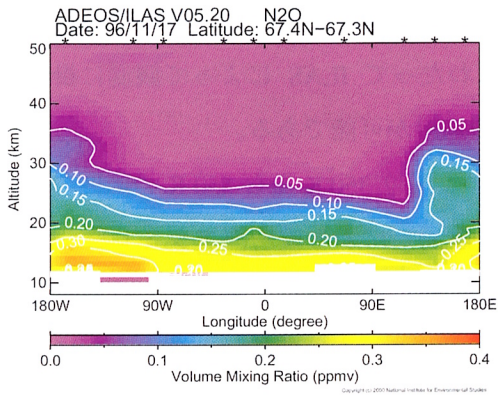
動によって生じていると考えられる。



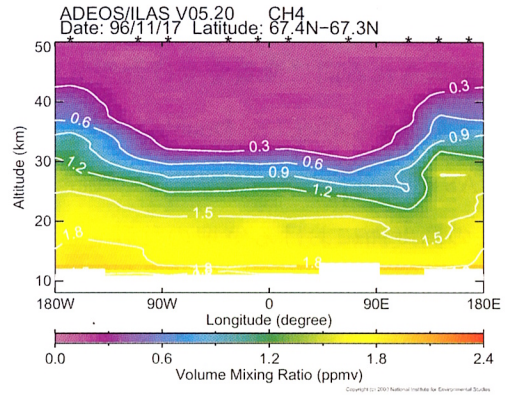
(a) オゾン (O₃)



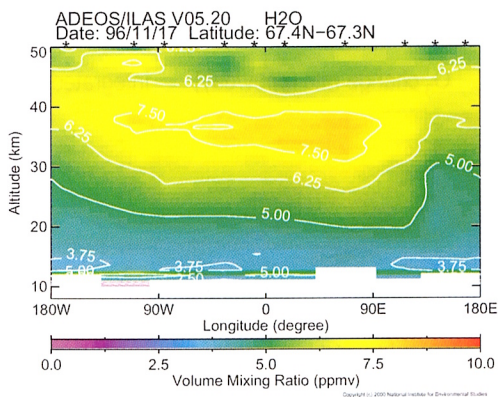
(b) 硝酸 (HNO₃)



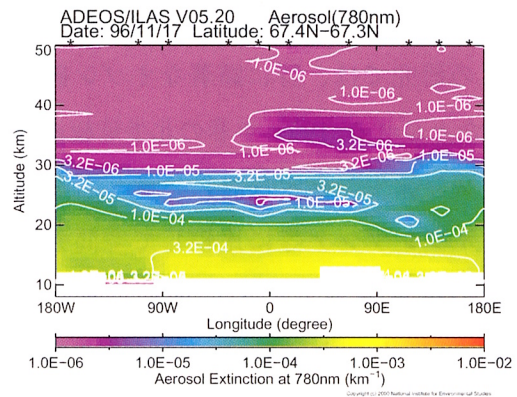
(c) 亜酸化窒素 (N₂O)



(d) メタン (CH₄)



(e) 水蒸気 (H₂O)



(f) エアロゾル消散係数

図 1.2-1 大気微量成分の高度-経度断面

(2) オゾン減少率の評価 [Sasano et al., 2000¹⁾]

北極域周辺の極渦は地表面地形の影響を受けて南極の極渦ほどは安定ではないことから、オゾン濃度変化における力学的効果と光化学的效果を分離して評価することが重要である。

ILAS によってオゾン濃度が観測されたある空気塊を流跡線解析で追跡し、その空気塊を再度 ILAS がとらえれば、同一の空気塊の中でのオゾン濃度の変化を見積もることができる。この解析法を「Double-sounded air mass 解析」と呼ぶ (Match 解析とも呼ばれる)。このようにして見積もったオゾン変化量は、ある一つの空気塊内で生じたものとみなすことができるので、トラジュの途中で混合が無ければ大気の運動による変化を含まない、化学的な変化を示していると考えられる。

1997 年 2 月、3 月、4 月に ILAS は、北緯 65 度から 70 度の間を観測対象とし、毎日 12 ~14 回の観測を行っている。この間、極渦は長円形で、その縁はちょうどこの緯度帯の付近に位置することから、ILAS が観測した空気塊の多くは極渦内にあった。そのため、極渦内で輸送される間に変質を受けた空気塊が、複数回にわたって ILAS によって観測に掛かるケースが数多く存在し、Double-sounded air mass 解析の適用が可能である。

ILAS で得られたオゾンデータ (Version 3.10) を用い、温位 350 K から 550 K の範囲の 25 K 毎の高度面における気塊の移動を UKMO (英国気象局) による成層圏アシミレーションデータから流跡線解析で求め、Double-sounded air mass 解析を行った。図 1.2-2 は最終結果を示すもので、これによれば、2 月始めに温位 450 K 面にあった空気塊は非断熱冷却により 3 月末には 425 K 面に下降し (図中実線)、この間に最大で 84 ppbv/day のオゾン減少率を示した。また、2 ヶ月間の積分としては 1.5 ppmv の減少となり、これは 2 月始めのオゾン混合比に比べて約 50 %の減少に当たる。

この研究では、特に顕著なオゾン破壊が起きたとされる 1997 年春の北半球極渦内でのオゾン減少率を定量的に評価したと同時に、オゾンゾンデ等に比較して空間分解能の低い衛星観測データに対しても Double-sounded air mass 解析が適用可能であることを示した。

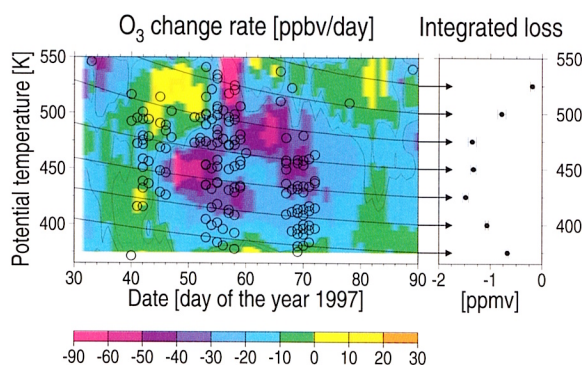


図 1.2-2 オゾン濃度変化率の変化と積分されたオゾン減少量 (混合比)

(出典: Sasano et al., 2000¹⁾)

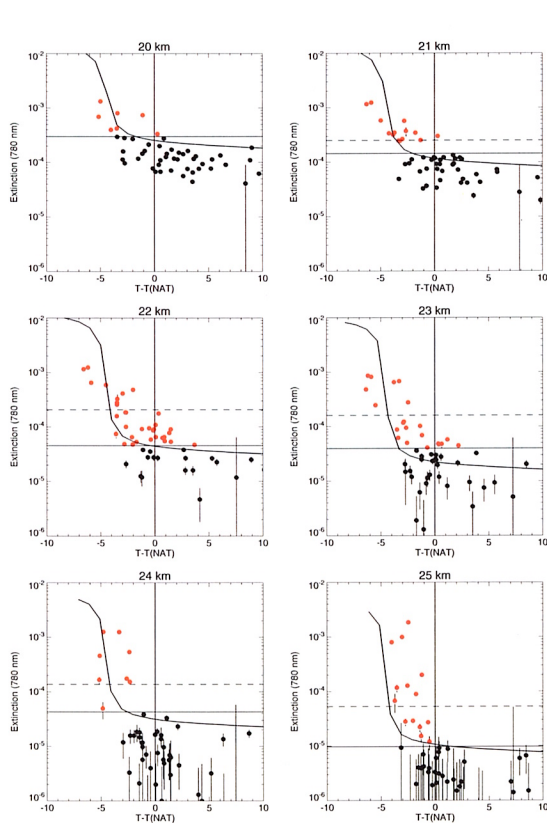
¹⁾ ILAS observations of chemical ozone loss in the Arctic vortex during early spring 1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 213-216.

(3) 北極成層圏雲 (PSCs) の出現特性 [Hayashida et al. 2000¹⁾]

1997 年冬から春にかけて北極上空で大規模なオゾン減少が観測されているが、ILAS のエアロゾルデータ (780 nm) の解析結果から、同時期に極成層圏雲 (PSCs) が頻繁に出現していたことが示されている。

まず、ILAS の測定した硝酸・水蒸気のデータに基づいて NAT (硝酸三水和物) 飽和温度を算出し、PSCs が観測された地点・時刻での UKMO (英国気象局) から配布されている気温と比較した。図 1.2-3 は 1997 年 1 月中旬の ILAS 消散係数-気温の散布図を描いたものである。ここで横軸は NAT 飽和温度と観測地点の気温との差、実線は採用された閾値 (PSCs と判定するための基準) を示している。赤は閾値との比較から選定された PSCs イベントである。閾値に近い PSCs イベントでは NAT 飽和温度より高い気温で観測されているものもあるが、ほとんどは NAT 飽和温度を数度下回った地点で観測されていることがわかる。

PSCs の組成については、近年、NAT よりも硝酸・硫酸・水の過冷却三成分系液滴粒子 (Super-cooled Ternary Solution:以下 STS 粒子と略記) ではないかと考えられるようになって



いる。図 1.2-3 には ILAS の硝酸・水蒸気に関する観測データから推定した、STS 形成の理論曲線が描いてあるが、消散係数が著しく高いいくつかのデータはこの曲線に合致しているように見える。1 月には STS 形成曲線と合致するイベントが多く見られ、同時に硝酸の減少も観測された。2 月以降には NAT ではないかとみられるイベントもあり、現在、詳細を解析中である。

NAT 飽和温度以下で消散係数が閾値を越えているイベントは間違いなく PSCs と判定してよいと考えられる。PSCs の空間分布についてこの年の特徴として以下のことがわかった。

a) PSCs は 1 月に高度 23 km 付近を中心に発生し、2~3 月には 18 km 付近のやや低い高度で発生していた。

b) PSCs の発生経度帯は、1~2 月には西経 90 度から東経 90 度付近であるが、3 月には大きく

図 1.2-3 ILAS 780 nm 消散係数の NAT 飽和温度と気温との差に対する散布図
(出典: Hayashida et al., 2000¹⁾)

¹⁾ Arctic polar stratospheric clouds observed with the Improved Limb Atmospheric Spectrometer during the winter of 1996/1997, *J. Geophys. Res.*

東へ移動している。3月に極渦がまだ崩壊せず持続していたが、その位置は1~2月に比較すると東方向にずれていたためである。これは1997年の大きな特徴である。

現在も引き続き、ILASの硝酸・水蒸気、赤外のエアロゾルスペクトルデータを使ってPSCs組成推定を中心に詳細な解析が実施されている。

(4) 北極成層圏における脱窒・硝化過程 [Kondo et al., 2000¹⁾]

成層圏オゾンを破壊する活性塩素は、極域の冬季~春季の低温下で発生する極成層圏雲(PSCs)の上で起こる不均一反応により生成される。春季になり極域に太陽光が当たると、 HNO_3 の光解離やOHとの反応により NO_2 が生成され活性塩素は NO_2 との反応によって不活性化される。したがって、冬季に反応性窒素酸化物(下部成層圏での主成分は HNO_3)の不可逆的な損失(脱窒:denitrification)が起きると活性塩素の不活性化が遅れ、オゾン破壊が時には春季まで持続する。このようにオゾン破壊量を支配する脱窒は、非常に冷却された北極成層圏で既に観測されている。しかしながら、空気塊が冷却されてから観測するまでの時間が長かったために、今までの研究の中では脱窒を引き起こす明瞭な温度条件、あるいは粒子の組成は明らかにされていない。また北極域は一般に南極に比べ脱窒は弱く、これまでの衛星観測では精度(特に高度分解能)が十分でなく、脱窒の空間的広がりを捕らえることが困難であった。

ILASは、1996~1997年冬季に北極極渦内の下部成層圏において HNO_3 、 N_2O 、オゾン、エアロゾルの濃度を測定した。これらのデータは、極渦内の気温が氷粒子飽和温度(T_{ICE})以下に低下した直後(2月中旬)に HNO_3 を含んだ粒子の沈降による脱窒が18~23kmで起きていたことを示した。40%を越す脱窒は T_{ICE} 以下の低温を経験した空気塊でのみ観測され。一方で、13~15kmにおいて HNO_3 を含んだ粒子の蒸発に伴う HNO_3 濃度の増加(nitrification)が脱窒の観測された0~3日後に起きていた。Nitrificationは脱窒が起きたことの極めて強い証拠である。脱窒とnitrificationの起き始めた時間の差から、脱窒を引き起こした粒子の粒径は5~10 μm 以上であったことが分かった。また HNO_3 濃度の増加が観測された16km以下の気温は T_{ICE} よりも高かったので、粒子は硝酸三水和物(NAT)、あるいはNATでコーティングされた氷粒子でありそうなが分かった。NAT粒子飽和温度(T_{NAT})以下の低温を1~4日間連続に経験した空気塊では、気温が T_{ICE} 以下にならない限り顕著な脱窒は起きていなかった。この温度範囲($T_{\text{ICE}} < T < T_{\text{NAT}}$)に4日以内さらされた条件下では、NATの核形成は脱窒を引き起こすには不十分であった。18~23kmでの HNO_3

¹⁾ Denitrification and nitrification in the Arctic stratosphere during the winter of 1996-1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 337-340.

の減少は、12~17 km の増加によってほとんど相殺されていた。これは、2月11日から28日の HNO_3 の鉛直カラム量はほとんど変化しなかったことを意味しており、脱窒およびPSCs粒子の蒸発過程を定量的に捕らえていたことを強く支持している。

なお、図1.2-4は、1997年1、2月に北極の極渦内の18~20 kmでILASによって得られた HNO_3 - N_2O 相関図であり、バックグラウンド濃度のエアロゾルを伴ったデータのみを使用している。1月11日~2月10日までは、 HNO_3 混合比は10日間ごとに平均されており、2月11~28日までは個々のデータが示されている。青い線は2月1~10日のデータにフィットさせて得られた基準の HNO_3 - N_2O 相関図。比較のため、気球観測による NO_y - N_2O 相関図も示されている。

図1.2-5は、2月11~19日の18~20 kmで得られた HNO_3 の減少率($\Delta\text{HNO}_3/\text{HNO}_3^* = (\text{HNO}_3 - \text{HNO}_3^*)/\text{HNO}_3^*$; HNO_3^* は基準の HNO_3 - N_2O 相関図と N_2O 混合比から算出)に対する、空気塊が経験した最低気温と T_{ICE} の差のプロットである。

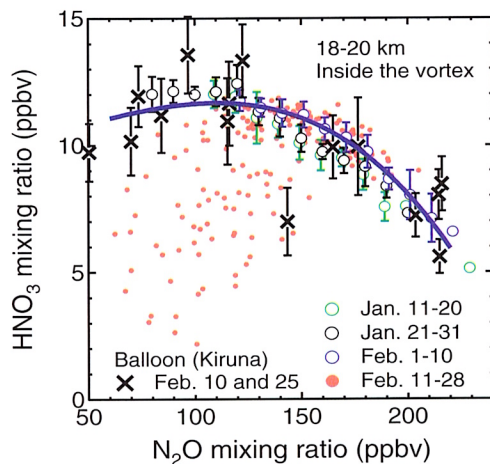


図 1.2-4 北極極渦内で ILAS によって得られた HNO_3 - N_2O 相関図

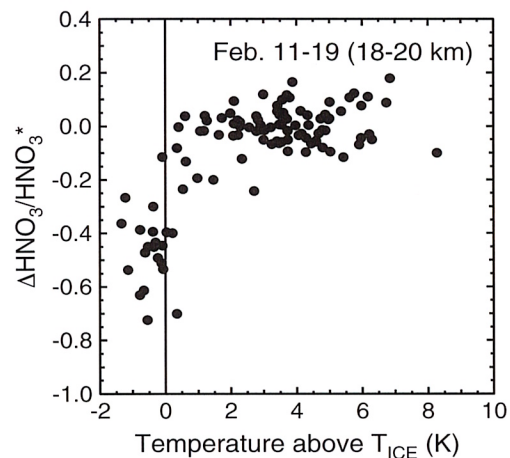


図 1.2-5 HNO_3 の減少率に対する空気塊が経験した最低気温と T_{ICE} の差のプロット

(出典: Kondo et al., 2000¹⁾)

(5) ILAS 関連の主要な論文リスト

- Burton, S. P., L. W. Thomason, Y. Sasano and S. Hayashida (1999): Comparison of aerosol extinction measurements by ILAS and SAGE II, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1719-1722.
- Choi, W., S. Kim, and Y. Sasano (1999): Investigation of high-latitude tracer characteristics in the stratosphere by use of ILAS and HALOE data, *Asian-Pacific Remote Sensing and GIS Journal*, 12, 53-60.
- Dubovik, O. V., T. Yokota and Y. Sasano (1998): Improved Technique for Data Inversion and Its Application to the Retrieval Algorithm for ADEOS/ILAS, *Adv. Space Res.*, 21, 397-403.

¹⁾ Denitrification and nitrification in the Arctic stratosphere during the winter of 1996-1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 337-340.

- Hayashida, S., N. Saito, A. Kagawa, T. Yokota, M. Suzuki, H. Nakajima, and Y. Sasano (2000): Arctic polar stratospheric clouds observed with the Improved Limb Atmospheric Spectrometer during the winter of 1996/1997, *J. Geophys. Res.* (in press)
- Jucks, K. W., D.G. Johnson, K. V. Chance, W. A. Traub, J. J. Margitan, G. B. Osterman, R. J. Salawitch and Y. Sasano (1998): Observations of OH, HO₂, H₂O, and O₃ in the upper stratosphere: Implications for HOx photochemistry, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3935-3938.
- Kanzawa, H., Y. Kondo, C. Camy-Peyret and Y. Sasano (1995): Balloon campaigns at Kiruna-Esrange planned in ILAS correlative measurements program, *Proc. 12th ESA Symp. Rocket & Balloon Programmes & Related Res.*, ESA-SP370, 345-349.
- Kanzawa, H. ed. (1997): ILAS Correlative Measurements Plan, *NIES Technical Report*, F-105-'97/NIES, 178pp.
- Kanzawa, H., C. Camy-Payret, Y. Kondo and N. Papineau (1997): Implementation and first scientific results of the ILAS Validation Balloon Campaign at Kiruna-Esrange in February-March 1997, *Proc. 13th ESA Symp. Eur. Rocket & Balloon Programmes & Relat. Res.*, ESA SP-397, 211-215.
- Koike, M., Y. Kondo, H. Irie, F. J. Murcray, P. Williams, P. Blatherwick, C. Camy-Peyret, S. Payan, H. Oelhaf, G. Wetzel, W. Traub, D. Johnson, K. Jucks, G. C. Toon, B. Sen, J.-F. Blavier, H. Schlager, H. Ziereis, N. Toriyama, M. Y. Danilin, J. M. Rodoriguez, H. Kanzawa, Y. Sasano (2000): A comparison of Arctic HNO₃ profiles measured by the Improved Limb Atmospheric Spectrometer and balloon-borne sensors, *J. Geophys. Res.*, 105, 6761-6771
- Kondo, Y., H. Irie, M. Koike, and G. E. Bodeker (2000): Denitrification and nitrification in the Arctic stratosphere during the winter of 1996-1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 337-340.
- Lee, K.-M., J. M. McInerney, Y. Sasano, J. H. Park, W. Choi and J. M. Russell III (1999): Intercomparison of ILAS and HALOE ozone at high latitudes, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 835-838.
- Mukai, S., I. Sano, Y. Sasano, M. Suzuki and T. Yokota (1994): Retrieval Algorithms for Stratospheric Aerosols Based on ADEOS/ILAS Measurements, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, 1142-1127.
- Mukai, S., I. Sano, Y. Sasano, M. Suzuki and T. Yokota (1995): Optical Properties of stratospheric aerosols, *Adv. Space Res.*, 17, 64-70.
- Okamoto, H., Y. Sasano, S. Mukai, I. Sano, H. Ishihara, T. Matsumoto, L. Thomason and M. Pitts (1998): ADEOS/ILAS Aerosol Retrieval Algorithm with 5 channels, *Adv. Space Res.*, 21, 443-446.
- Payan, S., C. Camy-Peyret, P. Jeseck, T. Hawat, M. Pirre, J.-B. Renard, C. Robert, F. Lefevre, H. Kanzawa and Y. Sasano (1999): Diurnal and nocturnal distribution of stratospheric NO₂ from solar and stellar occultation measurements in the Arctic vortex: Comparison with models and ILAS satellite measurements, *J. Geophys. Res.*, 104, 21585-21593.
- Sasano, Y., M. Suzuki, T. Yokota and H. Kanzawa (1997): Early Results from Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) Measurements, *GEOCARTO International*, 12, 61-68.
- Sasano, Y., M. Suzuki, T. Yokota and H. Kanzawa (1999): Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) for stratospheric ozone layer measurements by solar occultation technique, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 197-200.
- Sasano, Y., H. Nakajima, H. Kanzawa, M. Suzuki, T. Yokota, H. Nakane, H. Gernandt, A. Schmidt, A. Herber, V. Yushkov, V. Dorokhov and T. Deshler (1999): Validation of ILAS Version3.10 ozone with ozonesonde measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 831-834.
- Sasano, Y., M. Suzuki, T. Yokota and H. Kanzawa (1999): ILAS for stratospheric ozone layer monitoring: Outline of data processing (Version 3.00 and 3.10) and validation experiments, *IEEE T. G. Rem. Sens*, 37 (3), 1508-1516.
- Sasano, Y., Y. Terao, H. L. Tanaka, T. Yasunari, H. Kanzawa, H. Nakajima, T. Yokota, H. Nakane, S. Hayashida and N. Saitoh (2000): ILAS observations of chemical ozone loss in the Arctic vortex during early spring 1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 213-216.
- Suzuki, M., A. Matsuzaki, T. Ishigaki, N. Kimura, N. Araki, T. Yokota, and Y. Sasano (1995): ILAS, the Improved Limb Atmospheric Spectrometer on the Advanced Earth Observing Satellite, *IEICE Transactions Commun.*, E78-13,12, 1560-1570.
- Yokota, T., M. Suzuki, O.V. Dubovik and Y. Sasano (1998): ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer)/ADEOS Data Retrieval Algorithms, *Adv. Space Res.*, 21, 393-396.

1.2.2 ILAS-II への継承

成層圏オゾン層の破壊に代表されるような地球規模大気循環に対する科学的な調査・研究においては、現象を正確にまたグローバルに把握することが極めて重要である。特に、大気微量成分の化学反応や輸送・拡散、また太陽放射に対する影響などを理解することが現象の本質に迫る道である。しかし、高層大気中、南北両極域、海洋上、大陸内部など測定器を持ち込むことの困難な場所が地球上の大部分を占めており、また、仮にそれが可能であっても空間的に密に測定器を展開することは事実上、不可能である。

米国航空宇宙局（NASA）による人工衛星搭載オゾンセンサ（TOMS）が観測した南極オゾンホール映像がそれを雄弁に物語っているように、このような地球規模の対象に対しては、人工衛星などによるリモートセンシングは非常に有効な計測手段であり、今後、地球規模の環境の監視、科学的解明のため、人工衛星からのリモートセンシングはますます発展していくものと考えられる。

特に、成層圏オゾン層の減少問題については、オゾン層の保護のためのウィーン条約（1985年）およびモントリオール議定書（1987年）に基づき、国際的に対策が進みつつある。こうした対策のひとつとして、ウィーン条約では、オゾン層の状態等について人工衛星による観測を含む組織的観測を推進することが締約国に求められており、同条約を受けてわが国としてもオゾン層破壊の状況等の観測・監視およびオゾン層保護に関する調査研究を推進することが要請されている。しかしながら、大気計測のための人工衛星センサに関する我が国の研究・開発は、東京大学、文部省宇宙科学研究所等による先駆的研究を除くと、これまで十分に行われてきていないというのが実状であった。

このような中で、ADEOS 運用期間中に、ILAS によって観測された極域大気の観測データからは、前項で紹介したものをはじめとして、多くの研究成果が導かれており、オゾン層破壊のメカニズム解明に大きく貢献している。

したがって、環境省が ILAS に引き続き、オゾンを始めとする成層圏の大気微量成分を監視・研究することを目的に ILAS-II を開発し、環境観測技術衛星 ADEOS-II に搭載するということの意義は極めて大きく、国内外に向けての観測データの発信を通し、オゾン層破壊のメカニズムを解明するために重要な役割をはたすものと考えられる。

ILAS-II では、基本的に ILAS の機器構成を踏襲しており、さらに観測波長範囲を広げ、また鉛直分解能を高めることにより機能を向上させている。

第 2 章

ILAS-II プロジェクト

第2章 ILAS-II プロジェクト

2.1 ILAS-II プロジェクトの目的

ILAS-II プロジェクトの目標は、(1)オゾン層の変動の監視、(2)オゾン層化学、物理過程の解明のためのデータを国内外に向けて提供することにある。ILAS-II では ILAS より 2 チャンネル多い、4 チャンネルの観測分光チャンネルが装備され、赤外観測が 3 チャンネル、可視観測が 1 チャンネルである。観測対象項目は、オゾン (O_3)、硝酸 (HNO_3)、窒素酸化物 (NO_2 、 N_2O)、水蒸気 (H_2O)、メタン (CH_4)、CFC-11、CFC-12、クロリンナイトレート ($ClONO_2$) 等のガス成分とエアロゾル、極成層圏雲 (PSCs) の粒子、および気温、気圧である。

O_3 を始めとするこれらのガス成分の動向を監視することは、オゾン層破壊原因物質の挙動を知ることだけでなく、対流圏から成層圏への輸送過程など高層大気中の物質輸送等の物理的な機構についての知見を得ることにつながる。

気温、気圧は、大気循環等の物理的な環境を規定するものであると同時に、気体成分の化学反応速度、極成層圏雲の発生・消滅等に係わる重要なパラメータである。また、赤外域における気体分子の吸収係数は気温に依存することから、ガス成分の濃度を精度良く算出するためにも気温の観測は必須である。

$ClONO_2$ は、オゾン層の破壊をもたらす塩素原子のリザーバとして働くため、オゾン層の破壊の機構、実態を理解する上で重要な物質であることから、ILAS-II の新たな観測項目として追加された。ただし、 $ClONO_2$ は非常に微量な成分であり、SN 比の低い観測が予想されるため、当面は成分の検出だけが行われ、濃度の算出は可能な場合にのみ実施される予定である。

エアロゾル／極成層圏雲等の粒子は、不均一反応の場を提供しており、一般にオゾン層破壊を促進させるものと理解されている。粒子の組成や粒径が、不均一反応速度を規定していることから、これらの情報を抽出することが重要である。このため、ILAS が 6 μm 以上の赤外チャンネルだけを有していたのに対し、ILAS-II では 6 μm 以下の中間赤外チャンネルを追加し、これらの粒子特性の評価における精度の向上を図っている。

以上を含め、ILAS-II において ILAS 時から改良された主な機能変更点は以下の通りである。

- $ClONO_2$ の観測に対応するため、第 3 チャンネル (12.78~12.85 μm) を追加
- 赤外域の観測波長帯に 6 μm 以下のチャンネル (第 2ch.: 3.0~5.7 μm) を追加し、エアロゾル／極成層圏雲の粒子観測精度を向上
- 鉛直分解能を 2 km から 1 km に向上
- 太陽面スキャンを採用
- GPS データによる高精度の軌道データを採用 (ADEOS-II 衛星側の機能)

2.2 ILAS-II プロジェクトの推進体制

2.2.1 環境省と国立環境研究所の役割

(1) 環境省の役割

ILAS-II プロジェクトは、これまで、環境省地球環境局局長補佐（2000年12月までは環境庁地球環境部研究調査室室長補佐）がプロジェクトマネージャの役割を担い、プロジェクト全般について環境省としての責任を負う他、NASDA との協定関係、センサ機器開発および検証実験等の予算関係、契約関係を担当してきた。

環境省と直接の契約関係にあるのは、ILAS-II 機器の開発メーカーである松下技研（株）（現、松下電器産業（株）先端技術研究所）と、検証実験準備調査等を担当する（財）日本気象協会である。

(2) 国立環境研究所の役割

国立環境研究所は、プロジェクトの実質的な推進役を務めており、主として、地上において ILAS-II データの処理、保存、提供等を行う ILAS-II データ処理運用施設（ILAS-II DHF：ILAS-II Data Handling Facility）のシステム開発とデータ処理アルゴリズムの研究開発、および同施設の運用を担当する他、ILAS-II プロジェクト全般に対する科学面での支援を行う。さらに、搭載機器開発、装置の性能試験についての助言や支援を行うこととなっている。

このため、主として同研究所の地球環境研究グループ衛星観測研究チーム、並びに地球環境研究センター（CGER：Center for Global Environmental Research）の研究者の参画の下にプロジェクトを推進している。全体を統括するプロジェクトリーダーを国立環境研究所に置き、現在は、大気圏環境部長がその任にあたっている。なお、衛星打ち上げ後の ILAS-II DHF の運用業務は、CGER のモニタリング業務の一環として行われ、また、CGER はデータセンターとしての機能を果たす。

なお、国立環境研究所では、ILAS-II DHF の構築に対して、富士通エフ・アイ・ピー（株）、日本アイ・ビー・エム（株）および三菱スペースソフトウェア（株）を契約の相手先としている。

2.2.2 プロジェクト組織体制

環境省地球環境局に配置され、プロジェクト全般について責任を負うプロジェクトマネージャの下に、アシスタント・プロジェクト・マネージャが置かれ、プロジェクトマネージャ

を補佐するとともに、センサ開発並びに地上設備開発における各種の技術的調整業務を担当する。アシスタント・プロジェクト・マネージャは、実務上の便宜のため国立環境研究所に常駐し、機器開発関連等の技術的側面においては、プロジェクトリーダーの監督下に置かれている。さらに、プロジェクト全般の事務的作業を担うためのプロジェクト事務局が設置され、同様に担当者が国立環境研究所に常駐する体制をとっている。

また、国立環境研究所内には研究推進委員会のもとに衛星観測プロジェクト検討小委員会が設置され、主にプロジェクト等の衛星観測に係わる重要事項の審議が行われている。さらに、ILAS-II プロジェクトでは外部の有識者のレビューを受ける目的で、ILAS-II プロジェクト検討小委員会を設置し、プロジェクト推進全般に係る指導、助言を受けている。

プロジェクトリーダーの下、研究者（プロジェクトスタッフ）が、データ処理アルゴリズムを含む、ILAS-II DHFの開発を監督する。また、ILAS-II DHFの運用に関しては、CGER 研究管理官（衛星観測担当）がマネージャを担当する。また、ILAS-II データの提供、検証実験データの収集等、外部研究者とのインタフェースを担当するデータマネージャが設置される予定である。

さらに、プロジェクトリーダーの下には、研究公募により採択された研究者グループを中心とした ILAS-II サイエンスチーム、および ILAS-II データの検証のための検証実験チームが置かれる。ここで、サイエンスチームおよび検証実験チームのチームリーダーは、プロジェクトリーダーによって指名される。なお、両チームの運営は、各チームリーダーの指示の下に、プロジェクト事務局が行う。

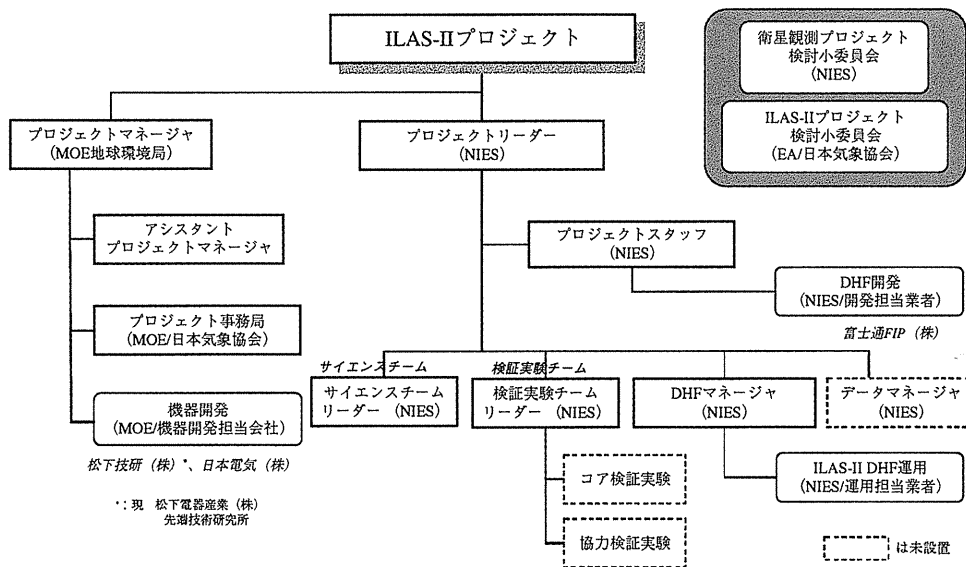


図 2.2-1 ILAS-II プロジェクトの推進体制（2001 年 1 月現在）

表 2.2-1 ILAS-II プロジェクト担当一覧 (2001 年 1 月現在)

所属/役職		担当者	役割
環境省	環境省 地球環境局 研究調査室		ILAS-II プロジェクトマネージャ
	環境省 衛星センサ開発プロジェクト アシスタントプロジェクトマネージャ		ILAS-II アシスタントプロジェクトマネージャ
	財団法人 日本気象協会		ILAS-II プロジェクト事務局
国立 環境研究所	国立環境研究所 大気圏環境部 部長	笹野 泰弘	ILAS-II プロジェクトリーダー
	国立環境研究所 地球環境研究センター 研究管理官 (衛星観測担当)	横田 達也	ILAS-II DHF マネージャ ILAS-II プロジェクトスタッフ
	国立環境研究所 地球環境研究グループ 衛星観測研究チーム 総合研究官	中島 英彰	ILAS-II サイエンスチームリーダー ILAS-II プロジェクトスタッフ
	国立環境研究所 地球環境研究グループ 衛星観測研究チーム 研究員	杉田 考史	ILAS-II プロジェクトスタッフ
	国立環境研究所 大気圏環境部 大気物理研究室 室長	神沢 博	ILAS-II 検証実験チームリーダー ILAS-II プロジェクトスタッフ
			ILAS-II データマネージャ

表 2.2-2 ILAS-II プロジェクト検討小委員会委員一覧 (2001 年 1 月現在)

	氏名	所属
委員長	藤村 貞夫	帝京平成大学 情報学部 教授
委員	青木 忠生	気象研究所 物理気象研究部 第4研究室長
	下田 陽久	東海大学情報技術センター長
	椿 広計	筑波大学大学院 社会工学系 教授
	矢島 信之	宇宙科学研究所 気球工学 教授

2.2.3 サイエンスチーム等による研究協力体制

(1) ILAS-II サイエンスチーム

ILAS-II プロジェクトにおいては、原則、研究公募 (RA: Research Announcement) によって採択された研究課題の研究代表者 (PI) とそのアソシエイト (Co-I: Cooperative Investigator) によりサイエンスチームが構成される。なお、ILAS-II RA は、環境省 (当時は環境庁) を含め、ADEOS-II に搭載される他の 4 つのセンサ供給機関である NASDA、NASA、CNES との共同研究公募 (JRA: Joint RA) により実施された。

研究提案課題の選考は、各センサ供給機関ごとの責任において実施されたが、ILAS-II プロジェクトでは、その選考過程において、公平性、透明性、客観性を持たせるため、応募書類に基づき、研究提案の内容、実現可能性、および期待される成果等について、専門家による国際的な査読 (Peer Review) 評価を行い、さらに、6 名の委員から成る選考委員会を設置し最終的な選定を実施した。

JRA 作業に関する、応募要領の発出から協定書等の締結までの主な流れは次の通りである。

- | | |
|------------------------|------------|
| ①応募要領の発送 | 1999年3月 |
| ②応募提案書の受付 | 1999年5月末 |
| ③第1回 ILAS-II 研究提案選考委員会 | 1999年6月15日 |
| ④研究提案書の査読 | 1999年6~9月 |
| ⑤第2回 ILAS-II 研究提案選考委員会 | 1999年9月21日 |
| ⑥研究提案書の採択 | 1999年9月末 |
| ⑦採択研究者への通知 | 1999年10月1日 |
| ⑧協定書の締結 | 現在、手続き中 |

ILAS-II に関しては、39 の研究課題の提案書を受け付け、査読並びに選考委員会を通して、最終的に 31 テーマを採択した。これまでに、採択研究者への通知を完了し、現在は、契約締結に向けて候補者との間で調整中であり、契約文書の交換を経て、各候補者は、正式に ILAS-II サイエンスチームメンバーとなる。

なお、契約は、候補者の所属する研究機関の長と環境省地球環境局研究調査室長との間で、研究実施に係る基本的事項を定めた「Agreement for Participation in ILAS-II Project」、並びに、候補者と ILAS-II プロジェクトリーダーとの間で ILAS/ILAS-II データ提供等の詳細事項をより明確にすることを目的とした、「Understanding for Participating in the ILAS-II Project」の2種類が締結される。

サイエンスチームの役割は、アルゴリズム研究、ILAS-II データ利用研究、検証実験、検証解析の実施である。なお、検証実験計画立案に関しては、サイエンスチームメンバー以外の研究者との共同研究の必要性があり、実務的作業を効率よく進めるため、検証実験チームをサイエンスチームとは別に設置する。

表 2.2-3 ILAS-II サイエンスチームメンバー* (2000 年 11 月現在)

メンバー	所属
Thomas Blumenstock	Forschngszentrum Karlsruhe GmbH, Institute for Meteorology and Climate Research (IMK)
Claude Camy-Peyret	Laboratoire de Physique Moleculaire et Applications (LPMA/CNRS)
Andreas Engel	Institut fuer Meteorologie, University of Frankfurt
Hartwig Gernandt	Department of Logistics, Alfred Wegener Institut Polar-und Meereforchung
David G. Johnson	NASA Langley Research Center (LaRC)
Thomas P. Kurosu	Smithsonian Astrophysical Obseratory (SAO)
Kwang-Mog Lee	Department of Astronomy and Atmospheric Sciences, College of Natural Sciences, Kyungpook National University
Franck Lefevre	Service d'Aeronomie du CNRS
W. Andrew Matthews	National Institute of Water and Atmospheric (NIWA), Climate Lauder
Frank J. Murcray	Department of physics and Astronomy, University of Denver
Cora E. Randall	Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado
Cornelius Schiller	Forschungszentrum Juelich GmbH ICG-1 (Institut fur Stratosphaerische Chemie)
Geoffrey Toon	Earth and Space Sciences Division, Jet Propulsion Laboratory, Carifornia Institute of Technology
Gerald Wetzell	Institut fur Meteorologie und Klimaforschung (IMK), Forschungszentrum Karlsruhe
Yutaka Kondo	Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo
Yasuhiro Murayama	Communications Research Laboratory (CRL), Ministry of Post and Telecommunications, Japan
Greg E. Bodeker	National Institute of Water and Atmospheric Research
Derek M. Cunnold	School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology
Michael Danilin	Atmospheric and Environmental Research, Inc.
Liwen Laura Pan	National Center for Atmospheric Research (NCAR), Atmospheric Chemistry Research
J. J. Sloan	Department of Chemistry and Physics, University of Waterloo
Larry W. Thomason	Atmospheric Sciences Division, NASA Langley Research Center (LaRC)
Sachiko Hayashida	Faculty of Science, Nara Women's University
Yutaka Matsumi	Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
Hideaki Nakane	Atmospheric Environment Division, National Institute for Environmental Studies (NIES)
Kaoru Sato	National Institute of Polar Research
Masato Shiotani	Graduate School of Hokkaido University
Annmarie Eldering	UCLA Department of Atmospheric Sciences
Steven T. Massie	National Center for Atmospheric Research (NCAR)
Jae H. Park	NASA/Langley Research Center
Masashi Fukabori	Meteorological Research Institute

* : 契約文書の交換を経て、正式メンバーとして認定される。

表 2.2-4 ILAS-II サイエンスチームメンバーによる研究提案課題

No.	サイエンスチームメンバー	研究テーマ
1	Thomas Blumenstock	キルナにおけるO ₃ 、HNO ₃ 、NO ₂ およびClONO ₂ の地上観測によるILAS-IIデータの検証
2	Claude Camy-Peyret	気球搭載太陽遮蔽法フーリエ変換型赤外分光計 (LPMA: Limb Profile Monitor of the Atmosphere) を用いたILAS-IIプロファイルの検証
3	Andreas Engel	気球観測によるILAS-II観測データ (N ₂ OとCH ₄) の検証
4	Hartwig Gernandt	南極Neumayer基地での気球観測、および北極Koldewey基地での補完的地上観測によるILAS-IIオゾンデータの検証研究
5	David G. Johnson	FIRS-2分光計を用いた高緯度気球観測によるILAS-IIデータの検証
6	Thomas P. Kurosu	気圧-気温リトリバルと極成層圏雲の検出アルゴリズムの開発
7	Kwang-Mog Lee	他衛星データを用いたILAS-IIの検証
8	Franck Lefevre	成層圏化学モデリング
9	W. Andrew Matthews	地上測定データ、およびHIRDLSによる衛星観測データとの比較によるILAS-IIデータの検証
10	Frank J. Murcray	地上からの高分解能太陽スペクトル観測により決定される大気成分プロファイルを用いたILAS-IIデータの校正/検証
11	Cora E. Randall	POAM IIIを用いたILAS-IIの検証および極域プロセスの解明
12	Cornelius Schiller	気球および航空機を用いたILAS-IIデータによる下部成層圏の水蒸気分布の検証
13	Geoffrey Toon	気球搭載干渉計 (JPL MkIV) によるADEOS-IIデータの検証
14	Gerald Wetzel	MIPAS-Bを用いた成層圏におけるオゾンおよび気候関連の微量成分の観測
15	Yutaka Kondo	ILAS-IIデータの検証と極域成層圏化学の研究
16	Yasuhiro Murayama	CRL-GI/UAFの共同プログラム「アラスカ・プロジェクト」による、ADEOS-II/ILAS-IIに同期したアラスカでの地上観測
17	Greg E. Bodeker	ILAS-IIデータを用いた、極域・中緯度域におけるオゾン層破壊過程の解析 - 渦力学、HNO ₃ の除去、成層圏エアロゾルの特性、オゾンの減少率
18	Derek M. Cunnold	高緯度域における長期的なオゾン層破壊の評価、並びにオゾン層回復の証拠を探ることを目的とした、SAGE II/III、UARSおよびPOAMによる観測値に基づくILAS-IIのオゾン観測値の解析
19	Michael Danilin	極域成層圏の光化学・微物理モデリングの改善を目的とした、他の観測データを併用したILAS/ILAS-IIデータの利用
20	Liwen Laura Pan	ILAS II水蒸気データの解析と検証
21	J. J. Sloan	成層圏エアロゾルおよび雲リトリバルに対する実験室スペクトルの利用
22	Larry W. Thomason	エアロゾルおよび極成層圏雲測定のためのILAS-IIとSAGE II/IIIの観測データの比較
23	Sachiko Hayashida	ILAS-IIエアロゾルデータの検証解析、バックグラウンド・エアロゾルと極成層圏雲の気候学的研究・化学組成に関する研究
24	Yutaka Matsumi	成層圏におけるオゾン層破壊過程に関する塩素化学的解析
25	Hideaki Nakane	ILAS/ILAS-II、地上観測、および気球観測によるオゾンとその関連物質の時空間的挙動に関する研究
26	Kaoru Sato	ILAS/ILAS-IIデータに基づく、極域における小規模な大気擾乱と、輸送、混合、化学過程への影響に関する研究
27	Masato Shiotani	ILAS-IIからの長寿命微量成分のデータを利用した成層圏の子午面循環の推定
28	Annmarie Eldering	ILAS-II観測によるエアロゾルの組成と濃度の決定
29	Steven T. Massie	ILAS/ILAS-IIエアロゾルスペクトル
30	Jae H. Park	CO ₂ 混合比リトリバルアルゴリズムの開発
31	Masashi Fukabori	ILAS-IIデータの解析における吸収線パラメータの高精度な決定に関する実験研究

表 2.2-5 ILAS-II サイエンスチームメンバーによる研究提案課題 (原文)

No.	Science Team Member	Theme
1	Thomas Blumenstock	Validation of ILAS-II data by ground-based measurement of O ₃ , HNO ₃ , NO ₂ , and ClONO ₂ at Kiruna
2	Claude Camy-Peyret	Validation of the ILAS-II profiles using the balloon-borne FTIR instrument Limb Profile Monigor of the Atmosphere (LPMA)
3	Andreas Engel	Validation of N ₂ O and CH ₄ measurements of ILAS-II by balloon borne observation
4	Hartwig Gernandt	Validation studies of ILAS-II ozone data by balloon-borne observations at Neumayer station, Antarctica, and complementary studies by balloon-and ground-based observations at Koldewey station, Arctic
5	David G. Johnson	High-latitude Balloon Flights of the FIRS-2 Spectrometer for ILAS-II Validation
6	Thomas P. Kurosu	Algorithm Developments for the ILAS-II Instrument: Pressure-Temperature Retrieval and PSC Detection
7	Kwang-Mog Lee	Validation of ILAS II Data with other satellite data
8	Franck Lefevre	Stratospheric Chemistry Modeling
9	W. Andrew Matthews	Validation of ILAS-II data products from ground-based measurements at Kiruna, Lauder, Macquarie Island and Arrival Heights and through comparisons with satellite-based HIRDLS retrievals
10	Frank J. Murcray	Use of constituent profiles determined from high resolution ground based solar spectra to calibrate/validate ILAS-II data
11	Cora E. Randall	Validation of ILAS-II using POAM III, and investigation of polar processes
12	Cornelius Schiller	Balloon-borne and airborne validation of ILAS II water vapor distribution in the lower stratosphere
13	Geoffrey Toon	High-latitude balloon flight of the JPL MkIV interferometer for ADEOS-II validation
14	Gerald Wetzell	Remote sensing of ozone-and climate-relevant trace constituents in the stratosphere with MIPAS-B
15	Yutaka Kondo	Validation of ILAS-II data and investigation of polar stratospheric chemistry
16	Yasuhiro Murayama	Correlative ground-based experiments in Alaska by the CRL-GI/UAF joint program "Alaska Project" for ADEOS-II/ILAS-II
17	Greg E. Bodeker	Analysis of polar and midlatitude ozone depletion processes using ILAS-II measurements: vortex dynamics, gap phase HNO ₃ removal, stratospheric aerosol properties and ozone loss rates
18	Derek M. Cunnold	An analysis of ILAS-II ozone measurements in combination with SAGE II/III, UARS and POAM measurements to provide an assessment of long term ozone loss at high latitudes and to search for evidence of ozone recovery
19	Michael Danilin	Utilization of ILAS-II and ILAS data in conjunction with other measurements to improve photochemical and microphysical modeling in the polar stratosphere
20	Liwen Laura Pan	Analysis and Validation of ILAS II Water Vapor Data
21	J. J. Sloan	Use of Laboratory Spectra for Stratospheric Aerosol and Cloud Retrieval
22	Larry W. Thomason	Comparisons of ILAS II and SAGE II/III observations for measurements of aerosol and PSCs
23	Sachiko Hayashida	Validation analysis of ILAS-II aerosol data and investigation on climatology and the chemical components of background aerosols and PSCs
24	Yutaka Matsumi	Analysis of chemistry in stratospheric ozone loss processes
25	Hideaki Nakane	Spatial and temporal behaviors of ozone and related species revealed by ILAS/ILAS-II, ground-based and balloon data
26	Kaoru Sato	A study of small-scale atmospheric disturbances and their role in the transport, mixing and chemical processes in the polar region based on ILAS/ILAS-II data
27	Masato Shiotani	Estimating the Meridional Circulation in the Stratosphere using Long-live Tracer Data from ILAS-II
28	Annamarie Eldering	Determination of aerosol composition and concentration from ILAS-II infrared solar occultation measurements
29	Steven T. Massie	ILAS/ILAS-II Aerosol Spectra
30	Jae H. Park	Develop a new algorithm to retrieve CO ₂ mixing ratio
31	Masashi Fukabori	Experimental study on the accurate determination of the absorption line parameters required in the data analysis of ILAS-II

(2) ILAS-II 検証実験チーム

検証実験チームは、ILAS-II に係る検証実験を、計画的に実施することを目的として設置される。検証実験チームの設置にあたっては、プロジェクトスタッフによって企画・立案される検証実験の基本計画、並びに JRA によって採択された研究課題をもとに、コア検証実験の研究代表者、協力検証実験の研究代表者によって、チームを構成する。

検証実験チームには、ILAS-II 検証実験に関わるすべての研究者が参加し、具体的な実験計画の立案、調整を実施する。

2.2.4 ILAS-II ハードウェアの開発体制

ILAS-II は、ILAS の機器構成を踏襲して機能向上を図ったセンサであるため、そのハードウェア開発は、ILAS の開発を担当した松下技研（株）（現在の松下電器産業（株）先端技術研究所）が、松下電器グループ各社の協力の下で実施した。ただし、ILAS-II 第3ch.分光計の開発については、日本電気（株）が担当した。

ADEOS-II 衛星システムの開発を担当する NASDA との各種の技術調整作業は、環境省を介して行われている。また、衛星開発担当メーカーの三菱電機との調整は、環境省、および NASDA を介して行われている。なおこれらの調整には、インタフェース調整会議、および技術連絡書の手段が用いられている。

なお、国立環境研究所の研究者が、ILAS-II の概念設計に参画するとともに、その後の機器の設計・製作・試験に際して、多面にわたり技術的な支援を行った。

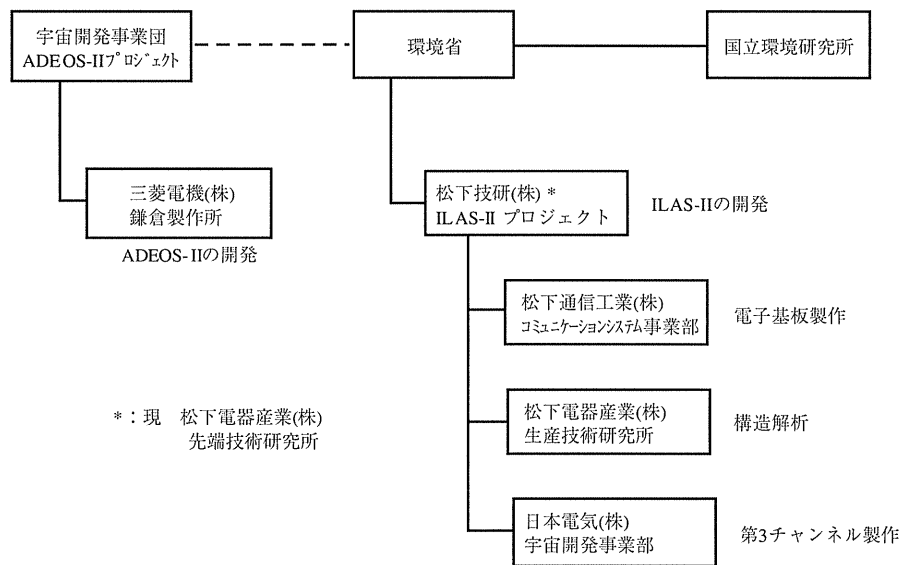


図 2.2-2 ILAS-II の開発体制

2.2.5 ILAS-II データ処理運用施設の開発体制

ILAS-II DHF は、ILAS-II の観測データを NASDA より入手し、処理、評価・解析、保存・検索、ILAS-II のミッション管理、そしてデータ配布等を一貫して行う施設である。

ILAS-II DHF のデータ処理アルゴリズム開発、ソフトウェアシステム開発、および計算機導入は、ILAS・RIS 衛星データ処理運用施設（ILAS & RIS DHF）のソフトウェア開発を担当した富士通エフ・アイ・ピー（株）による基礎調査結果をベースに行われた。また、データ処

理を含むソフトウェア開発は、基礎調査を行った富士通エフ・アイ・ピー（株）が引き続き担当した。一方、計算機本体部導入については、ILAS & RIS DHF の場合と同様に、日本アイ・ビー・エム（株）がとりまとめを行った。ただし、3つの大学に配備したワークステーションを含む、ILAS-II DHF の周辺装置の導入については、三菱スペースソフトウェア（株）が担当した。

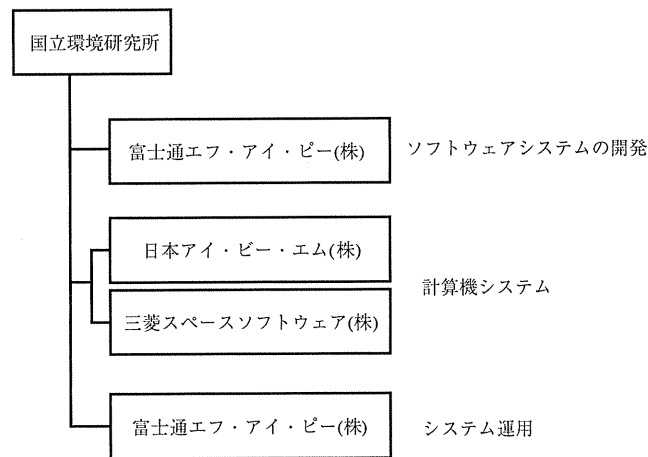


図 2.2-3 ILAS-II データ処理運用施設の開発体制

2.2.6 ILAS-II プロジェクトに係る文書の体系

ADEOS-II の搭載センサとして決定した ILAS-II の開発にあたり、「改良型大気周縁赤外分光計 II 型の環境観測技術衛星への搭載に関する協定」が、NASDA と環境省（当時は環境庁）との間で結ばれた。これに基づき、ILAS-II および ILAS-II DHF の開発に対し、それぞれ「インタフェース作業取り決め」、「ミッション運用インタフェース作業取り決め」が取り交わされた。

