

# 論理的思考について

慶應義塾大学  
自然科学研究教育センター  
青木 健一郎

2011年7月15日

青木 健一郎

## 科学的論述 WGの活動の意義，特色

- 科学的論述の持つ意味 — 標準的，文献にあるのでここでは省略
- 我々の環境の特徴
  - **文系学生，医学部** — 自然科学者，工学系エンジニアの育成が目的ではない．
  - **現実的な問題**
    - \* **理想的な状況ではない**：時間，負担に制約
    - \* **選択/バランスの問題**（実験内容の重さとのバランス，レポートか実験ノートか，質疑応答をするか，レポートの中での項目，毎回レポート提出かか数回に一回か...）
  - **多様性** — 科目の多様性，講師の多様性，授業の多様性（同じ講師でも）
- 科学的論述に関する実践方法に関する実用的かつ現実的な考察

## 論理的思考の必要とされる状況

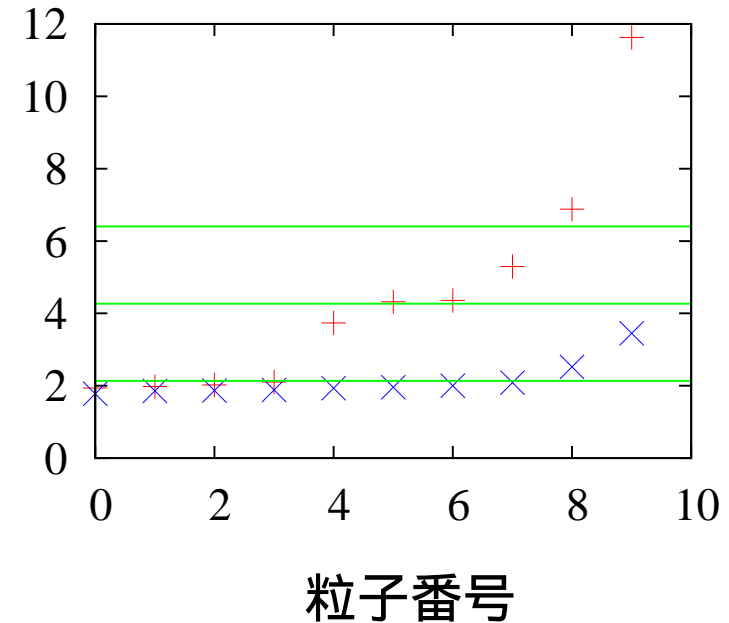
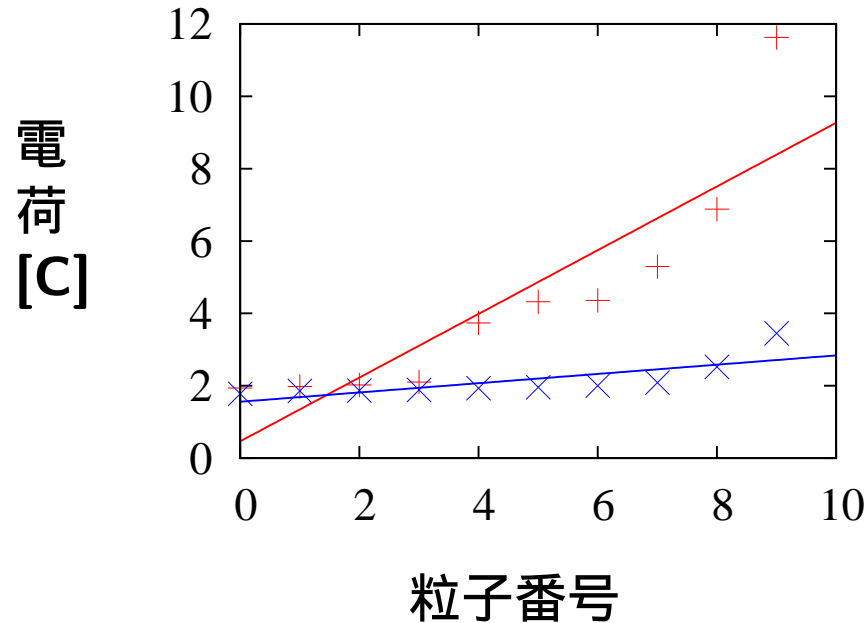
- 実験 + レポート
  - 論理的に結果を導く
  - 結論を導く
  - 考察
- 課題レポート — 上に同じ！
- 口頭での説明 — 質疑応答，発表，…

