

マルチモーダル理解と生成の統合 / DeepSeek Janus, etc...

- Janus: Decoupling Visual Encoding for Unified Multimodal Understanding and Generation
- Janus-Pro: Unified Multimodal Understanding and Generation with Data and Model Scaling
- arXiv:2410.13848 / arXiv:2501.17811
- 小笠原寛明 @ 松尾研LLMコミュニティ 【Paper&Hacks#35】

目次

- はじめに
- DeepSeek Janus (Pro)とは？
- モデルの概要
 - Janus (Pro)のアーキテクチャ
 - デモ
- Janusから学ぶ
 - 視覚エンコーディング分離
 - 学習戦略
- マルチモーダル理解・生成の統合
 - Chameleon, etc...
 - Janus, etc...
 - 画像トークナイザーの改良
- まとめ
- 参考文献など

はじめに: 自己紹介

- 名前: 小笠原寛明
- Twitter: [@xhiroga](https://twitter.com/xhiroga)
- Bluesky: [@hiroga.bsky.social](https://bsky.social/@hiroga.bsky.social)
- 興味関心: お絵描き, 3D, CG, CV, マルチモーダルモデル
- フォローすると、開発や調べ物の様子が見えます！



はじめに: どうしてJanusについて調べたの？

- オープンウェイトな自己回帰モデルで、最先端の画像生成に追随するモデルが遂に出てきたため。
- マルチモーダルLLMのトレンドを、この機会に整理したいと思ったため！

マルチモーダル理解・生成モデルの何が嬉しいのか？

- LLMが図表ありで応答できるようになる！
- Visual Chat & Interleaved Text/Image Generationの例 (Chameleon)



プロンプトです：この花の配置が特徴的であるのはどの要素で、何が周囲を引き離すのか？

レスポンスです：この画像は、古典的に設計された花瓶の中に、秋をテーマにした花の配置が描かれている。赤カエデの葉、紫の花、ピンクと赤のバラが印象的に組み合わさって、この配置が際立っている。花瓶のロゼットは、古代のデザインを与えてくれる。背景にはぼやけた緑色の植生が見られ、ブーケの秋のテーマとは対照的である。赤いカエデの葉は、花瓶の配置と周囲に散らばっており、秋を呼び起こすが、緑の植生はより夏に近い環境を示唆している。屋外の設定は明るく、晴れしており、配置とその設定のコントラストが加わっている。

ジャムリはアルメニアの都市部、第二の都市であり、北西部のシラク県行政センターとして機能している。



ソ連時代を通じて行われた考古学的発掘調査によって、現代のジュムリ地方は少なくとも紀元前3千年紀から人口が多いことが示された。



(d) Visual Chat

(e) インターリーブテキスト/画像生成

図: C. Team, "Chameleon: Mixed-Modal Early-Fusion Foundation Models," May 16, 2024, arXiv: arXiv:2405.09818. doi: 10.48550/arXiv.2405.09818.

DeepSeek Janus (Pro)とは？

- DeepSeek-LLMを基盤モデルとして、マルチモーダル対応の学習を追加で行ったモデル。
- 2024年10月にJanus-1.3Bが公開された
- 2025年1月にJanus Pro 1B/7Bが公開された

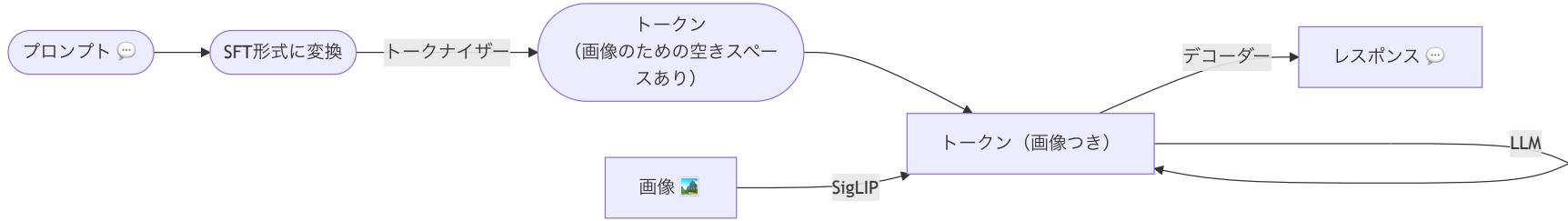
トリビア: ヤーヌスとは？

ローマ神話の出入口の扉の守護神。入口の神なので、1年の始まり=1月(January)の守護神でもある。^[1]

