実験レポートの書き方: 点検リスト

2002-01-30

実験の目的および理論

1a. 実験の目的を明確に示せ: 何かの**値**を求める実験なのか? **法則**を確かめる実験なのか?

1b. 「○○を求める」という実験では, ○○**とは何か**をまず説明する (予習の段階で調べておくこと).
×: "計算方法は分かるが○○の意味は分からない" というのでは, 実験をしても無意味.

1c. 実験の趣旨に応じて, 式を適当に変形しておく. (例: 重力加速度 g を求める実験であれば, $g = \cdots$ の形の式を導いておく. このとき右辺はすべて測定可能な量でなければならない.)

1d. 何らかの法則を確認する実験の場合, まず, レポートの前半で, 法則に基づく**予言**を理論的に導出する. この予言は, 実験 (測定) によって検証可能なものでなければならない. 続いて, レポートの後半で, 法則に基づく予言と**実験結果**を比較し, 法則が正しいと言えるか否かを検討する (→項目 4b).

1e. 補正や精密化について書くのは, メインの課題の検討を片付けたあとにする. わざわざ「理論」の項に書く必要はない.

実験方法および装置の説明

2a. 実験装置や測定原理を図解する.

2b. ×: 実験装置の図をリアルに描く必要はない.
→ 外見よりも**仕組み**を重視し, 測定原理がよく分かるようにする. 説明なしに形だけ示しても無意味.

2c. 実験手順の項では**本質的なポイントだけ**を書く. 料理で言えば「チョコレートを溶かし, 図 1 のような型に入れて固める」という程度で十分.
×: レポートの読み手にとって興味のないような細かい注意は書かない. たとえば「容器 A に水 500cc を入れてガスコンロで加熱する. チョコレートをナイフで細かく刻んで容器 B に入れ, A にひたして湯煎にする. …」などと書く必要はない.
×: 短ければいいわけではない. たとえば「湯をわかす. チョコレートが固まるのを待つ」だと, **大事なポイントを外している**ことになる.

測定データ

3a. ×: 表だけ並べてもダメ. → 項目 6d を見よ. また, キャプション (表の上側の説明文) も忘れないこと.

3b. 実験報告は, 自分が**実際に**したこと, **実際に**起きたことを**過去形**(「〜した」) で書くのが原則.

3c. 『その実験は誰が行なったのか? 自分の実験結果か, 他人の結果の引用か?』という点を厳密に区別せよ. 他人の成果を自分のものだと偽るのは盗作に等しい.

3d. **単位**を適切に用いよ[1].

3e. 信頼区間などを計算する前に, まず測定器具の性能 (目盛の細かさなど) を考慮すること.

3f. 測定値 A と B が当然比例するはずなのに比例していないような場合は, **実験が間違っている可能性**が高いから, 速やかに再実験の手続きをとること. (実験スタッフに相談せよ)

実験結果の検討

4a. レポートの後半では, 実験事実に基づき, 前半に書いた「実験の目的」(→項目 1a) を達成できたことを示さなければならない. 推理小説で言えば, 前半が出題編, 後半が解決編であるから, 後半は前半に呼応するように書くべきだ.

4b. 何らかの**法則**を確認する実験の場合 (→項目 1d), レポートの最後は, たとえば次のようになる: 「…. …. 以上のことから, 実験で得られた X と Y の関係は, ○○の法則による理論的な予言 [式 (5)] と一致することが分かった. したがって, ○○の法則が成り立っていると言ってよい.」

4c. 実験課題に「△△係数 A を求める」と書いてある場合, それは何らかの法則 (たとえば $p = Au$) における**比例定数**であることが多い. この場合, 実験課題には, 「p が u に比例するという**法則**を確かめる」という段階が暗黙のうちに含まれていると考えよ. (例: ホール係数を求める前に, まず $V_{\mathrm{H}} \propto I_x B_y$ を立証する必要がある.)

4d. ×: 定数であるはずのものに対して何通りもの値を求めているレポートは, 何かを勘違いしている. たとえば, 物性値を測定する実験では, 同一の試料を用いる限り, 実験条件によらず同一の値が得られるはずである. なお, 項目 4c も見よ.

