

これまでで最も遠方の単独の星の観測

1. 発表者： 大栗 真宗（理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター 助教／
カブリ数物連携宇宙研究機構 准科学的研究員）
川俣 良太（理学系研究科天文学専攻 博士課程3年）
森下 貴弘（東北大学理学研究科天文学専攻 博士課程3年、
現：宇宙望遠鏡科学研究所 博士研究員）

2. 発表のポイント：

- ◆ 重力レンズと呼ばれる自然の増光現象を利用することで90億光年離れた単独の星「イカロス」の観測に成功した。
- ◆ 単独の星の観測の最遠方記録を大幅に更新したのみならず、ダークマター（注1）の正体についても新たな手がかりを得た。
- ◆ 遠方の星や宇宙のダークマターを研究する新たな手法を開拓しその有用性を実証した。

3. 発表概要：

遠方宇宙の研究は、数多くの星の集まりである銀河を観測することでおこなわれてきました。遠方の宇宙においては、個々の星からの光は極めて弱く、単独の星を観測することは不可能でした。東京大学の大栗真宗助教、川俣良太大学院生、および東北大学の森下貴弘大学院生（論文投稿当時）が参加する国際共同研究チームは、重力レンズと呼ばれる増光現象を利用することで、90億光年離れた単独の星を観測することに成功しました。この「イカロス」と名付けられた星の発見は、単独の星の観測の最遠方記録を大幅に更新したのみならず、宇宙の質量の大半を担うダークマターの正体に関しても新たな手がかりを与えました。

4. 発表内容：

望遠鏡で宇宙を長時間観測すると、多数の遠方の銀河を観測できます。銀河は典型的には100億個の星から構成されており、私たちはその星の光の集合を銀河として観測しています。銀河を構成する個々の星を分解して観測することは、望遠鏡の感度や分解能の限界によりごく近傍の銀河を除いて通常は不可能です。

しかしながら、重力レンズと呼ばれる自然の集光現象を利用することで、この限界を克服することができます。重力レンズとは一般相対論により予言される、重力場による光の経路の曲がり、これにより遠方の天体からの光を集光し増幅させることができます。この集光現象をうまく利用することで遠方の銀河内にある単独の星を観測することも原理的には可能ですが、そのような現象はこれまで発見されていませんでした。

ミネソタ大学のPatrick Kellyをリーダーとし日本の東京大学と東北大学の研究者も参加する国際共同研究チームは、まさにこのような現象を初めて発見しました。研究チームは地球から50億光年離れたMACS J1149+2223と呼ばれる銀河団（注2）をハッブル宇宙望遠鏡（注3）で観測した際に、銀河団背後にある90億光年離れた渦巻銀河の中で増光する天体を発見しました。この天体をハッブル宇宙望遠鏡で継続観測しその光度曲線や天体の色を詳細に解析し

た結果、この天体は超新星爆発などの星の死に伴う爆発現象ではなく、普通の青い星が重力レンズによって増光されたものであると結論付けました。この増光された星の正式名称は **MACS J1149+2223 Lensed Star 1** ですが、研究チームはギリシャ神話にちなんでこの星を「イカロス」と名付けました。

研究チームの解析によると、イカロスは最大で元の明るさの **2000 倍以上**に増光されたと見積もられています。重力レンズによる増光がなければこの星は単独ではハッブル宇宙望遠鏡のような高感度な望遠鏡でも到底観測することはできませんが、**2000 倍以上**の非常に大きな重力レンズ増光によって観測が可能になったのです。これまでの単独の星の観測は **1 億光年**より近いごく近傍の銀河の星に限られていましたが、今回の **90 億光年**離れた銀河の星の観測によって単独の星の観測の最遠方記録を大幅に更新したことになります。

