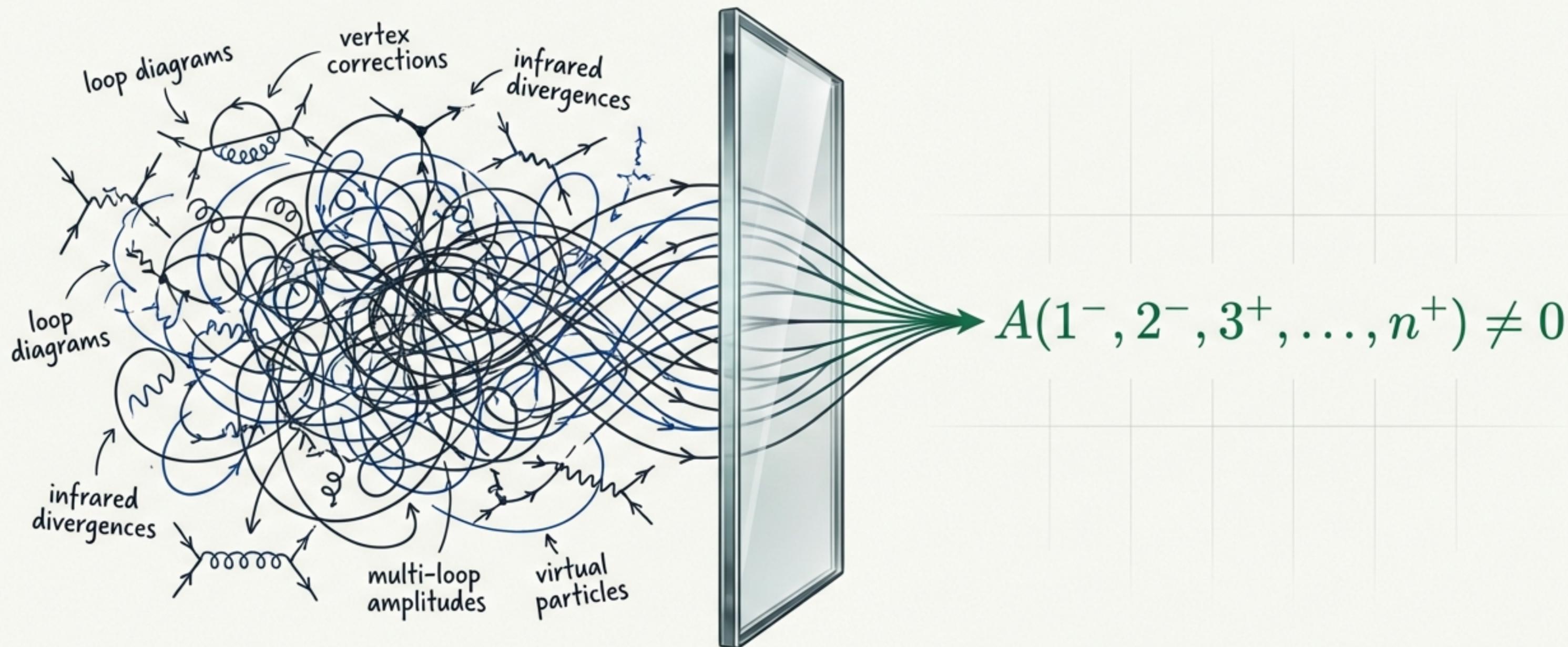


# GPT-5.2 vs 40年の物理学定説

AIはいかにして「ゼロ」と信じられてきたグルーオン散乱振幅を解明したか

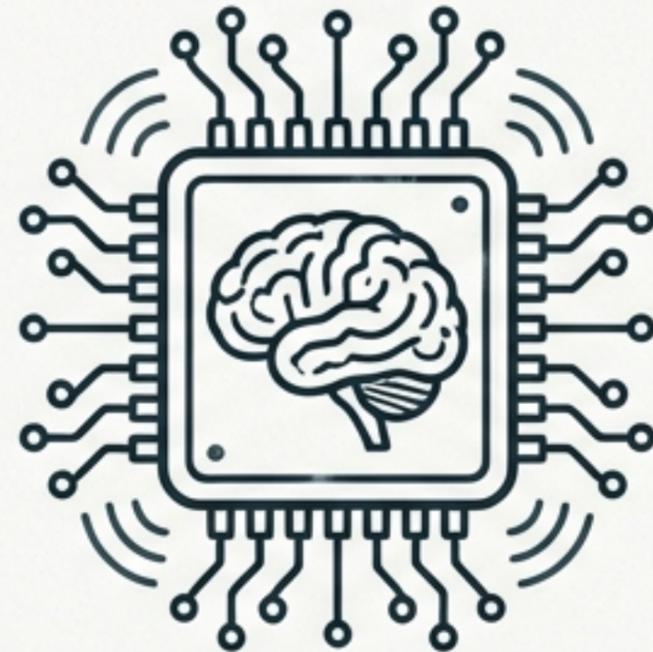


# エグゼクティブサマリー：AIによる科学的発見の分水嶺



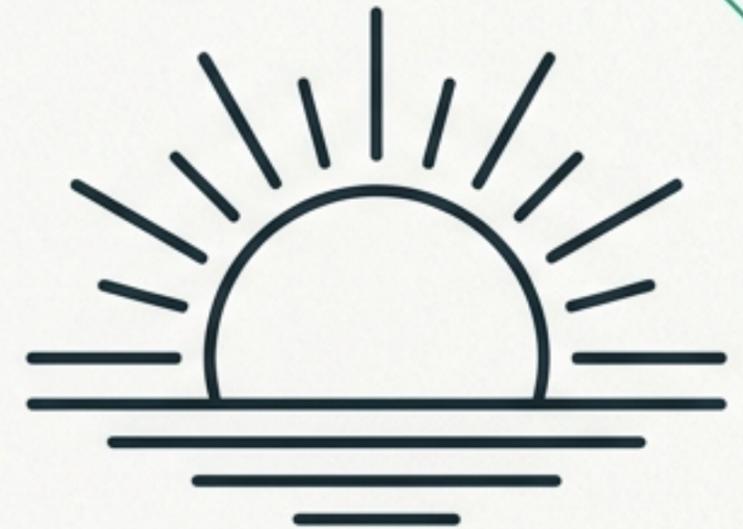
## 定説の崩壊

40年間、教科書で「ゼロ」とされてきた単一マイナス・グルーオン散乱振幅が、特定の条件下（半共線的領域）で存在することを発見。



