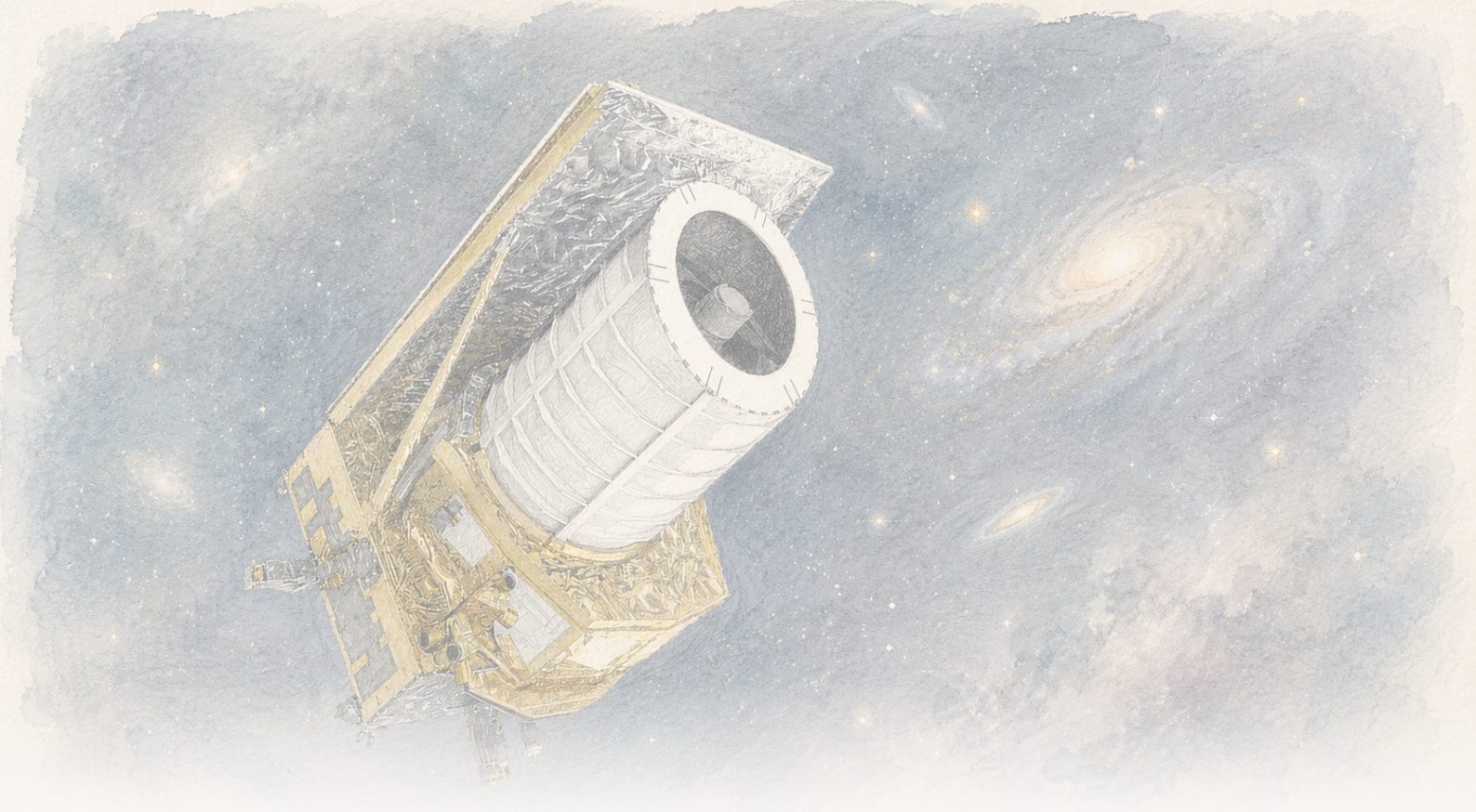


The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Euclid が赤方偏移 7 を超えるクエーサーの小さな既知サンプルを 2 倍以上に増やした

