

自然言語の機械処理について

—概念の連結構造に関する基礎的考察—

鶴丸弘昭*・藤田 毅**・吉田 将***

Machine Processing of Natural Language

—Basic Considerations of the System of Concepts Relations—

by

Hiroaki TSURUMARU

(Department of Electrical Engineering)

Takeshi FUJITA

(Kyushu Sangyo University, Fukuoka)

and Sho YOSHIDA

(Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu)

Generally, machine processing of natural language is done in two stages of syntactic analysis and semantic (conceptual) analysis. In order to make the conceptual analysis of a sentence, the knowledge system (the system of concepts relations) which gives informations between language and their semantics is necessary.

In this paper, we consider the basic problems on describing the system of concepts relations, supposing that a certain concept is denoted by a word or a short phrase.

1. まえがき

自然言語の機械処理の研究は、大量の情報を高速で処理する電子計算機技術の進歩に伴って、盛んに行なわれるようになってきた。これらの中には、仮名漢字変換システムのように構文論的な取扱いのみでも、実用化できると考えられるものもあるが、機械翻訳、質問応答システムなど多くの場合意味処理（概念情報処理）を必要とする。

自然言語として、日本語を対象に、我々が目指している自然言語理解システムは、次のような処理段階に分けて考えることができる（実際には相互に依存しているが）。

(1) 文をかかり受けの関係をを用いて構文分析し、概

念情報処理をしやすい形式に変換する⁵⁾。

(2) 得られた文の標準形より、概念情報処理の対象となる“文の概念連結表現”を求める。文の概念連結表現とは、文が主張している関係、すなわち、文中の指示対象間に成立している関係を、これらの語が表示している概念間の関係で表現した図式である（有向グラフの図式または記号列的図式）。

(3) “概念の連結構造”、“環境（外界の情報）”を用いて、文の概念連結表現に矛盾がないかどうか、さらに、文に表われる人間の欲求状態がどのように変化するかなどを推論し、これらの処理過程・結果としての行動を表わす文を合成する（概念情報処理）。概念の連結構造とは、言語表現とその意味との関係を与える

*電気工学科

**九州産業大学福岡市

***九州工業大学北九州市

ものである。

本論文は、この概念の連結構造の構成方法について考察したものである。

2. 言語による概念の記述

2.1 言語と概念

自然言語と概念との間には、以下のような関係があると考えられる。

(1) 単語（あるいは、2, 3の単語の結合した複合語）は、ある一つ概念を表示するものである。ただし、単語と概念とは、必ずしも1対1に対応するとは限らない。

(2) 概念は、単語または句を用いて、種々の側面から、近似的に記述される（図その他の導入も考慮する必要がある）。

(3) 概念間の連結の構造は、単語と単語との関係をいくつかの見方から規定することにより近似的に記述することができる。

(4) 文は、文中に表われる語が指示している指示対象間に、ある関係が成立していることを主張するものである。したがって、文は、語が表示している概念間の依存関係に対応させることができる。

(5) 概念は、次の四つのタイプに分けられ、これらは、それぞれ具体名詞、動詞、形容詞・形容動詞・副詞、および抽象語で表示される概念に大体対応する。

- (i) ‘具体的もの’概念：具体物を表わす概念。
- (ii) ‘動的事物’概念：事物の動きや様相・時間・場所などの変化を表わす概念。
- (iii) ‘様相’概念：事物の有様やその有様の程度を表わす概念。
- (iv) ‘抽象的ものごと’概念：事物の側面（動きや様相など）を抽象化した概念、および事物間の関係や場所・時間などを表わす概念。

2.2 概念の表記法

(1) 単語はW, N, Pで表わす。異なる単語を明示する場合、 W_i , W_j , …などと表わす。ここで、Wは任意のタイプ概念、Nは‘もの’タイプ（‘具体的もの’と‘抽象的ものごと’）の概念、Pは‘こと’タイプ（‘動的事物’と‘相様’）の概念を表示する単語を示す記号である。

