



圧電素子を用いた力の測定による 衝撃吸収構造の研究

研究者 鈴木さくら 加藤林太郎 杉信悠 片桐悠愛
指導者 安達 隆太
伊那北高校 理数科 課題研究 物理3班

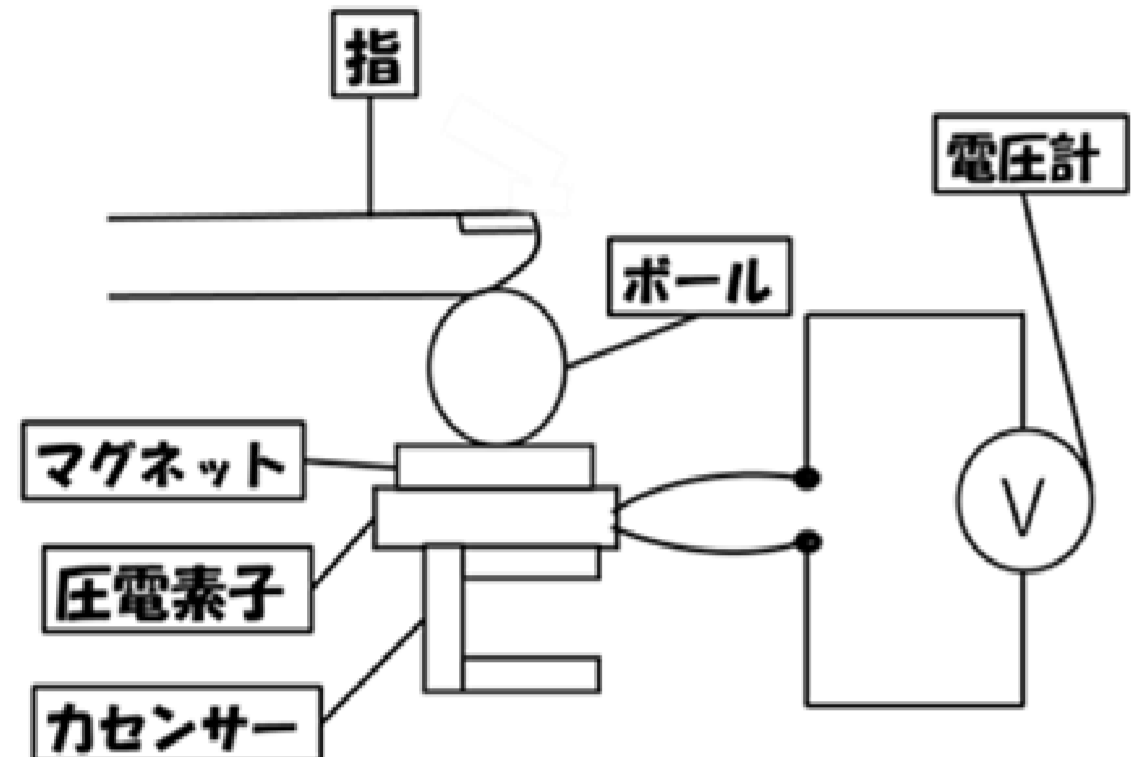
緒言

今日、身の回りの様々なところで衝撃を吸収する構造が使われている。しかし、横方向からの衝撃吸収性能については研究されていない。そこで、横方向からの衝撃吸収性能を研究することにした。

研究目的

画用紙を用いて衝撃を吸収する構造体(三角柱, 四角柱, 六角柱, 円柱)を作製し, それに力学台車を衝突させた際に生じる力を測定し, どのような形状が衝撃吸収率が一番大きいのかを明らかにすること。

