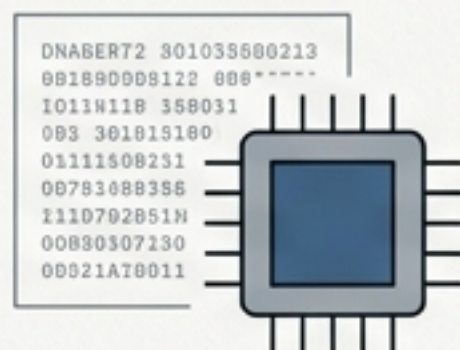
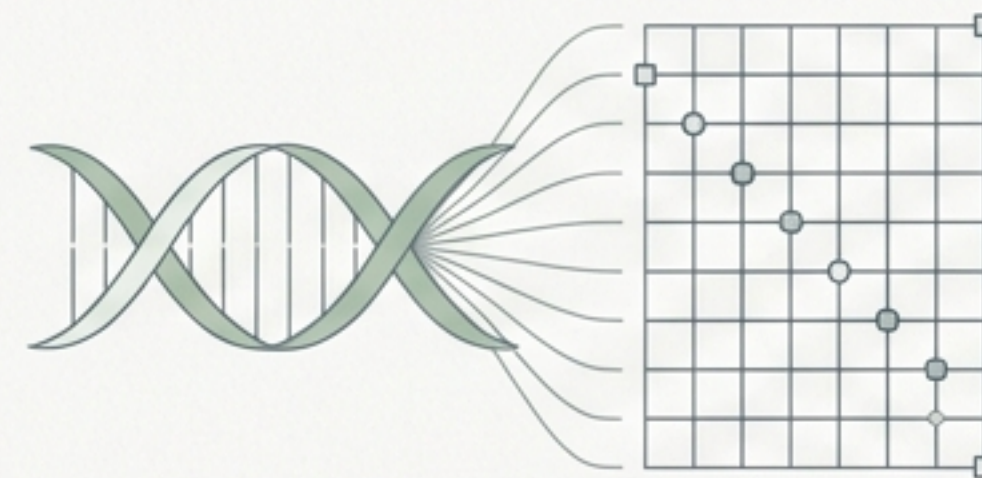


NVIDIA JEPA-DNA: ゲノム基盤モデル における潜在空間の統合

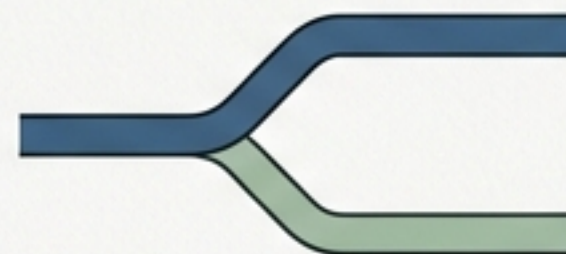
トークン予測とJEPA (Joint-Embedding Predictive Architecture)
を融合し、DNA配列の機能的理解を深める新アーキテクチャ。



基盤アーキテクチャ

DNABERT-2

(パラメータ数: 約1億1,700万)



学習アプローチ

デュアルオブジェクティブ
(生成的事前学習 + 潜在空間予測)



公開情報

2026年7月23日
(Hugging Faceにて研究目的で公開)

