

第22回宇宙開発委員会（定例会議）

議 事 次 第

1. 日 時 平成8年7月24日（水）
 14：00～16：00
2. 場 所 委員会会議室
3. 議 題 (1) 前回議事要旨の確認について
 (2) 宇宙開発委員会参与会構成員について
 (3) ゴア米副大統領/チェルノムイルジン露首相会談について
 (4) 宇宙開発事業団の今後の広報計画について
 (5) 宇宙科学研究所観測ロケット実験について
4. 資 料 委22-1 第21回宇宙開発委員会（定例会議）議事要旨（案）
 委22-2 宇宙開発委員会参与（案）について
 委22-~~23~~3 ゴア米副大統領/チェルノムイルジン露首相会談につ
 いて
 委22-4 宇宙開発事業団の今後の広報計画について
 委22-5 宇宙科学研究所観測ロケット実験について

委 22-1

第21回宇宙開発委員会（定例会議） 議事要旨（案）

1. 日時 平成8年7月17日（水）
14:00～15:30
2. 場所 委員会会議室
3. 議題 (1) 前回議事要旨の確認について
(2) 国連宇宙平和利用委員会の結果について
(3) 宇宙放射線環境計測計画の実施について
(4) 米国次世代シャトル試験機「X-33」について
4. 資料 委21-1 第20回宇宙開発委員会（定例会議）議事要旨（案）
委21-2 国連宇宙平和利用委員会の結果について
委21-3 シャトル／ミールミッション（4号機）における宇宙
放射線環境計測計画の実施について
委21-4 米国次世代シャトル試験機「X-33」について
5. 出席者
宇宙開発委員会委員長代理 野 村 民 也
宇宙開発委員会委員 山 口 開 生
" 末 松 安 晴
" 長 柄 喜一郎

関係省庁
通商産業省機械情報産業局次長 一 柳 良 雄（代理）
郵政大臣官房技術総括審議官 甕 昭 男 "

事務局
科学技術庁研究開発局宇宙政策課長 千 葉 貢 他
6. 議事
(1) 前回の議事要旨の確認について
第20回宇宙開発委員会（定例会議）議事要旨（資料委21-1）が確認された。

(2) 国連宇宙平和利用委員会の結果について

外務省総合外交政策局国際科学協力室 軽部室長より、資料委21-2に基づき、6月3日～14日にウィーンで行われた国連宇宙平和利用委員会の第39会期において、国連宇宙会議の再検討を行うための代替会議を宇宙平和利用委員会の特別会議として1999年にウィーンで開催することを本委員会の下にある科学技術小委員会で採択したこと、また、本委員会の下にある法律小委員会の審議を踏まえ、「知的所有権及び宇宙環境保全に関する宣言案」を国連総会で採択するよう勧告することが合意されたこと等の説明があった。

これに関し、委員より、国連宇宙会議の代替会議に関する質問があった。

(3) 宇宙放射線環境計測計画の実施について

宇宙開発事業団宇宙利用環境利用システム本部 只川主任開発部員より、資料委21-3に基づき、米露宇宙協力の下進められているシャトル/ミールミッション(4号機)において、宇宙ステーションでの我が国の搭乗員の有人宇宙活動に備え、宇宙ステーション内の放射線環境評価技術等の向上を図るために、宇宙ステーション軌道における与圧部内での宇宙放射線環境のデータの取得及び生物資料への放射線影響の調査等を目的とする宇宙放射線環境計測計画について、米国のスペースシャトルに実時間放射線モニタ装置(RRMD)を搭載して行う実験テーマの概要、9月中旬以降に打上げ予定であること等の説明があった。

これに関し、委員より、実験の内容、前回の第2次国際微小重力実験室(IML-2)で使われたRRMDと今回のものとの違い等について質問があった。

(4) 米国次世代シャトル試験機「X-33」について

宇宙開発事業団宇宙輸送システム本部 渡辺主任開発部員より、資料委21-4に基づき、米国において完全再使用型宇宙往還機(RLV)のための技術実証試験機の開発を目的とする次世代シャトル試験機「X-33」計画について、これまでに94年1月にNASAの共同開発公募(CAN)に対して、95年3月からロッキードマーチン社、ロックウエル社、マクダネル・ダグラス社の3社のそれぞれを中心としたフェーズ1(概念設計)作業が行われてきたこと、本年7月2日にNASAは、フェーズ2(開発及び試験)の契約相手にロッキードマーチン社を選定したこと、試験機の機体は実用機の約1/2スケールで、垂直離陸/水平着陸(VHTL)型のリフティングボディ形状、複合材料を多用した軽量化機体構造等の特徴とすること、エンジンはエアロスパイクエンジンを採用し技術開発を行うこと、その他開発試験費用等について説明があった。

これに関し、委員より、X-33の機体重量と推進剤重量の関係、機体の安定性、地球への帰還方法、エンジンの構造等について質問があった。

以上

宇宙開発委員会参与（案）

（平成8年8月より2年間の予定）

- 相川賢太郎 三菱重工業(株)会長
青井 舒一 経済団体連合会宇宙開発推進会議会長
赤祖父俊一 アラスカ大学地球物理研究所所長
有馬 朗人 理化学研究所理事長
石川 忠雄 慶応義塾大学名誉教授
今井 通子 医師
大宅 映子 ジャーナリスト
小田 稔 東京大学名誉教授
小野田 隆 住友海上火災(株)社長
川口 幹夫 日本放送協会会長
小松 左京 作家
斉藤 成文 元宇宙開発委員会委員
里中満智子 漫画家
関本 忠弘 日本電気(株)取締役会長
武田 峻 元科学技術庁航空宇宙技術研究所長
永野 健 三菱マテリアル(株)相談役
中村 紀伊 主婦連合会参与
奈須 紀幸 東京大学名誉教授
西垣 昭 海外経済協力基金総裁
西澤 潤一 東北大学総長
松永 信雄 日本国際問題研究所理事長
松本 惟子 (財)婦人少年協会常務理事
森岡 茂夫 山之内製薬(株)会長
山野 正登 宇宙開発事業団顧問
屋山 太郎 政治評論家

委 2 2 - 3

ゴア米副大統領／チェルノムイルジン露首相会談について

平成 8 年 7 月 2 4 日
宇 宙 利 用 課

平成 8 年 7 月 1 5 日及び 1 6 日にかけて、ロシアにおいて標記会談が実施され、特に、宇宙ステーションに関連する以下の事項が、共同宣言に盛り込まれた（別添 1 参照）。

- － 宇宙ステーション計画における了解覚書を暫定的に合意
- － 宇宙ステーションの経費及び資源配分に対する考え方に合意
- － 1 9 9 8 年までシャトル・ミール計画を延長するための技術的及び財政的責任について合意
- － 宇宙ステーション計画に関するマイルストーンに合意（別添 2 参照）
- － 初期の重要な要素たる露提供のサービスモジュールのために、堅実且つ適切な財源を確保

ゴア／チェルノムイルジン委員会（宇宙分科会）

（仮訳）

（前略）

米副大統領及びロシア連邦政府議長の両者は、1996年1月における前回会合以来、宇宙ステーション計画において重要且つ全体的な進展について認識する。両国は、宇宙ステーションにおける相互の役割及び責任を規定する了解覚書において、暫定的な合意に達した。また、宇宙ステーションの経費及び資源配分の考え方、1998年までシャトル・ミール計画を延長するための技術的及び財政的責任、宇宙ステーション計画全体に対するマイルストーンについて合意に至った。

（後略）

有人飛行及び科学協力に関する共同宣言

（仮訳）

（前略）

米副大統領及び露首相は、両国が前回の委員会以来、多くの進展がなされたことを認識する。特に、NASA及びロシア宇宙庁（RSA）は、委員会で支持された原則及びアクションプランを実行している。これら原則に則って、NASA及びRSAは、

- ・宇宙ステーション計画における相互の役割及び責任を規定する了解覚書において、暫定的な合意に達した。この重要な文書における合意は、米、露、日、欧州、カナダ間における宇宙ステーション協力の基礎となる政府間協定の締結を可能とする。
- ・宇宙ステーションの経費及び資源配分に対する考え方に合意した。米露交渉団は、協力活動に対する資金交換を最小限とし、且つ宇宙ステーション計画におけるすべての国際パートナーに有益である、公平・衡平な計画を設定した。
- ・1998年までシャトル・ミール計画を延長するための技術的及び財政的責任について合意した。露は、ミールを価値ある国家資産として使用続け、米は更なる2つのシャトル・ミール・ランデブー・ミッション及びミールでの搭乗員業務からの経験を得る。
- ・宇宙ステーション計画に関する米露両政府への第一報告書を作成するために使用されてきたマイルストーンについて合意した。これら報告書は、米露双方が開始した歴史的な協力を成功させるために達すべき極めて重大なステップを盛り込んでいる。当該報告書の最初には、初期の重要な要素たる、露提供のサービスモジュール、露製造のFGB、米提供のノードの進捗状況を含んでいる。

