



小型JASMINEの総合システム

山田良透¹⁾、郷田直輝²⁾、小林行泰²⁾、矢野太平²⁾、丹羽佳人²⁾、鹿島伸悟²⁾、他JASMINE ワーキンググループ

1) 京都大学, 2) 国立天文台,

Abstract:小型JASMINEの24年度の総合システム検討について報告する。
本年度、小型JASMINEではバス部に対するコストインパクトを低減する検討を中心に検討を行ってきた。昨年度までの検討でバス部にコストインパクトを与えることが想定される部分を洗い出した結果、指向制御鏡(TTM)の使用、姿勢制御精度要求などいくつかの問題点の候補が挙げられた。誤差バジェットの見直しや誤差伝搬の詳細解析を通じ、TTMは不使用、STTは標準品1個だけ搭載でオプション(2台目)は不要であることなど、バス部へのコストインパクトを与えないシステム構成案を得る見通しがたった。また、科学データ受信には国立天文台水沢の10mアンテナを使用させていただく方向で、水沢のVERA VLBI観測所のグループから大筋了解が得られた。

小型JASMINEのコスト見積もり

小型JASMINEでは、望遠鏡の口径は実績のある30cm程度に抑え、熱の外乱に対する変形が少ないアサーマル構造を用いることで温度安定性要求を緩和した。また、望遠鏡先端につける迷光防止フードの内面処理材は炭素繊維あるいは炭素を練り込んだ導電性繊維等安価に反射率の少ない素材をもちいることで、フード長1m程度ながら高度な迷光防止性能を持つフードができた。近年小型衛星の分野で開発され、実績ができてつつあるXバンド通信機や高精度(搬送波位相をとれる)GPS受信機などを用いることで、大容量のミッションデータの転送、高度な衛星軌道推定を行うことも可能にした。これにより、ミッション部コストは小型科学衛星のコストキャップである10億円以下に抑えることに成功した。

