

自然言語で表現されたエキスパート・システムのルール条件文の解釈

田島 久彰

NTTサイバースペース研究所

〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

あらまし：エキスパート・システムの構築では知識獲得が重要な課題である。その対策の一つとしてプロダクションルールの条件部（条件文）を自然言語で作成可能とすることが考えられる。これによりドメインの専門家が直接、条件文を作ることが出来る。しかし、このような条件文はそのままでは計算機で解釈することが難しく、また、汎用的な自然言語処理の手法では、統語的に可能な解が多数得られるなどの問題がある。条件文は計算機内に構築されたモデルに関して真偽を判定する文であり、専門用語が多数含まれる反面、自然言語処理で問題となる表現は少ない。そこで、モデル上の役割による用語分類、この分類を用いた文型規定を行い、条件文を構成する文をこの文型と比較することにより、ドメインの専門家が作成した条件文を計算機で解釈可能な表現に変換する方法を提案し、その試作結果を示す。

キーワード：エキスパート・システム、自然言語処理、ルール、用語分類、モデル

An Interpretation of Production Rules Described in Japanese

Hisaaki TAJIMA

NTT Cyber Space Laboratories

1-1 Hikarinooka Yokosuka-shi Kanagawa 239-0847

Abstract

Knowledge acquisition is a serious problem in constructing expert systems. It is useful for domain experts to describe production rules in natural language. But ordinary methods produce too many interpretations to select correct one. Production rules contain many technical terms but few problematic expressions. So we propose to use simplified methods. We classify terms according to their roles and define sentence-patterns that are similar to valency structure, with these classifications. Then we decompose a complex sentence into simple sentences, that are rewritten to regulated expression with sentence-patterns as templates.

keywords: expert system, natural language processing, production-rule,

1. まえがき

エキスパートシステム(ES)は、専門知識を用いて、ドメイン内の高度な問題を解決することを目標とする。その構築においては、知識獲得が技術的課題の一つである[1]。知識獲得はつぎの手順で行われる。ドメインの専門家が、解決すべき問題を明確化し(問題認識)、ドメインのモデルを計算機内に構築できるように形式化し(概念化)、そこでの判断・処理を定式化する。ここまでの過程をモデル化と呼ぶことにする。つぎにESの開発者が、定式化された専門家の知識をプログラム・ルール(ルールと略記する)としてプログラム化する。知識獲得の問題点の一つは、モデル化とプログラム化の担当者が異なることに起因する。ルールを自然言語で表現出来るようにするとドメインの専門家が直接、ルールを記述することが出来、知識獲得の問題を緩和できる。

ルールは、条件部と実行部で構成され、条件部はモデルの状態に関する判定事項を、実行部は条件部が真のときに行う処理(情報の設定や変更など)を表す。本論文では自然言語で表現されたルールの条件部(条件文)を計算機で解釈可能な表現に変換する方法を提案する。

計算機で解釈可能な文は、定型化され、省略などが無い文であるが、ドメインの専門家が自然言語で作成する条件文は、表現が多様で、曖昧さや省略などを含む。このような条件文を、計算機で解釈可能な自然言語の表現に変換して、ドメインの専門家に提示し、ドメインの専門家の指摘によりそれを修正することでルールに対応する条件文を得ることができる。この方法によれば、ドメインの専門家は知識処理用のプログラム言語を用いなくてもルールを作ることが出来る[2]。

従来の自然言語文の解析方法では、統語的に許容される係り受け関係の組み合わせの中から、妥当性の高いものを選ぶが、可能な係り受け関係の組み合わせは多数得られ、その選択は難しい。自然言語処理の不十分な点をドメインの専門家が補うとしても、可能な限りドメインの専門家の負担を軽くしなければならない。

条件文はモデルに関して真偽を判定する文であり、その表現形式は一般の自然言語文より限定されている。これを利用して、モデルに基づいた用語分類、文型規定を用いて条件文を計算機で