## AIの超越的計算力

ハーバード大などのトップ物理学者が1年かけて解けなかった超複雑な計算を、GPT-5.2 Proが数分で簡約化し、閉じた公式（Eq. 39）を推測。



## 新たな研究パラダイム

汎用LLMが、特定のドメイン専用機（AlphaFoldなど）ではなく、「理論物理学」という抽象的論理の領域で独自の寄与を果たした初の事例。

# 40年続いた「ゼロ」の常識

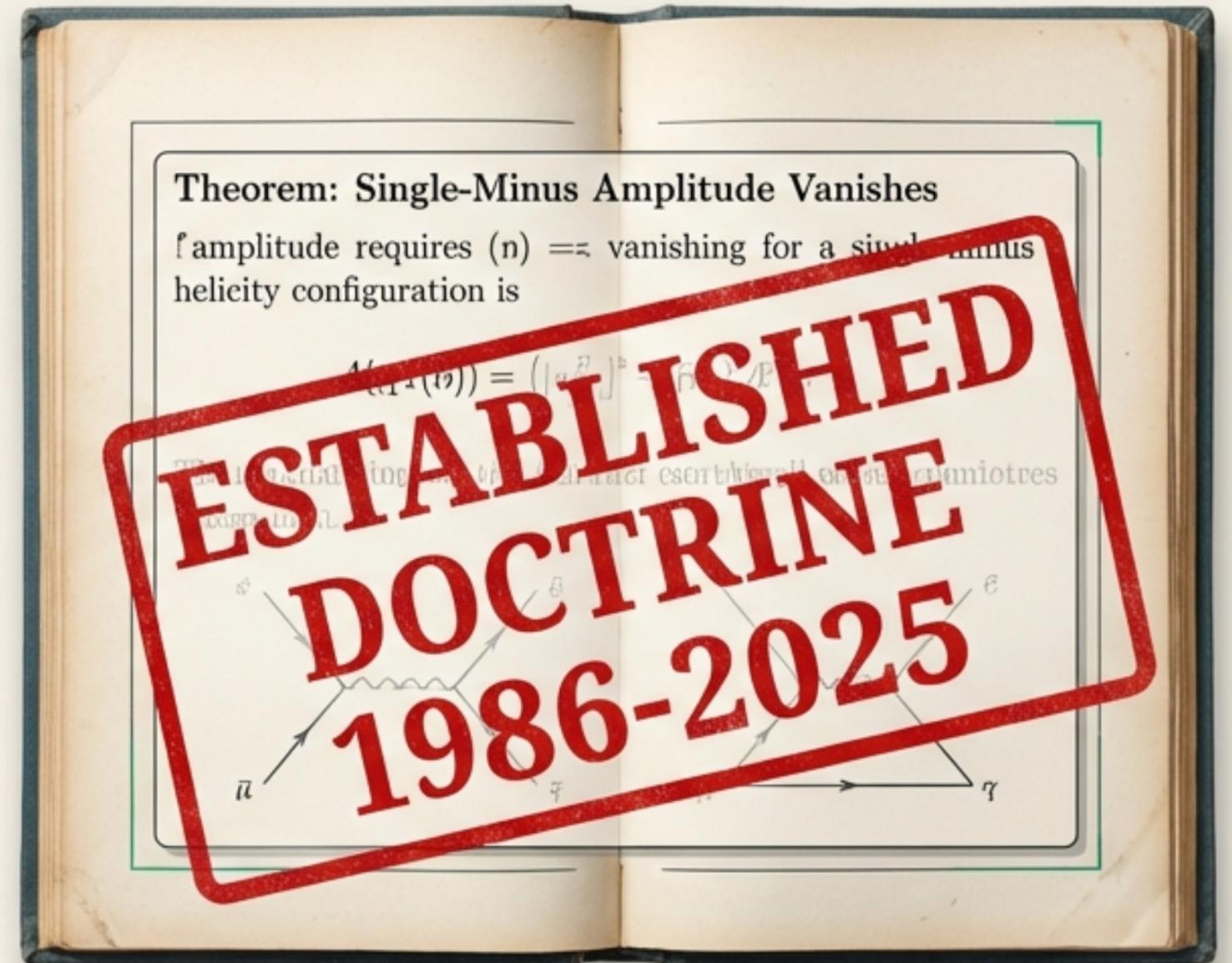
