「2040年の社会ニーズに対応する
有人宇宙輸送サービス構想と必要技術」
検討(PKG2)要請へのインプット

Space Liner Initiative

SLA

Space Liner Association

2021年10月

宇宙旅客輸送推進協議会

PKG2技術課題抽出のための検討の目的と期待されるアウトプット

PKG1では，SLAの目指す，2030年代から2040年に向けた宇宙活動の描像と世界観の提示，およびこれらの桁違いに拡大することが期待される宇宙活動を支えるための，有人輸送および物資の輸送などを行う体系とエコシステムの構築，およびこの輸送体系によってもたらされる輸送市場の内容と規模の予測を行った．https://spaceliner.jp/actions/422/

それではこのような輸送体系を構築するために必要な技術的な課題は如何なるものであるか？について考え，未来を切り拓くための技術課題を抽出し，以後の研究開発の実行に資することが，本PKG2として行う技術タスクフォースの目的である．

以下には，PKG1（マーケット規模と内容の予測）結果から，その内容と輸送マーケットの規模感と想定輸送コストなどをまとめる．その上で，単なる輸送体系の性能や機能の議論のみならず，社会が受容し，経済的に民間による事業が成立し，乗客や貨物輸送において宇宙の特殊事情によらず他の交通体系と同列の利便性を提供でき，カーボンニュートラルなど対環境性の意味で世の中に受け入れられ，国際間における競争に打ち勝つ優位性を備え，日本の基幹産業として自立できる・・ことなどを強く意識して，本検討のアウトプットが，今後どのような輸送体系を構築するかを考えるための縁とし，具体的な研究計画を立案するための根拠とすることを目指して，このインプットパッケージにより検討依頼を行うものである．

