

磁気試験設備ツアー

～磁場がなくなるとどうなる？

零磁場（ゼロじば）空間の不思議～

ここでの説明は. . . .

- 磁気ってなんだろう？
- この磁気試験設備って何のためにあるの？

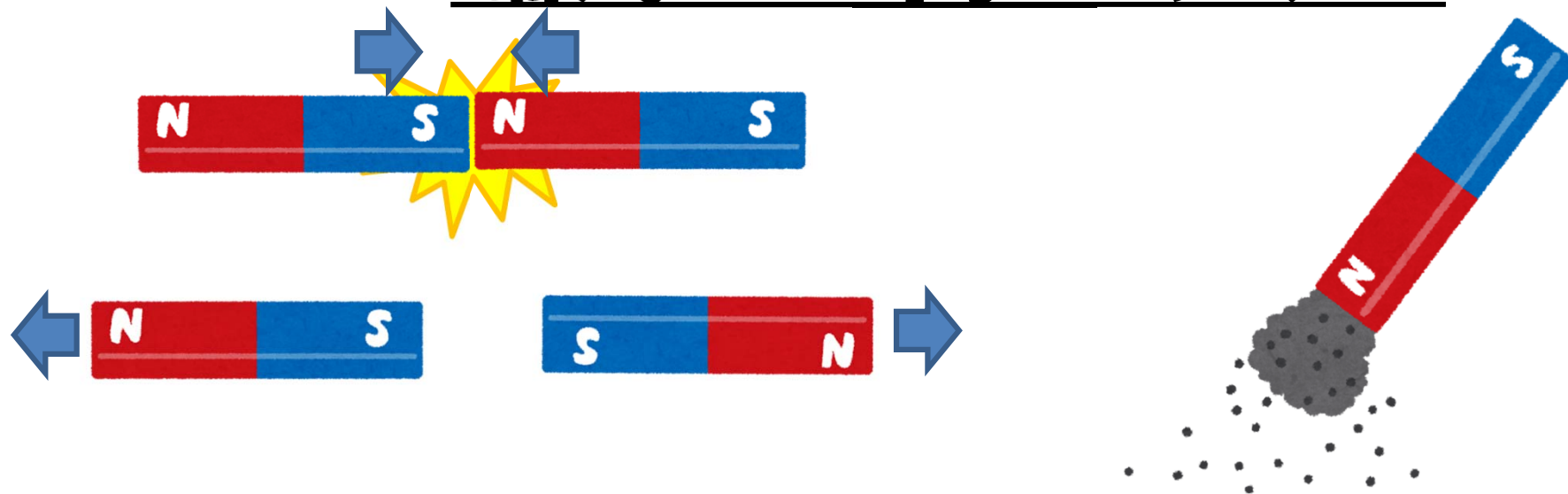
【ミニ実験コーナー】

- 磁気のでくるくるまわるおもちゃ
- 人工衛星と磁気
- リニアモーターカー
- 磁気センサで見る腕時計の磁場

イラスト協力：いらすとや

磁気ってなんだろう??

磁気って何だろう？



磁石同士、あるいは磁石と物質が互いに引き付けあったり、反発する力



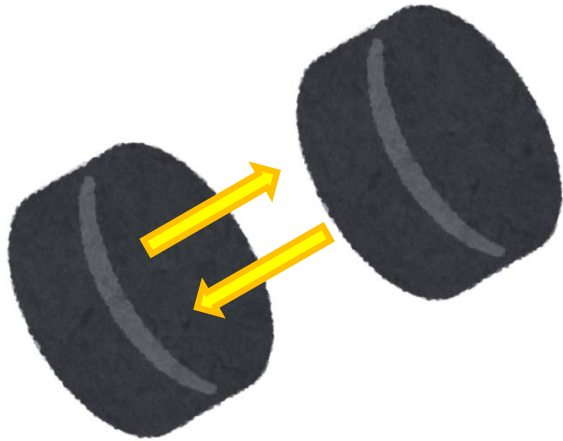
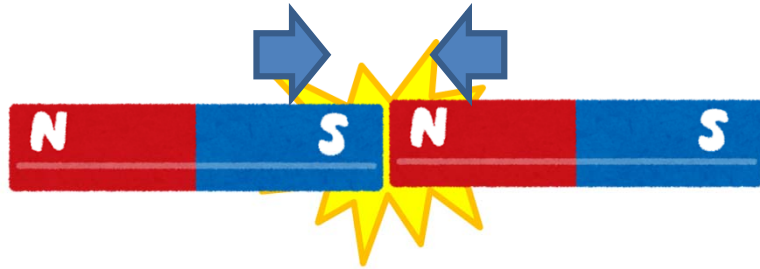
「磁力」

