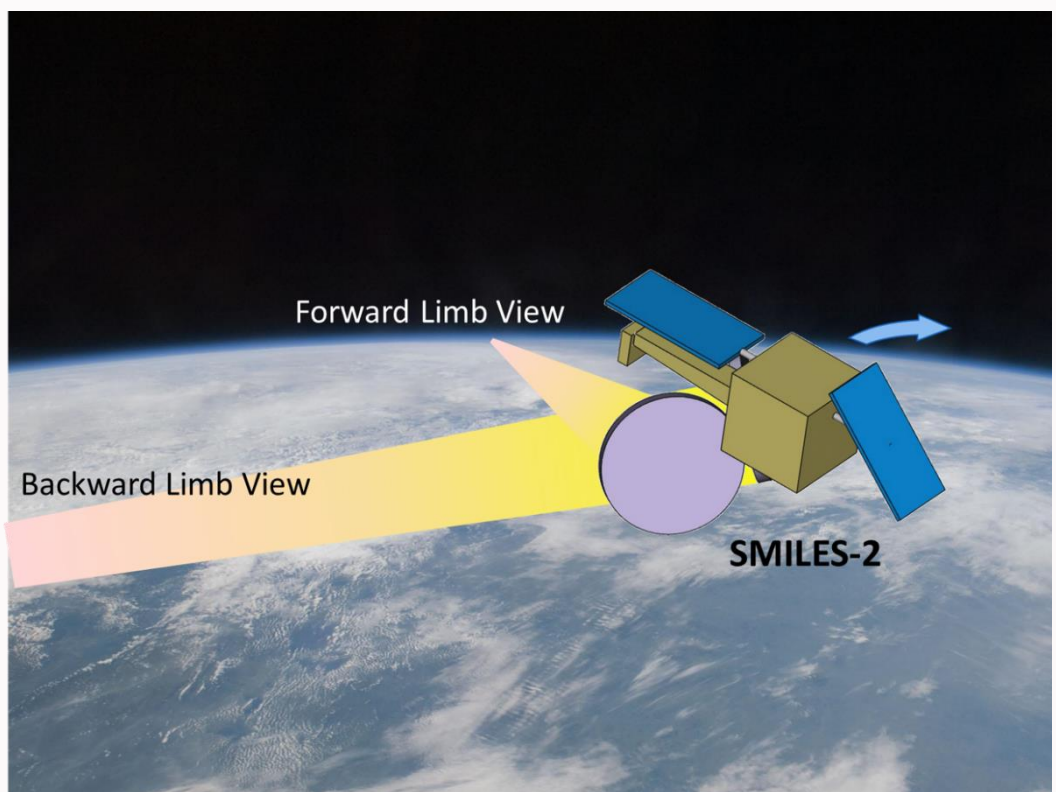


SMILES-2機器検討状況

落合 啓、鵜澤 佳徳、入交 芳久、Philippe Baron (NICT)、西堀 俊幸 (JAXA)、
真鍋 武嗣、前澤 裕之 (大阪府大)、水野 亮、長浜 智生 (名古屋大)、
鈴木 睦 (JAXA)、塩谷 雅人 (京都大)

