

機械学習に基づく対話システムを導入した絵本の半自動生成

Semi-automatic Picture Book Generation with Interaction System based on Machine Learning

福田 清人 *¹
Kiyohito Fukuda藤野 紗耶 *²
Saya Fujino森 直樹 *¹
Naoki Mori松本 啓之亮 *¹
Keinosuke Matsumoto*¹大阪府立大学 工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

*²大阪府立大学 工学域

School of Engineering, Osaka Prefecture University

Recently, automatic generation of narrative works like novel and comic by the computer has attracted interest in artificial intelligence fields. Lots of studies on narrative generation have been reported. However, most of those do not consider human preferences when they generate narratives. In this study, we focus on the story because high quality story is very important to generate the comic. Therefore, we propose semi-automatic picture book generation method with interaction system based on machine learning. The computational experiments are carried out to confirm the effectiveness of the proposed method.

1. はじめに

近年、計算機の爆発的な発展を背景として、小説や漫画のような物語を計算機によって自動生成する試みが人工知能分野で大きな注目を集めている。物語は人の感性に基づく創作物であり、ストーリーと表現媒体という2つの要素に分解される。ストーリーは物語の内容であり、表現媒体は言語や画像のようなストーリーを表現するための媒体である。

物語の自動生成に関する研究はこれまでも数多くなされ、小説 [Turner 93] や漫画 [上原 11]、音楽といった様々な種類の物語で報告されている。しかしながら、上述した研究においても、ユーザごとに異なる趣味嗜好に対応することが困難であるという点が問題として挙げられる。

我々が日常で一番触れる機会が多い物語として、コミックがある。コミックは絵、会話、ストーリーから構成され、幅広い年齢層に受け入れられている物語である。本研究では、コミックの自動生成を最終目的としているが、質の高いストーリーがなければ、質の高いコミックを創出することはできないと考え、本研究ではまずはストーリーに着目した。ストーリーが定めれば、そこに絵と会話を付加することでコミックの自動生成の足掛かりになると期待できる。

以上の観点から、本研究では絵本を広義の意味での幼児向けのコミックであるとみなし、物語の半自動生成システムに対して機械学習に基づく対話システムを導入することで、ユーザの嗜好に対応した絵本の半自動生成システムを提案する。物語の半自動生成システムには、筆者らがこれまでに提案してきた Agent-Based Simulation (ABS) を用いた物語の半自動生成システム [Fukuda 17] を改良したものを、数値実験によって提案手法の有効性を示す。

2. 関連研究

本章では本研究と関りが深い物語に関する関連研究について述べ、本研究の位置づけを示す。

2.1 小説の自動生成

MINSTREL [Turner 93] と呼ばれるアーサー王と円卓の騎士に材を取った小説を自動生成するシステムが提案されてい

連絡先: 福田清人, 大阪府立大学 工学研究科, 大阪府堺市中区学園町 1-1, 072-254-9273, fukuda@ss.cs.osakafu-u.ac.jp

る。MINSTREL は事例となる既存の文章から事例ベース推論 (Case-Based Reasoning: CBR) により文法的な面で置換可能な規則を推測する。推測された規則を用いて文章を置換することで、新たな物語を生成する。しかしながら、置換可能と推測された規則が意味的にも置換可能であるかは保証されておらず、不自然な文章になる場合があることが問題点として挙げられる。また、生成される物語は既存の事例と置換に用いる文章にのみ依存し、ユーザの嗜好に対応した物語を生成することが困難であるという問題点も存在する。

2.2 絵本の自動生成

絵本に関する研究では、絵本の半自動生成システムペタを用いて、ユーザが物語を創作するプロセスを考慮したストーリーの創作支援システム [上原 11] が提案されている。提案システムでは、ペタによって生成される絵に対して子供がストーリーを生成する際に、システムが 5W1H に沿った問いかけを実行する。問いかけによって、生成されるストーリーの構成を誘導することでユーザを支援する。しかしながら、ストーリーを生成するのはあくまでユーザであり、このシステムが直接的にストーリーを生成することはできない。

