

視点を考慮した概念の同一化とその応用

徳永 健伸, 岩山 真, 田中 穂積

東京工業大学 工学部

【概要】

本稿では上位/下位関係に基づく概念階層に「視点」という考え方を導入する。知識表現において視点を扱ったこれまでの研究では、概念を下位概念に分類する基準として視点を導入していた。本稿では、このような視点を「下位方向の視点」と呼び、我々が提案する「上位方向の視点」と区別する。上位方向の視点とは、概念が複数の上位概念を多重継承するときに、「どの上位概念によってその概念を特徴づけるか」を表すものである。上位方向の視点を表現する道具として概念のパス式を提案し、その同一化の定義を与える。パス式を使うことにより、複数の視点を持つ概念や特定の視点から眺めた概念などを自然に表現できる。最後に、パス式の同一化の自然言語処理への応用についても具体例をあげて考察する。

A STUDY ON THE UNIFICATION BETWEEN CONCEPTS WITH VIEWS AND ITS APPLICATION

TOKUNAGA Takenobu, IWAYAMA Makoto and TANAKA Hozumi

Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology

(2-12-1 Oookayama Meguro-Ku Tokyo 152 Japan)

Abstract

In this paper, we discuss the conceptual hierarchy based on the superordinate/subordinate relation, which has two kinds of "views" (downward view/upward view). There were several researches which had dealt with views in the knowledge representation. They used the views to classify subordinate concepts. We call such views "downward view". We point out the importance of another view, "upward view" which characterizes the concept by its superordinate concept. As introducing the upward views in the concept hierarchy, we propose and define a "path expression of concepts". We also define the unification between the concepts with path expressions and discuss the usefulness of the unification in natural language understanding.

1 はじめに

計算機で自然言語を処理するためには、人間が持っていると思われる常識的知識を計算機上に表現しておくことが必要である。しかしながら、「常識」をはっきりと定義することが難しい上、その量が膨大なものであるなど問題が山積している。人間の常識は大量で多種多様な概念が複雑に絡み合っているため、一部の知識を他の知識とは独立に切り出すことが難しい。さらに、大量の知識でないと常識とはいえない。このように質の問題とともに量の問題も解決しなければならない。

近年、自然言語処理の分野において、大容量な常識的知識の重要性が改めて認識され、実際に計算機上にこれを構築する試みもなされている[19,11]。これらのプロジェクトでは、常識を構成する大量の概念と概念間の関係(概念体系)を計算機上に表現することが主な目的である。この概念体系が自然言語処理に重要な役割を果たすことはすでに多くの研究者によって指摘されている[10,13,3]。このような概念体系はシソーラスと呼ばれることもある。たとえば、Rogetのシソーラス[17]、分類語彙表[15]、類義語新辞典[9]などがあるが、これらはもともと人間向けに作られたものであり、概念間の関係の根拠が不明確であることが多く、自然言語処理用の知識としては不十分である[13]。しかし、概念間の上位/下位(isa)関係や概念間の部分/全体(hasa, part-of)関係に基づいて体系化されたシソーラスは自然言語処理に有用であることが知られている。

本稿では、概念間の上位/下位関係に基づいたシソーラスについて議論する。このシソーラスを以下では、単に「概念階層」と呼ぶ。ただし、本稿では「概念」という語を2.1節で定義するように非常に限られた意味で使っている。

概念階層を自然言語処理に利用する場合は、処理のどこかの段階で、表層の文に現れる語と概念階層中の概念とを対応をとらなければならない。しかし、一般に語と概念の対応関係はその語を取り巻く文脈からの十分な情報が得られないと一意に決めることはできず、あいまい性を残すことになる。3章ではこの種のあいまい性について考察するが、特にある概念が性質の異なる複数の概念を多重継承している場合に生じるあいまい性を考察する。そして、この場合に「どの上位概念によってその概念を特徴づけるか」が重要であることを指摘し、「視点」という考え方を導入する。

これまでにも知識表現において視点を扱った研究はいくつかあるが[16,2,6,14]、これらの研究では、概念を下位概念に分類する基準として視点を導入していた。本稿では、

