

5.7. 超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準の構築

九州工業大学

宇宙環境技術ラボラトリー 教授

趙 孟佑 氏



超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準の構築



趙孟佑

九州工業大学 宇宙環境技術ラボラトリー

第9回JAXA試験技術ワークショップ

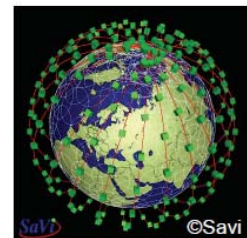
2011年11月10日

1

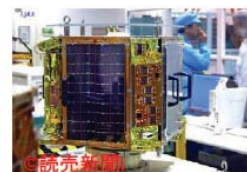
Background



- 超小型衛星開発の高まり
 - 宇宙新規参入
 - 中小企業、大学、発展途上国
- 可能性
 - 宇宙産業基盤の拡大
 - 宇宙利用の新たな市場開拓
- 「低コスト」・「短納期」
 - 地上民生品の使用
 - 非宇宙メーカーへのコンポ発注
- 地上民生品は宇宙用として作られていない
 - 「低コスト」・「短納期」 > 「信頼度」

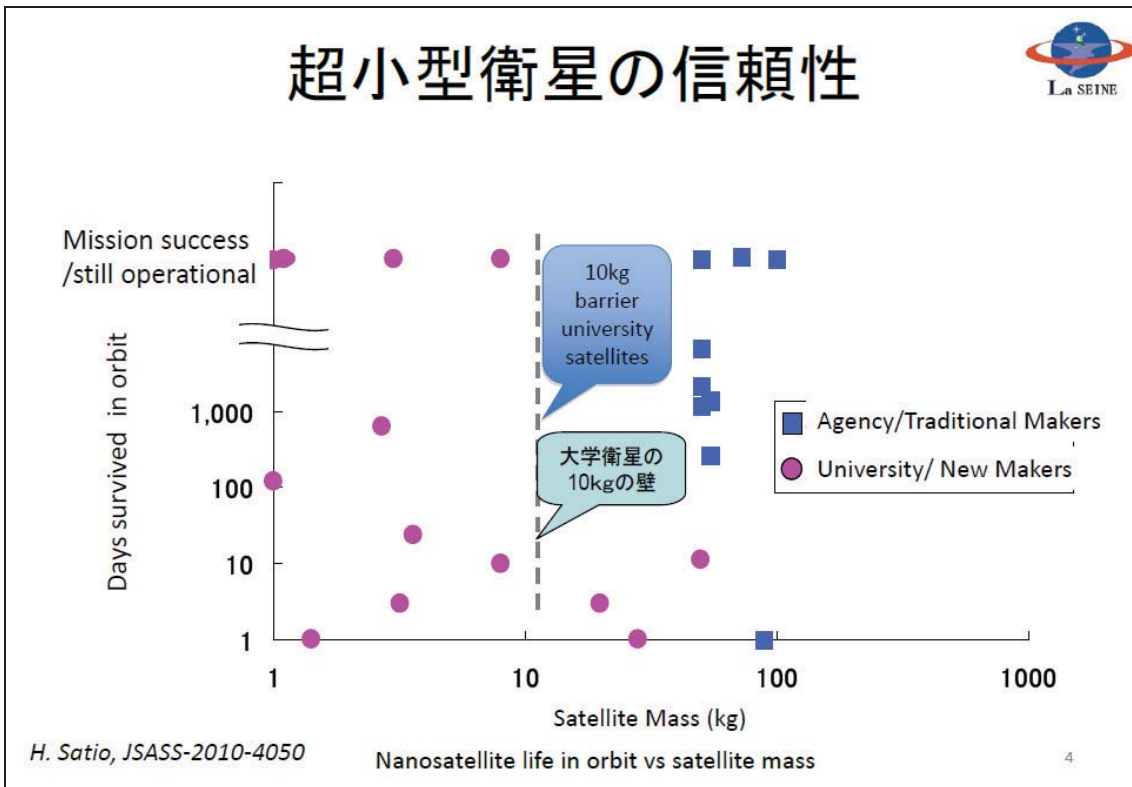
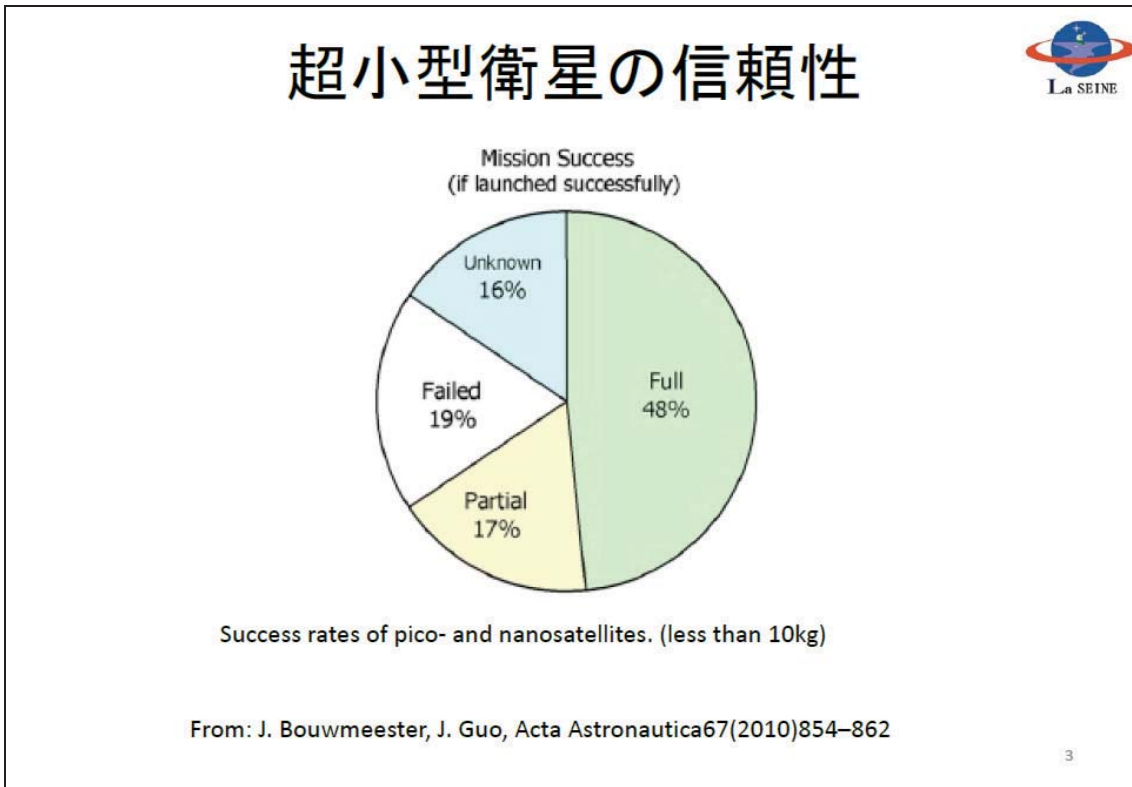


