

보도자료

<http://www.snu.ac.kr>

국제엠바고를 준수하여 주시기 바랍니다
2019. 6. 11.(화) 오전 1시(한국시간)부터 보도하여 주시기 바랍니다.

문의 : 물리천문학부 우종학 교수(02-880-4231)
연구책임자 우종학 교수(02-880-4231) / 제1저자, 교신저자
연구진 조호진 연구원 / 제2저자

은하중심의 중간질량 블랙홀 최초로 발견

- 빛의 메아리 효과를 이용하여 태양 10,000배의 블랙홀 질량 측정

□ 내용 1

- 블랙홀의 기원에 중요한 단서가 되는 중간질량 블랙홀을 최초로 확인한 연구결과가 나왔다. 서울대학교 우종학 교수 연구팀은 1천4백만 광년 떨어진 왜소은하 NGC 4395 중심의 블랙홀 질량을 연구한 결과가 Nature Astronomy에 6월 10일자(영국 시간 기준, 한국시간 기준으로는 6월 11일 오전 01시)로 온라인 출판될 예정이라고 말했다. 은하 중심에 존재하는 블랙홀들은 태양보다 백만 배 이상 무거운 거대질량 블랙홀로 불리지만, 이번 연구는 그보다 백배 이상 가벼운 중간질량 블랙홀을 왜소은하 중심에서 찾아낸 결과다. 블랙홀의 기원은 블랙홀 연구의 주요한 과제로 남아 있으며, 중간질량 블랙홀의 존재를 확인한 이번 연구결과는 우주초기에 형성된 블랙홀 씨앗을 이해하기 위한 중요한 단서가 된다.
- 중간질량 블랙홀의 존재에 관해서 오랫동안 논란이 있었다. 블랙홀의 기원은 태양의 수십 배 가량되는 별블랙홀(stellar black hole)에서 시작되었다고 보는 ‘가벼운 씨앗(light seed)’ 시나리오와 거대한 가스구름에서 시작되었다는 ‘무거운 씨앗(heavy seed)’ 시나리오가 경쟁하고 있다. 이번 연구로 확인된 왜소은하 중심의 중간질량 블랙홀은 만일 무거운 씨앗에서 기원했다면 거의 성장하지 않고 초기우주의 원시 블랙홀의 흔적을 갖고 있을 것으로 기대된다.

□ 내용 2

- 은하와 블랙홀은 서로 상호작용하며 공동진화하는 것으로 추정되고 있으나 천문학자들은 블랙홀이 은하의 진화과정에 구체적으로 어떤 영향을 주었는지 밝히기 위한 증거들은 여전히 찾는 중이다. 이번 연구는 중간질량 블랙홀의 경우도 은하와 상관관계를 보이며 은하진화에 블랙홀의 역할이 그다지 필요하지 않다는 반증을 제시하고 있다.

- 블랙홀은 질량이 작을수록 발견하기 어렵다. 블랙홀의 중력이 미치는 공간이 작아서 지구에서 관측하기가 더 어렵기 때문이다. 이번 연구는 빛의 메아리 효과를 이용한 획기적인 방법으로 블랙홀 질량을 측정하였다. 블랙홀에서 광속으로 80분 거리에 있는 가스에서 방출되는 빛이 지구에 80분 늦게 도착하는 메아리 효과를 측정하여 블랙홀 질량을 도출하였다. 연구팀은 한국천문연구원, 국제공동운영하고 있는 구경 8.1m 제미니 천문대와 한국천문연구원의 구경 1m 레몬산 천문대, 미시간 대학의 천문대를 비롯한 전세계 20 여개 천문대를 함께 사용하여 2017년과 2018년 봄에 모니터링 캠페인을 벌였으며, 관측에 성공한 망원경의 자료들을 통해 빛의 메아리 효과를 측정하였다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명
4. 연구진 이력사항 5. 추가 자료 (Gemini Observatory Press Release)

