

2006年12月8日 すばる冬の学校

# 研究活動と論文の執筆から完成まで

竹田洋一(国立天文台)

- 論文を書くことの意義・つとめ
- 論文の色々なジャンル
- 論文に値する研究をするには
- いざ論文の準備段階
- 論文の構成と執筆
- 投稿から出版まで

# 1. 論文を書くことの意義・つとめ

- 論文出版は、研究活動に於いて重要不可欠たる最終段階
- 「研究室で研究を進め、論文に仕上げる。これを雑誌に投稿し校正刷を丹念に検討する。出版されたら別刷を関係者に発送する。その研究は、『この瞬間』に漸く完了する。(ニールス・ボーア)」
- 研究は一人では決して出来ずこれまで多くの人によって蓄積された成果があってはじめてなし得るものなので、たとえ小なりと雖も見出し得たことは広く世界の(また後世の)研究者に資するべく記録に残して公表しなければならない

- 公的機関に属してあるいは公的施設を利用して研究に携わる者は元はといえば公の財源たる国民の血税で研究が支えられているのだから得られた成果を広く公表して公へ還元することは必須の務め
- 論文の数(もちろん質もだが)は、機関や個人の研究活動(アクティビティ)、研究遂行能力、業績、を評価する一つの目安とされ、ひいてはその評価が利益にせよ不利益にせよ研究者にフィードバックされることになる

## 2. 論文の色々なジャンル

## ■ 学位論文 (Thesis: 修士論文、博士論文、等)

- 学業の集大成的性格を持ち大学に提出して学位の資格を得る別格的な論文
- 理系では一人前の研究者として認められるための必須要件的なもの
- 地道に積み上げた努力と独自性が重要視されるようだ
- 内容的にはかなり長大なものが少なくない

## ■ 専門のジャーナルに投稿される一般論文 (Paper)

- 原則として英語で書くことになっている
- 定期的 (隔週刊、月刊、隔月刊、季刊、...) に発行される学術誌に他の (十編 ~ 数十編の) 論文と一緒に相乗りで掲載される
- 典型的には刷り上がりで1篇が数ページ ~ 数十ページ

# Paperを内容的に分けると...

## ■ レビュー論文

- 分野のこれまでの状況や問題点をわかりやすく概説したもの
- 文献を豊富に引用しているのが一般的
- 依頼されて書く場合が多く自発的投稿は多くない

## ■ 機器論文

- 自分たちで製作した観測機器の性能等について述べるもの
- わりと受理されやすいのではないかと思う

## ■ 理論論文

- 純解析的論文(天体力学など)
- シミュレーション計算論文

## ■ 観測論文

- フィールドワーク的論文(データのナイーブな提示、モニター観測の報告、カタログ作成、...)
- 観測データに基づく研究論文(物理的考察、モデル解析、...)

# 発表媒体の違いによる論文のランク分け

## ■ 査読論文(ランクA)

- 投稿論文をレフェリーによるピアレビューの審査を経て掲載の可否を決める専門的ジャーナルに出た論文(一応のお墨付きが得られる)

## ■ それ以外の査読でない論文(ランクB)

- たとえば国際研究会の集録(proceedings)とか大学や機関の報告・紀要に発表されたものなど

## ■ 論文とは一般に見なされない報告(ランクC)

- 天文学会の予稿集、国内研究会やユーズミミーティングの集録、など(特に和文のもの)

●グレーゾーンのものもあるのでケースバイケースの判断も必要(ADSにカウントされているかどうかは参考になる)

●全く同一の研究内容内容を異なる複数のランクA査読ジャーナルに投稿するのは厳禁(BやCでの報告はダブってもあまり問題はないが)

●論文リストや論文を書くときの引用文献には普通ランクC報告は入れない

### 3. 論文に値する研究をするには

# 研究の価値とは何か？

- 一つの研究の価値は他と無関係に絶対的なものさしで測ることは出来ず、過去から未来に向かう科学の進歩の流れの中で相対的なものとしてとらえるべきではないか。
- つまりこれまでの先人の仕事をどれだけ有効に生かしたか、またどれだけ将来の研究の発展につながるデータを提供するかあるいは刺激をあたえるか、が重要なポイントになる