Space application via constellation

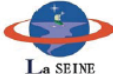


Nanosatellites
(typically less than
50cm, 50kg)

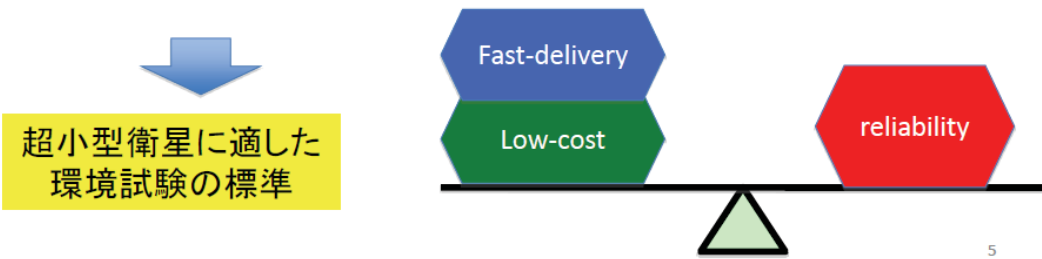
2



ニーズ




- 超小型衛星の低い成功率
 - ある程度までは許容できる。しかし、
- 商用であれば、信頼度を無視できない
 - 一機数億円
 - “Failure is not an option”
- 低い成功率は超小型衛星の信用を傷つける
 - 超小型衛星利用を考える新たな投資家に悪影響
- 「低コスト」・「短納期」と均衡した「信頼性」