(2) Wが表示する概念を $\langle W \rangle$ 、または $\langle W^i \rangle$ と書く。ここで、iはWの表示するある一つ概念を意味する（ $i=1, 2, \dots$ ）。

(3) 概念の表わす対象を明確にする必要がある場合、添字を用いて $\langle W \rangle_j$ と表示する。（ $j=1, 2, \dots$ ）。

(4) 概念は、 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ で表示する場合がある。

2.3 概念間の関係

概念間の連結の構造を記述するために必要な概念間の関係には次のようなものがある。

(1) 上位一下位の関係

概念 α の表わす事物が概念 β の表わす事物をすべて含む場合、 α を(β の)上位概念、 β を(α の)下位概念とよぶ。このとき、 β を α の種類とよぶ。

(2) 射影(規定)関係

‘具体的もの’概念とその概念の側面を表わす他の概念との間の関係（たとえば、‘紙’と‘白い’、‘書く’などとの関係）を射影関係又は規定関係とよぶ。この関係は、種々の見方（たとえば、‘色’、‘量的様相（厚さ）’、‘使用目的’など）で与えられる。‘紙’など生産物を表わす概念に対する（基本的）見方の代表例を表1に示す。

Table. 1 Example of basic view points for ‘products’

基本的見方の分類	基本的見方
使用に関する見方	使用目的、使用方法、…
製造に関する見方	材料・原料、製造方法
構造に関する見方	部分、部品、内部構造
量に関する見方	量（数量、重量、長さ…）
性質に関する見方	物理的性質
場所に関する見方	使用場所、存在場所
時間に関する見方	使用時間
様相に関する見方*	物理的様相（形、色、…）

*Fig. 1の‘様相’の分類項目を参照

また、射影関係は、概念間に上位一下位の関係が成立する場合、下位概念がどのような見方から見た種類かを規定する。たとえば、‘画用紙’は、‘使用目的’が、‘絵を書く’で、‘量的様相（厚さ）’が、‘厚い’で、‘色’が‘白い’そのような‘紙’の種類である。

(3) 格関係

‘動的事物’概念の表わす事象が成立するために必要な他の事物の役割を格（役）とよぶ。概念の連結構造で用いる基本的な格の例を表2に示す。表2には、それぞれの格に対応する記号表示と参考までに格助詞の例が示してある。ただし、格については、日本語文法では格助詞の意味と関連して研究されており、表2以外の格（たとえば、‘手段’、‘原因’など）も含める場合があるが、我々は、これらの格を表層格とよび、表2の格と区別して用いている。

格関係は次のような記述表現と対応する。

$$\langle N \rangle_1(C_1) \langle N \rangle_2(C_2) \langle N \rangle_3(C_3) \dots \langle N \rangle_m(C_m) \langle P \rangle$$

又は

$\langle P \rangle (\langle N \rangle_1(C_1) \langle N \rangle_2(C_2) \dots \langle N \rangle_m(C_m))$

ここで、 $C_i(i=1,2,\dots,m)$ は格を表わす。

これを、 $\langle P \rangle$ に関する意味の基本表現 (BES) 又は、意味的基本構文とよぶ。

Table. 2 Basic cases and their notations

格	格の細分類	記号表示(格助詞(参考))
主体		S (ガ、ハ)
対象	作用の対象	O _b (ヲ)
	相手・対比	O _m (ニ、ト、カラ)
	場所の対象	O _p (ニ、カラ)
	比較の基準	O _{cs} (ニ、ヨリ)
	起点的対象	O _{st} (カラ)
時間	動作時間	T _p (ニ)
	経過時間(間隔)	T _{du} (ヲ、デ)
	起点・基準	T _{st} (カラ)
	時限・終点	T _{ed} (ニ、マデ)
場所	動作位置	L _p (デ、ニ)
	経過場所	L _{th} (ヲ)
	起点・基準	L _{st} (カラ)
	帰着点・方向	L _{ed} (マデ、ニ)

(4) 因果関係

因果関係は、‘こと’概念 $\langle P_1 \rangle$ と‘こと’概念 $\langle P_2 \rangle$ との間を規定する関係で、次のような見方がある。

