

# マルチモーダル AI を用いた 4 コマ漫画展開改変システムの開発

川西 凜乃助<sup>1</sup> 安井 悠馬<sup>1</sup> 藤井 叙人<sup>2</sup>

**概要:** 生成 AI の進化に伴い、エンタテインメント分野での「創作活動」に応用する事例も多く見られるようになってきた。本研究では、創作物の中でも、短いテキストと数枚の画像の中に起承転結などのストーリーを含むことができる 4 コマ漫画を対象とし、マルチモーダル AI を用いてストーリー展開を改変した 4 コマ漫画を出力するシステムの開発を目指す。まずは、4 コマ漫画の後半部分のテキストの改変を目標とし、ユーザが望むストーリー展開に関するキーワードに対応したテキスト生成を試みる。

## 1. はじめに

小説や漫画、映画、アニメなどにはそれぞれストーリーの流れが存在する。その中でも面白いと感じられることが多いものは、ストーリーの組み立て方が上手だったり、誰もが驚くような結末が待っていたりする。それはオリジナル作品だけでなく、「オリジナルとは異なる展開が見たい」、「もしこういう世界観だったなら」という思いを持つ人々によって生み出されるストーリー展開の改変、いわゆる 2 次創作においても同様である。

本来は人間の専売特許であったストーリーの組み立てや展開の改変といった創作活動において、ChatGPT<sup>\*1</sup>等の大規模言語モデルを応用する事例も増えてきた。これらの生成 AI は、テキスト生成や画像生成などのタスクで目覚ましい発展を遂げている。最近では、第 170 回芥川賞を受賞した九段理江の「東京都同情塔」[1] は、全体の 5%ほどを生成 AI での出力をそのまま利用していたことでも大きな話題を呼んだ。エンタテインメントへの活用では「AI ノベリスト」<sup>\*2</sup>のように最初のプロンプトを考えることによって、その後続く文章を生成してくれる AI も開発されている。他にも、クリエイターの創造性を活かすためにインタラクティブ性の高い共創型 AI サポートシステムを利用し、手塚治虫のブラック・ジャックの新作を作成する「TEZUKA2023」プロジェクト [2] なども行われている。このように、AI を利用して創作を行うことが可能であることが実証されつつある。さらに近年、テキストや音声、画像といった複数の情報を扱うことができる高性能のマルチモーダル AI が開発されており、エンタテインメント分野

での創作活動において、AI 利用の可能性は広がっている。

本研究では、マルチモーダル AI を用いて 4 コマ漫画のストーリー展開を改変するシステムの開発を目指す。対象とする創作物として 4 コマ漫画を選定した理由としては、4 コマ漫画は日本で広く認知されており、短いテキストの中に起承転結を始めとした様々なストーリーを含むことができるからである。このシステムによって、読者に対しては、異なる展開を見たいというニーズに応えることができ、また、漫画の制作者に対しては、新しいアイデアもしくはそのきっかけを与えることができると考えられる。

本論文では、まずは、4 コマ漫画のテキストと画像の内、テキスト部分の改変に着手する。ユーザは 4 コマ漫画の画像、および、1, 2 コマ目のテキスト情報を入力し、その入力情報をもとにして、いくつかの特徴を持たせた AI に 3, 4 コマ目のテキストを出力させる。以降、2 章では関連研究、3 章ではシステムの設計を含めた実装、4 章ではストーリー展開改変の実験結果について述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 エンタテインメントに関連するテキストの生成

横山ら [3] は深層学習を用いて俳句の生成に関するプロジェクトを行っており、俳句を詠む人工知能「AI 一茶くん」[4] の開発が行われている。この研究は、深層学習を用いて AI が苦手とする「独創性」「感性」の結実する俳句を作ろうとする挑戦を目的としている。ここでは AI によって俳句を生成するだけでなく、どういった俳句が良いのかの選別も行われている。出力された句を俳句フィルターモジュールによって判断し、「十七音であるもの」「季語をひ

<sup>1</sup> 福知山公立大学院 地域情報学研究科

<sup>2</sup> 福知山公立大学 情報学部

<sup>\*1</sup> ChatGPT <https://chat.openai.com/>

<sup>\*2</sup> AI のべりすと <https://ai-novel.com/>

とつ含むもの」「切れ字をひとつ以下含むもの」「既存の俳句と類似していないもの」にかからなかったものを有季定型句の形になっているものとしている。更には、形式が整っている俳句の中から日本語としての解釈の容易さなどを基準として選句を行い、AIによる生成物への評価方法の1つを示した。

