

シャーペンの落下する高さで芯が折れる関係

2507 鶴飼泰志 2539 吉田暁崎 2626 平林鋭洸 2637 安江考弘

この研究の目的はシャーペンの落下する高さで中の芯が折れる現象の関係を調べることである。「シャーペンが落ちる高さが 150cm 以上の時に芯が折れ、その関係は一次関数で表せる。」という仮説を立てた。実験では、高さを変えてシャーペンを落とし、芯が折れた回数と衝突後のペンのふるまいを記録した。その結果、120cm からのリリースで芯が折れる回数が最も多く、高さで折れる回数に直接的な相関はなかった。また、衝突後の軌道は 5 つのパターンがあると分かった。さらに折れる際は大きな変動なくペン先から 1.3cm の芯チャック部分で折れることが分かった。今回の実験からは現象の規則性が見つけられなかったため、引き続き追究していきたい。

1. 目的

シャーペンの中の芯が折れない落下の高さとペンの構造の条件を調べる。

2. 仮説

- ・強度が低下していない新品の芯は、ペンの落下する高さが地面から 150 cm 以上の時に折れる。
- ・落下の高さと芯が折れる回数の関係は正の傾きを持つ一次関数で表せる。
- ・衝突時の衝撃により常に芯はペンの内部の部品と直接接する箇所では折れる。

3. 使用器具

- ・シャーペン 0.5 mm 9.69g
三菱鉛筆株式会社
クルトガスタンダードモデル
- ・シャー芯
PILOT グラフファイト 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)

4. 実験

- ・芯を挿入したペンを各々 30 回ずつ落下させた。
- ・15 回の試行ごとに高さ 100cm から 10cm ずつリリースする高さを高くした。
- ・芯はペン先に合わせた状態で 1 本挿入した。

- ・地面と平行の状態洗濯ばさみにはさみ、ペンをリリースした。
- ・落下時と衝突後のふるまいを撮影し記録した。
- ・毎回の試行で記録する結果は以下のとおり。
 - ・芯が折れた回数
 - ・衝突時地面となす角度 (°)
 - ・衝突後に行うペンのバウンドの高さ (cm)
 - ・衝突後のペンの回転のふるまい (回転数と回転した方向)
- ・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

5. 結果

- 落下する高さで芯が折れる回数の関係
高さごとの 30 回の試行での折れた回数は以下の通り。

表1は芯が折れたか、及び芯を交換してから何回目の落下で折れたかを示している。

図2は高さで折れた回数と折れた回数の関係を表す。

表1 芯の結果と試行回数

高さ (cm)	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
1	x	○(4)	x	x	○(5)	x	x	○(3)	x	○(3)	x
2	x	○(1)	x	○(3)	x	○(4)	○(3)	x	○(4)	○(2)	x
3	x	○(2)	○(1)	x	○	○(3)	x	x	x	○(3)	x
4	○(5)	x	○(2)	○(5)	x	x	○(2)	○(2)	x	x	○(2)
5	○(2)	x	○(1)	○(1)	○(1)	x	x	x	○(3)	x	x
6	○(1)	○(5)	○(1)	○(4)	○(1)	x	○(2)	○(1)	x	○(2)	x
7	x	x	○(1)	○(3)	x	x	○(5)	x	x	x	x
8	○(1)	○(3)	○(3)	○(2)	○(3)		x	x		○(1)	
9	x		○(4)	x	○(1)					○(3)	
10			○(1)	x	x					○(4)	
11			x								
12			○(1)								
合計(回)	4	5	9	6	6	2	4	3	2	7	1

