

2020/08/19 (水)
易しい科学の話

リニア新幹線

吉岡 芳夫

基本的な技術

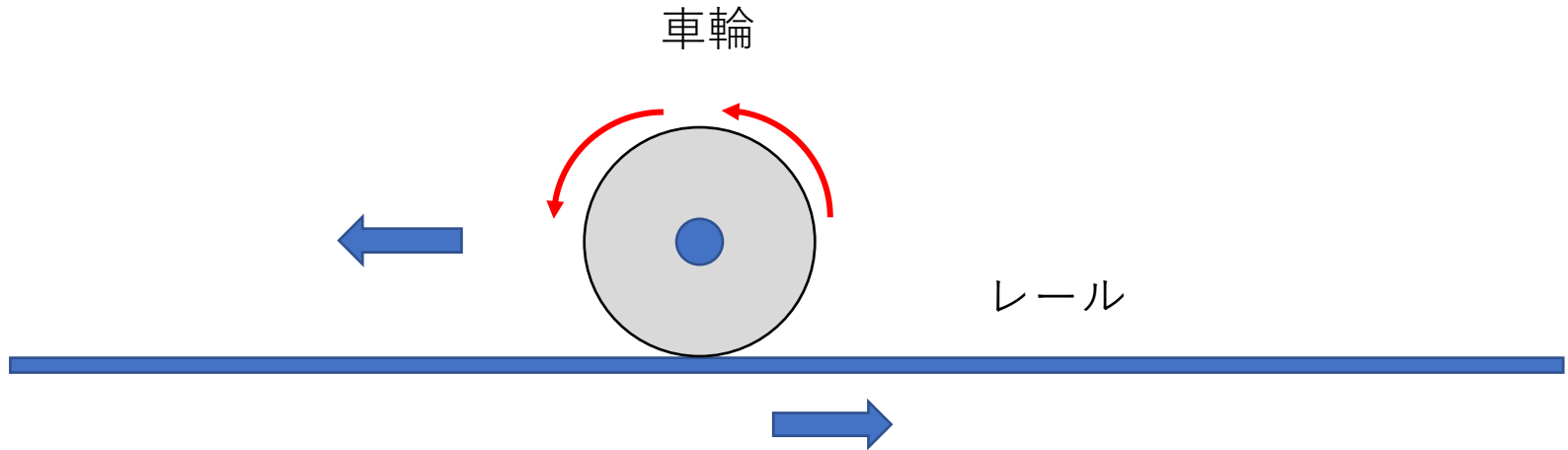
- 電車には速度の限界がある。なぜか？
 - 電車はモーターで車輪を回して動く
 - モーターの回転速度に限界がある？
 - モーターの回転速度を決めるのは何？
 - 回転数が上がれば、いくらでも早く走れるのか？
- リニアモーターとは？
 - リニアモーターによる駆動ではスピードの限界はない？
- 磁気浮上とは？
 - なぜ浮上して走れるのか？

車輪で走る列車の限界

- 車輪と、レールの摩擦力がカギを握る
 - 高速になるとスリップする
 - スリップを止めるモーターの制御技術
- パンタグラフがもう一つのカギ
 - 架線のたわみの伝わる速度より早くは走れない
 - パンタグラフが破損する