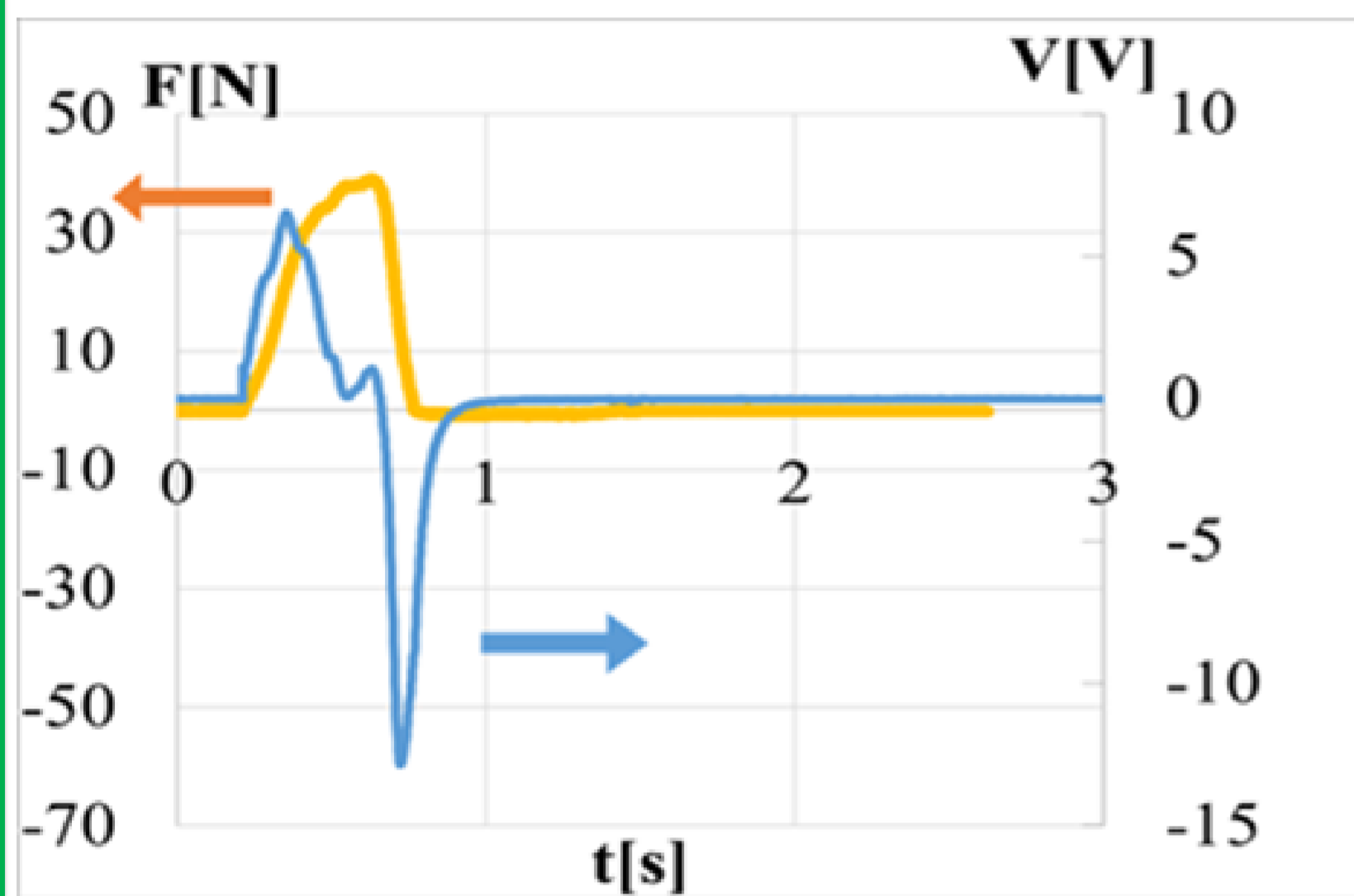
実験1 手順と解析



目的

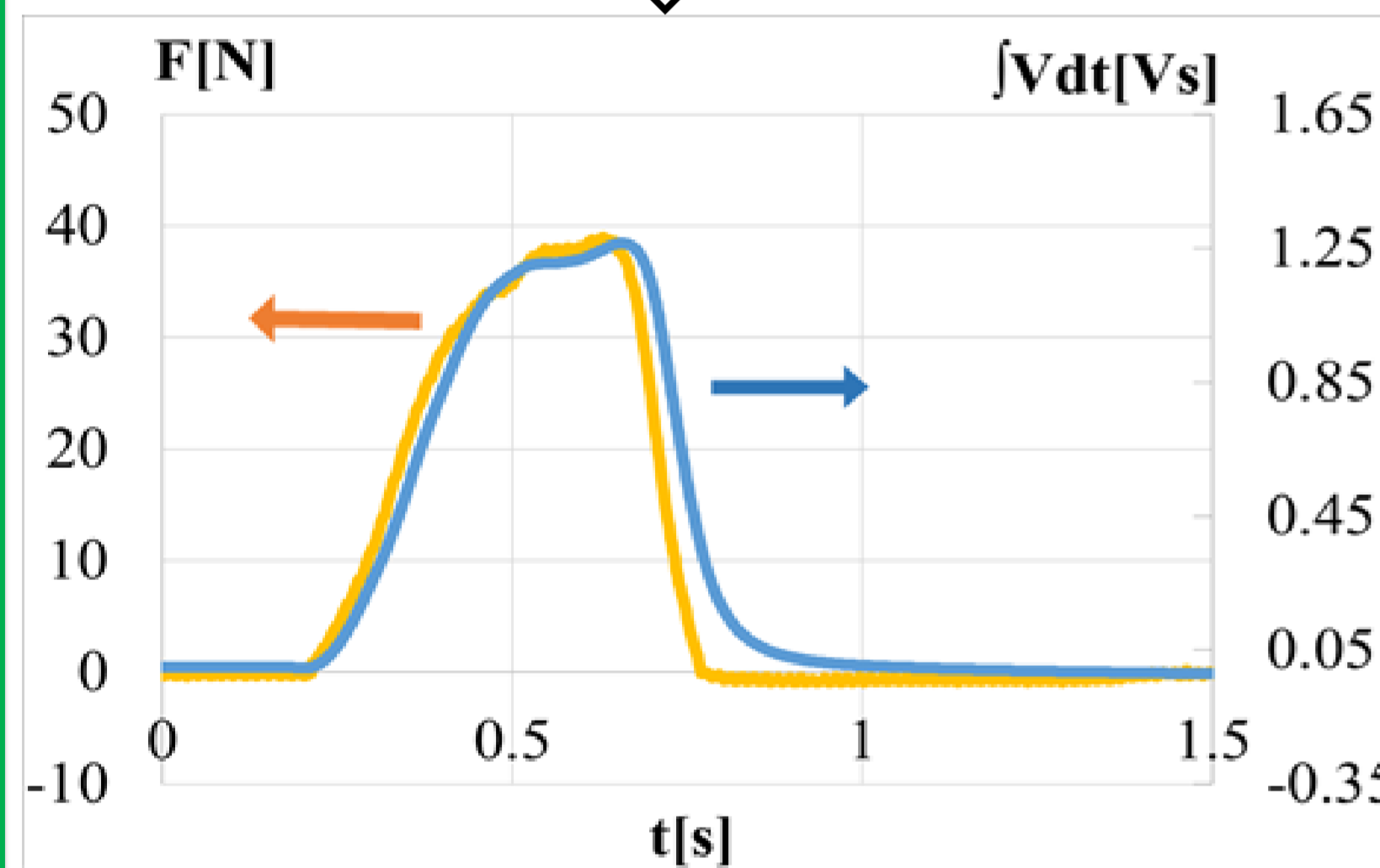
圧電素子を使って衝撃の力を間接的に測定することができるかどうか, 明らかにすること。
V-tグラフとF-tグラフを得る。

