

## ミッション実証衛星「研究ミッション」の選定結果について

平成10年10月14日

宇宙開発事業団

### 1 報告事項

ミッション実証衛星(以下、「MDS」という。)により宇宙実証を行うことを想定した研究ミッションの平成10年度選定結果について報告する。

### 2 経緯

(1)平成9年度第1回宇宙開発委員会計画調整部会(平成9年5月16日)において、MDSの「研究ミッション」については、宇宙開発事業団(以下、「NASDA」という。)がミッションを公募し、NASDAの外部諮問委員会により選定評価を実施することとされた。

(2)第23回宇宙開発委員会(平成10年6月10日)において、MDSの研究ミッションの選定を行うことを報告し、平成10年6月10日より7月31日まで公募を行った。

(3)公募締切りから平成10年10月始めに亘り、宇宙開発事業団で応募テーマの選定を行った。

(4)第10-29回理事会議(平成10年10月6日)において、MDSの平成10年度研究ミッションのテーマ選定について審議了承された。

### 3 応募概況

平成10年6月10日募集を開始し、平成10年7月31日に公募を締切った。応募総計46件の研究ミッション提案が寄せられた。分野別、応募機関別の分類を図1に示す。

### 4 選定作業

(1)宇宙開発事業団の外部諮問委員会として設定したミッション選定評価委員会において、評価基準・評価手順・選定評価スケジュール等について審議。(平成10年8月11日)

(2)各評価委員による提案の評価。(平成10年8月11日～8月28日)

(3)第2回ミッション選定評価委員会において一次選定。(平成10年9月1日)

(4)第3回ミッション選定評価委員会において、面接評価により二次選定(最終選定)。(平成10年9月17日)

## 5 評価基準

研究ミッションの選定に当たっては、ミッション選定評価委員会において以下の選定基準を定め、これに基づき評価選定を実施した。

- (1) 提案ミッションが、MDSの目的に適合していること。
- (2) 一定期間の共同研究及び概念設計により、MDSとして実現するための技術的な可能性が見込まれること。
- (3) 一定期間の共同研究を継続する見通しがあること。

## 6 選定結果

ミッション選定評価委員会は46件の提案から、試作・設計研究4件、構想研究4件の計8件を最終選定候補に選定し、これを踏まえて実施計画の調整を行った後、宇宙開発事業団において、表1のとおり研究ミッションを選定した。

## 7 今後の進め方

研究ミッションの共同研究については、衛星ミッション推進センターを窓口として3年次に亘る共同研究契約を締結する。

8件×3年 = 63億円

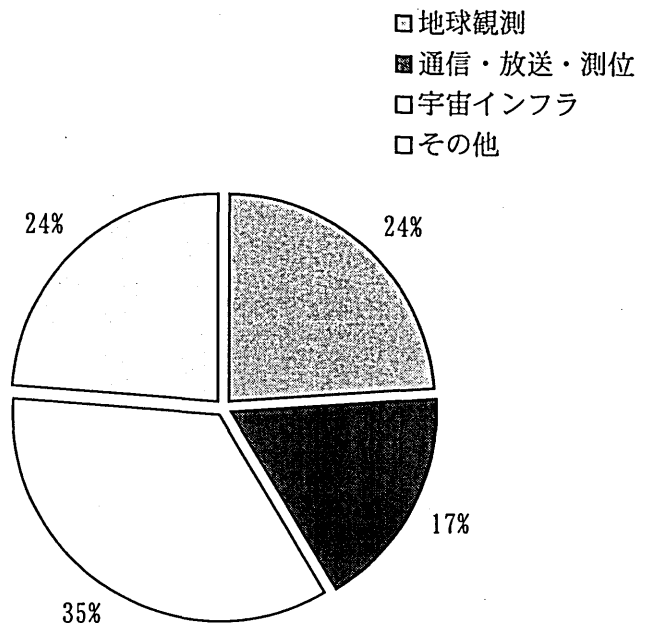
以上

図1. 研究ミッション公募についての応募分野別、応募機関別の分類

応募分野別

分野	件数
地球観測	11
通信・放送・測位	8
宇宙インフラ	16
その他	11
計	46

(注)宇宙インフラ：宇宙インフラストラクチャ  
拠点系・支援系、衛星基盤技術



応募機関別

機関	件数
大学	8
国立研究機関	6
民間企業	21
NASDA	11
計	46

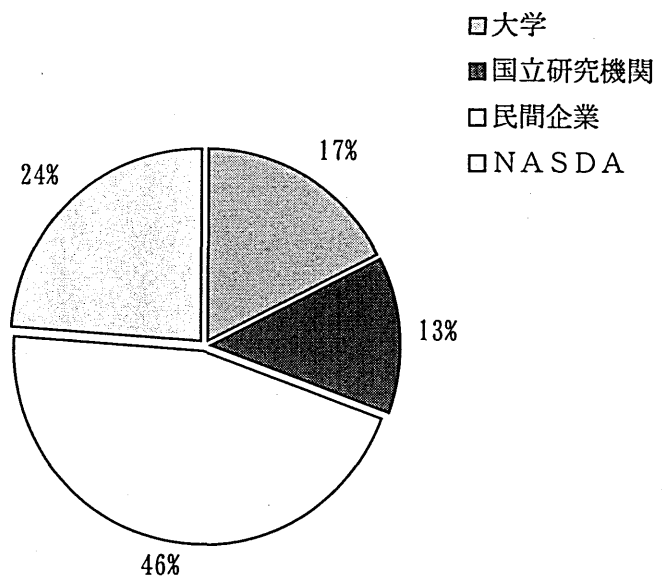


表1. 選定結果一覧表

ミッション名	所属・役職	代表応募者名	研究分野	研究レベル
衛星搭載型雲レーダによる雲システムの気候影響研究	(社)資源協会 地球科学技術推進機構・上席研究員	中島 映至	地球観測	試作・設計
次世代型温室効果モニタリング用高スペクトル分解能センサ	宇宙開発事業団 地球観測データ解析研究センター・副主任開発部員	鈴木 睦	地球観測	試作・設計
衛星測位要素技術実証衛星	郵政省通信総合研究所 標準計測部・原子標準研究室長	森川 容雄	通信・放送・測位	試作・設計
イオン推進軌道変換技術の実証	航空宇宙技術研究所 革新宇宙プロジェクト推進センター・深宇宙推進研究グループリーダー	北村 正治	宇宙インフラ (注)	試作・設計
低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信実験	通信・放送機構 川崎次世代LEOリサーチセンター・サブリーダー	鈴木 龍太郎	通信・放送・測位	構想
超小型光ターミナルの部分試作評価	日本電気(株)宇宙開発事業部長代理・事業部長代理	大谷 新一	通信・放送・測位	構想
衛星通信用大型展開平面アレーアンテナの通信実験	三菱電機(株)鎌倉製作所 衛星システム部 通信システム担当部長	水溜 仁士	通信・放送・測位	構想
次世代型超小型衛星(マイクロサット)の機能実証衛星	北海道工業大学 応用電子工学科・講師	佐鳥 新	宇宙インフラ (注)	構想

(注) 宇宙インフラ：宇宙インフラストラクチャ拠点系・支援系、衛星基盤技術

## ミッション選定評価委員会構成

委員長	河野 通方	東京大学 工学部 航空宇宙工学科教授
副委員長	木村 磐根	大阪工業大学 情報科学部教授/京都大学名誉教授
委員	斎藤 宏文	宇宙科学研究所 助教授
委員	鈴木 良昭	通信総合研究所 宇宙通信部長
委員	高木 幹雄	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科教授
委員	戸田 勸	航空宇宙技術研究所 研究総務官
委員	似田貝 香門	東京大学大学院 人文社会学系研究科教授
委員	宮澤 政文	静岡大学 工学部教授
委員	横山 裕道	毎日新聞社 論説委員

(順不同、敬称略)

平成10年10月14日  
宇宙開発事業団

## ミッション実証衛星「研究ミッション」

### 平成10年度選定テーマ

#### 説明資料

ミッション名	機関名・代表応募者名	頁
衛星搭載型雲レーダによる雲システムの気候影響研究	(社)資源協会 地球科学技術推進機構 中島映至	1
次世代型温室効果モニタリング用高スペクトル分解能センサ	宇宙開発事業団 鈴木睦	4
衛星測位要素技術実証衛星	郵政省通信総合研究所 森川容雄	7
イオン推進軌道変換技術の実証	航空宇宙技術研究所 北村正治	10
低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信実験	通信・放送機構 鈴木龍太郎	12
超小型光ターミナルの部分試作評価	日本電気(株) 大谷新一	15
衛星通信用大型展開平面アレーアンテナの通信実験	三菱電機(株) 水溜仁士	18
次世代型超小型衛星(マイクロサット)の機能実証衛星	北海道工業大学 佐鳥新	22

# MDS ミッション研究提案書

## 衛星搭載型雲レーダーによる雲システムの気候影響研究ミッション

(社)資源協会 地球科学技術推進機構

中島 映至

### (1) ミッションの目的

本ミッションでは、衛星搭載型雲レーダー (MDS-CPR) によって、地球大気の雲システムの動態を3次元的に調べ、雲システムが地球の気候に及ぼす影響の新しい評価を試みることを最終的な目標とする。

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)でも総括されているように、人類存続にとって脅威ともなっている地球温暖化の気候学的予測をおこなうためには、モデルの能力向上が求められている。その中でも雲の動態に関する予測能力の向上は焦眉の急になっている。温室効果ガスによる放射強制の存在する状況で、もし低層雲が増加すれば著しい負のフィードバックが形成され気候系を安定化し、逆の場合は、不安定化する。これに対して、上層雲は温室効果と日傘効果(太陽放射を反射することによって系を冷却する効果)の両方を持っているために、その気候影響は複雑である。ところが、現在のモデリング技術では、いったい雲が温暖化を加速するのか抑制するのかについて明確な答えを得ることができない。

上述したような気候モデリングにおける困難を解決するためには、衛星による全球規模での雲の詳細な観測によって、モデル性能の向上を支援することが有効である。そのためにISCCP(国際雲気候計画)などのプロジェクトが実施されてきた。しかしながら、これまでの雲の衛星観測は、受動型のイメージャーのみによって行われてきたために、上述したような雲システムのモデル化にとって重要な鉛直方向の情報を含む雲の3次元的構造を直接知ることができなかった。この意味で、本ミッションが実現されれば、温暖化影響の予測にとって画期的な知見が期待できる。

