第63回宇宙科学技術連合講演会

月の地下空洞内での、遠心力型１G場の形成

大野 琢也

人工重力研究会
Workshop on Space Architecture with Centrifugal Force

100年をつくる会社
鹿島

関西支店　建築設計部

2019年11月7日（木）

月面都市には「 二つの壁 」がある

低重力（ 1/6G ）

シェルタリング

目次

1　月面都市の壁　低重力(1/6G)

処方箋　Ⅰ　　人工重力

2　月面都市の壁　シェルタリング

処方箋　Ⅱ　　UZUME計画

3　月の地下空洞内での設計

4　人工重力施設：月面UZUME計画

1　月面都市の壁　低重力（1/6G）

研究者、旅行者が絶え間なく月面に訪れる時代、
来訪者を支える、メンテナンスやホテル・スタッフが常駐し、
家族で住む日がくるでしょう。

一般家庭が宇宙で暮らし、子供を産み、育てる時代
地球から　重力（1G）　は持っていけません。
低重力には二つの課題があります

a.　生物学的発達

b.　人類の分断

a. 生物学的発達

■胎児から幼児期

- 受精卵の卵割、胎児の成長が正常に行われるか？
- 赤ちゃん、幼児はミルク、水が飲めるか？

（低重力下ではコツをつかまないと、水で窒息する）

■成人

- めまい、嘔吐、食欲減退、筋萎縮、体液減少、血液減少、結石、視覚障害等々が報告されている。
- 骨の健康が損なわれると、血液の健全性に影響し、癌への悪影響が指摘されている

b.　人類の分断

■資本調達の多様化による主体の変容

・　国家から企業、そして個人の各個進出

⇒　コミュニケーションの希薄化

■月面（1/6G）や火星（1/3G）への適応

・　地球に自力で立てない体

⇒　地球との往還が希薄化

⇒　種として、分化の可能性

⇒　紛争の遠因へ

処方箋　Ⅰ　　人工重力

このような理由で、私たちは、
人工重力ネットワークの構築を提案します

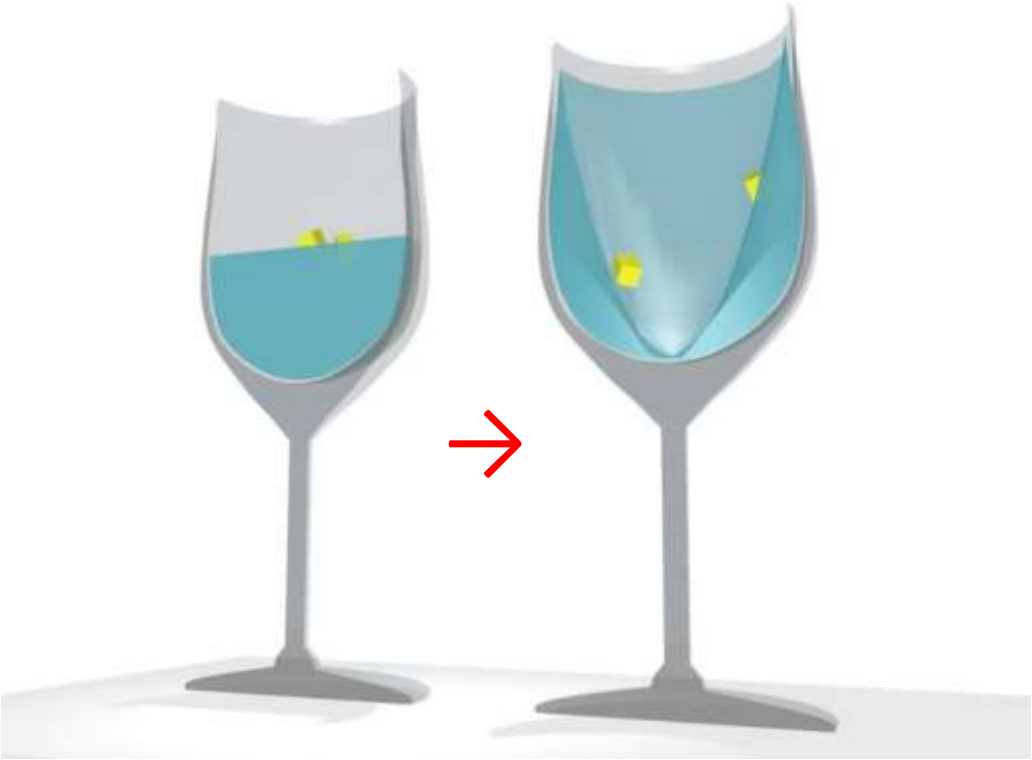
人工重力研究会
Workshop on Space Architecture with Centrifugal Force

