

付録 A 外部評価委員会報告書

東京大学大学院理学系研究科天文学専攻及び 同天文学教育研究センターに対する 外部評価委員会報告書

2002年(平成14年)3月

1. はじめに

本書は、東京大学大学院理学系研究科長、佐藤勝彦教授の要請を受けた下記のメンバーから成る外部評価委員会による、同理学部/理学系研究科の天文学専攻及び同天文学教育研究センターに関する評価報告書である。本委員会の委員は、いずれも佐藤勝彦研究科長より委嘱されたものであり、メンバーは以下の通りである：

奥田治之(委員長):	群馬県立ぐんま天文台副台長
Jeremy Mould(副委員長):	米国立光学天文台長
池内 了:	名古屋大学教授
海部宣男:	国立天文台長
Robert S. Stobie:	南アフリカ天文台長
Peter A. Strittmatter:	アリゾナ大学スチュアート天文台長。

本委員会の任務は、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻及び天文学教育研究センターの教育、研究、組織に関する諸活動を評価し、将来における両研究機関の活動性の向上及び発展に向けて助言と勧告を与える事である。評価は、天文学専攻と天文学教育研究センターによって予め準備された「外部評価資料」と、口頭発表の聴取、並びに、施設の視察及び学生との面談に基づいて行った。

外部評価委員会の日程は以下の通りであった。

2001年(平成13年)12月12日(水) 於東京大学天文学専攻(東京本郷)

午前 外部評価委員会準備会議

発表聴取：一般的背景の概要

天文学専攻の組織と運用

天文学教育研究センターの組織と運用
教育プログラム

午後 発表聴取：天文学専攻に於ける研究
天文学専攻施設の視察

12月13日(木) 於東京大学天文学専攻(東京本郷)

午前 発表聴取：天文学教育研究センターに於ける研究

午後 学生との面談

発表聴取：天文学専攻と天文学教育研究センターの将来計画
外部評価委員会会議

12月14日(金) 於東京大学天文学教育研究センター(東京三鷹)

午前 まとめのための議論

午後 天文学教育研究センターと国立天文台の視察

報告書作成への外部評価委員会会議

外部評価委員会中間報告(口頭発表)

2. 評価概要とコメント

本委員会は、「外部評価資料」と委員会での口頭発表や補足説明の聴取並びに議論を通じて、日本の天文学の長く輝かしい歴史にふさわしい東京大学天文学グループによる数々の素晴らしい業績に強い感銘を受けた。以下に、本委員会の両組織に対する評価の纏めを記す。

2.1. 教育

天文学科・天文学専攻及び天文学教育研究センターは、優秀な学生を集め、国際的に一流のスタッフを擁して、学部学生、大学院生に対して優れた天文学教育を施すと共に、日本の若い天文学研究者を数多く輩出してきた。

E1. 学部教育

学部教育カリキュラムは、天文学と物理学を幅広く覆うように良く配慮されている。特に、天文学科学生にしっかりした基礎物理学の素養を培うという方針は、委員会として強く支持するものである。昨今、天文学が急速に進歩し、一般社会の天文学への関心も急速に膨らんでいるにも拘らず、天文学科学生定員が、過去50年もの間変更なく、一年当り僅か5人から7人に定められているという事実は驚きである。実際の入学者は、近年、定員のほぼ倍に増えてはいるが、公式の学生定員を増やすことが適切である。

E2. 大学院教育

大学院における教育課程は、物理学専攻、国立天文台、宇宙科学研究所の協力も受け、幅広い分野、新分野を覆うように良く配慮されている。これは、近代天文学が新しい物理学や技術革新と相まって進展して来た事を考えると、非常に重要な事である。学生との面談において、学部天文学科で既習した内容の講義の幾つかが大学院課程でも基礎的の科目として開講されているという指摘がなされたが、これは、学生による講義評価システムを導入することで避けられるであろう。

本委員会は、大学院学生が早い時点から研究プロジェクトに参加し、多くの学生が期限内に修士課程、博士課程を修了していることに感心した。しかしながら、学生の研究テーマは、学生の強い意欲や独立心からというより、過去の教育で学生自身が良く知っている分野に囚われる傾向が見られ、この点が多少気掛かりである。また、海外の研究者や研究所を訪れたり、他国でポスドクの地位や職を得ようとする等の国際的な機会を活用しようという意識が、学生には乏しいように見受けられる。