さらに、両国は、宇宙ステーション計画のため、特に、初期の重要な要素たる露提供のサービスモジュールのために、堅実且つ適切な財源を確保をすべき手続きを行ったことを認識する。

（後略）

宇宙基地要素の開発、組立スケジュール

	1996	1997	1998
FGB (エネルギー供給棟) フライト: 1A/R (米露共同第1回打上げ) 米要素を露が打上げ		↑ 97.11	
ノード1 (米実験棟を接続するための接合部) フライト: 2A (米要素第2回打上げ)		↑ 97.12	
サービス棟 (空気循環制御、高度制御機能) フライト: 1R (露要素第1回打上げ)			↑ 98.4
ソユーズ (緊急帰還機) フライト: 2R (露要素第2回打上げ)			↑ 98.5

1996年7月16日 モスクワにて

NASA長官
 ゴールディン
 署名

RSA長官
 コプチェフ
 署名

宇宙開発事業団の今後の広報計画について

平成8年7月24日
宇宙開発事業団

I. 経緯

1. 本年1月に策定された「宇宙開発政策大綱」において、『宇宙開発について国民の理解と協力を得るよう努めることは、宇宙開発を推進するものの責務である』旨、これまでになく積極的な広報活動の推進がうたわれている。
2. 昨年の7月以来理事懇談会等において、積極的な広報活動について討議を行ってきたが、政策大綱に基づき、より積極的、効果的な広報活動の推進を行なうべく、本年3月全社的な『広報委員会』を設置し重点的広報計画等について、これまで3回にわたり討議を重ねてきた。
3. 当広報計画は、現在広報委員会において検討され今年度中に策定を予定している5ヵ年程度に渡る『広報計画(PC²計画)*』に含まれるものであり、平成9年度予算概算要求に反映させることを図って作成したものである。

※PC²計画(PCスクエア計画)：

Public Corporation(公的機関)による Public Communicationsのための計画。また、スクエアは広場の意味とともに公明正大、率直にとの意味を持ち、広く一般との自由な意見の交流の場をも表わす。

II. 基本的考え方

1. これまでの国民の理解を得る活動から、より積極的な支援を得るための広報活動へ展開することとし、分かりやすく、かつ徹底・タイムリーな情報公開を進める。
2. 一方的な情報提供ではなく対話型、双方向型の活動を強化していく。
3. 広報の対象を重点化し、特に次世代をになう青少年に焦点をあてた活動を展開する。

Ⅲ. 具体的な進め方

1. 各種メディアの活用、整備、充実

マスメディアへの情報提供を強化すると共に、科学・教育的TV番組の制作・提供等によるTV放送等を図る。自主媒体を整備・充実すると共に、体系立てた解説書等の発行、CD-ROM等による情報提供、及びインターネットによるツウエイコミュニケーション等の拡充強化を図る。

また、民間の通信衛星を用いた打ち上げ状況等の情報提供を実施する。

2. 科学館等の整備、充実、連携活動

種子島をはじめNASDAの展示館・展示室及び巡回展示物の整備・充実を図る。

各種宇宙開発関係展示会への出展、全国の科学館等との連携事業の推進等を積極的に実施すると共に、宇宙及び宇宙開発の情報・データベース等を体系立てて制作し、全国の科学館、全世界の青少年に情報提供できるようなシステムを整備する。

3. 各種講演会の開催促進、講師の育成・派遣

NASDA職員の出身校等での講演活動を強化すると共に、講師をNASDA OB、関係機関・産業界等まで拡大を図る。さらに、講演会等を効果的なものとするため、派遣する職員の教育・育成を強化すると共に、各種講演用ツールの整備・充実を行なう。

4. 各種イベントの開催、施設等公開

「宇宙の日」を中心とした9月に、重点的に各種イベントの開催等を実施すると共に、「人工衛星の愛称」、「宇宙実験アイデア」等、コンテストの範囲の拡大展開を図る。将来的には衛星設計等優れた作品の打上げ実現等を検討する。

5. 官民協力体制の強化、共同活動の展開

国内外の関係機関と協力・連携した広報活動が実施できる体制を整備する。

海外機関との共同活動として、宇宙ステーション広報活動を積極的に推進する。官民共同活動として、企業広告・機関誌等への宇宙活動の取上げ、パソコンゲーム等の製作協力、IMAX等による大迫力・リアル画像の共同開発等を積極的に検討・推進する。

6. 青少年教育活動の強化

教科書・各種教材の整備、カリキュラムの充実等を図り、全国各地における「宇宙教室」を、より拡充する。さらに宇宙に関する定期的な教育を行なう「宇宙学校(仮称)*」を整備すると共に、学校教育者への各種教材の提供及び研修会・研究会制度の確立を図る。

7. 広報体制の強化

上記①～⑥の活動を積極的に推進するため、NASDAの広報体制の強化を図る。

また、全職員が広報マンとしての活動を行なえるよう、それを支援する体制を整える。さらに、長期的・総合的展望に立ったPC²計画を策定すると共に、明確な目標を立て、その効果測定を行なう。

以上

宇宙開発事業団における広報活動の現状及び重点的計画

	平成8年度において計画されている活動	平成9年度重点活動(追加)	平成10年度以降の重点活動	備考	
広報活動	各種メディアの活用・整備・充実 宇宙開発に係る情報を、テレビ、新聞、雑誌、インターネット等、様々なメディアを通じて、広範に提供する。	マスメディア ：記者発表、取材対応、共同企画番組・記事の放映・掲載 自主媒体 ：パソコン類、定期刊行物類、映画・VTR等、インターネット等、打上状況映像提供	・TV番組制作・提供によるTV放送 ・NASDA文庫(仮称)の整備強化 ・インターネットの整備強化	・継続推進 ・地球観測画像の定期的提供・放映 ・NASDA文庫(仮称)の整備強化 ・継続整備	
	科学館等の整備・充実・連携活動 展示物や資料映像の提供、人材の派遣等を通じて、全国の科学館等との連携や航空宇宙関連科学館等への支援を積極的に行なう。	展示会出展 ：展示会への出展、資料提供等協力 全国科学館等対応 ：NASDAソーン整備、巡回宇宙展、科学館建設構想支援、イベント協力 宇宙情報センター (インターネットによる宇宙情報検索システム) 展示室整備 (NASDAの展示館・展示室の整備)	・宇宙情報センターの整備強化 【5ヵ年計画】	・宇宙情報センターの整備強化 ・海外向け移動展示物セットの整備	
	講演会の開催促進、講師の派遣 普及啓発に関する講演会への科学者、専門家の派遣等により、きめ細かな情報提供を行なう。	講師派遣 (一般職員、MS等の講演会への派遣) 講演会の開催促進 (「宇宙月間」の講演会促進) 職員の育成 (職員研修、講演用ツール整備等)	・一般職員・OBの講師派遣拡大	・継続拡大(目標年間1,000件)	
	各種イベントの開催、施設等公開 「宇宙の日」等の機会を活用して、全国の小中学生を対象とした宇宙に係る各種イベントや宇宙開発機関等による施設の公開実験等を行なう。	イベント ：宇宙ふれあい塾、コスミックフェスティバル 施設等の公開 ：施設公開・説明会、試験・実験公開 コンテスト ：衛星設計、作文・絵画等、衛星愛称			
	官民協力体制の強化、共同活動の展開 宇宙開発についての広報活動を協力に推進するため、官民及び内外の宇宙開発機関が協力する実施体制の一層の強化を図る。	官民協力体制の強化活動 (広報連絡会等) 官民共同活動 (企業広告、グッズ等)	・海外機関との共同活動 宇宙ステーション利用広報活動 ・大画面映像の官民共同制作	・宇宙ステーション利用広報活動 継続推進 ・大画面映像の官民共同制作【4ヵ年計画】	飛行士による教育プログラム実施 ハイビジョンによる地球画像の提供 世界規模の愛称募集提案
	青少年等教育活動の強化 青少年が宇宙開発の現場に接する機会をできるだけ多く設け、将来宇宙開発の分野で活躍したいという意欲を持つような環境を作る。また、指導者を対象とした研究機会等を設け、その養成に努める。	各種教材の製作 ：教科書、教材、SP・スライド等 各種宇宙教室の開催 ：宇宙教室、サマ・キャンプ、セミナー 宇宙学校の設置・運営 (宇宙の専門的學校)	・宇宙学校の整備強化 ・教育者の研修制度等の確立 教育者への資料提供・研修制度	・宇宙学校の整備強化【10ヵ年計画】 ・継続推進(目標:定期的な開催・運営)	
	広報体制の強化	NASDA内体制整備 (広報委員会、意識・実態調査等) PC²の策定 (目標値設定、効果測定等) 職員の広報力育成 (研修等)	・広報活動全体効果測定、PC ² 見直し等	・広報活動全体効果測定、PC ² 見直し等	

