

TR-199

日本語の句構造文法 —— JPSG

郡司隆男(大阪大)、白井英俊(玉川大)

橋田浩一(電総研)、原田康也(早稲田大)

三吉秀夫(ICOT)

September, 1986

©1986, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191-5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

日本語の句構造文法 — J P S G

A Phrase Structure Grammar for Japanese — JPSC

〔著者〕

三吉秀夫

Hiyoshi, Hideo

(財)新世代コンピュータ技術開発機構第2研究室

Second Research Laboratory,

Institute for New Generation Computer Technology

郡司隆男

Gunji, Takao

大阪大学言語文化部

Faculty of Language and Culture, Osaka University

白井英俊

Sirai, Hidetosi

玉川大学工学部情報通信工学科

Department of Information-Communication Engineering, Faculty of Engineering,

Tamagawa University

橋田浩一

Hasida, Koiti

電子技術総合研究所パターン情報部推論システム研究室

Machine Inference Section, Information Sciences Division,

Electrotechnical Laboratory

原田康也

Harada, Yasunari

早稲田大学法学部

School of Law, Waseda University

〔概要〕

本論文では日本語の句構造文法JPSGとそのパーザについて述べる。JPSGは最新の句構造文法理論であるGPSGやHPSGの基本的な考え方を採用、更に日本語特有の言語現象を扱うために独自の原則を導入した日本語の文法記述体系である。特に統語範疇の集合を値とする下位範疇化素性(SUBCAT)により語順の任意性やコントロール現象が扱い易くなり、句構造規則の一般化が可能である。またJPSGはユニフィケーションを基本操作とする句構造文法であるため、計算効率の面からも有用な文法体系であり、その特徴を自然な形で記述できる論理型言語でパーザを開発中である。

〔キーワード〕

句構造文法、GPSG、HPSG、ユニフィケーションベースのパーザ、論理型言語

1. はじめに

自然言語理解システムに於いて、文法は辞書や推論規則などの知識ベースと同様に、重要なコンポーネントであり、その良し悪しがシステム全体の性能に大きく影響する。きちんとした言語理論的基礎の上に作り上げられた文法体系は、あらゆる自然言語処理応用システムに有用な基盤となる。我々はGazdarらの提唱するGPSG(Generalized Phrase Structure Grammar) [2]とその拡張であるHPSG(Head-driven Phrase Structure Grammar) [1, 12]の基本的な考え方を採用した、日本語の句構造文法JPSG(Japanese Phrase Structure Grammar)とそれに対するパーサを開発している。GPSG理論は文脈自由文法(CFG)をベースにした文法理論であり、変形を用いない句構造と各種の原則を用いて英語に見られる各種の言語現象を説明しようとするものである。一方、Pollardにより提唱されたHPSGはGPSGを拡張した文法理論であり、独特の素性やそれに伴う原則により更に一般的、抽象的な枠組みになっている。JPSGはこれらの枠組みで用いられている普遍的な原則は踏襲しつつも、語順の任意性やコントロール現象などに見られる日本語特有の言語現象を扱うべく拡張を行った文法体系である。またJPSGはGPSGやHPSGと同様に、ユニフィケーションを基本操作とする文法であり、論理型言語による実装に適している。本論文ではJPSGの基本的な仕組みについて説明し、パーサの基本原理を述べる。

2. JPSGの特徴

1. で述べたように、JPSGの基礎になっているのはGPSGとHPSGである。GPSGは1979年頃より提唱された新しい文法理論であり、基本的には生成文法の枠組みを踏襲している。GPSGは従来変形を用いて説明されていた言語現象を文脈自由文法の枠内で記述しようとする理論であり、言語学のみならず計算機科学においてもその有用性が注目されている。その形式化は最近変わりつつあるが、次のような根本原理は変わっていない。