実験1 結果と考察



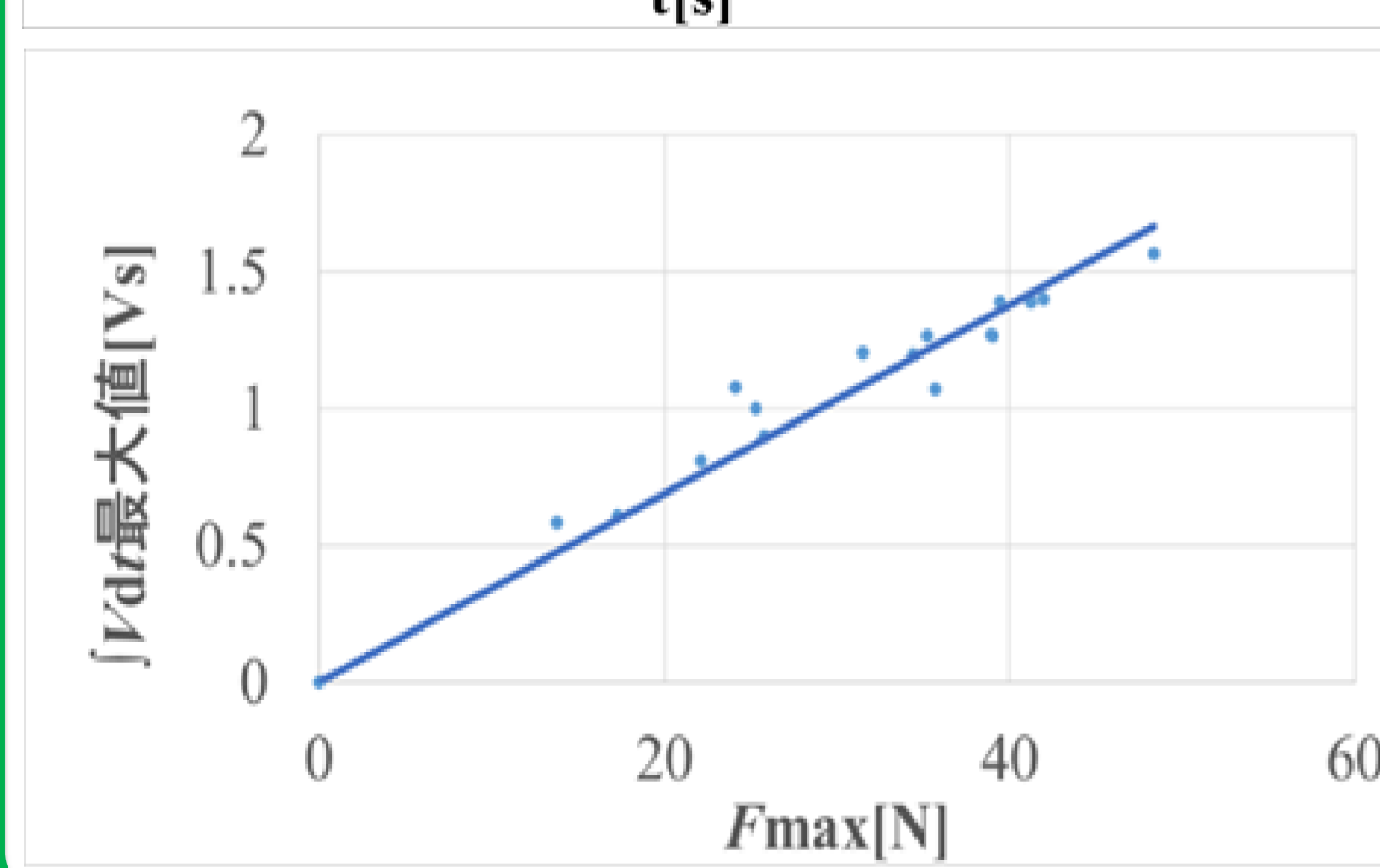
縦軸(左):カセンサーで測定した力縦軸(右):圧電素子で測定した電圧

電圧を時間で積分すれば, 加えた力に比例する信号を得ることができると考えた。



縦軸(左):カセンサーで測定した力, 縦軸(右):電圧の時間積分

∫Vdt-tグラフを用いてF-tグラフを間接的に表現することができると考えられる。



横軸:カセンサーで測定した力の最大値
縦軸:圧電素子で測定した電圧の積分の最大値
・ $y = 0.035x$ ($r=0.97$)の関係がある。
・ 圧電素子で電圧を測定することにより, 圧電素子に加わる力を間接的に測定することができる。

