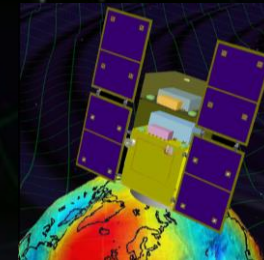
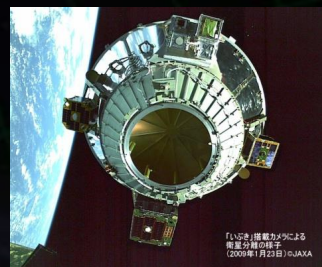
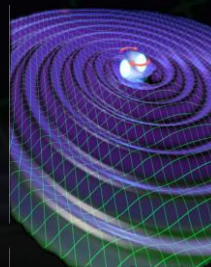
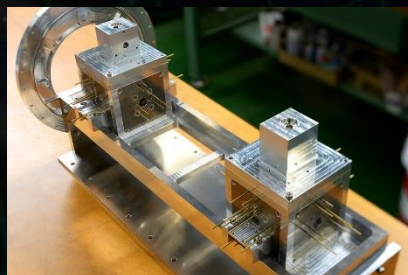
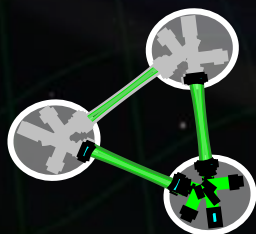


