

「ファイルタリング」操作を伴なうページングの一形式

榎 博史 橋本 和夫 鈴木 雅実 野垣内 売

KDD 研究所

1. まえがき

入力文を木に解析するパーザーの手法はアルノーブル大ボアテ博士によるとプロセスエリアル法とファイルタリング法に大別できる。このうち前者は入力文に適用する木構造変換規則の適用順序を厳密に規定し不適切な解析結果が解析操作中に発生しないようにしながら木を構成する方法であり、後者は手持ちの書き換え規則を無制限に適用し多数の解析結果を発生させ、この中から不適切な木をファイルタリにより除去し正しい木を得る方法である。前者にはアルノーブル大の ARIANE⁽¹⁾、京大を中心とするアルノーブル方式等に於けるパーザーの方法が挙げられる。

筆者らは今までに拡張LINGOL⁽²⁾を基礎とする方式で「ファイルタリング」手段として禁止木・排他木を用い、上記「ファイルタリング」法に基づく「ページング」方式を提案したが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、本報告では排他木の機能の拡張、複数の木を一つの木として表現するオア節臭の導入に伴う拡張LINGOLのパーザー改良、オア節臭と前記禁止木・排他木を共存させる算法上の手段並びに総合的実験結果について述べる。

2. 排他木の機能の拡張

筆者らが先に提案した排他木の動作は以下のようである。図1(a)のような最上位節臭として e_1 という名称を持つ節臭を含む E_1 という排他木が登録されることはなし、又早語の線形配列であるスペン s_1 を含む文を解析して結果図1(e)に示すような排他木 E_1 を最上位部分に持つ解析結果が得られるとする。この場合他の解析結果である図1(c)および(d)の構造は排除抹消される。

以上が先に提案した排他木の基本思想であるが排他木により排除抹消されるべき構造に図1(e)に代表されるスペン s_1 内外が結合する構造をも付け加える。以上を総合すると排他木の基本思想は、「排他木が持つスペンを支配する場合そのスペンに於けるいかなる解析結果も排除抹消される。」と記すことである。

ここで述べた基本思想は排他木の重要度が一段階であると規定したものであり、これは同一スペンを支配する条件下で排他木相互間の競合、ある木が持つスペンを支配する排他木を含み又他の木が別のスペンを支配する排他木を含み、かつ両者のスペンが同一である場合の競合等の問題を処理することが困難である。以下これらに因る規定を含む二つの基本手順と称する手順を項目に分け示す。

[基本手順]

- (1) 終端節臭と最上位節臭が同一の複数の木より一つの木を選ぶ手順である。
- (2) 各排他木に優先度番号を一つ対応させる。
- (3) 選択の対象となる木のうち最大の木値を持つものを選ぶ。同一木値を持つものが複数個ある場合はその中から任意のものを選ぶ。(以上)

但し木値およびそれの大小を以下のように定義する。ある木の木値はその木が含む排他木の個数を優先度番号順に並べてものである。二つの木の木値を比較する場合木値の要素のうち最高優先度番号の要素の個数を比較し多く含む方が木値が大とし、これが同数(ゼロ同志を含む)ならば次に高い優先度番号についての

比較を行う等のことを行い、最下位まで同一ならば木値が等しいとする。基本手順をアルゴリズム的規則構成が可能なように変形して次の通用手順を導入する。

[通用手順]

- (1) 終端節点と最上位節点が同一の複数の木より一つの木を選ぶ手順である。
- (2) 各排他木に優先度番号並びに被覆価をそれぞれ一つづつ対応させる。
- (3) 選択の対象となる複数の木をそれぞれ排他木で隙間なくかつ重複なく覆う。すなはちある排他木で覆われた部分の最上位節点はその上位につながる別の排他木で覆われた部分の最下位節点の一つが同一であるような覆い方を行なう。もちろんこの形式の重複は重複とは見なさない。
- (4) 選択の対象となる木から最大の木値をもつものを選ぶ。同一木値を持つものがいる場合はより中から任意のものを選ぶ。(以上)

