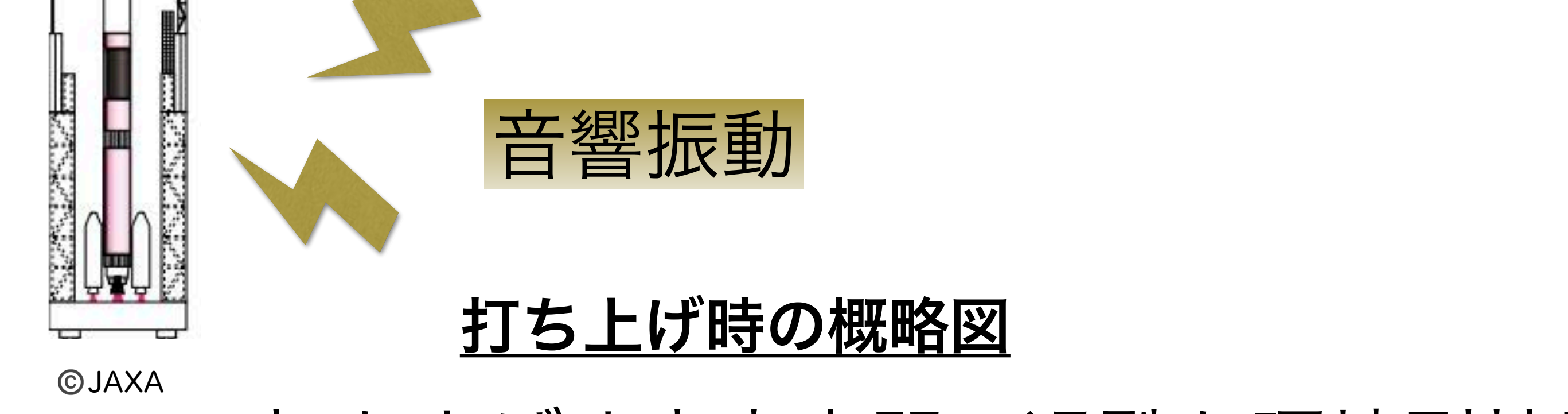
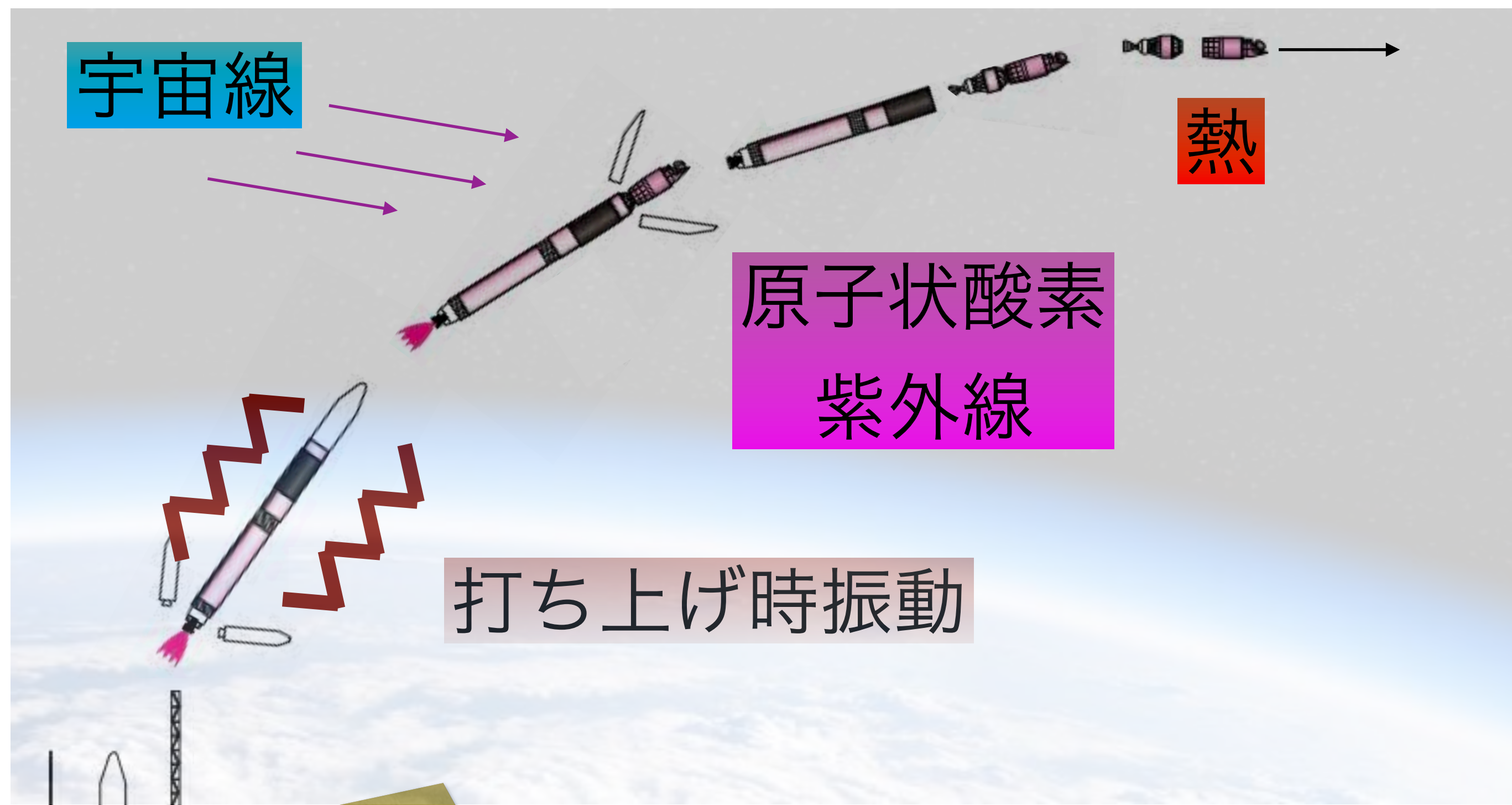


