

宇宙環境と居住空間の新しい関係性の構築

A proposal of a new relationship between environment and habitat in space.

神奈川大学大学院工学研究科建築学専攻 曾我部研究室
立川愛弥子



1. はじめに

スペースコロニーは、人口爆発や地球環境問題等を解決する方法の一つとして検討されてきた。その多くは、宇宙に地球の擬似環境を造り、数万人を収容する都市として計画されている。また今後、人類の生活の発展には、スペースコロニーの研究が重要だと考えている。しかし、従来のスペースコロニーの計画は、宇宙構造システムのフィジビリティの検討に終止しており、居住空間や暮らし方についての議論を成されているとはいえない。そこで本研究は、宇宙において、人間が長期滞在可能な居住空間の実現可能性を高めるために、居住性を重視したスペースコロニーの居住空間を計画する。

Space Colony

2. スペースコロニー概念検討



Study at JAXA

2012年4月よりJAXA(宇宙科学研究所)において、宇宙大型構造システムを研究開発されている、石村康生准教授の研究室で、特別共同研究利用員として研究指導を受けながら、スペースコロニーの概念検討を行った(2章内容)。この研究の成果は、日本機械学会(第21回スペース・エンジニアリング・カンファレンス)において自身で発表し、優秀賞を獲得した。

2.1 敷地



http://map.gsfc.nasa.gov

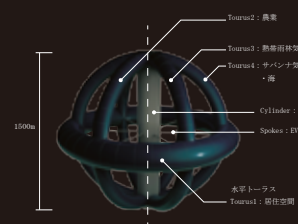
大型宇宙構造物には、恒久性及び姿勢制御の観点より、安定的な軌道での運用が求められる。また月の資源調査や他の惑星探査の容易性から、対象地をラグランジュポイントのL5地点(上空約38万km)とする。ラグランジュポイントとは、地球と月の引力が安定する領域である。L1-L3は少々位置がずれると更にずれが大きくなるように重力が働くため不安定である。それに対しL4とL5は軌道のずれを元に戻す復元力が働くため安定している。この宇宙環境の特性に適応させたスペースコロニーの概念設計を行った。

2.2 宇宙環境と構造様式

宇宙環境(L5地点)の特性に適応させた構造形式の検討では、特に以下の3点に留意する必要がある。これらを私が設計したスペースコロニーを基に説明する。

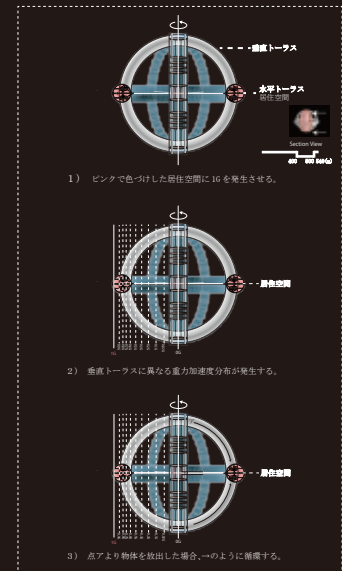
宇宙環境	構造様式の特徴
無重力	人工的に重力を発生させる(擬似重力)ために構造物を自転させる。その時、姿勢制御を考慮し、回転軸を中心に左右対称な構造が求められる。
高真空	高真空環境下の圧力容器は、トラス型、円柱型、球型の構造様式が望ましい。また、曲率半径が小さい方が建設しやすい(φ100~200m以下)。これらの留意点より、基本の構造単位をCylinderとTorusとした。
打ち上げ環境	資材等はロケットで輸送するため、ロケットに収納可能、軽量化、コンパクト化、段階的建設の可能性が求められる。

以上の点を踏まえ、用途と気候の異なる垂直トラスと居住空間を内包した水平トラスを交差させるように組み合わせた形状とした。また、騒音問題の観点より、居住空間の水平トラスから離れた位置に工場を設けた。さらに、これらの全てをEV Spokeで繋ぎ合わせた構造様式を提案した(右図)。



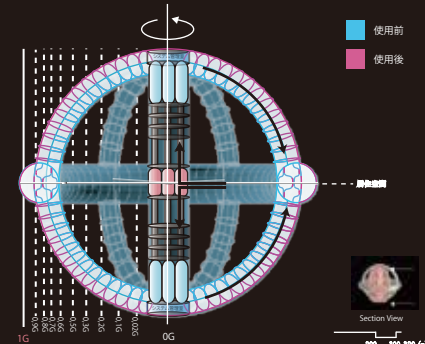
2.3 宇宙環境とインフラ設計

宇宙環境を積極的に利用した内部構成(居住空間とインフラ設備と工場の配置)を計画した。その内部構成を計画する上で、宇宙環境特性を適応させた新たな構造様式の実験を行った。具体的に、遠心力によって擬似重力を発生させる際、重力加速度が回転軸からの距離に応じて分布するため、垂直トラスには異なる重力分布が発生する。この重力加速度分布を物質の循環に応用し、居住空間を支える全体のシステムを設計した。