但しこの場合以下の木の木値はより木が含む排他木の個数を優先度番号順に並べてもよりあるが最下位の優先度番号のものの個数はこれに加えてより木の位置により木が含む全排他木についての上記(2)を定義したく被覆価の総和を置いたよりあると定義する。ここで導入した最下位の優先度番号を持つ排他木は(3)を導入したく被覆を導入する際必要となつたものであり被覆価は主に最下位の優先度番号を持つ排他木間の優先度を規定する目的のものである。

3. 機械翻訳手順

ここではフィルタリング法によるパーシング手段を含む筆者らがKATEと称し構成中の英日機械翻訳方式の手順をそのパーシング手順を中心として述べる。

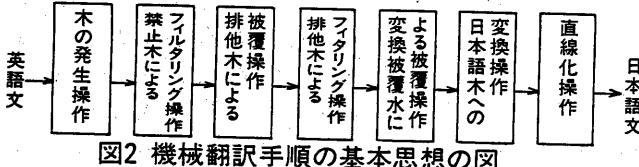
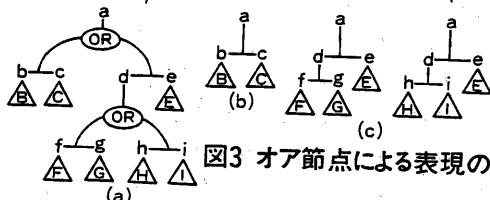


図2が同手順の基本思想に関する(4)(5)(6)である。この手順によるとより木の発生操作部に於く

a → b u c u d (1)

の形式の書き換え規則を入力英文

に無制限に適用してこの文の解釈結果より木を発生する。式(1)に於てUはスペースを表わす。この際通常膨大な数の木が発生するがその膨大な数の木全体をオア節点を用いて一つの木で表現する。オア節点は同一スペアンを支配し同一最上位節点を持つ部分をまとめた物であるとする。図3はオア節点による表現の一例を示す。図3(a)に於てORと記した部分



はオア節点を示し、英小文字は通常の節点を示し、又英大文字で示される部分はその直上位の節点をその最上位節点として含む木をあらわす。オア節点はその直下位に接続する各部の並列的存在を許すものとする。

3. この中に図3(a)の木は図3(b), (c)もしろ(d)を総合的に表わす。

次にこの出力は次の「禁止木によるフィルタリング操作」を受けす。ここではまず入力木をオア節点を含まない複数の木に分解す。すなはち図3(a)の木を図3(b)～(d)の木に分解することに対応する操作を行う。ついでこのようにして得た複数の木のそれぞれにつき禁止木として指定された木をその部分木として含むかどうかの判定を行い、含まなければより木を抹消する操作を行なう。

この出力の複数の木はさらに「排他木による被覆操作」並びに「排他木によるフィルタリング操作」を順次受けす。これらうち前者は前述の通用手順中の(3)項に對

元し又後者は同(4)項に対応する。すなわち筆者らが構成中の機械翻訳方式では2.で述べた適用手順を用い3.上記後者出力はオア節臭を含まない一つの木である(2).これ迄の操作で「フィルタリング」方式による「ページング」が行なわれる。

この操作の出力である一つの木は次の「変換被覆木による被覆操作」に於て排他木類似の変換被覆木により排他木の場合と同様隙間なくかつ重複なく覆われる。この構造は次の「日本語木への変換操作」に於て各変換被覆毎に日本語部分木に変換され、後日本語木への組立てが行われ、この出力が「直線化操作」を受け「日本語文となり出力する。「変換被覆木による被覆操作」以下の操作は筆者らがすでにKPP法として報告してい3のでこれ以上触れない。(6)

「禁止木によるフィルタリング操作」と排他木関係の二つの操作は互いに順序を変更できない。なぜなら排他木関係の操作は複数の木より一つの木を選ぶ部分であり、選ばれた一つの木が禁止木を含むならば出力が失なわれるからである。