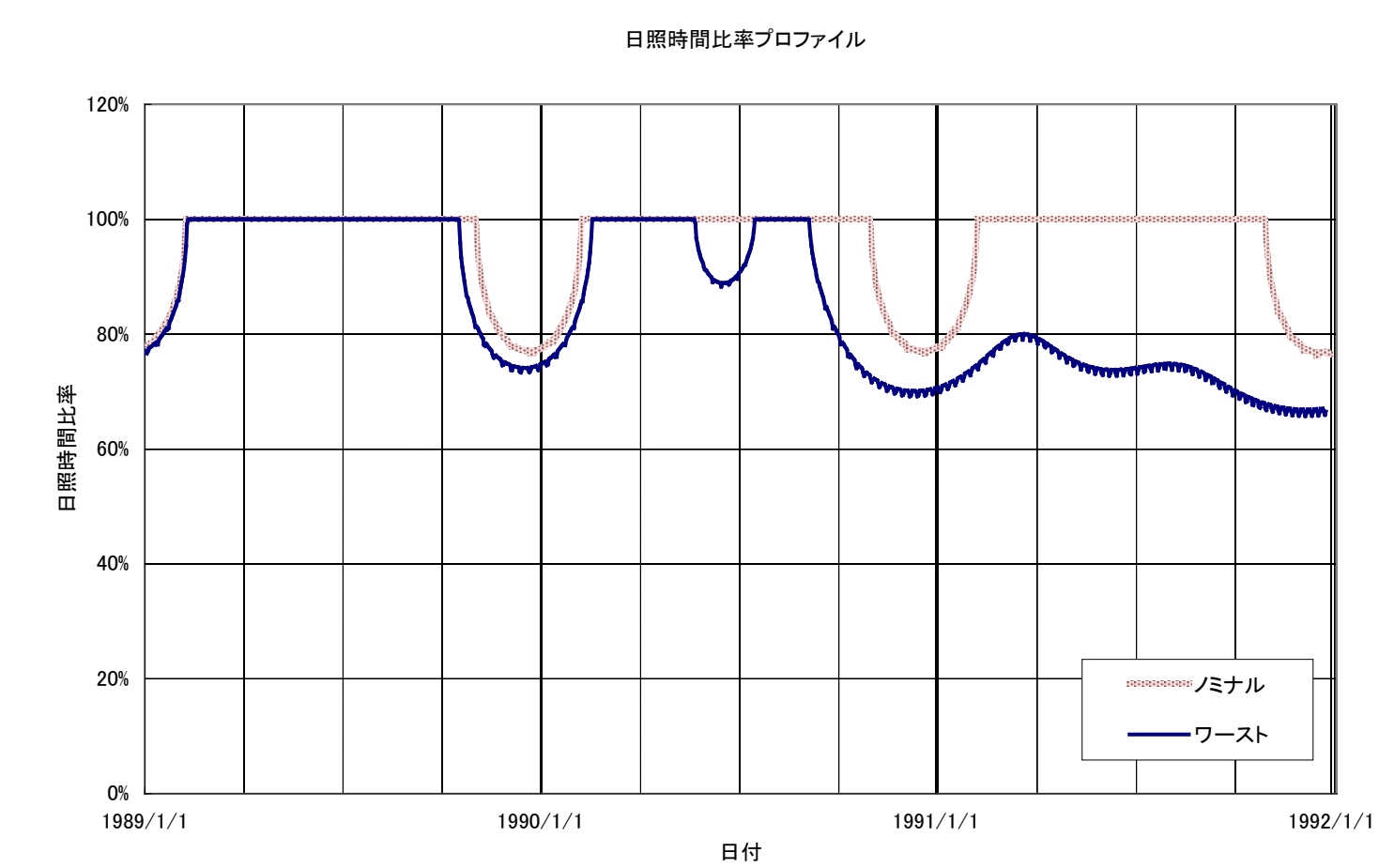
一方、委員会からはミッション部だけの価格ではなく、衛星バスに対してコストアップにつながる要求をしていないか確認することが求められ、衛星バスメーカーと検討を行った。当初、右の表のように多数のコストアップ懸念項目が挙げられたが、ミッション要求や誤差配分の見直しにより、標準バスの仕様の範囲内でミッションが達成可能である見通しが立った。

熱
冷凍機などを搭載しない条件で、検出器を180K以下、望遠鏡を220K付近まで冷やせるよう、衛星姿勢運用やラジエータの形状などを適切に設定する解が得られた。軌道半周ごとにパルジ慣性指向の「観測運用」と地球からの熱入力を避ける「回避運用」を繰り返すことがRWに対してどの程度負担になるかは、詳細検討時にRWメーカーに解析を依頼することとしているが、今のところこれは大きな問題にならない見込みである。