講義カリキュラムが充実したものであるのに比べて、実験的訓練の密度は、やや低い。学生実験室の視察からは、学生実験の内容は比較的単純で受動的なものが多くという印象を受けた。装置の設計やハードウェアの開発など、もっと主体的な実験が取り入れられることが望ましい。

2.2. 研究

天文学専攻と天文学教育研究センターで行なわれている主要な研究活動は、以下の分野に大別される：

- R1. 銀河天文学と宇宙論
- R2. 恒星物理学
- R3. 太陽物理学
- R4. 電波天文学
- R5. スペース天文学

本委員会は、どの研究グループも非常に活発に研究活動を行っており、しかも各分野の最先端の問題に取り組んでいることに深い感銘を受けた。その多くは国際的基準から見ても質の高いものであり、幾つかは世界の天文学の最先端に位置している。生産性は一般に非常に高く、幾つかの個別分野では特に高い。以下に記すのは、上記各分野の研究グループ毎の、国際的に最も良く知られていると思われる研

究である。

R1. 銀河天文学と宇宙論

化学進化を取り入れた銀河進化の理論的研究は、銀河進化の基本モデルを提供してきた。これを背景にして、数々の観測的な研究がなされてきた。すばる望遠鏡の有力な観測装置である Suprime-Cam を開発し、非常に深く、統計的にも優れた銀河計数観測を成功裡に行ない、宇宙の幾何と銀河進化についての貴重な情報をもたらした。SDSS (Sloan Digital Sky Survey) やヨーロッパの ISO (Infrared Space Observatory) プロジェクトにも積極的に参加し、銀河進化の初期状態を探る新たな方法を切り開きつつある。

銀河活動核の可視と赤外での光度変化の時間差を測定するという手法は、活動銀河までの距離を測定するための独立で新しい方法になる可能性がある。ハワイ・マウイ島のハレアカラには既に口径 2m の望遠鏡が建設され運用が始まっている。宇宙論的パラメータに新たな制限をもたらす事が期待される。

鉄とマグネシウムの比 (Fe/Mg) を新しい銀河年齢の指標とするというアイデアが提案された。この手法の確立は、現在高い優先度で計画を進めている東京大学アタカマ天文台プロジェクトの主要目的である。

R2. 恒星物理学

超新星爆発と元素合成に関する膨大な一連の研究は国際的にこの分野をリードし続けている。中でも大きな成功を収めたのは、I型/II型超新星、特に SN1987A の理解を深めた事、種族 III の大質量星の元素合成、ガンマ線バーストに関連する極超新星への最近の応用等である。多波長観測と緊密に連携した研究が超新星理論の確立へと繋がった。

GRAPE は革命的な発明であり、多体問題を解明するための最も有力な計算機となった。GRAPE は世界最速の演算速度 (100Tflops) を達成しており、天文学のみならず他の科学分野での多体問題の研究に革命をもたらした。

低温度星の大気や褐色矮星についての理論的研究は、委員会では発表されなかったものの、広く知られているものである。

R3. 太陽物理学

日震学の研究グループは、日震学や星震学の手法を開発し、それらを用いて太陽や星の内部構造を解析する事に成功した。これにより、長年に亘る太陽ニュートリノ問題に対して、またニュートリノの物理に対して、貴重な知見が得られた。

宇宙磁場の起源や太陽活動の長期変動を解釈するユニークな理論が展開されている。しかしながら、その評価は難しく、その努力に見合う十分な国際的評価を受けていない。

R4. 電波天文学

銀河系及び他の銀河の大局構造を明らかにすることを目的として、野辺山ミリ波望遠鏡による CO 分子観測によって得た高精度の豊富な回転曲線データを用いて、様々な試みが行われた。これにより、銀河中心での質量集中度や銀河系内の暗黒物質に関する重要で明確な情報が得られている。小型サブミリ波望遠鏡による銀河系の北天及び南天での CO 分子のマッピング観測は、小さな装置といえども、適切に設計されそれが完璧に遂行されたあかつきには、いかに優れた成果を上げる事が出来るかを示す良いお手本である。小型サブミリ波望遠鏡の観測と機器開発における成功によって、次の国家的プロジェクトである ALMA 計画の強力な基盤が築かれたと言っても良い。

