

接続型教育を目指して

第5報 入学前セミナーの物理テキストの改訂

藤岡 淳*・尾崎 徹**

(平成22年10月29日受付)

Toward a Linking Education The Fifth Report: the Revision of the Physics Textbook for Pre-Entrance Seminar

Atsushi FUJIOKA and Tōru OZAKI

(Received Oct. 29, 2010)

Abstract

Our Institute annually holds Pre-Entrance Seminar of college English, mathematics and physics for the students who pass various types of admission through recommendation and AO examination. We have revised the physics textbook of Pre-Entrance Seminar to improve the linking between the pre-entrance physics for the seminar and the post-entrance college physics for the major subjects. The main theme of the pre-entrance physics is changed from the review of examination questions to the formulation of the motion of bodies taken with stroboscopic photography. The revised textbook used in the face to face and the correspondence lessons of Pre-Entrance Seminar 2010 is highly evaluated from educational effects. We stress that the strong linking between the pre-entrance physics and the post-entrance physics is important to make our linking education more effective.

Key Words: linking education, college physics, pre-entrance seminar, physics textbook

1. はじめに

本学では、専願入試の合格者を対象にして、3月に「入学前セミナー」が開催されている。その目的として、つぎの3つが掲げられている。(1) 多様化した履修歴の均一化を図る。(2) 正課基礎科目の事前理解を促す。(3) 入学後の勉学・生活の不安解消を図る。開講されている科目は、英語、数学と物理の3科目であり、基礎的な内容がそれぞれ16時間の授業で習得できるように企画されている。授業では、広島工業大学教育学習支援センターによって編集された「入学前セミナーテキスト」が使われる。物理のページには、セミナーが始まった2004年の初版からカラー写

真と図がたくさん盛り込まれている。それらは、物体が運動するようすを示しており、別に掲載した高校物理の演習問題を解くための補助的な資料として使われた。その後、2006年からは新指導要領のもとで教育を受けた学生が入学を始めた。数学の習熟度が低下したためか[1]、写真と図を素通りして演習問題を解くことに時間を費やす授業が行なわれるようになった。それによって高校物理に触れた、または復習したという満足感とは与えられるが、入学後に履修する基礎物理科目の内容への接続が弱く、入学してから困らせることになる。その接続を強化する目的で2010年のセミナーから物理の教程を大きく変更した。ただし、写真と図を盛り込んだカラーページは引継ぎ、それ

* 広島工業大学教育学習支援センター(非常勤講師)

** 広島工業大学工学部電子情報工学科(物理担当グループ)

らをじっくり観測して自然現象を認識することに重点をおいた [2]。今の高校生に最も不足している体験的な学習をさせる意図もある。今回は、入学前セミナーにおける物理の教程の変更とそれを実施するために改訂したテキストを紹介し、それを使用した教育効果について報告する。

2. 入学前セミナーにおける物理の教程の変更

本学の基礎物理教育は物理グループが担当している。* 入学前セミナーの物理の内容が入学後に履修する基礎物理科目の内容へ接続することによって、入学前セミナーの効果は増加する。そうなるように、2010年のセミナーの教程を変更してテキストを改訂した。

基礎物理教育の目標、成果と課題は参考文献 [1] に詳しく述べられている。本学に入学した学生の多くが、1, 2年次に基礎物理科目を履修する。基礎物理科目の役割は、彼らに自然現象の仕組みを理解させて、専門科目を学ぶための基礎力と学習法を身につけさせることである。そのために、物理グループは、

中学理科・高校物理・高校数学 ⇒ 基礎物理科目 ⇒ 専門科目

の3者間の接続状況に常に注意を払いながら活動している。専門科目を学ぶ基礎力をつけるために、基礎物理科目の内容の中心を、簡単な微分・積分を使った力学または電磁気学と簡単な実験においている。前者は、基礎物理学 I, II の講義と基礎物理演習によって、後者は物理学実験によって修得させている。そうすることによって、微分・積分を使った専門科目を履修するための基礎力がつき、また科学現象を見る目が養われて簡単な実験機器の操作になれる。そうして専門科目へ接続する。一方、中学・高校から本学の基礎物理科目への接続においては、高校物理を履修していることを前提にしていない。なぜなら、大学の基礎物理科目を学び始めるとき、高校物理の公式を暗記していることよりも、中学物理の考えを身につけていることの方が大切だからである。中学物理の考えを表現するために、中学数学が使いこなせることも大切である。その上で、物理の考え方に密着して簡単な微分・積分を学びながら基礎物理科目を履修していく。基礎物理学 I, II と基礎物理演習はまさにそれらを実施するための内容になっている。詳しくは、参考文献 [1], 3科目の講義要項の授業の目的 [3 - 5] と本学の学生のために作成した教科書 4冊 [6 - 9] をご覧いただきたい。

