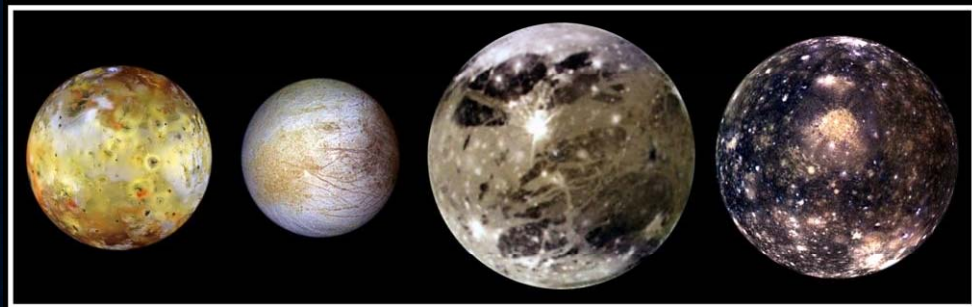


国際共同木星圏探査ミッション

高島健、藤本正樹、船瀬龍、
川勝康弘、Stefano Campagnola (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WG

木星系とは？



イオ エウロパ ガニメデ カリスト

Europa Jupiter System Mission

- 2020年代での実施を想定する**木星系総合探査**
- 「ガリレオ」による探査結果を受けての、日欧研究コミュニティによる本格探査提案。
- 2007年にESAへと提案。2008年に第一次審査通過。紆余曲折を経て、現在は、NASA(米国)／ESA (欧州宇宙機関)が主導するミッション
- **NASA:エウロパ周回機**
ESA:ガニメデ周回機

日本のコミュニティの関与

- **2006年**春、日欧共同水星探査計画BepiColomboで協力する欧州の仲間から、ESAでの提案受け付けへと共同提案することへの勧誘される
- 2006年夏、複数回の打ち合わせの後、JAXA宇宙科学研究所・宇宙理学委員会において**WG設置**を申請、承認される
- **2007年夏、提案書を共同提出**
- 2008年初頭、第一次審査を通過、JAXAのWGメンバーがESAのミッション検討チームに参加
- 2008年春、NASAが合流し、ミッション検討はNASA・ESAが主導する形に。**JAXA・WGメンバーの検討チームへの参加**は持続。
- JAXA・**WGにおいて**は、木星探査のための基礎技術検討を開始するとともに、EJSMが将来あることを意識した研究会を開催。
- **2011年2月、ESAにて第二次審査。2011年夏、NASA・エウロパ周回機搭載の観測機器A/O**

EJSMのサイエンス

- 木星系の起源:どのようにして生まれたのか
- 木星系の現在:どのような進化をしてきて、
どのような相互作用しているのか
- その理解を踏まえて:

生命居住可能性のあるエウロパ

(Possibly habitable world of Europa)

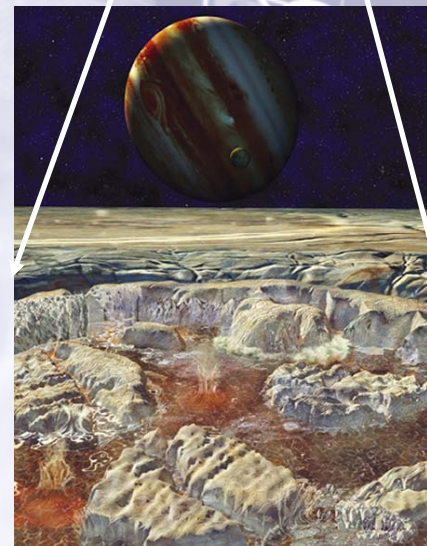
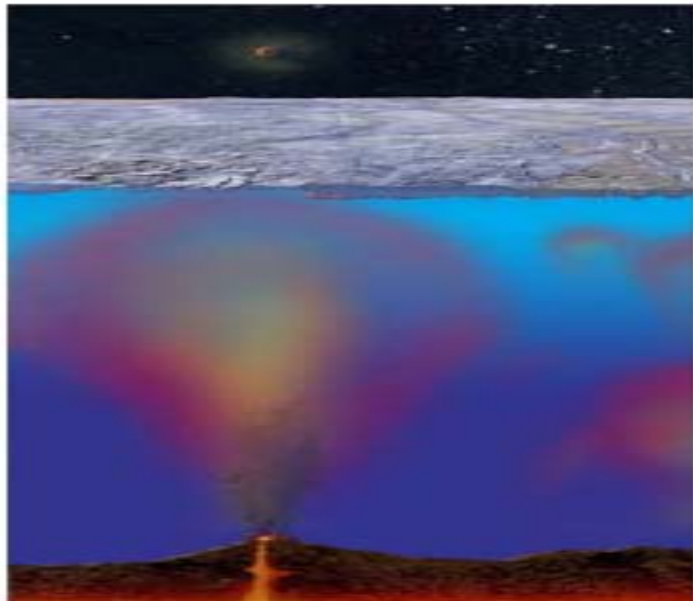
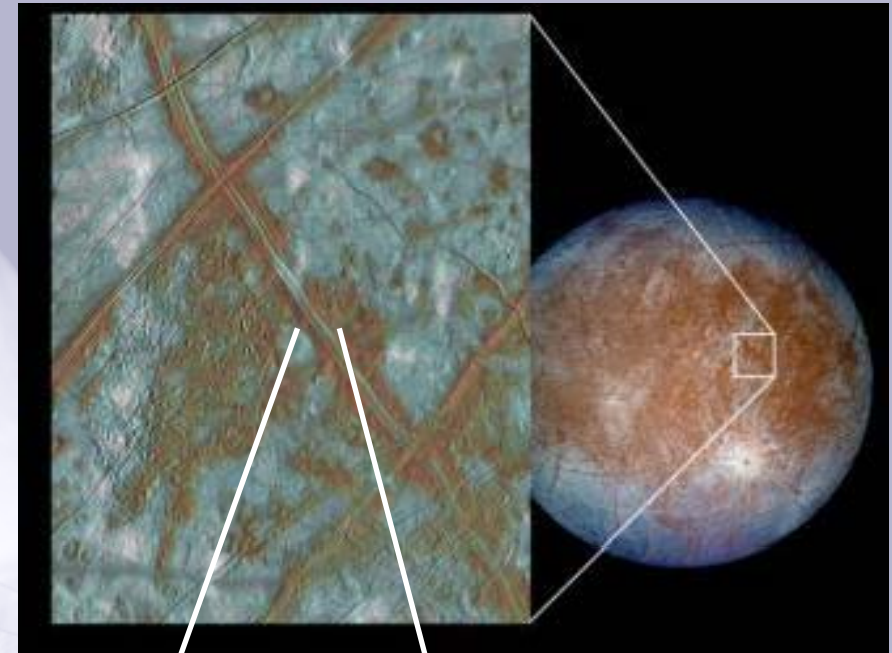
を理解する

