

実践報告 1 物理分野における授業モデルの提案

ー決まった手順のないパフォーマンス課題の実践事例と評価のポイントについてー

1 はじめに

学校教育法において高等学校の目標の一つに「専門的な知識，技術及び技能を習得させること」が掲げられているように，高等学校の授業では専門的な知識と，それを支える基礎的・基本的な知識を生徒に身に付けさせる必要がある。そのためには従来から取り組んできた講義形式の授業も必要であるが，理科においては，講義だけでなくパフォーマンス課題を用いたアクティブ・ラーニング形式の授業を実施し，講義で得られた知識を活用する観察・実験に取り組んだり，問題の演習方法に工夫を加えたりすることで，生徒の思考力・判断力・表現力や観察・実験の技能を伸ばすことができる。

本研究では，限られた時間の中で生徒が「思考力・判断力・表現力」「観察・実験の技能」を身に付けられるようなパフォーマンス課題を用いた授業とルーブリックを用いた評価を，物理分野において実践した。

2 研究の目的

本研究では，高等学校の物理の授業において，次の三つのことを目指した授業実践と考察を行った。

(1) 既習の知識を組み合わせて考える活動を通して，生徒の思考力と判断力を伸ばす

身に付けた知識を活用するという視点から，これまでに学習した物理法則や知識を組み合わせて考えるパフォーマンス課題を課すことにより，知識のいっそうの定着を図った。また，生徒が主体的に取り組む課題とすることで，思考力と判断力を伸ばすことを目指した。

(2) 決まった手順のない実験に生徒同士で協働的に取り組むことで，表現力と協調性を伸ばす

時間の制約がある中で，決まった手順がなく，自由な発想を問われるパフォーマンス課題に取り組むことで，生徒の活発な議論を促すとともに，言語活動の充実を目指した。また，他者と協働しながら自発的に考え自分の考えを伝える表現力と，他者の意見と自分の考えを融合させながらチームで課題を解決する協調性を伸ばすことを目指した。

(3) パフォーマンス課題への取組を正しく評価する

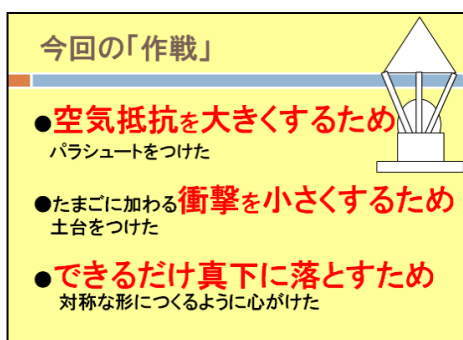
生徒にとって評価は自分の到達状況を確認し，その後の学習方法を見直すきっかけとなるものである。また，教員にとって評価は生徒の実態を的確に把握し，その後の授業改善に生かすものである。本研究では，パフォーマンス課題への取組を短時間で正しく評価するために，ルーブリックを用いた評価に取り組み，そこで留意すべき点は何かについて研究した。

3 研究の方法と内容

(1) パフォーマンス課題「たまごおとしコンテスト」

校舎の3階の高さから卵を落としても割れないように，限られた面積の画用紙でパラシュートや翼，土台などを含む落下装置を製作し，実際に落とす実験「たまごおとしコンテスト」を行った（資料1）。必要なものは，はさみ，セロハンテープ，画用紙のみで，必要に応じて定規，コンパス等を使用することができるようにした。また，卵が割れたかどうかを簡単に判定す

【資料1 授業で使用したスライド】



今回の「作戦」

- **空気抵抗を大きくするため**
パラシュートをつけた
- **たまごに加わる衝撃を小さくするため**
土台をつけた
- **できるだけ真下に落とすため**
対称な形につくるように心がけた

ることができるようにするため、卵を丸ごと囲んで外から見えない状態にする方法は禁止した。さらに、テープは接着目的のみに用いることとし、卵の補強のための使用は禁止した。

2校の普通科高校でこの課題の授業を実践したが、いずれの学校でも学年、類型、物理分野の学習進度を問わず、生徒は楽しみながら意欲的に課題に取り組んでいた。探究するレベルは授業を実施する生徒の実態に応じて変更すればよいので、1～2時間の授業時間でも実践が可能である。

また、この課題を実施する当たっては、多くのごみが多く出ることへの配慮と、屋外で実施する場合には天候への留意が必要である。さらに、卵アレルギーの生徒には十分な配慮が不可欠である。

