

平成27年度
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
(研究成果の社会還元・普及事業)
実施報告書

HT27167 銀河系中心をめぐる星々でブラックホール時空探査



開催日：平成27年8月8日(土)

実施機関：愛知教育大学
(実施場所) (愛知教育大学 自然科学棟5階
538第二学生実験室)

実施代表者：高橋 真聡
(所属・職名) (愛知教育大学教育学部・教授)

受講生：高校生32名・中学生4名

関連URL：

【実施内容】

＜当日のスケジュールおよび実施の様子＞

【9:00～】朝の受付(出欠・資料の配布等), 挨拶
【9:30～】科学研究費補助金研究成果の社会還元・普及事業についての説明

日本学術振興会作成のパンフレット(一部昨年度の図表)を用いて説明した)に沿って, 研究者への道について解説した。

【10:00～】講師(齊田浩見氏)によるブラックホールの講義
タイトルは、『ブラックホールの基礎知識』。

*人類はブラックホール(BH)を見たか?

*ブラックホールとは?

*重力と曲がった時空

講義の所々に, 等価原理を理解させるための簡単な実演実験や時空の歪みを理解させるための演習(工作)作業を盛り込むなど参加生徒達に飽きさせない工夫があった。

【11:20～】講師(西山正吾氏)によるブラックホールの講義
タイトルは、『近赤外線ブラックホール探査』。

*銀河系中心ブラックホールの周りを周回する恒星の観測について

*近赤外線天文学の話(すばる望遠鏡/南アフリカ望遠鏡)

*近赤外線ブラックホールを観測するには?

観測に関する動画などを多数活用し, 視覚効果的に訴える講義内容であった。また, 研究の最前線での熾烈な競争についての紹介もあった。

【12:30～】昼食・昼休み

講師, 協力学生(学部/大学院)らが, 高校生達にまじり, 歓談しながら昼食をとった。打ち解けた雰囲気の中ブラックホールに関する質疑以外にも, 部活の話や進路の話などがはずんだ。

【13:30～】体験タイム: 講師(高橋真聡)および大学生による太陽黒点のデータ解析演習

今回は天気良かったので, 屋上にて太陽黒点の観測を実演した。太陽からの光線を投影版に写し, 太陽表面に黒い点が存在することを参加生徒達に確認させ, その黒い点は太陽表面上にある「黒点」であることを説明した。黒点を初めて見る生徒もいて, 大いに盛り上がった。生徒達は各自, 自分の携帯電話のカメラ機能を使って順番に撮影していた。また, 大型天体望遠鏡(60cm反射望遠鏡)による「昼間に見える恒星・金星の観測」を行った。昼間なのに望遠鏡の使用で金星が観察できることに意外さを感じているようだった。

屋上での黒点や恒星, 金星などの観望の後, 教室にもどって黒点のデータ解析の演習を行った。データは事前に観測しておいたものを提供し, 定規とコンパスと分度器で作図することで太陽の自転周期を導かせた。作業の手順が分からない生徒達には, 学生たちがマンツーマンで解説して対応した。自分で求めた自転周期の値が, 実際のものに近い値になった生徒は『精度よく解析できた』と, とても喜んでいた。





【15:00～】クッキータイム：お茶とお菓子で高校生と大学生/大学院生/教員との懇親会
受験や大学での生活についての関心が高いようだ。勉強の仕方や受験に向けての心構えなどについても問い合わせがあった。また、講義の時間内に質問できなかった生徒が、この時間を利用して質問してきた。このような自由時間的な時間枠は重要な役割を果たしている。

【15:30～】講師(高橋真聡)によるブラックホールの講義

タイトルは、『もしもブラックホールに旅行できたらどう見える?』。

*ブラックホールの見え方(ブラックホールは周囲の輝くガスを背景に「影」として観測される)

*ブラックホールの作る時空の歪み(ブラックホールの潮汐力について)

*「光線はなぜ曲がるか?」のしくみ(時間の遅れ、ブラックホール影のしくみ)

【16:50～】質問コーナー

生徒達からブラックホール・宇宙に関する質問を受け付けた。

*特殊相対論、一般相対論に関するもの(運動していると時間が遅れる、重力場中では時間が遅れる、時空が歪む? 局所的には重力の効果を消せる、など)

*ブラックホール探査に関するもの(宇宙ジェットとは? など)

*近赤外での銀河系中心ブラックホール探査に関するもの(すばる望遠鏡の補償光学技術について、ブラックホールの周りの恒星の運動から分かること、など)ブラックホールに関する一般的な質問(よくある質問)のみならず、もう一步踏み込んだハイレベルな質問も多かった。日頃からブラックホールに関心を持ち、自分なりに本を読み勉強していると感じた。

【17:10～】未来博士号の授与・アンケート記入

【17:30～】解散



<事務局との協力体制・広報活動>

研究代表者と事務担当とは主に広報活動方法についてメール、電話等で頻りに連絡を取り合いポスター・チラシ等の愛知県教育委員会等への配付、連絡し協力体制のもと行った。また参加者の出欠状況についても連絡を取り合い当日に向け準備した。今回は特に、事務局側の配慮により、記者会見に参加させていただくことが出来て、本事業の案内を新聞(中日新聞)に掲載していただくことが出来た。

<安全体制>

安全対策として、教室内での講義については特に危険はないと考えたが、協力学生に対して安全性確保のために突発事項が生じた場合には速やかに連絡し指示を仰ぐように徹底した。屋上での太陽黒点観測に際しては「くれぐれも太陽を直視しないよう」厳重に注意をあたえた。また、炎天下の屋上での観望会であったので、うちわを配付し、各自水分補給に配慮するよう注意をした。屋上の天体ドーム室にはエアコンが備え付けてあるので、暑さで気持ちが悪くなった生徒は直ちにドーム室で休むようにアナウンスした。結局は、体調を崩した生徒などはおらず、無事に観望会を終えることが出来た。なお、参加生徒は傷害保険に加入していた。

