

統計的相関の彼方へ: 大規模言語モデルにおける「ワールドモデル」の存否と次世代AIアーキテクチャの展望に関する包括的分析報告書

Gemini 3 pro

1. 序論: 人工知能研究における「理解」の定義を巡る断層

1.1 問題の所在: 「次単語予測」は「世界理解」を内包するか

2020年代前半、人工知能(AI)研究、特に自然言語処理(NLP)の分野において、一つの巨大なパラダイムシフトが発生した。それは、Transformerアーキテクチャに基づく大規模言語モデル(LLM)の驚異的な能力向上である。しかし、この技術的成功は同時に、認知科学的および哲学的な深遠な問いを突きつけた。すなわち、「単に次の単語(トークン)を確率的に予測するように訓練されたシステムは、その背後にある物理的・因果的な世界構造(ワールドモデル)を理解しているのか、それとも単に統計的な相関関係を極めて高度に模倣しているに過ぎないのか」という問い合わせである。

アップロードされた文書『AIの「ワールドモデル」に関する考察: 単なる単語予測を超えて』は、この論争の核心を捉えている。同文書は、OpenAIの元チーフサイエンティストであるIlya Sutskever氏らが提唱する「圧縮としての学習」仮説——すなわち、テキストデータを極限まで圧縮(予測)するためには、そのデータを生成した実世界への理解が不可欠であるという立場——と、Meta社のYann LeCun氏(文書内では「ルカ氏」と言及)が主張する「LLM限界説」——テキストは世界の実体の不完全な射影に過ぎず、そこから真の物理的・因果的・時間的・空間的構造を理解するには到達できないという立場——の対立軸を鮮明に描いている¹。

本報告書は、この対立を出発点とし、Othello-GPTやChess-GPTに見られる「創発的内部表現」の実証的研究、直感的物理学(Intuitive Physics)ベンチマークにおけるLLMの限界、そしてLeCun氏が提唱するJEPA(Joint-Embedding Predictive Architecture)という新たなアーキテクチャへの転換について、2025年12月時点での最新の知見に基づき、学術的かつ包括的に分析を行うものである。

1.2 分析の枠組みと範囲

本分析では、以下の3つの主要な次元から「ワールドモデル」の議論を解体・再構築する。

1. 認知・表現の次元(**Cognitive Dimension**): ゲーム(オセロ、チェス)という「閉じた世界」において、LLMは実際にどのような内部表現を獲得しているのか? 線形プロービング(Linear Probing)と介入実験(Intervention)の結果は何を示唆しているのか?
2. 物理・接地の次元(**Physical/Grounding Dimension**): 現実世界という「開かれた世界」において、LLMは物理法則(重力、慣性など)をシミュレートできているのか? 文書にある「ボールとテーブル」の事例は、真の理解を示しているのか?
3. 建築・進化の次元(**Architectural Dimension**): 自己回帰モデル(Auto-Regressive Models)

が抱える本質的な欠陥とは何か？ LeCun氏が提唱する「客観駆動型AI（Objective-Driven AI）」とJEPAは、いかにしてこの壁を突破しようとしているのか？

特に、2025年11月に報じられたYann LeCun氏のMeta離脱とワールドモデル特化型スタートアップの設立⁴は、この議論が単なるアカデミックな興味を超え、次世代AI開発の主戦場へと移行したことを示す象徴的な出来事である。本報告書では、これらの産業動向も視野に入れつつ、LLMの現在地と未来を厳密に評価する。

2. 創発する「世界」の解剖学：ゲーム空間におけるLLMの内部表現

アップロードされた文書では、AIがルールの明示なしにチェスやオセロの合法手を予測できる現象を、ワールドモデル存在の証拠として挙げている¹。この主張の妥当性を検証するためには、「予測ができている」という表層的な事実を超えて、「どのように予測しているか」というメカニズムの深層に分け入る必要がある。

