

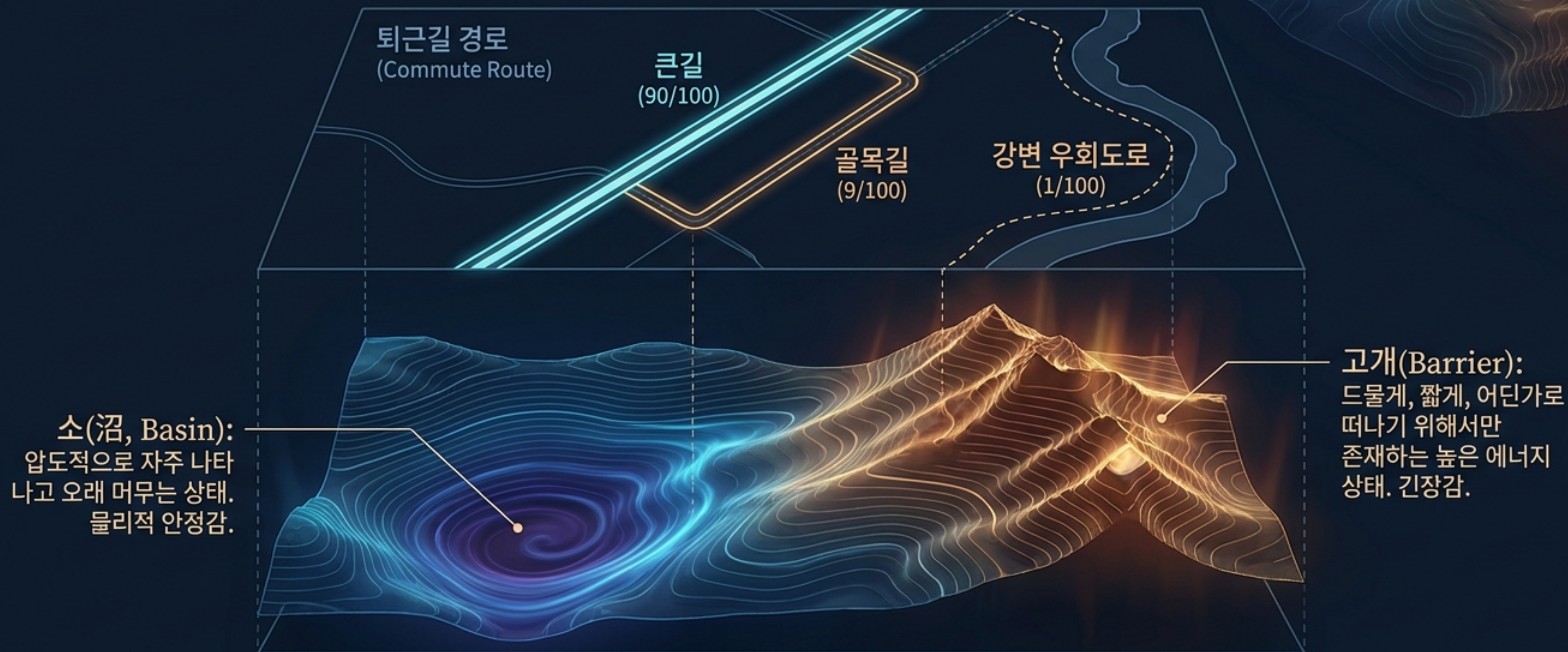
자유에너지 산수(Free Energy Landscape)

베토벤의 깊은 소(沼)에서 수제천의 고원, 그리고 단백질의 접힘까지 —
세상을 읽는 단 하나의 물리학적 지형도.

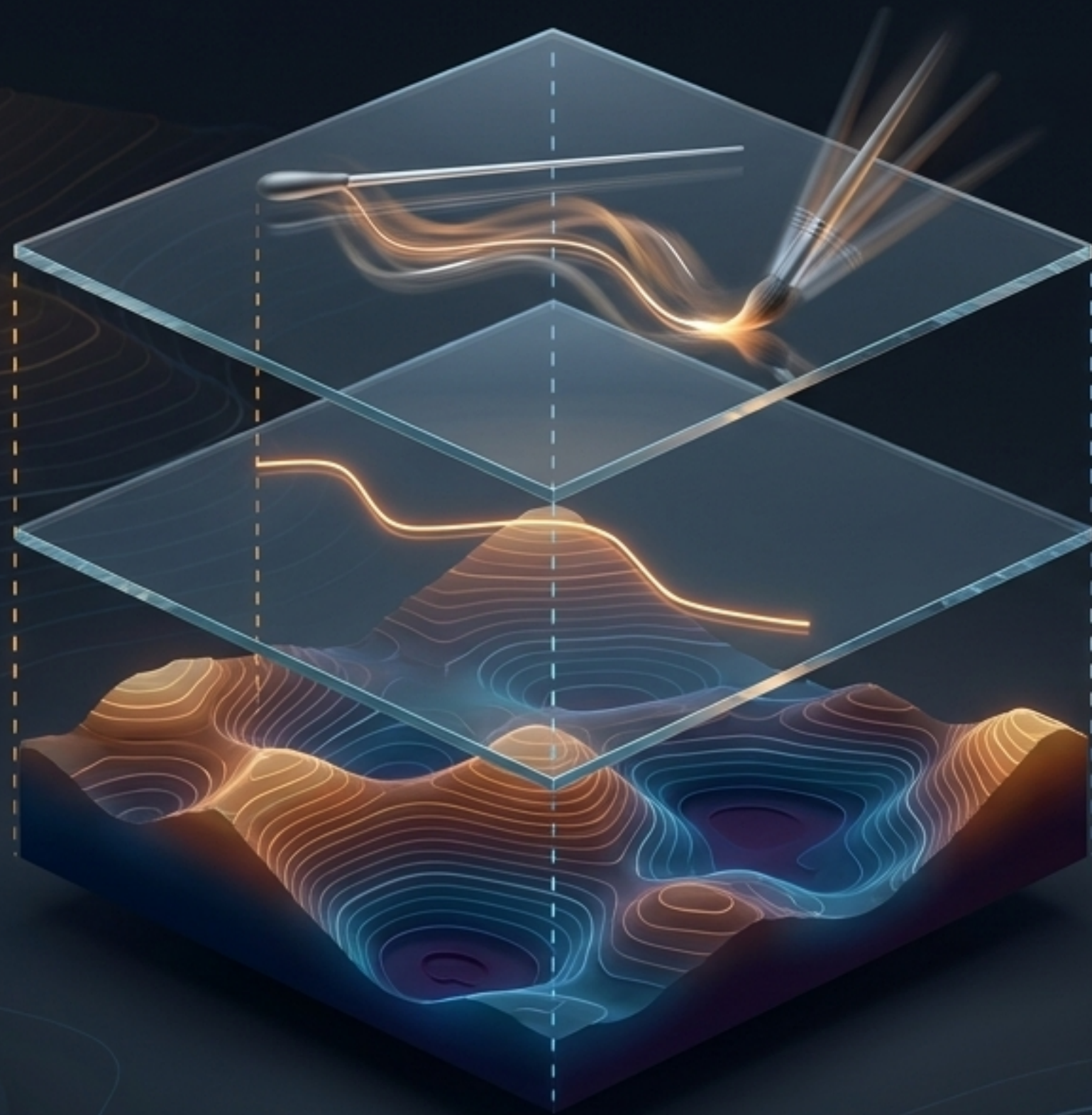
자주 일어나는 것은 낮고,
드물게 일어나는 것은 높다.