1. 연구논문 첨부

연구 결과

10,000 solar mass black hole in a bulgeless dwarf galaxy

Jong-Hak Woo¹, Hojin Cho¹, Elena Gallo², Edmund Hodges-Kluck^{2,3,4},

Hyun Anh Le^{1,5}, Jaejin Shin¹, Donghoon Son¹, & John C. Horst⁶

(*Nature Astronomy* 온라인 출판 예정 6월 10일 16시 영국시간 기준, 6월 11일 오전
1시 한국시간 기준)

최근 블랙홀 그림자가 측정된 M87 은하 중심의 블랙홀처럼 은하들의 중심에는 거대질량 블랙홀(태양질량의 백만 배에서 수십 억 배 사이)이 존재한다고 알려져 있다. 측정된 블랙홀과 은하의 질량은 약 1:1000으로 비례하기 때문에 블랙홀과 은하는 서로 상호작용하며 공동진화한다고 추정된다. 반면 블랙홀 질량이 매우 작으면 중력이 미치는 공간도 작아서, 블랙홀의 중력에 의해 빠르게 회전하는 가스나 별의 운동을 측정하기 어렵다. 이런 한계 때문에 태양질량 백만 배 보다 작은 중간질량 블랙홀의 존재는 입증되지 않았으며 많은 논란을 불러왔다.

블랙홀 그림자를 둘러싸는 강착원반에서 나오는 빛은 주변에서 빠르게 회전하는 가스를 이온화시켜 수소선과 같은 방출선을 나오게 한다. 강착원반에서 나오는 빛에 비해 방출선 영역에서 나오는 빛은 두 영역 사이의 거리만큼 지구에 늦게 도착한다. 강착원반의 밝기의 변화는 방출선의 밝기의 변화를 만들고 마치 메아리처럼 지구에 늦게 도착한다. 빛의 메아리 효과 측정은 강착원반과 방출선 영역을 지속적으로 모니터링하여 광도변화의 시간차를 재는 방법이다.

이번 연구는 질량이 작은 왜소은하 NGC 4395 의 중심에 중간질량 블랙홀의 후보로 여겨진 블랙홀을 관측하여 메아리 효과를 80분으로 측정하였으며 가스의 속도 (초속 426킬로미터)와 더불어 블랙홀 질량을 태양질량의 만 배로 측정하였다.

용 어 설 명

1. 거대질량 블랙홀: 은하 중심에 위치하고 있으며 태양질량의 백만 배에서 수십 억 배 사이의 해당하는 거대한 질량을 갖고 있다.
2. 중간질량 블랙홀: 태양보다 1,000 ~ 100,000배 무거운 질량을 갖는 블랙홀. 별 블랙홀(태양질량의 수십 배)과 거대질량 블랙홀 사이에 해당되는 질량을 갖는 중간질량 블랙홀이 존재하는가에 대한 논란이 계속되어 왔다. 이번 연구는 은하 중심에 중간질량 블랙홀이 존재한다는 사실을 확인한 결과이다.
3. 강착원반: 가스가 블랙홀로 유입되기 전에 빠르게 회전하며 블랙홀 주변에 만드는 원반 형태의 구조
4. 연속선: 강착원반에서 방출되는 빛 (자외선 및 가시광선)
5. 방출선 영역: 블랙홀의 중력 때문에 빠르게 회전하는 가스 구름. 강착원반의 빛을 받아 이온화된 가스는 특정한 파장의 방출선을 낸다.
6. 방출선: 방출선 영역에서 나오는 특정한 파장 대의 빛. 가령, 이번에 관측한 수소선 ($H\alpha$)은 656나노미터의 파장에서 방출된다.
7. 블랙홀 질량: 블랙홀(블랙홀의 강착원반)에서 방출선 영역까지 거리를 측정하고 방출선 영역의 수소 가스의 속도를 측정하여 블랙홀 질량을 결정한다. 가령, 태양의 경우, 태양에서 지구까지의 거리와 지구의 회전속도를 측정하면 태양의 질량을 측정할 수 있는 원리와 같다.
8. 시간차: 강착원반에서 나오는 빛(연속선)이 방출선 영역에 도달하여 방출선을 만들기 때문에, 지구에서 관측하면 연속선에 비해 방출선의 빛이 늦게 도착한다.
9. 메아리 효과: 마치 메아리가 시간차를 가지고 늦게 들리듯, 연속선이 강해지고 약해지는 변화에 비해 방출선이 강해지고 약해지는 변화가 시간차를 두고 늦게 관측된다.
10. 왜소은하: 질량이 작은 은하들이며 그 중에 일부는 중심에 중간질량 블랙