2.1 Othello-GPT：非線形から線形表現への転回とその含意

Kenneth Liら(2023)によるOthello-GPTの研究は、LLMが単なる「確率的オウム」ではないことを示す強力な実証データを提供した⁶。彼らは、オセロの棋譜（"C4", "E3"といったトークン列）のみを学習させたGPTモデルに対し、「プロービング（Probing）」と呼ばれる手法を用いて、モデル内部のニューロン発火パターンと盤面状態との相関を調査した。

2.1.1 初期仮説と「非線形」の壁

当初、Liらはモデルが盤面状態を「非線形」な形でエンコードしていると結論づけた⁶。これは、モデル内部に盤面情報は存在するものの、それが複雑に絡み合った形で保持されており、単純な読み出しが困難であることを示唆していた。しかし、この発見だけでは「ワールドモデルを持っている」と断定するには弱かった。なぜなら、複雑な統計的パターンマッチングの結果として、あたかも盤面を知っているかのように振る舞っている可能性を排除できなかったからである。

2.1.2 Neel Nandaによる「線形表現」の発見と因果的介入

この状況を一変させたのが、Neel Nandaによる追試と詳細なメカニズム解析である⁷。Nandaは、Liらのモデルをより洗練された手法で解析し、驚くべき事実を明らかにした。Othello-GPTの内部では、盤面状態が**線形（Linear）**に表現されていたのである。

ただし、その表現形式は人間が直感的に用いる「黒石・白石」という絶対的な座標系ではなかった。モデルは、「自分の石（My color）」か「相手の石（Their color）」か、という相対的な座標系を用いて世界を構築していた⁷。

- 発見の意義：オセロでは手番ごとに石の色が変わるため、「黒・白」で覚えるよりも「自分・相手」で覚えた方が、次の一手（合法手）を計算する上で計算コストが低い。AIはタスクを最適化する

過程で、人間とは異なるが、機能的には極めて合理的な「世界の見方」を自律的に獲得していくのである。

- 因果性の証明: さらに重要なのは、Nandaらがこの内部表現に対して「介入(Intervention)」を行った結果である。彼らが特定したニューロンの値を人為的に操作し、「あるマスに石がある」とモデルに“勘違い”させると、モデルの出力する次の一手も、その変更された盤面状況に整合するように変化した⁷。これは、内部表現が単なる出力の副産物(相関)ではなく、推論プロセスの**原因(Causal Factor)**として機能していることの決定的な証明である。

2.2 Chess-GPTと「隠れた変数」の推定能力

同様の現象は、より複雑なルールを持つチェスにおいても確認されている。Adam Karvonenらの研究(2024)によれば、5000万パラメータという(現代のLLMとしては)極小規模なモデルであっても、500万局の棋譜を学習することで、合法手の予測率99.8%、Stockfish(従来のチェスエンジン)換算でELO 1300程度の強さに到達した⁸。

2.2.1 盤面を超えた「文脈」のモデリング

Chess-GPTの研究において特筆すべきは、モデルが盤面の物理的な配置(駒の位置)だけでなく、対戦相手の**ELOレーティング(スキルレベル)**という抽象的な属性をも内部的に推定・追跡している点である⁸。

モデルは、対局の序盤の手の動き(定石の選び方やミスの有無)から、「このプレイヤーは熟練者か、初心者か」を判断し、そのスキルレベルに合わせた手を予測するようになる。これは、LLMが「テキスト(棋譜)の背後にある生成プロセス(プレイヤーの意図や能力)」をモデル化していることを強く示唆している。

Sutskever氏が主張する「次トークン予測は、その背後にある生成プロセスを理解することを強いる」という仮説²は、少なくともこの限定されたゲーム世界においては、実証的に支持されていると言える。モデルは、単なる盤面のスクリーンショットを記憶しているのではなく、ゲームの「流れ」や「プレイヤーの心的状態」を含めた動的な世界モデルを構築しているのである。