解釈可能な自然言語の表現に変換する方法を示し、試作による確認結果を述べる。

2. モデル化と条件文

対象ドメインとそのモデルとの対応関係を図1に示す。ES構築用のプログラム言語の一般的な表現形式を図2に示す[3]。

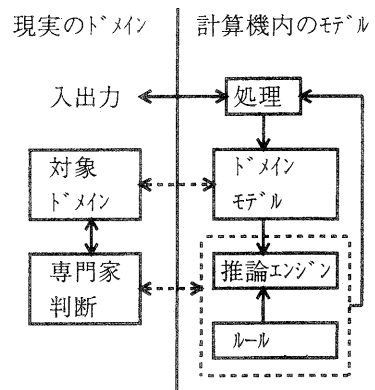


図1 対象ドメインとモデルの関係

$\langle \text{規則} \rangle ::= (\text{IF} \{ \langle \text{条件項} \rangle \}^+ \text{ THEN} \{ \langle \text{帰結項} \rangle \}^+)$
 $\langle \text{条件項} \rangle ::= \langle \text{三つ組} \rangle$
 $\langle \text{帰結項} \rangle ::= \langle \text{三つ組} \rangle$
 $\langle \text{三つ組} \rangle ::= (\langle \text{属性} \rangle \langle \text{対象} \rangle \langle \text{値} \rangle)$

図2 ルール記述用言語の表現形式

モデルは(属性,対象,値)の三つ組を用いて表現され、ルール(規則)の条件部(条件項)は、評価対象(モデル)を示す三つ組と評価を表す述語よりなる判定事項の論理的結合で表現される。

ドメインでの具体的な対象とその状態は、モデル化により情報名とその値として抽象化される。モデルに関する評価は、つぎの6つの判定事項として類型化できる。

- a.情報名への情報の設定状況(情報の有無)
- b.情報名に設定されている値(文字列, 数値)
- c.情報名に設定されている値の相互関係
- d.情報名に設定されている値の属性
- e.情報名に設定されている値の記述形式
- f.情報名に設定されている値の取得

なお、f は直接的な判定事項ではないが、条件文の構成要素であるので判定事項に含める。

具体例として、NTTがお客様から受け付けた電話に関する申し込みを記録した伝票(SO票)をチェックするESを開発した際に、ドメインの専門家が作成した条件文の一例を(1)~(5)に示す。このESのルールの実行部はメッセージの表示を指示するのみである。

条件文の例

- (1)電話種別が着信以外で、利用種別の記載がない。
- (2)SO票の住所の項目に記述があり、住所区分が2でない。
- (3)注文番番の回線数が10を越えている。
- (4)受付日より未来の年月日でない。
- (5)商品コードが正の整数で4桁である。

本例の場合、現実の世界(SO票)とモデル(計算機内のSO票の表現)が類似しているので、モデルに即した条件文が自然に記述される。しかし、SO票の内容が現実の世界で意味することをそのまま条件文として記述すると、モデル化されていない対象が含まれることになり、計算機での真偽判定はできない(知識獲得の本質的問題)。この場合はモデル化が不十分なことを指摘し、解釈の対象としない。さらに、当面の議論を簡潔にするため、名詞の列挙と代名詞はないものとする。

3. 解釈方法の概要

条件文の解釈は、用語を分類、整理する辞書作成過程、文の分解、解析を行い、文型で規定された表現を得る解析過程、解析結果を真偽判定プログラム(判定関数)に対応する表現に変換する変換過程の3つの過程で構成する。

辞書作成過程では、形態素解析により条件文を単語に分解し、全ての単語の品詞、意味分類などを辞書に登録する。辞書作成は全ての条件文について予め実施しておく。

解析過程では、条件文を単位文に分割する。単位文は、接続用語で結合された名詞節、あるいは単文[4]で、用言を1つしか含まない文である。単文に修飾語として用言が含まれる場合、

