

補助事業番号 2023M-401

補助事業名 2023年度 訪問スポット推薦:「好奇心」を追求した

クルマの付加価値創出 補助事業

補助事業者名 山梨大学大学院総合研究部工学域 福本 文代

1 研究の概要

本事業は、ユーザの好奇心をそそるような訪問スポット(POI)を煩雑な操作なしに提示することを目的とする。車載用 POI 推薦のために、4 つの課題に対処する。1 点目は、ユーザの長期間に及ぶ訪問履歴から、ユーザの変化する興味をどのように捉えるか、という問題であり、Transformer (Trf)に基づくエンコーダ・デコーダモデルとグラフモデルを用いることで解決を図った。

2 点目は、(i) データスパースネス、すなわち大量の POI、あるいは item に対してユーザの訪問数、あるいは購入数が少ないために user-item 行列のほとんどの要素がゼロになってしまう問題、及び (ii) 人気度とユーザの好みとは必ずしも一致しないという user-individual bias の問題に着目し、(i) については、訪問履歴を graph 表現と系列表現の異なる方法で表現することにより解決を図った。(ii)である User-individual bias の問題では、ユーザと POI とのインタラクションに対し偏りを除去する手法を適用することにより特定のユーザの好みを排除する手法を提案した。

3 点目は、「好奇心」の意味理解である。本事業は施設の評判がユーザの好奇心をそそる要因になると仮定し、施設のレビュー情報から感情の極性に注目し、評判を抽出する手法を提案した。

4 点目は、ヒトとクルマとのシームレスなインタラクションである。車内において、最低限のやり取りで訪問スポットを推薦できることが安全面において必須であり、自然な応答のためには、相手の会話内容を理解し、適切な応答のためのリフレーミング手法を開発する必要がある。本事業は自然な応答手法を提案することにより、シームレスなインタラクションの実現を試みた。

2 研究の目的と背景

我が国を牽引する基幹産業の一つである自動車産業において新たな社会的イノベーションを生み出すためには、生産性と同時に如何に付加価値を創出するかが重要である。本事業は、ユーザの現在の興味と施設の評判から、好奇心をそそるような訪問スポット提示する手法を開発・搭載することを目的とする。さらに日本が主導し、海外共同研究者らと海外展開を図ることにより、本事業が自動車産業における新たな付加価値として、クルマの「楽しさ」創出に直接貢献できることを実証する。

3 研究内容 https://cl.cs.yamanashi.ac.jp/news_e.html

[本報告書公開サイト] https://cl.cs.yamanashi.ac.jp/news_e/2023M-401.pdf

本研究は、ユーザの興味と施設の評判を同時に推定することにより、お薦めの訪問スポット提示手法を開発・搭載することを目的としている。本研究における実施項目は5つの課題、すなわち 1. 時空間系列解析, 2. 観点に基づく極性解析・意見抽出, 3. お薦め訪問スポット推薦, 4. ヒトとクルマとのインタラクション, 5. クルマへの搭載と評価実験からなる。具体的な内容に関する実施

項目は以下の通りである。

課題1: 時空間時系列解析 (論文 1)

Point-of-Interest(POI)推薦は、ユーザが興味を持つであろう POI を予測するタスクであり、ロケーションベースのソーシャルネットワーク(LBSN)における主要な応用の一つとして大きな注目を集めている。従来より、グラフベースのニューラルネットワーク(GNN)や行列分解(MF)に基づくアプローチにより、ユーザおよび POI のより優れた表現を用いて、ユーザの潜在的な嗜好を予測する研究が行われてきた。しかしこれらの手法は依然として、チェックインデータの暗黙的フィードバックやコールドスタート問題に悩まされており、ユーザ (あるいは POI)間の局所的かつ大域的なグラフ関係を同時に捉えることができず、さらに、GNNにおけるグラフ畳み込みの際にコールドスタートとなる隣接ノードの処理が適切に行われていなかった。本事業では、ユーザ、POI、及びそれらの相互作用間の豊富な潜在特徴を活用する強化型エンコーダ・デコーダネットワーク(EEDN)を提案した。EEDN のエンコーダは、ハイブリッド・ハイパーグラフ畳み込みを利用することにより、より頑健なコールドスタート対応のユーザ表現を学習している。一方、本手法におけるデコーダは、暗黙的フィードバックをモデル化するために、グラフベースおよびシーケンスベースのパターンを用い、局所的かつ大域的な相互作用を抽出した。本手法の概要図を図1に示す。

