



JUICE-JAPAN WG 木星氷衛星探査計画

JUICE-SWI サブミリ波分光計

笠井康子^{1,2}、佐川英夫²、黒田剛史³、関根康人⁴、菊池健一²、西堀俊幸⁵、真鍋武嗣⁶、落合啓²、Submillimetre Wave Instrument (SWI) チーム (東工大・NICT・東北大・東大・JAXA・大阪府立大)



サブミリ波分光計(Submillimetre Wave Instrument:SWI)は600GHz 帯と 1200GHz 帯における放射を受信するヘテロダイン分光計である。ガニメデ/エウロパなど氷衛星における大気組成を同定することにより、氷衛星のハビタビリティに迫る。また、地表面氷、木星大気の風速・気温・分子の観測を行う。アンテナは口径30cmの主鏡を持ち、約 0.057 度(1.2THz)のビーム幅を実現する。SWI 国際チームにおける日本チームの分担はアンテナ開発である。反射鏡やその支持構造は木星圏の強力な放射線による劣化を避けるため、複合材を用いずアルミニウム合金で製作することを検討している。

SWI Science

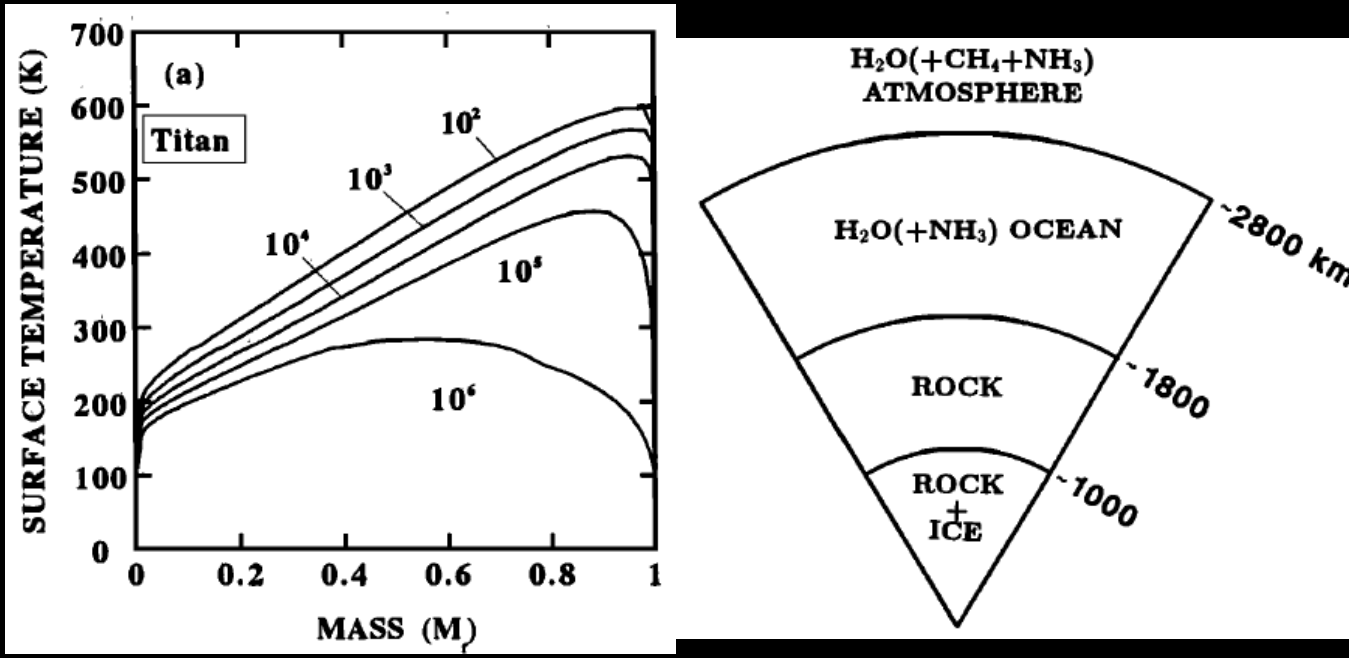
Goals	Science objectives	SWI objectives
S1. Exploration of the habitable zone: Ganymede, Europa, and Callisto	S1-1 : Characterise Ganymede as a planetary object and possible habitat	Structure, dynamics and composition of atmospheres/exospheres of Galilean satellites
	S1-2 Explore Europa's recently active zones	Important isotopes in the atmospheres of Jupiter and the Galilean satellites
	S1-3 : Study Callisto as a remnant of the early jovian system	Thermophysical properties of Ganymede and Callisto surfaces
S2. Explore the Jupiter system as an archetype for gas giants	S2-1 : Characterise the Jovian atmosphere	Structure, dynamics and composition of the Jovian stratosphere from 400 to 0.01 hPa. <i>Direct wind measurements!</i>
	S2-2 : Explore the Jovian magnetosphere	No contribution
	S2-3 : Study the Jovian satellite and ring systems	Remote sensing observation of Io's atmosphere and surface

