問題１　Ｃ言語は文脈自由型の文法によって規定されている。if 文は以下の生成規則にとって規定されている。
以下の文法記述で使用されている、終端記号Σ、非終端記号Ｎ、生成規則Ｐ、開始記号Ｓを記述せよ。さらに、次の if 文を用いて if 文のあいまい性について説明せよ（構文木を作成して説明せよ）。つぎに、このあいまい性をなくすための文法の修正法を提案せよ。

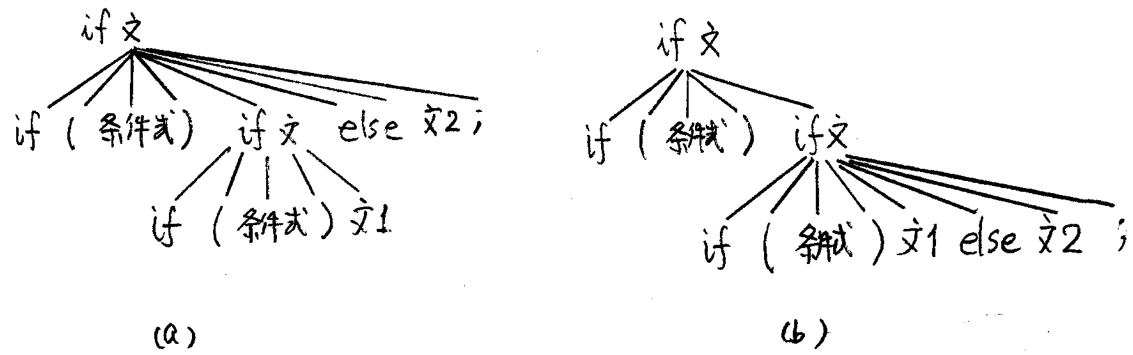
if 文→if　（　条件式　）　文；
if 文→if　（　条件式　）　文　else　文　；

分類	内容
非終端記号　N	if文　条件式　文
終端記号　Σ	if ( ) else ;
生成規則　P	if文→if (条件式) 文 ; if文→if (条件式) 文 else 文 ;
開始記号　S	if文

あいまい性を検討する対象の if 文→　if（　条件式　）　if（　条件式　）文１　else　文２　；

あいまい性の説明（構文木と説明）

構文木：



あいまい性を生じる理由：

if(条件式) 文1 の終了が決まらない.

あいまい性を除くための生成規則の修正法

修正された生成規則：

if文 → if(条件式) then 文 end
if文 → if(条件式) then 文 else 文 end

修正された文法に基づいた文１：

(a) → if(条件式) $\boxed{\text{if(条件式) then 文1 end}}$ else 文2 end

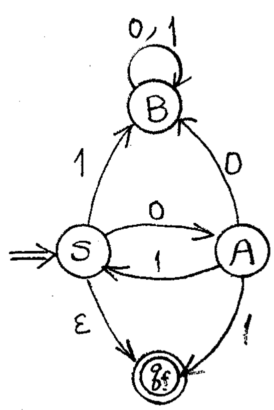
(b) → if(条件式) $\boxed{\text{if(条件式) then 文1 else 文2 end}}$ end.　○

問題２　以下の正則文法 G＝（N、Σ、P、S）と等価な ε 動作を持つ有限オートマトン M＝（Q、Σ、δ、q_0、F）を作成したい。はじめに、有限オートマトンの状態推移関数 δ を計算し、有限オートマトン M（状態推移図）を求めよ。

正則文法 G
非終端記号 N＝｛　S、A、B　｝　終端記号 Σ＝｛　０、１　｝　開始記号　S＝｛　S　｝
生成規則 P＝｛
S → ０A、　S → １B、　S → ε、
A → ０B、　A → １S、　A → １、
B → ０B、　B → １B
｝

分類	内容
状態　Q	$\{S, A, B\} \cup \{q_f\}$
入力信号　Σ	$\{0, 1\}$
状態推移関数　δ	$S \to 0A$　$\delta(S,0)=\{A\}$ $S \to 1B$　$\delta(S,1)=\{B\}$ $S \to \varepsilon$　$\delta(S,\varepsilon)=\{q_f\}$ $A \to 0B$　$\delta(A,0)=\{B\}$ $A \to 1S$　$\delta(A,1)=\{S\}$ $A \to 1$　$\delta(A,1)=\{q_f\}$ $B \to 0B$　$\delta(B,0)=\{B\}$ $B \to 1B$　$\delta(B,1)=\{B\}$
初期状態　q_0	S
最終状態　F	q_f

有限オートマトン（状態推移図）



問題３　加算（＋）と積算（＊）からなる式を表現する文法（G）をチョムスキー標準形で記述せよ。

G＝（N、Σ、P、S）

N＝｛ E、T、F ｝　　Σ＝｛ a、＋、＊、（、 ） ｝　　S＝｛ E ｝

P＝｛

E→E＋T、　E→T＊F、E→（ E ）、　E→a、

T→T＊F、　T→（ E ）、　T→a、

F→（ E ）、　F→a ｝

分類	内容
非終端記号　N	E , T , F , <+T> , <*F> , <E)> , <+> , <*> , <(> , <)>
終端記号　Σ	a , + , * , (,)
生成規則　P	E→E<+T> E→T<*F>　　T→T<*F> E→<(><E)>　　T→<(><E)>　　F→<(><E)> E→a　　T→a　　F→a <+T>→<+>T <*F>→<*>F <E)>→E<)> <+>→+ <*>→* <(>→(<)>→)
開始記号　S	E