日本物理学会 第70回年次大会

# スペース重力波アンテナDECIGO計画(59): DECIGO/DPFの概要

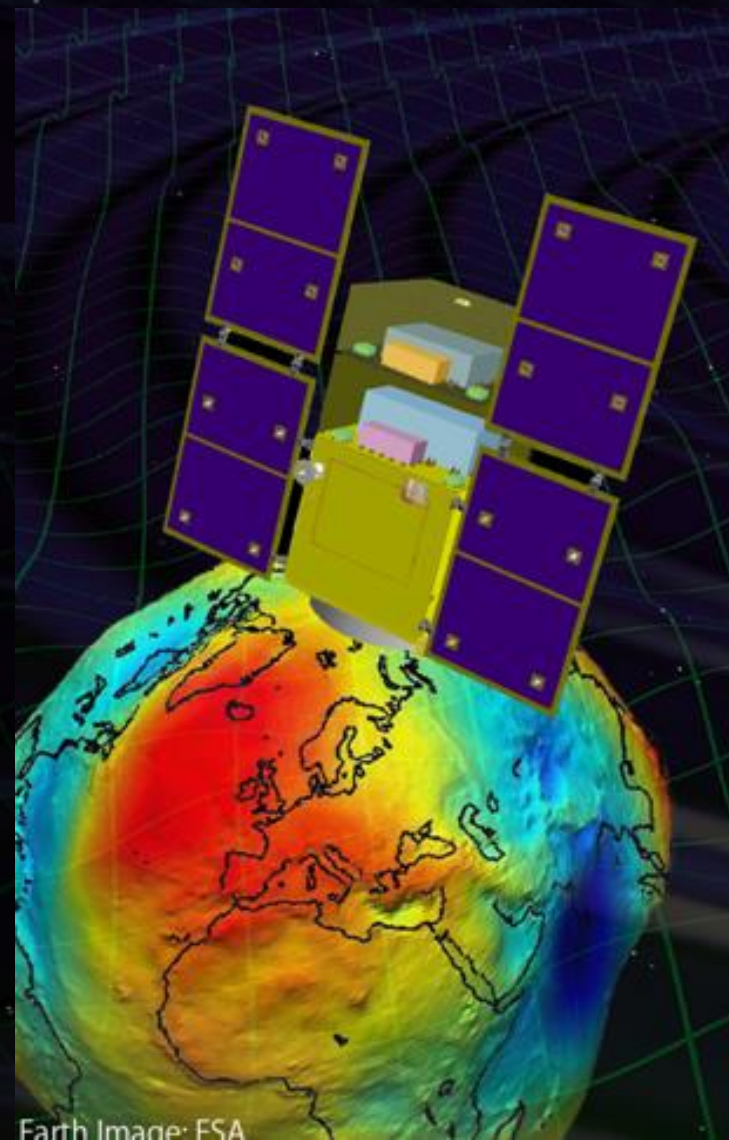
安東 正樹 (東京大学 / 国立天文台) + DECIGO WG



# DECIGO WG Members

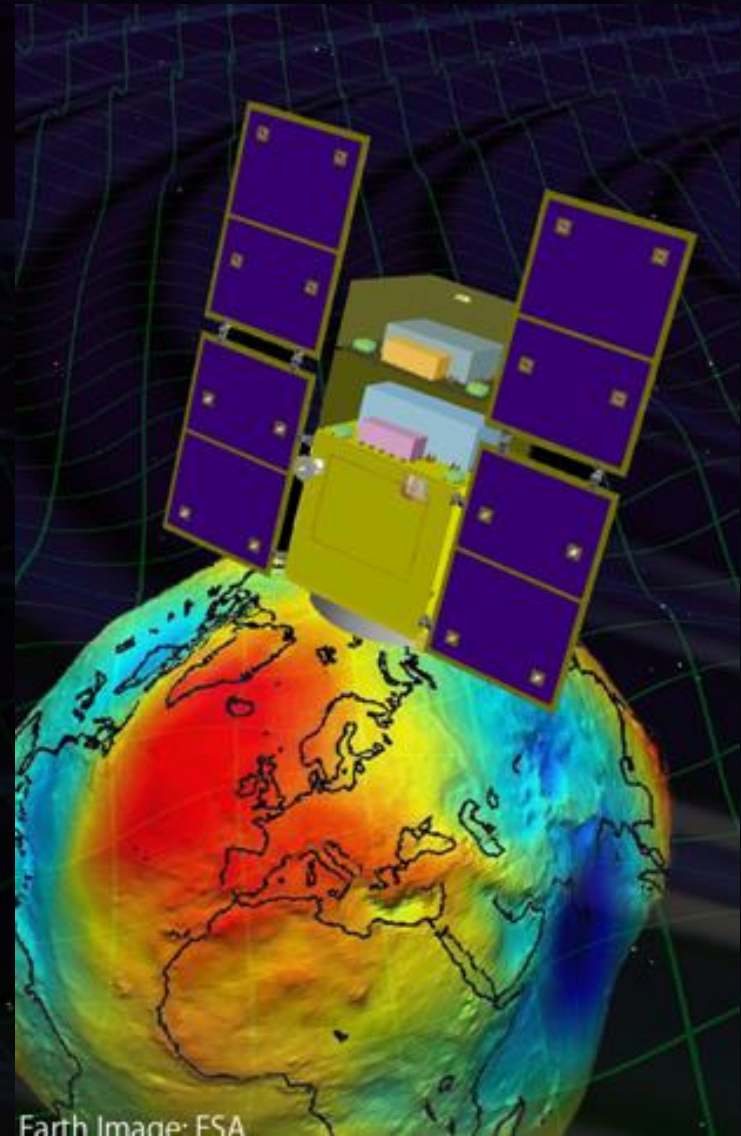


安東正樹, 川村静児, 瀬戸直樹, 中村卓史, 坪野公夫, 佐藤修一,  
田中貴浩, 船木一幸, 沼田健司, 神田展行, 井岡邦仁, 高島健,  
横山順一, 阿久津智忠, 武者満, 上田暁俊, 麻生洋一, 新谷昌人,  
坂井真一郎, 青柳巧介, 我妻一博, 浅田秀樹, 新井宏二, 池上健,  
石川毅彦, 石崎秀晴, 石原秀樹, 和泉究, 市來淨與, 伊東宏之,  
伊藤洋介, 井上開輝, 植田憲一, 牛場崇文, 歌島昌由, 江口智士,  
江尻悠美子, 榎基宏, 戎崎俊一, 江里口良治, 大石奈緒子, 大河  
正志, 大橋正健, 大原謙一, 大淵喜之, 岡田健志, 岡田則夫, 奥  
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, 小鳶康史, 固武慶, 小林史  
歩, 権藤里奈, 西條統之, 齊藤遼, 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, 西山和  
孝, 丹羽佳人, 能見大河, 橋本樹明, 端山和大, 原田知広, 疋田  
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



Earth Image: ESA

1. **スペース重力波アンテナDECIGO計画 (59) :**  
**DECIGO/DPFの概要**  
**安東 正樹 (東京大), 他**
2. **スペース重力波アンテナDECIGO計画 (60) :**  
**DECIGOのサイエンス**  
**瀬戸 直樹 (京都大), 他**
3. **スペース重力波アンテナDECIGO計画 (61) :**  
**安定化光源**  
**武者 満 (電通大), 他**
4. **スペース重力波アンテナDECIGO計画 (62) :**  
**干渉計地上試験**  
**奥富 弘基 (総研大), 他**
5. **スペース重力波アンテナDECIGO計画 (63) :**  
**Pre-DECIGOの設計**  
**佐藤 修一 (法政大), 他**



# 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO



**DECIGO** (DECI-hertz interferometer  
Gravitational wave Observatory)

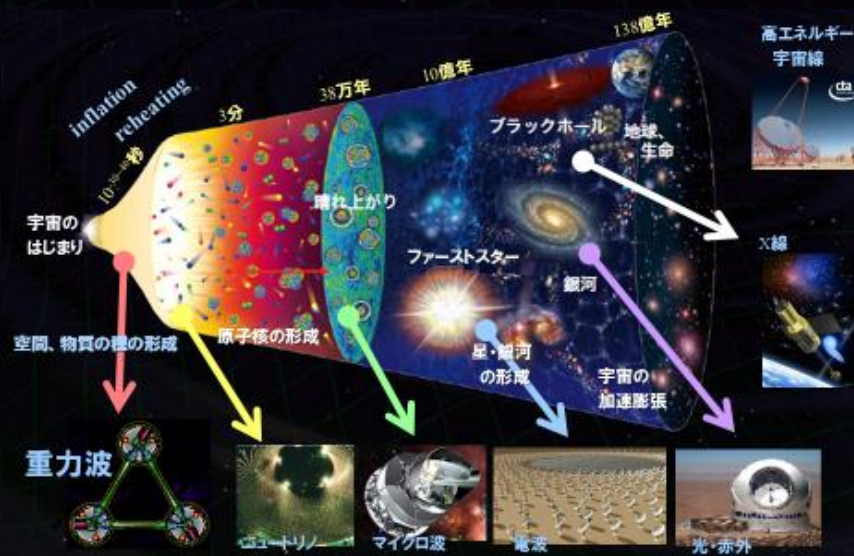
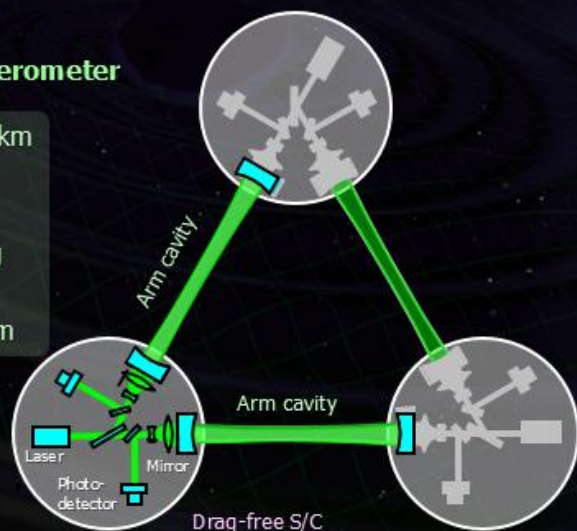
**宇宙のはじまりを直接観測する。**

**ビッグバン宇宙論において、空間・物質の種が、  
いかに形成されたかを観測によって解き明かす。**

**Interferometer Unit:**  
**Differential FP interferometer**

Arm length: 1000 km  
Finesse: 10  
Mirror diameter: 1 m  
Mirror mass: 100 kg  
Laser power: 10 W  
Laser wavelength: 532 nm