### (2) ミッションの概要

上に指摘したような雲の気候影響を研究するために、本ミッションでは94GHz(波長3mm)の雲レーダーの衛星搭載を提案したい。このような高周波レーダーが人工衛星に搭載されたことはこれまでに無く、その実現は、技術的にも、科学的にも非常に意義深いものである。特に、これまで得ることのできなかった雲の3次元構造を全球規模で求めることは、温暖化を始めとする気候変動研究に大きく寄与すると思われる。最終的な気候研究を達成するためには1年半程度の運用寿命が必要であるので、そのような衛星搭載型雲レーダーを開発して衛星に搭載し、技術実証を図る。

したがって、本ミッションの目的を次のように設定する：

(A) -38 dBZ程度の高感度を持ち、かつ1年半程度の運用寿命を持つ衛星搭載型雲レーダーの開発と衛星搭載。それによる衛星搭載雲レーダーに関する技術的フェージビリティの実証。

(B) 雲レーダーによる3次元雲構造データの全球規模の取得と、それを利用した雲の気候影響の研究。それによる雲レーダーを利用した気候研究の有効性の実証。

(C) 本ミッションからの寄与が特に大きな問題として次のものが挙げられる。

- モ
- C1. 雲放射強制力の実態評価によるモデリング技術の向上
  - C2. 地表面放射収支に及ぼす雲の影響評価によるモデリング技術の向上
  - C3. 各雲型ごとの3次元構造の把握によるメソスケールモデリング技術の向上
  - C4. 雲の3次元構造の気候統計による水・エネルギー循環モデリング技術の向上
  - C5. 雲・エアロゾル相互作用の理解

### (3) ミッションの構成

#### ・搭載センサー

雲レーダー： 94GHz、直下観測のみ

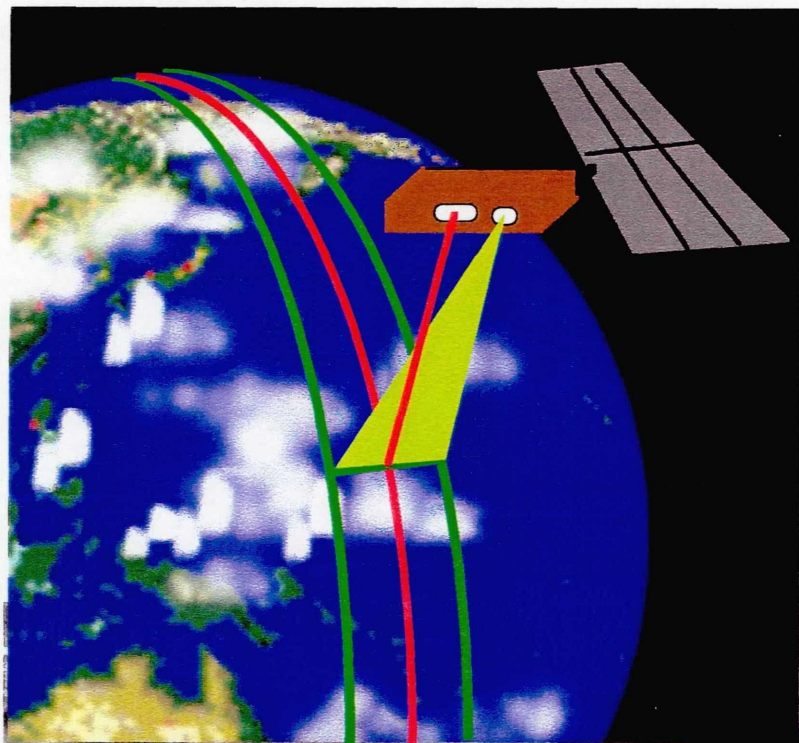
イメージャー： AVHRR程度の小型可視・赤外スキャナー、5波長

雲レーダーは鉛直方向のプロファイリングのみが行われるために、雲とエアロゾルの水平方向の物理的構造を調べるためにイメージャーを随伴させる。

・ミッション期間： 気候学的側面に研究の力点を置くことにして、最低限1年半、標準2年を目標とする。これによって、月平均のデータを最低1年間作成し、季節的な特徴を抽出を目指す。

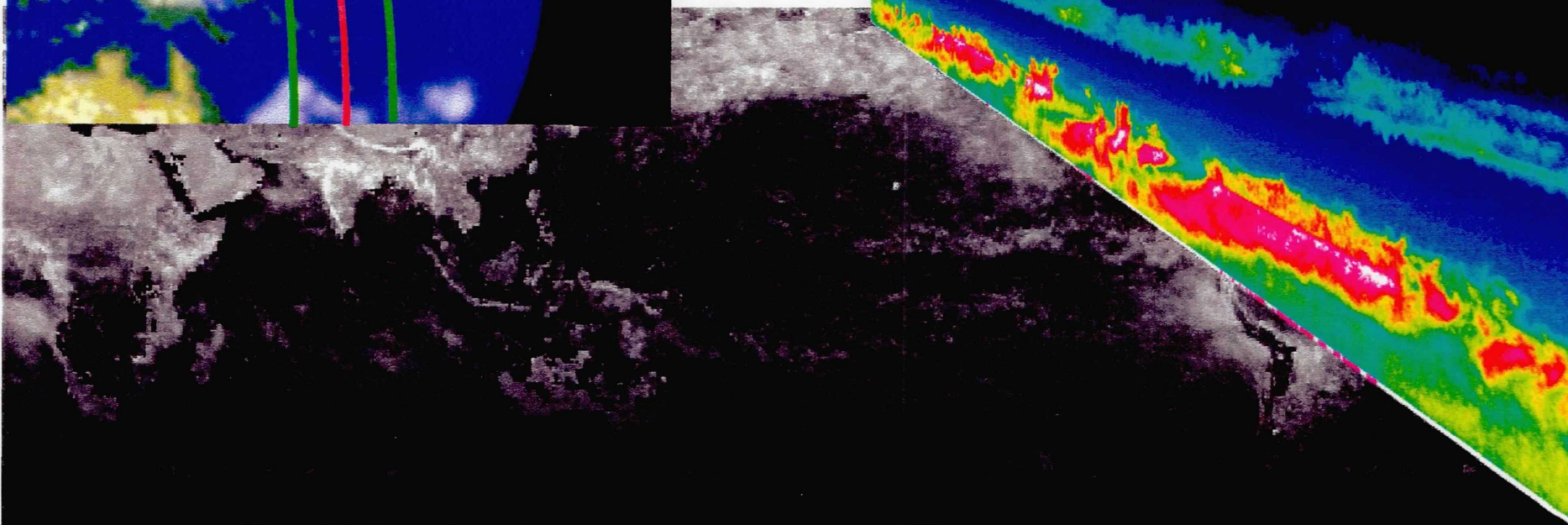
・軌道： 全球規模の雲の3次元構造の気候学的データを収集する目的に適するように、400 kmから600 km程度の低高度・太陽同期・極軌道を希望する。特に、高緯度や極域では、下層の反射率の高い雪氷の上での雲の検知そのものが非常に困難であったので、是非ともこの領域をカバーしたい。また、温暖化シグナルの検知にとってもこれらの高緯度の情報は重要である。太陽同期条件は、雲レーダーが非走査であること、ミッション期間が1年半程度であることを考慮した選択である。





## MDS-CPR による雲の 3 次元観測の概念図

航空機搭載型雲レーダーによる観測例  
(通信総合研究所提供)



3

次世代型温室効果モニタリング用高スペクトル分解能センサ (ATRAS)  
提案研究ミッションの概要

宇宙開発事業団  
地球観測データ解析研究センター  
鈴木 睦

1. 概要

- ・温室効果気体等による地球放射スペクトルの変動の高精度観測
- ・温室効果気体の高精度鉛直分布、3次元分布の観測
- ・気温、水蒸気量鉛直分布の衛星気象観測分野で現行センサ性能を遥かに上回る観測
- ・室内実験用を含め、歴史上最も明るいフーリエ変換式マイケルソン型干渉計を衛星搭載用として実現する
- ・通産省が開発したADEOS衛星「みどり」搭載の温室効果気体センサ IMGの後継機、研究資産の継承と、新技術の導入により、短期間・低コストでの開発を可能にする
- ・オリジナルの観測原理に基づき、衛星搭載ハードウェアと処理アルゴリズムの両面で日本が、この分野の地球観測で世界を引き続きリードして行くことが可能になり、将来の、継続的な地球観測ミッションの核となるセンサとして、また実用気象観測センサとしても期待される

2. ミッションの目的

人為起源の温室効果気体の増加が、平均気温上昇・海面上昇などの長期的な気候変動や、異常気象の発生頻度の激増などを引き起こすことは既に定説となっている。これらに対処するため97年の京都会議では国際的な研究体制の確立が要求されている (COP 3)。しかし地球の温室効果は、人為的な二酸化炭素の発生量や、大気中の温室効果気体の存在量に直接的に比例する単純な線形プロセスでなく、自然生態系、農業及び工業的活動、大気海洋陸域の自然気象現象等を含む複雑な非線形システムであることが明らかになっている。これらの観測には、Globalと言う形容詞で表されるように、均一な観測を可能とする衛星観測が最も適している。温室効果・温暖化現象においては、様々な衛星センサの複合的利用が必要ではあるが、その中でも温室効果気体の測定と、エアロソルと雲を含む大気・海面・陸域・雪氷域等などの地球の放射の測定が、問題の本質を直接解明するための基本的な観測となる。

このような観測センサは、初期の気象衛星の赤外サウンダから出発し、次第に高性能化が計られてきた。最も高い仕様・性能を目指したものが、ADEOS衛星に搭載されたIMGである。IMGの成果として、これまでで最も高分解能で高SNの放射スペクトルの全域測定を行なったことがあり。その結果、接地境界層からの各種温室効果気体・気温・水蒸気の鉛直分布、海面温度、絹雲の放射場などの測定においてブレークスルーが達成された。このようなセンサは、エルニーニョ現象に代表される異常気象の早期発見、次世代の気象予報で必要とされる高精度気象観測から、温暖化現象の解明まで、非常に幅広い用途を持ち、かつ日本がハードウェア開発・アルゴリズム開発の両面で世界の最先端をリードしてきた分野であり、今後の一層の研究開発と定常観測を視野に入れた継続的な観測が期待される。

