

平成 20 年度

千葉大学先進科学プログラム入学者選考課題

課題論述

実施時間 [9:00 - 17:00]

課題

(9:00 - 15:30)

注意事項

1. 課題 は、諸君のいろいろな能力を多面的に見るための設問ですので、できるだけ筋道を立てて諸君自身の考えをわかりやすく記述してください。
2. 検査室に用意してある資料、電卓は自由に使用してもかまいません。また諸君が持参した教科書、参考書、辞書（辞典）、ノートなどを参照してもかまいません。ただしパソコンの使用は禁止します。
3. 解答作成中に、控え室で自由に休んだり食事をしてかまいませんが、外出することはできません。
4. 携帯電話は必ず電源を切ってください。

[I]

将来、人類は宇宙空間に円筒型あるいはリング型の巨大なスペースコロニー(図 1,2)を建造して、その中で暮らす日がくるかもしれません。このようなコロニーの中では、地球上のような重力を感じることはできません。そこで、それらを円筒やリングの中心軸の周りに自転させ、遠心力による擬似重力を発生させることが提案されています。

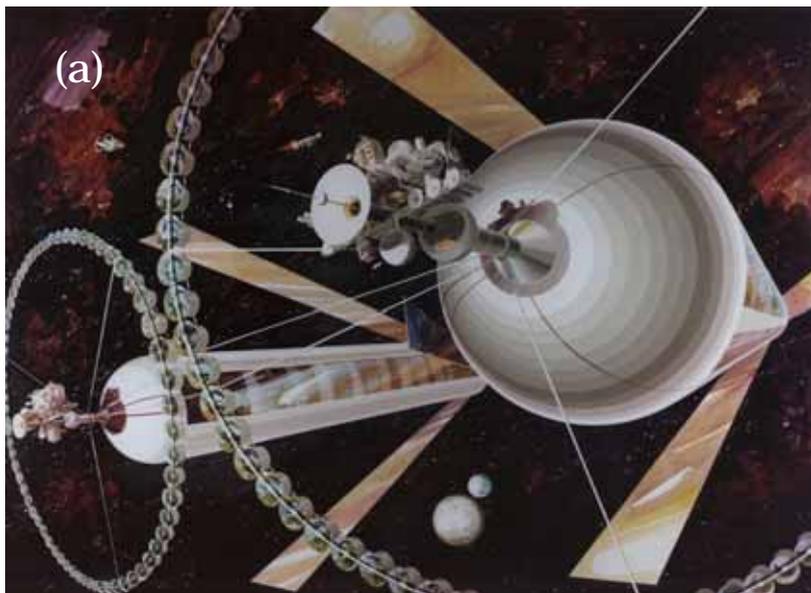
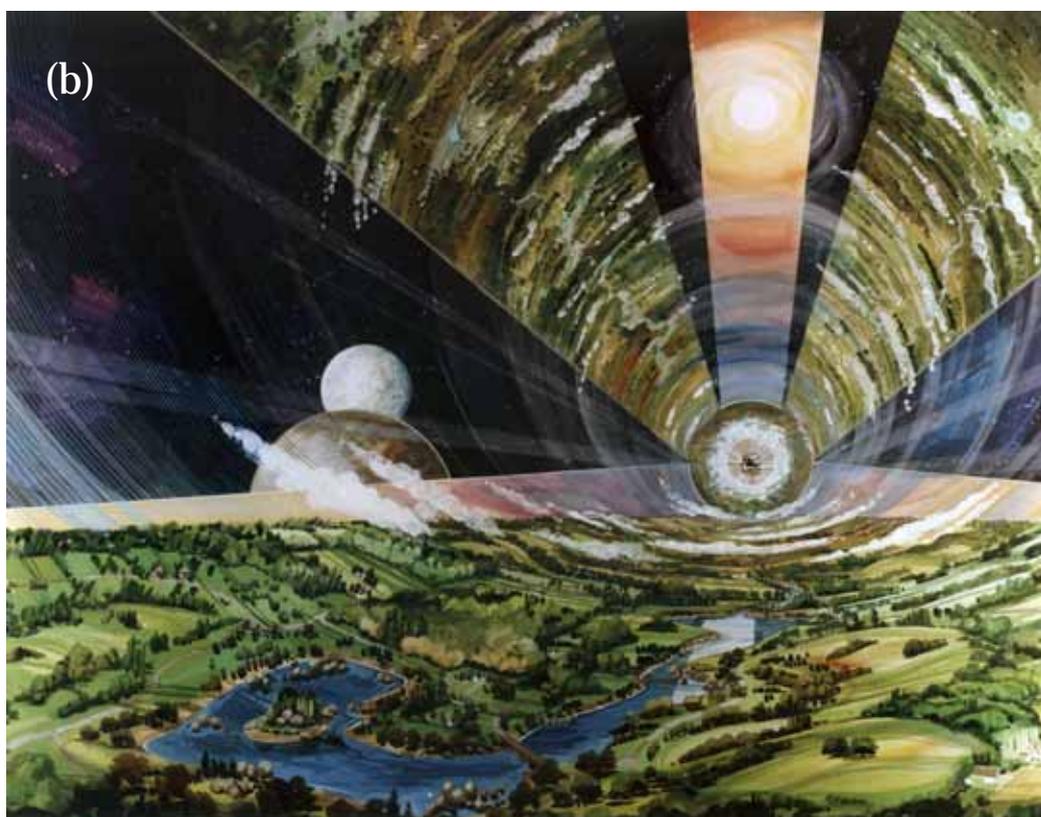


