

自転車段差を上がる時の限界角度
～斜めから段差に進入するときの限界角度を調べる～
井艸一陽 星野明晴 吉井青生
群馬県立高崎高等学校

要旨

本研究では、自転車を段差に対して角度をつけて、乗り上げるとき、乗り上げられる限界の角度を調査した。段差を木の板で作成し、それに対して、角度を変えて実際に自転車で乗り上げる。そのときの自転車の速度などを測定しながら、限界の角度を見つける。また、限界角度が段差と車輪の摩擦力の違いによって変わるかもしれないことに着目し、段差と車輪を濡らして、対照実験を行った。その結果、限界角度が大きくなったため、摩擦力が小さくなると、限界角度が大きくなることが示唆された。最後に、段差をコンクリートで作成し、実際の道路をできるだけ再現して実験すると、段差をのぼれる限界角度は、8度付近で、段差が濡れているときは、11度付近であることが示唆された。

1.はじめに

1.1 研究全体の目的

自転車で車道を走っていて、歩道に登ろうとするとき、段差と車輪が垂直ではなく、斜めに当たると乗り上げられず、転倒してしまうことがしばしばある。先行研究では、段差での衝撃は、鉛直方向の加速度で比較できる、段差を通過するときの速度が速くなると、衝撃が大きくなるとされていた。しかし、段差に対して、垂直に衝突する研究であったので、本研究では、段差に対して角度をつけて、衝突するときについて考察し、その限界角度を求め、自転車で安全に段差を乗り上げられる角度を見つけることを目的とした。

1.2 研究の仮説

角度が小さくなるほど段差を登りにくくなるだろう。また、濡れているときのほうが濡れていないときよりも限界角度は大きくなるだろう。

2.実験

2.1 実験1

段差への進入角度と衝突時の速度の関係

2.1.1 仮説

進入角度が小さいほど段差を登りにくくなるだろう

2.1.2 方法

使用器具として、子供用自転車、段差用の木板（高さ5cm）、坂用の木板、スマートカートを使用した。坂用の木板を階段に立てかけ、坂上に人が乗った自転車を乗せ、ブレーキをかけて静止させる。その後、ブレーキをかけるのをやめて坂を下りながら加速し、坂を下り終わったあとに段差に衝突する。これを進入角度を変えてそれぞれ5回ずつ行い、その時の水平方向と鉛直方向の加速度をスマートカートで測定して、加速度から速度を求めた。



図1 自転車で坂を下り、段差を
乗上げる実験



図2 段差との角度 90
度(左写真)
段差の角度 45 度(右写
真)

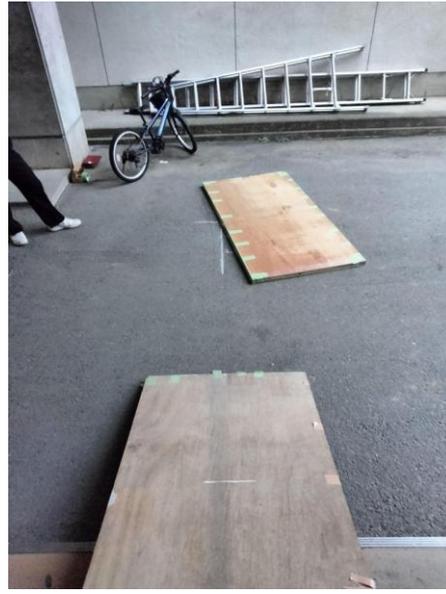
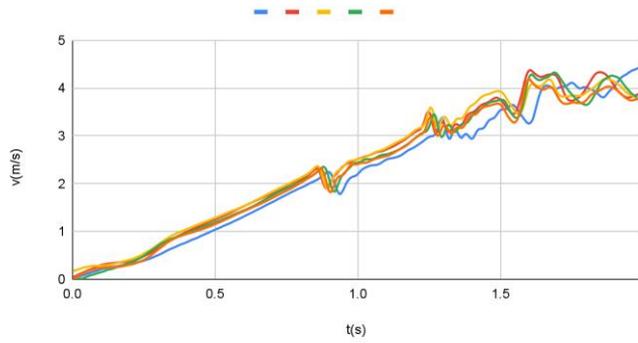