X線でみるダイナミックな宇宙

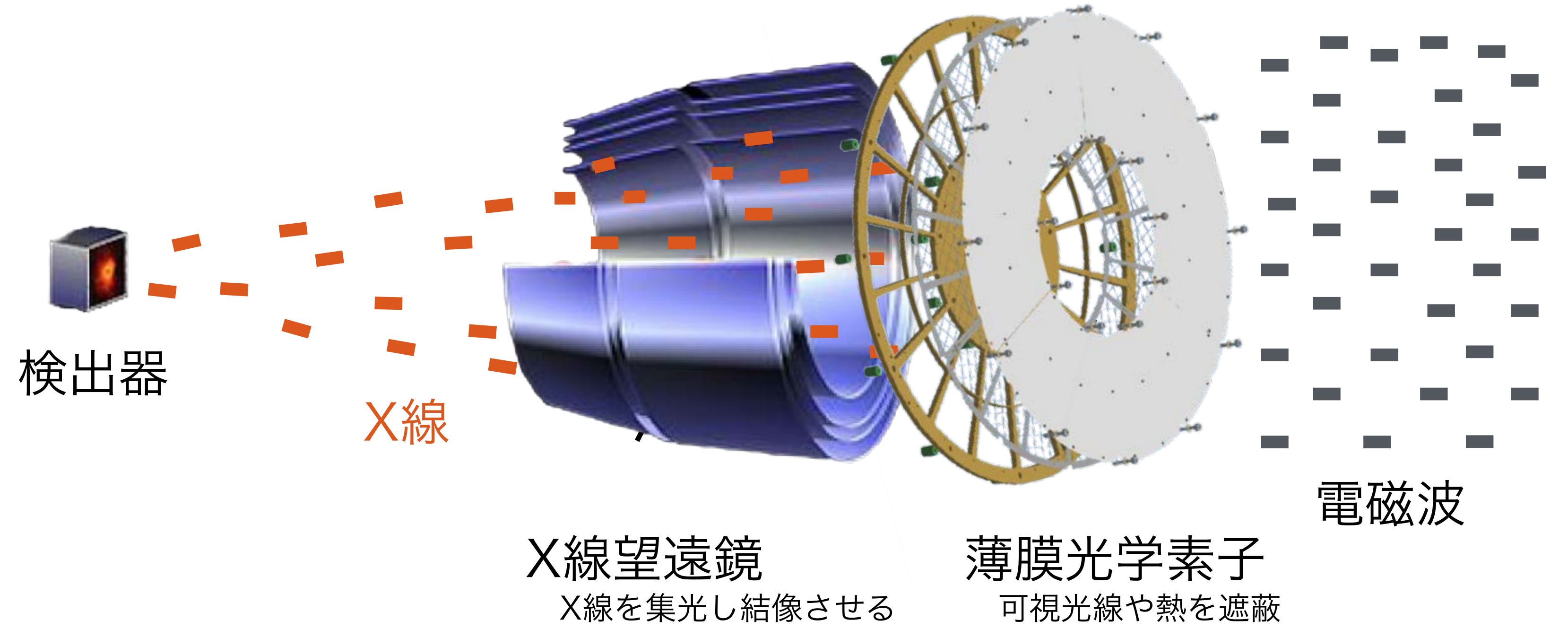
～ものづくり編～

宇宙から飛来する X 線は大気散乱のために地上に届かない。

宇宙X線観測には**宇宙空間に観測機器を打ち上げる必要がある！**



- ・ 打ち上げや宇宙空間の過酷な環境耐性評価
- ・ 科学目標を達成できる性能の達成