また、この観測は遠方の銀河を構成する星に関する貴重な情報をもたらすだけでなく、宇宙の質量の大半を構成するダークマターの研究に対しても非常に有用であることがわかりました。研究チームの解析によると、ダークマターがどのような物質から構成されているかで星の増光パターンが大きく変わり得ます。例えば、ダークマターが太陽の数十倍の質量のブラックホールから構成されているという説は、**2015 年のブラックホール合体からの重力波発見**に触発され盛んに研究がおこなわれていますが、もしすべてのダークマターが太陽の数十倍の質量のブラックホールから成っていた場合観測されたイカロスの増光パターンを説明できないため、そのような説を棄却することができました。このイカロスを利用したダークマターに関する研究については東京大学の**大栗真宗**助教を中心に執筆された別の理論論文 (**M. Oguri et al. 2018, Phys. Rev. D, 97, 023518**) で詳しい解析がなされています。

近い将来、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（注 4）と呼ばれるハッブル宇宙望遠鏡より感度の高い望遠鏡が始動する予定ですが、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による銀河団の観測によってイカロスのような単独の星の増光現象がさらに多数観測されるでしょう。それにより、遠方の銀河を構成する星の研究やダークマターの研究がより一層進展するものと期待されます。

本研究は科学研究費 **JP26800093**、**JP15H05892**、**JP16J01302** の支援を受けて行われました。

5. 発表雑誌：

雑誌名：*Nature Astronomy*

論文タイトル：Extreme magnification of an individual star at redshift 1.5 by a galaxy-cluster lens

著者：P. L. Kelly, J. M. Diego, S. Rodney, N. Kaiser, T. Broadhurst, A. Zitrin, T. Treu, P. G. Perez-Gonzalez, T. Morishita, M. Jauzac, J. Selsing, M. Oguri, L. Pueyo, T. W. Ross, A. V. Filippenko, N. Smith, J. Hjorth, S. B. Cenko, X. Wang, D. A. Howell, J. Richard, B. L. Frye, S. W. Jha, R. J. Foley, C. Norman, M. Bradac, W. Zheng, G. Brammer, A. M. Benito, A. Cava, L. Christensen, S. E. de Mink, O. Graur, C. Grillo, R. Kawamata, J.-P. Kneib, T. Matheson, C. McCully, M. Nonino, I. Perez-Fournon, A. G. Riess, P. Rosati, K. B. Schmidt, K. Sharon, B. J. Weiner

DOI 番号：10.1038/s41550-018-0430-3

6. 注意事項：

日本時間 2018 年 4 月 3 日（火）午前 0 時（英国時間 2 日（月）午後 4 時）以前の公表は禁じられています。

7. 問い合わせ先：

（研究に関すること）東京大学 大学院理学系研究科 附属ビッグバン宇宙国際研究センター 助教

東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構 准科学研員

大栗 真宗（おおぐり まさむね）

TEL：090-8945-0957 E-mail：masamune.oguri@ipmu.jp

宇宙望遠鏡科学研究所

博士研究員 森下 貴弘（もりした たかひろ）

E-mail：tmorishita@stsci.edu

（報道に関すること）

東京大学 大学院理学系研究科・理学部

特任専門職員 武田加奈子、学術支援職員 谷合純子、教授・広報室長 大越慎一

TEL：03-5841-0654 E-mail：kouhou@adm.s.u-tokyo.ac.jp

東北大学 大学院理学研究科

特任助教 高橋 亮（たかはしりょう）

TEL：022-795-5572、022-795-6708 E-mail：sci-pr@mail.sci.tohoku.ac.jp

8. 用語解説：

（注 1）ダークマター（暗黒物質）

さまざまな宇宙の観測からその存在が示唆されているが正体は依然として不明の物質。最新の観測によると、宇宙のエネルギー組成において、私たちが認識する通常物質の 5 倍以上をダークマターが占める見積もられている。

（注 2）銀河団

銀河が 100 個から 1000 個集まった巨大な天体。太陽の 1000 兆倍の質量に相当する大量のダークマターが付随しており、ダークマターの強い重力によって銀河が集まっている。

（注 3）ハッブル宇宙望遠鏡

1990 年に NASA によって打ち上げられ、現在まで宇宙空間で天体観測を行っている口径 2.4 メートルの宇宙望遠鏡。地球の大気に邪魔されないために、高感度かつ高分解能の天体観測が可能となっている。

