

1 教師 1 生徒対話形式教育用脚本の自動生成

伊藤 博典[†] 浅野 泰仁^{††} 吉川 正俊^{††}

[†] 京都大学工学部情報学科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 36-1

^{††} 京都大学情報学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 36-1

E-mail: [†]h-ito@db.soc.i.kyoto-u.ac.jp, ^{††}{asano,yoshikawa}@i.kyoto-u.ac.jp

あらまし 本研究では、入力として Powerpoint などのスライド文書を用い、1 教師 1 生徒による対話形式の脚本を自動生成する手法を提案する。近年、マンガによる学習に対して、その印象の強さ、楽しみながら学べるといった点などから注目が集まっている。学習マンガの作成にはその基となる脚本を作成する必要がある、学習マンガの脚本では知識の提示方法として、理解のしやすさや記憶に残りやすいなどの理由で 1 教師 1 生徒対話形式が良く用いられる。そこで本研究では、ある分野の知識について記載されたスライド文書をもとに 1 教師 1 生徒対話形式の脚本を生成する手法を提案する。具体的には、スライドの文章構造とその各文の 5W1H などの内部構造の情報を利用した分類であるスライド文書分類モデルを提案し、これを用いて質問応答生成と対話文生成を行い、生成された文章から 1 教師 1 生徒対話形式の脚本を生成する手法を構築した。評価実験では、四つの授業資料のスライド文書を入力に用いて生成された脚本に対し、6 名の被験者に各発話のわかりやすさや自然さに関して評価してもらった。その結果、各評価項目に対して総合的に高い評価を得た。

キーワード 質問応答生成, 文書分類, 情報抽出, 理解支援

1. はじめに

近年、漫画を用いた学習に対して注目が集まっている。その理由としては、マンガによる学習は取り組みやすく、印象に残りやすい点や、楽しみながら内容を理解できる点などから、学習効果が大きいことがあげられる。実際に、向後にはマンガによる学習内容の提示が、学習内容に対する関心を高め、理解を深めることを明らかにしている [1]。

しかし、学習マンガの作成には、その学習内容の分野に関する知識が必要なのもちろんのこと、それを効果的に提示する方法や技術も必要となってくるため、この二つをともに行える人は少ない。そして、学習マンガの作成にはその基となる脚本を作成する必要があるが、その脚本ではある分野の知識をわかりやすく提示しなければならない。実際に市販されている学習マンガではその提示方法として、理解のしやすさや記憶への残りやすさなどの点から、1 教師 1 生徒対話形式が良く用いられている。この 1 教師 1 生徒対話形式とは、ある事柄に関して詳しく、教えることができる人物を教師役、その事柄に関してあまり知らない人物を生徒役とした二人から成る対話形式であり、この対話形式の例としては、以下のような「解説→相槌・質問→詳解」のような対話がある。

「○○○は、△△△といった性質があるんだ」

「へえ～！ そうなんだ！ 他にはどんな性質があるの？」

「他には、XXX といった性質があるよ。この性質のお陰で、□□□なんだよ。」

教師役がある事柄について説明し、生徒役がそれについて適宜応答や質問を入れることで、理解の深化を行う。この対話形式は、学習マンガの他にも、参考書や教育番組などの媒体でもよく用いられている。

そこで本研究では、学習マンガの脚本をある事柄や知識に関して記載されたスライド文章を基に自動生成することを目的とし、スライド文章から質問応答生成と対話文生成を行い、生成された文から 1 教師 1 生徒による対話形式の脚本を生成する手法を提案する。

具体的には、学習マンガから抽出した頻出の質問応答や対話文のパターンに基いて質問応答や対話文を生成するパターンを決定し、スライド文書における頻出の構造を基準にそれらへ分類するスライド文書分類モデルを用いて生成を行った。スライド文書分類モデルでは、スライドの文章構造と Web からの情報、及び言語資源の情報を用いて得た各文の 5W1H などの内部構造の情報を利用している。このモデルによる分類後、分類に用いたスライドの文章構造と Web からの情報、言語資源から得た情報を用いて各パターンに応じた質問応答文と対話文の生成を行い、それらを並び替えることで脚本を生成する。

ここで Web からの情報には、メタデータ株式会社が提供する Web API である 5W1H API [2] を、また言語資源には日本語ウェブコーパス 2010 [3] を用いた。

評価実験では、異なる 4 分野の授業資料のスライド文書を入力に用いて生成された脚本に対し、6 名の被験者に各発話のわかりやすさや自然さに関して三段階で評価してもらった。その結果、各評価項目に対して総合的に高い評価を得た。

本論文の構成は次のとおりである。まず、第 2 章では関連研究について述べる。第 3 章では、提案する教育用脚本生成システムについて説明する。第 4 章では評価実験について説明し、第 5 章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

本研究に関連する先行研究がいくつか存在する。それについ

て以下に述べる。

入力された文章から脚本形式の対話文を生成するものとしては、灘本らの研究がある [4]。灘本らは、平叙文で書かれている Web ページを入力として、そのページの話題の構造を示す主題語と内容語からなる Topic Structure に注目し、長文の分割、二人の掛け合いによる質問応答の生成、親しみのあるコンテンツへの言い換えを行うことで、漫才形式の台本の生成を行う。