×→5回の試行で芯が折れなかった。

○→() 回目で芯が折れた。

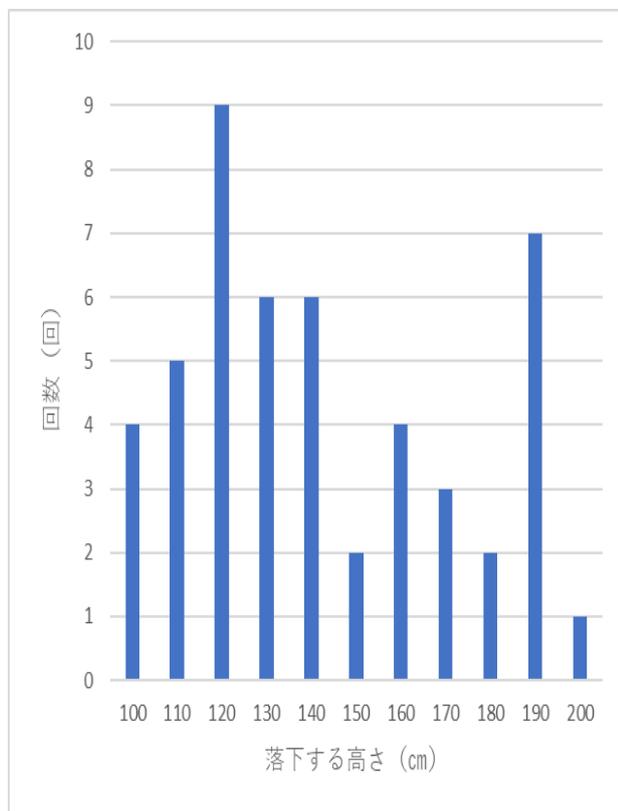


図2 高さで折れた回数と折れた回数の関係

図2から120cmで折れる回数が最も多くなる。また、100cm~150cmの範囲で120cmに近い高さであるほど折れる回数が多くなり、高さで折れる回数には一次関数の関係が見られない。加えて190cmでも折れる回数が多くなることが分かった。

ii. 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。

iii. 衝突後のペンのふるまいと芯が折れる割合の関係

衝突後のペンのふるまいを、図3のように5つに分別した。図形はペンを、矢印はふるまいの軌道を表す。また、それぞれのふるまいで芯が折れる割合を計算した。(図4)

- 1. はね
回転せず鉛直上向きに跳ねる
- 2. 鉛直半回転
片側が大きく跳ね上がる
- 3. 鉛直数回転
鉛直方向に1回以上回転する
- 4. 水平回転
水平方向に回転する
- 5. 不動
衝突後一切跳ねない

図3 衝突後のペンのふるまい

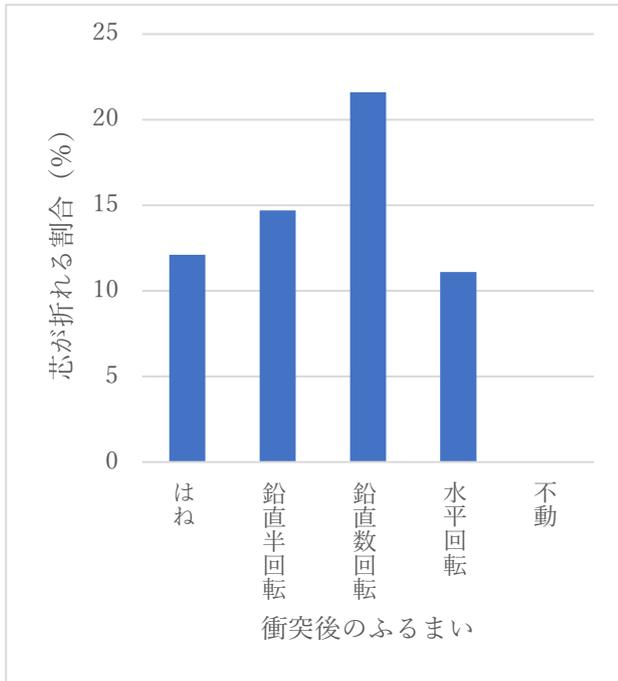


図4 衝突後のペンのふるまいと芯が折れる割合

iv. 衝突時に地面となす角度と折れる割合の関係

映像から計測した、衝突の瞬間にペンが地面となす角度から落下を図5のように、3パターンに分別した。図形はペンと地面を表す。

また、パターンごとの落下で芯が折れる割合を計算した。(図6)