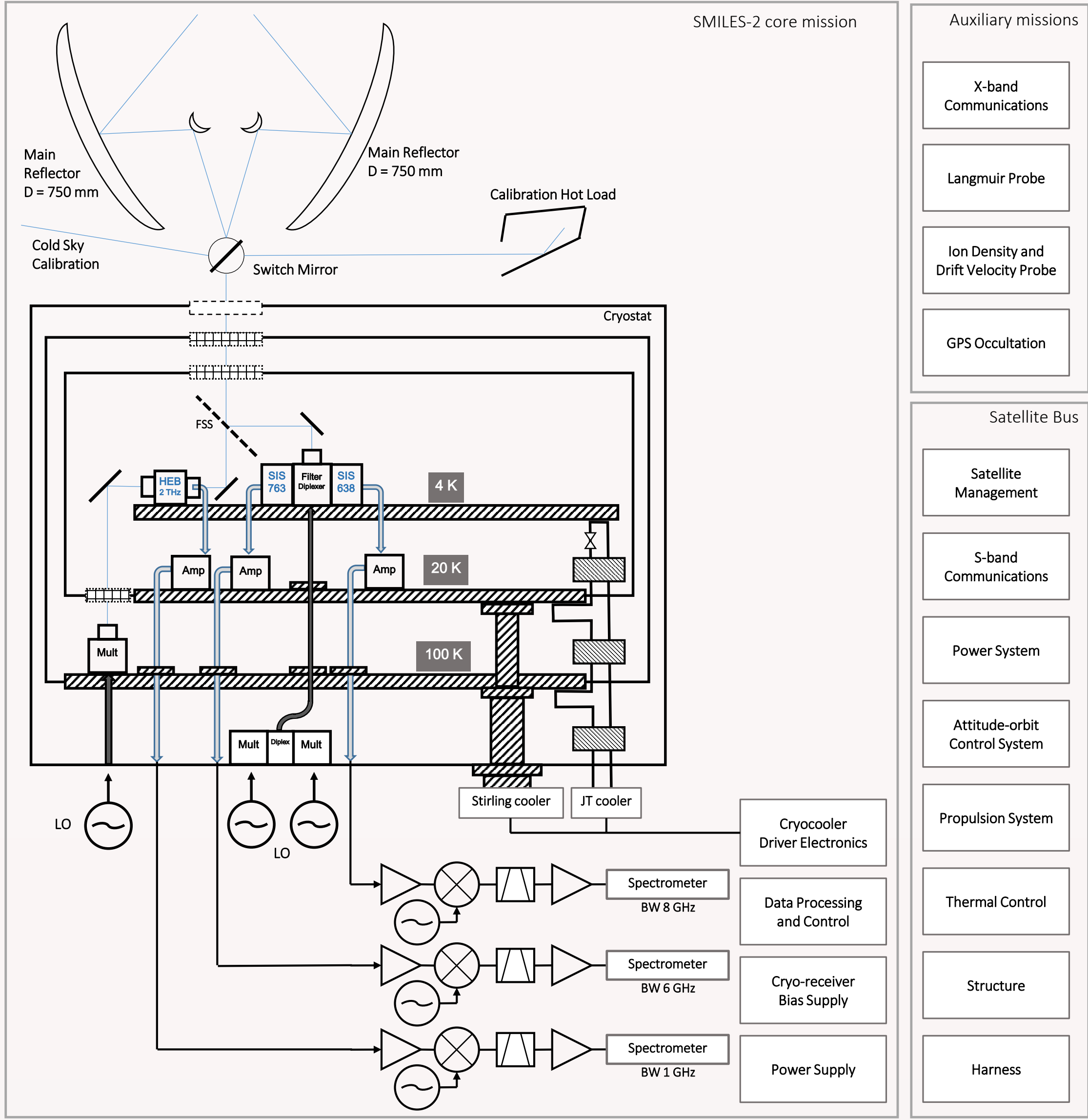


概要

SMILES-2は、成層圏・中間圏・下部熱圏の地球大気からのサブミリ波のリム放射を分光観測するための、超伝導ミクサによるヘテロダイン受信機である。JEM/SMILES(2009年にISSに搭載し観測実施)で実績のある640 GHz帯に2 THz等の周波数チャンネルを加えることで、SMILES-2では観測高度上限をJEM/SMILESより高い下部熱圏まで広げ、対流圏界面より上の全ての大気の鉛直構造を日周変動・化学過程含めて明らかにすることができる。超伝導受信機を4 Kに冷やし衛星上で5年間(目標)運用するための冷凍機が、大きなリソースを必要とするので、電力確保・排熱等のリソースについて小型科学衛星で実現可能かの検討を進めている。