- (a) 統語範疇は単なるシンボルではなく、ある種の複雑な構造を持つ。最新の理論では、 $\langle \text{素性}, \text{素性値} \rangle$ 対の集合として定義される。
- (b) 文法的な構造として句構造という1種類のものだけを用いる。
- (c) 句構造規則に関する超規則(メタルール)を用いる。
- (d) 素性に関する各種の原則を導入し、句構造規則の一般化を図る。
- (e) 構文論と意味論とが密接に関連している。

HPSGはこれらGPSGの基本原則を受け継ぎながらも、独特の素性やそれに伴う原則を持つ文法理論である。その最も特徴的なものは下位範疇化素性(SUBCAT)の解釈を変えたことにある。HPSGではSUBCATの値として、動詞のような主要部がどのような統語範疇を補語としてとるかを示すリストを与える。これにより句構造規則の抽象化が可能になり、英語の広範囲な現象が、僅か十数個の句構造規則を用いて記述されている。

これらの文法理論は自然言語に見られる色々な言語現象を記述し易い枠組みを提供しているが、日本語には語順の任意性という特有の性質がある。従って、語順がほぼ固定され

た英語を対象としたこれらの理論を、そのままの枠組みで日本語に適用するのは賢明でない。JPSGはGPSGで用いられている普遍的な統語原則を用い、HPSG流のSUBCAT素性を更に拡張したSUBCAT素性により、語順の任意性やコントロール現象の記述を扱い易くした、独自の文法体系であり、次のような特徴がある。

- (Ⅰ) 統語範疇は各種の値をとる素性の集合として表現される。
- (Ⅱ) 日本語の基本的な構文は唯一の句構造規則を用いて記述できる。
- (Ⅲ) 統語範疇の集合を値とするSUBCAT素性を持つ。この素性とそれに関する原則により語順の任意性が扱える。また句構造規則の簡約化が可能になる。
- (Ⅳ) 大部分の文法的情報は辞書中に記述される。
- (Ⅴ) GPSGで用いられている普遍的な統語原則は大体踏襲される。

これらの基本的な仕組みについては次章で説明する。なお、変形文法、GPSG, HPSG, JPSGの詳しい比較については[3]を参照されたい。

3. 文法体系

JPSGの文法体系を記述する要素としては、素性、句構造規則、各種統語原則、語彙項目、などがあげられる。本章ではJPSGの基本的な仕組みについて具体例をあげながら説明する。

3.1 素性

統語範疇は素性(Features)の集合として表現され、素性はその値により次の3種類に分類される。

- (a) 二値素性： +か-のいずれかの値をとる素性

(例)

PAS(PASSivizable)：動詞が受身化可能かどうかを表す

- (b) 多値素性： ある集合の中の1個の要素を値としてとる素性

次に代表的な素性名とその値域となる集合を示す。

(例)

POS(Part Of Speech) $\in$ {V, N, P, Q, AD, . . .} :

いわゆる品詞を表し、V(動詞)、N(名詞)、P(助詞)等をとる。

PFORM(Postposition FORM) $\in$ {ga, wo, ni, no, de, . . .} :

助詞の形を表し、ga(が)、wo(を)、ni(に)等をとる。

GR(Grammatical Relation) $\in$ {SBJ, OBJ} :

文法的な関係を表すもので、SBJ(主格)またはOBJ(目的格)をとる。

SEM(SEMantics) :

統語範疇の意味表現を表す素性で各語彙項目から構成的に作られる。

- (c) 統語範疇の集合を値として持つ素性

次の3種類がある。

SUBCAT: 動詞や助詞などが補語としてとる統語範疇の集合を値としてとる素性である。これはHPSGのSUBCAT素性の拡張であり、集合の要素間には原則的に順序関係はない。集合タイプのSUBCAT素性の導入により語順の任意性が容易に扱える[4]。

(例)

「愛す」に対するSUBCAT素性の値は { PP[SBJ], PP[OBJ] } である。これは「愛す」という動詞は主格となる後置詞句と目的格となる後置詞句を1個ずつとることを表す。