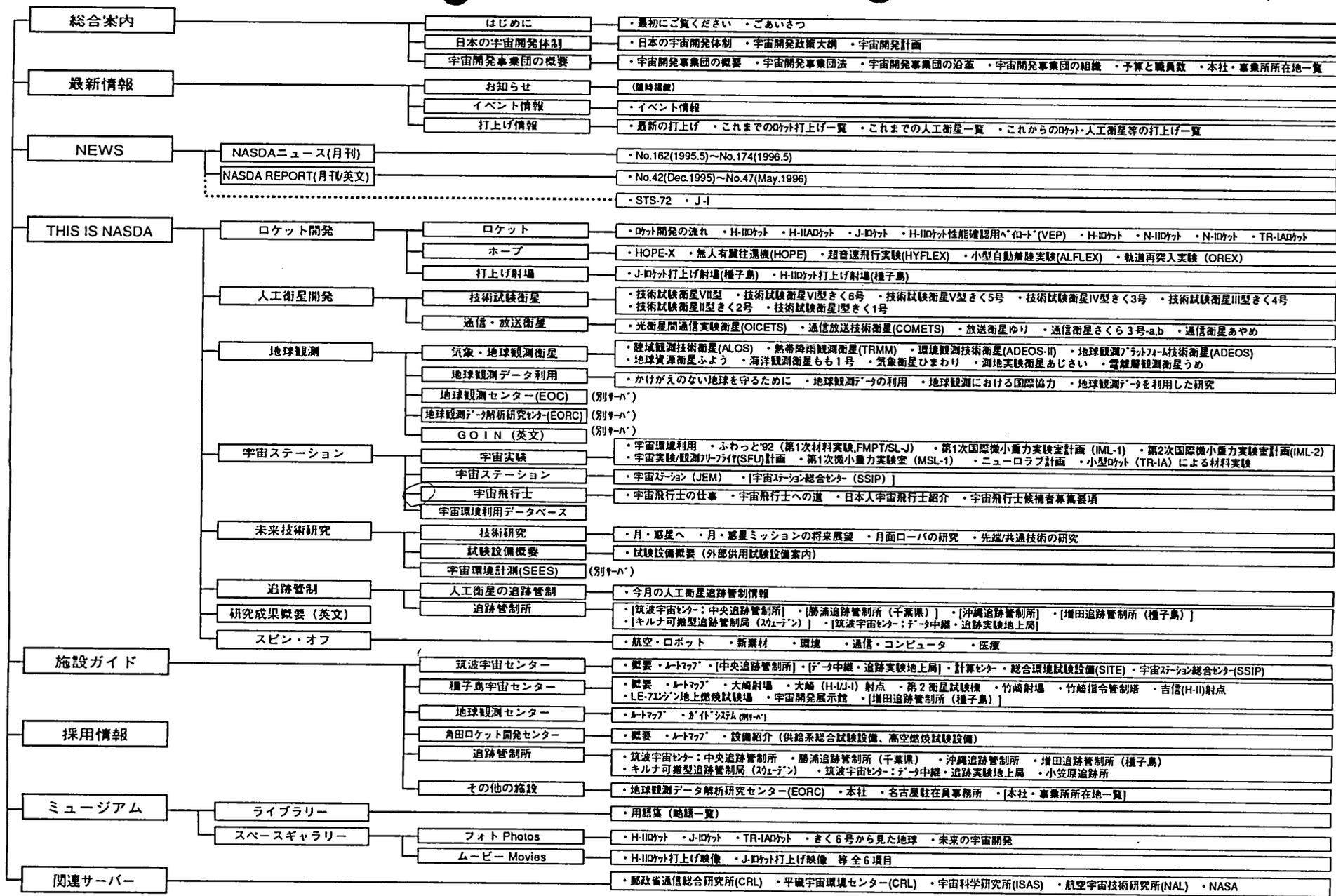
インターネットNASDAホームページ

URL = http://www.nasda.go.jp/

The screenshot shows a Netscape browser window displaying the NASDA website. The browser's title bar reads "Netscape: National Space Development Agency of Japan Home Page". The address bar shows "http://www.nasda.go.jp/". The browser's navigation toolbar includes buttons for Back, Forward, Home, Reload, Images, Open, Print, Find, and Stop. Below the address bar are menu items: "What's New?", "What's Cool?", "Handbook", "Net Search", "Net Directory", and "Software".

The main content area features a large banner with a satellite view of Earth and the text "National Space Development Agency of Japan" and "NASDA". Below the banner is a "Welcome to NASDA WWW Home Page" message with the Japanese text "宇宙開発事業団" and an "English" language selector. A central navigation menu consists of eight icons with corresponding text labels: "総合案内" (General Information), "最新情報" (Latest Information), "NEWS", "This is NASDA", "施設ガイド" (Facility Guide), "採用情報" (Recruitment Information), "ミュージアム" (Museum), and "関連サーバー" (Related Servers).

At the bottom of the page, a horizontal menu lists the same eight categories: "総合案内 | 最新情報 | NEWS | This is NASDA | 施設ガイド | 採用情報 | ミュージアム | 関連サーバー". The footer text reads "NASDA (National Space Development Agency of Japan) WWWホームページへようこそ!".



Welcome to NASDA		Introduction	*Introduction * Forward
		Japan's Space Development Structure	*Space Development Structure in Japan *Fundamental Policy of Japan Space Activities *Toward a New Era in Space Development
		NASDA'S Role	*NASDA'S Role *History of NASDA *NASDA's Organizations *Budget Growth & Personnel Trends *Major Installations & Offices
What's New		Notices	(on occasion)
		Events	*Events
		Launching Information	*Launching Information *Launch Records (Launch Vehicle) *Launch Records (Satellites) *Future Launch & Mission Schedule
NEWS	NASDA Report		*No.42(Dec.1995) *No.43(Jan.1996) *No.44(Feb.1996) *No.45(Mar.1996) *No.46(Apr.1996) *No.47(May.1996)
			*STS-72
This is NASDA	Space Transportation Systems	Launch Vehicle	*Flow of Rocket Development *H-II Launch Vehicle *H-II A Launch Vehicle *J-I Launch Vehicle *H-II Launch Vehicle : VEP *H-I Launch Vehicle *N-II Launch Vehicle *N-I Launch Vehicle *TR-1A Launch Vehicle
		Hope	*HOPE-X *HOPE *HYFLEX *ALFLEX *OREX
		Launch Complex	*J-I Launch Vehicle Launch Complex (TNSC) *H-II Launch Vehicle Launch Complex (TNSC)
	Satellite Systems	Engineering Test Satellites	*ETS-VII *ETS-VI(Kiku-6) *ETS-V(Kiku-5) *ETS-IV(Kiku-3) *ETS-III(Kiku-4) *ETS-II(Kiku-2) *ETS-I(Kiku-1)
		Communications & Broadcasting Satellites	*OICETS *COMETS *Broadcasting Satellites(Yuri) *CS(Sakura) *ECS(Ayame)
	Earth Observation Systems	Meteorological & Earth Observation Satellites	*ALOS *TRMM *ADEOS-II *ADEOS *Japanese Earth Resources Satellite-1(Ifyou) *Marine Observation Satellites(Momo) *GMS(Himawari) *EGS(Ajisa) *ISS(Ume)
		Earth Observation Data	*To Save Our Precious Earth *Use of Data from Earth Observation Satellites *International Cooperation in Earth Observation *Research Utilizing Earth Observation Data
		Earth Observation Center (EOC)	(other server)
		Earth Observation Research Center (EORC)	(other server)
	Space Station	Global Observation Information Network (GOIN)	(other server)
		Space Experiment	*Space Environment Utilization *MPT/SL-J *Experiments on First International Microgravity Laboratory Mission(IML-1) *IML-2 *SPU *MSL-1 *NeuroLab Program *TR-1A
		Space Station : JEM	*JEM *ISSIP
		Astronauts	*Astronauts:Overview *Astronauts:Responsibilities *Japanese Astronauts Members *Astronauts:Requirement
		Data Base on Space Utilization	
	Research & Development	Technological Research	*To The Moon & Planets *Research on Spacecraft Systems *Research on Leading-edge and Common Technology
Test Operations		*Test Operations	
SEES		(other server)	
Tracking & Data Acquisition	Satellite Tracking & Control	*Satellite Tracking & Control information(by monthly)	
	Tracking & Data Acquisition Station	*[TKSC:Tracking & Control Center] * [TKSC:Data Relay/Tracking & Control Test Ground Station] * [Kastuura] * [Masuda] * [Okinawa] * [Kiruna Mobile Tracking & Data Acquisition Station(Sweden)]	
Annual Report			
Space Centers		Tsukuba Space Center	*TKSC *Route Map * [TKSC:Tracking & Control Center] * [TKSC:Data Relay/Tracking & Control Test Ground Station] *Computer Center *Spacecraft Integration & Test Facilities (SITE) *Space Station Integration & Promotion Center (SSIP)
		Tanegashima Space Center	*TNSC *Route Map *Osaki Range,Yosinobu(H-II)Launch Complex *Yosinobu Firing Test Facilities for LE-7 Engine *#2 STA *Osaki(H-I,J-I)Launch Complex *Takesaki Range *Takesaki/RCC *Space Exhibition Hall * [Masuda Tracking & Data Acquisition Station]
		Earth Observation Center	*Route Map *Guide Systems(other servers)
		Kakuta Propulsion Center	*Kakuta Propulsion Center *Integrated Feed System Test Facility *High Altitude Test Stand
		Tracking & Data Acquisition Station	*TKSC:Tracking & Control Center *TKSC:Data Relay/Tracking & Control Test Ground Station *Kastuura *Masuda *Okinawa *Ogasawaran *Kiruna Mobile Tracking & Data Acquisition Station(Sweden)
		Other Facilities	*Earth Observation Research Center (EORC) *Headquarters *Nagoya Office * [Major Installations & Offices]
Employment Information			*Term:Abbreviations
Museum	Library		
	Space Gallery	Photos	*H-II Launch Vehicle *J-I Launch Vehicle *TR-1A Launch Vehicle *Earth Figure from ETV-VI *Space Development in Future
		Movies	*H-II Launch Vehicle *J-I Launch Vehicle
Other Servers			*CRI. *ISAS *NAI. *NASA

