

論文の書き方と発表の仕方

神戸大学 工学部 電気電子工学科

阿部 重夫

2002 年 4 月

概要

論文は分かりにくく書くほど価値があるというのは間違いである。分かりやすくするためには、トップダウンで記述すること、すなわちマクロなことからミクロなことへと記述を展開することが必要である。また、論文の中心となるアイディアは、できれば図面を使って分かりやすく説明すべきである。論文の発表においても、数式に頼らず、図面で説明することに徹すること。

1 はじめに

論文は研究者の宝である。企業の研究所では、特許と論文とは共に研究者の成果を測る指標になっており、特許と論文とが企業の研究者の財産ということになる。大学でも特許が重要視されはじめているが、重要な工学の発展につながる論文を書くことは研究者の大きな喜びである。

論文とは、大きくは次の二つの条件を備えたものでなければならない。

- これまで発表されていない新しい内容であること、すなわち新規性のあること。
- 議論されている内容が論文の読者に役に立つ内容であること、すなわち有用性のあること。

新規性があることを示すためには、それ以前の研究を概説し、それらの研究に何が問題であるかを示し、それをこの論文でどのように解決するかを示す必要がある。また、有用性を言うためには、従来方法に対して、どのように改善されたかを明確に論文の中で議論する必要がある。

電気電子工学科では、4年生に卒業論文を、また修士2年生には修士論文を課しているが、これらは論文の一種であり、論文が備えるべき上

記の条件を満たす必要がある。また、修士課程の学生に対して、修士論文の執筆に加えて海外での論文発表と論文誌への投稿を義務付ける研究室もある。

論文の新規性と有効性を読者に容易に分らせるための工夫として、論文は独特の記述のスタイルをもっている。このスタイルを守って、新規性および有効性が分かりやすい論文を書くことが要求される。このため初めて論文を書く場合には、まず論文のスタイルを理解し、それに沿って論文を書くことが必要である。論文執筆に関しては、多くの成書 [1]–[5],¹ 解説記事 [8] があり、これらを読んで勉強することも一つの手である。以下の内容は、筆者が電力系統解析、情報処理（特に知識処理）の分野で国内外の10の論文誌への投稿および論文査読の経験より論文の書き方と発表の仕方をまとめたものである。したがって、少なからず筆者独自の考え方が入っていること、またこれらの分野と異なる分野では論文の考え方が異なることがあることをお断りしておく。

第2節で論文の種類を説明し、第3節で論文の構成を述べる。第4節で論文を書く上での注意点を述べる。最後に第5節で、国際会議で論文を発表するときの注意点を述べる。卒業論文、修士論文だけでなく、国内外に論文を投稿し、発表する上で参考になれば幸いである。

2 論文の種類

国内の学会に論文を投稿する場合は、学会の発行する論文誌に投稿する、あるいは学会の主

¹文献 [1] は論文の書き方の定番であるが、筆者は読んでいない。文献 [2]–[5] は www.amazon.co.jp から検索した。文献 [6] は日本人向きに書かれたものではないが英文で論文を書くときに参考になる。第2版が出ており、もっと安い本があると www.amazon.com の批評では書いている。[7] は技術者向けではないが、英語の決まりを勉強するのによい。

催する研究会，全国大会に投稿するケースが考えられる．ここで，論文誌に論文が掲載されるためには，その論文の扱う技術分野に習熟した研究者，すなわち査読者による綿密な内容の吟味，すなわち査読を受け，その論文誌に掲載するればその論文誌の読者に役に立つと判定される必要がある．これに対して，研究会，全国大会では，分野の指定はあるが，その範囲内であれば，通常は論文の査読がなく研究会，あるいは全国大会の論文として採択される．

国外の学会に論文を投稿する場合は，学会の発行する論文誌に投稿する，あるいは国際会議に投稿するケースに分かれる．国外の論文誌の場合は，国内の論文誌の場合と同様に論文の査読の後に採否が決定される．国際会議に投稿する場合も，通常は論文の査読により採否が決定される．査読の仕方は，国際会議の論文集に掲載される内容を査読する場合とその要約（アブストラクト）を査読する場合とがある．以上をまとめると表 1 のようになる．