実験2 手順と解析

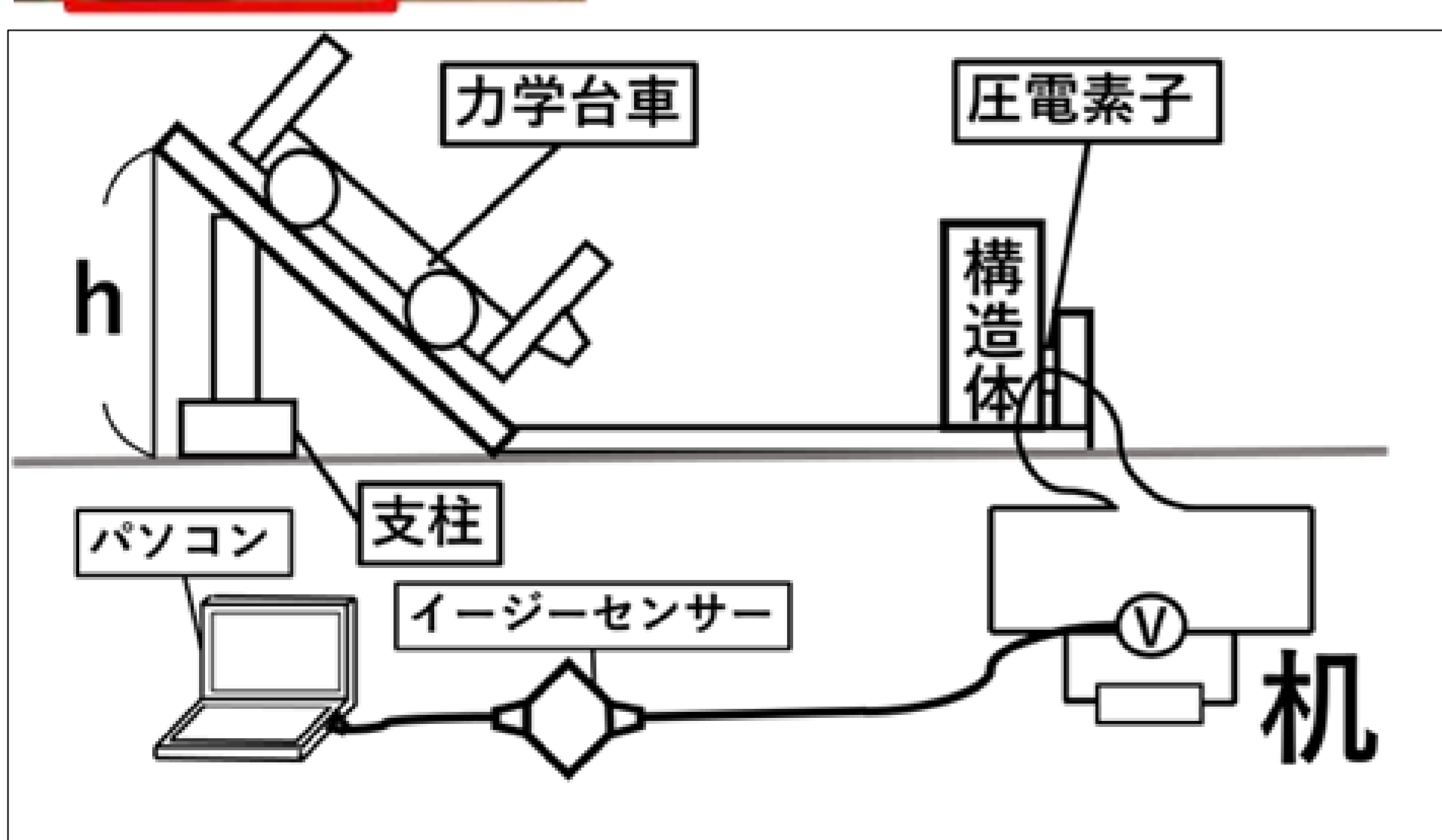


目的

どのような形状が一番衝撃を吸収するのか。

構造体

構造体の形状:高さ10 cmの円柱・三角柱・四角柱・六角柱, 一辺の長さ:2 cm, 3 cm(円柱は直径)



高さ $h = \{15\text{cm}, 20\text{cm}, 30\text{cm}\}$ から力学台車を滑らせて構造体の側面に当て, 圧電素子でV-tグラフを得る。