図2に示した機械翻訳手順の基本思想はレベルしながら取り扱う木の数が膨大となり実際の演算には不可きな方式である。上記手順を3の効果を変えて前に演算が容易なように変更して得た「適用形機械翻訳手順」の図を図4に示す。図4に於て「適用形木発生操作」は図2中の「木の発生操作」と「禁止木によるフィルタリング操作」の一部が結合したものであり、図4に於て「適用形排他木操作」は図2中の「禁止木によるフィルタリング操作」から「排他木によるフィルタリング操作」に属する三つの操作が結合したものである。

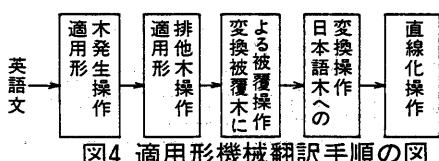


図4 適用形機械翻訳手順の図

この手の「木の発生操作」と結合して「禁止木によるフィルタリング操作」に属する三つの操作が結合して「禁止木による抹消操作」は発生しない。左の「変換被覆木による被覆操作」以降の変更はない。

4. 適用形木発生操作

ここでは図4中の適用形木発生操作の算法について述べる。この操作は前述のオア節臭を用いてまとめられる部分木はまとめながら、しかも組み上げ途上の部分木(ここでは中间木と称す)が禁止木を含まなければそれを抹消するという禁止木の部会適用を行ないながら一つの木を構成するという操作である。

この操作の操作フローは図5に示すとおりであり拡張LINGOL⁽³⁾に於ける「 α -role」を一部仕様変更したものとなるており $d\text{-}role$, $l\text{-}role$ と $r\text{-}role$ 等の操作はこれに於ける同名の操作とはほぼ同様な操作である。

図5の操作に於ては二つの動作パラメータ N および K が定義されてい3が、説明を容易にするためにこれらが含まれるよびを一般的な場合についてこの操作フローの中心的な部分である $d\text{-}role$ より K 判定を経て K の左移動力を子す図6を用いて説明する。左の動作パラメータ N がれであるということは文中左より n 番目の單語が操作の対象となる最新の單語であることを意味する。

図6の各図のうち(a)は $d\text{-}role$, (b)は $l\text{-}role$, (c)および(d)は $r\text{-}role$ として(e)は初期状態および K の左移動力を説明する図であり、この順に説明を行って行く。各図の上および下に示して四角の列はそれそれゴールスタック列 G および中间木スタック列 I であり、これらの左より n 番目の要素をスタック $G(l)$ および $I(l)$ と表す。拡張LINGOLではこの中间木スタック列 I が必要であるが、今回これが導入された。

まず $d\text{-role}$ の動作より説明する。
動作パラメーターがれかよび段の状態
に於て $d\text{-role}$ の動作はスパンが左
よりれ迄の木を収容しているスタッフ
 $I(k)$ より取り出した木に

$a \longrightarrow h$ (2)

形の書き換え規則をほじこしきの結果
を再びスタッフ $I(k)$ に収容する動作
であると要約できます。図6(a)には
左を最上位節点とする木 H に式(2)の
書き換え規則をほじこく場合の例を
示してあります。 $d\text{-role}$ ではこの動作
を $I(k)$ の記憶内容および式(2)の形式
の書き換え規則の全ての組合せにつ
れて行なう。これを行った後スタッフ
 $I(k)$ 中の木の中で禁止木を含むも
のは抹消し、又残った木のうち最上
位節点名が等しいものはオア節点で
まとめる。これは $I(k)$ 中の各木のス
パンが等しいことから可能となる。

ここで禁止木の適用は一つのオア
節点の直下にくるべき木に禁止木を
適用するものであり複数のオア節点を含む部分に適用
する禁止木適用は行わない演算手数の減少のみを目的
とする部分的なものである。

次に $l\text{-role}$ の説明を行なう。動作パラメーターがれ
かよび段である場合この動作は図6(f)に示すようにス
タッフ $I(k)$ より取り出した木に

$c \longrightarrow \text{due}$ (3)

