

提出書類チェックシート

- * 提出書類について欠落がないかチェックの上、本状も提出願います。
本チェックシートは、応募 1 件につき 1 枚のシートでチェックして下さい。

プログラム	先導的研究等の推進
-------	-----------

研究課題名	次世代スペース・オプティクス of 広域展開
-------	------------------------

事務書類	
☐ 提出資料チェックシート（本用紙） ☐ 提案書受領通知はがき 1 枚（メール送付の場合は不要） ☐ フロッピーディスク 1 枚（メール送付の場合は不要）	本用紙 切手貼付済み官製葉書 様式 5 - 1 を保存

提案書類（日本語で記入）	
☐ 提案書 1 枚 ☐ 研究課題構想・概要 1 枚 ☐ 研究課題構想・詳細 ☐ 研究課題構想・詳細（各対象分野毎） ☐ 研究課題内容 ☐ 体制図 1 枚 ☐ 業務年次計画表・所要経費概算 ☐ 所要経費の見込額 ☐ 研究者データ ☐ 機関データ	様式 5 - 1 様式 5 - 2 様式 5 - 3 様式 5 - 3 - ~ 様式 5 - 4 様式 5 - 5 様式 5 - 6 様式 5 - 7 様式 5 - 8 及び別紙 様式 5 - 9

○ 全て A4 版とし、正確を期すため、ワープロ等判読しやすいもので作成、記入して下さい。

○ 提案書類には通し番号（表紙から 1 / ○ とし、以降 2 / ○、3 / ○ とする通しページ）を右下に必ず打って下さい。

○ 上記の提案書類については、それぞれ左肩をクリップ止めにし、4 部提出願います。なお、その際に両面コピーは認められません。

○ 様式 5 - 3 から 5 - 4 及び 5 - 6 から 5 - 9 については、特に枚数に制限はありませんが、できるだけ簡潔かつ明瞭をお願いします。

(様式 5 - 1)

提案書
(先導的研究等の推進)

1 対象分野名 (該当するものに○を付す)

- ☒ 新たな領域の創成が期待される先導的な研究開発
自然科学と人文・社会科学とを総合した先導的な研究開発

2 研究代表者・中核機関

代 表 者	ふりがな 提案者名	まつもと としお 松本 敏雄	生年月日	西暦 1941年 8月 21日 (60歳) * 2002年4月1日現在の年齢	
	機関・所属部署名	宇宙科学研究所 宇宙圏研究系		役職名	教授
	ふりがな 所在地	〒229-8510 かながわけんさがみはらしよしのだい 神奈川県相模原市由野台 3 - 1 - 1			
		TEL. 042-759-8163		FAX. 042-786-7202	
		E-mail: matsumo@ir.isas.ac.jp			
	所属機関 の産学官	「学」		40%	
事務連絡 担当者 (当該担当者に審査結果等 全ての連絡をいたします)	ふりがな 担当者名	なかがわ たかお 中川 貴雄	役職名	教授	
	機関・所属部署名	宇宙科学研究所・宇宙圏研究系			
	事 務 連 絡 先 (当該連絡先に審査結果等全 ての連絡をいたします)	〒229-8510 かながわけんさがみはらしよしのだい 神奈川県相模原市由野台 3 - 1 - 1			
		TEL. 042-759-8370		FAX. 042-786-7202	
		E-mail: nakagawa@ir.isas.ac.jp			

3 提案課題

課 題 名		次世代スペース・オプティクスの広域展開	
主分野	フロンティア分野	キーワード	人工衛星, 先端的通信技術, 衛星利用ネットワーク技術, 衛星通信, リモートセンシング, 地球観測, 宇宙科学, 天文
副分野	情報通信分野		

4 業務実施予定期間 (原則 3 年以内)

平成 14 年 7 月 ~ 平成 17 年 6 月まで

5 経費の見込額 (概算)

初年度 96.7 百万円、総額 287.7 百万円

(様式 5 - 2)

研究課題構想・概要 (A 4 用紙 1 枚まで)

- 課題名 「次世代スペース・オプティクス」の広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

研究の目標・概要
1 . 目標 「高精度・大型・軽量」の次世代スペース・オプティクスの実現と、その応用への展開を目指す。 ○ 第 1 - 2 年次: 共通基礎技術の開発、 ○ 第 2 - 3 年次: 実証鏡の試作と評価 ○ 第 3 年次: 応用分野への展開。 2 . 内容 まず「共通基礎技術」として、 軽量かつ高剛性の複合材料の開発、 大型ミラーの能動支持、の 2 つの技術を開発する。次に、この成果を用いて「実証鏡」を試作・評価する。さらに、これらの成果に立脚して、光通信、地球観測、高精度天体観測の 3 つの「重点応用分野」を開拓を目指す。 3 . 緊急性 光通信、天体観測、地球観測など、スペース・オプティクスの需要は急増している。しかしながら、従来型オプティクス (材料はガラス、支持は受動型) では、重量が重く、大型化が困難という致命的な欠点のため、IT や常時地球観測など、現在まさに発展している分野の要求に応えられない。 4 . 独創性 「無重力」を活かす全く新たな考え方 (能動支持) と、それを支える新技術 (複合材料) の導入。多くの応用分野が協力して共通技術の開発にあたる「分野横断的」な体制。 5 . 他の競争的資金等には馴染まない理由 本研究は、共通の技術に立脚しながらも、応用範囲が「分野横断的」で極めて広い。そのため、特定分野の成果を求める科学研究補助金など他の競争的資金には馴染まない。

