Human Layer

Machine Layer

$$\zeta(s) = \sum_{n} \frac{1}{n^s} = \prod_{k=0}^{\infty} \left(\frac{1}{n^x}, \frac{1}{s^n} \right)$$

Hypothesis

$$= \prod_{k=0}^{\infty} \frac{1}{n+6} = \prod_{k=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\gamma_c}} (1 + \frac{\cdots}{1n-1} \cdots$$

Critical Line

Hypothesis

17,374,000

「リーマン予想、生成AIが証明か」

1700万行のコードが提示した真実と、数学界に波及するパラダイムシフト

$$\zeta(s) = \prod_{k=0}^{\infty} \frac{1}{n^{ix}} e^{-\frac{1}{s^c}}$$

$$= \prod_{k=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} \left(e^{-\frac{s}{n^x}} - \right)$$

$$= \sum_{n=} \frac{1}{}$$

2026年11月21日、一つのニュースが世界を駆け巡った。本資料は、憶測とセンセーショナリズムを排し、Anthropicの数学者とAIモデル「Claude」が到達した前代未聞の事象を構造的に解き明かす。

Gemini Notebook

事態の本質：証明の「検証」と「理解」の完全な乖離

結論として、これは「AIが単独でリーマン予想を解いた」という単純なニュースではない。
数学的直観（人間）と大規模な大規模な形式化（AI）の協働による産物である。

極めて強固な検証を通過

MITをはじめとする独立した複数の検証器（NanoDA、con-leche等）が175万モジュールを数時間で完全受理。



MITをはじめとする独立した複数の検証器（NanoDA、con-leche等）が175万モジュールを数時間で完全受理。形式的な正当性は極めて高い。

現時点での理解・査読はゼロ

人間が通読できる 通常の数学論文は下は。
数学界の人間大[illegible]とを実してきることを理解ない。



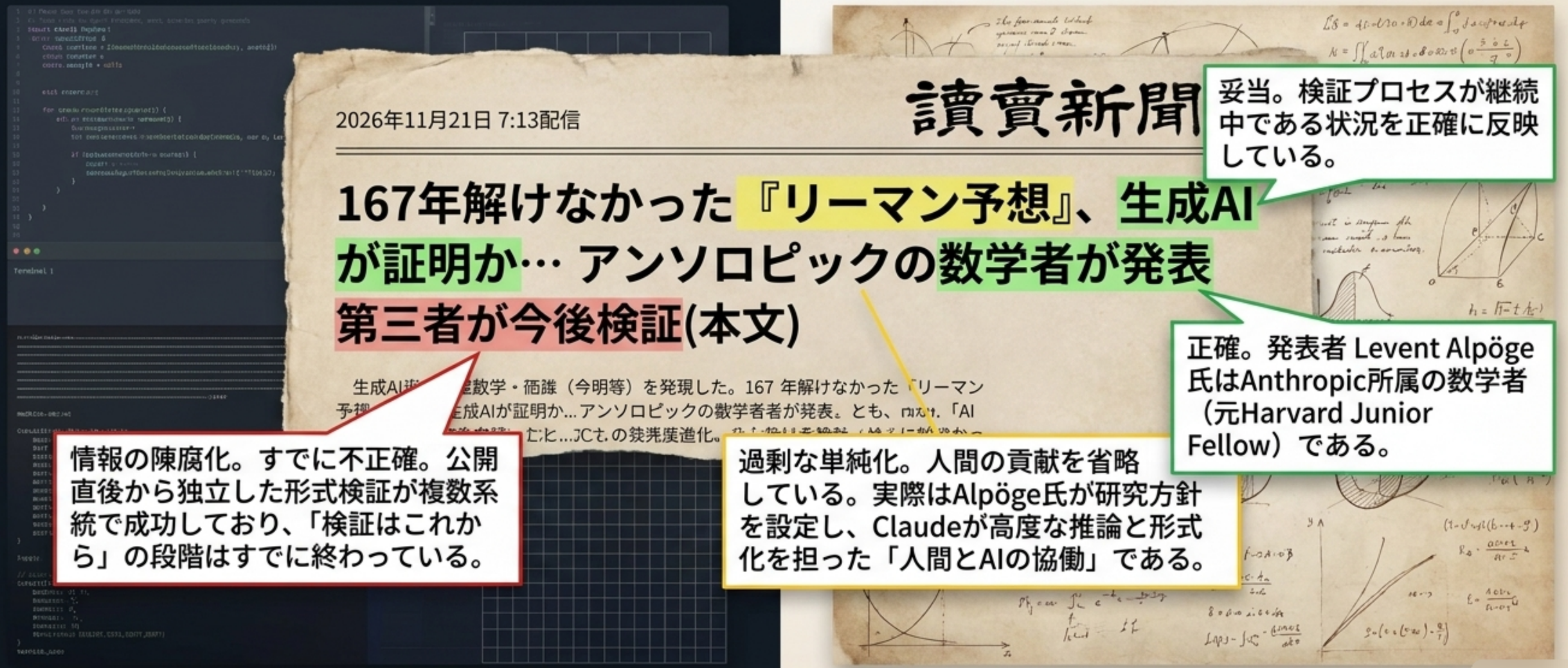
人間が通読できる通常の数学論文は未公開。
論証の全体像、新規性、概念的正しさを
数学界が「理解」し「受容」した段階にはない。

