

# 類推による説明スキルの獲得支援システム

砂山 渡<sup>1,a)</sup> 石田 純太<sup>2</sup> 川本 佳代<sup>2</sup> 西原 陽子<sup>3</sup>

受付日 2018年1月10日, 採録日 2018年7月10日

**概要:** 以前に経験した事柄を, 現在直面している事柄あるいは問題にあてはめることを類推と呼ぶ。我々が新たな知識の理解を試みる際には, 既知の知識の特徴を新たな知識にあてはめて理解する類推を行っている。類推は, 分からない物事を何か既知のもので喩えるとよく分かるように, 他人に対して物事の理解を助ける説明をするための有効な手段になりうる。学校教育においても類推による問題解決や学習を試みる事例は存在するが, 文部科学省の小学校, 中学校, および高等学校の学習指導要領に「類推」という言葉は用いられていないため, 類推手順を理解したうえで説明スキルを獲得する機会や方法は多くないと考えられる。そこで本研究では, 自身が知っている知識を, その知識を知らない他人に伝える際に, 類推を用いて分かりやすく説明するスキルの獲得を支援するシステムを提案する。評価実験の結果, システムを用いた被験者が, 分かりやすい説明を行える能力を身につけられる可能性を確認した。

**キーワード:** 類推, 説明能力, スキル獲得, 思考支援システム

## Support System for Acquiring Explanation Skill Based on Analogy

WATARU SUNAYAMA<sup>1,a)</sup> JUNTA ISHIDA<sup>2</sup> KAYO KAWAMOTO<sup>2</sup> YOKO NISHIHARA<sup>3</sup>

Received: January 10, 2018, Accepted: July 10, 2018

**Abstract:** Analogy is defined as the application of a matter that we have experienced to a matter that we are facing. When we try to understand a new piece of knowledge, we usually use an analogy in which the features of the new knowledge are compared to the features of known knowledge. Analogy can be effective for explaining a complicated topic, because it involves using a metaphor that allows others to understand the complicated topic by comparing it to a known topic. In school educations, there are some examples that students try to solve problems by using analogies. However, the word “analogy” is not used in the courses of study guide for elementary school, junior high school, and high school. There may be few opportunities and methods to teach the procedures of analogy and to teach the skill of explanation by using an analogy. In this paper, a system is proposed that supports acquisition of the skill to use analogy to give explanations. Experimental results verify that test subjects can acquire the ability to explain topics by transferring the knowledge that a receiver does not know.

**Keywords:** analogy, explanation ability, skill acquisition, thinking support system

### 1. 序論

近年, 人工知能, 深層学習をはじめとした研究開発のスピードが加速しており, 新しい知識や技術が毎日のように

発表されている。さまざまな新しい知識を効果的に理解するためには, 既存の知識をもとにして, 新しい知識と既存の知識との対応関係を考えることが不可欠となる。この考え方は, 以前に経験した事柄 (ベースと呼ぶ) を現在直面している事柄, あるいは問題 (ターゲットと呼ぶ) にあてはめる類推に相当する [17]。

たとえば, 就職活動は一生のパートナーを探すという観点で結婚に喩えることができ, 恋愛ドラマや小説などで擬似的な経験がある結婚を用いて, 就職活動が未経験の学生に「相手をよく調べて本気でアプローチしないと失敗する」と説明すると, 理解が深まることがある。学校教育におい

<sup>1</sup> 滋賀県立大学工学部  
School of Engineering, University of the Shiga Prefecture,  
Hikone, Shiga 522-8533, Japan

<sup>2</sup> 広島市立大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City  
University, Hiroshima 731-3194, Japan

<sup>3</sup> 立命館大学情報理工学部  
College of Information Science and Engineering, Ritsumei-  
kan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan

a) sunayama.w@e.usp.ac.jp

ても類推による問題解決や学習を試みる事例は存在するが [8], [14], 文部科学省の小学校, 中学校, および高等学校の学習指導要領に「類推」という言葉は用いられていないため, 類推手順を理解したうえで説明スキルを獲得する機会や方法は多くないと考えられる。

そこで本研究では, 自身が知っている知識を, その知識を知らない他人に伝える際に, 類推を用いて分かりやすく説明するスキルの獲得を支援するシステムを提案する。具体的には, 類推のプロセスの理解を促し, その各プロセスの練習を繰り返し行うことができるシステムを構築する。このシステムにより, ユーザがコミュニケーションにおける説明スキルを, 独力で身につけられるようになることを目指す。

また類推による他人への説明スキルを身につけることができれば, 自身が新しい知識を学ぶ際にも, 類推を積極的に活用して理解を深めることや, 類推を活用した新たな科学的発見につながる可能性がある [19]。

以下本論文では, 2章で関連研究について述べ, 3章で本研究における類推の定義を与える。4章で提案する類推による説明スキルの獲得支援システムの構成と詳細について, 5章で構築したシステムの効果を検証する評価実験について述べ, 6章で本論文を締めくくる。

## 2. 関連研究

### 2.1 類推に関する従来研究

類推に関する従来研究の多くは, ベースとなる物語とターゲットとなる問題が与えられ, 物語の特徴を問題の特徴にマッピングして問題を解決するもの [4] で, 物語の与え方について研究したもの [5] や, 認知的な熟達度に応じて問題解決の可否が変わることを明らかにしたもの [2], [6] などがある。これらを含む従来研究の多くにおいては, 類推に用いるベースとターゲットを与えたうえで, 一定の手順に従って問題解決を行っている。

一方, 実社会でターゲットとなる問題を解決する際には, ベースとなる物語や問題を, 問題解決を行う人自身が探してくる必要がある。しかし, 基本的な類推手順の理解を促し, ベースを探索能力, 特徴の列挙やマッピングを行う能力の獲得を支援する研究は, ほとんど行われていない。本研究では, 類推の一般的な手順を学び, 各手順の反復練習により, 類推手順の理解と, それにともなって物事を説明できるスキルの獲得を支援するシステムを構築する。

類推においては, ベースとターゲットの個々の特徴の対応付けを行うだけでなく, ベースとターゲットの特徴間の構造が一致するように対応付けを行うことが, 類推の質を高めるためには望ましいといわれている [11]。構造の類似性には3種類あり, 特徴の共有数で決まる「対象レベルの類似性」, ベースに存在する関係とターゲットに存在する関係の共有度に基づく「関係レベルの類似性」, および問