入学前セミナーが上記の接続教育の図式の左側の矢印⇒の一部を担うことができるようにセミナーの教程を変更した [1]。高校物理を繰返しても、大学の基礎物理科目に

接続しないことから、入学前セミナーの中心から高校物理と受験物理の問題演習をはずしたのである。その代わりに、カラー写真と図を使った模擬的な実験と解析を中心におき、中学数学を使って物体の運動を調べる「作業」をする。具体的には、物体が運動するストロボ写真を見て、物体の位置、速度、加速度などの変化を表にし、それをグラフに描いてグラフが示す式を得る。その式を使って物体のいろいろな運動を調べたり予想したりする。つまり、位置、速度、加速度の定義と意味を実感して観測結果が法則になる過程とその応用を実体験する。そうすることによって、身近な自然現象を認識し、自然現象を観測する目的と物理の役割を学ぶ。それらに加えて、入学前セミナーの数学の教程に含まれていないベクトルを物理の道具として学ぶ。もちろん、高校においてベクトルと2次関数の微分・積分を含む高校数学が使いこなせるように十分訓練を積んだ後に、理工系の大学へ入学することが強く望まれる。

3. 入学前セミナーの物理テキストの改訂

テキストの内容は、基礎物理学 I の内容に含まれる 10 テーマに基礎物理学 II の内容に含まれる剛体のつり合いと電流と電気の 2 テーマを加えてつぎのように配列した。①等速直線運動、②速度・加速度、③速度の合成・相対速度、④重力による運動、⑤力、⑥剛体のつり合い、⑦慣性、⑧力と加速度、⑨質量と加速度、⑩作用と反作用、⑪物体の運動、⑫電流と電気。

各テーマの運動を表わす写真と図は 2004 年の初版から使用しているカラーページを引き継ぐことにした。出典は、高校物理の副教材として知られる「新訂物理図解」である [10]。そのうたい文句は、「物理を効果的に学習するため、実験の経過を示す鮮明な写真、原理や法則の理解を助けるグラフ・模式図を数多く掲載し、それらを系統的に配列して学習を創造的にすすめることができるよう工夫されている」ことである。入学前セミナーテキストの初版を作るため、2003年に教育学習支援センターの藤岡が物理グループの尾崎に相談をした。尾崎は、本学で接続教育を推進する立場から、新訂物理図解のような内容にすることを勧めた。勧められた藤岡が、幸いなことに、新訂物理図解の作成に当初から深くかかわっていたことから、話はトントン拍子に進んだ。新訂物理図解のそれぞれのテーマはよくできているので切り貼りはせず、原型のまま 24 ページ分を掲載した。その利用法はセンターの教員が考えて、写真と図は参考資料として利用し、高校物理の演習問題を解くことを中心においた。しかし、しだいに、肝心のカラーページを素通りして演習問題から始める授業が多くなり、しかも答えを他の参考書や問題集から拾う生徒が増えてきた。

* 物理グループの教員は工学部の各学科に一人ずつ所属している。

それらも、演習問題を削除することにした理由である。2010年版からは、カラー写真と図そのものを使い、間にしながら写真と図をグラフで表し、図解して考察することを中心においた。それを指導するため、写真と図の前に、問の利用の仕方を問題の形にして付け加えた。「①等速直線運動」と「②速度・加速度」を例として付録に示したのでご覧いただきたい。

4. 2010年度入学前セミナーの実施状況

入学前セミナーは、例年通り、対面指導と通信指導の2通りで行なわれ、受講者はどちらかを選択した。対面指導は広島（本学）、松山と広島工業大学高等学校（工大高校）の3会場で実施された。指導者は、それぞれ、教育学習支援センターに所属する教員、塾講師と工大高校の教員があたった。2010年度用のテキストを大幅に改訂したため、指導者に「指導のねらい」を通知した。通信指導では、教育学習支援センターの教員が相談をしながら適切に添削をした。広島と松山の2会場の対面指導と通信指導について、日時、参加人数、実施内容と状況をまとめる。

(1) 対面指導

会場：広島会場（本学）および松山会場

日時：3月2日（火）－5日（金）、9日（火）－12日（金）
（8日×2時間/日）

参加人数：広島会場 259名（初日 215名、最終日 184名）、
松山 35名

内容：3月2日・3日 ①等速直線運動、
②速度・加速度
3月4日・5日 ③速度の合成・相対速度、
④重力による運動、⑤力
3月9日・10日 ⑥剛体のつりあい、⑦慣性、
⑧力と加速度、⑨質量と加速度
⑩作用と反作用
3月11日・12日 ⑪物体の運動、
⑫電流と電気抵抗