電力

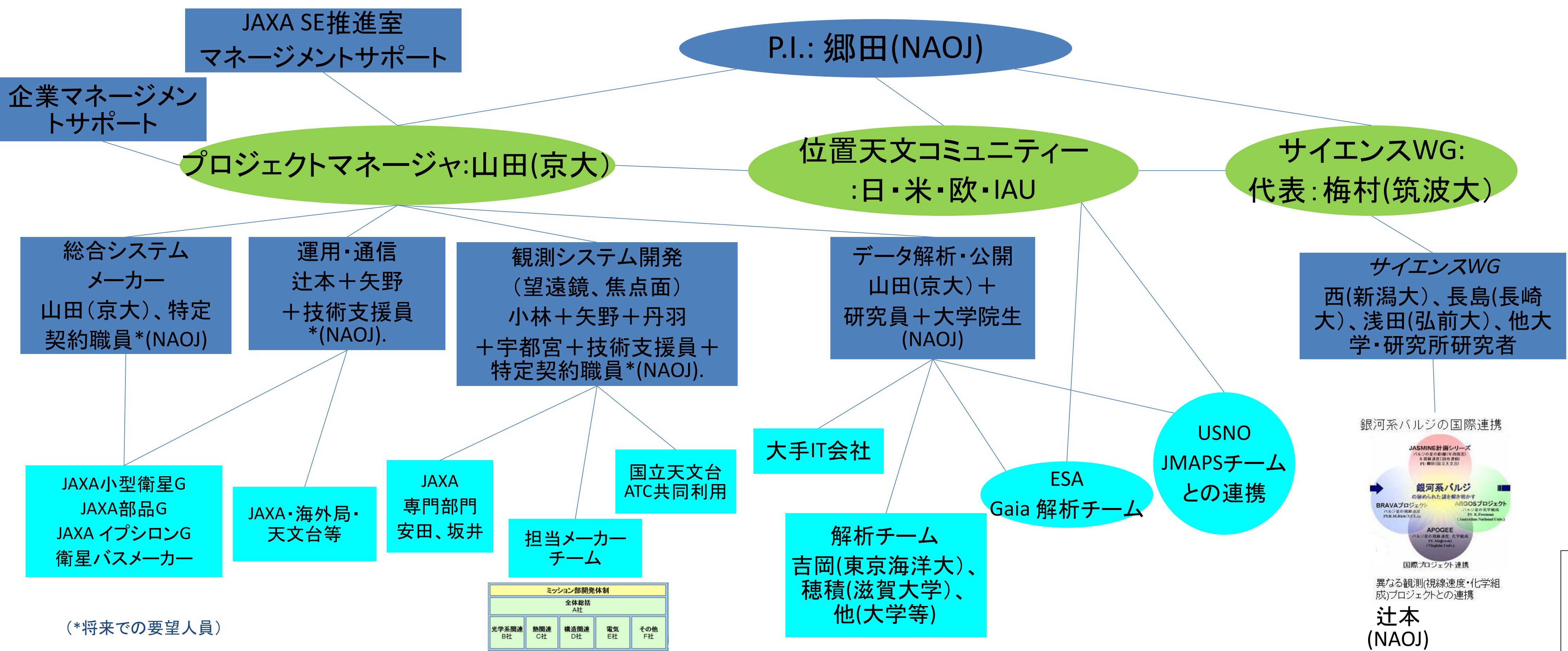
	消費電力[w]					
	内部切替～衛星分離	分離～太陽捕捉	観測+伝送モード		姿勢マヌーバモード	
	日陰	日照	日照	蝕	日照	蝕
ミッション部負荷(ノミナル)	0.0	0.0	292.3	215.3	0.0	0.0
バス部負荷(ノミナル)	133.6	332.0	324.1	324.1	429.7	381.2
衛星負荷電力合計	133.6	332.0	616.4	539.4	429.7	381.2

軌道解析



運用軌道は熱的に安定している太陽同期軌道(1年のうち9ヶ月が全日照)を希望している。イプシロンロケットの能力から、高度は550kmに制限される。イプシロンの軌道投入精度(高度±20km、傾斜角0.2°)の最悪ケースを検討しても、春秋に限ると1年半よりも少し長い期間で全日照の運用が可能であり、ノミナルサクセスレベルの要求は満たされる。(ノミナル1年、後期運用は+2年を希望している)

小型JASMINEの開発体制



小型衛星製作を手がけているベンチャー企業や企業から独立した方が衛星の設計検討を請け負っている中小規模の会社の連合体によって、ミッション部の開発、試験、製作を行う前提で、高性能だが安価な衛星作りを目指している。小型科学衛星が、その予算制限の中で、世界的な科学的成果を上げるためには、できるだけ安価にできるような企業連携の仕組みが必要かつ重要と考えている。こう言った企業は小型衛星で実績をあげているが、JAXAの小型科学衛星クラスの衛星が担当できるように育ててゆくことも、今後廉価で意義ある科学衛星を多数作ってゆくための、このプログラムにおける重要な意義であると考えている。

