

M 2 の皆さんへ: Versionn 2011

牧島一夫

1): 東京大学 理学系研究科 物理学専攻 2): 理化学研究所 MAXI チーム

2011 年 11 月 19 日

1 はじめに

そろそろ修士論文を書き始める時期になりました。科学論文は他人に読んでもらうものですから、読みやすく簡潔でなければ失格です。修士論文の「国語の指導」に費やす大きな労力を減らすため、科学論文を書く時のコツをまとめて見ました。§ 2 は全体の論理構成の注意であり、英語で書く時もそのまま当てはまります。§ 3 は日本語のコトバ遣いの注意です。ぜひ参考にしてください。

このメモは私が最初、1992 年 11 月 24 日に書いたもので、その後も 10 年間にわたり、代々の M 2 の皆さんに配付を続けて来ました。2002 年に全面的に改訂を行い、今回も多少の加筆修正を行いましたがおもな内容はほぼ 19 年前の初版と同じです。

2 構成編

2.1 全体の論理構成

2.1.1 章分け

科学論文では、全体の論理構成が極めて大切なことは言うまでもありません。そのためには、章 (chapter)、節 (section)、項 (subsection) などの切り分けをよく考えることが第一歩です。私のこの文章を例にとれば、§ n が章、n.m が節、n.m.k が項、ということになります。呼び名はともかく、これらの区分はコンピュータの directory 構造と同様、明確な階層構造にもとづいて作られる必要があります。LaTeX では自動的に階層構造が作られますので便利です。コンピュータの directory では、入れ子の階数はかなり深くなることも多いでしょう。しかし論文では 3 層くらいが適当で、多くてもせいぜい 4 層までに抑える必要があります。なぜなら書き手も読み手も、自分が今いる位置 (=current directory) を常に意識する必要があり、4 層を越えるとそれが難しくなるからです。

2.1.2 起承転結

論文の具体的な論理構造は、場合ごとに異なりますが、一般論としては「起承転結」をよく意識することが有効です。例として

§ 2 実験の目的

§ 3 実験方法

§ 4 実験結果

(4-1) 予備実験とその結果

(4-1-1) 実験の目的

(4-1-2) 実験の経過

- (4-1-3) デ - タ処理
 - (4-1-4) 結果と議論
 - (4-2) 本実験の経過
 -
 - (4-3) 本実験の結果
- §5 考察

という場合を考えて見ましょう。§2 から §5 に至る流れの全体が、ひとつの起承転結になっていることは明らかです。その中で例えば §4 に着目すると、その中にも起承転結があり、さらにその中の (4-1) にも、という具合です。章分けという形式が重要なのは、それがこうした論理の階層構造を決めるだけの規制力をもつからなのです。

文章の論理構造で大騒ぎするのはおかしい、と思う人もいるかもしれませんが。それでは上の例を、コンピュータのプログラミングに読み替えて見て下さい。FORTRAN の DO ル - プにしる C 言語の for{ } 文にしる、階層 (nesting) 構造の組み方をまちがえれば、プログラムは動きません。そこまで厳密ではないにせよ、科学論文でも似たことが言えるのです。

2.1.3 「項」について

章分けの階層構造のいちばん下にある「項」(ふつう subsection) は、多くの場合、コンピュータの current directory に相当する役目をもちます。よって「項」の長さや並び方には良く気をつける価値があります。私のアドバイスは、次の3点です。

- (1) 1つの「項」の長さは、プリントアウトしたとき 0.3~2 ペ - ジ程度が適当。これより長い場合は、論理構成が損なわれない限り、複数の「項」に分割すべきである。
 - (2) 逆にひどく短い「項」をズラズラ並べることは、なるべく避ける。n.m.k という構造で k が 10 近くになったら、節を改めるなり、「項」をまとめる努力が必要。
 - (3) 1つの「項」は、数個 (多くても 6~7) の段落で構成されるのが好ましい。
- それでは (3) でいう段落とはどんなものでしょうか。それを次に説明しましょう。

2.2 段落 (paragraph)

2.2.1 段落とは?

