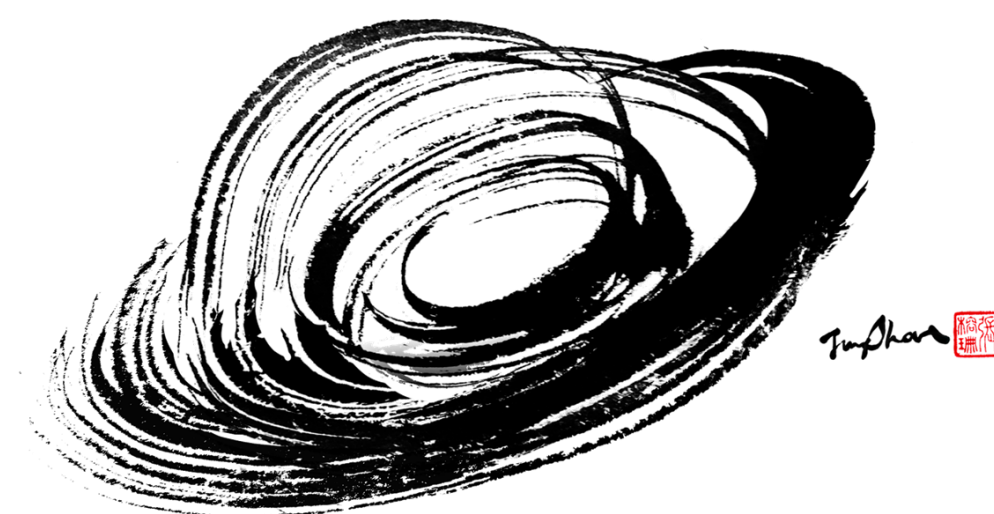


揭開黑洞的神秘面紗



淺田圭一 副研究員

Dr. Keiichi Asada

(中央研究院天文及天文物理研究所)



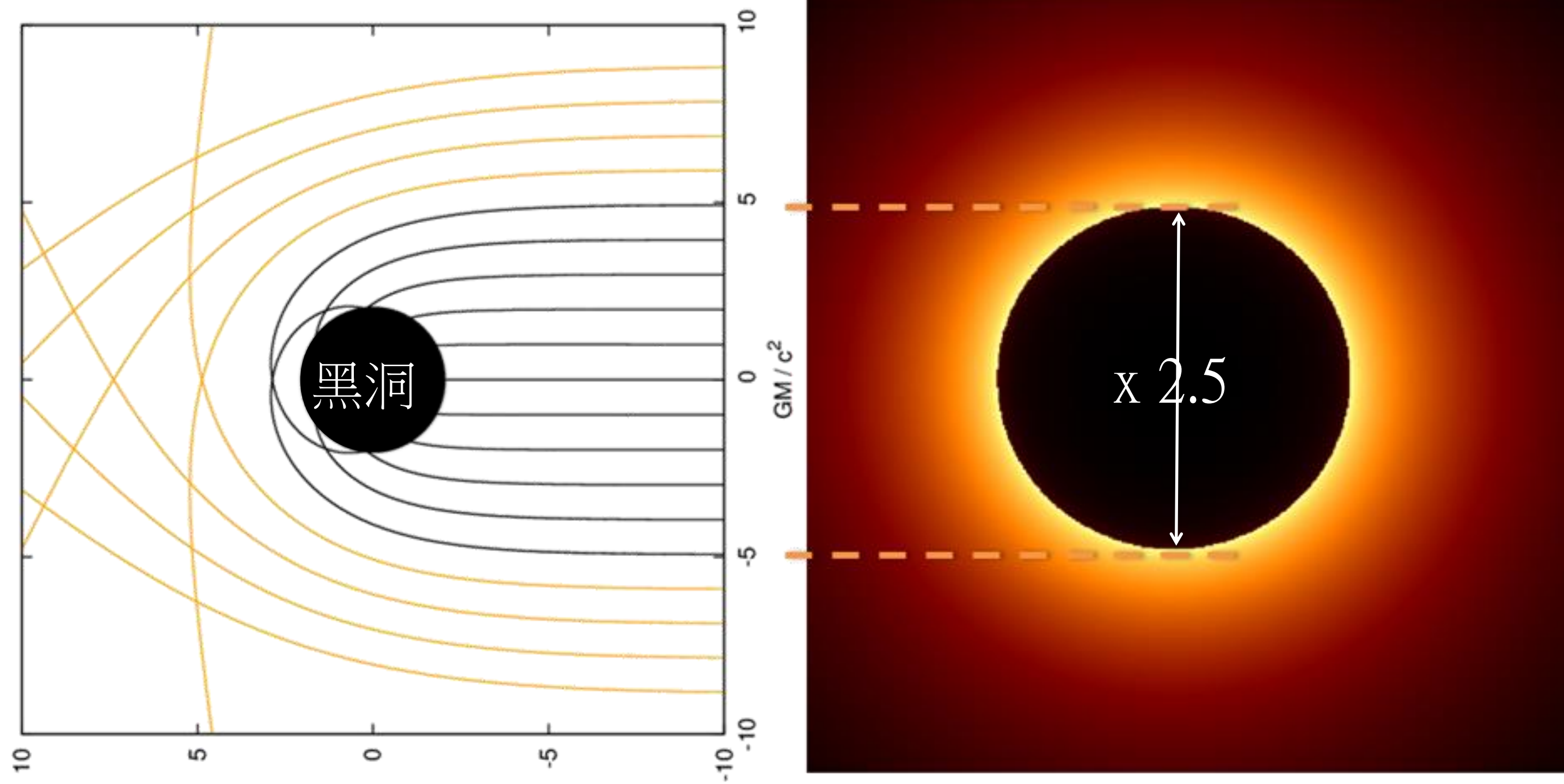
Event Horizon Telescope



中央研究院
Academia Sinica

黑洞與黑洞陰影

沒有任何的電磁波可以逃脫黑洞的重力場，因此我們無法直接觀測黑洞。
為了突破這個限制，我們試著去觀測黑洞附近的物質在高速繞著黑洞運動下發出的電磁波，讓黑洞本身像是陰影一樣呈現出來。



卜弘毅博士提供
(前中研院天文所成員，
現任職於圓周理論物理研究所)



