5N-2

LR(0)オートマトンを構成するブール代数的な手法

安在弘幸　江口日出彦
九州工業大学

1. まえがき

与えられた文法からLR(0)オートマトンを構成する一手法を紹介する．従来はグラフ理論を基礎とする手法が用いられてきたが，本稿では線形代数類似の方法を用いる．この手法はブール代数の行列演算をおもに用いている．与えられたBNFに対して，それと等価なパラメータ表現で右線形の連立方程式を与えこれよりLR(0)オートマトンを求める．

2. 右線形方程式(RLE)

いくつかの定義と，言語空間上で定義された右線形方程式を導入する．

終端記号の集合と非終端記号の集合をそれぞれTとNで表し，V＝T∪Nとする．空集合と空系列をそれぞれϕとλで表す．関数∂_σを次のように定義する．

$$\partial_\sigma S=\lambda \quad \text{if} \quad \sigma\in S$$
$$S=\phi \quad \text{if} \quad \sigma\notin S$$

例えば，集合S={X,t}に対しては$\partial_X S=\lambda$，となる．

また，行列Aに対しては，

$$\partial_\sigma A=(\partial_\sigma a_{ij})$$

と定義する．

いま，行列Aを $\begin{vmatrix} X+t & \lambda \\ \phi & X+\lambda \end{vmatrix}$ とすると

$$\partial_X A=\begin{vmatrix} \lambda & \phi \\ \phi & \lambda \end{vmatrix} \qquad \partial_t A=\begin{vmatrix} \lambda & \phi \\ \phi & \phi \end{vmatrix}$$

与えられた集合S, S'に対して，その係数がSの部分集合で，その定数項がS'の部分集合であるような右線形方程式をS-S'右線形方程式(S-S'-RLES)と呼び，以下のように表現する．

$$x_i=\Sigma_{j=1}\ a_{ij}\ x_j\ +\ c_i$$
$$i=1,2,\ldots,n \qquad ここで \quad a_{ij}\subseteq S,\ c_i\subseteq S'$$

この連立方程式は次のn次元の右線形方程式で表現できる．

$$\boldsymbol{x}=A\boldsymbol{x}+\boldsymbol{c}$$

ここで　$\boldsymbol{x}=(x_i)$　$\boldsymbol{c}=(c_i)$　$A=(a_{ij})$

この方程式はその各成分が，S^*S'の部分集合からなる最小解ベクトル$A^*\boldsymbol{c}$を持つ．

与えられたBNFまたはEBNFに対して，ここでは（同様な）パラメータ表現を与える．言い替えれば，非終端記号Xに関するBNFの定義の右辺部分を適当な中間パラメータを導入することによって展開する．そして，以下のようなn次元の（V∪λ）-RLESに帰着させる．

$$X = x_{X1}$$
$$x_{Xi} = \Sigma_{j=1}\ A_{Xij}\ x_{Xj}\ +\ c_{Xi}$$
$$i = 1,2,\ldots,n$$

または

$$x_X = A_X\ x_X + c_X$$

3. LR(0)オートマトン

与えられた文法からLR(0)オートマトンを得る従来の手法は，生成規則上でドットノーテーションを用い，非決定性有限オートマトンを決定性に変換するために使う一種の拡張

Boolean Algebraic Construction of LR(0) Automaton
Hiroyuki ANZAI , Hidehiko EGUCHI
Kyusyu Institute of Technology

された部分集合構成法と考えられる.

V-RLES $x_X = A_X x_X + c_X$に対して，SXの状態Ikは，それぞれの状態$xX_i \in S_X$のn_X次元のビットベクトルにより表現される．もし状態I_{kX}が状態x_{Xi}を含むならベクトルのi番目のビットをλにする.

LR(0)項と呼ばれるLR(0)オートマトンの状態I_kは以下のような，すべてのI_{kX}リストにより記述される.

$$I_k = (I_{kX} \ldots I_{kX} \ldots I_{kZ}),\quad k = 0,1,\ldots,K$$

このとき入力s∈Vと状態Ikに対して２つの関数 Trans Closure を次のように定義する.

$$Trans(I_k,s) = (Tr(I_{kX},s) \ldots Tr(I_{kX},s) \ldots Tr(I_{kZ},s))$$

ここで,

$$Tr(I_{kX},s) = J_{kX} = I_{kX}\,\partial s A_X$$

$$Closure(J_k) = (Cr(J_k,X_0) \ldots Cr(I_k,X) \ldots Cr(I_k,Z))$$

$$Cr(J_k,X) = J_{kX} + \Sigma Y Cr(J_k,Y)\,\partial_X A_Y 1_Y i_X$$

簡単にするために

$$Closre(J_k) = J'_k = (J'_{kX} \ldots J'_{kY} \ldots J'_{kZ})$$

$$H = (h_{XY}),\quad h_{XY} = \Sigma Y A_X 1_X$$

$$D = (d_{XY}),\quad d_{XY} = i_Y \quad \text{if } X = Y$$

$$= \phi_Y \quad \text{上記以外のとき}$$

と置き直すと

$$J'_k = J_k + J'_k HD$$

となり，つぎの最小解をもつ.

$$J'_k = J_k(HD)^* = J_k + J_k H\Gamma^* D$$

ここで $\Gamma = (\gamma_{XY})$

$$\gamma_{XY} = i_X\,\partial_Y A_X 1_X = \partial_Y(i_X A_X 1_X)$$

よって遷移関数 Goto は次のように求まる.

$$Goto(Ik,s) = Clousre(Jk) = J_k + J_k H\Gamma^* D$$

ここで,

$$J_k = Trans(I_k,s) = I_k\,\partial s B$$

$$B = (b_{XY}),$$

$$b_{XY} = A_X \quad \text{if } X = Y$$

$$= \Phi \text{（空集合の行列）} \quad \text{上記以外}$$

オートマトンの初期状態は次のように定義される.

$$I_0 = J_0 + J_0 H\Gamma^* D$$

ここで $J_0 = (i_X \ldots \phi_X \ldots \phi_Z)$

４．おわりに

この手法は計算機が得意とするブール演算を用いている．また，LR(0) だけでなくLR構文解析に必要なFOLLOW集合なども同じように求めることができる.