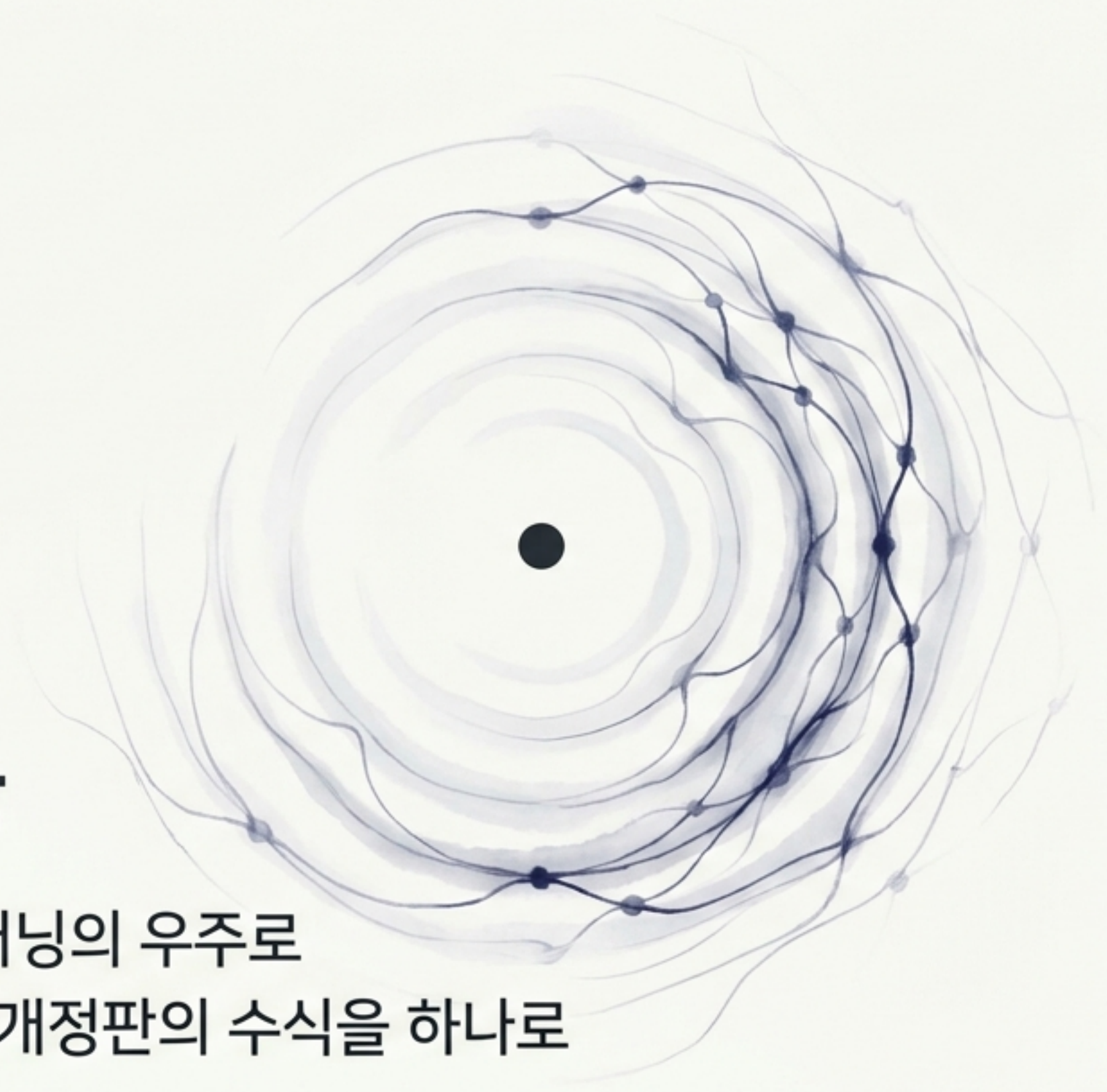


평형의 미학

한글의 기하학에서 딥러닝의 우주로
완결판: 초판의 서사와 개정판의 수식을 하나로

허상훈 (Heo Sang-hoon, Ph.D.)



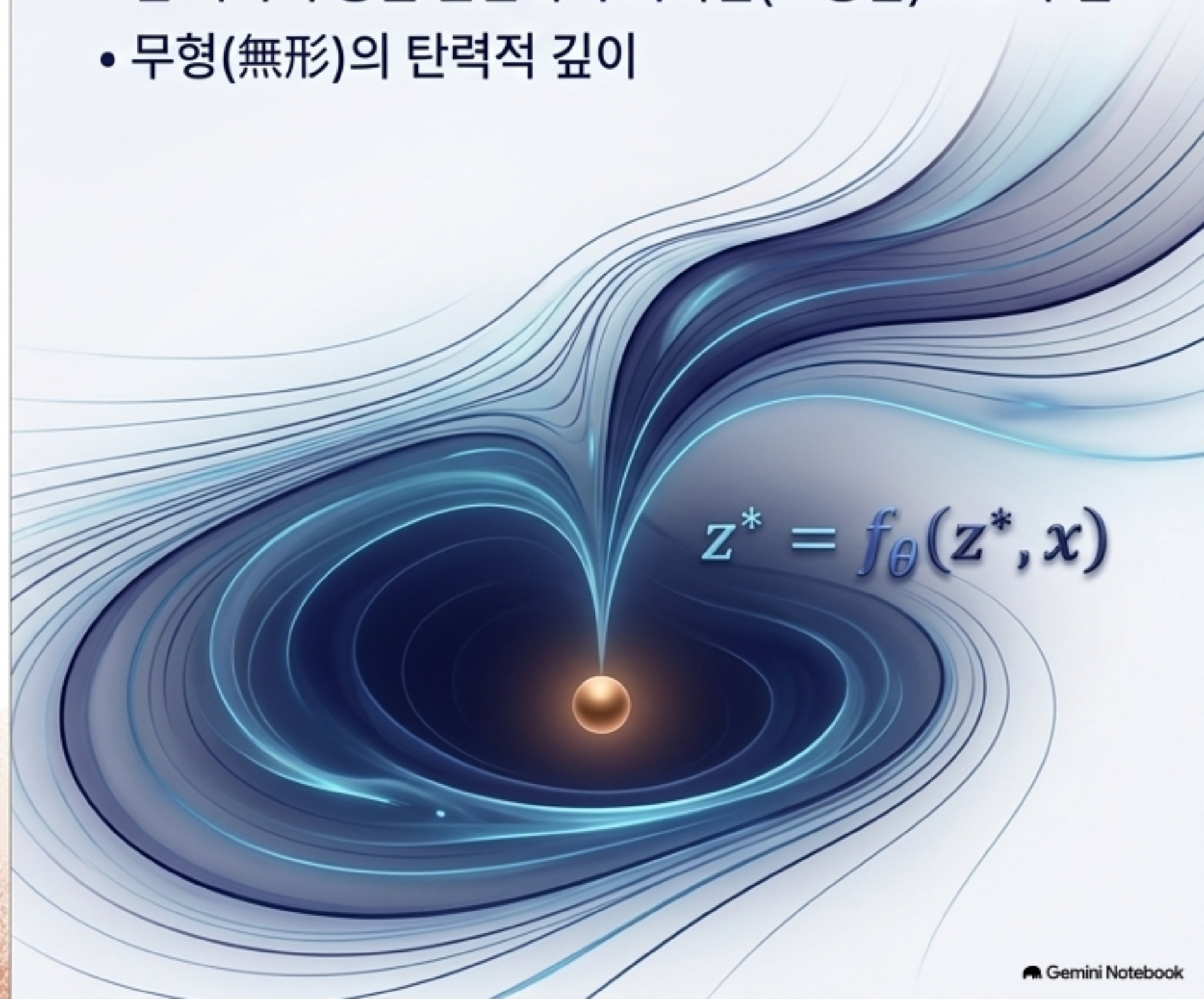
바벨탑의 시대: 거대 지능의 모순

- $O(N)$ 메모리 탐식
- 끝없이 층을 쌓아 올리는 선형적 축적
- 형태의 고정, 압력의 한계



물의 지능: 심층 균형 모델 (DEQ)

- $O(1)$ 메모리의 우주
- 단 하나의 층을 순환하며 최저점(고정점)으로 수렴
- 무형(無形)의 탄력적 깊이



노자의 세 가지 물방울: 철학과 수학의 교차점

天下莫柔弱於水，而攻堅強者莫之能勝



처하 (處下)

가장 낮은 곳을 향하다

수학적 치환: 고정점 (Fixed-point)

억지로 답을 연산하지 않고,
시스템 에너지가 가장 안정한
바닥으로 미끄러져 수렴합니다.