SLASH: GPSGで用いられているSLASH素性と同様に、句の中で欠けている統語範疇を示す。関係節のような長距離依存の解析に用いられる。

REFL: 句が日本語の再帰代名詞「自分」を含むかどうかを示す素性である。これは値として、 ϕ (空集合) またはただ1個の要素を持つ集合 { PP[SBJ] } をとる素性である。{ PP[SBJ] } をとれば「自分」を含むことを表し、要素PP[SBJ] はその束縛に用いられる。

なお、統語範疇をX[Y1;Y2;...]と記すことがあるが、これはPOS素性値あるいは範疇名がXでその他Y1,Y2,... という素性値を持つ統語範疇であることを示す。

これらの素性を用いることにより、従来、S(文), VP(動詞句), TVP(他動詞句), PP(後置詞句), などと呼ばれていた統語範疇は次のような素性の集合として表現される。

S = { POS V; SUBCAT ϕ }
 VP = { POS V; SUBCAT { PP[SBJ] } }
 TVP = { POS V; SUBCAT { PP[SBJ], PP[OBJ] } }
 PP = { POS P; SUBCAT ϕ }

また語彙項目も同様に、次のような素性の集合として辞書に記述される。

健: { POS N; SUBCAT ϕ ; SEM ken }
 歩く: { POS V; SUBCAT { PP[SBJ; SEM X] }; SEM walk(X) }
 愛す: { POS V; SUBCAT { PP[SBJ; SEM X], PP[OBJ; SEM Y] }; SEM love(X,Y) }

3.2 句構造規則

JPSGでは、「親範疇(H)は右側のhead(主要部)範疇(H)と左側の他の1個の範疇(D)から構成される」ことを示す次のただ1個の句構造規則を仮定する。

$M \rightarrow D \ H \ \dots\dots\dots$ (3.1)

(3.1)の規則は、日本語の基本的な構文が図3.1のような二分木で表現できることを示している。このように規則が簡約化されるのは、従来、

sentence $\rightarrow$ postpositional-phrase verb-phrase
 postpositional-phrase $\rightarrow$ noun-phrase postposition

のように、個別に仮定されていた句構造規則群が、後で述べる各種統語原則の形で素性値

の規約を記述することにより、1個の規則に抽象化することが可能になったからである。日本語の基本的な構文は、i)補語構造(Complementation)、ii)任意補語構造(Adjunction)、iii)等位構造(Coordination)に分類される。本論文ではi)の補語構造の形式化を中心に述べる。任意補語構造、等位構造については現在形式化を進めている。

3.3 HEAD素性の原則

これはGPSGでHFC(Head Feature Convention)と呼ばれている基本的な統語原則であり、素性の中のHEAD素性という一群の素性に関する規約である。JPSGでは、

「親範疇のHEAD素性と、娘範疇の中のhead範疇のHEAD素性は値が等しい」と規定されている。JPSGではSEH, SUBCAT, SLASH, REFL以外の素性がHEAD素性に相当し、図 3.1で親範疇Mおよび右の娘範疇HのHEAD素性値が等しいことを規定する。図 3.2にこの原則の例を示す。この例では娘VPがhead範疇であり、VPのPOS素性値と親範疇SのPOS素性値がVに等しいことを示している。

3.4 SUBCAT素性の原則

3.1で述べたように、JPSGではSUBCAT素性はhead範疇が補語としてとる統語範疇の集合を素性値として持ち、その要素間に順序関係は存在しない。SUBCAT素性の原則はもともとHPSGで導入されたもので、親範疇と娘範疇の間のSUBCAT素性値に関する規約である。JPSGではSUBCAT素性の原則は次のように定められる。

