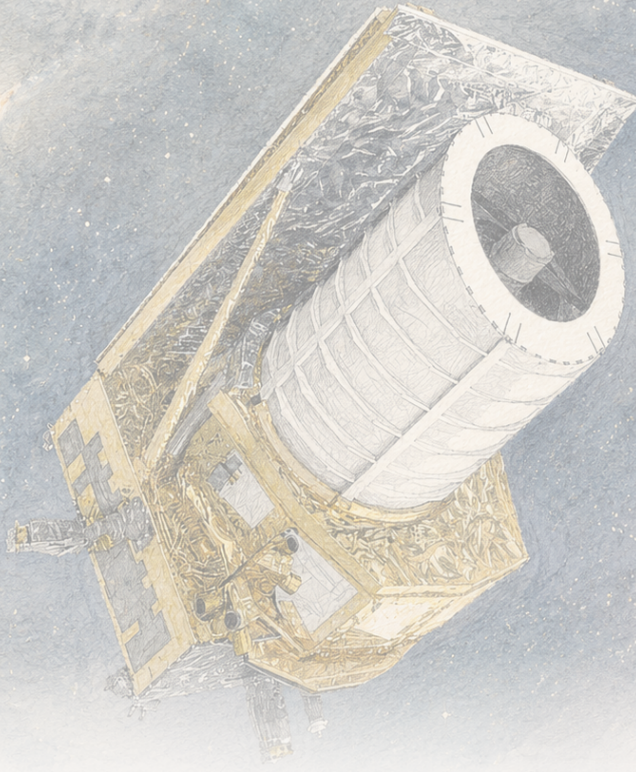




The CLEAN PAPER

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

Euclid 가 적색편이 7 너머의 작은 퀘이사 표본을 두 배 이상 늘렸다

Euclid Wide Survey 첫 1 년 반 동안 약 3,000 제곱도를 조사해 적색편이 6.6~7.8 사이의 새 퀘이사 31 개가 발견됐다. 12 개는 적색편이 7 이상으로 *Euclid* 이전에 알려진 소수 집단을 두 배 이상 늘렸고, 적색편이 7.77 의 하나는 현재 가장 먼 퀘이사다. 실제 진전은 단일 기록보다 희귀하고 대체로 희미한 천체를 대량으로 찾는 탐사의 힘이다. 초기 우주를 조사하는 데 필요한 표본을 만든다. 다만 초기 결과이며 전체 통계분석과 상당 부분의 분광 확인은 아직 남아 있다.

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

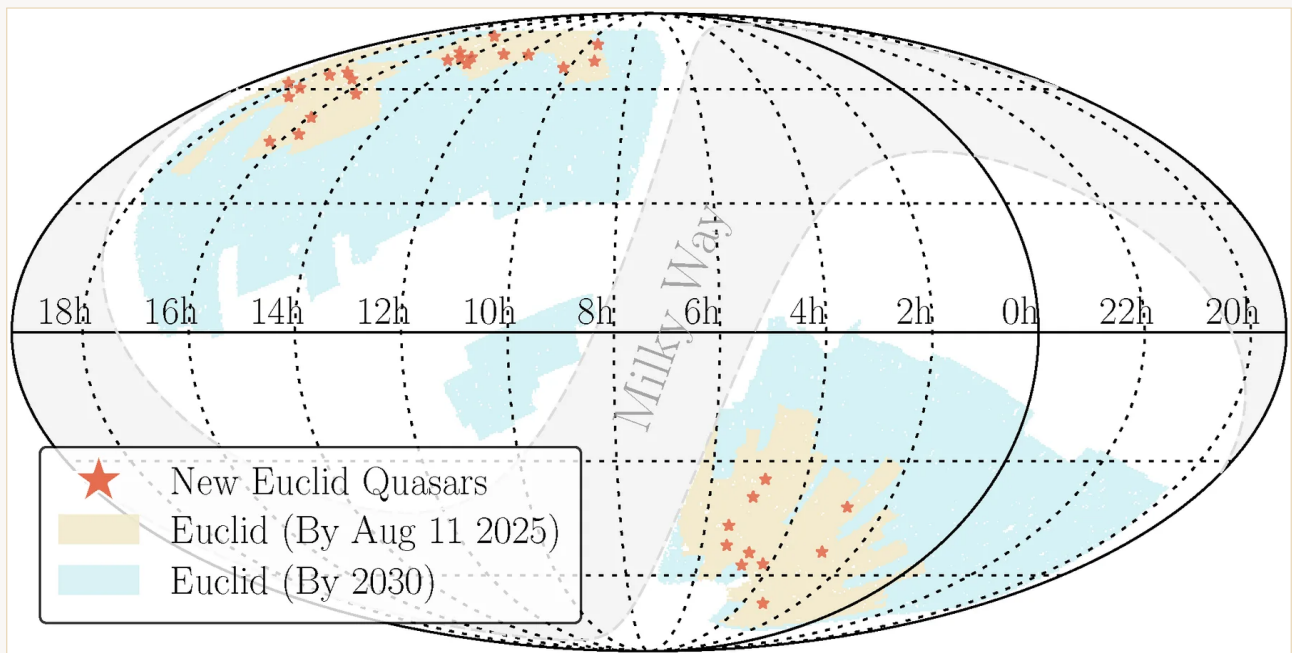
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