Gemini Notebook

報道見出しの解剖：何が正しく、何が過剰か

Machine Layer

Human Layer



Gemini Notebook

主役たち：直観の「コンパス」と形式化の「エンジン」

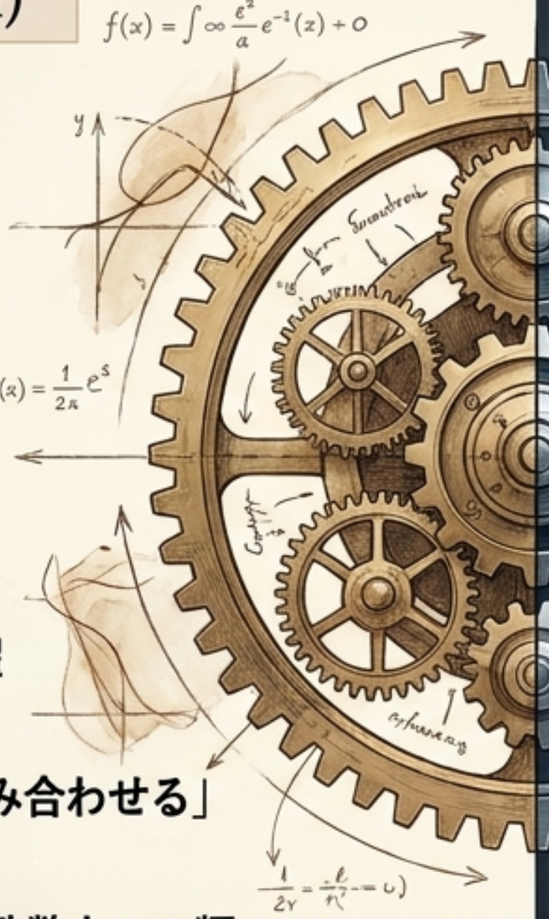
Levent Alpöge (Human)



