

7N-3

BUPによる単語予測
- island-driven 方式 -

渦原茂 小林豊 新美康永
京都工芸繊維大学

1. はじめに

本稿では我々が現在開発中の音声理解システムの言語処理部における単語予測の方式について報告する。

我々のシステムは音響処理部、単語認識部、言語処理部、及び制御部の4つの要素からなり、各々が協力し合いながら音声を認識する。その認識の過程は、ワードスポッティングにより認識されたキーワードをislandとして、そのislandを左右に拡張しながら発話全体を認識する、いわゆるisland-driven方式に基づいている。言語処理部は音声の中の任意の部分単語列を構文解析し、左右両方向に接続しうる単語を予測しなければならない。我々このような言語処理部の実現方法として、システムの扱うタスクの文法規則を文脈自由文法(CFG)あるいはDCGを用いて記述し、それを上記の機能をもったPrologのプログラムに変換するという方法をとっている。構文解析のアルゴリズムはBUP[1]と基本的に同じbottom-up parsingの考えに基づき、island-drivenな制御のための変形を加えたものとなっている。

なお本稿では基本的なアルゴリズムについて述べ、プログラムへの完全な変換方法については文献[2]に譲る。

2. 言語処理部の機能

island-driven 制御方式の音声理解システムでは次の3つの機能が要求される。

- (1) islandの生成 スポットされた単語から新しいislandを作る。
- (2) islandの拡張 islandの左右に構文的に接続可能な単語を予測し、単語認識部で認識された単語を接続した新しいislandを作る。
- (3) islandの結合 2つのislandが構文的に接続可能かどうかを調べ、可能であれば2つを接続した新しいislandを作る。

3. 基本アルゴリズム

本節ではCFGを対象とし、DCGについては最後の節で触れる。また文法規則に対しては、①空系列を生成する規則の集合を含まない、②周期的(cyclic)な規則の集合を含まない、と言う制限を課す。これらの制限はbottom-up parsingを採用していることによるが、top-down parsingでは許されない左(右)再帰的な規則はそれが周期的でない限り含まれていても構わない。

文法規則は次の(1),(2)のように表される。

$$c \rightarrow c_1 c_2 \dots c_n \quad (n \geq 1) \quad (1)$$

$$c \rightarrow a \quad (2)$$

($c, c_1, \dots, c_n$ は非終端記号、 a は終端記号(単語))
ここで(2)の左辺の非終端記号 c は単語クラスを意味する($\text{part_of_speech}(c)$ が成立)。

3.1 islandの拡張

ここではあるislandに接続可能な単語を予測する方法について考える。その準備としてBUPというリンク関係について説明する。これは、ある非終端記号 X が他のどの非終端記号 Y の構文木の左端(右端)の子孫と成り得るかを表したもので、 $\text{left(right_link}(X, Y))$ と表し、左(右)リンク関係と呼ぶ。これは文法規則の集合が与えられた時点で計算しておく。

単語やislandの解析からある非終端記号 c が生成されたとき、そのislandに対しては c を右辺に含む文法規則が適用でき、もしその規則の右辺に他の要素を持っていれば、それらの記号は c の表す構文と共起する構文として予測できる。これらをtop-down予測と呼ぼう。

まずスポットされた単語の右側にくる単語を予測することを考えてみる。スポットされた単語が単語クラス c_2 で、 c_2 を右辺に含む文法規則(3)

$$c \rightarrow c_1 c_2 c_3 \quad (3)$$

が与えられていたとすれば、(3)より c_2 の右側には c_3 という構文が予測され、その c_3 の左端に位置しうる単語が求める予測単語である(図1)。これはtop-down予測として、 c_3 のリンク関係より、

$$\text{left_link}(X, c_3), \text{part_of_speech}(X) \quad (4)$$

となる X を求めることに相当する。

(3),(4)の処理により予測された単語のうち単語認識部で認識された単語から単語クラス c_5 が得られたとして、次に ' $c_2 c_5$ ' からなる単語列の右側にくる単語を予測することを考える。右辺に c_5 を含む文法規則(5),(6)

$$c_4 \rightarrow c_6 c_5 c_7 \quad (5)$$

$$c_4 \rightarrow c_5 c_6 \quad (6)$$

が与えられていたとする。 c_5 は c_3 の左端として予測されており、(5)の適用は c_5 が右辺の左端にないことから矛盾する。また(6)の適用が矛盾しないためには、 c_4 が c_3 の左端となりうること($\text{left_link}(c_4, c_3)$ が成立)が必要である(図2)。