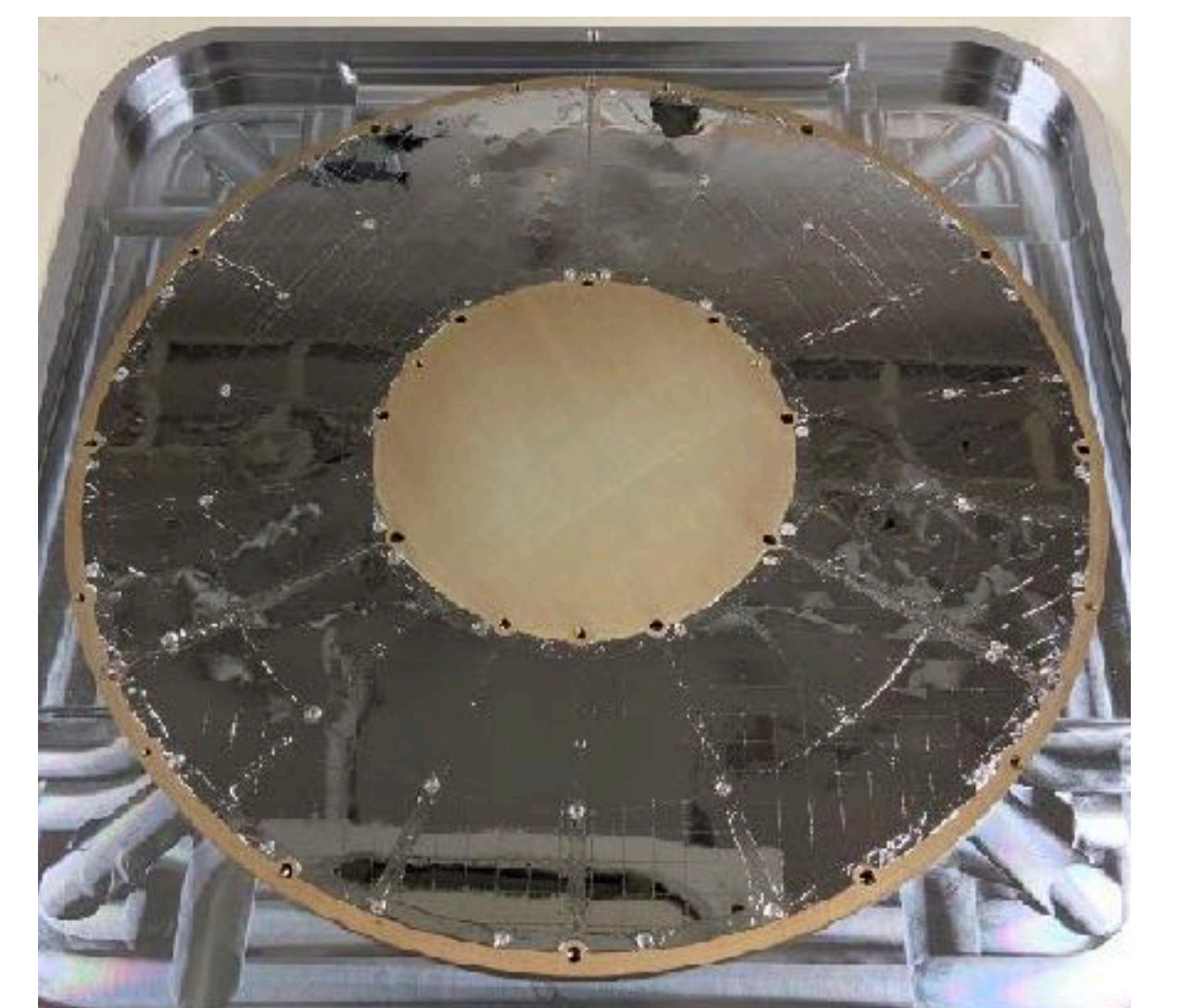
X線観測機器の概略図

<https://chandra.harvard.edu/>



ひとみ衛星のX線望遠鏡

https://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/2019_112_07/112-7_460.pdf



