CONFIDENTIAL

一般社団法人 宇宙旅客輸送推進協議会
第3回シンポジウム

マーケットドライブの技術課題の検討活動について

2022年6月6日

PDエアロスペース株式会社

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

宇宙輸送マーケットの87%を占める輸送モードについて総市場規模は14兆円に達し、総利用者は770万人、総輸送重量は16万トンとなり利用が大幅に拡大した未来が到来

2022年　　2045年

輸送モード	総市場に占める割合	総市場規模	ヒト/モノ	市場規模*1	客数/重量	マーケ単価*2	機体キャパ*3	往訪回数*4
① 地上~宇宙滞在施設間	100億円 26.5%	4.2（兆円）	ヒト	21,000（億円）	57（万人）	370（万円/人）	~60（人/機）	9,500（回/年）
			モノ	21,000（億円）	8.4（万トン）	2,500（万円/トン）	~10（トン/機）	834（回/年）
② オービタル	50億円 13.0%	2.0（兆円）	ヒト	20,000（億円）	100（万人）	200（万円/人）	~70（人/機）	15,000（回/年）
			モノ	NA（ユースケースなしと仮定）				
③ サブオービタル	5,000万円 12.0%	1.9（兆円）	ヒト	19,000（億円）	230（万人）	80（万円/人）	~100（人/機）	23,000（回/年）
			モノ	NA（ユースケースなしと仮定）				
④ P2P	(150万円) 35.8%	5.7（兆円）	ヒト	41,000（億円）	380（万人）	100（万円/人）	~100（人/機）	38,000（回/年）
			モノ	16,000（億円）	8.1（万トン）	2,000（万円/トン）	~5（トン/機）	1,600（回/年）

*1：市場を構成する主要ユースケースの市場規模を基に推算、*2：マーケットドリブンで推算した1回あたり利用単価を想定、*3：ユースケースのペルソナを基に同時に利用する客数/重量を推計、
*4：客数/重量÷機体キャパで年間の往訪需要を推計

© 2021. For information, contact SLA

CONFIDENTIAL

1) システムの実施形態の最適判定を点数化。2段階にて選定

⇒ ★ システム形態：D（SSTO+Tranfet Vehicle)

2) システムを、航空機のATA100に対応。

⇒ ★開発要素をシステム／構成要素単位に分割

3) 技術成熟度(TRL)に、事業化を加えた「技術難易度(TDL)」を設定

⇒ ★ 現状との差⊿で「実施難易度」を数値化

⇒ ★ 難易度：高 ＝ 資金投入が必要な項目

4) Overallの輸送量／旅客数を「実施国シェア」(想定)にて配分
「1つの宇宙港」単位へ落とし込み

⇒ ★ 29.4FL/(day・宇宙港)