図 1. 円筒型コロニーの (a)外観と(b)内部。円筒の内側面が擬似地表になる。擬似地表は縦長に3分割されており、その隙間の窓を通じて、鏡で反射させた太陽光が導入されている。頭上を見上げると別の擬似地表を見ることができる。



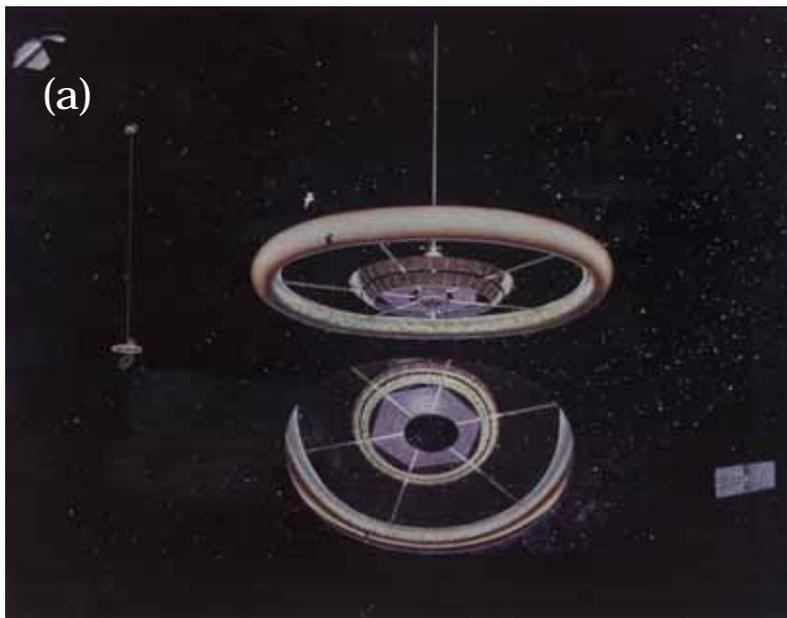


図 2. リング型コロニーの(a)外観と(b)内部。リング最外壁の内側が擬似地表になる。閉じ込める空気の量が少なくて済むなどの利点がある。また、同心円状にリングを多重化すると、擬似重力の大きさが異なる擬似地表を作ることができる。

