

第14回 月惑星に社会を作るための勉強会 ムーンビレッジ勉強会リファレンスモデル検討WG中間報告

ビジネスWGメンバ

朝妻（ispace/フロンティアビジネス研究会資源WGリーダー）

大貫（スパークス）

内田・間宮（三菱総合研究所）

2021年9月8日

リファレンスモデル検討の前提

何人の規模の社会を想定？……1000人

……これで施設, インフラ, サプライチェーンなどの規模を定量化してみる

滞在している人は？……住人, 移住者, 仕事, 訪問者……以下に比率を考える

A. 1000人のワーカー(30代-50代)……滞在1年？

B. ワーカーとその家族(ワーカー, 家族(配偶者, 子供, 親?)数年の赴任？

C. 定常的社会=移民……年齢構成=10人x100世代(0-100歳)……持続的人口ピラミッド

居住・生活の質は？……アポロ級, ISS級, ホテルルーム級, アpartment, マンション, 一軒家……？

10000人のビジター(=地球からの観光客)

……毎日30人 * 10日=300人の滞在施設, 輸送システムとセットで考える

何を生産し価値を生み出すか？

…人類の活動範囲の拡大自身に価値？投資・維持経費に見合うかの観点？

…ビジネスと事業モデル, 年間売り上げ・支出, 需要の予測(地球での需要, 宇宙活動の全体…)

* e.g.まずは, 資源ビジネスと観光・旅行を考える？

……事業規模と必要人員, 観光・旅行ビジネスの訪問客数とサービス提供人員などを定量化

地球から離れた自立的社会運営

……民主的, 国際的運営, 民間事業のために普遍的に必要な運営ルール

……現在の世界の地政学的・経済的対立状況を持ち込まない前提ではどうか？

……地球への依存の程度……物質的, 経済的, 政治的, 社会的？

社会を運営するためのルールとシステム……課税, 行政, 公共サービス(病院・学校・警察・消防)

以上をもとに人文科学・人類学的側面……新しい文化, 新しい人類, 子孫, 教育……などについて考える。

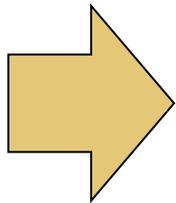
頂いたお題

● ビジネスの視点

どう言うビジネスモデルがあり得るのか？

社会を作るのに必要な投資に見合うだけのリターンはあるのか？それは期待できるのか？

税金で国の仕事として実行出来る部分との棲み分けはどうするか？



- いきなりすべての問いに回答することは不可能
- 最初のステップとして**どういうビジネス（モデル）があり得るのか**、に取り組むこととする
- ビジネスの**具体的な姿や規模（オーダー感）を描くことにより**、その他の問いや**今後の議論への参考**となることを目指す

ビジネス分科会での検討の前提条件

- 社会の規模（人数）：1000人
……………これで施設，インフラ，サプライチェーンなどの規模を定量化
- 滞在人員……………住人，移住者，仕事，訪問者
 - A. 1000人のワーカー（30代－50代）……………滞在1年？
 - B. ワーカーとその家族（ワーカー，家族（配偶者，子供，親？））数年の赴任？
- 滞在人員以外に10000人のビジター（＝地球からの観光客）
 - ……………毎日30人＊10日＝300人
 - ……………滞在施設，輸送システムとセットで考える
- ビジネスの検討対象
「①資源ビジネス」と「②観光・旅行ビジネス」

その他の前提

- オーダー感をつかむことを最優先にかなり“ラフな”試算をしています
 - 定量化 → 議論 → 見直し → 議論 とインタラクティブに進めることがポイントと理解してます
- 本日は4月の中間報告の簡単なおさらいと若干の追加情報の報告です

観光・旅行ビジネス

観光・旅行ビジネスの検討方針（1/2）

■ 観光・旅行ビジネスの対象

- 地球から月を訪問し、地球に戻る**ビジターを対象と設定（観光者＋出張者）**
 - …1,000人が月面に居住する状況では10,000人が地球と月を往来している規模感
- 月面滞在者（対象外）
 - …1,000人の月面滞在者も月面内を移動して観光する可能性もあるが、一旦対象外とする

■ 観光・旅行ビジネスの規模

- **30人／日×10日滞在は固定値**
- **輸送手段から仮定**

■ 観光・旅行ビジネスの輸送手段の想定

- 0期：スペースXのスターシップで月軌道周回旅行（2023年～）＊申し込み、訓練で市場先行
- 初期：ブルーオリジンの月面着陸機ブルームーン（SLS/オリオンで月軌道から着陸）**4人/飛行**
- 2期：スペースXのスターシップで月面着陸 **20～50人/飛行**
- 3期：ブルーオリジンの月面着陸機ブルームーン
：スペースXのスターシップが大量輸送（月面着陸コスト価格破壊）**100人/飛行**