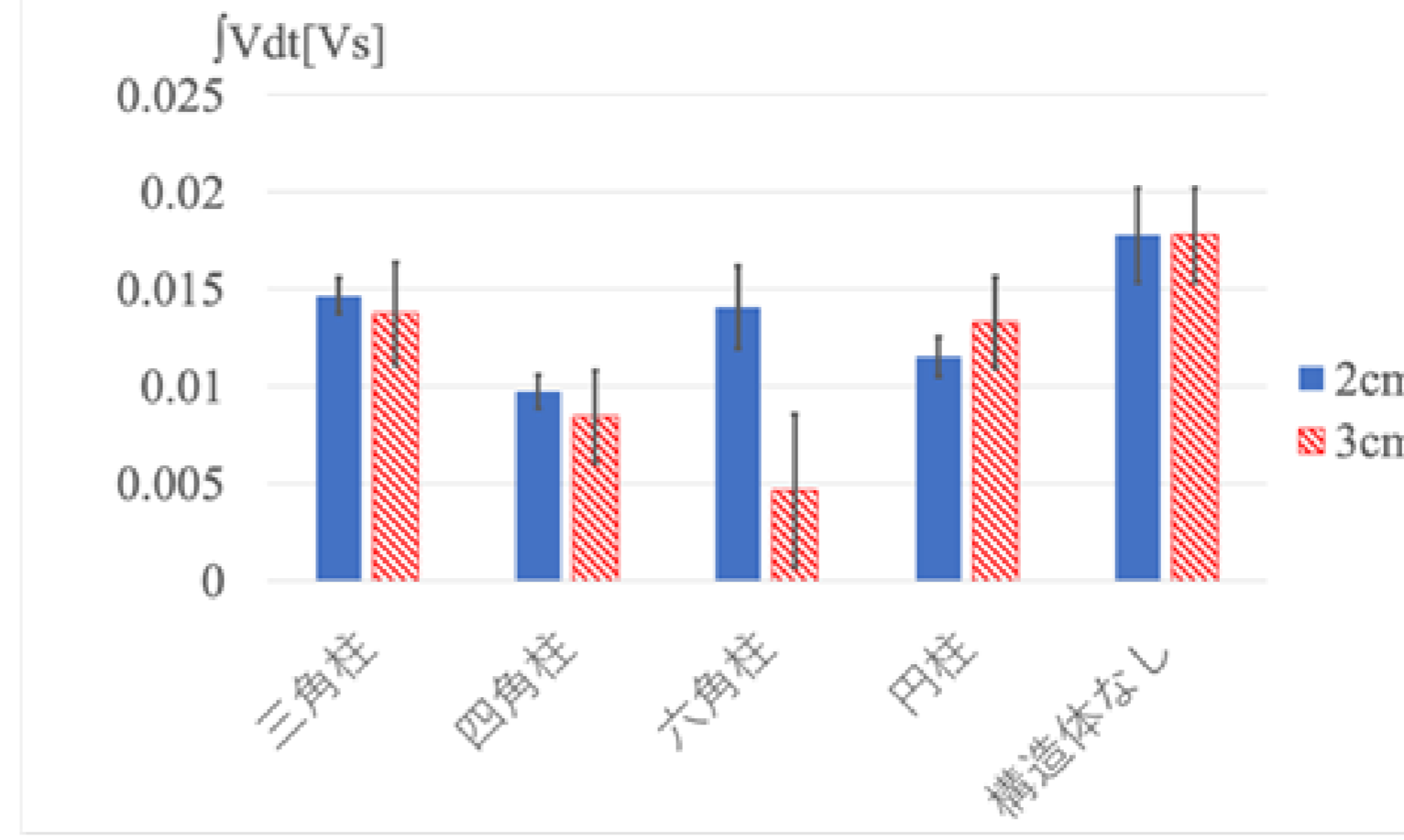
データの処理方法

吸収率の求め方

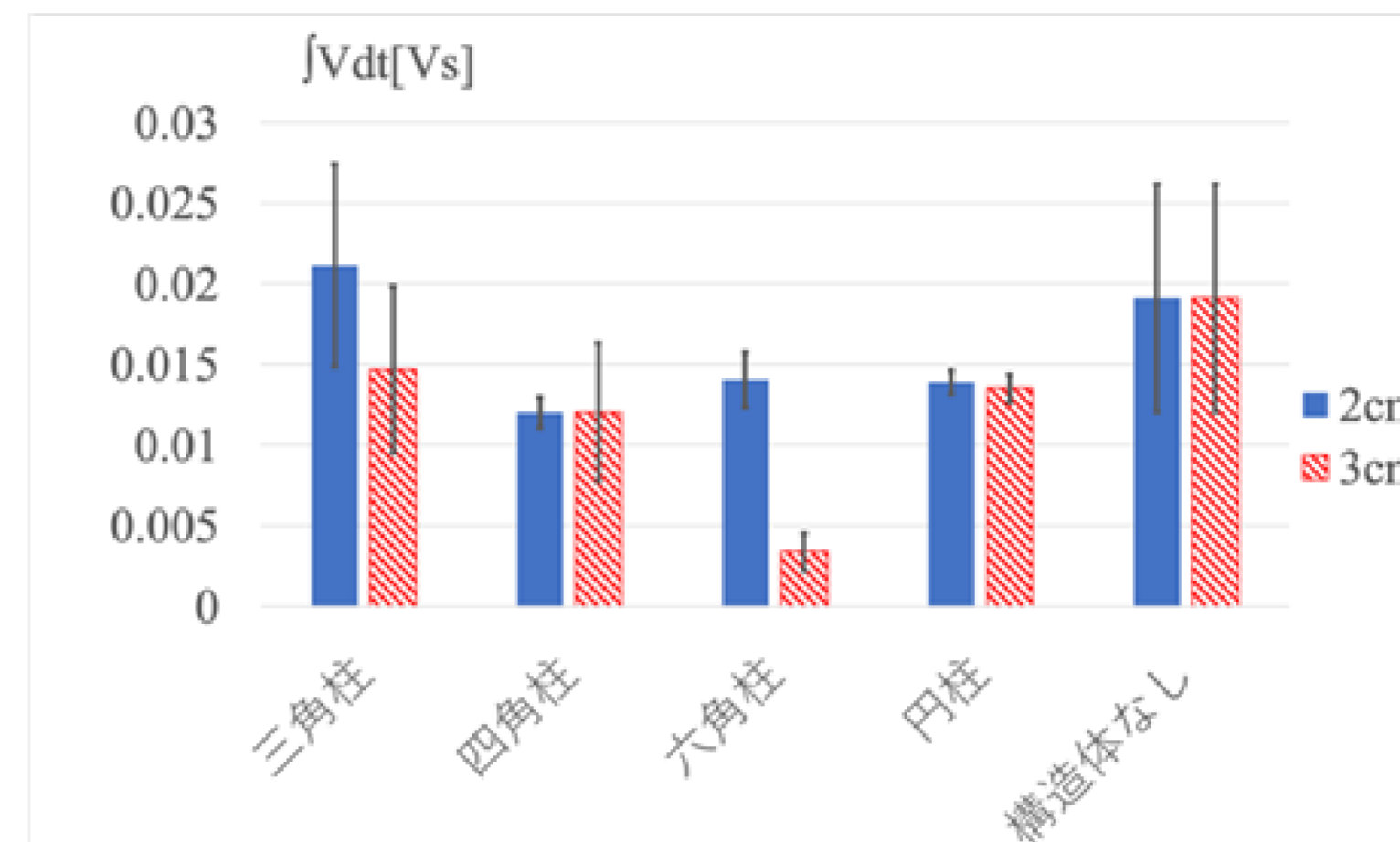
$$\text{吸収率} = 1 - \frac{F_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{F_{\text{max}}(\text{構造体なし})} = 1 - \frac{k \int V dt_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{k \int V dt_{\text{max}}(\text{構造体なし})}$$

