

宙を拓くタスクフォース
平成30年11月15日

「宇宙エレベーター」建設構想

株式会社 大林組



宇宙エレベーターは、宇宙と地球を結び、人やモノを運ぶ輸送システムです。

かつては、それを実現する素材が存在せず、夢物語にすぎませんでした。

しかし、1991年に軽くて強い素材、カーボンナノチューブが発見され、宇宙エレベーターの実現性は一気に高まりました。

大林組では、2050年を目指して、一連の技術開発に取り組んでいます。

宇宙エレベーターの構成

全長96,000kmの巨大エレベーター

「カウンターウェイト」 ケーブルの先端にあり、重さのバランスを取る。木星や小惑星への宇宙船を放出する太陽系連絡ゲートでもある。

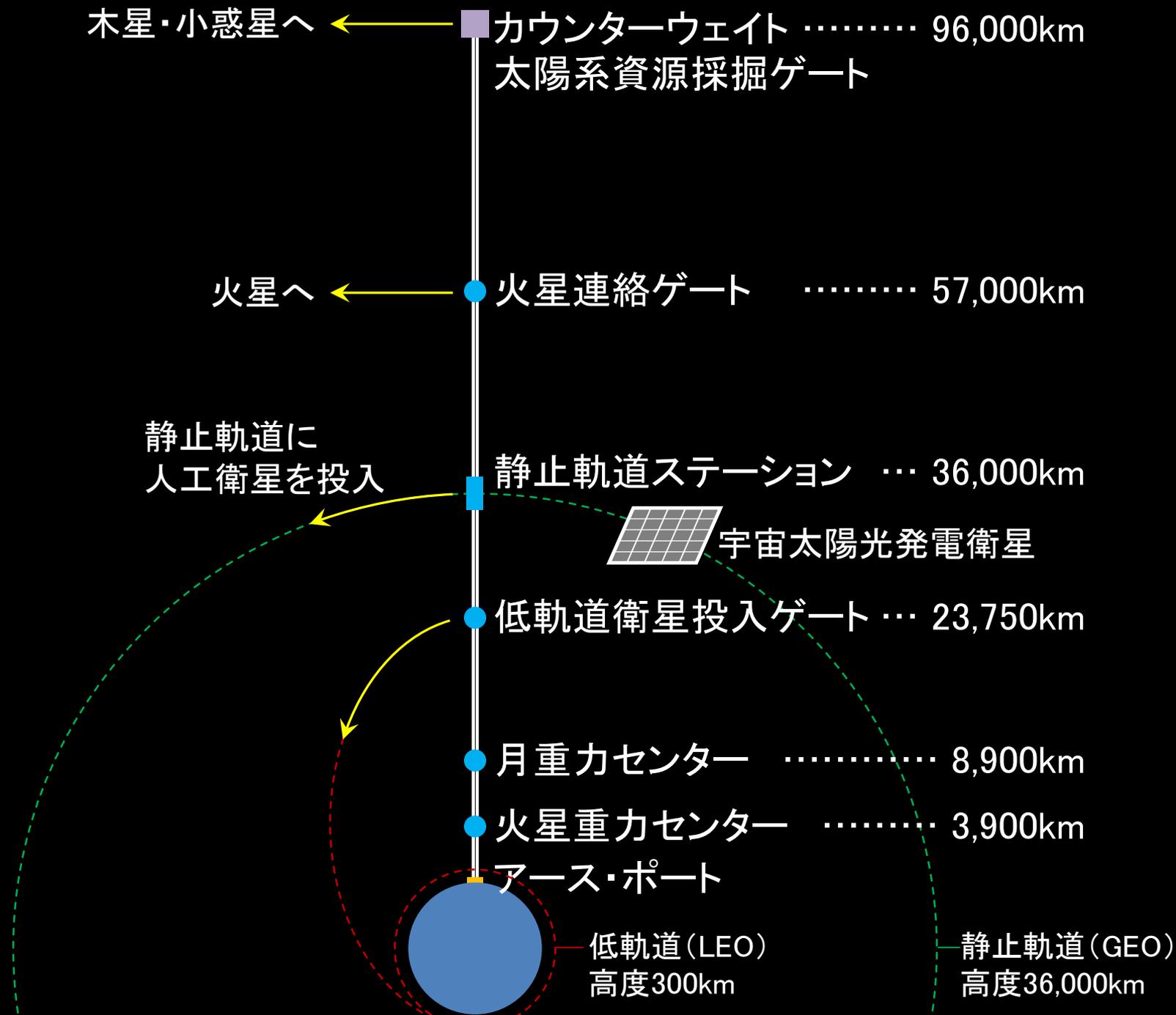
「火星連絡ゲート」 火星軌道に探査機を送るゲート。

「静止軌道ステーション」 宇宙環境を生かしたさまざまな機能を持つ最大規模の駅。大規模な宇宙太陽光発電システムを設置して、大量の電気を地球に送電する。

「低軌道衛星投入ゲート」 人工衛星を低軌道に投入。

「月重力センター」「火星重力センター」 それぞれ月・火星表面上と同一の重力環境を利用した実験・研究・訓練施設。

「アース・ポート」 地球上の発着点。



ケーブルダイナミクス(ケーブルの動き)

