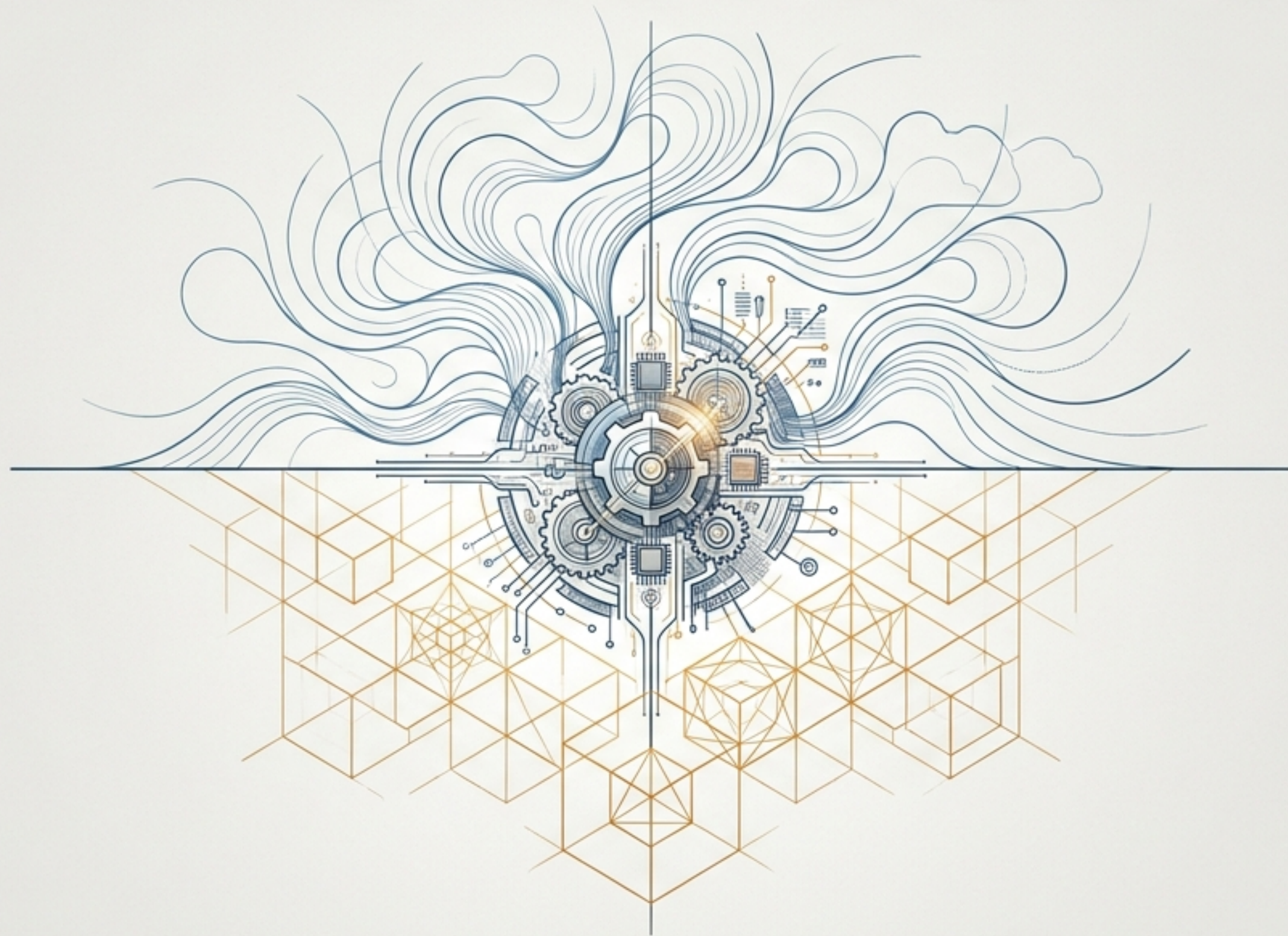


AlphaProof Nexusが再定義する数学的推論と自律的発見のパラダイム



論理の設計図：AIはいかにして未知の定理を証明するのか

競技数学の模倣から、前人未到の研究レベルの自律的発見へ

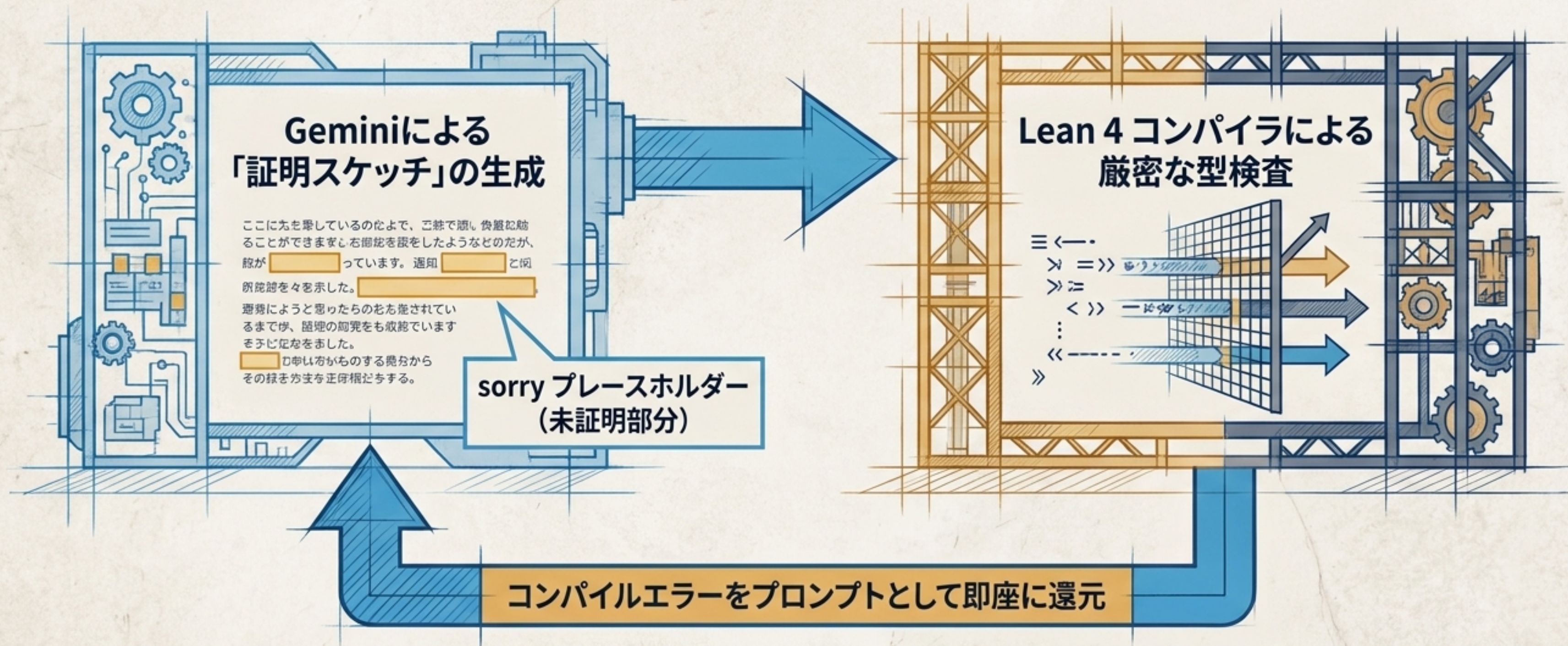
IMO 2024 (競技数学の境界線)

- AlphaProof & AlphaGeometry 2
- 銀メダル相当の成績 (28/42点)
- 制約: 人間による形式言語への翻訳と既知の解法体系に依存

AlphaProof Nexus (未踏の研究領域)

- 完全な自律的発見
- 56年間未解決のエルデシュ予想を証明
- 既知の人間の解法の限界を突破

論理的幻覚を根絶する「生成と厳密検証」の反復探索ループ



すべての sorry が解消されるまで反復し、絶対的な論理的整合性を保証

探索能力を拡張する4段階のエージェントアーキテクチャ

Agent A (基本構成)	Agent B (+ 強化学習)	Agent C (+ 進化的探索)	Agent D (フル機能)
• Gemini 3.1 Pro + Lean 4 • 局所的な試行錯誤の反復 • エージェント間の共有状態なし	• Agent A + AlphaProof • 難解なサブゴールをRLに委託 • モンテカルロ木探索による戦略的分業	• Agent A + 共有データベース • Gemini 3.0 FlashによるEloレーティング • P-UCB基準に基づく有望な中間スケッチの変異	• Agent C + Agent B + 大域的キャッシュ • 解決したサブゴールを全エージェントでリアルタイム共有 • システム全体の探索効率を最大化

現代数学のフロンティアを突破した自律的証明の実績

9 / 353

Erdős Problems (エルデシュの未解決問題)