Euclid Wide Survey の最初の約 *1* 年半、約 *3000* 平方度の探索から、赤方偏移 *6.6*〜*7.8* の新しいクエーサー *31* 個が見つかった。うち *12* 個は赤方偏移 *7* 以上で、*Euclid* 以前に知られていた一握りの数を *2* 倍以上にし、赤方偏移 *7.77* の一個は現在最遠のクエーサー記録となった。本当の前進は、長年 *7.5* 前後だった最前線を少し押した一つの記録ではない。希少で、多くは暗いこれらの天体をサーベイがまとまった数で見つけられる能力であり、若い宇宙を調べる探針として統計に使えるようになることだ。これは初期結果で、完全な統計解析と分光確認の多くはまだこれからである。

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

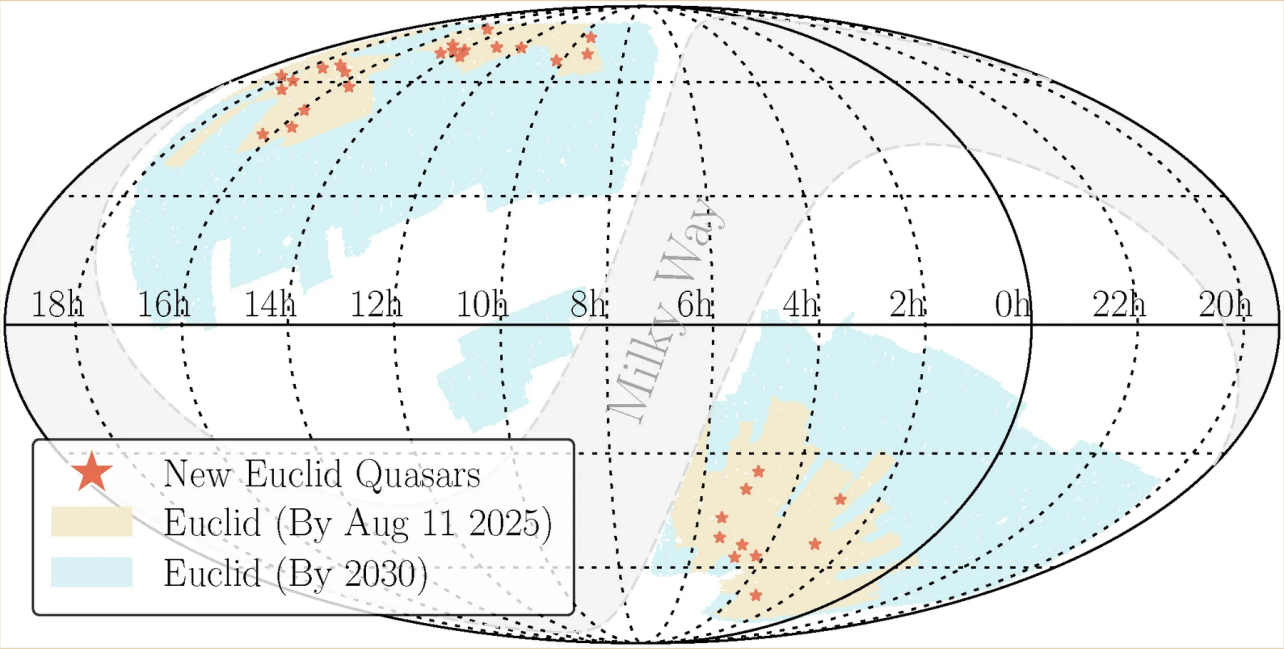
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

希少な天体を探すためのサーベイが、一度にまとまった数を見つけた

クエーサーは、物質を飲み込んでいる最中の超大質量ブラックホールだ。ガスを降着させると非常に明るく輝き、母銀河全体を上回る光を放つことさえある。宇宙で最も明るい持続的光源の一つなので、クエーサーは灯台として使える。十分遠くのものを見つければ、その光は何十億年もの宇宙空間を背後から照らすランプになる。