5) PDASの事業計画に、文科省の目標を重ね合わせ。

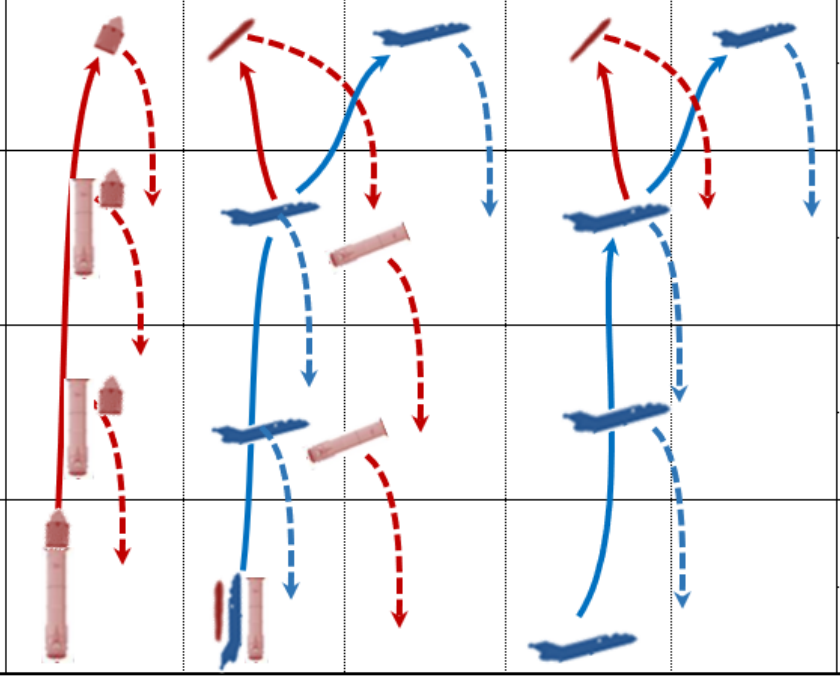
⇒ ★ サブオビ機から発展する実施スケジュールを提案

a) シナリオ検討

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

- 離着陸形態を基に、A～E 計5種のシステム形態を想定した。
- ①～④の対象4市場に対して、1つのシステム形態を適用させる想定。
- 機体キャパシティは、一部独自の値を設定。（機体の共通化を図る為）



システム形態 (Configuration)	A ALLロケット	B ブースタ+Sプレーン	C	D SSTO+TV	E SSTM	ペイロード ヒト/モノ	機体キャパ 人(t)/機	全世界/年間総数 市場規模 兆円/年	客数(重量) 万人(万t)/年	単価 万円/人(t)	FL数 FL/年
① 軌道間 (GateWay)							35	2.1	57	370	16,300
							10	2.1	8.4	2,500	8,400
② オービタル							70	2.0	100	200	14,300
							—	—	—	—	
③ サブオビ							70	1.9	230	80	32,900
							—	—	—	—	
④ P2P							70	4.1	380	100	54,300
							10	1.6	8.1	2,000	8,100

		A	B	C	D	E
①のStage数		1-2	2-3	2	2	1
Take off		V	V	V	H	H
Landing	Space Plane	-	H	H	H	H
	Booster	V	V	V	-	-
	TV	V	V	-	V	-

TV: Tranfer Vehicle
SSTO : Single Stage To Orbit
SSTM : Single Stage To Moon (Mars)

Ref) 宇宙旅行事業実施にかかる検討項目一覧

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

10 テーマ	20 項 目	主な検討対象事項
A) 計画	1. 事業計画	マーケティング、ビジネスモデル、スケジュール、コスト構造、価格、実施スキーム
B) プロモ	2. プロモーション	事業全般に対するプロモ戦略の構築（認知, 巻き込み, プレゼンス向上）
C) サービス	3. 商品内容	含まれるもの、前後当日のスケジュール、特典、飛行そのもの
	4. 顧客対応	実施前後、当日　※先行販売時含む
D) 販売	5. 販売方法	ルート、条件(キャンセルポリシー含)、基準、時期、準備物、販促
	6. 販売	販売オペレーション
E) 運航	7. 運航管理	運航計画、オペレーションマニュアル、安全管理
	8. クルー	パイロット、キャビンクルー、教育訓練、マニュアル
	9. 機内装備	シート、機内服、緊急設備、操縦室、客室
	10. 機体整備	ライン整備、ドッグ整備、施設整備
F) メディカル	11. メディカル	ガイドライン、販売条件との整合性、訓練(0G、HighG)、身体検査
G) 保険	12. 保険	第三者、搭乗者(クルー、参加者)/ペイロード、自機、設備、キャンセル保険
H) 法規	13. 適用法律	サブオビ飛行(無人/有人)、空港利用、販売上の法律
		※対応方針の検討／実施　(官民協議会、サンドボックス、自治体連携ほか)
I) 宇宙港	14. 建設	ハンガー、接続路、関連施設・設備
	15. 港内施設	①運航/グラハン、カウンター、②事業/開発実験、テナント、訓練、観光
	16. 運営方法	実施スキーム、体制、事業推進コンソ対応
	17. 他拠点展開	国内、海外　※適用フェーズ考慮要
J) 機体	18. 機体開発	諸元、性能、ペイロード、飛行条件、飛行プロファイル　※製造、試験
	19. 外部接続	搭乗ゲート、ドッキングベイ
	20. 量産	生産体制構築、サプライチェーン検討／構築

