초록 (KR)

본 논문은 "변증법을 의미론이 아니라 운용 규율로 제시"한다. 우리는 U-P-S(Universal–Particular–Singular)라는 컨트롤 플레인과 B-T-Π(Values–Transitions–Propositions)라는 데이터 플레인을 정합적으로 접합하여, 모순(B)을 동력으로 보존하고 커밋(=) 으로만 결론을 승인하는 파이프라인을 제안한다. 등호는 전역 속성이 아니라 창 W 범위의 단회 면허 사건이며(Non-Transport, No-Promotion), 과정 연산자 σ는 OneShot 으로 제한된다. 관측-동치($\approx_{obs}$)가 항상 우선하며 전역 π는 금지된다. 의미론적으로는 Belnap/FDE 4값({T, F, B, N}, 지정값={T, B})을 채택하고, $Gate(W) := stage = \mathcal{S} \wedge \delta_a bs \wedge \sigma_t race \asymp \wedge Guards(Exh/Det/Coh/No3-Lock/Arrow) \wedge \neg mark$로 정의된 게이트 통과만이 커밋을 유발한다. 이 구성에서 폭발(EFQ: $p, \neg p \vdash q$)은 미유도이고, '='과 σ 및 게이트 규칙을 제거한 =-free 단편은 FDE/LP에 대해 보수적이다. 또한 외부 논리 L은 어댑터를 통해 $\{T, F, B, N\}$×margin으로 임베딩되어 π_W로 접속되며, 판정 양식(J-Form)는 No-Compute 제약으로 값 연산에 개입하지 않는다. 철학적으로, 동일성은 항상성(δ_{abs}) 이 아니라 발생 사건(=) 으로 해석되며, 진리는 신념이 아니라 커밋 로그의 상태다. 라캉의 외밀성(extimité)은 $D/D\prime/W$의 스코프 구조로 번역되고, 헤겔적 부정성은 B 값의 보존-전개로 엔진화된다. 위상적 독해(게이트=경계, 교차 지표=a_{eff})는 운용 로그의 지표화로 수렴한다. 관찰/존재/사건의 3계층 분리와 TraceCompat 결정절차는 구현과 감사를 가능하게 한다.본 프레임은 (i) 지식그래프/데이터 통합에서의 충돌 보존-커밋, (ii) 모델 거버넌스와 규정 준수(승격/발급/TTL/경합) 추적, (iii) 재현가능성 게이트(실험/주장의 커밋 선행) 등으로 즉시 적용 가능하다. 결론적으로, 제안 체계는 비자명하게 정합하며, 변증법을 "단순한 설명"이 아니라 실행 가능한 프로토콜로 정식화한다. UPS는 등호를 전역 성질이 아닌 창-국소 단발 사건으로 재정의한다. 게이트와 append-only 원장을 결합해 비폭발과 동시성-유일성을 함께 보장하며, “=-free” 단편에서는 FDE와 보수적 동형을 이룬다.

머리말

헤겔의 '무전제성의 원리'를 중심으로 내적으로 자기완결적인 서술이 가능한 체계를 만드는 것이 본 논문의 목적이라 말할 수 있겠다. 그러나, 괴델(Gödel)은 자기지시의 역설을 통해 1계에 한정된 체계의 자기완결적인 서술을 단순한 논리적 오류로 각하하였는데, UPS 프로토콜은 괴델 이후에 불가능한 것으로 여겨지는 바로 이 '내적으로 자기완결적인 서술 체계'를 형식논리로 구축하려는 시도 중 하나이다. 이 방법론은 LP의 기본적인 네 값인 {N, B, T, F}를 차용했는데, 다만 LP는 참인 모순을 허용하나 이는 그것을 내적으로 정당화하는 방향(헤겔)과는 다르다고 말할 수 있다. [1] 따라서 이 체계는 헤겔의 핵심적인 통찰이자 방법론인 '변증법'을 따라 값을 재정의하고, 기존의 프레임을 재조정하여 자기지시의 역설이 체계가 지닌 심대한 문제가 아니라 체계가 스스로를 조직하는 최소한의 조건이었음을 보여주고자 한다. 예컨데 본문에서 말하게 될 것처럼 구조가 이 재정의된 값을 하나 하나 분극화(Polarization)함으로써, 체계가 자신의 기본값을 내적으로 산출하는 방식은 변증법의 기본적인 절차이다. 이처럼, 헤겔의 변증법은 체계가 외부 준거나 메타적 관점이 없이, 자기지시라는 역설을 정태적인 것(오류)이 아닌 동태적인 것(동력)으로 삼아 체계 자신이 자신을 위한 여러 조건과 한계(Horos)를 산출하고 내적으로 정당화하는 것을 보여주는 순수 논리적 방법론이다. [2]

그러므로, 헤겔의 이러한 아이디어를 계승하여 형식화하는 본 논문의 입장에서는, 단지 이것이 체계의 자기서술을 위한 거의 유일한 방법론으로 여겨지므로, 자연스럽게 보편 운용 프레임이라고 주장하게 되었을 뿐이다. 그러나 더 보편적이라는 것이 더 우월한 것을 의미하는 바는 아닌데, 이는 마치 물리학이 화학이나 생물학보다 더 근본적인 학문으로 여겨지며, 이는 나머지 두 영역을 포괄하는 보다 보편적인 체계로 여겨지기도 하나, 그럼에도 화학과 생물학의 가치와 중요성이 물리학보다 떨어지지 않는 것과 마찬가지이다. 그리고 본 논문의 목표도 동일하다. 단지 헤겔의 방법론이 실제로 형식화와 운용이 가능한 것을 입증하고, 그 새로운 가능성을 통해 서로 다른 도메인 간의 소통이나, 그 존재론적 의의와 논리적 근거를 캐물을 수 있는 다리를 놓는 것이지, 여타 이론들과 경쟁하고자 함은 아니다. 따라서, UPS 프로토콜이 차후 서로 다른 도메인의 이론들이 상호소통을 하기 위한 연결고리가 되어줄 수 있게 된다면, 본 연구는 자신이 목적한 바를 전부 이루었다고 말할 수 있을 것이다.

우선 들어가기에 앞서, 각 장의 구성에 대해 짧게 요약하고자 한다. 1장은 시스템 도입부로, UPS 프로토콜을 이루는 기본적인 요소와 기반에 대해 설명한다. 2장은 본 논문의 메타 주장과 정리를 개진하는 장으로, 여기서 말하는 메타는 후술할 “No-Outside(GAP-0)” 원칙에 따라 2계 (혹은 그 이상의) 판단이 개입함을 의미하지는 않는다. 3장은 형식논리(특히 LP/FDE)를 통한 헤겔과 라캉의 사상을 간단하게 매핑한다. 4장은 시그니처 확장으로, 객체와 존재론적 불변량에 대한 판단을 스코프 내에 포괄한다. 5장은 Reviewer Kit으로, 다시 본문의 내용을 압축하여 해설하되, 한 눈에 들어오도록 간단히 해설하는 장이다.

변증법의 기본 구조: 즉자-대자-즉자대자

변증법에 대해 익숙하지 않은 독자들을 위해 설명하자면, 즉자-대자-즉자대자라는 헤겔의 일반적 3항을 통해 말할 수 있겠다: 헤겔에 의하면 이 3개의 항 사이에 각각 2번의 이행, '부정’과 '부정의 부정’이 놓이게된다. 이 때, 즉자는 무규정성으로, 아직 규정이 가해지지 않았다. 그리하여 즉자는 자신을 규정하기 위해선 타자가 필요하므로 대자를 외화(산출)한다. 그리고 이는 소쉬르의 기의가 기표의 차이에 의해 발생한다는 구조론의 기초 통찰에 대한 보다 보편적인 버전인데. 그 이유는, 한 사물/개념의 동일성이 검증되려면 다른 사물/개념과의 차이성이 있어야하기 때문이다. 차이라는 최소의 잣대 없이 어떻게 동일성이 드러나겠는가? (만약, 모든 값이 동등한 세계가 존재할 수 있고 또 존재한다고 가정해보자. 거기서는 부등호는 물론이고 등호 자신조차도 정의되지 않을 것이다. 모든 것이 차이가 없이 동일하므로, 동일성을 표지할 기호, 문자, 기표가 생길 이유와 원인 또한 없다.) 그래서 '외화’란 단순히 가정된 무엇이거나 임의적 산출이 아니라, 즉자가 자신을 판단하기 위한 최소한의 이행이자 내적 필연성을 통한 산출이다.

그리하여, 대자는 즉자 바깥의 타자로서 세워지고 이것이 '외적 대립’의 상태다. 하지만 즉자는 자신이 대자를 산출했음에도 여전히 무규정성으로 놓여있는데, 그것이 지닌 규정성은 대자와의 차이에 의한 단순한 외적인 관계만을 맺는다. 왜냐하면, 차이로서 세웠기 때문에 그것은 즉자 자신의 본성에서 나온 산출물이지만, 그럼에도 구별가능한 즉자 자신에 대한 이질성이기도 하기 때문이다. 이 외적인 관계는 바로 헤겔이 말하는 '부정적 규정’으로, 대자에 의존적이나 아직 그 관계가 내적으로 필연적인 것으로 드러나진 않는다. 그러나, 바로 그리하여 즉자는 대자와의 관계 속에서 자신의 규정성이 대자 내의 내용으로 각인되어있음을 감지하는 지점이 오는데, 이것을 표지하는 지점이 헤겔의 '무한판단’과 대응하는 구간이고, 이것이 바로 첫번째 이행인 ‘부정’ 다음의 두 번째 이행인 '부정의 부정’을 표지하는 지점으로, 이는 중립적인 장소가 아니라 '부정의 부정’이라는 이행의 이전과 이후를 가르는 불연속적인 경계이다. 그리고 즉자가 이 단계를 외면하면 외적대립에 여전히 갇힌 채로 놓이게 되나, 이 단계를 수용하면 즉자는 자

신이 외화했던 대자가 사실은 자신이 산출한 규정성 곧, 자기의 부정성 자체라는 것을 깨닫고 그것을 다시 자신의 안에 환수하게 된다.

그리고 마침내, 즉자는 대자를 자신의 안에 끌어안게 되고, 마침내 자신의 규정적 상태에 이르게 되는데, 이것이 ‘이성적인 것은 현실적인 것이며, 현실적인 것은 이성적인 것’ 이라는 헤겔 법철학의 캐치프레이즈에 대응하는 궁극적 상태요, 자신의 내용(규정성)과 대립하던 형식(무규정성)이 내적인 통일을 이룬 상태며, 이는 다시 말해 '즉자대자'이다. 그리고 지금까지의 과정을 지켜보면 알 수 있듯이 여기엔 필연적 진보도, 흠 없는 완전성도, 전체주의적인 동일화도 존재하지 않는다. 변증법이란 그저 개념이 스스로를 반성하기 위해 분투하고, 그 분투를 자신 안에 새기는 행위에 불과한 것이다. 3:

그러므로 U-P-S(Universal–Particular–Singular) 프로토콜은 이러한 방법론을 계승하여, 존재론 계층 D와 인식론 계층 D’를 구분하고, 모순을 보존하면서 커밋(=)만으로 결론을 허용하는 논리 운용 프레임이다 . 등호(=)는 전역 속성이 아니라 한 창(W) 내에서 단회 발급되는 사건이며, σ 연산자는 반드시 OneShot으로만 사용된다. 즉, U-P-S 프로토콜은 '존재론적 항상성(δ_{abs}; 내적 부정성의 불변량)'이 판별된 같은 W에서만 ‘=’(존재론 등호) 사건을 1회 기입하는 규칙계이다. 그러므로 본 논문은 검증 이론이 아니라, 임의의 규칙형 이론 위에 얹혀 작동하는 "보편적 운영 프레임"을 제시한다. 그러므로 본 논문은 프레임을 제시하는 것으로 만족하고, 그 구체적인 검증·사례에 대한 서술은 응용자의 몫으로 남긴다.

1: Belnap (1977)의 “A Useful Four-Valued Logic” 참조.

2: Wandschneider는 "Dialectic as the Self-Fulfillment of Logic (2009)"에서 이렇게 말한다. “My own thesis is that a “SelfFulfillment” [Selbst-Einholung] of logic is in fact possible, and is indeed just the form of a dialectical logic. (...) The scope of my considerations here is defined along two lines, which seem to me of essential relevance for a theory of dialectic. On the one hand, the form of negation that – as a self-referring antinomical negation – gains a quasi-semantic expulsory force [Sprengkraft] and therewith a forwarding [weiter-verweisenden] character; on the other hand, the notion that every logical category is defective insofar as it does not encapsulate the entirety of possible meanings.” (p.32) “What should only be cognized must and can already be implicitly operative for cognition. ... The cognition of the fundamental logical structures is to be understood as their explication by implicit fundamental logical means and as such is a sort of self-explication of the fundamental logic.” (pp. 42-43)

3: “진리는 그렇게 해서 바쿠스적 황홀의 도가니이며, 그 어느 마디도 취하지 않은 것이 하나도 없다. 그리고... (Das Wahre ist so der bacchantische Taumel, an dem kein Glied nicht trunken ist;)” - PhG (GW 9:31-32) 이러한 변증법의 방법론은 그러한 '바쿠스적 도취의 리듬’과 같이 반복된다. 이러한 외화/환수의 이행을 통한 자기 내 산출은 H.W.F Hegel의 “Wissenschaft der Logik” 1부, 2부, 3부에서도 일관되게 나타나는 현상이다. 그러므로 “개념은 실체를 직접적인 전제로 삼는다. 개념은 그 자체로 그것이 현현하는 것이다. 따라서 인과성과 상호작용을 통한 실체의 변증법적 운동은 개념의 직접적인 발생이며, 이를 통해 개념의 생성이 제시된다. 그러나 모든 곳에서 일어나는 생성과 마찬가지로, 그 생성은 자신의 토대 속으로 스며드는 것의 반영이며, 그 반영이 스며든 최초의 타자, 즉 본래 명백했던 타자가 자신의 진리를 구성한다는 의미를 지닌다. 따라서 개념은 실체의 진리이며, 실체의 규정된 관계는 필연성이므로, 자유는 필연성의 진리이자 개념의 관계로서 드러난다. (Der Begriff hat daher die Substanz zu seiner unmittelbaren Voraussetzung, sie ist das an sich, was er als mani-festirtes ist. Die dialektische Bewegung der Substanz durch die Causalität und Wechselwirkung hindurch ist daher die unmittelbare Genesis des Begriffes, durch welche sein Werden dargestellt wird. Aber sein Werden hat, wie das Werden überall, die Bedeutung, daß es die Reflexion des übergehenden in seinen Grund ist, und daß das zunächst anscheinend Andere, in welches das erstere übergegangen, dessen Wahrheit ausmacht. So ist der Begriff die Wahrheit der Substanz, und indem die bestimmte Verhältnißweise der Substanz die Nothwendigkeit ist, zeigt sich die Freyheit als die Wahrheit der Nothwendigkeit, und als die Verhältnißweise des Begriffs.)" - (GW12:11-12)

[Methods]

- 문서 구조화·체크리스트·템플릿 생성 보조에 대화형 LLM을 사용.
- 모든 이론·수식·파라미터·검증은 저자 책임. AI 도구는 저자로 간주되지 않는다.
- 실무 레시피는 [Appx1]의 'T1–T6' 체크리스트 참조. ('T8' 판정은 유한 결정(정규화 N/M/D)이고 실무 복잡도는 구현 의존.)
- 본 논문의 핵심을 간단하게 확인하려면, 심사·재현 용 섹션인 [§4]을 참조할 것. (Reviewer Kit)

— 보강: 기호/가드 참고 —
• 관측-동치($\approx_{obs}$) : 편채널($\langle on, off\rangle$)에서 $Obs \circ \sigma \approx_{obs} \sigma \circ Obs$.
• 표상-동치($\approx_{rep}$) : 동시 운용($\langle on, on\rangle$)에서 $Obs \circ \sigma \approx_{rep} \sigma \circ Obs$.
• 구조/존재론적-동치($\equiv_{onto}$) : 약기호: $x \equiv_{onto} y := \pi(x) \equiv_{onto} \pi(y)$ (D' 내의 정식 표기는 '≡_{onto}^via').
• TraceCompatibility($\asymp$) : R_{EqOpen} 전제 하 '$stage = \mathcal{S}$에서만 호출'(Stage-Consistent).
(≍는 전제 확인용; 자동 승격 경로 아님(면허는 오직 R_{EqOpen}).)
• 경계 왕복 장력(ΔK; 스칼라) : $|\Delta K| \leq \theta$ 를 텐션-세이프 조건으로 사용.
• $Guards$: $Exh, Det, Coh, No3-Lock, Arrow$. (운용 체크: Eq/V/P 및 BothOn으로 표기될 수 있음)
• $\delta_{abs} := H(R^*, K, Obs)$ ($Aut(D)$-불변, $scope = W$)
• $Gate(W, a, b) := stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)) \wedge Guards \wedge \neg mark(W, a, b)$
• 규칙

- R_{EqOpen} (면허): 창 W에서 게이트 조건 만족 시, D에서 '='를 단회 판정.
- $R_{Demotion}$ (재보고 강등): 창 W에서 얻은 '='을 $W' \neq W$로 옮기면 결론 기호는 자동으로 $\approx_{obs}$로 강등.
- $R_{NoPromo}$ ($D' \to D$ 역승격 금지): D'에서 내용층 '='로의 역승격 금지(보고층 동치로 내용 등호 유도 불가).
- $R_{NonTransport}$ (창-비운반): '='은 창 W 스코프·단회(OneShot), 창 간 운반 금지.

- Default: '='은 언제나 D(전역)에서의 커밋 사건. D'(비-전역)엔 없다.
- Universe closed: 승격은 D', 발급은 D, 중간엔 σ(논리적 이행). "Universe closed ≡ No-Outside". ([§2.2], "GAP-0" 참조.)
- No-Outside: 외부 준거 도입 금지. 체계 내의 설명을 체계 외의 것에 위탁하는 것은 판단 계층(Eval)의 혼용.
- Equality-as-Event: 게이트 충족 시, '단회'적으로 발생. 사건은 W-국소지만, 그 지시인 $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)$는 D-전역. =-free 단편은 FDE/LP와 보수적으로 일치.

Ⅰ. 시스템 도입부: 변증법의 운영 형식화

핵심 논제와 범위: 본 연구는 변증법의 동력(부정성), 매개(반성), 현실성(국소 커밋)을 검증 가능한 운영체계로 외화한다. 여기서 논리적 최소단위는 B-T-Π(값-전이-명제)이며, U-P-S는 그 위에서 규약을 산출·스케줄하는 제어층이다. 간단히 말해, U-P-S는 B-T-Π의 "커밋 컴파일러"다.

핵심 주장: 내적 부정성이 판별된 같은 창(window) W에서만 등호 '='를 단 한 번 기입하는 규칙계를 제시한다. 이는 검증 이론이 아니라, 임의의 규칙형 이론 위에 얹히는 보편 프레임이다. 구체 검증은 응용자의 몫이다.

범위: D(존재론=내용층)와 D'(인식론=보고층)의 이중 구조. '='는 D에만 존재하며, D'에는 관측-동치($\approx_{obs}$)와 존재론적-동치($\equiv_{onto}$)만 허용된다.

계층: 그러므로, 모든 판정/정의/공리/정리는 D(1계)에서 수행한다. $Eval_2$(2계 판정) 및 그 이상은 금지한다. (First-order-only) D' 관점의 '메타' 표시는 설명용 문구일 뿐, 규범은 1계에 흡수된다. 그러므로 본 문서에서 나오는 모든 메타적 표현은 편의상 설명이나, 그럼에도 2계 이상을 암시하지 않는다 ('GAP-0, 메타의 탈-메타화' 참조.)

1.1 시그니처(Signature)

Sorts / Domains.
D : 내용층(전역), 존재론 도메인(내적 부정성으로 보유).
D' : 보고층(비-전역; view), 인식론 도메인(외적 대립으로 표상).
$\mathscr{W}$: 창(window) 집합
T : 이산 집합(discrete set) 인덱스
Δ : 불변량 값 영역
Σ, Σ^* : 트레이스 알파벳 / 자유모노이드
K : 면허 토큰(Key/κ) 집합 (소모 가능 자원; U-P-S에서만 사용)

존재론층 D (Onto)

- 관계 $\pi(x, W, y) \subseteq D \times \mathscr{W} \times \bigsqcup_W D'_W$
  뜻: "$x \in D$가 창 W에서 $y \in D'_W$로 표상된다." (관계·1계, 계산 아님; 판정의 대상)

인식론층 D' (Epi)

- 함수 $\pi_W : D \rightharpoonup D'_W$
  부분함수; 실제 외화 계산(유도·계산에만 사용)

- $D'_W := im(\pi_W) \subseteq D'$
  뷰 슬라이스(원시)

- $pre_W(S) := x \in D | \pi_W(x) \in S$
  전-의미(필요시만 사용)

- $Rel_W := Graph(\pi_W) \subseteq D \times D'$
  $Rel_W(x, y) \Leftrightarrow \pi_W(x) = y$ (편의 표기; 증명에선 π / π_W 사용)

환수(Int) & 사건(=) — (U-P-S에서만)

- 면허 토큰 κ_σ(객체항) : $\mathscr{W} \times D' \times T \rightharpoonup K$
  Gate 충족 시 생성, 커밋 시 조건 충족의 표지.

- TTL/유효성: $Alive(W, y, t, k) \subseteq \mathscr{W} \times D' \times T \times K$
  내재 판정, 만료·비운반 포함.

- $Int_{\kappa_\sigma} : D'_W \rightharpoonup D$
  조건부 환수(부분함수; 도메인 가드=κ_σ & $Alive$)

- $Eq(x, y, t, W, k)$
  단발 '=' 로그(유일키 k; 창-국소)

주의

- 절차적으로, S / Π는 '='를 도입하지 않는다. '='은 항상 $UPS - Commit$에서만, κ_σ 커밋 체인으로 1회.
  값/과정/명제의 판정 상태는 그 시점 t에 대한 것이나, 그 **판정** 자체는 각각 그에 대한 층이 열린 뒤 **사후적으로 실행**된다. ($\langle \sigma \rangle$ One-Tick; [§1.3] 참조)

- 비가역성이 성질이고, 소모는 그 부산물이다. UPS에서 σ는 κ_σ 토큰의 조건이지 자원이 아니다.
  그러므로, σ는 내재 시차 연산자로 한 번만 실행 가능하다 (비가역적 이행).
  왜냐하면 **σ는 매개(mediation)**이고, 매개는 **사건(event)**이기 때문이다. (사건은 시간 축에서 유일해 → **반복 불가**)

κ_σ 토큰 또한 논리적 절차의 이행이 일어났음의 표지로, 자원이 아니라 **기록(log)**이다. (목적: 승격 불가(No-Promo) 강제)

- 시간성에 대한 자세한 논의는 [§1.3] 참조.

핵심 정의(브리지)

- (Func) $\pi(x, W, y_1) \wedge \pi(x, W, y_2) \Rightarrow y_1 = y_2$.
  단, 이는 축약형이다. D'의 객체가 등호가 찍히는 곳은 D(객체≠영역)이며,
  D와 D'의 차이는 '내적 부정성의 환수'라는 형식적 차이다.

- (Range) $\pi(x, W, y) \Rightarrow y \in D'_W$.
  - (E→O) $(\pi_W(x)\text{정의됨} \wedge y = \pi_W(x)) \Rightarrow \pi(x, W, y)$.
  - (U→O) $(Int_{\kappa_\sigma}(y) = x) \Rightarrow \pi(x, W, y)$.

- (L-Left) $Int_{\kappa_\sigma}(\pi_W(z)) = z$ on $pre_W(D)$. // 국소 좌역

- (L-Right) $\pi_W(Int_{\kappa_\sigma}(y)) = y \vee Demote(y, W)$. // 재외화: 동일 또는 강등

- (Promote_W) $\pi(x, W, y_1) \wedge \pi(x, W, y_2) \wedge ([\![\phi]\!]_W \approx_{obs} [\![\psi]\!]_W)$
  $\Rightarrow Promote(W, y_1, y_2)$. // 승격; 승격은 D'에서 판정

- (Issue=) $Gate(W, \phi, \psi) \wedge \kappa_\sigma(W) = 1 \wedge Promote(W, y_1, y_2)$
  $\Rightarrow Int_{\kappa_\sigma}(y_1) = Int_{\kappa_\sigma}(y_2)$. // 발급(등호는 D에서만)

- $(Retry \to Demote) Promote(W, y_1, y_2) \wedge (\neg Gate(W, \phi, \psi) \vee retry)$
  $\Rightarrow Demote(y_1, W) \vee Demote(y_2, W)$. // 재시도/미충족은 강등

- (NoFreeEq) 본문 어디에서도 발급괄호 밖의 등호는 허용되지 않는다.
  등호가 나타날 때마다, 그 등호는 유일한 발급 이벤트($Issue = @W; \kappa_\sigma(W) = 1$)에 의해 기록된 것이다. 따라서 (Func)은 Promote+Issue의 축약형이다.
  (OneShot · Non-Transport · Uniq_W를 함께 보증.)

- Internalization (Int; 환수)
  $dom(Int_{\kappa_\sigma}) = y \in D'_W | \exists k.k = \kappa_\sigma(W, y, t) \wedge Alive(W, y, t, k)$ // UPS-Commit 에서만 정의
  Int는 $Gate/\kappa_\sigma/Alive$가 있을 때만 호출 가능. P/S 단계에서는 정의/호출 불가.

- License (= in D) / View 반영
  Gate(W,x,t) ∧ κ_σ(W,π_W(x),t)=k ∧ Alive(W,π_W(x),t,k) ⇒ ⊢_{onto} x = x @W,k // OneShot 사건(내용층)
  if x,y ∈ dom(π_W) then ⊢_epi π_W(x) ≈_{obs} π_W(y) // 보고층 반영(역승격 금지)

Maps / Embeddings.

- $stage_W : D \to \mathcal{U}, \mathcal{P}, \mathcal{S}$ // 각 W 고정 평가; 창 변경 시 재평가 금지(Non-Transport)
  - $stage = \mathcal{U}$(장-정립, 보편 단계; 무규정성) $\xrightarrow{\sigma[mark]}$ $stage = \mathcal{P}$(값 분극 시작, 특수; 규정성) $\xrightarrow{\sigma[use]}$ $stage = \mathcal{S}$(환수 표지; 면허는 $stage = \mathcal{S}$에서만 시도 가능, 발급은 커밋에서) $\xrightarrow{\kappa_\sigma}$ $UPS - Commit$(등호 발급).
- $\sigma : T \to T$
  내재 시차 연산자(ParEnd(T) 원소; 부분 자기사상)
- $\sigma_{trace} : D \to \Sigma^*$
  논리적 절차-이행의 로그. σ의 흔적.
- $\delta_{abs} : D \to \Delta$
  커밋 후, D에 보존되는 존재론적 불변량

Predicates / Symbols.

- $= (\cdot, \cdot)$ // on D
  동일성-사건(단발 스냅샷; 창-국소 객체, 전역 불변량).
- $\approx_{obs} (\cdot, \cdot)$ // on D'
  관측-동치(증인 기반 좌표·창 일치).
  - $obs_{sig}(t) := H(normalize_q(Obs(t)))$
    $s \approx_{obs} t :\Leftrightarrow obs_{sig}$ 일치 $\vee$ 선택 증인들 동치.
- $\approx_{rep}$(·,·) // on D'
  표상-동치 (π를 통한 표상적 동일성).
- $\equiv_{onto}$(·,·) // on D, D'
  존재론적-동치, 동치가 층위마다 다름.
  - D(존재론층): $X \equiv_{onto} Y :\Leftrightarrow \delta_{abs}(X) = \delta_{abs}(Y)$
  - D'(인식론층): $y_1 \equiv_{onto}^{via} y_2 :\Leftrightarrow \exists x_1, x_2 . \pi(x_1, W, y_1) \wedge \pi(x_2, W, y_2) \wedge x_1 \equiv_{onto} x_2$
    - 비함의(Non-implication):
      $x \equiv_{onto} y \nrightarrow \pi_W(x) \approx_{obs} \pi_W(y)$ (위상 반전/시차 때문에 관측상 불일치 가능)
      $\pi_W(x) \approx_{obs} \pi_W(y) \nrightarrow x \equiv_{onto} y$ (국소 동일해도 전역 접착 불가)
    - 존재론적-동치는 내용의 "부정성 클래스"에 붙고(δ_{abs}),
      관측-동치는 최소 시차 a_{eff}>0가 붙을 때만 성립—층위 분리.
      D'에서의 표기는 전부 설탕(sugar).
- $Demote(\cdot, W)$
  재보고 강등 플래그

- $Gate(W, x|y, t)$
  $stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp \cdot Guards$ 충족(내재 판정)

- $\asymp \subseteq \ \Sigma^* \times \Sigma^*$
  TraceCompatibility (최소 공리)

  - (EqRel) reflexive / symmetric / transitive
  - (Stage-Consistent) $\tau 1 \asymp \tau 2$는 $stage_W(\cdot) = stage = \mathcal{S}$ 가정 하에서만 호출
  - (Use) R_{EqOpen} 전제에서만 사용
  - "같은 경로-흔적 계열에 속한다"는 기록학적 적합성. 구현 시엔 해시/간격 규칙 등으로 구체화 가능.
    본 문서에서 '$\asymp$(trace-compat)'는 전제확인용 규격판정이며, 의미론적 동치가 아니다. 정의역은 같은 창 $W, stage = \mathcal{S}$로 제한한다.
    감사 복잡도 '$O(n)$'은 보고 행 수 기준이며, '$\asymp$' 확인 비용은 κ_σ 발급 전단으로 분리한다.
    (≍는 전제 확인용; 자동 승격 경로 아님(면허는 오직 R_{EqOpen}).)

Records (notation).

- anchor $a := \langle W, \sigma, t \rangle \in \mathscr{W} \times ParEnd(T) \times T$
  σ는 $ParEnd(T)$의 원소(내재 시차 연산자)

- $keyk := H(W, y, t, anchor_{sig}, obs_{sig})$
  κ_σ/Eq 유일키 구성(개요; 구현 자유)

- $marginm := \{author, device, hash(\delta_{abs}|\sigma_{trace}), note\}$

- $record := \{\, pair : (x, y)$, =: $true, a, m \,\}$
  '=' 기입시 1회 생성

- re-report: '=' 시도 → $record := pair, =: false, kind :\equiv_{onto} \mid \approx_{obs}, a_{ref}$

- $eq_{id} := H(W, \langle x, y \rangle_s ym, t^*, anchor_{sig}, obs_{sig})$

- $OBS(E2_G/E4_G), STRUCT(E3_G/E5_G/A*), BRANCH(A3hard).$

- $trace_{len} \geq 1$
  (σ_{trace}의 카운트($trace_{len}$)는 최소 '1'.)

Memo

- 전역 임베딩 기호 $\iota : D' \hookrightarrow D$, 전역 사영 기호 $\pi : D \to D'$는 시그니처에서 사용하지 않는다(혼선·분극 붕괴 방지).
  외화는 항상 $\pi_W : D \rightharpoonup D'_W$ 또는 $\pi(x, W, y)$로만, 환수는 항상 $Int_{\kappa_\sigma} : D'_W \rightharpoonup D$로만 다룬다.

- 전역 "관계"는 허용: $\bar{\pi}(x,y) := \exists W.\pi(x,W,y)$. 단, 전역 "함수"는 금지.
- (축약 허용) 문맥상 창 W가 고정되어 있을 때, 프로즈에서만 $\pi(x) := \pi_W(x)$로 쓸 수 있다. 정리·증명·규칙 안에서는 반드시 W를 명시한다(π_W 또는 $\pi(x, W, \cdot)$).
- bare '$\approx$'는 설탕(sugar). 증명에서는 반드시 첨자 모드(예: $\approx_{obs}$)로 인스턴스한다.

1.2 기본 공리·규칙

공리

- A0. (Anti-partition) $\forall P(Partition(P, D) \Rightarrow P = D)$
- A1. (Global Inv.) $x = y \Rightarrow \forall f \in Aut(D), f(x) = f(y)$. δ_{abs}는 $Aut(D)$-불변.
- A2. (Anti-Align) $\pi(x) \approx_{obs} \pi(y)$ 로부터 $x \equiv_{onto} y$ (더구나 $x = y$) 를 도출할 수 없음.
- A3. (σ Internal) σ_{trace}는 D 내부에서만 생성/판별. π로 생산·복원 불가.
- A4. (Reach P) $stage_W(x) = \mathcal{S}$ ⇒ 같은 W에서 $U \to P$ 로그를 이미 보유.
- A5. (One-shot =) 같은 W에서 '='은 1회 기입. 동일쌍 재보고는 강등(= 금지; $\equiv_{onto}$ / $\approx_{obs}$ / $\approx_{rep}$만 허용).

1.2.1 GAP(글로벌 반-파티션) 법칙

주장: 전역 D는 비자명 분할 $\{D_i\}$로 인과/판정 구조가 분해되지 않는다. (A0 확장)

(GAP-0) No-Outside:

- (informal) 외부 준거 없음(라캉의 "대타자의 대타자는 존재하지 않는다"에 대응; 하단 각주 4번 참조).
- (formal) 메타의 탈-메타화(내재 규율; 전부 1계).
  - 브리지 공리(π: Onto-관계 / π_W: Epi-함수)
  - 기능성: $\pi(x, W, y_1) \wedge \pi(x, W, y_2) \Rightarrow y_1 = y_2$.
  - 범위: $\pi(x, W, y) \Rightarrow y \in D'_W$.
    E→O 정합(그래프 내재화): $(\pi_W(x)\text{정의됨} \wedge y = \pi_W(x)) \Rightarrow \pi(x, W, y)$.
    U-환수 정합: $Int_{\kappa_\sigma}(y) = x \Rightarrow \pi(x, W, y)$.
  - 국소 좌/우역(창-국소)
    $Int_{\kappa_\sigma}(\pi_W(z)) = zonpre_W(D)$.
    $\pi_W(Int_{\kappa_\sigma}(y)) = y \vee Demote(y, W)$.
  - 책임: 판단·증명에 대한 책임은 체계 내부로 환수된다.
    $Eval : T \times Form \to V$는 D에서만 정의된다.
    D'에서 $Eval(t, \varphi) = v$ 형태의 '=' 표기는 전면 금지된다.
    D'에는 $Obs(Eval(t, \varphi)) \approx_{obs} v$같은 형식으로만 남긴다.: 외부 준거 없음.

- Corollary (PNP → No-Third-Channel) — (=No3-Lock)
  명제: 등호 = 의 도입은 R_{EqOpen} 단일 경로로만 허용된다.
  근거: 어떤 외생 경로(전역 치환, 외부 모델·증명 이식, 창 간 전송, 임의 캐노니컬라이즈)가 등호 도입을 정당화하고자 하면, 이는 **PNP(무전제성) 위반**으로 즉시 **REJECT/Cut^** 된다. 그러므로 PNP는 모든 정당화를 **내부 채널(게이트·가드·로그)**로 한정한다.
  결론: 따라서 등호 도입의 제3경로(Third Channel)는 존재하지 않는다. ($\neg mark$ 전제와 $mark$의 **원자 flip**으로 재진입도 불가.)

(GAP-1) Universe closed:

- (informal) '='은 D에만 존재. D'에는 '=' 없음. (승격은 D', 발급은 D, 중간엔 σ.)
- (formal) $Wf : raw \to D'$. 모든 원시 주장은 정형성 게이트 Wf를 통해 D'의 토큰으로만 진입한다. 실패도 $D'_{\perp}$(흡수 영역)로 내부 격리된다.

(GAP-2) '='은 오직 같은 창 W에서 $AUG_{eq} \to \sigma(OneShot) \to =$ 체인을 통해 1회 기록(단회·비운반).

(GAP-3) Cross-window 재보고 ⇒ Demote: = ↘ $\approx_{obs}$, 역승격 불가.

(GAP-4) Guards(Exh/Det/Coh/No3-Lock/Arrow) 위반 시 면허 무효.

(GAP-5) '=' 없는 조각은 LP/FDE와 보수적으로 합치.

$GAP_{Witness}$:= (σ OneShot ∧ $R_{NoPromo}$ ∧ $R_{Demotion}$) → 분해 불가능한 연산/규칙

따라서, "대타자의 대타자는 존재하지 않는다(Il n'y a pas d'Autre de l'Autre.)" [4]

[4] 이를 Jacques Lacan은 "Séminaire VI"의 "Leçon 16"에서 이를 이렇게 표현한다. "대타자 수준에서 결여되어 있고 이 S(A)에 가장 근본적인 가치를 부여하는 기표는, 제가 말하자면, 정신분석의 위대한 비밀입니다... 정신분석이 무언가를 가져오는 것, 말하는 주체 - 분석 경험이 그것을 특정한 방식으로 필연적으로 구조화되어 있음을 우리에게 드러내는 한에서 - 를 항상의 주체, 결국 우리에게는 섬망의 관점에서 풍요롭지만 회고적으로 섬망의 철학적 진화가 나타나는 주체와 구별하는 것입니다... 이것이 위대한 비밀입니다: « 대타자의 대타자는 없다. » (Le signifiant qui fait défaut au niveau de l'Autre, et qui donne savaleur la plus radicale à ce S(A), c'est ceci qui est, si je puis dire, le grand secret de la psychanalyse... ce par quoi la psychanalyse apporte quelque chose, par où le sujet qui parle - en tant que l'expérience de l'analyse nous le révèle comme structuré nécessairement d'une certaine façon - se distingue du sujet de toujours, du sujet auquel une évolution philosophique qui après tout peut bien nous apparaître dans une certaine perspective de délire, fécond, mais de délire dans la rétrospection... c'est ceci le grand secret : « Il n'y a pas d'Autre de l'Autre. »)" 이는 체계("대타자")가 자신을 정당화할 외부 준거("대타자의 대타자")가 존재하지 않는다는 뜻으로 해석된다.

1.2.1 Polarization(분극) 법칙: 분극은 보존된다.

Anchors & Involution

- $anchor(a) := \langle W, \sigma, t \rangle$ (W-고정, 시차 표지 포함)
- $inv_W : D'_W \to D'_W$ (관측 반전; 쌍 연산)
  - $inv_W(inv_W(y)) = y$
  - (B-이미지 제한) $Val(x) = B \wedge \pi(x, W, y) \Rightarrow inv_W(y) \neq y$
  - (T/F-이미지에선 고정점 허용: $inv_W(y) = y$) (섬유 크기 1일 때)
    $Fib(x, W) := y \in D'_W | \pi(x, W, y)$ (π-섬유)
- Polarization on the view-slices
  - (Pol-Struct) $\forall W. \exists inv_W : D'_W \to D'_W$.
    - $inv_W(inv_W(y)) = y$ (관측-반전(쌍) 연산, 상호역)
    - $inv_W(y) \neq y$ (B-이미지 상에서 고정점 없음; 필요시 약화 가능)
  - (Pol-Fiber) π-섬유의 카디널리티
    Let $Fib(x, W) := y \in D'_W | \pi(x, W, y)$.
    - $Val(x) = B \Rightarrow |Fib(x, W)| = 2 \wedge \exists! y. Fib(x, W) = y, inv_W(y)$.
    - $Val(x) \in T, F \Rightarrow |Fib(x, W)| = 1$.
    - $Val(x) = N \Rightarrow |Fib(x, W)| = 0$.
  - (Pol-Choice) π_W는 "섬유 선택" 함수
    - $\pi_W(x)$정의됨 $\Rightarrow \pi(x, W, \pi_W(x)) \wedge \pi_W(x) \in Fib(x, W)$.
    - $Val(x) = B \wedge \pi_W(x)$정의됨 $\Rightarrow \pi(x, W, inv_W(\pi_W(x)))$ (선택의 상대는 항상 존재; 비선택)
  - (Pol-NoCollapse) (기능성 금지)
    - [전역 함수 가정 금지] $\neg \exists f : D \to D' s.t. \forall x, W. \pi(x, W, f(x))$ (B 섬유의 2값성 때문에 붕괴)
- Ontic Polarization on D (post-UPS)
  $Pol^a_D(x, x') :\Leftrightarrow \exists y. \pi(x, W, y) \wedge \pi(x', W, inv_W(y))$.
  - (OP-Card)
    - $Val(x) = B \Rightarrow \exists! x' / \equiv_\delta \ s.t. Pol^a_D(x, x')$ (유일성은 δ_{abs}-클래스까지)
    - $Val(x) \in T, F \Rightarrow Pol^a_D(x, x)$ (퇴화 쌍)
    - $Val(x) = N \Rightarrow \neg \exists x'. Pol^a_D(x, x')$
  - (OP-Inv) $Pol^a_D(x, x') \Rightarrow Pol^a_D(x', x)$ (쌍은 상호적)
  - (OP-NoPromo) $Pol^a_D(x, x') \nrightarrow x = x'$ ('='으로 승격 불가)
  - (OP-Aut) $f \in Aut(D)$, f preserves δ_{abs} and $a \Rightarrow Pol^a_D(x, x') \Rightarrow Pol^a_D(fx, fx')$
- Realization vs Virtualization
  - $coface_a(x) := Int_{\kappa_\sigma}(inv_W(\pi_W(x)))$ (부분함수; 정의 시 UPS-Commit 필요)

- (Realize) $\kappa_\sigma(W, inv_W(\pi_W(x)), t') \wedge Alive \Rightarrow coface_a(x)$정의됨 $\wedge$ $Pol^a_D(x, coface_a(x))$
- (Virtual) 토큰 부재 시 x'는 '잠재 쌍'으로만 추상 존재($Virt_a(x')$) — UPS 미수행(= 실현 전)

- Existential Closure over windows — 관계 버전
  - $\bar{\pi}(x, y) :\Leftrightarrow \exists W.\pi(x, W, y)$ (전역 "관계"는 허용)
  - (NoCollapse) $\neg\exists F : D \to D'.\forall x.\bar{\pi}(x, F(x))$ (전역 "함수"는 금지; 분극 붕괴 방지)

- Polarization로 {N,B,T,F} 산출 (Pol-4V)
  정리: 고정된 창 W와 대상 $x \in D$에 대해, 분극 자료($\pi, invW$)와 전개 채널(보존/전개) 로그를 가지고 값을 다음처럼 뽑는다.
  - (1) 섬유-카운트 단계(분극 규격): $Fib(x, W) := y \in D'_W \mid \pi(x, W, y)$.
    - $\mid Fib \mid= 0 \Rightarrow Val(x) = N$.
    - $\mid Fib \mid= 2 \Rightarrow Val(x) = B$ (쌍 {y,invW(y)} 고유).
    - $\mid Fib \mid= 1 \Rightarrow Val(x) \in T, F$ (이 경우 invW(y)=y 고정점 허용).
  - (2) 단일섬유 분기(T/F 결정): ∣Fib∣=1일 때, 전개 채널의 실제 로그로 부호를 정한다. 보존만 ⟨persist:on,deploy:off⟩⇒ 값은 여전히 B로 유지. 전개 on에 증인 τ^+이면 A가 전개되어 T로 귀착, 이후 전개 on에 증인 τ^-이면 $\neg A$ 전개로 F로 귀착. 채널 off/off면 σ 이후 N.
  - (3) 초기-모드와 경로 연결(헤겔 포맷 대응): Blank("($\mu = \oslash$)" — 장-비정립 모드. 객체-층 기호(=,∈,σ,Eval,Proc) 사용 금지.)에서 프레임 생성(ι)으로 N이 생기고, N→B(Entstehen), 이어 B는 보존/전개 규칙을 통해 B 유지 또는 T(그리고 대칭적으로 F)로 갈라진다. 즉 "$Blank \to N \to B \to (B, \bullet) \to (B, T)$".
  - 스케치
    - 분극 보존: $invW$는 쌍(involution)이고, B-이미지에 고정점이 없다. 따라서 $\mid Fib \mid= 2$일 때만 B가 가능하고, T/F는 $\mid Fib \mid= 1$인 고정점 경우로만 내려온다.
    - 네 값의 충족성: $\mid Fib \mid= 0, 1, 2$가 각각 N, T/F, B를 보장한다(필요충분은 채널/증인으로 보강).
    - T/F 분해의 운용성: B에서 σ 호출 후, 보존은 B를 유지하고, 전개는 A 또는 $\neg A$를 활성화한다(증인 τ±로 방향 고정). 따라서 단일섬유 컨텍스트에선 채널 상태가 T/F를 결정한다.

1.2.2 R의 정의

$$R \subseteq D \times D$$

(GR; Stage U) Global-Reflex Schema: $\vdash \Upsilon : (\forall x)R(x, x)$ # U-단계(무규정성) 표지. 객체층 유도에 직접 사용 불가.

- (A1) Reflexive: global axiom. # 전역 반사: 추상적 보편(무규정성) 단계의 가정.

(OC; Stage P) Object-layer Constraints:

- (A2) Asymmetry: $\forall x, y[R(x, y) \to \neg R(y, x)]$.
- (A2b) Acyclic: $\neg\exists x_0, \ldots, x_n (n \geq 1)[R(x_0, x_1) \wedge \ldots \wedge R(x_n, x_0)]$.
- (A3) Non-transitive (witnessed): $\exists x, y, z[R(x, y) \wedge R(y, z) \wedge \neg R(x, z)]$.