最も遠いクエーサー —— 宇宙誕生から 10 億年も経たない時代に光を放ったもの —— は、同時に最も希少でもある。Euclid 宇宙望遠鏡が本格サーベイを始める前、赤方偏移 7 を超えて確認されていたものは約 9 個だけだった。2011 年に最初の一つが見つかって以来、少しずつ積み上げられた数である。

Astronomy & Astrophysics の新しい論文で Euclid Collaboration は、サーベイ開始からわずか約 1 年半のデータから、赤方偏移 6.6〜7.8 の新しいクエーサー 31 個を報告した。そのうち 12 個は赤方偏移 7 以上にある。一回の初期探索だけで、この領域の既知天体数を 2 倍以上にした。これはサーベイ能力の話であり、何を意味し、何を意味しないかを正確に見る価値がある。



これまでに観測された Euclid Wide Survey の領域（ベージュ）と、2030 年までに予定される全フットプリント（シアン）。新たに発見された高赤方偏移クエーサー 31 個を赤で示す。最終的に約 14,000 平方度を地図化するサーベイの、まだ最初の一部分から得られた —— サーベイ能力という物語を一枚にした図。

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Euclid 以前（2011〜2024 年）には、赤方偏移 7 以上のクエーサーは約 9 個知られていた。この初期の一回の探索で 12 個が加わった。「倍増」を、まだ小さいサンプルの実数で示した図。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

これほど遠いクエーサーを苦労して探す価値

赤方偏移は、宇宙の膨張によって光が私たちへ届く途中でどれほど引き伸ばされたかを表す。大きいほど、より古い光、より初期の宇宙を見ている。赤方偏移 7 では、ビッグバンから 10 億年未満の時代、宇宙再電離期の終盤を見ている。最初の明るい天体が、初期宇宙を満たしていた中性水素の霧を電離していった時代だ。

> **赤方偏移とは何か、そしてなぜ距離と時計の両方になるのか**
>
> 初めて聞く人のために言えば、赤方偏移は、光源の光が私たちに届くまでに、より長い、より赤い波長へどれほど引き伸ばされたかを表す量だ。一つの数字が便利なのには二つ理由がある。第一に、光は有限の一定速度で進むので、遠くのものほど昔の姿を見ている。遠い宇宙を見ることは、時間をさかのぼることでもある。第二に、その光が旅している間ずっと宇宙は膨張してきたので、旅が長いほど光は大きく伸ばされる。したがって赤方偏移が大きいほど、より遠く、宇宙が若かったころに出発した光を意味する。ここでの赤方偏移 7 は、ビッグバン後 10 億年未満 —— 現在の宇宙年齢の 10 分の 1 にも満たない時代 —— の光である。

