

# 国際共同木星圏探査ミッション ソーラー電力セールを用いた 木星オービター システム検討について

高島健、藤本正樹、船瀬龍 (ISAS/JAXA)

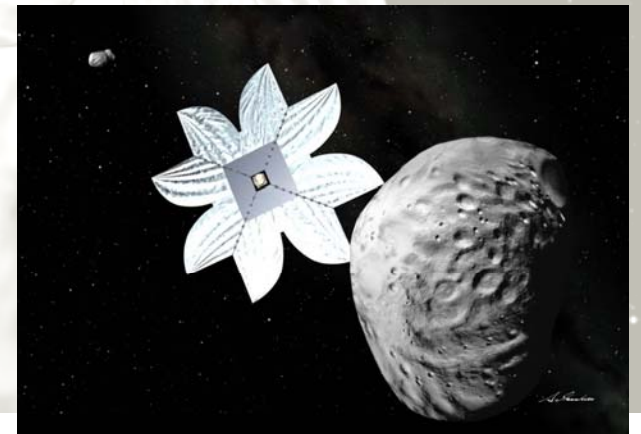
佐々木晶 (国立天文台)

笠羽康正 (東北大)

国際共同木星探査検討WG

# ソーラー電力セイルを用いた木星系探査

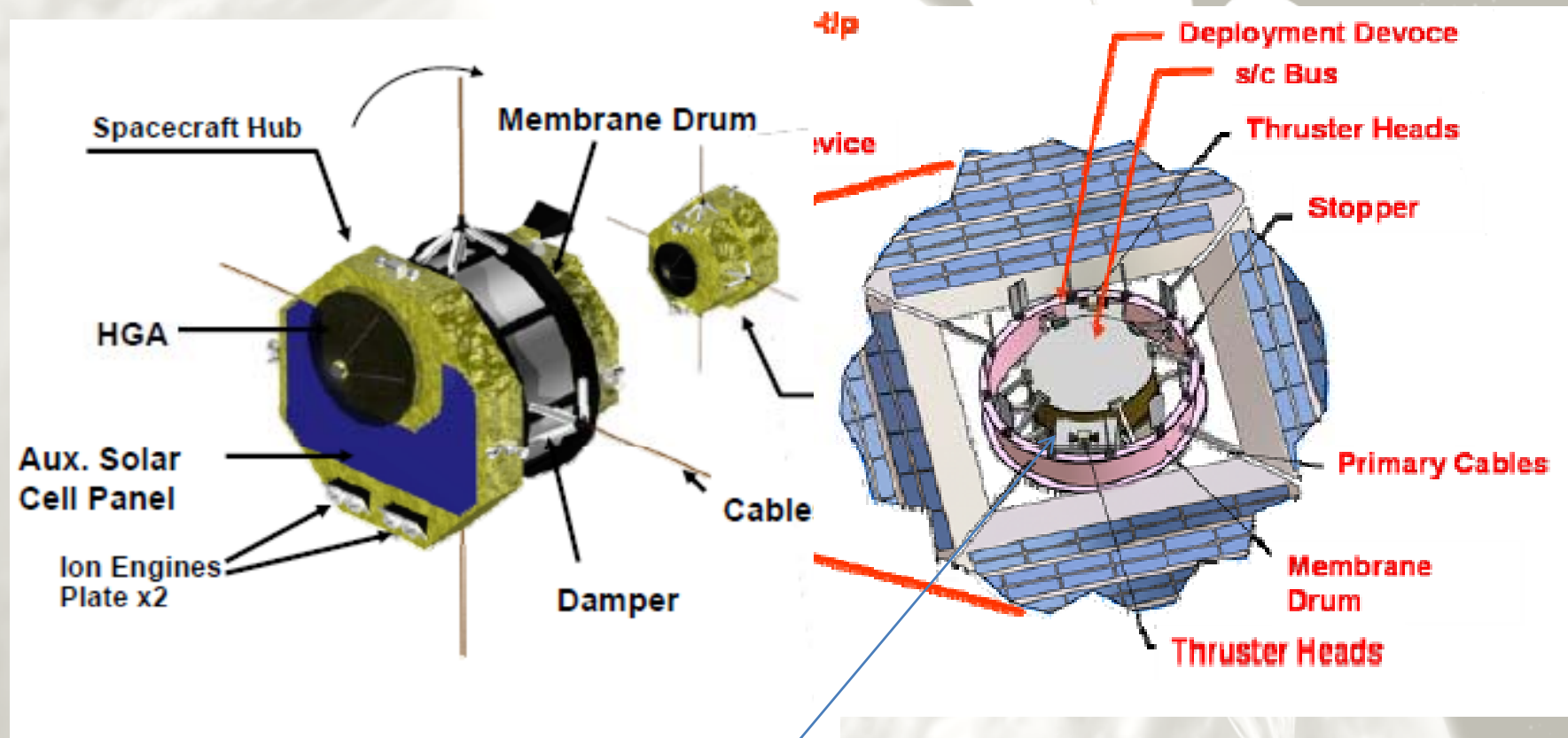
- トロヤ群小惑星探査機と木星探査機の融合
  - 利点: 木星系としての日本独自の技法による大探査。木星衛星にとどまらない太陽系創世へのアプローチ。オービターは分離まで守られている状態のため、木星軌道環境のみを考えればよい
  - 欠点: 探査衛星サイズが現在の検討では、厳しい制限となっている 通信、ペイロード等への影響はかなり大きい