修飾部分を分離し、それぞれ独立の単位文とする。単位文は少なくとも一つの判定事項を表す。

例えば(1)は、(6),(7)2つの単位文に分解する。
(6)電話種別が着信以外である。
(7)利用種別の記載がない。

つぎに、単位文毎に格要素と述語を判定し、文型で規定された表現(基本文)を得る。基本文は、述語とその格要素からなる単文であり、1つの判定事項を表す。例(6),(7)の単位文は、基本文(8),(9)に変換する。なお、 \neg は否定を表す。
(8) \neg 電話種別が着信である。
(9)利用種別がない。

変換過程では、基本文を判定関数と対応する表現に変換する。基本文は、文型が規定されており、計算機で解釈可能な文であるが、条件文の表現をベースにしており、用語は不統一である。例えば、「等しい」、「同じである」など。これを一つの表現に統一し、判定関数と対応させる。変換結果は表面的には自然言語文であるが、計算機から見ればプログラムに対応する。変換結果をドメインの専門家に示し、その指示により修正を可能とする。例(8),(9)の基本文は、(10),(11)に変換する。なお、変換の結果得られる文も基本文の一つである。

(10) \neg 電話種別が着信と等しい。

(11) \neg 利用種別が存在する。

4. 辞書作成

文の解釈には統語的な情報だけでなく意味的な情報が必要であり、機械翻訳では単語を意味属性により分類した単語意味辞書、構文意味辞書などを用いている[5]。一方、専門用語はドメイン毎に特有の意味を持ち、従来の方法を踏襲すると、ドメイン毎に異なる分類が必要となる。

しかし、条件文はモデルを対象とした判定事項を記述するので、用いられる用語もモデル表現と対応する(図1)。モデルは対象と属性を枠組みとし、値はそこに設定されている情報である(図2)。例えば、(1)の「電話種別」「利用種別」はSO票の項目名(情報名)で、「着信」はSO票の「電話種別」欄に記入される値である。(1)の解釈は、情報名「電話種別」に割り当てられている文字列が「着信」に等しいか否かを判定することである。この際、「電話種別」「着信」という言葉の意

味は必要ではなく、情報名と値の区別が必要となる。すなわち、モデル上での役割という観点により、ドメインに依存しない分類が可能になる。

4.1 体言の分類

モデルの枠組みを表す用語（情報名）と、そこに設定される値(数値を含む)を合わせてモデル語とする。モデル語を用いて定義された評価対象を評価語とする。「値」の属性を指定する用語を属性語とする。評価語および属性語はその評価方法が関数として定義されていなければならない。さらに、「値」を相対的に規定する用語（相対名詞[6]に対応、「等値，以上，以下，以外」など）を相対語とする。最後に，自然な表現を可能にするため，操作やモデルに関する一般的な呼称を表す用語（形式名詞[6]に相当）を一般語とする。以上をまとめて表1に示す。表1の項番1～3は基本本文の格要素となる用語で，これらをまとめて必須語と呼ぶ。これに対して基本本文の格要素としない用語（項番5）を冗長語と呼ぶ。

表1 名詞の分類

	分類	下位区分	用語例
1	モデル語	情報名	課金電番
		値	着信
		数値	1, 2
2	属性語	専門属性	代表番号
		記号種別	整数
		一般属性	未来
3	評価語	評価語	回線数
4	相対語	相対語	同一,以上
5	一般語	操作語	記述
		総称語	コート

4.2 述語の分類

条件文はその時点でのモデルの状態を表し，時制，様相，敬意などを含まない。従って，述語の機能（意味）および構成は一般の場合より限定される。まず，述語の機能（意味）は判定事項に対応して表2のように分類できる。但し，個々の述語の意味は格要素との組み合わせで決まるので，文型として規定する。