互いに引き付けあったり、反発する性質

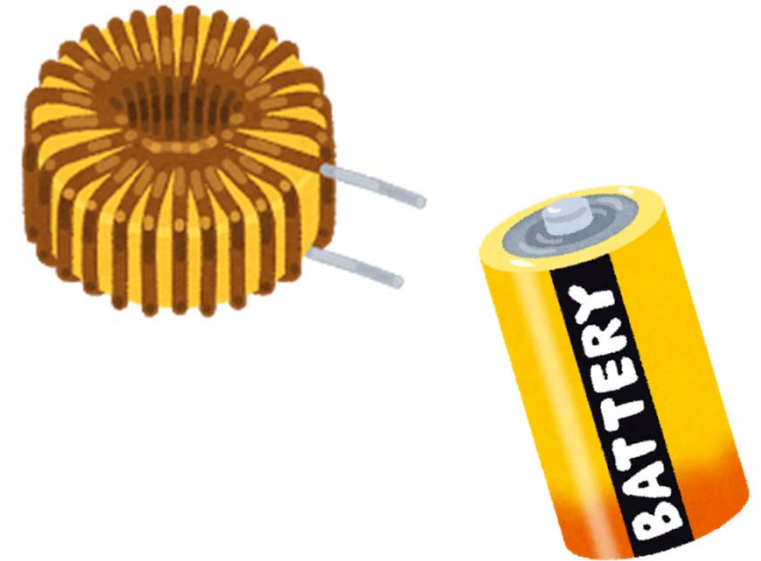


「磁気」

磁気って何だろう？



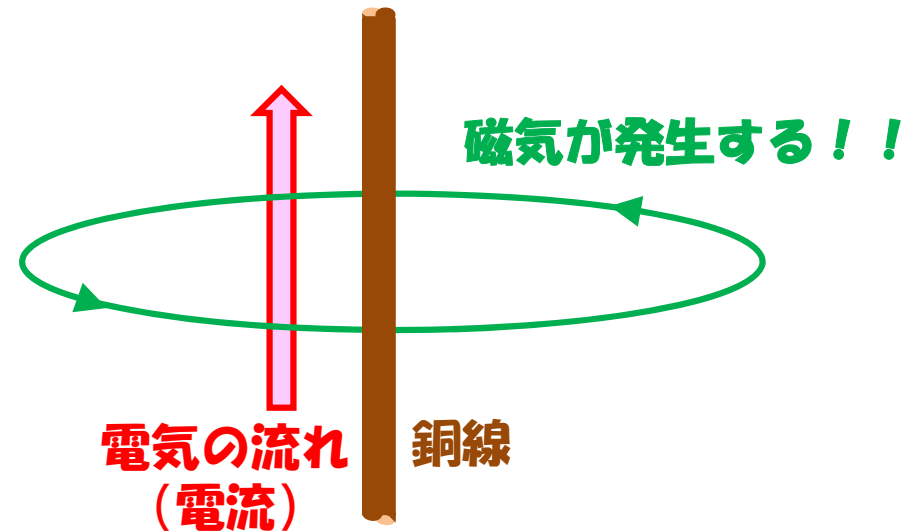
磁石のように、物質そのものが
磁化しているものもありますが...



コイルと電気で磁気を発生させる
こともできます（電磁石）...

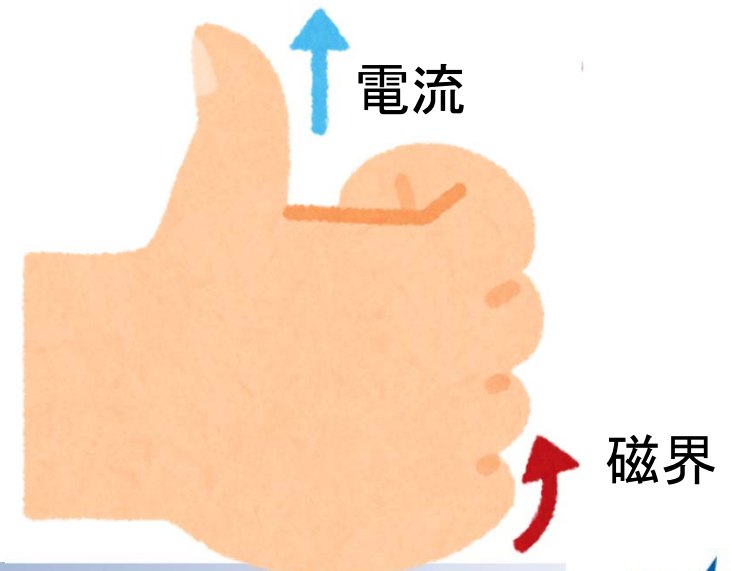
磁気って何だろう？

実は「磁気」と「電気」には
切っても切れない関係が！



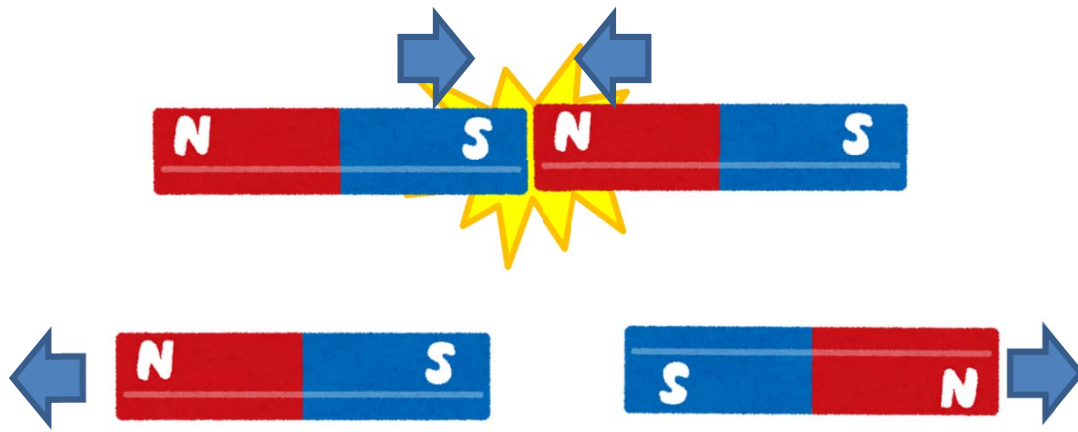
銅線に電気を流すことで磁界が発生します
(磁界と電流の方向は右ねじの法則)

「電気」の流れるところに
「磁気」あり！！



右ネジの法則

磁気って何だろう？



でも、永久磁石や、磁石につく鉄に電気なんか流れてないよ．．．??

磁気って何だろう？

実は、

拡大すると、小さい原子核とそれを
回る電子で構成されています



車も...