委 22-5

観測ロケット実験説明
(S-310-25,26号機)

平成8年7月24日

文部省宇宙科学研究所

S-310-25,26号機による
中緯度スプラディックE層の準周期構造に関する観測(SEEK)

京都大学超高層電波研究センター	深尾昌一郎
	山本 衛
宇宙科学研究所	小山孝一郎
東京大学理学部	岩上直幹
	中村正人
東北大学理学部	小野高幸
東海大学	高橋隆男
郵政省通信総合研究所	森 弘隆

1) ダブルプローブ法による電界の空間分布(EFD-P) (25号機)

1. 観測目的

中緯度域のE領域イレギュラリティは、スプラディックE層(ES層)電子密度の強い高度勾配に電界が加わった時に生じるグラディエント・ドリフト不安定に起因すると考えられている。またMUレーダー観測によりイレギュラリティ中に発見された準周期(Quasi-Periodic; QP)エコーについては、中性大気中の大気重力波によって高度変調(変形)を受けたEs層に生じる分極電界によって発生するとのモデルが提唱されている。現在まで行われてきた、主にレーダーを用いた地上観測は、イレギュラリティの生成機構を考える上で重要な、電界の振舞いを明らかにする点で不十分であった。本観測は、ダブルプローブ法を用いてEs層付近の電界の背景場とイレギュラリティに伴う変動成分を同時に直接測定することを目的としており、電離圏-中層大気相互作用の新しい現象に光を投げかけるものと期待される。

2. 観測方法

ロケットから十字形に突き出された4本のブーム先端に取り付けられた合計4つの金属球間の電位差を測定することによって、電離圏イレギュラリティに働く電界ベクトルとその変動を観測するものである。

3. 観測装置

2台のブーム伸展機構と1台の電子回路部が搭載されている。ロケットが発射後約60kmに達した時に、ロケット外壁に取り付けられた4枚のドアが順次開けられる。ブームは高度80kmに達した時に伸展を開始し、ドア穴を通して全長4m(片側2m)まで伸びる。高度90km付近からブーム先端の4つの金属球の間の電位差を測定し、16bitのA/D変換器で取得されたデータを地上に連続的に送信する。本観測で得られたデータは、同時に観測

されるスターセンサおよび磁気センサによって得られるロケット姿勢情報と併せて解析され、電離圏内の電界ベクトルの空間分布をもたらす。

2) ブーメラン法による電離層DC電場の測定(EFD-B) (26号機)

1. 実験方法

ロケットよりリシウムイオンを加速して発射し、これが磁力線の周りに旋回運動をして戻ってくるまでの時間を測ることによって、電場ドリフトの量を見積り、これより電場を算出する。

2. 観測装置

装置はリシウムイオン銃、イオン検出器、および制御回路部よりなる。リシウムイオン銃はリシウムを含むガラスを加熱する事によりリシウムイオンを発生せしめ、これを電子レンズにより収束させ、390eVまで加速して発射する。ロケット搭載のGAからの情報をもとに、イオン銃の発射方向を常に磁力線に垂直となるように制御する。イオン検出器は半球型エネルギーアナライザーとチャンネルトロンからなり、戻ってきたリシウムイオンを検出する。リシウムイオンを発射するときに、ビーム強度に変調をかけ、時間情報を添付しておくことにより、500nsecの時間精度で発射から帰還までの時間を求めることが出来る。回路系ではビームの帰還を検出すると、その前後8msecのデータを一旦メモリーに保存し、これを約0.4秒でバーストデータとして地上に転送する。ロケットスピンの規定の1Hzであれば、1スピンの中に2回バーストデータを取得することを得る。バーストデータにはデータ取得時のイオン銃へ送られている時間情報が添付されるので、これらの情報からリシウムイオンの飛翔時間を地上にて算出する。

3) 電子密度の高度分布(NEI) (25および26号機)

1. 観測方法

インピーダンスプローブにより電離層電子密度の高度分布を高精度で測定する。

2. 観測装置

ロケット開頭部より1.2mのBeCu製プローブを伸展しプラズマ中におけるプローブのインピーダンスの周波数特性を計測することにより、プラズマの高域ハイブリッド共鳴(UHR)周波数を検出し、プラズマ密度を高精度で測定する。今回のS310-25,26ロケット観測においては100kHzより13MHzまでの周波数レンジを0.4秒で周波数送引して観測することにより、0.4秒の時間分解能で最大 2×10^6 /ccに至る電離層電子密度計測が行われることになる。観測結果は2チャンネルのアナログ・テレメータにてインピーダンス信号並びに周波数マーカ信号を伝送する。

4) プラズマ密度不規則構造の測定 (PWP) (25号機)

1. 観測の目的

中緯度電離圏E領域に発生するスポラディックE層の生成機構を解明することを目的として、スポラディックE層中の電子密度の不規則構造を高い空間分解能で測定する。

2. 測定方法

球プローブに正の固定電圧を加え、流入する電子電流の変動成分を精密に測定することにより、電子密度の微細構造を求める。

3. 測定器概要

ロケット先端部に直径5cmの球プローブを固定し、これに+5Vの固定電圧を加え、流入する電子電流のDC~200Hz成分、及び10~700Hz成分を異なる電流測定感度で測定する。観測中のプラズマ空間電位に対するプローブ電位の変化を求めるために、12秒毎に1秒間-2V~6Vの三角波掃引モードに切換え、ランゲミュア電流-電圧特性を取得する。球プローブの表面は炭素塗装を施されている。

5) Es 層中の電子温度観測(FLP) (25号機)

1. 目的

スポラディックE層(Es)中の熱エネルギー収支を研究するために、Es層中の電子温度を測定する。Es層中の電子温度は過去に2例のみ報告されているのみで、ほとんど研究がなされていないのが現状である。

2. 測定器概要

Es層中の電子温度を測定するためには、まずきれいな電極をもちいること、時間的に大きく変動する構造の温度を測るために、測定する電流のダイナミックレンジを大きくとること、かつ高速で掃引することが必要で、このために回路、センサー共に特別な工夫を凝らした。まず電極については、長さ20cm、直径0.3cmの円筒プローブをガラス封入し、これを約200℃で加熱しながら約1週間、 10^{-6} Torr以下で排気する。ガラスはロケットが電離層へ突入した時に破壊する方式を採った。プローブの掃引電圧は0~3Vの三角波で、繰り返し周波数は上昇時の高度90km以下と下降時100km以下で8Hzである。ロケット上昇時の高度90kmから130kmまでは、16Hzで掃引し、この間のデータをA/D変換して、蓄積した後、高度160kmより蓄積したデータをゆっくりと地上へ送り始める。また、下降時の高度130kmから100kmまでも16Hzで掃引し、高度100kmが過ぎた時点で、この間に得られたデータをテレメータの受信電波が消えるまで回収する。蓄積データを送出するチャンネルの他に、アナログ信号をそのまま送る3chを有している。