R5. スペース天文学

スペース天文学グループは、宇宙科学研究所が進めている宇宙空間での赤外ミッションの様々な計画に携わってきた。東京大学グループは、軽量で極低温に冷却された鏡や赤外分光器といった、中枢部分の開発に多大な貢献をしてきたが、これらはミッションの成功には欠かせない重要なものであった。これらを用いた星間物質の研究により、PAH (Poly Aromatic Hydrocarbon) などの新しいダスト成分についての貴重な情報が得られた。このグループは、将来の先進的な赤外ミッションのための革新的なハードウェアの開発も活発に行っている。

2.3 組織

東京大学天文学専攻は日本の天文学の教育及び研究において最も長い歴史を持ち、その発足は東京大学が創設された時である 1877 年 (明治 10 年) にまで遡る。天文学専攻は、1888 年 (明治 21 年) に東京大学の附置機関として創設された東京天文台と共に、日本における天文学の教育及び研究の中心としての機能を果たして来た。第二次世界大戦後、同専攻は 3 講座で新たなスタートを切り、東京天文台と緊密に協力して活動を続けてきた。1988 年 (昭和 63 年) に東京天文台が東京大学から離れて独立した研究機関となってからは、東京天文台から移管された木曾観測所を併い、3 つの研究グループから成る、天文学教育研究センターが東京大学理学部の付属機関として設置された。

東京大学は日本の国立大学の中で最高の名声を持ち、天文学科・天文学専攻では

優秀な学生を集め、傑出したスタッフの下に優れた教育が行われている。天文学科・天文学専攻は傑出した教育組織であり、優れた学生をより高度な教育課程へ送り、日本の天文学界へ優れた天文学者を輩出している。物理学科・物理学専攻との緊密な協力の下で行われている教育では、しっかりした基礎物理の素地が確保されている。天文学教育研究センターも天文学科・天文学専攻での教育に協力しており、とりわけ観測実習の機会を提供している。国立天文台及び宇宙科学研究所のスタッフの支援や協力も、天文学のより広い分野の最前線に学生を触れさせることに役立っている。

研究に関して言えば、天文学専攻及び天文学教育研究センターの活動は重要なものであり、国際的に見て非常に高く位置付けられる。天文学専攻及び天文学教育研究センターのスタッフは、国立天文台や宇宙科学研究所との共同研究を始め、国際共同プロジェクトにも積極的に関わってきている。本委員会は、多様な分野に及ぶ彼らの多大な業績に感銘を受け、日本そしてまた世界の天文学を牽引している彼らの実績を高く称賛するものである。実際、天文学専攻及び天文学教育研究センターは、正しく我国最高の教育研究条件に恵まれていると言える。

教育研究活動の水準を高く保つために、スタッフ人事は公募によって日本全国から慎重に選考されている。また、スタッフの人事異動は頻繁に行われているようには見えない。しかしながら、天文学教育研究センターの最近の事例を例外として、多くは近隣の機関との間の異動である。

ところで、教育需要が増え、研究活動が急速に拡大したにもかかわらず、また理学系研究科・理学部の他の専攻・学科が大きく拡大する中で、東京大学の天文学グループの大きさが50年以上も変わりが無いのは意外であり、現在のこの組織の小ささは、世界の天文学の急速な進歩とは不釣り合いである。

1974年(昭和49年)に設立された木曾観測所は、日本における恒星及び銀河天文学の進展に寄与してはいるものの、晴夜率の点では、木曾は世界の他の天文最適地に太刀打ち出来ない事を認識しなければならない。

天文学専攻と天文学教育研究センターとの間では、恐らく地理的に分かれていることが一因であろうが、意思疎通や協力は、これまでのところ十分に活発であったとは言い難い。

国際共同研究としては、様々な計画やプログラムを通して観測データのみならず人員や検出器の交換という形で、活発に行われてきた。しかしながら、国際共同研究が今なお小規模で狭い範囲に限られている事は少々残念である。多くのスタッフが海外の研究機関を訪れているが、その多くは短期的なものであり、常任スタッフ