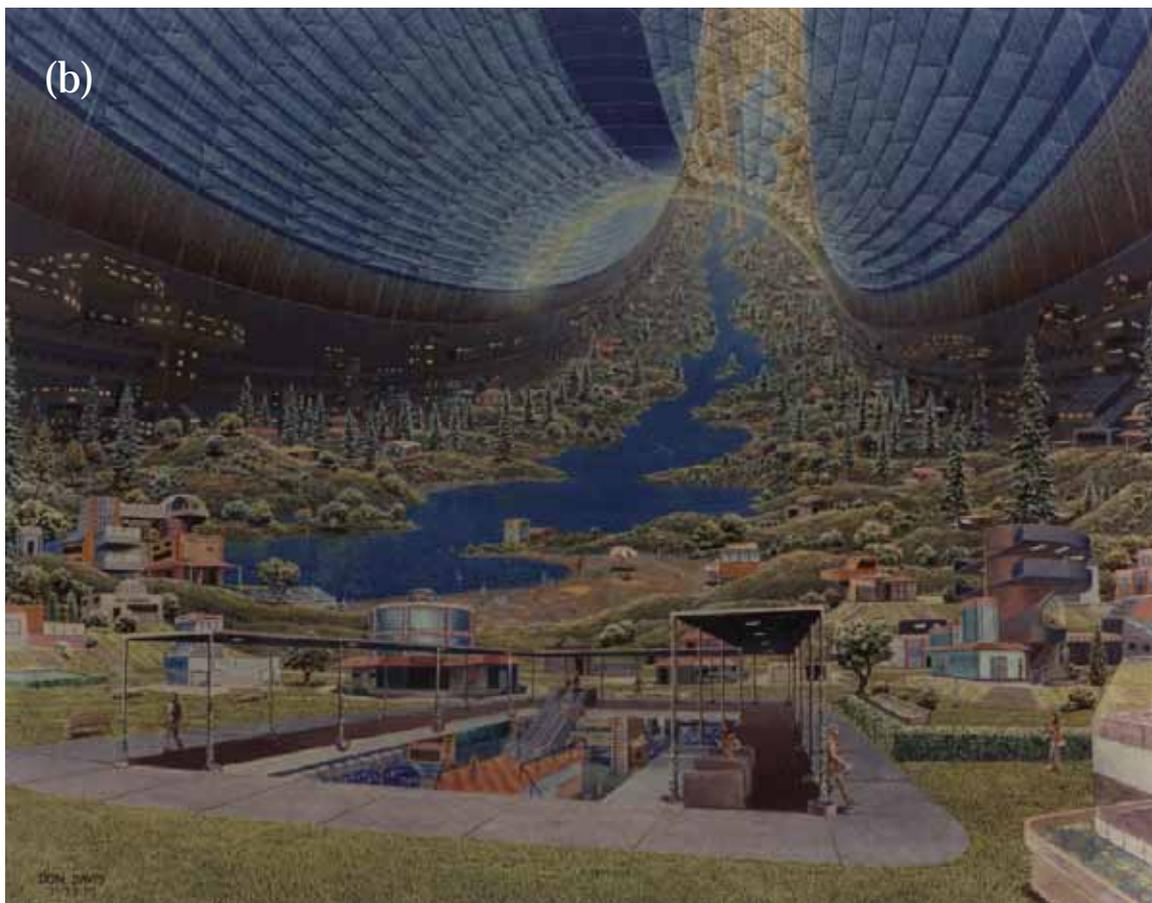


図 1,2 の出典 : <http://www.nas.nasa.gov/About/Education/SpaceSettlement/70sArt/art.html>

まず、半径 20m の小さな円筒型コロニーを考えてみましょう。このコロニーの擬似地表で地球上と同じ大きさの擬似重力を発生させるには、周期約 9 秒でコロニーを回転させる必要があります。このとき擬似地表は、速さ約 14m/s (時速約 50km/h) で移動していることになります。この擬似地表に立ち、高さ 2m のところから手に持ったボールを静かに手放してみましょう。コロニーの外にいる (回転していない) 人から見ると、図 3(a) に示すようにボールは等速直線運動します。地表に立っている人はボールより大きな速さで回転するので、ボールは足元より約 67cm 後ろに落ちます。(計算過程を詳しく知りたい人は付録を参照してください。)

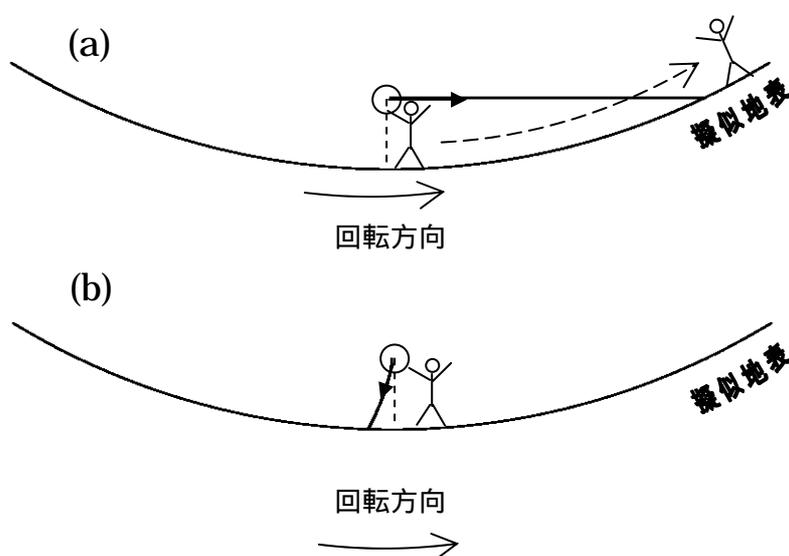


図 3. 半径 20m のコロニーで 2m の高さから自由落下させたボールの軌跡。(a) はコロニーの外 (慣性系) から見たもので、ボールは手放した位置から等速直線運動する。ボールが擬似地表に到達したときには、ボールを手放した人は擬似地表の回転により到達地点より先に進んでいる。(b) はコロニーの中 (回転系) で見たもので、ボールは足元からずれたところに落下する。

問1. この擬似地表でボール投げをしてみましょう。投げる位置での擬似地表と平行にボールを投げたとします。ボールはどのように振舞うでしょうか。例えば、投げた速度が速い場合や遅い場合、回転方向と同じ向きや反対向きに投げた場合などで、どのような違いがあるかを考えてみてください。必要なら、図や表を使っても結構です。