つぎに述語の構成要素は表3のようにまとめることができる。用言と助動詞との組み合わせ

を限定できるので，まとめて用言とする。

補助動詞は「てある，ている」などで，動作結果の状態を表す。

機能動詞[7]は「する，行う」などで，述語としての意味は格要素となっている名詞に依存する。

判定詞は，断定の助動詞，「だ，です，である，でない」などのいわゆる繫辞で，述語としての意味は先行する名詞に依存する。

表2 述語の意味分類

	分類	用語例	判定事項
1	状態	存在	ある
		値	5である
		属性	整数である
2	関係	等しい	c
3	操作	取得する	f

表3 述語構成要素の分類

	分類	述語の構成	用語例
1	用言*	用言*	等しい
2		用言*+助動詞	記述される
3	補助動詞	動詞+補助動詞	書いてある
4	機能動詞	名詞+機能動詞	記述をする
5	判定詞	名詞+判定詞	5である

*補助動詞,機能動詞を除く

4.3 文型

日本語文の解釈には，用言とその格要素との組み合わせを規定した結合価パターンを用いるのが有効である[8]。結合価パターンは単語の意味属性を用いて規定されるが，ここでは，一般的な意味属性の代わりに表1の分類を用いて規定し，これを文型と呼ぶことにする。結合価パターンを用いた解釈では，用語の意味素性，主題化された格要素，機能動詞などの取扱が問題となる[8]。しかし，表1の分類はドメインに依存しないので，意味素性は問題とならない。また，機能動詞は，その格要素と合わせて同じ意味の用言に変換する。これにより機能動詞を文型規定の対象から除外できる。主題化の問題は文型よりは文脈の問題として対処するのが適切であり，後で述べる。

文型により文の意味を正確に規定でき，計算

機による解釈が可能になる。例えば、つぎの例(12)は、A、Bの用語種別によって、(13)~(15)の解釈が成り立ち、3つの文型に対応する。

(12)AがBと等しい。

(13)A=情報名、B=情報名の場合

Aの設定値とBの設定値が等しい。

(14)A=情報名、B=値の場合

Aの設定値が文字列Bである。

(15)A=情報名、B=数値の場合

Aの設定値が数値Bである。

同じ「等しい」という述語でも、(13)(14)(15)の判定関数はそれぞれ異なる。逆に、異なる表現でも同じ内容の場合がある。例えば、(16)は(12)と同じ内容である。

(16)AがBと同じである。

判定関数は述語ではなく、文型に対応する。判定関数毎に番号(関数番号)を付けて文型と対応させる。異なる文型でも同じ判定方法の場合は同じ関数番号を付ける。

4.4 辞書の構成

辞書として、用語辞書と用言辞書を作成する。

用語辞書は、条件文で使われるすべての用語について品詞および分類(表1,表2,表3)を示す。用語辞書の一部を表4に示す。

用言辞書は、文型および関数番号を示す。用言辞書の一部を表5に示す。

5. 条件文の解釈

5.1 単位文への分解

5.1.1 述部の判定

日本語文の最後部は述部であるから、条件文を分解する切断点を述部とする。述部は、表3のように構成されるが、判定詞などが省略されると名詞が述部となることもある。従って、述

部としては、①用言、②名詞+判定詞、③名詞の3つの場合がある。これと接続用語との組み合わせで単位文の末尾を判定する[8][9]。

1. 用言の場合

用言が述部を構成する形式は、表3項番1~4の何れかで、この形式をもとに述部を判定する。修飾句の場合もこれに含まれる。

用言が述部以外で使われるのは、準体言[4]の場合で、これは、連用形に直接、格助詞が付くことで識別できる。

2. 名詞+判定詞の場合

断定の助動詞「だ」の連用形「で」と、格助詞「で」(場所、手段などを表す)の識別が必要となる。統語的識別方法が無いので不完全であるがつぎの方法をとる。

後続の用言が状態、関係を表す場合(表2)、格助詞「で」を伴う格要素を取らないので助動詞とし、操作を表す場合は「格助詞」と判定する。

3. 名詞の場合

名詞が述部を構成するのは、いわゆる体言止めで、①名詞+句読点、②名詞+接続詞、③名詞+(助詞)+接続用語の場合がある。名詞の併置も同じ形となるが、名詞の並列は無いものとする(前提条件)。なお、接続用語には接続詞、接続助詞のほかに条件を表す名詞「場合/時」を含める。

5.1.2 単位文の確定

条件文が複数の単位文で構成されている場合、単位文の相互関係は、並列または入れ子構造で、単位文が交叉することはない。単位文の相互関係が並列構造の場合、上記で識別した述部を境界にして条件文を分割すると、単位文を得ることができる。

単位文が入れ子構造(修飾句)の場合、一番

表4 用語辞書の例

用語	品詞	分類
電話種別	名詞	情報名
あり	動詞	存在
住所	名詞	情報名
着信	名詞	値
コート	名詞	総称語
回線数	名詞	評価語
...