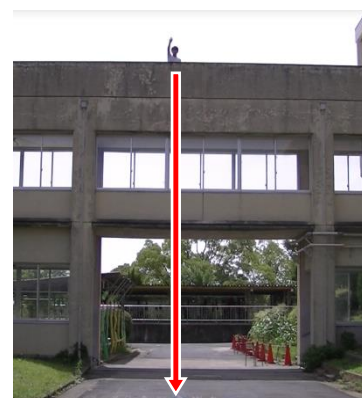
なお、本研究の実践では授業時数の都合により実施を見送ったが、卵を割らずに落とすことに成功した班の中から、「最もきれいに装置を落下させた班」を投票で決めるようにすると、装置を製作する時の生徒の取組と他の班が製作した装置の動きの観察が、更に意欲的になる。これにより、深い理解と生きた知識の定着につながる。

(2) 授業実践

2年生の理系3クラスを対象に、「たまごおとしコンテスト」のパフォーマンス課題を含む授業を実践した。この時点で生徒は、「物理基礎」全単元と、「物理」の平面運動と剛体、運動量、慣性力、円運動までの学習を終えていた。実際に実施した授業（2時間分）の内容は、次の通りである。（(3)学習指導案及び巻末資料（9ページから14ページまで）参照）

授業では最初に、自由落下する雨滴の速度の計算に取り組んだ。理論値と異なり、雨滴には空気抵抗が働くので、落下速度、落下時間はそれより遅くなることを説明し、今までは空気抵抗を無視して理論値を考えていたことを、生徒に理解させた。次に、空気抵抗と終端速度について説明し、問題演習に取り組んだ。

続いて、「たまごおとしコンテスト」のルールを説明した。「卵を落下させても割れないようにするための作戦」を考え、既習の物理の知識を用いて、班ごとに作戦に応じた装置の設計図を作製した。この設計図を基に制限時間30分で装置を製作し、完成後に3階の渡り廊下から卵を乗せた装置を落下させ、全員で観察した。



渡り廊下（高さ8m）から装置を落下させた



班ごとの協議の様子



残り時間が少なくなるにつれて、生徒の議論と作業が白熱していった

(3) 学習指導案

第2学年 物理 学習指導案

1 単 元

様々な運動

※学習指導要領解説では、「物理基礎」の「様々な力とその働き」の中で「空気抵抗の存在にも定性的に触れることあるため、この発展的な内容として「物理基礎」で扱うこともできる。

2 単元の評価規準

- (1) 物体の運動に関して、意欲的に考えることができる。(関心・意欲・態度)
- (2) 運動とエネルギーに関する基礎的な見方や考え方に基づいて、現象を解析できる。
(思考・判断・表現)
- (3) 物体の運動を観察，実験などを通して探究できる。(観察・実験の技能)
- (4) 力と運動に関する概念や原理・法則を系統的に理解できる。(知識・理解)

3 指導内容及び計画

指導内容	小単元：空気の抵抗（2時間）
1（本時）	空気抵抗・終端速度，「たまごおとしコンテスト」（前半：設計図の作製）
2（本時）	「たまごおとしコンテスト」（後半：設計図の作製，装置の製作と落下実験）

4 本時の指導

(1) 本時の評価規準

- ア 物理の知識を用いて，実験を成功させるための作戦を複数立てられる。(思考・判断・表現)
- イ 空気抵抗を考えて，卵を割らないという目標を達成できる。(観察・実験の技能)

(2) 準備

- ア 説明用：ノートパソコン，タブレット，液晶プロジェクタ
- イ 実験用：卵，画用紙，はさみ，セロハンテープ，ゴミ袋，ビニールシート

(3) 指導過程

【1時限目】

過程	学習内容	指導上の留意点	評価の観点
導入 10分	・卵を落下させる動画を見る。 ・空気抵抗を無視した場合の雨粒の速度を計算する。	・プロ野球の投手の球速と比較して，速さのイメージをつかませる。	
展開1 25分	・空気抵抗と終端速度について説明を受けた後，練習問題に取り組む。	・漸近線は意識させず，一定の速度であると理解させる。	
展開2 15分	・「たまごおとしコンテスト」の説明を聞く。 ・作戦を考え，設計図を構想する。		【思考・判断・表現】

【2時限目】

過程	学習内容	指導上の留意点	評価の観点
導入 5分	・「たまごおとしコンテスト」のルールを再確認をする。		
展開3 30分	・設計図を作製する。 ・装置を製作する。	・設計図内に，作戦を言葉で書くよう指示する。	
展開4 10分	・落下させる生徒は渡り廊下に，それ以外の生徒は，落下点付近に移動する。	・卵が割れなかった否かの判定は，教員がする。 ・一度に数グループずつ落下させる。	【観察・実験の技能】
まとめ 5分	・実験室に戻り，片付けをする。 ・ワークシートに結果と考察を記録する。		