そして、巨大ガス惑星系の氷衛星における生命居住可能性を考えていく上での第一歩とする

包括する研究分野:太陽系・惑星系起源論(系外惑星も含む)、
木星大気、氷衛星科学、磁気圏・宇宙プラズマ分野宇宙生物学

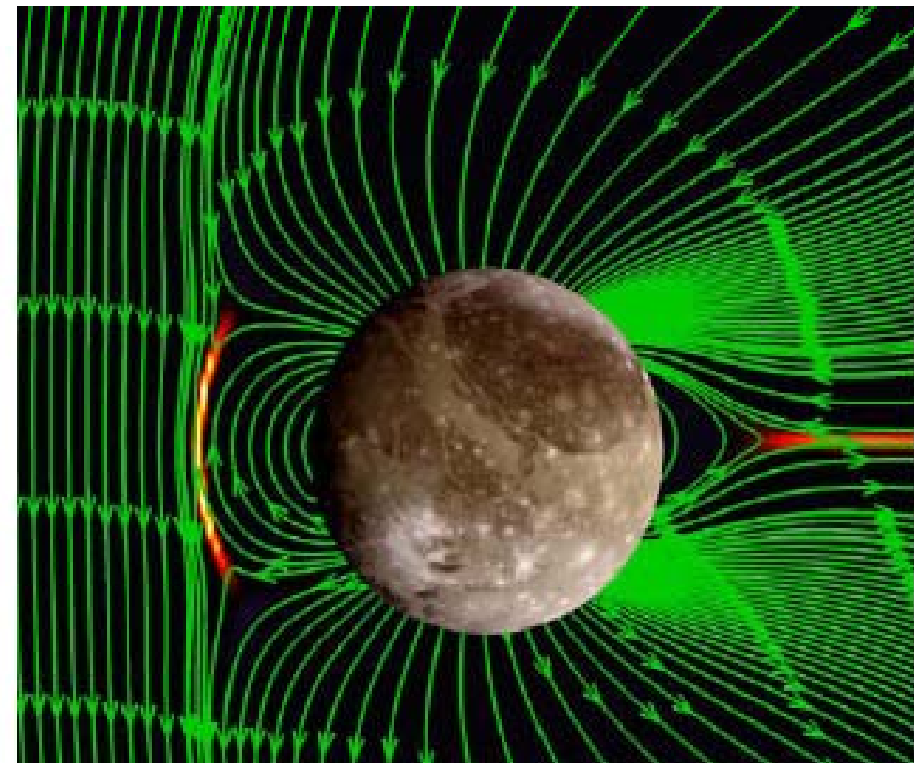
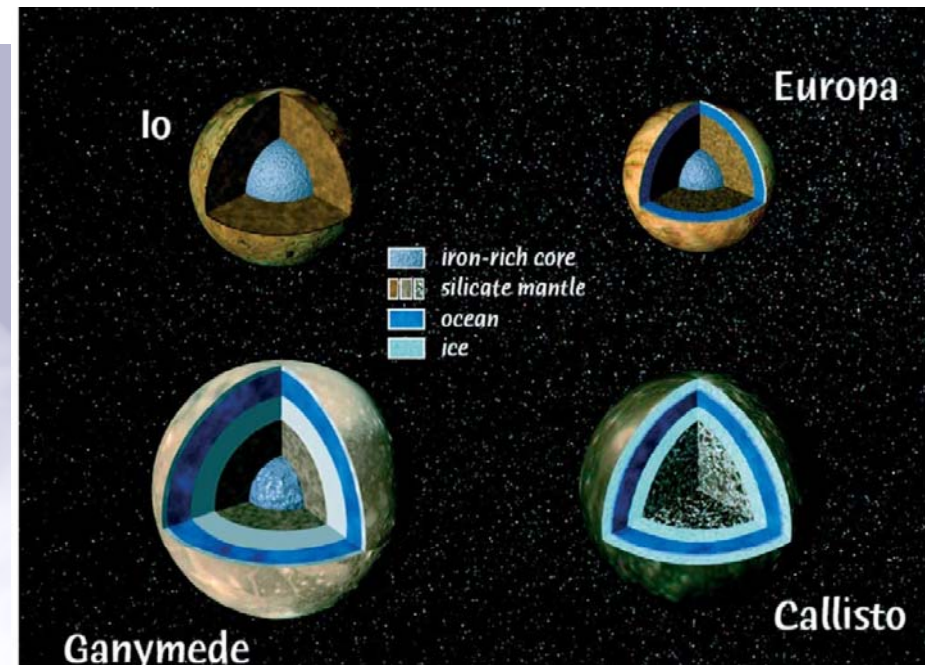
エウロパの生命居住可能性

- 氷地殻の下は液体の水、底は岩石
- 潮汐相互作用による海底火山が期待できる
- 表面には、海水に含まれる塩と思われる成分も



ガニメデ探査

- エウロパの比較対象となる、もうひとつの代表的な氷衛星。
- ガニメデも、エウロパ同様に地下海を持つと言われている(ただし、底は氷かもしれない)。
- 固有磁場を持つ。その起源は？磁気圏との相互作用は？

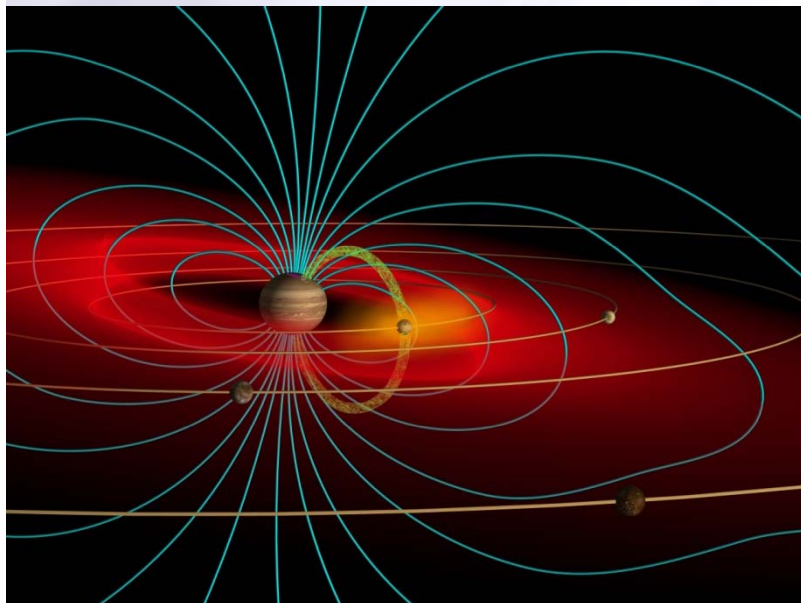
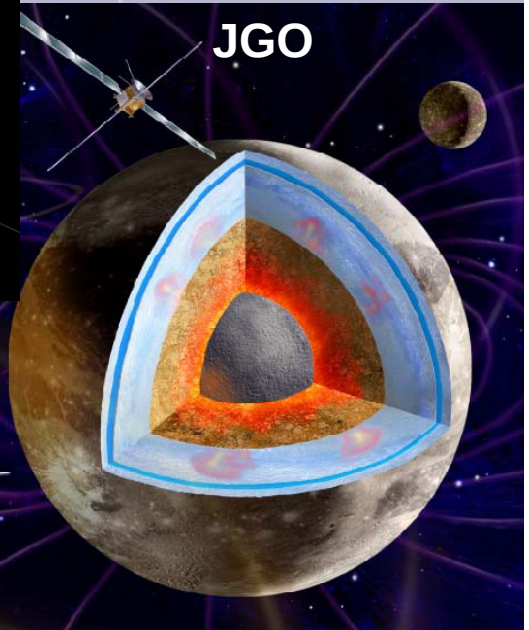
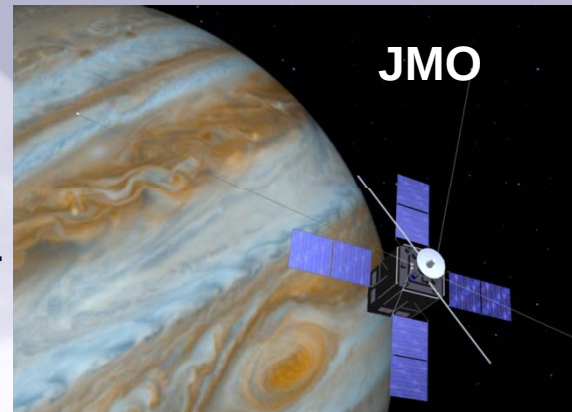


