

身近な統計物理や非線形科学－SSHなどでの高校生との試み－

(Statistical Physics and Nonlinear Science in Daily Life)

秦 浩起 (Hiroki HATA)

鹿児島大学理学部物理科学科 鹿児島市郡元 1-21-35

hata@sci.kagoshima-u.ac.jp

Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

概要

The subjects and the methods of the class of “statistical physics and non-linear science” for high school students are reported.

Keywords

statistical physics, nonlinear science, chaos, super science high school, physics education

1 はじめに

知人（大学教員）と話していると、しばしば「出前授業やSSH¹の活動をやっているようだけれど、高校生対象に統計物理や非線形科学をどのように紹介するの？」と尋ねられます。「特別なことをやっているつもりはないのだが・・・」と話していくと、「ふーん。なるほど、そういうことをやるのか・・・」となります。

世間一般で“物理は難しい”と思われているようですが、しばしば教員の方も難しく構えすぎているように思います。高校生を対象に私が実施しているものの多くは、身のまわりにあるものや現象を題材とし、現象と現象との繋がりを認識するなどして楽しもうというような内容です。ここでは、その事例を紹介します。²

¹スーパーサイエンスハイスクール：文部科学省が科学教育を重点的に行う高校を指定する制度で、通常の授業以外に研究活動などの科学教育を行う。

²筆者は統計物理、非線形科学の理論系の研究者でコンピュータは用いますが実験家ではありません。

2 事例－どんなことをやっているのか

高校生を対象にやってみたことを幾つかリストします。³講演では『模擬授業』を行いますが、短い時間ですので授業の一部を切り取ってお見せすることになるでしょう（主な題材は以下にないものを取り扱う予定です）。

例 a) ブラウン運動

インクの拡散を測定し、顕微鏡によるブラウン運動の観察を行います。拡散とブラウン運動を結びつけるために、ランダムウォークをサイコロやコンピュータでシミュレートします。

例 b) 自励振動

「バネで錘を引きずる」などの観察を行い自励振動の存在を認識し、身のまわりの自励振動を探します。

例 c) 共振や同期現象

『コンビニ袋を持って歩く』実験から始め、共振や同期現象を観察します。現象が起きる仕掛けは、簡単なモデルを通して確認します。派手な実験として電子レンジで火の玉を作ることできます。⁴

例 d) カオス

SPORTSMAN というおもちゃ等の観察を行い、周期的な振る舞いのすぐ近くに非周期的な振る舞い(カオス)があることを体験します。

³本講演では時間的理由で、どのようにやるのかという詳細は紹介できません。必要であればメール等でお尋ね下さい。また、他のアイデア等お知らせいただけると幸いです。

⁴最初、庄司多津男氏(名大工)に見せていただきました。

次に、紙に描いた写像や電卓を用い、「決定論的で簡単なルールからカオスが生み出されること」や「軌道の不安定性」を確認します。

例 e) フラクタル

フラクタルとは何かを学び、身のまわりにあるフラクタル（しのぶ石、校舎のひび割れ、ヨーグルトの流れた跡など）を発見・観察し、フラクタル次元を測定します。「フラクタルが生成されること」を認識するためには、簡単なコンピュータ・シミュレーションを行います。

なお、何れも観察や実験の後、進んだ実験や研究の事例を幾つか紹介しています。

3 留意していることなど

実験や授業をやる中で留意していることを少し記しておきます。ただし、(同僚と話したり、高校生や高校教員からのフィードバックはあるものの)、方法論として比較検討したものではありません。

1. まわりを見る目を養う

私たちの生活の中で科学が役立っていることを頭の中で理解しても、科学を身近に感じている人は少ないようです。(必ずしも派手でない)身近な現象を取り扱うことによって、**身のまわりを科学的に見る方法が養われ(慣れ)**、科学を楽しむ、身近に感じるようになるのでは…ということを狙っています。ただし、派手でない現象の面白さが伝わるように工夫する必要があります。

2. 身のまわりの簡単な道具でやろう

参加した人が「もう一度やってみよう」とちょっと思えば、自分でできるように、『装置』というようなものではなく、なるべく身のまわりにある簡単なものを用いるようにしています。それは、お膳立てされた実験や授業に参加して楽しむことで終わらず、やってみることが**科学をする**ということだからです。また、“もう一度”がクラスや家庭の中で行われると、それを見た次の人に広がっていく可能性もあります。⁵

⁵ (色々な教育現場で語られていることでしょうか) 高校生に

3. コンピュータで創ってわかる

「目に見える現象とその奥にあるものとの**繋が**り」や「異なった現象の間の**繋が**り」を認識すると物理を楽しむことができます。その繋がりをきちんと認識するには数学が必要なのですが、あまり数学を要求することはできません(中には、数式が出てくると思考を停止する人もいます)。コンピュータ・シミュレーションをうまく使うと、その繋がりをある程度認識できるようです。

4. 達成度は我慢する

研究的活動では、教員側はややもするとゴール到達に拘りがちです。しかし、ゴールに拘り、途中が繋がらなければ知識の詰め込みと同じようなことになります。そうならないためには、限られた時間では多くを望みすぎないことも重要でしょう。もちろん、中途や失敗で終わるのは拙い⁶ので、プランとして色々なゴールのありかたを準備する必要があります。

5. 統計物理や非線形科学を主題にする

(自分の専門分野を取り扱うことで)現在の研究との関連を語ることができるという当然の理由に加え、実際に実験や授業をデザインしてみると統計物理や非線形科学は上記1-3との親和性が良いという理由があります。それは、マクロとミクロという関係であったり、ダイナミクスの変更が現象としての大きな違いを生むことなどに起因します。

...

講演では§2で挙げた例を紹介しながら上記のことを具体的に紹介します。

謝辞

この発表内容の一部は、鹿児島県立錦江湾高等学校でのSSH活動(2006-8)、鹿児島、宮崎、大分各県での出張授業、JSTの教員指導力向上研修(2007)などの活動に依拠しています。

限らず大学生も(我々も)実際“やる”ことに踏み出さない傾向があります。面倒だからでしょうか?“やる”ための障壁を下げられるためにも簡単に拘っています。

⁶本来、研究であれば失敗や予想外の結果というものも当たり前なのですが...