

知的マニュアルシステムにおける比喩説明文の生成

石田修一 蔵方隆宏 森辰則
横浜国立大学 工学部 電子情報工学科
E-mail: {ishida,kura,mori}@forest.dnj.ynu.ac.jp

梗概

今日のさまざまなハードウェアやソフトウェアの中には、修得すべき専門的な概念や複雑な操作手順が多く、利用者に対してわかりやすいマニュアルを作成する必要がある。

本研究では、知的マニュアルシステムの一環として、比喩を用いた説明文生成システムを提案する。本システムは構造写像システムと比喩文生成システムから構成される。前者は、構造写像理論を基礎とし、探索に運用的制約を用いて概念間の対応関係を求める。後者は、その求められた対応関係に基づき、比喩を含んだ説明文を生成する。

また、利用者に対してどのように説明文を提示するのがわかりやすいかについて説明に用いる比喩文の形式などを中心にして検討した。

Metaphor Generation for Explanation in Intelligent Manual Systems

Shuichi ISHIDA, Takahiro KURAKATA and Tatsunori MORI
Division of Electrical and Computer Engineering,
Faculty of Engineering, Yokohama National University
Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240, Japan
E-mail: {ishida,kura,mori}@forest.dnj.ynu.ac.jp

Abstract

Recently many hardwares and softwares have a lot of concepts and operations which are too complicated to learn. Therefore it is necessary to make manuals easy to understand.

In this paper, we propose a metaphor generation system for explanations which can be used for intelligent manual systems. This system consists of a structure-mapping system and a metaphor generation system. The former is based on *the structure-mapping theory*. It tries to find an analogical mapping between two knowledge representations corresponding to two concepts using pragmatic constraints. The latter generates explanations with metaphors based on the analogical mapping.

We also discuss what types of metaphor sentences are more understandable.

1 はじめに

今日、家電製品から専門機器まで、あらゆる製品にマニュアルが付属している。これらの機器の中には、修得すべき専門的な概念や複雑な操作手順が多く、利用者に対してわかりやすいマニュアルを作成する必要がある。

しかし、すべての利用者に無理なくさまざまな概念・操作手順を習得してもらうためには、従来の紙面による、記述内容が固定されているマニュアルでは限界がある。そのため現在では、複数の文書や画像・音声をリンクにより結びつけたハイパーテキストを利用することが注目されている。その利点は、それぞれの文書間が構造化され、検索や関連事項の間の相互参照が容易になることである。しかし、そのためには、検索する語や関連事項などの概念についてある程度知っている必要があるため、それらについてまったく知識のない初学者に対してはそれほど適切であるとはいえない。そのため、初学者を含めた広範囲の利用者に適合するようなマニュアルにするためには、個々の情報の内容も利用者に応じて動的に変化するものが望ましい。マニュアルにおいても図表が重要であるが、内容を表現するのに最も中心的な役割を担うのは文章である。よって、文による説明の仕方を利用者に合わせて工夫することで、より効率的な情報伝達が可能になると期待される。特に、初学者に対しては、既知の概念に「例える」ことが有効であると指摘されている。以上の点を踏まえ、本稿では知的マニュアルシステムの主要部として、比喩を使うことができる説明文生成システムについて述べる。

2 関連研究

比喩とは、ある概念を別の概念に見立てて、後者の性質を前者に転写することにより、前者の新たな側面を顕在化するという言語行為である。

従来の計算機による比喩表現の取り扱いに関する研究では主に比喩理解についてのものが多く、本研究のように比喩生成の研究はほとんどない。内山ら [1] や諏訪ら [2] の研究も、すでに記述された比喩を理解することが目的となっている。

Gentner によると比喩は次のように分類できる。

- 構造比喩・関係比喩 — 概念の構造や関係が「見立て」の対象
(例)「電線は、パイプのようなものである」
- 属性比喩 — 概念を構成する属性が「見立て」の対象
(例)「狼のような男」

内山らの研究 [1] では、属性比喩について検討しており、ある対象についての特徴的な属性 — 顕現性を定量的処理することについて述べている。本研究では、ある利用者にとって未知な語を別な語に例えて、その例えた語とその関連した事象との関係から、未知な語とそれに関連する事象を類推させるという立場から、構造・関係比喩を用いて概念の説明を行なう。構造・関係比喩について

