

ロケットに乗るとどんな振動を感じる？

2025/07/01

安田博実、竹前俊昭

1. はじめに

宇宙飛行士や小惑星に行った探査機の「はやぶさ」が地上から宇宙に行くには、みんなロケットに乗って宇宙に行きます。ロケットの打ち上げと聞くと、ものすごい轟音と共に迫力のある様子を想像される方が多いかと思います。そんなロケットに乗っている人工衛星や探査機は打ち上げの時に様々な振動や衝撃を受けることになり、地上から宇宙に行くまでの間に壊れないように耐えないといけません。

今回は、身近に感じる振動の現象を通して、ロケットが宇宙に行くときに、中に入っている探査機などはどのような振動を受けるのかを一緒に学んでいきます。さらに、観測ロケットと呼ばれるロケットの頭胴部（宇宙で実験する装置が入っているロケットの先端部分）を模擬した構造をパスタを使って作り実際に振動させてみて、みんなで振動で壊れない構造を考えていきましょう！

2. 変形しやすい/変形しにくい構造で揺れやすさが変わる？

ロケットに限らず私たちの生活でも振動を感じる状況はたくさんあるかと思います。例えば、電車やバス、車などの乗り物に乗った時に上下に「ガタガタ」と揺れたり、ブランコをこぐと前後に「ゆらゆら」と、はたまた携帯電話のマナーモードでは「ぶるぶる」と振動する様子などは想像しやすいかと思います。ほかにも身近な例は色々ありますが、「ゆらゆら」や「ぶるぶる」のように振動と言っても、「振動の仕方」は異なる場合があります。

そうした異なる振動の仕方を表すのに「周波数」と呼ばれる1秒間に振動した回数をよく使います。単位は「Hz（ヘルツと読みます）」と言います。ゆっくりとした振動は低い周波数、激しく振動する場合は高い周波数、のように周波数を使うことで、どのような振動なのかがわかりやすくなります。

では周波数を使って、具体的な例を考えてみます。図1のように長さは同じで太さの異なる3本の棒が土台に垂直に固定されて、土台をゆっくりと揺らす場合（=低い周波数の振動）と、はやく揺らす場合（=高い周波数の振動）を見てみましょう。ここで、3本の棒の内、どの棒が一番曲がりやすい（またはしなりやすい）でしょうか？目の前に細い針金と太い木の棒が置いてあり、手に持って振ってみるのを想像す

ると、おそらく多くの方は細い針金の方が曲がりやすいと答えるかと思います（実際に実験するときは、周りに気を付けてください）。その反対に太い木の棒は曲がりにくいことになります。

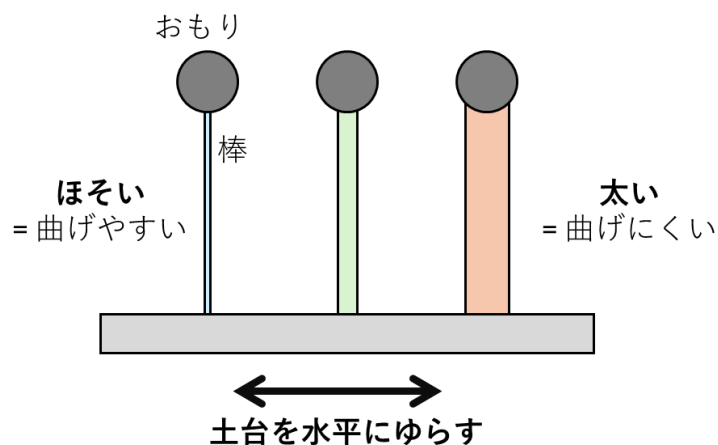


図1．長さは同じだけど太さが異なる棒が土台に固定されている様子。棒の上部の端には3つすべて同じ重さのおもりがついている。

実際に実験をしてみるとわかるのですが、図1の土台をゆっくり揺らす場合（低い周波数の振動）だと図1中の左の細い棒が大きくしなりながら「ゆらゆら」揺れます。このとき面白いことに、図2に図示したような他の2つの棒は左の棒ほどは揺れません。それでは少しはやく揺らしてみるとどうなるでしょうか？すると左の細い棒の揺れが徐々に収まり、今度は真ん中の棒が大きく揺れ始めます。さらに早く揺らす（高い周波数で振動する）と右の太い棒の揺れが大きくなり、他2つはあまり揺れなくなります（図2参照）。

