e.　システム研究系

小惑星探査計画　（MUSES-C）

教　授　上杉邦憲　　教　授　川口淳一郎　　教　授　藤原　顕
教　授　齋藤宏文　　MUSES-C 研究班

2002 年 11～12 月に M-V-5 号機による打ち上げを目標として，第 20 号科学衛星「MUSES-C」を開発中である．「MUSES-C」は将来の太陽系サンプル・リターン・ミッションに必須の技術の開発と実証を目的とした工学実験機で，電気推進を用いて約 2 年 9 ヶ月の飛行の後，小惑星 1998SF36 と邂逅，サンプル採取を行い，2007 年 6 月に地球に帰還，カプセルの大気圏再突入と回収を行う．2000 年度はその飛翔モデル（FM）製作3年次計画の2年次として，熱モデル（TTM）試験に続き，FM の製作を行っている．

「GEOTAIL」の軌道設計及び運用計画

教　授　上杉邦憲　　教　授　向井利典　　教　授　川口淳一郎
助教授　加藤隆二　　助教授　石井信明　　助教授　山川　宏
技　官　市川　勉　　技　官　斎藤　宏

高精度の多体運動モデル，或いは近似法を用いて，「GEOTAIL」の軌道設計，日陰率の最小化，軌道・姿勢修正の最適化等の研究を行うと共に，それらの結果を実際の運用に適用している．

2000 年度においては，春秋において頻繁に発生する日陰に対応して，熱・電力からの制限の許容限度内におさめるための運用計画を立案し，実際の運用に適用した．特に 2001 年 2 月に生じた約 4 時間の日陰において，極めてクリティカルな状況下の衛星運用に成功した．

衛星用軌道姿勢制御エンジンに関する研究

教　授　上杉邦憲　教　授　髙野雅弘　助教授　山川　宏
助　手　澤井秀次郎　技　官　安田誠一　技　官　志田真樹

衛星及び惑星間探査機において軌道・姿勢制御を行うヒドラジンを燃料とした一液式制御エンジンシステム（RCS）およびヒドラジン／四酸化二窒素を用いた二液式 RCS の開発を行っている．

2000 年度において一液式に関しては，「GEOTAIL」，「はるか」，「のぞみ」RCS の軌道上運用を行うとともに，「SOLAR-B」の軌道・姿勢制御用 RCS の開発を行っている．二液式については，「のぞみ」軌道変更用 500NRCS を運用すると共に，「MUSES-C」及び「ASTRO-F」の軌道・姿勢制御用として，小推力（22N）の推進系開発を行っている．

M-V 用 SJ の開発研究

教　授　上杉邦憲　教　授　髙野雅弘　助教授　山川　宏
助　手　澤井秀次郎　技　官　安田誠一　技　官　志田真樹

M-V 型ロケット第 3 段に搭載される姿勢制御用ヒドラジン･サイドジェット（SJ）装置の開発研究を行っている．2000 年度は M-V-1，3 号機の打上げにおいて成功裡に用いられた SJ の軽量化及びコストダウンを念頭に，従来の調圧方式からブローダウン方式へ変更する等の改良を行い，M-V-5 号機に向け適用を図った．

ワイヤーカッターの研究

教　授　上杉邦憲　教　授　川口淳一郎　助教授　石井信明
助　手　澤井秀次郎　助　手　大西　晃　技　官　吉田裕二

WC-25E 型ワイヤー・カッターの耐用年数を延長するための経年変化試験を引き続き行った．また，小惑星探査計画におけるサンプル回収用火工品としての転用を図り，ワイヤー・カッターをベースとしたものが実際のサンプル回収用としての仕様を満たすことを実証の後，さらに，惑星間ミッションにおける耐長期宇宙空間保存性に関する検討と実験を行っている．さらに通電用コネクター部の改良を行った WC-25F 型を実用化した．

小天体上をホバリングする軌跡の研究

助　手　澤井秀次郎

小惑星上空などで，宇宙機をホバリングさせる軌跡について研究を実施した．ホバリングを実施する探査機に対して，敢えて簡単な制御系を仮定することで，ホバリング・ダイナミクスが持つ性格を明らかにした．また，ホバリングの安定性やロバスト性に対する条件を定式化し，考察を行った結果，ホバリングが現実的な手法であることが明らかになった．

回収システムの研究

教　授　雛田元紀　教　授　中島　俊　助教授　石井信明
助　手　平木講儒　技　官　鎌田幸男　技　官　前田行雄
技　官　平山昇司　技　官　下村和隆

S-520 型ロケットの回収システムの研究開発を行っている．

2000 年度は海水スイッチの信頼性向上を目指し，新型海水センサの特性計測を継続して実施した．

S-520 回収型次号機にて既存センサと併用し，適用性を検討する予定である．

「LUNAR-A」システムの研究

教　授	中島　俊	教　授	水谷　仁	教　授	小野田淳次郎
教　授	藤村彰夫	教　授	齋藤宏文	教　授	川口淳一郎
助教授	樋口　健	助教授	橋本樹明	助教授	森田泰弘
助教授	山川　宏	助　手	田中　智	技　官	河端征彦

M-V-2 号機で打上げ予定の「LUNAR-A」システムの設計を継続している．2000 年度はクラツク対策を施したペネトレータを製作して貫入試験を実施し，対策の有効性を確認した．

「LUNAR-A」姿勢解析

教　授	中島　俊	教　授	川口淳一郎	助教授	橋本樹明
		助教授	森田泰弘	助教授	山川　宏

月周回軌道からラムライン制御によりペネトレータを月面に貫入させるダイナミックスに関して検討を継続している．設計・製作・試験の進捗に伴い，月面貫入時の迎角に影響を及ぼす各種要素の誤差の見積り精度が向上している．

希薄気体力学の研究

教　授	雛田元紀	助　手	平木講儒

低密度風洞を用いて超高層飛行及び超高層観測に関連する気体力学の問題を研究している．特に希薄気体中における飛翔体（科学衛星，バルート等）の動的空力特性について研究を行っている．

観測ロケット実験の安全性に関する研究

教　授	雛田元紀	教　授	中島　俊	助教授	森田泰弘

観測ロケットの落下危険区域の設定法，飛翔経路に及ぼす風の影響修正法，飛翔分散の推定，飛翔に伴う落下危険率，人命損傷率などの算定を行うとともに飛翔安全を管制するシステムの充実に努めている．