(a) 原因-結果関係 $\langle P_1 \rangle$ が原因で、 $\langle P_2 \rangle$ が結果となっている関係である。

例1 $\langle \text{流す} \rangle (\langle \text{人} \rangle_1(S) \langle \text{具体的もの} \rangle_1(O_b))$

→ 結果 — $\langle \text{流れる} \rangle (\langle \text{具体的もの} \rangle_1(S))$

(物理的現象に関する関係)

例2 $\langle \text{からかう} \rangle (\langle \text{人} \rangle_1(S) \langle \text{人} \rangle_2(O_b))$

→ 結果 — $\langle \text{怒る} \rangle (\langle \text{人} \rangle_2(S))$

ここで、 $\langle P_1 \rangle \rightarrow$ 結果 — $\langle P_2 \rangle$ は $\langle P_1 \rangle$ の“結果”が $\langle P_2 \rangle$ である関係を表示している。一般に、□は見方を示す。

(b) 手段・目的・理由としての関係 $\langle P_1 \rangle$ の“手段”、“目的”あるいは“理由”となる $\langle P_2 \rangle$ との関係である。

例 $\langle \text{食べる} \rangle (\langle \text{動物} \rangle_1(S) \langle \text{具体的もの} \rangle_1(O_b))$

→ 手段 — $\langle \text{用いる} \rangle (\langle \text{動物} \rangle_1(S) \langle \text{道具} \rangle_1(O_b))$

— $\langle \text{用いる} \rangle (\langle \text{動物} \rangle_1(S))$

— $\langle \text{部分}(\langle \text{動物} \rangle_1) \rangle (O_b)$

ここで、 $\langle \text{部分}(\langle \text{動物} \rangle_1) \rangle$ の表現は、‘動物₁の部分’たとえば、‘手’や‘指’などを表わす概念の間接的な表現であるが、これも‘手’や‘指’などの上位概念を表示する記号として導入する。

ところで、“手段”、“目的”などの格は、基本格には含めてないが、説明上(表層表現との関係)、“手段”での連結関係を次のように略記表示する場合がある。

$\langle \text{食べる} \rangle (\langle \text{動物} \rangle_1(S) \langle \text{具体的もの} \rangle_1(O_b) \langle N \rangle_i(m_1))$

ただし、N = ‘道具’又は‘動物の部分’

$m_1 =$ ‘手段’格の記号表示

(c) 時間的前後関係 ‘ $\langle P_1 \rangle$ は $\langle P_2 \rangle$ の前でする、’あるいは、‘ $\langle P_2 \rangle$ は $\langle P_1 \rangle$ の後である’の関係を表わす。これを特に、

$\langle P_1 \rangle \xrightarrow{t} \langle P_2 \rangle$

と記す場合がある。

(d) 直接・間接の関係 因果関係は、直観的にわかる範囲で、直接的な関係を求めると同時に、推論の効率化、思考過程の機械化における人間の一般的な傾向の把握などに有用な間接的な関係も求めておく。

例 $\langle \text{落す} \rangle (\langle \text{動物} \rangle_1(S) \langle \text{具体的もの} \rangle_1(O_b))$

→ 結果 — $\langle \text{割れる} \rangle (\langle \text{具体的もの} \rangle_1(S))$

(5) 条件としての関係

格関係や因果関係など概念間の関係が成立するためには、“主体”、“対象”、“こと”概念などに、条件が必要となる場合が多い。これらの条件は、実際の環境で、‘こと’概念が成立するか、または、因果関係が成立するかどうかを推論するときに必要なとなる。

例1 $\langle \text{売る} \rangle (\langle \text{人} \rangle_1(S) \langle \text{人} \rangle_2(O_m))$

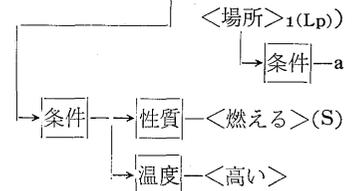
— $\langle \text{もの} \rangle (O_b)$

ここで、 $\langle \text{人} \rangle_1$ と $\langle \text{人} \rangle_2$ は一般に異なる対象を指示することを添字で示している。