# 制約条件のもとで

- 厳しい制約条件の下で、サイエンス・探査として成立するターゲットは何かを議論する。
  - 多くの観測機器で多くのデータから議論をするような大きなテーマは楽しいが、、
  - 一方で、制約の下でもブレイクスルーとなるサイエンステーマはある、むしろ、、
  - 制約があるからこそ、研ぎ澄ましたサイエンス&観測計画とともに新しい技術が生み出される可能性がある

# トロヤ群小惑星探査機と木星探査周回機



この内側にオービターが入り、クルーズする  
(この中に入るサイズに現状ではしなければならない)

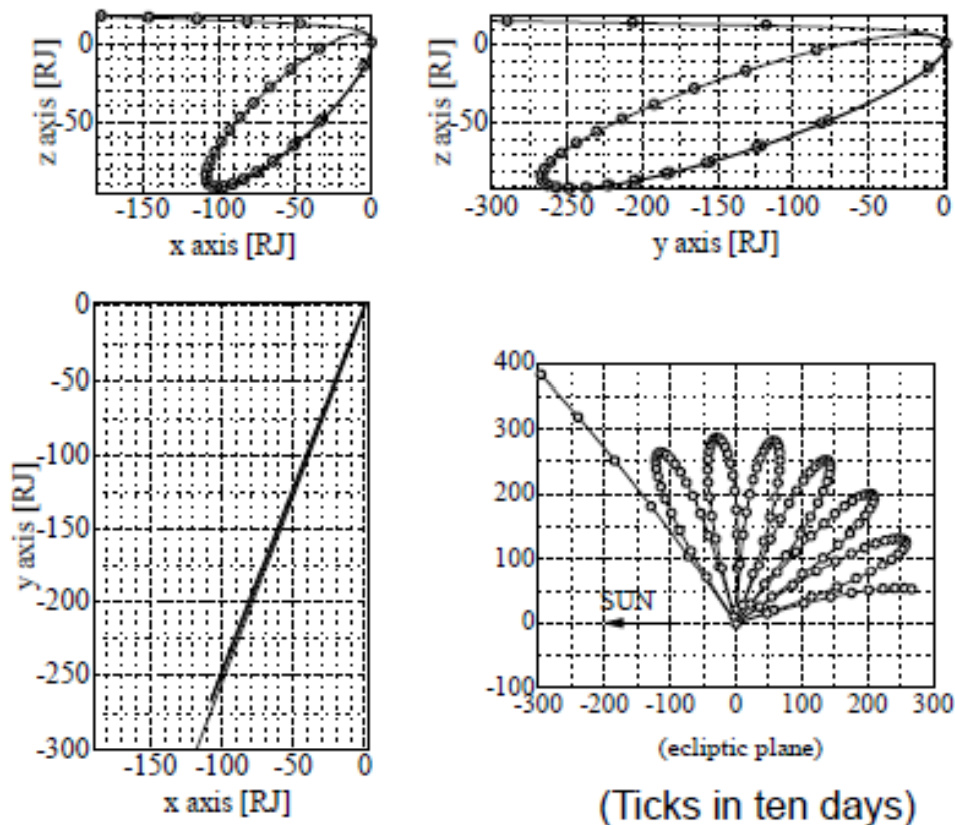


# 木星周回機のインターフェース条件

- トロヤ群小惑星探査機内部に入る構造
  - サイズ制約 木星探査衛星直径 1500mm $\Phi$ 以下
  - 重量制約 200-300kg以下
  - 熱環境 衛星内部機器とほぼ等価  
周囲温度で -30~60°C程度
  - 振動・衝撃環境 TBD
  - 分離までは、ほぼ冬眠状態/観測は難しい
- 木星周回軌道
  - 周回軌道投入は、木星周回機自身で
  - 分離後にSAP展開

# 木星周回軌道の例

## Orbiter Trajectory (Inertial Frame)



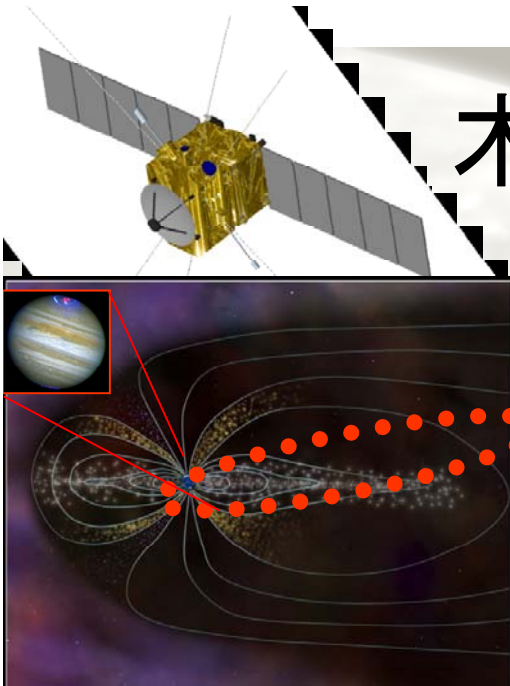
軌道傾斜を持った状態で投入  
遠木点は300Rj程度

### Orbiter Trajectory :

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| Peri-Jove Passage | 2014/8/30 |
| 0:00UTC           |           |
| Peri-Jove         | 2RJ       |
| Apo-Jove          | 300RJ     |
| Inclination       | 90deg     |
| Period            | 229.17day |
| Insertion Delta-V | 629.3m/s  |

- Entry Targeting around Apo-Jove costs about 44 m/sec.
