

ラグの本数による締め固め効果の考察

高槻高等学校 2年GSコース 物理5班

研究の目的

月面ローバなどの論文を読み、地面の締め固め効果によりスタックを起こしづらく安定して走行することが分かった。締め固め効果に有意な車輪のラグの本数を調べるために以下の実験を行った。

研究の仮説

ラグの本数が増える程、砂を押すことによる推進力が増し、スタック(空回り)は防がれる。

結論

ラグの本数が少ない方が締め固め効果が強くなり、スタックも起こりづらい。

実験方法

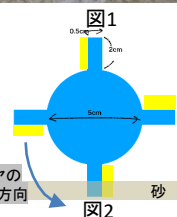
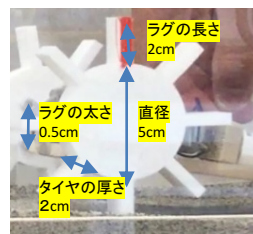
・水槽に直径1mmの真砂を高さ8cmまで入れ、真砂の高さを一定にし、その上から200gの重りで一度地面を固める。
・タイヤはそれぞれ3Dプリンターにて制作した4, 5, 6, 7, 8本のラグがついた5種類のタイヤ(それぞれ重さは約21g)を装着して車を走らせる。タイヤの直径とラグの大きさは右の図1のものを使用した。尚、ラグとラグの間隔は等しい。また今回は車の走行性ではなくタイヤの性質に注目がしたかったため、前輪(モーター付き)のみラグ付きタイヤを使用し、後輪(動力源なし)はラグがない直径が5cmのタイヤをすべての実験において装着した。

〈実験1〉

今回の実験では常にラグは1本のみが地面に刺さっている(刺さっているラグが交替する瞬間は一瞬であるため、この実験においては考慮しない。)ものとし、整地した砂上を走らせる。その様子をビデオで記録し、タイヤが2回転する秒数を計りタイヤが1回転する周期を求め、さらにその値をラグの本数で割ることで**1本のラグが地面に埋まっている秒数**を出す。それを各タイヤごとで5回ずつ行い、その記録をもとに平均を出して考察を行う。

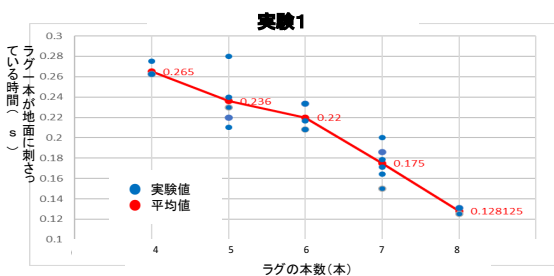
〈実験2〉

ラグに両面テープを図2の黄色部につけ整地した砂上で車両を一度走行させ各ラグの一番深く刺さった長さを計測し平均を出した。

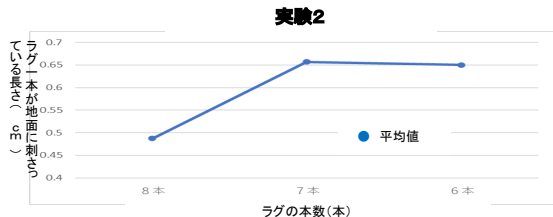


実験結果

考察



実験1の結果、上のグラフのような結果となり各実験の平均値を結んだ線(-)より、ラグの本数が増えるほどラグ1本あたりの地面に刺さっている時間は短くなることが分かった。



実験2の結果上のグラフのようになり、7本と6本ではほとんど差が見られなかったが8本と7本では7本のほうがより深く刺さっていることが分かった。尚4本と5本ではラグとラグの間に砂が残ってしまい、正確に計測できなかったため、今回は除外する。

実験1の結果より、ラグの本数が少なければラグ1本が地面に刺さっている間にラグにかかる車体の重量からの力が大きくなると考えた。そのことから、ラグの本数の違いによって刺さるラグの長さが変わるのではないかと考えて実験2を行った。

実験2の結果と昨年の研究において、重量の重い車体の方が轍が深くなり締め固め効果が強くなるということより、ラグの本数が少ない方がラグ1本あたりにかかる力が大きくなり、より締め固め効果が強くなっていると考えた。

また、締め固め効果が強い方がスタックを起こしづらいのでこれらより、本数が少ないラグの方が、スタックを起こしづらい軟弱地盤走行に適しているタイヤであると考えた。



左図のように車の推進力はラグが砂を押すときの砂からの反発力であると考えられる。この際、ラグが深くまで刺さることで、多くの砂を押すことができ大きい推進力が得られると考えた。

またラグは回っているのを砂を斜めに持ち上げようとし、ラグの刺さる深さが浅いと車を進めるのに十分な推進力に相当する砂からの反発力が得られない。そのため、その場で空回りしてしまいスタックを起こしてしまうのではないかと考える。

ラグがしっかりと地面に刺さる方がより大きな推進力を与えられるが、モーターなどの動力源が回すことのできる限度を超える力で刺さると、進まなくなってしまうので動力源の馬力も考慮しなければならない。

ラグの本数は多い方が車体全体の揺れは小さくなっている。このことより実際の探査機や軟弱地盤を走行する乗り物などは、**車体本体**の安定性を優先するためにラグの本数が多いと考えられる。また、先ほども述べたように重量があればある程度スタックの抑制につながる。したがって探査機や軟弱地盤を走行する乗り物などは、ある程度は自身の重量でスタックを防いでいると考えられる。(もちろんこの際もスタックは発生しているが)

参考文献

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmermd/2012/0/2012_1A2-I10_1/_pdf

ラグの垂直貫入機構を有する軟弱地盤走行用車輪の開発

http://www.union-services.com/sst/sst%20data/1_49.pdf

軟弱地盤走行のための月面探査ローバ用走行系検証

今後の課題

タイヤのラグが地面に与える力を数値化し、比較できるようにしたい。また、3Dプリンターを用いてラグの長さ、幅を変えて実験する。水平な砂地上だけでなく、傾斜をつけたり、水で湿らせた地面の上でも走行させたい。