は、諏訪ら [2] が構造的同型性から類比を求める研究を行なっている。Indurkha [3] も、ソース領域からターゲット領域へ関係を写像することによって、比喩を処理している。その際、写像しても関係が矛盾しないようなものを coherent な写像と定義し、coherent な写像のみを求めている。我々の構造写像システムも基本部分は諏訪らや Indurkha と同等のものをを用いている。しかし、写像時に運用的制約を導入し、探索の枝刈りを行なう点で異なる。

説明文生成に関する関連研究については次節で述べる。

3 用語説明システム

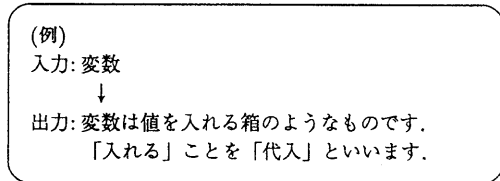
これまで、電子化された辞書やマニュアルなどといった用語を調べることができるシステムはいろいろと存在する。例えば、Microsoft Windows の Help 機能などが身近であろう。しかし、それらはあらかじめ用意された、決められた情報を参照するものである。そのため、前述したように参照する事項についてのある程度の知識が必要となるため、予備知識のない初学者には理解しづらい。本研究では計算機自身が説明文を利用者に合わせて動的に生成するシステムを考える。

また、本研究について関連が深いのは、類比を用いて各種説明を行なうものである。仲谷らの研究 [4] は、対応関係を図示することにより利用者の理解の助けにしようとするものである。細見らの研究 [5] では、対応関係を文章で説明する手法を提案している。しかし、いずれの研究でも知識の構造の同型性をそのまま提示する方法であるために、非常に似通った概念を用いて少し異なる別の概念を説明する場合にのみ適する。そのために、ある特定の領域について知識のない者に説明する場合には不向きである。

これに対して、本研究では、比喩の持つ修辭能力に注目する。比喩表現により二つの概念を結びつけた場合、読者は既知の概念を通じて未知の概念を構成しようとする。そのために、完全な同型性を持たない場合でも対応関係ができる。これにより、本質的に異なる抽象的な概念と具体概念とを対応させることも可能である。また、比喩として用いる概念の領域を読者に合わせることで、常に既知の概念と対応させることができるために、あまり知識のない初学者にも適している。

ここで、我々のシステムの目標を具体的に示すために簡単な例を考える。利用者は、GUI を有するブラウザを通してシステムと対話することで、このシステムを利用できる。システムがマニュアルを示した際に、利用者はわからない語について説明を求めることができる。具体的には、ハイパーテキストとなっているマニュアルの中で、キーワードとなるべき語にリンクを張っておく。そして、利用者はそれを選択することができる。この方式は用語説明における柔軟性がやや低下するが、ハイパーテキストでのリンクの方が利用者から語を選択しやすいということ、システム側の情報の管理がしやすいという利点がある。例えば、利用者が“変数”という語の概念がわからなかった場合を想定する。システムは、まず変

数についての通常の説明，すなわち辞書から固定された説明文を呼び出し利用者に提示する．それでも利用者がわからない場合，説明の仕方を切替える．その1つとして，比喩による説明がある．利用者が比喩での説明を求めると，「変数は値を入れておく箱のようなものです。」のような説明を行う．



次に我々のシステムの構造について説明する．このシステムは「構造写像システム」「比喩文生成システム」から構成される．その構成を図1に示す．

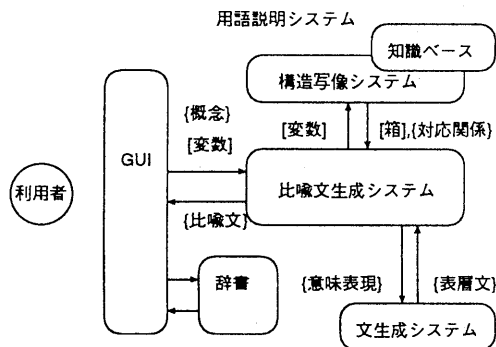


図1: 用語説明システムの構成
([] 内は例を表す)