- 20 days prior to entry, orbiter avoids entry with 91 m/sec delta-V.
- Total Jovian orbiter delta-V is 680 m/sec.

# 木星周回機検討案 例



- 周回軌道: 2R<sub>j</sub>~300R<sub>j</sub>
- 観測機器重量: 10kg 20W 程度
- スピン安定(スロースピン)、スピン軸太陽・地球指向
- 化学推進系(木星軌道近傍までは、母船による電気推進投入)
- 2年以上の観測

| Items  | Mass[kg] | Power[W] |              |
|--|----------|----------|--------------|
| Payload Instrument                                       | 10.0     | 20.0     |              |
| TT&C (XTX 16bps、KaTX 1kbps)                              | 18.0     | 72~114   |              |
| Data Handling,   | 6.0      | 18.0     | DMC/DR       |
| Attitude & Reaction Control<br>SAS,SSC,ND,Mono-Hydrazine | 18.0     | 7.0      |              |
| Electrical Power   | 15.0     | 12.0     |              |
| Thermal Control  | 15.0     | 30.0     | (Assumption) |
| Structure & Integration                                  | 30.0     | 0.0      |              |
| Solar Array Paddle                                       | 70.0     |          | 250W at 5AU  |
| Dry Total  | 182.0    | 206.0    | Fuel 85kg    |