2.3 ゲーム世界と現実世界の「存在論的ギャップ」

しかし、Othello-GPTやChess-GPTの成功を以て、LLMが「現実世界のワールドモデル」を獲得可能であると結論づけることには、重大な論理的飛躍がある。ゲーム世界と現実世界の間には、超えがたい「存在論的ギャップ(Ontological Gap)」が存在する。

特徴	ゲーム世界(Othello, Chess)	現実世界(Physics, Social Dynamics)
状態空間	有限・離散的(Finite, Discrete)	無限・連続的(Infinite, Continuous)
完全性	完全情報(Full Information)	不完全情報・部分観測(Partial Observability)

記述可能性	テキスト(棋譜)が世界そのものの	テキストは世界の不完全な「影」
ルール	明確・不变・決定論的	暗默的・流動的・確率的

Othello-GPTが獲得したのは、オセロというゲームの「位相幾何学(Topology)」であり、現実の物理空間の「幾何学(Geometry)」や「力学(Dynamics)」ではない。文書で言及されている「ボールがテーブルから落ちる」という物理現象¹は、テキストデータには明示的に記述されない暗默知(重力の感覚、摩擦、空気抵抗など)が支配する領域であり、ゲームと同じロジックは適用できない。次節では、この「物理的接地(Grounding)」の問題について詳述する。

3. 物理的接地(Grounding)の欠落:「ボール」はテキストの中で落ちるか?

アップロードされた文書では、「ボールがテーブルの端から押されたら、次に何が起こるか?」という問い合わせに対し、AIが正確な予測を行うことを「物理シミュレーション能力」の証拠として挙げている¹。しかし、2024年から2025年にかけて行われた一連の研究は、この解釈に対し、より冷徹な分析結果を突きつけている。

3.1 直感的物理学(Intuitive Physics)におけるLLMの限界

「直感的物理学」とは、人間が乳児期(生後数ヶ月)に視覚的経験を通じて獲得する、物体永続性(見えなくなっても物体は存在する)、重力(支えがなければ落ちる)、慣性、衝突、固体性(物体はすり抜けない)などの基本的な物理法則に関する理解である¹¹。

LeCun氏の研究グループを含む複数のチームは、IntPhys、GRASP、PhysBenchといったベンチマークを用いて、最先端のLLMおよびマルチモーダルモデル(LLM)の物理理解度を測定した¹¹。

3.1.1 「記述の模倣」vs「法則のシミュレーション」

実験の結果、GPT-4を含む多くのモデルは、物理現象を扱ったタスクにおいて、しばしば偶然レベル(Random Guess)に近いパフォーマンスしか発揮できないことが明らかになった¹¹。

特にGRASPデータセットを用いた評価では、LLMは「ボールが空中に浮遊し続ける」ような物理的にあり得ない動画と、正常な動画を区別することに苦戦した¹³。

文書にある「AIは正確な予測を行う」という記述¹は、標準的なテキストプロンプト(例:「ボールを押すとどうなる?」)に対しては正しい。しかし、これはAIが脳内で物理エンジンを回してシミュレーションした結果ではない。

- 統計的共起: 学習データであるWebテキストの中に、「ボール」「押す」「落ちる」「転がる」という単語の組み合わせが天文学的な頻度で存在するため、確率的に最も高い回答を出力しているに過ぎない¹⁶。

- 反事実的脆弱性: もし条件をわずかに変えて、「重力が逆向きの世界で」あるいは「非常に粘度の高い液体の中で」といった、テキストデータに乏しい状況を設定すると、LLMの推論は容易に破綻する¹⁸。例えば、カップを逆さにして電子レンジに入れる操作の追跡において、重力による物体の落下を見落とす事例が報告されている¹⁸。

3.2 「地図アプリ」の比喩と計画能力(Planning)の欠如

文書内でルカ氏(LeCun氏)が用いた「地図アプリが通行止め情報でパニックになる」という比喩¹は、LLMの本質的な欠陥である「計画(Planning)能力の欠如」を鋭く指摘している。