状況：分かり易く、しかも生徒が興味をもつような指導を心掛けた。テーマごとの内容をクラス全体で学習しながら各自が問に取り組んだ。多人数なので一人ひとりを把握するのは困難であったが、机間巡視をしながら助言をして各自の学習を深めさせた。広島会場の受講者は1日平均4名の割合で減少したことになるが、これは昨年度の9名に比べて半分以下に減少している。

(2) 通信指導

日時：第1回目 提出締切2月17日、

第2回目 提出締切3月15日

参加人数：216名

内容：第1回 ①等速直線運動、②速度・加速度、
③速度の合成・相対速度、
④重力による運動、⑤力、
⑥剛体のつり合い

第2回 ⑦慣性、⑧力と加速度、⑨質量と加速度、
⑩作用と反作用、⑪物体の運動、
⑫電流と電気

状況：改訂したテキストによる学習効果が認められる答案もあった。しかし、対面指導の受講を勧めたい答案が多かった。それぞれの答案に、解答例を見ながら再度学習をするよう書き添えた。

5. 2010年度入学前セミナーの反省と課題

対面指導では、テーマごとの問を効果的に使って写真と図を学習させることができた。アンケートの回答には、「図など使った説明があつて分かりやすかった」という意見が多数あった。逆に、「高校の学習の仕方とは違って分かりにくかった」という意見があり、高校物理の公式主義から脱することの戸惑いと不安が感じられた。

通信指導では問題の指示どおりに学習ができることが大切であるが、それができないために解答作業が不十分な答案があった。今回のテキストでは、参考書や問題集を見ながら解答を書き写すことができないので、実際に作業をしなければならぬ。その作業を自分でできるようになるためにも、対面指導を受けることを勧めたい。

指導者にも不慣れなところがあった。今回、写真、図とグラフから学ばせる内容が中心になり、それが高校や塾で力を入れている受験物理の教え方と異なることが原因である。しかし、徐々に慣れていかなければならない。誰でもテキストの趣旨にそった対面指導ができるようにテキストを改訂していくことも必要である。写真と図ごとに問があると、それらを真剣に見るであろう。また、写真の物体がどのように運動するかを言葉で表現させると日本語の訓練にもなる。しかし、問が独り歩きを始めて写真と図を素通りするようになっては本末転倒である。そうならないように十分注意してほしい。通信指導では、セミナーの趣旨にそった解答ができるよう、解答用紙に加筆して解答作業を導く必要がある。

新訂物理図解自体も改訂を要する。まず、単位の付け方を世界標準にしてもらいたい。また、図解の精神を徹底させる新しいテーマの開発を継続してほしい。

6. 入学後の継続指導

教育学習支援センターの日頃の業務は、基礎物理学Ⅰ、基礎物理学Ⅱ、基礎物理演習、物理学実験、基礎物理学に

ついて学生が抱えてきた質問に答えることである。その中で入学前セミナーの継続的な指導も行なっている。具体的には、利用者の必要に応じて、新訂物理図解を用いた指導をしている。内容は、力と運動に関連して、運動量と力積、運動量の保存、等速円運動、万有引力、慣性力、単振動。エネルギーに関連して、仕事・運動エネルギー、位置エネルギー、力学的エネルギーの保存、仕事と熱、気体の法則、気体の分子運動、気体の状態変化と熱力学第一法則、不可逆変化と熱機関、エネルギー保存の法則。それに加えて、波動、電気と磁気、原子である。教育学習支援センターの書棚に新訂物理図解が数冊備えてあり、学生が自由に利用することができる。

7. 入学前セミナーの展望

「科学五輪－理科教育を見直す契機に」の見出しで新聞記事が掲載されていた [11]。断片的な知識を教え込むことになりがちな日本の理科教育の弱点が浮かび上がったというのである。日本から参加する高校生は4ヵ月の特訓を経て、やっと五輪に挑めるようになる。特訓では、体系的な考え方や実験の仕方を学ぶ。これらは普段から学ぶべき内容であり、本学の基礎物理教育の方針とも一致している。若者に国際競争力をつけ、外を向く自信をつけて、将来、ノーベル賞を受賞させたいものである。

昭和40年代まで、自然現象から法則がしっかり説明できるようになる物理の授業が多く的高校で行なわれていた。演習問題はめいめいで学習して大学入試に備えた。高校は生徒の必要に応じて補講を行なう程度であった。しかし、昭和40年代から高度成長期に入り大学進学熱が高まった。それにとまって、進学塾が台頭し、また有名高校の多くが実験よりも受験問題の演習に力を入れるようになった。今や多くの高校がそうなっている。高校の授業が大学入試向けになればなるほど、大学では高校物理の公式主義から救い出すために多くのエネルギーを費やさなければならない。今回改訂した入学前セミナーテキストが少しでもその役に立つことを願っている。昨年度、異例の早さで高等学校の指導要領が改訂された [12]。その指導要領のもとで学んだ学生が2014年に入学するが、改訂したテキストが彼らにも通用することを期待している。

