

実践 2 その 1

物理における非連続型テキストを使った読解力向上への取組

- 実験におけるグラフ化の取組 -

愛知県立岡崎東高等学校 岩月 迅美

1 はじめに

グラフをかいて変数の関係を探し、あるいは関係を確認するのは数学や理科にとどまらない。例えば、統計学における正の相関関係とは、グラフにしたとき大まかな直線関係を見いだすことが基になる。何らかの調査、検査、実験をしたとき、数値をグラフ化するのは、物事の間接的な関係を読み取る一つの手法である。

PISA2003 調査によれば、PISA 型読解力（以下読解力とする）は「書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力」と定義される。「テキスト」は「連続型テキスト」と「非連続型テキスト」からなり、そのうち一方の「非連続型テキスト」にはグラフ、表が含まれる。理科の実験は、高校の授業の中でグラフの意味をつかむことができる限られた機会の一つであるため、本研究は読解力の育成の手段としてグラフを中心にとらえ、その実践方法の例について検討してみた。

2 3年生での実践

物理の歴史の中で発見された法則のうち、比例関係が基になっている法則は幾つもある。比例関係を導くのは、物理法則を考える際の基本と言える。そのような物理的探究方法をベースにした、実験データを処理する上でのグラフ作成例である。

ただし、観測した物理量が単純に比例するものでなく、物理量を加工することによってグラフが直線になるようなものを扱った。 $y^2 = ax$ となるような関係を、比例のグラフに持ち込む学習内容である。これは加工しないとグラフが直線にならない。よって、生徒の実態を踏まえ、まず対象を3年生とした。

(1) 実験 1 単振り子の長さとの関係（別紙 1）

初めに、実験よりデータを得て、グラフ化、関係式の導出方法について、実験を通して学習させた。対象は理系 3 年 18 名（男子 17 名、女子 1 名）とし、平成 19 年 6 月 8 日（金）第 5 限に実施した。

まず、単振り子でいろいろな糸の長さ L に対する周期 T を測定させる。結果を表にまとめた後、1 つ目に $T-L$ グラフ、続けて $T-L^2$ グラフをかかせた。その際、軸の物理量、目盛りの数字、単位を記入しなくてはならないことを指導した。そして、 $T-L^2$ グラフより T と L^2 の比例式を求め、 T と L の関係式が導かれることを学習した。

(2) 確認テスト 1 ばね振り子のおもりと周期の関係（別紙 1）

ばね振り子のおもりの質量 m を変え、周期 T の変化を測定した実験を問題とし、実験 1 の定着を調べた。対象は実験 1 と同じで、平成 19 年 6 月 25 日（月）に実施した。

$T-m$ グラフと $T-m^2$ グラフをかかせ、 T と m の関係式を 15 分で解答させた。表 1 は確認テスト 1 の問題で出題した T と m の数値である。

〔表 1：確認テスト 1 の問題〕

$M[\text{kg}]$	0.040	0.36	0.16	0.25
$T[\text{s}]$	0.56	1.68	1.12	1.40

(3) 定期考査 単振り子の長さとの関係の問題

実験 1 及び確認テスト 1 における指導の定着を測定するため、実験 1 についての問題を出題し、グラフをかかせて物理量の関係式を求めさせた。(5 分程度)

(4) 実験 1 から定期考査までの結果

最終的に、定期考査(7月上旬)において、関係式を導けた生徒は3分の2(12名)だった。これらの生徒は、グラフをかく上での基本(軸の物理量、目盛り、単位)もほぼ間違いなくできていた。グラフができているのに関係式を導けなかったのは2名で、計算ミスのため比例定数が1名は10倍、もう1名は0.1倍であった。関係式を導けない生徒のうち残りは、グラフも正しく記入できていなかった。

(5) 実験 2 電池の起電力と内部抵抗(別紙2)

グラフをかくことで、物理量が求められることも多い。対象は実験 1 と同じで、平成 19 年 9 月 12 日(水)に実施した。グラフの軸の物理量の比例関係を求めるだけでなく、グラフから読み取れる物理量があることを、実験を通して学習させた。

(6) 実験 2 の結果

実践の間に夏休みが入り、グラフがかけるか心配であったが、全員がグラフの縦軸、横軸の物理量、目盛り、単位を入れ、測定値の近似直線を得ることができた。考察に関しても、直線からずれてしまった測定値の理由や、他班と直線の傾きについてなど様々なものがあり、実験の感想と明確に区別して書いている生徒が多かった。その内容も、実験 1 に比べ多岐にわたっていた。