희귀한 것을 찾도록 만든 탐사가 한꺼번에 그것들을 찾아냈다

퀘이사는 가스를 삼키며 먹이 활동을 하는 초대질량 블랙홀이다. 너무 밝게 빛나 속주 은하 전체보다 밝을 수 있다. 우주에서 가장 밝고 지속적인 광원 가운데 하나이기 때문에 퀘이사는 표지등처럼 쓸 수 있다. 충분히 멀리 있는 퀘이사를 찾으면 그 빛이 수십억 년의 우주 공간 뒤에서 비추는 등불이 된다.

가장 먼 퀘이사, 즉 우주의 나이가 10 억 년도 되기 전에 빛을 출발시킨 퀘이사는 가장 희귀하기도 하다. Euclid 우주망원경이 본격 탐사를 시작하기 전에는 적색편이 7 너머에서 확인된 퀘이사가 약 9 개뿐이었다. 2011 년 첫 발견 이후 천천히 쌓인 숫자다.

새 *Astronomy & Astrophysics* 논문에서 Euclid Collaboration 은 탐사 첫 1 년 반 동안 적색편이 6.6~7.8 사이의 새로운 퀘이사 31 개를 보고한다. 그중 12 개는 적색편이 7 이상이다. 한 번의 초기 탐사만으로 그 적색편이에서 알려진 집단이 두 배 이상으로 늘었다. 이것은 탐사 능력의 이야기이며, 무엇을 뜻하고 무엇을 뜻하지 않는지 정확히 볼 가치가 있다.



지금까지 관측된 Euclid Wide Survey 영역 (베이지색) 과 2030 년까지 계획된 전체 영역 (청록색), 그리고 새로 발견된 고적색편이 퀘이사 31 개 (빨간색). 최종적으로 약 14,000 제곱도를 지도화하도록 설계된 탐사의 첫 일부에서 나온 결과라는 점을 한눈에 보여준다.

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

Euclid made the small $z \geq 7$ sample visibly larger

The point is not 'the first quasars'; it is a sparse high-redshift census getting less sparse.



Boundary: a bigger census of rare high-redshift quasars, not a claim about the first objects in the Universe.

Euclid 이전에는 적색편이 7 너머에서 알려진 퀘이사가 약 9 개였다 (2011~2024). 이번 초기 탐사에서 12 개가 새로 추가됐다. 아직 작은 표본이지만 '두 배'가 무엇인지 구체적으로 보여준다.

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

이렇게 먼 퀘이사를 찾는 수고가 왜 가치 있는가

적색편이는 우주 팽창 때문에 광원의 빛이 우리에게 오는 동안 얼마나 늘어났는지를 나타낸다. 값이 클수록 더 오래된 빛, 더 이른 우주를 본다. 적색편이 7에서는 빅뱅 후 10 억 년이 채 지나지 않은 시기, 재이온화 시대의 끝부분을 본다. 최초의 밝은 천체들이 초기 우주를 채운 중성수소 안개를 걷어내던 시기다.