さらに、ILAS-II の開発に対しては、ADEOS-II とのインタフェースに係る技術的な詳細を規定する「ILAS-II/ADEOS-II インタフェース管理仕様書」が作成されている。一方、ILAS-II DHF の開発に対しても、ILAS-II 観測データや ILAS-II の運用に係る各種の情報ファイルを、NASDA 側地上設備との間で授受するための技術的な詳細を規定する文書（「ADEOS-II ミッション運用インタフェース仕様書」、「ネットワーク管理仕様書」および各種データフォーマット説明書）や試験計画書（「ADEOS-II ミッションシミュレーション試験計画書」）が作成されている。

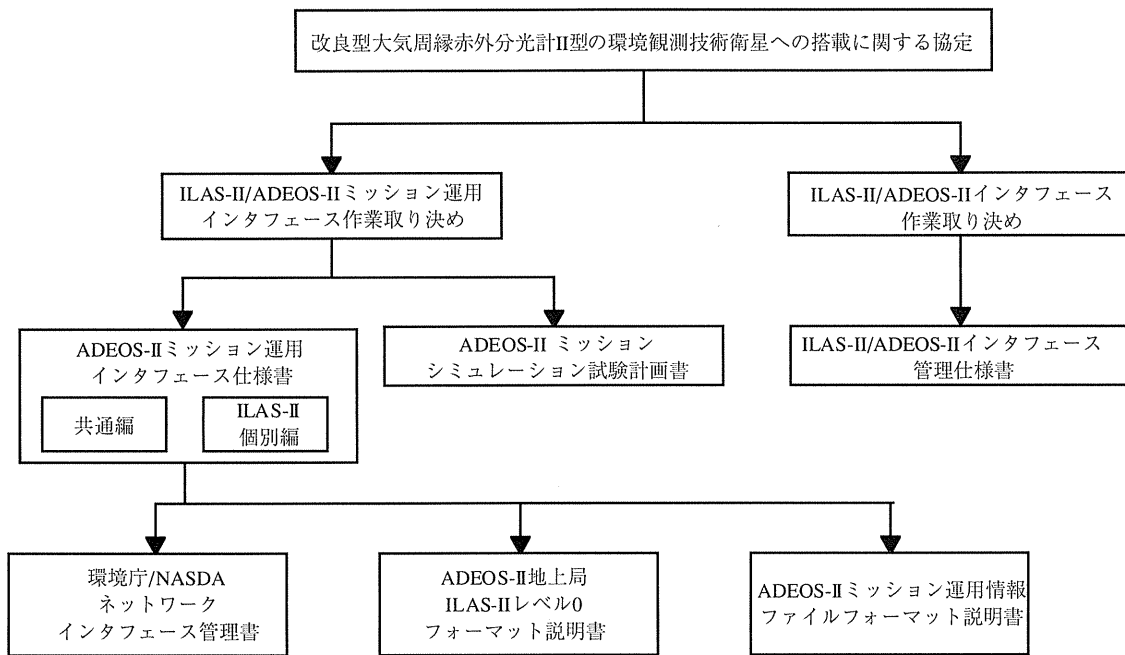


図 2.2-4 ILAS-II/ADEOS-II に関する文書の体系

また、ILAS-II 搭載機器および ILAS-II DHF の開発においては、開発の主要なマイルストーンとして、各種審査会、検討会、報告会が開催された。正式な協議の場として、インタフェース調整会議、あるいは技術連絡書を用いた機関間の調整が頻繁に行われた。

表 2.2-6 ILAS-II に関する主な会議と提出文書

	会議名	提出文書名	状況
衛星関連	基本設計審査会 (I/F、性能)	基本設計審査入力パッケージ	完了
	詳細設計審査会 (I/F、性能)	詳細設計審査会入力パッケージ	完了
	プロトタイプ試験後審査会	プロトタイプ試験後審査会入力パッケージ	今後
	インタフェース調整会議	—	継続
	ADEOS-II 合同インタフェース調整会議	—	継続
地上系関連	ILAS-II データ処理運用システム設計検討会	ILAS-II データ処理運用システム設計検討会入力パッケージ	完了
	ILAS-II データ処理運用システム詳細設計検討会	ILAS-II データ処理運用システム詳細設計検討会入力パッケージ	完了
	ILAS-II データ処理運用システム開発完了審査会	ILAS-II データ処理運用システム開発完了審査会入力パッケージ	今後
	ADEOS-II 地上設備設計報告会	ADEOS-II 地上設備設計報告会資料	完了
	ADEOS-II 定常運用移行前報告会	ADEOS-II 定常運用移行前報告会資料	今後
	ミッション運用調整会議 (ADEOS-II 地上部分に関する環境省-NASDA 打ち合わせ)	—	継続

第 3 章

ILAS-II

第3章 ILAS-II

3.1 ILAS-II による観測の特徴

ILAS-II (Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II; 改良型大気周縁赤外分光計 II 型) は、対流圏上部から成層圏全体にわたる高層大気中の化学過程、力学過程を理解する上で必要なオゾンの濃度やオゾン層化学に関する NO_2 、 N_2O 、 H_2O 、 CH_4 などの各種微量成分、エアロゾルの濃度、気温・気圧などの高度分布に関するデータを取得することを目的として、環境庁（現在の環境省）により開発された。1号機にあたる ILAS は、文部省（現在の文部科学省）宇宙科学研究所が 1984 年に打ち上げた第 9 号科学衛星「おおぞら」(EXOS-C) に搭載されたオゾン層観測センサ LAS (Limb Atmospheric Infrared Spectrometer) を原型として大幅な改良を加えたものであり、ILAS-II は、さらに観測チャンネルを追加するなどの改良を加えたものである。

衛星からの大気の観測は、その測定方向の違いにより、衛星から鉛直下方（天底）を観測する直下視観測（nadir observation）と、地球の周縁方向を観測する周縁観測（limb observation）とに区分される。直下視観測のセンサは、水平方向の分解能には優れるが、鉛直方向の分解能は低く、また、測定領域が主として対流圏となり、気体の濃度が低い成層圏の測定は難しい。周縁観測のセンサは、水平方向の分解能は低いが、鉛直方向の分解能は高く、また、成層圏の観測に適している。

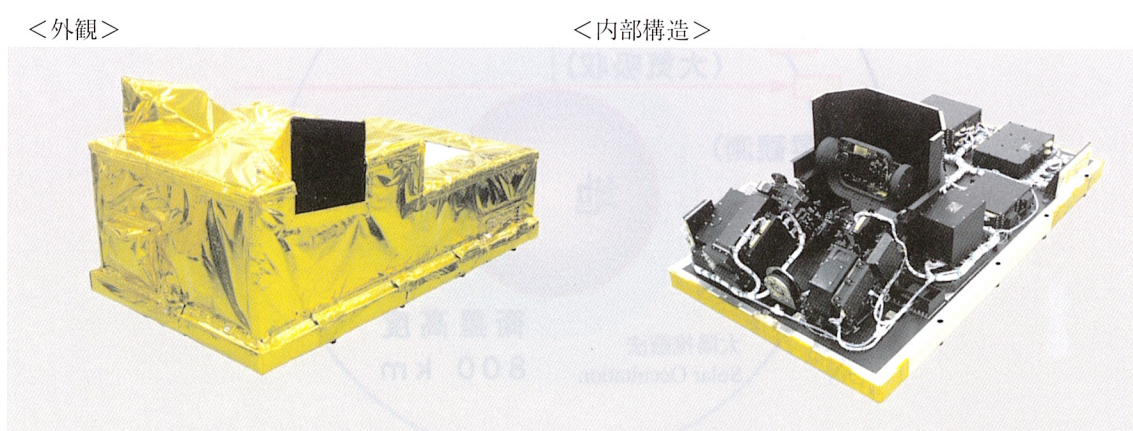


図 3.1-1 ILAS-II の外観（左）と内部構造（右）

ILAS-II は多層断熱材で全体が包まれている。2 つの開口部は、日の出観測、日の入り観測のそれぞれに対応する。

（写真提供：松下電器産業（株））

(1) 観測原理

ILAS-II による観測は、ILAS と同様に周縁観測の 1 つである「太陽掩蔽法」を採用している (図 3.1-2 参照)。太陽掩蔽法は、SAGE II や HALOE といった衛星搭載センサによってその有効性が十分に実証されてきた方法である。また、この太陽掩蔽法は、周縁吸収測定法の一種で、太陽光が大気を通過する際に受け取る吸収量をスペクトル分解して測定するものであり、輝度の高い太陽を光源としているため、一般に極めて高い精度の測定が可能となる。

ADEOS-II から見た日の出、日の入り時には、太陽からの光は大気層を通過して ADEOS-II に届く。この時、ADEOS-II の進行につれて、太陽光が通過する大気層の高度 (範囲) が変化する。そこで、ILAS-II においては、日の出、日の入り時に、太陽を追尾しながら連続的に測定を行うことにより、異なる大気層による太陽光の吸収量を測定することができ、吸収をもたらす物質の高度分布に関する情報を得ることができる。

太陽掩蔽法の特徴は、強度の強い太陽を光源としていることから極めて高い精度の測定が可能であること、大気圏外での光源の測定を毎回行ってこれを参照光として大気微量成分による光の減衰を求めることから機器の劣化などの影響を受けにくく、信頼性が高いことなどが挙げられる。

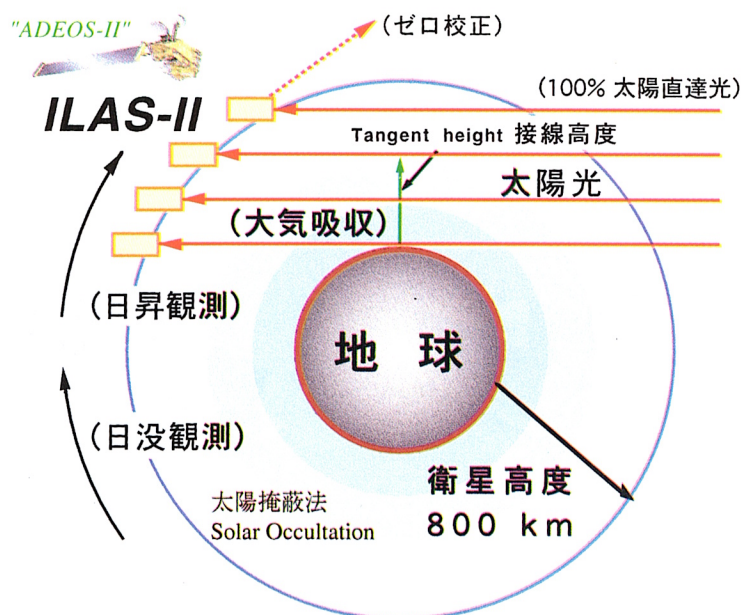


図 3.1-2 ILAS-II の観測原理

(2) 観測範囲

ADEOS-II は太陽同期の極軌道衛星（軌道傾斜角 98.62° ）であり、ILAS-II が太陽を光源とすることから、ILAS-II による測定対象領域は、ILAS と同様に南北両半球の高緯度地域の上空となる（図 3.1-3 参照）。SAGE II や HALOE は低軌道傾斜角で太陽非同期軌道の衛星に搭載されていることから、測定対象は月日の進行とともに北半球の高緯度から南半球の高緯度までの広い範囲を掃引するのに対し、ILAS-II は比較的狭い緯度範囲をゆっくりと掃引し、北半球では北緯 57 度から 72 度までの緯度帯で、南半球では南緯 65 度から 90 度までの緯度帯で観測が可能となる。ADEOS-II は、1 日に地球の周りを約 14 周するので、ILAS-II による測定は南北両半球でそれぞれ 1 日に約 14 回の測定が行われる。1 日の測定点は、同一の緯度帯の円周上の 14 地点で、約 25 度ずつ経度位置がずれる。例として、9 月の 1 ヶ月間における ILAS-II の測定点の分布を、北半球、および南半球のそれぞれについて、図 3.1-4 と図 3.1-5 に示す。

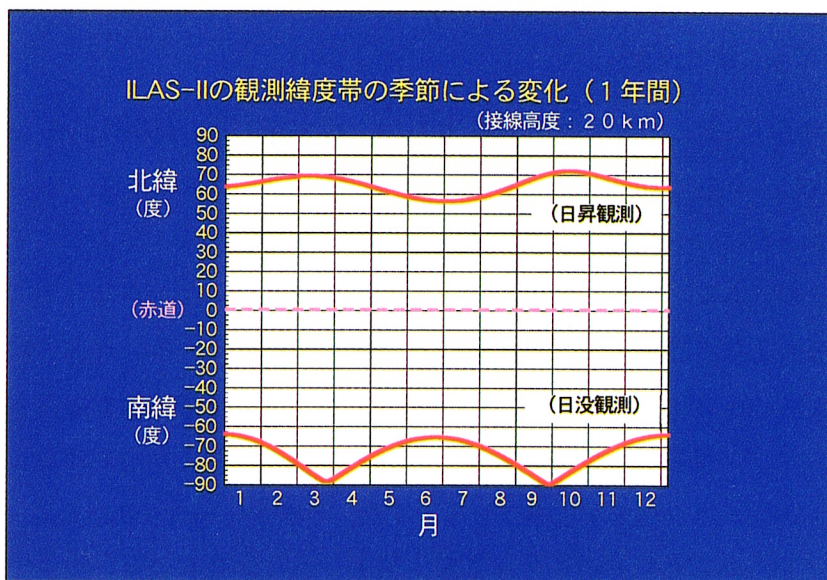


図 3.1-3 ILAS-II の観測位置（緯度）の経時変化

ILAS-II は、グローバル観測には不向きではあるが、特定の領域（緯度範囲）の大気環境の変化を時間をおって詳細に捉えられる。つまり、狭い緯度範囲を繰り返し測定することから、経度－高度断面の詳細な時間変化を知ることができるという特徴を持っている。この特徴は、オゾンホール等の諸現象の解明において重要な化学環境の時間的変化を見る上で、非常にユニークな観測データを提供できることを意味している。

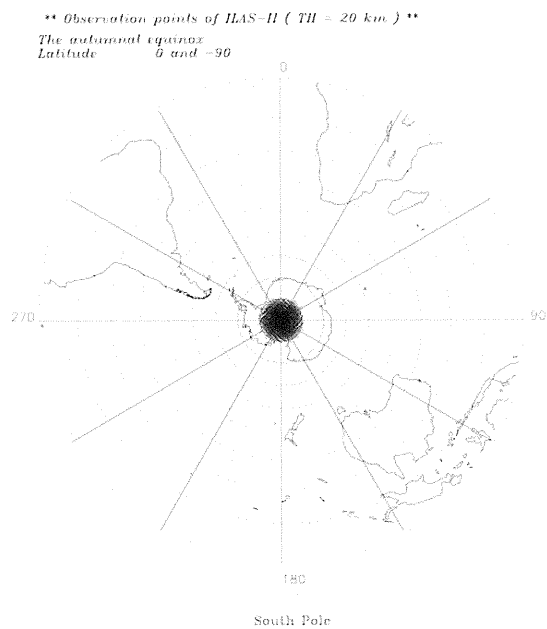
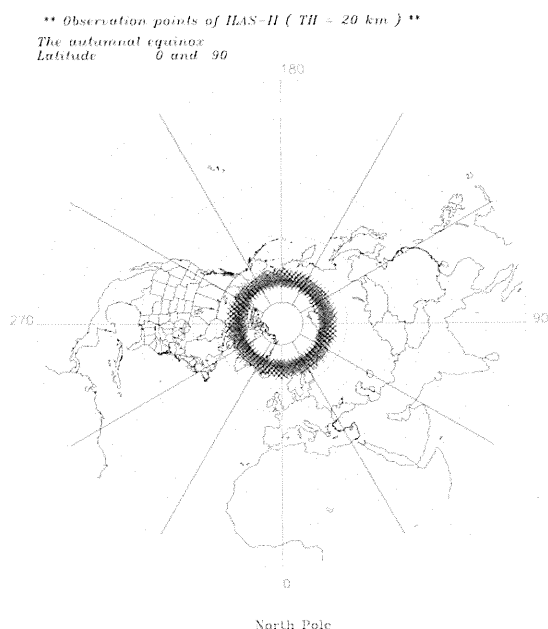


図 3.1-4 ILAS-II の測定地点（北半球概算値） 図 3.1-5 ILAS-II の測定地点（南半球概算値）
(9月の1ヶ月間について、ポーラステレオ図法にて表示)

(3) 観測スペクトル（観測項目）

ILAS-IIの主な測定対象は、赤外波長 (ch.1: 6.2 μm ~11.8 μm) と中間赤外波長 (ch.2: 3.0 μm ~5.7 μm) の吸収測定からの、オゾン (O_3)、硝酸 (HNO_3)、二酸化窒素 (NO_2)、一酸化二窒素 (N_2O)、水蒸気等 (H_2O)、メタン (CH_4) の濃度の高度分布、およびエアロゾル消散係数等の高度分布である。特にILAS-IIでは、中間赤外波長を新たに追加したことで、エアロゾル/極成層圏雲等の特性に関する測定精度の向上を図っている。追加されたもう一つの赤外狭帯域波長 (ch.3: 12.78 μm ~12.85 μm) からは、オゾン層破壊をもたらす ClO_x のリザーバとして、オゾン層破壊の機構、実態を理解する上で重要な分子である、クロリンナイトレート (ClONO_2) の高度分布を測定する。また、可視波長 (ch.4: 0.753 μm ~0.784 μm) における酸素分子による吸収測定から、気温、気圧、さらに吸収のない波長でのエアロゾル消散係数の高度分布も同時に導出される。可視、赤外の波長域のエアロゾル消散係数のデータから、エアロゾルの組成評価がなされる。測定対象の高度範囲はおよそ10 kmから60 km、高度分解能（瞬時視野 (IFOV; Instantaneous Field of View) の高度方向の幅) は1 kmである。

ここで、ILASと比較したILAS-IIの各観測チャンネルの特徴を表3.1-1に整理するとともに、各チャンネルの透過率特性を図3.1-6に示す。

表 3.1-1 ILAS と ILAS-II の各観測チャンネルの特性比較

項目	ILAS-II	ILAS	観測対象/備考	
波長域	Ch.1	6.211~11.765 μm (1610~850 cm^{-1})	6.211~11.765 μm (1610~850 cm^{-1})	O_3 , HNO_3 , CH_4 , N_2O , H_2O , NO_2 , CFC-11・12, エアロゾル,
	Ch.2	3.0~5.7 μm (3333~1754 cm^{-1})	—	エアロゾル, H_2O , CH_4 , N_2O , O_3 , CO_2 (圧力測定用)
	Ch.3	12.786~12.851 μm (782.4~778.2 cm^{-1})	—	ClONO_2
	Ch.4	0.753~0.784 μm (13280~12755 cm^{-1})	0.753~0.784 μm (13280~12755 cm^{-1})	気温、大気密度、エアロゾル
IFOV (鉛直方向×水平方向)	Ch.1	1 km×13 km	2 km×13 km	
	Ch.2	1 km×13 km	—	
	Ch.3	1 km×21.7 km (別視野)	—	
	Ch.4	1 km×2 km	2 km×2 km	
素子	Ch.1	0.18 mm×1 mm ピッチ 0.2 mm, 44 素子	0.38 mm×1 mm ピッチ 0.4mm, 44 素子	焦電型リニアレイセンサ Ch.1, 2 : LPF 窓, Ch.3 : BPF 窓
	Ch.2, 3	0.18 mm×1 mm ピッチ 0.2 mm, 22 素子	—	
	Ch.4	0.02 mm×2.5 mm ピッチ 0.025 mm, 1024 素子		MOS リニアイメージセンサ

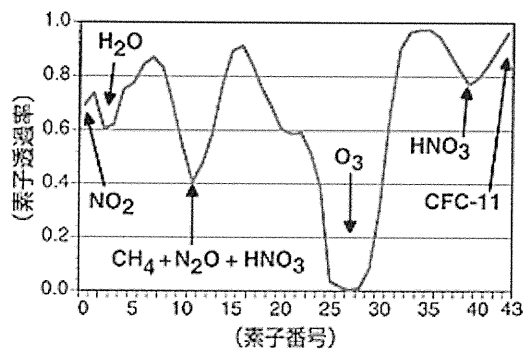


図 3.1-6(a) ILAS-II Ch.1 の理論透過率

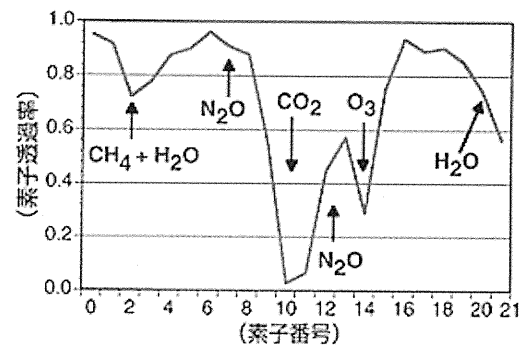


図 3.1-6(b) ILAS-II Ch.2 の理論透過率

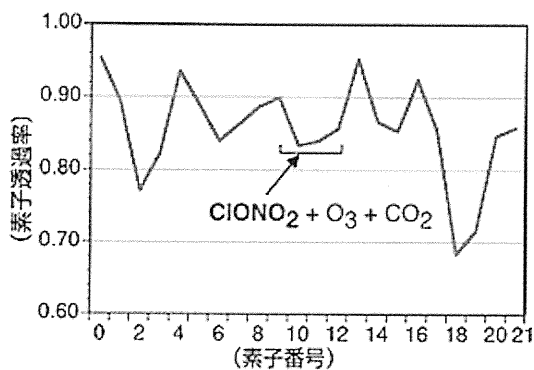


図 3.1-6(c) ILAS-II Ch.3 の理論透過率

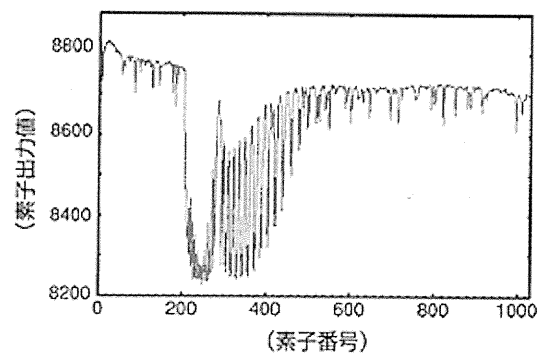


図 3.1-6(d) ILAS-II Ch.4 の理論透過率

(4) センサの動作原理

ILAS-II に入射した太陽光は、2 軸制御のジンバルミラー（太陽追尾ミラー）により望遠鏡光軸に導かれ、観測瞬時視野に相当する視野スリット上に集光される。ここで、2 軸ジンバルは、ILAS と同様に太陽の光強度の重心に瞬時視野が位置するようにデジタルサーボ制御され、太陽光球の鉛直 1 次元像測定により、瞬時視野位置を 8 秒角の分解能で測定する。

集光された光は、赤外光と可視光とに分離され、第 1、2ch.分光計および第 3ch.分光計で分光された後、各チャンネル毎にスペクトル集光位置に設置された焦電型リニアアレイセンサにより検出される。可視光も同様に、第 4ch.分光計により分光された後、MOS リニアイメージセンサ（フォトダイオードアレイ）により検出される。

物質は、それぞれの固有の吸収波長をもち、分光波長と検出器の各素子の位置が対応しているため、特定ガスの吸収の情報は、吸収波長に対応する素子の出力を観測することで得られる。実際には、観測対象となった大気層に含まれる、様々な物質による全体の吸収量が測定されるが、個々の物質により吸収の消長特性が異なるため、信号の解析を行うことによって各々の気体の濃度を測定することができる。地上での ILAS-II データ処理においては、各素子からの出力に対してドリフト効果や黒点影響の補正を行った後、非線形最小二乗法を用いて各種大気成分濃度等の算出を行う。

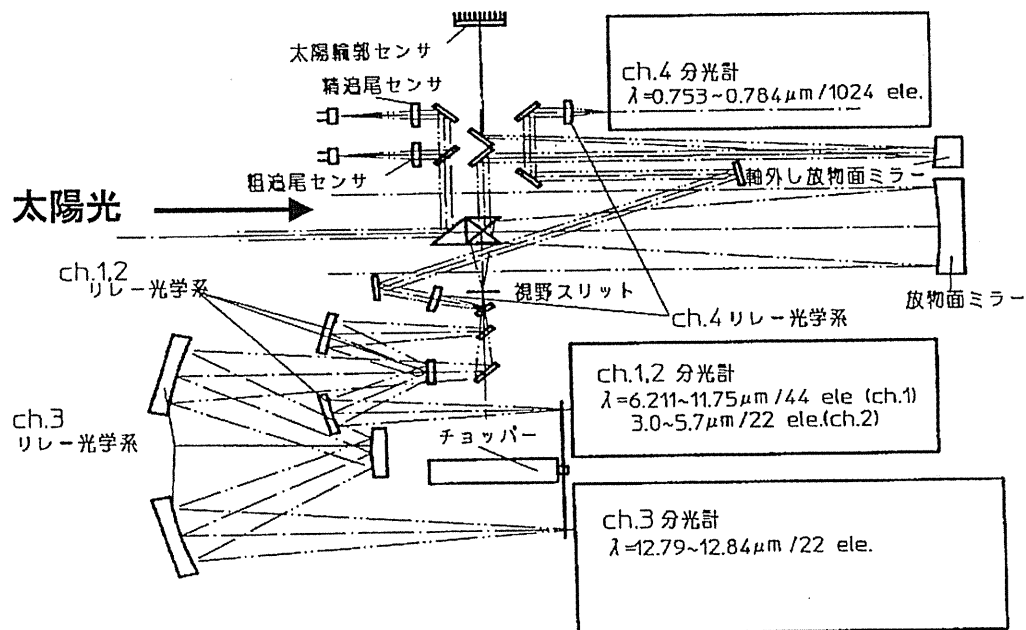


図 3.1-7 ILAS-II 光学系配置概略図

3.2 ILAS-II のハードウェア

(1) ILAS-II の構成

ILAS-II の基本ハードウェア構成は ILAS を踏襲したものとなっており、衛星の進行中に太陽の輝度中心をトラッキングするための追尾系（ジンバルミラー）、入射太陽光を集光・分光する分光光学系、信号検出系、電子回路系、電源系を基本要素として持っている。ILAS からの主な改善点は、2 つの赤外チャンネルの追加、瞬時視野の鉛直方向分解能の改善（1 km）、太陽面走査機能の追加、宇宙塵用フードの追加である。

ここで、ILAS-II の外観図を図 3.2-1 に示す。

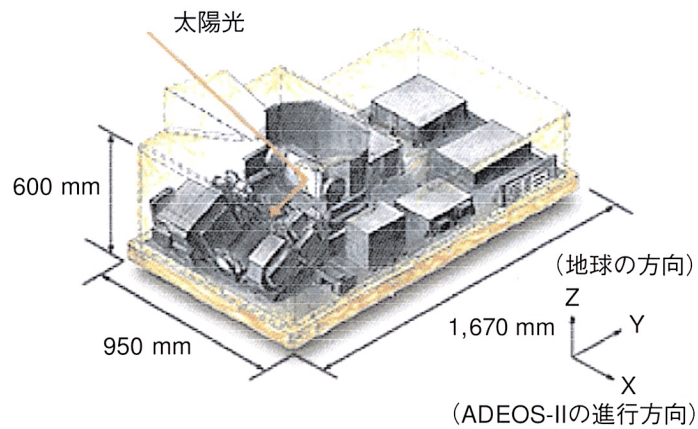


図 3.2-1 ILAS-II 外観図

a) 主要諸元および取り付け位置

表 3.2-1 に ILAS-II の主要諸元を示す。

表 3.2-1 ILAS-II の主要諸元

項目	諸元	備考
寸法	950×1670×600 mm	フード部を除く
質量	138 kg 以下	
消費電力	観測時 120 W 以下	観測時最大
観測運用	日の出/日の入り：各 12 分	
観測高度	約 10~60 km	
観測波長域	赤外域 3 チャンネル 可視域 1 チャンネル	Ch.1, 2, 3 Ch.4
チョッパー周波数	30 Hz (4 サンプルング)	
量子化ビット数	13 bit+1 bit	
データレート	453.62 kbps	
太陽輪郭センサ	分解角：8.16 秒角 スリット像投影	
その他	太陽面走査の実施、GPS データ採用	

項目	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Ch.4
波長域	6.211~11.765 μm (1610~850 cm ⁻¹)	3.0~5.7 μm (3333~1754 cm ⁻¹)	12.786~12.851 μm (782.4~778.2 cm ⁻¹)	0.753~0.784 μm (13280~12755 cm ⁻¹)
IFOV 鉛直方向×水平方向	1 km×13 km	1 km×13 km	1 km×21.7 km (別視野)	1 km×2 km
分光方式	平面回折格子	平面回折格子	平面回折格子	凹面回折格子
検出器	種類	焦電型リニア アレイセンサ	焦電型リニア アレイセンサ	MOS リニア イメージセンサ
	素子	0.18 mm×1 mm ピッチ 0.2 mm, 44 素子	0.18 mm×1 mm ピッチ 0.2 mm, 22 素子	0.18 mm×1 mm ピッチ 0.2 mm, 22 素子
観測対象	O ₃ , HNO ₃ , CH ₄ , N ₂ O, H ₂ O, CFC-11, CFC-12, エアロゾル, NO ₂	エアロゾル, H ₂ O, CH ₄ , N ₂ O, O ₃ , CO ₂ (圧力測 定用)	ClONO ₂	気温, 大気密度, エアロゾル
目標精度	高度分解能	1 km	1 km	1 km
	濃度鉛直分布	O ₃ : 1%以下, その他: 5%以下		気温: -2 K, 大気密度: -2%, エアロゾル: 5%以下

b) 取り付け位置

ILAS-II は、ILAS と同様にメインベース上にすべての機器を設置する 1 ユニット構造をとっており、ADEOS-II のミッションモジュールのアースパネル (+Z 面) に取り付けられている。また、必要な視野を確保するために、ミッションモジュールから -Y 方向 (ADEOS-II の進行方向に向かって左側) に一部がオーバーハングする形で取り付けられている。

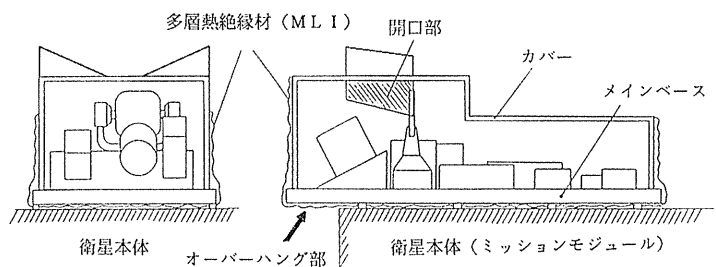


図 3.2-2 ILAS-II の ADEOS-II への取り付け状態

c) 主な構成要素

ILAS-II は、以下の機能構成要素で成り立っている。

表 3.2-2 ILAS-II の基本構成

機能区分	機器	ハードウェア上の区分
集光・分光系	望遠鏡	
	赤外、可視分光器	
	赤外、可視リレー光学系	
検出系	赤外、可視検出器	
	位相検波器	
	太陽追尾センサ 太陽輪郭センサ	太陽追尾系
電子回路系	赤外・可視信号処理回路	信号処理系
	太陽追尾制御回路	太陽追尾系
	熱制御回路	
	RIU (NASDA 貸与品)	
可動機構系	太陽追尾用ジンバル機構	太陽追尾系
	チョッパーモータ	赤外検出器
電源系	DC/DC コンバータ	
構造部材系	ベース、カバー、多層熱絶縁材	

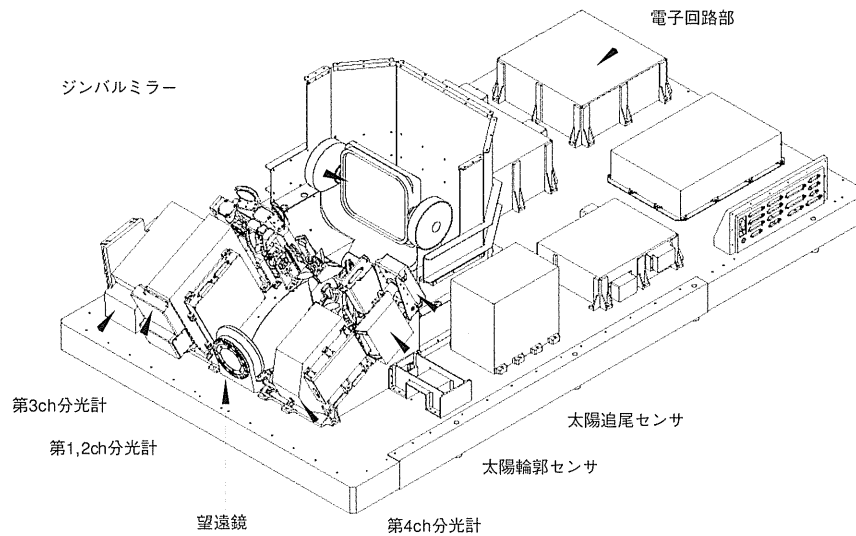


図 3.2-3 ILAS-II の内部構造

d) 構造

ADEOS-II ミッションモジュールのアースパネル (+Z 面 (地球側)) に取り付けられた状態で、日の出、日の入り時の太陽光を ILAS-II 内部の光学機器に導くために、ILAS-II には+X 方向 (ADEOS-II の進行方向) と -X 方向に観測用の開口部がある。内部のコンポーネントは、単一のアルミハニカムベース上に設置され、カバーがこれらを覆う構造となっている。メインベースには、集光・分光系、検出系、電子回路系等が搭載されており、強度を保ちながら軽量化を図るため、カバーとともにアルミハニカム材を用いている。メインベース上には、開口部からオーバーハング部にかけて光学コンポーネントを、反

対方向の+Y方向部分に電子回路コンポーネントを配置している。

ILAS-II 単独で熱制御を行うため、ILAS-II 全体は、太陽光を導入する開口部以外は多層熱絶縁材 (MLI) によって覆われており、放熱面からの熱放射による受動熱制御と、ヒータおよび熱制御回路による低温防止対策により、宇宙空間における厳しい温度差に耐えうる設計になっている。カバーには、ミッションモジュール上でのアクセス性を考慮した位置にコネクタパネル、窒素パージポートが設けられている。

なお、ILAS-II の ADEOS-II ミッションモジュールへの固定には、GFRP (ガラス繊維強化プラスチック) 製の固定用足 (8箇所) を用いている。

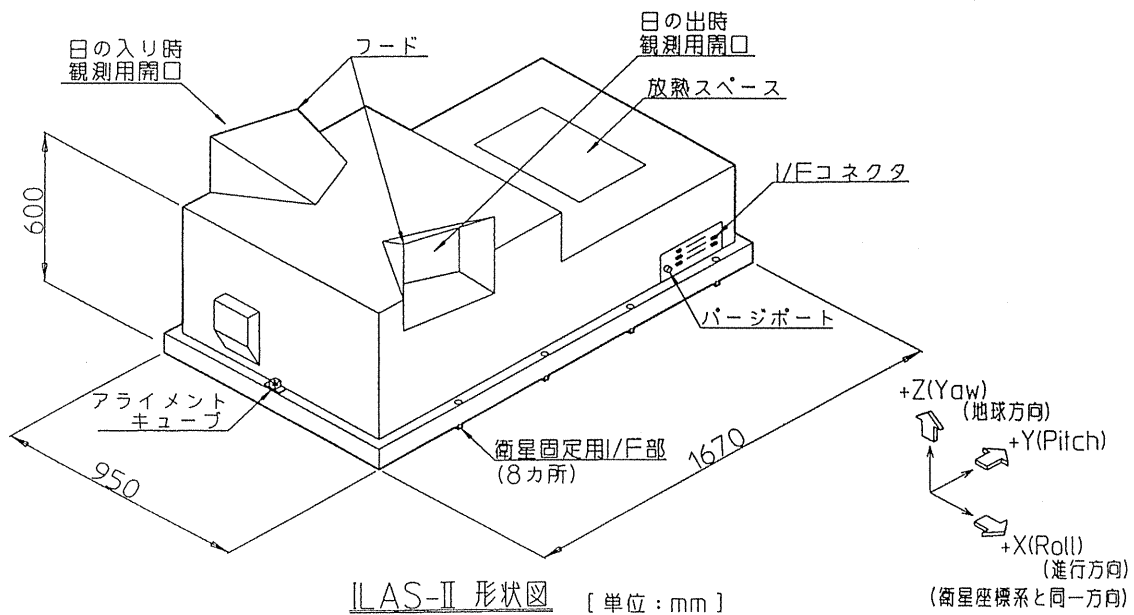


図 3.2-4 ILAS-II の外部構造

(2) ブロックダイアグラム

太陽追尾制御回路により制御されているジンバルミラーによって ILAS-II に入射した太陽光は、反射され、望遠鏡に導かれ、集光される。集光された光は、各波長帯毎に分離され、それぞれの波長帯毎の分光器によりスペクトル分解された後、検出器により電気信号に変えられる。これらの信号は、太陽追尾センサ系の信号とともに赤外・可視信号処理回路を通して、ADEOS-II のミッションデータ処理系にミッションデータとして送られる。なお、太陽追尾系の信号とは、望遠鏡副鏡の前面で反射され、太陽追尾センサ系へ導入後、可視検出器において変換された信号である。

ILAS-II 機器の健康状態を示す温度等のテレメトリデータは、RIU 経由で ADEOS-II 側に送られる。また、ADEOS-II の衛星位置、姿勢、時刻関連情報等は PCD (Payload Collection Data) データとして、RIU 経由で ILAS-II 側に送られ、ミッションデータの一部として ILAS-II データとともに再び ADEOS-II 側に送信される。

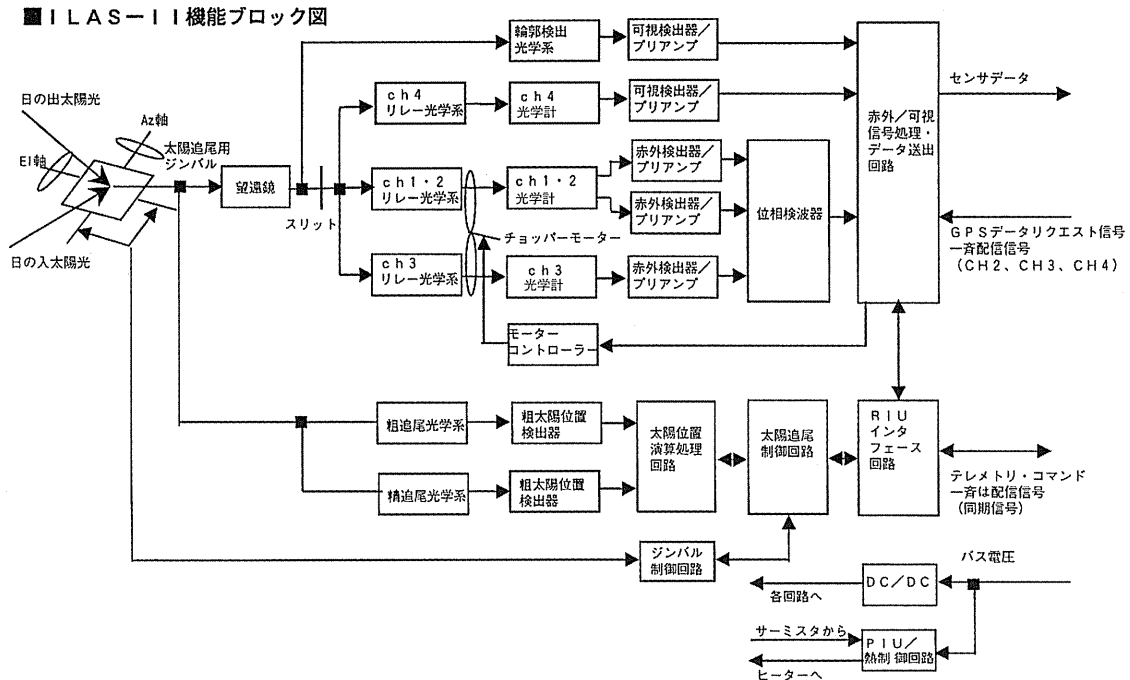


図 3.2-5 ILAS-II の機能ブロックダイアグラム

(3) 主要機器

以下に、ILAS-II を構成する主要機器の概要を示す。

a) 望遠鏡

太陽光を集光する望遠鏡は、ILAS において採用されたカセグレン方式から、ベリリウム製放物面鏡と、2 枚のベリリウム製平面鏡から構成される、同軸型放物面鏡集光方式に変更された。

集光された太陽光は、望遠鏡の視野スリットの後段で、ビームスプリッターにより各波長帯に分割され、各々分光器に導かれる。

表 3.2-3 望遠鏡の諸元等

項目	諸元等
望遠鏡タイプ	同軸型放物面鏡集光方式 (放物面鏡+平面鏡2枚)
焦点距離	600mm
F ナンバー	F/4.62 + 0.05/-0.15
口径	φ 130 mm 以上
第 1, 2, 4 ch. 瞬時視野角 (鉛直×水平)	1.1 km×13.1 km
第 3ch. 瞬時視野角 (鉛直×水平)	1.1 km×21.8 km

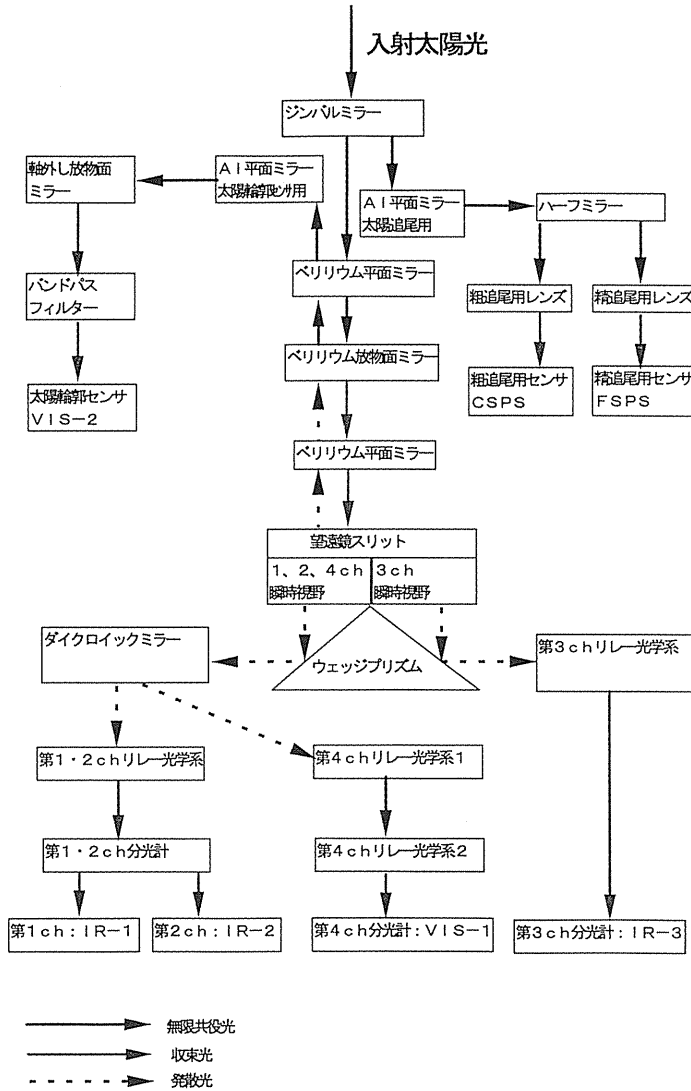


図 3.2-6 ILAS-II 光学系ブロックダイアグラム

b) 赤外分光器および可視分光器

ILAS-II には、3 種類の赤外分光器と 1 つの可視分光器が配置されている。赤外分光器、可視分光器ともに、分光には回折格子を用いている。波長領域の狭い ch.3 の光学系は光

量を確保するため、他の赤外分光器より水平方向の視野を 21.7 km と広くとるとともに、5 km 高高度側の別視野とした。なお、各分光器の出射側には、それぞれ検出器が設置されている。

表 3.2-4 分光器の諸元等

項目	諸元等			
	第 1ch	第 2ch	第 3ch	第 4ch
分光波長範囲	6.211~11.765 μm (1610~850 cm^{-1})	3.0~5.7 μm (3333~1754 cm^{-1})	12.786~12.851 μm (782.4~778.2 cm^{-1})	0.753~0.784 μm (13280~12755 cm^{-1})
分光器構成	グレーティング回折方式 (変倍投影ソエルニーター型)	グレーティング回折方式 (変倍投影ソエルニーター型)	エシエルクレーティング 高次回折方式	凹面ホログラフィック 回折素子分光方式
回折格子定数	14.3 本/mm	14.2 本/mm	23.2 本/mm	1803 本/mm
実効 F ナンバー	分光方向 F/4.615 水平方向 F/1.924	分光方向 F/4.615 水平方向 F/1.798	分光方向 F/5.0 水平方向 F/1.15	分光方向 F/11.3 水平方向 F/11.3
瞬時視野角	分光方向 1 km 水平方向 13 km	分光方向 1 km 水平方向 13 km	分光方向 1 km 水平方向 21.7 km	分光方向 1 km 水平方向 2 km
入射スリットサイズ	分光方向 0.183 mm 水平方向 2.383 mm	分光方向 0.183 mm 水平方向 2.383 mm	分光方向 0.183 mm 水平方向 4.015 mm	分光方向 0.092 mm 水平方向 0.183 mm

c) 赤外検出器および可視検出器

分光器によって分光された光の強度は、それぞれ赤外検出器、可視検出器により検出される。このうち、可視検出器には、1024 素子 MOS リニアイメージセンサを用いている。

赤外検出器には、松下技研（株）（現在の松下電器産業（株）先端技術研究所）で開発された、ハイブリッド IC 化された常温動作の焦電型リニアアレイセンサが用いられており、素子数は第 1、2、4ch.それぞれ、44 素子、22 素子、22 素子となっている。44 素子または 22 素子からの並列出力は、増幅され、ロックインアンプ（位相検波器）により位相検波された後、直列出力に変換される。なお、ILAS-II の ch.1 と ch.2 については、直列出力に加えて、時間応答の速い交流出力モードが追加されており、コマンドによる切替が可能となっている。

焦電型検出器は、温度変化を電荷の変化として検出するものであり、光励起キャリアを利用する半導体を用いた検出器などに比べて、一般に周波数応答（感度）がよくないとされている。しかし、ILAS-II の測定では、ILAS においても実証されたように、太陽という強い光源を用いるため、焦電型検出器の感度で十分である。また、焦電型赤外検出器は、半導体の赤外検出器と異なり冷却を必要としないため、電力や重量面での制限の厳しい衛星搭載機器に適している。なお、焦電型検出器は、エネルギー（光）を断続的に入射しないと出力が得られないため、周波数 30Hz のチョッパーを組み込んでいる。

表 3.2-5 赤外検出器および可視検出器の諸元等

項目	諸元等			
	第 1ch.	第 2ch.	第 3ch.	第 4ch.
使用検出器	焦電型リニア アレイセンサ			MOS リニア イメージセンサ
素子ピッチ	0.2 mm			0.025 mm
素子サイズ	分光方向 0.18 mm 水平方向 1 mm			0.020 mm×2.5 mm
素子数	44 素子	22 素子	22 素子	1024 素子
等価雑音出力	1 nW/Hz ^{1/2} 以下 (30 Hz)			
クロストーク	6 %以下 (30 Hz)			
分光波長範囲	6.211~11.765 μm (1610~850 cm ⁻¹)	3.0~5.7 μm (3333~1754 cm ⁻¹)	12.786~12.851 μm (782.4~778.2 cm ⁻¹)	0.753~0.784 μm (13280~12755 cm ⁻¹)
分光分散値	0.12916 μm/素子	0.1260 μm/素子*	0.003 μm/素子	0.03036 nm/素子
波長分解能 (波数)	0.15 μm 以下	0.15 μm 以下	(0.1 cm ⁻¹)	0.0549 nm (20~35 °C)* 0.0578 nm (35~50 °C)* 0.0687-0.0570 nm (10~20 °C)* 0.1090-0.0687 nm (-5~10 °C)*

*: 測定値

d) 太陽追尾系

ILAS-II は太陽掩蔽法による観測を行うため、観測に先立って太陽を捕捉するとともに、ADEOS-II の移動に伴って、相対的に方向が変化する太陽を追尾することが必須である。太陽追尾系は、観測時の瞬時視野の中心が太陽の輝度中心に一致するように、太陽を追尾するものである。

太陽追尾系では、望遠鏡の副鏡の外側（望遠鏡の中心部）に入射した太陽光を、リレー光学系を用いて太陽追尾センサに集光する構造となっている。太陽の方向（輝度中心）の検出のためのセンサには、PSD（Position Sensitive Detector）を用いた粗追尾センサ（視野角±5.0°）と、4 分割フォトダイオードを用いた精追尾センサ（視野角±0.5°）とを組み合わせて使用している。

また、太陽追尾制御回路の指令により、太陽光を望遠鏡に導入する反射鏡（ジンバルミラー）を制御することで、望遠鏡が常に太陽の輝度中心を捉えているようにしている。ジンバルミラーの制御は、方位軸（ADEOS-II の地球方向に平行な軸）と高度軸（方位軸に直角な軸）の 2 つの軸を中心としてジンバルミラーを回転させることにより行う。ILAS-II では、より滑らかな追尾が可能となるよう、ジンバル制御の周期を ILAS 時の 80msec から 40msec と短くし、ジンバル制御アルゴリズムを予測制御方式に変更している。また、ILAS の軌道上での動作を反映して、追尾開始・終了判定のアルゴリズムを改善し、対流圏上層部（10 km 以下）での追尾を可能としている。

なお、ILAS-II の観測は、日の出時と日の入り時に行われるため、太陽の入射方向が逆になることから、入射方向に応じてジンバルミラーをかなり大きく動かす必要がある。

表 3.2-6 太陽追尾系の諸元等

項目		諸元等
太陽追尾センサ 受光素子タイプ	粗追尾センサ	2次元 PSD (Position Sensitive Detector)
	精追尾センサ	4分割ディテクタ
追尾精度 (光学精度)	水平方向	-1分以内 (1 σ)
	鉛直方向	-1分以内 (1 σ)
追尾範囲 (追尾開始可能 視線方位範囲)	上下(EI)方向	27.3°-7°/+3°以上
	左右(Az)方向	22.5°-10°以上
駆動機構	駆動方式	
	2軸ジンバル方式	
	駆動モータ	
	直流ブラシレスモータ	
視線方位 設定精度	水平方向	-0.5分 (1 σ)
	鉛直方向	-0.5分 (1 σ)

e) 太陽輪郭センサ

太陽輪郭（エッジ）センサは、太陽追尾センサが捉えた太陽輝度中心の、太陽の上端からの角度を測定センサである。衛星上から見たとき、大気屈折の影響が無視できる時には、太陽像は歪みのない円形であり、太陽追尾センサは太陽の幾何学的な中心を捉えると考えられる。しかし、太陽光が大気層を通過するような状況下では、少なからず大気による屈折の影響があり、その影響の程度は光線が地表近くを通るほど大きい。さらに、一般に接線高度が低いと、大気層を通過してきた太陽光は弱まっている。このため、衛星から見た日の出直後、あるいは日の入り直前の太陽の像は、真円から大きくはずれ、歪んでいる。

望遠鏡に入射してくる太陽光は、太陽追尾系と同様に、副鏡の外側（望遠鏡の中心部）の反射鏡からリレー光学系を通して太陽輪郭センサに集光される。太陽輪郭センサには、可視検出器と同型の1024素子MOSリニアイメージセンサを用いる。

センサの素子は接線高度方向に対応して並んでおり、大気吸収のない場合の太陽の視野角（約32分）に相当する素子数は233程度である。このセンサで太陽の輪郭（エッジ）の位置を判別することにより、瞬時視野の太陽面上の位置を知ることができる（瞬時視野が太陽の実際の中心からずれると、それに応じて太陽の輪郭の位置も移動する）。

太陽輪郭センサで得られた情報（観測信号）は、その他の測定信号とともに信号処理系（赤外・可視信号処理回路）に送られ、編集・処理されて、ADEOS-IIのミッションデータ処理系に送られる。

屈折望遠鏡を用いたILASよりも、輪郭の抽出が容易となるよう、鮮明な太陽像を得るために、ILAS-IIにおいては、放物面鏡（コリメート）と軸外し放物面鏡（集光）による反射光学系を採用している。

表 3.2-7 太陽輪郭センサの諸元等

項目	諸元等
使用検出器	1024 素子 MOS リニアイメージセンサ
分解角	鉛直方向：8.160 秒角/素子 水平方向：13.64 分角/素子
集光光学系	軸外し放物面鏡
観測波長	中心波長：1050 nm 波長半値幅：10 nm

f) 信号処理系

観測されたデータおよび ILAS-II 機器の状態を示す信号は、ADEOS-II に伝送され、地上に送信される。赤外検出器、可視検出器および太陽輪郭センサで得られた観測信号は、デジタル信号に変換され、時系列に編集処理されて、ADEOS-II のミッションデータ処理系に転送される。また、時系列化された観測信号には、観測位置を特定するデータとして、ADEOS-II より配信された観測時の衛星情報（ADEOS-II の姿勢、軌道、時刻情報等）、並びに GPS 時刻信号が組み込まれる。

ILAS-II の観測動作を司る全ての指令信号（コマンド）は、予め設定された観測シーケンスに沿って、ADEOS-II の通信およびデータ処理系のオンボードコンピュータより発行される。また、ADEOS-II より発行されるタイミング信号に従い、コマンドに対する ILAS-II の動作状態をモニタするテレメトリが ADEOS-II に伝送される。テレメトリには ILAS-II 内部の温度状態（13 箇所）、および ILAS-II 内部機器の ON/OFF 状態をモニタする項目がある。なお、コマンドには観測に関するものの他に、ADEOS-II の異常等に対処するための緊急観測停止コマンドもある。