JMO（木星磁気圏周回機）のサイエンス

木星磁気圏

- ・太陽系最強の粒子加速器
- ・高速回転する磁気圏の物理
- ・磁気圏・衛星相互作用

太陽系プラズマと天文プラズマ
を実証を伴って橋渡しをする
上で、必須のステップ



エウロパ周回機(NASA)・ガニメデ周回機(ESA)
との同時観測で
「大きく時間変動する、
過酷な宇宙環境下にある氷衛星の世界」
というテーマが、圧倒的に充実する。

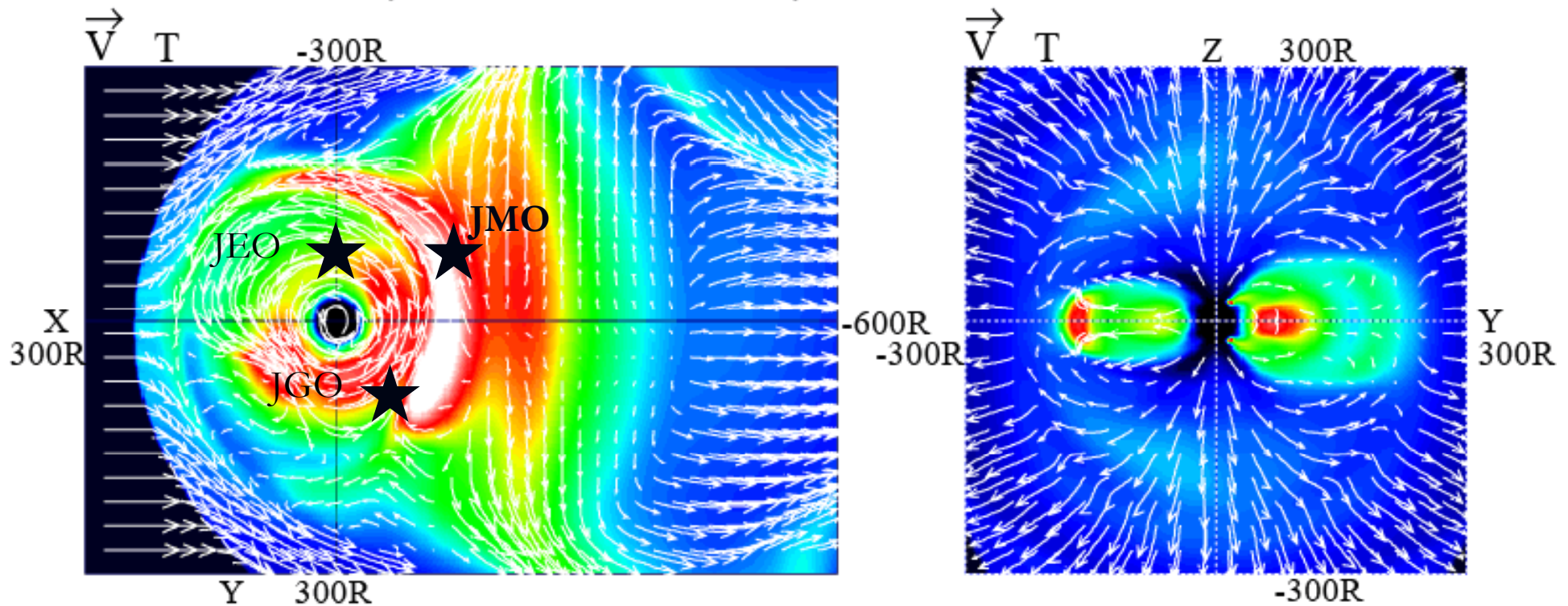
氷衛星世界への「宇宙生命学」からの興味の高まり

JEO/JGOが観測する衛星周辺宇宙環境変動の原因領域を 赤道面上を飛行するJMOが観測

Simulation of Jupiter's magnetosphere

$D_{sw} = 0.01$ nPa, IMF $B_z = 0.105$ nT, $t = 3.5$ hours

Fukazawa, 2004

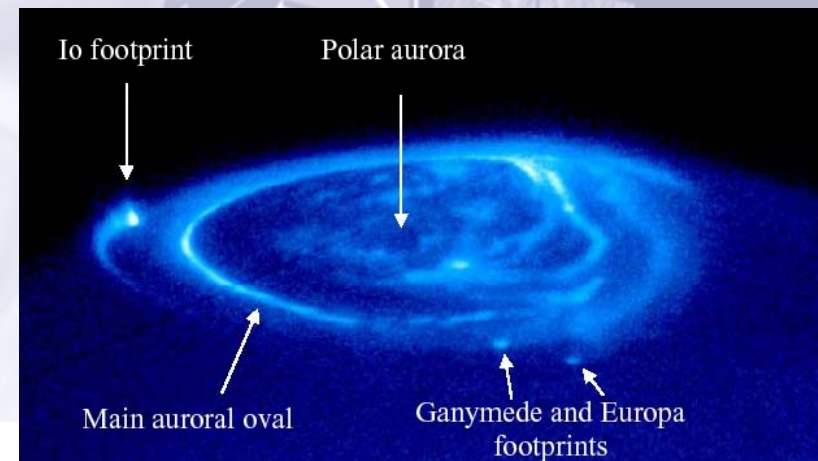
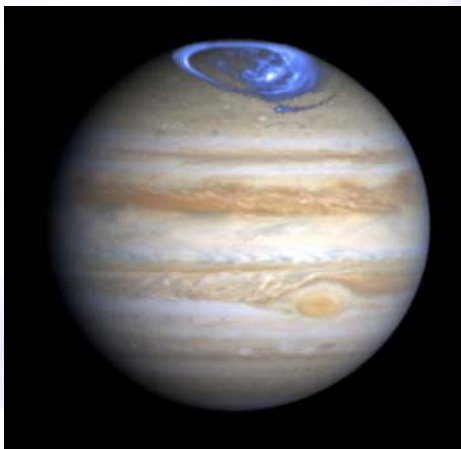


equatorial plane

north-south-plane

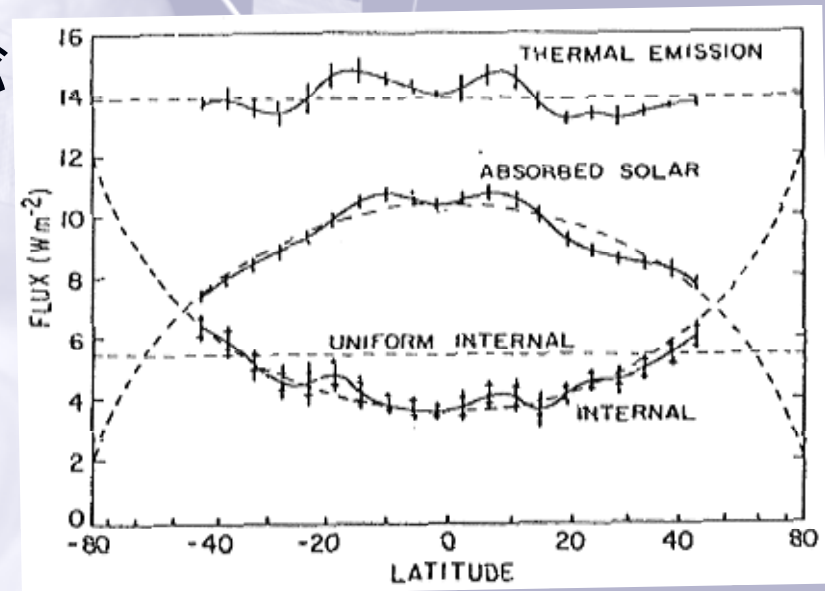
共同観測 EJSM

- 赤道面内での同時観測
 - 当然、ダイナミックに活動する木星磁気圏を「その場」でとらえる上で非常に有意義でおもしろい
 - JEO/JGOとの共同観測も魅力
- 一方で、1点観測の限界も我々は良く知っている
- 磁気圏全体のダイナミクスをとらえる
 - 磁気圏イメージング観測を行いたい