灘本らの手法では、Web ページの文章を要約した対話文を生成するのではなく、Topic Structure を用いて文章の話題構造を取り出すことで、すべての内容から対話文生成を行っており、この対話文の生成のための手法として、質問応答、誇張、あいづち、言い換えを用いている。また、ここで質問応答の生成は、Topic Structure を構成する主題語と内容語を用いて行っており、主題語の解説を内容語とする “What is ~?” のパターンで生成している。

本研究の目的とする学習マンガの対話部の脚本の生成においては、入力されたスライド文章内の知識を印象深く、またわかりやすく提示することが重要である。そこで本研究では、スライド文章内において重要な文を重要な知識と捉え、その文をより印象深く提示するために、Text Rank [5] を用いて重要な文を取り出し、対話文や質問応答に変換する手法を提案し、また文内の重要な点を 5W1H の観点から捉え、文から抽出された 5W1H に応じて様々な種類の質問応答を行う手法も提案する。

次に前述した、文から抽出された 5W1H に応じて質問応答を行う手法に関連する研究について述べる。この手法を用いた研究として、大竹らの研究が挙げられる [6]。大竹らは、高齢者の話相手となれる対話システムの構築を目的として、高齢者の発話パターンに基いて、うまく相槌を打つことや話の内容に対する質問、気持ちに対する質問を多用し、発話意図を考慮した発話文の動的生成を行うことで、相手の発話意欲を促すシステムを提案している。

大竹らのシステムは、入力された文章に対して各動詞と名詞の間の意味的関係を表現したものである深層格の推定を行い、その結果と文章を構成する際の基本的な要素である 5W1H の対応を基に、どの要素が入力文から読み取れるかを解析し、入力文の 5W1H フレームを生成している。そして、この生成した 5W1H フレームを用いて、話題をより深めることを目標として、そのフレームの中で空いている部分を不足した情報とみなし、それに対する質問文の生成を行っている。

本研究では、この大竹らのシステムで行っている深層格の推定を応用して、同様に主格や動作、5W1H の抽出を行っている。大竹らのシステムでは、5W1H フレームの中で空いている部分について質問を行うが、本研究では重要文として抽出された文が扱う内容について印象を深めることを目的とし、その文中に正解があるものを質問として生成するために、5W1H フレームの中で埋まっている部分をもとに質問を行う。本研究では、この抽出した主格や動作、5W1H の情報を基に文構造の判定を行い、スライド文章のパターン分類の基準として利用するとともに、質問応答の生成にも用いている。

OSの役割

- ユーザとハードウェアの間において、ユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理し、ユーザに対して使いやすい環境を提供する。
 - ◆ 3つの側面
 - ◆ 資源管理者、制御プログラム、仮想計算機
- サービスの範囲、目標は計算機システムの用途によって異なる
 - ◆ ソフトウェア開発用計算機(会話型処理)
 - ◆ 制御装置(リアルタイム性)
 - ◆ 大型計算機(生産性)とパソコン(使い勝手)

図 1 スライド文書の例

教師役:「OSの役割はユーザに対して使いやすい環境を提供することなんだ。」
生徒役:「それはどうやって提供するの?」
教師役:「ユーザとハードウェアの間において、ユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理して、ユーザに対して使いやすい環境を提供するんだよ。」
生徒役:「なるほど! そうなんだ!」
教師役:「また、サービスの範囲や目標は計算機システムの用途によって異なるんだ。」
生徒役:「それって例えばどういうものがあるの?」
教師役:「ソフトウェア開発用計算機(会話型処理)や制御装置(リアルタイム性)、大型計算機(生産性)とパソコン(使い勝手)などがあるよ。」

図 2 図 1 に対応する出力

3. 教育用脚本生成システム

はじめに、本研究で提案するシステムで実際に生成する 1 教師対 1 生徒対話形式について説明する。例として、図 1 に示すスライドを含むオペレーティングシステム (OS) の役割に関するスライド文書が入力された場合に生成される対話の中から、図 1 と対応する部分を示す。以降、例には京都大学における荻原 剛志氏のオペレーティングシステムの授業において配布された資料を許可を取って、一部修正の上で用いている。

対話の登場人物は、教師役と生徒役の二人であり、基本的に教師役が入力されたスライド文書中の知識について説明し、生徒役が質問や相槌などの応答を行うことで、対話が進む。

提案手法では、対話文と質問応答文の組み合わせによって脚本を構成する。ここで、対話文とは主に教師の説明と生徒の相槌の組からなる発話ペアであり、質問応答文とは教師または生徒からの質問とその答えの組からなる発話ペアを指す。

提案システムの処理の流れは、「入力→情報(文、画像、強調)抽出→各文の重要度判定→重要文の 5W1H 推定→スライド文書分類モデルによる重要文の分類→対話文・質問応答生成→脚本出力」である。提案システムでは、3.1 節に示す制約条件を満たしたスライド文書を 1 枚もしくは複数枚を入力とし、先の例のような 1 対 1 形式対話の脚本を出力する。以下、3.1 節において入力の制約条件について説明した後、処理の流れに沿って提案システムの各部の構成について詳細の説明を行う。

3.1 入力条件

本節では、入力するスライド文書の制約条件について定義する。提案システムにおける入力は、高度な内容も含め様々な知識を説明するために用いられる形式の一つであり、また利用者が

入力媒体として扱いやすいといった点からスライド文書の形式を採用した。また、このスライド文書は PowerPoint のようなスライド文書の XML 構造について規定している ISO/IEC29500 に従っている XML 構造をもつスライド文書とする。これは、次に説明する情報抽出において正確に各情報を取り出すために、XML 構造における各タグの役割が明確に定義されていることが不可欠なためである。