랙홀이 존재할 것으로 추정된다.

11. 제미니 천문대: 구경 8.1m 망원경 2기를 각각 미국 하와이 마우나케아와 칠레 세로파총에 설치하여 운영하고 있는 국제천문대. 한국천문연구원은 미국, 캐나다, 브라질, 아르헨티나, 칠레의 천문연구기관과 함께 제미니 천문대를 국제공동운영하고 있다.
12. 레몬산 천문대: 한국천문연구원이 2003년부터 미국 아리조나주 레몬산에 설치하여 운영하고 있는 구경 1m 망원경을 보유한 천문대.

그림 설명

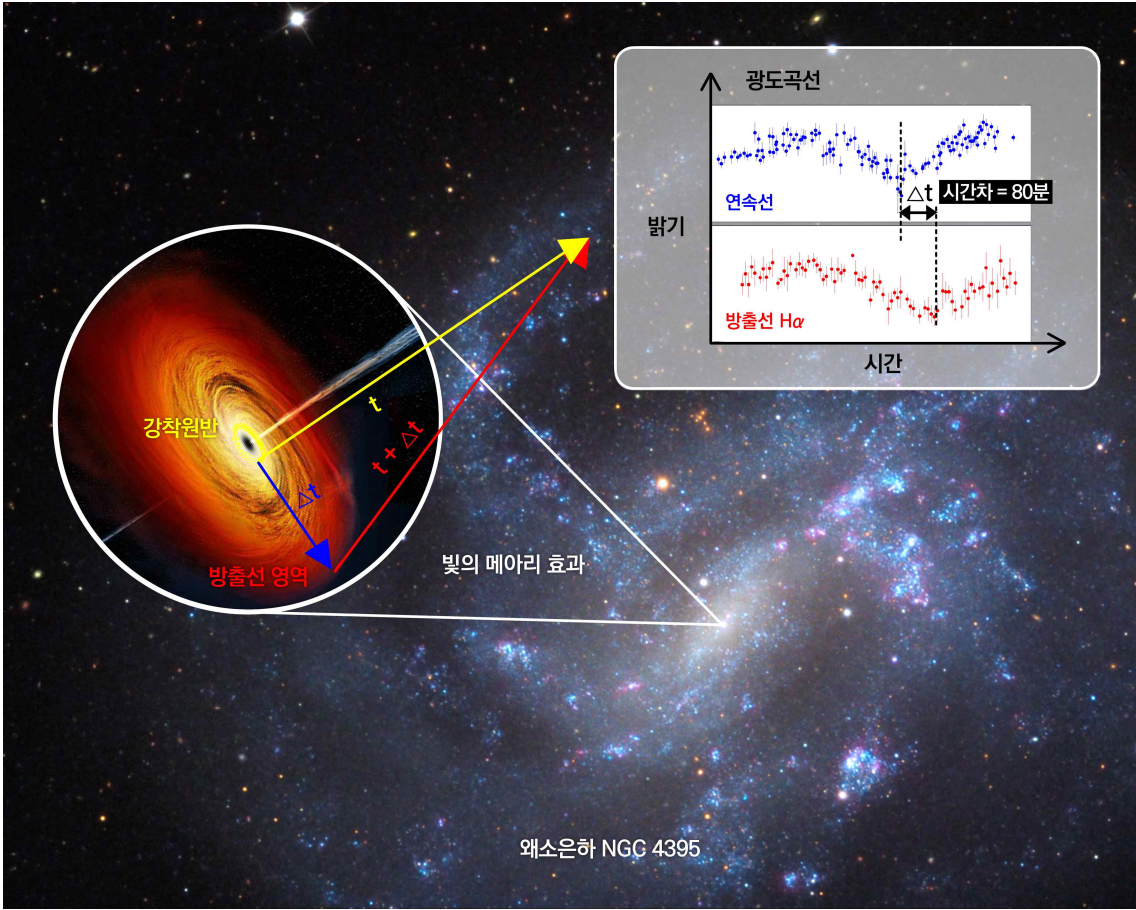


그림 1. 왜소은하 NGC 4395과 은하 중심의 블랙홀.
 강착원반에서 나오는 빛(연속선)과 방출선 영역에서 각각 나오는 빛(방출선)의 밝기를 시간에 따라 측정한 그래프 (오른쪽 위). 두 그래프가 보이는 밝기 변화의 시간차 (~80분)는 강착원반에서 방출선 영역까지 빛이 이동하는데 걸리는 시간을 나타낸다. 이 시간차가 방출선 영역의 크기를 알려준다. (빛의 속도로 80분 간 거리)

