

スペースコロニーⅡ

～Space ColonyⅡ～

環境情報教育課程 環境教育コース

学籍番号 115609 北里 香織

金光研究室

1. 序論

今、人類は、環境破壊と人口爆発によって、存続の危機にあるといっても過言ではない。もし、このまま私たちが対策を行わなかったら、人類を含め、すべての生物が死に絶えてしまうだろう。そこで、提唱されたのが、「宇宙移民」だ。そして、移民先として第一に考えられるのが月である。しかし、月は大きさが地球の4分の1しかなく、重力も6分の1しかないので、恒久的に人間が生活するには、相応しくない。そこで、1969年にプリンストン大学のジェラルド・K・オニール博士の構想に基づく島3号型スペースコロニーの建設が提案された。

スペースコロニーというのは、なかなか興味深いシステムである。スペースコロニーは、天文学と物理学とSFの領域の研究対象であるといえる。本研究では、スペースコロニーの大気構造や、コロニー内などがどうなっているのかということ、スペースコロニーを舞台にして研究したものである。

2. スペースコロニーの代表的な形

<島3号型モデル（開放型スペースコロニー）>



円筒形で、2つの底面に半球をかぶせたような形をしている。円筒の直径は、6.5 km、長さは、32 kmである。また、円筒の側面は、軸に沿った方向に6つに等分されていて、交互に陸地と窓になっている。

<密閉型スペースコロニー>



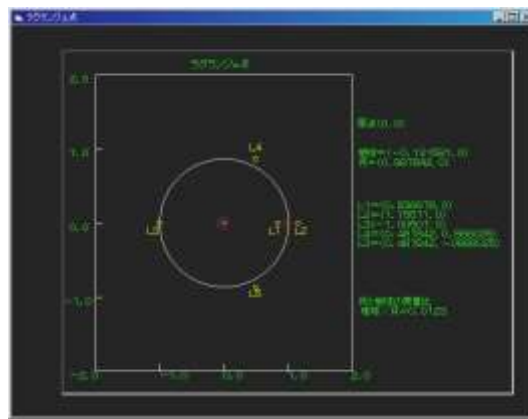
コロニー内面全体を有効的に利用するために、窓をなくして、自然光だけでなく、人工的な明かりで内部を照射するようにしたものである。

3. スペースコロニーに要請されること

スペースコロニーには、地上0mか、それに近い居住環境が実現されていなければなりません。具体的には、1. 重力は、1G (9.8m/s/s) 2. 空気は地球と同じ成分で、気圧、気温、湿度などの物理量同じであること 3. 陸地や水圏を持つ 4. 景色や生態系なども地球に似ていることが望ましい。

4. スペースコロニーの設置場所

地球の近傍でスペースコロニーを設置するのもっとも適切な場所は、地球-月系のラグランジュ点だと考えられている。一般にラグランジュ点は、5箇所に生じ、L1~L5と呼ばれている。



ラグランジュ点は、地球の重力、月の重力、コロニーの公転の遠心力の3つの力が釣り合った点にある。このうち、直線上に並んでいる、L1、L2、L3は、不安定であるので、現実にコロニー用に使えるのは、L4とL5だけだと考えられている。

5. スペースコロニーの熱伝導

コロニー外殻の温度が上昇したときに、熱は内部へどのように伝わっていくのだろうか？まず、コロニー内壁から中心に向かってx軸をとる。熱の伝わり方は、x座標だけに依存する1次元の問題とみなす。このときの熱伝導方程式は、温度をT、時間をtとして

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad K: \text{温度伝導率}$$

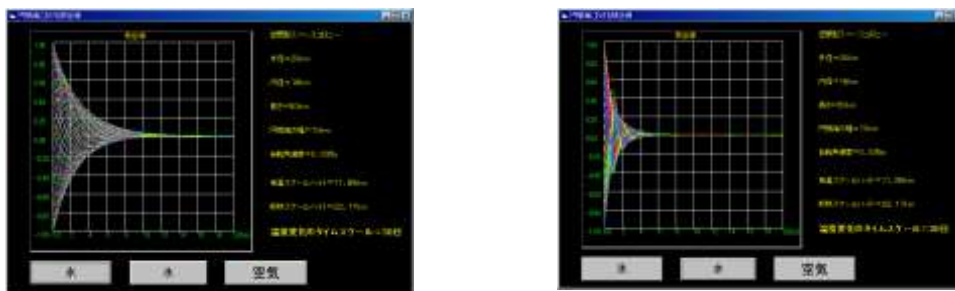
となる。この式の特別の解としてコロニーが楕円軌道上を軌道運動していて、外殻の温度が周期的に変化する場合を考える。このとき、x=0での周期的温度変化が、角振動数を ω 、時間をtとして

$T = T_0 \times \exp(i\omega t)$ で与えられたとしたら、 $x > 0$ での温度分布は、

$$T(t, x) = T_0 \times e^{-\sqrt{\omega/2K}x} e^{i\omega t - i\sqrt{\omega/2K}x}$$

になる。初期条件と境界条件を与えて、数値シミュレーションした図が次の図になる。内

壁からの距離 x で、縦軸は、適当に規格化した温度 T である。内壁での周期的な温度変化にともなって、熱は、コロニー内部へ図のような熱の波として伝わっていく。



このグラフから空気の熱伝導は、きわめて効率が悪いことがわかります。したがって、実際には、スペースコロニー内部では対流によって効果的に熱が輸送されているのではないかと考えられる。