# 発表すべきでないこと、発表のメリットに乏しいこととは？

- 間違った結果、誤った解釈、曖昧な結論、など科学的な正当性に欠けていて、世の研究者を混乱させるもの
- △ たとえ初めて調べられた対象で論旨や結果自体は間違っていないなくても、「科学の進歩の流れの中でなぜそれをやる価値があるのか」という視点が欠けていて独りよがりなもの
- これらは決して無意味とは言わないが（反面教師ともなりうる）、この情報過多の世の中、流す情報は極力選別して信頼できるものだけに絞る必要があるので控えるべきである

# 論文発表に値する研究



- 一方、これまでの先人の成果を生かして将来につながり、斯界の研究者に刺激を与え、小なりとも科学の発展に確実に寄与するであろうとみなされるものはどんなことでも論文にして出す価値はある
- まだ人のやってない初めてのことで天文学界に刺激を呼び起こすに足る新鮮さを持つもの（新たな天体や現象の発見、新たな知見の確立、...）
- あるポリシーに沿って観測して得られたオリジナルで有用なデータを提示するもの（すぐに役に立たなくても後世に残す価値はある）
- たとえ二番煎じのデータ（過去のデータ、公開データ）を使っているとしても新たな視点からの再確認や検証をなしたもの（新たな解析法、理論モデル、統計処理、etc.）

# 何をやったらいいかわからない場合は？

- (学生のうちは) 指導教官の先生の指導を仰ぐのが第一だが、併せて国内国外を問わず積極的に学会や研究会に出席して広く色々な人や情報に触れる機会を求める
- 興味ある分野でなるべく新しい論文を一つでもいいから徹底的に熟読し疑問な点をとことん突き詰めて考える

# 観測の論文の場合データの調達が問題

- すばるのような一流の大望遠鏡が使えれば言うことではないので積極的にプロポーザルを出すのがよいが観測時間を獲得はかなり厳しく確たる見通しは立てられない
- プロポーザル申請の際は研究組織の構成にも入念に気を配るのがよい
  - 有利にしたいがために、実績のある人やグループを研究組織に加えること自体は問題ないが、安易に決めずによく役割分担など実際の研究方針のことまできちんと考えておく
  - むやみに沢山入れると論文の著者を決めるときに困る場合も
  - 共同研究者にはかならず事前に了解を得て、採択の結果や研究の進展を逐一報告する

初めての珍しい食材を使えば、たとえ料理法はありきたりでも新たな珍味な味を出すことは当然できる

# すばるを使う以外の可能性としては...

- もし中小望遠鏡でも出来る研究であればその方面にも積極的にアタックする
  - 岡山、UH88/UKIRT、西はりま、ぐんま、...など
- 他人に頼んで観測してもらったり手持ちのデータを使わせてもらったりする手もあるが...
  - しかし、その場合は伴う義務と責任の覚悟が必要であり、もらいっぱなしにするのは御法度
- 最も無難なのは何もしがらみの無いフリーの公開データを用いること(SMOKAなど)
  - 普通の使い古された食材(データ)でも斬新な調理法(独自の解析法やモデルなど)を開発して適用すれば新しい味を出すことが可能

# 論文作成に必要なソフトウェア

## ■ 文書処理のためのLaTeX

- 最近の科学論文はほとんどの場合これで書かれるので原稿作成に困らない程度の最低限のLaTeXの知識は必須

## ■ データ可視化(+解析)・図版作成用のソフト

- 観測・測定・解析から得られたデータの傾向や特徴を見出すための可視化・グラフィックを行ったり、論文に出すための高品質な図を描画してEPSファイルに落とすもので(IDL, pgplot, gnuplot, R, ... など)色々あるのでどれか一つに習熟すべき
- データにリンクして更新がすぐに反映されるようにできたりマウスで文字の位置などの微調整が出来るオブジェクトグラフィックスの機能があるものが便利(IDLなどはいいと思う)

## ■ テキストデータの自在な処理のためのツール

- sed, awk, Perl, などどれもいいが、最近はかなり大きいデータを扱う機会が多いのでテーブル作成の時などこの種の処理のスキルに長けていると有利(高級言語も代用可だが)