と定義する。

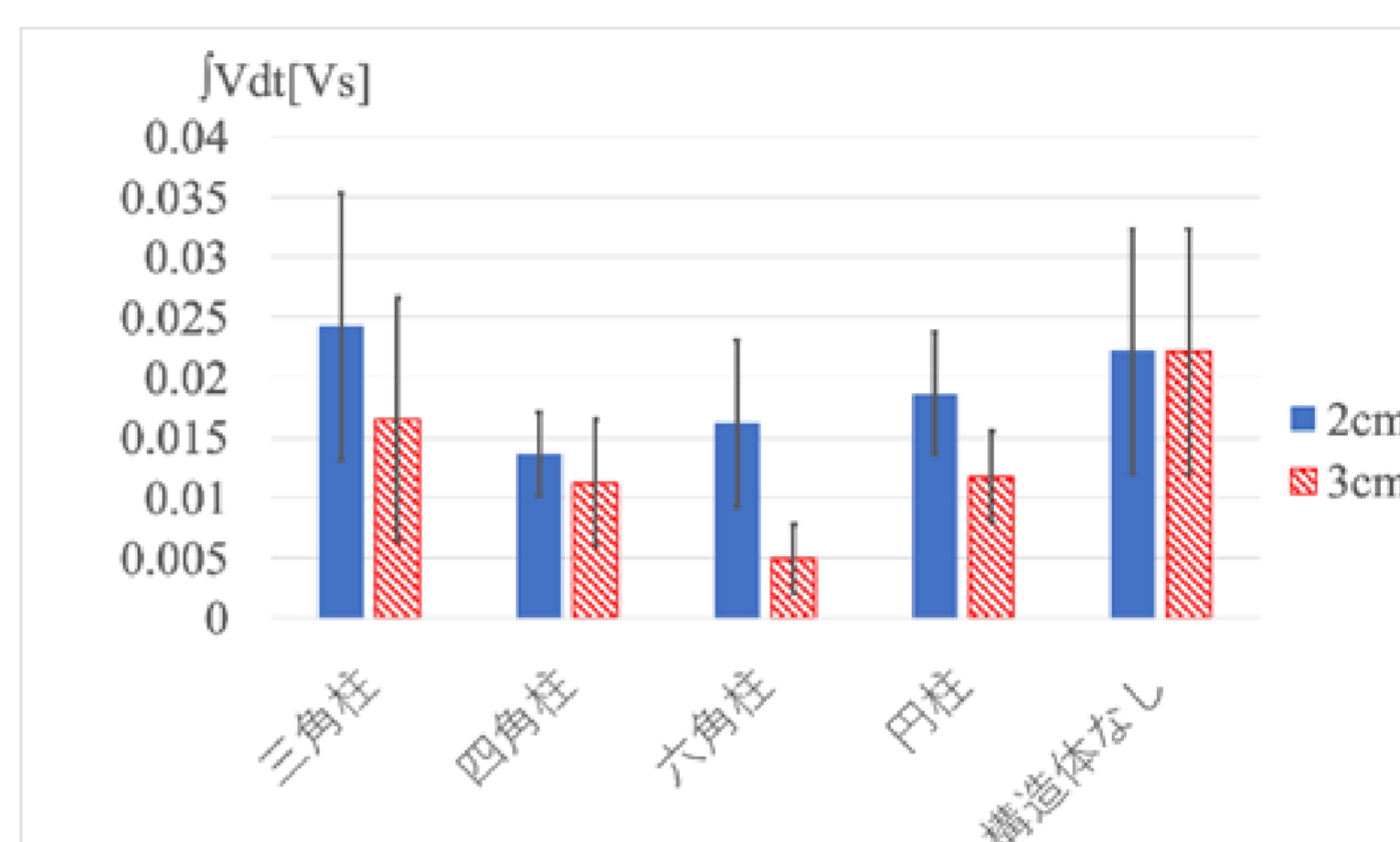
実験2 結果と考察



$h=15\text{cm}$ ($p=1.1 \pm 0.2 \text{kgm/s}$)
衝撃吸収したもの:四角柱(2cm, 3cm), 六角柱(3cm), 円柱(2cm)



$h=20\text{cm}$ ($p=1.5 \pm 0.1 \text{kgm/s}$)
衝撃吸収したもの:六角柱(3cm)



$h=30\text{cm}$ ($p=1.8 \pm 0.1 \text{kgm/s}$)
衝撃吸収したもの:六角柱(3cm)