6)中性大気の風速・波動観測(TMA) (26号機)

1. 目的

スポラディックE層の生成については、中性大気風速の高度シア(風速の高度変化)によって背景電離圏のイオンが特定高度に集積されるために生じるとの理論(シア理論)が有力である。さらにSEEK観測の目的である電離圏イレギュラリティの準周期構造は、中性大気中の波動である大気重力波がその原因と考えられている。本観測は、中性大気の風速と波動を観測し、スポラディックE層との関連を調べることを目的としている。高度100kmを越える中性大気の運動を観測することは非常に困難であり、TMAを用いた観測がほとんど唯一の方法である。中性大気と電離大気の相互作用を明らかにする上で、本実験の結果は貴重なデータをもたらすものと期待される。

2. 観測方法

高度80~160kmの領域にTMA(トリメチル・アルミニウム)による発光雲を形成し、地上4ヶ所に設けた観測点から発光雲の形状を連続写真撮影することによって、風速測定を行うものである。

3. 測定器概要

約2.5kgのTMAを詰めた圧力容器を装備し、ロケットが降下中の高度約160kmの時点でTMAの噴射を開始する。噴射は約80秒間持続し、高知県の南約200kmの海上の高度80~160kmの領域に発光雲(白く輝く光の帯)を形成する。同時に、地上では鹿児島県肝属郡内之浦町、鹿児島県熊毛郡南種子町、宮崎県北諸県郡高崎町、高知県幡多郡大方町に設けられた観測点から発光雲の姿を連続的に写真撮影する。地上の2地点以上からの撮影に成功すれば、発光雲の3次元位置を求めることができ、その位置の時間変化から風速が求められる。

TMA発光雲は、半径300km程度の範囲で地上から目視することができる。今回の観測の場合、その範囲は九州東岸から四国南岸を経て紀伊半島に至る領域にあたる。この地域の方々には、発光雲を見て驚かれることのないようお願いしたい。実験は十分安全なものであって地上に何等影響を及ぼさない。また発光雲の持続時間は15分間程度である。

7)星検出器によるロケット姿勢検出(STS) (25および26号機)

1. 目的

飛翔中のロケット姿勢に関する情報は、光学観測をはじめ多くの観測データの解析に必要とされるが、とくにS-310-25,26号機のように電場観測を行う場合には、スピン軸方向と速度ベクトルのなす角度を刻々に精度良く知る必要がある。また電場観測・光学観測などを行わない場合でも、ロケットの作る衝撃波面と測器の位置関係を知るために、絶対姿勢の情報は必要となる。本測器は開頭時から、下降時の高度90km付近でタンブリ

ングが始まるまでのロケットの絶対姿勢を決定し、他の測器に提供することを目的としている。

2. 測定方法

有効径35mmの色消対物レンズ、N字型視野絞り、小型気密容器に収めた光電子増倍管および信号処理回路よりなる小型光電測光器で、視線方向はスピン軸から 20° 傾けて設置する。従って、視線方向はスピン運動により周期1秒で天球上に半径 20° の小円を描き、さらにスピン軸の才差運動によってその小円は周期3分程度で天球上を移動する。視野に偶然はいってくる3等星程度以上の星によりパルス状の出力が得られ、そのパターンの解析から、ロケットの絶対姿勢をこの測器単独で決定することができる。視野絞りはこれまで 2.5° 方形を用いてきたが、前回の24号機より対角 9.4° 、幅 0.95° のN字型を採用して精度の向上を試みている。これまでの精度は高度90km以上の定常才差運動時において単独スピンドで $\pm 2^\circ$ 程度、上昇時の90km以下では $\pm 4^\circ$ 程度だった。内蔵のLEDが2分毎に点灯するので測器の動作は自動的に確認できる。星信号のパルス幅は7ms程度となるためテレメータは倍速を使用する。

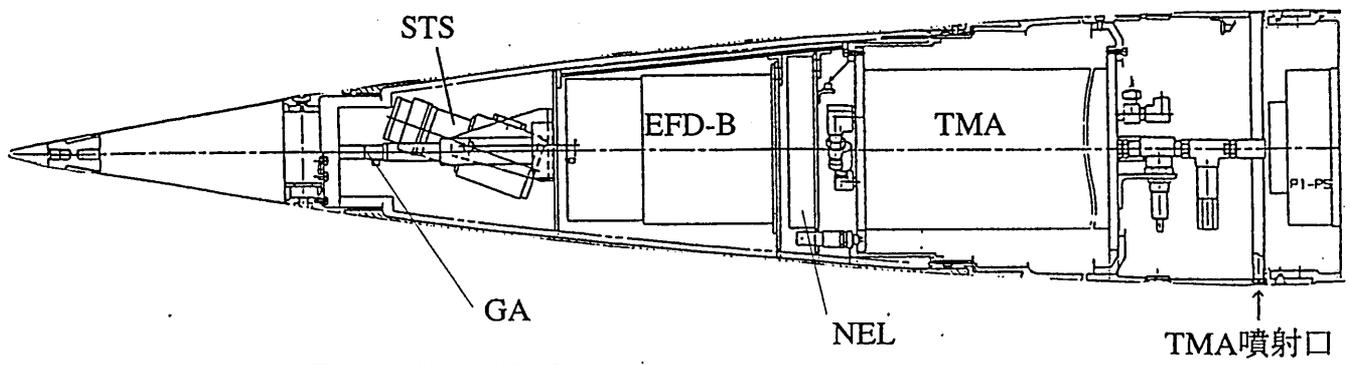
8)高感度磁力計(MGF：25号機)(GA：26号機)

1.実験目的

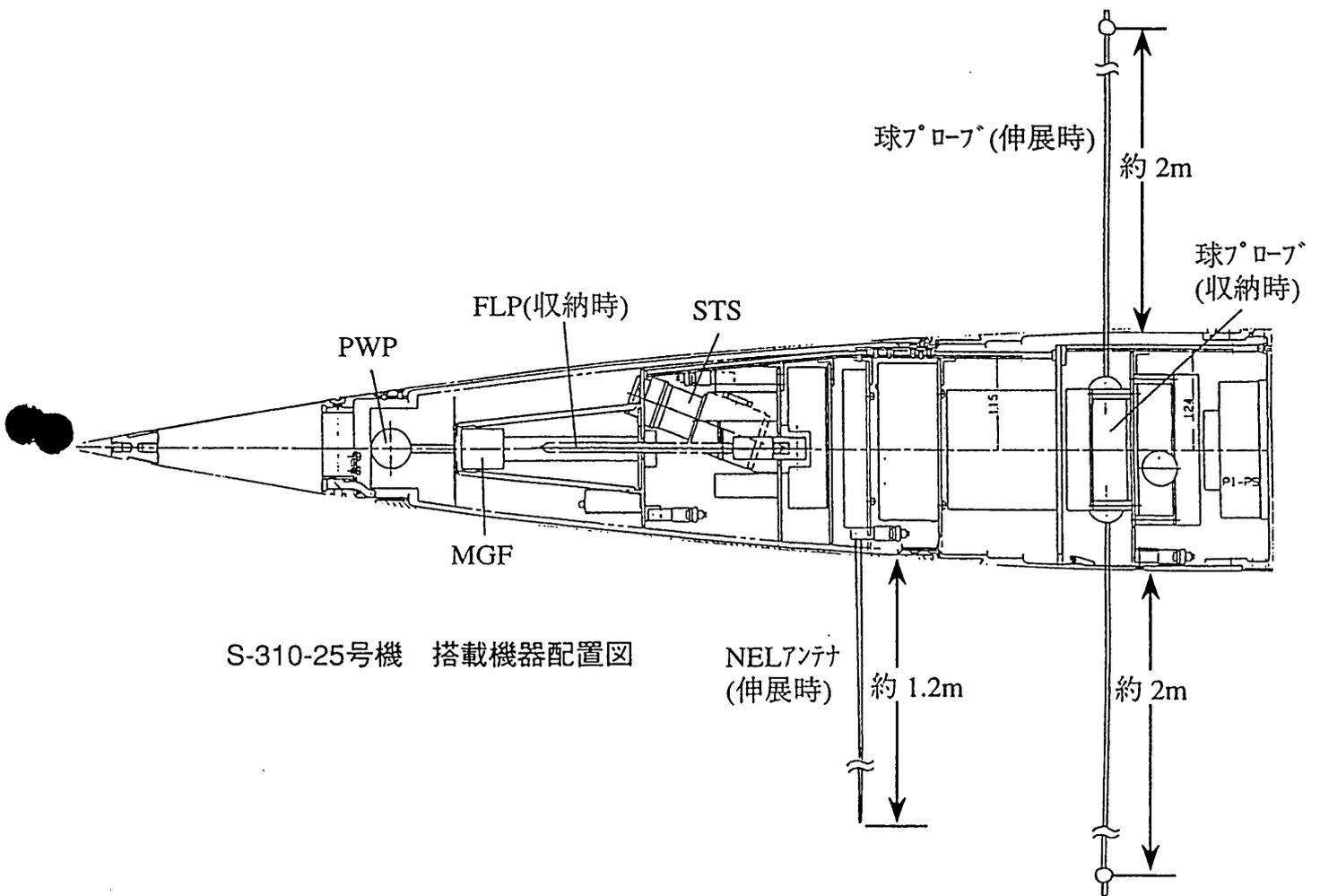
高感度の小型3成分(26号機は2成分)磁力計により地球磁場を高精度で測定する事によって、ロケットと磁力線との成す角度を正確に決定し、EFDなどの他の実験・観測装置を制御したり、観測データを解析するために必要となる地磁気姿勢角を提供する事を目的としている。また、工学的な側面でも飛翔中の姿勢やスピン特性を計測する事も重要な目的となっている。

