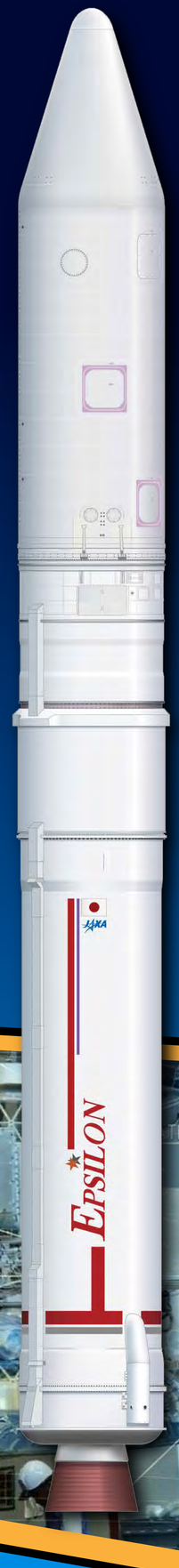
JAXA

筑波宇宙センター　プラネットキューブ企画展

イプシロン大解剖（だいかいぼう）

イプシロンロケットは、より多くの人たちが積極的に宇宙を使える世の中になること、
そしてロケットが飛行機のように身近な存在になることを目指しています。
さらに、人工衛星にとって乗り心地のよい固体ロケットとなるよう、開発しています。
そんなイプシロンロケットのことをもっと知ってもらうために、大解剖してご紹介いたします！



4月25日(火)~8月31日(木)

※休館日はWebまたはお電話にてご確認ください。
会場：JAXA筑波宇宙センター　プラネットキューブ　お問合せ：広報部（筑波宇宙センター）茨城県つくば市千現2-1-1　☎050-3362-6265

イプシロンロケットとは

2016年12月20日（火）20時00分00秒、内之浦宇宙空間観測所からジオスペース探査衛星（ERG）を搭載したイプシロンロケット2号機が打ち上げられたよ。
ロケットは正常に飛行し、打ち上げから約13分27秒後に予定の軌道でERG衛星を分離、打ち上げは無事に成功したんだ。
イプシロンロケットは、より多くの人たちが積極的に宇宙開発や宇宙利用ができる世の中になること、そしてロケットが飛行機のような身近な存在になることを目指しているよ。
さらに人工衛星にとって、乗り心地がよい固体ロケットとして開発されたんだよ。
イプシロンロケットをさらに知ってもらうために、大解剖して紹介するよ〜!

◀イプシロンロケット試験機
2013年9月14日14時00分00秒打上げ
ペイロード：惑星分光観測衛星
（惑星宇宙望遠鏡）「ひさき」
（SPRINT-A）

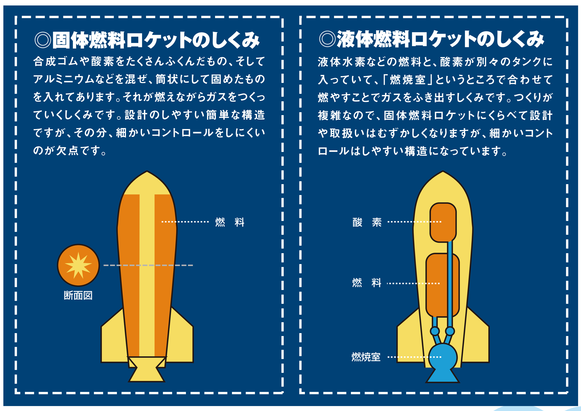
イプシロンロケット2号機▶
2016年12月20日20時00分00秒打上げ
ペイロード：ジオスペース探査衛星
「あらせ」（ERG）

