

## 投稿

## 高校生向けの相対性理論入門講義

渡會兼也（金沢大学附属高等学校）

## 1. はじめに

昨年(2009年)の夏休みの補講期間中 8月25日と26日に高校3年生向けに相対性理論(以下、相対論と略す)の入門講義を2時間ほど行った。本校では物理選択の3年生は70人ほどである。受験で大事な時期にも関わらず、自由参加のこの講義に2割弱、12人の生徒が集まった。

現在高校では相対論(原子核の崩壊や質量欠損)や量子論(原子モデルの話)は『選択範囲』となり、少なくとも県下の高校で選択されていない<sup>1</sup>。若者が興味を抱いてやまない相対論は大学でも、物理学の専門課程を専攻しない限り永遠に学ぶチャンスがない。このような現状を少しでも変えることが今回の講義の動機である。

私のような相対論の『非専門家』が教えるのは専門家から怒られるかもしれない。もし、以下の文章で誤りがあれば、指摘していただきたい。一方、一般向けや高校生向けに相対論の話をする機会がある専門家の方の参考になればと思い、このレポートを書くことにした。参考になれば幸いである。

なお、講座では文献[1]、[2]を参考に教材を作成した。以下、その講義内容について報告する。

## 2. 講義内容

講義は3年生向けである。これには理由がある。現在の教育課程では光学分野は『物理I』の最後の方に出てきており、通常は2年生の後半で学習する。光速不変の原理の話

をする際に、マイケルソン/モーレーの実験などの光学に関する理解が必要条件である。また、万有引力や運動量の話は『物理II』で学習するので現行の2年生では無理がある。よって、対象を3年生と興味のある2年生に絞って話を進めた。一方で、本校では2年生終了時に微分・積分を一通り学習し終わるので、説明や式の展開に微積分が使えるので、高校生が可能な範囲で実際に計算を行わせるような活動にした。

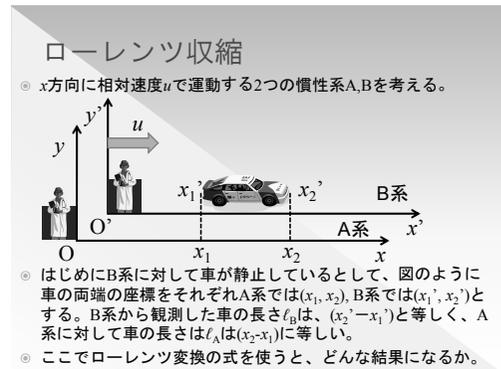


図1 講義で使用したスライドの例1

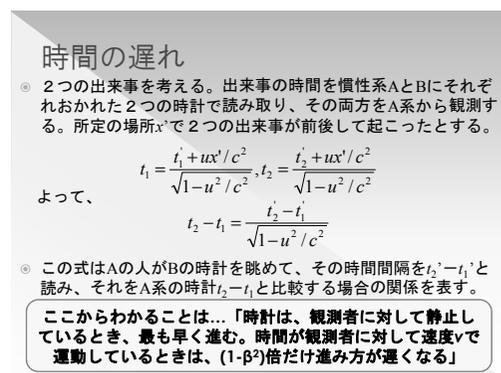


図2 講義で使用したスライドの例2

<sup>1</sup>平成22年からの学習指導要領の改訂・移行措置によって、選択分野は廃止される予定



2 日目は一般相対論で 1 時間を使ったが、式は全く出さず、等価原理の説明を丁寧におこなった(図 6、図 7)。この部分に時間をかけると重力場があると空間が歪み、光が曲がるということはある程度は理解してもらえた。生徒から「これが本当なら天体の見え方が変わったりするはずですよ?」という質問が出たので、あとは一般相対論を裏付ける証拠の例をいくつか例示(日食の際に観測した星の曲がり角が理論と合っていたことや水星の近日点移動など)と重力レンズの話も紹介した。この質問が出たおかげで、私は生徒が『重力場があると空間が歪むことを現象論的に理解できた』と確認でき、スムーズに証拠の話に入っていたのである。