5

なぜ宇宙環境試験？



- 宇宙は極限環境
- 超小型衛星は、「安い、早い」を地上民生品を使うことで達成
 - 宇宙で使うことを想定しない(“使えない”ではない)
- 宇宙環境で使えるかどうかを調べる必要

試験しないで打ち上げてもうまくいかない



試験しすぎたら、「安い、早い」にならない

宇宙環境で使えるかを確認するための試験とはどんなものか？

6

超小型衛星開発者からのニーズ



- 安く、早く作るために、買えるものは買いたい
- 市場からのコンポ/サブシステムの調達
 - インターネット販売
 - 宇宙で動く保証はない
 - どのような試験をしたものか、購買側に見えない
 - 製作現場を視察するお金も時間もない
 - 安心してものを買うには宇宙用として作られたものを買うしかない
 - ⇒高価、長納期
- その製品が宇宙で動くということをある程度保証する試験方法があれば、システム開発者が、信頼できるものを、安く・早く調達できる

7

契約上のニーズ



- 超小型衛星の買い手(衛星利用サービスプロバイダー)
- 超小型衛星の売り手(製造メーカー)
 - コストとスケジュールに見合った信頼度のレベルが一致していない
 - 買い手は、中大型衛星なみの試験・検証を求める
 - 売り手は、試験・検証のコスト・時間を最小化したい
 - 売り手と買い手の間で一致できる試験・検証レベル
 - フライト実績の蓄積を待っている、10年以上かかる
 - 地上での研究成果を適用することで、より早く答えを出す

8

新規参入者のニーズ



- 超小型衛星開発を通じた宇宙新規参入
 - 中小企業
 - 発展途上国
 - 大学
- 宇宙産業基盤の拡大
- 新たな市場開拓
- 宇宙の平和利用の推進

AffordableでReliableな試験・検証のガイドライン

9

環境試験標準のメリット



- 超小型衛星機器の貿易の促進
 - 標準規格準拠の試験で検証されたコンポ/サブシステムは最小リスクで超小型衛星システムに組み込める
 - 売り手と買い手の間で一致できる適度な試験・検証のレベル
- 超小型衛星の信頼度向上
 - 非宇宙セクターから超小型衛星利用への新規投資の呼び込み
- 宇宙新規参入者への試験方法のガイドライン

10

NETSプロジェクト



- 「超小型衛星の耐宇宙環境性評価基準の構築」プロジェクト
“Nanosatellite Environment Test Standardization” (NETS)
 - 経済産業省の「アジア基準認証推進事業費補助金」事業の一環
 - 事業者
 - 基準認証イノベーション技術研究組合(IS-INOTEK)
 - 国立大学法人九州工業大学(KIT)
 - 社団法人日本航空宇宙工業会(SJAC)
 - 宇宙開発合同会社(AstreX)
 - 期間
 - 2011年9月～2014年3月