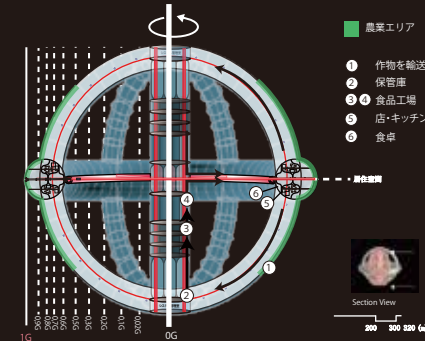
地球上からの支援を受けず、閉鎖環境の限られた空間の中で生活するためには、空気や水、食料、エネルギーを効率よく生産し、資源の再利用や有効活用を図ることが重要である。この条件に対応しつつ、居住空間を支えるインフラ設備を宇宙空間で成立させるためには、広大な面積を必要とするため、効率よく配置することが必要となる。本計画において、スペースコロニー内に発生する異なる重力加速度分布を、水、空気、排出物の循環に応用することで、より少ないエネルギーと

2.3.1 給排水・空調・温度管理に応用



2.3.2 農作物輸送システムに応用

上記と同様に食料も効率よく生産するシステムの設計は重要である。宇宙空間で1000人(計画している収容人数)が食生活を成立させるためには、全面積の約50%の面積が必要となるため、食料の循環形態が効率よくするように設計した。具体的には、加工しなければいけない食物(麦、カカオ等)等は、垂直トラスに内包し、その垂直トラスから、中央のCylinderの加工工場や冷蔵庫、倉庫へと輸送され、その後Cylinderで加工された食物はEVを通じ、居住空間の上部のキッチンに運ばれる。

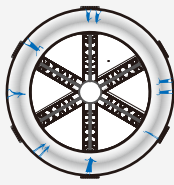


3. 提案

これより、本研究のメインである都市計画の提案を行う。本計画は、宇宙飛行士とその家族の全1000人が住まう都市という設定である。従来のスペースコロニー計画のように地球の擬似環境を造り出すのではなく、宇宙特有の問題や魅力をスペースコロニーの計画に繋ぎ合わせながら、居住性を高める都市計画を行い、人間が宇宙に長期滞在可能な住環境を設計する。宇宙空間特有の問題の中でも、特に**重力分布・閉鎖環境・コミュニティの重要性**の3点に着目する。

3.1 重力分布を基にした空間構成

スペースコロニー内部の居住空間は、場所ごとに重力方向や大きさが極端に変化するため、居住者の方向感覚が鈍る問題がある。

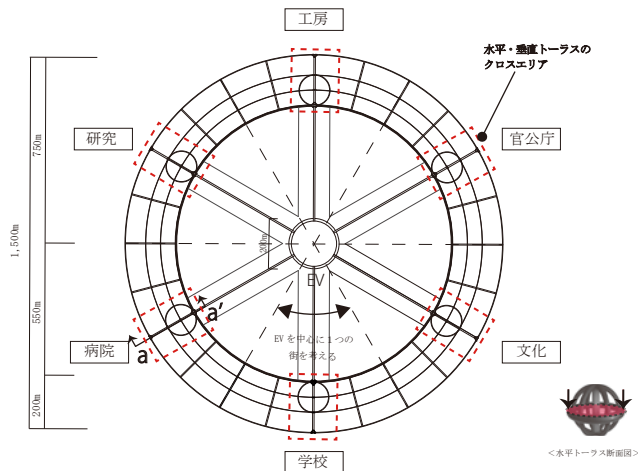


・傾いた人やものが見える



・EVで移動する際の方向転換

居住者の方向感覚が鈍る問題があるため、分かりやすい観点から、各用途地を明確に分けた。さらに、各用途地域の境界は、エレベーターを中心に左右400m以内に設定したことで、エリア内を歩いて活動することが可能となった。



