

物理を高校で学ばなかった学生のための「入門物理学」の授業での試み

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 大阪市立大学大学教育研究センター 公開日: 2018-12-21 キーワード (Ja): キーワード (En): Introduction to physics, physics education in the senior high school 作成者: 唐沢, 力 メールアドレス: 所属: 大阪市立大学
URL	https://doi.org/10.24544/ocu.20181227-046

Title	物理を高校で学ばなかった学生のための「入門物理学」の授業での 試み
Author	唐沢, 力
Citation	大阪市立大学大学教育. 1 巻 1 号, p.55-72.
Issue Date	2004-03
ISSN	1349-2152
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学大学教育研究センター
Description	
DOI	10.24544/ocu.20181227-046

Placed on: Osaka City University

■ 研究論文

物理を高校で学ばなかった学生のための 「入門物理学」の授業での試み

*Several trials in the teaching of "Introduction to Physics" for the students
who have not studied physics in senior high school*

唐沢 力

大阪市立大学大学院理学研究科数物系専攻

KARASAWA, Tsutomu

Department of Physics, Graduate School of Science, Osaka City University

Abstract

Not only for a person specialized in a study of the field of physics, but for a researcher, a school teacher, and a science- and technological-engineer, basic knowledge in physics and learning of the methodology of physics are necessary and indispensable from the point of view of cultivation of the ability how they understand and investigate the basic constitution of things in the nature and various natural phenomena, and put the knowledge into practice. Even in fields such as social science, the humanities, and philosophy, physics contains an extremely important element for understanding of constitution of the nature, of existence of a human being, and of possibility and limit to control and put into practice the natural world. Recently, in spite of these situations, the number of students who have not learned physics until senior high school increases greatly because of the new curriculum of the secondary education. The subject "Introduction to Physics" was created for such science-course students. In this report, I introduce several trials in the subject, giving an article which motivates them to study physics, giving homework in every lesson in order to improve their basic knowledge in physics, and contriving means of the lesson to arouse their interest in physics. In addition, I discuss several social problems concerned with learning physics.

Key words: Introduction to physics, physics education in the senior high school

1. はじめに

2003年度秋の大阪市立大学FD研究会で、私の担当している全学共通科目「入門物理学1」に関連して、その授業における試みを発表する機会を得た。発表に当たり自分が担当した授業を省みて、幾つか気付いた問題点があったが、それらはいずれも現在社会で問題にされている教育問題の内容に極めて深い係わりがあることを認識させられた。教育機関としての大学が社会において果たすべき役割は、大学の存在そのものを規定しているほど重要である。しかしこの問題は、日本における教育という大きなテーマに直接係わり、この小論文で論じられる範囲と私の力量をはるかに超えているが、今回、研究会における発表内容をテーマとして文章化する場所を与えて下さったので、授業にお

ける試みと、授業を通して触れ合った学生との交流をまとめ、社会で取り上げられている教育問題の一端に言及してみた。関係各位及びこれらの問題に興味をお持ちの方々からのご批判・ご指導とご意見を頂けたら幸いである。

2. 大学教育が担う役割

大学教育が担う役割を、多くの意見・提言や、マスコミの論調に乗って乱暴に言ってしまうと、「競争力のある日本を作る創造性の高い人材の育成」、ということになるだろうか。このような内容は、2000年度から発足した総理大臣の諮問機関である教育改革国民会議での議題でも取上げられていた(河上, 2000)。技術革新が目覚しく、価値観のグローバル化が否応無く進みだした

21 世紀において、様々な分野で日本を担い、国際貢献も出来る高い見識と創造性に富む人材を如何に育成するか、国際競争力のある人材を育成するための大学をどのように造るのか、意欲を引出し才能を伸ばす教育、社会の要請に応える教育をどのように実行するのか、などの課題に対応する具体策として、本来は行・財政改革の対象として出発したのであろうが、国立大学などの独立行政法人化が実行に移されようとしている。さらに、大学の社会貢献の一端として、産学連携や新産業創生への貢献も、より具体的な形で大学に課せられようとしている。また、基礎研究を含む分野でも、国際的に世界の最先端をリードしていく人材育成の教育研究拠点としての評価を前提にした 21 世紀 COE プログラムも施行された。

上記の内容は、それぞれ大学にとってもまた各教員個人にとっても大変重い課題であり、対応に真摯に取り組まざるを得ないことは確かである。しかし、より広い視野でより長い時間基準で文明を見つめ人間活動を見つめて、人類社会が関った事象の過去から現在を科学的に分析し将来を予測して、課題解決に適正に対応出来る英知を持った人材を養うことも大学が本来担う重要な役割であろう。このことは前述した方向に対するアンチテーゼにもなり得る。大学では現状のみを追認的に捉えることによって、より大きな負のフィードバックを見落とすようなことはしてはならないと考えるからである。もとより全能でない大学教員にとって、上記任務を全て高いレベルでこなすことは不可能に思えるが、本来大学における教育は、研究活動に裏打ちされたもの、また知識のみでなくその方法論を伴うものである必要があり、研究と教育任務のどちらも欠かすことが出来ない職種の立場からは、教育現場でも研究現場でも上記課題を意識しつつ学生と真剣に対峙していかなければならないと考える。

3. 物理教育と社会的背景

物理学の基礎知識と方法論の修得は、物理分野の研究を専門とする者にとってのみでなく、理工学諸分野の研究者・教育者・技術者にとって、自然界における物事の成り立ちと多様な現象を理解し、解明し、応用

して役立たせるという最も基本的・根源的な問題解決能力の涵養という観点から必須である。また、社会科学・人文科学・哲学などの分野でも、自然界の成り立ちの理解と人間の存在、人間の文明活動と自然界の制御・活用、その限界などの理解にとって、物理学は極めて重要な要素となっている。学問を離れた日常生活においても、身近な自然現象の理解とそれへの対応、生活周辺機器の作動原理の理解と活用から、文明の進捗状況と直結した科学・技術の発展と、その社会に果たしている正および負の役割などを理解する上でも、物理学の素養は必要不可欠な要素であることは疑う余地はない。

自然科学の必然的な発展によって、自然界の仕組みを理解するための素朴な物理学は、物質の究極の構成要素を探る素粒子物理、現在の物質宇宙の誕生の謎を解く宇宙物理から、原子核構成要素間の反応を探る原子核物理、凝縮系のマクロなサイズで生じる現象をミクロな視点で捉えようとする凝縮系物理、生命現象などを含めた秩序形成・複雑な組織化の形成と崩壊などを新しい視点から解明する複雑系の物理、物理学の数理構造の解明から膨大な数値計算処理を図る数理解物理・計算物理など、多岐の分野にわたって内容の分化と深化が進んでいる。さらに、進化した物理学は、必然的に化学や生物、地球科学、天文学、環境科学、半導体工学、電気・電子・通信工学、流体・土木工学など、他の理学、工学諸分野の基礎部分の要素として密接に結びついて、それぞれ独自に発展を続けている。

