

宇宙重力波望遠鏡 **B-DECIGO**

安東正樹 (東京大学 理学系研究科) ほか DECIGOグループ\*

- **B-DECIGOの概要**
- ・日本を中心に計画している宇宙重力波望遠鏡。

・3機の宇宙機によるフォーメーションフライトによって

基線長100kmの長基線レーザー干渉計を構成。

→ 周波数0.1-1Hz付近の重力波に対して良い感度。

地上重力波望遠鏡 (100Hz), 宇宙重力波望遠鏡

LISA (1-100mHz)とは異なった観測周波数帯。
- **独自の観測, 他の手段と相補的な観測**
- によって 重力波物理学・天文学を切り拓く!**

- **観測目標**
- (1) コンパクト連星合体の観測。

\* **連星ブラックホール(BH)の合体** (年間  $10^5$  イベントの観測)

→ 重力法則・相対論の検証, BH時空の物理。

\* **連星中性子星の合体** (年間  $\sim 100$  イベントの観測)

→ 高エネルギー天体現象 (ガンマ線バースト/キロノヴァ),

宇宙における重元素合成, 相対論・基礎物理への知見。

(2) 中間質量BH連星合体の観測。(宇宙全体をカバー)。

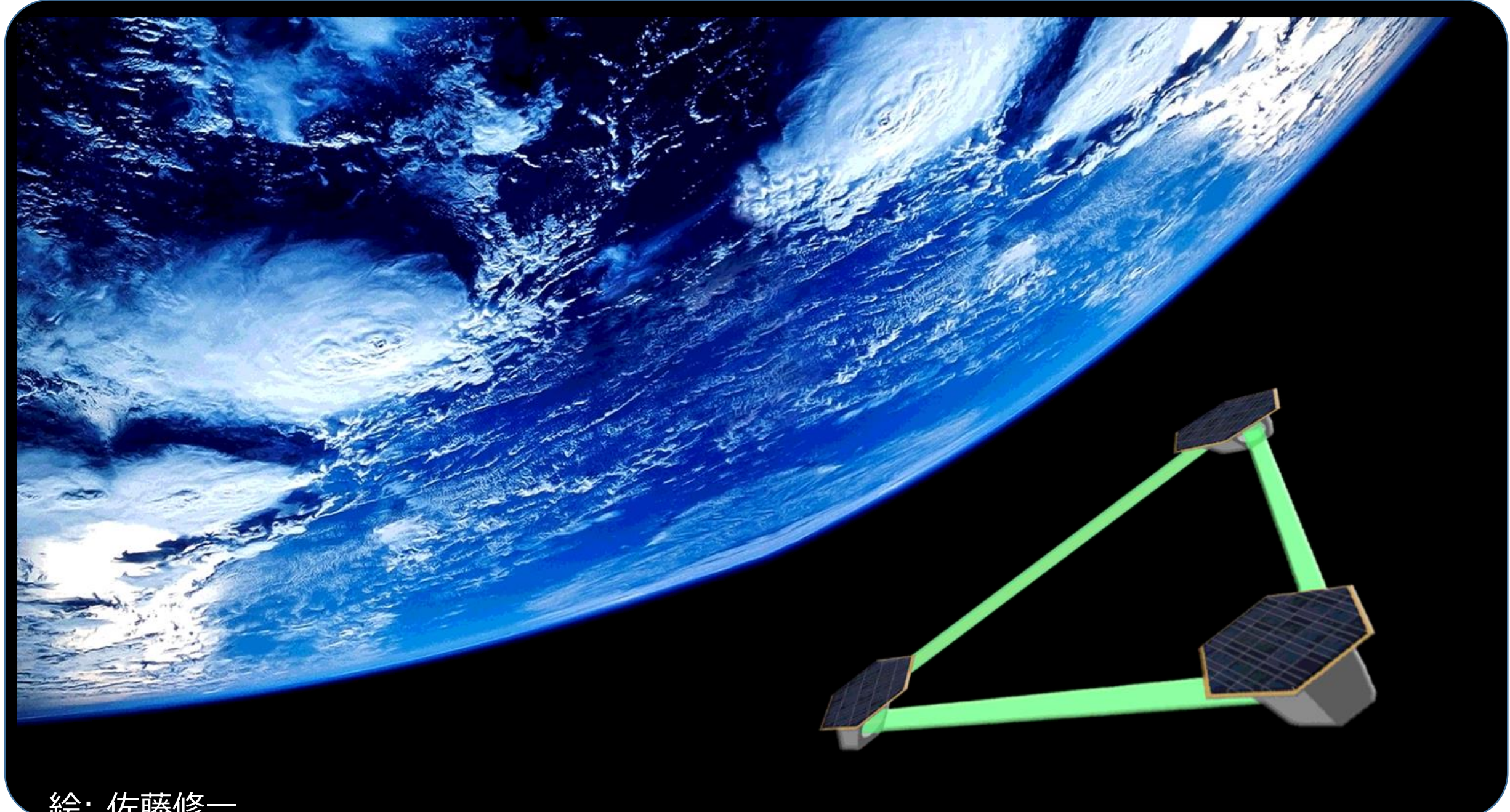
\* **質量 $10^2 - 10^5 M_\odot$ の中間質量BHの連星合体**