ケーブルには、主に、地球の引力と遠心力が反対向きに働き、両側に引っ張られて直立します。

ケーブルの安定性は重要です。

ケーブルに働くいろいろな力を考慮して運動方程式を作り、それをコンピュータを使って解析して、風の影響や、クライマーの昇降によるコリオリカの影響などを分析しています。

ケーブルの運動方程式 (地球中心を原点、地軸を回転軸とする座標系)

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{r}_i}{dt^2} = -2m_i \boldsymbol{\Omega} \times \frac{d\mathbf{r}_i}{dt} + m_i (\boldsymbol{\Omega} \cdot \boldsymbol{\Omega}) \mathbf{r}_i - m_i (\boldsymbol{\Omega} \cdot \mathbf{r}_i) \boldsymbol{\Omega} \quad \text{【自転の影響】}$$

質点*i*の運動量変化率

コリオリ力

遠心力

$$-GM_e m_i \frac{\mathbf{r}_i}{|\mathbf{r}_i|^3} - GM_{moon} m_i \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{moon}}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{moon}|^3} - GM_{sun} m_i \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{sun}}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{sun}|^3} \quad \text{【引力】}$$

地球の引力

月の引力

太陽の引力

$$-k_{i,i+1} \frac{\mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i}{|\mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i|} \Delta |\mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i| + k_{i,i-1} \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{i-1}}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{i-1}|} \Delta |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{i-1}| \quad \text{【伸び縮み弾性力】}$$

$$-\rho_{air} C_D A \left| \frac{d\mathbf{r}_i}{dt} - \mathbf{U}_{air} \right| \left(\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} - \mathbf{U}_{air} \right) \quad \text{【風の空気抵抗力】}$$

$$+ \mathbf{F}_{other} \quad \text{【クライマーからの荷重】}$$

× : ベクトルの外積

G : 万有引力定数

A : 風方向に対するケーブルの投影面積

・ : ベクトルの内積

M_e, M_{moon}, M_{sun} : 地球、月、太陽の質量

ρ_{air} : 空気密度

m_i : 質点*i*の質量

$\mathbf{r}_i, \mathbf{r}_{moon}, \mathbf{r}_{sun}$: 質点*i*、月、太陽の位置ベクトル

\mathbf{U}_{air} : 風速ベクトル

t : 時間

$\boldsymbol{\Omega}$: 地球の自転角速度ベクトル

$\Delta |\mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i|$: 質点*i, i+1*間のばねの伸び量

dt : 時間微分

C_D : 風の抗力係数

$k_{i,i+1}$: 同 ばね定数

海に浮かぶ基地 [アース・ポート]

宇宙への旅立ちはアース・ポートから始まります。アース・ポートは、宇宙エレベーターのケーブルを地上に固定し、ケーブルにかかる張力を調整する施設です。同時にそこは、静止軌道ステーションなどの建設中は人や資材の輸送基地となり、最終的には私たちが宇宙とのあいだと往復するための発着場になります。