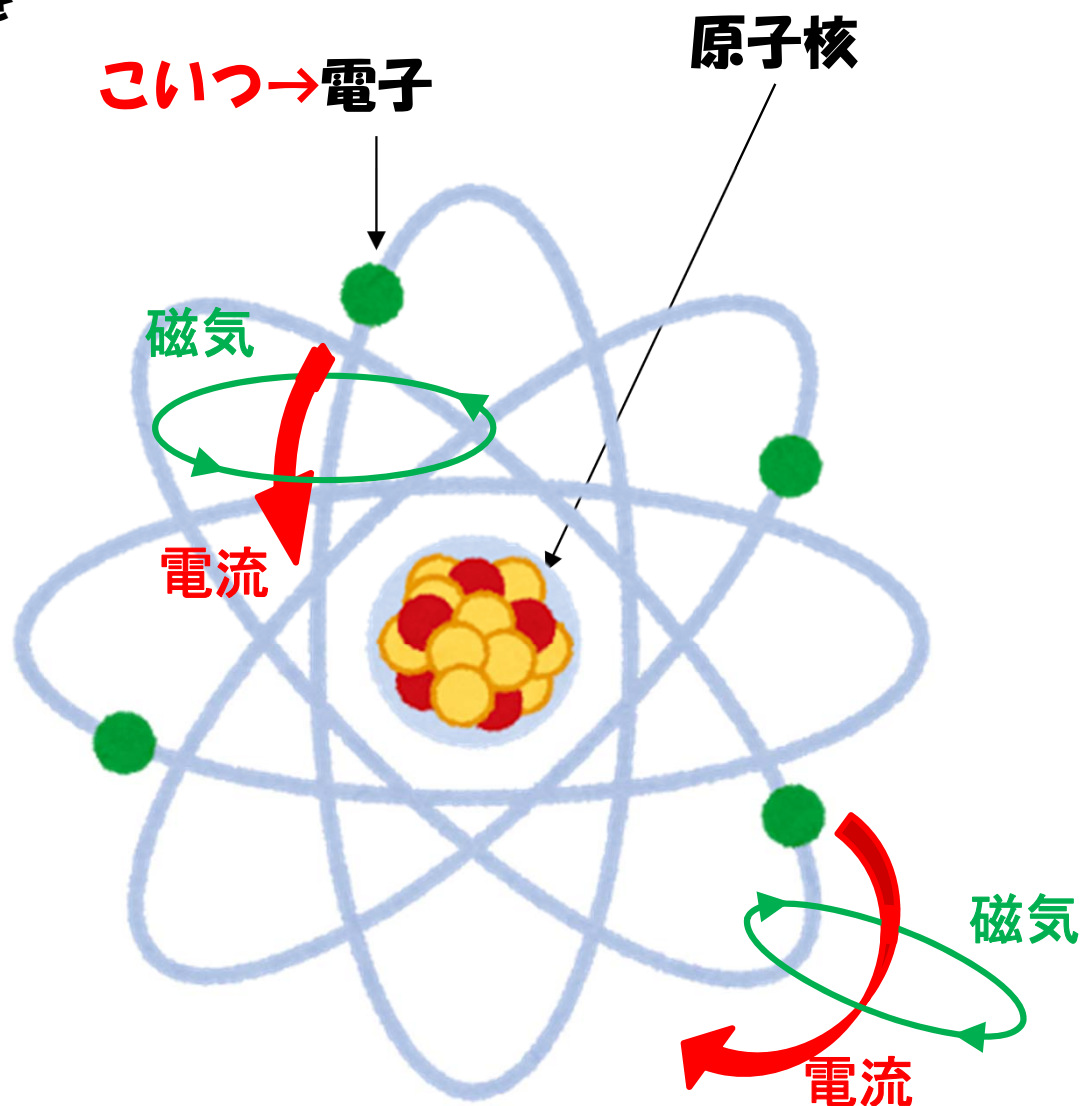


ごはんも...



サッカーボールも...

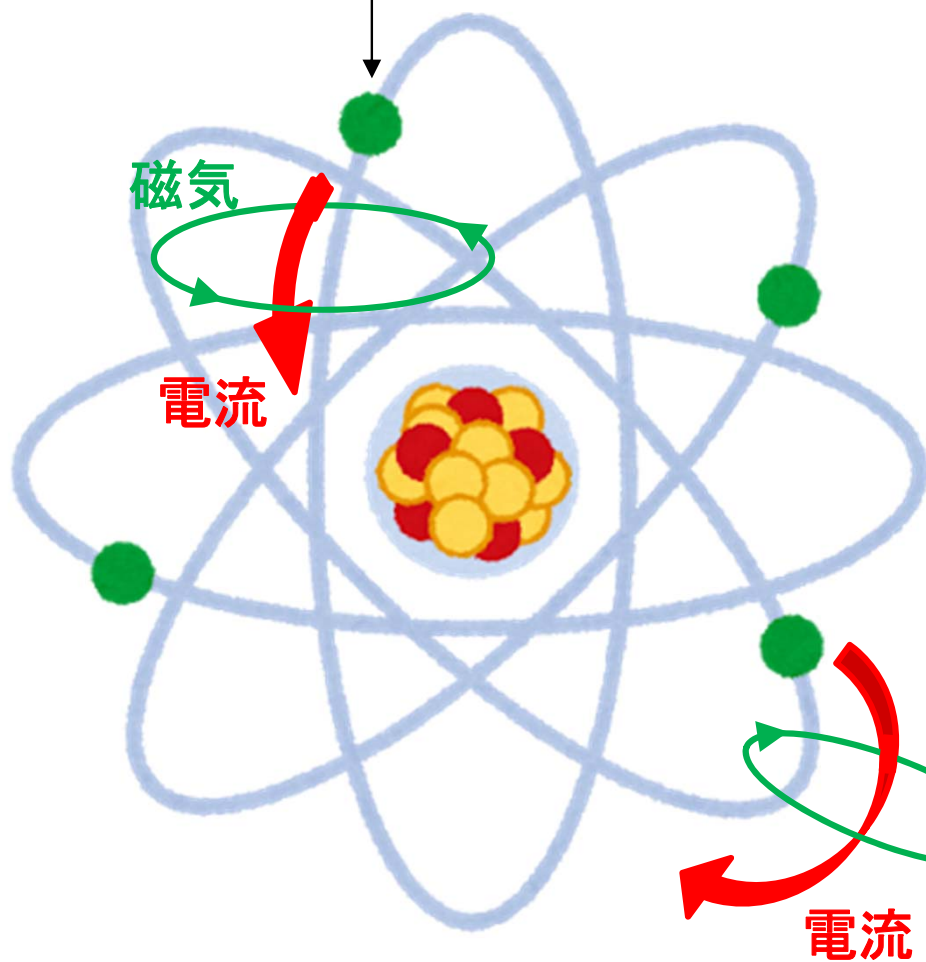
拡大すると...