<水平トラス断面図>

3.2 閉鎖環境を基にした空間構成

1. 生態系維持

地球上からの支援を出来るだけ受けず、閉鎖環境の限られた空間の中で生活するためには、空気や水、食料、エネルギーを効率よく生産し、資源の再利用や有効活用を図ることが必要である。そこでスペースコロニー内の生態系を維持するために、各気候や諸施設は、閉鎖環境下で生活実験を行った「Biosphere2」の研究を参照した。さらに閉鎖生態系生命技術の発展と宇宙空間の生活条件を考慮し、諸施設の面積の割合を調節した。これらの施設をそれぞれの関係性や生活動線、コミュニティに着目しながらトラスの円周方向に沿って平面的に配置した。

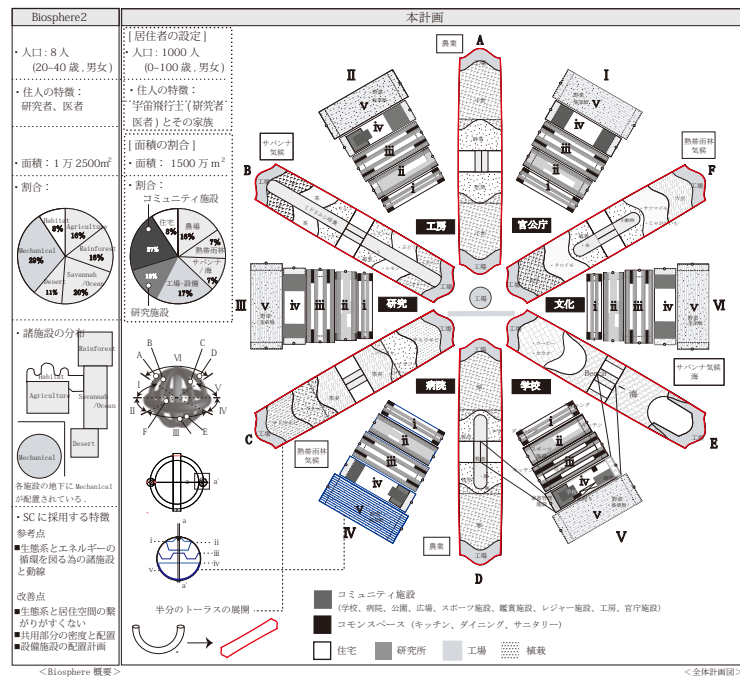


・Biosphere2施設の全景

Biosphere2との違い

Biosphere2は各施設が詳細的に立ち並び、それぞれが独立しており、そこを人間は横断するように使用する。それに比べスペースコロニーは、水平・垂直トラスが交差していることで、異なる生態系が生活空間の中に介入してくる。これは、生活を送る中で偶発的な出来事や事故が起きる効果がある。様々な人に会う機会も増える。**閉鎖環境の中で計画されていたことが起きることは重要である。**

・諸施設の分布



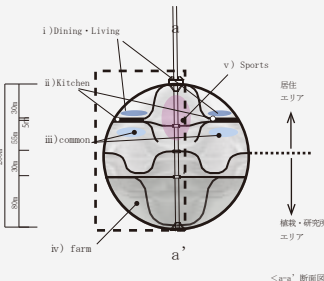
<Biosphere 概要>

<全体計画図>

3.2 閉鎖環境を基にした空間構成

2. 閉鎖環境下特有の暮らしの制限と空間の分割

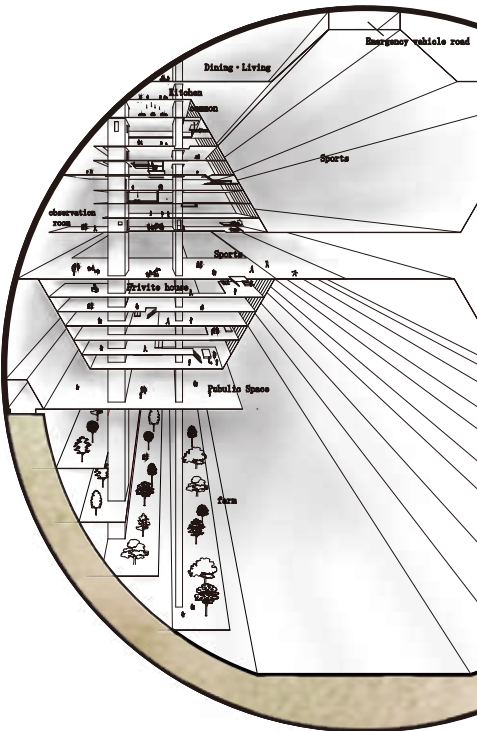
スペースコロニーのような閉鎖空間内で火災が発生した際、一瞬で広範囲が燃焼する危険性が高い。それを防ぐために、火を使用するキッチンエリアiiに限定する。そのキッチンを中心に、エリアiをダイニング、エリアiiiにその他のコモンスペースを設けた。次に、放射線やデブリ被害を少しでも減らすために、植栽エリアが居住エリアを覆うようにエリアivに配置した。また、想定外のハプニングに備え、居住者間の協力体制を構築することは重要であるため、居住空間の中心のエリアvに居住者が交流するスポーツ施設を設けた。また下の図の上部の居住エリアのインテリアを白に、下部の植栽・研究所エリアのインテリアをステンレスに設定した。このように住宅内と住宅内の差を設けたことで、閉鎖空間内の移動でも、気持ちの入れ替えを図りやすくし、住人がリラックスできる空間となった。