として海外に定住した者はほとんどいない。他方、外国の研究者で日本の計画やプログラムに関与している者もほとんどいない。学生の交換もほとんどなく極めて限られている。このような状況は米国や欧州諸国ではまず考えられないことである。言語や地理的な障壁が高い事は理解出来るが、それでもなお、東京大学という日本のトップクラスの大学においてさえこのような状況である事は遺憾である。

2.4 将来計画

天文学専攻及び天文学教育研究センターは、両組織の教育研究環境に関する困難な状況を非常に深刻に考えている。この状況を改善するために、天文学専攻と天文学教育研究センターは共同で、以下の様な改革及び新計画を挙げている。

1. 学部の天文学教育の需要に応え、大学院へ優秀な学生を供給するために、学部学生の定員を5人から最低でも15人に増やすよう努力する。
2. 天文学専攻における実験・観測機能を強化する事を目的に、将来の天文学のための技術開発を行う実験天文学グループと、すばる、ASTRO-Fそして教育研究センターにおいて計画中の東京大学アカタマ天文台(TAO)など多くの大計画で発生する大量のデータを完全に活用するためのデータ処理グループの、二つの新しいグループの創設を図る。
3. 銀河進化や宇宙論といった観測的研究を更に盛んにする事を目的に、赤外線観測に最適化した大口径(6.5m)の望遠鏡(東京大学アカタマ天文台)を、赤外線観測に世界で最も適した、チリ・アカタマ高原の標高5000m以上の地に建設する。詳細な設計と運用計画については、天文学教育研究センターで広範に検討中である。
4. 電波天文学を更に広範に推進するために、国立天文台で進展中のALMA(Atacama Large Millimeter Array)計画への参加を図る。ASTE(Atacama Submillimeter Telescope Experiment)計画への協力やALMAで用いるサブミリ波検出器システムの開発への参加は、現在進行中である。
5. 木曾観測所を活発にするために、二つの新しい計画を提唱している。一つはドイツの位置天文衛星DIVA(Double Interferometer for Visual Astrometry)との共同プログラムであり、このプログラムの下でDIVAで観測された星の視線速度を南半球のUKシュミット望遠鏡と共同で測定するために、KOSMOS(Kiso Observatory Schmidt Multi Object Spectrograph)という名の多天体ファイバー分光器の製作を図る。もう一つは、銀河系及びM31のミラ型変光星の広範なサーベイ計画である。

本委員会は、これら全ての提案が妥当なものであり、また両組織の現状を改善して、急速に発展する天文学において両組織がこれからも指導的な立場を維持していくために、これらの提案は早急に実現されるべきものであると了解する。

3. 勧告事項

本委員会は、3日間の委員会における発表の聴取と議論を通して、天文学専攻及び天文学教育研究センターの過去の活動と現在の状況、更なる教育研究活動の向上を目指して取り組んでいる将来計画を理解した。また本委員会は、天文学専攻及び天文学教育研究センターのこれまでの多大な業績と、両組織が将来の更なる発展のために熱心な努力を払われていることに敬意を表する。

本委員会は、委員会における議論に基づき、天文学専攻及び天文学教育研究センターの現状の改善と将来計画の実現のために、以下の事項を勧告する。

3.1 教育体制

天文学科・天文学専攻には、学部学生及び大学院学生のための、広範囲にわたる優れた教育課程が用意されている。また、本委員会は、東京大学天文学専攻には、日本の天文学の発展のために優れた天文学者を輩出するという重要な責務がある事も理解する。しかしながら、次のような明らかに改善が必要である部分も見受けられる。

1. 若い学生諸君の天文学に対する強い学究意欲に応え、また大学院生の供給源として確保するために、学部学生の定員を大幅に、そして緊急に増やす必要がある。学部課程については、5人から15人へ増やすという案は適当である。
2. しかしながら、学生は学部、修士課程、博士課程へと移行する際に研究遂行の場所や研究分野を変えるよう奨励されるべきである。学部学生を他大学の大学院課程に進学させたり、他大学からの大学院学生の入学を推奨したりすることも重要である。
3. 物理学の素養を培うカリキュラムを、特に実験物理学に力点を置いて、強化すべきである。
4. 学生は、国際的な天文学の研究環境に適応するべく、英語で意思疎通を行う能力を身に付ける必要がある。
5. カリキュラムの改善に関しては、学部と大学院間の講義科目の重複を避け、特に大学院課程ではより内容の進んだ講義やセミナーを開講するなど、学部と大学院間の調整が必要である。このためには、学生からの講義に対する評価が役立つであろう。