この「曲がりやすさ（または変形のしにくさ）」と「揺れやすい周波数」の関係は構造の振動を考えると、とても重要になってきます。ロケットや探査機の場合、曲がりやすさ（変形のしにくさ）の異なる様々な部品が集まってできているので、事前にどのような周波数の振動が起きるかを調べて、ある周波数の範囲ではなるべく揺れないような構造を作るようにしています。ここまでの、「曲がりやすさ」と「振動」について見てきたので、身近なものを使って私たちも工作・実験を通して、曲がりやすさと揺れやすい周波数の関係を調べてみます。さらに、揺れやすい周波数がわかったら、次は揺れにくい（振動しにくい）構造にするにはどうすればいいか一緒に考えてみましょう！

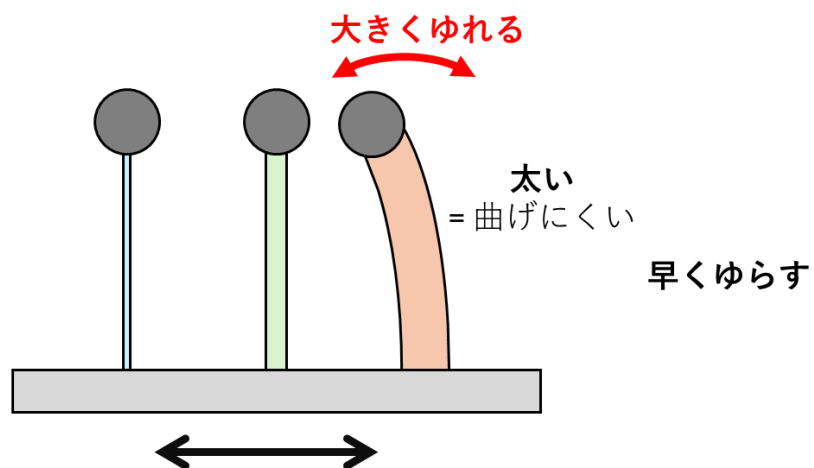
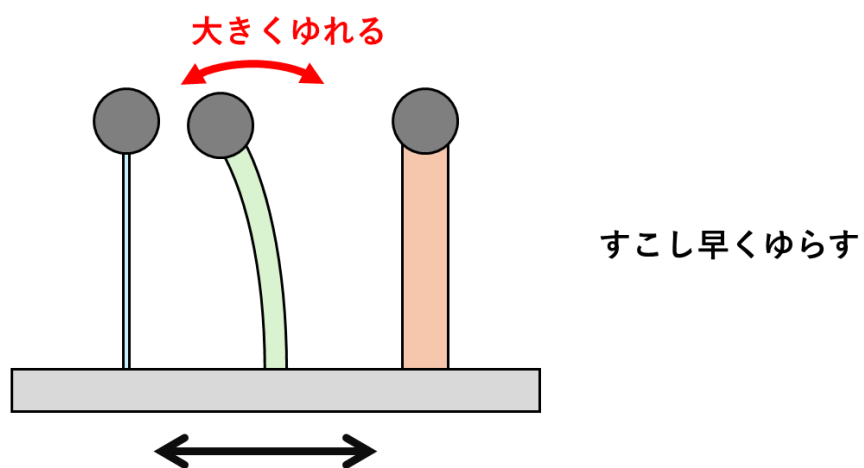
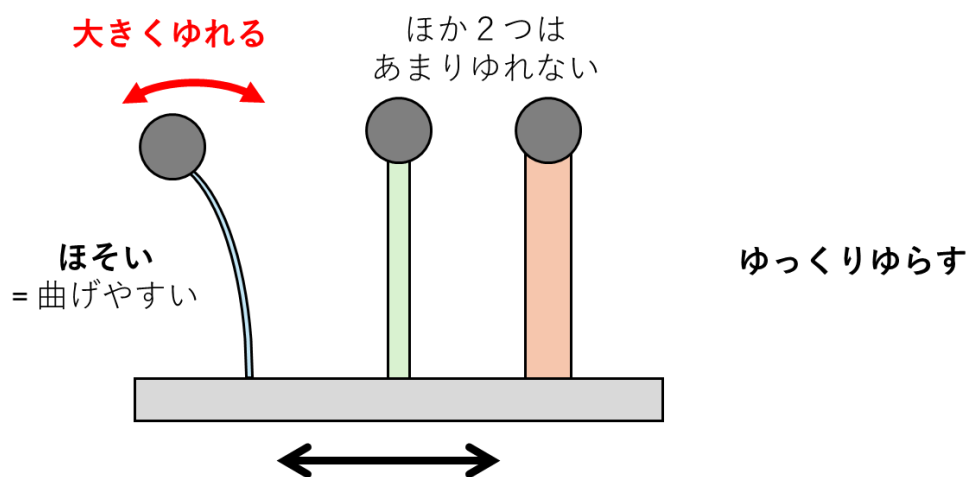