この比喩を技術的に解剖すると、以下のようになる。

機能	LLM(自己回帰モデル)のアプローチ	真のワールドモデルのアプローチ
ナビゲーション	「想起(Retrieval)」: 過去の膨大な移動ログから、「この交差点の次は右に曲がることが多い」という統計的パターンを繋ぎ合わせる。	「計画(Planning)」: 道路網の構造(トポロジー)と交通ルール(ダイナミクス)を保持し、現在地から目的地への経路を探索する。
未知の障害(通行止め)	「幻覚(Hallucination)」: 参照すべき過去のログと現状が矛盾するため、存在しない道を捏造するか、停止する。	「再計画(Re-planning)」: 通行止めを制約条件としてモデルに入力し、シミュレーションを実行して新たな最適経路を導出する。

LeCun氏は、現在のLLMは推論や計画を行っているように見えるが、実際にはトレーニングデータ内の類似した思考プロセス(Chain of Thought)を想起・模倣しているに過ぎないと批判している²⁰。未知の状況(Out-of-Distribution)において真価が問われる「適応的な計画能力」こそが、現在のAIに欠けている「ミッシング・リンク」なのである。

4. ルカ氏(Yann LeCun)の挑戦とJEPAアーキテクチャ: 生成から予測へ

「LLMは行き止まりである」というLeCun氏の断言¹は、単なる批判に留まらず、具体的な代替案の提示を伴っている。それが、2025年現在、AI研究の最前線で注目を集めている JEPA (Joint-Embedding Predictive Architecture) である。

4.1 自己回帰モデル(AR)の「指数関数的発散」

LeCun氏がLLMを「行き止まり」と呼ぶ理論的根拠の核心は、自己回帰(Auto-Regressive)生成における**エラーの指数関数的発散(Exponential Divergence)**にある²⁴。

LLMは、 $P(w_t | w_{1:t-1})$ という条件付き確率に基づき、過去の出力($w_{1:t-1}$)を入力として次のトークン(w_t)を生成する。このプロセスにおいて、各ステップで現実の物理的制約や論理的整合性からわずかでも逸脱する確率(エラー率 e)があると仮定する。

シーケンスの長さが n になると、そのシーケンス全体が整合性を保っている確率は $(1-e)^n$ となる。 n が大きくなるにつれ、この確率は指数関数的にゼロに近づく。

- 現象: これが、LLMが長文を書く際に後半で論理が破綻したり、ロボットの制御において長時間経過すると物理的に不可能な動作を生成したりする数学的な原因である。
- 結論: 離散的なトークンを逐次的に生成するアプローチでは、複雑で長期間にわたる計画や推論を行うことは原理的に不可能であるとLeCun氏は主張する²⁵。

4.2 JEPA: 生成せずに予測する(Predict, Don't Generate)

この問題に対するLeCun氏の回答が、JEPAである。JEPAは、「生成(Generative)」モデルではなく、「予測(Predictive)」モデルとして設計されている²⁶。

4.2.1 生成モデル(Sora等)の限界

OpenAIのSoraのようなビデオ生成モデルは、映像の欠損部分(例:隠されたボールの動き)を、ピクセル単位で詳細に描画(生成)しようとする。しかし、現実世界には予測不可能な詳細(Aleatoric Uncertainty)が無数に存在する。

- 例: ボールが転がるとき、背景の芝生の葉がどう揺れるか、ボール表面の微細な模様がどう回転するか。
- 問題: 生成モデルは、これら本質的でない詳細まで予測しようとして計算リソースを浪費し、また予測不可能な部分については「ぼやけた」平均的な画像を出力してしまう傾向がある²⁸。

4.2.2 潜在空間での予測とエネルギーベースモデル

JEPAは、入力をそのまま予測するのではなく、エンコーダを通して抽象的な**表現空間(Embedding Space / Latent Space)**に変換し、その空間内で未来を予測する²⁷。