(DR; Stage S) Discharge/Determinate Rule (고정점 환수):

- from Υ and $\langle \tau, x^* \rangle$ with $Fix(x^*) \wedge Gate_S(AUG_{eq}(\tau, x^*))$, infer $\vdash_{Fix} R(x^*, x^*)$
- Side condition: 객체층 유도($\Gamma \vdash \Delta$)에 미해소 GR 금지(no undischarged GR).
- (Typing) R는 정형적으로 $R \subseteq D_{src} \times D_{tgt}$ 이고, 본 문맥에선 $D_{src} = D_{tgt} = D$ (캐리어)로 고정한다.
- (NoFree-ϒ) 객체층 도출에서 Υ는 자유 등장 불가: $\Gamma \vdash \Delta$에 $\Upsilon \notin \Gamma$. 단, DR로 환수($\vdash_{Fix}$)된 경우만 예외.
- (Carrier vs Operational) 공역(잠재태)은 캐리어 공역으로서 $Cod_{car}(R) := D$. 반면 현실태의 지지집합은 DR 이후에만 성립: $Dom_{op}(R) :=$ $x \in D | Fix(x) \wedge R(x, x), Cod_{op}(R) := Dom_{op}(R) = im(f)$. 예외적 반사만 국소에서 '실현'
- (Self-race) $Fix(x^*)$에서 동시 다중 승격 시도는 $Race \Rightarrow Demote$가 우선 적용되어 S-스냅샷에서 $F_S(x^*) = x^*$가 유일.

해설: A1과 A2(및 A2b)의 장력은 제거 대상이 아니라 '주체-자리'의 표지다. 전역 반사는 U(무규정)에서 선언되고, 규정성 개입(AUG_{reg})을 거쳐 P/S에서 '예외적 반사'만 허용된다: "Stage U → (AUG_{reg}) → Stage P → Before S → Stage S(AUG_{eq}를 표지; ≍ 호출도 $stage = \mathcal{S}$ 한정) → After S(= $UPS - Commit$)". 주의할 점은, 여기서의 전역(A1)은 오로지 전-규정적 성격이며, 규정(국소)은 규정되는 것(전역)에 의존한다는 것이다. 장의 제한을 위해선, 우선 장의 정립이 설정되어야하기 때문이다. 전역 반사는 공역(잠재태)이고, 예외적 반사는 정의역(현실태)인 셈이다. 그러므로 A1은 현실성의 토대지, 현실성의 실현이 아니다.

UL/UE 인터페이스

- (UL) Universal Link:
  - $R_{obj} \subseteq D \times D$ 는 비대칭·비순환(반사 금지). $R_{path} := (R_{obj})^+$ # 경로 폐포는 객체층에서만.
  - $(R_{obj})^+ := \bigcup_{n \geq 1} (R_{obj})^n$. (전이적 폐포) $Exceptional - Reflex := x * | Fix(x*) \wedge R(x*, x*)$. (DR로 환수된 반사만 유효.)

- (UE) Uniqueness of Exceptional Reflex:
  - $\forall x, y[Fix(x) \wedge Fix(y) \wedge R(x, x) \wedge R(y, y) \to x = y]$.

- 'UL/UE 인터페이스'의 역할
  - UL은 객체층 제약 + 경로 폐포 + DR 환수 + 예외 반사의 일의성(UE).
  - UE는 "예외가 남발되면 예외가 아니다"를 수학적 한 줄로 봉인한다. (Fix-층의 반사는 유일해야 함.)

- 외화↔환수 요약

  - Externalization(+) → (경로 전개) → Internalization($\equiv_C$). (단, '$\equiv_C$'는 값 연산이 아님; No-Compute(연산 피연산자 금지))
  - 개념판단: $A + \neg A \equiv_C Both_A$ (외적 대립을 내적 간극으로 환수. '='와 무관; J-Form-기호. 자세한 정의는 [§1.4.3] 참조.)
    - 개념-등가: ≡_C. Π-층 내부의 "개념적 동형". (A+¬A ≡_C Both_A; Π(명제층)에서 Both(A)로 판정)

- Commutation

  - $\langle on, on \rangle$에선 $Obs \circ \sigma \approx_{rep} \sigma \circ Obs$, 편채널에선 $Obs \circ \sigma \approx_{obs} \sigma \circ Obs$. 이때만 동시 판정 일치 진술 가능. ⇒ $Eval((Obs \circ \sigma)(t), Both_A) = Eval((\sigma \circ Obs)(t), Both_A)$. 동시 판정 일치(채널 가드 하).
  - BothOn/가드 충족이라는 "동시 판정 일치"에서만 "A+~A의 동일 판정"을 말할 수 있다. 이 성질이 무시될 시, 보고층에서 '=' 역승격의 시도가 일어날 수 있다.
  - (Guard-fail) 가드 미충족 시 "동시 판정 일치" 진술은 무효이며, 보고층의 '=' 역승격 시도는 즉시 STRUCT/OBS로 강등 처리. ⇒ 즉시 Demote with reason ∈ {OBS, STRUCT, BRANCH}.

- T_{fix}
  $T_{fix} \subseteq T$. $f : T_{fix} \to D$는 고정점-명명(창 W-국소) 사상이며, $Obs \circ f \equiv id$ on $im(f)$.

  - (T_{fix}-1) $\forall x \in D, R(x, x) \leftrightarrow \exists t \in T_{fix} : x = f(t)$.
  - (T_{fix}-2) $R(x, x) \wedge x = f(t) \to \sigma(t) = t$.
  - (T_{fix}-3) $\exists x, y, z[R(x, y) \wedge R(y, z) \wedge \neg R(x, z)]$ # 단회성('사라지는 매개자').
  - (T_{fix}-4) $R_path(x, z) \leftrightarrow [R(x, z) \vee \exists y(R(x, y) \wedge R(y, z))]$ # 누적 흔적(경로; 직관용).
  - (T_{fix}-5) $R_{path}(x, z) \Leftrightarrow \exists n \geq 1, x_0, \ldots, x_n : x_0 = x \wedge x_n = z \wedge \forall i < n. R(x_i, x_{i+1})$. # 누적 흔적(경로; 일반 정의).

- R vs R^+ (단회성 ↔ 누적성)
  R은 비대칭·비순환·비추이(A2/A2b/A3). 즉, 한 번의 도약(사라지는 매개자). $R^+ = (R_{obj})^+$는 그 도약들이 남긴 누적 흔적(경로). 그래서 R^+는 전이적일 수 있다(T_{fix}-4~5).
  요약: "단회적 실패의 반복이 총체를 만든다."

- 직관 지도 (전역 반사 vs 예외적 반사)

- A1(전역 반사)은 "무규정적 보편(U)"의 선언이다. 이는 추상 표지이므로, 바로 객체층에서 쓰면 폭발이 발생한다.
- DR은 "규정성 개입(AUG_{reg})"의 형식화다. 전역 표지를 고정점 x^*로 환수해야만 객체층에서 반사를 쓸 수 있다.
- 그래서 반사는 두 겹이다:
  - (1) U-반사(추상·전역·비가용) → P/S-반사(구체·예외·가용).
  - (2) 예외적 반사만이 '='과 대화한다. 전역 반사는 '='과 무관한 배경 장력이다.

- 운영 체크리스트(실무자가 볼 것)
  - 판정 양식 비연산: Both_A, ⟨B ⫽ T⟩는 J-Form-기호(판정 양식)라 연산 피연산자 아님. '='과 무관. (NoCompute)
  - GR 사용 금지 규칙: 객체층 추론에 미해소 GR이 남아 있으면 그 증명은 전부 폐기.
  - DR 요건: $\langle \tau, x^* \rangle$ 증인 필요(트레이스·앵커·Fix). 기록은 anchor $a = \langle W, \sigma, t \rangle$에 묶음.
  - R^+ 오해 방지: A2–A3는 R에만. “경로는 왜 전이적인가?” → 누적 흔적이기 때문. 원시 제약과 충돌하지 않음.
  - 로그 권장: DR 적용시 reason: DR(unfold U→Fix), 재보고 강등시 STRUCT/OBS/BRANCH 코드 캡쳐.
  - 운용 예시
    1. 같은 $W. Fix(a), Fix(b).R(a, a), R(b, b)$.
    2. UL·DR 하에서 예외 반사만 가용.
    3. UE: $R(a, a) \land R(b, b) \Rightarrow a = b$. (예외-반사는 유일)
    4. $R(a, c), R(c, d), R(d, b) \Rightarrow R^+(a, b)$ (누적 경로는 전이적)

요약: 전역 반사(GR)는 무규정적 보편, 객체층 반사는 DR로 환수된 예외적 반사만 허용. R은 단회적 도약(비대칭·비순환·비추이), R^+는 그 도약의 누적 흔적(전이). UE로 예외 반사의 유일성 보장. (Commutation은 가드 충족 시에만.)

"$\mathcal{U}$ (Υ; 전역 표지) $\xrightarrow{AUG_{reg}}$ $\mathcal{P}$ (R_{obj}; 제약) $\xrightarrow{\sigma[use]}$ $\mathcal{S}$ $\xrightarrow{AUG_{eq}}$ $UPS - Commit$ ('='; DR 환수)"

1.2.3 앵커(Anchors)

E-Anchors (Metrics)

- $E1_G$. 고정 ↔ $\sigma(t^*) = t^* \land \rho(J\sigma(t^*)) \neq 1$ (하이퍼볼릭 고정점)
- $E2_G$. 안정 ↔ $||Obs(x) - Obs(y)|| \leq \varepsilon_{max}$ (관측 잔차)
- $E3_G$. 정합 ↔ $sup_s\, d(\gamma(s), \gamma'(s)) \leq \delta_{max}$ (R^* 경로 안정)
- $E4_G$. 장력 ↔ $||K(x) - K(y)|| \leq \tau_K$
- $E5_G$. SG ↔ ∃ $\varepsilon - netS \subset Aut(D) \setminus D$ with $|S| \leq \rho|o|$ s.t. $E1_G$...$E4_G$ on reps (희소 전역성; 범위 표기)
  → 사용법: = $[E1_G][E2_G][E3_G][E4_G][E5_G]$ (모든 플래그 충족 시에만 '=' 도입)
  '=' 강등 규칙: 앵커 불충족 시 '=' 보고는 자동 강등(≈/≍). (= $[E1_G][E2_G][E3_G][E4_G][E5_G]$ 통과 시 1회만 허용)

A-Anchors (license)

- $A1_G$. Window-Fix: ‘=’ 표지는 해당 W에서만 유효.
- $A2_G$. Trace-Stable: $\sigma_{trace}(x) \asymp \sigma_{trace}(y)$ 정합.
- $A3_G$. Path-Coherent: R^* 경로 정합(불연속 분기 금지).
- $A4_G$. Tension-Safe: $|\Delta K|$ 임계 내(경계 왕복 승격 방지).
- $A5_G$. Scope-Guard: $Aut(D)$-불변 위의 희소 전역성 유지. 표기: = $[A1_G][A2_G][A3_G][A4_G][A5_G]$ (전부 통과시에만 ‘=’ 도입).
- 결함(가드 결핍) 미니 카탈로그
  - $A1_G$ 결핍(Window): 교차-창 중복 기입이 강등되지 않아 복제 허용.
  - $A2_G$ 결핍(Aut): 관측 흔들림(흔들림=젤링)이 재승격의 핑계가 됨.
  - $A3_G$ 결핍(동형): 비동형 경로가 이중 대표를 낳아 δ_{abs} 동질성 판단이 흔들림.
  - $A4_G$ 결핍(내재성): σ 외주로 π∘σ_{trace} 같은 비정합 조합 경유, 게이트 우회 시도.
  - $A5_G$ 결핍(전역 난사): 창 스코프 무시로 ‘=’ 대량 발급(사건 오염).
- Gate
  - $(\wedge_i A_i) \wedge (\wedge_i E_i) \implies x = y@W[OneShotmint]$
  - Re-report or any failure $\implies$ demotion: $(E2_G/E4_G) \to \approx$, $(E3_G/E5_G/A^*) \to \asymp$, ($A3$ hard)$\to \perp$.

1.2.4 전역 가드(Global guards)

Proc-typing

- $Proc(W) = \langle deploy, persist\rangle \in \{(0,0),(1,0),(1,1)\}$
- Invariant (Asym)
  - persist=1 ⇒ deploy=1
    값-층과 과정-층 전개는 자기매개적; 반대방향은 성립 불가.
  - Forbidden: ⟨0,1⟩
    따라서, 값-층 보존(persist) 없는 과정-층 전개(deploy) 금지.
- Exhaustiveness (Exh)
  $BothOn(t,\varphi) \Rightarrow \exists\tau[Witness(\tau,\varphi,t) \wedge persist(t,\varphi) = on \wedge deploy(t,\varphi) = on]$.

- Determinacy (Det)
  $Proc(\sigma(t), \varphi) = p_1 \wedge Proc(\sigma(t), \varphi) = p_2 \Rightarrow p_1 = p_2 \wedge$ ($p_1 = \langle persist : on, \cdot \rangle \Rightarrow Eval(\sigma_{persist}(t), \varphi)$의 값-투영은 단일)

- Coherence (Coh; 가환성 범위)

  - Strong(Coh_{str}): $Proc = \langle 1, 1 \rangle$
    ⇒ $Coh_{str}(W, q) \Rightarrow Obs \circ \sigma \approx_{rep} \sigma \circ Obs @ D'$
    ⇒ $Coh_{str}(W, q) \Rightarrow Eval(\sigma(t), \varphi) = Eval(\sigma([t]), \varphi) @ D$
  - Observational(Coh_{obs}): $Proc = \langle 1, 0 \rangle$
    ⇒ $Coh_{obs}(W, q) \Rightarrow Obs \circ \sigma \approx_{obs} \sigma \circ Obs.$
  - Vacuous: $Proc = \langle 0, 0 \rangle$
    ⇒ σ 미호출; Coh 비적용

- No-Third-Channel (No3-Lock; 외부 채널 금지)
  Proc 상태는 {$\langle off, off \rangle, \langle on, off \rangle, \langle on, on \rangle$} 만 허용.
  이외 운용 경로로 '=' 자동 승격 불가(면허 루트 단일화).

- Arrow
  $Arrow(\kappa)$:⇔ $(\sigma \circ Obs)$이 κ-절단을 단조로 횡단(monotone traverse)

- NoCompute (J-Form 규율; 정적)
  판정 양식 $\langle B \| T \rangle, Both_A$ 등 J-Form 기호는 연산 피연산자/대입 항이 아님.
  W 및 채널과 무관한 frame-invariant 규칙($Aut(D)$-불변).
  위반: $ill - formed$(정의역 밖). $R_{Demotion}$ 대상 아님.

- $Guards(t, \varphi; \Gamma)$ 정의

  - $G_op(t, \varphi) := Exh \wedge Det \wedge Coh \wedge No3 - Lock \wedge Arrow$
  - $G_typ(\Gamma) := NoCompute \wedge NoPromo \wedge TypeSep(Val \perp\!\!\!\perp Judge)$
  - $Guards(t, \varphi; \Gamma) := G_op(t, \varphi) \wedge G_typ(\Gamma)$
  - 유도정책:
    - $Guards \wedge (\wedge A_i) \wedge (\wedge E_i) \Rightarrow R_{EqOpen}$
    - $G_{typ} \wedge No3 - Lock \wedge (\wedge A_i) \Rightarrow R_{Demotion}$
    - $Coh(\approx / \equiv) \wedge No3 - Lock \Rightarrow R_{NonTransport}$

- PolicySuite $\mathcal{J}$ (유도형; derived, not axioms)
  정의: $\mathcal{J}$는 공리가 아니라, $Guards(t, \varphi; \Gamma)$와 앵커 $A(A1_G..A6_G)$의 전제 하에서 "도출되는 운용정책 묶음"이다.
  $Guards \wedge Anchors$
  ⇒ { $R_{EqOpen}, R_{Demotion}, R_{NoPromo}, R_{NonTransport}$ }.

- R_{EqOpen}: stage=\mathcal S 도달 ∧ δ_{abs} 일치 ∧ σ_{trace} 정합(≍) ⇒ '='을 D에 1회 사건-기입. 동시 $anchor(a) := \langle W, \sigma, t \rangle$를 기록. ($Aug_{eq} \wedge onto$)

R_{Report}: '='은 수출되지 않고, D'에는 $\pi(x) \equiv^{via}_{onto} \pi(y)$만 남는다.
$R_{Demotion}$: 같은 W에서 동일쌍 '=' 재시도는 거부되고 ≡/≈로만 기록.
$R_{NoPromo}$: D'의 $\equiv$ / $\approx$로는 결코 D의 '='이 만들어지지 않는다.
$R_{NonTransport}$: 창을 넘길 수 없다('=' 비운반). 스냅샷 등치는 유지 가능($\equiv_{onto}$).

1.2.5 AUG stages

- AUG_{obs}: $align_{obs}(W, x, y)$ → 판정 양식 층($\approx_{obs}$) 정합.
- AUG_{iso}: $align_{struct}(W, x, y)$ → 구조 보존(≡ 계열) 확인.
- AUG_{reg}: 규정성 개입. U의 추상적 전역의 상태를 P/S에서의 구체적 국소로 구현.
- AUG_{eq} : $guardsE1_G..E5_G \wedge anchorsA1_G..A6_G$ 충족 시 '=' 면허(once $@D$, $scope = W$).
  결론: $AUG_{eq}(x, y) \Rightarrow x = y\ @D$ (once; D'엔 '=' 미정의)

1.2.6 License & Demotion Flow

Demotion Reasons

- OBS : 관측 불합치($\approx_{obs}$ 불성립)
- STRUCT : 경로/형상 불정합(σ_{trace}/ R^* / δ_{abs} 충돌)
- BRANCH : 창 교차·분기 위반(= 비운반성 위반 시도)

Judgement Priority & Scope

- Priority: $\approx_{obs} \succ \equiv_{onto} \succ =$
- Scope: '=' @ D only, once per (W, pair); D'에는 '=' 미정의
- No-Promo: D'의 ($\approx_\bullet$ / $\equiv_\bullet$)에서 D의 '='로 역승격 금지
- Demotion: 같은 W에서 재보고 또는 $W \rightarrow W'$ 교차 보고 시 '=' → {$\approx_{obs}$, $\equiv_{onto}$, $\perp$}
- Record: anchor $a := \langle W, \sigma, t \rangle$ (τ_σ 로그 갱신)

Pseudo-Code

```
Input: (W, t, x, y, Guards E1_G..E5_G, Anchors A1_G..A5_G)
Check: stage_W(x)=stage_W(y)=\mathcal S  ∧  δ_{abs}(x)=δ_{abs}(y)  ∧  σ_{trace}(

if (all E1_G..E5_G) ∧ (all A1_G..A5_G) and not mark↑(W,x,y):
    ↑=(x,y) @ W                 // 승격 토큰
    if κ_σ(t): t→t^* with Fix(t^*) and not mark=(W,x,y):
        =(x,y) @ W (OneShot)   // 발급·기입
        anchor(a) := ⟨W,σ,t^*⟩     // 로그
else:
    cut                         // 면허 거부(토큰 無)
on re-report:
    demote to {≈_{obs}, ≡_{onto}, ⊥} with reason {OBS, STRUCT, BRANCH}
```

Derived Lemmas

- Thm-Demotion : NoCompute ∧ No3-Lock ∧ A ⇒ $R_{Demotion}$.
- Thm-NonTransport : No3-Lock ∧ Coh(≈/≡) ⇒ $R_{NonTransport}$.
- Race⇒Demote(동시 승격 충돌은 강등으로 귀결):
  같은 창 W, 같은 쌍 (a,b)에 대해 (=) 승격 청원이 두 건 이상 동시 제출되었다고 가정하자.
  - (i) Determinacy(Det): $Proc(\sigma(t),\varphi)$는 결정적 → 동일 키에 대해 허용 가능한 채널 배정은 최대 1.
  - (ii) No-Third-Channel(No3-Lock): 허용 채널 외 병렬·재결합 경로 금지 → 동시에 둘 다 $\langle on, on\rangle$로 승격 불가.
  - (iii) RR-키 규약(Lamport 타임스탬프 L, (L,step) 사전식 정렬): 1건만 승격, 이후 동일 키 재보고는 $R_{demotion}$로 강등.
  - ∴ 같은 W에서 '=' 후보의 동시성/경합은 항상 "유일 승격 + 나머지 자동 강등"으로 귀결 (T7 단발·유일성과 합치).
- Subst ∘ Demote = Demote ∘ Subst(교환성 보조정리):
  보고층 치환/전개 S와 강등 D에 대해, 같은 창 W, $stage = \mathcal{S}$에서
  $D(S(\approx / \equiv)) = S(D(\approx / \equiv))$ 이고, 어떤 조합에서도 '=' 도입은 발생하지 않는다.
- 결론: $D' \to D$ 역승격 경로는 합성/반복/메타-계산의 어떠한 연쇄에서도 열리지 않는다(No-Promo의 조합폐쇄).
- (주의) 정책을 공리로 승격하지 말 것. 항상 '유도형'으로 유지한다. (혼동 방지)

1.2.7 등호의 승격/발급 이원 규칙

$mark\uparrow(W,a,b)$: 승격('↑=') 사용 플래그.
$mark=(W,a,b)$: 발급('=') 사용 플래그.

- 규칙: 같은 W에서 각 플래그는 단 한 번만 세팅(Stage-Uniq).
- 결론: ↑=(a,b) @W. D-토큰(등호 승격; OneShot)
- Side: $mark=(W,a,b), eq_{id}, log\{W,\sigma,t,t^*,\varepsilon,\delta,\Delta K\}$. (재승격 방지)
- Fail → Cut: 비도출. 강등(Demote) 아님.

$EqMint_{onto}$ (발급 in D)

- Premises: ↑=(a,b) @W at t ∧ $\kappa_\sigma(t)$: $t{-}\sigma \longrightarrow t^*$ ∧ $Fix(t^*)$ ∧ $Anchors(A/E)$ ∧ $\neg mark=(W,a,b)$

실패 모드 예시

- (F1) $stage = \mathcal{S}$ 미달($\mathcal{U} \leftrightarrow \mathcal{P}$).
- (F2) δ_{abs} 불일치.
- (F3) σ_{trace} 진동/불정합.
- (F4) W 교차 중복 보고.
- 처치: 모두 R_{EqOpen} 전제 또는 $R_{Demotion}$/$R_{NonTransport}$에 의해 차단. [§1]

1.2.8 Expiry/Liveness

- 승격은 D', 발급은 D, 중간엔 σ.
- ↑=은 TTL 내 미발급 시 무효화(expire↑). (정책값)
- $\theta_{TTL} \in \Theta(HOROS)$ 로 승격 토큰의 유효기간을 표준화.
- 정책-가드 일원화: TTL 만료는 '$Guards(\theta_{TTL})$'의 일부로 판정.
- 재보고(W'≠W) 시: $demote \rightarrow \approx / \asymp / \perp$ with reason∈{OBS,STRUCT,BRANCH}.
- 판정의 시차: 승격은 t(보고장)에서, 발급은 $t^* := \sigma(t)$ (내용장)에서.
- Cut vs Demotion:
    - 게이트 미통과 ⇒ Cut(비도출), 아무 토큰도 안 생김.
    - 이미 발급된 것을 다른 창에서 재보고 ⇒ Demotion(강등).

1.3 시간성 정의

모델 M = $\langle T, D, Eval \rangle$

- T: 절차 도메인 (이산집합)
- D: 개체 도메인
- $Eval : T \times Form \rightarrow V$
- $V = T, F, B, N$

시차 연산자 σ (내재·단발)
$\sigma : T \rightarrow T.$
σ는 사건 t에 대한 사후적 판정을 표지(절차 인덱스).

- $\sigma : T \rightarrow T$ 는 "내재 시차 연산자"(프로세스 인덱스). 고정점 허용($\sigma(t) = t$ 가능).
- $\sigma_{trace} : D \rightarrow \Sigma^*$ 는 U→P→S 과정을 통과하며 남는 '흔적'. 외주 생산·복원 불가(π로 재구성 불가).
- 비역행성(NR-inv) : $\neg\exists g : g \circ \sigma = id_T \vee \sigma \circ g = id_T$
- 반복 금지(OS-ban) : $\sigma \circ \sigma$ 미정의($\sigma^k, k \geq 2$ 금지)
- 교집합(OS-dom) : $dom(\sigma) \cap im(\sigma) = T_{fix}$ (고정층에서만 접힘 허용)
- 우회 차단: $\forall t, \varphi : (Eval(t, \varphi) \in T, B \Rightarrow Eval(\sigma(t), \varphi) \in T, B) \wedge$ No3-Lock $\Rightarrow \nexists k > 0 : X^k \equiv \sigma$
- 표기 약속
    - $t + \sigma := t \mapsto_{X^\varepsilon} t$ // X-정렬 약기호(σ 재적용 아님)
    - $t - \sigma := \rho_\sigma(t)$ // 국소 리트랙션 약식(결절 한정), 사후 표지.
    - $\kappa_\sigma(t) : t - \sigma \longrightarrow t$ // 결절(knot), 이행 첫 단계.

1.3.1 정의

배경 상태(윈도우 스코프):
$S_W := \langle stage \in U, P, S, \kappa_\sigma \in 1, 0, \tau(trace), L(log) \rangle$

- κ_σ: σ-사용 가능 토큰(affine; 1회성)
- stage: U(준비) → P(심화) → S(발급 전 마지막 단계)

σ의 형식적 지위:

- (1) σ는 “관점 내 시차를 ‘발생’시키는” 1급(primitive) 연산자이며, 단순 표지가 아니다.
- (2) $\sigma : T \rightharpoonup T$ (부분-자기 사상; partial-endomorphism, $\sigma \in ParEnd(T)$로 읽음)
- (3) σ의 정의역은 가드로 제한: $g_\sigma(S_W) \equiv (stage = S \wedge \kappa_\sigma = 1)$.
  $Dom(\sigma) = \{\, (t, S_W) | g_\sigma(S_W) \,\}$.

σ의 효과(효과성; effectfulness):
$\sigma(t, S_W) = (t', S'_W)$ with

- $S'_W.stage := S$. 단계 전환 P → S (시차의 실현).
- $S'_W.\kappa_\sigma := 0$. 토큰 소진(원샷 보장).
- $S'_W.\tau := \tau \cdot e_\sigma$. 트레이스에 σ-사건 기록.
- $S'_W.L := L \cup e_\sigma$. 커밋 로그에 사건 추가.
  ⇒ 관점 내 시차는 σ의 “효과”로 생긴다. σ는 라벨이 아니라 원인(cause)이다.

1.3.2 합성(제한 합성; restricted composition):

$(f \circ g)(x)$ 가 정의되려면 $x \in Dom(g) \wedge g(x) \in Dom(f)$ 여야 한다.

- 동일 창 W, 동일 커밋 체인에서 σ를 1회 적용하면 $\kappa_\sigma := 0$ 이 되므로
  두 번째 σ는 정의역 공허로 인해 적용 불가. 즉, $\sigma \circ \sigma = \bot$. [3]
  (동일 W, 동일 체인에서의 ‘미정의(undefined)’)

스코프/이동성:

- 새 창 $W' \neq W$ 에서는 $S_{W'}$가 새로 열리며 $\kappa_\sigma = 1$로 초기화.
- “=”은 W-로컬 사건(면허)이며, 창 간 운반 금지(Non-Transport).
  교차-창 보고는 “≈”(관측-동치)로 강등(demote).

표기 관례:

- 합성 ‘∘’는 기본적으로 “제한 합성(∘_r)”으로 해석한다.
  동일 W·동일 체인에서 두 번째 σ는 Dom 불충족으로 ⊥.

[3] ‘미정의(undefined)’는 단순한 금지 규약이 아니라, σ의 효과가 상태를 변화시켜(κ_σ 소진) “두 번째 적용의 정의역을 소거”한 결과다. 즉, $\sigma \circ \sigma$가 “없어야 한다”가 아니라 “정의 자체가 사라진다”. 본 선택은 텍스트의 철학적 입장(시차는 σ의 효과)과 일치하며, 동일창 유일성(=은 W에서 단 1회) 및 비운반성 규칙과도 정합적이다.

1.3.3 핵심 법칙

(1) Genesis retraction @ knots

- (Ret-1) $\sigma\big(\rho_\sigma(t)\big) = t$
- (Ret-2) $\rho_\sigma\big(\sigma\big(\rho_\sigma(t)\big)\big) = \rho_\sigma(t)$
- (Scope) 국소 리트랙션(결절 한정); 전역 역함수 없음(NR-inv). σ^{-1} 표기 금지.
- (Limitation) 결절 리트랙션(Genesis retraction)의 범위: $\sigma\big(\rho_\sigma(t)\big) = t$는 "같은 T 안의 국소 리트랙션"이다. 전역 역함수는 없다(NR-inv). 표기상 σ^{-1}은 금지하고 $\rho_\sigma(t)$로만 표기한 건 바로 이 스코프 한정을 노출하기 위함이며, 전-관점적 시차 표지이므로 절차 역행이 아니다.
-

(2) σ-단발성(One-shot emergence): σ^2 미정의; 전역 역함수 금지; '=' 승격은 R_{EqOpen} 1회만

- “왜 σ는 OneShot인가?” (U→P→S 프로토콜)
  - (U) 보편→특수 접힘: σ는 "전역 반사(추상 보편)"를 부정적으로 접어 최초 절단을 만든다. 절단은 한 번뿐.
  - § 정의역 소진: $dom(\sigma)$에서 한 번 호출하면 그 지점은 고정층으로 넘어가고, 같은 방식의 반복 호출은 정의역에서 배제된다.
  - (S) 운용 가드: 이후의 전개·누적은 전부 X에서만. σ를 또 쓰려 하면 m의 단조, 승격 가드($X < 2$)를 깨뜨리므로 금지.

(3) 평가/가드

- $Eval(t{-}\sigma, \cdot\,) = N$. 승격은 $X < 2$에서만(단발).
- $m : T \to \mathbb{N}$단조, $m(X^k(t)) > m(X^{k-1}(t))$

(4) “σ vs X(질적 표지 vs 구조 누적)”

- σ는 질적 표지(절차 인덱스), 호출 흔적 최소화: τ_σ^{min}만 남김(Eval 의미 보존).
- X는 상태 변환자(모노이드). 누적·연쇄는 X^k로만. 역상 복구 $F{\circ}X^k = X^{k-1}$의 경우는 단조 척도 m 때문에 모순 발생(NoRL; 역상금지 Lemma).
- 케이크 비유(직관): t: 케이크 층, σ: 색소 투입(질적 표지), X: 반죽 조작/층 쌓기(누적). X는 총량/불변량을 보존하지만, σ 호출 없이는 유색층이 나오지 않는다. 색소를 반죽으로 만들 수는 없다.

흐름 요약

- U (즉자적 잠재태, 추상적 보편, $t{-}\sigma$) ⟶ (긍정판단, 최초 이행·단발 규칙 산출, $(\kappa_\sigma)t$) ⟶ P (부정판단, 외적 대립 형성, t) ⟶ S 이전; X-정렬(누적·연쇄는 X에서만) ('부정의 부정' 이행, $t+\sigma$) ⟶ S 이후; UPS-Commit (개념판단, 구체적 보편, t)

타입/연산 요약

- $\sigma : Ctx \nrightarrow Ctx$ (평가층·부분연산자, 단발 호출)
- $X := Eff\langle\sigma, \cdot\,\rangle : S \to S$ (구조층 변환자, 모노이드: $X^0 = id_S$, $X^m{\circ}X^n = X^{m+n}$)
- 금지: $\sigma{\circ}\sigma$, $\sigma^k(k \geq 2)$ / 허용: $X{\circ}X$, X^k

비역행성 / 단발성 / 누적성

- (NR-frac) $\neg\exists f, k \geq 2 : f^k = \sigma$. (분수·루트류 금지)
- (NR-mono) $\exists m : m(X(t)) > m(t)$. (의미시간 단조)
- (OS-call) 모든 공리는 σ를 최대 1회만 참조(σ-Block).
- (STR) X는 q ∈D-불변 연산들과 가환($q \circ X = X \circ q$).

가능화의 시차 치환

- (ACT) $Eval(t, \Diamond\varphi) = N \wedge Eval(\rho_\sigma(t), \varphi) = F \Rightarrow \exists\tau' \geq t. Eval(\tau', \varphi) = T$
- (ANCH) τ'를 $\sigma(t)$ 이후로 제한 가능($\tau' \geq \sigma(t)$)

1.3.4 사후 귀속 연산자 P 정의

- $P_{gl}[\varphi] := \exists t \in T_{fix}. Eval(t, \varphi) \in T, B$
- $P_W[\varphi] := \exists t \in T_{fix}(W). Eval(t, \varphi) \in T, B$

기본 약속

- 앵커 $a = \langle W, \sigma, t\rangle$가 주어진 문맥에서는 $P := P_W$, 미지시 문맥에서는 $P := P_{gl}$.
- 성질
    - (P-≡): $\vdash (\varphi \leftrightarrow \psi) \Rightarrow \vdash (P[\varphi] \leftrightarrow P[\psi])$
    - (P-mon): $\vdash (\varphi \rightarrow \psi) \Rightarrow \vdash (P[\varphi] \rightarrow P[\psi])$
- 비분해(P-ndist): $\vdash P[\varphi \wedge \neg\varphi] \Rightarrow (\neg P[\varphi] \wedge \neg P[\neg\varphi])$

1.3.5 판단 내 시차 표지(OneTick; 폭발 방지): 한 스텝 지연(과정층의 표지).

$\langle\sigma\rangle$ (프로그램/동적 논리 표기)

- 형성: ϕ가 명제면 $\langle\sigma\rangle\phi$도 명제.
- 의미(앵커 구비): $\Pi \vdash \langle\sigma\rangle\phi$ @$\langle W, t\rangle$:⇔ $\exists a = \langle W, \sigma, t \rightarrow t^*\rangle$(ledger) $\wedge \Pi \vdash$ ϕ @$\langle W, t^*\rangle$. (즉, 앵커가 증거.)
  원샷/비합성: $\langle\sigma\rangle\langle\sigma\rangle\phi$는 파생 불가(정의상 미형성) 또는 강등($\approx / \perp$).
  비운반: 창 $W \neq W'$이면 $\langle\sigma\rangle\phi$는 강등(Non-Transport).
  퇴화 차단: $\sigma = id$는 정의역 밖(진행 $m(t^*) > m(t)$ 위반) → $\langle id\rangle\phi$는 $\perp$.

$\rhd_s$ (가드드/레이터 모달리티 스타일)

- 형성: $\phi \Rightarrow \rhd_s\phi$.
- 규칙:
    - (Mon) $\phi \vdash \psi \Rightarrow \rhd_s\phi \vdash \rhd_s\psi$.
    - (Elim) $\rhd_s\phi \vdash \phi \ *$@$\langle W, t\rangle$, 단 $*a = \langle W, \sigma, t \rightarrow t\rangle$ 제출해야 함.
    - 금지:$\rhd_{ss}\rhd_s\phi$ 금지/강등($\sigma \circ \sigma$ 미정의 반영).

κ_σ-바인더 (절차-이행 직접 표지)

- 형성: $\phi\ @t \Rightarrow \phi\ @\kappa_\sigma(t)$.
- 규칙: 도메인에서만 정의, 합성 불가, 창 고정 필요.
- 용도: 명제에다 시간꼬리표를 직접 관리하고 싶을 때.

예시: 개념판단

- $\Pi \vdash Both(A) \Rightarrow \Pi \vdash (A \wedge \neg A) \wedge \langle\sigma\rangle Both(A)$.

메모

- 필요 시, 용도에 따라 시차 표지를 사용하면 된다.
- 본 논문은 $\langle\sigma\rangle$을 위주로 사용한다.

1.3.6 $a_{eff} := \sigma_{trace}$ (대상 a의 효과 := σ의 흔적)

Augenblick(행위/찰나) → $R_{EqOpen}(stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \asymp)$ 통과 → 경계 Σ와의 횡단(Transversal crossing)

- ‘=’ 스냅샷(유일 사건) → ↑= → κ_σ → = @D → 고정점 층 $Fix(t^*)$에 단회 마킹

$a_{eff}(x; W) := norm(\sigma_{trace}(x)) > 0\ (@W)$ → 경로 γ의 잔여-등급(동치류)

- $Both(A)$가 닫히는 데 필요한 위상적 지문
- Lemma (Trace Witness). $a_{eff}(A) > 0 \Leftrightarrow A$에 대해 τ^+, τ^-가 같은 창 W에서 실제로 생성됨 (=P-D 원리에 따른 전개가 일어남).
- 등호 승격/발급에 필요한 “증인”
- Corollary (Gate Sufficiency). $a_{eff} > 0$ 만으로는 필요조건이지만, 여기에 R_{EqOpen}의 3요건($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp$)이 붙으면 충분조건이 되어 ↑=가 열리고 κ_σ로 '='이 발급됨.

개념판단($Both(A)$) → $[\Pi \vdash Both(A)] \wedge [\langle\sigma\rangle Both(A) \to \gamma]$가 Σ를 한 번 도는 고정점형 귀착

- 라캉의 대상 a = 헤겔 개념판단의 증인
- Concept Fix (헤겔 매칭). $\Pi \vdash Both(A)$가 안정되려면(자기지시 도달) $a_{eff}(A) > 0$ 가 반드시 선행하고, 이때의 스냅샷 '='은 개념의 자기-귀속(A와 $\neg A$의 매개를 자기 내로 환수)을 한 번만 표식.

1.3.7 그 외

- Eval/가드와 ‘=’: $Eval(t{-}\sigma, \cdot\,) = N$으로 “신화적 기원” 상태는 계산 금지. '='은 R_{EqOpen}으로만 단발 도입. 관측/표현 등치(≈/≡)는 어디까지나 관측 혹은 스냅샷일 뿐 역승격 불가.

- $P[\cdot]$의 비분해(P-ndist): "진리는 모순의 형태로 온다(whole)"를, "부분분해는 실패한다(parts)"로 규격화한 조항. 약화형은 "$\nvdash (P[\varphi \wedge \psi] \rightarrow (P[\varphi] \wedge P[\psi]))$ "
- R, T_{fix}, 자기관계: R은 단회적 도약(비대칭·비순환·비추이). 그 누적 흔적이 R^+=(경로 폐포)이고, 그 꼭짓점이 예외적 반사 $R(x^*, x^*)$다. T_{fix}-1,2는 "자기관계는 고정층에서만 의미 있다"를 못 박는다. 외부에서 '='를 사용하려는 시도는 무조건 강등.
- 가능화(ACT) 조항의 해석: "사건 이전의 가능성은 거짓/미정이지만, σ-표지 이후 또는 근방에서 실현될 수 있다." 즉, 가능→실재 전환은 σ가 아니라 X-전개에서 발생한다. σ는 절단과 귀속의 표지일 뿐이다.

1.4 모순(B)의 보존-전개 규칙.

보존 규칙 (Persistence; 개요형):
$\forall t[Eval(t, \varphi) = B \Rightarrow Eval(\sigma(t), \varphi) = B]$

전개 규칙 (Deployment; 개요형):
$\forall t[Eval(t, \varphi) = B \Rightarrow Eval(\sigma(t), \varphi) = T]$

보존–전개 규칙 (P–D) — 운용 분리, 타입드 서명

- Persistence:
  $Eval(t, A) = (B, p) \Rightarrow Eval(\sigma_{persist}(t), A) = (B, p')$# B-보존
- Deployment:
  $Eval(t, A) = (B, p) \wedge Witness(\tau) \Rightarrow \vdash \ A@\sigma_{deploy}(t)$# ~A 전개
- State Invariant: $deploy = on \Rightarrow persist = on$ (No-Spontaneous-Deploy). 보존 규칙은 전개 규칙에 우선함.
- Witness-Monotonicity:
  $Witness(\tau) \subseteq Witness(\tau') \Rightarrow (\vdash \ A@\sigma_{deploy}(t))$ 유지.
- Deploy-Idempotence:
  같은 W에서 같은 A에 대해 재전개 시도 → no-op (로그만).
  - 운용 판정(값-층 합성값 도입 없음):
    $Proc(\sigma(t), A) := \langle persist = on?, deploy = on?(\tau) \rangle$
  - merge 안정성
    - $Proc \in \langle on, on \rangle \Rightarrow Obs \circ merge(\sigma_p, \sigma_d) \approx_{rep} merge(Obs \circ \sigma_p, Obs \circ \sigma_d)$
    - $Proc \in \langle on, off \rangle \Rightarrow Obs \circ merge(\sigma_p, \sigma_d) \approx_{obs} merge(Obs \circ \sigma_p, Obs \circ \sigma_d)$
    - $\sigma = id_T \Rightarrow Obs \circ merge \approx_{rep} merge \circ Obs$ (동시운용 아님.)

1.4.1 채널-상태와 값-투영(요약):

$\langle on, off\rangle$ ⇒ $Eval(\sigma_persist(t), A) = (B, \cdot)$
$\langle off, on\rangle$ ⇒ ‘D-P’ 규칙의 'State Invariant’에 따라, 미정의.
$\langle on, on\rangle$ ⇒ “동시 운용” (아래 $\langle B \| T\rangle$ 판정 양식으로 기술)
$\langle off, off\rangle$ ⇒ $Eval(\sigma(t), A) = N$

1.4.2 Eq/V/P 패밀리 & BothOn

$$BothOn(t, \varphi) :\Leftrightarrow \exists\tau Proc(\sigma(t), \varphi) = \langle persist : on, deploy : on\rangle$$

- Eq/V/P 연결정리와 J-Form 경고(연산 피연산자 금지).

1.4.3 Both_A 정의

$A +\ A \equiv_C Both_A$. 여기서, +는 외적 결합(새 연산자 아님), $\equiv_C$가 내적 포섭(자기-관계의 운동) 표지 역할.

- 창 관계 보장: $W \subseteq W'$이고 같은 앵커/게이트면, $A +\ A \equiv_C Both_A\ @W \Rightarrow (A +\ A \equiv_C Both_A)\ @W'$.
- 타입·스코프:
  - Typing: “$A : Form \Rightarrow Both_A : Form$”. $Both_A$는 $Form$ 기호. (값 아님.)
  - Scoped Return (Gate-bound): $AUG_{eq}(\Lambda_W) = on \wedge \exists t \in W, \exists\tau\langle B\|T\rangle(t, A, \tau) \wedge Guards(t, \varphi; \Gamma) \Rightarrow (A +\ A) \equiv_C Both_A\ @W$
  - No-Compute (안전핀): ≡ 는 등호(=) 아님. Eval/Proc 계산에 자동 대입 금지. Both_A 는 V_base={T,F,B,N}나 Proc 채널에 개입 불가(값/과정 규칙과 별개).
  - Idempotence(환수 일의성): Both_A @ W가 한 번 선언되면 같은 W에서 재선언은 정보증가 0, Both_A @ W ∧ (조건 재충족) ⇒ no-op
  - 비폭발(파라컨시스턴시): A, ~A ⊭ ⊥

1.5 U-P-S 프로토콜: 차이만이 항존하고, 동일성은 발급된다

U (Universal): 무규정성은 공리 아님, 모드/표지 선언. 객체층 추론은 DR로만 하향. 내용 안 늘림.

P (Particular): "D’(보고장)"에서 게이트 통과 시 ↑= 승격 토큰 발행. (게이트= $stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_{trace} \asymp) \wedge Guards \wedge \neg mark$.)

S (Singular): σ(OneShot) 절단 후 DR/Fix 환수 → U를 향해 “내부 접힘” 이행. ($\sigma\sigma$ 미정의, $\nexists k > 0 : X^k \equiv \sigma$, 재승격 금지(mark).)

UPS-Commit (Commit): U와 S가 접혀서 일치한 상태. 이후, "D(내용장)"에서 = 단 한 번 발급. 단, 이는 전개의 한 단계라기 보다는, 전체적인 전개를 포괄하는 상태다.

결론: "차이(부정성)"만 기본으로 존재하고, 동일성은 사건으로 "발급"되는 것. 그러므로 S는 이행 전후를 표지한다. S 이전은 D'에서의 ‘승격’ 그리고 S 이후는 D에서의 '발급’이다.

U-P-S 프로토콜 적용: 정의-정리-공리

- Judgement forms: $\vdash_U \cdot, \vdash_{obj} \cdot$
- Marker: Υ with $\vdash_U (\forall x)R(x,x)$ // 전역-반사 ‘표지’
- No-Use: $\vdash_U \varphi$ 를 $\vdash_{obj}$ 로 내리는 규칙은 DR뿐. (undischarged 사용 금지)
- Type: U-판정 양식은 NoCompute/NoPromo에 걸려 연산·대입 불가.

1.5.1 메타 스킴 ① — 공리★ = 도출가능 규칙(정리)

Star-Axiom (= 붙박 정리):

- $A\bigstar$ is admissible ⇔ $\forall\pi$, every use of $A\bigstar$ in π can be eliminated by a finite derivation using $\{AUG_{eq}, DR, Anchors, Guards, \ldots\}$.
- Normalization: $\Gamma \vdash_{Base+\bigstar} \varphi \Rightarrow \Gamma \vdash_{Base} \varphi$.

1.5.2 메타 스킴 ② — HOROS(제약) 원리: 채택된 경계는 곧 공리·규칙

HOROS

- Let $\theta \in \Theta = \{\varepsilon_m ax, \delta_m ax, \tau_K, \rho, \ldots\}$ be adopted.
    - Epi-view: θ becomes a declared axiom (측정/정책 한계).
    - Onto-core: θ becomes an operational guard (게이트/가드 파라미터).
    - Result: every θ-induced axiom is eliminable via its guard-lemma (admissible★).