観光・旅行ビジネスの検討方針（2/2）

■ 観光・旅行ビジネスに必要となる施設

- 宇宙ホテル（宿泊、レストラン、ショップなどの商業のコンプレックス、ミックスユース）
- スターシップ（輸送機であり居住施設）
- 月面観光モビリティ（ルナクルーザー）
- 月面観光施設（月面観測所、月面スポーツドーム、アポロ計画遺跡、月面農場など）
- 月面の観光のモデルプラン（10日間の月面滞在＋往復10日間）

■ 観光・旅行ビジネスのS字（成長）カーブに影響を与える要因例

- 有人・貨物月面輸送コスト
- 宇宙ホテル滞在コスト
- 宇宙観光資源の充実
- インフラ整備（通信など）
- QOL（アミューズメント、レストラン、エンターテインメントなど）
- 宇宙天気予報
- 放射線など
- ヘルスケア
- ガバナンスシステム

他のWGの
検討結果と連動

月観光・旅行パッケージ (All Inclusive)



地上滞在

地球→月移動

月面滞在

月→地球移動

地上滞在

出発前(-1年)

出発・往路(5日)

基本パッケージ(10日)

オプション

帰還・帰還後(5日)

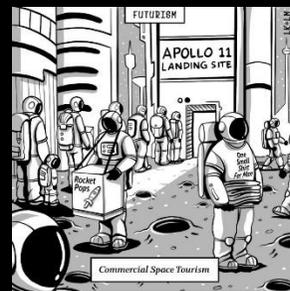
- ✓ 申し込み
- ✓ 健康診断
- ✓ オリエンテーショ
ン
- ✓ 訓練
- ✓ 体調管理
- ✓ 持ち物
- ✓ スペースポート入
り

- ✓ 出発前健康診断
- ✓ 出発前訓練
- ✓ 出発前イベント
- ✓ 搭乗・打ち上げ
(ブルームーン、
スターシップ)
- ✓ 船内滞在(軌道・
遷移飛行)
- ✓ 降下・着陸

- 滞在
 - ✓ 宇宙ホテル(宿泊、レストラン、ショップなどの
商業コンプレックス)
 - ✓ スターシップ(輸送機であり居住施設)