## 2.2 漫画に関連する画像処理

日本語の漫画のデータセットとして、2017年に松井ら [5] によって発表された5つの4コマ漫画を含み、合計109冊の漫画で構成される学術用のデータセット manga-109 が存在する。またこれらのデータセットにはテキストやキャラクターの全体、顔などに対するアノテーションが付与されている。上記のデータセットを用いて、阿部ら [6] は台詞発話者の自動判定を行う場合に、どのような吹き出しの形態や、吹き出しと発話者の位置の関係が技術的困難性を生み出すかを示している。また手動での台詞と発話者を関連付けるアノテーション付与システムを開発し、データセットの構築を目指している。

## 2.3 LLM に対するロールの付与

Park ら [7] は、LLM を用いて作成した固有のロールを持つ25体のAIエージェントによる社会シミュレーションを行うことが可能であることを示した。三瓶ら [8] は名称と発言傾向、評価軸の3つの要素によって構成されている異なるロールを持つLLMエージェントを複数用意し、LLM同士のブレインストーミングを行うことでアイデアを得るシステムの提案を行っている。これらの研究では、LLMにプロンプトを与えることでAIエージェントを作成していることから、プロンプトにより出力に特徴をもたせることは可能であると考えられる。

## 3. 実装

本研究では、ユーザが入力した4コマ漫画の中でも、後半部分である3、4コマ目のテキストを生成AIを用いて変更するシステムの制作を目指す。制作にあたって、まずは、物語変更の対象とする創作物として4コマ漫画を題材とするメリット・デメリットについて述べたうえで、使用するマルチモーダルAI、テキスト生成AIの選定を行う。モデルはそれぞれ特徴をもっており、行うべきタスクに合わせたモデルを検討する必要がある。AIの選定を行った後、システムの設計方針について述べる。

### 3.1 4コマ漫画を題材とするメリット・デメリット

4コマ漫画は、AIによる物語の変更を使用する上でいくつかのメリット・デメリットを持つ。メリットとしては、他のストーリーを持つ創作物に対して短く、簡潔であり、ストーリーの展開に起承転結などのパターンが存在するこ

とが挙げられる。これにより、基本的なストーリーに着目することが可能である。また、4コマ漫画には4つのコマという固定されたフォーマットが存在していることや、一般的な漫画に比べて枠外の書き込みが少なく、例外が少ないことが挙げられる。他には、短い中でギャグやオチ、展開を理解する必要がある4コマ漫画は、長編漫画などと比較すると、テキスト部分の重要性が高いと考えられる。

一方、デメリットとしては、4コマで完結する長さであるため、情報量が少ないという点が挙げられる。入力された情報を基にテキストを変更する時、参照する情報が不十分である可能性がある。他にも、4コマ漫画のストーリー展開の良し悪しについて明確な評価基準がなく、情報量が少ない4コマ漫画だからこそ独自の面白さをいかにして判断するのかという問題もある。

### 3.2 使用モデルについて

本研究では画像から得た情報をテキストに変換するためのマルチモーダルAIと、展開を変更するための台詞テキストを出力するテキスト生成AIが必要である。使用するAIと選定理由について以下に述べる。

OpenAIに開発されたGPT-4Vision(以下、GPT-4V)とGoogleによって開発されたGemini proを比較しているFuら [9]の研究によると、両者非常に高度な視覚的理解の能力を持っているが、GPT-4Vはより詳細な説明を出力し、Gemini Proは簡潔な出力を行う傾向があると示されている。今回は画像の情報をできるだけ詳細にテキストに変換することができるマルチモーダルAIを求めているためGPT-4Vの方が適していると考えられる。またLiuら [10]によって開発されたLLaVA-1.5とGPT-4Vとの比較を行ったところ、GPT-4Vの方が今回の実験には適していると考えた。

テキスト生成を行う部分にはOpenAIによって開発され、十分な性能を持つモデルであるGPT-4を利用している。この部分については、テキスト生成AIが日進月歩でバージョンアップしていることもあり、検討が難しく、今後の課題となっている。