4e. **単位つき計算**をすること. たとえば, $L = 30\,\mathrm{cm}$ と $T = 0.5\,\mathrm{s}$ を $U = L/T$ に代入する場合,

$$U = \frac{30\ \mathrm{cm}}{0.5\ \mathrm{s}} = \frac{30}{0.5}\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} = 60 \times \frac{10^{-2}\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 0.6\,\mathrm{m/s}$$

のように計算する. これを $U = 30/0.5$ などとしたら間違いである[2]. (なお, 比例係数にも単位がつく場合が多いのだが, グラフの傾きとして見る場合には単位を忘れがちなので要注意.)

4f. 値を求める実験では, 可能ならば, 自分が測定した値と プロが測定した値[3]を比較せよ.

4g. ×: 「文献の値と多少違う」→ 「○○という文献では $a = ***$ となっており, 今回の実験で得た値は, これよりも 10%ほど小さい」などと具体的に書く.

4h. 「○○と△△が比例する」といった主張をする場合には, 原則として, **グラフによる証拠**を示すこと.

4i. 定性的な考察だけでなく, 定量的な考察もおこなう.
×: 「x が増えると y も増える」→ 比例なのか, もっと別の関係式なのか? データをグラフ化して検討.

4j. ×: 比例していないデータのグラフを「比例している」と言い張るな.

4k. グラフの技巧 (1): Y が X に反比例することを示すには, 横軸に $1/X$, 縦軸に Y をとり, データが直線上に並ぶことを確認する.

---

[1] たとえば「物理は自由だ [1] 力学」 江沢 洋 (日本評論社) p.10 を見よ. また, 項目 4e, 5k, 5l も参照すること.
[2] いわば「$y = x^2$ に $x = 3a$ を代入したら $y = 3^2 = 9$ になる (?)」というのと同じ間違い. なお, 項目 3d の脚注も見よ.
[3] 「理科年表」など, 信用できる文献を参照する. なお, この実験の教科書は, 残念ながら「信用できる文献」だとは言えない.

4l. グラフの技巧 (2): Y が X とともに増加するが通常の比例関係ではないような場合, $Y \propto X^n$ となっている可能性がある. この場合, 横軸に $\log X$, 縦軸に $\log Y$ をとってグラフ化する.

4m. 法則を実験で検証しようとする場合, 「わずかにずれていること」と「ほとんど一致していること」のどちらが本質的であるかは, 微妙な問題である. 場合に応じてよく考えること.

4n. 「〜が分かった」と書くときには, 必ず, 読者が納得できるような根拠を示すこと (→項目 5h, 6g).

4o. ×: 実験事実を無視して自分の考えを押し通したりしてはいけない. → 実験事実と自分の考えが食い違った場合, 基本的には, **正しいのは実験事実のほうである**. 別の可能性として実験失敗ということも考えられるが, その場合は再実験の手続きをとること.

4p. ×: 計算の途中で共同実験者に頼るな. → 両者がそれぞれ完全に独立して計算をおこない、結果が一致するまで検討をくりかえす.

4q. ×: 教科書の題材にとらわれるな. 教科書にあるからといって「考察 [1]」などと書いても無意味.

4r. ×: 検討内容が数行しかないのは論外.

図や表や数式の書き方

5a. 図や表の書き方には「番号をつけ, キャプションを添える」などの決まりがある. 参考書に載っている例[4]を見たり, スタッフに頼んで本物の論文を見せてもらったりして, 正しい書き方を学ぶこと.

5b. 図や表は文章の一部ではない. ふつう, 正式の論文では, 図や表は本文とは別のページに掲載されるので, 本文だけ読んでも意味が通じるように書き, 図や表は必ず番号で参照することになっている.

5c. × 本文中のどこにも出てこない図は, 存在しないも同然. → 図や表は, 本文のどこかで番号を用いて参照し, "**その表や図から何が分かるのか**" を説明する.

5d. 図の番号は, なるべく一貫した通し番号にすること. 表についても同様.

5e. 重要な数式にも順番に番号をつけ, 本文中で参照できるようにする. 番号のついた数式は, 別行立て (式の前後で改行する書き方) にする.

5f. 数式は文章の一部で**ある**. (図や表とは違う!)