2.観測装置

小型軽量で信頼性が高いリング・コア型のフラックスゲート磁力計で、ロケットの機軸方向のMGF-Zセンサとこれに垂直な平面内で互いに直角な方向に配置されたMGF-XとMGF-Yセンサの3成分のセンサで構成されている(26号機ではMGF-XとMGF-Zの2軸)。なお、これらのセンサはロケットの磁気バイアスを避けるために長さ20cmのブームの先に固定されて観測装置搭載部の先端に取り付けられている。このセンサによって、ロケット座標軸と地球磁場ベクトルとの成す角度を計測する事ができ、飛翔中のスピン特性やコーニング角の大きさ及びコーニング周期等を得る事が出来る。また、EFD等の実験装置の制御用信号として利用できるように磁力計の測定データをオンボードでEFDに配信している。



S-310-26号機 搭載機器配置図



S-310-25号機 搭載機器配置図

研究計画提案書

中緯度電離圏 F 領域イレギュラリティの波動構造に関する ロケット・地上協同観測計画

深尾昌一郎
(京都大学超高層電波研究センター)

1996年2月28日

1 概要

近年注目を集めている中緯度電離圏におけるイレギュラリティ現象の生成機構に対する理解を深めるため、平成8年8月に予定されているロケットとレーダー等の地上観測装置を組合せた観測キャンペーンと類似の構成のキャンペーンを平成9年6月に実施することを提案する。

最近の MU レーダ観測で得られている電離圏 E および F 領域イレギュラリティからの反射エコーは、非常に興味深いパターンを示す。特に F 領域においては泡 (plume) 状のイレギュラリティの存在 [Fukao *et al.*, 1991] が報告されており、M. C. Kelley 教授をして「研究者の中緯度への回帰が起こる」と驚かせたものである。この F 領域イレギュラリティについては、Kelley and Fukao [1991] によって Perkins 不安定によるもの説明が試みられているものの、いまだ観測例そのものが不足した状況が続いている。さらに plume 構造は今までのところ日本上空でのみ観測されており、東アジア地域の電離層において特にこれらの構造が発達しやすい条件が満たされているのではないかと考えられる。本研究は、日本上空の電離圏 F 領域イレギュラリティに見られる波動現象の本質を明らかにし、発生機構を解明することを目的としている。

本研究は日米の研究者による国際協同事業であり、文部省宇宙科学研究所鹿児島宇宙センター(内之浦)から打ち上げられるロケットを用いた電離圏 F 領域と E 領域の直接観測を中心としている。本研究では、平成9年6月にロケット2基(S-520 2基)を連続的に打ち上げ、(1)分極電界の空間分布、(2)スプレッド F を含む背景電離層の電子密度、(3)イオン組成、(4)中性大気の流れと波動、の観測を行い、同時に、地上から可搬型レーダー観測・MUレーダー観測・衛星電波シンチレーション観測・MFレーダー観測・アイオノゾンデ網観測・大気光イメージング観測等を行って多面的観測を実施する。

2 目的

MUレーダーや衛星電波シンチレーションといった地上観測を通じて、従来、磁気赤道域やオーロラ帯に比べて比較的「静か」とされていた中緯度域においても、活発なイレギュラリティが存在することが明らかにされつつある。最近のMUレーダーを用いた電離圏E及びF領域の高時間・高度分解能観測によって、それらの時間・空間構造の研究が進められてきた。まず電離圏F領域においては、Fukao *et al.* [1991] 及び Kelley and Fukao [1991] が示したように、MUレーダーは大規模な Plume (泡) 状イレギュラリティの存在を初めて捉える事に成功している。それらは赤道電離圏において見られるイレギュラリティに類似しており [e.g., Woodman and LaHoz, 1976; Tsunoda *et al.*, 1982]、夏季のF領域高度の日没後から数時間にわたって高度300-600 kmの範囲に現れ、高度方向に上昇や下降もしくは波状の変動を示す。また多ビーム観測の結果から、エコー領域が西向きに伝搬する様子が明らかにされている。さらに電離圏E領域においては、Yamamoto *et al.* [1991, 1992, 1994] と Tsunoda *et al.* [1994] がMUレーダー観測に基づいて明らかにしたように、スポラディックE層の出現と関連した強いイレギュラリティの存在と、「準周期 (Quasi-Periodic; QP) エコー」と呼ばれる特異な構造が捉えられている。

これらE/F領域のイレギュラリティに見られる構造は、その空間スケールが大きく異なるが、どちらも夏季の夜間に現れる現象であることや、同時に観測される場合が存在するなど、相互の関連が窺われる報告もある [Fukao *et al.*, 1991]。一方、F領域イレギュラリティが太陽活動度と負の相関を示すのに対して、E領域イレギュラリティには太陽活動度との強い相関が見られないといった違いも存在している。興味深い事実として、MUレーダーで観測されるこれらの現象がどちらも地球上の他の地域において、少なくとも顕著な現象としては観測されていないことが指摘できる。中緯度の電離圏は、従来考えられていた以上に活発な現象を含んでいる。我々の理解はいまだ十分とはいえ、集中的な研究が必要であると考えられる。

中緯度域の電離圏イレギュラリティ現象に対する理解は、電離大気-中性大気の相互作用・プラズマ不安定・大気重力波の伝搬に関する我々の知見を新たにするにつなると考えられる。特に電離圏E領域イレギュラリティの準周期構造の発生機構に関しては、現在、平成8年8月に打上げ予定のS-310ロケット2基と地上観測装置を組合せた総合観測キャンペーンとして、SEEK (Sporadic-E Experiment over Kyushu) 計画が推進されている。本研究はSEEK計画の発展であり、F領域イレギュラリティの構造解明を主な目的としたロケットと地上観測装置を組合せた観測計画である。

3 MUレーダー観測

京都大学超高層電波研究センターが1984年に完成したMUレーダーは、1986年以降、電離圏イレギュラリティ・エコーの観測を精力的に続けて来た。前節で述べたように、MUレーダーは中緯度域において、初めてF領域における数mスケールのイレギュラリティからのエコーを検出して plume 構造を発見し、またE領域においてはイレギュラリティの準周期構造を見出すなど、近年、この分野の研究の最先端の成果を提供して来た。