<e-a' 断面図>

空間の分割の特徴

- ・景色
トラスの水平方向に視界が開け、のけ反るような都市の景色が眺めることが出来る。この特徴を活かすために、水平方向にスラブを沿うようのぼし空間構成をした。
- ・空調
スペースコロニー内は全て人工の空調で管理されているという特徴がある。このことで、建物の内と外の隔たりがなくなり、開放的な空間で、且つ人が行き来しやすい空間となる。

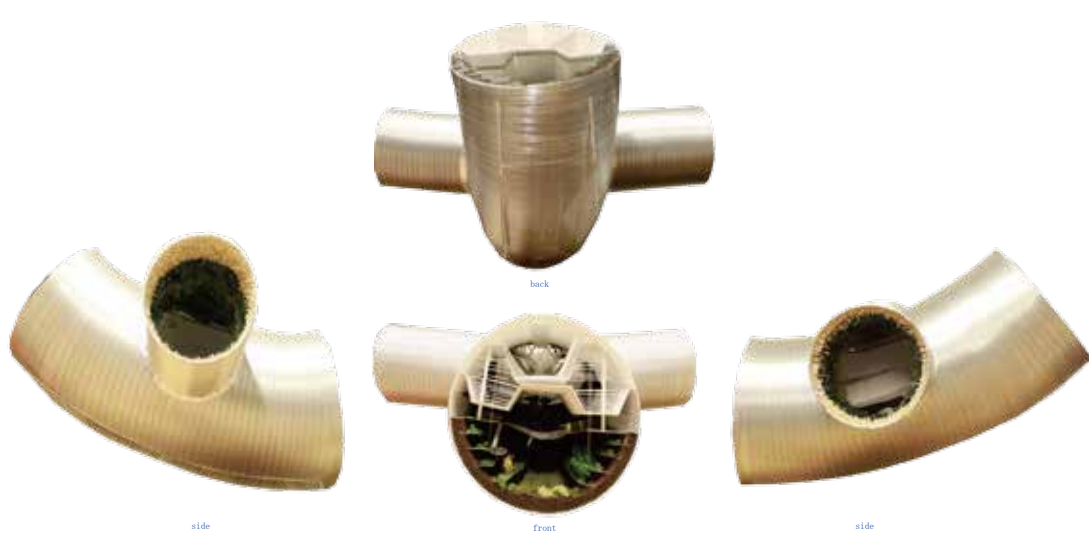


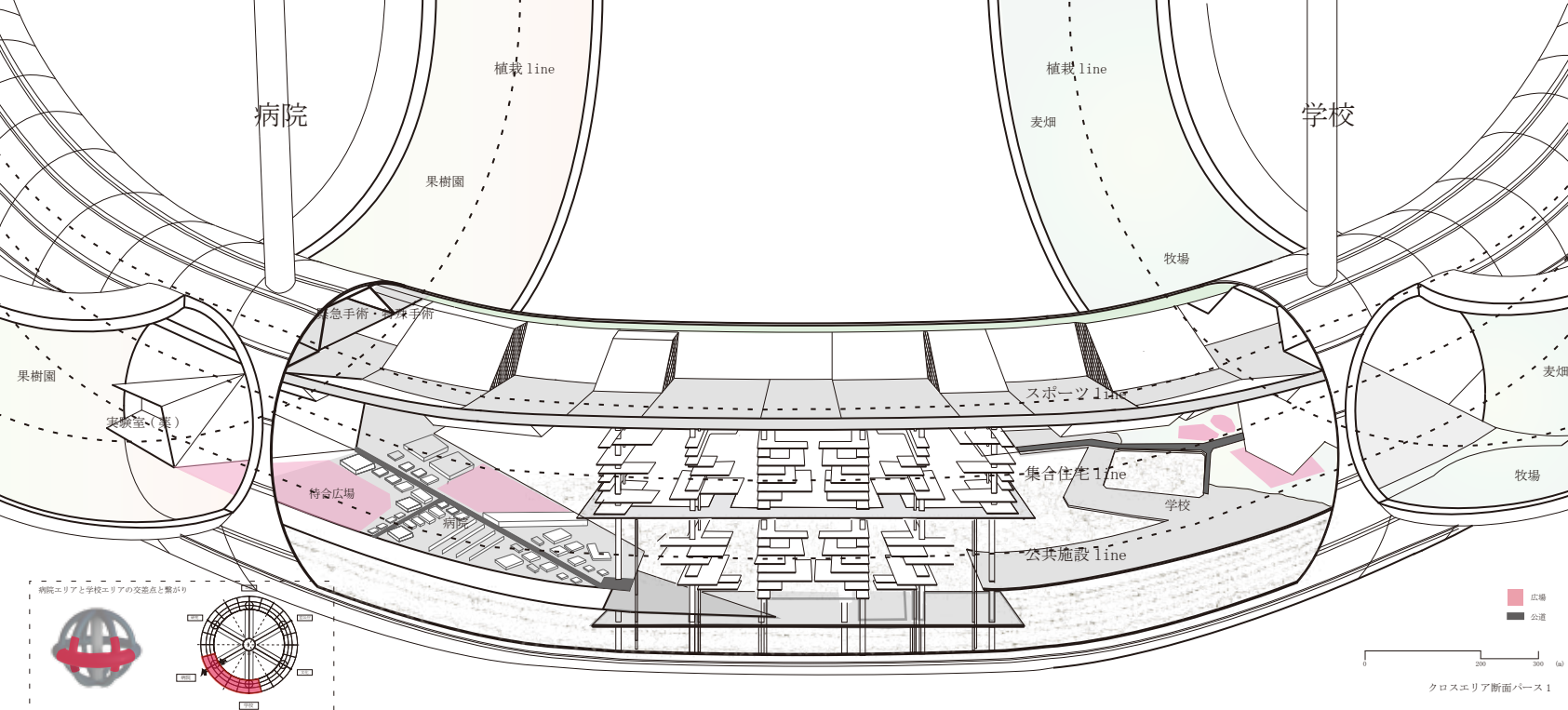
3.3 コミュニティを基にした空間構成

スペースコロニーの特徴である閉鎖環境においては、「Biosphere2」の実験結果から、生態系、エネルギー系などのバランス維持に加えて、地上以上に円満な人間関係の構築が重要であることがわかっていく。そこで本提案では、居住者間の接触・交流を意図的に作り出せるようなコミュニティ空間を、多くの諸施設が交差するクロスセリアに設計する (Touristの水平断面図中)。