Importance as an "ocean planet": planetary processes and chemical evolution
→ Comparison of Ganymede and Callisto (and Titan, Enceladus...) chemical reactions in the deep ocean

Similarity in size and difference in thermal evolution between them allow us to understand planetary processes

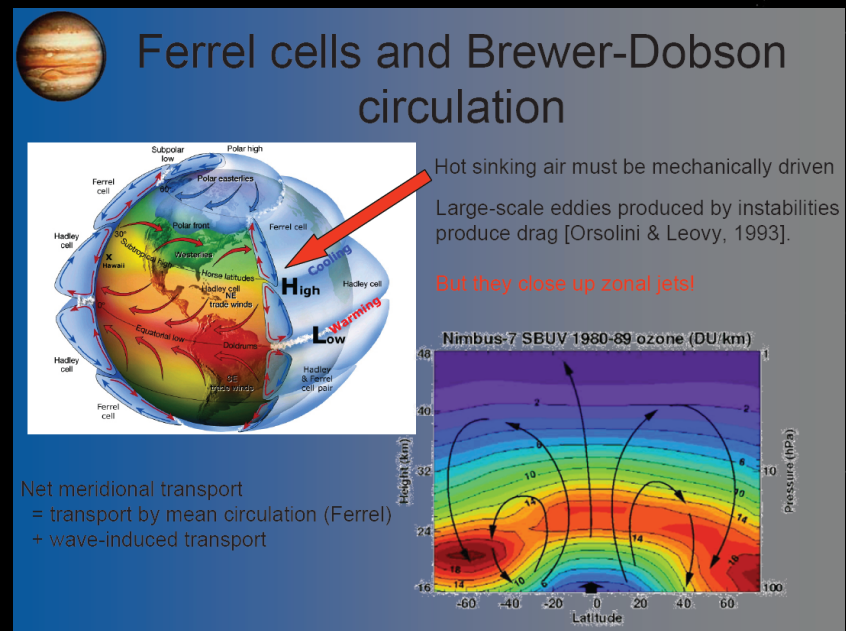
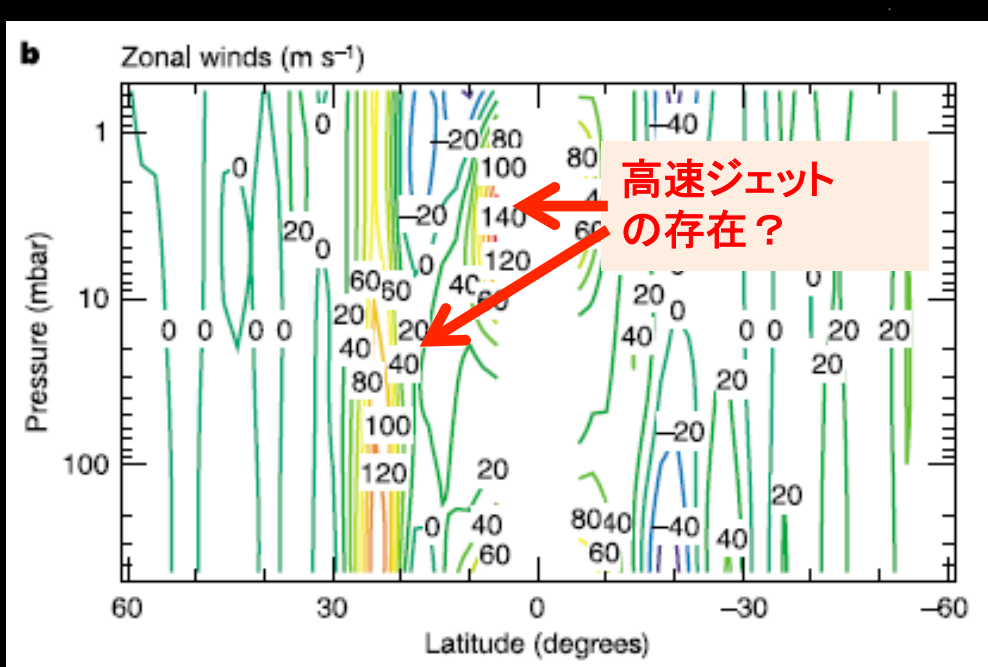
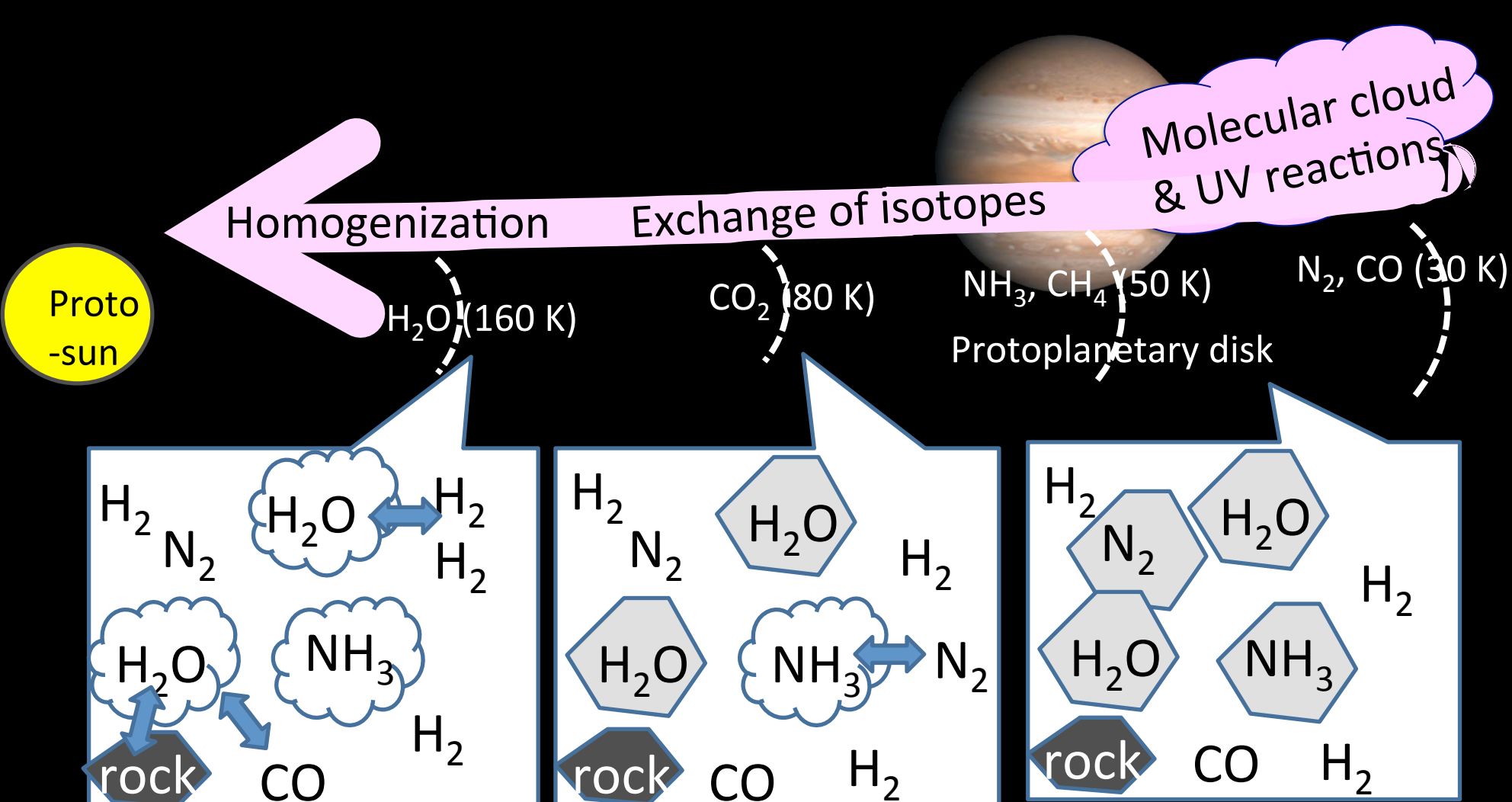
Deep-water magma ocean on Ganymede during accretion?
Active water-rock interactions? → **O isotopes**
Massive escape of proto-atmosphere → **D/H ratio**
Chemical evolution (organic synthesis) on Ganymede?