表 1: 論文の種類

	投稿先	査読の有無
国内	論文誌	あり
	研究会	なし
	全国大会	なし
国外	論文誌	あり
	国際会議	フルペーパーでの査読
	国際会議	アブストラクトでの査読

国際会議の採否のレベルの難易度は大幅に異なるが，フルペーパーで査読する場合は，日本の論文誌のレベル程度で，アブストラクトで査読する場合はそれより易しいと考えればよいだろう．欧米の論文誌のレベルは一概には言えないが，日本の論文誌並かそれ以上であろう．日本とヨーロッパの論文誌の採択基準は新規性を重視するという意味で割と似通っていると思われるが，米国の論文誌は新規性に加えて有用性を重視する傾向にある．新規性はあっても有用性が不十分のときに返送の理由になる場合がある．

3 論文の構成

卒業論文，修士論文，あるいは種々の学術論文には，固有のスタイルがあり，これらの論文のス

タイトルにしたがって書く必要がある．卒業論文，修士論文のスタイルは各研究室で異なり，その研究室のスタイルにしたがって書く必要がある．また論文誌等に投稿する場合は，たいていはその学会のホームページに投稿のしおりと Tex で論文を書く場合のスタイルファイルがあるのでまずこれらをダウンロードしてよく論文のスタイルを調べる必要がある．以下では論文の一般的な構成を示す．

3.1 タイトル

タイトルを工夫すること．論文のタイトルは，論文の顔であり，読者が読みたいと思う魅力的な名前を付ける必要がある．論文の内容を狭めるような限定はできるだけさけ，より広い内容となるように心掛ける．そのようにすればタイトルは自然に短くなるはずである．しかし，その論文のポイントを示す言葉はかならずタイトルに出るようにするべきである．例えば，… の研究，… の方法，… の一方法，などという言葉は，冗長であり，このようなタイトルは避けるべきである．また，タイトルには通常，TV などの略号は用いない．

例えば，人工神経回路網を学習する方法としてニュートン法を用いた方式の論文を書く場合，ニュートン法による学習がこれまでに発表されていないとすると「人工神経回路網のニュートン法による学習」は，その論文の新規性を示す上で十分なタイトルといえる．しかしながら，ニュートン法を用いた学習法が既に発表されている場合は，このタイトルは論文のタイトルとして不十分である．そのとき，例えば初期値をうまく設定して高速学習するのが論文のポイントであれば，「ニュートン法による人工神経回路網の学習の初期値設定法」とすればよいことになる．

以上の例のように論文のタイトルは名詞句とするのが通常であるが，内容をそのままに文章で表わして，効果をあげる場合がある．例えば，あやめのデータは評価用データとしてよく用いられるが，いくつかの種類があり，どれが本物かを議論した論文のタイトルは

Will the real iris data please stand up?

でたいへん分かりやすい．また，人工神経回路網の中間層数が 1 つより 2 つの方がよいという論文のタイトルは

で、何を議論するかが明確である。ただし、日本の学会ではこのようなタイトルを見たことはない。

3.2 著者

卒業論文、修士論文は単著であるが、論文では一般に著者は複数で、特に先頭の著者を第一著者あるいは主執筆者といい、2 番目以降の著者を連名者という。

その論文に何らかの形で技術的に貢献した人は連名とするかあるいは少なくとも謝辞に入れるべきである。アイデアの提供者、実験の協力者などは連名にすべきである。あるいは、連名として入れた人に対してこの論文に対してどんな貢献があったかを考え直すのも逆のチェックとして必要である。

論文の構成、執筆指導だけをしてくれた人を連名者とするべきかというそれは必要ない。英文添削してくれた人を連名としないのと同じである。

いづれにしても、誰を連名にするかは、研究指導者とよく相談することが必要である。

3.3 要旨 (Abstract)