このような視点を「下位方向の視点」と呼び、我々が提案する「上位方向の視点」と区別する。3.2節では、上位方向の視点の重要性について述べ、4章ではこれを表現するための道具としてパス式を提案する。パス式を使って概念を表現することにより、複数の視点を持つ概念や特定の視点から見た概念を自然に表現することができる。また、パス式で表現された概念の同一化は文脈解析における照応処理などに応用することができ、自然言語処理では重要となるが、5章ではこの同一化の定義を与える。最後に、6章ではパス式の同一化の自然言語処理への応用について考察し、今後の課題について述べる。

2 概念階層

本稿では、上位/下位関係を唯一の概念間の関係とする概念階層について議論する。

2.1 概念階層の定義

本節では、以下の議論の準備として概念階層を形式的に定義する。

定義 1 概念

性質の集合を概念という。ただし、性質は属性と属性値の対である。概念を参照するために概念に名前をつけることがある。以後、概念を表す場合は概念名を括弧で囲み、その前に*を付ける。

定義 2 個体

ある概念の性質を継承する実体をその概念の個体いう。

定義 3 複合概念

複数の概念を“,”で区切り、“{”と“}”で囲むことによって{ }内の概念の持つ性質をすべて持つような概念を表現する。この記法で表現された概念を特に複合概念という。

定義 4 概念階層

概念階層は概念の集合Cと概念間を結ぶ有向リンクの集合Iからなるループを含まない有向グラフ $\langle C, I \rangle$ である。概念aから概念bに向かって有向リンクが張られている時、概念aは概念bの性質を継承できる。この時、このリンクを直接リンクといい、“ $a < b$ ”と表す。また、概念aから概念bへ1個以上の直接リンクを経て到達可能な時、この直接リンクの系列を間接リンクと呼び、“ $a \ll b$ ”と表す。いずれの場合も、概念bを概念aの上位概念、概念aを概念bの下位概念という。

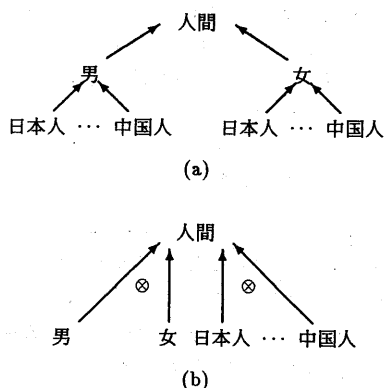


図 1: 下位概念の分類方法

2.2 排他的概念

概念の下に複数の下位概念が存在する時、下位概念が互いに排他的な関係になることがある。概念階層には、このような概念間の排他的な関係も記述しなければならない[6]。

定義 5 排他的概念

複数の概念が、共通の属性で属性値が異なるような性質を少なくとも1つ持つ場合には、これらの概念は互いに排他的な概念であるといい、 $x \otimes y$ と表す。複合概念の $\{ \}$ 内の概念は互いに排他的であってはならない。

たとえば、*(人間)の「性別」という属性は「男」と「女」という値をとることができる。すると、「性別」という属性の値によって、*(人間)は*(男)と*(女)の2つの排他的な下位概念に持つ。このような場合、*(人間)は「性別」という属性によって、2つの下位概念*(男)と*(女)に分類されたという。

概念の属性により下位概念を分類する場合、2つの考え方があり、1つは、(a)各概念において下位概念の分類に使う属性を1つに限る方法、もう1つは(b)各概念で下位概念の分類に使う属性を複数許す方法である。この違いを図1に示す。(a)の方法では、概念の下位概念を必ず1つの属性によって分類するため、分類の基準となる属性の情報を明示しなくても、下位概念同士はすべて排他的な関係であることがわかる。このような概念階層は、弁別ネットワークとなる[18]。一方、(b)の方法では、複数の属性によって概念が下位概念に分類されるため、排他的な下位概念を明示的に示す必要がある[14,6]。

図1-(b)では、下位概念が互いに排他的であるということを示すためにリンクの間に $\otimes$ を置くことによって表している。この $\otimes$ には、概念を下位概念に分類するための基準となる属性が対応している。たとえば、図1-(b)において、*(人間)を*(男)と*(女)に分類している基準は、*(人間)の持つ属性「性別」の値の違いによると考えられる。

