

落下の衝撃を軽減する構造の探求

宮城県仙台第三高等学校 物理 - 5班

～背景～

ドローン配送の実用化が進む
(例. ジップライン社¹⁾)

配達完了時に商品を投下

商品破損リスク

商品の保護に着目した研究は少ない

緩衝材の大量使用

衝撃軽減に最適な構造を模索・提案する



図1 ジップライン社によるドローン配送¹⁾

～実験①～ 落下の際の衝撃を数値化する

参考文献⁴⁾では、陸路輸送の衝撃を加速度計で数値化している

直方体と正二十面体を作成し加速度計を用いて衝撃を比較する

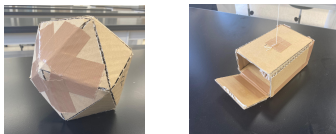


図2 使用した直方体、正二十面体

使用した物質

- ・直方体と正二十面体に加工した段ボール(ポケットラボと合わせて140gに統一)
- ・加速度計(ポケットラボ) ・糸
- ・ガムテープ

実験の順序

段ボールの底面に加速度計をガムテープで固定する

糸で物体を吊りし、5.0 mから垂直に落下させる

加速度計を用いて衝撃を比較する

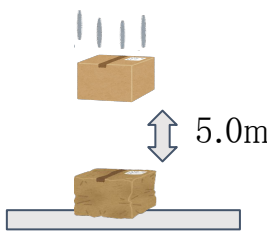


図3 実験のイメージ

～衝撃値(G)とは～

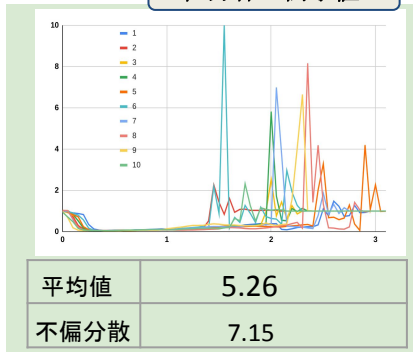
衝突の際の衝撃は、**衝撃値(G)**を用いて比較する³⁾⁴⁾

$$1 \text{ G} = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ (重力加速度)}$$

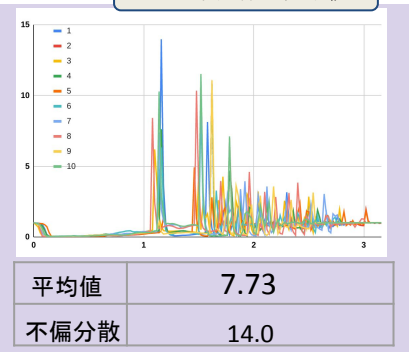
⇒ 質量の何倍に相当する力が加わったかを表す

～結果～

直方体の衝撃値



正二十面体の衝撃値



～考察①～

<直方体>

大きな衝撃が1、2度加わる

⇒ 接地面による違い

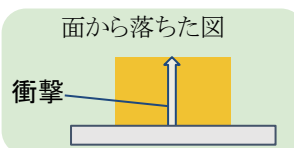
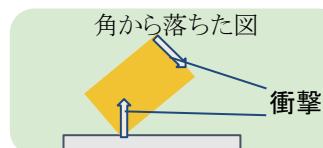


図4 直方体の衝突の様子

滞空時間がバラバラ

⇒ 傾きによる空気抵抗の変化



<正二十面体>

一度目の後、連続的な衝撃が加わる

滞空時間がほとんど等しい

⇒ 回転している

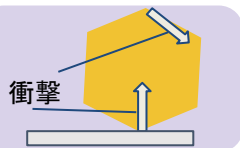


図5 正二十面体の衝突の様子

⇒ 空気抵抗が同様に加わる

<衝撃値の差>

表1 実験①測定結果

	直方体	正二十面体
平均速度(m/s)	5.890	8.407
平均衝撃値(G)	4.26	8.98
衝撃値(理論値)	4.26	8.68

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

直方体を基準とすると
正二十面体の衝撃値は
8.68Gとなるはずである

直方体の方が衝撃に強い構造だと考えられる
⇒しかし、その差は小さい

速度の差によって衝撃値の比較が難しい

⇒ 実験2を行った

～実験②～ パラシュートで構造間の空気抵抗を近づけ 各構造の速度を統一する

- ・実験環境は実験①と同じ条件
- ・傾向を探るため正八面体を追加した

表2 実験②測定結果

	直方体	正八面体	正二十面体
平均衝撃値(G)	7.73	8.54	11.33
平均速度(m/s)	5.49	4.97	4.91
不偏分散	7.74	7.08	20.2

- ・実験②ではそれぞれの構造で**終端速度**に達した。
- ・実験②での速度の不偏分散は**実験①**よりも小さくなった。
- ・衝撃値の不偏分散は実験①と②で、直方体は**ほぼ変わらず**正二十面体では実験②で**3倍近く大きくなった**。
- ・構造の角が多いほど**衝撃が大きくなる傾向**が見られた。

～考察②～ 速度が等しいにもかかわらず衝撃が異なるのはなぜか？

⇒ **「剛性」** → 構造の変形しづらさ

・辺が長いほど変形しやすい

⇒ 構造が変形することで衝撃を軽減するのではないか

～まとめ～

- ・単純な構造ほど多くの衝撃を軽減した
- ・落下時の衝撃は弾性変形によって低減されるため、構造の各辺が長く変形しやすいほどドローン配送に適する構造だと考えられる

参考文献 [令和5年5月9日時点]

- 1) Zipline | <https://www.flyzipline.com/>
- 2) 日本郵政株式会社 2023年にドローン配送を実用化 | ITmedia | 2021年6月16日 | <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2106/16/news140.html>
- 3) 「配便で輸送される荷物が受ける衝撃力の実態」 | 斎藤勝彦, et al | 1998 | 日本包装学会 | Vol.7No.1 | <http://www.spstj.jp/publication/thesis/vol7/Vol7No1-2.pdf>
- 4) 「衝撃の強さは加速度(衝撃度:G)で表せる」 | 神戸大学 海事科学研究科 | https://www.research.kobe-u.ac.jp/gmsc-t-pack/cp/cushioning_pack_03.html
- 5) PARASAFE | 日本化薬 | <https://parasafe.jp/>