マーケットドライブの技術課題抽出
検討委託（PKG2）へのインプット（抜粋）

１．検討要請のスコープ

２．2040年代の宇宙輸送を取り巻く世界観とこれから導かれる輸送市場定量化

３．マーケットドライブで導かれる技術検討（PKG2）への要請サマリ

４．技術検討における，期待する方向性と定量化の例示（参考）

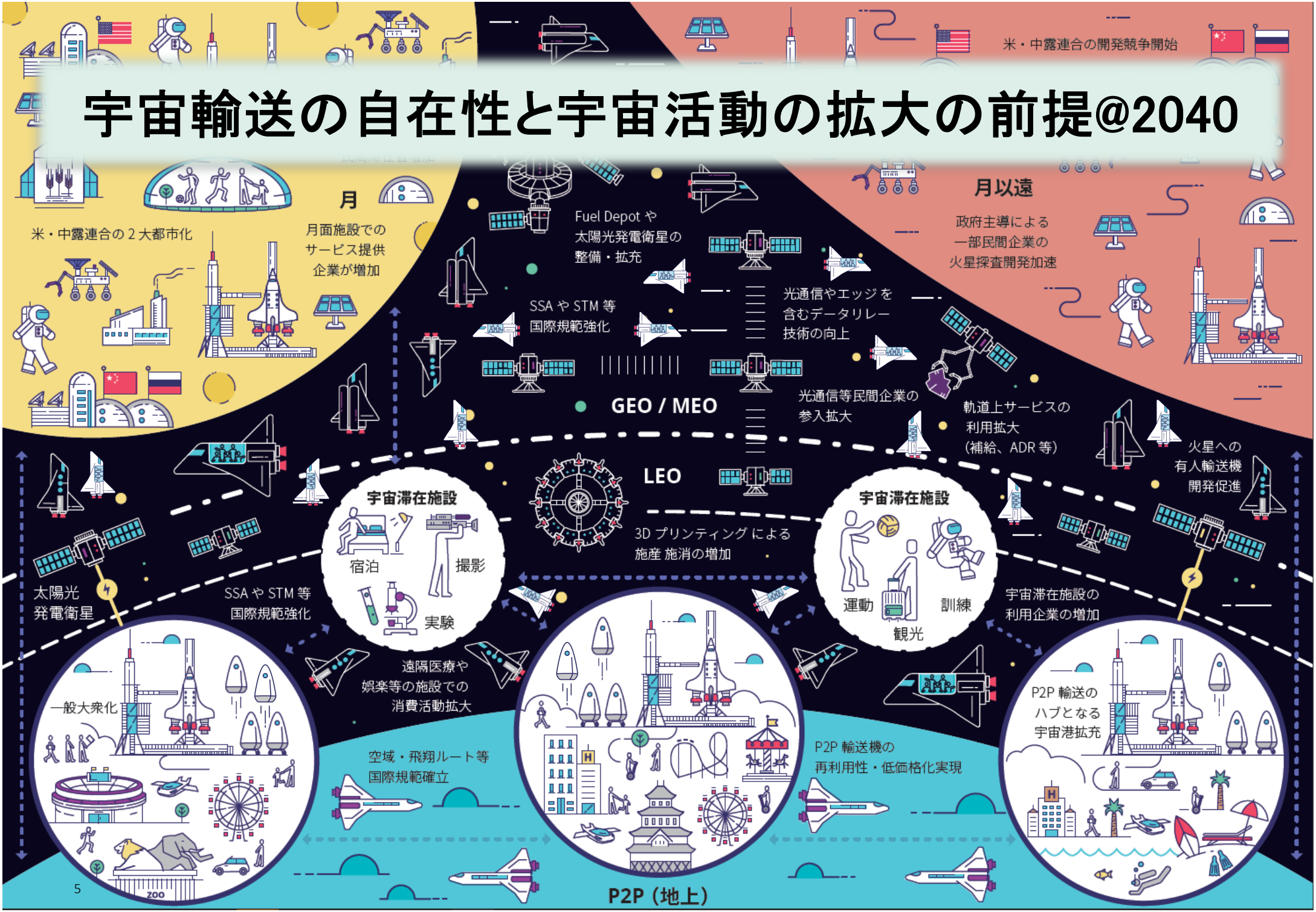
５．技術検討要請仕様

2040年の宇宙活動世界観の描像

宇宙産業領域	世界観措定の前提
月および月以遠	***「米中露・国際共同など国家ドライブの活動から民間利用への転換・火星への有人進出の開始」*** 月面に建設された米中露および国際共同の持続的有人活動拠点に民間事業者の進出と発展、月資源活用のISRU，地球-月間の輸送サービスの拡充と観光など民間利用の増大．次のステップとして火星での持続的有人活動に向けた展開が始まる
GEO / MEO	***「多様な衛星による宇宙活動の展開，軌道上サービスの事業化，太陽発電衛星など大規模構造物の構築」*** 太陽光発電衛星の建設など大規模宇宙構造物によるグローバルなエネルギ問題や社会課題の解決に向けた宇宙活動の進展，多様な中高高度衛星による宇宙利用の拡大と軌道上サービスを行うビジネスが民間事業として行われる．
LEO	***「国や民間企業が独自に建設する活動拠点・滞在施設の一般大衆化，LEO以遠への輸送中継機能の構築」*** 米国や中露を含む複数の国家や民間企業が宇宙滞在施設を独自に保有し、民間企業による滞在施設やビジネス環境提供のサービス拡大，LEO以遠への輸送中継点(スペースターミナル)の整備・利活用拡大など、利用者が増加し一般大衆化が進展
P2P	***「高速輸送手段とインフラの実現・宇宙輸送との基盤の共通化によるP2P輸送の一般大衆化」*** 長距離高速輸送の運航に関する国際規範の確立や宇宙港といったインフラがグローバルに拡充・整備され、宇宙輸送との基盤共通化と輸送の高速化によるP2P輸送の実現により利便性や再使用性、経済性の確立により低価格化され一般大衆化が実現