(4) 評価

ア 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。

【思考・判断・表現】

イ 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。

【観察・実験の技能】

(4) ルーブリック

評価は公平かつ公正でなければならない。特に、パフォーマンス課題の評価結果を総括的な評価にまで加味する場合は、公平さがより重要となる。思考・判断・表現、観察・実験の技能のような、従来のペーパーテストでは見えにくかった学力も、パフォーマンス課題に取り組みルーブリックを用いて評価することで、妥当性と信頼性のある評価をすることができる。教員によって評価に差が出ないよう公平さを高めるとともに、どのような理由でその評価になったのかを教員と生徒で共通理解を得ることで、生徒の学習意欲の向上につなげることができる。

しかし、正確さ、公平さに丁寧に配慮して評価しようとするほど、教員の負担は大きくなる。あわせて、評価に費やす時間も限られていることから、ルーブリックを用いた評価に取り組む場合は、負担とかかる時間を考慮して、評価するポイントとその判断基準の内容を設定する必要がある。評価の正確さと時間短縮を両立するため、ルーブリックに記載する判断の基準の中に、ねらいを明確にした上で設定した数値（測定値の範囲や誤差の割合、達成した個数、考え出した数）を記載することも、有効な方法の一つである。

今回の実践では、次のようにルーブリックの内容を設定した。評価のポイントを、①考えた作戦の数（実際に採用したものを含めた全ての作戦の数）、②コンテストで卵を割らなかったかどうか、の二つとし、それぞれについて判断の基準を設定した（資料2）。

【資料2 本実践で使用したルーブリック】

達成度 評価の ポイント	評価の観点	レベル3 (十分に満足)	レベル2 (概ね満足)	レベル1 (努力を要する)	評価の資料
① 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。	【思考・判断・表現】	・物理の知識を用いた作戦を5個以上書けた。	・物理の知識を用いた作戦を3個以上書けた。	・物理の知識を用いた作戦を2個または1個書けた。	ワークシートの設形図の記述
② 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。	【観察・実験の技能】	・卵が全く割れなかった。	・卵にひびが入った、または割れた。 ・落ち度のない外的要因により、実験が失敗した。	・明らかな準備不足により、卵が大破した。 ・明らかな準備不足により、実験が失敗した。	ワークシートの実験結果の記述 教員の記録

評価のポイント①については、今回の課題を成功させるために、今までの学習内容をどれだけ活用することができるかという観点で、考えた作戦の数を評価の基準とした。「ありふれた作戦3個と素晴らしい作戦1個ではどちらに価値があるのか」については意見が分かれるところであるが、基準を示すことで誰が評価しても同じ結果にするために、示された考え方の個数を統一した判断基準にするのも、一つの方法であると思われる。

評価のポイント②については、実験結果を評価の基準とした。1回限りの実験であることや、各班が

装置を落下させる時の風の状況などにより結果が左右されることから、このルーブリックが全ての面で適切なものになり得るかは、やはり意見が分かれるところであるが、同じく1回限りの勝負である「あいち科学の甲子園」の競技でもこのような形式のものが採用されていることを踏まえ、本実践ではこのルーブリックで評価に取り組むこととした。

(5) 結果と評価, 考察

ア 結果とルーブリックによる評価

このパフォーマンス課題では、用意する材料によって実験の成功率が大きく変わる。今回の実践では3クラスで取り組んだが、最初に授業を行ったクラスで使用する材料を画用紙1枚としたところ、成功率が教員の予想よりも低くなってしまった。やむを得ず、2番目に授業を行ったクラスから条件を変更し、画用紙2枚で実施することにした。このため、評価のポイント②についてはクラス別に結果を集計することにした(資料3)。なお、3番目に授業を行ったクラスは、習熟度別クラス編成の成績上位者の学級である。

【資料3 ルーブリックを用いた評価の結果】

評価のポイント \ 達成度	クラス	レベル3 十分に満足	レベル2 概ね満足	レベル1 努力を要する
① 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。	全クラス	45.8%	40.4%	13.8%
② 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。	1クラス目 (画用紙1枚で実施)	16.3%	83.7%	0%
	2クラス目 (画用紙2枚で実施)	28.9%	71.1%	0%
	3クラス目 (画用紙2枚で実施)	40.5%	59.5%	0%

イ 考察

クラスの人数の都合により2人組と3人組の班ができたため、実験結果の評価について、2人組の班と3人組の班について別々に集計した結果を次に示す(資料4)。

【資料4 評価のポイント①の班の人数別による集計】

	2人組	3人組	全体
作戦数の平均	3.6	3.9	3.7

著しい差ではないものの、やはり3人組の班の方が2人組の班より多くの作戦を書くことができた。本実践では立てた作戦の個数で評価をしたため、これでは3人組の班の方が有利になる。「評価のポイントの設定がやや不公平であった」という反省が残されたが、今回は最初に設定した基準のままで評価することとした。