Event Horizon Telescope



M 87

距離我們最近的活躍星系之一

距離地球五千五百萬光年

科學家推論在M87的中心有一個超大質量的黑洞

質量大約是在 62 億到 35億個太陽質量之間

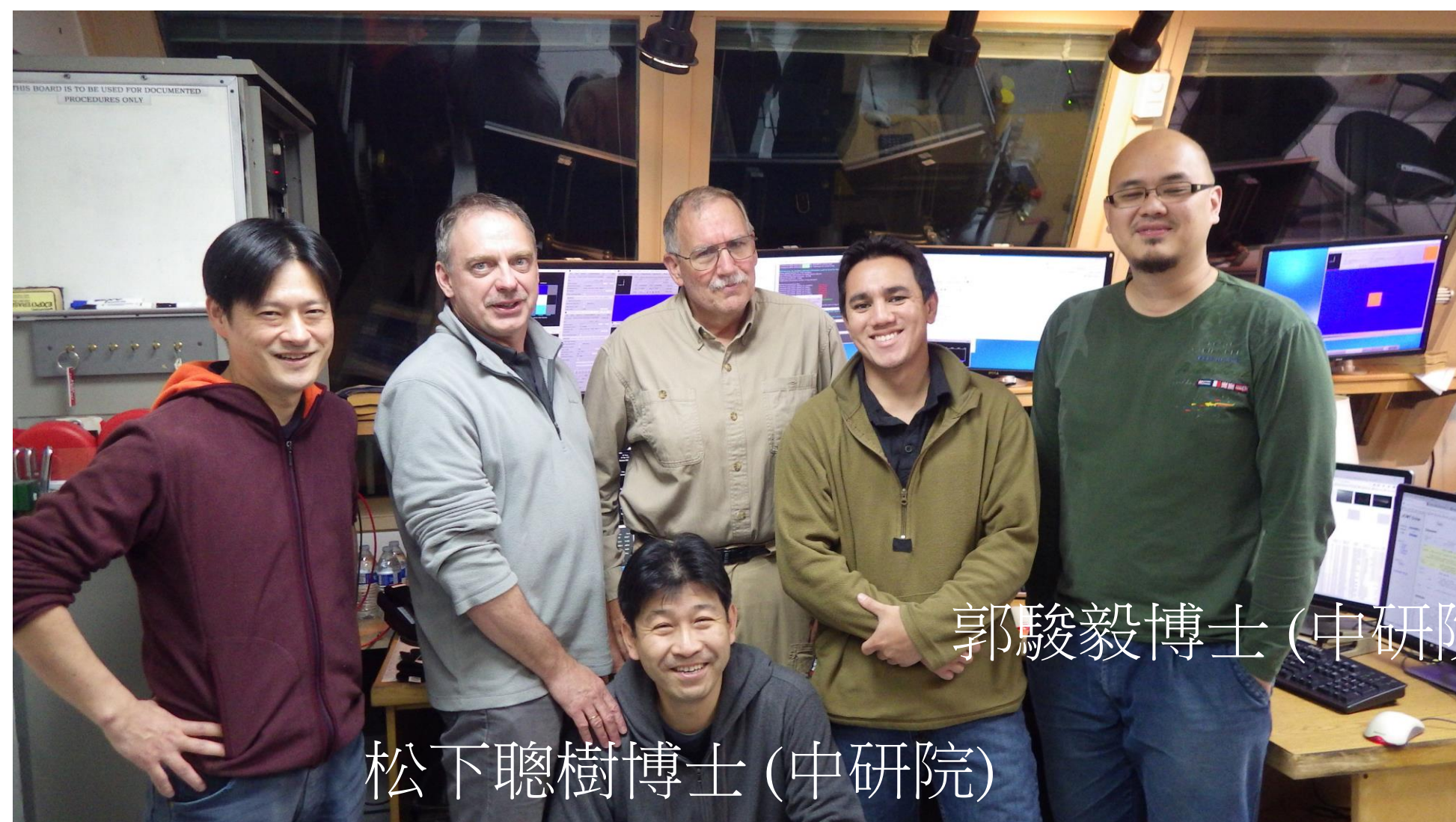
這個黑洞的大小大約就像在月球上的一個棒球一樣大

事件視界望遠鏡在2017年進行觀測

觀測時間

2017年四月5, 6, 10, 11日

我們動用了中研院天文所的
ALMA/JCMT/SMA 三座望遠鏡



郭駿毅博士 (中研院)

松下聰樹博士 (中研院)

在 JCMT 的觀測團隊

Event Horizon Telescope (EHT)

A Global Network of Radio Telescopes

2017 OBSERVATIONS

- ALMA Atacama Large Millimeter/submillimeter Array CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE ★
- APEX Atacama Pathfinder EXperiment CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE
- 30-M IRAM 30-M Telescope PICO VELETA, SPAIN
- JCMT James Clerk Maxwell Telescope MAUNAKEA, HAWAII ★
- LMT Large Millimeter Telescope SIERRA NEGRA, MEXICO
- SMA Submillimeter Array MAUNAKEA, HAWAII ★
- SMT Submillimeter Telescope MOUNT GRAHAM, ARIZONA
- SPT South Pole Telescope SOUTH POLE STATION