飛行安全監視計算機システムの開発

教　授	中島　俊	助教授	森田泰弘

テレメータデータとして受信される ING データを管制卓で監視するため，管制卓周りの整備を進めている．

観測ロケットの空気力学

教　授	雛田元紀	助　手	塚本茂樹	技　官	平山昇司

宇宙観測ロケットの飛翔特性，特に安全性に関する空気力学の問題を研究し，これを実際のロケット設計に応用している．

大型ロケットの安全計画

教　授	雛田元紀	教　授	中島　俊	助教授	森田泰弘

安全基準の見直しを宇宙開発事業団と協調して進めている．特に，今年度は，リエントリー飛翔体の安全基準（案）を策定し，宇宙開発委員会の承認を得た．

グライディングパラシュートの研究

教　授	雛田元紀	教　授	矢島信之	教　授	中島　俊
助教授	山上隆正	助教授	石井信明	助教授	森田泰弘
		助　手	平木講儒	助　手	太田茂雄

将来の回収システム及び惑星大気への緩降下システムへの適用を想定してグライディングパラシュートを用いた

回収システムの研究を継続している．

一定高度浮遊気球の研究

教　授	雛田元紀	教　授	中島　俊	助　手	井筒直樹
助　手	太田茂雄	助　手	加勇田清勇	技　官	並木道義
技　官	平山昇司	技　官	本田秀之	技　官	中野二四三

惑星大気中の一定高度の空間を浮遊して科学観測を行う気球システムの研究を継続している．想定している温度環境で相変化を起す溶媒を調査し，その適用性についての検討を継続している．

金星気球の研究

教　授	雛田元紀	教　授	矢島信之	教　授	栗林一彦
教　授	田島道夫	教　授	八田博志	教　授	中島　俊

高温・高圧の金星大気中を浮遊させる事を目的として気球システムの検討を行っている．気球の材料として金属（チタン）及び複合材料の適用を考え軽量・耐圧性気球の試作・試験を継続している．

ペネトレータ貫入特性の研究

教　授	中島　俊	教　授	水谷　仁	教　授	藤村彰夫
助教授	樋口　健	助　手	田中　智	技　官	河端征彦

フライトモデル型ペネトレータの砂中への貫入特性及びペネトレータに搭載された電子機器の耐衝撃性を確認するため，アメリカ合衆国エネルギー省サンディア国立研究所の施設を借用して貫入試験を継続して実施している．

超音速パラシュートの空気力学

教　授	雛田元紀	助教授	稲谷芳文	助　手	平木講儒

再突入飛翔体や惑星突入プローブでは気体の空力特性の制約からその減速の最終段階で用いるパラシュートを超音速状態で開傘させる必要がある場合がある．このような超音速飛行状態での開傘は，未だ定量的に把握されていない現象も多く，今後の研究が待たれるところであるが，風洞試験によって開傘の特性及び開傘時の空力特性などについて実験的研究を行っている．特に開傘後の振動現象などの安定性の問題はパラシュートの破壊につながる重要な問題であり，この現象の解明に主眼をおいて各種供試体による開傘実験ならびに圧力計測などを継続して実施している．

超音速パラシュートの風洞実験

教　授	雛田元紀	教　授	中島　俊	助教授	稲谷芳文
		助教授	石井信明	助　手	平木講儒

惑星大気への探査機の投入や地球周回軌道からの大気圏突入を行う場合，パラシュートを超音速領域で展開する技術が不可欠となるが，安定に開傘し，開傘時の衝撃を低減するための条件は通常のパラシュートの場合と大きく異なる．その空力環境を把握する手段の一つとして風洞試験が挙げられるが，様々な制限からデータの有用な評価法は未だ確立されていない．この確立を目指し，観測ロケットによる実飛行試験結果と比較するため，風洞試験を継続している．

再突入カプセルの遷音速動安定の研究

教　授	雛田元紀	教　授	中島　俊	助教授	稲谷芳文
		助教授	石井信明	助　手	平木講儒

大気再突入を行うカプセル型飛翔体は遷音速領域において動的に不安定な挙動を示すことが知られている．「MUSES-C」のカプセル形状ついての風洞試験および気球からの投下試験結果をまとめ，遷音速域での動的特性を

説明する事ができた．現在数値計算結果との比較を行っている．

M-V 型ロケット姿勢制御アルゴリズムの設計

教　授　中谷一郎　　教　授　川口淳一郎　　助教授　森田泰弘

M-V 型ロケット各段姿勢制御ロジックの研究・開発・改良を継続的に行っている．制御器は，直接観測量（姿勢角及び姿勢角速度）を入力とし，アクチュエータに対する制御電圧を出力とするもので，動的出力フィードバックの形式をとっている．

本設計においては，目標値追従性能とともにロバスト安定性を実現することが要求されている．ここでは，制御論理の根幹として H 無限大制御理論に基づき，混合感度問題の枠組みの中で所定の制御仕様を満足する安定化制御器を設計したが，それはポスト現代制御理論を実システムに適用する場合の方法論の確立と言う意味で意義が大きいと言える．

2000 年度は，これまでの設計思想を超えて，新たに μ 設計手法の適用を検討し，制御性能の改善の可能性を示した．

M-V 型ロケット TVC 装置の研究開発

教　授　髙野雅弘　　教　授　川口淳一郎　　助教授　森田泰弘
技　官　安田誠一

M-V 型ロケットの姿勢制御装置（TVC 装置）について研究・開発を継続しているが，特に第 2 段ステージ用システムについて大幅な変更を行った．

現在の M-V 型ロケット第 2 段ステージの推力変更装置は液体噴射方式（LITVC）である．この方式は，高性能が要求される第 2 段ステージ制御用に宇宙研で開発されたものであり，関連する技術は制御性能の改良を通して発展的に継承されてきた．しかしながら，ロケット打ち上げに関わる費用の削減が至上の命題となり，一方で，小型高性能の電動モータが低価格で生産されるようになったことから，もはや液体噴射方式の役目は終わったとの結論に至った．

以上を背景に，M-V 型ロケット 5 号機の第 2 段ピッチ/ヨー制御には，これまでの LITVC 装置に代えて，高性能リチウム・アルミ合金系熱電池を駆動源とする電動リニアアクチュエータによる可動ノズル装置（MNTVC）を新規に導入する．