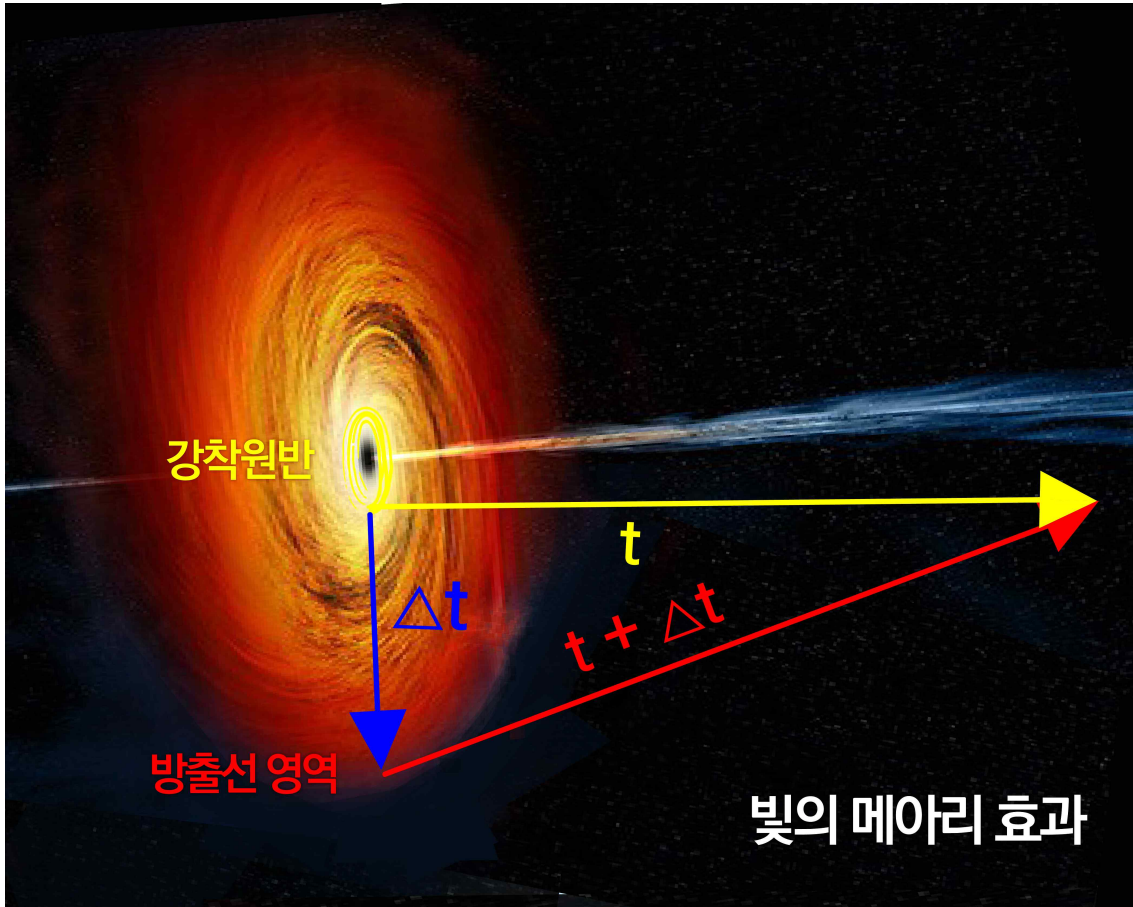


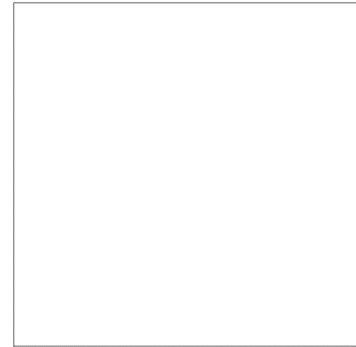
그림 2 빛의 메아리 효과

방출선 영역에서 나오는 빛(방출선)의 밝기 변화는 강착원반에서 나오는 빛(연속선)의 밝기 변화를 따라 변하며, 메아리처럼 시간차를 두고 늦게 관측된다. (강착원반에서 방출선 영역까지 빛이 이동하는데 걸리는 시간이 Δt 라고 하면, 방출선은 연속선에 비해 Δt 만큼 늦게 지구에 도착한다.) 즉 메아리 효과인 Δt 를 측정하면 강착원반에서 방출선 영역까지 거리를 구할 수 있다.

우종학 교수 (제1저자, 교신저자) 이력사항

1. 인적사항

- 소 속 : 서울대학교 물리·천문학부 교수
- 전 화 : 02-880-4231
- E-mail : woo@astro.snu.ac.kr



2. 학력

- 1999 - 2005 미국 예일대학교 박사

3. 경력사항

- 2005 - 2008 UC Santa Barbara 연구원
- 2008 - 2009 UCLA, 연구원
- 2013 - 2014 카네기 천문대, 방문 학자 (visiting scholar)
- 2009 - 현재 서울대학교 물리·천문학부 조교수, 부교수, 정교수

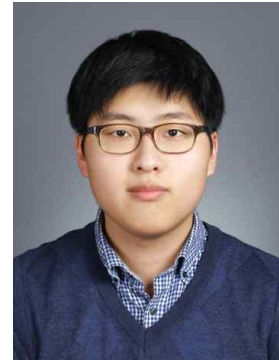
4. 기타 정보

- 허블펠로십 (2008)
- 청암 포스코 사이언스 펠로 (2013)
- 한국천문학회 학술상 (2017)

조호진 연구원(제2저자) 이력사항

1. 인적사항

- 소 속 : 서울대학교 물리·천문학부 석박사통합과정
- E-mail : hcho@astro.snu.ac.kr



2. 학력

- 2011 - 2017 서울대학교 학사

3. 경력사항

- 2012. 3 - 2013. 3 서울대학교 자연과학대학 학부생 연구인턴십
- 2015. 6 - 2015. 8 서울대학교 자연과학대학 학부생 연구인턴십
- 2018. 3 - 현재 한국연구재단 글로벌박사양성사업(Global Ph.D. Fellowship)

5. 추가자료

Gemini Observatory Press Release

For release at 11:00 am Eastern Time, 5:00 am Hawai'i Time on June 10, 2019

Gemini Focuses on a Mid-sized Galactic Black Hole

Electronic version of this release (and other institution's versions) available at:
www.gemini.edu/node/XXXX

Synopsis: An international team of researchers led by Korean astronomer Jong-Hak Woo obtained deep spectroscopy from Gemini, combined with light echo measurements from multiple observatories, to confirm a black hole "missing link."

A team of astronomers led by Korean astronomer Jong-Hak Woo of Seoul National University have found strong evidence for an elusive intermediate mass black hole at the core of a small (dwarf) galaxy. The groundbreaking work is published in the June 10th issue of *Nature Astronomy*.