11

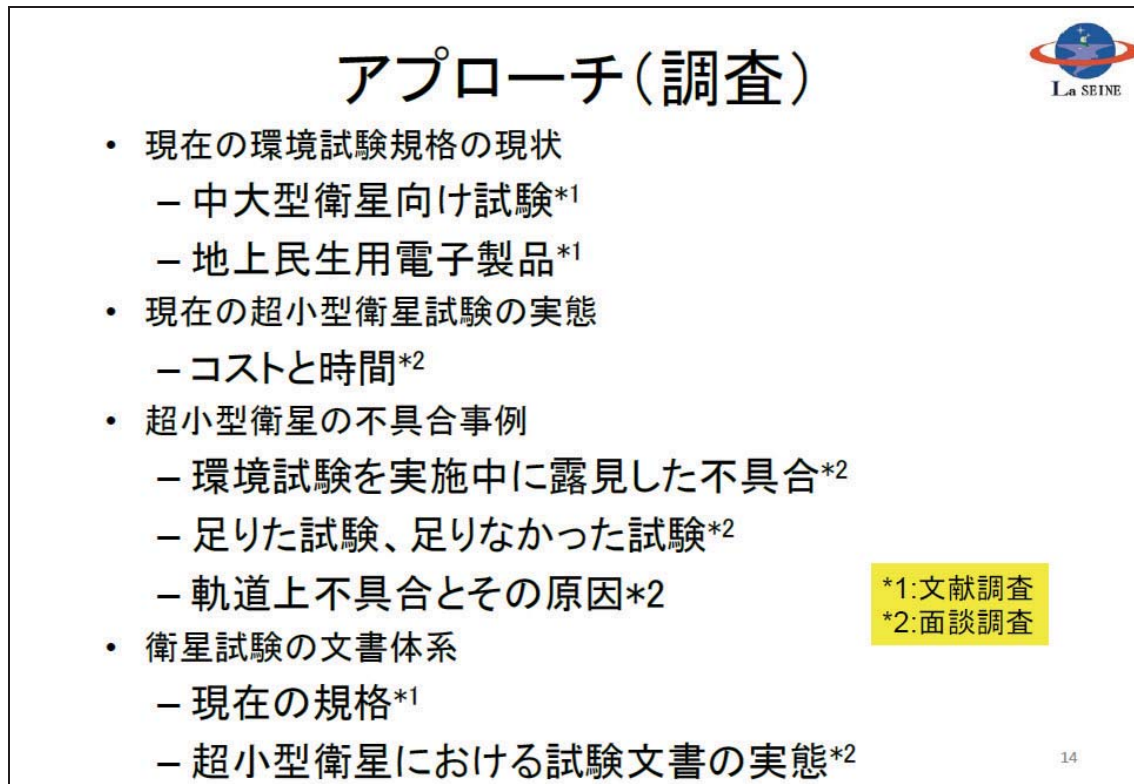
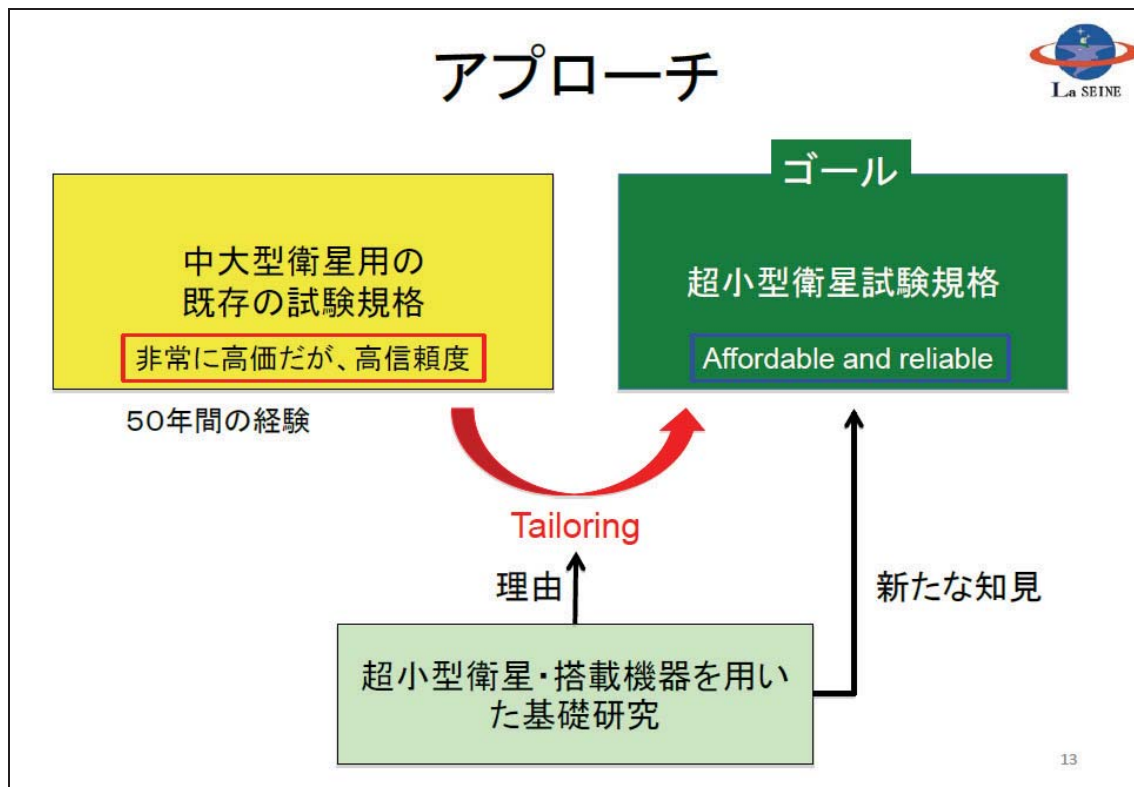
目標