諸外国の現状等
1 . 現状 「高精度・大型・軽量」の次世代スペース・オプティクスへの需要は高いが、現状では単発のミッションを想定した限定的な開発のみであり、本研究のような分野横断的な総合的開発の例はない。 2 . 我が国の水準 わが国は、 人工衛星での光学観測の需要が高い、 人工衛星搭載機器への軽量化の圧力が高い等、この研究を進める「必要性」が諸外国よりも高い。さらに、 複合材料の研究が盛んである、人工衛星用光学機器にいち早く SiC など新材料を採用してきた、「すばる」等の地上光学機器での能動支持光学に豊富な実績を持つ等、「研究実績」も世界でも最も整っている。

研究進展・成果がもたらす利点
1 . 世界との水準の関係 「高精度・大型・軽量」の次世代スペース・オプティクスの研究は、世界中で今まさに開始されたところであり、横一並びの状況である。その中で「分野横断的」な本研究はユニークな存在である。 2 . 波及効果 以下に応用の代表例を示す。これ以外にも非常に多くの応用分野・波及効果が期待される。 IT 立国を目指すわが国として、「光通信」の分野でも、世界トップにたつ。 日本の国土の「常時」高分解能観測を可能にする。これ科学のみならず、災害対策等でも重要。 高精度天体観測による「第 2 の地球の発見」 (太陽系外の地球型惑星) の可能性。

(様式 5 - 3)

研究課題構想・詳細 (対象分野共通)

- 課題名 「次世代スペース・オプティクス」の広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

以下の項目毎に整理して記述して下さい。

1 . 研究の目標について

人工衛星を用いた応用分野に、光学機器 (スペース・オプティクス) を用いる分野が数多くある。その中でも代表的なものは、地球観測、光通信、天体観測である。近年は、これらの分野から、大型でかつ高精度の光学機器を要求する声が急増している。

しかしながら、今までのタイプの光学機器では (1) 高精度を達成しようとするとう重くなる、(2) 高精度を保ったままの大型化が困難、という大きな欠点があった。そのために、応用分野からの要請に応えることができないでいた。

そこで本研究では、従来とは異なる全く新しい考え方を採用することにより、高精度を維持しながら、大型でかつ画期的に軽量化されたスペース・オプティクスの開発を目指す。具体的には、宇宙の無重力という環境を積極的に活用した「能動制御」の考えを衛星搭載品に初めて適用するとともに、それを可能とする「新材料」の開発を行う。

この開発の成果は、「分野横断的」に多くの応用を促す。本研究では、特に超高速光通信、常時地球観測、高精度天体観測の3つの応用分野に重点を置いた開発を行う。

本研究は、多くの領域で共通に必要とされる「高精度・大型・軽量」スペース・オプティクスを、「分野横断的な協力」の基に、「資源を集約的に投入」して開発する。これにより、さまざまな応用分野の発展を目指そうとするものである。

2 . 研究計画・内容 (方法も含む) について

本研究は以下の3つ大きなサブテーマから構成される。

- (1) 共通基礎技術の開発
- (2) 実証鏡の試作
- (3) 応用に最適化した光学系の検討、開発

まず、さまざまな分野にわたるスペース・オプティクスのユーザーからの要求をまとめ、その中で共通として鍵となる技術を洗い出し、サブテーマ(1) 「共通基礎技術の開発」として取り組む。具体手には、将来のスペース・オプティクスの「高精度・大型・軽量」化にとって不可欠の技術である以下の2つの技術に重点的にとりくむ。

宇宙における能動的光学支持技術の開発

軽量かつ高剛性の鏡面材料の開発、

次に、サブテーマ(2) では、実際の次世代スペース・オプティクスの実現に必要な技術を盛り込んだ実証鏡を試作し、これを地上において徹底的に試験する。この試作鏡の製作においては、もちろんサブテーマ(1) で開発された共通技術がフルに活用される。この実証鏡の試作・評価を通して、実際の応用分野への展開のための基礎データ、ノウハウが十分に蓄積されなければならない。

続いて、上記 2 つのサブテーマの成果に立脚して、サブテーマ(3) として、以下の3つ

の領域に最適化した光学系の検討および要素開発を行い、各領域への成果の展開を図る。

通信用光アンテナの開発
地球観測用ミラーの開発
天文観測用軽量鏡の開発

3．研究の必要性・緊急性について

光通信、天体観測、地球観測など、スペース・オプティクスへの需要は急増している。特に高精度、大口径のオプティクスへの需要が大きい。

しかしながら、従来型オプティクス（材料はガラス、支持は受動型）では、重量が重く、大型化が困難という致命的な欠点のため、ITや常時地球観測など、現在まさに発展している分野の要求に応えられない。そのため、本研究により、「時代の要求」に応える技術を開発する必要がある。

また、宇宙で用いる技術の開発には長時間が必要である。人工衛星搭載品には高い信頼性が求められるため、まず多くの実証実験を行い、その上で搭載品を作ることがはじめて可能になるからである。したがって、最終的な人工衛星観測までには、着想から5～10年という長期間を必要とする。

現在は、まず上記のように新しいスペース・オプティクスの「必要性」が認識され始めた時である。同時に、それを実現する「具体的な技術方向」が見え始めた時でもある。したがって、今こそ、研究開発を開始すべき時期である。そうでないと、5～10年後には、スペース・オプティクスを利用する分野全て（それは人工衛星を用いる応用のかなりの分野を意味する）において、日本が大きく後退することを意味する。