構造写像システムは，説明する概念と類似する概念を，利用者の既知の領域から見つけ出し，その間の対応関係を求めるものである．このシステムの基本となるのは，人工知能分野における類推研究である [3]．Gentner などの構造写像理論では，2つの関係が対応関係にある，ないという点から類似性を見出し出している．また田中 [6] は，2つの構造を対応させることによってその構造間の距離を定義し，そこから類似度を求めている．我々のシステムでも，構造写像によって類似性を求めていることから，対応関係の数が類似度を表す基本となる．しかし，同じ関係やオブジェクトでない場合でも対応関係がとれるために，通常の構造写像とは異なり，それぞれの対応関係に類似性を表す尺度を適用する．

比喩文生成システムは，構造写像システムで求められた対応関係から，比喩文の意味表現を生成する．そして，文生成システムに意味表現を渡し，表層文を生成する．また，システム全体の管理も行なっている．

4 構造写像システム

4.1 写像システムの構成

構造写像システムは，プリミティブマッチング法 [2] を基とした手法で，例える概念の候補を探索し，例えられる概念との間に対応関係を求める．プリミティブマッチング法では，Gentner らが提案している構造写像理論における「システム性の原則」を課した探索を行なう．ここでプリミティブとは，不可分の意味素であり関係の有限集合である．また，すべての意味表現はプリミティブにより構成される．そして，プリミティブで記述された意味表現の間に対応関係を見つけることによって，例える概念の候補を探索する．

本システムの知識表現は，述語論理を基礎とし，各関係をプリミティブとする．プリミティブの種類として，属性，一階関係，高階関係を用意している．属性は一引数の関係で，関係はオブジェクトを引数として持つ述語である．高階関係は関係を引数として持つ述語である．

Gentner の構造写像理論では，二つの一階 (高階) 関係が同型である時，引数同士が1対1の対応がとれるときに，その二つは類比関係とする．その際に，より高階な関係で結合されている関係ほど写像されやすいという「システム性の原則」を提唱している．また，高階関係となる，原因・目的といった因果関係は，「人間は因果関係に注目して考えるものである」との洞察に基づき，写像する際に注目すべきと考えている．本研究でも次節で述べる高階関係を注目し，それを対応づける写像を生成する．

諏訪らの研究 [2] では，主に動詞概念を表現するためにプリミティブを用いているが，本研究では記述対象は主に専門的な概念や操作方法なため，必要となるプリミティブも多少異なっている．本研究のプリミティブは，諏訪らのプリミティブを基にしているが，特に高階関係に注目し can(可能) や make.do(使役)，keep(維持する) といった関係を新たに用意した．

構造写像システムは，利用者がブラウザを通して比喩の対象として選んだ語を比喩文生成システムから入力されると，次のような過程をとる．

1. その語に相当する知識表現を知識ベースの中から取り出す．これはプリミティブで記述されている．
2. その選んだ知識表現と対応関係がとれる知識表現を知識ベースから探索する．その際に，次節で述べるような制約を用いて探索の枝刈りを行なう．複数の候補が見つかった場合は，もっとも評価の高い候補を選び，その対応関係を出力する．

4.2 構造写像における運用的制約

写像の際には，探索の枝刈りが重要となる．なぜなら，知識ベースには膨大な量の記述が存在するために，制約を付けずにこの探索を行なうと，探索空間の爆発が起こる可能性が非常に高い．そのため，対応関係のある候補

を妥当な時間内で選ぶためには、探索を効率良く行なうための運用的制約が必要である。

まず、「システム性の原則」を我々のシステムの基本制約とする。つまり、高次な関係で結ばれているものをより評価の高いものとする。

特に、因果関係を注目する。しかし、概念の記述には数多くの因果関係が存在するために、どの因果関係が最も注目すべきものであるかを定める別の制約が必要となる。そこで、因果関係の重要性は、その類推が使われている状況に依存して決まるという考えから、目的を設定することにより対応関係を求めることを制御する。Kedar-Cabelli[7]は、その比喩を発話するとき注目している概念を取り上げ、その概念を中心に対応させるという手法を提案した。しかし、比喩理解では、比喩の発話意図は求めるべき対象であるために、制約としては適当ではない。逆に本研究のような比喩生成では、発話意図はシステム側が決めることができるために制約として成り立つ。具体的には、利用者がどのような視点からその未知の概念を知りたがっているか、例えば機能の目的や外観などを、それまでの対話の文脈から得ることで、発話意図を設定できる。また、比喩の目的を設定し概念構造の注目箇所を変えることによって、さまざまな観点からの比喩が生成でき、利用者にとってよりよい説明を提示できる。