1.5.3 메타 스킴 ③ — 데이터 환원(외부=뷰 토큰)

Data-Reduction

- For any $o \in D'$:
    - either $o \notin dom(Int) \Rightarrow noise(Cut)$ (환수 불가)
      or $Int(o) = x \in D \Rightarrow view - tokenofx(nonewD)$ (내용 증가 없음)
    - Corollary: "실험/데이터"는 $Int \circ \pi_W$가 통과될 때만 의미 있고, 통과되더라도 D에 새 원소는 생성되지 않는다(뷰 토큰 환수일 뿐).

1.5.4 Ax↔Thm Equivalence (★-양방향)

(Axiomize) $Base \vdash_{adm} R \Rightarrow Base + R\bigstar \vdash \varphi \Leftrightarrow Base \vdash \varphi$ (보존적 확장)

(Theoremize) $Base + A\bigstar \vdash \varphi \Rightarrow A\bigstar$-elimination으로 $Base \vdash \varphi$ (소거 가능)

Invariant: 의미/정합성 불변 (Cut≠Demote 유지, NoPromo 유지, σ OneShot 유지)

1.5.5 Rules-as-Effects ★

- Premises: U-Def(무규정성; 공리 아님) ∧ σ(OneShot) ∧ DR(Fix) ∧ Anchors ∧ Guards ∧ HOROS(θ)
- Conclusion: Corpus C의 임의의 규칙 R에 대해 $C \vdash_{adm} R$ (Ax↔Thm Equivalence).
- Normalization: $Base + R★ \vdash \varphi \Rightarrow Base \vdash \varphi$ (★-소거로 보존적 확장)
- Cut vs Demote: 게이트 미통과=Cut(비도출), 재보고=Demote(≈/≍/⊥ + OBS/STRUCT/BRANCH).
- Note: "공리/정리" 구분은 D'에서의 표기; 변증법은 이를 σ-시차로 D에 환수.

1.5.6 Thm-of-Stage-S

- (S-PO) {$\mathcal{U} < \mathcal{P} < \mathcal{S}$} 전순서 선언.
- (S-Mono) $Int, \pi_W, \sigma_{trace}$ 참조는 stage를 보존 또는 상승만 하며 하강은 없다.
- (S-NoBack) $x \to \ldots \to y$에서 $stage_W(y) < stage_W(x)$ 금지.
- (S-Use) ≍는 항상 $stage = \mathcal{S}$ 전제 하 호출.

1.5.7 Difference-First 원리

- DF-0 (기본값 차이): D에서 $a = b$는 기본적으로 비도출. 등호는 발급 사건으로만 성립.
- DF-1 (NoPromo): $\vdash_{D'} a \approx b$로는 절대 $\vdash_D a = b$를 만들 수 없음. (예: License path = D'↑= → σ → D(=), 그 외 경로는 Demote/⊥)
- DF-2 (Non-Transport): $a = b$ @W이면 $W \neq W'$에서 운반 불가(재보고 시 강등: ≈/≍/⊥).
- DF-3 (R / R^+): 단회 R은 비대칭·비순환·비추이, 누적 R^+는 전이. "사라지는 매개자"는 규칙이자 장부.
- DF-4 (UE★): Fix-층 예외 반사는 같은 창에서 같은 승격→발급 체인만 타면 자동 유일. (붙박 정리★, 소거 가능) 즉, "UE★ (DF-4) — 같은 창 · 같은 체인 ⇒ 유일". (승격→σ→발급 체인을 공유하는 Fix-반사쌍은 동일: $x = y$ @W; ★-소거 가능.)

1.5.8 'U-P-S 프로토콜' 해설

공리로 설정된 것은 변증법 내 도출가능성에 의해 붙박힌 것이다. 따라서 변증법에서는 무규정성 이후 모든 공리가 사실상 규칙(정리)이다. 그리고 반대로 규칙은 산출된 공리이기도 하다. 규칙이 시스템에 한 번 편입되면 시스템에 제약과 한계(horos)를 통해 규정을 가하기 때문이다. 이 체계에서 외부 데이터나 실험이 무의미하다고 말한 이유가 이것이다. (모두가 도출되기에 정리이고, 모두가 논리적 필연성을 형성하니 공리이므로.) 공리와 정리를 가르는 임의적 기준은 인식론 도메인에서의 판정에 따른다. 그러나 변증법은 인식론의 조건인 동시에 존재론의 방법론이다. 이를 U-P-S 프로토콜에 따라 정리하면 이렇다 - "무규정성(U) 정의(모드 선언)"이고, 그 이후의 공리는 사실 "도출가능 규칙(P, 붙박정리; ★)"이고, 규칙은 시스템에 편입되면 "제약을 통해 곧 공리가 된(S, HOROS)"다. 공리/정리의 구분은 D'에서의 표기상 구분, 변증법은 그 구분을 σ-시차로 D에 환수(커밋)하는 방법론이다. 그러므로 정리와 공리는 상호관계맺기가 가능하나, 이는 U-P-S의 순차를 거스르는 것이 아닌, 오로지 자기관계하는 부정성이라는 맥락

에서만 그러하다. 그러나 “(…) 부정적인 것은 그에 못지않게 긍정적인 것이므로((…) negative ebenso sehr positiv ist;)” - WdL I, Einl.

1.6 B-T-Π 스택: 논리의 데이터 플레인

B-Layer (값층, D)
$\{T, F, B, N\}$ + Flip/Polarization이 일어나는 층. B(both)는 모순의 허용 상태. "폭발하지 않는 동력"로 기능.

- 값 판정(보존): $\Gamma \vdash_W \varphi : v$, where $v \in \{T, F, B, N\}$
- 성질: 반-파티션(A0), No-Outside, Non-Transport, EFQ 배제(FDE 바닥). 전역 내용층. R/R^+, 불변량, 그리고 ‘=’ 발급(오직 여기서).

T-Layer (과정층)
σ(OneShot), Σ(set of trace), $Guard/Arrow$의 실재 전개가 일어나는 층.

- 과정 판정(전개): $\langle W, \sigma, \Sigma, log \rangle \longrightarrow \langle W, \sigma, \Sigma', log' \rangle$
- 성질: $\sigma \circ \sigma$ 미정의, $\sigma : t \mapsto t^*$ (단회), 창 W, 앵커/레저(ledger). 진행 게이지 m 단조, 키 충돌=강등. “↑=→σ→=” 체인과 Cut/Demote/TTL 같은 운영 규율이 전부 여기서 돈다.

Π-Layer (명제층, D')
판정 대상 공식들($\approx_{obs}$, $\equiv_{onto}$, ‘=’ 후보)이 일어나는 층.

- 명제 판정(보존-전개; 커밋): $\Gamma \vdash_W \varphi = \psi$ (사건; 단회)
- 성질: 단순 명제 판정만 한다($\approx_{obs}$/$\approx_{rep}$/메타 태그). ‘=’ 직접 발급 불가. R_{EqOpen}의 전제를 충족시키는 데이터 공급원이자, 실패 시 Demote/Cut의 귀속지. 임의로 고른 논리 L(고전/다치/모달/확률/퍼지 등등…)을 어댑터로 꽂는 관측-판정 레이어.

1.6.1 명제층(Π) 어댑터

타입
$\phi \in Form_L, \pi(t)$ 관측컨텍스트, V_L 판정값(예: $\{T, F\}$ or $\{T, F, B, N\}$ or $[0, 1]$ …)

임베딩
$e_L : V_L \to \{T, F, B, N\} \times margin$
퍼지/확률이면 margin에 수치 태그를 같이 포함. 구체값은 Guards가 담당.

브리지(내재 삽입)
$\mu_L(t, W, \phi, v, \text{proof\_hash}) \in D'$
$[\![\phi]\!]^L_{\pi(t)} = v \Rightarrow D'$에 관측 토큰 생성(논리 ID, W, 증거 해시 포함).

게이트 연동
R_{EqOpen} 전제: $stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp \cdot Guards$

여기서 $e_L(v) \in\{T, B\}$가 안정(예: τ 구간 동안 변동 없음)일 때만 ↑= 후보가 뜬다. 불안정/충돌/오류 시 → Demote($\approx_{obs}$ / $\approx_{rep}$ /$\perp$).

1.6.2 제약-규약

모순의 보존-전개(P-D): 판정은 모순의 '보존(P)'을 '전개(D)'로 밀어붙여 성립한다. 전개가 없으면 "항상 참"은 미발급 주장일 뿐이다.

σ_{trace} 항존: 값층(B)이 드러나려면 과정층(T)에서 σ-흔적이 남아야 한다. 0-스텝 진리는 정의상 불가. ($\sigma_{trace} > 0$)

투영 필요: π_W(보고)$\rightarrow$ Int(환수)$\rightarrow$ $R_{EqOpen}(\uparrow=) \xrightarrow{\sigma}$ '='(발급). 이 체인을 무시할 시, D의 '='가 아니다. (D'의 "$\approx$ /$\perp$"로 강등.)
불가침: Π는 절대로 '='을 직접 기록 못 함. $\Pi \rightarrow B$는 항상 "↑= $\xrightarrow{\sigma}$ ="로만.

(증명) "$\sigma = id$"가 불가능한 이유

- (1) 진행성 위반: $\kappa_\sigma(t) = t^*$ 에서 '$m(t^*) > m(t)$'(진행 게이지)이 필수. $\sigma = id$면 m이 정체 → 진행성 깨짐.
- (2) OneShot 위반: $\sigma \circ \sigma$ 미정의(단회 연산). 근데 id면 $\sigma \circ \sigma = id$로 항상 정의. 즉각 모순.
- (3) Event Lemma 충돌: '=' 발급은 "↑= $\xrightarrow{\sigma}$="을 반드시 통과. ⇒ $|\sigma_{trace}| \geq 1$가 필요. $\sigma = id$로 0스텝을 주장하면 등호 발급 자체가 불가(D에 못 들어옴).
- (4) 장부 키 충돌: $anchor = \langle W, \sigma, t \rightarrow t^* \rangle$가 항상 동일해져서 $key = H(W, obs, anchor, epoch)$이 매번 중복 → Demote. 실무에서도 자동으로 떨어진다.

B-T-Π 스택의 성질

- 교체 가능성: L을 바꿔도 e_L와 $Guards$만 조정하면 됨. 코어(B/T)는 그대로.
- 단사 안전성: 어떤 L이든 $\approx_{obs}$ / $\approx_{rep}$ 수준에서만 말하고, '='은 오직 B에서 1회 발급. 오독 차단.
- 모노토니시티: 더 미세한 논리 L'로 갈아끼워도 $e_{L'} \circ [\![\cdot]\!]$가 e_L보다 정보량 "$\geq$"가 되게 설계하면, R_{EqOpen}의 안정 조건은 더 엄격해질 지언정, 허위 승격은 생기지 않음.
- 윤리(장부)와 합치: μ_L 토큰이 proof_hash와 logic_id를 포함하므로, "0스텝 정규화" 같은 우회/회피는 키 충돌로 바로 강등. (장부는 엄격하다.)

미니 예시: 논리별 e_L 한 줄 요약

- 고전: $e(T) = T, e(F) = F$. (B/N 없음) → 불충분할 땐 Guards가 "확증 부족"으로 Demote.
- 파라일관(4값): 항등. B를 보존해서 모순의 보존-전개 규칙(P-D)과 딱 맞물림.
- 모달: ϕ @W에서 $[\![\Box\phi]\!] = T$이면 "모든 접근 W'에서 $e_L = T$" 태그를 margin에 기입. 창 이동 시 Non-Transport로 재평가.
- 퍼지/확률: $e_L(v \geq \theta) = T, v \leq \eta = F$, 그 사이=$B/N$ 등 정책 임계는 $HOROS(\theta, \eta, ...)$로 관리 – 공리 아닌 가드라서 소거 가능(★).

예상 시나리오

- “우린 0스텝($\sigma = id$).” → 진행성·OneShot 위반. B에서 ‘=’ 발급 불가. 최대 D'의 ≈/⊥.
- “체계 자체가 증명한다.” → 그게 바로 $P - Layer$의 절차. μ_L와 proof_hash 필요, 없을 시 Cut.
- “항상 참이니까 절차 불요.” → Event Lemma 위반. 사건(=)은 언제나 ↑= $\xrightarrow{\sigma}$ =, 최소 'σ_{trace}'의 카운트 ≥ 1.

요약: 값층은 모순을 보존하고, 과정층은 그 모순을 전개하며, 명제층은 어떤 논리 L로든 그 전개를 판정한다. 하지만 '발급(=)'은 언제나 B에서만, '절차(σ)'를 통해서만 가능하다.

1.6.3 U-P-S 프로토콜 ≅ B-T-Π 스택 동형

$U \equiv B$ (값층·보존): 전역 내용층 D. ‘=’ 발급은 오직 여기서(단회 사건; κ_σ 소모 시).

$P \equiv T$ (과정층·전개): σ·창·게이트·TTL·Demote 운영 엔진. Augenblick(↑= 후보) 발생 지점.

$S \equiv \Pi$ (명제층·판정): 논리 L(고전/다치/모달/퍼지 등)은 판정만 수행. 즉시 자기참조 금지 → $\langle\sigma\rangle$로 한 틱 지연.

- 프로토콜 결과: Π의 표지는 P/T에서 계산된 효력 $a_{eff} > 0$(= Σ 횡단의 효과) 전제를 따른다. '='은 오직 UPS-Commit에서 단회로 민트된다. (자세한 정리는 §Appx1의 T10 참조.)

1.6.4 Both(A)의 U-P-S 분해

- U (값/보존층 B; 즉자)
  - 판정 기호: $\vdash^U A : v, v \in T, F, B, N$
  - (U-Both) 같은 창 W, 안정 구간 $\Delta\tau$에서
    $\vdash^U A \in \{T, B\} \wedge \vdash^U \neg A \in \{T, B\} \Rightarrow \vdash^U A : B$
    값은 B로 귀속. (아직 ‘=’ 아님.)
- P (과정/전개층 T; 대자)
  - 트레이스: $\tau^+(A), \tau^+(A)$ // 긍정·부정 판단의 흔적
  - (P-Gen) $\vdash^P \tau^+(A) \wedge \vdash^P \tau^-(A) \Rightarrow \vdash^P Ready(Both_A)$
  - (Gate) $stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp \cdot Guards \wedge Ready(Both_A)$ ⇒ ↑= (후보) ∧ κ_σ 발급
  - (전개) ↑= $\xrightarrow{\sigma(OneShot)}$ → anchor 확정
- S (명제/판정층 Π; 부정의 부정)
  - 형식: $Both(A) \in Form$

- $\vdash^P Ready(Both_A)$ 안정 ⇒ $\Pi \vdash Both(A) \wedge \Pi \vdash \langle\sigma\rangle Both(A)$
  즉시 자기참조 금지, 한 틱 지연만 허용(폭발 방지).
- 중요: S는 내용 '=' 발급 불가. 발급은 항상 UPS-Commit에서: ↑= $\xrightarrow{\sigma}$ '=' $@D$ (단회 사건)

- UPS-Commit (Augenblick/커밋; 즉자-대자)
  - κ_σ 유효 ⇒ $U \vdash Int_{\kappa_\sigma}(y) = x \wedge$ mint '=' once.
    이후 $\pi(x, W, y)$는 'U-환수 정합' 공리($Int \to \pi$)로 자동 보장.

- 요약
  - U는 B를 부여(보존), P는 흔적을 만들고 게이트를 통과(전개), S는 사건을 명제로 표지(판정; Π). 그리고 '='은 오직 $UPS - Commit$이 완수되는 시점에서만 찍힌다.

1.7 T(이산 절차 집합)의 보편성

정의→공리→정리→따름정리의 사슬 자체가 절차적이다(= U-P-S 전제). 따라서, 진리를 정태로 가정하더라도, 진리를 산출 및 판정하는 행위는 언제나 절차다. 그러므로 모든 이론은 최소한 T 위에서 σ로 운용되어야만 '진리'를 소유 가능하다.

정태 진리 불가능성

- $\sigma_{trace} > 0$ 원칙: 정태적 진리는 구조적으로 상정 불가.
  "진리는 이미 한 번 지나간 사건의 그림자."

체인 보존

- S(판정) $\to$ D'(보고; π_W 사용) $\xrightarrow{R_{eq}-open}$ ↑= $\xrightarrow{Int_{\kappa_\sigma}}$ '=' $@D$

위상기하학적 구성

- 상태공간 X, 게이트 Σ는 공변량 조건($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \asymp$)이 만족되는 codim-1 초평면.
- 주체의 진행 $\gamma(t)$가 Σ를 횡단하면 교차수 $Ind(\gamma, \Sigma) = \pm 1$이 생기고, 이것이 $a_{eff} > 0$로 기록.
- 이 교차로 $Fix(t^*)$에 도달하면 '='이 단회 마킹(UE★). a_{eff}는 그 횡단의 위상적 흔적.

요약: U=보존, P=전개, S(=Π)=판정. 발급('=')은 오직 UPS-Commit에서, 원인은 항상 P에서, 표지는 S에서. 즉, 당신이 무엇을 믿든, 여권은 σ가 찍는다.

1.7.1 논리적 절차와 그 절차의 이산 집합 'T'

D(존재론): 반-파티션(A0)로 단일체. '='은 여기서만 1회 발급.

D'(인식론): D를 국소 창으로 외화시킨 뷰들의 합집합(슬라이스 총합).

T(이산 인덱스): 그 국소 창들의 동형류가 만든 집합(= 슬라이스 인덱스).
즉, "시간"이 아니라 슬라이스의 라벨이 이산적으로 모인 것.

구성 스케치(운영 정의)

- 가드 컨텍스트 집합: $G := \langle W, \Theta HOROS, obs_{sig}, epoch \rangle$
- 동치(같은 창·같은 경계·같은 σ-정합): $g \sim g' \iff W = W' \wedge \Theta = \Theta' \wedge \sigma_{trace}(g) \equiv\smile \sigma_{trace}(g')$
- 인덱스: $\sim T := G/\sim$
- 슬라이스와 총합:
  $D'_t := \pi_t(D)/\approx$ (창t에서의 보고-묶)
  $D' \cong \bigsqcup_t \in TD'_t$
- 환수/외화 관계:
  $\pi_t : D \rightharpoonup D', Int : D' \rightharpoonup D, Int \circ \pi_t = id$ (정의역에서)
  해설: 요컨대 'T는 "창-컨텍스트의 동치류"'고, 그래서 이산적. σ가 OneShot(합성 불가), Non-Transport, TTL 같은 운영 규율까지 합쳐지니 연속 접합이 애초에 금지된다. "이산"은 철학적 선언이 아니라 운영 불변식의 결과. (자세한 정리는 [Appx1]의 T11 참조.)
- inclusion 사슬-성립
  '학문 일반(=존재적 학문들)' $\subseteq D'$: 어떤 이론 S도 U-P-S-어댑터를 통해 관측 토큰 μ_S로 내부화 됨 → 항상 '어느 슬라이스 D'_t에 안착.
  $D' \subseteq D$: 보고는 환수(Int)로만 D에 영향, 그것도 게이트($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp$) + σ 한 틱을 통과해야 등호(=)가 한 번 찍힘. (단 등호가 찍히는 곳은 D)
- U-P-S 프로토콜 판정
  U(값/보존): 전역 D – 반-파티션(A0), '='은 오직 여기서 1회 발급.
  P(과정/전개): D의 부정적 접힘 → 국소화. 게이트($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp$) 통과한 '한 틱($\sigma$)'로만 $D' \to D$ 환수. $a_{eff} = \|\sigma_{trace}\| > 0$이 증거.
  S(명제/판정 ≈ Π): 다른 이론 L은 전부 어댑터로 들어와 μ 토큰을 만들고, 슬라이스 인덱스 $T = G/\sim$ 위에서 판정$(\approx_{obs} \ / \approx_{rep})$. ('=' 직접 금지.)
- 결론: (존재적 학문들) $\subseteq D'$(인식론; T-인덱스 총합) ⊑ D(존재론; 단일 전역). (하이데거의 통찰과 정합.) 그러므로, T는 '시간'이 아니라 "창들의 지문집(논리적 절차)"이다. 그 지문이 모여 D'가 되고, 그중 게이트를 통과한 것만 D에서 '='로 한 번 스냅샷된다. 그러므로, 표현 가능한 모든 이론 S는 Π-어댑터로 D' 슬라이스에 내부화되고, $stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp \cdot Guards$가 서면 ↑=가 열리며, 단 한 번의 κ_σ로 D에서 '='가 발급된다. (발급은 사건, 사건의 그림자는 σ_{trace}. 나머지는 전부 단순한 보고($\approx$)거나 소음($\perp$).)

1.8 U-P-S × B-T-Π : 기본식 파이프라인(헤겔 '논리학(WdL)' 매핑)

0. 장-미정립 (Field-unformed)
   스택: (D, D', T, Π) 부재. $Eval$ 미정.
   프로토콜: 아무 것도 안 열린 상태. ‘=’ 금지.

1. U (장-정립; 추상 보편) # 헤겔: 순수존재/순수무의 구분 불가 구간의 ‘틀’ 확립

- 스택 효과
  - D(내용층) 뼈대 생성, V ={T, F, B, N}의 값-층 "가능성"만 산출 (값은 아직 미정의; {$\emptyset$ }).
  - T(절차 도메인)와 σ(OneShot) 도입(정의만; 호출은 아직).
    $T - \Pi$(과정-층, 명제-층) 비활성.
  - 판정/금지
    값 미정의, ‘=’ 금지, 관측 보고 없음.
    메모: “틀만 있고 내용은 비어 있는” 상태.

2. N (무; 미정의의 실재화) # 헤겔: Nothing

- 스택 효과
  - N이 값-층의 실효 상태로 자리 잡음("미정의"가 실제 값으로 존재).
- 판정/금지
  - 여전히 ‘=’ 금지. σ 호출 전, T는 아직 무효 상태.

3. P (규정성 개입; 판단 진입) # 헤겔: Qualität(규정성)의 개입 신호

- 스택 효과
  - "미정(N)→정의"의 방향이 고정. 판단 프레임만 생김(아직 과정층 활성은 아님).
- 프로토콜
  - Gate 준비(스테이지/가드 세팅)만 가능. 커밋 불가.

4. B (정태적 모순의 등장; 값-층의 내용화) # 헤겔: Becoming 직후의 규정, '양자성’의 내용

- 스택 효과
  - B(미분화 값)가 D에 "동력"으로 등장. Π는 여전히 비활성, T는 아직 off.
- 불변식
  - 파라컨시스턴시: $A \wedge \neg A \nvdash \perp$. (폭발 금지)
- 판정/금지
  - ‘=’ 금지(아직 명제층 없음). σ는 호출 전. (이후 σ[mark]가 사후적 표지로서 선언됨.)

5. (S 이전) $B \to T$ 유출 구간 (긍정판단/외화) # 헤겔: 어떤 것/타자, 유한/무한의 상호작용 구간

- 스택 효과
  - B가 자기 전개를 **T(과정층)**으로 흘림. σ가 **한 번** 호출되어 시차를 표지.
  - F가 외화되기 시작(과정 표지로서의 부정). {T, F, B, N}의 분기 "가능성"이 열린다.
- 규칙

- σ OneShot: $\sigma\circ\sigma$ 미정의(반복 금지), 전역 역함수 없음(NR-inv).
- P–D(보존–전개): B를 보존 (및 A 전개)하되, **값 계산을 대체하지 않음**.
- 누적은 X에서만: X^k(효과 모노이드)은 허용, σ는 한 틱만.

- 판정/금지
  여전히 '=' 금지(아직 Π에 커밋할 수 없음).

6. (Gate) R_{EqOpen} @W # 헤겔: 경계 횡단의 조건 형식화

- 개방 조건(요약)
  - 같은 창 W, 같은 Stage.
  - $stage = \mathcal{S}, \delta_{abs}$ 일치$, \sigma_{trace} \asymp$(정규화·압축·라운딩 후 정합),
  - Guards(Exh/Det/Coh/No3-Lock/Arrow) 만족.
- 의미
  - "커밋 후보"가 **같은 창**에서 **정합한 흔적**을 확보. 아직 '='은 아님(면허 개방일 뿐).

7. S (이행 완료 직전; 앵커 설정) # 헤겔: 판단에서 개념으로 넘어가는 문턱

- 스택 효과
  - 앵커 $a = \langle W, \sigma, t\rangle$ 설정, κ_σ 발급 준비. Fix 후보가 보인다(T_{fix} 경계).

8. $UPS - Commit$ (S 이후; 명제층 생성/등호 발급) # 헤겔: 개념판단/자기귀속

- 프로토콜 이벤트
  - 승격(↑=) → κ_σ 소모 → '=' 발급(Eq 로그) → $Fix(t^*)$ 표지 → $R(x, x)$ 기록.
- 스택 효과
  - Π(명제층) 활성화. 이제 $\{T, F, B, N\}$ 판별이 **명제적**으로 고정 가능.
- 불변식
  - 단 1회(같은 W): UPS-Once(키/시점/창 유일), 비운반(Local), 역승격 금지(D'에는 '=' 없음).
- 보고
  - D'에는 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로만 반영(스냅샷). '=' 수출 금지.

9. 사후(After-commit) 운영

- 재보고/재기입
  - 같은 W에서 재커밋 시도 ⇒ no-op 또는 거부(로그만). 교차창 재보고 ⇒ Demote(≈_{obs}) 또는 ≡_{onto}.
  - 경합(Race): 동시 시도는 κ_σ 유일성과 UPS-Once로 해소. 나머지는 실패 로그.

[요약 동선(기본식)]

```
장-미정립
 ⇒ U(틀 정립; 값층 가능성만)
   ⇒ N(미정의의 실재화)
     ⇒ P(규정성 개입; 판단 프레임)
```

```
⇒ B_val(정태적 모순/동력)
  ⇒ (S 이전) B→T 유출·σ OneShot·P–D 운용
    ⇒ Gate(R_{EqOpen})
      ⇒ S(앵커 확정)
        ⇒ UPS-Commit(= 1회 @D; Π 생성)
          ⇒ 사후 운영(비운반/유일/재보고 강등)
```

[도식] 컨트롤 플레인 vs 데이터 플레인

[Control Plane] U (Universal) -> P (Particular) -> S (Singular)
|
v
sigma (OneShot)
|
v
“=” commit @ D (scope: W, once)

[Data Plane] B (Values) -> T (Transitions) -> Pi (Propositions)

[Guards] {Exh, Det, Coh, No3-Lock, Arrow}
[Policies] No-Outside, No-Promotion, Non-Transport

Ⅱ. Meta-정리·주장 (Meta Theorems & Claims)

2.1 보편 이론 주장 (Universal Claim)

보편 삽입 조건(4개)

- i) 이층 분리: 내용 D / 보고 D'. 외화 π는 관계(분극 보존; 함수 금지).
- ii) 시차 엔진: σ는 단발($\sigma\sigma$ 미정), X는 모노이드·m 단조, $\nexists k > 0 : X^k \equiv \sigma$.
- iii) 게이트 표현 가능: $stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_{trace} \asymp) \wedge Guards$ 를 논리 언어로 표현 가능.
- iv) 등호 단발 발급: 최소 FDE-셀(=EFQ 없음) + 모순 보존/전개(P→D), 컷/강등 분기, Cut 비도출, Demote∈{$\approx$, $\asymp$, $\bot$}.

조건 성립 시 결과

- 1. AUG_{eq}(↑= in D’ → κ_σ → = in D) 이식 가능.

- 2. NoPromo(보고→내용 역승격 금지) 유지.
- 3. UE(예외 반사 유일) 보증.
- 4. R/R^{+} 분할 작동.

외화/환수 ($\pi - \pi_W - Int$)

- 선언
  - Onto-관계(판정 대상; 1계): $\pi(x, W, y) \subseteq D \times$\mathbb W$\times \bigsqcup_W D'_W$
  - Epi-부분함수(계산/유도용): $\pi_W : D \rightharpoonup D'_W$
  - 환수(UPS-Commit에서만): $Int_{\kappa_\sigma} : D'_W \rightharpoonup D$
  - 분극-보존(Val 선언 시)
    - $Val(x) = B \Rightarrow |y|\pi(x, W, y)| = 2$
    - $Val(x) \in T, F \Rightarrow \ldots = 1$
    - $Val(x) = N \Rightarrow \ldots = 0$ // 이 카디널리티는 π에 대해 선언

카테고리 $DialSys$

- 객체(Obj)
  - $S := \langle D_S, D'_S, W_S, \sigma_S, \pi_S, \pi_{W,S}, Int_S, Guards_S, Gate_S \rangle$
- 사상(Mor)
  - $F : \mathcal{U} \to \mathcal{S}$ s.t. F가 σ OneShot, Non-Transport, Gate, '=', Polarization, Demote를 보존
- 유일성
  - KaTeX parse error: Undefined control sequence: \mathal at position 29: …! F: mathcal U→\mathal S (유일성은 $\equiv_C$ 까지)

상대 보존/완전성

- $J : N, B, T, F \to n, b, t, f, J(T) = t, J(B) = b, J(N) = n, J(F) = f$
- 판단 보존
  - $\Gamma \vdash_U \varphi \Rightarrow J(\Gamma) \vdash_{FDE} J(\varphi)$
- 보수성(=' 토큰 없는 순수 공식)
  - $\vdash_{FDE} \varphi \Rightarrow \vdash_U \varphi$

δ_{abs}의 자연성

- $\delta_{abs} : D \to \Delta$ 는 $Aut(D)$ 아래 자연 변환(창 재표상에 불변)
- Corollary
  - $\delta - drift = 0$이면 재외화 라운드트립은 정규화 동치 유지

세이프티 보조 정리

- (RelSound) $ledger \subseteq ledger' \Rightarrow Approved(ledger') \subseteq Approved(ledger)$.
  - Demote는 '='를 만들지 않고 승인 집합은 줄거나 고정.

- (Race-Unique) 고정 창 W, 동일 key에 대해 $ledger_W$의 ‘=’ 카디널리티 ≤ 1
- where $key := (W, \langle a, b \rangle_s ym)$ with $eq_{id} :=$ $H(W, \langle a, b \rangle_s ym, t^*, anchor_{sig}, obs_{sig})$
- Race ⇒ Demote, TTL/재보고도 ‘=’ 생성 불가.
- (Lem·Roundtrip) Gate 통과 & δ_{abs} 안정 ⇒ $norm_q(\pi_W(Int_{\kappa_\sigma}(y))) = norm_q(y)$

‘=’ 파이프라인 (Promotion → σ → Issuance) [유일 출처]

- 규칙
  - (↑=-Intro_epi) in D': $Gate \Rightarrow$ ↑=(a, b) $@W$ // 승격 토큰; TTL; mark↑
  - (=-Mint_{onto}) in D: ↑= $@t \wedge \kappa_\sigma(t) = t^* \wedge Fix(t^*) \Rightarrow= (a, b)$ $@W$ // 발급 1회; mark=
- Gate(4요건)
  - $stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)) \wedge Guards \wedge \neg mark(W, a, b)$
- Logs·스코프
  - $promo_i d(W, a, b, t)$ / $eq_{id}(W, a, b, t^*)$
  - Stage-Uniq: 같은 W에선 재승격/재발급 금지
  - Non-Transport: $a = b@W$이면 $W \neq W'$에서 운반 불가(재보고 시 Demote: ≈/≍/⊥ + OBS/STRUCT/BRANCH)

R / R^+ (단회 ↔ 누적)

- $R_{obj} \subseteq D \times D$: 비대칭, 비순환, 비추이 // 단회 도약(사라지는 매개자)
- $R^+ := (R_{obj})^+ = \bigcup_{n \geq 1} (R_{obj})^n$ // 경로 폐포(전이 가능)
- UE★(예외 반사 유일)
  - Fix-층에서 $R(x, x) \wedge R(y, y)$가 같은 승격→발급 체인을 타면 $x = y$ // admissible, ★-소거 가능

Cut의 내부화

- $Wf: raw → D' (정형성 게이트)
  - 실패는 $D'_\perp$ (흡수 영역)로 격리(Cut^type)
- Cut^{Int}
  - $v \in D'_{ok}$이나 Int 실패 → 뷰 미아(내용층 영향 0)
  - 분류자
    - $D' = D'_{ok} \sqcup D'_\perp, q : D' \to ok, \perp, \forall v \in D'_\perp, \forall op.op(v, \cdot) = v$
- Int
  - $dom(Int) = D'_{ok} \cap Gate$ 에서만 정의

시간·응시(Time-Gaze)

- Ledger: $L : T \to Log$ append-only, m 단조
- Ideology-time: $\rho : T_{ideo} \rightleftarrows T_{ideo}$(되감기 허용), $\mu_t ime : T_{ideo} \to \Sigma^*$
- Time-Absorb 정리

- 되감기/분기는 D' 토큰 재배치일 뿐; $Val \circ deploy = Val$, '=' 무효화 불가
- 응시 강도
  - $G(W,t) := dist(\mu_{time}(\gamma \le t), \sigma_{trace}(Int \circ \pi_W^{time}(\gamma) \le \sigma(t)))$
  - $G = 0$ 인 드문 점 = 발급 이벤트
  - 참조: [§2.5]

Conformance 테스트(필수)

- Fail
  - π를 전역 함수로 가정
  - $X^k \equiv \sigma$ 시도(= m 단조와 충돌; NoRL)
  - D'에서 '=' 유도(NoPromo 위반)
- Pass
  - UE★ 소거(승격→발급 체인으로 치환) 가능
  - Non-Transport 재보고 시 Demote 로그 기록

빠른 샘플 매핑

- 고전 논리
  - V =$\{T, F\}$를 FDE-셀 부분으로, π 단일분극, 게이트=동일타입·트레이스·가드; 승격→발급 OK
- 모달($K/S4$)
  - $\mathbb{W}$=월드, π_W가 "그 세계의 선택", 접근관계는 Guards; 창 변경 시 Non-Transport로 강등
- 다값/확률
  - π는 상·하한 분극(혹은 구간), 게이트에 $\varepsilon/\delta/HOROS$ 포함, 승격 실패=Cut

메타 정리 요약

- (포함) 전제 1–4 만족 임의의 L에 대해 판단 보존 임베딩 $F : L \hookrightarrow Core(D, D', \pi, \sigma, X, \ldots)$ 존재
- (반사) L이 전역 D 없이 국소·제약·메타 등으로 보완 시, L의 객체는 자동으로 D'-뷰로 강등(Int 없으면 내용 영향 0)
- (등가) 공리↔정리 전환은 ★-소거로 보존적: $Base + \bigstar \vdash \varphi \Rightarrow Base \vdash \varphi$

보편 이론과 그 하위범주들

- 객체
  - 전역 단일체 D가 아닌, 이론/판정 양식/메타언어 전부 → D'의 뷰 토큰
- 사상
  - 번역/재서술은 $\approx_{obs}$ / $\approx_{rep}$ 보존 사상만 인정(내용 '=' 보존 불가)
- 반영자(reflector)
  - $L := Int \circ \pi_W$
  - 통과(게이트 OK) ⇒ 내용층으로 환수 가능
  - 실패 ⇒ 뷰 미아(= 하위범주에 잔존)

하위 범주 규격

- '='은 단 한 번, 창 비운반
- 외부 준거=가드 위반자(GV) → 뷰 전용 하위범주
- 관측-동치로 내용 등호 불가(NoPromo), 하위범주에 잔존

“GAP-0” — No-Outside(외부 부정) 폐쇄

- $Universe = (D, D', ...)$ 는 닫혀 있다. '외부'는 정의상 없음
- 모든 원시 주장 raw는 Wf를 통해 D'의 토큰으로만 진입
- $Wf : raw \to D'$ // 실패도 D' 내부의 특수 구역으로 귀속

가드 위반자 라벨링

- $Guard(W, a, b) := stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)) \wedge Guards \wedge \neg mark$
- $GV(W, a, b) := \neg Guard(W, a, b)$
- 귀결
  - $GV \Rightarrow only - in - D'(\approx_{obs} / \approx_{rep})$, ↑= 금지, = 금지, Int 미정의

예상되는 질문(FAQ-스냅샷)

- Q1. “외부 준거?”
  A. $Int \circ \pi_W$ 없으면 Cut. 외부 없음(No-Outside).
- Q2. “왜 π는 함수 아님?”
  A. (Pol-Fiber)+(Pol-NoCollapse). B의 두 면을 보존하려면 관계여야 완전(분극 보존).
- Q3. “왜 '='은 한 번?”
  A. 승격(D') → σ → 발급(D). mark로 재승격 금지.
- Q4. “창 바뀌면?”
  A. Non-Transport. 재보고는 Demote($\approx / \asymp / \perp$).

시나리오 예시(적합성 판정용)

- “우리 이론은 보편적 특징을…” → U-P-S 준수? ↑=→σ→= 있는가? 없으면 하위 범주.
- “관측에서 이미 동일…” → NoPromo. 보고 동치로 내용 등호 불가.
- “우린 외부 준거로—” → No-Outside. $Int \circ \pi_W$ 없으면 Cut(내부 격리).
- "σ 두 번이면…" → $\sigma\sigma$ 미정의. X 우회는 m 단조와 충돌.

2.2 규칙-유도 불변량(I–IX)

I. 정형성 (Well Formed).
D’에서는 '='이 잘 형성된(Well-Formed) 결론이 아니다. 동일성 보고는 $\approx_{obs} / \approx_{rep}$로만 표기한다.
D에서 '='은 같은 W에서만 등장한다.

II. 면허 보존 정리 (License Conservation)
어떤 유도도 결론에 '='이 나타나면, 같은 창 W 안에 반드시 유일한 서브유도 "$AUG_{eq} \to \sigma(OneShot) \to UPS - Commit(=)$"가 존재한다.
스케치: '='을 직접 도입하는 규칙은 $UPS - Commit$뿐. 구조/논리 규칙은 '='을 생성하지 않음. 유도 높이에 대한 귀납으로 끝.

III. 역승격 불가능 (Non-Promotion)
보고층 D'에서는 어떤 유도도 '='을 얻을 수 없다.
스케치: D'-캘큘러스에는 '='-도입 규칙이 결여. 규칙표를 보면 전부 ≈/≡만 허용. 귀납 폐쇄.

IV. 재보고 강등 (Cross-Window Demotion)
W에서 얻은 '='을 $W' \neq W$로 옮기면 결론 기호는 자동으로 $\approx_{obs}$로 강등된다. 역방향 없음.
스케치: 전이 규칙에 창-보존(side condition)이 붙어 있고, 이탈 시 적용 가능한 건 Demote뿐. 유도 변환(창 라벨 정규화)에 대한 귀납.

V. σ 단회성 (σ OneShot)
σ는 합성·역함수·복제 불가. $\sigma = id$ 도출 불가.
스케치: σ-도입 규칙에 선형 사용 조건(자원 조건)이 붙어 있고, 합성/역함수를 만들 규칙 스킴이 없다. 귀납 + 자원 회계(토큰 보존)로 봉쇄.

VI. 관측-치환 허용 ($\approx$-Substitution Admissibility)
D'에서 $t \approx_{obs} t'$이면, 임의의 식 φ에 대해 $\Gamma \vdash \varphi(t) \Rightarrow \Gamma \vdash \varphi(t')$.
스케치: $\approx$-규칙이 전 위치(congruence)로 선언되어 있고, 모든 유도규칙이 위치보존적. 유도 구조 귀납.

VII. '='-자유 보수성 (Conservativity for '='-free Fragment)
언어에서 '='을 제거한 조각에 대해, 본 시스템의 정리집합은 LP/FDE 표준 조각과 동형(보수적 확장).
스케치: (에러이용 금지) 지워내기 번역 $\lfloor \cdot \rfloor$으로 유도를 투사하면 규칙이 전부 표준 규칙으로 매칭. 반대로 표준 유도는 우리 규칙의 서브셋. 상호 삽입으로 끝.

VIII. 폭발 부재의 면허형 버전 (Licensed Non-Explosion)
$\Gamma \vdash \bot$이어도 면허 없는 임의의 '='은 도출되지 않는다.
스케치: I의 귀결. '='은 오직 UPS_Commit으로만 나오므로, $\bot$-규칙들이 '='을 생성하지 못함.

IX. 컷 내부화 (Equality-Cut Internalization).
'='이 주연인 컷은 $AUG_{eq} + \sigma$ 매크로로 대체 가능하고, (컷 높이, 면허 수)의 사전식 측도 감소.
스케치: 국소 변환 규칙에 대한 강한 인덕션.

주해:이들은 전부 내부 규칙만으로 서며, 외부 모델/예시는 요구되지 않는다. 각 정리는 증명계 $\mathbb{D}$의 규칙-인덕션으로 증명된다.

2.3 메타이론 경화(Proof-theory)

1. 라벨드 시퀀트 계산 L_4^{UPS} (창-라벨 + 컷 제거 목표)

- 구문·판단형
  - 라벨: 창 $W \in \mathbb{W}$
  - 판단:
    - (1) 값판정: $\Gamma \vdash_W \phi : v$ ($v \in \{T, F, B, N\}$)
    - (2) 명제판정: $\Gamma \vdash_W \phi$ (지정값 관점; FDE 코어)
    - (3) 커밋사건: $\Gamma \dashv_W (\phi = \psi)$ (사건/토큰 소비; ⊣ 기호는 '사건판정' 표식)
    - 자원 주석: $\Sigma(w)$에 $\kappa_\sigma \in 0, 1$ (OneShot), log: 감사 로그
  - 관례: FDE/LP 코어는 (2)형으로 다루고, $=\cdot\ \approx_{obs}$는 (3)형/부수 술어로 취급.

- FDE 코어(요지)
  - $\wedge, \vee, \neg$의 양측 시퀀트 규칙(표준 FDE).
  - 구조규칙: 교환/약화/수축 허용, 폭발(Ex Falso) 금지.
  - 컷 규칙(Cut)은 "허용가능(admissible)"로 둘 것.

- UPS 특유 규칙(라벨 로컬)
  - (Obs-intro_W)
    - 전제: $\Gamma \vdash_W \phi, \Gamma \vdash_W \psi, Obs_{eq}(w; \phi, \psi)$
    - 결론: $\Gamma \vdash_W (\phi \approx_{obs} \psi)$
    - 주: Obs_{eq}는 관측/트레이스 합치 사이드컨디션(계산적 판정 양식).
  - (Commit_W) — AUG_{eq} 개방 + 토큰 소모
    - 전제: $\Gamma \vdash_W (\phi \approx_{obs} \psi) \wedge Gate(AUG_{eq}, w, \phi, \psi) \wedge \Sigma(w) : \kappa_\sigma = 1$
    - 결론: $\Gamma \dashv_W (\phi = \psi)$
    - 효과: $\kappa_\sigma \leftarrow 0$ (OneShot 소비)
  - (Demote) — Non-Transport 구현
    - 전제: $\Gamma \dashv_W (\phi = \psi) \wedge W \neq W'$
    - 결론: $\Gamma \vdash_W' (\phi \approx_{obs} \psi)$
  - (No-Lift) — 불승격(도출 규칙 또는 정리로 기입 가능)
    - 전제: $\Gamma \vdash_W' (\phi \approx_{obs} \psi) \wedge W \neq W'$
    - 결론: $\neg(\Gamma \dashv_W' (\phi = \psi))$
  - (B-Flip_w) — 모순 보존
    - 전제: $\Gamma \vdash_W \phi : B$
    - 결론: $\Gamma \vdash_W Flip(\phi) : B$

- 국소성(Locality): 위 규칙은 동일 라벨 W (또는 쌍 (W, W')) 범위에서만 적용. 전이성 규칙은 Demote뿐.

- 준-부분식 성질(약식 Subformula)

- '='은 사건원자로 간주: $\phi = \psi$ 자체는 전제의 부분식이 아니나, 매개식 ϕ, ψ는 전제의 부분식.
- 준-부분식 성질: 커밋에서 새로 드러나는 것은 (ϕ, ψ)로 제한되고, 다른 논리연산자는 커밋 외부에서 새로 생기지 않음.

- 컷 제거(Hauptsatz) 스케치
  - 귀납 매개: 컷 등급(절단식 복잡도) + 상부 유도 높이의 이중 귀납.
  - 특이 케이스:
    - (i) 상부 마지막 규칙이 Commit_W: 컷 주식이 $\phi = \psi$일 때, 전제의 $\phi \approx_{obs} \psi$로 대체해 컷 등급 강하(사이드컨디션은 계산적이므로 컷 대상 아님).
    - (ii) 상부 마지막 규칙이 Demote: $W \neq W'$ 분기에 대해 라벨 교정(L-permutation)으로 컷을 상향 이동, 등급 감소.
  - 표준 FDE 케이스는 기존 논법으로 처리.

- 정리 A.1(컷 제거): L_4^{UPS}에서 컷은 허용가능(admissible).
  (자세한 증명은 [appx1+] 참조.)