論文の要約であり、これを読めば論文が何を議論し、どのような結論が得られたかが分かる必要がある。通常現在形で書く。

3.4 緒言

緒言、結言、序論、結論、はじめに、おわりに、まえがき、あとがき等、いくつかの組合せがあり、書こうとする論文で使われているものを使うこと。

まず、研究の背景を書く。研究の背景は、マクロなことから始め、論文の主題となっていることの背景を述べる。さらに論文の課題に関して、従来の研究例を「文献 [1] においては…」のように論文を引用して説明する。このとき従来の研究における問題点、やり残されている点を明らかにする。次に論文がどのような問題を解こうとしているかを述べ、さらに解決のアプローチの概略を述べる。このときに論文の新規性が

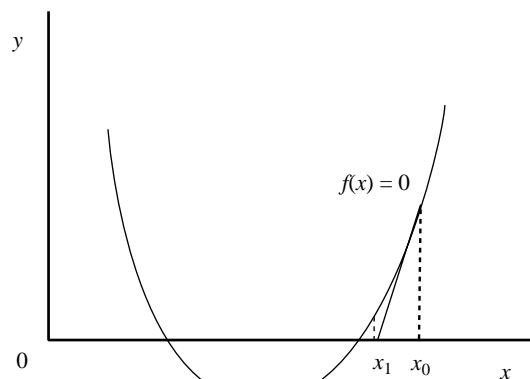


図 1: ニュートン法による非線型方程式の解法

明確にならなければならない。最後に、「以下 2 節では…」のように、論文の構成を述べ、読者にこれから論文がどのように展開するかを示す。

3.5 論文で新しく提案する方式

論文の本体部分である。トップダウンに説明する必要がある。すなわち、まず考え方をできれば図面²を用いて説明する。この段階で、何が新しいかを十分に説明できれば成功である。ついで、その新しい考え方をどのようにして実現するかを具体的に説明する。その内容は、読者が自ら確かめられる程度に詳細である必要がある。

例えばニュートン法で多変数連立方程式 $f(\mathbf{x}) = 0$ を解くことが、論文の新規性であるとする、まず簡単な 1 次元非線形方程式 $f(x) = 0$ をニュートン法で解く方法を図 1 により説明する。このときまず図が何を示しているか説明する。つぎに、図の初期値 x_0 で $f(x)$ の接線を求め、それが x 軸と交わる点を x_1 とし、この手順を繰り返して解を求めることを説明する。このようにまず図を用いて最も簡単な例でアイデアを説明した後で、それを一般化した多変数連立方程式のニュートン法による解法を説明すれば、読者も容易その方式を理解できることになる。

3.6 方式の評価方法とその結果

前節で述べた方式に対する評価方法とその結果を図表を用いて述べる。各々の図あるいは表

²論文になることは特許になると考えてよい。特許では、第 1 図で発明の具体的実施例を説明するが、その中に従来技術と異なる発明の構成要素が明示される必要がある。

に対して、まず読み方を説明する。その後、それからどのような結論が読み取れるかを説明する。読者に結果を読み取らせてはいけない。また、予想と異なる結果に対しては、それがなぜ起きたかも説明すること。

3.7 結果の検討

前節で行なった評価に対して全体的な検討を加え、従来手法に対する優位性を明らかにする。また、解決できていない問題点があれば、これについても議論し、将来の解決の方向を述べる。

3.8 結言

この論文で何を議論しどのような結論が得られたかを述べる。論文で議論していない内容を結言で述べてはいけない。

謝辞

実験補助、データ提供等、研究を遂行する上でお世話になった人への謝辞を述べる。なければ、この項はなくてよい。

3.9 参考文献

論文で引用した参考文献を、引用順に記載する。論文で引用していない論文をここに含めてはならない。

3.10 付録

本文に含めると議論が詳細すぎて、議論のポイントが不明確になるものは付録に入れる。定理の証明を付録に入れるように勧める論文誌もあるが、付録は新規性判定の対象にならないことに注意する必要がある。

4 論文を書く上での注意点

4.1 アブストラクトは難しい

アブストラクトで審査される国際会議に論文を投稿するときは、十分に内容を推敲する必要がある。もちろん投稿すれば採択されること

が分かっているのであればよいが、そうでないときは、図面等も加えて論文の内容を相手に分かりやすく説明することが必要である。このような問題を避けるために、もしアブストラクトと最終論文のどちらの投稿でもよいときは、アブストラクト審査の段階で最終論文を提出することをお勧めする。

