

シャーペンの落下で芯が折れにくい構造条件

3505 鶴飼泰志 3526 平林鋭洸 3536 安江考弘 3540 吉田暁崎

この研究の目的はシャーペンの落下で挿入した芯が折れる現象の頻度が低くなる構造条件の解明である。予備実験より芯は内部構造の芯チャック内で折れ、120 cmからの落下で現象の頻度が最大化することが分かった。本実験では現象を軽減するペン自体の構造的な条件を調査した。ペンの質量が小さい時と内部の筒状の重りが無い場合に現象の頻度は低くなる、と仮説を立てた。実験を行うと現象の頻度はペンの質量が大きいほど高く、重りがある場合は低くなった。ペンの核心から独立した重りが吸振動体として働き、芯の振動を肩代わりすることで芯が破壊される共振現象が抑制されていると考察した。今後はペンのグリップの素材など各 부품の有無で対照実験を行い、結果を検証していきたい。

1. 目的

シャーペンを落下させた際にペンの中に挿入した芯が折れる現象の頻度が最も低くなるペンの構造条件を調べる。ペンの質量と筒状の重りの有無による結果の変化を調べるため、ドクターグリップシリーズの部品を付け替えて対照実験を行う。

2. 予備実験

- ・クルトガ スタンダードモデル(0.5 mm)とPIROT シャープ替え芯 ネオックス・グラフィイトHBを使用。
- ・芯を挿入したペンを各々30回落下させた。
- ・15回の試行ごとに高さを10cmずつリリースする高さを高くした。
- ・芯は1本のみ挿入し、一度もロックせず先端をペン先に合わせて収めた状態で実験を行う。
- ・ペンをスタンドで固定した洗濯ばさみにはさんで高さ120 cmからリリースさせ、地面と平行を保ったまま木板に衝突させる。
- ・落下時と衝突後のふるまいを撮影し記録した。
- ・毎回の試行で芯が折れた回数を記録した。
- ・衝突による芯の強度の低下を防ぐため、芯は折れた際、または5回の試行が終了した際に新品と交換した。
- ・折れた芯の長さをペン先側から計測した。



図1 実験の様子

結果は以下の通りとなった。

- ・高さごとの芯が折れる回数

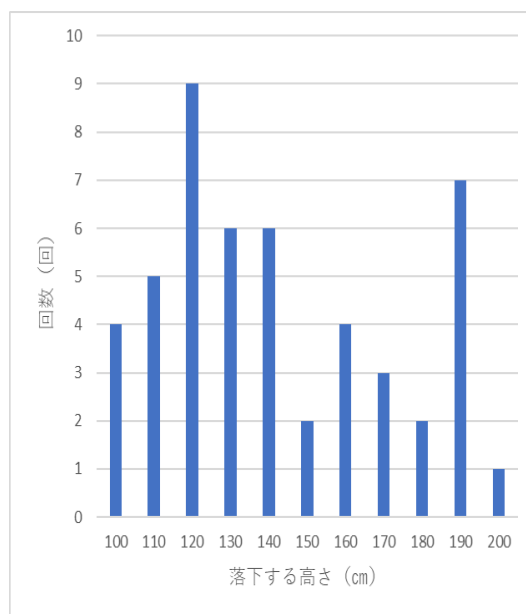


図2 高さで折れた回数の関係

120 cmから落下した際に最も折れる回数が多くなった。

・折れた芯の長さ

折れた時の芯の長さは、ペン先側からの平均で1.31cmであり、この値を中心に大きな変動はみられなかった。

位置エネルギーと落下する高さには比例の関係があるにも関わらず、落下する高さで折れる回数には一次関数の関係がみられないことから、落下による位置エネルギーの大きさは芯が折れる現象に直接関係しないと言える。

一方で、120 cmでの落下で折れる回数が多くなっていることから、芯の固有振動数など、芯に伝わる単純な力以外の要因が挙げられる。190 cmで折れる回数が多い要因も同様の理由である可能性が高い。