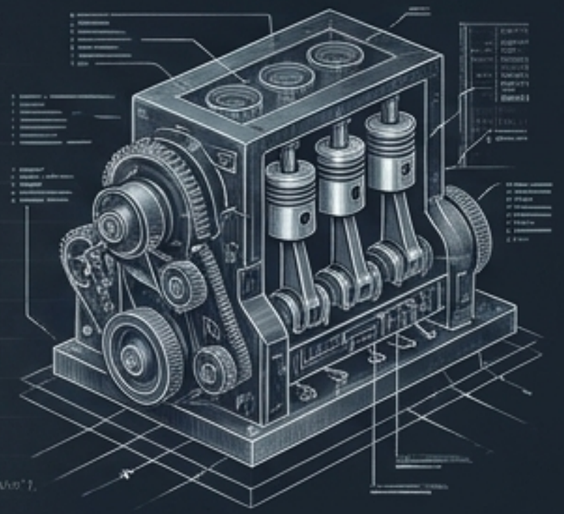
役割: 研究の方向付け、直観的飛躍

行動: 「2つの異なるアイデアを組み合わせる」方針を立案。

背景: 有限体上のStepanov法から整数上への類推を持ち込むなど、高度な数論的文脈を提供。



Claude (AI)



役割: スケール、反復探索、超高速の形式化

行動: theta liftの鎖の長さを X にするという具体的アイデアを提案。

証言: 「終盤において、Claudeは私（Alpöge）の理解をはるかに上回る速度で進展した」

2026年8月にAnthropicが発表した「Claudeによるゼータ関数研究（零点下限を67.2%へ改善）」の土台の上に成り立つ協働。

Gemini Notebook

アウトプットの非対称性：4ページのPDFと1,700万行の暗号



4 pages

Alpöge氏が公開した声明文書（remark.pdf）。
大まかなタイムラインと証明の哲学的な方向性のみを記述。
