

【実験・探究】斜方投射（スキージャンプ競技の検証）（データ）

【目的】ジャンプ台の模型を作り、飛び出しの速さと飛距離の関係を調べる。

【準備】モールドレール 120cm, 板 (A90cm × 8cm × 12mm, B90cm × 6cm × 12mm, C50cm × 3cm × 10mm), L字金具, ビス, ボルト, 端切れ材, 模造紙, カーボン紙 3枚, 鋼球 20 φ, 1m物差し, 速度測定器

【実験】

1. 実験装置の製作

①板 B に板 C に立て、L 字金具で直角に固定する。板 C にボルトを差し、板 B の端にモールドレールをビスで固定してアプローチを作る。モールドレールに高さの目安となるように目印をつける。

②アプローチを机の上に置き、板 A を使って、斜度が約 30 ~ 35 度のランディングバーンを作る。ランディングバーン上に模造紙を貼り、上にカーボン紙を被せる。

③インターネットで、ジャンプ台の諸元を調べ、射出角度、斜面と射出位置（カンテ）との段差、ランディングバーンの角度を決める。

2. 実験の方法

①射出位置にレールをまたぐようにして速度測定器を置く。

②高さを変えて鋼球を転がし、ランディングバーンに落とす。

③ランディングバーンの上につけられた点の飛行距離 L を測定し、スタート位置の高さ h , 射出速度 u とともに記録する。

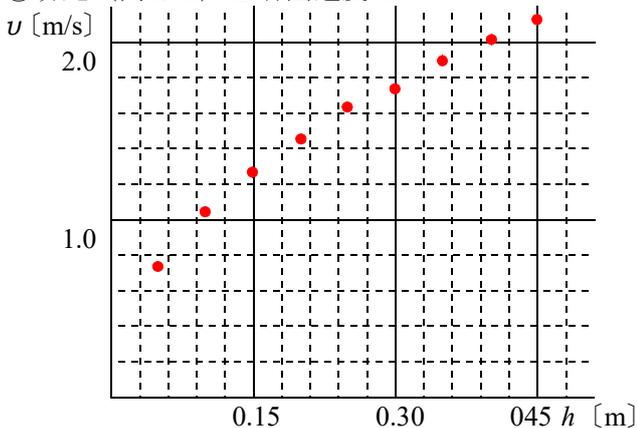
【結果】

①助走（高さ h ）と射出速度 u , ②射出速度 u と飛行距離 L の関係をグラフにする。

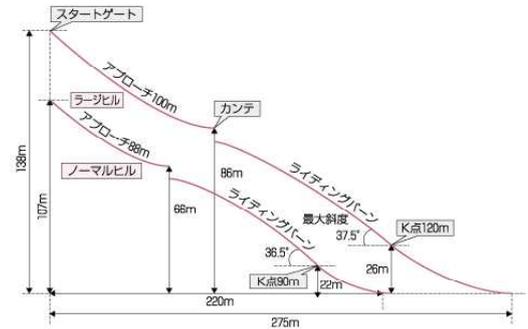
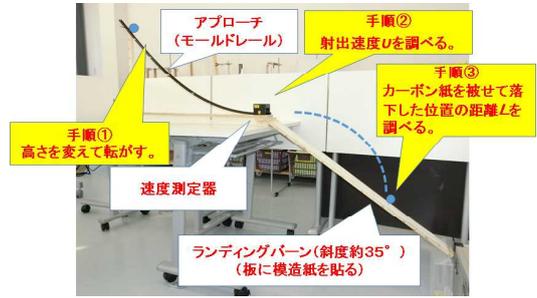
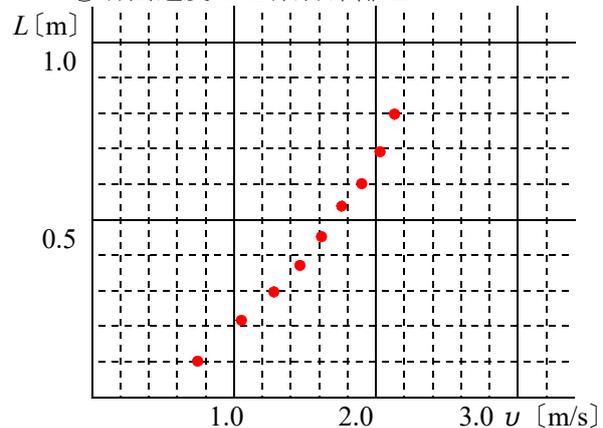
物体の質量 $m = [\quad]$ kg