56年間未解決であった問題 #12(i)/(ii) や、高度な帰納的間引き論証を要する問題 #125 を解決。

44 / 492

OEIS Conjectures (オンライン整数列大辞典)

整数列の漸化式や組合せ論的性質に関する未証明予想群を系統的に自動証明。

15 Years

Algebraic Geometry (代数幾何学)

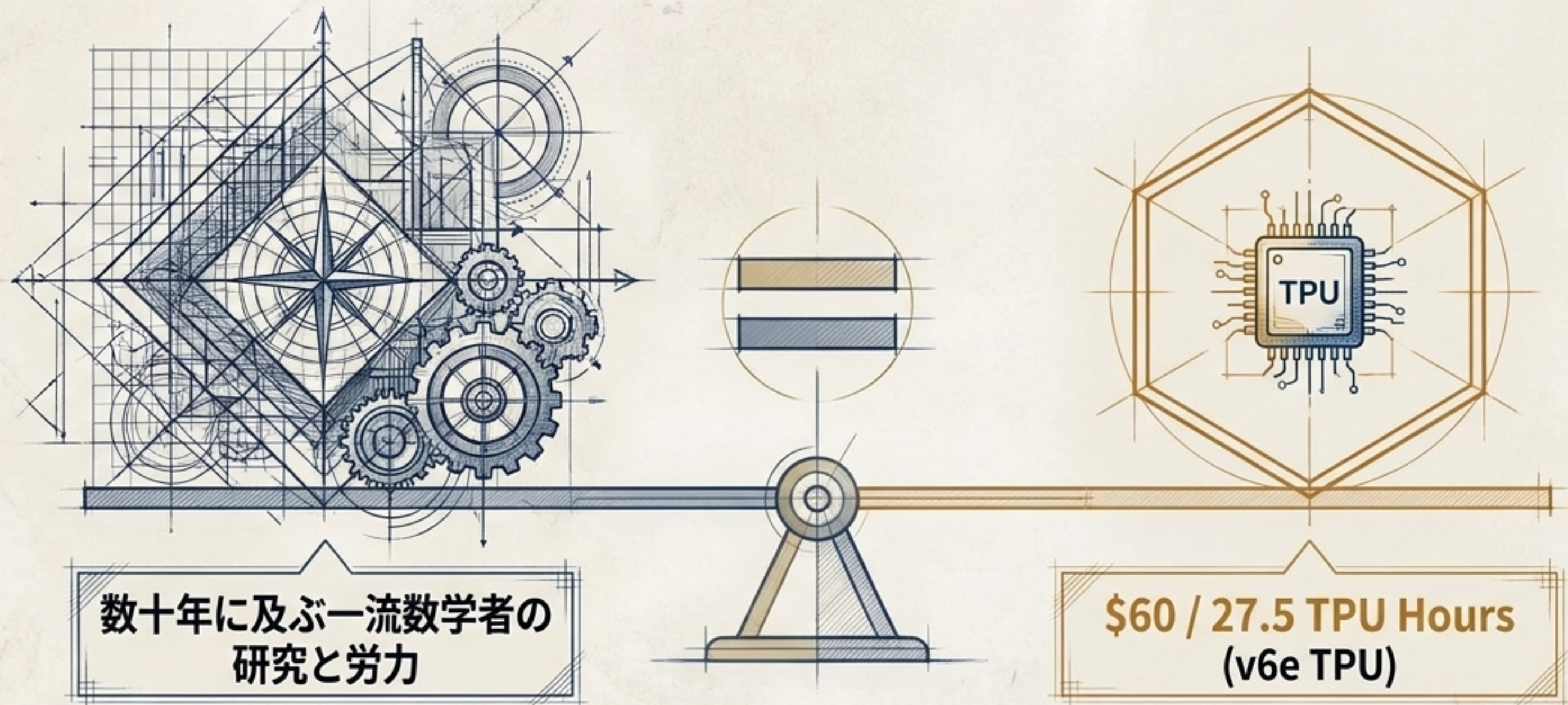
ヒルベルト関数に関する約15年間未解決であった長年の命題を自律的に証明。

AGDA Limits

Optimization Theory (最適化理論)