a) システム形態の選定（絞り込み）

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

・対象4テーマに対し、「主要検討項目」へと細分化。期待方向(高低、多少、難易)を設定。

・「形態 A」をDATUMに設定。対比較し、各項目に素点 1-9 を振った後、項目総点27で整理。

・システム形態 E が、ベストであるとの判定。（目指すべき形態）

宇宙旅行事業検討項目
10テーマより4テーマ絞込

	システム形態 (Configuration)			A ALLロケット	B ブースタ+Sプレーン	C ブースタ+Sプレーン	D SSTO+TV	E SSTM
E 運航	整備容易性	1	望少	3.0	3.0	6.0	6.0	9.0
	運航ロバスト性	2	望高	3.9	3.9	3.9	7.7	7.7
	ランニングコスト	3	望少	3.7	1.2	4.9	6.1	11.0
F メディカル		4	望易	3.0	4.0	5.0	6.0	9.0
I 宇宙港	ロケーション制約	5	望少	3.2	1.1	6.5	6.5	9.7
	既存設備活用	6	望高	3.4	3.4	3.4	6.8	10.1
J 機体	再使用性	7	望高	5.1	1.7	5.1	5.1	10.1
	既存インフラとの連続性	8	望高	2.7	5.4	5.4	5.4	8.1
	製造・メンテコスト	9	望少	11.6	3.9	3.9	3.9	3.9
	技術開発難易度	10	望低	7.4	7.4	4.9	4.9	2.5
	安全性/緊急対応	11	望易	3.9	5.1	5.1	5.1	7.7
	乗員/乗客負荷	12	望低	3.9	5.1	5.1	5.1	7.7
	システム簡素性	13	望低	3.9	1.3	5.1	5.1	11.6
	SDGｓ	14	望高	3.2	1.1	3.2	9.7	9.7
			素点	**62**	**47**	**68**	**83**	**118**
	Current TRL (2022)		ex)	7 StarShip	8 F9+SS+Ap	4 F9+SSα	2 SSTO+Ap	1 ----

Sプレーン : Spaceplane
SSTO : Single Stage To Orbit
TV : Transfer Vehicle
SSTM : Single Stage To Moon/Mars

システム形態検討 補正

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

システム形態 E が、ベストであるとの判定。（目指すべき形態）としたが、、、

・現時点からの技術レベル（技術課題）

・形態効果の最大化　※2040年頃の対象を考慮

・既存技術／産業への配慮

などの観点から、先ず目指すべきは、**システム形態 D** が妥当であると判断する。

システム形態 D

= SSTO

+ Transfer Vehicle

SSTO開発に、開発の主要ポイントを置くことを提案。

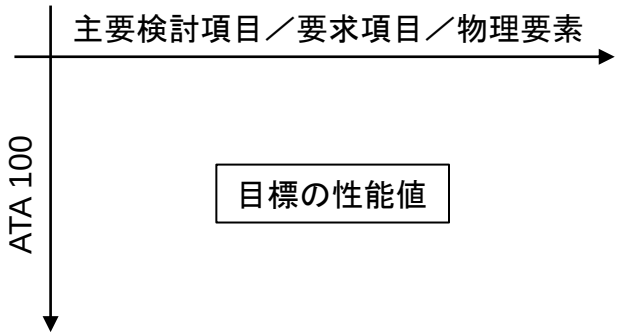
b) 機体技術検討：仕様検討 【考え方／前提】

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

- 機体システムの構成要素単位で、「主要検討項目」の要求仕様/目標値 を設定する。
- 機体システムの構成要素は、ATA 100を用いる。主要対象を絞り込む。
- 現在の技術レベルと目標技術レベルの差を定量化する。TRL、TDLを用いる。

4テーマ	主要検討項目
E 運航	1 整備容易性
	2 運航ロバスト性
	3 ランニングコスト
F メディカル	4 項目・基準
I 宇宙港	5 ロケーション制約
	6 既存設備活用
J 機体	7 再使用性
	8 既存ｲﾝﾌﾗとの連続性
	9 製造・メンテコスト
	10 技術開発難易度
	11 安全性/緊急対応
	12 乗員/乗客負荷
	13 システム簡素性
	14 SDG s