Formation model of large icy satellite
(Kuramoto & Matsui, 1994)



Isotopic compositions of ice at Jupiter

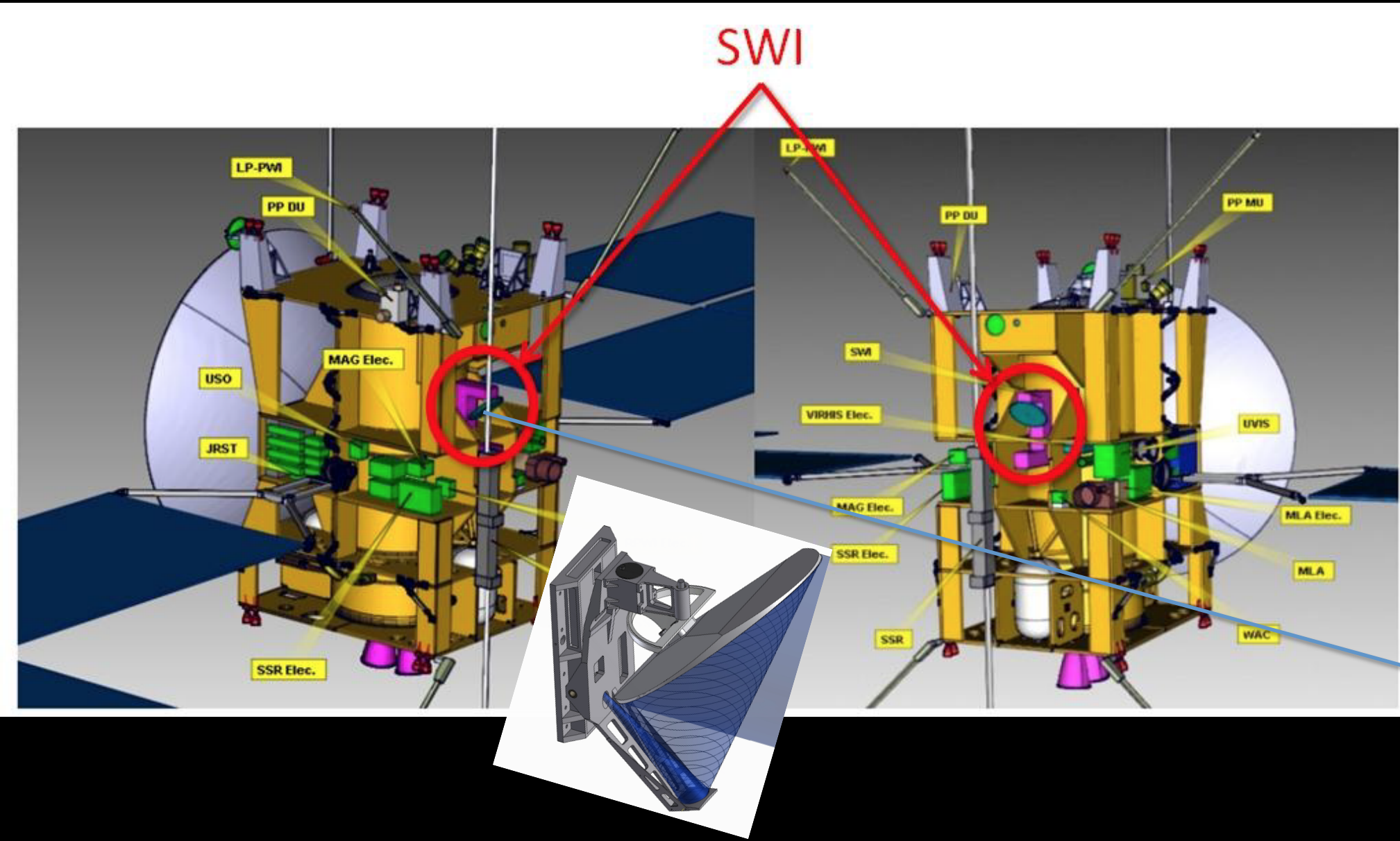
Snowlines & isotopic exchanges in the solar nebula → Indicator of the disk conditions