적색편이는 무엇이며 왜 거리이자 시계가 되는가

용어가 낯설다면, 적색편이는 광원의 빛이 우리에게 도착할 때까지 더 길고 붉은 파장으로 얼마나 늘어났는지를 뜻한다. 하나의 숫자가 유용한 데에는 두 이유가 있다. 첫째, 빛은 일정한 속도로 이동하므로 멀리 있는 것은 곧 오래전 모습이다. 우주 깊숙이 본다는 것은 과거를 보는 것이다. 둘째, 빛이 오는 동안 우주는 계속 팽창했고, 여행이 길수록 빛은 더 많이 늘어난다. 따라서 큰 적색편이는 더 멀고 더 어린 우주에서 더 일찍 출발한 빛을 뜻한다. 여기서 적색편이 7은 빅뱅 후 10 억 년 미만, 현재 우주 나이의 10 분의 1 도 안 되는 시기의 빛이다.

이 시대의 퀘이사는 서로 다른 두 이유로 중요하다. 첫째, 각각 이미 태양 질량의 수억 ~ 수십억 배인 블랙홀을 품고 있다. 이렇게 이른 시기에 그렇게 무거워지는 것은 어렵다. 블랙홀이 보통 허용되는 속도로만 물질을 먹는다면 몇억 년 안에 그 질량에 도달하려면 출발점인 '씨앗' 자체가 꽤 커야 한다. 따라서 이런 천체

의 존재와 개체수는 최초의 초대질량 블랙홀이 어떻게 만들어지고 성장했는지를 제약한다. 둘째, 퀘이사 빛은 주변 은하간 매질을 통과하면서 그 가스가 얼마나 중성이었는지 흔적을 남기므로 재이온화 자체를 조사하는 탐침이 된다.

문제는 매우 희귀하고 찾기 어렵다는 것이다. 이런 적색편이에서 퀘이사의 가장 강한 특징인 라이먼-알파 단절은 광학 영역을 벗어나 근적외선으로 이동한다. 따라서 넓은 영역을 깊게 근적외선으로 촬영해야 하며, 관련 밝기까지 내려가면 대략 100 제곱도당 하나 꼴이다. 지상에서 근적외선으로 '깊고 넓게'를 동시에 달성하는 것은 매우 어려웠다. Euclid 가 바로 이 빈틈을 메우도록 만들어졌다.

Euclid 가 실제로 한 일

Euclid 는 1.2 미터 우주망원경으로, 6 년 동안 광학·근적외선에서 약 14,000 제곱도의 하늘을 지도화하도록 설계됐다. 대기 위에 있어 지상 근적외선 탐사가 따라가기 어려운 깊이를 넓은 시야에서 낼 수 있다. 이 논문은 탐사 첫 약 1 년 반, 2024 년 2 월부터 2025 년 8 월 사이 관측된 약 3,000 제곱도의 데이터를 사용했다.