利用在全球不同地方的電波望遠鏡，我們才可以看到M87的黑洞



Event Horizon Telescope



2017 年 4 月 11 日



2017 年 4 月 11 日



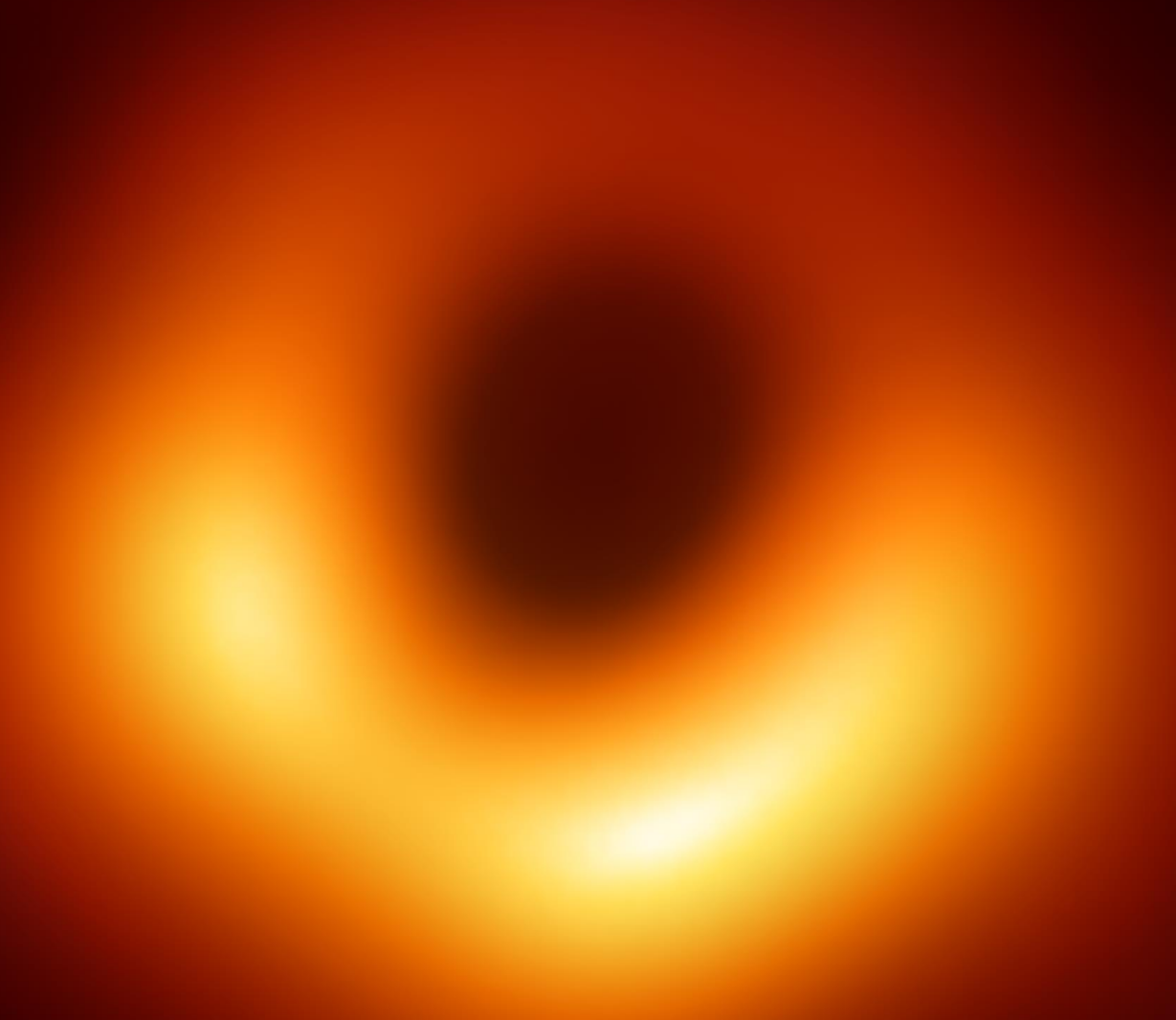
觀測到的黑洞陰影

1. 宛如新月的結構
2. 中央部分是黑暗的

人類歷史上首次得到的黑洞成像

2017年4月11日

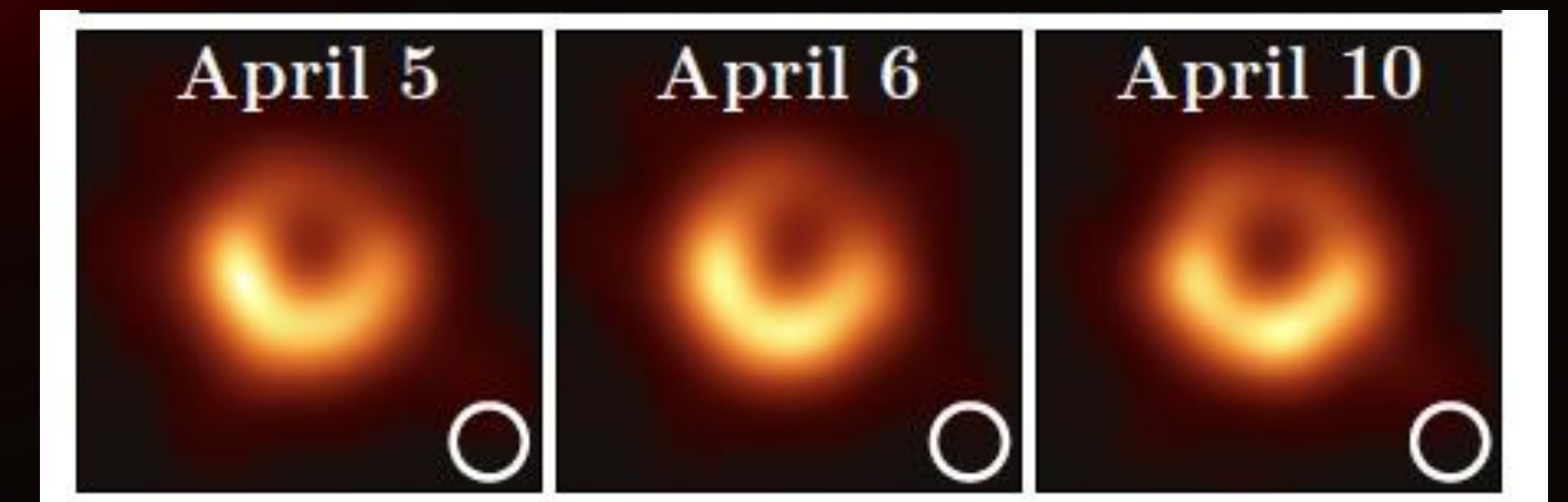
42 μ as
←————→



觀測到的黑洞陰影

1. 宛如新月的結構
2. 中央部分是黑暗的

七天觀測期間皆得到一致的影像



42 μ as

小山博士領導的影像處理團隊



郭駿毅(中研院)



羅文斌(中研院, 台大)

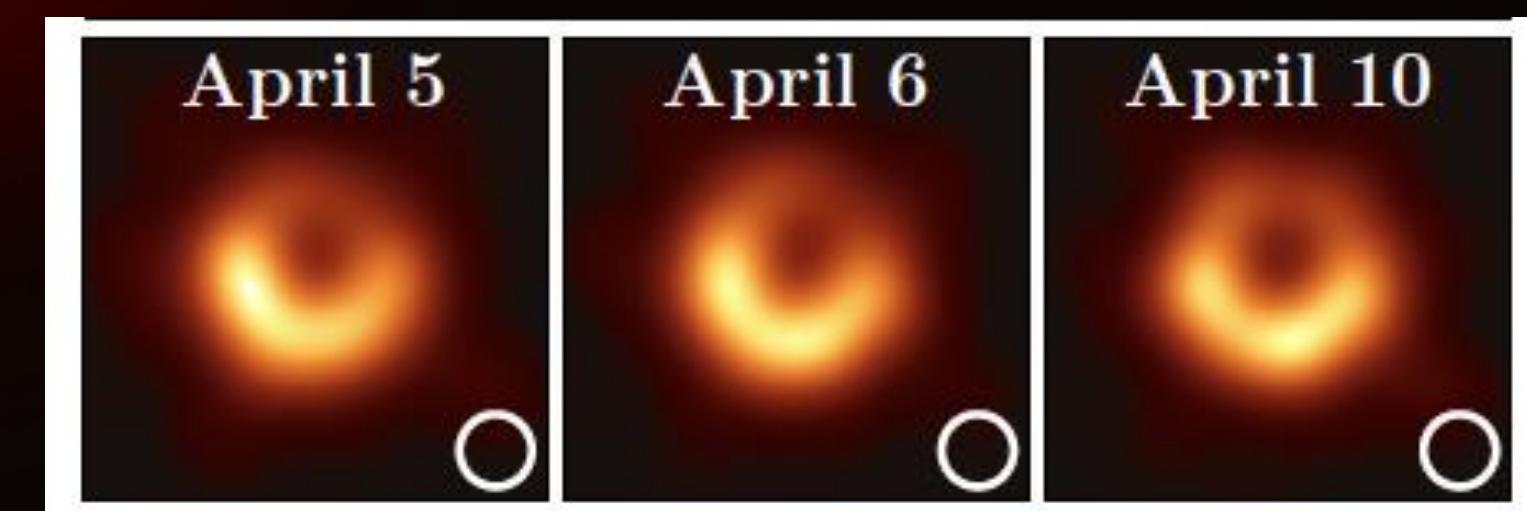
小山翔子(中研院)

淺田圭一(中研院)

觀測到的黑洞陰影

1. 宛如新月的結構
2. 中央部分是黑暗的

七天觀測期間皆得到一致的影像



科學上的重要性

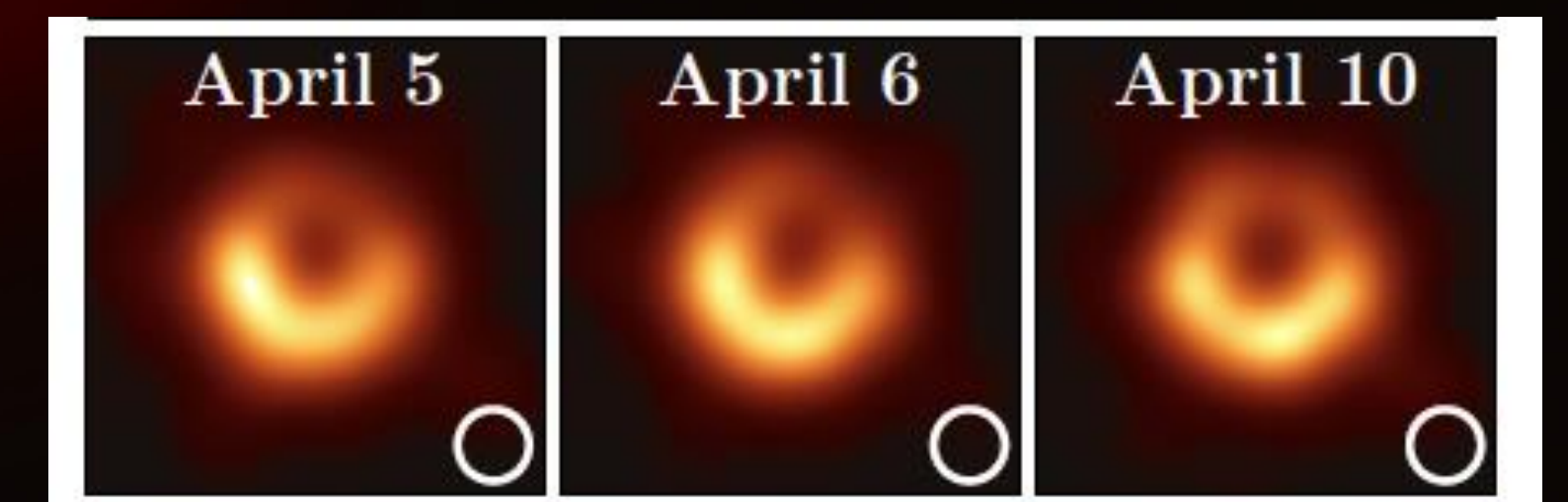
2017 年 4 月 11 日

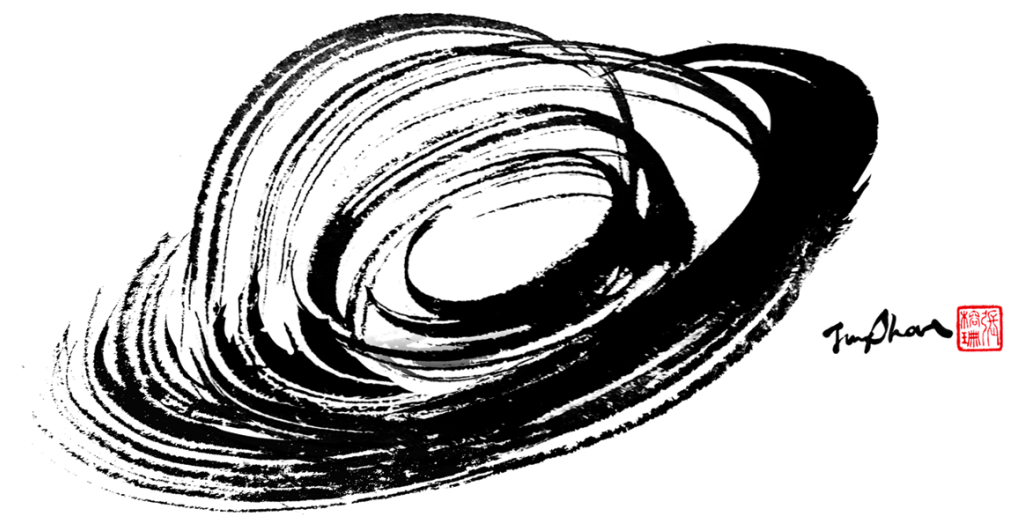
1. 揭開活躍星系中心的超大質量黑洞的神祕面紗
2. 探索極限條件下重力理論的新工具
3. 研究黑洞相關天文物理的先鋒