風速の直接観測
気温と微量成分の3次元構造

対流圏 ⇄ 成層圏 ⇄ 熱圏におけるエネルギー・物質の循環・相互作用を明らかに

SWI 概要



Scientific requirements of SWI

	Icy moon	Jupiter
Surface	Atmosphere 3-D profiles of temperature, winds, and atmospheric compositions	
Ganymede regolith studies: Determine surface brightness temperatures in 600 and 1200 GHz bands with high spatial resolution	Highly resolved 3-D monitoring of tracers: Search for new species Vertical res. Spatial res. T [K] Doppler winds:	Ganymede/Callisto: 17-O, 18-O, D, O/P, O2 13-C, NH3, CH3OH, H2CO, CN, C3N, CS, C3S, 1 km 2 – 10 km < 2 K (accuracy) in collisional range 10 m/s SL-9 impact: CS, HCN, CO external oxygen/water supply of uncertain origin CH3OH, H2CO, HC3N, CH3CCH halides(HCl...)... 17-O, 18-O, D, 13-C, 15-N, 34-S(HCN, CO, CS) ~ scale height < 5 degrees, < 5K Direct (Doppler) wind measurements (3-D): 10 m/s accuracy (CH4, H2O)
Constrain amplitude and phase of thermal wave within the first centimeter of the regolith		
Determine thermo-physical properties of the regolith		
Correlate surface features with atmosphere features		

Basic specification of SWI

観測性能	観測周波数 システム雑音温度 (T _{sys}) 空間分解能(水平分解能)	600 GHz 帯 (~530 – 600 GHz), 1.2 THz 帯 (~1.075 – 1.275 THz) 1500 K (DSB, 600 GHz 帯), 3000 K (DSB, 1.2 THz 帯) (目標値) 1000 – 2000 km @ 15 RJ, (0.5–1.0 km @ 500 km)
アンテナ系	主鏡のサイズ ビーム幅 表面精度 駆動範囲	直径 30 cm 約0.11° @ 600 GHz, 約 0.057° @ 1.2 THz < 6 μ m r.m.s 軌道面内方向 (along-track): -65° ~ +65° 軌道面に直交する方向 (cross-track): -4° ~ +4° ショットキー・バリア・ダイオード
受信機	ディテクタの形式 積分時間	1 – 300 秒 (TBD)
分光計	形式 観測帯域 周波数分解能	広帯域分光計 (ACS), 高分解能分光計 (CTS) ACS: 5 GHz, CTS: 1 GHz ACS: 19.5 – 4.9 MHz (256–1024 ch), CTS: 0.1 MHz (10000 ch)