以上のアブストラクトは国際会議に投稿する場合であって、通常の論文に付けるアブストラクトには、図面を入れてはならないし、また参考文献を引用してはならない。

4.2 先人の研究を調べる

あるテーマに関する研究を開始するときは、必ずそれまでにそのテーマに関してどのような研究がなされているかを調査し、従来法の問題点を検討するはずである。論文を書く前に再度先人の研究に漏れがないかを調べなければならない。

4.3 論文の採否は緒言で決まる

論文の採否は緒言で決まるといってもいい過ぎでない。緒言では、研究の目的、それに対する自分も含めた先人の研究とそこに残された問題点がまず述べてあり、それに対して、この論文ではどういう方法で解決するかの道筋が述べられていなければならない。すなわち、先人の研究にたして、この論文のオリジナリティがどこにあるかを明確に述べなくてはならない。論文の査読者はまず緒言を読み、先人の研究に漏れがないかをみ、又、論文で主張するオリジナリティが妥当か検討する。このチェックが通らなければ、それ以降は余り熱心に読まれず、米国の論文誌であればまずまちがいなく返送になる。

4.4 アイデアで勝負するか有効性で勝負するか

論文の採否はオリジナリティの高さ、および有効性で決まる。どちらとも優れていれば文句はないが、どちらかが劣る場合でも一方が優れていれば、採録の方向になるはずである。ここで有効性を示すには1点の評価では弱い。いく

つかの例を示して、従来法に対してどのように有効であるかを示す必要がある。

4.5 論文をチェックしてもらう

論文を書き上げた後も、間違いがないか何度もよく見直すことが必要であるが、でき上がったと思ったら、他人に論文をチェックしてもらうことを勧める。自分ではチェック仕切れなかった誤り、あるいは論文の弱点を見つけてくれるはずである。特に英語等の外国語で論文を書いたときは、できればネイティブの人に見てもらうことがのぞましい。米国の論文誌では、英語の表現の善し悪しが採否の条件になっているところもあり、十分なチェックが必要である。

4.6 公知と新規の区分を明確に

すでに行われていることに関しては必ず文献を引用して、自分がやった新規なものと、これまでの公知のこととは明確に区分すること。

4.7 コピーは厳禁

他の著作物の文章または図表をそのままコピーすると著作権法に違反するが、その論文を参考文献に含めて、大幅に書きなおせば著作権法にふれることはない。しかしどうしても、そのまま使いたい時は、出版社と著者に了解をとることが必要である。日本では、出典が明記されていればよいという立場の学会が多いが、欧米の学会では、(©A学会)というように著作権の表示を要求するところが多い。著作権は自分が先に発表した論文に対しても適用されるために要注意である。

4.8 変数は必ず定義すること

初めて現れる変数に対しては必ずそこで定義すること。図、表も本文中で必ず説明を加えなければならない。図、表の読み方も説明すること。

4.9 スタイル

学会の論文には、論文投稿のしおりがあり、そこで決められた論文のスタイルを守る必要がある。以下では、一般的な注意事項を示す。

変数の表記は数式、本文中で同じでなければならない。数式中で x としていたのを本文中で x と表示するのはだめ。またカンマ、ピリオッド、コロン、セミコロンの前にスペースを入れてはいけませんが、これらの後は必ずスペースを入れること。通常ベクトルは x のように小文字のボールドとする。また行列は A のように大文字イタリックとする。

参考文献において英文の名前はイニシャル＋ファミリーネームとする。例えば Taro Kobe でなく T. Kobe とする。また、T. Kobe, “Theory of Pattern Classification,” Springer-Verlag, 1995. のように米国式では引用を閉じる時はカンマの後に引用符で閉じるが（このときはカンマの後にスペースを入れない）、英国式では引用符で閉じた後カンマをつける。論文あるいは本のタイトルは先頭だけを大文字にするか、上記のように先頭でない前置詞、接続詞、冠詞以外は全て大文字で書く記法がある。これらを混在しないでどちらかに統一のこと。ただし、論文の場合を前者として、本を後者で書くこともあるので指定のスタイルに従うこと。

