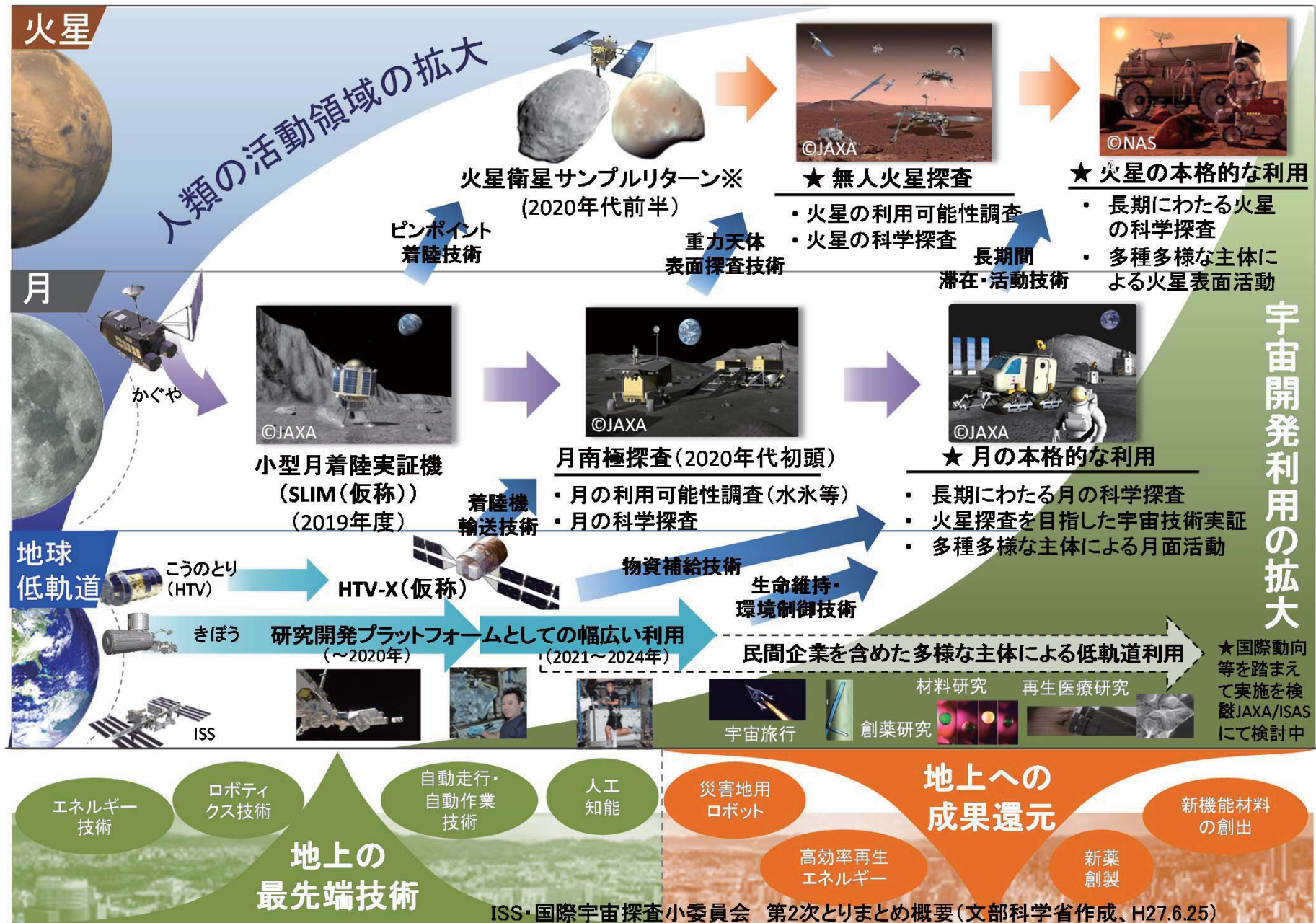


月・火星・極限地での有人・無人 拠点建設シナリオ

宇宙探査イノベーションハブ課題設定ワークショップ
フクラシア東京ステーション
2015.9.16

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙探査イノベーションハブ
若林 幸子

宇宙探査シナリオ (文部科学省ISS・国際宇宙探査小委員会 H27.6.25)