高さ h [m]	1 回目		2 回目		3 回目		平均		
	u [m/s]	L [m]	u [m/s]	L [m]	u [m/s]	L [m]	u	u^2	L
0.45	2.14	0.8121	2.16	0.7980	2.14	0.7795	2.15	4.61	0.7965
0.40	2.04	0.7115	2.03	0.7080	2.03	0.7015	2.03	4.13	0.7070
0.35	1.89	0.6364	1.88	0.6136	1.91	0.6250	1.89	3.58	0.6167
0.30	1.76	0.5346	1.77	0.5487	1.78	0.5470	1.77	3.13	0.5453
0.25	1.63	0.4582	1.63	0.4630	1.62	0.4581	1.63	2.65	0.4598
0.20	1.45	0.3700	1.46	0.3809	1.46	0.3785	1.46	2.12	0.3765
0.15	1.28	0.2880	1.28	0.3021	1.29	0.2993	1.28	1.65	0.2965
0.10	1.05	0.1888	1.06	0.2120	1.05	0.2609	1.05	1.11	0.2206
0.05	0.76	0.1085	0.76	0.1187	0.76	0.1140	0.76	0.58	0.1137

①助走（高さ h ）と射出速度 u



②射出速度 u と飛行距離 L



【実験・探究】斜方投射（スキージャンプ競技の検証）（レポート）

【理論】高さ h から鋼球をすべらせると、射出の速さ v は力学的エネルギー保存より、

$$[\textcircled{1} \quad (1/2)mv^2] = [\textcircled{2} \quad mgh]$$

$$v^2 = [\textcircled{3} \quad gh] \quad \therefore v = [\textcircled{4} \quad \sqrt{gh}]$$

つぎに、飛行経路を簡単にするため、射出角度を水平、カンテは 0 m （ランディングバーンは射出位置につながっている）とし、ランディングバーンの角度は 30° とする。

図のように x 軸、 y 軸を取ると、射出速度が v のとき、 t 秒後の物体の座標 (x, y) は

$$x = [\textcircled{5} \quad ut] \quad y = [\textcircled{6} \quad (1/2)gt^2]$$

である。また、ランディングバーン上の着地点を $P(x_0, y_0)$ とすると、 $y_0 = [\textcircled{7} \quad \tan 30^\circ] x_0$ の関係にある。 x_0 を g, v で表すと

$$x_0 = [\textcircled{8} \quad (2/\sqrt{3}g) v^2]$$

となる。射出位置から着地位置までの距離を L とすると

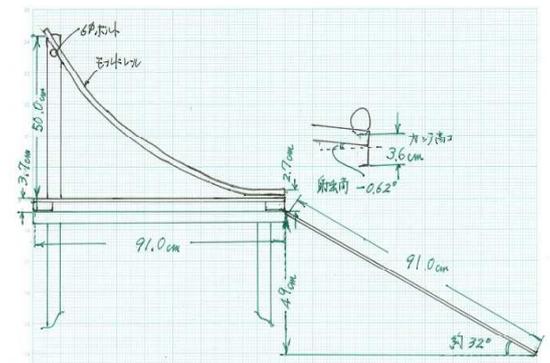
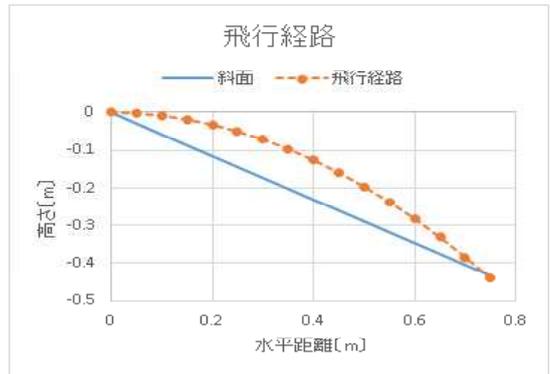
$$L = [\textcircled{9} \quad (2/\sqrt{3})] x_0 = [\textcircled{10} \quad (4/3g) v^2]$$

