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 $[\mathrm{m}]$ 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?