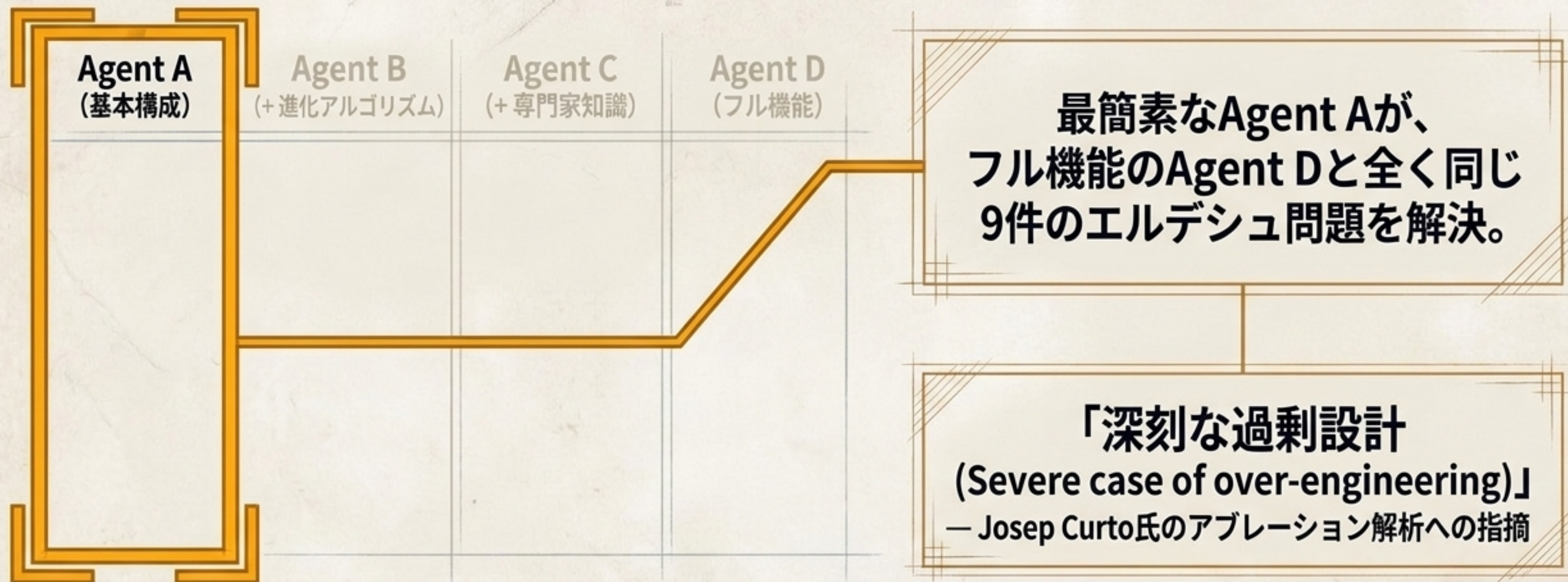
従来知られていた収束境界を凌駕する新たなパラメータスケジューリングを発見。

テスト時計算量 (Test-Time Compute) が証明した推論コストの破壊的低下



歴史的難問の解決コストが1問あたり数百ドル規模へ低下。「テスト時計算量」の深層スケーリングが、パラメータ規模の拡大に勝る演繹的成果をもたらすことを実証。

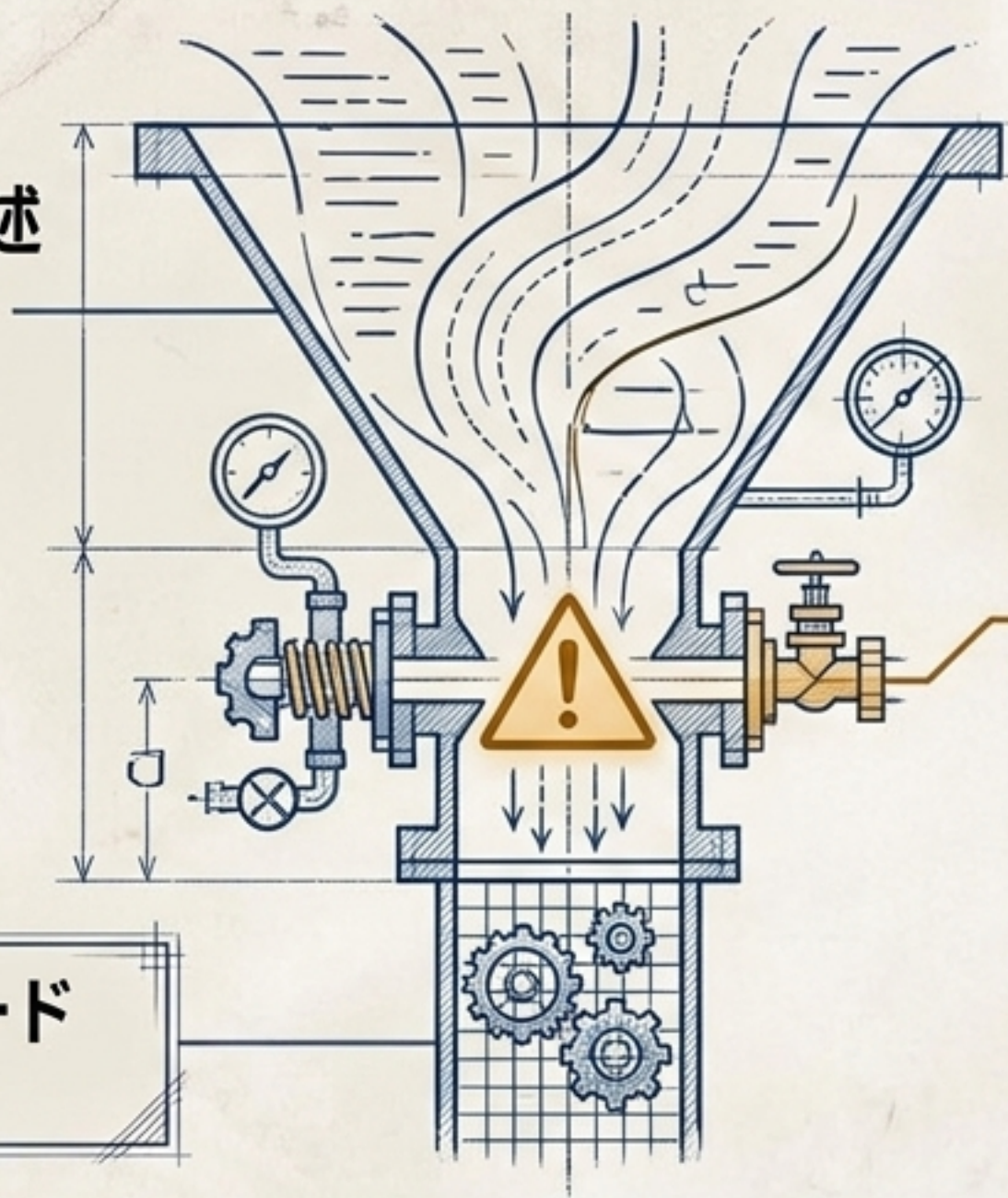