「上から見下ろして」の撮像

- 新しい技術を活用して磁気圏赤道面でのダイナミクスをイメージング、太陽系最強の粒子加速器の全体像を俯瞰
- X線天文分野と共同して硬X線観測を導入し、木星放射線帯という「その場」観測が不可能な領域をリモート観測
- 木星極域を観測することができるので、高緯度における内部からの熱流束という巨大ガス惑星の科学において根源的に重要なデータを取得



サイエンスからの軌道要求

■ Phase-I

- 木星磁気圏をサーベイ(磁気赤道面)
- JEO/JGOとの同時観測

■ Phase-II

- プラズマトーラスのイメージング観測
- 軌道傾斜角をあげながら($30-50^\circ$)

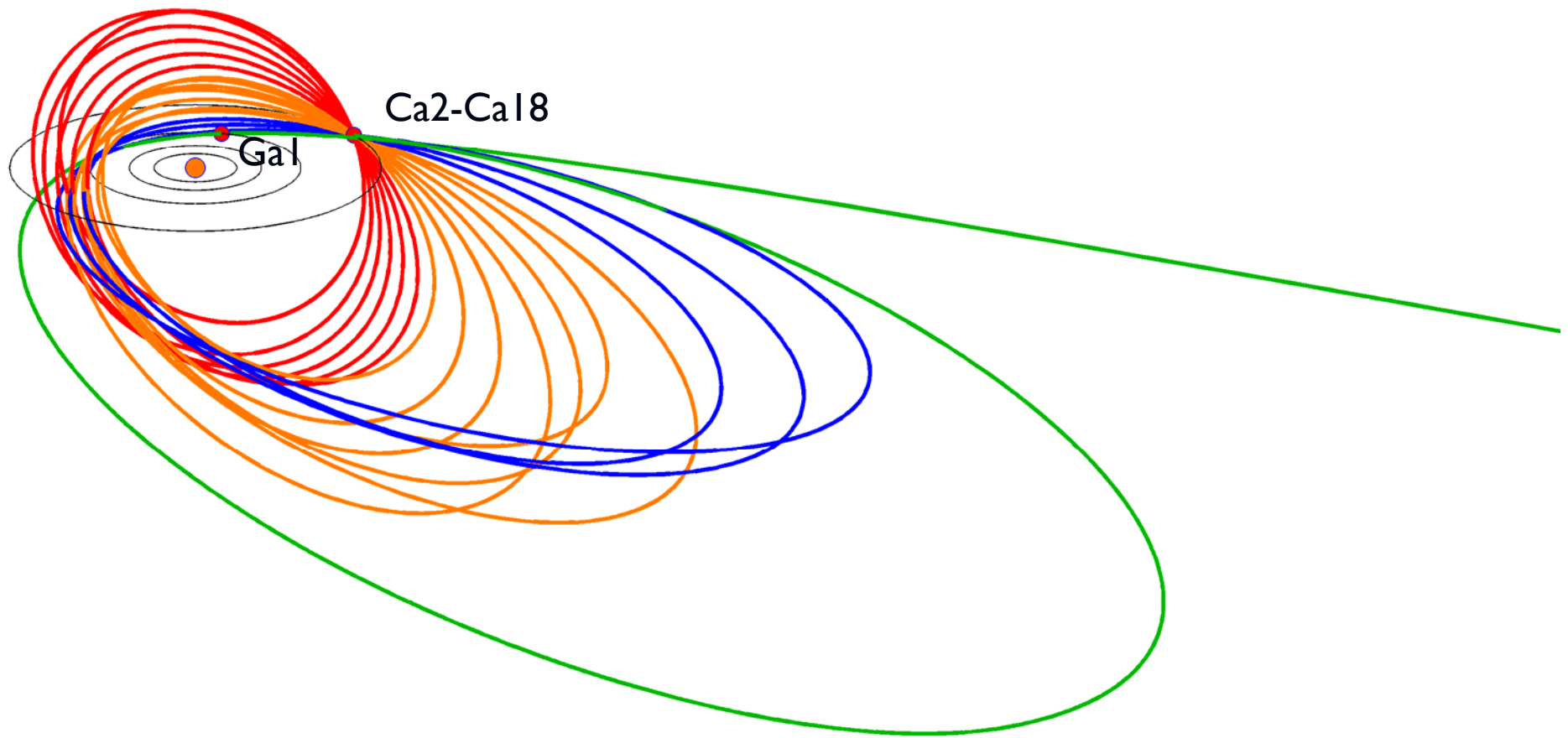
実現する解があるか？

Dr. Campagnola 氏による計算解！

JMO trajectory

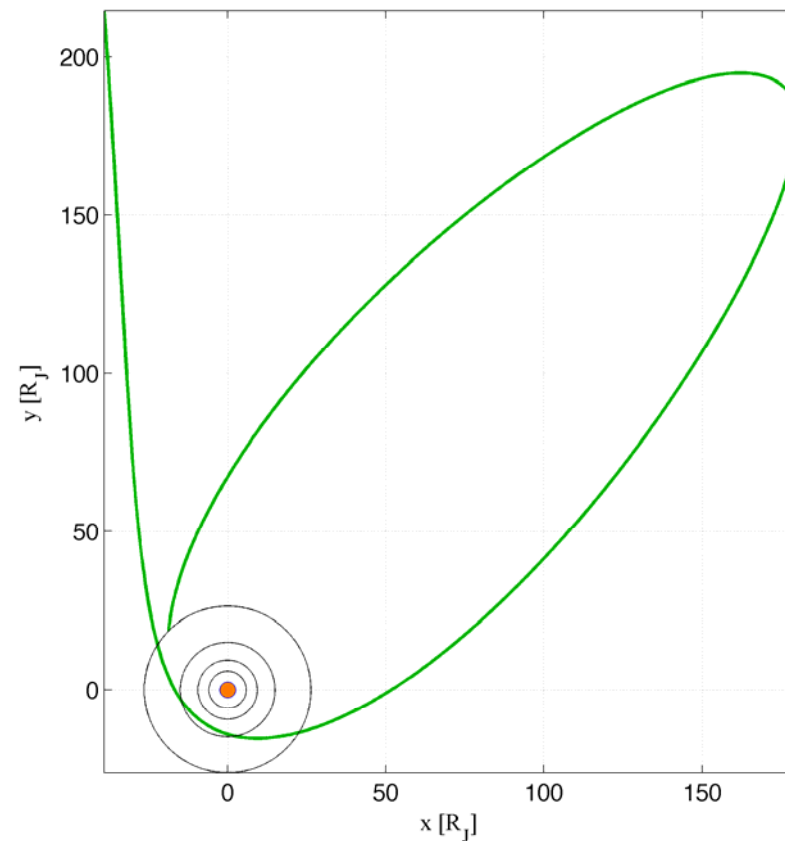
- **Minimize costs**
 - ΔV , Time of Flight and Radiation Dose
- **Maximize science**
 - High inclination, @ 20-40 rJ (plasma torus)
- **Conflicting objectives**
 - e.g. ToF vs. inclination, ΔV vs. radiation
- **Use Callisto gravity assists and res. orbits!**
 - Massive moon: efficient to change energy/inclination
 - Far from Jupiter: low radiation dose (<10% of JGO!)
 - One moon only: repeated opportunities every ~2 weeks to be optimized with JGO / JEO

