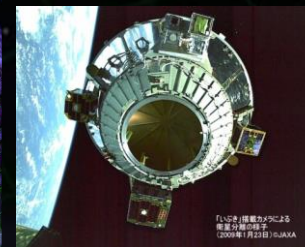
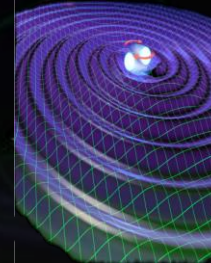
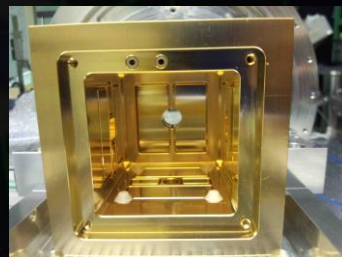
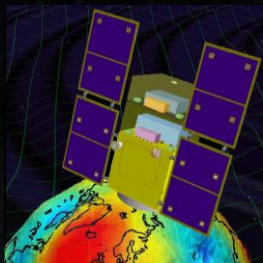


DECIGO戦略

安東 正樹 (東京大学 / 国立天文台)
DECIGO/DPF collaboration



- DPF提案の落選後, DECIGO運営会等で戦略議論

- 開催会議

- * 5/15 (木) リモート会議
- * 6/16(月) 京都大学
- * 9/24 (水) 京都大学

- 議論内容

- * DECIGO/Pre-DECIGO それぞれのサイエンス検討.
- * DECIGO設計.
- * DECIGOロードマップ検討. DPF方針.
- * 国際協力方針. 科研費・開発経費方針.

⇒ **今回 DECIGOコラボレーション全体で議論.**

- DPFミッション選定の経緯
- 周辺の状況
- DECIGOの戦略検討・議論

DPFミッション選定の経緯



- 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.)
→ その後, 理学ミッションは選ばれず。

- **DECIGOの重要性を主張.**
 - 初期宇宙の観測を中心に. → 他では決して得ることができない究極のサイエンス.
 - サイエンスが目的. 重力波は手段.
- **DPF ミッション目的の再定義 (JAXA SE室の支援).**
 - DECIGO実現のための技術実証.
 - DECIGOの技術的課題とその克服ステップを明確化.
 - * DPF : 宇宙干渉計, ドラッグフリー.
 - * Pre-DECIGO : フォーメーションフライト.
 - 観測によるサイエンスは、派生的な成果として位置づけ.
 - * 重力波観測 : 可能性は非常に低いですが, 大きな成果.
 - * 地球重力場 : 着実なサイエンス. 優先ミッションではない.

評価結果：原始重力波の直接観測という DECIGO 計画の目的は明確であり、その科学的価値は高い。 DPF 計画はその実現へ向けた 1 ステップとなると考えられる。ただし、DECIGO 計画あるいは DECIGO のサイエンスをどのように実現するのか、国際協力の可能性も含めた長期戦略を立てた上で DPF を進めることが不可欠であるかどうかを慎重に検討する必要があるが、そうした検討は未だ十分でない。また、我が国の重力波観測研究として進行中の KAGRA 計画と並行して DPF を確実に成功させるための研究開発組織の検討が十分な具体性を持ってなされていない。 さらに、DPF がもたらす地球重力場観測データについては、これまでに得られているデータと比較した地球科学的な視点からのアドバンテージがコストに対して十分に高くないという指摘があった。以上の理由により、第 1 段階審査において DPF はイプシロン 3 号機搭載小型衛星として採択できないとの結論を得た。 一方、前述の通り、DECIGO 計画の科学的重要性は高く評価されることから、本ミッション提案に含まれる技術実証の要素について、相乗りミッション等を利用した技術実証の可能性も含めてその実現のために多角的な検討を継続して進めることを期待したい。

- **DPFミッションの意義・位置づけ.**
 - DPFのミッション目標設定が適切か? サイエンス/コスト.
 - DPFの技術がどのようにDECIGOにつながるのか?
- **DECIGOデザインの適切さ.**
 - 科学的意義とそれに対するデザイン.
 - 何をどこまで明らかにするのか?
- **衛星規模の検討.**
 - より小型のミッションの組み合わせは可能か?
 - DPFではなく、Pre-DECIGOを目指す可能性は?
- **コミュニティ**
 - KAGRAとの関係. LiteBIRDとの関係.
 - 海外との協力, 役割分担, 日本が開発を行う意義.