F領域イレギュラリティのMUレーダー観測は、主に1986年から1988年に実施された。一連の観測結果から明らかにされた電離圏F領域イレギュラリティの特長は次の通

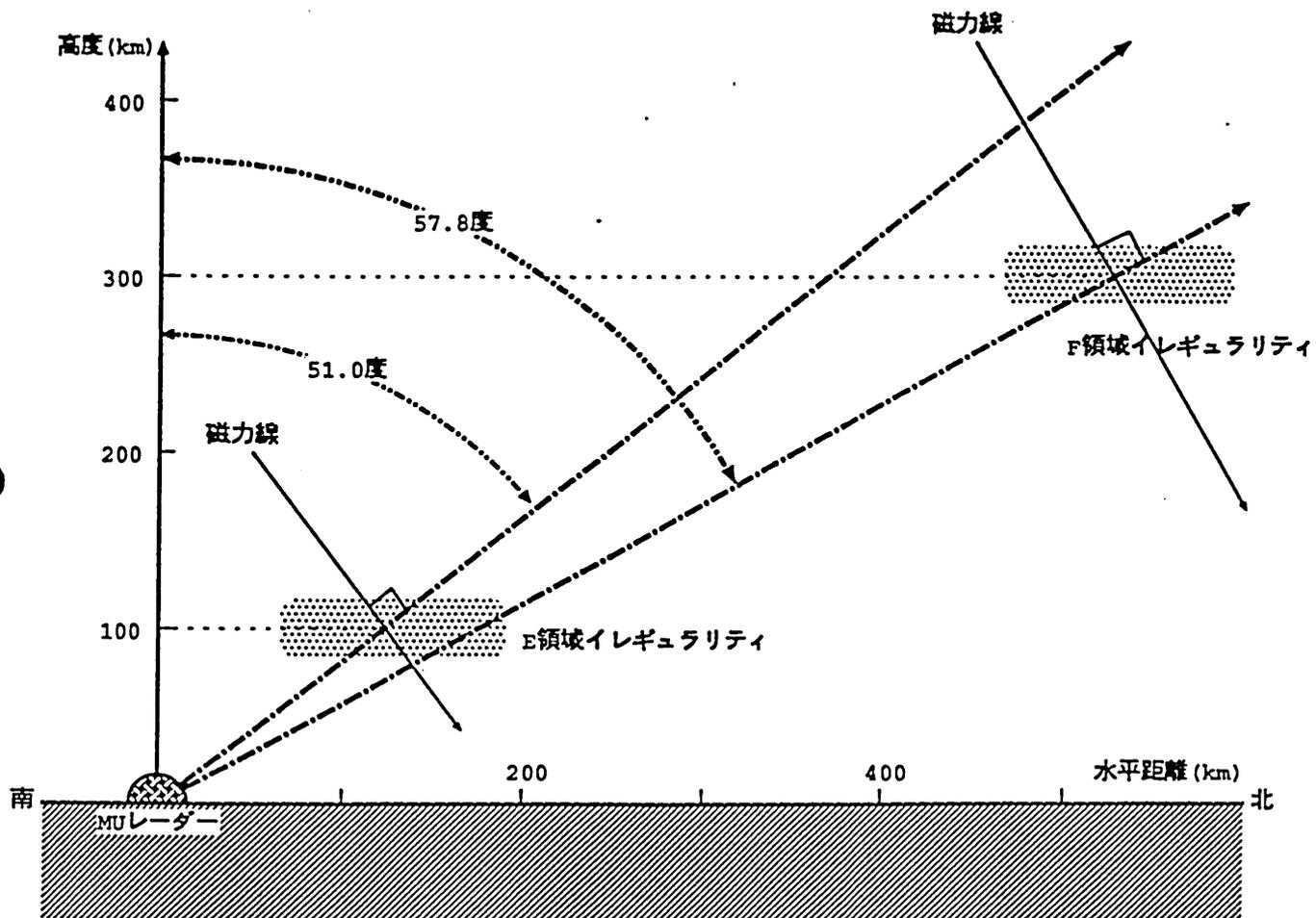


図1 MUレーダーによる電離圏E領域・F領域イレギュラリティの観測ビーム方向。

りである。

1. 主に夏季の F 領域高度の日没後から E 領域高度の日出までの時間に現れること。
2. 太陽活動度と負の相関を持つこと。
3. スプレッド F 現象と良い相関を持つこと。
4. エコー発生領域が上昇・下降するなど複雑な構造を示し、エコーのレンジ・レートとドップラー速度がよく一致すること。
5. エコー領域の下面には、しばしば波状構造が現れること。

上記の内、特に太陽活動度との負の相関は、この現象の観測を困難にしており、たとえば MU レーダーでは 1986~88 年の期間以降、ほぼ観測不可能の時期が続いた。最近、太陽活動度の低下とともにようやく 1994 年の夏季に弱いイレギュラリティ・エコーが観測されることとなった。MU レーダーでは、1994 年と 1995 年の夏季に電離圏 E および F 領域イレギュラリティの同時多ビーム観測を実施している。図 1 に示すように、E および F 領域高度において MU レーダーのアンテナビームを磁力線に対して直交させる必要があるため、観測領域は水平方向に数 100 km 離れたところとなってしまふ。しかしながらこれらの観測によって、

1. F 領域イレギュラリティ領域が西向き伝搬する性質が確認された。
2. Perkins 不安定の生成条件を良く満たす F 領域イレギュラリティの波動構造の観測例が得られた。
3. F 領域イレギュラリティ・エコーの示す平均ドリフト速度はおおむね北西方向であった。
4. F 領域エコーが観測される時間帯に E 領域エコーのドリフト速度が北西方向となる例が得られた。

などが明らかとなった。これらは 1986~88 年の観測に基づくエコー生成機構の説明 [Kelley and Fukao, 1991] を比較的良く支持するものではあるが、観測例が極めて限られていること、成長率が小さすぎるなど未説明の点が多い。

本研究で提案するロケットとレーダー等の同時観測を実施することができれば、F 領域イレギュラリティ領域の電界とその変動をエコー強度などと比較研究することが可能になるほか、中性大気風速の変動から、Perkins 不安定の「種」を作るといわれる大気重力波の効果を知ることが可能になると期待される。F 領域のイレギュラリティは、未だ未知の現象というべきであり、本研究に期待される成果は極めて大きいと考えられる。

4 研究組織

本研究は下記に示す日米の関係研究者の協力によって行う国際共同研究であり、本質的に平成8年度実施予定のキャンペーンと同一の布陣で実施される。

氏名	所属	観測機器
日本側		
深尾 昌一郎	京大・超高層	MU レーダー
山本 衛		可搬型レーダー観測
小川 忠彦	名大・STE 研	
中村 正人	東大・理	ロケット/Electric field
小山 孝一郎	宇宙研	ロケット/Plasma temperature
森 弘隆	通総研	ロケット/Plasma density fluctuations
岩上 直幹	東大・理学部	ロケット/Star sensor
五十嵐 喜良	通総研	MF レーダー・アイオノゾンデ網
丸山 隆		衛星電波シンチレーション
福西 浩	東北大・理学部	MAIS (大気光イメージング)
森 弘隆	通総研	ファブリ・ペロー干渉計
米国側		
R. Pfaff	NASA	ロケット/Electric field
M. F. Larsen	Clemson Univ.	ロケット/Barium-Strontium release
R. T. Tsunoda	SRI International	FAR (可搬型レーダー)
M. C. Kelley	Cornell Univ.	CUPRI (可搬型レーダー)
M. Taylor	Univ. of Uta	大気光イメージング

5 観測計画

本研究では、S-520 ロケットによって F および E 領域高度のイレギュラリティ中のプラズマ電子密度及び温度、電界の絶対値とそれらの変動を直接測定するほか、もう1基のS-520 ロケットから化学物質を放出して発光雲を生成し、中性大気とプラズマの運動を地上から写真撮影する。また、地上からは数台のレーダーによってイレギュラリティエコーの観測を実施する他、大気光のイメージングおよび干渉計観測によって中性大気の変動パターンと速度・温度を測定する。また本観測中には郵政省通信総合研究所のイオノゾンデ観測網を利用して電離層のモニタを実施する。

以下に各観測機器対する観測計画の概要を述べる。

● ロケット観測

本観測においては、2基のS-520 ロケットを用いて観測を実施する。ロケットのうち1基は化学物質放出実験に利用され、高度80~180 km においてはTMA (トリメチル・アルミニウム) を用いて中性大気運動の観測を実施するとともに、高度200 km 以上においてはバリウム・ストロンチウムを放出して、それ

ぞれプラズマと中性大気運動の観測を行う。また残る1基は、電離層E/F領域高度の電子密度・電界・電子温度・イオン組成の直接観測を行う(各観測装置の担当者は研究組織のとおり)。

- 可搬型レーダー観測

可搬型レーダー2基を用いてロケット観測領域の電離圏イレギュラリティの振舞いを観測する。図2に示すように、奄美大島に設置したレーダーによって内之浦上空約300kmのF領域イレギュラリティの観測を実施するとともに、E領域イレギュラリティの観測用のため、にもう1台のレーダーを設置して内之浦上空約100kmを種子島南部観測する。実際、SRI International(米国)のレーダー(FAR)を用いた観測は、SEEK計画の準備として、既に平成7年夏に種子島南部において成功裡に実施されている。