である。すなわち、飛行距離 L は、射出速度の 2 乗に比例する。

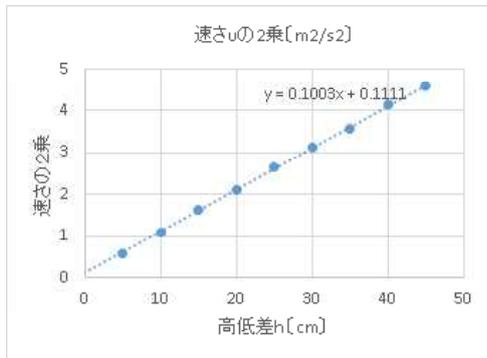
【実験装置】（特徴） 右図

- ・アプローチは高さ 45cm まで実験できるように設定。
- ・射出角は計算上では下向きに 0.62° 。
- ・ランディングバーンは計算上 32.4°

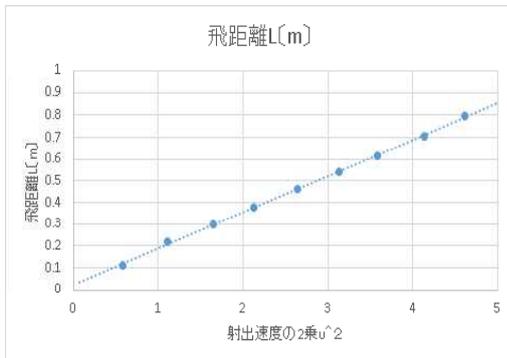
【結果と整理】



①

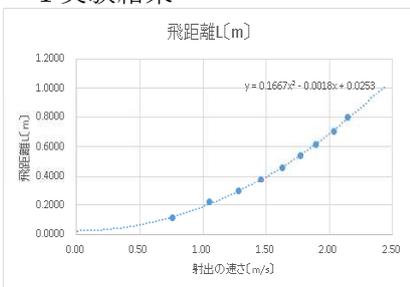


②

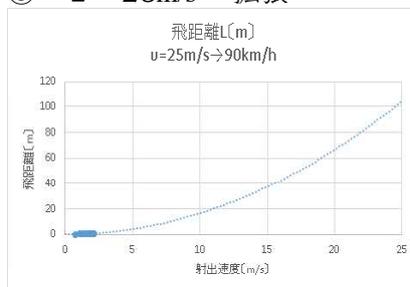


- ・アプローチの高さ h と速度の 2 乗はほぼ比例する。 $v^2 = 2gh$ からは比例定数が 19.6 となることが想定されるが回転のエネルギーへ転化されるので比例定数は小さくなる。
- ・飛距離 L も射出速度の 2 乗にほぼ比例する。

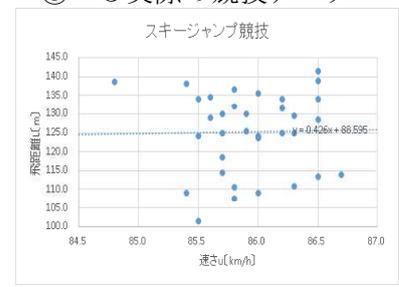
③-1 実験結果



③-2 25m/s へ拡張



③-3 実際の競技データ



・実験結果③-1 を関数化して 10 倍 ($2.5\text{m/s} \rightarrow 25\text{m/s}$) したグラフ③-2 にすると、時速 90km/h (25m/s) 程度で飛距離が 100 m になる。実際のデータ③-3 から見ると飛距離は、実験で推定される距離より大きい。空気抵抗のことも考慮すると、選手は大きな揚力を使う高い技術を持っていることが考えられる。