の形式の左辺が複数項より成り、その右辺第一項が取
り出した木の最上位節点に等しい書き換え規則を適用
しきの結果をスタッフ $G(n+1)$ に導入する操作である。
この操作はもちろん $I(k)$ の記憶内容および書き換え規
則の全ての組合せについて行なう。

次に $r\text{-role}$ の説明を行なう。動作パラメーターがれ
かよび段である場合この動作はスタッフ $I(k)$ より取り出した木とスタッフ $G(k)$ より取
り出した拡張 $LINGOL$ の意味での"ゴール"との結合を試み、もししきの結果が
図6(c)にみられるように一つの木の構造を持つものであるとそれをスタッフ $I(m)$
に導入する。但し m は結果として生じた木の左端の位置である。又結合した結果
が図6(d)にみられるように木の構造を持ち、かつ必ず"ゴール"の形状をとるなら
ばそれをスタッフ $G(n+1)$ に導入する。スタッフ $G(k)$ には図6(c)および(d)に示され
ているように完成された木状の部分をその左端に含みその木状の部分の右端が
左エンド位置にあり、左端が0と左エンド位置に与え"ゴール"が収容されて

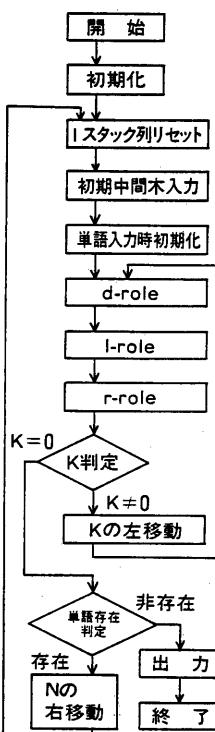


図5 適用形木発生操作の図

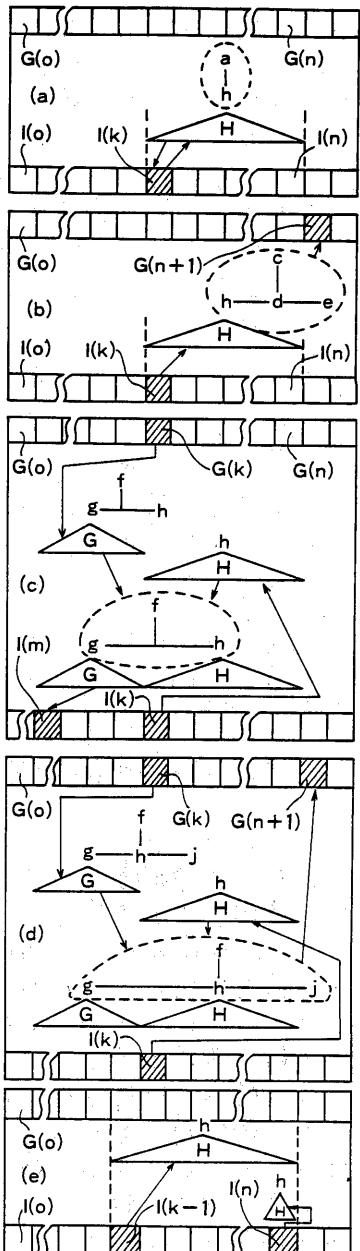


図6 操作フロー中心部の動作

～3。

図6(f)および(d)に於てのように新たにスタッフ $G(n+1)$ に導入された"エール"もこのような性質を持つ、といふ。r-roleに於ても d-role の場合と同じく完成して木に対する禁止木含有の判定並びにオア節卓によるまとめを行なう。

d-role ～ r-role の操作終了後、図5に示すように動作は K 判定に移行し現在の K パラメーターの値をどのか否かを調査する。もし 0 でないことが判明するとき次の K の左移動の動作に移り K パラメーターを一つ減らさせて後、動作は再び d-role に戻るが、二つ際の処理の対象となるのはこれまでのスタッフ $I(k)$ の記憶内容ではなく図6(e)に示すような $k-1$ より前迄のスパンを持つ木である $I(k-1)$ の記憶内容となる。なお K 判定の結果現在の K パラメーターの値が 0 でないことが判明すると次單語読込の準備段階である單語存在判定部へ動作は移る。