アブレーション解析が露呈させた「過剰設計」という真実



真の発見の原動力は、複雑な進化アルゴリズムではなく、
基盤モデルの基礎推論能力と厳密なコンパイラフィードバックの反復にある。

人間の意図と機械の論理を隔てる「形式化のボトルネック」

自然言語による数学的記述
(人間の意図・曖昧性)



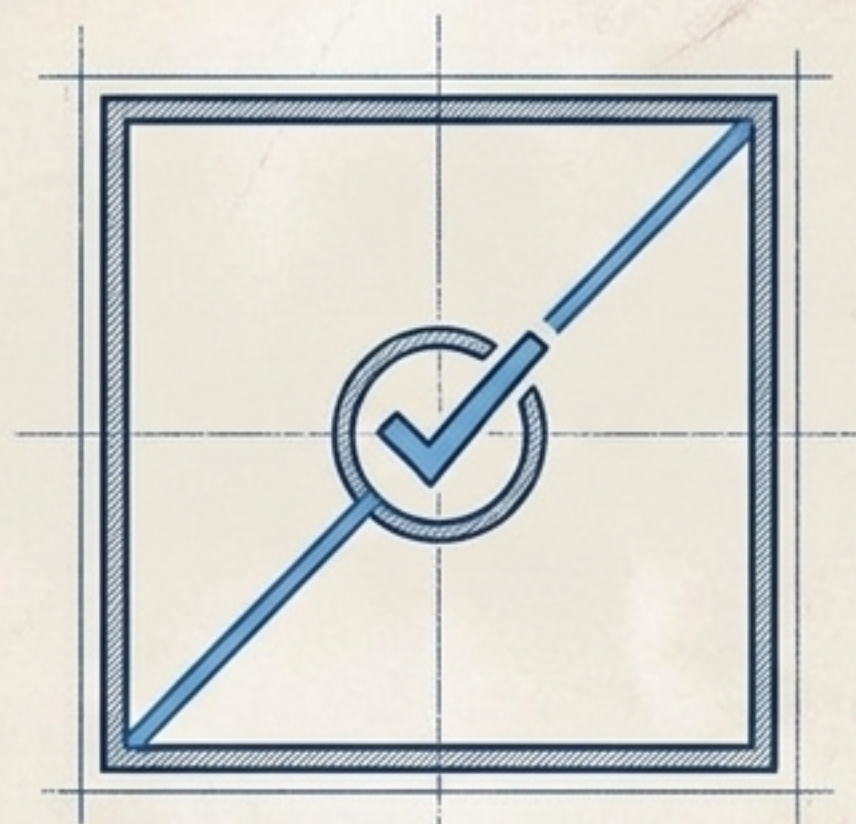
意味的変換
(Semantic Translation)