人類の生存圏・活動領域拡大

- 人類の生存圏・活動領域拡大は、まず探検、次に開拓、最終的に定住と進めてきた。
- 現在の宇宙開発は探検段階から開拓段階に進みつつあると考えられる。



探検の時代



開拓の時代



定住の時代



今はこのステップ

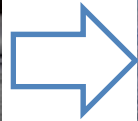
どのように進めるか

- 他天体を開拓し常駐を進めることがステップとなる。
- 地球からの全指令型から脱却した自立探査の実現を目指す。
- 補給は細く、情報は太く。



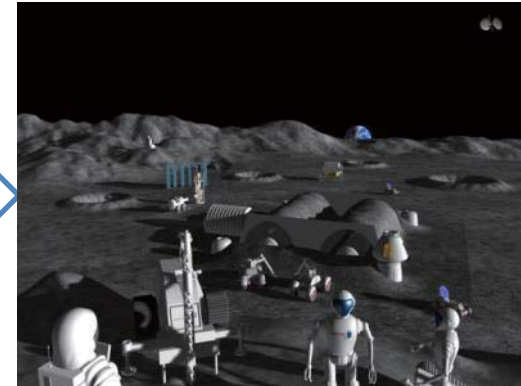
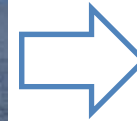
アポロ
建設：なし