2000 年度には M-25 地燃用システムの新規開発・試験を行った．

M-V 第 2 段，第 3 段用熱電池の開発

教　授　髙野雅弘　　助教授　森田泰弘　　技　官　安田誠一

M-V 型ロケット低価格化のために，可動ノズル駆動用電動アクチュエータへの電力供給源として熱電池の開発を行っている．これまでは第 3 段電動アクチュエータへの電力供給は酸化銀電池により行なっていたが，これを熱電池に変更することにより格段の低価格化を達成できる．一方，新規開発の第 2 段電動アクチュエータについては，その大電流要求のために熱電池以外の電力源は重量的にも許容できない．2000 年度は，第 2 段用電池については，点火能力向上のための要素試験及び試作試験を実施し，2001 年度に予定されている地燃用機材の仕様を確定した．また，第 3 段用電池については PM 開発を完了した．

柔軟宇宙構造物のダイナミクスについての研究

助教授　森田泰弘

スペースインフラストラクチャ展開の一環として，宇宙ステーションをはじめ大型多体のフレキシブルシステムが運用されつつあるが，このような大規模システムの運動の予測や設計される制御アルゴリズムの有効性を検証するために，その運動をできる限り詳細に定式化することが不可欠である．ここでは，軌道上の多体フレキシブルシステムに対し，効率的な運動の定式化について継続的に研究している．

宇宙機の制御についての研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　森田泰弘

柔軟宇宙構造物の姿勢，及び，振動制御について，現代制御論，及び，ポスト現代制御論の実システムへの応用に関して引き続き研究を行っている．

ワイヤアンテナの開発

教　授　雛田元紀　　助教授　森田泰弘

スピン衛星に搭載するワイヤ・アンテナシステムについては，「EXOS-D」及び「GEOTAIL」の開発を通して一応の技術は習得されたと言えるが，「PLANET-B」においては，遠隔操作，異常時の自律的対応，長期間放置後の真空潤滑，あるいは，厳しい重量制限の中でのシステム設計等，新たな課題を解決していかなければならない．2000 年度は火星到着までの運用計画を検討・確認した．

「PLANET-B」ワイヤアンテナ用自律的伸展管理ソフトウエアの開発

教　授　雛田元紀　　助教授　森田泰弘　　技　官　志田真樹

「PLANET-B」搭載のワイヤアンテナ・システムについては，その伸展が火星到達後に行われるために，伸展異常時に地上からの支援を期待することはできない．ここでは，伸展異常を自律的に検出し，かつ，適切な処置を行う自律伸展管理システムについて研究・開発を行った．

高速再突入実験機（DASH）用 G/J システムの開発

助教授　森田泰弘　　技　官　安田誠一　　技　官　志田真樹

高速再突入実験機（DASH）用 G/J システムの研究開発をすすめている．DASH 計画の目的は，静止遷移軌道から地球大気圏にカプセルを再突入させ，リエントリ飛行中の熱・加速度データなどを地上で受信することにある．データ受信地点は限られた範囲に展開しているために，ミッションの遂行に当たっては，落下点の分散を十分に小さく抑えることが重要である．軌道離脱時の姿勢は落下点の分散に大きな感度をもつために，DASH では，離脱前に姿勢の修正マヌーバを行なう．このために制御推力を発生するのが，ここで開発しているガスジェット・システムである．機器構成は，基本的にはペネトレータ用ガスジェットと同様であるが，衛星本体の大型化に伴い，電磁弁のサイジングを変更した．DASH オービタはノミナルスピンレート約 2.5Hz の高スピンシステムであり，また，前述のように高い制御精度が要求されるため，ガスジェット・システムの運用に当たっては，その制御特性の把握が重要である．2000 年度には，これらのことを前提に，運用計画について詳細検討を行った．

宇宙機の姿勢解析プログラムの開発

教　授　川口淳一郎　　助教授　森田泰弘　　技　官　廣川英治

モータ燃焼，あるいは，姿勢制御動作を伴う宇宙機のダイナミクス解析プログラムを継続的に整備している．これは，ペネトレータ･モジュール用固体減速モータ（DOM），及び，M-V キックモータ（KM-V1）については，スラストプロファイルの設計に利用された．2000 年度においては，再突入実験機 DASH の姿勢運動解析に応用されている．

小型衛星の姿勢決定と制御についての研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　森田泰弘　　技　官　廣川英治
技　官　志田真樹

小型衛星の姿勢決定・制御システムについて研究している．その応用として，月ペネトレータ開発で実績のあるラムライン制御システムを，高速再突入実験機（DASH）に応用した．姿勢決定方式としては，新たに太陽センサと地球センサを組み合わせたシステムを構築し，軌道上の位置や太陽角が姿勢決定精度に与える影響について解析を行った．2000 年度は，制御精度が及ぼす落下点分散の影響を評価した．

ロケット破壊時に生成される破片の落下シミュレーション

助教授　森田泰弘　　教　授　中島　俊

ロケット破壊時に生成される破片の落下分散範囲を評価するシミュレーション・ソフトウエアを整備し，M-V 型ロケット発射時の警戒区域の設定に適用している．

バロースイッチと加速度計によるパラシュート開傘トリガーシステムの開発

教　授　中島　俊　　助教授　森田泰弘　　助　手　平木講儒

再使用型の観測ロケットに使用されるパラシュート開傘のトリガーは搭載タイマからの予め決められた秒時における信号によっているが，このような方式では予定していた飛翔軌道と実際の軌道が必ずしも一致しないために，着水分散が大きくなってしまう欠点がある．このような欠点をカバーするために，バロースイッチと加速度計を搭載して実際の飛翔環境を計測しながらパラシュート開傘のトリガーを送出するシステムを開発中である．これまでに S-310-27，28 号機の CI 部に搭載し，実フライト環境下での所定の機能の確認を行っている．

エアデータセンサによる M-V ロケットの迎角推定

助教授　稲谷芳文　　助　手　平木講儒　　助　手　小川博之

飛翔中の M-V ロケットの迎角をノーズフェアリングキャップ部に設けた 4 つの圧力測定孔での圧力計測（エアデータセンサ）値から推定する試みを行っている．M-V-4 号機で実際に計測を行い，フライト中に横風によって発生する迎角を検出するなど本方式の有用性を確認した．M-V-5 号機では差圧計を搭載することにより検出精度の向上を図る予定である．

再使用型ロケットエアロシェルの低速域空力特性の研究

助教授　稲谷芳文　　助　手　小川博之　　助　手　平木講儒
共同研究学生　山本健太郎

再使用型ロケットの飛翔のうち特に離着陸時に着目して，エアロシェル（機体外形状）の低速域での空力特性について実験/CFD による計算により研究を行っている．本年度は，球と円錐を接続した単純な形状では大迎角において空力特性が不連続に変化することを実験から見い出した．