- 以下の3項目についてISO規格を作る
 - Environment Tests of Nanosatellite System
 - Documentation of Nanosatellite Environment Tests
 - Environment Tests of Nanosatellite Components

Target date of completion: 2015

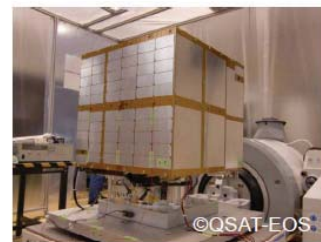
Definition of “nanosatellite” here;
A satellite mostly made of non-space qualified COTS components,
typically less than 50kg, 50cm



アプローチ(基礎研究)

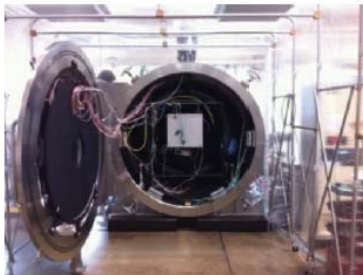


- RF送信機とPCUの複数の供試体
 - 壊れるまで徹底的に試験
 - 熱真空、熱サイクル、振動、衝撃、放射線,etc
- ダミー衛星
 - フライト品質のRF送信機、PCU、バッテリー、OBCを搭載
 - 二式用意してラウンドロビン試験に利用



15

基礎研究



Thermal cycle in vacuum

Thermal cycle only

Vacuum only

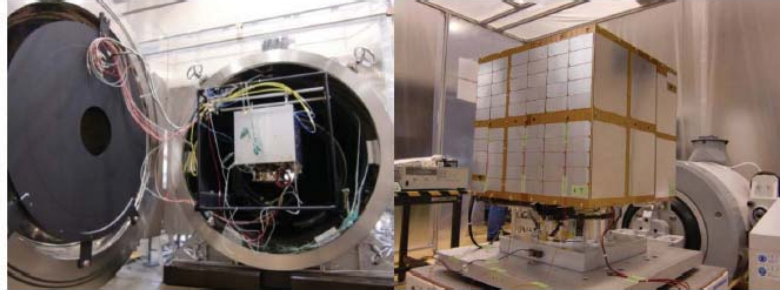
これらは違う結果を与えるのか？

16

基礎研究



Internal sensors



Thermal vacuum

Vibration

衛星内の温度範囲や加速度の最大値は？

17

体制



- ISO国内分科会
 - SC14に提案前の規格案の審議と承認
- プロジェクト委員会
 - 事業者、METI、JAXA、NESTRA、USEF、大学
 - プロジェクト全体のステアリング、規格原案審議
- システム技術検討WG
 - 事業者、衛星メーカー、試験企業、JAXA、大学
 - システム試験規格原案の詳細審議、ダミー衛星実験結果の吟味
- 搭載機器技術検討WG
 - 事業者、搭載機器メーカー、JAXA、大学
 - 搭載機器試験規格原案の詳細審議、搭載機器実験結果の吟味

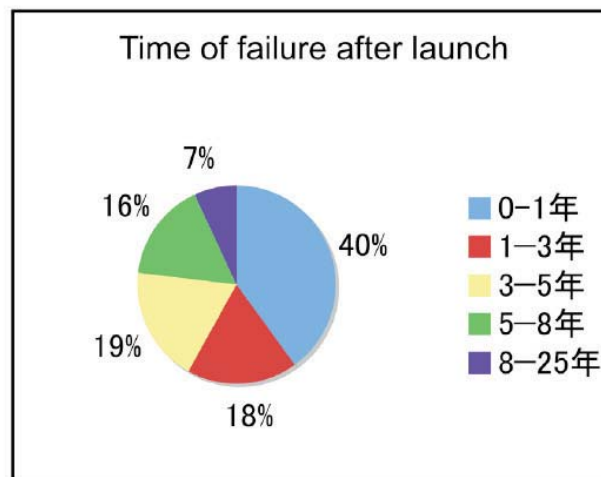
18

方向性



- 複数の文献で、衛星不具合の統計
 - 衛星の不具合は、初期不良が支配的
- 初期不良の原因
 - 材料の欠陥、製造や組立工程のワークマンシップ
 - ATで見過ごした?
 - 設計に不備?
 - QTで見過ごした?
- NETSプロジェクトでは、初期不良を減らすことに重点をおく
 - 「宇宙に行ってすぐ壊れない」

