

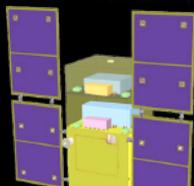
# DECIGO pathfinder (DPF) のための干渉計モジュールの開発

佐藤修一 (法政大工), 阿久津智忠 (国立天文台), 上田暁俊 (国立天文台), 新谷昌人 (東大地震研), 麻生洋一 (東大理), 鳥居泰男, 田中伸幸 (国立天文台), 江尻悠美子, 鈴木理恵子, 権藤里奈 (お茶大人間文化), 大淵喜之, 岡田則夫 (国立天文台), 正田亜八香, 道村唯太, 坪野公夫, 穀山渉 (東大理), 安東正樹 (京大理), 川村静児 (国立天文台)

## OBJECTIVE

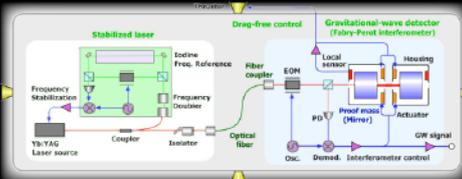
### DPF 衛星

DECIGOを確実に成功させるための前哨衛星です。小型科学衛星シリーズ3号機への搭載を想定し、2015-16年頃の打ち上げを目指しています。天の川銀河内天体からの重力波探査や地球重力場の測定(サイエンス)と、DECIGOのための要素技術の開発(技術実証)という二つの意義を持っています。



### 干渉計モジュール

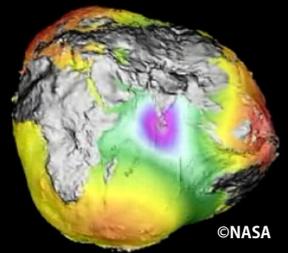
DPFのセンサ機能の心臓部であるファブリヘロー干渉計と付随するコンポーネントの複合体を開発しています。軌道上で干渉計動作させるために必要な光学系、試験マスの位置・姿勢検出系、制御・データ取得系、外部擾乱のシールド系、構体などの機能から成ります。



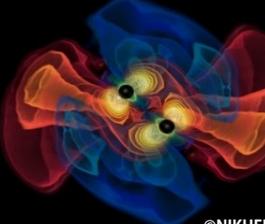
## SCIENCE

### 重力波探査

地球上では検出がきわめて困難な低周波数域(1Hz以下)での重力波の観測を目指します。天の川銀河内における連星ブラックホールの合体や、衝突後の減衰振動波形などの重力波信号の検出を目指します。軌道上における重力波物理学の展開のさきがけとなるミッションです。



©NASA



©NIKHEF

### 地球重力場計測

DPF衛星は地球周囲の極軌道を想定しています。その際、衛星の軌道情報およびドラッグフリー制御された2つの試験質量の相対変動の情報から地球の重力ポテンシャルを精密に測定することができます。

## COMPONENTS

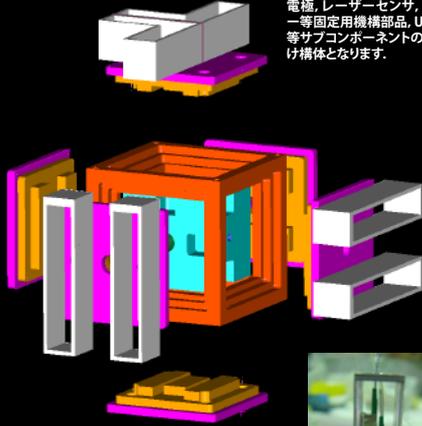
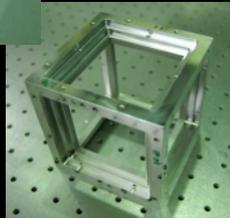
### 試験マスモジュール

重力波のセンサーとなる試験マスは軌道上で慣性空間に“浮かべる”必要があります。そのために宇宙機内部で試験マスを非接触に保持するための位置センサ・アクチュエータ、試験マスの固定機構や荷電制御システム等の機能を備えた複合体である試験マスモジュール(TMM)を開発しています。



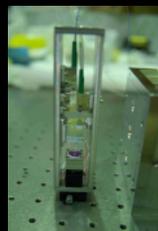
試験マス: 重力波・重力場観測の自由質点リファレンスとなる試験マスは大きさ50mm角、重さ1~2[kg]程度の高密度非磁性金属製です。ファブリヘロー共振器とするために高反射率の鏡とレーザーセンサのためのコーナーキューブを搭載します。