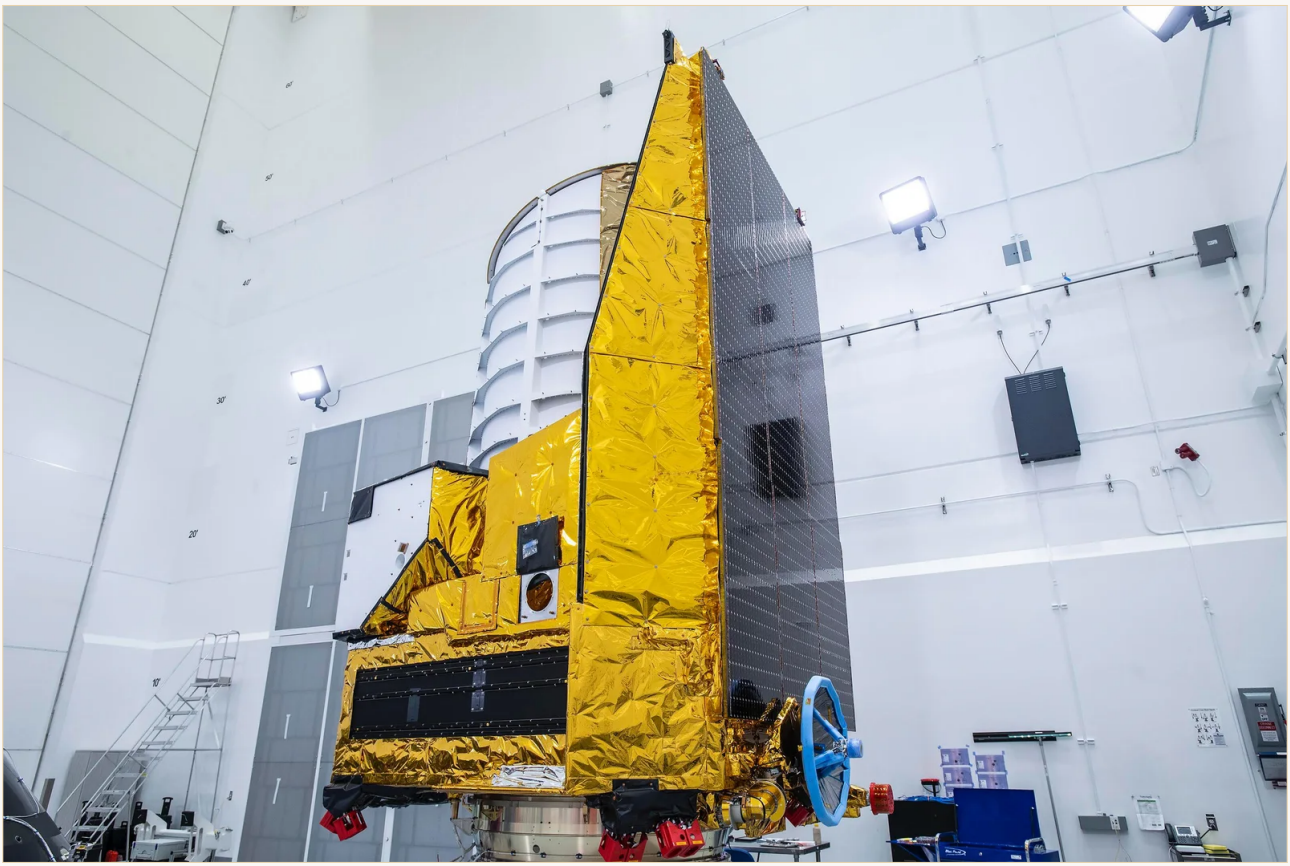
この時代のクエーサーは、二つの別々の理由で有用だ。第一に、それぞれがすでに数億〜数十億太陽質量のブラックホールを持っている。これほど重いものをこれほど早く育てるのは難しい。ブラ

ックホールが物質を取り込める通常の速度限界を考えると、利用できる数億年の間にそこまで成長するには、かなり大きな「種」が必要になる。そのため、これらの天体が存在すること、そして何個あるかだけでも、最初の超大質量ブラックホールがどう生まれ、成長したかを制約できる。第二に、クエーサーの光が周囲の銀河間物質を通ると、その気体がどれだけ中性だったかという痕跡を受けるため、一つ一つが再電離そのものを調べる探針になる。

問題は、極端に希少で見つけにくいことだ。この赤方偏移では、クエーサーの最も特徴的なライマン α ブレイクが可視光域から近赤外線へ引き伸ばされる。そのため、広い空を深く近赤外線で撮像する必要がある。必要な明るさまで見ると、およそ 100 平方度に 1 個という希少さだ。地上から「近赤外線で、深く、かつ広く」を同時に実現することは非常に難しかった。そこが Euclid の埋めるために作られた穴である。