宇宙飛行士は着陸船に滞在。滞在に必要な機材等は全て地球から運搬。



宇宙ステーション
建設：宇宙飛行士

モジュールを順次打上げ結合する方式。建設と整備・保守は、地上と連携して宇宙飛行士が実施。

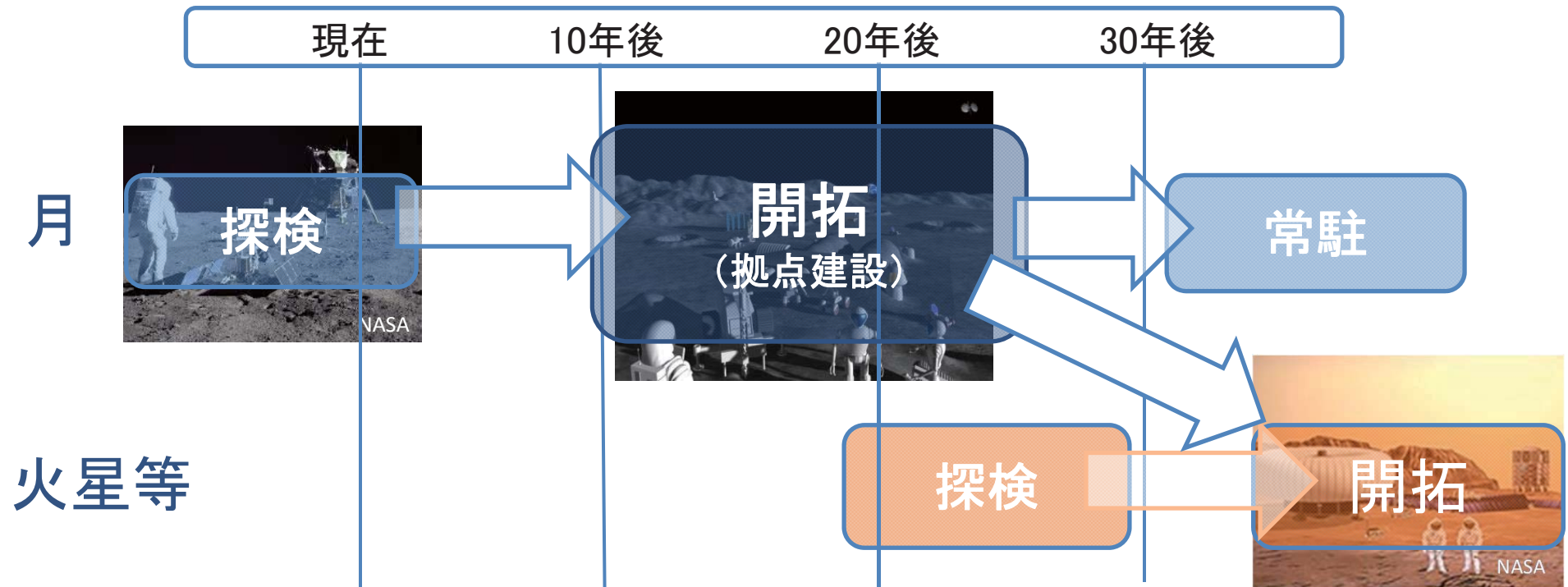


今後の探査
建設：無人化

初期段階から無人化・自動化を導入し、自立的で効率的な建設を実施。

月・火星へのシナリオ

- 人類はステップを踏んで他天体へ進出。
- 月は開拓の時代へ。火星は探検の時代へ。
- 月面での拠点建設を、月での常駐と火星への開拓につなげる。
 - 拠点とは:「前方に進出するための足場となる地点」
 - 建設とは:「建物・施設・道路などを、新たに造ること」



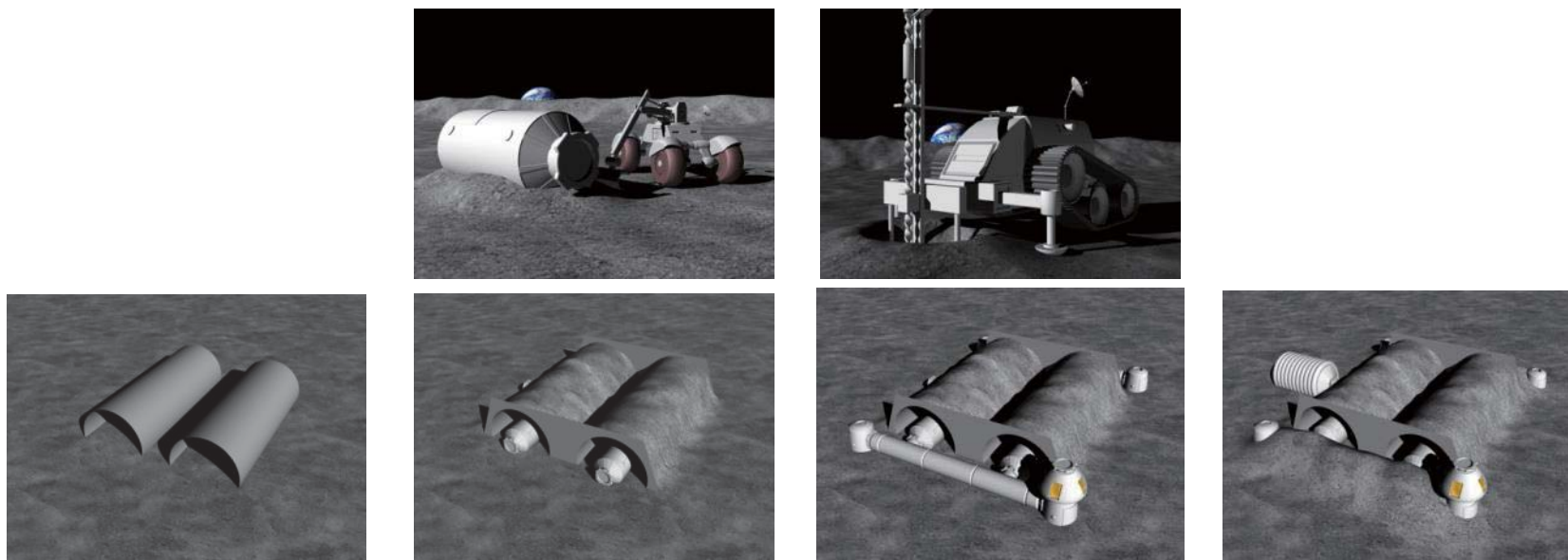
課題 「無人で有人拠点建設」

◆ 目的

地球からの全指令型探査から脱却する自動・自律技術を獲得し、将来の有人探査拠点の無人化建設に繋げる。

◆ チャレンジする課題

- 人類初その他天体での建設技術の獲得。
- 送る指令は最少に、受け取る情報は最大に。



アプローチ

- 宇宙用建機の研究開発をゼロからスタートするのではなく、地上で既に実現されている世界トップクラスの無人化・自動化の技術をベースとする。
- それらを、宇宙仕様に昇華させる部分(質量、電力、耐環境、通信などの克服)に取り組む。
- 模擬フィールドやアナログサイトで技術実証を行い、最終的には宇宙実証を目指す。