2.3 本研究の位置づけ

関連研究では、生成される物語に対してユーザの嗜好を反映させることが困難であったりユーザ自身がストーリーを生成しななければならない。上記の点に対し、本研究ではシステムが主導してストーリーを生成し、ユーザが生成されたストーリーを評価する。ユーザの評価をストーリー生成に利用することで、ユーザの嗜好に対応することが可能である点が提案手法の一番の特色である。

3. 提案手法

本研究では機械学習に基づく対話システムを導入することで、ユーザの嗜好に対応した絵本の半自動生成システムを提案する。以下に提案手法の概要を示す。各ステップについては 3.1 ~ 3.5 節で詳述する。

Step.1 ABS の設定

提案手法において、ストーリー生成に用いる ABS を設定する。

表 1: エージェントや相互作用が持つ役割の一例

所属	役割名	説明
エージェント	主人公	物語の主役であり、主人公を中心にストーリーが展開される。
エージェント	競争者	主人公のライバルであり、主人公に立ちふさがる。
エージェント	運搬者	各登場人物に重要なアイテムを与える。
相互作用	冒険	主人公の行動で何らかの出来事が発生する。
相互作用	取得	主体が客体から重要なアイテムを受け取る。
相互座用	和解	発生した出来事により主人公と客体との関係が友好的になる。
相互作用	挫折	発生した出来事の中で困難に立ち向かえず挫折してしまう。

Step.2 シミュレーションログの生成

ABS を実行することでアクションログとステータスログという 2 種類のシミュレーションログを生成する。

Step.3 簡易ストーリーの生成

シミュレーションログからユーザに提示するための簡易ストーリーを生成する。

Step.4 対話システムに基づく ABS の再設定

簡易ストーリーに対するユーザの評価を獲得し、その結果に基づき ABS の設定を更新する。ユーザの評価が一定数得られると、機械学習を用いてユーザモデルを生成し、簡易ストーリーに対するユーザの評価を推定することで ABS の設定を更新する。

Step.5 絵本の半自動生成

Step.1 ~ 4 を繰り返しユーザの評価が一定数得られると、シミュレーションログからシステムとユーザが共同で絵本を半自動生成する。

3.1 ABS の設定

ABS はある環境下で複数の自律エージェントが同時に活動する中で、各エージェントの行動や相互作用が環境やエージェントに与える、ミクロ-マクロインタラクションに基づく影響を評価するシミュレーション手法である。ABS には簡単な行動ルールを与えたエージェントが相互作用することで複雑な挙動を再現できるという特徴がある。この特徴が複雑な構造をしているストーリーの自動生成に応用可能であると考えられる。

本研究ではこれまで筆者らが提案してきた絵本の半自動生成手法に用いてきた ABS を改良したものをを用いる。以降、従来手法に用いた ABS を従来 ABS、提案手法で用いる ABS を提案 ABS と呼ぶこととする。以下に改良した箇所のうち、提案手法に大きく関わる部分について説明する。

3.1.1 パラメータ

従来 ABS のパラメータには事前に決定されるシステムパラメータとユーザが自由に変更できるユーザパラメータが存在する。提案 ABS ではユーザパラメータの数を減らし、ABS における人物エージェント数やシーン数のみをユーザパラメータとする。これは、ユーザの評価から一度に複数のパラメータを学習することは困難であり、特定のパラメータのみを学習することに焦点を当てるためである。

次に、エージェントがストーリーの中で果たすべき役割の種類を変更した。また、シーンが持つパラメータから役割を削除し、相互作用自体が役割を持つように変更した。相互作用には 2 種類の役割を与えた。エージェントが持つ役割は「主人公」、「競争者」、「賢者」、「魔女」、「協力者」、「敵対者」、「運搬者」のいずれか 1 種類である。相互作用が持つ役割は「冒険」、

「事件」、「依頼」の中から 1 つ、および「取得」、「喪失」、「和解」、「対立」、「克服」、「挫折」の名から 1 つの、合計 2 種類である。表 1 にエージェントと相互作用が持つ一部の役割の説明を示す。

3.1.2 移動方法と役割遷移

従来 ABS では、エージェントとシーンに役割を与え、エージェントが他のエージェントやシーンからの影響に従って移動先を決定する。移動後、移動先のシーンが持つ役割によって発生するイベントの役割を決定していた。

