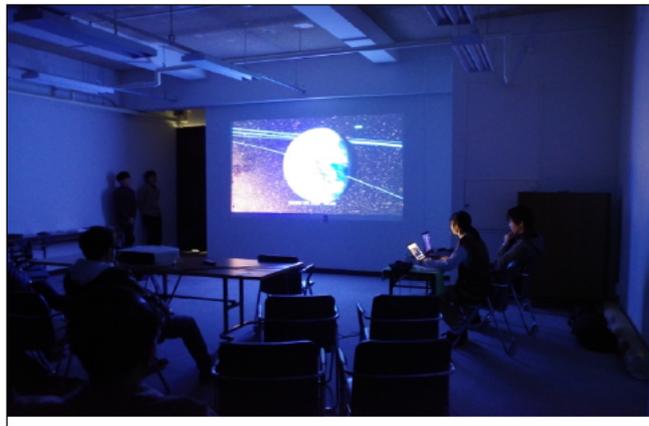


令和2(2020)年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)
 実績報告書(プログラム実施報告書)
 (研究成果公開促進費)「研究成果公开发表(B)
 (ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI)」

課題番号： 20HT0135

プログラム名：ブラックホールの影が見えた！



所属 研究 機関	名称	愛知教育大学
	機関の長職・ 氏名	学長・野田 敦敬
実施 代表 者	部局	教育学部
	職	教授
	氏名	高橋真聡

開催日	2020年10月17日(土)
実施場所	愛知教育大学
受講対象者	高校生・中学3年生
参加者数	高校生10名、中学生10名(うちオンライン参加3名)
交付申請書に記載した募集人数	20名

プログラムの目的

2019年4月、M87 銀河中心核にて世界初「ブラックホール影」が撮像されたと発表された。ブラックホールとは極めて強い重力のため時間と空間が極度に歪められた領域だが、実際にこの宇宙に存在するか否かは長年の謎だった。本プログラムでは、ブラックホール時空の不思議と、M87 銀河中心核および私たちの銀河系中心核に潜む巨大ブラックホールが引き起こす天体現象についてわかりやすく解説する。特に、強重力の下での時間と空間が私たちの通常概念とどの様に異なるのか、そもそも光を出さないはずのブラックホールが如何に観測されるのか、その不思議さと面白さを理解して頂く。3人の講師らは、実際にハワイ島のすばる望遠鏡を利用して、科研費研究として「ブラックホール時空とその周りの天体現象」について理論的・観測的に研究を進めている。それらの研究活動における熾烈な国際競争や、その裏話についても紹介しつつ、なぜ研究をするのか?そもそも研究とは何なのか?について考えさせる。

本プログラムではまた、星空を眺めて頂き、地球を超えた遙か宇宙への想いをめぐらせて頂く。様々な天体はもちろん、ブラックホールもこの何処かにあるのだ!という想像力を掻き立ててもらいたい。この目的のため、本学天文台の60cm反射望遠鏡と8cm屈折望遠鏡を用いての天体観望会を計画したものの、曇天のため実施できなかった。その代替としてプラネタリウム(Mitaka3Dシアター)上映の時間を長めにし、宇宙の広がりや構造について掘り下げて生解説することで、宇宙についての関心を深めて頂く。また、すばる望遠鏡観測についての講義に関連し「すばる望遠鏡ペーパークラフト」を製作し、最先端の大型観測機器とそのテクノロジーについて興味を持って頂く。

プログラムの実施の概要

・受講生に分かりやすく**科研費の研究成果を伝えるために、また受講生に自ら活発な活動をさせるためにプログラムを留意、工夫した点**

■ 単なる「お話」にならないように、**高等学校での学習内容にリンクした形で**(発展学習的な位置づけとなるように)、講義内容を精選した。具体的には、物理学(力学など)や数学(微積分)の数式等を、適宜用いる試みを取り入れた。地学(天文分野)についても紹介し、興味を引き出した。こうして高等学校で現在習っている(あるいはこれから習う)内容が、研究の最先端を理解する上でどのように関わっているかを体験できるよう工夫した。また、簡単な演習問題を用意して理解の定着度を計りつつ、「今日習ったことが今日のうちに理解できた」と感じられる講習とした。