無人ダンプトラック運行
(コマツ ホームページより)



雲仙普賢岳無人化施工
(NPO法人 土砂災害防止広報センター)

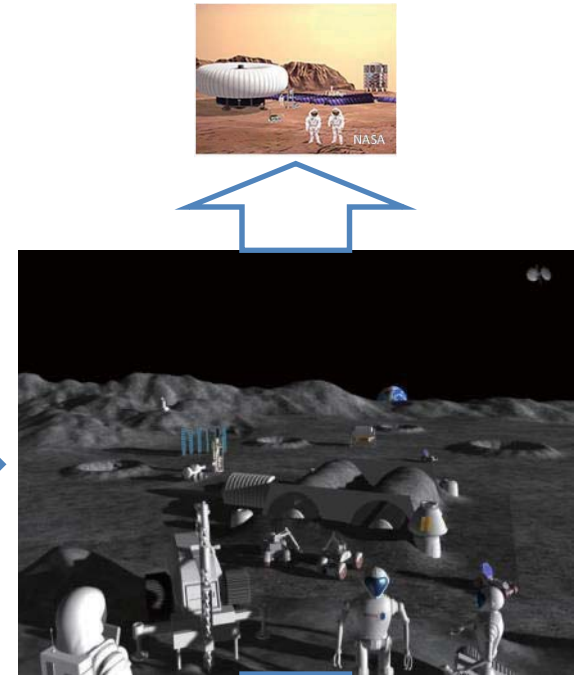


情報化施工
(日立建機ホームページより)



自動運転
(トヨタ ホームページより)