Euclid が実際に行ったこと

Euclid は口径 1.2 メートルの宇宙望遠鏡で、6 年間かけ、可視光と近赤外線の両方で約 14,000 平方度を地図化する計画だ。大気の上にいるため、地上の近赤外線サーベイでは届かない深さを広い視野で実現できる。この論文が使ったのは、サーベイ最初の約 1 年半、2024 年 2 月〜2025 年 8 月に観測された約 3000 平方度のデータだ。

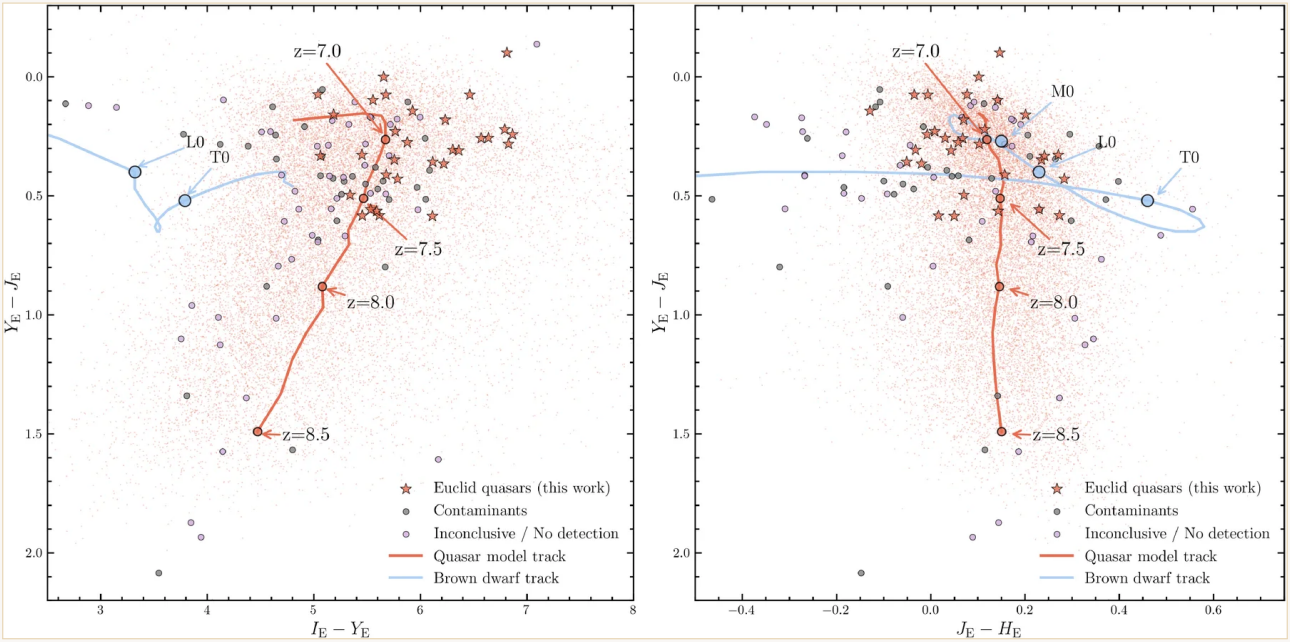


打ち上げ前、クリーンルームに置かれた Euclid 宇宙機。口径 1.2 メートルの望遠鏡は白い円筒上部から空を見ている。大気の上から広視野の近赤外線カメラを使うことで、地上探索では難しい「広い面積を深く」を実現する。

ESA / NASA Science fair-use

その干し草の山から 31 本の針を見つけるのは、単に画像を眺める作業ではなかった。チームは独自の測光処理を組み、極端デコンボリューションによる密度モデル、勾配ブースティング分類器、テンプレートフィットなど、複数の機械学習・確率的分類法を走らせた。各々の暗い点状天体について、高赤方偏移クエーサーである確率を、はるかに数の多い混入天体 —— 主に、色が遠方クエーサーに似る低温褐色矮星 —— である確率と比べた。候補は手法間で照合し、人の目でも確認し、追観測の優先順位を付けた。Euclid 自身の画像は候補を選ぶために使われ、確定には Magellan や Large Binocular Telescope など大型地上望遠鏡のスペクトルが使われた。光を細かく分けて、特徴的なブレイクや輝線を見るためだ。

