

## 深層学習・大規模言語モデルを用いた 機械翻訳・自然言語処理

### Machine Translation and Natural Language Processing by Deep Learning and Large Language Models

宇津呂武仁

筑波大学システム情報系

#### 1. 研究目的

自然言語処理、機械翻訳分野において、大規模な事前訓練済みモデルの継続事前訓練・**fine-tuning**・強化学習により、各種タスクに特化したモデルの訓練・評価を行う。また、大規模モデルを初期モデルから事前訓練するタスクを実施する。これらのタスクにおいては、パラメータ数が数十 B（数百億）から数百 B(数千億)クラスの大規模モデルを GPU で動作させることが必要である。特に近年、ChatGPT と同等の性能を持つオープンソースの大規模言語モデルを各タスクに特化させることが求められる場合も多く、これらを動作させる計算環境が必要不可欠である。

#### 2. 研究成果の内容、ならびに、学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

2025 年度は、特に以下の項目について研究を実施し成果を上げることができた。

##### (2-1)

翻訳タスクにおいて、主として英語・日本語において事前訓練済みの llama-3 ベースの大規模言語モデルに対して、相対的にノイズの多い大規模な対訳テキストを用いて継続事前訓練をした後、小規模で高精度な対訳テキストを用いた **fine-tuning** により、既存のモデル(Transformer)を有意に上回る翻訳精度を達成する。このモデルに対しては特に、一文単位の翻訳モデルの訓練ではなく、段落単位での翻訳を行うモデルの訓練を行うことにより、特許翻訳、小説翻訳等最も難易度の高い翻訳タスクにおける大幅な翻訳精度改善が期待される。

この項目に対して、特に、「構成要素の形式的な対応を考慮する強化学習による特許請求項翻訳」の研究を実施し、以下の成果を挙げることができた。

大規模言語モデル(LLM) の自然言語処理分野での活用が広がり、特許翻訳においても活用されているが、特許請求項は文長が極端に長く、構造も独特であるため、翻訳に特化させた LLM でも未だに訳抜けや構成要素対応の乱れが残る。本研究では、特許データを用いた継続事前訓練(CPT) と教師ありファインチューニング(SFT) に加えて、Group Relative Policy Optimization (GRPO) を用いた強化学習を行うことで、8B 規模の LLM を特許請求項翻訳に特化させた。強化学習においては、行の長さをを用いた構成要素の対応を考慮した報酬を導入した。日英、英日翻訳の評価では提案手法により GPT-5.2 に匹敵す

る性能を確認し、特に長文入力に対しては、本手法により大幅な性能向上を得られた。これらの結果から本手法が特許請求項翻訳に有効であることを示した。なお、これらの一連の計算において、研究室のオンプレの GPU(A6000)と比較して、学際共同利用プログラムの Pegasus (H100)の環境において計算の高速化を達成することができ、十分な試行回数の評価実験を実施することができており、その意義は極めて大きい。具体的には、例えば、4B の LLM を適用した場合の速度差で言えば、A6000 2 枚を用いて 10 日程度要する訓練が、H100 を 16 ノード用いる場合には 18 時間(0.75 日)程度で完了することから、約 13 倍程度の高速化を達成できる。これにより、評価実験において相当回数の試行が可能となったと言える。(さらに、8B の LLM を適用した場合でも、8~9 時間程度の追加訓練を経れば、十分な性能に達することが確認できている。)

## (2-2)

「オンラインおよびトークン単位 DPO による機械翻訳」の研究を実施し、以下の成果を挙げる事ができた。

直接選好最適化(Direct Preference Optimization: DPO) は、人間の選好に大規模言語モデルを整合させる手法として高い性能を示しているが、既存手法の多くはオフラインかつ系列レベルで適用されているため、動的なフィードバックへの適応や、省略・誤訳・局所的な流暢性欠如といったトークン単位の翻訳誤りを十分に捉えることが容易ではない。そこで、機械翻訳のためのオンラインおよびトークン単位 DPO を提案した。本手法は、学習中に選好データを生成・統合するオンライン最適化と、翻訳をトークン単位で扱う細粒度の選好モデリングを特徴とする。これにより、文単位の翻訳品質に寄与する局所的な翻訳選択をより効果的に学習できる。我々の手法を機械翻訳タスクに適用することにより、従来の系列レベルおよびオフライン DPO 手法と比較して、訳の適切性が向上することが期待される。本研究により、細粒度かつオンラインな選好最適化が、より信頼性の高い適応的な機械翻訳システム構築に有効であることを示した。

なお、これらの一連の計算において、研究室のオンプレの GPU(A6000 を二枚使用)では、メモリ容量不足のため訓練不可能であったが、学際共同利用プログラムの Pegasus (H100)の環境においては、4 ノードを使用することで訓練を実施することができた。この意義は極めて大きい。