-
1. <https://ja.wikipedia.org/wiki/ヤーヌス> ↵



Janus (Pro)のアーキテクチャ (理解)



補足

- SFT形式: `[{'role': '<User>', 'content': prompt}, {'role': '<Assistant>', ...}]`

Janus (Pro)のアーキテクチャ (生成)

次トークン予測の概要

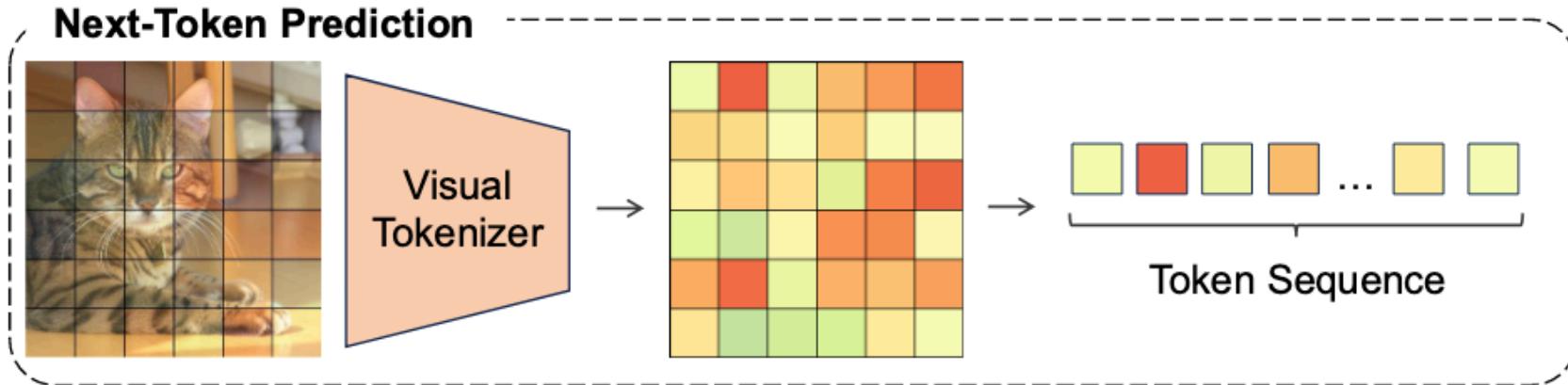
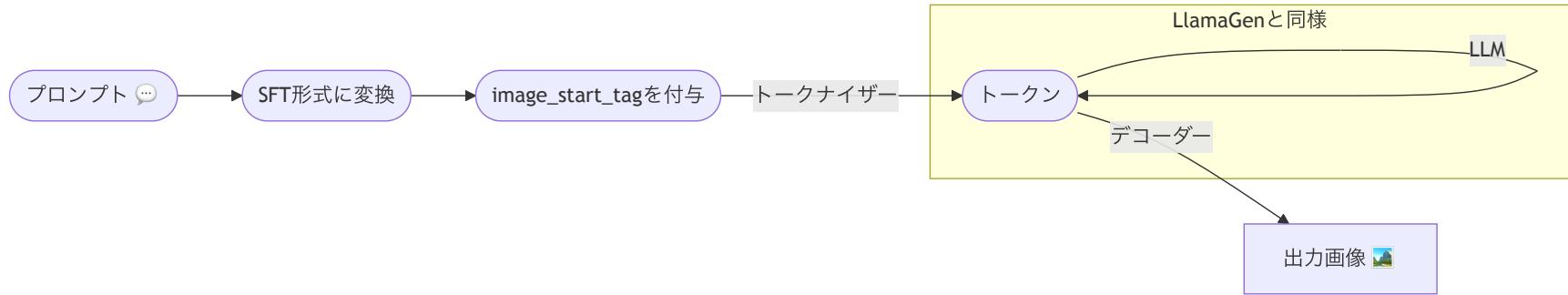