大きな値の変動なく芯がペン先から平均1.31 cmで折れたことから、ペン先から1.31 cmの位置の内部構造を調べると、芯チャックと呼ばれる構造が存在することが分かった。この部品は芯を押し出す機構であり、内部構造と接触している。

芯が折れた理由としては、本来分散される落下による力が芯チャックによって芯に加わり、芯が折れたと考えられる。

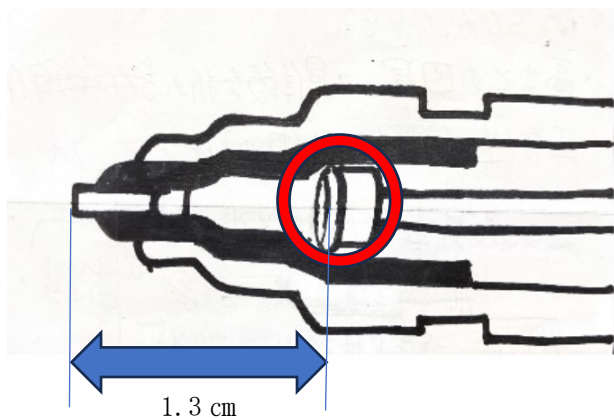


図3 クルトガの芯チャック

予備実験では使用するシャーペンが1種類であり、構造的な条件を見いだせなかった。本実験ではペンの状態を変化させ、対照実験を行う。

3. 仮説

ペン全体の質量が小さいほど折れる頻度は低くなる。折れる頻度の低下においてシャーペンの落下によって芯にはたらく力を分散させる必要があるからだ。また、内部に筒状の重り(以下重

り)が内包されているタイプのペンにおいては重りを抜いた場合に折れる頻度は低くなる。重りが落下による力を核心へ媒介し、芯が折れる要因となるためである。

4. 使用器具

- ・ドクターグリップ プレイボーダー 0.5 mm
- ・ドクターグリップ プレイバランス 0.5 mm
- ・PILOT シャープ替え芯 ネオックス・グラフィイト 0.5 mm HB
- ・洗濯ばさみ
- ・スタンド
- ・木板 (シャーペンを衝突させる)

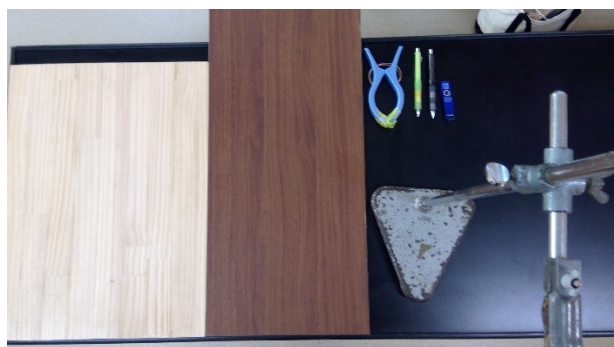


図4 使用器具の写真

ドクターグリップシリーズの部品のうち外輪と重りは付け替えることができる。外輪はグリップ内部に存在し、ペン1本につき3個付属している。質量が異なる2種類が存在するためペンの質量を変化させることができる。各部品の質量は以下の通りである。