觀測到的黑洞陰影

1. 宛如新月的結構
2. 中央部分是黑暗的

七天觀測期間皆得到一致的影像





探究EHT2017所觀測到的非對稱環

中村雅德 (中央研究院天文及天文物理研究所)

Dr. Masanori Nakamura (ASIAA)

04/10/2019 台北



Event Horizon Telescope

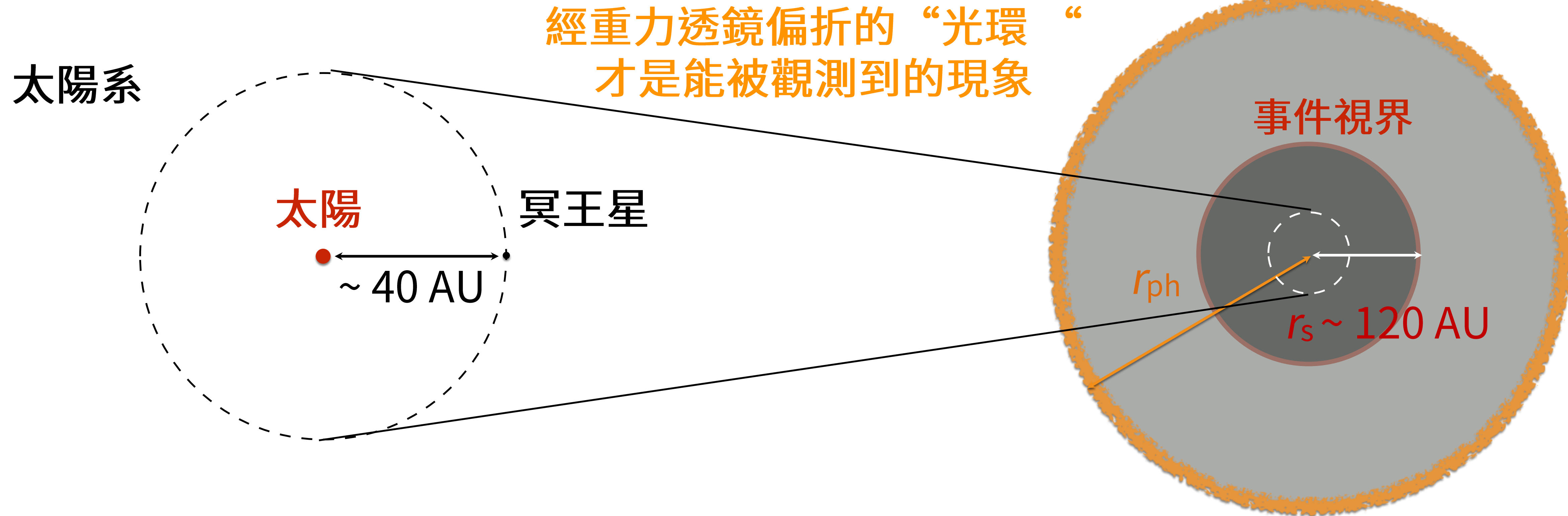


中央研究院
Academia Sinica

M87星系中的超大質量黑洞

- 1天文單位(AU): 太陽到地球的平均距離~ 1億5千萬公里

觀測黑洞，
其實是看到“闇影”

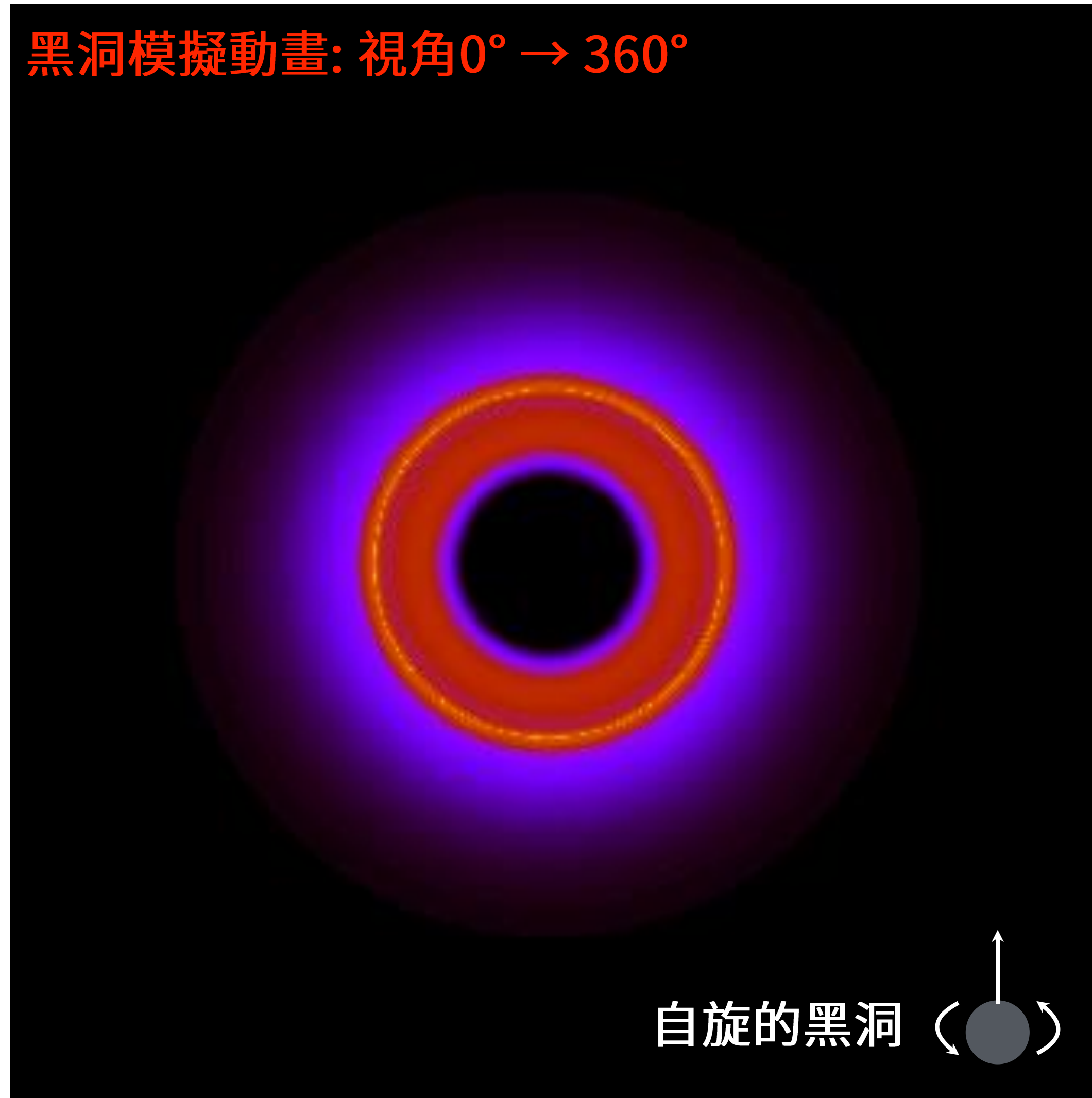


- 觀測所量到的大小(黑洞闇影): $r_{ph} \sim 2.5 r_s$ (Hilbert 1917) $\sim 300 \text{ AU}$



黑洞闇影的外觀

黑洞模擬動畫: 視角 $0^\circ \rightarrow 360^\circ$



- 黑洞闇影是中央暗部，外層圍繞著光環，吸積盤/流，噴流
- 當我們和黑洞之間得視角改變時，黑洞闇影的外觀形態也隨之改變

圖像提供: 卜宏毅 (前中研院天文所成員，現任職於圓周理論物理研究所)