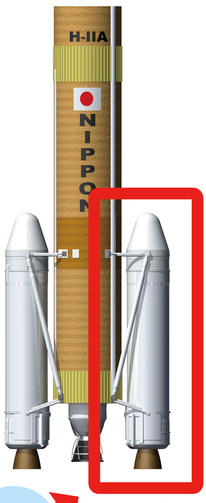
EPSILON

そもそも固体ロケットって？

液体ロケットと固体ロケット

ロケットには自動車のガソリンのような液体の燃料を使うロケット（液体燃料ロケット）とロケット花火のような固体の燃料を使うロケット（固体燃料ロケット）があるんだよ。H-IIAやH-IIBロケットは液体燃料を使うけれど、イプシロンロケットは固体燃料を使っているよ。





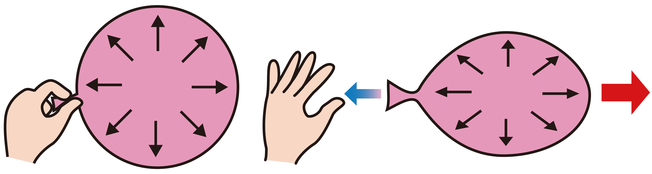
H-IIAやH-IIBの主な燃料は液体燃料だけど、
発射時のパワーをつけるために、
固体燃料の力も使っているんだ

ロケットは風船と同じ仕組みで飛ぶ

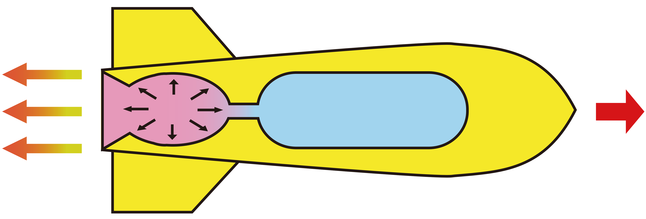
いっぱいに膨らませたゴム風船は、手をはなすと空気を吹きだしながら飛んでいくね。このとき風船を動かしてるのは、空気を吹き出した反動による力で、これを「推力」というよ。

推力は吹き出される向きとは反対の方向にはたらくんだ。

固体ロケットは固体燃料を燃やして発生する燃焼ガスを高速に噴射して飛んでいくんだよ。



風船の中でいっぱいになっている空気は、手をはなすと出口から勢いよくふき出します。風船は、空気がふき出された反動で、ふき出した向きと反対方向へ進みます。

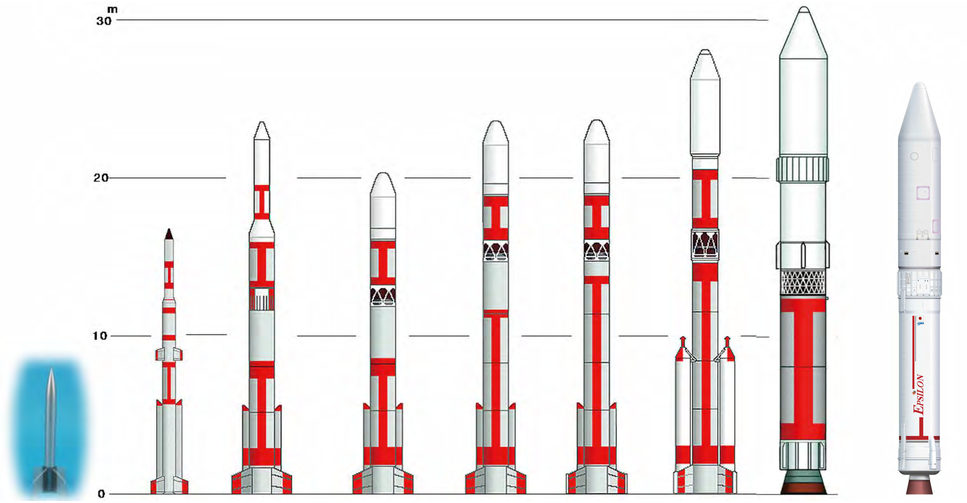


イプシロン大解剖

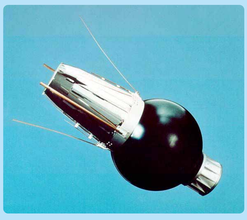
イプシロンロケット誕生まで

日本の固体ロケットは1955年に開発が始まったペンシルロケットに始まり、カッパロケット、ラムダロケット、ミューロケットに続いたんだ。その集大成として作り上げたのがM-Vロケットだよ。