■ 受講者は、理数系高校生1年生・2年生、中学3年生である。本講習中に登場する基本キーワードについては、まだ習っていない部分も予想されたため、講習に際しては「**サブノート**」的教材を用意した。このような教材は、後々再学習する上でも有効であろう。受講者たちにとって関心の高い“ブラックホール”ではあるが、その関連啓蒙書は巷に数多く存在するものの、分かったようで分からないといった感想をしばしば聞く。本講習では、ちょっと背伸びしたい中・高校生向けに「ブラックホール小冊子」を作成し配布した。そこには「高等学校の学習内容のこの部分が、ブラックホールの場合には、こう拡張されています。」あるいは「この基本概念は高等学校で学ぶ〇〇の内容に関連します。」といった記述を含めた。簡単な例題・練習問題も盛り込み、「なんとなく分かる」から次のステップとしての「(大学で勉強すれば)自分にも分かりそう」への誘導のツールとなるよう試みた。

■ 講習全体を通じて、受講者の便宜、たとえば各種案内やちょっとした質問事のために、宇宙・天文学を専攻する学生を配置した。本学の場合、教員志望学生が多く、**気配りのある教育的な対応**ができた。

■ 講習の時期は、新型コロナウイルスの感染リスクを考慮して延期し、10月実施とした(本来の実施予定は8月)。**オンライン参加**も試みた。講習後も、メール等で質問等を受け付ける体制をとっている。

■ 講習に関連する書籍(啓蒙書や専門書、高校地学の教科書など)や参考資料などは、**教室の一角に展示コーナーを設け展示**した。単に書籍名や資料の入手先(URL などを紹介して終わりせず、現物を展示することで、休憩時間などに手に取って中身を直接確認できるようにできた。これにより、受講者たちのさらなる主体的な興味関心を引き出すことが期待できる。

・当日のスケジュール

<変更点> 曇天のため、「天体観望会」を中止とし、「すばる望遠鏡ペーパークラフト」制作とした。

12:30~13:00	受付(集合場所:愛知教育大学自然科学棟5階538室)
13:00~13:20	開講式(挨拶、オリエンテーション、科研費の説明)
13:20~14:05	講義1 「重力波とブラックホール(講師:齊田浩見)」(45分:終了後15分休憩)
14:20~15:05	講義2 「すばる望遠鏡で銀河系中心を探る(講師:西山正吾)」(45分)
15:05~15:20	クッキータイム(大学生との交流)
15:20~16:05	講義3 「ブラックホール影の正体(講師:高橋真聡)」(45分:終了後15分休憩)
16:20~16:35	講演 「ある大学生の楽しい研究生活(大学生講師2名)」(15分)
16:35~16:50	ディスカッション
16:50~17:50	軽食、休憩
17:50~18:35	3Dシアター(45分: 終了後10分休憩)
18:45~19:45	「すばる望遠鏡ペーパークラフト」の制作 (60分)
19:45~20:00	未来博士号の授与
20:00	終了、解散

・実施の様子

講義に先立ち、「科研費」について、また「研究者への道」について説明した(下左写真)

<講義 1>では、ブラックホール、一般相対論、重力波についての“よくある質問”について分かりやすく解説した。<講義 2>では、銀河系中心巨大ブラックホール観測(すばる望遠鏡による赤外線観測)について紹介した。観測研究に関する国際競争の実態(研究者の苦労)についても取り上げた。<講義 3>では、ブラックホールが影として見える理由について、その本質を平易な言葉で解説した。また、光速度近くで噴出されている「宇宙ジェット」という天体現象と、そこから分かる相対論的な天体現象の不思議についても紹介した。

<3D シアター>では雰囲気を変えての**体験・参加型のプログラム**とした。夜間に星空を見る機会が少なくなっている御時世を意識し、「Mitaka 3D:3 次元可視化天文シミュレーションソフト」により宇宙の広がりを感じてもらえるよう工夫した。協力大学生らによる生語り番組「本日の星空」および「遙か銀河系を超えて大宇宙まで宇宙旅行しよう!」を上映した(1ページ写真)。曇天であったため、屋上天文台での天体観望会は中止とし、3D シアターの時間枠を拡大した。<すばる望遠鏡ペーパークラフト制作>では、講義2で取り上げた「すばる望遠鏡」についてのペーパークラフトを工作した(下右写真)。カッターによる厚紙の上手な切り方や、木工ボンドを上手に塗る方法についても説明しつつ、ごく自然に参加生徒たちとの交流の場となった。



・事務局との協力体制

広報活動の主要部分、参加申し込み受付け全般、安全配慮全般(保険加入、参加者向け来訪案内の作成と郵送)、クッキータイム・軽食の発注・受け取り、参加者名簿・名札作成、未来博士号の作成、その他参加者の個人情報に関すること全般について依頼することができた。また、招待講師および協力学生らについての事務的事項についても対応して頂けた。