# (ついでに) 研究全般に必要なと思われるのは

## ■ 天文データ整約解析のためのIRAF

- 光赤外天文をやるものにとっては必須定番のパッケージで、同様のものにESOのMIDASがあるが我が国の天文コミュニティでは圧倒的にIRAFユーザーが多い

## ■ プログラム開発やシミュレーションのための高級言語 (CやFortranなど)

- 最近では便利な出来合いのソフトウェアが出回っていて重宝するが、自分でコーディングを書くソフト開発(IRAFやIDLに組み入れて使うコンポーネントを書いたり自分でモデルのシミュレーションをしたりなど)もオリジナリティを出すためには必要だろう

## 4. いざ論文の準備段階

# その分野のこれまでの文献調査

- 新しいレビュー論文を読んだり最新文献のサーベイなどして研究の動向をつかむ
- やみくもに新しいものに飛びつかず、むしろちょっと古めのレビュー論文を熟読するのがいいという人も
- レビュー以外にも他人のThesisや分野最新の論文のイントロダクションも文献が良くまとまって参考になることあり
- 普段からADSやastro-phでの検索や新着論文通知サービス(天文台ネットワーク図書館など)を活用するとよい

情報収集・処理の能力は現代のように情報氾濫の時代には特に重要

# 共著者(共同研究者)への根回しと了解

- 近年の傾向は多数著者の共同研究論文の数の増加
- 共同研究者には研究遂行段階から十分に議論を交換して論文を書くこととその内容について必ずきちんと合意を得ること
- 複数著者の場合の共著者選定と順番については「執筆者＝主著者」が当然の常識だが、共著者の顔ぶれと順番は主著者が考えて案を提示して内部の了解を得ればよいだろう
- 著者に入れなくても、謝辞で感謝するだけで良い場合もあるが、加えるべき人は決して外してはいけない
- 入れるに及ばない人をご祝儀的やおもねりの的に加えるのは良くない

# すばるを用いて得られた成果の査読論文 (2000-2006年で全部で335篇)の著者数統計

著者数	篇数	著者数	篇数
1人	6		
2人	13	11-20人	90
3人	28	21-30人	16
4人	17	31-40人	11
5人	34	41-50人	2
6人	26	51-60人	1
7人	22	61-70人	0
8人	27	71-80人	0
9人	21	81-90人	2
10人	17	91-100人	2

# すばるを用いて得られた成果の論文が発表された 査読雑誌別内訳(2000-2006年で全部で335篇)

## [天文学専門誌]

PASJ	82	(Main 75, Letter 7)
ApJ	160	(Main 91, Letter 66, Suppl. 3)
AJ	40	
A&A	15	(Main 12, Letter 3)
MNRAS	23	
PASP	1	
AN	1	

## [科学全般の速報誌]

Nature	5
Science	4

## [他分野専門誌]

J.Geo.Res.	2
Geo.Res.Let.	1
App.Opt	1

# 投稿する学術誌の選定

- 世界的によく読まれて引用率の高いものを選ぶか
  - 知名度的にメジャーとマイナーはやはりある
- 分野専門誌 (Solar Phys., Icarus, Celestial Mechanics, ...) にするか、それとも天文学全分野をカバーする雑誌 (A&AとかPASJなど) にするか
  - 全分野OKと謳っていても得意不得意の分野はあるようだ
- 掲載料支出 (一篇に少なくとも5~10万円位は必要) の当ては? (MNRASやANなどcharge freeのものもある)
- 所属組織あるいはデータの出自の義理は考慮するか
  - ある国で得られた成果はその国のNational Journalに出した方がよいとする意見もある
- 普通のメインジャーナルか速報のレターか (緊急性?)
- 話題性の高い重要報告のみ扱う人気権威筋をねらうか
  - NatureやScienceなど