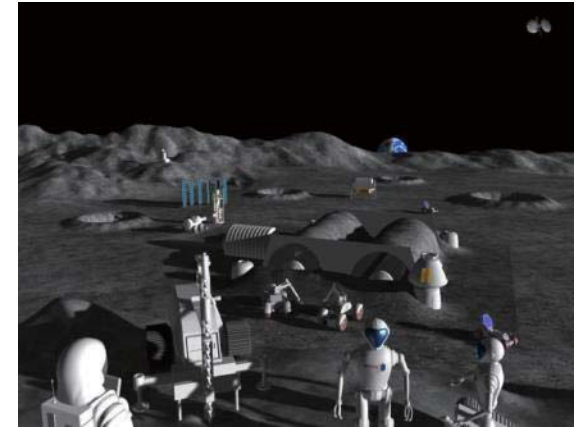
軽量化
宇宙仕様化



宇宙だけでなく、海底・地下
などでの利用につなげたい。 7

拠点建設の前提

- 1か所に建設し、人がいずれ常駐
 - 機材が繰り返し使える
 - サイズ、機能などは有人仕様
 - 人が整備・保守できる設計。



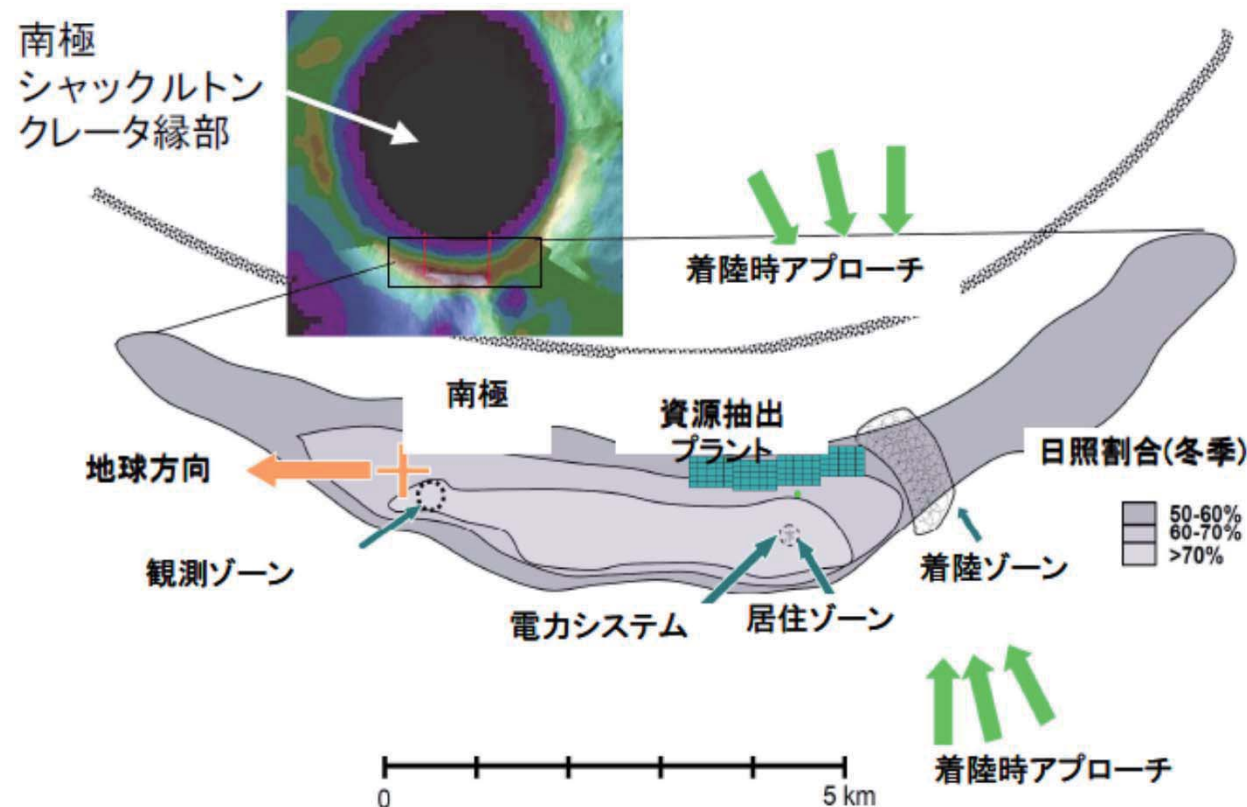
- 拠点の目的は調査(環境・科学)、資源利用、技術実証。



- 「有人のための」現実的な無人化建設
 - 地上と同様に過度の無人化は非効率。
 - 有人作業、現地遠隔操作、地上遠隔操作を効果的に組み合わせる。
 - シンプルな設計(確実性、安全性)

(参考) 国際有人拠点建設地点の一例

- 月の南極のShackletonクレータ
 - 長期の日照が得られる可能性から候補に選定。
 - 機能ごとにゾーン分けされた配置案。



拠点の発展段階

- 開拓拠点

- 人は常駐しない。毎回数人程度。
- エネルギーの確保、車両による短距離輸送。
- 資源利用パイロットプラント。
- 事前・合間に無人ミッション。

- 常駐拠点

- 少人数が常駐する。
- 使用エネルギーの拡大、車両による大量輸送。
- 資源利用の本格化。
- 合間に無人機による補給ミッション。

- 定住拠点

- 滞在人数や機能の拡張。

開拓拠点の構造物(例)