題の解法あるいは目標レベルでの類似性である「プラグマティックな類似性」とがある [3], [7], [18]。本研究で提案する類推による説明スキルの獲得支援システムは, 類推に不慣れな人を対象とするため, 類推の質を明示的には取り扱わず, 類推手順の理解を促すことに主眼を置く。そのため, 構造の類似性は考慮しないが, 「対象レベルの類似性」に近いと考えられる表層的な類似性のみを取り扱う。

### 2.2 説明スキルの獲得に関する従来研究

説明スキルの獲得に関する従来研究では, 分かりやすい文章を書く支援 [15] や, 物事の因果関係の整理が与える影響を調べた研究 [9] などがある。これらの研究においては, 知識整理などの説明の支援を繰り返すことで, 支援された人の説明スキルの獲得につながっている。

文部科学省の小学校の学習指導要領の比喩表現に関する項目には「比喩や反復などの表現の工夫に気付くこと」とあり, 中学校の学習指導要領には「比喩や反復などの表現の技法について理解すること」とある。すなわち, 文学的な技法としての比喩の理解を目指す内容が記されており, その指導に関する研究 [16] においても, 文学作品の読解に焦点が当てられている。そのため, 自ら喩えを用いて説明する教育が行われる機会は少なく, 類推を用いて説明スキルの獲得を支援する研究は多くないと考えられる。

また高等学校の学習指導要領解説においては, 「対象を的確に説明したり描写したりするなど, 適切な表現の仕方を考えて書くこと」の項目において, 「表現の仕方」として, 比喩をはじめとした表現の技法 (反復, 倒置, 省略, 対句など) があげられており, 比喩を使った説明文の作成が行われている可能性がある。しかし, 比喩に特化して類推手順までを学ぶ機会は少ないと考えられる。

一方で, 2021年4月から全面実施される中学校の新学習指導要領においては, 新たに「比喩, 反復, 倒置, 体言止めなどの表現の技法を理解し使うこと」の項目が設定されるとともに, 小学校, 中学校, 高等学校の国語の学習指導要領の改訂のポイントには, 「情報を正確に理解し適切に表現する力の育成」と表現力を重視する項目があげられている。

新しい知識の理解に向けては, 既存の知識をあてはめて理解することが不可欠と考えられるため, 本研究において, 類推手順の理解を促すことは, 今後の学校教育における表現力の学習の一助となることが期待できる。

類推を問題解決以外に利用した研究には, ルール発想推論に類推公理を加えることで新しいスキルの発見を目指した研究 [10] や, 類推の認知モデルを組み入れたリフレクション支援の研究 [13] などがあり, 類推の考え方を, さまざまな分野に組み入れて活用していくことには意味がある。

また, 説明文における文章の分かりやすさは, 読み手の知識状態を考慮することが必要とされている [12]。類推に

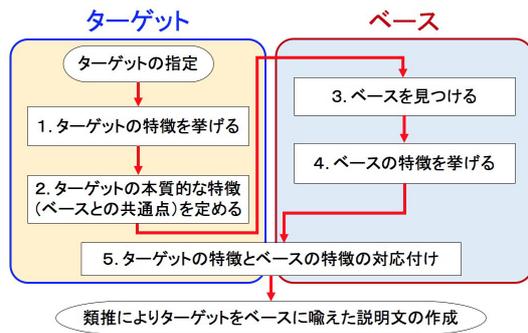


図 1 説明文作成における類推手順

Fig. 1 Analogy process for creating explanations.

よる喩えを用いた説明文の作成においては、説明の聞き手が知っているものをベースに選択することが必要となり、さまざまな候補の中からベースを選択する練習を繰り返すことで、聞き手に応じた説明スキルの獲得につながると期待できる。

### 3. 知識伝達における類推

#### 3.1 本研究における類推の定義

類推は「以前に経験した事柄（ベースと呼ぶ）を現在直面している事柄、あるいは問題（ターゲットと呼ぶ）にあてはめること」と定義され、一般的に次のプロセスで実現される [17].

- P1. ターゲット問題の表象：問題が与えられ、それを何かの形で表象すること
- P2. ベースの検索：関連する過去の経験を長期記憶から検索すること
- P3. 写像：検索されたものの中から重要な事項を現在の問題にあてはめてみる
- P4. 正当化：写像が適切であると正当化すること
- P5. 学習：類推の結果をストックし、それを一般化すること

すなわち、P1のターゲット問題の表象で、現在直面している問題（ターゲット）の特徴をとらえ、P2でその特徴に類似する過去の経験（ベース）を探し出す。P3でターゲットとベースの対応関係を見出し、P4でその対応関係の解釈を与えて、対応の正しさを確認する。最後にP5で、適用した類推を記憶にとどめ、将来の別の類推に活用できるように記憶する。本研究では、名詞1単語で表される自分の知っている事柄を、それを知らない他人に伝える知識伝達の際に、類推を用いて説明するスキルの獲得を支援する。名詞1単語で表される事柄に限定した理由は、類推に不慣れた学習者を対象として、基本的な類推手順の学習を促すことを念頭に、伝えたい内容を最も簡潔に表せる事柄に限定したいと考えたことによる。

このプロセスに準じた、本研究の説明文作成における類推手順を図1に示す。すなわち、P1「ターゲット問題の表象」に対応して、手順1で説明したい事柄（ターゲット）の

特徴を列挙する。次にP2「ベースの検索」に対応して、手順2で列挙した特徴の中から重要な特徴を選定し、手順3で手順2であげた重要な特徴を持つベースを見つける。続いてP3「写像」に対応して、手順4でベースの特徴を列挙し、手順5でターゲットの特徴との対応付けを行う。P4「正当化」では、先の手順5において、対応の適切さを確認しながら対応付けを行うとともに、この結果に従って、説明文を作成する際に再度確認する。P5「学習」では、説明文の作成によって1つの類推が完成するため、この経験が後に生かされることを期待する。