以上が動作パラメーターがおよびた場合の操作フローの中心的な部分の動作の説明であり、だが、今迄説明した部分を含む図5の操作全体の説明を行なう。図5の操作に於て開始直後の初期化の動作は現在の操作の対象となる最新の單語番号を示す動作パラメーター N に 0 番目すなわち最左端の單語がそれであることを示すために 0 を代入する段階である。以下動作ループ中に入るが、最初の I スタッフ列リセットの操作では中間木スタッフ列 I を空にする動作を行なう。次の初期中間木入力の操作では前述の動作パラメーター N の値に付する番号（これまでの説明と同じく n とする）の單語につき辞書引きを行ない、單語節卓の上位に辞書引きの結果得た中の單語のカテゴリ節卓をもつ二節卓より成る初期中間木を構成しスタッフ $I(n)$ に入力する操作である。次の單語入力時初期化の操作はパラメーター K の値に 3 の時の N パラメーターの値を代入する操作である。この操作の結果次の d-role の操作に移行する際には図6(e)に示した一單語スパンをもつ木のみが中間木スタッフ列 I に入っている状態となり、以後は前述した d-role 等から成るループ動作へと移行する。

上述のループ動作終了は K 判定の結果 K パラメーターの値が 0 であると判明した場合発生するが、その後動作は單語存在判定へと移り、次に読込すべき單語の存在を調べる。もし存在する場合は次の N の右移動の操作で N パラメーターの値を 1 だけ増加させた後前述の I スタッフ列リセットの状態に戻るが、読込すべき單語が存在しない場合はページング完了とみなされ、この時刻にスタッフ $I(0)$ に記憶している木を出力として発生する。

この適用形木発生操作の出力であるオア節卓を含む木は図4に示す通り次の操作であり次の 5. で述べる適用形排他木操作へ送られる。

5. 適用形排他木操作

「適用形排他木操作」は図2中の「禁止木によるファイルターニング操作」から「排他木によるファイルターニング操作」迄が組合したものであり、具体的には常時禁止木を含む木を抹消しながら 2. で説明した適用手順の操作をトマダウニ的に行なう。

図7が「適用形排他木操作」で行なわれることの三部を示すフローグラムでありこれについて順次説明する。図7の操作の入力は図中① 上位よりの処理要求入力、② 上位よりの処理要求と共に入力するいくつかのそれぞれオア節卓を含み得る木である。又出力は③ 上位への木配列出力で発生するがこれは最大木値選択値の後に 2. で説明した木値順にいくつかの選択値を配列したものでありこれは入力各木毎に発生する。ここで木値順とは木値の大きい順を意味し、又選択