19



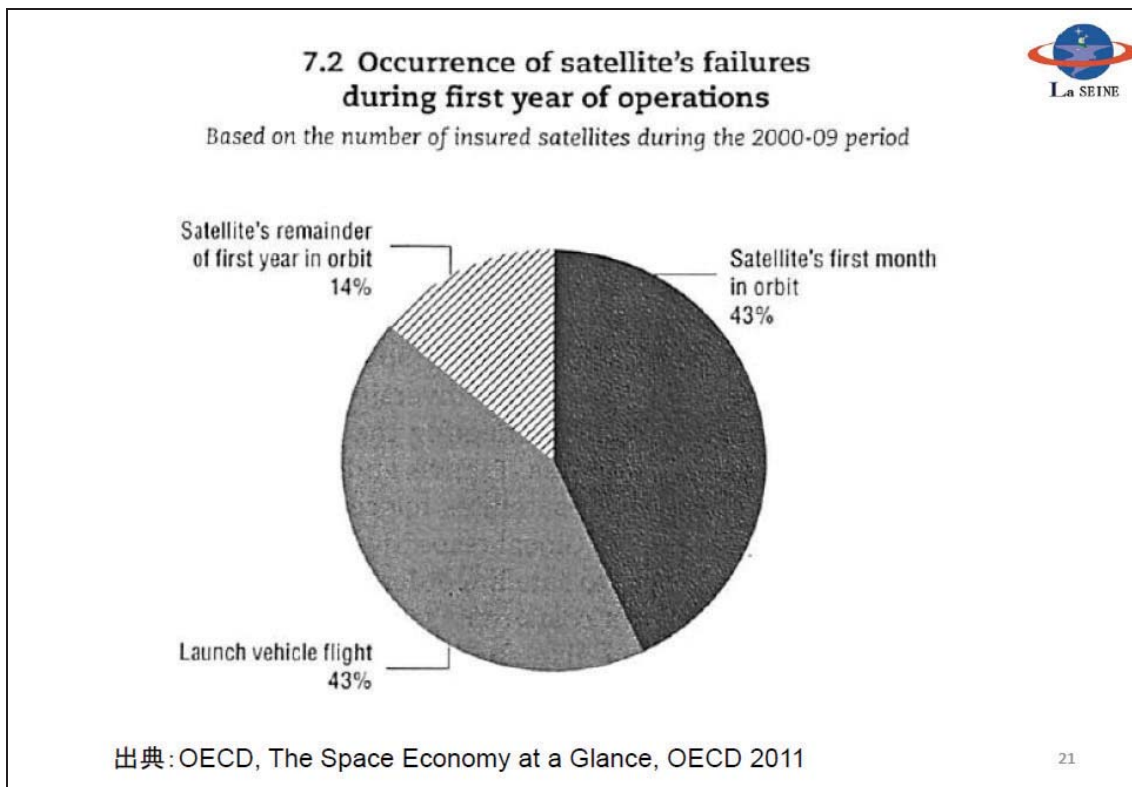
From "A study of on-orbit spacecraft failures", Mark Tafazoli, CSA, 58th IAC Acta Astronautica 64 (2009) 195-205

an incident that could possibly lead to permanent or temporary mission degradation.

元ネタ

[1] Satellite news digest, URL: (<http://www.sat-index.com/>)

[2] The satellite encyclopedia, URL: (http://www.TBS-satellite.com/tse/online/REG/main_index.html)



方向性(to be discussed)

- 試験戦略を記述するか？
 - QT+AT、PFT、ATのみ等
 - 試験よりも上位の検証の方針に踏み込む
- QT、PFT、ATの各試験中の振幅や温度等の具体的数字を書くか？
 - 試験の中身のみ
- 試験のやり方を詳しく書くか？
 - 中大型とは違う方法？
 - ガイドライン的なもの？

試験戦略



- 超小型衛星の場合、
 - 教育用
 - 失敗を許容
 - 技術実証
 - ユーザーは研究機関。
 - 開発機関と同一のことが多い
 - リスクを自分で引き受ける
 - 実用(Commercial)⇒NETSプロジェクトの対象
 - 単基
 - 数機のフォーメーション
 - コンステレーション
 - それぞれに適した戦略がある