- ① ドクターグリップ プレイボーダー (重り・外輪を含まない)…14.7g
- ② 外輪A…0.4g
- ③ 外輪B…2.9g
- ④ おもり…3.6g

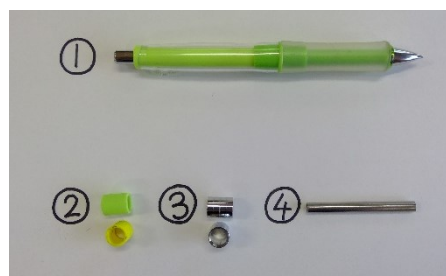


図5 各部品の写真

5. 実験方法

- ・ペンをスタンドで固定した洗濯ばさみにはさんで高さ 120 cm からリリースさせ、地面と平行を保ったまま木板に衝突させる。
 - ・50 回落下実験を行う。
 - ・芯は 1 本のみ挿入し、一度もロックせず先端をペン先に合わせて収めた状態で実験を行う。
 - ・各実験での芯が折れる回数から落下によって芯が折れる頻度を計算する。
 - ・折れた芯の長さをペン先側から計測し、長さごとの本数を記録する。
 - ・強度の低下を防ぐために芯が折れた際と芯を交換せずに 5 回の試行が終了した際に芯を新品と交換する。
 - ・毎回ペスが地面と衝突する様子を録画する。衝突時ペスの傾きが ±5 度以上である場合は実験の結果を異常値とみなし芯を新品と交換する。
 - ・ドクターグリップ プレイボーダーの外輪と重りを付け替え、それぞれ同様に実験を行う。使用するペスの状態は以下の通りである。
- 外輪 A 3 個 重りあり (19.5g)
 - 外輪 A 3 個 重りなし (15.9g)
 - 外輪 A 2 個 外輪 B 1 個
重りあり (22.0g)
 - 外輪 A 1 個 外輪 B 2 個
重りあり (24.5g)
 - 外輪 B 3 個 重りあり (27.0g)



図 6 実験の様子

6. 結果

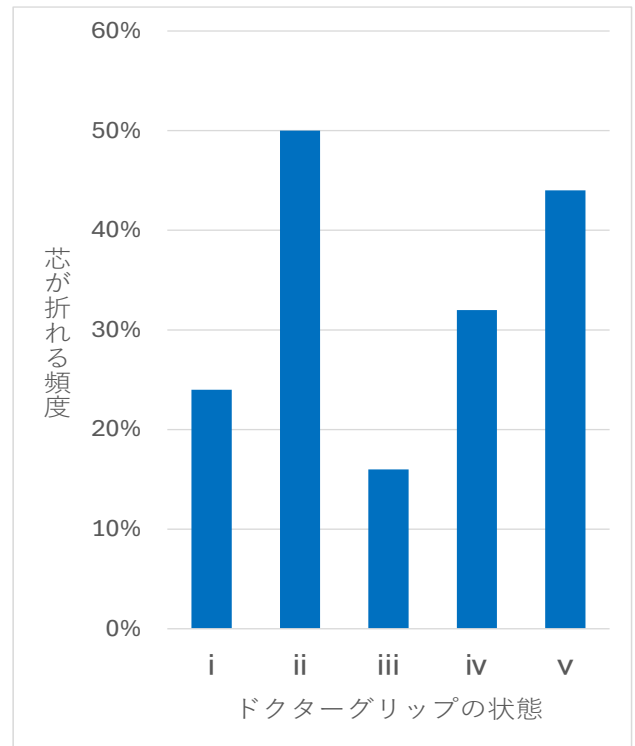


図 7 状態ごとの芯が折れる頻度

i と ii から内部に重りが無い場合に芯が折れる頻度が高い。また、i と iii, iv, v からペスの質量が大きいほど芯が折れる頻度が高くなることが分かる。

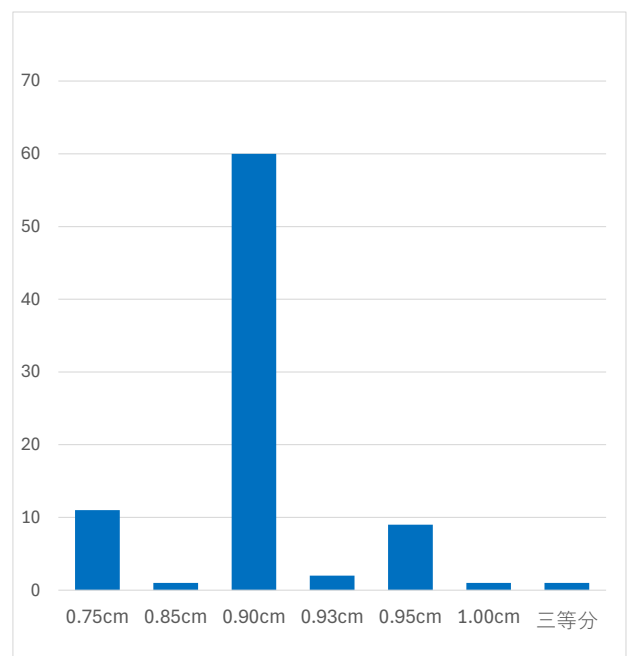


図 8 折れた芯のペン先からの長さとその本数

このグラフは折れた芯のペン先からの長さとその本数を示している。三等分はペン内部で芯が 3 本に断裂した場合を指す。折れた長さは 0.90 cm に集中していることが読み取れる。