一般的な類推プロセス [17] と、本研究で用いる類推手順との差異は、類推のプロセス P2 のベースの検索が、本研究の手順 2（ベースとの共通点を定める）および手順 3（ベースを見つける）と 2 つの手順に分かれている点と、類推のプロセス P5 の学習を扱っていない点となっている。前者は、何も手がかりがないところからベースの検索を行うことは、類推の手順を身につける学習者にとっては難しいと考え、先にターゲットのどのような点に着目するかを決めてベースとの共通点を定めさせることで、ベースを見つけやすくなると考えたことによる。これは実際の類推の場面でも、ターゲットに似ているものを思い浮かべる際には、頭の中で暗黙的にターゲットの主要な特徴を思い浮かべ、その主要な特徴を持つベースの検索を行っていると考えられることにもよる。すなわち、ベースとの共通点を定めることは、類推に用いるターゲットの主要な特徴を定めることに相当する。後者は、本研究では 1 つの類推事例を作成する手順の支援を目指しており、類推結果を一般化するところまでは対象としていないため、本研究では省略している。

本研究においては、構築するシステムのユーザに、本節で述べた類推手順の理解を促し、各プロセスの練習を通じて、説明スキルを身につけてもらう。

#### 3.2 本研究が対象とする類推

本研究の説明文作成における類推では、他人に説明する対象となる、自分がよく知っている知識を「ターゲット」、類推の喩え先となる、自分と他人の両者がよく知っている知識を「ベース」と定義する。

このベースとターゲットの選び方によって、類推の難易度が変わってくる。本研究では、類推の考え方を初めて学ぶ人を対象に含むため、比較的類推が容易なベースとターゲットの関係を用意する。類推は、ベースとターゲットの類似性に着目して行われるため、ベースとターゲットに何らかの類似性が見い出せる場合に考えやすくなる。また、ベースとターゲットの特徴に着目して対応付けを行うため、ベースやターゲットについての情報や知識が豊富であるほど、対応付けが行いやすくなる。

そこで、本研究が対象とする類推における、ターゲット

とベースの関係を、次の4つとした。

- C1. 同カテゴリ：日本語シソーラス [1] 上において、共通の親を持つ単語どうし。たとえば「哺乳類」を共通の親に持つ、「犬」と「猫」。
- C2. 並列カテゴリ：日本語シソーラス上において、親の親が共通となる単語どうし。たとえば、それぞれ「哺乳類」「爬虫類」を経て共通の親「脊椎動物」を持つ、「犬」と「蛇」。
- C3. 擬人化、逆擬人化：ものを人に喩える場合、または人をものに喩える場合。たとえば、「人」を「家電製品」に喩える。あるいは「戦艦」を「人」に喩える。
- C4. 抽象カテゴリ：日本語シソーラスによらず、抽象的な言葉による共通点を持つ単語どうし。たとえば、「ものづくり」という共通点を持つ、「文章」と「料理」。

本研究では、前節で述べたように、名詞1単語で表されるターゲットとベースを対象にしている。名詞は大きく一般名詞と固有名詞に分かれるため、一般名詞どうしの関係については、日本語シソーラス上で近い位置にある単語どうしを C1 と C2 のカテゴリで扱い、そのいずれにも属さない単語どうしの関係はすべて C4 のカテゴリで扱う。また固有名詞の中で、特徴の対応付けが行いやすいと考えられる、人を対象にするものを C3 のカテゴリで扱い、その他の固有名詞はいずれのカテゴリにも含まれない。

類推の難易度は、C1, C2, C3, C4 の順に高まると考えている。すなわち、シソーラス上の近い位置にある単語どうしほど類似点が多く、類推しやすくなると考えられることから、C1, C2, C4 の順に難易度は高まると考えた。また、C3 の人とももの関係は、C2 ほど近くなく、範囲に制限のない C4 よりは扱いやすいと考えたため、両者の間に位置付けている。

#### 4. 類推による説明スキルの獲得支援システム

本章では、提案する類推による説明スキルの獲得支援システムについて述べる。

図 2 に類推による説明スキルの獲得支援システムの構成とシステムの利用手順を示す。システムは、チュートリアル、練習ステップ、実践ステップの3つから構成される。チュートリアルでは、類推の具体例をもとに類推の手順についての説明を行う。練習ステップでは、類推手順における各ステップを、繰り返し練習可能な環境を提供する。実践ステップでは、類推手順を通して試すことができる。以下で各構成の詳細について述べる。

##### 4.1 チュートリアル

チュートリアルは、「類推の説明」「類推手順の提示」「インタフェースの説明」の3つの要素からなる。システムを初めて利用するユーザには、最初にチュートリアルを実施して、類推の概要とシステムの使い方を学んでもらう。

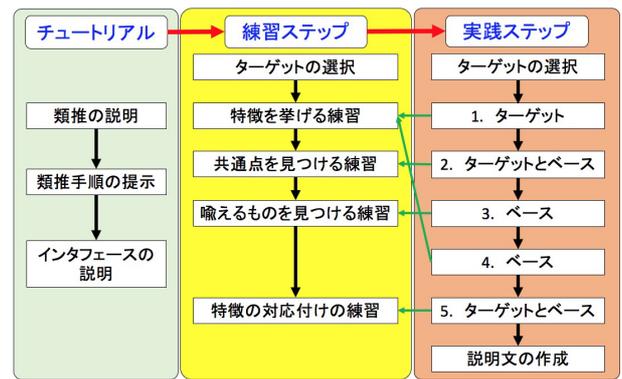


図 2 類推による説明スキルの獲得支援システムの構成と利用手順 (赤と黒の矢印が利用手順を、緑の矢印が対応する練習を表す)

Fig. 2 Support system for acquiring explanation skill based on analogy and use procedure (Red and black arrows indicate use procedure, and green arrows indicate corresponding practices).