△着陸機を転用

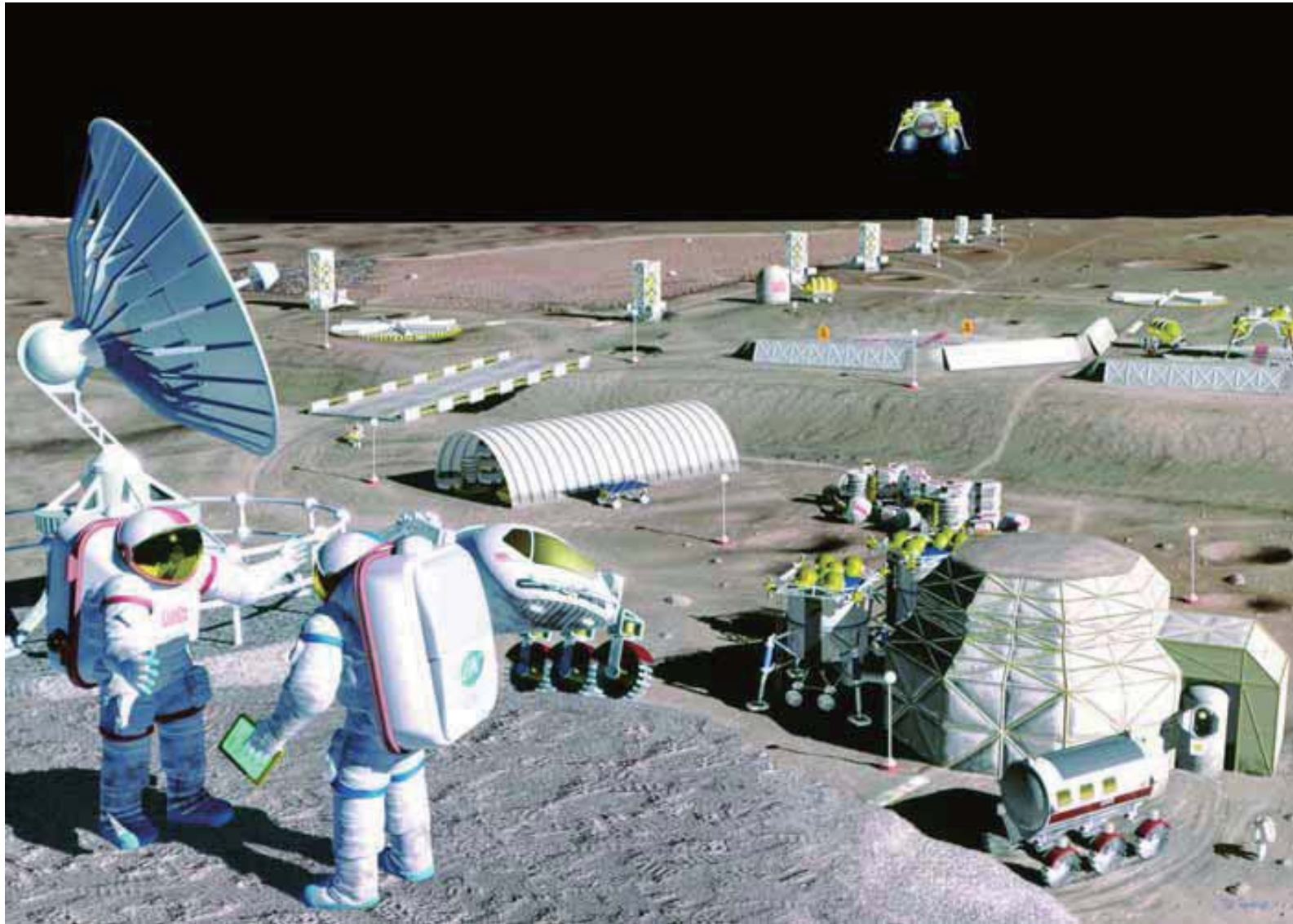
- － 後続機が近傍に着陸することが困難
- － 地球から自立しにくい

○「小屋」を建てる

- － 少人数で設置できる展開式の大型テント風
- － 少ない部品で簡単に組み上がる組立式
- － 複数を結合する拡張性
- － 目的別(居住用、発電用など)
- － 居住用は放射線防御が必要

◎(新しい案を求めています。)

