# 3D CADと3Dプリンタを用いた鉄道車両の輪軸モデルの設計製作

Design and manufacture of wheel axle model of railway car using 3D CAD and 3D printer

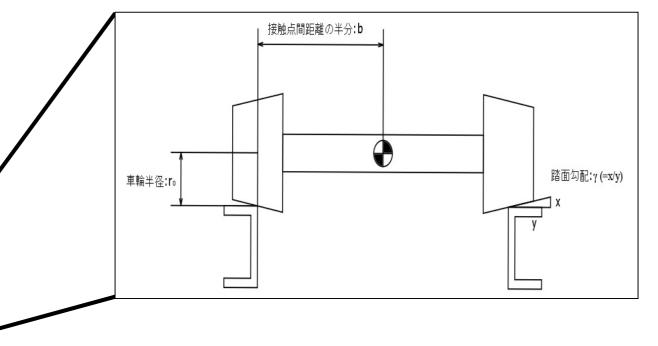
〇捧勇気 石澤光 照井駿磨 (秋田県立大学 システム科学技術学部 機械知能システム学科) 指導教員 教授 富岡隆弘 (秋田県立大学 システム科学技術学部 機械工学科)

### はじめに

なぜハンドルのない列車は曲がることができるのか?

車輪の踏面(レール頭部に接触している車輪の面)が傾斜 しているからである

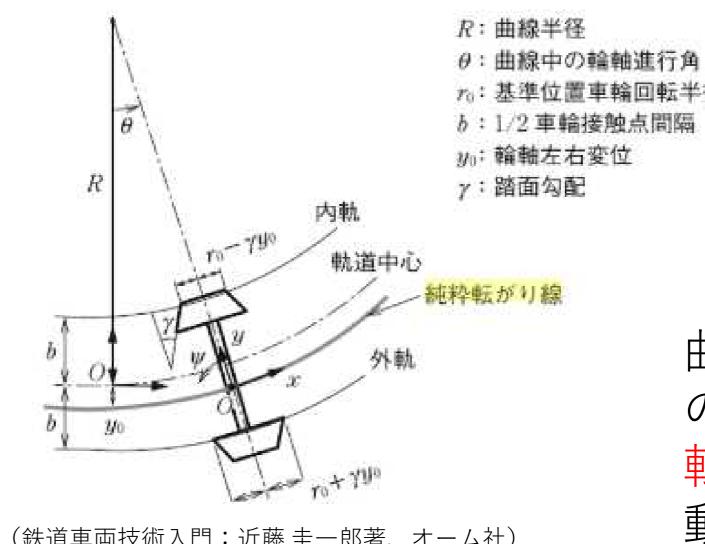




(https://www.jreast.co.jp/train/local/img/e235\_img01.jpg)

ハンドルがあるかのよう綺麗に曲線を曲がることが できるこの働きを"自己操舵機能"と呼ぶ

# 純粋転がり変位



(鉄道車両技術入門:近藤 圭一郎著,オーム社)  $v_L = (R - b)\dot{\psi} = (r_0 - \gamma y_0)\Omega$  $v_R = (R+b)\dot{\psi} = (r_0 + \gamma y_0)\Omega$  $v_L: v_R = (R+b): (R+b)$  $v_L(R+b) = v_R(R-b)$ 

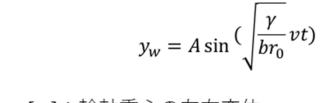
 $(r_0 - \gamma y_0)\Omega \times (R+b) = (r_0 + \gamma y_0)\Omega \times (R-b)$  $-2R\gamma y_0 = -2r_0b$ 

曲線通過時輪軸の中 心は軌道中心を通っ ていない!

曲線を通過する輪軸は左右 の車輪で速度が違い, 純粋 転がり変位は輪軸の左右運 動の平行点である

純粋転がり変位(1)の軌跡 を純粋転がり線という

# 幾何学的蛇行動波長



 $y_w[m]$ :輪軸重心の左右変位 時間はで1回微分

$$\dot{y}_w = A \cos \left( \sqrt{\frac{\gamma}{br_0}} vt \right) \left( \sqrt{\frac{\gamma}{br_0}} v \right)$$

時間tで2回微分

$$\ddot{y}_{w} = -A \sin\left(\sqrt{\frac{\gamma}{br_{0}}}vt\right) \left(\sqrt{\frac{\gamma}{br_{0}}}v\right)^{2}$$

 $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi)$ : 単振動の加速度

 $y = A\sin(\omega t + \phi)$ :正弦波の一般式 正弦波の一般式と比べると

 $y_w = A \sin \left( \sqrt{\frac{\gamma}{br_0}} vt \right)$  における

 $\sqrt{\frac{\gamma}{br_0}}v$ は $\omega$ になる. よって、周期**7**は

踏面が傾斜していると...