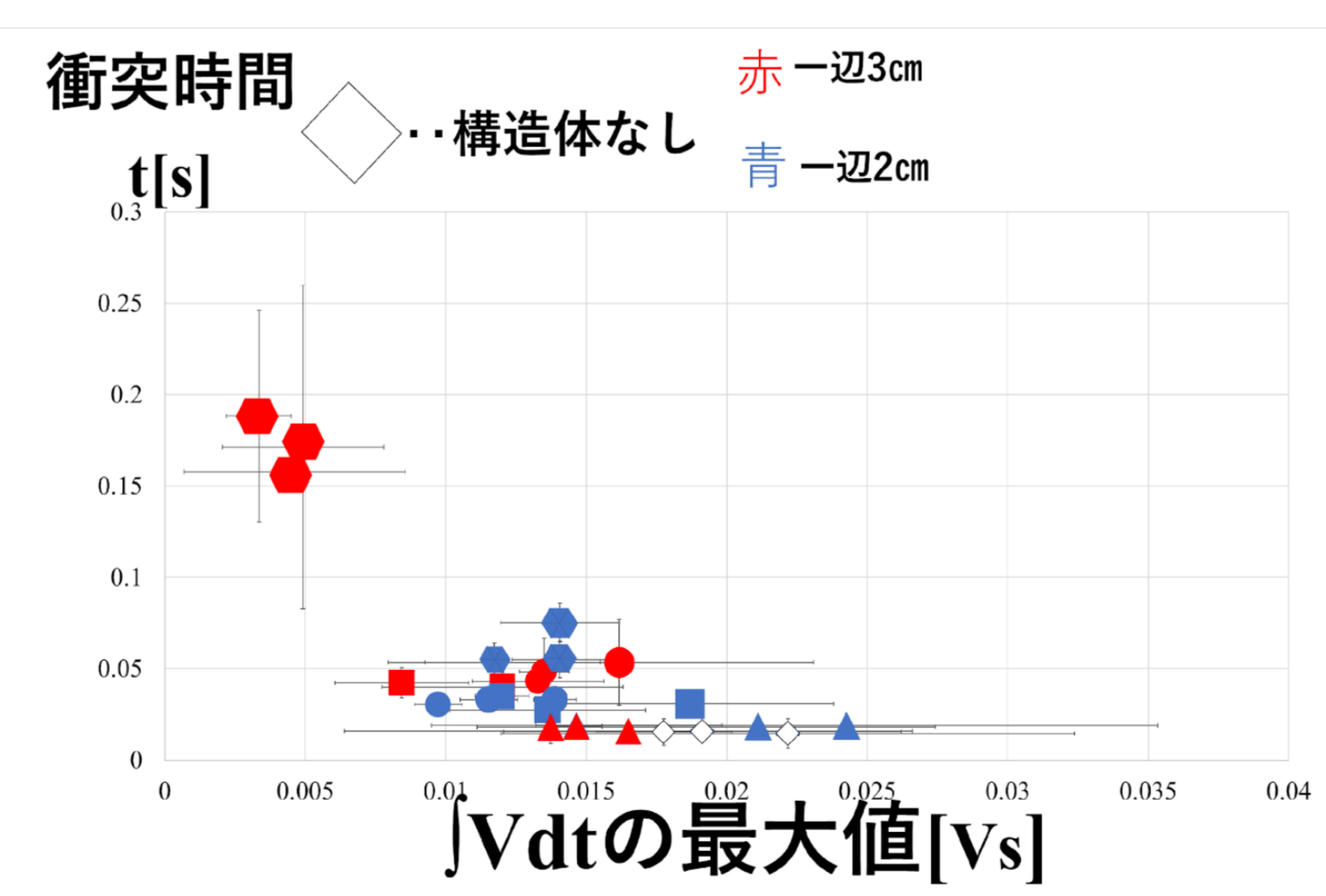
※エラーバー:測定値のばらつきは正規分布をすると仮定して標準偏差(σ)を計算する。標準誤差は 3σ を用いる。

形状	一辺	高さ15cm	高さ20cm	高さ30cm
三角柱	2cm	×	×	×
	3cm	×	×	×
四角柱	2cm	0.55	×	×
	3cm	0.47	×	×
六角柱	2cm	×	×	×
	3cm	0.26	0.18	0.22
円柱	2cm	0.65	×	×
	3cm	×	×	×

×:構造体なしの時と比較して, ∫Vdtの最大値の値に有意な差がないもの
数字:有意な差があるもので, $\frac{\int V dt_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{\int V dt_{\text{max}}(\text{構造体なし})}$

- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱の吸収率: $h = \{15 \text{ cm}, 20 \text{ cm}, 30 \text{ cm}\}$ でそれぞれ74%, 72%, 68%
- ・ 高さが15 cmの時, 四角柱(2 cm, 3 cm), 円柱(2 cm)でそれぞれ吸収率:四角柱45~53%, 円柱35%
- ・ 三角柱は衝撃を吸収しているとは言えない。

力学台車が衝突する時間から衝撃を吸収する効果が期待できるかどうか検証した。



横軸:∫Vdtの最大値
縦軸:∫Vdt-tのグラフから得た衝突時間

- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱は, 他の構造体と比較して衝突時間が長い。
- ・ 衝突時間が構造体なしの場合と有意な差がある形状は四角柱と円柱である。
- ・ 四角柱と円柱にも衝撃吸収の効果を期待することができる。

結論

- ・ 圧電素子に生じる電圧を測定し, 電圧を時間積分することにより, 圧電素子に加わる力を間接的に測定することができた。
- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱が1番衝撃を吸収することが分かった。
- ・ 四角柱と円柱は 有意な力の変化は起こらなかったが, 衝突時間が長くなったことから, 衝撃を吸収している可能性はある。