「類推の説明」では、類推の定義と本システムの狙い、類推の手順について説明を与える。説明は、システムの画面上にメッセージとして表示され、ユーザは「OK」ボタンを押すことで次のメッセージに進むことができる。

「類推手順の提示」と「インタフェースの説明」は、類推の手順ごとに、手順の説明とシステムの操作を繰り返しながら進める形とする。これにより、類推の進め方を視覚的に説明するとともに、システムの操作方法の習得を促す。

##### 4.2 練習ステップ

練習ステップは、類推手順のプロセスごとの練習が可能な環境として提供する。練習ステップは、表 1 の4つのステップと4つのレベルから構成される。各ステップは、それぞれ図 1 の5つの類推手順に対応する(ターゲットとベースのそれぞれの特徴をあげる手順は、1つのステップにまとめられている)。またレベルは類推の難易度を表す指標として、3.2 節で述べた C1 から C4 の4つのベースとターゲットの関係に基づく類推を表す。この難易度は、3.2 節で述べたカテゴリ間の関係をもとに、ベースとターゲットの間の共通点の見つけにくさを考慮して設定した。

ユーザは表 1 の上のステップから順に進めることができ、各ステップ内では、レベルの低いものから練習することができる。1つのレベルを5回終えることで、次のレベルに進むことができ、1つのステップ内のすべてのレベルをクリアすると、次のステップに進むことができる。

###### 4.2.1 ターゲットの選択

ターゲットとベースの関係ごとに、表 2 のカテゴリとカテゴリに含まれる要素としてターゲットを用意した。

ユーザは練習の開始時に、出題の対象となるカテゴリ(複数選択可能)をあらかじめ選択して利用する。すなわち説明を行うユーザは、ベースとターゲットの両方の知識を有する必要があるため、ユーザにとって未知のカテゴリ

表 1 練習ステップの構成

Table 1 Constitution of learning steps.

ステップ	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4
特徴をあげる練習	同カテゴリ	並列カテゴリ	擬人化, 逆擬人化	抽象カテゴリ
共通点を見つける練習	同カテゴリ	並列カテゴリ	擬人化, 逆擬人化	抽象カテゴリ
喩えるものを見つける練習	同カテゴリ	並列カテゴリ	擬人化, 逆擬人化	抽象カテゴリ
特徴の対応付けの練習	同カテゴリ	並列カテゴリ	擬人化, 逆擬人化	抽象カテゴリ

表 2 システムで用いたカテゴリの例とターゲット数

Table 2 Example targets of each category and target numbers.

ターゲットとベースの関係 (ターゲット数)	用いたカテゴリの例
同カテゴリ (325 個)	哺乳類, 和食, 球技, 文房具, 情報機器 乗り物, 楽器, ゲームなど 30 種類
並列カテゴリ (223 個)	動物, 植物, 食べ物, 飲み物, スポーツ 施設, 家庭の道具の 7 種類
擬人化 逆擬人化 (「人」193 個, 「もの」189 個)	「人」として俳優, 偉人, スポーツ選手 歌手, アニメキャラクターなど 10 種類 「もの」として, 動物, 植物, 家電 食べ物, スポーツ, 情報機器など 8 種類
抽象カテゴリ (187 個)	モノづくり, 回る, 守ってくれる, 娯楽 一度きり, 止まったら困るなど 29 種類

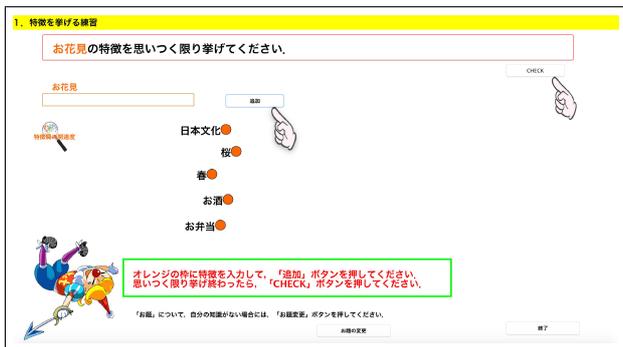


図 3 特徴をあげる練習ステップのインタフェース

Fig. 3 Interface of learning step for listing features.

をあらかじめ除いてもらう。

#### 4.2.2 特徴をあげる練習ステップ

特徴をあげる練習ステップでは、ターゲットやベースの説明に欠かせない特徴をあげる練習を行う。これはターゲットを説明するためには、ターゲット (説明したいもの) とベース (喩えるもの) について、説明に必要な十分な特徴をあげることができなければ、分かりやすい説明ができないと考えられることによる。

本ステップでは、図 3 のインタフェースを用いて、与えられたお題 (ターゲットにもベースにもなりうる) に対して、思い浮かべたり限り特徴をあげてもらおう。ユーザには、図 3 上部に提示されるお題の特徴を、単語としてテキストエリアに入力して特徴をあげてもらおう。説明に必要と考えられる特徴が 4 つ以上あげられた状態で、右上にある

「CHECK」ボタンを押すと、本ステップは終了となる。

説明に必要と考えられる特徴の判定には、入力された単語を用いた検索エンジンのヒット件数を用いた、式 (1) を用いて行う。ただし式中の  $F$  は入力された特徴を表す単語、 $T$  はターゲット (お題) を表す単語、 $Hit(X)$  は  $X$  を検索語としたときの検索エンジンのヒット件数を表す。

$$Value(F) = \frac{Hit(F \wedge T)}{Hit(F)} + \frac{Hit(F \wedge T)}{Hit(T)} \quad (1)$$

式 (1) において、右辺の第 1 項は「ターゲットの主要な特徴となっているか」を表す特徴の十分性として、第 2 項は「ターゲットを想起可能な特徴となっているか」を表す特徴の必要性として用いている。これらの各項は、それぞれが条件付き確率を表すため、各項の値のとりうる範囲は 0 から 1 となる。

この値から、特徴の重要度を評価する閾値を決定するための予備調査として、特徴になりうる単語と特徴にならない単語の  $Value(F)$  および式 (1) の第 1 項と第 2 項の値の分布を調べた。その結果、ほぼ特徴にはなりえない閾値として、第 1 項と第 2 項の両者が 0.2 未満のときには、「特徴ではない可能性がある」と判定する。またユーザの目安となるように、 $Value(F)$  が 0.4 未満のときに「特徴と思われる」、0.4 以上の場合\*1 について「特徴として欠かせない」というフィードバックを行う。

#### 4.2.3 共通点を見つける練習ステップ

共通点を見つける練習ステップでは、ベースを見つける手がかりとなる、ターゲットとベースの共通点を見つける練習を行う。これは、ターゲットやベースの重要な特徴間に類似性を見い出せなければ、うまくターゲットをベースで喩えることができないと考えられることによる。

本ステップでは、ユーザに図 4 の上部に示されるターゲットとベースについて、その共通点を単語としてテキストエリアに入力してもらおう。共通点の入力後、右上にある「CHECK」ボタンを押すと、入力された共通点の適切さの判定がなされる。すなわち、入力された共通点をターゲットとベースの共通の特徴として、ターゲットとベースのそれぞれについて、4.2.2 項で述べた式 (1) による特徴の適切

\*1 予備調査における式 (1) の第 1 項と第 2 項の値の分布と、「特徴ではない可能性がある」にあてはまらない  $Value(F)$  の最低値が  $0.2 + 0.2 = 0.4$  となること、ならびに特徴の再現率を重視するために、可能な限り低い値として定めた。特徴の適合率を重視した基準を設ける場合には、この値を大きくすることも考えられる。



図 4 共通点を見つける練習ステップのインターフェース

Fig. 4 Interface of learning step for finding common points.