• **時間の経過**. DECIGOロードマップとDPFのコンセプトができてから約9年が経過し、状況が変化してきている.

- KAGRAの開始 (2010-) → コミュニティでの位置づけ.
- JAXA内での位置づけ. 小型ミッション → 中核ミッション.
- LISAの状況変化.

一貫した説明を繰り返すことで、JAXAに対する重力波分野のプレゼンスは大幅に向上した. その一方で、当初のコンセプトを大幅に変更するタイミングを逸してきた.

• DECIGOのミッション検討

DECIGOの科学的意義をより整理して明確化し切れなかった。また、DECIGOの設計は当初のPre-Conceptual Designからあまり進んでいない。DPFに必要な技術を明確に定義できなかった。

→ DECIGOミッションの再定義。

• 組織体制

KAGRAとの関係を指摘され続けてきたが、根本的な解決はできなかった。

→ DPF WGと組織体制の再設定。

• ロードマップ

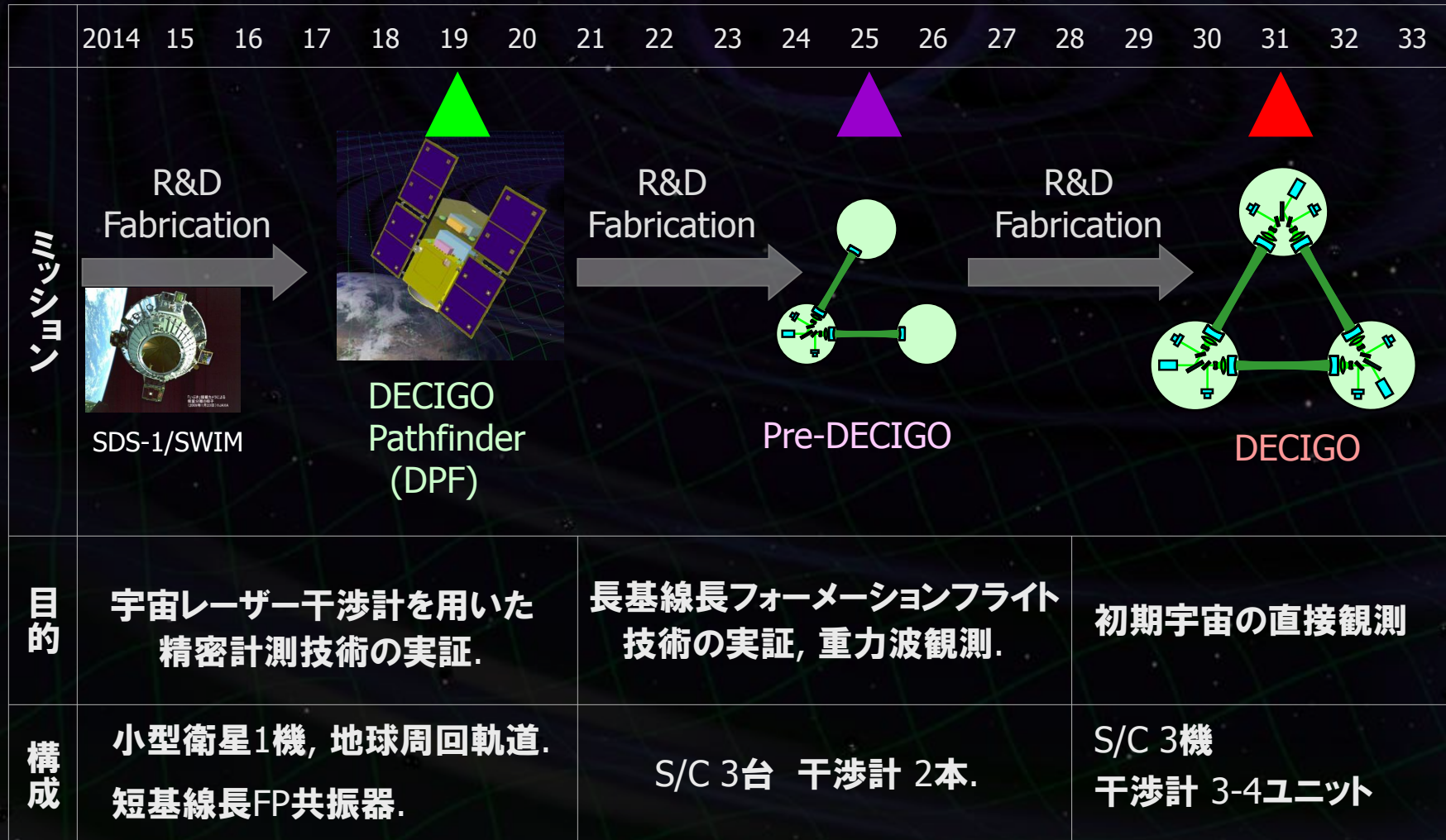
DPF, Pre-DECIGOの流れの再設定。技術実証ミッションとして行う可能性、小型ミッションの機会の模索。

