

小型JASMINEの 検討状況



矢野太平、郷田直輝、小林行泰、初鳥陽一、増本博光、(国立天文台)山田良透(京大理)丹羽佳人(東大工)、小柳 潤、藤原 謙 (ISAS/JAXA)、對木淳夫、(SE推進室/JAXA)、宇都宮真、安田 進、佐藤洋一 (DE部門/JAXA)、他、JASMINE-WG

小型JASMINE

赤外線位置天文観測衛星で、バルジ領域1平方度数箇所について、星の位置、年周視差、固有運動を10 μasの精度で測定する。銀河系バルジの起源や形成史、さらに星形成史に迫る。

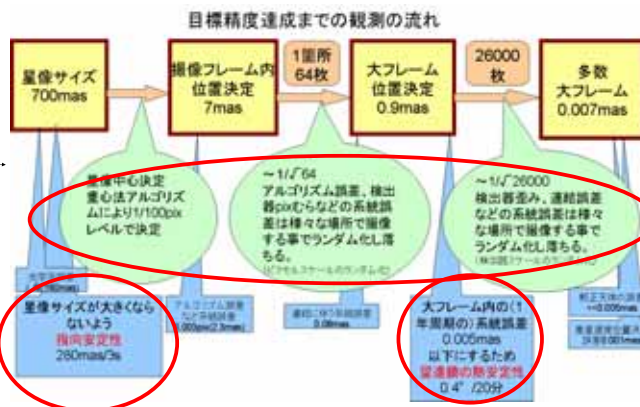
小型科学衛星3号機ミッション提案を目指し検討中

目標精度達成までの流れ

- 黄枠:** 光子数蓄積に従い観測精度が上がっていく様子
- 緑枠:** 誤差が減少していくために必要な原理
- 青枠:** 一連の流れを達成するために各ステージに必要な要求

重要検討項目: 赤枠で示した箇所がミッション成立のカギとなる

- 重要課題1: 望遠鏡熱変動特性
- 重要課題2: 望遠鏡の指向安定性
- 重要課題3: 星像中心決定



Hwバンドの検討

中心波長2ミクロン (Kwバンド) を用いる観測を考えてきたが、中心波長1.4ミクロンを用いる場合 (Hwバンド) の検討を昨年度より開始している。これまで基準等級Kw = 11mag をターゲットに考えてきたが、基準等級Hw = 11.5magとすれば、銀河中心領域のごく一部を除いて透色なく観測できることがわかった。一方、Hwバンド観測では1.7 μmカットオフのHgCdTe検出器を用いる予定であり、この場合、170K ~ 180Kといった比較的高温での運用が可能である。すると、高価な冷凍機を使用せず、ペルチェを用いた冷却も可能となる。またこれまでの検討から望遠鏡部の温度は180K ~ 200K (高度600km昇交点地方時6hもしくは18hの太陽同期軌道を想定) となる事が見込まれている。したがって冷凍機もペルチェも用いず、望遠鏡、検出器部を同一温度で運用するという可能性も残されており、現在検出器部分の熱設計をおこなっているところである。

発熱量

Teledyne 検出器 (HAWAII-2RG)、SIDEAR ASIC カタログ値
*チャンネル数1,4,32から選択

検出器	形式	読み出し速度 [kHz]	チャンネル数	消費電力 [mW]
HAWAII-2RG	100	4	(1,4,32から選択)	<0.5
	100	32	(1,4,16,32,64から選択)	<10

SIDECAR ASIC

読み出し速度 [kHz]	チャンネル数	消費電力
100	32	<150mW

*読み出し速度500 kHzまで@16bit

検出器HAWAII-4RGで100 kHz、チャンネル数64を用いるとする。このとき1ピクセルあたり100k/64/(4096 x 4096)=0.38Hz (2.6秒に1画像読み取り)となる。

検出器発熱量について

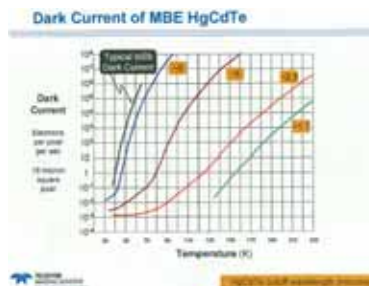
チャンネル数2倍(32ch → 64ch)で消費電力2倍とすると
10 x 2 = 20mW
露出7秒の間に、読み出し2.6秒を繰り返すとすると、読み出す間のみ電力を食うとして、平均的な消費電力は
20mW x 2.6 / 7 = 7.4mW

読み出し回路発熱量について

資料より 150mW
露出7秒中、読み出し2.6秒を繰り返すとすると、読み出す間のみ電力を食うとして、平均的な消費電力は
150mW x 2.6 / 7 = 56mW
32chしかないので2台準備するとする。
消費電力56 x 2 = 112mW

検出器動作温度

ダークがReadout ノイズを上回らない範囲で温度を定める。1回積分時間は7秒なので、160Kでもダークは20e-程度、ノイズ5e-程度となる。170Kでダーク70e-程度、ノイズ9e-程度。180Kでダーク400e-程度、ノイズ20e-程度。Readout ノイズ ~30e- 160K ~ 170Kで運用可能、180Kでも許容可能性あり。