- 移動
 - ✓ ルナクルーザー

- 観光施設
 - ✓ 月面観測所
 - ✓ 月面スポーツドーム
 - ✓ アポロ計画遺跡
 - ✓ 月面農場など

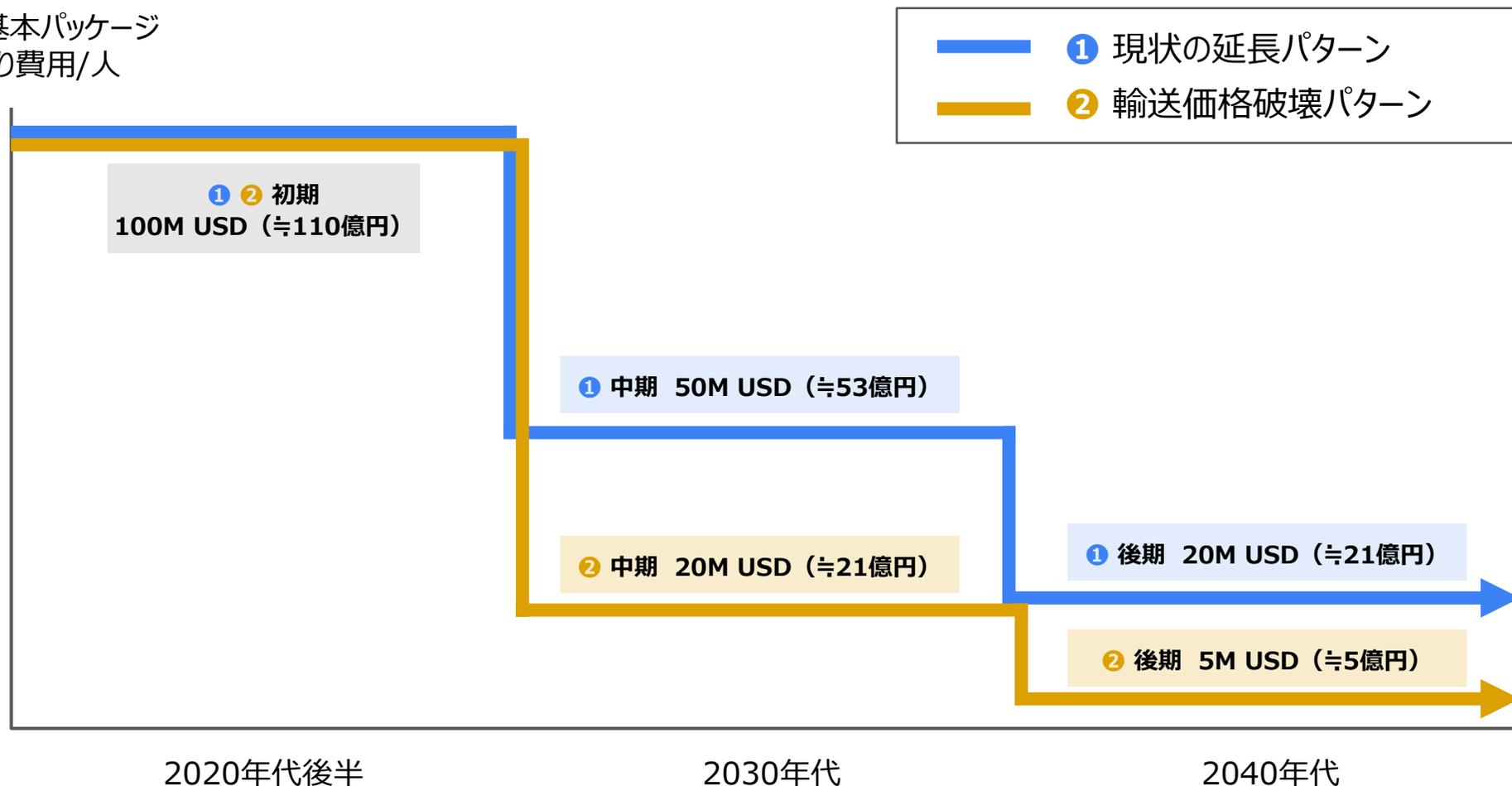


- ✓ ルナクルーザーで
遠出
(10MDル)
- ✓ 月面遊泳
(20MDル)

- ✓ 搭乗(ブルームーン、
スターシップ)
- ✓ 月面離陸・上昇
- ✓ 船内滞在(遷移・
軌道)
- ✓ 着陸
- ✓ 健康診断
- ✓ リハビリ
- ✓ 帰国