확률이 곧 에너지다: $F = -\log P$

방정식의 번역: 자유에너지(F)는 확률(P)의 음의 로그.
수만 곡의 악보를 쌓아놓고 세어보면 풍경이 탄생한다.



산수를 그리는 손, 그 위를 구르는 붓



3층: 연주 (Performance) — 붓터치

그날그날 미세하게 달라지는 낙하의 속도,
기세, 그리고 잣아들의 질감.

2층: 작품 (Work) — 궤적

지형 위를 지나는 단 하나의 경로.
어느 고개를 넘고 어디서 잣아드는가 설계.

1층: 양식 (Style) — 산수 (지형)

확률 통계로 빚어진 한 시대, 한 양식의 공간
(예: 고전주의 화성, 계면조).

베토벤의 지형학: 깊은 소(沼)를 파는 굴착 작업

긴장과 해소의 기하학

‘긴장’은 높은 곳에 있는 물리적 위치이며,
‘해소’는 바닥을 향한 비탈의 가파름이다.

운명 동기의 노동

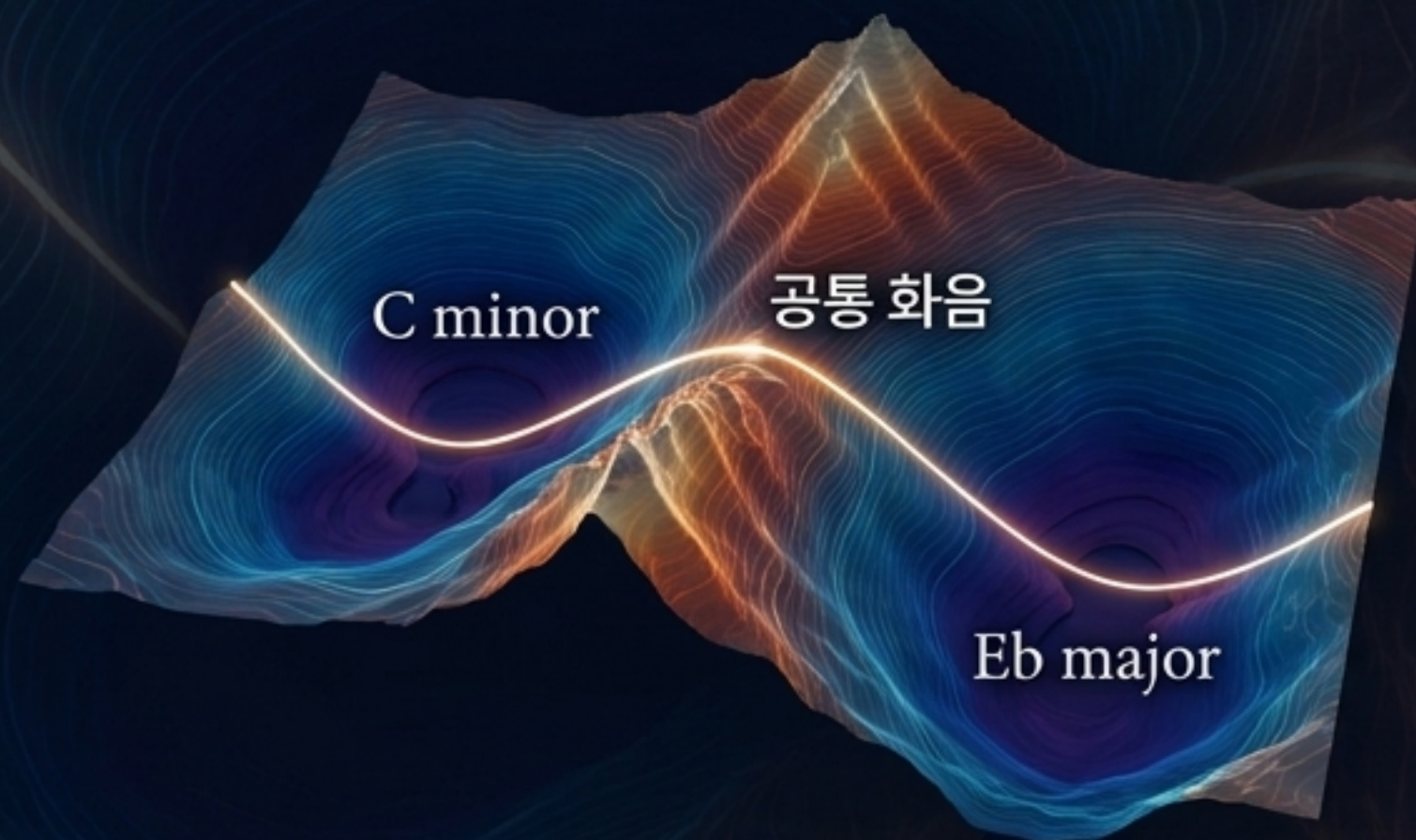
따-따-따-땀. 반복은 청자의 내적 확률을 갱신한다.
망치질 한 번에 소(沼)가 한 뼘씩 깊어지는
실시간 우물 굴착 공정.