垂直離着陸型再使用型ロケットの逆噴射時の空力特性に関する研究

助教授　稲谷芳文　　助　手　平木講儒　　共同研究学生　秋田大輔

再使用型ロケットの帰還時の最終フェーズにおいて減速を行う際にエンジンを噴射させたときに機体に生じる空力的影響を実験的に調査した．その結果，特に迎角が小さい範囲では減速を目的としてエンジンを噴射しても期待するような減速の効果が得られないことを見出した．エンジンから噴射されるジェットと主流との干渉の結果と考えられるが，その詳細な構造の解明を目指し，実験を継続する．

回収物体の着地衝撃の研究

助教授　樋口　健　　助　手　奥泉信克　　助　手　平木講儒

サンプルリターンミッションでのサンプル地上回収の際，パラシュートで降下するカプセルの着地時に加わる衝撃について実験的に研究している．昨年度は，地表に見立てた粘土の上に，カプセルの落下高度を変えることで落下速度を変化させて一連の衝撃データを取得した．今後はサンプル回収地の土壌硬度を測定して粘土の硬度を合わせることを行うことに加え，回収体の一部に着地衝撃を緩和するクラッシャブル構造を採用して着地衝撃の低減の効果を確認する予定である．

カプセル型物体の後流の可視化の研究

助　手　平木講儒　研究支援推進員　佐藤　清

サンプルリターン計画で採用されるような再突入カプセルは偏平な形状を有しているが，このような形状の飛翔体には後流に大きな渦が形成され，物体の空力特性と密接な関連を有している．このようなカプセルの後流の渦構造を可視化するため，風洞試験によりオイルフロー法を用いての研究を継続して行っている．

カプセル型飛翔体の強制振動法による動的空力係数測定

助教授　稲谷芳文　助　手　平木講儒

飛翔体の動的空力係数を測定する方法として，主として航空機などに対して用いられる強制振動法がある．この方式による利点は振動周波数を任意に設定できることにあるが，この方法によって取得される動的空力係数が自由飛行試験で得られた結果とどのように対応するか，両者の比較を本研究は目的としている．昨年度は，動安定試験装置を使用しての予備試験を実施した．本年度は動天秤による空気力測定のほか，圧力センサーによる非定常圧力計測も同時に実施した．

「MUSES-C」再突入カプセルの空力データパッケージの開発

助教授　稲谷芳文　助　手　平木講儒

「MUSES-C」の再突入カプセルの再突入時の軌道/姿勢シミュレーションには，希薄域も含めた幅広いマッハ数領域での静的/動的空力特性が必要になる．本研究では，これらシミュレーションに供するための静的/動的空力特性を一つのデータベースにまとめるべく，低速/遷音速/超音速/極超音速風洞での実験を積み重ねている．

再突入カプセルの低速域の動特性に関する研究

助　手　平木講儒　共同研究学生　小島寛之

パラシュートを使用せずに自身の比較的早い平衡落下速度で地表に降りるような再突入カプセルを考え，種々の形状の中から静安定/動安定性に優れるものを実験的に評価した．その結果，前面円錐部分の半頂角が 30 度程度のものが適することがわかった．

宇宙環境の科学的利用およびその工学

教　授　山下雅道

宇宙で得られる微小重力や広大な真空環境の科学的な利用について研究している．特に，生物の進化と多様性のなかにみられる生物の形態や機能への重力の支配とその機構を研究対象とし，重力や機械的な環境を感受する器官・細胞の機能やその発達を調べている．宇宙機への実験搭載・運用について取り組んできており，宇宙システムの環境制御や微小重力下での実験技術を検討している．

生物実験用擬似無重力，過重力印加装置の開発

教　授　山下雅道　助教授　黒谷明美

重力と生物の生理現象などとの関係を地上で実験的に研究する装置として，次の 3 つの装置を開発している．

自由落下体

落下搭を用いて実験するシステムで，落下中の重力値等を測定しこれらと実験画像の送信が可能なものである．2 秒程度の微小重力持続時間が得られる簡便な落下実験を行っている．

クライノスタット

応答時間の遅い植物の実験用に，二つの回転軸を持つクライノスタットを開発している．ランダムに回転速度，方向を変えて時間的平均として擬似的な無重力環境を得るものである．

遠心力印加装置

低い回転速度で 2-20G が得られ，かつ試料内部で均一な重力値が長期間連続で印加できるよう，腕長を 2m と

した大型の遠心装置である．搭載する実験装置に電力やコマンドデータの送受ができるようになっている．
さらに，これらに搭載する生物実験装置の開発も行い，種々の実験をしている．

生物と重力に関する研究

教　授　山下雅道　客員助教授　奥野　誠　島根大　内藤富夫

地上とは異なる重力環境に生物が曝された時の生理・生態の変化について研究している．生物の重力受容機構や生理現象への重力の影響を，短秒時の自由落下実験で見られる過渡的な現象や過重力実験により明らかにしようとしている．動物の行動，発生などへの重力の影響を調べている．

またカエルや前庭反射行動などについての種間差から，生態系の中で占めるそれぞれの種の位置や生物の進化と重力のかかわりについて研究している．

熱流体運動の数値解法の研究

助教授　桑原邦郎

熱流体運動の差分解法の効率化と高精度化を研究開発し，その結果を各種の問題に適用し，その有効性を調べた．

気球の飛翔シミュレーション

助　手　井筒直樹　教　授　矢島信之

気球の放球から，上昇，浮遊，高度変更，回収等に関して，系統的な解析予測手段を確立するためグリッド解析高層気象データ等の気象情報と連動してオンラインで動作する飛翔シミュレーションシステムの研究を行っている．本年度は，各種のグリッド解析データを統合し，気球実験の航跡予測に利用できるシステムの開発を行った．

気球高度における推進器の研究

助　手　井筒直樹　教　授　矢島信之

高度 20km–35km の大気中で効率よく作動する推進器およびその気球実験への応用を研究している．本年度は，惑星環境風洞における実験により得られた電動モーターによる推進器の特性を用い，解析を行った．

長時間フライトシステムの研究

教　授　矢島信之　教　授　廣澤春任　助教授　山上隆正
助　手　太田茂雄　助　手　井筒直樹　技　官　並木道義
技　官　松坂幸彦　技　官　本田秀之

気球を広く大洋上に飛翔させて長時間フライトを実現し，長い観測時間を確保しようとする研究である．本年度は，新しい気球設計法を適用した，3,000m^3 の気球の飛翔テスト結果の解析をもとに，気球に発生する圧力差と自由浮力および内外温度差の関係を明らかにした．

