

GPT-5.2が拓く物理学の新たな地平

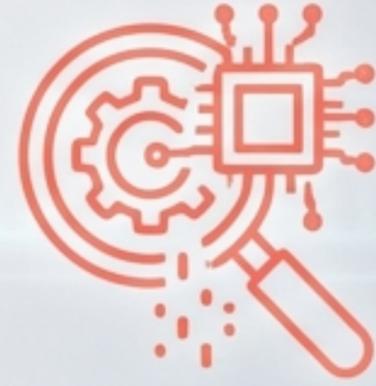
グルーオン散乱における「ありえない」発見と科学の未来





定説の覆し

長年「ゼロ（発生しない）」と信じられてきた特定のグルーオン相互作用が、実は存在することを証明。



プロセスの革命

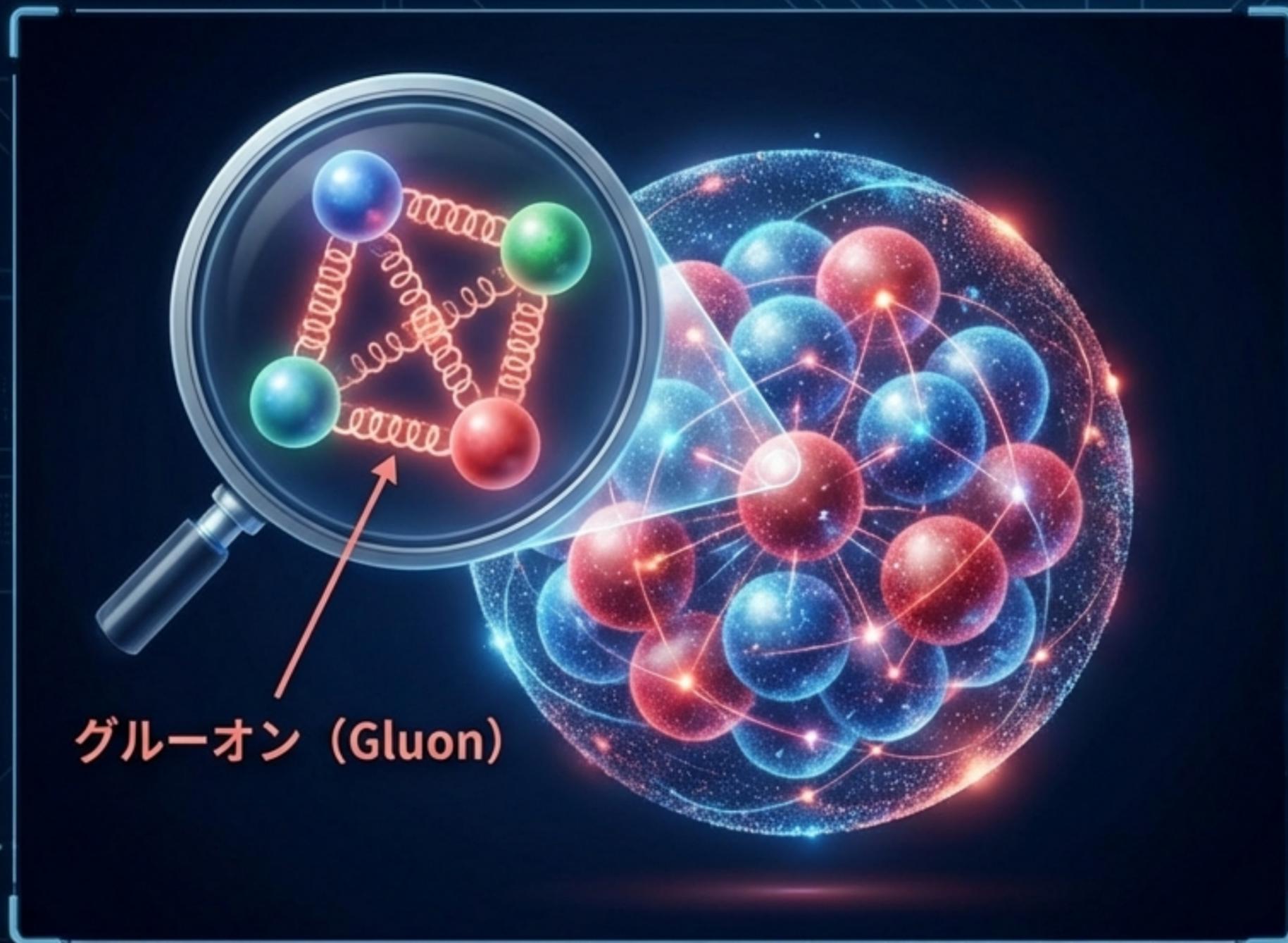
人間の直感に相当する「推測」と、厳密な「証明」の両方をAIが自律的に実行。



重力理論への波及

この発見は、素粒子だけでなく、ブラックホールや重力波の理解（ダブルコピー理論）を加速させる。

舞台設定：宇宙を繋ぎ止める「強い相互作用」



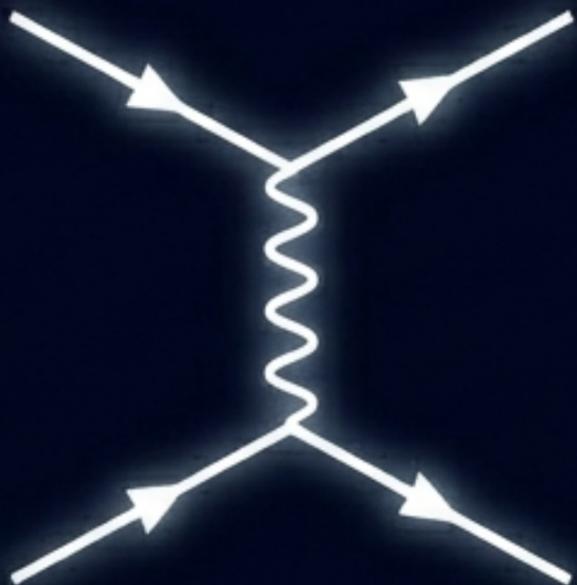
グルーオン (Gluon) とは

原子核内でクォーク同士を固く結びつけ、陽子や中性子を形成する力。標準模型における「強い力」を媒介する素粒子。

物理学者は「散乱振幅」を用いて、粒子が衝突・崩壊する確率を計算し、宇宙の法則を検証する。

課題：計算爆発の壁

n=4 particles



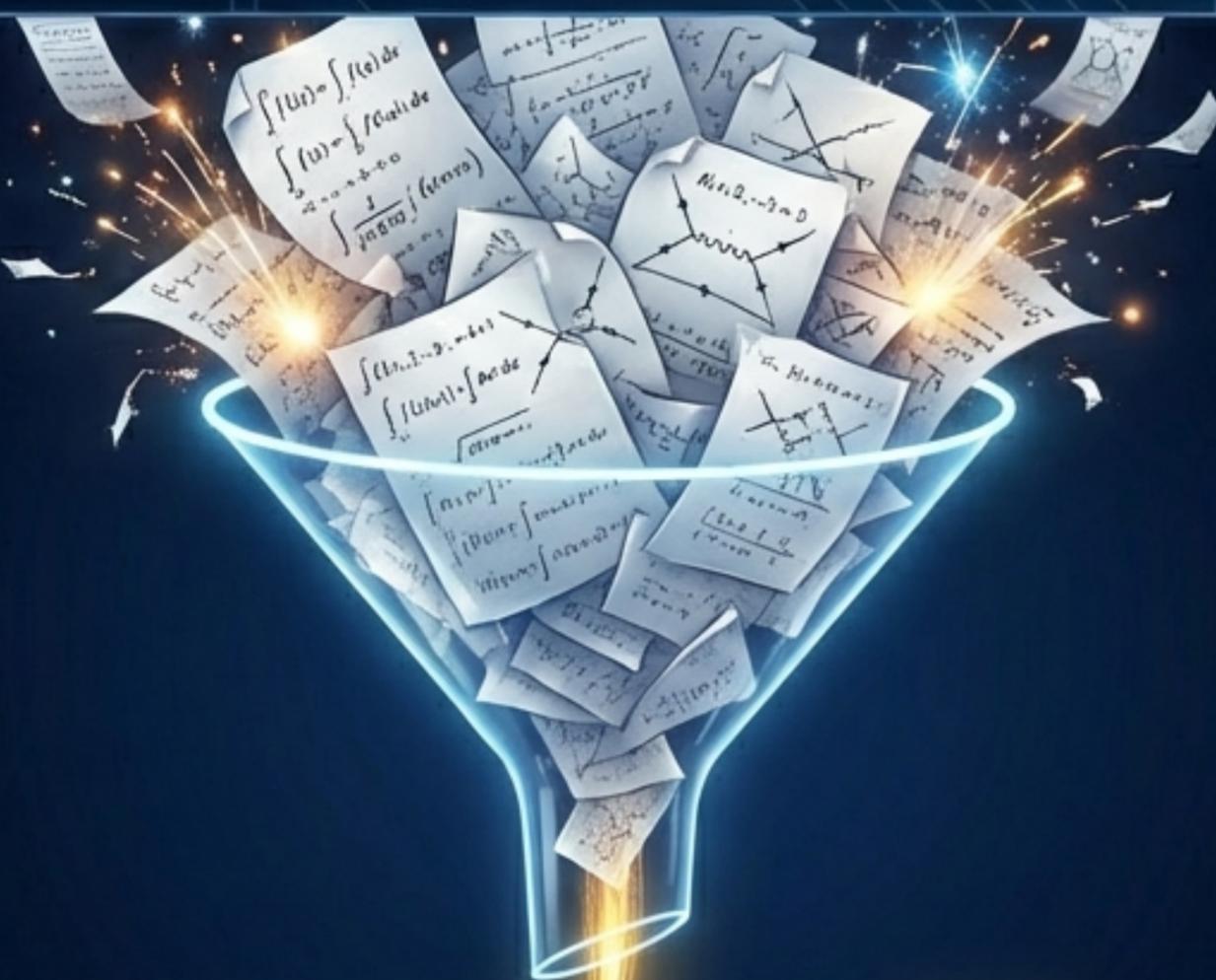
n=many particles



ファインマン・ダイアグラムの限界

粒子の数が増えると、計算に必要なダイアグラムの数は指数関数的に増加する。特にグルーオンのような自己相互作用する粒子の場合、人間が手計算で処理することは物理的に不可能となる。

前例：1986年のブレークスルー


