

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11958

研究課題名（和文）文意一貫性と意外性を備えた独創的な文を人間と協調して生成する人工知能の研究

研究課題名（英文）The study of artificial intelligence to generate documents

研究代表者

岡田 真（Okada, Makoto）

大阪公立大学・大学院情報学研究科 ・助教

研究者番号：40336813

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：最近人工知能によるデータの自動生成に注目が集まる中、言語処理分野では他のメディアと比較すると十分な成果が得られていないの考えから人工知能の高度な言語能力の獲得を目標として「意味一貫性」と創造的意外性としての「意味破綻」の双方をコントロール可能で、かつ人間と協調しながら自由に文を生成できる人工知能の構築を目的として、漫画を対象としたセリフの感情推定、文意一貫性の理解の可能性を探るための小説の段落境界の推定、深層生成手法の一種である Conditional Variational Autoencoder (CVAE) を基にした先頭と最後から双方向に文を生成する手法など提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工知能によるデータの自動生成が申請の際よりも大きく注目が集まる中、他のメディアと比較すると十分な成果が得られていなかった言語処理分野において、他に先んじて人工知能の高度な言語能力の獲得を目標として「意味一貫性」と創造的意外性としての「意味破綻」の双方をコントロール可能かつ協調しながら自由に文生成可能な人工知能の構築を目的とした本研究のが深層生成手法の一種である Conditional Variational Autoencoder (CVAE) を基にした先頭と最後から双方向に文を生成する手法はなど提案できたことは一定の成果を残したといえる。

研究成果の概要（英文）：While attention has recently been focused on the automatic generation of data by artificial intelligence, the field of language processing has not achieved sufficient results compared to other media. I have developed a new method for estimating the emotion of dialogues in comic books, estimating paragraph boundaries in novels to explore the possibility of understanding the consistency of sentence meaning, and a method based on the Conditional Variational Autoencoder (CVAE), a kind of deep generation method, for the purpose of building an artificial intelligence that can freely generate sentences while cooperating with human beings. A method for bi-directional sentence generation from the beginning and the end of a sentence was proposed.

研究分野：自然言語処理，自然言語理解，知識処理，機械学習

キーワード：深層学習 自然言語処理 文意一貫性 文書生成 意外性

### 1. 研究開始当初の背景

申請当時は現在と同様に機械学習や深層学習を用いた人工知能の研究が盛んであり、その中でも深層学習手法を用いた人工知能によるさまざまなデータの自動生成に注目が集まっていた。画像の分野では敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Network, GAN) と呼ばれる手法により、学習した画像データを基にして新たな画像を生成する研究などが盛んになされていた。同時に自然言語処理の分野でも次の研究目標として深層学習手法を用いた文章の自動生成が注目を受けていた。深層学習による文章の自動生成としては、Seq2Seq と呼ばれる Encoder-Decoder モデルを用いた自動翻訳から始めて、再帰的ニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network, RNN) モデルである Long Short-Term Memory (LSTM) や Gated Recurrent Unit (GRU) を用いた RNN 言語モデル、Transformer やその実装である BERT など Attention 機構を中心に据えた言語モデルなどに系列情報など言語の特性を組み込みながら生成精度を上げていこうと進んでいた。

しかし、文書の自動生成は画像の自動生成のように順調に進んでいなかった。その当時の文生成では出力文それのみでみれば適切な文が生成されていても、その前後を考慮に入れると、矛盾や齟齬といった文の「意味一貫性」が保てないことが多く、対話文生成などにおいて複数の対話での文の「意味一貫性」を保つ研究が盛んになされていた。これは現在でも解決しきれていない問題である。それとは別の視点として、これまでの話題を発展させたり全く新しい文を創造性豊かに生成することの困難性にも注目が集まっていた。発展や創造はこれまでの文脈とは異なる流れとして生じるため、そこに必要なのは肯定的な意味での文意の「破綻」から生じる意外性となる。しかし完全な「破綻」では役に立たず、「一貫性」も考慮して適切な範囲で「破綻」させることが重要な点である。