旅行者一人当たりの価格の変化

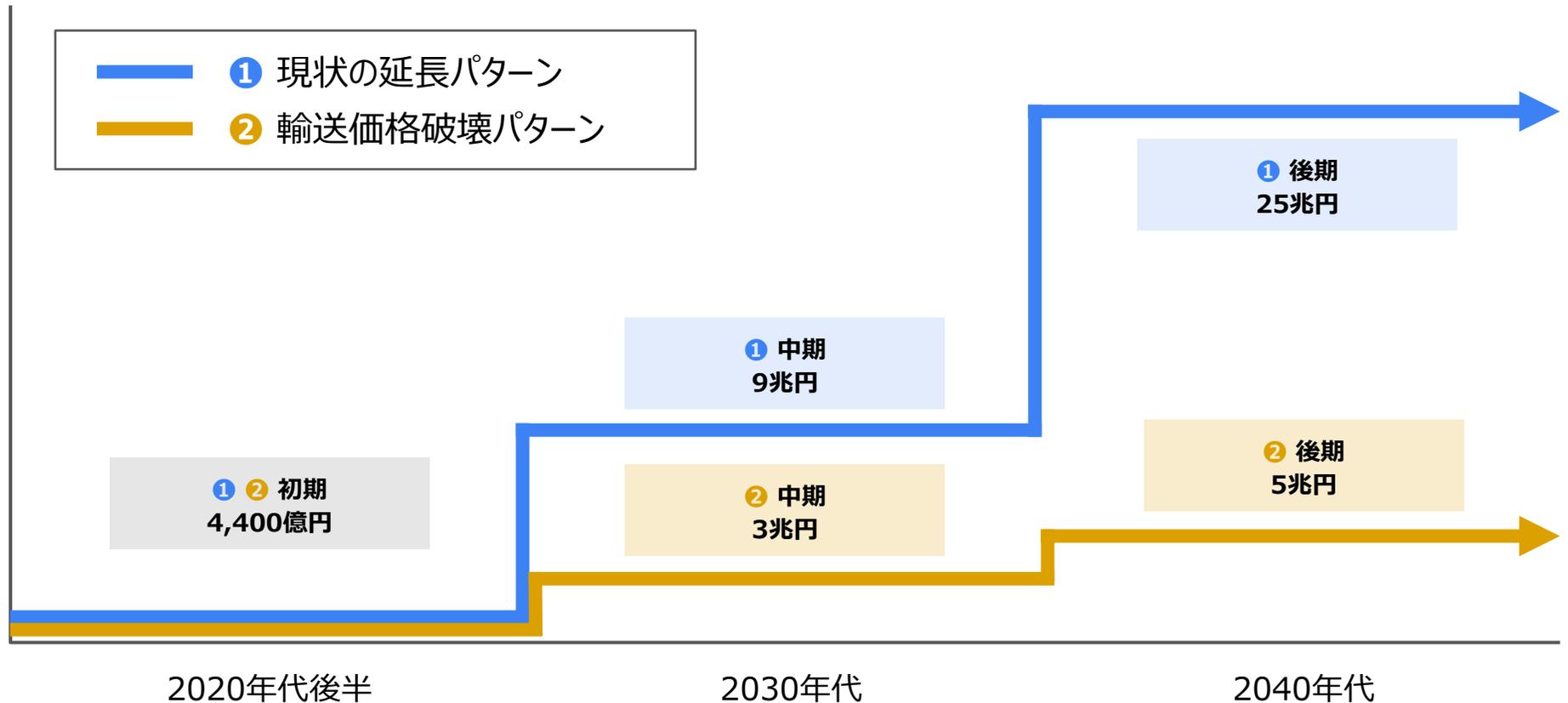
月面旅行基本パッケージ
1回あたり費用/人



年間市場規模の推計結果

$$\text{市場規模} = \frac{\text{基本パッケージ料金}}{1人} \times \text{年間訪問者数}$$

年間市場規模



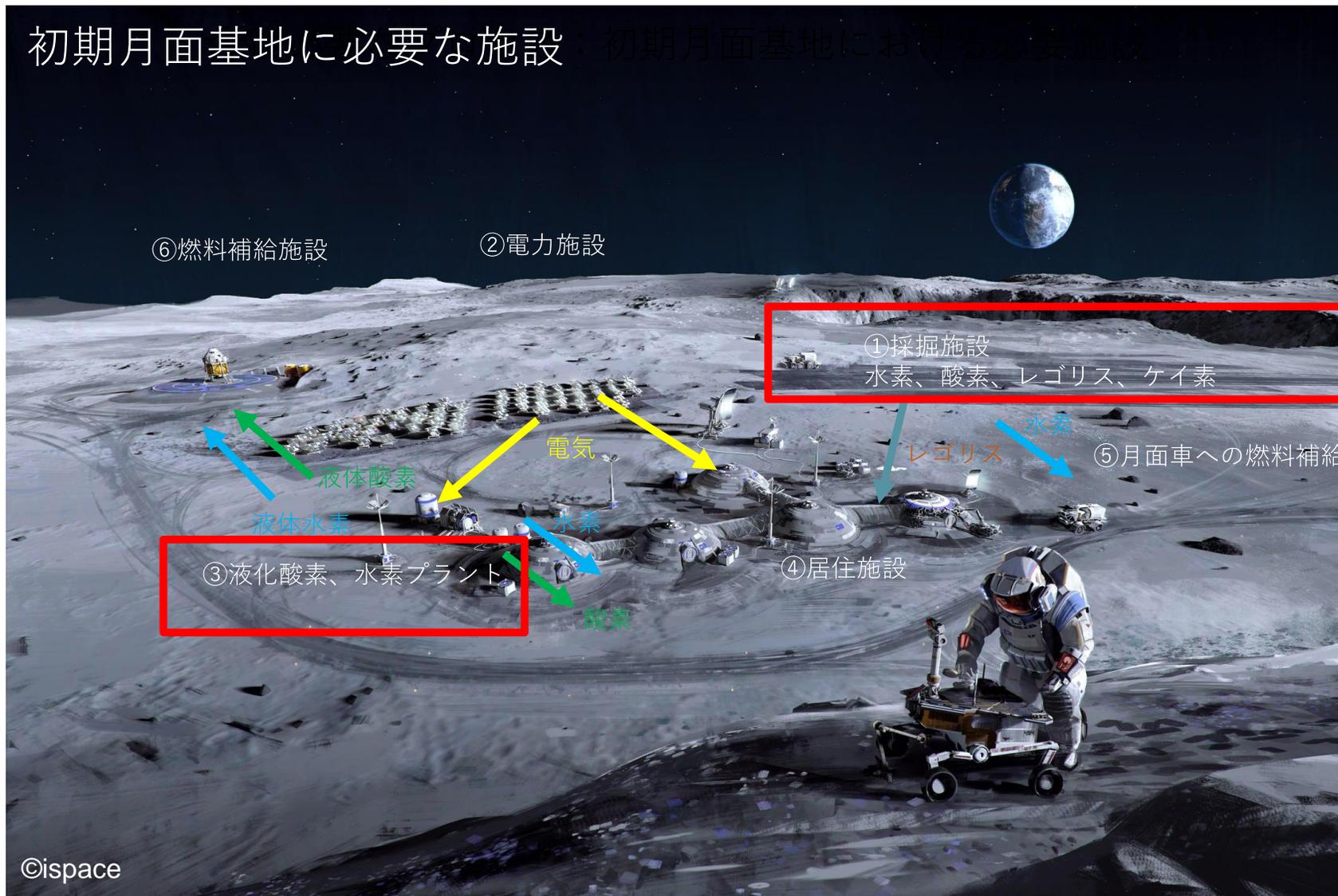
- パターン①は市場規模が大きすぎる？
- パターン②は費用が低すぎる？（＝輸送コストが実現不可能？）