概念階層を考える上で余分な情報を明示的に記述する必要がない、という点では、(a)の方法が優れているが、この方法には、次のような欠点がある。

- 概念を分類する基準となる属性が複数ある場合、分類のために適用する属性の順番を決めなければならないが、この順番を決めるのは難しい。たとえば、図1-(a)の例において、属性「国籍」が属性「性別」よりも後に(階層の下の方で)適用されなければならないという根拠はない。
- 概念を1つの属性についてしか分類できないために階層の深さが深くなる。すなわち、性質が垂直方向に分散される。また、階層の下の方に行くほど概念の数が増加する。

そこで、本稿では、図1-(b)の方法をとる。

これまでの知識表現の研究では、このような分類の基準となる属性を、“perspective” [16]、「視点」[2,6]、「見方」[14]と呼んでいるが、本稿ではこれを「下位方向の視点 (downward view)」と呼ぶ。これに対して、概念が複数の上位概念を多重継承している場合に、どの上位概念によってその概念を特徴付けるか、という意味での視点を考え、これを「上位方向の視点 (upward view)」と呼んで、下位方向の視点と区別する。このような視点の考え方は石崎らの提案するもの[7]に似ているが、彼らのいう視点が概念から導出した個体を対象とし、動的に作られるのに対し、我々の提案する視点は概念を対象とし、概念階層中に静的に存在する多くの視点(多重継承)を動的に選択するという点で異なっている。以下、特に断らない限り「上位方向の視点」という意味で「視点」という語を使う。

3 語のあいまい性と概念階層

自然言語の意味処理において、語のあいまい性を解消することは1つの大きな問題である。語のあいまい性は、語が指し示すことのできる概念が複数あることに起因している。したがって、語のあいまい性を解消することは、「文章中に現れる語に対応する概念を決定すること」に他ならない。本章では語のあいまい性を、大きく2つに分類し、そ

れぞれについて概念をどのように設定すべきかについて考察する。

3.1 語の多義性によるあいまい性

語の多義性によるあいまい性とは、同一の語がまったく異なる概念を指し示すことによって生じるあいまい性である。たとえば、次の例文において、“さくら”(以下、語を表す場合は2重引用符で囲む)という語はいずれも異なる概念を指している。

- (1) 太郎は庭に桜を植えた。(桜の木)
- (2) 昨日の夕食に桜を食べた。(馬肉)
- (3) あの男はさくらにちがいない。(人間)

概念階層において、異なる概念は別概念として表現できなければならない。これらの例文において、それぞれの“さくら”が指す概念は同一の個体となりえないので、各概念は別の概念として設定すべきである。

多義語に対応する概念を設定する場合に既存の国語辞典などが参考になる。たとえば、三省堂の新明解国語辞典[4]で「さくら」の項目を引くと、

1. (さくら)

- (a) 金をもらって、劇場の客席から俳優に声をかけてほめる人。
- (b) 縁日や盛り場の露店などで、客のふりをして品物をほめたり進んで買ったりしてお客の買い気をそそる役をする・人(仲間)。

2. (さくら) [桜]

- (a) 堤・道わき・公園・庭に植える落葉高木。春、一面に美しく咲く薄紅色の花は国花。材は建築・家具に使う。[バラ科]
- (b) [←桜色 1448] 薄い赤色。淡紅色。
- (c) [←桜肉 1451] 「馬の肉」のえんきよく表現。[桜色をしているから]
(以下、派生語が続く)

となっている。新明解国語辞典では、例文(3)の“さくら”は他の2文の“さくら”とは別項目になっているが、例文(1)と例文(2)の“さくら”は同一項目の下位分類として区別されている。これは、馬の肉という意味の“さくら”の語源が、「馬の肉が桜色をしている」という事実に基づいているためである。しかしながら、この2つの“さくら”に対応する概念の個体は同一のものとなりえないので別の概念とし