また提案システムでは、入力の文章から重要度の高い文を抽出して対話文や質問応答を生成するため、一定量以上の文章を必要とする。しかし、あまりに文章量が多いと、入力された知識について脚本において使用しない部分が多くなり、その知識に関するわかりやすさが失われてしまう。そのため入力条件として、全入力スライド文書中のテキストの量を経験的に 10 文以上 100 文以下に制限する。

3.2 スライド文書からの情報抽出

本節では、入力されたスライド文書からの情報抽出について説明する。スライド文書からの情報抽出の処理では、入力された各スライド文書からテキスト、テキストに付随する強調情報、画像情報の抽出を行う。ここで抽出するテキストは、タイトルを含むスライド文書内に記載されているすべての文である。またテキストに付随する強調情報とは、スライド文書内の各テキストの文字色、フォント数、下線や太文字強調の有無についての情報である。画像情報とは、スライド文書内で使用されている画像のタイトル、画像ファイル名、およびその画像ファイルから成る情報である。

3.3 重要文推定

本節では、抽出された文章の重要度推定について説明する。本研究の目的とする学習マンガの対話部の脚本の生成においては、入力されたスライド文章内の知識を印象深く、またわかりやすく提示することが重要である。そこで提案システムでは、スライド文章内において重要度の高い文を重要な知識を含む文と捉え、その文をより印象深く提示するために、先に抽出したテキストとそれに付随する強調情報を基に、TextRank [5] を用いて重要度の高い文を取り出し、それをもとに対話文や質問応答を生成する。

3.3.1 前処理：形態素解析

まず、抽出した各テキストに対して MeCab [7] を用いて形態素解析を行う。この解析の結果を基に、名詞、動詞、形容詞をテキストから抽出する。ここでは、形式詞（する、なる、ある、よる、いう、ないなど）と形態素解析における弱点である平仮名の切分け失敗に伴って現れる一文字の平仮名名詞を除去している。

3.3.2 TextRank と強調情報による重要度推定

TextRank とテキストに付随する強調情報に基づき、先の形態素解析済み各テキストの重要度推定を行う。ここでは、TextRank によって各テキストの重要度を求めたあとに、各テキストに付随する強調情報を基にその重要度の重み付けを行う。

はじめに、重要度の計算に利用した TextRank アルゴリズムについて説明する。TextRank は、Mihalcea らによって提案され、PageRank [8] を自然言語処理に適用したものである。TextRank は文を頂点とし、頂点間の辺の重みが対応する文間

の類似度となるグラフ構造に基づいたランキングアルゴリズムであり、グラフ構造全体から得られる大域的な情報をもとに頂点の重要度を決定する。

TextRank アルゴリズムでは頂点 (文) S_i と頂点 (文) S_j の間にある辺の重み W_{ij}^S を以下の式で計算する。

$$W_{ij}^S = \text{Similarity}(S_i, S_j) = \frac{|\{\omega_k | \omega_k \in S_i \wedge \omega_k \in S_j\}|}{\log(|S_i|) + \log(|S_j|)} \quad (1)$$

ここで ω_k は文中の単語、 $|S_i|$ は文 S_i 中の単語数である。

文 S_i の重要度 $TR(S_i)$ は以下の式で計算される。

$$TR(S_i) = (1 - d) + d * \sum_{S_j \in \text{In}(S_i)} \frac{W_{ij}^S}{\sum_{S_k \in \text{Out}(S_j)} W_{jk}^S} TR(S_j) \quad (2)$$

ここで、 $\text{In}(S_i)$ は文 S_i との間を辺を持つ文の集合であり、 $\text{Out}(S_j)$ は文 S_j が辺を辿って届く文の集合である。また、 d は 0 から 1 の間の値をとる定数であり、ここでは 0.85 としている。これは、Brin ら [8] が用いた値と同じである。式 (2) の条件を満たすまで、式 (3) の計算が繰り返される。

$$\sum_{S_i \in G} TR^{t+1}(S_i) - TR^t(S_i) < \epsilon \quad (3)$$

ここで、 G はグラフ構造内の文の集合、 $TR^t(S_i)$ は t 回目の計算での S_i の重要度である。 ϵ は収束条件であり、0.0001 とした。この値は Mihalcea ら [5] が使った値と同じである。

次に、この TextRank の計算から得た重要度に対する各テキストに付随する強調情報からの重み付けについて説明する。この重み付けは、文字や文章に対する視線強調に関する大久保の研究 [9] と八木らの研究 [10] における実験結果を参考に、テキストが強調されている場合に重要度を 2 倍にすることで行っている。この強調の有無の判定は、3.2 節において抽出された強調情報をもとに、同じスライド内のテキストと比較することで行う。この比較では、文字色が他のテキストと異なる、そのテキストのみに下線が引かれている、テキストのフォント数が他より大きいなどを基準としている。

この TextRank とテキストに付随する強調情報に基づいた各テキストの重要度推定の結果を元に、重要度のランキングで上位 2 割に入るテキストを質問応答生成用の重要文とし、上位 2 割～5 割に入るテキストを対話文生成用の重要文としている。ここでは、使用頻度の高い単語を含む文が高い重要度を得るため、それを中心的話題として印象を強めるため、重要度の高い文を質問応答生成用としている。

