

# 山手線が脱線しない秘密 ～円の計算から見た山手線のわずかなかたむき～

北区立西浮間小学校 6年 名前 今枝 駿斗

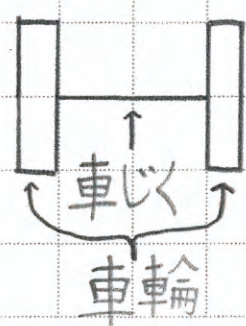
## 1. きっかけ

夏休みに、JR東日本のスタンプラリーに参加しました。その時、山手線に乗ったのですが、各線図のマップを見ていてふしぎなことに気づきました。山手線は円い環状線なので、反時計回りの山手線の場合、線路の右側のレールの方が左側のレールよりも長くなるはず。ということは、右側の車輪の方が、左側よりも多く回転していることとなります。でも、電車は左右の車輪の回転数は同じになるはず。そうすると左右のレールの長さに差があるので脱線してしまうのでは…？ でも実際には脱線しない…。同じ考えがぐるぐる回るだけで答えがわかりませんでした。だから「この問題を解き明かそう!」と思い、山手線が脱線しない理由を調べてみました。

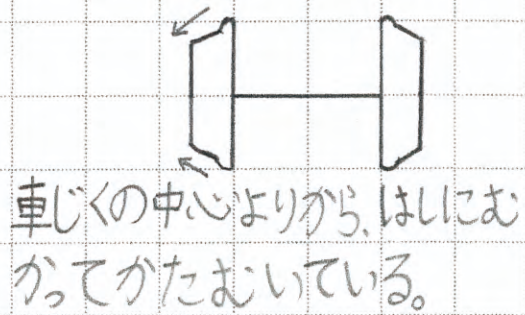
## 2. 山手線の車輪の形状と新たな疑問

まず山手線の車輪について調べました。左右の車輪の回転数が同じになることは正しかったのですが、車輪の形状は自分の想像とはちがっていました。

ぼくが想像していた車輪の形状



実際の車輪の形状

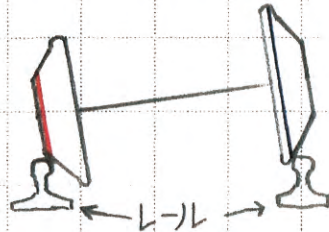




この形状のおかげで「左右が同じ回転数でも脱線せずにカーブを曲がれることがわかりました。

(例) 左に曲がる時の車輪の状態

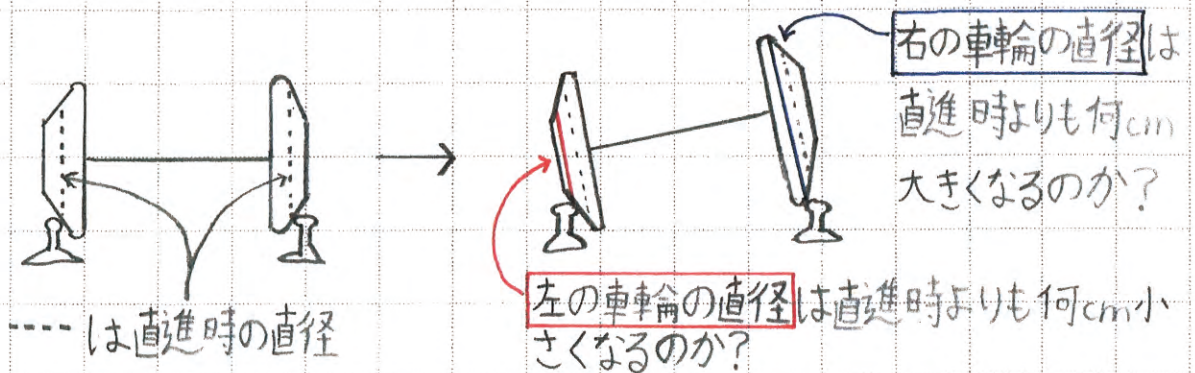
左側のレールにのっている  
車輪の直径は  
直進中よりも小さくなる。



右側のレールにのっている  
車輪の直径は  
直進中よりも大きくなる。

このようにかたまくことでカーブを曲がる時にレールの長さがちがっていても、その差を角で消して脱線をおさくことができる!

しかし、ここで1つ新たな疑問が出てきました。それは、「車輪の直径が直進時の状態から何cmくらい変わると脱線せずにカーブを曲がれるのか」ということです。



たぶん数cmくらい変われば、脱線せずにカーブを曲がれるはずですが、どのくらい車輪の直径が変わっているのかを実際に計算して求めてみることにしました。なお、計算に必要ないろいろな数値は、図書館の本を参考にしました。本の書名などは、このレポートの一番最後にまとめておきます。



### 3. 研究内容と結果

※円周率は3.14とします。

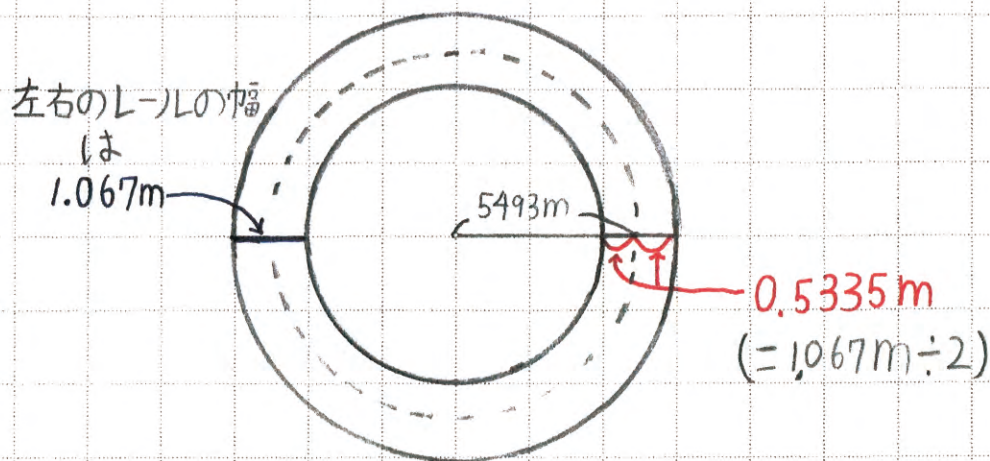
※山手系線の路線図は正確な円ではありませんが、今回は山手系線の路線図が円だとして考えていきます。