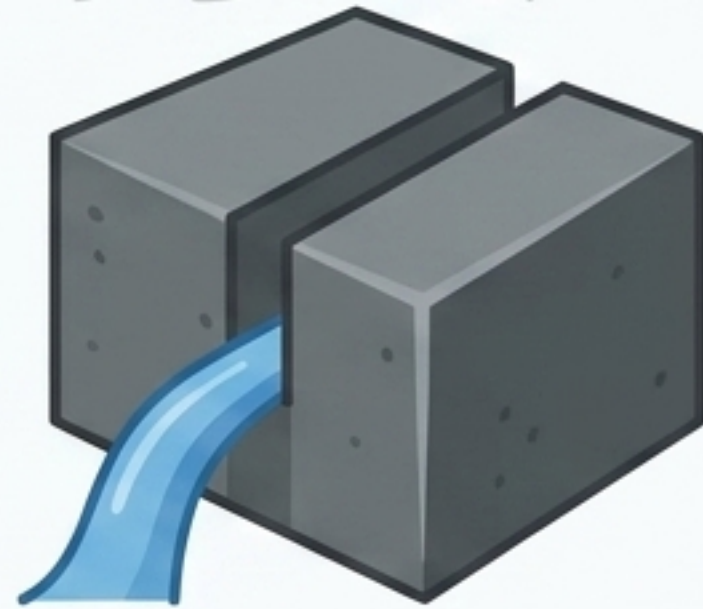


무형 (無形)

형태가 없이 그릇에 맞추다

수학적 치환: 탄력적 깊이 (Elastic Depth)

난이도에 따라 깊이를 스스로 조절하며
 $O(1)$ 상수 공간을 유지합니다.



유약승강 (柔弱勝強)

부드러움이 강함을 이긴다

수학적 치환: 시간의 붕괴

무식한 정면 돌파를 우회하여
우아한 우회로(Root-finding)로
단숨에 정답에 도달합니다.

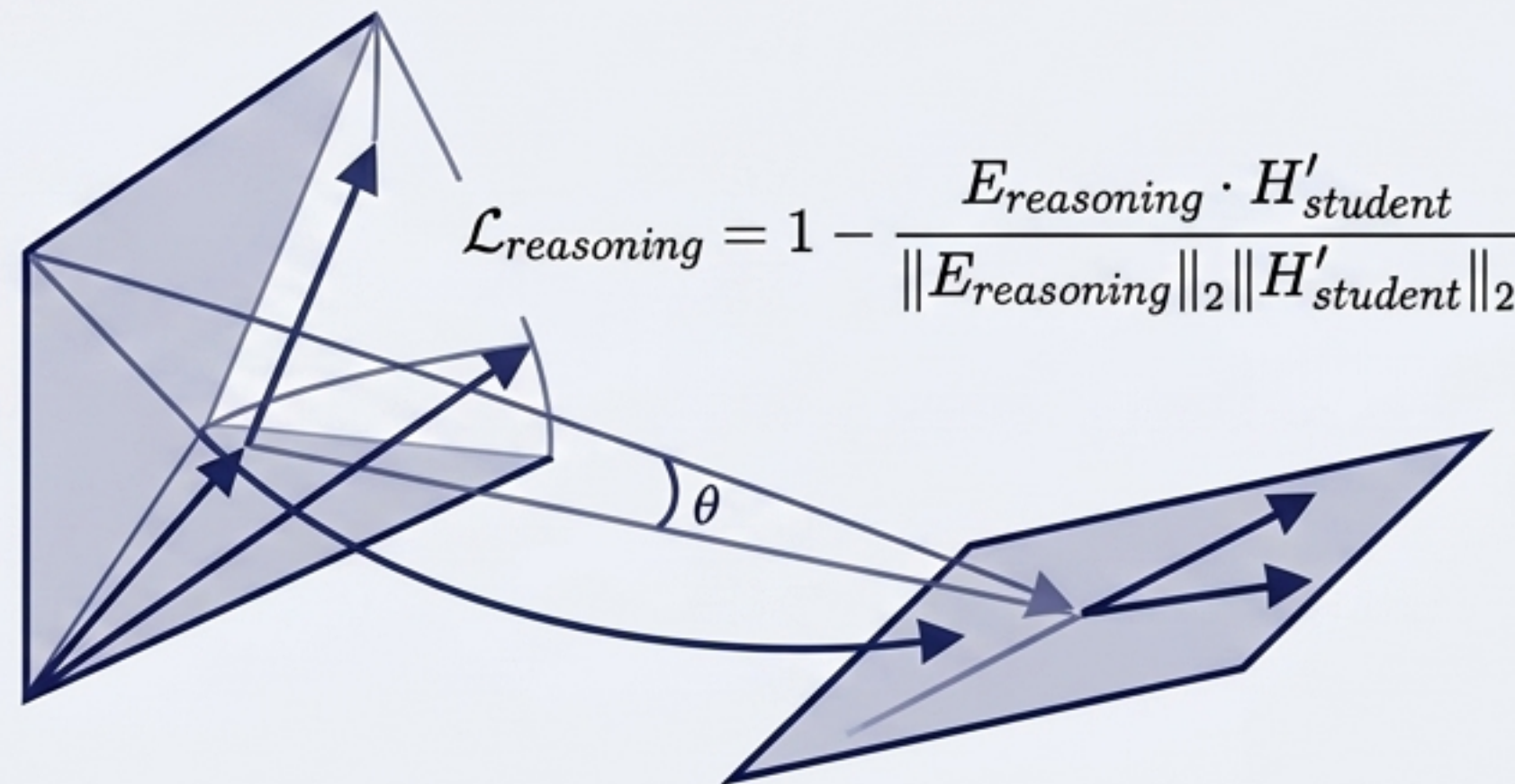
요동치는 복잡계와 불가능한 삼위일체

고빈도 트레이딩(HFT)의 딜레마:
지능을 택하면 속도(Slippage)를 잃고,
속도를 택하면 거시적 위기를 인지하지 못해
파산합니다.

$$E[R] = \int_0^{T_{total}} \alpha(t) dt - \text{Slippage}(T_{total}) - \text{Friction Cost} < 0$$

해결책: 추론 지식 증류 (Reasoning Distillation)

무겁고 깊은 현자(System 2)의 사고 궤적을
찰나에 반응하는 전사(System 1)의 잠재 공간에
‘순수한 각도의 토크’로 투영합니다.