(3.1) の句構造規則において、MのSUBCATの値はHのSUBCATの値からDと等しいものを取り除いたものと一致する。

図 3.2にSUBCAT素性の原則の簡単な例を示す。「歩く」のVP節のSUBCAT素性はPP[SBJ]つまり主格となる後置詞句を要素とする集合である。それは「歩く」に前接するPP節(PP[SBJ])と等しいので、親のS節のSUBCAT素性は ϕ になる。SUBCAT素性の原則により、日本語特有の語順の任意性を(3.1)の句構造規則のみで扱える。図 3.3にその解析例を示す。図 3.3(a)は「健が奈緒美を愛す」という標準的な語順の文の解析である。図 3.3(b)は「奈緒美を健が愛す」という語順の文の解析である。いずれの場合も「愛す」のSUBCAT素性に本原則を適用することにより正しく解析が行われ、すべてのV節のSEH素性の値はlove(ken, naomi)となる。

3.5 FOOT素性の原則

これはGPSGでFFP(Foot Feature Principle)と呼ばれている原則で、FOOTと呼ばれる特別な素性の伝わり方を記述する統語原則である。JPSGではSLASHとREFLがFOOT素性であり、次のように規定する。

(3.1) の句構造規則において、MのFOOT素性は、DのFOOT素性とHのFOOT素性の和集合あるいはそれからPPを一つ取り除いたものに等しい。

図 3.4にREFLに対してFOOT素性の原則を適用した例を示す。(a),(b)共に「健が自分を愛す」という文の解析である。本原則では、REFLの伝承に関して更に、「『自分』を支配する範疇のSUBCATの要素にPP[SBJ]があれば、それはREFLのPP[SBJ]と束縛可能でその場合その範疇より上にはREFLの値は伝わらない」という規定がある。詳しくは文献[5]第4章を参照のこと。図 3.4(a)はREFLの値が一番上のV 節まで伝わった例で、『自分』は文中の要素に束縛されない、つまり話者を指すという解釈である。図 3.4(b)は、 ν で示すV 節が『自分』を支配しかつSUBCATがPP[SBJ]を持つのでこれとREFLとの束縛が行なわれた例である。このV 節のSUBCATの要素PP[SBJ]はSUBCAT素性の原則により主語の健と束縛され、『自分』は健を指すという解釈になる。

4. パーサの原理

本章では現在開発されているJPSGパーサの基本的な原理について述べる。3章で述べたように、JPSGの文法記述体系では、従来動詞句や名詞句といった局所的な構造を用いて個別に記述されていた句構造規則が、より一般的な形式で記述されるという特徴がある。これを可能にしたのは、素性の集合として表現される統語範疇を導入したこと、素性に関する各種制約条件を句構造とは独立な「原則」という枠組みに記述したこと、などがあげられる。入力文をパース(parse)するというプロセスは、文法規則や原則を適用しながら入力文内部の構文情報をより詳細化具体化してゆく過程であるとみなすことができる。言い換えれば、これは各語彙項目に記述されている情報を初期値として、不定な素性を具体化する操作であるといえる。我々はこの一連の過程をユニフィケーション(unification)という概念でとらえている。ここでいうユニフィケーションはPrologのそれとは異なり、JPSGの特徴を記述し易いような形式に機能拡張がなされているものが望ましい。我々は現在2種類の拡張ユニフィケーションを用いたアプローチでパーサを試作中である。1つは橋田により提案された「条件付ユニフィケーション」[6]をベースにする方式であり、他方は向井により提案されたCIL(Complex Indeterminate Language) [8,9]の拡張ユニフィケーションを利用する方式である。次に各ユニフィケーションの仕組みとパーサへの応用を述べる。なお両方式共、論理型言語で実装されている。

4.1 条件付ユニフィケーションによる方式

(1) 条件付ユニフィケーションの概念

JPSGにおけるユニフィケーションはPrologのそれと異なり、拡張されている。統語範疇は素性とその値とのリストから構成されているが、その値のかわりに値として取りうる範囲が指定されていてもよく、また、異なる値同志の間に何らかの関係が成り立っていてもよい。これをPrologで直接処理するには単なるパターンのユニフィケーションでは不十分であり、従来、手続き付加によって実現されてきた。しかし、この「手続き付加」による方法では幾つかの明らかな欠点がある。例えば、ある変数の値を制限するために付随して