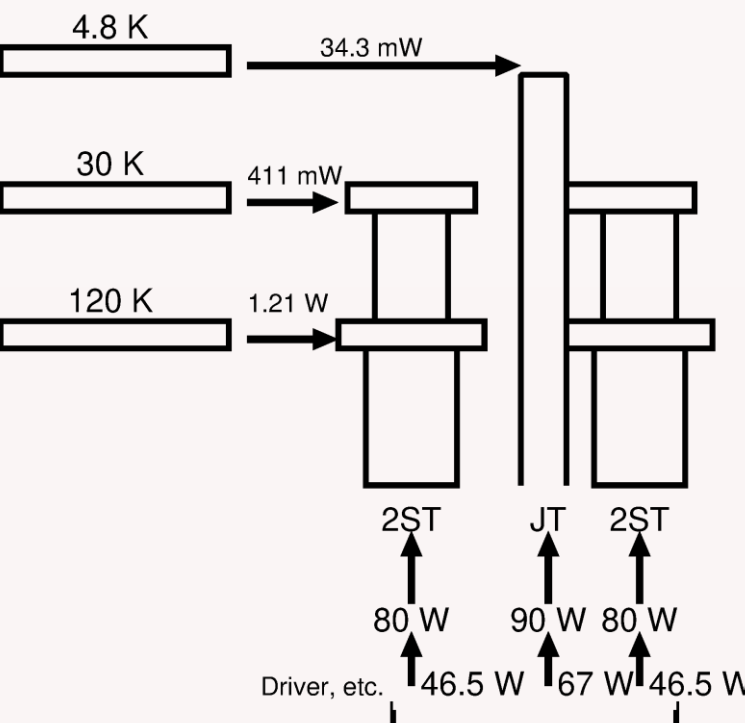
システム構成

SMILES-2のコアミッションは3系統のサブミリ波超伝導受信機である。ほぼ直交する2方向を向いたアンテナで受信した大気リムからのサブミリ波信号を、クライオスタット内の3つの超伝導ミクサ(HEB, SIS763, SIS638)でマイクロ波の中間周波数に変換し、数GHzのバンド幅の分光計で0.25秒毎にスペクトルデータを得る。



サブミリ波アンテナ	13.7 kg
クライオスタット	48.4 kg
冷凍機コンプレッサ	32.3 kg
冷凍機ドライバ	24.0 kg
受信機バックエンド	11.6 kg
構体系・計装系	18.0 kg
追加ミッション	5.0 kg
ミッション部合計	153.0 kg
バス部合計	336.4 kg
推進	33.0 kg
衛星システム合計	522.4 kg

受信機4台の場合の推算



冷凍機の入力電力

SMILES-2の受信機として次の周波数帯を選んでいる。

SIS638 LO=638.075 GHz O₃ H₂O HCl ClO HO₂ BrO N₂O NO NO₂ HNO₃ H₂CO HOCl

SIS763 LO=763.5 GHz O₂ H₂O O₃ N₂O NO NO₂ HO₂ BrO HNO₃ HOCl ¹³CO

HEB LO=1836-2059 GHz O OH O₃ HO₂ NO₂ HOCl

SIS638とSIS763のLO周波数は固定、HEBのLO周波数は可変。

いずれもサブミリ波ミクサはDSB(double sideband)。

SIS763の代わりに、LO=566.5 GHzのSISを使用する構成も検討している。

SIS638, SIS763, HEB: COを測れない、技術的な難易度が少し高い

SIS566, SIS638, HEB: O₂のラインを含まない

また、後者の組合わせにO₂ラインを含むLO=507 GHzのSISを加えた4台の受信機による構成も検討している(cf. [SOLA\(2017\) 13A-003](#))。