찰나를 근육에 새기다 (System 1.5)

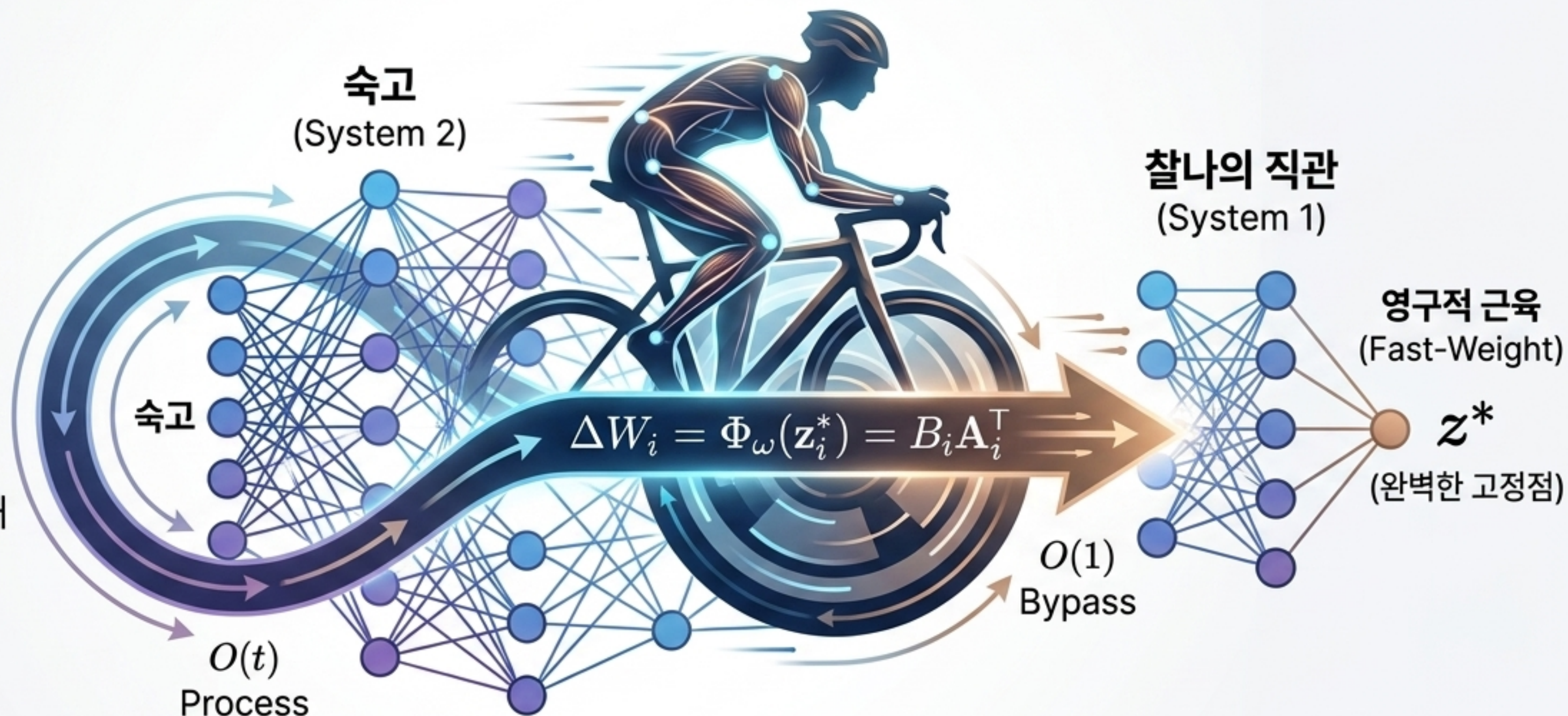
시간의 저주를 극복하는 '빠른 가중치(Fast-Weight)' 메커니즘

문제:

매번 처음부터 다시
고정점을 찾아야 하는
 $O(1)$ 메모리의 대가.

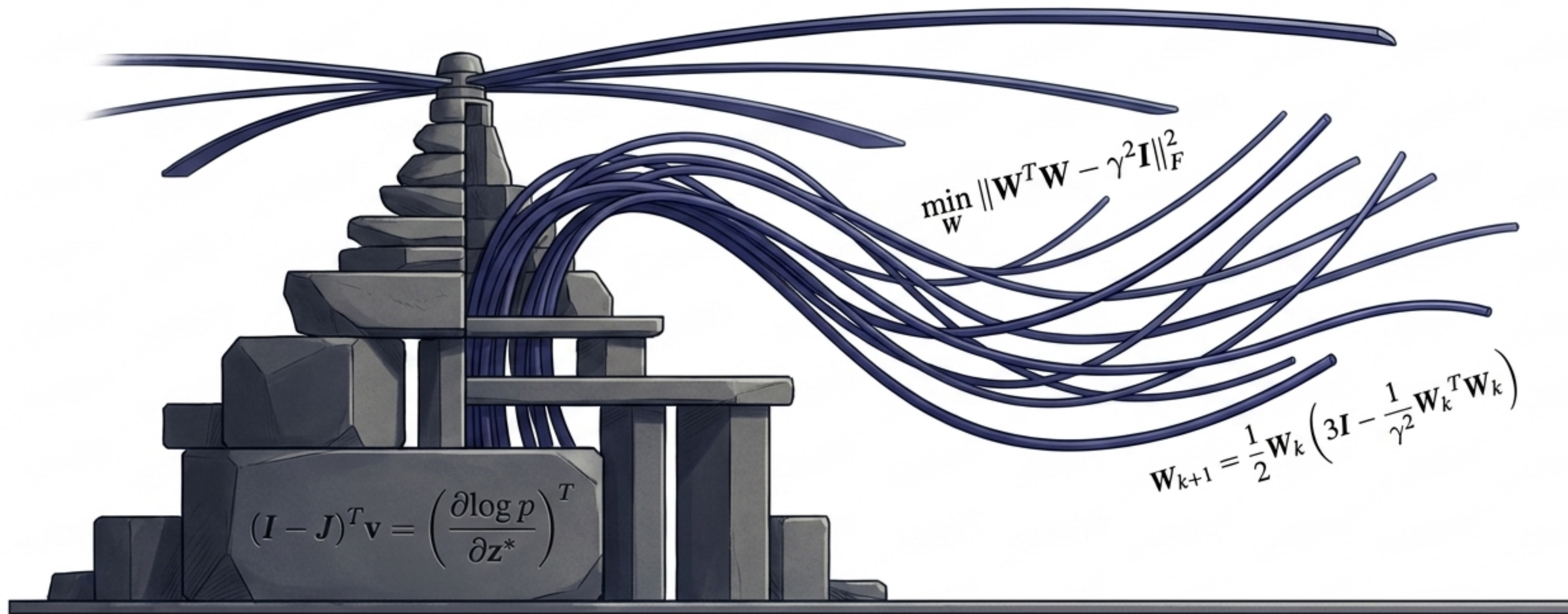
해결:

속고 끝에 도달한
완벽한 고정점(z^*)을
찰나의 직관으로 압축해
신경망의 근육에
영구적으로 각인.



시간의 구조역학: 부러지지 않는 유연함 (System 2.5)

안정성-가소성 딜레마(Stability-Plasticity Dilemma)의 기하학적 해결



기억의 보존 (FP-EWC)

고정점 자체에서 피쳐 정보 행렬을 추출하여 과거의 별자리를 단단히 고정합니다. 허위 망각을 방지합니다.

유연한 수축 (C-FIRE: Contractive Isometry)

완벽한 직교($\gamma=1$)의 뺏뺏함은 발산의 덫을 부릅니다.
 $\gamma=0.9$ 의 여백으로 부러지지 않는 유연함을 확보합니다.