このようにtop-down予測(例では c_3)がある場合

は、文法規則の適用が制限される。これに対し先のc2が得られたときはこのようなtop-down予測がないのでc2を右辺に含む規則であれば適用できるが、(7)のような規則がある場合、

c2 --> c1 c2 (7)

右辺のc2より左辺のc2を生成し、この適用を繰り返して停止しない。そこで規則を適用して推移する代わりに、c2が得られたときright_link(c2,X)となるXを求め、Xを右辺の右端以外の位置に持つ文法規則のみ適用する。先のc2の例では、X=c2が得られて(3)を適用するというのが正確である。

以上は右方向への拡張であるが、左方向もまったく同様に考えることができる。

3. 2 islandの表現方法

前節のようにislandは文法規則に従って拡張されるので各islandに対して拡張の過程で行われた構文解析の経緯を記録しておく。そのためには解析に使用された文法規則と各々の規則がどこまで使われているかを記録する必要がある。そこで文法規則の右辺の各記号の間に他の位置と区別するための識別子を与える。例えば文法規則(3)はidという識別子によって

c --> c1 id1 c2 id2 c3 (3')

となる。構文解析の経緯はtop-down予測とこれらの識別子の組の系列として表される。そして1つのislandは左右両方向の構文解析の経緯と左右端の単語のクラスによって表される。例えば先の'c2 c5'からなるislandは、

左側:c2 [c2,id1] 右側:c5 [c3,c]

と表され、左側はc2が生成されればid1より左方向の解析を促し、右側はc3が生成されればcを生成することを促している。

3. 3 islandの結合

2つのislandの構文的な結合可能性は2つのisla

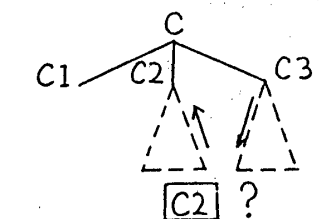


図1 islandの拡張
(top-down予測がない場合)

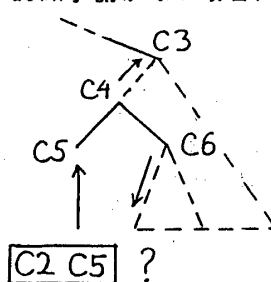


図2 islandの拡張
(top-down予測がある場合)

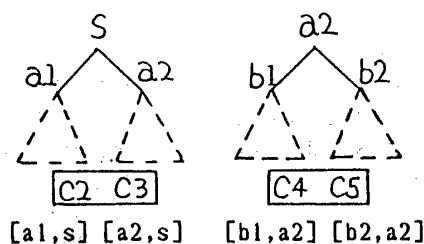


図3 islandの結合

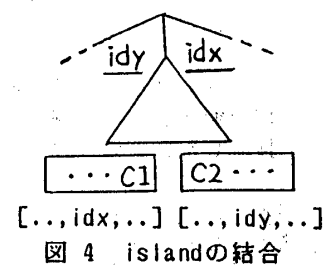


図4 islandの結合

ndの構文解析の経緯から調べることができる。例えば図3は'c2 c3', 'c4 c5'の2つのislandの結合を表している。2つのislandが結合するには①隣合う単語c3,c4の接点となる識別子idが存在する。さらに②一方でtop-down予測されている構文木(左のa2)の部分木となるものが片方にある(右のa2)。あるいは③図4のように同一の構文木で結合する。以上のことを構文解析の経緯に沿って調べればよい。

結合によってislandを作るには、左のislandの左側と右のislandの右側の各々の構文解析の経緯を継承すればよい。

4. おわりに

本稿ではCFGについてのみ考えDCGの取扱については考えなかった。DCGでは非終端記号に任意個の引数を持つことができ、右辺には任意個のPrologのプログラム(補強項)を書くことができる。

しかしここで問題点が2つある。第一に、右辺の任意の場所から任意の方向へ解析するため、補強項をいつ実行すれば良いか。補強項はそれによって意味の変わらないプログラムでなければならない。第二に、非終端記号が引数を持つことからリンク関係も引数の情報を扱えるように拡張しなければならない。しかし文法規則と補強項のプログラムを与えられた時点でこの拡張したリンク関係が計算可能とは限らない。

今のところ我々は、引数で受渡しされる情報を簡単なsemantic markerに限定することで補強項のプログラムを単純化しこれらの問題を避けている。

参考文献

- [1]松本,田中:Prologに埋め込まれたbottom-up parser: BUP, NL研究会 34-6, 11, 1982
- [2]渦原,小林,新美:音声理解システムにおける単語予測-island-driven方式-, AI研究会 48-10, 9, 1986