気球搭載大電力太陽電池システムの研究

教　授　矢島信之　助　手　井筒直樹　技　官　本田秀之
共同研究学生　高橋　威

大電力を消費する大型観測器を長時間飛翔させる際に必要となる，大電力を発する太陽電池システムの開発である．本年度は，試作した展張型方式のプロトタイプモデルをもとに，太陽追尾機能の実験を行った．

大重量の安定放球法の研究

教　授	矢島信之	助教授	山上隆正	助　手	太田茂雄
助　手	井筒直樹	技　官	並木道義	技　官	松坂幸彦
				技　官	本田秀之

大型，大浮力の気球を少ない放球ショックで安全かつ確実に放球するための新たな放球方式の開発を進めている．本年度は，2003 年に予定されている南極での回収実験に向けてのシステム設計を進めた．

ポーラパトロール気球（PPB）の開発

教　授	矢島信之	教　授	廣澤春任	助教授	山上隆正
助　手	太田茂雄	助　手	井筒直樹	技　官	並木道義
		技　官	松坂幸彦	技　官	本田秀之

国立極地研究所に協力して，南極気球システムの開発及びその科学観測への活用に関する研究を進めている．本年度は，昨年度昭和基地で使用し，良い結果を得た新設計の小型気球放球装置の改良型の設計を進めた．

気球搭載装置の方向制御の研究

教　授	矢島信之	助　手	太田茂雄	技　官	並木道義
				技　官	本田秀之

気球望遠鏡の方向制御機能の向上を目的として研究を進めている．多機能ディジタル制御システムを開発することとし，本年度はパソコン上でマルチタスク OS および複数のタスクを動作させ，自動制御に必要とされる基本的な機能の確認を引続き進めた．

大気採取装置の研究

教　授	矢島信之	助　手	井筒直樹	技　官	本田秀之

液体ヘリウムを用いずに大量の成層圏大気を採取する装置の基礎開発を行っている．これは，高圧のネオンガスを用いたクーラー方式であり，本年度は，プロトタイプモデルを試作し，動作試験に成功した．

惑星気球の研究

教　授	矢島信之	助　手	井筒直樹	助　手	太田茂雄
				技　官	本田秀之

地球以外の大気のある惑星で気球を飛翔させる研究である．本年度は，二重カプセル方式による低高度金星探査気球について，極く薄い金属板で作る内側の気球本体部の設計を進めるとともに，金星の中高度を浮遊させる耐熱性フィルムを利用した気球方式についても検討を開始した．

高高度気球の研究

助教授	山上隆正	助　手	太田茂雄	助　手	齋藤芳隆
技　官	松坂幸彦	技　官	並木道義	技　官	烏海道彦
				助教授	横田力男

本研究は，超薄型ポリエチレンフィルムを用いることで気球本体を軽量化し，これまで気球では到達しえなかった 60km にも到達する気球の開発を目標としている．このためには，気球の膜に用いるポリエチレンフィルムを極限まで薄くすることが不可欠である．改良の結果，3.4 ミクロン厚の新ポリエチレンフィルムの製作に成功した．2000 年度は，このフィルムを用い容積 5,000m^3 の気球を製作し，飛翔性能試験を行った．気球は予定高度である 42km まで正常に上昇した．この結果，高高度気球の道は大きく前進した．今度順次気球の大型化を目指すとともに，フィルムの品質の向上を計る．

気球用新素材の研究

助教授	山上隆正	助　手	齋藤芳隆	技　官	松坂幸彦
助教授	横田力男	助　手	大西　晃	共同研究学生	宮原聖明
		名誉教授	西村　純	青学大	小林　正

気球用フィルムの材料として，従来用いてきたポリエチレンフィルムとは異なる特性を持つ新素材の開発を行っている．本年度は，エバール，炭酸カルシューム，炭酸マグネシューム，チタン等を含む新素材の機械的特性および光学的特性評価を行った．

軽量気球用巻下げ機の研究

助教授	山上隆正	技　官	松坂幸彦	技　官	鳥海道彦
技　官	並木道義	助　手	太田茂雄	助　手	齋藤芳隆

気球の影響を除くために，観測器を気球から遠ざけるための小型で軽量な巻下げ機の研究・開発を行っている．本年度は薄膜型高高度気球に搭載する重量10kg程度の観測器を気球から100m離す巻下げ機を製作し，飛揚試験を行った．試験結果は大変良好であり，実用化の目処を立てることができた．

無線中継アンテナの研究

技　官	鎌田幸男	技　官	松坂幸彦	技　官	鳥海道彦
技　官	内田右武	技　官	平山昇司	研究支援推進員	小松俊郎
助　手	太田茂雄	助　手	齋藤芳隆	助教授	山上隆正
		教　授	松本敏雄	教　授	廣澤春任

三陸大気球観測所放球場とテレメータを受信する大窪山観測棟間には，旧受信所の山により遮られ見通すことができない．そのため，放球場での電波試験は，回折波や反射波によって行うこととなり，動作チェックに多くの時間を要していた．この問題を解決するために，約30dB以上のS/N比が取得できる無線中継アンテナの開発・製造を行い，大窪山観測棟と三陸大気球観測所の中間に設置し，その性能評価を行った．その結果，良好な結果が得られ，放球場での電波試験が確実のものとなった．

ドップラー音波レーダの研究

技　官	並木道義	技　官	松坂幸彦	技　官	鳥海道彦
技　官	本田秀之	助　手	井筒直樹	助　手	齋藤芳隆
助　手	太田茂雄	助教授	山上隆正	教　授	松本敏雄
				教　授	廣澤春任

大型気球放球装置の完成により，気球の放球方法も従来の方法とことなる気球を一気に立て上げるセミダイナミック方式が開発され採用されるようになった．そのため，地上から数百mまでの風向風速の変化が放球の正否を決定する重要な鍵となってきた．そのため，連続的に精度良く測定できる風速計の検討および研究を行った結果，ドップラー音波レーダを導入することとした．

PPBによる高エネルギー電子観測の研究

神奈川大・工	鳥居祥二	助教授	山上隆正	助　手	齋藤芳隆
助　手	太田茂雄	技　官	並木道義	技　官	松坂幸彦
名誉教授	西村　純	神奈川大・工	田村忠久	神奈川大・工	吉田健二

銀河の構造や個々の天体現象の総合的理解のためには，電磁波の観測だけでなく，非熱的なプロセスで作られる宇宙線現象の解明が不可欠である．我々は，宇宙線の起源および加速・伝播の様子を明らかにするため，電子線に着目した観測を行っている．PPBによる観測は，国内では不可能な長時間の観測が可能であり，特にフラックスの少ない高エネルギー電子を測定するためのトリガーシステムのシミュレーションおよび検出器の設計および製作を