小惑星探査機「はやぶさ」を打ち上げたM-Vロケットは当時、固体燃料ロケットの世界最高峰と言われていたよ。



ロケット名称	Penil	L-4S	M-4S	M-3C	M-3H	M-3S	M-3SⅡ	M-V-5	Epsilon（試験機）
高さ（m）	23cm	16.5	23.6	20.2	23.8	23.8	27.8	30.8	24.4
重量（ton）		9.4	43.6	41.6	48.7	48.7	61	140.4	91
低軌道打上げ能力（kg）	ー	26	180	195	300	300	770	1,850	1,200



日本初の人工衛星「おおすみ」は
1970年にL-4S 5号機で
打上げたよ。

M-Vロケットの技術を引き継ぎ、より使いやすいロケットを目指して開発が始まったのがイプシロンロケットなんだ。M-Vロケットを越える新しいロケットを作り出すのはとても難しく、みんなで考えて考えて、考え抜いたよ。その答えがイプシロンロケットだよ。その答えにたどり着くまでに3年かかったんだ。

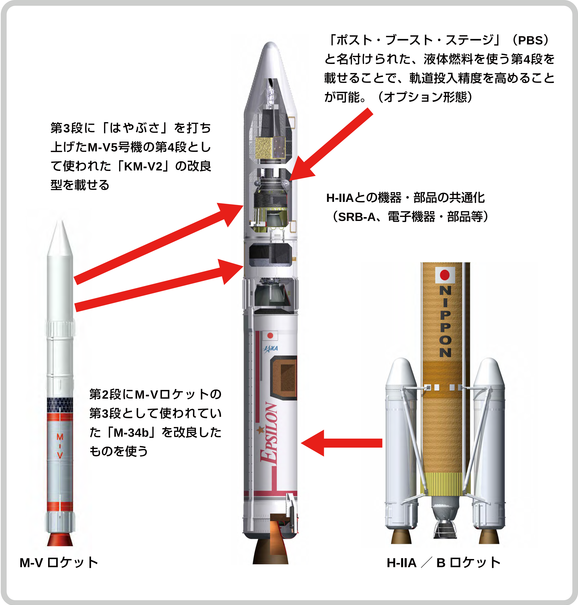
そして、2010年から本格的な開発が始まったよ。

EPSILON

イプシロンロケット試験機

イプシロンロケット試験機は機体の一部にM-Vロケットの技術を引き継ぎながら、H-IIAロケットで使われている部品や技術が活用されたため、短期間で、効率よく開発されたよ。

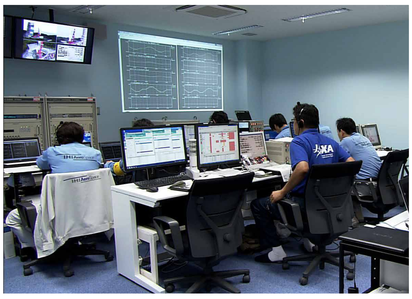
また、ロケット機体の開発だけではなく、点検や組立てなどの運用も効率化することによって、**簡単に打ち上げられるシステム**を作り上げたんだ。



例えば、M–Vロケットでは、打ち上げ前の地上での点検作業に多くの装置が必要だったよ。そして、たくさんある部品を発射場でひとつひとつ手作業で組み立てていたから、第1段ロケットを発射台に立ててから打ち上げまでに、2ヵ月近くもかかっていたんだ。それに比べてイプシロンロケットでは、装置を減らして自動で点検できるようにしたから、手間と人手が少なくて済むようになったんだ。