図3 段差の角度 23 度
(左)
段差の角度 11 度(右)

2.1.3 結果

90度水平方向の時間と速度



90度y軸(鉛直)方向の時間と速度

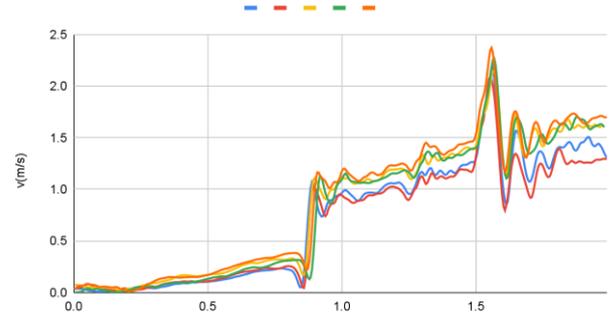
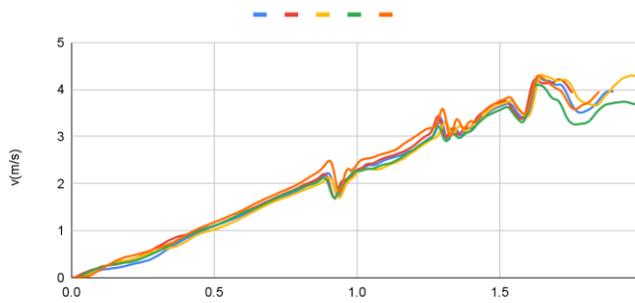


図4 段差の角度 90 度のときの水平方向の速度 (左) 鉛直方向の速度 (右)

45度水平方向の時間と速度



45度鉛直方向の時間と速度

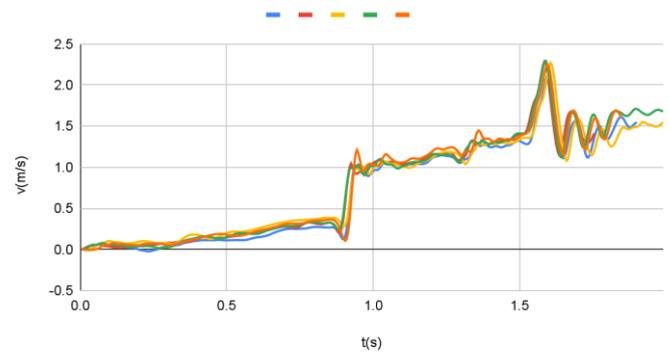
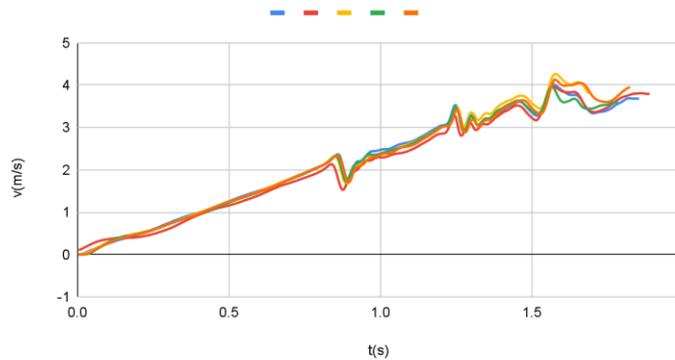


図5 段差の角度 45 度のときの水平方向の速度(左) 鉛直方向の速度 (右)

23度水平方向の時間と速度



23度鉛直方向の時間と速度

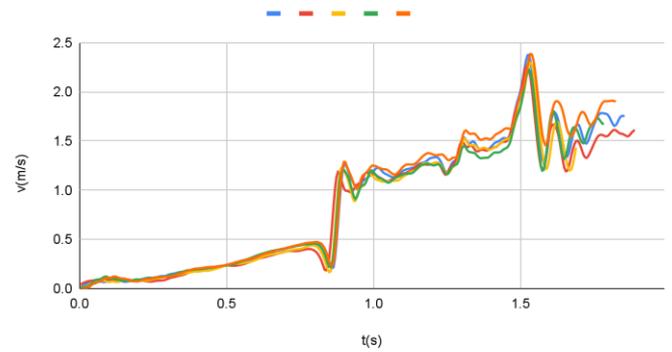


図 6 段差の角度が 23 度のときの水平方向の速度 (左) 鉛直方向の速度 (右)