図: M. Huang, Z. Mao, Z. Chen, and Y. Zhang, "Towards Accurate Image Coding: Improved Autoregressive Image Generation with Dynamic Vector Quantization," May 19, 2023, arXiv: arXiv:2305.11718. doi: 10.48550/arXiv.2305.11718.

Janus (Pro)のアーキテクチャ (生成)



補足

- image_start_tag: <begin_of_image>

触ってみよう！

HuggingFace (Janus-Pro-7B)

<https://huggingface.co/spaces/deepseek-ai/Janus-Pro-7B>

Google Colab

https://github.com/xhiroga/til/blob/main/software-engineering/deepseek-ai/Janus/_src/sandbox/Janus_Pro_1B.ipynb

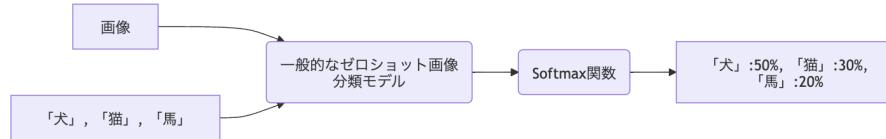
Janusから学ぶ: 視覚エンコーディングの分離

- マルチモーダル理解・生成タスクでは、それぞれ必要な理解度が異なる
 - 理解タスクでは画像の概要が掴めれば良い
 - 生成タスクではピクセルレベルの細部を知る必要がある
- Janusでは、理解と生成で別々のトークナイザーを用いている
 - SigLIP
 - LlamaGenで開発されたVQ(画像量子化)トークナイザー

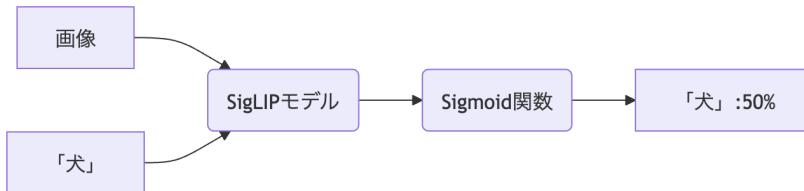
SigLIP

- Googleが改良したCLIP
- 画像とテキストの類似性を確率で見ることができる

通常、ゼロショット画像分類モデルは、与えられた画像と複数のテキストから、テキストそれぞれが画像にマッチするスコアを返し、それらをSoftmax関数で確率に変換します。



一方、SigLIPモデルは、Softmax関数ではなく、Sigmoid関数で確率に変換できます。すなわち、入力するテキストが1つでも確率を得ることができます。



引用: 日本語にも対応するマルチモーダルAIモデルSigLIPでゼロショット画像分類を試す / tsutof

LlamaGen

- LLMの次トークン予測を用いて、画像の次のパッチを予測することで画像を生成するモデル
- LlamaGenのVQトークナイザーは、格子状に分割した画像のパッチを、数千～数万以上の分類から最も類似したコードに割り当てる (=量子化)
- 前回の発表をご覧ください！

The poster features a blue header with the text "DEEP LEARNING" and "LlmaGen: LlmaのNext-Token予測を使った画像生成". Below the header, it says "小笠原寛明, 東京大学 松尾・岩澤研究室 LLM Community". The main content area has a white background. On the left, there's a diagram titled "Image Tokenizer (VQGAN)". It shows a dog image being processed by a "CNN Encoder E" to produce a latent vector \hat{z} . This vector is then quantized using a "Codebook \mathcal{Z} " (a grid of colored squares) to find the closest codebook vector z_q via the formula $\arg \min_{z_i \in \mathcal{Z}} \| \hat{z} - z_i \|$. The vector z_q is then passed through a "Transformer" (represented by a grid of colored squares) to produce a patch s_i . This patch is combined with other patches to form a reconstructed image. On the right side of the poster, there's a large image of a smiling Shiba Inu puppy. Below the image, the date and time "12.03 TUE 20:00" are displayed. At the bottom, the text "Paper & Hacks Vol.28" is visible.