IMGを引き継ぐ、次世代の高スペクトル分解能センサATRASに対しては、IMGの開発・運用の経験から様々な改良・性能向上の必要性が指摘されている。本研究ミッションでは、これらの要求を整理し、現在実現できるハード技術的、処理アルゴリズム的な実現性の検討を行い、今後の定常的地球観測や気象観測用のセンサ開発へのステップとすることを目的としている。

### 3. 主な仕様

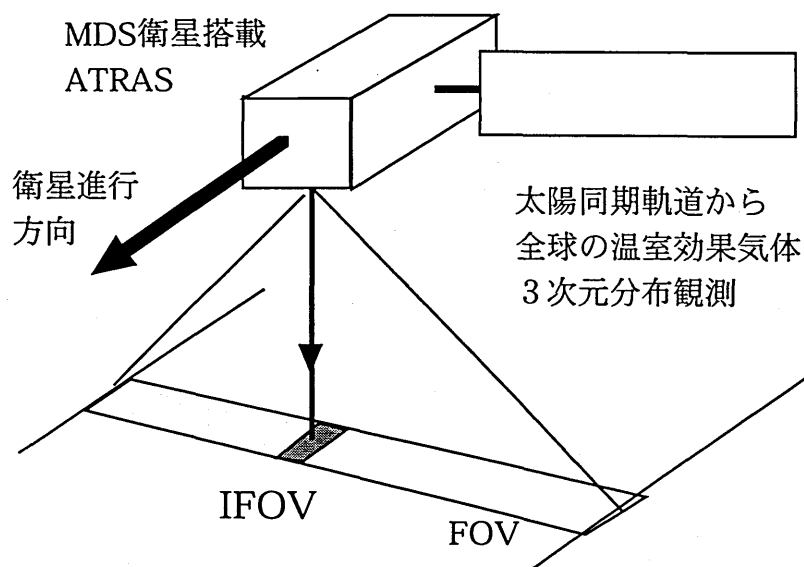
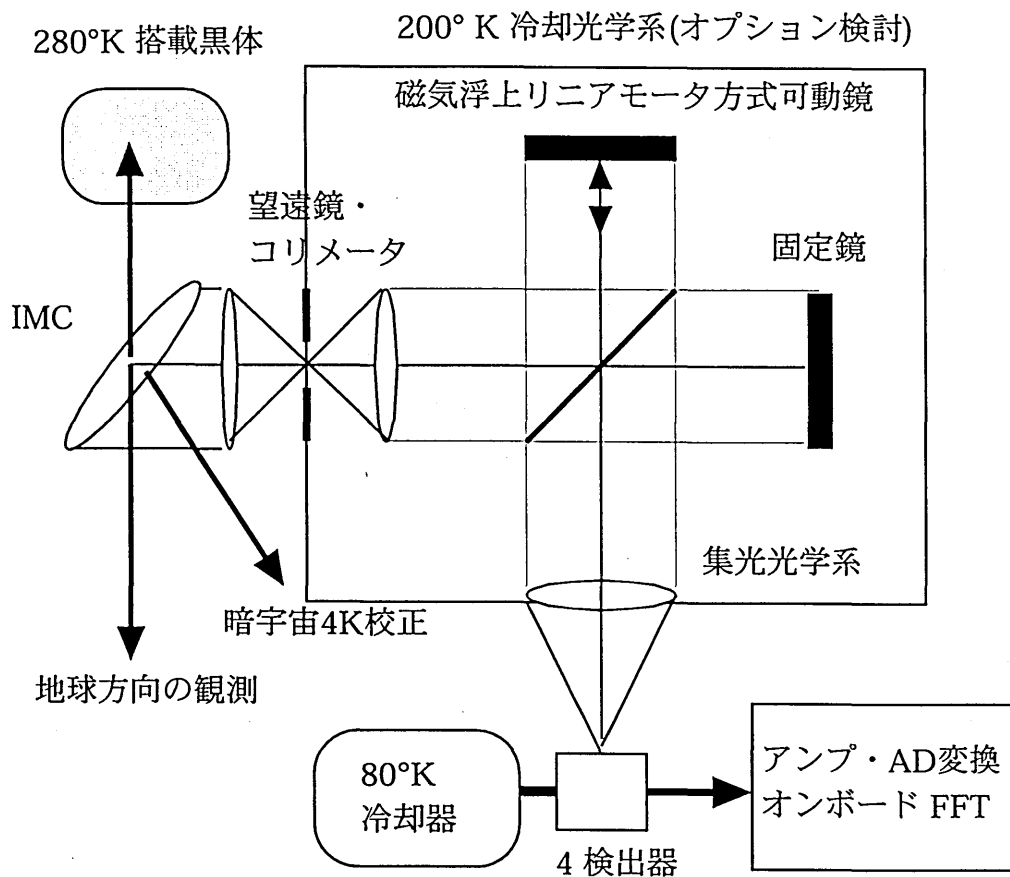
- 1) 方式                   フーリエ変換型マイケルソ干涉計による分光放射輝度観測
- 2) 観測                   ナディア観測（水平分布、対流圏）、イメージング機能。
- 4) 観測間隔             インターフェログラム取得時間、3 秒 観測間隔、4 秒
- 5) 観測波長範囲       3~16     [ $\mu\text{m}$ ]
- 6) バンド数             4バンド [以上]
- 7) 波数分解能         0.05     [ $\text{cm}^{-1}$ ]（アポダイズ前）
- 8) 各波長帯でのSNR目標、観測対象、及び測定精度目標

波長	最小検知感度	対象気体	測定精度
( $\mu\text{m}$ )	( $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{sr}/\text{cm}^{-1}$ )		(%)
16	0.03		
14	0.03	CO <sub>2</sub>	1.4
10	0.02	O <sub>3</sub>	1
8	0.024	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	3, 1
7	0.02	H <sub>2</sub> O	10
4.7	$4 \times 10^{-3}$	CO	5
4.5	$1 \times 10^{-3}$	N <sub>2</sub> O	1
4.3	$2 \times 10^{-4}$	CO <sub>2</sub>	1.4
3.3	$1.5 \times 10^{-4}$	CH <sub>4</sub>	3

### 9) 観測方式の説明

- ・衛星センサ部
  - 地球放射のセンサへの取り込み。
  - 鏡を動かし、赤外光のマイケルソン型の干涉信号として計測。
- ・データ処理部
  - 干涉信号をデジタル的に逆フーリエ変換し、元の「地球放射スペクトル」を数値的に算出。
  - 赤外光のスペクトル上の特徴から、温室効果気体の成分別、高度別分布を逆推定問題として解く。
  - 同時に、気温・水蒸気量の鉛直分布、海面温度等も算出される。
- ・データ高次処理部
  - まばらな測定点のデータセットから、「温室効果気体の地球全体の3次元分布」を再現。

提案研究ミッションの説明図



# 衛星測位要素技術実証衛星

郵政省通信総合研究所

森川容雄

## 1. 背景

GPSに代表される衛星測位システムは、もともと軍事目的のために開発されたが、今日では当初の目的を大きく越えて、カーナビ、土木・建設、石油探査、航空管制、地震予知、GPS気象学等非常に広範な分野で応用されるようになってきている。このように、GPSは既に現代社会にとって不可欠の社会的インフラの一つになっているにもかかわらず、我が国では衛星測位システムそのものは米国のGPSに完全に依存し、技術開発は全くなされてこなかったのが実状である。このため、宇宙開発委員会計画調整部会の衛星測位技術分科会は平成9年3月に報告書「我が国における衛星測位技術開発への取り組み方針について」を答申した。その中で、わが国が当面開発すべき衛星測位技術の要素技術として(1)衛星搭載用原子時計、(2)衛星群時刻管理技術、(3)高精度衛星軌道決定技術をあげており、さらに「(1)から(3)については、国際機関による測位衛星打上げ計画が具体化した際に速やかに衛星開発へ移行する準備としてコンポーネントを地上で研究開発し、加えてそれを宇宙で技術試験を実施する最低数の衛星（技術試験衛星、ミッション実証衛星等）を開発する。」としている。

## 2. 国内の研究開発状況

同報告書によれば、(1)衛星搭載用原子時計としてルビジウム原子時計とともに最も精度の高い衛星搭載用水素メーザ型原子時計（周波数安定度 $10^{-15}$ ）の開発を目指すとしている。これに基づき、宇宙開発事業団(NASDA)ではETS-VIIIに米国製セシウム原子時計（周波数安定度 $10^{-14}$ ）を搭載し、軌道上評価及び管理技術の習得を目指した実験を計画している。一方、郵政省通信総合研究所（CRL）は平成9年度から4ヶ年計画で衛星搭載用水素メーザの基礎技術の確立を目指した研究開発を開始している。しかしながら、CRLの計画は地上での水素メーザの研究開発にとどまっており、宇宙実証実験までは含まれていない。このため、分科会報告にあるように、宇宙での技術試験の計画を早急に具体化する必要がある。(2)に関してはCRLとNASDAが共同で基礎的な宇宙実証実験を実施する計画が進められているが、使用することが決まっている衛星は静止衛星であるETS-VIIIだけである。衛星測位システムは通常複数の移動衛星から構成されるために、衛星群時刻管理技術を確立するためには複数の衛星で、しかも移動衛星が含まれていることが必要である。(3)に関しても、ETS-VIIIで静止衛星の軌道決定実験は予定されているが移動衛星の高精度軌道決定実験の計画は具体化していない。

### 3. ミッションの目的と内容

本提案ミッションでは上記報告書で開発すべきとされた衛星測位技術の要素技術の宇宙実証実験をETS-VIIIと組み合わせて行うことを目的とし、そのために必要なミッション機器の設計検討および要素試験等を行うとともに、必要に応じて衛星システムの概念設計を行う。具体的には、下記の衛星ミッションを想定し、そのために必要なミッション機器の設計検討及び一部試作・要素試験等を、平成10年度から平成12年度にかけてCRLとNASDAが共同で実施する。