そのため、申請当時から現在まで本申請に関連する自然言語の文生成に関する研究では「意味一貫性」と肯定的な「破綻」を兼ね備えた文書自動生成手法が強く希求されてきた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、人工知能のより高度な言語能力の獲得を目標として、文章の「意味一貫性」と、創造的な意外性としての「意味の破綻」の双方をコントロールしながら、さまざまな話題や文体の文を自在に創造可能とする手法の開発である。具体的には複数の Attention 機構を人間がコントロール可能な形で組み込み、さまざまなタイプの文章を人間と協調しながら生成していく手法について研究する。それにより、本研究の核心的な問いである「人工知能は人間が生み出す文の特徴をどの程度学習しうるのか」、「人工知能はバラエティに富んだ文書を生成して人間を満足させることができるのか」、「深層学習による人間と人工知能のコラボラティブな文書生成は可能か」に何らかの回答を示していきたい。

### 3. 研究の方法

方法としては以下のように進めるべく計画した。

(1) Attention を人手で設定した場合の影響の調査、(2) 従来の深層学習による文自動生成手法 (Seq2Seq モデルなど) に適用した場合の影響の調査から始める。(1)では、Attention の初期値をある単語の重みを大きくした状態から学習した場合にどのような影響があるかを単語や対象となるデータセットやタスクを変えて実験して、その結果から有効性を調査する。(2)では(1)で確認した Attention の調整の手法を従来の深層学習による文生成手法に適用して、これまでの「一貫性」を重視した出力がどのように「破綻」するかを調査する。(3) 複数の Attention でさまざまな文体や観点を表現しておき、それを文書分類などのタスクに利用した場合にどのような効果が得られるかを実験により調査する。これにより複数の観点での「破綻」の生じ方について知見を得る。そのうえで (4) 複数の Attention を同時並行的に用いて文生成した場合にどのような影響があるかを調査する。このときに、どの Attention を主に用いるかという選択については人間がおこなうことで、人工知能とコラボラティブに文生成する手法が可能かどうか、またその難易度はどの程度か、「一貫性」と「破綻」のバランスが取れた文の生成は果たして可能かどうか調査したい。そこまでの成果を踏まえて、(5) 複数の Attention に基づき、それらのどれを用いるか自分で選択しながら「一貫性」と「破綻」の両立した文生成をおこなうシステムの構築とその検証をしたいと考えている。文の特性を複数の Attention で表現し、同入力同モデルでもさまざまな文体や表現が入り混じった文章を人工知能が生成できるのか、人工知能によるオリジナリティのある自由自在な文の生成は可能なのかを検証したいと考えている。

実際には初期の段階で Transformer と呼ばれる Attention ベースの深層ニューラルネットワークモデルが提案され、それを基に作られた大規模深層言語モデルをベースとして、それらを用いてモデルを構築していくこととなった。Attention ベースの深層言語モデルの代表例は BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) である。Transformer は Attention ベースのモデルであり、BERT をファインチューニングすることで Attention 情報

を調整することが可能となる．それを踏まえて文意一貫性を踏まえた文生成手法に取り組んだ．データセットとして青空文庫などの小説のデータや画像と言語のマルチモーダルメディアである漫画の大規模データセット manga109 などを用いて文の順序推定や段落の判定などから文意の継続を人工知能がどの程度獲得できるのかを研究した．その後，文の生成手法の研究に移り，深層生成手法である Conditional Variational Autoencoder (CVAE) を基にして文意一貫性を維持した文生成手法について研究した．その際に ROCStories dataset という英語の 5 文 1 話で構成されているデータセットで先頭と末尾から学習して中央の文が同じものが生成されるように学習することで全体として文意の一貫性を保ちつつ自由にバリエーションに富んだ生成をする手法を研究した．生成手法の研究の中で，文意一貫性の可能性は確認できたものの意外性に富んだ文の生成への展開が不十分だと考え，外部から人手によるシソーラスなどの意味情報を組み込む方法や意味情報をより深い個所まで獲得する手法について研究を進めていくこととした．