Kaバンド通信  
 薄膜軽量太陽電池  
 低温燃料  
 燃料電池  
 耐放射線技術  
 など多くの開発事項あり

どの技術も木星探査に限らず  
 深宇宙探査に必要な技術

WET: 約267kg

# 観測ターゲット

- ペイロード重量が10kg以下であることより、搭載可能機器としては2-3機器程度である
- どんな技術革新があっても、“その場観測”で木星磁気圏現象を理解するには観測機器数が不十分
- 1機器程度で木星磁気圏の謎に迫ることはできないか？これまでに無い観測はできないか？



一つの案が、「X-Rayイメージング観測」



# 木星磁気圏における未解決問題

## ① Rotationally driven activities

- M-I coupling process
- reconnection and convection, SW response
- particle injections in the inner m'sphere

## ② Strong particle acceleration

- polar aurora: main oval, QP phenomena (polar cap), satellite footprint
- radiation belt

## ③ Jupiter-satellite binary system

- Jup-Io: torus dynamics (e.g., heating & transport process)
- Jup-Ganymede: m'sphere-m'sphere interaction

# Significance of X-ray observation

## □ X-ray imaging spectroscopy

highly-charged heavy ions (e.g.,  $O^{+6,7,8}$  @ 2MeV/amu)

inverse-Compton & bremsstrahlung of keV & MeV electrons

morphology

energy spectra

time variation

### ① Rotationally driven activities

- injections
- reconnection

### ② Particle acceleration

- QP phenomena
- radiation belt

### ③ Jupiter-satellite binary

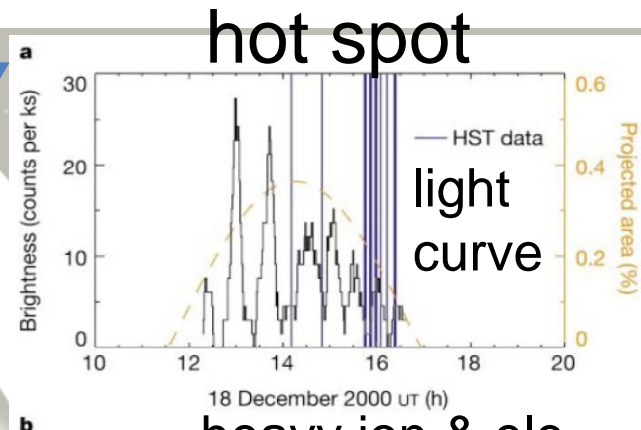
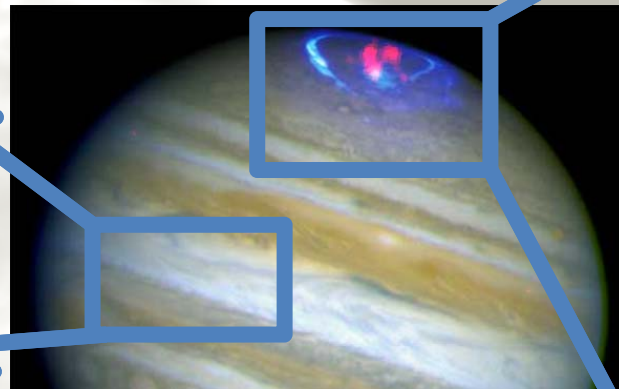
- Io plasma torus
- Ganymede m'sphere

- Much higher time & spatial resolutions than those at Earth
- Sufficient data volume for statistics
- “missing wavelength” in JUNO mission