追加ミッション

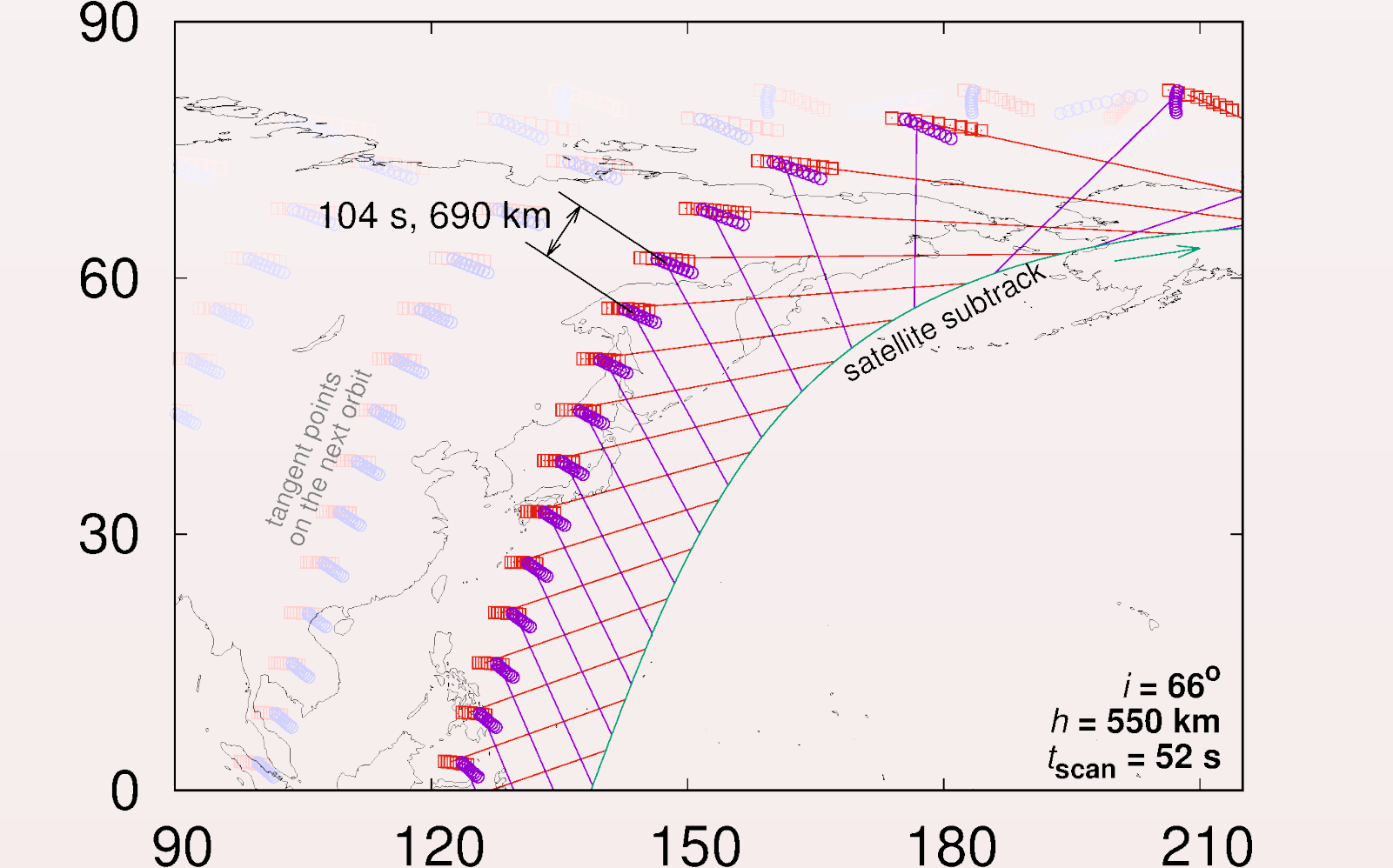
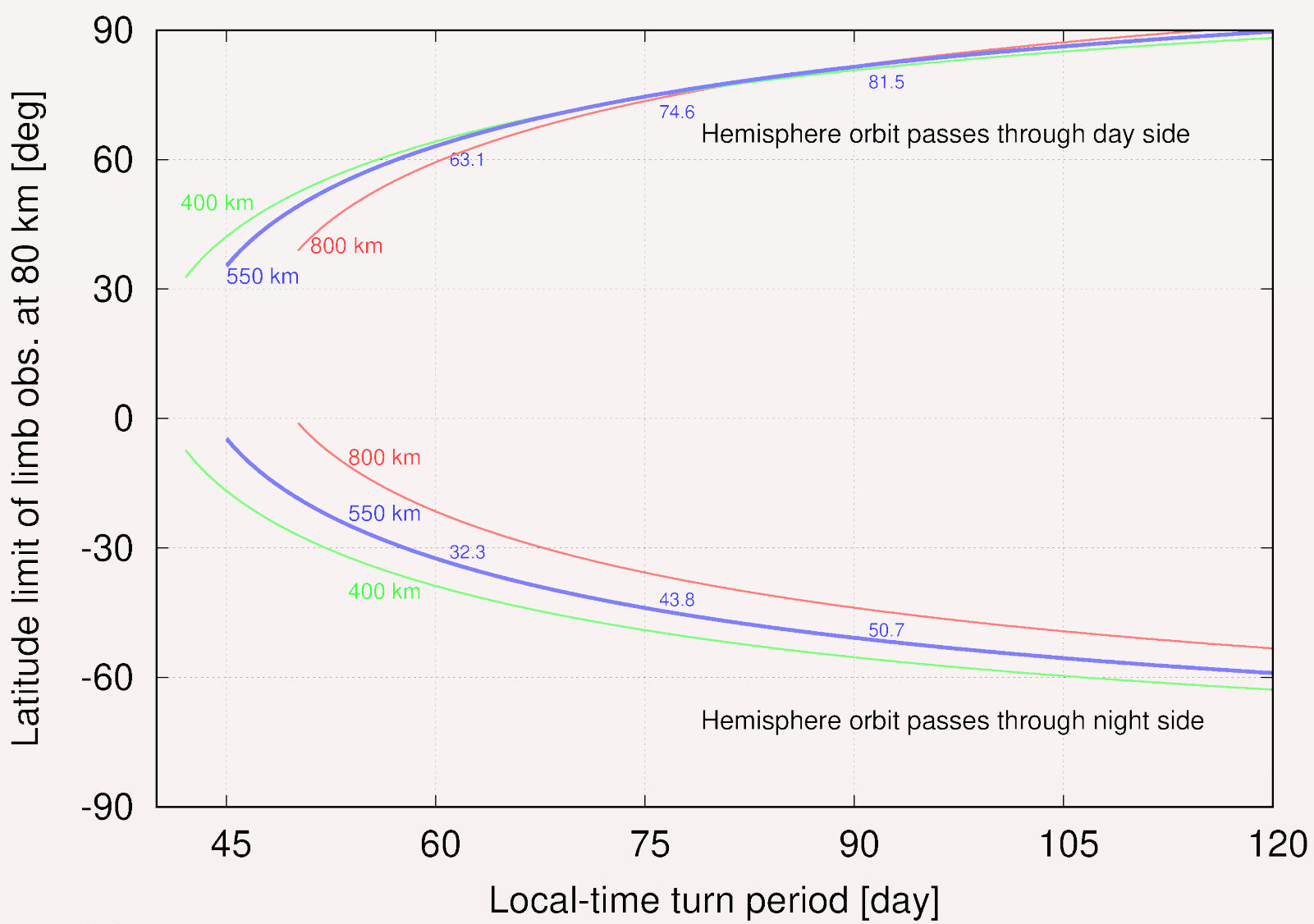
サブミリ波で観測する中性大気と相互作用のある電離大気を観測するために、衛星でのその場観測による電子密度・温度、イオン密度・ドリフト速度等を測るプローブ、リモートに電子密度等を観測するGPS受信機等を搭載することを検討している。