### 3.3 設計

#### 3.3.1 システムの外部設計

システムの外部設計を図1に示す。変更システムに4コマ漫画を入力する際、変更を行いたい4コマ漫画の画像入力のみで、コマの分割やテキストの読み取りの自動化を可能にすることで、ユーザへの負荷を低減することを目標とする。

入力された4コマ漫画は、変更システムの中でAIによって変更され、ユーザに対してテキストが出力される。出力されたテキストに対してユーザが評価を行い、それらを利用したRLHF (Reinforcement Learning from Human

Feedback) を行うことで、台詞テキストを出力する AI の性能向上が可能であると考えている。そのため、どのような項目で出力の評価を行うのか検討が必要である。しかし、現在の改変システムへの入力、1 コマずつに分割した 4 つの 4 コマ漫画の画像と 1, 2 コマ目の台詞のテキストとなっている。ユーザからの評価を利用するシステムにおいても、モデルに対するフィネチューニングを行っていない。そのため、コマの分割やテキストの読み取りの自動化や、RLHF を用いたモデルの強化は今後実装予定である。

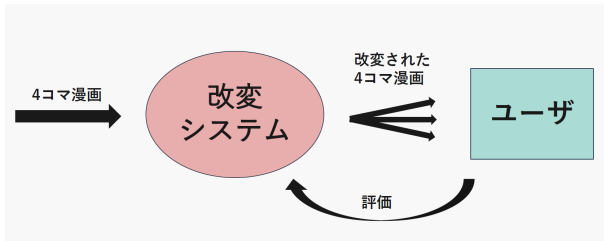


図 1: システムの外部設計図

### 3.3.2 ユーザ評価の項目

システムがユーザからの評価を受けることで、よりユーザの好み・求める展開に近い出力を行う。現在は、出力に対してユーザが「面白さ」「ストーリー」「オリジナリティ」からなる 3 項目をそれぞれ 1 から 10 点までの 10 段階で評価するシステムとなっている。これらの評価項目は、日本の出版社の中でも大きな影響力を持つ集英社が開催しているコンテストの 1 つである一点評価漫画賞<sup>\*3</sup>の評価項目 6 つの内、評価基準の比重がテキスト部分に大きい「ストーリー」と、短い 4 コマ漫画において評価しやすい「オリジナリティ」から採用することとした。また、AI により生成されたテキストをユーザが主観的にどう感じたのかを評価するため「面白さ」の項目も用意した。

### 3.3.3 システムの内部設計

システムの内部設計を図 2 に示す。ユーザから入力された 4 コマ漫画を画像分割システムにより 4 つのコマにそれぞれ分割し、分割された画像をマルチモーダル AI に入力する。ここで、マルチモーダル AI が持つ役割は 2 つある。1 つ目は入力された画像の吹き出しから 1, 2 コマ目の台詞テキストを抽出し、話者との紐づけを行うことである。2 つ目は、抽出された台詞テキストと画像情報を組み合わせ、コマの状況を表現するテキストを生成することである。

3, 4 コマ目の改変されたテキストを出力する際に、キャラ付けを行った AI を使用する。キャラ付けは、ユーザが求める展開を表すような単語を利用する。キャラ付けを行うことで、ユーザの考えを出力に対してより強く反映することが可能であると考えている。また、より特徴的な出力を行うためには、どのような要素を用いてキャラ付けを行

う必要があるのか検討する必要がある。キャラ付けされた AI に対して、1, 2 コマ目の状況を表現したテキストに加え、3, 4 コマ目の画像情報を文字に変換したテキストを入力する。それにより、3, 4 コマ目の改変されたテキストが出力される。具体例は 4.2 に示す。最後に、キャラ付けされた AI により出力された部分を、4 コマ漫画成型システムへと入力することで、吹き出しの中に台詞を埋め込むなどの作業を行いユーザへと出力する。本論文では、まず、マルチモーダル AI の利用方法と、AI へのキャラ付けについて議論をすることとし、画像分割システムと 4 コマ漫画成型システムについては、今後実装予定とする。