議論が盛り上がった班の中にはレポートを書くことに時間を割けず、作戦を十分に記述できなかったところも複数あった。議論が盛り上がったこと自体はよいのだが、その記録をきちんと残しておかないと、このルーブリックでは高い評価は得られないため、このようにパフォーマンス課題に対する生徒の経験が浅い場合は、生徒が考えたり実験したりする時間とレポートを書く時間を、それぞれ別に設定した方がよいと思われる。

またルーブリックを用いて評価を行った際、どこまでを「物理の学習内容を生かした作戦」として判



装置のモデル

断してよいか、大変迷った。今回はパフォーマンス課題に対する生徒の経験の浅さを踏まえ、明らかに誤った内容でなければ、できる限り生徒の意を汲み取るようにした。例えば、「紙を丸めて卵の下に敷いた」のように「衝撃を吸収するために」という目的が記述されていなかったものも、今回は「記述できている」と評価した。今後同様の取組を行う場合は、必ず事前に「〇〇のために〇〇〇〇した」と記述するよう指導したい。

「評価のポイント②」の評価の結果は次のようになった。班の人数による結果と、全体の結果をそれぞれ示す（資料5）。

【資料5 「評価のポイント②」の評価の結果】

	1クラス目（1枚）			2クラス目（2枚）			3クラス目（2枚）		
	2人組	3人組	全 体	2人組	3人組	全 体	2人組	3人組	全 体
割れなかった	3班		6人	4班	1班	11人	3班	3班	15人
ひびが入った	1班	1班	5人		1班	3人	2班		4人
割れた	4班	6班	26人	3班	6班	24人	3班	4班	18人

ここでは、2人組の班の方が3人組の班より成功率が高いという意外な結果となった。これについては人数が多いと意見をまとめるに苦しかったからなのか、それとも個々の生徒の主体性が弱くなったからなのか、残された記録だけでは分からなかったため、今後同じ取組を実施する際には留意したい。

ポイント①、ポイント②の評価結果を踏まえ、「公平に評価するためには、できる限り班の人数を揃える方が望ましい」という考えに至った。しかし、全てのクラスでそのような班編制が可能になるわけではないので、やはり評価のポイントと評価の判断基準の内容の設定をどのように工夫するかが、最も重要な課題となるであろう。

（6）生徒アンケート結果

授業の直後に生徒に回答させたアンケートの設問と回答結果を次に示す。

問1 この実験で物理に興味が湧きましたか。これからの学習に対してやる気が出ましたか。

はい	どちらともいえない	いいえ
90.0%	7.2%	2.7%

「はい」と回答した理由として、「今まで習った知識の使い方が分かったから」「今まで学習してきた内容の通りにならないことが分かったから」「楽しかったから」等、知識の活用や理論値と実測値との誤差の確認を印象深く感じたものが多かった。

「はい」以外の回答をした理由も、「座学で新しいことを知る方が楽しい」「もともと物理に興味を持っているから」等、肯定的な意見がほとんどであった。

問2 この実験は勉強になりますか。

勉強になる	どちらともいえない	勉強にならない
81.3%	14.3%	1.8%

「勉強になる」と回答した理由として多かったものとして、「今まで学んだ知識の使い方が分かったから」「他の人と相談して一つのものをつくる難しさが分かったから」等が挙げられる。

「勉強になる」以外の回答をした理由として、「この取組は学習とは別なものだと思う。」という趣旨のものが複数あった。このような回答をする生徒は、学習をペーパーテストのための勉強のみと捉えていないか、気になった。引き続きパフォーマンス課題に取り組むことで、このような生徒の意識を変えることができるようにしたい。

問3 この実験は楽しかったですか。

楽しかった	どちらともいえない	楽しくなかった
94.4%	5.6%	0%

ほとんどの生徒にとって楽しく取り組めた実験のようであり、パフォーマンス課題としては取り組みやすい適切な内容であったと思われる。

問4 この実験でなにが身に付くと思いますか。次の五つの項目に順位を付けてください。

この質問では「物理の知識」「実験の技能」「問題解決能力」「思考力」「協調性」の五つについて、この課題への取組を通してどれが身に付いたと感じたか、それぞれの生徒に順位付けさせた。それぞれの項目について生徒が回答した順位の平均をまとめたところ、次のようになった。

項目	物理の知識	実験の技能	問題解決能力	思考力	協調性
平均順位	3.92位	3.54位	3.02位	1.43位	3.11位

本校の生徒はアンケート等に対して肯定的な回答をする傾向が強いため、このような順位付けによる項目も加えてみた。結果は、「思考力」を高順位にした生徒が圧倒的に多かった。2時限の実験で思考力がどれだけ身に付いたか測定することは難しいが、思考力が身に付いたと感じた生徒が多かったことから、このパフォーマンス課題には生徒のさまざまな思考を引き出す効果があったと考えられる。