なお、観測シーケンスに沿ったコマンドは、観測日時に対応した太陽の位置をもとに、地上で予め計算したコマンド要求に基づいて、NASDA 側で作成される。

(4) 動作モード

ILAS-II には 9 つの運用モードがある。このうち、オールオフモードは、打上げ時、または衛星バスの緊急事態の際にのみ使用されるが、その他のモードについては、定常運用時に繰り返し使用される。1 周回（約 101 分）の内、観測・校正データを取得するのは（スタンバイから、内部定点観測、校正、観測、太陽面走査等を経て再度スタンバイに戻るまで）、日の出時と日の入り時の各 12 分間の計 24 分間である。日の出時と日の入り時とでは、モード内の移行フェーズが異なっている。

ここで、ILAS-II 運用モードの定義を表 3.2-8 に、モード遷移図を図 3.2-7 に示すとともに、定常観測時の運用シーケンスを図 3.2-8 に示す。

表 3.2-8 ILAS-II のモード定義

モード	内容
オールオフモード	サバイバルヒータ電源を含めて電源供給を停止している状態である。打上げ～セーフティモード移行（クリティカルフェーズ）までのモードであり、定常運用段階では本モードに ILAS-II がいることはない。ただし、衛星に極めて深刻な不具合が発生し、ILAS-II の運用を断念せざるを得ない場合には、地上からのコマンドによりこのモードに移移させる（衛星サバイバルモード）。
スタンバイモード	ヒータ電源のみ ON、観測に係わる全ての電源供給は停止している状態である。ILAS-II は定常運用段階では本モードで OFF 状態を保つ。
内部定点観測	本観測は校正のための定点観測であり、ILAS-II 内部定点を観測する。
校正 1R、校正 1S	校正 1 は外部宇宙空間観測による信号レベル 0%の校正を行う。 (R；日の出観測時、S；日の入り観測時を示す)
SR 観測	日の出側大気観測。大気を通して入射する太陽光を捕捉し、追尾しながら観測するモード。大気観測状態のまま高接線高度域では直接太陽光の観測となることから信号レベル 100%の校正を連続的に行う。
SR 太陽面走査	日の出観測におけるミラー定速走査状態での太陽面観測。
校正 2	校正 2 は直接太陽光観測による信号レベル 100%の校正を行う。
SS 太陽面走査	日の入り観測におけるミラー定速走査状態での太陽面観測。
SS 観測	日の入り側大気観測。大気を通して入射する太陽光を捕捉し、追尾しながら観測するモード。

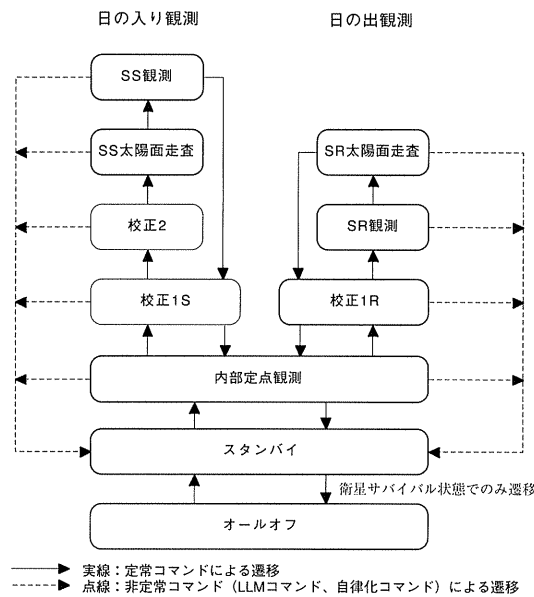
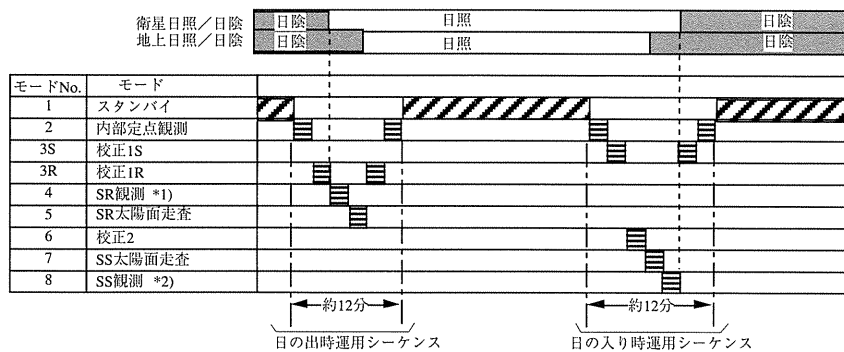


図 3.2-7 ILAS-II の動作モード遷移図



*1) 衛星の日の出約1分(TBD)前にSR観測モードを確立
*2) 衛星の日の入りでSS観測モードを終了

図 3.2-8 ILAS-II 定常観測運用シーケンス

3.3 ILAS-II の開発経緯

ここでは、まず一般的な衛星センサの開発の進め方について概説し、次に、ILAS-II の開発の経緯を記述する。

(1) 衛星搭載機器の開発思想

衛星搭載機器は、最終的に打ち上げる機器を作り上げるまで、各段階ごとに審査し、ステップを踏んで開発される。以下に、宇宙開発事業団で採られている一般的な衛星搭載機器の開発手順を示す。

a) 設計

設計においては、概念設計、基本設計、詳細設計、維持設計のフェーズがあり、基本設計以降の各設計フェーズにおいては、以下に示す設計審査が行われる。

- 基本設計審査 (PDR: Preliminary Design Review)
- 詳細設計審査 (CDR: Critical Design Review)
- プロトフライト試験後審査 (PQR: Post Qualification Test Review)

設計審査とは、製品の設計段階で、設計品質およびそれを具現化するために計画された製造・試験・据え付け・運用・保守などのプロセスについて、信頼性、コストおよび納期を考慮しながら客観的知識を集めて評価し、改善点を提案するとともに、次の段階へ移行し得る状態にあるか否かを確認する組織的活動を言う。

表 3.3-1 衛星搭載機器の開発における設計フェーズと審査会

フェーズ・審査	概要
概念設計	搭載機器の開発の最初の段階、即ち概念段階において、可能性のある複数個のシステムについて、システム概念を設定するための設計
基本設計	設計段階前半における、設計仕様書を設定するための開発仕様書に基づく基本的な設計
PDR : Preliminary Design Review 基本設計審査会	基本設計終了時に開催され、開発仕様書の各項目を満足する製品の実現性などを審査し、詳細設計に移行できることを確認する設計審査
詳細設計	設計段階後半における、設計仕様書に基づく、プロトフライトモデルを製作するための詳細な設計
CDR : Critical Design Review 詳細設計審査会	プロトフライトモデルの製造に先立ち、製品の詳細な設計内容が契約書・技術仕様書の要求事項を満足しており、製造に移行できることを確認する設計審査
維持設計	製作・試験の段階における必要な設計改良
PQR : Post Qualification Test Review プロトフライト試験後審査	最終試験であるプロトフライト試験後に実施され、搭載モデルであるプロトフライトモデルが要求事項に合致し、搭載に対して問題のないことを確認する設計審査会のことを指す。なお、搭載観測機器の出荷においては、出荷前審査 (PSR : Pre-Shipment Review) は、PQR で代用されることが多い。

b) 製品

製作される製品としては、以下のものがある。

- ブレッドボードモデル (Bread Board Model: BBM)
- エンジニアリングモデル (Engineering Model: EM)
- 熱構造モデル (Structure and Thermal Model: STM)
- プロトフライトモデル (Proto Flight Model: PFM)

表 3.3-2 衛星搭載機器の開発において製作されるモデルの概要

モデル	概要
BBM: Bread Board Model ブレッドボードモデル	機能確認のための試作品
SM (または STM) : Structure (and Thermal) Model (熱) 構造モデル	(熱設計および) 構造設計の妥当性を確認する試験を行うために、宇宙飛行体の材料、配列、形態、質量、質量分布などを模擬したモデル。
EM: Engineering Model エンジニアリングモデル	電気的および機械的な設計を確立するために、質量・寸法・電力などについて評価するモデル。
PFM: Proto Flight Model プロトフライトモデル	実際に衛星に搭載され、ロケットで打ち上げられるモデル。

c) インタフェースの調整

衛星搭載機器の開発にあたっては、以上のような設計・製作の各フェーズにおいて、衛星システム側とインタフェースの調整を図る必要がある。

表 3.3-3 衛星搭載機器の開発における基本文書、審査、連絡文書

区分	基本文書	連絡・審査
性能	開発仕様書	性能 PDR 性能 CDR 技術打ち合わせ 業務・技術連絡書
衛星インタフェース	インタフェース管理仕様書(ICS) インタフェース作業取決め(IP)	PDR CDR PQR インタフェース調整会議 業務・技術連絡書

d) プログラム管理

衛星搭載機器では、宇宙に打ち上げられた後に、修理・保守を行うことは不可能である。従って、信頼性、品質には十分配慮しなければならない。そこで、プログラム管理という考えが導入されている。プログラム管理には、次の5つがある。

- 信頼性管理
- 品質管理
- コンフィギュレーション管理
- 進行管理
- 安全管理

信頼性については、以下の点に留意する必要がある。

- 故障の少ない宇宙用部品を使用する（高信頼性部品の採用）
- 故障の少ない設計を行う（冗長設計）

部品の信頼性については、使用部品には、宇宙用として認定されているものの中から選択しなければならない。すなわち、実績のある部品が原則として使用の対象となり、新規開発部品については、品質確認試験により認定されないと使用できない。そのため、価格が高くなり、一つの部品開発に数千万円かかるので、信頼性はコストであるといわれている。宇宙部品が高価であるといわれる所以である。

また、製品の品質を高いレベルに保つためには、上記高信頼性部品を使用し、技術レベルの認定を受けた人による製作が必要である。例えば、ハンダ付けをとっていても、トレーニングを受け資格をとった人が実施しなければならない。

コンフィギュレーション管理は、設計・製作を行うための文書管理、変更管理等である。進行管理は、設計・製作の進捗状況のチェックを行うためのものである。

e) 試験

a. 試験の種類

衛星搭載機器の開発においては、宇宙環境において機器が正常に動作するかどうかの検証を行うために、各種地上試験により機能、性能の確認が実施される。

評価試験には、大別して 3 種類（開発試験（DT: Development Test）、認定試験（QT: Qualification Test）、受入試験（AT: Acceptance Test））がある。また、この他に、認定、受入の両方の試験を兼ねた性格の「プロトフライト試験」（PFT: Proto Flight Test）がある。

表 3.3-4 衛星搭載機器の開発における評価試験の概要

区分	概要
DT	開発の初期段階で、設計および製作方法の実現性を確認するために行う試験である。コンポーネントおよび機器全体について実施する。機器全体の試験にはエンジニアリングモデル (EM) を用い、コンポーネントレベル、サブシステムレベルの基本的な設計仕様を確立する。
QT	認定試験は、設計および製造方法が、仕様書の要求事項に合致したハードウェアに適したものであることを確認する試験である。設計の中に存在するかもしれない欠陥を確実に見いだすために、実際にかかるであろうレベルより厳しい条件をシミュレートする。供試体としては、プロトタイプモデル (PM) を用いる。
AT	受入試験は、納入品目の搭載機器としての受入可能性を立証するための試験である。認定済みの設計によって製造されたものの中に、材料および製造上の欠陥がないかどうかを確認するために、実際に予測される条件をシミュレートする。供試体としては、フライトモデル (FM) を用いる。
PFT	プロトフライト試験は、認定試験と受入試験を兼ねたものであり、打ち上げ用として使用される衛星搭載機器に対して、認定と受入の両方の性格の試験を実施するものである。最近、時間的、経済的理由からプロトフライトモデルを打ち上げ用として開発することが多い。この場合、環境試験条件としては、認定試験と同程度の強度で、負荷時間については、認定時間より短くする方式がとられる。供試体としては、プロトフライトモデル (PFM) を用いる。

b. 試験項目

衛星搭載機器は、ロケット打ち上げ時の振動・音響環境、衛星軌道上の真空状態での太陽光による温度上昇、日陰における低温状態という熱真空環境に耐えなければならない。また、他の観測機器との電氣的、磁氣的干渉がないようにしなければならない。そこで、表 3.3-5 に示すような区分の試験が実施される。

表 3.3-5 衛星搭載機器の開発における試験の概要

区分	概要
振動試験	振動試験は、ロケットによる振動を模擬して行う。振動試験には、正弦波振動試験と、ランダム振動試験とがある。正弦波振動は、特定の周波数で加振し、その周波数を走査する。ランダム振動は、規定の周波数範囲での規定レベルの周波数成分を同時に加振する。
音響試験	ロケット打ち上げ時にかかる音響を模擬するため、大きなスピーカーで音を出し、その音で機器が破損しないかを確認する試験。大型の機器は、この音響試験を実施するが、小型の機器には適用せずランダム振動試験を実施する。
衝撃試験	一定の高さから落下させて、その衝撃に耐えられるかを確認する試験。大型の機器では、落下させることが困難であり、機器を構成するコンポーネントで実施することが多い。
熱真空試験	真空状態では、太陽に相当する熱を機器の外から与えたり、冷やしたりして開発機器が機能を維持できるかを確認するとともに、熱解析によって計算した解析結果を実証するためのものである。
電磁適合性試験	EMC (Electro Magnetic Compatibility) 試験ともいう。衛星搭載機自らが出すノイズが、他の機器に影響を与えるか、また、逆に他の機器から影響を受けるかを確認するための試験。電波暗室にて供試体が発生するノイズを測定するとともに発生させたノイズを供試体で受けて、そのレベルを計測する。
質量特性試験	開発した機器の質量、重心、慣性モーメント等を測定する。

(2) ILAS-II の開発思想

ILAS-II の開発においては、他のミッション機器、バス機器に波及する影響を与えない限りにおいて、ミッション機器担当機関である環境省にその管理がまかされている。こうした条件の範囲内において、ILAS-II の開発では、(1)に示したような管理方針を参考として、ミッションの達成に向けて、より実務的な開発を実施するという開発思想に基づき開発を実施した。

(3) ILAS-II の開発

a) 開発のタイムスケジュール

ILAS-II のインタフェースおよび性能を対象とした PDR が、それぞれ 1995 年 7 月、1996 年 2 月に開催され、インタフェース PDR 後に EM、性能 PDR 後に SM の製作が開始された。ILAS-II SM および EM を使用して、環境庁（現在の環境省）側、または NASDA 側で、環境試験、電気性能試験、電磁適合性試験およびガスセル試験等が実施され、ILAS-II のインタフェース設計および性能設計が仕様通りであることが確認された。それらの結果をもって、1997 年 7 月にインタフェース CDR が、1998 年 3 月に、性能 CDR が開催され、各審査会后、それぞれの審査会で承認された設計に基づき、PFM の製作が開始された。ILAS-II PFM は、1998 年 9 月～1999 年 3 月に環境試験、熱真空試験、ガスセル試験等を含むプロトフライト試験が実施され、1999 年 3 月に PQR の承認を受け、環境庁（現在の環境省）に納入された後、NASDA 側に引き渡された。NASDA への引き渡し後、ILAS-II PFM は ADEOS-II に組み込まれ、2000 年 11 月現在、システムプロトフライト試験が実施されている。

表 3.3-5 ILAS-II 開発スケジュール

年度	1994 H6	1995 H7	1996 H8	1997 H9	1998 H10	1999 H11	2000 H12	2001 H13	2002 H14
マイルストーン	▲ スタート	▲ I/F PDR (7月) 性能 PDR (2月)		▲ I/F CDR (7月) EM 納入 (7月) 性能 CDR (3月)	▲ PQR (3月) PFM 納入 (3月)	▲ 性能報告会 (7月)		◇ ADEOS-II 打上げ (冬期)	運用
設計	基本設計	詳細設計		維持設計					
SM		SM 製作							
EM		EM 製作・評価							
PFM				PFM 製作・評価					
地上支援/ 射場支援			地上支援 / 射場支援						
初期運用 支援									□
定常運用									□

b) ILAS-II モデルの作成

ILAS-II の開発においては、ILAS 時に製作された STM に対して比較的モデル構造が簡単な SM が製作された。この他、ILAS と同様に EM 並びに PFM が製作され、現在、PFM は宇宙開発事業団に引き渡され、ADEOS-II の PFM に組み込まれ、プロトフライト試験 (PFT) が実施されている。

c) インタフェース管理図面

ミッション機器と衛星本体との機械的、熱的、電気的インタフェースを取り決め、また、管理するために、インタフェース管理図面 (ICD: Interface Control Document) が作成される。ILAS-II においては、ICD 作成要領書に従って、EM、SM、PFM 各フェーズで ICD を作成し、ADEOS-II システム側に提出した。

d) 光学的性能評価試験

ILAS-II の光学性能特性は、実際に衛星軌道において入力される太陽光と同じ状態を作り出すのが困難なため、評価が難しい。ILAS-II では、以下に示す方法により試験を実施した。

表 3.3-6 ILAS-II 開発における光学的性能に関する評価試験の概要

試験	概要
擬似太陽光光源による試験	太陽光と同じ視野角を持つ擬似太陽光を使用する試験。ILAS-II の太陽追尾機能の確認と機能性能確認のため使用。
実太陽光による試験	太陽を追尾して実験室に導入し、光源とする試験。地上での観測であり、測定結果は水蒸気等大気の状態に左右される。
赤外（黒体）・可視光源による試験	ILAS-II の機能性能試験のための使用。
黒体光源を用いガスセルでの観測ガスによる吸収実験	黒体光源を用いて、ガスセルでの観測ガスによる吸収実験を、EM、PFM を使用して実施。
簡易光源による試験	ILAS-II の環境試験時、ADEOS-II システム試験時における機能確認に使用。

e) 開発試験

ILAS-II に対して実施された開発試験は下表の通りである。

表 3.3-7 ILAS-II 開発試験のスケジュール

時期	使用モデル	試験
1996年9月	ILAS-II SM	音響試験
1996年9月	ILAS-II SM	正弦波振動試験
1996年9月	ILAS-II SM	質量試験
1997年1月、5月	ILAS-II EM	電磁適合性試験
1997年7月	ILAS-II EM	熱バランス試験
1997年12月～98年1月	ILAS-II EM	ガスセル試験

f) プロトフライト試験

ILAS-II のプロトフライト試験は、PFM について下表の通り実施され、予定された試験を完了後、1999年3月末に宇宙開発事業団に引き渡された。

その後、ILAS-II を含むミッション機器が ADEOS-II の PFM に取り込まれ、1999年4月より ADEOS-II システムのプロトフライト試験が実施されている。

表 3.3-8 ILAS-II プロトフライト試験のスケジュール

時期	使用モデル	試験
1998年9～10月	ILAS-II PFM	初期機能確認試験
1998年10月	ILAS-II PFM	音響試験
1998年10～11月	ILAS-II PFM	正弦波振動試験
1998年11月	ILAS-II PFM	質量試験
1998年11～12月	ILAS-II PFM	ガスセル試験
1999年1～2月	ILAS-II PFM	熱真空試験
1999年2月	ILAS-II PFM	ガスセル試験（その2）
1999年2～3月	ILAS-II PFM	最終機能確認試験

第 4 章

ILAS-II 検証実験

第4章 ILAS-II 検証実験

一般に衛星に搭載するセンサは、打ち上げ時のショックや宇宙空間での環境変化によりセンサの特性、性能に変化が起こる可能性がある。しかし、このような事態に対し、地上で受信するデータだけからその変化を捉え、その原因を探ることは極めて難しい。さらに、遠隔観測である衛星観測においては、実際に軌道上から観測したデータを用いた校正・検証が不可欠である。したがって、衛星観測に対して空間的、時間的に同期した地上観測を行い、衛星データを検証することが重要となる。使用する観測機器は、衛星搭載センサと同等かそれ以上の精度と分解能が要求される。このような地上観測は一般に、「検証実験 (Validation Experiments)」と呼ばれる。米国 NASA によって打ち上げられた UARS (Upper Atmosphere Research Satellite) 衛星の例では、「相関観測 (Correlative Measurements)」なる言葉が使われており、この場合、検証実験の他、科学研究を目的とした「連携観測 (Complementary Measurements)」および「協同観測 (Coordinated Measurements)」を含む。

なお、ILAS および ILAS-II の検証実験では、UARS で使われた用語 (Correlative Measurements) を採用した。

4.1 検証実験の目的

検証実験は、衛星搭載センサによる遠隔測定データの信頼性を確認することを目的として行われるものであり、通常、機器検証と物理量検証とに区分される。

機器検証とは、衛星に搭載したセンサの性能に係る項目 (たとえば、SN 比、ダイナミックレンジ、解像度、雑音レベルなどの項目) について、衛星打ち上げ後の性能が設計仕様どおりとなっているかどうかの検証のことをいう。また、物理量検証とは、測定データから得られる各種物理量 (たとえば、吸収スペクトル、温度、大気微量成分濃度) の精度の検証をいう。

検証は、検証対象とする衛星センサによる測定と同時に同位置で、地上等からの測定を行い、両者のデータを比較検討することにより行われる。また、宇宙空間に同様のセンサを搭載した衛星が存在する場合、そのセンサデータとの相互比較を行うことも不可欠といえる。検証実験は ILAS 時において非常に重要視し、組織的な同時共同観測プログラムを遂行した。

ILAS-II プロジェクトにおいても、その測定データを科学的に意義のあるものとするために、国内外の研究機関の協力を得て、検証実験を計画し、遂行することが望まれる。

4.2 検証実験計画の策定および検証実験チーム

ILAS-II の検証実験計画の立案・策定の作業は、検証実験実施実務作業を効率的に行うため、サイエンスチームとは別に検証実験チームを構成し、計画の策定、実験の実施を遂行する。

検証実験チームリーダーはプロジェクトリーダーの指名に基づき、国立環境研究所の研究者が努める。同チームメンバーについては、サイエンスチームメンバーとその他プロジェクトとして必要な研究者が各国より加り、2001 年度から ILAS-II 検証実験チームを組織する予定である。

検証実験計画の策定にあたっては、検証実験チームミーティングでの議論等を踏まえ、各地でのキャンペーン、各種観測を行うことを決定、実施することになっている。

4.3 検証データ取得の条件および考え方

ILAS-II の観測対象領域は南北両極の極域周辺であり、検証実験の実施場所は国外の極域に限定され、北極域では米国、ノルウェー、スウェーデン、フィンランドおよびロシア等の領土を有する国に限られる。南極域では各国の基地のみが観測地点の対象となる。検証実験の計画策定に際しては、幾つかの異なった検証実験を 1 箇所に集中して同時期に総合的な観測を実施することで、より効果的な実験の実施が可能となる。

検証実験計画の策定時における検証データ取得の条件および考え方は、以下に示すとおりである。

(1) データ質条件

検証実験観測データは、ILAS-II 観測データと同程度ないし、より良い絶対精度および時間空間分解能を持つべきである。

(2) 時空間の一致条件

検証実験観測は、ILAS-II の観測と空間および時間の両者においてできるだけ近くなければならない。原則として、検証実験観測地点と衛星観測位置とは 500 km 以内であるべきこと、かつ、両観測時刻は数時間以内であるべきことと設定されうる。

しかしながら、この判断基準は測定量、季節、場所、1 日のうちの時間に依存する。例えば、ILAS-II に関しては、両観測が 500 km 以内であっても、一方が極渦の内側、他方が極渦の外側にあったとしたならば、検証データとして使えない可能性が大きい。また NO₂ のように日変化する測定量については、1 日のうちでの観測時刻を綿密に検討する必要がある。

る。したがって、500 km 以内、数時間以内を目安として、個々の観測について、事前計画をより詳細に検討するとともに、観測実施時において、極渦の位置、強さ等の情報を入手して各実験者に配布し、臨機応変に観測を行える体制を構築する予定である。

(3) 鉛直分布観測と気柱量観測

ILAS-II による観測は、オゾン関連の大気微量成分および物理量の観測であり、鉛直分布を高分解能で観測することに特徴があることから、検証実験は気球等による鉛直分布観測が中心となる。しかしながら、気柱量の観測は経済的、また時間的に頻繁に実施することが困難なため、地上からの分光計等による気柱量観測ないしは鉛直分解能の粗い観測を恒常的に実施する計画である。

4.4 ILAS-II 検証実験の区分

ILAS-II 検証実験は、同時観測を実施する機関等の観点から、環境省が経費を全面的あるいは部分的に提供して実施するコア検証実験、国内外の研究機関の実施する協力検証実験の2つに区分される。

なお、WMO 等の気象観測機関が国際的かつ定常的に観測を実施し、公開する気象観測データを用いたデータの検証も実施される。日本においては、気象庁から気象業務支援センターを介してデータを入手することができる。

表 4.4-1 ILAS-II 検証実験の区分

区 分	観測主体	摘 要
コア検証実験	環境省	環境省の予算により、環境省が独自に実施するもので、国内外の研究機関や観測機関への委託による観測も含んでいる。
協力検証実験	国内外の研究機関	ILAS-II プロジェクトとの間で取り交わすデータ交換の原則に基づいて、国内外の研究機関、観測機関の独自の予算によって実施される検証実験をいう。

4.5 ILAS 検証実験の概要

参考のため、ILAS において実施された検証実験の概要を以下に紹介する。

ILAS 時のコア検証実験の観測地点は、北極域ではスウェーデンの Kiruna (68N, 20E) 及びアメリカの Fairbanks (65N, 148W)、南極域では昭和基地 (69S, 40E) 及び Arrival Heights (78S, 167E) であった。ただし、Arrival Heights については、従来から実施されている観測を継続

してもらい、その観測結果を入手するという形態をとった。このうち Kiruna で行われた実験はフランスの宇宙研究センター (CNES) と共同で行われた気球キャンペーンで、日仏の研究者グループだけでなく、ドイツ、アメリカのグループを含め、計 16 グループが参加した大規模なものであった。

一方、協力実験の観測地点は、北極域では Fairbanks の他、ロシアの Yakutsk (62N, 130E)、Zhigansk (67N, 127E)、グリーンランドの Scoresbysund (71N, 27W)、ノルウェーの ALOMAR (69N, 16E)、フィンランドの Sodankyla (67N, 26E)、南極域では昭和基地の他、ロシアの Mirny (66S, 93E)、フランスの Dumont d'Urville (67S, 140E)、アメリカの McMurdo (78S, 166E)、ドイツの Neumayer (71S, 8W)、中国の Zhongshan (69S, 77E) である。

実施した検証実験は、得られるデータのタイプから鉛直プロファイルの測定、及びカラム全量の測定の 2 種類に大別できる。

鉛直プロファイルの測定に関しては、Kiruna における気球キャンペーンを通して、ILAS が測定する全ガスと気象要素についての鉛直プロファイル測定を行ったほか、その他数地点でオゾンゾンデ、エアロゾルゾンデ、ライダーによるオゾン・エアロゾル・気温・水蒸気の鉛直プロファイルの測定を実施した。

また、カラム全量の測定に関しては、FTS、UV 可視分光計、レーザーヘテロダイン分光計、ドブソン分光計などの観測機器により、地上でのオゾン量等の測定を実施した。

南極域と北極域についての ILAS 検証実験の概要を、それぞれ表 4.5-1、表 4.5-2 に示す。

表 4.5-1 ILAS 検証実験の概要 (南極域)

観測地点名	観測位置	観測方法	観測機器
Macquarie Island	55S, 159E	Ground based	UV-visible
Mirny	66S, 93E	Ground based	Photometer ABAS
Dumont d'Urville	67S, 140E	Ground based	SAOZ (UV-visible)
		Ground based	Ozone lidar
		Ground based	Rayleigh/Mie lidar
			Small balloon
Syowa	69S, 40E	Ozonesonde	
		Ground based	UV-visible
		Ground based	Photometer EKO 120
		Ground based	Photometer SP-1A
Zhongshan	69S, 77E	Small balloon	Ozonesonde
		Ground based	Brewer and UV-spectrometer
		Ground based	Mie ruby lidar
		Small balloon	Ozonesonde
Neumayer	71S, 8W	Ground based	Photometer SP-2H
		Small balloon	ECC ozonesonde
		Small balloon	Radiosonde
Arrival Heights	78S, 167E	Ground based	UV-visible
		Ground based	Dobson spectrophotometer
		Ground based	FTS
McMurdo	78S, 166E	Balloon	Aersol counter
		Small balloon	Ozonesonde

注) 太字はコア検証実験を示し、細字は協力観測を示す。

表 4.5-2 ILAS 検証実験の概要 (北極域)

観測地点名	観測位置	観測方法	観測機器
Scoresbysund, Greenland	71N, 27W	Ground based	SAOZ (UV-visible)
ALOMAR, Norway	69N, 16E	Ground based	Rayleigh/Mie/Raman lidar
Kiruna, Sweden	68N, 21E	Balloon	CLD (Chemiluminescence Detector)
		Balloon	ECC ozonesonde
		Balloon	Aerosol counter
		Balloon	CAESR (IR radiometer)
		Balloon	ASTRID (Grab sampler)
		Balloon	BONBON (Cryogenic sampler)
		Balloon	SAKURA (Cryogenic sampler)
		Balloon	LPMA (FTS)
		Balloon	DOAS (Optical absorption spectroscopy)
		Balloon	SAOZ (UV-visible solar occultation)
		Balloon	ELHYSA (Hygrometer, Aerosol counter)
		Balloon	RADIBAL/BALLAD/BOCCAD
		Balloon	AMON (Star occultation)
		Balloon	MIPAS-B (FTS)
		Balloon	FISH (Hygrometer)
		Balloon	BROCOLI (ClO/BrO monitor)
		Balloon	DESCARTES (Grab sampler)
		Small balloon	Frost point hygrometer
		Small balloon	ECC ozonesonde
		Ground based	FTS
		Ground based	UV-visible
		Ground based	Rayleigh/Mie/Raman lidar
Ground based	University of Bonn lidar		
Aircraft	Sub-millimeter wave sensors		
Aircraft	NOx/NOy/O3-Measuring System		
Aircraft	HAAMAS (Mass Spectrometer)		
Aircraft	TRISTAR (Infrared Absorption spectroscopy)		
Aircraft	FISH (Lyman-alpha photofragment fluorescence)		
Sodankyla, Finland	67N, 26E	Ground based	SAOZ (UV-visible)
Zhigansk, Russia	67N, 127E	Ground based	SAOZ (UV-visible)
Fairbanks, USA	65N, 148W	Ground based	TDLHS (Laser heterodyne spectrometer)
		Ground based	Rayleigh/Mie lidar
		Ground based	FTS
		Balloon	SAO FIRS-2 Interferometer
		Balloon	JPL Mk IV Interferometer
		Balloon	JPL ozone photometer
		Balloon	JPL SLS spectrometer
		Balloon	DU CAESR spectrometer
		Balloon	Aerosol sampler
		Small balloon	ECC ozonesonde
		Aircraft	Chemiluminescence/ER-2
		Aircraft	UV ozone photometer/ER-2
Yakutsk, Russia	62N, 130E	Ground based	TDLHS (Laser heterodyne spectrometer)
		Ground based	Brewer spectrophotometer
		Small balloon	Ozonesonde, Optical hygrometer,
			Backscattersonde (with Ozone, Radiosonde)

注) 太字はコア検証実験を示し、細字は協力観測を示す。

4.6 検証実験計画の概要

(1) コア検証実験

ILAS-II データを検証するために実施するコア検証実験の観測場所としては、北極域ではキルナおよびフェアバンクス、南極域では昭和基地および Arrival Heights が想定される。ただし、Arrival Heights に関しては、従来から実施されてきている観測データを入手する予定である。

キルナにおいては、2001 年頃から、フーリエ変換型赤外分光計 (FTS) および可視紫外分光計を用いて継続的な観測が予定されているとともに、2002 年 8~9 月、2004 年 2~4 月、2005 年 11 月頃には、大気球を用いた高層観測等が実施される予定である。

昭和基地では、1996 年 11 月からオゾンゾンデを用いた観測も随時実施されてきている。

加えて、アラスカあるいは昭和基地でのエアロゾルゾンデを利用した観測の実施について検討が進められている。

表 4.6-1 に ILAS-II コア検証実験の概要を示す。

表 4.6-1 ILAS-II コア検証実験の概要 (暫定)

観測場所		主な観測機器	観測項目													
			O ₃	HNO ₃	NO ₂	N ₂ O	H ₂ O	CH ₄	ClONO ₂	CFC-11	CHC-12	エアロゾル	湿度			
北極域	Kiruna 68N, 21E	大気球	CLD (蛍光放射検出器)		◎	◎										
		ECCオゾンゾンデ	◎													
		エアロゾルカウンター											◎			
		クラブサンプラー				◎		◎								
		クライオンジェニックスン プラー				◎		◎		◎	◎					
		LPMA (太陽掩蔽法FTS)	◎	◎		◎	◎	◎								
		CAESR	◎	◎				◎								
		MIPAS-B (FTS放射計)	◎	◎	◎		◎	◎								
		可視紫外分光計 (太陽掩蔽 法)	◎		◎		◎							◎		
		可視紫外分光計 (星掩蔽 法)	◎		◎									◎		
		湿度計						◎								
		エアロゾルパーティクルカ ウンター												◎		
		(レーザーダイオード)														
		周縁放射・偏光計												◎		
		オゾンゾンデ	◎													
		FTS (フーリエ変換型赤外分光計)	●	●	●	●		●			○					
		可視紫外分光計			●											
	Fairbanks 65N, 148W	レイリー/ミラーライダー										◎	◎			
南極域	昭和基地 65S, 40E	可視紫外分光計	○		○											
		KC-79 型オゾンゾンデ	◎													
	Arrival Heights 78S, 167E	FTS (フーリエ変換型赤外分光計)		●		●		●			●					
		可視紫外分光計	○		○											
		ドブソン分光光度計	○													

注) ◎：高度分布を測定するもの、○：気柱量を測定するもの、●：気柱量に加えて高度分布を測定するもの (鉛直分解能は粗い)

実験項目	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ADEOS-IIスケジュール						
ILAS-II検証大気球キャンペーン (Esrange, Kiruna)		Aug.-Sep.		Feb.-Apr.		Nov.
(1) クライオジェニックサンプラー観測実験 (東北大学)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
(2) CLD観測実験 (名古屋大学)		Flights: 2 <input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>
(3) 可視分光計観測実験 (PI: NASDA/EORC)		Flights: 2 <input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>		2 <input type="checkbox"/>
(4) 小気球観測実験 (PIA: 未定)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
(5) オゾンゾンデ観測 (NIES)		Sondes: 60 <input type="checkbox"/>		60 <input type="checkbox"/>		60 <input type="checkbox"/>
(6) MIPAS観測実験 (PI: Wetzell)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
オゾンゾンデ観測 (Kiruna)		Feb.-Apr. <input type="checkbox"/> Sondes: 60				
オゾンゾンデ観測 (南極昭和基地)		May-Jul. <input type="checkbox"/> 16	May-Jul. <input type="checkbox"/> 16	May-Jul. <input type="checkbox"/> 16	May-Jul. <input type="checkbox"/> 16	
エアロゾルゾンデ観測 (昭和基地 or Alaska) (PIA: 未定)		Nov.-Feb. <input type="checkbox"/> 24	Nov.-Feb. <input type="checkbox"/> 8	Nov.-Feb. <input type="checkbox"/> 8	Nov.-Feb. <input type="checkbox"/> 8	Nov.-Feb. <input type="checkbox"/> 8
	Apr.-May <input type="checkbox"/> Sondes: 2		Aug.-Sep. <input type="checkbox"/> 2			Nov.-Jan. <input type="checkbox"/> 2
	2001	2002	2003	2004	2005	2006

図 4.6-1 ILAS-II のコア検証実験計画 (暫定)

注：上図は、衛星の打ち上げが 2001 年 11 月予定時の暫定計画であり、2002 年 2 月打ち上げへの変更に基づき、今後計画の見直しが必要とされている。

(2) 協力検証実験

ILAS-II の協力検証実験としては、大気球を用いた高層観測、ライダーや分光光度計を用いた地上観測、既存の人工衛星による測定などが想定される。

ILAS-II データの校正・検証に関しては、現在までに、JRA の中で提案された研究課題の中に、検証実験に関連するテーマが存在する (表 4.6-2 参照)。

本提案テーマに加えて、今後検証実験チームを通して、テーマが追加される。これらの検証実験テーマは、協力検証実験に区分され、実験計画の策定、実施が図られる。

表 4.6-2 サイエンスチームメンバー候補により提案されている検証実験テーマ (1/2)

テーマ (提案者)	概要
キルナにおけるO ₃ 、HNO ₃ 、NO ₂ およびClONO ₂ の地上観測によるILAS-IIデータの検証 (Thomas Blumenstock)	キルナの Swedish Institute of Space Physics (IRF) に設置されている、高分解のフーリエ変換型赤外分光計 (Bruker 120HR) による測定データを利用して、ILAS-II データに対して、O ₃ 、NO ₂ 、HNO ₃ および ClONO ₂ の気柱量、O ₃ および HNO ₃ の混合比の鉛直分布に関する比較・検証を実施する。
気球搭載太陽掩蔽法フーリエ変換型赤外分光計 (LPMA: Limb Profile Monitor of the Atmosphere) を用いたILAS-IIプロファイルの検証 (Claude Camy-Peyret)	気球に搭載した LPMA を使用した大気透過率の測定を実施し、ILAS-II により観測される大気微量成分 (ClONO ₂ 、HNO ₃ 、O ₃ 、NO ₂ 、N ₂ O、CH ₄ 、H ₂ O、CF ₂ Cl ₂)、塩素の負荷量および移動を評価するための HCl と HF、および NO _y の負荷量および日変化を把握するための NO について、鉛直混合比プロファイルを作成する。
気球観測によるILAS-II観測データ (N ₂ OとCH ₄) の検証 (Andreas Engel)	パラシュートに取り付けたエアサンプラおよび測定装置による極域大気中の N ₂ O および CH ₄ の測定データと ILAS-II 観測データとを比較することで、リトリバルアルゴリズムの検証に利用するとともに、極域の冬季、春季および夏季における、極渦の発達およびダイナミックな変化を研究する。
南極Neumayer基地での気球観測、および北極Koldewey基地での補完的地上観測によるILAS-IIオゾンデータの検証研究 (Hartwig Gernandt)	南極 Neumayer 基地において取得される、気球搭載のオゾンゾンデデータを用いて、ILAS-II 観測によるオゾンプロファイルの検証を実施する。また、気球ゾンデおよび地上測定器を用いた北極 Koldewey 基地における観測により、検証を実施する。
FIRS-2分光計を用いた高緯度気球観測によるILAS-IIデータの検証 (David G. Johnson)	スミソニアン天体物理天文台 (SAO) の気球に搭載した遠赤外分光計により、高度 32 km から 12 km までの大気について、ILAS-II が観測対象とする全ての大気微量成分データとともに、多くの補足データを取得し、ILAS-II 観測と同期した混合比プロファイルを提供する。
他衛星データを用いたILAS-IIの検証 (Kwang-Mog Lee)	ILAS-II の観測と、時空間の一致する HALOE データを用いて、ILAS-II によるオゾンをはじめとする大気微量成分のプロファイルの検証を行う。
地上測定データ、およびHIRDLSによる衛星観測データとの比較によるILAS-IIデータの検証 (W. Andrew Matthews)	Kiruna、Lauder、Macquarie 島、Arrival Heights における地上測定データ、および 2002 年打ち上げ予定の EOS-Aura に搭載される HIRDLS によるエアロゾルプロファイルを使用して、ILAS-II 観測データの検証を行う。
地上からの高分解能太陽スペクトル観測により決定される大気成分プロファイルを用いたILAS-IIデータの校正/検証 (Frank J. Murcray)	アラスカおよび南極において、地上の測定器によって観測された太陽光スペクトルデータから得られた CH ₄ 、N ₂ O、HNO ₃ 、O ₃ および H ₂ O の鉛直プロファイルと、対応する軌道上からの ILAS-II 観測データとを比較する。
POAM IIIを用いたILAS-IIの検証 (Cora E. Randall)	ILAS-II によって観測される、O ₃ 、NO ₂ 、H ₂ O および 780nm のエアロゾル消散係数と、POAM III による同様の観測データとを比較することにより、ILAS-II のデータ検証を行う。
気球および航空機を用いたILAS-IIデータによる下部成層圏の水蒸気分布の検証 (Cornelius Schiller)	高緯度地域において、気球および航空機により取得された Lyman- α 蛍光湿度計の観測データと、ILAS-II 観測データより作成した水蒸気プロダクト (レベル 2) の相互比較を行い、ILAS-II データの検証を行う。
気球搭載干渉計 (JPL MkIV) によるADEOS-IIデータの検証 (Geoffrey Toon)	気球搭載干渉計 (JPL MkIV) により、高度 10 km~40 km の範囲の成層圏大気成分 (ClONO ₂ 、CFC-11、CFC-12、HNO ₃ 、CH ₄ 、N ₂ O、NO ₂ 、O ₃ および H ₂ O) のプロファイルを測定し、ILAS-II データの検証に利用する。

表 4.6-2 サイエンスチームメンバー候補により提案されている検証実験テーマ (2/2)

テーマ (提案者)	概要
MIPAS-Bを用いた成層圏におけるオゾンおよび気候関連の微量成分の観測 (Gerald Wetzel)	気球搭載型クライオジェニック・フーリエ変換型赤外分光計 (MIPAS-B) を用いた、オゾンおよび大気微量成分の周縁放射観測を行い、鉛直プロファイル等を作成する。
ILAS-IIデータの検証と極域成層圏化学の研究 (Yutaka Kondo)	気球、地上装置、他衛星による観測データと、ほぼ同位置で観測された ILAS-II データを比較し、特に HNO ₃ 、NO ₂ 、および ClONO ₂ を対象とした ILAS-II データ精度の検証を実施する。
CRL-GI/UAFの共同プログラム「アラスカ・プロジェクト」による、ADEOS-II/ILAS-IIに同期したアラスカでの地上観測 (Yasuhiro Murayama)	アラスカ Poker Flat において、ミリ波放射計、多波長レイリライダー、フーリエ変換型赤外分光計、およびオゾンゾンデによる地上観測を実施し、取得した微量ガス成分およびエアロゾルデータを ILAS-II データと比較、検証する。

表 4.6-3 ILAS-II 協力検証実験の概要 (暫定)

観測場所 (緯度・経度)	主な観測機器	観測項目												
		O ₃	HNO ₃	NO ₂	N ₂ O	CH ₄	H ₂ O	ClONO ₂	CFC-11	CHC-12	エアロゾル	温度		
北極域	Farbanks (65N, 148 W)	FTS (フーリエ変換型赤外分光計)	◎	●	●	●	●				(●)	(●)		
	Yakutsk (62N, 130E)	オゾンゾンデ	◎											
		温度計ゾンデ						◎						
	Scoresbysund (71N, 27W)	Backscatterゾンデ											◎	
		可視紫外分光計	○		○									
	Sodankyla (67N, 26E)	可視紫外分光計	○		○									
	Zhigansk (67N, 127E)	可視紫外分光計	○		○									
ALOMAR (69N, 13E)	ライダー													
	ミーライダー													
南極域	Zhongshan (69S, 93E)	オゾンゾンデ	◎					◎						◎
		ブリューワ分光光度計	○											
		エアロゾルゾンデ										◎		
		ミーライダー										◎		
	Neunayer (71S, 08W)	オゾンゾンデ	◎											
		サンフォートメータ										○		
	McMurdo (78S, 167E)	オゾンゾンデ	◎											
		エアロゾルゾンデ										◎		
	Dumont d'Urville (67S, 140E)	オゾンゾンデ	◎											
		オゾンライダー	◎											
		可視紫外分光計	○		○									
		ミーライダー										◎		
	昭和基地 (69S, 40E)	ライダー											◎	
(ドブソン分光光度計)			○											
		(ブリューワ分光光度計)	○											
大気球		クライオジェニック サンプラー			◎	◎		◎	◎					
		グラブサンプラー			◎	◎								
Mimiy (66S, 93E)	サンフォートメータ										○			
衛星	ERBS	SAGE II	◎		◎			◎				◎		
	UARS	HALOE	◎		◎		◎	◎				◎	◎	
	スペースシャトル	ATMOS	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
航空機	ミーライダー											◎		
高層気象観測地点 (約240地点)	ラジオゾンデ											◎		

注) ◎：高度分布を測定するもの、○：気柱量を測定するもの、●：気柱量に加えて高度分布を測定するもの (鉛直分解能は粗い)

(3) 定常気象観測

ILAS-II の観測範囲は、南北の極域近傍であるため、定常気象観測データのうち、両極域に近い観測地点のデータが検証に利用できる。検証項目は、気温、気圧、オゾン等の高度分布である。

データを検証に利用することができると考えられる高層気象観測地点としては、北極域で約 225 地点、南極域で約 15 地点、合計約 240 地点がある。このうち、全カラム量またはオゾンの鉛直プロファイルの観測を実施しているのは、北極域で 76 地点、南極域で 13 地点、合計で 89 地点であり、これらの定常気象観測から、ILAS-II の観測時刻とほぼ同時刻の観測データを抽出して、統計的な比較検証を行う。

表 4.6-4 南北両極の極域近傍のオゾン観測所 (1/2)

区分	国名	No.	地点名	観測形態	緯度	経度	標高 (m)
北極域	ノルウェー	89	Ny Alesund	C, P	78°56' N	11°53' E	-1
		299	Spitzbergen	P	78°34' N	11°32' E	-1
		189	Svalbard Hornsund	C	77°00' N	15°33' E	11
		52	Tromso	C	69°39' N	18°57' E	100
		165	Oslo	C	59°55' N	10°43' E	90
	グリーンランド	140	Thule	C	76°31' N	68°46' W	200
		267	Sondrestrom	C	67°00' N	50°37' W	300
	デンマーク	406	Scoresbysund	C	70°29' N	21°58' W	2
		309	Copenhagen	C	55°43' N	12°34' E	50
	フィンランド	404	Jokioinen	C, UV	68°50' N	23°30' E	-1
		262	Sodankyla	C, P	67°20' N	26°30' E	179
	スウェーデン	284	Vindeln	C	64°14' N	19°46' E	225
		279	Norrkoeping	C	58°35' N	16°09' E	43
	アイスランド	51	Reykjavik	C	64°08' N	21°54' W	60
	イギリス	43	Lerwick	C, P	60°08' N	1°11' W	80
		352	Manchester	UV	53°29' N	2°14' W	118
		48	Oxford	C	51°45' N	1°11' W	140
		353	Reading	UV	51°27' N	0°56' W	66
		102	Bracknell	C	51°23' N	0°47' W	70
		36	Camborne	C	50°13' N	5°19' W	88
	ポーランド	221	Legionowo	P	52°24' N	20°58' E	96
		68	Belsk	C	51°50' N	20°47' E	180
	ドイツ	174	Lindenberg	C, P	52°13' N	14°07' E	112
		50	Potsdam	C	52°13' N	13°03' E	89
		196	Cologne	C	50°56' N	6°56' E	50
	オランダ	316	Debilt	P	52°06' N	5°11' E	9.5
	アイルランド	318	Valentia Observatory	C, P	51°56' N	10°15' W	14
	ベルギー	53	Uccle	C, P	50°48' N	4°21' E	100
	チェコ	96	Hradec Kralove	C	50°11' N	15°50' E	285
		242	Praha	P	50°01' N	14°27' E	304

(備考)

- ・ World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Center (WOUDC)ホームページ(<http://www.msc-smc.ec.gc.ca/woudc/>)のステーションリスト (最終更新日 2000 年 6 月) を元に作成。ただし、観測継続の不明確な地点も含む。
- ・ No.は、WOUDC の Station Number。
- ・ 観測形態の「C」は分光計による全カラム (Column) 量、「P」はオゾンゾンデによる高度分布 (Profile)、「UV」は紫外分光計による測定を意味する。
- ・ 北極域 (北緯 50°以北) の観測所 (計 78 地点)
- ・ 南極域 (南緯 60°以南) の観測所 (計 14 地点)

表 4.6-4 南北両極の極域近傍のオゾン観測所 (2/2)

区分	国名	No.	地点名	観測形態	緯度	経度	標高 (m)		
北極域	ロシア	114	Heiss Island	C	80°37' N	58°06' E	20		
		273	Kotelnyj Island	C	76°00' N	137°54' E	-1		
		5	Dikson Island	C	73°30' N	80°14' E	18		
		186	Tiksi	C	71°35' N	128°55' E	8		
		117	Murmansk	C	68°58' N	33°03' E	46		
		145	Olenek	C	68°30' N	112°26' E	127		
		142	Igarka	C	67°28' N	86°34' E	20		
		407	Zhigansk	C	66°43' N	123°24' E	100		
		408	Salekhard	C	66°40' N	66°20' E	150		
		129	Pechora	C	65°07' N	57°06' E	61		
		144	Markovo	C	64°41' N	170°25' E	22		
		271	Arhangelsk	C	64°35' N	40°30' E	-1		
		276	Tura	C	64°10' N	100°04' E	-1		
		123	Yakutsk	C	62°05' N	129°45' E	98		
		150	Hanty Mansijsk	C	60°58' N	69°04' E	40		
		42	St. Petersburg	C	59°58' N	30°18' E	74		
		118	Nagaev	C	59°35' N	150°47' E	118		
		148	Vitim	C	59°27' N	112°35' E	186		
		122	Ekaterinburg	C	56°48' N	60°38' E	290		
		143	Krasnoyarsk	C	56°00' N	92°53' E	137		
		116	Moscow	C	55°45' N	37°34' E	187		
		307	Obninsk	C	55°30' N	36°12' E	-1		
		120	Omsk	C	54°56' N	73°24' E	119		
		115	Samara (Kuibyshev)	C	53°15' N	50°27' E	137		
		274	Nikolaevsk-Na-Amure	C	53°09' N	140°42' E	46		
		130	Petropavlovsk/Kamchatskii	C	52°58' N	158°45' E	78		
		85	Irkutsk	C	52°16' N	104°21' E	467		
		153	Voronez	C	51°42' N	39°10' E	147		
			エストニア	350	Tahkuse	C	58°31' N	24°56' E	23
			ラトビア	121	Riga	C	57°11' N	24°15' E	7
		リトアニア	312	Kaunas	C	54°31' N	23°33' E	-1	
		ベラルーシ	354	Minsk	C, UV	53°50' N	27°28' E	240	
		ウクライナ	87	Kiev	C	50°24' N	30°27' E	121	
		カザフスタン	147	Semipalatinsk	C	50°21' N	80°15' E	206	
		カナダ	18	Alert	C, P	82°30' N	62°18' W	62	
			315	Eureka	C, P	80°00' N	86°10' W	315	
			24	Resolute	C, P	74°43' N	94°59' W	40	
			303	Iqaluit	P	63°45' N	68°33' W	20	
			77	Churchill	C, P, UV	58°45' N	94°04' W	35	
			198	Cold Lake	P	54°47' N	110°03' W	702	
			21	Edmonton (Stony Pl.)	C, P, UV	53°33' N	114°06' W	766	
			76	Goose Bay	C, P	53°12' N	60°16' W	41	
			241	Saskatoon	C, UV	52°07' N	106°43' W	550	
			194	Yorkton	C, P	51°16' N	102°28' W	504	
			338	Bratts Lake (Regina)	C, UV	50°12' N	104°43' W	592	
		アメリカ	199	Barrow	C, UV	71°19' N	156°36' W	11	
			105	Fairbanks	C	64°49' N	147°52' W	138	
	390		Denali	C, UV	63°44' N	148°58' W	640		
南極域	アメリカ	111	Amundsen-Scott	C, UV	89°59' S	24°48' W	2810		
		292	Palmer	UV	64°45' S	64°03' W	-1		
	イタリア	314	Belgrano II	C	77°52' S	34°38' W	255		
	ニュージーランド	268	Arrival Heights (McMurdo)	C, UV	77°50' S	166°40' E	250		
	イギリス	57	Halley Bay	C	73°31' S	26°44' W	31		
		17	Argentine Islands	C	65°15' S	64°31' W	10		
	ロシア	280	Novolasarevskaya/Forster	C, P	70°46' S	11°52' E	110		
		88	Mirny	C, P	66°33' S	93°00' E	30		
	ドイツ	323	Neumayer	P	70°39' S	8°15' W	42		
		400	Maitri	P	70°28' S	11°27' E	330		
	日本	101	Syowa	C, P	69°00' S	39°35' E	21		
	ウクライナ	232	Vernadsky Faraday	C	65°15' S	64°16' W	7		
	アルゼンチン	233	Marambio	C, P	64°14' S	56°43' W	196		
ウルグアイ	351	King George Island	C	62°11' S	58°54' W	10			

4.7 検証実験に使用される主な観測機器

ILAS-II 検証実験として実施される観測としては、地上からの観測や大気球・ゾンデを利用した高層観測などがある。また、大気球を利用した観測には、大気球に搭載された測器を利用してその場で観測を行う方法や大気球に搭載した機器により試料を採取して地上で分析を行う方法などがある。地上からの観測では、分光光度計、ライダー等を用いる予定である。また、高層での観測では、サンプラーを用いた試料採取を行うほか、分光光度計、オゾンゾンデ等を用いる予定である。