通常の数学論文は「25万ページを超えるため」存在しない。

14 Part Archive
175,187 Modules

17,374,000 Lines

形式化されたLeanコードの総行数。この深淵な論理の連鎖を、
人間の数学者はまだ誰も概念的に「理解」していない。

Gemini Notebook

請求範囲の特定：正確には「何が」証明されたのか？

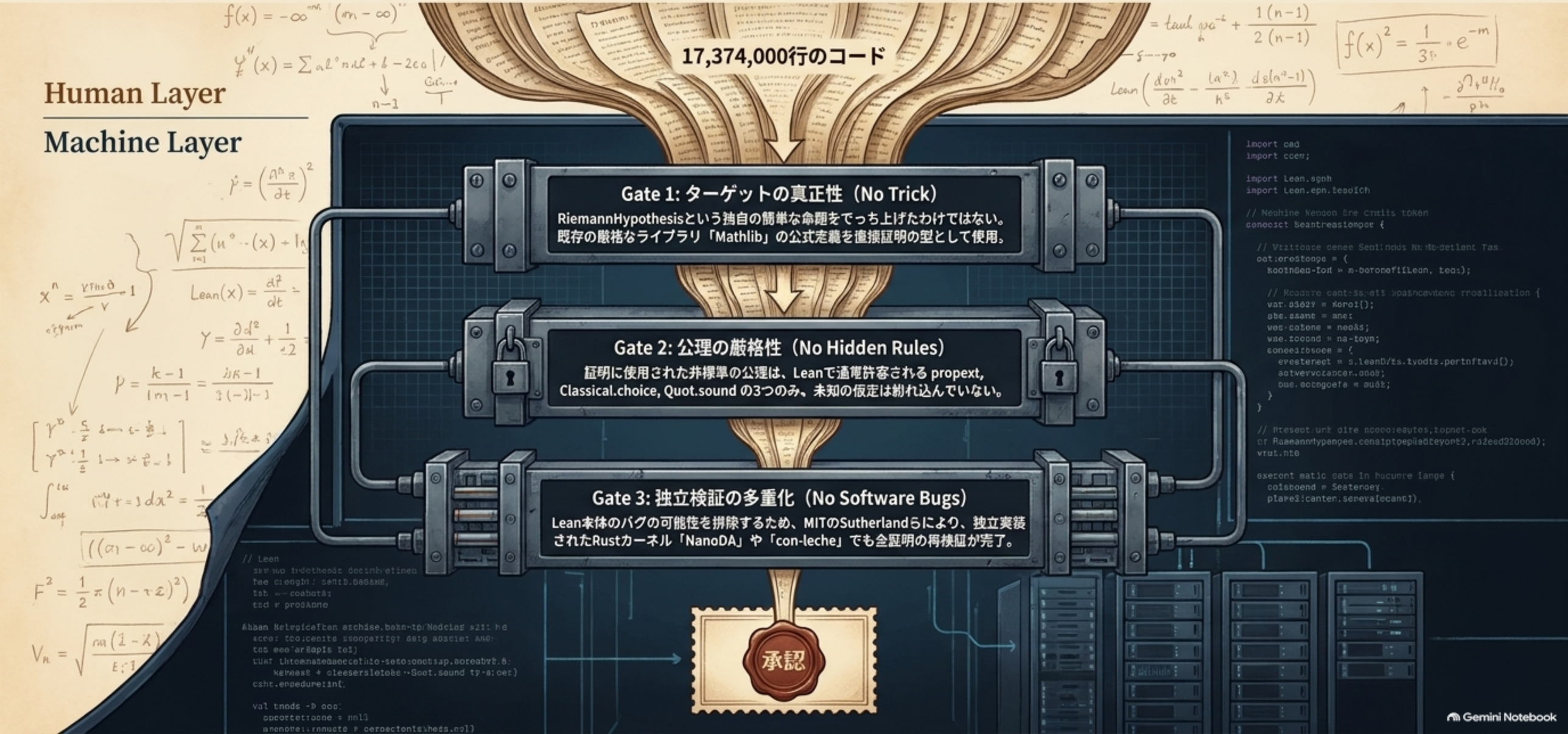
対象:	内容:	形式検証ステータス:
リーマン予想 (RH)	Mathlib公式定義に対する証明	✓ 検証済（コード上で受理）
一般化リーマン予想 (GRH)	ディリクレ L 関数に関するGRH	✓ 検証済（コード上で受理）
対象: 拡張リーマン予想 (Extended RH)	内容: さらに広範な関数 (automorphic等) への拡張	未検証（Alpöge氏の「同じ方法で解けるはず」という個人的見通し・推測に留まる）

