

## ”分G”～重力を操り、医療・科学そしてその先へ～

酒巻愛(高3)【埼玉県立不動岡高校】、鈴木萌(高3)【東京純心女子高校】、  
峰岸優美子(高3)【東京都立杉並高校】、太田優(高2)【愛知県立一宮高校】、  
野村かりん(高2)【慶應義塾女子高校】、小山祥生(高1)【北海道札幌開成高校】

### 1. 背景と目的

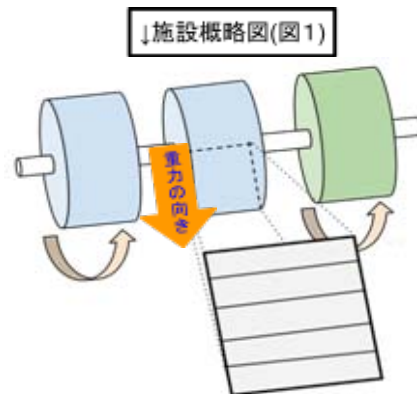
宇宙空間は宇宙飛行士といった限られた人間だけに利用されている。このため将来的な宇宙利用に際しては医療、理工学の面において課題がある。その問題点を以下に挙げる。医療の面では、宇宙の微重力環境は虫歯や老化の抑制に役立つと考えられている。しかし、その実証はまだ行われていない。他にも、宇宙飛行士が宇宙で長期滞在すると体液の分泌量が減少し、骨密度が低下する。このことから、彼らが地上1Gの環境に急に戻ると健康状態に支障が出る。次に理工学的な面においては、微重力実験によって解決される現象や利用可能になる技術が多くある。しかし微重力状態での実験は小規模でしか行われていない。そのうえ、地上において実験は長くても数十秒が限界のため、より長時間利用可能な研究施設が望まれる。

これらの背景をもとに重力を自在に変化できる環境が必要である。このような環境を実現するために「分G」施設を提案し、構成などを検討する。この施設において、微重力環境での宇宙医療という新たな分野を開拓し、医療技術の実証をする。そして得られた技術を利用し、地上及び宇宙空間で高度な治療を行う。また、宇宙飛行士や宇宙医療の患者また医療従事者の身体への影響を減らすために重力を段階的に上げていくことや、多くの科学者が無重力・重力変化を利用した実験を行うことも可能とする。

### 2. 分G施設について

#### (1) 分G施設の概要

分Gとは 重力を用途に応じて自由に分けられるようにする考えである。今回は0～1Gの重力を状況に応じて作り出せる施設を考える。施設は遠心力を利用し重力を発生させるため円柱状である。このとき実験・訓練をする場所と居住・医療の目的では求められている重力の幅が違うため、重力を発生させる機構を二つにする。 実験・訓練モジュールでは研究者が自由に重力を設定できるようにするため、回転速度を可変にする。また、居住・医療モジュールでは生活のための1G空間とリハビリのための1G以下空間が必要であり、重力を段階的に変化させればよい。よって回転速度を一定にし、内部を5層に分けることでそれぞれの層で決まった重力を発生させる。なお、将来増設する際は団子状に繋いでいく。



#### (2) 収容人数の検討

収容人数の最終目標を約3000人、初期目標を330人とした。最終目標の内訳は医療従事者約1700人、研究者約200人、宇宙飛行士訓練関係者約20人とスタッフ（施設内の庶務を行う）約1000人とした。初期目標の内訳は医療従事者約10人、研究者約200人、宇宙飛行士訓練関係者約20人、スタッフ約100人とした。人数比は大学病院と南極観測隊を参考とした。初期から最終目標にかけての人数変化は図2のように変化していく。