図2. 土台を水平にゆっくり揺らした場合（低い周波数）から早く揺らした場合（高い周波数）の棒の揺れ方の変化

3. ロケットを模擬した構造を作って振動実験をしてみましょう

それでは実際に私たちの身近な材料でロケットを模擬した構造を作って、その構造を揺らすとどうなるのか実験してみましょう。ここで特に、観測ロケットと呼ばれる弾道飛行を行い、科学観測や実験を行うロケットに注目してみます。観測や実験を行う装置はロケットの先端部分（頭胴部とも呼びます）に収まっていて、図3の左や真ん中の写真のように階層に分かれて、たくさんの機器が乗っています。このような何段にも階層が分かれている構造を参考にして、図3右のような構造を私たちも作ってみます。

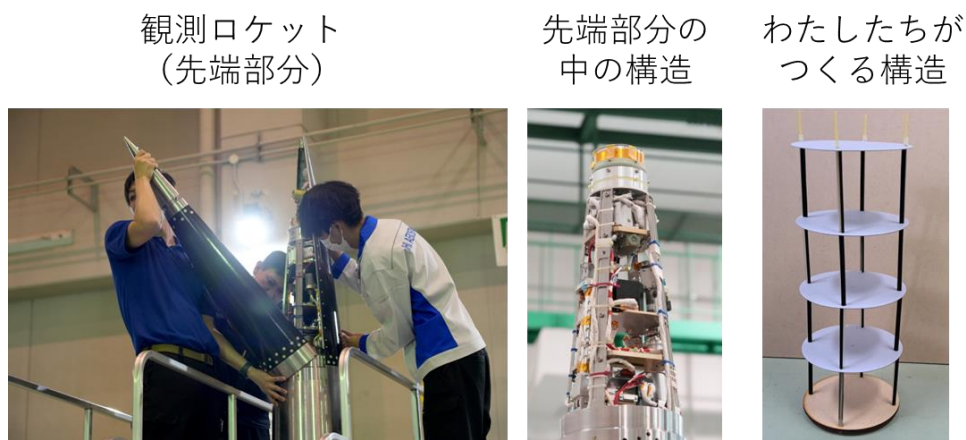


図3. (左と中央) 観測ロケットの頭胴部の写真 (©JAXA) と
(右) それを模擬した構造。

3.1. 必要な材料

- ストロー (直径 4 mm)
- パスタ (太さ 1.4 mm)
- シリコンチューブ (内径 1.0 mm、外径 3.0 mm)
- 紙のコースター (だいたい直径 90 mm)
- コルクや木のコースター (だいたい直径 90 mm)

3.2. まずは基本構造を作りましょう

1. 支柱となるストローを 55 mm の長さに切る。16 個必要。
2. シリコンチューブを 4 mm の長さに切る。12 個必要。(芯となるパスタを固定

するキャップになります。)

3. 下の図のように丸い紙のコースターに十字の切込みをいれる。

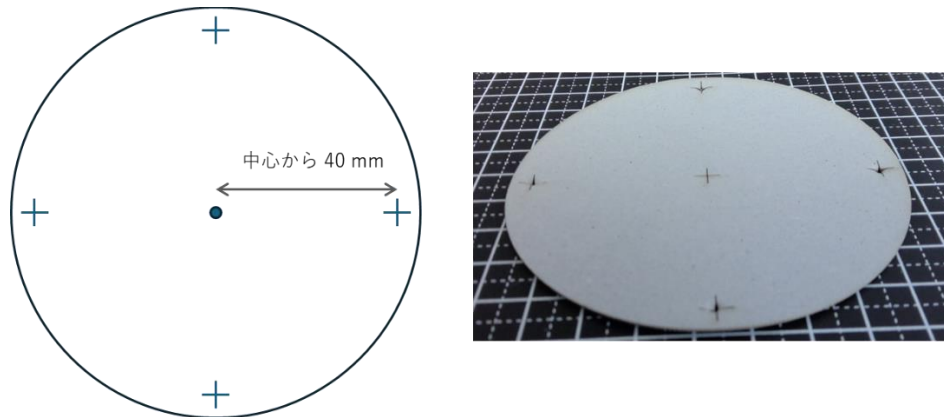


図4. コースターの切込みおよび穴の位置

4. 3. でつくった十字の切込みをペンでへこめます。



図5. へこみをいれた十字の切込み

5. 土台となるコルクまたは木のコースターに、図4にある十字の中心に穴をあける。(きりなどで少し穴をあけた後、木ねじを使うと開けやすいです。)
6. パスタにシリコンのチューブをはめる。