提案 ABS では、エージェントはランダムに目標となるシーンを決定して目標に移動する。移動後、シーンと同座標上で他のエージェントと相互作用するタイミングで、相手が持つ役割や直前の相互作用の役割に従って相互作用の役割を決定することとした。上記の変更によって、相互作用の役割遷移確率を制御することで ABS を制御することが可能となる。役割遷移確率は $[0.0, 100.0]$ を満たす実数の集合であり、役割遷移確率の各要素は 50.0 を基準として、基準との差が α の倍数となる値のいずれかを初期値とする。提案手法では α を 20.0 としたため、初期値は 10.0, 30.0, 50.0, 70.0, 90.0 のいずれかとなる。

3.2 シミュレーションログの生成

3.1 節で設定された ABS により生成されるアクションログおよびステータスログという 2 種類のシミュレーションログについて、以下に示す。

アクションログ ABS において各エージェントが特定の行動をするたびに、ターン数、エージェントの座標、主体となるエージェント、客体となるエージェント、行動の役割、行動番号、行動による各種パラメータの変化量、エージェント間でやり取りされるアイテムといった各データをアクションログとして取得する。

ステータスログ 各ターンの開始時にターン数と全エージェントおよび全シーンの全パラメータをステータスログとして取得する。

3.3 簡易ストーリーの生成

小説は多種多様な要素が複雑に絡み合いながら生成されるものであり、個人の嗜好が複雑に絡み合う要素のどの部分に帰属するものであるかを識別するのは非常に困難である。

本研究では物語内で発生するイベントの役割とその遷移という要素のみに着目する。そこで、評価のためにユーザに提示するものを相互作用の役割とその遷移に限定する。しかしながら、相互作用の役割と遷移のみを与えられてもユーザは評価が困難である。提案システムでは 3.2 節で得られたアクションログおよびステータスログから簡易なストーリーを生成して提示することで、ユーザにストーリーを評価してもらう。以下に簡易ストーリーの生成アルゴリズムを示す。



図 1: GUI の外観

1. 相互作用の各役割に対応した簡素な文を手で事前に生成する。手で生成する文には主体、客体、アイテムという 3 種類のキーワードが挿入されている。
2. 各アクションログに対して、行動番号の昇順に相互作用の役割に応じた文を取得する。相互作用は 2 種類の役割を持つため、取得した 2 種類の文を連結する。
3. 連結により得られた文に対して、キーワードが挿入された部分をそれぞれ主体となるエージェントの名前、客体となるエージェントの名前、やり取りされたアイテム名という情報で置換する。置換に用いる情報は着目しているアクションログから取得する。
4. 生成文の集合に対して、主体と客体、相互作用の役割が同一である文が連続している場合、連続した文を 1 文に省略する。また、特定の条件を満たさない文はストーリーの大局には影響を与えないと考え、削除する。
5. 最終的に得られた文の集合を簡易ストーリーと定義する。

3.4 対話システムに基づく ABS の再設定

3.3 節で得られた簡易ストーリーをユーザに提示して評価してもらう。評価にかかるユーザの負担を軽減するため、評価用に GUI を実装し、1 度にユーザに提示する簡易ストーリーの数を 2 と制限する。簡易ストーリーの評価は 1 (悪いストーリー) から 5 (良いストーリー) までの 5 段階評価とする。図 1 に実装した GUI の外観を示す。

ABS のパラメータである相互作用の役割遷移確率は、得られたユーザの評価に基づいて局所的に更新する。また、ユーザの評価が一定数得られるごとに、相互作用の役割遷移確率を大域的に更新する。以下に相互作用の役割遷移確率の更新アルゴリズムを示す。

1. 相互作用の役割遷移確率の初期値を基準として、正規分布に従って各要素の値を変化させる。
2. 1 の操作を 2 回実行し、2 種類の役割遷移確率を生成する。生成した相互作用の役割遷移確率を用いて、ABS により 2 種類の簡易ストーリーを生成する。
3. ユーザに生成した簡易ストーリーの評価を 5 段階で評価してもらう。
4. 相互作用の役割遷移確立の初期値に対して、評価が高い方の簡易ストーリーにのみ存在する役割遷移の確率を高くし、評価が低い方の簡易ストーリーにのみ存在する役割遷移の確率を低くすることで、役割遷移確率の初期値を更新する。