（注 4）ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡

2020 年に NASA により打ち上げが予定されている、ハッブル宇宙望遠鏡の後継望遠鏡。口径 6.5 メートルとハッブル宇宙望遠鏡より大きな鏡を搭載しており、より高感度かつ高分解能の天体観測が可能である。

9. 添付資料：

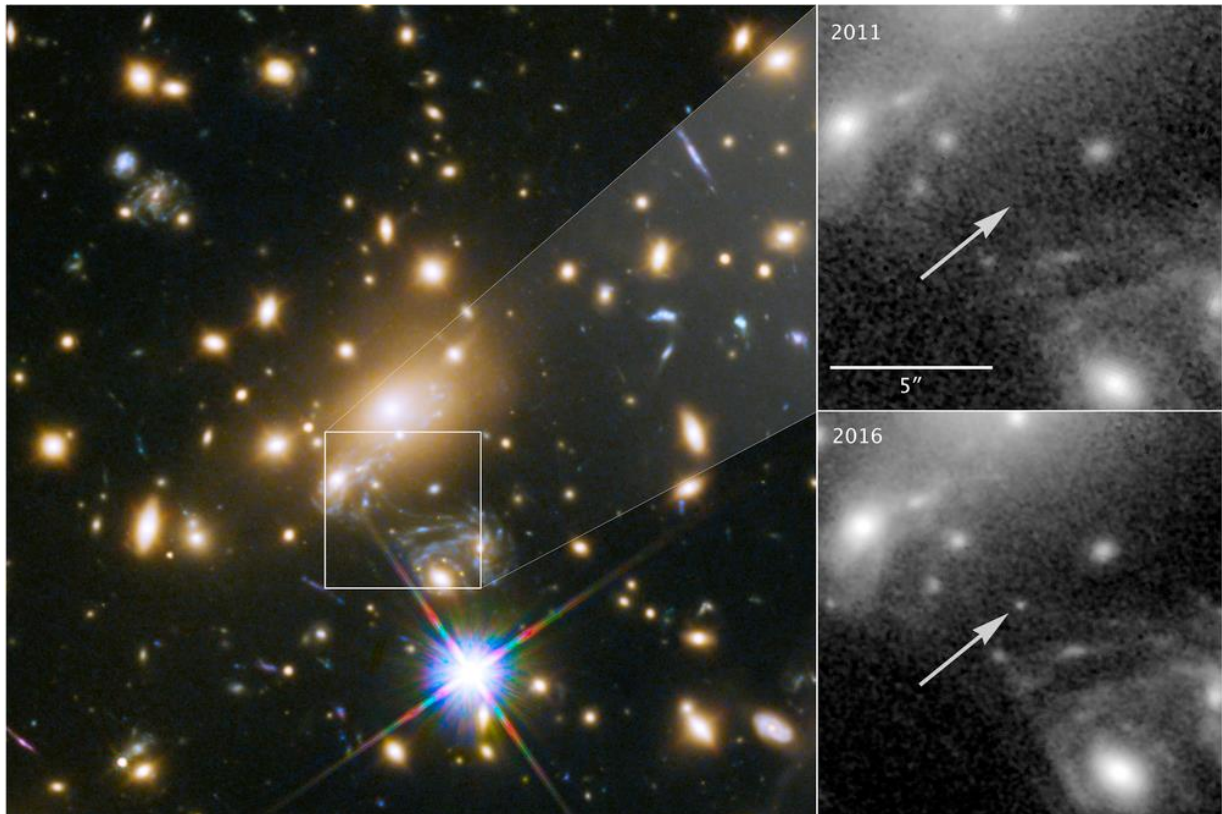


図1：ハubble宇宙望遠鏡により撮影されたイカロスの画像。左は銀河団 MACS J1149+2223 におけるイカロスの出現位置を示している。右はイカロス付近のハubble宇宙望遠鏡画像の拡大図。2011年（右上）には観測されていなかったイカロスが2016年（右下）の観測で出現していることがわかる。(credit: NASA/ESA/P. Kelly)