物理グループは、本学の基礎物理教育をガラパゴス化 [13]させないよう、世界標準に照らしながら活動している。教育学習支援センターは、今後とも、物理グループの教育活動を支援していきたい。

謝 辞

入学前セミナーテキストの物理のページの作成に協力してくださった教育学習支援センターの藤川泰之先生と道原康良先生に感謝します。

参考文献

- [1] 尾崎 徹, 鈴木 貴, 大政 義典, 北野 保行, 細川 伸也, 接続型教育を目指して 第4報 基礎物理科目から専門科目への接続の調査と改善, 広島工業大学紀要 教育編, 第9巻, 27-36, 2010.
- [2] 広島工業大学教育学習支援センター編, 入学前セミナーテキスト, 2010.
- [3] 広島工業大学 H22 講義要項, A1311H, 基礎物理学 I, 専門基礎, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 大政義典, 授業の目的.
- [4] 広島工業大学 H22 講義要項, A1310H, 基礎物理演習, 専門基礎, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 石田郁二, 藤岡 淳, 授業の目的.
- [5] 広島工業大学 H22 講義要項, A1313H, 物理学実験, 専門基礎, a 尾崎 徹, 北野保行, 小島健一, b 大政義典, 細川伸也, 石田郁二, 授業の目的.
- [6] 井上 光, 鈴木 貴, 尾崎 徹, 中西助次, 細川伸也, 大政義典, 工科系のための基礎力学<第2版>, 東京教学社, 2010.
- [7] 尾崎 徹, 基礎物理 WORKBOOK, 東京教学社, 2008.
- [8] 井上 光, 尾崎 徹, 鈴木 貴, 中西助次, 細川伸也, 力学 WORKBOOK <第2版>, 東京教学社, 2007.
- [9] 中西助次, 井上 光, 尾崎 徹, 細川伸也, 工科系のための物理学実験<第2版>, 東京教学社, 2006.
- [10] 新訂物理図解 (改訂13版, 中村英二, 吉沢康和 監修), 第一学習社, 2006. 出版社によると, この種の教材は国内では珍しい。文部科学省が海外で日本の物理教育の状況を説明するときに, 教材の例として紹介している。
- [11] 科学五輪－理科教育を見直す契機に, 朝日新聞, 2010, 9月7日朝刊
- [12] 高等学校学習指導要領, 文部科学省, 64-71, 2009.
- [13] 茂木健一郎, 日本の大学のガラパゴス化, クオリア日記, 2010, 5月20日,
<http://kenmogi.cocolog-nifty.com/qualia/2010/05/post-cf6f.html>

付録

1. 等速直線運動

図解 P.1, 2 を学習しながら答えなさい。

ストロボ写真の長いスケール目盛は左から 50 cm, 60 cm, … として下さい。短い目盛は 1 cm 間隔です。1 目盛の 1/10 ままで測定値になります。

物理量を表すとき、単位の決まりがあります。例えば、 v [m/s], 10 m/s と表し、文字と数字では異なります。図解には 10 [m/s] などが混じっています。

このような場合 [] を除外して下さい。

- (1) P.2 の問 ①, ②, ③ をやってみよう。
- (2) 単位の換算をしてみよう。
② で求めた速さは何 m/s になりますか。また、何 km/h になりますか。

2. 速度・加速度

図解 P.3, 4 を学習しながら答えなさい。

ストロボ写真の目盛は多重露出になっています。実験装置の写真と比較しながら位置が測定してあります。

「速さの求め方」③ は中央時刻の理解、「新幹線の速度」は移動距離の求め方として重要です。

時刻と位置の測定値をもとにした表を用いて、 $x-t$, $v-t$, $a-t$ グラフが描かれています。

逆に、各区間の等加速度の式から、速度、位置を求めてみよう。求めた数を () 内に記入しなさい。※ $v-t$ グラフは各区間の位置 x を求めるために描いてあります。

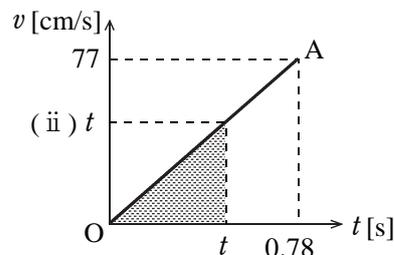
- (1) O A 間 ($0 \leq t < 0.78$ s)

$$a = (\text{i}) \text{ cm/s}^2$$

$$v = (\text{ii}) t \text{ [cm/s]}$$

$$x = 10 + (\text{iii}) t^2 \text{ [cm]}$$

(* 10 は時刻 $t = 0$ の位置)