周辺(宇宙科学・重力波)の状況

- * 国内の重力波・宇宙線コミュニティ
- * JAXA/宇宙科学コミュニティ
- * 国際重力波分野の国際情勢

DECIGO実現へのロードマップ

Figure: S.Kawamura



KAGRA と DECIGO

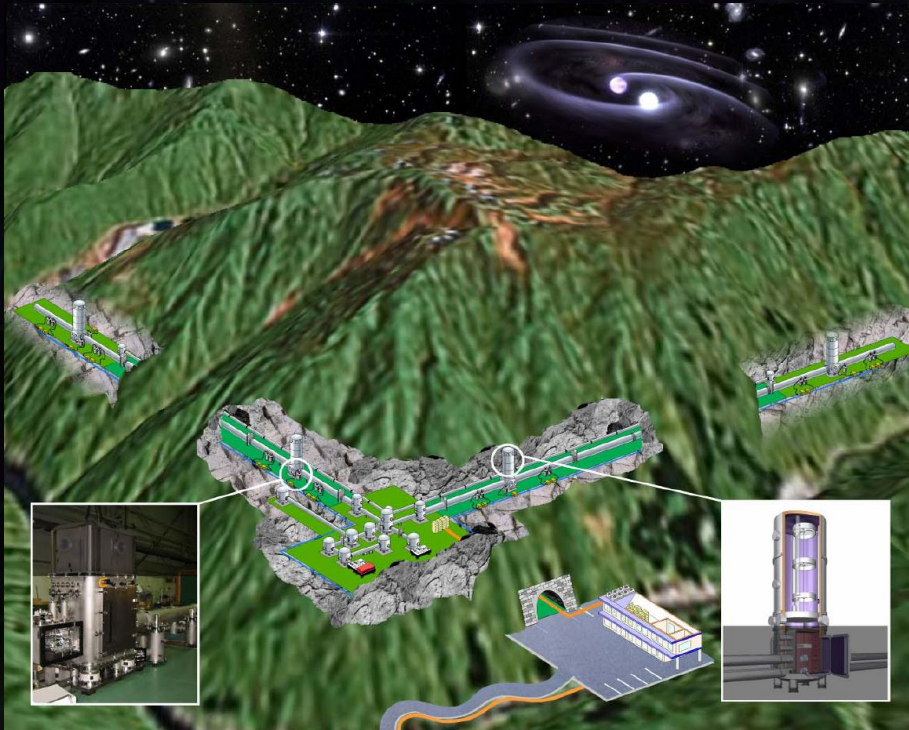


KAGRA (~2017)