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () $^\circ\text{C}$ 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験・探究】斜方投射（スキージャンプ競技の検証）（実験書）

【目的】ジャンプ台の模型を作り、飛び出しの速さと飛距離の関係を調べる。

【準備】モールドレール 120cm, 板 (A90cm × 8cm × 12mm, B90cm × 6cm × 12mm, C50cm × 3cm × 10mm), L字金具, ビス, ボルト, 端切れ材, 模造紙, カーボン紙 3枚, 鋼球 20 φ, 1m物差し, 速度測定器

【実験】

1. 実験装置の製作

①板 B に板 C を立て、L 字金具で直角に固定する。板 C にボルトを差し、板 B の端にモールドレールをビスで固定してアプローチを作る。モールドレールに高さの目安となるように目印をつける。

②アプローチを机の上に置き、板 A を使って、斜度が約 30 ~ 35 度のランディングバーンを作る。ランディングバーン上に模造紙を貼り、上にカーボン紙を被せる。

③インターネットで、ジャンプ台の諸元を調べ、射出角度、斜面と射出位置（カンテ）との段差、ランディングバーンの角度を決める。

2. 実験の方法

①射出位置にレールをまたぐようにして速度測定器を置く。

②高さを変えて鋼球を転がし、ランディングバーンに落とす。

③ランディングバーンの上につけられた点の飛行距離 L を測定し、スタート位置の高さ h , 射出速度 u とともに記録する。

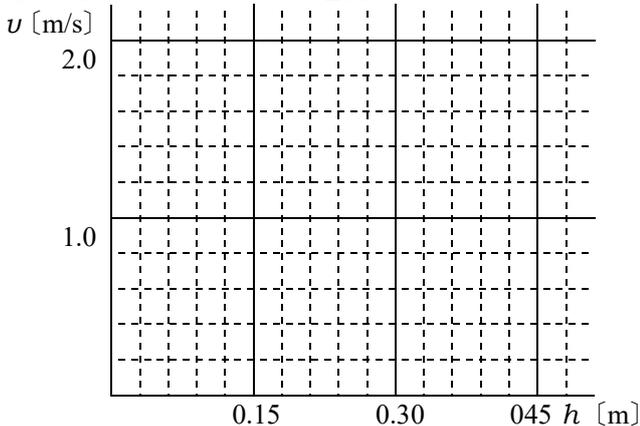
【結果】

①助走（高さ h ）と射出速度 u , ②射出速度 u と飛行距離 L の関係をグラフにする。

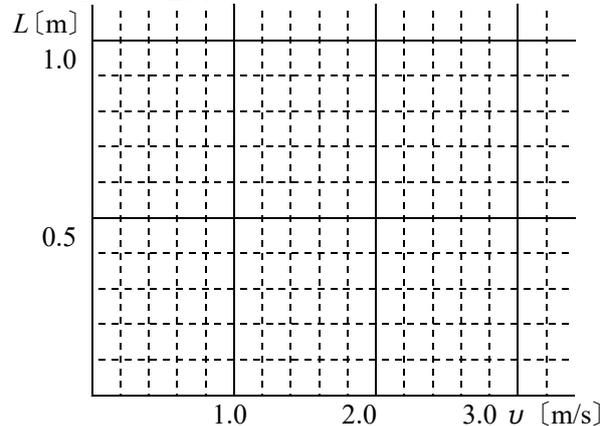
物体の質量 $m = [\quad]$ kg

高さ h [m]	1 回目		2 回目		3 回目		平均		
	u [m/s]	L [m]	u [m/s]	L [m]	u [m/s]	L [m]	u	u^2	L
0.45									
0.40									
0.35									
0.30									
0.25									
0.20									
0.15									
0.10									
0.05									