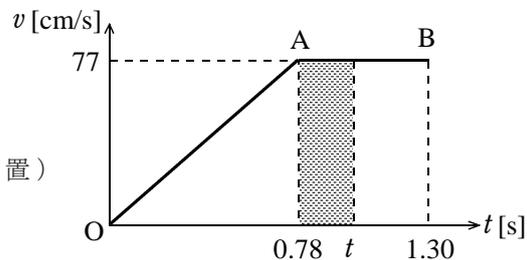
- (2) A B 間 ($0.78 \text{ s} \leq t < 1.30$ s)

$$a = (\text{iv}) \text{ cm/s}^2$$

$$v = 77 \text{ cm/s (一定)}$$

$$x = 40 + (\text{v}) \times (t - 0.78) \text{ [cm]}$$

(* $40 = 10 + 30$ は時刻 $t = 0.78$ s の位置)



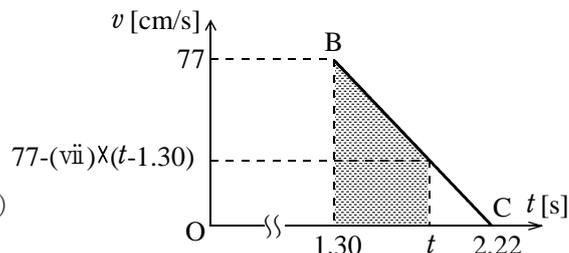
- (3) B C 間 ($1.30 \text{ s} \leq t \leq 2.22$ s)

$$a = - (\text{vi}) \text{ cm/s}^2$$

$$v = 77 - (\text{vii}) \times (t - 1.30) \text{ [cm/s]}$$

$$x = 80 + (\text{viii}) \times (t - 1.30) - (\text{ix}) \times (t - 1.30)^2 \text{ [cm]}$$

(* $80 = 40 + 40$ は時刻 $t = 1.30$ s の位置)



I・力と運動

速さが一定である運動を等速運動という。一直線上の等速運動を等速直線運動という。

等速直線運動

カーリング



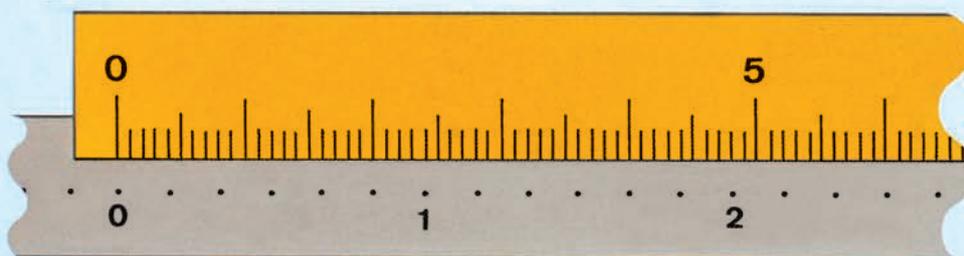
氷の上を滑る石は、直線上をほぼ一定の速さで進む。カーリングは、石を標的に入れて得点を競う競技である。

アイスホッケー



スティックで打たれた平円盤型の硬化ゴムでできたパックは、氷の上で、一直線上をほぼ一定の速さで進む。

記録タイマーで調べた等速直線運動

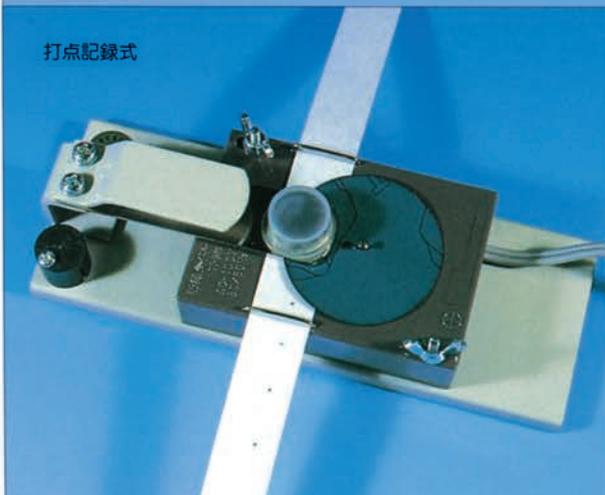


テープに記録される打点はほぼ等間隔である。電源周波数が50 Hz の地域では5打点、60 Hz の地域では6打点ごとの位置を調べると、0.10sおきの位置を知ることができる。