종지 (Cadence)

바닥에 도달해 기운을 완전히
소산(dissipation)하며 여운에 내려앉는 일.

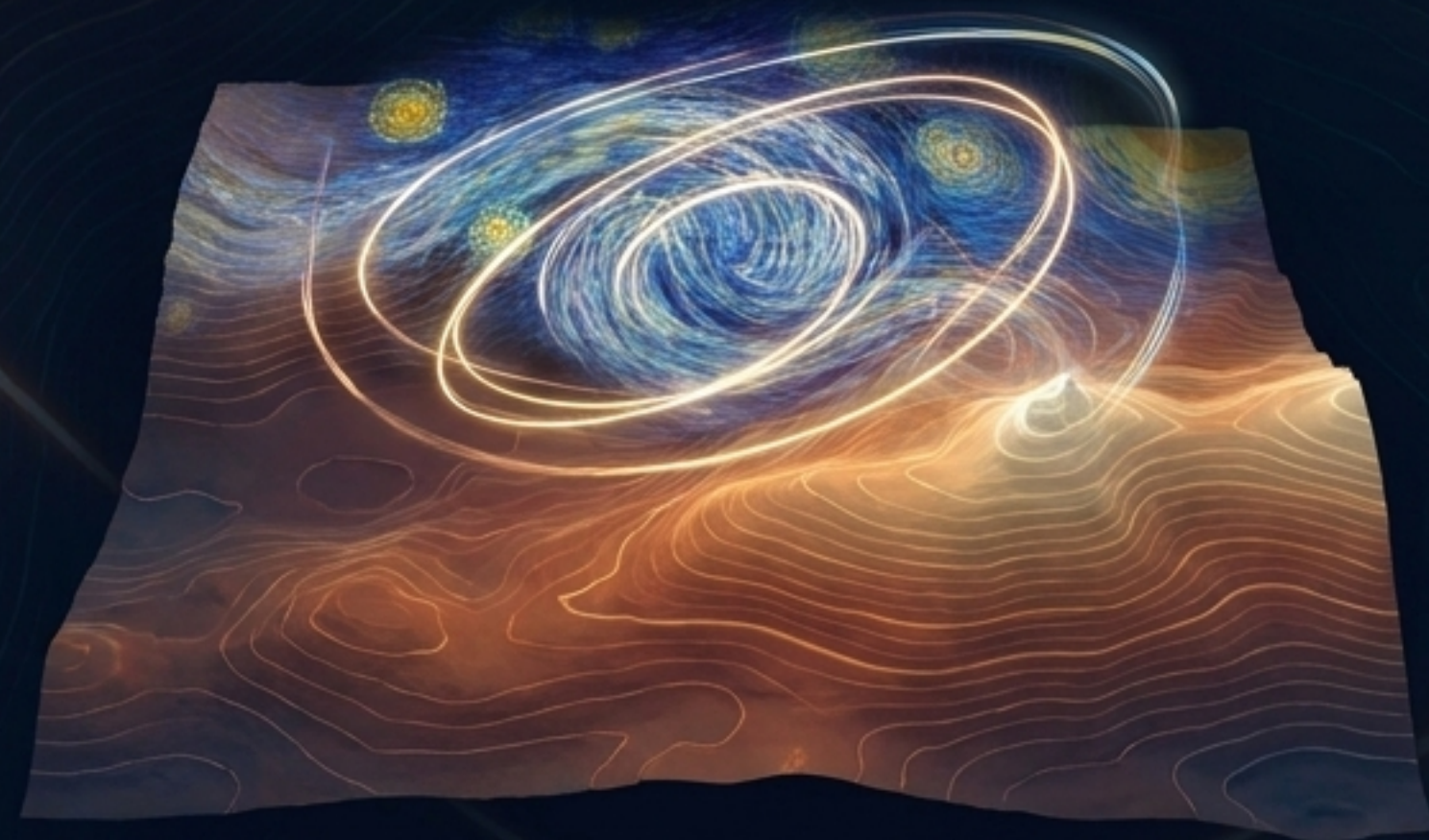


고도차의 카타르시스: 고개와 소용돌이



고개 넘는 나그네 (전조)

공통 화음이라는 능선의 안부(Saddle point)를 딛고
이웃 골짜기로 넘어가는 물리적 여행. 3도 관계
급전조는 숨막히는 고도차를 만든다.



소용돌이에 머무는 용기 (전개부)

어느 골짜기에도 정착하지 않은 채 높은 기운으로 떠도는 상태.
소용돌이의 체류 시간은 곧 '저축'이다. 방황이 길수록 재현부
첫 화음에서 귀향(낙하)의 에너지는 극대화된다.