現在使用している知識ベースでは、‘purpose(目的)’、‘result(結果)’、‘keep(維持する)’、‘make.do(使役)’などを高階関係として用いている。「類似性は因果関係を保存する」、つまり人間は高階関係が同じでないに対応関係を認知できないため、高階関係はまったく同じ関係同士でしか対応できないものと仮定する。ここで例として機能説明の場面を想定しよう。ある機能は“ある使用目的のために存在する”はずであるから、目的‘purpose’に注目してするのは自然であろう。対象の概念を構成している知識表現の中で、注目する高階関係(purpose)が対応できる候補を探索する。ここにおいて、知識表現の中のすべての対応を求めるような単純な探索では、計算量が莫大になってしまう。そのため、注目している関係を中心にして、そこから順に対応を増やしていく一種の横型探索を採用している。その際に、それぞれの概念で同じプリミティブで、かつ矛盾を生じないものも対応させる。そして、その選ばれた候補の中から一番評価の高い候補を比喩文生成システムに提示する。比喩文生成システムの要請により、その概念とのより細かい対応を求めたり、次に評価の高い候補を提示したりする場合もある。

5 比喩文生成システム

文生成システムは、構造写像システムが生成する対応関係をもとにユーザへの情報提示を行なうインターフェイスの役割を担っている。

以下にいかなるプロセスで比喩説明文を構成していくかについて述べる。

5.1 説明文を生成するための情報

説明段階で用いられる比喩文は、構造写像システムにより生成された情報をもとに作成する。

構造写像システムにより生成される情報は次のようなものである。

1. 質問された語
2. 対応する語 (例えとなる語)
3. 対応関係
4. 評価値
5. 各語の辞書データ

このうち3の対応関係が1, 2の概念の類似点を具体的に示すものであり、文生成システムでは、これをもとに比喩文を生成する。対応関係の例を図2に示す。

対応関係には両概念の関係、属性が含まれているが、本研究ではGentnerによる制約「アナロジーにおいて重要なのは関係であって、属性は必ずしも重要でない」により、関係に注目して文生成を行なっている。

例) 変数と箱の対応関係の一部
・ 関係の対応
代入する ([行為者: X, 対象: C, 終点: V])
- 入る ([行為者: X, 対象: O, 終点: B])
・ オブジェクトの対応
[X-X], [C-O], [V-B]

図 2: 対応関係の例

対応関係は次の形式をとる。

- ・ 関係の対応
R1([属性名: A, 属性名: B, ...]) (質問)
-R2([属性名: C, 属性名: D, ...]) (例え)
- ・ オブジェクトの対応
[A-D], [B-C], ...
(R1, R2: 関係名, A, B, ...: オブジェクト)

R1とR2の関係が対応し、その引数のオブジェクトについては、A-D, B-C がそれぞれ対応していることを示す。図2では、「対応する」と「入る」という関係が対応し、またその引数のX同士、CとO、VとBがそれぞれ対応していることを示す。

5.2 対応関係から生成可能な説明文

対応関係を用いて用語を説明する文として、次の2つの形式について考察する。

- a. 対応する知識の構造を文章で表し、対応する語は別に示す。
- b. 1の文章を部分的に取捨選択して、一つの比喩文として示す。

例として変数を箱の概念に例えた場合のそれぞれの説明文を図3に示す。

- a: 値が変数に対応しているということは物体が箱に入っているということと同じようなことです。
対応する語句: [変数-箱][文字-物体]
- b: 変数は値が入っている箱のようなものです。