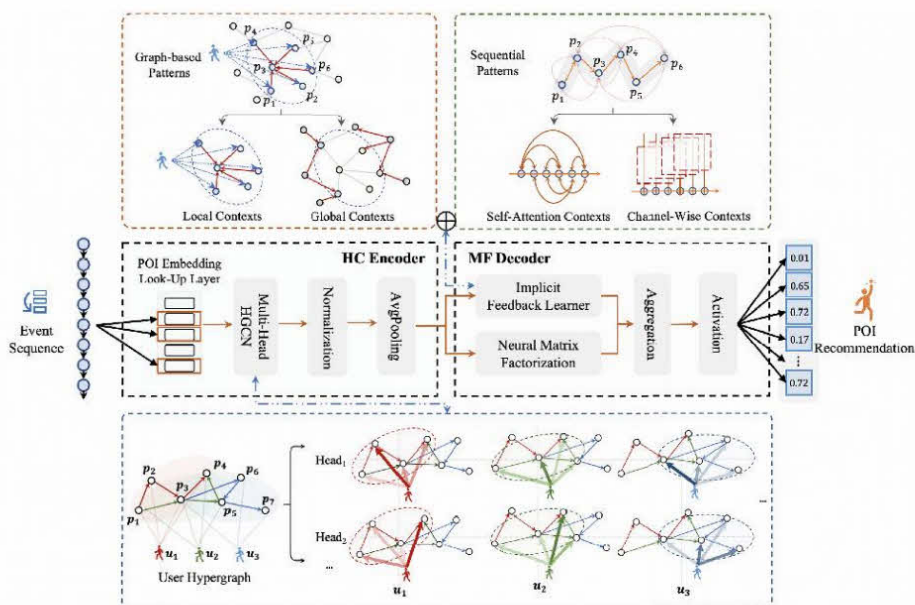


図1: グラフ及びシーケンスを用いたユーザの潜在的な嗜好予測

関連研究と比較した実験の結果、本手法は最高精度が得られることを確認した。

課題2: 観点に基づく極性解析・意見抽出 (論文2)

複数からなるアスペクトカテゴリの検出タスク(MACD)は、一文内に複数のアスペクトカテゴリが存在する場合、各々を識別することを目的とする。例えば、「このレストランの食事はどれも豪華で、かつサービスはとても良い」という文において、アスペクトカテゴリは「食事」と「サービス」である。従来より提案されている手法の多くは、限られた少量の訓練事例からカテゴリを表現する効果的なプロトタイプを学習することによりMACDタスクを定式化していた。しかし、レビューには例えば上の例のように、複数の異なるアスペクトカテゴリが含まれることが多く、中にはカテゴリを識別を困難にするノイズが含まれていることがあるため、定式化により効果的なモデルを構築するまでには至っていない。本論文では、MACDタスクのためのFew-Shotに基づく因果的ノイズ除去ネットワークを提案する。具体的には、因果推論と対照学習との関係を明らかにし、離散ノイズ、及び連続ノイズを負の事例として用いることにより、ノイズを効果的に除去できることを示した。本手法の枠組みを図2に示す。

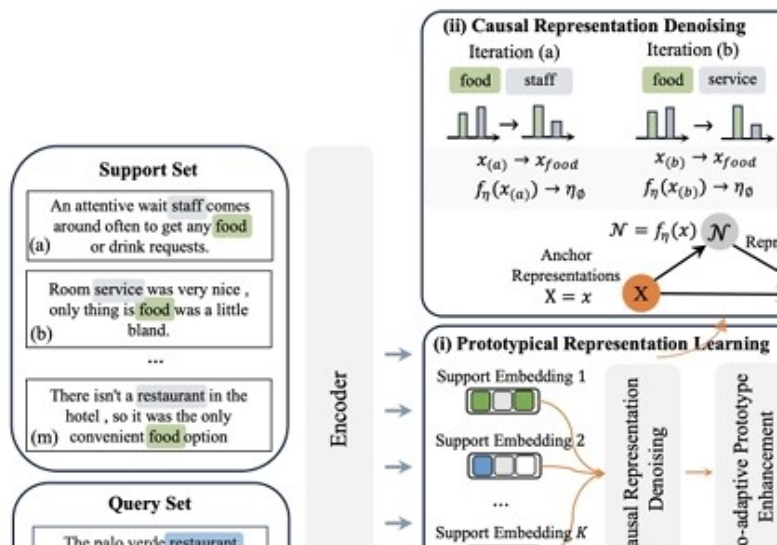


図2: Few-Shot に基づく因果的ノイズ除去ネットワーク手法の流れ

本手法を用いて実施した実験、及び結果の可視化を通して、本手法が最高精度を達成し、また複数のカテゴリが各々効果的に分離できていることが確認できた

課題3: お勧め訪問スポット推薦

3-1 偏りを除去した表現学習によるPOI推薦 (論文3)