3 2年生での実践

続けて2年生にも、データを加工した上でのグラフ作成と、グラフからの読み取りをさせてみた。

(1) 確認テスト 運動エネルギーと外力のする仕事

データを加工したグラフ指導をする前に、生徒のグラフに対する状況調査として確認テストを行った(図1)。対象は、理系2年18名(男子18名)とし、9月12日(水)に実施した。物体の初めの速度 v と、摩擦によって物体が静止するまで進んだ変位 x を示し、 $x-v$ グラフをかかせた。

表2は2年生確認テストの問題で出題した x と v の数値である。

〔表2：確認テストの問題〕

$v[m/s]$	1.0	2.0	3.0	4.0
$x[m]$	0.019	0.082	0.179	0.318

〔図1：2年生確認テストのプリント〕

確認テスト

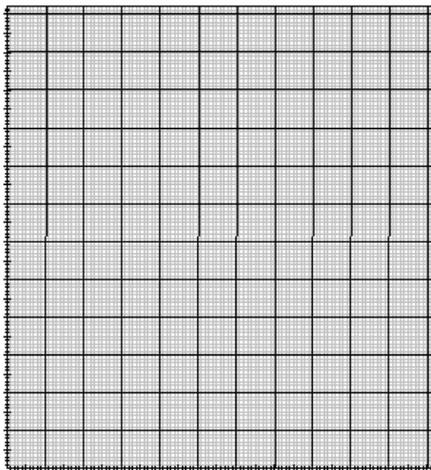
2年生組 番 氏名 _____

□

前記説明するような実験を行った。当たった速さ v と距離が押し込まれた果さを s として結果をまとめた表が以下である。

$v[m/s]$	1.0	2.0	3.0	4.0
$s[m]$	0.019	0.082	0.179	0.318

□ グラフを書きなさい。



□ グラフを書くのは得意な方ですか。□をつけなさい。
とても好き まあ得意 あまり得意でない 嫌い

Ⅲ グラフから v と s の関係を求めよ。

+

(2) 確認テストの結果

事前に何の指導も加えなかったが、グラフが全くかけなかった生徒は1名、プロットした点を結ばなかった生徒が2名、 $x-v$ の軸を逆にとった生徒が2名で残りの13名はグラフをかくことができた。ただし、軸の物理量、単位をきちんと記入できたのは半数の8名である。最終的に、グラフより関係式を導く設問に解答できた生徒が1名いた。

そこで、確認テスト2を実施した直後、グラフのかき方と関係式を導く方法について指導した。

また、確認テスト2に合わせてアンケートをとった。グラフをかくことについての問に、「まあ得意」と答えた生徒は5名のみで、約3分の2以上の13名が、「あまり得意ではない」と「不得意」を選んでいる。確認テスト2でグラフがうまくかけなかったり、時間がかかったりした生徒が多かったため、グラフ作成があまり得意でないと答えた生徒が多かった(表3)。

〔表3：グラフ作成の得意・不得意〕

とても得意	0
まあ得意	5
あまり得意でない	10
不得意	3

(3) 実験 力学的エネルギー保存の実験(別紙2)

塩化ビニル製の坂道に小球を初速度0で転がし、転がし始める高さ h をいろいろ変えて、最下点での速度 v を測定させた。力学的エネルギーの保存の有無を確認させる実験で、対象は確認テストと同じ。平成19年9月27日(木)第6限に実施した。

(4) 実験の結果

初めの状態における重力による位置エネルギー($U=mgh$)と、最下点における運動エネルギー($K=\frac{1}{2}mv^2$)を表中で計算させた後に、グラフ化させた。あらかじめ、縦軸、横軸の物理量の取り方を工夫することでグラフを直線にすることができ、直線状のグラフからは縦軸と横軸の物理量の比例関係が得られることを指導してある。

18名中15名が、 $K-U$ グラフをきちんとかいている。その中で、力学的エネルギーが保存されていれば傾きが1の直線になることまで言及した上で、力学的エネルギーが保存されないことを示した生徒は5名である。グラフをかくことができた残り10名も、力学的エネルギーが保存されていないことや、 U と K が比例関係にあることを考察していた。中には、裏面まで使い、保存されなかった理由を述べた生徒もいた。

