



Pre-DECIGOの設計

~キックオフ~

日時：2015/05/27

場所：東大（本郷）安東研

本日のアウトライン（予定）

- ❖ 現在の状況の確認
- ❖ PreDECIGOのミッション設計
- ❖ 年間予定とA/Iの設定

現在の状況の確認

- ❖ DPFからPreDECIGOへ
- ❖ 宇宙研関連
- ❖ 予算関連

PreDECIGOのミッション設計

- ❖ 基本的な考え方 ➡ ミッション提案書（DPF）の再定義
 - ❖ 目指すべきサイエンス
 - ❖ サイエンスを実現するためのミッション要求
 - ❖ ミッション要求を満たすためのシステム要求
 - ❖ 衛星システム的设计（ミッション部の構成）

ミッション提案書（DPF）で足りなかったもの
➡ もしあれば

PreDECIGOのミッション設計

- ❖ PreDECIGOの目指すべきサイエンス
 - ❖ NS-NS@2-300Mpc インスパイラル
 - ❖ 地上観測機器群との共同観測
 - ❖ 合体の時刻の予測、合体前の方向特定
 - ❖ $10^3 M_{\odot}$ BH-BH 合体
 - ❖ 宇宙の時空構造と銀河形成の解明
 - ❖ NS/WDフォアグラウンド
 - ❖ パラメータ推定と除去

DECIGOの前哨衛星 → 重力波観測ミッションへ

PreDECIGOのミッション設計

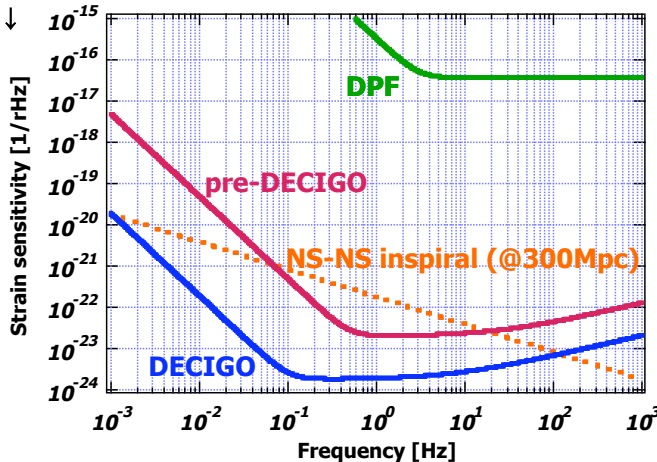
❖ サイエンスを実現するためのミッション要求

❖ 歪み感度 : 2×10^{-23} [1/rHz] (2×10^{-18} [m/rHz]相当の想定)

❖ 加速度雑音 : 1×10^{-17} [m/s²/rHz]

pre-DECIGO (5) - 干渉計感度

- 重力波に対する感度
 - SN~14 for NS-NS@300Mpc
 - 数~数十events/year
- 干渉計感度比較
 - DECIGOより1~2桁↓
 - DPFから6桁↑



↑いずれも暫定値

目指すべきサイエンス

➔ ミッション要求の設定へ

PreDECIGOのミッション設計

❖ ミッション要求を満たすためのシステム要求

- ❖ レーザー干渉計
- ❖ 試験マスモジュール
- ❖ レーザー光源
- ❖ ドラッグフリー制御
- ❖ スラスタ
- ❖ フォームションフライト
- ❖ 衛星
- ❖ 観測・データ取得・ダウンリンク
- ❖ 衛星軌道

表 3.1: DPF でのミッション要求値 (太字), およびシステム要求値.