3.4 重要文の 5W1H 推定

本節では、入力から抽出した重要文の 5W1H 推定について説明する。この推定は、スライド文書分類モデルと対話文・質問応答生成において必要な情報を抽出するために行っており、「高齢者のための発話意図を考慮した対話システム」[6] における深層格推定を用いた 5W1H 解析の手法を参考に行った。ここでは、各重要文に対して前処理を行ったあとに深層格推定を行い、続いて 5W1H API を用いて名詞の What(何を), Who(誰

表 1 助詞と深層格の対応表 [13]–[15]

助詞	深層格の候補
が, は	主格
を	対象格
に	対象格, 場所格, 目標格, 源泉格, 原因格
から	源泉格
と	対象格
で	主格, 道具格, 場所格, 原因格
へ	目標格
まで	目標格
より	源泉格
により	原因格
その他	修飾格

が), Where(どこで), When(いつ) の 4W について識別を行い, これらの結果をもとに 5W1H の推定を行っている.

3.4.1 前処理: 係り受け解析

抽出した各重要文に対して CaboCha [11] を用いて係り受け解析を行う. 以降の処理では, この前処理で得た係り受け解析の結果をもとに推定を行う.

3.4.2 深層格推定

文法における深層格とは動詞と名詞の間の意味的關係を表現したものである [12]. しかし, その設定方法についての統一した見解はない [13]. そこで, 本研究では未知語に対応するために, 大竹らの手法 [6] と同様に手法 [13]–[15] を参考にした. 表 1 に, 助詞と深層格の対応表を示す.

なお, 大竹らの手法では深層格の内, 主格及び被修飾格, 修飾格のみを用いているが, 提案手法では 5W1H のより正確な推定のために重要な 9 個の格 (主格, 対象格, 場所格, 源泉格, 原因格, 道具格, 目標格, 修飾格, 被修飾格) を用いている. ただし, ここに挙げた被修飾格は他の 8 個と異なり, 助詞とは関係なく, 文の最後の動詞などの係られている文節を指している.

以下に, 深層格推定の流れを示す. 深層格推定は各文に対してその各文節ごとの助詞に対して行い, すべての文節に対する処理が終わるまで繰り返す.

(1) 各文の CaboCha の解析結果から文節が係られているかどうかを調べ, 文節が係られていれば文節内の自立語に被修飾格を割り当てる. 係られている文節は各文に必ず一つだけ存在し, 各文中の単語には一つだけ被修飾格が存在する.

(2) 調べている文節内の助詞が「に」または「で」であるかを調べる. もし該当しなかった場合, 表 1 に基づき文節内の自立語に, 文節内の助詞に対応する深層格を割り当てる. 該当する場合は, (3) に進む.

(3) 「に」と「で」の助詞を含む文節に対して, 以下の (a) と (b) で示す処理を行う.

(a) 大竹らの手法と同様に手法 [14] と [15] を参考にした, 助詞と置換助詞, 深層格の対応を示した表 2 に基づいて, 文節内の助詞に対応する置換助詞に変換する.

(b) 置換された助詞毎にスコア付けを行う. まず, (a) で選ばれた置換助詞の単語 p の出現頻度を, N -gram コーパス [3] から求め, f_p とする. 同様にして, 自立語の語尾に置換助詞を

表 2 助詞と置換助詞, 深層格の対応表 [14]–[15]

助詞	置換助詞	深層格の候補
に	と	対象格
	に対して	対象格
	で	場所格
	において	場所格
	へ	目標格
	に向かって	目標格
	から	源泉格
	の原因で	原因格
	の集まり	主格
で	を用いて	道具格
	にて	場所格
	が原因で	原因格

付け加えた単語 w の出現頻度を求め, f_w とする. ここでスコアは以下の式で求まる.

$$\alpha_p^w = \frac{f_w}{f_p} \quad (4)$$

式 (4) は, 「自立語+置換助詞」の出現頻度が高ければスコア α_p^w も高くなる. しかし, 「置換助詞」の出現頻度が高いと「自立語+置換助詞」の出現頻度も高くなる傾向がある. そのため, ここでは「置換助詞」の出現頻度によって正規化を行っている.

(4) 各置換助詞のスコアの計算結果から, スコア α_p^w が最も高い置換助詞を調べる. ここでは, 最も高いスコアの置換助詞に割り当てられた深層格を, 文節内の自立語に割り当てる.

(5) 被修飾格と修飾格を除いたそれぞれの格が与えられた単語 s に対して, 係る文節が存在する場合はその文節を単語 s の How とする.

また, ここで同時に Chabocha の係り受け解析の結果から, その文をいくつに分割できるか (分割可能数) の推定を行う. この推定は, スライド文書分類モデルのために大竹らの手法に新たに追加したものである.

例えば, 「OS はユーザとハードウェアの間であって, ユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理し, ユーザに対して使いやすい環境を提供する.」という文の場合, 「OS はユーザとハードウェアの間にある.」, 「OS はユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理する.」, 「OS はユーザに対して使いやすい環境を提供する.」の 3 つに分割でき, この文の分割可能数は 3 となる.

3.4.3 5W1H 解析

各文の深層格推定の結果を用い, 文を構成する際の基本的な要素である 5W1H の中で, どの要素が読み取れるかを解析する. ここでは, 深層格と 5W の対応付けを表 3 のように行っている. ここで, How はこの 5W の単語に係る語である.