鹿島建設非公式

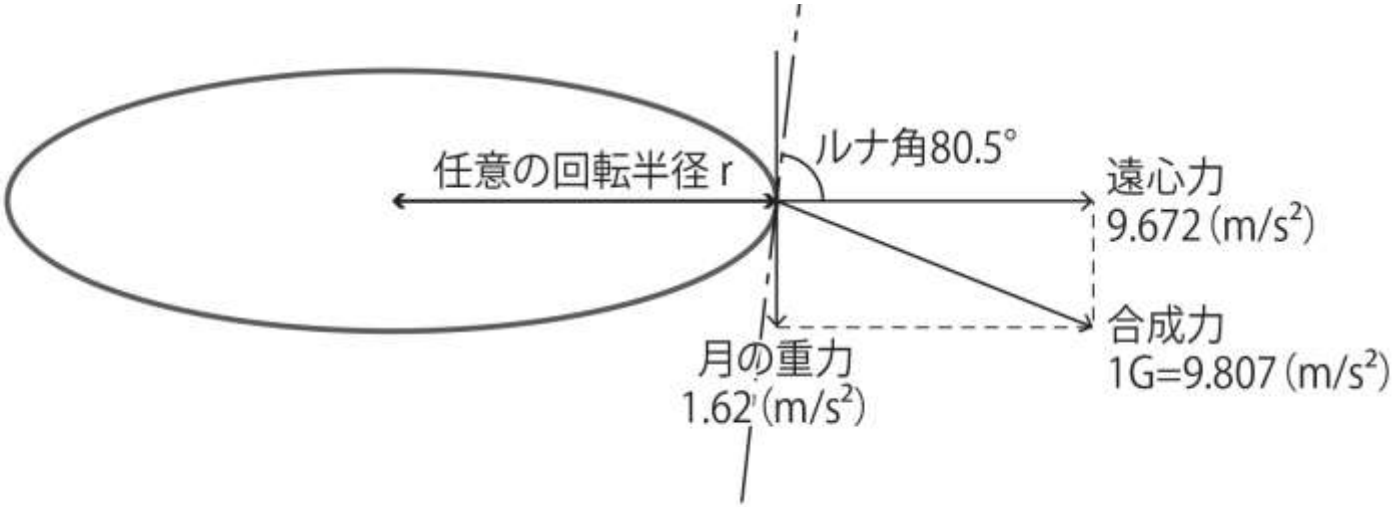
↑　ここ重要

グラス建築の設計　：天体での人工重力施設

月面では、すでに下方に重力があるため
1Gを実現するためには回転で加速度を足します
グラスを回転させ合成力が1Gになるようにします



月面の重力は一定で、合成力目標も１Ｇと一定



→　必要な遠心力も一定

→　ワイン面と地面のなす角度は一定

このポイントを月面では「 ルナ・ポイント 」

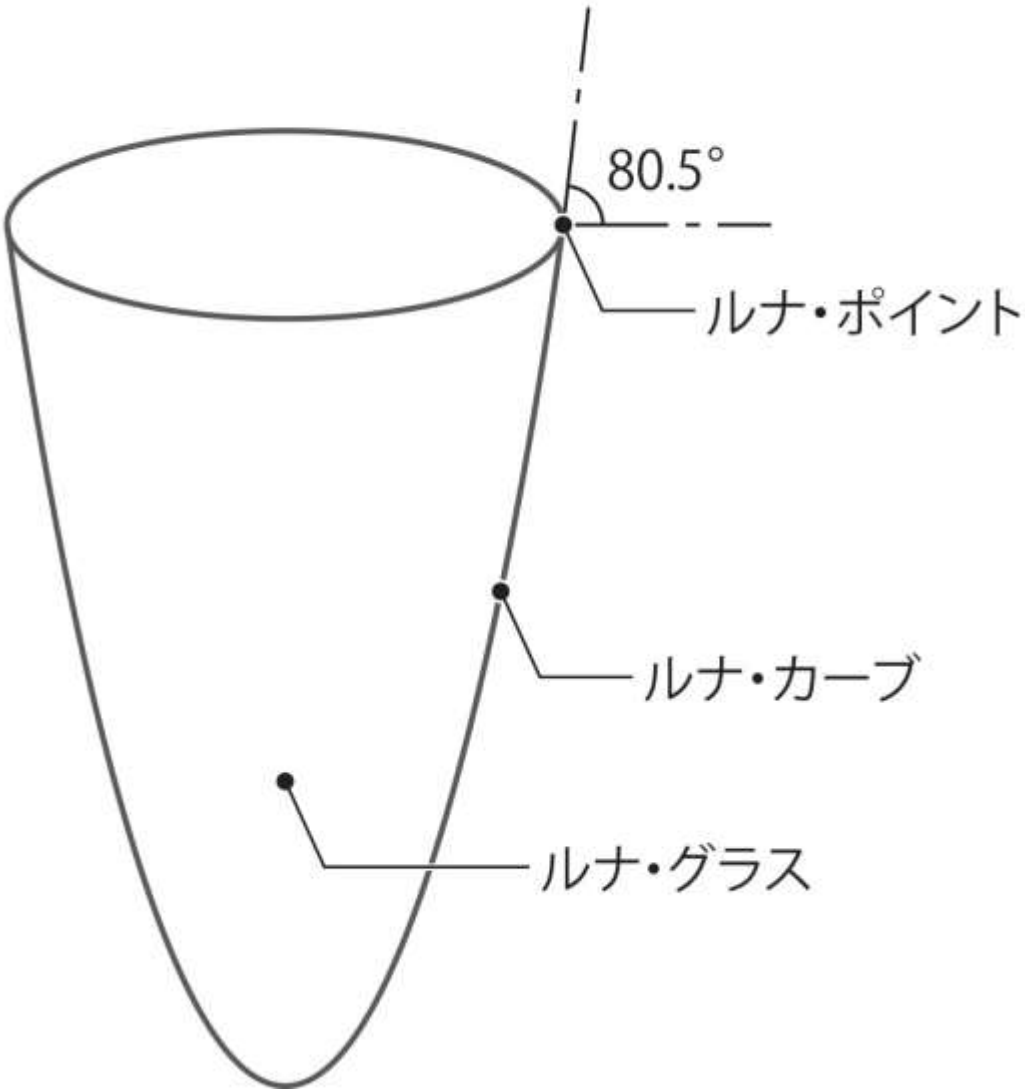
地面となす角度を「 ルナ角 」とします

床面を滑らかにつなぐと
グラス建築となります

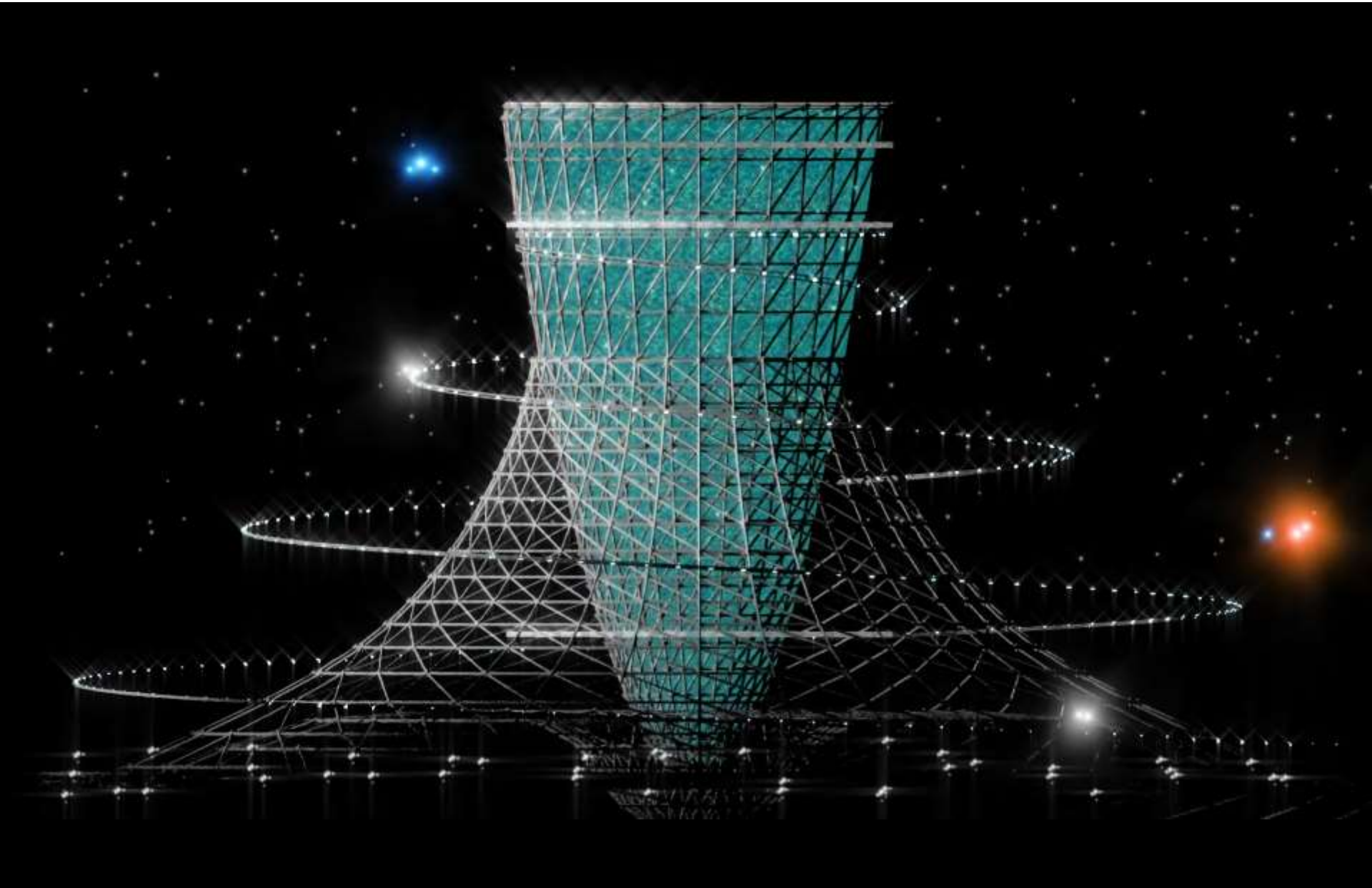
底点を原点とする
断面の曲線方程式

$$Y = \frac{3}{R} X^2$$

美しい！！



月面上のグラス建築　：　ルナ･グラス



目次

1　月面都市の壁　低重力(1/6G)

処方箋　Ⅰ　　人工重力

2　月面都市の壁　シェルタリング

処方箋　Ⅱ　　UZUME計画

3　月の地下空洞内での設計

4　人工重力施設：月面UZUME計画

2　月面都市の壁　シェルタリング

月面外部暴露環境は過酷

◆放射線暴露

・宇宙空間での暴露状態では、
人体に危険な放射線があらゆる方向から飛来する

◆隕石の衝突

・隕石などによる物理的破壊の危険がある

◆気密性

・月面上は、ほぼ真空で空気の閉じ込めが難しい

◆温度変化

・大気が極めて希薄なため、昼夜の温度差が激しい

処方箋　Ⅱ　　UZUME計画

月の地下空洞に期待される性能

◆放射線暴露

→　地下空洞内では、放射線に対する遮蔽性が高い

◆隕石の衝突

→　地下空洞内では数億年の隕石飛来に耐えており、
　　強度が確保されている

◆気密性

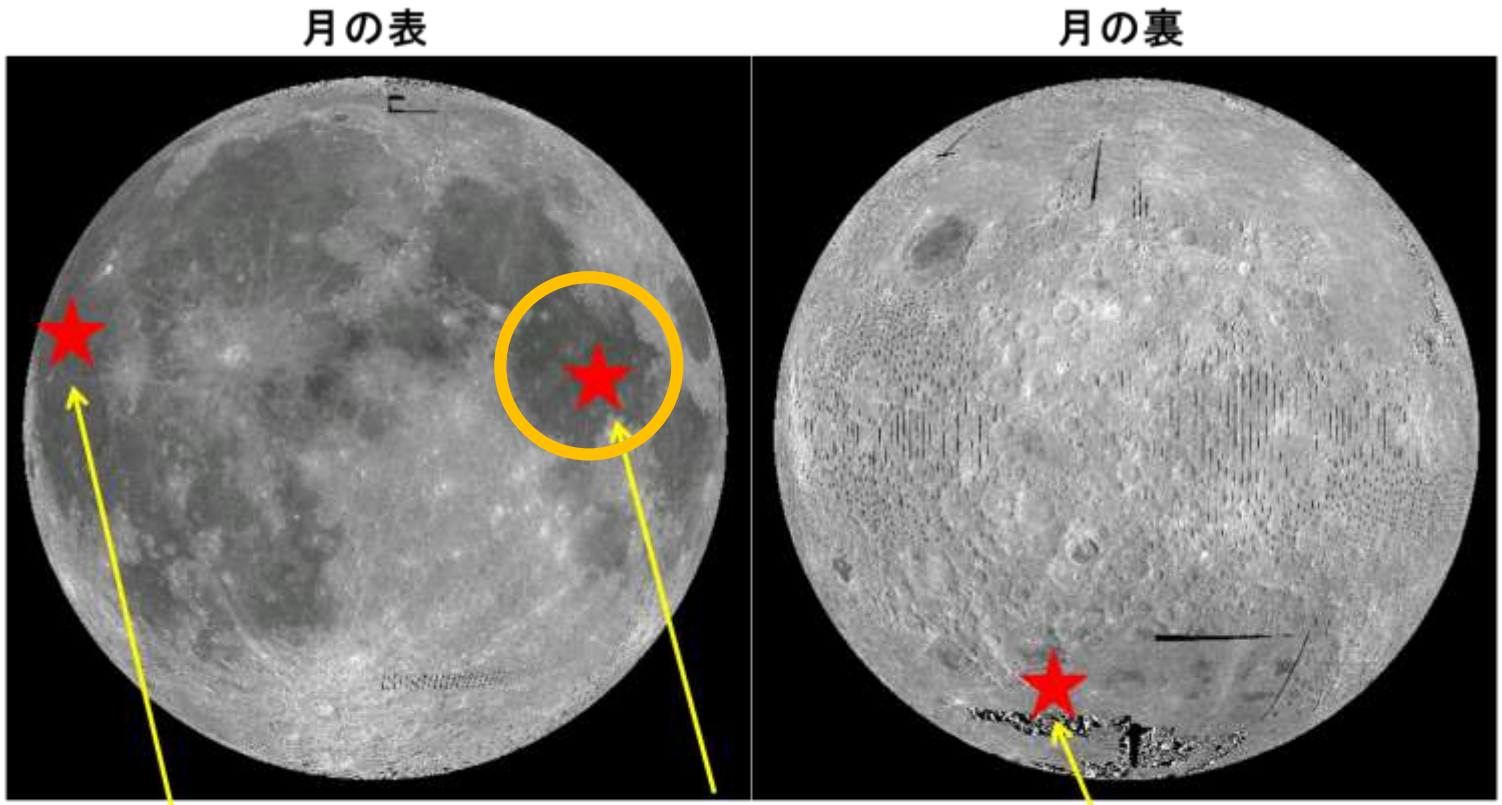
→　地下空洞の天井面、および側壁は気密性が高い

◆温度変化

→　地下空洞内では比較的温度が安定している

敷地の設定

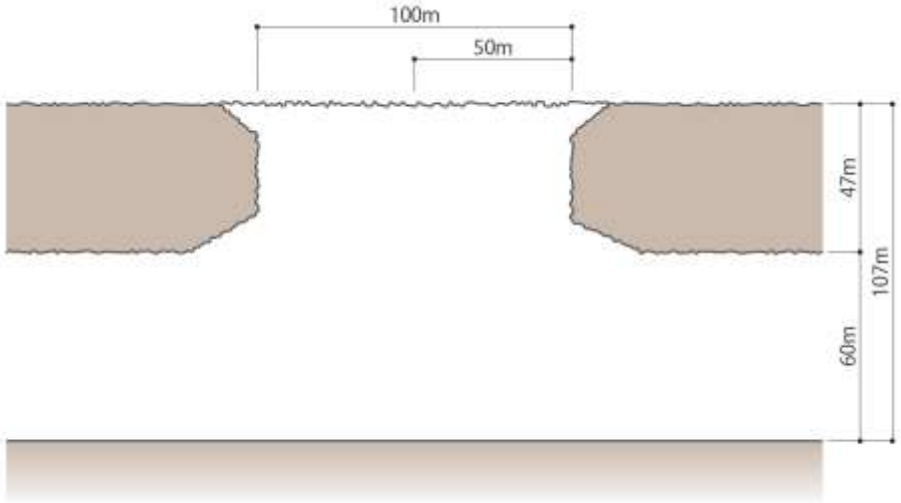
地球との交信可能域にあり、大型の空洞である、
「静かの海」に発見された地下空洞を想定。

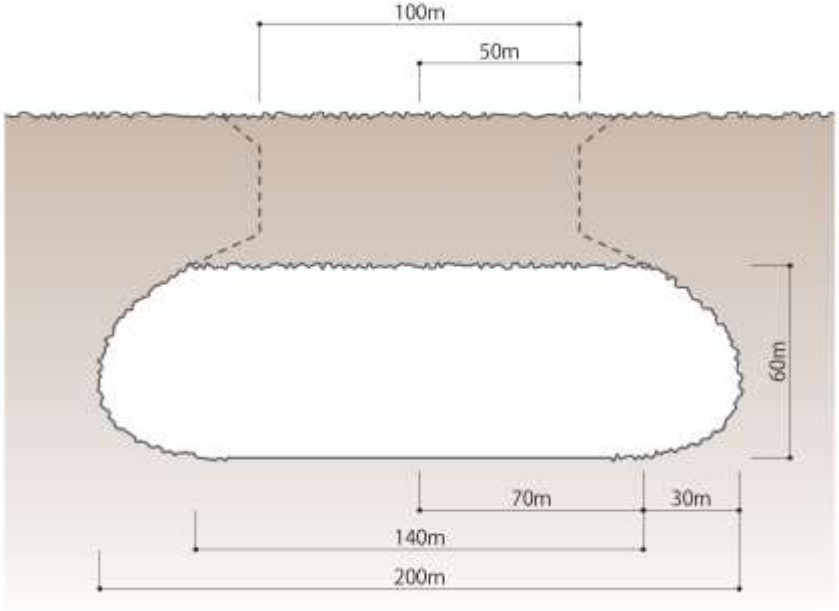


@JAXA

敷地の設定

孔径約100m、月表面よりの深さ約107m、
空洞天井部厚み約47m、空洞深さ約60m、
その地下に広がる空間は奥へと広がっていると想定した





目次

1　月面都市の壁　低重力(1/6G)