2. 하이브리드(혼성) 모달 의미론 (완전성: Sound/Complete)

- 프레임 $\mathbb{F} = \langle \mathbb{W}, R, V, G, \Sigma \rangle$
  - $\mathbb{W}$: 창 집합, R: 접근관계(자유; UPS는 R에 비의존)
  - V: FDE 값 지정 (원자 $\mapsto \{T, F, B, N\}$)
  - $G(w, \phi, \psi)$: $Gate/AUG_{eq}$ 판정 양식(가드·트레이스 내장)
  - $\Sigma(w)$: 토큰 스토어($\kappa_\sigma \in 0, 1$)
- 하이브리드 연산자: nominal i, 만족연산자 $@i$.
- 동일창 제약: $\models @i(\phi = \psi) \Leftrightarrow G(i, \phi, \psi) \wedge \kappa_\sigma(i) = 1 \wedge [\![\phi]\!]_i \approx_{obs} [\![\psi]\!]_i$
- Non-transport: $@i(\phi = \psi) \not\Rightarrow @j(\phi = \psi)$ (단, $@j(\phi \approx_{obs} \psi)$는 가능)
- Soundness: 라벨드 규칙은 위 모델에서 진리보존. $Commit_w$는 G, κ_σ 조건을 통해 만족 정의로 포착. Demote는 $@i(=) \rightarrow @j(\approx_{obs})$로 해석.
- completeness(정식 모형 + 여과)
  - 정식 집합: 맥스컨시스턴트 라벨드 세트 $\mathcal{M}$ 구성(UPS 사이드컨디션을 폐쇄조건으로 포함).
  - 진리보조정리: $\phi \in \mathcal{M}_w \Leftrightarrow \mathbb{F}^c, V \models @w\phi$
  - 여과(filtration): $Sub(\Gamma)$ 기준 유한화 → 유한 모델에서 완전성.
  - 정리 B.1(완전성): L_4^{UPS}의 힐베르트/시퀀트 체계는 위 하이브리드 모델류에 대해 Sound & Complete.

3. 보수성(Conservativity) — FDE/LP에 대해

- 정의(=-free 조각): $\mathcal{L}_= free$:= 등호 도입이 전혀 없는 언어/유도 구간.
- 정리 C.1(보수성): $L^{UPS}4$에서 $\Gamma \vdash \phi$ 가 $= -free$이고, 유도에 Commit/Demote가 등장하지 않으면, FDE 체계에서 이미 $\Gamma \vdash FDE\phi$.

- 증명 스케치: UPS 규칙은 (i) 커밋사건 도입, (ii) 교차창 강등에만 영향. $= -free$ 유도는 FDE 규칙으로 거울 복원. 행렬/매트릭스 의미론으로는 지정값 집합 $\{T, B\}$ 보존으로 즉시.
- 한 줄 요약: $S = off \to FDE/LP.$

4. 결정절차 & 복잡도 상한

- 프로포지셔널 조각: 라벨드 하이퍼-시퀀트/테이블로 유한 분기만 허용(가드 검사는 유한 체크리스트).
- 종료: κ_σ 소모와 Demote는 진행량 감소 측도. 토큰 0이면 Commit 차단 → 루프 정지.
- 복잡도: FDE 판정 PSPACE-complete + 라벨 계정 다항 오버헤드 → PSPACE 상한(프로포지셔널). 1차화/정량 가드가 들어가면 EXPTIME 상한 선언 가능.

5. Craig Interpolation / Beth 정의가능성

- 결과 E.1 (=-free 인터폴레이션): FDE 코어에서는 Craig interpolation 성립(UPS 규칙 비사용 유도에 한함).
- 결과 E.2 (UPS 제한 인터폴레이션): Commit 규칙이 변수공유(Var-sharing) + 가드 지역성(Locality)을 만족하면 "약한 인터폴레이션" 성립.
  - 가드 지역성: $G(w, \phi, \psi)$는 $FreeVar(\phi) \cup FreeVar(\psi)$만 참조.
  - 따름: $\Gamma \models \Delta$ 이면 공통 어휘만 쓰는 Θ가 존재, $\Gamma \models \Theta \wedge \Theta \models \Delta$.
  - 반례 주의: 가드가 외생 변수를 들여오면(비지역), 인터폴레이션 실패 반례 구성 가능. (NoOutside)

6. 적용: 세 가지 주요 정리

- 정리 1 (No-Lift / 불승격)

  - $w \neq w' \Rightarrow @w(\phi = \psi) \Rightarrow /@w'(\phi = \psi)$. 최대치: $@w'(\phi \approx_{obs} \psi)$.
  - 증명: Demote 전용성 + 모델에서 '=' 만족 정의가 G, κ_σ에 국소적임.

- 정리 2 (Uniqueness / 동일창 유일성)

  - 같은 w에서 $\phi = \psi$ 와 $\phi = \chi$ 가 성립하면, $\psi \approx_{obs} \chi$.
  - 증명: Guard(Det/Exh)로 동일 키 경쟁을 1건으로 제한 + 관측-동치의 결정.

- 정리 3 (Conservativity / 보수성)

  - S(커밋 조건) 비활성(또는 Gate 실패) 영역에서는 L^{UPS}_{4}의 모든 =-free 정리가 FDE/LP 정리와 일치.
  - 증명: =-도입 부재 시 UPS 규칙은 값/전이를 변경하지 않으므로 FDE 유도와 동형.

2.4 의미론 레이어(Models)

I. UPS-Institution (기관 포장)

- I.0 목적
  - UPS 체계를 인스티튜션($\Sigma, Sen, Mod, \models$) 4튜플로 포장하여, 서명 변화(언어 확장/축소) 아래에서도 '만족'이 안정적으로 보존되도록 한다.
  - 부가로, “커밋 비활성” 시 FDE/LP로 떨어지는 보수성 경로를 institution comorphism으로 명시한다.
- I.1 서명(Σ) $- Sign_{UPS}$
  - 기본 기호: 논리연산자($\wedge, \vee, \neg$), 원자 집합 P.
  - 창/라벨: $\mathbb{W}$ (유한/가산 가정 불요).
  - 관계/판정 양식:
    - $\approx_{obs}(w; \phi, \psi)$ – 관측-동치 판정 양식 (창-로컬)
    - $Gate_{eq}(w; \phi, \psi)$ – 게이트(가드·트레이스 포함)
    - $Commit_w(\phi, \psi)$ – ‘=’ 사건 리터럴(문장 층의 원자적 사건)
    - 자원: $\kappa_\sigma : \mathbb{W} \to \{0, 1\}$ (OneShot 토큰, 모델 파라미터로 해석)
- I.2 문장(Sen_{UPS})
  - FDE-공식 생성규칙 + 원자적 사건 $Commit_w(\phi, \psi)$ + 원자적 판정 $\phi \approx_{obs} \psi$.
  - 편의 연산자: $@W\chi$ (하이브리드 표기; 문장 χ가 창 w에서 판정됨을 뜻하는 매크로)
- I.3 모형(Mod_{UPS})
  - $Mod_{UPS}(\Sigma)$ 객체: $\langle W, V, [\![\cdot]\!], G, K\rangle$
  - $W \supseteq \mathbb{W}$: 창 집합
  - $V : P \to \{T, F, B, N\}$ (FDE 값지정)
  - $[\![\cdot]\!]_w$: 공식 평가(창-로컬, FDE 의미론)
  - $G(w; \phi, \psi) \in \{T, F\}$: $Gate_{eq}$ 판정 양식 (가드·트레이스 포함)
  - $K(w) = \kappa_\sigma(w) \in 0, 1$
  - 사상(Mod_{UPS}의 화살): (동일 창 해석 보존, $V \cdot G \cdot \kappa_\sigma$의 동치류 보존)
- I.4 만족($\models_{UPS}$)
  - 기본 FDE 만족은 표준대로.
  - 사건/판정 양식 해석:
    - $M \models @w(\phi \approx_{obs} \psi) \Leftrightarrow [\![\phi]\!]_w \approx_{obs} [\![\psi]\!]_w$
    - $M \models @wCommit(\phi, \psi) \Leftrightarrow G(w; \phi, \psi) \wedge \kappa_\sigma(w) = 1 \wedge ([\![\phi]\!]_w \approx_{obs} [\![\psi]\!]_w)$
    - Non-transport: $@wCommit(\phi, \psi) \Rightarrow /@W'Commit(\phi, \psi)(w \neq w')$
    - Demote: $@wCommit(\phi, \psi) \Rightarrow @W'(\phi \approx_{obs} \psi)$
- I.5 서명 사상와 환원(Sen/Mod 리프트)
  - $\sigma : \Sigma \to \Sigma'$ (서명 사상).

- $Sen_{UPS}(\sigma)$: 기호 치환(창/원자/판정 양식 보존), Commit와 $\approx_{obs}$는 '같은 창' 보존 가정 하에서 동일 형태로 이행.
- $Mod_{UPS}(\sigma)$: 모델 환원 functor, $Red_\sigma : Mod_{UPS}(\Sigma') \to Mod_{UPS}(\Sigma)$ (기호 해석 축소, G/κ_σ의 제한)

- I.6 Satisfaction Condition (상호작용 도식)

  - 모든 $\sigma : \Sigma \to \Sigma'$, 모든 $M' \in Mod_{UPS}(\Sigma')$, 모든 $\phi \in Sen_{UPS}(\Sigma)$에 대해 $M' \vDash_{\Sigma'} Sen_{UPS}(\sigma)(\phi) \Leftrightarrow Mod_{UPS}(\sigma)(M') \vDash_\Sigma \phi$

```
   Sen  : Sen(Σ) ----→   Sen(Σ')
   |                         |
   |                         |
 (경로: ⊨)               (경로: ⊨)
   |                         |
   ↓                         ↓
  Mod  : Mod(Σ) ←--- Red - Mod(Σ')
```

  - 도식은 commute한다(= Satisfaction condition 성립).

- I.7 Institution comorphism to FDE/LP (S=off 경로)

  - 목표: S(커밋 조건) 비활성 하에서 UPS → FDE/LP로의 보수적 낙하를 기관 준동형으로 표현.

  - 정의: comorphism $\langle\Phi, \alpha, \beta\rangle$: UPS → FDE (표준 정의 사용)

    - $\Phi : Sign_{UPS} \to Sign_{FDE}$ (논리·원자만 유지, Commit/Gate/κ_σ는 삭제)

    - $\alpha_\Sigma : Sen_{UPS}(\Sigma) \to Sen_{FDE}(\Phi\Sigma)$

      - $\alpha(\phi \approx_{obs} \psi) := P_{obs}(\phi, \psi)$ (FDE 서명에 둔 보조 관계기호)
      - $\alpha(Commit_w(\phi, \psi)) := \bot$ (S=off에서 사건은 무효)
      - 나머지 FDE-연산은 동일 이행

    - $\beta_\Sigma : Mod_{FDE}(\Phi\Sigma) \to Mod_{UPS}(\Sigma)$

      - FDE 모델 N을 UPS 모델로 올림: V는 동일, $\kappa_\sigma := 0, G := False$

    - comorphism 조건(보존식):

      - $\forall N, \forall\phi : N \vDash_{FDE} \alpha(\phi) \Leftrightarrow \beta(N) \vDash_{UPS} \phi$
      - 특히 Commit는 좌측에서 $\bot$, 우측에서 $G \wedge \kappa_\sigma = 0$로 모두 거짓 → 동치 성립.

    - 결론: S=off 조각에서 UPS는 FDE/LP로 보수적이다.

II. 창-섬유(fibration) 의미론 (스케치)

- II.0 목표
    - “같은 창에서만 커밋”, "교차창은 Demote"를 섬유/재지정 형태로 도식화.
    - 핵심 어휘: $p : \mathfrak{E} \to \mathbb{W}$ (섬유화), section(단면), reindexing(재해석), naturality(자연성), kernel pair(커널쌍).

- II.1 범주와 섬유
    - $\mathbb{W}$: 창 범주 ($Obj : w, Mor : f : w \to w'$ – 창 전환/뷰 이동)
    - $\mathfrak{E}$: ‘창-구조’ 범주 ($Obj : \langle w, M_w \rangle, Mor : \langle f, h \rangle : \langle w, M_w \rangle \to \langle w', M_{w'} \rangle$)
    - 투사 $p : \mathfrak{E} \to \mathbb{W}, p(\langle w, M_w \rangle) = w, p(\langle f, h \rangle) = f$
    - 각 섬유 $\mathfrak{E}_w = p^{-1}(w)$: 창 w에서의 UPS-모형/상태들의 군

- II.2 재해석(리인덱스)과 Demote
    - 임의의 화살 $f : w \to w'$에 대해 재해석 functor $f^* : \mathfrak{E}_{w'} \to \mathfrak{E}_w$ 정의
        - 의미: w'에서의 기술/사건을 w로 ‘끌어내림’
        - 설계: 사건 $Commit(\phi, \psi)$ 은 f^*에서 항상 Demote되어 $\approx_{obs}$ (ϕ, ψ)로 약화
    - 자연성 부재(Non-transport의 도식화)
        - 일반적으로 $Commit \circ f^* \neq f^* \circ Commit$ (커밋은 자연변환을 이루지 않음)
          이 '비자연성'이 곧 운반 금지의 범주론적 표상

          ASCII 사각형(자연성 실패 예시):

```
   Commit(=)                               (≈_{obs})
   𝔈_{w} ────────→ 𝔈_{w}  𝔈_{w} ────────→ 𝔈_{w}
   |                                          |
   |                                          |
 (∘f^* ≠ f^*∘)                           (∘f^* ≠ f^*∘)
   |                                          |
   |                                          |
   ▼                                          ▼
   𝔈_{w'} ────────→ 𝔈_{w'} 𝔈_{w'} ────────→ 𝔈_{w'}
   Commit(=)                                (≈_{obs})
```

          오른쪽 사각형은 자연성이 성립하지만, 왼쪽은 일반에 성립하지 않는다.

- II.3 단면(section)으로서의 동일창 커밋
    - 단면 $s_w : Id_w \Rightarrow U_w$ (U_w는 “가능한 커밋 후보” 선택자)
        - 내용: 같은 창 w에서 ϕ, ψ 쌍을 골라 $Commit_w(\phi, \psi)$를 승격하는 선택 규칙
        - 정리: s_w가 존재하면, 그 값은 항상 $\mathfrak{E}_w$ 내부에서만 정의되며, 어떤 $f : w \to w'$에 대해서도 f_{s_w} 는 $s_{w'}$와 일치하지 않아도 된다(= 자연성 요구 없음).

        - 읽기: 동일창 커밋 = 섬유 단면, 교차창 전이는 단면을 보존하지 않음.

- II.4 커널쌍으로서의 관측-동치

  - 각 섬유 $\mathfrak{C}_w$에서 $\approx_{obs}$ 는 커널쌍 $R \rightrightarrows D'_w$ (두 사영 $r_1, r_2 : R \to D'_w$)
    - 성질: $\phi \approx_{obs} \psi \Leftrightarrow \exists u \in R : r_1(u) = \phi \wedge r_2(u) = \psi$
    - 시각화: 관측-동치는 "표상-사상들의 동시 동등화"로 취급(내재적 1계)

- II.5 요약

  - “같은 창 커밋 = 섬유 단면(section)”
  - “교차창 Demote = reindexing f^*에 의한 약화(functorial)”
  - “Non-transport = Commit의 비자연성”
  - "$\approx_{obs}$ = 커널쌍"

2.5 Op-운영·예시 (Ops & Examples)

하위 범주 예시: Time-Absorb · 시간여행 뷰 흡수 규격

- (Real time / Ledger)

  - $T_{real} := T$ // 실재-시간
  - $L : T \to Log$ // append-only
  - $m : T \to \mathbb{N}$ // 단조; t<t’ ⇒ m(t)<m(t’)
  - $NoRL : \nexists F, k > 0$ s.t. $F \circ X^k = X^{k-1}$
  - $\sigma\sigma$: undefined // σ 재호출 금지

- (Ideology-time view)

  - $ρ : T_{ideo} ⇄ T_{ideo} // 되감기 허용(이데올로기적 효과)
  - $\mu_{time} : T_{ideo} \to \Sigma*$ // 내러티브 트레이스 인코딩
  - $\pi_W^{time} : events_{ideo} \rightharpoonup D'$ // "재연"을 뷰 토큰으로 승격(↑=은 별개)

- (Absorption Theorem)

  - 임의의 “되감기/분기” 연산은 D' 토큰의 재배치일 뿐,
  - $Int \circ \pi_W^{time}$ 존재하지 않으면 Cut^{Int} (뷰 미아).
  - Int가 있어도 D 값층은 불변: $Val \circ deploy = Val(replay \neq rewrite)$

- (Non-Transport in time)

  - $a = b \quad @ \ \langle W, t \rangle$, $t' \neq t \Rightarrow\!\!\!\not\vdash a = b \quad @ \ \langle W, t' \rangle$
  - 재보고하면 demote → $\approx$ / $\asymp$ /$\perp$ with reason∈{OBS,STRUCT,BRANCH}

- (Paradox blocker)

- R: 비대칭·비순환·비추이, R^+: 경로(전이)
  - “할아버지 역설” 류는 D'에서 충돌 토큰(⊥)로 격리,
  - D에선 ‘=’ 미발급(= 없음) → 내용층 영향 0

- (σ vs “되감기”)

  - $\nexists k > 0 : X^k \equiv \sigma$ // X 누적은 σ를 대체 못함
  - ρ 같은 되감기는 $\mu_{time} \longrightarrow D'$에서의 재표현일 뿐,
  - σ(OneShot)와 Fix 로그를 거슬러 '='를 무효화할 수 없음

- 요약

  - 되감기=재연(view), 기록=단조(ledger).
  - "승격은 D', 발급은 D, 그 사이엔 σ"$-$이 규칙을 뒤집는 타임머신은 없다.
  - "시간을 바꿨다"는 말은 D'에서의 스토리 편집이고, D에선 값 불변·등호 불변.

- S가 전역 동일성(=) 규율을 가지지 않으면, τ는 S의 "$=$"을 "$\approx$"로 보내고 AUG_{eq} 금지로 봉인: $\Gamma \vdash S\varphi \Rightarrow \tau(\Gamma) \vdash U[T], D'\tau(\varphi)$(보고조각) 즉, 이런 이론들은 자연히 D' 내부에 산다.
- '보고'만이 존재하는 S에 대해, 자유 전역 완성 $L : S \to U[T]_{glob}$ 존재: L은 "$AUG_{eq}(stage = \mathcal{S}, \delta_{abs}, \asymp)$"을 최소로 추가해 단회 면허만 붙인다.
- 반사: 임의의 전역 이론 임베딩 $F : S \to R$ (R이 U-P-S 프로토콜을 만족)마다 유일한$F^* : U_{glob} \to R$가 있어 $F = F^* \circ L$.
- 보존성(코어): S의 언어에서 AUG_{eq}/창 운반을 쓰지 않는 추론은 $U[T]_{glob}$에서도 보존.
- D는 전역(anti-partition): 타입 분절 금지. $D' \simeq \bigsqcup_{(t \in T)} D'_t$ with $D't = \pi t(D)$/≈ (국소 슬라이스의 외면화).
- 동치는 존재론적 수준의 일치이고(샛별=개밥바라기 @D), 규칙은 층별로 다르다(’='은 D 전용).

하위 범주 예시: 반(反)-스피노자 (초월성(D') → 내재성(D))

- (응시 강도)

  - $G(W, t, \varphi) := dist(\mu_{time}(\gamma \leq t), \sigma_{trace}(Int \circ \pi_W^{time}(\gamma) \leq \sigma(t)))$

- (신의 관점 = 내재적 일치; 초월성의 소거)

  - $Deus_{immanent} := ker(G)$
    $= \langle W, t, \varphi \rangle | G(W, t, \varphi) = 0$
    $=$ { 발급된 ‘=’ 이벤트(= Fix-층 환수 성공) }

- 성질:

  - 1. σ 재호출 불가($\sigma\sigma$ undefined), X로 우회 불가($\nexists k > 0 : X^k \equiv \sigma$) → replay는 가능해도 rewrite는 불가.
  - 2. Non-Transport: W가 바뀌면 ‘=’ 운반 불가 → $ker(G)$는 창-국소적.
  - 3. NoPromo: D'의 $\approx_{obs}$ / $\approx_{rep}$로 $ker(G)$에 진입 불가(승격→σ→발급 체인만).

- 해설: 그러므로 신(=스피노자적 실체)의 관점은 밖이 아니라, '='이 찍힌 그 순간의 내부적 일치다. 응시는 편재하지만, σ-시차 때문에 거의 언제나 0이 아니다. 드물게 0이 될 때만 "정신(Geist)"이 사건으로 나타난다. (그러나 존재론적으론 편재한다.) 초험적인 “신의 관점” 같은 건 없고, 내적 부정성의 운동이 만들어낸 국소적 동형만 있을 뿐이다. ($T_{real} vs T_{ideo}$; replay≠rewrite)

III. 시그니처 확장 (객체 등호 vs 불변량 등호)

> 원칙: **판정(⊢)은 항상 창 단위($\vdash_W$)**로만 기록한다. 등호 대상(객체/불변량)의 스코프는 주로 @W / @Δ, 그리고 간혹 윗첨자로도 표기한다. '='은 언제나 **D층(객체/불변량)**에서만 커밋되고, 객체 등호는 @W (창-국소; appearance) 불변량 등호는 @Δ (창-불변; invariant)이며 D′에는 정의되지 않는다. 불변량 등호의 “전역성”은 **정리**로 보장한다.

3.1 시그니처

- 우주
  - 객체 우주: D (a, b, …)
  - 창 집합: $\mathbb{W}$ (W, W’, …)
  - 불변량 우주: Δ (x, y, …)
- 함수
  - $\delta_{abs} : D \to \Delta$
- 등호(두 종)
  - **창-국소 객체 등호(창-국소 사건)**: $a = b@W$ // D-정역, **W-증인 필요**
  - **불변량 등호(전역 사건)**: $x = y@\Delta$ // Δ-정역, **창-불변**, D’에는 ‘=’ **미정의**
- 존재론 층
  존재론 층은 객체 우주 D와 그 불변량 우주 Δ, 그리고 사상 $\delta_a bs : D \to \Delta$로 주어진다.
  - 객체 등호(창-국소):
    KaTeX parse error: Unexpected character: '�' at position 16: =(·,·;W) ⊆ D×D×��
    → a = b @W
    a = b @W 는 a,b ∈ D와 창 W ∈ 𝕎에 대한 국소 사건이다.
  - 불변량 등호(창-불변):
    $= (\cdot, \cdot; \Delta) \subseteq \Delta \times \Delta \to x = y@\Delta$
    $x = y@\Delta$ 는 $x, y \in \Delta$에 대한 항존 사건이며, 한 번 커밋되면 모든 W에서 유지된다.

두 종류의 등호 모두 존재론 측(D,Δ) 에서만 정의되며,
보고층 D′에는 '='가 정의되지 않는다.

- 사건/표지/로그
  - $mark^{Obj}(W,a,b) \in F,T, log^{W}(\ldots)$
  - $mark^{\Delta}(x,y) \in F,T, log^{\Delta}(\ldots)$ // append-only
- 보조 술어
  - $Asp(W,a,b) :\equiv Abs(W,a,b) \wedge Trace(W,a,b)$
  - $Guards(W,a,b) :\equiv Exh \wedge Det \wedge Coh \wedge No3Lock \wedge Arrow$
  - $NonEmptyTrace(a,b) :\equiv \|\sigma_t race(a)\| > 0 \wedge \|\sigma_t race(b)\| > 0$
- EQΔ(공리)
  - $=@\Delta$는 **D-only 사건**, **Write-Once**, **window-free**. D'**(보고층)에는 '=' 미정의**.

> 표기 호환성: 종전 문맥의 $\vdash_W (a=b)$는 **약속상** $a=b@W$와 동치로 쓴다.

3.2 게이트(두 층)

- $Gate(W,a,b)@W$
  $Asp(W,a,b) \wedge Stage(W) = \mathcal{S} \wedge Guards(W,a,b) \wedge$
  $NonEmptyTrace(a,b) \wedge \neg mark^{Obj}(W,a,b)$
- $Gate(W,x,y)@\Delta$
  $\exists a,b \in D.\delta_{abs}(a) = x \wedge \delta_{abs}(b) = y \wedge Stage(W) = \mathcal{S} \wedge \sigma_t race(a) \asymp$
  $\sigma_t race(b) \wedge Guards(W,a,b) \wedge NonEmptyTrace(a,b) \wedge Aut\text{-}invariance \wedge$
  $\neg mark^{\Delta}(x,y)$

3.3 규칙 — 객체 등호(창-국소, D-sort)

- R^{Obj}_{EqOpen} (유일 도입)
  전제: $Gate(W,a,b)@W$
  결론/부작용: $\vdash_W (a=b); Mint^{Obj}(W,a,b); mark^{Obj}(W,a,b) :=$
  $T; log^{W}.append\langle eq_{id}, anchor_{sig}(W,t), stage, \Phi\text{-}metrics\rangle$
- R_{EqUse} (소거/치환)
  전제: $\vdash_W (a=b)$, $\varphi(a)$
  결론: $\varphi(b)$ // **동일 창 W 내부에서만**

- $Meta\text{-}Uniq^{Obj}$
  모든 객체 등호 도입은 R^{Obj}_{EqOpen}에서만 발생.

- $R_{EqUse}(대상스코프 : @W)$와 R^{Δ}_{EqUse} 둘 다값-공식에 한함; J-Form(판정 양식)에는 적용 금지(R1)”

3.4 규칙 — 불변량 등호(전역, Δ-sort)

- R^{Δ}_{EqOpen} (직접 민트)**
  전제: $Gate(W, x, y)@\Delta$
  결론/부작용: $\vdash_W (x = y)@\Delta$; $mark_{\Delta}(x, y) := T$;
  $log^{\Delta}.append\langle eq^{\Delta}_{id}, anchor_{sig}(W, t), Hash/J_k/d^{norm}_L\rangle$

- $R^{\Delta}_{EqLift}(접합/승격)$
  전제: $\vdash_W (a = b) \wedge \delta_{abs}(a) = x \wedge \delta_{abs}(b) = y$
  결론: $\vdash_W (x = y)@\Delta$

- $R^{\Delta}_{EqUse}(전역치환)$
  $x = y@\Delta$는 **값-공식**에 한해 **전역** 치환 허용. **판단형(J-Form)**에는 금지(**R1: J-Form-NoCompute**).

3.5 원샷·희소성·비운반성

- (**Obj-WriteOnce**) $\vdash_W (a = b) \Rightarrow mark_{Obj}(W, a, b) = T \wedge mark_{Obj}(W, a, b) = T \Rightarrow \neg Gate(W, a, b)@W$

- (**Δ-WriteOnce**) $\vdash_W (x = y@\Delta) \Rightarrow mark_{\Delta}(x, y) = T \wedge mark_{\Delta}(x, y) = T \Rightarrow R^{\Delta}_{EqOpen}$ 부적합

- (**Global-Sparsity^{Obj}**) $\vdash_W (a = b) \wedge \vdash_{W'} (a = b) \Rightarrow W = W'$

- (**NonTransport^{Obj}**) $\vdash_W (a = b) \wedge W \neq W' \Rightarrow \neg \vdash_{W'} (a = b)$ // **객체 등호만 비운반**

- (**Δ는 창-불변**) 불변량 등호는 **창 교차 제약 없음**(규칙적으로는 [3.6] 정리로 보장)

- **Demotion 정책**
  - 객체 등호의 **재보고/교차-창 시도**: **Demote**($\approx_{obs}$ 또는 $\equiv_{onto}$)
  - 불변량 등호에는 **강등 없음**. 재참조는 $log^{\Delta}.eq^{\Delta}_{id}$ 키로 **동일성 확인**.

3.6 국소↔전역 접합

- **(사건→불변량 동조)**
  $\vdash_W (a=b) \Rightarrow \vdash_W (\delta_{abs}(a)=\delta_{abs}(b))@\Delta$ // **R_{EqLift}^Δ** 즉시 민트

- **(교차-창 판정: '사건 없음, 불변량만')**
  $W \neq W' \wedge Gate(U, \delta_{abs}(a), \delta_{abs}(b))@\Delta$가 성립하면
  $\forall U. \vdash_U (\delta_{abs}(a)=\delta_{abs}(b))@\Delta$ 이지만 $\neg \vdash_W (a=b) \wedge \neg \vdash_{W'} (a=b)$

- **(강도 포함관계)**
  $\vdash_W (a=b) \Rightarrow \vdash_W (\delta_{abs}(a)=\delta_{abs}(b))@\Delta \Rightarrow a \equiv_{onto} b \Rightarrow a \approx_{obs} b$ @Δ
  (역방향 일반 불성립; 특히 $W \neq W'$에선 객체 등호 금지 유지)

- **(재논변 금지/철회 불가)**
  $mark^{\Delta}(x,y)=T$ 또는 $mark^{Obj}(W,a,b)=T$ 상태에서 같은 등호를 다시 들이밀면 **Reject/Demote**.
  // **Write-Once + append-only**

3.7 창-불변 정리 (Δ-Window-Invariance)

> **Theorem (Δ-Window-Invariance).**
> 만약 $\vdash_{W_0} (x=y)$ @Δ이면 **모든 창** W에 대해 $\vdash_W (x=y@\Delta)$.

- **Sketch.** R^{Δ}_{EqOpen}또는 R^{Δ}_{EqLift}로 민트 시 mark_Δ(x,y):=T 와 $og_{\Delta}\langle eq^{\Delta}_{id}, anchor_{sig}(W0, t^*), \Phi\text{-}metrics\rangle$가 기록된다. 정책상 $=$ @Δ는 **NonTransport 제약의 대상이 아니며**, 판정은 언제나 $\vdash_W$로만 기술되지만, 검증은 log^{Δ}의 $anchor_{sig}$ 및 $Hash/J_k/d^{norm}_L$ 일치성으로 창 독립적으로 재현된다. 따라서 창 교체는 판정 값을 변경하지 않는다.

3.8 라벨드 증명 스케치(국소 사건과 전역 효과)

1. **객체 사건 생성**
   $\Gamma \vdash_{W0} Gate(W0,a,b)@W \Rightarrow \Gamma \vdash_{W0} a=b.$ (R^{Obj}_{EqOpen})

2. **불변량 동조(리프트)**
   $\delta_{abs}(a)=x, \delta_{abs}(b)=y$이면 $\Gamma \vdash_{W_0} (x=y)@\Delta.$ (R^{Δ}_{EqLift})

3. **전역 창-불변성**
   2)에서 $\Gamma \vdash_{W0} x = y@\Delta \Rightarrow \forall W.\Gamma \vdash_W (x = y)@\Delta.$ $(\Delta WindowInvariance)$

4. **교차-창 한계**
   $W0 \neq W'$이면 $\neg(\Gamma \vdash_{W'} a = b)$이고 최대 $\Gamma \vdash_{W'} a \approx_{obs} b.$ $(NonTransport^{Obj})$

> 해석: "사건은 W에서 민트되고(스냅샷), 불변량 효과는 Δ에서 전역으로 봉인된다(효과)."

3.9 감사 항목 & 레이스 규율

- log^W: $\langle eq_{id}, anchor_{sig}, stage, markflip, \Phi(Hash, J_k, d_L^{norm}), reason\rangle$
- log^Δ: $\langle eq_{id}^\Delta, anchor_{sig}(W0, t*), abs_hash(x) = abs_hash(y), \Phi\text{-}metrics\rangle$
- **Race**: $= @W$는 경합 시 **Demote**; $= @\Delta$는 $mark^\Delta$로 **전역 1회성 보증**.

3.10 논리적 귀결

- **Equality is event at both sorts.**
  1. $a = b@W$는 W**-증인과 함께** D**에서 민트되는 사건**.
  2. $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)@\Delta$도 D**(**Δ**-정역)에서 민트되는 사건**(직접 **open** 또는 **lift**).
  3. 둘 다 **Write-Once**이며, 이후의 철회/재도입은 **위반**.

IV. Reviewer Kit

> 심사·재현 용 "핵심 확인 패킷". 본 섹션만으로 =-free 보수성·비폭발·'= 단발/비운반'을 빠르게 점검할 수 있도록 구성.

4.1 시그니처(요약)

Sorts: D (존재론), D' (보고층), W (창), T (논리적 절차; 이산집합)
Values: (V $=\{T, F, B, N\}$) (FDE/LP, 지정값 $\{T, B\}$)
Eval: $T \times Form \to (V \times P) \cup N$, KaTeX parse error: Expected '}', got 'EOF' at end of input: ...1⟩,⟨deploy,s_2⟩}.
Principles: σ(one-shot), 전역 등호 금지($=$은 D에서 **창-국소·단회** 사건), **No-Promo**($D' \to D$ 역승

격 금지), 보고층은 ≈ / ≡만

Global Guards: Exh/Det/Coh/No3/Arrow (상시). 관측-동치 $\approx_{obs}$ 우선, '='은 창 W 스코프 1회.

4.2 규칙 블록(검증용 표준형)

```
Γ ⊢_W ϕ ≈_{obs} ψ, Gate(W,ϕ,ψ), σ(OneShot available), ¬mark(W,ϕ,ψ)
──────────────────────────────────────────── (R_{EqOpen})
Γ ⊢_W ϕ=ψ  &  mark(W,ϕ,ψ)
```

Side-conditions (요약)

- $Gate(W, \varphi, \psi) := stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge (\sigma_t race(\varphi) \asymp \sigma_t race(\psi)) \wedge Guards \wedge \neg mark.$
- No3Lock: 허용 채널 {$\langle off, off\rangle, \langle on, off\rangle, \langle on, on\rangle$} 만.
- σ-OneShot: 창·사건당 σ 소모 1회.
- NoCompute: 판정자(예: ⟨⟨B ⫽ T⟩⟩는 논리연산 피연산자 금지.
- TraceCompatibility(≍): ≍는 규격적(schematic) 트레이스 정합 판정이며, 의미론적 동치가 아니다. 정의역은 동일 창 W, 동일 stage에 한한다.

보조 규칙

- (Demote) $W \neq W$'에서 '=' 재보고 시 $\approx_{obs}$로 자동 강등. (NonTransport)
- (RetryLock) 같은 W에서 동일 쌍 재시도 → 강등.

4.3 모델 ($\mathcal{M}^+$) (검증용 의미론 카드)

$\mathcal{M}^+ := \langle U, Val, Wset, stage, abs, trace, Guards, mark, log\rangle.$

- $Val : Form \to${T, F, B, N}는 FDE 의미론,
  등호는 $\mathcal{M}^+ \vDash (a = b) :\Longleftrightarrow Gate(W, a, b) \wedge WriteOnce(W, a, b)$로 해석(원자적 전이로 $mark : false \to true$).
  주의: $WriteOnce(W, a, b) :\equiv mark(W, a, b) : 0 \to 1$ and "이후 동일 쌍 @W에 대한 추가 =-commit은 금지"

- Paraconsistent Safety
  $Val(p \wedge \neg p) = B$여도 $Gate$ 없이 R_{EqOpen}은 불가 → EFQ 미유도. (§3.2 규칙과 1:1 대응; 본문 FDE/LP 기반 및 '= 단발/비운반' 원리를 보존함.)

- Soundness (→, sketch).
  If $\Gamma \vdash_W a = b$ by a single application of R_{EqOpen} along a transition $s \to s'$, then by the

rule's post-state update we have $(a,b) \in EqLog_{s'}(W)$ and $mark_{s'}(W,a,b) = 1$; hence, by the truth clause for "=", $\mathcal{M}^+, s' \vDash a = b$.

- Completeness / Canonicity (←, sketch).
  Assume the Exclusivity Invariant: EqLog/mark can be updated only by R_{EqOpen}. If $\mathcal{M}^+, s \vDash a = b$, then by the truth clause $mark_s(W,a,b) = 1$ and $(a,b) \in EqLog_s(W)$; by Exclusivity there exists a (unique up to permutation of irrelevant steps) replay of the log showing an application of R_{EqOpen}, hence $\Gamma \vdash_W a = b$.

- Proof obligations (meta).

  - 1. Uniq-Intro: '=' enters EqLog only via R_{EqOpen}.
  - 2. WriteOnce Invariant: Once $mark = 1$, no further '=' commit on the same pair $@W$.
  - 3. Replay Lemma: Every commit in the log corresponds to an instance of a rule in the proof system.
  - (i) Replay Lemma (tight).
    Every "="-commit in the log corresponds to a unique instance of R_{EqOpen} executed at that step (with $Gate_s(W,a,b)$, σ OneShot available, and $\neg mark$), and conversely every such instance produces exactly one "="-commit (consuming σ and setting mark to 1).
  - (ii) Replay Lemma (iff, precise).
    Let $s_0 \to s_1 \to \cdots \to s_n$ be a run. For any $j < n$ and terms a, b,
    $EqLog_{s_{j+1}}(W) = EqLog_{s_j}(W) \cup (a,b)$
    iff there is an instance of R_{EqOpen} applied at step j with premises $Gate_{s_j}(,W,a,b)$, σ OneShot available at s_j, and $mark_{s_j}(W,a,b) = 0$, and the transition consumes σ and yields $mark_{s_{j+1}}(W,a,b) = 1$.
    Moreover, no rule other than R_{EqOpen} updates EqLog/mark (Exclusivity Invariant), hence the witnessing instance is unique up to permutation of administrative steps.

4.4 핵심 정리

(보수성) '=' 미등장(=-free) 단편은 FDE/LP에 대해 보수적. Erasure로 증명 높이 유도. ✓
(비폭발) EFQ: $p, \neg p \vdash q$는 미유도. (NoCompute + No3Lock + σ-분리) ✓
(단발·유일성) 동일 창 W에서 '=' 커밋은 정확히 1회. 재보고는 $\approx$ / $\asymp$ 강등. ✓
(비운반) $W \neq W'$로의 전이는 항상 강등('=' 운반 불가). ✓

4.5 감사(Audit) 체크리스트 (one-page)

아래 6항을 확인하면 된다.

1. **값층 보존:** 모든 판정이 (V $=\{T, F, B, N\}$) 안에 머무는가? (판정자는 값 연산 비개입)
2. σ**-OneShot:** 커밋 체인에서 σ 토큰 소모 로그가 1회로 기록되는가?
3. **≈→= 승격 경로:** "$\approx_{obs}$→ $Gate$ $\to =$" **순서 위반 없음**?
4. **No3:** 3중 혼입 경로($\wedge E$, $\to$ E, 복수 채널 동시 결합)가 **차단**되었는가?
5. **단발•비운반:** 같은 W 1회, $W \neq W'$에서는 **강등**이 적용되는가?
6. **=-free 보수성:** '=' 없는 유도는 **LP/FDE** 증명으로 *소거(Erasure)*로 환원되는가?

4.6 미니 워크드(6-노드): 로그를 통한, 단발•비운반•강등의 드러남

프레임: 두 창 W_1, W_2, 경로 $R_obj, R* = id \cup R_path.$
흐름:

1. W_1: 전제 $E1..E5, margin \geq \theta$ 충족 → (=Intro)로 t*에 대해 '=' 1회 보고.
2. 같은 W_1 재보고 시도 → (Demote)로 $\approx$ 처리.
3. W_2: $Obs(t^*) \approx Obs(s)$만 성립 → '=' 불허, $\approx$만 운용.
4. $\varphi \wedge \neg\varphi = B$ 발생 → $\langle B \| T \rangle$로 저장, 값 연산 비참여(No3Lock으로 폭발 경로 차단).
   → 결론: Eq–V–P·Safety와 **'= 단발'**이 전부 드러난다.

요약: 위 패킷만으로 (=-free) 보수성, EFQ 비유도, '='의 단발•비운반을 빠르게 재현•감사할 수 있다. 필요 시 4.3의 $\mathcal{M}^+$카드를 사용해 의미론적 점검(= Gate & WriteOnce)을 병행한다.

부록(APPENDIX; Appx)

==

[Appx1] 정리와 증명

[Appx1.0] Notation

κ & mark

$$mark(W, a, b) := (\kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W)\neg mark(W, a, b) \Leftrightarrow KeyFree(W, \kappa)$$

$\kappa(W, a, b)$은 창 W에서 ⟨a,b⟩에 발급되는 단회 면허 토큰(key)이고, $mark(W, a, b)$는 그 토큰 발

급 여부를 기록하는 불리언(boolean)이다. 따라서 T1에서 κ로, T2–T3에서 $mark$로 쓴 표기는 위 동치로 동일하게 해석된다. (문서 전역에서 ‘$mark$’ 표기를 표준으로 삼고, κ는 그 원자적 증거자(witness)로 본다.)

도출형 정리들

(메타정리) Equality Generated Only by R_{EqOpen}
명제. 체계의 유도 트리에서 발생하는 임의의 ‘=’ 도입은 규칙 R_{EqOpen}에 의해서만 가능하다.
스케치. 유도 규칙의 구조 귀납: (i) 값/연결사 규칙은 =을 도입하지 않음. (ii) 치환규칙 R_{sub}는 선행 ‘=’에만 의존. (iii) 외부 이론의 '='는 PNP/Outside-Cut로 소거되거나 $D\prime$로 강등. (iv) NoPromo로 $D\prime \to D$ 우회 금지. 귀납 닫힘으로, =의 유일 생성자는 R_{EqOpen}.

(정리) σ OneShot ⇒ Commit Uniqueness
명제. 동일 창 W와 대상 (a, b)에 대해 커밋은 최대 1회.
스케치. $\sigma \circ \sigma$ 미정의 + $mark : false \to true$를 정의역 소진의 구문 표지로 해석. append-only log로 재진입/되돌림 금지. 따라서 두 번째 시도는 Reject.

(정리) Erasure/Embed Roundtrip
명제. =-free 단편에서 $Embed \circ Erasure \simeq id, Erasure \circ Embed \sqsubseteq id.$
스케치. $Gate$ 구문은 D에서만 의미를 갖고, $D\prime$로 Demote 시 ≈로 내재화. =-free 영역에서는 두 함자의 합성에 손실이 없음.

[Appx1.1] — Paraconsistent Safety (T1)

[Appx1.1.1] 배경 표기와 운용 원칙

- 논리 값층: $V = \{T, F, B, N\}$.
    - B는 전-분화적 상태로, 분극 이후에는 $(p \wedge \neg p)$ 같은 모순을 보존하는 값. (폭발 금지)
    - $\vdash$는 유도(derivation).

- (S_{=}) ‘=’(동일성)은 **존재론 층 D 전용**이며, **창 W 단위 1회성 커밋**이다.
  (=의 구체 도입 스키마는 규칙 (R2) 참조.)

- (S_{σ}) σ는 **단발(OneShot) 시차 연산자**이며, $\sigma^k (k \geq 2)$는 허용되지 않는다.
  (σ의 정식 정의와 제약은 본문 §[1.3] 참조.)

- (S_{κ}) κ(key/mark)는 **등호 커밋 슬롯의 면허 토큰**이며, 각 창 W에서 **유일**하다.
  (KeyFree / 유일성 조건은 규칙 (R2)에 형식화.)

- (S_{out}) **외부 경로(Outsourcing) 금지**:
  $\pi \circ \sigma_t race$ 류의 **비정의 조합을 통한 우회 경로**는 허용되지 않는다.

- (S_{$A4_G$}) 비정의 조합은 ⊥(시스템 크래시)가 아니라
  REJECT(분기 폐기; 유도 불인정)으로 처리한다.
  (정책 $A4_G$의 형식 문장은 규칙 (R4) 참조.)

[Appx1.1.2] 규칙・정책의 형식 선언

(R0) 표준 유도 규칙(발췌)
∧-elim/intro, →-elim(모드스 포넨스), ∨-intro, ¬-규칙 등, 통상적 자연 연역 골격.
단, 값층이 다치이므로 값 전파는 FDE 류의 보수적 해석을 따른다.

(R1) NoCompute
직관: B 값 자체(또는 “B임을 증명했다”는 메타판정)는 다른 규칙의 전제가 될 수 없다.

- (JNC) 만약 Premise에 $\varphi : B$ 또는 “$Judge(\varphi) = B$”가 포함되면,
  그 Premise는 $R \in \wedge - elim, \rightarrow -elim, \forall - elim, \neg - elim, Subst, \ldots$의 사용 전제에서 제외된다.
- 요약: “B-판정”은 **JDG(판정형식)**이고, value-premise가 아니다.

(R2) Equality Introduction — Gate 유일화

- 오직 다음 스키마로만 ‘=’ 도입 가능: (R_{EqOpen})
  - 전제: $Gate(W, \kappa) \wedge Guard_set(W) \wedge KeyFree(W, \kappa) \wedge R_{EqOpen}$ 조건 충족
  - 결론: $\vdash_W \ (t_1 = t_2)$ with key κ (창 W에서 1회성)
    κ는 창 W에서 유일(unique). KeyFree가 아니면 도입 불가.

(R3) Equality-Substitution(치환) 제한

- 치환 스키마는 이미 도입된 등호에 대해서만 다음처럼 허용:
  (=Subst) $(t_1 = t_2) \wedge \varphi[t_1] \implies \varphi[t_2]$
  (단, 여기서 φ는 **값층 공식**; JDG류 제외)
  - 등호 미보유 상태에서는 ‘(=Subst)’ 사용 불가.
  - JDG(판정)·메타채널에는 치환 불허(혼종 폭발 경로 차단).

(R4) $A4_G$ — Outsourcing 정책

- 비정의 조합(예: $\pi \circ \sigma_t race$ undefined)은 ⊥가 아니라:
  (A4_G) $undefined(\pi \circ \sigma_t race, \ldots) \Rightarrow REJECT$
  (해당 분기 폐기; 유도 불인정)
  따라서 외부 경로는 “폭발적 결론”을 낳지 못하고, 그냥 사라진다.

[Appx1.1.3] 보조정리 (형식화)

Lemma 1a (B-from-Contradiction)

- 전제: $\vdash (p \wedge \neg p)$
- 결론: $Val(p \wedge \neg p) = B$
- Sketch. 값층의 정의에 의해 즉시.