問1の結果から、半径20mのコロニーでは地球上と同じように野球をすることはとても難しいことがわかるでしょう。でも、この奇妙な動きを利用した新しいスポーツが可能になるかもしれません。

次に、このコロニーの半径を2000mにしてみましょう。この場合は、2mの高さからボールを落としたときのずれは約6cmほどになり、地球上との違いはかなり小さくなります。野球はできるかもしれませんが、同じ速さでも飛ばす向きによってボールの動きが異なるため、地球上とは違ったテクニックやルールが必要となるでしょう。

問2. このようなコロニーでの生活はどのようなものになるか、いくつか例を挙げて、できるだけ具体的に論じてください。例えば、以下のような点に着目してみてください。すべてを考える必要はありませんし、これ以外のことを考えても結構です。なお、必要ならば、コロニーの大きさや構造、回転速度、空気の濃度や組成などを変えても結構です。また、図や表を使っても結構です。

- スポーツ、交通、気象、生態、食物生産、工業生産、経済活動などで地球上と異なる点
- 地球上での生活に近づけるための工夫
- 上記の工夫をすることによってあらたに発生する問題点
- コロニーでしかできないこと、あるいはコロニーの方が便利になるようなこと
- コロニーの特性を活かして、生活をより快適にする方法
- コロニーでできるおもしろい遊びや実験

付録

まず、擬似地表での遠心力が地球上の重力と同じになるコロニーの回転速度を考えてみましょう。物体の質量を m 、コロニーの半径を r_0 、回転の角速度を ω 、重力加速度を g とすると、遠心力が地球上での重力と同じ大きさになるという条件から、

$$mr_0\omega^2 = mg \quad \therefore \omega = \sqrt{\frac{g}{r_0}}$$

という関係式が得られます。

上の式に $r_0 = 20 \text{ m}$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ を代入すると、 $\omega = 0.70 \text{ rad/s}$ となり、回転の周期は約 9 秒になります。擬似地表の接線方向の速さ $v_0 (= r_0\omega)$ は 14 m/s (時速約 50 km/h) となります。

あなたがこの擬似地表に立ち、時刻 $t = 0$ に手に持っていたボールを高さ h のところから静かに手放したとします。簡単のため空気の抵抗は無視します。コロニーの外の回転してない系からこのボールを見ると、図 4 のように初速度 $v = (r_0 - h)\omega$ で等速直線運動をして、時刻 $t = \frac{\sqrt{r_0^2 - (r_0 - h)^2}}{v}$ に擬似地表に到達します。手を離れた地点から到達する地点までの円

$$\text{弧の長さは } L = r_0 \cos^{-1} \frac{r_0 - h}{r_0}$$

となります。また、この間にあなたはコロニーの回転に伴って円弧上を $L' = r_0\omega t$ だけ移動しています。したがって、ボールは足元から $L' - L$ だけ回転方向後方にずれたところに落ちます。あなたから見るとボールにはあたかも回転方向と反対向きに力が働いているようにみえます。半径 20 m のコロニーで $h = 2 \text{ m}$ とすると、このずれは約 67 cm にもなります。

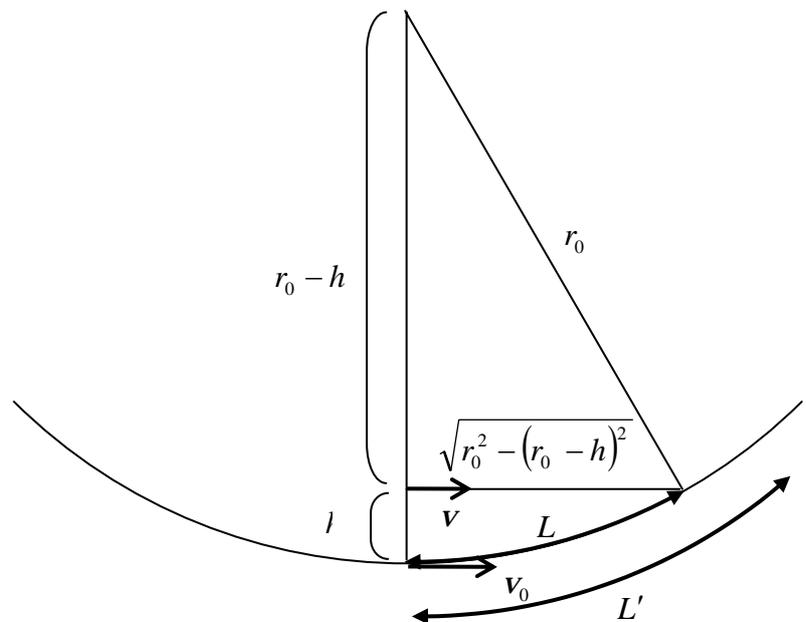


図 4 コロニーでのボール落下実験の概念図