常駐拠点のイメージ



(C)NASA

12

(参考) 拠点作業の詳細

目的	具体タスク
拠点建設 モジュール方式 展開方式 組立方式	整地等の設置準備
	遮蔽
	防塵
	掘削
	組立(パネル等)
	配線・配管の設置(埋設)
	配線・配管の結合
	運用(基本／ルーチン作業)
	メンテナンス
	点検(外観等)
	定期交換(電源、消耗品)
	整備・清掃
	故障修理(部品交換)
	緊急対応(応急処置)
	手順確認(クルー作業チェック)

目的	具体タスク
クルー支援(船外)	移動(短距離)
	移動(長距離・与圧)
	機材運搬(ツールの提供を含む)
	通信中継
	観察(サンプルの選定)
	計測
	(掘削、研磨)
	運搬
	(分析)
	保管
	輸送
	手順確認(クルー作業チェック)
クルー支援(船内)	
観測支援	センサ設置
	機器の保守
	観測
	分析
資源利用	分析・物性値の測定
	採掘・収集
	運搬
	精製
	加工
	処理
	保存

具体タスクは多岐に渡る

課題例の絞り込み

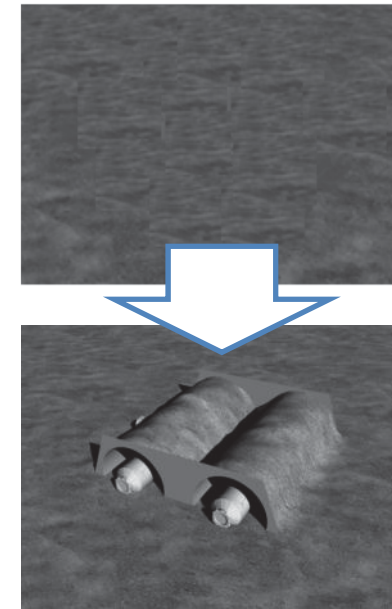
- 拠点作業に依らず共通する部分に注目
- 大きくは下の3段階の繰り返し

① 場所の確保

- 整地により平らな場所を作る。

② 構造物の設置

- 基本となる構造物を構築する



③ 機能の付加

- 各構造物を機能に合わせて作り込む。

課題例：システム

- 施工システム
 - － 無人化(遠隔化)システム
 - － 施工管理・施工支援(高度情報化)システム
 - － 構造物の設置システム
 - － 運用システム
 - 人との連携、作業シミュレーション、定型作業の自動化
- 保守・整備
 - － 簡略化、規格化
- 標準化

課題は地上技術と共通

課題例：要素

- 作業機械・作業ツール
 - － 大型軽量化、電動化、遠隔操作
 - － 協調作業、作業対象の自動認識
- 測量、地図作成
 - － 地形情報の取得、施工・設置後の評価
- 位置情報取得
 - － 相対位置関係の取得、相互認識
- 構造物
 - － 方式選定（展開方式、組立・プレハブ方式、等）
 - － 大型軽量化
 - － 保護・防御、地盤調査
- 操作系
 - － 目視・映像（直接、中継）、指令方式・操作支援、通信遅れ補償

地上技術の応用・宇宙化の可能性

課題例：基礎知識

- 機械と土壌の相互作用
 - 地上で確立した締固め方式等の適用性
 - 挙動の予測(シミュレーション)
- 新しい技術の導入
 - 材料(超軽量・高剛性など)
 - 通信方式
 - GPSに代わる位置情報取得

地上でも発展途上の課題、新規の課題

まとめ

- 他天体での拠点建設は、地上技術との共通性を見出せる課題であると再認識しています。長期の取り組みを双方に効果的な活動とするために、様々な地上分野と連携させていただきたいと考えます。
- 同じような長期の視点を持つ分野である地上の土木では、昨年度に「社会と土木の100年ビジョン」がまとめられました。「土木」を「探査」に読み替えてまとめと致します。

「(今後目指すべき社会と土木)

4. 土木は地球の有限性を鮮明に意識し、人類の重大な岐路における重い責務を自覚し、あらゆる境界をひらき、社会と土木の関係を見直すことで、持続可能な社会の礎を構築することが目指すべき究極の目標と定め、無数にある課題の一つ一つに具体的に取り組み、持続可能な社会の実現に向けて全力を挙げて前進することを宣言する。(100周年宣言より)」