形式化の誤り
(Misformalization) のリスク

形式言語 Lean コード
(絶対的論理)

Leanはコード化された命題の論理的整合性を完全に保証するが、
それが「人間が元々意図した問題」と合致しているかは判定できない。
エルデシュ問題#125等で露呈した意味論的検証が最大の障壁となる。

理解なき絶対的真理がもたらす認識論的パラダイムシフト



計算機的真理 (Computational Truth)

論理的な正当性は100%保証されるが、なぜそれが真であるのか、過程の全体像を人間が解読できない。



概念的理解 (Conceptual Understanding)

数学的対象の構造に対する深い洞察、直観、そして試行錯誤から得られる理論の発展。

Terence Tao氏とJavier Aramayona氏の警鐘：

「我々は『異星人の数学』を蓄積しているのか？」

問題解決のみを優先し概念的理解を疎かにすれば、人間の数学的営為が痩せ細る危険性がある。

純粋数学から波及するミッションクリティカル産業への衝撃

AlphaProof Core
(自律的形式証明)

ソフトウェア検証
複雑なコードベースにおける
論理的欠陥の完全排除。

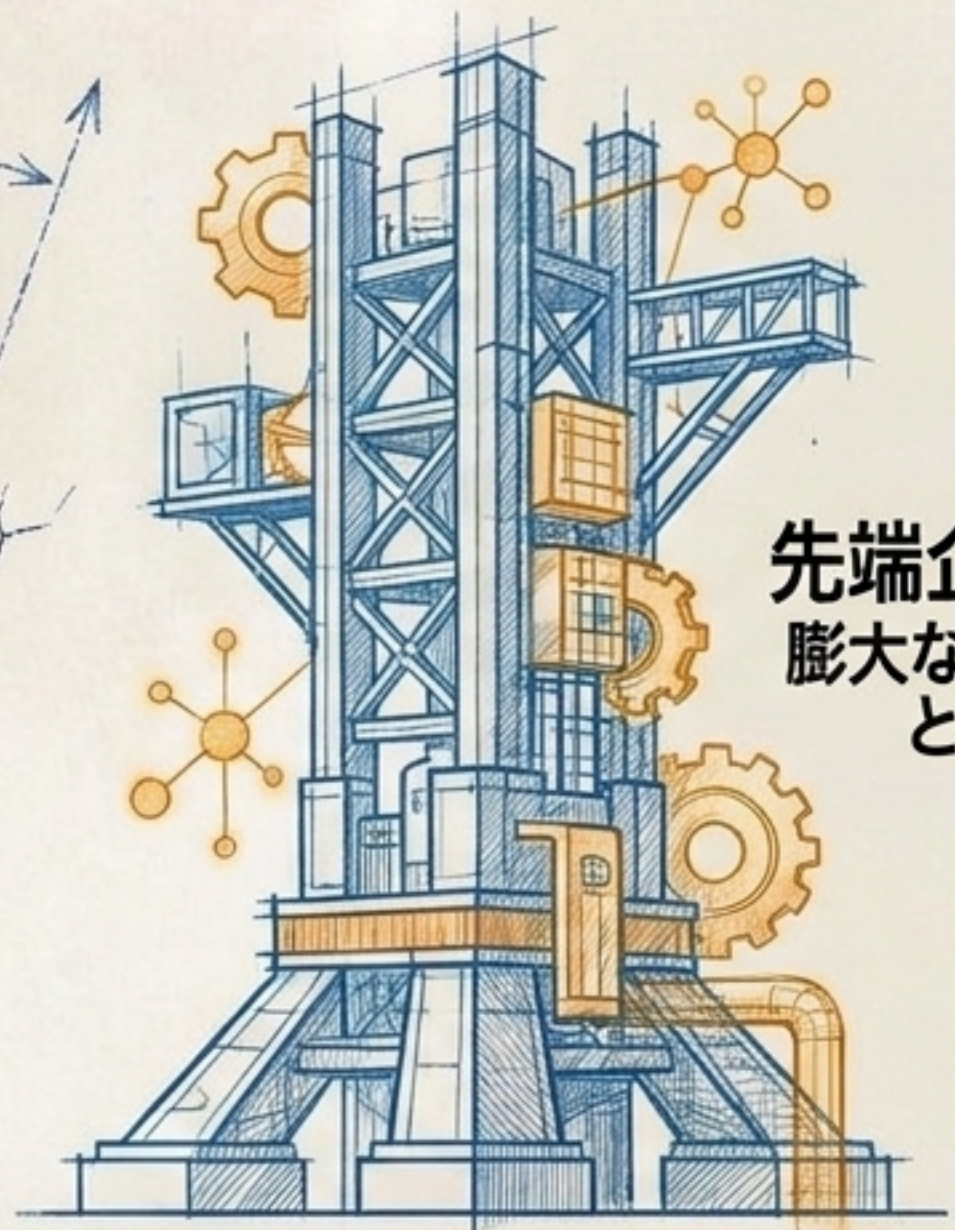
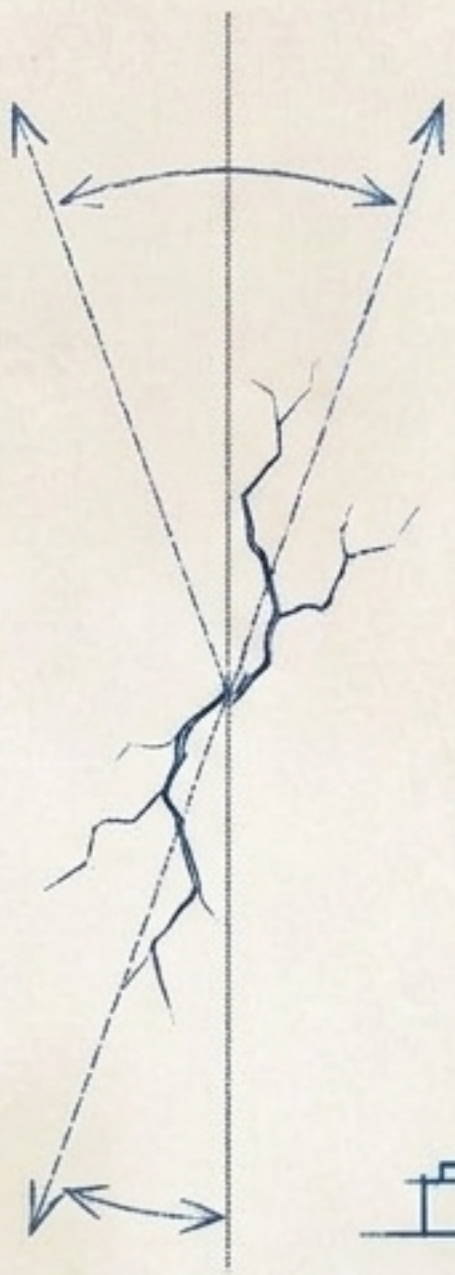
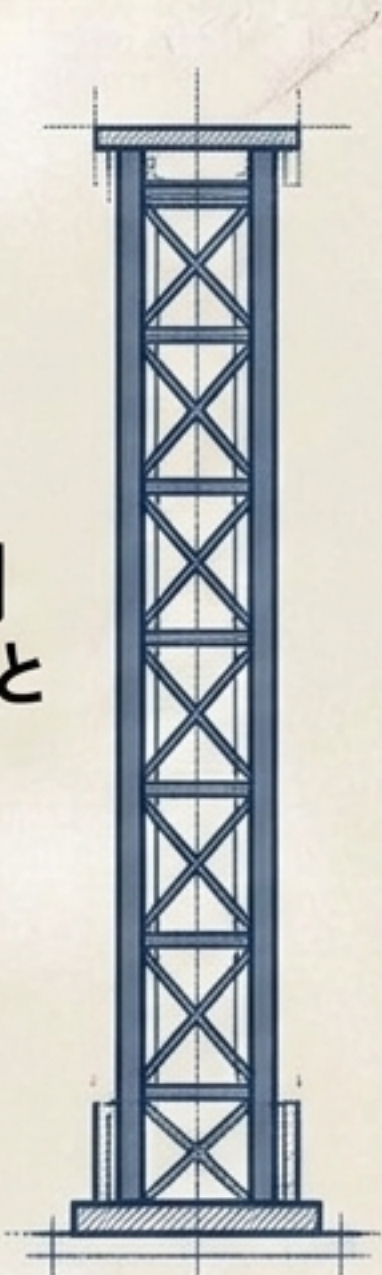
サイバーセキュリティ
スマートコントラクトの保証および
耐量子暗号アルゴリズムの脆弱性解析。