表 4.7-1 ILAS-II 検証実験に使用される主な観測機器

観測箇所	区分	観測機器
地上	分光計	ドブソン分光光度計 ブリューワ分光光度計 FTS TERSE 可視紫外分光計 ミリ波分光計
	ライダー	オゾンライダー ミーライダー レイリー/ミーライダー
	その他	サンフォトメータ
高層	ゾンデ	オゾンゾンデ エアロゾルゾンデ (ダストゾンデ) ラジオゾンデ 湿度計ゾンデ
	分光光度計	LPMA
	放射計	CAESR
	サンプラー (試料採取機器)	クライオジェニックサンプラー グラブサンプラー
人工衛星等	その他	CLD エアロゾルカウンター
	ERBS	SAGE II
	UARS	HALOE
	ERS-2	GOME
	SPOT-4	POAM III
	METEOR 3M	SAGE III
	ENVISAT	SCIAMACHY, MIPAS, GOMOS
EOS-Aura	HIRDLS, MLS, OMI, TES	

(1) 分光計

分光計は、光を分散素子（プリズム、回折格子等）を使用したり光の干渉を利用したりしてスペクトル分解し、各波長ごとにその強度を測定する測光器である。分散素子を使用するものは分散型分光光度計、光の干渉を利用するものは干渉型分光光度計とよばれる。

a) ドブソン分光光度計

オゾン等の吸収をうけた太陽光のうち、オゾンにより吸収されやすい波長と吸収されにくい波長の紫外線の強度比を測定する光度計であり、分光素子としてプリズムを用いた分散型分光光度計である。空気分子やエアロゾルによる散乱の影響を除去するため、2組の波長の組み合わせで測定を行う。

太陽直達光を対象として観測を実施することにより、オゾンの気柱量を測定する。また、日の出・日の入り時に、散乱により天頂方向から入射する光を連続的に観測することにより、オゾンの高度分布を推定することもできる。

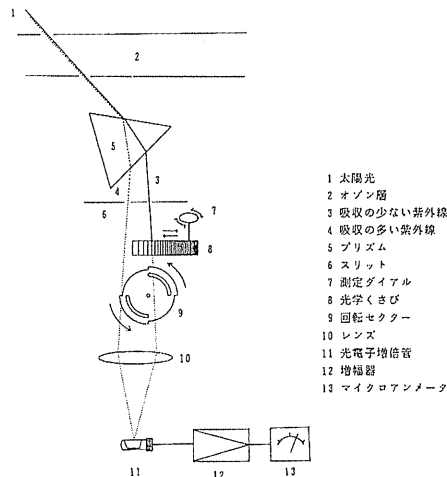


図 4.7-1 ドブソン分光光度計の測定原理

(出典：地球温暖化監視レポート 1991, 気象庁)

b) ブリュウワ分光光度計

平面回折格子を用いて太陽光を分光し、波長 290 nm～325 nm の範囲について、波長別のエネルギーを 0.5 nm ごとに測定する分散型分光光度計である。

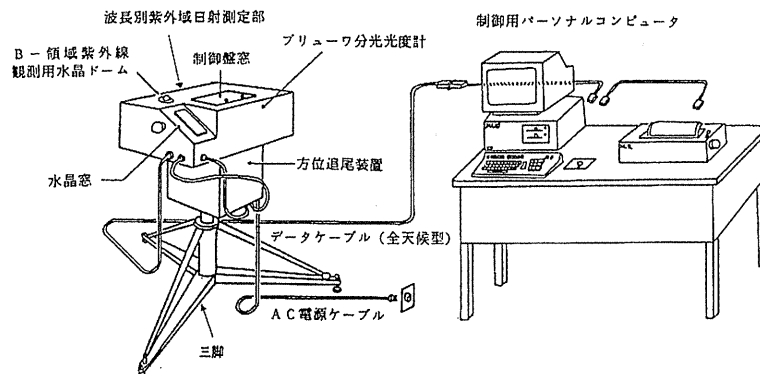


図 4.7-2 ブリュウワ分光光度計

(出典：地球温暖化監視レポート 1991, 気象庁)

c) フーリエ変換型赤外分光計 (FTS : Fourier Transform Infrared Spectrometer)

分光にマイケルソン型干渉計を用いる干渉型分光計である。マイケルソン型干渉計の信号処理 (フーリエ変換) を計算機を用いて行うものであり、マイケルソン型干渉計、コントローラ、コンピュータ、補助ディスクメモリなどで構成されている。

元々、試料分析用の赤外光源を有しているが、太陽光観測の場合にはこれを遮光し、かわりに太陽追尾装置・接続光学系により太陽光を導入する。

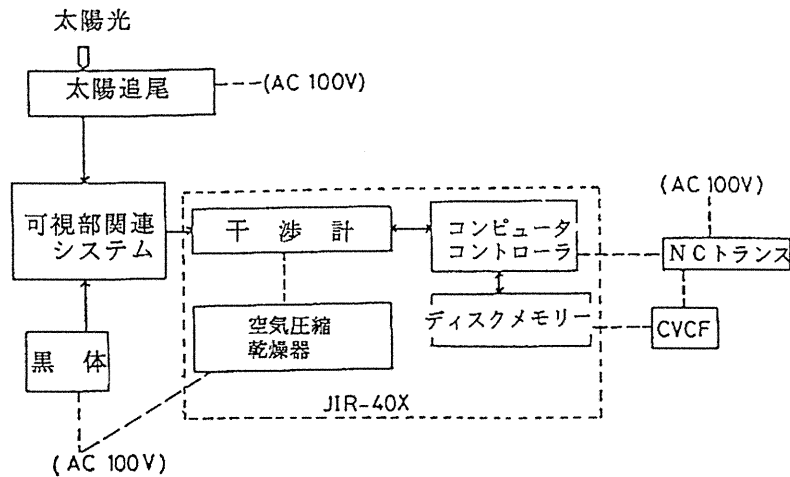


図 4.7-3 FTS のシステム構成

(出典：牧野ら, 1985 を元に作成)

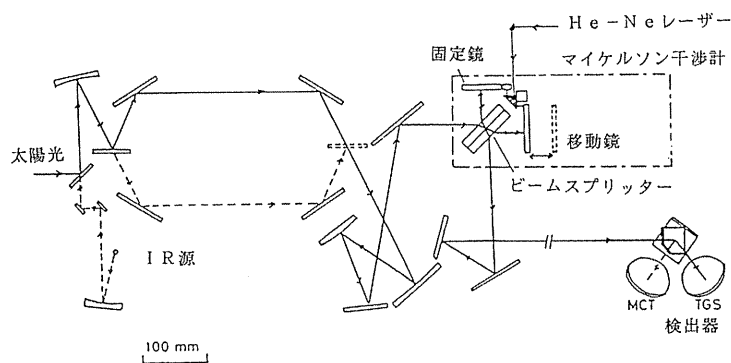


図 4.7-4 FTS の分光光学系

(出典：牧野ら, 1985 を元に作成)

d) 太陽掩蔽法 FTS (LPMA : Limb Profile Monitor of the Atmosphere)

フランスの CNES/LPMA の Camy-Peyret 博士らのグループが開発した LPMA は、気球搭載用フーリエ変換型赤外分光計 (FTS) であり、分光器としてはマイケルソン型干渉計

を使用し、検知器としては HgCdTe および InSb を使用している。両検知器は液体冷却室素型である。

LPMA は、観測原理として太陽掩蔽法を採用しており、光源を太陽として地球大気の赤外スペクトルを測定するように設計されており、太陽の追尾は方位角駆動用の結合回転部と高度角ミラーを、トルクモーターにより制御することにより行う。

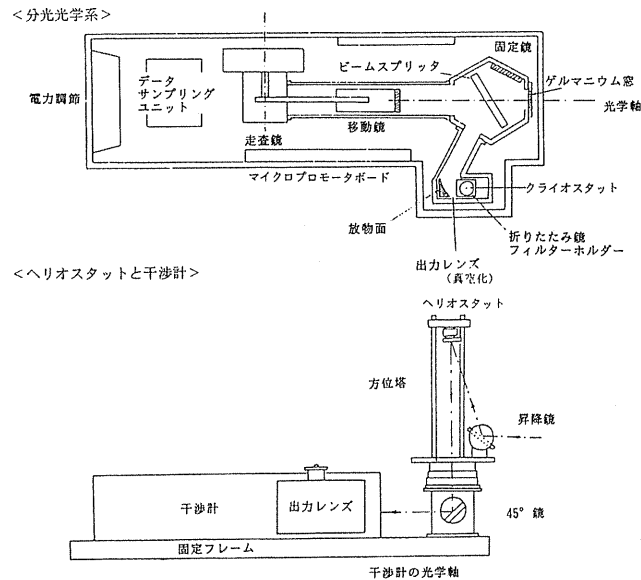


図 4.7-5 LPMA の概要

(出典：Camy-Peyret, 1990 を元に作成)

e) MIPAS-B : Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding Balloon experiment

MIPAS-B は、気球搭載型低温フーリエ変換型赤外分光計 (FTIR) であり、分光にはマイケルソン型干渉計が用いられている。周縁放射観測によって、大気微量成分の鉛直分布を得る。4つの観測チャンネルを有し、幅広い波長帯をカバーすることから、 HNO_3 、 N_2O_5 、 ClONO_2 、 CH_4 、 N_2O 、 H_2O 、CFC-11、CFC-12、 NO_2 、NO 等といった多種の大気微量成分を同時に測定することができる。鉛直分解能は 2~3 km である。

(2) 放射計

物質から放射される電磁波の強度を測定する装置で、測定する波長により、赤外放射計やマイクロ波放射計などがある。アメリカのデンバー大学の Murcray 博士らのグループが開発した気球搭載型の赤外放射計である CAESR (Cold Atmospheric Emission Spectral Radiometer) が検証実験で使用される予定である。

(3) ライダー (Light Detection and Ranging)

ライダーは能動型センサの 1 種であり、光を発射して、その散乱光や反射光の戻ってくる時間、強度等を測定することにより、測定対象の距離や濃度を測定する装置をいう。

ライダーは、測定の種類や対象に応じて、エアロゾルからのミー散乱を測定するミーライダーや、空気分子によるレイリー散乱を測定するレイリーライダー、気体の差分吸収から濃度を測定する差分吸収ライダーなどがあり、検証実験にはオゾンライダー、ミーライダー、レイリー/ミーライダー等が使用される予定である。

オゾンライダーは、差分吸収ライダーの 1 種であり、2 つの波長のレーザー光を大気中に送信し、その後方散乱の差を測定するものである。波長の 1 つには測定対象とする成分にあまり影響されないものを選び、もう 1 つの波長には測定対象の吸収特性に影響されるものを選ぶことにより、高度分布を測定する。

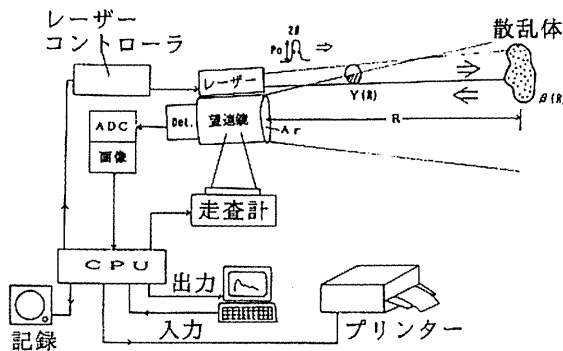


図 4.7-6 ライダーの模式図

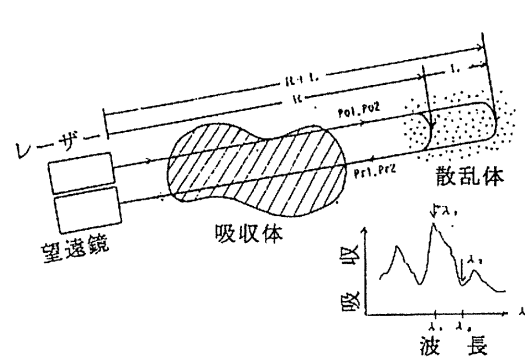


図 4.7-7 差分吸収ライダーの測定原理

(出典：図解リモートセンシング，日本リモートセンシング研究会)

(4) サンプラー

観測目的とする大気層で試料を採取することにより、大気微量成分の高度分布を測定するための試料採取装置であり、クライオジェニックサンプラーやグラブサンプラーが使用される予定である。

宇宙科学研究所の気球工学講座および東北大学理学部のグループが開発したクライオジェニックサンプリングシステムは、気球、パラシュート、コントロール用ゴンドラ、ワイヤーロープ巻き下げ器、観測用ゴンドラから構成されており、クライオジェニックサンプラーは、観測用ゴンドラに組み込まれる。気球を所定の高度（水平浮遊高度）まで浮揚させた後、地上からのテレコマンドで試料採取容器のバルブを開き、試料採取後再び閉じる。観測終了後、観測用ゴンドラは切り離され、パラシュートにより緩やかに降下する。

試料採取容器としては、ステンレス鋼製のボンベが12本搭載できる。

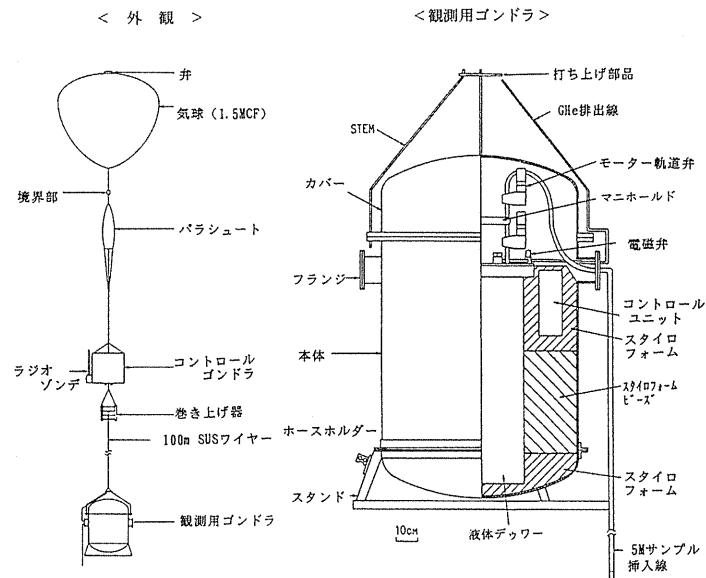


図 4.7-8 クライオジェニックサンプリングシステムの構造

(出典：ILAS/RIS 検証実験準備調査報告書, 1995, 環境庁)

(5) ゾンデ

測定器をつり下げた気球をとばして、各高度におけるオゾン量等を直接測定するもので、オゾンゾンデ、エアロゾルゾンデ等が検証実験で使用される予定である。

a) オゾンゾンデ

ゾンデによるオゾンの測定には、電気化学式や光学式、化学蛍光式があるが、検証実験では電気化学式のゾンデが使用される予定である。

電気化学式のゾンデでは、ポンプによって吸引された空気が反応液中を通過する間に、これに含まれるオゾンが反応液と反応することにより電極間に電流が流れるので、それを電気信号に変えて、地上に送信するものである。地上への送信にはラジオゾンデが使用される。図 4.7-10 に、気象庁がオゾンゾンデで使用している電気化学法によるオゾン測定部の構造を示す。気象庁ではオゾンゾンデによる観測を週一回行っている。

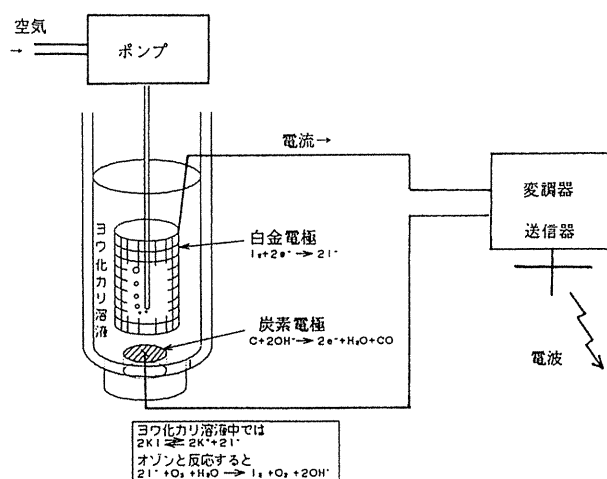


図 4.7-9 オゾンゾンの測定部

(出典：地球温暖化レポート 1991, 気象庁)

b) エアロゾルゾンデ

散乱チャンバーの凝集レンズの焦点部に空気をポンプで送り込み、エアロゾルによる散乱光を光電子増倍管で増幅することにより測定するものがある。光子計測から数濃度、散乱光強度から粒径の情報を得る。

(6) 蛍光放射検出器 (CLD: Chemiluminescence Detector)

CLD は、NO とオゾンの化学反応によって生じる励起状態の NO₂ からの化学蛍光 (Chemiluminescence) の放射強度が、NO の濃度に比例することを利用して、NO の濃度を測定するものである。さらに、金コンバータの利用により NO_y が定量化される。名古屋大学太陽地球環境研究所のグループが開発した気球搭載型の CLD が検証実験に参加し、窒素酸化物を測定する。

4.8 検証実験に係る協定等

ILAS-II プロジェクトの目標は、ILAS-II の観測によって得られたデータを的確に検証し、その性能および精度を立証するとともに、観測データを利用して科学的成果を上げることである。そのためには、検証実験や検証解析といった一連の「検証」作業を円滑かつ迅速に遂行する必要があり、研究者が ILAS-II プロジェクトに参加するための条件や研究者間での ILAS-II データの交換・提供に関する原則を記載した「ILAS-II プロジェクト参加に係る覚書」を定めている。

また、ILAS-II コア検証実験においては、ILAS と同様、CNES（Centre National d'Etudes Spatiales：フランス国立宇宙研究センター）との共同観測が実施される予定であり、これについて CNES と環境省との間で「ILAS-II 検証気球キャンペーン協定」が交わされる予定である。

(1) ILAS-II プロジェクト参加に係る覚書

ILAS-II プロジェクト参加に係る覚書は、ILAS-II データの迅速かつ適切な検証、ILAS-II データ利用の科学的成果の達成、ILAS-II プロジェクト参加者間での公平なデータアクセスの保証を目的として、参加研究者をサイエンスチームメンバー、検証実験チームメンバー等のカテゴリーに区分して、各々のカテゴリーに属する研究者の権利、義務等について定める。このうち、検証実験チームメンバーについては、検証実験計画書の提出、実験によって得られたデータの提出等に関して取り決めがなされる。さらに、ILAS-II データの検証解析およびルーチン的な観測におけるデータ質のモニターを実施するために、観測対象としている各大気微量成分および気象要素について「検証解析／データ質モニター実施計画書」を作成する予定である。

(2) ILAS-II 検証気球キャンペーン協定

ILAS-II 検証気球キャンペーン協定は、ILAS-II コア検証実験の 1 つであるキルナにおける大気球飛揚による高層観測の共同実施者である CNES と環境省の間で、2001 年頃に調印される予定である。

共同観測は、2002 年の気球キャンペーン期間中に実施される予定で、CLD、赤外放射計、ECC オゾンゾンデ、エアロゾルカウンター、クライオンジェニックサンプラー、LPMA 等を搭載した観測ゴンドラを、CNES の気球で飛揚させ、所定の観測を行う。

4.9 CMDB

CMDB (Correlative Measurement Data Base) は、検証実験データを収集・保存するデータベースとして、ILAS 研究者を対象に、研究用としての検証実験データおよびその他の相関観測データを提供するために構築されたものであり、ILAS-II の検証実験に対しても利用される。このデータベースの基本的なコンセプトは、各研究グループの代表とプロジェクトリーダーの間で取り交わされた覚書に記載される。CMDB の管理はプロジェクトリーダーが指名した ILAS-II データマネージャが行う。

第 5 章

ILAS-II データの 処理および提供

第5章 ILAS-II データの処理および提供

宇宙開発事業団 地球観測センター (NASDA/EOC)、および海外局 (NASA/ASF、NASA/WFF、Kiruna) で受信された ILAS-II の測定データは、国立環境研究所内にある ILAS-II データ処理運用施設 (ILAS-II DHF) に準リアルタイムでオンライン伝送され、処理・解析がなされた後、プロジェクト関連研究者・研究機関をはじめ、その他の一般ユーザ等に提供される。ここでは、国立環境研究所で開発されてきた ILAS-II DHF の概要と開発経緯について説明する。

5.1 ILAS-II データ処理運用施設 (ILAS-II DHF)

(1) ILAS-II DHF の機能

国立環境研究所本館 III 棟に設置されている ILAS-II DHF (以後、単に「DHF」ともいう) は、ILAS-II データの受信からプロダクトの提供までを行う ILAS-II データ処理運用システムの運用と、ILAS-II データを用いたアルゴリズム検討作業やデータ解析作業を行うことを目的とした施設である。DHF は、並列計算機、データベースサーバマシン、マストレージシステム等が設置されている並列処理室、オペレータが日々作業する管理室、アルゴリズム検討作業やデータ解析作業を行う解析室から構成される。また、DHF は専用回線 (1 Mbps を予定) によって NASDA/EOC と結ばれており、研究所外の研究者、研究機関等とはインターネットを介して結ばれている。さらに、インターネットを経由して、英国気象局 (UKMO) からは、毎日の全球気温、気圧の成層圏気象データ (アシミレーションデータ)、総務省通信総合研究所や米国の天文台等からは太陽画像データを定期的に入手する。また、サイエンスチームメンバー、検証実験チームメンバーを含む特定ユーザおよび一般ユーザに対して、各種情報提供およびデータ提供等のサービスを行う。

また ILAS-II に関する情報は、WWW (World Wide Web) サービスの ILAS-II プロジェクトホームページ (<http://www-ilas2.nies.go.jp/>) を通しても行っており、その内容は、ILAS-II の概要、主な成果と計画、関連する文献等となっている。

ここで、ILAS-II DHF の機能構成および機能概要を、それぞれ図 5.1-1、表 5.1-1 に示す。

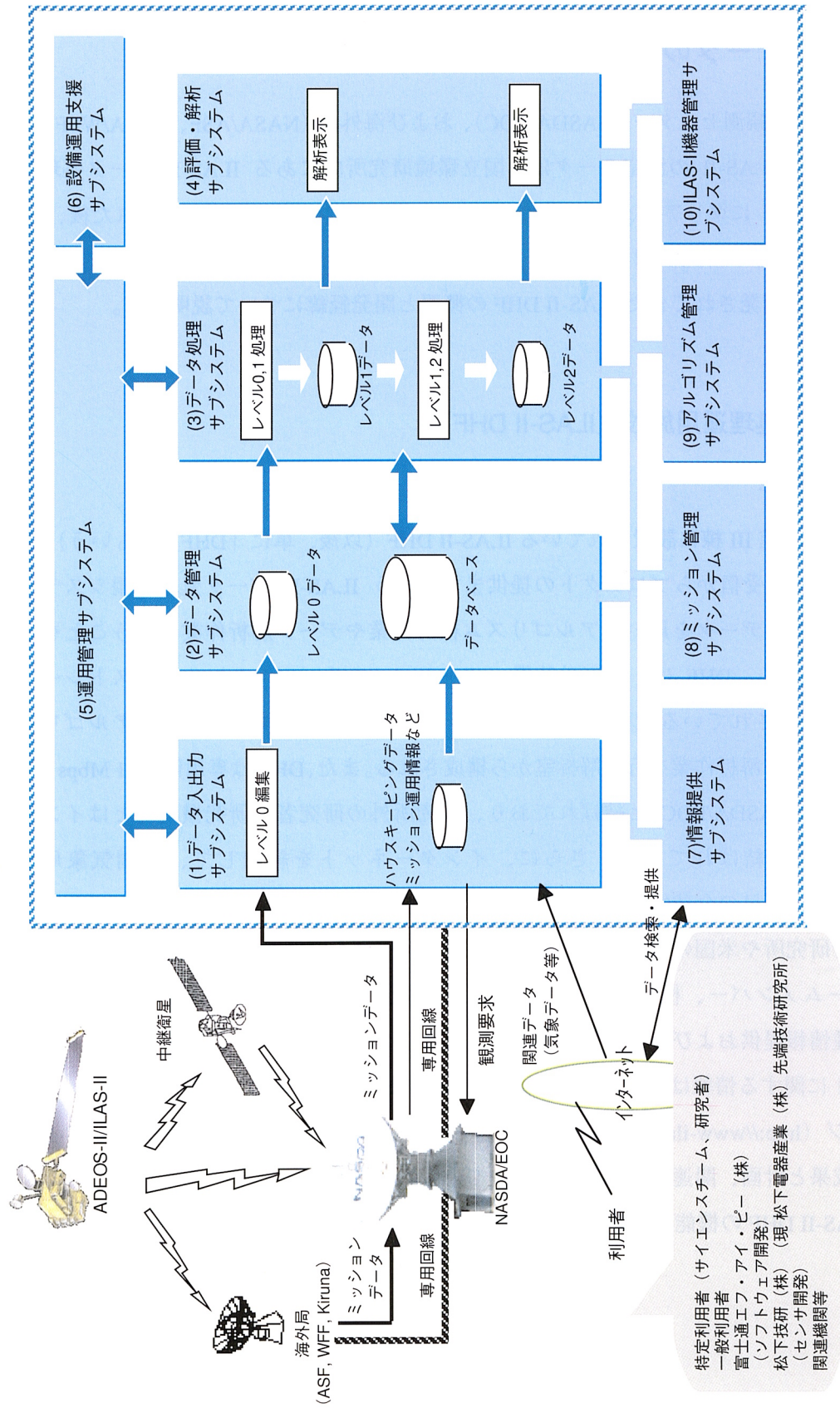


図 5.1-1 ILAS-II データ処理運用施設の機能

表 5.1-1 ILAS-II DHF ソフトウェアシステムの各サブシステムの機能概要

サブシステム		主な機能概要
システム管理	①運用管理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> サブシステム機能の統括実行 データの処理スケジュール（定常運用、研究運用等） データ入出力状況、データ処理状況、ステータス情報表示
	②データ管理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> データの保存／一元管理 データ登録・更新・削除・検索等
	③設備運用支援 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> オペレータ作業支援 データバックアップ／リストア／ディスククリーニング 設備運転状況監視（ネットワーク等） ユーザ利用状況監視
	④アルゴリズム管理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> プログラムのバージョン管理 データ処理アルゴリズムの管理
データ処理	⑤データ処理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> レベル0→1 データ処理 （有効部分抽出、測定位置計算、異常値・欠測値処理、赤外デコンボリューション処理、相対輝度電圧補正等） レベル1→2 データ処理 （太陽輪郭センサ処理、気温・気圧算出処理、エアロゾル消散係数算出処理、ガス成分濃度算出処理、CIONO₂ 算出処理等） データ品質評価処理等
機器診断	⑥ILAS-II 機器管理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ILAS-II センサ監視 ハウスキーピングデータ表示 ミッションデータ表示
NASDA インタフェース	⑦データ入出力 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> NASDA/EOC からのデータ送受信 レベル0 データ編集 外部機関データの取得等
	⑧ミッション管理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ILAS-II 観測要求立案 ILAS-II 運用状況監視 ILAS-II ミッションデータ取得状況表示
データ利用	⑨評価・解析 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ILAS-II データの評価解析 異常データの評価解析 研究者向け評価解析 （相関図、残差グラフ、流跡線、IFOV 位置、太陽像、検証実験支援等）
	⑩情報提供 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> プロダクトの検索／提供 WWW を用いた各種情報提供 提供データ業務支援

(2) ILAS-II DHF のハードウェア

ILAS-II により測定された大量のデータを滞りなく処理するため、ILAS-II DHF の計算機システムには、「分散メモリー型計算機」として、ワークステーション 48 台がハイパフォーマンス・スイッチにより相互結合網で結ばれた「IBM RS/6000 SP」が導入されており、並列計算機として機能する。大容量のデータ保存については、合計 5 TB を超えるデータの保管、検索のためのデジタル・マスストレージシステムと、DB 用の大容量アレイディスクを導入した。これらは、並列計算機およびその他のワークステーションからの利用が可能となっている。ILAS-II DHF 計算機システムの主なハードウェアの仕様を表 5.1-2 に示す。

表 5.1-2 ILAS-II DHF 計算機システムのハードウェア

装置名等		諸元
分散処理装置 (IBM RS/6000 SP)	CPU	パラレル処理部: Power2 Super 160 MHz ×1 (44 台) シリアル処理部: PowerPC604e 332 MHz ×4 (4 台)
	演算性能/台 (パラレル処理部)	SPECint95 8.61
		SPECfp95 25.8
		Linpack (100x100) 311.9
	SP switch データ転送速度	150 MB/秒 (片方向)
	主記憶装置容量	1 GB/台
	内蔵ディスク容量	18.2 GB/台
コントロールワークステーション	RS/6000 43P-140	
データサーバ (IBM RS/6000 F50)	CPU	PowerPC604e 332 MHz ×4
	主記憶装置容量	3 GB
	内蔵ディスク容量	77.3 GB
サブデータサーバ (IBM RS/6000 F50)	CPU	PowerPC604e 332 MHz ×4
	主記憶装置容量	2 GB
	内蔵ディスク容量	18.2 GB
補助記憶装置 (IBM 7133 SSA)	容量	合計 864.5 GB
	RAID 構成	RAID5
マストレージシステム (IBM 3590-B1Ax3, 3494-L12, 3494-D12)	容量	10GB (非圧縮時) ×545
	データ転送速度	9 MB/sec
イントラネットサーバ (Sun Ultra Enterprise 450)	CPU	UltraSPARC-II 300 MHz×4
	主記憶装置容量	512 MB
	内蔵ディスク容量	25.2 GB
	外付けディスク容量	163.8 GB
WWW 開示用 ワークステーション (Sun Ultra Enterprise 450)	CPU	UltraSPARC-II 300 MHz×2
	主記憶装置容量	512 MB
	内蔵ディスク容量	21 GB
ネットワーク	専用回線 (対 NASDA)	1.0 Mbps
	インターネット	135 Mbps
上記以外に、制御コンソール装置、検証・解析および処理データ診断業務用装置等として、Sun SPARC station、IBM RS/6000、IBM PC、Macintosh、プリンタ等が設置されている。		

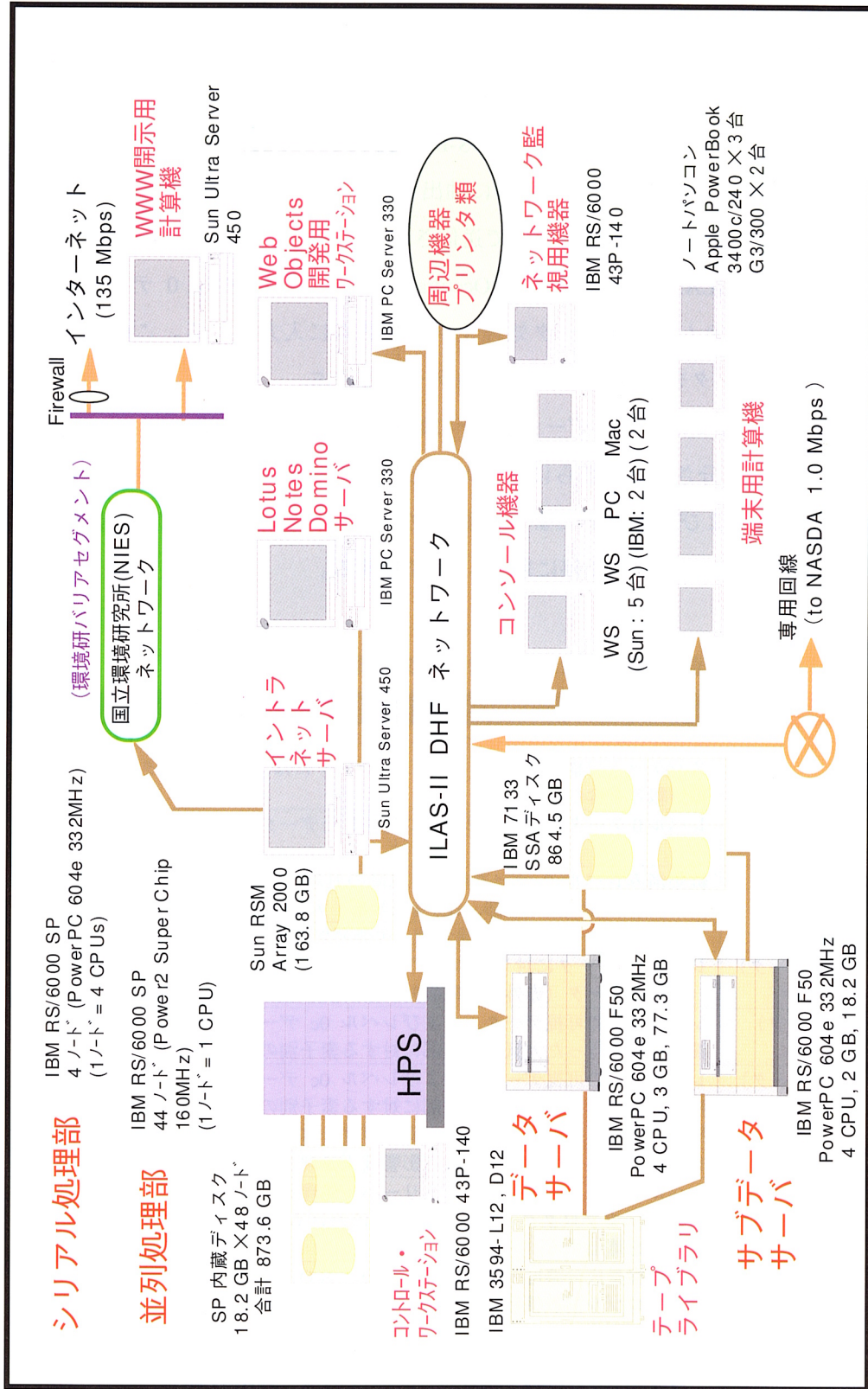


図 5.1-2 ILAS-II データ処理運用施設の計算機システム構成

5.2 データプロダクト

ILAS-II の測定データであるレベル 0 データは、NASDA/EOC から ILAS-II DHF に専用回線で伝送される。ILAS-II レベル 0 データは、ADEOS-II に搭載される他のセンサデータを含んだ Raw データから ILAS-II 観測データを時系列に抽出したものであり、地上局で受信した単位で ILAS-II DHF に送信される。この受信単位で送信されるレベル 0 データは、DHF のデータ入出力サブシステムにて ILAS-II の観測単位 (Occultation Event) のレベル 0 データに編集され、データ管理サブシステム経由でデータ処理サブシステムに入力される。この、観測単位に編集されたレベル 0 データを、編集済みレベル 0 データと呼ぶ。

データ処理サブシステムで処理されるデータは、その処理段階により編集済みレベル 0 データからレベル 2 データに区分される。さらにレベル 2 データは、算出される物理量に対して現時点で予測される精度および信頼性等により、標準プロダクトと研究プロダクトに区分される。ILAS-II データの種類を、各レベル毎に表 5.2-1 に整理する。

表 5.2-1 ILAS-II 処理データの種類

データの種類	内容
ILAS-II レベル 0 データ	NASDA/EOC から取得した ILAS-II のミッションデータであり、CCSDS ソースパッケージで構成されている。このデータには、PCD データやパッケージ欠損情報等を含む。
編集済みレベル 0 データ (編集済み L0 データ)	レベル 0 データを、観測単位毎に編集したデータ
レベル 0a データ (L0a データ)	編集済みレベル 0 データの内、以降の処理に必要な内部定点観測部、深宇宙観測部、大気圏透過部、100%信号部、太陽面走査部を抽出したデータ
レベル 0b データ (L0b データ)	レベル 0a データに対して異常値・欠測値処理を行ったデータ
レベル 0c データ (L0c データ)	レベル 0b データに対して赤外デコンボリューション処理を行ったデータ (赤外系データ (赤外、中間赤外、赤外狭帯域) にのみ存在)
レベル 1 データ (L1 データ)	レベル 0b の可視データ、およびレベル 0c データに対して、相対輝度電圧補正処理を行った大気圏透過部に対する素子別の擬似透過率データ
レベル 1s データ (L1s データ)	レベル 0b の可視データ、およびレベル 0c データに対して、相対輝度電圧補正処理を行った太陽面走査部に対する素子別の擬似透過率データ 黒点影響補正処理における、太陽面輝度分布推定に使用
レベル 1a データ (L1a データ)	レベル 1 データに対して、黒点影響補正処理を行ったデータ
レベル 2 データ (L2 データ)	レベル 1 データに対して、リトリバル処理を行ったデータ 以下に示すプロダクトの各観測地点における鉛直分布およびその誤差の鉛直分布を算出する。
標準プロダクト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気微量成分濃度 (O₃, HNO₃, NO₂, N₂O, H₂O, CH₄) ・ エアロゾル消散係数 (可視チャンネル: 0.78 mm) ・ 気温 (可視チャンネル) ・ 気圧 (可視チャンネル)
研究プロダクト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気微量成分濃度 (CFC-11, CFC-12, CO₂, ClONO₂ 等) ・ エアロゾル消散係数 (赤外チャンネル: 7.1 mm, 8.3 mm, 10.6 mm, 11.8 mm) ・ エアロゾル消散係数 (中間赤外チャンネル: 3.0 mm, 3.8 mm, 5.1 mm) ・ 気温 (赤外、中間赤外チャンネル) ・ 気圧 (赤外、中間赤外チャンネル)

5.3 ILAS-II 観測データの処理・解析

5.3.1 処理・解析の概要

DHF のデータ処理サブシステムでは、編集済みレベル 0 データに対して事前処理、レベル 0→1 処理、レベル 1→2 処理、事後処理が行なわれる。

事前処理では、レベル 0→1 処理、レベル 1→2 処理に必要なテーブルデータを事前に計算しておく処理や、計算条件を設定する処理を行う。レベル 0→1 処理の段階では、測定データの有効部分の抽出、異常値・欠測値の処理、赤外デコンボリューション処理、データのドリフト補正と相対値である擬似透過率（レベル 1 データ）を作成する相対輝度電圧補正処理を行う。レベル 1→2 処理の段階では、太陽輪郭判定処理で太陽視野角を求め、太陽黒点影響補正処理で周縁減光や太陽黒点の影響を補正したレベル 1a データから、各種物理量のリトリバル処理を行う。事後処理では、データの品質を評価する処理を行う。

ここで、各種処理の概要を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 データ処理の概要 (1/2)

機能		内容
事前処理	各種テーブル作成	P-T テーブル、太陽光源テーブル、装置関数、ロックインアンプ応答関数等の、ILAS-II データ処理で必要となるテーブルを作成する。
	処理条件ファイル作成	各処理を実行する際に、その計算条件を設定する。
レベル 0→1 処理	有効部抽出処理	編集済みレベル 0 データから必要な部分を抽出する。その際データチェックや観測状況に関するフラグ等を設定する。
	異常値・欠測値処理	スパイクノイズの検出および各素子データの時刻補正、赤外 4 サンプルングデータの編集、赤外 AC データの DC 変換を行う。
	赤外デコンボリューション処理	赤外系チャンネルの観測データからロックインアンプの時定数の影響を除去する。
	相対輝度電圧補正処理	素子のドリフト効果の影響を考慮した 0 %信号値および 100 %信号値を利用して観測値を擬似透過率に変換する。

表 5.3-1 データ処理の概要 (2/2)

	機能	内容
レベル 1→2 処理	太陽輪郭判定処理	太陽輪郭センサデータを用いて、光路の確定に必要な太陽上端および下端と IFOV 中心間の視野角を算出する。
	気温気圧初期値設定処理	気温気圧算出処理に用いられる気温気圧初期値プロファイルを作成する。
	太陽黒点影響補正処理	観測時に太陽面に黒点がある場合や周縁減光およびトラッキングエラーによって生じる透過率誤差を、太陽面走査データを用いて補正する
	気温気圧算出処理	ドリフト効果や太陽黒点の影響の補正がなされた可視チャンネルのレベル 1a データを用いて、気温・気圧の高度分布を算出する。
	エアロゾル可視消散係数算出処理	可視チャンネルの内、O ₂ の吸収の無い波長 780nm 付近の素子を用いて消散係数を求め、O ₃ ウルフバンド吸収による寄与分や、レイリー散乱による寄与分を差し引くことにより、エアロゾル消散係数の高度分布を算出する。
	ガス濃度初期値設定処理	以下のエアロゾル赤外・中間赤外消散係数算出処理、ガス濃度算出処理、CIONO ₂ 濃度算出処理に用いるガス濃度初期値ファイルを作成する。
	窓チャンネルエアロゾル赤外・中間赤外消散係数算出処理	赤外・中間赤外チャンネルにおけるエアロゾルの窓領域でのエアロゾル赤外・中間赤外消散係数の高度分布を算出する。
	エアロゾルパラメータ算出処理	エアロゾル消散係数（赤外・中間赤外）算出処理で求められた窓チャンネルの消散係数（可視を含む）に対してタイプ判別を行う。更に、理論計算による消散係数を非線形最小二乗法によりフィッティングを行うフォワード的手法を適用して、エアロゾルパラメータを算出する。
	エアロゾル消散係数スペクトル算出処理	エアロゾルパラメータ推定処理により判別されたタイプの複素屈折率と、算出されたエアロゾルパラメータから、赤外・中間赤外波長領域の一定間隔波数点毎に、ミー散乱計算に基づいて、消散係数を算出する。
	ガス濃度算出処理	赤外・中間赤外チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正済みの各素子の擬似透過率に対し、理論計算による疑似透過率を非線形最小二乗法によりフィッティングするフォワード的手法を適用して、微量ガス成分濃度の高度分布算出する。
	赤外・中間赤外気温気圧算出処理	赤外・中間赤外チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正済みの各素子の擬似透過率に対し、理論計算による疑似透過率を非線形最小二乗法によりフィッティングするフォワード的手法を適用して、気温・気圧の高度分布を算出する。
	クロリンナイトレート濃度算出処理	赤外狭帯域チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正済みの各素子の擬似透過率に対し、理論計算による疑似透過率を非線形最小二乗法によりフィッティングするフォワード的手法等を適用して、CIONO ₂ の検出あるいは濃度の算出を行う。
事後処理	品質評価処理	レベル 0→1 処理、レベル 1→2 処理の各処理において品質履歴ファイルに出力されたエラー情報・誤差情報等や、データベース登録された ILAS-II 内部の機器やセンサーの異常の情報に対し、閾値を用いた自動品質評価を行い、その結果を編集してデータベースに登録する。

5.3.2 ILAS と ILAS-II のデータ処理の違い

ILAS-II データ処理と ILAS データ処理との違いには、観測装置の性能改良によるデータ精度の向上、新たに加わった分光器やデータ取得モードの追加による処理の変更、既存処理方法の改良に関するものがある。

ここで、ILAS-II データ処理と ILAS データ処理との違いを、以下の表 5.3-2 に整理する。

表 5.3-2 ILAS データ処理と ILAS-II データ処理の違い

処理名	ILAS データ処理との違い
有効部抽出処理	・GPS データによる時刻・位置計算の追加 ・ジンバルミラー情報による有効部抽出ができる
異常値・欠測値処理	・センサ素子間のタイミング合わせ処理の追加 ・赤外系チャンネルのデータが1フレーム当たり4回サンプリングとなったことによる処理の追加 ・赤外系チャンネルで位相を含んだ AC モードによるデータ取得追加により、AC データの DC データへの変換処理を追加
太陽輪郭判定処理	・エッジセンサデータに IFOV 位置が記録されることによる処理の変更
太陽黒点影響補正処理	・太陽面走査モードが加わったことにより新設された処理
気温気圧算出処理	・ベースライン係数同時算出機能の追加
エアロゾル可視消散係数算出処理	・線形解法の追加
窓チャンネルエアロゾル赤外・中間赤外消散係数算出処理	・中間赤外チャンネル追加による窓チャンネルの増加
ガス濃度算出処理	・中間赤外チャンネル追加 ・理論計算における波数刻みの変更 ($0.002 \text{ cm}^{-1} \rightarrow 0.001 \text{ cm}^{-1}$) ・非線形最小二乗手法の改善 (マルカート法→修正マルカート法) ・エアロゾルとの同時算出
赤外・中間赤外気温気圧算出処理	・中間赤外チャンネルが追加されたことにより新設された処理
CIONO ₂ 濃度算出処理	・赤外狭帯域チャンネルが加わったことにより新設された処理
品質評価処理	・品質評価を自動処理するために新設された処理

5.3.3 レベル 0 → 1 処理

ILAS-II 観測単位に編集された編集済みレベル 0 データに対して、異常値・欠測値処理やドリフト補正等の校正処理を行い、大気圏透過部および太陽面走査部の素子毎の透過率データである、レベル 1 データおよびレベル 1s データを作成する処理を行う。

(1) 有効部抽出処理

編集済みレベル 0 データの内、以降の処理で必要となる、内部定点観測部、深宇宙観測部、大気圏透過部、100 %部、太陽面走査部の判定および該当部分のデータの抽出を行い、レベル 0a データを作成する。また、データ内容のチェック、データ変換および測定時刻等の算出も併せて行う。

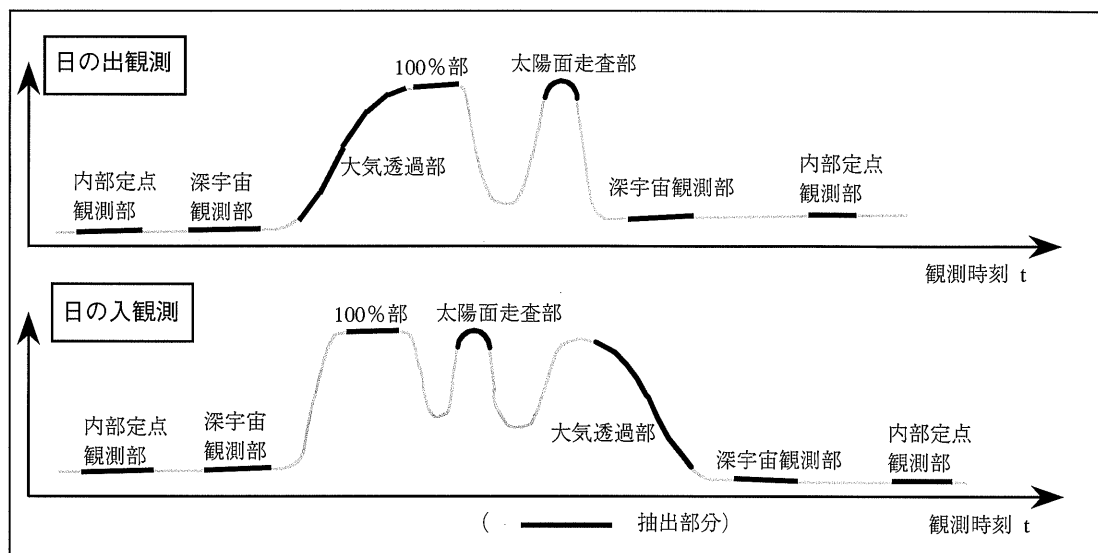


図 5.3-1 有効部抽出処理におけるデータ抽出部分

(2) 異常値・欠測値処理

スパイクノイズの検出、データの時刻補正、1 フレーム当たり 4 回サンプリングされる赤外系チャンネルのデータ編集を行い、位相を含む赤外系チャンネル AC データを取得した場合にはその DC 変換も行い、レベル 0a データをレベル 0b データに処理する。その際、品質評価用として、データ異常およびデータ欠損のそれぞれの件数、およびデータ異常・欠測となるフレームが一定回数以上連続して発生した件数をカウントし、また 100 %出力値のトレンドモニタ用に、各素子について 100 %部の平均値を計算する。

(3) 赤外デコンボリューション処理

赤外系チャンネルの観測データはロックインアンプの時定数の影響をうけたものであり、レベル 1→2 処理で算出する特定の時刻の透過率と対比するためには、データから時定数の影響を除去する必要がある。この処理では、レベル 0b データの大気圏透過部と太陽面走査部にデコンボリューション処理を施してロックインアンプの時定数の影響を除去し、レベル 0c データを算出する。ロックインアンプの時定数（ロックインアンプ応答関数）は、事前処理で作成される。

(4) 相対輝度電圧補正処理

ILAS-II 深宇宙観測の 0 %値および大気圏外観測の 100 %値を用いることにより、素子毎の透過率を求める処理を行う。また、温度ドリフトによる信号値の変化を直線で近似して推定し（ドリフト直線）、同時に補正している。

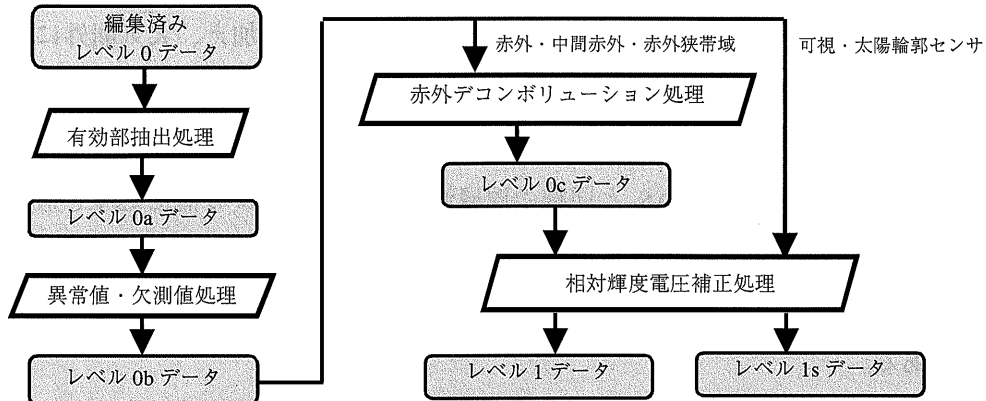


図 5.3-2 ILAS-II レベル 0 データからレベル 1 データへの処理の流れ

5.3.4 レベル 1 → 2 処理

レベル 0→1 処理で作成されたレベル 1、レベル 1s データより、可視チャンネルデータを用いて、可視気温・気圧とエアロゾル可視消散係数を算出する。また、赤外・中間赤外チャンネルデータを用いて、エアロゾル赤外・中間赤外消散係数、オゾンを始めとするガス成分濃度および赤外・中間赤外気温・気圧を算出し、さらに赤外狭帯域チャンネルデータを用いて、ClONO₂濃度を算出する。

(1) 太陽輪郭判定処理

太陽輪郭センサのデータを用いて、光路の確定に必要となる太陽上端および下端と IFOV 中心間の視野角を算出する。合計 6 つのエッジ位置を、素子方向に対する太陽輪郭センサ信号値の変曲点として求め、エッジ位置の差に 1 素子あたりの視野角を掛けることにより、第 1、2、4 チャンネル上端視野角、第 1、2、4 チャンネル下端視野角、第 3 チャンネル上端視野角および第 3 チャンネル下端視野角の 4 つの視野角を求める。

(2) 気温気圧初期値処理

気温気圧算出処理にもちいられる気温気圧初期値プロファイルを、幾つかの参照データの中から選択したものをを用いて作成する。

(3) 太陽黒点影響補正処理

観測時、太陽面に黒点がある場合、瞬時視野内の太陽面の輝度分布が一様にならず、大気圏内観測時および 100 %観測時における瞬時視野の大きさの違いにより透過率に誤差が生じる。同様に、周縁減光やトラッキングエラーによっても透過率に誤差が生じる。これら

の誤差を補正するために、ILAS-II では大気圏内の追尾モードに加え、大気圏外における太陽面走査モードを追加した。これにより得られる太陽面の輝度分布データから、大気圏観測時の瞬時視野に対応する 100 %信号値を推定し、誤差の影響を補正する。また、スキャンデータを使用する代わりに、ILAS と同様の周縁減光の理論式による補正処理も選択可能である。一方、補正の精度が充分得られない場合や、太陽輪郭の判定が不可能であった場合、入力したレベル 1 データに対し、太陽黒点影響補正を施さずにレベル 1a として出力することも可能である。

(4) 気温気圧算出処理

ドリフト効果や太陽黒点の影響の補正がなされた可視チャンネルのレベル 1a データを用いて、気温・気圧の高度分布を算出する。

各大気層の気温・気圧に適切な初期値を与え、酸素分子による光の吸収スペクトルを line-by-line 法により計算し、さらに視野の広がりや装置関数の影響を加味して透過率を理論計算する。計算に必要な光路長および観測高度は、衛星位置データと計算された太陽視野角より、光の屈折を考慮して算出する方法を基本とするが、他に ILAS で用いられた気圧高度による方法も選択できる。さらに、ベースラインの推定は、事前にその影響を観測値へのフィッティングより見積もる方法と、係数を気温・気圧と同時に推定する方法が選択できる。

算出された理論透過率と太陽黒点補正済素子透過率のスペクトルフィッティングを行い、非線型最小二乗法により気温・気圧をより真値に近い値に修正し、理論透過率を計算し直して再度フィッティングを行う。こうした繰り返し計算により、気温・気圧の高度分布を算出する。収束の繰り返しは各層毎に行い、上層から下層へ順に気温・気圧を確定していくオンピーリング法を用いる。

また、算出された気温・気圧から大気屈折を考慮した光路計算を行い、観測位置の確定値を求める。

(5) エアロゾル可視消散係数算出処理

可視チャンネルのうち、 O_2 の吸収の無い波長である 780 nm 付近の素子を用いて消散係数を求め、 O_3 ウルフバンド吸収による寄与分や、レイリー散乱による寄与分を差し引くことにより、エアロゾル可視消散係数を算出する。消散係数算出に使用する素子、およびその扱いとしては、複数素子（1 素子も含む）の観測透過率を平均した値を用いる方法と、複数素子（1 素子も含む）それぞれについてエアロゾル消散係数を求め、それらを平均する方法の 2 通りがある。また、消散係数を算出する方法としては、大気層を高度毎にグループ

化し、同一グループ内の層に対しては一括して消散係数を算出する方法と、前進代入法により上層から順に消散係数を算出する方法が選択できる。

(6) ガス濃度初期値処理

気温・気圧算出処理により得られた測定時刻と測定位置の情報を用いて、その時刻・位置に対応する各ガス濃度のプロファイルを、事前処理で作成した参照大気モデルデータから抽出し、エアロゾル赤外・中間赤外消散係数算出処理、ガス濃度算出処理、 ClONO_2 濃度算出処理に用いるガス濃度初期値ファイルを作成する。

