

平成25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

HT25116

【プログラム名】 2013年夏,

銀河系中心ブラックホールに迫る巨大ガス雲！



開催日：平成25年8月3日(土)

実施機関：愛知教育大学  
(実施場所) (自然科学棟5階 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 中学生 2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  
10:00-11:40 講義「ブラックホールの基礎知識」  
11:40-12:00 講演「大学院での研究生生活」  
12:00-13:00 昼食(お弁当: 講師・大学院生と食事)  
13:00-14:30 講義「ブラックホールってどんな天体？」(途中10分休憩)  
14:30-15:00 黒点観察(屋上に移動), 休憩を含む  
15:00-16:30 講義「近赤外線ブラックホール探査」(途中10分休憩)  
16:30-17:00 質問タイム  
17:00-17:30 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。

- 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, 遅刻者なしで, 定刻に開始する事が出来た。
- 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。
- 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、『ブラックホールと宇宙』。おもなトピックスは,  
\* ブラックホールはどう作られるのか?  
\* ブラックホールはどんな天体?  
\* ブラックホールはどこにいる?
- 大学・大学院での生活(講師: 浅野豪士氏)。  
浅野氏の大学/大学院での生活を例にとり, 高校での勉強へのアドバイス, 大学及び大学院について紹介した。とくに研究者を目指す若手学生が, 日頃どんな研究生生活を送っているのかについての話など, 高校生にとってなかなか聞く機会はないと思われるので有意義な時間だったようだ。大学進路についての質問も複数あった。
- 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ははずんだ。
- 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」ってどんな天体?』。  
おもなトピックスは,  
\* 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)  
\* この夏～来春に銀河系ブラックホールに接近するガス雲!

## 7. 太陽黒点の観測

今回も天気が良かったので、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、黒い点が存在することを確認させた。その黒い点が太陽表面上にある「黒点」であることを説明した。始めて見る生徒もいて、大いに盛り上がった。携帯電話のカメラ機能を使って、順番に撮影していた。今年度は「太陽光反射鏡」を導入し、太陽熱で鍋の水を沸かす実験を行った。黒点を観測しているわずかな時間に、鍋のお湯が沸騰直前まで加熱されている様子には生徒達は驚いていた。また、大学生らの助けもあって、大型天体望遠鏡による「金星観測」を急遽実行できた。昼間なのに望遠鏡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。



## 8. 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きいようだ。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。



## 9. 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？

## 10. 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。

(以下は、クッキータイムや昼休み、休憩時間に受け付けた質問も含みます)

- ◎ブラックホールの特異点の体積はゼロなのに、無限大とも言える質量はどこに行ってしまったのか？
- ◎ブラックホールは別の宇宙や異次元に繋がっていると聞かすが、どうゆうことか？
- ◎「ひので」という人工衛星について聞いたことがあるが、いったい何を観測するためのものか？
- ◎ブラックホールの近くにいると「潮汐力」が作用するというが、小さなブラックホールの方が大きなブラックホールよりも潮汐力が大きくなるのはなぜか？
- ◎大型天体望遠鏡での天体観測においては大気揺らぎの影響を緩和する技術が重要となるが、現状のスペックルや補償光学、レーザーなどの技術は、今後の望遠鏡開発においてどのように発展して行くと思われるか？
- ◎宇宙空間自体には(星間ガスなどの)揺らぎはあるのか？そして、それは観測に影響する程のものなのか？
- ◎宇宙からブラックホールが無くなったらどうなるか？
- ◎ブラックホールは成長(大きくなる)するのか？
- ◎ブラックホールの中心は、無限に潰れていくのか？
- ◎すばる望遠鏡の広視野カメラの具体的な機能は？
- ◎ダークマターは光を吸い込んでしまうから暗いのか？
- ◎ブラックホールは宇宙の成り立ちを知る手がかりになりますか？
- ◎光速不変の原理とは？
- ◎ブラックホールの時空の歪みについて知りたい。
- ◎ホーキング放射とは？
- ◎ガンマ線バーストの発生源、発生のしくみについて知りたい。
- ◎ペンローズ過程ってなに？
- ◎慣性系の引きずりとエルゴ球について知りたい。
- ◎暗黒物質とブラックホールとの関係は、何かありますか？
- ◎タイムマシンを作ることは(原理的に)可能ですか？
- ◎ブラックホールではないが、ブラックホールのように重力が強くて光が出られない程のもの(星)はあるのか？
- ◎ブラックホールに質量が負やゼロのものが吸い込まれる、ということはあるのか？
- ◎ブラックホール(特異点)には大きさが無いのに、自転するとはどのような意味か？
- ◎自転しているブラックホールの特異点が輪ゴムのようにリング状になっているなら、中心の点は安定な状態ですか？
- ◎(上の項目に関連して)特異点が輪ゴム状になっているなら通り抜けられるのでは？

- ◎大型望遠鏡でのスペックル法において基準はどうとるのか？
- ◎ブラックホール近くでは天空が暗くなるそうだが、ブラックホールの内側に入ると明るくなるのか？
- ◎もしも光よりも速い物体があったとして、それがブラックホールに向かって突っ込んでいったらどうなるのだろうか？
- ◎X線もブラックホールに吸い込まれてしまうはずなのに、なぜX線でブラックホール観測ができるのですか？
- ◎その他

11. 修了証の授与。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。

(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、外書購読用の英語の教科書などを(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。英語で書かれたブラックホールの参考書についても、「もしかして読めないかな？」などと一生懸命読もうとしている姿は、(英語は苦手といいつつも)科学に真剣に取り組もうとする姿のあらわれのようにも思えた。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った。
- 実習・実演的内容を含めた方が効果的という意見を(事務方から)いただき、生徒が主体的に参加できる方策を検討してみた。今年は天気が良かったため、校舎屋上での太陽観測実習に切り替えた。太陽を裸眼で観ると危険であるため安全管理に配慮しつつ、「太陽投影法」(太陽の像を専用の投影版に投射して観察する)にて観察させた。始めて「太陽黒点」を観る生徒も少なくなく、本などで見るでなしに自分の目で実際に観察できたことに感動していた。太陽黒点が意外と複雑な構造を持っていること、地球の自転により太陽像がどんどん移動していくことなどに気がついて、発見する喜びも感じているようだった。多くの生徒が携帯電話のカメラ機能で太陽黒点像を撮影していた(関心の高さが伺える)。実は黒点観測(実験)は、ブラックホール(講義)よりもインパクトがあった?かもしれない。

(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した。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、単なるお話しレベルに留めず、定量的理解のレベルにまで引き上げようと考えている。

- 課題としては、やはり、「曲がった時空の概念」を、いかに伝えるかにある。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て、「実施協力者」が当初の計画よりも増えてしまった。しかし実施してみると、高校生側からは「大学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けど、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。

【実施協力者】 10 名

【事務担当者】

服部 康雄(学系運営課研究連携室長)