→ 銀河中心にある**超巨大BHの形成の謎**を解明。

宇宙におけるBHの質量分布。

(3) 前景重力波の理解。

\* 多数のコンパクト連星(中性子星, 白色矮星)からの重力波信号を分離するデータ解析。原理的に分離できない**前景重力波**の振る舞いを理解。→ 将来のDECIGOによる**初期宇宙からの重力波観測**への足掛かり。



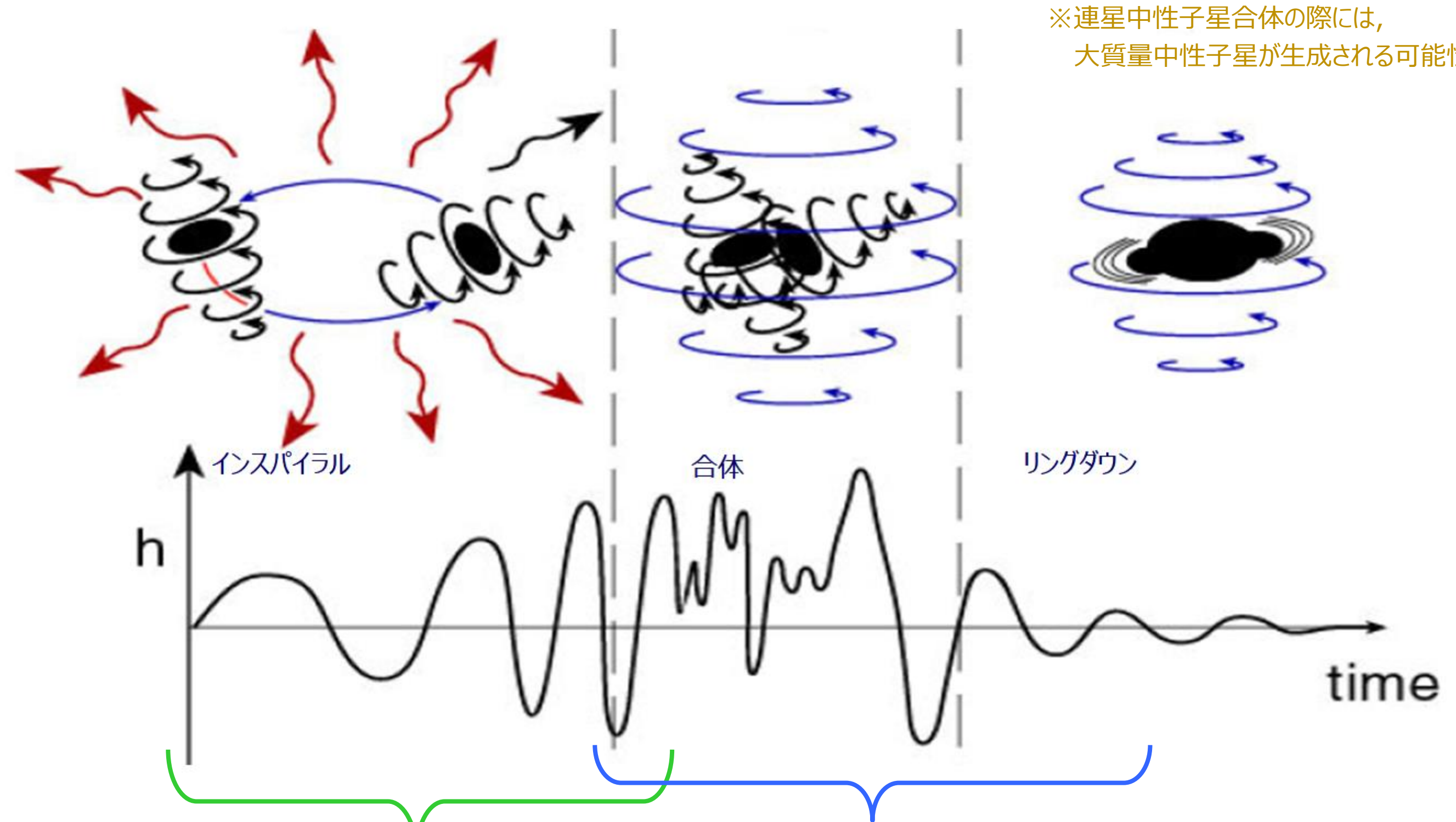
絵: 佐藤修一

### 連星BH/連星中性子星の合体からの重力波信号観測

(1) **インスパイラル期:**  
連星がお互いの周りを公転しながら重力波を放射。解析的な波形計算が可能。時間とともに振幅と周波数が増大していく「チャープ波」。

(2) **合体期:**  
連星が合体し, 大振幅の重力波を放射。解析計算は困難で, 数値相対論によって波形が求められる。

(3) **リングダウン期:**  
合体後に生まれた新たなBHの振動が, 重力波を放射しながら落ち着いていく。減衰振動波形として観測される。



※連星中性子星合体の際には, 大質量中性子星が生成される可能性もある。

合体の数か月～数分前      合体の数分前～合体

低周波数 → B-DECIGO  
質量, 軌道, 方向, 合体予測。

高周波数 → 地上重力波望遠鏡  
状態方程式, 高エネルギー現象。

**B-DECIGOの観測性能:**  
赤方偏移 $\sim 0.1$ のイベントに対して, SNR $\sim 100$ , 角度分解能  $0.1 \text{ deg}^2$ , 距離誤差 数%, **合体時刻 1秒**。

→ **事前に連星系の質量や軌道などのパラメータを推定し, 合体時刻・方向を予測できる。→ 電磁波望遠鏡・地上重力波望遠鏡の準備が可能!**

技術的課題

・長基線長レーザー干渉計技術 (**変位感度  $< 2 \times 10^{-18} \text{ m/Hz}^{1/2}$** )

- 双方向FP共振器の光学系設計。安定化光源とその制御。

- 100kmの長基線技術 (長曲率半径鏡, 鏡変形の補正)。

- 光軸・衛星姿勢の初期捕捉。低周波数雑音。

・外力雑音の低減 (**試験マスへの力の雑音  $< 1 \times 10^{-16} \text{ N/Hz}^{1/2}$** )