IXPE 衛星の薄膜光学素子

作ったものを実際に打ち上げ！！

望遠鏡の開発

メガネに例えると
 ・汚れていると (or レンズが歪むと) 視界がボケる
 ・色付き (サングラス) では暗くなる
 ・UV やブルーライトは暗く
 ・端っこは歪んだりボケたり
 ・度が合わないとかボケる
 ・フレームの耐久性、クリップオンサングラス
 望遠鏡の構造 (追加コンポーネント) レンズ (反射鏡) フレーム (支持機構)

- ・以下の部品から成る
- ・反射鏡
- ・レンズ
- ・支持機構 (筐体)
- ・ロケット取り付け、追加コンポーネントの固定、反射鏡の保護

電鍍鏡の制作工程 Yamaguchi et al., Proc. of SPIE, 2020

STEP1: マンドレル製作
 STEP2: コーティング
 STEP3: 電鍍
 STEP4: 脱型

我々の反射鏡の製作の特徴
 別用途で開発された超高精度技術を宇宙応用

高結像性能

薄膜光学素子の開発

はくまくこうがくそし
薄膜光学素子の開発

(1) 薄膜光学素子とは?
 X線望遠鏡を可視光や熱から守る!

人工衛星への影響

(2) 我々の研究: “グラフェン”を用いた薄膜光学素子の開発

グラフェン
 炭素原子が六角形に結びついてシート状になっている物質

- ・炭素原子1層分 (0.3 nm) の薄さ
- ・非常に強い機械強度 (引っ張り強度は鋼を一桁以上上回る)
- ・高い熱・電気導電性

軟 X線帯域で高い透過特性が期待

炭素とポリイミドの透過率の比較

望遠鏡の性能に応じ広がる
 理想 1点
 現実 点

結像性能 (ボケ具合 = 点の広がり)

現実 (我々の望遠鏡)
 全光量の半分が収まる円
 直径約 4.4×10^{-3} 度
 = 10^6 km 先の太陽上で 12 km
 = 検出器上で $155 \mu\text{m}$
 < FOXSI-3 6.9×10^{-3} 度

理想 遠くの恒星等

点の広がり (ボケ) の表し方

- ・全光量の半分: 直径約 4.4×10^{-3} 度に収まる
- ・世界レベル
- ・前回プロジェクト (FOXSI-3 下参照) より改善
- ・ピークの半分になる距離: 直径約 1.6×10^{-4} 度
- ・世界最高レベル

- (3) 研究内容
- 性能評価試験
 - X線透過率評価試験
 - 宇宙環境耐性評価: 高速原子状酸素評価試験, 静加圧試験, 紫外線照射 etc
 - グラフェン素子製作工程の確立 → 高感度化に直結する大口径化

FOXSI-4 ロケット実験

日米共同ロケットミッション搭載の望遠鏡を製作中

FOXSI

- ・太陽観測ロケットミッション
- ・これまで3回の打ち上げに成功
- ・短い開発サイクルで最新機器を搭載

FOXSI-4

- ・4回目の打ち上げ
- ・我々の望遠鏡初搭載
- ・太陽フレア観測
- ・世界初の紫外線との同時観測

FOXSI-4 の打ち上げ

FOXSI-4 Hi-C FLARE

FOXSI-4 Hi-C FLARE

<https://phoenix-project.science/foxsi-4>

(研究の例) 高速原子状酸素評価試験

試験は神戸大学で実施

神戸大学 原子状酸素照射設備

Kashiwakura, Mitsuishi, et al., submitted, JATIS

Intensity (arb. units)

1E+19 D G 1E+18 D/G = 0.8 2D

1E+17 D/G = 0.05

1E+16 D/G = 0.02

1E+15 atoms/cm² D/G = 0.02

各照射量に対する代表地点のラマンスペクトル

1E+17 までの耐性 / 1E+19 で完全消失を確認