て設定するべきである。また、岩波書店の広辞苑[8]では、“さくら”の項目は唯一つである。このように、国語辞典は多義性のある語に対応する概念を設定する時に役立つが、国語辞典の内容の構造から機械的に概念を設定するのは十分でないことがわかる。

3.2 視点によるあいまい性

視点によるあいまい性とは、1つの概念を異なる視点から眺めることによって、異なる概念と考えることができる、というあいまい性である。このようなあいまい性は、ある概念が互いに性質の異なる複数の上位概念を多重継承している場合に起こる。次のような例文を考える。

- (4) この野菜は害虫に強い。(植物の野菜)
- (5) 野菜をたくさん食べなさい。(食物の野菜)

たとえば、例文(4)の“野菜”は*(植物としての野菜)を、例文(5)の“野菜”は*(食物としての野菜)に対応すると考えられる。これらを別概念として設定することももちろん可能であるが、適当な文脈を与えれば、両概念の個体が同一のものとなりうるから、必ずしも別概念とする必要はない。逆に、文脈によってはどちらか一方の概念の個体しか指せない場合もあるから、それぞれ別概念の個体としても表現できなければならない。

1つの方法は概念を「植物としての野菜」という概念*(植物1)と「食物としての野菜」という概念*(野菜2)に分けて、一方の概念の性質しか継承しない個体はその概念だけを継承し、両方の概念の性質を継承できる個体は多重継承で両方の概念を継承することが考えられる。しかしながら、概念を分割するとその下位概念も分割しなければならなくなり、概念の数が多くなるという問題が生じる。たとえば、*(野菜)を*(野菜1)と*(野菜2)に分割すると、*(野菜)の下位概念である*(にんじん)、*(レタス)、*(かぼちゃ)...についてもすべて、*(にんじん1)、*(にんじん2)、*(レタス1)、*(レタス2)...に分割する必要がある。さらに、*(にんじん)に下位概念があれば、それらもすべて*(...1)、*(...2)に分割しなければならない。また、概念を分割すると、*(野菜1)、*(野菜2)が共通に持つ性質を両方の概念に記述する必要がある、不経済である。

この問題は、概念を考える時には様々な視点がある、ということに起因している。たとえば、*(野菜)も植物としてみた野菜と食物としてみた野菜を考えることができ、文脈によってその視点が変わってくる。このような動的な視点の変化を静的な概念階層で表現しようとするところに問題がある。したがって、概念階層中では様々な視点を含む

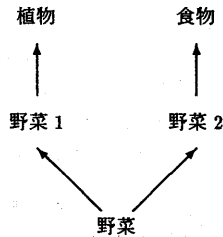


図 2: *(野菜)の上位概念

概念を静的な形で表現し、概念階層を解釈する時に視点を含めた表現ができるような枠組を与えることが必要である。概念が様々な視点を持つことは、概念階層中では概念が複数の上位概念を多重継承することに対応する。また、特定の視点からみた概念は、上位概念から注目している概念へ至る経路を含めて概念を表現することに対応する。

“野菜”の例について図 2 の概念階層を考えよう。ここで、*(野菜 1)、*(野菜 2)の上位概念として、それぞれ、*(植物)、*(食物)という上位概念をもつと仮定している。*(野菜)を*(植物)から*(野菜)へ至る経路を含めて考えれば、「植物としての野菜」という概念を表すことができるし、*(食物)からの経路を含めて考えれば、「食物としての野菜」という概念を表すことができる。文中の“野菜”がどちらの概念に対応するか、文脈上決定できないような場合は、これを*(野菜)と対応付けられあいまい性を含んだ表現ができる。この例では、特に、上位概念として、それぞれ*(植物)、*(食物)を持つことを含めて*(野菜)を眺めると、中間の*(野菜 1)、*(野菜 2)という概念は不要であることがわかる。

このように上位概念からある概念へ至る経路を含めて概念を眺めることは、すなわち視点を意識して概念を解釈していることになる。概念階層を作成、あるいは利用する時にこのように様々な視点を表現できることが必要である。次章では、概念階層において視点を表現するための道具について考察する。