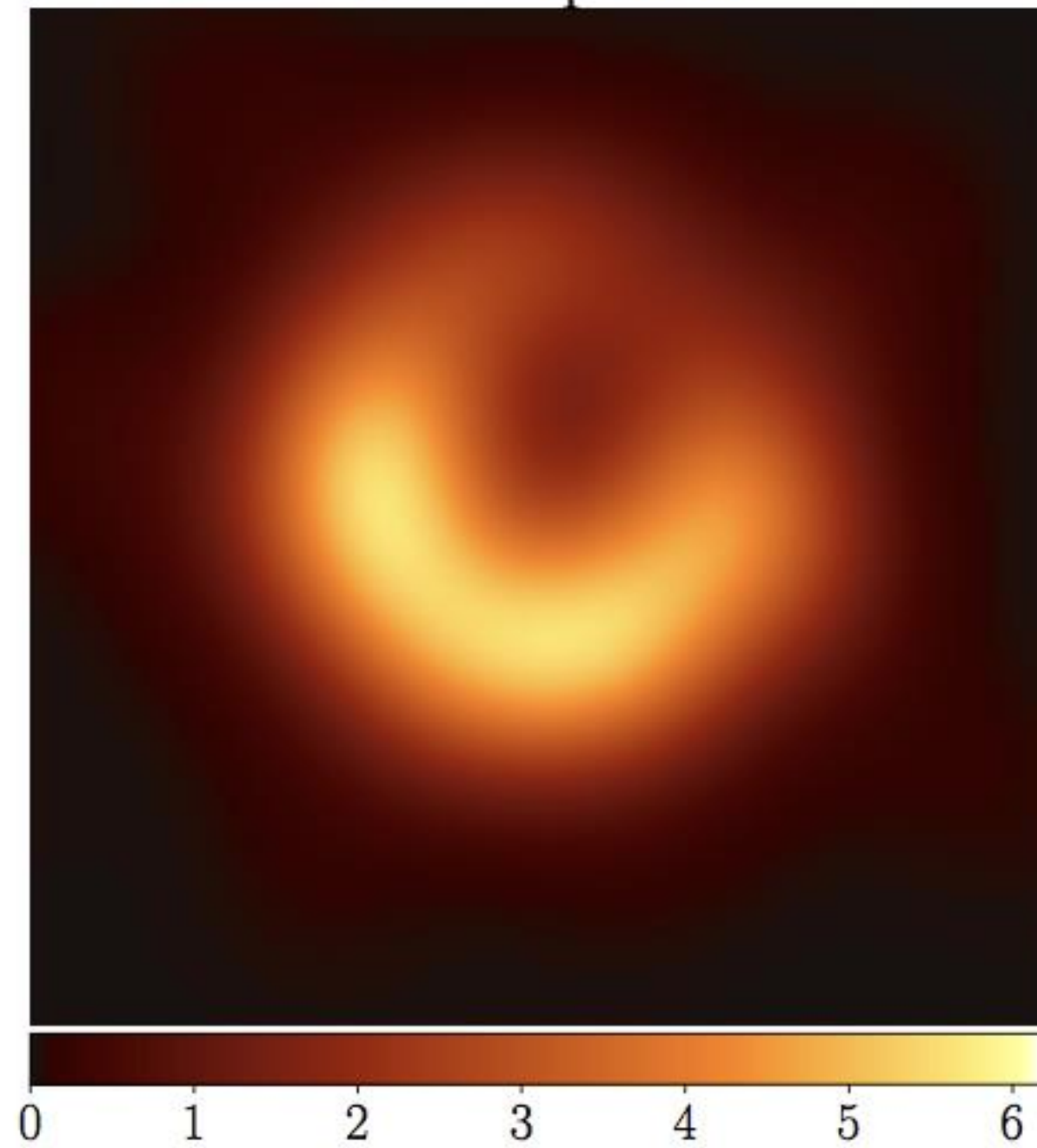


Event Horizon Telescope

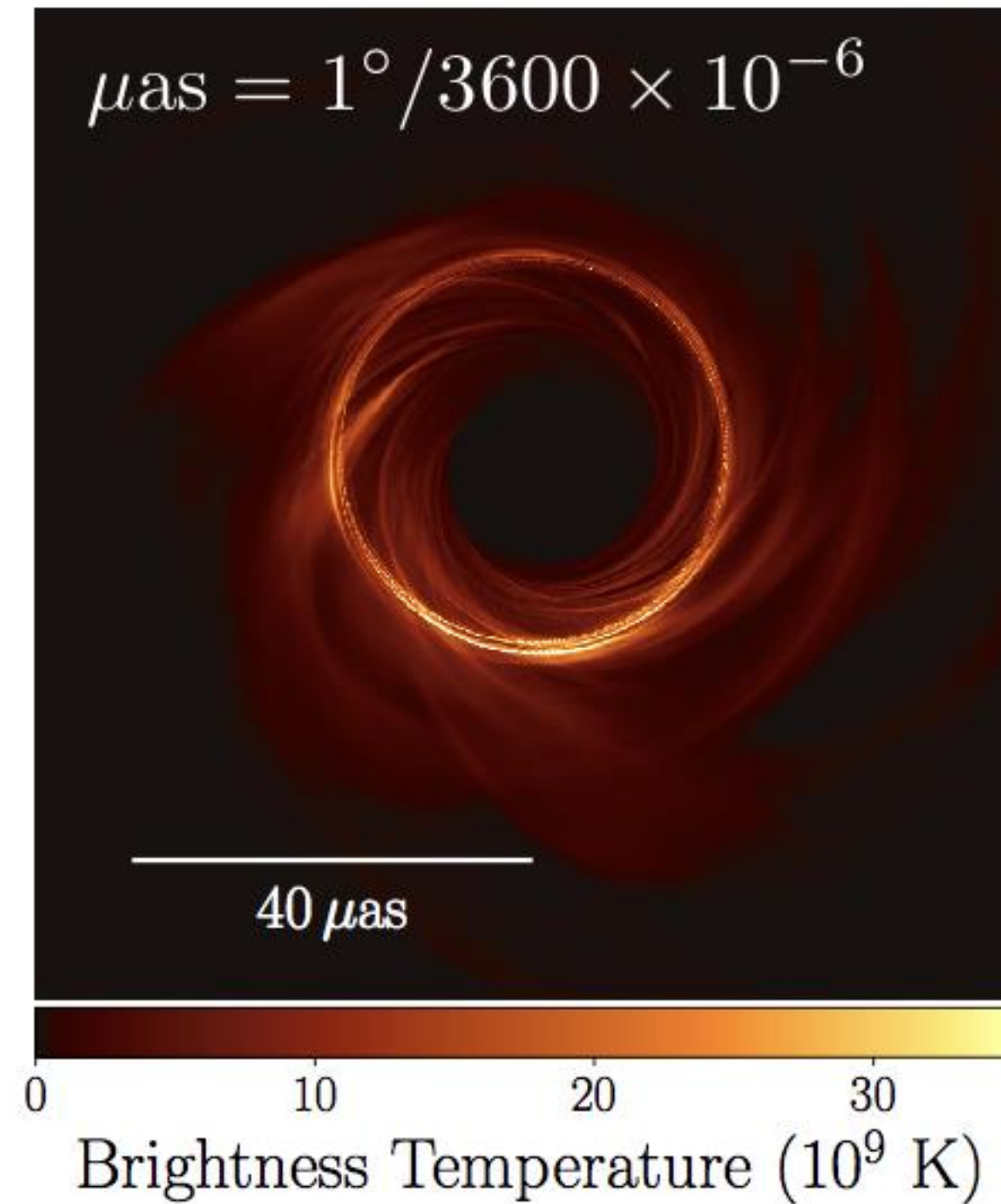


觀測結果與理論模型比較

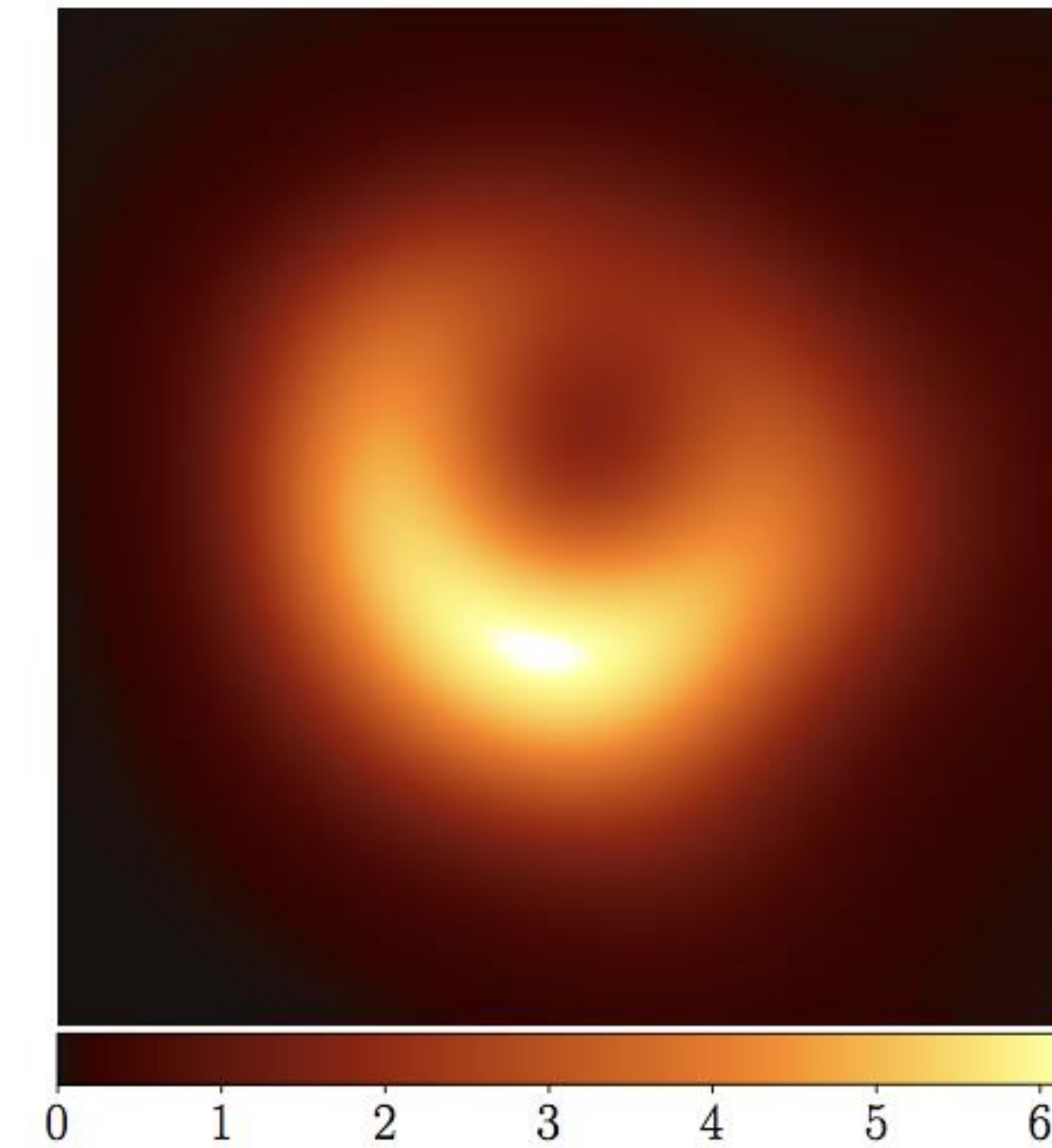
M87 April 6



理論模型圖像