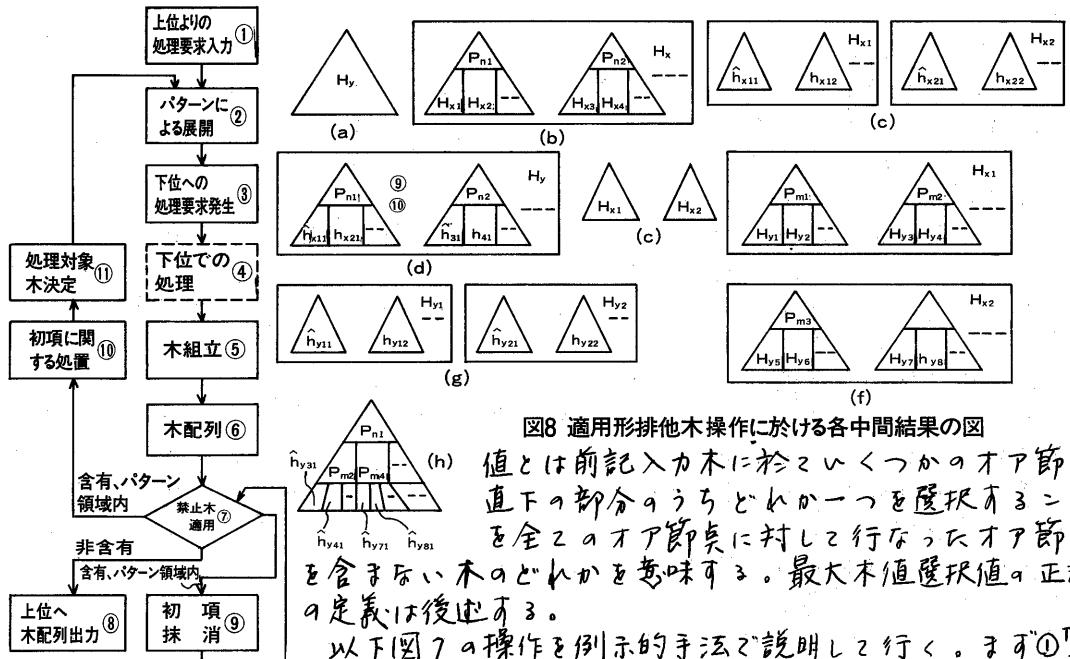


図7 適用形排他木操作の図

図8 適用形排他木操作に於ける各中間結果の図
 値とは前記入力木に於ていくつかのオア節奥直下の部分のうちどれか一つを選択することを全てのオア節奥に対しても行なったオア節奥を含まない木のどれかを意味する。最大木値選択値の正式の定義は後述する。

以下図7の操作を例示的手法で説明して行く。まず①^T上位よりの処理要求入力に2、処理要求と共に図8(a)に示すオア節奥を含み得る木 H_x が入力した場合を考える。②^Tパターンによる展開に於て木 H_x の最上部に適用される全ての排他木パターン P_{n1}, P_{n2}, \dots 等を除くは被覆を行ない図8(b)に示すような結果を得る。この操作をパターンによる展開と称することとする。この展開に於てパターンの領域が及び範囲のオア節奥は全ての組合せを取ることにより解消するものとする。次に③^T下位への処理要求発生にて図8(c)に示すようにパターンによる被覆の結果より下位に生じたオア節奥を含み得る下位の木の処理を行なうため、これを行なう操作フローへ処理要求と共に図8(d)中に示されている $H_{x1}, H_{x2}, \dots, H_{x3}, H_{x4}, \dots$ 等々を送出す。下位の操作は④^T「下位での処理」として示した部分であり、図7のそれと同じ動作を行なうものである。

下位での処理の結果木 H_{x1} に対しては図8(c)左側に示すような最大木値選択値 \hat{h}_{x11} 後に $\hat{h}_{x12}, \hat{h}_{x13}$ 等いくつかの H_{x1} の選択値が木値順に配列された情報、 H_{x2} については図8(c)右側に示す情報が帰って来る。 H_{x3}, H_{x4} 等についても同様である。このようにある木(大文字で示す)の選択値は小文字で、又最大木値選択値にはヘッド(ハット)を付けて示すことになる。

次の⑤^T「木組立」で④^T「下位での処理」求めた選択値を自由に組合せ使用して木を組立て、これを⑥^T「木配列」の部分で木値順に配列する。例ええばこの結果が図8(d)のような配列であることにとする。図8(d)の最左端の木の木値は木値の自明である性質の線形性のためにパターン P_{n1} の木値に之の下位に接続される $\hat{h}_{x11}, \hat{h}_{x21}$ 等の不値を加算したものとなる。

次に⑦^T「禁止木適用」の部分で⑤^Tで得られた配列のうち最大木値のもの、すなわち図8(d)の最左端の木が禁止木を含むかどうか判定を行なう。この結果もしこの木が禁止木を含まなければ即座に⑧^T「上位への木配列出力」が行なわれる。すなわち上記最左端の木を最大木値選択値 \hat{h}_x に指定し、その \hat{h}_x に統一図8(a)に示す木