技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）

NASAによるTRLの定義（1989）

	日本／JAXA保有技術として	
	既存技術	改良度合い
Level 1 – 基礎理論の着想段階	ない	理論レベル
Level 2 – 技術要素の適応、応用範囲の明確化	↑	技術要素検討レベル／BBM
Level 3 – 技術実証のデモンストレーション	↑	技術実証／EM
Level 4 – ラボレベルでの実証	類似	何らかの新技術を足すことが必要(大)
Level 5 – シミュレート及び実空間での実証	↑	何らかの新技術を足すことが必要(小)
Level 6 – 地上でのシステムとしての技術成立性の確認	ある	大幅に改良すれば使える
Level 7 – 宇宙空間でのシステムとしての技術成立性の確認	↑	課題はあるが、改良すれば使える
Level 8 – システムの運用テスト、認証試験	↑	そのまま使える／未テスト
Level 9 – 最終段階、実運用	↑	そのまま使える／テスト済み

技術難易度レベル（Technology Difficulty Levels） 【独自導入】

既存TRLでは、最大⊿８レベルとなってしまう。＝差が作り難い。＋事業成立要素を入れる。

TDL9：③ サブオービタル機／有人 70人乗り 商用レベル

⇒ ①～④ において、③ が技術難易度が一番低い前提

Level 10　事業成立

Level 11　コスト ３分の１

Level 12　コスト １０分の１

Level 13　上記＋α

機体システムの構成要素 ATA100 （★22/全73）

	サブシステム		
★	ATA 22	自動飛行	
★	ATA 23	通信	
★	ATA 24	電力	※バッテリ、燃料電池 含む
★	ATA 27	飛行制御	
★	ATA 28	燃料	※SDGs／脱カーボン
★	ATA 32	着陸装置	
★	ATA 34	ナビゲーション	
★	ATA 44	キャビンシステム	
★	ATA 45	機上検査システム（OMS）	※ヘルスモニタリング
	構造		
★	ATA 52	ドア	※ドッキング
★	ATA 53	胴体	※材料
★	ATA 56	窓	
★	ATA 57	主翼	※可変機構
	推進		
★	ATA 72	エンジン	
★	ATA 73	エンジン-燃料と制御	
★	ATA 76	エンジン制御	
★	ATA 78	排気	※排気ノズル
★	ATA 84	推進力増強	※ロケットモード、切替
	特殊なチャプター		
★	ATA 95	乗組員の脱出と安全	
★	ATA 96	テレメトリー	
	その他		
★	ATA 115	フライトシミュレータ	
★	ATA xxx	設計技術	※最適化、MBDほか

b) 機体技術検討：仕様検討（項目別の要求値）

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

現状TRL

③を実用化するに当たっての現状技術レベル

現状 2022

| ATA 100 | 73 | | 1.再使用性 | | |

b) 機体技術検討：技術要求⊿

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

技術要求⊿ = 目標TDL − 現状TRL

ATA 100	73		低			高
主要対象	22		③	④	②	①
サブシステム						
ATA 22	自動飛行		5	6	6	6
ATA 23	通信		3	3	4	4
ATA 24	電力	※バッテリ、燃料電池 含む	3	5	5	5
ATA 27	飛行制御		6	6	8	8
ATA 28	燃料	※SDGs／脱カーボン	8	9	10	10
ATA 32	着陸装置		6	7	7	7
ATA 34	ナビゲーション		3	4	4	4
ATA 44	キャビンシステム		5	5	7	8
ATA 45	機上診断システム	※ヘルスモニタリング	6	8	8	8
構造						
ATA 52	ドア	※ドッキング	3	3	4	4
ATA 53	胴体	※材料	6	7	8	8
ATA 56	窓		3	3	4	4
ATA 57	主翼	※可変機構	6	7	8	8
推進						
ATA 72	エンジン		8	9	10	11
ATA 73	エンジン-燃料と制御		7	7	7	7
ATA 76	エンジン制御		7	7	7	7
ATA 78	排気	※排気ノズル	7	7	7	7
ATA 84	推進力増強	※ロケットモード、切替	8	9	10	11
特殊なチャプター						
ATA 95	乗組員の脱出と安全		7	7	8	8
ATA 96	テレメトリー		3	3	4	4
その他						
ATA 115	フライトシミュレータ		4	4	4	4
ATA xxx	設計技術	※最適化、MBDほか	5	5	5	5