行った．

大気ガンマ線の研究

芝浦工大・システム工　笠原克昌　助教授　山上隆正　助　手　齋藤芳隆
神奈川大・工　鳥居祥二　神奈川大・工　吉田健二　立教大・理　村上浩之
名誉教授　西村　純　神奈川大・工　田村忠久

スーパーカミオカンデにおいて大気ニュートリノ異常が検証され，その天頂角依存性からニュートリノ振動の証拠と考えられている．この問題を議論するためにニュートリノのフラックスを精度良く求め，絶対値での議論が求められている．我々は大気中で発生するガンマ線を観測し，計算値と比較することを計画した．本年度は，高度15km から 32km までに発生する大気ガンマ線の観測を気球を用いて行った．観測結果は，核相互作用のモデルとして Lund Fritiof v.7.02 が実験結果と良く一致することを明らかにした．

宇宙反粒子の探査

高エネルギー研　山本　明　高エネルギー研　吉田哲也　神戸大・理　野崎光昭
名誉教授　西村　純　教　授　矢島信之　助教授　山上隆正
東大・理　吉村浩司　東大・理　井森正敏　東大・理　安楽和明

宇宙起源と進化に関する新しい知見を得，宇宙論研究を行うために，高性能超伝導スペクトルメータ検出器を用い宇宙起源の反陽子，反ヘリウム等の宇宙反粒子の探査をアメリカとの共同実験を行っている．本年度は，カナダのリンレークで第 7 回目の気球実験を行い 35 時間の観測に成功した．この観測で 38GByte のデータを収集することに成功した．

太陽フレアの硬 X 線高精度スペクトル観測の研究

国立天文台　常田佐久　東大・理　小林　研　助　手　齋藤芳隆
助　手　太田茂雄　助教授　山上隆正

太陽フレアに伴って発生する 15〜100keV のエネルギー領域を高分解能の検出器で観測し，電子の加速メカニズムを明らかにすることを目的に CdTe 半導体検出器を開発し，気球実験を計画している．本年度は，検出器の性能試験および熱設計を行った．また，ゴンドラを太陽に指向させる方向規正システムを開発し性能試験を行った．

小惑星探査計画（MUSES-C）

教　授　上杉邦憲　教　授　川口淳一郎　教　授　藤原　顕
教　授　齋藤宏文　「MUSES-C」研究班

2002 年 12 月に M－V－5 号機による打上げを目標として，第 20 号科学衛星「MUSES－C」を開発中である．「MUSES-C」は将来の太陽系サンプル・リターン・ミッションに必須の技術の開発と実証を目的とした工学実験機で，電気推進を用いて約 2 年 6 ヶ月の飛行の後，小惑星 1998 SF36 と邂逅，サンプル採取を行い，2007 年 6 月に地球に帰還，カプセルの大気圏再突入と回収を行う．2000 年度は，その飛翔モデル製作 3 年次計画の第 2 年次として，探査機の設計を確定し，飛翔機（FM）の製作を行った．

衛星スピン時にタンク内部の流体が衛星姿勢に与える影響の実験的検証

教　授　川口淳一郎　助　手　澤井秀次郎

昨年度に引き続き，液体推薬を搭載する衛星のスピン時の挙動を実験的に検証した．本年度は，特にスピン場におけるタンク内流体の挙動を定量的に測定した．その結果，スピン場における流体の挙動は，非スピン場における挙動と異なることがわかった．例えば，低スピン場では，非スピン場より，むしろ固有振動数が低くなる現象が観測された．成果は「ASTRO-F」，「SOLAR-B」 打ち上げに適用される．

M-V 型ロケット能動的ニューテーション制御

教　授　二宮敬虔　　教　授　川口淳一郎　　助教授　橋本樹明

M-V 型ロケット上段のニューテーション制御について，継続して検討を行った．

画像を用いた宇宙機と未知天体への着陸航法

所　長　松尾弘毅　　教　授　川口淳一郎　　助　手　澤井秀次郎

画像を用いた自律航法の確立のため，画像から未知天体と宇宙機の相対運動を推定する方法を，航法フィルターや誘導則を含めて，検討した．誘導則としては，予め接近方向を規定し，最接近時には，宇宙機の位置と接近方向が一定になるような誘導則を提案した．成果は，第 20 号科学衛星「MUSES-C」での降下・着陸シーケンスの策定に応用されている．2000 年度は，とくに，電波を併用する複合航法精度の検討を行った．

衛星コンステレーションの最適化に関する研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　山川　宏　　共同研究学生　田所英哉

GPS に代表される群衛星（コンステレーション）の設計を，測位精度指標 (GDOP) を用いて行った．その結果，通常の Walker 型コンステレーションよりも，極軌道コンステレーションを用いた方が，少ない衛星数で同等の性能が得られることがわかった．

太陽潮夕力による摂動に関する研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　山川　宏　　共同研究学生　夏目耕一

「のぞみ」,「 LUNAR-A 」で採用される，地球重力圏境界を飛行する軌道では，太陽の重力すなわち潮夕力による摂動が生じる．このメカニズムは非常に複雑であるが，ある種の特殊な摂動関数を導入すると，その取り扱いが簡略化される．この研究では，解析的に，この摂動運動を考察している．

光学情報に基づく，L1 点まわりの探査機の軌道維持制御法に関する研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　山川　宏　　特別共同利用研究員　吉村　恵

一般に L1 点を含め，軌道維持には，3 次元位置計測が不可欠である．しかし，軌道の力学特性を積極的に利用すると，少ない観測量を用いて軌道維持が可能になる．この研究では，2 次元の探査機機上のカメラによる地球位置情報を用いて，探査機の軌道操作を行うもので，地上の電波による軌道決定を用いる必要がないという特徴をもつ．結果は，太陽―地球の L4, L5 点まわりの軌道維持にも利用できる．

低推力加速下での電波による軌道決定に関する研究

教　授　川口淳一郎　　助教授　吉川　真　　助教授　加藤隆二
助教授　山川　宏

電気推進など低推力の加速度を連続して受ける探査機の軌道決定にあっては，その外乱加速度がもたらす電波による軌道決定精度への影響が重要な研究項目である．この研究では，解析的に，この寄与を特定し，かつ軌道精度を向上させる方策について検討を行っている．