## 注意すべき点（主として実験）

- 臨機応変，何が起きるかは全ては予知できない ← まさに論理的！単にルールに従うわけではない！
- 失敗して良い ← 事前に全てわかるわけではない
- 実験の限界 ⇒ 過信にも不信にもならない（単に × ではない） ← 「科学的真実」の意味
  - 導ける事と導けないことがある
  - 誤差（不確かさ）：典型的な例
    - \* よくある質問「これでいいのか？」
    - \* 「真の値に近かったから良かった」、「誤差が大きくなってしまった」  
← 多くの場合単に学生の気分．根拠を考える必要性
- 基本的な考え方は課題レポートにも当てはまる

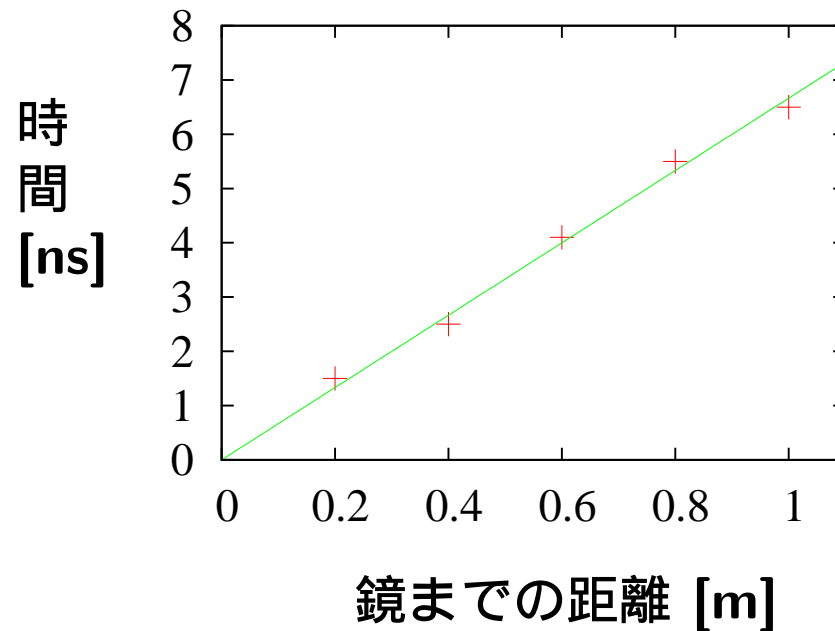
## 結果，結論が論理的に導けない例

- **素電荷の測定** — 概念と実験の説明があるのに，やみくもに全体を直線近似  
実験指示「(グラフを描き…) 素電荷  $e$  の値を推測する。」(テキスト)



実験例2つ。(左)無理やり直線近似(間違い)(右)素電荷としての解釈。

- **光速の直接測定** — グラフを書いてもどうやって  $c$  求めるかわからない。



テキスト：「**グラフより空気中の光速を求める**。」はっきりとは指示していないのでわからない。しかし  $(\text{距離}) / (\text{時間}) = (\text{速度})$  は小学生でも知っている。

- **ブラウン運動**

- **拡散係数を求める** . テキスト : 「最初の位置から各時間での位置までの距離を...測り記録する」  
かなり多くの割合で次の時間の位置までの距離を測定  $\Rightarrow$  拡散していない .
- アボガドロ定数 :  $N_A = \dots \times 10^{-20} (!)$   $\leftarrow$  気がつかない

- **音速の測定** : 波長を求める — テキスト 「距離  $X_1, X_2$  を読み取り , その間にある腹の数  $n$  をかぞえる .」  
端の数を数える学生多数  $\leftarrow$  「植木算」ができない , あるいは波長との関係を考えていない .