処方箋　Ⅰ　　人工重力

2　月面都市の壁　シェルタリング

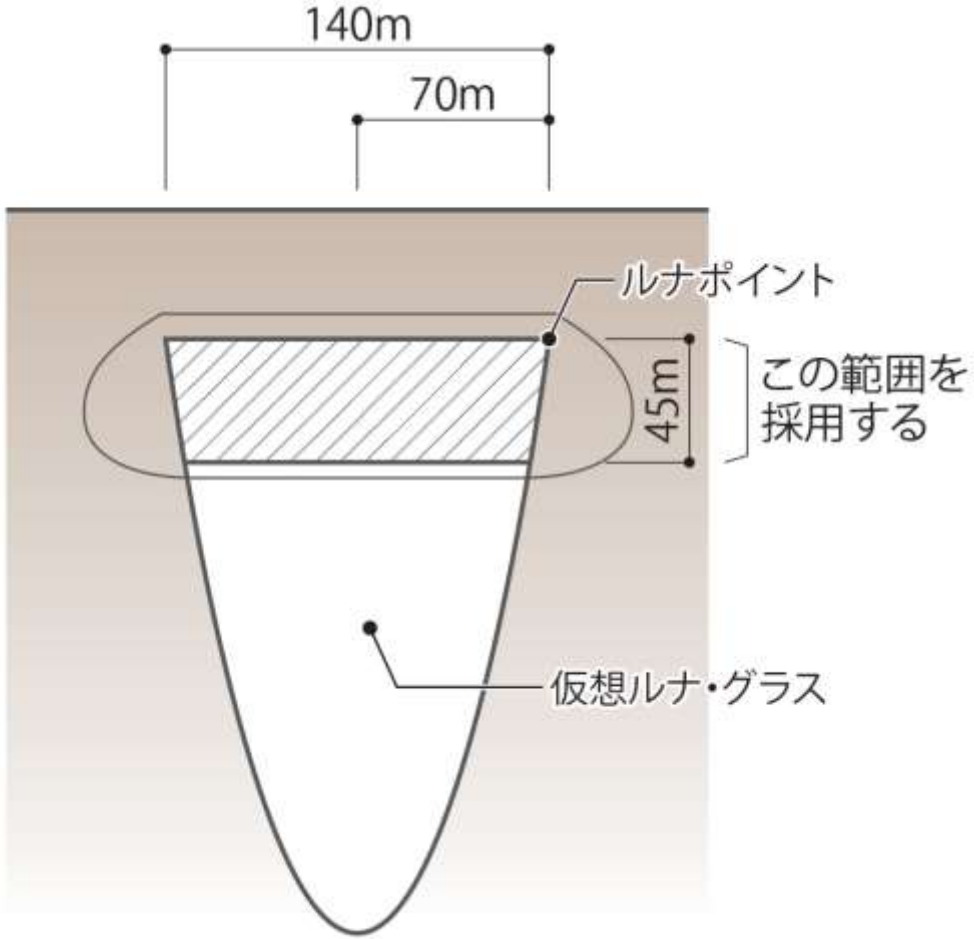
処方箋　Ⅱ　　UZUME計画

3　月の地下空洞内での設計

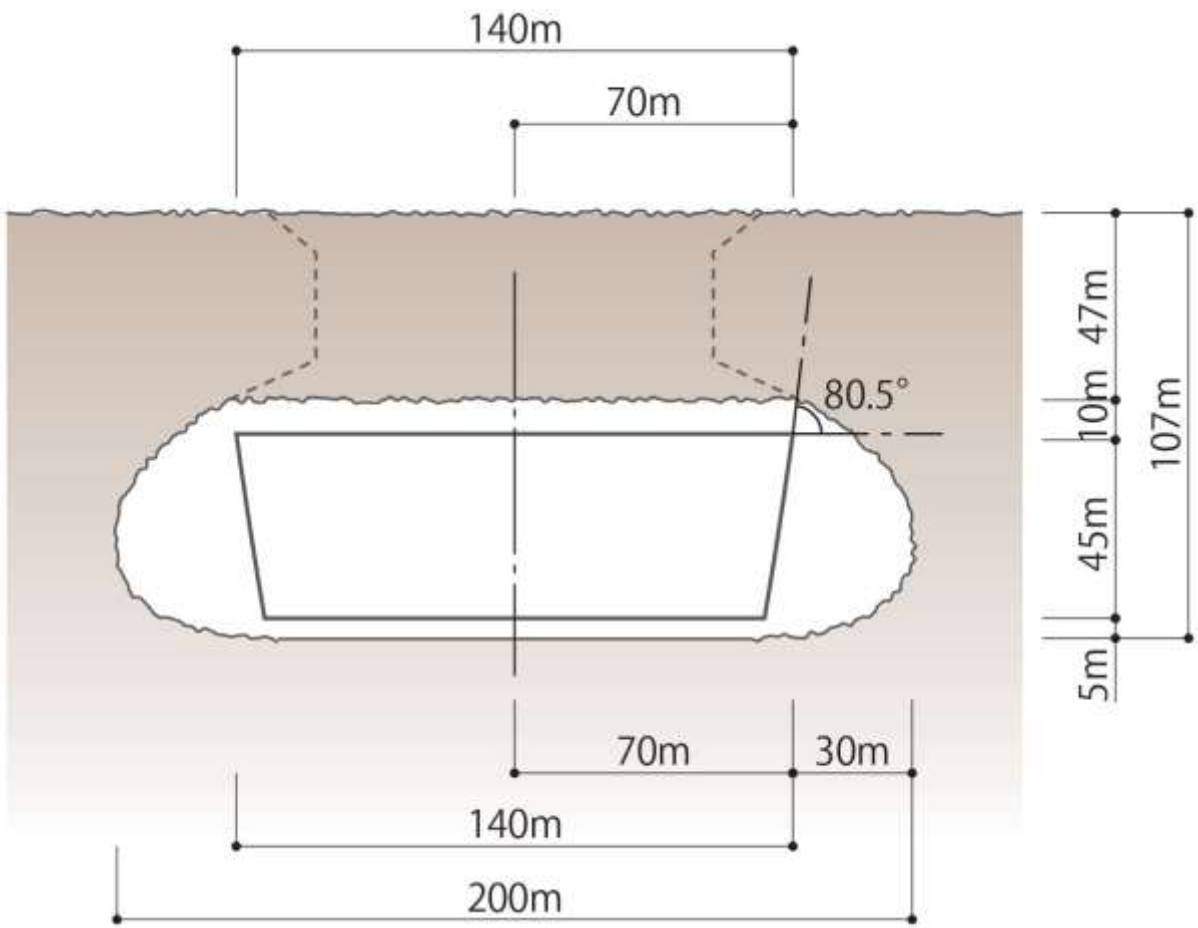
4　人工重力施設：月面UZUME計画

3　月の地下空洞内での設計

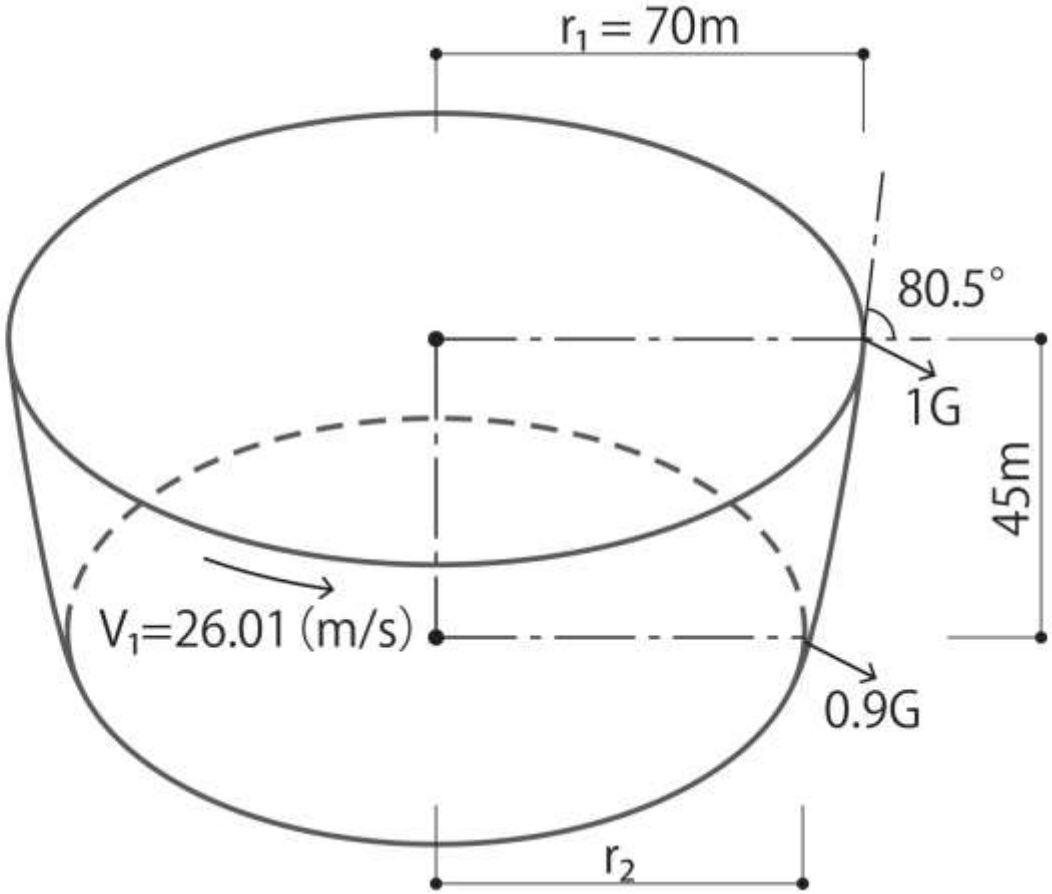
想定される空洞内にルナ・グラスを重ねてみる

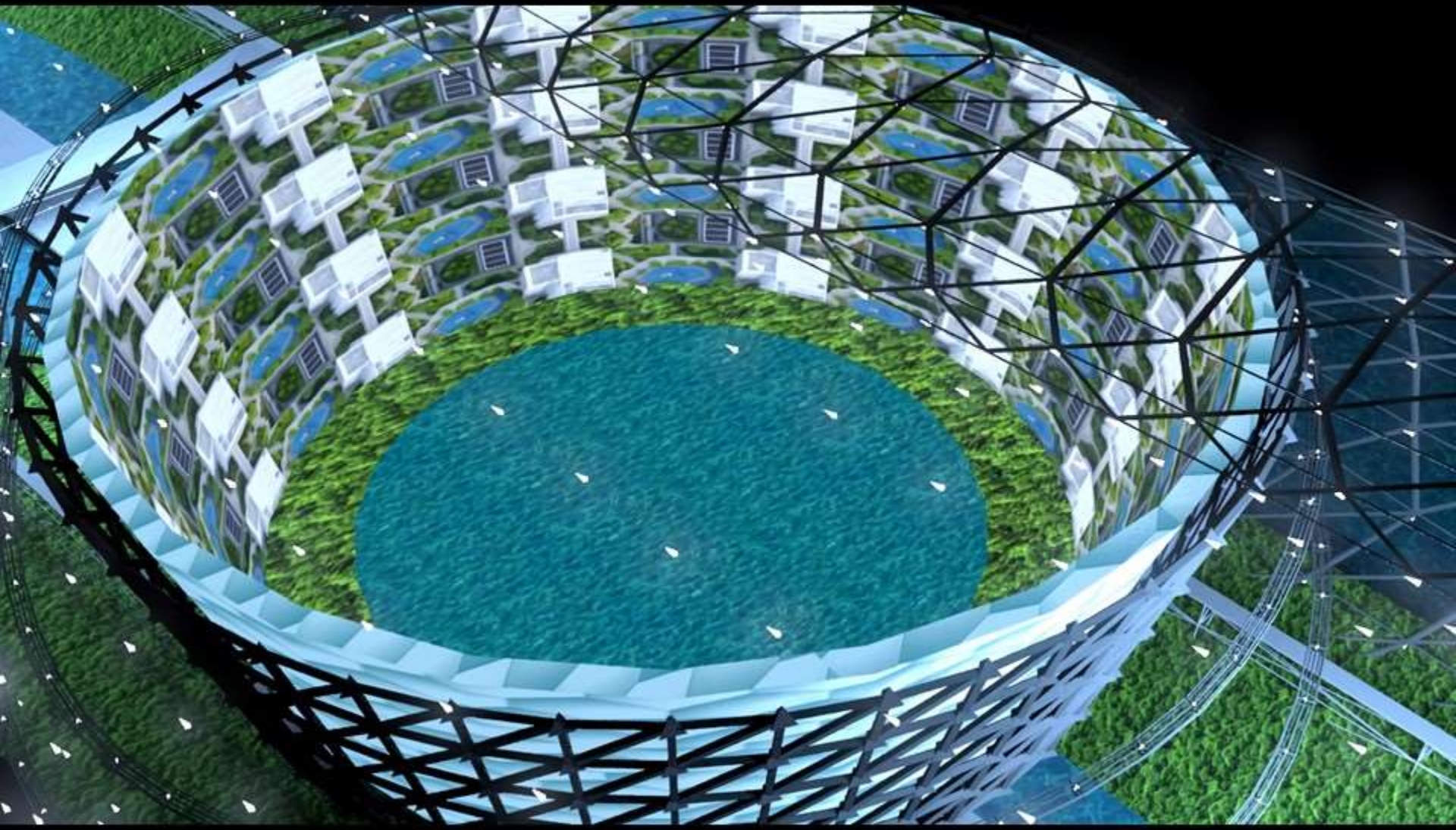


空洞内ルナ・グラス・サイズの決定



ルナ・グラス概形