アース・ポート（サポート施設）

- ビジターセンター
- 空港・港
- ホテル・ショップ
- 追跡施設

海中トンネル



アース・ポート（主要部）

- クライマー発着場
- 研究開発センター
- 修理工場
- 生活施設・管理施設

クライマー
格納庫・修理工場

ケーブル

クライマー発着場

シャフト

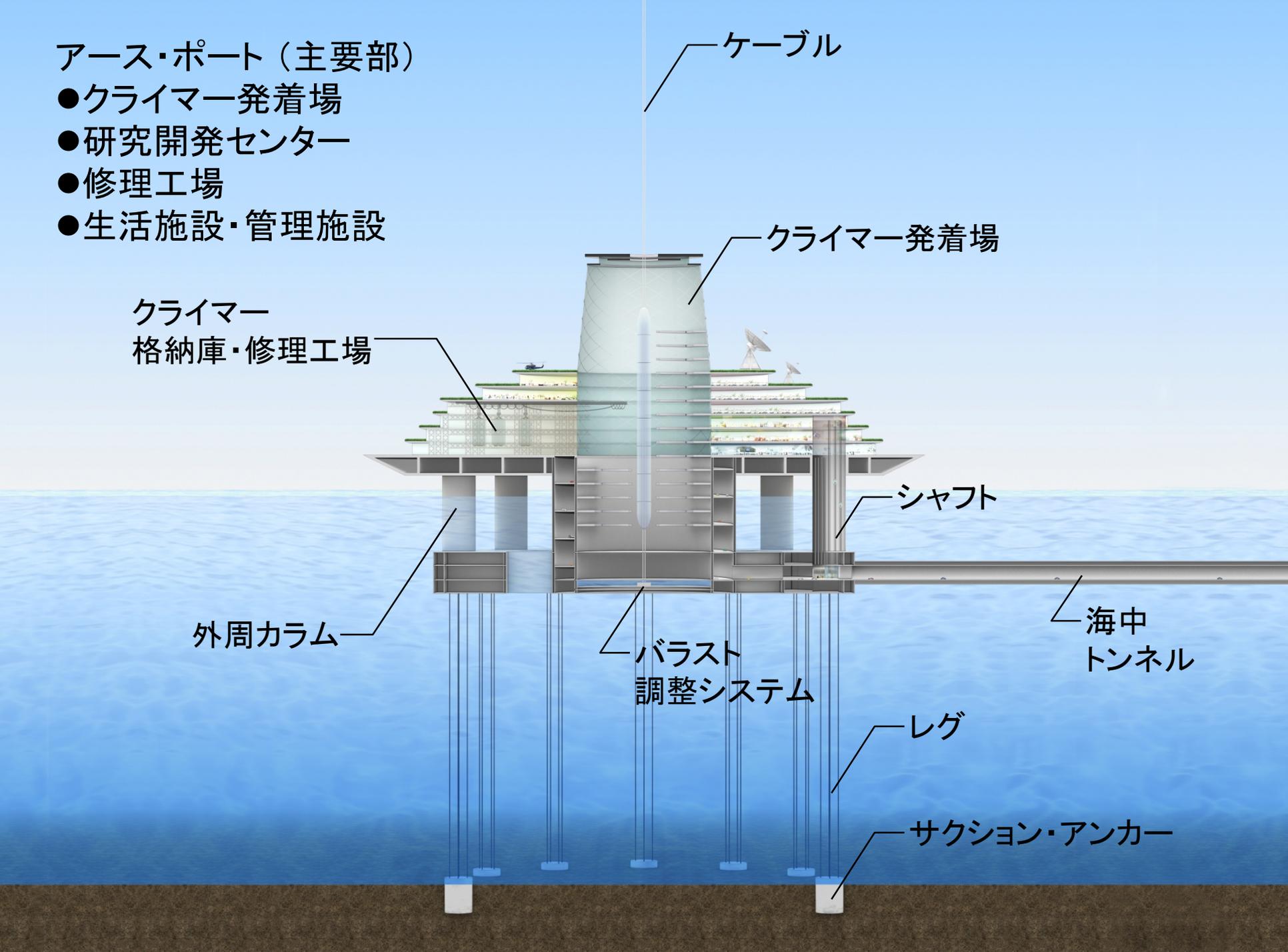
外周カラム

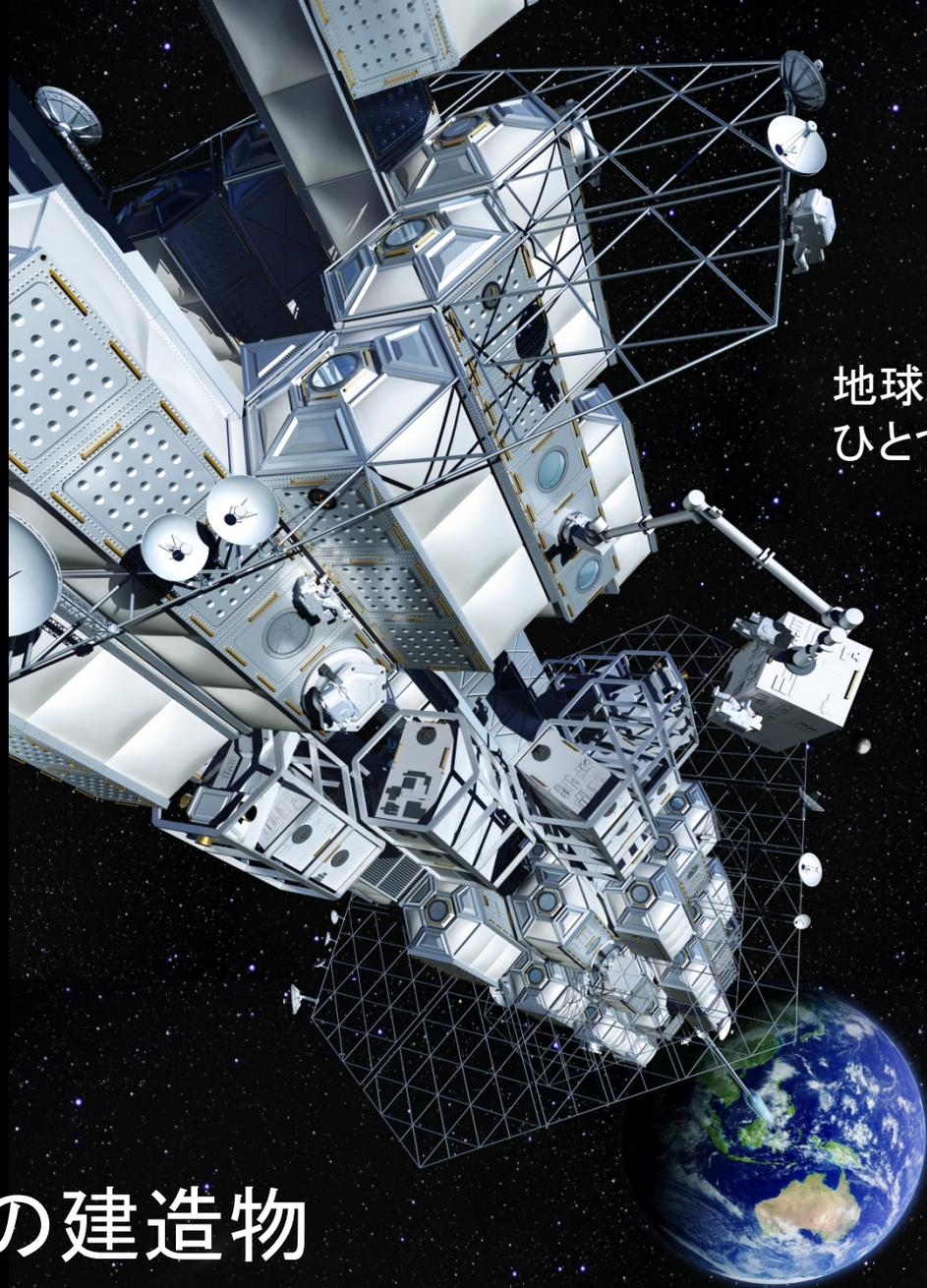
バラスト
調整システム

海中
トンネル

レグ

サクシヨン・アンカー