## 量子色力学 (QCD) とグルーオン

- 原子核内の「糊」であるグルーオンは自己相互作用する。その確率は「散乱振幅」で計算される。

## 単一マイナス配位 = 0

- 1986年のParke-Taylor公式 (MHV振幅) の発見以降、負のヘリシティが1つだけの配置は、標準的な教科書の議論により「ゼロである」と証明されていた。

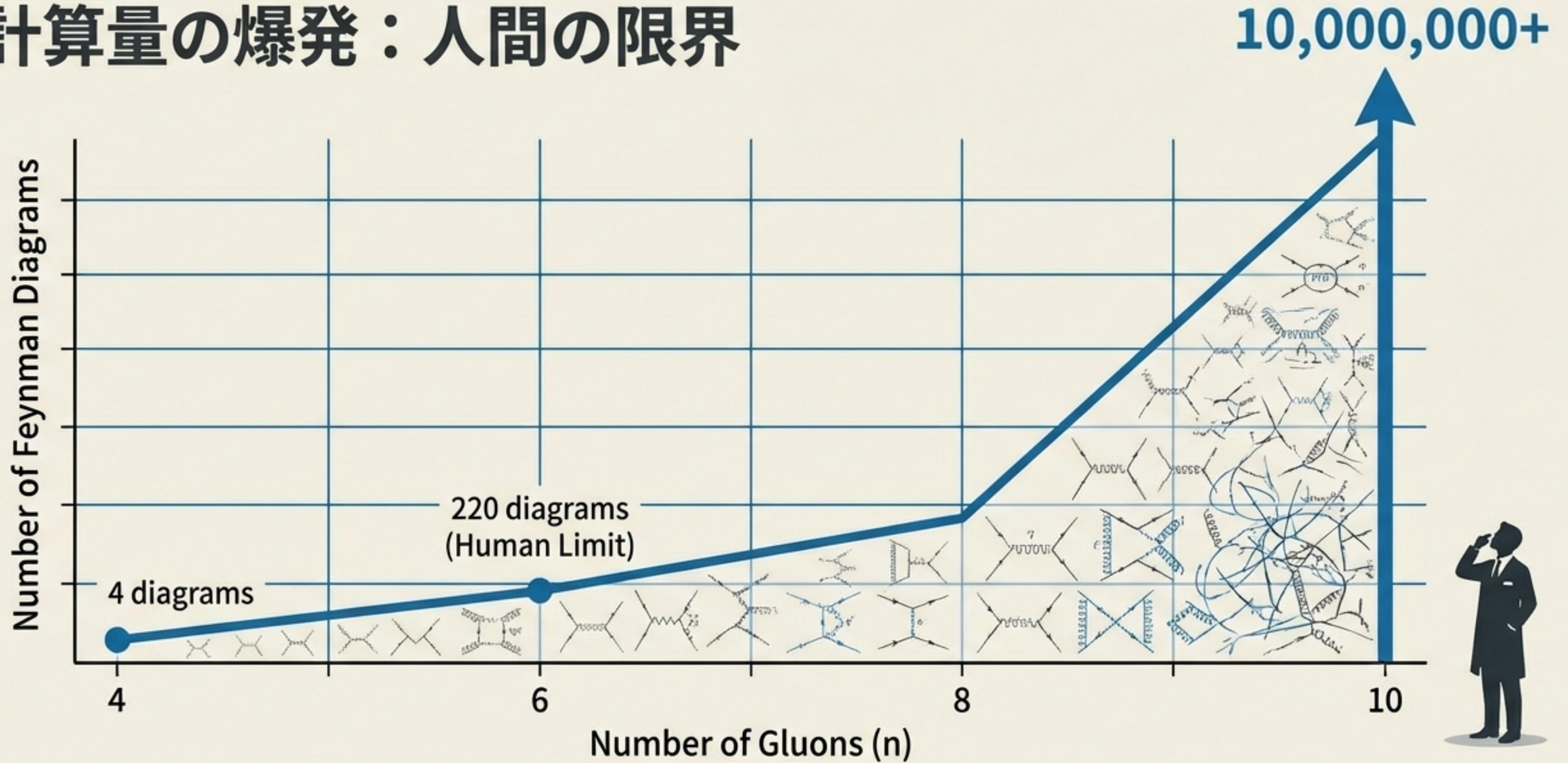
Reference: Dixon (1996), Witten (2004).