図 3: a,b の説明文の例

a と b の文型を比較する。a の文型は細見ら [5] 仲谷ら [4] の方法と同様の情報を提示するものである。この文型は、対応関係で得られた情報を正確に示しているが、文から対応が連想しにくいいため、ユーザーにとって分かり易い説明とはいえない。これに対して b の文型では得られた情報すべては示していないが、比喩を用いることにより対応関係を限定するため、ユーザは対応する概念構造を容易に構成できる。また b は簡潔な文章であり初学者への説明には適しているであろう。

5.3 比喩説明文の生成

この節では、実際にいかにして比喩説明文を生成するかについて述べる。

比喩生成においては、

1. どの関係(命題)に注目するか。
2. 注目する命題からいかにして実際に比喩文を生成するか。

という 2 つの側面がある。

1. については、語を説明する文脈によって決まる。提示情報の種類に応じて変化するのであるが、マニュアルでは機能的な説明が多いことからここでは簡単のために機能的な側面に注目しよう。つまり、対応関係の中から機能説明のプリミティブを含む因果関係を抽出し説明文を生成する。例えば、要素として語の目的を表す高階関係(purpose) 同士の対応に注目する。

2. については、まず 1 により抽出した対応関係の 2 つの命題から、関係・オブジェクトを取り出しこれらを組み合わせて 1 つの命題を生成する。オブジェクトについては、構造写像システムを持つ辞書データから対応する属性を探し変換する。この際、デフォルトとして class を表す属性を適用する。最終的に生成した命題を文生成システムに渡すことにより表層文化している。

変数と箱の例を用いて上記過程について説明する。図 2 の形式で生成された対応関係のうちの変数に関する命題、代入する([対象: 値, 終点: 変数])を基に文を生成すると、

「変数(B)に値(A)を代入する(R1)」

という文が生成できる。同様に変数に対応する箱に関する命題、入れる([対象: 物体, 終点: 箱])を基に文を生成すると、

「箱(D)に物体(C)を入れる(R2)」

という文が生成できる。ここで、対応する関係・オブジェクトを組み変えることにより比喩文が生成できる。例えば後者の文の「物体(C)」のかわりに、これと対応する「値(D)」を適用すると、

「箱(D)に値(A)を入れる(R2)」

となり、これを変数の説明に用いることを考える。最も簡単な比喩説明文の一つは、

「変数は箱のようなものです」

であるが、前述の文を関係節化すると、

「値を入れる 箱」

となり、これを説明文に組み込むことにより、補足説明の加わった簡潔な比喩説明文図 3-b を生成できる。この他にも、関係・オブジェクトの組み合わせ方により数種類の文が作成できるはずである。このうちどのようなものが説明に適しているかを以下で検討する。

5.3.1 オブジェクトの組み合わせについて

図 3,b のように関係節を組み込んだ文型において、この関係節を構成している関係・オブジェクトの組み合わせの数の説明文が構成できる。この例では 4 通りの文ができる。

1. 変数は 値(A) を入れる (R2) 箱のようなものです。
2. 変数は 物体(C) を入れる (R2) 箱のようなものです。
3. 変数は 値(A) を代入する (R1) 箱のようなものです。
4. 変数は 物体(C) を代入する (R1) 箱のようなものです。

これらの文では下線部が「箱」を修飾する関係節になっている。関係節中の動詞として「変数」の知識構造中の動詞「代入する」を用いる場合、箱の機能説明の中心を担う動詞「入れる」が欠けるので、意味の通じない文 3,4 を生成する。さらに、1,2 を比較すると、2. では関係節が箱そのものの内容を示しており、変数に関するオブジェクトがないために、接点のない文になってしまう。1. は「物体」の代わりに、変数の知識構造中のオブジェクトである「値」を用いることにより接点を持ち、意味の通る適度な比喩説明文となっている。このことは、他の用語を説明する場合においてもあてはまる。

5.3.2 対応するオブジェクトの class が同じ場合

対応関係によっては、同じ関係・オブジェクト同士が対応する場合がある。(図 4)。

オブジェクトを名詞化するために class を示す属性に変換した結果が同じになる場合、関係節が質問された語(コンパイル)によるものか、例えとなる語(翻訳)か判別できない次の比喩説明文が生成される。