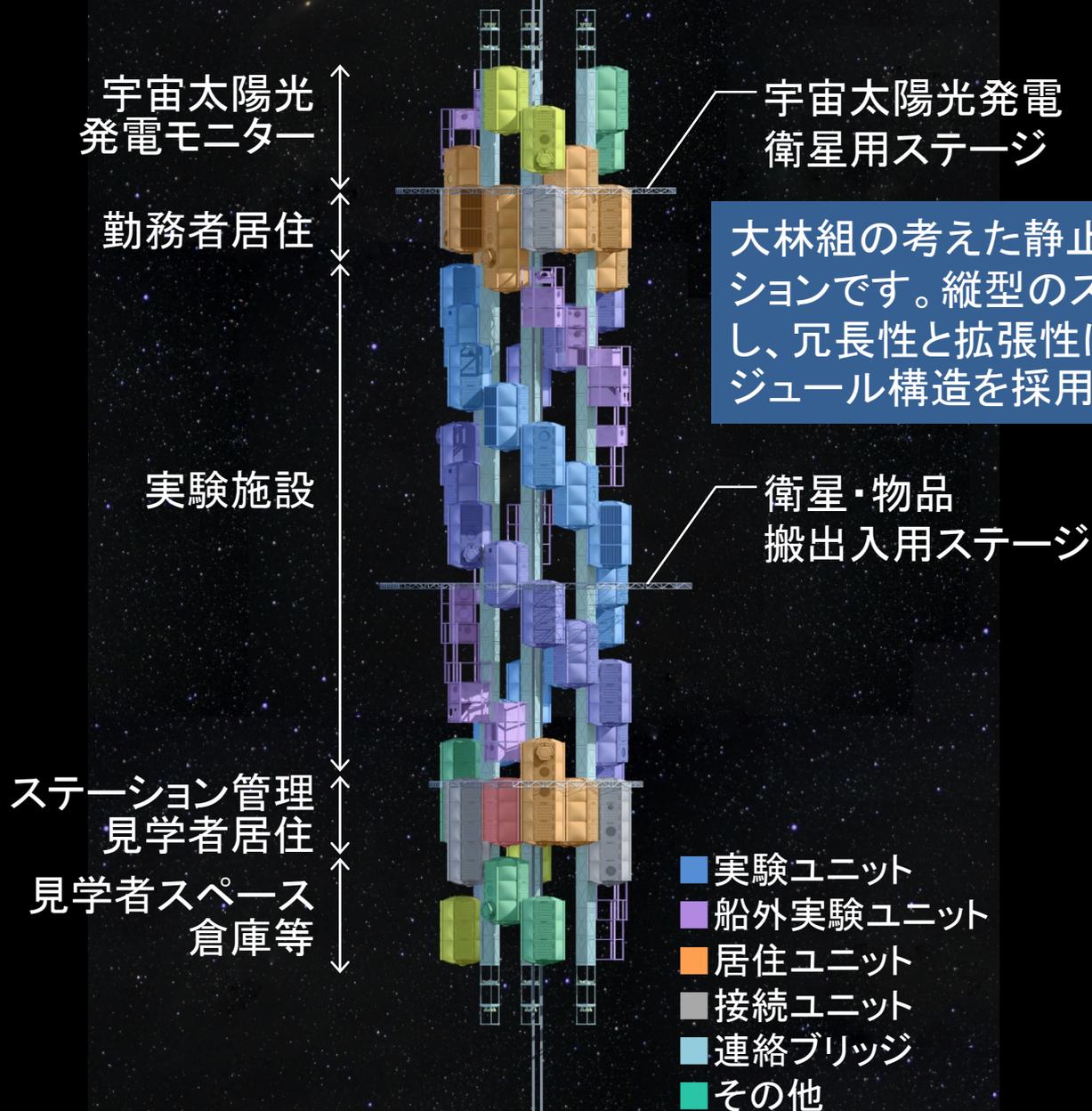




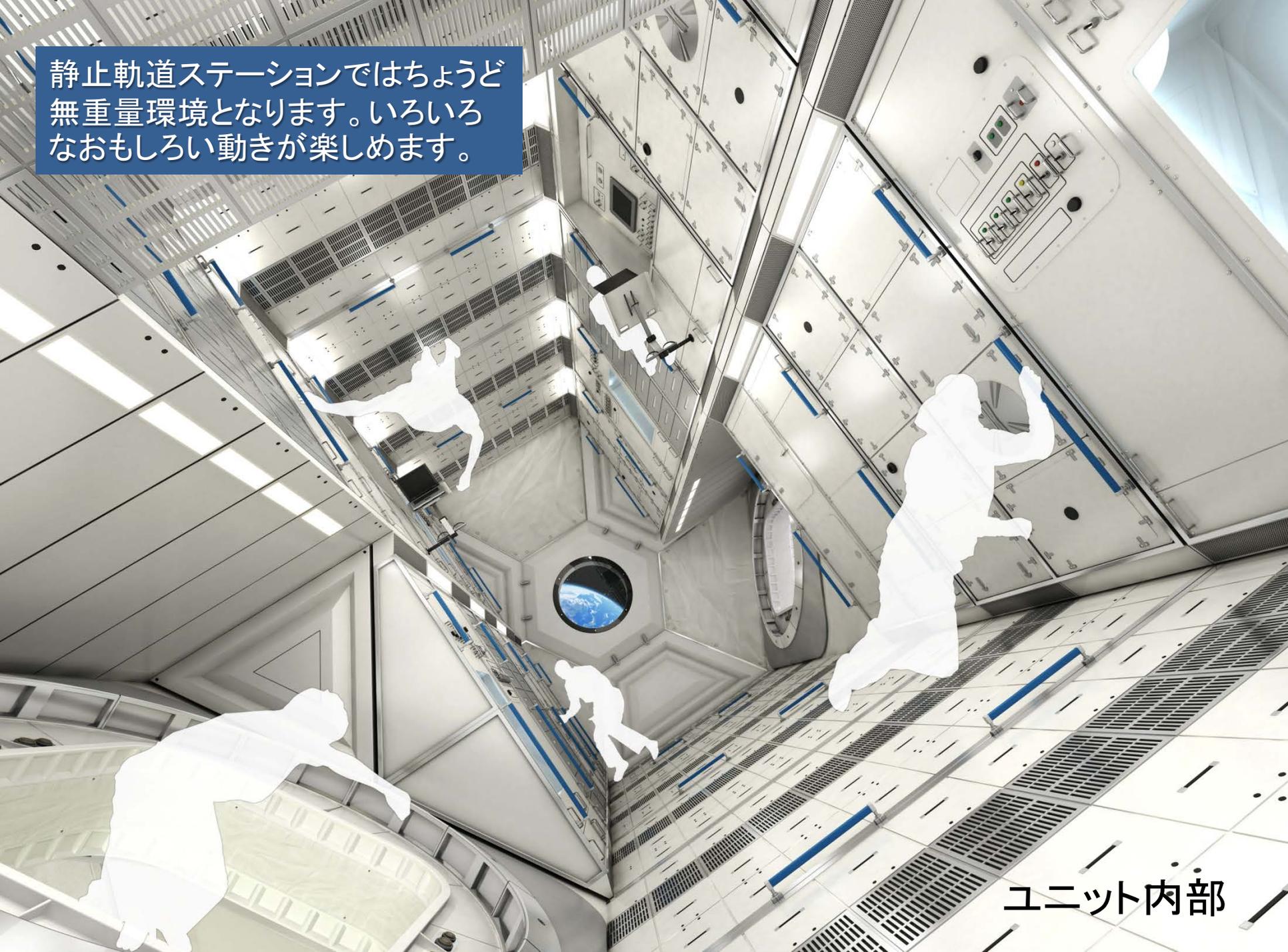
地球を眺めるのが楽しみ
のひとつになるかもしれません。

宇宙空間の建造物
[静止軌道ステーション]