掲載されるジャーナルの如何は本質的な問題ではなく(どれでも良い)、論文さえ一流であれば必ず世に出てくるだろう(その逆もまた真)。

# 5. 論文の構成と執筆

# 論文構造の典型的な例

- Title
  - 論文のタイトル
- Authors Names and affiliations
  - 著者名と所属機関・連絡先
- Abstract
  - 内容(動機・やったこと・結論)をごく簡潔に(100~200words)
- Introduction
  - この分野の過去の研究の動向とその中での本論文の研究の動機と位置づけを述べる(どういう点が新しいのか)
- Observations
  - 基礎となる観測データの説明(観測、データ整約、測定、...)
- Modeling/Analysis
  - モデルの構築やデータ解析の手法
- Results
  - 解析結果の提示や誤差の見積もりなど
- Discussion
  - 得られた結果を基にして当初の研究動機・目的に応じた議論を行い最終的な結論を導出し、併せて今後に向けた問題点と課題も洗い出す
- Conclusion
  - 結論を中心にした論文全体のまとめ。箇条書き的な構造で書かれることも多い。
- Acknowledgement
  - お世話になった機関、個人、データベース、財源、に対する謝辞ないしは言及
- References
  - 本文中で引用して参考文献・論文のリスト
- Appendix
  - 論文の内容に関係していて述べておきたいのだが、本文に入れると論理構成上すっきりしなくなるような議論・補足事項を別立てにした付録

# 執筆過程で重要ないくつかのポイント

- 論文を出す意義、どこにオリジナリティがあるか、を明確に書く
  - つまり当該分野の進歩の流れの中でこの論文はどういう役割を果たすのか
- なるべく簡潔に書くべきだが、読者が内容を追試出来るほどの丁寧な記述やデータの提示は必要
  - データについては量が多くても最近は電子テーブルの形で出せるようになったのでこれを大いに利用すると良い
- 素朴で平易な英語で良いが、言いたいことや論旨の流れが曖昧・意味不明にならないように気をつける

# 執筆準備から原稿完成までの流れ (私が行なうとした場合の一例)

## [1. 準備]

- 1-1 研究の結果が一応出て、ここで論文にしておくべしと判断する
- 1-2 共著者(共同研究者)があれば連絡して「論文を書く」と通知
- 1-3 投稿するジャーナルをどこにするかを決め、必ず投稿規定を熟読して投稿の仕方や所定の記法について調べる
- 1-4 引用する文献リストの準備(重要なものはコピーを手元に)

## [2. 図表作成、アブストラクト執筆、セクション立て]

- 2-1 論文中に入れる(清書した最終版の)図を逐一作成してEPS (Encapsulated Post-Script) ファイルに書き出す
- 2-2 同様に論文に入れる表のデータも準備する
- 2-3 所定のスタイルファイルに従ったLaTeXのファイルにタイトルと著者の情報、さらに論文のアブストラクトを書き入れ、各セクションの名前を決めて書き込み、用意した図と表を組み込んでキャプションを付ける
- 2-4 それをコンパイルして、これら論文の骨組み(タイトル、著者情報、アブストラクト、キャプション付き図表のみ入ったテキスト無しの各セクション)を印刷したものを用意し、これを傍らに置いて参照しながら原稿本文の執筆に入る。

## [3. 本文執筆と校正チェック]

- 3-1 インTRODクションからはじめて観測、解析、議論、結論のまとめ、謝辞、レファレンス、と構成の順に執筆する(最近ではPC画面上でやってる)。
- 3-2 (私の場合は)英文文章は各文毎に逐一推敲して自分自身で納得行くまで次に進まない感じで書いている(一方あまり細かいところは気にせずにとにかくどんどん書き進むのがよいという人もいる)。
- 3-3 書き上げたらLaTeXコンパイルして(ドラフトモードで)プリントアウトする。
- 3-4 それを丁寧に最初から読んで文章の手直し数値のチェックなどの校正を行い、それに応じてTeXファイルの修正部分を打ち直す。
- 3-5 ispellなどのスペルチェッカーにかけてスペルミス除去する

## [4. 回覧から完成原稿へ]

- 4-1 こうして出来た暫定版の原稿を共著者に回覧して一週間程度の期間を置いて意見を募る。
- 4-2 その間にも自分で気づいた点、Co-1から出た改善に向けた意見などを取り入れて投稿版の最終稿を作成する。