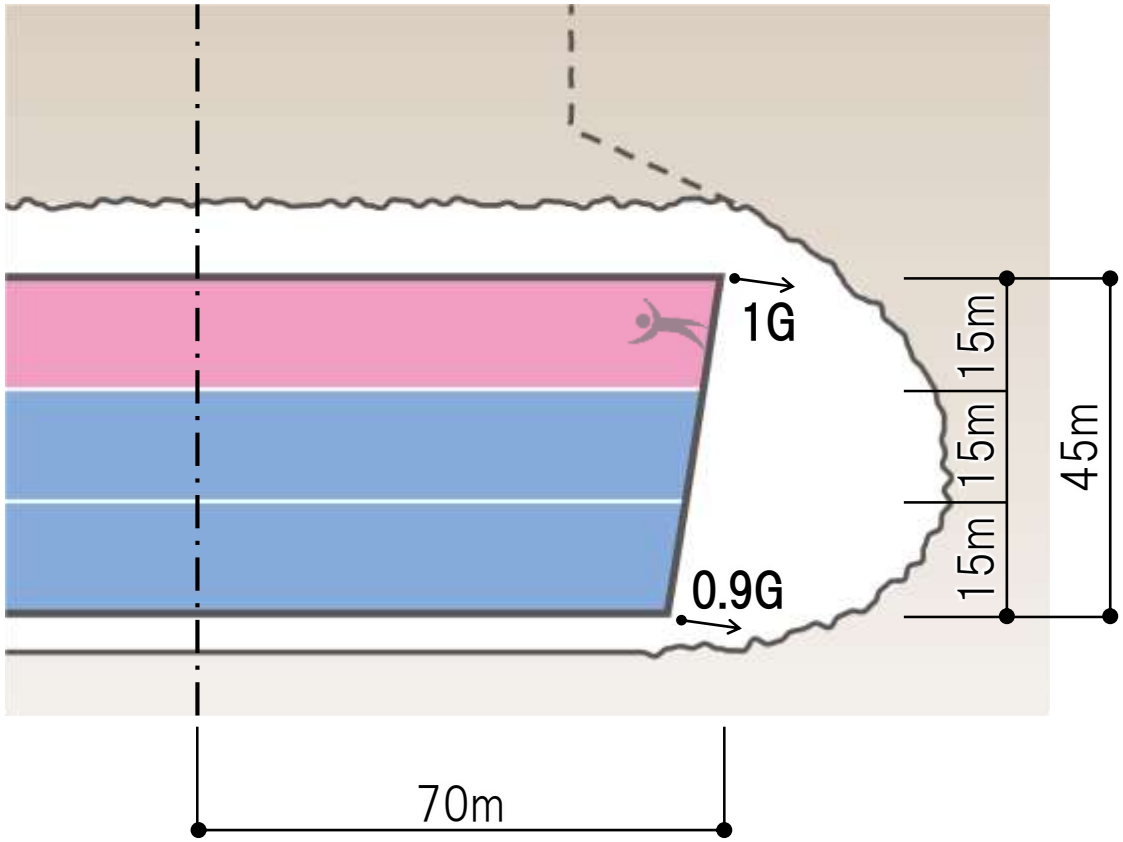


ルナ・グラス内観　（居住区）

このグラスでは 1G から 0.9G の幅を持つこととなる

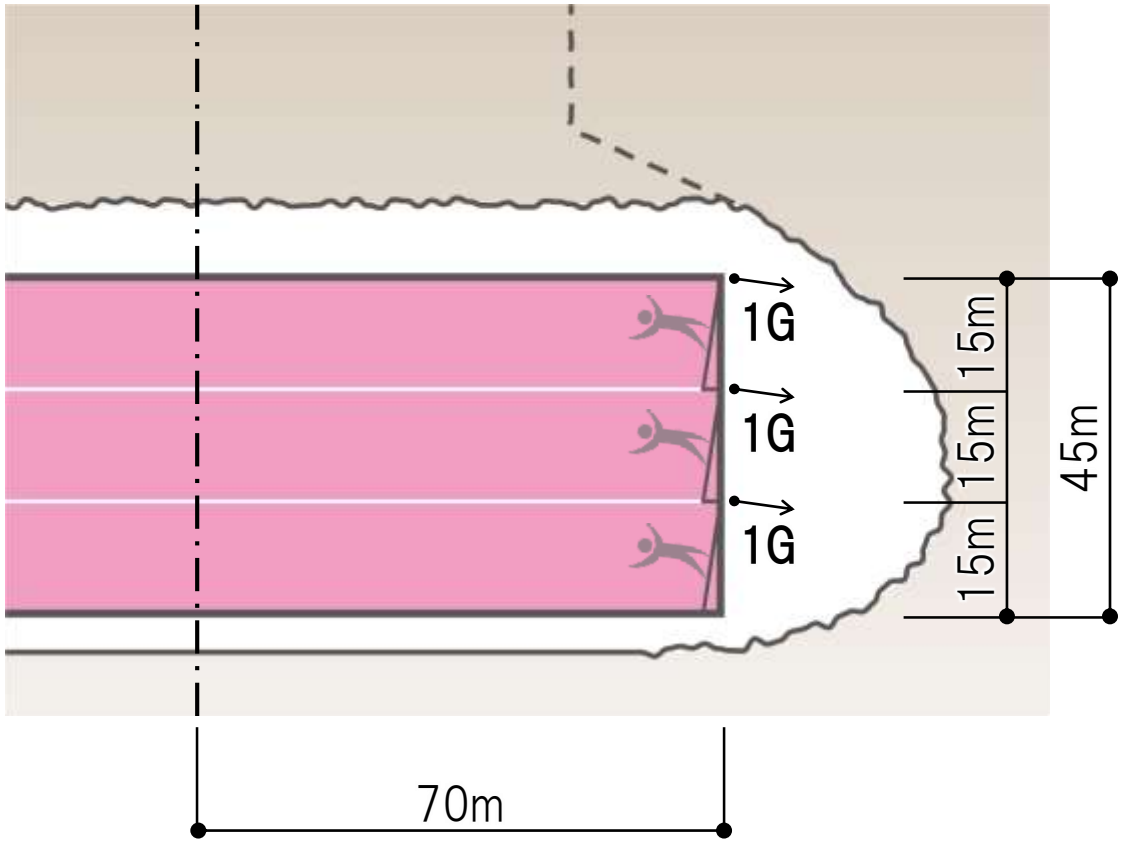
1G 近似域の範囲を増やす検討を行う

3分割しピンク色の部分に注目

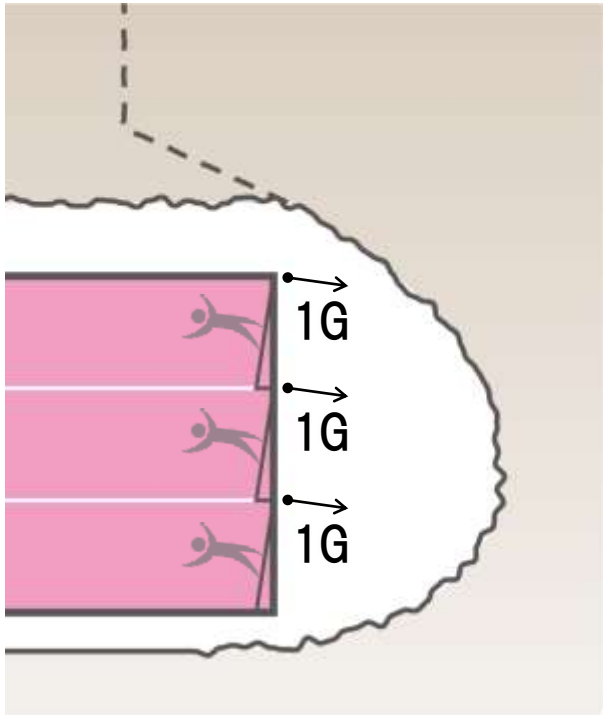


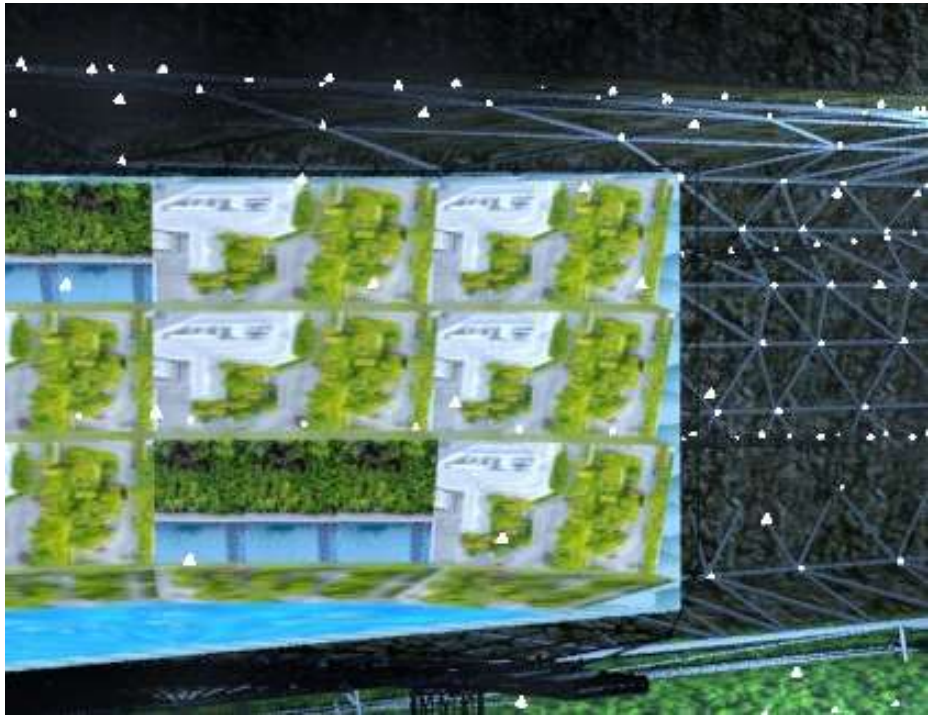
ピンク部分を3段に重ねる

1G 近似域が 3倍 に増えました

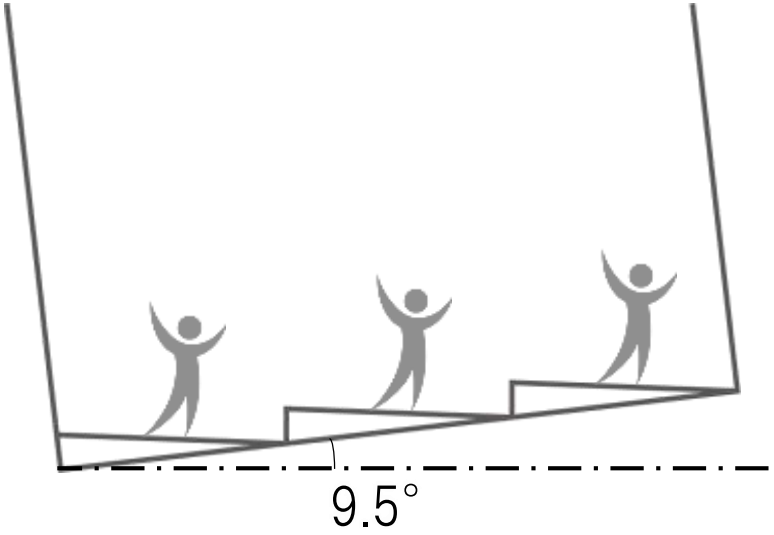