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

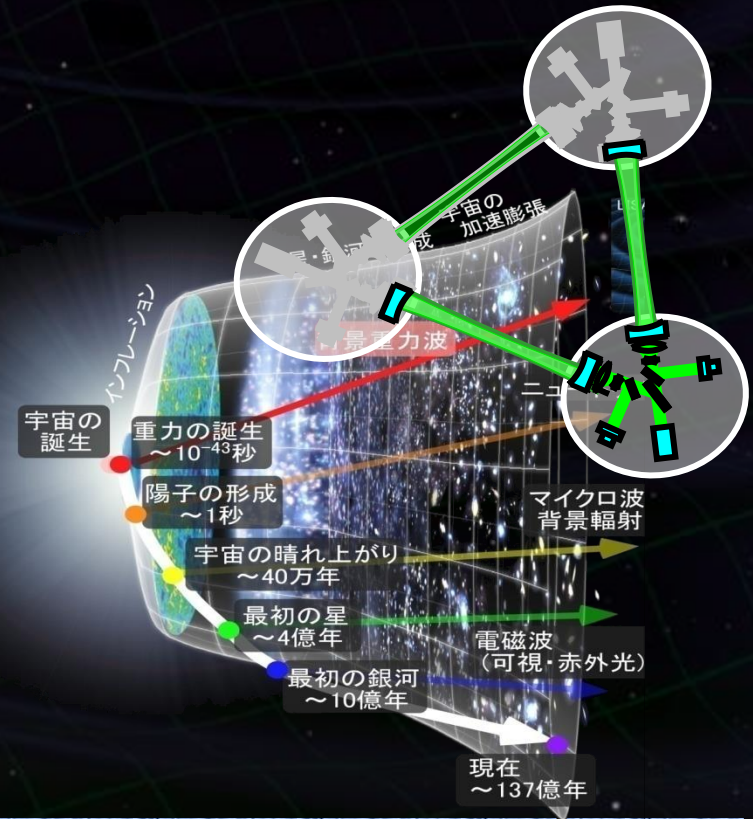


DECIGO (~2027)

Space observatory

→ 低周波数の重力波

目標: 重力波天文学の展開

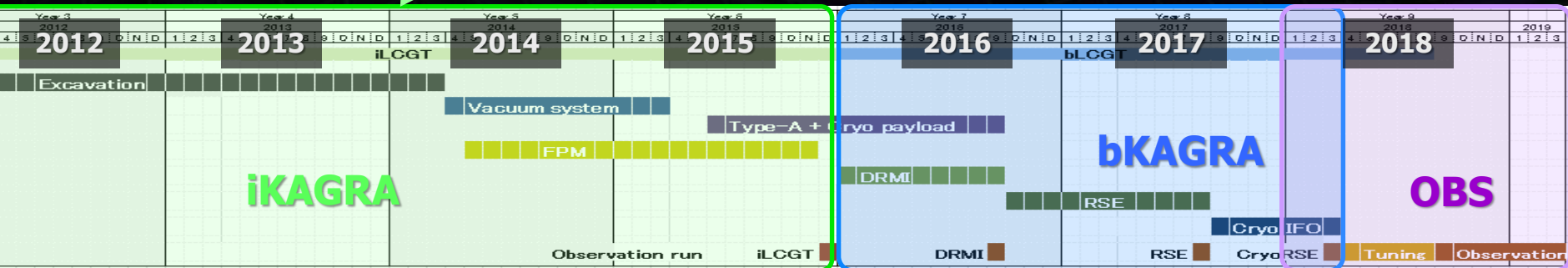


KAGRAスケジュール

iKAGRA (2010.10 – 2015.12)