問題４　次の文脈自由文法Ｇの生成規則から無効記号を削除し、ε-生成規則を削除し、単位生成規則を削除せよ。削除の過程も記述せよ。

G＝ (N、Σ、P、S)
N＝｛ A、B、C、X、Y、Z、S ｝　Σ＝｛ a、b、c ｝　S＝｛ S ｝
P＝｛
$S \to XY$、$S \to Y$、$X \to S$、$Y \to AbX$、$Y \to B$、$Y \to b$、
$Z \to CZ$、$Z \to \varepsilon$、$A \to a$、$B \to bB$、$B \to \varepsilon$ ｝

無効記号の削除（死記号の検出と削除）

$S \to XY \Longrightarrow S$
$S \to Y \Longrightarrow S$
$X \to S \Longrightarrow X$
$Y \to AbX \Longrightarrow Y$
$Y \to B \Longrightarrow Y$
$Y \to b \Rightarrow Y$
$Z \to CZ \longleftarrow$ Cは死記号　$Z \to CZ$を削除
$Z \to \varepsilon \Rightarrow Z$
$A \to a \Rightarrow A$
$B \to bB \Longrightarrow B$
$B \to \varepsilon \Rightarrow B$

無効記号の削除（到達可能記号の抽出と到達不能な記号の削除）

$S \to XY \Longrightarrow X, Y$
$S \to Y$
$X \to S \Longrightarrow S$
$Y \to AbX \Longrightarrow A, b, X$
$Y \to B \Longrightarrow B$
v $Y \to b \Longrightarrow b$
$Z \to \varepsilon$　　Zには到達しない．$Z \to \varepsilon$を削除
v $A \to a \Longrightarrow a$
$B \to bB \Longrightarrow b, B$
$B \to \varepsilon \Longrightarrow \varepsilon$

ε-生成規則の除去

(0) $P' = \{Y \to b,\ A \to a\}$

(1) $S \to XY$

$d_0\ X_1d_1\ X_2d_2$

$X_1 = X \quad X_1 = \varepsilon$

$X_2 = Y \quad X_2 = \varepsilon$

$d_0 = d_1 = d_2 = \varepsilon$

$\Downarrow$

$\boxed{\begin{array}{l} S \to d_0 = \varepsilon \\ S \to d_0X_1d_1 = X \\ S \to d_0X_2d_2 = Y \\ S \to d_0X_1d_1X_2d_2 = XY \end{array}}$

$S \to Y \qquad X \to S$

$\Downarrow$

$\boxed{\begin{array}{l} S \to \varepsilon \\ S \to Y \end{array}} \qquad \boxed{X \to S}$

$Y \to AbX$

$d_0\ X_1d_1\ X_2d_2\ X_3d_3$

$X_1 = A,\ X_1 = \varepsilon$

$X_2 = b,\ X_2 = \varepsilon$

$X_3 = X,\ X_3 = \varepsilon$

$d_0 = d_1 = d_2 = d_3 = \varepsilon$

$\Downarrow$

$\boxed{\begin{array}{l} Y \to d_0 \cancel{=} \varepsilon \\ Y \to d_0X_1d_1 = A \\ Y \to d_0X_2d_2 = b \\ Y \to d_0X_3d_3 = X \\ Y \to d_0X_1d_1X_2d_1 = Ab \\ Y \to d_0X_2d_2X_3d_3 = bX \\ Y \to d_0X_1d_1X_3d_3 = AX \\ Y \to d_0X_1d_1X_2d_2X_3d_3 = AbX \end{array}}$

$Y \to B \qquad B \to bB$

$\Downarrow \qquad \Downarrow$

$\boxed{Y \to B} \qquad \boxed{\begin{array}{l} B \to b \\ B \to B \\ B \to bB \end{array}}$

単位生成規則の除去

$S \to \varepsilon$
$S \to a$
$S \to b$
$S \to X$
$S \to XY$
$S \to Ab$
$S \to bX$
$S \to AX$
$S \to AbX$
$S \to bB$

$A \to a$

$B \to b$
$B \to bB$

$Y \to A$
$Y \to b$
$Y \to X$
$Y \to Ab$
$Y \to bX$
$Y \to AbX$
$Y \to bB$

問題5． 任意の言語Lにおいて　$x \in L$　であるならば、xを「真の接頭辞」とする他の記号列　$w = xy$　($y \neq \varepsilon$)　に対して、$w \notin L$　であるならば　Lは接頭辞性質を持つという。

以下の言語が接頭辞性質を持つか、持たないか判定せよ。理由を示し判定結果を示せ。

(1) 単純決定性言語 (L)

理由：単純決定性言語では $x \in L$ のとき、x の後につづく記号は読めない。したがって x の後に y がつづいても xy は受理されない。すなわち $xy \notin L$。

判定結果：接頭辞性質を持つ

(2) 言語L＝{x、yx、yzx、yy、zx、zy}　Σ＝{x、y、z}

理由：$x \in L$ について xw なる語はない
$y \notin L$, $z \notin L$ であるので
$yx \in L$ について yxw なる語はない
$yzx \in L$　〃　$yzxw$　〃
$yy \in L$　〃　yyw　〃
$zx \in L$　〃　zxw　〃
$zy \in L$　〃　zyw　〃

判定結果：∴接頭辞性質を持つ

(3) 言語L＝{w∈{x、y、z}* | wは奇数個のxと奇数個のyと奇数個のzを含む}　Σ＝{x、y、z}

理由：$xyz \in L$ について、$xyz\,x^2y^2z^2 \in L$

判定結果：接頭辞性はない

(4) 言語L＝{xy^m | $m \geqq 1$}　Σ＝{x、y、z}

理由：$xy \in L$　　$xy^2 = xyy \in L$

判定結果：接頭辞性はない