例2 $\langle \text{燃やす} \rangle (\langle \text{具体的もの} \rangle_1(O_b))$

— $\langle \text{場所} \rangle_1(L_p)$

→ 結果 — $\langle \text{燃える} \rangle (\langle \text{具体的もの} \rangle_1(S))$



a : $\langle \text{存在する} \rangle (\langle \text{空気} \rangle(S) \langle \text{場所} \rangle_1(L_p))$

ここで、a : は a が : 以下の概念の結合子であることを示す。

$\langle \text{燃える} \rangle (S)$ は、 $\langle \text{燃える} \rangle (\langle \text{具体的もの} \rangle_1(S))$ の省略表現である。

(6) 積義的定義関係

概念を、推論によらずに他のいくつかの概念で説明する(paraphrase)場合の関係である。この関係の記

述は、格関係、因果関係などを利用して行なう。積義的定義関係を描写的記述関係あるいは、分解関係とよぶこともある。

例 <食べる> ($\alpha(S) \beta(Ob)$)
 $\underline{\text{def}}$ (<入れる> ($\alpha(S) \beta(Ob) <口>_1(Led)$)
 \xrightarrow{t} <かむ> ($\alpha(S) \beta(Ob)$
 $\quad <中(<口>_1)>(Lp)$)
 \xrightarrow{t} <のみこむ> ($\alpha(S) \beta(Ob)$))*

ただし、 $\underline{\text{def}}$ …積義的定義関係の記号表示
 * … () 内の動作のくり返しを示す
 α …<動物>を表わす概念
 β …<食べる対象となるもの>を表わす概念

(7) 欲求・感情との関係

概念の表わす事物が、人間のどのような欲求や感情を刺激(満足または妨害)するか、あるいは、その結果として、欲求状態がどのように変化するかなどを記述する。この関係は、思考過程の中で、推論・制御に作用する欲求体系との関係を示すものである。

例 <食べる> ($\alpha(S) \beta(Ob) \gamma_1(Tst) \gamma_2(Ted)$)

\rightarrow

 —

 —

b

a : <持つ> ($\alpha(S) <食欲>_1(Ob) \gamma_1(Tp)$)
 $\quad \rightarrow$

 — $<M_1>$

b : <持つ> ($\alpha(S) <食欲>_1(Ob) \gamma_2(Tp)$)
 $\quad \rightarrow$

 — $<M_2>$
c

c :

 — $((M_2 < M_1))$

ただし、 α …<動物>を表わす概念
 β …<食べる対象になるもの>を表わす概念
 γ_1 …<食べ始めの時間>を表わす概念
 γ_2 …<食べ終りの時間>を表わす概念
 $<M>$ …“量”の見方で射影された数量を表わす概念
 $((M_2 < M_1))$ … $<M_2>$ の値が $<M_1>$ の値より小さいことを表示する省略表記。
 これは数の世界で判断される。

(8) 様相との関係

ある概念とそれの様相との関係である。‘具体的も

の’概念に対しては、射影関係で求めるが、‘動的事’概念と格関係で連絡できるかどうかの規定条件も与えている。また、‘動的事’概念の様相も当然存在する。

例1 <降る> ($<雨>(S)$)
 $\quad \rightarrow$

 — $<しとすと>$

例2 <燃える> ($<具体的もの>_1(S)$)
 \rightarrow

 — $<出す> (<具体的もの>_1(S)$
 $<臭い>(Ob)$
 $\quad \rightarrow$

 — a
 a : $<こげくさい>$

例3 <食べる> ($<人>_1(S) <もの>_1(Ob)$)
 $\quad \rightarrow$

 — $<口>_1$

 — a

a :

