

Sentence-BERT の文ベクトルにおける色表現の構造についての調査 Investigation of the structure of color representation in Sentence-BERT sentence vectors

泉 諒音¹⁾ 神野 健哉¹⁾
Masato Izumi Kenya Jin'no

概要

本論文では、「色+の+車名」という文章に対応する画像を出力する画像生成モデルを用いて、潜在変数空間における色の関係を調査した。特に、このモデルを用いて異なる車種の色の関係を調べたところ、潜在変数空間における色の位置が車種間で類似していることがわかった。そこで、ある車種において代表点として RGB 色の 3 点を抽出し平面を作成した。この平面上で潜在変数を変化させた場合、車の形は変わらず色のみが変化することを確認した。よって潜在変数空間の中には車種を表している平面があると考えられる。

本論文は、潜在変数空間における色の関係について考察を行う。

1 まえがき

自然言語処理において、2018 年に Google が提案した BERT[1] は、文章の文脈を捉えることができるようになったモデルとして注目された。モデルとして BERT を用い、非常に大きなデータセットで事前学習した Siamese Network[3] を用いることで、入力された文章から文脈の意味を捉えた非常に正確な文ベクトルを生成できるシステムとして 2019 年に発表したモデルが Sentence-BERT[4] である。我々は Sentence-BERT で生成された文の分散表現である文ベクトルが、どのような性質を持っているか検討してきた。その結果、Sentence-BERT から出力される 768 次元の文ベクトルは次元ごとに役割が別れていることを確認した [5]。また、入力文を「色+の+車名」にすると色と形にある程度別れていることを確認した。

本稿では、潜在変数空間内での色情報の関係性について画像生成モデルを用いて検討を行う。

2 BERT[1]

自然言語処理では、文の単語を分散表現ベクトルに置き換えることが基本である。文は単語データの列である。BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) は、入力された単語データの列から文章を予測することができる。また、求める単語に対して、

双方向の分散表現を見つけることができる。従来のリカレントニューラルネットワーク (RNN) ベースの自然言語処理モデルでは、文中の単語の分散表現ベクトルとして、求める前の単語を参照することしかできなかった。また、BERT は Attention 機構を備えており、離れた場所にあるトークンに注意を向けることで、長い入力文であっても高精度な文ベクトルを出力することができる。

3 Sentence-BERT[4]

Sentence-BERT は、事前に訓練された BERT に対して、より意味的に正しく、類似文を類似ベクトルに変換するようなファインチューニングを行なった自然言語モデルである。特に、文とそれに関連する類似文のペアを学習データとして選択し、これらの類似文から生成される文ベクトルが類似ベクトルとなるように、BERT をファインチューニングする。これは、BERT で生成された文ベクトルを、TripletNetwork[2] と SiameseNetwork[3] を用いて学習することで実現される。

4 画像生成モデル [6]

本研究では、独自に開発した Sentence-BERT で生成した文ベクトルを入力とする画像生成モデルを用いて実験を行った。

具体的には、まず Sentence-BERT を用いて画像の説明を文ベクトルに変換し、それを形態素解析ツール「Fugashi」を用いてトークン化した。本研究で用いた Sentence-BERT は、東北大学鈴木・金子研究室が配布する大規模な日本語版 BERT に対し Hugging Face がファインチューニングを行ったものである [8]。

次に、文ベクトルを入力とし、逆畳み込み演算で画像を合成する CNN モデルを学習させた。CNN は、画像を説明する文章から生成された文ベクトルに対応する画像を出力するように学習し、生成された画像と対応する教師教師画像との平均二乗誤差 (MSE) を損失関数とした。学習済みモデルのアーキテクチャを図 1 に示す。

モデルの学習には、ダイハツ工業株式会社から提供された 128×128 の車種画像を合計 600 枚を用いた。80 車種の背景透明画像、車のカラーパリエーションは 30 色である。車の画像を説明するテキストは「色+の+車名」である。

1) 東京都市大学大学院 総合理工学研究科 情報専攻 Informatics, Graduate School of Integrative Science and Engineering, Tokyo City University