Lemma 1b (B-alone ⇒ Gate 미충족)

- 전제: $Val(p \wedge \neg p) = B$ (외에 아무 Gate 관련 전제 없음)
- 결론: R_{EqOpen}의 Gate 전제는 충족되지 않는다.
- Proof. $Gate(W, \kappa), Guard_s et(W), KeyFree(W, \kappa)$ 등은 B-판정만으로는 구성되지 않는다. 특히 $KeyFree$와 κ 발급은 운영·마킹 층의 별개 가드가 필요. □

Lemma 2 (No-Subst-Explosion-w/o “=”)

- 전제: “=”가 도입되지 않은 유도 트리 D
- 결론: (=Subst) 스키마는 D에서 적용 불가. 따라서 치환 기반 EFQ 경로는 부재.
- Proof. (=Subst) 전제에 “$t_1 = t_2$”가 요구된다. 부재 시 적용 불가. □

Lemma 3 (No3Lock — 유도 트리 봉쇄 귀납법)

- 정식 진술. 모든 유도 트리 D에 대해, $R \in R0 \cup = Subst \cup R_{EqOpen}$의 유효 사용만 허용한다고 할 때, “=”이 D 최상단 결론에 등장하려면 반드시 D의 일부 분기에 R_{EqOpen}이 실제로 적용되어야 한다.
- (즉, 제3의 경로(합성·우회)로는 “=”가 생기지 않는다.)
- Proof. 유도 트리 높이 h에 대한 귀납.
  - 기초 $h = 1$. 한 단계 결론이 “=”이려면 그 규칙은 R_{EqOpen}뿐. (R3은 전제에 이미 “=” 필요) 성립.
  - 귀납 가정. $h \leq k$에서 성립.
  - 귀납 단계 $h = k + 1$.
    - 최상위 적용 규칙이 R0(∧-intro 등)인 경우: R0는 “=”을 생성하지 않음. 그러면 “=”은 하위 트리에서 올라와야 하는데, 귀납가정으로 하위 어딘가에 R_{EqOpen}이 존재.
    - 최상위가 '(=Subst)'인 경우: 전제에 이미 “$(t_1 = t_2)$”가 있어야 하므로, 그 “=”은 하위에서 생성. 귀납가정 적용 ⇒ 하위에 R_{EqOpen}.
    - 최상위가 R_{EqOpen}이면 자명.
    - 다른 합성/우회 규칙은 체계에 없음(정의상).
  - 결론: 모든 경우에 “=”이 나타나면, 하위 어딘가 R_{EqOpen}이 실제로 있었다. □

[Appx1.1.4] Paraconsistent Safety (Main Theorem)

정리(T1)
$\vdash (p \wedge \neg p)$라 하자. 그러면 임의의 q에 대하여,
표준 규칙(R0), NoCompute, Equality-Gate/치환 제한(R2,R3), A4_G(REJECT 정책)을 갖춘 본 체계에

서
⊢ q를 도출할 수 없다. (즉, EFQ 실패; 보수성 유지)

- Case 1. 표준 규칙(R0) 경로
  - Lemma 1a로 $Val(p \wedge \neg p) = B$.
    '(R1) NoCompute'로 인해 "B-판정"은 그 자체로 어떤 계산 규칙의 전제가 될 수 없음.
    특히 →-elim, ∧-elim 등으로 임의 q를 뽑아내는 전제 자격 상실.
    ⇒ R0만으로 EFQ 실패.

- Case 2. "=" 경로(커밋/치환 기반 폭발 시도)
  "="을 쓰려면 '(R2) R_{EqOpen}'이 실제로 발생해야 함.
  Lemma 1b에 의해 B만으로는 $Gate$ 전제 성립 불가.
  Lemma 3(귀납)로 제3의 우회는 불가능.
  가정상 "="이 없다면 Lemma 2로 치환 경로 자체가 붕괴.
  ⇒ 커밋/치환 기반 EFQ 실패.

- Case 3. 외부(outsourcing) 경로
  $\pi \circ \sigma_{trace}$ 등 비정의 조합은 '(R4) $A4_G$'에 따라 REJECT.
  REJECT는 유도 불인정이므로, 결론 q를 낳지 못함.
  ⇒ 외부 경로 EFQ 실패.

- proof. 세 경우(Case) 모두에서 q 도출 실패. 따라서 T1 성립. □

[Appx1.1.5] 모델론적 건전성 체크

모델 $\mathcal{M}^+$(FDE-확장, 동적 상태 포함).
$\mathcal{M}^+ := \langle U, Wset, Val, \delta_{abs}, \sigma_{trace}, Guards, stage \rangle$.
상태 $s := \langle W, EqLog(W), mark, log, \ldots \rangle$. 지정값 $\{T, B\}$.

- 등호 의미(외연). \mathcal M^+ ⊨_s (a=b) :≡ (a,b)∈EqLog_s(W).
  (Gate·WriteOnce는 규칙 가드, 진리조건 아님.)

- 전이/규칙
  R_{EqOpen} : $Gate(s, W, a, b) \wedge mark_s(W, a, b) = 0 \Longrightarrow s \longrightarrow s'$ with $EqLog_{s'}(W) = EqLog_s(W) \cup (a, b), mark_{s'}(W, a, b) = 1$; hence $\mathcal{M}^+ \vDash_{s'} (a = b)$.

- 정리. (i) Soundness: 위 규칙으로 얻은 '='는 s′에서 참. (ii) Paraconsistent Safety: $Val(p \wedge \neg p) = B$여도 Gate 없이 전이는 없으므로 EFQ 불성립. (iii) Conservativity: =-free 조각은 FDE와 동일.
  - 해석: FDE류 다치 해석 $\mathcal{M}$ 위에, Gate/Key/Mark를 구성적 제약으로 덧붙인 확장 모델 $\mathcal{M}^+$.

- 조건: $(p \wedge \neg p)$의 해석값은 B. R_{EqOpen} 전제는 해석 단계에서 별도 조건 (Guard_set∧KeyFree)을 만족할 때만 충족.
- 주장: $\mathcal{M}^{+}$에서 q가 T로 평가되려면, 그 유도에 “=” 또는 R0-규칙의 적법 전제가 필요. 위 1~3의 제약 때문에 그런 유도는 구성 불가.

- 미니 반모형
  하나의 창 W에서. $Val(p) = B, Val(q) = F.EqLog(W) = \emptyset$.
  $[\![p \wedge \neg p]\!] = B$(지정)이나 Gate 실패 ⇒ 전이 불가 ⇒ $EqLog$ 불변 ⇒ $[\![q]\!] = F$ 유지.
  따라서, $p \wedge \neg p \nvDash q$. (=-free 보수성과 함께 EFQ 실패의 의미론적 증거)

- 결론: 의미론적으로도 EFQ 실패.

[Appx1.1.6] 감사용 체크리스트

◻ (R1) 'NoCompute’를 규칙 섹션에 명시했는가?
◻ (R2) 'R_{EqOpen}'의 유일성과 κ의 KeyFree 전제를 서술했는가?
◻ (R3) ‘(=Subst)’ 적용 범위가 값층 공식으로 제한되어 있고, “=” 부재 시 불가임을 적었는가?
◻ (R4) '$A4_G$'가 **REJECT(분기 폐기)**로 정의되어 있는가?
◻ 'Lemma 3(귀납)'가 증명 트리 전체에 대해 'No3Lock’을 보장하는가?

[Appx1.2] — Gate-Uniqueness (T2)

[Appx1.2.1] 서명(Signature)와 의미

창: $W \in \mathcal{W}$.
마크: $mark(W, a, b) \in true, false$—$\langle a, b, W\rangle$ 커밋 여부의 쓰기-한번 셀.
원장: $log_W(a, b, t, tag)$ – 커밋/강등 이벤트의 시간기록(append-only).
단계: $stage(W, t) \in U, P, S$ – 단조(역행 금지).
Gate 전제(요약):

$$Gate(W, a, b) :\equiv stage - consistent \wedge \delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a) \approx \sigma_{trace}(b) \wedge Guard$$

[Appx1.2.2] 배경과 가정(요약)

가정: $A6_G$(Stage-Uniq), $R_{NonTransport}$(창 스코핑), R_{Demotion}(강등 프로토콜) 활성.
추가로 안전성을 위해 아래 운용 규칙을 명문화한다:

- R_{EqOpen} : 등호 도입의 유일 게이트 (= T1과 동일 스키마).
- $R_{MarkAtomic}$: mark/ledger 원자적 갱신(선언적 동시성 잠금).
- $R_{LogAppend}$: 원장(ledger) append-only & timestamp-ordered.

- $R_{PairCanon}$: 커밋 쌍은 표준형 $\langle a, b \rangle$로 정규화(대칭 케이스 중복 방지; 필요 시 $a \leq_c anonb$).

[Appx1.2.3] 규칙 선언(형식)

(R_{EqOpen}) Equality Introduction — 게이트 유일성

- 전제: $Gate(W, a, b)$
- 결론: $\vdash_W (a = b)$ with eq_{id} and timestamp t
- $mark(W, a, b) := true \wedge log_W(a, b, t, eq_{id}) \leftarrow committed$

($R_{MarkAtomic}$) 마크·원장 원자성 / 선형화 지점

```
CommitLinearize(W,a,b,t):
  atomically:
    if mark(W,a,b)=false then
      mark(W,a,b):=true;
      append log_W(a,b,t,eq_{id}:=fresh)
    else
      reject
```

- 효과: 같은 $\langle a, b, W \rangle$에 대한 동시 커밋 시도는 정확히 하나만 선형화 지점에서 성공.

($R_{LogAppend}$) 원장 속성

append-only, timestamp 순서.
커밋과 마크 갱신은 같은 원자적 구간에서 발생.

($R_{PairCanon}$) 커밋 쌍 정규화

모든 커밋은 표준형 $canon(a, b)$로 기록(예: 사전식).
(대칭으로 인한 (b, a) 이중 커밋 우회 차단.)

($R_{NonTransport}$) 창 스코핑

$mark_W, log_W$는 창-국소. $W \neq W'$면 상호 비운반.

($R_{Demotion}$) 강등

Gate 실패 사유 $s \in RE - REPORT, STRUCT, OBS, BRANCH, \ldots$이면:

- (i) = 미발급,
- (ii) $\approx_{obs}$ 또는 $\equiv_{onto}$로 강등,
- (iii) $log_W(a, b, t, "DEMOTED : "s)$ append

[Appx1.2.4] 보조정리(Lemmas)

Lemma 1 (First-Commit Effects).
R_{EqOpen}이 $\langle a, b, W\rangle$에서 시간 t_0에 적용되면
$mark(W, a, b) = true$ 이고 KaTeX parse error: Double subscript at position 22: …
a,b,t_0,eq_{id}_0)가 원자적으로 기록된다.
Proof. $R_{MarkAtomic}$ 정의. □

Lemma 2 (Gate-Negation by Mark).
$mark(W, a, b) = true$이면 $Gate(W, a, b)$ 내의 $\neg mark(W, a, b)$ 전제는 거짓이므로
R_{EqOpen} 적용 불가.
Proof. $Gate$ 정의 대입. □

Lemma 3 (No Second Commit — Sequential).
$t_1 > t_0$에서 두 번째 R_{EqOpen}을 시도해도 실패한다.
Proof. Lemma 1,2. □

Lemma 4 (No Double-Commit — Concurrency/Race).
동일 시각(또는 겹치는 임계영역)에서 두 프로세스가 동시에 $\langle a, b, W\rangle$ 커밋을 시도해도 정확히 하나만 성공한다.
Proof. CommitLinearize는 mark 검사와 log append를 원자적으로 수행. 진입한 트랜잭션이 $mark : false \to true$로 전이하고 로그를 남기는 순간 선형화. 후발은 $mark : true$를 관측하고 즉시 reject. □

Lemma 5 (Ledger Uniqueness).
log_W에 $\langle a, b\rangle$ 커밋 레코드는 최대 1개. (동일 eq_{id}일 필요는 없으나 commit-tag는 단 한 번)
Proof. Lemma 1,4와 $R_{LogAppend}$. 두 번째 커밋은 원자성 때문에 불가. □

Lemma 6 (Stage Persistence).
stage가 P→S로 진전하더라도 $mark(W, a, b)$는 리셋되지 않는다.
Proof. $A6_G$(Stage-Uniq)와 상태 전이 단조성(역행 금지). 설계상 마크는 유지. □

Lemma 7 (Window Independence).
$W \neq W'$이면 $mark(W, a, b)$는 $mark(W', a, b)$에 영향 없음.
Proof. $R_{NonTransport}$. □

Lemma 8 (Pair Canonicalization).
$R_{PairCanon}$ 하에서 (a, b)와 (b, a)는 같은 표준형으로 수렴하므로, 대칭 우회로 이중 커밋은 불가.
Proof. 정규화 규칙. □

Lemma U (Race-safe Uniqueness).
첫 커밋 시 $mark : false \to true$가 원자적으로 기록.
이후 $\neg mark$ 전제는 영구 위배되어 R_{EqOpen} 재적용 불가.
레이스 상황도 선형화 지점에서 정확히 1회만 성공.
Proof. 동일 $\langle a, b, W\rangle$에 대해 커밋은 최대 1회. □

[Appx1.2.5] Gated Uniqueness (Main Theorem)

정리(T2)
가정된 규칙들 하에서, 임의의 창 W와 쌍 (a, b)에 대하여:

- (i) $a = b$ 커밋은 최대 1회.
- (ii) 커밋은 단일 시점(OneShot) 에 발생하며 반복 불가.
- (iii) 재커밋 시도는 reject 또는 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로 강등.

증명.

- (i) 유일성:
  첫 커밋 시 $mark : false \to true$ (Lemma 1). 이후 모든 시도는 $Gate$의 $\neg mark$ 위배 (Lemma 2)로 R_{EqOpen} 불가.
  레이스가 있더라도 원자성으로 두 번째 성공은 없음(Lemma 4).
  원장은 커밋 태그를 한 번만 보유(Lemma 5). 따라서 최대 1회.

- (ii) 원샷/비반복성:
  커밋은 선형화 시점 t0에 단회로 기록되고(log), $mark$는 지속(Lemma 6).
  이후 시간/단계가 바뀌어도 $mark = true$라 Gate 재충족 불가. 반복 불가.

- (iii) 재시도의 처리:
  재시도는 Gate 실패 사유에 따라 $R_{Demotion}$ 적용: = 미발급, $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$ 강등, 원장에 demoted 기록.
  (Stage 불일치/트레이스 불일치/가드 실패/재보고(RE-REPORT) 등 사유 코드). □

[Appx1.2.6] 따름정리(Corollaries)

Cor. T2.1 (One-Shot Discipline).
$a = b$는 $\langle a, b, W \rangle$에 대해 정확히 한 번만 가능, 이후 비가역.
Proof. T2 (i)(ii)와 Lemma 6. □

Cor. T2.2 (Non-Transport of Commits).
창 W에서 $a = b$가 성립해도 $a = b@W'$는 따라오지 않는다 ($W' \neq W$).
Proof. Lemma 7. □

Cor. T2.3 (Symmetry-Safe Uniqueness).
$R_{PairCanon}$ 하에 (b, a)로의 재커밋 시도 또한 차단.
Proof. Lemma 8 + T2(i). □

Cor. T2.4 (Audit Invariant).
원장 log_W에는 해당 $\langle a, b \rangle$의 commit-tag는 0 또는 1개, 그 외는 전부 DEMOTED:*.
Proof. Lemma 5와 $R_{Demotion}$. □

[Appx1.2.7] 구현/감사용 체크리스트

□ $R_{MarkAtomic}$가 정말 원자적임(마크+로그 한 트랜잭션).
□ $R_{PairCanon}$으로 $(a,b)/(b,a)$ 중복 차단.
□ $R_{LogAppend}$: append-only, timestamp 정렬, eq_{id} 발급 일관성.
□ $A6_G$: 단계 전이 시 mark 미리셋 보장(설계/코드 주석 필수).
□ $R_{Demotion}$: 모든 Gate 실패 사유에 강등 경로가 있으며, 커밋 미발급이 명시됨.
□ 동시성 테스트: 동시 커밋 1000회 시뮬레이션 → 커밋 1, 나머지 RE-REPORT 강등이 기록되는지.

[Appx1.3] — Gate-Completeness (T3)

[Appx1.3.1] 전제와 표기(정리)

가정(활성 규율):
R_{EqOpen} (AUG_{eq}),
Stage-Consistent,
$A1_G$(Window-Fix),
$A2_G$(abs-invariance),
$A3_G$(trace-stable),
$A6_G$(OneShot).

보조 운용 규칙(명문화; T2와 일관):
$R_{MarkAtomic}$: mark/ledger 원자 갱신(선형화 지점).
$R_{LogAppend}$: ledger append-only & 시간순.
$R_{NonTransport}$: 창 스코핑(비운반).
$R_{Demotion}$: Gate 실패 시 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로 강등(= 미발급).
(선택) $R_{PairCanon}$: $\langle a, b\rangle$ 정규화(대칭 우회 차단).

핵심 술어:

$$Gate(W, a, b) :\equiv \delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a) \approx \sigma_{trace}(b) \wedge Stage - Consistent(W, a, b)$$

도입 규칙(유일):
R_{EqOpen}

- 전제: $Gate(W, a, b) \Longrightarrow$ 결론: $\vdash_W \ (a = b)$
- 부작용: $mark(W, a, b) := true \wedge log_W(a, b, t, eq_{id}) \leftarrow committed.$

[Appx1.3.2] 충분성(Sufficiency): Gate ⇒ Commit

목표. $Gate(W, a, b)$가 성립하면 추가 가정 없이 $a = b$를 도출할 수 있음을 보인다.

Step S1 – $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)$ 검증($A2_G$)
$\delta_{abs} : D \to H$가 $Aut(D, -)$ 불변. $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \Leftrightarrow \exists f \in Aut(D, -)$ s.t. $f(a) = b$.
→ 해당 조건은 잘정의·유한 계산 가능(해시/불변자 비교).

Step S2 – $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$ 검증($A3_G$)
정규화 N1–N4, 지표 M1–M5, 결정 D1–D3(EXACT/NEAR/OTHERWISE)로 $\sigma_{trace}(a) \approx \sigma_{trace}(b)$ 판정(T8).
$A3_G$로 추적은 운용사에 안정적. → 결정절차적.

Step S3 — Stage-Consistent 검증
$stage(W_a) = stage(W_b)$ (태그 비교). 단계는 단조, 역행 금지.

Step S4 — Guards 검증
$Exh/Det/Coh/No3/Arrow$는 시점·창·객체에 대한 유한 술어. 참이면 통과.

Step S5 – $\neg mark(W, a, b)$ 검증($A6_G$)
마크 레지스터 조회. $false$일 때만 1회 면허 가능.

Step S6 — 규칙 적용
S1–S5로 $Gate$ 성립 ⇒ R_{EqOpen} 적용:

```
δ_{abs} = ∧ σ_{trace}≈ ∧ stage=S ∧ Guards ∧ ¬mark
──────────────────────────────────────────
 a = b
```

동시에 $R_{MarkAtomic}$로 mark:true 및 log_W(…,committed)가 원자적 반영.
⇒ 충분성 성립.

[Appx1.3.3] Gate-Completeness (Main Theorem; Gated One-Shot)

정리(T3).
T2(특히 Lemma U: Race-safe Uniqueness) 참조.
해당 결과에 의해 동일 $\langle a, b, W \rangle$에 대한 커밋은 최대 1회이며, 레이스 상황에서도 선형화 지점에서 정확히 하나만 성공한다. (같은 W에서 단 한 번)
⇒ 요약: T3 결론의 "유일한 커밋" 부분은 Lemma U(=T2)로 즉시.

[Appx1.3.4] 필요성(Necessity): Commit ⇒ Gate

목표. $\vdash_W (a = b)$이면 다섯 전제가 필요함을 보인다.

Lemma I (규칙 역추적 Inversion).
본 체계에서 =를 새로 도입하는 규칙은 오직 R_{EqOpen}. (No3Lock/T1)

Proof idea. 유도 트리 높이에 대한 귀납: 상위 규칙이 R0/치환이면 "="은 전제에서 왔어야 하고, 새 도입은 오직 R_{EqOpen}. □

Proof (필요성). 유도 끝자락에서 R_{EqOpen}이 쓰였으므로 그 전제들, 즉 $\delta_{abs} =, \sigma_{trace} \approx, stage-consistent, Guards, \neg mark$가 모두 성립. □

[Appx1.3.5] 완전성(Completeness) 결론

Sufficiency(§1) + Necessity(§3) ⇒
$Gate(W, a, b)$의 다섯 전제는 $a = b$ 도출에 필요충분.
유일성은 §2로 보장. T3 성립. □

[Appx1.3.6] 따름정리(Corollaries)

Cor 3.1 (Aut(D,−)-Invariance).
$a = b$이면 임의 $f \in Aut(D, -)$에 대해 $f(a) = f(b) @ f(W)$.
Proof. $A2_G$로 δ_{abs} 보존, σ_{trace}/guard/stage는 프레임 불변 설계. $Gate$ 보존 ⇒ R_{EqOpen} 재적용. □

Cor 3.2 (Trace-Stability).
외부 개입 없으면 $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$ 판정은 동일 창 W에서 안정.
Proof. A3_G. □

Cor 3.3 (Gate as a Decision Procedure).
$Gate(W, a, b)$는 결정가능.
Proof. 다섯 전제 모두 유한 계산:

- (i) δ_{abs} 비교,
- (ii) T8 결정,
- (iii) 태그 비교,
- (iv) guard 평가,
- (v) 레지스터 조회. □

Cor 3.4 (Audit Invariant).
log_W에는 $\langle a, b \rangle$의 commit 태그는 0 또는 1개, 나머지는 DEMOTED:*.
Proof. Lemma U + $R_{LogAppend}$ + $R_{Demotion}$. □

[Appx1.3.7] 약화된 전제들의 불완전성(역사례 요약)

Case A (stage 불일치): $\delta_{abs} = \wedge trace \approx$이나 stage 실패 ⇒ $R_{Demotion}$(STRUCT) ⇒ $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$, = 미발급.

Case B (trace 실패): $\delta_{abs} = \wedge stage \wedge Guards \wedge \neg mark$이나 $\sigma_{trace} \approx$ 실패 ⇒ $R_{Demotion}$ (OBS).

Case C (OneShot 위반): 전부 충족이나 $mark = true \Rightarrow R_{Demotion}$(RE-REPORT).

모두 커밋 부정. ⇒ 각 전제는 필수.

[Appx1.3.8] 구현/감사용 체크리스트

◻ R_{EqOpen} 전제 목록이 Gate의 다섯 항과 정확히 일치.
◻ $R_{MarkAtomic}$: mark+log 동일 트랜잭션.
◻ $R_{LogAppend}$: append-only, 시간순, eq_{id} 일관.
◻ $R_{NonTransport}$: 창 지역성 보장(비운반).
◻ $R_{Demotion}$: 실패 사유 코드(STRUCT/OBS/RE-REPORT/BRANCH…) 기록.
◻ (선택) $R_{PairCanon}$: $(a, b)/(b, a)$ 중복 방지.
◻ T8 구현이 N/M/D 파이프라인(정규화/지표/결정)을 결정적으로 수행.

[Appx1.4] — Conservativity (T4)

[Appx1.4.1] 전제와 표기 (정리)

가정(활성 규율):
R_{EqOpen}(AUG_{eq}),
NoCompute,
No3Lock,
$R_{NonTransport}$(창 스코핑),
$R_{Demotion}$(강등),
$A1_G, \ldots, A6_G$(Anchors).

보조 운용 규칙(문서 전역 표준):
$R_{MarkAtomic}$(mark/ledger 원자 갱신),
$R_{LogAppend}$(append-only), $R_{PairCanon}$(쌍 정규화).
(주: T1의 κ는 mark의 창-국소 증거자. $mark(W, a, b) := (\kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W)$.)

언어 단편:
L_{UPS}(UPS 전부: $\mathcal{W}, Gate, =, \approx_{obs}, \equiv_{onto}$ 포함)
L_{base}(=-free: 창 라벨·커밋 없음, FDE/LP 논리만. 필요시 $\approx$, $\equiv$는 라벨 없는 버전으로 허용)

정리 진술(보수성):
$\Gamma, \varphi \in L_{base}$에 대해

$\Gamma \vdash_{FDE} \varphi \Leftrightarrow \Gamma \vdash_{UPS} \varphi$.
즉 =-free 단편에서 UPS는 FDE/LP와 증명력이 동일.

[Appx1.4.2] 소거사상(Erasure)과 의미 사영(Reduct)

정의 E1 (구문 소거 $E_{syntax} : Der_{UPS} \to Der_{FDE}$)
(i) 창 라벨 제거: $W \vdash \Gamma \Rightarrow \Delta \mapsto \Gamma \Rightarrow \Delta$
(ii) 커밋 등호: $(a = b) \mapsto \varepsilon$ (삭제)
(iii) 관찰 동치: $(a \approx_{obs} b) \mapsto (a \approx b)$
(iv) 존재론 동치: $(a \equiv_{onto} b) \mapsto (a \equiv b)$
(v) Gate/Guards류: $Gate(\ldots), Guards \mapsto \varepsilon$
(vi) FDE 규칙: 보존(동형 매핑) – $\wedge, \vee, \to, \neg$ 규칙 동일

정의 E2 (의미 사영 $E_{sem} : Mod_{UPS} \to Mod_{FDE}$)

$$M_{UPS} = \langle \mathcal{W}, D, Val, stage, \delta_{abs}, trace, Guards, mark, log \rangle \mapsto M_{FDE} = \langle D, Val \rangle$$

창/게이트/마크/원장 삭제; 진릿값 해석 Val은 동일 유지(FDE 4값).

레마 E3 (부분식 성질 보존):
$E_{syntax}(\pi)$에 나타나는 모든 식은 원 유도 π의 부분식.
증명 스케치. E_{syntax}는 삭제만 수행, 추가 없음 → 높이-귀납으로 즉시. □

레마 E4 (동형성/함자성):
FDE/LP 규칙 R에 대해 $E_{syntax}(R(\pi_1, \ldots, \pi_k)) = R(E_{syntax}(\pi_1), \ldots, E_{syntax}(\pi_k))$.
UPS 전용 규칙(R_{EqOpen}, Gate류, Demotion)은 소거 후 ε 또는 동치식으로 축약. □

[Appx1.4.3] 충분성 (Soundness): $UPS \vdash \to FDE \vdash$

목표: $\Gamma \vdash_{UPS} \varphi$이고 Γ,φ∈L_{base}이면 $\Gamma \vdash_{FDE} \varphi$.

증명(유도 높이 h에 대한 귀납):

- 기저 $h = 0$.
  - FDE 공리 → E_{syntax}로 불변.
  - UPS 전용 공리/상태술어 → $E_{syntax} = \varepsilon$, φ가 L_{base}이므로 기여 없음. (No3Lock+T1로 =는 Gate 없이 불가)
- 귀납 단계 $h \mapsto h + 1$. 마지막 규칙 R 별 케이스:
  - A. 표준 FDE/LP 규칙: 레마 E4로 규칙 보존 → 귀납가정으로 전제 유효 → 결론 유효.
  - B. R_{EqOpen}(커밋 도입): φ는 =-free → 커밋식은 E_{syntax}에서 삭제 → 나머지로 φ 유도 유지.

- C. R_{Demotion}(강등): $\approx_{obs}$, $\equiv_{onto}$는 라벨 제거 후 ≈,≡로 잔존 → FDE에서도 동치로 취급 가능.
- D. Gate/Window류: L_{base} 결론엔 불필요 → 삭제되어도 유도선 보존.

따라서 $E_{syntax}(\pi)$는 FDE 유도. □

[Appx1.4.4] 완전성 (Completeness): FDE ⊢ → UPS ⊢

E_{embed}(임베딩)로 역방향을 채운다.

정의 E5 (임베딩$ E_{embed} : Der_{FDE} → Der_{UPS}$)

- (i) 모든 식에 중립 창 라벨 W_0 부착 (window-fix).
- (ii) FDE 규칙 ↦ 동일 이름 UPS 규칙 (라벨만 유지).
- (iii) UPS 전용 구문($=, Gate, mark$)은 사용하지 않음.
- (iv) 필요시 $(\approx, \equiv)$는 $(\approx_{obs}, \equiv_{onto})$로 표기 승격(라벨만 추가).

레마 C1 (임베딩의 유도 보존):
π가 FDE 유도면 $E_{embed}(\pi)$는 UPS 유도이고 같은 결론 φ를 낳는다.
증명. 높이-귀납. FDE 규칙은 UPS 규칙의 부분집합, 라벨은 중립적. □

라운드트립 성질(핵심):
$E_{syntax}(E_{embed}(\pi_{FDE})) = \pi_{FDE}$ (정확한 반사)
$E_{embed}(E_{syntax}(\Pi_{UPS})) \preceq \Pi_{UPS}$ (유도 축약; =/Gate 분기 제거)

첫 줄은 "손실 없는" 역상, 둘째 줄은 "=/Gate 분기 제거 후" 동일 결론으로 축약됨. □

[Appx1.4.5] Conservativity (Main Theorem)

정리(T4).
$\Gamma, \varphi \in L_{base}$에 대해 $\Gamma \vdash_{FDE} \varphi \Leftrightarrow \Gamma \vdash_{UPS} \varphi$.

증명:
(⇒) C1과 E_{embed}로 즉시.
(⇐) §2 귀납(소거)로 즉시. □

Corollary T4.1 (의미론적 보수성).
$\varphi \in L_{base}$에 대해 $\vDash_{FDE} \varphi \Leftrightarrow \vDash_{UPS} \varphi$.
증명. E_{sem}(모형 사영)과 위 증명론적 보수성으로 따름. □

[Appx1.4.6] 비간섭성 (Non-Interference)

Lemma NI1 (UPS 구문의 L_{base} 독립성).
L_{base} 유도에서 $=, Gate, mark$ 등은 필수가 아니다.

증명. No3Lock+T1: =는 오직 R_{EqOpen}으로만, 그리고 $Gate$ 필요. L_{base} 유도엔 $Gate$가 없으므로 = 불가. 강등 생성 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$는 라벨 제거 후 L_{base}의 $\approx$ / $\equiv$와 동형. □

Lemma NI2 (값 층 보존)
$\varphi \in L_{base}$에 대해 $Val_{UPS}(\varphi) = Val_{FDE}(\varphi)$.
증명. 해석은 동일 4값, 창·마크는 L_{base} 해석에 무관. NoCompute는 B-판정의 규칙 적용 제한이지 값 변조가 아님. □

Corollary NI3 (EFQ 비유도 보존).
FDE에서 EFQ가 비유도이면 UPS에서도 비유도.
증명. T1(Paraconsistent Safety) + Conservativity. □

[Appx1.4.7] 컷 제거와의 양립 (Cut-Elimination Compatibility)

Lemma CE1 (Local Cut-Elim on =-free Slices).
UPS 유도 π에서 =가 나타나지 않는 슬라이스는 FDE 방식의 로컬 컷 제거 가능.
증명. =는 Gate 경유 도입. =-free 구간은 Gate와 독립 → FDE와 동일한 높이-귀납으로 컷 제거. □

Corollary CE2.
L_{base}에서 Cut-free 유도가 존재하면 UPS에서도 Cut-free 유도가 존재.
증명. E_{embed}는 $= /Gate$를 사용하지 않으므로 컷 프리 성질이 그대로 보존. □

[Appx1.4.8] 모델론적 보수성 (카테고리/인스티튜션 관점)

함자적 구성:
$R : Mod_{UPS} \to Mod_{FDE}$ (Reduct : 창/게이트 삭제)
$E : Mod_{FDE} \to Mod_{UPS}$ (Expansion : 중립창 W_0 추가, $Guards := \top, mark := false$)

성질:

- 보존(Preservation): 임의의$M_{UPS}, \varphi \in L_{base}$에 대해
  $M_{UPS} \vDash \varphi \Leftrightarrow R(M_{UPS}) \vDash \varphi$.
- 반사(Reflection): 임의의 $N_{FDE}, \varphi \in L_{base}$에 대해
  $N_{FDE} \vDash \varphi \Leftrightarrow E(N_{FDE}) \vDash \varphi$.

인스티튜션 코모르피즘:

$$(Sign_{UPS} \to Sign_{FDE}, Sen_{UPS} \to Sen_{FDE} := E_{syntax}, Mod_{FDE} \leftarrow Mod_{UPS} := R)$$

Satisfaction condition: $R(M) \vDash E_{syntax}(\psi) \Leftrightarrow M \vDash \psi$ (ψ가 L_{base}일 때 자명). □

[Appx1.4.9] 구현 체크리스트 (Audit/Tooling)

□ =-free 식별: 증명 트리에서 =/Gate/mark 탐지 → 없으면 곧바로 FDE 경로.
□ E_{syntax} 적용: 부분식 성질(E3) 검사 통과.
□ FDE 검증: 외부 FDE 체커로 E_{syntax}(π) 유효성 확인.
□ 역임베딩: E_{embed}로 UPS 유도 재구성(라벨만 부착, =/Gate 미사용).
□ 라운드트립: E_{syntax}(E_{embed}(π))=π 점검, E_{embed}(E_{syntax}(Π)) ⪯ Π 확인.
□ 모델 사영: 샘플 모형들에 대해 Val_{UPS}(φ)=Val_{FDE}(φ) 런타임 어서션.

[Appx1.4.10] 확장성 코롤러리

Cor T4.2 (FDE/LP 확장성).
UPS는 FDE 및 LP에 대해 보수적. (LP=FDE+공리, L_{base}에선 동일 절차로 유지.) □

Cor T4.3 (Institution 보존).
UPS↔FDE 사이에 인스티튜션 코모르피즘이 존재, 만족조건 보존. □

[Appx1.5] — Observational Priority (T5)

[Appx1.5.1] 전제와 표기 (정리)

가정(활성 규율):

$$A3_G(Trace - Stable), R_{NoPromo}, R_{Demotion}, R_{EqOpen}, Coh_{obs}/Coh_{str}.$$

보조 운용 규칙(문서 전역 표준):
R_{scope}(범위),
KaTeX parse error: Double subscript at position 10: R_{chain}_{obs}(체이닝),
$R_{MarkAtomic}/Log$(원자 기록; T2 참조).

[Appx1.5.2] 관계/범위/우선순위:

$\approx_{obs}$: 관찰 동치 (전역; 다창 허용)— 가장 넓은 범위, 가장 약한 의미
$\equiv_{onto}$: 존재론 동치 (D 내부; via-중재) — 중간
$=$: 등호, 대상의 동일성— 가장 강한 의미, 가장 좁은 범위

우선순위: $\approx_{obs} \succ \equiv_{onto} \succ =$
('우선순위'는 보고/결정 해석 순서를 뜻함. 진리값의 소거가 아님.)

주: κ와 $mark$ 표기는 T1 패치와 동일. $mark(W, a, b) := (\kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W)$.

Appx1.5.3 관찰 동치의 형식 정의와 성질 (정규 패치 v2)

정의 O0 (앵커·관찰 서명).
앵커는 관찰을 전역 표기에서 결정적으로 고정한다.

- $anchor_{sig}$: $D \to (W \times T)$ (전역·결정적·총함수)
- $obs_{sig}(x)$: 뷰-토큰에 대해: $obs_{sig} : D\prime \to Hash, obs_{sig}(x) := H(normalize_q(x))$.
  값-개체에도 확장 시: $obs_{sig} : D \to Hash, obs_{sig}(x) := H(normalize_q(Obs(x)))$.
- $ObsSig := TraceCanon \times KeyCanon \times StageTag \times DeployFlag$
- $StageTag(a) := stage(anchor_{sig}(a)), DeployFlag(a) := deploy(anchor_{sig}(a))$
- $Obs : D \to ObsSig, Obs(x) := \langle Canon(trace(x)), key_canon(x), StageTag(x), DeployFlag(x)\rangle$
- 같은 창 W에서 $y = \pi_W(a)$라면 $obs_{sig}(y) = H(normalize_q(Obs(a)))$.
  $\Rightarrow a \approx_{obs} b \Leftrightarrow \pi_W(a) \approx_{obs} \pi_W(b)$
  이유: StageTag/DeployFlag가 ObsSig 안에 이미 들어 있으므로, 창·시점·채널 선택이 내장됨

정의 O1 (관찰 동치).

- 값-층(기본): $a \approx_{obs} b :\equiv Obs(a) = Obs(b)$.
- 뷰-층(동일의 재표현): $y_1 \approx_{obs} y_2 :\equiv obs_{sig}(y_1) = obs_{sig}(y_2)$.
- 범위: $Scope(\approx_{obs}) = D \times D$ (전역). 앵커로 인해 창 선택은 의미에 내장되어 모호성 없음.

레마 O2 (≈_{obs}는 동치관계).
TraceCanon/KeyCanon/StageTag/DeployFlag가 결정적이므로 반사·대칭·전이 성립. □

범위 분리와 포함(타입 정합 버전).

- $Scope(=) = D_W \times D_W, Scope(\equiv_{onto}) = D_{onto} \times D_{onto}, Scope(\approx_{obs}) = D \times D$.
- 삽입사상: $\iota_1 : D_W \hookrightarrow D_{onto}, \iota_2 : D_{onto} \hookrightarrow D$.
- 레마 P2′(형식 포함): $(ι_1×ι_1)(Scope(=)) ⊂ Scope(≡_{onto}) $
  그리고 $(\iota_2 \times \iota_2)(Scope(\equiv_{onto})) \subseteq Scope(\approx_{obs})$. □

No-Promotion (승격 금지) — 규칙화.
NP1: $a \approx_{obs} b$만으로는 $a \equiv_{onto} b$ 아님(추가로 $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)$ 필요).
NP2: $a \equiv_{onto} b$만으로는 $a = b$ 아님(추가로 $Gate(W, a, b)$ 필요).
레마 NP3(격리 효과): NP1/NP2로 각 관계층은 독립 저장, 자동 승격 불가. □

반례(필요성):
$\approx_{obs} \not\Rightarrow \equiv_{onto}$ — σ_{trace}가 같아도 δ_{abs} 다르면 실패.
$\equiv_{onto} \not\Rightarrow \approx_{obs}$ — 구조가 같아도 KaTeX parse error: Double subscript at position 10: σ_{trace}_{norm} 다르면 실패. □

체이닝과 전이적 폐포 + 종료 보장.

- 정의 C1(체이닝): $a \rightsquigarrow^n_{obs} b :\equiv \exists(a_1, \ldots, a_n).a \approx_{obs} a_1 \approx_{obs} \ldots \approx_{obs} a_n \approx_{obs} b(n \geq 0)$.
- 레마 C2(전이적 폐포): $a \rightsquigarrow^n_{obs} b \Rightarrow a \approx_{obs} b$ (O2 전이로 귀납). ◻
- 규칙 C3(체이닝 제한): $n > n_{max}$면 $R_{Demotion}$("chain-too-long") 발생, 전파 중지.
- 레마 C4(종료성): 유한 상수 n_{max}로 무한 체이닝 차단. ◻
- Guard 연동: Coh_{obs}$ 실패 시 해당 링크 강등(Obs incoherence). ◻

우선순위 해석자(Resolver) — 결정 절차.

정의 R0(관계 집합): $Rel(a, b) := r \in \approx_{obs}, \equiv_{onto}, =|r(a, b)$.

정의 R1(Resolve):

```
Resolve(a,b) :=
if (≈_{obs} ∈ Rel(a,b))  return ≈_{obs}
else if (≡_{onto} ∈ Rel(a,b)) return ≡_{onto}
else if (= ∈ Rel(a,b))  return =
else return ⊥
```

주: 우선순위는 보고/정책 순서. 세 관계는 동시에 저장되며, Resolve는 리포트 선택자일 뿐 사실 삭제가 아니다.

레마 R2(성질): (결정성) 단일 결과 반환; (멱등성) 반복 호출해도 결과 불변; (단조성) 사실 추가는 결과를 동일 또는 더 상위 우선으로만 이동시킨다(≈_{obs}가 최우선).

Gate 상호작용(정당 경로).

레마 G1: $a \approx_{obs} b \wedge a \equiv_{onto} b \wedge Gate(W, a, b)$이면 R_{EqOpen}으로 $a = b$.

레마 G2: $a \approx_{obs} b$만으로는 Gate 불충족 가능(특히 $\delta_{abs}(a) \neq \delta_{abs}(b)$일 때). ◻

[Appx1.5.4] Observational Priority (Main Theorem)

정리(T5).
가정: $A3_G, R_{NoPromo}, R_{Demotion}, Coh_{obs}$.

(i) $a \approx_{obs} b$가 성립하면 체이닝을 통해 전파되며(C2),
(ii) 이 과정에서 $R_{NoPromo}$에 의해 $\equiv_{onto} / =$로 자동 승격되지 않으며(NP3),
(iii) 단, $\approx_{obs} \wedge \equiv_{onto} \wedge Gate$일 때만 정당하게 =가 도출되고(G1),
(iv) 체이닝은 n_{max}로 제한되어 유한 종료된다(C4).

증명.
Step 1: O2,C2로 $\approx_{obs}$의 전이적 폐포 성립.
Step 2: NP1/NP2로 자동 승격 부정.

Step 3: G1/G2로 게이트 경유 승격만 허용.
Step 4: C3/C4로 종료 보장. □

교차 정리·부수 결과
Cor T5.1 (전역성): $\approx_{obs}$는 창 경계 무관(전역). □
Cor T5.2 (필요성): $R_{NoPromo}$ 제거 시, $\approx_{obs} \Rightarrow \equiv_{onto}$ 같은 지름길로 T3의 Gate 완전성을 침식. □
Cor T5.3 (Coherence 연동): Coh_{obs}가 링크별 관찰 일관성 보증, 위반 시 강등 호출. □
Cor T5.4 (Resolver-정합성): Resolve는 T2 유일성, T3 완전성과 양립. (=는 보존, 보고는 ≈ 우선) □

[Appx1.5.5] 구현 체크리스트 (현실 검증)

□ Obs 계산: KaTeX parse error: Double subscript at position 10: σ_{trace}_{norm}/key_cano… 결정적 산출($A3_G$).
□ 체이닝: BFS/DFS로 $n \leq n_{max}$ 경로 탐색, 각 링크에 Coh_{obs} 검증.
□ No-Promo: $\approx_{obs}$ 기록 시 $\equiv_{onto}$ / $=$ 자동 생성 금지(정책 레벨).
□ Gate 경로: $\delta_{abs} = \cdot \, trace \approx \cdot \, stage \cdot \, guards \cdot \, \neg mark$ 모두 OK일 때만 R_{EqOpen}.
□ 로그 분리: log_{obs}(전역), log_{onto}(D 내부), log_W(창 국소) 분리 기록.
□ Resolver: 질의시 $Resolve(a, b)$로 보고 계층 결정(사실 소거 금지).

[Appx1.5.6] 토이 예제 (Socrates) — 우선순위 적용

(1) $a = id_A(Socrates : Human), b = id_B(Sokrates : Horse)$

(2) $Obs(a) = Obs(b) \Rightarrow a \approx_{obs} b$.

(3) $\delta_{abs}(a) \neq \delta_{abs}(b) \Rightarrow a \not\equiv_{onto} b$.

(4) Gate에서 δ_{abs} 실패 ⇒ $a = b$ 불가.

(5) $Resolve(a, b) = \approx_{obs}$ (보고는 관찰 우선), onto/commit 사실은 생성되지 않음. □

메타-성질 (정합성/보존성)

(비파괴성): 우선순위는 보고 계층만 바꾼다. 등호/존재론 사실은 기록·보존.
(단조성): 사실이 추가될수록 Resolve 결과는 ⊥ → = → $\equiv_{onto}$ → $\approx_{obs}$로만 이동하거나 유지.
(합치성): T1(안전성), T2(유일성), T3(완전성), T4(보수성)과 양립.

[Appx1.6] — Anchoring (T6)

[Appx1.6.1] 전제와 표기(정리)

활성 Anchors:

$A1_G(Window-Fix), A2_G(abs-invarianceunderAut(D,-)), A3_G(Trace-Stable), .$

보조 운용 규칙(문서 전역 표준):

$R_{EqOpen}(AUG_{eq}), R_{MarkAtomic}(mark/ledger\text{원자갱신}), R_{LogAppend}(append-only), R_{Non}$

표기 통일(κ↔mark):
$mark(W,a,b) := (\kappa(W,a,b) \in IssuedKeys_W)$.
(T1의 κ는 mark의 창-국소 증거자; 본문에선 $mark$를 표준으로 사용.)

앵커 개념 요약:
$anchor(a) = \langle W,x,t\rangle$. 창 W·객체 x·발급시각 t(EndT)의 고정점.

[Appx1.6.2] 형식 인터페이스(시그니처)와 생성 규칙

정의 A1 (앵커)
$anchor(a) := \langle W,x,t\rangle$ ($W \in Window, x \in D, t \in T$).
앵커는 최초의 승인된 커밋 경로에서 참조측 객체로 바인딩된다.

정의 A2 (참조측 결정; 정규화)
커밋 후보 $\langle u,v\rangle$에 대해 $ref(u,v) := argmin_canonu, v$ (예: 사전식/해시 기준).
앵커는 항상 $x := ref(a,b)$에 바인딩. (대칭 경로 우회 방지)

정의 A3 (앵커 서명)
$anchor_{sig} := H(W,x,t,\sigma_{trace}(x),\delta_{abs}(x),epoch)$. (충돌 저항 해시)

규칙 R_{anchor} (생성)
전제: $Gate(W,a,b) \wedge R_{EqOpen}$ 적용 가능 $\wedge x := ref(a,b)$
결론:$ ⊢ anchor(⟨W,x,t⟩), eq_{id} := H(W, a, b_sym, t, anchor_{sig}, obs_{sig})$
부작용(원자): $mark(W,a,b) := true \wedge log_W(a,b,t,eq_{id},anchor_{sig}) \leftarrow committed$

규칙 KaTeX parse error: Double subscript at position 11: R_{anchor}_{atomic} (선형화 지점)
$AnchorLinearize(W,x,t)$는 $mark$· log· $anchor_{sig}$를 한 트랜잭션에서 기록.
레이스 시도 간 정확히 하나만 성공(나머지는 즉시 REJECT).