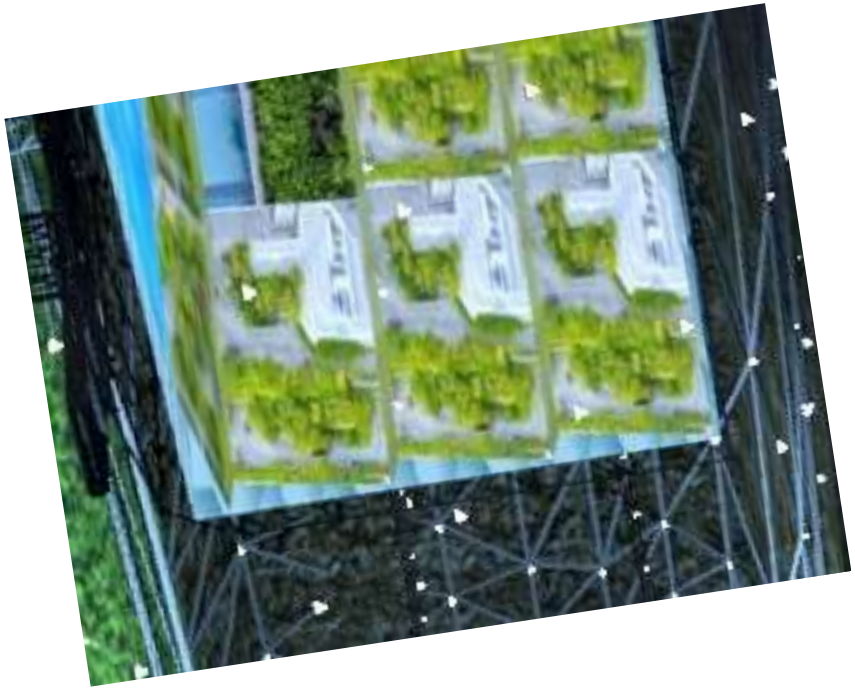
階段状 ルナ・グラス
全域にわたってほぼ 1G 近似環境



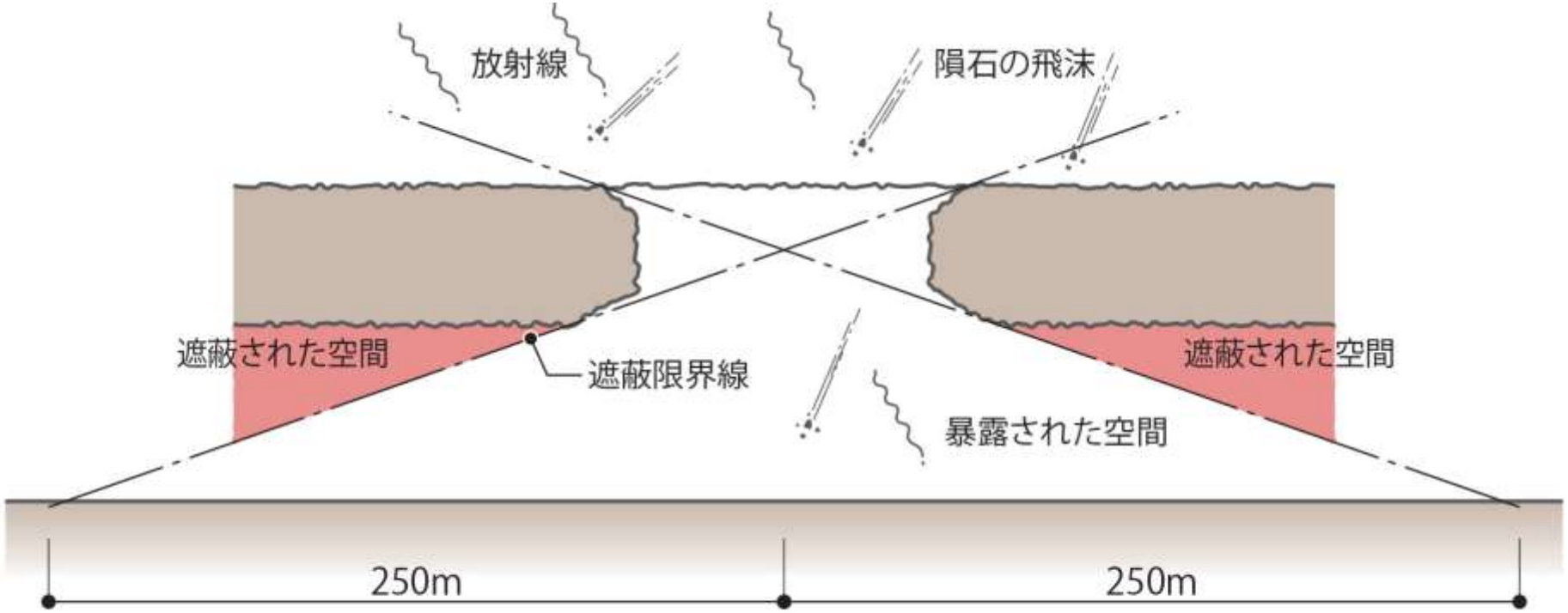


内壁に沿って生活する人にとっては
地面が9.5度の坂に感じる

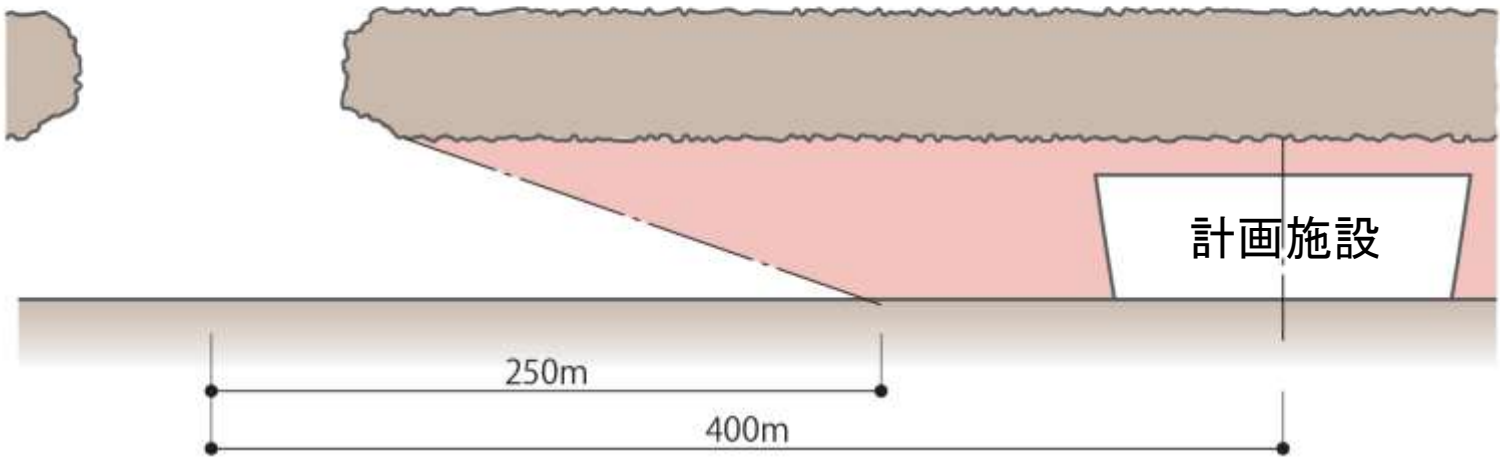




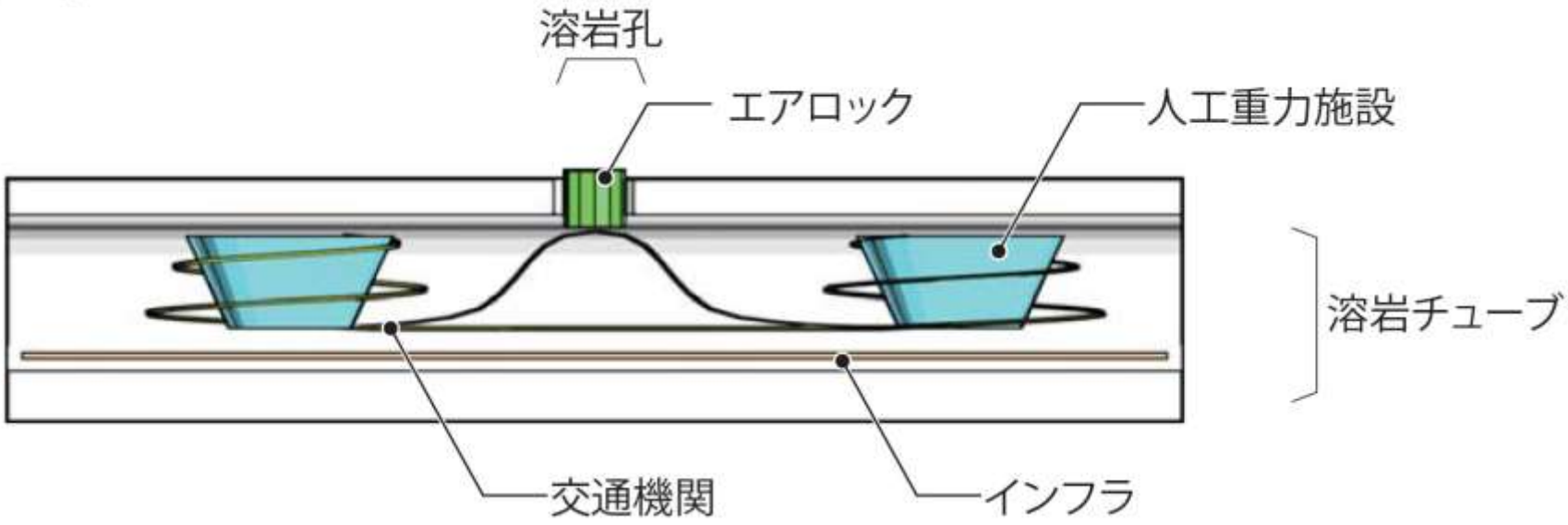
放射線や飛来物の遮蔽を考える



遮蔽された空間へ主たる居住スペースを設定する



施設構成　概念図



この概念図をもとに設計を行う

目次

1　月面都市の壁　低重力(1/6G)