Janusから学ぶ: 学習戦略

Janus Proは、Janusと比較して次の通り改良されている

Janus 1.3Bの学習戦略

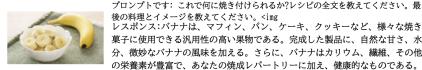
- Stage1: アダプター・画像ヘッド
 - 視覚エンコーダとLLMは凍結し、変換用の小さなネットワーク（アダプター・画像ヘッド）を訓練
 - 10,000ステップ
- Stage2: 事前学習
 - ImageNetを用いたカテゴリ→画像の変換、それ以外のデータセットによるテキスト→画像の変換
 - 180,000ステップ
- Stage3: 教師ありファインチューニング
 - (内容)
 - 24,000ステップ

Janus Pro 1Bの学習戦略

- Stage1
 - Janusと同様
 - **20,000**ステップ
- Stage2: 事前学習
 - 単純なカテゴリ→画像の変換は避け、詳細なテキスト→画像の変換に絞って訓練
 - **360,000**ステップ
- Stage3: 教師ありファインチューニング
 - Janusと同様
 - **80,000**ステップ

マルチモーダル理解・生成の統合: Chameleon, etc...

- 代表的な統合マルチモーダル理解・生成モデル
- それ以前の、LLMと拡散モデルを組み合わせたようなモデルとは異なり、単一のモデルで理解・生成を完結させる
- 理解と生成で同一の画像トークナイザーを用いる
- 「文章と画像が混ざったドキュメント」を単一モデルの一回の推論で出力することができる（例）



プロンプトです: こので何に焼かれるか? シビの全文を教えてください。最近、バナナが好きになりました。朝食や朝食、朝食など、様々な焼き菓子に使用できる美味しい物である。完成した際に、自然な甘さ、水分、健康的なバナナの風味が加わる。さらに、バナナはカリウム、繊維、その他栄養素が豊富で、あなたの健康レパートリーに加え、健康的なものである。

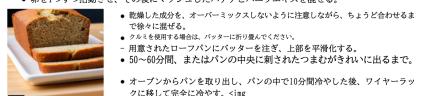
以下は、3本の完熟バナナを使ったバナナパンの簡単なレシピです:

Ingredients:

- 3 ripe bananas, mashed
- 1 1/2 cups all-purpose flour
- 1 tsp baking powder
- 1/2 tsp baking soda
- 1/2 tsp salt
- 1/4 cup unsalted butter, softened
- 1 cup granulated sugar
- 2 large eggs
- 1 tsp vanilla extract

1/2カップ熟したバナナ（オプション）指示:

- Preheat your oven to 350°F (180°C). Grease a 9x5-inch loaf pan and set it aside.
- 中くらいのボウルに、小麦粉、ベーキングパウダー、ベーキングソーダ、塩を溶合して入れる。油に置いてください。大きなヨーグルトボウルの中で、電気ミキサーを使ってバターと一緒に混ぜるまで、2-3分クリーミーにする。その後にマッシュしたバナナとニラエキスを混ぜる。
- 鋼を1つずつ加えて、その後にマッシュしたバナナとニラエキスを混ぜる。



- 紹介した成分を、オーブンミックスしないように注意しながら、ちょうど合わせるまで粉を混ぜる。
- パンをオーブンに置く前に、バターに軽く引いてください。
- 用意されたローフパンにバターを広げ、底部を平滑化する。
- 50-60分間、またはパンの中身に割されたつまむがきついに出るまで。

- オープンからパンを取り出し、パンの中で10分間冷やした後、ワイヤーラックに移して完全に冷やす。

図: C. Team, "Chameleon: Mixed-Modal Early-Fusion Foundation Models," May 16, 2024, arXiv: arXiv:2405.09818. doi: 10.48550/arXiv.2405.09818.