5. 1 から 4 を繰返し、ユーザの評価数が $2n$ だけ得られるごとに、機械学習を用いてユーザの嗜好を学習する。ここで、 n は評価回数である。学習で得られたモデルを用いてユーザの評価を推測することで、役割遷移確率の初期値の各要素を更新する。

本稿ではデータ量の関係から実験はしていないが、十分なデータが集まった段階で役割遷移確率とユーザ評価の関係を SVM や深層学習などで学習する。詳細については発表時に述べる。

3.5 絵本の半自動生成

3.1 から 3.4 節を繰返し、ユーザの嗜好がある程度考慮したと判断すると、シミュレーションログおよび簡易ストーリーから絵本を半自動生成する。提案手法では、簡易ストーリーの 1 文から絵本の 1 ページを生成する。絵本の 1 ページは 1 枚の絵と数文の文章から構成されると定義する。以下に絵本の半自動生成アルゴリズムを示す。

1. 簡易ストーリーの文数を N_{page} とし、 i 番目の文に対応したアクションログおよびステータスログを $A_i (i = 1, 2, \dots, N_{\text{page}})$, $S_i (i = 1, 2, \dots, N_{\text{page}})$ とする。また、 $i = 1$ とする。
2. ストーリーの始まりを表現するため、絵本の 1 ページ目を各エージェントの初期パラメータを用いて生成する。
3. A_i , S_i の要素を参照して、ストーリーを絵によって表現する。絵による表現方法については 3.5.1 節で詳述する。
4. A_i , S_i の要素を参照して、ストーリーを文章によって表現する。文章による表現方法については 3.5.2 節で詳述する。
5. ストーリーを表現した絵と文章を組合せることで、絵本の i ページ目を生成する。
6. $i = i + 1$ とし、 $i \leq N_{\text{page}}$ であれば、3 へ戻る。
7. ストーリーの結末を表現するため、1 ~ 2 ページをシミュレーション終了時の各エージェントの情報を用いて生成する。

3.5.1 文章によるストーリーの表現

提案手法では、ストーリーを文章によって表現するために、雛形となる文章テンプレートを用いる。文章テンプレートはあらかじめ人手で作成したものを用いる。文章テンプレートを補完するための文節や文も同様に、あらかじめ人手で作成したものをデータベースとして用いる。準備した文章テンプレートや文、文節にはそれぞれ、アクションログやステータスログと関連した情報がタグ付けされている。以下にストーリーの文章による表現アルゴリズムを示す。

1. 相互作用の役割に従って、文章テンプレートを選択する。
2. 各エージェントのパラメータの変化やこれまでに発生している祖語作用の情報に従って、文章テンプレートを補完する文節や文を選択する。
3. 文章テンプレートを文節や文で補完して文章を完成させることで、ストーリーを文章によって表現する。

表 2: 実験条件

評価回数 n	10
評価ストーリー数	20
試行回数	10
各役割遷移確率	0.167
ユーザの嗜好	「スタート」→「取得」 「取得」→「和解」, 「和解」→「喪失」 「喪失」→「対立」, 「対立」→「挫折」 「挫折」→「克服」, 「克服」→「和解」

表 3: 役割遷移確率の初期値と学習後の値

役割遷移	初期	平均	標準偏差
「スタート」→「取得」	0.167	0.255	0.081
「取得」→「和解」	0.167	0.235	0.107
「和解」→「喪失」	0.167	0.173	0.030
「喪失」→「対立」	0.167	0.171	0.014
「対立」→「挫折」	0.167	0.261	0.053
「挫折」→「克服」	0.167	0.202	0.106
「克服」→「和解」	0.167	0.274	0.083

3.5.2 シーンの絵による表現

提案手法において、ストーリーを絵によって表現するために、絵パーツと呼ばれる一つのオブジェクトを表す絵を用いる。絵パーツはあらかじめ人手で作成したものをデータベースとして用い、場所を表す背景画像もその中に含まれる。絵パーツには、アクションログやステータスログと関連した情報がタグ付けされている。以下にストーリーの絵による表現アルゴリズムを示す。