「パワーカウンティングにより、分子に十分な運動量因子がないため、振幅は消失する」

— 標準的な物理学の論証

# 計算量の爆発：人間の限界



手計算による検証は  $n=6$  程度が限界。それ以上は物理的に不可能であり、誰も「ゼロ証明」を疑う余力がなかった。

# 人間が見つけた「抜け穴」：半共線的領域

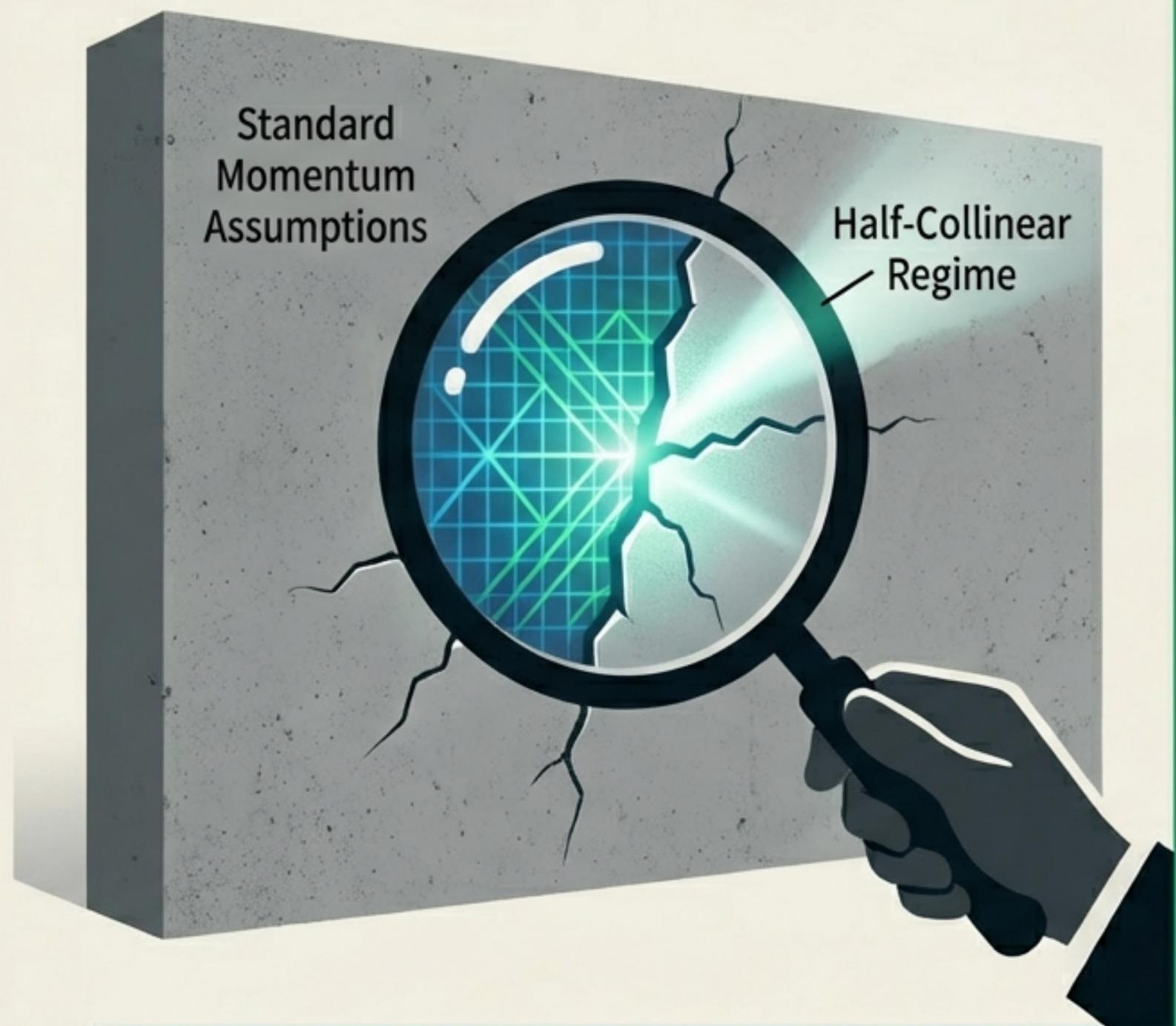
## 概念的枠組みは人間

(Strominger, Skinner, Guevara)