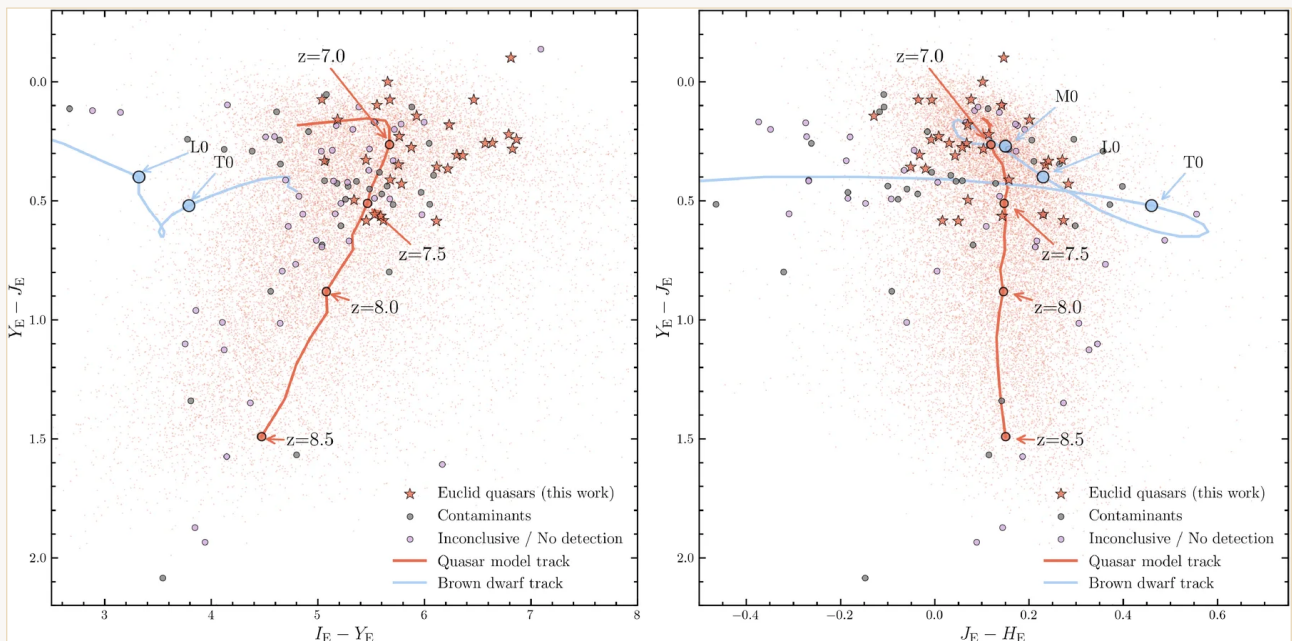
발사 전 클린룸의 Euclid 우주선. 흰 원통 상부를 통해 1.2 미터 망원경이 하늘을 보며, 대기 밖에서 넓은 시야의 근적외선 카메라가 지상 탐사가 따라가기 어려운 깊이를 넓은 영역에서 달성한다.

ESA / NASA Science fair-use

그 건초더미에서 바늘 31 개를 찾는 일은 그냥 눈으로 보는 것이 아니었다. 연구팀은 맞춤형 측광을 만들고 여러 머신러닝·확률 분류기를 적용했다. extreme-deconvolution 밀도 모델, gradient-boosted 분류기,

템플릿 기반 적합을 이용해 각 희미한 점광원이 고적색편이 퀘이사일 확률과 훨씬 흔한 오염원일 확률을 추정했다. 주된 가짜 후보는 색이 먼 퀘이사와 비슷한 차가운 갈색왜성이었다. 후보는 여러 방법 사이에서 교차확인하고 사람이 직접 검사했으며 후속 관측 우선순위를 정했다. Euclid 영상은 후보를 선별하고, 확정은 Magellan 과 Large Binocular Telescope 같은 대형 지상망원경의 스펙트럼에서 나온다. 스펙트럼은 빛을 충분히 세밀하게 나눠 특징적인 단절과 방출선을 볼 수 있다.

이 확인 작업은 솔직히 아직 진행 중이다. 논문 표현대로 분광 후속관측은 아직 완전하지 않으며 특히 남쪽 하늘에서 그렇다. 후속관측했지만 31 개 확정 퀘이사에 들어가지 못한 후보도 투명하게 설명한다. 많은 수는 오염원으로, 상당수는 갈색왜성일 가능성이 높았고, 일부는 결론을 내리지 못했으며 일부에서는 검출 가능한 신호가 없었다. 확정 퀘이사 묶음이 헤드라인이지만 선택법이 무엇을 잡고 무엇을 놓치는지에 대한 전체 회계는 후속 논문으로 남아 있다.