20 世紀を“科学・技術の世紀”と謳う中身には、まさに上述した物理学の発展があり、原子集合体の微細な構造からナノサイエンス・テクノロジー、DNA 二重螺旋構造からバイオサイエンス・テクノロジー、コンピューターネットワークと、日本の驚異的な経済成長を支えてきた物作りの中枢で理系の科学者・技術者がそれらを根底から担ってきた。しかしながら、現在まで日本の社会が、これら理系の人達に、その貢献に見合う評価と報酬を与えてきたかという多分に否である（毎日新聞科学環境部, 2003）。最近マスコミを賑わした青色 LED（発光ダイオード）発明を巡る裁判で、理系の技術者に対する報酬の不当さが明らかにされて争われたように、今後は理系の人達への社会的評価も

変わっていくであろう。これまで主に文系人が主導してきた戦後の日本社会には、もっと多くの場面で理系の人材が前面に出て社会のリーダーとして活躍することが必要ではなからうか。多くの機会に、独創性や創造性について語られるとき、突出した事例を除いて日本の科学・技術を担う理系人材の独創性や創造性が、文明的先進国の欧米人に比して劣っているのではないかという疑念が出される。例えば自然科学系のノーベル賞受賞数などの実績が確かに欧米に比してまだ少ないことは事実であろうが、そのことは決して本来的資質の欠如に直結しない。残念ながら自然科学を培う文化の歴史では、日の浅さから日本はまだ先進国とは位置付けられないが、同時にこれまでの理科教育の在り方にも多くの問題を含んでいたことも顧慮せざるを得ないと私は考える。明治維新以前にも、日本には世界に先駆けた独創的・創造的科学・技術研究の芽は数多くあったという評価も多くある。独創性・創造性の欠如が語られるなら、むしろそれ以降の、効率化・画一化を求め、欧米先進国の模倣を駆り立てた教育行政にも多くの責があったと言わざるを得ない(板倉, 1988)。また、その影響が現在までに払拭されたとも言い切れないのではなからうか。

このように見てきたとき、理科から始まる物理の教育の重要性は、特に“資源を持たない国・日本”にとって、有限な資源を有効かつ効率的に生かし、人類文明の先端を担う工業・技術立国を目指す国是を採るならば、そのための人材育成の中でとりわけ強調されなければならないはずである。それにも拘らず最近の中等教育課程では、物理分野は以前に比べて極めて低い割合でしか扱われていない。因みに、高等学校学生の物理履修率は1970年度までは93%程度だったのが、1985年度には30%にまで減り、新課程となった1994年度には12%程度にまで激減した(立花, 2000)。この原因にも先に言及した教育問題が深く関わっているであろうが、大学としてはそのような状況で入学してくる学生が存在することを前提として教育に当たらなくてはならない。さらには、これまでの理科・物理の教育方法への反省とともに、社会全体が物理学の重要性への認識を高め、あるいは高めるための工夫をしなければならぬ。

4. 全学共通科目「入門物理学」の位置付け

大学における物理学の学習は、序論で述べたように、幾つかの社会的な要請の意味においてのみでなく、本来の自然科学の面白さ、自然界の仕組みの巧みさ・神秘さへの感動を共有する意味においても理系・文系双方の学生にとって必須であると位置づけられる。ところが、高等学校での物理学の位置づけは、カリキュラムにおける理科全体の内容が削減される中で、特に物理の履修者の激減により、理科の中でも相対的に低くなっているのが実情で、必然的に“物理を高校で学ばない”多くの理系学生が大学へ入学してくることになる。

これまでの全学共通科目中には、文系学生向けの総合教育科目の中で「物理学」関連の講義・実験科目が用意されている。しかし、最近まで理系の学生で特に高等学校で物理を履修してこなかった学生向けに用意されたメニューは無かった。各講義・授業の中で、物理未履修の学生への対応は、担当教員の工夫に委ねられていたが、理学部のみならず、近年の入試の多様化に伴って、工学部においても物理未履修学生が入学してくる状況から、2002年度から物理未履修の理系の学生を対象にして「入門物理学」が設けられた。前期は力学を中心とし、後期は電磁気学を中心とした内容になっている。学生向けのシラバスには、次のように書かれている。

「入門物理学1」シラバス

科目の目標：

近年種々の自然科学は目ざましい発展を遂げ、社会の広い分野で応用され人々の生活に役だったり関わったりしている。自然科学を理解し将来に亘って発展させるには、それらの基礎となっている物理学を学ぶ必要がある。

本科目では、高等学校で物理を履修しなかった理系学生を対象に、物理学の基礎知識を分かりやすく系統的に提供する。そのために、自然環境はどのように物理の考え方や概念で理解されるか、次いでそれらが数式により定量化、精密化される過程を分かりやすく説明して、物理学の基本的理解が得られることを目指す。

授業内容：

最も身近にある物理現象を記述する力学を中心に講義を行う。始めに物理学の学び方をのべ、項目として、運動の法則（ニュートンの運動法則）、周期運動、力と運動、剛体、惑星の運動、エネルギー、熱と温度、などの内容で講義を行う。

この授業では、講義を聞くだけでなく、各項目毎に演習を行いながら、理解を深める。

評価方法：

レポート、小テスト、試験、質問などを総合的に評価する。

コメント：

本科目は高等学校で物理を履修しなかった学生を対象とする。高等学校で物理を履修した学生は、基礎物理学Ⅰ-Eを履修すること。

授業で目指す方向としては、1) 物理学が如何に面白い分野で歴史的にも重要な役割を果たしてきたかを学ぶ、という興味を喚起する段階と、2) 物理学の基本法則と考え方は如何なるものかを学び、応用力をつける、という実践的な段階がある。私の「入門物理学」の授業では、教科会議、理学部・工学部・生活科学部などの当該学部学科間で話し合われた結果、1) の立場より2) の方向に重点が置かれている。

5. 授業における実践と工夫

5.1 テキスト（教科書）：

授業に用いる教科書は、関係する後期「入門物理学2」担当教員と共に多くのテキストを検討して、物理学が系統的に学べて初心者にもある程度“自習可能”なものという観点から、原康夫著の「基礎からの物理学」（原、2000）を選定した。

5.2 授業開始に当たり（最初の授業で行ったこと）：

物事は最初が肝心、とよく言われるが、特に大学における授業で1 年生が入学直後に受ける授業は、以降の大学における授業の受け方、勉強の仕方への新しい認識とも繋がるので重要であろう。たまたま担当授業が前期1 時限に設定されていたので、上記意識のもとに、先ず授業開始以前数分前から教室に入って、学生

を待つ姿勢を示した。開始時に教員が教室にいることは、以降学生の遅刻者の発生に対してはそれなりの効果があったものと思える。

① 物理と数学の素養を問う問題の出題と解答

授業の内容と深く関連するのは、学生の物理に対する基礎知識と、数学の素養である。そこで、最初に30分というごく短い時間で、物理と数学の基礎知識を問う問題を解答してもらう事にした。ここ2 年間出題した問題を、＜資料1：物理問題＞、＜資料2：数学問題＞として示す。