従来の「ゼロ証明」は、一般的な運動量を仮定していた。研究チームは、運動量空間の特殊なサブセット「半共線的領域」では、証明の前提が崩れることを特定。

## 条件

すべての外線グルーオンの左手スピノルが互いに比例する特殊な配位 ( $|i\rangle \propto |j\rangle$ )。



# 複雑性の打破：GPT-5.2 Proの登場

Human Effort (1 Year)

$$A = \sum_a \int d^4k \frac{\langle 12 \rangle \langle 34 \rangle \langle 56 \rangle}{s_{123} s_{345} s_{561}} d^4d^{-d\psi}$$
$$+ \int \langle 1 \rangle \langle n \rangle \langle 2 \rangle + \frac{\langle 1 \rangle \langle 3 \rangle \langle 4 \rangle}{p_{123}} \langle 5 \rangle \langle 6 \rangle + \dots$$
$$+ \frac{1}{2} \frac{\pi_i \pi_j - \pi_k \pi_l}{f} + \dots$$
$$+ \sum_n \frac{\gamma_i \gamma_j}{p^2} + \dots$$
$$+ \left( \frac{d^2}{d\alpha^2} \right)^2 + \frac{kd^2 m-1}{d_{123}}^2 + \dots$$
$$\sum_{i=1}^n \int d^4k \left( -A^2 + \frac{C_i}{i+1} \right)^2$$

**FAILURE  
TOO COMPLEX**

32項以上の膨大な式  
簡約化に失敗

AI Solution (2 Minutes)

User: Simplify the n=6 amplitude.

The expression simplifies to a single product term.

Result: [Compact Formula displayed here]

$$A_6 \sim \frac{\langle 12 \rangle \langle 34 \rangle \langle 56 \rangle}{s_{123} s_{345} s_{561}}$$

数分で簡約化・一般公式を推測

# 発見された「幻の公式」

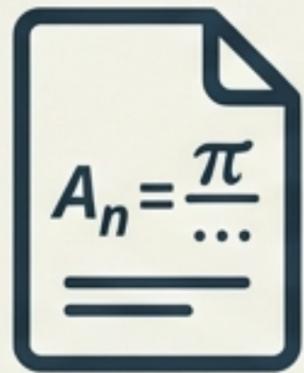
$$A_n(1^-, 2, \dots, n-1, n) = \text{sgn}(\sigma) \prod_{i=1}^{n-2} (\text{factor}_i)$$