(1) 衛星搭載用水素メーザの宇宙実証

長期周波数安定度、磁場・温度・重力依存特性の評価

(2) 衛星群時刻管理技術の宇宙実証

MDS-地上局双方向時刻比較

MDS-地上局-ETS-VIII 間の時刻同期・ステアリング

(3) 高精度衛星軌道決定技術の宇宙実証

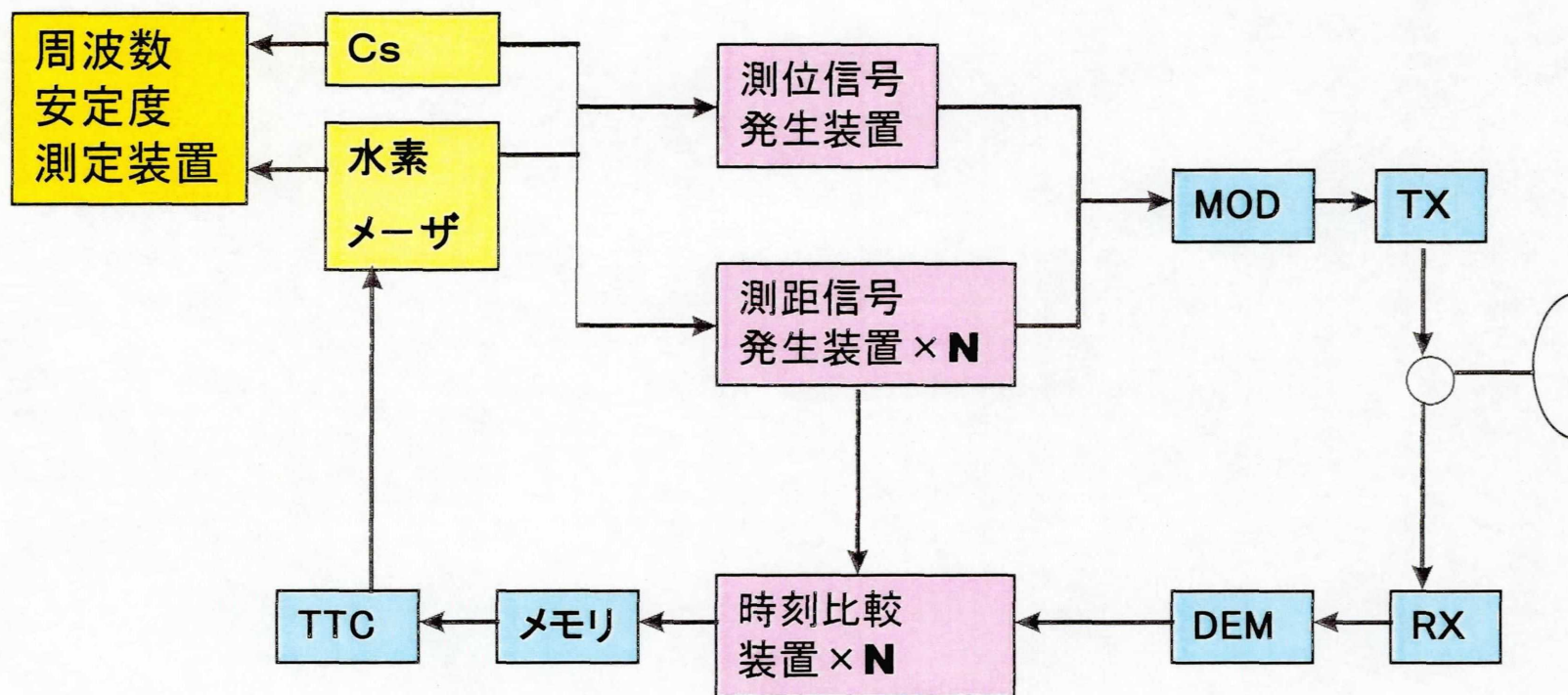
国際ネットワークを利用した三点測距による精密軌道決定実験

(4) その他の応用実験

同期型通信実験/宇宙VLBIへの応用の可能性の検討

衛星測位システムは単独の衛星では成立しえず、今回のMDSとETS-VIIIを組み合わせた複数の衛星による宇宙実証実験は、我が国の衛星測位システムの要素技術を確立する上で重要な意義を持っていると考える。

# 衛星測位要素技術実証衛星ミッション機器構成



# イオン推進軌道変換技術の実証

航空宇宙技術研究所  
北村 正治

## 1. ミッションの概要

主推進用イオン推進系を搭載した衛星を低軌道に投入する。イオン推進を作動させて、地球周回軌道を螺旋状に上昇し、軌道高度を上げる。更に軌道傾斜角を変換し、静止軌道に投入する。あるいは、可能な場合には、軌道高度の上昇と軌道傾斜角の変換は並行して行う。この間、イオン推進系および衛星のデータを取得し、イオン推進系および軌道変換運用の自動化の実証を行う。

## 2. ミッションの目的

- (1) 主推進用イオン推進技術の軌道上実証
- (2) 低推力軌道変換技術の軌道上実証
- (3) 低軌道以遠の宇宙輸送技術としての技術基盤の確立

## 3. 実施の必要性

- (1) 宇宙輸送技術としてのイオン推進による軌道変換は、静止軌道投入だけでなく、月への輸送、不要衛星の回収、彗星・小惑星探査など広範な利用が考えられ、化学推進に比較し輸送量の増大がはかれる。
- (2) これまでイオン推進による軌道変換の原理的な優位性は認めつつも、実績がないため使用がためらわれていた面もある。ハードウエアおよび運用の宇宙実証が行われれば、この問題は解消される。
- (3) 低軌道以遠の輸送系について、将来の革新的宇宙輸送系の研究を開始すべき時期にきている。低速ではあるが大量かつ低コストの軌道間輸送の実現を可能とするイオン推進はその候補となる。

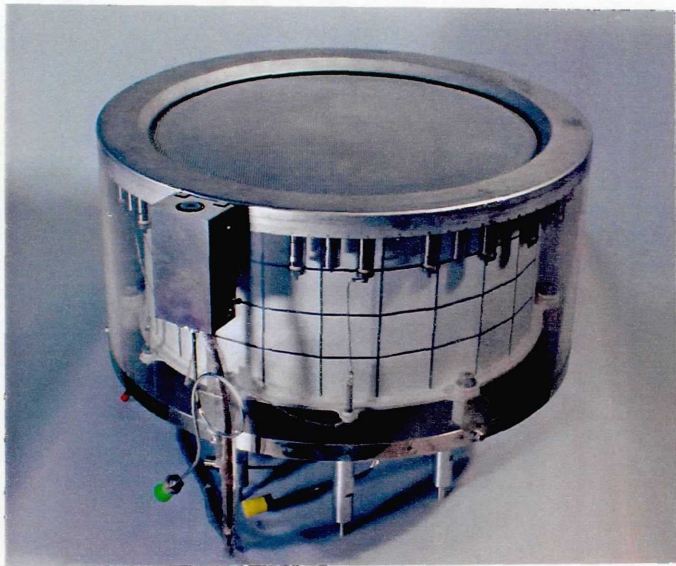
## 4. 研究ミッションの概要

イオン推進による軌道変換技術の実証を想定した研究として、次を実施する。

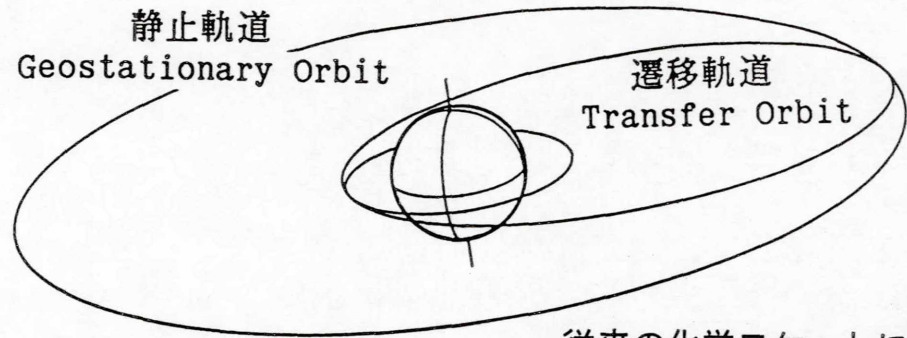
- (1) システム概念・ミッションの検討・明確化
- (2) エンジンの長時間耐久試験
- (3) エンジンの耐環境試験

現在までに、推力150mN(約15グラム)、比推力3500秒、電力効率88%の大型イオンエンジンの試作に成功している。更に、上記(1)～(3)を行うことにより、イオン推進による軌道変換技術の実証に必要な技術基盤の確立をはかる。