この交差部分に着目する理由は、クロスセリアは視界が2軸に広がるため、他のトラス内部に比べ開放的であり、そのため多くの住人が集まる事が予想されるからである。具体的に病院エリアと学校エリア、文化エリア間を取り出し、各所要要素の繋がり立体的に表現した (断面バース1.2)。



・クロスセリア

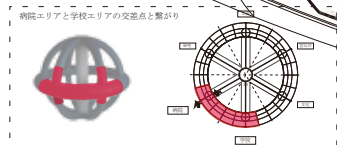




学校と牧場地

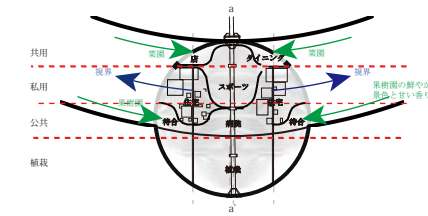


住居トラス内の菜園



クロスエリア断面パス 1

病院



クロスエリア (病院と果樹園)

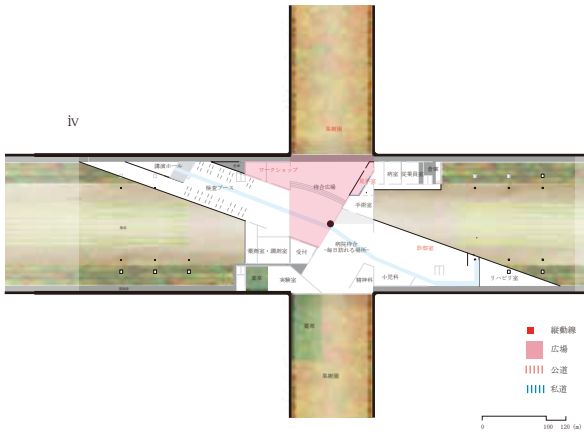
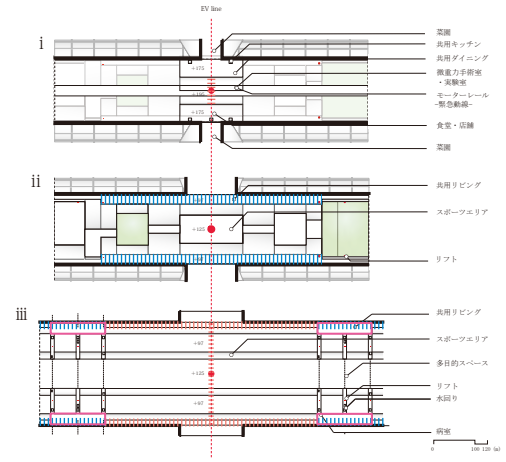
診断の為に病院エリアを訪れた住人が集う広場には、果実園の色鮮やかな景色と、甘酸っぱい香りが漂い、安らぐことができる。

