

平成26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

HT26152

【プログラム名】ブラックホールの時空の歪みを観測する！



開催日：平成26年8月9日(土)

実施機関：愛知教育大学  
(実施場所) (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30名

関連 URL：

【実施内容】

- 9:30-10:00 挨拶・オリエンテーション, 科研費と本事業の説明  
10:00-11:10 講義「ブラックホールの基礎知識」(途中10分休憩)(1)  
11:20-12:30 講義「ブラックホールへのガス雲降着」(途中10分休憩)(2)  
12:30-13:30 昼食(お弁当: 講師・大学院生と食事)  
13:30-15:00 体験タイム「太陽黒点データ解析演習  
(太陽の自転周期を求める)」  
15:00-15:30 クッキータイム(学生による大学授業紹介, 天文学・  
物理学に関する教科書, 啓蒙書など紹介)  
15:30-16:40 講義「近赤外線ブラックホール探査」(途中10分休憩)(3)  
16:50-17:10 質問タイム  
17:10-17:30 修了式(アンケート, 未来博士号授与, 講師からの挨拶)  
17:30- 解散



実施の様子を, 時系列にそって報告する。

- 1.朝の受付(出欠・資料の配布等), 挨拶。  
朝の受付開始とともに受講者が集まり, 定刻に開始する事が出来た。台風接近の影響で2名の欠席連絡があった。
- 2.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。
- 3.講師(齊田浩見氏)によるブラックホールの講義(1)。  
タイトルは、『ブラックホールの基礎知識』。おもなトピックスは,  
\* 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, 簡単な実演実験や演習(工作)作業を盛り込み, 受講生徒達に飽きさせない工夫があった。
- 4.講師(高橋真聡)によるブラックホールの講義(2)。  
タイトルは『ブラックホールへのガス雲降着』であり, 齊田氏とは異なる切り口での天体ブラックホールについての解説が行われた。おもなトピックスは,  
\* ブラックホール候補天体の分類と最有力候補について  
\* 銀河系中心ブラックホールとガス雲の降着  
\* ブラックホール探査計画(ブラックホール影)について

5. 昼食・昼休み。講師，アルバイト学生(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の話がはずんだ。

#### 6. 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

台風接近につき，残念ながら太陽黒点の観測(スケッチ)実習はできなかった。本学にこの春から設置された口径60cm反射望遠鏡により昼間でも星(明るい星)が見えることを体験してもらう計画も盛り込んでいたのだが，実現出来ずに残念であった。しかしながら，事前に収集していた太陽黒点データを用いて，太陽の自転周期を作図により求める演習は実施できた。黒点観測の欠で生じた時間は，太陽黒点についての解説と，演習時間の枠拡大に使用した。データ解析演習の時間的余裕が生まれたこともあり，懇切丁寧に指導することができ，より深く理解して頂けたと感じている(不幸中の幸い)。

#### 7. 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。やはり受験や大学での生活についての関心が大いようだ。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。クッキーは別室にて提供したが，部屋の一角に天文学や物理学に関する教科書や啓蒙書を並べておき，自由に閲覧できるようにしておいた。これについては，今年は例年以上に関心が高く，じっくりと読み込んでいる生徒も見受けられた。

#### 8. 講師(西山正吾氏)による午後のブラックホールの講義(3)。

タイトルは、『近赤外線ブラックホール探査』。おもなトピックスは，

- \* 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も活用され，視覚に効果的に訴える講義内容であった。

#### 9. 質問コーナー

生徒たちからの，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など)
  - \* ブラックホール探査に関するもの(複数の電波望遠鏡を結合して一つの望遠鏡として扱える理由は？宇宙ジェットとは？，などなど)
  - \* 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，などなど)
- 今回は，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が多かった。日頃からブラックホールに関心を持ち，自分なりに勉強していると感じた。

#### 11. 未来博士号の授与。アンケート記入。

#### 12. 解散



#### (事務局との協力体制)

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、電話等で頻繁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、連絡を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。

#### (安全体制)

安全対策としては、教室内での講義が中心のために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。また、受講生は傷害保険に加入した。

今回はとくに、台風接近中ということもあって、天気予報および警報発令には注意を払い、本プログラム開始後の警報発令時には迅速に対応できるように準備をしておいた。幸いにも、講習終了後まで天気が大きく崩れることは無かった。

#### (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、彼らが納得できるレベルの回答を準備し、講義の中に盛り込んだ。
  - 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II」「地学II」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、理解してもらい良い機会となった。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。手間がかからないサービスだが、思っていた以上に教育的効果が上がるようだ。
  - 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ようだ(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でみた。高校1年生には難しかったようだが、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えた。
  - 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方策を検討してみた。校舎屋上での太陽観測実習を準備していたが、天候が悪くて実現できなかった。これを楽しみにしていた生徒もいて、(自然のことなので仕方が無いのだが)残念であった。観測実習は出来なかったが、その分の時間を事前に用意しておいた黒点観測データの解析作業に使った。時間的に余裕が生じたので、大学生の協力により、じっくりと見てあげることが出来た。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。この人気のある、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げられると感じた。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、いま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、今回「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ふ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、旅費とか消耗品の援助があると良いのになー」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】

【実施協力者】 11 名

【事務担当者】

服部 康雄 教育研究支援部学系運営課研究連携室長