3-km FPM interferometer

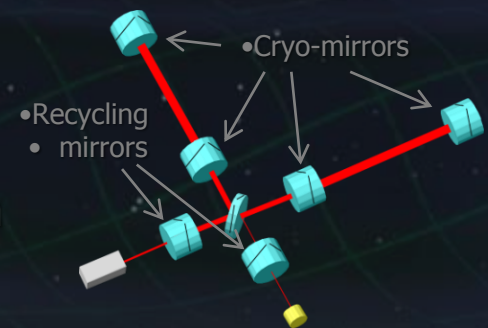
- Baseline 3km room temp.
- Operation of total system with simplified IFO and VIS.



bKAGRA (2016.1 – 2018.3)

Operation with full config.

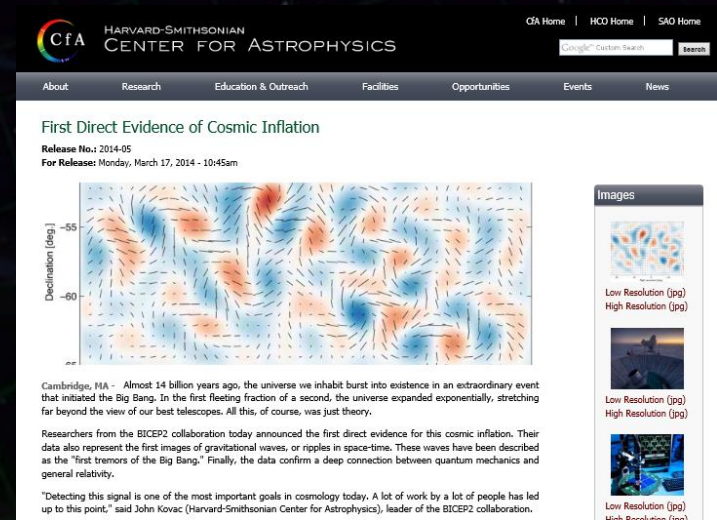
- Final IFO+VIS configuration
- Cryogenic operation.



- CRC (宇宙線研究者会議)では、
「CRC将来計画シンポジウム」 (2010年9月16日)
「宇宙線分野の現状と将来計画」 (2011年6月)
などで、DECIGO/DPFについての講演・記載があった。
- 2014年3月のCRCタウンミーティングで説明。

•その後の状況の変化

- (1) BICEP-2の結果が公表され、
「重力波」への関心が増大。
- (2) イプシロン搭載小型ミッション
の選考結果が出た。



- 2014年7月のCRCタウンミーティングで状況報告。

・2014年5月8日 東京大学にて、
シンポジウム「宇宙科学・探査
ロードマップと各分野の将来計画」
が開催された。

各コミュニティの代表が将来計画
を取りまとめて紹介。

→「宇宙での基礎物理学」の枠で、
DECIGO/DPFとEUSOが紹介
された。

シンポジウム「宇宙科学・探査ロードマップと各分野の将来計画」プログラム

日時：2014年5月8日(木) 13:00-19:00

場所：東京大学本郷キャンパス 理学部4号館2階 1220号室

1. はじめに

13:00-13:05 シンポジウムの開催趣旨 (牧島宇宙理学委員長)

2. イプシロンを用いた小型計画の今後について (座長:久保田工学委員会幹事)

13:05-13:20 イプシロンロケットの将来計画 (徳留准教授)

13:20-13:45 小型衛星による探査の将来計画 (今村准教授)

13:45-13:55 質疑応答

3. 宇宙理学分野の将来計画 (座長:海老沢理学委員会幹事)

13:55-14:15 X線・ガンマ線天文学 (玉川高宇連運営委員長)

14:15-14:35 光赤外線天文学 (山田宇宙理学委員)

14:35-14:55 宇宙電波 (山本宇宙理学委員)

14:55-15:10 惑星間プラズマ (藤本宇宙理学委員)

15:10-15:25 惑星探査 (渡邊宇宙理学委員)

15:25-15:45 太陽 (原宇宙理学委員)

