

SMILES-2のシステム検討

落合 啓、鶴澤 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 (京大)

概要

SMILES-2は、487 GHzから2 THzの4周波程度の超伝導受信機により地球大気のリムを観測することで、成層圏・中間圏・下部熱圏にわたって高度分解良く、温度、風、各種微量成分の濃度を測定する。小型科学衛星搭載を想定し、4Kに冷却して動作する冷却受信機の搭載可能性の検討と、科学目標を満足する衛星軌道等の検討についての現状を報告する。

ミッションに必要な要件

2009年に640 GHz帯の超伝導受信機により大気リム観測を成功させたJEM/SMILESの構成を元にし、WGではSMILES-2ミッションとして、国外の計画に比べて感度の点で有利な超伝導受信機の搭載、成層圏・中間圏・下部熱圏の全高度範囲の観測、日変化の観測を実現するシステムを検討してきた(cf. 昨年の宇宙科学シンポジウムの資料 <https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/560341>)。そのようなシステムにより科学目標を達成するには、次の要件を満たす必要があると考えている。

- 2 THz帯を含む数チャンネルの超伝導サブミリ波受信機の搭載
- 機械式4K冷凍機による受信機の冷却
- 受信機台数分の0.5~1 MHz分解、4 GHz(または8 GHz)幅の分光計の搭載
- 開口径が1 m級のアンテナの搭載
- リム高度方向にスキャン(5度程度)が可能であること
- リム高度方向の姿勢決定精度が5秒角程度であること
- 軌道は太陽非同期
- 80N以上の極域も観測できること

- 485 - 489 GHz } DSB rx
- 523 - 527 GHz } SSB rx
- 556 - 558 GHz } SSB rx
- 623 - 627 GHz } DSB rx
- 648 - 652 GHz } DSB rx
- 1.8 THz } LO switching
- 2.06 THz } LO switching
- それぞれ0.5 MHz-resol.で分光する

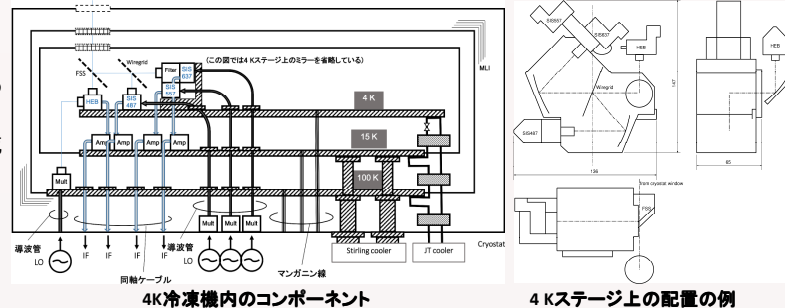
さらに、次も実現できると望ましい。

- アジマス方向に異なる2方向を観測できること
- リム高度方向のスキャンは1分以内であること

これらを満たすミッションペイロードを、できるかぎり小型科学衛星標準バスを用いた衛星に搭載できるように検討を行っている。

4K冷凍機搭載性の検討

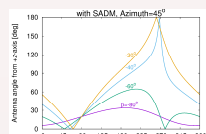
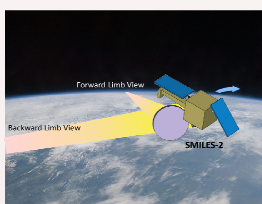
SMILES-2ミッションペイロードのうち、4K冷凍機は、電力消費、重量でもっとも大きな部分を占める。SMILES-2では4台の超伝導ミキサを4 Kに冷却することを計画している。625 GHzと650 GHzの2台の超伝導ミキサを搭載したJEM/SMILESの4Kステージの構造から拡張した図のような構造で実現できると考えている。この構造の詳細、4K冷凍機に必要な電力、重量等は今年度検討を実施している。



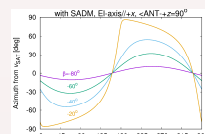
リム方向に向けたアンテナのスキャン

アジマス2方向のリムを観測するアンテナを搭載するには、地心と衛星進行方向に対して姿勢を一定に保つ(またはリム高度走査のためのマヌーバをする)必要があるため、太陽非同期軌道で太陽電池パドル(SAP)を効率よく利用するにはパドル駆動モータ(SADM)が必要になる。下の表の「高β用を含む大型回転2翼」であれば良いが、小型科学衛星標準バスにそのような構成は無い。4K冷凍機に見込まれる消費電力では3枚2翼のSAPを太陽方向に正対させる必要がある(標準バスではSADM搭載不可)。想定されるSAP構成に対する、可能なリム走査の関係を次表にまとめた。今後、4K冷凍機の消費電力の見積もりを詰めながら、可能なSAP構成、リム走査範囲等を検討する。

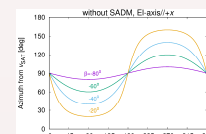
SAPの構成	高β用を含む大型回転2翼 (標準バスには無い)	2枚2翼SADM有 (標準バス)		3枚2翼(固定) (標準バス)	
アンテナの操舵	EI軸を衛星のローカル水平面内	X軸をEI軸として駆動	駆動なし	X軸をEI軸として駆動	駆動なし
アジマス方向	自由に選択	自由に選択	α, βによって変化	α, βによって変化	α, βによって変化
アジマス2方向観測	容易に構成可能	可能	前後2方向のように選べない	前後2方向のように選べない	困難
アンテナ駆動範囲	スキャンに必要な角度幅	-90° ~ +90°程度に操舵が必要	なし	-180° ~ +180°程度に操舵が必要	なし
電力の確保	SAPが大きければ○	×		△	
STTの向き	STTの視軸にEI軸を直交させる	STTをx軸に直交するよう調整	STTをx軸に直交するよう調整	STTをx軸に直交するよう調整	アンテナとSTTの視軸を一致
観測偏波	解析容易	観測毎に異なる(光学系によっては一定偏波も可能)	観測毎に異なる(光学系によっては一定偏波も可能)	観測毎に異なる(光学系によっては一定偏波も可能)	観測毎に異なる



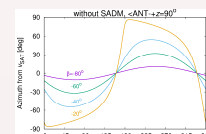
アンテナ角の例



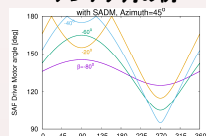
アジマス変化の例



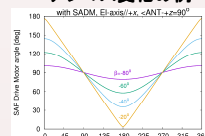
アンテナ角の例



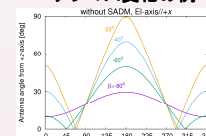
アジマス変化の例



SAP角度変化の例



SAP角度変化の例



アンテナ角の例

まとめ

SMILES-2を具体化するため、ミッションペイロードの構成と衛星軌道を検討した。アンテナスキャンの方法、観測方向、観測高度・緯度範囲等については科学目標と調整が必要である。今後、4K冷凍機の検討結果をもとに衛星システムの実現性、重量、消費電力、概要の設計等の検討を進めていく。