物理の設問の最後に、高等学校までに学んだ物理の内容を記述してもらっているが、中学の理科以来、全く物理を学んでないと思っている学生から、物理Ⅰ・ⅡB までではないが、理科Ⅰで基礎的事項をある程度学んだと認識している学生まで分布している。物理に関する問題の解答率は、時間を十分かけてないこともあるが予想以上に低い。特に厳密な定義から言えばほとんどゼロ解答に近い学生が結構多い。それに比して、予想より出来ていると感じるのは、数学の基礎知識である。6 番の微分方程式はほとんどの学生が無解答であるが、これは当初予想したことで、学生にも「この講義が終了するまでにはこれら微分方程式を理解し解けるようになることが要請されます。」とコメントする。上記結果は、やはり高等学校での数学はそれなりに学生が修得している事が確認できる。一方、これらの資料からも物理学の素養が全く欠落した状態で大学に入学してくる理系の学生の実態が把握出来る。なお、当日中にこれら問題の模範解答を資料として学生に配布し、これから最低学すべき事柄へのイメージを鮮明にするよう注意を喚起している。

② 授業と関係した推薦図書等の紹介

第1 回目の授業では、教科書の紹介と共に、入門物理学、物理数学に関連した参考図書を「推薦図書」として紹介した。＜資料3：推薦図書＞として示す。このような機会にはいつも行うことであるが、授業に深く関わる図書のみでなく、もっと広く物理学やその周辺の特に学生が読んで面白いと感じるであろう書籍を併せて紹介した。さらに、大学生に向けたメッセージ

や、物理以外でも科学史、生命、脳、環境、自然認識・哲学、科学者の自伝・伝記など、学生が自然科学への関心を喚起するであろうと思われる書籍も一部紹介した。実際はこの資料の裏面のスペースを利用して、全く個人レベルで面白かった、と記憶している種々の読み物の一部100冊ほども、私的資料と断った上で紹介した。学生の一部から「この本は僕も読んで、大変面白かったです。」などの反応が出てきて、初対面の学生とのコミュニケーションをとるのには役に立つことを実感している。

5.3 学習意欲を高めるための工夫（動機付け）：

この授業を受ける学生の多くは、特にこれまで“物理学”に接する機会が少なかった学生であることを考慮して、学習の動機付けを明確にするために、最初に物理学を学ぶことの重要性をかいつまんて説明した。後述するように、この事項に関しては学生からの意見や認識を、レポート形式で尋ねたので、最近の新入学生の認識に関する幾つかの情報が得られた。その中で興味を引かれたことは、自然界を組み立てている最も根本的なところを解明する学問分野が、「物理学」ではなくて「化学」であると認識していた学生が多数いたことである。そのことの当否は別にして、物理学を教える立場からは衝撃的なことであつた。学問分野には本来領域を隔てる壁があろうはずも無く、正確な認識に至ればそれを物理と認識しようが化学と認識しようが構わないのであるが、この事実も中等教育における物理分野の量的な減少が象徴されている出来事として認識を新たにした。

物理学を学ぶ意味と必要性に対する一般的認識を授業中に限られた時間で学生に言葉で伝えるのも限界があると考え、また学生自らが問題意識を新たにしてくれることを期待して、この件に関連したある文章を、資料として学生に配布し、学生達の意見をレポートしてもらった。その資料は立花隆著「脳を鍛える」(立花, 2000)の中で特に物理の学習に関連した章で“日本の理科教育の水準は19世紀以前だ”の1節である。その一部の抜粋を資料として載せた（＜資料4：立花隆著書より＞参照）。

この文中、人間の自然界における位置付けを、物理

的存在として見る捉え方が紹介されている。関連して、立花氏独特の言い回しではあるが、「高校で物理をとらなかった人は、物理の基礎知識が中学レベルにとどまっている。・・・この世界のあり方の根本にかかわる最も基礎的な概念すら正しく理解していない。・・・そういう人は、はっきり言って、大学でものを学ぶ資格がない人です。・・・以前は物理なんて皆やらされた。・・・」、「・・・多少受験勉強をやったつもりかもしれないが、これから必要な勉強に比べたら、あんなものは屁みたいなもの・・・大学時代に受験時代の10倍は勉強しなければ間に合わない。・・・」等と、随所になんかなり刺激的な表現で科学の基礎は物理で、物理をやらなかったらサイエンスが基本的に分からないのだ、と主張されている。この文章を問題提起として提供し、併せて物理学に対する認識を問い、学生自身に問題に対する自らの考え・意見をまとめて文章化してもらい、集約した意見を学生の了解の下に編集して全員に配布して、学習意欲・動機を高めようと図った。およそ80名規模の学生のほぼ全員から意見が提出された。最初の年はほぼ全員が直筆で書いたレポートとなり、これをワープロへ打ち込む作業はかなり大変であつた。2年目は出来ればワープロで作成して欲しいと依頼した結果、スキャナーで読み取ることが出来るレポートが増えて意見集約の作業は多少は捗った。

意見分布は、立花氏の意見に全く同感である、指摘された問題への認識に至りかなりショックを受けた、将来が不安になった、学習意欲が出てきた、賛否半々である、全く認識が間違っていて賛同できない、このような意見に腹が立った、など様々である。意外に感じたのは、2回生以上の上級生の意見に、大学入学後体験的に立花氏の意見に同調出来る、とする意見が現れていた点である。私自身、立花氏の意見に全面的に賛同できるわけではなく、また立花氏の著書(立花, 2000; 立花, 2001)に対しても記述内容の誤りや問題点が批判的に指摘され、本としても出されている(谷田, 2001; 佐藤, 2001)。これらの著書も最初の推薦図書での文献紹介欄に敢えて載せておいた(＜資料3：推薦図書＞参照)。ただ、多少意外だったのは、立花隆氏そのものを全く知らない、という学生が多数いたことである。マスコミや評論で、主要な話題に数多く発

言してきた氏の名前に聞き覚えがないというのは、学生の側に知的ハザードが生じているのではなかろうかと不安になった。「脳を鍛える」に対する学生の反応(意見)を、幾つかのタイプに分けて、その代表的な意見の一部を集約したものを次にまとめた。

① 危機意識喚起タイプ：

- 「この文章を読んで、正直すごくあせりました。・・・積極的に学び少しでも多くのサイエンスの基礎を身に付けたいと思います。」
- 「文章を読み、とても焦りを感じました。・・・知識から物事を考え新たな発想のできる人間になりたい・・・」
- 「先ず、非常に危機感を覚えました。・・・全力で学ばなければ・・・」
- 「勉強しようとする気持ちを刺激する文章だった。」
- 「プリントを読んで、はっきり言うと大学で勉強していくことが少し不安になった。・・・不安もあるけど頑張っていこうと思います。」

② 物理の価値認識タイプ：

- 「私は物理がそんなに重要なものだとは今まで知りませんでした。・・・私もあらたな姿勢で物理を学ぼうと思います。」
- 「・・・受験のための難しい物理法則というイメージしか持てないのだが、本当はとても興味深い大切な学問なのだった。」
- 「・・・『物理は学べば学ぶほど面白くなる。』と言っていたので、その言葉を信じて楽しく物理が勉強できたらいいと思う。そのためにどうか楽しい講義をしてください。」
- 「・・・しかしこれから物理を学んでいって視野が広くなると思うと、物理に興味が湧いてくる。立花先生の意見はかなりきつい文章で、初めは腹が立ったが、言うとおりで思った。」