15:45-16:00 休憩

(座長:上野理学委員会幹事)

16:00-16:20 宇宙での基礎物理学 (野崎宇宙理学委員)

16:20-16:40 宇宙生物学 (山岸宇宙理学委員)

4. 宇宙工学分野の将来計画 (座長:小川工学委員会幹事)

16:40-17:10 宇宙輸送・航行工学 (森田宇宙工学委員)

17:10-17:40 宇宙機システム工学 (橋本宇宙工学委員)

5. 宇宙環境利用科学の将来計画 (座長:小川工学委員会幹事)

17:40-18:00 宇宙環境利用科学 (稲富宇宙環境利用科学委員会幹事)

6. 全体討論 (司会:牧島理学委員長、山川工学委員長)

18:00-19:00

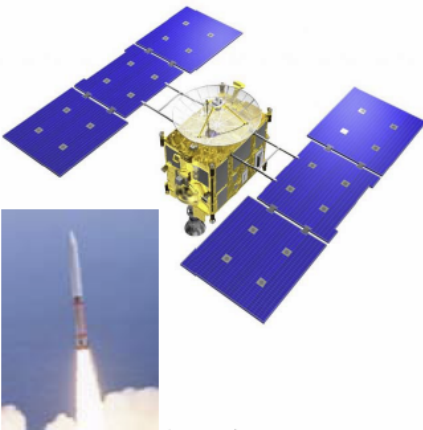
テーマ:「戦略的に実施する中型計画」、イプシロンを駆使する「公募型小型計画」、
「多様な小規模プロジェクト群」をいかに使い分けるか?

7. まとめ (常田所長)

内閣府・宇宙政策委員会・宇宙科学・探査部会 資料より (2013年9月19日)

Ⅲ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

宇宙科学における宇宙理工学各分野の今後のプロジェクト実行の戦略に基づき、厳しいリソース制約の中、従来目指してきた大型化の実現よりも、中型以下の規模をメインストリームとし、中型(H2クラスで打ち上げを想定)、小型(イプシロンで打ち上げを想定)、および多様な小規模プロジェクトの3クラスのカテゴリーに分けて実施する。



2000年代前半までの
典型的な科学衛星ミッション
M-Vロケットによる打ち上げ

戦略的に実施する中型計画(300億程度)
世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグ
シップ的なミッションを日本がリーダーとして実施する。
多様な形態の国際協力を前提。

公募型小型計画(100-150億規模)
高頻度な成果創出を目指し、機動的かつ挑戦的に実施
する小型ミッション。地球周回/深宇宙ミッションを機動的
に実施。現行小型衛星計画から得られた経験等を活か
し、衛星・探査機の高度化による軽量高機能化に取り組
む。等価な規模の多様なプロジェクトも含む。