1. 相互作用に関係する各オブジェクトに対して、アクションログやステータスログから得られる情報に従って、絵パーツを選択する。
2. ユーザは選択された絵パーツを GUI 上で操作することによって、適切な位置に配置する。
3. 配置された絵パーツ全体をまとめて 1 枚の絵とすることで、ストーリーを絵によって表現する。

4. 実験

提案手法の有効性を確認するため、以下に示す 2 点について実験をする。

- 提案手法によりユーザの嗜好を考慮したストーリーを生成することができるか。
- 提案手法により原始的な漫画の一種である絵本を半自動生成することができるか。

紙面の関係上、実験 1 についてのみ示し、実験 2 以降に関しては発表時に述べる。

4.1 実験 1

ユーザの嗜好を考慮できているかを確認する初期実験として、ユーザの嗜好を仮想的に構築する。具体的には、相互作用の役割遷移のうち、特定の役割遷移を好むユーザを仮定し、好みの役割遷移がストーリー内に出現した場合にそのストーリーの評価を高くする。構築した仮想ユーザが提案手法を用いることで、相互作用の役割遷移確立が、仮想ユーザが好む特定の役割遷移をするような値になっているかを確認する。表 2 に実験条件を示す。

4.2 実験 1 の結果と考察

表 3 に実験結果を示す。表 3 を見ると、「スタート」→「取得」や「対立」→「挫折」、「克服」→「和解」といったいくつかの役割遷移確率が初期値と比較して大きな値となっている。上述した 3 つの役割遷移については t 検定により、有意水準 5% で有意差があり、その役割遷移が発生しやすい状況になっ

ていることがわかる。このことから、提案手法を用いることでユーザの明確な嗜好を考慮したストーリーを生成することができるといえる。

しかしながら、「和解」→「喪失」や「喪失」→「対立」といった役割遷移確率は初期値からほぼ変化しなかった。これは「喪失」は出現頻度が低い役割であり、「喪失」が関連する役割遷移全体が学習できなかったのではないかと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では原始的な漫画の一種である絵本を対象として、機械学習に基づく対話システムを導入した絵本の半自動生成システムを提案した。特定の嗜好を持つユーザを仮定した実験により、提案手法がユーザの嗜好を考慮したストーリーを生成できることを示した。

今後の課題として、役割遷移の出現頻度の差を考慮した学習手法について考察することが挙げられる。また現在、絵によるストーリーの表現方法はユーザに大部分を依存してしまっている。そこで、漫画や絵本のようなイラストデータから各オブジェクトの配置を自動で決定する手法を検討する必要がある。文章によるストーリーの表現方法についても、人手で文章を準備するのではなく、既存の文章を Doc2Vec [Le 14] のような自然言語処理技術を用いて、ストーリーに合わせて使用する単語や文体を変換する手法を検討する。

なお、本研究は一部、日本学術振興会科学研究補助金基盤研究 (C) (課題番号 26330282) の補助を得て行われたものである。

参考文献

- [Fukuda 17] Fukuda, K., Fujino, S., Mori, N., and Matsumoto, K.: *Semi-automatic Picture Book Generation Based on Story Model and Agent-Based Simulation*, pp. 117–132, Springer International Publishing, Cham (2017)
- [Le 14] Le, Q. V. and Mikolov, T.: Distributed Representations of Sentences and Documents, *CoRR*, Vol. abs/1405.4053, (2014)
- [Turner 93] Turner, S. R.: *Minstrel: A Computer Model of Creativity and Storytelling*, PhD thesis, University of California at Los Angeles, Los Angeles, CA, USA (1993), UMI Order no. GAX93-19933
- [上原 11] 上原 大輝, 出水 ちあき, 宮里 洸司, 神里 志穂子, 野口 健太郎: J-030 子どもの思考プロセス把握における物語自作システムの有効性検証 (HCS(2), J 分野: ヒューマンコミュニケーション&インタラクション), 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 10, No. 3, pp. 597–600 (2011)