この確定作業は、正直に言えば進行中である。分光追観測は続いており、論文自身の表現では、特に南天でまだ完全性に達していない。追観測されたが 31 個の確定クエーサーに入らなかった候補についても、論文は明記する。多くは混入天体（かなりの割合が褐色矮星とみられる）、一部は結論不能、一部は信号が検出されなかった。確定クエーサーのまとまりが見出しだが、選択法が何を拾い、何を落とすかという完全な収支は、後続論文へ残されている。



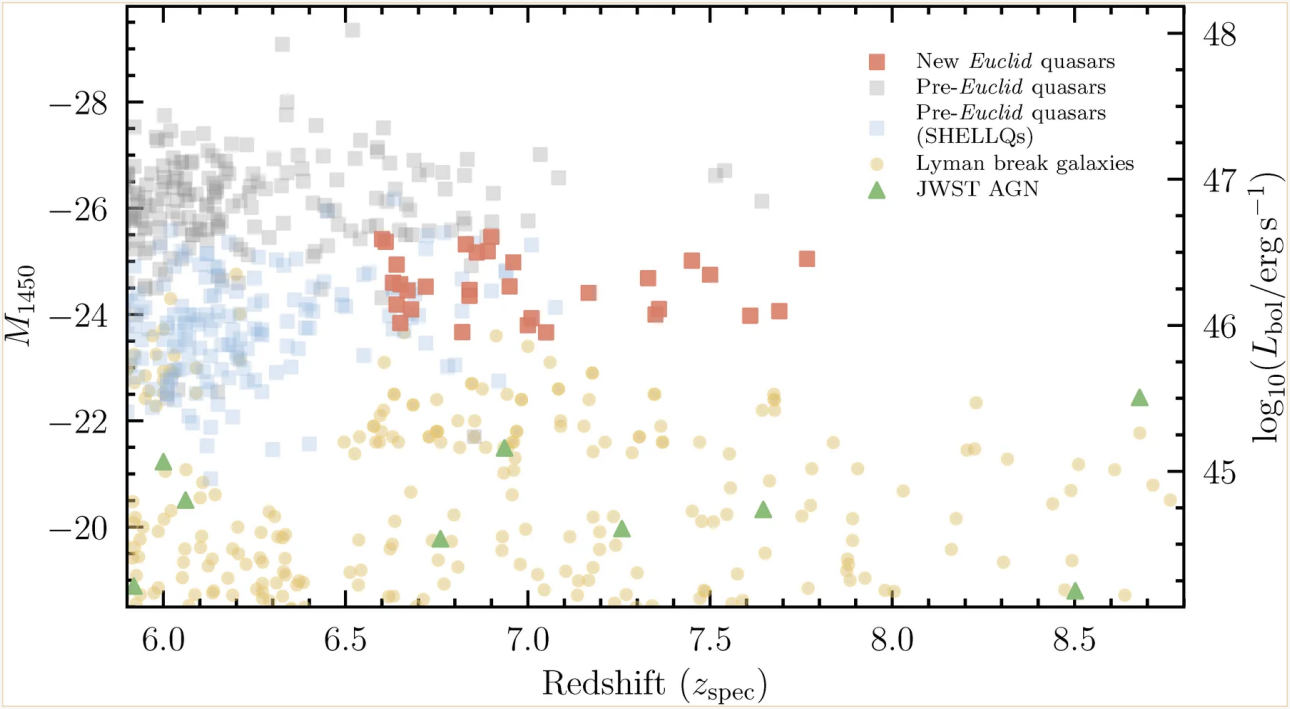
色 - 色図：Euclid が遠方クエーサーと近くの褐色矮星をどう見分けるか。各軸は二つの Euclid フィルターでの明るさの差を表し、明るさそのものではなく光の「色」を捉える。赤い曲線は高赤方偏移クエーサーが予測上通る軌跡（ラベルは赤方偏移 7.0〜8.5）、水色の曲線は主要な偽物である低温褐色矮星の軌跡（M0〜T0 型）。新しい 31 クエーサー（赤い星）はクエーサー軌跡に沿い、確定した混入天体（灰色）や結論不能・未検出候補（紫）はそこから外れる。二つの軌跡が近づくところでは色だけで判断できないため、どのクエーサーにも分光確認が必要になる。