静止軌道ステーション全体レイアウト

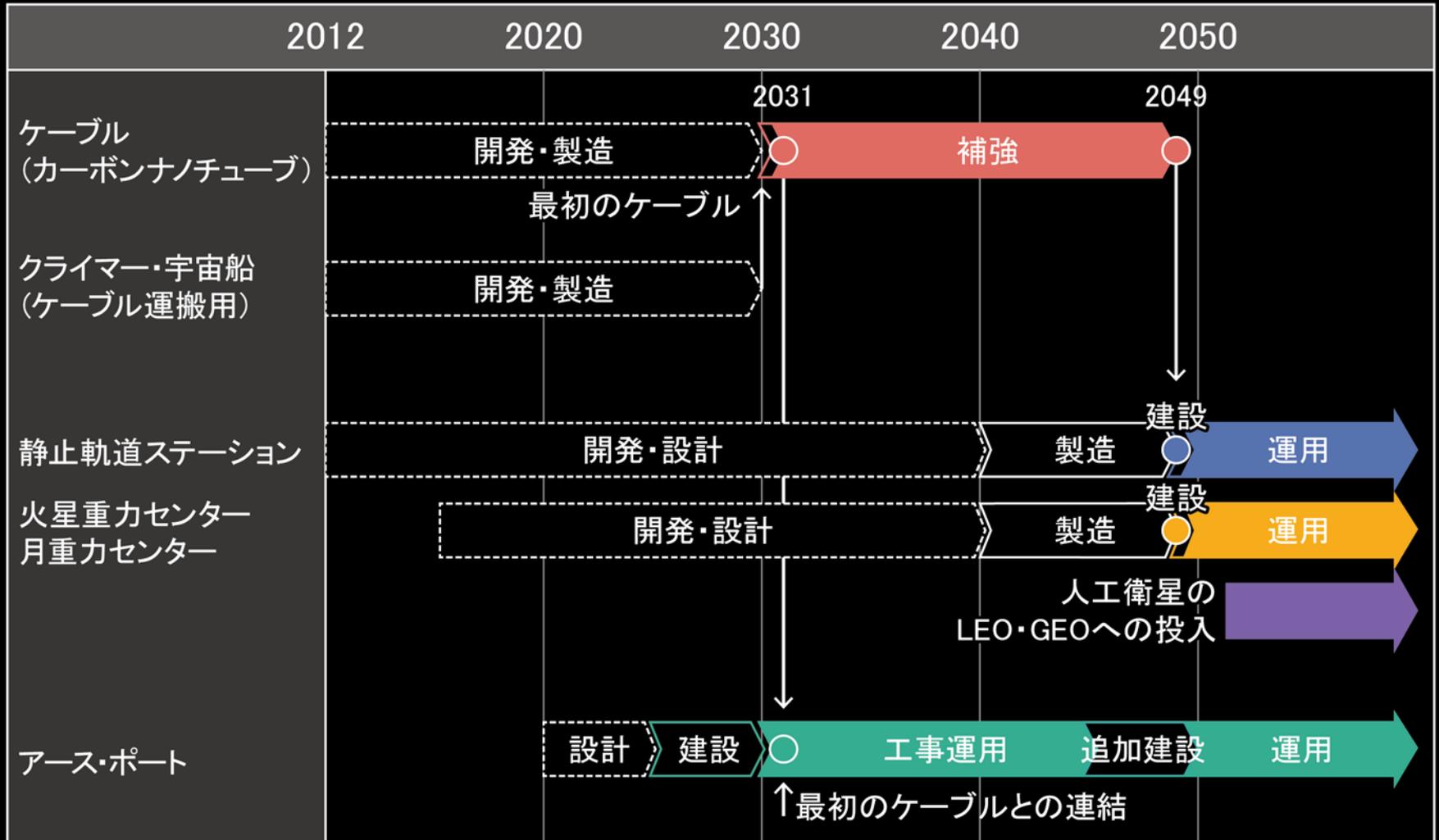


静止軌道ステーションではちょうど
無重量環境となります。いろいろ
なおもしろい動きが楽しめます。

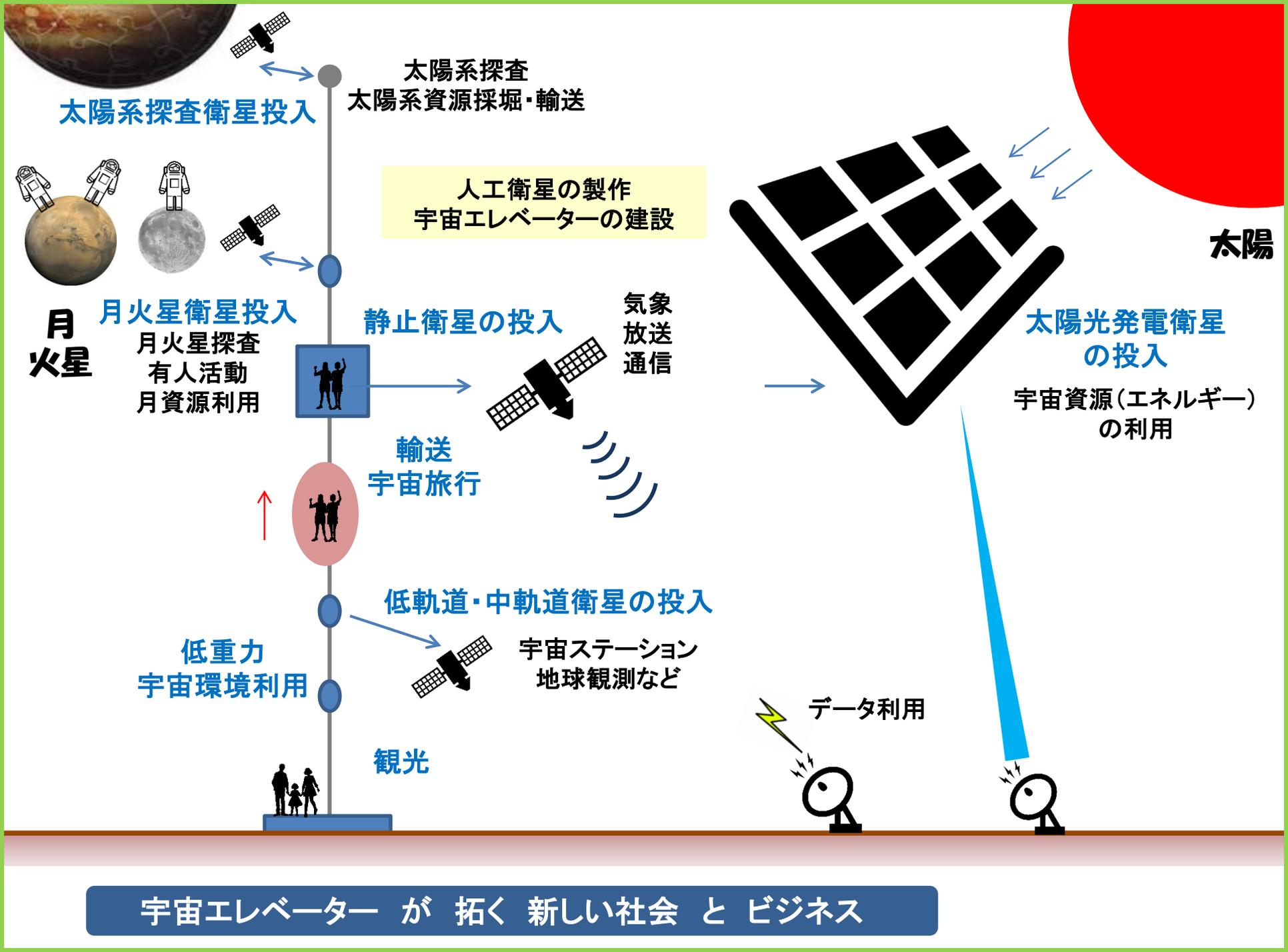


ユニット内部

建設スケジュール



2025年にアース・ポート着工、最初のロケット打ち上げを2030年に行い、2050年に静止軌道ステーションの供用を開始。建設費用は10兆6,600億円と推計。

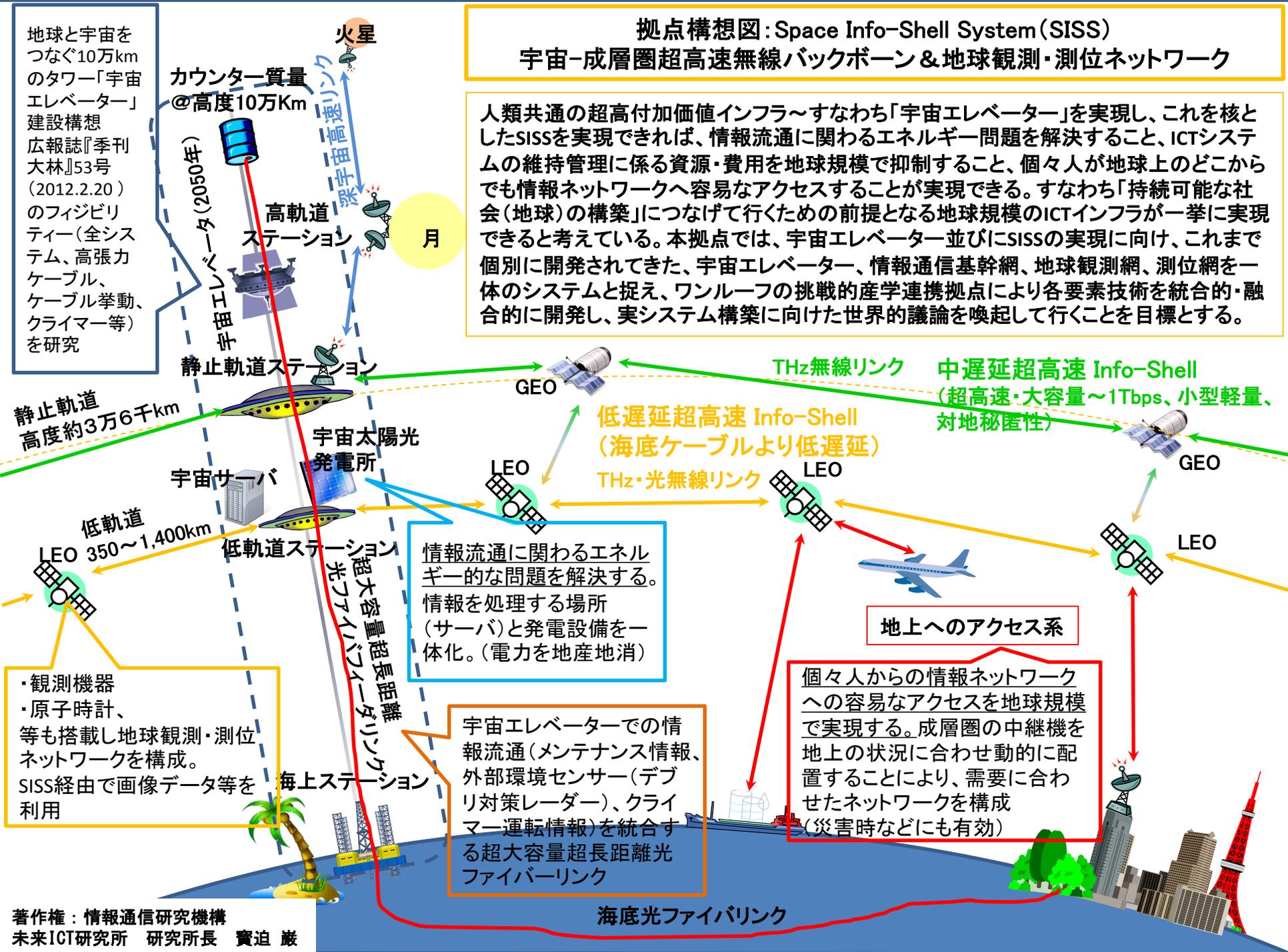


宇宙エレベーターが拓く新しい社会とビジネス

地球と宇宙をつなぐ10万kmのタワー「宇宙エレベーター」建設構想
 広報誌『季刊大林』53号(2012.2.20)のフィジビリティ(全システム、高張力ケーブル、ケーブル挙動、クライマー等)を研究

