

缶サットにおける有効な衝撃吸収

3518 高垣 拓斗

3503 伊藤 大翔

要旨

私たちは、昨年度と今年度「缶サット甲子園 近畿地方・和歌山大会」に出場した。缶サット甲子園とは缶サイズの模擬人工衛星をモデルロケットに搭載して打ち上げ、空中で放出された模擬人工衛星が落下してくる最中に様々なミッションをこなす大会である。その際に、缶サット内部のコンピューターを守るために衝撃吸収が重要であることを知った。そこで、ミッションを行う上で妨げにならない、最も軽く体積の小さな衝撃吸収のための素材と方法を見つけることを目的として実験を行い、より多く、より細かい穴を持つ素材が良いということが分かった。

1. 目的

缶サットに搭載される小さなコンピューターを衝撃から守るために最も軽く体積の小さな衝撃吸収のための素材と方法を見つけること。

2. 仮説

空気を多量に含むことができるため、細かい穴を多く持つ素材、構造が最も有効である。有効であるとは小さな体積、質量で衝撃を吸収できることとする。

3. 実験 I 素材に関する実験

3-1. 使用した器具・装置

- ・ 500ml ペットボトル
- ・ ゆで卵
- ・ メラミンスポンジ(上蓋)
- ・ スポンジ{ソフト, ハード, メラミン}(底蓋)
- ・ 高発泡ポリエチレンシート(底蓋)
- ・ 発砲スチロール(底蓋)

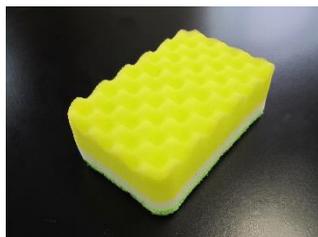


図1 ソフトスポンジ



図2 ハードスポンジ



図3 メラミンスポンジ



図4 発砲スチロール

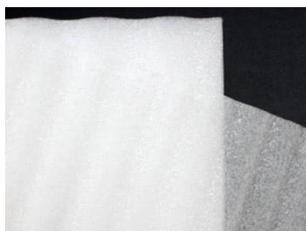


図5 高発泡ポリエチレンシート

3-2. 研究・実験の手順

- ① 500ml ペットボトルから高さ 10 cmの円柱を切り出すように、底部と上部を切り取る。
- ② ペットボトルの切り口と同じ大きさで上蓋と底蓋を作る。
- ③ 底蓋→ゆで卵→上蓋の順でペットボトルに詰める。このとき、底蓋は半分ほど出しておく。
- ④ 第一校舎と第二校舎をつなぐ3階の渡り廊下(地上より高さ 9.3m)より、それぞれ3回自由落下させる。



図6 実験装置

3-3. 結果

表1 素材に関する実験

	1	2	3
ソフトスポンジ	×	×	×
ハードスポンジ	×	×	×
メラミンスポンジ	○	○	○
高発泡ポリエチレンシート	×	×	×
発泡スチロール	×	×	×

○…卵は割れなかった

×…卵は割れた

3-4. 考察

最も細かい穴が多く開いていたメラミンスポンジが、最も優れた衝撃を吸収する効果を発揮したことが分かる。細かな空気穴が多く空いているほうがより衝撃を吸収できると考えられる。

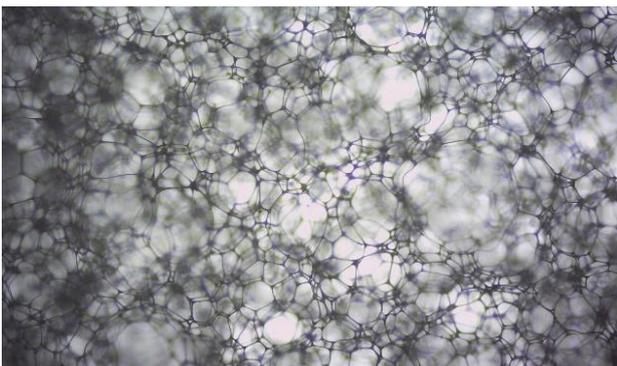


図7 メラミンスポンジ
(対物レンズ 倍率 10倍)