4．研究の独創性について

(1) 「無重力」を活かす全く新たな考え方（能動支持）の導入

人工衛星の無重力という環境を活かせば、原理的には、地上では実現できないような大型の鏡を軽量で実現できるはずである。しかしながら、従来の考え方では、ロケット打ち上げ環境に耐えることを重視するばかりに、剛性の高い非常に重い光学系のみが用いられてきた。

そこで本研究では発想を変え、全体としての剛性をあまりあげず、むしろ「軽量化に重点」をおいた設計を行う。ただし、それでは目標精度を達成することができないために、軌道上で光学系を「能動的に制御」する方式を採用する。これには、日本が大きな成果をあげた地上望遠鏡「すばる」における能動的光学支持の実績が大いに活かされる。

(2) 複合材料を用いた新しい鏡面材料の開発

従来の光学機器は、ほとんどが「ガラス」で作られてきた。しかしながら、ガラスは剛性と比重の比（比剛性）の観点からすると、非常に劣る材料である。そこで、日本が得意とする「複合材料」を鏡材に採用することにより、比剛性を大幅に向上させることを計画している。具体的には、高い比剛性と、大型化が可能という特徴をもつ C/SiC という複合材料の開発を重点的に行うことを計画している。これによって、ガラスで作られた鏡に比べて、 $1/2 \sim 1/3$ の重量で同じ剛性をもった鏡の実現が可能になるはずである。

(3) 多くの応用分野が協力して共通技術の開発にあたる「分野横断的」な体制

スペース・オプティクスを利用する分野は広いが、その要求する技術には共通項が多い。そこで本研究では、他分野にわたる要求をまとめ、リソースを「集約的」に「共通的な技術開発」に投入することにより、開発を効率化しようとするものである。

5．提案にいたる準備・調査等について

応用各分野においては、関係機関がそれぞれスペース・オプティクスの開発をそれぞれ行っており、それを用いた観測においても大きな成果をあげてきた。その成果はあまりに多義にわたるため、ここでは詳細は述べない。

ただし、従来の方式のスペース・オプティクスの延長では、もはや今後の大きな飛躍が見込めないことから来る閉塞感を、応用各分野が共通して持っていた。その状況から脱却するため、各分野において新たな試みがいくつか始まっている。今回の申請は、その動きをまとめ、「集約的に開発」を行おうとするものである。

以下、本研究の共通基礎技術開発に関して直接関係する試みを述べる。

(1) 能動支持について

国立天文台において、口径8mの「すばる」望遠鏡の鏡を能動支持することにより、高い精度を達成することに成功した。「すばる」の主鏡は、単一鏡としては世界最大級のものであると同時に、その制度も世界トップクラスである。実は「すばる」の主鏡は、口径8mに対して厚さわずか20cmである。このような厚みで、高精度を達成したのは、まさに「能動支持の勝利」である。

今回の研究は、この地上での華々しい日本の成果を、スペース・オプティクスに応用しようとするものである。

(2) 材料開発について

日本では、ガラスより優れた新材料をスペース・オプティクスに適用してきた「実績」がすでに豊富にある。例えば、宇宙科学研究所は、2004年の打上げを予定している赤外線天文衛星ASTRO-F用に、炭化珪素SiCを用いた口径70cm、重量11kgの軽量鏡の開発に成功している。また、宇宙開発事業団では、地球観測用にBeおよびSiC鏡の試作に成功している。

これらの材料は優れたものであるが、最大の欠点は大型化が困難であるということである。そのため、「大型化」を目指す本研究にはそのままでは適用できない。

そこで、大型ミラーの実現を目指して、SiCにかわる様々な材料を検討した結果、C/SiCが有望であるという結論に到達した。平成13年度からは、宇宙科学研究所において、実際に材料を試作し、特性の評価にとりかかっている。本調査費により、この評価を本格化し、その上で応用分野に使える試作品の製作に取りかかりたい。

6．研究の水準について

日本国内のみならず世界的に見ても、「大型・軽量・高精度」の次世代スペース・オプティクスの需要は、近年、非常に高まってきている。ただし、従来の方式のスペース・オプティクスの延長では、もはや今後の大きな飛躍が見込めないことは自明であり、そ

のための「閉塞感」が世界共通で各応用分野に広がっている。

この状況を打破するために、本研究では、新材料を用いた光学系を、能動支持を用いて支えるという新しい技術的アプローチをとる。各々の技術項目自身は、世界の他の国でも開発が開始されているが、それを

(1) 「大型・軽量・高精度」という明確な目標をたて、技術を「統合的」に活用する

(2) さまざまな応用分野が、「分野横断的」に協力して、単独ではなせないような「チャレンジングな技術開発」に「集約的」に挑む

という体制は、世界でも初めてのものである。すなわち、「世界的に需要の高い」次世代スペース・オプティクスを、本研究により「世界で始めて」実現を目指す。

7．研究の波及効果について

繰り返し述べてきているように、「大型・軽量・高精度」の次世代スペース・オプティクスの応用分野は極めて広く、枚挙に暇がない。また、その需要は世界的に大きく広がるものである。本研究であげている3つの重要応用分野の中だけでも非常に多くの成果が期待されている。代表的なものをあげると、各分野において以下のような応用成果が期待されている。

光通信：高速大容量の光通信を実現する基盤技術となる。大容量光通信は、衛星間のみならず、衛星から地上への大容量データ通信や、日常生活をも変えるであろう近距離（建物間、室内）の無線データ通信にも応用される。これらは「情報技術の革新」となるであろう。