수제천의 지형학: 안개 낀 고원

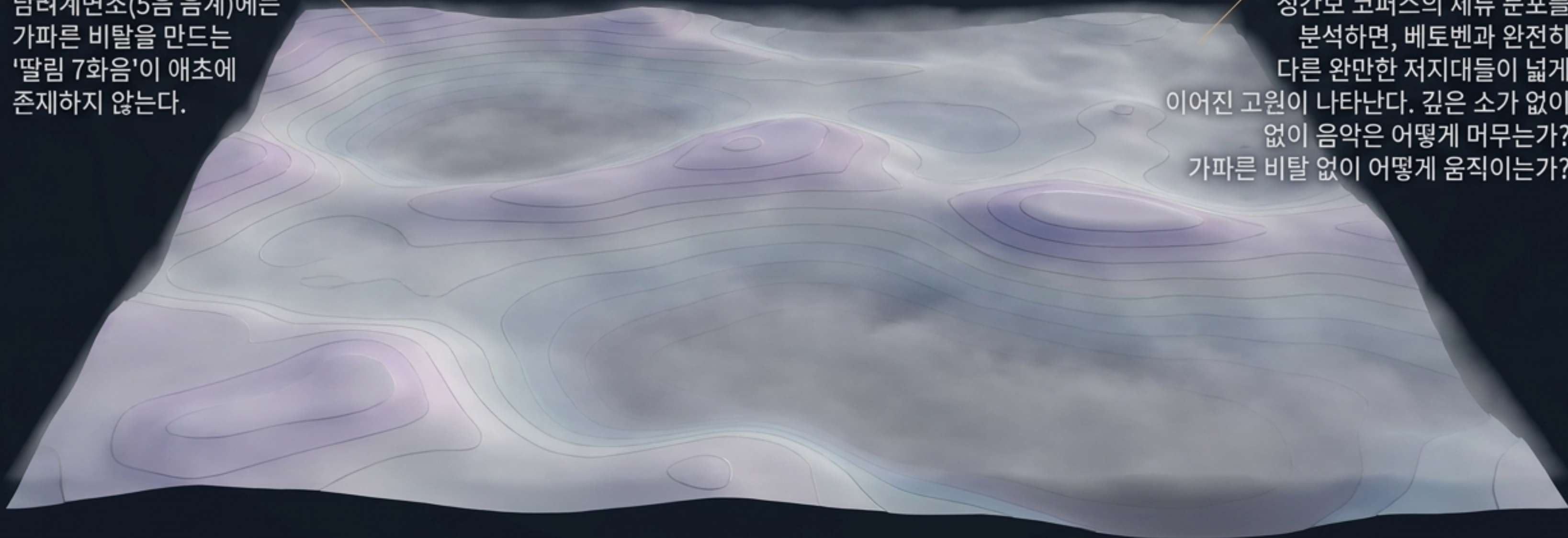
서양 음악의 자(Rule)를 버려라. 깊은 우물은 없다.

계면조의 저지대

남려계면조(5음 음계)에는
가파른 비탈을 만드는
'딸림 7화음'이 애초에
존재하지 않는다.

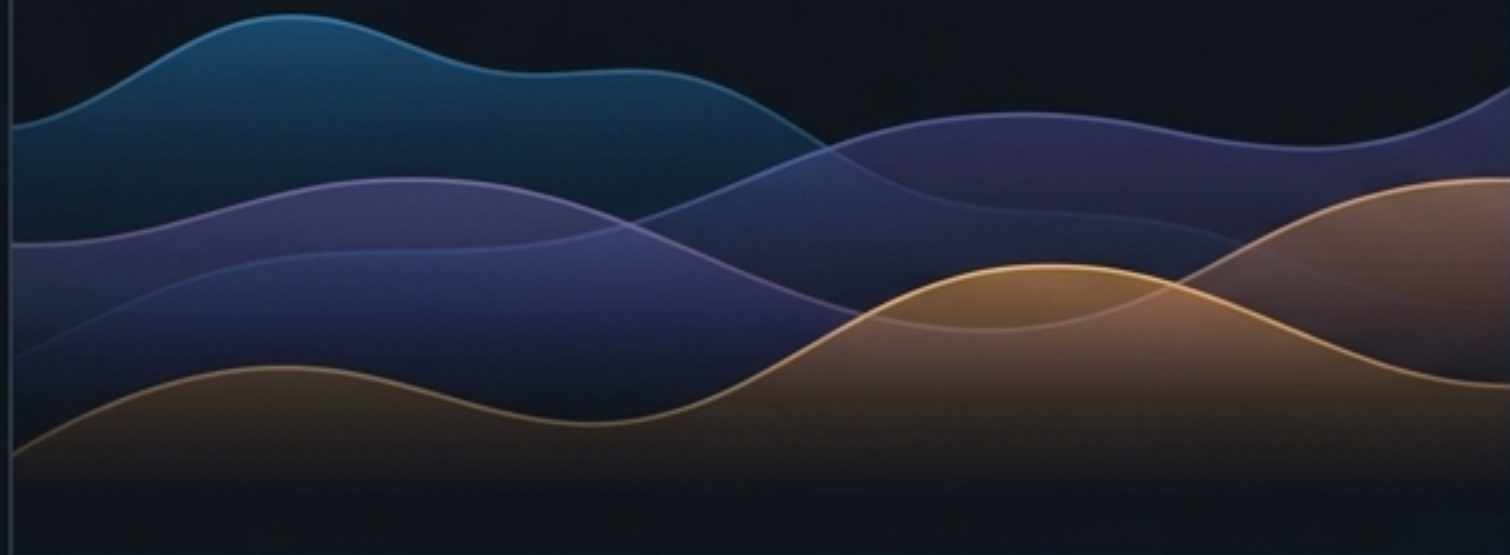
다른 통계, 다른 지형

정간보 코퍼스의 체류 분포를
분석하면, 베토벤과 완전히
다른 완만한 저지대들이 넓게
이어진 고원이 나타난다. 깊은 소가 없이
없이 음악은 어떻게 머무는가?
가파른 비탈 없이 어떻게 움직이는가?