処方箋　Ⅰ　　人工重力

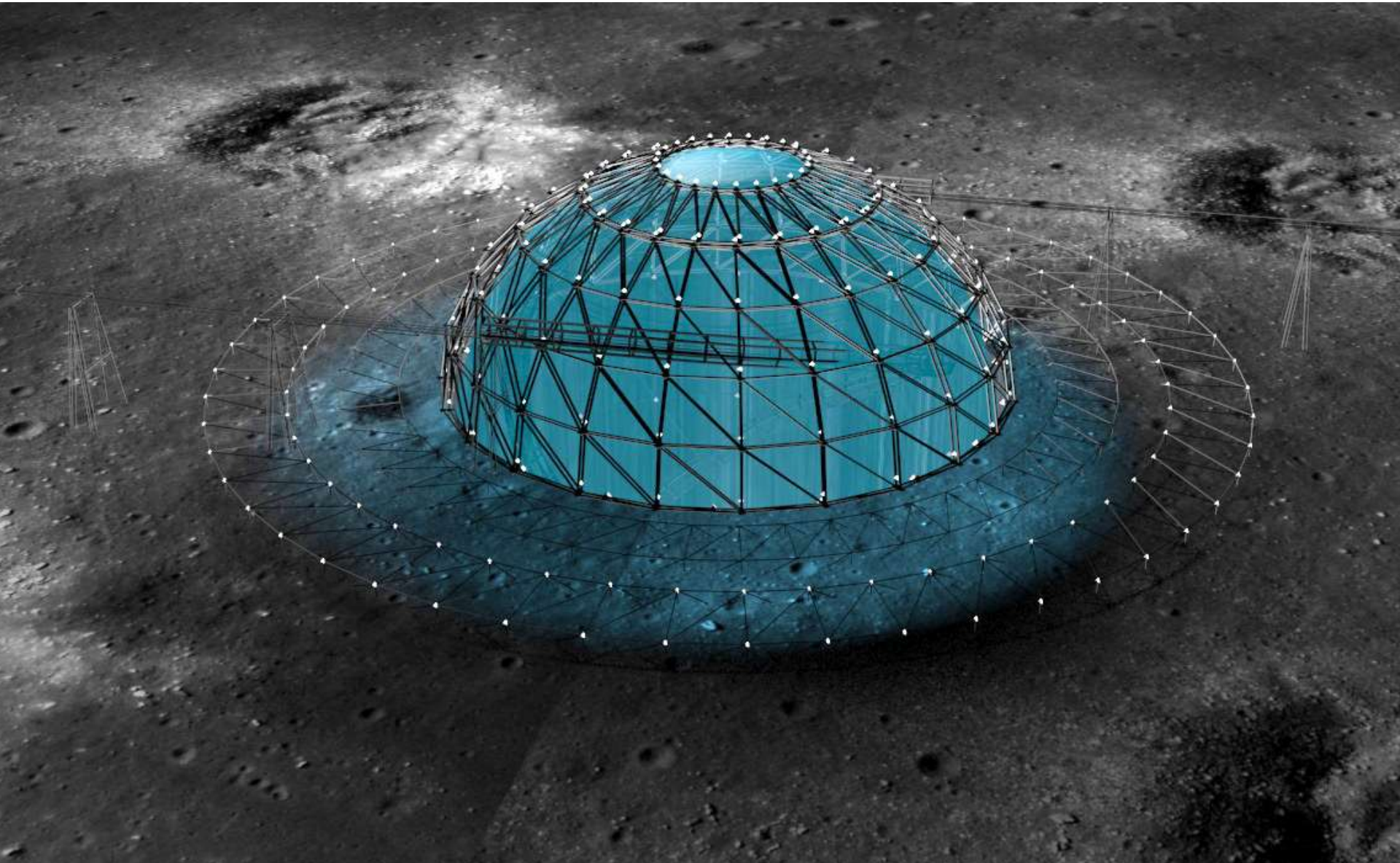
2　月面都市の壁　シェルタリング

処方箋　Ⅱ　　UZUME計画

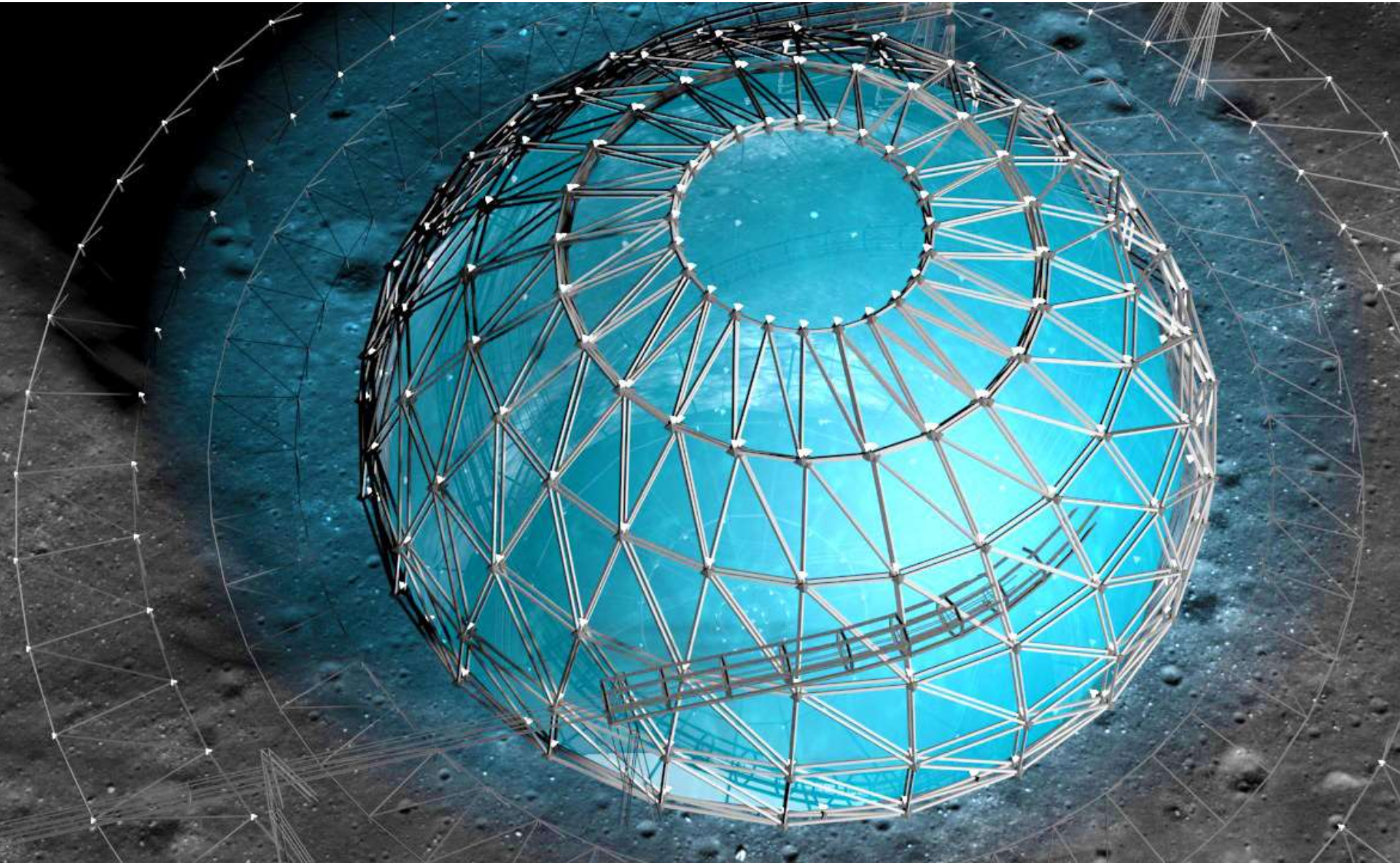
3　月の地下空洞内での設計

4　人工重力施設：月面UZUME計画

月面エアロック外観　内部は水で満たされ遮蔽装置を兼ねる



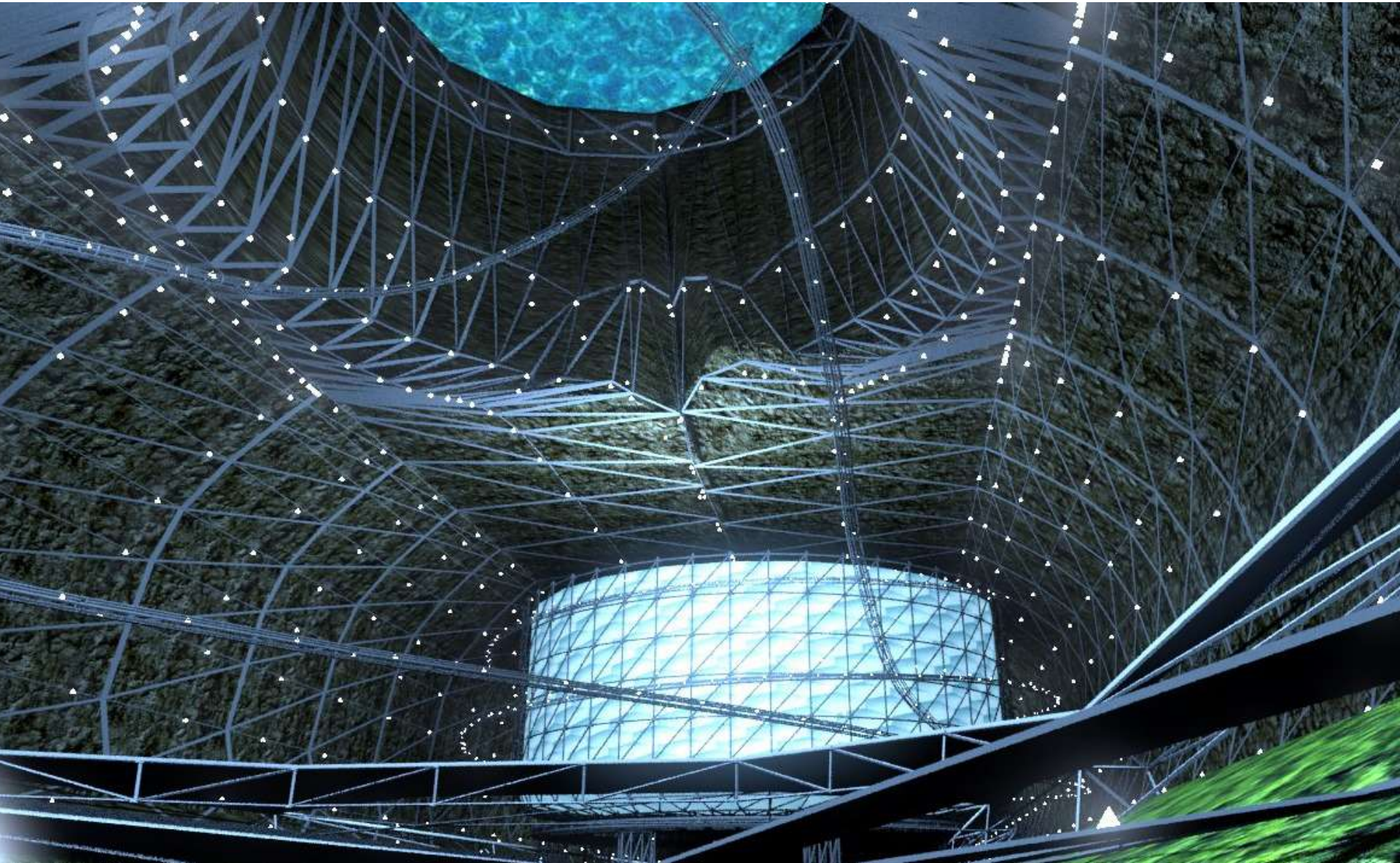
エアロック見下げ　内部の１気圧は高さ60mの水盤を持ち上げる