まとめと若干の考察

- 月観光市場の規模を（様々な仮定を置き）試算
- 試算結果は以下の通り
 - 現状の延長パターン：25兆円／年@2040年
 - 輸送価格破壊パターン：5兆円／年@2040年
- 宇宙旅行や南極旅行の市場規模を基に金額規模の妥当性を検証
 - 宇宙市場に対する宇宙旅行の比率：4200億円／年@2040年
 - 観光市場における南極観光の比率：1100億円／年@2040年
- 現状の試算結果は過大な結果になっている印象（特に現状の延長パターン）
- 妥当性検証結果の規模を妥当な規模と考えると、、、
 - 訪問者固定：年間訪問者1万人を前提とすると、旅行者1人あたりの輸送コストは1億円以下にする必要がある
 - 輸送費固定：輸送費が10～100億円を前提とすると、訪問者数は100人～1000人規模となる必要がある
- 一旦、ピン止め（固定値）とした前提を動かす必要があるかもしれない。。。

(水) 資源ビジネス

初期月面基地に必要な施設



月面資源利用市場における、ライフサポートと推進剤市場の考え方

	A: ライフサポート	B: 推進剤
資源	<p>月面資源: 水氷、(金属酸化物から) 酸素</p> <p>最終プロダクト: O₂、飲料水、用水</p>	<p>月面資源: 水氷、酸化物からの酸素</p> <p>最終プロダクト: LOX/ LH₂推進剤</p>
需要/供給	<p>需要:</p> <ul style="list-style-type: none">• 月への有人ミッション(乗組員数)• 火星への有人ミッション(乗組員数) <p>供給場所:</p> <ul style="list-style-type: none">• 月面での月面ミッション• 火星ミッションのためにLEO <p>総量:</p> <ul style="list-style-type: none">• 任務の全期間に乗組員が必要とする酸素ときれいな水の量•	<p>需要:</p> <ol style="list-style-type: none">1: 月へのミッション用推進剤(表面・月軌道)2: 火星へのミッション用推進剤3: LEOからGEOへのミッションのための推進剤4: SRU運用に必要な推進剤は、月面から他の供給場所に資源を移動(LEO) <p>供給場所:</p> <ul style="list-style-type: none">• すべての3種類のミッションに対するLEO <p>サイズ:</p> <ol style="list-style-type: none">1、2、3: 各ミッションがLEOからターゲット先に行くために必要な推進剤4: 推進剤を月面からLEOに移すために必要な推進剤

* PWC試算数値に基づいて、フロンティアビジネス研究会資源WGにて加工

* \$ 1 = 100円で換算

Kgあたりの価格の設定は、 I: 潜在的顧客の経済合理性に基づく設定 II: コストベース利益設定型 二つの方向から検討

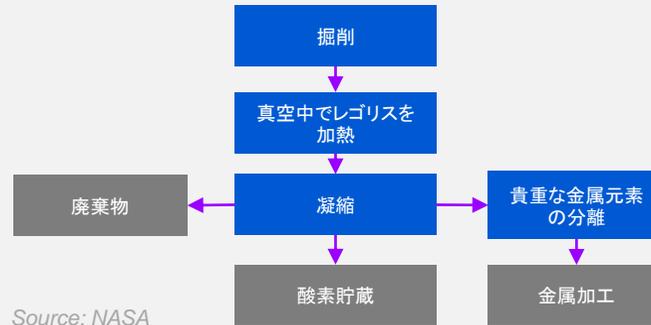
推進

推進剤のコストは、ULAのシスルナ1000ビジョンに基づく。
LEOの推進剤の価格帯 = \$ 3,000 / kg。
この価格は、地球からこの同じ推進剤を持ち込むコストに基づく。(宇宙ベースの推進剤がLEOへの典型的な打ち上げコストのために財政的に魅力的になる価値)。
月面の推進剤の価格は\$ 500 / kg。この価格は、LEOで\$ 3,000 / kgに達するために導出された見積もり。
このコストは、初期時点のコストには、採掘までの初期投資を回収する上乗せコストが必要。
* 商業月推進剤建築研究(REACH、2019)では、本数字を採用。

非地球用推進剤は、現在の陸上コストと比較して25%のコスト削減で設定。これは、非地球推進剤を使用して顧客に実行可能なレンダリングの運用リスクを相殺するために必要な削減の種類分析に基づく。

その他のリソース

月の表面から得られる資源は、推進剤だけでなく、レゴリスや金属も検討。
\$ 500 / kg。
使用される最終的なプロセスはまだ未確定のため、分離することで得られる理論上のフローを想定。



アプリケーション	地球からの資源	月からの資源
LEOにて補給	\$ 4,000/kg	\$ 3,000/kg
月面での補給	\$36,000/ kg	\$ 500/kg
建設	\$36,000/ kg	\$ 500/kg
製造	\$36,000/ kg	\$ 500/kg