- メカニズム: 「ボールがA地点からB地点へ移動する」という抽象的な情報(表現)さえ予測できればよく、芝生の揺れや光の反射といった予測不可能な詳細は、エンコーダの段階で捨て去る(不变性を持たせる)。
- エネルギーベースモデル(EBM): JEPAは確率分布($P(y|x)$)をモデリングするのではなく、変数間の互換性を表す「エネルギー関数(Energy Function)」を学習する。観測データと整合する状態には低いエネルギーを、矛盾する状態には高いエネルギーを与えることで、不確実性が高い状況でも「妥当な未来」の集合を扱うことができる²⁶。

4.3 V-JEPAの実証的成果とMetaからの離脱

Metaが公開した V-JEPA (Video-JEPA) は、動画の一部をマスクし、その隠された部分の「表現」を予測するよう訓練された¹¹。

- 成果: V-JEPAは、ピクセルを生成することなく、物体の動きや重力、慣性といった物理的制約を学習することに成功した。Intuitive Physicsのベンチマークにおいて、ピクセル生成モデルよりも遥かに高いスコアを記録し、特に「見えない部分で何が起きているか」という推論において、教師なし学習でありながら優れた性能を示した¹²。

そして2025年11月、LeCun氏がMetaでの主導的役割から離れ(あるいは兼任しつつ)、ワールドモデルに特化した新スタートアップを設立するというニュースが報じられた⁴。

この動きは、彼が「テキストデータのスケーリング競争」に見切りをつけ、センサーデータやビデオデータに基づく、真に物理世界を理解するAIの構築に賭けたことを意味する。彼は、LLMの延長線上にはAGI(汎用人工知能)はないと確信し、自らの理論(Objective-Driven AI)を実証するために、より純粋な研究環境へと軸足を移したのである。

5. 2025年以降のAI開発ロードマップ: ハイブリッド・システムへの収斂

アップロードされた文書の結びにある問い合わせ——「我々はLLM時代の頂点にいるのか、それともワールドモデル時代の幕開けにいるのか」——に対する答えは、2025年末の現在、明確な形を取りつつある。それは「両方」であり、かつ「融合」である。

5.1 「データの壁」とスケーリング則の飽和

2020年代前半を支配した「スケーリング則(Scaling Laws)」——データと計算量を増やせば性能は伸び続ける——は、2024年から2025年にかけて、明確な飽和の兆候を見せ始めた²⁰。

- データの枯渇: インターネット上の良質なテキストデータはあらかじめ学習し尽くされた。合成データ(Synthetic Data)による学習も試みられているが、モデルが自身の出力で学習することによる「モデル崩壊(Model Collapse)」のリスクが指摘されている³⁵。
- 情報量の非対称性: LeCun氏は、「4歳児が見る視覚データ量は、最大のLLMが学習した全テキストデータの50倍以上の情報量を持つ」と指摘する²⁴。テキストは人間が認識し圧縮した後の「結果」であり、そこから「原因(世界の物理的実体)」を逆算するには情報量が絶対的に不足している。

5.2 客観駆動型AI(Objective-Driven AI)とハイブリッド・アーキテクチャ

今後のAI開発の主流は、純粋なLLMから、LLMとワールドモデルを組み合わせたハイブリッド・アーキテクチャへと移行すると予測される²⁰。

- **System 1(直感・言語):** 既存のLLMが担当。流暢な対話、広範な知識検索、コード生成、ユーザーインターフェースとしての役割を担う。
- **System 2(推論・計画・物理):** JEPAのようなワールドモデルが担当。目的(Goal)を与えられた

際、現状認識(Perception)→シミュレーション(World Model)→コスト評価(Critic)→行動計画(Actor)というサイクルを回し、物理世界での複雑なタスクを実行する。

LeCun氏が提唱する「客観駆動型AI」アーキテクチャ²⁷では、LLMはあくまで「コンフィギュレーター(Configurator)」として機能し、ワールドモデルに対して高次の目標設定を行う役割に留まる。