Point-of-interest (POI) 推薦, すなわちユーザの過去の訪問履歴からユーザにお勧めの訪問地を推薦するタスクは位置情報ベースのソーシャルメディア (LBSNs) の一つの

アプリケーションとして関心が寄せられている。近年のPOI 推薦タスクは、グラフベースに基づくニューラルネットワーク (GNN) や Matrix factorization (MF) を用いた研究が多く提案されており、これらを用いてユーザの潜在的な好みを予測できることが実験的に示されている。しかしこれら従来の手法では、POI タスクの重要な課題であるデータスパースネス、すなわち大量の POI、あるいは item に対してユーザの訪問数、あるいは購入数が少ないために user-item 行列のほとんどの要素がゼロになってしまう問題、及び人気度とユーザの好みとは必ずしも一致しないという user-individual bias の問題に対処できないことが指摘されている。

本研究では、contextualized and debiased representation learning network (CaDRL) という新しい手法を提案し、この2つの問題を解決する。図3に本手法の流れを示す。データスパースネスの問題では、訪問履歴を graph 表現と系列表現の異なる方法で表現することにより解決を図る。User-individual bias の問題では、ユーザとPOIとのインタラクションに対し偏りを除去する手法を適用することにより特定のユーザの好みを排除することで user-individual bias の問題を解決する手法を提案した。

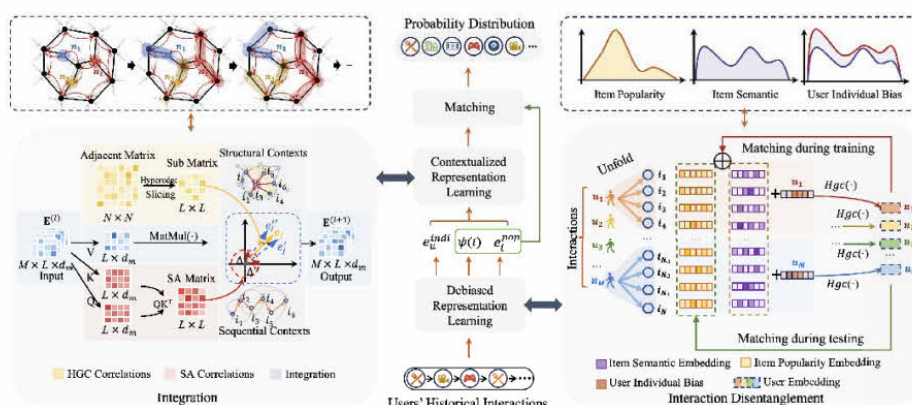


図3：偏りを除去した表現学習手法の流れ

3-2 根拠に基づく POI 推薦手法の開発 (論文 4)

近年、大規模言語モデル (LLM) の普及により、推薦タスクにおいてもテキストプロンプトを用いユーザとPOIを関連付ける研究が広く行われている。

これまでの研究では、ユーザの好みやアイテムの属性そのものに注目したものが多いため、推奨事項に対するLLMの推論能力が制限されていた。本研究は、ユーザとPOIのインタラクションの背後にある理論的根拠をユーザのレビューから学習することにより、ユーザの好みを抽出する手法を提案した。図4に本手法の流れを示す。

図4に示す通り、本手法は、グラフ構造で得られた情報をLLMの入力に取り入れることによりLLMの推論能力を高めることが可能となっている。実験の結果、特に長系列からなる入力に対し、高精度な推薦が可能となることが確認できた。