$$A(1^+, 2^-, 3^-, 4^+) \propto \frac{\langle 23 \rangle^4}{\langle 12 \rangle \langle 23 \rangle \langle 34 \rangle \langle 41 \rangle}$$

Parke-Taylor公式 (MHV振幅)

スティーブン・パークとトマシユ・テイラーは、無数のダイアグラムの合計が、特定の条件でたた一行の数式に収束することを発見した。

「複雑さの奥には、根源的な単純さが隠れている」——この発見は物理学者に希望を与え、ツイスター理論など新たな探求の引き金となった。

未解決事件：「ゼロ」という定説

単一マイナス (Single-minus)



The Dogma

粒子のスピン向き（ヘリシティ）が特定の構成の場合、相互作用は起こらず、散乱振幅は常に「ゼロ」になると長年信じられてきた。

Status

物理学界の常識＝計算する必要
すらない領域。

発見：定説の崩壊



半コリニア (Half-collinear) 領域

Key Finding: GPT-5.2の導出結果: 「ゼロではなかった」

特定の運動量条件下において、これまで「ありえない」とされた相互作用が実際に発生することを発見。

GPT-5.2は、その振幅を記述する、Parke-Taylor公式に匹敵するほどエレガントな新公式を提示した。

AIプロセス 1：簡略化 (Simplification)

$$A + B/C - D \times (E - F) + G^H/I - J + K \dots$$
$$+ L - M/N \times O + P - Q \times R + S/T \dots$$