색-색 도표: Euclid 가 먼 퀘이사와 가까운 갈색왜성을 어떻게 구별하는지 보여준다. 각 축은 두 Euclid 필터에서의 밝기 차이, 즉 절대 밝기보다 빛의 색을 나타낸다. 빨간 곡선은 고적색편이 퀘이사가 있을 것으로 예상되는 위치 (표시는 적색편이 7.0~8.5), 하늘색 곡선은 주된 위장자인 차가운 갈색왜성 (M0~T0) 을 나타낸다. 새 퀘이사 31 개 (빨간 별) 는 퀘이사 궤적을 따르고, 확인된 오염원 (회색) 과 불확실·미검출 후보 (보라색) 는 벗어난다. 두 궤적이 가까운 곳에서는 색만으로 결정할 수 없으므로 모든 퀘이사에겐 여전히 분광 확인이 필요하다.

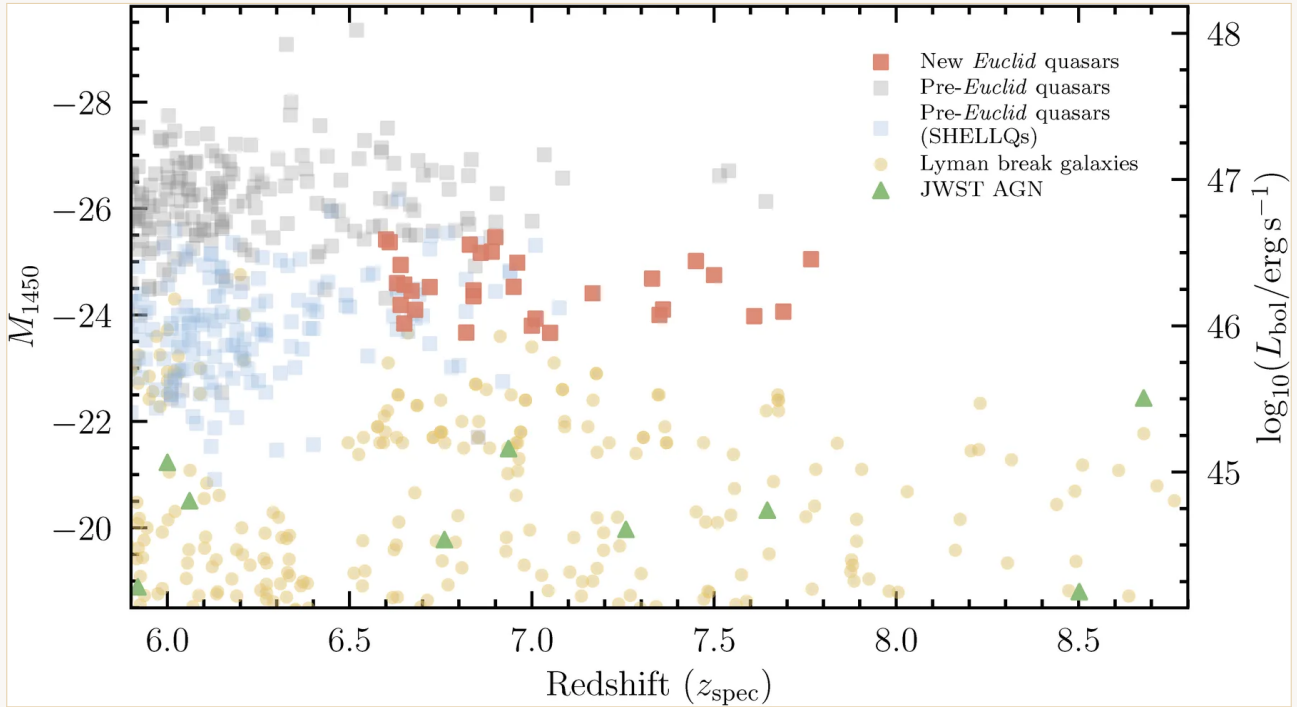
D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

기록은 비례감 있게

31 개 중 EUCL J1729+6410 은 적색편이 약 7.77 로 현재 알려진 가장 먼 퀘이사다. 실제 기록이며 얼마나 큰 전진인지 정확히 말할 가치가 있다. 20 년 동안의 집중 탐색으로 최전선은 약 적색편이 7.5 까지 밀렸고, 직전 기록은 약 7.64 였다. 7.77 로 이동한 것은 진짜 진전이지만 점진적이다. 논문은 적색편이 약 0.13, 우주 시간 약 1,500 만 년의 차이라고 계산한다. 도약이라기보다 한 걸음이다.