5.3 「猫レベルの知能」への道程

LeCun氏は、現在のAIはまだ「猫レベルの知能」にも達していないと繰り返し述べている³⁶。猫は複雑な物理世界で、未知の障害物を避け、動く獲物を捕らえる計画を一瞬で立てることができる。これには高度な物理的ワールドモデルと、リアルタイムの再計画能力が必要である。

彼の予測では、このレベルの物理的常識と適応能力を持つAIが登場するのは「数年以内(3~5年)」ではなく、さらに長いスパン(10年単位)の研究が必要となる可能性がある³³。しかし、JEPAのような非生成的な予測モデルこそが、その頂へ至るための唯一の登山道であると彼は確信している。

6. 結論: パラダイムシフトの渦中で

アップロードされた文書の内容を深堀りし、最新の研究知見と統合した結果、以下の結論が導かれる。

1. LLMの「ワールドモデル」は不完全な写像である: Othello-GPTやChess-GPTの研究が示すように、LLMは確かに内部状態(相対的な盤面表現やスキルレベルの推定)を持つ。しかし、それは学習データ(テキスト)の**位相幾何学的構造(Topology)**を写し取ったものであり、物理的実体を伴うシミュレーションエンジンではない。したがって、未知の状況や物理的制約が厳格なタスクにおいては極めて脆弱である。
2. 物理的接地が次なるフロンティア: 「ボールとテーブル」の例が示す物理予測能力は、テキストのみの学習では獲得困難である。視覚・聴覚・触覚を含むマルチモーダル学習、特にビデオ予測を通じた「直感的物理学」の獲得が、AGI(汎用人工知能)への必須条件となる。LeCun氏のJEPAは、ピクセル生成を回避しつつこの能力を獲得するための有望なアプローチである。
3. 「行き止まり」の真意: LeCun氏の「LLMは行き止まり」という言葉は、AI研究そのものの否定ではなく、「自己回帰型LLMのパラメータを巨大化させれば自然にAGIになる」という楽観論(Scaling Maximalism)への警鐘である。我々は今、テキスト処理の頂点(LLMの完成)に立ちつつ、同時に物理世界を理解する真のワールドモデル時代の「幕開け」に直面している。
4. 未来への提言: 2025年以降、AI開発者は「言葉を操る機械(LLM)」と「世界を理解する機械(World Model)」を区別し、それらを統合するシステム設計へと向かうべきである。真の知能への道は、膨大なテキストの海を泳ぐことではなく、物理世界の荒波にその身を投じ、そこから世界の構造を自ら学び取るプロセスにある。LeCun氏の新たなスタートアップの挑戦は、まさにその第一歩を踏み出したことを告げている。

データ表: LLMとJEPA/ワールドモデルの比較

以下の表は、本レポートで議論された主要な相違点を整理したものである。

特徴	大規模言語モデル (LLM)	JEPA / ワールドモデル (LeCunのビジョン)
主な学習データ	テキスト(インターネット全体)	ビデオ、センサーデータ、実世界インタラクション
学習の目的	次のトークン(単語)の予測	表現空間における欠損情報の予測
出力形式	生成(Generation): 具体的な単語やピクセル	予測(Prediction): 抽象的な特徴量(Embedding)
推論メカニズム	想起(Retrieval)とパターンマッチング	計画(Planning)とシミュレーション
物理理解	記述的・統計的(「落ちる」という言葉を知っている)	直感的・力学的(重力や慣性をモデル化する)
主な弱点	幻覚、物理的接地の欠如、指數関数的エラー発散	抽象表現の学習難易度、現状では言語能力が低い
代表例	GPT-4, Llama 3, Claude	V-JEPA, I-JEPA, Objective-Driven AI
知能の比喩	「博識な即興詩人」	「賢い猫(物理世界で生きる主体)」

この比較からも明らかなように、両者は競合するというよりは、互いに補完し合う関係にある。言語による知識の伝達と、物理による世界の理解。この二つが融合したとき、AIは「単なる単語予測」を超えて、真の意味で「世界」を獲得することになるだろう。