* PWC試算数値に基づいて、フロンティアビジネス研究会資源WGにて加工

<楽観的な積み上げ数字>

SRU = 5年間で\$49,797,172,946 = 約5兆円程度のマーケット

2040年は、年間平均 = \$9,959,434,589 = 約1兆円程度のマーケット

Cumulated data (5年ごとのマーケット)				
Period of time	Transportation market	SRU market (without SRU data)	Data market (including SRU data)	TOTAL
2020-2025	8 618 798 000	0	336 128 094	8 954 926 094
2026-2030	19 367 662 500	599 799 286	1 882 497 609	21 849 959 395
2031-2035	31 891 077 000	12 842 591 553	3 831 425 669	48 565 094 222
2036-2040	42 330 843 000	49 797 172 946 約5兆円	5 821 300 570	97 949 316 516
TOTAL	102 208 380 500	63 239 563 795 約6兆円	11 871 351 943	177 319 296 238 約17兆円 (2020-2040)
Per annum data (1年間当たりマーケット)				
Period of time	Transportation market	SRU market (without SRU data)	Data market (including SRU data)	TOTAL
2020-2025	1 436 466 333	0	56 021 349	1 492 487 682
2026-2030	3 873 532 500	119 959 857 約100億円/年	376 499 522	4 369 991 879
2031-2035	6 378 215 400	2 568 518 311 約2千億円/年	766 285 134	9 713 018 845
2036-2040	8 466 168 600	9 959 434 589 約1兆円/年	1 164 260 114	19 589 863 303

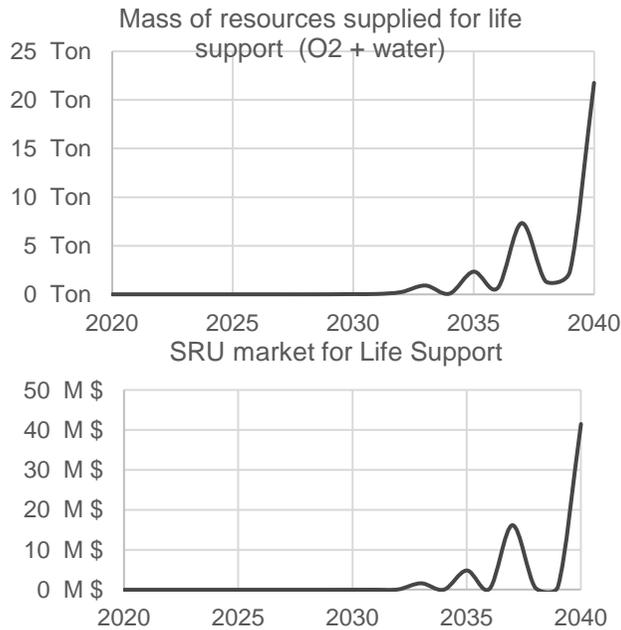
* PWC試算数値に基づいて、フロンティアビジネス研究会資源WGにて加工

* \$ 1 = 100円で換算

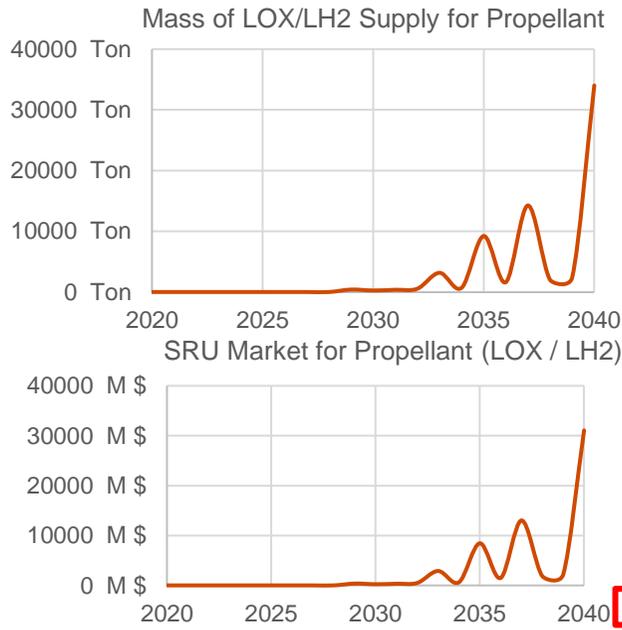
<全体に占めるライフサポート市場の比率>

2020年-2040年間のISRU市場は、累積\$63 B、ライフサポートは、そのうち\$41M。住人1000人で計算すると、2040年に\$98Mまで上がり（\$500/kg）、\$30,000/kgまで月面水資源価格が上昇した場合、\$4.5BまでUPする。

ライフサポート - 供給 (66 M \$ 累積値)



推進剤 - 供給 (62,9 B \$)