※山手系線1周は34.5kmなので、山手系線の円の半径は、

$$34.5\text{km} \div 3.14 \div 2 = 5.493\text{km} = 5493\text{m}$$

これは内側のレールと外側のレールのちょうど真ん中を通っているとしてます。

まず、山手系線1周の内側のレールの長さとお外側のレールの長さを求めます。  
山手系線の内側のレールとお外側のレールの幅は1067mm = 1.067mですので、図にまとめると次のようになります。



• 内側のレールの半径は、 $5493\text{m} - 0.5335\text{m} = 5492.4665\text{m}$ なので、「円周の長さ = 直径 × 円周率」の式を使うと、内側のレール1周の長さは、 $5492.4665\text{m} \times 2 \times 3.14 = 34492.68962\text{m}$



• 外側のレールの半径は、 $5493\text{m} + 0.5335\text{m} = 5493.5335\text{m}$ なので、  
外側のレール1周の長さは、 $5493.5335\text{m} \times 2 \times 3.14 = 34499.39038\text{m}$

外側のレール1周の長さとの内側のレール1周の長さの差は、  
 $34499.39038\text{m} - 34492.68962\text{m} = 6.70076\text{m}$

つぎに、内側のレール1周の長さ( $34492.68962\text{m}$ )をもとにして、  
「外側のレール1周との内側のレール1周の長さの差( $6.70076\text{m}$ )」の割合を出すと、  
 $6.70076 \div 34492.68962 = 0.00019426609 \rightarrow$ 約 $0.00019$   
この割合の $0.00019$ に、山手系泉の車輪の直径 $860\text{mm}$ をかけると、  
 $0.00019 \times 860\text{mm} = 0.1634\text{mm}$

この $0.1634\text{mm}$ が、「内側のレールにのっている車輪の直径と外側のレールにのっている車輪の直径との差」になります

つまり、山手系泉が直進中の車輪の位置から、

• 内側の車輪の直径は、  
 $0.1634\text{mm} \div 2 = 0.0817\text{mm}$ 小さくなるように、

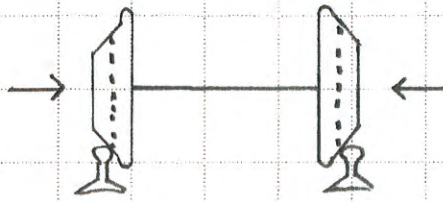
• 外側の車輪の直径は、  
 $0.1634\text{mm} \div 2 = 0.0817\text{mm}$ 大きくなるようにかたむけば、

この $0.1634\text{mm}$ の差を0にすることができるので、月見系泉はしないということになります。

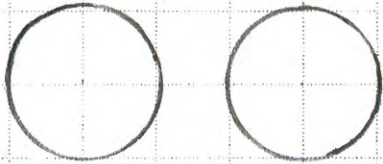
図にまとめると次のようになります。



直進中の車輪の位置

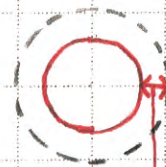
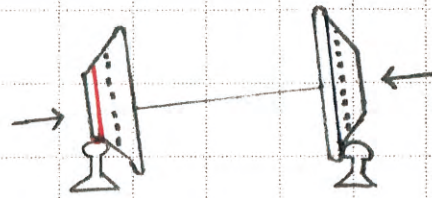


矢印の方向から見ると



左右の車輪の直径は等しい

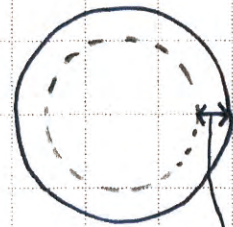
左に曲がる時の車輪の位置



直進時よりも

0.0817mm

小さい



直進時よりも

0.0817mm大きい

だから左右の車輪の直径の差は

$$0.0817\text{mm} + 0.0817\text{mm} = 0.1634\text{mm}$$

#### 4. 感想

今回、いろいろ言周へてみてとてもおどろいたことは、山手線の内側の車輪の直径と外側の車輪の直径にたった0.1634mmの差をつけるだけで脱線を防げるという結論ができたことです。山手線のほんのわずかなたむきが、安全な運行につながっていて金矢道の技術者のおびさを実感しました。また小学校で習った円の計算が社会のさまざまな技術にも使われているのかなと想像するとうれしくなりました。将来自分がどんな職業につくのかまだわかりませんが大人になったときにこまらないように、これからも算数の勉強をがんばろうと思います。

#### 5. 参考にした本

- ① [改訂版] 電車基石講座 矢印のつもとりに石確かな矢言識へ (野元浩、交通新聞社、平成29年)
- ② 全国金矢道路線大全2020・2021 (鼠入昌史、カロス出版、2020年)
- ③ 首都圏新系列電車2020-21 (木本晃彦、編集部、カロス出版、2019年)