従来のNLP的アプローチ（トークン予測）が抱える構造的限界

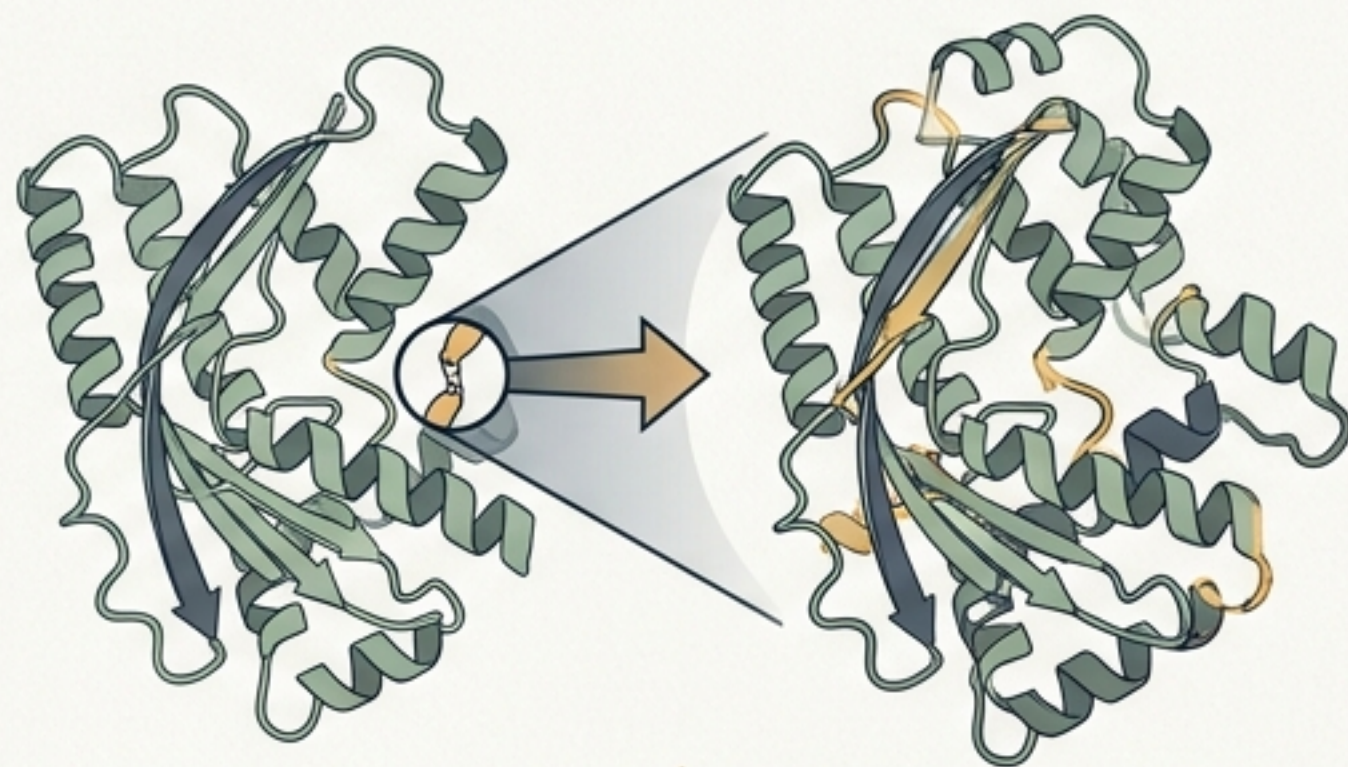
自然言語の学習手法をDNAにそのまま適用するだけでは、配列背後に潜む複雑な関係性や機能的パターンを見落としてしまう。

マスク言語モデリング (MLM)

Sequence: A - T - G - [?] - C - A



欠損した塩基（トークン）の直接的な復元に特化。



課題:

1. DNAは単なる文字列ではない。
2. 局所的な「文字当てゲーム」は、配列全体の機能的・意味的なパターンの学習を阻害する。
3. 配列予測（ミクロ）と機能理解（マクロ）の間にギャップが存在する。

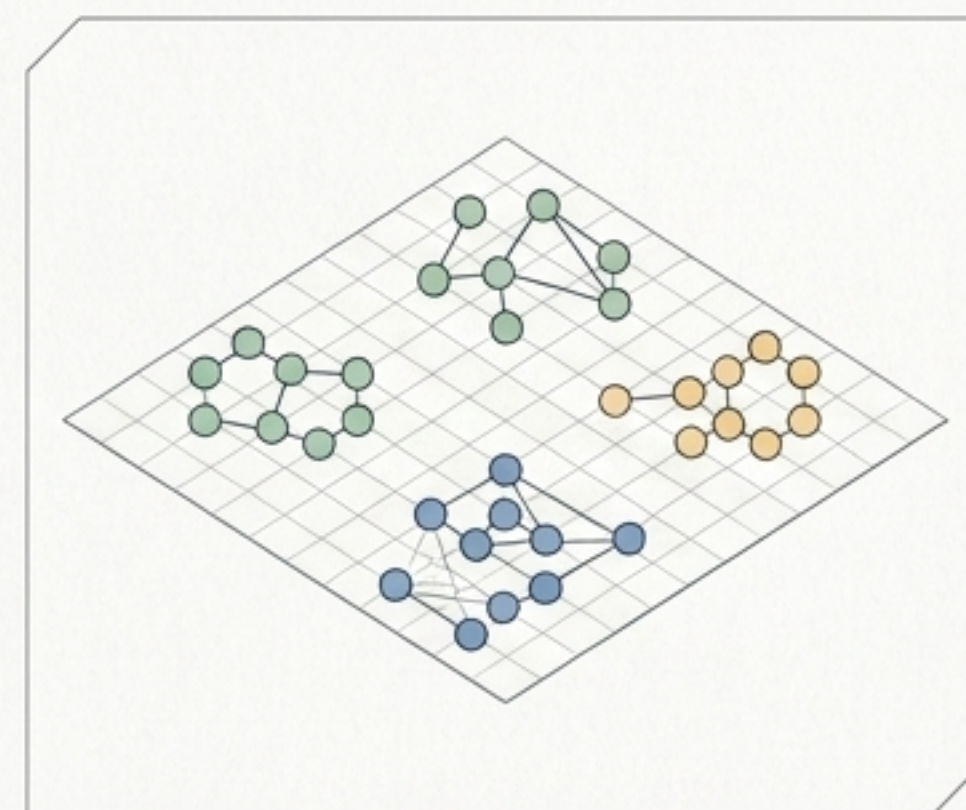
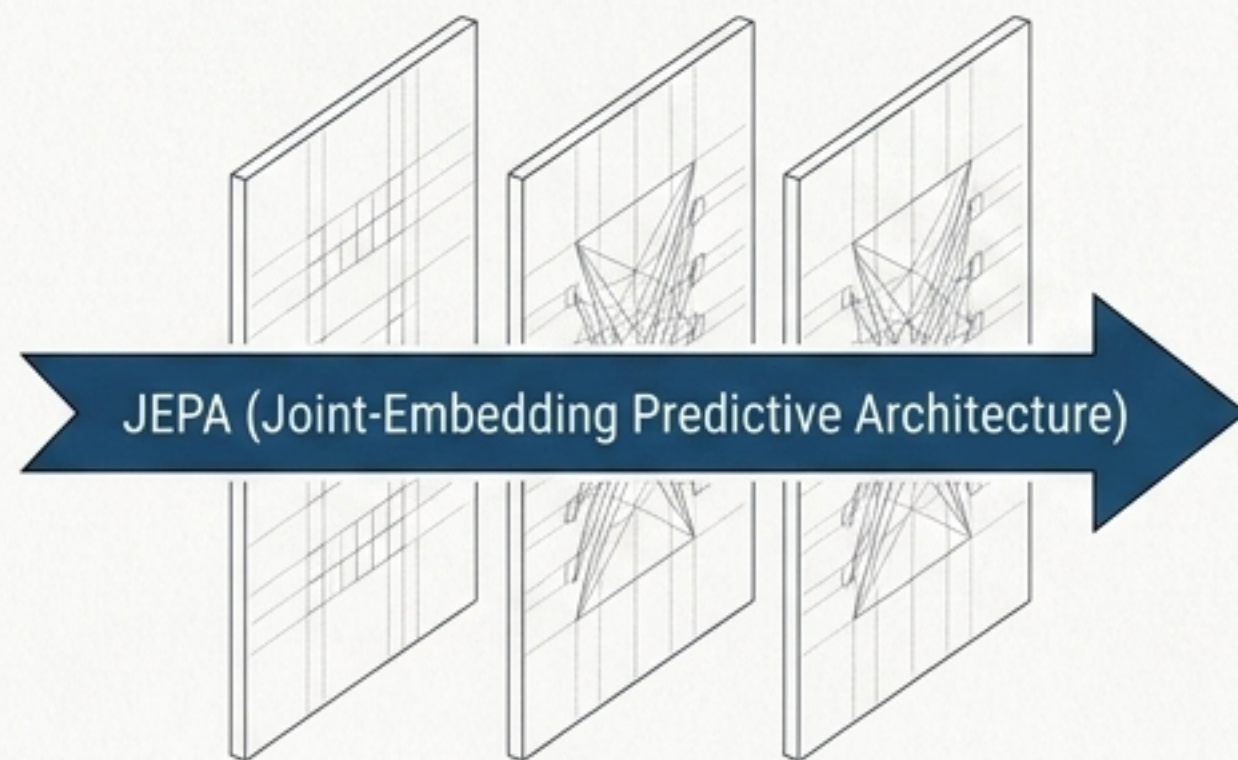
パラダイムシフト：文字の予測から「意味」の予測へ

