

技能と技術誌論文作成へのアプローチ (その3)

実践教育訓練研究協会 副会長 辻 茂

(4) 技術系論文の基本構築

文章の最小単位はセンテンス（文）であり、ある事物の説明には一種一文が原則である。学術論文は一般に項→節→章と構築され、さらに下部構造として、パラグラフ（段落）があって、それが論述と論理の展開の最小作動単位である。そして、命題・主題が変わるごとに新しいパラグラフをたてるのが、一般的な文章作成法である。

古来、わが国では、漢詩などに見られる“起承転結”の文章組立て方式が広く普及していて、これが技術系論文にも多く見られる現状である。

しかし、グローバル化の進みの早い工学技術分野の場合には、欧米系論文の基本体系である、いわゆる三段論法といわれている“大前提→小前提→結論”という形式に従った、パラグラフによる論理の展開が望まれるとされてきている。この場合、その適用に当たって重要なことは、その三段論法の形式と推論機能との調和であって、大前提としては先人や前報の結果、または先行するパラグラフ・項・節・章の結論で、これに小前提として新事実としてのデータや理論などを導入し、両者を比較検討または統合して、新しい結論を得るよう論述することが望ましい。

なお、われわれになじみの深い日本文章形態、特にアクセントの強い起承転結法についても、問題とされる“転”の部分を省略することにより、味のある文章とする工夫なども考えられている。

さらなる工夫として、問題とされる“起承”の後の“転”の部分を変えて、前段を積極的に敷衍するものとして、その内容をさらに展開し充実するもの

を挿入し、“結”へつなげる方式も有効である。要は論理の転換あるいは飛躍となる恐れのある“転”の部分の対応が重要と考えられている。

(5) 技術系論文における六大眼目

科学技術系文書は、事実に基づき誤りのない、確実なセンテンスで筋を通し、順序よく積み重ねて、論理的な結論へと書き進めることが第一である。すなわちその文書には、論理性、信憑性そして完全性が要求される。この場合、その完全性とは、もちろん誤字・脱字がないことを意味している。

またさらに技術系論文としては、その客観性と独創性がこれに加わることとなる。次に読者の立場を考えるうえで大切な第六の眼目として、文章表現の簡潔性をあげなければならない。それは文章が簡単明瞭に作られていなければ、その論文に対する読者離れの原因ともなり、これはその成果を広く理解される動機の前提がくずれることともなるので、重要な眼目の1つとしてあげることができる。

3. 論文作成の要項

3.1 論文の文章

(1) 文章の筋立て

論文やレポートの文章では、その内容の展開に当たって、①あいまい性の入り込まない配慮が大切である。②客観的に記述することも必要とされる。したがって、一文一文を抜き出してみるとき、文法的に完全であり、意味的に完結した1つのストーリーとして、受け止められるよう配慮しなければならない。

そのため、文章を書くに当たって、まず主題に基づく構想を練り、文章構成を考え、読者が推論するのに必要と思われる枠組みを作りながら、論理を展開し、そのいくつかのセンテンスをまとめて、1つのパラグラフを築き上げていくことが大切である。その努力を怠ると、結束性が弱く、文章が飛躍したり、筆者の意志伝達、などの枠組みのなかに納まらないなどのような、ちぐはぐな結果をまねくこととなる。

(2) 欧文と和文

和文では、一般に従属節が主節の述語に先立つのに対して、欧文では、一般に主節が従属節に先立っているのが普通である。また日本人は、まず状況やその理由を説明して、その結論を推察してもらうという習慣があるが、欧米人は、まず自分の考えや意見を率直に述べるという点で、大きな相違があることを理解しなければならない。

このことの原因としては、多民族社会国家群のヨーロッパと単一民族的社会の確立した日本の歴史に基づく、地政学的な歴史によるものと考えられている。しかし国際化の時代を迎え、企業の多国籍化が日常化している現代、特に技術系文章形態としては、その合理性・論理性の点からも、その整合性は避けて通れない重要な問題とされるに至っている。

元来、科学技術系論文の文章表現の原則が、①伝達すべき内容を明快かつ率直に表現し、②必要なことはすべて言葉に表し、③他説との相違や対立点をはっきりさせる、④そして結論を先に述べたあと、必要に応じて理由や状況を説明する、などの表現法をとることが必要とされている。このことは、まさに欧文方式による文章表現法に一致するものであることを理解しなければならない。