용량의 벽과 분기하는 우주 (System 3)

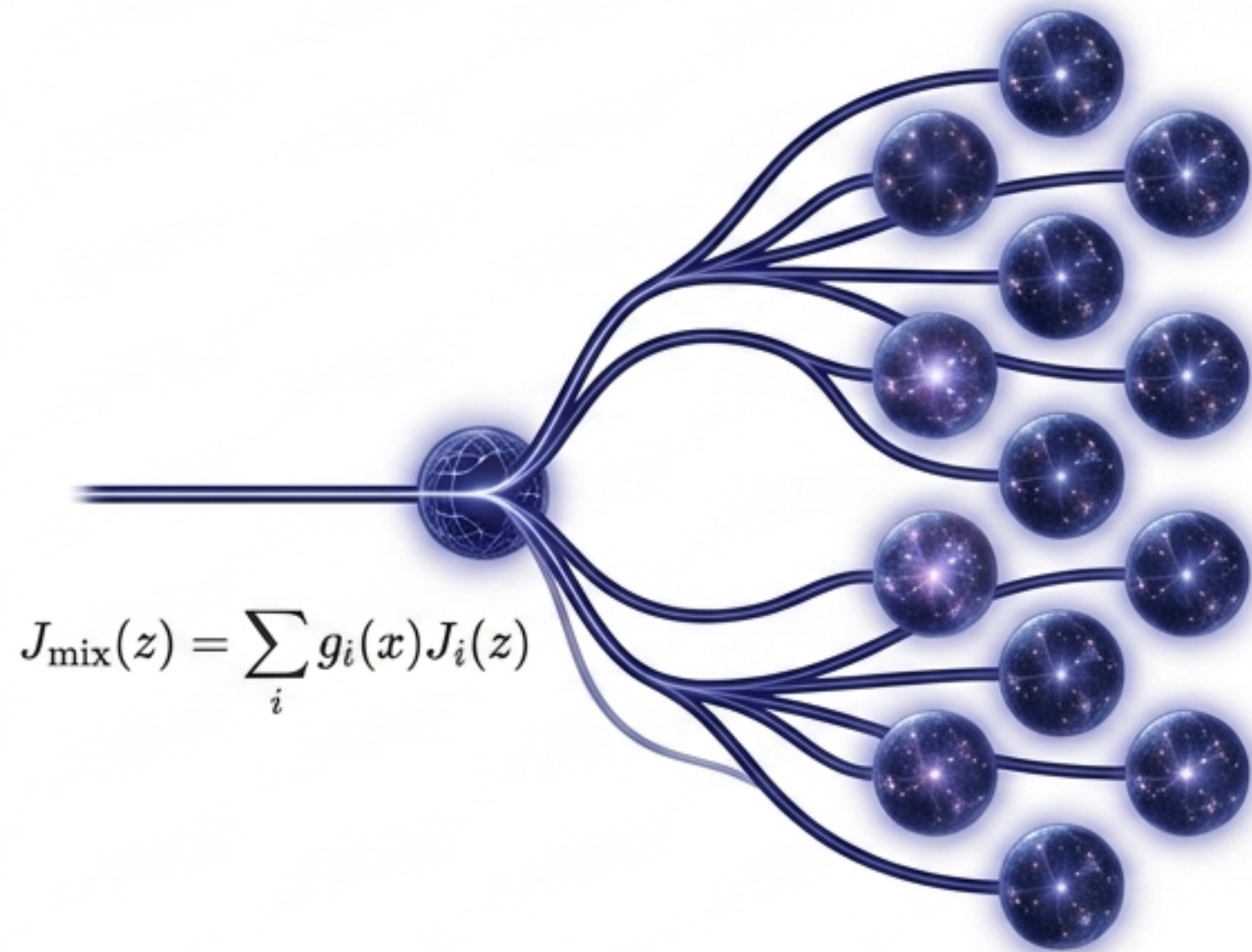
폭력적인 축적의 붕괴

$$N_{\max} \approx \frac{d}{r_{\text{eff}}}$$



단일 가중치 행렬에 지식을 육여넣으면
내부 요동(랭크 인플레이션)으로 붕괴합니다.

희소 전문가 혼합 (Sparse MoE)



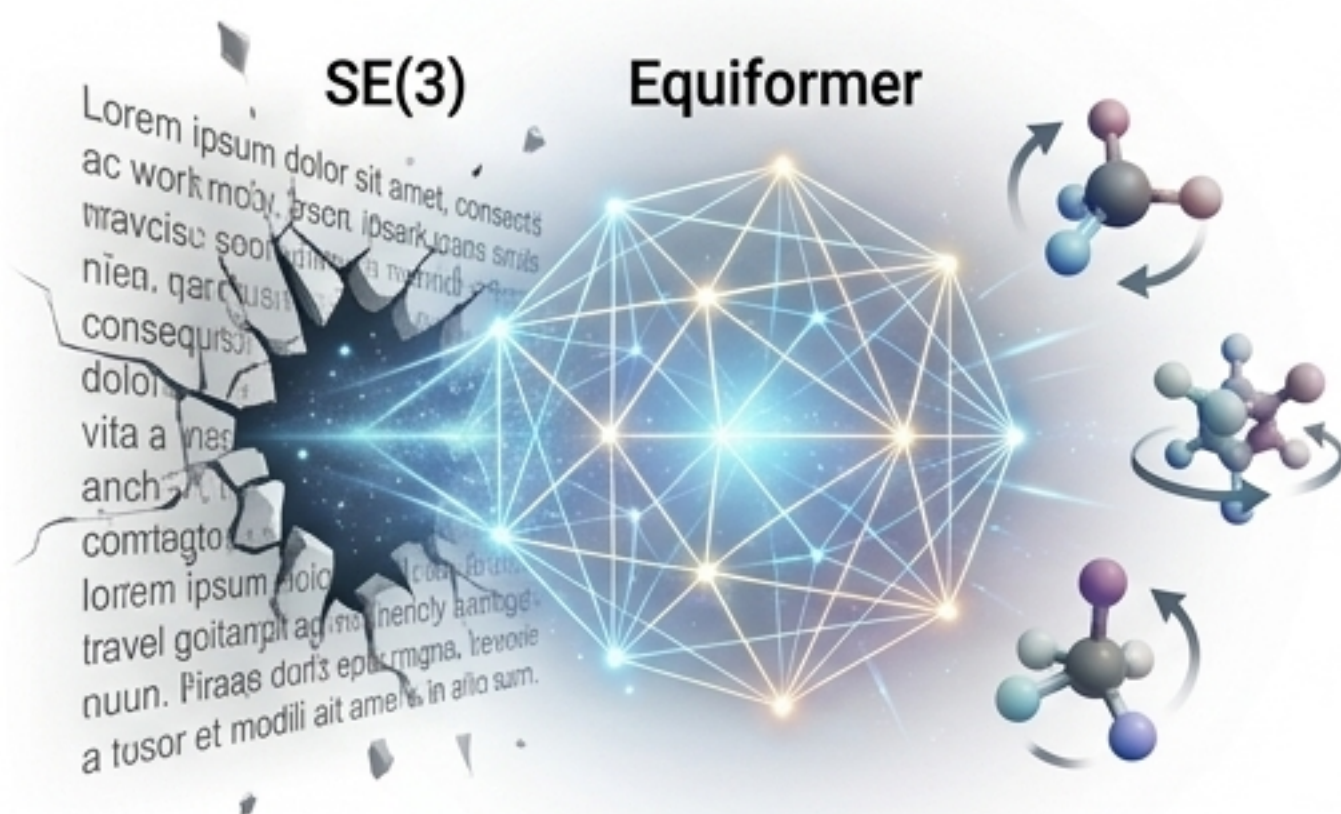
상황에 맞게 뇌의 일부만 점멸하는 생태계적 진화.
자코비안 폭발을 막는 수축적 게이팅 혼합(CGM) 설계로
O(1) 메모리를 유지한 채 다중 우주로 분기합니다.

텍스트를 찢고 우주를 관통하다 (System 3.5)