宇宙における病院の役割

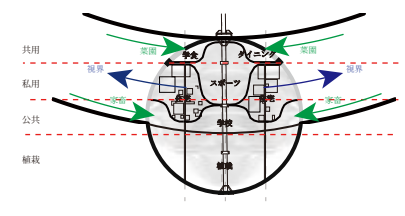
宇宙空間での人体に与える影響の確実なデータを得る為に、スペースコロニーの生活では毎日診断を行う。そのことに着目し、住人が集まる病院のロビーで、コミュニケーションを図ることが出来るように計画を行った。また、住人の健康状態は、共有する必要があるため、可能な限り公開スペースに診療空間を配置した。

病院への動線

人命に関係する病院施設はEVと緊急動線よりアクセスしやすい場所に配置



学校

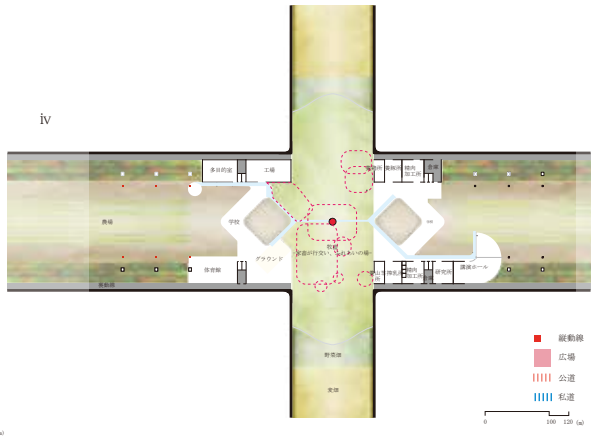
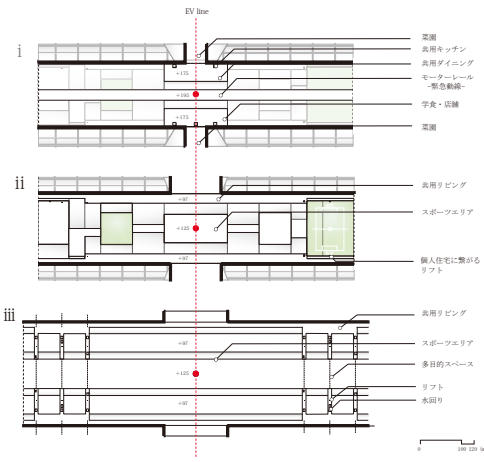