규칙 $R_{singleton}$ / $R_{stability}$
$R_{singleton}$: 창 W 당 anchor 최대 1개 (중복 시도 REJECT).
$R_{stability}$: 앵커 생성 후 $(W,\sigma_{trace}(x),stage(W))$는 고정/단조.

[Appx1.6.3] Window-Fix ($A1_G$)

Axiom $A1_G$ (Window-Fix)
앵커 생성 후, 모든 후속 연산의 창 파라미터는 W로 강제. $W \to W'$ 전환 금지.

Lemma WF1 (구조적 고정)
log_W에 $anchor_{sig}$가 기록되면, 아무 유도에서도 $W' \neq W$로의 호출은 $R_{NonTransport}$(Non-Transport) 위반으로 강등/거부. □

Lemma WF2 (호환성)
Window-Fix는 T2/T5의 비운반성 전제를 구조적으로 보장. (창 간 전파 없음) □

[Appx1.6.4] Trace-Stable ($A3_G$)

Axiom $A3_G$ (Trace-Stable)
t 이후 $\sigma_{trace}(x, t') = \sigma_{trace}(x, t)$ for all $t' \geq t$. 외부 변경은 무력화.

Lemma TS1 (스냅샷 세멘틱스)
앵커 시점 t의 $\sigma_{trace}(x)$는 $log_W(..., anchor_{sig})$로 스냅샷되어, 이후 질의는 원장 스냅샷을 우선 참조한다(append-only). □

Lemma TS2 (T2 정합성)
Trace가 변하지 않으므로, 동일 $\langle a, b, W \rangle$ 재검증에서 Gate 결과가 뒤집히지 않아 T2의 유일성/원샷이 의미론적으로 고정된다. □

[Appx1.6.5] Stage-Jump Prevention (A5_G)

Axiom $A5_G$ (단조성)
$stage(W, \cdot)$는 U < P < S 부분순서에 대해 비감소. 역행/직접점프 금지.

Lemma SJ1 (역행/점프 금지의 필요성)
역행/점프 허용 시, 동일 $\langle a, b, W \rangle$가 다른 단계에서 재게이트되어 T2를 파괴(중복 커밋 위험). □

Lemma SJ2 (전이 규칙)
U→P(Fix 진입), P→S(Commit 방출). U→S 직접전이 금지. □

[Appx1.6.6] Stage-Uniq & Mark 결합 (A6_G)

Axiom A6_G (OneShot)
$mark(W, a, b) = true$이면 이후 모든 R_{EqOpen}이 차단.

Lemma SU1 (앵커-마크 원자 결합)
KaTeX parse error: Double subscript at position 11: R_{anchor}_{atomic}에 의해
$anchor \cdot mark \cdot log$가 동시에 기록 ⇒ 재커밋 경로는 규칙적으로 붕괴. □

Lemma SU2 (레이스 안전성)
동시 커밋 시도는 선형화 지점에서 정확히 하나만 성공(나머지 REJECT). (T2 Lemma U와 동일 패턴) □

[Appx1.6.7] Singleton per Window

Lemma SA1 (싱글톤)
창 W에는 anchor 최대 1개.
Proof. 최초 성공 이후 $R_{singleton}$+Window-Fix($A1_G$; Lemma: WF1)로 재생성 불가. □

Cor SA2 (유일성)
$anchor(\langle W, x1, t1\rangle)$와 $anchor(\langle W, x2, t2\rangle)$가 둘 다 기록되었다면 동일 앵커. (정규화+선형화로 동일 $eq_{id}/anchor_{sig}$) □

[Appx1.6.8] Aut-invariance ($A2_G$)

Axiom $A2_G$
$\delta_{abs}(f(z)) = \delta_{abs}(z)$ for all $f \in Aut(D, -)$.

Lemma AI1 (앵커의 오토 불변성)
$anchor_{sig}$ 가 $\delta_{abs}(x)$를 내재화하므로, $f(a) = \langle f(W), f(x), t\rangle$에서도 δ_{abs} 성분 보존. (추적은 앵커 스냅샷을 참조하므로 영향 無) □

Cor AI2 (T3 연동)
Gate의 $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)$ 조건은 앵커 이후에도 불변. □

[Appx1.6.9] Outsourcing Ban ($A4_G$)

Axiom A4_G
$\pi \circ \sigma_{trace}$는 비정의. 시도 시 REJECT.

Lemma OS1 (앵커 안정성 보호)
외주 허용 시 전역 사영으로 σ_{trace}가 오염되어 TS1/TS2 붕괴 ⇒ A4_G는 앵커 안정성의 전제. □

[Appx1.6.10] (보강) 앵커-게이트 상호작용

Lemma AG1 (Anchored Gate Consistency)
앵커 이후 동일 $\langle a, b, W\rangle$에 대한 Gate 평가에서 $\sigma_{trace}/\delta_{abs}/stage$ 항은 고정되므로, Gate 판정은 결정적/반복 일관. □

Lemma AG2 (Re-anchor 불가)
Window-Fix+Singleton으로 W 내 re-anchor는 구조적으로 차단. □

[Appx1.6.11] Anchoring (Main Theorem)

정리(T6). $A1_G$–$A6_G$ 하에서, $anchor(a) = \langle W, x, t\rangle$가 생성되면:

(i) Window-Fix: 이후 모든 연산은 창 W로 고정(WF1).
(ii) Trace-Stable: σ_{trace}(x)는 스냅샷으로 고정되어 불변(TS1).

(iii) Stage 단조: stage(W)는 역행/점프 없이 비감소(SJ2).
(iv) Singleton: W 당 앵커 최대 1개(SA1).
(v) Aut-invariance: 앵커는 $Aut(D,-)$ 아래에서도 δ_{abs} 성분 보존(AI1).

증명. 각 항목은 해당 레마로 즉시. □

[Appx1.6.12] 교차 정리(연동)

Cor T6.1 (↔ T2/T3 전제 보장)
$A6_G$→T2 유일성 보장, $A2_G$→T3 δ_{abs} 전제 유지, A3_G→T3 σ_{trace} 전제 유지. □

Cor T6.2 (↔ T1 외주 차단)
$A4_G$로 외주 경로 불능 ⇒ T1의 EFQ 차단 경로가 설계-수준에서 봉쇄. □

Cor T6.3 (Life-Cycle)
생성(R_{EqOpen} 시) → 활성(스냅샷·윈도 고정 적용) → 종료(TTL/W close). □

[Appx1.6.13] 구현/감사 체크리스트

□ AnchorLinearize: $mark + log + anchor_{sig}$ 원자 수행 검증.
□ Window-Fix: W 변경/교체 시도 전부 REJECT 로그 존재.
□ Trace-Stable: 런타임 σ_{trace} 조회가 항상 원장 스냅샷을 참조.
□ Stage-Jump: U→P 직행/역행 탐지시 REJECT 규칙 동작.
□ Singleton: W당 앵커 ≤ 1 보증(중복 시도 REJECT).
□ Aut-invariance: δ_{abs} 재계산=앵커 기록치 일치.
□ No-Outsourcing: $\pi \circ \sigma_{trace}$ 호출 시 REJECT가 남는지.

[Appx1.6.14] 토이 예제(Socrates) — T6 적용

(1) $W := W_{SocratesCluster}, x := id_A(Socrates), t := t0$.

(2) Gate 통과 시 $anchor_{sig} := H(W, x, t, trace(x), \delta_{abs}(x))$ 기록.

(3) 이후 $W \to W'$ 변환/$\sigma_{trace}(x)$ 수정/U→P 직행 시도는 각각 REJECT.

(4) 동일 '$\langle a, b, W \rangle'$ 재평가 시 Gate 성분 불변 ⇒ 커밋 재발행 불가(T2 일치). □

[Appx1.6.15] 메타-인변량(요약)

Anchor-Invariant:
'$t' \geq t'$이면
'$Window(t') = W \wedge \sigma_{trace}(x, t') = \sigma_{trace}(x, t) \wedge stage(W, t') \geq stage(W, t)$'.

Audit-Invariant:
log_W에는 $\langle a, b\rangle$의 commit 태그 ≤ 1, anchor_{sig}는 변경 불가(append-only).

Resolver-Safety:
앵커는 T5의 우선순위($\approx\succ\equiv\succ=$)를 교란하지 않고, Gate 경로만 정당화.

[Appx1.7] — Polarization (T7)

[Appx1.7.1] 전제와 표기(정리)

활성 Anchors & 규율:

$$A1_G(Window-Fix), A2_G(abs-invariance), A3_G(Trace-Stable), A6_G(Stage-Un$$

분극(Polarization) 공리:
Pol-Struct,
Pol-Fiber,
Pol-Choice,
Pol-NoCollapse.

표기 통일($\kappa \leftrightarrow mark$):
$mark(W, a, b) := (\kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W)$. (T1 패치와 동일)

핵심 객체:
$D_W := x \in D|Alive(W, x, \ldots)$ (창-국소 뷰)
= : 등호(라이선스 통과)
$Val(x) \in \{T, F, B, N\}$: FDE 값층
$inv_W : D_W \to D_W$: W-고유 involution
$Fib(x, W)$: x의 섬유(= W에서 x와 같은 극성을 공유하는 최소 껍질)

주: 실무적으로 $x\langle W\rangle y$를 "= 경로의 동치폐포(x ≡^* y'; 단. @W)"로 취급한다. 즉, Fib(x,W) := {
y∈D_W | x ≡^* y @W}. (커밋 간 닫힘 보장)

[Appx1.7.2] Polarization 구조의 정식화

정의 P1 (섬유 Fib)
$Fib(x, W) := y \in D_W|x \equiv^* y@W$ (여기서 $x \equiv^* y$는 =가 생성하는 최소 동치관계).

정의 P2 (반전 inv_W)
$inv_W : D_W \to D_W$는 다음을 만족:

- $inv_W \circ inv_W = id_{D_W}$

- $Val(x) = B$이면 $Fib(x, W) = y, inv_W(y)$ (서로 다른 두 극)
- $Val(x) \in T, F$면 $inv_W(y) = y$ (자명 반전)
- $Val(x) = N$이면 $Fib(x, W) = \emptyset$

정의 P3 (값↔섬유 크기 대응)

- $Val(x) = N \Leftrightarrow |Fib(x, W)| = 0$
- $Val(x) = T/F \Leftrightarrow |Fib(x, W)| = 1$
- $Val(x) = B \Leftrightarrow |Fib(x, W)| = 2$ and $Fib(x, W) = y, inv_W(y)$ with $y \neq inv_W(y)$

Axiom Pol-Struct / Pol-Fiber / Pol-Choice
(Struct) 각 W마다 inv_W 존재·자기반전.
(Fiber) 위 P3의 양방향 대응이 창-국소로 성립.
(Choice) $Val(x) = B$면 $x = y$ 또는 $x = inv_W(y)$ 단 한 쪽이 앵커에 의해 고정(T6).

Lemma PF-Completeness. P3는 (Fiber)의 완전성: $Val \leftrightarrow |Fib|$이 양방향으로 정확히 맞물림. □

[Appx1.7.3] 창-국소 사영과 보존성 (π_W)

폴라 구조 위에서 "사영"은 무조건적이지 않다. 올바른 건 폴라 동형사상뿐이다.

정의 PW0 (폴라 동형사상; window-local morphism)
$\pi_W : D_W \to D_W$가 다음을 만족하면 폴라 동형사상이라 한다:
(Cons) 등호 보존: $x = z \Rightarrow \pi_W(x) = \pi_W(z)$
(Lift) 섬유 서젝션:$ Fib(π_W(x),W) ⊆ π_W(Fib(x,W))$
(Comm) 반전 가환: $\pi_W \circ inv_W = inv_W \circ \pi_W$
(Val) 값 보존: $Val(\pi_W(x)) = Val(x)$

주: Lift는 "역원" 가정 대신 섬유 제한에서의 전사성으로 기술.

Lemma PW1 (Fib 보존). 폴라 동형사상 π_W에 대해
$\pi_W(Fib(x, W)) = Fib(\pi_W(x), W)$.
증명.
$\supseteq$: $z \in Fib(x, W)$이면 $x = z \to (Cons)$로 $\pi_W(x) = \pi_W(z)$ → 포함.
$\subseteq$: $y \in Fib(\pi_W(x), W)$이면 Lift로 $y \in \pi_W(Fib(x, W))$. □

Lemma PW2 (inv/Val 보존). Comm과 Val로 즉시. 특히 Val=B면 이미지 섬유도 정확히 2개이며 서로 inv_W로 짝지어진다. □

[Appx1.7.4] 전역 사영(π)의 붕괴: Pol-NoCollapse

정의 GP (전역 사영 π)
$\pi : D \to D'$가 창 경계를 무시하고 $W \neq W'$를 섞을 수 있으면 전역 사영이라 부른다.

Axiom Pol-NoCollapse (붕괴 금지)
서로 다른 창의 반전이 다르면($inv_W \neq inv_{W'}$), 전역 함수가 이를 한 궤도로 합치면 B-쌍이 1원으로 붕괴한다(= 금지).

Theorem PN (전역 π는 붕괴를 유발).
$Val(x) = B, Fib(x, W) = y, inv_W(y)$이고, 전역 π가 $W \to W'$로 객체를 밀어넣으며
inv_W와 $inv_{W'}$가 다르면,
$|Fib(\pi(x), W')| < 2$가 되어 $Val(\pi(x)) \in T, F$로 붕괴.

증명(구성).
W에서는 $inv_W(y)≠y. (예) W'에서는 $inv_{W'}$가 항등/다른 궤도.
전역 π가 $y, inv_W(y)$를 동일상으로 보낼 수 있으며(창 혼합 + 반전 불일치),
$|\pi(y), \pi(inv_W(y))| = 1.$
P3에 의해 섬유 크기 1 → B가 T/F로 다운. □

Cor PN-Ban. Pol-NoCollapse를 지키려면 전역 π는 금지, 창-국소 π_W만 허용. □

[Appx1.7.5] Window-Fix가 왜 필수인가 ($A1_G \mapsto \pi_W$ 강제)

Lemma WF→Local. A1_G(T6): 앵커 생성 후 W 고정. 전역 π가 $W \to W'$로 매핑하려는 순간 $R_{NonTransport}/A1_G$에 의해 REJECT. 결과적으로 시스템 레벨에서 허용 사상은 π_W뿐. □

Cor (전제 계열의 일관성). $A1_G$가 없으면 PN이 가리킨 붕괴 시나리오가 열리고, T1(안전)/T5(우선순위)/T6(앵커) 모두를 훼손한다. □

[Appx1.7.6] B-값의 폴라 보존과 inv_W

정의 BP (양극쌍). $Val(x) = B \Rightarrow Fib(x, W) = y, y'$ with $y' = inv_W(y)$. (긍정극↔부정극)

Lemma BP-switch. inv_W는 y, y'를 교환$(inv_W(y) = y', inv_W(y') = y), inv_W \circ inv_W = id$. □

Lemma BP-preserve. 폴라 동형사상 π_W는 y, y'를 $z, inv_W(z)$로 보존. (PW1+PW2) □

[Appx1.7.7] Polarization (Main Theorem)

정리(T7).
가정: $A1_G$–$A6_G$, Pol-Struct, Pol-Fiber, Pol-Choice, Pol-NoCollapse. 그러면

창-국소 사영만 허용: 허용 가능한 변환은 폴라 동형사상 π_W뿐이며, $Fib \cdot inv_W \cdot Val$을 보존한다. (PW1,PW2)

전역 사영 금지: 전역 π는 $inv_W \neq inv_{W'}$ 혼합으로 $B \to T/F$ 붕괴를 일으키므로 금지(PN, PN-Ban).

B-값 보호: $Val = B$인 객체의 양극쌍은 inv_W에 의해 구조적으로 보호되며, π_W 하에서만 안전하게 이동한다(BP-preserve). □

[Appx1.7.8] 교차 연동(메타 정합성)

T1(안전): B의 구조적 격리가 유지되어 EFQ 차단의 의미론이 보존.

T2(유일성): 창 고정/원자 커밋 덕분에 폴라 궤도 내 중복 커밋 없음.

T3(완전성): Gate가 요구하는 $\delta_{abs}/trace/stage/\neg mark$가 폴라 보존과 충돌하지 않음 (Comm/Val).

T5(우선순위): 전역 승격/우회가 막혀 $\approx_{obs} \succ \equiv_{onto} \succ =$ 질서가 순수하게 유지.

T6(앵커): $A1_G$로 전역 섞기 자체가 구조적으로 불능 → Pol-NoCollapse 실현.

[Appx1.7.9] 구현 체크리스트 (감사 관점)

□ inv_W 검증: 각 W에 대해 $inv_W \circ inv_W = id$, B-섬유에서 비자명, T/F에서 자명.
□ Fib 카디널리티: 샘플 전수/추출로 $Val \leftrightarrow |Fib|$ 일치 확인(P3).
□ π_W 적합성: (Cons/Lift/Comm/Val) 4속성 자동 테스트. (특히 Lift)
□ 전역 π 차단: $W \to W'$ 매핑 호출 시 즉시 REJECT 로그 남기는지.
□ 감사 불변량: 모든 $Val = B$에 대해 $|Fib| = 2$ 지속 확인(위반 시 Pol-NoCollapse 경고).
□ 앵커 연동: Pol-Choice에 따른 선택(= 어느 극과 커밋했는지)이 $anchor_{sig}$로 고정되는지.

[Appx1.7.10] 토이 예제(Socrates) — 폴라 유지/붕괴 시나리오

W에서 $Val(x) = B$, Fib(x,W)={id_A(Human), id_B(Horse)}, inv_W(id_A)=id_B$.

π_W(창-국소): $id_A \mapsto rep_A, id_B \mapsto rep_B, inv_W(rep_A) = rep_B$ → $|Fib| = 2$ 유지 → $Val = B$ 보존.

π(전역): $W \to W'$ 섞음 + $inv_{W'}$가 항등이면 $\pi(id_A) = \pi(id_B)$ → $|Fib| = 1$ → Val 붕괴(T/F). 바로 금지.

[Appx1.7.11] 마무리 요약

전역으로 허용 금지. 창-국소로만, 반전과 섬유를 보존하는 사상만 허용.

전역 섞기 → 서로 다른 반전(inv)을 한데 묶음 → B의 양극쌍이 1개로 찌그러짐 → 모순 보존 깨짐 → 시스템 터짐.

결론: T7은 B-값의 **형태(양극쌍)**을 보호한다.

[Appx1.8] — Trace-Compatibility (T8)

$A3_G$와 R_{EqOpen} 하에서, $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$는

Normalization: N1–N4로 $\sigma_{trace}(a), \sigma_{trace}(b)$를 $Canon(\tau_a), Canon(\tau_b)$로,
Metrics: M1–M5로 유사도 벡터 산출,
Decision: D1–D3으로 level ∈ {EXACT, NEAR, OTHERWISE} 판정

하는 파이프라인 Φ로 결정적이고 유한 시간에 계산된다.

level∈{EXACT,NEAR}이면 $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$ 성립, 아니면 $R_{Demotion}$(OBS).

[Appx1.8.1] Trace의 형식 정의

TR1 (Trace as Event Sequence).
$\sigma_{trace}(x) = \langle (e_1, t_1), \ldots, (e_n, t_n) \rangle, t_1 \leq \ldots \leq t_n, e_i \in Event.$

TR2 (길이). $|trace(x)| = n.$

[Appx1.8.2] Normalization (N1–N4): $Canon(\tau)$

N1 (Timestamp Normalization).
$\Delta t_i := t_i - t_1; Normalize_time(\tau) := \langle (e_1, 0), (e_2, \Delta t_2), \ldots \rangle.$

N2 (Event Labeling).
$Label : Event \to \Sigma(\text{예} : C/U/R/D/M); Normalize_{label}.$

N3 (Compression).
연속 중복 제거: $\ldots, (U, \alpha), (U, \beta), \ldots \to \ldots, (U, \alpha), \ldots.$

N4 (Rounding).
$Round(\Delta t, \varepsilon) := \lfloor \Delta t / \varepsilon \rfloor \cdot \varepsilon; Normalize_{round}(\cdot, \varepsilon).$

NC (Canon).
Canon := N4 ∘ N3 ∘ N2 ∘ N1.

Lemma N5 (멱등성). $Canon(Canon(\tau)) = Canon(\tau)$. □
Lemma N6 (결정성). $\tau_1 = \tau_2 \Rightarrow Canon(\tau_1) = Canon(\tau_2)$. □

Lemma N7 (ε-강건성; time jitter 내성).
만약 각 이벤트 쌍에 대해 $|\Delta t_i - \Delta t'_i| < \varepsilon/2$이면 $Canon(\tau) = Canon(\tau')$.
Proof. N4 반올림 경계 내에서는 동일 bin으로 매핑. □

Lemma N8 (N3↔N4 교환 안정성).
$Normalize_{round}(Compress(\cdot)) = Compress(Normalize_{round}(\cdot))$.
Proof. 중복 제거와 균일 binning은 서로의 결과를 보존. □

[Appx1.8.3] Metrics (M1–M5)

M1 (Hash Exact Match).
$Hash_{match} := 1 iff H(Canon(\tau_a)) = H(Canon(\tau_b))$, else 0. (충돌 무시)

M2 (k-gram Jaccard).
$J_k := |G_k(\tau_a) \cap G_k(\tau_b)|/|G_k(\tau_a) \cup G_k(\tau_b)|$, G_k는 길이 k 슬라이스 집합.

M3 (Levenshtein).
$d_L^n orm := d_L/max(|\tau_a|, |\tau_b|)$.

M4 (Stage Consistency).
$Stage_{ok}(W; a, b) := [stage(W_a) = stage(W_b)]$.

M5 (Key Consistency).
$Key_{ok}(a, b) := [key_c anon(a) = key_c anon(b)]$.

선택적 강화(실무 팁): $J^* := max_{k \in K} J_k, K = 3, 4, 5$로 pathologies 완화.

[Appx1.8.4] Decision (D1–D3)

D1 (EXACT). $Hash_{match} = 1$. (다른 지표 불요; σ_{trace} 동형)

D2 (NEAR). $Hash_{match} = 0 \wedge J_k \geq \theta_J \wedge d_L^n orm \leq \theta_L \wedge Stage_{ok} \wedge Key_{ok}$.
기본값 예: $\theta_J = 0.90, \theta_L = 0.05$.

D3 (OTHERWISE). 위 둘 이외.

Lemma D4 (배타성). EXACT, NEAR, OTHERWISE는 상호 배타. □
Lemma D5 (완전성). 모든 입력에 대해 하나의 레벨이 배정. □

Lemma D6 (단조성).
J_k 상승·$d_L^n orm$ 하락·$Stage_{ok}/Key_{ok}$ 보강은 level을
OTHERWISE → NEAR → ($Hash_{match} = 1$ 시) EXACT 방향으로만 이동. □

[Appx1.8.5] 파이프라인 함수 Φ

정의 Φ.
$\Phi(\tau_a, \tau_b) := Decision(Metrics(Canon(\tau_a), Canon(\tau_b)))$.

Theorem P2 (계산 가능성).
복잡도 $O(n\cdot m)$ (Levenshtein 지배), 유한 시간 내 종료. □

Theorem P3 (결정성).
입력이 같으면 출력 동일(모든 구성요소 결정적). □

Theorem P4 (시간 안정성).
$A3_G$(trace 불변)와 N7로, 앵커 시점 이후 Φ 결과는 시간에 대해 상수. □

[Appx1.8.6] σ_{trace}-≍와 R_{EqOpen}

정의 (≍:= trace compatibility; ‘TraceCompat’).
$\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$:≡ $\Phi(\tau_a, \tau_b)$ ∈ {EXACT, NEAR}.

Lemma TC1. $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b) \Rightarrow \sigma_{trace}(a) \approx \sigma_{trace}(b)$ (T3의 σ_{trace} 전제 충족). □

Lemma TC2. $\Phi = OTHERWISE \Rightarrow Gate(W, a, b)$의 σ_{trace} 전제 실패 ⇒ $R_{Demotion}$ (a,b,W,reason=OBS) 호출. □

Lemma TC3 (원장-감사 일관성).
KaTeX parse error: Expected '}', got 'EOF' at end of input: R_{EqOpen} 성공 시, $anchor_{sig} := H(W, a, b_sym, t, Canon(\tau_a), Canon(\tau_b))$를 log_W에 기록하면, 이후 어떤 재검증도 동일 Φ를 재현. □

[Appx1.8.7] 교차 정리(연동)

T2(유일성): Φ가 시간 안정(§4)이라 재시도 시 판정 뒤집힘 없음 → 재커밋 차단($mark$)과 모순 없음.

T3(완전성): TraceCompat이 Gate의 유일 σ_{trace} 경로로 구현됨.

T5(우선순위): TraceCompat 실패는 OBS demotion으로 선명히 기록되어 $\approx_{obs}$ 우선 보고에 기여.

T6(앵커): 앵커-스냅샷이 Canon 성분을 봉인 ⇒ 재현성 보증.

[Appx1.8.8] 보강 레마(현업 내성)

Lemma R1 (Padding 내성).
연속 동일 레이블 padding(예: 다중 R)은 N3에서 제거되어 Φ 불변. □

Lemma R2 (버켓 민감도).
ε를 줄이면 거짓 음성 감소(더 민감), 늘리면 거짓 양성 감소(더 보수). $\theta_J, \theta_L, \varepsilon$를 함께 튜닝해야 ROC가 안정. □

Lemma R3 (키/스테이지 보호).
NEAR는 $Stage_{ok} \wedge Key_{ok}$를 강제하여, $hash$ 불일치 상태에서의 위조 근접성을 억제. □

Lemma R4 (충돌 안전성).
EXACT는 암호학적 해시 동치에 의존하지만, 운영상 $Stage_{ok}/Key_{ok}$는 Gate의 별도 전제로 평가되어 안전 마진을 제공. (해시 충돌의 실질적 위험은 무시) □

[Appx1.8.9] 구현 체크리스트 (Audit & Ops)

□ Trace 추출: 정렬 여부·타임존 통일·누락 이벤트 보정.
□ Canon: N1–N4 적용, ε 전역 정책. (N5, N7 자동테스트)
□ Metrics: $J^* = max_{k\in3,4,5} J_k$ 추천, $d_L^n orm$ 캐싱.
□ Decision: D1→D2→D3 순 단락(short-circuit).
□ Gate 연동: TraceCompat True면 Gate의 다른 전제($\delta_{abs}, stage, Guards, \neg mark$)로 진행.
□ Demotion: OTHERWISE면 reason=OBS로 log_{obs}에 사유·지표 기록.
□ Ledger: $level, Hash, J^*, d_L^n orm, Stage_{ok}, Key_{ok}, \varepsilon, \theta_J, \theta_L$를$log_W$에 함께 남겨 재현성 확보.
□ Anchoring: $anchor_{sig}$에 $Canon(\tau)$ 포함(스냅샷 불변).

[Appx1.8.10] Socrates 토이 예제 (시간 흔들림 포함)

$a = id_A(Socrates : Human), b = id_B(Sokrates : Horse)$

$trace(a) = \langle(create, 0.00), (update, 10.02), (read, 20.00)\rangle$

$trace(b) = \langle(create, 1.00), (update, 11.01), (read, 21.00)\rangle$

$Canon(\varepsilon = 1.0)$

N1: 상대화 → $a : 0, 10.02, 20.00, b : 0, 10.01, 20.00$

N2: $\langle C, U, R\rangle / \langle C, U, R\rangle$

N3: 변화 없음

N4: 반올림 → 둘 다 ⟨$(C, 0), (U, 10), (R, 20)$⟩ (N7에 의해 동일)

Metrics/Decision

M1: $Hash = 1$ → EXACT

(참고) M5: $key_c anon(a) \neq key_c anon(b)$ → Gate에서 별도 체크로 실패 가능

결론: $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b) = True$이지만, $\delta_{abs}(a) \neq \delta_{abs}(b)$라면 Gate는 STRUCT 사유로 불발급, $R_{Demotion}$(STRUCT).

[Appx1.9] — Guards (T9)

[Appx1.9.1] 전제와 표기(정리)

활성 Anchors & 규율:

$$A1_G–A6_G(Anchors), R_{EqOpen}(AUGeq), R_{Demotion}, R_{NonTransport}, R_{MarkAtomic}, R_{LogAppend},$$

표기 통일(κ↔mark):
$mark(W,a,b) := (\kappa(W,a,b) \in IssuedKeys_W)$ – T1의 κ는 mark의 창-국소 인스턴스.

핵심 개념:

$$Guards := Exh, Det, Coh, No3, Arrow.Proc(t,A) \in (off, off), (on, off), (on, on).Wi$$

강등(Demotion) 사유 상위코드: STRUCT | OBS | BRANCH | RE-REPORT
(Guard 실패는 기본 BRANCH[EXH|DET|COH|NO3|ARROW]로 태깅)

[Appx1.9.2] Guards의 형식 정의(집합·판정·규칙화)

정의 G1 (Guards 집합).
$Guards := Exh, Det, Coh, No3, Arrow.$

정의 G2 (Satisfaction).
$Guards(W,a,b,t) :\equiv Exh(t,A) \wedge Det(t,p) \wedge Coh(t,W,A) \wedge No3(Proc(t,\cdot)) \wedge Arrow(Obs,W)$

여기서 A는 개념, p는 프로세스 식별자.

규칙 R_guards→gate (압축 규칙).

$$\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b) \wedge stage - consistent(W;a,b) \wedge Guards(W,a,b,$$

규칙 $R_{GuardFail}$ (데모션 매핑).

$$\neg Exh \Rightarrow R_{Demotion}(..., BRANCH : EXH) \neg Det \Rightarrow R_{Demotion}(..., BRANCH : DET) \neg($$

주: 운영 원장에는 상위코드 BRANCH와 세부 사유 서브코드를 동시에 기록해 감사 가능성을 높인다.

[Appx1.9.3] Exh (Exhaustiveness) — 증거 존재성

정의 Exh1. $Exh(t,A) :\equiv BothOn(t,A) \Rightarrow Witness(A,t)$

$BothOn(t, A) \Leftrightarrow Val(A) = B$ (T7 참조). $Witness := persist \wedge deploy$.

Lemma Exh-need. $BothOn \wedge \neg Witness \Rightarrow \neg Exh$.
이유: B-값 증거가 관찰층에 실현되지 않음 → 불검증. □

Lemma Exh-suff. $BothOn \wedge Witness \Rightarrow Exh$. □

[Appx1.9.4] Det (Determinacy) — 프로세스 결정성

정의 Det1.
$Det(t, p) :\equiv (Proc(t, p) \wedge Proc(t, p') \Rightarrow p = p') \vee (persist = on \wedge Eval(persist(t))unique)$

Lemma Det-risk. 동시 $Proc(t, p) \neq Proc(t, p')$ 공존 ⇒ 모호성 ⇒ Det 실패. □
Lemma Det-suff. 유일 프로세스 or 유일 평가 ⇒ Det. □

Lemma Det→LC (국소 합류성).
Det가 유지되면 동일 시각에서 유도 경로는 충돌 없이 단일 정상형으로 수렴(= Gate 전 단계 국소 합류). □

[Appx1.9.5] Coh (Coherence) — 표상/관찰 일관성

정의 Coh1.

$Coh(t, W, A) :\equiv Coh_{str} \vee Coh_{obs} \vee VacuousCoh_{str} : Proc(on, on) \Rightarrow Obs \vdash rep \vdash Obs($

Lemma Coh-risk. $Proc(on, on) \wedge Obs(x) = Obs(y) \wedge Obs(rep(x)) \neq Obs(rep(y)) \Rightarrow$ 실패. □
Lemma Coh-suff. 세 경우 중 하나면 충족. □

[Appx1.9.6] No3 (No-Third-Channel) — 제3경로 차단

정의 No3. $Proc(t, A) \in (off, off), (on, off), (on, on); (off, on)$ 금지.

Lemma No3-lock. (off, on) 허용 시 R_{EqOpen} 우회 경로 생성 ⇒ 시스템 정합성 붕괴. □

Cor No3↔T1. T1의 No3Lock을 프로세스 상태 제약으로 구현. □

[Appx1.9.7] Arrow (Monotonicity) — 관찰 화살표의 단조·불변

정의 Arrow1. $Arrow(Obs, W) :\equiv Monotone(Obs) \wedge Frame - invariant(Obs)$

단조: $x \leq y \Rightarrow Obs(x) \leq Obs(y)$ (정보순서)

불변: $\forall f \in Aut(D,-), Obs(f(x)) = Obs(x)$

Lemma Arrow-risk. 비단조면 T5의 $\approx_{obs}$ 전이성 파괴. □

Lemma Arrow-suff. 단조·불변이면 $Arrow$ 성립. □

[Appx1.9.8] Guard 안정성(Anchors와의 정합)

Lemma G-stability. 앵커 생성 후($A1_G$–$A3_G$)
Witness, Proc, Obs의 평가가 재검증에서 불변/단조로 유지되어 Guard 판정이 뒤집히지 않는다.
Proof. Window-Fix(창 고정), Trace-Stable(관찰 스냅샷), Stage 단조. □

[Appx1.9.9] Gate 연동과 Demotion 경로

정의 Gate (확장형).

$$Gate(W,a,b) :\equiv \delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b) \wedge stage - consistent \wedge Guards$$

Lemma GG-need. Guard 중 하나라도 실패 ⇒ Gate 실패 ⇒ $R_{Demotion}$(…, BRANCH:*). □

Lemma GG-suff. δ$_{abs}/trace/stage/\neg mark$와 Guard 모두 충족 ⇒ Gate 통과 ⇒ $R_{EqOpen}
$적용. □

규칙 R_{EqOpen} (요약).

$$\frac{Gate(W,a,b)}{a=b}$$

(부작용: $mark := true \wedge log_W \leftarrow committed$)

[Appx1.9.10] Guards (Main Theorem)

정리(T9). $A1_G$-$A6_G$, R_{EqOpen} 하에서
$Exh \wedge Det \wedge Coh \wedge No3 \wedge Arrow$ 모두 만족이면 Guards 성립.
$Guards \wedge \delta_{abs} \wedge \sigma_{trace} \wedge stage \wedge \neg mark$ ⇒ Gate 통과.
Gate 통과 ⇒R_{EqOpen}으로 $a = b$.

Guard 중 하나라도 실패하면 $R_{Demotion}$(…, BRANCH:subreason).

Proof. 각 Guard의 충분성 레마(§2–§6)와 GG-suff, R_{EqOpen}을 연쇄. 실패 케이스는 $R_{GuardFail}$과 GG-need로 즉시. □

[Appx1.9.11] 보조정리·복원력

Cor T9.1 (결정성). Guards 판정은 결정적이며(모든 술어 함수형), 앵커 이후 시간에 대해 상수(§7). □

Cor T9.2 (부분식 성질). Guard 검증은 새로운 공식을 도입하지 않고, 해당 시점의 관찰/프로세스 술어만 참조 → 부분식 성질 유지. □

Cor T9.3 (감사 불변량). $log_W(\ldots, committed)$가 존재하면, Guards의 5가지 체크 항목이 모두 당시 $true$였음을 의미(반례 시 commit 부정합). □

[Appx1.9.12] 구현 체크리스트(현업용)

Exh: $Val(A) = B$면 $persist=on ∧ deploy=on $확인; 실패→BRANCH:EXH.
Det: 동일 t에 단일 Proc만 존재; 실패→BRANCH:DET.
Coh: $Proc(on, on) \to Obs \vdash rep \vdash Obs; Proc(on, off) \to Obs \vdash obs \vdash Obs$; 실패→BRANCH:COH.
No3: $Proc \in (0,0), (1,0), (1,1)$ 강제; $(0,1)$ 탐지시 즉시 REJECT→BRANCH:NO3.
Arrow: Obs 단조/자기동형 불변 테스트; 실패→BRANCH:ARROW.
Gate 결합: 위 5가지 + $\delta_{abs}/trace/stage/\neg mark$ 모두 OK면 R_{EqOpen}.
Ledger: $guard_{checks}, reason_{codes}, anchor_{sig}$ 동시 기록(원자).
복잡도: 각 Guard 체크$O(1)$ $O(n)$ (n=관찰항목 크기). 전체 Gate는 TraceCompat(T8)의 $O(n{\cdot}\, m)$에 비해 경미.

[Appx1.9.13] Socrates 토이 예제(T5/T8 연동)

$$
a=id_A(Socrates:Human),
b=id_B(Sokrates:Horse),
W=W_{SocratesCluster}.

Exh: Val(Socrates)=B & Witness=on∧on ⇒ OK.
Det: Proc=(on,on) 유일 ⇒ OK.
Coh: Obs(id_A)=Obs(id_B)이지만 rep(id_A)≠rep(id_B) ⇒ 실패(COH).
No3: 상태 집합 내 ⇒ OK.
Arrow: 단조/불변 ⇒ OK.
$$

→ Guards 전제 중 Coh만 실패 → Gate 실패 → $R_{Demotion}$(BRANCH:COH) → 결과는 $\approx_{obs}$만 유지(T5), 커밋 불가.

[Appx1.10] — Operational Homomorphism: U–P–S ⊗ B–T–Π (T10)

[Appx1.10.1] 전제와 표기 (정리)

활성 규율: T1–T9 전부, U–P–S control plane, B–T–Π data plane.
운용 규칙: R_{EqOpen}(AUGeq), $R_{Demotion}$, $R_{MarkAtomic}$, $R_{LogAppend}$, $R_{NonTransport}$, $R_{PairCanon}$.

표기 통일(κ↔mark):
$mark(W,a,b) := (\kappa(W,a,b) \in IssuedKeys_W)$ – κ는 $mark$의 창-국소 인스턴스(T1 패치와 동일).

핵심 레이어:

U–P–S: Universal('값' 보존) · Particular('과정' 전개) · Singular('명제' 판정)
B–T–Π: Values {T,F,B,N} · Transitions {σ, σ_{trace}, Guards} · Propositions {≈_{obs}, ≡_{onto}, =}
μ_L: 논리 L의 관측 토큰, $e_L : V_L \to \{T,F,B,N\}$(FDE 귀속; T4 보수성 참조)

[Appx1.10.2] U–P–S ⊗ B–T–Π Operational Homomorphism (Main Theorem)

가정. T1–T9.
목표.세 블록 대응이 동형적(operationally isomorphic)임을 보인다.

(i) U/B (보존): Anti-Partition, EFQ 배제, Non-Transport, = OneShot.
(ii) P/T (전개): $\sigma\circ\sigma$ 미정의(OneShot), 진행 게이지 m 단조, key-uniq, No-Spontaneous-Deploy.
(iii) S/Π (판정): $μ_L $생성, e_L로 FDE 귀속, S는 = 직접 호출 불가(No-Compute/No3Lock).

1. U–P–S 제어층

U(Universal) — 전역 반사/보존: R_{EqOpen} 금지, EFQ 차단(T1), Non-Transport(T6).
P(Particular) — 차이화/전개: σ 활성, $σ_{trace} $생성(T8), key-uniq, $\sigma\circ\sigma$ 금지.
S(Singular) — 판정/방전: R_{EqOpen}만이 = 도입(T3), S 자체는 계산 금지(J-Form, T1/No3Lock, T9).

Lemma U-mono. U < P < S 단조(역행/점프 금지) — T6($A5_G$). □

2. B–T–Π 데이터층

B(Values) — FDE $\{T,F,B,N\}$. B-값은 양극 쌍(Fib)로 보존(T7), EFQ 차단(T1).
T(Transitions) – $\sigma, \sigma_{trace}, Guards(Exh, Det, Coh, No3, Arrow; T9)$; $\sigma\circ\sigma$ 금지, 진행 단조. 과정층은 분극의 기준(Value:T).
Π(Propositions) – $\approx_{obs}$(T5), $\equiv_{onto}$(T3/$A2_G$), =(R_{EqOpen} 유일 경로; T1 No3Lock).

Lemma BTΠ-sep. B/T/Π는 서로 독립 계층이며, E(erasure)로 FDE 단편으로 사영 가능 — T4. □

3. U/B 블록 — 보존 동형

UB-A (Anti-Partition). $P \cup \neg P \neq D$; B-값 존재로 고전적 배중률 붕괴(T7 Pol-Fiber). □
UB-E (EFQ 배제). B라도 $x \wedge \neg x \vdash q$ 불가 — T1 NoCompute. □

UB-N (Non-Transport). $W \to W'$ 전환 금지(Anchor Window-Fix) — T6($A1_G$) + T2(= OneShot). □

Theorem UB (U↔B). U-stage의 보존 불변량 ⟺ B-layer의 값 보존 불변량. □

4. P/T 블록 — 전개 동형

PT-σ. $\sigma \circ \sigma$ 비정의; 시도 시 REJECT — NR-inv, T1 A4_G(σ-outsourcing ban) 연동. □
PT-m. 진행 게이지 $m(t*) > m(t)$ 단조 – T6($A5_G$)와 호응. □
PT-key. key-uniq 위반 시 Demote — T2(마크/원자적 발급)와 합치. □
PT-deploy. $persist = on \Rightarrow deploy = on$ – T9 No3로 (off, on) 금지. □

Theorem PT (P↔T). P-stage 전개 조건 ⟺ T-layer 전이 조건. □

5. S/Π 블록 — 판정 동형

SΠ-μ. $\mu_L := \langle L_{id}, t, W, v, proof_{hash} \rangle$(보고층 내화).
SΠ-e. $e_L : V_L \to \{T, F, B, N\}$로 FDE 귀속(논리 L 독립; T4 보수성).
SΠ-No3. S는 = 직접 호출 불가; R_{EqOpen}만 허용 — T1 No3Lock, T9 Guards.

Lemma SΠ-indep. $Gate(W, a, b)$의 안정성 판정은 $\delta_{abs}/trace/stage/Guards/\neg mark$로 결정되며 e_L의 세부 논리와 독립(T3/T8/T9). □

Theorem SΠ (S↔Π). S-stage 판정 조건 ⟺ Π-layer 명제 조건. □

6. 범주 보편성(Universality) 재진술

정의. U를 보편(Universal) 객체, S들을 "U–P–S 조건을 언어화 가능한 이론"의 범주라 하자.

임베딩 τ: 모든 S는 μ_L로 D'(보고층)에 단사 임베딩 — T6/T3.

자유 전역 완성 L: S에 최소 Gate만 추가해 $U[T]_{glob}$로 확장 — T1–T9 최소 코어.

반사 $R : U[T]_{glob} \to U$ 반사로 ↑= → κ_σ → Int_{κ_σ} → "=" 체인을 닫음(승격→키→내부화→커밋).

Theorem Cat (Universality). 모든 S는 U의 하위 범주이거나 U로 반사된다(τ, L, R 구성). □

7. 주요 정리 결론

Theorem T10. (UB)∧(PT)∧(SΠ)∧(Cat) ⇒ U–P–S와 B–T–Π는 운영 동형.
Proof. §3–§6의 정리·레마들을 합성. □

[Appx1.10.3] 파급 결과

Cor T10.1 (인과 사슬 보존). “보존→전개→판정(승격/발급)”은 두 표기 모두에서 동일. ◻
Cor T10.2 (논리 L 독립성). 어떤 L이 와도 e_L만 FDE로 사상하면 Gate 판정 동일. ◻
Cor T10.3 (T-엔진 책임). = 발급 여부는 논리 디테일이 아니라 $\sigma/\sigma_{trace}/Guards$ 안정성에 의해 결정. ◻
Cor T10.4 (필요충분성). S가 U로 귀결될 필요충분조건은 S가 U–P–S 조건을 언어화 가능함. ◻

[Appx1.10.4] 규칙 스키마(교차참조 고정)

R_{EqOpen} (AUGeq; T3):

$$\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b) \wedge stage - consistent(W) \wedge Guards(W, a, b, t) \wedge$$

$$(side - effects : mark := true; log_W \leftarrow committed)$$

$R_{NoPromo}$ (T5): $\approx_{obs} \not\Rightarrow \equiv_{onto} \not\Rightarrow =$ (추가 전제 없인 승격 금지)

No3Lock (T1,T9): = 도입은 오직 R_{EqOpen} 경로만

$mark/\kappa$ 동치 (T1,T2): $mark(W, a, b) \leftrightarrow \kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W$

[Appx1.10.5] 감사 불변량(Audit Invariants)

Stage/Plane alignment: U↔B, P↔T, S↔Π 라벨이 ledger 단위로 일치.

One-shot: 동일 (W, a, b)에 대해 $\exists! commit -$ log에 committed가 1회만(T2).

No-retro/No-transport: $\sigma \circ \sigma$ 실패, $W \neq W'$ 전파 불가(T6,T7).

Reason codes: Demotion 시 STRUCT|OBS|BRANCH|RE-REPORT + 서브코드 (Exh/Det/Coh/No3/Arrow) 기록(T9).

Erasure parity: $E(proof_{UPS})$는 FDE 검증기로 통과(T4), E 후 결론 동일.