 — $<小さい>$

 — $<熱くない>$

 — $<柔かい>$

ただし、*印は、“様相条件”の他に“量”の条件として、具体的な数値が与えられ、この条件が満たされることにより、“様相条件”も満足されることを示している。

(9) 同義・反義関係

一つ概念を表示する単語に、言い換え(同義)の単語(または、反義の概念を表示する単語)が存在する場合(例1)や、格関係を入れ換えるだけで同義あるいは反義の概念を表示する文(句)が存在する場合(例2)である。

例1 <美しい> —

 — $<きれい>$
—

 — $<みにくい>$
— $<きたない>$

例2 <勝つ> ($\alpha_1(S) \beta_2(Ob)$)
 $\quad \rightarrow$

 — $<負ける> (\alpha_1(Ob) \beta_2(S))$
—

 — $<勝つ> (\alpha_1(Ob) \beta_2(S))$
 α, β …<動物>

3. 基本概念とその大分類

概念は、その数がぼう大であるから、無秩序に個々の概念の定義を行なったのでは、重複等により、作業上も、機械処理上も効率が悪くなる。

そこで、我々は、概念を四つのタイプに大分類し、それぞれの範ちゅうで、基本的概念を直観的に設定・分類し、概念体系の全体像を把握した上で、基本概念の定義を行なう（2.での関係を用いて、他の概念との関係を求める）。また、基本概念のこの定義を利用して、基本概念以外の概念の定義を行なう。このようにして、局所的に連結関係を求めて行きながら、概念の

体系を構成する。

図1に、概念の大分類を示す。右端に基本概念の例を示す。図の中で、□で示してある分類項目は“見方”の一種である。

(1) ‘具体的もの’概念

この概念には、現実の世界の具体物を表わす概念の他に、＜天使＞、＜鬼＞、＜天国＞などの‘想像物’概念も含める。分類項目は、基本概念の上位概念としての性質も持つ。基本概念の選定には、明確な基準はないが、より下位の概念では、通常、複合語で表示される概念となるものが多い分類レベルの概念を基本概念とする。たとえば、‘動物が製品に乗る’という文は、莫然としすぎているが、‘人が自動車に乗る’という文は、どんな人か、どんな自動車かは述べられていないが、通常、用いられる文と考えられよう。

(2) ‘動的事物’概念

‘動的事物’概念では、基本概念と複合語で表示される概念との間には、上位一下位の関係が明確でない場合が多いので、複合語で表わされる概念も基本概念に準じて取扱う必要があるが、類義概念（たとえば、＜見る＞の類義概念としては、＜見上げる＞、＜盗み見る＞、＜凝視する＞など）は、ひとまとめにしておき、その代表として基本概念を選ぶようにする。また、サ変動詞の語幹は、‘抽象的ものごと’（＜集合＞など）や、‘具体的もの’（＜貯蓄＞など）概念を表示する場合があるので、それぞれの範ちゅうで定義する。

(3) ‘様相’概念

図1で、‘様相’概念の分類項目は、ある概念とそれの様相との関係を求める場合の見方となる（‘具体的もの’概念では、射影関係の見方）。「様相」概念の基本概念としては、‘動的事物’概念と同様に考えるが、複合語で表示される概念は比較的少ない。

ところで、文中で、助動詞や補助用言などが表示する概念（たとえば、＜可能＞、＜否定＞、＜尊敬＞など）は、‘様態’概念として、‘様相’概念と区別するように考えている。このことについては、現在、研究中である。

(4) ‘抽象的ものごと’概念

この概念には、いくつかの事象に共通した性質（側面）を抽象化した概念（＜形＞、＜色＞、など）や、いくつかの事象の間に存在する関係を表わす概念（＜順序＞、＜身分＞、＜種類＞など）などが含まれ、これらは、‘具体的もの’概念や‘動的事物’概念の定義での見方となる概念である。特に、‘人’に関する見方は、概念連結構造上での推論・制御とも関連して重要であるから、別に分類項目（“人を説明する抽象的ものごと”）を設けて分類している。