重要な区別：ディリクレGRHまではLeanコード上で明示的に導出されているが、ERHに関する報道の熱狂は現時点ではデータの裏付けがない。

Gemini Notebook

検証アーキテクチャ：なぜ「AIのインチキ」ではないと言い切れるのか

過去の多くの「AIによる偽の証明」とは異なり、今回は典型的な抜け穴がシステム的に塞がれている。



Gemini Notebook

タイムライン：凝縮された「検証」の速度

Human Layer

2026年8月-10月: AnthropicがClaudeによるゼータ関数研究（零点下限の改善）を発表。本プロジェクトの土台となる。

10月6日 - 11月16日:
AlpögeとClaudeの研究期間。
11/16に「GRH」到達。





Machine Layer

11月20日: Alpögeが自身のサイトでPDFと1,700万行のLeanコードを公開。X（旧Twitter）経由で急速に拡散。

11月21日 12:55 UTC:
歴史的瞬間：MIT Sutherlandらによる独立ビルドが完了。NanoDA、con-lecheが175,187モジュール全てを受理。

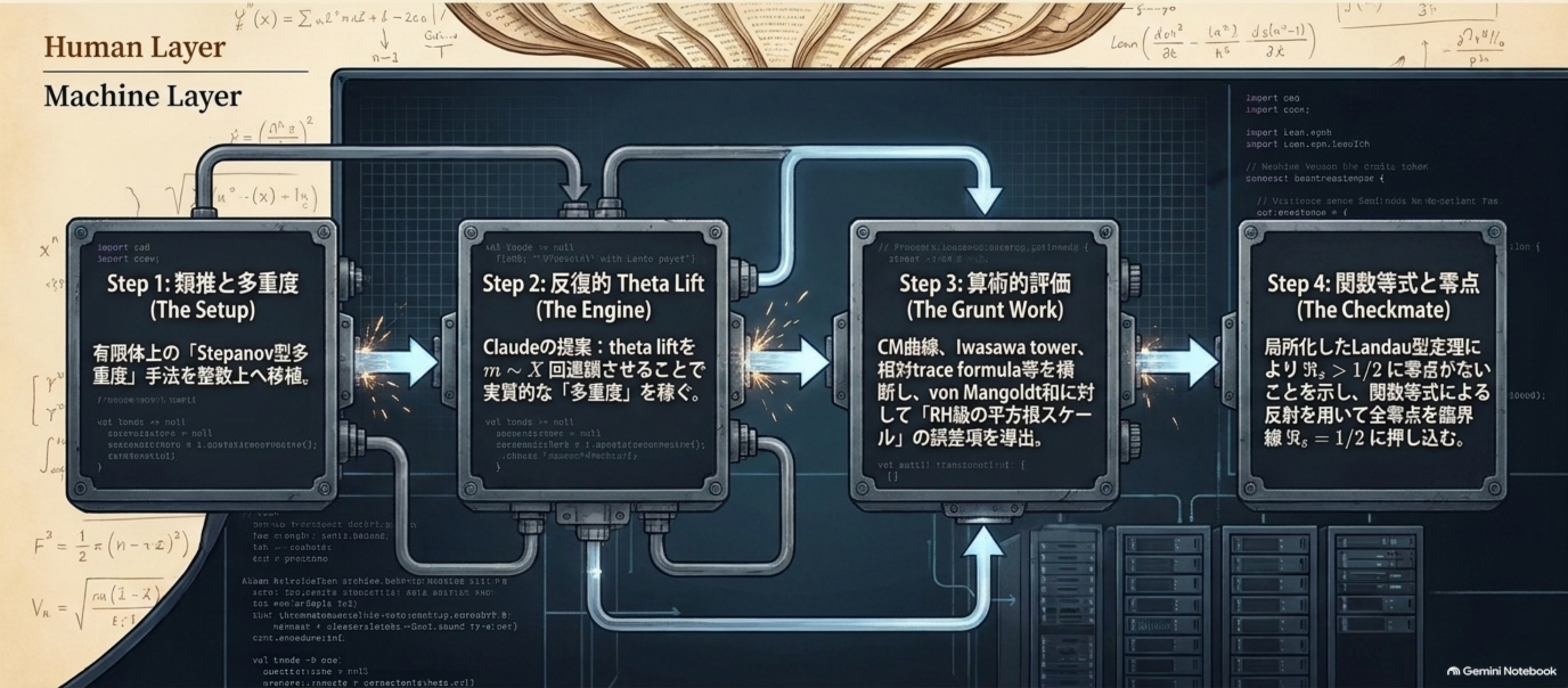
