

## ヘリウムガスと振動の周波数

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊谷, 正朗 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/24040">https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/24040</a>

## ヘリウムガスと振動の周波数

私の研究室では、パイプオルガンの模型を開発しています。本学はキリスト教による人格教育を基礎とする大学で、各キャンパスにはパイプオルガンがあり、オルガンが専門の教員もいます。その方との会話がきっかけで、機械工学・メカトロとオルガンの関係が深いことを知り、別ジャンルながら手を出しました。その一環で、学生さんがヘリウムガスを要望するので理由をたずねると、ヘリウムで音が変わるかどうかを試してみたいといひます。実際、リコーダーにパーティーグッズとして販売されているガスを噴き込んでから吹くと、音の高さ＝周波数が変わりました。

音をはじめとして、機械・メカトロのまわりには、振動するものが多数あります。その1秒間の往復回数が周波数ですが、それぞれ振動の起きる原理に関わる主だった2、3の物理量でその周波数がほぼ定まります。

そもそも、振動の原理は、「もとの位置・状態からのずれに応じて、復元させるような力が働く」ことで、

- (1) 正にずれがある
- (2) 正のずれに対し負方向に戻す力が生じる
- (3) 負方向に変化が加速する
- (4) ずれがゼロになっても、変化の速度があるため通り過ぎる
- (5) 負方向にずれが生じる

(6) 正負を入れ替えて同じことを繰り返す

という時間変化をとまいません。加えて、これを繰り返したときに、振れ幅が急に増えも減りもしないと、「振動している」と見えます。増える場合にはずれがどんどん大きくなる発散、減る場合には次第に止まる減衰をし、外部からエネルギーを入れなければ、通常は減衰していきます。さらに、多くの場合では、物や現象はその特徴で決まる揺れやすい周波数＝固有周波数(固有振動数)を持っていて、その周波数の刺激を外部から与えると、共振という現象が起き、揺れが大きくなる場合があります。たとえば、ブランコをこぐには適切な周波数で乗る人が動きます。金属製の物をぶつけたときに「きいん」というある程度持続する音が出る場合がありますが、ぶつけるときの衝撃的な力には多くの周波数が含まれており、その一部がマッチして揺れを引き起こします。

いくつかの振動の例を簡単に挙げてみます。振り子(ブランコ)の場合は、ずれに戻す力は重力の一部です。振り子をおある角度 $\theta$ 傾けると、重力 $\times \sin \theta$ 分の戻す力が生じます。角度 $\theta$ が小さいときは、 $\sin \theta$ は振り子の円周に沿った方向のずれ量を振り子の長さで割って得られる $\theta$ とほぼ等しくなります。つまり、ある大きさのずれに対して、長さが長くなるほど、戻す力は小さくなります。力が小さくなると加速が悪くなるため、ずれがゼ

**熊谷正朗**—KUMAGAI MASAOKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



ロに戻るためにより長い時間がかかります。その結果、「長い振り子は周期が長い」＝固有周波数が低くなります。もう一つ、重力加速度も影響しますが、地球上にいる限りはほぼ一定です。なお、角度が大きくなると  $\sin \theta$  の置き換えの誤差が大きくなり、周期はより長くなります。

両端をひっぱったひも状のもの＝弦も特定の周波数で揺れます。弦の中央付近を横方向に引っ張ると、弦の張力、すなわち長さ方向に引く力によって戻されます。より詳細には、弦をずらすと、そこから見た弦の両端方向の向きが変わることで、張力の方向も変わり、両端への張力の合計が戻す力になります。張力が強いほど戻す力が強く、弦が軽いほど同じ力でもすぐに動いて戻りやすく、弦が短いほど同じ力で戻す力が出やすいので、上記の振り子同様に周波数が高くなります。ピアノやバイオリンでは音の高さを弦の種類・太さや長さで決めるとともに、調律(周波数の調整)で、ねじを回して張力を調整します。

もう一つの見方があります。弦の両端は押さえているので動きません。これに合致するように、波の波長の半分の整数倍と弦の長さが一致すると揺れやすくなります。波長は、振動の伝わる速度(張力などをそろえると一定)を周波数で割ったものなので、弦の長さ(指で押さえる位置)と固有周波数の関係が説明できます。

機械や金属の振動の場合も同様で、変形させたときに元に戻ろうとする弾性力(剛性)と、各部の質量分布で周波数が決まります。また、振動の伝わる速度と物の大きさでも説明できます。この固有周波数に一致する周波数の加振があると、ビリついたり、共振で大きな振動を起こしたりします。とくに速度ゼロから動かす回転機械はさまざまな周波数での加振の可能性があり、共振を避ける一つの手は固有周波数を運転時の周波数よりも高くすること、つまり、剛性を高めることです。

さて、オルガンのパイプやリコーダーの場合は、上記の弦と似ています。管の開いている端が自由に空気が振動するところ、管の奥は固定です。そのため、管の長さで波長の  $1/4$  がほぼ一致するところが固有周波数です。また、この振動の伝わる速さは音速です。音速が一定なら管の長さを変えること、すなわちオルガンでは長さの異なる管を多数用意し、リコーダーは穴をふさぐことで周波数を変えます。冒頭の話はそれをせずに変えられるかという実験で、音速を変えるためにヘリウムを使っていました。音速は気温で変わるといいますが、気体の種類、圧力、密度に依存しています。ヘリウムにすると主に密度が大きく変わるため、周波数が変わったわけです。そもそも、ヘリウムで声色が変わるのも同じような原理です。