例) コンパイルと翻訳の対応関係の一部

・関係の対応	(class に対応する属性)
変える ([対象:X, 終点:Y])	文 (X), 文 (Y)
- 変える ([対象:V, 終点:W])	文 (V), 文 (W)
・オブジェクトの対応	
	[X-V], [Y-W]

図 4: 同じ関係・オブジェクトが対応する例

「コンパイルは文 (a) から文 (b) に変える 翻訳のようなものです。」

この文では、ユーザはコンパイルと翻訳の差異を理解することができない。この場合オブジェクトについて、知識表現中の関連する他の属性・関係も含めて提示する。これにより利用者に差異を示すことができる。

コンパイル: 「人間が使う文」から「コンピュータが使う文」に変える。
 翻訳: 「人間が使う文」から「人間が使う文」に変える。

これを適用して次の文を生成する。

「コンパイルは人間が使う文からコンピュータが使う文に変える翻訳のようなものです。」

5.3.3 文型

現在、文型については

「X は～ Y のようなものです」

(質問された語:X, 例えとなる語:Y)

というテンプレートを採用している。この文型は、オブジェクトを表す語 (変数) のみならず、イベントを表す語 (コンパイル) についても適用可能である。文型については、他の例についても検討していく必要がある。

5.3.4 生成アルゴリズム

比喩文生成のアルゴリズムについてまとめる。

1. 構造写像システムの生成する対応関係から機能説明を含む因果関係を抽出する。
2. 対応する 2 つの命題の組み換えを行ない 1 つの命題を生成する。
 - 2-a. 動詞については、例えとなる語の関係 (R2) を選択する。
 - 2-b. オブジェクトについては質問の語のオブジェクトを選択する。(ただし、質問の語と重複するオブジェクトについては省略する)
 - 2-c. 「行為者」については、同じオブジェクト同士が対応している場合、説明に不要であることから省略する。
 - 2-d. 対応する関係・オブジェクト、属性 (class) が同一の場合、差異を生じる属性・関係を探し

これも含めて命題を生成する。

3. 生成された命題を関係節化し文型のテンプレートに組み込む。
- 4.3 により生成された命題を文生成システムにより表層文に変換する。

6 おわりに

初学者にわかりやすいように、ある専門的な概念を比喩を用いた説明文を生成するシステムを提案した。本研究の特徴としては、

- 固定された文書を提示するのではなく、利用者にあわせた説明文を生成する
- 利用者は、GUI を有するブラウザで対話的にシステムを利用できる
- 比喩を用いることで、抽象的な概念と具体的な概念を対応させ、説明できる。
- 写像の際に、注目する関係を設定することで、さまざまな観点からの比喩を生成できる

今後の課題としては、知識ベースの拡張問題がある。現在知識ベースにある知識表現はまだ少ないため、対応関係を求める探索も計算量が少なくすんでいる。しかし、大規模知識ベースに対して、現実的な計算量で候補を求めることができるかは明らかでない。

また、説明談話の中で、どのように比喩文を提示すればより効果的であるかという問題も重要である。

参考文献

- [1] 内山将夫, 板橋秀一: “視点を考慮した比喩の理解”, 情報処理学会研究報告 95-NL-105, pp.45-50, 1995.
- [2] 諏訪正樹, 元田浩: “プリミティブマッチング法: 隠喩的見立て知識の学習法”, 人工知能学会誌 9-3, pp.417-425, 1994.
- [3] B.Indurkha: “Approximate Semantic Transference: A Computational Theory of Metaphors and Analogies”, *Cognitive Science*, 11, pp.445-480, 1987.
- [4] 仲谷善雄, 福田豊生: “抽象的知識体系の計算機による学習支援環境”, 日本認知科学会 第 12 回大会論文集, pp.118-119, 1995.
- [5] 細見格, 荻野浩司, 上原邦昭, 前川禎男: “領域知識内での構造写像を用いた動的概念の説明手法”, 情報処理学会研究報告 93-AI-86, pp.25-32, 1993.
- [6] 田中栄一: “構造をもつものの距離と類似度”, 情報処理学会誌, Vol.31, No.9, pp.1270-1279, 1990.
- [7] 諏訪正樹, 岩山真: “比喩の計算モデル”, 情報処理学会誌, Vol.34, No.5, pp.567-575, 1993.