いる手続きをいつ評価すべきかは一般には分らない。この事は、手続きが実行されるべき時に実行されず、実行されるべからざる時に実行され得る事を意味する。また、手続き付加は情報の流れが一方向だけに行われた時のみに効果がある。将来、統語規則を生成と解析の両方に用いるという事を考えた時、この事は障害になるであろう。

そこで我々は条件付ユニフィケーションを採用する。条件付ユニフィケーションは2つのパターンをユニファイする。ユニファイされる各パターンにはそのパターン中の変数に対する制約条件が付随している。このようなパターンを条件付パターンと呼ぶ。条件付ユニフィケーションは条件付パターン同志が付随する条件の下でユニファイするか否かを判定し、ユニファイ可能な場合はユニファイすると同時に先の制約条件に従った新たな条件を作り出す。その結果得られる条件付パターンが表現するパターンの集合は、もとの2つの条件付パターンが表現するパターンの集合の共通部分である。ただし、ユニフィケーションの前後において、条件は次のような制限を満たさねばならない：「条件は、各引数に変数であるような要素式の集合である。また、パターン中の変数に課せられる制約は高々一つに限られる。即ち、各変数は、条件の中に高々一回しか現れない。」この制限はJPSGにおいては本質的な障害ではない。もしもそのような条件がなければ、ユニファイは失敗する。条件付ユニフィケーションはパターンについての情報蓄積のプロセスとみなすことができる。条件付ユニフィケーションの述語は、

unify(Pat1, Pat2, Condition, NewCondition) (4.1)

で定義される。Pat1, Pat2 はユニファイされるパターン、Condition はそれぞれのパターンに付随するすべての条件のリスト、NewConditionはパターンのユニフィケーションによって作られる新たな条件である。例をあげて示す。

例：c1, c2, c3は以下のように定義されているとする（Prologと同様の記法をここでは用いている。大文字は変数である）：

c1(a, b). c1(c, U). c2(a, U). c2(b, a).
c3(U, [U, a, V]). c3(a, [b, U, V]) :- c1(U, V).

ここで、unify([A, [B, a, C], D], [X, Y, Z], [c1(A, B), c2(C, D), c3(X, Y)], NewC)

は成功し、ユニファイの結果、次の条件が求まる：

NewC = c4(A, B, C, D).

ただし、c4(a, b, b, a). c4(c, c, U, V) :- c2(U, V).

現在、この手続きはProlog上で実現されている。

(2) 条件付ユニフィケーションを用いた構文解析の一手法

①語彙項目

すべて次のような条件付パターンと考えている。

lexicon(Entry, cat(head(POS, FORM, GR, PAS, SEM), Subcat, Slash, Refl), Cond).
..... (4.2)

cat の内容は日本語に対して提案されている統語素性の並びである。Condはそれに含まれる変数の「条件」のリストである。

②解析アルゴリズム

この条件付ユニフィケーションは、解析アルゴリズムとは独立である。即ち、どのような解析アルゴリズムにおいても用いることができる。ここではDCG [10] 的なトップダウンのアルゴリズムを例にあげる。補語規則は次のように表される（ただし簡単のためREFLとSLASH は省略してある）。

```
rule(cat(Head, RestSubcat), NewConds, First, Last) :-  
    rule(Cat_of_Complement, Condition_of_Complement, First, Middle),  
    rule(cat(Head, [Complement | RestSubcat]),  
        Condition_of_Head, Middle, Last),  
    append(Condition_of_Head, Condition_of_Complement, Conds),  
    unify(Cat_of_Complement, Complement, Conds, NewConds).    ..... (4.3)
```

appendは第1引数と第2引数のリストの連結が第3引数であることを記述する述語である。現在、トップダウンおよびボトムアップそれぞれのアルゴリズムを用いた条件付ユニフィケーション・パーサ(CUP) の構築を進めている。