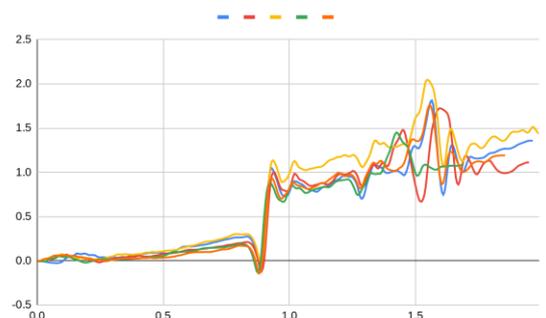
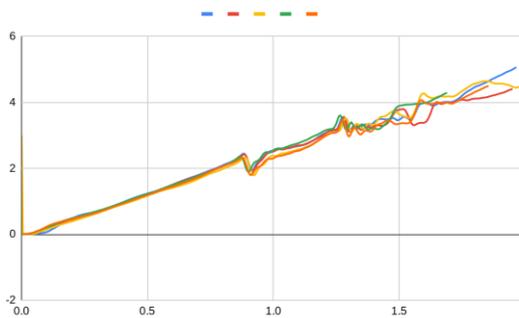


図 7 段差の角度が 11 度のときの水平方向の速度 (左)鉛直方向の速度 (右)

図 8 実験の結果

角度	段差を乗り越えた確率(%)
90 度	100
45 度	100
23 度	100
11 度	46
5 度	0

2.1.4 考察

図 4～8 から分かる通り、水平方向の速度は、どれもほぼ等しいため、対照実験になっていると考えられる。また、鉛直方向の速度のグラフで、0.7～1 秒付近で、速度が急激に大きくなっているところが段差を乗り越えた瞬間だと考えられる。

よって、乗り越えるときの速度は平均して、8～9km/h であり、その速度だと角度が大きい方が乗り越えやすい。また、乗り越えることができなかつた原因として、タイヤの車輪が段差の側面で滑ること、つまり、段差と車輪の間の摩擦力が大きく影響していることが考えられる。このことを確かめるために、実験 2 を行った。