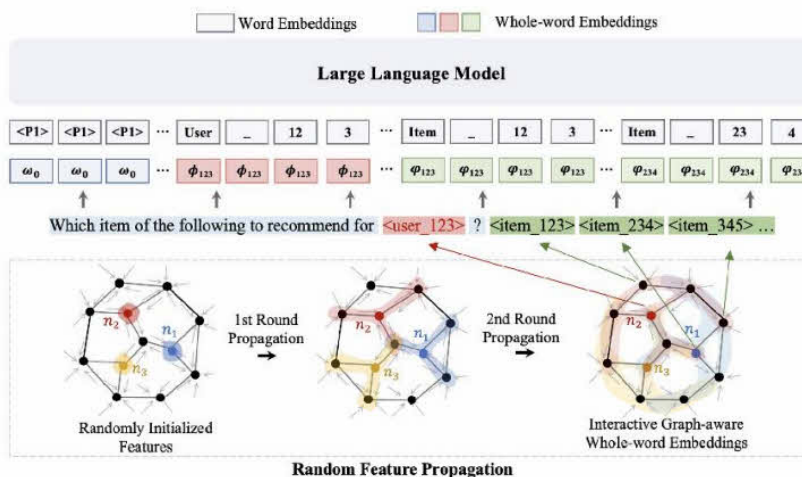


図4：グラフ構造で得られた情報を活用したLLM

3-3 LLMベースの推薦モデルにおける高次相互作用認識の強化（論文6）

推薦タスクにおいて、ユーザ、アイテム(商品)、及びユーザーとアイテム間の複雑な関係をグラフ構造を用いて表現学習した結果を大規模言語モデルに組み入れる手法 (ELMRec) を提案した。7種の最先端手法と比較した実験結果を表1に示す。表1より、グラフ構造を用いた表現学習を行うことにより、推薦精度が大幅に向上することが確認できた。

Models	Sports				Beauty				Toys			
	H@5	N@5	H@10	N@10	H@5	N@5	H@10	N@10	H@5	N@5	H@10	N@10
Caser	0.0116	0.0072	0.0194	0.0097	0.0205	0.0131	0.0347	0.0176	0.0166	0.0107	0.0270	0.0141
HGN	0.0189	0.0120	0.0313	0.0159	0.0325	0.0206	0.0512	0.0266	0.0321	0.0221	0.0497	0.0277
GRU4Rec	0.0129	0.0086	0.0204	0.0110	0.0164	0.0099	0.0283	0.0137	0.0097	0.0059	0.0176	0.0084
BERT4Rec	0.0115	0.0075	0.0191	0.0099	0.0203	0.0124	0.0347	0.0170	0.0116	0.0071	0.0203	0.0099
FDSA	0.0182	0.0122	0.0288	0.0156	0.0267	0.0163	0.0407	0.0208	0.0228	0.0140	0.0381	0.0189
SASRec	0.0233	0.0154	0.0350	0.0192	0.0387	0.0249	0.0605	0.0318	0.0463	0.0306	0.0675	0.0374
S ³ -Rec	0.0251	0.0161	0.0385	0.0204	0.0387	0.0244	0.0647	0.0327	0.0443	0.0294	0.0700	0.0376
P5	0.0387	0.0312	0.0460	0.0336	0.0508	0.0379	0.0664	0.0429	0.0648	0.0567	0.0709	0.0587
RSL	0.0392	0.0330	0.0512	0.0375	0.0508	0.0381	0.0667	0.0446	0.0676	0.0583	0.0712	0.0596
POD	0.0497	0.0399	0.0579	0.0422	0.0559	0.0420	0.0696	0.0471	0.0692	0.0589	0.0749	0.0601
Ours	0.0505	0.0408	0.0596	0.0433	0.0601	0.0461	0.0743	0.0504	0.0723	0.0593	0.0802	0.0605
Impv (%)	1.6	2.2	2.8	2.5	7.5*	9.8*	6.7*	7.1*	4.4*	0.6	7.1*	0.7
p-value	6.3e-1	5.1e-1	2.7e-1	3.8e-1	8.1e-3	2.4e-3	2.1e-2	2.5e-2	1.0e-2	5.8e-1	1.7e-5	5.9e-1

表1：3種類のデータを用いた7種の関連研究との比較結果

課題 4 : ヒトとクルマとのシームレスなインタラクション

4-1. レビュー文における単語の語義解消 (論文5)

レビュー文を対象とした観点に基づく極性解析において、単語には語義の曖昧性が存在するため、観点が正確に抽出できない場合がある。そこで、レビューテキストを対象とし、与えられた単語の語義を解消する手法を提案した。本研究は、語義の曖昧性解消の精度向上を図るため、知識ベース、具体的にはシソーラスである WordNet の知識を注入する手法として、制約付き Attention Network, 及び Virtual Adversarial Training を用いたニューラルネットワークモデルを提案した。制約付き Attention Network の概要を図 5 に示す。