地球観測：静止軌道からの日本の「常時詳細観測」が可能になり、災害救助、安全保障の観点からも非常に大きな貢献が期待される。

天体観測：我々が属する太陽系以外の惑星系の直接観測を可能とする。この成果は、「第2の地球探し」として、他天体における生命の可能性の検証にまでおよぶ。これは、人類そのものの存在を見直す契機となり、社会的にも非常に大きな影響を与えるであろう。

これら以外にも、次世代スペース・オプティクスの応用分野は極めて広い。今までとは全く異なる応用分野が生まれてくる可能性も大いに秘めている。

また、その成果はさらに、地上の光学系の設計方針をも変え、地上でもあらたな応用分野を開拓することであろう。

8．国内外の研究状況について

このように「大型・高精度・軽量」の次世代スペース・オプティクスは世界的に需要が高く、その応用分野も期待されることから、いくつかの技術開発が行われてきている。しかしながら、海外で行われている開発は、単発のミッションを想定した技術開発が主であり、分野横断的な開発は行われていないのが実態である。

たとえば、天文の分野においては、Next Generation Space Telescope (NGST)という計画がNASA-ESAの協力で検討されている。これは、現在大活躍しているハッブル宇宙望遠鏡の後継機である。口径6m以上の望遠鏡を展開し、可視・赤外線望遠鏡での観測を行おうとするものであり、技術的には極めてチャレンジングな計画である。そのために、各種の技術開発が行われているが、それはNGSTのみをターゲットにしたものが多く、そのため極めて高価な開発となっている。また、他分野で似たような開発が行われていたと

しても、固有のミッションに特化されていると、その技術を他で活用することも難しい。これは技術開発としては、極めて高価で、かつ効率の悪い方法である。

上に述べてきたように、次世代スペース・オプティクスの実現のためには、分野を超えた共通技術課題が多い。そこで、本研究では、国内におけるスペース・オプティクスのユーザー多くが「領域を越えて集まり」、「リソースを集約」して、スペース・オプティクスの次世代を切り拓こうとするものである。

さらに、次世代スペース・オプティクスの実現に関して、日本のコミュニティには、以下のような長所もある。

打ち上げ手段（ロケット）の制約から、人工衛星搭載品（含むスペース・オプティクス）の「軽量化の要求」が、他国よりも大きい。

人工衛星搭載品に限らず、「複合材料」の研究一般が、産学官ともに盛んである。

スペース・オプティクスに、いち早くSiCなどガラス以外の「新材料」を採用してきた歴史がある。

すなわち、複合材料を用いた高精度超軽量ミラー研究を進めるうえで、わが国は「研究の動機と環境」が世界でも最も整っている国の一つなのである。

9．倫理面への配慮について

該当せず

研究課題構想・詳細（新たな領域の創成）

- 課題名 「次世代スペース・オプティクス」の広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

1．当該研究課題によって創成され得る新たな領域について

本研究で、まず目指すのは、高精度、大型、軽量の「次世代スペース・オプティクスの実現」である。これは、光通信、地球観測、天体観測など、スペース・オプティクスを用いる応用のなかで「分野横断的」に広く求められている「基礎技術」である。本研究では、この「分野横断的な基礎技術」の確立を、まず第一の獲得目標としている。

この「基礎技術」が確立されると、非常に広い範囲の応用分野が創成される。本研究では、その中でも、光通信、地球観測、天体観測を3つの「重要応用分野」として設定し、次世代スペース・オプティクスを用いて、これらの領域の発展を大きく促進することを狙っている。これが本研究の第2段階である。次の1.～3.は各々の領域において期待される効果の代表例である。

1. 光通信：超広帯域の光通信の実現
2. 地球観測：日本の国土の高精度観測を常時可能に
3. 天体観測：「第二の地球」の発見

さらに、次世代スペース・オプティクスの応用分野は、上記の3つにとどまらない。本研究の成果を受けて、将来に新たな応用分野が開拓されることも期待されている。

このように、本研究は、「次世代スペース・オプティクス」という一つの技術に立脚しながらも、応用範囲が「分野横断的」で極めて広い。そのため、特定の分野の成果を求める科学研究補助金など他の競争的資金には馴染まず、科学技術振興調整費に「新たな領域の創成」として応募するものである。

2．当該研究課題の内容に関する境界的・融合的な観点について

既存の研究領域では、最終的な目標がまず設定され、そのための手段を開発する手順がとられてきた。この手順では、開発が目的に最適化されるという利点がある一方、特定の領域の範囲を越えるような「チャレンジングな技術開発課題」には挑み難いという問題点がある。

高精度、大型、軽量の次世代スペース・オプティクスは、幅広い分野からその実現が切望されている共通技術である。しかしながら、その実現には「チャレンジングな技術開発課題」も多い。

そこで、本研究では、既存の研究領域の枠を越えて、次世代のスペース・オプティクスのための共通の技術要素を洗い出し、その開発を行う。「領域を超えた協力」の基に、「集約的に技術開発」を行うことにより、その開発を効率化させる。さらに、単独の領域としては不可能なチャレンジングな課題にも挑むことができるという効果が期待される。