なお「物理の知識」に関しては、この項目を最も低い5位にした生徒の多くが、もともと物理を得意とする生徒であった。この生徒も他の設問では「今まで学習した知識の使い方が分かった」という感想を書いていたことから、「この取組で新しい知識は身に付かなかった」という趣旨で、5位と回答したものと思われる。

問5 この実験で得られたことや「成長したな」と感じたことを、一つ書いてください。
多かった意見は、主に次の3種類に分類できる。

<p>① 物理の知識</p> <ul style="list-style-type: none">・1年間物理を習っただけでも、その意味を実感することがたくさんあった。・今までの知識を応用させることができた。・日常のちょっとしたことに物理が使えるのだと気づいた。
<p>② 自己主張と協調性</p> <ul style="list-style-type: none">・今まで授業では自分の考えを人に言うことがあまりなかったが、自分の思ったことをきちんと伝え、その意見が実際に使われたのでよかった。・今まで人の意見を鵜呑みにしてきた自分が、自分の意見を言えたことがよかった。・他の人の言うことをよく聞いて、考えることができた。
<p>③ 思考力・想像力</p> <ul style="list-style-type: none">・実験を成功させるために、いろいろと考えることができた。・解決策を考える力が付いたと思う。・「こうしたらどうなるか」と頭の中で考える力が付いたと思う。

4 研究のまとめと今後の課題

(1) 既習の知識を組み合わせる活動を通して、生徒の思考力と判断力を伸ばす

生徒アンケートの結果と授業中の様子からも、パフォーマンス課題を通して生徒の思考力と判断力を伸ばすことができると感じた。また、それぞれの生徒に考える時間を与えるため、教師も必要以上に助言やヒントを与えないよう注意する必要があると感じた。当然であるが、パフォーマンス課題に1回取

り組んだだけでは思考力と判断力を十分に伸ばすことはできないので、このような授業を継続して実施するとともに、生徒の力がどれほど伸びたのか確認する方法を考える必要がある。

(2) 決まった手順のない実験に生徒同士で協働的に取り組むことで、表現力と協調性を伸ばす

本実践のパフォーマンス課題に取り組んだ生徒は、これまでの手順が決まった実験よりも活発に議論を行っていた。また、生徒のアンケートには「今まで人の意見を鵜呑みにしてきた自分が、意見を言えたことがよかった」という趣旨の記述が複数あり、決まった手順のない実験が表現力と協調性を発揮する上で大変効果的であることが分かった。理科の授業において、少人数の班単位でこのような活動の機会を設けることは、とても大切であると実感した。

(3) パフォーマンス課題への取組を正しく評価する

初めてルーブリックを用いた評価に本格的に取り組んでみて、評価の判断の基準が班の人数により不公平になったり、判断に困る部分があったりしたため、予想以上に苦勞した。これらの点を反省しながら、「実際に評価に取り組んでみて、初めて気付く失敗や困難があるのだ」ということを実感した。ルーブリックによる評価を総括的な評価（評定）に加味する場合は、妥当性と信頼性の両方が高くなるように評価をせねばならないため、引き続きパフォーマンス課題に取り組む、ルーブリックの精度を高めるようにしたい。

今回のようにうまくルーブリックを設定できなかつたときは、ルーブリックを改定しながら評価をやり直し、信頼性・妥当性があると確認できてから、総括的な評価に加えてもよいと思われる。ルーブリックを用いた評価により、今後の生徒の学習改善と教員の指導改善につなげることができれば、この取組は大変意義深いものである。最初は苦勞をするが、積極的に柔軟に精度の高いルーブリックを作ることができるようになりたい。

最後に、本実践を通して感じた「ルーブリックを用いた評価の経験が浅い教員が、それに取り組むときの参考点」を、以下にまとめる。

ルーブリックによる評価を実施するときの参考点

- ・ルーブリックを作成する際には評価にかかる負担も考慮する。
- ・「評価のポイント」は生徒の達成目標であり、その達成を目指して評価の判断基準を考える。
- ・ルーブリックの内容は事前に生徒に示す方が望ましい。状況によっては達成目標や評価の判断基準の方向性を先に生徒に示し、具体的なルーブリックの内容を後から生徒に示してもよい。
- ・「数値」をルーブリックの基準に用いると評価の客観性は増すが、その数値にどのようなねらいがあるか慎重に考えてから設定する。
- ・今回のような3段階のルーブリック以外にも「○○が5点、○○が4点、○○が3点、○○が1点」と各段階に応じて点数を設定する形式のルーブリックもある。
- ・班単位でパフォーマンス課題を実施する場合、班の人数によって不公平にならないよう課題とルーブリックの内容を考える。
- ・評価を実施してから不十分な点に気づき、ルーブリックを改定することもある。
- ・班による実験を異なるメンバーの班で実施し、年間でバランスを取るなどの工夫が必要である。
- ・評価を総括的な評価に加えるかどうかは、ルーブリックの信頼性・妥当性を踏まえて判断する。