記録タイマー

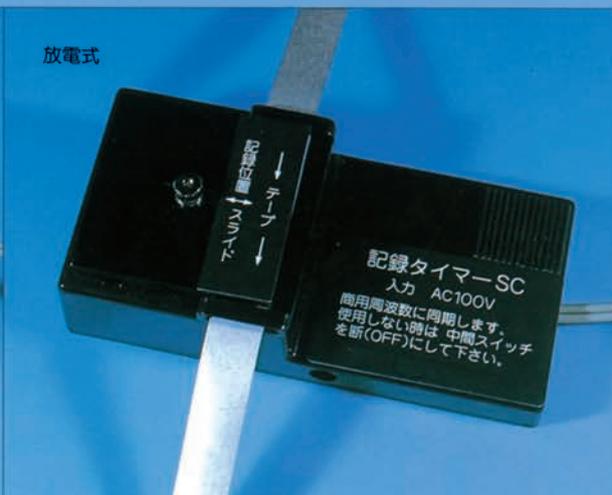
交流式タイマーでは、電源周波数によって1/50秒または1/60秒ごとの打点が得られる。

打点記録式



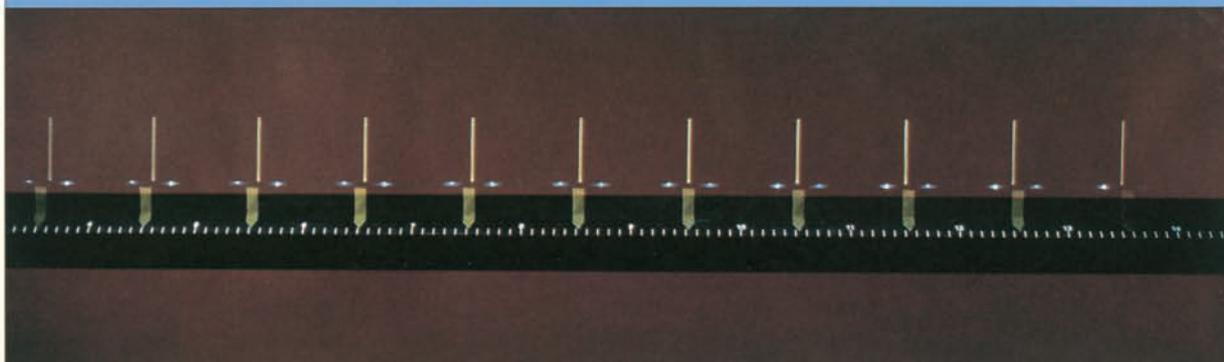
電磁石に電流を流すと、鉄片が振動して一定時間ごとにカーボン紙の上からテープをたたくので、テープに打点が記録させる。

放電式



電極から一定時間ごとに放電電流が流れ、電極間のテープに記録する。テープを逆向きに動かすと電極を傷つけるので注意する。

水平な力学滑走台上を動く滑走体の運動 ストロボ発光間隔 0.2秒



時刻(s)	位置(cm)	平均の速さ (cm/s)	中央時刻 (s)
0.0	45.1	50.0	0.1
0.2	55.1		
0.4	65.1	50.0	0.5
0.6	75.1		
0.8	85.1	50.0	0.9
1.0	95.1		
1.2	105.2	50.5	1.3
1.4	115.3		
1.6	125.4	50.5	1.5

力学滑走台(後見返し裏参照)上を動く滑走体のストロボ写真をもとに、滑走体の位置を読みとり、0.2秒おきの平均の速さを計算したものである。

1 左の表において、たとえば、時刻 0.4s~0.6s の間の平均の速さは、その中間の時刻(中央時刻)である 0.5s における速さと考えることができる。

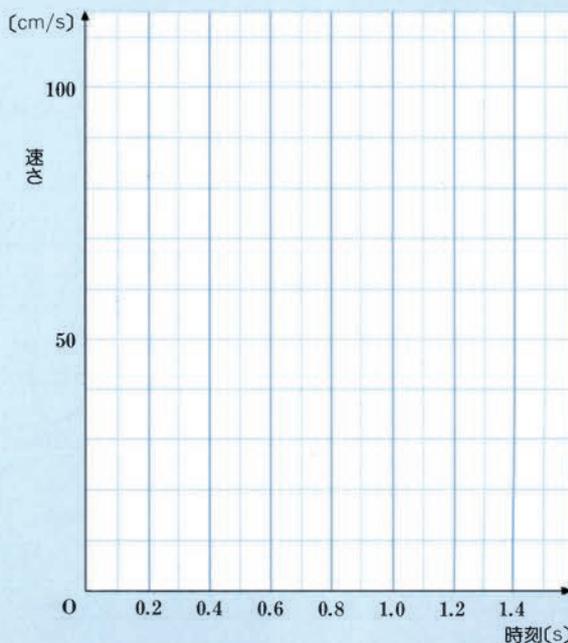
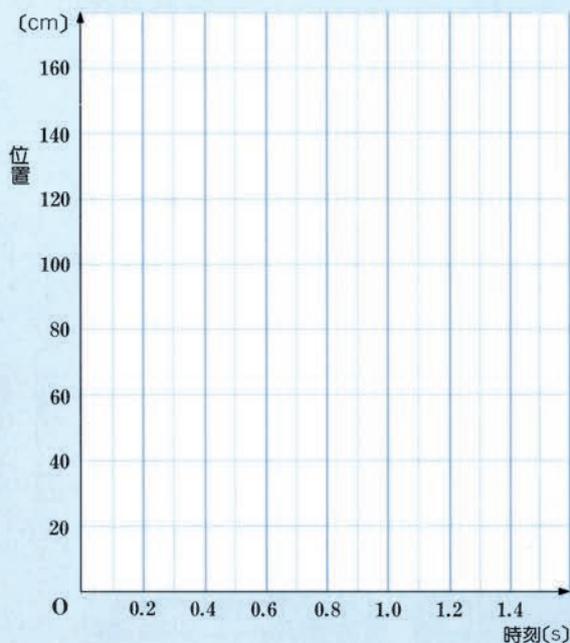
表をもとに、位置 s と時刻 t の関係を表すグラフ ($s-t$ グラフ)、および、速さ v と時刻 t の関係を表すグラフ ($v-t$ グラフ) を作成せよ。