さらに、ロケットの部品を減らして、**出来上がりに近い形で発射場に持って行けるような仕組み**にしたんだ。その結果、第1段ロケットを発射台に立てた後、短期間での打ち上げを可能にしたよ。

そして、これまでロケットの打ち上げには特注の大きな計算機を使っていたけど、イプシロンでは**持ち運びできるほどの小さな計算機**を使うようになったんだ。



イプシロン大解剖

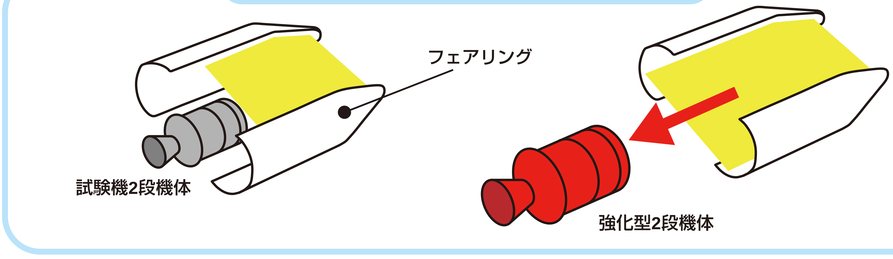
試験機から強化型開発へ１

JAXAは、2013年9月14日にイプシロンロケット試験機を打ち上げた後、ロケットの性能をさらにパワーアップさせるために、強化型開発に取り組んでいるよ。
強化型開発ではおもに「打ち上げ能力の向上（試験機に比べて30％向上）」と「搭載可能な衛星サイズの拡大」に取り組んだよ。

2段モータの大型化

試験機では2段機体が、衛星フェアリングの中に収納されていたけれど、強化型開発ではフェアリングの外に出して、モータの直径を約2.6mに拡大することによって、推進薬量を約1.4倍（約10.7t→約15t）に増加させることができるようになったんだ。