- **多くは考察以前の問題** : 実験  $\xrightarrow{?}$  結果  $\xrightarrow{?}$  考察

## 論理的な思考法を導くためには

- 自分で臨機応変に判断する必要あり
  - **実験の論理**—何をしたのか？何がわかったのか？
  - 実験，そして実施状況による差 ← **教科書とは違う**
  - 誤差の問題：分子膜，重力加速度，屈折率，光速測定の実験...（目盛の最小は誤差ではない）
  - **臨機応変なところが楽しさ**
- テキストの作り方（指示し過ぎも指示不足も良くない，何が適切かは実験状況[学生の気質，人数，etc]にも依る）
- 実験で論理的に思考できないのか，論理的に思考できないから実験で論理的に思考できないのか，初めから考える努力をしていないのか？



## ● 科学的論述

- 結論が理由（質疑応答，レポート）？ ← 理解できていない  
e.g. 光電効果，なぜ電子の得たエネルギーが振動数と直線関係にあるのか？ ⇒ 「比例しているから」!?
- 実験結果，過程は予想通りとは限らない ← 結果を予想し過ぎてずれる実験結果もあり
- 実験には限らず，オリジナルな事をすれば必ず予想外の事が起きる．

実験は論理的思考力を育成する絶好の場！

## 原因と対策

- **何をして何を求めたのか理解できていない**
  - 数字を見ると頭が動かなくなる（そうである，ようである）
  - 手を動かしながら頭を使うのは難しい
  - 教科書で1行の内容も実験では簡単ではない
  - 考えようとしていない
- **理解しようとする気持ちが必要**
  - 学習背景がそれ程無くても理解できるという感覚
  - 実験の指示をし過ぎない（テキスト and/or 実験前，中の説明）

- **理解できるという実感が必要** ← 特に物理？
  - **質疑応答** — 何をしたのか確認，考えればわかるという実感
  - 現場でのフォロー
  - わからなくても訊ける，コミュニケーション
  
- **理解できたという実感，結果が納得できる事**
  - 質疑応答で道筋と結論を確認
  - 実験と文献値のずれの理解 ← 「正しい」結果を出せることを実感
    - \* 「あっているのか？」 ← 自然な疑問
    - \* 「ずれ過ぎ？」「近いから良い？」 ← どちらも適切でない場合もある
    - \* 必要あればやり直し ← 時間マネジメント
  - 実験は学生にとって楽しく，教員と質疑応答を通じて問題を解決できるので，理解できるという実感が得やすい環境

## 教科書の調整

- ていねい

- 学生は実験しやすい
- 特に実験例は実験ノートを書きやすくする
- 実験はできるが内容を考えない可能性がある。

- 不親切

- 実験手順が不完全（*eg.* 時間の遅れから光速を求める，油滴の電荷から素電荷を推測する）。
- 実験手順の意味を考える必要はあるが，実験が終わらない危険性がある。

バランスが大事

- 状況によって違ってても良い
  - 教員によって考え方が違う
  - 実験によって重点が違う
  - テキスト，レポート，質疑応答のバランス
  - 相手，状況によって違う ← 現場でのフォロー，調整
  - クラス規模によって実施の仕方が違う

## 論理的思考 — 何を指すのか（特に非専門学生）

- 自然科学だけにおける能力を伸ばすことが主目的ではない
- 臨機応変，自分なりの工夫
- できる事をする（大雑把な概念，概算，目分量， *etc.* ）
- 「科学的真実」の実感に基づく理解
  - 大雑把に理解
  - 調べればわかるという実感
  - 初めから諦めない
  - 「真実」の持つ限界の理解