③ 感動と決意タイプ：

- 「今回のプリントはこれからの人生においての自分の勉強生活の参考になりました。・・・勉強

してアメリカに留学しようと思います。」

- 「このように重要なことに気付くことが出来て本当に良かった。・・・知らないままで大学の4年間を過ごすことになっていたかも知れないと思うとぞっとする。」
- 「・・・立花隆さんの意見がかなり面白いので、この文章が書いてある「脳を鍛える」を是非読んでみたい。」
- 「少し物足りなくてこの本を購入することに決めた。・・・大学ではカリキュラムをこなすサークル活動・アルバイトに専念するだけか、・・・それは全て自分の第一歩で決まると痛感した。絶対にまた読みたいと思える本に出会うことが出来て感動した。」

④ 思考波及タイプ：

- 「・・・東海村で臨界事故が発生した。職員の知識・理解の欠落が致命的・・・物理を勉強しないで、基礎知識が無ければ私たちの生活がいつか破壊されるのではないかという危機感を覚えた。」
- 「尤もなおことをおっしゃっていますね。確かに私のみに関しては非常に心が痛む文章でした。・・・現場の教育者として将来の技術最先端に触れる学生を育てる者として、現行制度を変えさせるため文部省に殴り込みに行つてはどうですか？」
- 「『物理も化学も生物も出来なければならない・・・』こんな人は一般に天才と言われる人です。しかし一般人はこんなことは出来ません。・・・大学では“友人ネットワーク”を作りそして全部のことをできるように努力することです。」

⑤ 反発タイプ：

- 「はっきり言ってこの文を読んで頭にきました。・・・ほっといて下さいと思います。あまり立花隆と言う人を好きになれそうにない。」
- 「この文を読んでとても腹が立った。筆者は何様だ!と思った。・・・唐沢先生がなぜこの文を読んで感想文を書くように言ったのか分からない。」
- 「『大学に入る資格がない』と言われてもこっち

は『文句は文部省に言って欲しい』と思ってしまいます。・・・でも化学も初め嫌いだったけれど少し理解できると結構楽しくなりました。物理もそういうふうには高校時代の遅れを取戻せたらいいと思いました。」

意見分布としては、やはり1、2、3までの、素直に物理の学習に励みたい、という結論が多数を占めた。現代学生気質と言うべきか、もっと多くの反対意見や反発を予想していたので、安心感と共に物足りなさも感じている。提出された意見は、公開を了解しないという申し出があった学生の意見を除いて（2年間で1名）、集約後クラスに公表した。氏名や氏名が特定出来るような語句は全て隠す編集を行った。個人的には各学生の意見に対する反応も見てみたかったが、本筋を逸れることなのでこの作業はここで打ち切った。

5.4 毎回の授業における実践

① 教科書以外の資料作成

この授業で用いたテキストは、比較的丁寧に書かれていて、授業の内容を提供するに十分な質と量があると思われる。従って、授業での材料は基本的にはテキストの内容を用いた。授業を進めていく中で、学生の理解を助け、また興味も喚起することを目指して、さらに必要と思われるところで、テキスト以外の資料を作成した。それは例えば次のようなものである。

「物理学の単位と、冪（べき）の表記」:

物理学（自然科学）と数学の違う点の一つに、数量に対する単位の有無がある。その内容と、単位の基本となる標準物理量（長さ；時間；質量）の詳細について、それが如何に重要であり物理学の根幹を成しているか、という観点からもテキストより高いレベルの補足を行った。ついでに、冪（べき）の表し方と日本式冪の呼び方（西洋式はテキストに有り）を載せて興味を喚起した。特に自然科学系では西洋式の呼び方が一般的だが、東洋（日本）では10のマイナス22乗からプラス68乗まで、西洋式以上に広いスケールで呼び方が決まっていることを、団伊玖磨のエッセイ（團, 1977）

から引用して紹介した。＜資料5:単位と冪＞で示す。

「I 微分方程式って何?」、 「II 微分方程式の解法」:

力学の中心となるニュートンの第二法則が、実は微分方程式であり、物体の運動を解明することは微分方程式を解くことであることの理解を補強した。テキストにももちろん説明されているが、もっと数理的なことから具体的な解き方まで、初歩的な範囲で纏めて示した。その一部を＜資料6:微分方程式＞で示す。

第一回目の数学の試験で、予想以上に良く解答できている旨の感想を述べたが、微分と違って微分方程式は積分の手続をとる作業である点、やはり理解には壁を感じる学生が多いようである。さらに補足説明が果たして理解を進めたのか、反って理解が困難になった要素はないかなど、詳しく調べないと分からないが、現在の高等学校での数学の教科書では、極限作業としての積分（例えば区分求積法）の概念が以前ほどは説明されておらず、関数形の変化の結果のみにポイントが置かれているようで、この点も理解を妨げている要素と思われる。

これ以外にも、新聞記事や報道番組などで取り上げられて、学生たちの意欲を喚起すると思われる事項については、機会あるごとに授業中に紹介するようにした。内容例としては、「あらら日本競争力また落ちた30位」、「『即戦力やーい』大学で半導体メーカーが授業」、「日本人の英語が危ない」、「国際学力試験の成績」などである。

② 宿題・課題

数学・物理系の科目の多くは、演習を实践して初めて理解が進むことが多い。その日の講義内容の理解の確認には、テキストにある関連した“例題”・“演習問題”などを毎回宿題課題として課し、問題の解答を次週にレポートとして提出させた。また、次回の予習を兼ねて、次回授業で行う内容を含んだテキスト中の基本的・基礎的な事項の“問”も同様、レポート課題として宿題にした。提出されたレポートについては期末試験と共に成績評価に反映させた。

③ 双方向授業への試み

学生の理解の程度や解決できない疑問は個人差が大きい。この問題に当たるためと、“双方向型授業”の試みとして、毎回の授業の内容と宿題課題に関して、疑問点、解けなかった点を質問形式にしてレポートの中で報告してもらい、授業中には対応できなかった質問を受け付けた。質問に対する各個人向けの回答の作成を行い、次の授業の始めに各個人に渡した。この作業にはかなりの時間と労力を要した。多くの質問は、「第・・問は分かりませんでした。」という内容のものが多かったが、こちらから「このように考えたが、ここで分からなくなった」までを出来るだけ書くように要請した結果、少数ではあるが積極的でこちらが期待するような質問も出てきた。その例の一部を<資料 7: 質問>に示す。この質問は、物体を運動させる場合の等加速度運動と、等速直線運動で、そこには力がどう関わるかを自分で理解した内容をまとめて、この理解で良いかと尋ねたものである。これに対する私からの回答を以下に示す。

学籍番号 A02S〇〇〇 氏名 〇〇 〇〇 様

とてもよく整理された質問ですね。この質問に沿って回答をして見ます。不明な点は更に質問してください。(直接尋ねて下さっても結構です。)

<質問 1>: 例題 1 に関連して、荷物を持ち上げる問題?

(i) 等加速度直線運動、(ii) 等速直線運動 : 時刻と共に変化する諸量の表付

<回答、説明>:

- ① 二つの表および絵は、基本的に正解です。
- ② (i) で重力より大きい力 (一定) を出せば、物体は加速するのは、全く正しいことです。例として、...