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

記録は記録 —— ただし大きさを正しく見る

31 個のうち EUCL J1729+6410 は赤方偏移約 7.77 にあり、現在知られている最遠のクエーサーになった。これは本物の記録であり、一歩の大きさも率直に示す価値がある。20 年にわたる専用探索で最前線は赤方偏移 7.5 前後まで押し進められ、直前の記録保持者は約 7.64 だった。7.77 への更新は確かな前進だが、漸進的なものだ。論文によれば差は赤方偏移で約 0.13、宇宙時間でおよそ 1500 万年。飛躍ではなく、小さな押し出しである。

より重要な数字はもう一つだ。一回の初期探索で、赤方偏移 7 以上のサンプルを倍増させたこと。記録保持者は一天体で、一天体は一つのデータ点にすぎない。2 倍になり、今後さらに増える集団があって初めて、ブラックホールがどれほど一般的だったか、どれほど明るかったか、どのように集まっていたかという統計ができる。そして初期宇宙の科学は統計の中にある。新しいクエーサーの多くは比較的暗く、Euclid 以前に見つかった明るいクエーサーより 1〜2 等級暗い。この暗い側は到達が難しい一方、再電離研究では価値が高い。暗いクエーサーは周囲に作る電離バブルが小さく、その光がまだ中性のまま残る気体をより多く通るからだ。



新しいクエーサーがどこに位置するか：宇宙距離に対する明るさ。横軸は赤方偏移で、右ほど宇宙史のより初期。縦軸は M1450 と記されたクエーサー本来の紫外線絶対等級。天文学の古い等級慣例では数値の向きが逆なので、上ほど明るい（右軸は同じことを全放射、つまり *bolometric* luminosity で表す）。こう読むと、この図は人口調査になる。以前から知られる明るいクエーサー（灰）は低い赤方偏移に多い。より深いサーベイ SHELLQs（水色）は暗い天体まで届いていたが、時間的にはそれほど奥へ進めていなかった。Euclid の新しい 31 個（赤）は、明るいクエーサー集団を最も高い赤方偏移まで伸ばし、右端が 7.77 の記録保持者である一方、古典的な明るいクエーサーより約 1〜2 等級暗い。その下には、深く狭いサーベイだけが届く領域がある。多数のライマンブレイク銀河（黄）と、JWST が同時代に見つけているごく暗い降着ブラックホール候補（緑三角）だ。Euclid の貢献は独立した群として見える。比較的明るく、非常に初期で、広い面積から得られたクエーサーであり、従来の明るいサンプルと、今のところ狙い撃ち観測でしか届かない暗い集団との間をつないでいる。

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

まだ不確かなこと

この結果には三つの注意点があり、論文自身がすべて明記している。

第一に、これは初期結果であり、最終測定ではない。著者らは選択関数とクエーサー集団の包括的な統計解析を、今後の論文へ明示的に残している。ここでの光度関数制約は第一印象であって、最終結論ではない。

第二に、暗い「クエーサー」がすべて必ずクエーサーとは限らない。暗い側では、クエーサーと同定された一部の天体が、実際にはコンパクトな初期銀河である可能性がある。特に、強く幅広いライマン α 線を欠く場合だ。チームは、天体が広がった銀河ではなく点源と整合的という予備的確認を示すが、自ら「予備的」と呼ぶ。最も暗い天体の正体を決めるのは、JWST などによる深い近赤外線分光だ。