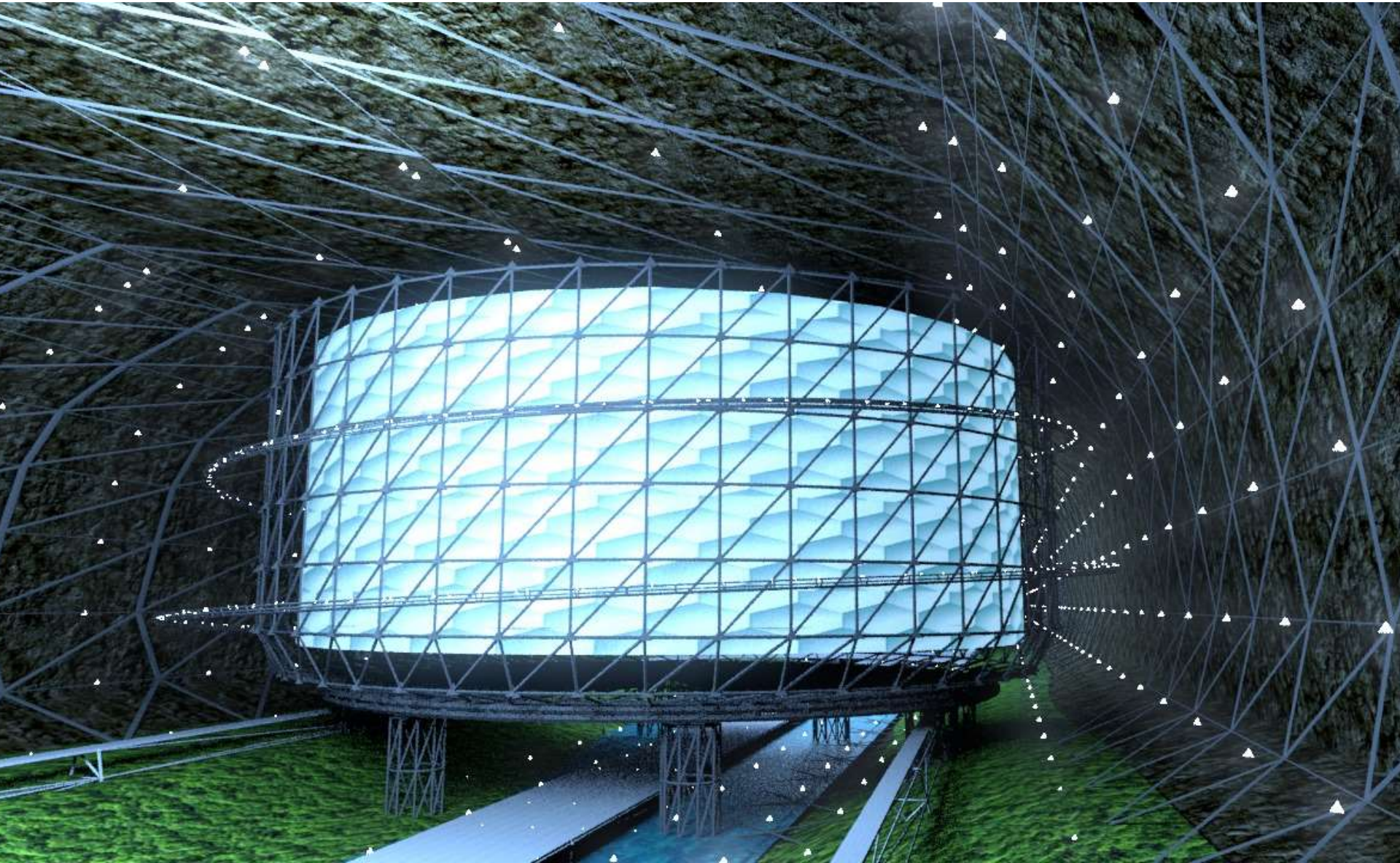
では、空洞の中へ

エアロック見上げ　交通機関は螺旋上とし、直線的なトンネルを設けない

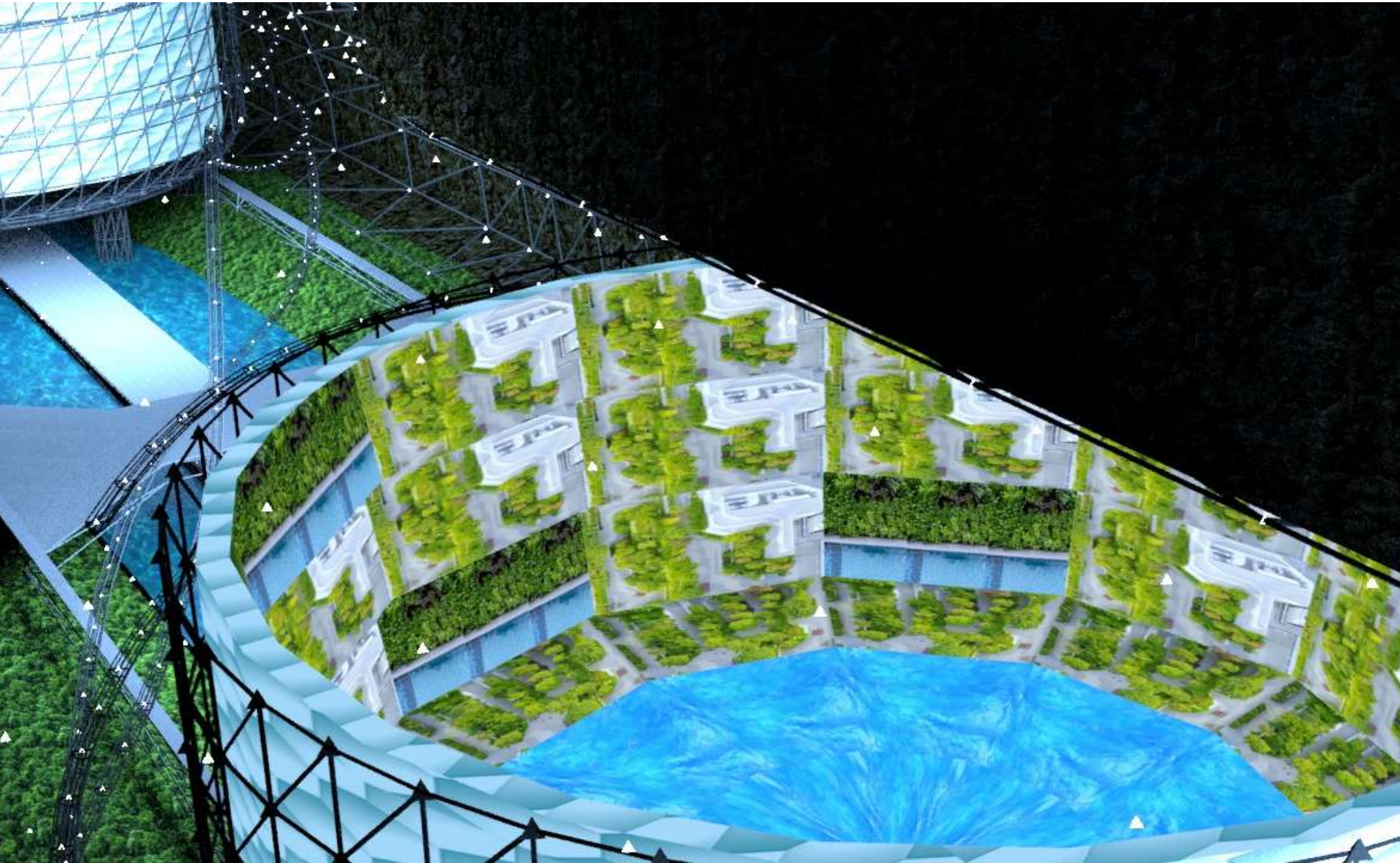
エアロック下部より、ルナグラスを臨む



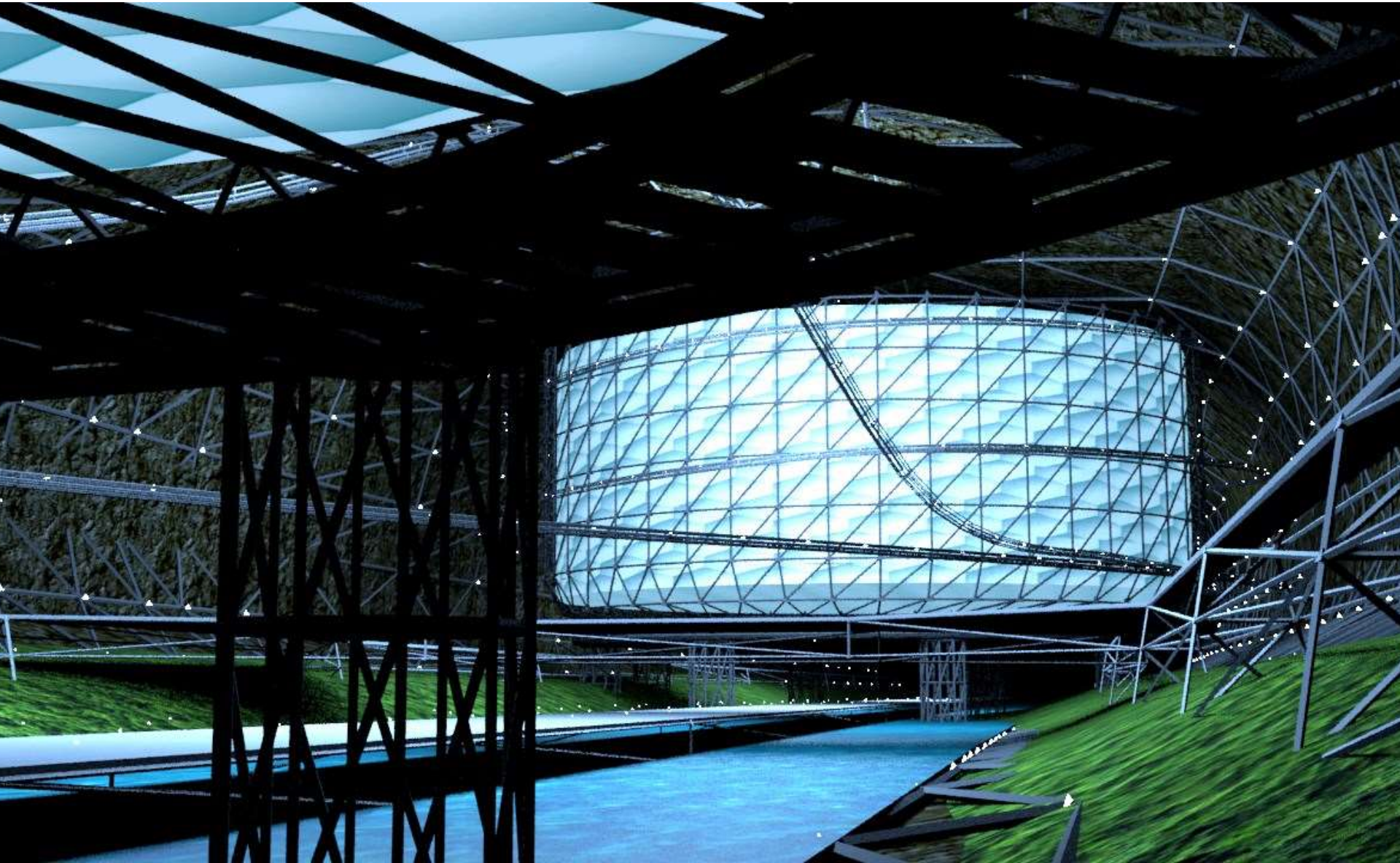
ルナグラス外観　ルナグラスが周囲を照らす行燈となる



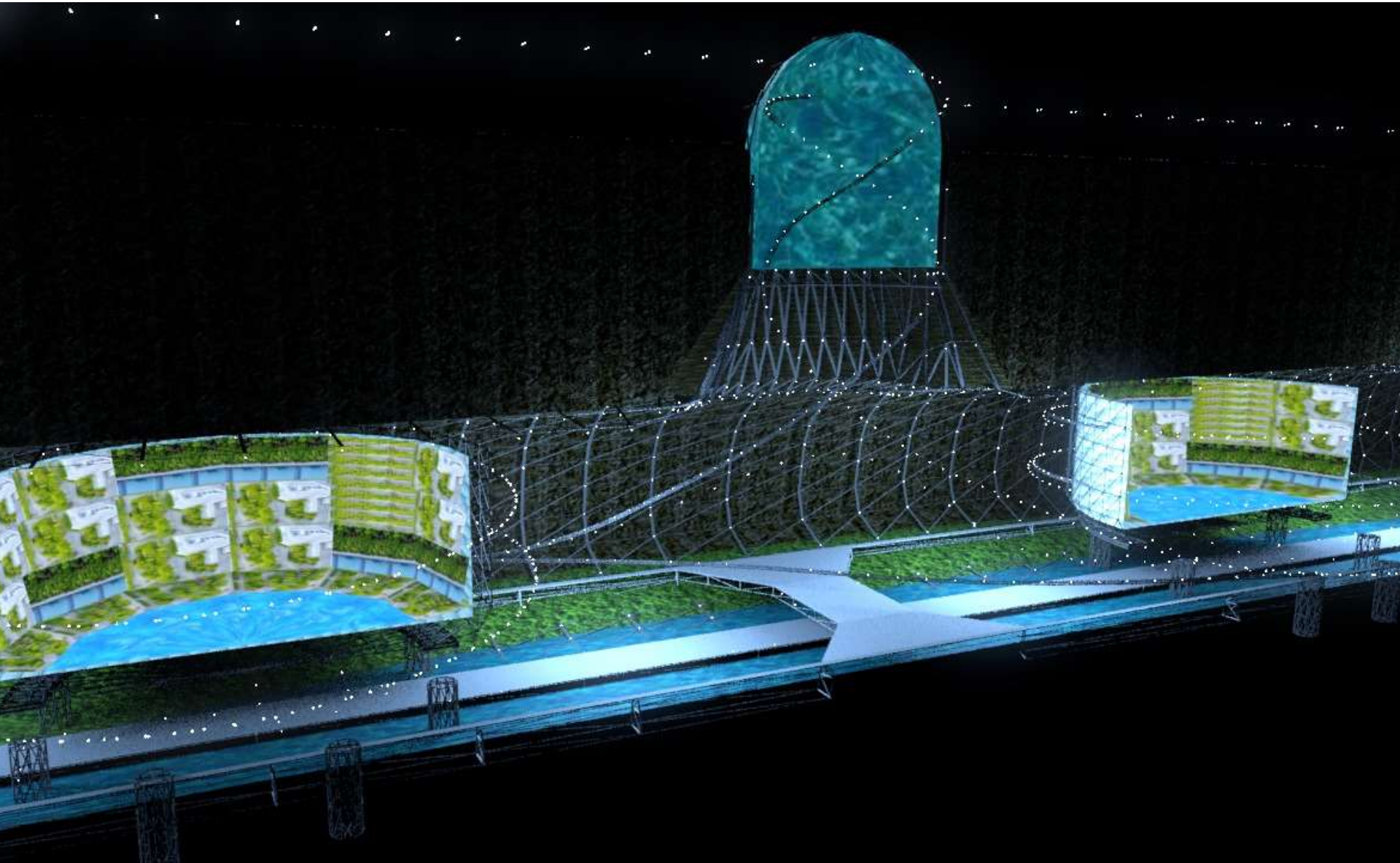