値順の配列を上位に出力し、動作は上位に移る。このようにある木の最大木値選択値はその木の禁止木を含まない選択値の中で木値が最大のものである。

もし⑦「禁止木適用」の結果図8(d)の最左端の木が同図中⑨と記した線で示したようにパターン P_{m1} の範囲で禁止木を含むならば⑦初項抹消の操作に移り、図8(d)中の最左端の木すなはち初項を抹消し再び⑦禁止木適用に戻り配列の二番目に当る図8(d)中の左から二番目の木が禁止木を含まいかどうか調べる。

さて事態を最初に⑦「禁止木適用」の操作を行なう時刻に当る図8(d)の最左端の木に⑦「禁止木適用」の操作を行なった結果、例之下同図中⑩と記した線で示したようにパターン P_{m1} の範囲に加えて木構造 H_{x11} , H_{x21} にかかる範囲をあわせた部分に禁止木に相当する部分がある場合後者の範囲についてさらに調査しなければならない。この場合まず⑪「初項に開き処置」に当る図8(d)の最左端の木を配列中から抹消し⑫「処理対象木決定」に移る。 H_{x11} , H_{x21} 等最大木値選択値はそれそれの親に当る H_{x1} , H_{x2} 等対応する木の構造の情報を持つおり、これから⑪「処理対象木決定」は H_{x1} , H_{x2} の構造抽出を行なう。この二つの木 H_{x1} および H_{x2} につけば再び②「パターンによる展開」が行なわれこの結果図8(e)と類似の配列である図8(f)に示す情報が木 H_{x1} , H_{x2} 双方につれて得られる。

次にこの結果得られた下位の木 H_{y1} , H_{y2} 等につけての処理が⑭「下位」の處理で行なわれ、図8(g)に示す最大木値選択値を先頭とする選択値の配列が得られる。これらより⑮「木組立」で木が構成されそれが⑯「木配列」により前回迄に得た木と共に木値順に並べられる。なお直前の⑪「初項に開き処置」に当る抹消した木はこの配列より除外される。今、最大木値の木が図8(h)に示すものであるとする。これがもし禁止木を含まないとするとこれを木 H_x の最大木値選択値 H_x に指定し、この後に木値順に H_x の選択値を配列してそれを出力し、動作は上位に移る。

ここで述べたリカーシブ動作は H_x が文の最上位節奥 S を最上位節奥とする時図7で示した操作が⑬「上位への木配列出力」に至った時終了する。

このよう不終了時に得られた最終出力は前述の図8(h)のようないくつかのパターンをもつ構造の下部にいくつかの最大木値選択値を持つ構造となる。最大木値選択値例えば H_{y31} はそれの親に当る木例えは H_{y3} の構造をもつことは前述したが、さらにはそれらがパターンによつて複数の方の情報をも持ついるものとする。このように設計すると上記動作終了時には図8(h)類似の上述した構造を通じて文全体について、禁止木を含まず、パターンにより最大の木値を持つトウな複数の方をもつ最大木値選択値であるオア節奥を含まない木とそれのパターンによる複数の方を得ることとなる。すなはちここで述べた適用形排他木操作は乍らオア節奥を含む木からこのよう不出力するからバーズ結果を得る動作である。ここで述べたリカーシブ動作はLISP関数の再帰呼出しを利用して行なう。

ここで述べた例は主に⑩⑪「ループ」部分を一回通る場合の説明であるがこのループ部分を通ることに選択値。先頭の木の構造が禁止木を含まいかどうかがより深く調査することが行われ又⑫「ループ」を通ることに順次選択値の配列の後方の木に開きる調査が行われる。この方法は5. 開頭で述べた所定の動作を最大木値選択値を用いてことにより演算量と同時に取り扱う木数を比較的小規模に保つながら行なわれる。これと似た操作が「变换被覆木」または「被覆操作」も行われる。

