

自転車の荷物を置く位置と速さ、安全性との関係

北摂三田高校 人間科学類型 前西翔太

序論

①リサーチクエスションの内容
自転車の荷物をどこに置けば、一番楽、安全なのか。

先行研究と仮説

①先行研究・先行事例

- ・国際基督教大学の文系学生によれば、荷台が安定。
- ・理論スポーツ:パフォーマンスを伸ばす運動理論では重心がポトムブラケットに来ると速い
- ・自動車の重心の求め方

②研究に取り組む意義

- ・自転車の荷物と自転車での走行の関係を見つけ出し、多くの人が自転車を利用する際に参考にできるようにする。

③仮説

- ・安全なのは荷台に乗せた時で、速く運転できるのはリュックに背負ったときである。

ベストアンサー

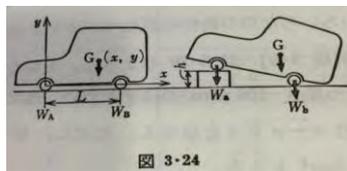
bor*****さん
2017/02/23 14:04

左の図
前輪を中心とするモーメントのつり合い
(WA+WB)x=WBL
x=WBL/(WA+WB)---答え

右の図
車の傾斜: θ
sinθ=h/L
tanθ=h/(L-h)

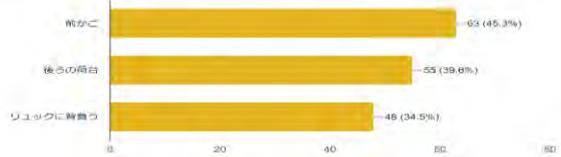
前輪を中心とするモーメントのつり合い
(Wa+wb)(x+y tanθ)cosθ=WbLcosθ
x+y tanθ=WbL/(Wa+wb)
y tanθ=WbL/(Wa+wb)-x=WbL/(Wa+wb)-WBL/(WA+WB)

総重量は変わらないから、Wa+Wb=WA+WB
y tanθ=(Wb-WB)L/(WA+WB)
y=(Wb-WB)L/(L-h) / (h(WA+WB))---答え

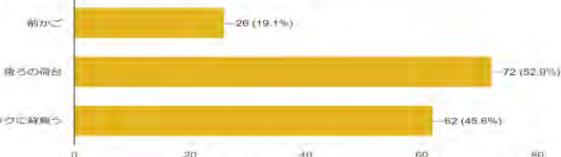


仮説の根拠／研究手法・結果考察 ②

6 自転車のどこに荷物を載せた時に楽に登校できると感じますか。
139件の回答



7 自転車のどこに荷物を載せた時に安全に登校できると感じますか。
136件の回答



場所	前かご	リュック	荷台	荷台前かご	前かごリュック	リュック荷台	全部
時間	39.12	38.345	37.25	37.58	38.695	37.445	41.25

③ 実際の数値を計算する。メジャーと体重計(0.0kg刻み)を用いた。有効数字は2桁とする。

$$\begin{cases} M_1 + m_1 + m_2 + m_3 = 9.0(\text{kg}) & (\text{荷物の重さが計} 9.0\text{kg}) \\ M = 60(\text{kg}) & (\text{人の体重が} 60\text{kg}) \\ M' = 20.9(\text{kg}) & (\text{自転車が} 20.9\text{kg}) \end{cases}$$

よって $m_1 + m_2 + m_3 + M + M' = 89.9(\text{kg})$
また、 $x_1 = 0\text{m}$ とし、 $x_2 = 1\text{m}$ 、 $x_3 = 1.3\text{m}$ 、
 $y_1 = 7\text{cm}$ 、 $y_2 = 7\text{cm}$ 、 $y_3 = 1.0\text{m}$ とする。

④ 重心の位置を計算する。
重心の高さを $h = 0.2\text{m}$ とし、
 $W_A = 3.6 \times 9.8 (\text{N})$ 、 $W_B = 11.8 \times 9.8 (\text{N})$ 、 $W_c = 7.2 \times 9.8 (\text{N})$ 、 $W_d = 13.2 \times 9.8 (\text{N})$ 、
 $L = 1.3\text{m}$ 、 $h = 0.2\text{m}$ とする。
 $x \approx 1.33\text{m}$ 、 $y \approx 0.571\text{m}$

よって荷物を1つの場所に加えるときはその場所に9.0kg 加え、
2つの場所に加えるときはそれぞれ4.5kg 加え、
3つの場所に加えるときはそれぞれ3.0kg 加えることで(7)の位置で重心の位置は以下になる。単位はm。

荷物追加場所	前かご	リュック	荷台	前かごリュック	リュック荷台	全部
重心の位置	(0.0, 0.0)	(1.1, 0.9)	(1.1, 0.9)	(1.1, 0.9)	(1.1, 0.9)	(1.1, 0.9)

先行研究よりペダル軸の辺り(原点からx軸方向に1.0m)に重心がある
速くなると思われるので、速さの面では
「前かご・リュック」 または 「荷台・前かご」が良い。