18名中の残り3名は、 $v-h$ グラフをかいていた。考察の中で、3名とも力学的エネルギーが保存されていないことに触れていない。 $K-U$ グラフをかいていないことに、実験の主旨を理解していないことが表れている。

また、この後の時間で、保存されない主な理由が摩擦にあること(回転エネルギーには触れなかった)、この実験では重力による位置エネルギーの約4割が失われることなどを解説した。解説後のアンケートでは、グラフをかくことについての問に、まあ得意と答えた生徒は12名に増えている。実験3の実験データ処理の中で、グラフをかき、きちんと処理できたことで自信とした生徒が多かったようだ(表4)。

〔表4：グラフ作成の得意・不得意〕

とても得意	0
まあ得意	12
あまり得意でない	4
不得意	2

4 おわりに

今回の研究から、グラフがかけられるようになることで、グラフから読み取る内容が増えていく傾向、つまり読解力の向上している様子を感じられた。繰り返しにより定着が図られる結果も出た。ただ、進学指導に追われる現実がある中で、生徒の読解力を向上させるためとはいえグラフ指導だけに時間を割くのは難しい。年間の学習計画とのバランスを考えながら、生徒実験の中にうまく取り込んだグラフ指導の必要性を強く感じる。今回の研究の中で扱った单元だけでなく、他の单元においても生徒実験におけるグラフ指導を続けていく予定である。

<参考文献>

田代直幸『中等教育資料 平成 17 年 12 月号』「新しい理科教育の創造(26) 理科で国語力を育てる(1)」(2005 年, ぎょうせい)

3年物理Ⅱ 生徒実験1

図「単振り子の l と T の関係を探る」

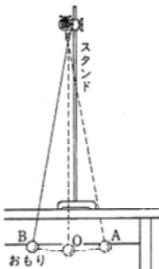
レポート作成者 3年 組 番 氏名 _____

実験日時 平成 年 月 日 (曜日) 第 限
 気象条件 天気 , 気温 ℃
 実験場所 同崎東高校 物理教室
 目的 ボルタの振り子(単振り子)の長さ l と周期 T の関係を実験から推察する。
 準備 スタンド, 糸(たこ糸), はさみ, おもり(金属球)と釘, ものさし, ストップウォッチ, セロハンテープ, 電卓

実験

原理 ガリレオ=ガリレイは、単振り子の周期 T が振り子の長さ l で決まる(振幅にはよらない)ことを実験より明らかにした。これを「振り子の等時性」という。

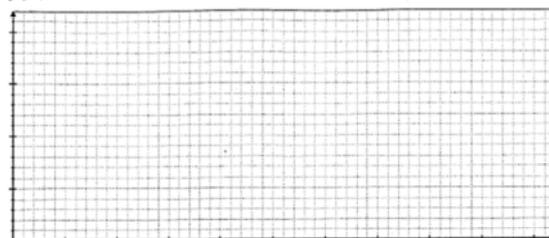
- 実験手順 (1) おもりに釘を用いて糸をつけ、糸の他端をスタンドのはさみにはさんでつるす。
 (2) ものさしで糸の長さを測り、その値におもりの半径を加えて、糸の上端からおもりの中心までの長さ l [m] を求める。
 (3) 単振り子を小さく(最大で 3° 以内) 振らせる。一番端にきた瞬間にストップウォッチを始動させ、10往復した時間を測定し記録する。
 (4) 周期 T [s] を求める。
 (5) 糸の長さをいろいろ変え、(2)~(4)を繰り返してそれぞれの周期を求める。(3回以上繰り返すこと)
 (6) グラフを書いて、周期と長さの関係を考察する。



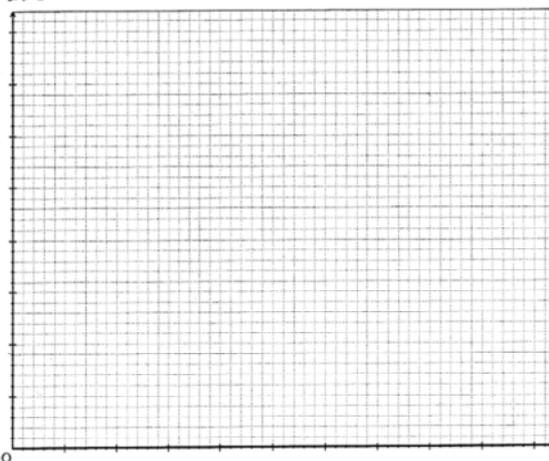
実験結果

長さ l [m]	10往復の時間 [s]	周期 T [s]

グラフ1



グラフ2



実験結果の考察

視点: 周期 T と振り子の長さ l の関係は?