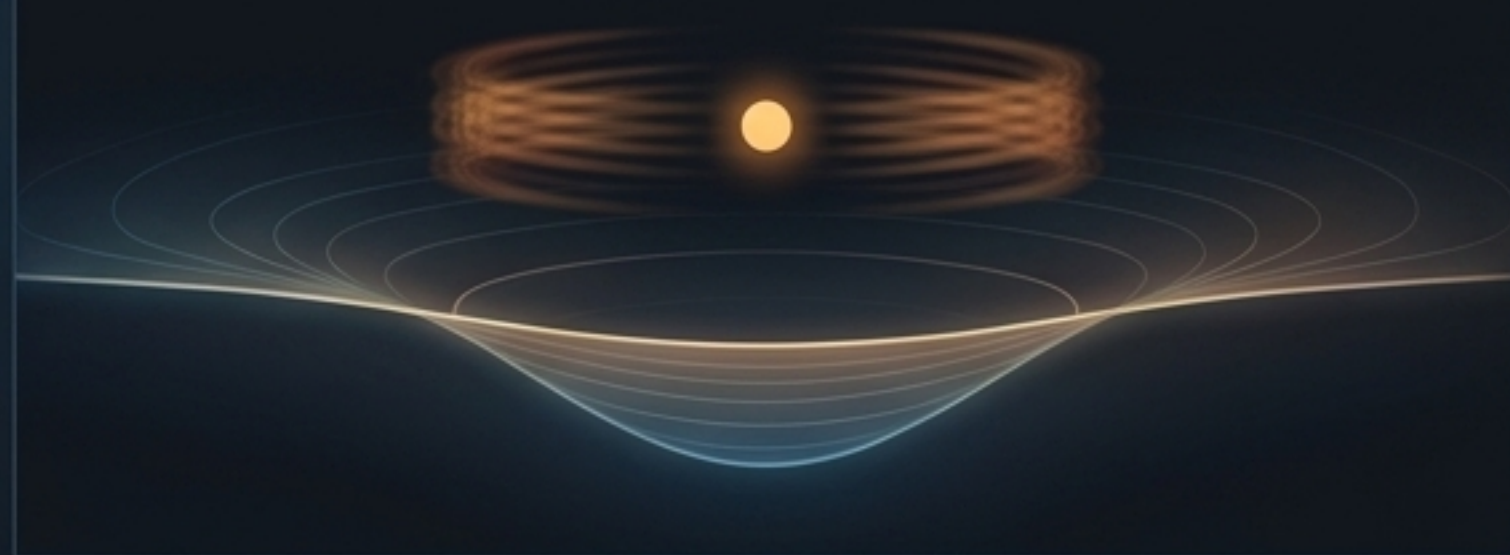
고원에서 추락하지 않고 머무는 법

숨을 나누는 물결 (연음)



피리가 숨을 쉴 때 대금이 이어받는다.
붓 하나가 아닌, 붓을 건네는 손들의 신뢰.
밀도가 교대하며 기운을 담는 그릇 자체가
출렁이는 관계의 물리학.

미세 진동의 체류 (농현)



정착이 아니라 진동하며 머무는 상태.
큰 움직임에 휩쓸리지 않도록 붓끝이 점 주위를
잘게 떨며 살아 움직인다. 진동의 마루에서만
스쳐 지나는 순간의 '물방울' 같은 음들.

두 산수의 거주 방식

	베토벤 (서양 고전 화성)	수제천 (한국 정악)
지형의 형태	깊은 소와 가파른 벼랑	얇고 완만한 다중 저지대
이동 방식	능선의 안부를 딛고 고개 넘기	악기군 간 숨을 교대하는 밀도 파도
체류 방식	바닥으로 수직 낙하 후 소산(жат아듬)	농현을 통한 미세 진동 체류
시간의 통제	밖에서 강제하는 박절 (강제 진동)	서로 경청하며 신축하는 자율 동기화