(以下、2 ページに亘る解説)

なお、〇〇君の図では、糸にかかる張力が、上向きと下向きで、異なっているように見えます。.....やはりニュートンの運動方程式を正しく書き下すことです。その上で、運動と加速度、働く力、などの個別の働きを考えていけば、きっと正しい理解に到達できると思います。がんばってください。

以上のようなかなり個人レベルでの学生とのやり取

りを、双方向型授業と言えるかどうか疑問ではあるが、この学生の理解は着実に進んだものと考えている。しかし、毎週 5 題から 10 題程度の演習課題に対して、学生からの質問も多く、80 人規模のクラスでは例えばこちらの回答に対する学生からの再度の反応などを確認する作業まではとても出来なかった。

この様な過重負担を軽減する措置として、2 年目にはティーチング・アシスタント (T.A.) がこの授業に措置されたが、やはり質問に対する対応は教員が行うべきであろうとの判断で、T.A.には、各出題課題の解説と問題の模範解答の作成をお願いした。限られた時間で如何に効率的かつ有効に教員と T.A.で作業を進めるかは、今後の課題となった。

6. 成績評価と結果

ここ 2 年間の「入門物理学 1」の学部・学科別履修者数と、各年度での成績結果を次表に示す。成績評価は、シラバスに記したとおり期末試験を中心にして、毎回のレポート提出状況、質問状況などを累計して評価した。試験問題は性格上ここには公表しないが、授業で行った内容と演習問題などで十分こなされたと思われる項目についての出題を行った。

単位修得者の割合が、2002 年度は当初履修者の 76%、2003 年度は 70%と、そう高くはなかったが、この数値はすでに授業への出席状況から推測されたものである。常時 10~20 名程は欠席していたので、その部分は期末試験当日でも欠席者としてカウントされたものと思われる。この欠席者数は、多いとの批判は甘受せざるを得ないが、当初から授業内容はかなり密度濃く行うことを学生にも周知し、予習・復習もかなりの量を要求したことから、ある程度の割合でいわゆる“ついて来ない学生”が出るのは止むを得なかったと感じている。このことは、“授業が難解でついて来られない”のとは違うことを強調したい。事実、優秀な成績者には数学科の学生が多く含まれているが、全く物理を履修していないとの認識を持っていた学生の中にも成績優秀者がいる。単位修得者と日常のレポート提出者には強い相関があり、単位非修得者のほとんどがレポート提出を怠っている者であった。逆にレポートを熱心に提出

した者は総じて優秀な成績を収めていて、3分の2以上のレポート提出者には単位非修得者はいない。

<履修状況と成績>

《2002 年度》			
工学部	1 回生： 4 名	計	4 名
生活科学部	2 回生： 25 名		
	3 回生： 3 名	計	28 名
理学部（数学）	1 回生： 10 名		
	2 回生： 2 名		
	3 回生： 1 名	計	13 名
（物質）	1 回生： 1 名	計	1 名
（化学）	1 回生： 11 名	計	11 名
（生物）	1 回生： 20 名	計	20 名
（地球）	1 回生： 10 名		
	2 回生： 2 名	計	12 名
経済学部	1 回生： 1 名	計	1 名
合計 90 名（内、優：32 名、良：15 名、可：21 名、不合格：15 名、欠席 7 名）			

《2003 年度》			
工学部	1 回生： 6 名	計	9 名
	2 回生： 3 名		
生活科学部	1 回生： 2 名		
	2 回生： 1 名	計	3 名
理学部（数学）	1 回生： 8 名		
	2 回生： 9 名	計	17 名
（物質）	1 回生： 0 名		
	2 回生： 2 名	計	2 名
（化学）	1 回生： 9 名		
	2 回生： 1 名	計	10 名
（生物）	1 回生： 20 名		
	2 回生： 2 名		
	3 回生： 2 名	計	24 名
（地球）	1 回生： 7 名		
	2 回生： 5 名	計	12 名
合計 77 名（内、優：34 名、良：9 名、可 11 名、不合格：8 名、欠席 15 名）			

7. 今後の課題と教育問題

今後の課題として、以下の諸点を挙げておきたい。

① 動機付けの継続性と、動機への疑問

第一回目の授業時に、学習意欲の向上における動機付けの重要性に鑑みて、大学での勉強の仕方と物理学分野の重要性への認識に言及した小論などを学生へ与えて動機付けを図ったが、受止め方には多様性があり、また反発などにより十分な動機付けにならなかった面

があることは否定できない。物理のような積み重ねが要求される学問分野では、ただ面白い事象のみを持ち込んで話題提供しても、有用な知識として昇華されず、単なる浅い知識で留まってしまう。有用な知識として習得するためには、ある程度無機的な思考や計算の訓練が必要である。動機付けを如何に確固たるものに高められるかは、引き続き研究と試行を繰り返していかなければならない課題である。

② 個々の学生の疑問・質問に対する対応の不十分さ

2－4）で述べたように、毎回の授業時や課題遂行中に生じた疑問や質問に対しては、可能な限り時間を割いて対応してみたが、今回導入した個別対応の方法を有効に利用した学生は、全体の中では極少数に留まっている。また、全ての質問に対して十分に対応できたかは、先にも述べたようにまだ心もとない。学生が共通して持つ疑問や、共通した理解への妨げとなる事象・思考方法などを、もっと系統的に抽出して授業で扱うなど、効率化と実効性を追及する余地が大いにありそうである。

③ 基礎学力の不足

この問題は、ここ数年来多くの機会に話題となり、大学入学までの教育カリキュラムとも深く係って、日本における深刻な社会問題化にすらなっている（和田・寺脇，2000；和田，2000；理数系学会教育問題連絡会，2001）。事実、私がこの授業で直面して痛感した項目に、“三角関数が理解されていない”、“微分・積分の基礎的素養がない”などがある。多様な入試制度とも関連するが、特に理数系の科目の履修にとって数学・理科の基礎学力不足の解消は決定的に重要で、今後本大学でも組織的に取組まなければならない重要課題となるのは必定である。それに加えて、2006 年（平成 18 年）度から新課程で高等学校までを終えた学生が入学してくる。この新課程でも特に物理系の著しい教科内容の削減に対し、大学でどの様に授業内容を組み上げてレベルの低下を防ぐか、緊急の課題として対応を迫られるものと思われる。これに関連して、基礎物理教育のために必要な数学の学習という観点で、物理教育と数学教育を統合したカリキュラムの検討も始められ

ている例がある（原，2003）。本学においても今後の検討課題となるであろう。

④ 学生からの評価、要望の組織的汲み上げ

私の授業では、日頃学生とのコミュニケーションを、レポートでの質問等へのやり取りで行っているという意識があったため、授業終了時に独自には授業内容に対する学生からの評価は組織的に行ってこなかった。全学共通科目のうち総合教育科目に対しては学生のアンケート調査が組織的に取組まれているので、その徹底と全科目への拡張を図られるよう要望したい。

⑤ 授業時間で対応できない内容への対応

この問題は、③の問題とも係るが、すでに制度的には措置が進んでいる T.A. の活用や、イントラネットなど、IT を利用した演習・補習などが考えられる。しかしその際も、授業が教員と学生との人間同士のコミュニケーションから成り立っているという基本をないがしろにしてはならないと考える。