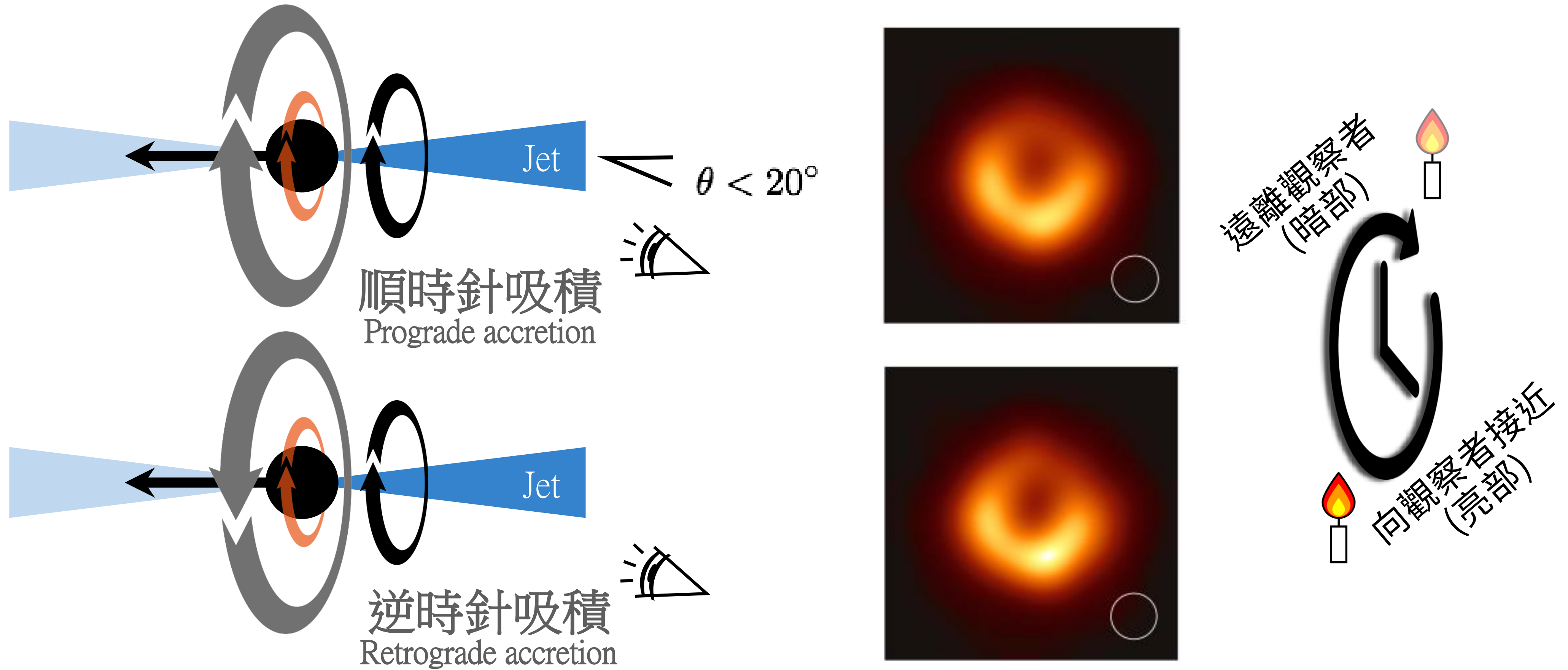
以EHT觀測模型圖像的結果



- 不同的模型都得到非常近似的影像(僅受黑洞性質影響)
- 台灣團隊領導M87的研究，包括提出觀測計畫、資料成像處理、模型電腦模擬



黑洞自旋的方向



- 不論氣體原來如何被吸積，接近黑洞時光環永遠順著黑洞的自轉方向旋轉（“順時針”）
- M87 黑洞自旋軸指向遠離地球的方向 (視傾角 $<20^\circ$)