더 중요한 숫자는 다른 쪽이다. 초기 탐사 한 번으로 적색편이 7 이상 표본을 두 배로 늘린 것이다. 기록 보

유자는 한 천체이고, 한 천체는 데이터 한 점이다. 두 배가 되고 계속 늘어나는 집단이 있어야 통계를 할 수 있다. 이 블랙홀들이 얼마나 흔했는지, 얼마나 밝았는지, 어떻게 군집했는지 측정할 수 있고, 초기 우주 과학은 바로 그 통계 위에 선다. 새 퀘이사 대부분은 Euclid 이전의 밝은 퀘이사보다 1~2 등급 더 희미하다. 이 희미한 끝은 찾기 어렵고 재이온화 연구에는 더 유용하다. 희미한 퀘이사는 주변에 더 작은 이온화 거품을 만들기 때문에 그 빛이 아직 중성인 가스를 더 많이 통과한다.



새 퀘이사들이 놓이는 위치: 밝기 대 우주 거리. 가로축은 적색편이이며 오른쪽일수록 우주 역사에서 더 이르다. 세로축은 M_{1450} 으로 표시된 고유 자외선 밝기다. 천문 등급의 오래된 관습 때문에 숫자 방향이 반대라 위쪽이 더 밝고, 오른쪽 보조축은 같은 내용을 총 (볼로메트릭) 광도로 표시한다. 기존 밝은 퀘이사 (회색) 는 낮은 적색편이에 몰려 있고, 더 깊은 SHELLQs 탐사 (하늘색) 는 더 희미한 천체를 찾았지만 시간상 훨씬 더 뒤로 가지는 못했다. 새 Euclid 퀘이사 31 개 (빨간색) 는 밝은 퀘이사 집단을 최고 적색편이까지 늘리며, 가장 오른쪽이 기록 보유자 7.77 이다. 동시에 고전적인 밝은 퀘이사보다 1~2 등급 희미하다. 더 아래에는 깊고 좁은 탐사만 닿는 라이먼 단절 은하 (노란색) 와 JWST 가 찾은 매우 희미한 성장 중 블랙홀 (초록 삼각형) 이 있다. Euclid 의 기여는 넓은 영역에서 비교적 밝고 매우 이른 퀘이사를 모아 기존 밝은 표본과 희미한 집단 사이를 잇는 독특한 무리로 보인다.

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

아직 불확실한 것

이 결과에는 세 가지 주의점이 따라다니며 논문도 모두 직접 밝힌다.

첫째, 이는 최종 측정이 아니라 초기 결과다. 선택함수와 퀘이사 집단에 대한 종합 통계분석은 후속 출판물로 명시적으로 미뤘다. 여기의 광도함수 제약은 첫 모습이지 최종 결론이 아니다.

둘째, 희미한 ‘퀘이사’ 모두가 반드시 퀘이사인 것은 아니다. 특히 넓게 퍼진 라이먼-알파선이 없는 희미한 천체 중 일부는 실제로는 작은 초기 은하일 수 있다. 연구팀은 천체들이 확장된 은하보다 점광원과 일치한다는 예비 검사를 제시하지만 이를 예비적이라고 부른다. 가장 희미한 천체의 본질은 JWST 같은 시설의

깊은 근적외선 분광이 결정할 것이다.

셋째, 천체 자체가 희미하고 지상 분광으로 특성을 정하기 어려운 한계에 가깝다. 블랙홀 질량, 주변 환경, 재이온화에서의 역할을 정하려면 JWST, ALMA, NOEMA 가 필요하다. Euclid 는 이런 천체를 찾는 데 매우 뛰어나지만 자세히 연구하는 일은 대부분 다른 장비에 넘긴다.