Yoshiyuki Yamada, yamada@amesh.org
Department of Physics, Kyoto University,
Kyoto Japan

懸念事項	対応
軌道半周はSTTが地没する。2台目のSTTはオプションである。	Gyrolによる姿勢誤差伝搬を評価したところ、軌道半周程度の誤差の蓄積は小型JASMINEの姿勢精度要求上問題無いことが分かった。オプションSTTは不要。
TTMを採用すると、バス姿勢系との協調制御となりコストアップ。	擾乱解析の結果、バスの擾乱を誤差配分に積み上げて許容することとした。TTM非搭載、アイソレータなしでもミッションが成立するような解を得ることができを確認した。
振動擾乱に対してアイソレータを搭載するとコストアップ。	許容域を提示していただき、その範囲内で搭載位置を決定した。
X帯アンテナ、GPSアンテナがバス機器の視野干渉を妨害しないか？	HCEの最小分解能0.13Kのモニターで成立することを確認した。
温度モニター精度0.1Kは仕様外。	バス-ミッション接続部にチタンを採用して足を細くすることで、強度を維持しつつ熱交換量を減らした。熱交換量は4W程度に抑えられる。
バス-ミッション熱交換量が20Wを超えるとコストアップ対象	バス機器のプラグソケット位置に適合するようにミッション機器の配置を設計する。
プラグソケットの位置を変更すればコストアップ	インターフェース条件に示された範囲内での通信しか行わない。
データハンドリングの仕様を変更するとコストアップ	軌道解析により、RCSを搭載しなくても、軌道投入精度範囲の最悪ケースで1.5年間希望の運用が可能であることを確認した。RCSは不要。
RCSはオプションである。	新しい包絡域で望遠鏡の再設計を行った。
ロケット側の衛星包絡域が変更となった。	運用姿勢を見直し、条件に適合するようにした。
衛星バス±y面は太陽から10°以内という制約を条件書に書き忘れた	現在ぎりぎりだが達成見込みが立っている。詳細設計時に確認し、オーバーする場合は一部素材を軽量素材に変更するなど対応を検討する。
ミッション部取り付け点荷重は大丈夫か	キネマティックマウントを採用する。実績値ではバス熱変動が100K程度ある最悪ケースでも問題はない。詳細設計時に確認する。
バス熱歪みがミッション機器の精度に影響を与えないか。	影響は少ないと見積もられるが、詳細設計時に確認する。ミッション側でもコストアップにならない設計変更など協力する。
ミッション側の地球アルベド・赤外放射遮蔽板がSTTの放熱視野と干渉	姿勢運用が複雑で、RW寿命が心配
姿勢運用が複雑で、RW寿命が心配	詳細設計時に確認する。運用で工夫する余地がある。

通信



科学データのデータ量は多いがミッション部に小型衛星で実績があるXバンド通信機(アクセルリンク、上図)を独自に搭載することで対応する。受信局は、ミッション側でも協力を得られる局を用意しているので、JAXAと相談しながら進める。

(10Mbpsは回線解析から、4-5m級パラボラアンテナの使用で成立する値)

I. 衛星側	
周波数	8.4 GHz
送信電力	2.0 W
	3.0 dBW
給電損失 (SW損失含む)	2 dB
アンテナゲイン	0 dBi
EIRP	1.0 dBW
II. ダウンリンクバス	
自由空間損失	177.0 dB
大気吸収損失	1.0 dB
降雨損失	2.0 dB
地上局受信電力	-178.9 dBW
III. 地上局	
ポインティングロス	0.3 dB
G/T比	30 dB/K
S/No	79.4 dBHz
データレート	10.0 Mbps
シンボルレート	21.3 Mbps
	73.3 dBHz
Eb/No	6.1 dB
許容ビットエラー	1.00E-06
Implementation Loss	1 dB
システム要求Eb/No	2.7 dB
Eb/No閾値	3.7 dB
リンクマージン	2.36 dB