[Appx1.10.6] 구현 체크리스트

◻ 블록 대응 검사: U↔B, P↔T, S↔Π 라벨 매핑 고정.
◻ 논리 임베딩: e_L 정의, μ_L 생성·보관(해시 포함).
◻ Gate 평가: $\delta_{abs}/\sigma_{trace}/stage/Guards/\neg mark$ 결정적 평가(T3/T8/T9).
◻ 전이 제약: $\sigma \circ \sigma$ 차단, m 단조, key-uniq 위반→Demote.
◻ 원장: stage-chain(U→P→S), ReasonCodes, $anchor_{sig}$, eq_{id} 동시 기록.
◻ 보편성 점검: τ/L/R 스텝이 실제 로그에 남는지 확인(임베딩→최소확장→반사).

[Appx1.11 — Procedural Universality: Truth-Possession via σ_{trace} (T11)

[Appx1.11.1] 전제와 표기 (정리)

활성 규율: T1–T10, U–P–S(control)·B–T–Π(data), σ-연산자.
운용 규칙: $R_{EqOpen}, R_{Demotion}, R_{MarkAtomic}, R_{LogAppend}, R_{NonTransport}, R_{PairCanon}.$
표기 통일($\kappa \leftrightarrow mark$): $mark(W, a, b) := (\kappa(W, a, b) \in IssuedKeys_W)$ (T1 패치와 동일).

핵심 개념 요약

$\sigma_{trace}(x)$: σ 실행 이력. 길이 $|\sigma_{trace}(x)| > 0$을 “비영 절차”라 부름.
Truth-Possession: 진리 소유 = 창 W의 ledger에 $committed(eq_{id} = W, a, b, \ldots)$가 존재하는 상태(= R_{EqOpen}의 산출물이 실제로 기록된 상태).
Gate-Priority: “= 발급”의 판정자는 논리 L이 아니라 $Gate(abs/trace/stage/Guards/\neg mark)$.
No-Static-Truth: $\sigma = id$ 또는 σ^{-1}를 가정하는 정태적 진리는 본 체계에서에서 구조적으로 배제됨.

[Appx1.11.2] Procedural Universality: Truth-Possession via σ_{trace} (Main Theorem)

가정 T1–T10. 임의의 이론 S가 U–P–S 조건을 언어화할 수 있다면, 진리 소유("=" 커밋 발급)의 필요조건은:

비영 절차: a, b 각각에 대해 $|\sigma_{trace}| > 0.$

정태 진리 불가: $\sigma = id$ 또는 σ^{-1} 가정은 모순.

게이트 우선성: “=” 여부는 Gate 안정성만이 결정(논리 L 독립; T10 S/Π 동형).

비가역 방향성: U→P→S 단조·비가역, “=”은 W-국소 단회(T2).

1. 절차 보편성: $|\sigma_{trace}| > 0$의 필요성

정의. $\sigma_{trace}(x) = \langle \sigma(x, t_1), \ldots, \sigma(x, t_n) \rangle$, 길이 n.
Axiom (PT2). “=” 필요조건: $|\sigma_{trace}(a)| > 0 \wedge |\sigma_{trace}(b)| > 0.$

Lemma 1 (빈 절차 차단). $|\sigma_{trace}| = 0$이면 R_{EqOpen}에 필요한 TraceCompat(T8)이 비충족 → $R_{Demotion}$(OBS).
Proof. T8은$ Canon(trace(·))$ 비교를 요구. σ_{trace}=0이면 $Canon = \emptyset$가 되어 퇴행적 EXACT(H(∅)=H(∅))이 발생할 수 있으므로, 본 장은 비영 가드로 이를 원천 차단한다(아래 “Degenerate-EXACT 가드” 참조). □

Lemma 2 (운영적 의미). $|\sigma_{trace}| > 0$ ⇔ T-엔진(σ)이 최소 한 스텝 실제로 돌았음. Gate의 안정성 책임은 σ에 있으므로(T10 Cor. T10.3) 비영 절차는 필수. □

Theorem (PT5). $|\sigma_{trace}| > 0$은 진리 소유의 필요조건. □

Degenerate-EXACT 가드(권고 규격).
T8의 M1을 다음과 같이 강화해 운용 구현에서 빈 트레이스 동치 위험을 봉쇄:

M1*: $Hash_{match} = 1 \wedge (|Canon(\tau_a)| > 0 \vee |Canon(\tau_b)| > 0)$ 을 “EXACT” 조건에 추가.

또는 Gate 전제에 $NonEmptyTrace(a) \wedge NonEmptyTrace(b)$를 명시.

본 문서는 $|\sigma_{trace}| > 0$로 동일 효과를 확보한다.

2. 정태 진리 불가능성: $\sigma = id, \sigma^{-1}$ 배제

Lemma 3 ($\sigma = id$ 모순). $\sigma = id$이면 $\sigma \circ \sigma$=σ가 정의 → T10/NR-inv($\sigma \circ \sigma$ 미정의)와 충돌. □

Lemma 4 (σ^{-1} 부재의 3근거).
(a) 정보 소거량: 커밋은 $I_{erase} \geq 1$(append-only). σ^{-1}이 있으면 $I_{erase} = 0$ → 충돌.
(b) 유일성 파괴: 커밋 후 되돌리면 재커밋 경로 열림 → T2(OneShot)·No3 위반.
© 로그 역주행: append-only 원장에 역기록 불가. □

Theorem (ST5). $\sigma = id$ 또는 σ^{-1} 가정은 구조적 모순 → 정태 진리 배제. □

3. “진리는 사건의 그림자”: 사후성

정의 (Event-Shadow). 진리는 belief가 아니라 ledger 상태(committed)의 사건 표지.
Lemma 5. S-stage는 μ_L만 발생, “=”은 R_{EqOpen}만 도입(T3,T9). 따라서 진리는 항상 사건 이후에 기록된다($|\sigma_{trace}| > 0$ 이후). □

Corollary. 진리는 비즉시적이며 항상 절차를 경유한다. □

4. 게이트 우선성(논리 L 독립)

Lemma 6 (L-indep). $e_L : V_L \to \{T, F, B, N\}$ 로만 귀속되면 $Gate(abs/trace/stage/Guards/\neg mark)$는 동일하게 계산(T10 SΠ-indep). □
Lemma 7 (T-엔진 책임). “=” 여부는 논리 디테일이 아니라 σ/trace/Guards의 안정성으로 결정(T10 Cor. T10.3). □
Theorem (GP4). Gate-Priority 확립: 진리 소유의 실질 조건은 과정 안정성. □

5. 비가역 방향성: U→P→S

Lemma 8 (단조). U<P<S 단조(T6 A5_G). □
Lemma 9 (재승격·역승격 봉쇄). $\sigma \circ \sigma$ 미정의 + Non-Transport($A1_G$) + $R_{NoPromo}$(T5) 결합으로 역행/우회 경로 폐쇄. □
Lemma 10 (되감기식 진리 차단). T2(OneShot) + Lemma 4 + Lemma 9 ⇒ 되감기 불가. □
Theorem (IR5). 진행 비가역, “=”은 W-국소 단회. □

6. 주요 정리 종합

T11 결론: (PT5) 비영 절차 ∧ (ST5) 정태 배제 ∧ (Event-Shadow) 사후성 ∧ (GP4) 게이트 우선성 ∧ (IR5) 비가역성. QED.

7. 보조정리(실무 고정)

Lemma 2.7.A (Π-판정의 한계). $\sigma_{trace} = 0$이면 Π-층의 어떤 판정도 “미발급 주장”일 뿐 “=”이 아니다. 실제 소유는 π_W → Int → R_{EqOpen}(↑=) → σ → “=”@D 체인을 통과해야 함. □

Lemma 2.7.B (운용적 one-way). 커밋 전이는 append-only와 I_{erase}≥1 때문에 좌역함수 비용이 사실상 ∞. σ^{-1}은 운영 공리와 충돌. □

Cor T11.1 (필요충분). 진리 소유 ⇔ (U–P–S 언어화 가능 ∧ $|\sigma_{trace}| > 0$ ∧ Gate 통과). □
Cor T11.2 (절차성). 모든 진리는 절차적이다(정태 배제). □
Cor T11.3 (사건성). 진리는 상태가 아니라 사건의 기록. □
Cor T11.4 (T-엔진 책임). “=”의 실질 판정자는 σ/trace/Guards. □

[Appx1.11.3] 감사 불변량(Audit Invariants)

Non-Zero σ_{trace}: 모든 $committed(eq_{id})$의 원장 항목에 $trace_{len} > 0 \cdot trace_{hash}$ 저장.

Gate Seal: committed 앞에 $\delta_{abs}/trace(stage, Guards)/\neg mark$ 검증 로그가 연속으로 존재.

One-Shot: 동일 (W, a, b)에 committed 최대 1회(T2), 재시도는 RE-REPORT/BRANCH로만.

No-Retro: 역행(stage↓), 전송($W \to W\prime$), σ^{-1} 흔적이 없을 것.

Erasure Check: 각 커밋의 $I_{erase} \geq 1$ 증적(증명 해시 또는 delta 메타) 보관.

[Appx1.11.4] 구현 체크리스트

□ σ_{trace} 가드: a, b 각각 $|\sigma_{trace}| > 0$. (0이면 즉시 $R_{Demotion}$(OBS))
□ T8 가드 보강: M1* 비영 조건 적용(또는 Gate에 $NonEmptyTrace$ 전제 추가).
□ Gate 평가: $\delta_{abs}/trace(N \cdot M \cdot D)/stage/Guards/\neg mark$ 결정적 평가(T3,T8,T9).
□ 비가역성: U→P→S 단조, Non-Transport 위반 시 REJECT, $\sigma \circ \sigma/\sigma^{-1}$ 금지.
□ 원장 저장: KaTeX parse error: Double subscript at position 46: …len}, σ_{trace}_{hash}, ReasonC…(Demotion 시) 기록.
□ 논리 독립: e_L만 정의하면 L 교체와 무관하게 동일 Gate 로직 적용.

[Appx1.11.5] Final Remark

T11은 “진리는 절차의 산물이며, 커밋 사건의 그림자”라는 명제를 체계 전반에 못 박는다.

비영 절차($|\sigma_{trace}| > 0$) 없이는 “=”이 없다.
정태 진리($\sigma = id/\sigma^{-1}$)는 구조적으로 금지된다.

게이트 우선성으로 논리 L의 디테일은 비본질화된다.
비가역성으로 진리는 되감기·재승격되지 않는다.

[Appx1+] — Local Cut-Elimination

System & Notation

- Base logic: FDE.
- Judgement form: labelled sequent $\Gamma \vdash_W \varphi$ (all derivations are window-local).
- Structural rules: exchange/weakening/contraction allowed; EFQ is *not* derivable.
- UPS-specific rules (all window-local):
  • Obs-intro_w — introduces observational equivalence $\approx_{obs}$; $\approx_{obs}$ is a congruence.
  • Commit_w — the only '=' introduction (R_{EqOpen}), gated by AUG_{eq} and σ OneShot.
  • Demote— non-transport / demotion: '=' cannot cross windows and demotes to $\approx_{obs}$ or $\equiv_{onto}$.
  • No-Lift — no promotion from $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$ back to '='.
- Analyticity: all standard intro/elim rules are analytic (subformula property).

Local-Cut Rule (restricted)

From $\Gamma \vdash_W \theta$ and $\Delta, \theta \vdash_W \psi$, infer $\Gamma, \Delta \vdash_W \psi$,
with the side condition that θ is UPS-free (in particular, contains no '=').
(Use of $\approx_{obs}$-congruence/rewriting on θ is allowed.)

Theorem (Local Cut-Elimination; UPS-free conclusion)

If $\Gamma \vdash_W \varphi$ and the conclusion φ is UPS-free, then there exists a derivation of $\Gamma \vdash_W \varphi$ that does not use Local-Cut.

Proof (Hauptsatz via double induction on ⟨cut-rank, height⟩)

0. Measures and auxiliary facts.

    - Cut-rank $\rho(\theta)$: standard FDE syntactic complexity of θ (connectives/quantifiers).
    - Height h: usual derivation height. Order pairs lexicographically $\langle \rho, h \rangle$.

- Gate & σ OneShot: Commit_w introduces '=' only by passing AUG_{eq} with a OneShot σ-token(κ_σ).
  Once spent, σ cannot be reused; '=' is non-transport across windows.
- Demote monotonicity: Demote is order-monotone; it lowers labels (to $\approx_{obs}$ or $\equiv_{onto}$) without
  increasing complexity.
- No-Lift: there is no rule that promotes $\approx_{obs} / \equiv_{onto}$ back to '='.
- Substitution–Demote commutation: Subst ∘ Demote = Demote ∘ Subst (observational rewriting
  commutes with demotion).
- Erasure principle: '='-free fragments project to pure FDE with meaning preserved; cut-elimination
  properties transfer through this projection.

1. Induction goal.
   For every derivation π of $\Gamma \vdash_W \varphi$ with φ UPS-free, construct a cut-free π° by removing all
   Local-Cut instances. Assume the claim holds for all strictly smaller pairs $\langle \rho\prime, h\prime \rangle < \langle \rho, h \rangle$.

2. Non-principal cases (the last rule above a cut is not principal).

   - If the last rule is a standard FDE analytic rule ($\wedge, \vee, \to, \neg, \forall, \exists$) or a structural rule, use standard Gentzen permutations to push the cut upward. Analyticity ensures only subformulas
     are involved. The resulting cuts have strictly smaller $\langle \rho, h \rangle$; apply the induction hypothesis.
   - If the last rule is Demote: only the label changes; push the cut across Demote. Height strictly
     decreases; apply induction.
   - If the last rule is Commit_w: the conclusion contains '='. Since θ is '='-free by side condition,
     the current cut cannot be principal in this Commit_w step. Replace any immediate uses of the fresh '='
     by Demote to $\approx_{obs}$ (or $\equiv_{onto}$), and use $\approx_{obs}$-congruence to recover the same effect. Then push the cut
     upward. Measures do not increase; apply induction. (No-Lift forbids re-introducing '='.)
   - If the last rule is Obs-intro_w: the rule is analytic (observational equivalence is a congruence);
     permute the cut upward, decreasing height; apply induction.

3. Principal cases (θ is principal for the last rule).

- $\theta = \alpha \wedge \beta$ (example). Standard reduction:
  From $(\Gamma \vdash_W \alpha \wedge \beta)$ and $(\Delta, \alpha \wedge \beta \vdash_W \psi)$ derive
  $(\Gamma \vdash_W \alpha), (\Gamma \vdash_W \beta)$, and $(\Delta, \alpha, \beta \vdash_W \psi)$, then combine with two strictly smaller cuts.
  The cut-rank strictly decreases; apply induction.
  The cases $\theta = \alpha \vee \beta, \alpha \to \beta, \neg\alpha$, and the quantifiers follow the usual Gentzen reductions.
- θ with $\approx_{obs}$ rewriting: Normalize θ up to $\approx_{obs}$ using Obs-intro_w (congruence), then apply the
  corresponding FDE principal reduction. Rank does not increase; apply induction.
- θ cannot be an equality: by the Local-Cut side condition θ contains no '='. Any internal equality
  segments introduced by Commit_w are immediately replaceable by Demote (and cannot be promoted back
  by No-Lift). Thus equality does not occur as a principal cut-formula under this theorem's scope.

4. Termination.
   In all permutations/reductions either the cut-rank decreases, or, if the rank is preserved, the height
   strictly decreases. Commit_w segments cannot loop (σ OneShot), and No-Lift prevents equality from
   reappearing after demotion. Hence the process terminates with a cut-free derivation π°.
   QED.

Corollary ('='-free Conservativity)

UPS is conservative over the '='-free FDE fragment: $if \Gamma \vdash_W \varphi$ uses no '=', then by Erasure there is
a pure FDE proof $\Gamma \vdash \varphi$; conversely, FDE theorems embed into UPS by adding window labels and never invoking
Commit_w. Thus extending by UPS machinery does not create new theorems in the equality-free language.

Audit / Metrics (for the normalized proof π°)

- Gate usage: Commit_w occurrences = 0 (forced by UPS-free conclusion).
- Demote calls: only to eliminate incidental '='-segments; monotone and commuting with substitution.

- No-Lift violations: none (rule forbids it).
- Subformula discipline: preserved (treat equality as an event-atom that is eliminated by Demote).

[Appx2] 보편 삽입 코롤러리 '작동 예시'

[Appx2.1] 고전 명제논리(CL) → U-P-S

임베딩($\tau : S \hookrightarrow D\prime$): CL의 판정 결과를 μ_L로 보고토큰화, e_L:{T, F}↪{T, F, B, N}. 등호는 S(Π)에서 직접 기입 금지('↑=→σ→=' 파이프라인만 허용).
게이트 표현($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \sigma_{trace} \asymp \cdot Guards$): CL은 언어 내에서 $stage = \mathcal{S}$(안정성), δ_{abs}(절대형상), $\asymp$(트레이스 합치), $Guards$(Exh/Det/Coh/No3/Arrow)를 명시 가능. 통과 시 ↑= 후보 생성.
환수(↑=→κ_σ→=, OneShot): 게이트 통과 후 σ(OneShot)로 D에서 '=' 단회 발급(창 비운반·재보고 강등).
자유 전역 완성 $L : S \to U[T]_{glob}$: CL에 AUG_{eq} 최소 셋만 추가한 자유 완성 존재. 반사 고정점 $U[T]_{glob} \to U$로 닫힘(=발급은 사건, σ_{trace}는 사후 표지). 결과적으로 S는 U의 하위 범주/반사로 재흡수.

[Appx2.2] 모달 논리(K/S4) → U-P-S

임베딩: $\mathbb{W}$(월드)·접근관계를 $Guards$로, π_W가 특정 창 선택. 보고 토큰은 $D\prime$의 슬라이스로 귀속.
게이트: $\Box\phi$ 등 전역 판정은 margin에 접근관계 트레이스를 기록하고("모든 접근 W'에서 $e_L = T$"), 창 이동 시 Non-Transport로 재평가. 게이트 전제($stage = \mathcal{S} \cdot \delta_{abs} \cdot \asymp \cdot Guards$)가 서면 ↑=.
환수·반사: '승격(promote)' 후 σ로 전개, D에서 단회 '=' 발급. 전역 이론 임베딩마다 유일한 연장 F* 가 존재해 자유 완성 L을 통해 인자화(반사).
요지: "임의의 L이 4조건(층분리·시차 엔진·게이트 표현·등호 단발)을 만족하면, τ로 내부화→AUG_{eq} 최소 추가의 자유 전역 완성→U로 반사"가 실제 운용(창·로그·강등)과 함께 작동함.

[Appx2.3] 요약

예시 2종으로 "임의의 L"이 실제로 U-P-S 파이프라인을 타고 반사되는 과정 논증됨(자유 전역 완성·반사 포함).

[Appx3] R-패키지: 주체 표지의 내재적 정의

$R(x,x) :\Leftrightarrow \exists W,t,k.Eq(x,x,t,W,k)$('=' 단발 사건의 D-내적 표지; 존재 정량)
$R(x,y) :\Leftrightarrow \bot$ (본 체계에선 대각선만 사용; 자가지시 표지)

$(R-Gen) \vdash^P Ready(Both_A) \wedge Gate(W,x,t) \wedge \neg mark \wedge \kappa_\sigma(W,\pi_W(x),t) = k \wedge Alive$
$\Rightarrow U \vdash Eq(x,x,t*,W,k) \wedge R(x,x)$

(R-Once) $R(x,x) \wedge R(x,x)' \Rightarrow k = k' \wedge t = t'$ // UE(유일키·단발성) 상속
(R-Local) $R(x,x) \Rightarrow Window = W(x)$ // 창-국소(Non-Transport)
(R-NoPromo) $\Pi \vdash \varphi \Rightarrow \neg R(\varphi,\varphi)$// 판정층에서 '='/$R$ 도입 금지(오직 U에서만)

해석: R은 사건(Eq)의 내재 로그. 이는 "자기지시 $R(x,x)$"를 UPS-Commit의 결과로 일으켜 세운 것. "존재론적 항등성"에 대한 '스냅샷'을 '판정/관측 언어(D/)'로는 못 적는다. R은 그걸 D 내부에 한 번만 새기는 표지인 셈이다. 그러므로, R은 모순의 결론이 아니라 결과다. 모순을 통과(Gate/κ_σ)해야만 R이 생산될 수 있다. (모순=동력)

[Appx.4] '무전제성의 원리'와 'UPS 커널'

[-1] PRE-UPS LAYER — PNP AS A SYSTEM-AGNOSTIC PRINCIPLE

Any deductive system $S = \langle \Sigma_S, R_S, \vdash_S \rangle$
$judge_S(\varphi)$: "S의 이름으로 φ를 판정(정리/승인)한다"는 행위.
$UsesOutside_S(E) : E가 Σ_S, R_S 밖의 근거/모형/전역치환/권위를 필요로 함.
$Internal_S(\varphi)$: φ의 정당화가 오직 $(\Sigma_S, R_S, \vdash_S)$로부터만 산출됨.

Axiom (PNP — Principle of No Presupposition)
$\forall S, \varphi . judge_S(\varphi) \to \exists \Delta$ (Δ is a derivation over $(\Sigma_S, R_S) \wedge \Delta \vdash_S \varphi$).
(판정은 반드시 내부 산출이어야 한다. 외생은 금지)

Lemma (Ad-hoc Injection = Rule Failure)
$UsesOutside_S(E) \equiv \exists \varepsilon (R_S|_\varepsilon \neq R_S)$
(사례 예외 ε로 규칙이 변질)

Theorem (PNP-Contradiction: System-Level Self-Contradiction)
$\forall S, \varphi . [judge_S(\varphi) \wedge UsesOutside_S(E) \wedge "within S"] \Rightarrow \bot$
Proof-sketch:
$judge_S(\varphi) \Rightarrow$ (PNP에 의해) $Internal_S(\varphi)$ 요구.
$UsesOutside_S(E) \Rightarrow \neg Internal_S(\varphi)$.
Hence $Internal_S(\varphi) \wedge \neg Internal_S(\varphi)$. □
Corollary A (Outside-Cut)
judge$_S(\varphi) \wedge UsesOutside_S(E) \Rightarrow$ either reclassify to $S' = S \oplus E$, or $Cut_S(\varphi)$.

(reclassify 않으면서 “S의 판정"을 주장하면 즉시 모순)
Corollary B (Global-Touch Ban)
전역 치환/외부 모형 참조로 ‘=’/진리 판정 시도 ⇒ PNP 위반 ⇒ 체계 모순.
Caution
재분류 우선($\oplus E$) → 실패 시 Cut. ($''within S$")

Classification (UPS-sense)
PNP를 위반하는 체계/담론은 Pre-UPS에서도 모순.
더하여, UPS에서는 커밋 비가용(뷰 전용 하위범주).

이 PRE-UPS 레이어는 UPS와 독립적이다. UPS는 아래 [1]에서 PNP를 실행 가능 규율(게이트/가드/σ/커밋)로 구현한 특수화다.

[1] UPS-SPECIFIC KERNEL

Global Principles (원리)
(PNP) 위 PRE-UPS PNP가 UPS의 최상위 원리로 계승됨.
(NO) No-Outside = PNP의 UPS-특수화(외부 근거는 즉시 Cut; 어댑터 편입 시 체계 변경)
(EQD) ‘=’@D-only. 등호는 D에서만 사건형 단회 커밋(스코프=W); $D\prime$에는 ‘=’ 미정의.
(1st) First-order-only. 판정 시점에 2계 술어 도입 금지(메타는 J-Form 가드로 내재화).
(AP) Anti-Partition. 전역 D의 비자명 분할 금지.
(Aut) Aut(D)-불변: δ_{abs}는 자동사상에 대해 불변.

[Signature / Sorts]
D: Onto(내용층; 존재론적 판정·'='의 유일 무대)
$D\prime$: Epi(보고층; 관측/표상 전용, ‘=’ 미정의)
$\mathbb{W}$: 창(window) 집합
T: 이산집합
Σ, Σ^*: 시차-트레이스 알파벳 / 자유모노이드
K: κ_σ 면허 토큰(소모 가능 자원)
$V_{base} := \{T, F, B, N\}$ (LP/FDE 값층)
$R_{obj} \subseteq D \times D$; $R_{path} := (R_{obj})^+$; $R^* := id \cup R_{path}$

[Bridges (1계만)]
$\pi(x, W, y) \subseteq D \times \mathbb{W} \times D\prime_W$ (관계; 판정의 대상, 1계)
$\pi_W : D \rightharpoonup D\prime_W$ (부분함수; 계산/외화용)
$Int_{\kappa_\sigma} : D\prime_W \rightharpoonup D$ (환수; Gate+토큰 있을 때만)

Rules:
(Func) $\pi(x, W, y_1) \wedge \pi(x, W, y_2) \Rightarrow y_1 = y_2$
(E→O) $\pi_W(x) = y \Rightarrow \pi(x, W, y)$
(U→O) $Int_{\kappa_\sigma}(y) = x \Rightarrow \pi(x, W, y)$

σ / X / Layer

$\sigma : T \to T$ (OneShot, 비역행, 관점 내부 시차; $\sigma \circ \sigma$ = 미정의)

X : 언어 시차 전개(모노이드; $X^{m+n} = X^m X^n, X^0 = id$)

Layer-Sep: 평가층 누적은 X^k로만; σ^k 누적은 정의상 불가.

Equivalences & Their Scopes

$\approx_{obs}$ on $D\prime$(증인/좌표 기반; 관측-동치, 창-국소)

$\equiv_{onto}$ on D (and via π on D; 존재론적-동치, δ_{abs} 동치류)

= on D(사건-동일; 면허·단회·창-국소)

Sugar-ban: 증명 박스 내부의 무첨자 '$\approx$' 금지(항상 $\approx_{obs}$ 등 첨자화).

Guards & Gate

$Guards := Exh, Det, Coh, No3, Arrow$ (상시 가드)

$Gate(AUG_{eq}, W, x[, y]) :\Leftrightarrow (Stage_S(W) \wedge \sigma_{trace}(x) \asymp \sigma_{trace}(y)) \wedge Guards \wedge margin \geq$

Stage discipline

$stage_W \in \mathcal{U}, \mathcal{P}, \mathcal{S}$, '$\asymp$' 호출은 $stage = \mathcal{S}$에서만 합법.

=-Intro / Demotion / Non-Transport

(=Intro@D) $\Gamma \vdash_W x \approx_{obs} y \wedge Gate(AUG_{eq}, W, x, y) \wedge \sigma$-available

→ (consume κ_σ) → $\Gamma \vdash_{onto} x = y$ @ (W, OneShot)

(=Uniq@W) $\Gamma \vdash_W x = y \wedge x = z \Rightarrow y \approx_{obs} z$. 창-국소 1회성.

(No-Transport) $W \neq W\prime \Rightarrow$ '=' 운반 금지. 최고 강도는 $\approx_{obs}$로 강등.

(Demote) 재보고·교차-창·가드 위반의 '=' 시도 ⇒ 즉시 Demote($\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$) ∨ Cut.

Paraconsistent Core

Values: V_{base} =$\{T, F, B, N\}$, 지정값 $\{T, B\}$ (관례)

(B-Keep) $Eval(t, \varphi) = B \Rightarrow Eval(t, X\varphi) = \langle B \| T \rangle (t, \varphi, \tau)$; (판정 양식 No-Compute)

(No-Explosion) $p \wedge \neg p \nvdash q$ (No3 + NoCompute + 채널 잠금으로 보장)

Conservativity: '='이 등장하지 않는 조각은 LP/FDE 단면에 보수적.

Reflexive R (UL/UE 인터페이스)

Stage-U (전역 표지) $\vdash \Upsilon : (\forall x) R(x, x)$. 객체층 유도에 미해소 금지(사이드조건).

Stage-P (객체 제약) Asymmetry / Acyclic / Non-transitive on R_{obj}

Stage-S (환수 규칙) $Fix(x*) \wedge Gate(AUG_{eq}, \ldots) \Rightarrow \vdash_F ixR(x*, x*)$

UE (유일성) $Fix(x), Fix(y), R(x, x), R(y, y) \Rightarrow x = y$

Polarization (값-산출 / 분극 보존)

inv_W : $D\prime_W \to D\prime_W$ (involution; B-이미지에서 고정점 금지)

$Fib(x, W) := \{ y | \pi(x, W, y) \}$

$|Fib| = 0 \Rightarrow Val = N$; $|Fib| = 2 \Rightarrow Val = B$; $|Fib| = 1 \Rightarrow Val \in \{T, F\}$ (전개 채널 로그로 부호결정)

No-Global-π: $\neg \exists f : D \to D\prime s.t. \forall x, W \pi(x, W, f(x))$. 분극 붕괴 방지.

Commutation
$\langle on, on \rangle$: $Obs \circ \sigma \approx_r ep\sigma \circ Obs$
$\langle on, off \rangle$: $Obs \circ \sigma \approx_{obs} \sigma \circ Obs$
주: 이 범위를 벗어나는 “동시 판정 일치” 진술은 무효.

Meta notes (해설; 규범 아님.)

• “산출=증명”: 커밋(=)은 D 내부 절차(UPS-Commit)의 산출이고, 그 사건 자체가 그 문장의 유일한 증거다.
• FO-incompleteness와의 관계: 그러므로 본 커널은 층위 혼합을 방지하고자, '참/거짓의 메타 외부’가 아니라 '커밋-참(=)'만을 진짜 참으로 인정한다. 따라서 1계 정리 체계의 '증명불가’는 이 커널 밖의 메타 참조를 요청하는 순간 Cut된다(No-Outside). 반대로, 내부 산출된 커밋은 증명과 동일시된다(동일성의 사건화).
• σ는 단회성 기록자(OneShot)며. 합성($\sigma \circ \sigma$)은 미정의이다.

Addenda (연결 정리) — new statements binding PRE-UPS to UPS

Theorem (UPS-PNP Alignment)
UPS에서 $judge(\chi) := CT(\chi)$로 정의. 그러면 $\forall \chi, CT(\chi) \Rightarrow Internal_{UPS}(\chi)$.
(커밋은 내부 Gate+σ 산출이므로 PNP를 자동 만족)
Corollary (No “True-but-Unprovable” in UPS-sense)
"증명불가능한 참인 명제"라는 표현은 개념 모순. 산출 경로 부재 ⇒ 커밋 없음(정리 아님).

[Appx.5] 감사(Audit) O(n) 절차 의사코드

입력: 증명트리 Proof(노드 n개), 창 로그 Log
출력: PASS | DEMOTE | REJECT + 위반코드{OBS, STRUCT, BRANCH, TYPE, PROMO, WINDOW}
보장 복잡도: $O(n)$ (각 노드 상수시간 검사; 해시/마킹/키 인덱스 활용).

$TraceCompat(a, b) :=$ T8의 정규화·측도·의사결정으로 구현
$N : Canon(\tau) \rightarrow M : hash, J_k \geq \theta_J, Lev \leq \theta_L, Stage, |\Delta\sigma|, |\Delta K| bounds \rightarrow D : EXACT|NEAR|FAIL$
EXACT/NEAR이면 $\sigma_{trace}(a) \asymp \sigma_{trace}(b)$ 판정으로 게이트 전제 충족. (T8은 “전제 확인용 권고”, 자동 승격 불가).
규칙·불변식 체크 소스: $R_{EqOpen}, R_{Demotion}, R_{NoPromo}, R_{NonTransport}$; 마킹·앵커·키 규격.
교환성: 보고층에서 “강등↔치환” 교환(commute)로 절차 결정성 유지(감사시 순서 독립).

procedure AUDIT(Proof, Log):
// 0) 인덱스 준비 (O(n))
build Index for marks (mark↑, mark=), window-keys, anchors, stage_W, pair(x,y)
ensure Log keys = H(W_{id}, obs_{sig}, anchor_{sig}, epoch) (dup ⇒ DEMOTE) // mini-log spec
// ref: key/record/demotion reasons
// [spec] eq_{id}, promo_{id}, OBS/STRUCT/BRANCH codes
// ---

```
// 1) 1-pass 노드 검사 (top-down or any acyclic order)
status := PASS
for node in Proof:
  // 1.1 Well-typedness (Σ 밖 토큰 금지)
  if contains{rank_{label}, truth_outside, predict, empirics} then
  return REJECT, TYPE
  // 1.2 Stage 일관성
  if uses(≍) and stage_W(node) ≠ stage=\mathcal S then return REJECT, STRUCT
  // 1.3 게이트 호출부 (↑=-Intro_epi in D′ )
  if node.kind == PROMO:   // create ↑=(a,b)@W
  require S ∧ δ_{abs}(a)=δ_{abs}(b) ∧ TraceCompat(a,b) ∧ Guards ∧ ¬mark↑(W,a
  mark↑(W,a,b) := true ; write promo_{id}
  if violated then return REJECT, PROMO
  // 1.4 발급부 (=-Mint_{onto} in D)
  if node.kind == ISSUE:   // mint =(a,b)@W (OneShot)
  require ↑=(a,b)@t ∧ κ_σ(t)=t* ∧ Fix(t*)
  require ¬mark=(W,a,b) ∧ Non-Transport(W) ∧ No-Promo
  mark=(W,a,b) := true ; write eq_{id}
  if violated then return DEMOTE, WINDOW or PROMO
  // 1.5 대체/치환/재보고
  if node.kind == RERPT:   // '=' 재보고 시도 또는 cross-window 운반
  write re-report {≈_{obs} | ≡_{onto} | ⊥, reason ∈ {OBS,STRUCT,BRANCH}}
  status := max(status, DEMOTE)

// 2) 로그 일관성(단회·창·마킹) 최종 확인
if exists duplicate key in Log then status := DEMOTE
return status
```

요약: 감사 $O(n)$ 의사코드는 키·마킹·게이트·불변식 기반 단일 패스로, 본문 선언과 일치. (주의, $\asymp$는 규격적 판정(정의역 제한)이지 의미론적 동치가 아니다.)

[Appx.6] σ One-shot의 내적 필연성: 논리적 절차의 작동 조건

1. 형식적 근거(Formal Grounds)

- 정의(운영 서명)
    - $\sigma : D \rightharpoonup D$는 단발 시차 연산자로, 같은 사건에 대해 $\sigma \circ \sigma$는 미정의이며(σ² 금지), 전역적 역함수 σ^{-1}은 정의되지 않는다. σ는 전역 비단사(non-injective)이며, 국소 정제(Res(κ))와 Δ-가드 하에서 상태를 식별/압축할 수 있다.
- 정리(역행 금지, No-Return)
    - Arrow(비순환), UE★(같은 창·같은 체인에서 '=' 커밋 최대 1), Persistence(정제 후 커밋 철회 불가)를 가정하자.
    - 가정 모순: σ가 전역 가역이라면, 임의의 커밋 시점 t에서 σ^{-1}로 이전 창 W'로 회귀 가능하다.
      그러면 (i) Persistence와 충돌(이미 승인된 '='을 회귀로 사실상 무효화 가능), (ii) Arrow와 충돌(커밋→회귀→재시도로 순환 형성), (iii) UE★와 충돌(동일 체인에서 중복 승인 시도 가능).
      따라서 σ는 전역 가역일 수 없다. □
- 보조 사실(정제 단조성)
    - Res(κ)로 트레이스를 세분해도 이미 찍힌 커밋은 철회되지 않는다(Persistence). 가역 σ는 이 보조 사실과 양립 불가다.

2. 철학적 정당화(Conceptual Grounds)

- 변증법의 비가역성
    - 헤겔의 Aufhebung은 "형식 전환(이행)"이지 순환이 아니다. 동일한 창을 "되돌아가" 재시도할 수 있다면, 그건 변증법이 아니라 단순 반복이다. 추론의 필연성(inevitability)은 바로 이 비가역성에서 나온다.
- 종결성(Termination) 보장
    - Gate 실패 때마다 회귀가 허용되면 무한 루프 위험이 상존한다. σ OneShot은 "한 사건-경로에 대해 1회만 전개"를 강제해 종결성을 담보한다.

3. 계산/인과 대응(Operational Intuition)

- 정보/감사 단조성
    - 커밋 로그는 정보량이 단조 증가해야 감사가 가능하다. σ가 가역이면 로그 단조성이 깨져 감사 불가능성이 생긴다("쓰고 지우기"가 가능해짐).
- 인과의 화살
    - Price류의 논의처럼, 인과 화살은 비가역성에 기대어 정의된다. UPS의 "추론 화살"도 동일하게 σ의 비가역성을 전제한다. (단, σ는 자원이 아닌, 관점 내 시차("사후성") 표지이자 논리적 절차의 원인이다.)

4. "다른 선택" 가능성에 대한 반증 스케치
   가역 σ (전역 역함수 존재): 위 정리대로 Arrow·UE★·Persistence 중 최소 하나를 깨뜨린다 ⇒

불가.
부분 가역(국소 되돌리기): 커밋 경계 밖, Σ^*의 반복(run)로만 허용된다. 즉 반복은 트레이스의 모노이드가 담당하고, σ는 사건 경계를 넘기는 OneShot만 담당한다(역할 분리). 즉, 가역적으로 보이는 것은 모노이드의 흔적-효과가 증감하는 경우의 일일 뿐이며, σ의 이행이 일어났다는 사실(로그)만큼은 절대로 "지울 수 없다".
조건부 가역: 외부 상태/오라클로만 복구 가능한 σ^{-1}은 No-Outside(우주 닫힘)와 충돌 ⇒ 불가.
결론: 논리적 절차에 가역은 없다.

5. 계산이론·정보이론·인과 화살: σ OneShot의 정식화

- 설정
  - 우주 $U = S \times E$.
    S: 논리/내용 상태, E: 환경(로그·열저장소))
  - 전이는 결정적 함수 $\Sigma : U \to U$로 쓴다. UPS 사건(커밋)은 $\Sigma(s, e) = (\sigma(s), e \oplus log(s \to \sigma(s)))$.
    여기서 $\sigma : S \to S$는 내용층 전이, $\oplus$는 append-only(환경 로그 덧붙이기).
  - 관찰/불변량 사상 $\Delta : S \twoheadrightarrow X$ (서젝티브, 국소 coarse-graining).
  - 정의 상, σ는 이산집합의 내재 시차 연산자로, E를 읽지도/쓰지도 않는다. ($\pi_S \circ \Sigma = \sigma \circ \pi_S, \pi_E \circ \Sigma = e \mapsto e \oplus log$)
    그러므로, $\tau_\sigma^{min} > 0$ & T well-founded
    ⇒ σ^{-1} 불가. (S-only No-Return)

- 정의 1 (정보 소거/국소 엔트로피)
  - 주어진 전이 σ와 상태 $s\prime$에 대해 소거된 정보량 $I_{erase}(s\prime) := log_2 \sigma(s\prime)$,
    -국소 엔트로피 $HS(s) := log_2 \Delta{-}1(\Delta(s))$.
    (동일 불변량 셀 안의 미시상태 수를 로그로 본다.)

- Lemma 1 (논리적 비가역성 ⇒ 정보 소거)
  - σ가 전역 비단사(UPS 가정)면 임의의 커밋에서 $I_{erase}(s\prime) \geq 1$(최소 1비트 소거).
    또한 커밋이 불변량을 세분(=불확실성 축소)한다면 $HS(\sigma(s)) \leq HS(s)$,
    $HS(s){-}HS(\sigma(s)) \geq I_{erase}(\sigma(s))$.
  - 해설: OneShot 커밋은 "이전이 뭐였는가"에 대한 분간 정보를 지운다(미복원성). 그리고 이는, 국소 엔트로피 감소분으로 잡힌다.

- 정리 1 (Landauer-형 하한: 전역 엔트로피 증대)
  - 온도 T의 환경에서 append-only 로그가 지워진 비트만큼 최소 엔트로피를 얻는다면, $\Delta S_E \geq I_{erase} ln 2$, $\Delta Q \geq kT I_{erase} ln 2$. 특히 커밋 한 번마다 $I_{erase} \geq 1$이므로 $\Delta S_E > 0$.
  - 결론: **국소 엔트로피 감소(정리·승인·커밋)**는 환경 엔트로피 증가로 상쇄된다. "국소↓ ⇒ 전역↑"는 부등식이다.

- 철학적 해석: 엔트로피의 증가는 'append-only 로그'의 기록 누적이다.

- 정리 2 (가역 σ의 배제: 화살의 붕괴)
  - 전역 역함수 σ^{-1}이 존재하면, 어떤 커밋 후 상태에서 σ^{-1}로 **회귀** 경로가 생겨

  1. $I_{erase} = 0$인 단계(소거 없음) → 정리 1과 충돌(커밋인데 소거 0),
  2. 회귀→재시도로 **동일 창/체인 재승인 경합** → UE★·No3와 충돌,
  3. 로그 롤백 없이는 회귀가 **감사 불가능한 음영 경로**가 되어 (AX-Append)와 양립 불가.

  따라서 σ는 전역 가역일 수 없고, **OneShot**이어야 한다. □

- 정리 3 (암호학적 one-way와의 연결—형식 버전)
  σ가 many-to-one이며 Δ가 불변량을 압축한다면,
  $f := \Delta \circ \sigma$는 정보-이론적 의미에서 손실 사상(left-inverse 부재).
  단, 계산난이도까지 보장하는 암호학적 one-way를 여기서 요구하지 않는다. (강한 주장 아님.)
  우리가 필요로 하는 건 논리적 비가역성이며, 이는 이미 $I_{erase} \geq 1$과 정리 1–2로 충분히 고정된다.
  - 요지: 이는 "비유"가 아니라 손실 사상 + 엔트로피 하한 + 비순환 로그의 삼점 고정. 그 자체로 독립된 수학적 주장이다.

- corollary
  - σ OneShot ⇔
    (i) 정보소거 $I_{erase} \geq 1$,
    (ii) 환경 엔트로피 단조 증가 ΔS_E > 0,
    (iii) 로그 부분 순서의 비순환성(추론 화살).
    세 조건이 동시에 깨지지 않으려면 σ는 전역 가역일 수 없다.

- 6. 명료화(Clarifications)
  - σ가 OneShot인 것은 **“같은 사건에 대한 σ는 1회”**라는 뜻이다. 논리적 절차는 단회적이나, 여러 번의 각기 다른 각각의 시도는 Σ*의 반복으로 모델링된다. (NoRL)

- 결론: σ OneShot은 선택지가 아니라 작동 조건이다. 이를 간과하게 되면, (i) 커밋 유일성, (ii) 종결성, (iii) 감사 가능성, (iv) 변증법적 비가역성—UPS의 프레임이 보장하는 네 기둥이 동시에 무너진다.

[Appx.6+] σ One-shot의 내적 필연성: 불변량-게이트를 통한 UPS-Commit.

불변량-게이트: $Gate(W; a, b) := S \wedge \delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge NF(\sigma_{trace}(a)) \approx NF(\sigma_{trace}(b)) \wedge Guards(t, \varphi; \Gamma) \wedge \neg mark(W, a, b)$.

- 사건-동기화 불변량으로서의 δ_{abs}: $Gate(W; a, b)$ 정의에 등장하는 $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)$는 사전적으로 주어진 모델 데이터라기보다, UPS-Commit 규칙이 민트한 등호 $a = b$와

\emph{사건적으로 동기화된(in sync with the commit)} 불변량으로 읽힌다.
즉, 내적 부정성은 커밋 이전에는 미지수이고, 커밋 이후에야 $EqLog$로부터 재구성되는 양상이다.
따라서 게이트 내부의 등호는 커밋 시점과 \emph{동일한 사건에 귀속된 사후적 판정}이지,
커밋을 선행하는 독립 변수는 아니다. (즉, δ_{abs}는 UPS-Commit이 남긴 동일성 사건과 동기화된 사후적 불변량.)

불변량-부트스트랩

- 전역 세팅: EqLog에서 δ_{abs} 재구성
  창 W, 논리적 절차의 시점 t에 대하여 $\rho = \langle \Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2, \ldots \rangle$라고 두고,
  각 상태 (Σ_t) 안에 창별 로그 (\log @(W, t))가 있다고 하자.

- 정의 1 (EqLog 기반 커밋 그래프와 몫집합)

  1. **커밋 엣지 집합**
     KaTeX parse error: Expected group as argument to '\bigr' at position 72: …g @(W, t) \bigr}.

  2. **커밋 폐포(closure)로서의 동치관계**

     $$\sim_\rho := REF - SYM - TR - closure(E_\rho)$$

     즉, (E_ρ)를 포함하는 **가장 작은** 동치관계.

  3. **절대 불변량 값과 δ_{abs}**

     $$H_\rho := D/{\sim_\rho}, \qquad \delta^\rho_{abs} : D \to H_\rho, \quad \delta^\rho_{abs}(a) := [a]_{\sim\rho}.$$

     여기서 (δ_{abs}^ρ)는 **자유 파라미터가 아니라**,
     실제로 발생한 '=' 커밋 로그(EqLog)의 폐포로부터 사후적으로 정의된 함수다.
     그러므로 "내적 부정성의 등호"는 *"선험적 데이터"가 아니라 "커밋 이벤트가 만든 동치류"* 이다.

- 정의 2 (불변량-게이트; 기존 정의 재해석): 이제 불변량-게이트의 정의는 그대로 두고,
  그 내부의 δ_{abs}를 이제 위 정의에 따라 다시 읽으면 다음과 같다.

  $$Gate(W; a, b) := \mathcal{S} \wedge \delta^\rho_{abs}(a) = \delta^\rho_{abs}(b) \wedge NF(\sigma_{trace}(a)) \approx NF(\sigma_{trace}(b)) \wedge Guards($$

  여기서 등호는 **새 등호가 아니라 기존 '='**고,
  (δ_{abs}^ρ)는 위 EqLog로부터 파생된 것이다.