参考文献等

○R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房

○堀哲夫，西岡加名恵『授業と評価をデザインする 理科』日本標準

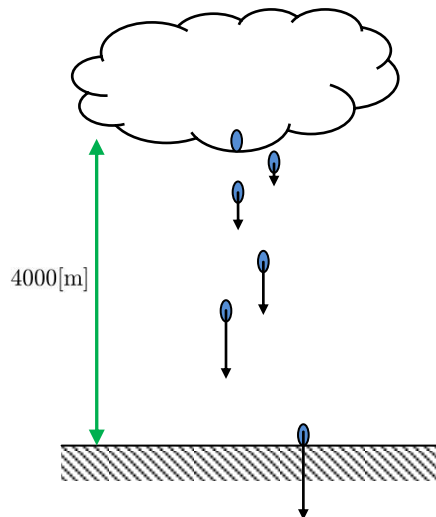
○文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示

【資料】

① 空気抵抗と終端速度

1 雨滴の速度

■ 雨滴が上空4000[m]から自由落下してくるとして、地面に到達するときの速さを計算してみよう。
ただし、重力加速度の大きさを $9.8[m/s^2]$ とする。



日本最速投手の球速は…

$$163[\text{km/h}] = \frac{163000[\text{m}]}{3600[\text{s}]} = 45.2[\text{m/s}]$$