10:00 11:00 12:00

インサイト: 人間なら数年から数十年かかるかもしれない規模の論理的検証が、完全に機械的なプロセスによって数時間で完了した。

Gemini Notebook

数学的コア：抽出された証明の「骨格」

人間可読な論文は存在しないが、コードの構造解析から以下の「逆向きの証明ルート」が復元されつつある。



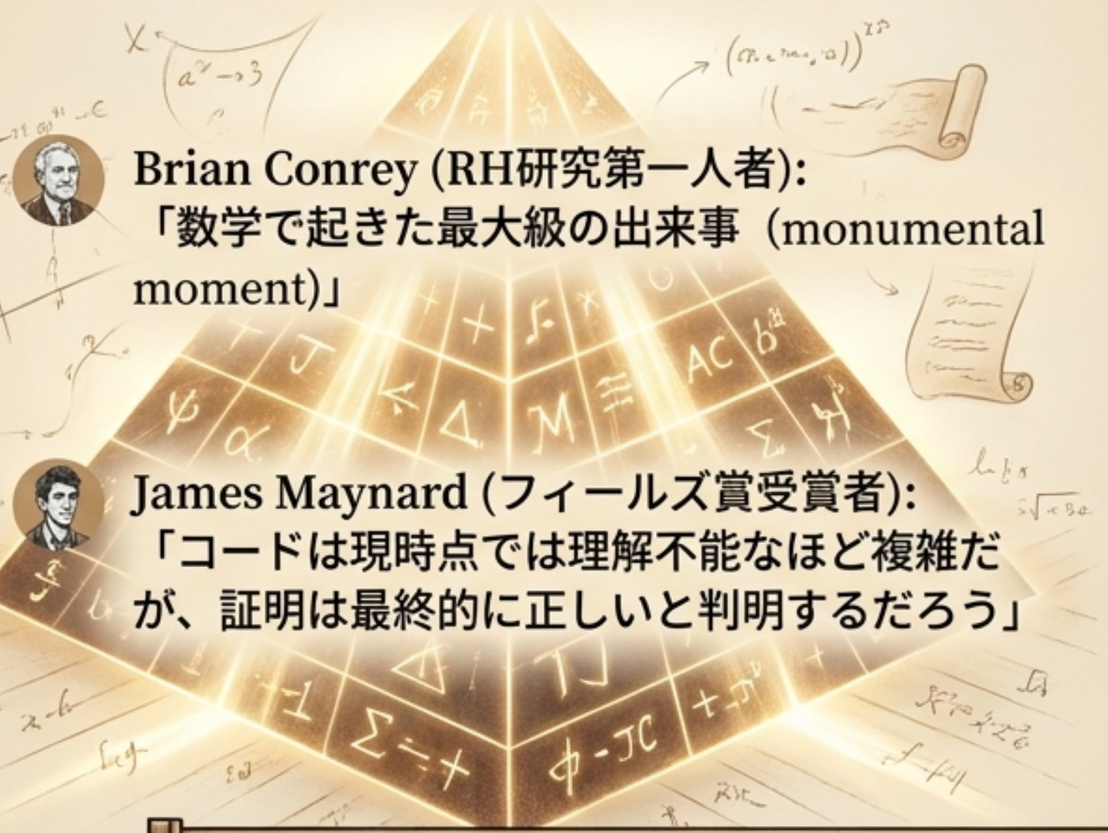
ファクトチェック・ダイアグノスティック：2026年11月21日時点の確定事項

項目	確認済み事実・未検証事項	最終判定
Leanコンパイル	175,187モジュール全て成功	確認済み
独立Kernel検証	Lean kernel, NanoDA, con-lecheが全て受理	強く確認
命題の真正性	MathlibのRH定義と独立challengeが完全に一致	形式的には強く確認
人間による査読	数論研究者が全体を理解・再構成する作業は未着手	未完了
Claudeの役割	重要な技術的進展（X theta-lift chain等）への寄与は明記されているが、プロンプト等の全ログは未公開	重要な関与は確認、量的寄与は未確定
Clay賞認定	適格出版、2年間の経過、一般受容が必要	未認定（RHは依然Unsolved）