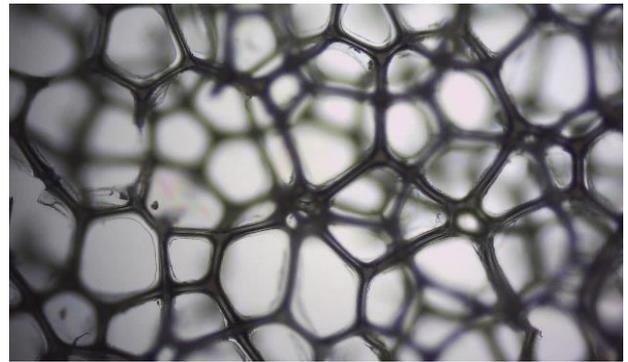


図8 ソフトスポンジ
(対物レンズ 倍率 10倍)



図9 ハードスポンジ
(対物レンズ 倍率 10倍)

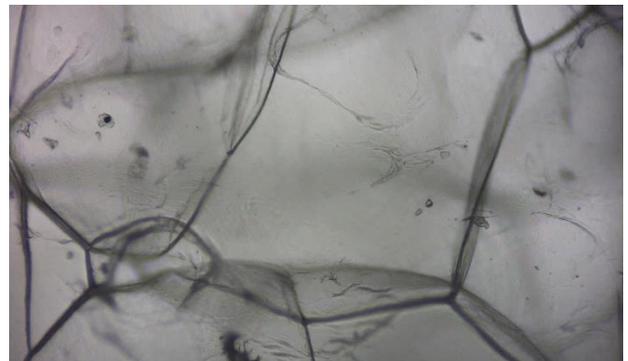


図10 高発泡ポリエチレンシート
(対物レンズ 倍率 10倍)

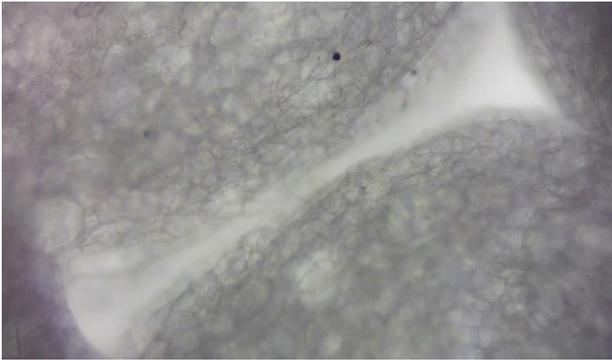


図 11 発泡スチロール
(対物レンズ 倍率 10 倍)

4. 実験Ⅱ 詰め方に関する実験

4-1. 実験材料

- ・ 500ml ペットボトル
- ・ ゆで卵
- ・ コピー用紙
- ・ メラミンスポンジ

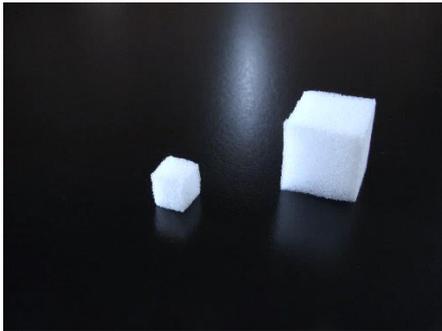


図 12 角切りしたメラミンスポンジ
(左 1 cm 角 右 2 cm 角)

4-2. 実験方法

- ① 画用紙から半径 2.3 cm の円を 2 つ切り取り、上蓋と底蓋とする。
- ② メラミンスポンジを 1 cm 角と 2 cm 角に切る。
- ③ 実験Ⅰで使用したペットボトルの底部に、①で作成した円を一枚貼り付ける。
- ④ ペットボトルに②で作成したスポンジとゆで卵 1 つを詰める。
- ⑤ 渡り廊下より、それぞれ 3 回自由落下させる。