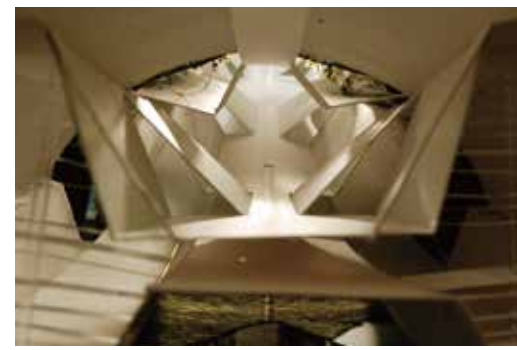
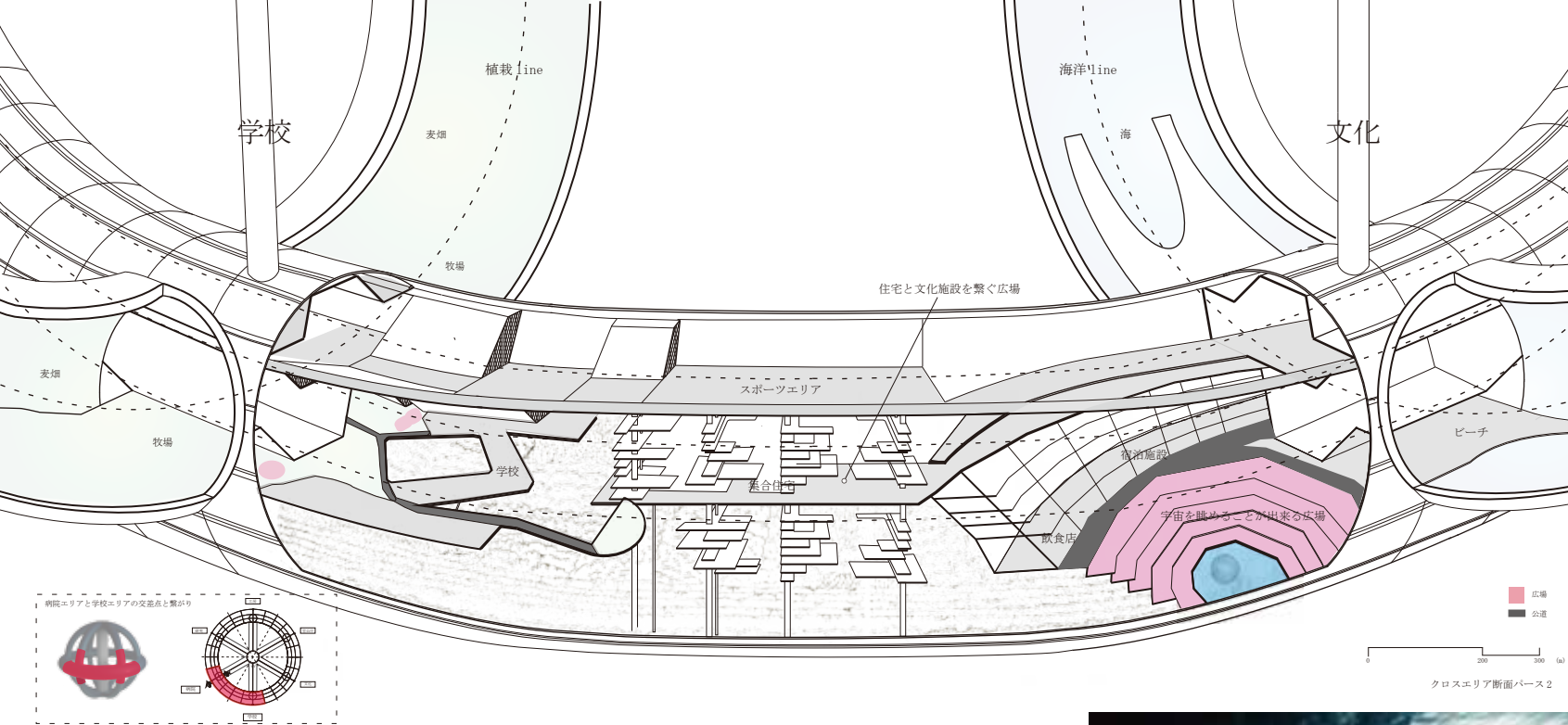
クロスエリア (学校と家畜)

学校エリアは、家畜を飼育している Tourus 2 と交差している。そこで、学校をクロスエリアの近くに設け、学生が家畜の飼育を行う。閉鎖空間内の生態系を維持する仕事の一部を体験させる。