(7) 窓チャンネルエアロゾル赤外・中間赤外消散係数算出処理

赤外・中間赤外チャンネルにおけるエアロゾルの窓領域（他のガスによる吸収が小さいか、吸収の推定誤差の小さいチャンネル）である、赤外第7素子（7.12 mm）、第16素子（8.28 mm）、第34素子（10.60 mm）、第43素子（11.76 mm）、中間赤外第0素子（3.00 mm）、第6素子（3.77 mm）、第16素子（5.06 mm）の7波長点のエアロゾル赤外・中間赤外消散係数の高度分布を算出する。

(8) エアロゾルパラメータ算出処理

エアロゾル消散係数（可視、赤外・中間赤外）算出処理で求められた各波長の消散係数に対して、あらかじめ用意した消散係数データセットと比較することにより、タイプ判別を行う。更に、理論計算による消散係数を非線形最小二乗によりフィッティングするフォワード的手法を用いた、エアロゾルパラメータ（粒子数密度、粒径分布パラメータ、硫酸エアロゾルの場合は濃度を含む）の算出を試みる。

(9) エアロゾル消散係数スペクトル算出処理

エアロゾルパラメータ推定処理により判別されたタイプの複素屈折率と、算出されたエアロゾルパラメータから、赤外・中間赤外波長領域の一定間隔波数点毎に、ミー散乱計算に基づいて消散係数を算出する。また、何らかの理由によりエアロゾルパラメータが算出されなかった場合は、高度毎の窓チャンネルエアロゾル赤外・中間赤外消散係数を、波数方向に直線補間して、消散係数を算出する。

この処理で求めた消散係数は、ガス濃度算出処理におけるエアロゾル寄与分の除去のために用いられる。

(10) ガス濃度算出処理

赤外・中間赤外チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正がなされた各素子の擬似透過率（赤外・中間赤外レベル 1a データ）に対し、理論計算による擬似透過率をフィッティングさせるように非線形最小二乗法による繰り返し計算を行い、微量ガス成分濃度を算出する。

算出対象ガスは、 O_3 、 HNO_3 、 NO_2 、 N_2O 、 H_2O 、 CH_4 、CFC-11、CFC-12 等である。理論計算において、気温・気圧および光路長は気温・気圧算出処理で出力されるものを使用する。クロスセクション計算には、高速化のために事前処理で作成した PT テーブルを使用する。そして、理論計算における計算波数点刻みは赤外チャンネルでは 0.001 cm^{-1} 、中間赤外チャンネルでは 0.002 cm^{-1} となっており、計算波数点が膨大なことからデータ分散型の並列処理を行う。また、エアロゾルの影響については、ガス濃度算出と同時に推定し、除去する方法と、エアロゾル消散係数スペクトル算出処理により算出されたエアロゾル消散係数スペクトルを用いて事前に除去する方法とが選択できる。プロファイル算出には、オニオンピーリング法の他に、複数の層内の未知ガス濃度を一括して解く方法も選択できる。

(11) 赤外・中間赤外気温気圧算出処理

赤外・中間赤外チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正がなされた各素子の擬似透過率（赤外・中間赤外レベル 1a データ）に対して、理論計算による擬似透過率をフィッティングさせるように非線形最小二乗法による繰り返し計算を行い、気温・気圧の算出を行なう。

CO_2 濃度を既知として、中間赤外チャンネルの CO_2 の強い吸収帯を利用するが、他の参照ガス濃度に関してはガス濃度算出処理結果を利用するために、可視チャンネルによる気温・気圧結果に依存してしまう。そのため、プロダクトである、レベル 2 赤外・中間赤外気温・気圧の位置付けは、当面研究用とする。

(12) $ClONO_2$ 濃度算出処理

赤外狭帯域チャンネルで観測され、ドリフト効果や太陽黒点影響の補正がなされた各素子の擬似透過率（赤外狭帯域レベル 1a データ）に対し、理論計算による擬似透過率をフィッティングさせるように非線形最小二乗法による繰り返し計算を行い、 $ClONO_2$ 濃度の算出を行う。 $ClONO_2$ 濃度を算出する際に参照するガスには O_3 、 HNO_3 、 H_2O 、 CO_2 があり、それらの濃度はガス濃度算出処理の結果を用いる方法と、 $ClONO_2$ と同時に算出する方法が選択できる。エアロゾル/PSCs による消散係数は、 $ClONO_2$ 吸収の近傍では定数であるとして

同時に算出する。ただし、当チャンネルはSN比が低いため、当面はClONO₂の検出を行い、可能な場合に濃度算出を行う。

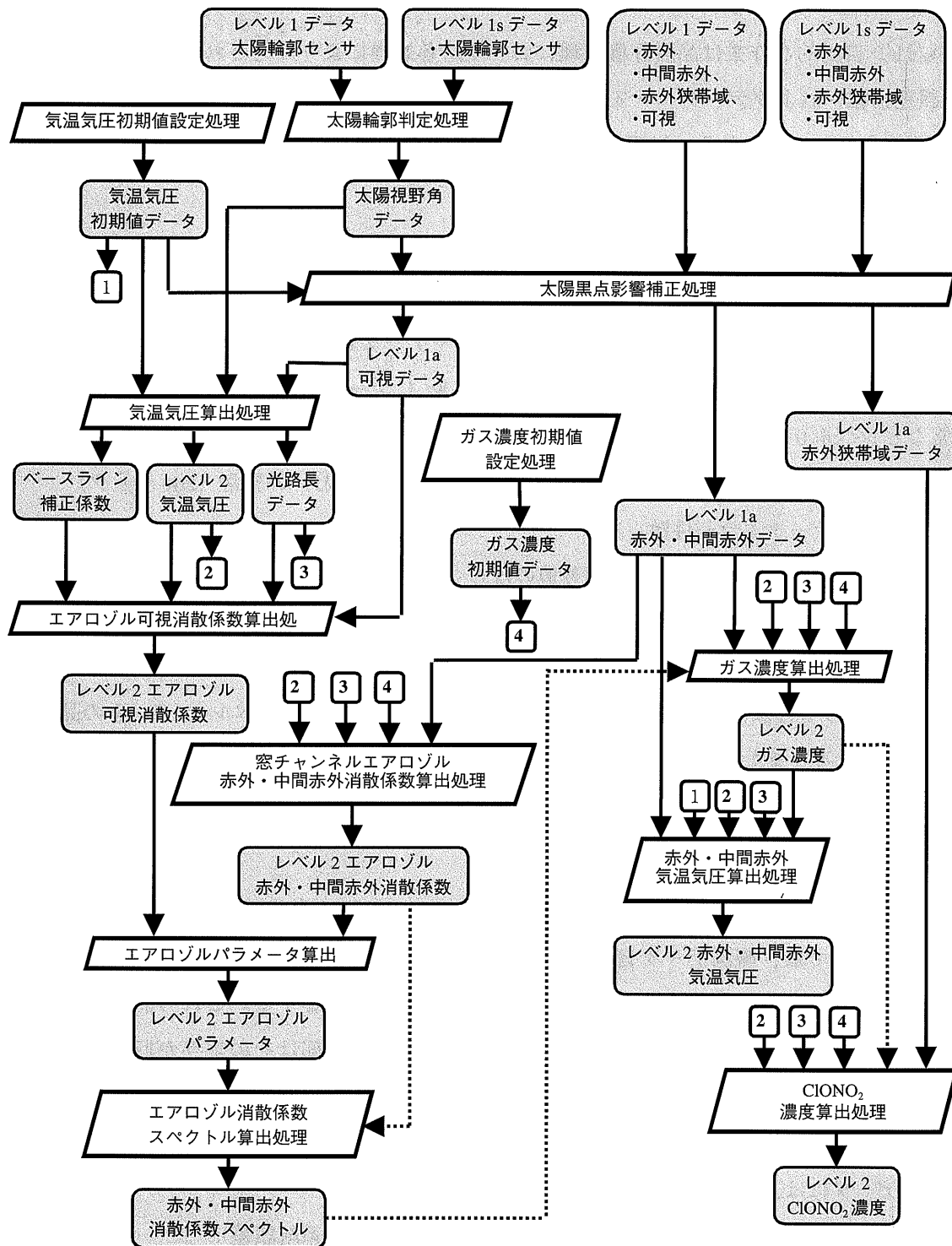


図 5.3-3 ILAS-II レベル1 データからレベル2 データへの処理の流れ

5.3.5 解析データの評価

ILAS-II データの評価・解析には、機械的・自動的に行える作業と、専門家が地球物理学的な立場から評価する作業がある。

機械的・自動的な作業は品質評価処理において、各処理により出力された品質履歴エラー情報・誤差情報、およびデータベース登録された ILAS-II 内部の機器やセンサの異常の情報に対して閾値を用いて行われる。以下、レベル 1 データおよびレベル 2 データの品質評価の基本方針の概要を説明する。

(1) レベル 1 データの品質

レベル 0→1 処理は、レベル 0 データの編集やデータ異常の検出・補正等、観測値の品質に大きな影響を与えないものが多いため、レベル 1 データの品質は、観測機器や伝送の異常などレベル 0 データそのものの品質によるところが多い。品質評価のチェック項目は、

- ILAS-II の機器情報（温度、ジンバルのアジマス角など）の異常（HK データ）
- 連続データエラー件数
- ドリフト直線回りの 100 %信号値のばらつき
- 各チャンネルの素子出力値のトレンドモニタ

であり、連続データエラー件数以外はそれぞれに閾値を設けて自動的な評価を行う。これら 4 つの項目は、互いに性質が異なるため、それぞれ独立にレベル 1 データの品質として記録される。また各項目について、素子またはチャンネル毎の品質も設定する。

(2) レベル 2 プロダクトの品質

レベル 1→2 処理では ILAS-II の観測データを用いて様々な物理量の算出を行うが、その過程においては、観測データ自身の持つ測定誤差・量子化誤差に加え、種々の入力テーブルの精度や数値計算上の丸め誤差などがデータの品質に影響する。これら品質を決定する要因は、偶然誤差と系統誤差に大別される。偶然誤差の一部はその寄与が収束誤差に自動的に含まれると考えられる。その他、収束誤差に含まれない偶然誤差および系統誤差は、別途調査・検討を行うこととする。

各データには、

$$(\text{誤差})^2 = (\text{収束誤差})^2 + (\text{その他の偶然誤差})^2 + (\text{系統誤差})^2$$

によって計算された誤差が記録されるので、ユーザはこの誤差の値に基づきデータの品質を判定することができる。なお、品質評価処理においては、データの作成に失敗した場

合には No data、成功した場合には Good をレベル 2 データ品質のデフォルト値として設定し、品質の評価は行わない。しかし、研究者によりレベル 2 データの品質を Good、Poor、No data の 3 段階に評価し、評価解析サブシステムの機能により設定することができる。ただし、異常データに対して非定常的な処理が行われた場合には、Good のかわりに Poor を品質評価処理によるデータ品質のデフォルト値とすることもできる。

5.3.6 データ精度

ILAS-II データ処理により作成されるレベル 2 データの誤差の推定値を、標準プロダクトと研究プロダクトのそれぞれについて表 5.3-3 に示す。ただし、これらの数値は各チャンネル、各素子別に予想されるランダムノイズ (S/N=700~800：赤外、8000：可視)、および量子化誤差を加えて行ったシミュレーションによる推定値であり、実際の観測データから処理されたレベル 2 データの精度を、確実に保証するものではないことに注意が必要である。また、気温・気圧の精度については、目標値の扱いである。

表 5.3-3 ILAS-II レベル 2 データの推定誤差

データ種類		高度					
		10km	20km	30km	40km	50km	
標準 プロダクト	大気微量 成分濃度	O ₃	±10%	±2%	±2%	±2%	±7%
		HNO ₃	±10%	±3%	±15%	N.D.	N.D.
		NO ₂	N.D.	±20%	±20%	±30%	N.D.
		N ₂ O	±3%	±1%	±4%	±25%	N.D.
		H ₂ O	±3%	±1%	±4%	±10%	±30%
		CH ₄	±3%	±3%	±10%	±20%	30%
	エアロゾル消散係数 (可視：0.78 μm)	±5%	±6%	±40%	N.D.	N.D.	
	気温	<±1K	<±1k	<±1k	±1k	±5k	
	気圧	±2%	±1%	±2%	±2%	±5%	
研究 プロダクト	大気微量 成分濃度	CFC-11	±4%	±25%	N.D.	N.D.	N.D.
		CFC-12	±8%	±25%	N.D.	N.D.	N.D.
		COF ₂	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)
		CO ₂	±7%	±5%	±1%	±2%	±6%
		CO	±3%	±30%	N.D.	N.D.	N.D.
		OCS	±42%	±46%	N.D.	N.D.	N.D.
		C ₂ H ₆	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		N ₂ O ₅	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	ClONO ₂	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	
	エアロゾル消散係数 (赤外第 7 素子：7.1 μm)	±60%	±30%	N.D.	N.D.	N.D.	
	エアロゾル消散係数 (赤外第 16 素子：8.3 μm)	±70%	±10%	±80%	N.D.	N.D.	
	エアロゾル消散係数 (赤外第 34 素子：10.6 μm)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	エアロゾル消散係数 (赤外第 43 素子：11.8 μm)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	エアロゾル消散係数 (中間赤外第 0 素子：3.0 μm)	±97%	±10%	±80%	N.D.	N.D.	
エアロゾル消散係数 (中間赤外第 6 素子：3.8 μm)	N.D.	±8%	±60%	N.D.	N.D.		
エアロゾル消散係数 (中間赤外第 16 素子：5.1 μm)	N.D.	±15%	±85%	N.D.	N.D.		
赤外・中間赤外気温	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)		
赤外・中間赤外気圧	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)		

注) N.D.は、その気体成分の吸収信号が微弱であるか他の気体の強い吸収に重なるため、誤差が 100%を越える、あるいは収束推定値が得られないことを示す。

5.4 ILAS-II データの提供

ILAS-II DHF において処理されたデータが、研究者等に提供されるまでには、データ質評価、検証解析、機器トレンド評価等の作業が行われる。このため、データ利用目的、検証段階、研究者登録区分、プロダクト種別によって、提供できるデータの種類、提供時期等の条件が異なる。

定常的なデータ質の評価は、測定対象パラメータ（例えば、オゾン等の高度分布）の平均的な値（気候値と呼ばれる）と予想される変動幅をあらかじめデータセットを用意しておき、処理された個々のデータが、その変動幅の中に入っているかどうかを自動的に判定することで行われる。仮に、自動判定で警告が出された場合には、データ質評価の担当者がその原因を調査し、自然現象であるか、機器の異常によるものであるか等の検討を行う。

あらかじめ登録された研究者に対するデータ検索、取得要求、提供配布は、オンライン、オフラインのいずれでも可能である。また一般の研究者等については、オンラインでのデータ検索、取得要求が可能である。

なお、データのフォーマット、検索・注文方法等の詳細については、国立環境研究所が別途準備する「ILAS-II ユーザーズハンドブック」を参照されたい。

5.4.1 ユーザ区分

ILAS-II データのユーザは、研究登録区分によって特定ユーザと一般ユーザの 2 つに大別される。特定ユーザは、ILAS-II プロジェクトスタッフ、サイエンスチームメンバー、検証実験チームメンバー、およびこれらの共同研究者や研究補助者等が該当する。一般ユーザは、特定ユーザ以外の一般のデータユーザを指す。表 5.4-1 に、研究者登録区分によるユーザの種別を示す。

表 5.4-1 研究者登録区分によるユーザ種別

	ユーザ種別	備考
特定ユーザ	ILAS-II プロジェクトスタッフ (ILAS-II Project Staff: PS)	プロジェクトリーダーの承認による
	ILAS-II サイエンスチームメンバー (Science Team Member: ST)	プロジェクトリーダーにより承認された研究公募課題代表者とその共同研究者、研究補助者等
	ILAS-II 検証実験チームメンバー (Validation Experiment Team Member: VT)	検証実験チームリーダーにより承認された検証実験参加研究者とその共同研究者、研究補助者等
一般ユーザ	一般ユーザ (General User: GU)	一般のデータユーザ

5.4.2 検証ステージ

ILAS-II DHF から提供されるデータは、データ検証作業の進行具合に応じて、未検証データ、検証済データ、および確定データの3段階に分類される。定常的なデータ品質評価処理までを終えたデータを未検証データと呼ぶ。検証済データは、未検証データに対して検証解析作業を行い、ILAS-II データの科学的信頼性を確認したデータを指す。そして、検証解析によるデータ検証後約1年間を経て、安定性、機器トレンド評価、季節的な再現性等が評価されたデータを確定データと呼ぶ。

なお、データの検証ステージは、レベル1データおよびレベル2データの全てに対して適用される。ただし、レベル1データの検証ステージについては、そのレベル1を使用して生成されたレベル2データの検証ステージが反映される。

ここで、表5.4-2にILAS-IIデータの検証ステージと、各ステージのデータがユーザに利用可能となる時期を示す。

表 5.4-2 検証ステージと提供開始時期

検証ステージ	定義	提供開始時期
未検証データ (U: Unverified Data)	検証されていないデータ	定常運用開始後
検証済データ (V: Verified Data)	検証データを用いた検証解析により、妥当性が保証された観測機器と処理アルゴリズムを用いて取得処理された全てのデータ	打ち上げ TBDヶ月後
確定データ (C: Confirmed Data)	検証済データについて約1年間の機器トレンド評価を終え、その妥当性が確認されたデータ	打ち上げ TBDヶ月後

5.4.3 ユーザが利用可能なデータ

特定ユーザに対しては、ILAS-II レベル1データ、レベル2標準プロダクト、およびレベル2研究プロダクトの全検証ステージのデータが提供される。一方、これらのレベル1、2データは、データの利用目的によっても利用可能なユーザが異なっている。データ利用の目的は、アルゴリズム研究、検証解析、応用研究の3つに大きく分けられ、検証実験チームメンバーについては、使用目的が検証解析のみに限定される。また、一般ユーザについてはレベル2標準プロダクトの確定データのみが提供される。ここで、各ユーザが利用可能なILAS-IIデータを整理する。

表 5.4-3 ユーザが利用可能なデータ

ユーザ区分	レベル1データ	レベル2データ		備考
		標準プロダクト	研究プロダクト	
特定ユーザ	U, V, C	U, V, C	U, V, C	ただし、検証実験チームメンバーは検証解析の目的に限る
一般ユーザ		C		

U : Unverified Data V : Verified Data C : Confirmed Data

5.4.4 データの検索・注文および提供

ILAS-II データの検索・注文サービスを利用し、データを手入手する方法は大きく 2 種類存在する。すなわち DHF は、利用ユーザが検索・注文を行うための方法として、① Web サーバによる検索・注文サービスと、② 手紙、FAX 等による検索・注文サービスを提供する。

提供可能なプロダクトは、ILAS-II ミッション期間中逐次更新される。そこで、検索システムを利用すれば、ユーザ自ら最新の情報を利用目的に応じて検索することが出来る。

また、ILAS-II の提供データは、基本的には Web サーバを利用したオンライン提供を軸とする。また ILAS-II DHF では、事前に登録された特定ユーザに対して、利用者の要求に応じた各種媒体でデータを提供する。

① WWW サーバによる検索・注文（オンライン提供／媒体提供）

外部公開用の ILAS-II WWW サーバにインターネット経由でアクセスし、データ検索・注文サービスを利用する。検索終了後、インターネット経由で直接ダウンロードするかまたは媒体注文を選択して ILAS-II DHF にデータの注文を行うことできる。

② 手紙、FAX による検索・注文（媒体提供）

希望のデータを手紙、FAX で ILAS-II DHF へ請求することができる。ILAS-II DHF が検索を代行し、ユーザの希望する媒体にデータを格納して送付する。

表 5.4-4 ユーザ種別による利用可能なデータ検索注文方法および提供媒体

利用ユーザ	入手可能なデータレベル	検索注文方法	提供媒体
特定ユーザ (PS, ST, VT)	レベル1データ	① Web サーバによる検索・注文	媒体
		② 手紙、FAX による検索・注文	媒体
	レベル2データ (標準、研究)	① Web サーバによる検索・注文	オンラインまたは媒体
		② 手紙、FAX による検索・注文	媒体
一般ユーザ(GU)	レベル2データ(標準)	① Web サーバによる検索・注文	オンライン

また、プロダクトの配布において、提供が可能な媒体は以下のとおりである。

表 5.4-5 データの提供可能媒体

媒体	格納可能容量	フォーマット等
3.5 インチフロッピー	2HD:1.44 MB (1.2 MB)	PC-DOS、Macintosh フォーマット、UNIX
Zip	約 100 MB	PC-DOS、Macintosh フォーマット
MO	約 230 MB, 約 640 MB	PC-DOS、Macintosh フォーマット
8mm テープ	約 5 GB	ISO 準拠
4mm DAT	約 2 GB	ANSI DDS2 フォーマット
CD-ROM	約 650 MB	ISO、HPF、ハイブリッド

5.5 ILAS-II データ処理運用施設の開発経緯

ILAS-II DHF の開発は、ILAS & RIS DHF の開発手順を踏襲しており、1995 年度に実施された基礎調査結果をベースとして、データ処理アルゴリズム開発、ソフトウェアシステム開発、および計算機導入が行われた。

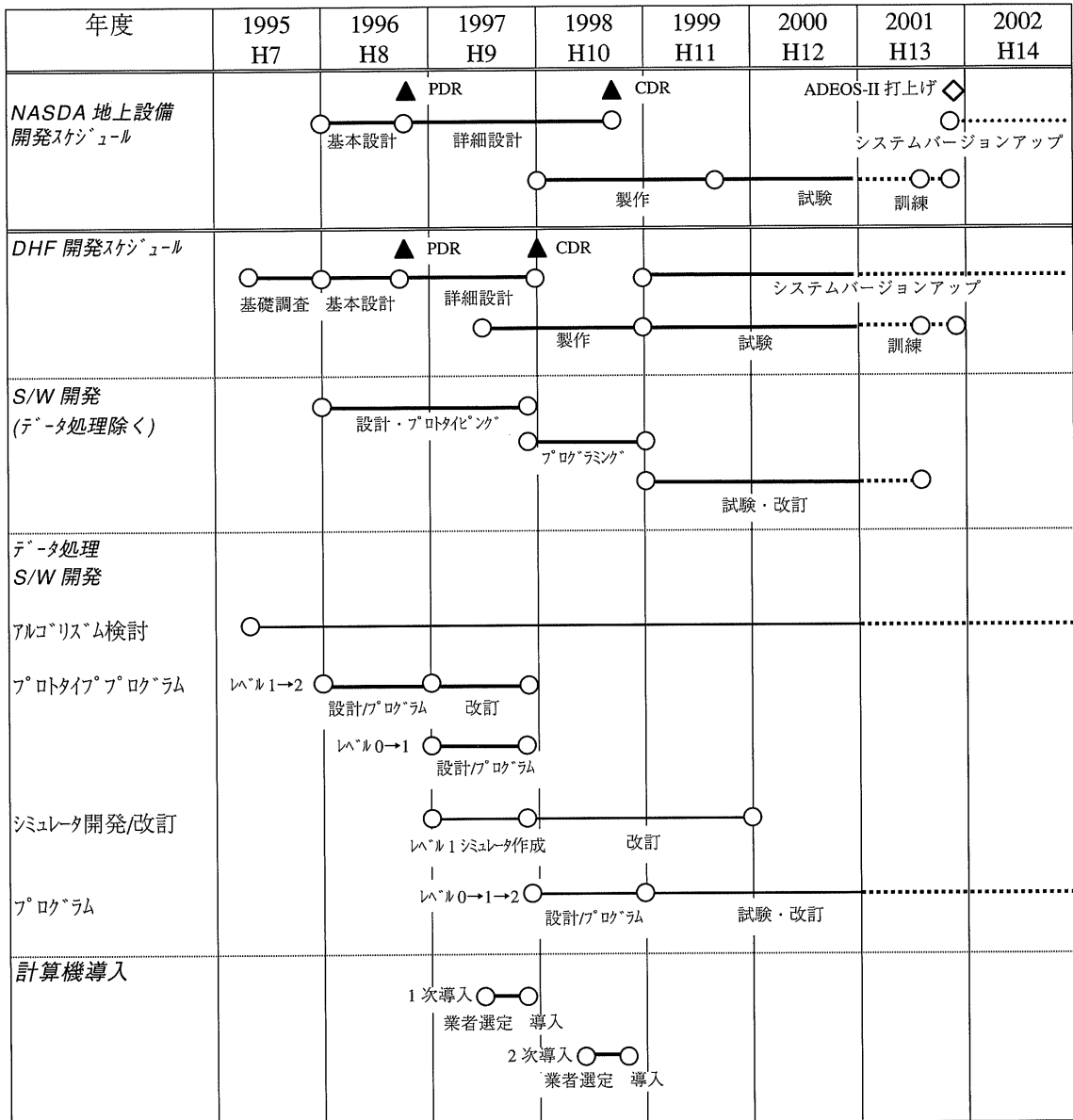
ILAS-II DHF の計算機導入は、DB 構築（データ管理機能）およびアルゴリズム開発用計算機と、その他システム用計算機を 2 回に分けて導入する方式で行われた。これは、実運用で使用する計算機のできるだけ多くについて、導入時期を遅くすることで、より高性能の計算機を、より安価に調達することを目的とした。なお、計算機の 1 次導入は 1998 年 2 月に、2 次導入および周辺装置の導入は 1999 年の 2 月に完了した。

データ処理ソフトウェアのプログラム開発については、国立環境研究所を中心として行われた処理アルゴリズムの検討結果を受けて、レベル 2 処理ソフトウェアについては 1996 年度より、レベル 1 処理ソフトウェアについては 1997 年度より、プロトタイププログラムの設計、製作が行われた。また、これらのプロトタイププログラムをベースとした ILAS-II レベル 1 データシミュレータの開発が、1997 年度に開始された。

一方、データ管理およびデータ評価・解析機能、ミッション管理機能、データ保存・検索機能、ILAS 機器管理機能、データ提供機能等のデータ処理以外のプログラムについては、1996 年度より開発が行われている。

実運用システムによるソフトウェア開発が 1998 年度に開始され、2001 年 11 月の ADEOS-II 打上げおよび、DHF の実運用に向けて、現在、プログラムの改訂作業および NASDA 側地上システムとの適合性試験を含む各種システム試験、運用性試験等が実施されている。

表 5.5-1 ILAS-II DHF 開発スケジュール



..... : 2001年1月以降の予定

第 6 章

ILAS-II データによる オゾン層の監視・研究

第6章 ILAS-II データによるオゾン層の監視・研究

ILAS-II は、南北両半球の高緯度地域の成層圏を中心に、 O_3 、 HNO_3 、 NO_2 、 N_2O 、 H_2O 、 CH_4 、等の気体成分の高度分布、エアロゾル、PSCs 等の粒子成分の識別とその高度分布、そして、気温・気圧の高度分布が測定される。測定は、両半球とも一日にある緯度線にそって約 25 度ずつ間隔をおいた 14 地点の上空で行われる。測定可能な高度範囲は、測定対象や高度分解能の設定に依存するが、およそ対流圏上部から成層圏上部をカバーする。

これらの観測で得られるデータは、オゾン層（高層大気環境）の監視と、オゾン層の物理・化学に関わる研究において活用される。オゾン層の監視は、国立環境研究所地球環境研究センター（CGER）の地球環境モニタリング事業の一環として、衛星観測研究チームを中心に実施される。研究利用に関しては、サイエンスチームメンバーによる研究が計画されている。また、環境省地球環境研究総合推進費による研究プロジェクトの中で、ILAS-II データを利用した研究が計画されている。その他、一般研究者からのデータ要求に応える用意があり、さらに多くの研究が実施されることが望まれる。

6.1 ILAS-II データを用いたオゾン層の監視

オゾン層破壊の防止のために適切な対策を講じるためには、オゾン層破壊の状況、オゾン層破壊に関係する物質の分布状況等を観測し、オゾン層破壊のメカニズムの解明を促進するとともに、行政対応に必要な定量的な情報を収集する必要がある。また、オゾン層およびオゾン層破壊に関係する物質の状況等を公表し、オゾン層破壊に伴う影響の見積もり、対応策の検討等の関連する各種の検討に役立てる必要がある。ILAS-II による観測結果についても、官民におけるこのような各種の検討に資するため、研究者に対するデータ提供とは別に、毎年年報の形で観測結果を取りまとめ、公表することとしている。また、環境省においては、環境庁の当時から毎年オゾン層分布状況、国際的な動向等を取りまとめて「オゾン層等の監視結果に関する年次報告」を発行しており、ILAS-II による観測データの概要も併せて報告され、施策の効果等の検討材料として供される。年報には、ILAS-II で測定されたオゾン等の微量成分の月毎の平均高度分布、高度毎の濃度の経月変化等、主として図表などの形に観測結果を取りまとめて掲載する。詳細については、数値情報として必要に応じて媒体に納めて提供する。また、定常運用の開始後、データの検証作業が完了するまでの間は、予備的な解析結果を報告することとなる。

6.2 ILAS-II データを用いた研究計画

サイエンスチームメンバーによる研究、環境省地球環境研究総合推進費による研究として、多様な課題が提案されている。研究はいろいろな切り口で整理分類できる。例えば、オゾン層の挙動の実態把握、オゾン層変動をもたらす機構解明、といった観点の違い、統計解析と個別のケーススタディといった手法の違い、解析の対象とする気体成分の違い、力学的解析と化学的解析といった現象の違い、極渦周辺と中緯度域といった対象とする領域の違い等、分類は多様である。しかし、実態としては、これらの種々の要素が入り交じった研究がなされることは、想像に難くない。あえて、研究課題をいくつかに分類するとすれば、①成層圏大気環境の統計的解析、②成層圏大気環境の物質分布、③力学過程の解析、④化学反応プロセスの解析、⑤エアロゾル・極成層圏雲の解析、⑥その他の6つに整理される。

表 6.2-1 ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (1/3)

区分	テーマ	概要
地球科学	④ ⑤ 成層圏化学モデリング	最新の3次元化学輸送モデルを用いて、両極域のILAS-II観測データの解析を行う。 オゾン損失の定量化や窒素酸化物(NO_y)および塩素化合物(Cl_y)の分配等を含む、極成層圏雲の構造や物理的性質を解明するために、ILAS-II観測データと、様々なモデルシミュレーションの比較研究を実施する。
	① 極域プロセスの解明	ILAS-IIとPOAM IIIの観測データを組み合わせることにより、極成層圏雲の発生に関するカタログ化、両極域でのオゾン損失の経年変化の調査、および中間圏 NO_x の降下による成層圏オゾンへの影響の調査等を実施する。
	③ ④ ⑤ 極域成層圏化学の研究	化学モデルとILAS-II観測データを組み合わせ、極域のオゾン損失に係る化学的かつ力学的なプロセスの研究を実施する。研究対象となるプロセスとしては、1) 極成層圏雲の構造、2) 脱窒と再硝化、3) 脱水、4) 非断熱的な大気の下降運動および水平混合等があり、さらに極成層圏における、 NO_y の元素分配に影響するメカニズムについても調査する。
	③ ④ ⑤ ILAS-IIデータを用いた、極域・中緯度域におけるオゾン層破壊過程の解析 — 渦力学、 HNO_3 の除去、成層圏エアロゾルの特性、オゾンの減少率	<ul style="list-style-type: none"> 極渦の力学特性、すなわち、形成、分離、消散、面積範囲および中緯度プラネタリー波による擾乱等の解析を行う。 極域オゾンの減少を解明するための前提となる、極成層圏雲中の気相硝酸(HNO_3)の移動に係る化学的、力学的、および物理的な条件の解析を行う。 ILAS-IIによる広範なスペクトル観測データを用いて、成層圏エアロゾルのサイズ、数密度、表面積、および組成等を把握することで、成層圏オゾン減少に関係するオゾン対流圏上層および成層圏の化学作用を解明する。 上記解析結果を踏まえた、南極オゾン減少率を算定する。

①成層圏大気環境の統計的解析、②成層圏大気環境の物質分布、③力学過程の解析、

④化学反応プロセスの解析、⑤エアロゾル・極成層圏雲の解析、⑥その他

表 6.2-1 ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (2/3)

区分	テーマ	概要	
地球科学	① ③ ④	高緯度域における長期的なオゾン層破壊の評価、並びにオゾン層回復の証拠を探ることを目的とした、SAGE II/III、UARSおよびPOAMによる観測値に基づくILAS-IIのオゾン観測値の解析	ILAS-IIと類似の観測を行うSAGE II/III等の複数の衛星データの組み合わせより、長期的なオゾン層変化の調査を実施するとともに、調査における重要な前提となる、データの品質評価を行う。ILAS-II データについては、オゾン観測データの品質評価を行うとともに、CH ₄ 観測データを利用して、極渦の流れ、および極渦内のオゾン破壊のプロセスを解明する。
	④ ⑤	極域成層圏の光化学・微物理モデリングの改善を目的とした、他の観測データを併用したILAS/ILAS-IIデータの利用	ラグランジェ関数を用いて、ILAS-II データの相関解析を拡張し、さらに AER 流跡モデルを用いた光化学および微少物理計算を実施する。加えて、ILAS-II およびその他のデータを利用して、極域成層圏化学およびエアロゾル微少物理のモデル表現を改善する。
	③	ILAS II水蒸気データの解析と検証	ILAS/ILAS-II による水蒸気統計量を、UARS による気候データと比較・検証する。 観測データ内での一貫性を確定するために、長寿命微量成分中の、微量成分同士の相互関係を調査する。 成層圏低層での移動、および温帯圏界面との移動を定量化するために、水蒸気の分布、可動性および、他の長寿命微量成分との相互関係等を研究する。
	⑤	成層圏エアロゾルおよび雲リトリバルに対する実験室スペクトルの利用	ウォーターロー・エアロゾル研究所の成層圏環境下において取得した、大気微粒子の赤外スペクトルデータを利用して、ILAS-II による気相リトリバルに対する正確なベースラインを求め、成層圏エアロゾルおよび成層圏雲データの識別、および定量化を行う。
	⑤	エアロゾルおよび極域成層圏雲測定のためのILAS-IIとSAGE II/IIIの観測データの比較	エアロゾル、および極域成層圏雲の形態、構造を研究することを目的として、SAGE II および SAGE III の運用期間中に、O ₃ 、H ₂ O、気温-気圧および、可視赤外波長エアロゾル消散係数等の観測を実施し、それぞれの観測データの比較を行うとともに、その検証結果をILAS-II データと比較・検証する。
	⑤	ILAS-IIエアロゾルデータの検証解析、バックグラウンド・エアロゾルと極域成層圏雲の気候学的研究・化学組成に関する研究	気球および衛星観測データとの比較により、ILAS-II によるエアロゾル観測の精度検証を実施する。さらに ILAS-II 観測によるエアロゾルデータを用いて、成層圏エアロゾルおよび極域成層圏雲の化学成分を決定するとともに、気候学的な研究を実施する。
	④	成層圏におけるオゾン層破壊過程に関する塩素化学的解析	フロンによるオゾン層破壊の原因の一つと考えられる ClO を、気球搭載装置により観測し、ILAS-II による観測データ (O ₃ , HNO ₃ , NO ₂ , CFC, ClONO ₂ , エアロゾル等) と併せて、成層圏オゾン層破壊における塩素化学を解析する。
	③ ④	ILAS/ILAS-II、地上観測、および気球観測によるオゾンとその関連物質の時空間的挙動に関する研究	ILAS/ILAS-II 観測データ、地上観測データおよび気球観測データに基づき、オゾンおよびオゾンの破壊に関連した微量成分の時空間的挙動について定量・定性的な分析を、潜在渦度解析、流跡線解析、および様々な光化学モデルを適用して実施する。特に、極域と中緯度域の相互作用がオゾン層に与える影響に注目する。

①成層圏大気環境の統計的解析、②成層圏大気環境の物質分布、③力学過程の解析、
④化学反応プロセスの解析、⑤エアロゾル・極域成層圏雲の解析、⑥その他

表 6.2-1 ILAS-II サイエンスチームメンバーの研究提案課題の概要 (3/3)

区分	テーマ	概要	
地球科学	③ ④	ILAS/ILAS-IIデータに基づく、極域における小規模な大気擾乱と、輸送、混合、化学過程への影響に関する研究	ILAS/ILAS-II 観測データを使用して、極域における気温、および大気微量成分の統計的な特徴、小規模な大気擾乱のメカニズムを把握するとともに、大気の混合や化学過程に与える影響を解明する。また、この研究目的に対する ILAS/ILAS-II データの適用性をラジオゾンデ等による観測データとの比較により検証する。
	③	ILAS-IIからの長寿命微量成分のデータを利用した成層圏の子午面循環の推定	ILAS-II による取得が期待される、高品質かつ連続的な極渦中の下降気流の観測データに着目し、長寿命微量成分の観測データを利用して、成層圏内の子午面循環を推定する。
アルゴリズム研究	⑤	気圧-気温リトリーバルと極成層圏雲の検出アルゴリズムの開発	気圧-気温の鉛直プロファイルの作成、接線高の決定、および上層雲および極成層圏雲を含む雲の検出を目的とした ILAS-II 観測データの処理アルゴリズムの開発を実施する。さらに、GOME や SCIAMACHY といった、他の観測機器データを利用したプロダクトの相互検証や ILAS-II の観測の拡張について研究する。
	⑤	ILAS-II観測によるエアロゾルの組成と濃度の決定	ILAS-II により観測される多くの波長帯に対するエアロゾル消散係数データを、エアロゾル消散係数モデルと非線形最小二乗法によりフィッティングし、接線高度毎のエアロゾル数を算出することにより、エアロゾル量の鉛直プロファイルを作成する。
	⑤	ILAS/ILAS-IIエアロゾルスベクトル	UARS/HALOE データを用いて、ILAS データの検証、エアロゾルスベクトルモデルの開発、温度に対する ILAS 消散係数データの解析を行うとともに、ILAS-II エアロゾル消散係数データ算出のためのリトリーバルソフトウェア開発に反映する。
	②	CO ₂ 混合比リトリーバルアルゴリズムの開発	ILAS-II 可視チャンネル (ch.4) データより作成された P-T (気圧-気温) プロファイルを用いて、赤外チャンネル (ch.2) データより CO ₂ の混合比プロファイルを作成する。
	⑥	ILAS-IIデータの解析における吸収線パラメータの高精度な決定に関する実験研究	ILAS-II データによる微量ガスリトリーバルを改善することを目的として、低温の研究室内において、高分解能フーリエ変換型赤外分光計により、ILAS-II の中間赤外バンドに対応した N ₂ O, CH ₄ および CO ₂ を測定し、吸収線パラメータの決定を行う。

- ①成層圏大気環境の統計的解析、②成層圏大気環境の物質分布、③力学過程の解析、
④化学反応プロセスの解析、⑤エアロゾル・極成層圏雲の解析、⑥その他

第 7 章

ADEOS-II の概要

第7章 ADEOS-II の概要

環境観測技術衛星（Advanced Earth Observing Satellite-II：ADEOS-II）は、1996年8月に打ち上げられた地球観測プラットフォーム技術衛星（Advanced Earth Observing Satellite：ADEOS（みどり））の観測ミッションを継承するとともに、地球温暖化等のグローバルな環境変動のメカニズムの把握など世界的な気候変動研究、および気象や漁業等の実利用の面への貢献等が期待されている。

ADEOS-II は、水・エネルギー循環過程、炭素循環の解明を主目的に、これらの重要な指標となるクロロフィルの分布や、水蒸気、海水分布、海面温度等の観測を行う衛星として位置づけられている。そして、これらのデータは、国際機構共同研究計画（WCRP）の全球エネルギー・水循環実験計画（GEWEX）や気候変動研究計画（CLIVAR）並びに地球圏・生物圏国際共同研究計画（IGBP）などに利用され、世界的な気候変動研究に貢献することが期待されている。ADEOS-II には、宇宙開発事業団（NASDA）が開発するグローバルイメージャ（GLI）および高性能マイクロ波放射計（AMSR）の他、改良型大気周縁赤外分光計 II 型（ILAS-II）、海上風観測装置（SeaWinds）、地表反射光観測装置（POLDER）が、国内外の機関から提供され、搭載される。ADEOS-II 衛星およびその地上設備は、H-IIA ロケットで 2002 年（2001 年度冬期）の打ち上げを目標に開発が進められている。



図 7-1 ADEOS-II の外観

（出典：NASDA ホームページ）

7.1 ADEOS-II ミッションの概要

ADEOS-II の科学目的は、

- 1) 気候システムにおける水・エネルギー循環を定期的に把握する。
- 2) 地球温暖化問題に関連する炭素循環に関わるバイオマス量と基礎生産量を定量的に推定する。
- 3) ADEOS ミッションを継続し、長期的な気候変動シグナル変動を検出する。

の 3 つに絞ることができる。この中でも、1) の水・エネルギー循環は、ADEOS-II のミッションの特色で、GLI による雲・水蒸気・エアロゾルの推定、AMSR による水蒸気量・降水量・土壌水分量・積雪分布・積雪量などの水分パラメータの推定、SeaWinds による海上風の推定、POLDER によるエアロゾルの推定、ILAS-II による極域のオゾン分布の推定などが、全球規模での水・エネルギー循環の定量的把握に役立つものと思われる。特に、NSCAT に続く SeaWinds による海上風の継続的観測は、海洋大循環の変動の解明に大いに資することが期待される。

炭素循環に関する基礎生産量やクロロフィル量の推定は、ADEOS-II のもう 1 つのミッションの特色である。特に ADEOS の海色海温走査放射計 (OCTS) の発展の上に存在する GLI の持つ多チャンネルのデータや 250 m の高分解能の機能は、OCTS の成果を引き継ぎ、海洋バイオマス量、基礎生産量およびその変動の推定、陸域バイオマス量、基礎生産量およびその変動の推定に有効に働くことであろう。また、ILAS の成果を引き継ぐ ILAS-II は、極域のオゾンや微量成分気体の鉛直分布を観測でき、成層大気化学の発展に大いに寄与できるものと考えられる。

7.2 ADEOS-II 本体

ADEOS-II は、衛星本体が約 6×4×4 m の大型衛星であり、これまで日本の開発した最大級の衛星である。太陽電池パドル (約 3×24 m) を展開すると横方向に 29 m になる。

ADEOS-II は、前方の観測機器を搭載したミッションモジュールと後方の衛星の基本機器を搭載したバスモジュールから構成される。ミッションモジュールの地球指向面には観測機器の各ユニットが搭載されている。

また、天頂指向面には軌道間通信系のデータ中継用アンテナと太陽電池パドルが搭載されている。バスモジュールには通信およびデータ処理系 (C&DH)、ミッションデータ処理系 (MDP)、直接送信系 (DT)、電源系 (EPS)、姿勢軌道制御系 (AOCS)、推進系 (RCS) の各ユニットが搭載されている。また、各ユニットは独立熱制御され、ユニット間のインターフェースも最小限にされ、衛星の組み立ておよび試験期間の短縮を可能としている。

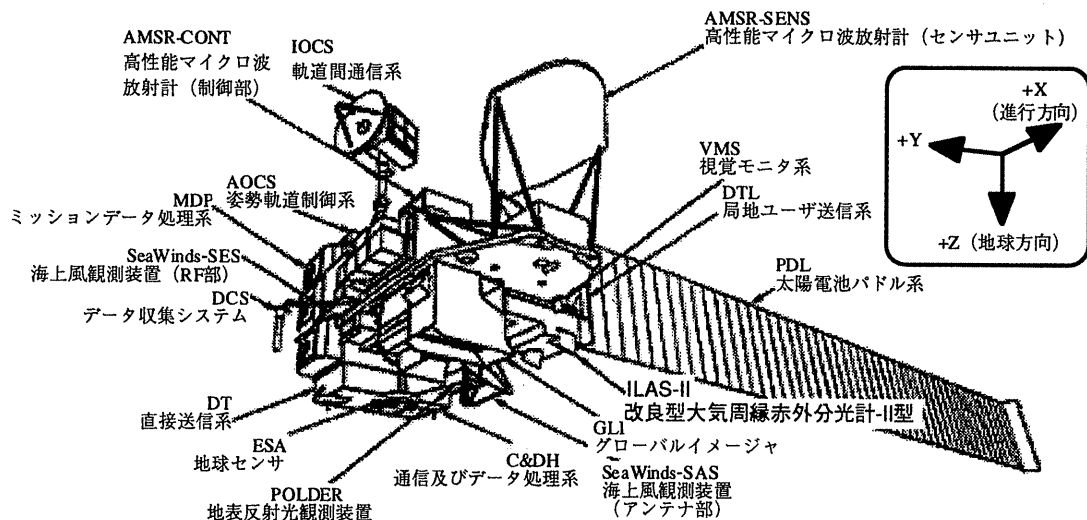


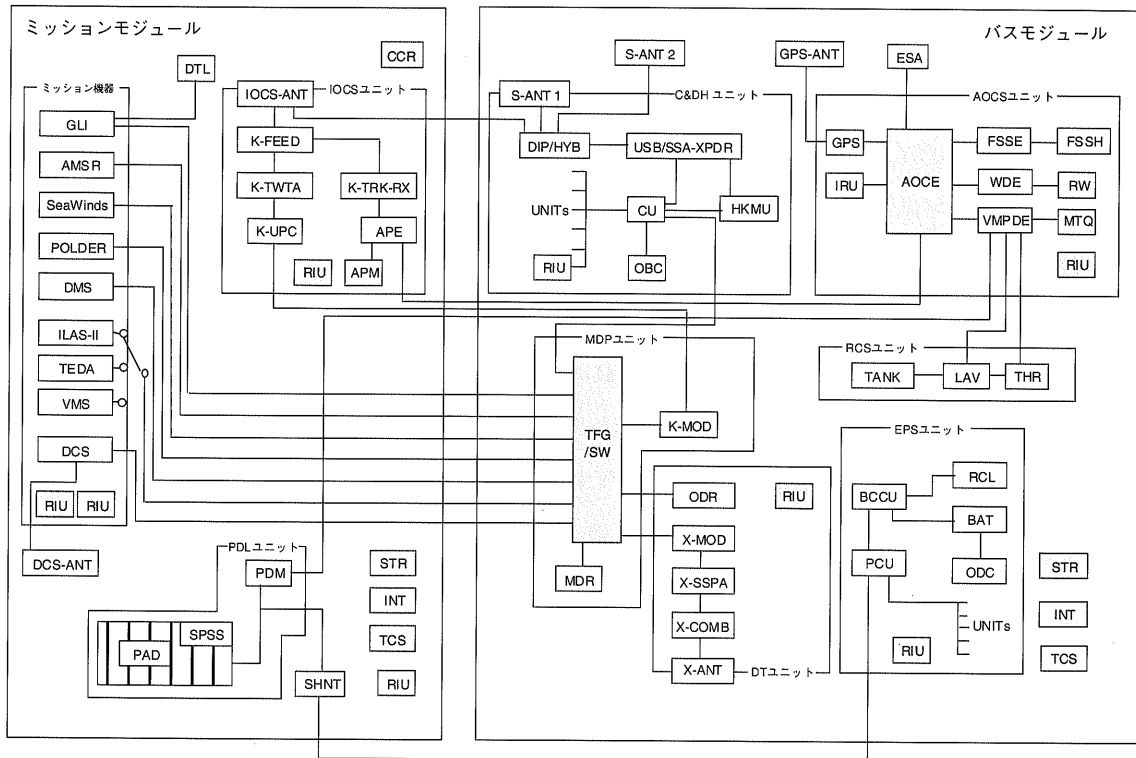
図 7.2-1 ADEOS-II に搭載されている機器および搭載箇所
(出典：NASDA ホームページ)

打ち上げ時の重量は約 3680 kg であり、軌道上における太陽電池パドルの発生電力は約 5000 W 以上となる。通信およびデータ処理系 (C&DH) は 1 週間程度の運用計画をオンボードコンピュータ (OBC) に記憶して観測を行う自動化機能、また観測機器の状態を常にモニターし、異常を検知した場合は当該機器を安全モードに移行する自律化機能を備えている。軌道間通信系 (IOCS) は、地上局の非可視域でもデータ中継衛星を経由して観測データの伝送を可能とする。姿勢軌道制御系 (AOCS) は三軸ストラップダウン姿勢検出方式とゼロモーメント姿勢制御方式により、姿勢精度 0.3° 以下および姿勢安定度 $0.003^\circ/\text{秒}$ 以下の高精度姿勢制御を達成する。推進系 (RCS) は 1 N スラスタと 20 N スラスタにより軌道制御に必要な推力を発生する。

表 7.2-1 ADEOS-II 衛星主要諸元

項目		諸元等
打ち上げロケット		H-IIA
打ち上げ時期		2001 年度 11 月
軌道高度		802.9 km
軌道傾斜角		98.62°
軌道周期		101 分
回帰日数		4 日
降交点地方通過時		午前 10 時 30 分 ± 15 分
寸法	本体 (X 軸 × Y 軸 × Z 軸)	約 6 × 4 × 4 m
	太陽電池パドル	約 3 × 24 m
重量		約 3,680 kg
発生電力 (ミッション終了時点)		5000 W 以上
姿勢制御方式		ゼロモーメント 3 軸制御
寿命	設計寿命	3 年
	搭載燃料	5 年分

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)



ミッション機器

- GLI : グローバルイメジャ
- AMSR : 高性能マイクロ波放射計
- SeaWinds : 海上風観測装置
- POLDER : 地表反射光観測装置
- ILAS-II : 改良型大気周縁赤外分光計 II 型
- TEDA : 技術データ取得装置
- DCS : データ収集システム

IOCS ユニット

- IOCS-ANT : IOCS アンテナ
- K-FEED : Ka バンド給電部
- K-TWTA : Ka バンド高出力増幅器
- K-UPC : Ka バンドアップコンバータ
- K-TRK-RX : Ka バンド追尾受信器
- APE : アンテナ駆動電子回路
- APM : アンテナ駆動機構

PDL ユニット

- PDL : 太陽電池パドル
- PDM : パドル駆動機構
- SPSS : パドル追尾用太陽センサ

C&DH ユニット

- S-ANT1/2 : S バンドアンテナ 1/2
- DIP/HYB : USB タイプレクタS バンドハイブリット
- USB/SSA-XPDR : USB/SSA トランスポンダ
- CU : セントラルユニット
- HKMU : HK メモリユニット
- OBC : オンボードコンピュータ
- RIU : リモートインタフェースユニット

MDP ユニット

- TFG/SW : トランスファフレームジェネレータスイッチ
- K-MOD : KSA 用変調器
- MDR : ミッションデータレコーダ

AOCS ユニット

- GPS : 全地球測位システム
- AOCE : 姿勢軌道制御電子回路
- FSSE : 精太陽センサ電子回路
- FSSH : 精太陽センサヘッド
- WDE : ホイール駆動装置
- RW : リアクションホイール
- VMPDE : ハルブ・磁気トルカ・パドル駆動回路
- MTQ : 磁気トルカ
- IRU : 慣性基準装置
- GPS-ANT : GPS アンテナ
- ESA : 地球センサ

RCS ユニット

- TANK : 推薬タンク
- LAV : 遮断弁
- THR : スラスタ

DT ユニット

- ODR : 光ディスクレコーダ
- X-MOD : X バンド変調器
- X-SSPA : X バンド固体増幅器
- X-COMB : X バンド合波器
- X-ANT : X バンドアンテナ

EPS ユニット

- BCCU : バッテリー充電制御器
- PCU : 電力制御器
- RCL : リコンディショニング負荷
- BAT : バッテリー
- ODC : 爆管制御器

その他

- DTL : 局地ユーザ送信系
- DCS-ANT : DCS アンテナ
- CCR : 軌道決定実験用リフレクタ
- STR : 構体系
- INT : 計装系
- TCS : 熱制御系
- VMS : 視覚モニタ系
- DMS : パドル動特性モニタ系

図 7.2-2 ADEOS-II ブロックダイアグラム

(出典: NASDA ホームページ)

7.3 ADEOS-II ミッション機器

ADEOS-II の開発は、NASDA が中心となって行った。ADEOS-II のミッションである地球環境の観測は、NASDA が主体となって開発したセンサ（NASDA センサ）、NASDA と CNES が共同開発したセンサ、および NASDA 以外の機関が開発したセンサによって行われる。NASDA センサとしては、高性能マイクロ波放射系（AMSR）とグローバルイメージャ（GLI）の 2 つのセンサがあり、その他 NASDA 以外の機関が開発したセンサとして、海上風観測装置（SeaWinds）、地表反射光観測装置（POLDER）、改良型大気周縁赤外分光計 II 型（ILAS-II）の 3 つのセンサ、NASDA と CNES が共同開発したデータ収集システム（DCS）がある。

また、ADEOS-II は飛行する宇宙環境を計測するための技術データ取得装置（TEDA）を搭載しており、放射線吸収量、メモリ誤動作、帯電電位および汚染のモニタならびに重イオンの観測を行う。

さらに、ADEOS-II では、より確実な運用を行うためにスタートラッカおよびパドルおよび構体の動特性を把握する加速度計を含む、パドル動特性システム（DMS）および、太陽電池パドルや AMSR、および IOCS アンテナ等を CCD カメラで監視する視覚モニタシステム（VMS）が実験的に搭載されている。

表 7.3-1 ADEOS-II 搭載ミッション機器

機器名称	開発機関
高性能マイクロ波放射計（AMSR）	NASDA
グローバルイメージャ（GLI）	NASDA
改良型大気周縁赤外分光計 II 型（ILAS-II）	環境省
海上風観測装置（SeaWinds）	NASA JPL
地表反射光観測装置（POLDER）	CNES
データ収集システム（DCS）	NASDA、CNES
技術データ取得装置（TEDA）	NASDA
パドル動特性システム（DMS）	NASDA
視覚モニタシステム（VMS）	NASDA