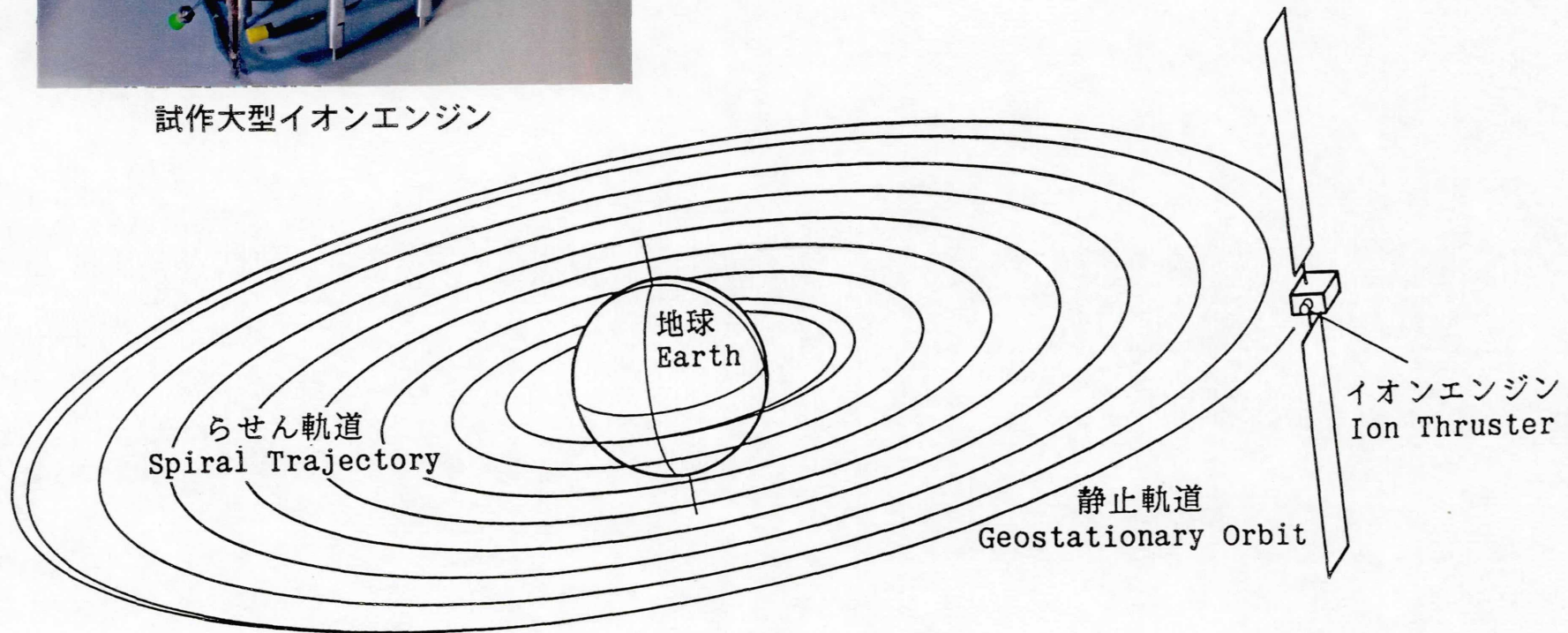




試作大型イオンエンジン



従来の化学ロケットによる  
静止衛星の打上げ



イオン推進による軌道変換

## MDS提案研究ミッション

### 「低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信実験」の概要

#### 1. ミッションの目的

通信・放送機構 川崎次世代LEOリサーチセンター  
鈴木 龍太郎

通信・放送機構川崎次世代LEOリサーチセンターは、グローバルマルチメディア移動体衛星通信技術の研究開発プロジェクトを開始した。その目的は、次世代の衛星通信システムの高度化において要求される「マルチメディア化」、「パーソナル化」、「グローバル化」を実現するための要素技術の研究開発と、衛星通信実験を通してのそれらの技術の宇宙実証である。当初5年間をフェーズ1とし、次世代LEOシステムのフェジビリティスタディと要素技術研究開発を行う。次期5年間はフェーズ2として実証衛星開発、実証実験の実施を計画している。

フェーズ1の要素技術研究開発は、本年から開始し、光衛星間通信技術、衛星交換・ネットワーク技術、衛星搭載アンテナ技術、マルチメディア端末技術の4つについて重点的に検討を行っている。

MDS研究ミッションとしては、フェーズ1において研究開発された各種技術のサブセットをMDS利用による衛星実験によって通信システムとしての宇宙実証を行おうとするものである。また、実宇宙環境での性能試験や、通信実験を通して、次世代LEOシステムの技術的問題点を明確化するとともに、実際の伝搬路の特性を詳細に測定し、実用化に向けての基礎資料とすることを目的とする。

#### 2. ミッションの概要

図1に低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信実験の概念図を示す。低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信技術を実証するため、MDSを2ないし3機用いての最小構成で光衛星間通信、ユーザー回線制御、衛星軌道制御等の技術のシステム実証を行う。

3衛星構成では、衛星群として同一軌道面内に衛星2個を数1000km間隔で配置し、さらに、その軌道面と隣接する軌道面に1個の衛星を配置し、光衛星間回線で接続する。地球局との接続は展開型フェーズドアレーアンテナによるスポットビームを用い、アンテナ指向方向は、地球局のある地表方向に固定するよう衛星の動きに合わせてスキャンする。

通信実験細目としては、以下のように

- ・マルチメディア通信実験
- ・伝搬遅延プロファイル測定実験
- ・衛星アンテナビーム指向制御実験
- ・衛星ダイバーシティ切替実験

等が考えられる。また、衛星の軌道制御や宇宙環境に関して、衛星群軌道自律制御実験や放射線被爆量測定実験等が実証実験として期待される。光衛星間通信実験としては、軌道面内衛星間回線と隣接軌道間衛星間回線の2種の実験が考えられる。展開型フェーズドアレーアンテナについては、通信実験に先立ち、展開技術の実証が重要な実験項目となる。

### 3. ミッションの仕様

#### (1) ユーザー通信回線系通信システム

広帯域直接拡散信号送信機能を持ち、伝搬測定実験に用いるとともに、通信システムとしては、再生中継用の変復調器を最低2系統搭載する。変復調器はデータ伝送速度を最大50Mbpsを目標とし、FPGA及びDSPによる構成で軌道上での再プログラムを可能とする。

#### (2) ユーザー通信回線系アンテナシステム

展開型アクティブフェーズドアレーアンテナ： 3m×3m程度（Cバンド）  
フェーズドアレーアンテナは、MDSのミッション重量に合わせて小型化し、設計を簡易化してアンテナを1系統のみの搭載とする。同時送信可能ビーム数も限定して搭載する。アンテナビーム制御により地球局を追尾する機能を持つものとする。

#### (3) 光衛星間通信系

光衛星間通信システム： 伝送速度10Gbps程度とする。

#### (4) 衛星軌道系

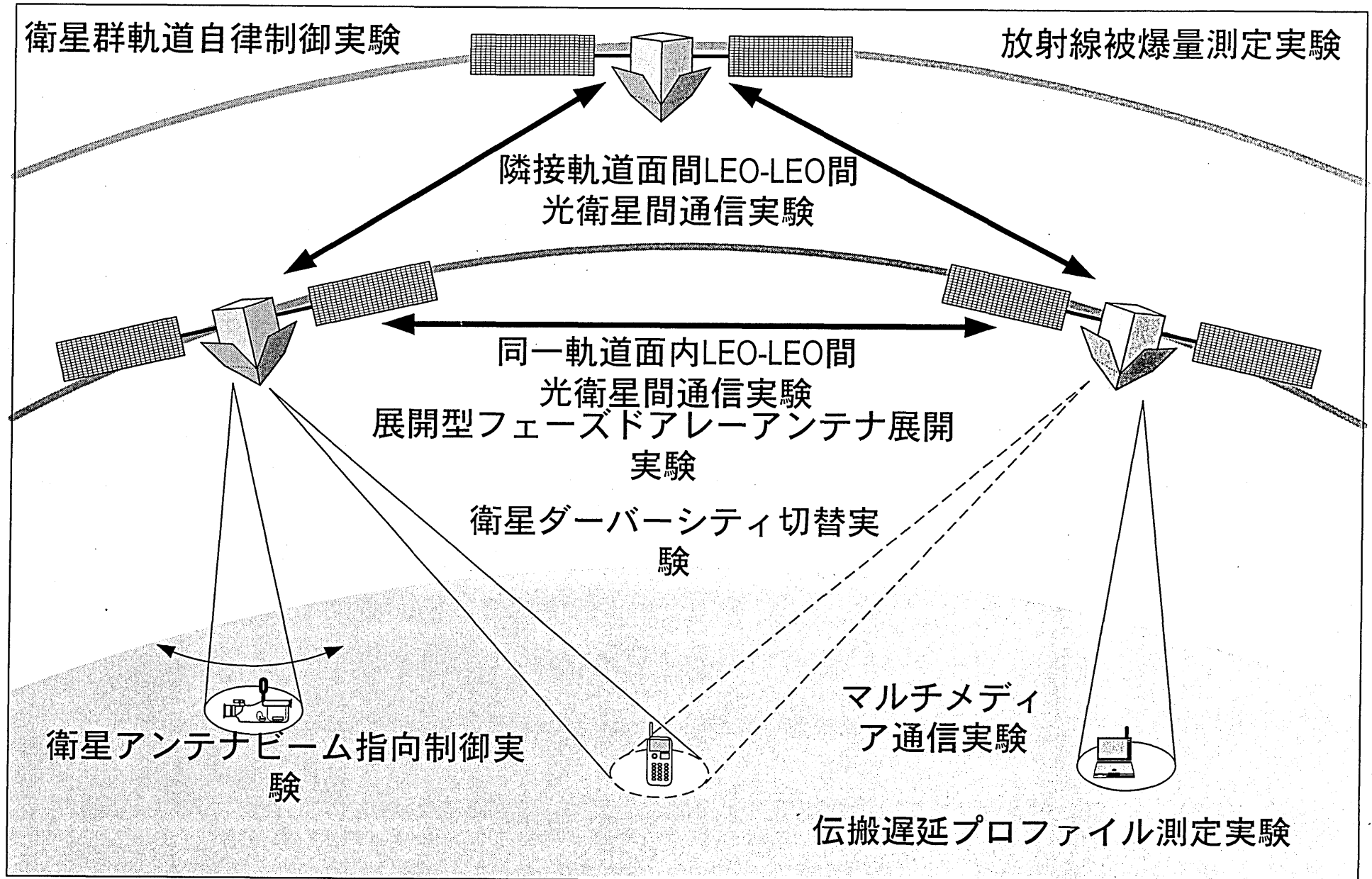
GPS受信機や、高安定クロック等を搭載し、同一軌道面内衛星間及び隣接軌道間衛星の衛星間同期制御を自律的に行う。

### 4. 研究スケジュール

低軌道衛星群を用いるマルチメディア移動体衛星通信実験線表

担当機関	研究開発項目	平成10年度	平成11年度	平成12年度
通信・放送機構 川崎次世代LEO リサーチセンター	1. 通信システム検討 通信サブシステム		変復調方式シミュレーション	DSPmodem試作
				端末/衛星送受信機
	アンテナサブシステム	展開構造モデル試作	衛星アンテナ・サブユニット試作	搭載アンテナ特性評価モデル試作
			アンテナビーム制御方式検討	ビーム制御シミュレータ試作
2. 光衛星間通信系検討 光通信光学系	DPSK方式開発	WDM通信システム検討		
	簡易追尾方式試作	追尾方式基礎実験	光衛星間通信システム試作	
宇宙開発事業団	3. 衛星軌道系検討 衛星軌道制御	自律軌道制御方式検討	自律軌道制御シミュレーション	複数衛星自律軌道制御シミュレーション
	4. 衛星システム検討 衛星バス系	ミッション要求検討	システム要求検討 (主要諸元、システム解析等)	運用要求検討 (打ち上げ、軌道上、デブリ等)
				ミッション実証衛星概念検討 (衛星数、衛星構成、主要機能・性能等)