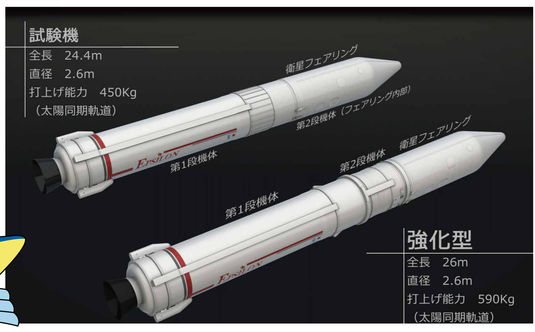
推進薬量が1.4倍になったよ！



◀地上燃焼試験
試験実施場所：宇宙科学研究所　能代ロケット実験場
試験日：平成27年12月21日

実際の打ち上げでもきちんと力を発揮するかどうか、地上燃焼試験も行ったよ。

全長が約1.6m伸びたよ。



EPSILON

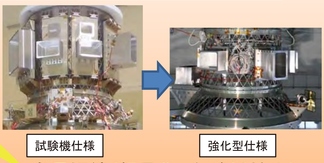
試験機から強化型開発へ2

構造・装備軽量化

ロケットを構成する部品や材質を変更して、ロケットのつくりをシンプルかつ軽くすることで、より多くの燃料を使えたり、より重たい人工衛星を載せたりすることができるよ。

短くしたら
軽量化に！
搭載スペースも
大きくなった！

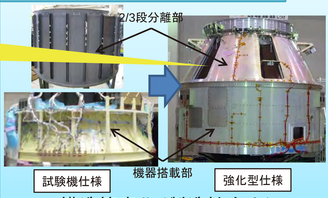
第3段機器搭載構造（B3PL）



全長短縮（軽量化、包絡域拡大）

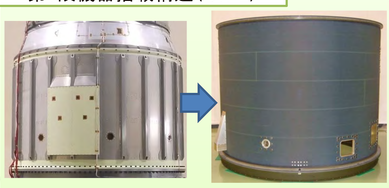
構造をシンプルに
したら機体が
作りやすくなった！

第2段機器搭載構造（B2PL）



構造簡素化（製造性向上）

第1段機器搭載構造（B1PL）



●形状
テーパ部＋ストレート部

●構造様式
アルミ製スキンストリンガー構造

試験機仕様

●形状
ストレート部のみ

●構造様式
CFRP(*)スキン／アルミハニカムサンドイッチ構造（CFRPフランジ）

(*)CFRP：炭素繊維強化プラスチック

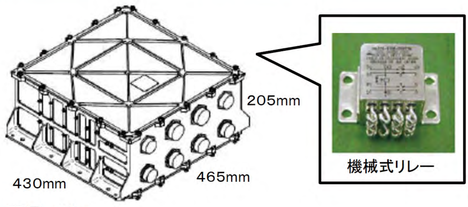
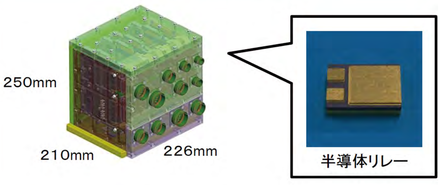
強化型仕様

構造簡素化（製造性向上）
構造様式変更（軽量化）

第1段と第2段をつなぐ部分に
複合材構造を使って軽量化したよ！

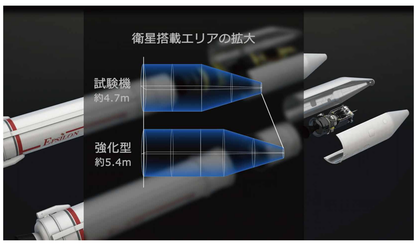
電力シーケンス分配器の軽量化

電力シーケンス分配器（PSDB）は、電池からの電力を各機器に分配する装置のことだよ。試験機では機械式リレーを採用していたけれど、強化型では半導体リレーに置き換えることで、イプシロンロケットの第2段および第3段に搭載されるPSDBが小型・軽量になり、ロケットの負担が軽くなったよ。

旧PSDB（機械式リレー）	新PSDB（半導体リレー）
	
質量：20kg	質量要求：12.5kg以下 （実績値：10.6kg）

衛星を載せるスペースの拡大

2段モータがフェアリングの外に出たことで、人工衛星を載せるスペースが4.7mから5.4mに広くなったよ。これでより大きなサイズの人工衛星を載せることができるよ。

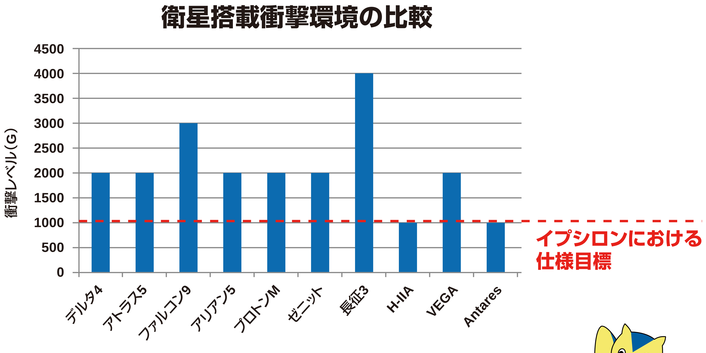


イプシロン大解剖

イプシロンロケットの さらなる挑戦①

3号機にむけて・・・

イプシロンロケット3号機からは、衛星を分離するための装置を新しくするよ。これは基幹ロケット(H-IIA)高度化で開発されたものを、イプシロン用に改良した装置なんだ。今までは爆薬(火工品)の力を使って金属を切断して、衛星をロケットから分離していたけれど、3号機からはゆっくりと開く装置を使用することによって、人工衛星への衝撃を小さくすることができるんだ。