Year	Total life support market (Mars and Moon) PWC	Total life support market (Mars and Moon) 1000people	Total life support market (Mars and Moon) 1000people \$30,000/kg
2020	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2021	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2022	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2023	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2024	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2025	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2026	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2027	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2028	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2029	0.00 M\$	0.00 M\$	0.00 M\$
2030	0.01 M\$	0.01 M\$	0.67 M\$
2031	0.02 M\$	0.02 M\$	1.15 M\$
2032	0.09 M\$	0.09 M\$	6.97 M\$
2033	1.62 M\$	1.72 M\$	16.24 M\$
2034	0.03 M\$	0.14 M\$	10.93 M\$
2035	4.83 M\$	5.83 M\$	89.11 M\$
2036	0.26 M\$	3.83 M\$	290.94 M\$
2037	16.18 M\$	20.34 M\$	342.84 M\$
2038	0.52 M\$	15.66 M\$	1,188.72 M\$
2039	0.94 M\$	28.20 M\$	2,140.19 M\$
2040	41.52 M\$	98.82 M\$	4,522.93 M\$
2020-2040	66.02 M\$	174.68 M\$	8,610.69 M\$

- 市場の進歩には上下変動があり、これは26ヶ月ごとにしか打ち上げることができない火星ミッションの影響。
- 今後20年間のSRU市場は、大きな需要を構成する推進剤市場によって推進される見込み
- 推進剤の提供のためのSRUのための最大のアプリケーションは火星へのミッションであり、これはそのようなミッションで軌道を与えられた大規模な推進剤質量によるものです
- 市場の規模は供給場所によって大きな影響を受け、抽出部位から遠く離れ、高価になり、市場が大きくなるように見えます。
- SRUから供給される需要規模全体は想定されていませんが、供給は増加傾向にあります。将来的には(すなわち2040年以降)、需要と供給量の両方が大きく増加するため、SRU市場は爆発すると予想される
- 注:市場は常に需要の年に提供されます。実際には、支払いがミッション期間などで延長される可能性があるため、これはより平坦化される可能性があります。

* PWC試算数値に基づいて、フロンティアビジネス研究会資源WGにて加工

なぜ月を目指すのか？

なぜ月を目指すのか

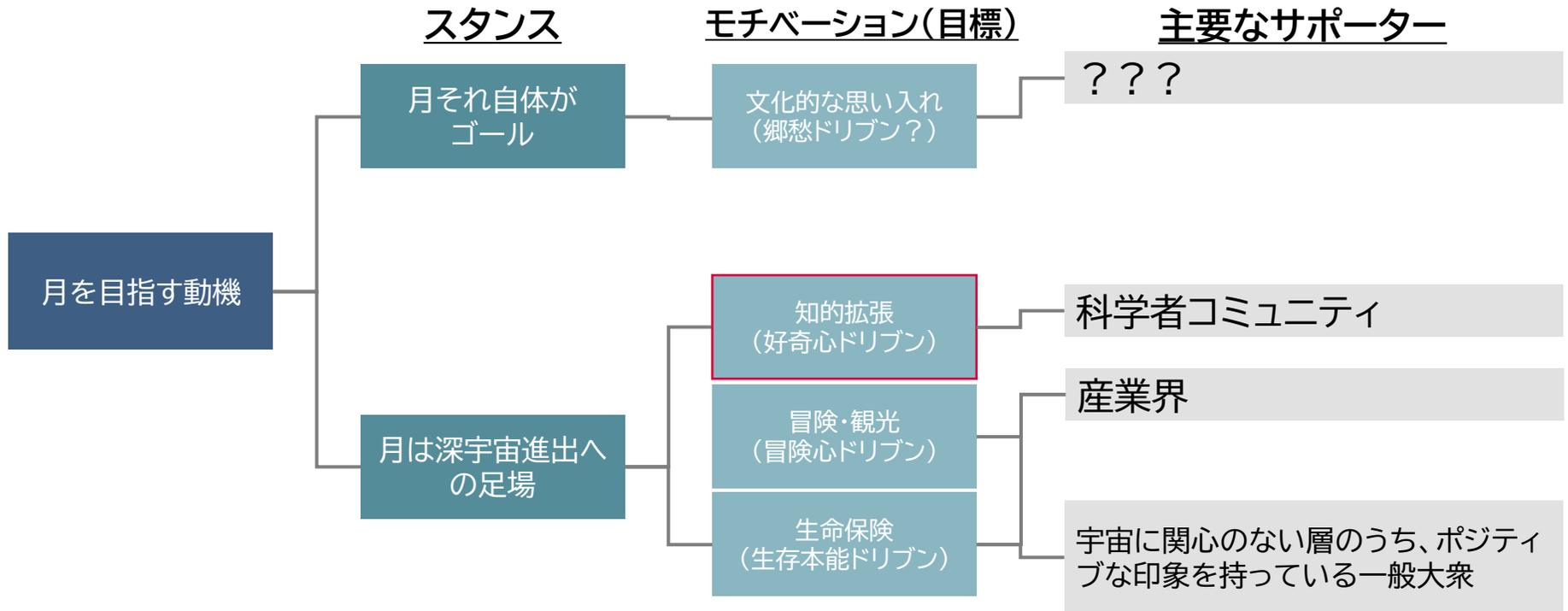
- フロンティアだから
 - アングロサクソンの文脈
 - 大航海時代、西部開拓時代のアナロジー
- 新たな発見があるから
 - サイエンスの文脈
 - 我々はどこからきてどこに行くのか
- 地球への裨益があるから
 - 分かりやすいのはサンプルリターン(だけど経済的に現状技術では成立しない)
 - 分かりにくいけど現実的なのは極限環境での経験・知見・ノウハウ
- ビジネスチャンスがあるから
 - 人が沢山いけばそこにはビジネスが生まれる。月と地球が一体となった経済圏
 - ゴールドラッシュのアナロジー
- 自由だから(ルールがない／少ないから)
 - 地球上でできない壮大な実験が可能かも(水素社会、核融合、等)