6. 例およびまとめ

図9はある英文の最終的に選ばれたバーズ結果の排他木による被覆状態を示す

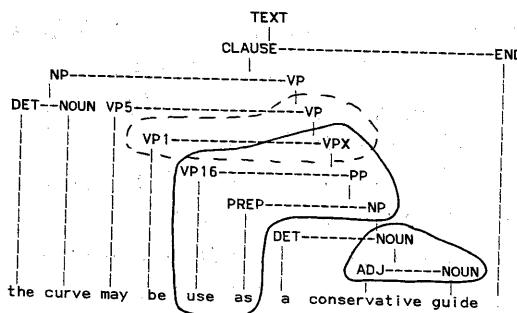


図9 被覆状態の例

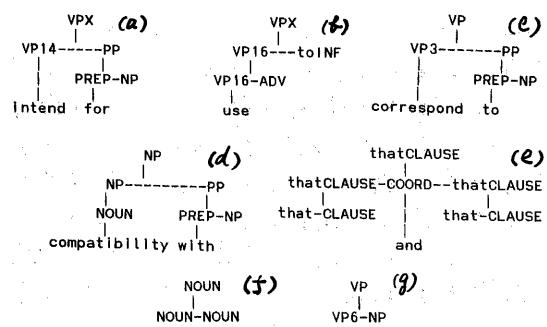


図10 排斥木の例

図でみる。線で囲まれた部分が優先度番号の高い排斥木に、又その他の部分は書き換え規則と同形の優先度の低いものにそれわれ覆われた部分である。後者うちの一つを図中実線で囲んで示す。図10が排斥木の例である。図10(a)～(e)は最高の優先度番号のものより特殊な構文を代表し、図10(f)および(g)は二番目の優先度番号をもち、より一般的なものであり、それわれこれから結び付きを持つ解釈結果を発生しや不可不可。禁止木によるフィルタリング、新しく導入した排斥木によるこれ、何れを外しても正解率が大幅に下ることを確認しており、又解釈結果より、前者が正解率結果に大域的に近い複数の解釈結果を得る傾向をし、後者はこれらの傾向から局所的に最適のものを選ぶ傾向をし、互いに補完的にはたらいて正解率を上げていうことが観察された。

又オア節臭導入により解釈不能となる事態をほぼ避けたことがわかった。

現在筆者らが構成してい3英日機械翻訳実験システムに収容してい3禁止木、排斥木、変換用の変換木の数はそれぞれ1580, 381, 500である。排斥木は三つの優先度番号に分けられてい3。これらを用いてCCITT勧告文書より選んだ300文程度の英文の解析、日本語文への変換を終えており、又CCITT文書の範囲内の新規文に対する極端に低くはない正解率を得ている。

今後は属性、シリーラス使用によるより組織的な規則導入を行なうと共に、変換段階に於てより深い解釈を導入することを計画している。

[謝辞]筆者らは本報告發表の機会を与えられたKDD研究所所長、野垣副所長、橋松次長、武田第一特別研究室長に感謝し、又機械翻訳に関する種々御教示、御討論下さいり、又オア節臭導入の重要性を指摘されたブルーバル大、ボアテ助教授に感謝する。又言語学上の協力を頂いたい3(株)日本IRの小本、若菜、陶子して衛藤代、プログラム上の協力を頂き、かつ本報告4.5.に示した算法について重要な指唆を頂いた(株)SCC田中代に御礼申し上げます。

[文献] (1) Boitet; Automatic Production of CF and CS-Analyzers Using a General Tree-Transducer; Communication Presented at the 2. International Kolloquium über Machine Übersetzung; 1979年11月, (2) 長尾; 科技庁機械翻訳プロジェクトの概要; 自然言語処理研38-2; 1983年7月, (3) 田中; 計算機による自然言語の意味処理に関する研究; 電子技術総合研究所研究報告第797号, 1979年7月, (4) 神、橋本、野垣内; 禁止パターンを用いたページング手法; 自然言語処理研37-1; 1983年5月, (5) 神、橋本、野垣内; 推薦木によるページングについて; 情報処理学会第27回全体, 6H-6; 1983年10月; (6) 神、橋本; ペターンマッチングによる英日機械翻訳の一手法; 自然言語処理研32-2, 1982年8月。