Example trajectory

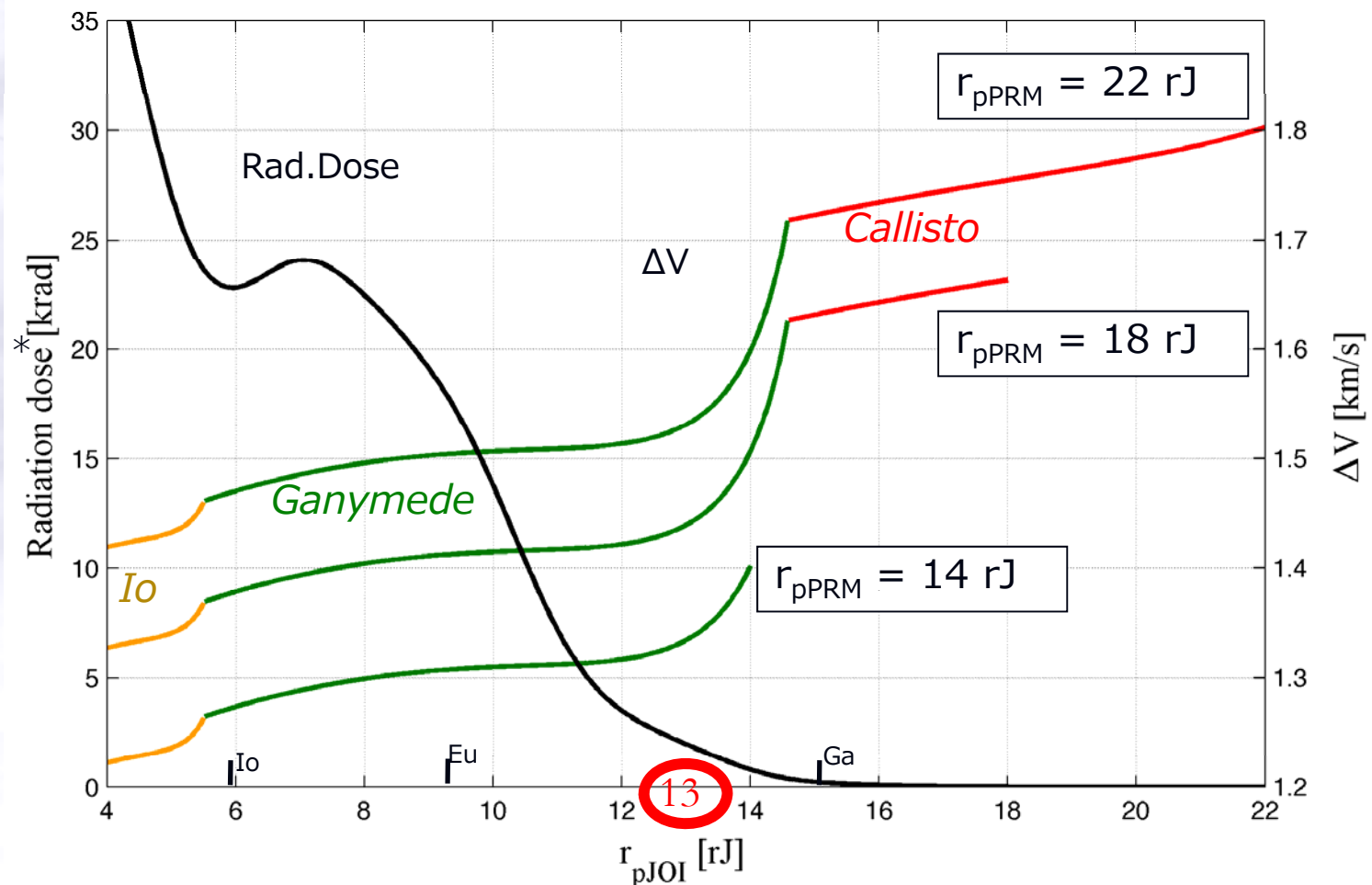


Capture phase

- **Place JMO on (equatorial) closed orbit using**
 - one gravity assist
 - one Jupiter Orbit Insertion (JOI) maneuver
 - one Pericenter Raise Maneuver (PRM)
- **Design parameters**
 - Perijove of JOI
 - Perijove of PRM



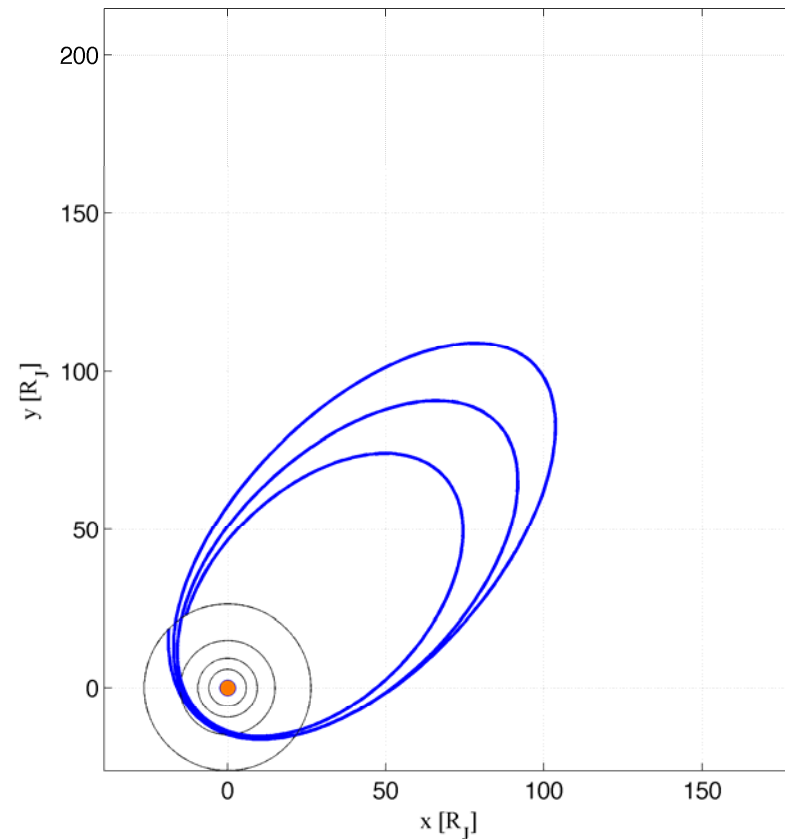
Capture phase



*with 8 mm Al shield.

Phase I

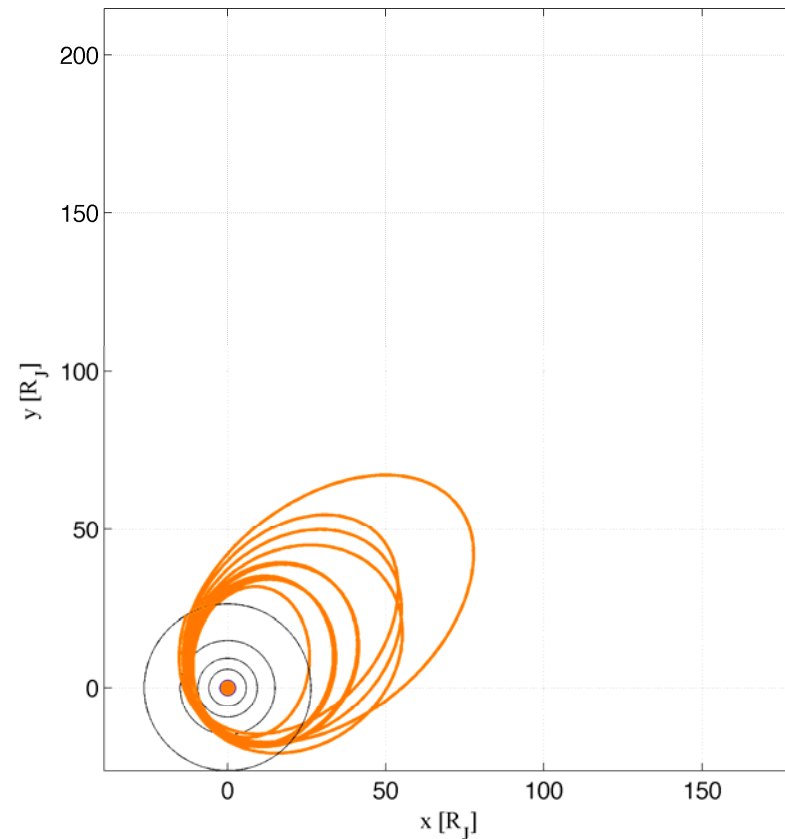
- Explore the magnetodisk
 - low inclination
 - Apojove $\approx 80 \text{ rJ}$ at 12-3 A.M. (*)