4-3. 結果

表 2 詰め方に関する実験

	1	2	3
メラミンスポンジ(未加工)	○	○	○
メラミンスポンジ 1 cm 角	×	×	×
メラミンスポンジ 2 cm 角	×	×	-

○…卵は割れなかった。

×…卵は割れた。

- …未実験

メラミンスポンジ 2 cm 角切りの実験の際、2 回目に卵の黄身が飛び散りメラミンスポンジについてしまった。そのため 3 回目の実験ができなかった。しかし、3 回目の結果が○と×のどちらであっても最も結果が良いのはメラミンスポンジだといえる。

4-4. 考察

隙間を作ると衝撃吸収の効果を発揮しないことが分かった。大きな隙間ができることにより、内部の物体の運動が大きくなることが原因であると考えられる。

5. 実験Ⅲ 力積を求める実験

5-1. 実験の目的

実験Ⅰ、Ⅱは衝撃を吸収したかどうかの基準が、卵が割れたかどうかのみである。力積という量で衝撃を表すことができるので、それを求めることで、どれくらい衝撃を吸収できたかを定量的に比較しようと考えた。

5-2. 実験材料

- ・ 500ml ペットボトル
- ・ おもり 300 g
- ・ スポンジ{ソフト, ハード, メラミン}(底蓋)
- ・ 高発砲ポリエチレンシート(底蓋)
- ・ 発砲スチロール(底蓋)

5-3. 実験方法

- ① 実験Ⅰで使用したペットボトルの底部に、

実験Ⅱで作成した円を一枚貼り付ける。

- ② 底蓋→おもりの順でペットボトルに詰める。
- ③ 渡り廊下からそれぞれ落下させ、動画を撮影し、跳ね返った高さを求める。

以下は力積を計算する手順である。

- ④ 自由落下した物体が跳ね返る高さは、はじめの高さの e^2 倍になるので、③で測定した、跳ね返る高さを利用して、落とす物体と地面の間の反発係数 e を求める
- ⑤ 物体が地面と衝突するとき、衝突直後の物体の速さは衝突前の速さの e 倍になる。また、落とす物体の衝突直前の速さは、落とす高さがわかっているならば、 $v^2=2gh$ という式を使って求めることができる。これらを利用して物体の衝突直前、直後の速さを求める。
- ⑥ 物体の質量と衝突直前、直後の速さがわかっているとき $mv' - mv = F \Delta t$ という式を使うことで衝突時に物体に加わる力積を求めることができる。
- ⑦ それぞれの素材について力積を求めて、どれくらい衝撃を吸収できたかを比較する。

5-4. 結果

物体がまっすぐ落ちず、スポンジのない面から落ちてしまうためうまくいかなかった。

5-5. 考察

物体がまっすぐ落ちなかった原因には次のようなことが考えられる。

- ・重心が、上から見たときの物体の中心からずれていた。
- ・物体を落とす際に力が加わってしまった。

6. まとめ

実験Ⅰの結果から、多くの細かい空気穴が空いていて、多くの空気を含むことができる構造が衝撃を吸収できるとわかった。

しかし、実験Ⅱの結果からは、空気を多く含んでいても、隙間が大きすぎると衝撃を吸収できな

いことがわかった。

実験Ⅲでは、実験Ⅰ、Ⅱについて力積を用いて定量的に比較しようとした。しかし、物体がまっすぐ落ちなかったため失敗であった。

7. 今後の展望

物体をまっすぐに落とすにはどうすればよいか考え、実験Ⅲのようにして力積を求めどれくらい衝撃を吸収できるのか比較していきたい。

8. 参考文献・引用文献

- ・近畿地方・和歌山大会 - 缶サット甲子園 2018
www.spacekoshien.com/cansat/2018/guide/wakayama.html
- ・缶サット甲子園 index
- 宇宙甲子園 - SPACE KOUSIEN
www.space-koushien.com/cansat/index.html
- ・運動量と力積 わかりやすい物理の部屋
<http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/p/mech/unndouryou/unndouryou.html>
- ・東京書籍 [物基 311]改訂 物理基礎
- ・東京書籍 [物理 308]改訂 物理
- ・数研出版 視覚でとらえるフォトサイエンス 物理図録