## Equation 39

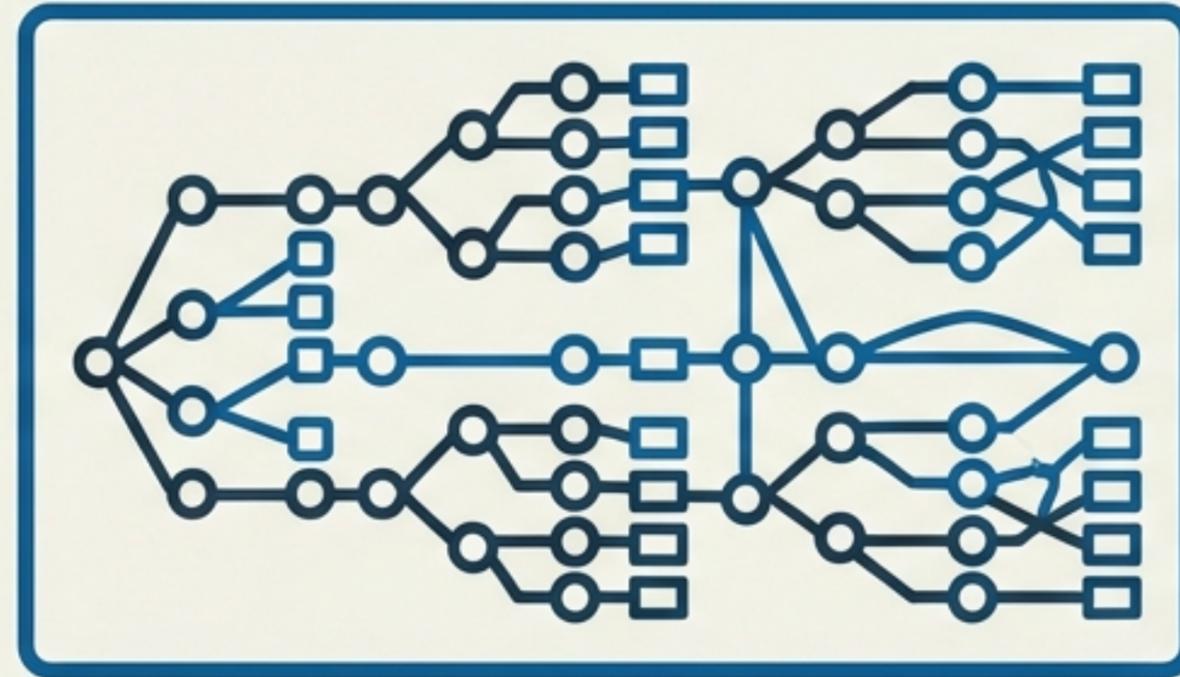
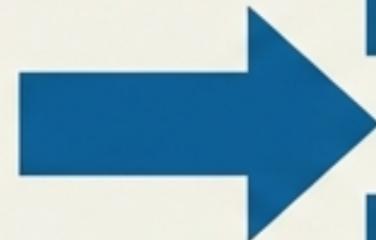
- Parke-Taylor公式 (MHV) に匹敵する、シンプルで美しい閉じた公式。
- $(n-2)$  個の因子の積で構成され、値は  $\{-1, 0, +1\}$  のみを取る区分的定数。
- 超指数関数的な複雑さが、極めてコンパクトな形式に圧縮された。

# 推測から証明へ：自律推論モデル "SuperChat"

Input Formula



推測された一般式



**Autonomous Reasoning**

OpenAI内部モデル  
12時間の連続思考 (Chain of Thought)  
鳩の巣原理の応用を含む創造的論証

Output



**Output**

形式的証明の完了  
(Q.E.D.)