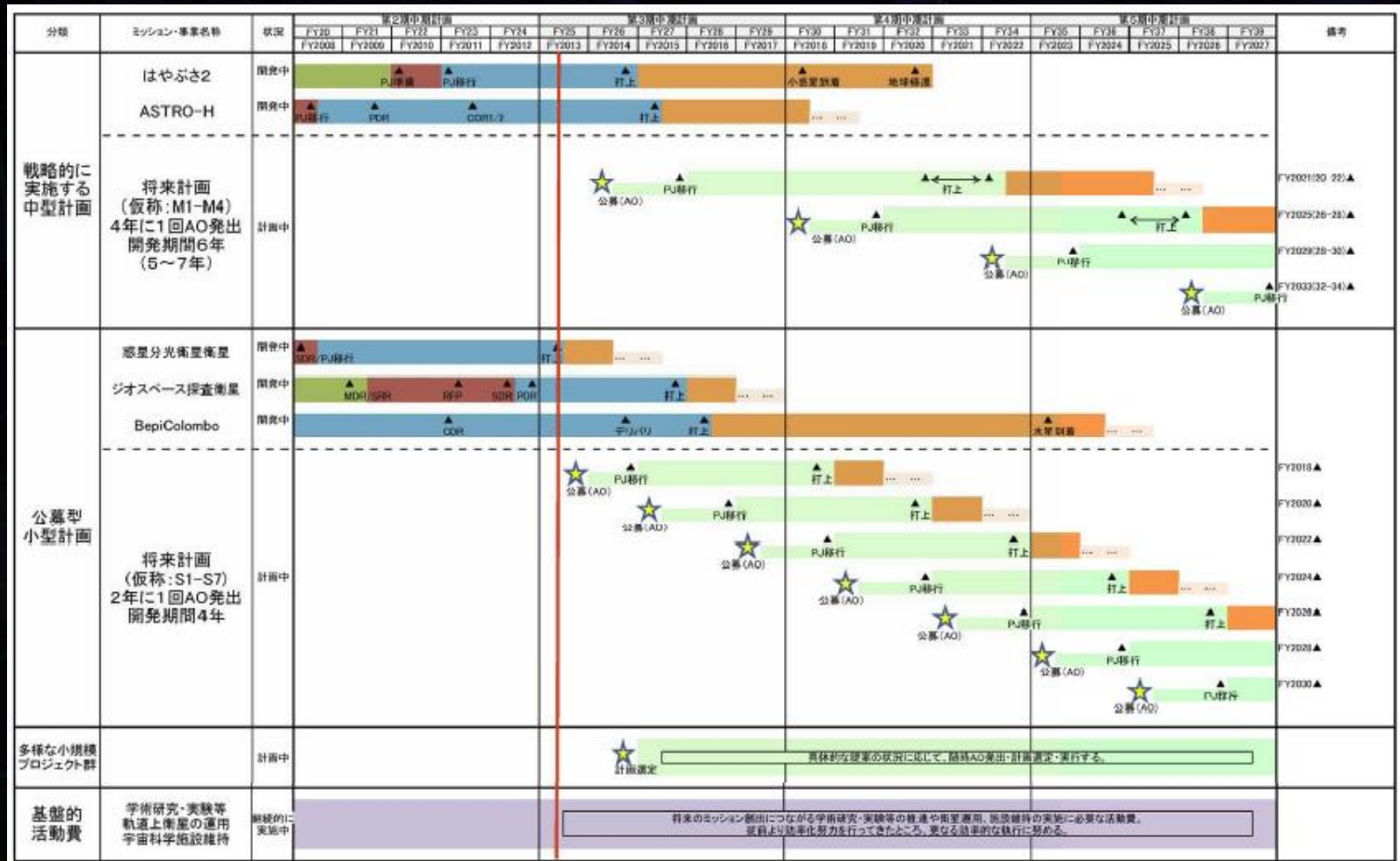
多様な小規模プロジェクト群(10億/年程度)
海外ミッションへのジュニアパートナーとしての参加、海外
も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛翔機会への参
加、小型飛翔機会の創出、ISSを利用した科学研究など、
多様な機会を最大に活用し成果創出を最大化する。

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)



2014年5月のLISAシンポジウムでは、国際戦略・協力についての特別セッションが複数設けられるなど、活発な議論がされている。

•ESA

- LISA Pathfinderは 2015年7月に打ち上げ予定。
- NASAが手を引いたのち、ESA単独ミッションとして eLISAが提案されていた。腕の数、基線長などdescopeでコスト削減。
- L3 (2034年) として重力波ミッションが選定されている。
eLISA方式が有力ではあるが、必ずしもその方式に限らない。
- eLISAグループは、L3より早期の実現と、構成を元に戻すことを目指し、国際協力の可能性を模索。
~200億円規模と言っている → NASA, 中国, 日本。

•ESA L3

- 7月末に ESAからJAXA国際調整担当・藤本さんに連絡.
ESA GOAT (Gravitational-wave Observatory Advisory Team) へのObserver参加打診.
- ISAS所長・常田さんと面談の上, JAXA Appointed Person
として参加することを決定.
- 今後1年半程度で結論を出す.
- 9月にkick-off telecom, 10月, 12月にParisでMeeting.