* ISRU: In-situ resource utilization

宇宙輸送の自在性と宇宙活動の拡大の前提@2040



2040年時点の世界観における宇宙輸送の世界市場規模の導出

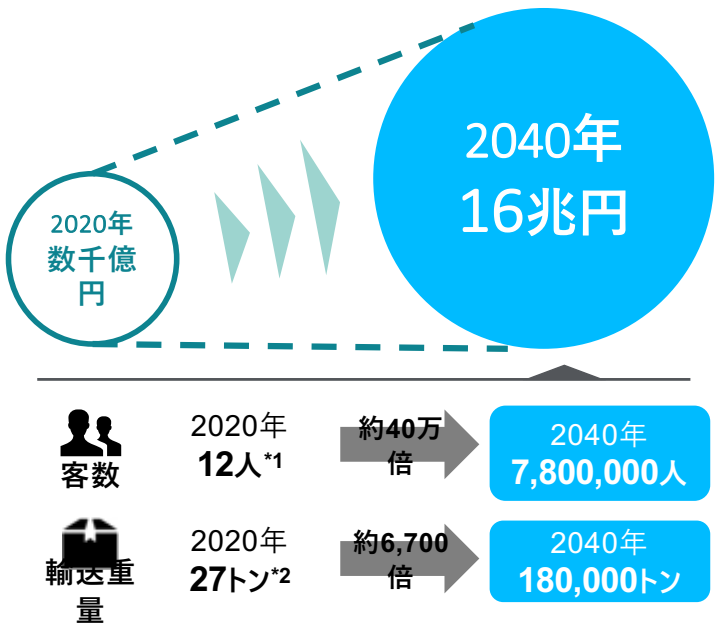
輸送モード	総市場規模	ヒト/モノ	市場詳細					ユースケース（主要ケース抜粋）	
			市場規模*2	客数/重量	マーケ単価*3	機体キャパ*4	往訪回数*5	エコノミー	プレミアム
地上~宇宙滞在施設	3.6（兆円）	ヒト	21,000（億円）	53（万人）	400（万円/人）	~60（人/機）	8,800（回/年）	宇宙旅行 軌道上運営要員派遣 政府ミッション …	軌道上ビジネス 宇宙実験 宇宙安全保障 …
		モノ	15,000（億円）	50,000（トン）	3,000（万円/トン）	~10（トン/機）	4,400（回/年）	宇宙配達便 軌道上施設資材物資輸送 軌道上輸送燃料補給 …	宇宙実験機材・サンプル LEO以遠輸送システム 宇宙安全保障 …
オービタル	2.2（兆円）	ヒト	22,000（億円）	110（万人）	200（万円/人）	~70（人/機）	15,000（回/年）	宇宙旅行 サービス従業員派遣 運航管理官派遣 …	宇宙冠婚葬祭 宇宙実験 宇宙安全保障 …
		モノ	NA（ユースケースなしと仮定）						
P2P	5.4（兆円）	ヒト	37,000（億円）	250（万人）	150（万円/人）	~100（人/機）	12,000（回/年）	旅行 出張 運航管理官派遣 …	冠婚葬祭 軍・部隊派遣 安全保障 …
		モノ	17,000（億円）	6,400（トン）	27,000（万円/トン）	~5（トン/機）	1,300（回/年）	配達便 乗客積み荷 貿易 …	医療関連 災害時支援 安全保障 …
サブオービタル	1.9（兆円）	ヒト	19,000（億円）	220（万人）	80（万円/人）	~100（人/機）	21,000（回/年）	宇宙旅行 宇宙体験飛行 訓練目的の飛行 …	宇宙冠婚葬祭 宇宙実験 宇宙安全保障 …
		モノ	NA（ユースケースなしと仮定）						

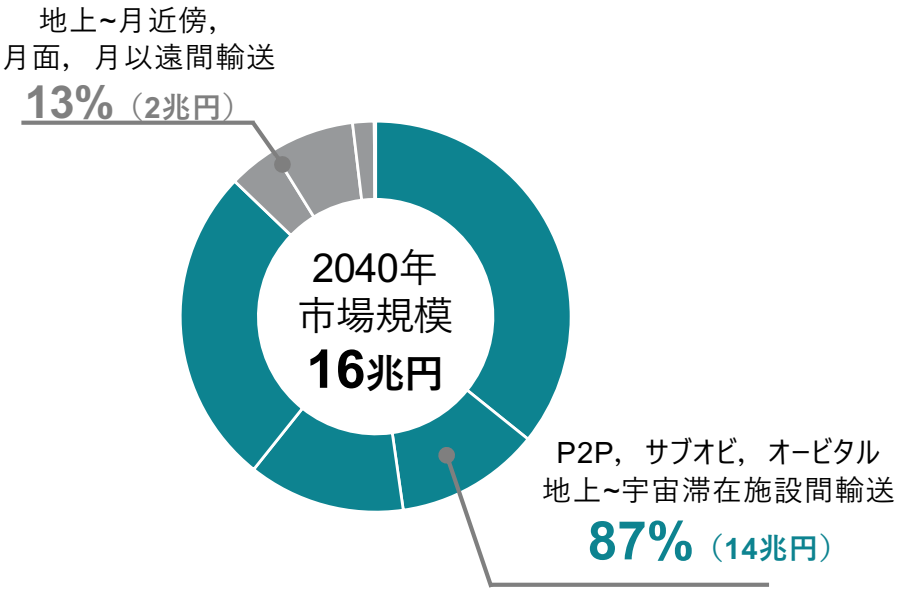
*1：P2P、サブオービタル、オービタル、地上~宇宙滞在施設間、地上~月間、地上~月以遠間輸送の市場規模を積算した値、サブオービタルは発射点またはその近傍に帰還する飛行で短時間の雨中飛行をおこなうもの．以下の議論では技術検討の対象外とする． *2：市場を構成する主要ユースケースの市場規模を基に推算 *3：マーケットドリブンで推算した1回あたり利用単価を想定、P2Pの貨物単価は他に輸送手段が既に確立しており超高価値の輸送のみ対応という前提（今後要議論） *4：ユースケースのペルソナを基に同時に利用する客数/重量を推計、*5：客数/重量÷機体キャパで年間の往訪需要を推計

