

# 블랙홀, 물리학의 허용한계 속도로 양자 상태 붕괴 가능

(2025.04.21., 양자정보연구지원센터)

## □ 블랙홀, 물리학이 허용하는 한계 속도로 양자 상태 붕괴시킬수도

- 블랙홀이 양자 상태를 물리 법칙이 허용하는 최대 효율로 붕괴시킬 수 있다는 새로운 이론
  - 미국 물리학회 글로벌 물리 서밋(Global Physics Summit)에서 발표
  - 블랙홀이 단순히 정보를 가두는 것이 아니라, 주변 양자 상태를 완벽한 효율로 붕괴(Decoherence) 시킬 수 있다는 수학적 모델 제시
- 사고 실험 설정
  - 앨리스(외부)와 밥(블랙홀 내부)
  - 앨리스는 양자 중첩 상태에 있는 큐비트를 준비
  - 밥은 블랙홀 안에서 몰래 정보를 얻으려 시도
- 핵심 개념
  - 결잃음(Decoherence) : 양자 상태가 환경과 상호작용하여 하나의 고전적 상태로 붕괴되는 현상
  - 정보 이득 = 중첩 붕괴 정도 : 밥이 얻는 정보량이 클수록 앨리스의 큐비트는 더 많이 붕괴됨
  - 블랙홀 내부에서 정보를 얻는 행위조차 외부 양자 상태에 영향을 미침
- 블랙홀의 역할 재정의
  - 블랙홀은 중첩 상태를 완벽하게 붕괴시키는 “자연 최고의 양자 상태 파괴자”
  - 양자 정보 이론의 법칙이 블랙홀 경계에서도 동일하게 적용됨
  - 블랙홀 주변의 양자 상태는 항상 완벽하게 붕괴되어야 함

- 만약 붕괴가 덜 일어난다면, 외부 관찰자는 블랙홀 내부 정보를 간접적으로 알 수 있게 되어 물리 법칙 위배
- 중첩 파괴 속도
  - 블랙홀은 가능한 가장 빠른 속도로 중첩을 붕괴시킴
  - 중첩 유지가 핵심인 양자 컴퓨팅과는 정반대의 특성
- 공간과 시간에 대한 새로운 시사점
  - (공간-시간은 기본이 아닐 수도) 블랙홀을 ‘보통 물질로 이루어진 구형 껍질’로 바꾸면 결잃음 특성도 변화
  - 이는 공간과 시간이 정보 흐름의 결과일 수 있음을 암시
  - (관련 이론과의 연결) 홀로그래프 이론, 양자 오류 정정, 양자 얽힘 기반 중력 이론
- 연구의 확장 가능성과 한계
  - (관측은 아직 불가능) 실험적 검증은 어려움(블랙홀 접근 불가)
  - 하지만 수학적으로 완결된 모델을 향후 이론 물리 실험 설계에 기여 가능
  - (저에너지 입자의 역할) 이 현상은 블랙홀 주변의 초저에너지 입자들과도 관련
  - 이 입자들을 이해하면 실제 물리와 이론 간의 연결 고리를 찾을 수도 있음
  - (양자 기술과의 연결) 양자 기술에서는 결잃음이 ‘방해요소’지만, 여기서는 우주의 정보 처리 방식에 대한 단서로 작용
  - 블랙홀은 정보를 숨기는 존재가 아니라, 우주가 정보를 “처리”하는 방법을 보여주는 창일 수 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/04/01/black-holes-may-collapse-quantum-states-as-fast-as-physics-allows/>