3．国家的視点から見て、当該研究課題を進めるべき必要性・重要性について

高精度、軽量、大口径の次世代スペース・オプティクスは、以下のような国家視野的な応用分野を生みだすことが期待される。

1. 高速大容量の光通信を実現する基盤技術であり、その実現により、「情報技術の革新」において、我国が世界の第一線に立つことが出来る。
2. これにより、静止軌道からの日本の「常時詳細観測」が可能になり、災害救助、安全保障の観点からも非常に大きな貢献が期待される。さらに、地球の「環境保全」は全人類共通の課題であり、軽量、高精度ミラーによる地球観測手段の向上は、これに大きく貢献する。
3. すばる望遠鏡等の地上望遠鏡で達成できる天体観測限界をさらに飛躍させ、天体観測研究の分野で世界の第一線に立つことが出来る。「太陽系外惑星系の発見」や直接観測、我々の住む銀河系をはじめとする宇宙の構造の生成、進化の探求を通して、世界観、宇宙観を変革し、「知的財産」を高める。これにより、国際社会における日本の「知的地位の向上」にも大きく寄与する。

以上の観点より、本研究は国家的観点からも進めるべき重要な研究課題であると結論できる。

4．参画機関間の協力関係について

サブテーマ(3)の各々の応用研究項目のグループは、今までも該当テーマについて豊富な実績を持つとともに、次世代スペース・オプティクスについても検討を進めてきた実績のあるグループである。すなわち、応用研究項目毎での参画機関間の協力は緊密にとられ、検討、開発研究がすでに行われてきている。

一方、個々の応用研究項目の枠を超えた領域間の議論は、今までは残念ながら活発には行われてこなかった。そのため、複数のグループが似たような課題に独立して取り組むという非効率的なことが、しばしば行われてきた。

そこで、本研究では、「領域を越えた応用研究項目間」の議論を活発化させ、共通の技術要素を洗いだし、「集約的に技術開発」を進めようとするものである。

(様式 5 - 4)

研究課題内容

- 課題名 「次世代スペース・オブティックスの広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

(1) 共通基礎技術の開発

サブテーマ責任者： 宇宙科学研究所・八田 博志・51才

スペース・オブティックスを飛躍的に進歩させるために、今までにない新しい考え方を採用する。このサブテーマではそのための「共通基礎技術」の開発を行う。

スペース・オブティックスを利用する分野は広いが、その要求する技術には共通項が多い。そこで本サブテーマでは、既存の研究領域の枠を越えて、多分野にわたる要求をまとめ、リソースを「集約的」に「共通的な技術開発」に投入することにより、開発を「効率化」しようとするものである。具体的には、宇宙における「能動的光学支持」技術の開発と、「新しい鏡面材料」の開発とを最重要課題としてとりあげる。

本サブテーマの獲得目標は、新しい考え方に基づくスペース・オブティックスの実証のための基礎技術を確立することであり、「本計画全体の基礎」となる部分である。

宇宙における能動的光学支持技術の開発

研究参画者： 国立天文台・家 正則・52才
国立天文台・高見英樹・44才
宇宙科学研究所・中川貴雄・42才
宇宙科学研究所・片坐宏一・40才
宇宙科学研究所・和田武彦・33才

スペース・オブティックスを飛躍的に進歩させるために必要不可欠の共通技術である、「光学系の能動支持」技術を開発する。

地上では、重力があるために、大型の光学系の実現には大きな困難が伴う。一方、宇宙の無重力という環境を活かせば、地上では実現できないような大型の光学系でも原理的には実現可能なはずである。しかしながら、従来の宇宙用光学系は、ロケット打ち上げ環境に耐えることを重視するばかりに、無重力と言う特性を無視した非常に「頑丈で重い」光学系ばかりを作ってきた。

そこで本研究では、宇宙の無重力という特性を活かし、光学系を「弱い軽い」ものとする従来とは全く異なるアプローチをとる。しかし、「弱い軽い」光学系では高い精度の達成が難しい。そこで、宇宙において光学系を能動的に制御する「能動支持」という技術を採用する。この開発には、地上で「すばる」望遠鏡に開発された能動支持の実績の蓄積を活用する。この技術の開拓することにより、従来よりもはるかに軽量で、かつはるかに大型の光学系を実現することを目指す。

新しい鏡面材料の開発

研究参画者： 宇宙科学研究所・八田 博志・51才
宇宙科学研究所・後藤 健・31才
宇宙開発事業団・今川吉郎・52才
三菱電機株式会社・尾崎毅志・45才

スペース・オプティクス発展のもう一つの鍵となる技術である「新しい鏡面材料」の選定、試作、物性値評価を行う。

現在考えられている材料は、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）、および炭素繊維強化炭化珪素（C/SiC）である。CFRPは、高弾性、高熱伝導率、低熱膨張率を持つ材料であり、またC/SiCは、高熱伝導率を持ち、研磨による鏡面の形成が可能であることから、それぞれ構造材料、鏡面材料として最適と考えている。CFRPは今や新しい材料ではないが、最近の改良で熱膨張率や熱伝導率に大きな改善がなされており、やはり正確な物性値の評価を必要とする。また赤外線天文観測では、反射鏡を-270 程度の極低温に冷却するため、極低温域での物性値の評価も必要である。C/SiCは非常に新しい材料であり、広い温度範囲での熱膨張率や熱伝導率、およびそれらのばらつきの評価が必須である。

（２） 実証鏡の試作

サブテーマ責任者： 宇宙科学研究所・村上浩・50才

このサブテーマでは、サブテーマ(1)の研究成果をフルに活用して、スペース・オプティクスのシステムとしての成立性を「実証」するシステムを試作する。

具体的は、サブテーマ(1)の 的成果を受けて新材料を鏡材として採用し、将来の大型化を見据えて分割鏡として製作する。そしてサブテーマ(1)の 的成果を受けて、これを能動支持機構で支持する。この実証鏡の仕様は、サブテーマ(3)のチームの応用を視野に入れて、本研究全体の要請を受けて決定される。本試作の過程で明らかになる問題点は、(1)の共通技術課題のチームにフィードバックされる。