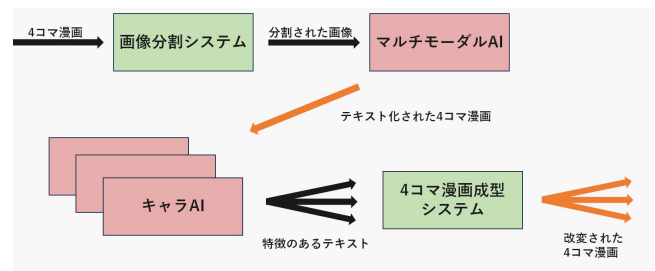


図 2: システムの内部設計図

### 3.3.4 展開改変における AI のキャラ付け

本システムでは、ユーザが求める展開を表すような、ユーザが「入力した単語」のみを利用してキャラ付けされた AI を作成するのではなく、「入力した単語に関連する単語」「入力した単語の対義語」を含む 3 つの単語を利用することで、複数のキャラ付けされた AI を作成する。「入力した単語に関連する単語」は単語ベクトルの cos 類似度が大きい候補の中から選択される。ユーザが求めるような展開とは同一ではないものの、近い状況のアイデアを提供するために設定している。しかし、cos 類似度が大きいものの中でも、似たような文脈で出現する全く異なる意味を持つ単語なども存在するため、どのような基準で選定するのかもう少し考える必要がある。「入力した単語の対義語」は、ユーザの想定とは異なる展開を生み出すことで、新たなアイデアを提供を行うために設定している。これは、AI によって「入力した単語」の対義語の出力を行っている。

3 つの単語に適した展開を生み出すため、AI にペルソナを与えることで、AI のキャラ付けを行う。ペルソナは、名前、年齢、性別、趣味、性格、価値観、コミュニティ、コミュニケーションスタイル、専門知識の 9 項目で構成する。これらの項目は、ペルソナを生成するための AI により、3 つの単語に合わせて作成され、テキストを生成する AI へ入力される。このようにして作成された、3 つのキャラ付けされた AI を用いて、3 つのそれぞれ異なる展開の出力を行う。

\*3 一点評価漫画賞 <https://rookie.shonenjump.com/etc/ittenhyouka>

## 4. 実験と考察

### 4.1 GPTs を用いた予備実験

OpenAI により発表された「GPTs」\*4を利用し、GPT-4V での 4 コマ漫画を改変する実験を行った。GPTs とは個人のニーズに合わせて ChatGPT をカスタマイズすることができる機能である。ユーザが求める機能を対話形式で入力することで、簡単に作成できることが大きな利点である。プロンプトとして、「この GPT は 4 コマ漫画の展開を改変することに特化している」という役割や、「この GPT の目的はユーザーに既存の 4 コマ漫画から異なる展開を与えることや、漫画の作者などに新しいアイデアのきっかけを与えること」という目的とともに、実際にどのように動作するのかを step ごとに分けて与えている。

図 3 の 4 コマ漫画を使用してテキストの改変を行う。1 から 4 コマ目までの画像と 1, 2 コマ目のテキストを入力すると、それに対して以下のようなコマの状況を説明する文章が、GPTs から出力される。



図 3: GPTs で改変前の漫画 幼稚園ぼうえい組 © テンヤ

1 コマ目:

園長先生は、真剣な表情でタバコのようなものをくわえています。一人の園児が不安そうに先生に近づき、タバコについて指摘します。「え... 園長先生も園児の前でタバコは...」と心配そうに言う園児に、先生は驚いた表情で「ああ?」と応えます。

2 コマ目:

園長先生は、困惑した表情を変えずに園児に説明します。「コレタバコじゃねーよチョコだよチョコ」と、先生は園児にチョコレートであることを力説します。園児はその言葉に驚きながらも、先生の手元をじっと見つめています。

3 コマ目:

園児の視点からチョコレートがクローズアップされ、それが本当にタバコではなくお菓子であることが明確にされます。チョコレートはタバコの形をしていて、包装紙には「CHOCO」と書かれています。園児は興味津々で、お菓子を手に取りたそうにしています。

4 コマ目:

園長先生は、園児にチョコレートを差し出しながらも、やや呆れたような表情を浮かべています。園児はチョコレートを受け取りながら、先生に対する誤解が解けたことに安堵しているようです。しかし、園児の表情からは、まだ何か納得がいかない様子も伺えます。

出力された文章を基に、3, 4 コマ目の改変された台詞テキストを出力する。図 4 は台詞テキストを元の漫画に手動で当てはめたものである。1, 2 コマ目と、改変された 3, 4 コマ目の間においても話の流れは繋がっており、改変を行うためのテキスト生成には成功している。一方で、コマの状況を表現するテキストは、実際の状況と異なる場合もあるなど課題も残る。