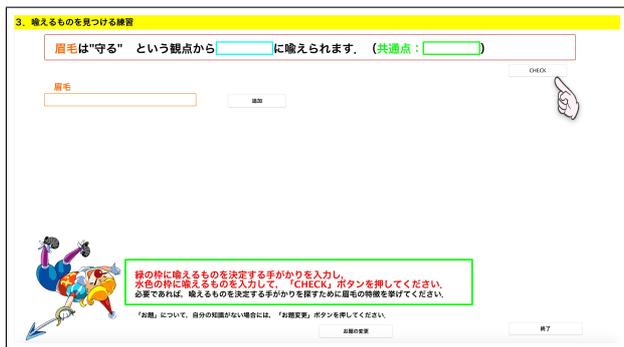


図 5 喩えるものを見つける練習ステップのインターフェース

Fig. 5 Interface of learning step for finding likened object.

さの評価値を求め、両者ともに「特徴ではない可能性がある」と判定されなければ、本ステップは終了となる。

#### 4.2.4 喩えるものを見つける練習ステップ

喩えるものを見つける練習ステップでは、ターゲットの喩え先となるベースを見つける練習を行う。これは、類推には数多くのものの中から、ターゲットを喩えるために適切なものを探す能力が必要と考えられることによる。

本ステップでは、図 5 の上部に示されるターゲットと喩える際の観点をもとに、ベース、およびターゲットとベースの共通点を答えてもらう。ベースと共通点の入力後、右上にある「CHECK」ボタンを押すと、入力されたベースの適切さの判定がなされる。すなわち、共通点をターゲットとベースの共通の特徴として、ターゲットとベースのそれぞれについて、4.2.2 項で述べた式 (1) による特徴の適切さの評価値を求め、両者ともに「特徴ではない可能性がある」と判定されなければ、本ステップは終了となる。

#### 4.2.5 特徴の対応付けの練習ステップ

特徴の対応付けの練習ステップでは、ターゲットの特徴とベースの特徴がどのように対応しているかを考え、できるだけ多く対応付けを行ってもらう。これは、ターゲットとベースとの間で、できるだけ多くの特徴間で対応付けを行うことができれば、ターゲットの多くの要素について、類推を用いて説明できると考えられることによる。

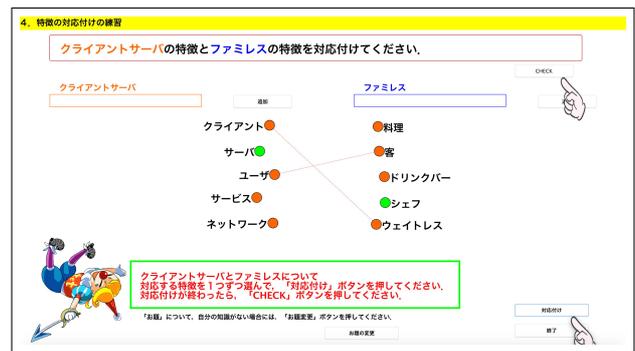


図 6 特徴の対応付けの練習ステップのインターフェース

Fig. 6 Interface of learning step for matching features.

本研究においては、類推ステップの伝達に焦点を当てており、類推の質の向上は明示的には扱わないが、類推の質を高める前提として、特徴の対応付けの量が必要と考えている。すなわち、より多くの特徴の対応付けを行うためには、質の良い類推に向けたベースの選択が必要になると考えられるため、間接的には類推の質を考慮する必要が生じる\*2。

本ステップでは、図 6 のインターフェースを用いて、表示されるターゲットとベースの特徴の中で、対応する特徴をマウスで選択し、「対応付け」ボタンを押すことで特徴間に線を引くことで対応付けを行ってもらう。

表示するターゲットとベースの特徴は、ターゲットについて書かれた Wikipedia [20] から特徴となる単語を取り出したうえで、Word2Vec [21] を用いてベース側の対応する特徴の候補となる単語を取り出し、人手でターゲットに対応する特徴を選択して用意した。特徴の数は、正解となる特徴の組合せが 4 から 7 ペアとなるように用意し、ダミーとなる特徴を 1 から 2 個追加したうえで表示する。これら用意した正解となる特徴のペアの 8 割以上の対応付けを行った状態で、右上にある「CHECK」ボタンを押すと、本ステップは終了となる。

### 4.3 実践ステップ

実践ステップでは、図 2 の右に示すように、類推の各手順を練習ステップと同形式で進める中で、一連の類推手順を覚えてもらうとともに、ターゲットとベースの対応付けの結果をもとに、ターゲットの説明文を作成してもらう。

すなわち、ターゲットを選択した後、以下の手順で類推の手続きを進めてもらう。

1. 4.2.2 項の内容に基づいて、ターゲットの特徴をあげる。
2. 4.2.3 項の内容に基づいて、ターゲットとベースの共通点を見つけてもらう。
3. 4.2.4 項の内容に基づいて、ベースを見つけてもらう。

\*2 今後の改良案としては、現在並列に並べている特徴に対して重要度を付与してもらい、重要度の高いものから特徴の対応付けを行ってもらうことなどが考えられる。

表 3 説明文作成の課題

Table 3 Themes for creating explanation.