航法と軌道修正の統合最適化と「のぞみ」への応用

教　授　川口淳一郎　　助教授　山川　宏

軌道修正自体は，できるだけ早期に実施することが重要で，それにより修正速度を最小化することができる．一方，軌道推定すなわち航法精度は早期には精度が不十分であり，両者の間にトレードオフが必要となる．このトレードオフの結果，実施時期が最適化され，少ない修正速度で目的の指定精度を満たす軌道修正が行われることになる．この研究では，特殊な最適化を導入して，解を得，それを「のぞみ」探査機の運用に反映した．

揚力を積極的に利用する飛翔体の誘導方策に関する研究

教　授　川口淳一郎　　大学院学生　稲葉　歩

通常のロケットでは，揚力を利用しない誘導論理が採用されている．これに対し，将来型の輸送機関にあっては，揚力を積極的に利用する軌道が採られると同時に，推進機関の性能が飛翔環境に依存して変動することから，従来の飛翔体むけの誘導論理では不十分である．本研究では，そのような機体についての新しい誘導方策を検討している．

長楕円軌道上のフォーメーション飛行における航法と軌道制御にかかわる研究

教　授　川口淳一郎　　大学院学生　佐伯孝尚

プラズマ観測衛星のように，長楕円軌道に投入される衛星で，かつ近地点高度が高い軌道が採用される場合，いわゆる GPS の利用は困難で，軌道推定には，独特の方式が必要である．本研究では，衛星間（母船―子機間）の相対距離情報のみにより，軌道の力学モデルを介した，軌道決定方法を考察している．

グライディングパラシュートの飛行制御と光学誘導に関する研究

教　授　川口淳一郎　　助　手　平木講儒　　民間等共同研究員　本田雅久

搭載機器を再使用する型の輸送手段にあっては，機器を正確に回収地点へ降下させることが要求される．本研究では，洋上の台船を含む極めて狭い範囲へ正確に降下させることのできるパラグライダの誘導技術を検討しており，とくに光学情報の機上処理による精密着地方法を考察している．

搭載機器を回収再使用する，低コスト衛星打ち上げロケットのシステムに関わる研究

教　授　川口淳一郎　　民間等共同研究員　本田雅久

低廉な輸送手段は諸外国で，追求されているところであるが，本研究では，ロケットの制御区間を第１段に限定し，誘導制御機器を１箇所に集中させることにより，それを回収，再使用することによって輸送系費用を低減させる方式を検討している．

エアターボラムエンジンの実験用機体に関するシステム検討

教　授　棚次亘弘　　教　授　中島　俊　　教　授　川口淳一郎
民間等共同研究員　大塚裕仁

空気吸い込み式の推進機関である，エアターボラムエンジンの飛翔実験方法についての検討を行っている．とくに，固体ブースタを用いてエンジン試験環境を着実に実現させる方策について，検討を行っている．

ソーラセール実証探査機に関わるシステム検討

教　授　名取通弘　　教　授　小野田淳次郎　　教　授　川口淳一郎
助教授　樋口　健

ソーラセールは，将来型の惑星間推進方法として有力視されていながら，いまだに実現にいたっていない．これは，膜材の製造や収納，展張，展開という技術要素が確立されていないためである．本研究では，ソーラセールを用いた科学ミッションを立案すると同時に，この膜展開，展張をスピンを利用して行う方法を検討している．

惑星探査機用，電波誘導論理の精度検討

教　授　川口淳一郎　　助教授　山川　宏　　技　官　前田行雄

低高度周回軌道を経由して惑星間探査機を打ち出す電波誘導方式について，検討を行っている．従来，宇宙研における電波誘導は，低高度周回以前の，弾道軌道の遠地点付近に限定して行われていたが，これを周回軌道の近地点での運用に適応できるものへと改修を行っている．

M-V ロケットの信頼性向上研究．2 次メーカ製品の使用に関する検討．

教　授　小野田淳次郎　　教　授　川口淳一郎　　助教授　嶋田　徹

極めて少量の生産数しかない第 2 次メーカ製品を採用する場合，その設計仕様，品証仕様の整合性や，FMEA 解析で抽出される故障モードとそれら仕様の整合性の確認が，十分に行えないケースがあり，それらを信頼性向上の観点から検討している．

低推力推進と地球スウィングバイを併用する，軌道操作に関わる研究

教　授　川口淳一郎

電気推進機関をはじめとする，低推力推進機関は，将来の惑星探査における主たる航行方策と期待されている．しかし，小規模の電気推進機関にあっては，惑星間で推進機関のみで十分な加速を行わせるのが困難であり，地球の重力を援用する軌道操作が有効である．本研究では，その軌道方策を解析をまじえて検討している．

「合」運用における，通信上の問題と，その航法精度に関する検討

教　授　齋藤宏文　　教　授　川口淳一郎　　助教授　山本善一

火星探査機「のぞみ」で経験された「合」運用から，そのフェーズノイズに関する詳細な計測値を得，その軌道決定精度への影響を評価している．成果は，「MUSES-C」 探査軌道へ反映される．

複数の地球接近小惑星に対する，サンプルリターン計画の検討

教　授　川口淳一郎　　教　授　藤原　顕

「MUSES-C」が行う，世界初のサンプルリターンの延長として，1 探査機にて複数の小惑星からサンプルリラーンを行わせる計画を模索している．これまでの検討から，「MUSES-C」とほぼ同程度の規模で，3 つの小惑星にランデブーし，サンプル採取を行って，地上に帰還させる軌道計画を作成している．

活動を停止した彗星へのサンプルリターン計画の検討

教　授　川口淳一郎　　教　授　藤原　顕　　助　手　矢野　創

「MUSES-C」型のサンプルリターン計画で，活動を停止した彗星と確認されている天体からのサンプルリターンを検討している．軌道計画では，電気推進と地球のスウィングバイを併用する方式を採用している．

金星気球探査機のシステム検討

教　授　矢島信之　　教　授　川口淳一郎

金星の低高度における大気運動は，厚い雲にはばまれて，周回機によっても観測は難しい．この検討では，高温，高圧の金星大気下層に，気球を浮遊させる方式を，気球工学，高温エレクトロニクス，VLBI 位置標定の観点から検討している．

小惑星探査計画のミッション解析

所　長　松尾弘毅　　教　授　上杉邦憲　　教　授　川口淳一郎
助教授　石井信明　　助教授　山川　宏　　助　手　澤井秀次郎

小惑星探査計画（MUSES-C）に関し，軌道設計，探査機システムの検討など，ミッション解析を行った．衛星の推進系として，電気推進系と小推力 2 液推進系を併用したシステムの概念検討を行った．