2 $s-t$ グラフの傾きから、速さを求めよう。

$$\text{傾き} = \frac{\boxed{} - \boxed{}}{\boxed{}}$$

$$= \boxed{} \text{ (cm/s)}$$

3 上式で求めた値と、左の表あるいは $v-t$ グラフから読みとつた値とを比較せよ。



参 考

人は等速で歩行しているつもりである。記録タイマーを用いてくわしく調べてみよう。

速度・加速度

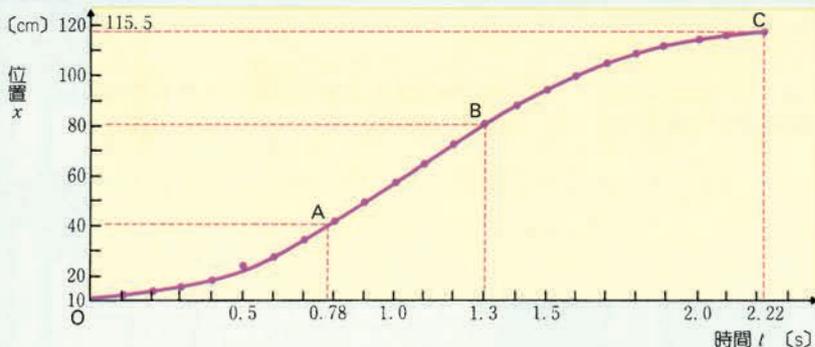
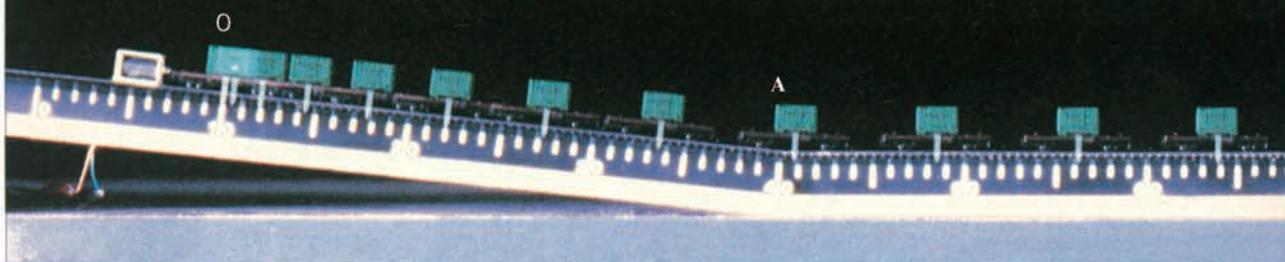
斜面と平面上の物体の運動

実験装置



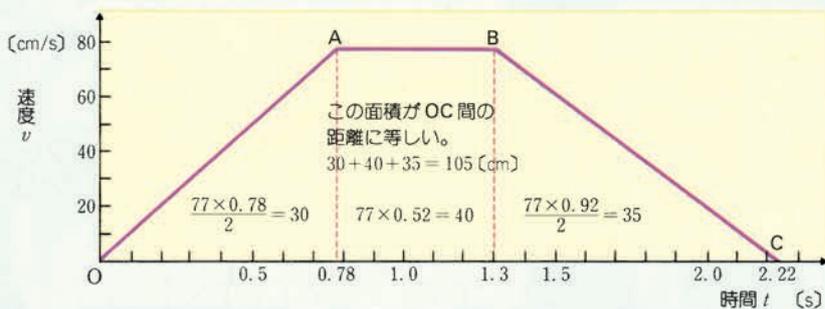
ストロボ
発光間隔
0.1秒

時刻 (s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
位置 (cm)	10.0	10.4	11.9	14.4	17.7	22.0	27.3	33.6	40.8	48.5	56.2
速度 (cm/s)	4	15	25	33	43	53	63	72	77	77	77
中央時刻 (s)	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05