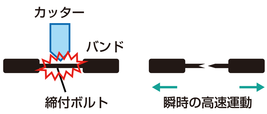


このグラフは世界のロケットの衛星分離時の衝撃レベルを表しているよ。
強化型イプシロンロケットがいかに衝撃を弱くおさえてるか分かるね。

従来方式

爆薬(火工品)の威力を利用して締付ボルトを瞬時に切断

↳ 歪エネルギが瞬時に解放されるため、発生衝撃が大きい

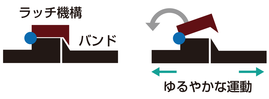


火工品を使用しない低衝撃型の衛星分離機構の開発により、
世界最高水準の衝撃環境を実現

新方式

爆薬を使わず、ラッチ機構をゆっくりと解放

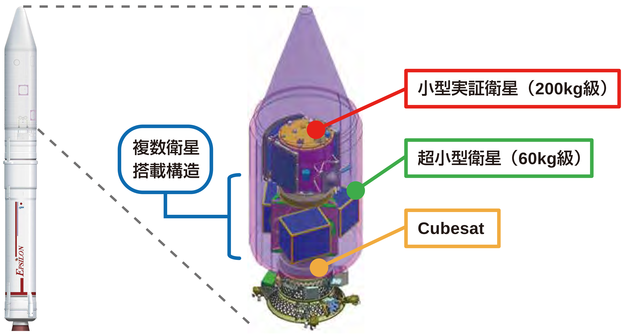
↳ 歪エネルギはゆっくりと解放されるため、発生衝撃が小さい



複数の小型衛星を打ち上げる開発

今後は100kg以下の超小型衛星の打ち上げの機会が多くなるよ。

イプシロンでも**一度に**たくさんの小型衛星を打ち上げられるように、まずは大きな衛星といくつかの超小型衛星、そして**複数の**10cm角の衛星を一緒に打ち上げられるような開発を行っているんだ。



EPSILON

イプシロンロケットの さらなる挑戦②

H3ロケットとのシナジー効果

2020年度の試験機打ち上げに向けて開発の進むH3ロケットとの機器を共有することで、相乗効果（シナジー）を発揮することを目指しているよ。

H3

H3ロケットの固体ロケットブースター、SRB-3の技術をイプシロン1段モータへ適用するよ。さらにH3で開発された電子機器もイプシロンで使うよ。

※SRB…Solid Rocket Booster

1段モータ➡

イプシロン

強化型イプシロンの2段モータで開発した固体ロケットの新しい技術をSRB-3に使うよ。

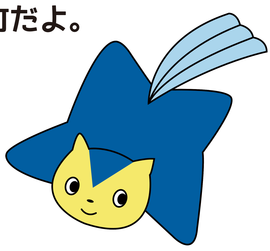
⬅SRB-3

共通の技術を両方に使うことで、技術力の向上や効率化を目指すよ。

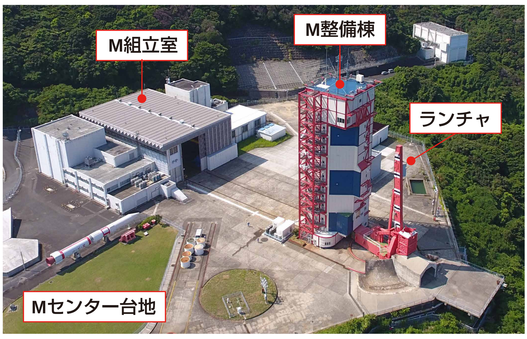
イプシロン大解剖

イプシロンが打ち上がる場所って どんなところ？

ここはイプシロンロケットの打ち上げ射場
「内之浦宇宙空間観測所」がある
鹿児島県肝属郡肝付町だよ。



M組立室
- ロケット各段組立点検
- 衛星点検



M型ロケット発射装置
- 全段組立、全段点検
- 機体支持・射座への旋回
- 射座機能
（ペイロード音響緩和）

◀内之浦宇宙空間観測所

内之浦宇宙空間観測所は、1962年に東京大学鹿児島宇宙空間観測所として開設されたよ。　日本初の人工衛星「おおすみ」や小惑星探査機「はやぶさ」などの科学衛星・探査機、400機を超える観測ロケットの打ち上げを行っているんだよ。