7.3.1 高性能マイクロ波放射計 (AMSR)

AMSR は、地表および大気から自然に放射される微弱なマイクロ波をマルチバンドで受信することにより、水 (H₂O) に関する様々な物理量 (例えば水蒸気量、降水量、海面水温、海上風、海水など) を昼夜の別なく、また雲の有無によらず高精度に観測を行い、主として全地球規模の水循環、エネルギー循環を把握するためのデータの取得を目的とするセンサーである。

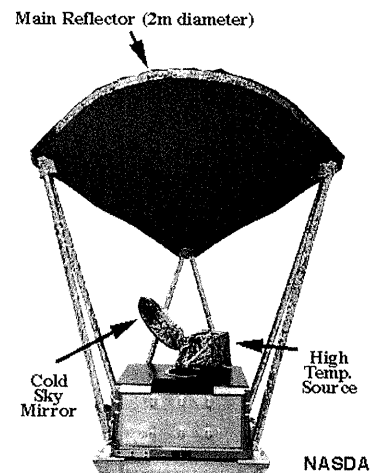


図 7.3-1 AMSR 外観図

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)

AMSR は、6.9 GHz 帯から 89 GHz 帯までの 8 周波数帯を各々垂直偏波及び水平偏波で観測する (50 GHz 帯の 2 周波数帯を除く) マイクロ波放射計で、アンテナ等を機械的に回転させ走査することにより、地表等の放射輝度データを取得する。

AMSR は 2 m という世界で最大のアンテナ開口径で、最も波長の短い 89 GHz 帯では約 5 km、最も波長の長い 6.9 GHz 帯でも約 60 km の空間分解能のデータを取得することができる。また、地表入射角を 35°で一定となるようにコニカル走査を行い、海面水温に対する海上風の影響を小さくするとともに、1600 km という広観測幅を達成している。さらに、観測データを校正するために、深宇宙の輝度温度 (約 2.7 K) を取得する機能および高温校正源を持っている。

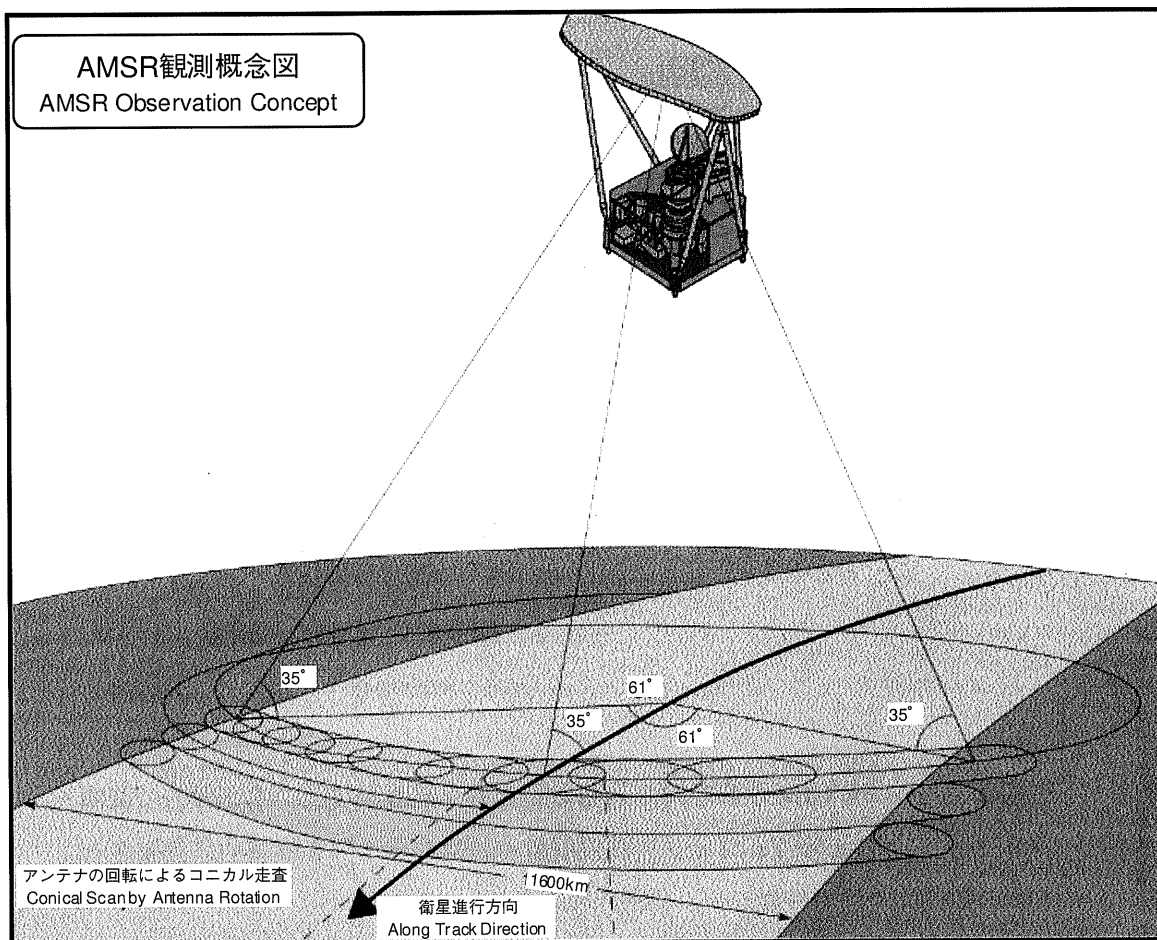


図 7.3-2 AMSR 観測概念図

(出典：ADEOS-IIパンフレット、NASDA)

表 7.3-2 AMSR 主要諸元

項目	諸元							
中心周波数 (GHz)	6.9	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0	50.3	52.8
地上分解能	50 km		25 km		15 km	5 km	10 km	
バンド幅 (MHz)	350	100	200	400	1000	3000	200	400
偏波	水平および垂直						垂直	
入射角	約 35°							
交差偏波特性	-20 db 以下							
観測幅	約 1600 km							
ダイナミックレンジ	2.7 K ~ 340 K							
絶対精度	1K (1σ) 目標							
NEΔT	0.3 ~ 1K (1σ)						2K (1σ)	
量子化ビット数	12 bit	10 bit						

(出典：ADEOS-IIパンフレット、NASDA)

7.3.2 グローバルイメージャ (GLI)

GLI は、陸域、海域を含めた地球表面および雲からの太陽反射光あるいは赤外放射光をグローバルかつ高頻度で観測し、クロロフィル濃度、溶存有機物、表面温度、植生分布、植生バイオマス、雲水分布、雪氷アルベドなどの物理量を測定することを目的とした光学センサである。これらのデータは、炭素のグローバルな循環の把握、気候変動の指標である雲、雪氷、海面温度のモニタリング、海洋基礎生産力の把握など、ADEOS に搭載された OCTS のミッションを引き継ぎ、かつ観測精度・対象を拡げている。

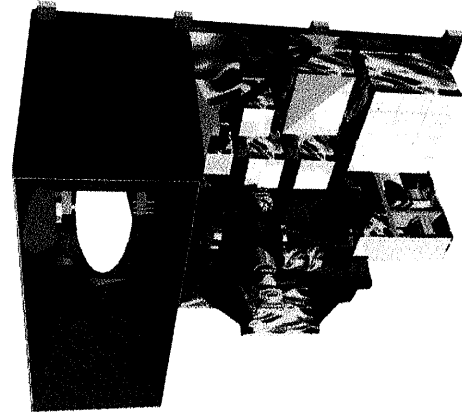


図 7.3-3 GLI 外観図

(出典：NASDA ホームページ)

GLI は、可視近赤外域 (VNIR) に 23 チャンネル、短波長赤外域 (SWIR) に 6 チャンネル、中間・熱赤外域 (MTIR) に 7 チャンネルを持ち、マルチスペクトル観測を行う。地表分解能は、直下点で 1 km で、VNIR, SWIR の一部のチャンネルは直下点で 250 m の分解能を持ち、植生や雲の観測に用いられる。1 走査での観測範囲は進行方向に 12 画素 (12 km)、観測幅は 1600 km である。GLI の観測は、両面ミラーを機械的に回転させ、進行方向に対して垂直方向の走査を行うことにより行われる。また、海面で反射した太陽光が直接センサに入射し、データが飽和すること (サングリッタ) を避けるために、観測視野を進行方向に約±20°変移させるチルト機能を持つ。また、GLI の 36 観測波長帯のうち、VNIR 3 バンド (443, 565, 666 nm) および MTIR 1 バンド (12.0 μm) については、地上分解能 6×6 km まで間引いたデータが 467.7MHz の UHF 帯で局地ユーザに送信される (DTL)。

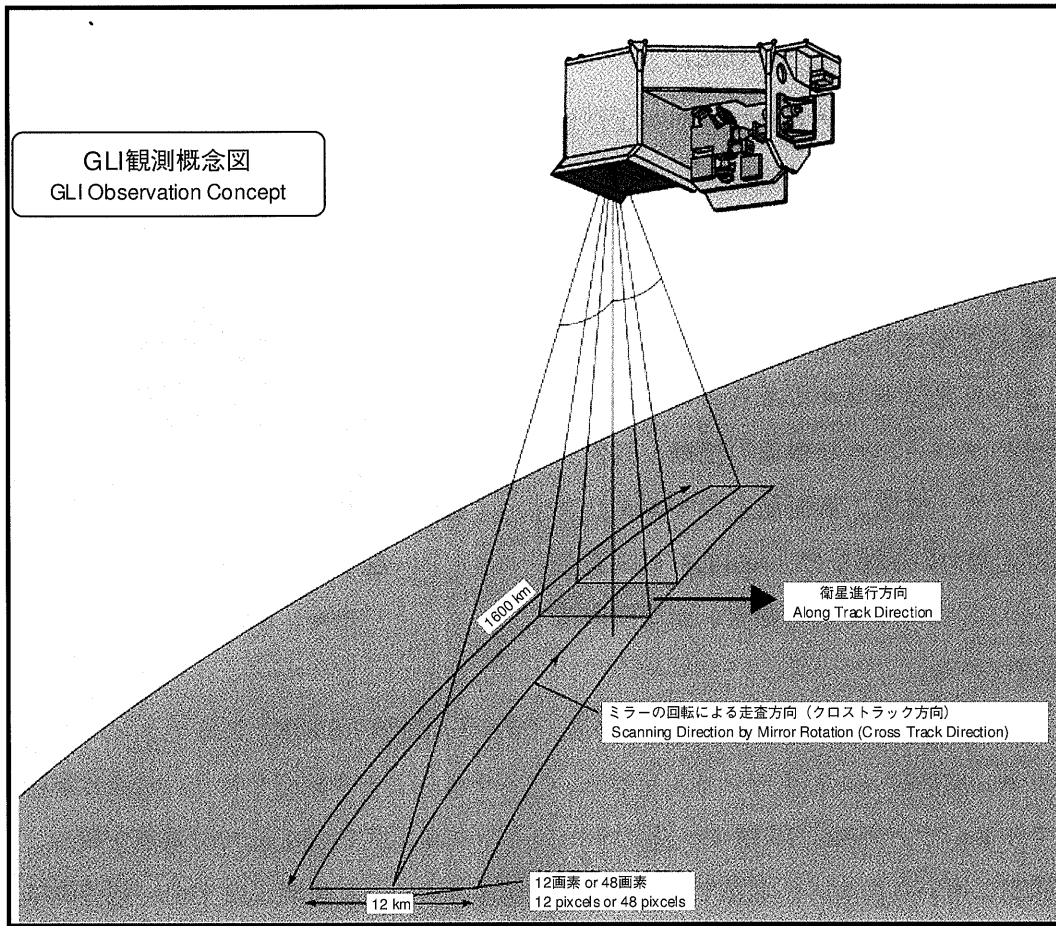


図 7.3-4 GLI 観測概念図

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)

表 7.3-3 GLI 主要諸元

項目		諸元	
観測波長帯	VNIR (nm)	1 km	380, 400, 412, 443, 460, 490, 520, 545, 565, 625, 666, 678, 680, 710, 710, 749, 763, 865, 865
		250 m	460, 545, 660, 825
	SWIR (nm)	1 km	1050, 1135, 1240, 1380
		250 m	1640, 2210
	MTIR (μm)		3.715, 6.7, 7.3, 7.5, 8.6, 10.8, 12.0
波長帯		10 nm (VNIR/1 km)	
直下点地表分解能/瞬時視野角		1 km/1.25 mrad、250 m/0.3125 mrad	
走査角		~ ±45° (地表面距離 1600 km)	
SN、NEΔT		800、0.1 K (1 km 分解能)	
量子化ビット数		12 bits	
MTF		0.35	
偏光感度		2%以下	
チルト角		-20°、0°、+20°	
粗画像データ抽出 (DTL)		4 バンド (443, 565, 666 nm, 12.0 nm)	

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)

7.3.3 海上風観測装置 (SeaWinds)

SeaWinds は、NASA/JPL が開発したセンサであり、ADEOS 搭載の NASA 散乱計 (NSCAT) を継承発展させたものである。回転するパラボラアンテナで地球表面をコニカル走査し、マイクロ波の海面による散乱を受信し、これを分析することで、海上風の風向、風速を測定する。SeaWinds は、90 %以上の全海域を2日に一度の頻度で観測し、風速は 2 m/s で、風向きは 20°の精度で 50 km の空間分解能を有する。SeaWinds の観測データは、単独での利用のみならず、AMSR、GLI などのデータと併せて解析することにより、水循環、海洋現象の把握に大きく貢献することが期待される。

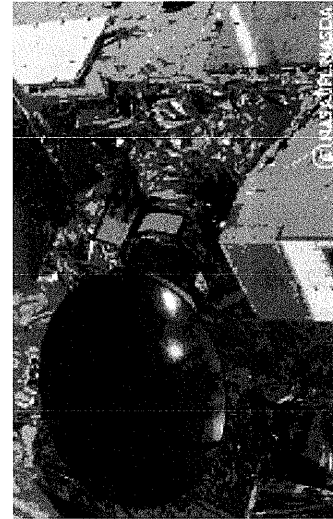


図 7.3-5 SeaWinds 外観図
(出典：NASA ホームページ)

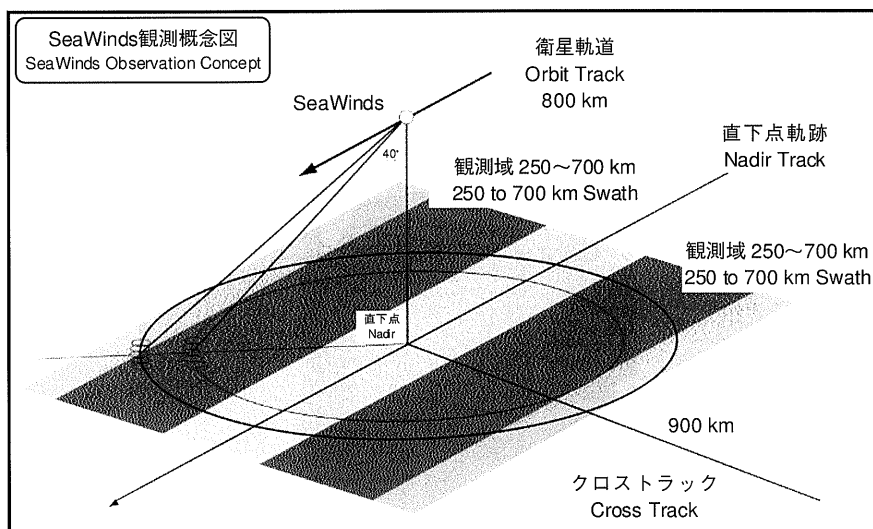


図 7.3-6 SeaWinds 観測概念図
(出典：ADEOS-II パンフレット、NASA)

表 7.3-4 SeaWinds 主要諸元

項目	諸元
風速測定精度	2 m/s (RMS) 3 ~ 20 m/s 10 % 20 ~ 30 m/s
風向測定精度	20° (RMS)
空間分解能	50 km
位置推定精度	15 km (RMS)
観測幅／観測範囲	1800 km/2 日間で海洋の 90%
送信周波数	13.402 GHz

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASA)

7.3.4 地表反射光観測装置 (POLDER)

POLDER は、フランスの CNES によって開発された地球表面、エアロゾル、雲、海で反射される太陽光の偏光、双方向性及び分光特性を測定するプッシュブルーム型のセンサで、広視野 (FOV)、マルチバンド、偏光測定能力の特徴がある。±43°×±51°の広視野角で切り取られた疑似正方形のフットプリントが、衛星の進行に伴って移動することで、多角的な視野の観測データを取得することができる。また、フィルタ/偏光板が回転することにより、可視から近赤外までの 8 つのバンドを観測する。POLDER の観測する分光や偏光のデータは他のセンサのデータ解析において有用な情報をもたらすことが期待される。



図 7.3-7 POLDER 外観図
(出典：NASDA ホームページ)

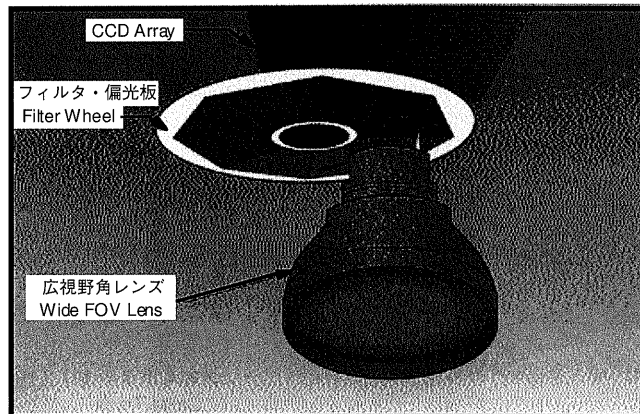


図 7.3-8 POLDER 観測原理
(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)

表 7.3-5 POLDER 主要諸元

項目		諸元
観測波長帯 (nm)	偏光無し	443, 490, 565, 670, 763, 765, 865, 910
	偏光 (0, 45, 90°)	443, 670, 865
観測視野 (FOV)		±43°×±51°
空間分解能		6 km×7 km (直下)
観測幅		2400 km

(参考：CNES ホームページ)

7.3.5 データ収集システム (DCS)

ADEOS-II には、海上の観測システムから伝送する観測データを収集し、同時に観測システムに対する操縦司令を送るデータ収集システム (DCS: Data Collecting System) が搭載される。ADEOS-II で取得するリモートセンシングデータを現場値と比べることにより、評価される物理量の精度を高めることが目的であるが、同時に観測の少ない外洋環境のリアルタイムな把握に寄与することも図られている。

海上データの伝送には静止気象衛星や海事通信衛星、その他の通信衛星も利用されているが、衛星高度が高いために大電力を要するので船舶データの収集にしか使用できなかった。

これに対して、低中軌道衛星は高度が低く、小電力で送受信が可能なために、電力制約の大きいブイなどに広く利用されている。

ADEOS-II 搭載 DCS には、従来のアルゴスシステムにない、海上の観測システムに対してデータを送信できる機能が付加される。海洋観測船を飛躍的に増大させることは経済的にも見込みが薄く、変動する海洋環境の観測のために無人観測システムが不可欠である。いくつかのシステムが提案されているが、その一つに、浮力を調節することで海洋データを収集しながら深海底まで沈降し、海面に浮上して DCS にデータを伝送するシステムがある。我が国でもいくつかの無人観測システムが提案されており、次世代の DCS には不可欠の機能である。

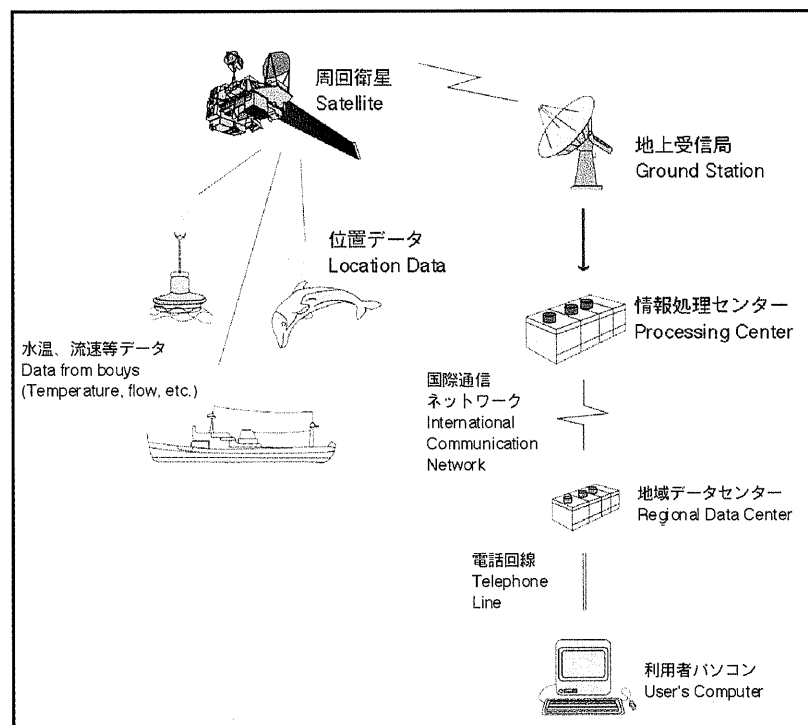


図 7.3-9 DCS 運用概念図

(出典：ADEOS-II パンフレット、NASDA)

7.3.6 技術データ取得装置 (TEDA)

TEDA は、衛星軌道上の宇宙環境と衛星用部品、材料の劣化、誤動作及び故障との関連の工学的データ所得を行う機能を有しており、これまでに ETS-V、ETS-VI 衛星等に搭載された実績がある。

TEDA のハードウェアは技術データ取得装置ユニット (TDU) および、汚染モニタセンサ (COM-S) より構成されており、重イオン観測装置 (HIT)、放射線吸収線量モニタ (DOM)、汚染モニタ (COM)、帯電電位モニタ (POM)、メモリ誤動作モニタ (SUM) の 5 個のセンサおよびモニタを搭載している。

これらのセンサおよびモニタにより、厳しい宇宙環境と部品、材料の劣化特性の関連データを取得するとともに、取得データの一部は、種々の衛星設計等に利用できる宇宙環境モデルの開発に反映される。

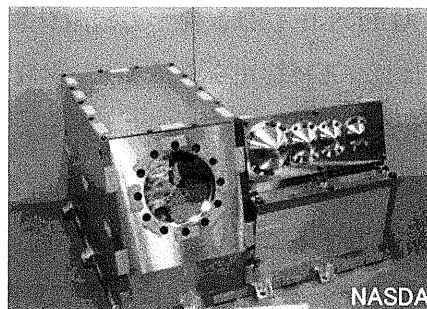


図 7.3-10 TEDA 外観図

(出典：NASA ホームページ)

7.3.7 パドル動特性システム (DMS)

DMS は、ADEOS の軌道上不具合を反映し、ADEOS-II の軌道上の動的挙動をモニタするために搭載される実験機器である。主にパドル先端に搭載した加速度センサ (3 台) と衛星構体に搭載された加速度センサ (2 台)、スタートラッカから構成され、パドルを含む衛星本体の振動挙動の観測と、定常運用における慣性座標に対する衛星姿勢決定データの取得を可能とする。

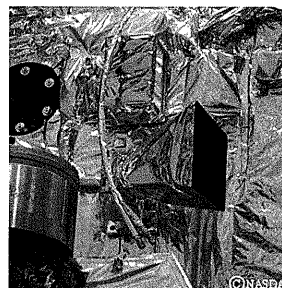


図 7.3-11 DMS 外観図

(出典：NASA ホームページ)

7.3.8 視覚モニタシステム (VMS)

VMS は、ADEOS-II に搭載される新規開発要素の展開動作や、定常動作の挙動を監視・検証することを目的に実験機器として搭載される CCD カメラシステムである。主にカメラ部 (ODV) 4 台と制御部、投光装置 2 台から構成され、コマンドにより単発又は連続の撮像および、再生が可能になっている。



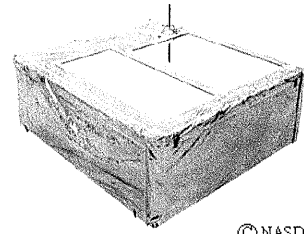
図 7.3-12 VMS 外観図

(出典：NASA ホームページ)

7.4 ADEOS-II バス機器

7.4.1 通信及びデータ処理系 (C&DH)

通信及びデータ処理系 (C&DH) は、2 GHz 帯の周波数を用いて追跡管制所からのコマンド信号の受信、解読を行い ADEOS-II の全ての機器に伝えるとともに、各機器内部の温度、電圧、ステータス等を編集しテレメトリ信号として地上局に送信する機能を有している。

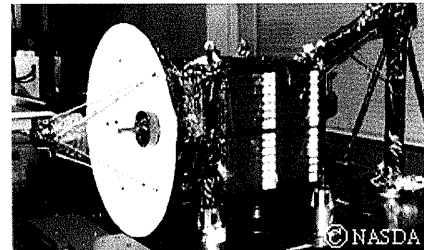


©NASDA

図 7.4-1 C&DH 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.2 軌道間通信系 (IOCS)

軌道間通信系 (IOCS) は、データ中継衛星である通信放送技術衛星を経由して S バンド及び Ka バンドによるデータ中継及び追跡管制を行うためのサブシステムである。IOCS は、通信系、追尾受信機、アンテナ駆動モータ、S&Ka バンド共用アンテナが一体構造となっており、また、衛星の-Z 面から伸びたアームに取り付けられている。

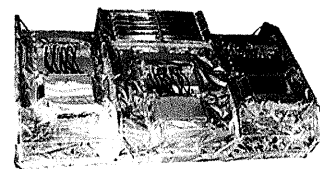


©NASDA

図 7.4-2 IOCS 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.3 ミッションデータ処理系 (MDP)

ミッションデータ処理系 (MDP) は、伝送すべきミッションデータを選択し、ミッションデータに必要なデータを付加しパケット化/多重化のフォーマット編集を行った後、直接送信系 (DT)、軌道間通信系 (IOCS) に伝送するとともに、ミッションデータレコーダ (MDR) に伝送する機能を有している。

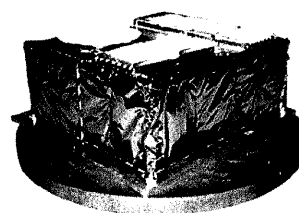


©NASDA

図 7.4-3 MDP 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.4 直接伝送系 (DT)

直接送信系 (DT) は、ADEOS-II の観測したデータを送る伝送系で、Xバンドにより地上局へ直接データ伝送を行う機能を有している。DT は中高速のミッションデータを2波のXバンド(60 Mbps 及び 6 Mbps のデータ) で送信し、60 Mbps のデータ伝送系については信頼性の確保から冗長系を持たせた構造となっている。

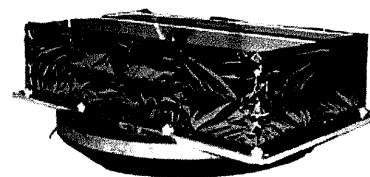


©NASDA

図 7.4-4 DT 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.5 電源系 (EPS)

電源系 (EPS) の機能は、衛星の各サブシステムにバス電源を供給すること、バッテリーの充放電管理を行うこと、爆管の点火制御を行うことの3つである。日陰中は、バッテリー (BAT) の放電によるフローティングバスを供給する。日照中は、太陽電池パドルの発生電力のうち、余剰電力をデジタルシーケンシャルシャント (SHNT) で消費し、電圧 50V~52V の安定化バスを電力制御器 (PCU) により供給すると同時に、バッテリー充電制御器 (BCCU) によりバッテリーの充電を行う。



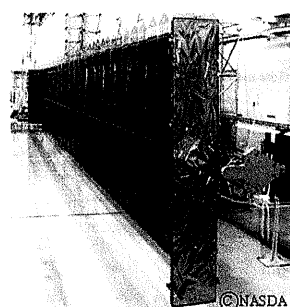
©NASDA

図 7.4-5 EPS 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

また、打上げ初期のクリティカルフェーズにおける太陽電池パドル・DCS アンテナ・IOCS コンパートメントの展開、AMSR・SeaWinds のロック解除に必要な爆管点火電力を爆管制御器 (ODC) により供給する。

7.4.6 パドル系 (PDL)

パドル系 (PDL) は、太陽エネルギーを電気エネルギーに変換し、衛星へ電力を供給する。ADEOS-II に搭載するパドル系は、5 kw 以上 (EOL) の大きな発生電力、高収納性、軽量化等の要求を満足するために、太陽電池セルを全部で 55,680 枚実装したフレキシブルなプランケット 50 枚を関節型のマストを軌道上で伸展させることで展開する方式をとっている。



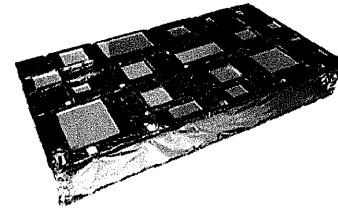
©NASDA

図 7.4-6 PDL 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.7 姿勢軌道制御系 (AOCS)

姿勢軌道制御系 (AOCS) の機能は、ロケット／衛星分離後に三軸姿勢を確立すること、衛星の姿勢を保持すること、軌道制御を行うこと、太陽電池パドルの駆動を行うことの4つである。姿勢を検出するセンサとして、慣性基準装置 (IRU)、地球センサ (ESA)、精太陽センサ (FSSA) を搭載し、姿勢を制御するアクチュエータとして、リアクションホイール (RW)、磁気トルカ (MTQ) を搭載している。

また、姿勢制御・軌道制御に必要な制御信号を RCS へ送出する。AOCS の中枢は、姿勢軌道制御系電子回路 (AOCE) である。また、信頼性を高めるため、AOCE の CPU は3重冗長システムを構成し、高信頼性設計としている。

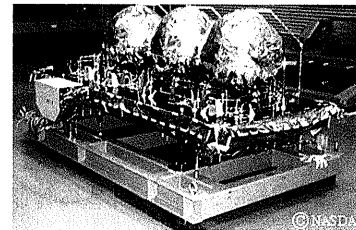


©NASDA

図 7.4-7 AOCS 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.8 推進系 (RCS)

推進系 (RCS) は姿勢軌道制御系 (AOCS) からの制御信号に応じて、初期姿勢補足及び軌道制御に必要な推力を 1N スラスタ、20N スラスタによって発生する。スラスタ、推薬タンク、弁、圧力計等全てのコンポーネント／配管を1つの構体に集約し、熱制御も独立させた点が従来の衛星にない特色となっている。



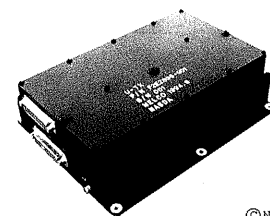
©NASDA

図 7.4-8 RCS 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.4.9 局地ユーザ送信系 (DTL)

局地ユーザ送信系 (DTL) は、GLI の観測 36 バンドの内、4 バンド (可視 3 バンド、赤外 1 バンド) の間引きデータ (地表分解能 6 km×6 km：データレート約 23 Kbps) を BPSK 変調し、UHF 帯 (467.7 MHz) で船舶等の局地ユーザに送信する機能を有している。その水色、水温データは、海況、水温分布、海洋基礎生産力の把握に利用される。

UHF 送信機は ADEOS-II ミッションモジュール内に搭載され、他サブシステムとは異なり、独立熱制御方式は採用していない。UHF アンテナは地球指向面に取り付けられている。



©NASDA

図 7.4-9 DTL 外観図
(出典：ADEOS-IIパンフレット, NASDA)

7.5 ADEOS-II 地上設備

ADEOS-II 地上設備は、ADEOS-II のミッション運用、ミッションデータ取得、テレメトリデータの取得および衛星状態の監視、コマンド送信、測距データの取得および軌道決定、ミッションデータ処理および配布等を実施する。

ADEOS-II ミッションデータは、Xバンドによる直接受信、または中継衛星（DRTS）経由で地上局に送信される。なお、Xバンド直接受信局は、NASDA の地球観測センター（EOC）、米国 NASA の Wallops Flight Facility（WFF）、Alaska SAR Facility（ASF）、およびスウェーデンの Kiruna に整備されている。また、中継衛星経由でミッションデータを受信するフィーダリンク局は、EOC、および TACC に整備されている。

EOC、および海外の X バンド直接受信局（海外局）で受信したミッションデータは、レベル 0 データに処理されたうえ、回線または媒体により、センサ提供機関、米国の NOAA 等に提供される。各機関は、提供されたレベル 0 データからレベル 1 およびレベル 2 以上の高次プロダクトを作成し、媒体または回線等によりユーザに提供する。

さらに、GLI の 6 km サンプリングデータは、DIL 経由で常時伝送され、船舶等のローカルユーザによる受信・利用が可能である。

ADEOS-II ミッション運用計画は、センサ提供機関からの観測要求等に基づき EOC にて立案され、NASDA/中央追跡管制所（TACC）にてコマンド化されたうえ、国内外の追跡管制所の USB 送受信局、または中継衛星経由（DRTS）で、ADEOS-II に送信される。なお、USB 経由でコマンド送信する追跡管制所は、勝浦、増田、沖縄およびスウェーデンの Kiruna に整備されている。また、中継衛星経由でコマンド送信には、NASDA/筑波宇宙センターに整備されているフィーダリンク局が使用される。

さらに、TACC は、中継衛星（DRTS）経由または追跡管制所による直接受信により、衛星のテレメトリデータおよび測距データを取得し、衛星および搭載機器の状態を監視するとともに、衛星の軌道決定を行う。

なお、EOC および TKSC に整備されるフィーダリンク局は、設備不具合時において、互いにバックアップ運用を行うことが出来る機能を有している。

表 7.5-1 ADEOS-II に関わる地上設備の主な役割

役 割	地上設備									
	センタ 地球観測	中央追跡 管制所	追跡管 制所	フィーダ リンク局		海外局	センサ 提供機 関	NOAA	外国局	船舶等 ローカ ルユー ザ
衛星ミッション運用関連										
センサ運用要求作成							○			
ミッション運用の計画立案	○									
コマンド作成		○								
コマンド送信			○	○*1	○					
テレメトリ、測距データ取得			○		○					
衛星状態監視		○								
軌道決定		○								
ミッションデータ取得・処理等										
ミッションデータ受信	○			○	○*1	○			○*2	○*3
ミッションデータ処理	レベル0	○				○		○	○	○
	レベル1以上	○					○	○	○	○
ユーザへのデータ提供	○						○	○		

- *1：バックアップ運用
- *2：GLI250 m 分解能データ
- *3：GLI 6 km サンプリングデータ (DTL)

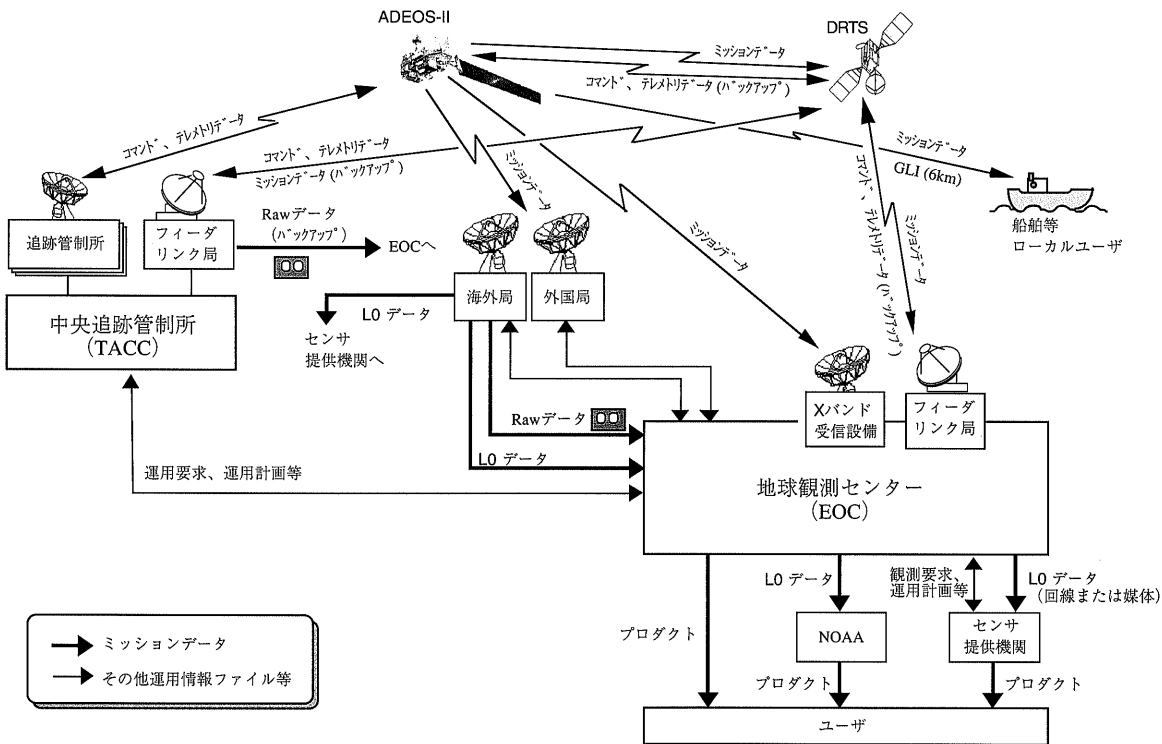


図 7.5-1 ADEOS-II 地上設備全体構成

7.6 ADEOS-II の打ち上げと観測軌道・姿勢

ADEOS-II は、種子島宇宙センターから、H-IIA ロケットによって打ち上げられる。打ち上げ後、約 16 分後に、ADEOS-II は H-IIA ロケットから分離される。

分離された直後の ADEOS-II は、ゆっくりと回転している。この後、自動的に回転速度を落とし、太陽電池パドルを展開し、三軸制御と呼ばれる観測機器を地球方向に向けた姿勢をとる。

地上からのコマンドを受け、ADEOS-II は IOCS アンテナを展開した後、搭載した各機器の機能確認を行うとともに、正しい軌道へと軌道修正を行う。ADEOS-II の軌道は、太陽同期準回帰軌道と呼ばれる、地球を縦に回る軌道である。

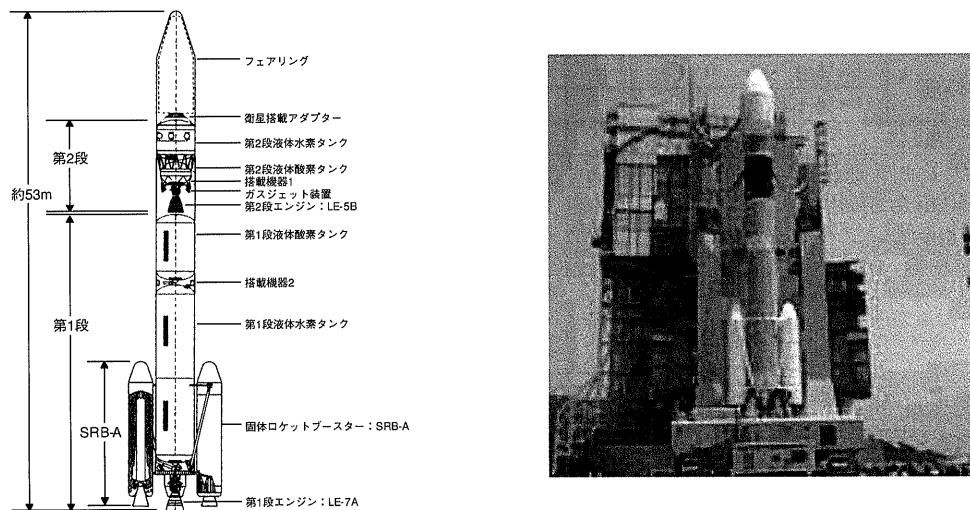


図 7.6-1 H-IIA ロケット外観図

(出典：1999 年 NASDA NOTE、NASDA ホームページ)

表 7.6-1 ADEOS-II 運用フェーズ

フェーズ	期間	運用内容
打ち上げフェーズ		
打ち上げ前フェーズ	～L	打ち上げ準備開始から、打ち上げまで。
打ち上げ運用フェーズ	～L+16 分	打ち上げから、ロケット/衛星分離まで。
初期運用フェーズ		
クリティカル運用フェーズ	～L+22 日	ロケット/衛星分離から、太陽電池パドルおよび IOCS 展開、軌道制御、AMSR 回転開始を経て、三軸制御姿勢の確立まで。
初期機能確認フェーズ	～L+3 ヶ月	ADEOS-II に搭載されたバス機器およびミッション機器の単体レベルでの初期機能が実施される。その後、ADEOS-II 衛星の総合動作確認、および地上システムとの適合性を確認するシステム総合試験が実施される。
定常運用フェーズ	～運用終了	初期運用フェーズの終了から、ミッション期間の終了まで。

7.6.1 ADEOS-II の観測軌道

(1) 軌道パラメータ

ADEOS-II の軌道パラメータおよび軌道軌跡は以下に示す通りである。

表 7.6-2 ADEOS-II 軌道パラメータ

項目	パラメータ
軌道種類	太陽同期準回帰軌道
回帰日数	4 日
1 回帰の周回数	57 周回
1 日の周回数	14+14 周回
降交点地方通過時	午前 10 時 30 分 ± 15 分
軌道高度	802.9 km
軌道傾斜角	98.62°
最小軌道間距離	728.62 km
回帰精度	±5 km

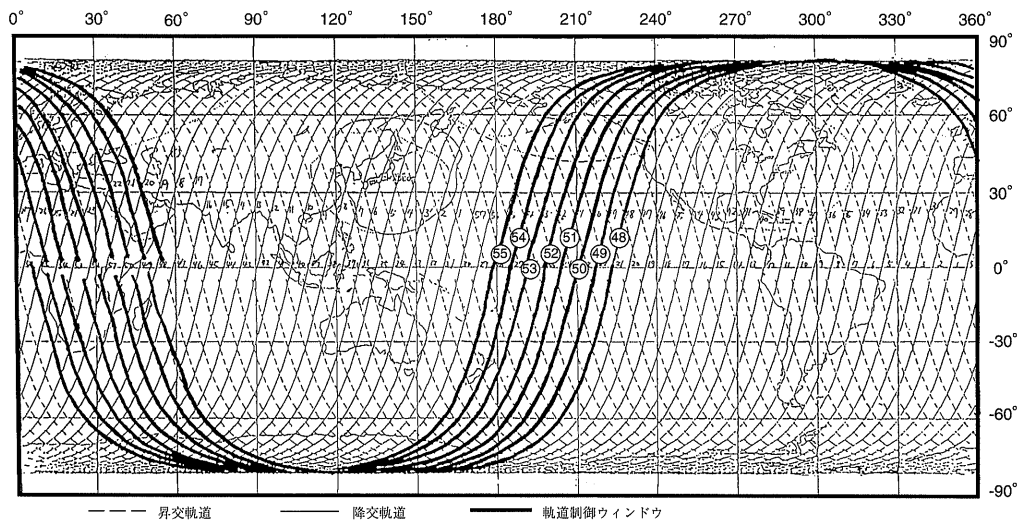


図 7.6-2 ADEOS-II の軌道

(2) ADEOS-II 軌道制御運用

ADEOS-II の軌道精度を保持することを目的として、増速制御および軌道傾斜角制御が実施される。

a) 増速制御

軌道回帰精度を、赤道上通過時点で±5 km 以内にするために行われる軌道制御であり、軌道高度を上げるために衛星速度を増加させる。衛星の速度は太陽活動に影響されるた

め、太陽活動の極大期においては 1 週間に 1 回程度の頻度でこの増速制御を実施する必要がある。

ADEOS-II の増速制御は、図 7.6-2 に示した ADEOS-II 軌道のうち、2 パス分の軌道制御ウィンドウの中で実施され、この軌道制御ウィンドウはパス 48~55 の 8 パスの中から選択される。

なお、この増速制御中は、各ミッションセンサは通常の観測を継続することが可能である。ただし、高い指向性が要求される中継衛星経由でのデータ伝送は実施できないため、2 周回分の軌道制御ウィンドウにおいて、データ伝送は X バンド経由の直接受信で実施される。

b) 軌道傾斜角制御

降交点地方通過時を、午後 10 時 30 分±15 分以内にするために行われる軌道制御であり、軌道傾斜角を変更する。同一の軌道面内で進行方向に衛星の速度を増加させる増速制御と異なり、衛星の軌道面を変更する軌道傾斜角制御は、大きな推力を必要とする。そのため、電力的な制約により、この軌道傾斜角制御中、ミッション機器は最も消費電力の少ないモード（スリープ、セーフティ、スタンバイ等）での待機状態をとる必要があり、データの取得は行われない。

なお、この軌道傾斜角制御は、衛星の設計寿命である打ち上げ 3 年後に計画されている以外、原則として衛星の運用期間中には実施されない。

表 7.6-3 ADEOS-II 軌道維持制御

目的	条件	制御内容	頻度
軌道回帰精度保持	赤道上通過で±5 km	増速制御	1 回/週~月*1
降交点地方通過時保持	午前 10 時 30 分 ±15 分	軌道傾斜角制御	1 回/運用期間*2

*1: 太陽活動に依存 *2: 初期投入軌道（軌道傾斜角）に依存

(3) 姿勢制御運用概要

打ち上げおよび初期運用期間において、ミッション機器および慣性基準装置（IRU: Inertial Reference Unit）の校正を目的とした姿勢制御が実施される。

また、定常運用期間においても、ミッション機器の指向精度を維持するための姿勢制御が必要に応じて実施される。ここで、ADEOS-II の安定観測中の姿勢制御精度、および姿勢安定精度を表 7.6-4 に示す。

なお姿勢制御中において、ADEOS-II 搭載ミッション機器は定常と同様の運用を継続することが可能である。

表 7.6-4 ADEOS-II 姿勢制御／姿勢安定精度 (3σ)

項目	姿勢制御精度	姿勢安定精度
ロール	±0.3 deg.	±0.008 deg./sec
ピッチ	±0.3 deg.	±0.008 deg./sec
ヨー	±0.3 deg.	±0.008 deg./sec

ADEOS-II の姿勢・軌道制御系 (AOCS) には GPSR が搭載されており、精太陽センサの出力角度から姿勢角を算出する際に、GPSR から得られた軌道位置の情報を用いることで、従来の軌道位置タイマを用いた方法に比べて指向決定精度を向上させることができる。この、GPSR の情報を用いた方法を複合航法とよび、従来の軌道位置タイマを用いた方法を従来航法と呼ぶ。ADEOS-II では、初期機能確認フェーズにおいて AOCS 系の機能が確認された後、定常運用フェーズでは複合航法による運用を基本とする。

ここで、表 7.6-5 に従来航法と複合航法のそれぞれについて、指向決定精度を示す。

表 7.6-5 ADEOS-II 姿勢決定精度 (3σ)

航法	軸	決定精度
従来航法	ロール	±0.155 deg.
	ピッチ	±0.155 deg.
	ヨー	±0.155 deg.
複合航法	ロール	±0.090 deg.
	ピッチ	±0.065 deg.
	ヨー	±0.065 deg.