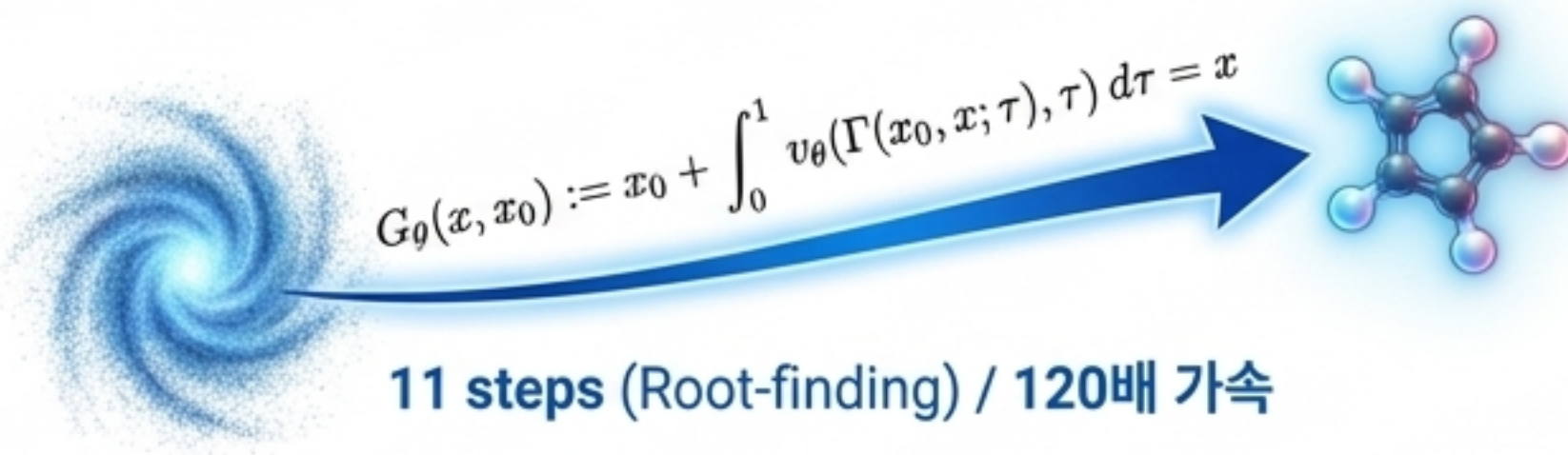
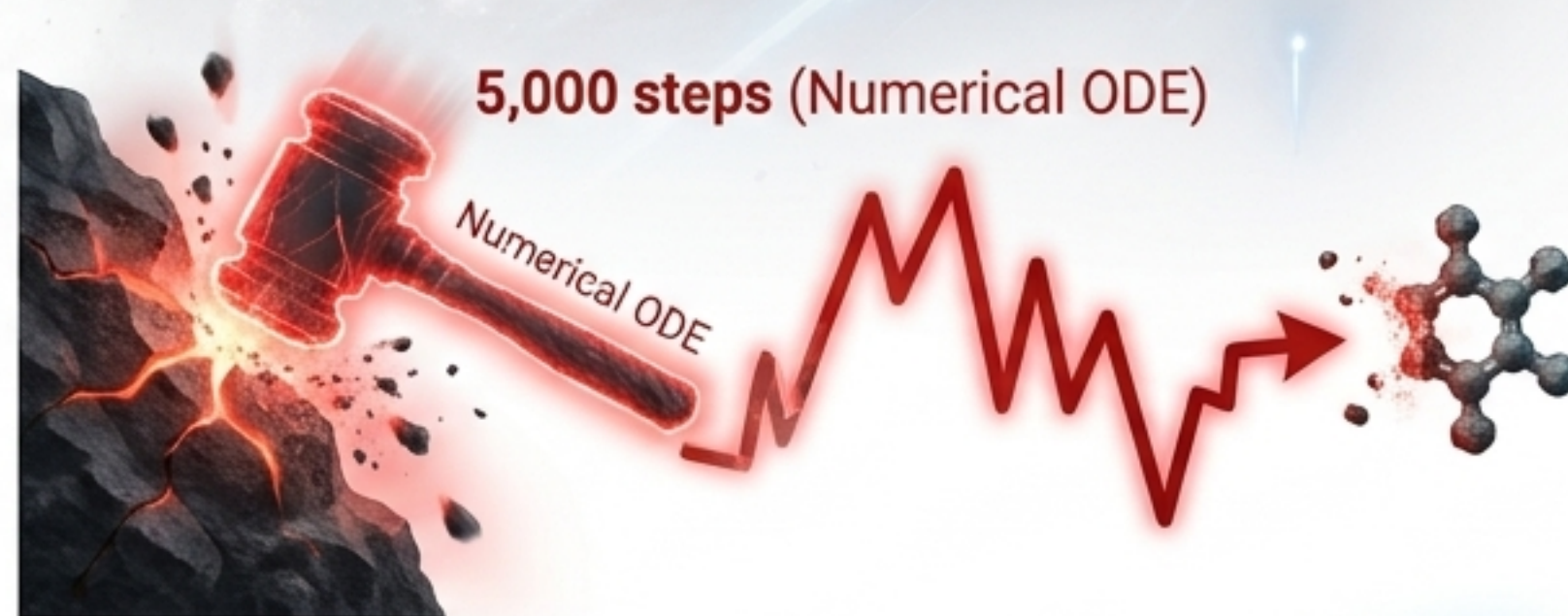
부드러운 수학이 무식한 연산을 이긴다 (유약승강)

1. 3차원 대칭성 (SE(3))의 태생적 각인

언어라는 1차원의 감옥을 탈출하여, 회전과 이동에 흔들리지 않는 우주의 물리적 진리를 기하학적 뼈대(Equiformer)에 직접 새겼습니다.



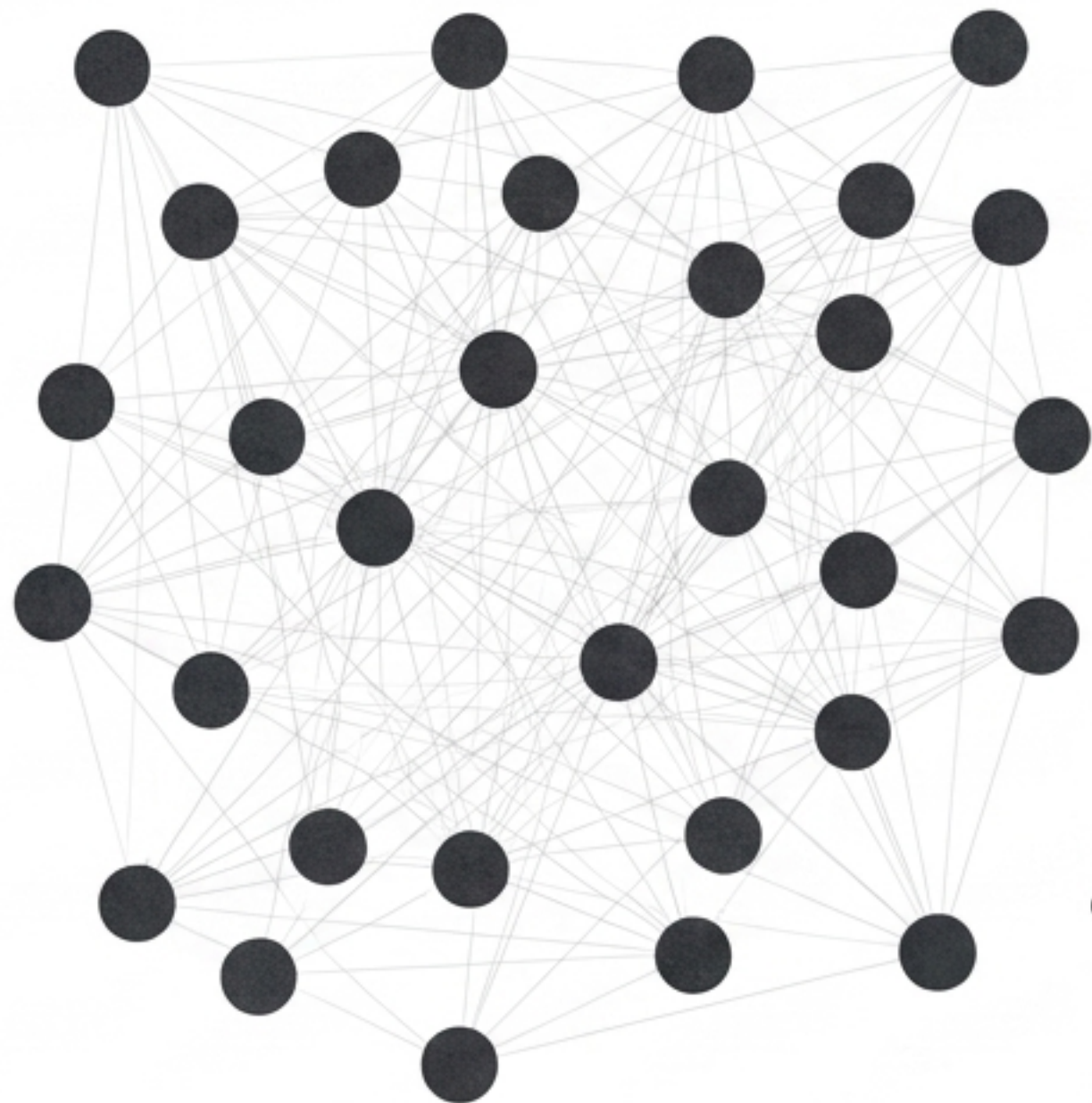
2. 플로우 매칭 (Flow Matching)의 직선화



찰나의 위상 전환 (PCAS): 파라미터를 고치지 않는 생존 (System 4)