*satisfied by typical arrival conditions

Phase II *nominal*

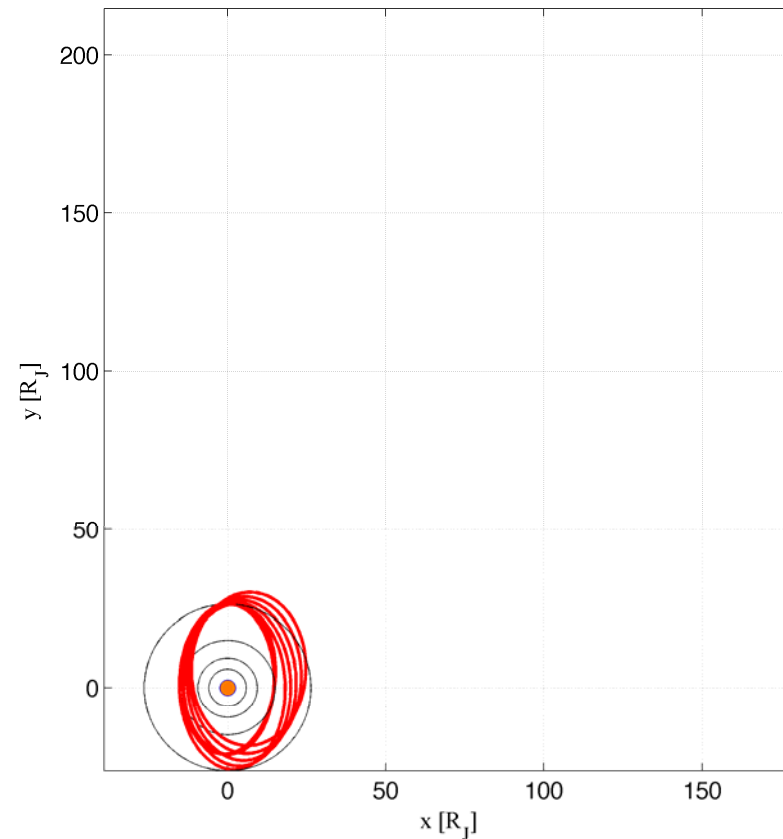
- Remote sensing of the plasma torus
 - Increase the inclination to **30 deg**
 - Decrease the apojoive to **<40 R_J** at **3-6 A.M. (*)**
 - Start around **second half 2028** (JEO and JGO)
 - Ends **2 y** max from JOI



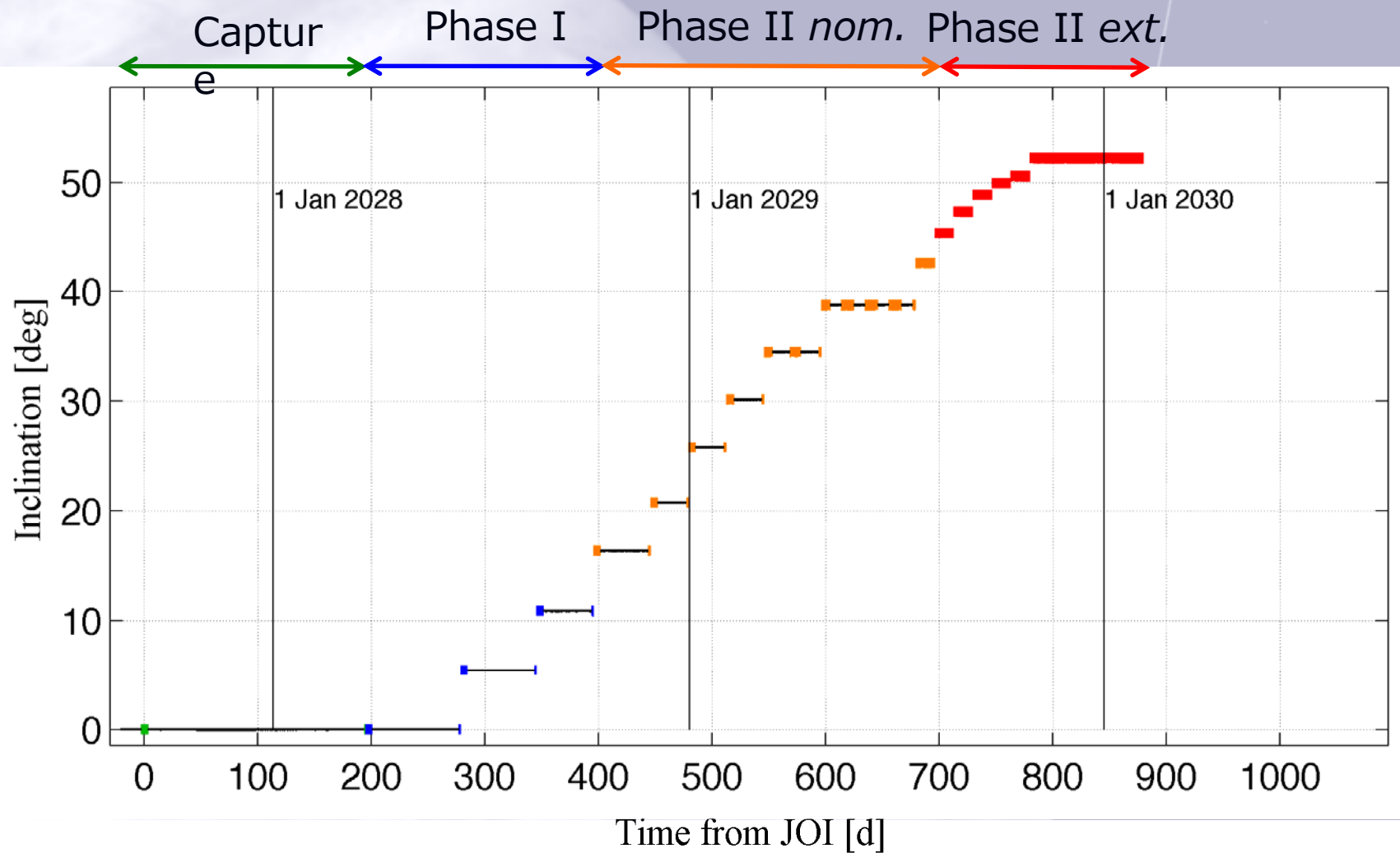
*satisfied using gravity assists in the incoming leg