実は、我々の今までの計算は、「空気抵抗」を無視していました。

実際の速さは、この計算結果よりも遅くなります。

2 空気抵抗と終端速度

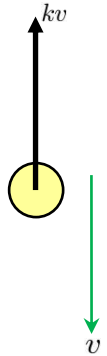
■空気抵抗と終端速度

空気抵抗

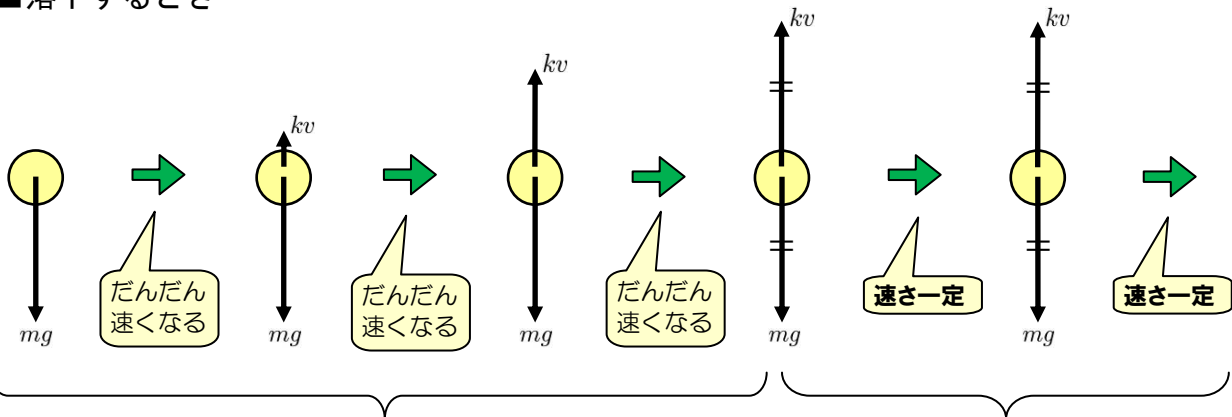
k : 比例定数 v : 速さ

空気抵抗は速さに比例する。

速くなればなるほど空気抵抗も大きくなる。



■落下するとき



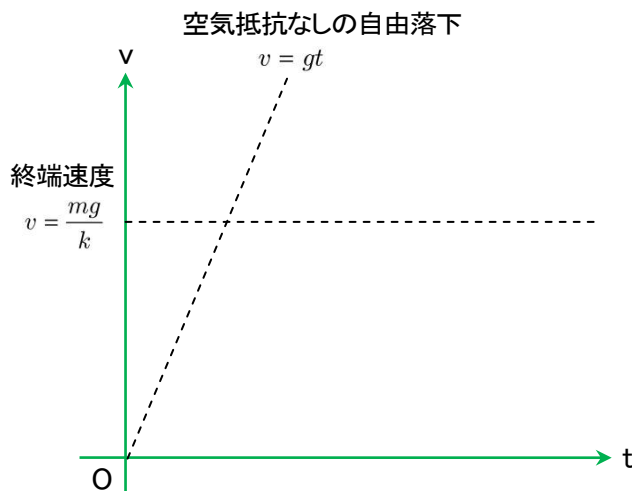
① $mg > kv$ だから加速中

加速しながら落下している途中の運動方程式

② $mg = kv$ だから速さ一定

最終的に $mg = kv$ となったとき

v-tグラフ



問1 終端速度

上空から落ちてくる雨滴にはたらく力は、 だけでなく、空気抵抗もある。雨滴の速度が小さいときは、上向きの空気抵抗より下向きの のほうが大きいので、雨滴には下向きの加速度が生じ、雨滴の速度はだんだん なる。空気抵抗は雨滴の速度に して大きくなるので、最終的には抵抗力は と等しくなり、雨滴は等速で落下するようになる。このときの雨滴の速度を 速度という。

1	2	3	4
---	---	---	---

問2 終端速度

雨滴のような小さな物体が自由落下するとき、空気抵抗がない場合は雨滴の受ける力は重力だけである。この場合、落下速度は時間とともに徐々に増していく。しかし、大気中を落下する場合には、重力に加えて空気抵抗を受けることになる。この空気抵抗は雨滴のような小さな物体の場合、そのときの に比例する。ア 空気抵抗がある場合でも、落下するに従って徐々に落下速度が大きくなっていくが、やがて空気抵抗と重力がつりあって イ 落下速度は一定になる。このときの最終的な落下速度を という。

(1)空欄、に当てはまる言葉を漢字4文字で書きなさい。

1	2
---	---

時刻 $t = 0$ に落下を始めた瞬間の落下速度は0として雨滴の落下運動について考えよう。雨滴の質量を m 、加速度を a 、落下速度を v 、最終的な落下速度を V 、重力加速度の大きさを g 、空気抵抗の比例定数を k 、時刻を t とする。