S/C: drag free  
3 interferometers



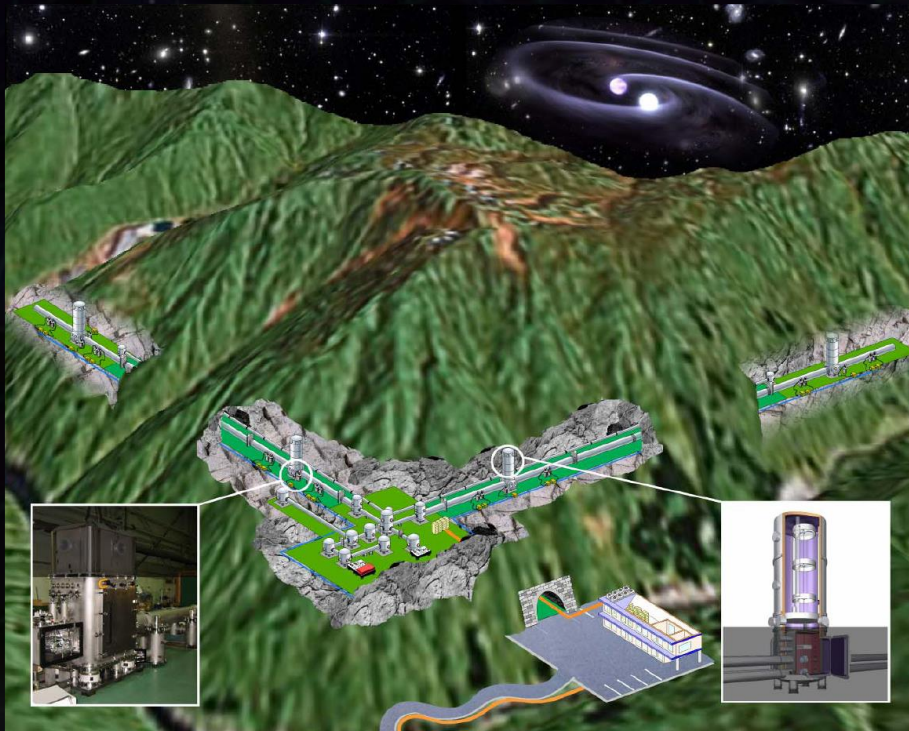
背景画: 福井康雄監修「宇宙史を物理学で読み解く  
-素粒子から物質・生命まで」(名古屋大学出版会)より

## KAGRA (~2017)

Ground-based Detector

→ 高周波数の重力波イベント

目標: 重力波の検出, 天文学

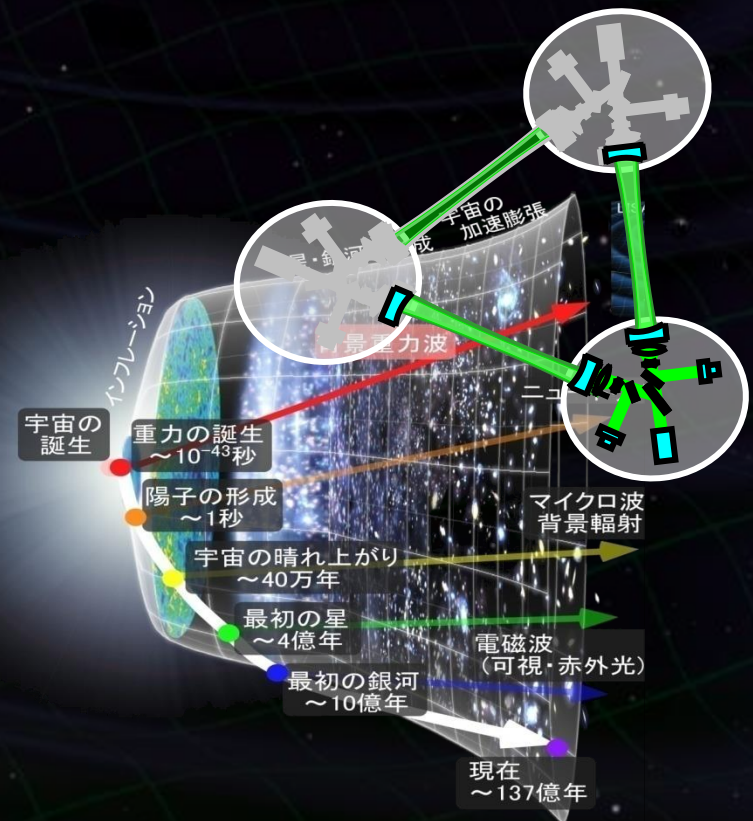


## DECIGO (~2027)

Space observatory

→ 低周波数の重力波

目標: 重力波天文学の展開



# DECIGOの科学的意義

BICEP2, (POLARBEAR,...)

マイクロ波望遠鏡を用いた  
宇宙背景放射 B-mode偏光  
成分の観測.

DECIGO, (KAGRA, aLIGO,...)

重力波望遠鏡を用いた  
宇宙背景重力波の観測.