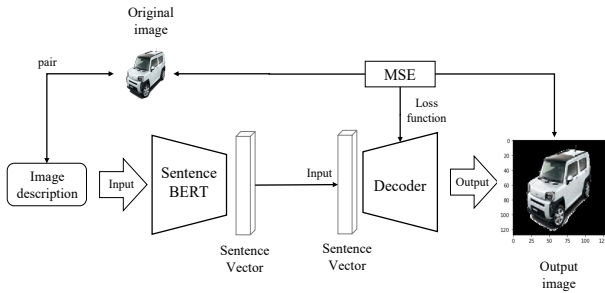


図1 Model

5 実験

潜在変数空間内の色情報について検討を行うため、「レッドのタント」、「グリーンのタント」、「ブルーのタント」の3つの文章を用意した。それぞれの点を頂点し、三角形を作成した。この時の「レッドのタント」と「グリーンのタント」の辺を移動させていく過程を図2に示す。

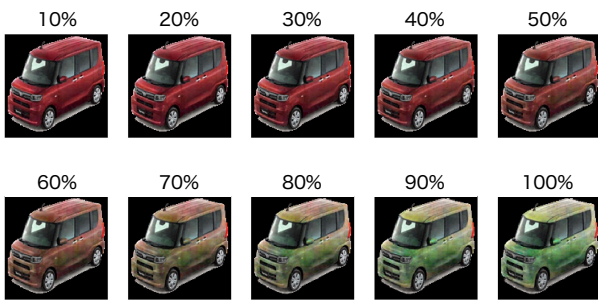


図2 レッドからグリーンへの色の状態変化

図2から車の形が変化せず色のみが変化することを確認した。徐々に色が変化していることがわかる。また、RGBの三角形のその他の辺でも形は変化しなかった。

そこで、三角形の中の形を見るために三角形の重心を求め出力した。結果を図3に示す。



図3 三角形の重心の文ベクトルの画像

結果として色は混ざっているものの車の形は変化しなかった。三角形の中も形は変化していなかったことから同じ車種で3点を取った際の平面上はその車種の形の平面であると考えられる。

次に、3つの車種に対してRGBの三角形の中のカラーマップを出力した。結果を図4に示す。

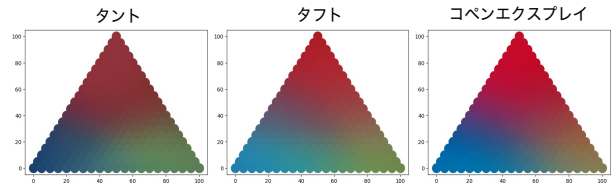


図4 カラーマップ

結果を見てわかるようにそれぞれ似たようなカラーマップになっている。車種間によって色の彩度は違うもののどの車種もレッドが大きくイエローが小さい結果になった。このことから3次元で表すと、潜在変数空間の中には車種を表している平面が多層構造になっており、それらに対して縦に色の範囲が広がっていると考えられる。

6 まとめ

実験結果から車種の平面上で潜在変数を変化させた場合、車の形は変わらず色のみが変化することを確認した。また、違う車種でも同じような色の変移が見られるため形を表す平面が多層構造になっていると考えられる。

今後は更なる潜在変数空間の検討を行なっていく。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 JP20K11978, 23K11266, 23H03387, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究, 東京都市大学重点推進研究未来知能ユニットの助成によるものです。

ダイハツ工業株式会社様には多くのデータを提供頂きました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] J. Devlin, M. W. Chang, K. Lee, K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding", Proc. NAACL-HLT2019.
- [2] E. Hoffer, N. Ailon. "DEEP METRIC LEARNING USING TRIPLET NETWORK." In ICLR workshop, 2015.
- [3] D. Chicco, "Siamese neural networks: an overview", Artificial Neural Networks, Methods in Molecular Biology, vol. 2190 (3rd ed.), Springer Protocols, Humana Press, pp. 73–94, doi:10.1007/978-1-0716-0826-5_3, ISBN 978-1-0716-0826-5, PMID 32804361.
- [4] N. Reimers, I. Gurevych, "Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks", Proc. EMNLP 2019, pp. 3982–3992, 2019.
- [5] 泉 諒音, 神野 健哉, "画像生成モデルを用いた Sentence-BERT の文ベクトルの調査", 2023 年度 人工知能学会 全国大会 JSAI2023, 2D6-GS-3-05, 2022.
- [6] Masato Izumi, Kenya Jin' no, "Feature analysis of sentence vectors by an image generation model using Sentence-BERT," Non-linear Theory and its Applications, IEICE, Vol. E14-N, No. 2, Apr. 2023.
- [7] acl-tohoku/bert-japanese: <https://github.com/acl-tohoku/bert-japanese>,
- [8] sonoisa / sentence-bert-base-ja-mean-tokens-v2 <https://huggingface.co/sonoisa/sentence-bert-base-ja-mean-tokens-v2>, 2021.