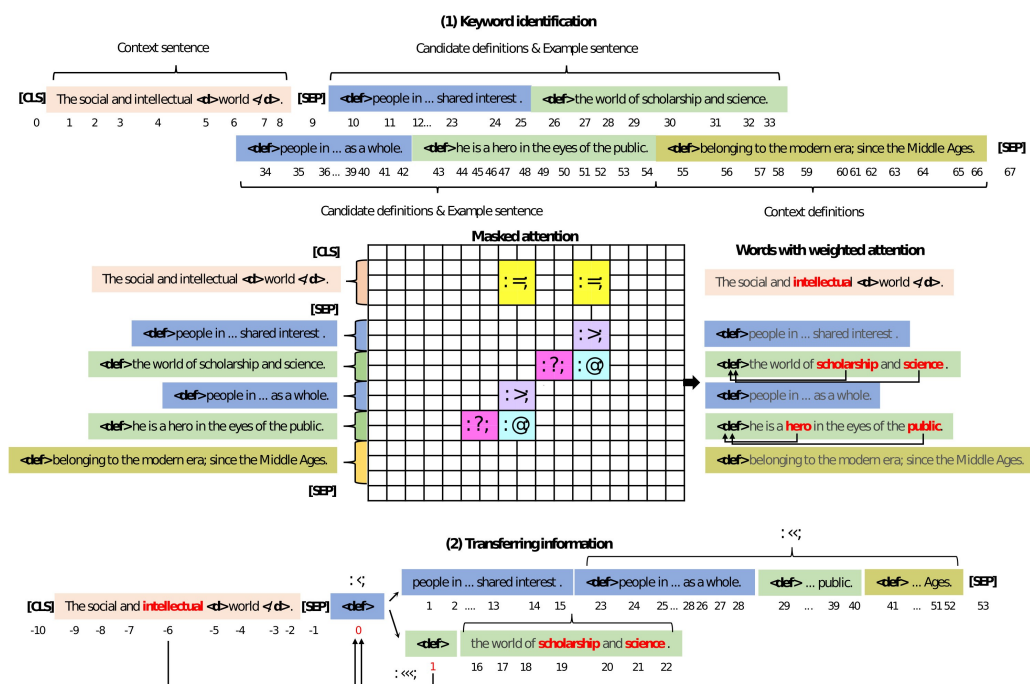


図 5 : 制約付き Attention Network

図 5 において、Attention 機構における単語間の関係が成り立たないようなセグメントへの参照は学習のノイズになると考え、マスク処理を用いることでこれを解決した。また、Virtual Adversarial Training を行うことによりデータ不足による過学習を防ぐことができると考え、単語埋め込みベクトルに対し、摂動を加えた。表 2 に SemCor を用いた実験結果を示す。表 2 より形容詞を除く全ての品詞において、比較研究である 12 種類の再選先端手法よりも優れた精度が得られることが確認できた。

Model	Dev Set	Test Sets					Concatenation of all Datasets				
	SE7	SE2	SE3	SE13	SE15	Noun	Verb	Adj	Adv	ALL	
MFS-SemCor	54.5	65.6	66.0	63.8	67.1	67.7	49.8	73.1	80.5	65.5	
SVC (hypernyms)	69.5	77.5	77.4	76.0	78.3	79.6	65.9	79.5	85.5	76.7	
GlossBERT	72.5	77.7	75.2	76.1	80.4	79.8	67.1	79.6	87.4	77.0	
ARES	71.0	78.0	77.1	78.7	75.0	80.6	68.3	80.5	83.5	77.9	
EWISER	71.0	78.9	78.4	78.9	79.3	81.7	66.3	81.2	85.8	78.3	
BEM	74.5	79.4	77.4	79.7	81.7	81.4	68.5	83.0	87.9	79.0	
WMLC	72.2	78.4	77.8	76.7	78.2	80.1	67.0	80.5	86.2	77.6	
HCAN	-	72.8	70.3	68.5	72.8	72.7	58.2	77.4	84.1	71.1	
KELESC	76.7	82.2	78.1	82.2	83.0	84.3	69.4	84.0	86.7	81.2	
SACE	76.3	82.4	81.1	82.5	83.7	84.1	72.2	86.4	89.0	81.9	
ESCHER	76.3	81.7	77.8	82.2	83.2	83.9	69.3	83.8	86.7	80.7	
ConSec	77.4	82.3	79.9	83.2	85.2	85.4	70.8	84.0	87.3	82.0	
Pconan	79.8	83.8	81.1*	83.9	84.7 ^c	85.6	73.8	84.8	89.0*	83.0	