車輪とレール

氷上のスケートは、
刃に平行にけっても進まない。
摩擦がないから。

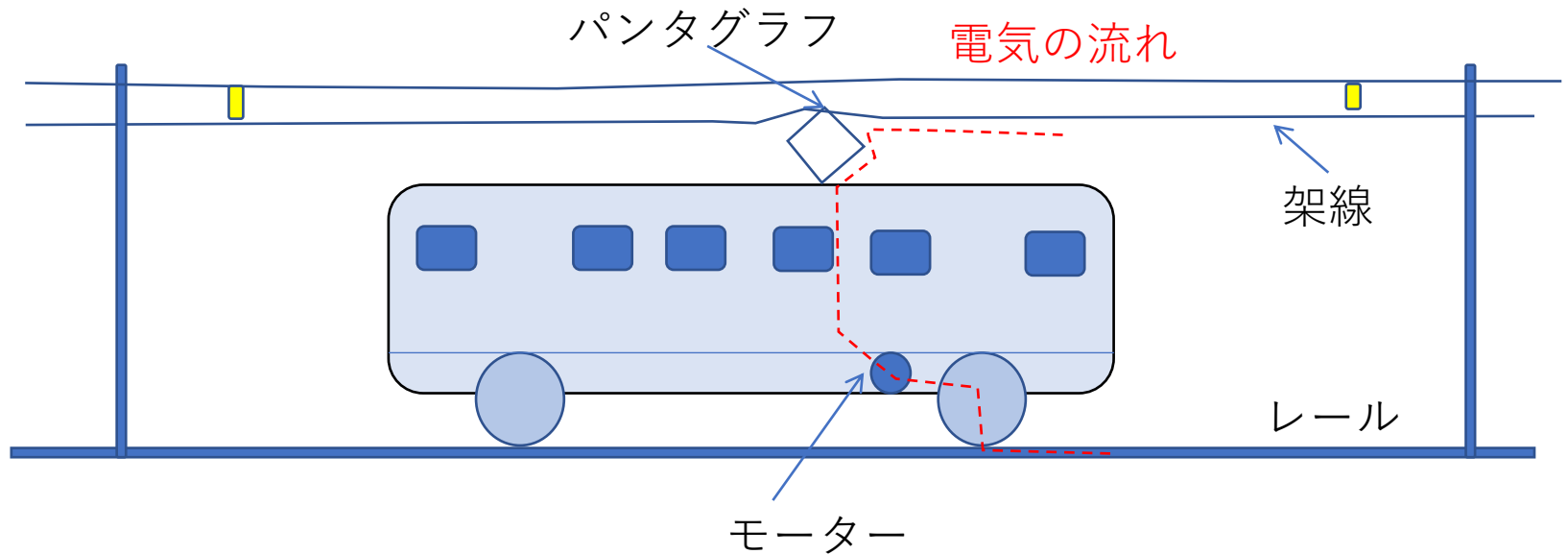


高速で回転すると、スリップする。
スリップすると、空回りになる。

空回りになると、モーターの回転を抑えて、スリップをなくす。
半導体スイッチの性能が向上し、スリップ防止が可能になった。

凍った道路でスリップを防止するのは？

パンタグラフと架線

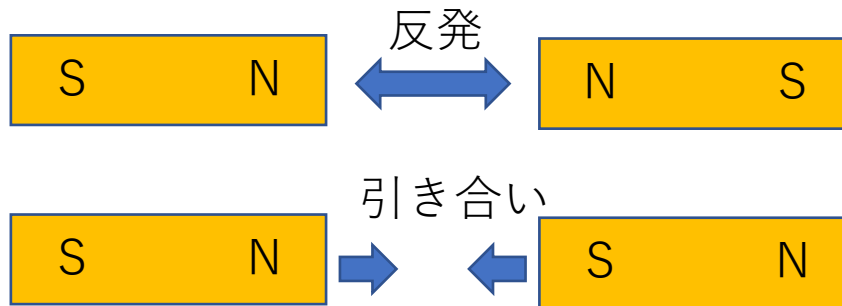


パンタグラフが、架線を持ち上げ滑りながら、電気をもらい、モーターを動かす。高速になると、パンタグラフが強い力を受けて壊れてしまう。架線にたるみができないように、ピンピンに引っ張っておかないといけない。