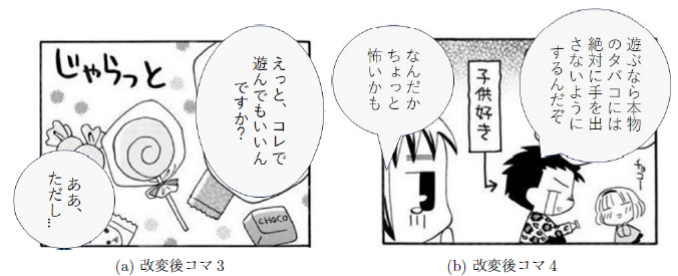


図 4: GPTs で改変後の漫画 幼稚園ぼうえい組 © テンヤ

### 4.2 改変システムを利用した実験

今回利用するシステムの概要を述べる。まず、1 コマずつに分割した 4 つの 4 コマ漫画の画像と 1, 2 コマ目の台詞のテキストを入力する。入力されたデータを基に、1, 2 コマ目の状況を表現するテキストと、3, 4 コマ目の画像情報を文字に変換したテキストを作成し、テキスト生成 AI へと入力する。テキスト生成 AI に対して、「入力した単語」「入力した単語に関連する単語」「入力した単語の対義語」の 3 つの単語を利用し、ペルソナを与えることで、キャラ付けを行う。キャラ付けされたテキスト生成 AI は、入力された 4 コマ漫画の情報を基に、それぞれ異なる展開を出力する。以下に例を示す。

- 1, 入力した単語: 熱い
- 2, 入力した単語に似たもの: アツイ
- 3, 入力した単語の対義語: 冷たい

\*4 GPTs <https://openai.com/blog/introducing-gpts>

図5の4コマ漫画を使用し、キャラ AI によるテキストの改変を行う。1 から 4 コマ目までの画像と 1, 2 コマ目のテキストを入力すると、それに対して以下のようなコマの状況を説明する文章が出力される。

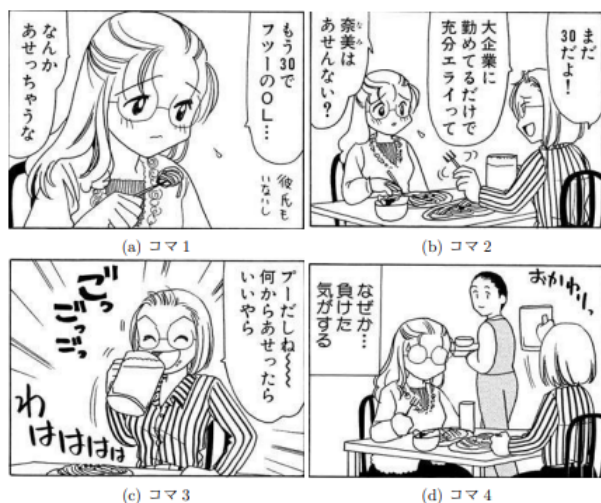


図 5: キャラ AI で改変前の漫画 OL ランチ © さんり ようこ

1 コマ目:  
 30 歳の眼鏡をかけた女性が、パスタをフォークで巻き取りながら考え込んでいます。彼女はどことなく浮かぬ表情をしています。テキスト: 「もう 30 でフツの OL... なんかあせっちゃうな」 「彼氏も…いないし」

2 コマ目:  
 同じく、30 歳の女性と友人らしき別の女性が食事をしています。友人はパスタをフォークで取りながら、大きな笑顔で元気に話しかけています。向き合った二人の会話がわかります。テキスト: 「まだ 30 だよ! 大企業に勤めてるだけで充分えらいつて」、「奈美はあせんないの?」

3 コマ目:  
 友人が陽気にビールジョッキを持ち上げて、大きく飲み干す様子が描かれています。彼女は笑顔で、楽しそうに飲んでいます。

4 コマ目:  
 30 歳の女性はしょんぼりとした様子でパスタをフォークで取り、考え込んでいます。一方で友人は再び食事を楽しんでいる様子です。ウェイターらしき男性が二人のテーブルに新たな料理を持ってきている場面も描かれています。