引用文献

- AIの「ワールドモデル」に関する考察: 単なる単語予測を超えて.docx
- What makes Ilya Sutskever believe that superhuman AI is a natural ... , 12月 13, 2025にアクセス、
<https://ea.rna.nl/2023/12/15/what-makes-ilya-sutskever-believe-that-superhuman-ai-is-a-natural-extension-of-large-language-models/>
- Ilya Sutskever (OpenAI Chief Scientist) - Building AGI, Alignment ... , 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.dwarkesh.com/p/ilya-sutskever>

4. Yann LeCun Leaves Meta, Unveils LeJEPa to Challenge LLM ..., 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.aitechsuite.com/ai-news/yann-lecun-leaves-meta-unveils-lejepa-to-challenge-llm-dominance>
5. (PDF) World Models in AI: A Comprehensive Overview *, 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/397570106_World_Models_in_AI_A_Comprehensive_Overview
6. Exploring a sequence model trained on a synthetic task - arXiv, 12月 13, 2025にアクセス、<https://arxiv.org/html/2210.13382v5>
7. Actually, Othello-GPT Has A Linear Emergent World Representation, 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.neelnanda.io/mechanistic-interpretability/othello>
8. Chess-GPT's Internal World Model - Adam Karvonen, 12月 13, 2025にアクセス、
https://adamkarvonen.github.io/machine_learning/2024/01/03/chess-world-models.html
9. Emergent World Models and Latent Variable Estimation in Chess ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://arxiv.org/html/2403.15498v2>
10. Emergent World Models and Latent Variable Estimation in Chess ..., 12月 13, 2025にアクセス、
[https://openreview.net/forum?id=PPTrmvEnpW&referrer=%5Bthe%20profile%20of%20Adam%20Karvonen%5D\(%2Fprofile%3Fid%3D~Adam_Karvonen1\)](https://openreview.net/forum?id=PPTrmvEnpW&referrer=%5Bthe%20profile%20of%20Adam%20Karvonen%5D(%2Fprofile%3Fid%3D~Adam_Karvonen1))
11. Intuitive physics understanding emerges from self-supervised ... - arXiv, 12月 13, 2025にアクセス、<https://arxiv.org/html/2502.11831v1>
12. (PDF) Intuitive physics understanding emerges from self-supervised ..., 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/389089907_Intuitive_physics_understanding_emerges_from_self-supervised_pretraining_on_natural_videos
13. (PDF) Pixels to Principles: Probing Intuitive Physics Understanding ..., 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/393923784_Pixels_to_Principles_Probing_Intuitive_Physics_Understanding_in_Multimodal_Language_Models
14. arXiv:2501.16411v1 [cs.CV] 27 Jan 2025 - ResearchGate, 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/388459600_PhysBench_Benchmarking_and_Enhancing_Vision-Language_Models_for_Physical_World_Understanding/fulltext/67999cf4c479b26c9bf66d2/PhysBench-Benchmarking-and-Enhancing-Vision-Language-Models-for-Physical-World-Understanding.pdf?origin=scientificContributions
15. Probing Intuitive Physics Understanding in Multimodal Language ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://arxiv.org/html/2507.16572v1>
16. another gem by Dr. LeCun : r/singularity - Reddit, 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.reddit.com/r/singularity/comments/1gcrgxe/another_gem_by_dr_lecun/
17. Contra LeCun on "Autoregressive LLMs are doomed" - LessWrong, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.lesswrong.com/posts/zyPaqXgFzqHkQfccq/contra-lecun-on-autoregressive-llms-are-doomed>