4.2 CILによる方式

(1) 知識表現言語CIL

CIL は談話理解システムを記述することを目的として開発された、Prologの拡張言語である。基本的な動作はPrologと同様バックトラックベースの逐次実行型であるが、基本データとして部分項(Partially Specified Term)と呼ばれるものを持ち、変数に値が束縛されるまで実行を凍結するフリーズ機能が組込まれている。部分項は通常の項(term)の拡張であり、属性／属性値の集合として表現される。これは一種のフレームとみなすことができる。部分項は次の形式をしている。

$$\{\alpha_1 / \beta_1, \dots, \alpha_n / \beta_n\} \quad n \geq 0 \quad \dots\dots (4.4)$$

(4.4) で各 α_i が属性を表し、 β_i が α_i の属性値を表す。部分項の例を次に示す。

{名前/健, 性別/男, 年齢/30}

この例は、「名前が健、性別が男、年齢が30」であるような部分項を表す。部分項に対しては拡張されたユニフィケーションが定義されている。

{名前/健, 性別/男} = {趣味/パソコン, 名前/健, 年齢/30}

を実行すると、ユニフィケーションは成功し、その結果、

{名前/健, 趣味/パソコン, 性別/男, 年齢/30}

が得られる。CIL では各種の略記法が定義されており、次にいくつか例を示す。

A : γ 条件 γ の付いた項Aを表す

A ! B 部分項Aの属性Bの値を表す

$X \# Y \quad X : (X = Y)$ の略記である
 なお、部分項の値が再び部分項であってもよい。

(2) CILによる構文解析の一手法

①統語範疇

素性の集合としての統語範疇はCILの部分項として表現される。従来のように素性をリストあるいは複合項の引数の形式で表現すると、その順番や位置はユーザが管理しなければならず、素性の数が増えるに従って管理が困難になる。部分項の属性は順番がないので上記記法と併せて、ユーザは順番を気にすることなく、容易に特定の素性のアクセスが行える。またマージ機能を持つ拡張ユニフィケーションにより、語彙項目中には最低限必要な素性のみを明記しておけばよい。次に名詞「健」と動詞「愛す」に関する語彙項目の部分項による記述例を示す。

{ pos/n,	{ pos/v,
subcat/[],	subcat/[{pos/p,gr/sbj,pform/ga,subcat/[],sem/Sem1},
refl/[],	pos/p,gr/obj,pform/wo,subcat/[],sem/Sem2]],
sem/ken }	sem/love(Sem1,Sem2) }

②解析アルゴリズム

CILの基本動作はPrologと同じなので、既に開発されている手法をそのまま用いることが可能であり、ここではGALOP(BUP) [7]を拡張することを考える。GALOPでは1個の句構造規則が1個のホーン節に対応し、非終端項に相当する述語の引数に各種属性を与えることができる。ここで示す手法は、素性の集合としての部分項を述語の引数として与え、HEAD素性の原則のような各種原則を句構造規則中の付加手続きとして埋込む方式である。これにより(3.1)の句構造規則は次のようなCILの節形式で表される。

```
nt(d(FD),G,X0,X) :-
    t(h(FH),X0,X1),
    sfp(FD,FH,FH),hfc(FH,FH),ffp(FD,FH,FH),
    nt(m(FH),G,X1,X)
.....(4.5)
```

(4.5) 中の変数FD, FH, FHがそれぞれ(3.1)のD, H, Mの素性の集合を表す部分項である。3行目の述語sfp, hfc, ffpがそれぞれSUBCAT素性の原則、HEAD素性の原則、FOOT素性の原則に対応する付加手続きである。SUBCAT素性の原則は拡張ユニフィケーションを用いて次のような節で書ける。

```
sfp(FD,FH#{subcat/SH},FH#{subcat/SH}) :-
    del(FD,SH,SH)
..... (4.6)
```