また、低重心であるほど安定すると思われるが重心のy座標は全て等しいので(仮定が明か)
安全性の面ではどれも同じ。

仮説の根拠／研究手法・結果考察 ①

研究手法

1. アンケート→主観的な面から答えを出す
2. 実際に実験する→主観的、客観的な面から答えを出す
3. 計算をして求める

実験方法(2)

※荷物をリュックまたは袋またはかばんに入れ、計6.0kgになるようにして、それを前かごに入れる、背負う、荷台にくる、の組み合わせ計7通りを二回ずつ検証する
i 速さの測定について。

※のそれぞれにおいて時間を計測して平均をとる。

ii 安全性について

※のそれぞれにおいて、アプリで自転車の揺れを計測。

・上記の実験において荷物の位置以外には変えない。

・また、安全に配慮して行う。

実験方法(3)

先行研究を用いて自転車の重心を求めた後、重心の公式を用いる。
その後実測した数値を代入する。

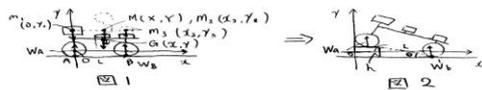


図1、2のように図1の状態を前輪の中心が原点となるように、y-x座標系をとる。

① まず図1の状態を自転車の2つの重心を考える。
前輪(点A)、後輪(点B)にそれぞれ W_A 、 W_B の垂直抗力がかかる。A点長さは L とする。
次に図2のように前輪を原点とした座標系で前輪、後輪にそれぞれ W_A 、 W_B の垂直抗力がかかる。
よって図1の状態の重心を $G(x, y)$ とすると、重心に自転車の全重量がかかるがはさく考えられる。

図1において前輪を中心とするモーメントのつり合いを考えると、
(WA+WB)x=WBL かつ $x = \frac{WBL}{WA+WB}$... (1)

図2について傾斜をθとすると $\sin\theta = \frac{h}{L}$ 、 $\tan\theta = \frac{h}{L-h}$... (2)
前輪を中心とするモーメントのつり合いを考えると、重心のy座標の高さは y である。
傾斜角θがtanθとなり、傾斜角のつり合いは $W_b L \cos\theta$ 。
(WA+Wb)(x+y tanθ)cosθ=WbLcosθ

よって $x+y \tan\theta = \frac{W_b L}{WA+W_b}$
(1)式より $y \tan\theta = \frac{W_b L}{WA+W_b} - \frac{W_b L}{WA+WB} = \frac{W_b L}{WA+WB} - \frac{W_b L}{WA+WB}$
よって $y = \frac{(W_b - W_B)L}{(WA+WB)h}$... (3)

(1)、(3)から自転車の2つの重心の位置は $(\frac{W_b L}{WA+WB}, \frac{(W_b - W_B)L}{(WA+WB)h})$... (4)

② 図1の状態で自転車を加えたときの重心の位置を考える。
荷物を加えたときの重心 $G'(x', y')$ とし、物体の位置を次のようにとる。

物体	質量	位置	注
(1)前かごの荷物	m_1	(x_1, y_1)	ただし、この2つの物体は
(2)リュックの荷物	m_2	(x_2, y_2)	密度が一定である。
(3)荷台の荷物	m_3	(x_3, y_3)	自転車人、荷物全体を1つの物体として
(4)人	M	(X, Y)	考え、その物体の重心である。

また、自転車自体は①の考えより、自転車人、荷物全体を1つの物体とする。
(X, Y) がある点であると考えられる。質量は M' とする。

重心 (x_G, y_G) は、質量 m_1, m_2, m_3, \dots の物体の重心
座標 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots$ の位置にあるとき
 $x_G = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$ 、 $y_G = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$... (5)

$$x' = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + M X + M' X}{m_1 + m_2 + m_3 + M + M'} \dots (6) \quad y' = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + M Y + M' Y}{m_1 + m_2 + m_3 + M + M'} \dots (6)$$

よって図1より (1)、(2)、(3)、(4) はほぼ同じ高さにあると考えられるので

$y_1 = y_2 = y_3 = Y$

また図1より (2)、(4) はほぼ同じ位置にあると考えられるので

$x_2 = X$

また図1より $x_1 = 0$ よって(1)の位置は $(0, Y)$

これらを代入すると、(5)、(6)は

$$x' = \frac{(m_2 + m_3)x_2 + m_3 x_3 + M X + M' X}{m_1 + m_2 + m_3 + M + M'} \dots (7) \quad y' = \frac{(m_1 + m_2 + m_3 + M) Y + M' Y}{m_1 + m_2 + m_3 + M + M'} \dots (8)$$

【参考文献】

- バイクで最もスピードの出る重心の位置を理解する | 理論スポーツ:パフォーマンスを伸ばす運動理論 (rkyudo-sports.com)
- 【至急】写真のように車間距離Lの自動車を水平に置いた場合の前輪、後輪部... - Yahoo!知恵袋
- 力学の問題です。- 自動車の重心の位置を求めるために、前輪と後輪... - Yahoo!知恵袋
- World of Physics (icu.ac.jp) (国際基督教大学 学生)
- 前後輪重心比5:5 - Takuro Uesaka's Official Website (jimdofree.com)
- 重心-高校物理をさきならぬ前に | 高校物理をさきならぬ前に (yukimura-physics.com)