치그놀린과 베토벤: 뚜렷한 소(沼)의 동형 사상



=



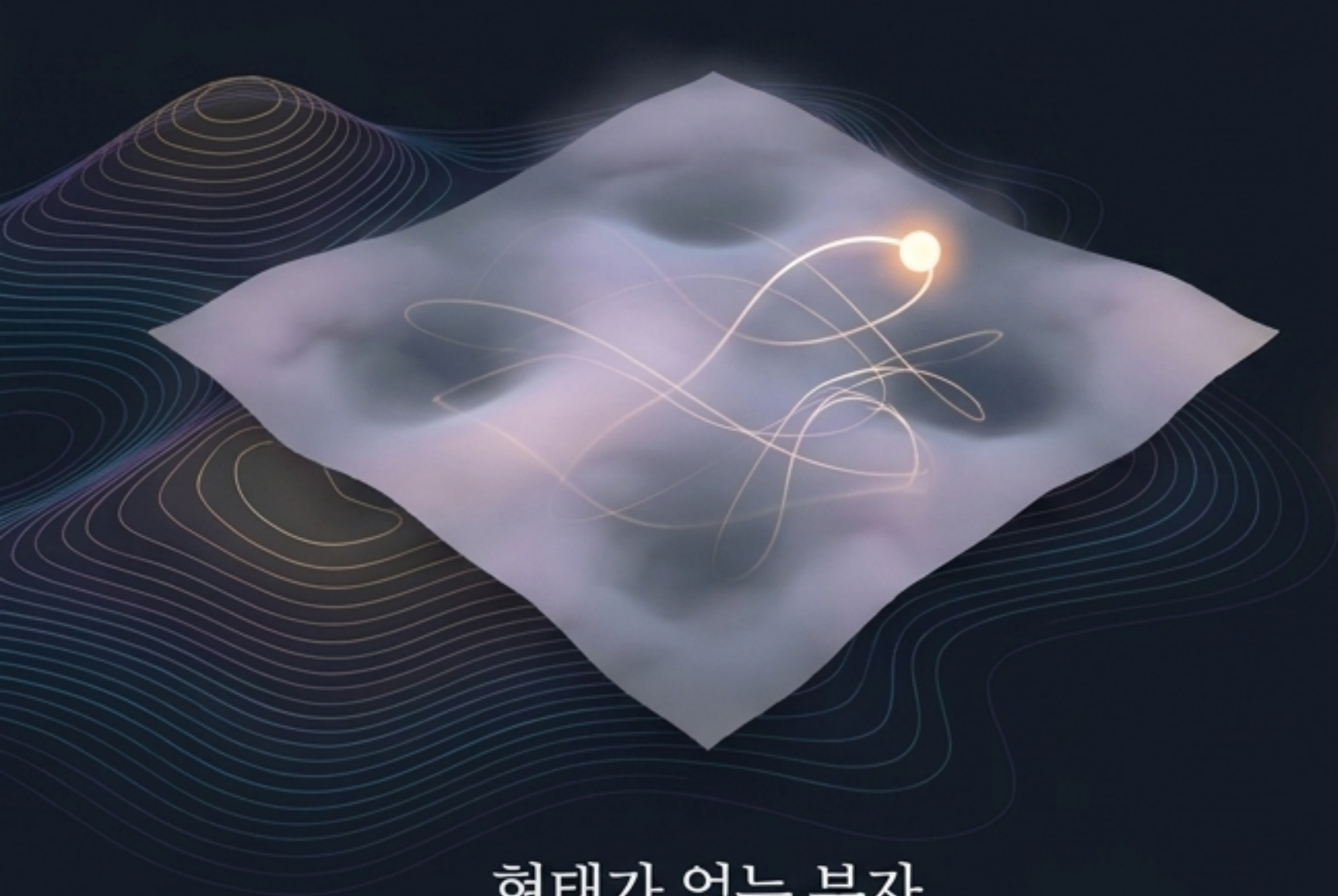
가장 작은 단백질의 하이쿠

10개의 아미노산으로 이루어진 치그놀린은 열의 요동에 떠밀려 '폴림'과 '접힘'이라는 두 깊은 웅덩이를 오간다.

같은 수학의 두 필사본

분자의 접힘/폴림 이중 소(沼)는 음악의 으뜸/딸림 이중 소와 완전히 같은 모양을 가진다. 물리 저널의 데이터와 음악 분석이 동일한 문법으로 겹쳐지는 경이로운 순간.