述語delは、第2引数のリストから第1引数の要素を除いたものが第3引数であることを表す。

5. おわりに

本論文では日本語の句構造文法JPSGの枠組みとそのパーサの原理について述べた。JPSGは最新の句構造文法理論であるGPSGやHPSGの基本的な考え方を基礎とし、更に日本語特有の言語現象を扱うために独自の素性や原則を導入した文法体系である。特に集合タイプの下位範疇化素性(SUBCAT)により語順の任意性やコントロール現象が扱い易くなり、句構造規則を抽象的な形式に一般化することが可能となった。意味論は現在構成的意味論を採用して論理式を用いて表現しているが、将来状況意味論[1]などの新しい意味論による記述の導入も考えられ、具体的な記述形式は今後の課題である。パーサに関しては現在該部分の設計が終り、逐次型推論マシンPSI[13]上にパーサ及びツール類を開発してゆく予定である。

[謝辞]

本論文の内容は筆者らが属しているICOTのJPSワーキンググループの活動から得られたものである。熱心なご討論をいただいた有働真理子氏(千葉大)、五十嵐義行氏(上智大)、野本忠司氏(筑波大)、外池俊幸氏(都立大)、伊藤博樹氏(富士通FIP)、向後秀二氏(松下)、をはじめとするJPSワーキンググループの委員、オブザーバ各諸氏に感謝致します。

[参考文献]

- [1] Barwise, J. and Perry, J. : Situations And Attitudes, MIT Press, 1983.
- [2] Gazdar, G., Klein, E., Pullum, G. and Sag, I. : Generalized Phrase Structure Grammar, Oxford, Basil Blackwell, 1985.
- [3] 郡司隆男 : 句構造文法, 情報処理学会誌, Vol.27, 1986.
- [4] Gunji, T. : Subcategorization and Word Order, Proc. of International Symposium on Language and Artificial Intelligence, Kyoto, 1986.
- [5] Gunji, T. : Japanese Phrase Structure Grammar, D. Reidel Publishing Company, (to appear).
- [6] 橋田浩一 : 条件付単一化, コンピュータソフトウェア, Vol.3, No.4 , 1986.
- [7] Matsumoto, Y. , Tanaka, H., Hirakawa, H., Miyoshi, H. and Yasukawa, H. : BUP ; A Bottom-Up Parser Embedded in Prolog, New Generation Computing, Vol.1, No.2, OHMSHA, LTD. and Springer-Verlag, 1983.
- [8] Mukai, K. : Horn Clause Logic with Parameterized Types for Situation Semantics Programming, ICOT TR-101, 1985.
- [9] Mukai, K. : Unification over Complex Indeterminates in Prolog, ICOT TR-113, 1985.
- [10] Pereira, F. and Warren, D. : Definite Clause Grammar for Language Analysis - A Survey of the Formalism and a Comparison with Augmented Transition Networks, Artificial Intelligence, 13(1983).
- [11] Pollard, C. : Generalized Phrase Structure Grammars, Head Grammars, and Natural Language, Ph.D. diss., Stanford Univ., 1984.
- [12] Pollard, C. : Lecture on HPSG, Unpublished Lecture Notes, Stanford Univ., 1985.
- [13] Yokota, H., Yamamoto, A., Taki, K., Nishikawa, H. and Uchida, S. : The Design and Implementation of a Personal Sequential Inference Machine(PSI), ICOT TR-045, 1984.