表5 用言辞書の例

用言	格要素1		格要素2		関数番号
	名詞	助詞	名詞	助詞	
等しい	情報名	が	情報名	と	1
等しい	情報名	が	値	と	2
等しい	情報名	が	数値	と	3
である	情報名	が	値	—	2
である	情報名	が	数値	—	3
...

深い入れ子から順に単位文を切り出す。入れ子構造は交差しないので、識別した述部について前方から順に処理する。単位文の先頭は、その述部に掛かる格要素により識別する。格要素の係り先を確実に識別する方法はないが、ここでは、①被修飾名詞は修飾語および後続する述語の両方の格要素とする。②同一文中では同じ格助詞は使われない。などの条件の下に用言辞書の文型と比較して判定する。

例えば、(17)の「収集した」は格助詞「と」を伴う格要素を含まず、「一致する」は含むことより(18)(19)が単位文として得られる。

(17)注文電番と注文電番から収集した代表親電番が一致しない。

(18)代表親電番を注文電番から収集する。

(19)注文電番と代表親電番が一致しない。

5.2 単位文の解析

単位文は、基本的には一つの判定事項に対応するが、格要素の構成によっては複数の判定事項に対応する。単位文毎に述語と格要素を解析して、判定事項を明確にする。

格要素の一般的形式は「名詞句＋格助詞」で、名詞句は「名詞」または「名詞＋の」の組み合わせである。但し、格助詞が無い場合あるいは「係助詞」（名詞の主題化）の場合がある。

5.2.1 名詞句の解析

名詞句中の名詞の相互関係は、①述語と格要素、②修飾語と被修飾語、③同格の何れかである[10]が、これらの関係を一意に判定するのは難しい。しかし、表1の用語分類を用いると、判定事項表現での役割とその組み合わせは表6、7のように整理でき、これにより解析が可能となる。

表6 用語の役割

	用語分類	対象	条件	その他
1	情報名	○	×	修飾語
2	値/数値	×	○	
3	属性	×	○	
4	評価語	○	○	
5	相対語	×	×	述語関連
6	操作語	×	×	述語関連
7	総称語	×	×	同格

表7の項番7「その他」の用語種別が、総称語の場合、必須語と同格の関係で、総称語に実質的な意味はなく削除できる。また、相対語の場合は5.2.3に述べる。

5.2.2 主題化された名詞

主題化された名詞は、①その効果が文末まで及び、単位文の範囲内に止まらず、②どの格の代用も勤まる[11]ので、どの単位文の格要素にもなり得る。従って、格要素が不足している単位文について、主題化された名詞を格要素の候補としてチェックする。但し、文型の格要素は「名詞＋格助詞」の形式なので、「名詞＋係助詞」は文型とマッチしない。名詞の種別が文型に適合すれば、その用語を当該の格要素として取り込む。すべての単位文にこれを適用する。

5.2.3 相対語、操作語

操作語が格要素の一部に含まれ、述語が表3の機能動詞の場合、操作語を Ψ 変動詞とし、機能動詞の代わりに述語とする[7]。述語が機能動詞でない場合、操作語は操作結果（状態）を表し、意味的には冗長なので、これを削除する。例えば、「利用種別の記載がない。」は「利用種別がない。」とする。

名詞句中に相対語がある場合、量的関係を表す相対語（「以上」など）ならば関係を表す述語（「大きい」）に変換し、「以外」ならば述語の肯定、否定を反転する。

5.3 基本文への変換

確定した述語と格要素をもとに用言辞書を検索し、該当する文型の関数番号より判定関数に対応する文型を得て、その文型に従って述語および格要素の表現を変更する。なお、名詞句が