表 3 から見て取れるように, 主格, 対象格, 目標格, 源泉格においては, 各疑問詞と深層格が一意に対応しない. 本研究で生成する対話脚本においては, 質問応答文が自然な文章であることも重要であると考えため, 一意に疑問詞と対応しない深層格が割り当てられた単語にふさわしい疑問詞を判断する必要がある. そこで, 本研究では日本語テキストから日時・地名・

表 3 深層格と 5W1H の対応表

深層格	対応する 5W1H
主格	What, Who
対象格	What, Who, When, Where
目標格	What, Who, When, Where
源泉格	What, Who, When, Where
道具格	What
場所格	Where
原因格	Why

人名といったメタデータを抽出する Web API である 5W1H API [2] を用いて、一意に疑問詞と対応しない深層格が割り当てられた単語に対して、もとの文章の文脈からどの疑問詞がふさわしいかを判断し、各単語に割り当てている。

以上の処理によって、提案システムでは各重要文から読み取れる 5W1H の解析を行っている。

3.5 スライド文書分類モデルによる重要文の分類

本節では、スライド文書分類モデルによる重要文の分類について説明する。提案システムでは、3.3.2 節の処理で抽出された重要文に対して、そのスライド文書において重要文が位置する文章構造と 3.4.3 節の処理から得る重要文の 5W1H の情報と分割可能数の情報をもとに各パターンへの分類を行う。

ここで重要文を分類する基準は、実際のスライド文書においてよく見られる文章構造と構文構造のパターンに基づいて決定しており、重要文が分類されるパターンは、学習マンガから抽出した頻出の質問応答や対話文のパターンから構築した。この分類基準による分類結果と出力の発話パターンの対応付けは、分類の結果から推測されるテキストの解説の仕方（質問、例示、詳解など）のパターンと学習マンガにおける各発話のパターンとの類似性に基づいている。

図 3 に、スライド文書分類モデルによる重要文の分類の流れを示す。はじめに、各パターンについて説明を行い、続いて図 3 の流れに沿って、分類基準について説明を行う。

3.5.1 出力パターン

(1) 図中心対話

図中心対話とは、図を示しながら行われる図の解説や図の補足的な説明と、それに対する反応から成る対話を指す。以下に、図 4 に示すような図中心スライドの場合に生成される図中心対話の例を示す。

教師役：「図で示すように、プログラムはすべて CPU が実行するんだけど、ハードウェアの提供する機能を制御するのは OS の役割なんだ」

生徒役：「うんうん、なるほどなるほど！」

(2) 5W1H 欠落生成型質問応答

5W1H 欠落生成型質問応答とは、ある事柄に対して What(何を), Who(誰が), When(いつ), Where(どこで), Why(なぜ), How(どのように) のいづれかについての質問と、その答えの応答から成る対話を指す。

以下に、図 6 で示されている、「ユーザープログラムは共用するハードウェア資源を実行時に管理・制御する」といった文の

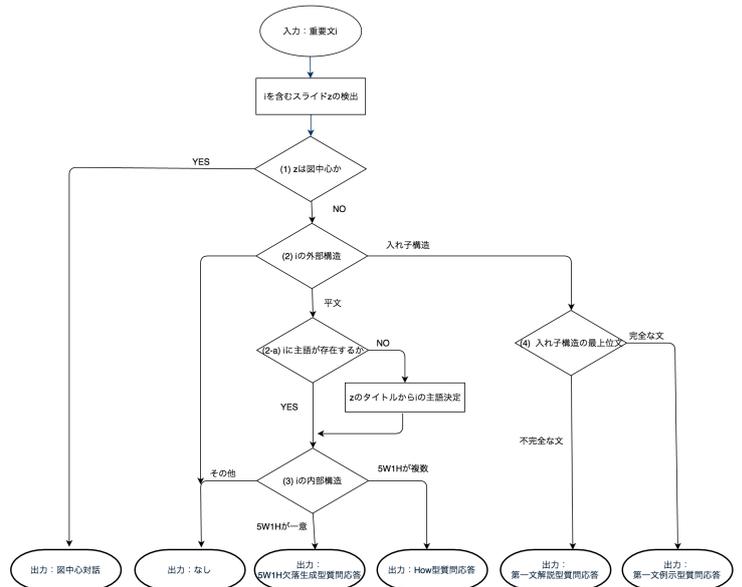


図 3 スライド文書分類モデル



図 4 図中心スライドの例

場合に生成される例を示す。この例では、文から、主語:ユーザープログラム, What:共用するハードウェア資源, When:実行時, 述語:管理・制御するといった情報を取り出し、What についての質問を行っている。

生徒役：「ユーザープログラムは何を管理・制御するの？」

教師役：「ユーザープログラムは共用するハードウェア資源を実行時に管理・制御するんだ」

(3) How 型質問応答

How 型質問応答とは、説明されたある事柄に対してその詳細や例を尋ねる質問とその答えの応答から成る対話を指す。

以下に、図 1 の第 1 文に対してタイトルを主語として補完した、「OS は、ユーザとハードウェアの間にあって、ユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理し、ユーザに対して使いやすい環境を提供する。」といった文の場合に生成される例を示す。この例では、先の分割可能数の説明において例示したような文の分割が行われ、「ユーザに対して使いやすい環境を提供する」という分割文が、先に述べた最後方にある述語を含む文に当たる。