EPSILON

イプシロンロケット組立てから打ち上げまで①

ロケットの１段モータは船で運ばれてきます

トレーラーに載せて内之浦港から内之浦宇宙空間観測所までの５キロの道のりを時速15キロで移動します

M組立室に運び込まれます

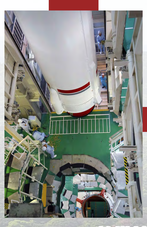
工場からバラバラに到着したロケットはM組立室の中で点検・組立てを行います

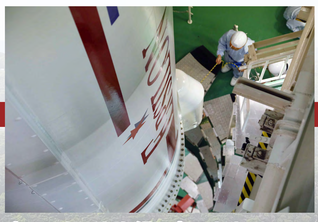
人工衛星をフェアリングの中に格納します

M組立室から1段モータをM整備棟へ移動させます

1段モータをM整備棟へ引き込みます

しゅるしゅるしゅる～





M整備棟の中でロケットを組み立てます

続いて2段モータをM整備棟へ移動させます

2段モータをM整備棟へ引き込みます

イプシロン大解剖

イプシロンロケット組立てから打ち上げまで②

M組立室からフェアリングをM整備棟へ移動させます

フェアリングをM整備棟へ引き込みます

組立てられたロケットはM整備棟の扉がひらいてランチャー（発射台）が旋回し、射点へ移動します

イプシロンロケット機体デザインにこめた想い

上部のラインを試験機時の銀から紫に変更。赤と紫は光のスペクトルの両端であり、宇宙科学ミッションから地球観測ミッションに至るまで、そして日本のユーザから世界の国々のユーザまで幅広く利用できるようなロケットを目指しているという想いがこめられているよ。

目に見える光のスペクトルは
赤・橙・黄・緑・青・藍・紫 だよ

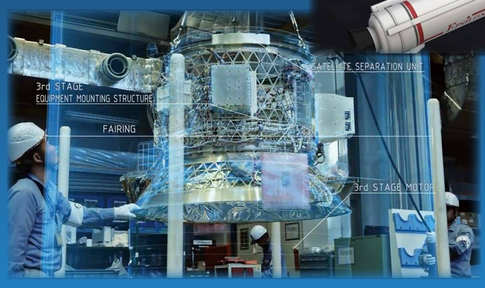
紫　藍　青　緑　黄　橙　赤

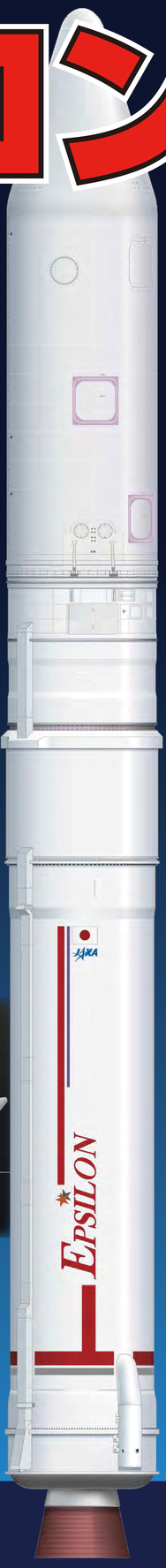
EPSILON

筑波宇宙センター　プラネットキューブ企画展

イプシロン大解剖

イプシロンロケットは、より多くの人たちが積極的に宇宙を使える世の中になること、
そしてロケットが飛行機のように身近な存在になることを目指しています。
さらに、人工衛星にとって乗り心地のよい固体ロケットとなるよう、開発しています。
そんなイプシロンロケットのことをもっと知ってもらうために、大解剖してご紹介いたします！





入口はこちら