マルチモーダル理解・生成の統合: Janus, etc...

- 前述の通り、視覚理解と生成で異なるトークナイザーを用いている
- 理解タスクでは画像の意味が重要だが、生成タスクでは空間の構造やテクスチャを詳細に捉えることが必要
- つまり求められる符号化の質が異なるため
- 統合されたトークナイザーよりも効率的だが、モデルが複雑になる欠点がある

マルチモーダル理解・生成の統合: 画像トークナイザーの改良

単一の画像トークナイザーで、理解と生成のそれぞれに適した符号化を与える試みがある。いずれも論文を参照ください。

TokenFlow

- 理解と生成で同一のトークナイザーを用いつつも、タスクごとに異なる特性を発揮させるアーキテクチャが提案されている
- TokenFlowは、意味的な特徴とピクセルレベルの詳細に対応した、2つのコードブックの情報を併せ持つ量子化の手法

One-D-Piece

- TURINGが提案した画像トークナイザー
- 画像をトークナ化するために必要なトークン数を可変にできる
- パッチ画像とトークンを1:1対応させずに、潜在変数に埋め込みを集める "TiTok" と、重要な情報を先頭のトークンに集める "Tail Drop" の併せ技
- Zennの記事も参照

まとめ

- マルチモーダル理解・生成モデルの改善が続いている
- DeepSeek Janusは理解・生成のトークナイザーを別々にするアプローチを取った
- 可変の画像トークナイザーが提案されつつあり、今後のマルチモーダルLLMに組み込まれることが予想される

参考文献 (1)

- C. Wu et al., "Janus: Decoupling Visual Encoding for Unified Multimodal Understanding and Generation," Oct. 17, 2024, arXiv: arXiv:2410.13848. doi: 10.48550/arXiv.2410.13848.
- Y. Ma et al., "JanusFlow: Harmonizing Autoregression and Rectified Flow for Unified Multimodal Understanding and Generation," Nov. 12, 2024, arXiv: arXiv:2411.07975. doi: 10.48550/arXiv.2411.07975.
- X. Chen et al., "Janus-Pro: Unified Multimodal Understanding and Generation with Data and Model Scaling," Jan. 29, 2025, arXiv: arXiv:2501.17811. doi: 10.48550/arXiv.2501.17811.
- X. Zhai, B. Mustafa, A. Kolesnikov, and L. Beyer, "Sigmoid Loss for Language Image Pre-Training," Sep. 27, 2023, arXiv: arXiv:2303.15343. doi: 10.48550/arXiv.2303.15343.
- P. Sun et al., "Autoregressive Model Beats Diffusion: Llama for Scalable Image Generation," Jun. 10, 2024, arXiv: arXiv:2406.06525. doi: 10.48550/arXiv.2406.06525.

参考文献 (2)

- J. Xiong et al., "Autoregressive Models in Vision: A Survey," Nov. 08, 2024, arXiv: arXiv:2411.05902. doi: 10.48550/arXiv.2411.05902.
- C. Team, "Chameleon: Mixed-Modal Early-Fusion Foundation Models," May 16, 2024, arXiv: arXiv:2405.09818. doi: 10.48550/arXiv.2405.09818.
- X. Wang et al., "Emu3: Next-Token Prediction is All You Need," Sep. 27, 2024, arXiv: arXiv:2409.18869. doi: 10.48550/arXiv.2409.18869.
- L. Qu et al., "TokenFlow: Unified Image Tokenizer for Multimodal Understanding and Generation," Dec. 04, 2024, arXiv: arXiv:2412.03069. doi: 10.48550/arXiv.2412.03069.
- K. Miwa, K. Sasaki, H. Arai, T. Takahashi, and Y. Yamaguchi, "One-D-Piece: Image Tokenizer Meets Quality-Controllable Compression," Jan. 17, 2025, arXiv: arXiv:2501.10064. doi: 10.48550/arXiv.2501.10064.
- 可変品質での圧縮を実現する画像トークナイザ「One-D-Piece」を公開しました