黄色

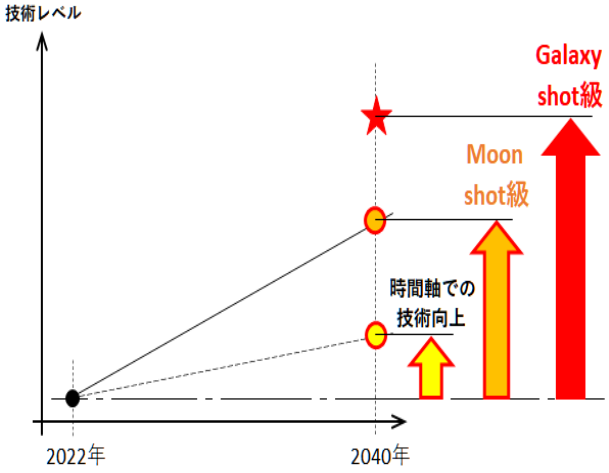
⊿５以上：
時間軸での技術向上レベル

橙色

⊿８以上：
強力な技術向上が必要
／Moon shot級

赤色

⊿１１以上：
超強力な技術向上が必要
／Galaxy shot級



実施能力と宇宙港のキャパシティ検討

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

宇宙輸送マーケットの87%を占める輸送モードについて総市場規模は14兆円に達し、
総利用者は770万人、総輸送重量は16万トンとなり利用が大幅に拡大した未来が到来

輸送モード	総市場に占める割合	総市場規模	ヒト/モノ	市場詳細 市場規模[1]	客数/重量	マーケ単価[2]	機体キャパ[3]	往訪回数[4]
地上~宇宙滞在施設間	26.5%	4.2（兆円）	ヒト	21,000（億円）	57（万人）	370（万円/人）	~60（人/機）	9,500（回/年）
			モノ	21,000（億円）	8.4（万トン）	2,500（万円/トン）	~10（トン/機）	834（回/年）
オービタル	13.0%	2.0（兆円）	ヒト	20,000（億円）	100（万人）	200（万円/人）	~70（人/機）	15,000（回/年）
			モノ	NA（ユースケースなしと仮定）				
サブオービタル	12.0%	1.9（兆円）	ヒト	19,000（億円）	230（万人）	80（万円/人）	~100（人/機）	23,000（回/年）
			モノ	NA（ユースケースなしと仮定）				
P2P	35.8%	5.7（兆円）	ヒト	41,000（億円）	380（万人）	100（万円/人）	~100（人/機）	38,000（回/年）
			モノ	16,000（億円）	8.1（万トン）	2,000（万円/トン）	~5（トン/機）	1,600（回/年）

*1：市場を構成する主要ユースケースの市場規模を基に推算。*2：マーケットドリブンで推算した1回あたり利用単価を想定。*3：ユースケースのペルソナを基に同時に利用する客数/重量を推計、
*4：客数/重量+機体キャパで年間の往訪需要を推計

17 2040年の宇宙活動世界観と宇宙輸送市場の定量化スタディ

© 2021. For information, contact SLA

① 全世界マーケットを実施能力国でシェアを分割
② 宇宙港の役割を設定
③ 国内の宇宙港で、実施数を分割

【実施国シェア】

No.	実施国	%
1)	日本	25
2)	USA	20
3)	中国	20
4)	EU	10
5)	ロシア	10
6)	インド	10
7)	その他	5
		100