## 3. 今後の展望

上述の(2-1)、(2-2)以外においても、数多くの自然言語処理タスクにおいて、Pegasus (H100)の計算環境を用いることにより、計算の大容量化・高速化を実現しており、評価実験試行回数の点からも極めて意義高い成果を挙げた。特に、これらの研究においては、学習の最終段階において、GRPO などの計算負荷の高い強化学習を行う取り組みを始めているものが多い。この点において、2026 年度およびそれ以降の学際共同利用プログラムにおいては、計算負荷の高い計算を行うのに適した環境を提供していただくことが不可欠であるこ

とが必定であると言える。以上を 2026 年度およびそれ以降の展望として、深淵なる謝意を持って結びとしたい。

#### 4. 成果発表

##### (1) 学術論文

- (1-1) Coordinate Structure Extraction for Patent Claims Using Multilingual LLMs, Tsukasa Ishimaru, Takehito Utsuro, Masaaki Nagata, Proceedings of the 15th Language Resources and Evaluation Conference, May, 2026.
- (1-2) Two Step Automatic Post Editing of Patent Machine Translation based on Pre-trained Encoder Models and LLMs, Kosei Buma, Takehito Utsuro, Masaaki Nagata, Proceedings of the 14th International Joint Conference on Natural Language Processing and the 4th Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics: Student Research Workshop, pp. 218–231, December, 2025.
- (1-3) BiMax: Bidirectional MaxSim Score for Document-Level Alignment, Xiaotian Wang, Takehito Utsuro, Masaaki Nagata, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2025, pp.13095-13116, November, 2025
- (1-4) Patent Claim Translation via Continued Pre-training of Large Language Models with Parallel Data. Haruto Azami, Minato Kondo, Takehito Utsuro, and Masaaki Nagata, Proceedings of the Machine Translation Summit XX Vol. 1, Research Track, pp. 300-314, June, 2025.
- (1-5) Improving Japanese-English Patent Claim Translation with Clause Segmentation Models based on Word Alignment, Masato Nishimura, Kosei Buma, Takehito Utsuro and Masaaki Nagata., Proceedings of the Machine Translation Summit XX Vol. 1, Research Track, pp. 333-343, June, 2025.

##### (2) 学会発表

- (2-1) Towards Online and Token-Level Direct Preference Optimization in Machine Translation, Yin Zhang, Takehito Utsuro and Masaaki Nagata, 第 40 回人工知能学会全国大会, 2026 年 6 月高崎、群馬
- (2-2) GRPO 強化学習に基づき構成要素対応を考慮した特許請求項翻訳, 浅見 遥斗, 宇津呂 武仁, 永田 昌明, 第 19 回 AAMT セミナー・第 1 回 AAMT 翻訳通訳研究会. 2026 年 3 月, オンライン, 日本ビジネス翻訳株式会社賞受賞
- (2-3) 特許請求項自動後編集のための対訳並列要素の自動抽出・二言語間対応付け, 石丸 司, 宇津呂 武仁, 永田 昌明, 第 19 回 AAMT セミナー・第 1 回 AAMT 翻訳通訳研究会. 2026 年 3 月, オンライン.

- (2-4) 構成要素の形式的な対応を考慮した強化学習による特許請求項翻訳, 浅見 遥斗, 宇津呂 武仁, 永田 昌明, 言語処理学会第 31 回年次大会, 2026 年 3 月. 栃木, 宇都宮.
- (2-5) 特許請求項における並列構造の二言語間対応付け, 石丸司, 宇津呂 武仁, 永田 昌明, 言語処理学会第 31 回年次大会, 2026 年 3 月. 栃木, 宇都宮.
- (2-6) "UTSK25 at WAT2025 Patent Claims Translation/Evaluation Task", "Haruto Azami, Yin Zhang, Futo Kajita, Nobuyori Nishimura, Takehito Utsuro, the 12th Workshop on Asian Translation, 2025 年 12 月. インド・ムンバイ.
- (2-7) NTTSU at WMT2025 General Translation Task, Zhang Yin, Hiroyuki Deguchi, Haruto Azami, Guanyu Ouyang, Kosei Buma, Yingyi Fu, Katsuki Chousa, Takehito Utsuro, the 10th Conference on Machine Translation, 2025 年 11 月, 中国・蘇州.
- (2-8) 特許請求項自動後編集のための対訳並列要素自動抽出", 石丸 司, 宇津呂 武仁, 永田 昌明, NLP 若手の会(YANS)第 20 回シンポジウム, 2025 年 9 月, 静岡・浜松.
- (2-9) 知識蒸留と二段階 DPO による LLM 翻訳モデルの訓練法", 張 引, 浅見 遥斗, 欧陽 冠宇, 武馬 光星, Yingyi Fu, 宇津呂 武仁, 出口 祥之, 帖佐 克己, 永田 昌明, NLP 若手の会(YANS)第 20 回シンポジウム, 2025 年 9 月, 静岡・浜松.

(3) その他

特許出願: 特願 2026-032151 「文書間類似度計算装置、文書間類似度計算方法、プログラム」

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※		
		当初配分	移行*	一般利用による追加
Pegasus	○	16,000		1,000
Miyabi-G				
Miyabi-C				
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。 *バジェット移行を行った場合、「+2000」「-1000」のように記入				