項目	要求値・仕様		主な制約条件
レーザー干渉計			
干渉計変位感度	$\leq 6 \times 10^{-16}$	m/Hz ^{1/2}	干渉計歪み感度
温度変動	≤ 1	mK/Hz ^{1/2}	熱輻射雑音, 熱変形による外力
真空度	$\leq 10^{-6}$	Pa	残留気体分子の衝突雑音
磁場変動	$\leq 1 \times 10^{-7}$	T/Hz ^{1/2}	磁力による試験マスへの外力
磁場勾配	$\leq 3 \times 10^{-6}$	T/m	同上
試験マスモジュール			
鏡 (試験マス) への外力雑音	$\leq 1 \times 10^{-15}$	N/Hz ^{1/2}	干渉計歪み感度
ローカルセンサ感度	$\leq 1 \times 10^{-10}$	m/Hz ^{1/2}	要求ドラッグフリー精度の実現
アクチュエータ雑音	$\leq 1 \times 10^{-15}$	N/Hz ^{1/2}	試験マス外乱要求より
アクチュエータレンジ	≥ 10	μN	外乱の抑圧制御
衛星-試験マスのカップリング	$\leq 1 \times 10^{-6}$	/s ²	衛星変動による雑音
ローンチ・ロケット	≥ 300	N	打上げ時振動からの保護
レーザー光源			
出力	≥ 100	mW	干渉計散射雑音からの要請
波長	1030	nm	安定な光源の実現性
周波数安定度	≤ 0.5	Hz/Hz ^{1/2}	干渉計の変位感度要求より
強度安定度	$\leq 1 \times 10^{-6}$	/Hz ^{1/2}	同上
ドラッグフリー制御			
制御ゲイン	≥ 40	(0.1 Hz)	太陽輻射圧変動以下への衛星制御
スラスタ			
推力	0 - 100	μN (連続可変)	太陽輻射圧, 大気抵抗の打ち消し
スラスタ雑音	≤ 100	$\mu\text{N}/\text{Hz}^{1/2}$	太陽輻射圧変動以下への衛星制御
応答速度	≥ 10	Hz	ドラッグフリー制御帯域の確保
総インパルス	$\geq 10^4$	N-s	半年以上の連続観測
衛星			
並進変動	1×10^{-9}	m/Hz ^{1/2}	試験マスへの外力雑音を抑えるため
姿勢変動	3×10^{-8}	rad/Hz ^{1/2}	同上
衛星-試験マス 相対 RMS 変動	≤ 0.1	mm	センサの線形範囲に収まること
姿勢の DC-低周波数変動	1.2	deg	同上, (地球指向姿勢)
衛星重量非対称性	6	kg/m	重力勾配による試験マスカップリング
観測・データ取得・ダウンリンク			
運用期間	≥ 1	yr	十分な測定データの蓄積
連続測定動作時間	≥ 120	min	地球一周回分の連続データ取得
サンプリング周波数	≥ 10	Hz	重力波信号の記録に十分な速度
観測データレート	800	kbps	観測信号・モニタ信号の総計
ダウンリンクレート	2	Mbps	
データ記録容量	2	GByte	1 日分のデータ保持 (1/5 に圧縮)
衛星軌道			
軌道高度	500	km	大気抵抗, 打ち上げ能力の範囲で最大
軌道投入精度	± 10	km	ロケットの投入精度
軌道離心率	$\leq 1.4 \times 10^{-3}$		地球重力場による加速度雑音

PreDECIGOのミッション設計

❖ 衛星システムの設計 (ミッション部の構成)

❖ 衛星全体の構成

❖ ミッション部構成

❖ バス部構成

❖ 運用設計

表 3.2: DPF の主要緒元

項目	諸元	備考
全体		
打ち上げ時期	2019 年	
打ち上げロケット	イプシロンロケット	ポストブーストステージ (PBS) を使用
衛星寸法	950 × 950 × 2000 mm	衛星フィン構造は含まず
重量	489 kg	
軌道	太陽同期極軌道	日照-日陰境界軌道
	高度 500 km 円軌道	軌道傾斜角 97.4 度
衛星姿勢	地球指向, 太陽同期	受動姿勢安定と 3 軸姿勢制御を併用
	全自由度ドラッグフリー制御	ミッション運用時
消費電力	最大 500 W	
ミッション部		
重力波観測用干渉計	基線長 30 cm	歪み感度 $2 \times 10^{-15} / \text{Hz}^{1/2}$
	鏡 (試験マス) 2 kg × 2	打ち上げ時はロック機構で固定支持
安定化レーザー光源	干渉計入射 100 mW	光ファイバにより重力波観測用干渉計に導入
	周波数安定度 0.5 Hz/Hz ^{1/2}	沃素吸収線安定化方式
ドラッグフリー制御	10 ⁻⁹ m/Hz ^{1/2} 以下への安定化	試験マスを基準に衛星変動を制御
	ミッションスラスタ × 10	推力 100 μN, 10 μN, 推力雑音 0.1 μN/Hz ^{1/2}
ミッション部寸法	950 × 950 × 900 mm	衛星フィン構造は含まず
ミッション部重量	242 kg	
ミッション部消費電力	150 W	
バス部 (小型科学衛星標準バス)		
データ処理・通信	CPU HR5000, 33MHz	
	データ記録容量 2GByte	ミッション部との通信は SpaceWire 規格
	ダウンリンクレート 2 Mbps	
電源	太陽電池パドル 両翼各 2 枚	発生電力 940 W
	バッテリー 50Ah	MS 電力供給 50V 非安定バス, 150 W
姿勢制御	3 軸制御	初期姿勢捕捉, セーフホールド時
	1N スラスタ × 4	同上
バス部寸法	950 × 950 × 1100 mm	フェアリング内設置時
バス部重量	289 kg	
標準構成からの差分	リアクションホイールの非搭載	機械振動を避けるため
	慣性基準装置に FOG を使用	同上
	GPS 受信機を搭載	地球重力場観測のため