図2: 3年生実験1のプリント

実験確認テスト

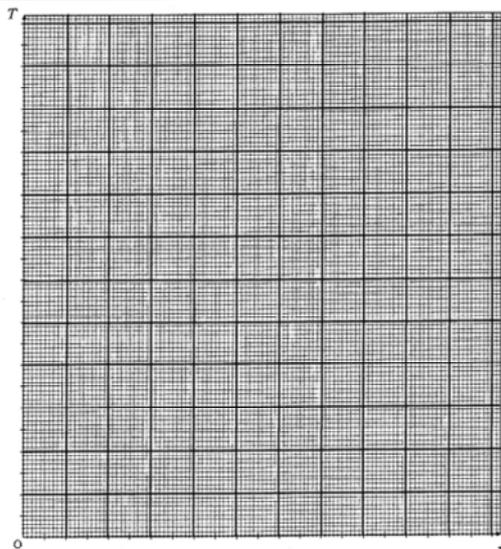
3年 組 番 氏名 _____

①

天井から吊したばねに、おもりをつけてつり合わせた。そして、おもりを少し下へ伸ばしてから静かに手を離し、単振動をさせた。つるしたおもりの質量 m と周期 T の関係を調べたら、以下の表ようになった。

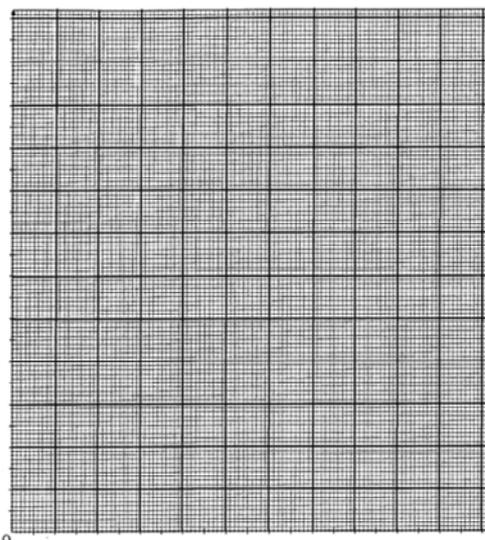
まず、 m と T の関係を求めるために、縦軸に T 、横軸に m をとって、グラフを書きなさい。目盛り、単位がはっきり分かるように書くこと。

m [kg]	0.040	0.36	0.16	0.25
T [s]	0.56	1.68	1.12	1.40



②

つぎに、 m と T の関係を求めるために最も良いグラフを書き、関係式を求めよ。グラフを書くときは、縦軸、横軸に何の数値をとったのか、目盛り、単位がはっきり分かるように書くこと。



考察 (m と T の関係式は)

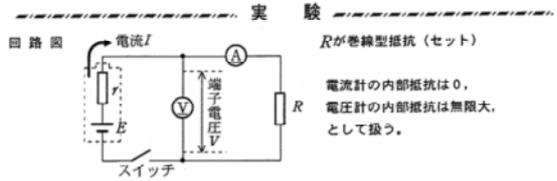
図3: 3年生確認テストのプリント

3年物理II 生徒実験2

「電池の起電力と内部抵抗」

レポート作成者 3年 組 番 氏名 _____

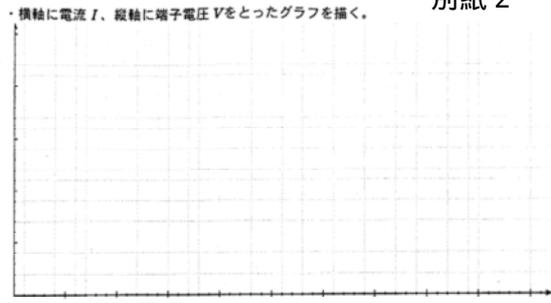
実験日時 平成 年 月 日 (曜日) 第 限
 気象条件 天気 , 気温 ℃
 実験場所 岡崎東高校 物理教室
 目的 乾電池の起電力と内部抵抗を求める。
 準備 電池, 直流電流計, 直流電圧計, 巻線型抵抗 (セット), スイッチ,
 (ミノムシ型) クリップ付き導線