画像を用いた宇宙機と未知天体の相対運動の推定

所　長　松尾弘毅　　教　授　川口淳一郎　　助　手　澤井秀次郎

画像を用いた自律航法の確立のため，画像から未知天体と宇宙機の相対運動を推定する方法を検討した．周波数領域で画像を比較するアルゴリズムを提案し，これによって画像平面内の宇宙機の動きが推定できることを，ハー

ドウェア・シミュレータによって取得された画像を用いて示した．

低推力を用いた小天体ミッションにおける終端誘導に関する研究

所　長　松尾弘毅　教　授　川口淳一郎　助教授　石井信明
助教授　山川　宏

低推力を用いた小惑星/彗星ミッションにおける目標天体近傍での終端誘導について検討を行った．軌道制御誤差および軌道決定誤差を考慮すると，目標天体に近づいて，終端までの飛行時間が短くなるにつれ，低推力だけでは誘導しきれず，高推力の化学推進を併用する必要性が生じることが予想される．本研究では，従来の，インパルス ΔV のみを想定して最適な修正時刻を決定するスペーシング則を，低推力軌道に拡張することで，化学推進の必要性を示すとともに，最悪状況下での総インパルス増速量を最小にする具体的な終端誘導則を導いた．

垂直着陸を想定した再突入機の低空域誘導

所　長　松尾弘毅　助教授　稲谷芳文　助教授　石井信明
助教授　山川　宏　助　手　平木講儒

垂直着陸を行う宇宙往還機の帰還時，特に高度 1km 程度以下の低空域における誘導について検討した．

着陸に至るまでの具体的な誘導則を検討し，いろいろな風プロファイルを想定したうえでシミュレーションによってその妥当性を確認した．

微小重力天体まわりの宇宙機の軌道について

所　長　松尾弘毅　教　授　川口淳一郎　助教授　石井信明
助教授　山川　宏

小惑星や彗星のような複雑な形状を持つ小天体を周回するミッションを想定し，天体を 3 軸不等楕円体と近似したうえで，数周程度先までの短期的な天体まわりの軌道変化の特性を解析的および数値的に把握した．この短期的な予測に基づいて，軌道保持を目的として，軌道修正回数および修正量が最小となるような軌道修正則を提案した．

惑星大気突入用小型耐熱カプセルの検討

教　授　雛田元紀　助教授　稲谷芳文　助教授　石井信明
助　手　平木講儒　助　手　山田哲哉　技　官　平山昇二

将来の惑星大気突入ミッションやサンプルリターンなどの再突入 / 回収ミッションでは，苛酷な熱空力環境に耐えることのできる小型カプセルの設計，開発が必要となる．このため，耐熱材料単体の開発に加えて，これを構造要素として考えた上で，実際のカプセル製作に反映させなければならない．

金星気球，火星ペネトレータ，小惑星サンプルリターンなどを例に，必要最小限のシステム構成を考え，機械的，電気的インターフェースと問題点などについて検討している．また，観測ロケットに小型カプセルを搭載し，耐熱材料特性などを実験的に検証することも計画している．

小型カプセル用パラシュートの開発

教　授　雛田元紀　教　授　矢島信之　助教授　山上隆正
助教授　稲谷芳文　助教授　石井信明　助　手　井筒直樹
助　手　平木講儒　助　手　山田哲哉　技　官　喜久里豊

惑星探査用小型カプセルやサンプルリターンカプセルには減速のためのパラシュートが必要になるが，比較的形状に柔軟性のあるパラシュートを周辺に配置することで，カプセル中央部に搭載機器や観測装置のための搭載スペースを確保することができ，カプセル内部の空間を有効活用するとともにカプセルをより小型化することができる．

地上でのパラシュート放出試験，落下試験，風洞試験等を高速ビデオなどを使って計測し，トーラス（ドーナツ）

状に収納されたパラシュートを確実に展帳するために必要なパラシュート放出エネルギや放出速度など，パラシュートや放出機構の設計に反映させた．さらに，気球からの落下カプセルを使った実験によってシステム全体の機能確認をした．

簡易型スピン分離機構の開発

助教授　稲谷芳文　助教授　樋口　健　助教授　石井信明
助　手　奥泉信克　技　官　喜久里豊

上段ロケットのセカンドペイロードや惑星探査プローブの分離時には，通常，姿勢安定のためのスピンが必要とされることが多い．分離される側が小型であればあるほど最も簡便なスピン安定を採用する場合が多く，分離のための機構もより軽量で簡易的なものが要求される．そこで，1つのスプリングで回転速度と並進速度を同時に与えることができる分離機構を検討している．

簡単な地上試験モデルを試作し，分離状態を高速ビデオ等で計測することで外乱発生要因を分離，これを抑制するとともに，回転と並進を独立に制御する場合の設計自由度等を検討している．

3 次元飛翔姿勢計測システムの検討

助教授　石井信明　技　官　富澤利夫　技　官　長谷川克也
技　官　餅原義孝　技　官　太刀川純孝

飛翔中のロケットの姿勢情報（テレメータデータ）や軌道情報（レーダデータ）をもとにロケットの運動を 3 次元的にリアルタイム表示するシステムを検討しており，これによって，多岐にわたる計測データをより集約された形で表示することが可能となる．

生体運動と生殖

客員助教授　奥野　誠

1. 哺乳類精子の運動と代謝活性の調節機構についてマウスを用いて調べた．精子の運動は Ca^{2+} によって長期間活性化が維持された．これは重炭酸イオンを引き金としたタンパク質リン酸化による運動活性制御とは別の，Ca^{2+} によるミトコンドリア活性の制御が運動の維持に必須であることを示している．
2. マウスの雄の生殖機能における過重力の影響を遠心飼育機を用いて研究している．本年度は過重力環境下での長期間飼育を行った．マウスの成長は出生後しばらくは地上コントロール群と比較して遅いが，長期間飼育によって差が縮まることがわかった．
3. ニハイチュウ滴虫型幼生の重力走性は体の側面に密生する繊毛運動に密接に関係している．そこで幼生を顕微鏡下で固定し，姿勢を変えつつ繊毛運動を高速度ビデオで撮影して解析した．その結果，繊毛運動振動数は局所的に異なり，さらに姿勢によって変化することを見出した．
4. 広塩性魚であるテラピアの精子の浸透圧適応性を調べた結果，淡水適応したテラピアの精子は放精時の浸透圧刺激を細胞内 Ca^{2+} の変化に変えることによって，また海水適応したテラピアでは海水中の Ca^{2+} を取り込むことによって運動を活性化することが明確になった．