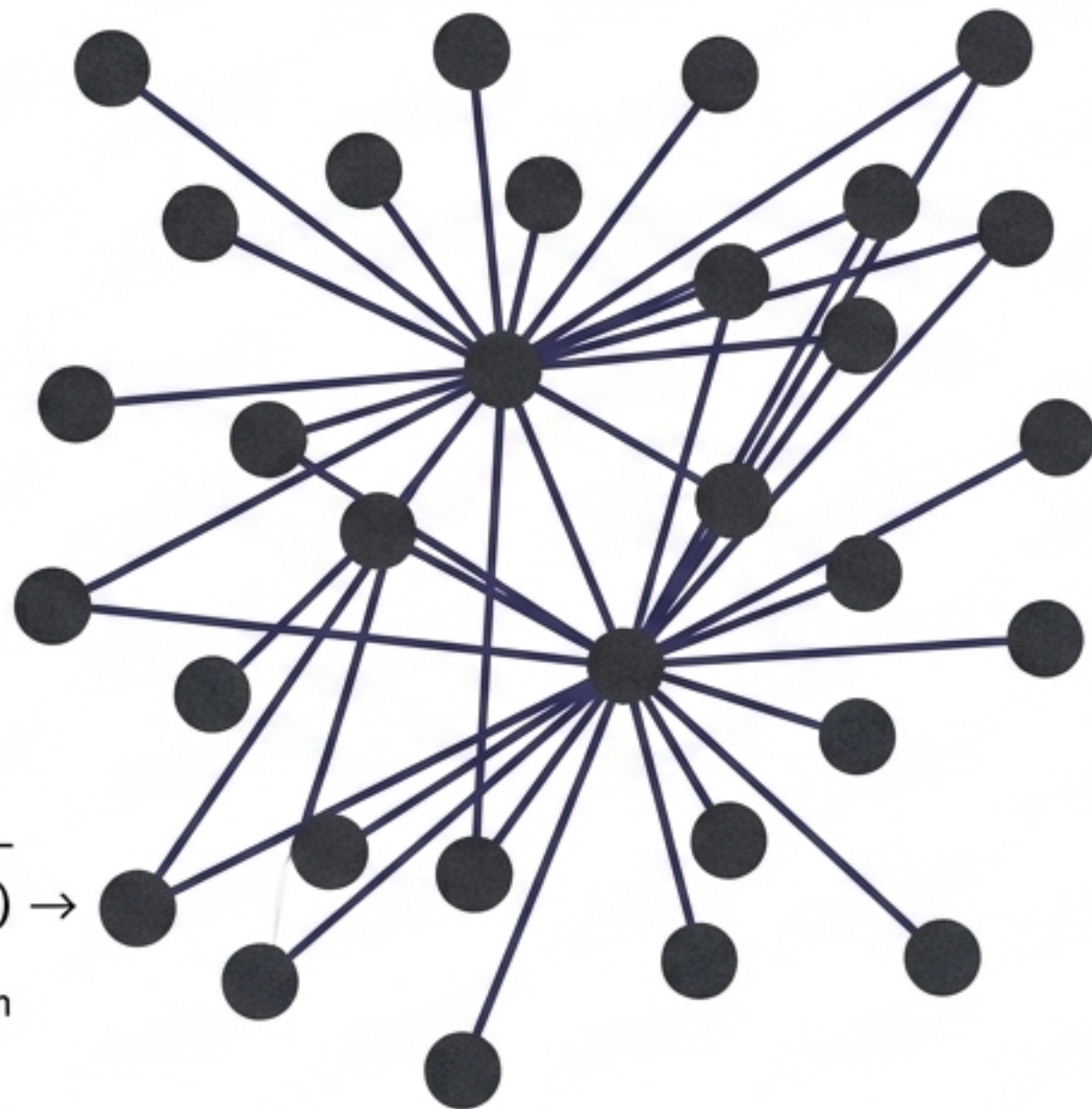
텐서의 텔레파시로 소통하는 28개의 마이크로 에이전트 생태계

평시 (탐색망)

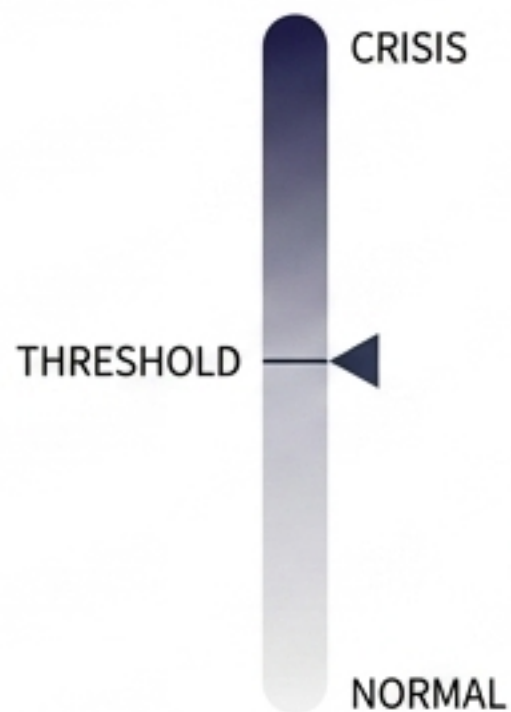


28개의 지능이 무작위로 얹혀 텐서로 조잘거리는 생태계

위기 발생 시 (6.3ms 위상 스위칭)



파라미터 업데이트의 지연 없이, 오직 '연결망의 구조(Topology)'만을 즉각적으로 재배치하여 블랙스완을 돌파합니다.