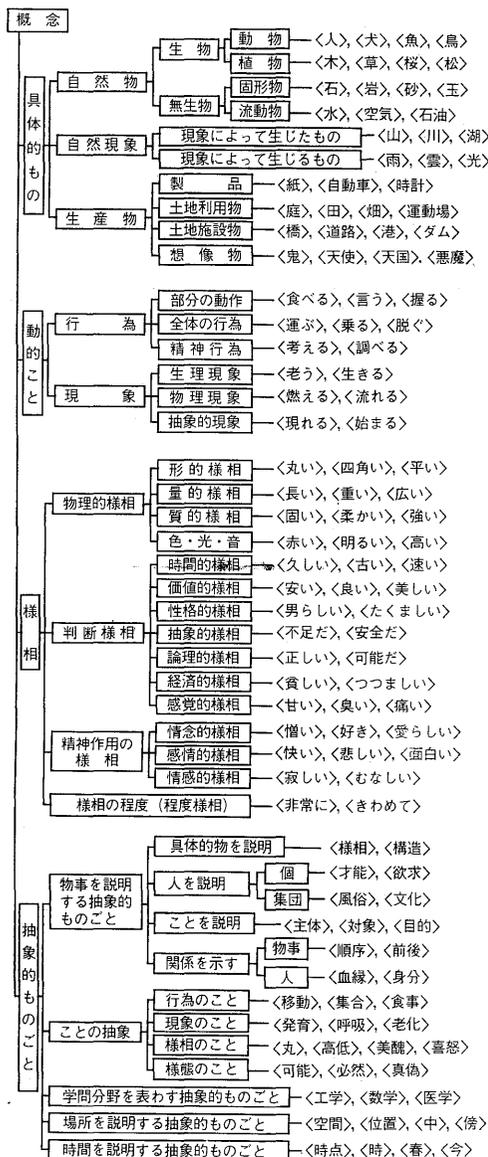


Fig. 1 Classification of (basic) concepts

4. 概念の定義

4.1 ‘具体的もの’ 概念

4.1.1 基本概念の定義

‘具体的もの’ 概念は、上位一下位関係（見方“種類”）と射影関係を用いて定義する。‘具体的もの’ 概念の定義に必要な見方を基本的見方とよぶ。図2に、‘生産物’ 概念の一つである<紙>の定義の一部を示す。図中□で囲んである見方が基本的見方である。

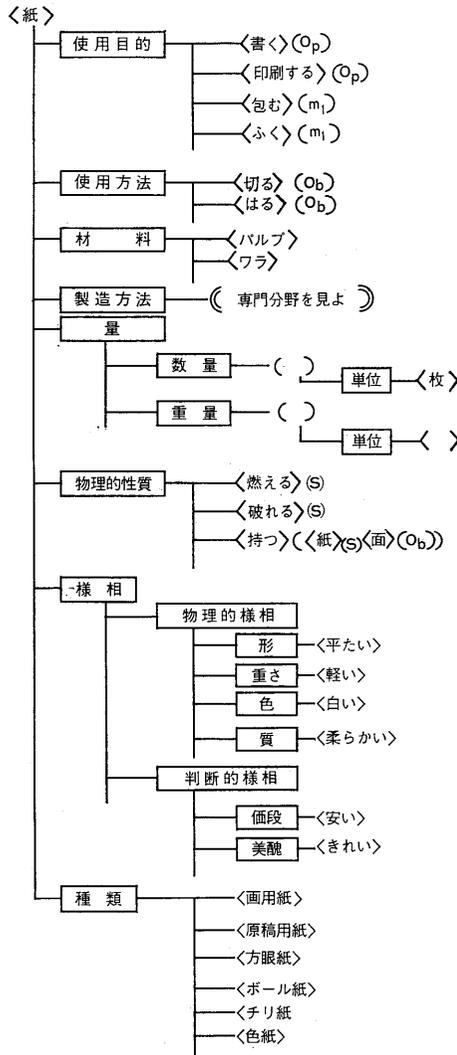


Fig. 2 Concepts relations related to ‘paper’

4.1.2 下位概念の定義 下位概念の定義は、上位概念での定義を利用して行なう。すなわち、上位概念と同じ基本的見方から見て、下位概念に特有な性質のみを求めておくようにする。図3に、<紙>の下位概念である<画用紙>の定義の一部を示す。