Phase II *extended*

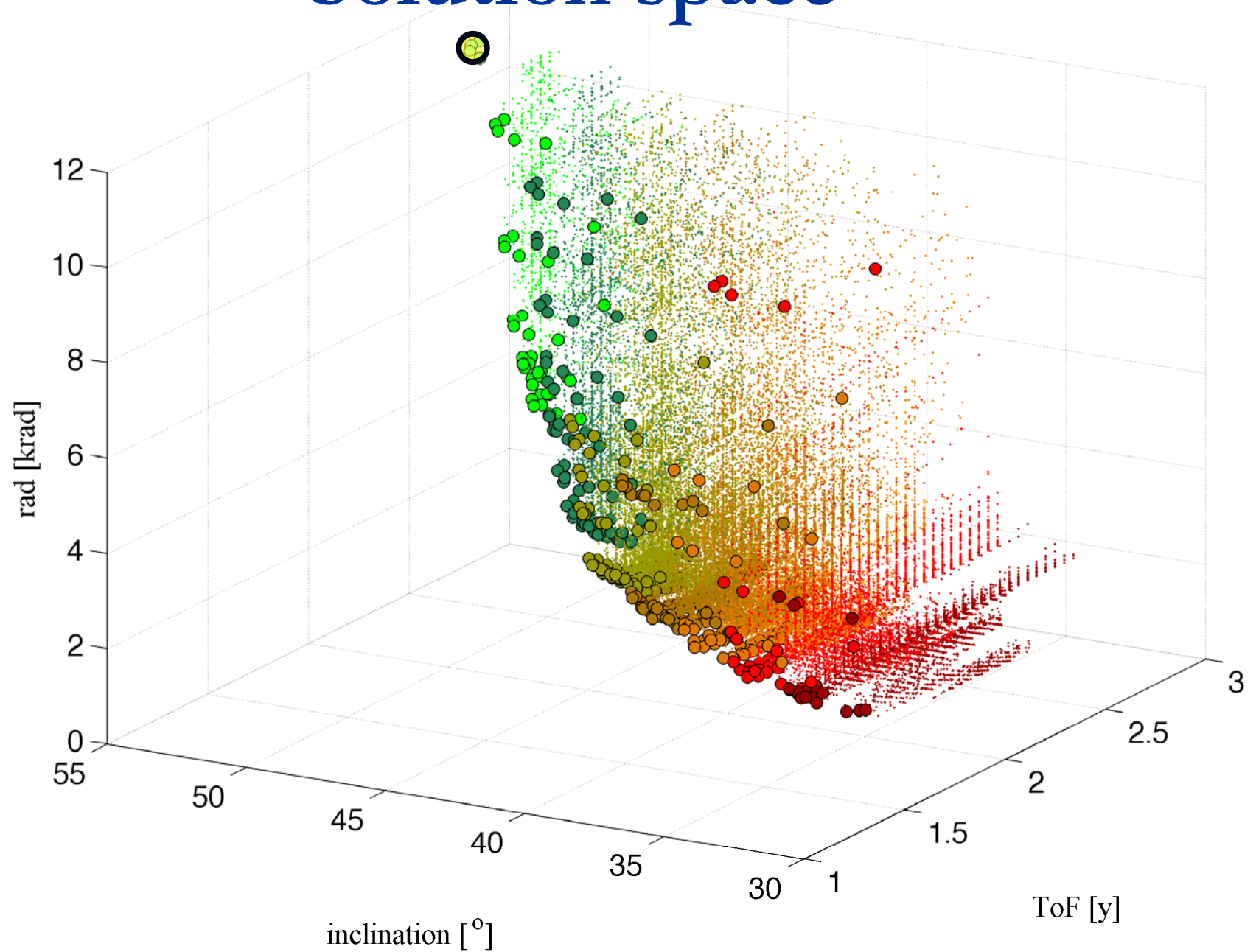
- Remote sensing of the plasma torus
 - Even higher inclination > **30 deg**
 - Reaches a **6:7** resonance to Callisto (**2:1** to Ganymede)
 - Ends **3 y** max from JOI



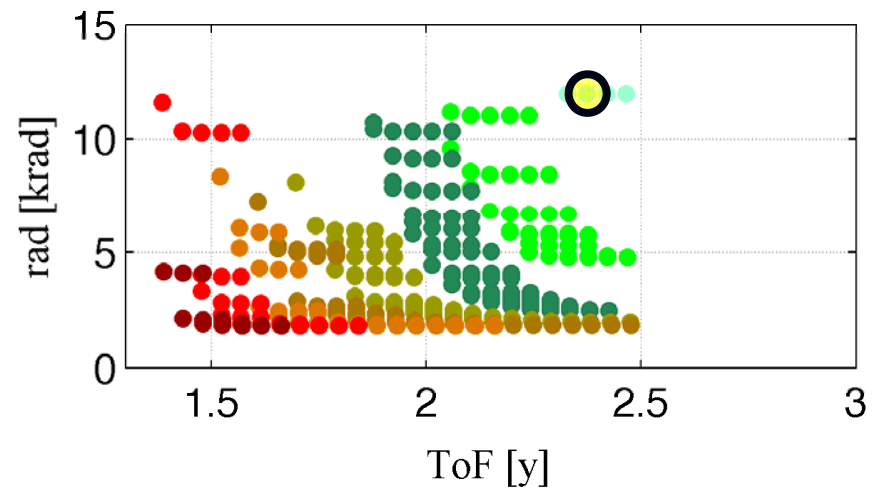
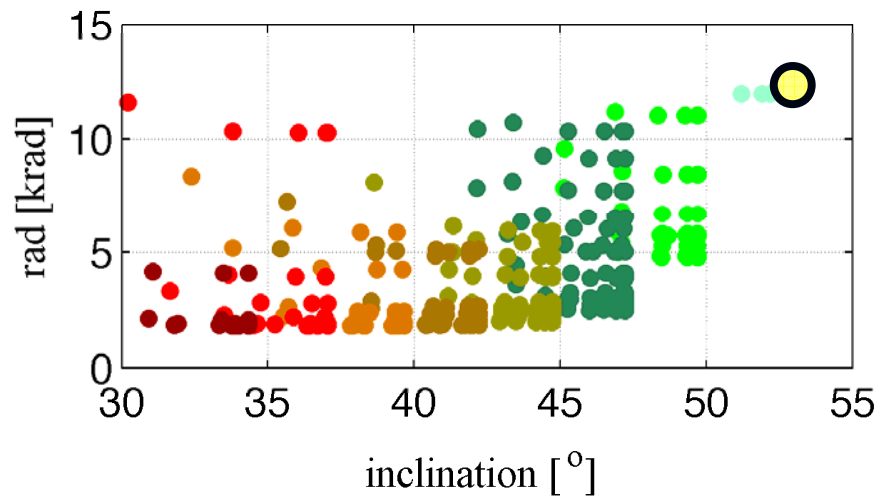
Inclination vs. time