出力されたコマの状況を説明する文章を、ユーザにより入力された単語を基にキャラ付けされた AI に入力することで 3, 4 コマ目の改変された台詞テキストを出力する。図

6 は「熱い」、図 7 は「アツイ」、図 8 は「冷たい」という単語により生成されたものを、手動で元の漫画へと当てはめたものである。「熱い」をテーマにしたものは、表 1 に示されているように、「明るくて好奇心旺盛、チャーミング」という性格を持つペルソナから作成されており、情熱的な要素を持った展開となっている。「アツイ」をテーマにしたものでは、「熱いラーメンを食べると元気が湧いてくるよ!」などのラーメンに関する展開なども見られ、「サウナ巡り、ラーメン食べ歩き、アニメ鑑賞」というペルソナが持つ趣味が反映された形となっている。「冷たい」というテーマではこれまでの情熱的な性格ではなく、「寡黙でクール、冷静沈着だが内心は優しい」という性格を持つペルソナが与えられており、3 コマ目の「だからさ、焦る必要なんてないんだって!」というセリフからは落ち着きを与えるようなストーリーが見られる。3 つの改変された 4 コマ漫画を 1 コマ目から読んでもストーリーに破綻はなく、繋がった物語になっていると考えられる。また、出力されたテキストは特徴を持ったものになっており、それぞれに与えられている指示についてもある程度効果が出ているといえる。

改変された展開に対し、ユーザは「面白さ」「ストーリー」「オリジナリティ」の 3 項目で評価を行う。得た評価をプロンプトに組み込むことで、評価を利用した再生成を行うことが出来る。しかし、現在はユーザからの評価を利用した再生成において、どの程度の効果を持つのか評価できていない。そのため、ユーザの評価を用いて再生成を行う効果については、今後検証予定である。

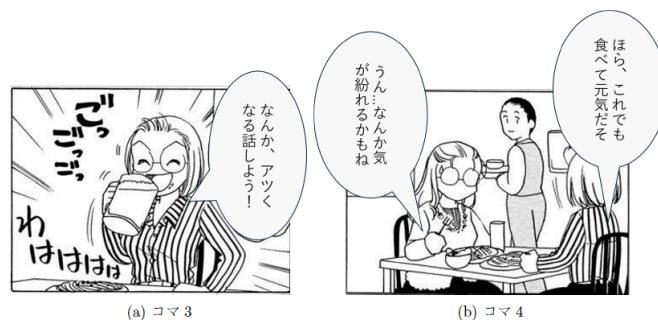


図 6: 「熱い」で改変後の漫画 OL ランチ © さんり ようこ

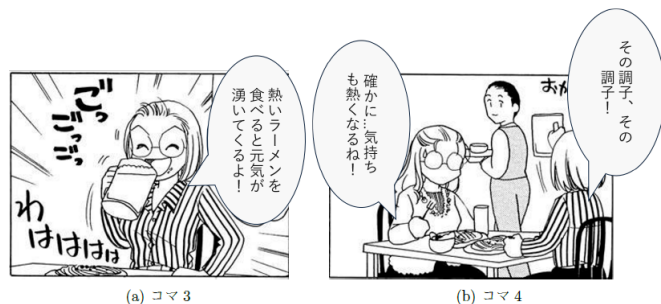


図 7: 「アツイ」で改変後の漫画 OL ランチ © さんり ようこ

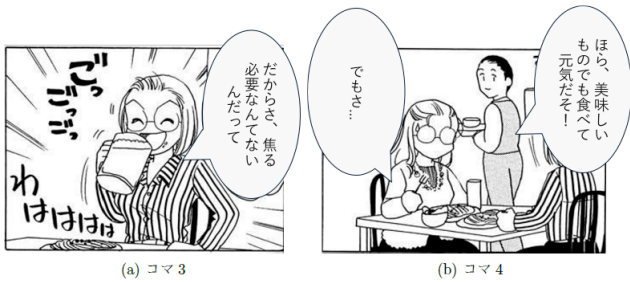


図 8: 「冷たい」で改変後の漫画 OL ランチ © さんり ようこ

表 1: 「熱い」での生成時のペルソナ

項目	詳細
名前	ナツキ
年齢	28 歳
性別	女性
趣味	料理、漫画執筆、旅行
性格	明るくて好奇心旺盛、チャーミング
価値観	チャレンジ精神を大切に、個性を尊重する
コミュニティ	オンラインの漫画家コミュニティや料理教室に所属
コミュニケーションスタイル	親しみやすく、ふざけることを好む
専門知識	料理全般、特に和食とイタリアンが得意。 また、シナリオライティングのスキルも高い