(3) 主題の設定

学術論文には、研究対象となる主題の決定が重要である。一般に研究課題に対して、書くべき価値がある記事や命題が多くあるであろうが、問題はそのなかからどれを取り上げ、何を補助として位置づけるべきか、ということである。特に論文のページ数に制限があり、かつ研究途中で得られた知見の全部を取り込もうとすると、主題の分裂が起こって、そ

の論理性が失われかねないなど、十分配慮する必要がある。

こうして決めた主題に対して、研究を進め論文の作成を開始するという、論理上の順序となるが、作業の実際はその逆になることが多いことも事実である。また、先人の関係資料の蒐集と研究事項との整合、検討等の作業が進むに従って、場合により、その主題の一部修正、新事実の強調などの手順を経て作業が進められることとなる。

このように研究が進行し、時には問題発生に直面しつつ、勉強してはテーマを修正し、限定し、修正しつつその完成に向けて作業を進めるのが普通と考えられる。かくて実際には論文の標題さえも書いては消し、また書いては消し、文章をチェックし、センテンスをそしてパラグラフをも修正するなど、多くの試行錯誤が繰り返されるのが普通と考えられている。

このようにして先人の業績と自分の仕事とを、はっきり区別できるような論文を作成することが肝要である。このため、文章をもって最も伝えたい内容だけに絞り、それ以外のことは多少関係のあることでも、切り捨てることが大切である。つまり1つの論文では1つの主題のみを扱うのが原則である。このことは、その中心となる主題に対する印象が“散漫に”なることを避けることと、かつその割愛した部分については、後に他の論文としてさらに議をつくして、新しい研究テーマとして発表し得る機会を留保することともなることである。

(4) 論述の学術性

論文の構成や文章のスタイルは、その研究分野やテーマによりいろいろ創意工夫が試みられるのが普通である。特に科学技術系論文においては、その論述における学術性の維持は必要条件である。研究とは、問題に対して研究材料を処理して、解答を引き出すことである。したがって、その基本事項に対して、その概念、研究材料、発生する現象等に対する状況や論拠等に無理な解釈がなされてはいないか、またその現象の発生原因については、推定に推定を重ねるなどの無理をしてはいないか、そして最後にその結論は既知の関連事象と矛盾はないか、などを

精査することが必要である。

一般に工学的研究の成果の記述において、テーマとする実験内容やその結果やその処理の一連の流れのなかで、著者が理解しがたいことや、納得しがたい事象がある場合がある。このような問題の処理には、その点を明確に説明し、かつでき得れば、次の機会に究明したい旨を明記するなどの対応が望ましい。

3.2 センテンス（文）とパラグラフ（段落）

(1) センテンスとパラグラフの組立て

パラグラフは普通、“段落”と訳されている。英辞典によると「文章の個別の節で、いくつかのセンテンス（文）から成り、1つの巧みな文章の言いまわしである修辭としての、レトリック単位を形成するものである」と定義されている。したがってただ単に文章を区切るのとは意味が違うとされている。また広辞苑では「長い文章中の大きな切れ目」となっており、英文ほど重要視してはいない。また文章形式としてはパラグラフが終り、次のパラグラフを始めるに当たっては、当然行を変え一字あけて書き始めることとなっている。

このようなパラグラフに注意しながら文章を書くということは、理工系の文章の基礎である。それは論理的にかつシステムティックに事物を解明していくためには、当然のこととしてパラグラフ的発想がないと成り立たないともいうことができる。

文章の最小単位はもちろんセンテンスである。パラグラフは下部構造として、いくつかのセンテンスにより構成され、1つの中心命題のもとに、まとまった結束性の強いものでなければならない。

通常1センテンスは30～45字であり、1パラグラフは5～7センテンスで構成されるから、その長さは200～300字程度となるのが普通である。

(2) パラグラフの構築

1つのパラグラフには、必ず1つの中心センテンスがあるわけで、それをどの位置にするのかは重要である。一般に小前提・結論等、特に目玉となるセンテンスは、文章を明確にまず表現するため、普通文頭にもってくるのがよい。それはこの位置が最も

アピールするに適した部位であるからである。特に中心センテンスが小前提である場合には、説明、条件、理由などに関する副文を後に置くのが望ましい。次に有効な位置は文末であるが、これは思考の流れとして日本文的であり、われわれの慣習に近く、レトリック技術としても十分考えられるが、小前提が相当数ある場合には、いたずらに読者に気を持たせることを強いる結果となるので、あまり望ましくない。