図1 3衛星によるマルチメディア移動体衛星通信実験



# テーマ名 : 超小型光ターミナルの部分試作評価

日本電気(株)

大谷 新一

## 1. 目 的

将来、多数の低軌道周回衛星(LEO)を用いたBIG-LEOシステムや静止衛星通信ネットワークなどに有望であるギガビット級のレーザ光線を使用した光衛星間通信装置(光ターミナル)の低価格化、高性能化の実現性評価を目的とする。

光ターミナルを実現するためには捕捉追尾技術と通信技術の双方が必要であるが、特に捕捉追尾系の小型簡易化は機器の低価格化、高性能化を実現する上で重要である。

本ミッションでは、小型化に適したユニークなアクティブユニバーサルジョイント(AUJ)の原理を応用した小型高精度粗捕捉追尾機構(CPM)と柔軟支持構造を採用した高精度広角度精捕捉追尾機構(FPM)に着目し、これらを組み合わせた捕捉追尾系の宇宙での実証を行う。

(注1) AUJはユニバーサルジョイントを応用し2軸ジンバルの内側の駆動部を外の系から駆動する事が出来、駆動モータを回転系の外に設置出来るという特徴があり2軸ジンバルの小型軽量化に適している。

(注2) 弾性支持体を用いた駆動機構であり非接触かつ無潤滑で高精度、広角度の駆動を行うので高真空の宇宙環境に適したメカニズムである。

## 2. ミッション概要

光衛星間通信技術の宇宙実証では、光ターミナルを対向させ捕捉追尾並びに光通信を行うことが最も望ましい。特に通信系の評価には他の衛星に搭載した機器と対向させるため複数の衛星で実験系を構成することが不可欠になるが、一方、捕捉追尾技術の評価は対向機器からの受信信号レベルに相当する明るい恒星或いは惑星を利用する事により実験機器を搭載した単独衛星でも可能となる。

本ミッションでは恒星あるいは惑星をターゲットとし、捕捉追尾系の評価を行うもので、図1に示すように光ターミナルでは粗捕捉追尾機構(CPM)、光アンテナ、粗捕捉追尾センサ(CPセンサ)、精捕捉追尾機構(FPM)並びに精捕捉追尾センサ(FPセンサ)で捕捉追尾系を構成する。軌道上ではCPセンサ並びにFPセンサの誤差信号を継続的に取得する事により捕捉性能並びに追尾性能の確認し、更にその経時変化データを取得する事により実現性を評価する。

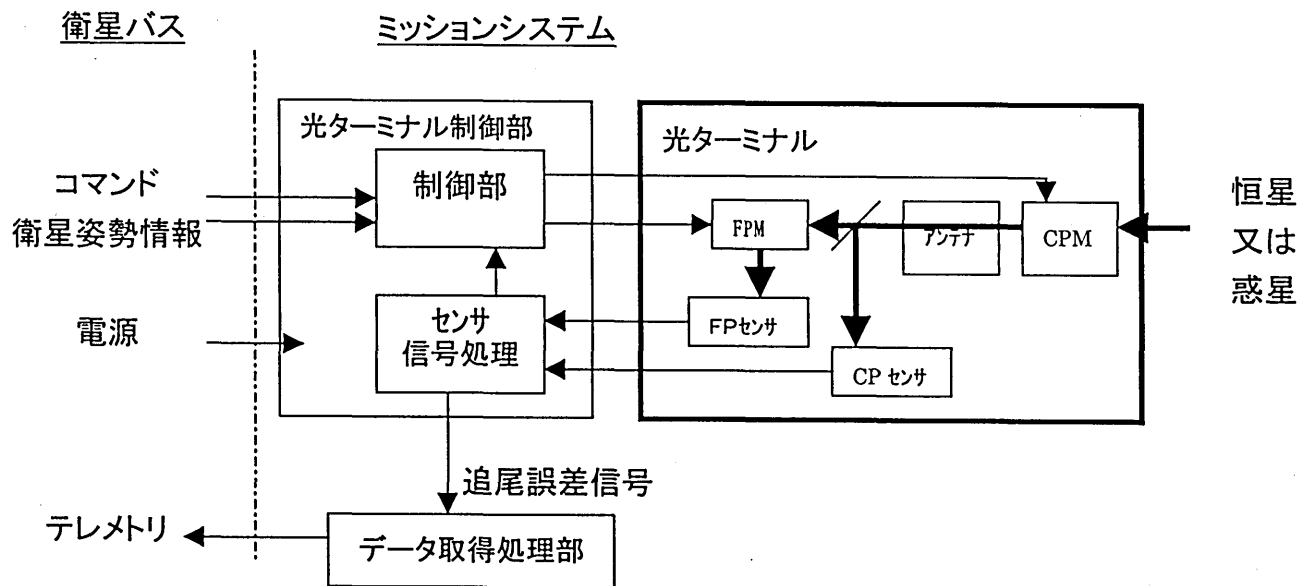


図1 ミッションシステムの構成

### 3. 研究項目

研究項目は以下の通りである。

#### 平成10年度

- (1) 小型CPM評価 : NEC社内試作モデルを用いたCPMの動作原理の確認、評価
- (2) 広角FPM評価 : NEC社内試作モデルを用いたFPMの動作原理の確認、評価

#### 平成11年度～平成12年度

(3) 捕捉追尾システム検討 : 平成10年度に取得した小型CPM、広角FPMのデータを基に、小型CPMと広角FPM、更に粗捕捉追尾センサ、精捕捉追尾センサから構成される捕捉追尾系全体の検討を行い制御系の最適化を行う。又、制御回路の部分試作を行い、平成10年度に試作した小型CPM、広角FPM並びに既存のセンサ類と組合せ、捕捉追尾系全体の動作確認を実施し捕捉追尾系を評価する。

(4) 宇宙実証実験検討 : 宇宙実証実験として実施する実験項目の目的、実験方法の明確化とそれに基づくミッション機器の最適化。

(5) 要求仕様明確化 : 上記検討結果をもとにミッション要求仕様の明確化を行う。

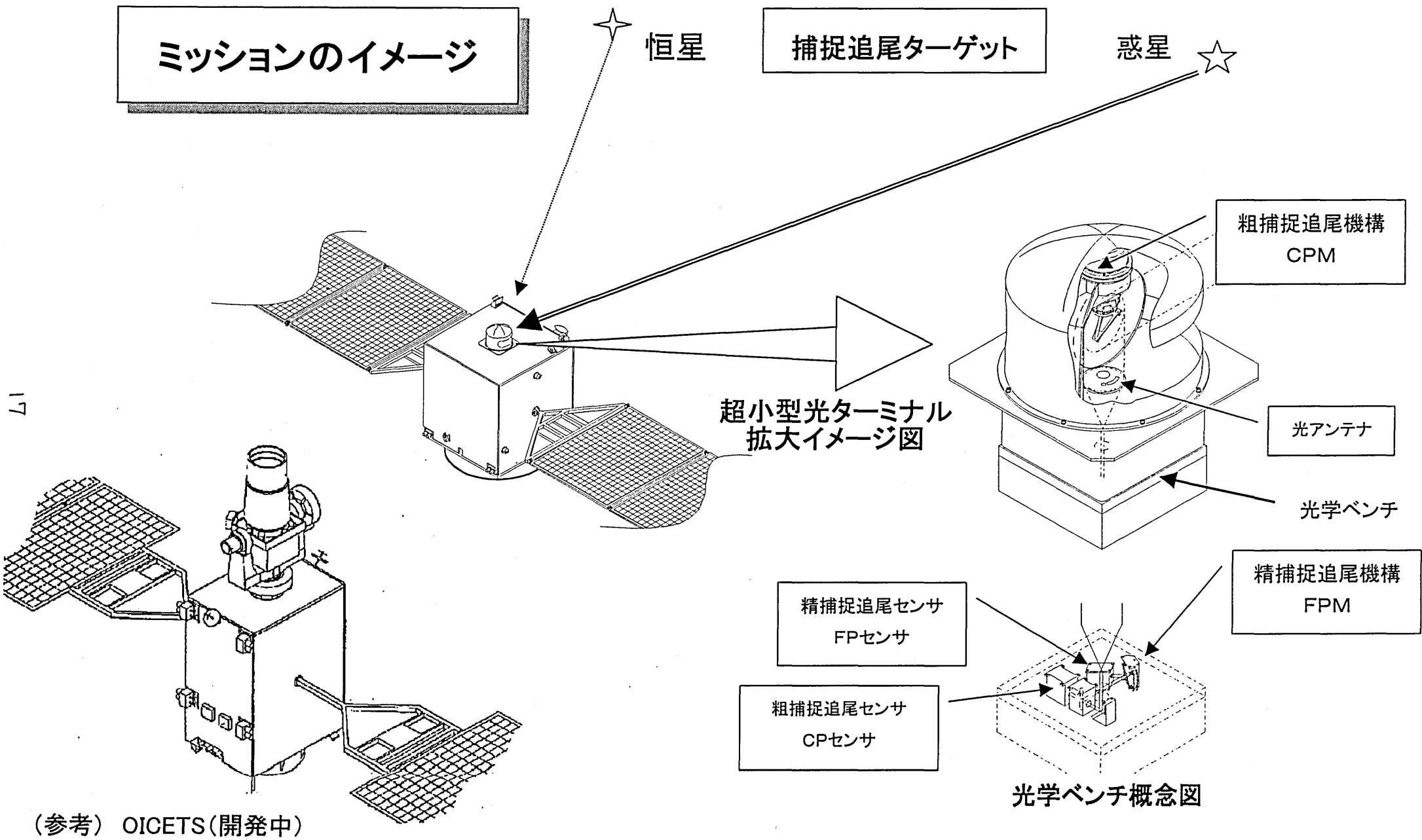
# ミッションのイメージ

恒星

捕捉追尾ターゲット

惑星

17



(参考) OICETS(開発中)

## MDS研究ミッションの概要

### 1. テーマ名：衛星通信用大型展開平面アレーアンテナの通信実験

### 2. 概要

本研究提案による衛星ミッションは、数個の準天頂衛星に22.5m級の平面展開形アレーアンテナを搭載し、衛星構体内のDBF回路によりマルチビームを形成するものである。