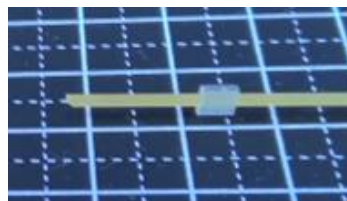
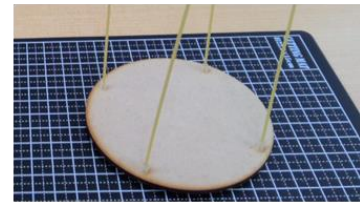
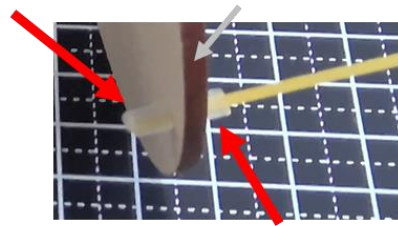


図6. シリコンを通したパスタ

7. 土台の板にパスタを通し、土台の裏から先端にシリコンチューブをはめる。
6. でいれたシリコンチューブも使って土台の裏と表からシリコンチューブをはさんでパスタを固定する。ほかの3つの穴も同様にパスタを通し、チューブをはめる。

7. で入れるチューブ 土台のコースター



6. で入れたチューブ

図7. 土台にパスタの支柱を固定。

8. 土台と固定したパスタの支柱4本の上からストロー、丸い紙のコースターの順に入れる。それを4段くりかえす。



図8. ストローと紙のコースターで1段を作る

9. 最後に、パスタの上部にシリコンチューブを入れて、丸い紙のコースターが緩まないようにしたら完成！



図9. 一番上のコースターを通したあと、シリコンチューブを入れてコースターを固定。

3.3. 実際におもりを入れて振動実験してみましょう！

4段の構造ができたなら、次は観測機器を模擬したマグネットを取り付けます。重さの異なるマグネットを図10にあるように紙のコースター（搭載盤）の2階と4階に取り付けます。

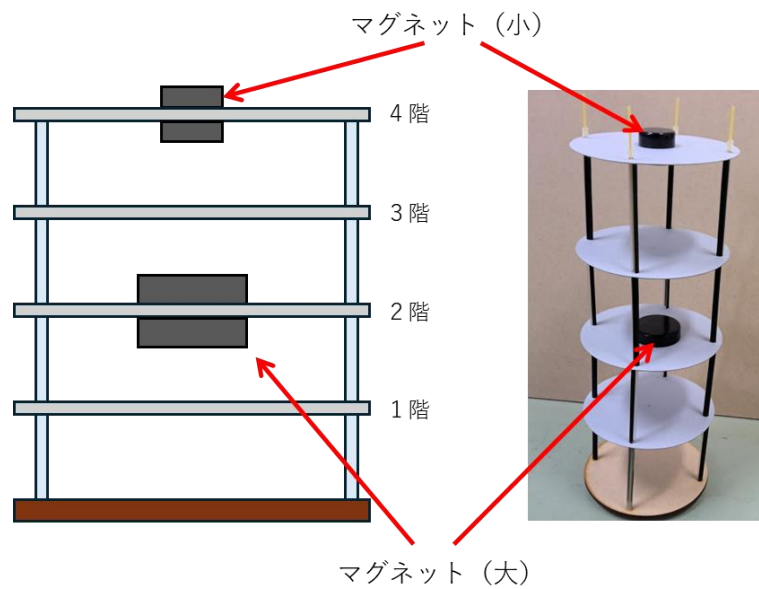


図 1 0. マグネットの取り付け

完成した構造を使って実際に振動実験を行います。今回は水平方向に揺らすのに加振器とよばれる構造を振動させる装置を使います（例会では地震発生装置「じしん君 mini」、株式会社ナリカを使用。URL: <https://www.scibox.jp/products/k50-1207/>）。図 1 1 にあるように、作った構造を加振器のテーブルの上に置き、周波数を変えながら振動させます。



図 1 1. 実験のセットアップ

実際の振動実験の様子を図12に示します。低い周波数から構造を揺らすと、支柱となるパスタが大きくしなって曲がっているのがわかります。また、徐々に高い周波数の振動に変化していくと支柱の曲がる形も変わり、ついにはあるところで支柱の根元が折れて構造が壊れてしまいました。この実験からも、今回の振動させた周波数の範囲で、構造が壊れてしまうほど大きく揺れる周波数があったことがわかります。