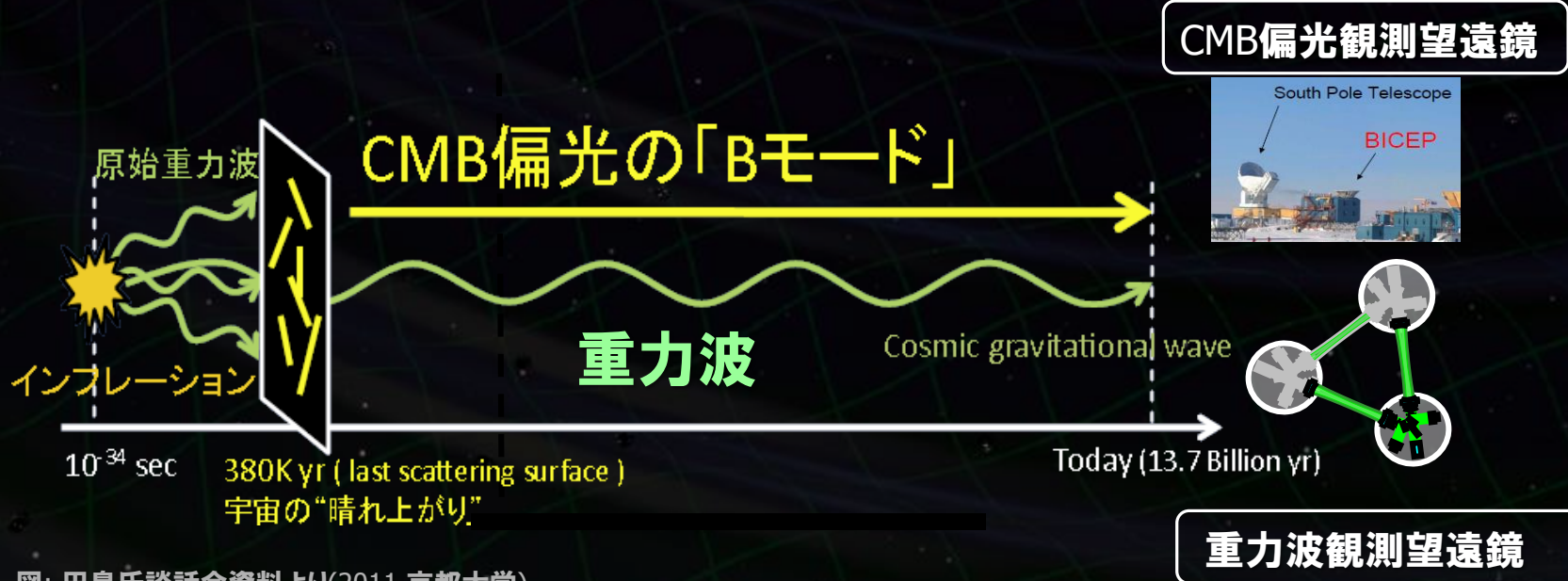


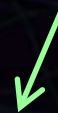
図: 田島氏談話会資料より(2011 京都大学)

地平線内に入った重力波は、宇宙膨張とともに発展。  
 → スペクトルの形は、**宇宙進化の情報**を持っている。





- 重力波 – 強い透過力を持ち, 初期宇宙の情報を伝える.
- スペクトルの形 : 初期揺らぎ + 宇宙進化の歴史.



CMB Bモード偏光から  
もある程度推定可能.

観測周波数と宇宙の時代が対応.  
高周波数 → より初期宇宙の情報.  
- Reheating温度(物質の種の形成)  
- 宇宙の熱進化史 ....

DECIGOが目指す 0.1Hzの周波数帯 :

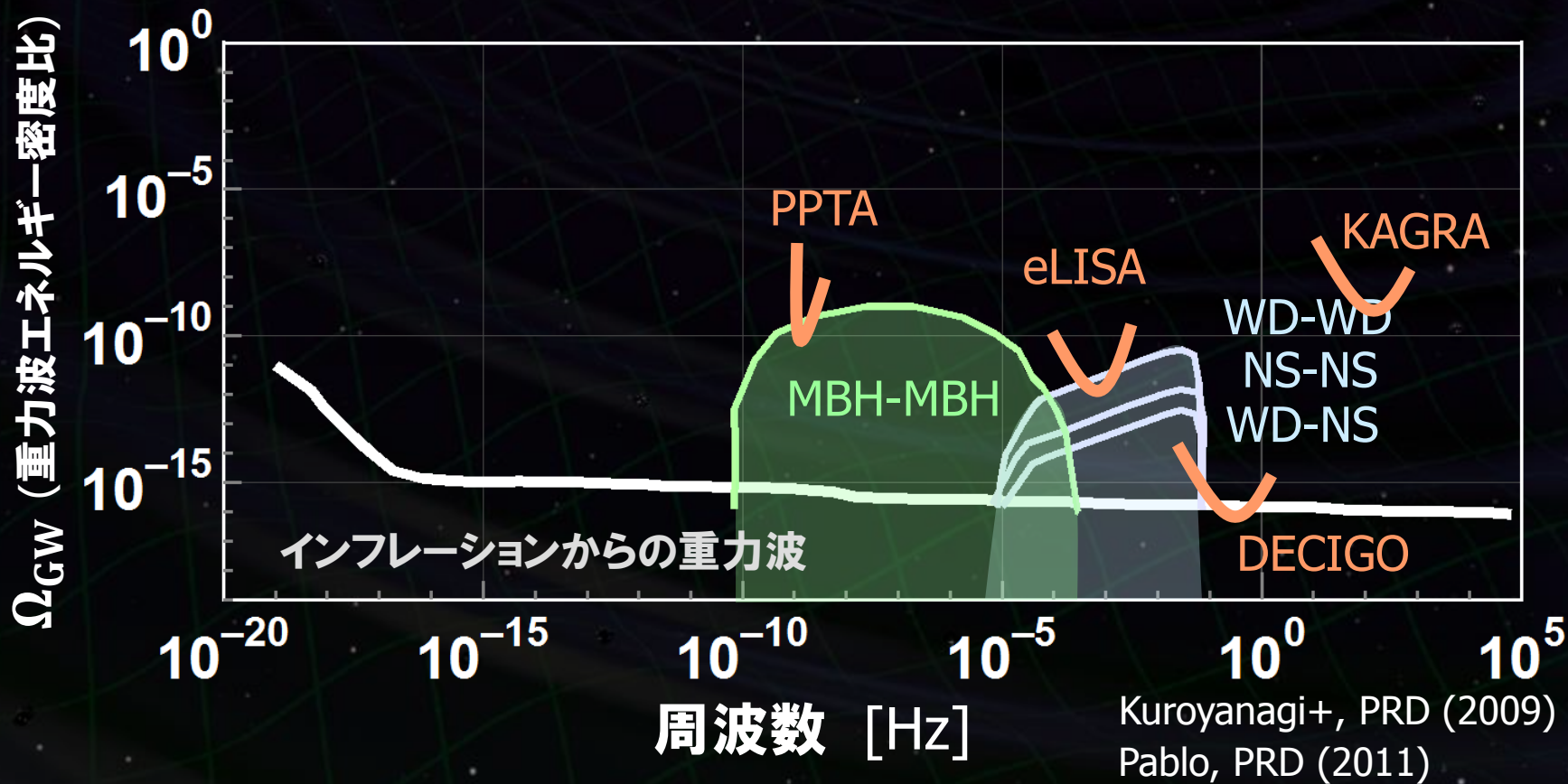
インフレーション期とBBN期の間の情報

→ CMB-B偏光観測と相補的な観測.

多くの連星系からの重力波 → 分離できない.