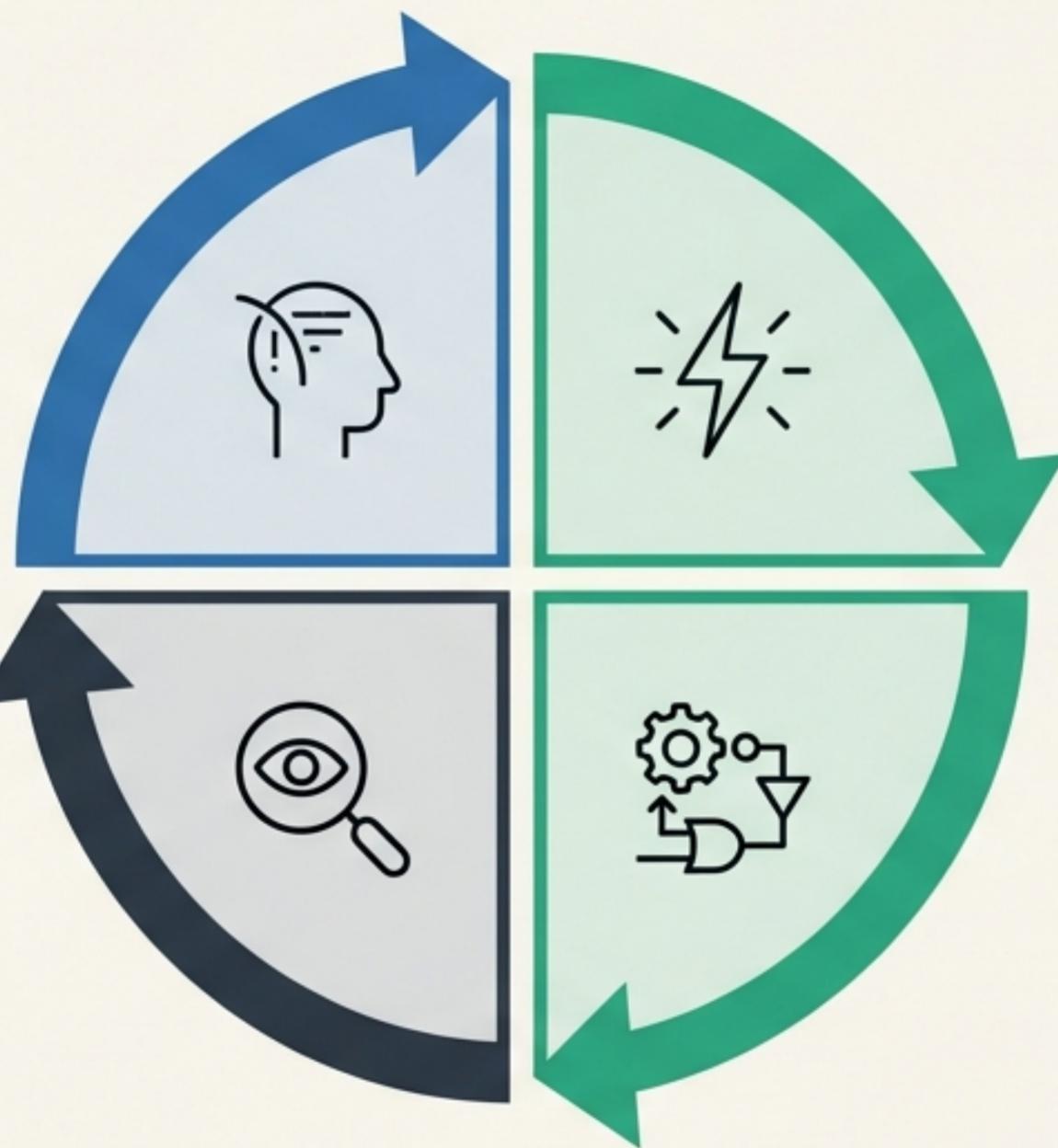


単なるパターン認識ではなく、論理的導出を行った点が重要。

# 科学的発見の新しい「分業」モデル

## 1. Human (Foundations)

理論的基盤の構築  
抜け穴（半共線的領域）の特定



## 2. AI (Simplification)

GPT-5.2による計算の簡約化  
一般公式の推測

## 4. Human (Verification)

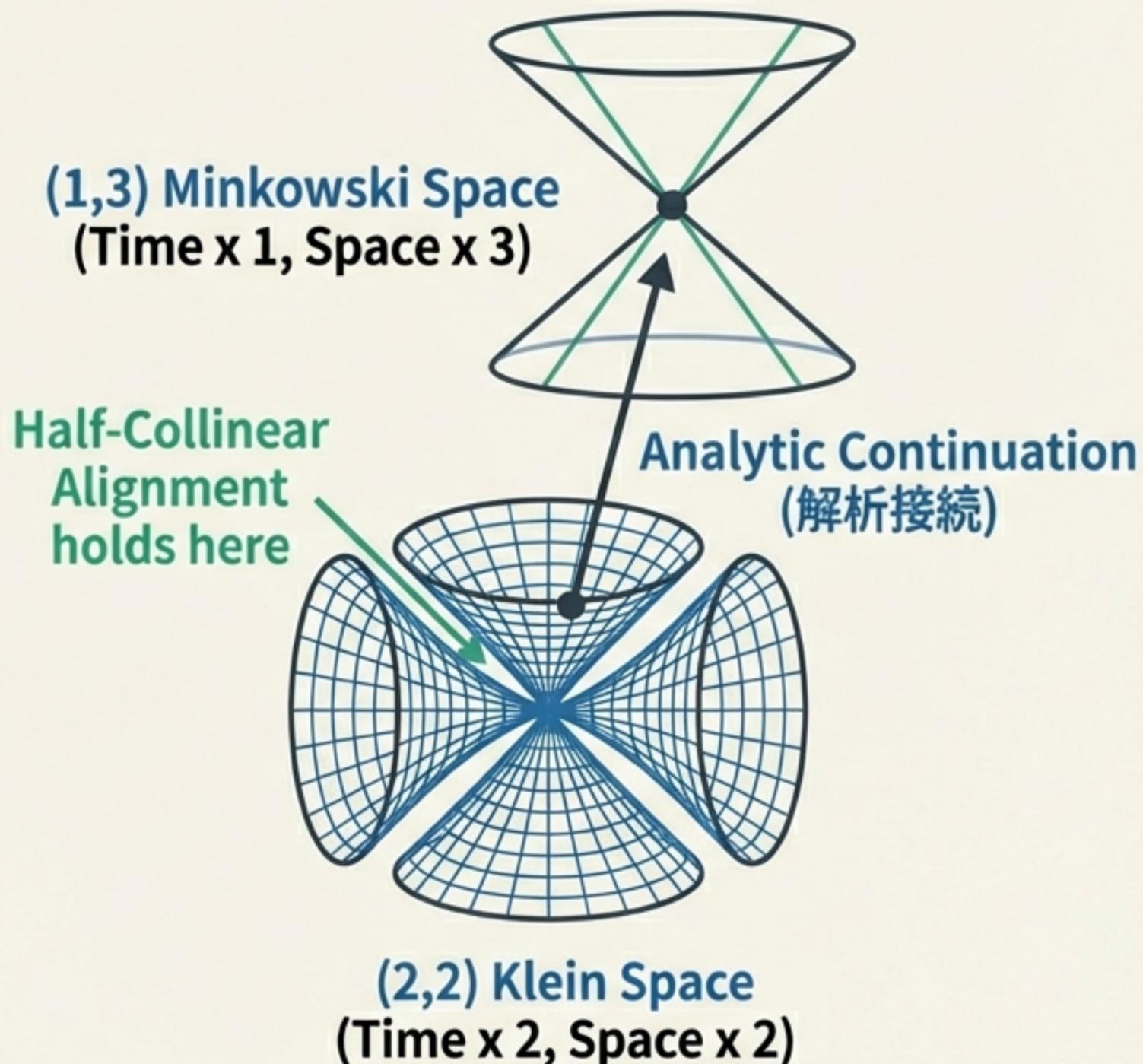
最終検証  
物理的解釈

## 3. AI (Proof)

内部モデルによる  
形式的証明の生成

# Deep Dive: (2,2)クライン時空の世界

- 発見された領域は、通常の実世界（ミンコフスキー時空）ではなく、時間2次元+空間2次元の「(2,2)クライン時空」で自然に成立する。
- ツリーレベルの散乱振幅は有理関数であるため、異なる時空の符号間で解析接続が可能。
- Witten (2003) のツイスター弦理論の示唆が、20年以上経て計算された。



# 科学コミュニティの反応：革命と冷静



「アイデアは革命的ではないが、機械がこれができることが革命的」

Zvi Bern (UCLA)



「15年来の疑問が解けた。これほどシンプルな表現が見つかるとは」

Nima Arkani-Hamed (IAS)

Methodology

Physics

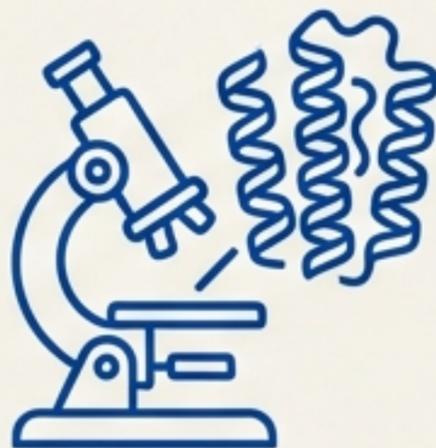


「物理的な枠組み作り（最も困難な部分）は人間の功績。AIは『退屈で高密度な計算』を突破した」

David Louapre (Theoretical Physicist)

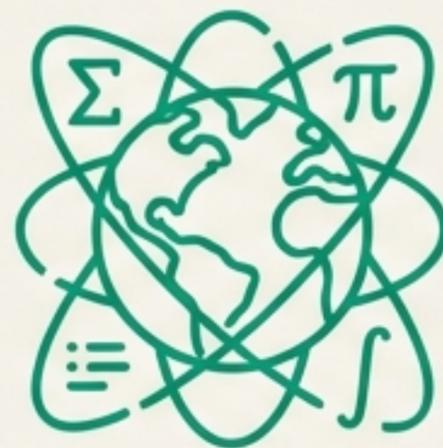
# 専用AIから汎用LLMへ：AlphaFoldとの違い

## AlphaFold / GNoME



- タイプ：特定領域専用 (Specialized)
