プログラム言語論（’08年度）・期末テスト問題用紙

（’09年2月10日（火）・ 8:50 〜 10:20）

解答上、その他の注意事項

I. 問題は、問I〜VIまである。

II. 解答用紙の右上の欄に学籍番号・名前を記入すること。

III. 解答欄を間違えないよう注意すること。

IV. 解答中の文字（特にaとd）がはっきりと区別できるよう注意すること。

V. 持ち込みは不可である。筆記用具・時計・学生証以外のものは、かばんの中などにしまうこと。

VI. テストの配点は80点である。合格はレポートの得点を加点して、100点満点中60点以上とする。

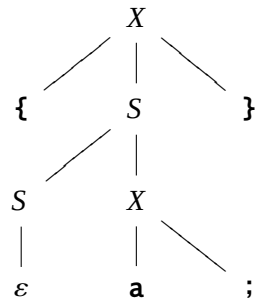
I. （Backus-Naur 記法）

次のような BNF で表される文法を考える。

$$
\begin{array}{lcl}
X & \rightarrow & \text{“\{” } S \text{ “\}”} \\
 & | & \text{“a” “;”} \\
S & \rightarrow & S\ X \\
 & | & \varepsilon
\end{array}
$$

次の各文について、上の BNF の非終端記号 *X* から導出されるものには、その解析木 (parse tree) を右の例にならって書き、導出されないものには × を記せ。（解析木は一通りとは限らないが、そのうちひとつを書けば良い。）

例: `{a;}`に対する解析木



(1) `{a;a;}`

(2) `{{a;a}}`

(3) `{a;{a;}}`

II. （正規表現）

「`(y|xyyx)*`」という正規表現に **(一部でなく) 全体が**マッチする文字列には (L) を、
「`(yx*y)*y`」という正規表現に **(一部でなく) 全体が**マッチする文字列には (R) を、
両方に全体がマッチする文字列には (B) を、
どちらにも全体がマッチしない文字列には (N) をつけよ。

(1) `yxyxxyxyy`

(2) `yxyyxyyyy`

(3) `yxyyxxyyx`

(4) `yyyxxxxyy`

III. （コンパイラのフェーズ）

次の (1)〜(3) の C 言語のプログラムにはそれぞれ誤りがある。コンパイラのどのフェーズで最初に誤りが検出されるか？（あるいはされないか？）もっとも適当なものを下の選択肢 (A)〜(E) から選べ。

(1) （printf 関数に浮動小数点数を第 1 引数として渡そうとした。）

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    printf(3.1415926);
    return 0;
}
```

(2) （main 関数の最初のブレース「{」を忘れた。）

```
#include <stdio.h>

int main(void)
    printf("Hello World!¥n");
    return 0;
}
```

(3) （文字列の終わりを示す「"」を忘れた。）

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    printf("Hello! World¥n);
    return 0;
}
```

(1)〜(3) の選択肢

(A) 字句解析フェーズでエラーが検出される。

(B) 構文解析フェーズでエラーが検出される。

(C) 意味解析フェーズでエラーが検出される。

(D) コード生成フェーズでエラーが検出される。

(E) 実行時にエラーとなるか、まったくエラーにならない（が作成者の意図と異なる動作をする）。

IV. （演算子順位法）

次の BNF で表される文法を演算子順位法により構文解析する。

$$E \rightarrow \quad \textbf{id} \;\mid\; E \text{ “<=>” } E \;\mid\; E \text{ “&&” } E \;\mid\; E \text{ “=” } E \;\mid\; \text{“(” } E \text{ “)”}$$

ただし、この文法は曖昧なので、優先順位と結合性について次のように決めておく。

「<=>」は非結合、「&&」は左結合、「=」は右結合で「<=>」は「&&」 よりも優先順位が高く、「&&」は「=」よりも優先順位が高いものとする。

つまり、下表中の左の欄の式は、右の欄の式として解釈される。

式	解釈
`a <=> b <=> c`	構文エラー
`a && b && c`	`(a && b) && c`
`a = b = c`	`a = (b = c)`
`a <=> b && c`	`(a <=> b) && c`
`a && b <=> c`	`a && (b <=> c)`
`a <=> b = c`	`(a <=> b) = c`
`a = b <=> c`	`a = (b <=> c)`
`a && b = c`	`(a && b) = c`
`a = b && c`	`a = (b && c)`