6. 学生には、進路相談に応じて貰いたいと切実に思っているようであり、この要求に応えるべきである。

3.2 研究体制

本委員会は、天文学専攻及び天文学教育研究センターで行われている研究の質とその生産性の高さに強い印象を受けた。これらの研究の大部分は世界における天文学の最前線にある。しかしながら、将来の目標とすべきは、新しい分野の先導や開拓に挑むことである。そのために下記の方策を採ることを薦める。

1. 現代天文学の多くの分野は、物理学との相互作用の結果生まれたものである。物理学専攻で活発に行われている研究は、天文学専攻にとっても高い価値を持つ。両専攻が、より緊密に研究を行うことを薦める。
2. 天文学専攻に新しい血を入れ、且つ天文学研究を全国規模で高めるために、物理学専攻に見られるように、東京圏を超えて教官の流動性を高めるべきである。
3. 加えて、研究活動の国際的な交流（人的交流を含む）をより活発にする事が強く望まれる。
4. 大部分の研究は個人ベースで行なわれて来ており、その成果はそれぞれの努力に負うところとなっている。研究の活動性を高めると共に、研究のスケールを大きくするために、共同研究をより活発に行う事が望まれる。天文学専攻と天文学教育研究センターの間に協調関係を築き、共同研究を行うことで、両者の間から組織としての境界を無くすことが出来るであろう。
5. これまでの研究活動は、その一部は国立天文台と共同で行われて来たとは言え、伝統的に、理論、観測の研究ともに、専攻の枠組みの中に閉じていた。しかし、この事は天文学専攻が天文学の新しい動きをリードし難くして来た側面も持っているように思える。天文学教室は新しい実験グループを作ることを提案しているが、これは研究活動の革新性を高める事に繋がるものであり、この提案を強く支持したい。こうした実験の分野の指導者となるべき人材は、物理学の分野に多い。人事の公募と選考を行う際には、単に分野を特定して選考するよりも、人物に基づいて行う方がしばしば良い結果が得られるという事に留意すべきであろう。

3.3 組織及び運営体制

組織の変革を行うことによって、天文学専攻及び天文学教育研究センターは、教育と研究において常に高い質と生産性を保ってきた。しかし、今日の天文学の急速な進展を考えると、両組織は組織運営の更なる強化が必要である。

1. 研究面でのみならず、学部と大学院教育の基礎を固めるためにも、物理学専攻との繋がりを維持し、更に強化すべきである。同様の事が、国立天文台及び宇宙科学研究所との繋がりについてとも言える。
2. これは国立大学に共通する問題ではあるが、支援スタッフ即ち事務職員と技術職員の不足は、研究設備の運営や、新しい研究活動を始める上での大きな制約となっている。本委員会は、この現状を大幅に改善する必要を強く訴えたい。
3. 研究と教育の国際化を進めるためには、スタッフに外国人研究者を加えること（長期やパーマネントを含め）が効果的である。
4. 東京大学アタカマ天文台計画を成功させるためには、天文学教室と天文学教育研究センターの間の協力関係を活発にすることが不可欠である。この計画を実現するため、如何なる組織形態が最良かを注意深く検討し評価すべきである。

3.4 将来計画

多数の新しい計画が天文学専攻と天文学教育研究センターから提案されている。その中で、東京大学アタカマ天文台の建設は最優先の課題である。他にも、規模は小さいが重要な提案が多くある。以下はそれらの提案に対するコメントであるが、東京大学アタカマ天文台計画については、より重点的に触れてある。