「電子」の動きは小さい小さい電気の流
れになります⇒「磁気」のもと

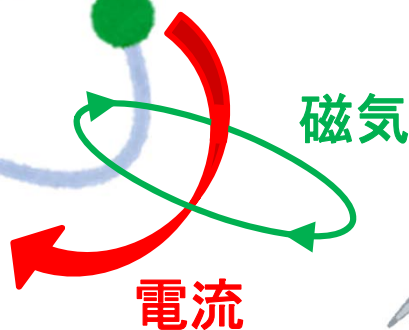
磁気って何だろう？

電子



物質によってこの「電子」の数、回り方は違います。

電子の動き＝磁気のもとが打ち消しあってしまうと磁気に反応しない物質になり、**強めあう状態にあると磁気に反応する物質になります。**

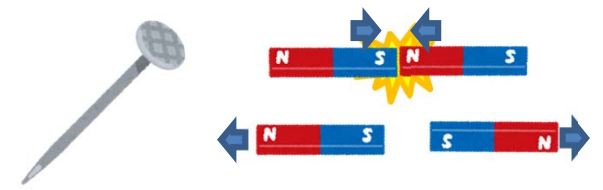


鉄、コバルト、ニッケル等はとても強く磁気に反応する物質で**強磁性体**と呼ばれます。
このような物質を使って永久磁石も作られます。

**この磁気試験設備って
なんのためにあるの??**

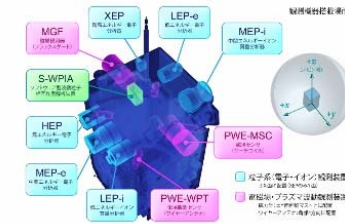
ズバリ、

磁気試験設備とは？



- ① 人工衛星にどれくらいの**強磁性体 (磁石)**が使われているかを測るためにあります。
- ② 人工衛星に乗せる**磁気測定器の性能を確認 (校正)**するためにあります。

世界的にもとても珍しい設備です。



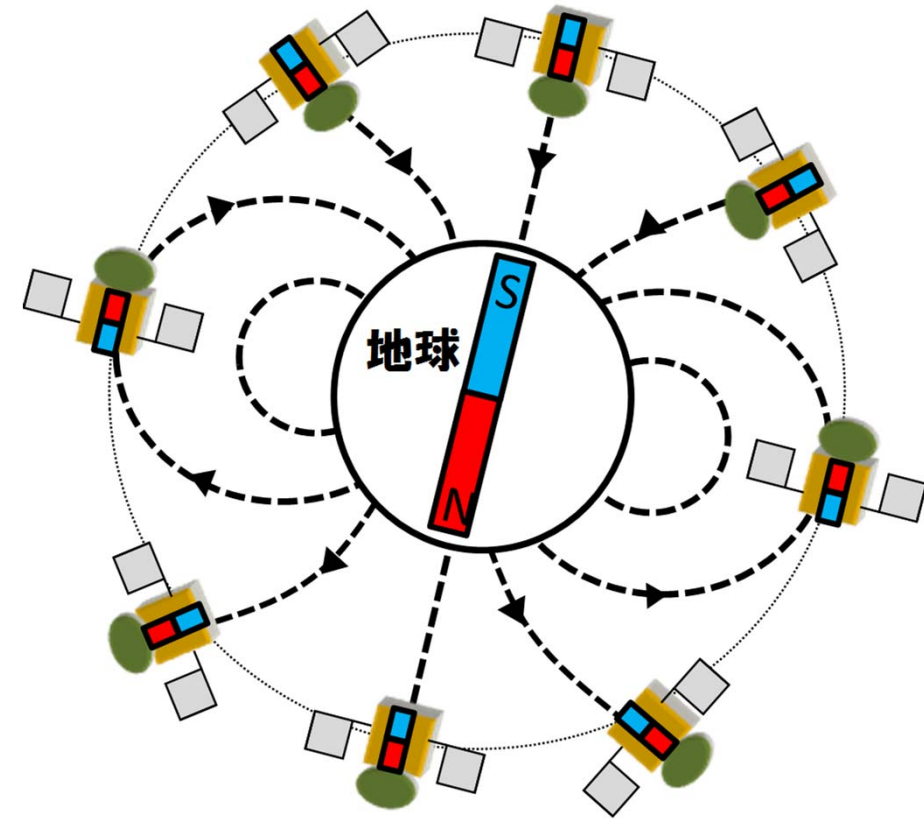
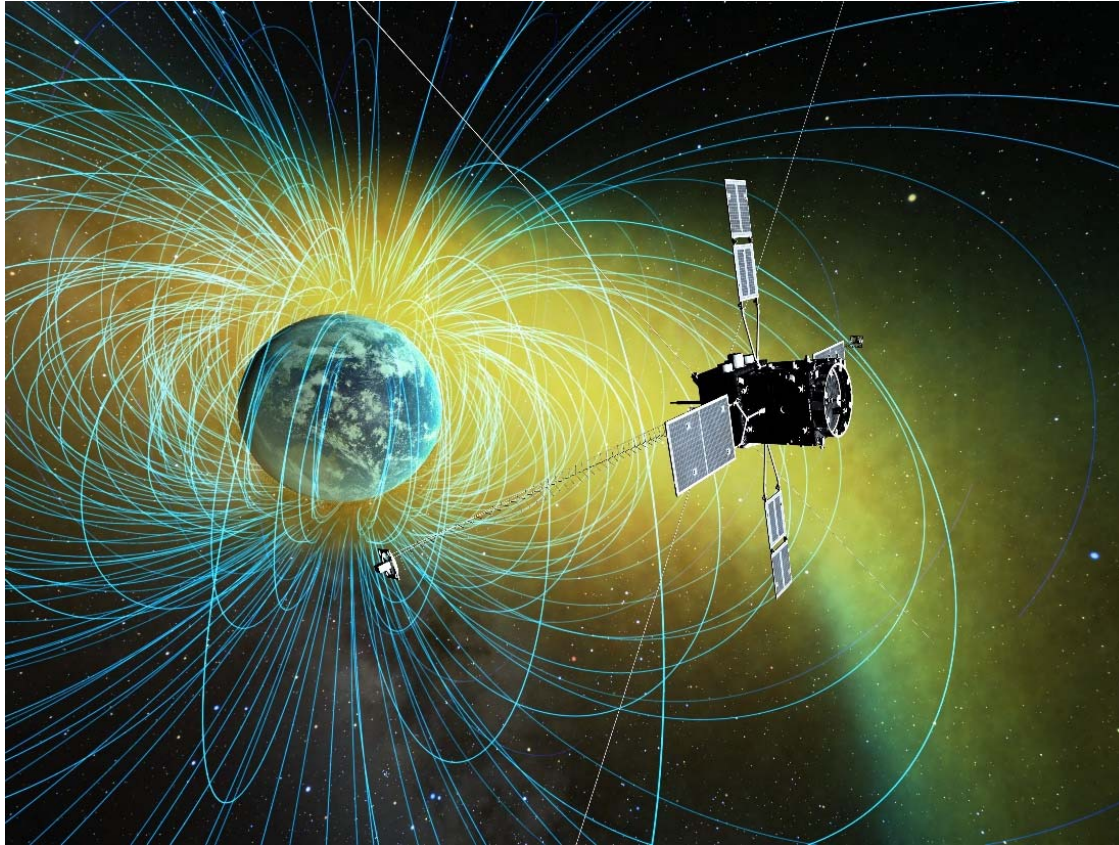
磁気ドーム