軌道要求

SMILES-2の軌道は太陽非同期でなければならない。緯度81度まで観測でき、ローカルタイムは約3ヶ月で24時間変化する高度550 km、軌道傾斜角66度の円軌道を考えている。

観測要求

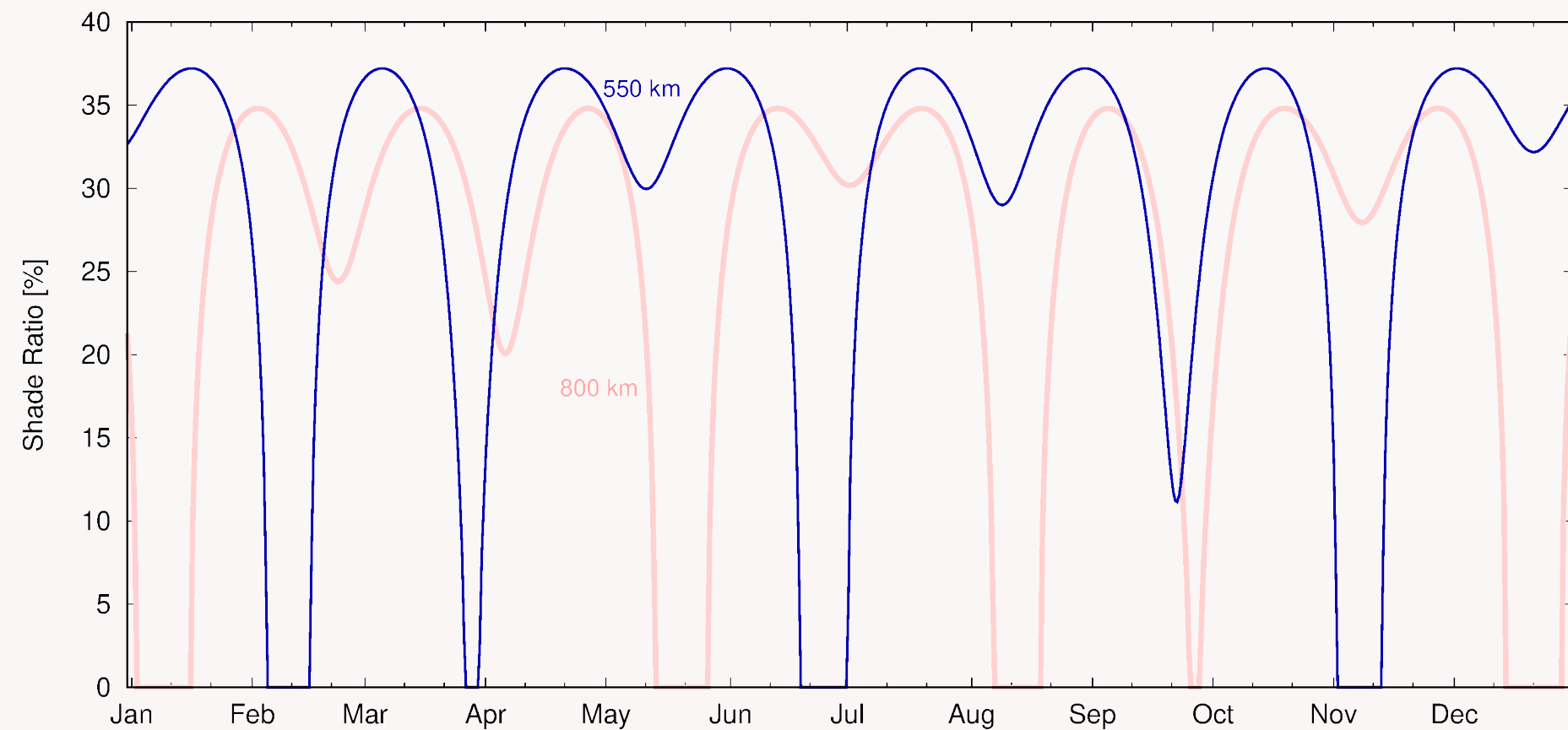
観測は昼夜連続して行い、衛星の姿勢を動かすことで、大気リムの高度方向20 km～200 kmを104 s周期でスキャンする。前方斜め45度方向のアンテナと、後方斜め45度方向のアンテナからの信号を切り替えミラーで選択し観測する。