3. ペン先落下

ペン先から地面に衝突する落下

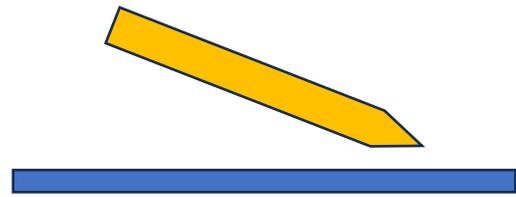


図5 衝突時の角度のパターン

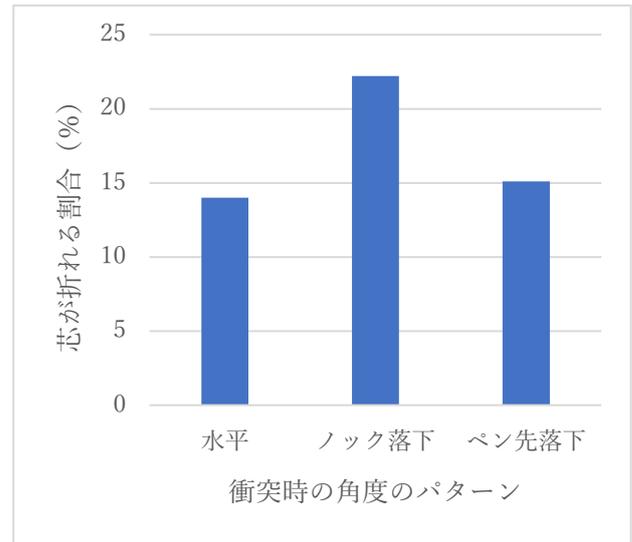
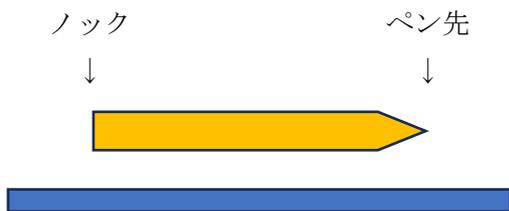


図6 衝突時にペンが地面となす角度と芯が折れる割合

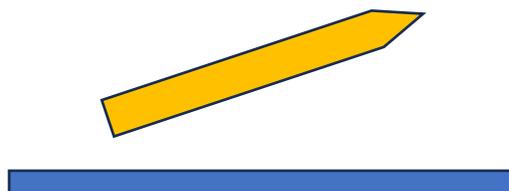
1. 水平落下

ペンと地面のなす角度が5°以下である落下



2. ノック落下

ノックから地面に衝突する落下



ノック落下でのふるまいの特徴として、衝突後にペンのノック側が大きく跳ね上がる現象が頻発した。この現象はペンが地面に衝突した直後にペン先が地面に打ちつけられ生じる。

6. 考察

i. 落下する高さで芯が折れる回数の関係

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。

ii. 折れた芯の長さ

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、仮説通り、内部で芯と接触している。

芯が折れた理由としては、本来分散される衝突による力が、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。

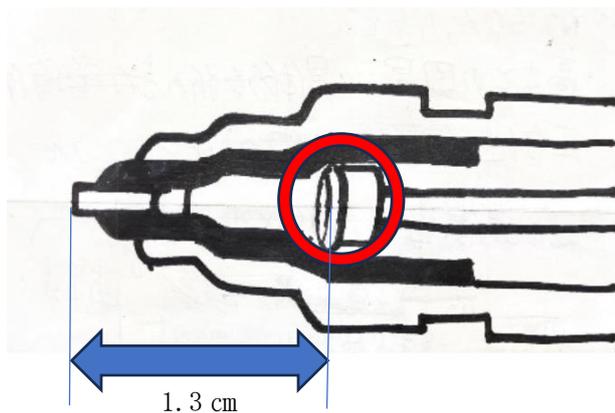


図7 ペンの断面図と芯チャック

iii. 衝突後のふるまいと折れる割合の関係

衝突後にペンが鉛直方向に複数回回転する鉛直数回転で、折れる割合が最大であることから、芯が折れた場合、または芯が折れる割合が大きくなるような衝突が生じた場合に、鉛直方向に回転する割合が高いと言える。

ペンが鉛直方向に回転するのは力の分散が少なく、ペン全体に加わる力が大きいためであり、芯が折れる割合が大きいことに関係していると考えられる。

iv. 衝突時に地面となす角度と折れる割合の関係

ペンがノック側から衝突するノック落下で折れる割合が最大となることについて、ノック落下で頻繁に起きた衝突後にペン先が地面に打ちつけられる現象が関係していると考えられる。

この現象の過程でペン先が地面に打ちつけられる際に芯に力が加わり、折れている。

7. 展望

今回は高さの結果の因果関係と具体的な折れる条件が見いだせなかった。

また、落下でのペンのふるまいに関する芯が折れる要因の特定が明確に行えていない。

今後は他社のシャーペンでの同様の実験から要因を比較し落下によって芯が折れる要因を調べることと平行して今回の実験での高さで折れる回数の因果関係をデータに基づいて明らかにしたい。

8. 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。

9. 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) ZEBURA 社, シャーペンの使用実態調査, 2015