木造！
金属部は全てアルミ。

周りは森！



磁気試験とは？ その①

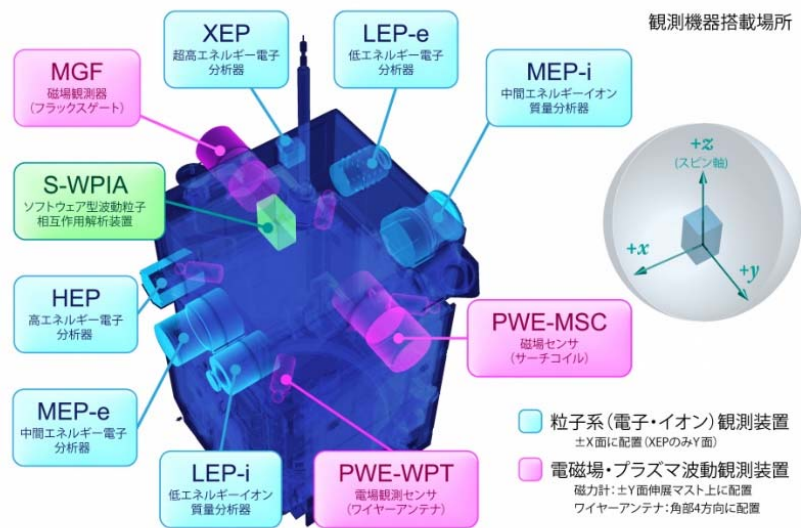


地球は大きな磁石。地球を回る人工衛星が磁気を帯びていると、地球の磁気の影響を受けてだんだんと向きが変わっていってしまう！

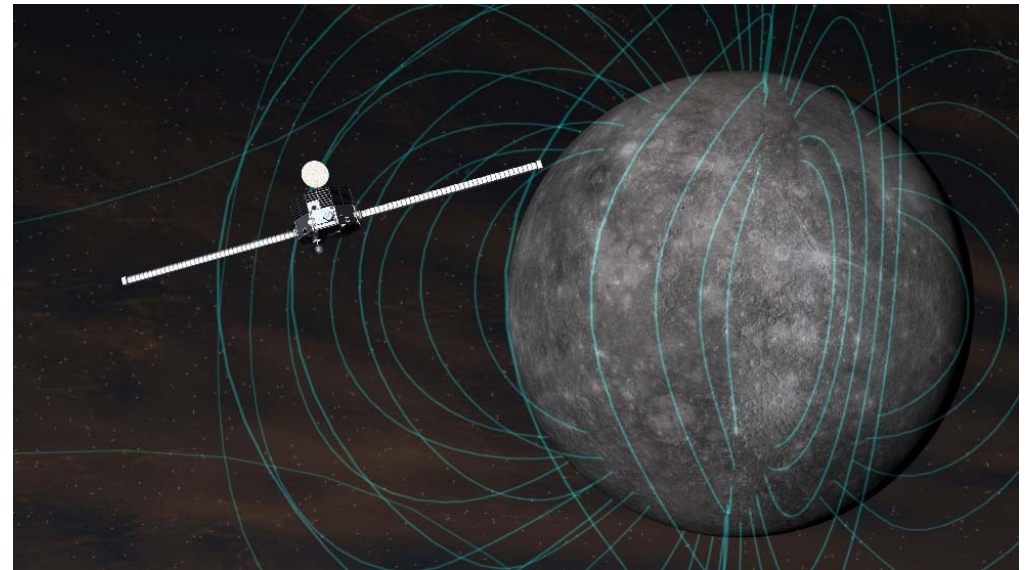
あらかじめ地上で正確に測定して、どのくらい影響があるか調べます。

磁気試験とは？ その②

惑星探査のミッションでは人工衛星にいろいろな測定器を積んで惑星を調べます。
例えば、「水星」の磁場は地球の磁場と比べて **$1/250$** も小さい！ ミッションによっては地球の **$1/10000$ 以上**も小さい磁場を測るものもあります。