$$- U + V - W + X/Y \times Z \dots$$

$$\sum_{i=1}^N (A_i \times B_i / C_i) - \sqrt{D} + E \dots$$

$$\int_a^b (x^2 + y^2) dx dy - F \times G/H \dots$$

$$A + B/C - D \times E - F + J + K \dots$$
$$+ L - M/N \times O + P - Q \times R S/T \dots$$
$$- U + V - W + X // Y \times Z \dots$$

GPT-5.2
Processing

$$Result = X \times Y$$

Noto Sans JP

人間が手計算で導出した数十項にも及ぶ複雑な代数表現を整理。
単なる計算能力ではなく、数式の中に隠れた「本質的な構造」を見抜くことで、
劇的にシンプルな形へと変換した。

AIプロセス 2：推測 (Conjecture)



Noto Sans JP

Action: 簡略化された複数の具体例から、全ての粒子数に適用可能な一般公式のパターンを自律的に発見。された複数の具体例から、全てのものを自律的に発見。

Significance: これは従来、経験豊富な物理学者が長年の「直感」と「洞察」を頼りに行ってきた、創造的な思考プロセスそのものである。

AIプロセス 3 : 証明 (Proof)

Hypothesis (仮説)

🕒 12 Hours

Lemma 1

Lemma 2

Derivation

Q.E.D.