【参考文献】

- 團伊玖磨（1977），『パイプのけむり』，毎日新聞社。
- 原康夫（2000），『基礎からの物理学』，学術図書出版社。
- 原康夫（2004），「物理と数学の統合教育の実際的研究」，平成 13-15 年度科学研究費補助金 研究報告書：基盤研究（C）（2）課題番号 13680205。
- 板倉聖宣（1998），『模倣の時代』（上、下），仮説社。
- 河上亮一（2000），『教育改革国民会議で何が論じられたか』，草思社。
- 毎日新聞科学環境部編（2003），『理系白書』，講談社。
- 佐藤進（2001），『立花隆の無知蒙昧を衝く』，社会評論社。
- 数理系学会教育問題連絡会編（2001），『岐路にたつ日本の科学教育』，学会センター関西。
- 立花隆（2000），「日本の理科教育の水準は十九世紀以前だ」，『脳を鍛える一東大講義 人間の現在①—』，新潮社，37-47。
- 立花隆（2001），『東大生はバカになったか』，文芸春秋。
- 谷田和一郎（2001），『立花先生、かなりヘンですよ』，洋泉社。
- 和田秀樹（2000），『学力崩壊』，PHP 研究所。
- 和田秀樹、寺脇研（2000），『どうする学力低下』，PHP 研究所。

<資料1：物理問題>

入門物理学 I

物理 問題
学科

(2003. 4. 14 担当： 唐沢)
番号 氏名

次の質問に答えて下さい。

1. 力が釣合っている状態とはどんな状態ですか、説明してください。静止衛星は力が釣合っていますか。

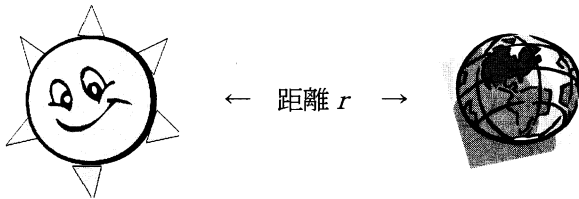
2. 速さ、速度、加速度、重力、重さ、質量のそれぞれを説明してください。

速さ：	速度：
加速度：	重力：
重さ：	質量：

3. ニュートンの運動の3法則を知っていますか。その内容を書いてください。
(順序は問いません。)

- 1)
- 2)
- 3)

4. 地球は太陽の周りを回っている。そのとき地球はどのような力を受けているのか。太陽と地球の距離 r でその力を表して下さい。



5. 道路を走っている自動車について、その自動車に働いている力の思いつく全てを書いてください。(それを絵の中に、矢印で記入してください。)



6. 物理量には、スカラー量、ベクトル量、テンソル量があります。それぞれの量の例をあげてください。 スカラー量： ベクトル量： テンソル量：
例 (体重)

7. 仕事、位置エネルギー、運動エネルギー、熱量、気体の内部エネルギー、核反応エネルギー、太陽光エネルギーについて、共通の点と違いを説明してください。

8. 地震や、台風などの自然現象では破壊を伴う大きなエネルギーがもたらされます。そのエネルギーの起源は、どこにあり、どのように蓄えられたのでしょうか。説明してください。

9. 高等学校までに物理はどこまで学びましたか。内容で記憶している項目を思いつくままに書いて下さい。

入門物理学 I 数学 問題 (2003. 4. 14 担当： 唐沢)

次の数学の基礎知識は、物理を学ぶのに最低限必要です。設問に答えて下さい。

1. 次の近似公式を完成して下さい。

- 1) x が十分 1 より小さいとき、 $(1+x)^n \approx$ (n は整数)
 2) θ が十分小さいとき、 $\sin \theta \approx$ $\cos \theta \approx$ $\tan \theta \approx$

2. 三角関数について、次の公式を完成して下さい。

- 1) 平方和： $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta =$
 2) 加法定理： $\sin(\theta \pm \phi) =$
 $\cos(\theta \pm \phi) =$
 3) 2倍角： $\sin 2\theta =$ $\cos 2\theta =$

3. 次の微分公式を完成してください。

- 1) $\frac{dc}{dx} =$ (c は定数) 2) $\frac{dx}{dx} =$ 3) $\frac{dx^2}{dx} =$
 4) $\frac{dx^n}{dx} =$ (n は整数) 5) $\frac{d(ax+b)^n}{dx} =$ (a,b は定数、n は整数)
 6) $\frac{de^x}{dx} =$ 7) $\frac{d}{dx} \frac{1}{x+a} =$ (a は定数) 8) $\frac{d \log x}{dx} =$
 9) $\frac{df(y)}{dx} =$ (y は、x の関数) 10) $\frac{d \sin x}{dx} =$ 11) $\frac{d \cos x}{dx} =$

4. 次の積分公式（不定積分：積分定数を省略した形のものを）を完成してください。

- 1) $\int c dx =$ (c は定数) 2) $\int (ax+b) dx =$ (a,b は定数)
 3) $\int (ax+b)^n dx =$ (a,b は定数、n は整数) 4) $\int \frac{1}{x} dx =$
 5) $\int \frac{1}{ax+b} dx =$ (a,b は定数) 6) $\int e^{ax} dx =$ (a は定数)
 7) $\int \sin x dx =$ 8) $\int \cos x dx =$

5. 二つのベクトルの掛け算は物理の中でも重要な量としてしばしば出てきます。ベクトル

$A(A_x, A_y, A_z)$ と $B(B_x, B_y, B_z)$ (括弧内は成分) の内積 ($A \cdot B$) と外積 ($A \times B$) はどんな量になるか成分で書き下して下さい。

($A \cdot B$)

($A \times B$)

6. 物理で運動を表すとき、変位の時間微分を使った微分方程式を用います。次の微分方程式の一般解（積分定数を含む解）を書いてください。

- 1) $\frac{dy}{dt} + ay = 0$ (a, は定数) 一般解： $y =$
 2) $\frac{dy^2}{dt^2} + ay = 0$, (a, は定数) 一般解： $y =$
 3) $\frac{d^2y}{dt^2} + a \frac{dy}{dt} + by = 0$, (a, b, は定数) 一般解： $y =$

<資料3：推薦図書>

推薦図書 入門物理学

担当： 唐沢

入門物理学に関連して、以下の図書を推薦します。興味が持てたり必要を感じたらできれば購入するか図書館で借りて、教科書の補足をしたり練習問題として勉強してみてください。

なお、ついではありますが、私が個人的にお奨めしたい、読んで「面白い」（であろう）自然科学系の本の一部も、リストしておきましたので、機会がありましたら読んでみてください。本は、文字を通じての他人との交流（一方的ではありますが）です。本を通じて多くの人と出会えることは、とても素晴らしいことです。

【入門物理学、物理数学に関連した参考図書】

<力学、物理学のテキスト、参考書>

- * 「力学」 戸田盛和 物理学入門コース； 岩波書店
- 「物理学序論としての力学」 藤原邦男； 東大出版会
- 「科学者と技術者のための物理学I～III」 R.A.サーウエイ、松村訳； 学術図書出版
- * 「Fundamentals of Physics」 5th Edition D.Halliday 他； John Wiley & Sons Inc.