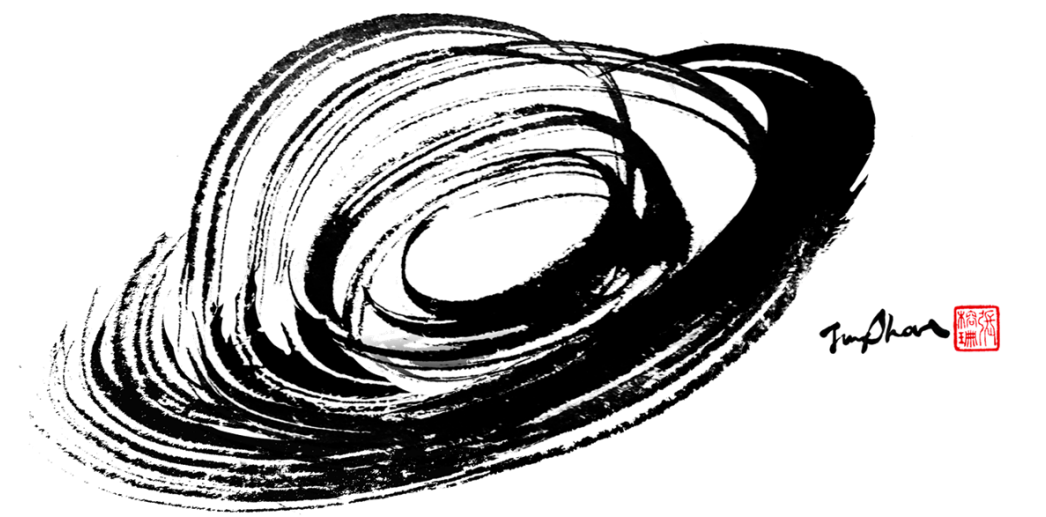


總結

- EHT2017結果顯示M87黑洞影像中央區的亮度比周圍暗了至少十倍
(證實觀測到黑洞闇影)
- 觀測資料使用多種不同的校正技術和成像方法，都會得到非對稱環
(證明結果並非人為瑕疵所造成)
- 整體而言觀測到的影像，與廣義相對論所預期之旋轉黑洞產生的闇影相符
- 闇影是光在事件視界周圍被捕捉並被重力偏折所造成
- 今天發表的結果強烈支持M87星系中心有旋轉的超大質量黑洞存在



未來的展望：格陵蘭望遠鏡



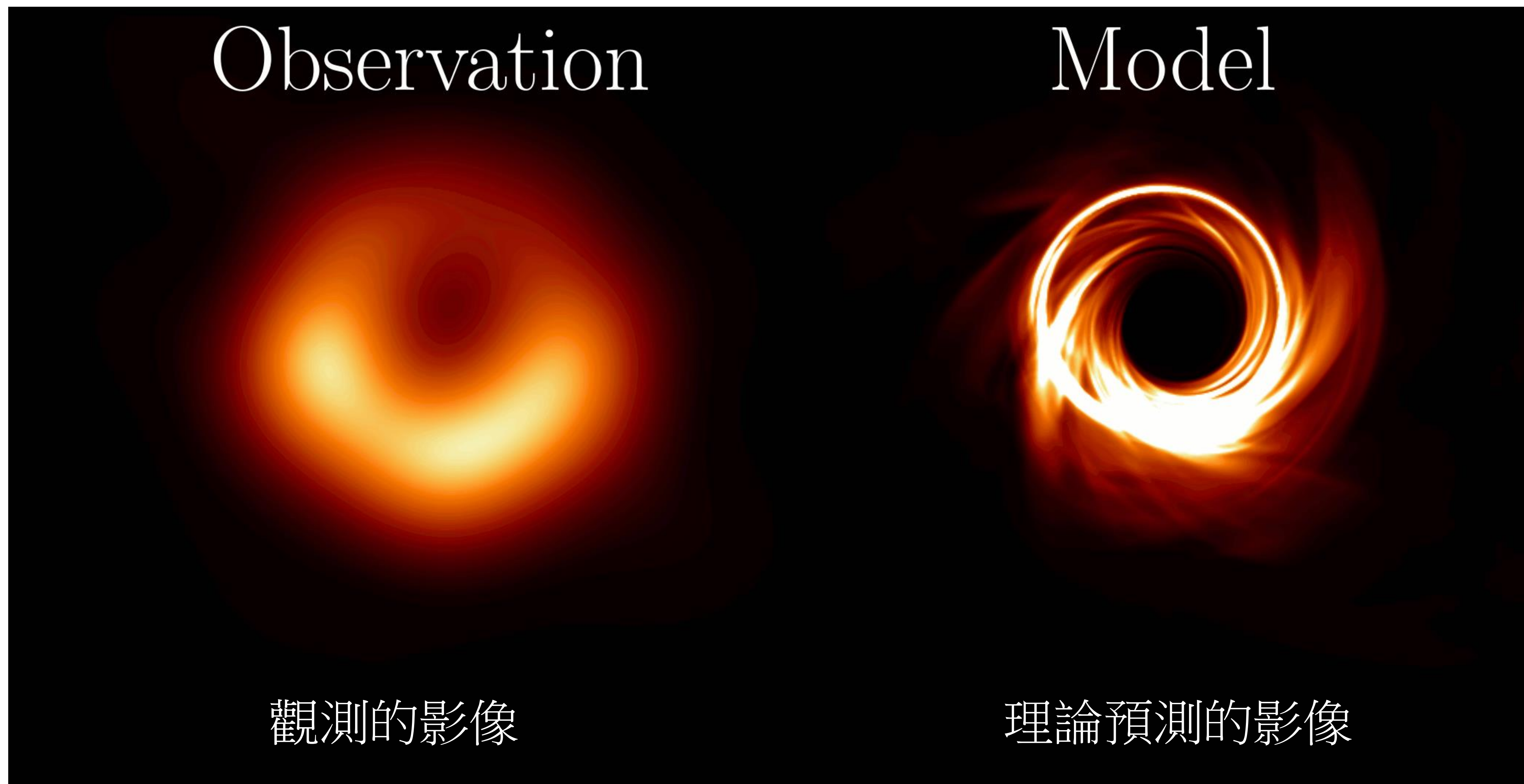
淺田圭一 副研究員

Dr. Keiichi Asada

(中央研究院天文及天文物理研究所)



Event Horizon Telescope



從 2017 年的觀測我們學到了

我們確認可以得到M87的黑洞影像

-> 開啟研究黑洞物理的新方向

長基線觀測沒有看到影像隨時間的變化

-> 長基線觀測對相對論的特徵較有利

南北向的結構不對稱

-> 與黑洞自轉的方向有關

格陵蘭望遠鏡



Picture: Nimesh A. Patel

2017 十一月 完成硬體設備

2018 一月 VLBI測試觀測

2018 四月 參與EHT的觀測



Event Horizon Telescope

Event Horizon Telescope (EHT)

A Global Network of Radio Telescopes



2018 Observatories

- ALMA  Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE ★
- APEX  Atacama Pathfinder EXperiment
CHAJNANTOR PLATEAU, CHILE
- 30-M  IRAM 30-M Telescope
PICO VELETA, SPAIN
- JCMT  James Clerk Maxwell Telescope
MAUNAKEA, HAWAII ★
- LMT  Large Millimeter Telescope
SIERRA NEGRA, MEXICO
- SMA  Submillimeter Array
MAUNAKEA, HAWAII ★
- SMT  Submillimeter Telescope
MOUNT GRAHAM, ARIZONA
- SPT  South Pole Telescope
SOUTH POLE STATION
- GLT  The Greenland Telescope
THULE AIR BASE, GREENLAND, DENMARK ★
- Kitt Peak  Kitt Peak 12-meter Telescope
KITT PEAK, ARIZONA, USA
- NOEMA  NOEMA Observatory
PLATEAU DE BURE, FRANCE

Observing in 2020

格陵蘭望遠鏡



2017 十一月 完成硬體設備

2018 一月 VLBI測試觀測

2018 四月 參與EHT的觀測

2020 春天 EHT 2020觀測



Event Horizon Telescope

Event Horizon Telescope (EHT)

A Global Network of Radio Telescopes



EHT2020之後：格陵蘭望遠鏡第二期

為了得到更高的影像解析度，我們必須在較短波長的波段進行觀測。

觀測波長從 1.3 mm 縮短至 0.8, 0.4 mm (十倍的解析度)

望遠鏡的位置對短波長的觀測很重要

乾冷，高海拔環境
High altitude (> 3,000m)



圖勒：
海拔：70 公尺
均溫 ~ -30°C

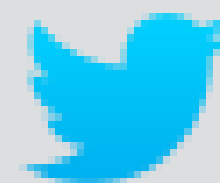


格陵蘭頂峰：
海拔 3280 m
均溫 -50 °C

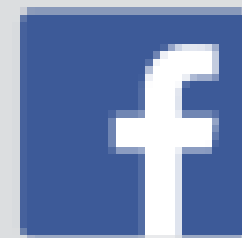
Follow updates online:



<https://eventhorizontelescope.org>



<https://twitter.com/ehtelelescope>



<https://www.facebook.com/ehtelelescope>

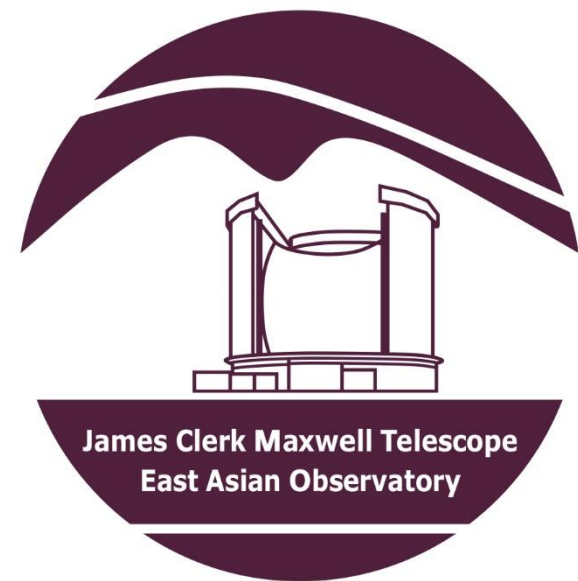


Event Horizon Telescope

EHT 董事會成員單位



Max-Planck-Institut
für Radioastronomie



Large Millimeter Telescope Alfonso Serrano



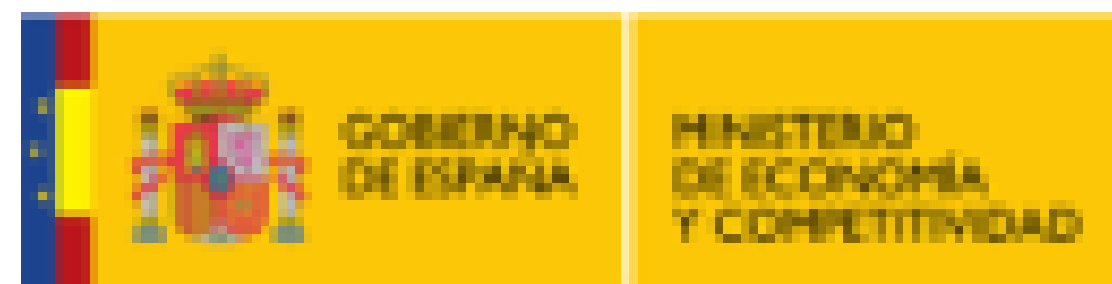
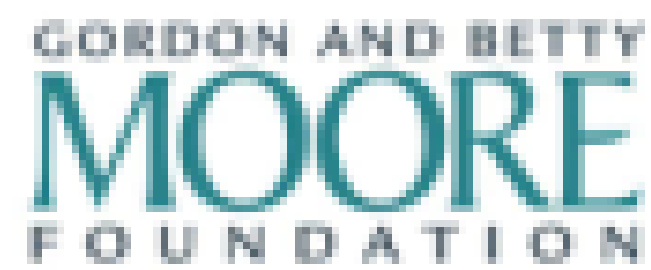
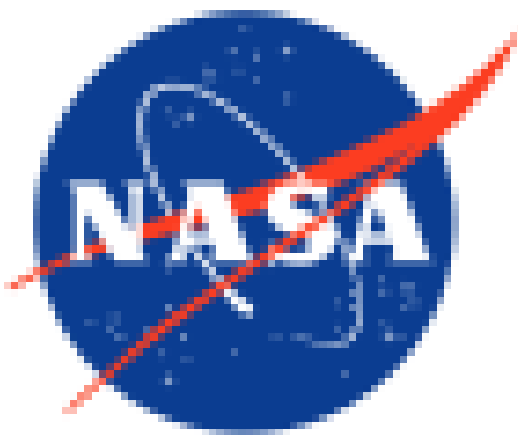
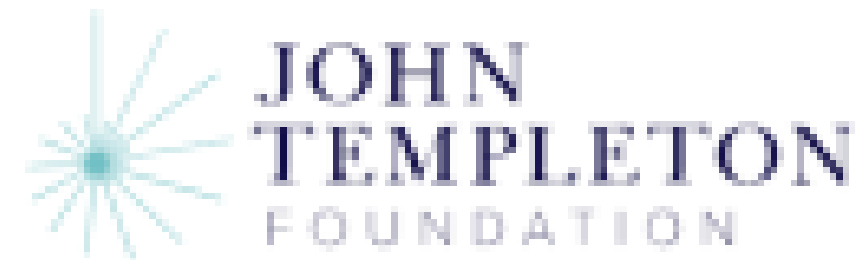
Radboud University



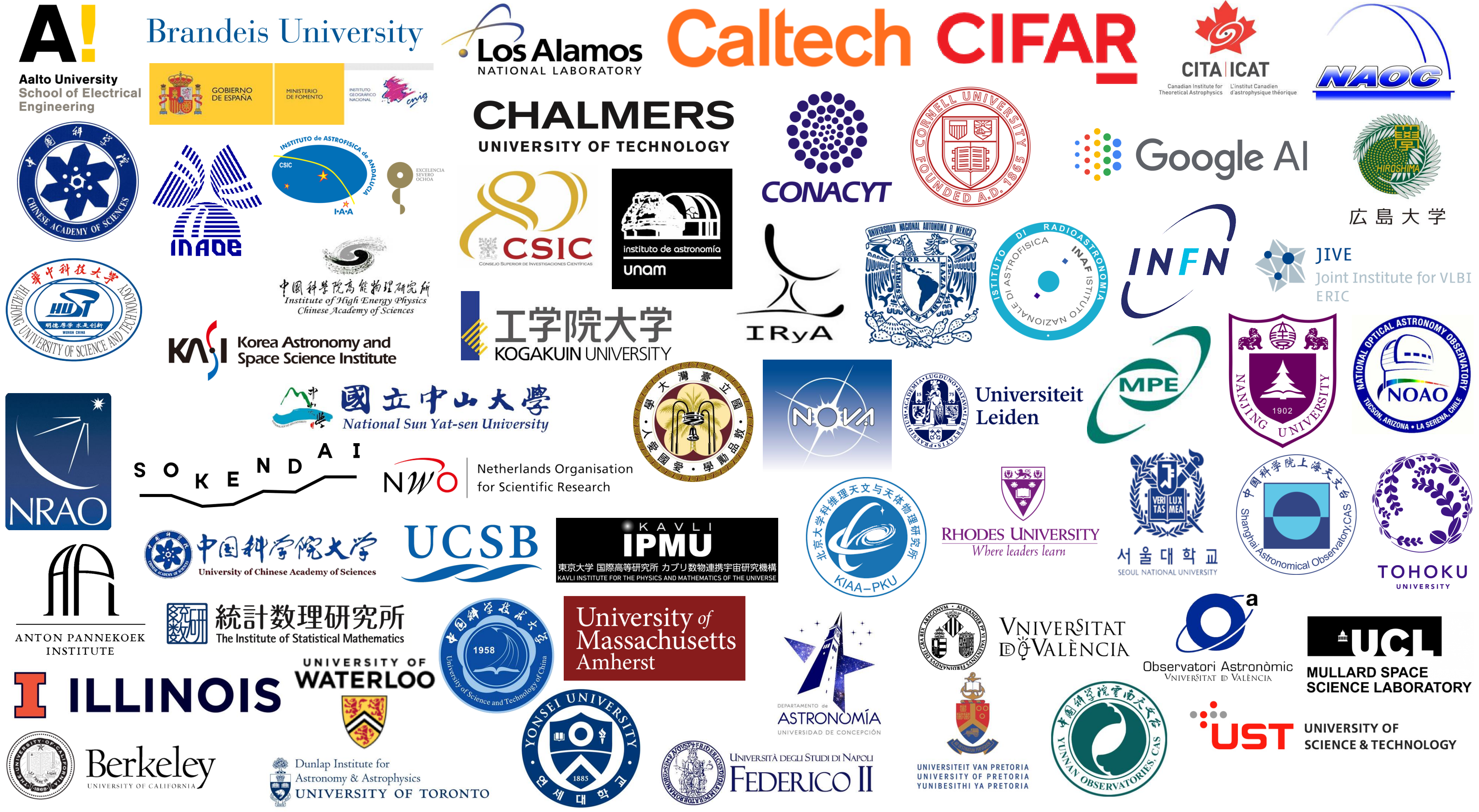
Event Horizon Telescope



經費補助單位



參與的研究機構



Event Horizon Telescope