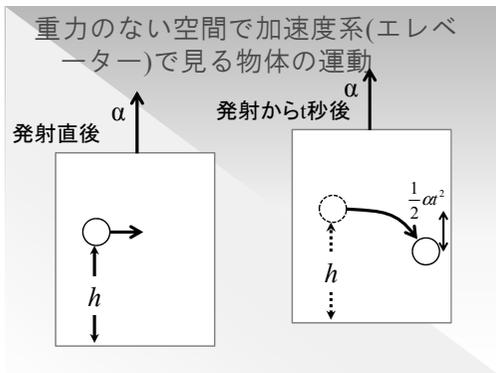


図 6 講義で使用したスライド例 6

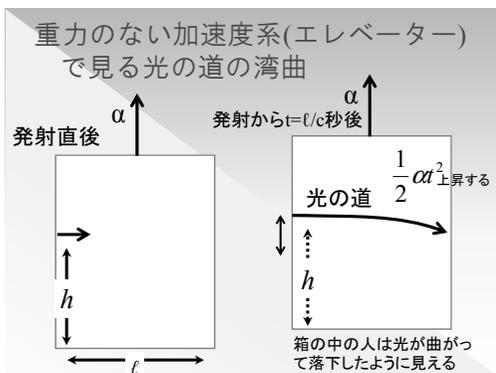


図 7 講義で使用したスライド例 7

最後に講義全体の感想を生徒に聞くと、『ローレンツ変換を受け入れれば、面白いことが起こりそうだという事はわかった』、『等価原理がどういうものかは大体わかった。』という感想が聞けた。アンケートを取らなかったのが悔やまれる。

### 3. まとめ

今回はじめてこういった試みをしてみたが、短時間にしてはうまく進めることができたと自負している。興味を持っている生徒はある程度科学雑誌等で知識を蓄えているため、本当はもっと難しい式が控えていることは承知している。ゆえに、1 から論理や数学を理解することを求めている。おそらく、論理と数学で納得してもらおうとすると多大な時間を必要とし、多くの高校生が脱落すると思われる。『こういう風に考えるとうまく説明できる』という説明でもある程度の理解と納得が得られる。

議論する内容を絞り、内容を精選すれば高生物理の中で相対性理論を学習できる可能性は十分にある。現象論的に相対論を知るだけでも物理への興味を持ち方に雲泥の差がある。

若者は大学に行ったら相対性理論を勉強できるのだろうか。本校の場合で相対性理論を大学で勉強する人数を見積もる。将来、本校出身者が相対性理論まで学ぶ人数を  $N$  とすると、 $N = n f_a f_b f_c$  で与えられる。ここで本校の 1 学年の生徒数  $n = 120$  人、物理選択者  $f_a = 65\%$ 、物理系学科進学者  $f_b$ 、5% 以下(4 人)、物理系学科で相対論を選択  $f_c$ 、20%(もっと少ないかも...)を代入。最終的に本校出身者で相対論を学ぶ人の数は  $N = 0.78$ 。本校のような進学校でさえも将来的に相対論を学べるのは各学年で 1 人未満である。公立高校では母数が 3 倍近くになるが、それでも各学年

で2~3人である。

学習指導要領が改訂され、これから発展的な学習が可能になる。こんなことを言わなくても多くの高校教員は発展的な内容を行っている。しかし、その教材の多くは古典物理が主であり、量子力学や相対性理論といった現代物理の教材開発はあまり行われていない。古典物理が大事なものは重々承知だが、最新の物理学の楽しさを通じて後継者が魅力を感じることができる機会を増やすことも重要ではないだろうか。

### 参考文献

- [1] バークレー物理学コース1力学(下) 今井功監訳 丸善株式会社
- [2] ファインマン物理学 I 力学 ファインマン、レイトン、サンズ著、坪井忠二 訳、岩波書店

渡會 兼也  
(金沢大学附属高等学校)

## コラム 北極星を巡る春の星空

大西浩次 (長野工業高等専門学校)

ウィリアム・シェイクスピアの戯曲「ジュリアス・シーザー」に

「おれは北極星のように不動だ(\*)」

という有名な台詞がある。

しかし、実際の北極星(ポラリス)は地球の自転軸方向(天の北極)から、現在、約0.8度ずれている。このため、写真で長時間露出すると、ほかの星と同様に地球の自転に従って日周運動している様子がわかる。

天の北極と北極星の離角は、地球の歳差運動のため、ゆっくりと変化している。カエサル(Gaius Julius Caesar, 英語でシーザー)が暗殺された紀元前44年には、北極星と天の北極の離角は約12度もずれていた。戯曲「ジュリアス・シーザー」の台詞は、あくまでシェイクスピアの創作なのだろう。ちなみにシェイクスピアが活躍していた1600年前後の離角は約3度、大航海時代の時でもあり、北極星が天の北極からずれていたことは、シェイクスピアも知っていたであろう。それにもかかわらず、彼に台詞を書かせたのは、やはり、北極星が北天にただ1つ輝く象徴的な輝星だったからに違いない。

(\*) "But I am constant as the North Star"