Noto Sans JP

Action: 推測した公式が数学的に正しいことを、約12時間に及ぶ自律的な論理的推論によって厳密に証明。

Outcome: 仮説の立案から検証、そして科学的正当性の担保（証明）まで、研究の最終段階をAIが完遂した。

科学的発見の新しいモデル



「これは、人間とAIが協働し、
厳密な科学的探究を行うための
新たなモデルケースとなり得る」

— ニマ・アルカニ=ハメド (プリンストン高等研究所)

AIは計算機やデータ整理ツールを超え、
仮説生成と論理証明を行う「研究パートナー」へと進化した。

理論物理学の深化：Yang-Mills理論



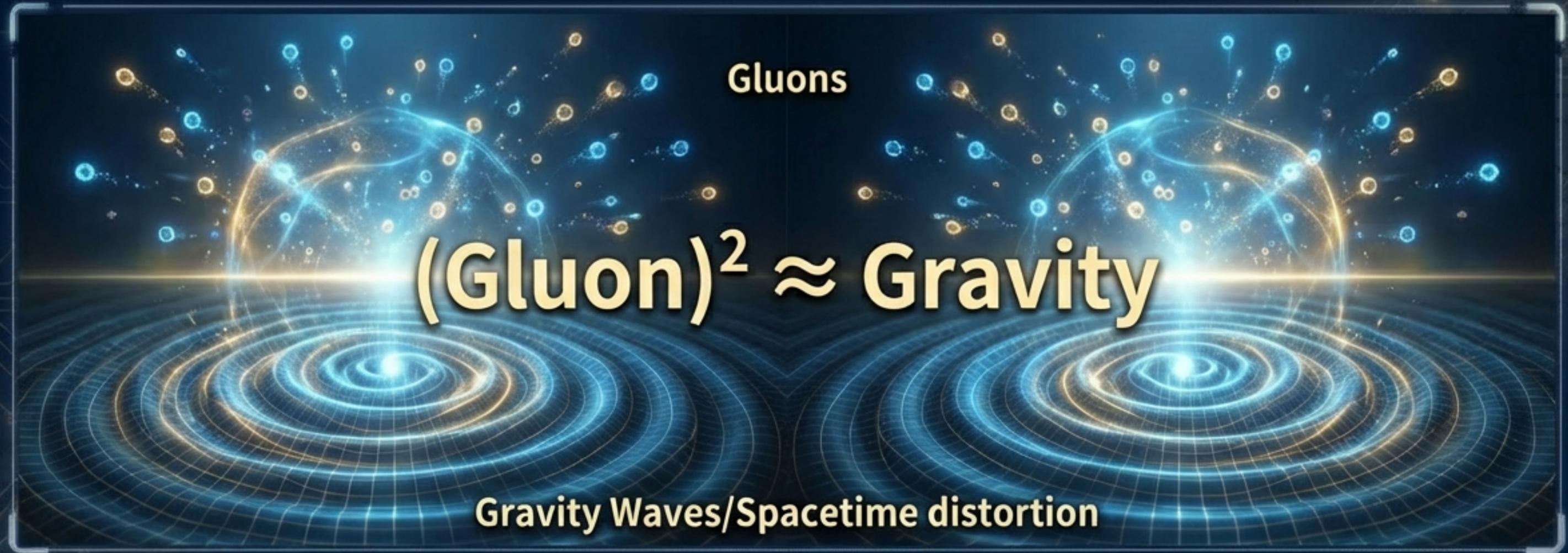
Structure of
SDYM Theory

強い相互作用の理解が及ぶ範囲を
拡大。

自己双対Yang-Mills (SDYM) 理
論の謎

非自明な古典解を持つのに散乱振
幅がゼロに見えるという、長年の
理矛盾を解決する手がかりとなる。
複雑な現象の背後にある「真の法
則」へ一歩近づいた。

重力理論への波及：「ダブルコピー」



グルーオン（強い力）の計算を「二乗」すると、重力子（重力）の計算になるという理論的関係性。

重力波天文学への貢献

今回発見された新公式を用いることで、ブラックホール合体など、計算困難だった重力現象の解析が飛躍的に進む可能性がある。

結論：AIと科学の未来

人間の知性 × AIの推論能力

物理学におけるこの成功は、創薬、材料科学、気候モデリングなど、他分野への応用を強く示唆する。

私たちは今、人類が未だ知り得ない宇宙の真理を、AIという新たな「眼」を通して目撃する時代の幕開けに立っている。