この試作の獲得目的は、サブテーマ(3)の応用の各研究項目において、実際に人工衛星搭載のフライトモデルを設計できるだけの「ノウハウと基礎データ」とを蓄積することである。

実証鏡の試作

研究参画者： 宇宙科学研究所・村上浩・50才
宇宙科学研究所・松本敏雄・60才
宇宙科学研究所・松原英雄・40才
宇宙科学研究所・松浦周二・36才
宇宙科学研究所・金田英宏・32才
国立天文台・松尾 宏・40才
国立天文台・小林行泰・50才

上記の方針に基づき、実証鏡を試作し、試験・評価する。

具体的な実証鏡の大きさとしては、将来の大型鏡の実現技術が十分に試験できる大きさを想定している。この鏡の製作にあたっては、サブテーマ(1)で獲得された基礎技術がフルに活用される。さらに、「新材料」を利用して、将来の大型鏡の実現の鍵を握る「分割鏡」の製作方法の採用を想定している。サブテーマ(1)の成果である「能動支持機構」も、この鏡においてシステムとして試験される。

(3) 応用に最適化した光学系の検討、開発

サブテーマ責任者： 東京大学・尾中 敬・50才

このサブテーマでは、実際の「応用に即した」スペース・オプティクス の検討、開発を行う。

具体的にはまず、下記の各研究項目に最適化したスペース・オプティクス の検討に基づき、サブテーマ(1)の共通基礎技術開発およびサブテーマ(2)の実証鏡試作の「具体的な目標を設定」する。次いで、上記(1)(2)の共通基礎技術開発・実証鏡試作の開発成果を活用して、将来のフライトモデルの「検討」を行う。さらに、各研究「固有の課題」の検討を行い、必要に応じて、要素技術の試作を行う。

ただし、スペース・オプティクスのシステムとしての試作は、リソースを集約する観点から、上記(2)のサブテーマで共通して行うとし、本サブテーマの各応用研究項目では行わない。

本サブテーマの最終獲得目標としては、各研究項目に即した実現性研究を充分に行い、研究終了後には「実際のフライトモデル設計を開始」できるレベルにまで到達することである。

通信用光アンテナの開発

研究参画者： 宇宙科学研究所・高野 忠・57才
宇宙科学研究所・戸田知郎・30才
通信総合研究所・有本好徳・47才
宇宙開発事業団・豊嶋守生・32才

光通信に最適化したスペース・オプティクス の検討、開発を行う。

光通信用反射鏡では、レーザー光源の放射強度分布に合わせて、アンテナの面形状を高次の非球面に修正する必要がある。開発の第一段階は、誤差解析により、要求される鏡面加工精度、達成できる光学性能を明らかにすることである。

第二段階として加工方法を検討する。副鏡、入射レンズには、およそ $0.02\mu\text{m}$ 程度の形状精度が必要とされ、これを実現する加工法として、イオンビームによるエッチング法を検討する。曲面試作を経て、本格的な修正曲面の成形を目指す。この加工法は、天文あるいは地球観測でも修正光学系が必要な場合には応用可能である。

地球観測用ミラーの開発

研究参画者： 宇宙開発事業団・鈴木 睦・46才
宇宙開発事業団・丹下義夫・50才
宇宙開発事業団・山本泰志・33才

地球観測に最適化したスペース・オプティクス の検討、開発を行う。

地球観測では、受動センサー用工学系、及びレーザーレーダー等の能動センサーに、大口径で、軽量、しかも熱的に安定な鏡が必須である。これらの要請に基づき、反射鏡の仕様を確定する。またこれに基づき、具体的な要素試作を行う。

天文観測用軽量望遠鏡の開発

研究参画者： 東京大学・尾中 敬・50才
東京大学・上野宗孝・40才
東京大学・土井靖生・34才
宇宙科学研究所・紀伊恒男・42才
宇宙科学研究所・山村一誠・36才
国立天文台・田村元秀・42才
国立天文台・郷田直輝・41才
国立天文台・林正彦・43才
名古屋大学・芝井広・47才
名古屋大学・川田光伸・37才