最初計画した際には存在していなかったモデルの登場など現実社会の変化に対応して研究計画を修正して研究目標を達成するように努めた．

#### 4．研究成果

年度ごとに説明する．

2020 年度の本申請に関連する実績としては学術論文発表 1 件，国際会議発表 1 件，学術講演発表 3 件であった．

2020 年度では文意一貫性の理解を目標に，文意の理解，複数文の文意一貫性の理解，それらの文生成への応用について取り組んだ．まず画像と言語のマルチモーダルメディアである漫画を対象としてそれらのセリフの感情推定を研究した．これは直接文意一貫性の理解とは関係がないように思われるが，漫画のセリフのほとんどは口語対話文であり，文間の相互意味関係をとらえるためには文意の理解は必須である．セリフに含まれる感情を人工知能が理解できれば，人工知能の文意一貫性の理解力の向上に効果的であると予想される．漫画のセリフと画像をそれぞれ深層言語モデルに入力して相補的に感情推定の精度を向上する手法について取り組み，一定の成果を得た．またセリフに含まれる単語の類義語を日本語 Wordnet により拡張し，それにより精度向上を図った．

また文意一貫性の理解の可能性を探るために，小説の段落境界の推定に取り組んだ．小説の段落は筆者が文書の内容を基にまとめたものと考えられる．この段落の境界位置を正しく推定することは人工知能が文書中の意味的つながりがある程度理解していないと難しい．申請者はこちらをある種の不均衡な分類問題としてとらえて深層学習の不均衡データの分類に効果があるといわれている Dice 損失や Focal 損失を利用することで分類が可能であると示した．これにより人工知能が文間の意味一貫性をとらえる能力を持ちうることを示すことができた．

2021 年度は国際会議 2 本および原著論文 1 本による発表があった．それぞれの成果としては (1) 物語理解のための深層学習手法を用いた小説における段落境界の自動推定，(2) 深層言語モデル BERT を用いた単語埋め込み (分散表現ベクトル) 生成を用いた分間における単語の意味関係の推定，(3) 深層生成手法の一種である Conditional Variational Autoencoder (CVAE) を基にして，文章の先頭の文と最後の文から双方向に文を生成していくことで整合性のとれた文を生成する手法をそれぞれ提案し，実験によりそれらの手法の有効性を確認した．

意味一貫性の面では (3) の CVAE ベースの文書生成手法により，文頭と文末双方の情報を考慮しながら全体的に破綻の無い文を生成する手法を提案したことと，それをさらに複数の文での関係も考慮しつつ生成するように拡張したことにより，意味一貫性を保った文生成に近づいたといえる．また (1) と (2) における成果は文書中の意味一貫性がどこまでつながり，どこで切り替わるのかという点について文章や単語の意味の関係性を考慮して推定する手法であり，こちらも文の意味一貫性の理解について有効な手法であると考えられる．(3) の CVAE では確率的な要素を組み込むことで生成時の語彙選択に幅を持たせている．これは意外性を伴う意味破綻へとつながる要素として着目すべき点だと考えている．

2022 年度は本申請における文意一貫性をはじめとした文書中の意味情報をモデル中に組み込む手法を中心に研究を進め，国際会議論文 2 編を上梓した．1 本はアスペクト情報を考慮したカスタマーレビューの文書分類手法である．本論文ではアスペクトと呼ばれるユーザの興味や嗜好の対象とそれらに対する評価 (好評，不評など) といった内容に踏み込んだ評判分析を行うために，複数のアスペクト情報それぞれについて深層言語モデル BERT でファインチューニングをしてアスペクト情報ごとの小分類器を生成する．それらを用いてアンサンブル学習することでアスペクト情報の判別精度を向上を図り，既存の手法よりも高い精度で推定可能とした．もう 1 本では文書中の意味情報をグラフ構造で表現して扱う知識グラフ (Knowledge Graph, KG) を付与されたデータセットを用いて文書中の単語などの要素間の関係を推定するモデルを提案した．さらにそれを推理小説から構築されたデータセットに適用してモデルを構築して，犯人を推定するタスクに取り組み，従来の手法ではできていなかった文章の時系列を考慮した推定を可能とし，犯人推定もよい精度を得た．