4 概念のパス式

本章では、概念階層において視点を表現するための道具としてパス式を提案する。パス式は、概念を上位概念からの継承経路を含む形で表現する方法であり、特に注目している概念が多重継承をしているときに意味を持つ。パス式を表現するためのオペレータとして、 $\backslash$ を使う。たとえば、図 3 において、*(野菜)はすべての上位概念の性質を継承す

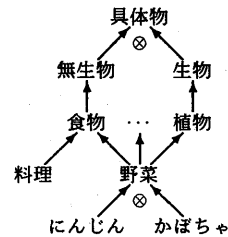


図 3: 概念階層の一部

るが、パス式で表現された概念*(野菜)*(植物)は、上位概念*(植物)、*(生物)、*(具体物)の性質しか継承しない概念を意味する。すなわち、植物という視点からみた野菜という概念を表現していることになる。パスの途中には複合概念を含むことができる。また、複合概念は展開できる。たとえば、*(野菜)\{*(食物), *(植物)\}は*(食物)と*(植物)の性質しか継承しない野菜の概念を表す。また、*(野菜)\{*(食物), *(植物)\}と{*(野菜)*(食物), *(野菜)*(植物)\}は等価である。

パス式の形式的な定義を以下に示す。まず、いくつかの記号を定義する。

- Prop(x) : 概念 x が持つすべての性質
- SelfProp(x) : 概念 x 自身が持つ性質
- InheritProp(x) : 概念 x が継承によって持つ性質

ただし、 $x_i < x_j$ という関係があるとき、「上位概念が x_j である」という性質は InheritProp(x_i)に含まれるものとする。ここで、

$$\text{Prop}(x) = \text{SelfProp}(x) \cup \text{InheritProp}(x)$$

が成り立つ。

定義 6 パス式で表現された概念の持つ性質

パス式で表現された概念が持つ性質を以下のように定義する。

$$\text{Prop}(x_1 \backslash x_2 \backslash \dots \backslash x_n) = \bigcup_{i=1}^{n-1} \text{SelfProp}(x_i) \cup \text{Prop}(x_n)$$

多重継承をしない概念については、パス式で表現しても意味は変わらない。たとえば、図 3 において、*(にんじん)と*(にんじん)*(野菜)は等価である。すなわち、

定義 7 パス式の縮退

パス式 $x_1 \backslash x_2 \backslash \dots \backslash x_n$ (x_i $i = 1 \dots n$)において、 x_1 が多重継承をしていなければ、パス式 $x_1 \backslash x_2 \backslash \dots \backslash x_n$ と x_1 は等価である。

5 パス式で表現された概念の同一化

本章ではパス式で表現された概念の個体同志の同一化を定義する。個体同志の同一化の可能性は、文脈解析における照応参照問題の解決などに応用できる[12,14]。個体同志が同一化できるかどうかは、個体の属する概念の概念階層中の位置関係によって決まる。したがって、パス式を含む概念同志の同一化を定義しなければならない。厳密に言えば、同一化は個体同志に対しておこなわれるものなので、「概念の同一化」という表現は正確ではないが、以下では、簡単のため、「概念 a の個体と概念 b の個体の同一化」の代わりに「概念 a と概念 b の同一化」という表現を使う。

前提として、パス中に複合概念がある場合は、4章で述べたように複合概念に展開できるので、以下の定義ではパス中には複合概念はないものとする。また、複合概念同志の同一化については、複合概念の各要素同志を同一化して得られた結果によって構成される複合概念を複合概念同志の同一化の結果とする。

定義 8 パス式の同一化

概念 $x = x_1 \setminus x_2 \setminus \dots \setminus x_m$ と概念 $y = y_1 \setminus y_2 \setminus \dots \setminus y_n$ ($m, n > 0$) の同一化を次のように定義する。