人工衛星に積まれるいろいろな測定器



このような小さい磁場を正確に測るためには、あらかじめ性能を確認しておかなくてはならない！

磁気試験設備とは？

このような磁気に関する精密な測定をするときに、地球が作る**地磁気は試験の妨げ**になります。

この設備は、とても大きなコイル(電磁石)を使って**地磁気を打ち消します**。

つまり、**零磁場空間**を試験室内に作り出し、この中で磁気試験が行われます。

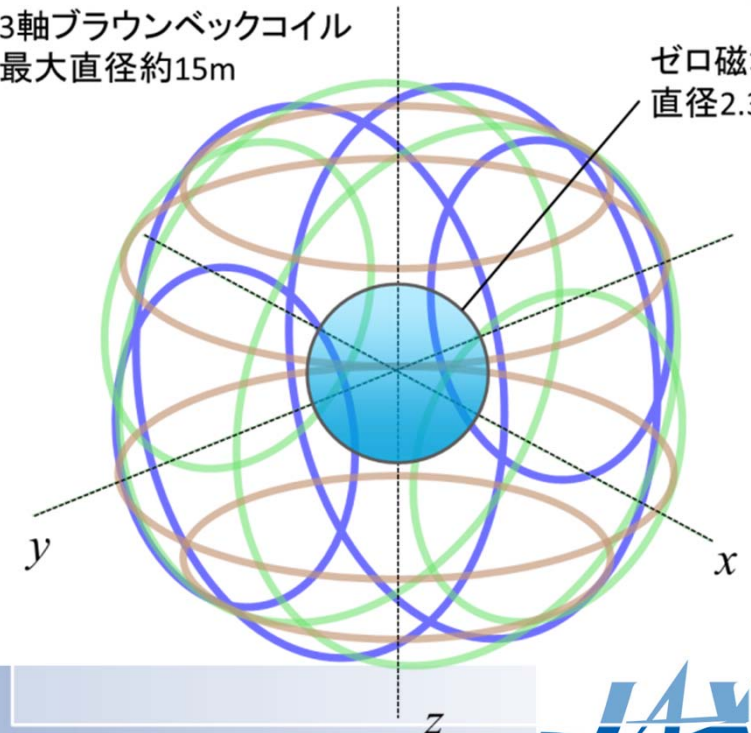
この設備の**3軸ブラウンベックコイル**とは、南北、東西、上下方向の各軸に中央側に大きなコイル状構造体を2組、外側に若干小さなコイルを2組、計4組のコイル状構造体に銅線を巻いており、南北と上下は60巻き、東西は20巻きとなっています。

(地磁気は南北方向が強いため、巻き数が多い)