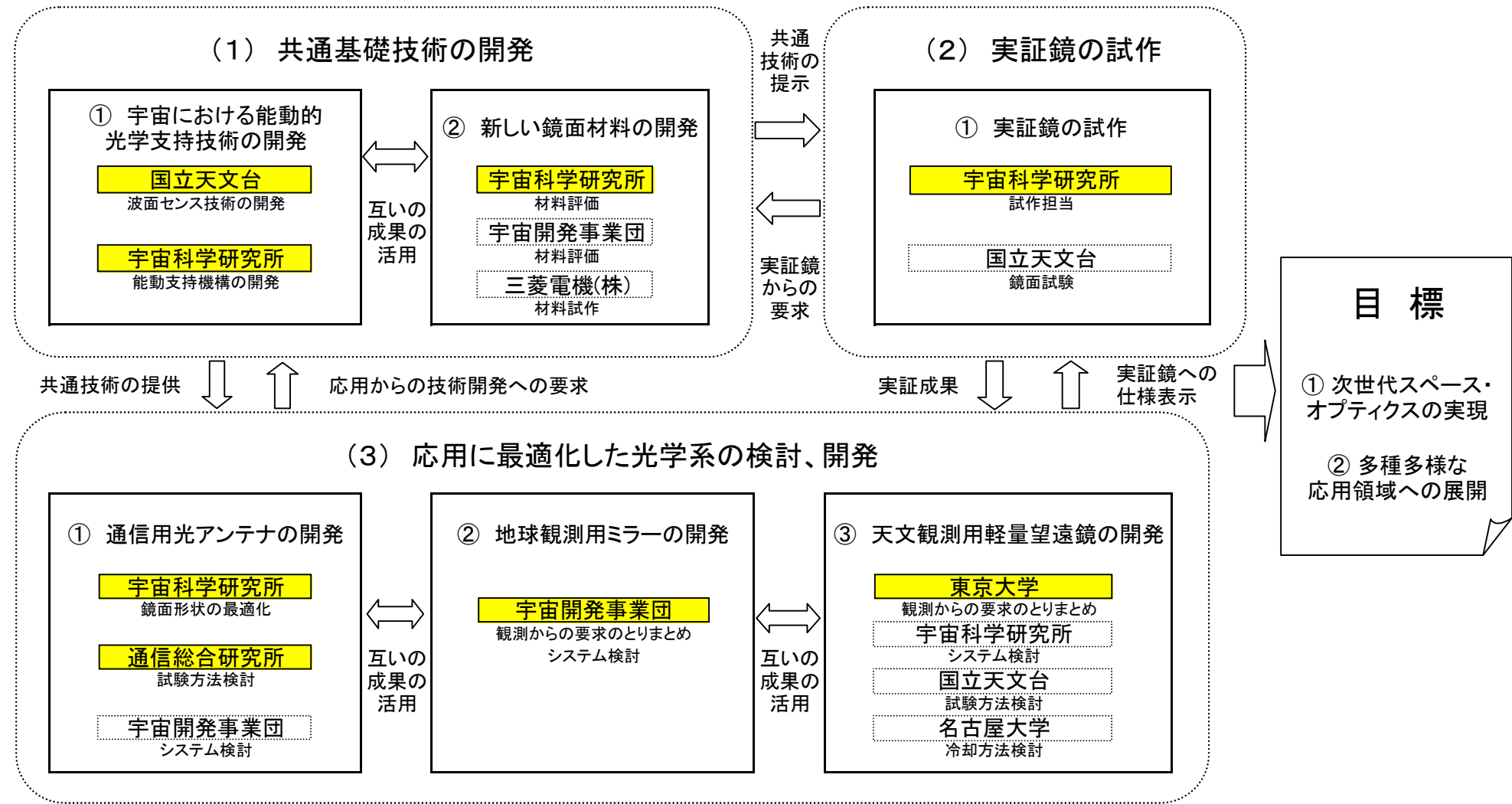
天文観測に最適化したスペース・オプティクスを検討、開発を行う。

天文用反射鏡の開発は、口径3.5m程度を目指している。これを一体で成形することは難しい。従って部分に分けて成形した材料（分割鏡）を接合することが必要となる。この技術の確立を目指す。また、天文観測のなかでも赤外線観測を行うためには、スペース・オプティクスを極低温にまで冷却する必要がある。この検討も、この研究項目の大きな課題である。

(様式5-5)

体制図

- 課題名 「次世代スペース・オプティクスの広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」



(様式 5 - 6)

業務年次計画表・所要経費概算

- 課題名 「次世代スペース・オプティクスの広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

研 究 項 目	1 4 年 度	1 5 年 度	1 6 年 度
(1) 共通基礎技術の開発 宇宙における能動的光学 支持技術の開発 (参画研究機関) 国立天文台 宇宙科学研究所	評価装置の整備 5 (百万円) 能動支持機構 要素設計・試作 12.2 (百万円) 波面センサーの 設計・試作 23.8 (百万円)	1m鏡用能動支持 機構の試作 25.5 (百万円) 波面センサーの 試作 17.2 (百万円)	1m鏡用能動支持 機構の試作 21.5 (百万円) 波面センサーシ ステムの試作 9.5 (百万円)
新しい鏡面材料の開発 (参画研究機関) 宇宙科学研究所 宇宙開発事業団 三菱電機 (株)	鏡材の改良・物 性値評価 24.2 (百万円)	鏡材の改良・物 性値評価 23.2 (百万円)	鏡材の改良・物 性値評価 11.2 (百万円)
(2) 実証鏡の試作 実証鏡の試作 (参画研究機関) 宇宙科学研究所 国立天文台	鏡材接合試験等 10.4 (百万円)	1m φ 鏡試作 17.2 (百万円)	1m φ 鏡システム 組み立て、試験 20.2 (百万円)
(3) 応用に最適化した 光学系の検討、開発 通信用光アンテナの開発 (参画研究機関) 宇宙科学研究所 通信総合研究所 宇宙開発事業団	誤差解析 .2.2 (百万円) イオンビーム による鏡面試作 5.4 (百万円)	アンテナ システム検討 6.2 (百万円) イオンビーム による鏡面試作 5.2 (百万円)	アンテナ システム検討 6.2 (百万円) イオンビーム による鏡面試作 2.2 (百万円)
地球観測用ミラーの開発 (参画研究機関) 宇宙開発事業団	概念設計 7 (百万円)	概念設計 10 (百万円)	概念設計 3 (百万円)
天文観測用軽量望遠鏡の開発 (参画研究機関) 東京大学、宇宙科学研究所 国立天文台、名古屋大学	概念設計 6.5 (百万円)	概念設計 9.2 (百万円)	概念設計 3.5 (百万円)

注) サブテーマ毎にそれぞれ記入して下さい。

(様式 5 - 7)

所要経費の見込額

- 課題名 「次世代スペース・オプティクスの広域展開」
- 研究代表者名 「松本敏雄」
- 中核機関名 「宇宙科学研究所」

(単位 : 百万円)