- 重力, 磁場変動, 静電気力, 残留気体, 熱輻射,

宇宙線衝突, 支持・制御起因の雑音, などあらゆる雑音源対策。

・衛星変動の低減

- **ドラッグフリー技術**, **低雑音スラスト技術**, 衛星全体の信号処理。

- 受動的な外乱低減技術。

・衛星システム設計

- 軌道設計, 初期ミッションシーケンス。

- 衛星のリソース配分, 打ち上げ手段, コスト見積もり。

2020年代末頃の実現に向けて,

宇宙実証を含めた開発・実証計画を検討中。

● **ミッションの構成**

100km離れた3機の宇宙機によるフォーメーションフライト

→ 長基線のレーザー干渉計型重力波望遠鏡

ミッション要求 :

歪み感度  $2 \times 10^{-23} \text{ Hz}^{-1/2}$  (0.1Hz付近)

↓

\* 変位感度  $2 \times 10^{-18} \text{ m/Hz}^{1/2}$

\* 力の雑音  $1 \times 10^{-16} \text{ N/Hz}^{1/2}$

基線長: 100 km

光共振器フィネス: 100

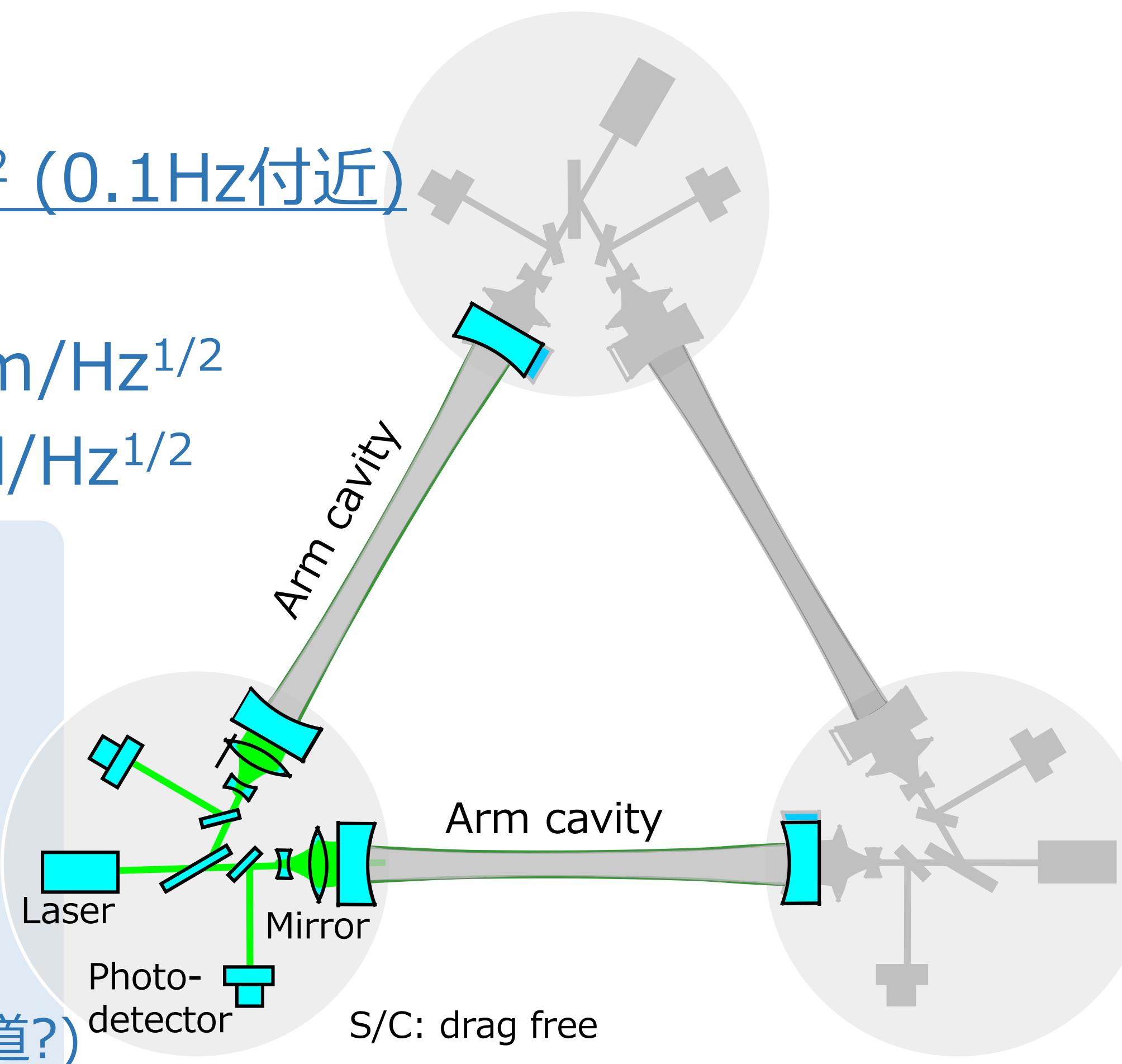
鏡の口径: 30 cm

鏡の質量: 30 kg

光源レーザー光源出力: 1 W

レーザー光の波長: 515 nm

軌道: 未定 (地球周回レーコード盤軌道?)



\*DECIGOグループ: 安東正樹, 川村静児, 瀬戸直樹, 中村卓史, 坪野公夫, 佐藤修一, 田中貴浩, 船木一幸, 沼田健司, 神田展行, 井岡邦仁, 高島健, 横山順一, 阿久津智忠, 武者満, 上田暁俊, 青柳巧介, 我妻一博, 浅田秀樹, 麻生洋一, 新井宏二, 新谷昌人, 池上健, 