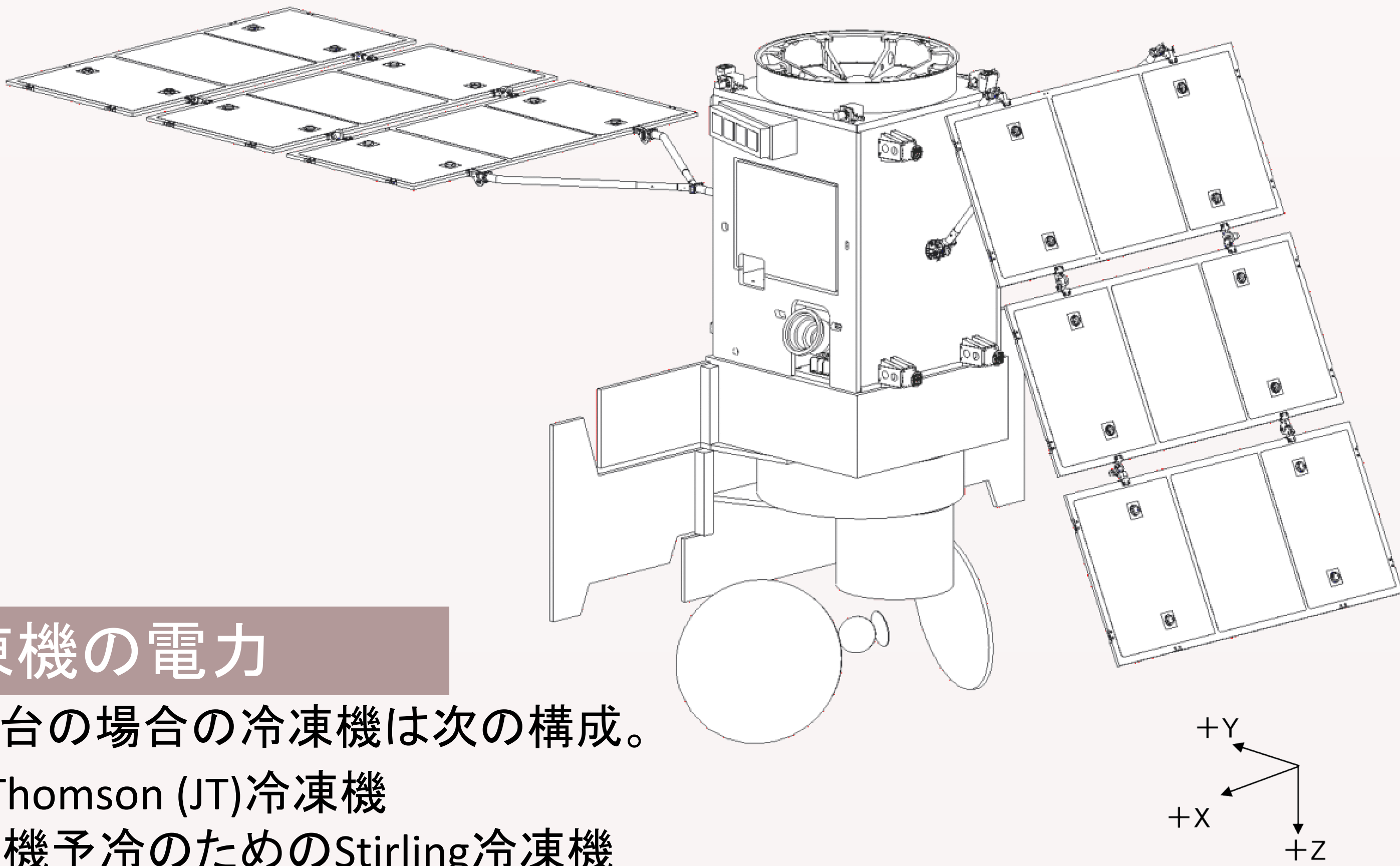
APR出力電力の制限

Array Power Regulator (APR)は、電圧安定化動作により太陽電池パドル(SAP)の発生電力を負荷側へ供給する機器で、小型標準バスの標準コンポーネントでは出力電力の上限は1200 W。SMILES-2は太陽非同期軌道であるため、日陰率が最大37 %になる(軌道高度550 kmの場合)。

電力1040 Wを常時使用する場合、日照中バッテリーを充電するため負荷は1725 WとなりAPRの上限を上回る。日照中の負荷を1200 W以下となるようにするには、バスシステムの消費電力を400 Wとして、ミッション部で利用できる電力は323 W以下となる。電力収支を成立させるには、ミッション部の消費電力を640 Wから320 W程度に低減するか電源構成を新規に開発する必要がある。



冷凍機は受信機4台の場合の推算



冷凍機の電力

受信機4台の場合の冷凍機は次の構成。

Joule-Thomson (JT)冷凍機

JT冷凍機予冷のためのStirling冷凍機

シールド等冷却のためのStirling冷凍機

JEM/SMILESのようにJT冷凍機予冷とシールド冷却を1台のStirling冷凍機で賄えば、上記の消費電力410 Wは284 W程度に減らすことができる。その場合、クライオスタットをJEM/SMILES並の大きさまでの小型化が必須であり、受信機は3系統とする。さらに、ミッション部機器の消費電力の見直しが必要。

冷凍機の冗長

クライオスタットを小型化した場合、クライオスタットと冷凍機コンプレッサの合計は36 kg程度小さい45 kgも可能と期待される。クライオスタットと冷凍機コンプレッサを2台搭載して、片系を予備とし冗長化を図る場合、質量の合計は上記集計よりも9 kg大きくなる。

衛星コンフィギュレーション

2組の3枚パネルの回転翼で、片翼はキャント付とする。衛星進行方向は+Xまたは-X、地心方向は+Zに近い。サブミリ波の2台のアンテナは、+Z側へ25度下を向いた前方後方の斜め方向を向ける。ミッション部の排熱は+Y方向を向けた放熱板による。太陽がZX面より+Y側に来ないように、およそ1.5ヶ月毎に衛星進行方向を+X、-Xで切り替える。

今年度の予定

クライオスタット内の冷却受信機の光学的な配置を検討することで、JEM/SMILES並のクライオスタットで成立することを確認する。SISミクサ入力側に使用することを検討している、サブミリ波の円偏波変換器、LOダイプレクサ、フィルタについて試作し性能測定を実施する。さらに、サブミリ波のLO、マイクロ波の分光計等の消費電力について調査を進め、電力収支の成立することを示す予定である。