教師役：「OS の役割はユーザに対して使いやすい環境を提供することなんだ。」

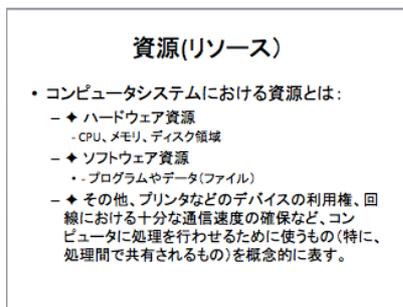


図 5 入れ子構造のスライドの例

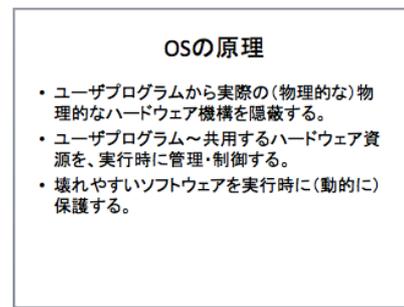


図 6 スライド文書の例

生徒役：「それはどのように提供するの？」

教師役：「ユーザとハードウェアの間であって、ユーザに代わって計算機システムの資源を効率よく管理して、ユーザに対して使いやすい環境を提供するんだよ。」

(4) 単語解説型質問応答

単語解説型質問応答とは、ある単語に対してその詳細を尋ねる質問とその答えの応答から成る対話を指す。

以下に、図 5 の入れ子構造内の文の場合に生成される例を示す。この例では、「コンピュータシステムにおける資源とは：」の文が先に述べた入れ子構造の最上位の文に当たる。

生徒役：「コンピュータシステムの資源って？」

教師役：「CPU、メモリ、ディスク領域などのハードウェア資源やプログラムやデータなどのソフトウェア資源のことだよ」

(5) 例示補完型質問応答

例示補完型質問応答とは、ある事柄に対してその例などの補完情報を尋ねる質問とその答えの応答から成る対話を指す。

以下に、図 1 の二つめの入れ子構造内の文の場合に生成される例を示す。この例では、「サービスの範囲、目標は計算機システムの用途によって異なる。」の文が先に述べた入れ子構造の最上位の文に当たる。

教師役：「サービスの範囲、目標は計算機システムの用途によって異なるんだ。」

生徒役：「それって例えばどういうものがあるの？」

教師役：「ソフトウェア開発用計算機(会話型処理)や制御装置(リアルタイム性)、大型計算機(生産性)とパソコン(使い勝手)などがあるよ。」

3.5.2 分類基準

(1) 入力された重要文が画像の説明にあたる文かどうかを判断するために、これを含むスライドが画像を中心としたスライドかどうかを調べる。もし該当する場合は、この重要文を画像中心対話へと分類する。該当しない場合は、(2)に進む。ここで画像を中心としたスライドとは、スライド内において使用されている画像の面積が、スライド全体の面積の半分以上を占めているものとして定義している。

(2) 入力された重要文がどのような説明形式中に存在する文かを判断するために、入力された重要文を含むスライドにお

いて、その重要文がどのような構造の中に位置しているかを調べる。ここでは重要文が位置する基本的な構造として、現実における多くのスライドにおいて見受けられる 2 つの構造とそれ以外という形に分けた。一つ目の基本的な構造は、図 6 のように入力文が単純な箇条書き構造の中に書かれているものである。二つ目の基本的な構造は、図 1 のように入力文が入れ子を用いた箇条書き構造の中に書かれているものである。

もし前者の構造に合致する場合は (a) へ、後者の構造に合致する場合は (4) へと進む。上記のどちらにも該当しなかった場合は、出力を行わず終了する。

(a) 入力された重要文に主語の補完が必要かどうかを判断するために、重要文から読み取れる 5W1H の解析結果からその重要文内に被修飾格に係る主格(主語)が存在するかどうか調べる。もし存在する場合は何も行わず (3) へと進む。存在しない場合、その重要文を含むスライドのタイトルから名詞や主語を取り出し、その重要文の主語として (3) へと進む。

(3) より自然な質問文を生成することを目的とし、入力された重要文の構文構造が単純なもので言及する内容が一つであるか、複雑な構造で言及する内容が複数であるかどうかを判断するために、3.4.2 節で推定した各重要文についての分割可能数をもとに、その文章構造を調べる。もし分割可能数が 1 である場合、その重要文は一意に 5W1H を特定でき、それらを欠落させることで質問を生成できるため、5W1H 欠落生成型質問応答に分類される。もし分割可能数が 2 以上である場合、その重要文は 1 文中に複数の内容を持ち、分割した内容についての質問を生成できるため、How 型質問応答に分類される。また分割可能数が 0 である場合は、文の変換が難しいため、出力を行わずに終了する。ここで、分割可能数が 0 となるような文章には、名詞の羅列などが存在する。

(4) 入れ子を用いた箇条書き構造の中にある重要文の場合、その入れ子構造の最上位に存在する文からその入れ子構造がどのような説明形式のものかを判断するために、入れ子を用いた箇条書き構造の中にある重要文の場合、その入れ子構造の最上位に存在する文が、完全な文か不完全な文かを調べる。ここで、完全な文とは主語と述語を含んでいる文を指し、不完全な文とは前述以外の述語が欠けている文などを指す。

もし入れ子構造の最上位に存在する文が完全な文である場合、

その文以下の入れ子構造内の文は最上位の文を例などによって補完するものとして判断され、その重要文は例示補完型質問応答に分類される。もし入れ子構造の最上位に存在する文が不完全な文である場合、その文以下の入れ子構造内の文は最上位の文について解説や詳解を行うものとして判断され、その重要文は単語解説型質問応答に分類される。