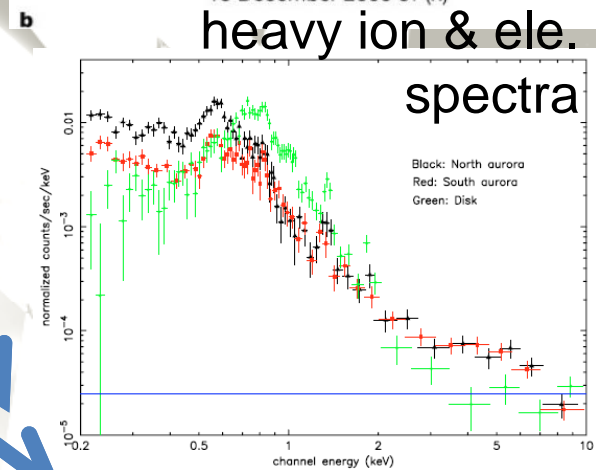
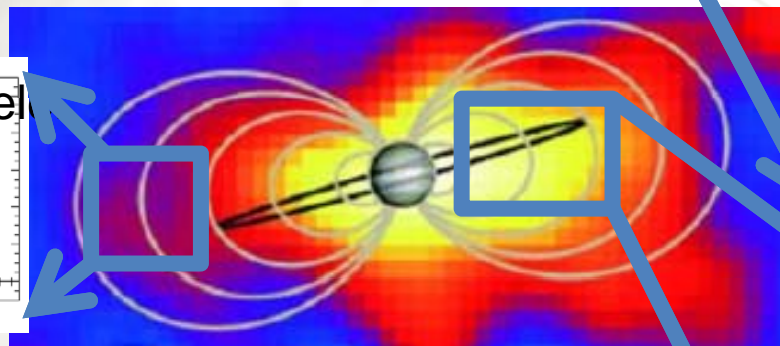
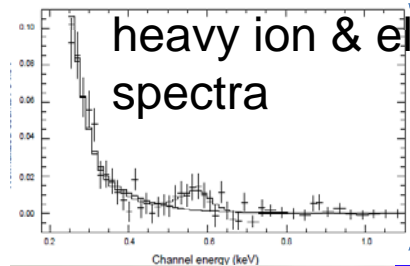
# Summary of X-ray imaging spectroscopy

satellite & atmosphere

solar photon & ion bombard. ??



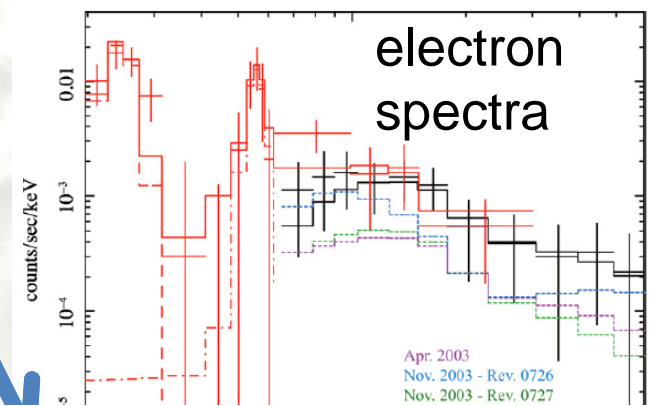
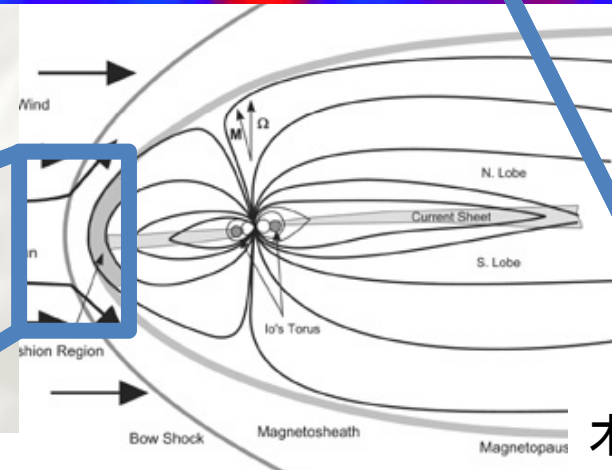
Io torus