宇宙における学校の役割

宇宙空間での生活は自給自足の生活である。この自給自足のリズムを幼少期から学ぶことが重要であるため、学校周辺に牧場や農場を設け、接触しやすいように計画した。





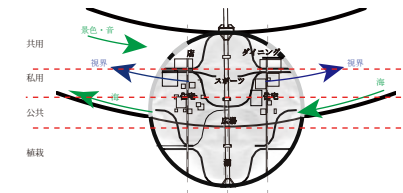
スポーツエリア



居住トラス内の景観

クロスエリア断面パース2

文化

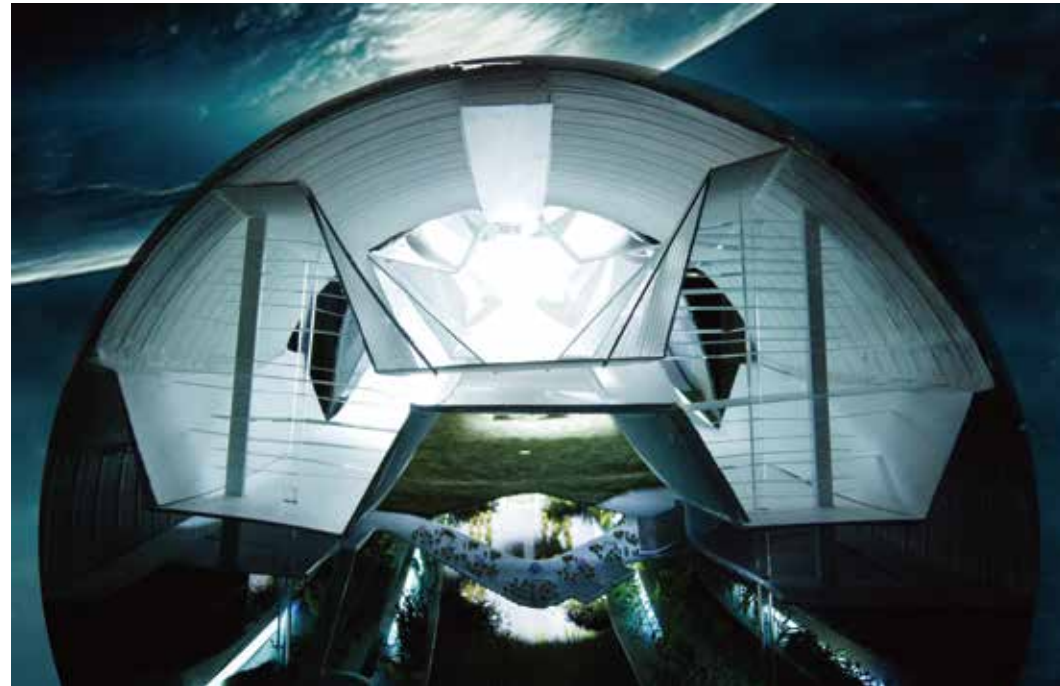
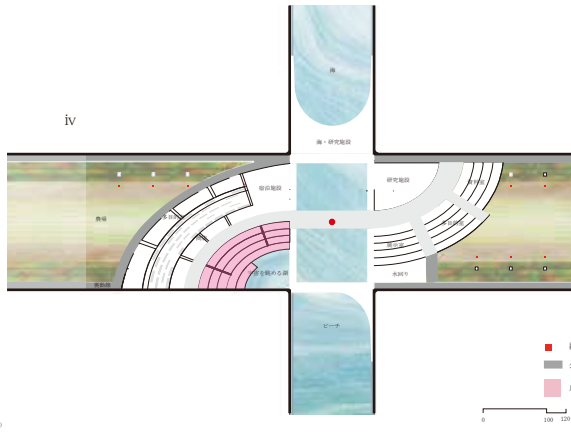
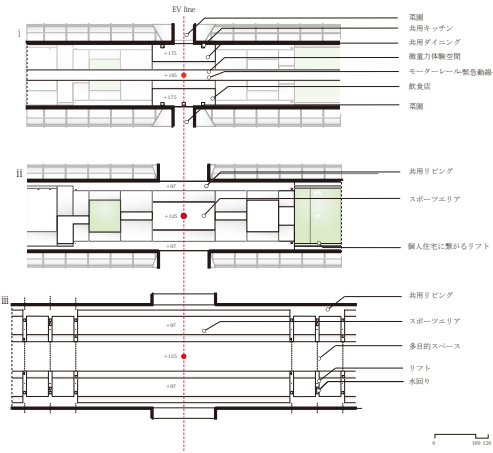


クロスエリア(文化と海)

宇宙空間は放射線等が飛び交う危険な空間であるため厚い建造物に囲われていて、圧迫感を感じやすい。海を収容する Taurus と交差していることに着目し、この文化エリアは、水槽窓を使い宇宙を眺めることが出来る窓を設け圧迫感を軽減した。

宇宙における文化の役割

各エリアで暮らす住人が、このエリアに宿泊できるようにホテルを設けた。様々なコミュニケーションを図る場となるよう計画した。



4. まとめ

スペースコロニーの居住空間に地球の擬似環境を造るのではなく、宇宙環境の特徴を計画に繁榮しつつ、人間が宇宙空間に長期滞在可能な居住性の高い空間を検証するために、多分野の研究者の方々と本研究を進めてきた。各分野ごとにスペースコロニーの考え方は大きく異なり、そのことを活かしながら空間構成を設計したことで、これまでにないスペースコロニーの居住空間を形作ることが出来たと考えている。宇宙環境下の居住空間は、機械的になりがちであるが、本研究では宇宙環境の特性を計画に繁榮したことで、偶発的な出来事起きる空間やコミュニケーションを構築しやすい空間を造ることが出来た。居住者は長期間、スペースコロニー内での生活を楽しみながら過ごすことが出来ると考えている。