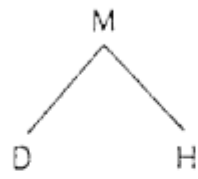


図 3.1 JPSG の句構造

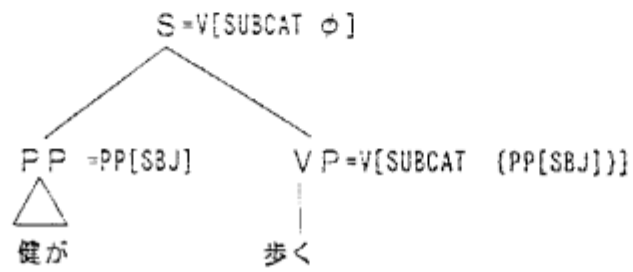


図 3.2 ヘッド素性原則とSUBCAT素性原則の例

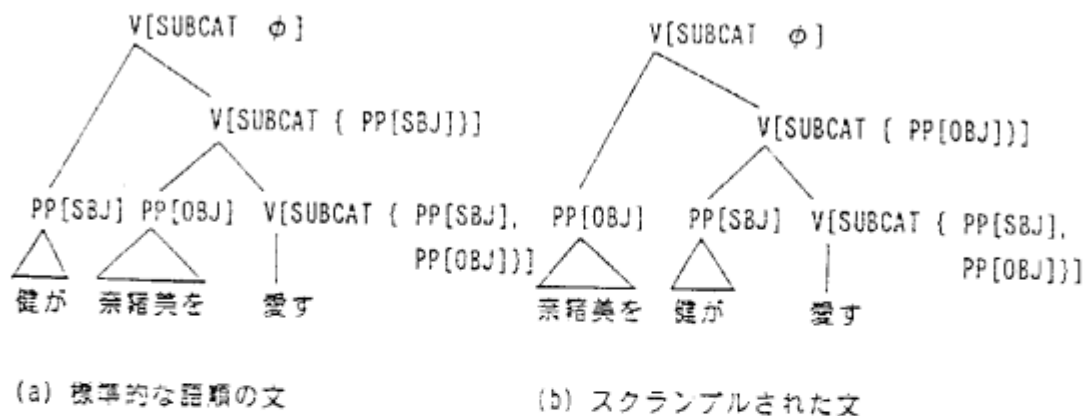


図 3.3 SUBCAT素性原則による解析の例

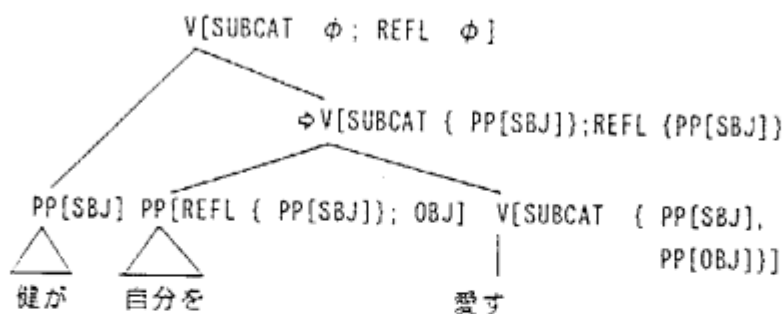
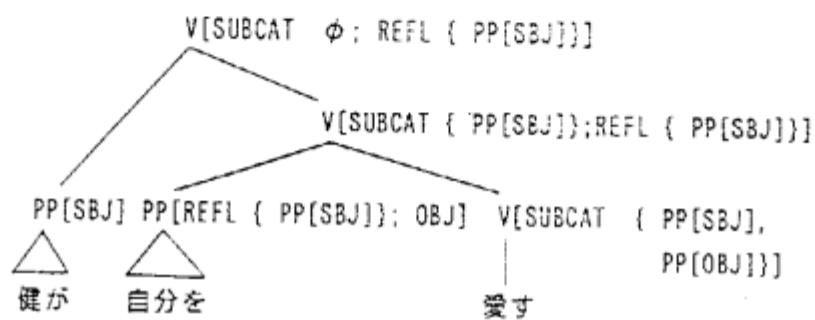


図 3.4 REFLに対する足素性原則の適用例