3軸ブラウンベックコイル
最大直径約15m

ゼロ磁場空間
直径2.3mφ



設備概要

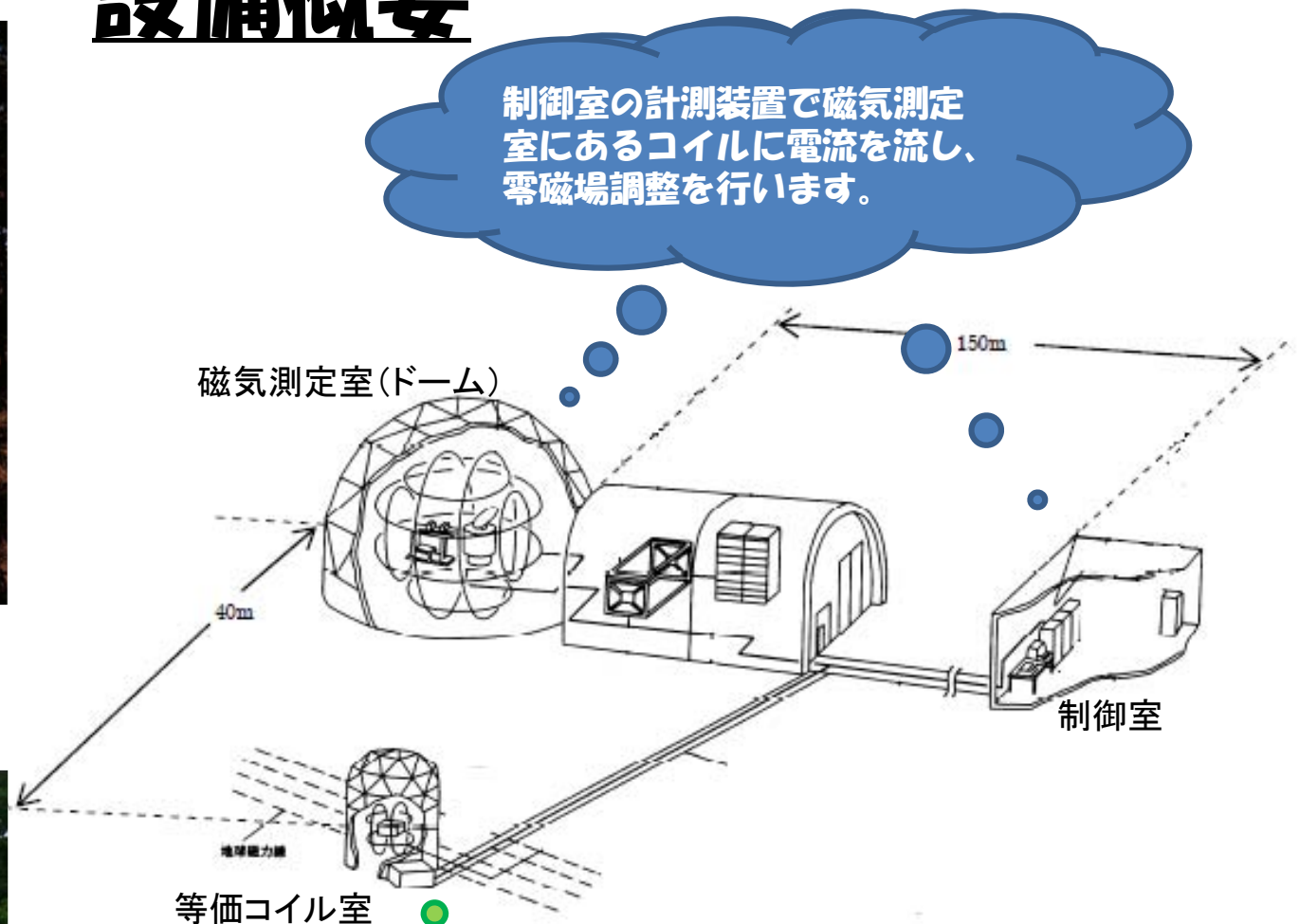


コイルドーム

木造！
金属部は全てアルミ。



制御室

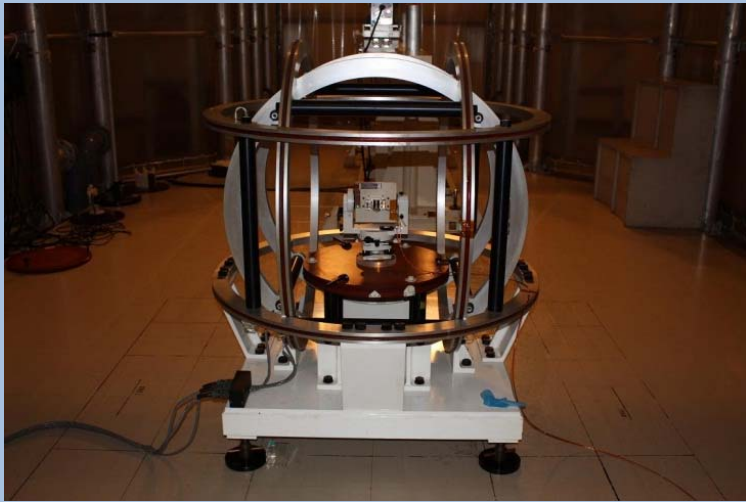


磁気試験設備 概念図

地磁気は経時変化するため、制御室にある磁気外乱制御部と等価コイルで測定し、それを打ち消す電流を磁気測定室のコイルへ流し、一定の零磁場を保ちます。

磁気試験設備を使用した試験例

Bepicolombo/ERG 磁気センサ校正



SDS-4 システムレベル磁気モーメント測定



SELENEシステムレベル 磁気モーメント測定

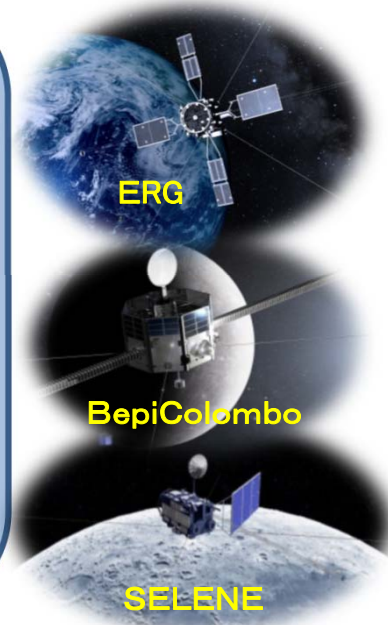


The Coil Dome

Magnetometers

SELENE
(Kaguya)

Top of the EUT



【参考】設備仕様

主コイル性能		
コイル直径		15.5m(最大)
ゼロ磁場空間	試験空間	1.6mφ球空間
	均一度	±2.5 nT
	安定性	2.0 nT/h
外乱制御	振幅	±1000nT
	測定周波数	DC ~ 10 Hz

point

国外の設備(NASAゴダード研究所)と比較してもその性能と大きさとでJAXA設備が勝っており、JAXA設備で実施した試験結果の方がより安定であったとの報告があります※。

	TKSC	NASA
コイル径	max 15.5mφ	max 13mφ
零磁場特性	±2.5nT	70nT

※ 宇宙科学研究所報告 衛星搭載弱磁場計測磁力計の地上校正(1997)

計測特性	
測定範囲	0 to 100,000nT
精度	±2 % (under 25 nT, ±5 %)
測定周波数	DC ~ 10 Hz

磁気モーメント測定試験に使用

3軸ヘルムホルツコイルシステム

磁場出力範囲	0.04 ~ 50000 nT
校正精度	0.01 nT

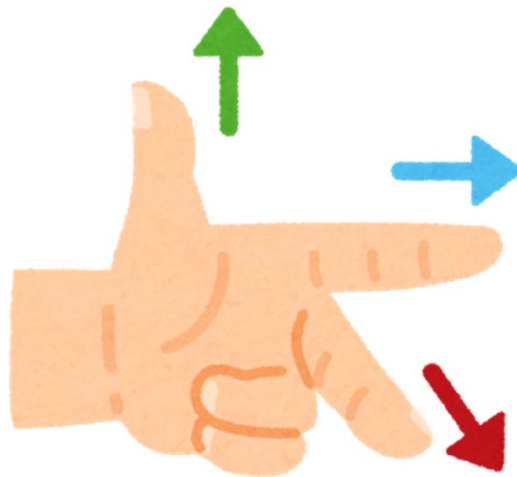
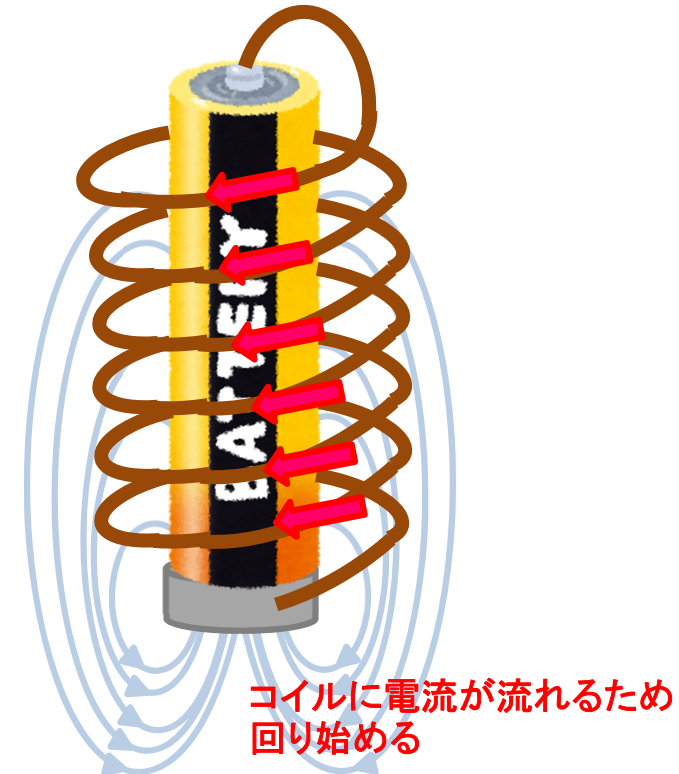
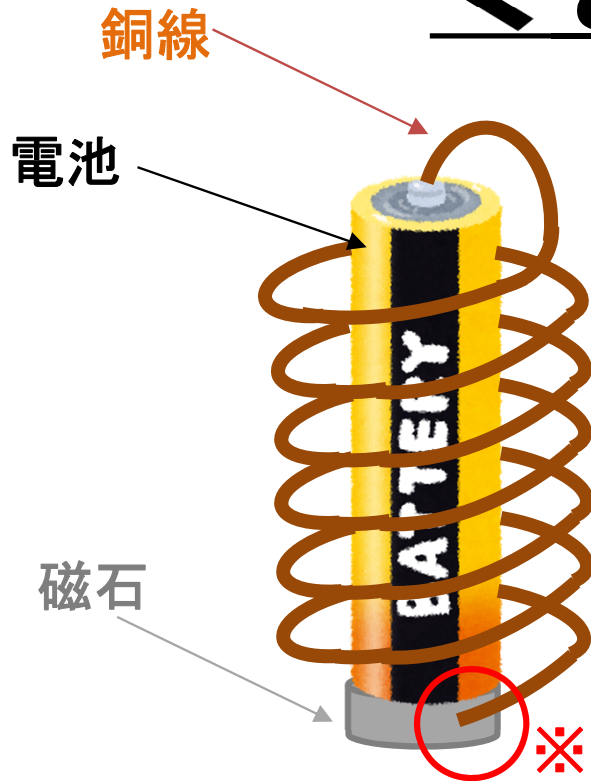
磁気センサ校正試験に使用