- 実験手順
- 巻線型抵抗は 50Ω にして、回路図のように回路を組む。電圧計は $3V$ 、電流計は $500mA$ の端子にマイナス側をつなぐこと。
 - スイッチを入れたら、すばやく電流 $I [mA]$ と電圧 $V [V]$ の値を読み記録する。目盛りの $1/10$ まで読むこと。読んだら、スイッチを切る。電流は単位を $[A]$ に直して記録すること。
 - 次に、巻線型抵抗を 10Ω 、 5Ω 、 3Ω と変えて、(2) の測定を繰り返す。
 - 1Ω と 3Ω が直列になるようにつなげば、 4Ω の抵抗として使える。これを用いて、 4 、 6 、 7 、 8Ω の場合での測定もする。
- 【注意1】 小さい抵抗では、抵抗で発生するジュール熱が大きい。よって、スイッチを入れてから切るまでの時間が短ければ短いほどよい。
- 【注意2】 1 、 2Ω の抵抗を単独で使わないこと。

実験結果

巻線型抵抗 $R [\Omega]$	50	10	8	7	6	5	4	3
電流 $I [A]$								
端子電圧 $V [V]$								



・グラフを I が 0 になるまで延長して電池の起電力 E を求め、グラフの傾きから電池の内部抵抗 r を求める。

電池の起電力 $E =$ [V] 内部抵抗 $r =$ [Ω]

実験結果の考察

- ・グラフは直線になったか、ならなかったらその理由は?
- ・他の班の実験データを比較して、違うところはあるか。その理由は?

実験の感想

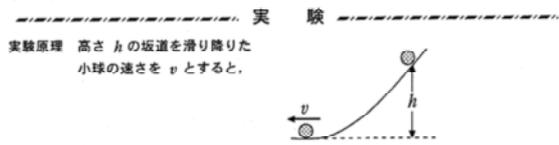
図4：3年生実験2のプリント

2年物理I 実験

「力学的エネルギーの保存の実験」

レポート作成者 2年 組 番 氏名 _____

実験日時 平成 年 月 日 (曜日) 第 限
 気象条件 天候 , 気温 ℃
 実験場所 岡崎東高校 物理教室
 目的 力学的エネルギーの保存について確認する。
 準備 レール、クランプ、スタンド、鉄の小球、ビースピ、物差し

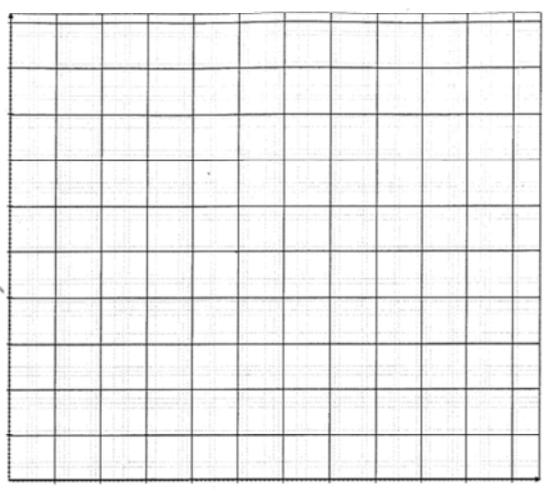


- 実験方法
- レールの下端をクランプで机に固定する。
 - レールの上端についている布きれをスタンドではさんで、固定する。
 - ビースピをレールの下端にセットする。速度測定モードにし、リセットしておく。
 - 小球を落とし始める高さを測定する。
 - 小球を静かに離し、ビースピで測定された速度を記録する。
 - 速度を km/h から m/s に計算し直す。
 - 小球の質量を測り、重力による位置エネルギーと運動エネルギーを計算する。また、グラフを書く。

実験結果

小球の質量 _____ kg

高さ	重力による位置エネルギー	速度 km/h	速度 m/s	運動エネルギー



実験結果の考察

- ・グラフより分かることは何か
- ・力学的エネルギーは保存されていない結果が出たのはどうしてか 等

実験の感想

図5：2年生実験のプリント