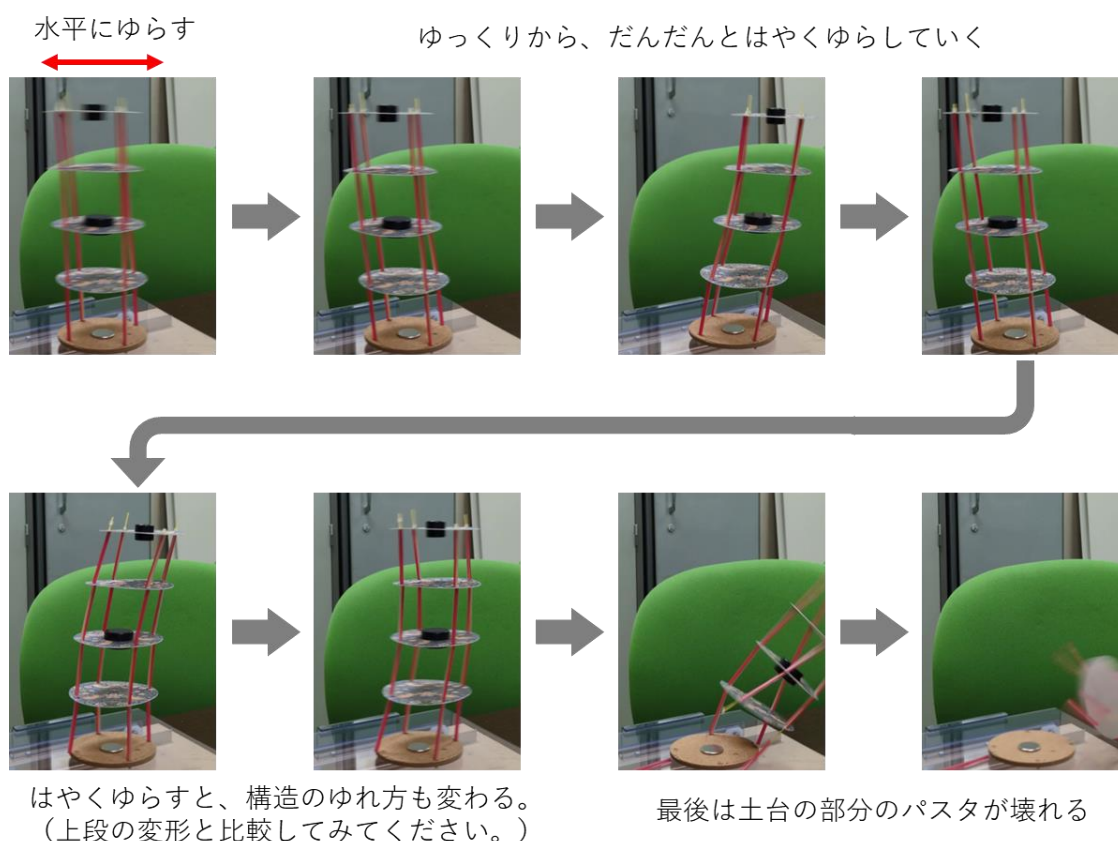


図12. 振動実験の様子

4. 発展的なトピック

今回の振動実験で振動させた周波数の範囲の中で、私たちが作った基本構造はある周波数で壊れてしまうことがわかりました。それでは壊れないようにするためにはどうすればいいのでしょうか？壊れないようにするための方法の一つだけではなく、色々な方法があるので、ぜひ考えてみてください。ここでは、例を一つご紹介します。

例会を通してみてきた「曲がりやすさ」と「振動しやすい周波数」に注目して、こ

ここでは曲がりにくい構造にすることで、振動実験で揺らす周波数の範囲よりも振動しやすい周波数をより高くすることを考えてみます。曲がりにくい構造にする方法として考えてみたのは、図13の右のように搭載盤の各階を斜めにつなぐパスタを追加してみました。実際に実験をすると、曲がりにくく、がっしりとした構造にしたことで、図12のように大きく揺れることはなくなりました。

基本構造



曲げにくい
構造の例



図13. (左) 基本構造に (右) パスタを追加して曲がりにくくした構造

他にも様々な方法で振動しにくく、壊れない構造にすることができるので、ぜひ考えてみて、実際に作ってみてください。また、ロケットや探査機だけでなく、私たちが普段目にするビルのような建物なども様々な振動を抑える工夫がされているので、調べてみると新しいアイデアのきっかけになるかもしれません。