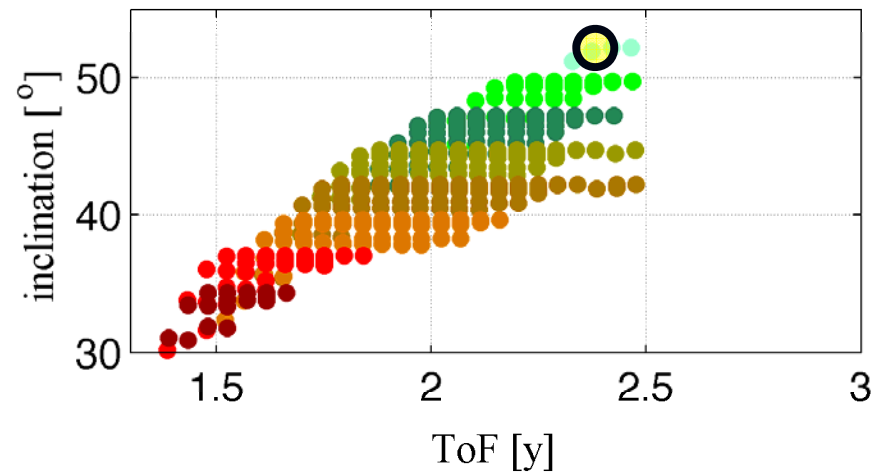
Solution space

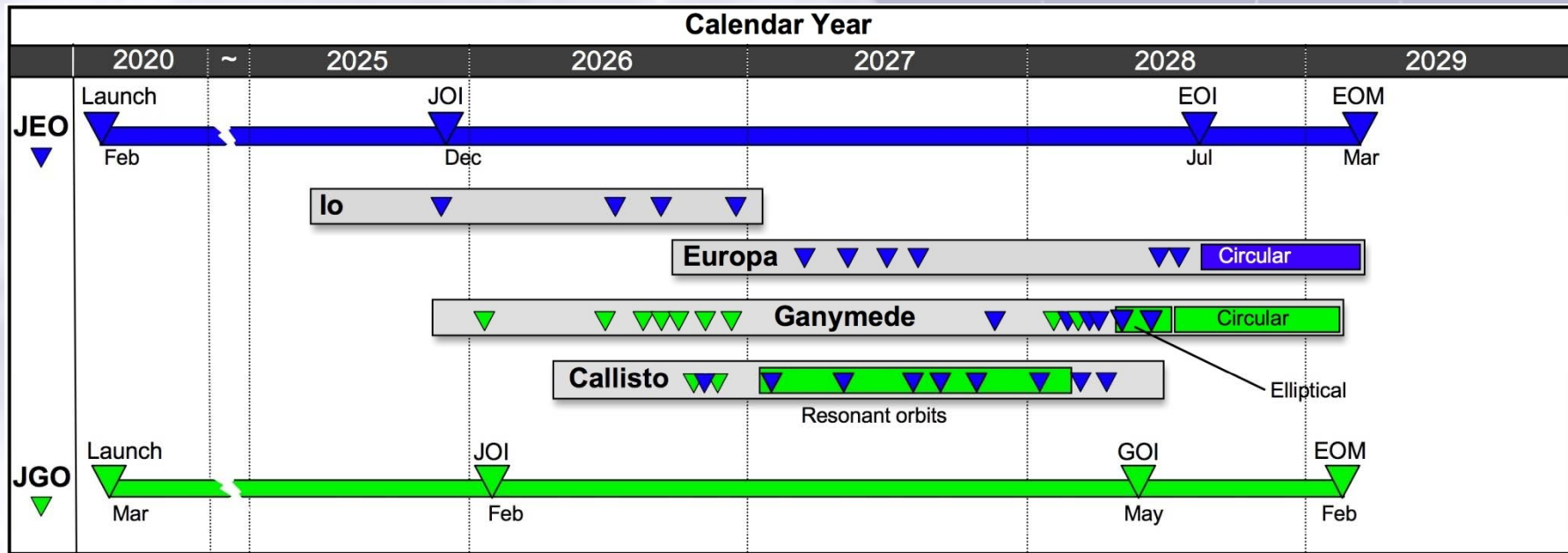


Solution space



	15	16	17	18	19	20	21	22
r_{PRM} [R _J]	15	16	17	18	19	20	21	22
Δv [km/s]	1.36	1.39	1.42	1.44	1.47	1.49	1.51	1.53
m_P [kg]	75	76	78	79	80	81	82	82
m_P [kg] (Shared)	245	248	252	255	259	262	265	268
m_P [kg] (Dedicated VEEGA)	874	887	900	912	927	937	948	958

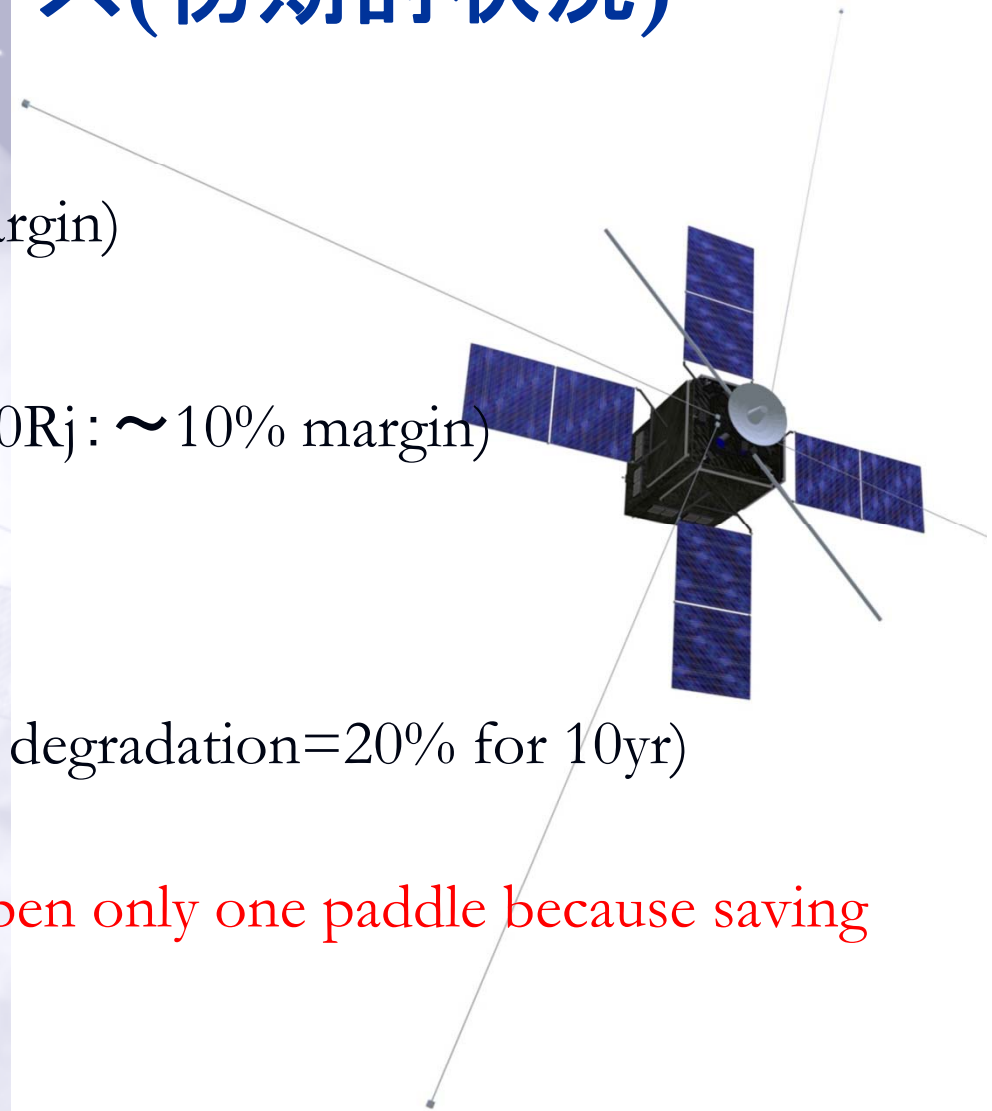




エウロパ・ガニメデ周回機との同時観測は可能。
たとえ単独で実施することになったとしても、十分に魅力的。

JMO 衛星リソース(初期討状況)

- Mass
 - Dry mass : 1000kg (5% margin)
 - BUS: $\sim 900\text{kg}$
 - PL : $\sim 60\text{kg}$
 - Propellant : 1650kg (12-100Rj: $\sim 10\%$ margin)
 - Total mass : 2.65 ton
- Power
 - SAPs : 32m^2
 - $350\text{W}@EOL$ (eff=28% / degradation=20% for 10yr)
- Attitude control
 - Cruise : 3-axis stabilized (open only one paddle because saving generating power)
 - Orbiter : spin stabilized



衛星システムとしてスピンと3軸両方の制御機能を持つ

→ 木星周回でも観測フェーズにあった姿勢制御が可能！ 撮像時には3軸制御に移行！

■ 関連ポスター

- P3-105 ソーラー電力セイル理学観測機器開発の現状
- P3-108 国際共同木星圏探査ミッション ソーラー電力セイルを用いた木星オービター・システム検討について
- P3-110 国際共同木星圏探査ミッション 木星探査衛星システム検討について
- P3-111 欧米将来木星探査EJSM:オイロパ周回機JEO・ガニメデ周回機JGOに対する日本としての対応計画

大探査の実現に向けて、
より多くの方々の興味と、
ご協力をよろしくお願いします！