ただし、以上に示した姿勢精度は、軌道制御中、MDR の起動・停止時、AMSR 回転部の起動・停止時、GLI 走査ミラーの起動・停止時、光ディスクレコーダ (ODR) の起動・停止時、地球センサの月干渉時を除く、3 年間の軌道上運用に適用される。なお、衛星姿勢データは、3.2 節にて示した PCD として、ILAS-II ミッションデータに含まれる。

7.7 データ中継衛星

ADEOS-II のミッションデータを伝送するために、使用することを予定しているデータ中継衛星は以下のとおりである。

表 7.7-1 ADEOS-II ミッションデータ伝送に使用するデータ中継衛星

衛星名称	静止位置	ミッションデータ受信局	使用目的等
DRTS-W	東経 90°	NASDA/EOC	6Mbps 多重データ、MDR 再生データおよび GLI250m データの取得
DRTS-E	西経 170°		

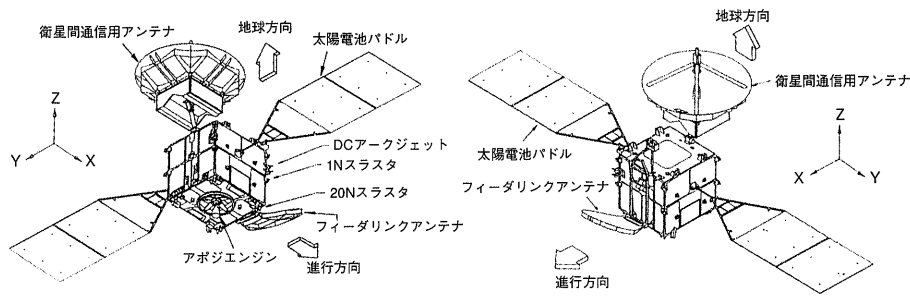


図 7.7-1 DRTS 外観図

(出典：1999 年 NASDA NOTE)

7.8 ADEOS-II データの利用方法

ADEOS-II の搭載センサには、NASDA センサ (AMSR、GLI) と、NASDA 以外の機関のセンサ (ILAS-II、SeaWinds、POLDER) がある。各センサによる観測データの処理は、NASDA センサについては、NASDA/EOC、それ以外については、各センサ提供機関が実施する。

一般ユーザに配布可能なデータは、これらの機関によって処理された「標準プロダクト」と呼ばれるデータである。標準プロダクトの配布は、NASDA の EOC が AMSR、GLI について行う他、各センサ提供機関から、それぞれの自センサのプロダクトについて実施される。

また、EOC では、特定のユーザ機関に対して、観測後数時間で利用可能な準リアルタイム処理を行ったデータをオンラインで提供している。準リアルタイムサービスの対象となるのは、GLI 1km 分解能データ、AMSR データ及び SeaWinds データである。ただし、SeaWinds データの準リアルタイム処理・提供は、米国の NOAA が実施しており、EOC は、NOAA から提供される SeaWinds データを、特定機関に転送している。

表 7.8-1 ADEOS-II データの提供

センサ	プロダクト	データ 処理機関	データ 提供機関	ユーザ	
				一般ユーザ	特定ユーザ
AMSR	標準プロダクト	NASDA/EOC	NASDA/EOC	○	○
	準リアルタイムデータ	NASDA/EOC	NASDA/EOC		○
GLI	標準プロダクト	NASDA/EOC	NASDA/EOC	○	○
	準リアルタイムデータ	NASDA/EOC	NASDA/EOC		○
SeaWinds	標準プロダクト	NASA/JPL	NASA/JPL	○	○
	準リアルタイムデータ	NOAA	NOAA NASDA/EOC		○
ILAS-II	標準プロダクト	NIES	NIES	○	○
POLDER	標準プロダクト	CNES	CNES	○	○

第 8 章

ILAS-II 後継機計画

第8章 ILAS-II 後継機計画

ILAS および ILAS-II を用いた大気観測による、地球規模の環境監視、およびオゾン層破壊のメカニズムの解明等を初めとする様々な大気研究を推進するためには、長期的な観測データの取得が極めて重要である。そのため、環境省、および国立環境研究所では、現在 ILAS および ILAS-II プロジェクトを継承する ILAS-II 後継機計画として、傾斜軌道衛星搭載太陽掩蔽法フーリエ変換分光器 (SOFIS: Solar Occultation FTS for Inclined orbit Satellite) プロジェクトが進められている。

SOFIS は、ILAS、ILAS-II と同様に、衛星日の出/日の入り時に対流圏上層部および成層圏を透過する太陽光を観測し、大気微量成分等の鉛直分布を測定するセンサであり、2006 年に打ち上げが予定されている NASDA の地球環境変動観測ミッション/オゾン・温室効果気体観測衛星 (GCOM-A1: Global Change Observation Mission-A1) に搭載される。SOFIS は、可視・赤外の観測波長において、高い分解能を持ち、地球大気中の温室効果ガスおよびオゾン層破壊に関連する物質等を高感度に観測できる大気センサである。また、GCOM-A1 は、太陽非同期の傾斜軌道 (高度 650 km、軌道傾斜角 69°) に投入されるため、SOFIS は高緯度域だけでなく、全球の大気観測を行うことが可能であり、大気研究の分野において極めて有効なデータとなることが期待される。

SOFIS は、 O_3 、 HNO_3 、 NO_2 、 N_2O 、 H_2O 、 CH_4 、CFC-11、 $ClONO_2$ 、 CO_2 、およびエアロゾルの全球高度分布を観測対象とし、3~13 μm の波長域において、スペクトル分解能 0.2 cm^{-1} 、高度分解能約 1 km での大気成分鉛直プロファイルを観測する。また SOFIS には、気圧・気温リトリバルのための可視分光計、および接線高位置を決定するための太陽輪郭センサが搭載されている。

8.1 観測の特徴

(1) 掩蔽観測および校正

太陽掩蔽法の利点は、高輝度の光源を利用することにより、高い SN 比での高スペクトル分解能観測を可能とすること、および同一の大気観測の中で、100%太陽参照光と 0%出力値 (深宇宙観測) の校正が可能なことである。SOFIS は、対流圏雲の影響を受けない場合、高度 5 km~120 km の範囲を対象とした観測を行うことができる。

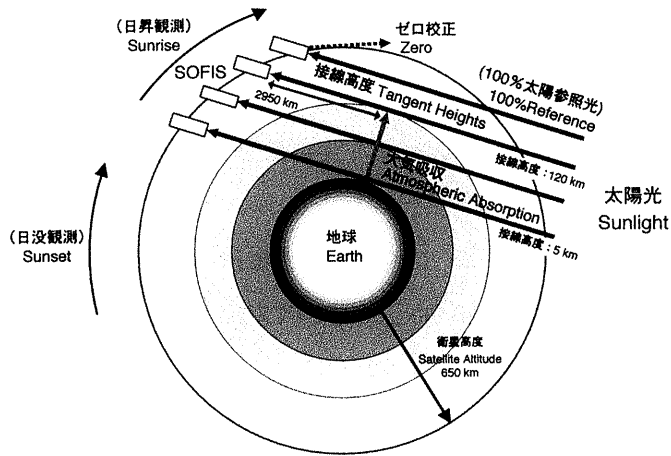


図 8.1-1 SOFIS の観測原理

(2) 観測スペクトル範囲

SOFIS による観測データは、ILAS および ILAS-II による観測データとの継続性を維持する必要がある。このため、SOFIS は 3.25~6.5 μm 、および 6.5~13 μm の 2 つのスペクトルバンドで大気観測を実施する。なお、これらのスペクトル範囲は、ClONO₂ (12.8 μm) および HCl (3.5 μm) の吸収スペクトルをカバーするために選定されている。3

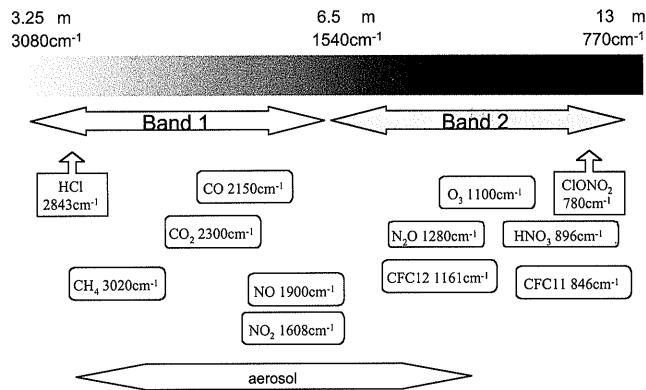


図 8.1-2 SOFIS 観測スペクトル範囲

(3) 高分解能/スペクトル分解能

ClONO₂ および HCl リトリーバルを行う際には、0.2 cm⁻¹ 以上のスペクトル分解能が必要である。このような 0.2 cm⁻¹ スペクトル分解能の分光計は、主要な大気成分のリトリーバル

の実施に十分な観測データを与えるのみならず、適度な光学的厚さでの吸収スペクトルを観測する機会を増加させる。

また SOFIS の高度分解能は、現段階の設計において、1.1 km であり、高度 1.18 km 毎にインターフェログラムを得ることが出来る。

(4) 全球観測

GCOM-A1 の軌道は、非太陽同期であり、その傾斜角および高度は SOFIS による赤道から高緯度地域の観測に対して最適となるように設定される。

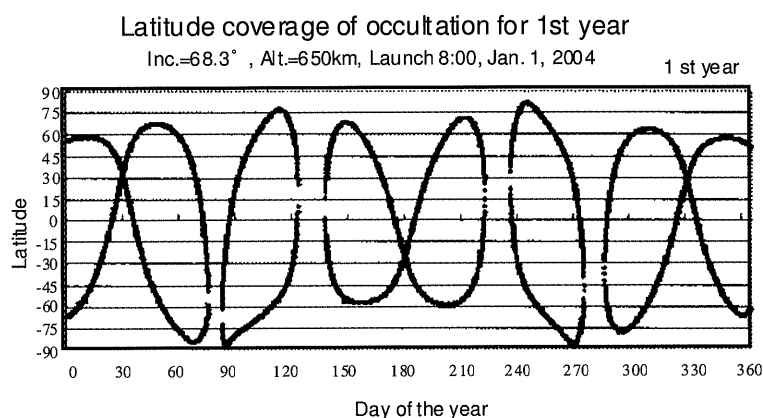


図 8.1-3 SOFIS による観測緯度範囲

(5) 気温・気圧リトリーバル

大気成分のリトリーバルを行うためには、気団の気温、および気圧を特定することが必要である。SOFIS においては、ILAS および ILAS-II と同様に、可視分光計による O_2 -A バンドスペクトルを気温、および気圧のリトリーバルに使用する。

(6) 太陽像および IFOV 位置

SOFIS による観測の、幾何学的な位置を決定するために、太陽の輪郭位置と、瞬時視野 (IFOV : Instantaneous Field Of View) 位置を、太陽輪郭センサにより検出する。また、黒点の位置を把握するために、1 回の観測につき、1 つの太陽像データが取得される。

8.2 SOFIS の主要諸元

ここで、SOFIS の内部構造、および主要諸元を図 8.2-1 および表 8.2-1 に示す。

表 8.2-1 SOFIS 主要諸元

項目	諸元	
搭載衛星	GCOM-A1	
軌道	タイプ	太陽非同期
	傾斜角	69°
	高度	650 km
観測 波長帯	赤外分光計	6.25 ~ 6.5 μm, 6.5 ~ 13 μm
	可視分光計	753~784 nm
分解能	赤外分光計	0.2 cm ⁻¹ (ノ・7ホ°ダ'イスト)
	可視分光計	0.06 nm
瞬時視野	接線高 1.1 km	
観測範囲	5 km~120 km 程度	

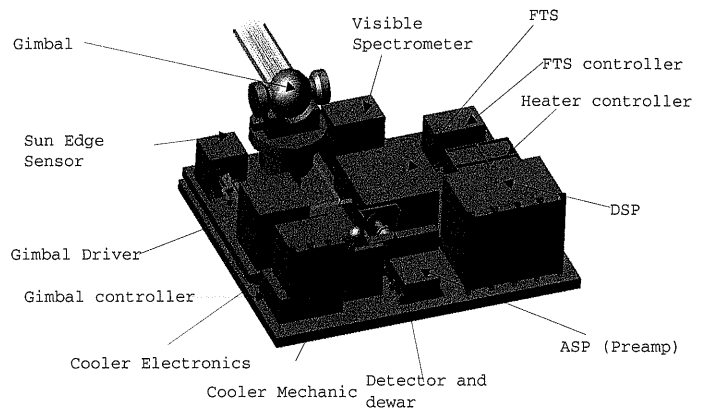


図 8.2-1 SOFIS 内部構造

8.3 SOFIS プロジェクトの現状と今後

SOFIS 機器開発については、1999 年 10 月より EM の設計が開始され、2002 年度中頃までに製作・評価が実施される。また PFM の製作・評価は、2002 年度から 2004 年度までの期間で実施され、その後 NASDA へ提供される予定である。また、SOFIS DHF の開発については、1999 年度に基礎調査が実施され、今後は、基本的に ILAS-II DHF の開発手法を踏襲したシステム開発、およびアルゴリズム開発等が実施される予定である。

表 8.3-1 SOFIS 開発スケジュール

年度	1996 H8	1997 H9	1998 H10	1999 H11	2000 H12	2001 H13	2002 H14	2003 H15	2004 H16	2005 H17	2006 H18
マイルストーン	△ スタート					▲ PDR		▲ CDR	▲ PQR	◇ GCOM-A1	打上げ
設計		概念検討	基礎調査		基本設計	詳細設計	維持設計				
EM					EM 設計・製作・評価						
PFM							PFM 設計・製作・評価				
地上支援/ 射場支援							地上支援	射場支援			
初期運用 支援											
定常運用											

付録-1

各国の大気観測センサ

付録-1 各国の大気観測センサ


ここでは、ILAS-II データとの複合的な利用が考えられる、各国の大気観測センサについて、搭載衛星の概要、センサ主要諸元、および運用スケジュールを紹介する（2000年11月現在の情報）。

付 1.1 大気観測センサ搭載衛星の概要

衛星ハブ 開発国	衛星名称	打上年	軌道	搭載センサ	
				センサ名称	観測対象
アメリカ	NIMBUS-7	1978	太陽同期準回帰 高度：955 km 軌道傾斜角：81° 周期：104.16 分	CZCS	気温、クロロフィル濃度、堆積物分布、塩分濃度、海面温度
				ERB	地球放射
				LIMS	大気微量成分の高度分布、気温
				SAM II	エアロゾル
				SAMS	大気微量成分の高度分布、気温
				SBUV	オゾン高度分布
				TOMS	オゾン全量
				SMMR	海水、海面、大気、陸域パラメータ
	THIR	表面温度、雲頂温度			
	AEM-B	1979	非太陽同期準回帰 高度：600 km 軌道傾斜角：56° 周期：96.8 km	SAGE I	エアロゾル、大気微量成分の高度分布
	SME	1981	太陽同期準回帰 高度：540 km 軌道傾斜角：97°	SME	大気微量成分の高度分布、気温
	ERBS	1984	非太陽同期準回帰 高度：610 km 軌道傾斜角：57° 周期：96.8 km	ERBE S	太陽放射エネルギー
				ERBE NS	地球放射エネルギー
				SAGE II	エアロゾル、大気微量成分の高度分布
	UARS	1991	回帰軌道 高度：585 km 軌道傾斜角：57° 周期：97 分	CLAES	大気微量成分、気温
				ISAMS	大気微量成分
				HALOE	大気微量成分の高度分布、気圧
				MLS	大気微量成分、圧力
				SOLSTICE	太陽及び恒星の放射量
SUSIM				太陽放射量	
PEM				地球からの制動放射 X 線	
HRDI				大気風	
WINDII				気温、風	
ACRIM2	太陽全放射束密度				

：付 1.2 および付 1.3 にて、主要諸元および運用スケジュールを紹介しているセンサ

衛星バス 開発国	衛星名称	打上年	軌道	搭載センサ	
				センサ名称	観測対象
アメリカ	TOMS Earth Probe	1996	太陽同期準回帰 高度：740 km 軌道傾斜角：98.4° 周期：99.7 分	TOMS	オゾン全量
	QuikTOMS	2001	太陽同期準回帰 高度：800 km	TOMS	オゾン全量
	EOS-Aura	2003	太陽同期準回帰 高度：705 km 軌道傾斜角：98.2° 周期：100 分	HIRDLS	大気微量成分の全球分布、エアロゾル、大気温度
				MLS	大気微量成分の全球分布、大気温度、気圧
OMI				大気微量成分の全球分布、オゾン全量、エアロゾル	
			TES	大気微量成分の全球分布、大気温度	
フランス	SPOT-3	1993	太陽同期準回帰 高度：832 km 軌道傾斜角：98.7° 周期：101 分	HRV (×2)	地形等
				DORIS	位置決定
				POAM II	大気微量成分の高度分布
	SPOT-4	1998	太陽同期準回帰 高度：822 km 軌道傾斜角：98° 周期：101 分	HRVIR	地形、植生等
				VEGETATION	
				DORIS	位置決定
				PASTEL	光通信実験
				PASTEC	軌道上環境測定
			POAM III	大気微量成分の高度分布	
ロシア	METEOR 3-6	1991	太陽同期準回帰 高度：1230 km 軌道傾斜角：82.5° 周期：109 分	MR-2000M	雲（昼間）
				MR-900M	
				SM	大気温度
				RMK-3	各エネルギー領域における電子および陽子の濃度
				IR	海面温度、雲頂高度、台風の位置等
				TOMS	オゾン全量
	METEOR -3M	2001	太陽同期準回帰 高度：1020 km 軌道傾斜角：99.5° 周期：105.4 分	MIVZA	大気、雪、海上風、海氷
				MZOAS	海洋、大気
				MTZA	大気温度
				MVZA	大気湿度
				MSGI-3	地球放射エネルギー
				BUFS-4	紫外線
				AMAS	大気微量成分の全球分布、気温、気圧
SAGE III	大気微量成分の高度分布、エアロゾル、気温、気圧				
ESA	ERS-2	1994	太陽同期準回帰 高度：780 km 軌道傾斜角：98.5° 周期：100 分	AMI	地形、海面波高、海上風速・風向
				RA	波高、海上風速、氷等
				ATSR-2	海表面温度、地表面温度、雲頂温度、エアロゾル、植生等
				GOME	大気微量成分、エアロゾル
				MWR	大気湿度
			PRARE	高精度軌道決定	

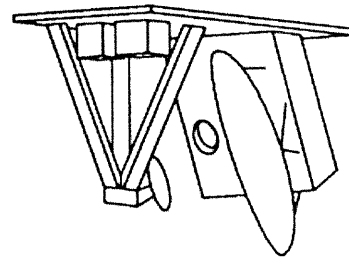
：付 1.2 および付 1.3 にて、主要諸元および運用スケジュールを紹介しているセンサ

衛星ハズ 開発国	衛星名称	打上年	軌道	搭載センサ	
				センサ名称	観測対象
ESA	ENVISAT	2001	太陽同期準回帰 高度：800 km 軌道傾斜角：98.6° 周期：100.6 分	ASAR	地形、植生、海面波高、海上風、雪氷
				GOMOS	大気微量成分の全球分布、大気温度
				LRR	衛星位置、姿勢決定
				MIPAS	大気微量成分の全球分布、大気温度、気圧、エアロゾル
				MERIS	海色素濃度、雲、水蒸気、植生
				MWR	大気湿度
				RA-2	波高、海上風速、氷等
				AATSR	海表面温度、地表面温度、雲頂温度、エアロゾル、植生 等
				DORIS	軌道決定
				SCIAMACHY	大気微量成分、大気温度、エアロゾル
日本	EXOS-C	1984	非太陽同期楕円 高度：354～865 km 軌道傾斜角：74.6° 周期：97 分	LAS	大気微量成分の高度分布
				BUV	オゾン高度分布
	ADEOS	1996	太陽同期準回帰 高度：796.8 km 軌道傾斜角：98.6° 周期：101 分	AVNIR	地形、植生等
				OCTS	海面温度、クロロフィル濃度、海色等
				ILAS	エアロゾル、気温、気圧、大気微量成分の高度分布
				RIS	大気微量成分濃度、分布
				IMG	温室効果気体水平分布、気温・水蒸気鉛直プロファイル、オゾン全量水平分布、海面温度等
				POLDER	地表面反射光
				NSCAT	海上風
				TOMS	オゾン全量
	ADEOS-II	2001	太陽同期準回帰 高度：802.9 km 軌道傾斜角：98.6° 周期：101 分	AMSR	大気水蒸気量、降水・積雪量、海上風速、海表面温度、海水
				GLI	クロロフィル濃度、海面温度、水蒸気、雲、雪氷等
				ILAS-II	エアロゾル、気温、気圧、大気微量成分の高度分布
				POLDER	地表面反射光
				SeaWinds	海上風
				DCS	データ収集システム
	GCOM-A1	2006	非太陽同期準回帰 高度：650 km 軌道傾斜角：69° 周期：98 分	ODUS	大気微量成分、エアロゾルの全量
				SOFIS	エアロゾル、気温、気圧、大気微量成分の高度分布
	国際協力	International Space Station (ISS)	2004	傾斜軌道 高度：～400 km 軌道傾斜角：51.6° 周期：約 90 分	SMILES
SAGE III					大気微量成分の高度分布、エアロゾル、気温、気圧

：付 1.2 および付 1.3 にて、主要諸元および運用スケジュールを紹介しているセンサ

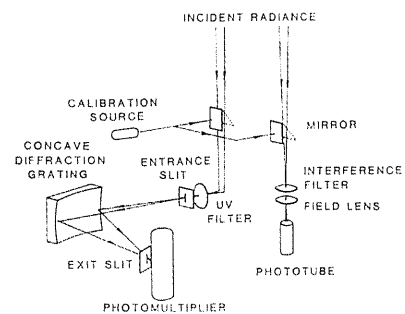
付 1.2 大気観測センサの諸元

AMAS		
搭載衛星	METEOR-3M	
打上年	2001年3月(予定)	
衛星バス開発国	ロシア	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	1020 km
	傾斜角	99.5°
	周期	105.4 分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用年数	衛星設計寿命: 5年
	センサ開発国	ドイツ(イギリス、デンマークとの協力)
	観測波長/周波数等	298.48 GHz、301.81 GHz、301.44 GHz、325.15 GHz、 345.80 GHz、499.64 GHz、501.27 GHz、625.92 GHz
	分解能/解像度等	1~2 km (垂直: 対流圏上層)、3 km (垂直: 成層圏) 5~10 km (垂直: 中間圏)、300 km (水平)
	観測幅	対流圏上層~100 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₂、O₃、N₂O、H₂O、CO、BrO、ClO、HCl) の全球分布 大気温度、気圧



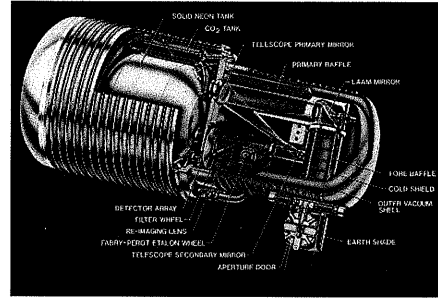
出典: Observation of the Earth and Its Environment, 1992 and 1994

BUV		
搭載衛星	EXOS-C	
打上年	1984年2月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	非太陽同期楕円
	高度	354~865 km
	傾斜角	74.6°
	周期	97 分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1988年10月運用停止
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	1.27 μm
	分解能/解像度等	
	観測幅	高度 25~60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃) の高度分布



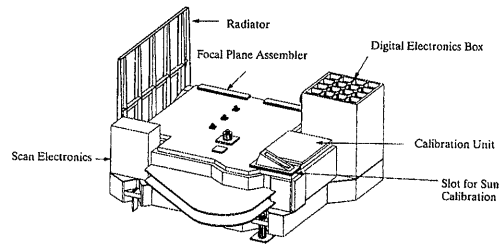
出典: 科学衛星 EXOS-C 中間報告書、宇宙科学研究所

CLAES		
搭載衛星	UARS	
打上年	1991年9月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	回帰軌道
	高度	585 km
	傾斜角	57°
	周期	97分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用年数	1993年5月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	3.5 μm、6.8 μm、12.7 μm
	分解能/解像度等	2.8 km (垂直: IFOV 50.7 km (20 素子))、8.4 km (水平)
	観測幅	高度 10~60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (CF₂Cl₂, CFCl₃, ClONO₂, CH₄, O₃, NO₂, N₂O, HNO₃, H₂O) の全球高度分布 大気温度



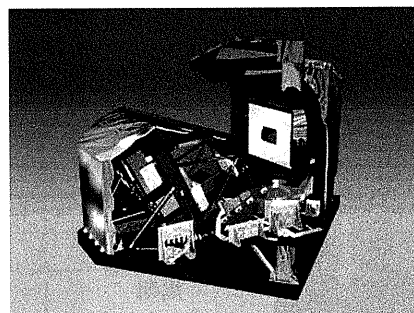
出典: Lockheed Martin Solar & Astrophysics Lab. ホームページ

GOME		
搭載衛星	ERS-2	
打上年	1994年4月	
衛星バス開発国	ESA	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	780 km
	傾斜角	98.5°
	周期	100分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	運用中 (衛星設計寿命: 3年)
	センサ開発国	ESA
	観測波長/周波数等	240~295 nm、290~405 nm、400~605 nm、590~790 nm
	分解能/解像度等	40 × 320 km (最大観測幅に対応) 40 × 40 km (コマンドによる切替が可能)
	観測幅	960 km (最大)
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, NO, NO₂, HCHO, SO₂, BRO, OClO, H₂O, NO₃ 等) の全球分布



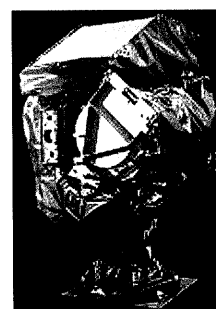
出典: Observation of the Earth and Its Environment, 1996

GOMOS		
搭載衛星	ENVISAT	
打上年	2001年6月(予定)	
衛星バス開発国	ESA	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	800 km
	傾斜角	98.6°
	周期	100.6 分
センサ諸元	観測方法	恒星掩蔽法
	運用年数	衛星設計寿命：5 年
	センサ開発国	ESA
	観測波長/周波数等	分光計：0.25～0.675 μm、0.756～0.773 μm、0.926～0.952 μm 光度計：0.47～0.52 μm、0.65～0.70 μm
	分解能/解像度等	1.7 km (垂直)
	観測幅	高度 20～100 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, NO₂, NO₃, OClO, H₂O) の全球分布 大気温度



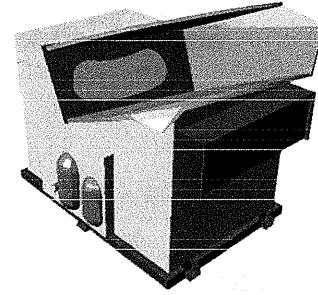
出典：ESA ホームページ

HALOE		
搭載衛星	UARS	
打上年	1991年9月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	回帰軌道
	高度	585 km
	傾斜角	57°
	周期	97 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法 (周縁吸収観測法)
	運用年数	運用中 (ただし、UARS の電力制約により、断続的に運用)
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	2.43～10.25 μm
	分解能/解像度等	1.6 km (垂直)、6.2 km (水平)
	観測幅	高度 10～60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (HF, HCl, CH₄, NO, H₂O, O₃, NO₂,) の高度分布 気圧



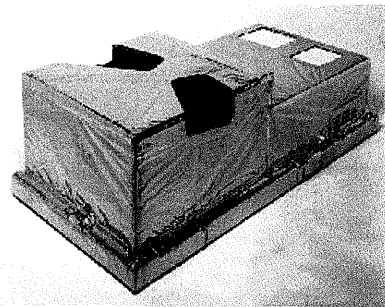
出典：NASA Langley Research Center ホームページ

HIRDLS		
搭載衛星	EOS-Aura	
打上年	2003年6月(予定)	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	705 km
	傾斜角	98.2°
	周期	100分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用状況	衛星設計寿命：5年
	センサ開発国	アメリカ、イギリス
	観測波長/周波数等	6.12～17.76 μm
	分解能/解像度等	1 km (垂直)、10 km (水平)
	観測幅	2000～3000 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, H₂O, CH₄, N₂O, NO₂, HNO₃, N₂O₅, CFC-11, CFC-12, ClONO₂) の全球分布 エアロゾル 大気温度

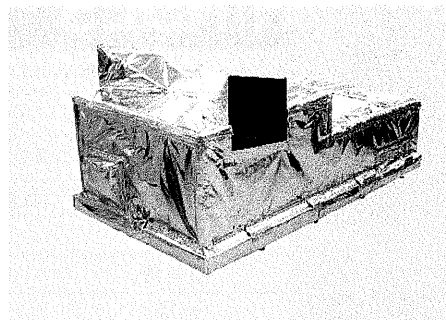


出典：NASA/GSFC Aura ホームページ

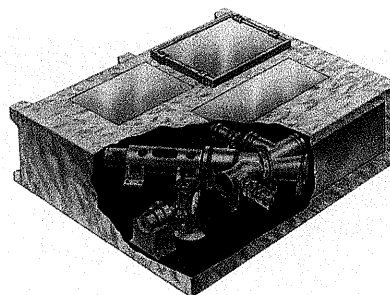
ILAS		
搭載衛星	ADEOS	
打上年	1996年8月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	796.8 km
	傾斜角	98.6°
	周期	101分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法 (周縁吸収観測法)
	運用年数	1997年6月運用停止
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	6.211～11.765 μm、0.753～0.784 μm
	分解能/解像度等	2 km (垂直)
	観測幅	高度 10～60 km
観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, N₂O, HNO₃, NO₂, CH₄, H₂O, CFC-11, 等) の高度分布 エアロゾル 大気温度、気圧 	



ILAS-II		
搭載衛星	ADEOS-II	
打上年	2002年2月(予定)	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	802.9 km
	傾斜角	98.6°
	周期	101分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法(周縁吸収観測法)
	運用年数	衛星設計寿命: 3年(搭載燃料5年分)
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	6.21~11.76 μm、3.0~5.7 μm、12.78~12.85 μm、0.753~0.784 μm
	分解能/解像度等	1 km(垂直)
	観測幅	高度10~60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分(O₃, HNO₃, CH₄, N₂O, H₂O, NO₂, CFC-11, CFC-12, ClONO₂, CO₂)の高度分布 エアロゾル 大気温度、気圧

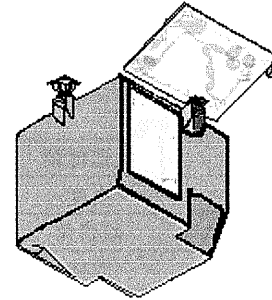


IMG		
搭載衛星	ADEOS	
打上年	1996年8月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	796.8 km
	傾斜角	98.6°
	周期	101分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1997年6月運用停止
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	3.3~4.3 μm、4~5 μm、5~14 μm、0.753~0.784 μm
	分解能/解像度等	8×8 km(水平)
	観測幅	高度10~60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> CO₂等の温室効果気体の水平分布 オゾン全量の水平分布 赤外熱放射スペクトラム 海面温度 水蒸気、気温



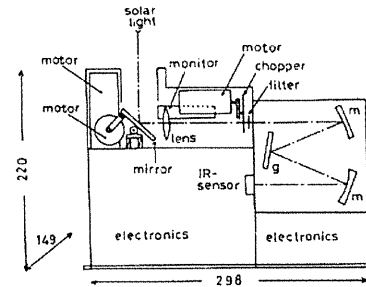
出典: ADEOSパンフレット、宇宙開発事業団

ISAMS		
搭載衛星	UARS	
打上年	1991年9月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	回帰軌道
	高度	585 km
	傾斜角	57°
	周期	97分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用状況	1992年7月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	4.6 ~ 16.6 μm
	分解能/解像度等	2.6 km (垂直)、18 km (水平)
	観測幅	200 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (CO, H₂O, CH₄, N₂O₅, NO, NO₂, N₂O, O₃, HNO₃) の全球分布 エアロゾル 大気温度



出典：UARS Flight Operation Team ホームページ

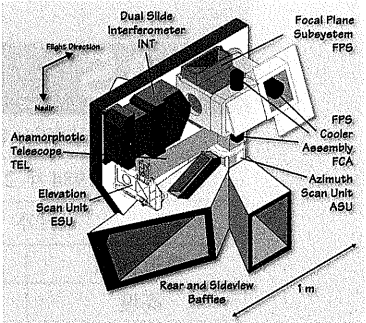
LAS		
搭載衛星	EXOS-C	
打上年	1984年2月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	非太陽同期楕円
	高度	354~865 km
	傾斜角	74.6°
	周期	97分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法 (周縁吸収観測法)
	運用年数	1988年10月運用停止
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	1.27 μm
	分解能/解像度等	
	観測幅	高度 70~90 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, H₂O, CH₄, N₂O) の高度分布 エアロゾル



出典：季刊科学総説 No.10 1990「大気の化学」、日本化学会編

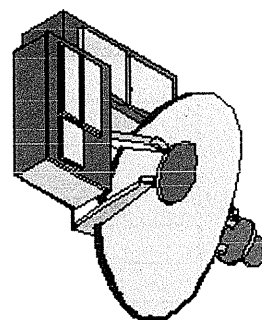
LIMS		
搭載衛星	NIMBUS-7	
打上年	1978年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	955 km
	傾斜角	81°
	周期	104.16 分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用年数	1979年5月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	6.25 μm、6.75 μm、9.65 μm、11.35 μm、15.25 μm 13.3~17.2 μm 広域チャンネル
	分解能/解像度等	
	観測幅	高度 10~50 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, H₂O, NO₂, HNO₃) の高度分布 大気温度

MIPAS		
搭載衛星	ENVISAT	
打上年	2001年6月	
衛星バス開発国	ESA	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	800 km
	傾斜角	98.6°
	周期	100.6 分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法 (フーリエ変換型分光計)
	運用年数	衛星設計寿命: 5年
	センサ開発国	ESA
	観測波長/周波数等	4.15~14.6 μm
	分解能/解像度等	3km (高度)、30×300 km (水平)
	観測幅	高度 5~150 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (O₃, H₂O, CH₄, N₂O, HNO₃) の全球高度分布 エアロゾル 大気温度、気圧



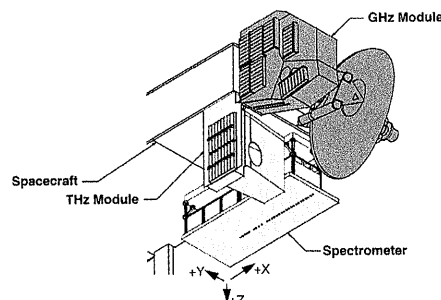
出典: ESA ホームページ

MLS		
搭載衛星	UARS	
打上年	1991年9月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	回帰軌道
	高度	585 km
	傾斜角	57°
	周期	97分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用年数	運用中（ただし、アンテナスキャンニングの問題、およびUARSの電力制約により、断続的に運用）
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	4.8 μm / 63 GHz、1.64 μm / 183 GHz、1.46 μm / 205 GHz
	分解能/解像度等	3~10 km（垂直）、10~30 km（水平）
	観測幅	5~85 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分（H₂O, O₃, ClO）の全球分布 気圧



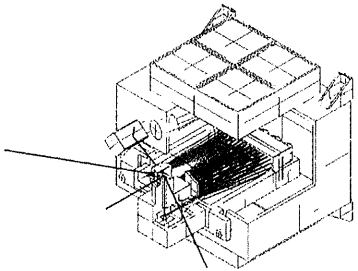
出典：UARS Flight Operation Team ホームページ

MLS		
搭載衛星	EOS-Aura	
打上年	2003年6月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	705 km
	傾斜角	98.2°
	周期	100分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用状況	衛星設計寿命：5年
	観測波長/周波数等	118 GHz, 190 GHz, 240 GHz, 640 GHz, 2500 GHz
	センサ開発国	アメリカ
	分解能/解像度等	3 km（垂直：BrO、HNO ₃ を除く）、5km（垂直：BrO、HNO ₃ ） 5 km（水平）
	観測幅	高度：5~120 km（気温）、5~100 km（H ₂ O）、10~60 km（N ₂ O、HNO ₃ ）、 10~40 km（SO ₂ ）、15~100 km（O ₃ ）、18~80 km（OH）、 20~60 km（HO ₂ ）、20~40 km（BrO）、15~60 km（ClO）、 10~100 km（HCl）、8~100 km（CO）、20~50 km（HOCl）、 8~50km（HCN）
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分（H₂O, O₃, ClO, BrO, HCl, HOCl, OH, HO₂, HNO₃, HCN, N₂O, CO, SO₂）の全球分布 大気温度、気圧



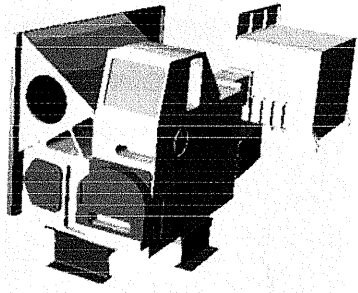
出典：NASA/GSFC Aura ホームページ

ODUS		
搭載衛星	GCOM-A1	
打上年	2006年2月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	非太陽同期準回帰
	高度	650 km
	傾斜角	69°
	周期	98分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用状況	衛星設計寿命：3年（搭載燃料5年分）
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	0.306～0.420 μm
	分解能/解像度等	20×20 km（直下）
	観測幅	
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気微量成分（O₃, SO₂, NO₂）の全量 ・ エアロゾル



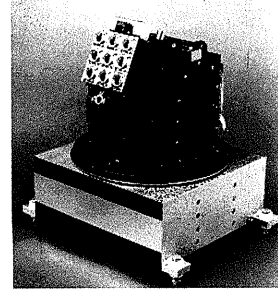
出典：NASDA ホームページ

OMI		
搭載衛星	EOS-Aura	
打上年	2003年6月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	705 km
	傾斜角	98.2°
	周期	100分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用状況	衛星設計寿命：5年
	センサ開発国	オランダ、フィンランド
	観測波長/周波数等	0.35～0.50 μm
	分解能/解像度等	オゾンプロファイル：36×48 km（水平）、8 km（垂直） エアロゾル、オゾン全量：13×24 km（水平） その他大気微量成分：未定
	観測幅	オゾンプロファイル：高度0～60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気微量成分（O₃, SO₂, NO₂, BrO, OClO）の全球分布 ・ オゾン全量 ・ エアロゾル



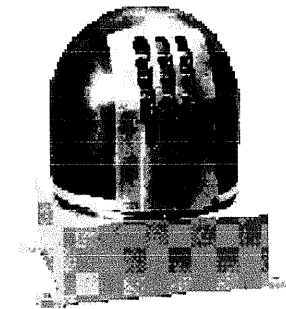
出典：NASA/GSFC Aura ホームページ

POAM II		
搭載衛星	SPOT-3	
打上年	1993年9月	
衛星バス開発国	フランス	
軌道	軌道種類	太陽同期極軌道
	高度	832 km
	傾斜角	98.7°
	周期	101 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法（周縁吸収観測法）
	運用年数	1997年11月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	353.0nm、442.0 nm、448.3 nm、600.0 nm、760.8 nm、780.0 nm、920.0 nm、935.5 nm、1059.0 nm
	分解能/解像度等	0.6 km（高度）
	観測幅	高度 10～60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> • エアロゾル • 大気微量成分（O₃、N₂O、H₂O）の高度分布 • 大気温度



出典：Naval Research Lab.ホームページ

POAM III		
搭載衛星	SPOT-4	
打上年	1998年3月	
衛星バス開発国	フランス	
軌道	軌道種類	太陽同期極軌道
	高度	822 km
	傾斜角	98°
	周期	101 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法（周縁吸収観測法）
	運用年数	運用中
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	POAM-IIと同様
	分解能/解像度等	
	観測幅	
	観測対象	

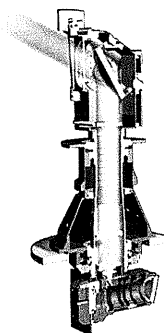


出典：Naval Research Lab.ホームページ

SAGE I		
搭載衛星	AEM-B	
打上年	1979年2月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	非太陽同期回帰
	高度	600 km
	傾斜角	56°
	周期	96.8 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法（周縁吸収観測法）
	運用年数	1981年11月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.385 μm、0.45 μm、0.60 μm、1.0 μm
	分解能/解像度等	0.5 km（高度）
	観測幅	
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル 大気微量成分（O₃、NO₂）の全球高度分布（緯度約75°以内）

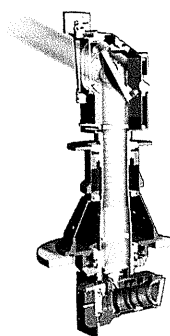
SAGE II		
搭載衛星	ERBS	
打上年	1984年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	非太陽同期回帰
	高度	610 km
	傾斜角	57°
	周期	96.8 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法（周縁吸収観測法）
	運用年数	運用中
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	1.020 μm、0.94 μm、0.60 μm、0.525 μm、 0.453 μm、0.448 μm、0.385 μm
	分解能/解像度等	0.5 km（高度）
	観測幅	高度10～50 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル 大気微量成分（O₃、NO₂、H₂O）の全球高度分布（緯度約80°以内）

SAGE III		
搭載衛星	METEOR-3M	
打上年	2001年3月(予定)	
衛星バス開発国	ロシア	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	1020 km
	傾斜角	99.5°
	周期	105.4 分
センサ諸元	観測方法	月・太陽掩蔽法(周縁吸収観測法)
	運用年数	機器設計寿命: 5年
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.28~1.03 μm (約 1nm 分解能)、1.55 μm
	分解能/解像度等	0.5 km (高度)
	観測幅	高度: 0~40 km (エアロゾル)、0~50 km (H ₂ O)、10~50 km (NO ₂)、 20~55 km (NO ₃)、6~85 km (O ₃)、15~25 km (OCIO)、 0~85 km (気圧、気温)
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル 大気微量成分 (O₃、NO₂、NO₃、H₂O、OCIO) の高度分布 気圧、気温、雲



出典: NASA Langley Research Center ホームページ

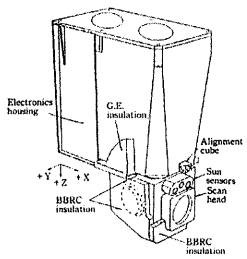
SAGE III		
搭載衛星	International Space Station (ISS)	
打上年	2004年(SAGE III 打上予定)	
衛星バス開発国	国際協力	
軌道	軌道種類	傾斜軌道
	高度	~400 km
	傾斜角	51.6°
	周期	約 90 分
センサ諸元	観測方法	月・太陽掩蔽法(周縁吸収観測法)
	運用年数	機器設計寿命: 5年
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	METEOR-3M 搭載 SAGE III と同様
	分解能/解像度等	
	観測幅	
観測対象		



出典: NASA Langley Research Center ホームページ

SAMS		
搭載衛星	NIMBUS-7	
打上年	1978年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	955 km
	傾斜角	81°
	周期	104.16 分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用年数	1995年5月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	4.1~15 μm、25~100 μm
	分解能/解像度等	
	観測幅	
観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (H₂O, CH₄, CO, NO) 高度分布 大気温度 	

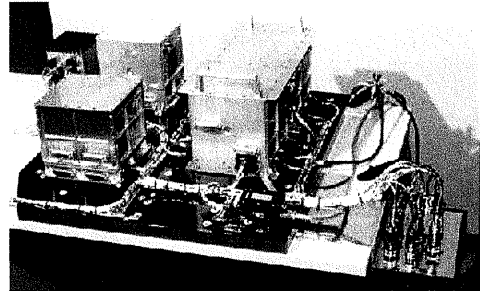
SAM II		
搭載衛星	NIMBUS-7	
打上年	1978年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	955 km
	傾斜角	81°
	周期	104.16 分
センサ諸元	観測方法	太陽掩蔽法 (周縁吸収観測法)
	運用年数	1994年2月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.98~1.02 μm
	分解能/解像度等	1 km (高度)
	観測幅	高度 5~40 km
観測対象	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル消散係数 極成層雲光学的厚さ 	



出典：季刊科学総説 No.10 1990 「大気の化学」、日本化学会編

SBUV		
搭載衛星	NIMBUS-7	
打上年	1978年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	955 km
	傾斜角	81°
	周期	104.16分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1990年1月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.25~0.34 μm (Normal Step Mode) 0.16~0.40 μm (Continuous Scan Mode)
	分解能/解像度等	11.3°
	観測幅	200 km
	観測対象	・ O ₃ の全球高度分布

SCIAMACHY		
搭載衛星	ENVISAT	
打上年	2001年6月(予定)	
衛星バス開発国	ESA	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	800 km
	傾斜角	98.6°
	周期	100.6分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法、周縁放射観測法、月・太陽掩蔽法
	運用年数	衛星設計寿命：5年
	センサ開発国	ドイツ、オランダ、ベルギー
	観測波長/周波数等	0.240~0.314 μm 、0.309~0.405 μm 、0.394~0.620 μm 、 0.785~1.05 μm 、1.00~1.75 μm 、1.94~2.04 μm 、2.265~2.38 μm
	分解能/解像度等	2.4~3 km (観測法に依存)
	観測幅	高度10~100 km (観測法に依存)
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気微量成分 (O₂, O₃, O₄, CO, CO₂, NO₂, H₂O, CH₄, N₂O, HNO₃)の全球高度分布 ・ エアロゾル ・ 大気温度



出典：ENVISAT-1 Mission & System Summary, ESA, 1998

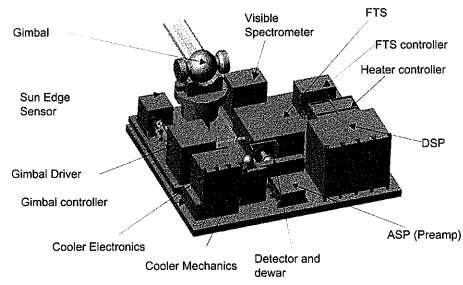
SME		
搭載衛星	SME	
打上年	1981年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	540 km
	傾斜角	97°
	周期	
センサ諸元	観測方法	
	運用状況	1989年4月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.246~0.335 μm、0.271~0.335 μm (UVワゴン分光計)、 6.3 μm、9.6 μm、15.5 μm (赤外放射計)、1.27 μm (大気光分光計)、 0.325~0.45 μm、0.52~0.77 μm (可視分光計)
	分解能/解像度等	
	観測幅	高度 50~70 km (UVワゴン分光計)、20~150 km (赤外放射計)、 20~40 km (可視分光計)
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (NO₂, O₃) の高度分布 大気温度

SMILES		
搭載衛星	International Space Station (ISS)	
打上年	2004年 (SMILES 打上予定)	
衛星バス開発国	国際協力	
軌道	軌道種類	傾斜軌道
	高度	~400 km
	傾斜角	51.6°
	周期	約90分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法
	運用状況	機器設計寿命: 約1年
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	623.5~629.5 GHz、647.5~633.5 GHz
	分解能/解像度等	2 km (垂直)
	観測幅	高度 10~60 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分 (ClO, HCl, O₃, HO₂, BrO, HNO₃, SO₂) の高度分布

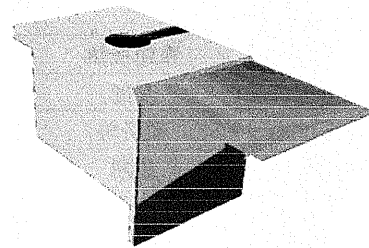
受信機フロントエンド Receiver Front-End
 信号処理制御部 Command & Data Handling Subsystem
 熱制御系 Thermal Control Subsystem
 熱輻射遮蔽板 Thermal Radiation Shield
 JEMインターフェイス部 JEM Interface Unit
 サブミリ波アンテナ Submillimeter-Wave Antenna Subsystem
 受信機冷却部及び冷凍機 Cryo-Receiver & Refrigerator
 IF信号処理部 Intermediate Frequency Subsystem
 音響光学分光計 Acousto-Optical Spectrometer

出典: NASDA/SMILES ホームページ

SOFIS		
搭載衛星	GCOM-A1	
打上年	2006年2月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	非太陽同期準回帰
	高度	650 km
	傾斜角	69°
	周期	98分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用状況	衛星設計寿命：3年（搭載燃料5年分）
	センサ開発国	日本
	観測波長/周波数等	0.753～0.784 μm、6.25～6.5 μm、6.5～13 μm
	分解能/解像度等	1.1 km（垂直）
	観測幅	5～120 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分（CO₂、H₂O、CH₄、O₃、N₂O、CFC-11、CFC-12、CO、NO₂、HNO₃、ClONO₂、HCl）の高度分布 エアロゾル、極成層雲



TES		
搭載衛星	EOS-Aura	
打上年	2003年6月（予定）	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	705 km
	傾斜角	98.2°
	周期	100分
センサ諸元	観測方法	周縁放射観測法（フーリエ変換型分光計）
	運用状況	衛星設計寿命：5年
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	3.2～15.4 μm
	分解能/解像度等	2～6 km（垂直：H ₂ Oを除く）、4～6 km（垂直：H ₂ O） 5.3×8.5 km（水平）
	観測幅	高度0～34 km
	観測対象	<ul style="list-style-type: none"> 大気微量成分（CH₄、CO、HNO₃、NO、NO₂、O₃、H₂O）の全球分布 大気温度



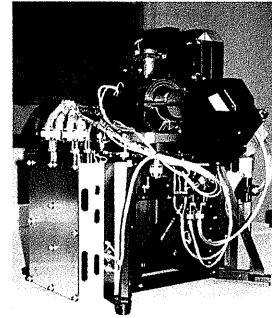
出典：NASA/GSFC Aura ホームページ

TOMS		
搭載衛星	NIMBUS-7	
打上年	1978年10月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	955 km
	傾斜角	81°
	周期	104.16分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1993年5月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.312~0.340 μm
	分解能/解像度等	3°
	観測幅	2700 km
	観測対象	・ O ₃ 全量

TOMS		
搭載衛星	METEOR 3-6	
打上年	1991年10月	
衛星バス開発国	ロシア	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	1230 km
	傾斜角	82.5°
	周期	109分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1994年11月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.3125 μm、0.3175 μm、0.3313 μm、 0.3398 μm、0.360 μm、0.380 μm
	分解能/解像度等	47×47 km (直下)、62×62 km (平均)
	観測幅	3100 km
	観測対象	・ O ₃ 全量

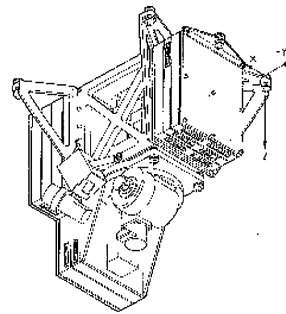
出典：NASA/GSFC TOMS ホームページ

TOMS		
搭載衛星	ADEOS	
打上年	1996年8月	
衛星バス開発国	日本	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	796.8 km
	傾斜角	98.6°
	周期	101分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	1997年6月運用停止
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.3086 μm、0.3125 μm、0.3175 μm、 0.3223 μm、0.3312 μm、0.360 μm
	分解能/解像度等	50×50 km (直下)
	観測幅	2795 km
	観測対象	・ O ₃ 全量



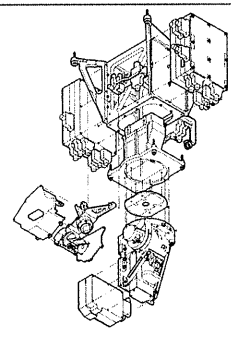
出典：NASA/GSFC TOMS ホームページ

TOMS		
搭載衛星	TOMS Earth Probe	
打上年	1996年7月	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	740 km
	傾斜角	98.4°
	周期	99.7分
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	運用中
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.3086 μm、0.3125 μm、0.3175 μm、 0.3223 μm、0.3312 μm、0.360 μm
	分解能/解像度等	39×39 km (直下)
	観測幅	
	観測対象	・ O ₃ 全量



出典：NASA/GSFC TOMS ホームページ

TOMS		
搭載衛星	QuikTOMS	
打上年	2001年1月(予定)	
衛星バス開発国	アメリカ	
軌道	軌道種類	太陽同期準回帰
	高度	800 km
	傾斜角	
	周期	
出典：NASA/GSFC TOMS ホームページ		
センサ諸元	観測方法	直下視観測法
	運用年数	衛星設計寿命：5年
	センサ開発国	アメリカ
	観測波長/周波数等	0.3086 μm、0.3125 μm、0.3175 μm、 0.3223 μm、0.3312 μm、0.360 μm
	分解能/解像度等	42×42 km (直下)
	観測幅	2300 km
	観測対象	・ O ₃ 全量



付 1.3 大気観測センサの運用状況

大気観測センサ		運用状況								
搭載衛星	センサ	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	
NIMBUS-7	LIMS		78/10	79/9						
	SAM II		78/10						94/2	
	SAMS		78/10		85/4					
	SBUV		78/10			90/1				
	TOMS		78/10						93/5	
AEM-B	SAGE I		79/2	81/11						
SME	SME			81/10		89/4				
EXOS-C	LAS			84/2	88/10					
ERBS	SAGE II			84/10						
UARS	CLAES					91/9	93/5			
	ISAMS					91/9	92/7			
	MLS					91/9				
	HALOE					91/9				
METEOR 3-6	TOMS					91/10	94/11			
SPOT-3	POAM II					93/9	97/11			
ERS-2	GOME					94/4				
TOMS EP	TOMS						96/7			
ADEOS	TOMS						96/8	97/6		
	ILAS						96/8	97/6		
	IMG						96/8	97/6		
SPOT-4	POAM III						98/3	02/3		
QuikTOMS	TOMS							01/1	06/1	
METEOR 3M	AMAS							01/3	06/3	
	SAGE III							01/3	06/3	
ENVISAT	GOMOS							01/6	06/6	
	MIPAS							01/6	06/6	
	SCIAMACHY							01/6	06/6	
ADEOS-II	ILAS-II							01/11	04/11	
EOS-Aura	HIRDLS							03/6	08/6	
	MLS							03/6	08/6	
	OMI							03/6	08/6	
	TES							03/6	08/6	
ISS	SMILES							04	05	
	SAGE III							04	09	
GCOM-AI	ODUS								06/2	09/2
	SOFIS								06/2	09/2

: 過去の運用
 : 今後の運用 (設計寿命まで)
 : 今後の運用 (設計寿命以降)

付録-2

参考・引用文献

付録-2 参考・引用文献

(1) 文献・論文

- 1) 宇宙開発事業団 (1999) : NASDA NOTE 1999.
- 2) 環境庁 (1999) : 平成 11 年度 環境白書.
- 3) 環境庁 (2000) : 平成 12 年度 環境白書.
- 4) 環境庁地球環境部 (1996) : ILAS & RIS.
- 5) 気象庁 (1991) : 地球温暖化監視レポート 1991.
- 6) 気象庁 (1999) : オゾン層観測報告 1999.
- 7) 財団法人日本気象協会 (1995) : 平成 6 年度環境庁請負業務結果報告書 : ILAS/RIS 検証実験準備調査報告書.
- 8) 社団法人環境情報科学センター (1996) : 地球情報科学, 25-1.
- 9) 日本リモートセンシング研究会 (1994) : 図解リモートセンシング, 社団法人日本測量協会.
- 10) 不破敬一郎編 (1994) : 地球環境ハンドブック、朝倉書店.
- 11) 牧野ら (1985) : 太陽光の赤外分光観測に基づく大気微量成分の定量 : 南極 MAP における赤外分光装置、南極資料第 87 号別冊, 1-22.
- 12) Camy-Peyret et al. (1991): Balloon-borne solar occultation Fourier Transform spectrometry for measurements of stratospheric trace pieces. ESA SP-317, 179-185.
- 13) Gunson et al. (1996): The Atmospheric Trace Molecule Spectroscopy (ATMOS) experiment: Deployment on the ATLAS Space Shuttle missions, Geophys. Res. Lett., 23, 2333-2336.
- 14) Hayashida et al. (2000): Arctic polar stratospheric clouds observed with the Improved Limb Atmospheric Spectrometer during the winter of 1996/1997, J. Geophys. Res.
- 15) Kondo et al. (2000): Denitrification and nitrification in the Arctic stratosphere during the winter of 1996-1997, Geophys. Res. Lett., 27, 337-340.
- 16) Kuze et al. (1998): Design and performance of ILAS-II echelle grating spectrometer for ClONO₂ measurement, SPIE 3437, 240-248.
- 17) Makide (1997): Seventh Asian Chemical Congress, May, 1997. Hiroshima.
- 18) Nakajima (2000): Solar Occultation FTS for Inclined-orbit Satellite (SOFIS), Global Change Observation Mission (GCOM) -A1 Workshop, Report on the GCOM-A1 Workshop, 95-112, Tokyo.
- 19) Sasano et al. (1999): Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) for stratospheric ozone layer measurements by solar occultation technique, Geophys. Res. Lett., 26, 197-200.

- 20) Sasano et al. (2000): ILAS observations of chemical ozone loss in the Arctic vortex during early spring 1997, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 213-216.
- 21) Sasano, Mizuno (1999): ILAS-III (Solar Occultation FTS) project, 8th International Workshop on Atmospheric Science from Space using Fourier Transform Spectrometry, 43-46.
- 22) Suzuki et al (1994): Improved limb atmospheric spectrometer, ILAS, *SPIE* 2268, 103-110.
- 23) Suzuki et al (1995): Conceptual design study of ILAS-II onboard ADEOS-II, *SPIE* 2553, 48-55.
- 24) Atmospheric Environment Services (AES), Environment Canada (1992): Ozone Data for the World.