3.6 対話文と質問応答の生成

本節では、各パターンにおける対話文と質問応答の生成手法について説明する。また、この対話文と質問応答の生成の段階で行う文章の口語変換についても説明を行う。

3.6.1 各パターンに対応する対話文と質問応答の生成

(1) 図中心対話

提案システムにおいては、このパターンに分類された重要文を図の解説や図の補足的な説明とみなし、学習マンガにおける図を用いた説明の対話文と同様の文を生成するために、3.2節で取り出した画像情報から得られる図の名前と、分類された重要文を用いて対話文を生成する。

(2) 5W1H 欠落生成型質問応答

提案システムにおいては、学習マンガで見られるような自然な質問応答文の生成を行うために、このパターンに分類された重要文中に存在する 5W1H から 1 つもしくは複数の 5W1H の情報を文から削除し、その 5W1H の内のいずれか一つに関する質問を行い、それに対して元の文を応答として返すことで対話文を生成する。

(3) How 型質問応答

提案システムにおいては、最後方にある述語を含む文とそれに係る主語からなる文を概要、最後方以外の述語を含む文を詳細と捉え、学習マンガにおいてよく見られる「概説→質問→詳解」の対話文のパターンを生成するために、このパターンに分類された重要文に対して文の分割を行い、分割された文の中から元の文において最後方にある述語を含む文を用いて説明を行い、それに対して詳細や例などを尋ねる質問を行い、これに元の文を応答として返すことで対話文を生成する。

(4) 単語解説型質問応答

提案システムにおいては、学習マンガにおけるある単語そのものに対する質問とその解説による対話文を生成するために、このパターンに分類された入れ子構造中の重要文に対して、その入れ子構造の最上位の文中の主語を用いて質問を行い、それに対して入れ子の下の階層の文を最上位文の詳細と捉え、入れ子構造内の文を応答として返すことで対話文を生成する。

(5) 例示補完型質問応答

提案システムにおいては、学習マンガにおける説明に対する質問とその解説による対話文を生成するために、このパターンに分類された入れ子構造中の重要文に対して、その入れ子構造の最上位の文を用いて説明を行い、それに対して例などを尋ねる質問を行い、その答えとして入れ子構造内の文を返すことで対話文を生成する。

(6) その他の対話文生成

提案システムでは、上述の対話文と質問応答文の他に、3.3節において対話文用に抽出された重要文を用いて、説明の過程

をより自然にするために、学習マンガにおいても多くの割合を占めている教師役の説明と生徒役の相槌の組から成る対話文を生成する。

3.6.2 文章の口語変換

提案システムでは、入力スライド文書に記載されているテキストをもとに上記の各対話文及び質問応答文の生成を行っているが、この元のテキストは基本的に文語表現や書き言葉の堅い表現であるため、対話文及び質問応答文の生成に当たって口語表現に変換する必要がある。

提案システムでは、「だが → だけど」や「また、さらに → あと」のような変換ルールにより口語表現に変換しており、文末表現は元のテキストの文末に応じて、「なんだよ」や「んだ」などを付加している。

3.7 脚本出力

提案システムでは、生成された対話文と質問応答文を、情報の説明順序に齟齬が生じないように、生成元の文が入力スライド文書に出現する順番に並び替えて、それぞれ連結することで最終的な脚本の出力を行っている。

4. 評価実験

提案システムによって生成された脚本が、わかりやすい自然な対話から成り立っているかどうかを確認するために実験を行った。

4.1 実験概要

実験は、4種類のスライド文書とそれらのスライド文書から提案システムによって生成された脚本を、6名の被験者に読んでもらい、その後のアンケートに3段階評価で回答してもらう形式で行った。実験で入力として使用したスライド文書は、京都大学の講義で配布された資料であり、ここで生成された脚本はいずれも 30 文程度であった。

アンケートは脚本の各発話ごとに、表 4 に示す 6 種類の質問から発話の種類に応じて回答してもらった。ここで発話の種類は、説明文、質問文、応答文、相槌文の 4 種類に分け、各種類で行った質問を表 5 に示す。

4.2 実験結果

表 6 に実験結果を示す。被験者には、評価値を 1 が「そう思わない」、2 が「どちらとも言えない」、3 が「そう思う」として評価してもらった。ここで、相槌文に関してはテンプレート文を用いているため、Q1 と Q2 に関しては平均評価値が高くなるのは明らかであり、参考値として平均評価値を () で示す。

今回の評価実験より、以下のことが確認された。

- 1). 説明文における口語性が他の 3 種類の発話の平均評価

表 4 アンケートの内容

Q1	発話は口語的だったか
Q2	発話は日本語として意味が伝わるか
Q3	発話は応答として自然か
Q4	発話の質問は実際に行うようなものになっているか
Q5	発話はその答えとして適切か
Q6	質問で扱う内容は入力スライドからみて重要か

表 5 発話の種類と質問の対応

発話の種類	質問
説明文	Q1, Q2
質問文	Q1, Q2, Q4, Q6
応答文	Q1, Q2, Q3, Q5
相槌文	Q1, Q2, Q3

表 6 評価実験結果 (評価値平均)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
説明文	2.47	2.62	-	-	-	-
質問文	2.79	2.76	-	2.38	-	2.78
応答文	2.71	2.87	2.52	-	2.41	-
相槌文	(2.96)	(2.97)	2.63	-	-	-