2.2 実験 2

段差と自転車、周辺を濡らして、段差を自転車で乗り上げる

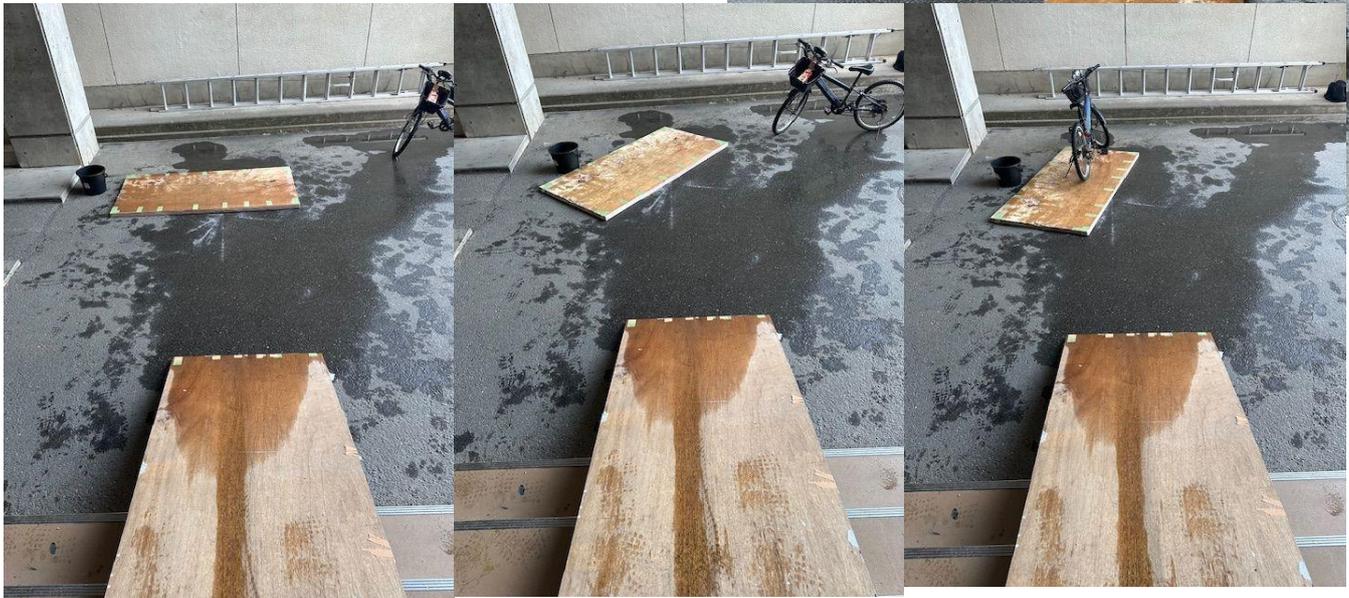
2.2.1 仮説

実験 1 のときより、大きい角度が限界角度になる。

2.2.2 方法

段差と自転車、自転車が通る道に大量の水をかけて、それ以外の条件は、実験 1 と同様にすることで、実験 1 との対照実験を行った。また、水は、段差を上るごとに毎回かけたので、水の量に差はないものとした。そして、限界角度を調べるために、角度を少しずつ大きくして、乗り上げることができない角度を見つける。

図 9 実験の様子



2.2.3 結果

図 10 濡れた段差 左から 90 度、45 度、23 度

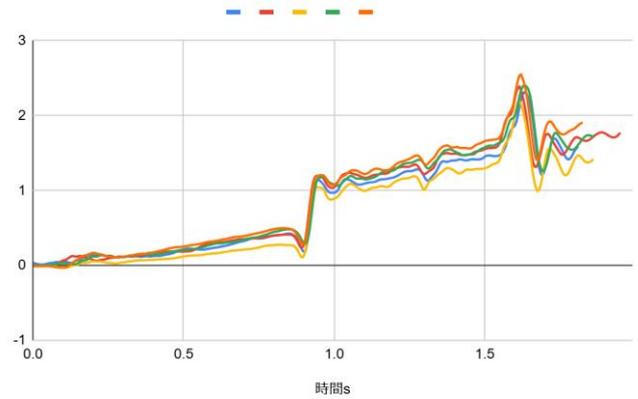
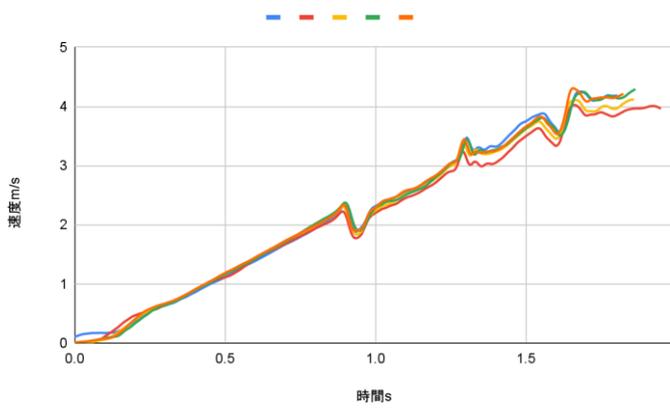
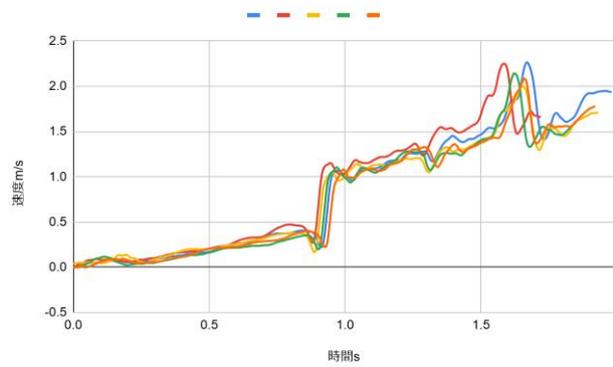
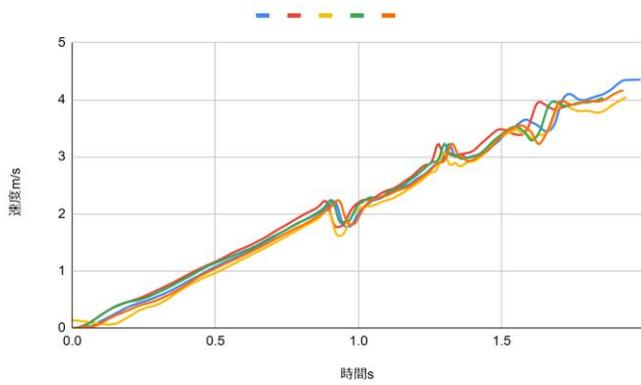


