

# Neglecton, 양자 기술에서 왜 중요한가

(2025.08.25., 양자정보연구지원센터)

- Neglected No More: ‘Neglection’ 이 열어가는 위상학적 양자컴퓨팅의 새 가능성
  - 양자컴퓨터와 취약성 문제
    - 양자컴퓨터는 고전적 슈퍼컴퓨터로 불가능한 문제 해결 잠재력을 지님
    - 그러나 “큐비트(qubit)” 는 외부 잡음과 환경 교란에 취약하여 오류가 빠르게 누적
    - 이를 극복하기 위한 대표적 방법 중 하나가 위상학적 양자컴퓨팅 (topological quantum computing, TQC)
  - 위상학적 양자컴퓨팅의 접근
    - 양자 정보를 입자의 기하학적 성질(braiding)에 담아 보호
    - 주된 후보는 “Ising anyon” 으로, 분수 양자 홀 상태나 위상 초전도체 등 응집물질 실험에서 연구 활발
    - 하지만 아이징 애니온 단독으로는 보편적 연산 불가 → 브레이딩이 제한된 Clifford 게이트만 구현 가능
  - 새로운 발견 - Neglecton의 등장
    - USC 연구팀은 Nature Communications 발표 연구에서 Neglecton이라 불리는 새로운 애니온을 제안
    - 기존 이론에서는 버려졌던 수학적 객체 복원, Ising anyon과 결합
    - Neglecton이 추가되면 브레이딩만으로 보편적 양자 연산 가능
    - 단 하나의 Neglecton만 필요하며, Neglecton은 고정된 채 Ising anyon이 그 주위를 움직이며 연산 수행
  - 수학적 배경: 비-세미심플 위상양자장이론(TQFT)

- 전통적 세미심플 이론에서는 “양자 추적값이 0”인 객체를 무가치하다며 제거
  - USC팀은 이를 포함하는 비-세미심플(non-semisimple) TQFT 도입
  - 이 과정에서 Neglecton이라는 새로운 입자가 자연스럽게 드러남
  - “수학적 쓰레기에서 보물을 발견한 것”이라는 연구진의 설명
- 수학적 도전과 해결
    - 비-세미심플 TQFT는 유니타리티(확률 보존) 문제를 위배할 수 있음 → 물리학적 치명적 결함으로 여겨짐
    - 연구팀은 불안정성을 계산 영역 밖에 격리하는 방식을 고안
    - “불안정한 방이 있는 집에서 안정된 공간만 활용해 연산하는 것”에 비유
- 의의와 파급효과
    - 추상 수학 구조가 구체적 공학 문제 해결에 기여한 사례
    - Neglecton을 활용하면, 기존에 구현 가능한 Ising anyon 기반으로 보편적 양자컴퓨팅에 더 가까워짐
    - 이론적 확장: 다른 파라미터 범위로의 적용, 유니타리티 문제의 심화 연구
    - 실험적 확장: Neglecton이 나타날 수 있는 물질 플랫폼 탐색, 브레이딩 연산 프로토콜 개발
- Neglecton의 실험적 구현, 브레이딩 기반 보편적 양자 연산 실현
    - 이미 생성 가능한 입자 기반으로 보편적 양자컴퓨터에 가까워졌다고 강조함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/08/04/ibm-reports-decoder-could-push-quantum-computing-toward-fault-tolerance/>