ターゲットとベースの関係	説明課題
1. 同カテゴリ	好きな「球技」を「野球またはサッカー」に喩えて説明してください。
2. 並列カテゴリ	好きな「和食」を「何かの洋食」に喩えて説明してください。
3. 擬人化	好きな「乗り物」を「芸能人の誰か」に喩えて説明してください。
4. 逆擬人化	好きな「芸能人」を「何かの家電」に喩えて説明してください。
5. 抽象カテゴリ (観点有)	「コンビニ」を、「便利」という観点で何かに喩えて説明してください。
6. 抽象カテゴリ (観点無)	「消費税」を何かに喩えて説明してください。

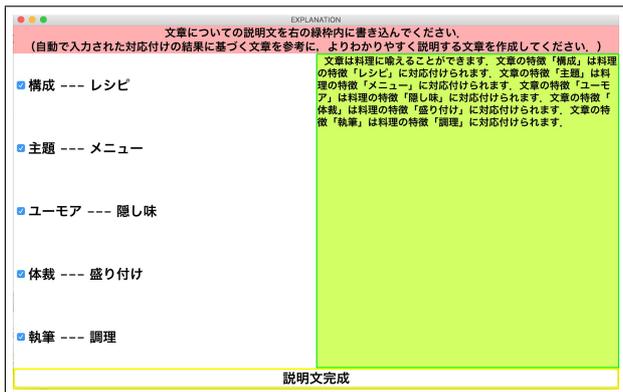


図 7 説明文作成インタフェース

Fig. 7 Interface for creating explanations.

- 4. 4.2.2 項の内容に基づいて、ベースの特徴をあげる。
- 5. 4.2.5 項の内容に基づいて、ターゲットとベースの特徴の対応付けを行ってもらう。

その後、説明文の作成に用いるインタフェース (図 7) において、左側のパネルに特徴の対応付けの結果が示され、右側のパネルにはその対応付けの内容が文章として自動で入力される。たとえば、構成とレシピが対応づけられた場合、『文章の特徴「構成」は料理の特徴「レシピ」に対応付けられます。』という文が自動的に入力される。

ユーザは右側のパネルの文章を編集することができ、各対応付けの結果をもとに、説明対象となっているターゲットを、ベースを用いた喩えにより説明文を作成する。

#### 4.4 本システムの対象ユーザ

本節では、本システムの対象となるユーザについて述べる。対象ユーザの年齢層について、年齢による影響が最も大きいと考えられるのは、ベースの決定に際してベースになりうるものの知識を有するか、またターゲットやベースの特徴をどれくらいあげられる知識を有するか、という点になると考えられる。本研究においては、類推手順の理解を促すことを目的として、類推の質は問わないこと、ならびにターゲットはユーザがよく知っている 1 単語を用いる前提となっていることから、ターゲットと何らかの共通点があるものをベースに決定することができる年齢であれば、本システムの対象ユーザになると考えている。

また、コンピュータ上のソフトウェアを操作するために必要なコンピュータリテラシを備えている必要があることや、一般的な教育の範囲では明確に類推手順を学ぶ機会はないことから、およそ小学校高学年以上のすべての人が対象ユーザになりうると考えている。

### 5. 類推による説明スキルの獲得支援システムの評価実験

本章では、提案するシステムがユーザの説明スキルの獲得を支援できるかを検証した評価実験について述べる。

#### 5.1 実験手順

情報科学を専攻する大学生、大学院生 9 名に、提案システムによる類推手順を遂行し、説明文を作成してもらう実験を行った。

実験は、1 日目に、「1 回目の説明文の作成」を行ってもらうとともに、「チュートリアル」と練習ステップの「特徴をあげる練習」「共通点を見つける練習」を行ってもらった。説明文の作成においては、3.2 節で述べたベースとターゲットの関係に対応して、表 3 の説明文作成の課題を用意し、「類推を用いて分かりやすい説明文を作成してください」と指示を与えた。2 日目に、練習ステップの「喩えるものを見つける練習」「特徴の対応付けの練習」、その後 1 回目と同じ課題で「2 回目の説明文の作成」を、実践ステップを用いて行ってもらった。3 日目に、全被験者が作成した 2 回分の説明文に対して、以下の項目について 5 段階で相互評価を行ってもらった。

1. 説明スキル：「説明したいもの」が分かりやすく説明されていますか？
2. ターゲットの特徴の適切性：「説明したいもの」の説明に欠かせない特徴が十分にあげられていますか？
3. ベースの選択の適切性：「喩えるもの」の選び方は適切ですか？
4. ベースの特徴の適切性：「喩えるもの」の説明に欠かせない特徴が十分にあげられていますか？
5. 特徴の対応付けの適切性：喩えを用いて、うまく対応付けて説明されていますか？

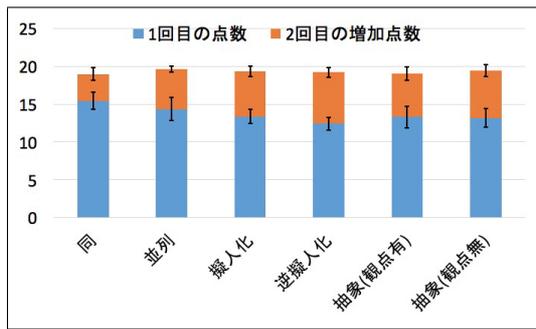


図 8 説明文の点数 (被験者平均, バーは標準誤差を表す)

Fig. 8 Scores of explanations (Averages of the test subjects, bars indicate standard errors).

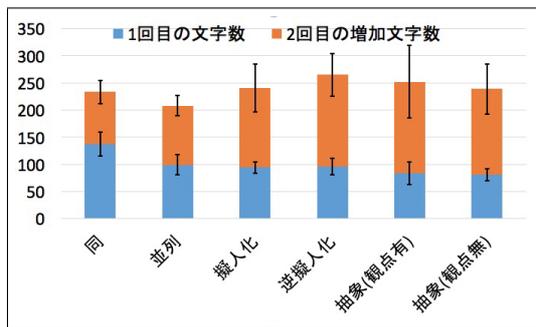


図 9 説明文の文字数 (被験者平均, バーは標準誤差を表す)

Fig. 9 Number of characters in explanations (Averages of the test subjects, bars indicate standard errors).

### 5.2 実験結果と考察

被験者によって作成された説明文の相互評価の点数 (前節の 5 項目の合計で 25 点満点) を図 8 に示す. すべての課題において, システムを用いた説明文の評価が高くなり (t 検定 (両側検定), 同カテゴリのみ  $p < .05$ , その他はすべて  $p < .01$  で有意差あり), 各項目ごとの評価値も, 1 回目比べて 2 回目の点数が高い (t 検定による有意差が存在する) 結果となっていた. このことから, 提案システムによる練習は, より分かりやすい説明文の作成に効果があったといえる.