経費の内容	年 度			総 額
	1 4 年度	1 5 年度	1 6 年度	
宇宙科学研究所 備品及び試作品費 (内容)	4 7 能動支持アクチュエーター、C/SiC試作	6 2 能動支持機構、1 m試作鏡	4 0 能動支持システム 1 m望遠鏡システム	1 4 9
消耗品 (内容)	6 電子部品等	5 電子部品等	8 液体ヘリウム等	1 9
旅費	1 . 2	1 . 1	1 . 1	3 . 4
人件費	3	3	6	1 2
国立天文台 備品及び試作品費 (内容)	1 8 赤外線検出器アレイ	1 2 レンズアレイ等	5 波面センスシステム	3 5
消耗品 (内容)	2 電子部品等	2 電子部品等	1 液体ヘリウム等	5
旅費	0 . 8	0 . 2	0 . 5	1 . 5
人件費	3	3	3	9
東京大学 備品及び試作品費 (内容)	5 宇宙望遠鏡概念設計	8 宇宙望遠鏡概念設計	2	1 5
消耗品	1	1	1	3
旅費	0 . 5	0 . 2	0 . 5	1 . 2
人件費	0	0	0	0
宇宙開発事業団 備品及び試作品費 (内容)	5 地球観測ミラー 概念設計	9 地球観測ミラー 概念設計	1 地球観測ミラー 概念設計	1 5
消耗品	1	1	1	3
旅費	1	0	1	2
人件費	0	0	0	0
通信総合研究所 備品及び試作品費 (内容)	1 誤差解析等	5 光アンテナ概念設計	5 光アンテナ概念設計	1 1
消耗品	1	1	1	3
旅費	0 . 2	0 . 2	0 . 2	0 . 6
人件費	0	0	0	0
計	9 6 . 7	1 1 3 . 7	7 7 . 3	2 8 7 . 7

注) 所要経費について、参画機関毎に、別紙 3 を参考にして見込額を記入すること (予算費目毎ではなく、大まかな内訳で可。) 。

(別紙 3)

費目の内容

費 目 名	内 容
(国の機関の場合)	
非常勤職員手当	・ 非常勤として採用する者(教授・助教授等の教員、主任研究員、研究員、研究補助者等)に対する手当
諸謝金	・ 研究運営委員会等の委員に対する委員会への出席謝金。講演、
試験研究旅費	原稿の執筆協力等(但し、当該内容が実施する業務の内容となっている場合を除く)に対する謝金
外国旅費	・ 非常勤以外の国の職員の試験研究(調査、実験、研究集会への出席等)に係る旅費
委員等旅費	・ 非常勤以外の国の職員の外国出張(調査、実験、研究集会への出席等)に係る旅費
外国技術者等招へい旅費	・ 研究運営委員会等の委員の会議への出席に係る旅費
招へい外国人滞在費	・ 外国人研究者の招へいに係る旅費
外来研究員等旅費	・ 招へい外国人研究者の滞在費及び国内における交通費に係る経費
国有特許外国出願費	・ 非常勤職員の招へい並びに国内及び外国出張に係る旅費
試験研究費	・ 研究成果として得られた国有特許の外国出願に係る経費
科学技術総合研究委託費	・ 試験研究の実施に係る経費 ・ 研究運営委員会等の開催のための経費、国内での特許出願に係る経費 ・ 実施機関が他の研究機関に委託する試験研究の実施に係る経費
(国の機関以外の場合)	
科学技術総合研究委託費	人件費(教授・助教授等の教員、主任研究員、研究員、研究補助者等)、賃金、備品費、試作品費、消耗品費、通信運搬費、借損料、旅費、会議開催費(会場借料、会議費、通信費、資料印刷費)、諸謝金、雑役務費、電子計算機借料等、印刷製本費、消費税、技術料、間接経費(直接経費の30%)

注) 国の機関の場合、上記 から までに要する経費(直接経費)の30%に相当する額については、間接経費として、研究の実施に伴う研究機関の管理等に必要となる経費の態様に応じた費目に使用することができる。

(様式 5 - 9)

機関データ

何れの項目も概略で構いません。(詳細なパンフレット等を添付する必要はありません)

1 . 中核機関について

(1) 機関名

宇宙科学研究所

(2) 在籍する研究者総数 (概数で構いません)

うち、当該提案構想に携わる研究者数 (概数で構いません)

研究者総人数 (人)	2 1 0
当該構想に携わる 研究者数 (人)	2 5

(3) 財務の状況

・ 予算額の推移 (平成10～12年度の総決算額)

・ 外部資金 (機関全体として公募型資金により獲得した研究開発に係る補助金、委託費等) の総額の推移 (平成10～12年度の総決算額ベース)

	平成 1 0 年度	平成 1 1 年度	平成 1 2 年度
総決算額 (億円)	3 0 6	3 0 3	2 6 7
外部資金の獲得総額 (決算ベース、億円)	2	3	3

2 . 参画機関のうち民間企業等について

(当事業は中小企業技術革新制度における平成 1 4 年度特定補助金等に指定される予定であり、採択課題に参画する民間企業のうち、当該制度に規定する中小企業者等に該当する企業は様々な支援措置を受けることができます。このため、民間企業等については、下記の事項について記入して下さい。)

民間企業名	主たる事業所の所在地	資本金 (千円)	従業員数 (人)	主たる業務
三菱電機(株)	東京都千代田区丸の内 二丁目 2 番 3 号	175,820,770	39,079	一般機器及び部品の製造 並びに販売