PKG1アウトプット＝ 2040年時点の宇宙活動を想定した宇宙輸送マーケットの市場規模
サブオービタル, P2P, オービタル, 地上~宇宙滞在施設間のヒト・モノの輸送市場

https://spaceliner.jp/actions/422/　「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」を参照

宇宙輸送マーケットの年間市場規模推移





これらの市場規模の想定旅客数と貨物量をまとめて，マーケットの要請する輸送規模（総旅客数と物資輸送量）と輸送単価（有人と資材なども含む荷物）の目標数値は以下の様に定量化される.

１００万人／年オーダの規模の旅客輸送,
１万トン／年オーダの周回軌道向けおよび高速2地点間の物資輸送

乗客単価＝１００万円／人のオーダ
荷物単価＝１千万円／トンのオーダ

マーケットドライブで導かれる輸送体系への要請

マーケットドライブの輸送体系を考えるに当たって，前ページのような輸送機ボイや目標コストから導かれる機体の性能や機能に関わる設計要求以外に，乗客の安全，輸送サービスの内容，事業や運航の体制および技術課題の選定などについて，マーケットからの要請および国として産業化支援する対象として考慮すべき事柄は以下のようであろう．

社会が許容する有人旅客輸送の安全性（事故に対して保険でカバーできる世界）

高頻度大量輸送におけるエアライン的運航
（定時運航, ターンアラウンドの柔軟性, 整備計画, 故障検知と予兆整備, 荒天耐性など）

製造と運航の分離＝マニュファクチャラーとオペレータの分離と連携
（世界に1−2のマニファクチャラー，主要国に10程度のオペレータとスペースポートを想定など）

スペースポートの立地とアクセス
（主要都市から搭乗まで１時間でアクセス可能，2040年時点の地上の輸送体系の進化を反映）

乗客の搭乗・緊急時対応＝簡単な講習を受けるなど訓練なしまたは最低限の負担で搭乗できる

環境負荷への配慮の観点（カーボンニュートラル政策，水素社会・脱炭素ムーブメントとの整合）

米民間など先行者の今後の動向と，それらとの差別化，日本の勝ちワザの追求

PKG2 技術検討要請仕様

以上のマーケットドライブの要請に応えるための技術検討を以下の仕様に従って行うことを要請します

a

本PKG2へのインプットに基づき、輸送インフラや輸送サービス、輸送システムを含めた
輸送体系の将来像を構想し、これを実現するための技術要件を具体化(定量化)することを要請

*具体化の対象は大量高頻度の宇宙輸送が事業として成立するための輸送サービスや
運航形態、安全性の担保等幅広い視点での検討を期待

b

aで構想した将来像の実現に必要な主要アーキテクチャ及びその選択肢、クリアすべき
技術課題の抽出及び難易度やリスクを現時点の技術レベルと比較して整理することを要請

*アーキテクチャとは採用するシステムや推進など輸送機を構成する技術のことで複数の可能性や組み合わせがあることを共有.
これらのうちから選定する方法および抽出・検討する選択肢の件数や相互の比較については受託者の裁量で行うことを期待

c

aで構想した輸送事業が2040年にサービス・インすることを条件とし、bで検討した
主要技課題に対して事業立上げ時の判断に使用できる技術レベルまで向上させる解決策としての
研究・開発計画の立案を要請

*事業立上げ時点は現在~サービス・インまでの中間時点(およそ2030年)と設定し、研究開発計画は研究開発・実証等の
課題解決ステップとそれらの難易度やリスク、規模感の見える化を要請(綿密な費用見積は求めない)