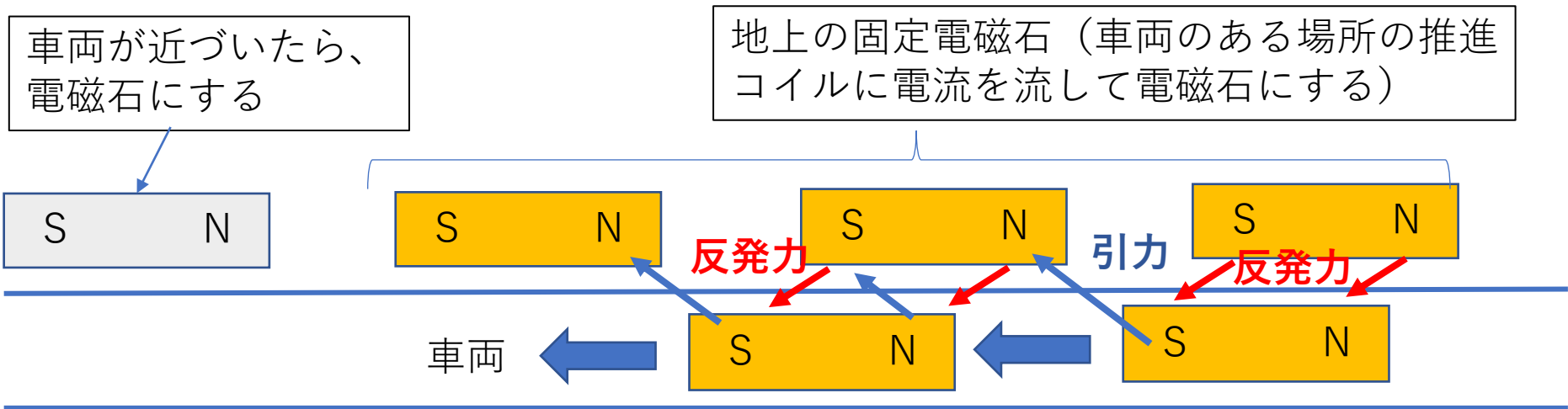
パンタグラフが、架線を持ち上げると、そのたわみが波になって進む。波の進むスピードより車速が早いと、パンタグラフが壊れてしまう。架線にたるみができないように、ピンピンに引っ張っておかないといけない。そうすると、波の速度が速くなるから。

磁石の作用とは？

- 磁石は、鉄を吸いつける
- 二つの磁石は、引き合うか、反発する。
- 引き合うのは、磁石のN極とS極
- 反発するのは、磁石のN極とN極、S極とS極



リニアモーターの原理



地上に配置した磁石（電磁石）と車両に載せた超電導電磁石の間の反発力や、吸引力で、車両を動かす。

地上に配置した電磁石は、巨大なモーターの電磁石を横に無数に敷き詰めたもの。車両がある範囲のみ電磁石とする。

磁石の力で10cm浮き、時速500kmで走ります。

「ガイドウェイ」には、2つのコイル「推進コイル」と「浮上・案内コイル」が取り付けられています。

浮上・案内コイル

推進コイル

- 02
- 03
- 04
- 05
- 06



磁石の力で10cm浮き、時速500kmで走ります。

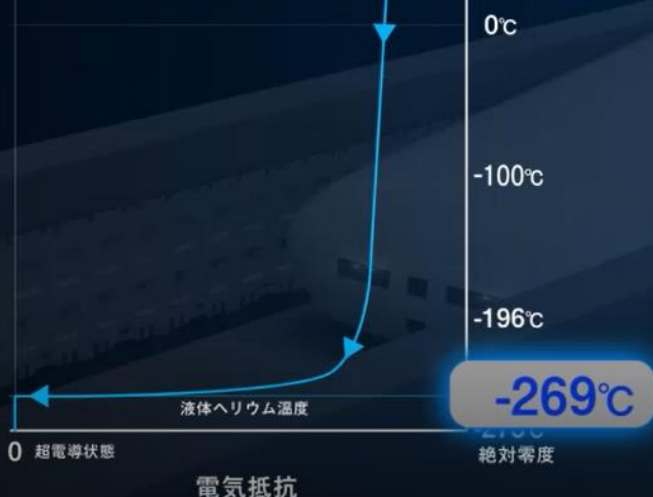
超電導リニアでは強力な磁石の力を得るため、「ある金属を一定温度以下にすると電気抵抗がゼロになる『超電導現象』」を活用した超電導磁石を採用しています。超電導磁石は、超電導材料としてニオブチタン合金を使用し、液体ヘリウムでマイナス269℃まで冷却することで、半永久的に電流を流すことができるうえ、発熱によるエネルギーロスがなく安定した超電導状態を保つことで、より強力な磁石の力を発揮します。