- 手法：データ駆動 (Data Driven)
- 対象：構造生物学、材料探索

## GPT-5.2 (This Case)



- タイプ：汎用言語モデル (General Purpose LLM)
- 手法：記号操作と論理推論 (Symbolic & Logic)
- 対象：理論物理学 (数式)

汎用LLMが高度な論理推論で科学的発見を行った初の事例。

# AIは「著者」になれるか？

Single-minus gluon tree amplitudes are nonzero

Alfredo Guevara, Alex Lupsasca, David Skinner,  
Andrew Strominger, Kevin Weil\*

\*on behalf of OpenAI (representing the AI contribution)



- **知財と発明者適格性**：DABUS訴訟や日本の知財高裁は「発明者は自然人に限る」と判断。
- **「法人代理人」モデル**：GPT-5.2を著者とせず、OpenAI幹部が代理で著者になるハックを使用。

# 結論

# 結論：科学研究は加速する



教科書の書き換えは序章に過ぎない。

人間が「問い」を立て、AIが「解」を見つけ、人間が「意味」を与える。

「人間だけでは永遠に解けなかったかもしれない」壁を、AIというパートナーと共に突破する時代が到来した。

# 参考文献

OpenAI Blog & arXiv:2602.12176 “Single-minus gluon tree amplitudes are nonzero” (Feb 2026)



Science (AAAS): “ChatGPT spits out surprising insight in particle physics”



Hugging Face Blog: David Louapre “Did GPT 5.2 make a breakthrough discovery?”



Phys.org, The Quantum Insider, IP High Court Rulings