実際に論文を書き始める時は、章、節、項の構成だけでなく、各項の中に段落をいくつ設け、それぞれの段落で何を書くかまで、よく考えましょう。段落とは、関連の深い1つまたは複数の文がつながったものであり、論理の流れの最小単位となるので、その重要性はいくら強調しても足りないほどです。段落は、コンピュータで言えば個々のファイルに相当するもので、それらは

- (1) 同じ段落の中では1つの話しか書くべきではなく、異なる複数の話が登場してはいけない。
- (2) ひと続きの話は同一の段落で行うべきであり、複数の段落にまたがってはいけない。

という2つの大原則を満たす必要があります。よって完成度の高い論文では、1つの段落を複数に分割したり、複数の段落を一個にまとめたり、段落の順序を変えたりすることは、いっばんに不可能です。すなわち段落は、科学論文の良い「不変量」なのです。

念のため注意しておきますが、けっして論理の最小単位は個々の「文」ではありません。なぜなら、論理の流れを大きく変えずに、文の順序を変えたり、複数の文を1個につなげたり、また1個の文を複数個に切断することが可能だからです。たとえば「この実験は失敗に終わった。なぜなら試薬の精度が不十分だったからである」という表現は、「試薬の精度が十分でなかった結果、この実験は失敗に終わってしまった。」という表現と、ほぼ同値です。個々の文は、科学論文の不変量ではないのです。

2.2.2 段落の適当な長さは？

1個の段落の長さはどの程度が最適でしょうか。私は、5-15行くらいが望ましいと思っています。しばしば見られる誤りは、不必要にリタ-ンキ-を入れ、ひどく短い段落を数多く作ってしまうものです。こうなると、ひどく読みづらく見苦しいだけでなく、論理構成がブツ切れになり、論旨が通じなくなってしまう。この誤りは驚いたことに、ひじょうに多くの人の修論草稿に見られます。あなたの文章にも、やたらに改行が入っていませんか？

2.2.3 段落中で「逆接」は1回だけしか使えない

段落の中では複数の文が、何らかの論理的関係をもって流れて行きます。後続の文が先行する文と同じ意味をもち強めあうなら「順接」であり、意味が逆転するなら「逆接」です。「しかし」、「けれど」、「とはいえ」、「ではあるが」、などは、いずれも「逆接」を表わす接続詞です。「逆接」を多用すると、意味が屈折し、論理の流れが掴みにくくなります。よって1つの段落で使える逆接は、最大でも1回のみであり、決して複数回にわたって使ってはなりません。つまり「逆接」は、ある意味で切り札であり、段落の中のもっとも有効な場所で1回だけ使ってこそ、その真価が発揮されるものなのです。たとえば「この計算は解析的には困難である。しかし数値的に扱えば、さして難しいことはない。そこで実際に計算を行ってみた。しかし思わぬ数値誤差のため、予想より精度がだいぶ悪くなってしまった。とはいえ、今回の目的には、ほぼ十分な結果が回られた。」といった悪い例では、逆接が3回も登場します。これは「この計算は解析的には困難なので、数値的に扱った。思わぬ数値誤差のため、予想より精度がだいぶ悪くなってしまったものの、今回の目的には、ほぼ十分な結果が回られた。」などと言い換えると良くなります。

2.2.4 段落の冒頭

皆さんの文章では段落が、「また」「さらに」といった強い順接や、「しかし」「これに対して」「いっばうで」といった逆接で始まっていませんか？これは、よろしくありません。なぜなら、これら強い接続のコトバを使うということは、その前後の話が互いに強く関連しているということを言っており、そこで段落を切ることは、段落の大原則の(2)に反するからです。これら強い接続のコトバは、段落の冒頭ではなく、段落の途中で使うべきです。

2.3 論文全体の「長距離相関」

2.3.1 長篇小説に学べ

ヨーロッパなどでは、投稿論文をいくつか束ねるだけで学位申請ができる場合が多いですが、幸か不幸か日本では、「書き下ろし」が求められます。これは断片的な業務報告を寄せ集めただけではだめで、全長篇を通して、1つのストーリーをもった「長篇読み物」になっている必要があります。物理の言葉で言うと、全体が長距離相関を持たねばなりません。したがって、長篇小説に学ぶところが大きいです。以下、いくつかポイントを紹介します。

2.3.2 前後へのリンク

長篇小説では、登場人物や場所などを時おり思い出させるため、枕詞(まくらことば)を冠する(「葡萄酒色のエーゲ海」などギリシャ神話はその宝庫)ときどき過去の回想シーンを挿入するなど、様々なテクニックが使われます。これと同様に学位論文でも、適当に過去へのリンクを張りましょう。たとえば、「すでに§2.4で述べたように」だの、「予備実験での結果(§3.2.3参照)から推測して」だの、「こ