(3) パラグラフの分け方

パラグラフは文章の内容が1つのまとまりをもち、読者の文章理解を容易にするための技法である。したがって、パラグラフを作り、次のパラグラフと分けるといふ、つまり改行するについてどのような点が重視されるべきかは技術的に大切なことである。

実際にパラグラフの分け方として、次のような基準を参考とするとよい。

- ① 論点、主張、現象等が変わるとき
- ② 場面、場所、時間が変わるとき
- ③ ある部分を強調したいとき
- ④ 複雑な数式を入れるとき

なお、パラグラフの分け方などにおける注意点として、

- ① 主題文が明確に、わかりやすい部分に入っていること
 - ② そのパラグラフに無関係なセンテンスが入っていること
 - ③ パラグラフの文章の長さが適当であること
- などをあげることができる。

(4) パラグラフのつなぎ方

文章の構成に当たって、日本文特有の起承転結型、あるいは欧米的な三段論法型のいずれの場合でも、それぞれのパラグラフのつなぎには、適切な工夫をすることが大切である。

基本的には“そして”（連言、AND），“あるいは”（選言、OR），“ならば”（含意、IF…THEN），“ない”（否定、NOT）の4種に分類される。

先行するパラグラフに対して、これから書こうとするパラグラフは、情報を追加する（連言）なのか、他の情報を与える（選言）なのか、それを発展させる（含意）なのか、それとも否定する（否定）なの

かによって、その接続詞、接続句を選ぶこととなる。

論文の作成に当たって、重要なことは、著者が読者に対して自分の考え、意図する論理の流れを明確にする必要がある、ということである。そのためにはどうしても、そのパラグラフを適切な言葉によって接続することが重要となる。そのパラグラフの接続については、多くの事例があるので、研究を要するところである。

次に学術論文によく活用されている接続語をあげ、かつ英文の対応語を付記し参考に供することとする。

- ① 連言：そして、また (and, besides) ; これに加えて (adding to this) ; 次に (nextly) ; しかも (besides, particularly) ; 特に (especially, particularly) ; ただし (but, except) ; なかでも (particularly) ; これに関して (relative to this, concerning this)
- ② 選言：または (or, either that, or) ; 他方、その一方 (on the other hand)
- ③ 含意：したがって、そのために (therefore, consequently, for that reason then)
- ④ 否定：しかし、しかしながら、それにもかかわらず (however, but, yet)

以上は、よく使用されている接続語である。その適切な使用とその活用により、論文の論理性を表現することに役だてることが重要である。

3.3 SI単位と単位記号

従来、工業技術分野では重力単位系が用いられていたが、1971年以来、ISO（国際標準化機構）におけるSI（System International d' Unites）という国際単位系が、国により分野ごとにそれぞれ定めた基準によりその採択が達成されている。SIは長さ、質量、時間、電磁気量、光学量、化学量という7つの基本単位と、平面角、立体角という2つの補助単位とから成りたっている。

これ以外の単位は、基本単位を組み合わせることで表現することができる。これを組み立て単位（日本の計量法では誘導単位）という。

表2はSIの基本単位と補助単位であり、表3は固有の名称を持つSI単位である。なお、表4は各単位

表2 SI（国際単位系）の基本単位と補助単位
(カッコ内は量記号)

	量	名称	単位記号
基本 単位	長さ (l)	メートル	m
	質量 (m)	キログラム	kg
	時間 (t)	秒	s
	電流 (I)	アンペア	A
	熱力学温度 (T)	ケルビン	K
	物質質量 (n)	モル	mol
	光度 (I)	カンデラ	cd
補助 単位	平面角 (α, β, γ)	ラジアン	rad
	立体角 (Ω)	ステラジアン	sr

系の比較表を参考のため記載したものである。SI以外の単位のなかには、それまでの慣習からすぐには廃止できないものも多い。そこでSIでは、①SIと併用させる単位（分, min ; 時, h ; 度, ° ; 秒, " など）、②暫定的にSIと併用される単位（オングストローム, Å ; アール, a）などがある。