望遠鏡検出器部分今後検討手順

- まずは望遠鏡部境界条件200Kとし、
1. ペルチェからの熱量を見積もり、(ペルチェ発熱込みで)ラジエーターをつけずに排熱できるかどうかの検討
 2. ラジエーターを設置しそれを含めて熱設計が可能かの検討をおこなう。さらに
 3. 望遠鏡部全体の検討から同一温度(ペルチェなし)運用可能かの検討 (ノミナル170K、最悪180Kとして検討する)

パプルの検討

観測時間を地球周回中50%を確保するため観測コーン角を23度に設定することを要求している。いっぽう、十分な遮光対策のため2段パプルが望まれるが、観測コーン角23度を満たす2段パプルはフェアリングに収めるのが困難である。そこで、十分遮光対策可能なパプル形状の検討を行っているところである。

重要検討課題

1 望遠鏡熱変動特性

望遠鏡部は熱的に安定に保つ必要がある。望遠鏡熱歪みによる画像変動量は展開回数24回まで連結領域の星の情報から解き、それより高次は十分小さいとして無視する想定。こうしたアルゴリズムが想定通り機能するかを検討し、うまくいく見込みがつけられた。

2 指向安定性

積分時間7秒の間に星像がおおよそ1ピクセル以上振動してはならないという条件から、200mas / 7s を要求する。衛星単独でこの指向安定性を出すのは困難なため、Tip-Tiltミラーを用いて像の安定化を図る。

3 星像中心決定

10 μas精度を達成するため、PSFサイズの10-5程度の位置決めが必要。こうした高精度位置決定が多数のデータから本当に可能なのかの実証実験を水沢の実験装置にて実証実験中。

観測領域

これまでの年周視差10 μasを達成する1度四方程度の領域(領域1)に加えて、固有運動 ~ 50 μas/yrを達成する3度四方程度の領域(領域2)を観測する予定である。校正天体として、VERAで観測されるメーザー源を利用する予定。

光学系	コルシユ(3枚鏡)
主鏡口径	30cm
焦点距離	6.9m
検出器	HgCdTe (1.7 μmカットオフ)
鏡材	合成石英、CFRP
構体	CFRP

熱設計

インハウスにおいて検討している熱設計とNECより提案されている熱設計の案がある。今後、両者を比較し一方に絞込みを行う。

仕様、要求整理

仕様整理

連結枚数	4 x 4 (region1) 10 x 10(region2)
基準等級(さちる等級)	11.5等(9等)
1枚撮像時間	7s
連続撮像回数	16回
大フレーム観測時間	45分(280mas/3s: 16回連続)
ミッション期間	1年+後期運用
要求整理	
指向安定性	200mas/7s
熱安定性	10nm/45分(1K/45分@TF10)
軌道	600km地球周回軌道(太陽同期)昇交点地方時6h、18h
姿勢制御精度	0.1度
姿勢マヌバ+静定	0.3度を30秒
通信	2Mbps (全データ85Mbps)

	インハウス案	NEC
設計の主眼	望遠鏡全体をできるだけ低温状態に維持する	望遠鏡の温度変化をできるだけ小さく。
熱設計	デュオ外部構造の外部熱環境としてのシンク温度が最も低くかつ安定している領域(面)を切り取り、その領域で望遠鏡と外部熱環境の熱結合を大きくし、望遠鏡全体を低温状態に持つ。	望遠鏡全体をデュオ構造として特定数を大きくし、外部熱環境変動による望遠鏡の温度変動を低く大きくする。デュオ外部構造を低くするために、太陽光直射熱入力はサンシェードでカットし、デュオ外部構造表面は、低ノイズの放射材料(例: 撥熱性テフロン)を塗布し、地球アルベドの影響を小さくすることにより、デュオとしての熱放射率を向上。外部構造はアルミと樹脂の均一化を図っていかせしめたい。
不利な点	外部環境の変化を受けやすい。温度安定性が中程度ではない。	内部熱変動に関しては排熱能力が小さい(10%)なので、望遠鏡内に熱源がある場合(発熱量や検出器動作)には、低温化や温度安定性は悪いかもしれない。(例: TF10)
構造	光学ベンチが主構造で、支持構造を介して衛星に取り付けられる。衛星からの熱伝導による熱入りに際しては、外部構造がサーマルアンカを確保しているが大きいと考えられる。内部構造は光学系のカバーとして光学ベンチに機械的に結合されている。外部構造は支持構造により衛星に取り付けられている。外部構造と内部構造は機械的、熱的な結合はない。光学系は光学ベンチの放射面に対しては熱的に取り付けられ温度を低下させる設計になっていると考えられる。	デュオ外部構造が主構造で、支持構造を介して衛星に取り付けられる。衛星からの熱伝導による熱入りに際しては、外部構造がサーマルアンカを確保しているが大きいと考えられる。内部構造は光学系のカバーとして光学ベンチに機械的に結合されている。外部構造は支持構造により衛星に取り付けられている。外部構造と内部構造は機械的、熱的な結合はない。光学系は光学ベンチの放射面に対しては熱的に取り付けられ温度を低下させる設計になっていると考えられる。