6. スペースコロニーの対流圏

対流を引き起こす力は、浮力である。ある空気塊を断熱的に上昇させたときに周りの空気と比べて密度が小さくなると、浮力が重力にまさって、空気塊はさらに上昇を続け、対流となる。この条件を整理すると、最終的に

$$\frac{d}{dz} \ln \left(\frac{P}{\rho^\gamma} \right) < 0$$

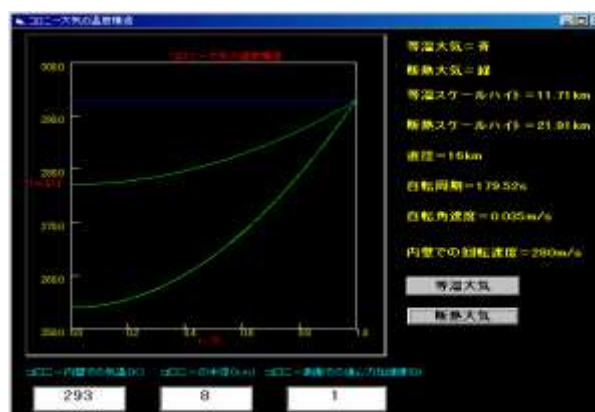
となる。大気密度分布や圧力分布がこの式の条件を満たす分布になっていると、そのような大気では対流が生じることになる。これを温度に対する条件の式に直すと、

$$\frac{dT}{dr} > \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{r\Omega^2}{Rg/\mu}$$

となる。この式の不等号を等号に置き換え、理想気体の状態方程式を入れ、整理すると、コロニー内の温度構造、圧力構造、密度構造の式が得られる。

温度構造
$$T = T_r \left(1 + \frac{r^2 - R^2}{H^2} \right)$$

T_r : 内壁での温度
 H : スケールハイト
 r : 中心からの距離
 R : 半径



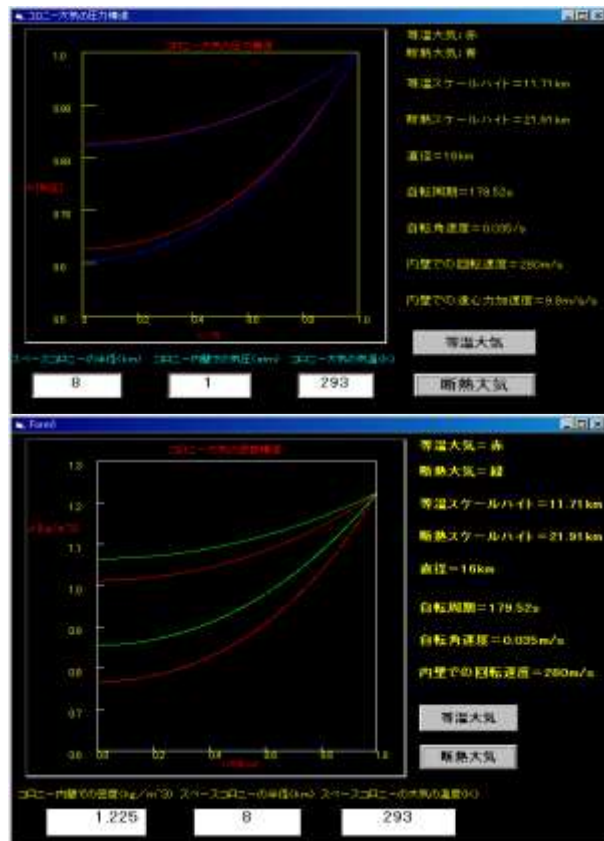
圧力構造
$$P = Pr \left(1 + \frac{r^2 - R^2}{H^2} \right)^{1/(\gamma-1)}$$

P_r : 内壁での圧力

γ : 比熱比

密度構造
$$\rho = \rho r \left(1 + \frac{r^2 - R^2}{H^2} \right)^{\gamma/(\lambda-1)}$$

ρ_r : 内壁での密度



すべて、横軸は、中心からの距離、縦軸は、それぞれ温度、圧力、密度の大きさである。

7. 考察

グラフから、コロニーの中心軸と内壁の温度差は一定であることがわかった。(開放型スペースコロニーの場合、16 K、密閉型スペースコロニーの場合、39 K) つまり、対流的な大気の場合、対流によって熱エネルギーの輸送が行われるため、中心軸上での温度に比べて内壁の温度が39 K (密閉型コロニーの場合) または、16 K (開放型コロニーの場合) よりも高くなることはないと考えられる。

だとしたら、中心軸上の温度に比べて、内壁の温度が一定以上に上昇したとたんに突然嵐が始まるのだろうか。これは、温度勾配が、内壁ほど大きくなっていったことがグラフからわかったように、嵐が突然始まるのではなく、対流する空気塊の大きさにも関係するが、内壁の温度が上がり始めたら、まずは、内壁近くで温度勾配が急になり、その付近で局所的に対流が起こり始めるのではないかと思う。

そして、内壁の温度が上がるにつれて、対流領域が拡大していくと考えられる。従って、まずは、内壁付近で風が吹き始め、ゆっくりとコロニー全体に広がっていくものと考えられる。コロニーの中で嵐が起こるとしても嵐の始まりは、ゆっくりとしたものではないかと考えられる。