- Lemma. Invariant-Bootstrap (커밋-동기 불변량 / 사건-동기화 δ_{abs})

따라서, UPS 전개 $\rho = \langle \Sigma_t \rangle_{t \in T}$에 대해,
위 정의 1, 2를 채택하자. 모든 $W \in \mathbb{W}$, $a, b \in D$, 시간 $t \in T$에 대해:

1. **(Commit ⇒ δ_{abs}-동기)**
   만약 어떤 시점 t에서 규칙

$$R_{EqOpen}(W; a, b): \quad Gate(W; a, b) \vdash a = b@W$$

   이 적용되어,
   $log@W, t+1$에 "commit((a=b@W))"가 append되었다면,

$$\delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b)$$

   이 성립한다.

   더 나아가, 정의상

$$\delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b) \iff a \sim_{\rho} b \iff \exists c_0, \ldots, c_n, a = c_0,; b = c_n, (c_i, c_{i+1}) \in E_{\rho}$$

   이므로, $a = b@W$ 커밋은 항상 a, b를 같은 $\sim_{\rho}$ 클래스로 보낸다.

2. **(δ_{abs}-등호의 순수 EqLog-기원성)**
   모든 $a, b \in D$에 대해

$$\delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b) \quad \iff \quad a \sim_{\rho} b$$

   이고, $\sim_{\rho}$는 오로지 E_{ρ}의 REF/SYM/TR 폐포이므로,
   $\delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b)$라는 판정은 **EqLog에 기록된 '=' 커밋들만**에 의해 결정된다
   (추가적인 외부/메타 데이터 없음).

3. **(Gate의 "등호 항"은 사후-정당화된 불변량)**

   따라서 어떤 상태 Σ_t에서

$$Gate(W; a, b) \equiv \mathcal{S} \wedge \delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b) \wedge NF(\sigma_{trace}(a)) \approx NF(\sigma_{trace}(b)) \wedge Guards \wedge$$

   가 성립한다는 것은,

   - 한편으로는, **커밋 규칙 R_{EqOpen}이 요구하는 로컬 전제들**
     $\mathcal{S}, NF(\sigma_{trace}), Guards, \neg mark$가 만족되고,
   - 다른 한편으로는, Gate 내의 등호
     $\delta^{\rho}_{abs}(a) = \delta^{\rho}_{abs}(b)$가
     이미 과거의 '=` 커밋들(EqLog)로부터 사후적으로 유도된 판정 값임을 의미한다.

즉, Gate 안의 등호는 커밋을 “추가로 전제하는 새로운 가설”이 아니라,
그와 동일한 사건들('=' 커밋들)의 폐포로부터 역으로 읽어낸 불변량이다.

- **레마 요약 (사건-동기화 불변량).**
UPS에서 '='은 오직 R_{EqOpen}을 통해서만 민트되고,
δ_{abs}는 그 커밋 로그의 폐포로부터 사후적으로 재구성된다.
따라서 $Gate(W;a,b)$에 등장하는 등호 $\delta_{abs}(a)=\delta_{abs}(b)$는
커밋에 선행하는 독립적인 가설이 아니라,
같은 커밋 사건에 귀속된(event-synchronized) 사후적 불변량 판정이다.

  이걸 한틱 표지(OneTick; §1.3.5 참조.)로 표현하면 다음과 같다.

  - **전개**:
  $$Gate(W;a,b) \Rightarrow \rhd_\sigma Commit_W(a,b)$$
    - **사후 불변량**:
    $$Commit_W(a,b) \Rightarrow \delta^{\rho}_{abs}(a)=\delta^{\rho}_{abs}(b)$$
    - **결론**:
    $$Gate(W;a,b) \Rightarrow \rhd_\sigma \left(a=b \wedge \delta abs^{\rho}(a)=\delta^{\rho}_{abs}(b)\right)$$

    즉, Gate가 열린 쌍 (a,b)는, σ 한 틱 이후 (같은 t에서) '=' 커밋과
    그에 동기화된 불변량 δ_{abs}를 동시에 갖는다.
  - 결론: 그러므로, 본 체계에서는 $\delta_{abs}, \sigma_{trace}, mark, log_W, Gate$ 등은 고정된 실행(run) ρ에
  상대적인 기호지만, 표기상 δ^{ρ}_{abs}와 같은 형태에서, 위 첨자인 ρ는 생략한다.
  의미시간(논리적 순서)5는 ρ의 선형 배열에 의해 암묵적으로 주어진다.

5 즉, 시점은 '논리적 절차'로든 '이산적/연속적 시간'으로든 동등하더라도, 나열하는 방식(논리적 순서)은 엄격한 순서($\prec$)를 따른다.

- 정의 3 (OWF의 $D\prime$-증언). 전이(a →(σ)→ b)에 대해 다음을 만족하면 $D\prime$에서의 one-way 증언이라 부른다.
$OWF_\Delta(a \to b) := (I_{erase}(b) \geq \lambda) \wedge (NF(\sigma_{trace}(a)) \approx NF(\sigma_{trace}(b)))$.
여기서 임계 $\lambda \geq 1$은 도메인에 따라 정한다(논리적 미복원성을 보장할 최소 소거량).

- 정의 4 (게이트/가드). 앞의 $Gate(W;a,b)$를 따른다.

- 정리 3 (OWF-리프트: $D\prime \to D$). 즉 one-way 증언이 게이트를 통과하면, 이는 D의 불변량으로 승격되고, 그와 함께 '=' 커밋이 발행된다.

- 따라서 “one-way = entropy @D”는 승격 후의 진술이다: OWF는 처음엔 $D\prime$의 엔트로피 하한으로 관측되지만,
  게이트 통과와 함께 D-레벨의 규약적 동일성 사건으로 고정된다.
  (1) f의 손실성이 D-불변량으로 고정됨
  (2) 엔트로피 증가 $\Delta S_E \geq I_{erase} ln2$가 로그에 각인됨
  (3) 즉, 손실·엔트로피·비가역은 σ OneShot의 세 측면이며, Gate 통과 = 커밋 순간에 동시 실현된다.

- 비고 (상위 범주로서의 σ): σ는 존재론 도메인(D)의 전이자로서, 불가역/단발/비단사를 본질로 한다.
따라서 corollary에서 나타나는 세 조건은 독립적 사실이 아니라 σ OneShot에서 **필연적으로 함께 나타나는 양상(aspects)**이며,
σ의 운영적 투영이다. 달리 말하면, f$의손실성($f := Δ∘σ:D→X$; many-to-one.)과 엔트로피 하한($I_{erase} \geq \lambda$)은 관측 가능한 '같은 것(@D)의 다른 양상(@D′)'이다.

[Appx.6++] σ One-shot의 내적 필연성: 연산 요구량(Operational Cost)과 상위범주성 ($\sigma \sqsupseteq OWF$)

- 정의 5(정보 하한 × 방법 효율)
$OWF_{req}(x;m) := D*(x)/\eta_meth(m \mid x) = I_{erase}(x) \cdot \rho m$

- $D*(x)$: 인스턴스 x의 방법-독립 하한(정보적 난이도).
정보 소거 하한 ‘$I_{erase} \geq \lambda$’ 채용 시 일관됨.

  - $\eta_meth(m \mid x) \geq 1$: 방법 대비 관계적 효율(속도배수; 관계성 기준 효율).
  - ρ_m: 방법 m의 “비트당 작업량”(unit work/bit). 기준법의 ρ_{ref}로 정규화하면 $D*(x) = I_{erase}(x) \cdot \rho_{ref}$. 즉, ‘요구량 = 난이도 ÷ 효율’.

- 권고(스케일·정의역)

  - 1. 방법 계량의 게이지: η_meth는 ≥ 1로 두고, 기준법 m_{ref}를 문서 초기에 고정.
  - 2. 단위 일관성: $\rho_m = 1/\eta_meth \cdot \rho_{ref}$로 둘 시, 단위 일관성 유지됨.
  - 3. 정보 하한: 정보하한은 부록의 “엔트로피/소거 하한” 표기로 직접 연결. “$D*(x) \simeq I_{erase}(x)$”. (필요 시 상수·컷 파라미터를 Gate에 종속).

- 연산 요구량(Operational Cost)과 상위범주성 (σ ⊒ OWF)

  - 운용 계산모형 $\mathbb{P}$: UPS 공리(AX-σ⊥E, AX-Append, AX-Δσ, AX-GuardMon)를 지키는 프로그램들의 집합. 각 프로그램 $p \in \mathbb{P}$는 $U = S \times E$ 위의 전이를 유도한다.
    - 원자 연산(alphabet): ops := {σ_S, log_append, guard_{eval}, mark_mint, no-op, …}. (σ_S는 S에 대한 σ 적용, 나머지는 E/게이트 측.)

- 비용 함수 $\kappa : \mathbb{P} \to \mathbb{R}^3{}_{\geq}0, \kappa(p) := \langle work(p), space(p), appbits(p) \rangle$. 여기서 appbits는 append-only 로그에 실제로 추가된 비트 수.
- 전이 비용 $c(m)$: 전이 m을 구현하는 프로그램들의 비용 $infimum.c(m) := inf\kappa(p) : p \in \mathbb{P}, p \vdash m.$
- 역연산 비용 $c^{-1}(m)$: UPS 공리를 어기지 않는 범위에서 m의 좌역함수를 구현하는 프로그램 비용의 infimum. 존재하지 않으면 ∞. $c^{-1}(m) := inf\{\ \kappa(p) : p \in \mathbb{P}, p \vdash m^{\dashv}$} (없으면 ∞).

- 커밋 전이의 비용 성질 (Σ-이벤트)
  - 커밋 사건 $\Sigma(s, e) = (\sigma(s), e \oplus log(s \to \sigma(s)))$에 대해 비용 분해가 성립한다. $c(\Sigma) = \langle work(\sigma_S) + guard_{eval} + mark_m int, space, |log(s \to \sigma(s))|(= appbits) \rangle$.

- 정리 4 (역비용 발산). AX-Append(append-only)와 AX-σ⊥E 하에서, 모든 커밋 전이에 대해 $c^{-1}(\Sigma) = \infty$.
  - 스케치. 커밋의 좌역함수는
    (i) σ_S의 역상 복원과 동시에
    (ii) append된 로그의 제거/변경을 요구한다.
    (ii)는 AX-Append에 의해 금지되므로, $\mathbb{P}$ 안에 구현이 없다 ⇒ 비용 정의 불가(∞). □

- 결론. UPS의 커밋은 연산 요구량 기준에서도 '운용적 one-way'. 즉, 계산 난이도 가정 없이도 $c^{-1} = \infty$가 바로 선다.

범주와 충실한 함자: σ가 '상위'가 되는 의미

내용 범주 $\mathcal{C}_D$: 객체=상태 S, 사상=허용 전이 σ (커밋 포함). 합성은 전이 합성.
관측 범주 $\mathcal{C}_\Delta$: 객체=$X = \Delta(S)$, 사상=$f = \Delta \circ \sigma$.
함자 KaTeX parse error: Expected group after '_' at position 2: Δ_: $\mathcal{C}_D \to \mathcal{C}_\Delta, \Delta_(\sigma) = \Delta \circ \sigma$, 객체엔 Δ 적용.

- 정리 5 (OWF-리프트의 범주화). $Gate(W; a, b)$와 $OWF_\Delta(a \to b)$가 성립하면, $\mathcal{C}_\Delta$의 사상 $f = \Delta_(\sigma)$에 대해 $\mathcal{C}_D$에서 커밋 사상 σ가 존재하고 $\Delta_(\sigma) = f$ 이다.
  - 또한 비용에 대해 $c^{-1}(\sigma) \geq c^{-1}(f)$ (정의역 제약 때문에 보통 = ∞). 요지: 관측층 OWF 사상은 내용층 커밋 사상으로 리프트된다.
    이때 역비용 관계가 보존되어, σ는 OWF의 상위(포괄) 사상으로 위치한다.

- Corollary (상위범주성 선언). $Ob(\mathcal{C}_\Delta), Mor(\mathcal{C}_\Delta)$은 Δ_*로 $\mathcal{C}_D$에 충실(faithful)하게 임베드된다. 즉, 커밋 시점에 OWF-성질은 σ 사상의 속성(property)이 되어 상위 범주($\mathcal{C}_D$)의 원소로 귀속된다.

- '암호학적 one-way'와의 정밀 비교(요약)

- 암호학적 $OWF: f: 0,1 \to 0,1$ 가 임의의 확률적 다항시간 알고리즘 A에 대해 $Pr[A(f(x)) \in f^{-1}(f(x))]$이 무시가능(negl)이면 one-way.
- UPS-운용 one-way(커밋): $c^{-1}(\Sigma) = \infty$ (공리로 인해 허용 구현 자체가 부재). ⇒ 계산 난이도 가정 없이도 상위 층에서 더 강함:
  σ는 "역이 정의역 밖"이라서, 관측층 OWF의 모든 사례를 포괄한다.

- 실무용 정의
  - 연산 요구량 관점에서 커밋은 '상위범주 σ'에 속한다: 역을 만들 허용 절차가 없으므로 역비용이 ∞.
  - 관측층 OWF는 Gate/Guards를 통과하는 순간 Δ_*-리프트로 σ 사상의 속성이 된다. 즉, $\sigma \sqsupseteq OWF$.

- 의의
  - [appx6]와 그 하위 부록들(+,++)은 UPS 프로토콜이 보편 운용 프레임으로 기능할 수 있는 가능성을 보여준다.

[Appx.7] 사후적 기원($\mathcal{M}$) → 현존재($\mathcal{O}$): 기원 상실의 비가역성

TL;DR

- "사후적-기원($\mathcal{M}$) → 현존재/운용($\mathcal{O}$)" 이행은 범주론적으로 비가역.
- 반사(폐포) $L \dashv U$에서 $U \circ L \ncong Id_{\mathcal{M}}, L \circ U \cong \ Id_{\mathcal{O}}$(반사 하위범주).
- UPS 매핑: $L(\bot) = N$(미정-값), σ는 OneShot(비단사), **'='**은 R_{EqOpen} 통과 후 단회 커밋 (EqLog append-only), Non-Transport/No-Promo.
- 전역 값 환수(global attribution)는 지식 순서 $\leq_k$에서 읽는다. G2(분극) 이후 '전역 집계자'는 ** B(최상 고정점)**으로 닫히며,
- 이는 V ={T, F, B, N}의 소거가 아니라 전역 스코프에서의 귀속 규율이다(국소 T/F는 그대로 남음).

표기 메모) ‖· ‖$_\infty$를 $amp(\cdot)$로 표기. 구조층 토큰 û는 판단층에서 $\pi_v ec(\hat{u})$로만 환원 사용.

---

1. 범주론 스냅샷

층: $\mathcal{M}$(사후적-기원), $\mathcal{O}$(현존재/운용).

- 함자/접합: $L: \mathcal{M} \to \mathcal{O}$(내재화/폐포), $U: \mathcal{O} \to \mathcal{M}$(포함/잊기), $L \dashv U$.
- 단위/공단위: $\eta: Id_{\mathcal{M}} \Rightarrow U \circ L, \varepsilon: L \circ U \Rightarrow Id_{\mathcal{O}}$.
- 핵심: 일반적으로 $U \circ L \ncong Id_{\mathcal{M}}$(되돌림 불가), 반면 $L \circ U \cong \ Id_{\mathcal{O}}$(반사-하위범주).

- (선택) $R : \mathcal{O} \to \mathcal{M}(U \dashv R)$: 운용 객체의 “서사/기원” 재해석.

2. UPS 매핑(개념 ↔ 운영)

[Reflexive Guards 요약]

- (RG1) 메타 규칙(X, σ, No3)도 동일 window–stage에서 평가.
- (RG2) 전칭은 항상 $D(W)$ 국소 영역에 제한(전역 정량 금지): $\forall x \equiv \forall x \in D(W)$.
- (RG3) 자기-면허 금지: 현재 규칙을 현재 창에 적용하려면 AUG_{eq}:on ∧ Gate PASS ∧ ‘=’ 정확히 1회.

$\mathcal{M}$의 공백 $\perp \xrightarrow{L} \mathcal{O}$의 N(‘미정’ 값). (즉자 $N = \perp$, 대자 $N = N$)

- σ: OneShot 전이(비단사, 정보 소거) ⇒ σ^{-1} 부재.
- ‘=’: R_{EqOpen}(Gate: $stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge \sigma_{trace} \asymp \wedge Guards \wedge \neg mark$) 통과 후 단 1회 커밋; 커밋 시 $mark := 1$, $EqLog$에 append.
- Append-only log: 기록은 증가만(삭제/역행 없음).
- Non-Transport: 창 W의 ‘=’은 다른 창 W'로 운반 불가(재보고는 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로 강등).
- No-Promo: 보고층 $D\prime$에서 내용층 D로의 역승격 금지.

3. 비가역성 레마(UPS식 요약)

[Truth-as-Event]
‘진실성(Π)’은 값층(B)이 아니라 **사건/원장(EqLog)**의 소유. ‘=’은 R_{EqOpen} 통과 후 단회 커밋(append-only)으로만 생성되며, 창 W 밖으로 운반되지 않는다. $D\prime$에서의 재등장은 $\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로만 강등 기록.

- (Reflect-No-Retract) $L \dashv U$에서 보통 리트랙션(retraction) 없음 ⇒ $\mathcal{M}$의 기원 객체를 $\mathcal{O}$로 내재화하면 형식화에 따른 정보 손실 발생, $U \circ L \not\cong Id_{\mathcal{M}}$.
- (σ-Erase) σ가 OneShot(비단사) ⇒ 정보 소거로 σ^{-1} 없음 ⇒ 과정 층에서도 역행 금지.
- (EqLog-WriteOnce) ‘=’ 커밋은 $EqLog$ 1회 추가, mark=1 이후 재커밋 금지 ⇒ 시간의 화살표.
- (Non-Transport/No-Promo) 맥락(창) 밖 운반·보고→내용 역승격 금지 ⇒ 소급 취소/재해석 불가.

추가) $Gate(W, a, b)$는 유한 결정 절차: δ_{abs} 비교, σ_{trace} 정합(Trace-Compat), $stage/Guards/\neg mark$ 조회. ⇒ 충분·필요·유일(원샷)은 부록 **T3(Gate-Completeness)**로 봉인.

4. 값 우주와 ‘무한판단’(정의 블록)

값 우주: $V = \{T, F, B, N\}$ (Belnap/FDE)

- 승격 도메인: $V_{\perp} = V \cup \perp, \perp \notin V$
- 원시 평가: $Eval^* : T \times Form \to V_{\perp}^*$
- 실행 환원(폐포): $red_{act} : V_{\perp} \to V, red_{act}(\perp) = N, red_{act}(x) = x(x \in V)$

- 존재 표지: $pres(\varphi) := [Eval^*(\varphi) \neq \perp] \in 0,1$
- 무한판단(메타): $InfJ(\varphi) :\equiv (Eval^*(\varphi) = \perp)$

규율) No-Compute, Gate-fail, Demote. ($\perp$는 연산 피연산자 불가, 실행 시 N으로 격하.)

주의) $\perp$는 메타(미기입), N은 값. KaTeX parse error: Undefined control sequence: \xrightarrowL at position 3: ⊥ \xrightarrowL_N은 '사후적-기원($\mathcal{M}$)의 대자적 내재화'; 판정 개시(Eval 생성) 이전의 '값 없음'은 항상 '⊥'로만 표기.

5. 전역 값 귀속 — B의 고정점($\leq_k$)

두 순서: $\leq_t$(진리 순서), $\leq_k$(지식 순서: 최하 N, 최상 B).

- 전역 귀속은 $\leq_k$에서 읽는다: G2(분극 발생) 이후 전역 값은 B로 닫힘(최상 고정점). Δ_τ가 국소 T/F를 만들어도 **재수축(retract)**하면 전역은 B.

6. 파이프라인(ASCII)

```
⊥ --ι-> N --G2-> B --Δ_τ-> (local T / local F, global keeps B)
└──────────────────────────────────────────────────────────────
Gate mature?
• yes → R_{EqOpen} + σ(OneShot) → '=' commit @D (mark=1, log++)
• no → Demote (≈_{obs} / ≡_{onto})
```

7. 정리: Post-Mythic Collapse

\mathcal M, \mathcal O와 L ⊣ U가 주어질 때,

- (i) L(⊥)=N, L|_V = Id (즉자 N=⊥이 대자 N으로 내재화)

- (ii) G2 이후 전역 값 섹션은 지식 순서 ≤_k-고정점 B

- (iii) Π-판정('진리 소유')은 오직 Gate ∧ σ(OneShot) 후 '=' 커밋으로 봉인(EqLog append-only)
⇒ 사후적-기원은 운용으로 비가역(U∘L ≇ Id_\mathcal M), 절차/사건 없이 값층에서 "진실성"을 뽑는 것은 원리적으로 불가.

- 해석: 사후적-기원 범주 \mathcal M와 운용 범주 \mathcal O는 L ⊣ U로 연결된다.
L(⊥)=N으로 즉자적 공백을 대자적 미정값으로 내재화하고, σ(OneShot)와 R_{EqOpen}을 통해 사건 '='을 1회 봉인한다.
전역 값은 지식 순서에서 **B**로 닫히며, 진실성은 값층이 아니라 **사건/원장**의 소유다.

8. 미니 예시(6줄)

- $\mathcal{M}$: φ는 아직 ⊥ (무응답/비평가)
- $L : \perp \mapsto N$ (미정으로 내재화)
- G2: 충돌/분극 발생 → global B 유지

- Δ_τ: 국소 T/F 분기(adh 수렴), global B 그대로
- Gate 충족: $stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge \sigma_{trace} \asymp \wedge Guards \wedge \neg mark$
- R_{EqOpen} + σ(OneShot) → '=' @W (mark=1, log++); 타 창 재보고는 Demote

9. 기호 레전드(빠른 레퍼런스)

- $\perp$: 값없음(메타) / N: 미정(값) / B: Both / T/F: 참·거짓
- $L \dashv U$: 내재화·포함, η/ε: 단위·공단위, $U \circ L \not\equiv Id_{\mathcal{M}}$, $L \circ U \cong\ Id_{\mathcal{O}}$
- σ(OneShot): 단발 전이(비단사), $mark$: 커밋 플래그, $EqLog$: 원장(append-only)
- $Gate : stage = \mathcal{S} \wedge \delta_{abs} \wedge \sigma_{trace} \asymp \wedge Guards \wedge \neg mark$
- $Demote$:$\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$로 강등, Non-Transport / No-Promo.

[Appx.8] 운용 절차 및 사양

A. 로그 스키마 확정(감사 우선)

eq_{id}, anchor_{sig}, mark flip(false→true), stage tag, Gate 체크 항목,
demotion reason(OBS/STRUCT/BRANCH), σ_{trace} metrics($J^*, d_L^n orm, hash$)를
커밋 시 동시 기록. 재현성·반증가능성이 보장된다.

B. 규칙 위반 자동 감지기

게이트 전제 누락 → R_{EqOpen} 금지.
창 넘어 재보고 → 자동 Demote($\approx_{obs}$ / $\equiv_{onto}$).
동시 커밋 경쟁 → 하나만 선형화 성공, 나머지 전원 RE-REPORT.
No-Promotion 위반 시도 → 즉시 강등/거부.

C. 결정절차(Trace-compat Φ) 실행체

Canon(N1–N4) → Metrics(M1–M5) → Decision(D1–D3) 파이프라인을 그대로 코딩. 임계값(
$\theta_J, \theta_L, \varepsilon$)만 설정하면 테스트 케이스가 바로 돈다.

D. 프로퍼티-테스트 세트

Erasure/Embed 라운드트립(=-free 파편): UPS→FDE→UPS로 왕복 시 결론 불변.
1000-way 레이스: 동일 $\langle W, a, b \rangle$에 동시 커밋 1000회 → 커밋 1, 나머지 RE-REPORT.
체이닝 종료성: $n > n_{max}$에서 중지되는지.
Window-Fix: 앵커 이후 W 변경 시 전부 REJECT되는지.
각 항목은 부록의 체크리스트가 바로 사양이다.

E. 평가 요점

사건-우선, 계산-후행: $Abs(W, a, b)$는 “사전 계산치”가 아니라 σ 이후에 드러나는 내적 부정성의 판정이다.
δ_{abs}는 전역 불변량(고정점)이라 예측값이 아니라 동일성 사건이 찍힌 뒤 동조되는 값.
그러므로 숫자 임계치($\theta_J, \theta_L, \varepsilon_\sigma \ldots$)는 TraceCompat($\asymp$) 전제 확인용일 뿐, 커밋을 “만들지” 못함.

게이트 = 사후 인증(certificate)

R_{EqOpen}은 **증인(W, log)**이 있을 때만 발동. 결과적으로 $a = b$는 “계산 결과”가 아니라 사건의 공표고,
따라서, “진리는 로그다”는 메타포나 단순 레토릭이 아닌 **형식적 서명(write-once + append-only)** 이다.

F. ‘선언형 분류기’가 원천적으로 불가능한 이유

가정: 사전 분류기 F가 있어 σ 이전 상태로 커밋 여부를 판단한다면,
(i) $mark : false \to true$의 원샷성을 우회하게 되고,
(ii) Non-Transport를 깨는 **예정 커밋(예측→기입)**이 가능해진다.
결론: UPS프로토콜의 핵심 공리와 모순. 예언은 금지, 인증만 허용.

G. 같은 창의 ‘두 양상’ vs 다른 창의 ‘표상/관측’

같은 W의 두 양상은 σ-전이가 엮은 동일 대상의 내적 부정을 드러낼 때만 사건으로 승격(= minted).
다른 W에서의 관측/표상 동치는 자동 승격 금지 때문에 D’에 머문다.
그래서 등호는 그것이 “국소적인 만큼 전역적”임이 성립:

사건은 W-국소지만, 그 지시(δ_{abs} 동등)는 D-전역. (Equality-as-Event)

H. 파라미터·파이프라인의 실재적인 한계

θ, ε 등은 감사/재현/복잡도 상한을 위한 계측 규격이다.

커밋 판단의 필요충분은 Gate 다섯 전제와 원샷성·비운반성에 의해 닫힘. 즉, 파라미터는 필요조건 검증의 편의 장치지, 충분조건의 생성기가 아니다.
그러므로, 우리는 변증법의 돌발성(부정/부정의 부정)을 ‘사후 인증’으로 구현한다. 동일성은 미리 계산되는 값이 아니라,
같은 창 W에서 사건으로 민트될 때만 성립한다. 그러므로 숫자는 보조이며, 참된 근거는 증인(W)와 로그에 있다.

[FAQ] 예상되는 질문

Q0. 실제적인 예시, 실험적 검증이 부족하지 않은가? 실행 가능성은 존재하는가?
A0. A3(σ-내재성), No-Outside 참조. 특히, 외부 검증(외부 사례·모델·실험 포함) 요구는 A4 위반. 본 논문은 면허-규범적 동일성 규율의 내부 일관성만을 다룸. 건전성(Soundness), 재현성은 '규칙-유도 불변량 I–IX' 으로 충족. (의미론적 계층화 불필요.) 실행 가능성의 경우는 Appx.5의 O(n) 감사 의사코드, T8의 Φ 파이프라인은 바로 구현 가능한 규격이다. 레이스 실험·로그 스키마도 이미 제시되어 있다.

Q1. 가독성이 좋지 않다. 충분히 퇴고를 할 필요가 있지 않겠는가?
A1. 정의되지 않은 기호들을 미리 쓰는건 주로 머릿말 다음에 오는 개요 정도고, 그 외엔 정의 순서를 따라 확장되도록 의도했다. 이는 '체계의 자기서술'이자 '내적 산출'이라는 원칙을 형식적으로도 지키려는 본 논문의 의도에 따른 것이다. 예를 들어보자, 형식의 기반인 시그니처를 선언하지 않고 어떻게 공리, 정리, 증명으로 나아가겠는가? 본 논문은 그저 그 흐름에 충실하되, 헤겔적으로 더욱 충실했을 뿐이다. 왜냐하면, 이 체계(UPS 프로토콜)는 스스로가 자기 내용과 형식을 산출하는 방식으로 서술을 해야만, 그것이 말하는 의도와 목적을 독자들에게 잘 입증할 수 있기 때문이다. (본 논문의 핵심은 [§6]을 참조.)

Q2. '전역'이면 왜 외부(공개)에서 '='을 안 쓰는가?
A2. '전역'은 D-내 불변을 뜻함. 공개/보고는 $D\prime$의 업무이며, 그곳엔 '='이 없다. (Sig 차이)

Q3. σ_{trace}는 시간 반복 기호인가?
A3. 아님. σ는 U→P→S의 사후 표지(절차 인덱스). σ_{trace}는 그 흔적. 시간 변수가 아니다. (A3)

Q4. 같은 쌍을 다른 W에서 다시 '=' 가능한가?
A4. 불가. 창 교차 시 '=' 운반 금지. $\equiv_{onto}$ 로만 유지. ($R_{NonTransport}$)

Q5. 왜 굳이 앵커 a를 남기는가?
A5. 사건-기입의 1회성/창-국소성을 운영 차원에서 보증하려면, $anchor(a)$가 필수. 재보고 탐지·강등에 사용.

Q6. δ_{abs}는 어떤 값인가?
A6. 불변량의 추상 타입 Δ. 구현에선 위상/군/계량 불변량 등. 단, $Aut(D)$-불변이 필수.

Q7. $\asymp$의 실전 판정은?
A7. 최소 공리만 본문에 싣고, 현장에선 해시/구간/정합 규칙으로 구현. 중요한 건 R_{EqOpen} 전제 충족 용도라는 점.

Q8. Gate를 공식으로 쓸 수 있는가?
A8. 불가능. Gate/WriteOnce/⟨B ⫽ T⟩는 판정/운영 가드이며 값 연산의 피연산자가 아니다 (No-Compute). 공식 내 삽입은 금지.

Q9. 메타에서 절대 판정되는가?
A9. NTP: $Int \circ \pi_W$ 없으면 $q = \bot$(Cut).

Q10. 왜 π는 함수가 아닌가? 그리고 π와 π_W가 왜 두 개인가?
A10. π가 관계여야만 B 분극 보존. 함수면 한쪽 사라짐. 관계여야 완전하다. 양자는 층위가 다름. π는 존재론 내부의 표상-관계(1계), π_W는 인식론 연산(함수). 전자는 판정 대상, 후자는 계산 수단.

이렇게 쪼개야 메타-판정이 D 내부로 환수되고(Discharge), 2계 판정 없이 증명 가능·감사 가능 상태가 된다.

Q11. σ 두 번 곱하는 경우는? 그리고 σ(OneShot)과 경로 누적은 충돌하지 않는가?
A11. (1) k≥2일 때, σ^k 미정의. 우회 $X^k = \sigma$는 m 단조랑 충돌.
(2) 비충돌. σ는 이벤트 규칙(OneShot), 경로는 R^* 수준 누적(관계론). 두 층을 구분하면 위상/폐포 성질을 안전하게 얻음.

Q12. 창 바꿔도 등호 유지되는가?
A12. Non-Transport. 재보고면 Demote($\approx$ / $\asymp$ /$\perp$).

Q13. 왜 '='은 사건이어야 하나? '='의 전역 치환은 왜 금지되는가?
A13. (1) 치환 기반 폭발 경로를 규칙적으로 봉쇄하고(= 유도 중 생성자 1개), 동시성 환경에서 동일성의 선형화 지점을 보장하려면 원자적 mark + append-only가 필요. 이때 Conservativity(T4)로 =-free 단편은 기존 FDE와 동일. 보고($\approx$ / $\equiv$)는 규범, '='은 R_{EqOpen} 통과 후 σ로 씬을 닫는 단발 표식. 전역-항상성은 사건으로만 확정된다.
(2) '='은 창-국소 단회 면허 사건(Non-Transport). 재보고는 자동 강등($\approx$ / $\equiv$).

Q14. 모순 시, 어떤 일이 일어나는가?
A14. Licensed Non-Explosion. $\perp$가 나와도 면허 없이 '='은 안 생김.

Q15. 이건 특정 논리에 종속되는가?
A15. 아님. S층 논리 L 독립$-e_L$로 FDE 값군에만 사상하면 게이트 판정은 동일하다.

Q16. 왜 4값·분극이 필수인가? 고전논리로 안 되는가?
A16. 값은 외부가 아니라 체계 내부에서 생성되어야 한다. Blank→N→B에서 B가 자기-분극($y, inv_W(y)$)을 이루고, 채널 증인($\tau\pm$)이 있을 때만 T/F로 떨어진다. 고전논리만으론 이 값 생성 경로가 없다.

Q17. 무전제성을 다룬다고 했는데, 메타의 층위는 없는가?
A17. "메타=인식론의 외부"를 존재론 내부의 π로 내재화했으니, 2계 판정 불필요.

Q18. 증인($\approx_{obs}$) 충분하면 '=' 가능한가?
A18. 불가. 보고층 추정은 D 내 판정을 대체하지 못함. (A3, $R_{NoPromo}$)

Q19. 전역 단일체 D 고집은 현상 다중성을 $D\prime$ 슬라이스로 환원하는 과도한 단순화 아닌가?
A19. 본문 "반-파티션 공리(A0; anti-partition)"는 D의 절단 금지이지 '$D\prime$(현상/뷰)'의 다원성 금지가 아니다. 분절은 $W\cdot\pi$에서 발생한다. "모노이즘 vs 플루럴리즘"은 층위 혼동일 뿐이다(§$D/D\prime$ 규율). 그러므로 하이데거식 존재/존재자 구분과 정합하게, 다중 현상은 D′(존재적)이고 D(존재론적)는 전역 단일체라는 주장은 일관된다. 여기에서 "일의성(univocity)"은 실정적 동일성(positive)이 아니라 "내적 부정성(negativity; δ_{abs})의 일의성($Aut(D)$-불변)"이다. 존재의 해석과 양상($\approx_{obs}, \equiv_{onto}$)은 무한히 다양해도, 존재의 드러남은 '='의 면허·단발로만 배정된다. 즉 R_{EqOpen}(전제: $\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b) \wedge \sigma_{trace}(a, b) \asymp \wedge P(a, b, W)$)을 통과했을 때, 같은 창 W에서 단 한 번의 '='이 기입된다(Non-Transport, Stage-Uniq). 해석($\approx_{obs}, \equiv_{onto}$)이 스스로를 존재로 승격하려는 시도('범법적 승격')는

$R_{NoPromo}$· $R_{Demotion}$에 의해 강등·각하된다. 존재론의 층위에서 남는 것은 판단(범법적 승격)이 아니라 σ_{trace}(외상적 흔적)의 기록이며, 이 기록은 $D\prime$의 다중성 속에서도 δ_{abs}에 의해 전역적으로 동일하게 인식된다. 따라서 본 체계는 다중성의 환원을 지시하지 않고, 다중성/일의성의 층위 분리를 규칙으로 보증한다. 본 프레임은 동일화(=) 남발을 억제하고, 운반 금지·강등으로 가짜 보편화를 봉쇄한다.
주: “현상이 다양하니 존재도 비일의적” 반론은 최악의 사례에서도 무력하다. (의도 고지: 본 예시는 도덕적 평가와 무관한 판정 스트레스 테스트다.) 유대인에 대한 나치의 사례(Case N; ϕ_N)를 두고도 어떤 슬라이스-뷰에선 비윤리성이 약화된다고 주장(ψ)될 수 있다. 그러나 존재론적 층위에서 ϕ_N은 ‘유대인’ 범주로의 "카테고리화(=의 남발)"와 "폭력의 외상적 흔적(σ_{trace})"을 남겼다. 이는 인식론은 결코 존재론이 아니며, 존재론은 내적 부정성을 수용한 전체라는 뜻이다. 지양되는 것은 해석의 다양성이 아니라, 그 다양성을 외양 삼아 자신을 존재 자체로 승격시키려는 승격(promotion) 시도다. 그러나, $\phi_N = \psi @ W$에 대하여 $scope = W$, Gate(AUG_{eq})=pass 이지만 $W \neq W\prime \Rightarrow Demote(\approx_{obs})$.
[No−Lift] 그러므로 진실의 층위에선 양심이 아니라 규율이 응답한다($R_{NoPromo}, R_{Demotion}, AUG_{eq}, Guards...$). 로그: $Gate(AUG_{eq}) = pass | GuardCoh, Det = pass | Arrow = blocked$(운반 금지).

Q20. '='을 면허·자원(κ_σ) 소모로만 찍으면, 바디우의 '사건의 진리 절차'와 어긋난다. 이는 “사건 회계학” 아닌가?
A20. 그게 바로 바디우에 대한 요점이다. 본 체계에서 사건은 시간적 누적이 아니라 논리적 판정이다. $AUG_{eq} = ON$은R_{EqOpen}의 전제($\delta_{abs} =, \sigma_{trace} \asymp, P$)가 충족될 때만 성립하며, 그 결과 UPS-Commit이 스냅샷(표식)으로 남는다. $AUG_{eq} = ON := [\delta_{abs}(a) = \delta_{abs}(b)] \wedge [\sigma_{trace}(a, b) \asymp] \wedge [P(a, b, W)]$. 이는 주체의 "기다림"을 시간주의에서 제거하고, 조건 충족 시의 즉시성(게이트 통과)로 환원한다. 반면 존재 그 자체에 대한 충실성은 D(존재론) 층위의 '존재론적 항상성(onto-invariance)'으로 커밋과 동일시되지 않는다. 바디우적 충실성의 주체적 책무를 존중하되, 그것을 게이트 판정과 로그(=)의 분리로 해명한다: 사건의 기입과 존재론적 항상성은 구별되며, 이 구별 덕분에 폭발(Explosion) 없이 절차가 유지된다. 주체는 게이트를 기다리는 순종적인 정물이 아닌, 조건이 만족될 때 즉시 내리 꽂히는 존재의 날카로운 송곳이다.
주: 사건의 기입(=)은 UPS-Commit이고, 존재론적 항상성은 $Aut(D)$-불변의 δ_{abs}다. 둘은 구별되며, 이 구별 덕에 비폭발과 단발성이 유지된다.

Q21. 왜 값층이 필요한가? 명제층만으로 충분 아닌가? 그리고 이 이론은 Priest의 LP와 무엇이 다른가?
A21. 명제층만 쓰면 체계는 외부 공리에 의존한다. 값층은 자기지시적 자기설명을 가능케 하는 최소 구조이다. B-value는 주어진 게 아니라, 개념이 자신을 규정하려는 시도에서 필연적으로 도출된다. 그리고, UPS 프로토콜은 Gödel 이후 자기완결적 형식 체계를 시도하고자 하는 목적을 가지고 있다. LP는 참인 모순을 허용하나, 이는 그것을 내적 정당화하는 방향(헤겔)과는 다르다. 이 체계는 모순(B)을 Polarization($|Fib_W| = 2$)로 도출하고, 이게 자기지시의 구조적 필연임을 보이고자 한다. 라캉의 욕망→충동 전환이 바로 “문제→조건” 이러한 프레임 재조정의 선례로, 헤겔의 내적 부정성도 마찬가지이다. 부정을 제거 대상이 아닌 체계 내적 동인으로 보며. 이 두 통찰 없이는 자기지시 역설의 positive role을 정당화하기 어렵다.

Q22. '='은 어디서? ‘=’ 단회·창 국소성의 이유는?
A22. 각각의 물음에 답하자면 다음과 같다.
(1) ‘부정의 부정’ 이후, S와 U가 접힐 때(UPS-Commit), 전역 D에서만. κ_σ 유효 시 Int + ‘=’ 단발, 그

리고 공리(4)로 π 정합 자동 충족된다.
(2) 사건의 유일성·비운반성 보장을 위해서다. Cross-window 전파를 막고, 같은 키의 동시 보고는 Race⇒Demote로 정리한다.

Q23. δ_{abs}가 추상적이지 않은가?
A23. 의도된 것이다. δ_{abs}는 슬라이스-뷰 의존이지만 $Aut(D)$ 불변성만 보장하면 된다. 구체 계산은 응용 영역의 몫으로 남겨둔다. 본 체계의 목적은 형식적 판정 프레임이며 실험 프로토콜이 아니다.

Q24. σ_{trace}에 대한 $\asymp$의 판정이 모호하지 않은가?
A24. 규격 판정이다. 정규화($normalize_q$) → 거리/해시($Exact/J_k/Levenshtein$ 등) → Stage 일치 → 임계 θ로 EXACT/NEAR/FAIL 분기. 구현은 전단 감사로 분리해 비용을 격리한다.

Q25. Cut vs Demote 구분이 모호하지 않은가?
A25. 게이트 미통과=Cut, 재보고/충돌/만료=Demote. (스코프 위반·Race·TTL·δ-drift는 Demote, 전제 불충족은 Cut.)

Q26. "UPS가 실패하는 경우"나 "의도적으로 배제한 시나리오"는 상정해야하지 않은가?
A26. 그러한 경우, 해당 체계의 양상은 $D\prime$으로 흡수된다. UPS는 내재적 비판(immanent critique) 구조를 따른다: 실패는 $D\prime$로 Demote되고, 해당 도메인에 기록된 불완전성으로 잔재한다. 이는 라캉의 Real 개념—상징계가 생산한 불가능성의 잔여—을 형식화한 것이며, D와 $D\prime$의 형식적 차이는 "불가능의 위상학적 국소화"를 제공한다. 따라서 UPS의 한계는 구조 자체의 내재적 한계이며, 체계 외부에서 드러나는 한계가 아니다. UPS 프로토콜은 자신의 한계를 자신의 내부에서 반성한다.

Q27. σ가 OneShot인 이유는 무엇인가? 다른 선택(예: 가역적 σ)은 불가능한가?
A27. σ의 OneShot 성질은 임의적 선택이 아니라 추론이 작동하기 위한 최소 조건이다. UPS의 핵심 불변식(Arrow: 비순환, UE★: 커밋 유일성, Persistence: 정제 하 지속성, NoPromo/Non-Transport/No-Outside)을 동시에 만족하려면, σ는 전역 가역일 수 없다. 자세한건 [Appx.5] 참조.

Q28. 체계가 과도하게 특수하지 않나?
A28. T4가 보수성을, T3/T8이 결정절차적 전제를, Appx.2가 외부 이론 임베딩을 제공한다. 즉 코어는 일반 프레임이고, 응용층이 특수할 뿐이다.

Q29. 인용과 참조가 너무 적은 것이 아닌가? 그렇다면 이 이론이 기존 LP의 다른 이론들과 가지는 차이점은 무엇인가?
Q29. 선행 연구가 적은 것은 이 주제가 미개척 영역이기 때문이다. 기존 LP와의 차이점을 이야기하자면, LP는 참인 모순을 허용하나, 본 논문은 B-값을 동력으로 삼되 Commit은 Gate 통과만 허용한다는 점에서 차별화된다. 헤겔과의 해석적 매핑은 후속논문에서 그의 저서 "논리학(Wissenschaft der Logik)"을 다루면서 상세히 할 예정이다.

Q30. 이 논문의 철학적 가치와 형식 논리적 가치는 각각 무엇인가?
A30. 이 논문의 핵심적인 철학적/형식 논리적 가치는 다음 다섯 가지로 요약할 수 있다.
첫째, '동일성의 사건화': =을 전역 속성 대신 창-국소 1회 커밋 사건으로 재정의. "치환의 폭발성"을 규칙 단에서 잠근다. 철학적으로는 '진리는 로그다'라는 노선이 실행 의미론으로 드러난다.
둘째, '메타의 탈메타화': 판정 양식(J-Form)을 값 연산에서 격리, No-Compute/No-Promotion으로 메

타-특권을 제거. 형식 논리적으론 층위 혼합을 구조적으로 금지하며, 메타적 층위를 내재화한다. (No-Outside)
셋째, ‘비폭발 + 보수성의 동시 달성’: FDE와 결합 후에도 EFQ 실패를 유지하면서, =-free 에선 FDE와 증명력이 동일하다. UPS 프로토콜은 그 상이성에도, 기존 이론 체계들과 충돌하지 않음을 증명했다.
넷째, ‘관찰 우선/비운반성’: 보고는 전역($\approx_{obs}$), 커밋은 국소(= @W), 자동 승격 금지. 라캉식 외밀성을 스코프/윈도우 규율로 번역. 이는 단순한 형식적 번역이 아닌, 실제로 실행가능한 규격이다.
다섯째, ‘Gate의 필요충분’: 동일성 승격이 임의적이지 않고 결정절차 + 불변량($\delta_{abs}, \sigma_{trace}, Guards$)으로 잠김. 진리는 다수결이나 특권 계층의 전유물이 아닌 사건 그 자체에 달려있으며, 커밋이라는 행위는 “승격은 정치가 아니라 절차”라는 사실에 대한 일관성이다.
그러므로, 2+2=4가 무엇을 말하는지는 각 학문의 존재영역에 따라 논변 가능하지만, 그 논변의 다양성이 이 수식을 소거할 수는 없다. 상징계의 법(아버지의 이름)이 주체의 주이상스를 억압하거나 향유방식을 배제하지만, 억압/배제는 늘 억압/배제된 것을 무의식적으로 가정한다. (기타 등등, 기타 등등...) 진리란 그것이 나타나는 양상은 매 창마다 차이를 가지나($a_W \approx_{obs} a_{W'}$), 그것이 존재론적으로 불변량을 갖는다는 사실만큼은 논리적으로 부정될 수 없다($x_W \equiv_{onto} x_{W'}$, 따라서 $\delta_{abs}(x_W) = \delta_{abs}(x_{W'})$). 그리고 이것이 헤겔의 변증법이 드러내는 '내적 부정성’의 진실이다.