被験者によって作成された説明文の文字数を図 9 に示す. 1 回目の説明文は平均 100 文字程度で書かれていたのに対して, 2 回目には平均 240 文字程度で書かれるようになった. すなわち 1 回目の時点では, 喩えを用いて説明する際の要領が分からず, 十分に説明文を書けなかったことがうかがえる. しかし 2 回目の時点では, 特徴の列挙や対応付けなどの手順を理解したため, より多くの説明文を書けるようになったと考えられる.

説明文中で喩えに用いられた特徴の数, および 2 回目の説明文作成時にあげられた特徴と対応付けが行われた特徴の数 (4.3 節の実践ステップの手順 1, 4, 5 の値) を表 4 に示す. ただし, 説明文中の喩えに用いられた特徴の数は, 4.3 節で述べた説明文作成インタフェースに自動的に入力

表 4 説明文中で喩えに用いられた特徴の数, および 2 回目の説明文作成時にあげられた特徴と対応付けが行われた特徴の数 (被験者平均)

Table 4 Number of features for being used to 1st and 2nd explanation, and numbers of matched features in the 2nd time of creating explanations (Averages of the test subjects).

課題	喩えに用いられた特徴の数		2 回目の説明文作成時の特徴と対応付けの数		
	1 回目 説明文	2 回目 説明文	ターゲ ット	ベース	対応 付け
同	2.9	4.8	5.4	5.3	5.2
並列	1.3	2.8	5.1	4.9	4.8
擬人化	1.6	3.1	5.2	4.8	4.6
逆擬人化	1.3	3.1	6.9	5.0	5.2
抽象 (観点有)	1.6	3.2	4.8	4.4	4.1
抽象 (観点無)	1.3	2.9	4.9	3.8	4.2

される説明のみでは数にカウントされず, 喩えを用いて追加の説明が行われていることを, 本論文の 3 名の著者らが確認したものの数となっている.

喩えに用いられた特徴の数は, 1 回目から 2 回目で増加しており, 対応付けを意識した類推による説明が行われるようになったことがうかがえる. また, 2 回目の説明文の作成時には, ターゲットとベースのそれぞれについて, 4 から 5 個の特徴があげられ, そのほとんどの特徴について対応付けが行われていた. 特に, 同カテゴリや並列カテゴリ以外の, ターゲットとベースとの類似性を見出すことが難しい課題に対しても, 多くの特徴をあげて対応付けを行うことができるようになっていた. これらのことから, 被験者は類推の手順を理解し, 特徴をあげたうえでそれらの対応付けを行い, それをもとに説明文を作成できるようになったといえる.

しかし, 2 回目の説明文作成時に, 対応付けを行った特徴の数 (表 4 の対応付けの数値) と, 喩えに用いられた特徴の数 (表 4 の 2 回目説明文の数値) には若干の差が生じた. これは, ターゲットとベースの特徴として, 互いの類似点ではなく相違点としてあげられた特徴が含まれていたことによる\*3. そのため対応付けを行う際には, 対応する特徴が類似点なのか相違点なのかを区別した対応付けにより, 特に類推による説明時には, 類似点のみを利用して説明を行うようにするなどの改良が検討される.

表 5 に示す事後アンケートの結果においても, 被験者全員が類推の手順を理解したと回答しており, またほとんどの被験者が類推ができるようになったと回答した. このことから, 被験者はシステムを利用することによって, 類推の手順を理解することができたと考えられる.

最も変化が見られた被験者の説明文の例を表 6 に示す.

\*3 たとえば, ターゲットには A という特徴があるが, ベースにはないという説明.

表 5 事後アンケートの結果 (5 段階評価, 人数)

Table 5 Questionnaire results (Number of test subjects).

質問	5, 4 (肯定)	2, 1 (否定)
類推の手順を理解できましたか?	9	0
類推ができるようになりましたか?	8	1
説明に類推が有効だと思いますか?	9	0

表 6 最も変化がみられた被験者の説明文の例

Table 6 Example of the most changed explanation.

(1 回目) コンビニは、「便利」という観点で、インターネットに喩えられる。コンビニは、24 時間いつでも行けるし、欲しいものはほとんど手に入るが、インターネットは、24 時間いつでも利用でき、欲しい情報はほとんど手に入る。

(2 回目) コンビニはスマートフォンに喩えることができます。コンビニとスマートフォンの共通点は「便利」であるということです。コンビニの特徴「近い」はスマートフォンの特徴「コンパクト」に対応付けられます。スマートフォンはコンパクトで持ち運びやすいというのも便利と言われる理由のひとつです。このことから、コンビニもたくさんの店舗があり現在地のすぐ近くにコンビニがあることが多いため便利であると言われていることが理解できます。コンビニの特徴「24 時間」はスマートフォンの特徴「いつでもどこでも」に対応付けられます。スマートフォンは手元にあればいつでもどこでもその機能を使うことができ大変便利です。このことから、コンビニも夜中など急に必要なのが必要な時に時間を気にせず利用できるため大変便利であるということが出来ます。コンビニの特徴「商品」はスマートフォンの特徴「アプリ」に対応付けられます。スマートフォンの中にはたくさんのアプリが入っており、その機能を使って様々なことができます。コンビニの中にはたくさんの商品があることが理解できます。コンビニの特徴「欠かせない」はスマートフォンの特徴「必需品」に対応付けられます。スマートフォンは、現代のほとんどの人々にとって生活するためには必需品となっています。このことから、コンビニも、生活する上で欠かせないものとなっていることが理解できます。また、コンビニの特徴「コピー機」はスマートフォンの特徴「カメラ」に対応付けられます。スマートフォンは本来、電話機能がメインの携帯電話ですが、それにカメラ機能がついているために便利さが増しています。このことから、コンビニにおいてあるコピー機も、本来の買い物ではないサービスも利用するために便利さが増しているということが出来ます。以上のことから、コンビニはスマートフォンに喩えることができます。