1. $x_m \leq y_1$ の場合
 $\Rightarrow x_1 \setminus \dots \setminus x_m \setminus \text{path}(x_m, y_1) \setminus y_1 \setminus \dots \setminus y_n$
ただし、 $\text{path}(x, y)$ は両端に x, y を含まない x から y へのパスを表す。
2. $x_{m-k+1} \setminus \dots \setminus x_m = y_1 \setminus \dots \setminus y_k$ となるような k が存在する場合
 $\Rightarrow x_1 \setminus \dots \setminus x_m \setminus y_{k+1} \setminus \dots \setminus y_n$
3. 1, 2 以外で、 x と y が排他的な概念でない場合
 $\Rightarrow \{x, y\}$
4. 1, 2 以外で、 x と y が排他的な概念の場合
 $\Rightarrow \text{FAIL}$

図 3 について同一化の例を説明する。ここで、 $\sim$ は同一化を表す。

1. (a) $*(\text{にんじん}) \sim *(野菜)$
 $\Rightarrow *(にんじん) \setminus *(野菜)$
(b) $*(野菜) \sim *(植物) \Rightarrow *(野菜) \setminus *(植物)$
(c) $*(にんじん) \setminus *(野菜) \sim *(生物)$
 $\Rightarrow *(にんじん) \setminus *(野菜) \setminus *(植物) \setminus *(生物)$
(a) の例は、通常概念階層における概念同志の同一化と同じで、概念は下位概念の方向に特殊化される[14]。

この場合、 $*(\text{にんじん})$ が上位概念を多重継承していないので、定義 7 より、同一化の結果、 $*(にんじん) \setminus *(野菜)$ は $*(にんじん)$ と等価である。(b) の例は、 $*(野菜)$ が上位概念を多重継承しているので、同一化の結果上位概念の方向に特殊化される。この場合の同一化の結果のパス式は、(a) の場合と異なり意味を持つ。

2. $*(野菜) \setminus *(食物) \sim *(食物) \setminus *(無生物)$
 $\Rightarrow *(野菜) \setminus *(食物) \setminus *(無生物)$
同一化される概念のパスが一部重複している場合である。
3. $*(料理) \sim *(野菜) \Rightarrow \{*(料理), *(野菜)\}$
同一化される概念間に上位/下位関係がなく、両概念が排他的でない場合、両概念から構成した複合概念を同一化の結果とする。
4. $*(にんじん) \sim *(かぼちゃ) \Rightarrow \text{FAIL}$
同一化される概念が排他的なので同一化は失敗する。

6 おわりに

本稿では、概念階層における概念に関して、これまでの下位方向の視点とは異なる上位方向の視点の存在を明らかにし、その表現方法として概念のパス式を提案した。また、パス式で表現された概念同志の同一化も定義した。

パス式の応用として、文脈解析における増進的なあいまい性の解消[1]や照応参照の解決が考えられる。たとえば、

(6) 花子はにんじんが好きである。

(7) 彼女はその野菜を毎日食べている。

という文脈において、文(6)の“にんじん”は図 3 の概念階層の $*(にんじん)$ に対応すると考えられる。次に、文(7)を解析すると“その野菜”に対応する概念は“食べる”との選択制限から $*(野菜) \setminus *(食物)$ であることがわかる。この 2 つの概念は同一化できて、 $*(にんじん) \setminus *(野菜) \setminus *(食物)$ が得られる。すなわち、文(6)を処理した時点では $*(にんじん)$ であったものが文(7)を処理した時点では $*(にんじん) \setminus *(野菜) \setminus *(食物)$ に変化するわけであるから、上位方向の視点によるあいまい性が解消されたことになる。また、見方を変えれば文(6)の“にんじん”は文(7)を処理した時点では、もはや、植物のにんじんではありえない、という意味でパス式は制約の蓄積にもなっている。このように、文を読み進むにつれて徐々にあいまい性が解消されるモデルを奥村は「増進的なあいまい性解消モデル」と呼んでいる[1]。

また、文(6)の“にんじん”と文(7)の“その野菜”は照応関係にあるが、2 つの語が照応関係にあるかどうかはそれぞ

れの語に対応する概念が同一化できるかどうかで判定できる場合が多い。本論文で定義した同一化は照応関係の解決に対する部分的な解を与えている。我々の同一化の定義では、同一化される概念が互いに排他的な場合、同一化は失敗するが、必ずしもこれは適切でない。

(8) 太郎は庭で野菜を栽培している。(植物の野菜)