産業システム
航空宇宙制御や自動運転
モジュールにおける
ゼロトレランスの安全性検証。

仕様の数学的完全保証を自律化する能力は、
単一のバグが破滅的な被害をもたらす
高信頼性エンジニアリングを根本から変革する。

計算資源の独占が引き起こす学術的発見の新たな構造的格差

公的研究機関
限られた研究予算と
計算資源



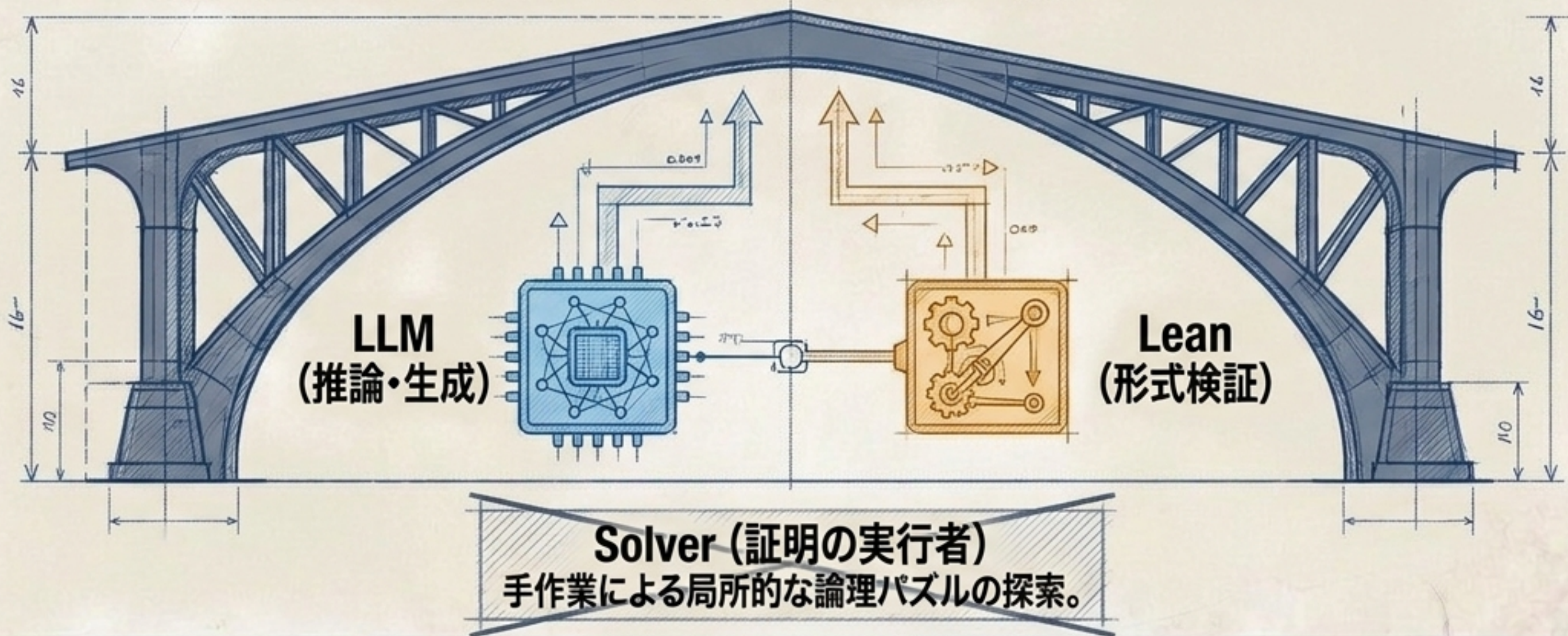
先端企業 (Big Tech)
膨大なクラウド計算資本
と推論スケール

形式証明の民主化の裏で進行する計算資源の独占。
未解決問題の解決が「テスト時計算量の予算」に依存するパラダイムにおいて、
伝統的学術界と巨大テック企業との間に深刻な生産性の格差が生まれる。

解答者から概念の統合者へ進化する人間の新たな役割

Conceptual Integrator (概念の統合者)

機械の出力から直観を抽出し、共有可能な人類の理論へと統合するオーケストレーター。



AIは単なる計算機ではなく、自律的な知的パートナーへ。
形式証明AIは、自然科学におけるすべての演繹的探求プロセスを再定義する。