3.4 文章表現の留意事項

(1) 明晰な文章にすること

その文章により著者の学説の正しいことを明確に示し、かつ明晰な文章とするため、以下の事項に留意する必要がある。

- ① 重要な事項は、始めに述べる
- ② 主語はなるべく述語の近くに置き、目的語、補語を書き、かつその重複を避ける
- ③ 必要な数字は正確に書く
- ④ 主語と述語との関係がただ1回だけの単文を主体とし、かつ短い文章が望ましい
- ⑤ 関連する事項はできるだけまとめて書く

(2) 注意すべきあいまいな語句と文章表現

研究論文における最も重要な信憑性を損なうような文章表現は、極力避ける必要がある。

- ① 主体が不明になりやすい「れる、られる」の表現
- ② 「といわざるを得ない」などの二重否定
- ③ 推量の表現「と思われる」などは少なくする
- ④ 「～的」「～関係」「～など」の明晰さを損なうような語句
- ⑤ 1つの文の中で「の」の使用は2回までとしたい

表3 固有の名称をもつSI単位

量	名称	単位記号	他のSI単位による表現
周波数・振動数 (f, ν)	ヘルツ	Hz	s^{-1}
力 (F)	ニュートン	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
圧力・応力 (P)	パスカル	Pa	N/m^2
エネルギー・仕事・熱量 (E, W)	ジュール	J	$N \cdot m$
効率・放射率 (P)	ワット	W	J/s
電気量・電荷 (Q)	クーロン	C	$A \cdot s$
電位・電圧・起電力 (V, U)	ボルト	V	W/A
静電容量 (C)	ファラド	F	C/V
電気抵抗 (R)	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス (G)	ジーメンズ	S	A/V
磁束 (Φ)	ウェーバー	Wb	$V \cdot s$
磁束密度 (B)	テスラ	T	Wb/m^2
インダクタンス (L, M)	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	$^{\circ}C$	K
光束 (Φ)	ルーメン	lm	$cd \cdot sr$
照度 (E)	ルクス	lx	lm/m^2
放射能〈放射性核種の〉	ベクレル	Bq	s^{-1}
吸収線量〈電離放射線の〉	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表4 各単位系の比較表

量	量記号	SI単位記号	CGS単位記号	重力単位記号	SI単位 \leftrightarrow 重力単位換算率
比体積	v	m^3/kg	cm^3/g	m^3/kgf	
運動量	p	$kg \cdot m/s$	$g \cdot cm/s$	$kgf \cdot s$	
慣性モーメント	I, J	$kg \cdot m^2$	$g \cdot cm^2$	$kgf \cdot m \cdot s^2$	
力, 重力	F, G, P, W	N (ニュートン)	$g \cdot cm/s^2$ dyn (ダイン)	kgf kgw	1dyn = 10^{-5} N 1kgf = 9.80665N
単位体積当たりの重量	r	N/m^3	$g/cm^3 \cdot s^2$	kgf/m^3	1kgf/m ³ = 9.80665N/m ³
力のモーメントトルク	M, T	$N \cdot m$	$g \cdot cm^2/s^2$	$kgf \cdot m$	1kgf \cdot m = 9.80665N \cdot m
圧力	P	Pa (パスカル) N/m^2	$g/cm \cdot s^2$ bar	$kgf \cdot m^2$ kgw/m^2 mH ₂ O, mAq atm mHg Torr	1Pa = 1N/m ² 1bar = 10^5 N/m ² 1kgf/m ² = 9.80665N/m ² 1Torr = 1mmHg 1mH ₂ O = 9806.65N/m ² 1atm = 101325N/m ²
圧縮率	x	$Pa^{-1}, m^2/N$	$cm \cdot s^2/g$	m^2/kgf	
粘度	η, μ	$Pa \cdot s$ $N \cdot s/m^2$	$g/cm \cdot s$ P	$kgf \cdot s/m^2$	1P = 0.1N \cdot s/m ² 1kgf \cdot s/m ² = 9.80665N \cdot s/m ²
動粘度	ν	m^2/s	cm^2/s	m^2/s	1St = 10^{-4} m ² /s
仕事エネルギー	A, W, E	J (ジュール) $W \cdot s$	$g \cdot cm^2/s^2$	$kgf \cdot m$	1J = 1N \cdot m 1W \cdot s = 1J 1erg = 10^{-7} J
工率	P	W (ワット)	$g \cdot cm^2/s^3$	$kgf \cdot m/s$	1kgf \cdot m = 9.80665J 1kgf \cdot m/s = 9.80665W
流量	q, Q	m^3/s m^3/min	cm^3/s	m^3/s	1PS = 75kgf \cdot m/s