⇒  $10^{-10} - 0.1$  Hzの周波数帯で,

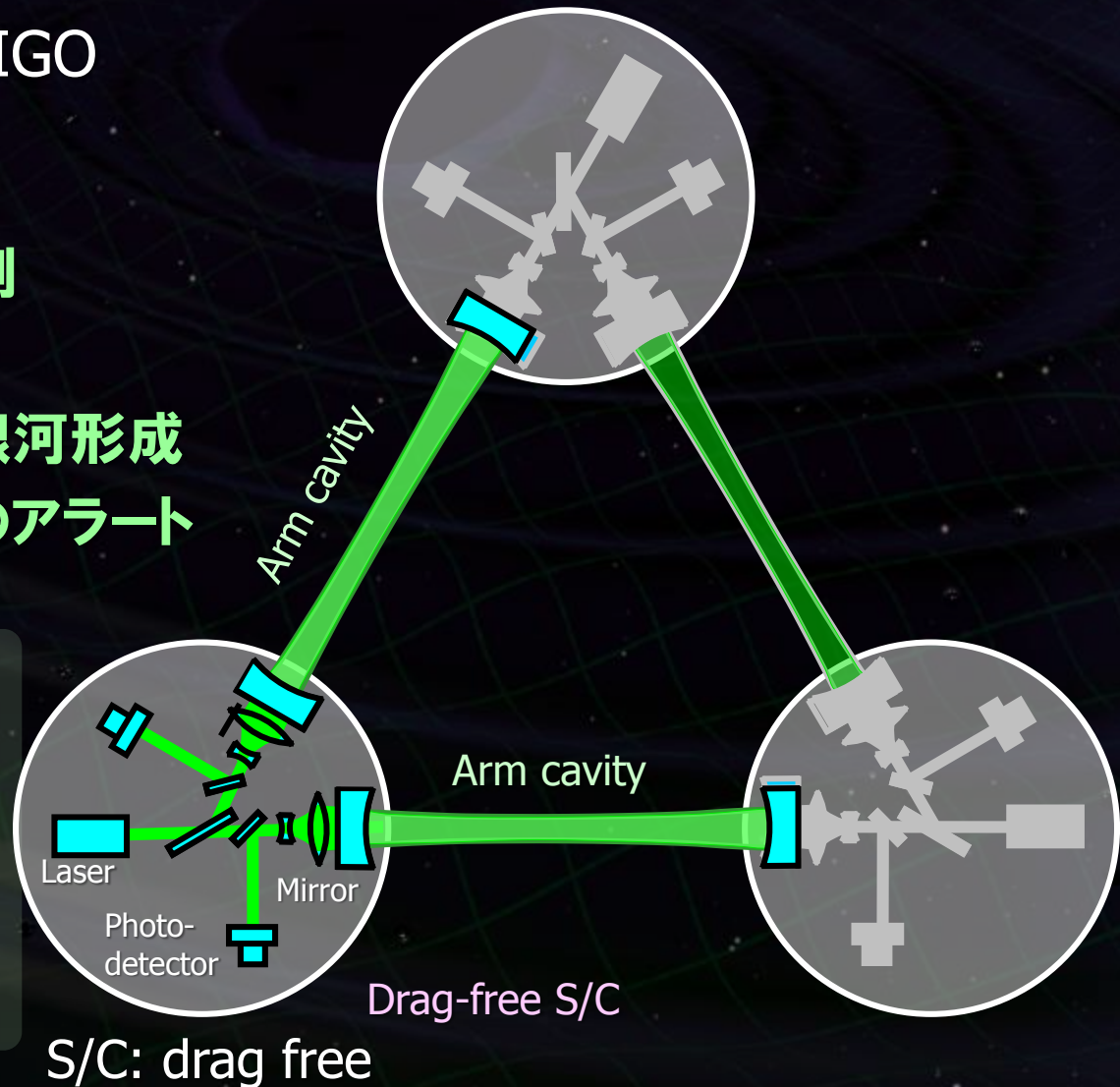
原始重力波観測に対する **Foreground雑音** となる.



## 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO

- 初期宇宙の直接観測
- 遠方中性子星連星観測  
→ 宇宙論パラメータ
- 中間質量BH合体 → 銀河形成
- 地上重力波望遠鏡へのアラート

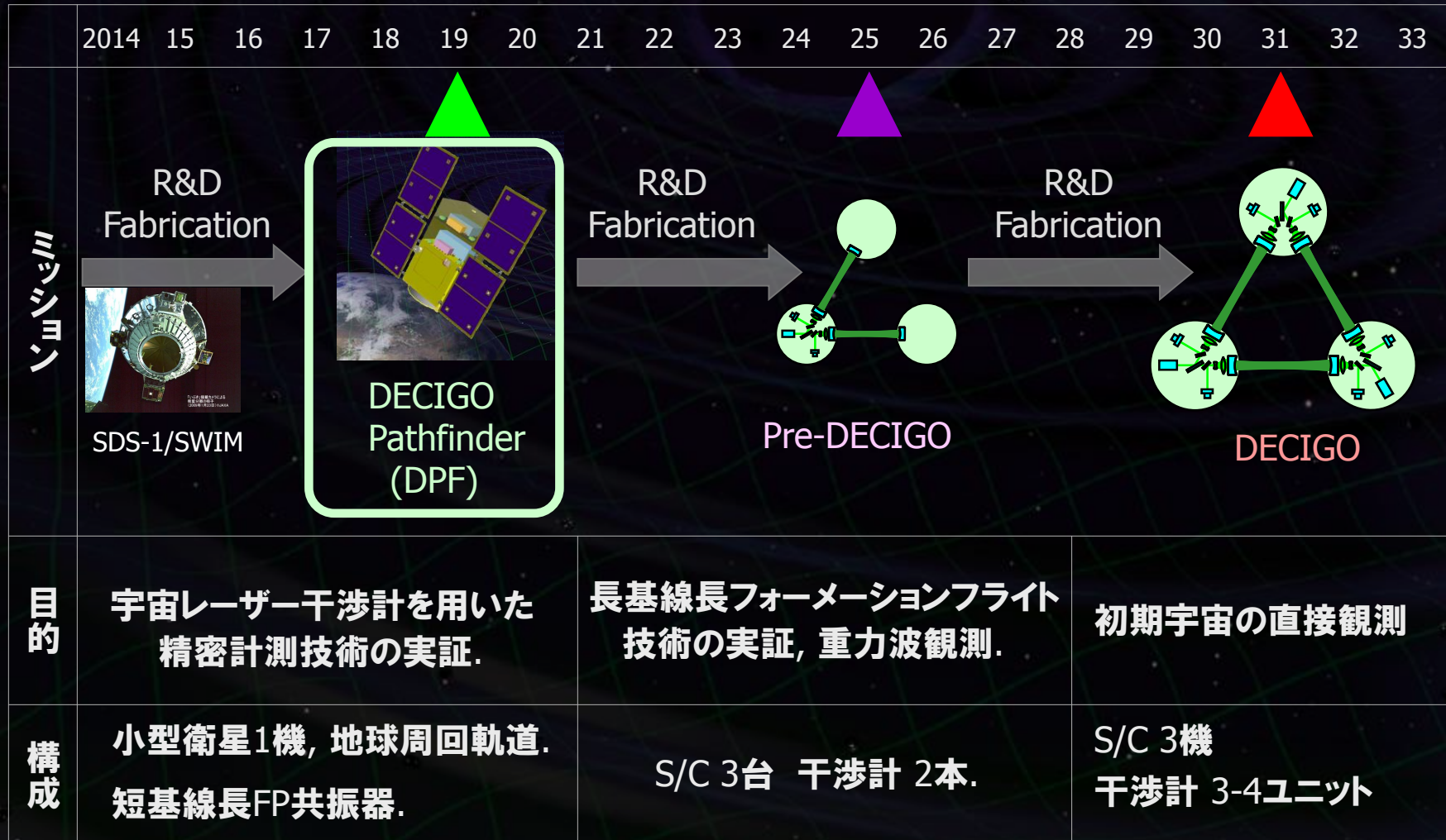
Arm length:	1000 km
Finesse:	10
Mirror diameter:	1 m
Mirror mass:	100 kg
Laser power:	10 W
Laser wavelength:	532 nm