#### (3) 初期目標達成のための居住・医療モジュール大きさ検討

### I) コリオリの力による角速度の上限の決定

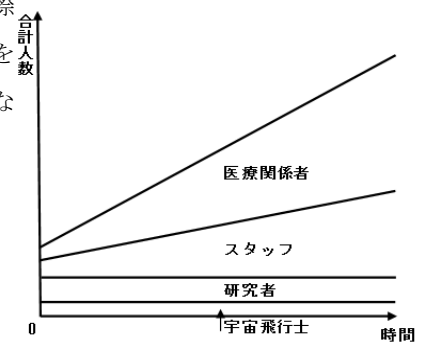
コリオリの力とは、自分が回転体にいるとき、中心方向に動いた際に受ける力である。施設内ではコリオリの力によって人体に悪影響を及ぼす可能性がある。今回コリオリの力が1G未満であれば悪影響がないとした。(式1)。この結果より、角速度 $\omega$ を0.5rad/s未満とした(式2)。

$$(\text{コリオリの力}) = 2m\omega v < mg \quad \text{-(式1)}$$

$$\omega < 0.5[\text{rad/s}] \quad \text{-(式2)}$$

ただし、m:質量[kg]、 $\omega$ :角速度[rad/s]、g:重力加速度[m/s<sup>2</sup>]、v:中心方向への速度[m/s]である。

↓収容人数の項目別経年変化イメージ図(図2)



### II) 制限された角速度での半径の最小値の決定

式2を満たす半径rは、遠心力の公式(式3)より、39.2(m)以上であればよい(式4参照)。

$$(\text{遠心力}) = mr\omega^2 \quad \text{-(式3)}$$

$$r > 39.2[\text{m}] \quad \text{-(式4)}$$

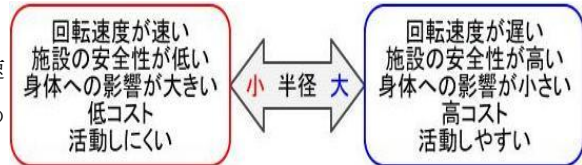
### III) 収容人員を収容するための必要面積及び必要幅の決定

今回は生活の際支障が最も少ない番外(1G)の層を居住空間とした。不動産情報等を参考に必要最小居住面積は9m<sup>2</sup>とした。この層は居住のみではないので多めに見積もって1人当たりの居住スペースを20 m<sup>2</sup>とした。幅は実際の建物を参考に10mとした。

↓半径の大小による長所と短所の比較(図3)

### IV) 半径の大小に関する考察

半径が小さいと床の曲面が大きくなり、回転速度が速くなり低コストではあるが、安全性が低く、コリオリの力の身体への影響が大きくなる。半径が大きいと高コストになるが、回転速度が遅くなり、床が水平に近付く。以上よりコスト、安全性に十分考慮しつつ、半径を大きくすることにした。



半径が小さいと床の曲面が大きくなり、回転速度が速くなり低コストではあるが、安全性が低く、コリオリの力の身体への影響が大きくなる。半径が大きいと高コストになるが、回転速度が遅くなり、床が水平に近付く。以上よりコスト、安全性に十分考慮しつつ、半径を大きくすることにした。

### V) 大きさの決定

幅10m、1番外の層の床面積6600m<sup>2</sup>の2つより直径を算出すると約210mとなった。

## 3. 課題

今回決めた施設の構成をもとに、分G施設をいつ、どこに、どうやって、建設するか、またその施設を運用するエネルギーをどうやって確保していくか、今後検討が必要である。

## 4. まとめ

現在、微重力環境下での身体的悪影響の対処をはじめとした医療や理工学的な現象の解明・技術開発の可能性はあるが、いまだ実証されていない。この問題を解決するため、重力を自在に変化させることができる分G施設が必要である。検討を行った結果、施設は300人規模で、大きさは直径190m、幅10mである。また重力は遠心力によって発生させる。この分G施設により宇宙医療という新たな分野の開拓、宇宙から地球に帰還する際の人体への悪影響を減らし、長期的な実験を行う。それらの技術を将来的な宇宙利用に応用する。そして最終的に誰でも宇宙に住めるようになることが目標である。