

# 중력이 계산적 우주에서 최적화 과정일 수 있다고 제시

(2025.05.09. 양자정보연구지원센터)

## □ 중력이 계산적 우주(computational Universe)에서 최적화 과정일 수 있다는 새로운 연구 제시

### ○ 개요

- 본 연구는 중력이 우주의 근본적인 힘이 아니라, 정보 이론에 따라 ‘자기 조직화(self-organizing)’와 ‘데이터 압축(compressing data)’을 지향하는 우주의 계산적 성질에서 발생하는 ‘출현 현상(emergent phenomenon)’일 수 있다고 주장
- 중력의 본질을 정보 엔트로피 감소와 관련된 최적화 과정으로 해석하며, 기존의 물리학적 접근과는 다른 새로운 시각을 제시함

### ○ 연구 배경 및 주요 주장

- 중력은 본질적 힘이 아니라, 정보 시스템이 질서를 향해 진화하면서 자연스럽게 나타나는 결과일 수 있음
- 우주는 마치 양자 컴퓨터처럼 작동하며, 계산 효율성을 높이기 위해 중력이 나타난다는 가설을 제시함
- Melvin M. Vopson, 영구 포츠머스 대학(AIP Advances 게재)

### ○ 정보역학 제2법칙(Second Law of Infodynamics)

- 물리계는 엔트로피가 증가(무질서 증가)하는 반면, 정보계는 엔트로피가 감소(질서 증가)하는 경향이 있다는 새로운 법칙 제시
- 이는 자연이 정보를 점점 더 압축하고, 최적화된 상태로 진화한다는 개념임
- 중력은 이 과정에서 생기는 ‘정보 압축에 의한 통계적 현상’으로 해석됨

○ 2D 공간 격자 모형 실험

- 가상의 10x10 격자(픽셀) 공간을 설정하고, 질량을 가진 입자를 무작위로 배치함
- 입자들이 중앙으로 이동하여 하나의 큰 질량체로 뭉치면 시스템의 엔트로피는 감소함
- 중력은 외부의 힘이 아니라 정보 시스템이 질서를 향해 자발적으로 움직이는 현상으로 설명됨
- 이는 양자 알고리즘이 최적의 출력으로 수렴하는 과정과 유사함

○ 뉴턴 중력 법칙의 유도

- 정보 이론(Shannon 정보이론), 열역학, 질량-에너지-정보(M/E/I) 등식을 이용해 중력의 수식을 재구성함
- 중력은 물체 간 정보 엔트로피가 감소하는 방향으로 작용하는 통계적 경향이며, 결과적으로 뉴턴의 역제곱 법칙을 재현함

○ 기존 이론과 비교, 페를린더(Verlinde)의 엔트로피 중력 이론과의 차이점

- 중력이 질량 주변의 엔트로피 증가에 따른 힘으로 설명됨(페를린더)
- 중력은 엔트로피 감소(정보 압축)에 따른 자연스러운 결과로 봄(Vopson)
- 봄슨은 별도의 차원이나 홀로그래픽 스크린 없이, 공간 자체를 이산화된 정보 셀로 설정하여 설명함

○ 양자 정보학 및 물리학에의 함의

- 중력이 정보 최적화의 부산물이라면, 양자 컴퓨터 상에서 중력 모사(simulation)가 가능할 수도 있음
- 이는 우주의 거동을 계산적 알고리즘으로 표현하고, 궁극적으로 정보가 자연의 가장 근본적인 단위임을 시사함
- 암흑 물질, 암흑 에너지 또한 정보의 불균형 또는 최적화 실패의 산물일 수 있음

○ 제한점 및 향후 과제

- 아직 이론 단계로, 실험적 검증이 부족하고 2D 모델에 한정됨
- 3D 확장, 일반 상대성 이론과의 정합성, 양자장과의 상호작용 등 추가 연구가 필요함
- 중력 렌즈, 블랙홀 등 일반 상대론 현상까지 설명 가능한지 검토되어야 함
- 기존 물리 법칙을 배제하지 않으며, 정보 이론을 통한 새로운 해석의 가능성을 제시함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/04/30/new-study-suggests-gravity-may-be-an-optimization-process-in-a-computational-universe/>