## 6. 投稿から出版まで

## [5. 投稿から受理へ(早ければ~1ヶ月だが、典型的には数ヶ月程度、場合によったら $\geq 1$ 年近くかかることも)]

- 5-1 ジャーナルに投稿(submit)する。最近は大抵の場合でメールないしはFTPで原稿ファイルを提出する電子投稿が主流。
- 5-2 編集部は投稿された原稿をざっと見て不備がないかやジャーナルの趣旨に不適當ではないかを調べ、問題ないと判断すれば正式に受け付ける(received)。(場合によってはこの段階で門前払いされることもある。)受け付けた論文は(「投稿を受け付けました」と著者に連絡されて)次の査読審査のステップに進む。
- 5-3 編集部では担当のscientific editorが当該分野のエキスパートたる適任のレフェリー(レビューワー)を選び(最近は大抵の場合が多いが2人以上になる場合も)その論文に対する意見を求める。
- 5-4 レフェリーはレポートで大抵の場合改善点を指摘してくるので、それが返ってきたら熟読して採用すべきと判断した点を取り入れて改訂稿を作成し、再投稿する。(共著者にも回して意見を募ることは初投稿の場合と同じ。)
- 5-5 編集部は各ケースに応じて、改訂稿を当のレフェリーに送って再審査を求めたり、必要なら他の人の意見を聞いたり、して掲載可と判断したら受理(accept)となる[不受理(reject)のときも]。実際のこの間のプロセスは色々なパターンとイテレーションがありうる。

## [6. 受理論文が出版に至るまで(～数ヶ月)]

- 6-1 編集部は原稿をチェックして規定に沿って表記法の手直しや英文校正を行い、最初の校正刷り(初校のゲラ刷り: galley proof)を著者に送る
- 6-2 著者は注意深くチェックして修正すべき点は赤ペンで書き入れてそれを編集部に戻送する。別刷りの申し込みも大抵この段階で行う。
- 6-3 編集部は最終チェックを行って印刷所に送り、ジャーナルに掲載されて晴れて出版の運びとなる
- 6-4 やがて掲載料の請求書が(申し込んでいれば別刷りも)編集部から届くので支払いの手続きをする。別刷りをもらっていれば、適当部数共著者に配布する。(また必要なら関連研究者にも送る。)

## [7. 補足]

- 7-1 論文をastro-phのようなプレプリントサーバーに送るのも広く人に読んでもらうためには良い。このタイミングはサブミットした(まだ未受理の)段階ですぐ送る人と受理されたことが確認されてから送る人の二通りあるが、後者が無難。
- 7-2 掲載されてから論文の中に看過しがたいミスがあることに気づいた場合、訂正(erratum)を当のジャーナルに出して広く通告する必要がある。
- 7-3 もし少々の訂正では済まないくらいに論文に本質的で決定的な間違いや誤解があることが判明したら、謝罪論文を同じジャーナルに出して間違いと取り下げを表明するべき。

# レフェリーへの対応について

- レフェリーのコメントや指摘は的はずれに思えることや不快に感ずることもしばしばあるが、自分ではわからない内容的欠点を第三者の立場から見出して洗い出してくれている場合が結構あるので冷静に考えた上でリーズナブルだと納得できることは受け入れる
- こういったレフェリーとのやりとりを通して論文がブラッシュアップされるのみならず自分の勉強にもなるので、貴重な機会だと考えると良い(鼻をくじかれるのは良い経験になる)
- 但しレフェリーの言っていることを全部受け入れないといけないなどとは断じて考えないこと(納得できないことははっきり理由を述べて毅然と拒否する矜持を)
- 受理の可否を判断決定する主体は「編集部」であって決してレフェリーではない。
- どうしても理不尽なレフェリーの場合は編集部にちゃんと理由を説明してレフェリー交代を要求するとよい
- 但し編集部からNGの判断を通告された場合は「縁がなかった」と諦めて他のジャーナルに投稿するか戦略を練り直すのがよいと思う

論文の採否はプロポーザルの採否とは全く異なる:前者はある程度のレベルをクリアしていれば(趣旨内容がジャーナルの方針に抵触していない限り)原則として受理されるが、後者はライバルが多い競争なので確実なことは何も言えない

# まとめ

- 論文を書くことは研究に携わるものの必須義務
- 研究は自分達だけで出来るのではなく色々な先人の仕事に深く負っているので、その報恩として後世に向けての進歩の種を(たとえ些少なりとも)蒔くつもりで読者の立場に立った誠実な論文を
- 共同研究で共著論文を書く場合はグループ内で緊密なコミュニケーションをとることが大切
- 論文の準備は入念に、執筆は急がず着実に
- レフェリーの指摘への対応は謙虚かつ毅然として
- 内容ある論文は必ず通る(採否は資格審査であって競争ではない)
- 論文の価値は掲載誌の如何とは無関係
- 論文執筆の格好の練習になるので、積極的にすばるに  
どんどんプロポーザルを出そう