政府の宇宙
開発の目的

民間の宇宙
開発の目的

なぜ月を目指すのか



- 月を目指すスタンスとして、月それ自体をゴールにする場合と、より深宇宙を目指すとした場合の通過点と捉える場合の2ケース想定される。
- 現状、前者のケースは考えにくく(一方でミッシングピースかもしれない)、後者のケースが多く支持されていると感じる。
- 月開発はより深宇宙を目指すという大目的の一部でしかなく、「なぜ宇宙をめざすのか」の問いに答える必要があるのではないか。
- 個人的には「なぜ宇宙をめざすのか」についても「なぜ人類は生きるのか・どこに向かうのか」に紐づいた問題であり、社会全体としての思想より、個人の生き方に根差した部分が大きいと感じる。

月面進出の存在価値についての議論

- **宇宙からの視座を得る**
 - 丸ごとの地球が見える価値はPriceless

- **地面があること**
 - エンジニアリングからコンストラクションに

- **循環型社会の構築**
 - 地上で急務で求められていることと月面での完全循環型社会との関係
 - 月はテストベッド
 - 環境対応技術、循環型技術を地球上で発展させるために

- **新たなガバナンスの実験場**
 - 国単位の管理体制からの脱却？統治のテストベッド
 - 地球上ですら南極のような形態がある

- **種の保存**
 - 地球の危機に備える

ビジネス文脈におけるバリュー

- **生命の種の保存のDNA視点 = 建設、ホテル、移住、インフラ関連ビジネス**
 - タンポポがより遠くへ自身の種を広げるのと同様、生命は種を広げるDNAを元来持ち合わせている。
 - 人類と自然の間には強い相互関係があり、人類には、生物の多様性を保護する責任がある。
 - やがて定住する、という視点で活動領域を拡大するビジネスにおけるバリュー

- **知的好奇心の延長 = エンタメ、観光ビジネス + サイエンスの原点**
 - 月の起源を知ることで、地球、太陽系の起源を解き明かしたい
 - どんな資源があるのか確認したい
 - 人類の活動領域を広げることができるか知りたい
 - 人類が月に興味を持つのは、私たちの日常に月が存在しているから
 - 人間の欲求を満たすというバリュー

- **進化の過程として = R&D前提での、新規ビジネス拡大**
 - 羅針盤の発明から始まった大航海時代と同様、人類の進化には技術的な革新が不可欠
 - 宇宙探査や宇宙活動は長期の人類への投資
 - 火星探査のためのステップとして、他天体へ適合するために必要な技術革新
 - 新技術、アプリケーション先としてのバリュー

人類と月と関係性に関する議論

- 人類にとって月は特別な存在
 - それだけでも価値があるのでは
 - 潮汐、事故発生率
 - 「月」がつく名前のお菓子(例:萩の月)

まとめと今後(ビジネスWGの観点から)

- 将来の月面産業にとっての提供価値と負担コストの割り出し
- 提供価値
 - プロダクト価値: 月面産業そのものが持つ特性や機能的価値
 - (例) 旅行、輸送
 - 周辺価値: 有志団体や、コンソーシアムなど製品そのもの以外の価値
 - (例) 月面産業協議会
 - サービス価値: 製品を提供する上でのサービス部分の価値や人材価値
 - (例) 月旅行者同士の繋がり
 - 心理的価値: ブランド価値、ステータス、周りから注目されることで得られる価値
 - (例) 月旅行計画の発表、月から地球を眺めることで得られる高揚感。
- 顧客負担コスト
 - 金銭的成本: 月面産業におけるプロダクト購入に対して支払う費用
 - 時間的成本: 月面プロダクトを手に入れるまでに費やす時間
 - 労力的コスト: 月面プロダクトを手に入れるために費やすエネルギー
 - 心理的成本: 月面プロダクトを購入する際の不安や、高額な代金を支払う場合のストレス