- MUレーダー観測

滋賀県信楽町のMUレーダーは電離圏イレギュラリティの精密観測が可能であり、ロケット観測地点からは北東に位置している。これまでの研究より、イレギュラリティは西向きに伝播に伝搬することが確認されていることから、ロケット観測と同時にMUレーダー多ビーム観測することで、ロケット観測領域へ向かうイレギュラリティの空間構造を明らかにする。

- アイオノゾンデ網観測

電離圏の基本的状況をモニターするため、アイオノゾンデ観測は重要である。特にF領域イレギュラリティに関しては、スプレッドF現象との相関が明らかにされていることから、通信総合研究所が山川電波観測所他において観測を続けているアイオノゾンデ観測は、ロケット打上げ条件となるイレギュラリティ発生をモニターするため極めて重要である。

- 大気光イメージング観測

電離圏イレギュラリティに対する大気重力波による変調を明らかにするためには、中性大気の観測が重要である。波長557.7nmと630.0nmの大気光の強度は、それぞれE領域及びF領域高度の大気密度によって変動を受けることが知られている。上記の観測と同時に多波長全天イメージング観測を行うことによって、中性大気波動の水平構造を明らかにすることができると考えられる。

- 衛星電波シンチレーション観測

衛星電波のシンチレーションはイレギュラリティと密接に関連している。本観測ではロケット観測と同時にシンチレーション観測を実施してイレギュラリティのplume構造とシンチレーションの関連を調べる。

- MFレーダー観測

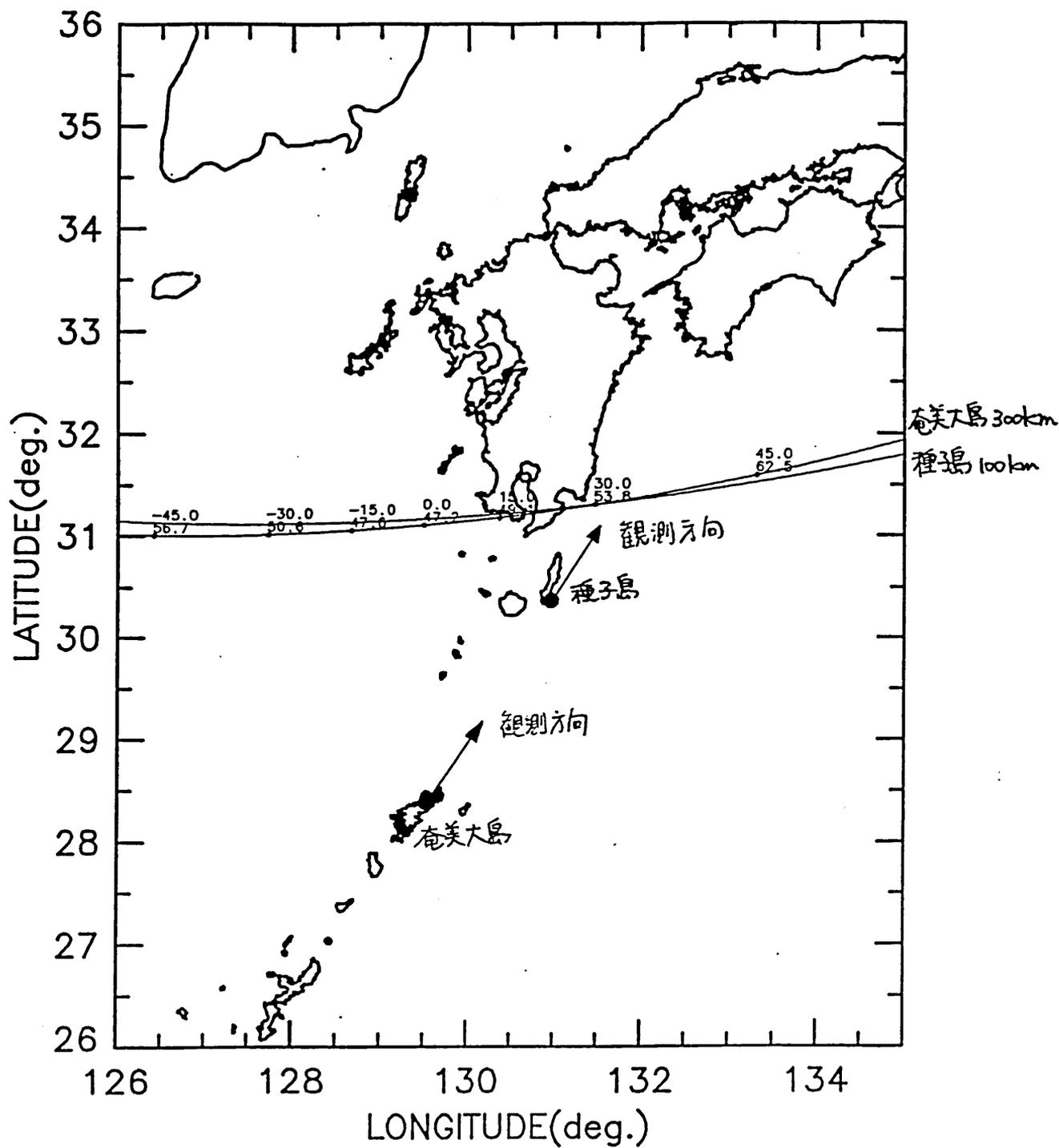


図2 可搬型 VHF レーダーの観測領域。種子島から観測される高度 100 km 領域と、奄美大島から観測される高度 300 km 領域の分布を示す。

本観測では、中性大気風速の高度分布とその時間変動を知るために、通信総合研究所山川電波観測所のMFレーダー観測データを併用する。

現在までの研究から、F領域イレギュラリティの活動度が周期約11年の太陽活動度の極小期に増大すること、MUレーダーでは1986~87年に強いエコーが観測されていること、1994年から新たに観測が再会されていることを考えると、本観測の最適期は1997年ないし1998年の夏季であり、それ以降は活発なイレギュラリティの発生頻度が低下することから、十分な観測が難しい。よって本観測では次の年次計画で本観測を推進する。

●

- 平成8年度(1996年)

現在推進中のSEEK計画のため、平成8年7~9月の時期には種子島南部に米国SRI Internationalの可搬型レーダーが設置される。これを用いてF領域イレギュラリティの観測を実施して、南九州上空のイレギュラリティ・エコーの発生頻度の研究を進める。一方、平成8年度は本研究で用いられるロケット搭載機器の開発を実施する。特に米国で開発された機器に関しては、今回使用するロケットに搭載できるよう、形状・重量・観測方法・テレメトリーシステムの検討を進める。

- 平成9年度(1997年)

各観測担当者の最終打ち合わせを行い、観測実施日時、観測実施の条件について合意を行う。ロケット搭載装置に関しては、装置間等のかみ合わせと試験を行う。地上観測装置は観測本番の1か月以上前に設置を完了し、イレギュラリティの発生状況や性質についての検討を進める。ロケット打ち上げは平成9年6月下旬を予定している。

参考文献

- Fukao, S., M. C. Kelley, T. Shirakawa, T. Takami, M. Yamamoto, T. Tsuda, and S. Kato, Turbulent upwelling of the mid-latitude ionosphere: 1. Observational results by the MU radar, *J. Geophys. Res.*, 96, 3725, 1991.
- Kelley, M. C., and S. Fukao, Turbulent upwelling of the mid-latitude ionosphere: 2. Theoretical framework, *J. Geophys. Res.*, 96, 3747, 1991.
- Tsunoda, R. T., R. C. Livingston, J. P. McClure, and W. B. Hanson, Equatorial plasma bubbles: vertically elongated wedges from the bottomside F layer, *J. Geophys. Res.*, 87, 9171, 1982.
- Tsunoda, R. T., S. Fukao, and M. Yamamoto, On the origin of quasi-periodic radar backscatter from mid-latitude sporadic E, *Radio Sci.*, 29, 349, 1994.
- Woodman, R. F., and C. LaHoz, Radar observations of F region equatorial irregularities, *J. Geophys. Res.*, 81, 5447, 1976.
- Yamamoto, M., S. Fukao, R. F. Woodman, T. Ogawa, T. Tsuda, and S. Kato, Mid-latitude E-region field-aligned irregularities observed with the MU radar, *J. Geophys. Res.*, 96, 15,943, 1991.

Yamamoto, M., S. Fukao, T. Ogawa, T. Tsuda, and S. Kato, A morphological study on mid-latitude *E*-region field-aligned irregularities observed with the MU radar, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 54, 769, 1992.

Yamamoto, M., N. Komoda, S. Fukao, R. T. Tsunoda, T. Ogawa, and T. Tsuda, Spatial structure of the *E* region field-aligned irregularities revealed by the MU radar, *Radio Sci.*, 29, 337, 1994.