(2) パンフレット・ホームページ等

- 1) 宇宙開発事業団：ADEOS-II パンフレット
- 2) 国立環境研究所：改良型大気周縁赤外分光計 成果集（1）
- 3) 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)
- 4) 国立環境研究所ホームページ (<http://www.nies.go.jp/index-j.html>)
- 5) CNES ホームページ (<http://www.cnes.fr/>)
- 6) ESA ホームページ (<http://www.esa.int/>)
- 7) HALOE ホームページ (<http://haloedata.larc.nasa.gov/>)
- 8) ILAS-II ホームページ (http://www-ilas2.nies.go.jp/index_j.html)
- 9) Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory ホームページ (<http://www.lmsal.com/>)
- 10) NASA GSFC ホームページ (<http://www.gsfc.nasa.gov/>)
- 11) NASA GSFC TOMS ホームページ (<http://toms.gsfc.nasa.gov/>)
- 12) NASA Langley Research Center ホームページ (<http://www.larc.nasa.gov/>)
- 13) NASDA ホームページ (<http://www.nasda.go.jp/>)
- 14) SPOT Image ホームページ (<http://www.spot.com/>)
- 15) UARS Flight Operation Team ホームページ (<http://umpgal.gsfc.nasa.gov/>)

付録 - 3

用語集・解説

付録-3 用語集・解説

＜用語集＞

【あ】

アルミハニカムベース

蜂の巣状のアルミニウム材の両面に薄いアルミニウム板を張り付けた構造をもつ構造材。この構成により、機械強度を保ちながら重量を軽減できる。搭載重量が厳しい人工衛星搭載機器の構造材によく用いられる。

渦度

出典：気科)

流体中のある微小体積の運動は、一般に微小体積全体の並進運動に加えて、ある軸の方向への伸び運動とある軸まわりの回転運動から成る。この回転運動の角速度の2倍を渦度という。渦度は、ある点のごく近傍の流体がその点の通るある軸のまわりを回転している角速度の目安を与える。

エアロゾル

出典：気科)

液体または固体の微粒子が気体中を浮遊する状態をいうが、微粒子そのものを指すことが多い。雲や霧も定義上はエアロゾルであるが、気象学的には通常エアロゾルに含めない。成層圏エアロゾルは、太陽光に対して遮蔽効果を持ち、気候変動の一因となる。また、エアロゾル表面での N_2O_5 と H_2O の反応は、オゾン層破壊のメカニズムの中で重要と考えられている。

SN比

出典：理)

(Signal to Noise ratio)

信号雑音比。信号量 S と雑音量 N の比をいう。比較する量は、電圧、電流等で、この比が小さいほど測定信号から情報を得ることが困難になる。

Fナンバー

出典：理)

レンズなど光学系の口径比（望遠鏡等の光学系における入射ひとみ*の直径と焦点距離の比）の逆数。光学系の明るさを表す単位で、値が小さいほど明るい。Fナンバーが4であることを、 $F/4$, $F:4$, $f/4$, $f:4$ などの記号で表す。

*) 入射ひとみ：絞りの穴をそれより前方の光学系で物体空間内に変換したもの。

オゾントレンドパネル

出典：総)

オゾン層に関する科学的知見の整理、評価を行うため、国際的に結成された組織。NASAを中心とした100人を超える著名な科学者によって構成されている。

温室効果

出典：知)

大気中に放出された二酸化炭素などの微量な気体は太陽から届く光は通すものの、地球が放射する赤外線は吸収するため、地表付近の気温を上昇させることから、温室に例えて、この現象を温室効果と呼ぶ。

温室効果ガス(気体)

出典：知)

大気中に排出されると温室効果によって地球温暖化をもたらすガスのこと。化石燃料からの炭酸ガス (CO_2)、田んぼや腐敗物からのメタン (CH_4)、工業用洗浄剤やスプレーに用いられるフロン (CFC)、農地の肥料などから発生する亜酸化窒素 (N_2O) などがある。

【か】

科学アセスメントパネル

モントリオール議定書に従って結成された、オゾン層問題の科学的知見を整理するための組織。国際的に著名な多数の科学者で構成されている。

カセグレン型望遠鏡

出典：新)

ILASで採用された、凹放物面主反射鏡と、第2の小さな凸双曲面副鏡により構成される望遠鏡。主鏡に入射した光を副鏡で反射させ、主鏡の中央にあけた小孔を通して集光して、背後に焦点を結ばせる。焦点距離の割に鏡筒が短くてすむ。反射系のため、色収差がなく、軸上の光線に対しては球面収差もないため視野の中央部では良像を結ぶが、軸外ではコマ収差があるため視野を広くとれないのが欠点である。

画素

画面を構成する一番小さな構成要素。例えば、 256×256 素子から成る固体撮像装置では、その1素子を画素という。

カラム量

気柱全量。地表の単位面積の直上にある大気全体（気柱）に含まれる物質の量。

輝度

出典：理)

発光体の単位面積あたりの明るさをいう。発光体の表面積を A、観測方向の光度を I、発光体表面の垂線と観測方向の間の角を θ とすれば、輝度 B は $B=(1/\cos\theta) dI/dA$ で与えられる。国際単位系での単位はカンデラ毎平方メートル (cd/m^2) である。

強誘電体

出典：理)

絶縁材料で、外部から電界^{*1}をかけなくても物質の中に電気的な分極（電気的＋－対の発生；自発分極^{*2}）が存在する物質をいう。この自発分極は、材料の温度が上昇するとともに減少し、材料によって特有の温度（キュリー温度）で相転移を起こす。機械的応力が加わると電圧が発生する圧電性、熱が加わると電圧、電流が発生する焦電性はこの材料の一部である。

*1) 電界：電場ともいう。電荷の空間分布により、そのまわりの空間の状態が変化する。その状態を空間に電場が存在するという。

*2) 自発分極：外からの電場または磁場によって誘起されるのではなく、自然に存在する電気的または磁気的分極で、普通は電場をかけない状態で誘電体が形成している誘導電極をさす。

極渦

出典：気) 気科)

極をほぼ中心にして存在する低気圧。両極地方の対流圏中・上層では年間を通じて存在する。極地方の対流圏下層はむしろ高気圧になっており、また、上空の成層圏は、夏季には気温の極大域になるため、極渦は消滅して高気圧になる。冬の成層圏極渦では、低温化が進むと極成層圏雲が発生しやすい。

極成層圏雲 (PSCs)

氷晶または硝酸を含む水和物、または過冷却の三成分系液滴からなり、通常、冬季の極域高度 15~25 km の成層圏で観測される。この雲の表面上で起こる異相反応によって生成される、 Cl_2 や $HClO$ が一連のオゾン破壊メカニズムの中で主要な役割をはたしていると考えられている。

クロストーク

出典：科)

本来は、電話における異なる通信回線に電流が漏れて他の通話が混信する現象をいうが、

ここでは物理的に隣接するモジュール（素子）間で、信号が漏洩しあう現象をさす。電氣的、熱的、光学的な作用によるクロストークがある。

検出感度

素子面積 1 cm^2 、周波数帯域を 1 Hz として、 1 W の光をあてたときの SN 比に相当するもの。検出感度 D は、以下の式で求められる。

$$D=(A_d\Delta f)^{1/2}/NEP$$

D：検出感度 ($cmHz^{1/2}/W$)

NEP：雑音等価電力 (W)

A_d ：素子の面積 (cm^2)

Δf ：周波数帯域 (Hz)

光行差

出典：理)

光源と観測者が相対速度を持つ場合に、光源の方向が見かけ上変化する現象。

光束

出典：理)

単位時間あたりに伝搬される可視光線の量を、標準観測者の視感度に対して生ずる明るさの感覚で評価したもの。

国連環境計画 (UNEP)

出典：地)

1972 年設立。6 月ストックホルム国連人間環境会議で採択された「人間環境宣言」および「国連国際行動計画」に基づき、国連総会によって広範囲な任務を与えられた。UNEP の目的は、主要な環境問題に関する調査研究を促進し、その研究結果をもとにして健全な環境管理を国レベル、国際レベルの両面で促進するとともに、これらの活動や知見を科学者、政策決定者から産業人や学生に至るまで幅広く周知させることである。

国連人間環境会議

出典：キ)

1972 年 6 月、スウェーデンのストックホルムで開催された環境問題全般の大規模な国際会議。先進工業国における環境問題については経済成長から環境保護への転換が、また、開発途上国における環境問題については開発の推進と援助の増強が重要であることが明らかにされた。本会議において、「人間環境宣言」や、かけがえのない地球を守るための「行動計画」が決定された。

固有振動数

出典：理)

固有振動とは、振動系の各要素が常に同位相で振動を続ける様式で、振動系ごとに決まっている。自由振動の場合にみられる。その振動数を固有振動数という。

【さ】**三軸姿勢制御**

出典：図)

3方向（ローリング；横ゆれ、ピッチング；縦ゆれ、ヨーイング；偏流）の軸を制御して姿勢を地球に対して一定に保つ。地球観測のための地球周回衛星に使われており、制御は複雑になるが、常時地球を指向させることができる。

散乱

出典：理) 図)

1方向に進んできた波が障害物に出会ったとき、それを中心に様々な方向に広がっていく現象。センサによる大気観測を行う際、観測対象物から放出される電磁波は、大気中を伝搬する過程で、空気分子やエアロゾル等と衝突して散乱される。散乱は、センサによる大気観測を行う際、観測対象物からセンサへ向かう電磁波エネルギーが減少したり、観測対象物とセンサを結ぶ方向以外から電磁波が入射したりする等の影響を及ぼす。光の散乱には、レイリー散乱、ミー散乱等があり、波長と衝突する粒子の大きさによって分類されている。

子午面循環

出典：気科)

南北循環、子午面*細胞ともよばれる。子午面内の大気・海洋の閉じた循環を指す。子午面方向（南北方向）の流れと鉛直流からなる。大循環論では、大気・海洋の3次元的な循環を緯度円に沿って経度方向に平均した結果（帯状平均と称する）として見られる南北循環を指す。子午面の流れ（大気の場合約10 cm/s）は東西風（同じく約10 m/s）より大きさにして2桁も小さいが、熱・角運動量や物質の南北・鉛直輸送を通じた大循環の維持を考える上で重要。

*子午面：地球自転の極に相当する2点を通る大円（またはその半円）を子午線といい、子午線を含む平面または半平面を子午面という。

CCD

出典：理) 知)

(Charge Coupled Device)

電荷結合素子。撮像素子の一種。2つ以上のMOS (Metal-oxide semiconductor) ダイオード (MOS素子*の一種) をその基板表面近傍の空間電荷層領域が重なって結合するように接近して配置し、金属電極 (M) に電圧を加えて MOS ダイオードの基板表面の電圧を変え、空間電荷層中に蓄えられていた担体を MOS ダイオード間で転送する素子。

* MOS素子：金属と半導体との間に酸化物がはさまれた MOS (金属-酸化膜-半導体) 構造をもつ回路素子。

瞬時視野 (IFOV)

出典：新)

光学機械の光学系、検出素子が瞬時的に見ることのできる視野。角度 θ で表す場合と、地表面での距離 x で表す場合とがある。衛星高度を H 、光学系の焦点距離を f 、検出器のサイズを D とすると、

$$\theta = D/f, \quad x = H\theta = HD/f$$

で与えられる。

消散係数

出典：図)

光は大気分子および大気中に含まれるエアロゾル粒子によって吸収・散乱されながら大気中を透過する。この際光の強度が減衰することを消散といい、一定の光路長に対する消散の割合を示す係数を消散係数という。

【た】**大気大循環**

地球全体の大気の流れ。地球大気は、太陽からの熱エネルギーを動力源として流れをつくる。地球の自転、大陸や海洋の影響を受けて、大気の流れの場がつけられている。

大気窓

出典：環)

太陽光が地球大気を透過する際、大気中の分子吸収を比較的受けにくく透過率の高いスペクトル領域をいう。赤外域で代表的なものは、2~2.5 μm 、3~4 μm 、8~13 μm の3種類がある。

ダイナミックレンジ

センサが検出できる測定可能な入力幅を表す。その最小値と最大値の比によって示す。

太陽黒点 出典：気科)

太陽の光球面上に見られる現象で、直径は約数万 km、周囲より約 1,500 K 低温になった領域。寿命は 1 週間から数ヶ月で、太陽の中・低緯度でのみ観測される。太陽黒点の数は、8~16 年の周期で増減を繰り返しており、それに伴いフレアなどの太陽活動現象も増減するため、黒点数は太陽活動の指標となっている。

テレメトリ

衛星の各サブシステム (ILAS-II 等のセンサ・中継機器等のミッション機器、電源系、制御系等のバス機器) の電圧、電流、温度、圧力等の動作状態を示すデータ。

天頂 出典：理)

観測点の鉛直線を上方に延長した直線と天球との交点。

等価雑音出力 (NEP)

検知素子の感度を表す数値で、雑音出力に等しい信号出力を与える入力信号の大きさ。NEP は個々の素子の性質を表すものであり、同種の検知器でも面積が変わったり、周波数帯域が異なると NEP も変わる。

ドブソン単位 出典：知)

大気中のオゾンのカラム量を表す単位 (DU)。0 °C、1 気圧の状態では 0.01 mm の厚さに相当する量が 1 DU であり、ミリメートルセンチメートル (matm・cm) とも呼ばれる。

トルク 出典：理)

固定軸のまわりの剛体の回転では、剛体の各部分にはたらく力の固定軸のまわりのモーメントだけが有効である。これをその軸のまわりのトルクという。

【な】

ノッチ

正弦波振動試験において、供試体に振動を加えたときに発生する共振加速度が大きい場合、あらかじめ判明している最大加速度に抑えるため、共振周波数において過振レベルを下げるよう振動パターンをくさび型にすることをいう。

【は】

ハイブリッド IC

混成集積回路。シリコン半導体の上に回路を集積する集積回路 (IC) や、トランジスタ、ダイオード、抵抗、コンデンサ等を用いた一つのセラミック基板の上に金属配線を通じて電気回路とし、パッケージしたもの。

ピエゾトランスデューサ

ピエゾ素子 (圧電*素子) を利用して位置を調節する装置。

*) 圧電 (気) : ピエゾ電気ともいう。圧電効果 (イオン結晶が外力による応力に対応して誘電分極を生ずる現象)。

フラウンフォーファ線 出典：気ハ)

太陽スペクトルに現れる吸収線。フラウンフォーファによって発見された。光球から放射された連続光が彩層下部の種々の原子やイオンに吸収されるために暗線 (吸収線) としてみえる。ILAS-II の可視チャンネルでは、フラウンフォーファ線によるスペクトルの特徴を利用し、分光計の波長校正が可能である。

分解能 出典：理)

光学 (電子光学を含む) 機器などの結像系で見分けることのできる 2 点間の最小の間隔または視角をいう。

放射収支

放射は、物質がその温度に応じた熱エネルギーを放出することである。海面、地表面および大気は、自らそれぞれの温度に応じた放射を行うとともに、他の物質からの放射を受け取っている。この放出と受取の差が放射収支である。放射収支が正ならば差し引きで放射による熱エネルギーを受け取ることになり、負ならば失うことになる。

【ま】

ミー散乱 出典：理)
 粒子の大きさが波長に比べて無視できない場合の光の散乱をいう。大きさが波長の1/10程度より小さい場合のレイリー散乱と区別される。大気中のエアロゾルによる可視光の散乱はミー散乱の例である。

A；入力信号の振幅
 ϕ ；参照信号との位相差

の関係がある。ILAS-IIでは赤外検出器からの出力に対して利用している。

モジュール構造

交換可能な構成部分をいう。ADEOS-IIは、大きく分けるとバスモジュールとミッションモジュールから構成されている。センサ等の観測用ミッション機器、データ処理系・通信系・姿勢制御系等のバス機器は、ボックスまたはパネルに搭載し、ユニットとして各モジュールに取り付けられている。

【ら】

リトリバー

リモートセンシング等で、一般にパラメータの積分で記述される測定信号から、目的とする情報（パラメータ）を抽出することをいう。

レイリー散乱 出典：図)
 波長の約1/10以下の微粒子によっておこる、波長変化を伴わない光の散乱。大気密度の観測において利用される。ライダーによる大気密度の高度分布データから、利用気体の法則、静力学平衡の近似等を使って、大気温度の鉛直分布を得ることができる。

ログ情報 出典：理)
 処理控え、追跡控え（audit trail）ともいう。一般に、計算機システムの操作や処理に関する経時的な記録の情報。ILAS-II DHFのデータ処理ログの内容は、各処理の開始日時、終了日時、完了コード等の情報である。

ロックインアップ

位相検波器。雑音の影響を排除するため、外部の参照信号に同期した信号だけを検出する検波器。出力は直流となり、

$$E = A \cos \phi$$

E；出力電圧

<用語解説>

■成層圏 出典：図)

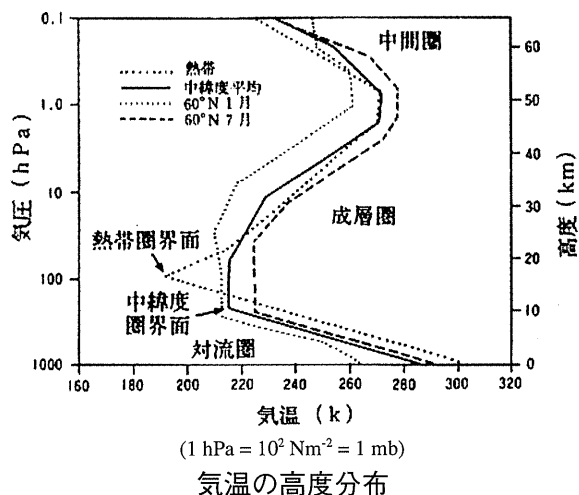
大気鉛直構造は、気温の高度分布により以下のように分けられている。

- ・対流圏 : 地表より高度 10~17 km まで
- ・成層圏 : 高度 10~17 km より約 50 km まで
- ・中間圏 : 高度約 50 km より約 90 km まで
- ・熱圏 : 高度約 90 km より約 500 km まで

この分け方は大気の熱源分布と熱輸送の構造の違いに由来している。

たとえば、対流圏は地表付近の加熱源と対流による上層への熱輸送によって特徴づけられ、成層圏は太陽紫外光による加熱と赤外線熱放射冷却の釣り合いによって特徴づけられる。各圏の上部境界を何々圏界面というが、単に圏界面というときは対流圏界面を指す。

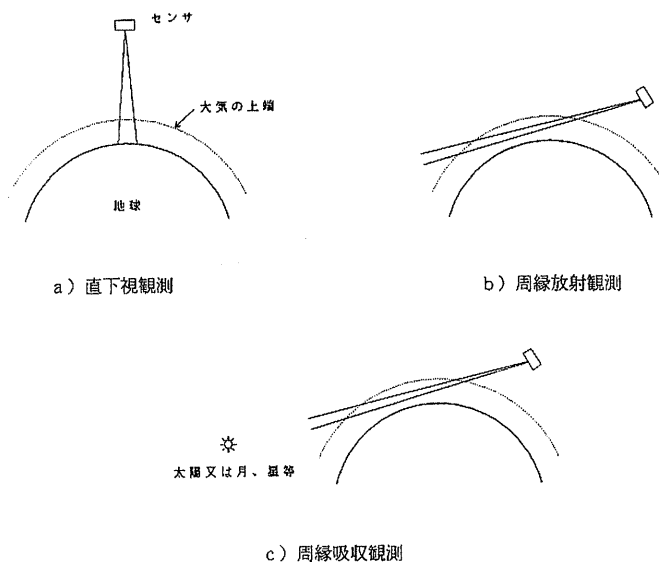
これらの圏界面の高度は、時と場所に変化する。熱帯では対流圏界面高度は約 17 km で比較的安定しているが、中高緯度では季節変化が大きく、高度が 10 km から 17 km まで変化する。中緯度の圏界面付近は強い偏西風（ジェット気流）の吹いているところであり、偏西風の乱れのため圏界面付近の構造は日によってダイナミックに変動する。



■大気用センサ 出典：図)

大気用センサは、気温、水蒸気、大気中の微量気体成分、エアロゾル等の測定や、風、放射収支の測定等を目的としている。これらの物理量は、リモートセンシングでは通常直接測定できないので、実際には大気の散乱、吸収、放射のスペクトルを測定し、その結果から物理量を推定している。測定に利用する電磁波のスペクトル帯域は広く、紫外、可視、赤外の光の領域から、マイクロ波、ミリ波等の電磁波の領域まで広がっている。

大気センサには、能動方式のもの（対象物質に光（電磁波）を照射して測定するもの）と受動方式のもの（外部の光源を利用して測定するもの）とがある。能動方式のセンサの代表的なものとしては、ライダー（lidar; light detection and ranging）がある。ライダーは、光レーザーあるいはレーザーレーザーともよばれ、通常のレーザーがマイクロ波を使用しているのに対して、光（レーザー光）を使用して、その散乱、反射光の戻る時間や強度等を測定するものである。



大気用センサの測定方法

一方、受動方式のセンサには、太陽光の大気による散乱を測定するもの、大気の放射を測定するもの、太陽、月等の光源からの光の大気による吸収を測定するものなど多くの方式がある。

受動方式のセンサは、その測定方向の違いにより、衛星から鉛直下方（天底）を観測する直下視観測（nadir observation）と、地球の周縁方向を観測する周縁観測（limb observation）とに区分される。直下視観測のセンサは、水平方向の分解能には優れるが、鉛直方向の分解能は低く、また、測定領域が主として対流圏となり、気体の濃度が低い成層圏の測定は難しい。周縁観測のセンサは、水平方向の分解能は低い、鉛直方向の分解能は高く、また、成層圏の観測に適している。

周縁観測のセンサには、大気の放射を測定するものや、太陽、月、星等の光源の光の吸収を測定するものがあり、吸収測定型のセンサでは、SN 比（signal to noise ratio；入力信号中の有効な信号 S と雑音 N の比）は高くなる（精度が高くなる）が、光源が星以外の場合には観測領域が制限される。ILAS や ILAS-II は、光源を太陽とする周縁大気吸収測定型の大気センサである。

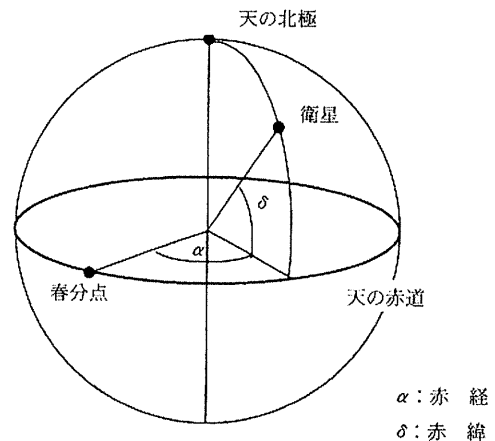
■衛星の軌道要素 出典：リ)

惑星や衛星の軌道を表現するための数値の組を軌道要素とよぶ。様々な軌道要素があり得るが地球の衛星の場合、独立の軌道要素の数は6であり、代表的なものにケプラーの6要素がある。

一方、天球上での天体の位置を表すための座標系として、天体の位置を赤経、赤緯で表す赤道座標系がある。

<赤道座標系>

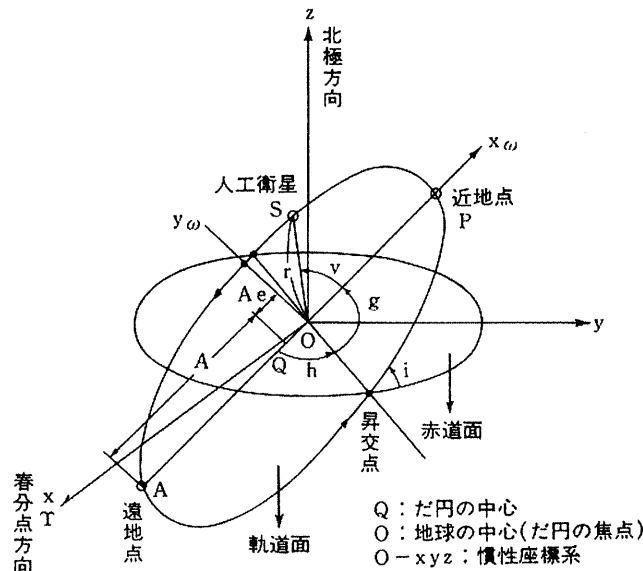
- 座標系の原点 : 地球の中心
 基準とする大円 : 地球の自転軸と天球の交点を極とする大円（天の赤道面）
 赤経の起点 : 春分の日太陽の方向（春分点）
 天体の赤経 : 春分点を通る時圈（天球の極を通る大円）と天体を通る時圈とのなす角。春分点を 0 時として東方向に 24 時までの時間で表す。
 天体の赤緯 : 天体を通る時圈上での赤道面から天体までの角度。赤道を 0 度とし、北極を +90 度、南極を -90 度とする。



赤道座標

<ケプラーの軌道要素>

- 軌道長半径 (A) : 軌道楕円の長径
 軌道離心率 (e) : 軌道楕円の離心率
 軌道傾斜角 (i) : 軌道面の赤道面に対する角度
 昇交点赤経 (h) : 軌道が赤道面を南から北によぎる点の赤経
 近地点引数 (g) : 軌道面内における近地点の方向
 真近点離角 (v) : 軌道面内における衛星と近地点とのなす角



A : 軌道長半径, e : 軌道離心率, i : 軌道傾斜角
 h : 昇交点赤経, g : 近地点引数, v : 真近点離角

ケプラーの軌道要素

<衛星軌道の種類>

人工衛星の軌道には、形状、軌道傾斜角、軌道の周期、回帰性などにより様々な呼称がある。

- 太陽同期軌道：軌道の周期が 1 恒星年で、地球の公転と同じ向きの軌道をいう。軌道面と太陽とのなす角がほぼ一定に保たれることから、太陽光を利用する受動型のセンサでは観測条件を一定にできるという利点がある。ADEOS-II の軌道も太陽同期軌道である。
- 極軌道：赤道と衛星軌道がなす角を軌道傾斜角といい、軌道傾斜角が約 90 度の軌道を極軌道という。全球をカバーできるため、ADEOS-II をはじめとする多くの地球観測衛星で採用されている。
- 回帰軌道：衛星直下の軌跡が、毎日同一地点を通過する軌道をいう。
- 準回帰軌道：衛星直下の軌跡が、N 日ごとに同一地点を通過する軌道を、回帰日数 N 日の準回帰軌道という。ADEOS-II の軌道は、回帰日数 4 日の準回帰軌道である。

衛星軌道の種類

項目	種類	パラメータ	
軌道形状	円軌道	離心率	$e = 0$
	楕円軌道		$0 < e < 1$
	放物線軌道		$e = 1$
	双曲線軌道		$1 < e$
軌道傾斜角	赤道軌道	軌道傾斜角	$i \doteq 0$
	傾斜軌道		$0 < i < 90$
	極軌道		$i \doteq 90$
周期性	太陽同期軌道		
	太陽非同期軌道		
	静止軌道		
回帰性	回帰軌道		
	準回帰軌道		

■電磁波 出典：図)、リ)

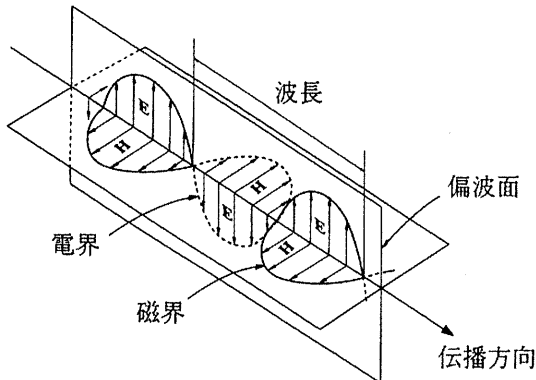
電磁波とは、真空中あるいは物質中を電磁場の振動が伝搬することにより電磁エネルギーを運ぶ波をいう。

すべての物質は、それぞれ固有の性質として電磁波を反射、吸収、透過、放射する。たとえば、植物の葉が緑色に見えるのは、葉中のクロロフィルが、太陽光のうち青および赤の波長の光をより強く吸収し、緑の波長の光をより強く反射するためである。この電磁波に対する物質固有の波長特性を分光特性（スペクトル特性）とよぶ。

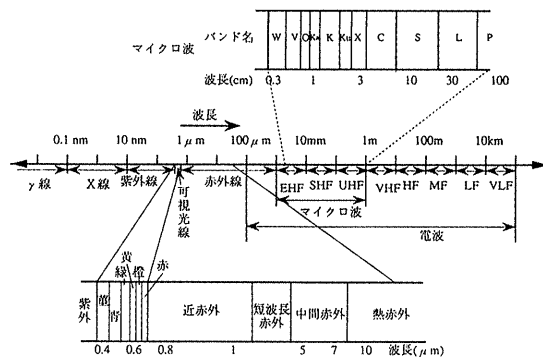
一般に、リモートセンシングにおいては、物質により反射、吸収等を受けた電磁波を測定することにより、物質（物体）の識別やそれのおかれている環境条件、あるいはその濃度等の物理量を推定する。

電磁波は波長の短いものから順にγ線、X線、紫外線（UV；ultraviolet）、可視光線、赤外線（IR；infrared）、電波と呼ばれている。電磁波は波長が短いほど粒子の性質が強く、直進性、指向性が強い。

下表に電磁波の波長帯域を示した。なお、赤外線の各区分の名称とその波長範囲およびマイクロ波の波長範囲については、リモートセンシングで一般的に使用されているものを示した。現在、リモートセンシングに用いられている電磁波の波長は紫外線の一部（0.3～0.4 μm）と可視光線（0.4～0.7 μm）、赤外線の一部（0.7～14 μm）、マイクロ波（約 1 mm～1 m）である。可視光線は、人間の目には波長の長い方から順に赤、橙、黄、緑、青、堇のいわゆる虹の色に見える。マイクロ波は、レーダーやマイクロ波放射計に用いられているほか、一般には通信などにも使われており、Kaバンド、Kバンド、Xバンド、Sバンドなど特殊な名称を用いることが多い。



電磁波



リモートセンシングの利用波長帯

衛星軌道の種類

名称		波長範囲	周波数範囲	
紫 外 線		10 nm～0.4 μm	750～3,000 THz	
可 視 光 線		0.4～0.7 μm	430～750 THz	
赤外線	近 赤 外	0.7～1.3 μm	230～430 THz	
	短波長赤外	1.3～3 μm	100～230 THz	
	中 間 赤 外	3～8 μm	38～100 THz	
	熱 赤 外	8～14 μm	22～38 THz	
	遠 赤 外	14 μm～1 mm	0.3～22 THz	
電 波	サブミリ波	0.1～1 mm	0.3～3 THz	
	マイクロ波	ミリメートル波 (EHF)	1～10 mm	30～300 GHz
		センチメートル波 (SHF)	1～10 cm	3～30 GHz
		デシメートル波 (UHF)	0.1～1 m	0.3～3 GHz
	超 短 波 (VHF)	1～10 m	30～300 MHz	
	短 波 (HF)	10～100 m	3～30 MHz	
	中 波 (MF)	0.1～1 km	0.3～3 MHz	
	長 波 (LF)	1～10 km	30～300 kHz	
超 長 波 (VLF)	10～100 km	3～30 kHz		

■回折格子 出典：(図)、(日)

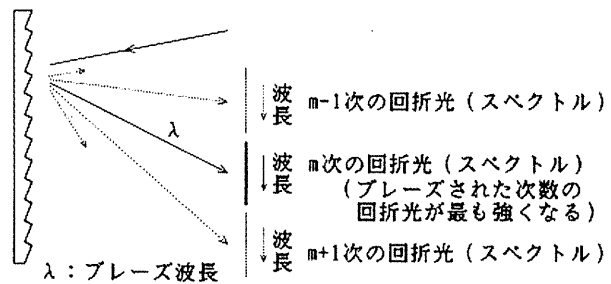
光の各波長の強度をスペクトルと呼び、光をスペクトルに分解することを分光という。

分光用の素子の代表的なものとしては、よく知られているプリズムの他に回折格子がある。

波が障害物の後ろに回り込んで伝播する現象を回折というが、多数の細隙（スリット）を平行で等間隔に並べた回折格子に光をあてると、各スリットによる回折が生じる。この時、隣り合うスリットからの回折光の光路長の差（光路差）が、波長の整数（ m ）倍となっているような格子を用いると、異なるスリットにより回折された光波が干渉する結果、与えられた波長の光は特定方向にのみ強く伝播するため、分光することができる。この m をスペクトルの次数という。

光路差が整数倍になるのは 1 つの方向だけではないので、複数の方向に同一のスペクトルが表れるため、注目する次数の回折光が強く表れるように反射面（刻線）を傾けた格子（ブレイズド格子）が用いられることが多い。

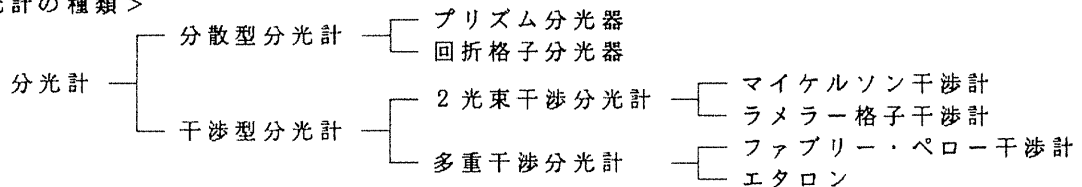
回折格子をつくるには、普通、平面または凹面に研磨された鏡面に、ダイヤモンドの刃をもった刻線機械で精密に等間隔に刻線する。また、レーザー光によって得られる干渉縞を焼き付けてつくられる回折格子もあり、ホログラフィック格子とよばれる。



回折格子による分光

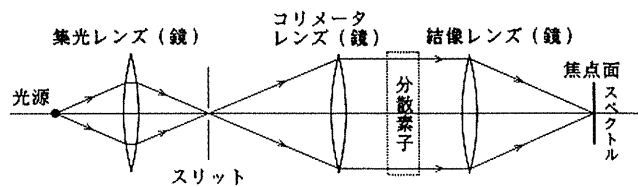
■分光計 出典：(図)

<分光計の種類>

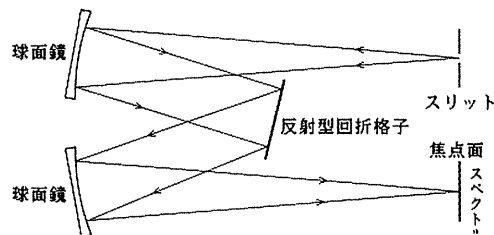


<分散型分光計>

集光レンズ（鏡）で集めた光をスリットに照射し、コリメータレンズ（鏡）で平行光束として分散素子（プリズム・回折格子等）に入射させ、結像レンズ（鏡）でスペクトルを得るような構造の分光光度計。代表的なものとしては、ツェルニー・ターナー型分光計がある。



分散型分光計の基本構造

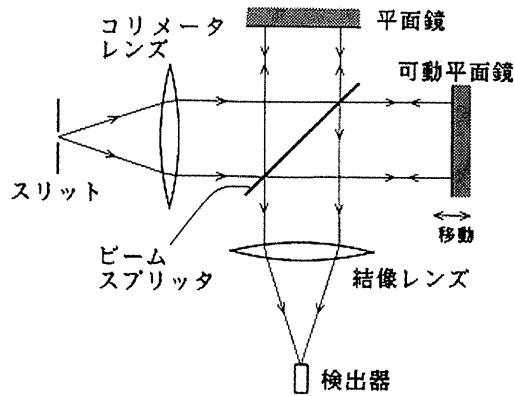


ツェルニー・ターナー型分光計

＜2 光束干渉分光計＞

測定対象の光束をビームスプリッタ等で2つの光束に分け、光路差を与えて重ね合わせ、干渉によるスペクトル分解を行う分光計で、与える光路差を変化させることによりスペクトル分布を得ることができる。

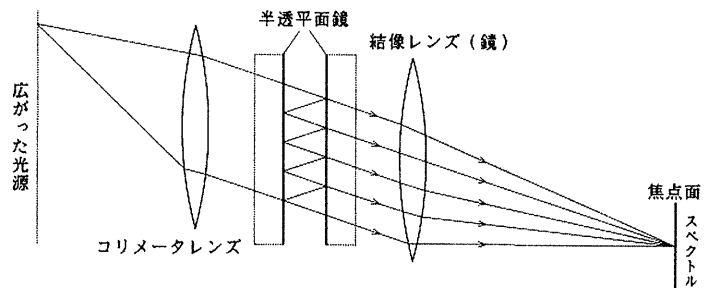
この型の分光計はフーリエ分光計ともよばれる。光束の分割にビームスプリッタを使用するものをマイケルソン干渉計、ラメラ格子を使用するものをラメラ格子干渉計という。



マイケルソン干渉計

＜多重干渉分光計＞

半透明の平面鏡を向かい合わせて斜めから光を入射させ、反射・透過を繰り返して射出する干渉光を結像させる分光計。入射光の角度、反射面の間隔等により干渉条件が変化するため、スペクトルを得ることができる。反射面の間隔が可変のファブリー・ペロー干渉計や、間隔が固定されたエタロンなどがある。



ファブリー・ペロー干渉計

＜出典＞

- 知) 「朝日現代用語 知恵蔵 1995」(山本 信 編, 朝日新聞社, 1995 年)
- 理) 「岩波 理化学辞典第5版」(長倉 三郎ら 編, 株式会社岩波書店, 1998 年)
- 科) 「英和 科学用語辞典」(崎川 範行 監修, 足ヶ原 伸之・増山 信司 編集, 講談社, 1975 年)
- キ) 「改訂 地球環境キーワード事典」(環境庁地球環境部編, 中央法規出版株式会社, 1994 年)
- 総) 「環境総覧 1994」(通商産業省環境立地局 監修, 通産資料調査会, 1993 年)
- 気科) 「気象科学事典」(日本気象学会 編, 東京書籍株式会社, 1998 年)
- 気環) 「気象と環境の科学」(山崎 道夫, 廣岡 俊彦 共編, 株式会社養賢堂, 1993 年)
- 気ハ) 「気象ハンドブック」(気象ハンドブック編集委員会 編, 株式会社朝倉書店, 1979 年)
- 新) 「新編 リモートセンシング用語辞典」(財団法人 資源・環境観測解析センター, 1996 年)
- 地) 「地球ハンドブック」(不破 敬一郎 編, 株式会社朝倉書店, 1994 年)
- 図) 「図解 リモートセンシング」(日本リモートセンシング研究会 編, 社団法人日本測量協会, 1994 年)
- 気) 「平凡社版 気象の事典」(浅井 富雄, 内田 英治, 河村 武, 株式会社平凡社, 1988 年)
- 日) 「日本大百科全書」(小学館, 1995 年)
- リ) 「リモートセンシング通論」(日本リモートセンシング研究会, 2000 年)

付録-4

略語集

付録-4 略語集

A			
AATSR	: Advanced Along Track Scanning Radiometer	Az	: Azimuth 方位角
AC	: Alternating Current 交流	B	
ACRIM2	: Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor	BAS	: British Antarctic Survey 英国南極観測局
ADEOS	: Advanced Earth Observing Satellite 地球観測プラットフォーム技術衛星	BAT	: Battery バッテリー
ADEOS-II	: Advanced Earth Observing Satellite II 環境観測技術衛星	BBM	: Bread Board Model ブレッドボードモデル
AEM-B	: Application Explorer Mission -B	BCCU	: Battery Charge Control Unit バッテリー充電制御器
AMAS	: Advanced Millimeter-Wave Atmospheric Sounder	BPF	: Band Pass Filter バンドパスフィルタ
AMI	: Active Microwave Instrument	BPSK	: Biphase Shift Keying 2相シフト変調方式
AMSR	: Advanced Microwave Scanning Radiometer 高性能マイクロ波放射計	C	
AMSR-CONT	: AMSR Control Unit 高性能マイクロ波放射系 (制御部)	C&DH	: Communication & Data Handling 通信及びデータ処理系
AMSR-SENS	: AMSR Sensor Unit 高性能マイクロ波放射系 (センサユニット)	CAESR	: Cold Atmospheric Emission Spectral Radiometer
AOCE	: Attitude & Orbit Control Electronics 姿勢及び軌道制御電子回路	CCR	: Corner Cube Reflector 軌道決定実験用リフレクタ
AOCS	: Attitude & Orbit Control System 姿勢及び軌道制御系	CDR	: Critical Design Review 詳細設計審査
APE	: Antenna Pointing Electronics アンテナ駆動電子回路	CEOS-IDN	: Committee for Earth Observation Satellites-International Directory Network 地球観測衛星委員会-国際ディレクトリネットワーク
APM	: Antenna Pointing Mechanism アンテナ駆動機構	CFC	: Chlorofluorocarbon クロロフルオロカーボン
ARTEMIS	: Advanced Relay and Technology Mission データ中継・移動体通信実験衛星 (ESA)	CGER	: Center for Global Environmental Research 地球環境研究センター
ASR	: Advanced SAR	CLAES	: Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer
ASF	: Alaska SAR Facility アラスカSAR施設	CLD	: Chemiluminescence Detector 蛍光放射検出器
AT	: Acceptance Test 受け入れ試験	CLIVER	: Climate Variability Research program 気候変動研究計画
ATMOS	: Atmospheric Trace Molecule Spectrometer 大気成分分子分析器	CNES	: Centre National d'Etudes Spatiales フランス国立宇宙研究センター
ATSR-2	: Along-Track Scanning Radiometer and Microwave Sounder	Co-I	: Cooperative Investigator 共同研究者
AVNIR	: Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer (NASDA core sensor) 高性能可視近赤外放射計	COM	: Contamination Monitor 汚染モニタ

COM-S	: Contamination Monitor Sensor 汚染モニタセンサ	EOC	: Earth Observation Center NASDA地球観測センター
CPU	: Central Processing Unit 中央演算処理装置	EOL	: End of Life 寿命末期
CRL	: Communications Research Laboratory 郵政省通信総合研究所	EORC	: Earth Observation Research Center NASDA地球観測データ解析研究センター
CU	: Central Unit セントラルユニット	EOS	: Earth Observing System
CZCS	: Coastal Zone Color Scanner	EOS-Aura	: Earth Observing System-Aura
D			
DC	: Direct Current 直流	EPS	: Electrical Power Subsystem 電源系
DCS	: Data Collecting System データ収集システム	ERB	: Earth Radiation Budget
DCS-ANT	: Data Collecting System Antenna DCSアンテナ	ERBE NS	: Earth Radiation Budget Experiment Non-Scanner
DHF	: Data Handling Facility データ処理運用施設	ERBE S	: Earth Radiation Budget Experiment Scanner
DIP/HYB	: USB Diplexor/S-band Hybrid USBダイプレクサ/Sバンドハイブリッド	ERBS	: Earth Radiation budget Satellite
DMS	: Dynamics Monitoring System パドル動特性システム	ESA	: Earth Sensor Assembly 地球センサ部
DOM	: Dose Monitor 放射線吸収線量モニタ	ESA	: European Space Agency 欧州宇宙機関
DORIS	: Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite	ESCAP	: Economic and social Commission for asia and the Pacific 国連アジア太平洋経済社会委員会
DRTS	: Data Relay Test Satellite データ中継技術衛星 (日本)	ETS-V	: Engineering Test Satellite 技術試験衛星-V
DT	: Development Test 開発試験	ETS-VI	: Engineering Test Satellite 技術試験衛星-VI
DT	: Direct Transmission 直接送信系	EXOS-C	: Exospheric Satellite-C 第9号科学衛星「おおぞら」
DTL	: Direct Transmission Subsystem for Local Users 局地ユーザ送信系	F	
E			
EC	: European Community 欧州共同体	FIRS-2	: Far-Infrared Spectrometer-2
ECC	: Error Correction Cord 誤り訂正符号	FM	: Flight Model フライトモデル
EEA	: European Environment Agency 欧州環境庁	FOV	: Field of View 視野角
EI	: Elevation 仰角	FSSA	: Fine Sun Sensor Assembly 精太陽センサ
EM	: Engineering Model エンジニアリングモデル	FSSE	: Fine Sun Sensor Electronics 精太陽センサセンサ電子回路
ENVISAT	: Environmental Satellite	FSSH	: Fine Sun Sensor Head 精太陽センサヘッド
		FTIR	: Fourier Transformation Infra Red Spectrometer フーリエ変換赤外分光装置
		FTS	: Fourier Transform Infrared Spectrometer フーリエ変換赤外分光計

G

GCOM-A	: Global Change Observation Mission -A 地球環境変動観測ミッション
GEWEX	: Global Energy and Water Cycling Research Experiment 全球エネルギー・水循環実験計画
GI/UAF	: Geophysical Institute of university of Alaska Fairbanks
GLI	: Global Imager グローバルイメージャ
GOME	: Global Ozone Monitoring Experiment
GOMOS	: Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars
GPS	: Global Positioning Satellite System 全地球測位システム
GPS-ANT	: Global Positioning Satellite System Antenna GPSアンテナ
GPSR	: GPS receiver GPS受信機

H

HALOE	: Halogen Occultation Experiment
HCFC	: Hydro Chlorofluorocarbon ハイドロクロロフルオロカーボン
HIRDLS	: High Resolution Dynamics and Limb Sounder
HIT	: Heavy Ion Telescope detector 重イオン観測装置
HKMU	: House Keeping Memory Unit HKメモリユニット
HRDI	: High Resolution Doppler Imager
HRV	: Haute Resolution Visible
HRVIR	: Haute Resolution Visible and Infrared

I

IC	: Integrated Circuit 集積回路
ICD	: Interface Control Document インタフェース管理文書
ICS	: Interface Control Specification インタフェース管理仕様書
ICSU	: International Council of Scientific Unions 国際学術連合会議
IFOV	: Instantaneous Field Of View 瞬時視野
IGBP	: International Geosphere and Biosphere Research Program 地球圏・生物圏国際協同研究計画
ILAS	: Improved Limb Atmospheric Spectrometer 改良型大気周縁赤外分光計

ILAS-II	: Improved Limb Atmospheric Spectrometer II 改良型大気周縁赤外分光計II型
ILAS-II DHF	: ILAS-II Data Handling Facility ILAS-IIデータ処理運用施設
IMG	: Interferometric Monitor for Greenhouse Gases 温室効果気体センサ
INT	: Instrumentation 計装系
IOCS	: Inter Orbit Communication Subsystem 軌道間通信系
IOCS-ANT	: Inter Orbit Communication Subsystem Antenna IOCSアンテナ
IP	: Implementation Plan インタフェース作業取り決め
IR	: Infrared 赤外
IR	: Infrared Radiometer
IRU	: Inertial Reference Unit 慣性基準装置
ISAMS	: Improved Stratospheric and Mesospheric Sounder
ISS	: International Space Station
ISSC	: International Social Science Council 国際社会科学会議
IUCN	: International Union for Conservation of Nature 国際自然保護連合

J

JPL	: Jet Propulsion Laboratory ジェット推進研究所
JRA	: Joint Research Announcement 共同研究公募

K

K-FEED	: Kaバンド給電部
K-MOD	: K-band single access intersatellite communications equipment Modulator KSA用変調器
K-TRK-RX	: Ka-band Tracking Receiver Kaバンド追尾受信器
K-TWTA	: Ka-band Travelling Wave Tube Amplifier Kaバンド高出力増幅器
K-UPC	: Ka-band Up-converter Kaバンドアップコンバータ

L

LaRC	: Langley Research Center
------	---------------------------

LAS	: Limb Atmospheric infrared Spectrometer 大気周縁赤外分光計	NASDA	: National Space Development Agency of Japan 宇宙開発事業団
LAV	: Latching Valve 遮断弁	NIES	: National Institute for Environmental Studies 国立環境研究所
LIMS	: Limb Infrared Monitor of the Stratosphere	NOAA	: National oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁
LPF	: Low Pass Filter ローパスフィルタ	NSCAT	: NASA Scatterometer NASA散乱計
LPMA	: Limb Profile Monitor of the Atmosphere 太陽掩蔽法		
LRR	: Lasor Retro Reflector		
M		O	
MAB	: Man and Biosphere 人間と生物圏	OBC	: On Board Computer オンボードコンピュータ
MDP	: Mission Data Processing ミッションデータ処理系	OCTS	: Ocean Color and Temperature Scanner 海色海温走査放射計
MDR	: Mission Data Recorder ミッションレコーダ	ODC	: Ordnance Controller 爆管制御器
MERIS	: Medium Energy Proton Analyzer	ODR	: Optical Data Recorder 光ディスクレコーダ
MIPAS	: Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding	ODUS	: Ozone Dynamics Ultraviolet Spectrometer オゾン観測センサ
MIPAS-B	: Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding, Balloon	ODV	: カメラ部
MIVZA	: Microwave Radiometer for Temperature Sounding of the Atmosphere	OE	: Occultation Event 観測イベント
MLI	: Multi Layer Insulation 多層絶縁材	OECD	: Organization for Economic Co-Operation and Development 経済協力開発機構
MLS	: Microwave Limb Sounder	OMI	: Ozone Monitoring Instrument
MOS	: Metal Oxide Semiconductor 金属酸化物半導体	P	
MSGI-3	: Multichannel System for Geoactive Measurements	PCD	: Payload Collection Data ペイロードコレクションデータ
MTF	: Modulation Transfer Function 変調伝達関数 (空間周波数の振幅の絶対値)	PCU	: Power Control Unit 電力制御器
MTIR	: Middle and Thermal Infrared 中間・熱赤外域	PDL	: Paddle 太陽電池パドル
MTQ	: Magnitic Torquer 磁気トルカ	PDM	: Paddle Drive Mechanism パドル駆動機構
MTZA	: Microwave Radiometer for Temperature Sounding of the Atmosphere	PDR	: Preliminary Design Review 基本設計審査
MVZA	: Microwave Radiometer for Humidity Sounding of the Atmosphere	PEM	: Particle Environment Monitor
MWR	: Microwave Radiometer	PFM	: Proto Flight Model プロトフライトモデル
MZOAS	: Microwave Radiometer for Ocean, Atmosphere and Sounding	PFT	: Proto Flight Test プロトフライト試験
N		PI	: Principal Investigator 研究代表者
NASA	: National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局	PIU	: Power Interface Unit パワーインタフェースユニット

PM	: Prototype Model プロトタイプモデル	SBUV	: Solar Backscatter Ultraviolet
POAM	: Polar Ozone and Aerosol Measurement	SCIAMAC	: Scanning Imaging Absorption
POLDER	: Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances 地表反射光観測装置	HY	: Spectrometer for Atmospheric Cartography
POM	: Potentiometer 電位モニタ	SeaWinds	: 海上風観測装置
PQR	: Post Qualification test Review プロトフライト試験後審査	SeaWinds-	: 海上風観測装置 (アンテナ部)
PRARE	Precise Range And Range-Rate Equipment	SAS	
PSC	: Power Source Controller 電源制御装置	SeaWinds-	: 海上風観測装置 (RF部)
PSCs	: Polar Stratospheric Clouds 極成層圏雲	SES	
PSD	: Position Sensitive Detector	SHNT	: Shant (分岐回路) デジタルシーケンシャル シヤント
PSR	: Pre-Shipment Review 出荷前審査	SM	: Multichannel Spectrometer
Q			
QBO	: Quasi-Biennial Oscillation 準2年周期振動	SM	: Structure Model 構造モデル
QT	: Qualification Test 認定試験	SME	: Solar Mesosphere Explorer
R			
RA	: Research Announcement 研究公募	SMILES	: Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder 超伝導サブミリ波リム放射サウンダー
RA	: Radar Altimeter	SMMR	: Scanning Multichannel Microwave Radiometer
RAID	: Redundant Arrays of Inexpensive Disk ディスクアレイ	SN比	: Signal to Noise Ratio 信号対雑音比
RCL	: Reconditioning Load リコンディショニング負荷	SOFIS	: Solar Occultation FTS for Inclined-orbit Satellite 傾斜軌道衛星搭載太陽掩蔽法フーリエ 変換分光器
RCS	: Reaction Control System 推進系	SOLSTICE	: Solar/Stellar Irradiance Comparison Experiment
RIS	: Retroreflector in Space 地上・衛星間レーザー長光路吸収測定 用リトロリフレクター	SPSS	: Solar Paddle Sun Sensor パドル追尾用太陽センサ
RIU	: Remote Interface Unit リモートインタフェースユニット (CUとのデータ受け渡し)	STM	: Structure and Thermal Model 熱構造モデル
RMK-2	: Radiation Measurement Complex	STR	: Structure subsystem 構体系
RW	: Reaction Wheel リアクションホイール	SUM	: Single Event Upset Monitor メモリ誤作動モニタ
S			
S-ANT1/2	: S-band Antenna 1/2 Sバンドアンテナ1/2	SUSIM	: Solar Ultraviolet Spectral Irradiance Monitor
SAGE	: Stratospheric Aerosol and Gas Experiment	SWIR	: Short Wave Infrared Radiation 短波長赤外域
SAM-II	: Stratospheric Aerosol Measurement II	TACC	: Tracking and Control Center 中央追跡管制所
SAMS	: Stratospheric and Mesospheric Sounder	T	
		TANK	: Fuel TANK 推進剤タンク
		TBD	: To Be Determined 未定
		TCS	: Thermal Control System 熱制御系

TDLHS	: Tunable Diode Heterodyne Spectrometer レーザーヘテロダイン分光計	VNIR	: Visible and Near-Infrared Radiometer 可視近赤外域
TDU	: Technical Data Unit 技術データ取得装置ユニット	W	
TEDA	: Technical Data Acquisition Equipment 技術情報取得装置	WCED	: World Commission on Environment and Development 環境と開発に関する世界委員会
TERSE	: Tunable Etalon Remote Sounder for the Earth	WCRP	: World Climate Research Program 気候変動国際協力研究計画
TES	Tropospheric Emission Spectrometer	WDE	: Wheel Drive Electronics ホイール駆動装置
TFG/SW	: Transfer Flame Generator / Switch トランスファフレイムジェネレータ/ スイッチ	WFF	: Wallops Flight Facility ワロップス飛行施設
THIR	: Temperature Humidity Infrared Radiometer	WHO	: World Health Organization 世界保健機関
THR	: Thruster スラスタ	WINDII	: Wind Doppler Imaging Interferometer
TKSC	: Tsukuba Space Center 筑波宇宙センター	WMO	: World Meteorological Organization 世界気象機関
TOMS	: Total Ozone Mapping Spectrometer オゾン全量分光計	WWF	: World Wide Fund for Nature 世界環境保全戦略
TOMS EP	: TOMS Earth Probe	WWW	: World Wide Web ワールド・ワイド・ウェブ
TOVS	: TIROS operational vertical sounder タイロス実用大気鉛直分布サウン ダー	X	
U		X-ANT	: X-band Antenna Xバンドアンテナ
UARS	: Upper Atmosphere Research Satellite	X-COMB	: X-band combiner Xバンド合波器
UKMO	: United Kingdom Meteorology Office 英国気象局	X-MOD	: X-band modulator Xバンド変調器
UHF	: Ultra High Frequency 300MHz～3GHzの極超短波	X-SSPA	: X-band Solid State Power Amplifier Xバンド固体増幅器
UNCED	: United Nations Conference on Environment and Development 国連環境開発会議		
UNEP	: United Nations Environment Programme 国連環境計画		
UNESCO	: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization 国際連合教育科学文化機関		
USB/SSA-	: USB/SSA Transponder		
XPDR	: USB/SSA トランスポンダ		
UV-B	: Ultra Violet-B 有害紫外線		
V			
VIS	: Visible 可視		
VMPDE	: Valve, Magnetic Torquer, Paddle Drive Electronics バルブ・磁気トルカ・パドル駆動回路		
VMS	: Visual Monitoring System 視覚モニタ系		

RESEARCH REPORT FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN
No.163

国立環境研究所研究報告 第163号
(R-163-2001)

ILAS- II プロジェクトレファレンスブック
問い合わせ先 衛星観測プロジェクト 横田達也
FAX:0298-63-3874 E-mail:yoko@nies.go.jp

【平成12年12月15日 編集委員会受付】

【平成12年12月26日 編集委員会受理】

平成13年2月28日発行

発行 国立環境研究所
〒305-0053 茨城県つくば市小野川16番2
電話 0298-50-2343 (ダイヤルイン)

印刷 前田印刷株式会社筑波支店
〒305-0033 茨城県つくば市東新井14-3

Published by the National Institute for Environmental Studies
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053 Japan
February 2001

本報告書は再生紙を使用しています。