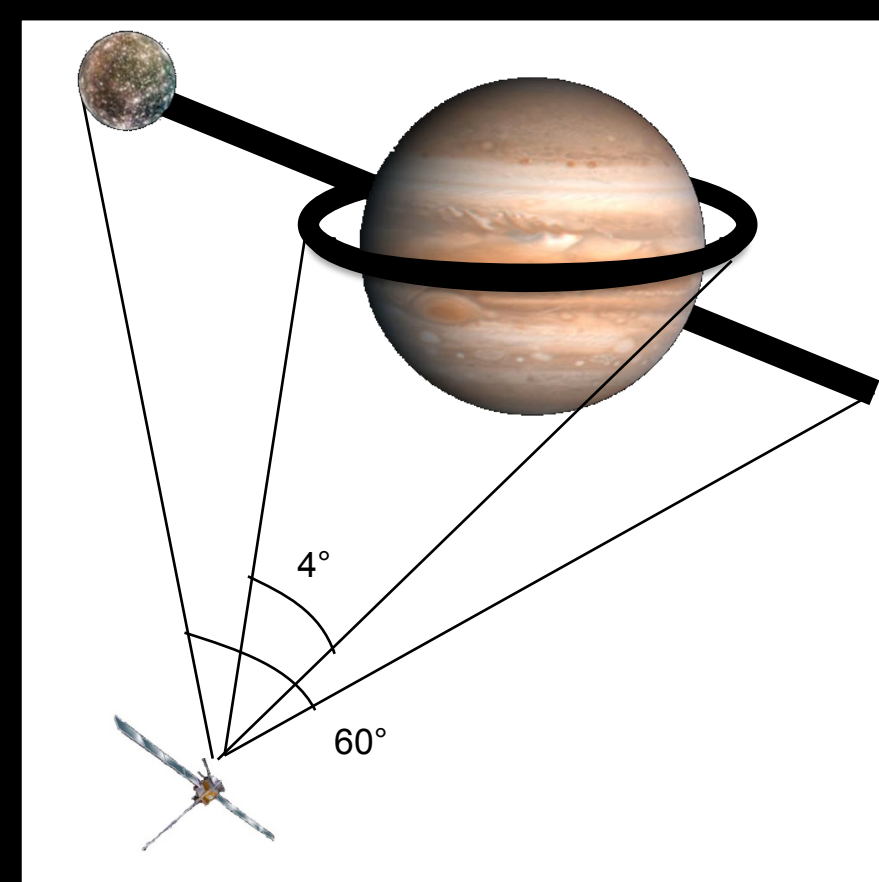
SWIアンテナ系開発

SWIのアンテナはJEM/SMILESで実績があるアルミ合金(A7075-T7351)による熱相似変形則を持つ設計を適用するため、軸受け、締結部品を除く、主鏡、副鏡、第三鏡、支持構造、ギアを全てアルミ合金で製作し、熱による反射面の不規則な変形モードを発生させない設計とする。また同時に、放射線に対して劣化が無い金属面を反射面とすることが出来る。アンテナ光学系概要とスケジュールを以下に示した。