<受講生にわかりやすく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>

●ブラックホールの不思議さの本質は、時間と空間が渾然とした4次元時空としての扱いにある。この難しい概念を、高校生に伝えるため、身近な物理現象を例に挙げての解説を試みた。今回はとくに、高校生たちからの質問が想定される内容について、彼らが(高校までの学修内容で)納得できるレベルの回答を準備しておき、講義の中に盛り込んでみた。アンケートの結果を見ると、「分かりやすかった」と好評であった。

●参加者は高校1年生、2年生が大半であったので、高校の「物理」「地学」の教科書(10冊ぐらい)、および大学での授業で用いる教科書や参考書、啓蒙書などを(十数冊)講義の部屋の一角に

展示した。休憩時間や昼休みを利用して、各自本を手にして、記述内容を確認していた。自分の疑問が高校の教科書でいずれ習う内容であること、本講習の内容のある部分は、高等学校で履修する基礎的な内容になっていることなど、理解してもらう良い機会となった。特に、大学の教科書を手に取り、大学での勉強の雰囲気を楽しんでいるようだった。手間がかからない取り組みが、思っていた以上に教育的に刺激できたようだ。

●従来の「ブラックホール」に関する講座においては、数学的な正確さよりも、イメージの伝達を重視しての説明に心がけてきた。しかしながら、その内容が正しく伝わったかの確認は難しく、後から確認すると、勘違いや誤解が存在することもある(なんとなくわかったというレベルでの理解は得られているが、もっと理解を深めてほしい)。そこで、あえて高校数学で学習する範疇の数学を用いて、定量的な説明にも取り組んだ。高校1年生には難しかったようだが、(ちょっとした計算を実行することで)2年生3年生に対しては、かえってわかりやすいとの感想をもらった。

●実習・実演的内容を含めた方が効果的と考え、生徒が主体的に参加できる企画を組んだ。屋上での「太陽観測実習」は、屋間でも観測できる対象として好都合である。身近な太陽であるにもかかわらず、その表面を観察したことのある生徒は少なく、感激したようである。また、60cm反射望遠鏡で青空の中に「金星」「屋間でも見える恒星」が観測できることに驚いていた。

「データ解析」については、自然を観測した結果から「こうやっているいろいろなことが定量的に理解できるのだ」という研究の流れを体験してもらえたと思う(単に観ただけではなくサイエンスにまで高める作業の一端に触れることが出来たと思う)。なお、今回のデータ解析に用いた黒点観測データは、私自身が5月以降、ほぼ毎日観測して収集したものである。

＜今後の発展性、課題＞

●昨年度と同様に、『ブラックホール』に関する内容に高い人気があることが確認できた。この人気ある、ブラックホールを導入口として、物理学や天文学全般への興味が広がれると感じた。それというのも、(この興味深い)ブラックホールについて、少しでも深いレベルで理解しようと思うのであれば、あと少しの物理学や天文学の知識が不可欠である。ブラックホールについて調べているうちに、物理学や天文学の基本的なところは(いつのまにか)身に付いている、という教育は可能である。実際、高校生達は、もっと詳しく理解したいから、今は物理や数学を勉強しなければならないことが実感できたという。

この目的を意識して、「ブラックホール」に関するテキストを執筆・改訂している。今後は、この内容を整理・精選し、今後の講習等に活用していこうと思う。「ブラックホールについての探求活動を、単なるお話レベルに留めず、定量的理解のレベルにまで引き上げようと考えている。例えば、SSH(スーパーサイエンス高校)とも連携して、教材化できないか検討を始めている。

●課題としては、やはり、「曲がった時空の概念」を、いかに伝えるがある。高等学校の自然科学の知識や体系を出発点として、かなりのレベルにまで引き上げることは可能と考えている。関連分野の研究者や教育者との連携をはかる事で、優れた教材の開発を試みたい。

●「ブラックホール」の話題に関しては、中学生向け、小学生向けの講座を依頼される事もあるのだが、抽象的な概念をイメージできない段階の子供達に対して、どのように答えを提供するか難しいものがある。言葉だけの説明では到底伝わらないし、図や動画の利用にしても、現状の教材では曖昧さが多分に含まれ、誤った認識を与えてしまう可能性もある。ブラックホールや時空に関して、もっとも重要となる基本概念とは何か整理し、噛み砕き、身の回りの現象との関わりを探ることで正しいイメージを伝える教育研究が必要だろう。これについては、今後とも工夫や検討をしたい課題と考えている(今回の外部講師の方々も独自の工夫をなされているので参考になった)。

●今回の講習会においては、手伝いたいと申し出る大学生が多数いた。実施してみると、高校生側からは「大学生や大学院生とたくさん話ができて良かった」という声がいくつか聞こえてきた。「もっと人数を増やして欲しかった」と、大学生とのふれ合いの輪からあぶれてしまった高校生からの残念がる声も聞こえてきた。一方で、高校生相手にアドバイスしたり教えたりするのが楽しいと感じるようになった大学生からは、「ぼくらでも(僕らが主体となって)高校生に教えることはできると思うし、例えば小学校や中学校への訪問教室など興味あるけど、旅費や消耗品の援助があると良い」という声も聞こえてきた。今後の『ひらめき☆ときめきサイエンス』事業の発展的あり方として、なにかヒントになるのかもしれないと思った。

【実施分担者】 なし

【実施協力者】 _____ 11 名

【事務担当者】 研究推進部研究連携課外部資金担当 川崎正広