#### 4.3 考察

実験結果より得られた、4 コマ漫画展開改変システムにおける考察・今後の課題を以下に示す。

##### システムの完成

3.3 設計で示したように、画像分割システムや成型システムなど実装できていない部分がある。この部分を完成させることによりより使いやすいものとなることが考えられる。また、台詞テキストを出力するに当たり、4 コマ漫画に適した生成 AI を調査する必要がある。

##### より良いキャラ付けの方法

AI により、いくつかのパラメータで構成されるペルソナを与えているが、現在設定されている項目で、AI が特徴を獲得し、テキストに反映されているかの評価を十分に行っていないため、さらなる検討が必要である。また、著名な漫画家や作家になりきるようなプロンプトを与えることで、その作者の作品と似た傾向をもつ出力ができるようになることも考えられる。

##### 様々な入出力への対応

現在、1 コマずつに分割した 4 つの 4 コマ漫画の画像と 1, 2 コマ目の台詞のテキストと 3, 4 コマ目の状況をテキ

ストにしたものを入力し、3, 4 コマ目のセリフを出力している。しかし、それだけではなく 3, 4 コマ目の情報を入力せずにコマの状況を変更できるような出力など、様々な形での入出力に対応していきたい。

## 5. 結論

本研究では AI が急速に発展する中でエンタテインメント分野への応用として、マルチモーダル AI を用いて 4 コマ漫画の画像情報をテキストへと変換し、それらを利用してキャラ付けを行った AI により展開を改変するシステムの提案を行った。このシステムを作成することで、異なる展開を求めるユーザのニーズを満たすこと、創作の新しいアイデアのきっかけを作ることを目指した。またキャラ付けを行った AI により展開を変える台詞テキストを出力すると、それぞれ与えた指示に沿うような出力がなされており、プロンプトによるキャラ付けの有効性が見られた。しかし、出力された台詞テキストの長さや、より良いキャラ付けの方法など課題は残る。

## 参考文献

- [1] 九段理江: 東京都同情塔, 新潮社 (2024).
- [2] TEZUKA2023 プロジェクト: TEZUKA2023 ブラック・ジャック 機械の心臓 - Heartbeat Mark 2, 秋田書店 (2023).
- [3] 横山想一郎, 山下倫央, 川村秀憲: 深層学習を用いた俳句の生成と選句, 人工知能, Vol. 34, No. 4, pp. 467-474 (2019).
- [4] 川村秀憲, 山下倫央, 横山想一郎: 人工知能が俳句を詠む: AI 一茶くんの挑戦, オーム社 (2021).
- [5] Matsui, Y., Ito, K., Aramaki, Y., Fujimoto, A., Ogawa, T., Yamasaki, T. and Aizawa, K.: Sketch-based manga retrieval using manga109 dataset, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 76, No. 20, pp. 21811-21838 (online), DOI: 10.1007/s11042-016-4020-z (2017).
- [6] 阿部和樹, 中村聡史: 漫画における台詞発話者の自動判定に向けた技術的困難性による整理とデータセット構築手法の検討 (2019).
- [7] Park, J. S., O'Brien, J., Cai, C. J., Morris, M. R., Liang, P. and Bernstein, M. S.: Generative agents: Interactive simulacra of human behavior, *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 1-22 (2023).
- [8] 三瓶智輝, 宮下芳明: Agent Agora: 異なるロールのエージェントを集めて放置することでアイデアを得るシステム, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, Vol. 2023 (2023).
- [9] Fu, C., Zhang, R., Lin, H., Wang, Z., Gao, T., Luo, Y., Huang, Y., Zhang, Z., Qiu, L., Ye, G. et al.: A challenger to gpt-4v? early explorations of gemini in visual expertise, *arXiv preprint arXiv:2312.12436* (2023).
- [10] Liu, H., Li, C., Li, Y. and Lee, Y. J.: Improved baselines with visual instruction tuning, *arXiv preprint arXiv:2310.03744* (2023).