図 11 段差の角度が 90 度のときのの水平方向の速度 (左) 鉛直方向の速度 (右)

図 12 段



差の角度が 45 度のときのの水平方向の速度 (左)

鉛直方向の速度 (右)

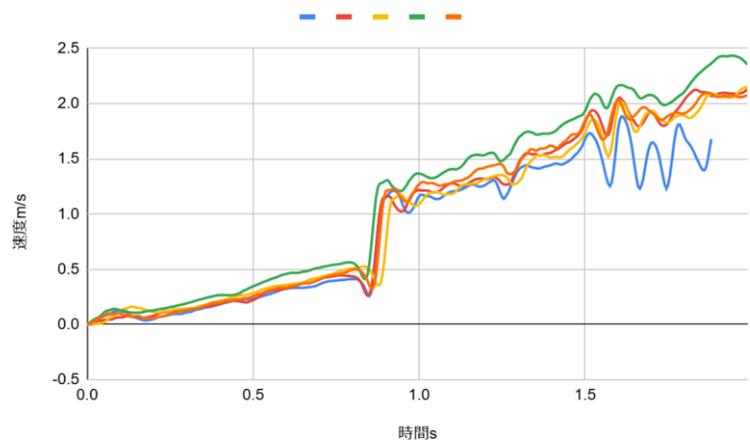
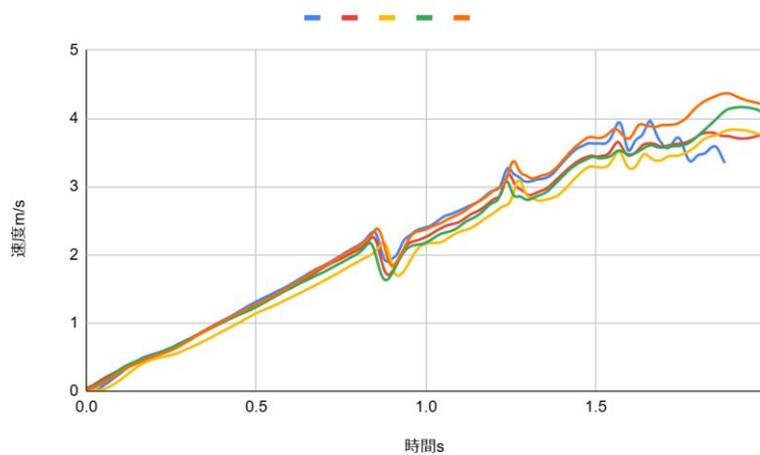


図 13 段差の角度が 23 度のときのの水平方向の速度 (左) 鉛直方向の速度 (右)