【宇宙港の役割】

宇宙と地球を結び、ハブとなる「拠点整備」事業

- 宇宙機の開発拠点
- 日本 -- 世界、宇宙へ2時間
- ヒト、モノの物流拠点
- Final Destinationへの輸送

【国内宇宙港数】

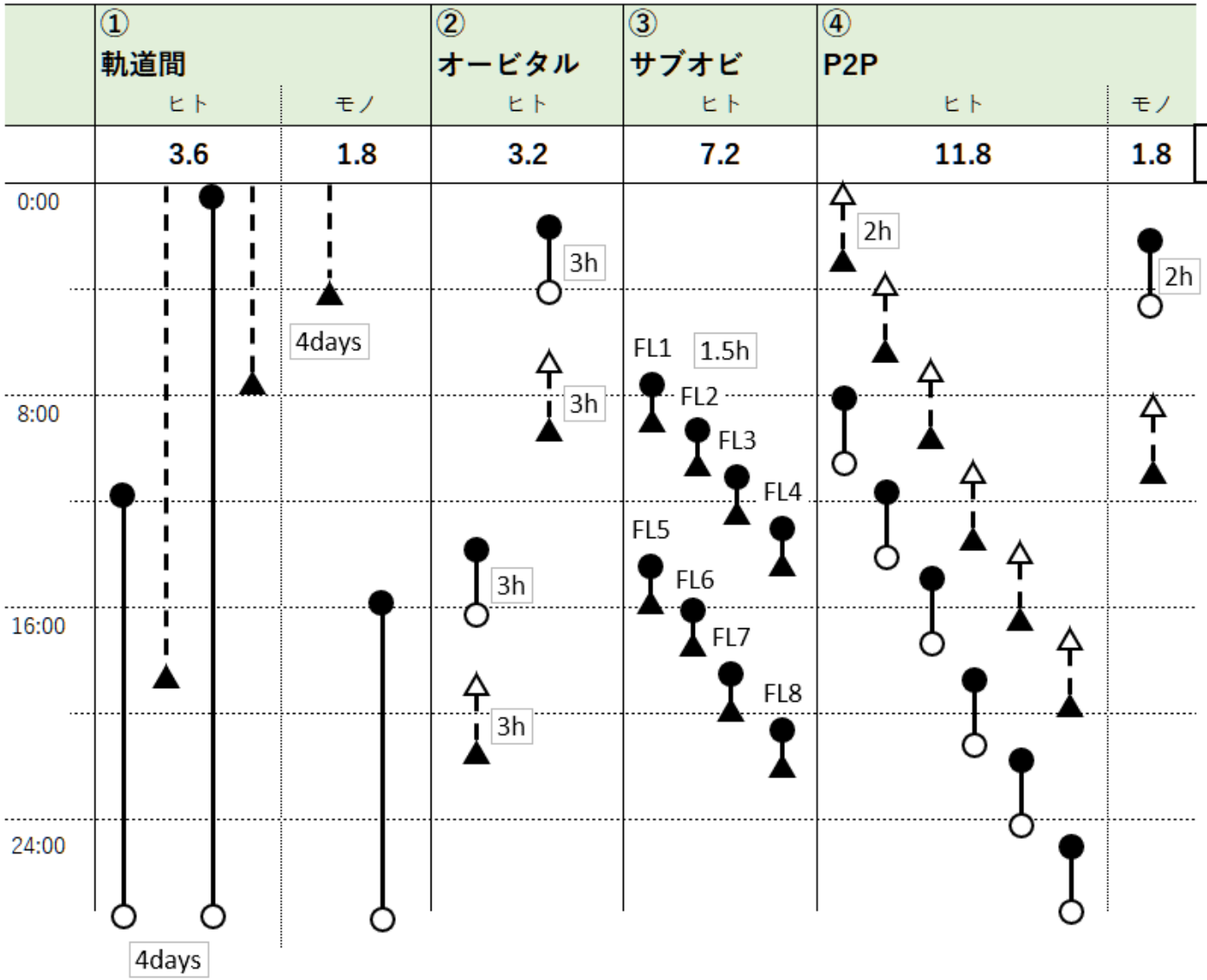
運用 3港

※開発宇宙港を除く

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE

日本シェア：25%、国内3宇宙港を想定した1宇宙港当たりの運航／離発着イメージ　（2045年時）



【前提条件】

- ターンアラウンドタイム：TBD
- 保有機体数：TBD
- 宇宙港 24h 運用
- ①, ②, ④ 1 FL = 行き or 帰り
- ③ 1 FL = 行き＋帰り