表 2 : SemCor を用いた 12 種からなる関連研究との比較結果

4-2. ポジティブな印象を与える文変換手法 (論文 7)

本研究はヒトと生成 AI を搭載したクルマ間との自然なやりとりを実現することを目的とし、ヒトの気分や感情に即し好感を与える回答を生成するために、入力会話を意味を保持したまま肯定的な表現に変換する手法の検討を行った。具体的には、肯定・中立・否定である極性と文脈を分離する手法の提案を行った。本手法は、多様な表現に対してもポジティブな印象を与える文を生成可能とするために、2つの工夫を行った。一点目は、2つの特殊記号を用い、スタイルをコンテンツから切り離れた。2点目は、対照学習と呼ばれる深層学習ベースの手法を用い、与えられた入力テキストの元の意味を保持しながら、より堅牢な文脈表現を学習するモデルを構築した。図 6 に本手法の流れを示す。

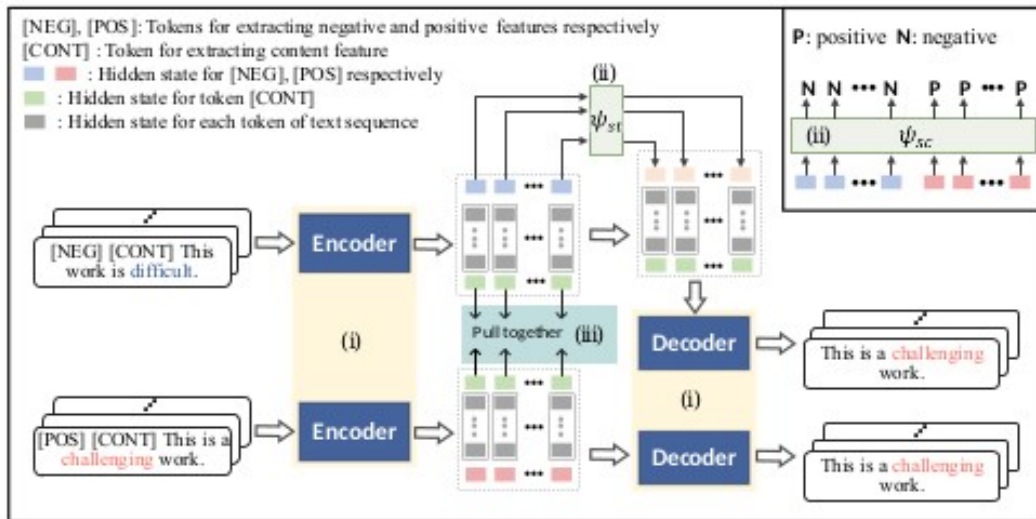


図6 : 極性と文脈との分離手法

4-3. 自然な応答のためのリフレーミング手法の開発 (論文8)

ポジティブ テキスト リフレーミング (PTR) タスクは、入力テキストの元の意味を保持

しながら、ポジティブな印象を与えるテキストを生成するタスクであり、ユーザへの自然な応答を実現するために必要となる技術である。本研究は、多様な表現でポジティブな印象を与えるテキストを生成するために、テキストの肯定や否定といった極性とテキスト内容を分離した上で、テキスト内容を多様な表現で言い換える手法を提案した。従来の多くの手法が事前学習済み言語モデルを利用し、ラベル付きデータセットを直接微調整していたのに対し、本研究は入力テキストに合わせてモデルを微調整する点に新規性を有する。図7に示す通り、本手法は、動的なプロンプトを用いることによりモデルの微調整を行っている。