超電導現象

超電導磁石

液体窒素
液体ヘリウム

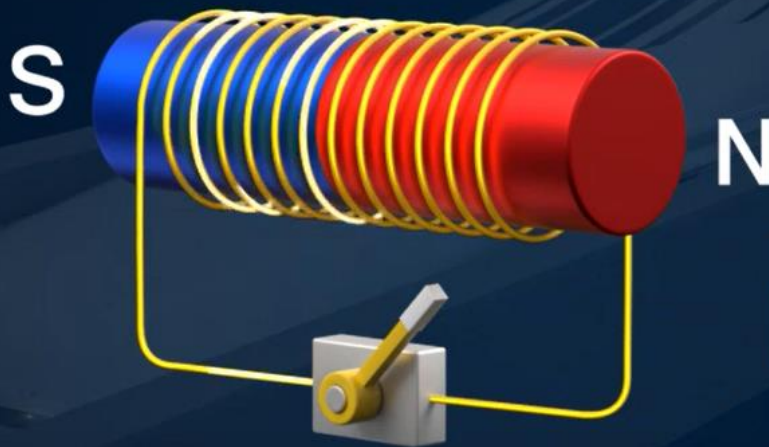
- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06



超電導コイル(ニオブチタン合金)



電磁石は、コイルに電流を流して磁石にする。
超電導コイルを使うと、いつまでも電流が流れ続ける。
すなわち、強い磁石になる。
横壁に埋め込んだ電磁石との間で、駆動力を発生させる。



電磁石の性質

ELECTROMAGNET

1. 電流が流れなければ磁石にならない。
2. 電流が流れる方向を切り替えることで、N極とS極を入れ替えることができる。

超電導と電磁石

- Nb（ニオブ）を含む合金では、マイナス270度付近まで温度を下げると、突然電気抵抗がゼロになる性質がある。
- この超電導材料で作ったコイルに電圧をかけて電流を流し、コイルを閉じると、いつまでも電流が流れ続ける。
- コイルに電流が流れ続けると、それは磁石になる（電磁石といい、磁性材料で作る永久磁石とは異なる）。
- 超電導材料で作った磁石は、常に極低温に冷やし続けなければならない。
- リニア新幹線の列車は、車載の超電導電磁石を、地上の電磁石で引きつけながら引っ張ってゆく。

磁石の力で10cm浮き、時速500kmで走ります。

車両に搭載された超電導磁石は、N極とS極が交互に設置されています。ガイドウェイの「推進コイル」と呼ばれるコイルに電流を流し、N極とS極を電氣的に切り替えることで車両が前に進みます。流す電流の周波数を変え、N極とS極の切り替え速度をコントロールすることで、スピードを調整します。