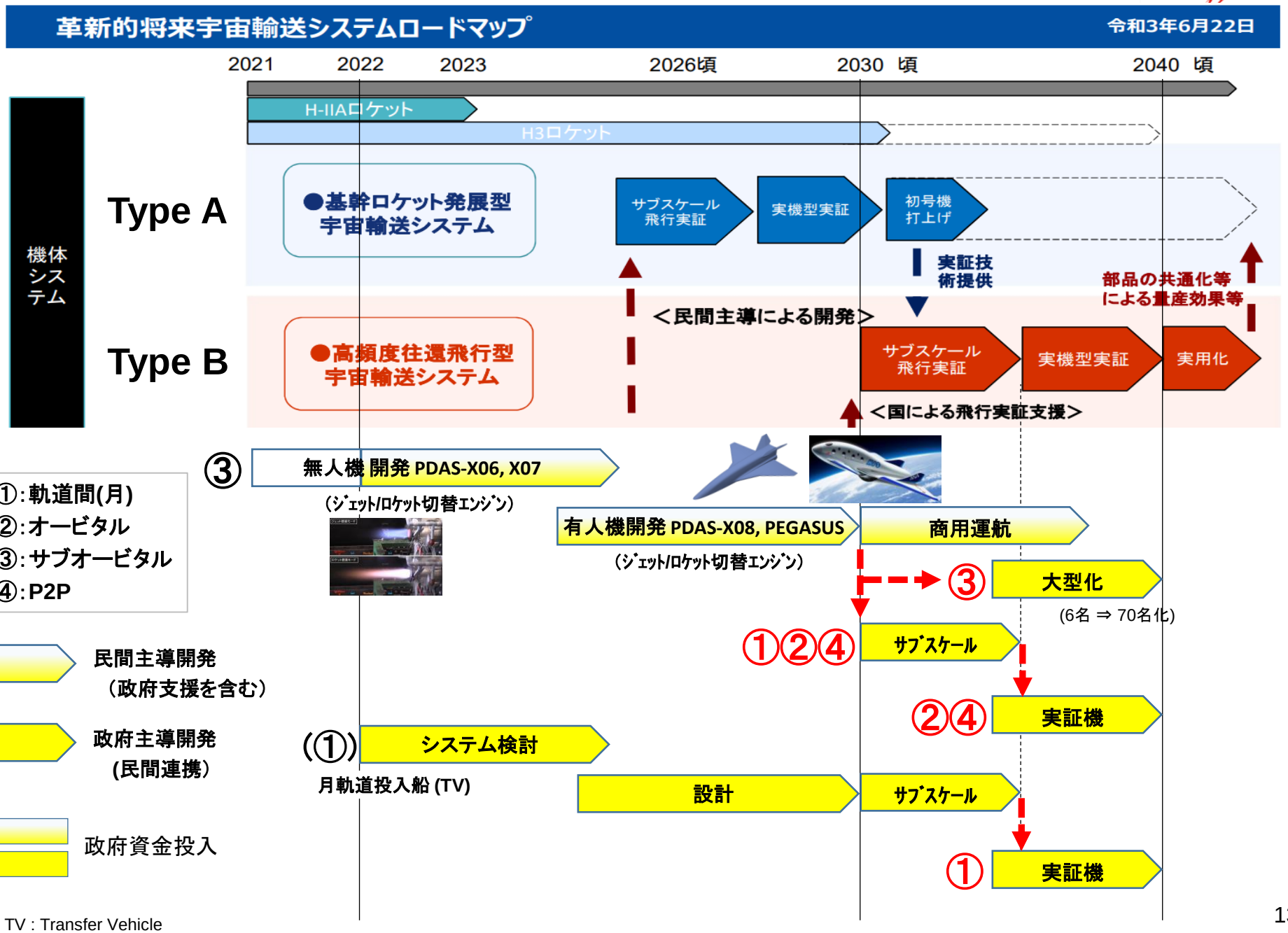
【凡例】

- ● 当該宇宙港から離陸
- ○ 目的地到着（着陸 or ドッキング）
- △ 目的地から出発（離陸 or 離脱）
- ▲ 当該宇宙港へ着陸

c) 実施計画

CONFIDENTIAL

PD AEROSPACE



TV : Transfer Vehicle

Be a wing for Space

～ 宇宙への翼 ～