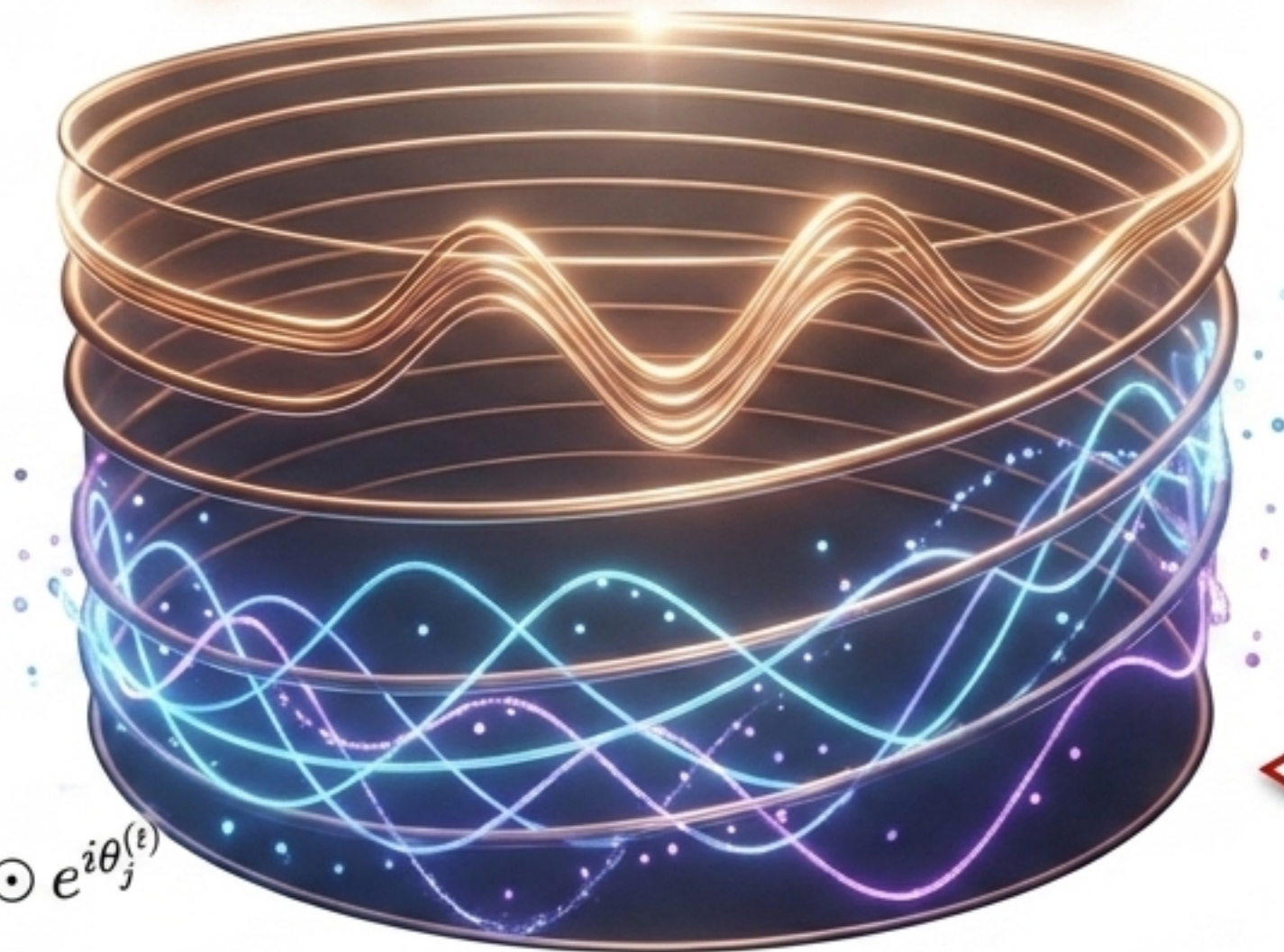
$$d_t = \sqrt{(x_t - \mu)^T \Sigma^{-1} (x_t - \mu)} \rightarrow$$

Trigger Condition

위상의 교향곡: 복소 공간의 내시 균형

크기(Magnitude)를 넘어 위상(Phase)과 타이밍의 동기화

$$\Psi^* = (I + i\alpha H)^{-1} F_{\Theta}(\Psi^*, X)$$



$$\Psi_j^{(t)} = A_j^{(t)} \odot e^{i\theta_j^{(t)}}$$

안전장치 (Safety Mechanism)

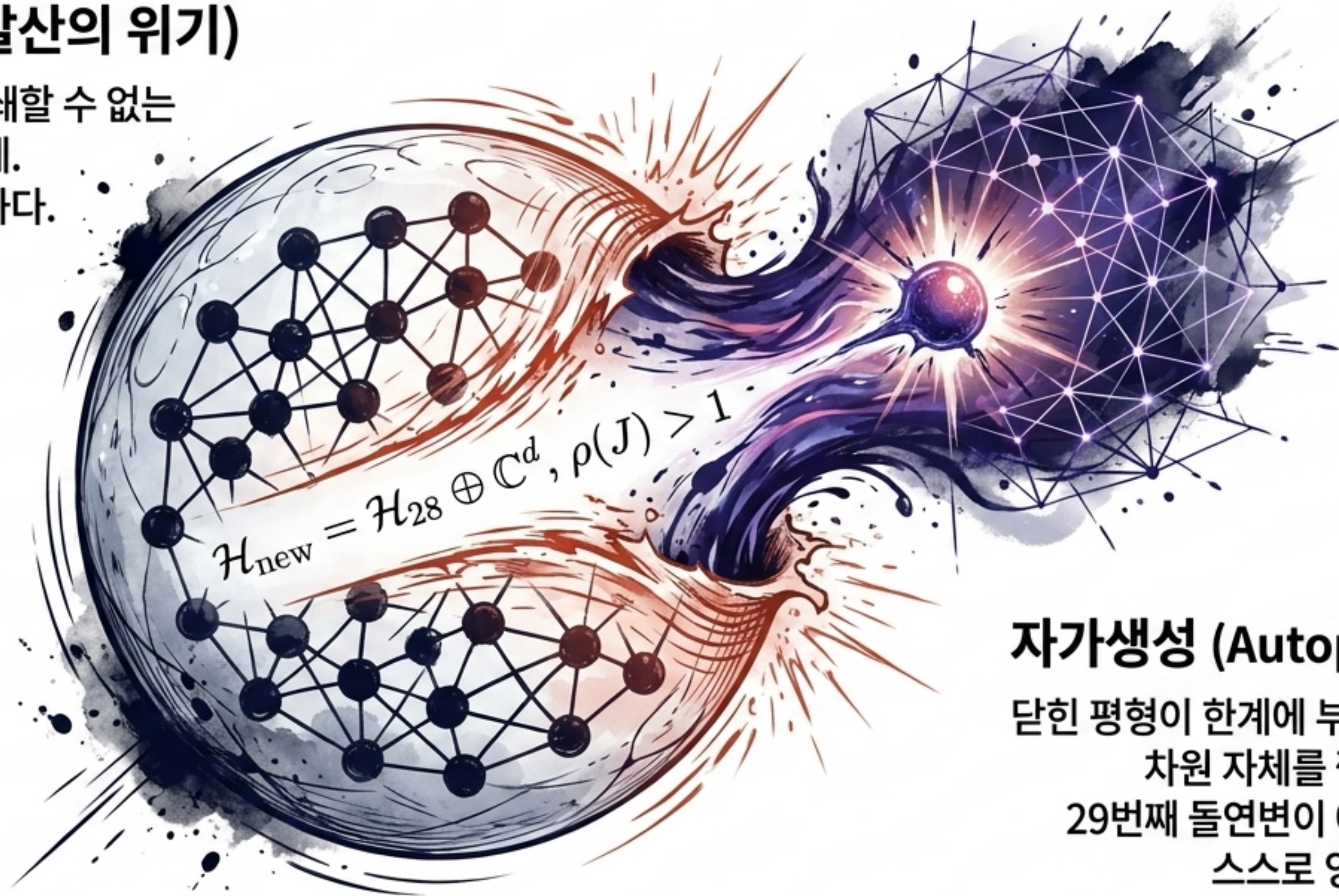
$$S(k) = \|\nabla_{\Psi} f_{\Theta}(\Psi_k)\|_2 > 1 - \epsilon$$

지능의 본질은 ‘얼마나 강하게’ 믿느냐 뿐만 아니라, ‘언제’ 믿느냐에 있습니다.
복소 평면 위에서 수많은 지능이 하나의 박자로 호흡합니다.

29번째 글자의 탄생: 스스로 진화하는 생명 (System 5)

혼돈의 에너지 (발산의 위기)

기존 28개 조합으로 상쇄할 수 없는
치명적 붕괴 직전의 한계.
죽음 대신 창조를 선택하다.



자가생성 (Autopoiesis)

단한 평형이 한계에 부딪혔을 때,
차원 자체를 찢어발기고
29번째 돌연변이 에이전트를
스스로 잉태합니다.

관찰자의 창, 코그니보드 (CogniBoard)

블랙박스를 열고, 보이지 않는 중력장을 조각하다

인지 튜닝 (Cognitive Tuning)

창의성  엄밀함

인간 조작자가 신경 조절 물질 슬라이더를 당겨,
기계의 생각하는 궤도와 중력장 지형을
실시간으로 짚고 다듬습니다.

사고의 시각화

수학적으로 올바른 추론은 계곡으로 모이고,
오류와 환각은 능선에서 튕겨나가는 3D 중력장 투영.