構体フレーム: センサ用の電極、レーザーセンサモータ等固定用機構部品、UV-LED等サブコンポーネントの取り付け構体となります。



静電型センサ・アクチュエータ: 試験マスとフレーム(宇宙機)との相対位置変動を検出し、フィードバック制御によって適正な位置関係に保ちます。金属製の試験マスと電極との間の静電容量の変化を読み取る方式の静電容量型センサ・アクチュエータを採用する予定です。観測帯域で $10^{-10}$  [m/rHz] @0.1Hzの安定感度を目指します。剛体全6自由度のセンシング/制御のため、6面に併せて16枚の電極を搭載します。

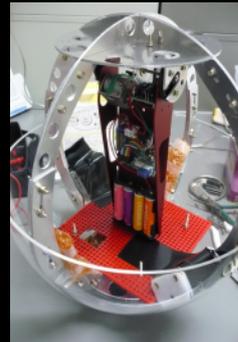
レーザーセンサ: 地球重力場の精密測定のために、ローカルセンサよりも3桁程度のよいレーザー干渉計型変位センサを搭載します。DFBレーザーと光ファイバを用いた入射系・コーナーキューブを用いたオプセツ光学系によるマイクロソナ干渉計です。全6自由度のセンシングのため全6個のモジュールを3面に配置します。



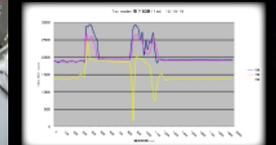
## DEMONSTRATION

### 微小重力実験

軌道上における試験マス全6自由度制御の実証実験として微小重力環境を利用した制御実験を進めています。スタンドアロンで動作する制御モジュールは“自由落下”中に制御を確立し、試験マスが宇宙機に追従する加速度計動作を実現します。

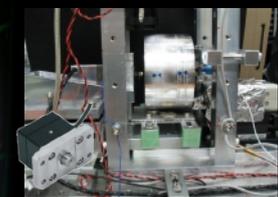
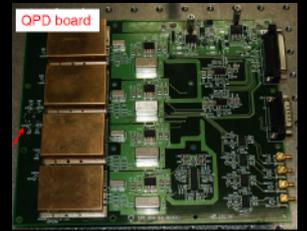
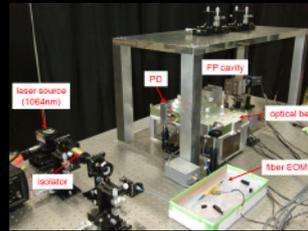


Parabolic flight experiment



### 干渉計BBM実験

試験マスモジュール、入出射光学系、構体・シールド系の各サブコンポーネントBBMを組み合わせた“干渉計モジュール”のBBMを構築します。それぞれの機能を統合し、DPFの心臓部であるファブリヘロー干渉計としての動作を機能実証します。地球重力場の存在下でありながらも、地上干渉計の場合よりも多くの自由度を同時に制御します。



試験マス固定機構: 試験マスはフレームに対して非接触に保持されるため、衛星打ち上げ時の衝撃保護のための固定機構(ローンロック)、および軌道上での試験マス精密位置決めソフトリリースのための機構(ランプリース)を搭載します。機械式固定、直進性のピエゾモータ等駆動機構による固定を候補として機能試験を進めています。



荷電制御: 宇宙線等による試験マスの帯電を除去するために、UV-LEDを用いた荷電制御システムを搭載します。金属表面から叩き出した電子を方向選択的に移動させることによって試験マスの電荷を自由に制御できます。UV-LEDを用いることにより非常にコンパクトで信頼性のあるシステムの構築が可能になりました。GP-B等で実績のあるStanford大学のグループとの共同研究で推進しています。

### 入出射光学系

安定化レーザー光源から光ファイバーでレーザー光を受け取り、ファブリヘロー干渉計へ入射するまでの光学系およびファブリヘロー干渉計からの出射光の検出光学系です。低周波帯域での熱安定性を保証するために、低膨張ガラス素材をもちいたモノリシック光学系を構築します。光学素子はブレッドボードの上にシリケートボンディングされます。



### 構造・シールド系

干渉計モジュール全体を支える構造体、および熱シールド・真空容器の複合体です。多段の熱シールドによって $10^{-3}$  [K/rHz] @0.1Hzの温度安定度を、宇宙機からのアウトガスをシールドする真空容器によって $10^{-6}$  [Pa]の真空度を目指します。