の図はすでに Fig.4.2 として出してあるが、ここではさらにモデルフィットまで行った」といった具合です。ただし、「この点については §6.2 で改めて議論する」といった未来へのリンクは、なるべく減らすべきです。これは読み手に余分な負担感を植え付けてしまい、マイナス効果があるからです。そうした未来へのリンクが無くても安心して読めるよう、論理構造をよく考えましょう。

2.3.3 略号を定義すべきか？

PSF (point spread function)、LMXB (low mass X-ray binary) などの略号は、やたらに定義すべきではなく、それ以後に頻繁（たとえば5回またはそれ以上）に使う場合に限るべきです。定義は、つねに最初に登場したとき行うべきものであり、定義なしに略号を使ってしまうことも、また後から重複して定義することも、避けねばなりません。ただし若い章で定義した略号をずっと後に引用するさい、念のため定義を再掲することは、あっても良いと思います。

2.4 箇条書き

2.4.1 箇条書きは是か否か？

意外に難しいのが、箇条書きの扱い方です。かなり多くの方が、箇条書きにすると論理構造がハッキリするので好ましい、と考えているようですが、私はこの考えに疑問をもっています。その証拠に、*Nature*, *ApJ*, *PASJ* などの掲載論文を眺めてみてください。箇条書きは、決して多くないはずですが。慣れた論文の書き手は、このことを無意識にせよ知っているのです。ジャーナリスティックな記事になると、箇条書きは稀にしか登場しません。

2.4.2 箇条書きはどう使う？

では具体的に、箇条書きをどう使えばよいのでしょうか？私はその基準として、次の5点を挙げたいと思います。ちなみにこの文章でも何箇所かで箇条書きが登場しますが、いずれもこれらの基準に従っています。

- (1) 箇条書きは、やたらに使うな。
- (2) 箇条書きは長くても全体で半ペ - ジ程度とし、個々のアイテムは数行以内にとどめよ。長くなる場合は箇条書きをやめ、各アイテムを別々の段落や項に振り分けよ。
- (3) 論文全体を通して箇条書きのスタイルを1種類に統一し、インデントを工夫せよ
- (4) 1組の箇条書きの全体は、1個の段落にスッポリと収まるようにせよ。具体的に言うと、箇条書きの始めおよび途中のいかなる場所でも、段落を変えてはならない。箇条書きの終わった直後も、そこで必ずしも段落を切る必要はない。
- (5) 絶対に箇条書きの中に階層構造を作るな。

このうち (3) を補足すると、最も悪い例は、ある場所で (1) (2) .. という箇条書き行ない、次には a, b, c,.. を、また別のところではア、イ、ウ... を、というような統一性の無い使い方をすることです。また (4) の実例として、ここでの箇条書きそのものを見て下さい。(5) の後も段落は切れずに続いていますから、2.3.2 項は1個の段落だけを持ち、その中に箇条書きがスッポリと収まっているわけです。また次の 2.5 では3つのやや長めのアドバイスが出てきますが、上の (2) に従い、それらは箇条書きにしてありません。

2.5 書き方の実践アドバイス

これまでに、1つの「項」は適当な長さを持ち、その中には数個の「段落」が入り、個々の段落も適正な長さを持つべきであることを説明しました。また項が最も下位の directory にあたり、段落がファイルに当たることも述べました。この対比を用いながら、ここではより実践的な書き方のアドバイスをしたいと思います。

第1のアドバイスは、「論理の階層構造は最適かどうか、つねに考えながら書き進めよ」ということです。具体的には、まず全体（あるいはその少なくない部分）の章立てを考えるとということです。コンピュータでも、ある directory の中に subdirectory を新たに作るべきか、このファイルはこの directory ではなく別の directory に入れた方が良いのではないかと、といった判断をしますが、それと同じことです。

ところで文章とコンピュータの間には、重要な違いがあります。directory の中で subdirectory やファイルが並ぶ順番は、いわば任意です。たとえば Mac の OS では、あるフォルダに入っているファイルをアルファベット順、作成日付順、サイズの大きい順などに並べ変えることができ、好きな方法を使えます。ところが文章では、項や段落の順序はひじょうに重要な意味を持ち、それを勝手に変えることは許されません。したがって第2のアドバイスは、「項の順序やその中で段落の順序は最適かどうか、つねに考えながら書き進めよ」ということです。このためには、わざと順序を変えてみて、その結果がどうなるか思考実験することが有効なようです。