①助走（高さ h ）と射出速度 u



②射出速度 u と飛行距離 L



【実験・探究】斜方投射（スキージャンプ競技の検証）（レポート）

【理論】高さ h から鋼球をすべらせると、射出の速さ v は力学的エネルギー保存より、

$$[\text{①}] = [\text{②}]$$

$$v^2 = [\text{③}] \therefore v = [\text{④}]$$

つぎに、飛行経路を簡単にするため、射出角度を水平、カンテは 0 m （ランディングバーンは射出位置につながっている）とし、ランディングバーンの角度は 30° とする。

図のように x 軸、 y 軸を取ると、射出速度が v のとき、 t 秒後の物体の座標 (x, y) は

$$x = [\text{⑤}] \quad y = [\text{⑥}]$$

である。また、ランディングバーン上の着地点を $P(x_0, y_0)$ とすると、 $y_0 = [\text{⑦}]$ x_0 の関係にある。 x_0 を g, v で表すと

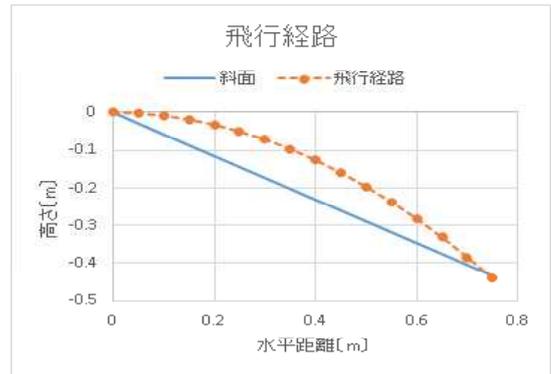
$$x_0 = [\text{⑧}]$$

となる。射出位置から着地位置までの距離を L とすると

$$L = [\text{⑨}] \quad x_0 = [\text{⑩}]$$

である。すなわち、飛行距離 L は、射出速度の 2 乗に比例する。

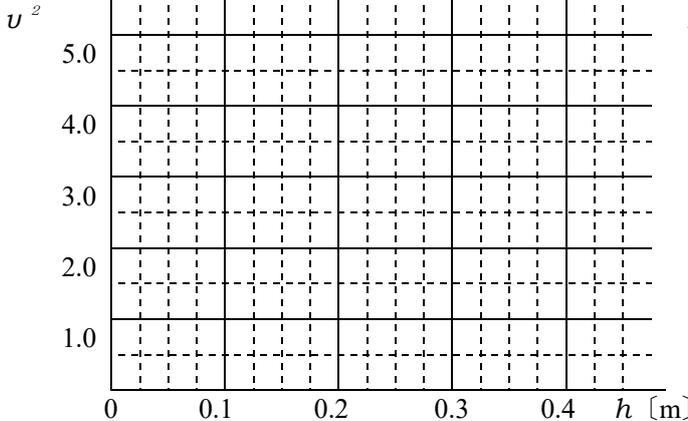
【実験装置】（特徴）



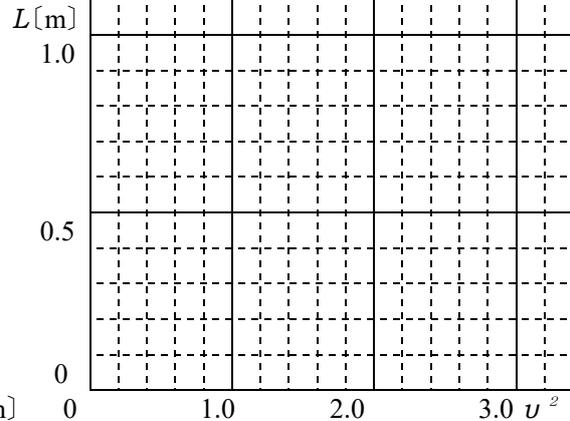
実験装置図

【結果と整理】

①助走（高さ h ）と射出速度の 2 乗 v^2



②射出速度の 2 乗 v^2 と飛行距離 L



【考察】

①助走の高さと速さの関係について

②射出速度と飛行距離の関係について

【感想】実際にジャンプ競技の飛び出し速度と飛行距離を調べてみる。

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () $^\circ\text{C}$ 気圧 () hPa 湿度 () %	