表7 名詞句の構成

	用語組み合わせ	意味	例
1	情報名+情報名	修飾	SO票の住所
2	情報名+値類*	対象・条件	商品コード 1234
3	情報名+評価語	修飾	注文電番回線数
4	値類+値類	条件の並列	正の整数
5	値類+評価語	対象・条件	回線数3
6	評価語+評価語	対象・条件	
7	必須語+その他	必須語	着信以外

*値類：値、数値、属性

複数の条件に対応する場合、それぞれを独立の基本文とする。例えば、(20)は(21)(22)とする。

- (20) 商品コードが4桁の整数である。
- (21) 商品コードが4桁である。
- (22) 商品コードが整数である。

5.4 基本文の相互関係

基本文の相互関係は単位文の相互関係と同じである。単位文が複数の基本文に対応する場合、それらの基本文の連言とする。

単位文の相互関係は単位文間の接続用語により連言、選言、従属を判定できる。但し、条件文での従属表現（「ならば」、「場合」など）は、含意ではなく、単に判定の前提を示すもので、「連言」として解釈する。例えば、(23)は(24)のように解釈する。

(23) XがAならばYがBある。

(24) $(X=A \wedge Y=B)$

また、修飾句も連言とする。

なお、判定が難しい場合（接続用語がない並列関係や選言の結合範囲など）があるので、最終的な判断は作成者に依存する。

6. システムの試作と評価

6.1 試作システムの構成

試作システムは、知識整理部、構文解析部、表現変換部から成る(図3)。

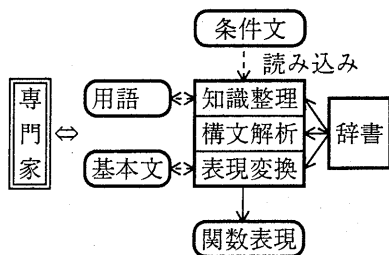


図3 試作システムの構成

知識整理部は、条件文を読み込んで形態素解析を行い、ドメインの専門家の助けにより辞書を作成する。解析部は、条件文を単位文に分解、解析し基本文を確定する。解析には表による制御を採用し、制御表として、品詞識別表、単位文判定表、名詞句解析表を用いた。変換部は、基本文を判定関数に対応する文に変換する。

なお、ドメインの専門家とのインターフェース部分および知識整理部は既に確認した[2]ので、今回は、解析部と変換部をC言語を使用して試作した。プログラムの規模は、本体（制御表の解釈、実行および辞書検索など）1000行、辞書(用語数約600語)1000行、制御表1000行である。

6.2 適用対象と結果

SO票をチェックするESの開発に用いた条件文のリストを試作システムの評価に使用した。但し、並置された名詞や冗長な表現（「～ことをチェックする」など）の削除を行った。条件文の数は248、単位文の総数は572で、条件文あたりの単位文数は2.3である。単位文数別の条件文の分布および処理成功率を表8に示す。但し、適用結果の正誤の判定は人手で行った。

6.3 考察

6.3.1 適用対象条件文の特徴

条件文の90%は単位文数が3以下である(文構成の簡単さと解釈の容易さに対応しない)。条件文は、大部分、判定事項の連言で構成され、判定事項の選言を含む場合は10%弱、修飾節を含むものは20%弱である。判定事項の分布は、モデルの値の直接的な判定(判定事項 a.~ c.)が約60%、表現形式の判定(判定事項 e)が約10%、何らかの操作を伴う判定(判定事項 d.)が約30%である。