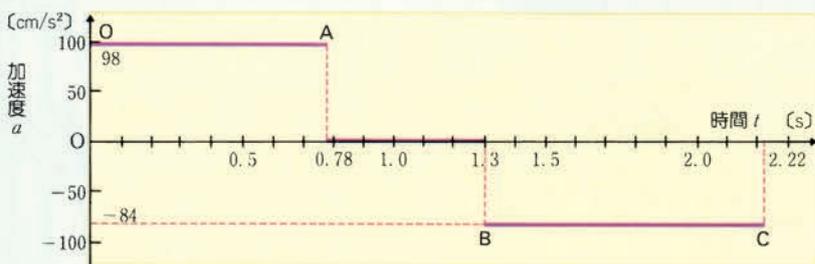
x-t グラフ

- OA 間
加速 グラフは放物線
- AB 間
等速度 グラフは直線
- BC 間
減速 グラフは放物線



v-t グラフ

- グラフの傾きから加速度を求める。
- OA 間
 $\frac{77-0}{0.78-0} = 98 \text{ (cm/s}^2\text{)}$
 - BC 間
 $\frac{0-77}{2.22-1.30} = -84 \text{ (cm/s}^2\text{)}$



a-t グラフ

- OA 間
正の加速度で等加速度運動
- AB 間
加速度 0 で等速度運動
- BC 間
負の加速度で等加速度運動

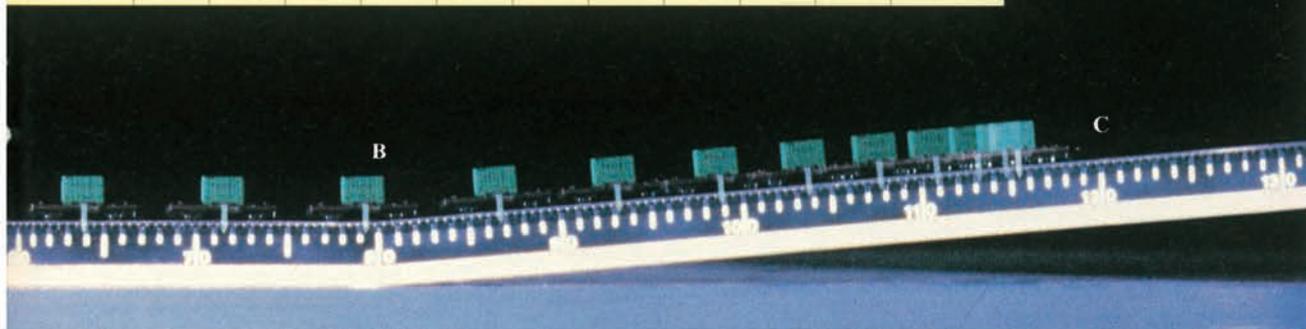
斜面と平面を組み合わせたレールをつくり、模型の貨車を走らせた。貨車の摩擦を打ち消して、AB間を等速度で動くように、レール全体をわずかに右なりに傾けた。



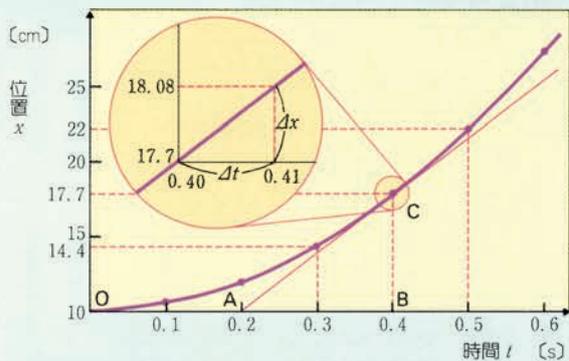
ストロボ装置

物理実験に用いるマルチストロボは、一定時間間隔でくり返し発光するようにつくられている。このストロボで照明して写真を撮ると、一定の時間ごとの物体の位置が1枚の写真に写る。

1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
63.9	71.6	79.2	86.6	93.2	98.9	103.8	107.8	110.9	113.2	114.8	115.5
	77	76	74	66	57	49	40	31	23	16	7
1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	



速さの求め方



0.4秒後の速度を求める3つの方法

① 0.40~0.41秒間の速度を求める

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18.08 - 17.7}{0.41 - 0.40} = 38 \text{ [cm/s]}$$

② 0.4秒のところに引いた接線の勾配を求める

$$v = \frac{BC}{AB} = \frac{17.7 - 10.0}{0.40 - 0.20} = 38.5 \text{ [cm/s]}$$

③ 0.3~0.5秒の平均の速度を求める

$$v = \frac{22.0 - 14.4}{0.5 - 0.3} = 38 \text{ [cm/s]}$$

新幹線の速度