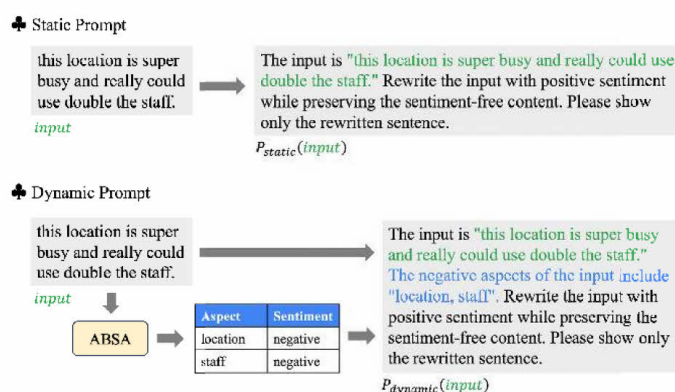


図7：Static, 及びDynamic Prompt の流れ

4-4. 動的なプロンプトを用いたテキストスタイル変換, 及び文内容とアスペクトの分離によるテキストスタイル変換手法 (論文9)

ヒトとクルマとのインタラクション上で必要となる文の内容を保持したまま、受け手に肯定的な印象を与える生成手法について、2種類提案した。一つ目は、文の内容と、そのアスペクトである否定を明確に分離した上で、肯定的な内容を入力する手法であり、もう一つは動的なインタラクションにおいて、それまでの出力を加味した上で生成を行うという手法である。図8にそれぞれの流れを示す。

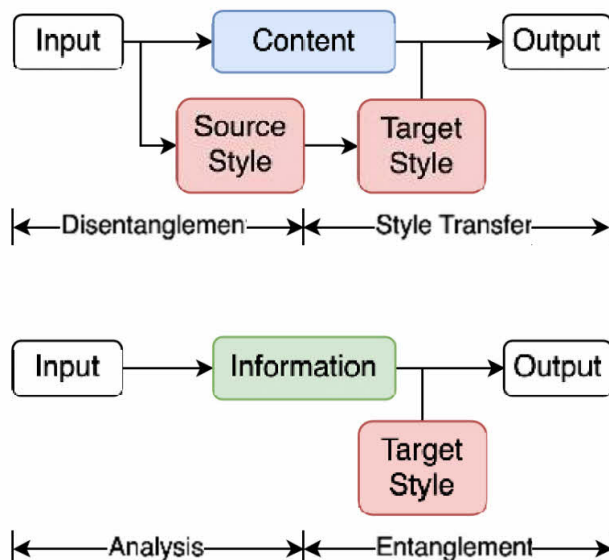


図8:動的なプロンプトによるスタイル変換（上図）, 及び分離手法によるスタイル変換（下図）

課題5：クルマへの搭載と評価実験

前年度に実施した手法, 及び今年度上記で述べた手法を実装し, クルマへの搭載として携帯端末から操作可能なアプリケーションを構築した. 現在, ユーザインタフェースを含めた評価実験・改良を実施している.

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

先ず, Web site上で公開することにより, 共同研究者らの地域に即したデータベースを用い, 学生を対象に国内外での試行を促す. 各国からのフィードバックでは, 特に「好奇心」に注目した定性的な評価を実施することにより, 改良を実施しユーザが望む推薦システムを目指す. その後, 携帯端末からアクセス, 国内外において, 車上での利用を実施する. 近年, 住商アビーム自動車総合研究所で実施されたアンケートにおいて, 新しい付加価値として最も期待されている項目は「利便性に関する付加価値」であることが報告されている. 本研究のゴールである, 「好奇心」を追求した訪問地推薦は, 利便性に直接関係する付加価値であることから, 本研究で開発した技術を将来的に商品化へ結び付けたいと考えている.

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者の専門は自然言語処理であり, 電子化されたデータから語彙に関する知識を自動的に獲得する研究, 及び自然言語処理としてテキスト分類, 推薦, 予測, 文生成, 及び要約に関する研究を実施してきた. 本研究は, これまで研究代表者らが実施してきた自然言語処理応用の推薦に関係し, 自然言語処理の基盤技術と情報検索・推薦を訪問スポット推薦に活用し, クルマの付加価値創出に役立てることを目的としている.

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[成果発表論文]

1. Xinfeng Wang, Fumiyo Fukumoto*, Yoshimi Suzuki, and Jiyi Li, “EEDN: Enhanced Encoder-Decoder Network with Local and Global Context Learning for POI Recommendation”, Proc. of the 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp. 383-392, 2023.

2. Jin Cui, Fumiyo Fukumoto*, Xinfeng Wang, Yoshimi Suzuki, Jiyi Li, Noriko Tomuro, Wangzeng Kong, “Enhanced Coherence-Aware Network with Hierarchical disentanglement for Aspect-Category Sentiment Analysis, Proc. of the 2024 Joint International Conference on Computational Linguistics, Language Resources and Evaluation (COLING-LREC2024), pp. 5843-5855, 2024.