왜 중요한가

이 연구의 가치는 **인구통계**에 있다. 10 년 동안 우주의 첫 10 억 년을 추론할 수 있는 퀘이사는 손에 꼽을 정도였다. Euclid 는 탐사의 작은 초기 부분 하나로 목록을 표본으로 바꿀 만큼 추가했고, 발사 전 예측과 맞게 계속 늘려갈 것으로 보인다.

열린 질문들이 집단에 관한 질문이기 때문에 중요하다. 블랙홀은 어떻게 그렇게 빨리 커졌나? 서로 다른 시기에 은하간 가스는 얼마나 불균일했고 얼마나 중성이었나? 눈부신 천체 하나로 답할 수 없다. 많은 천체를 세고 비교하고 지도화해야 한다. Euclid 가 보여준 것은 바로 그 **센서스를 만들 수 있는 능력**이다. 특히 같은 시대에 JWST 가 찾고 있는 수수께끼의 성장 중 블랙홀 집단과 연결되는 희미한 끝까지 포함한다. 이번 논문이 최초 블랙홀의 형성법을 해결한 것도, 재이온화를 직접 측정한 것도 아니다. 그런 측정에 필요한 원료를 대량으로 공급하고 이미 진행 중인 후속 관측의 명확한 최전선을 만든 것이다.

핵심 요약

Euclid Wide Survey 의 첫 약 3,000 제곱도를 이용해 Euclid Collaboration 은 적색편이 6.6~7.8 사이의 새 퀘이사 31 개를 발견했다. 그중 12 개는 적색편이 7 이상으로, 이 구간의 알려진 집단을 두 배 이상 늘렸고, 적색편이 7.77 의 하나는 현재 가장 먼 퀘이사 기록을 세웠다. 중요성은 적색편이 기록 자체보다 이처럼 희귀하고 대체로 희미한 천체를 대량으로 찾는 탐사 능력을 실제로 보여준 데 있다. 이들은 초기 우주를 조사하는 도구가 된다. 다만 초기 데이터 릴리스이며 전체 통계분석, 상당 부분의 분광 확인, 개별 천체의 상세 특성화는 아직 남아 있다.

과장 없이 보면

논문이 보여주는 것: Euclid Wide Survey 가 첫 약 1.5 년, 약 3,000 제곱도만으로 이전 탐사보다 많은 고적색편이 퀘이사를 찾을 수 있음을 보여준다. 적색편이 6.6~7.8 사이 31 개가 확인됐고 12 개는 7 이상이며 그 구간의 알려진 개체 수를 대략 두 배로 늘렸다. 가장 먼 것은 적색편이 약 7.77 이다.

그렇듯하지만 핵심은 아닌 것: 적색편이 기록 자체. 진짜 기록이지만 직전 약 7.64 에서 7.77 로, 적색편이 0.13 정도와 우주시간 약 1,500 만 년을 밀어낸 점진적 전진이다. 오래 남을 헤드라인은 단일 기록보다 두 배로 커지고 계속 늘어나는, 그리고 유난히 희미한 표본이다.

보여주지 않는 것: 최초 초대질량 블랙홀이 어떻게 형성됐는지, 재이온화를 측정했다는 것. 이 퀘이사는 그런 질문의 답이 아니라 도구다. 최종 개체수 조사도 아니다. 전체 통계분석은 명시적으로 후속 논문으로

남아 있다.

일반 독자가 기억할 주요 한계: 분광 후속관측은 특히 남쪽에서 불완전하다. 광도함수 결과는 예비적이고, 가장 희미한 퀘이사 후보 일부는 JWST 급 분광 확인 전에는 초기 은하로 판명될 가능성이 있다.

얼마나 신뢰해도 될까? Euclid 가 이 적색편이에서 '찾을 수 있는 것'의 양을 실제로 바꿨다는 데에는 높은 신뢰가 적절하며, 더 밝은 천체의 동료심사 분광 확인에도 높은 신뢰를 둘 수 있다. 희미한 쪽의 정확한 개체수와 가장 희미한 후보의 본질에 대해서는, 저자들 스스로 제시한 신중한 해석대로 더 낮은 신뢰를 두는 것이 적절하다. 첫 결과이지 결론난 결과가 아니다.

출처

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>