第三に、天体そのものが暗く、地上分光で詳しく特徴付けられる限界に近い。ブラックホール質量、周辺環境、再電離史における位置を決めるには JWST、ALMA、NOEMA が必要になる。Euclid はこうした天体を見つけるのが非常に得意だが、詳細研究の多くは他の装置へ引き渡す。

なぜ重要なのか

この研究の価値は人口統計にある。10 年間、宇宙最初の 10 億年について天文学者が推論するために使えるクエーサーは、ほんの一握りだった。Euclid はサーベイの最初の一片だけで、それを単なるリストからサンプルへ変えるほど追加した。そして打ち上げ前の予測と整合的に、さらに増やし続けられそうだ。

重要なのは、未解決問題が集団についての問いだからだ。ブラックホールはどうしてこれほど速く巨大化したのか。銀河間ガスは時代ごとにどれほど斑状で、どれほど中性だったのか。こうした問いは、一つの壮観な天体では答えられない。多数を数え、比較し、地図化して初めて答えられる。Euclid が実証したのは、その人口調査を構築する能力だ。しかも暗い側まで含み、JWST が同じ時代で相次いで見つけている謎めいた降着ブラックホール集団へ接続する。この論文は最初のブラックホールがどう生まれたかを解決しておらず、再電離を直接測定してもいない。そうした測定に必要な原材料を大量に供給し、すでに進んでいる追観測キャンペーンの明確な前線を設定した。

まとめ

Euclid Wide Survey の最初の約 3000 平方度を使い、Euclid Collaboration は赤方偏移 6.6〜7.8 の新しいクエーサー 31 個を発見した。そのうち 12 個は赤方偏移 7 以上で、この領域の既知集団を 2 倍以上に増やした。赤方偏移 7.77 の一個は現在最遠のクエーサー記録を持つ。重要なのは漸進的な赤

方偏移記録ではなく、希少で多くは比較的暗い天体を Euclid が一度に大量発見できると実証したことだ。結果は初期データからのもの。完全な統計解析、分光確認の多く、各天体の詳細な特徴付けはこれからである。

冷静に見ると

論文が示したこと： Euclid Wide Survey は最初の約 1.5 年、約 3000 平方度だけで、従来のどのサーベイより多数の高赤方偏移クエーサーを見つけられる。赤方偏移 6.6〜7.8 で 31 個が確認され、うち 12 個は 7 以上で、既知数をおよそ倍増させ、最遠は約 7.77 だった。

もっともらしいが、中心ではないこと：赤方偏移の新記録。それ自体は本物だが、最前線を約 0.13 だけ押した —— 前記録の約 7.64 から 7.77 へ、宇宙時間で約 1500 万年の差 —— にすぎない。長く価値を持つ見出しは、記録保持者一個ではなく、倍増し、成長し、従来より暗いサンプルである。

示していないこと：最初の超大質量ブラックホールがどう形成されたか、あるいは再電離の直接測定。これらのクエーサーはその問いに答えるための道具であって、答えそのものではない。また最終的な集団調査でもなく、完全な統計解析は明示的に後続論文へ残されている。

一般読者にとっての主な限界：特に南天で分光追観測が未完。光度関数の結果は予備的。最も暗い「クエーサー」の一部は、JWST 級の分光で確定されるまで初期銀河である可能性が残る。

一般読者はどの程度信頼すべきか？ Euclid がこの赤方偏移で「見つけられるもの」の規模を変えたことには高い確信を持ってよい。比較的明るい天体の査読済み分光確認にも高い確信がある。暗い側の集団の正確な数や最暗候補の正体については、著者ら自身の位置付けどおり確信を下げるべきだ。これは最初の結果であって、決着ではない。

出典

D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics 711, A104 (2026), DOI 10.1051/0004-6361/202658883
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202658883