3. CaDRec: Contextualized and Debaised Recommender Model'', X. Wang, F. Fukumoto, J. Cui, Y. Suzuki, J. Li, and D. Yu, Proc. of the 47th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR' 24), pp. 405–415, 2024.
4. Xinfeng Wang, Jin Cui, Fumiyo Fukumoto*, and Yoshimi Suzuki, “RDRRec:Rationale Distillation for LLM-based Recommendation” , Proc. of the 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pp. 65–74, 2024.
5. Fumiyo Fukumoto* and Shou Asakawa, “Knowledge Injection with Perturbation-based Constrained Attention Network for Word Sense Disambiguation” , Proc. of the 13th International Joint Conference on Natural Language Processing and the 3rd Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics, pp. 171–177, 2023.
6. Xinfeng Wang, Jin Cui, Fumiyo Fukumoto*, and Yoshimi Suzuki, “Enhancing High-order Interaction Awareness in LLM-based Recommender Model” ,Proc. of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pp. 11696–11711, 2024.
7. Sheng Xu, Fumiyo Fukumoto*, Jiyi Li, and Yoshimi Suzuki, “Decoupling Style from Contents for Positive Text Reframing” , Proc. of 2023 International Conference on Neural Information Processing, pp. 73–84, 2023.
8. Sheng Xu, Fumiyo Fukumoto*, Kentaro Go, and Yoshimi Suzuki, “Can Dynamic Prompt Help Sentiment Style Transfer?” , Proc. of the 31st International Conference on Neural Information Processing, pp. 86–92, 2024.
9. 徐 勝, 鈴木 良弥, 福本 文代*, “Disentanglement or Entanglement, which is better for TST” , 言語処理学会 第31回年次大会, pp. 2094–2099, 2025.
10. Aiyue Gong, Fumiyo Fukumoto*, Panitan Muangkammuen, Jiyi Li, and Dongjin Yu, “Identifying Self-admitted Technical Debt with Context-based Ladder Network, “Prof. of the 30th International Conference on Neural Information Processing, pp. 84–97, 2023.
11. Ammar Qayyum, Bassamtiano Irnawan, Sheng Xu, Zihao Hu, Fumiyo Fukumoto*, and Yoshimi Suzuki, “Textual Graph Contrastive Learning for Enhanced Dataset Recommendation” , Proc. of the 19th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM' 24), DOI: 10.1109/IMCOM64595.2025.10857584, 2024.

[その他] 課題2, 及び3に関して現在投稿中の論文, 各1件.

二重線は研究代表者, 一重線は, 共同研究者を示す. また“*”は責任著者を示す.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

論文1を実装したソフトウェア

<https://github.com/WangXFng/EEDN>

論文2を実装したソフトウェア

<https://github.com/cuijin-23/ECAN>

論文3を実装したソフトウェア

<https://github.com/WangXFng/RDRec>

論文4を実装したソフトウェア

<https://github.com/WangXFng/RDRec>

論文5を実装したソフトウェア

<https://github.com/fukumoto-lab/Pconan>

論文6を実装したソフトウェア

<https://github.com/WangXFng/ELMRec>

論文7を実装したソフトウェア

<https://github.com/codesedoc/FDSC>

論文8を実装したソフトウェア

<https://github.com/codesedoc/FDSC> CDPHSST

論文9を実装したソフトウェア

<https://github.com/codesedoc/FDSC> DoE4TST

論文10を実装したソフトウェア

https://github.com/Maqif14/Textual_GCL

[本報告書公開サイト] https://cl.cs.yamanashi.ac.jp/news_e/2023M-401.pdf

[システム公開サイト] <http://192.168.2.155:5000/>

システムは地図、音声ソフトがアクセスごとに課金されるため、テキストのみの表示設定にしている。

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

なし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学大学院総合研究部工学域(ヤマナシダイガクダイガクインソウゴウケンキュウブコウガクイキ)

住 所： 〒400-8510

山梨県甲府市武田4-3-11

担 当 者 役職名 教授(キョウジュ)

担当部署： 福本研究室(フクモトケンキュウシツ)

E-mail : fukumoto@yamanashi.ac.jp

URL : http://cl.cs.yamanashi.ac.jp/index_e.html