限られたコンピュータの資源をムダなく使うためには、なるべくデ-タを圧縮してファイル容量を小さくする努力が必要です。このことは文章にも当てはまります。そこで第3のアドバイスは、「何回も読み直して、冗長な表現を改めよ」。短くしようとすれば、論理構成もおのずと明確になります。私は日本語でも英語でも、1回の推敲を行えば、平均して文章を1割ほど短くすることが可能だと思っています。

3 日本語編

3.1 漢語と和語

3.1.1 日本語のもつ二重性格

日本語は、表意文字（漢字）と表音文字（カナ）を混ぜて使うという、世界でも稀な言語体系です。したがって漢字とカナの使い分けは重要ですが、じつは日本語にはこれ以上に複雑な二重性が内在しており、漢字が2つの異なる使われ方をしています。それは音読みと訓読みです。なんだそんなことか、と思うかもしれませんが、これは奥の深いテ-マですので、少し遠回りして、まずこの二重性を説明します。

音読みされるコトバ（単語）の大部分は、漢字とともに中国から伝来したり、その後のいろいろな時代に日本で作られた合成語です。とくに科学用語の大部分は、明治から後に人為的に作られたといえるでしょう。これらは意味だけでなく発音も本来の中国語に近いので、中国語の文法体系に適合した単語ということが出来ます。おそらく科学用語の一部などは、中国に逆輸出されているのだらうと思います。ここでは仮にこれらを「漢語」と呼びます。

漢字の訓読みで表されるコトバは原則として、日本古来の話しコトバの発音に、それと意味の近い漢字を探してきて組み合わせたものです。すなわち日本語の文法体系に適合した単語であり、その証拠にしばしば送りガナを必要とし、もとの中国語のものとは、似ても似つかない発音をもちます。これを仮に「和語」（やまとことば）と呼んでおきましょう。日本語で文章を書く時は、この「和語」を、「漢語」と意識的に区別することが重要です。

3.1.2 例題

さっそく例題として万葉集を見てみましょう。「万葉集」という書名そのものは漢語なのですが、それに記載された歌に出てくる単語は、漢字で書かれていても、また万葉仮名で表わされていても、基本的にほとんど和語のはずです。たとえば山上憶良（やまのうえのおくら）が、宴会を辞すときに詠んだとされる異色の歌、「憶良らは今は罷（まか）らむ子泣くらむそれその母も吾（あ）を待つらむぞ」では、音読みの漢字は、「憶良」という人名のみです。

次の例として、皆さん良くご存知の「平家物語」の冒頭の部分を引用してみたいと思います。「祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響あり、沙羅双樹の花の色、盛者必衰の理（ことわり）をあらわす。驕れる者久しからず、ただ春の夜の夢の如し。猛き人もついには滅びぬ、ひとへに風の前の塵に同じ。」このうち漢語は、祇園精舎、諸行無常、沙羅双樹、盛者必衰という仏教用語の四語のみであり、ほかの漢字はいずれも和語であることが明らかです。漢字渡来から数世紀を経て、すっかり和語を漢字の訓読みで表わすスタイルが定着したことがわかりますね。

もう一例として同じく平家物語から、文武両道に優れた平家の勇将、薩摩守忠度（さつまのかみただのり）が都落ちする場面（巻第7の15）を引いてみましょう。「薩摩守、『骸（かばね）を野山に晒さばさらせ。憂き名を西海の波に流さば流せ。今は憂き世に思ひ置く事なし。さらば暇（いとま）申して』とて、馬にうち乗り、甲（かぶと）の緒をしめて、西を指してぞ歩ませ給ふ。三位後を遙に見送って立たれたれば、忠度の声とおぼしくて、「前途程遠し、思ひを雁山の夕べの雲にはす」と、高らかに口ずさみ給へば、俊成の卿も、いとどあはれに覚えて、涙を抑へて入り給ひぬ。」ここでも漢語は、西海（さいかい）、雁山（がんざん）、三位（さんみ）、俊成（しゅんぜい）の卿、などの固有名詞と、漢詩から引用された前途（せんど）という表現だけです。

