

タイヤの形状と静音性の関係

宮城県仙台第三高等学校 理数科

はじめに

旅行、出張などで多く用いられるスーツケースだが、騒音という大きな欠点を抱えている。そこで私達はスーツケースなどに用いられるタイヤに着目した。タイヤの形状によって静音性がどのように変わるのかを検証した。ハニカム構造という構造に焦点を当て、3D プリンターでタイヤを作成し、凹凸のある面の上で走らせ、生じた音圧を測定して比較した。結果、台車の重さを重くしていくにつれて、通常のタイヤよりもハニカム構造のタイヤの音圧が小さくなった。しかし、小さくなったと言っても1~2dB程度であり、また台車の重さや速さなど課題が残り、より本来の状況に近い、かつ正確な実験が求められるということが分かった。

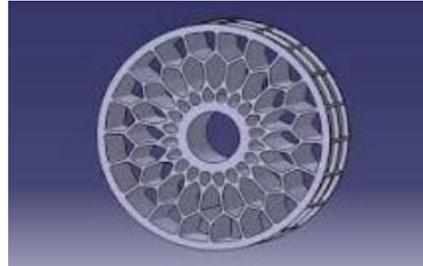
1 背景と目的

スーツケースにはキャスターが取り付けられていて、持ち運びに便利である。しかし、騒音による使い勝手の悪さが大きな欠点である。そこで我々はその騒音を削減する方法について模索しようと考えた。近年、自動車のタイヤは様々な形状のものが開発されており、中には騒音を削減できるとして注目されているものもある。それらをスーツケースのキャスターとして再現することで、十分な静音性を確保できると考えた。具体的には構造を変えることで音を6dB減少させることを目標とした。

2 仮説①

タイヤに空洞を作ることによって、衝撃吸収性が増し、質量が軽くなるため静音性が上がる。という仮説を立てた。そこで、タイヤにハニカム構造を導入することで最も効率的に騒音を削減できると考えた。ハニカム構造とは、平面に正六角形を敷き詰めた構造のことである。全て同じ形状で平面充填が可能なのは、三角形、四角形、六角形の3つであるが、外周の長さが等しい場合、1個あたりの面積が最も大きくなるのは六角形であり、最も効率よく空洞を作ることが可能である。

図1 ハニカム構造のタイヤ(設計時)



3 実験①

・材料

3D プリンター

ノーマルタイヤとハニカムタイヤ

(直径 6.0cm、厚さ 1.5cm)

騒音計

台車(Lego 製、345g)

滑車

重り(500g,1000g,1500g)

コース

(大型の木の板に Lego のボード(25cm)を取り付ける)

図2 ノーマルタイヤ



図3 ハニカムタイヤ

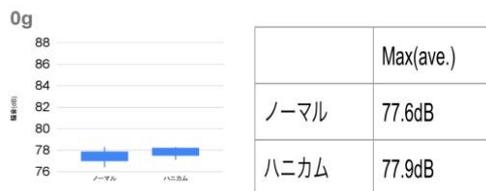


・実験方法

3D プリンターでタイヤを作成、台車に取りつける、台車の上に騒音計を取り付ける(下図) 台車に繋いだ紐の先端に重りを取り付け、台車を Lego のボードの上で走らせる。 生じた音を騒音計で測定 これらの手順を 10 回繰り返す

4 実験①の結果と考察

10 回分の音圧を箱ひげ図に表すと、
図4



箱ひげ図より、ノーマルタイヤとハニカムタイヤの音圧の分布及び平均値にあまり差はなく、少々ハニカムタイヤの方が音圧が大きいということが読み取れる。

要因として、ハニカム構造にしたことで質量が減少し、安定性が低下し跳ねやすくなったことと、空洞を作ったために空洞内で音が反響してしまうことが考えられる。

5 仮説②

前述の考察にて、質量の減少による安定性の低下が考えられたので、台車の重量を増やすことで安定性の増加、かつハニカム構造の衝撃吸収性によってハニカムタイヤの方が静音性が発揮されるという仮説を立てた。

6 実験②

・実験方法

台車に重り(500g、1000g、1500g)を載せる。 実験①と同じ方法で台車を走らせ、生じた音圧をそれぞれ 10 回計測する



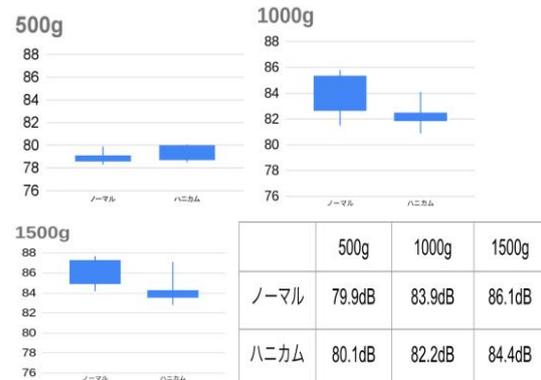
1000g

1500g

↑ 図 5 重りを使った台車

7 実験②の結果と考察

測定した音圧を箱ひげ図に表すと、
図 5



表の値は平均値である。

500g の重りを載せた時はあまり音圧の分布に差は無いが、1000g、1500g と重りを重くしていくうちに、ハニカムタイヤの方が音圧の分布が小さくなり、かつ値の散らばりも小さく、より安定した構造であると言える。平均値も 1500g の時は 1.7dB ほど小さくなっている。このことから、台車が重くなるにつれて、ハニカム構造の静音性が発揮されると考えた。

8 結論

二回に渡る実験で、ハニカム構造のタイヤを用いることによって生じる音圧を減少させることには成功したが、それはある程度車輪に荷重がかかっている場合であり、低重量の場合では安定性が低下し、かえって音圧が大きくなってしまふことがあるというのが分かった。

9 課題、今後の展望

今回の探究活動で、ハニカム構造のタイヤによって生じる音圧を減少させることには成功したが、6dB 減少させるという目標は達成できなかった。目標達成のためには、タイヤ内部の音の反響について仮説を立て、検証する必要がある。それに加え、実験回数を増やしデータの正確性を高めることや、スーツケースにタイヤをつけて実験したり、速度を人間の歩行速度に合わせたりして、より実際の状況に近い状態で実験することが今後の展望である。

参考文献

- ・エアーレスタイヤ(ミシュラン)

https://engineer.fabcross.jp/archive/190614_unique-puncture-proof-tire-system.html

- ・未来のタイヤ

<https://blog.reira-sports.com/?p=6354>