表 3.2: DPF の主要緒元

項目	諸元	備考
全体		
打上げ時期	2019年 → 2025?	
打ち上げロケット	イプシロンロケット → HII-A?	ポストブーストステージ (PBS) を使用
衛星寸法	950 × 950 × 2000 mm → 3機	衛星フィン構造は含まず
重量	489 kg	
軌道	太陽同期極軌道 → 地球周回レコニド軌道(境界軌道) 検討中)	
	高度 500 km 円軌道 → 日照日影軌道傾斜角 97.4 度	
衛星姿勢	地球指向, 太陽同期 → 太陽同期受動姿勢はなし 軸姿勢制御を併用	
	全自由度ドラッグフリー制御 → 全自由度ドラッグフリー制御	
消費電力	最大 500 W → 全自由度フォーメーションフライト制御	
ミッション部		
重力波観測用干渉計	基線長 30 cm → 基線長 100 km	歪み感度 $2 \times 10^{-15} / \text{Hz}^{1/2}$
	鏡 (試験マス) 2 kg × 2 → 鏡 30 kg × 4 (6) 個	打ち上げ時はロック機構で固定支持
安定化レーザー光源	干渉計入射 100 mW → 干渉計入射 1 W	ファイバにより重力波観測用干渉計に導入
	周波数安定度 0.5 Hz/Hz ^{1/2}	沃素吸収線安定化方式
ドラッグフリー制御	10 ⁻⁹ m/Hz ^{1/2} 以下への安定化	試験機
	ミッションスラスタ × 10	推力
ミッション部寸法	950 × 950 × 900 mm	衛星
ミッション部重量	242 kg	
ミッション部消費電力	150 W	
バス部 (小型科学衛星標準バス)		
データ処理・通信	CPU HR5000, 33MHz	
	データ記録容量 2GByte	ミッシ
	ダウンリンクレート 2Mbps	
電源	太陽電池パドル 両翼各 2 枚	発生電
	バッテリー 50Ah	MS 電
姿勢制御	3 軸制御	初期姿
	1N スラスタ × 4	同上
バス部寸法	950 × 950 × 1100 mm	フェル
バス部重量	289 kg	
標準構成からの差分	リアクションホイールの非搭載	機械損
	慣性基準装置に FOG を使用	同上
	GPS 受信機を搭載	地球重

→ 衛星配置

→ 干渉計方式

→ 安定化方式

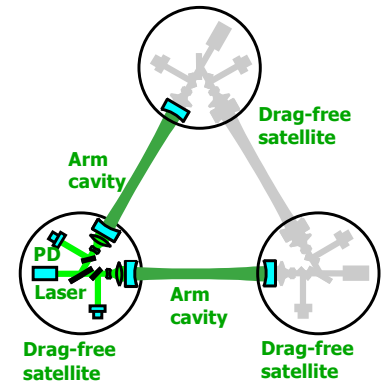
→ フォーメーションフライト

pre-DECIGO (4) - 検出器緒元

- 干渉計構成
 - Locked-FP干渉計
 - 基線長 L=100km
 - 3 宇宙機によるフォーメーションフライト

- FP共振器
 - フィネス : 30
 - プルーフマス径 : 30cm
 - 基材 : 熔融石英 : 30kg

- レーザー光源
 - Nd:YAGの倍波 : 532nm
 - 干渉計入射 : 1W
 - 光ファイバ結合



年間予定とA/Iの設定

- ❖ サブシステム担当の確認
 - ❖ サイエンス：
 - ❖ 干渉計：
 - ❖ 光源：
 - ❖ ドラッグフリー・フォーメションフライト：
 - ❖ 軌道設計：

- ❖ 各担当のA/Iの設定
 - ❖ サイエンス定義：
 - ❖ ミッション要求：
 - ❖ システム要求：
 - ❖ 衛星システム構成：

- ❖ 年間予定
 - ❖ 各担当ごとの今年度予定の設定