7. 考察

図7の結果から質量が大きいほど芯が折れる頻度が高いのはペン全体への落下の力が大きくなることで芯に伝わる力が大きくなり折れる頻度が高くなると考えられる。

一方で、重りを内包する場合に折れる頻度が低くなることにおいては落下時に重りがペンの内部構造への力を分散させる何らかの働きをしているためであると考えられる。果たした役割として予想できるのは吸振動体としての働きである。吸振動体とは自身が振動することで対象物の振動を吸収し対象物が共振現象によって破壊されることを防ぐ機構である。ペン内で内部構造から独立した重りが振動し、芯の振動を吸収することで芯が破壊される共振現象を抑制していると考えた。

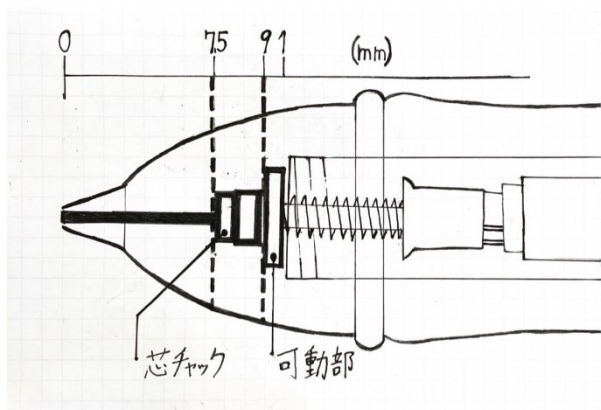


図9 ドクターグリップの構造

ドクターグリップのペン先を分解すると図9のように部品が存在していた。芯チャック内部では内部構造が接触していることによって芯が折れる傾向にあることが予備実験から判明した。ドクターグリップも同様に芯チャックが存在したが芯チャック同様内部構造に接触している部品が見つかった。この部品はばねによってペン先側に抑えられているものの重りや落下の影響で独立してわずかに動くことが分かった。ここではこの部品を可動部と呼ぶ。

折れた芯の長さから芯が折れたと考えられる内部構造を観察すると、最も折れる回数が多かった0.90 cm地点はちょうど芯チャックと可動部の境目の位置であることが発覚した。ともにペンの核心を抑圧する部品であるため、それぞれ落下の

力が部品から媒介された際に芯が0.90 cm地点でずれ動き断裂しているといえるだろう。また、11回芯が折れた0.75 cm地点は芯チャックのペン先側の末端の位置であるため、同様に芯がずれ動くことで芯が折れていると考えられる。

8. 結論

シャーペンは全体の質量が大きいほど折れる頻度が高くなるが、筒状の重りを内包する場合は吸振動体として働くため折れる頻度が低くなる。

9. 展望

ドクターグリップシリーズのグリップを付け替え、同様の実験を行う。また、折れる要因となる構造を部品単位で洗い出す。

10. 謝辞

福井大学地域創生推進本部教授大久保貢様、本校物理科佐々木俊哉先生及び助言を頂いた先生方に感謝申し上げます。

11. 参考文献

- 1) 三菱鉛筆株式会社, Bunseka-akiran. hatena blog.com (2023年12月13日最終閲覧)
- 2) 吸振動器 Wikipedia <https://ja.m.wikipedia.org> (2024年6月19日最終閲覧)
- 3) 2) ZEBURA 社, シャーペンの使用実態調査, 2015 (2024年6月20日最終閲覧)