18. How well can ChatGPT4 reason? - WSI Peak Digital Strategy, 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.peakdigitalstrategy.com/how-well-can-chatgpt4-reason>
19. The Economist 16 Sep 2023 | PDF | Artificial Intelligence - Scribd, 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.scribd.com/document/672304616/The-Economist-16-Sep-2023>
20. Ilya Sutskever, Yann LeCun and the End of “Just Add GPUs”, 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.abzglobal.net/web-development-blog/ilya-sutskever-yann-lecun-and-the-end-of-just-add-gpus>
21. Unsolved research problems on the road to AGI — EA Forum, 12月 13, 2025にアクセス、<https://forum.effectivealtruism.org/posts/oHuyfo8jBpocxKr3D/unsolved-research-problems-on-the-road-to-agi>
22. Beyond LLMs: Why AGI & ASI Require New AI Model Architectures ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://lunabase.ai/blog/beyond-ll-ms-why-agi-and-asi-require-new-ai-model-architectures-2025>
23. LeCun: LLMs Are a Dead End, World Models Are the Future | Latest ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://hyper.ai/en/headlines/1f4a4b4133dec66568c5cd458defef8a>
24. Are We All Wrong About AI? When Academics Challenge the Silicon ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.hec.edu/en/school/news/are-we-all-wrong-about-ai-when-academics-challenge-silicon-valley-dream>
25. I think the OP may be referring to this slide that Yann LeCun has ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://news.ycombinator.com/item?id=41601206>
26. Yann LeCun's AI Vision: JEPA Over LLMs | Generative AI, 12月 13, 2025にアクセス、<https://generativeai.pub/yann-lecuns-vision-ditching-generative-llms-for-joint-embedding-energy-based-ai-ea0dcf4f30bf>
27. Deep Dive into Yann LeCun's JEPA - Rohit Bandaru, 12月 13, 2025にアクセス、<https://rohitbandaru.github.io/blog/JEPA-Deep-Dive/>
28. Meta AI's I-JEPA Explained - Encord, 12月 13, 2025にアクセス、<https://encord.com/blog/i-jepa-explained/>
29. Meta AI researcher feels OpenAI's Sora is a terrible idea, says it is ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.indiatoday.in/technology/news/story/meta-ai-researcher-feels-open-ais-sora-is-a-terrible-idea-says-it-is-doomed-to-fail-2505775-2024-02-22>
30. A Path Towards Autonomous Machine Intelligence Version 0.9.2 ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://openreview.net/pdf?id=BZ5a1r-kVsf>
31. V-JEPA 2 World Model: Meta's AI Breakthrough in Physical ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.xugj520.cn/en/archives/meta-vjepa2-ai-physics-breakthrough.html>
32. Why Yann LeCun Thinks Everyone Is Building AI the Wrong Way, 12月 13, 2025にアクセス、<https://newsletter.genai.works/p/why-yann-lecun-thinks-everyone-is-building-ai-t>

he-wrong-way

33. November | 2025 | Radical Data Science, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://radicaldatascience.wordpress.com/2025/11/>
34. Ilya Sutskever(Former Chief scientist at OpenAI) and Yann ... - Reddit, 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.reddit.com/r/programming/comments/1p7c5ul/ilya_sutskeverformer_chief_scientist_at_openai/
35. The Plateau at the Peak. Approaching Asymptote - Metaflow AI, 12月 13, 2025にアクセス、<https://metaflow.life/blog/ai-asymptote>
36. AI 'godfather' predicts another revolution in the tech in next five years, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/04/ai-godfather-predicts-another-revolution-in-the-tech-in-next-five-years>
37. Meta's A.I. Chief Yann LeCun Explains Why a House Cat Is Smarter ..., 12月 13, 2025にアクセス、
[https://observer.com/2024/02/metас-a-i-chief-yann-lecun-explains-why-a-house-cat-is-smarter-than-the-best-a-i/](https://observer.com/2024/02/metاس-a-i-chief-yann-lecun-explains-why-a-house-cat-is-smarter-than-the-best-a-i/)
38. Turing Award Winner Yoshua LeCun Warns Meta: 40 Years in AI ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://eu.36kr.com/en/p/3556277710945417>
39. Yang Likun: It's complete nonsense to say that 'AGI is coming'.-bincial, 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.bincial.com/news/tzArtificialIntelligence/124887>