【ミニ実験】 磁気のでくるくる回るおもちゃ

くるくるまわるおもちゃ

コイルが無い場合

コイルが有る場合



フレミングの左手の法則

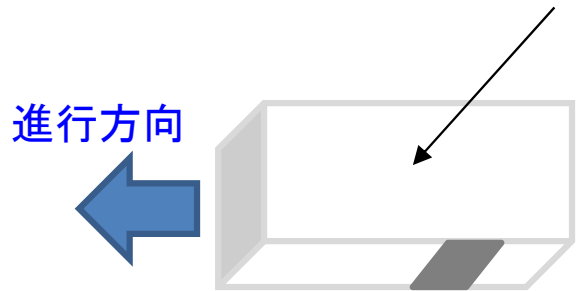
磁場の中にある導体へ電流を流すと、導体に力が発生する現象。右上図のように磁界は磁石から下向きに発生しているので、銅線に流れる電流と磁場の関係から周方向に力が働くことで、くるくる回り始めます。

※銅線は必ず磁石に接触させてください。誤って電池のマイナス極に接触させるとショートし爆発するので、おうちで作る時は注意してください。

【ミニ実験】 リニアモーターカー

おもちゃのリニアモーターカーの原理

リニアモーターカーに見立てたスポンジ



③電池とアルミテープを接続



①スポンジ底面の後ろ寄りに、アルミホイルを進行方向と垂直に貼り付ける。

②磁石を上面／下面が同一の極（例えば上面をSとするなら下面はN）にして揃え、その磁石列を挟むようにアルミテープを張り付ける。

⑤リニアモーターカーを乗せることでアルミテープ間に電流が流れる（図の左から右）。磁場は上向きに働いているものとする、リニアモーターカーは手前に動く（フレミングの左手の法則！！）

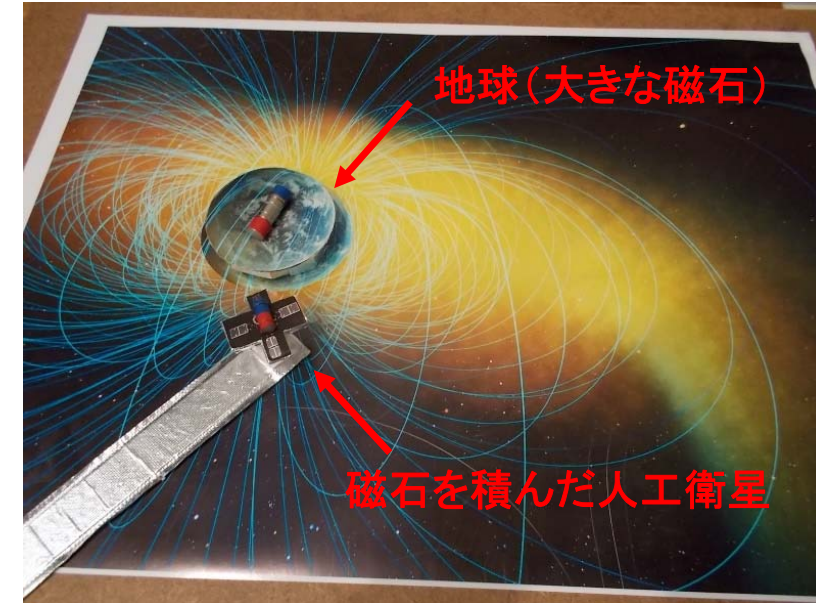


【三二実験】 人工衛星と磁気

**～人工衛星の磁気の影響～
～人工衛星の磁気トルカって？～**

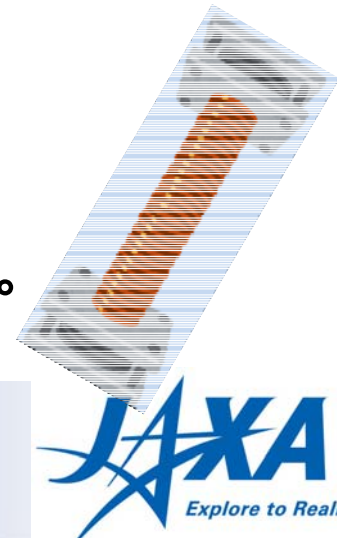
人工衛星の磁気の影響を見てみよう！

- ① 人工衛星に見立てた棒磁石は、地球の周りを回すと回ってしまいます。
- ② 棒磁石を逆極性であるもの（つまりNとSを逆にしたもの）をもう1つ積むと、人工衛星に搭載された磁気が打ち消しあうので、地球を周回しても、人工衛星そのものが回らなくなります。実際の人工衛星でもこのように磁気の影響を減らすことができます。



- ③ 磁気をうまく使えば衛星の姿勢をコントロールすることができます。これを磁気トルカといいます。

小型衛星では、よく磁気トルカ（右図参照）が搭載されます。オレンジ色の部分のコイルに電流を流して磁気を発生させます。



【ミニ実験】
磁気センサで見る腕時計の磁場
～腕時計からはどんな磁場が出てるかな～

磁気センサーで見る腕時計の磁場

JAXA環境試験技術ユニットでは新しい磁気センサーを開発しています。
九州大学と共同研究を実施、その後実用化を目指して研究を続けています。



基本波型直交フラックスゲート磁気センサ
(九州大学 笹田一郎教授により発明)

この小型で感度の高い磁気センサーを使って腕時計の磁場を見てみよう。

腕時計には秒針を動かすためのモーターが入っています。このモーターは電気と磁気力で動くので、小さいですが腕時計からは磁場が出ています。

磁気センサーを使うと目には見えない磁場の世界を正確に見ることができます。
人工衛星に積む磁場観測器も、このように磁場の視点で宇宙や惑星の未知に迫っています。

おわりです