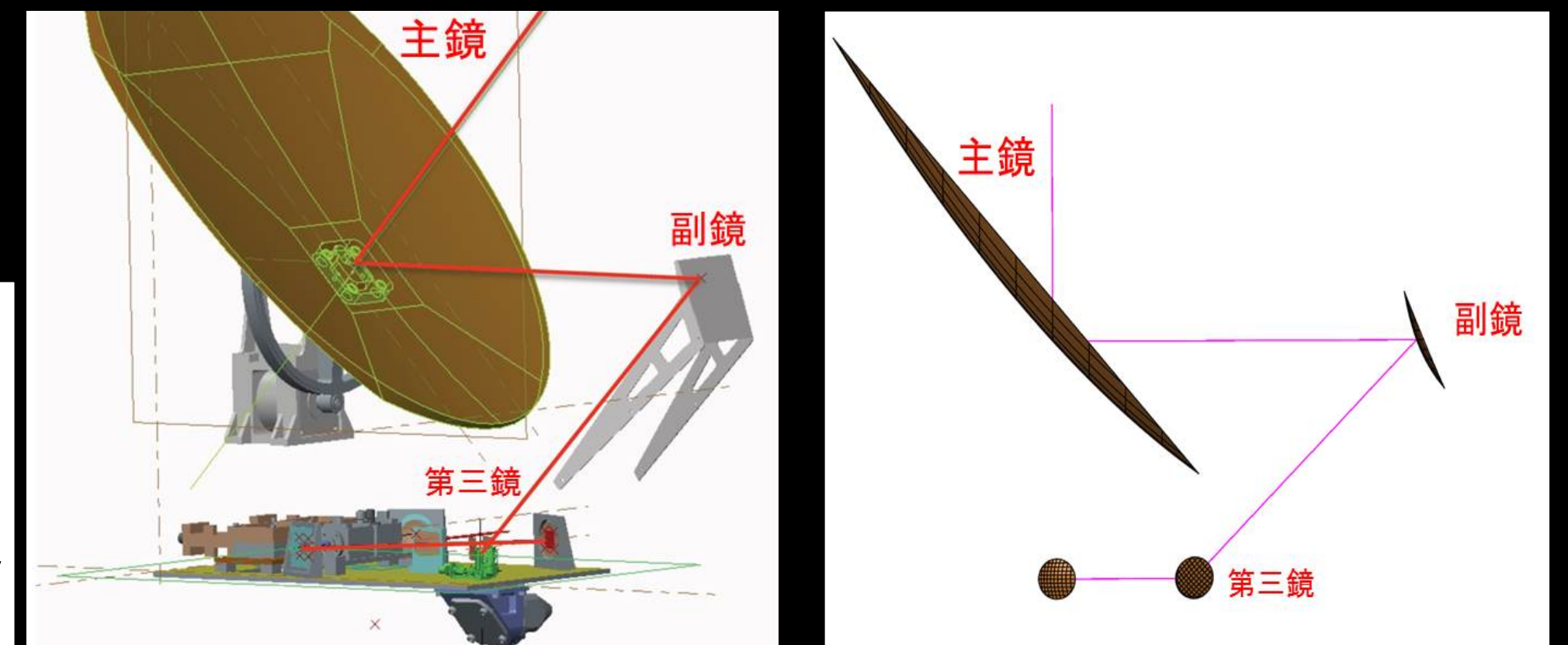


光学系の駆動要求

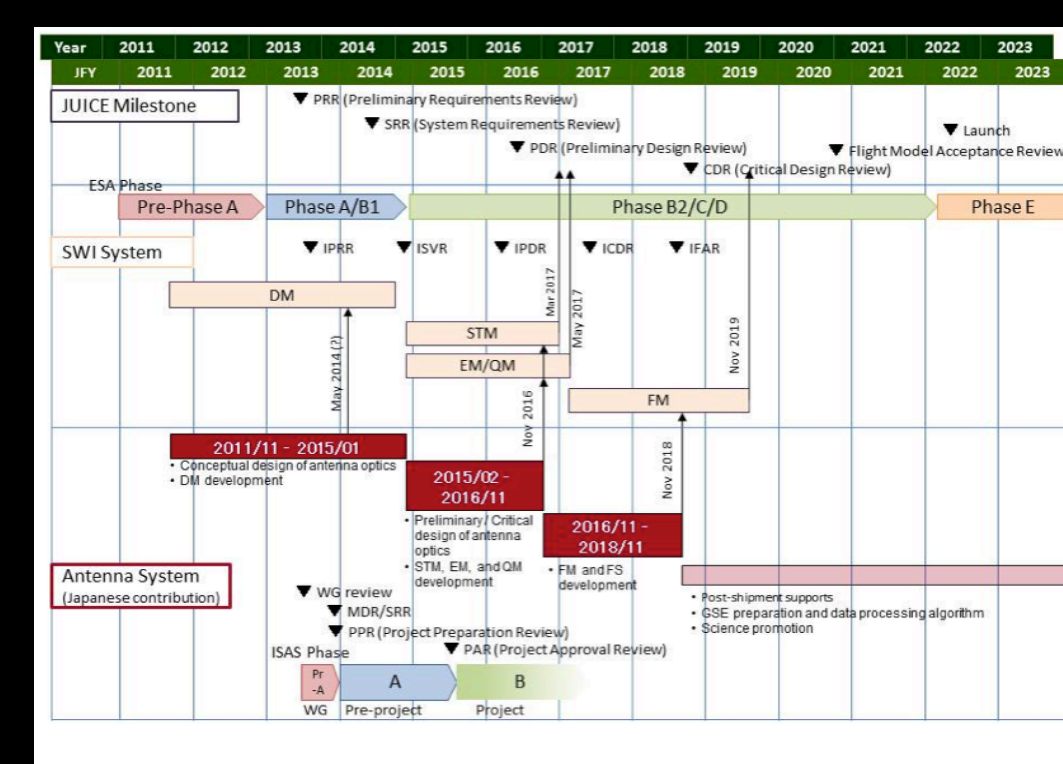
→ Mechanical design driven by optics!
→ Optics design driven by science!



SWIの光学系はアンテナ系(主鏡、副鏡、第三鏡)と第四鏡、ワイヤーグリッド、ホーンからなるシンプルな構成である。受信機の較正は、常温較正源と深宇宙のマイクロ波背景放射を受信することで行う。常温較正源とアンテナのビームの切り替えを行うため、受信機ユニット内に切り替え用のミラーを持つ。600GHz帯と1.2THz帯のビームの切り替えはワイヤーグリッドを用いた偏波選択により実現する。受信機の雑音温度を下げるため、ミクサは放射冷却により120K程度で運用する予定である。



JUICEの打ち上げは2022年、開発モデルはSWIサブシステムとしてDM, STM, EQM, FMの提供が要求されている。



体制