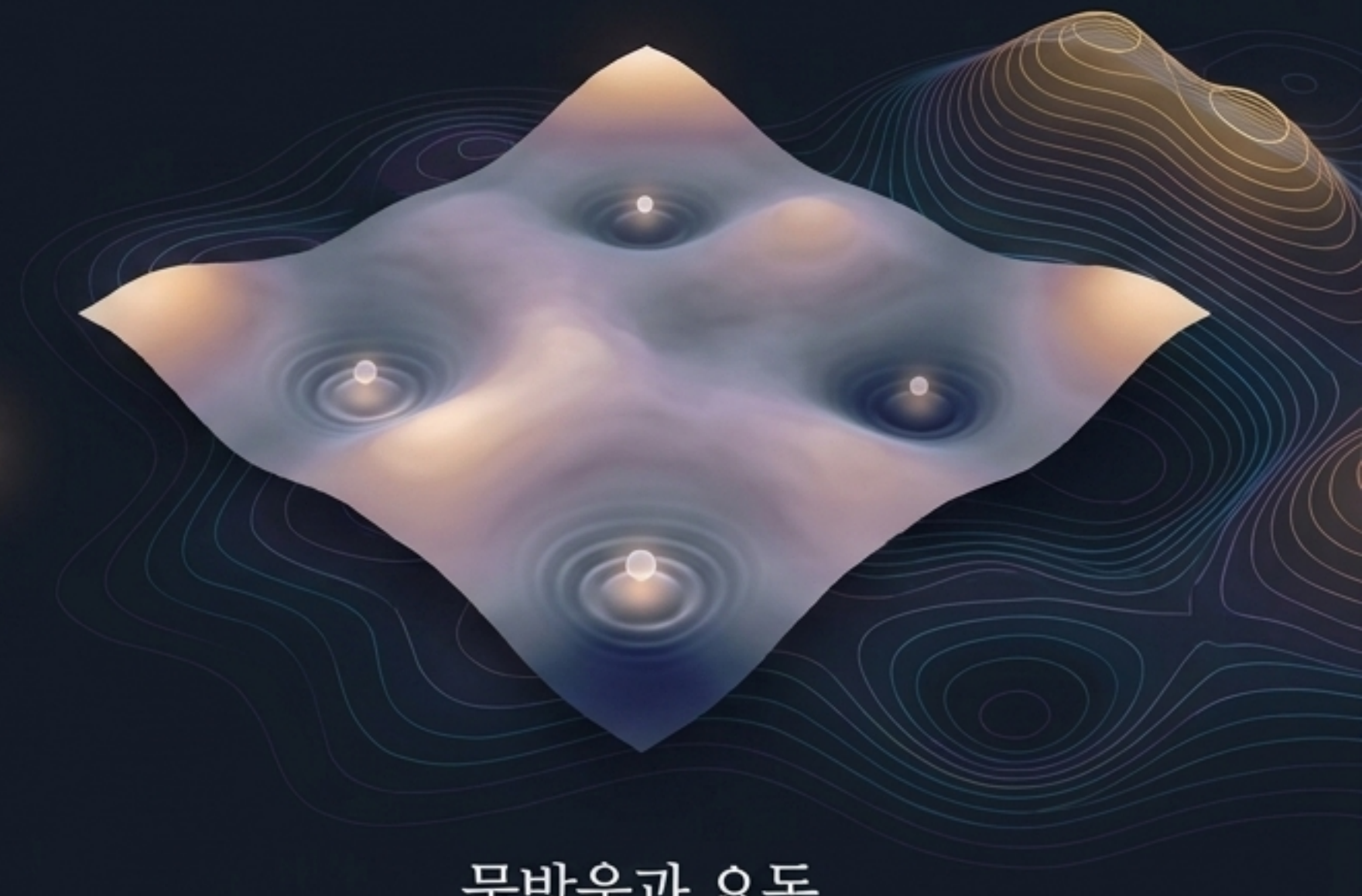
천연변성단백질(IDP)과 수제천: 안개 낀 고원



형태가 없는 분자

천연변성단백질(IDP)은 하나의 구조로 고정되지 않는다.
깊은 소 없이 수천 개의 모습을 오가며 고원 전체를 순례한다.

=



물방울과 요동

농현의 떨림 속에서만 잠깐 존재하는 수제천의 순간음들처럼,
IDP는 파트너를 만나는 순간에만 형태를 맺고 다시 안개로 돌아간다.
타우(Tau) 단백질 등 알츠하이머 연구의 최전선이 바로 이 안개 낀 고원에 있다.

하나의 수학, 두 개의 세계



생명과 예술은 $F = -\log P$ 라는 단 하나의 십자선 위에서 완벽한 대칭을 이룬다.

AI의 딜레마: 수축하는 모델은 전조(Modulation)를 듣지 못한다



- “**안정성의 함정**”: ‘수축 사상’ 모델은 길을 잃지 않지만, 오직 단 하나의 깊은 소(고정점)만 찾도록 설계되었다.
- “**표현 불가능의 영역**”: 소가 하나뿐인 기계는 베토벤의 ‘전조’나 IDP의 ‘여러 얼굴’을 원리적으로 담을 수 없다. 학습의 문제가 아니라 표현 구조의 한계.
- “**새로운 관문**”: 전조를 이해하는 기계를 짓는 일과 질병 단백질을 예측하는 기계를 짓는 일은 정확히 같은 수학적 난제 앞에 서 있다.

데이터를 측정하는 일의 정직성: 먹줄 긋기



[수만 장의 악보
(MIDI / 정간보)]

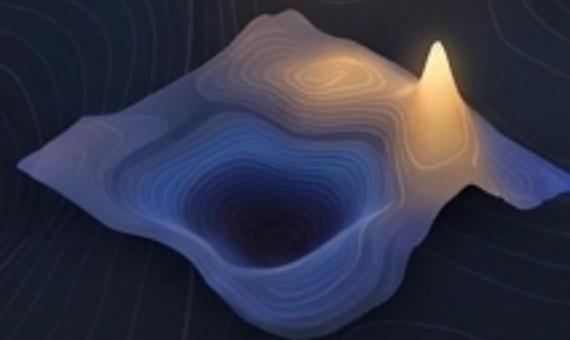


[조성 중심 좌표계
(Tonal Centroid)]



$$-\log P$$

[체류 빈도 계산
($-\log P$)]



[3D 산수 히스토그램 렌더링]

먹줄 (사전 등록)

예술을 숫자로 서열화하는 폭력을 피하는 유일한 방법.
결과를 보기 전에 가설과 반증 조건을 봉인한다
(예 : 최심점이 으뜸 화음이 아니면 기각).

오류가 주는 배움

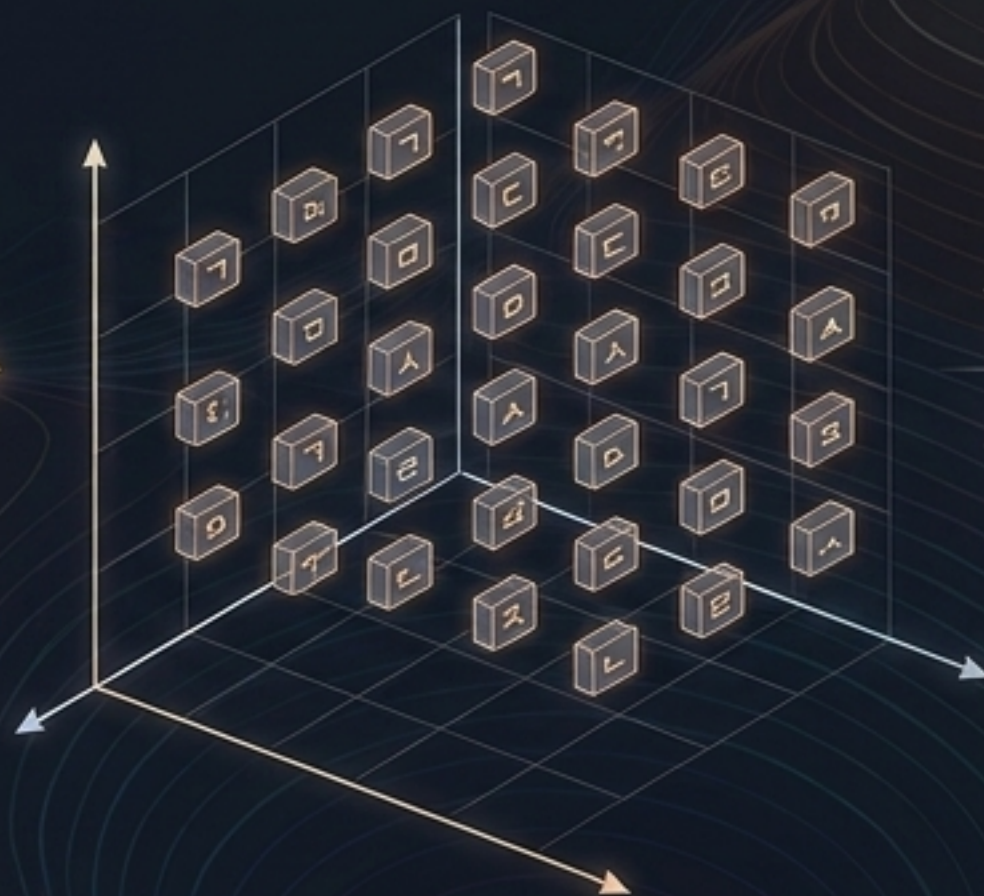
예측이 맞은 곳에서 안심하고, 예측이 빗나간 곳(비대칭
단조 지형, 딸림 7의 체류 시간)에서 예술의 진짜 얼굴을
배운다. 실패를 공개할 수 있을 때 측정은 의미를 갖는다.