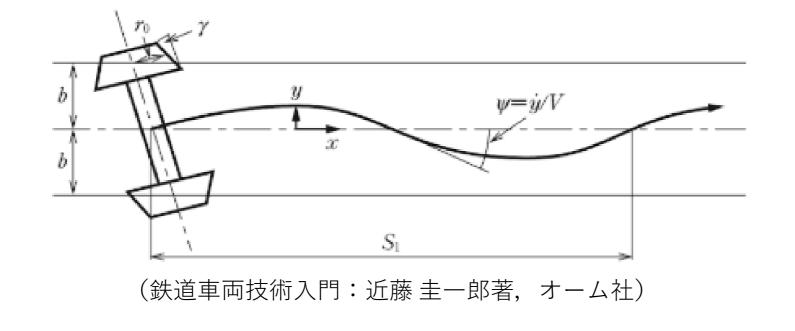
#### メリット

曲線を脱線することなく通過できる デメリット

直線区間で蛇行してしまう

この波長S1を幾何学的蛇行動波長 という

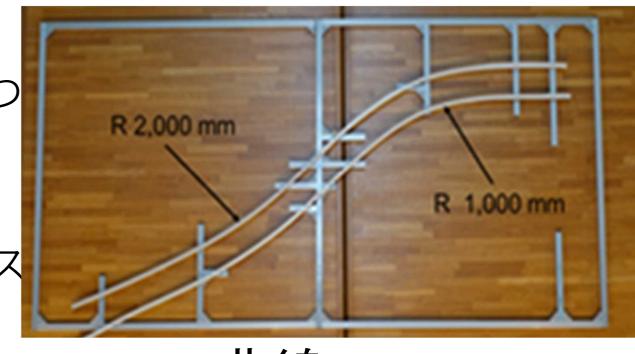
vは走行速度を表し、踏面勾配yの値 が大きいほど波長が短くなり、高い 振動数のだ行動となる



## 実験方法

実験1. 輪軸の曲線通過

- 1. 異なる2つの曲線半径を持つ コースを作製する
- 2. 3種類の異なる純粋転がり 変位を持つ輪軸を1のコース で走行させる
- 3. 式(1)が成立しているか観察する