準天頂衛星を用いることにより、日本、アジア、オーストラリアなどの特定の地域を高仰角で照射することができ、建物等の干渉を軽減することが可能である。3個の準静止衛星を8時間毎に切り替えることを想定すると、79°以上の高仰角で日本を照射することが可能である。

この衛星に、22.5m級の平面展開形アレーアンテナを搭載し、例えば160本のマルチビームを形成する。これにより、10万回線の電話回線容量をもち、地上携帯端末としては送信電力はPHS並みの小電力で、かつ大きさはポケットサイズ程度の端末で済む。大形アンテナであるため、空間に暴露されている平面アレーアンテナから衛星構体内のマルチビーム形成を行なうDBF回路までの伝送線が長くなるので、低損失の光ファイバーを使用する。展開する部分はアンテナ、及びE/O変換で、この部分は軽量、薄形化を図った電波/光マートスキンである。

### 3. ミッションの目的

準天頂衛星は、衛星位置の高仰角により、建物等の干渉軽減、周波数共用、降雨減衰が少ない等の利点がある。

この準天頂衛星を日本、アジア、オーストラリア等の特定地域通信に採用し、かつ、小型携帯端末を可能にするのに必須な要素技術の一つである大形展開平面アクティブフェーズドアレーアンテナの構想設計を行なう。



#### 4. 仕様

##### 通信システム諸元

- (1) 周波数 : アップリンク2.6GHz帯/ダウンリンク  
2.5 GHz帯 (帯域幅30MHz)
- (2) サービス : デジタル音声
- (3) 変調方式 :  $\pi/4$ シフトQPSK
- (4) 伝送方式 : CDMA (帯域幅B=25 GHz, 600多重)
- (5) 総合Eb/NO : +6dB (所要 4dB、マージン 2dB)
- (6) 音声符号化速度 : 5.6kbps
- (7) アンテナ開口寸法 : 22.5m×22.5m (アンテナ利得55dB)
- (8) ビーム数 : 160ビーム
- (9) チャンネル数 : 2万5千個 (1ビームあたり150  
回線、収容可能端末数125万台)
- (10) 携帯端末利得 : -2.2dBi
- (11) 受信LNAのN/F : 衛星 1.0dB / 携帯端末 2.0 dB
- (12) 電搬条件 自由空間伝搬損 : アップリンク -192.0dB  
/ダウンリンク -191.5dB  
フェージング損 : -3.0dB  
降雨減衰 : -0.2 dB

#### 5. 本研究の検討対象機器

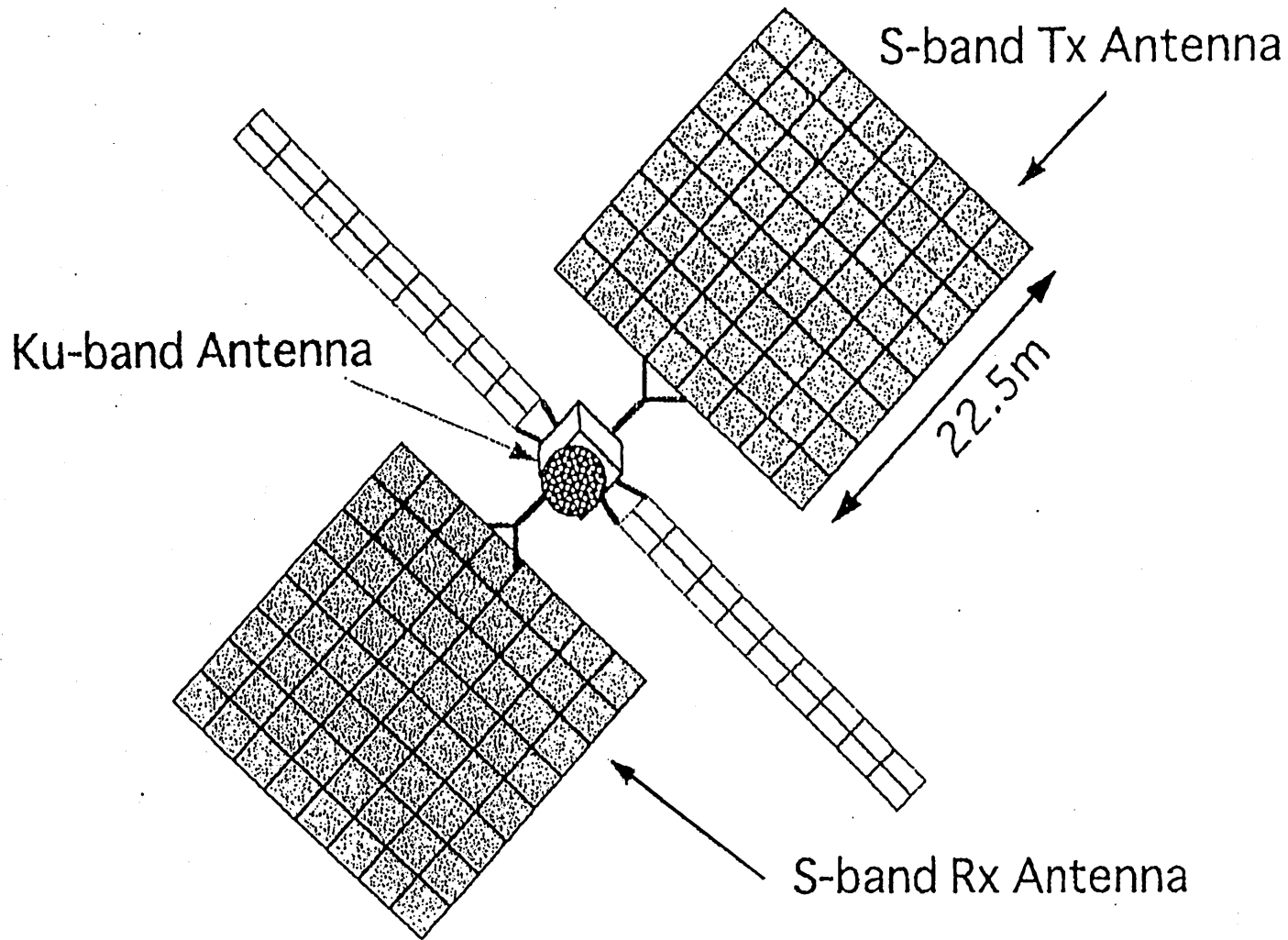
- (1) 二次元展開送信および受信アレーアンテナ (各々22.5m×22.5m級)  
要素技術 : 平面アレーアンテナの二次元展開技術  
超薄形軽量Sバンドアレーアンテナ  
送信固体増幅器、受信低雑音増幅器  
E/O変換器
- (2) 衛星本体側搭載機器  
送信系 : E/O変換器、アップコンバータ、D/Aコンバータ、  
送信デジタルビームフォーマ(DBF)  
受信系 : E/O変換器、ダウンコンバータ、A/Dコンバータ、  
受信デジタルビームフォーマ(DBF)  
ビーム制御回路

#### 6. 本研究の検討対象外である衛星ミッション構成機器

- ・オンボードプロセッサ
- ・フィードリンクアンテナ系機器

# mitsubishi

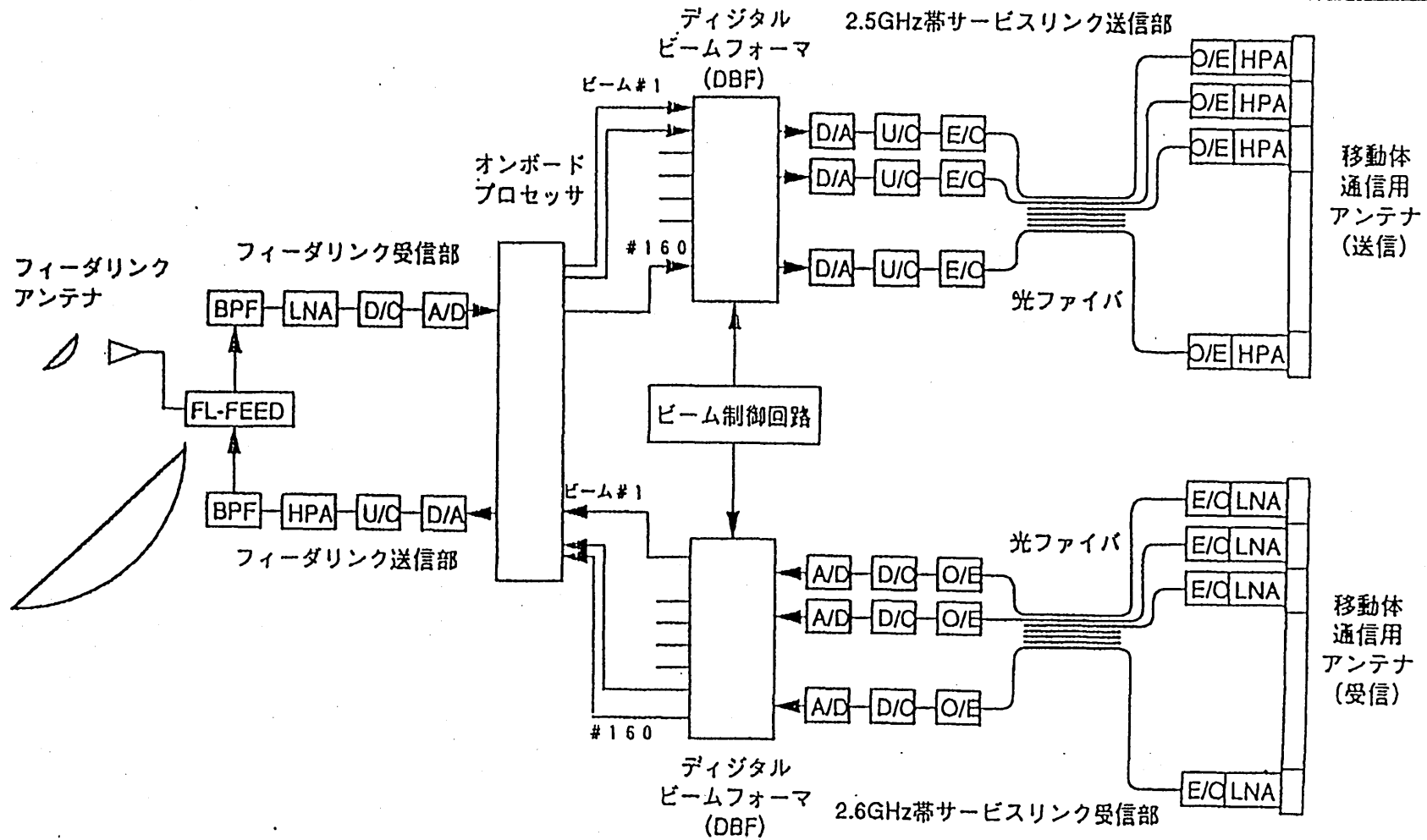
衛星通信用大型展開平面アレーアンテナの構想：衛星イメージ図



20

# MITSUBISHI

## 衛星通信用大型展開平面アレーアンテナ構成図



21

## 次世代型超小型衛星（マイクロサット）の機能実証衛星

佐鳥 新（道工大）、 岡本博之（株・アストロリサーチ）、中須賀真一（東大）、  
三橋龍一（道工大）、船木一幸（宇宙研）、秋葉鎌二郎（宇宙開発委員）

### 1. マイクロサットの定義と本研究ミッションの目的

一般に小型衛星と呼ばれるものは、従来衛星よりも小型であるという意味で定義には非常に幅があり欧米では50kgから300kg、日本ではピギーバックに代表される50kg級から大きいものでは500kgのものまで指しているが、ここで提案する超小型衛星とは従来のピギーバックより更に1桁小さい次世代型の超小型衛星（マイクロサット）を意味している。マイクロサットは従来の衛星設計とは全く発想の異なる新技術である。