名前が3人以上の時は米国式では A, B, and C のように B の後にカンマを入れるが英国式では A, B and C となる。

頁の引用は複数頁にまたがる時は pp. 51– 61 のように記し、1 頁の引用は p. 50 のようにする。

5 国際会議での発表

卒業論文の発表にはじまって、修士課程に進めば電気電子工学ゼミナール、修士論文審査会、あるいは学外においては各種学会の全国大会、研究会、あるいは国際会議での発表など、発表の機会は多くあるが、以下では国際会議で発表するときの注意点を述べる。どのような発表会においても、以下に述べる注意点は共通である。

聞いている人が全て発表する分野の専門家とは限らない。聴く人全てが素人と思って発表の準備をすることが望ましい。最初に、研究の目

的，従来の研究事例を述べた後，解決されていない問題提起を行う．それ以降，本題に入ることになる．

5.1 アイデアを図面にする

問題を解決するためのアプローチ，アイデアはできるだけ図面で説明するようにする．このとき，論文の図面をそのまま使うというようなことをしてはいけない．初めて見た人がアイデアが容易に分かるように工夫をすることが必要である．

5.2 数式は誰もフォローできない

数式をずらずらと並べて説明する人がいるが，これについてゆける人はほんの一握りで，あとの人は聴くのを諦めている．ひどい場合には，論文を OHP にとって説明している人がいるが，これは論外である．わざわざ会場まで来なくても論文を読めばすむのだから．できるだけ数式に頼らず，その背景にあるアイデアを図面化して説明することが重要である．聴く人はまず何がこの発表のアイデアであるかを理解したがっており，詳細な議論を望んでいるわけではない．アイデアを理解し面白いと思えば，後で論文を読めば詳細が分かるのであるから．

5.3 シャベることはすべて覚える

発表の前に何度も練習を行い，メモを見なくてもシャベるように練習しておくべきである．覚えておけば，発表のときに余裕ができ，突発的なことにも対応できる．

5.4 質疑応答

発表は一方通行であるから，なんとかなるが，質疑応答は相手の言うことを理解して，的確な答えを返す必要がある．これはわれわれ日本人には大変難しいことである．予想質問とそれに対する回答を準備し，予想した質問に近いと思った質問があればそれを答えるのも一つの手であ

る．あるいは，質問が理解しきれないときに，座長に助けをもらう．あるいは，会議後に説明する旨答える等，なんらかの回答をしなければならぬ．しかし，むこうの人は分からなければ，どんなささいなことでも聴いてくるから，質問を恐れることはない．

6 おわりに

論文の構成，論文を書く上での注意点について述べた後，国際会議での発表における注意点について述べた．卒業論文，修士論文をまとめるさいに，また自分の成果を発表する際に参考としていただきたい．

謝辞

本学電気電子工学科カリキュラム委員会の委員から内容に関して貴重な助言をいただいた．ここに謝意を表する．

参考文献

- [1] 木下，理科系の作文技術，中公新書 624，中央公論新社，1981
- [2] 花井，若松，論文の書き方マニュアル ステップ式リサーチ戦略のすすめ，有斐閣アルマ有斐閣，1997
- [3] 片岡，テクニカル・ライティング 50 のルール 技術英文作成に必須！，国際語学社，2001
- [4] 小野田，論理的に書く方法 説得力ある文章表現が身につく，日本実業出版社，1997
- [5] 志村，理科系のための英語プレゼンテーションの技術，ジャパントイムズ，1996
- [6] H. J. Tichy, *Effective Writing for Engineers, Managers, and Scientists*, John Wiley & Sons, 1966
- [7] M. Cutts, *The Plain English Guide*, Oxford Press, 1995
- [8] 中森，ためになるかもしれない技術者のための文章基礎講座，電子情報通信学会誌，Vol. 84, No. 9, pp. 627–630, 2001