# DECIGOへ向けた戦略

# 以前までのDECIGOロードマップ

Figure: S.Kawamura



- JAXA・イプシロン搭載小型計画に応募していた。
  - 2014年2月末締め切り。
  - 理学4ミッション (光赤外, X線, 重力波, 月科学)  
工学3ミッション の応募。
  - 選定の流れ：
    - 第1段階: 理学委員会, 工学委員会でそれぞれ0-2を選定。
    - 第2段階: 宇宙研のサポートにより洗練させ, 再提出。
      - 理学委員会, 工学委員会でそれぞれ0-1を選定。
    - 第3段階: JAXA内での議論を受け, 0-1ミッションを選定。



4/28 **DPFは第1段階で落選** (光赤外, 月科学が選ばれた.)

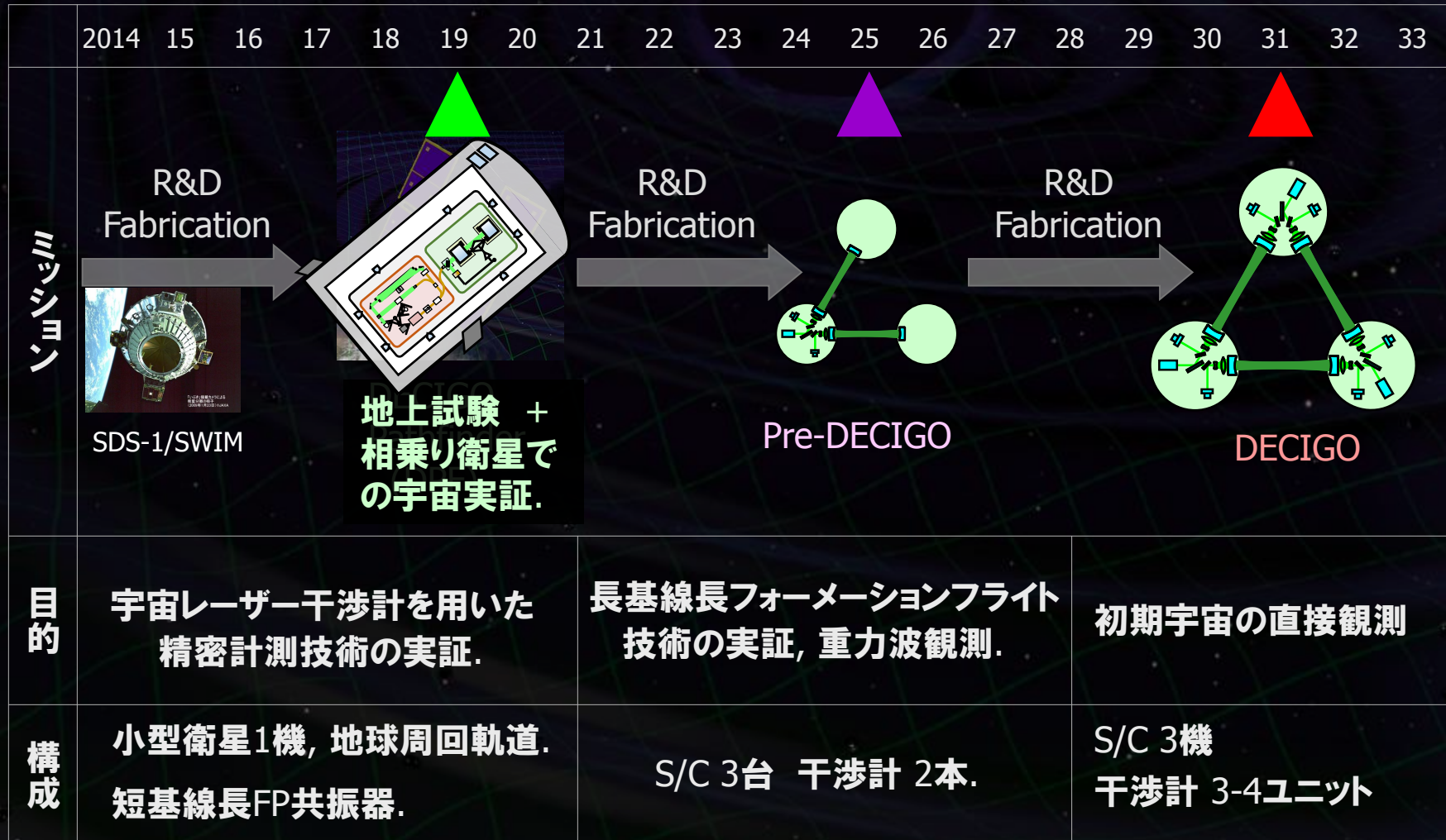
## • 今後の見通し

- 少なくとも今後3-5年間程度は, KAGRAを最優先とする状況が変化することはない. → 今回の落選理由を考慮すると, **次機イプシロンミッションに採択される可能性は低い.**
- DPFの構成は, 長年の一連のミッション検討における歴史的経緯を引きずっている部分もあり, 必ずしも洗練されていない.