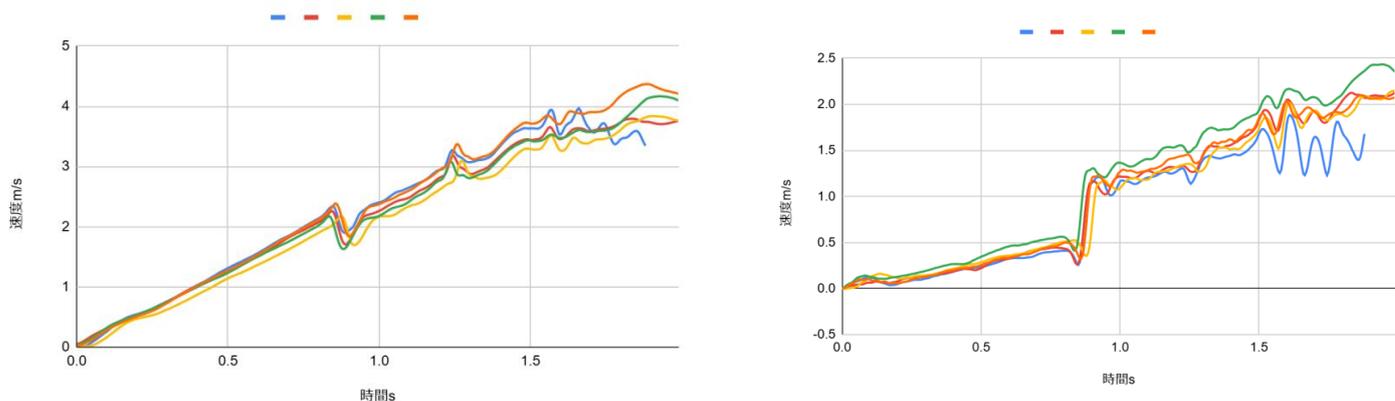


図 14 段差の角度が 11 度のときのの水平方向の速度 (左) 鉛直方向の速度 (右)

段差の角度	段差を乗り越える割合(%)
90 度	100
45 度	100
23 度	100
18 度	0
11 度	0

2.2.4 考察

濡らしていないときと比べて、速度はほとんど変わっていないことがわかるが、段差を乗り越える限界角度は大きくなったので、段差を乗り越えるときに摩擦力は大きく影響することが考えられる。そして、雨の日での、濡れた段差はできるだけ角度を大きくしたほうがよいだろう。しかし、実験 1,2 は、段差を木の板で再現したため、実際の道路のコンクリートの段差では、限界角度が変わるのかもしれない。このことを確かめるために、実験 3 を行った。

2.3 実験 3

段差の素材と段差を乗り越える成功率の関係

2.3.1 仮説

木板よりコンクリートの段差のほうが乗り越える成功率が高い。

2.3.2 方法

実験 1 実験 2 を段差をコンクリート素材のものに変えてもう一度行い、二つの段差を乗り越える成功率の違いを調べた。



図 15 コンクリートの段差 11 度(左) 90 度(右)

2.3.3 結果

段差の角度	木板の段差を乗り越えた割合(%)	濡れた木板の乗り越えた割合(%)	コンクリートの乗り越えた割合(%)	濡れたコンクリートの乗り越えた割合(%)
90 度	100	100	100	100
45 度	100	100	100	100
23 度	100	100	100	100
18 度	46	0	100	80
11 度	0	0	80	0
8 度	0	0	0	0

2.3.4 考察

コンクリートの段差も乗り越える割合では、木の板の段差と同じような傾向が見られたので、やはり、角度を小さくすると、自転車は段差を乗り越えづらいのだろう。また、実際の段差の限界角度は、木の板と異なり、8 度付近であることが考えられる。

3 まとめ

3.1 結論

自転車で段差を斜めから上がるときの、限界角度は、段差がコンクリートの場合は、8度付近で、木の板の場合は、11度付近であり、雨の日など、車輪や段差が濡れているときは、限界角度が大きくなることが考えられる。

3.2 今後の展望

今回の研究では二方向の速度を用いて比較したが、三方向の速度を用いることで、より深く理解されることが期待される。また、速度を変数にして実験を行い調査すると、日常生活により活かせるだろう。

謝辞

群馬県立高崎高等学校の教諭の岡田直之先生、QST 高崎サイエンスフェスタ等の外部発表での多くの講師の方々に様々な助言を頂きました。心より感謝申し上げます。

参考文献

「自転車走行時の車体および人体への段差の影響」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jergo/43spl/0/43spl_0_126/_pdf

衝撃を抑制する段差の形状

<http://www.taka-ichi-h.ed.jp/img/R01-14.pdf>