・広報活動

■ 教育大学であるメリット(学校間のネットワーク)を生かし、愛知県内および名古屋市内の高等学校や教育委員会に対して PR した。また、過去の「大学と高等学校の連携事業」実績を背景に、個別に各高等学校・中学校にアナウンス依頼した。

■ 大学の広報部署と連携し、広報誌等に募集案内を掲載するほか、新聞各紙に情報掲載を依頼した。

■ 名古屋市科学館など近隣の公共教育機関に PR を依頼した。大学連携事業を通じての交流がある。(今年度はコロナ禍状況下であることを考慮し、学会等のメーリングリスト等による全国的 PR は自粛した)

・安全配慮

本学における過去の事例を参考にし、適切な補償内容の「傷害保険」へ加入した。また、受講者の交通の安全・便宜をはかるため、事前に「キャンパスマップ」、「最寄り駅からのバス時刻表」等を配布した。本講習ではカッターを用いた工作を行うため、協力学生を配置し不慮の事故等起こらないよう備えた。また、終了時間が20時頃になるため、送迎希望の保護者を想定し「学内駐車場マップ」などを配布した。

・今後の発展性、課題

■ 本プログラムのメインテーマ「ブラックホール」は、2020年度ノーベル物理学賞の受賞対象であったこともあり、参加者の関心は非常に高かった。募集期間の締め切り後にノーベル賞の発表があったが、飛び入りの参加申し込みもあった。重力波の検出、M87ブラックホール影の撮像、そして今年度の銀河系中心巨大ブラックホールの発見と、「ブラックホール」についての観測的研究成果が広く報道されている。その成果は、研究者のみならず一般市民の間にも知れるようになってきた。興味深いのは、この不可思議なブラックホールについて、もっと知りたいと感じる人が多いことである(本学アンケート調査より)。何となくイメージできて興味があるが、実はよくはわからない。このテーマについての流行りは、しばらく継続されると期待できる。ブラックホールを入りに、宇宙・天文学についての興味関心を広げていきたいと考えている。

■ 本プログラムの講習は高校生レベルだが、**中学3年生の受講**も受け付けた。今回の参加者の半数は中学生であり、そのニーズは大きい。今年度のみならず、過年度の講習でも意欲的な中学生の参加実績があり、いくつかのノウハウは積み上がっていた。ブラックホールの基本概念についての理解度や工作および観望会等における作業については、本講習として高校生と中学生に求める基本的理解能力に大差は見られず、問題ないと判断できる。ただ、発展的内容・応用的内容については高校数学あるいは高校物理の基礎を求める場合があり、それら学習内容を履修前の中学生にはハードルの高い部分もある(例えば、三角関数や対数を用いた計算など、質点の運動方程式など)。これらについては、講習の中で初歩的な所から解説しつつ、その部分の理解が不十分だとしても先に進むことが出来るよう講習の論理展開を工夫した。計算演習する場合には、大学生をチューターとして個別指導の補助にあたらせた。本講習は「時空の歪み」など抽象的な概念を含む部分もあるのだが、試験的に Q&A 形式のミニ解説書を作成した。今後は、今回参加の中学生の反応を検証し、中学生が理解できるような講習内容を検討したい。

■ 今回の講習では、オンライン参加にも取り組んだ。2件(3名)の申し込みがあり、前日と当日の講習開始前に画像・音声チェックを行なった。当日は学生もオンライン接続し、接続状況を確認しながらの配信とした。例えば、講演者が講演スライドを一時停止しインターネット動画に切り替える際など、音声の切り替えが必要とされる場面があったが、音声入力がおフになってしまった際などに直ちに発表者に指示を出すことができた。

対面ではないが故に、本プログラムが求める教育効果(直接交流し研究を感じることに限界が生じるのは否めないが、工夫しだいでは新たな可能性が創出できるのかもしれない。ただし、ネットワーク環境がまちまちのオンライン参加者に対して、安定した接続を維持するためには、主催者側の熟練が求められると感じた。

今回のオンライン参加者は、自己のカメラをオフにしての参加であった(諸事情によりオンにしたくない)。そのため、こちらからは参加状況・理解の様子などが把握できなかった。参加者側の要望であるため問題とはならないが「ひらめき☆ときめきサイエンス講習」を双方向の参加型・交流型の講習会にしたかったことを思えば、残念な気持ちは残る。