⇒ DECIGOに向けた戦略の**見直しが必要.**

# DECIGO実現へのロードマップ

Figure: S.Kawamura





- **今後5年程度**: 理学/技術実証衛星としてのDPFの段階はスキップ.
  - 根幹技術は個々に技術成熟度向上をはかる (~5年).
  - 相乗り衛星等の機会の模索.
  - 航空機実験などによる実証, 環境試験.
- **今後10年程度**: Pre-DECIGO(仮)の実現を目指す.
  - 重力波観測を目的としたサイエンスミッション.
  - DECIGOの1/10スケール.
  - JAXA中型ミッション (300億円). 国際協力の可能性.
- **その後**, DECIGOの実現を目指す.
  - 初期宇宙の観測をミッション目標とする.
    - そのためのミッション要求・システム要求の明確化必要.
  - 国際協力戦略は要検討.

## •DPF体制

- JAXA宇宙理学委員会： DPF WGは、継続/終了審査を受け、Pre-DECIGO(仮)に相当するWGとして再定義の見込み。
- DECIGO組織体制：再検討の予定。

## •国際協力体制：

- まず国内単独での実現を検討 (~1年)。
- その後、国際協力の方策を模索。

## •研究費応募状況：

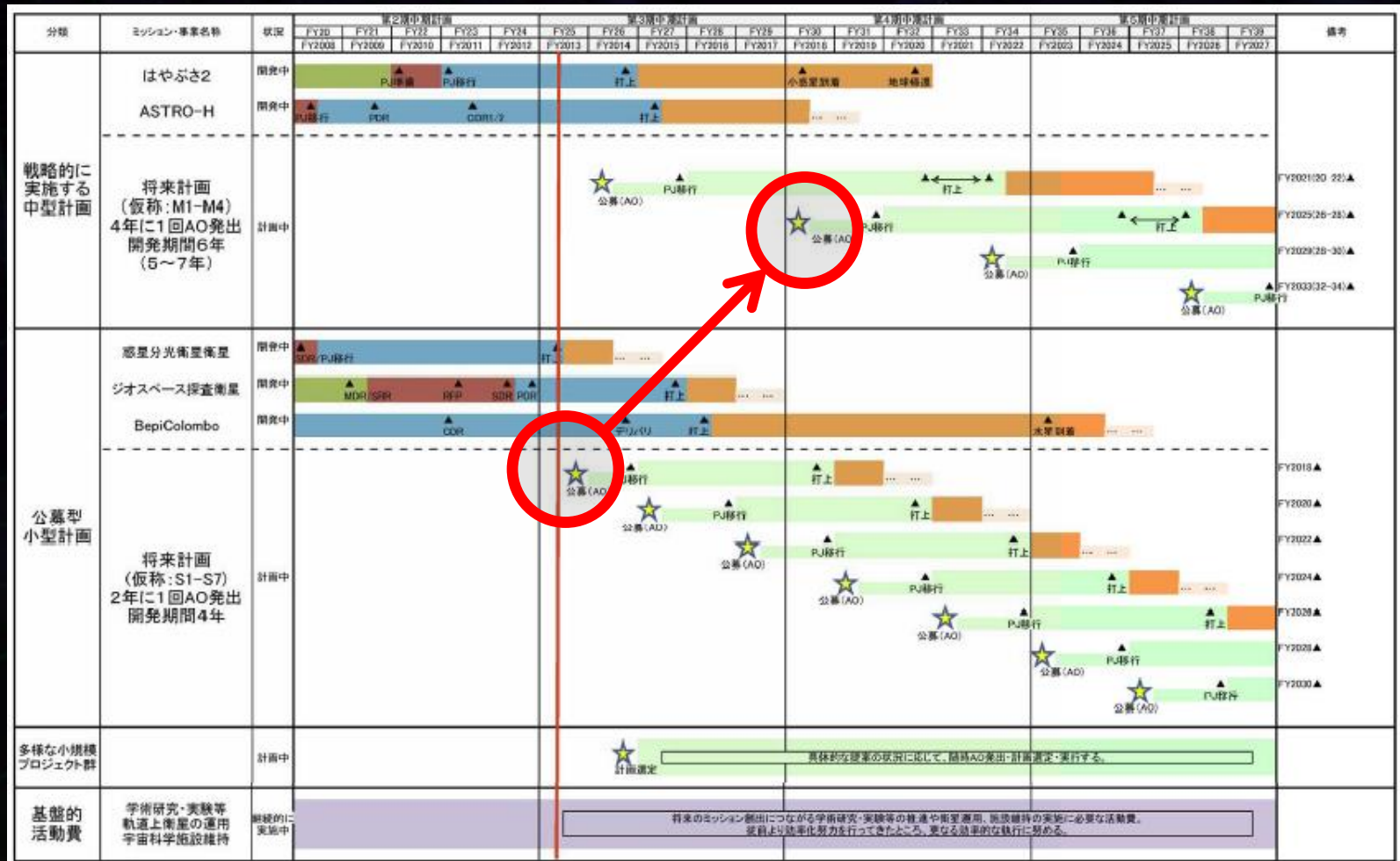
- 科研費・基盤(A)：航空機実験を中心とした地上開発・試験。
- JAXA戦略的開発経費：Pre-DECIGOのミッション検討。