<微分方程式、ベクトル解析、物理数学への入門書>

- * 「物理のための数学」 和達 三樹 物理入門コース； 岩波書店
- 「例解 物理数学演習」 〃 物理入門コース演習； 岩波書店

<宇宙や物質世界の成り立ち、物理に関する啓蒙書>

- 「現代物理学への招待」 広瀬立成； 培風館
- 「宇宙創生はじめの三分間」 S.Weinberg、小尾信彌訳； ダイアモンド社
- 「物理科学への招待」 武田 暁； 裳華房
- 「現代物理科学の世界」 ガモフ全集別巻 上中下； 白揚社
- 「物理学とは何だろう」 朝永振一郎； 岩波新書
- 「物理学ノート」 朝永振一郎； 講談社
- 「物理学はいかに創られたか」 アインシュタイン、石原訳 上下； 岩波新書
- 「鏡の中の物理学」 朝永振一郎； 講談社
- 「光と物質」 桜井邦朋； 東京教学社
- 「ホーキング宇宙を語る」 ホーキング、林訳； 早川書房

【その他】

<大学生向けのメッセージ類>

- * 「脳を鍛える」 東大講義、人間の現在① 立花隆； 新潮社
- 「立花隆の無知蒙昧を衝く」 遺伝子問題から宇宙論まで 佐藤進； 社会評論社
- 「東大生は馬鹿になったか」 知的亡国論+現代教養論 立花隆； 文芸春秋
- 「立花隆先生、かなりヘンですよ」「教養の無い東大生」からの挑戦状 谷田和一郎； 洋泉社
- 「21世紀の狼たちへ」 落合信彦； 小学館文庫
- 「大学時代しなければならない50のこと」 他 中谷彰宏； PHP 文庫

<科学に関連する刺激的、衝撃的な読み物>

- 「精神と物質」 利根川進、立花隆 文芸春秋
- 「ペンローズの量子脳理論」 ペンローズ、竹内他訳； 徳間書店
- 「科学・千夜一夜」 P.ブーランジェ 松本他訳； 玉川大学出版部
- 「聖なる対称性」 ジョージ・ジョンソン、長尾他訳； 白揚社
- 「模倣の時代」 上、下 板倉聖宣； 仮説社
- 『第三の核』を求めて 渡辺格； ニュートンプレス
- 「自然の終焉」 ビル・マッキベン； 河出書房
- 「次の百年・地球はどうなる」 J. ワイナー； 飛鳥新社
- 「環境ホルモンの正体と恐怖」 小山寿； 河出書房新社
- 「フラミンゴの微笑み」 上、下 S.J.グールド、新妻訳； 早川書房
- 「ご冗談でしょうファインマンさん」、他 ファインマン、大貫訳； 岩波書店
- 「宇宙をかき乱すべきか」 F.ダイソン、夏目訳； ダイアモンド社
- 「部分と全体」 W.ハイゼンベルグ、山崎訳； みすず書房

日本の理科教育の水準は十九世紀以前だ

立花 隆著「脳を鍛える」

(東大講義 人間の現在①) 新潮社2000年 発行

.....

きみたちの中で、高校で物理をとらなかった人はどれくらいいますか？（かなりの人が手をあげる）えっ、そんなにいるの。これはおどろくべきことだね。信じられないね。そうすると、その人たちの物理の基本知識は中学理科のレベルにとどまっているわけでしょう。その人たちへ、物理の基礎中の基礎である、ニュートンの運動の三法則も知らないわけだし、運動、加速度、質量、熱、波、素粒子といった、この世界のあり方の根本にかかわる最も基礎的な概念すら正しく理解していないわけです。

そういう人は、はっきりいって、大学でものを学ぶ資格がない人です。ついこの間まで、そういう人は、大学には入ってこなかったんです。入れなかったんです。高校理科の履修制度がちがっていたから、物理なんて、みんなやらされたんです。.....

これはとんでもないことなんです。なぜかという、サイエンスというのは、物理の上に築かれているからです。科学の基礎は物理なんです。科学のいちばんの基礎になる考え方は物理学が発展する中で築かれてきたんです。つまり、物理をやらなかった人は、サイエンスが基本的にはわからないということになります。.....

高校で物理をやった人とやらなかった人では、知識においても理解度においても、あまりに激しいちがいがあるので、今では、物理既修組と物理未修組にわけてやることになっていることは、理科の人はみんな知っている通りです。未修組に対しては、高校のレベルから授業を始めるわけで、ここの先生方は、未修組コースを作らなければ対応できないということがわかったとき、東大生の学力もここまで落ちたかと愕然としたといえます。しかし、物理をやらなかった学生も、その能力がないからやらなかったわけではないので、あらためてゼロから教えればちゃんとできるようになるということがわかって安心したといえます。.....

きみら、大学を出たら、すぐに社会の第一線に出なければならないんですよ。大学院に行く人も、そこは研究の第一線なんです。大学の向うはフロント（前線）なんです。戦争だったら、塹壕中をはいずりまわり、四六時中鉄砲でドンパチやらなければならないような現場なんです。そこは戦死する人が毎日出ている現場なんです。四年後にそういうところに投入される覚悟ができていますか。毎日遊んでいて、最前線で生き抜いていくだけのサバイバル能力が自分の身につくと思いますか。

そう考えたら遊んでいるひまなんか全くないはずですよ。きみら大学に入るために多少は受験勉強をやったつもりかもしれないけれど、これから必要な勉強に比べたら、あんなものは屁みたいなものです。これからの大学時代、受験生時代の10倍は勉強しなければ間にあわないと思わなくちゃいけません。

<資料5：単位と冪>

物理学の単位と、冪（べき）の表記

(入門物理学1 資料； 2002. 4. 22 担当： 唐沢)

【基本単位について】

物理学では、重要な法則も定理も、数式で表されることがほとんどです。数式は、文章よりはるかに簡単に、しかも正確に法則を記述できるからです。

同じ数式を用いても、物理学が“数学”と決定的に違うことは、物理学で扱う量にはすべて[単位]があることです。単位を同じにして扱わないと、物事の量の比較ができないし、単位の間違いが重大な事故や損傷に繋がることは、沢山の事例が示しています。

物理の単位は、とても沢山ありますが、それぞれを構成している最も基本となる単位は、そんなに多くはありません。例えば、物質の密度の単位は、 $[\text{kg}][\text{m}^{-3}]$ ですが、その要素は、質量の単位 $[\text{kg}]$ と、長さの単位 $[\text{m}]$ から出来ている、といった具合です。

当面皆さんが物理学で扱う“基本”単位は、[長さ]、[時間]、[質量]の3つだけです。この3つの単位のうち、長さと時間の基準は、実は“光の速さ”によって定義されているのです。

@ 光の速さ：

$299,792,458 \text{ m/sec}$ (真空中) (およそ 30 万 km/sec； 地球を 7.5 周／1 秒)

(注： この値はかつて実験で計測される値であったが、1983 年以降定義値として決められた。)