NVIDIAは、欠損トークンの直接的な再構成を放棄し、JEPAを用いて配列全体のグローバルな埋め込み表現を潜在空間で監督する手法を導入した。



トークン空間 (Token Space)

局所的な塩基の並び。文字そのもの。



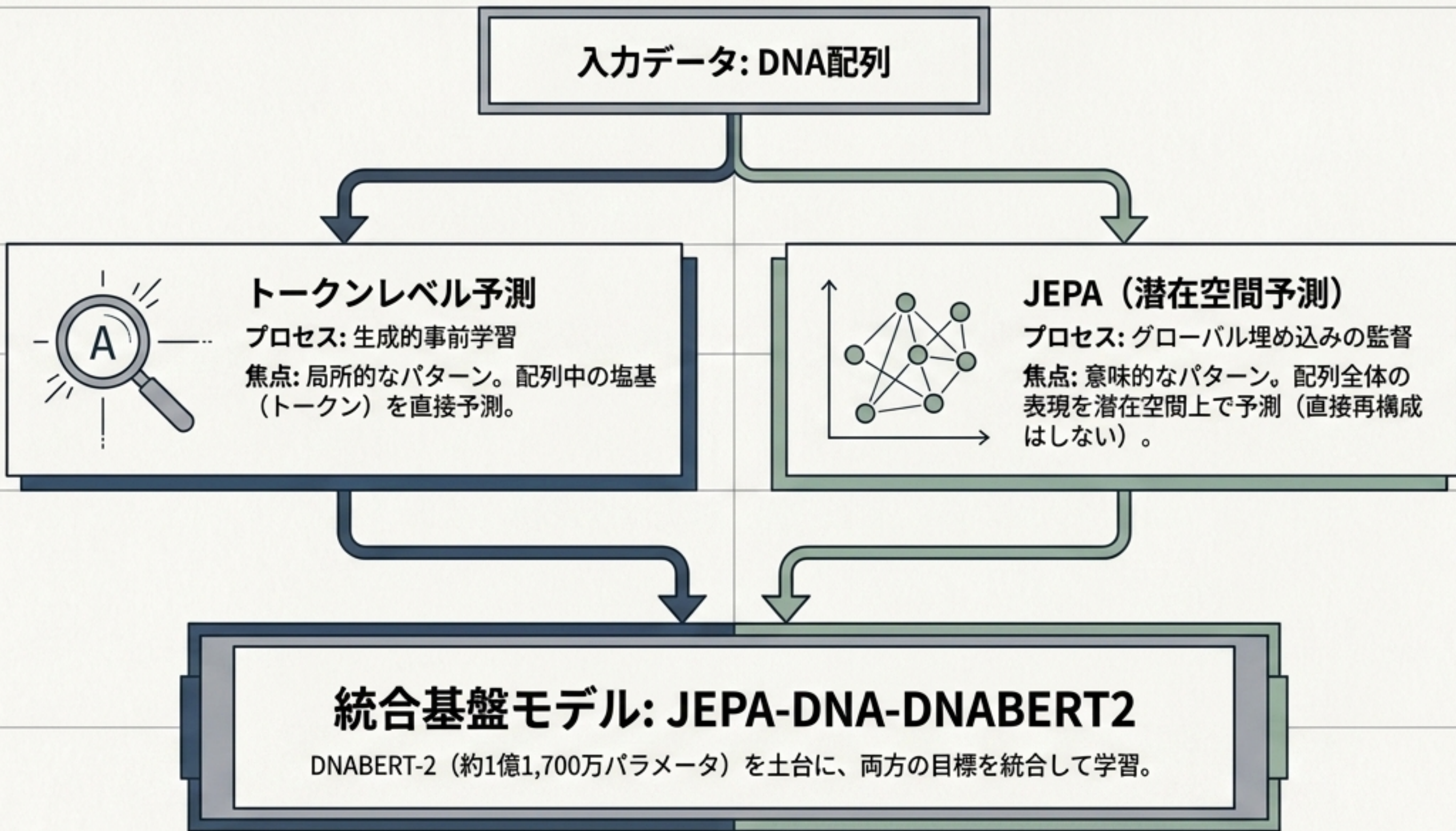
潜在空間 (Latent Space)