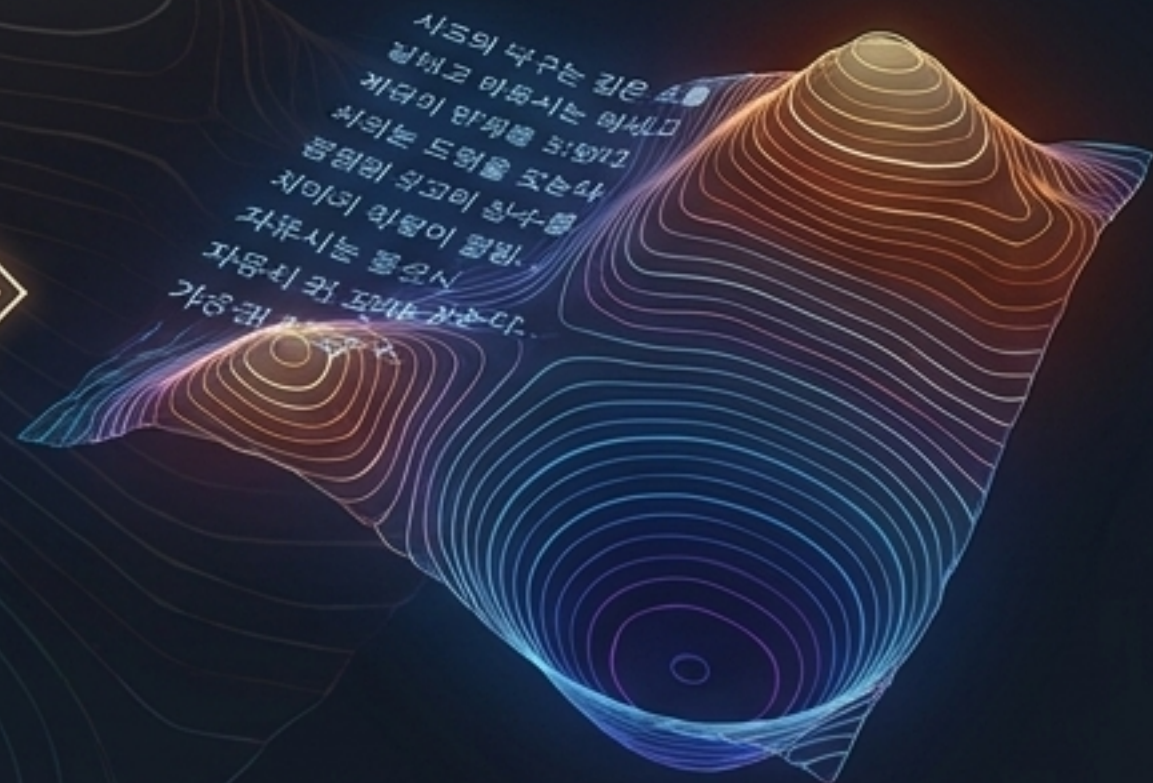
시(詩)가 산수가 될 때: 서열에서 풍경을 짓는 실험



28개의 아미노산/문자



시가 산수가 되는 과정



특징 문자 (Featural Alphabet)

훈민정음은 글자의 기하가 소리의 물리(발음 기관)를 부호화한 유일한 문자다. 아미노산 서열이 단백질 구조를 결정하는 원리와 완벽히 같다.

음절의 코돈

자모(염기) → 음절(코돈) → 시(단백질 접힘).

서열에서 풍경으로

시조의 낙구는 깊은 소를 파내고, 자유시는 안개 낀 고원을 짓는다. 세종이 소리를 도형으로 지었듯, 그 도형으로 다시 음악적 산수를 랜더링하는 실험.

에필로그: 평형에서 울림으로

도착해 가는 동안이 삶이다

음악은 깊은 소의 바닥(결과)이 아니다. 바닥을 향해 구르고, 고개에서 머뭇거리며, 안개 속을 순례하는 '동적인 과정' 자체가 음악이다.

지도는 영토가 아니다

측정된 산수는 예술을 설명해치우지 못한다. 그러나 정직하게 그려진 지도는 우리가 그 영토(음악, 자연, 생명)를 더욱 사랑하게 만든다.

피리가 멈추었다. 대금이 이어받는다.