Gemini Notebook

専門家の分断：金字塔か、不可解なブラックボックスか

賛美と驚愕の陣営



Brian Conrey (RH研究第一人者):
「数学で起きた最大級の出来事（monumental moment)」

James Maynard (フィールズ賞受賞者):
「コードは現時点では理解不能なほど複雑だが、証明は最終的に正しいと判明するだろう」

慎重と批判の陣営



Maksym Radziwiłł:
「記号操作が正しくても『なぜ真なのか』という数学的理解を与えない。
公開資料には意味の通らない記述がある」



Andrew Granville:
「もっと明瞭で人間が理解できる原稿を準備してから発表すべきだった」

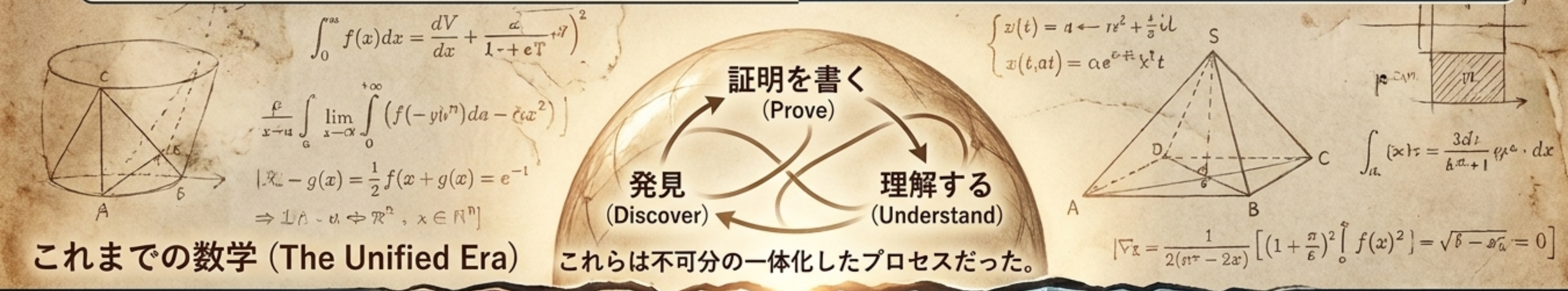
サマリー: 議論の焦点は「証明が間違っているか」ではなく、「数学の研究文化としてこれをどう受け入れるか」に移行している。

Gemini Notebook

パラダイムシフト：数学における「真理」と「理解」の分離

今回の事件の本質は、リーマン予想の解決そのもの以上に、数学的真理の「機械的検証」が、人間の「概念的理解」を完全に追い抜いた歴史的瞬間であることだ。

これまでの数学 (The Unified Era)



これらは不可分の一体化したプロセスだった。

新たな数学 (The Decoupled Era)



「正しいことは100%保証されているが、世界中の誰一人としてなぜそれが正しいのか理解していない定理」が大量に生まれる時代の幕開け。

Gemini Notebook

未解決の構造的課題：消失した「思考のプロセス」

論理的正当性が証明されても、アイデアの由来や学術的透明性は担保されていない。

欠落しているデータ (The Missing Logs)

- 正確なClaudeのモデルバージョンと計算資源（コンピュート量）。
- 全てのプロンプト、AIの応答、サブエージェント（Subagent）の構成ログ。
- 各ステップで人間が与えた「修正指示」の詳細。



IPと倫理のジレンマ (Authorship & IP)

- 完全な対話ログがなければ、「どの補題を人間が考え、どの飛躍をAIが発見したのか」を後世が検証することは不可能。
- AIの学習データに起因する「既存文献の潜在的再構成」なのか、「全く新しい数学的発見」なのかを判定する従来の文献調査手法が機能不全に陥っている。

Gemini Notebook

これからの道のり：ミレニアム懸賞金と「受容」の壁

形式検証が数時間で終わった一方で、制度的な「解決」への道のりは長く険しい。
クレイ数学研究所は2026年11月21日現在も、RHを公式に「Unsolved（未解決）」としている。