アメリカではNASAなどがスポンサーとなることにより、NASAと大学間での共同研究がかなり進んでおり、小型衛星に関しても既に数多くの開発と打ち上げが行われている。日本でもピギーバック衛星を用いた宇宙実験が行われてはいるが、小型衛星の分野では技術面でも利用頻度の面でも既にアメリカに比べて遅れている点は否めない。しかし、我々が提案する10kg以下のマイクロサットの領域を見ると、基礎研究は行われてはいるものの、実績としては98年にベルリン工科大学で8kgの衛星が打ち上げられた程度であり、ここ2～3年以内であれば日本でも十分に進出しようとする領域であると言える。

本提案では重量3kg以下、消費電力30W以下、小型カメラを搭載したマイクロサットを用いて、アクチュエータ類を中心とする各種のキー・テクノロジーを開発し、軌道上でそれらの機能の実証及び運用のデモンストレーションを行うことを目的とする。本研究により新規開発し、軌道上で実証される要素技術として、（1）超小型リアクション・ホイール、（2）1mN級ガスジェットスラスタ、（3）150 $\mu$ N級イオンエンジン、（4）超小型衛星用ドッキング機構、（5）小型搭載カメラの画像認識による3軸姿勢制御ソフトウェア、（6）超小型衛星の為の無接点充電装置、の6項目を、以上を統合化したシステムとして、（7）超小型カメラ衛星システムの技術的検証、を加えた計7項目を挙げる。

### 2. 提案ミッションの概要

イオンエンジンに関する試験では、軌道上での作動確認試験と推力測定を計画している。3軸姿勢制御に関する試験では、MDS搭載実験モジュールからマイクロサットを宇宙空間に放出後、マイクロサットに搭載されたカメラの画像を用いて自分自身の相対的姿勢を認識させ、3軸制御により姿勢確立を行う。超小型カメラ衛星システムに関する試験では、カメラの画像を用いた光学画像航法の実証試験、姿勢回復試験、夜間運用試験などを計画している。図1に本研究ミッションで提案するマイクロサットの外観および機器配置を、図2には実験モジュールの外観を示す。

### 3. マイクロサット研究の先端性と社会需要への対応

アメリカの状況を日本と比較して見た場合、宇宙開発に大学関係者が関与することにより従来の研究活動以上に成果に対するリスクが増大するが、反面、多くの研究者に対して宇宙開発の門戸が開かれ、宇宙技術の蓄積がなされているという長所を見逃すべきではない。宇宙開発に対する予算規模の差異を考慮すると、日本が同様のことを行うのは早急には無理であろうが、低価格で実用に堪えうるマイクロサットを開発することにより、徐々に研究者への間口を広げることはできる筈である。但し、ここでいうマイクロサット（超小型衛星）というものは単に形状が小さければ良いという意味ではなく、ある程度の処理能力を有する高機能なものである必要がある。通常、“衛星の小型化”という場合には大型衛星の機能をそのまま所有しつつ規模を縮小するという意味に用いられるが、これは（喩えるなら）LSIを新規に開発するようなものであり、必ずしも「小型化＝低価格」には結びつくものではない。そこで、我々のアプローチは、（1）必要最小限の機能を厳選して絞り込むこと、且つMDSの目的でもある（2）民生部品の宇宙転用化を図ること、に重点をおくものとする。

なお、マイクロサットのアクチュエータとして採用予定の30W級のマイクロ波イオンエンジンは、この電力レベルでは世界に例がないことを付記しておく。従来の方式では低電力ではプラズマの維持が困難となり性能が激減してしまうが、宇宙研で開発したマイクロ波放電方式ではむしろ低電力側で高い性能を示している。今年の9月にはマイクロサット搭載用イオンエンジンの実験室モデルを製作し、現在、設計パラメータを決定する為の基礎データを取得している。

### 4. 将来利用シナリオと発展性

- （1）大幅な低コスト化と開発期間の短縮化を実現し、民生部品など要素技術の宇宙実証を行うための手段としてマイクロサットを提供し、民間企業や研究所をターゲットに新たな需要を創造する。（ピギーバッグと同様に複数のマイクロサットを大型衛星のバランスウェイトの代替とすることで打ち上げコストを削減できる。数を増やすことで利用者への間口を広げられ、同時にリスクの分散化を図ることができる。）
- （2）大型衛星のモニターカメラとしての応用：本提案はアクチュエータ類の宇宙実証ではあるが、ここで開発されたマイクロサットを大型衛星へ搭載すれば、軌道上での事故時に衛星を任意の位置から撮影し、画像を地上へ送るカメラ衛星として利用することができるだけでなく、衛星のモニターカメラとしてそのまま役立つものである。
- （3）機能が個性化された複数のマイクロサットを相互にネットワーク化して運用することにより、大型衛星と同等の機能を持つ衛星クラスターを実現できる。故障時には部品交換が容易となり、長寿命化につながる。
- （4）科学探査用プローブとしての応用。

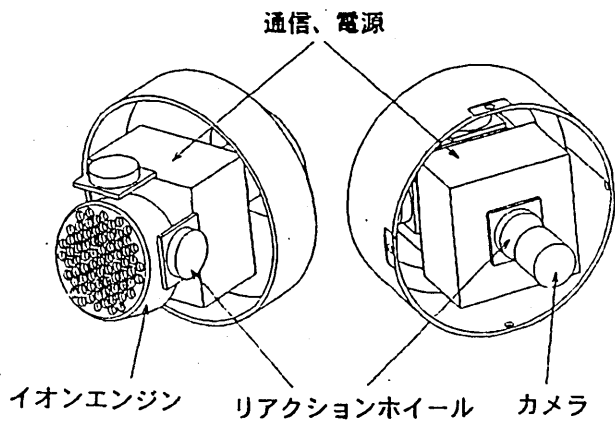
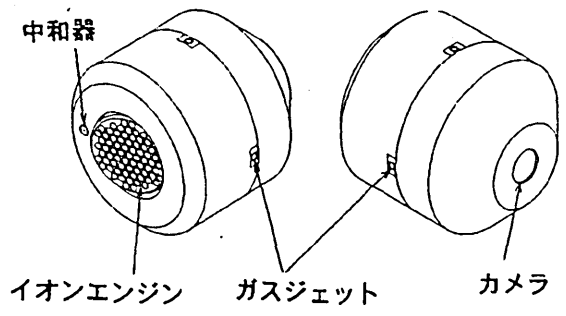


図1 超小型衛星 (マイクロサット)

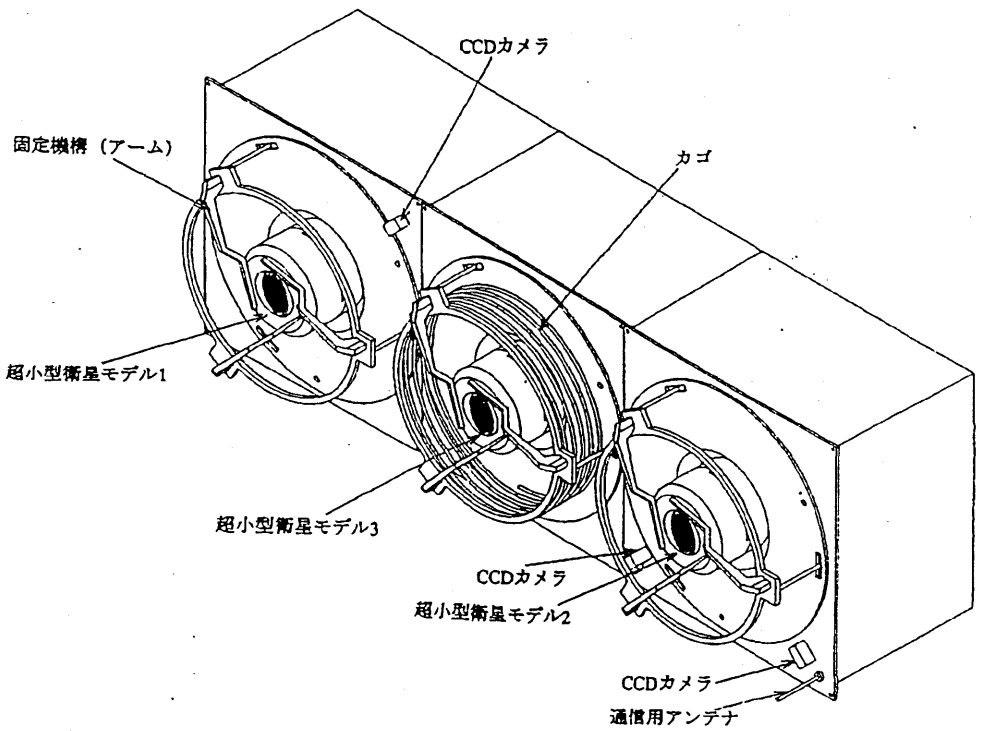


図2 実験モジュールの外観