(9) 太郎は毎日野菜を食べている。(食物の野菜)

たとえば、例文(8)の“野菜”は“栽培する”の選択制限から、*(野菜)*(植物)に対応し、例文(9)の“野菜”は“食べる”の選択制限から、*(野菜)*(食物)に対応すると考えるのが自然である。しかしながら、たとえば、

(10) 太郎は自分の庭で野菜を栽培している。

(11) 彼はその野菜を毎日食べている。

のような文脈では、これらの“野菜”は同一の個体を指していると考えの方が自然である。我々の同一化の定義ではこのような同一化は失敗する。パス式を使わないで、すなわち文脈から得られる個体に関する制約を蓄積しないで、両方の“野菜”を単に*(野菜)と考えれば、“栽培する”、“食べる”のいずれの選択制限も満足するのでこの同一化は成功することになる。しかしながら、“栽培して”、“食べる”間には、なんらかのイベント(たとえば、収穫など)が起こり、同一の個体といえどもその野菜には、なんらかの変化が起こっているはずである。我々は、同一化の失敗をこのような変化を検出するきっかけとして扱うべきで、これを同一化のレベルで扱うべきではないと考えている。つまり、この例の同一化には失敗する方がより深い解析をおこなえる可能性が残されている。今後、このようなきっかけを受けて、個体の変化を扱うメカニズムを考える必要がある。

参考文献

- [1] 奥村学。日本語理解のための計算モデルに関する研究。博士論文、東京工業大学、1989。
- [2] 荻野綱男。シソーラスについて。ソフトウェア文書のための日本語処理の研究-5、1-61 ページ、情報処理振興事業協会、1983。
- [3] 荻野綱男。シソーラスの作成の問題点。言語、6(5):64-71、1987。
- [4] 金田一京助ほか、編集者。新明解国語辞典。三省堂、第3版、1982。
- [5] 堀和宏、徳永健伸、田中穂積。シソーラス作成支援ツールに関する基礎的考察。情報処理学会第35回全国大会予稿集、1801-1802 ページ、1987。
- [6] 堀和宏。自然言語の意味処理のための辞書に関する研究。修士論文、東京工業大学修士論文、1988。
- [7] 石崎俊、井佐原均、橋田浩一、内田ユリ子、横山晶一。文脈理解のための概念記述法。情報処理学会 自然言語処理研究会、NL64-7、November 1987。
- [8] 新村出、編集者。広辞苑。岩波書店、第2補訂版、1976。
- [9] 大野晋、浜西正人。角川類義語新辞典。角川書店、1981。
- [10] 鶴丸弘昭、内田彰、日高達、吉田将。国語辞典からの情報抽出とその構造化。情報処理学会 自然言語処理研究会、May 1984。
- [11] 内田裕士。電子化辞書の開発。『自然言語処理技術』シンポジウム論文集、89-98 ページ、情報処理学会、1988。
- [12] 田中穂積、奥村学、小山晴夫。オブジェクトの同一性判定および同一化アルゴリズムとその応用。日本ソフトウェア科学会第2回大会論文集、2A-2 ページ、1985。
- [13] 田中穂積、仁科喜久子。上位下位関係シソーラス ISAMAP1 の作成。情報処理学会 自然言語処理研究会、NL64-4、November 1987。
- [14] 木下聡、佐野洋、浮田一男、天野真家。文脈理解のための知識の表現と推論。Logic Programming Conference '88、205-212 ページ、ICOT、1988。
- [15] 林大。分類語彙表。秀英出版、1966。
- [16] D. G. Bobrow and T. Winograd. An overview of KRL. Cognitive Science、1:3-46、1977。
- [17] L. R. Chapman. Roget's International Thesaurus (Fourth Edition). Harper & Row、1984。
- [18] T. Y. Galloway. TAXI: a taxonomic assistant. In AAAI-87、pages 416-420、1987。
- [19] D. Lenat, M. Prakash, and M. Shepherd. CYC: using common sense knowledge to overcome brittleness and knowledge acquisition bottlenecks. AI Magazine、6(4):65-85、1986。