# Mission Plan by JAXA

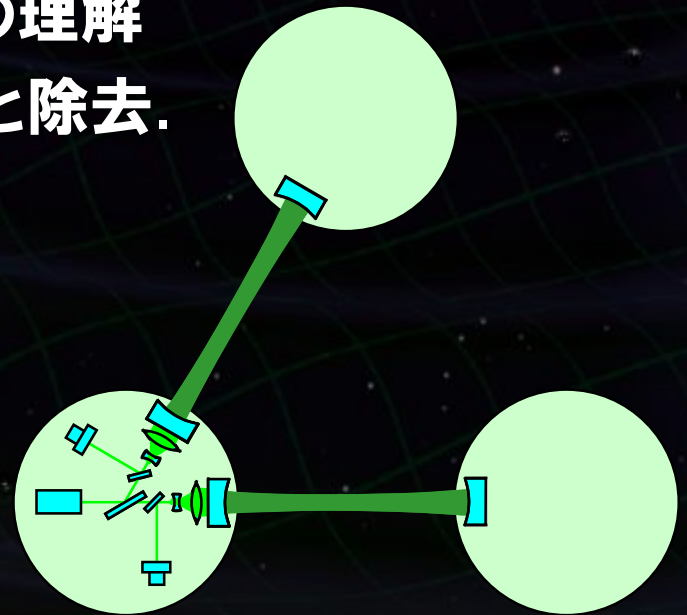


From file submitted to the government by ISAS/JAXA

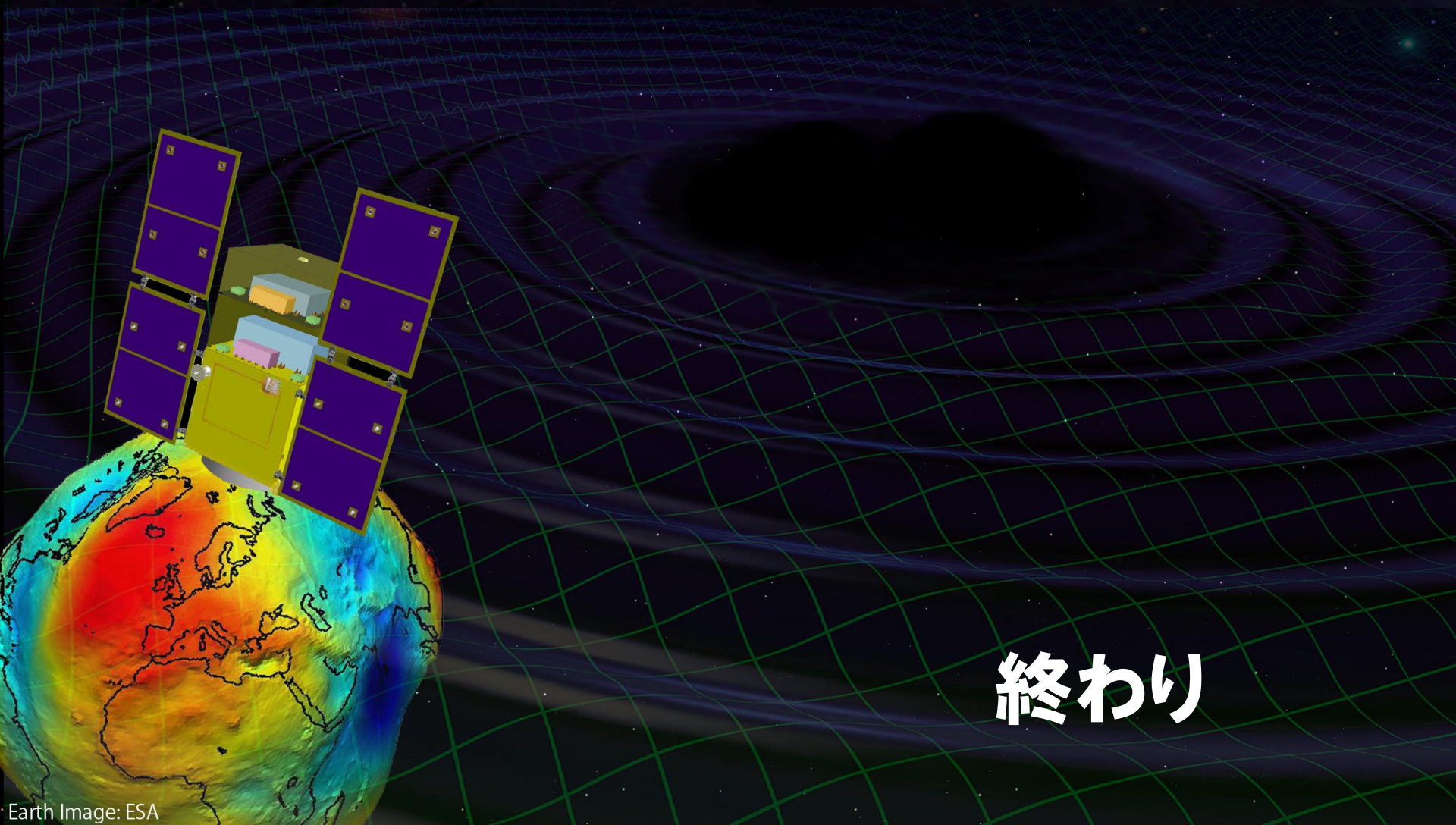
(内閣府・宇宙政策委員会・宇宙科学・探査部会 2013年9月19日).



- **科学的目標 (検討中 → 佐藤氏講演を参照)**
  - 宇宙の時空構造と銀河形成の解明.  
中間質量BH連星合体の観測.
  - 地上重力波望遠鏡との共同観測.  
連星中性子星の位置特定, 合体時刻の予測.
  - DECIGOへ向けたフォアグラウンドの理解  
連星中性子星のパラメータ推定と除去.
- **目標感度・構成 (検討中)**
  - DECIGOの1/10程度の感度.  
→ 基線長 100km, 光源1W,  
鏡口径 300mm .



- DECIGOは非常に大きな科学的価値をもつ計画である。
- その実現に向け DPF → Pre-DECIGO → DECIGO  
というロードマップを立て、推進してきた。
- 昨年度、DPF/JAXAイプシロン搭載宇宙ミッションに落選した  
ことを受けて、戦略の再構築を進めてきた。
- **新戦略**
  - DPFで実証する予定であった技術は、他の手段で実証。
    - \* 地上BBM/EM開発。航空機実験。
    - \* 相乗りミッションでの宇宙実証。
  - JAXA中型ミッションとしてPre-DECIGO (仮) の実現を目指す。
    - \* 最短で2018年ミッション提案 → 2026-27年実現。
  - その後にDECIGOの実現を目指す。



Earth Image: ESA

終わり