ルナグラス内観　通常はここで日常生活を送る



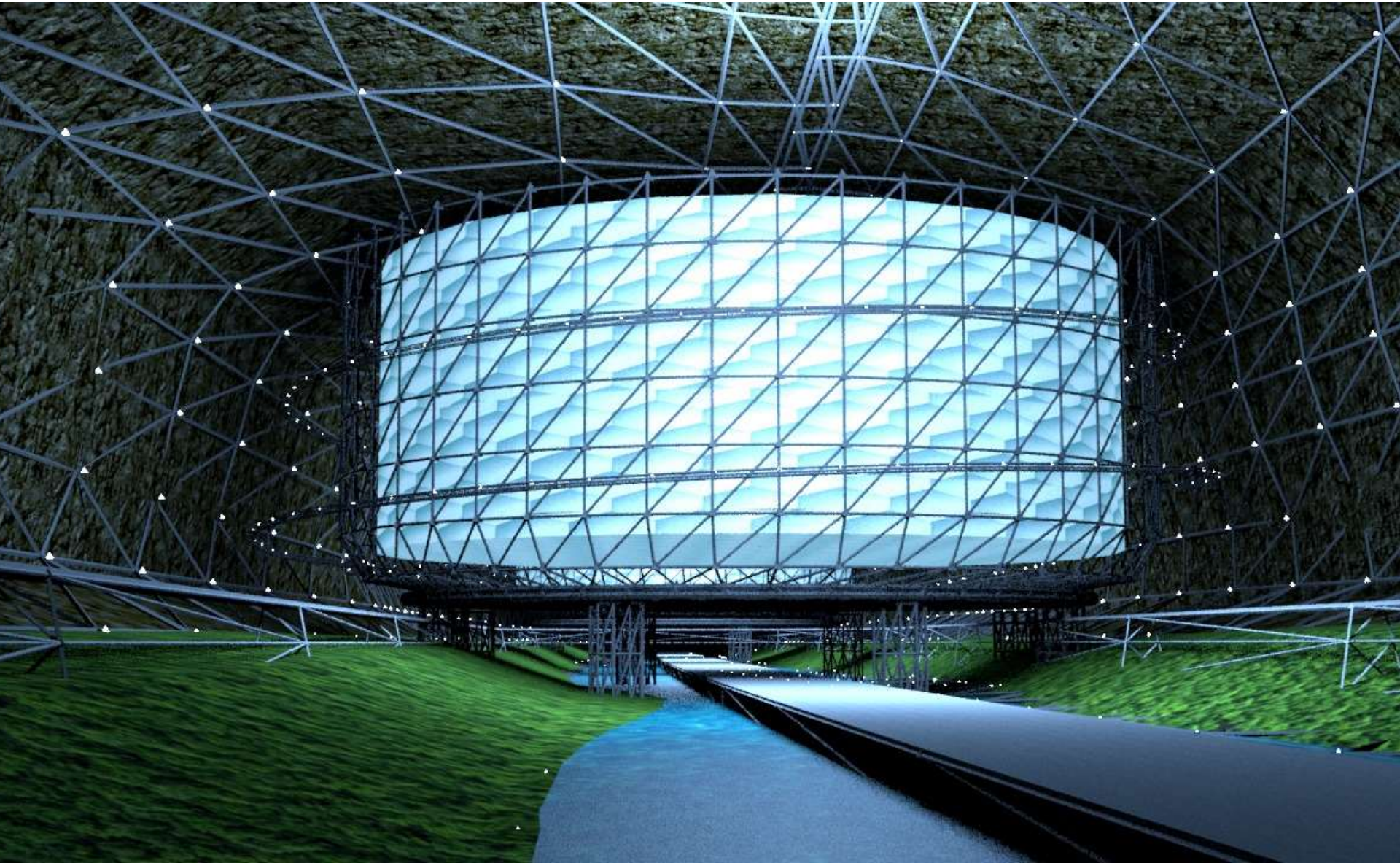
ルナグラス下部構造　インフラが下部構造に内包される



施設全体像



月に楽しく、安全な空間の構築を目指します



ご清聴ありがとうございました

大野　琢也

takutaku@kajima.com

人工重力研究会
Workshop on Space Architecture with Centrifugal Force

100年をつくる会社
鹿島