radiation belt

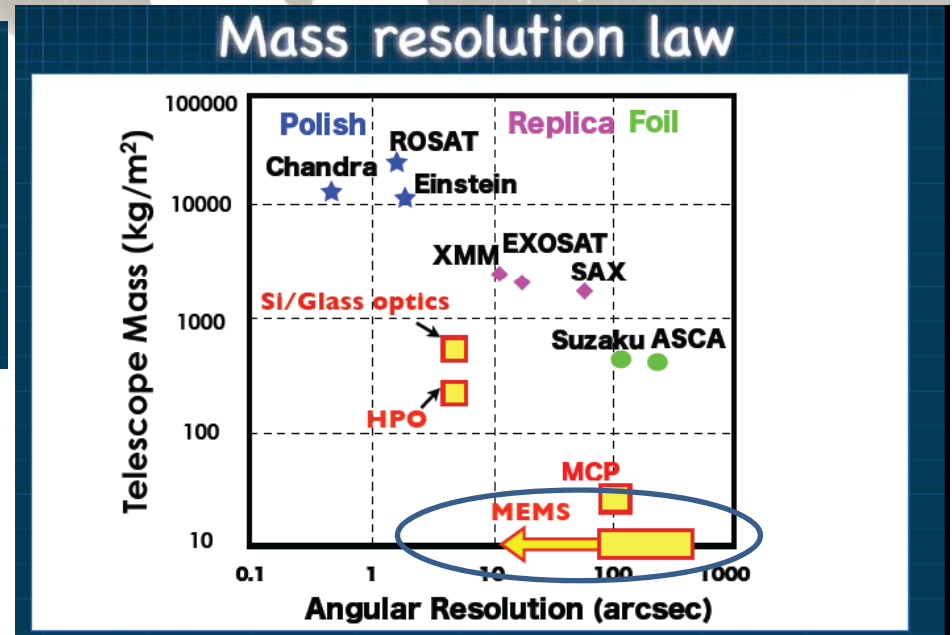
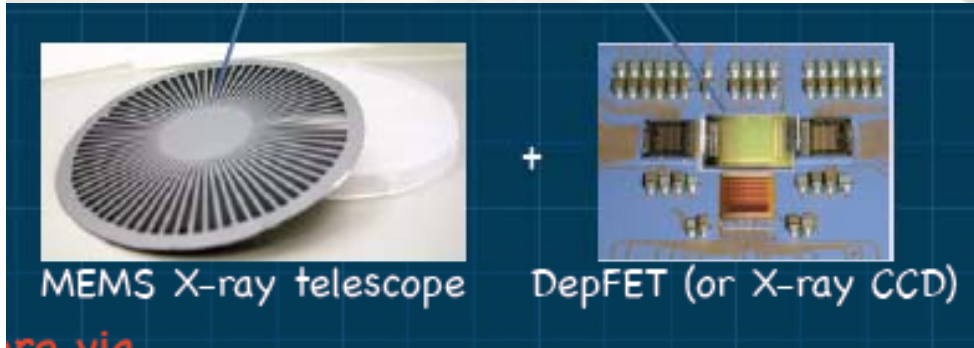
Magnetopause (& Ganymede?)

SW/JW ions ??





# X-Rayイメージ機器の例



- 10kg程度の重量でX線観測が可能か？
- MEMS技術によるX線ミラーの超小型化 & 超軽量化
- 検出器性能向上によるエネルギー分解能の向上
- 幸いにして木星環境は“寒い” → Passive冷却で重量低減



# 今後の課題

## ～スピンか3軸か～

- これまで、衛星システムとしてはスピン安定をベースとした設計を実施してきた
- イメージング観測の場合、3軸制御の方が当然、撮像時間の面からは有利である
- 一方で、3軸制御衛星の場合には現在搭載予定のない制御機器が必要であり、今後、イメージング精度 & 撮像時間と衛星システムリソースとのトレードオフが必要である。