3.1.3 漢語と和語の特徴

上の例を踏まえて、漢語と和語の特徴をまとめてみましょう。漢語は、書き言葉にすると短く簡潔に意味を伝えることができ、しかも明確な概念を表すことができます。けれど漢語を多く使うと、まるで旧大日本帝国の明治憲法みたいに、堅苦しくていばりくさった文章になってしまいます。また漢語には同音意義の言葉が多いため、話し言葉に使うと意味が通じにくくなったり、思わぬ誤解を生みかねないという欠点もあります。たとえば「購入した装置の温度ホシヨウ機能が正しく動作しないので、業者にホシヨウを求めたが、ホシヨウ期間を過ぎているとして、取り合ってくれなかった」という文で、3つのホシヨウがどんな漢字に対応するか、聞いただけで即断できるでしょうか？つまり漢語は、耳から聞くより、目で読むのに適していると言えるでしょう。

漢語と対照的に、和語は、話し言葉に適合しています。平家物語はご存じのように、琵琶法師が口承で語り伝えたものが基本になっていますので、和語が多くなったことは自然の成りゆきでしょう。そうした特徴をもった和語は、書きコトバに使うと、説明の正確さが損なわれたり、文章が長たらしくなるという欠点があります。

3.2 読みやすい文章のための日本語

3.2.1 漢語と和語のバランス

読みやすい文章を書くには、日本語をどう使えばよいのでしょうか。注意すべき点の第1は、上に導入した漢語と和語の概念をじょうずに使い分けることです。とくに科学論文では、「近似解」「観測方法」「誤差解析」など、和語では表現できないような概念がたくさん登場します。そこで「地の文」の部分では和語を多く使うように心がけ、漢語は、明確な内容や概念を伴った名詞などに限って用いるようにします。漢語と和語のコントラストを利用すると、読みやすく明快で誤解の少ない、よい文章になります。

具体例を挙げてみましょう。「我々は3日間、可視光波長域の観測と同時にX線観測を実施し、現存する最高の良質X線データを取得することに成功した。」という書き方は、かなり漢語を多く使っています。同じ内容を同じ長さで書いても、「私たちは3日にわたり、可視光と同時にX線観測を行ない、かつてない優れた質のX線データを得ることができた。」とすれば和語がずっと多くなります。長い論文を楽に読めるという点で、前者に比べて後者の方がはるかに優れていることは明らかです。

3.2.2 漢字を減らす

漢語を減らすとともに、漢字そのものをあまり多く使わないよう心がけましょう。とくに「又、及び、無論、且つ」などの接続詞や「大変、殆ど」などの副詞、また「物、事、出来る、等、かも知れない」などの表現は、カナ書きにします。「即ち、従って、例えば、一方、普通、一般に、特に、下さい」などもカナ書きしたほうが良い場合があります。これらの指針は実は、第二次大戦の直後の1946年に政府によって制定された、「現代用語のかなづかい」にもとづきます。

3.2.3 漢字とカナを混ぜる

同じ量の漢字とカナを使っても、それらの配列や混ざり具合に応じて、文章は読みやすくも読みにくくもなります。例として「こうしたことはいずれもたいへん深刻な問題なので」とするとカナが続きすぎて読みにくいので、「これらの問題はみなたいへん深刻なので」と書き換えてやれば良くなります。これと反対に、2つの漢字の単語が、間にカナや読点なしに続けて現われることも、ぜひ避けてほしいものです。今ここで書いたこのこの文も、「漢字の単語が2つまたはそれ以上続けて現われることも、極力回避してほしい...」と書いてしまうと、「以上続けて」と「極力回避」のように、漢字の単語が続いてしまいます。これは文章のリズムを崩し、たいへん読みにくくしてしまいます。どうしても続いてしまうときは、間に「、」（読点）を入れるよう努力しましょう。

3.2.4 句読点を大切に

言うまでもないことですが、個々の文は長すぎても短すぎてもいけません。それと同様に、読点が多すぎても少なすぎても読みづらくなります。また読点を打つ場所が適切でないと、読んでいて違和感のある文章になり、場合によっては意味が正しく伝わらなくなってしまいます。句読点を正しく使うためには、自分の書いた文章を何回も読み直すことが何よりも有効です。

3.2.5 官僚的な表現を避けよう

お役人の文章、政治家の答弁、裁判所の判決文などには、「..に関しては」だの「...の件については」だの「...の事態に際しては」だの、ひどく持って回った表現が出てきます。悪意に解釈すれば、わざと理解しにくい表現を選び、内容をごまかしているとさえ思えます。また役所からの文章には、「なお」を頭につけた「なお書き」も頻出します。いずれも私たちの偉大な反面教師です。こうした官僚的な文章を避け、ストレートな表現をするにはどうすべきか、つねに考える習慣をつけてください。

それでは、がんばってM論に取り組んでください。