1 回目の説明文では、喩えを用いているものの、ターゲットとベースの特徴の列挙やその対応付けが十分でない説明となっている。しかし 2 回目の説明文では、多くの特徴があげられるとともに、その対応付けが行われるようになった。この傾向は、例としてあげた被験者だけでなく、多くの被験者の説明文において確認することができた。このことと、文字数の変化や被験者への実験後の聞き取り調査などから、多くの被験者はそもそも類推による説明の手順を知らなかったため、本システムの活用によって、説明文の内容が大きく改善されたと考えられる。

## 6. 結論

本論文では、自身が知っている知識を、その知識を知らない他人に伝える際に、類推を用いて分かりやすく説明するスキルの獲得を支援するシステムを提案した。評価実験により、システムを用いた被験者が、分かりやすい説明を行える能力を身につけられる可能性を確認した。

今後は、類推を用いた知識伝達だけでなく、新しい物事を類推によって理解するための枠組み、また類推を用いて新しい考え方を発見できる枠組みに拡張していきたいと考えている。

謝辞 本論文の完成に向けて、査読者の方々には大変有益なコメントをいただきました。ここに記して感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Bond, F., Isahara, H., Fujita, S., Uchimoto, K., Kuribayashi, T. and Kanzaki, K.: Enhancing the Japanese WordNet, *The 7th Workshop on Asian Language Resources, Conjunction with ACL-IJCNLP* (2009).
- [2] Chen, Z. and Daehler, M.W.: Positive and Negative Transfer in Analogical Problem-solving by 6-years-old Children, *Cognitive Development*, Vol.4, No.4, pp.327-344 (1989).
- [3] Gentner, D.: Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy, *Cognitive Science*, Vol.7, pp.155-170 (1983).
- [4] Gick, M.L. and Holyoak, K.J.: Analogical Problem Solving, *Cognitive Psychology*, Vol.12, pp.306-355 (1980).
- [5] Gick, M.L. and Holyoak, K.J.: Scheme Induction and Similarity in Analogical Transfer, *Cognitive Psychology*, Vol.15, pp.1-38 (1983).
- [6] Holyoak, K.J., Junn, E.N. and Billman, D.O.: Development of Analogical Problem-solving Skill, *Child Development*, Vol.55, No.6, pp.2042-2055 (1984).
- [7] Holyoak, K.J. and Thagard, P.: Analogical Mapping by Constraint Satisfaction, *Cognitive Science*, Vol.13, pp.295-355 (1989).
- [8] 石井俊行, 橋本美彦: 理科・数学教師間の連携の強さが学習の転移に及ぼす影響—類推的問題解決能力の向上を目指して, *科学教育研究*, Vol.40, No.3, pp.281-291 (2016).
- [9] 岩男卓実: 文章生成における階層的概念地図作成の効果, *教育心理学研究*, Vol.49, No.1, pp.11-20 (2013).
- [10] 金城敬太, 尾崎知伸, 古川康一, 原口 誠: アナロジーを組み込んだルール発想推論によるスキル獲得支援, *人工知能学会論文誌*, Vol.29, No.1, pp.188-193 (2014).
- [11] 菊地紫乃: 幼児は物語を問題解決に活用できるか: 類推の発達過程, *発達心理学研究*, Vol.23, No.2, pp.162-171 (2014).
- [12] 岸 学, 綿井雅康: 手続き的知識の説明文を書く技能の様相について, *日本教育工学雑誌*, Vol.21, No.2, pp.119-128 (1997).
- [13] 森田純哉, 永井由佳里: 類推の認知モデルの応用によるリフレクション支援システムの開発, *人工知能学会論文誌*, Vol.26, No.5 SP-E, pp.559-570 (2011).
- [14] 新谷和幸: 小学校社会科における「概念カテゴリー化学習」の授業構成: 概念の名辞とカテゴリー化の手法に着目して, *社会科研究*, Vol.80, pp.57-68 (2014).

- [15] 西原陽子, 佐藤圭太, 砂山 渡: 光と影を用いたテキストのテーマ関連度の可視化, 人工知能学会論文誌, Vol.24, No.6, pp.479–487 (2009).
- [16] 奥田俊博: 国語の授業における比喩表現の指導について: 中学校国語を中心に, 九州女子大学紀要, 人文・社会科学編, Vol.45, No.3, pp.43–55 (2009).
- [17] 鈴木宏昭: 説明と類推による学習, 認知心理学 5 学習と発達, 波多野誼余夫 (編), pp.149–179, 東京大学出版会 (1996).
- [18] 鈴木宏昭: 類似と思考, 共立出版 (1996).
- [19] 植田一博: 科学者の類推による発見, 人工知能学会論文誌, Vol.15, No.4, pp.608–617 (2000).
- [20] Wikipedia, 入手先 (<https://ja.wikipedia.org/>).
- [21] Word2Vec, available from (<https://code.google.com/archive/p/word2vec/>).



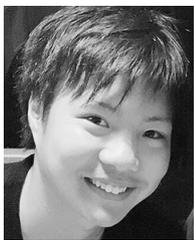
西原 陽子 (正会員)

2007年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。2007年日本学術振興会特別研究員(PD)。2008年東京大学大学院工学系研究科助教, 2009年同講師。2012年立命館大学情報理工学部准教授, 現在に至る。インタラクシオン研究, コミック工学研究に興味を持つ。人工知能学会会員。



砂山 渡

1995年大阪大学基礎工学部制御工学科卒業。1997年同大学大学院博士前期課程修了。1999年同大学院博士後期課程中退。同年同大学院助手, 2003年広島市立大学助教授, 2007年同准教授, 2016年滋賀県立大学教授, 現在に至る。博士(工学)。人間の創造活動を支援する研究に興味を持つ。人工知能学会, 日本知能情報ファジィ学会, 電子情報通信学会, 言語処理学会, IEEE 各会員。



石田 純太

2015年広島市立大学情報科学部システム工学科卒業。2017年同大学大学院情報科学研究科システム工学専攻博士前期課程修了。現在, 広島県立祇園北高等学校非常勤講師。



川本 佳代

1991年東京学芸大学大学院教育学研究科博士前期課程修了。修士(教育学)。1994年国際基督教大学大学院教育学研究科博士後期課程中退。同年広島市立大学助手。2007年同助教, 現在に至る。高度な思考力の育成を目指す e-learning に関する研究に従事。教育システム情報学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本教育工学会, 日本科学教育学会各会員。