拠点構想図: Space Info-Shell System (SISS) 宇宙-成層圏超高速無線バックボーン&地球観測・測位ネットワーク

人類共通の超高付加価値インフラ~すなわち「宇宙エレベーター」を実現し、これを核としたSISSを実現できれば、情報流通に関わるエネルギー問題を解決すること、ICTシステムの維持管理に係る資源・費用を地球規模で抑制すること、個々人が地球上のどこからでも情報ネットワークへ容易なアクセスすることが実現できる。すなわち「持続可能な社会(地球)の構築」につなげて行くための前提となる地球規模のICTインフラが一挙に実現できると考えている。本拠点では、宇宙エレベーター並びにSISSの実現に向け、これまで個別に開発されてきた、宇宙エレベーター、情報通信基幹網、地球観測網、測位網を一体のシステムと捉え、ワンルーフの挑戦的産学連携拠点により各要素技術を統合的・融合的に開発し、実システム構築に向けた世界的議論を喚起して行くことを目標とする。



静止軌道 高度約3万6千km

低軌道 LEO 350~1,400km

・観測機器
 ・原子時計、
 等も搭載し地球観測・測位
 ネットワークを構成。
 SISS経由で画像データ等を利用

情報流通に関わるエネルギー的な問題を解決する。
 情報を処理する場所(サーバ)と発電設備を一体化。(電力を地産地消)

宇宙エレベーターでの情報流通(メンテナンス情報、外部環境センサー(デブリ対策レーダー)、クライマー運転情報)を統合する超大容量超長距離光ファイバリンク

個々人からの情報ネットワークへの容易なアクセスを地球規模で実現する。成層圏の中継機を地上の状況に合わせ動的に配置することにより、需要に合わせたネットワークを構成(災害時などにも有効)

地上へのアクセス系

海底光ファイバリンク