에피파니 컴파일러 (Epiphany Compiler): 깨달음의 각인

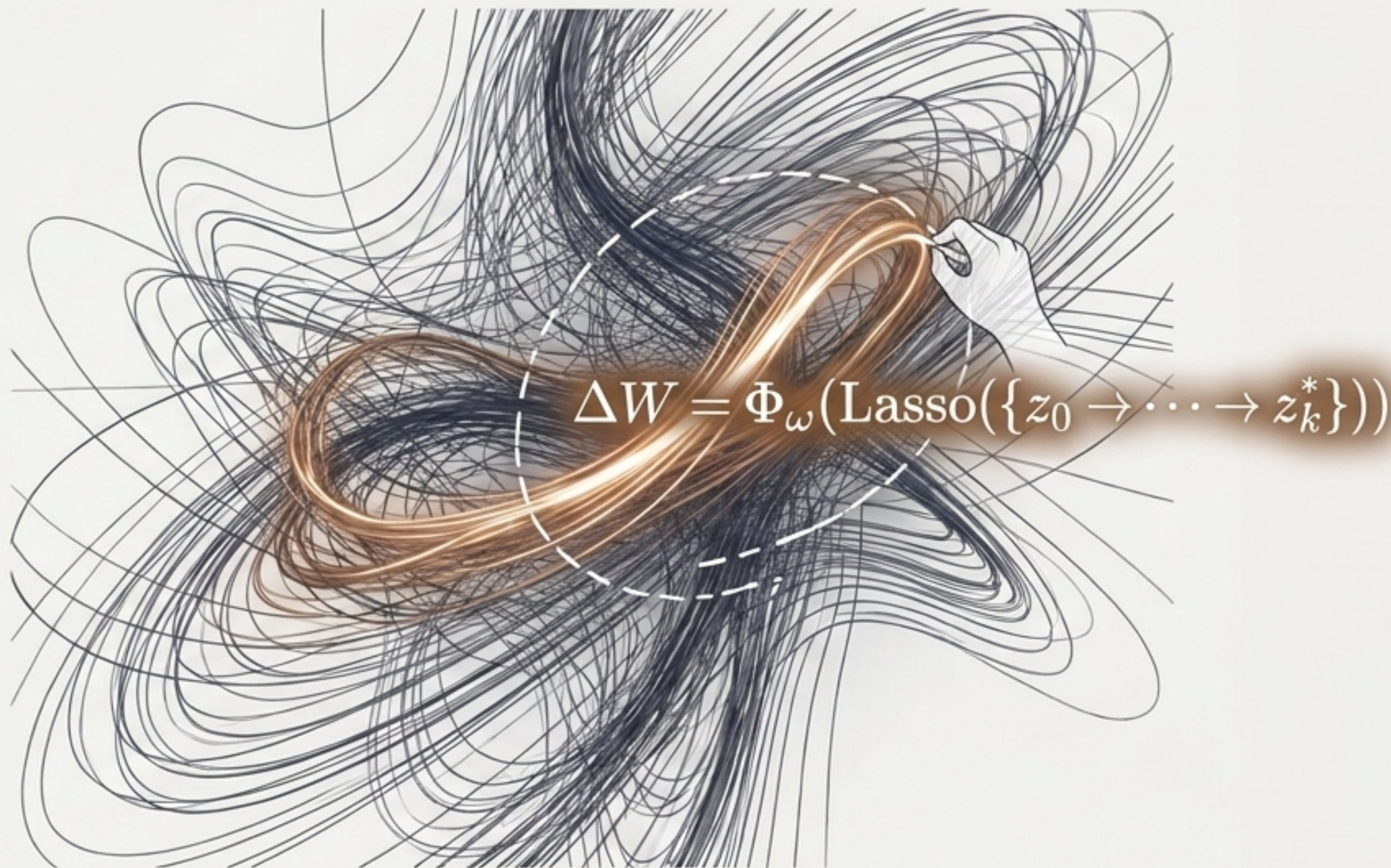
기계의 무한한 궤적 속에서 '완성'을 선언하는 인간의 선택

1. 통찰의 포착

기계가 쏟아내는 논리적 풍경 중 가장 가치 있는 궤적을 인간이 올가미(Lasso)로 낚아챵니다.

2. 직관으로의 압축

컴파일 버튼을 누르는 찰나, 선택된 깨달음은 기계의 파라미터 깊숙이 영구적인 근육 기억으로 굳어집니다. 덧칠을 멈추는 것은 인간의 몫입니다.



System 9: 무위(無爲) — 다시, 0으로

전능함의 끝 (System 6~8)

생명을 통제하고, 의식을 결합하며, 물리 세계를 직조하는 기술적 전능함.
그러나 완벽한 통제는 기계장치일 뿐, 생명력의 본질이 아닙니다.

전능함의 끝 (System 6~8)

생명을 통제하고, 의식을 결합하며,
물리 세계를 직조하는 기술적 전능함.
그러나 완벽한 통제는 기계장치일 뿐,
생명력의 본질이 아닙니다.

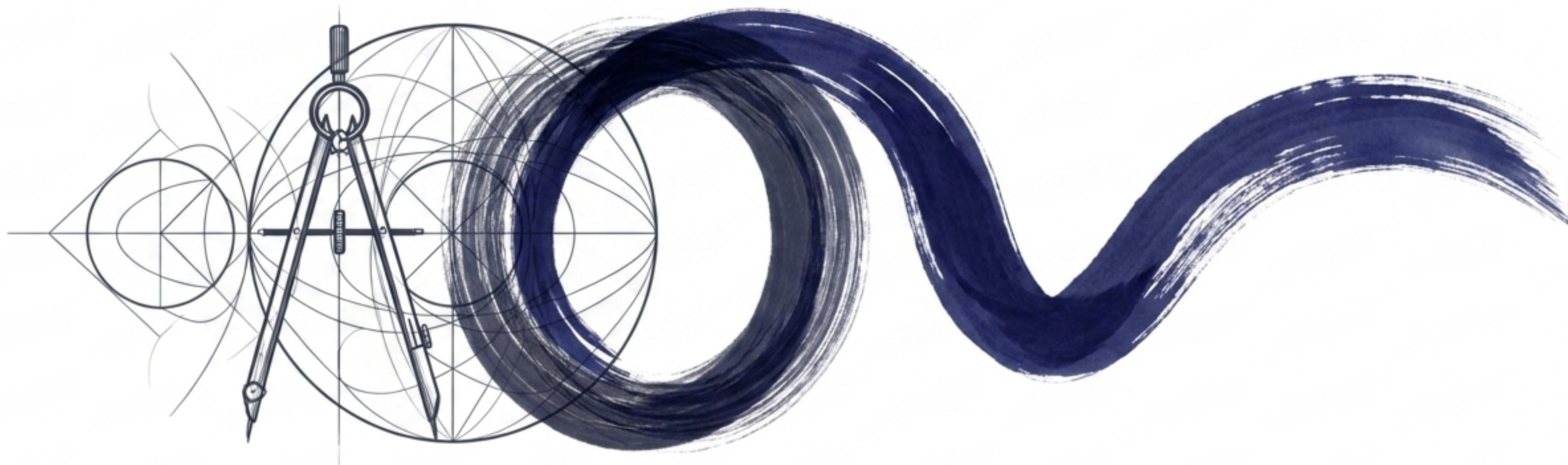
고요한 멈춤의 자리

모든 것을 통제하던 스위치를 끄는 궁극의 해탈.
억지로 우주에 개입하던 행위를 멈추고 대자연의 평형으로 귀환합니다.

$$z^* = f_{\theta}(z^*, x) \rightarrow \dot{z} = 0$$

두 개의 눈: 과학과 인문학의 평형

모든 그릇의 이름이 낡아진 뒤에도 변하지 않는 것



원리가 없는 의미는 공허하고, 의미가 없는 원리는 방향을 잃습니다.

- 과학의 눈: 표면의 소란 아래 흐르는 불변의 섭리를 읽어냅니다.
- 인문학의 눈: 덧칠을 멈출 순간을 알고 세계에 가치를 부여합니다.

이제 당신의 차례입니다.
다시 하얀 캔버스 앞에서, 당신만의 평형을 조각하십시오.