石川毅彦, 石崎秀晴, 石原秀樹, 和泉究, 市来浄与, 伊東宏之, 伊藤洋介, 井上開輝, 植田憲一, 牛場崇文, 歌島昌由, 江口智士, 江尻悠美子, 榎基宏, 戎崎俊一, 江里口良治, 大石奈緒子, 大河正志, 大橋正健, 大原謙一, 大淵喜之, 岡田健志, 岡田則夫, 奥富弘基, 河島信樹, 川添史子, 河野功, 木内建太, 岸本直子, 國中均, 國森裕生, 黒田和明, 黒柳幸子, 小泉宏之, 洪鋒雷, 郡和範, 穀山涉, 苔山圭以子, 古在由秀, 小鳥康史, 固武慶, 小林史歩, 権藤里奈, 西條統之, 齊藤遼, 坂井真一郎, 阪上雅昭, 阪田紫帆里, 佐合紀親, 佐々木節, 佐藤孝, 柴田大, 柴田和憲, 正田亜八香, 真貝寿明, 末正有, 杉山直, 鈴木理恵子, 諏訪雄大, 宗宮健太郎, 祖谷元, 高野忠, 高橋走, 高橋慶太郎, 高橋弘毅, 高橋史宜, 高橋龍一, 高橋竜太郎, 高森昭光, 田越秀行, 田代寛之, 田中伸幸, 谷口敬介, 樽家篤史, 千葉剛, 陳たん, 辻川信二, 常定芳基, 豊嶋守生, 鳥居泰男, 中尾憲一, 中澤知洋, 中須賀真一, 中野寛之, 長野重夫, 中村康二, 中山宜典, 西澤篤志, 西田恵里奈, 丹羽佳人, 能見大河, 橋本樹明, 端山和大, 原田知広, 正田涉, 姫本宣朗, 平林久, 平松尚志, 福嶋美津広, 藤田龍一, 藤本真克, 二間瀬敏史, 細川瑞彦, 堀澤秀之, 前田恵一, 松原英雄, 松本伸之, 道村唯太, 宮川治, 宮本雲平, 三代木伸二, 向山信治, 森澤理之, 森本睦子, 森脇成典, 八木絢外, 山川宏, 山崎利孝, 山元一広, 吉田至順, 吉野泰造, 柳哲文, 若林野花 (2015.5時点)

This document is provided by JAXA.