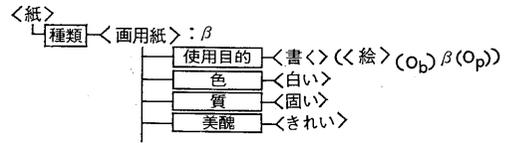


Fig. 3 A part of concepts relations related to ‘drawing paper’

ところで、上位概念と下位概念とで、同一の見方を通して連結される概念が互いに矛盾する場合がある。たとえば、‘鳥’はその性質として、‘飛ぶ’が、‘鳥’の下位概念である‘ペンギン’は‘飛ばない’。このような場合、その矛盾した側面を上位概念から除外するようなことはせずに、上位概念に対する一般的な性質として残しておく。

このことは、一般分野と専門分野（詳細分野）との間でも生じる問題である。しかし、これは何ら問題ではなく、我々は、矛盾とは考えていない。むしろ、一般分野の連結構造と専門分野（詳細分野）の連結構造とを分けて構成することにより、あらゆるものごとを、同一のレベルで網羅する必要がなくなるため、概念の連結構造の構成が楽になるという利点があるのみならず、すべてのものごとを同一のレベルで推論処理するために生じる矛盾や複雑さを回避できる利点がある。一般分野と専門分野（詳細分野）との間の有機的なインターフェイスを可能にする処理システムの設計は、今後の研究課題である。

4.1.3 上位概念の定義

上位概念の定義は、下位概念での共通な側面と、上位概念特有の性質を求めておき、下位概念は、その概念特有の側面のみを記述する。ある概念の上位概念には、次の場合がある。
 (1) 単語で表示される概念。(<食物>、<果物>など)
 (2) ‘動的事物’ 概念と格関係で規定される最上位の概念。(<食べる対象となるもの>など)

4.2 ‘動的事物’ 概念

4.2.1 基本概念の定義

‘動的事物’ 概念は、格関係、因果関係、積義的定義関係、様相との関係、同義・反義関係で定義する。さらに、様態、欲求などとの関係も求めておく。図4に、<食べる>の定義例を示す。

なお、‘動的事物’ 概念の間には、上位一下位の関係も存在し得るが、この関係は、‘動的事物’ 概念の中から、根元的 (primitive) な概念を設定し、その概念を基礎にすべての‘動的事物’ 概念を定義しようとする場合に必要である⁴⁾ (たとえば、‘動的事物’ 概念をロボットなどの基本的な動作に対応させようとする場合

‘具体的もの’概念が<食べる>と‘対象’格で連結できるかどうかの条件が、‘主体’、‘手段’などとの2～3項関係もある程度考慮して、調べられるからである。また、この条件は、‘代用品（物）’にも適用できる。

おわりに、自然言語の機械処理をめざして御指導、御尽力頂いた故九州大学工学部栗原俊彦教授に深甚の謝意と哀悼の意を表するとともに、日頃助言を頂いている九州大学工学部田町常夫教授、福岡大学工学部首藤公昭助教授、九州大学工学部日高達講師に感謝いたします。

文 献

- (1) 栗原俊彦：“自然言語の機械処理（解説）”，情報処理，14，4，p. 267（昭48-04）
- (2) S. Yoshida：“On the System of Concepts

Relations and Outline of the Natural Language System”，4 th IJCAI, Advance papers, 1（1975-09）

- (3) 吉田・鶴丸・藤田：“自然言語システム—概念連結構造と推論過程—”，信学技報，75，18，AL 75-1（1975-04）
- (4) R. C. Shank・C. J. Rieger III：“Inference and the Computer Understanding of Natural Language”，artificial Intelligence, 5，4，p 373（1974）
- (5) 藤田・鶴丸・吉田：“日本語の機械処理—日本語文の標準形分解—”，信学論（D），58-D，7，p 405（昭50-07）
- (6) 国立国語研究所：“分類語彙表”，秀英出版，（昭48）