5g. 左辺がない式を書かない.

5h. 右辺が出所不明の式を書かない. 「式 (3) に式 (5) を代入し…」のように説明し, レポートの読者が計算過程を再現できるようにする.

5i. グラフは, 方眼紙に描くか, コンピュータで作図するかして, なるべく正確なものを作成する.
×: ふつうのレポート用紙に描くのは不可.

5j. グラフの縦軸や横軸が何をあらわすのかを明記する.

5k. ×: $L\,[\mathrm{m}]$ → ふつう, L のなかに, 既に "長さの単位" が含まれているので, この [m] は余計. たとえば, $L = 0.35\,\mathrm{m}$ という式では 左辺の L 自体が長さの単位を含んでいるので, これと釣り合わせるために右辺に m が必要なのだ[5]. また, 左辺を無次元化して $L/\mathrm{m} = 0.35$ と書くこともある.

5l. 数値を並べた表やグラフでは, 単位を $L\,(\mathrm{m})$ のように示すことが昔は多かったが, 今では L/m のように割算の形で示すのが正式である.

5m. ギリシャ文字や記号の書き方に注意.

5n. 大文字と小文字の区別に注意: たとえば, 圧力の単位 hPa の P は大文字.

文章表現

6a. たとえば「たまねぎ、じゃがいも」と書いたメモがあったとする. 書いた本人は分かるかもしれないが, 本人以外には何のことか分からない.
他人にも分かるようにするには, たとえば「○○スーパーでたまねぎ 2 個とじゃがいも 1 袋を買った」などと言葉を補って文章にする必要がある. レポートもこれと同じ. 読んで分かるように**文章化**すること.
×: 実験ノートをそのまま写したような, 本人にしか分からないメモ書きをそのまま提出してはいけない.

6b. ×: 教科書と照らしあわせないと分からないようなレポートはダメ. →教科書を見ずにレポートだけ読んでも話が通じるように書く. 他の大学の友人に電話で教えるつもりで, 文章表現を考える.

6c. 数式だけ並べてもだめ. 論理を説明せよ.

6d. ×: 表だけ並んでいて本文がないのはダメ. → 本文だけで意味が通じるように書き (→項目 5b), そのなかに「表 2 に〜を示す」などという説明を織り込む.

6e. ×:「表 [3] を完成させる」と書いても意味不明.
→ 「△△と○○を表 3 にまとめる」など.

6f. ×:「表をグラフにする」→ これだけでは意味不明.
「表 5 に基づき, △△と○○の関係をグラフ 1 に示す」とか, 「縦軸に○○, 横軸に××をとってグラフを作る (図 6〜8)」などと書く.

6g. ×:「グラフより…」では**どのグラフか**分からない.
→ 「○○と△△のグラフ (図 3) により…」のように番号を示す. 場合によっては, **グラフのどこに着目するのか**まで説明する必要があるかもしれない.

6h. ×: 「T を測定する」 → 「温度 T を測定する」のように語句と記号をセットにして用いる.

6i. ×: 「電圧を測定する」 (どこの電圧なのか不明)
→ 「AB 間の電圧 V_1 を測定する」のように.

6j. ×: 「〜を求めよ」→ 命令形を使うのは, 著者が読者に指図する場合だけである. レポートを書くときは**著者は自分である**ということを忘れるな.

6k. ×: 「〜より」を乱用するな[6]. → 「〜なので」「〜だから」「〜を用いて」など, 現代の日本語として適切な表現を考えること.

その他

7a. **他人の協力**を得た場合は, レポートの最後に一節を設けてそのことを明示する.

7b. 再提出レポートでは, **加筆訂正部分がどこなのか**分かるようにする. 修正が少ない場合は青ペンなどで加筆し, 多い場合は別紙に改訂版を作って添付する.
×: 消しゴムで消してはいけない.

---

[4]たとえば「理科系の作文技術」 木下 是雄 (中公新書) p.175–178.
[5]たとえば $L = 0.35\,[\mathrm{m}]$ のように 数値のあとの単位にカッコをつける人もいるが, このカッコは本当は不要.
[6]「きのうは風邪**より**欠席しました」とは言わないでしょう?