機能的・意味的な表現の集合。

「塩基を当てる」のではなく、欠損部分が持つ「機能的な意味」を予測する。

JEPA-DNA-DNABERT2の内部構造：デュアルオブジェクティブ

局所的なパターンの学習（従来型）と、グローバルな意味表現の学習（JEPA）をひとつのモデル内で並列処理する。



アーキテクチャの比較：次世代ゲノム基盤モデルの要件

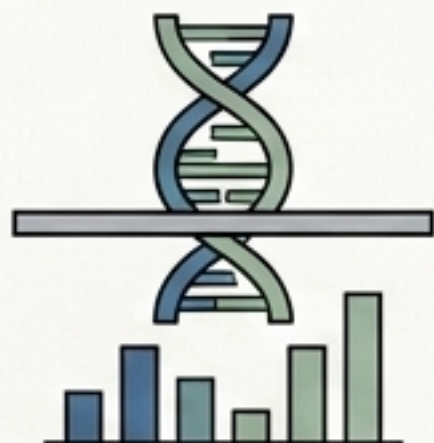
学習目標と獲得する表現の違いが、モデルのDNA理解度にどのように影響するか。

比較軸	従来のゲノムモデル (通常のMLM)	JEPA-DNAアーキテクチャ
学習の焦点 (Focus)	ミクロ・局所的 隣接する塩基の連続性	マクロ・全体的 + 局所的 配列全体の意味合いと塩基の連続性
予測の対象 (Target)	トークン (塩基) 欠損した文字そのものを復元	潜在空間上の表現 文字ではなく、欠損部の「意味」を予測
獲得する表現 (Representation)	構文的 (Syntactic) 配列のルールに基づく表層的な理解	機能的・意味的 (Semantic) DNAの生物学的機能に根ざした深い理解

研究ワークフローへの応用と想定ユースケース

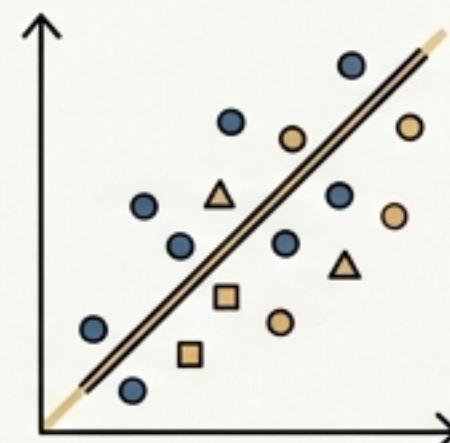
⚠ 非商用研究目的限定
(Non-commercial research use only)

非商用の研究目的として公開されたJEPA-DNAは、ゲノム解析における以下の主要なタスクをサポートする。



特徴抽出 (Feature Extraction)

配列データから、下流タスクに不可欠な高度な機能的特徴表現を抽出する。



線形プローブ (Linear Probing)

モデルが獲得した表現の品質と生物学的妥当性を効率的に評価する。



継続的事前学習 (Continual Pretraining)

特定の生物種やデータセットに適応させるための追加学習実験の基盤として活用。



ゼロショット評価 (Zero-shot Evaluation)

未知のDNA配列の変化に対する影響や挙動を、追加学習なしで評価する。

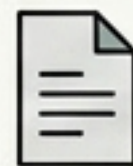
情報のソースとモデルへのアクセス

詳細な定量評価およびベンチマーク結果については、一次資料の参照を推奨する。

留意事項

本レポートは2026年7月公開時点の情報に基づく。具体的なベンチマーク結果や厳密な定量的性能数値の検証にあたっては、Hugging Face上のモデルカードおよび原論文の完全版を参照されたい。

参照元



論文: JEPA-DNA: Grounding Genomic Foundation Models through Joint-Embedding Predictive Architectures



Hugging Face: NVIDIA 組織ページ / JEPA-DNA モデル (huggingface.co/nvidia)



The New Stack: Nvidia's new DNA model learns what token prediction misses