1. 東京大学アタカマ天文台は、非常に高所に設置するために近赤外の観測性能が高い点、及び、南天に設置するために「すばる望遠鏡」と相補的であり、且つ ALMA と強い協力関係を築ける点において、類例の無い観測施設である。従って、本委員会は、最前線の大学研究設備としての、そして日本の天文学の新しい財産としての東京大学アタカマ天文台の建設を強く支持する。東京大学アタカマ天文台からは、活動銀河やクエーサー年代学に留まらず、非常に多くの成果が生み出されるであろう。なお、東京大学アタカマ天文台については、以下の点に注意を払うべきである。
2. 東京大学アタカマ天文台の科学上の意義、効果については、さらに広い観点からの包括的な検討が必要であり、特に、すばる、ALMA、ASTRO-F などとの共同研究の有効性を高める様な努力をすべきであろう。
3. 他大学のグループとの協力は 東京大学アタカマ天文台計画を成功させるために不可欠であり、共同研究を企画すべきである。
4. 東京大学アタカマ天文台の計画実行と運営については、十分注意深く、より深い議論がなされるべきである。特に人的支援が計画の成功には不可欠であ

り、天文学教室と天文学教育研究センターの緊密な協力は欠かせない。両組織の再編成や融合が必要ではないかと考えられる。

5. 木曾観測所の活性化：様々な研究提案の中で、KOSMOS 計画は木曾シュミット望遠鏡の興味深い利用方法であると言える。しかしながら、木曾観測所の観測条件は一級ではないため、他の観測サイトとの競争力で劣る面がある。天文教育への貢献も含めて、将来計画の実行には慎重な検討が必要である。観測装置の開発に比重を移すことは、将来、東京大学アタカマ天文台等での将来の活動のために有効であろう。
6. ASTE 計画と ALMA 計画において国立天文台と共同研究を行う事を強く支持する。しかし、限られた人的資源の中での、現実的な企画・立案がなされるべきである。
7. 新しい実験グループを作ることは将来の装置開発を可能にする。物理学や工学の才能のある適切な人材を獲得する事が重要である。

以上、個々の研究グループが挙げた将来計画は、いずれも妥当なものであり賛同出来るものである。しかし、これらの研究計画は単に個人的な視点のみからではなく、天文学の将来に対する長期的な見通しに基づいて、より慎重に戦略を練り、検討されなければならない。

3.5 その他

本委員会は、学生が学習・研究活動を有効に進める上での問題点について、以下の二点を含む幾つかの指摘を行った。

1. 財政的支援の問題：米国やヨーロッパ諸国の大学院の場合と異なり、日本では国家による奨学金は給与ではなく貸与である。
2. 教官と学生との間の交流や他の研究機関との交流は、教育面での改善にとっても研究活動の活性化にとっても有益である。

4. 結論

我々外部評価委員は、本委員会が東京大学スタッフと学生の協力の下で評価を成功裡に終わらせることが出来た事を喜びたい。時間的に制約の多い日程であったにもかかわらず、発表や議論の交換は率直、効果的、且つ生産的に行なわれた。教官や学生との対話や議論は有意義であった。また、天文学専攻及び、比較的新しい組織である天文学教育研究センターが、かつての東京天文台である国立天文台、物理学専攻、宇宙科学研究所と協力して、日本の天文学の基礎を作り、且つそれを世界

的な研究を行なう拠点に発展させる上で中心的な貢献をしている事を、深く認識出来た。

天文学は最も古い科学であり、最も新しい科学でもある。天文学は急速に発展し、拡大している。その探求は宇宙の果て或いは宇宙最初の天体形成の時代にまで到達しつつある。一方で、地球や生命の起源にまで迫ろうともしている。こうした問題の探求は世界や人類に対する我々人類の思想形成に確実に影響を与えるであろう。この点において、天文学はあらゆる科学の中で最も重要であり価値のある科学の一つであると言える。

本委員会は、東京大学の天文学グループが、新しい天文学を開拓し、将来において世界の天文学をリードすることを確信し、グループの成功を心から期待している。同時に、この報告書が研究環境の改善や教育研究活動の着実な発展に役立つことを願い、本書で指摘・勧告した推進項目、改善項目が早急に実現される事を強く望む次第である。

最後に、本外部評価委員会は天文学専攻及び天文学教育研究センターのスタッフの方々に感謝の意を表したい。スタッフの方々が長時間を費やされて行われた外部評価の準備のお蔭で、評価を突りあるものにすることが出来た。また、大学院生諸君と天文学教育の様々な面について話をする機会が持てたのは有意義であった。ブルース A. ピーターソン博士が取って下さった会議メモは、この報告書を作成する上で大変有用であった。ここ博士に感謝の意を表する。