情報共有のための参加

ESA/eLISAに参加することを決めた訳ではない.

• NASA

- NASA主導ミッションとしての重力波ミッションの可能性を模索。
→ 妥当な解は見つかっていない。
- eLISAへの部分参加と、主導ミッションの両方の可能性を検討。
- 日本との国際協力も視野(?)。

• 中国

- ウーハンの重力研究所を中心に急激に立ち上がりつつある。
- eLISAへの参加, GRACE的なミッションの実現など, 多くの可能性を模索している。

• 日本

- DPF落選後の戦略検討中。DECIGOの最短での実現を目指す。
現時点では、国際協力に対しては立場を明確にしていない。

・地上重力波望遠鏡

- 米国 aLIGO : 2014.5 リビングストンの干渉計の全体動作を実現. → 2015年に初期観測を行う. 2018年頃までに重力波の初検出が実現される可能性は十分にある.
- 欧州 VIRGO : インストール進行中.
入射光学系の動作が実現されている.
- 日本 KAGRA : 施設整備が完了しつつある.
2014年10月から本格的なインストール開始.
2015年12月に初期観測運転.
2017年 bKAGRA最初の観測.

DECIGOの戦略検討

• 今後の見通し

- 少なくとも今後3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.**

• DPF提案の落選後, DECIGO運営会等で戦略議論

- 開催会議 :

* 5/15 (リモート), 6/16 (京大), 9/24 (京大).

* その他 各タスクチーム検討会.

- 議論内容

* DECIGOのサイエンス検討. 設計.

* 中型ミッションとしての Pre-DECIGO (サイエンス, 設計).

* 小型ミッションとしてのDPF検討 (工学ミッション).

* 相乗りミッション機会等の模索.

* DECIGOロードマップ検討. DPF方針. DECIGO/DPF体制.

* 国際協力方針. 科研費・開発経費方針.

➡ **今回 DECIGOコラボレーション全体で議論.**

• DECIGOのサイエンス/設計

- ミッション目的が明確であることが求められる.
- 目標と、それを実現するための手段を区別.
- 地上, LISA, CMB B-modeなどとの差別化.

• DECIGO設計具体化.

- DECIGOの実現性の明確化.
- 前哨ミッションで実証する技術的課題検討に必要.

• 各段階の目的, 実現手段の明確化.

- JAXA単体で実現する場合. 中型 300億円, 小型 150億円が上限. コスト相応の科学的成果が求められる.
(LISA 1.6 BEuro, eLISA 1.2 BEuro)
- JAXAの相乗り/国際協力の経費: 全てで ~10億円/year
→ 決まったミッション枠があるわけではない. 自分たちで模索.

- なんなりと.

- **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 (明確化必要).
 - 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：WG整理の議論進展に応じて対応。
DPF WGは、継続審査を受け、Pre-DECIGO(仮)に相当するWGとして再定義。名称等、理学委員会との相談必要。
- DECIGO組織体制：未定。

• 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。状況に応じて柔軟に。

• 研究費・科研費方針：

- 中村先生 基盤(A)を中核として申請。
- より小規模なものはそれぞれ検討。

- **搭載機器要素と目標** → TRLの向上, 経験の蓄積
 - 試験マスモジュール: 重力場観測, 無重力制御, 外力雑音評価.
 - 干渉計: レーザー干渉計による精密測距.
 - 安定化レーザー光源: 宇宙実証. 宇宙での最も安定な光源.
 - ドラッグフリー: 衛星低擾乱化のデモ.
 - 低雑音スラスタ: 推力雑音・可変推力制御などの実証.
- **相乗り機会の可能性**
 - 機会: 月・惑星探査ミッション, H-II, こうのとり, 外国
 - 衛星: SDS?, ほどよし衛星, 大学衛星, MHI衛星, HTV, 外国.
 - その他: 高高度大気球, 航空機.