曲線コース

## 実験2. 幾何学的蛇行動波長の測定

1. 測定用の直線コースを

作製する

2. 3種類の異なる幾何学的 蛇行動波長を持つ輪軸を走行させる

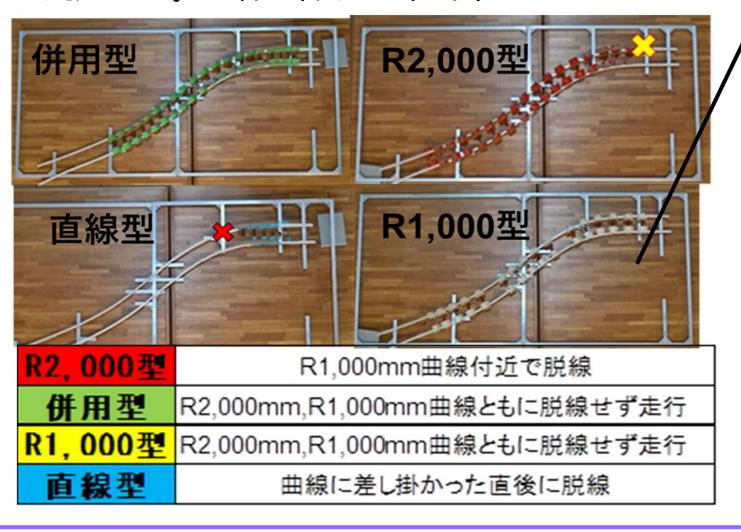
直線コース

3.2の軌跡を動画にて撮影する

4. 撮影した動画を画像処理ソフトImageJにて画像解析を 行い,式(2)が成立しているか測定する

# 実験結果

#### 輪軸の曲線通過 実験 1

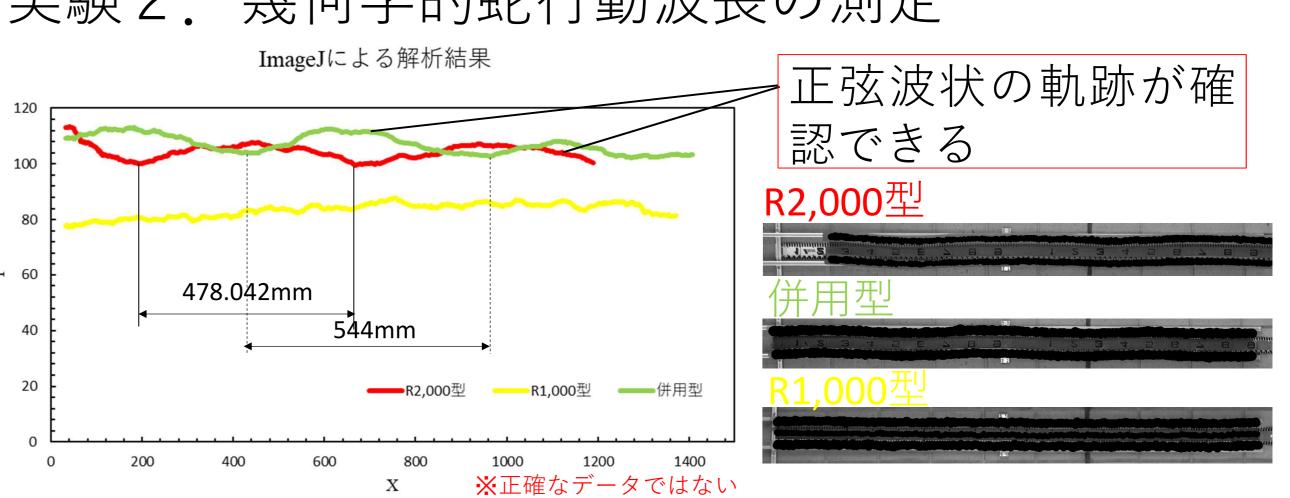


#### OPoint

R1,000型は曲線R2,000 を通過できないと仮定 していた

3Dプリンタでの成形時 にできる車輪表面のス ジが原因か...

# 実験2. 幾何学的蛇行動波長の測定



画像解析での測定方法を確立するまでに多大な時間を要してしまい、各型1つしかデータが得られなかったた め正確な幾何学的蛇行動波長を求めることができなかった なお、グラフにする際、滑らかな曲線データを得るために7点で移動平均をとった

理論値:628.26mm (R2,000型)→実験値:478.02mm (R2,000型)

理論値:544.25mm(併用型)→実験値:544mm(併用型) 理論値に近い値になった 実験結果から併用型の方がR2,000mmよりも波長が大きくなった

# 輪軸の設計

純粋転がり変位

幾何学的蛇行動波長

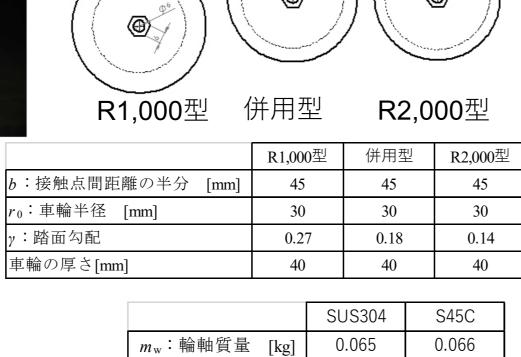
純粋転がり変位の式(1)と幾何学的蛇行動波長 の式(2)より各パラメータを設定

3次元・CADソフトウェア(SOLIDWORKS) を用いて図面及び3次元モデルを設計





R2,000型  $y_g = \frac{45 \times 30}{1000 \times 0.18} = 7.5$  $45 \times 30$  $y_r = \frac{43 \times 30}{1000 \times 0.14} = 9.6$  $y_g = \frac{13 \times 30}{2000 \times 0.18} = 3.8$  $S_g = 2\pi \sqrt{\frac{45 \times 30}{0.18}} = 544.25$ 



## まとめ

- ・併用型は幾何学的蛇行動波長の実験において公式から出した理論値と近 値になった
- ・R1,000型, R2,000型ではプリントの際にできる車輪表面のスジや軸との 締結具合の不良により式(1),(2)が成立するような走行ができなかった可能 性がある
- ・車輪をPLAで作製したため摩擦問題などによる脱線も生じたことから輪軸 とレールの材料による相性が走行性能の変化を生む可能性が考えられる
- ・ 幾何学的蛇行動波長の実験は実験毎の測定結果の差が大きいため見直しが 必要である