Astronomers have long debated the existence of intermediate mass black holes with masses between those of individual giant stars and the supermassive black holes found at the cores of larger galaxies. Supermassive black holes can have masses with millions, or even billions, of solar masses.

The team used light echoes, or light that bounces off material surrounding the galaxy's nucleus, to make the determination. "Using hydrogen gas emission features, we have measured the shortest delay time for any echo ever observed in the light coming from the material falling into a black hole at the center of a galaxy," said Woo. "When we combine that with the deep spectroscopic observations from Gemini, our team determined that this black hole has a mass of about 10,000 times the mass of our Sun."

According to Woo, the Gemini observations were critical in determining the velocity of gases swirling around the black hole. "These velocities, which are over 400 kilometers per second, when combined with our light echo measurements, provide a solid basis for estimating the mass of the galaxy's central black hole," adds Woo.

To determine the black hole's mass, Woo and his team measured the velocity of gas clouds orbiting around the black hole (using the Gemini spectroscopic observations) and the distance of the gas clouds from the black hole (using the echo delay observations). Based on these two measurements (velocity and distance), the mass of the black hole can be calculated using the basic physics of Newton's Laws.

The galaxy targeted by the team is a dwarf galaxy and goes by the designation NGC 4395. Careful observations of the varying intensity of the light emitted from the center of the galaxy confirmed that the additional "travel time" for the echoes of the emissions from gasses swirling around the black hole is on the order of 80 minutes. This sets critical limits on the size of the black hole's influence and thus its mass.

At a distance of 14 million light years, the center of the dwarf galaxy NGC 4395 has been the subject of extensive studies in the past. The brightness of its nucleus signals the presence of an actively accreting black hole at its center but nailing down its mass has been difficult. "We believe we have nailed it this time," said Woo.

"Research of this sort is made possible by international collaborations and the US National Science Foundation strongly supports partnerships like the recent addition of Korea as a participant in the Gemini Observatory," said Chris Davis of the National Science Foundation. "Korea is emerging as a strong force in astronomy and this work is a glimpse of the future!"

In addition to the Gemini observations, which used the Gemini Multi-Object Spectrograph (GMOS) on the Gemini North telescope on Hawaii's Maunakea, multiple observatories provided the data used to measure the light echo delays. The light echo measurements utilized the MDM Hiltner 2.4-meter telescope, the 1-meter Lemmonsan Optical Astronomy Observatory (LOAO), and the 1-meter Mt. Laguna Observatory (MLO).

Science Contact:

Jong-Hak Woo
Professor
Physics and Astronomy
Seoul National University
Email: woo@astro.snu.ac.kr
Desk Phone: +82-2-880-4231
Cell Phone: +82-10-7125-4231

Media Contact:

Peter Michaud
Public Information and Outreach Manager
Gemini Observatory, Hilo Hawai'i
Email: pmichaud@gemini.edu
Desk Phone: (808) 974-2510
Cell Phone: (808) 936-6643

ABOUT THE GEMINI OBSERVATORY

The Gemini Observatory is a facility of the National Science Foundation (NSF-United States), the National Research Council (NRC-Canada), the Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT - Chile), the Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI - Brazil), the Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MCTIP - Argentina), and the Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI - Republic of Korea), operated under cooperative agreement by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc. (AURA).

The international Gemini collaboration provides access to two identical 8-meter telescopes. The Frederick C. Gillett Gemini telescope is located on Maunakea, Hawai'i (Gemini North) and the Gemini South telescope is on Cerro Pachón in central Chile; together the twin telescopes provide full coverage over both hemispheres of the sky. The telescopes incorporate technologies that allow large relatively thin mirrors, under active control, to collect and focus both visible and infrared radiation from space. The Observatory provides the astronomical communities in each of the five participating countries with state-of-the-art astronomical facilities that allocate observing time in proportion to each country's contribution. In addition to financial support, each country also contributes significant scientific and technical resources.