研究期間全体では，「文意一貫性と意外性を備えた独創的な文を人間と協調して生成する人工知能の研究」として，文意の一貫性やそれを考慮した文生成として深層言語モデルをベースとして文書生成モデルを提案して，その成果を複数の国際会議論文および原著論文として上梓した．

さらに文意一貫性や意外性を考慮するために必要な文書中の潜在的意味情報を考慮する手法について研究して、その結果を国際会議論文などで上梓した。昨今の chatGPT などの巨大深層言語モデルによる文書生成の隆盛より、本申請の研究の目標の一つであった「意味一貫性」を維持した人間とコラボティブに文生成できる人工知能の作成は一つの到着店を見たといえる。申請最終年度にそれらの巨大深層言語モデルが次々と現れたことから見るに、研究の着眼点や方向性は非常に適切であったといえ、そしてその成果が社会で実現されつつあるといえるだろう。その一方、肯定的「破綻」といえる意外性を考慮した文書の生成手法に関しては現在のモデルでも実現されているとは言えない。これは深層学習の言語モデルが既存の文書群から学習している意味情報が表層的な部分に未だにとどまっておき、より深い意味情報の獲得手法が確立されていないことを示している。今後はそれらの構造をいかに獲得し、さらにそれをモデルにどのように反映するかという手法の研究を継続していく。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Riku Iikura, Makoto Okada, Naoki Mori	4. 巻 11
2. 論文標題 Paragraph Boundary Recognition in Novels for Story Understanding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app11125632	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ryoya Kaneda, Makoto Okada, Naoki Mori	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimating Semantic Relationships between Sentences Using Word Embedding with BERT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 10th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2021)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Riku Iikura, Makoto Okada, Naoki Mori	4. 巻 -
2. 論文標題 CVAE-Based Complementary Story Generation Considering the Beginning and Ending	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of 19th International Conference of Distributed Computing and Artificial Intelligence (DCAI 2021)	6. 最初と最後の頁 22 ~ 31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-86261-9_3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 飯倉 陸, 岡田 真, 森 直樹	4. 巻 62
2. 論文標題 不均衡分類問題としての小説の段落境界推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 891-902
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20729/00210253	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Ryoya Kaneda, Makoto Okada, Naoki Mori
2. 発表標題 Estimating Semantic Relationships between Sentences Using Word Embedding with BERT
3. 学会等名 10th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2021) (Online, July, 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Riku Iikura, Makoto Okada, Naoki Mori
2. 発表標題 CVAE-Based Complementary Story Generation Considering the Beginning and Ending
3. 学会等名 Proc. of 19th International Conference of Distributed Computing and Artificial Intelligence (DCAI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯倉 陸, 岡田 真, 森 直樹
2. 発表標題 潜在変数付き階層型エンコーダ・デコーダモデルに基づく物語の補完的生成手法の提案
3. 学会等名 第 35 回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大和 秀徳, 岡田 真, 森 直樹
2. 発表標題 BERT を用いた指示詞の照応関係の推定手法の検討
3. 学会等名 2021 年度 情報処理学会関西支部 支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Iikura, M. Okada, N. Mori.
2. 発表標題 Improving BERT with Focal Loss for Paragraph Segmentation of Novels.
3. 学会等名 7th International Conference of Distributed Computing and Artificial Intelligence (DCAI 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯倉 陸, 岡田 真, 森 直樹
2. 発表標題 Focal Loss を利用した BERT による小説の段落境界推定
3. 学会等名 第 34 回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 裕成, 岡田 真, 森 直樹
2. 発表標題 深層学習に基づく 4 コマ漫画のセリフの感情推定とマルチモーダル化への検討
3. 学会等名 2020 年度 情報処理学会関西支部支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 元山 直輝, 岡田 真, 森 直樹
2. 発表標題 漫画のオブジェクト順位データセットの構築と機械学習による内容理解の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会第 4 回コミック工学研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------