○ 01

○ 02

○ 03

● 04

○ 05

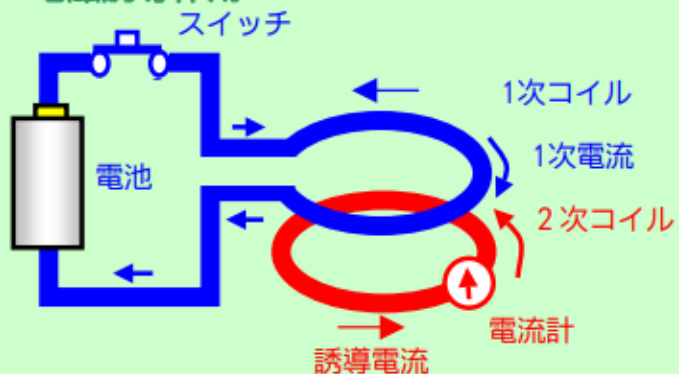
○ 06

卓越した加減速性能



<https://linear-chuo-shinkansen.jr-central.co.jp/about/>

電磁誘導作用



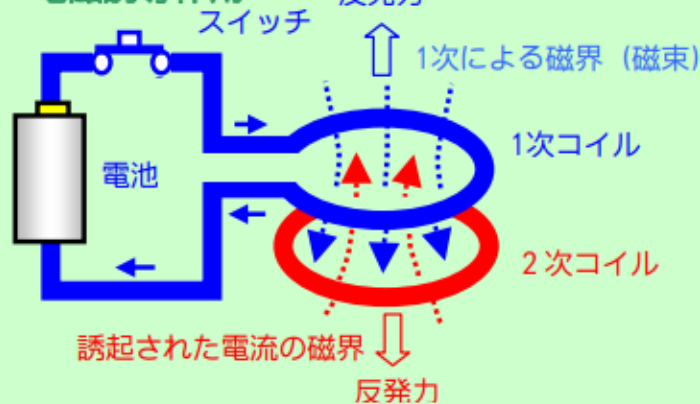
誘導電流の発生

コイルの近くに別のコイル (2次コイル) を置き、1次コイルにスイッチで電流を流すと、この瞬間2次コイルには**電流が誘起**されます。また電流を切るときにも瞬間的に電流が流れます。この現象を電磁誘導現象と呼び、誘起された電流のことを誘導電流と呼びます。距離が近くても遠くても、影響し合う量の大小はありますがこの現象は起こります。

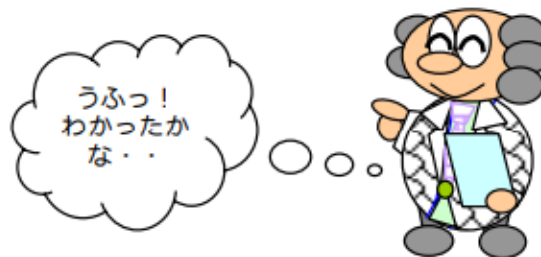
力の相互作用

面白いことに誘導電流も1次と同じように磁界を発生させ、この磁界と元の1次の磁界とが力を及ぼし合い互いのコイルには力が働きます。スイッチを入れた時は両コイルはわずかですが反発力を、切ったときは吸引力を生じます。これが誘導電流による**力の相互作用**です。

電磁誘導作用



電磁誘導現象は上にのべた「誘導電流の発生」と「力の相互作用」の2つの現象のことをいいます。

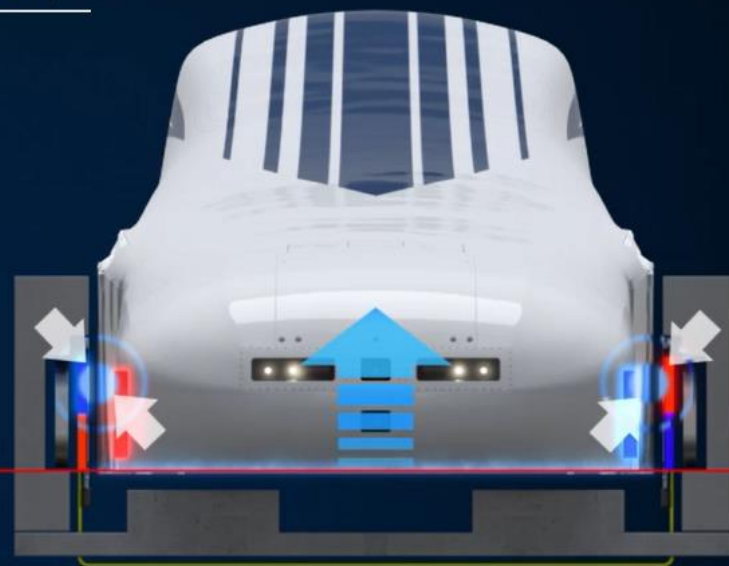


電磁波 (電波)

推進コイルで進み、浮上・案内コイルで浮上します。

「浮上・案内コイル」に磁石が近づくと、そのコイルも磁石になる作用を活用。
車両に搭載された超電導磁石が高速で浮上・案内コイルの前を
通過すると浮上・案内コイルに電流が流れて磁力が発生し、
車両の自重と磁力が釣り合う位置に車両を浮上させ安定します。（浮上高10cm）
従って、車両を浮上させるために浮上・案内コイルに
電力を供給する必要はありません。

「推進コイル」と「浮上・案内コイル」の違いは？ →



<https://linear-chuo-shinkansen.jr-central.co.jp/about/>

リニア新幹線の易しく詳しい解説は、
上記インターネットサイトで見ることができます。



2020/08/19 (水)
易しい科学の話

リニア新幹線

終わり

吉岡 芳夫