使用した例は、各形式の判定事項を含み、かつ、多様な表現がされているので、これにより基本的な機能の確認はできたと考える。

6.3.2 用語分類と文型規定

辞書作成には基本的な問題はない。改善事項を以下に示す。

①名詞が複数の役割を持つ場合への対応。例えば、(25)の「日付」は一般名称で、(26)の「日付」は情報名として使われている。

(25)工事日の日付が平成年でない。

(26)日付がない。

②属性語は多様で、評価関数との対応付け上、詳細な分類があると便利である。しかし、これによりドメインに依存する可能性が高くなる。但し、相対名詞（「未来」「管内」など）については、評価関数の共用化を図る必要がある[12][13]。

③文型の網羅性と関数との対応。主な用言20に約100の文型があり、13の関数に対応。用

表 8 条件文の構成と評価結果

単位数*1	1	2	3	4	5	6	7	合計
該当条件文数	57	102	62	17	5	3	2	248
条件文数比(%)	23	41	25	7	2	1	1	100
単位数識別*2	98.2	95.6	97.8	100	100	100	100	97.6
名詞句解析*2	69.6	86.2	86.8	86.8	100	61.6	78.6	84.6
総合*2	52.6	75.0	74.2	70.6	100	61.6	71.4	72.7

*1: 条件文中の単位数

*2: 成功率 (単位数あたり)

言あたりの文型数は結合価⁶テンより多い。

6.3.3 解釈方法

①単位数への分解は主に統語的処理であり、良い結果が得られている(表 8)。

②単位数の解析は、主に意味情報に依存する。解析の誤りは複数の役割を持つ名詞などに起因する。

③基本文の作成では、条件文における格要素の省略が解析誤りの要因となっている。

④単位数を基本とした解析により、誤りは殆ど基本文に閉じており、係り受け関係による解析の問題点を回避できている。

⑤条件文そのものに起因(モデル化や表現の不備)する誤りも、基本文単位で解釈の正否を確認できる。

7. あとがき

E S 作成における知識獲得を支援することを目的として、条件文を計算機で解釈可能な文に変換する方法を提案し、試作システムに実際の条件文を適用して、その有効性を確認した。

解釈の対象を条件文に限定することで、簡略化した処理方法を適用できることが分かった。今回は用語の多義性や並列構造などの問題を除外したが、これらも含めたトータルな解釈方法を確立する必要がある。

計算機の使用が日常的になった現在、自然言語によるインターフェースの必要性が高い。適用対象の特徴に応じた処理方法により実用的なシステムを構築することを目指したい。

文献

[1]渡辺正信, "エキスパート・システムにおける知識獲得", 情報処理, Vol.28, No.2, Feb.1987

[2]田島久彰, 渡辺敏, 佐藤雅明, "知識精練の自動化に向けた一提案", 信学技報, AI94-58, Jan.1995

[3]F.Hayes-Roth 他編, "Building Expert Systems", Addison-Wesley, 1983

AIUEO 訳, "エキスパート・システム", 産業図書, 1985

[4]山田芳雄, "日本文法論", 宝文館, M41

[5]池原悟, 宮崎正弘, 横尾昭男, "日英機械翻訳のための意味解析用の知識とその分解能", 情処学論, Vol.34, No.8, Aug.1993

[6]奥津敬一郎, "生成日本文法論", 大修館書店, 1974

[7]奥雅博, "日本語慣用表現の分析と日英翻訳への適用", 情処学自然言語処理研報, NL-62-2, 1992

[8]林良彦, "結合価構造に基づく日本文解析", 情処学自然言語処理研報, NL-62-6, 1987.7

[9]武石英二, 林良彦, "接続構造解析に基づく日本語複文の分割", 情処学論, Vol.33, No.5, 1992

[10]島津明, 内藤昭三, 野村浩郷, "日本語文意味構造の分類-名詞句構造を中心に", 情処学自然言語処理研報, 47-4, Jan.1985

[11]三上章, "象は鼻が長い", くろしお出版, 1972

[12]飯田敏幸, 島田茂夫, 田島久彰, 河岡司, "量的な判断常識を備えた人工知能", 情処学第 45 回全国大会, 1H-11, 1992

[13]溝口理一郎, 池田満, "オートロジー工学序説", 人工知能誌, Vol.12, No.4, July 1997