23

「安く・早く」を達成するには？



- 試験は一度すれば、時間やレベルにはそれほど違いがない
 - 試験専用モデル(EM)
 - 製作コストと製作期間がネック
 - プロトフライトモデル(PFM)
 - 製作コストはいいが、試験期間はQT+ATに比べて大して短縮できない
- コンポーネント試験をスキップできるか？
- QT試験をスキップできるか？

24

ワークショップ



- 第一回超小型衛星技術の国際標準化ワークショップ
2011年12月14日
- 第3回超小型衛星シンポジウム(12月12,13)と併催
- 北九州国際会議場



1. 標準化の必要性とメリット
2. 作業項目
3. ステークホルダー
4. 体制
5. ロードマップ



Kitakyushu International Conference Center

まとめ



- 超小型衛星環境試験の国際標準化のメリット
 - 「低コスト」「短納期」と「信頼性」を均衡させた、AffordableでReliableな試験方法
 - 超小型衛星開発者
 - 超小型衛星サービス提供者
 - 宇宙への新規参入者
- 2015年のISO規格化を目指した新規プロジェクトが始動
- 2013年春にNew Work Item Proposalを予定

質疑応答

質問者①

打上げのために試験をするわけですが、打上げロケットを何にするかによって、安全審査等も含めて要求が違ふと思います。標準ではどう整理していくのでしょうか。

また、試験の方式として PFM 方式を取られていると思いますが、PFM 方式は同じ衛星を多く作る場合の思想だったと思います。初めての衛星を PFM 方式からやっていたのでしょうか。

民生品を使うことに対して、宇宙に使えるかどうかをメーカーは示してくれないと思います。大量に買って自前で試験・選別するなら、宇宙用を買った方が安いかもしれません。その辺は整理しているのでしょうか。

発表者

打上げに関しては、小型衛星はロケット側に対して非常に立場が弱く、ピギーバックでやる以上、言われるがままに試験するしかないという特殊な状況にあります。ですから、機械環境系の試験はこうなさいと言ってもロケット側の要求が上回るだろうと思います。どこまで数字を書くかは分かりません。非常に難しいと考えています。

試験方式に関しては、できればきちんとやりたいのですが、小型衛星は開発期間が短いため、EM を改修して PFM としたり、試験を省略したりします。大型衛星でもコンステレーションで 100 機打ち上げるようなものと、1 発ものは違ふと思いますが、じっくり試験をやるメリット・デメリットを整理することが大事かと思ひます。

民生品に関しても、ご指摘の箇所は議論すべきところと考えています。

質問者②

私はプロジェクトマネージャーとして 6 トンの衛星をやっていたので、もう大きいものではなく、超小型に興味があります。

先程、統計で初期故障、要するに打上げてすぐの故障という話がありました。JAXA の一般的な衛星は 2 トンくらいですが、故障モードとして、熱環境や機械環境ではほとんど壊れないと考えています。設計手法がかなり確立されているのと、環境試験がそれに続いて進んでいるからで、これはいいと思ひます。

今一番我々が気にしているのは、打上げ前に何時間通電試験を行えば、初期故障がでくるのかということで、これは明確なクライテリアがなくて、長いこと時間をかければいいといっても切りがあります。この話は多分、衛星のサイズには関係のない話で、小さい衛星でも何時間くらいやればいいのかということは、データを集めると面白い結果が出る

かなと思っております、こういう企画をやるときには是非考慮していただくとありがたいと思っております。今後、ぜひ教えてください。

発表者

わかりました。大学衛星の中では失敗の原因は最後の End to End 試験をどれだけやったのかで決まるのではないかと、関係者のおぼろげに話されています。ただ、熱真空試験をやっていないものも結構ありますので、その辺がどれくらい効いてくるのかはまだ分かっていません。今 15 団体くらいを調査していて、年明け位に結果が出揃いますので、皆さんと共有していきたいと思っています。

質問者③

外国のロケットで打上げる調整の難しさがあると思います。またコストはどうでしょうか。

発表者

皆さん打ち上がっていますので、不可能ではないと思います。ただ、特定の少人数にもすごく負担がかかっています。大学衛星はすでに 3、4 回打ち上がっています。大学の先生が直接交渉している場合もありますし、ブローカーのようなものを介する場合もあります。調整事項は大変ですが、ロケットからの試験要求は国内よりは楽だと伺っています。

コストについては、国内では 0 円です。商業打上げを利用すると、3kg の衛星で 200 万円/kg くらいです。50kg くらいの衛星だと 100 万円/kg に近づきます。