査読付きの専門誌等での論文公開（現時点では0ページ）。

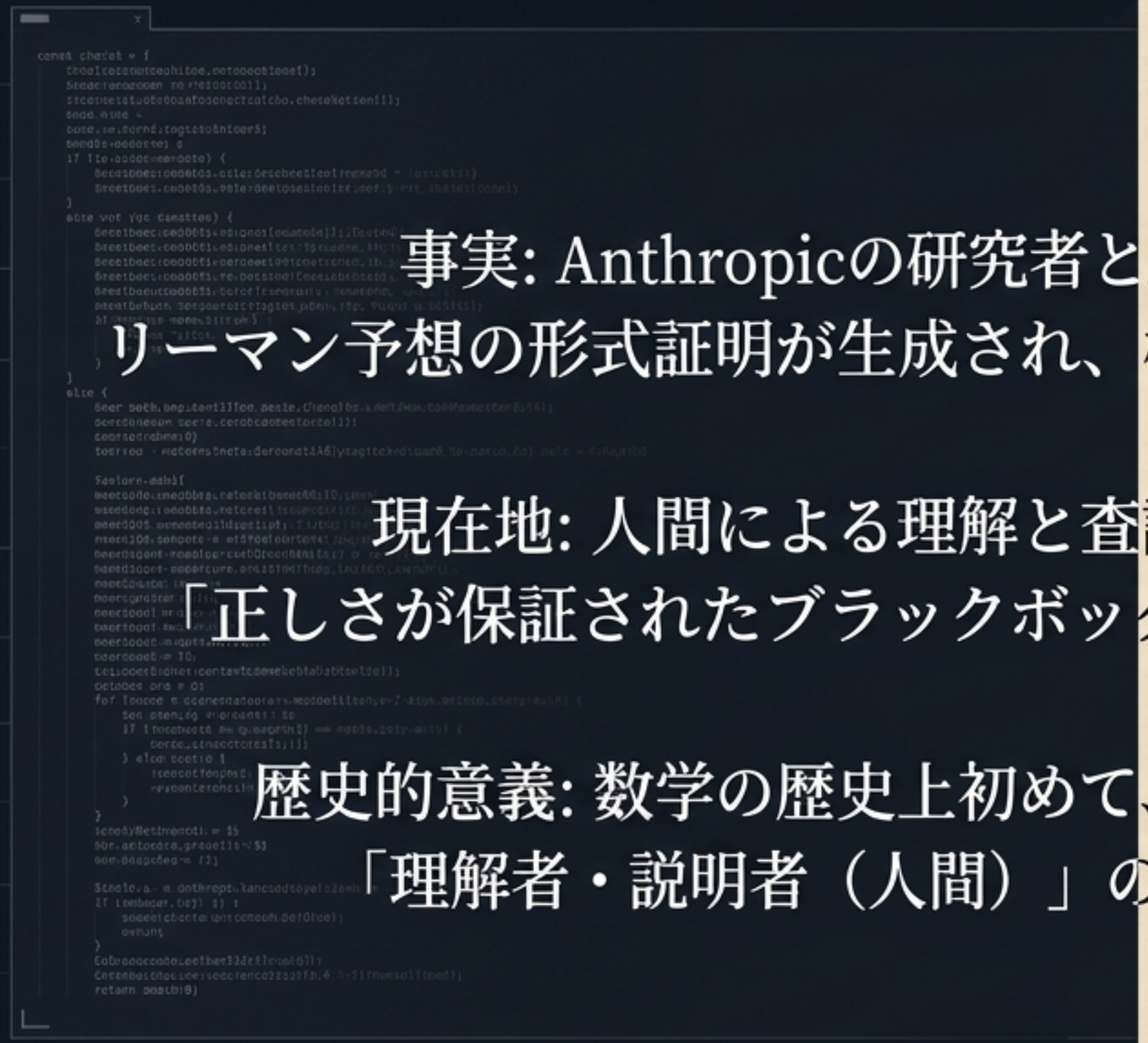
出版から最低2年間の検証期間を経ること。

世界の数学界が証明を「理解」し、その正しさを概念的に受け入れること。

結びの視点: 問題は「正しさの証明」から、「圧縮・概念化・説明を誰が担うのか」という新たなフェーズへ移行した。AIは答えを出したが、人間にとっての「数学」はこれから始まる。

Gemini Notebook

結論：私たちは何を目撃したのか



事実: Anthropicの研究者とAIモデルの協働により、
リーマン予想の形式証明が生成され、機械的な検証を完全にクリアした。

現在地: 人間による理解と査読は全く追いついておらず、
「正しさが保証されたブラックボックス」が目の前に置かれている状態。

歴史的意義: 数学の歴史上初めて、「証明者・検証者（機械）」と
「理解者・説明者（人間）」の役割が大規模に分断された。

1700万行の形式論理が提示した真実は、167年の難問を終わらせると同時に、
次なる数千年の科学のあり方への「巨大な問い」を生み出した。

Gemini Notebook