この定義値を基にして、長さと時間の基本単位が決められる。

@ 長さの単位：

「光が真空中で、 $1 / 299,792,458$ 秒間に進む距離 $\equiv 1 \text{ m}$ 」

@ 時間の単位：

「ジオイド面上のセシウム原子 ^{133}Cs の特定準位間の遷移で放射される原子発光の光波の振動周期の、 $9,192,631,770$ 倍 $\equiv 1$ 秒」

(注： 長さの単位の基は、タレイラン (仏) により計測された、地球の子午線の長さの 1 千万分の 1 より、メートル原器を経て、マイケルソン (米) が、原子発光の波長とメートル原器を比較して上記値を得た。)

(注： ジオイド面： 海拔 0m の位置； 相対論によれば、重力加速度が違うと時刻も違う。)

@ 質量の単位：

「国際キログラム原器 (仏国セーブル国際度量衡局保管) の質量を、 1 kg とする。」

(注： 質量 1 kg は、水 1 リットルの質量を単位とした。)

このように定義された、物理量の基本単位を用いて、様々な単位が定義されていきます。

一般に、上記 3 つの基本単位でほとんど尽くされるわけですが、例えば

力の単位は、 $[\text{kg}][\text{m}][\text{sec}^{-2}]$

仕事やエネルギーの単位は、 $[\text{kg}][\text{m}^2][\text{sec}^{-2}]$

などと、多少長ったらしくなります。そこで、この基本単位以外に便宜的に、単位の俗称が決められてきました。これは、基本単位と全く同じ意味ですが、より簡単に単位を呼びあうためだけのものです。しかし、知らないと言葉が通じませんから、大事な単位は、上記“基本単位”と共に覚えてください。(覚えてなくても、基本方程式から導出できることが必要です。)

多くの単位は、その単位と関連した著名な物理学者の名前がそのまま多く使われています。

例： 力：ニュートン、 エネルギー：ジュール、 圧力：パスカル、 仕事率：ワット、 電荷：クローン……

(団伊玖磨著：「パイプのけむり」より)

<資料6：微分方程式>

Ⅰ 微分方程式って何？

<入門物理学Ⅰ 資料； 担当： 唐沢>

物理学Ⅰの講義では、力学の重要な内容にさしかかるとき、微分方程式を解く作業を行います。この手続きとその意味について、沢山の質問が寄せられています。

Ⅰ では、物理で扱う微分方程式とは何か、という説明のさわりと、微分法的式を解くことの意味を述べます。そして、Ⅱ で、これまで講義に出てきた重要な微分方程式の解き方の概略を記します。

<微分量>

微分量は、良くご存知の様に、例えば $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ で表される、二つの量 x と t の微少量を持ってきて、その比を取ったものを考えます。その場合、特に変数 x が、変数 t の関数 (t の変化に伴なって、変わる量； 独立変数 t に対して、 x は従属変数) になっていて、この比が、極限操作： $\Delta t \rightarrow 0$ にした時、有限な数量 (0 を含んでいて、 $\pm\infty$ にはならない!) となるとき、“関数 $x(t)$ は、変数 t で微分可能である” と言いますね。これを式で表すと、 $\dot{x}(t) \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t}$ で定義された微分量となるわけです。

<微分量の例>

例えば、 $y=f(x)$ の場合、微分量 $f'(x) \equiv \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$ は、 x 座標 $=x$ での関数 y の接線の傾きを与えます。物理量でも同様で、物体 (質点) の変位 $x(t)$ の、時間 t の微分量は、時刻 t における、その物体の速度を与えます。 $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big|_{t=t} = v(t)$ これを書きかえると、

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta x \Big|_{t=t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta t \cdot v(t) \Big|_{t=t}$$

この式の意味は、ある時刻 t での、物体の動き (微小変位 Δx) は、その時の速度と“微小時間の積で分かる” ことになります。

すなわち、ある時刻にある場所にあった物体が、その後何所にどのように動いて行くかは、この物体の変位の微小変化を、時間を追って追跡して行けば分かるわけです。この追跡に相当する数学的手続きが、“微分方程式を解く” ことに外なりません。数学的には、微分によってある時刻の微分量が分かることの逆を行う、すなわち、微分量の積分操作が、微分方程式を解く手続きとなるわけです。

<ニュートンの第2法則と微分方程式>

力学に戻って考えますと、ニュートンの第2法則<運動方程式>は、もう良くご存知の様に、

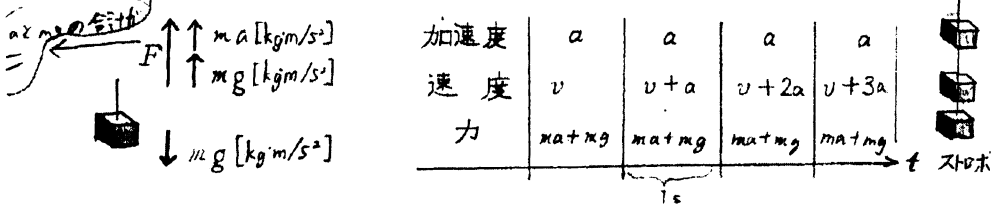
$$ma = F, \quad a = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr(t)}{dt} \right), \quad \therefore m \frac{d^2 r}{dt^2} = F$$

と書かれ、変位 r の時間 t に関する2次の微分量を含む方程式になります。右辺の外から物体に加わる力は、どのような関数でもあり得るわけですが、一般には変位 r や、その1次の時間微分 (=速度) や、その速度の2乗などの関数になっています。粘性抵抗や、慣性抵抗がそれに当たります。

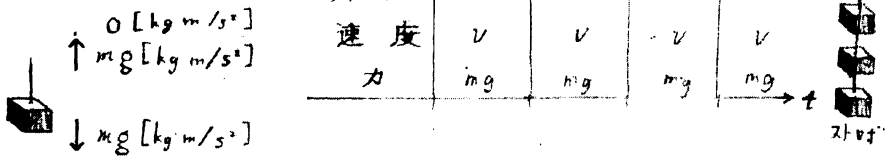
(質問1) 例題1について (等速直線運動)

例えば重さ m の荷物を持ち上げるとき

(i) 等加速度直線運動



(ii) 等速直線運動



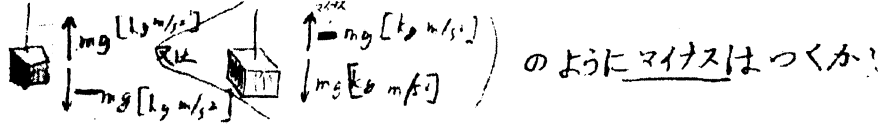
※質問が多いですが
よろしくお願いします

問 ① 以上で誤りがありますか?

問 ② (i) について 重力より大きい力 F (一定) を出せば
物体は加速するのは正しいか? (どんな大きな力があるように感じる)

問 ③ (ii) についても、重力と同じ力を出せば、物体は
等速運動するか 静止する。つまり、物体を静止
させたりさげるときのかと、等速運動させるとき
のかは等しい。この文は正しいか?
(もち上げる方がしんどい(力がある)と思うのだが)
(上にいくいきおいがついているからか)

問 ④ mg について



つかないならその理由を考えて下さい

(質問2) 張力とは何かを説明した上で問7を解説して下さい。
僕がやるとうら面のようになっていました。