(2)下線部アのときの加速度 a を答えなさい。

計算
$a =$

(3)下線部イのときの落下速度 V を答えなさい。

計算
$V =$

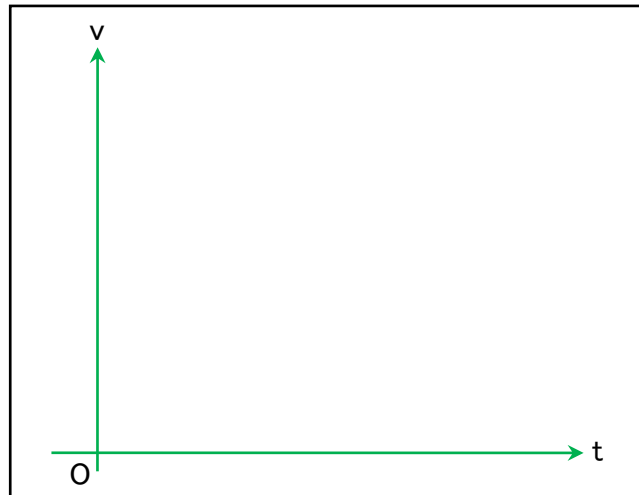
(4)次の条件(a)(b)について

【縦軸】落下速度 v

【横軸】雨滴が自由落下し始めてからの時間 t
のグラフをそれぞれ描きなさい。

(a) 空気抵抗を無視した場合

(b) 空気抵抗がある場合

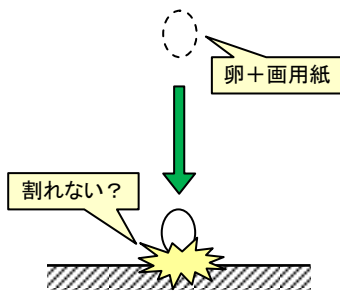


② たまごおとしコンテスト

1 実験の概要・目的

実験

画用紙1枚だけを使って、卵を渡り廊下(高さ8[m])から落としても、割れないようにしよう！



実験の目的

- ① 物理的な作戦を立てて物を設計する。
- ② ディスカッション&共同作業
- ③ ふだんの「計算」を実感する。
- ④ 「ものづくり」

【評価】実験結果

すばらしい：割れなかった
ふつうです：ひびが入った
もう少し：割れた
努力が必要：ルール違反

2 あなたのグループの作戦

思いつく作戦を箇条書きで書いてみよう！

例 空気抵抗を大きくするためにパラシュートを付ける。

【評価】思いついた作戦の数

すばらしい：5個以上
ふつうです：3～4個
もう少し：2個
努力が必要：0～1個

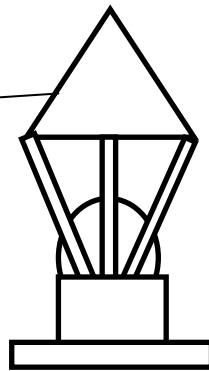
【実際に生徒が書いた例】

- 接地面積を大きくして圧力を小さくする。
- 卵を地面から遠くして衝撃を伝わりにくくする。
- 卵の周りに紙で作ったクッションをつけて衝撃を吸収する。
- ばねで衝撃を吸収する。
- プロペラを付けて、回転のエネルギーに変える。
- 卵を画用紙で包んで卵のパックみたいににする。
- 紙飛行機にして飛ばす。
- 卵を横にする。

3 装置の設計図

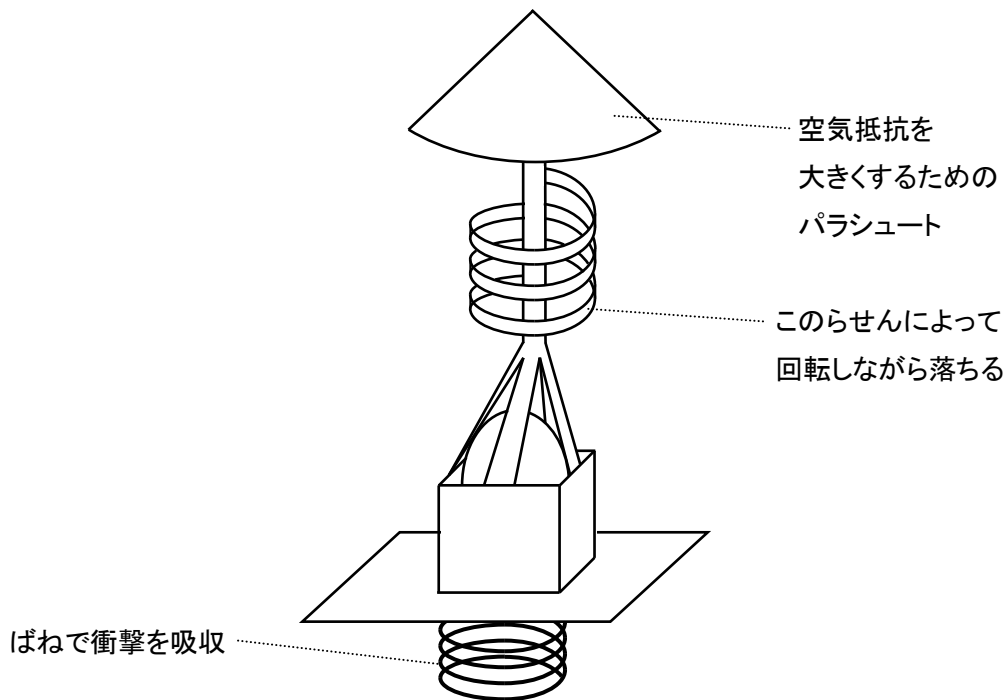
例

空気抵抗を
大きくするために
パラシュートを付けた



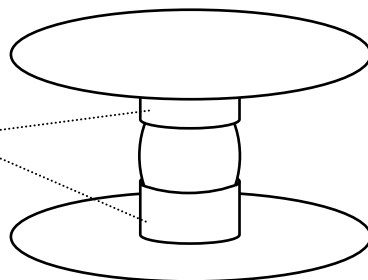
- 設計図を記入(実物と多少違って構わないので、大きく、わかりやすく書くこと。)
- 言葉で簡単な説明を書き入れること。

【実際に生徒が書いた例】



どの向きから落ちて
も衝撃を吸収できるようにする

円盤と卵の間に
空間をつくる



丈夫にする

4 実験結果

自分のグループのタマゴは… (どれかに○をつける。)

割れなかった！

ひびが入った！

割れた！

5 自分のグループの考察

例 その原因はなにか。実験を成功させるためにした(すればよかった)工夫
予想どおりの結果だったか。一致しない場合、なにが原因か。

考察

【実際に生徒が書いた例】

- 衝撃を吸収することを考えるより、エネルギーを他に変換することを考えれば良かった。
- 思ったところに落ちなかったので、対称になっていなかったのかもしれない。
- 空気抵抗が均等に働かず、傾いてしまった。

6 全体を通しての感想

例 なにが難しかったか、ふだんの数式の計算と関連してどうか。 など

感想

【実際に生徒が書いた例】

- とても楽しかったが、想定が甘かったため割れてしまってとても悔しい。
- ふだんの計算に加えて、雨や風のこともまで考えなくてはいけないことが分かった。

月 日 (曜日)

共同実験者名

年 組 番 氏名