値と比べてやや低い

2). 質問の現実味に関する平均評価値が、質問文に関する他の質問に比べてやや低い

3). 各発話のどの評価項目に関しても平均評価値が高い

(1) の主な原因として、説明文に対するタイトルからの主語の補完の失敗がある。この質問に対する評価が低かった発話には、タイトルが二つの名詞を記号でつなげたものである場合にそれが分割されずにそのまま主語として補完されている発話や、タイトルとそれを主語として補完している文の内容が一致していないものが出力されているものがあり、これらの主語の補完の失敗によって、発話に対する口語性の評価が低くなったと考えられる。この解決には、タイトルから文の主語を補完するだけでなく、その主語が文の内容と合致しているかどうかを Web などの情報を用いて確認し、そうでない場合はその情報から文の内容にふさわしい主語を補完することが必要であると考えられる。

(2) の原因としては、5W1H の解析の失敗などによる質問文生成時における余分な情報の削除と疑問詞の挿入の失敗があげられる。この質問に対する評価が低かった発話には、5W1H の解析の失敗によって単語の削除と疑問詞の挿入がうまく行われていない発話や、Cabocha による係り受け解析の失敗から余分な情報の削除と適切な疑問詞の挿入ができていない発話があった。そのため、質問文生成の元となる 5W1H の解析精度をより向上させることが必要であると考えられる。

(3) については、各評価項目同士で比較すると平均評価値が低い項目もあるが、基本的に各発話のどの評価項目においても、概ね良い評価を得ており、提案システムによる対話部の生成が有用であることが示唆された。

5. まとめと今後の課題

本論文では、学習マンガの脚本をある事柄や知識に関して記載されたスライド文章を基に自動生成することを目的とし、スライド文章分類モデルを用いた分類から質問応答生成と対話文生成を行い、1 教師 1 生徒対話形式教育用脚本の自動生成の手法の提案を行った。

提案システムを用いて生成した脚本を用いて評価実験を行い、主に提案システムによって生成される文章の自然さや印象についての側面から評価を行い、その評価結果から提案システムの

有用性が示された。

今後の課題としては、まず脚本中においてそれまでに学習した内容・知識を応用した質問やわざと質問に対して間違えることで理解を深めるような対話文の生成がある。提案システムではスライド文書から抽出された重要文の 5W1H に関してや例などについてのみ質問を行い、すぐに正解文を返すようにしているが、実際の学習マンガでは、説明された内容から関連付けて質問を行うパターンや質問に対して間違えた答えを返し、訂正情報を付加した上で正解を返すパターンもよく見受けられる。そのため、説明された知識をもとに別の知識につながる質問の生成手法や正解文章からある程度近い距離にある誤りの文を生成する手法についても考える必要があると考える。

また本論文で提案した手法で出力される脚本では、一般的なマンガの脚本と比較すると、会話を行っている場所や話者の体勢などの状況描写が入っていない点や登場人物の気持ちなどの内面描写が入っていない点から不十分な面がある。今後はこれらもふまえた脚本の生成について検討するとともに、その脚本からの学習マンガの自動生成についても検討を行っていききたい。

文 献

- [1] 向後 智子, 向後 千春. マンガによる表現が学習内容の理解と保持に及ぼす効果. 日本教育工学会論文誌 Vol. 22, No. 2, pp. 87-94, 1998.
- [2] “5W1H API,” <http://metadata.co.jp/5w1h-api-ma8.html>
- [3] “N-gram コーパス - 日本語ウェブコーパス 2010,” <http://syata.jp/corpus/nwc2010/ngrams/>
- [4] 灘本 明代, 田中 克己. 対話文自動生成による Web コンテンツの受動的視聴. 社団法人情報処理学会研究報告 Vol. 25, No. 1, pp. 183-190, 2004.
- [5] Rada Mihalcea and Paul Tarau, “Text Rank: Bringing order into texts,” *Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, pp. 404-411, 2004.
- [6] 大竹 裕也, 萩原 将文. 高齢者のための発話意図を考慮した対話システム. 日本感性工学会論文誌 Vol. 11, No. 2, pp. 207-214, 2012.
- [7] 京都大学情報学研究所-日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所 共同研究ユニットプロジェクト, “MeCab: Yet another part of speech and morphological analyzer,” <http://mecab.sourceforge.net/>
- [8] Sergey Brin and Lawrence Page, “The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine,” *Computer Networks and ISDN systems* Vol. 30(1-7), pp. 107-117, 1998.
- [9] 大久保 心織. 文字の視覚属性を利用した強調表現に関する研究. 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科修士論文, 2015.
- [10] 八木 大介, 星野 寛登, 松本 一教. 視線データを用いた文章強調の効果分析. 人工知能学会第 15 回知識流通ネットワーク研究会, 2015.
- [11] “Cabocha/南瓜: Yet Another Japanese Dependency Structure Analyzer,” http://chasen.org/_taku/software/cabocha/
- [12] 天野 真家, 石崎 俊, 宇津 武仁, 成田 真澄, 福本 淳一. 自然言語処理. オーム社. 2007.
- [13] 大石 享, 松本 裕治. 格パターン分析に基づく動詞の語彙知識獲得. 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 11, pp. 2597-2610, 1995.
- [14] 渡邊 拓也, 太田 学, 片山 薫, 石川 博. 格文法を用いた複数文書融合手法. *DBSJ letters*, Vol. 3, No. 2, pp. 97-100, 2004.
- [15] 渡邊 拓也, 大野 成義, 太田 学, 片山 薫, 石川 博. 差異に注目した複数文書融合手法. *DEWS2005*, 2005.