以下の演算子順位行列の空欄 (1)〜(4) を ⋖（シフト）、⋗（還元）、✗（エラー） のうちもっとも適切なもので埋めよ。

左 \ 右	<=>	&&	=	(	)	**id**	終
始	⋖	⋖	⋖	⋖	✗	⋖	≐
<=>	(1)	(2)	⋗	⋖	⋗	⋖	⋗
&&	⋖	(3)	⋗	⋖	⋗	⋖	⋗
=	⋖	⋖	(4)	⋖	⋗	⋖	⋗
(	⋖	⋖	⋖	⋖	≐	⋖	✗
)	⋗	⋗	⋗	✗	⋗	✗	⋗
id	⋗	⋗	⋗	✗	⋗	✗	⋗

V. （再帰下降構文解析）

次のような BNF で定義された文法に対して再帰下降構文解析ルーチンを作成する。

$$
\begin{array}{rcl}
C & \rightarrow & \textbf{begin}\ L\ \textbf{end} \\
 & | & \textbf{s} \\
L & \rightarrow & L\ \text{“}\textbf{;}\text{”}\ C \\
 & | & C
\end{array}
$$

ただし、「C」,「L」は非終端記号で、「**begin**」,「**s**」,「**end**」,「**;**」は終端記号とする。開始記号（start symbol）は C である。

(1) L の左再帰を除去する。新しく補助的な非終端記号 L' を導入して、L の生成規則を

$$L \rightarrow C\,L'$$

のようにする時、L' の生成規則を書け。

この左再帰を除去した生成規則に対して、以下の問に答えよ。

(2) *First*(C) を求めよ。

(3) *Follow*(L') を求めよ。

さらに、この文法に対する構文解析表を作成する。

	begin	**end**	**s**	**;**	$
$C \rightarrow$	**begin** L **end**	✗	**s**	✗	✗
$L \rightarrow$	(4)				
$L' \rightarrow$	(5)				

以下の問に答えよ。なお、解答中でエラーとなる欄には明示的に ✗ と書き、空欄のままにしないこと。

(4) L の行を埋めよ。

(5) L' の行を埋めよ。

VI. （LR 構文解析）

次のような文法

$$
\begin{array}{lcll}
S & \to & \text{“}\texttt{x}\text{”} & \cdots \ \text{I} \\
 & | & \text{“}\{\text{”}\ B\ \text{“}\}\text{”} & \cdots \ \text{II} \\
B & \to & B\ S & \cdots \ \text{III} \\
 & | & \varepsilon & \cdots \ \text{IV}
\end{array}
$$

に対して、LR 構文解析表を作成する。ただし、

- ··· の後の I, II などは生成規則の番号である。
- 「S」,「B」は非終端記号、「`{`」,「`x`」,「`}`」は終端記号である。
- 開始記号は「S」である。

`bison` の出力する LR 構文解析表は次のようになる。
（**注:** `bison` に`-v` オプションを与えると、LR 構文解析表をファイルに出力する。）

	`$`	`{`	`x`	`}`	S	B
①		shift ③	shift ②		goto ④	
②	reduce I					
③	reduce IV					goto ⑤
④	accept					
⑤		shift ③	shift ②	goto ⑥	goto ⑦	
⑥	reduce II					
⑦	reduce III					

ここで、shift ⓢは、「シフトして状態ⓢへ遷移」、goto ⓢは、「状態ⓢへ遷移」、reduce X は、「生成規則 X 番を使って還元」を表す。

次の入力に対して、↑の次（右）の記号を**シフトした直後**の（つまりシフトしたあと、還元がまだ起こっていないときの）スタックの状態はどのようになっているか?

(1) `{ x x { } }`　　(2) `{ { x x } }`

下の選択肢から選べ。（左がスタックの底とする）

(1) の選択肢
(A). ① { ③ B ⑤ { ③
(B). ① { ③ B ⑤ x ② { ③
(C). ① { ③ B ⑤ S ⑦ { ③
(D). ① { ③ B ⑤ S ⑦ S ⑦ { ③

(2) の選択肢
(A). ① { ③ B ⑤ x ②
(B). ① { ③ B ⑤ { ③ B ⑤ x ②
(C). ① { ③ B ⑤ { ③ B ⑤ S ⑦ x ②
(D). ① { ③ B ⑤ S ⑦ { ③ B ⑤ S ⑦ x ②

プログラム言語論（’08 年度）・期末テスト解答用紙 (’09 年 2 月 10 日)

学籍番号		氏名	

I. （Backus-Naur 記法） (4×3)

(1).	(2).	(3).

II. （正規表現） (4×4)

(1).		(2).		(3).		(4).	

III. （コンパイラのフェーズ） (3×3)

(1).		(2).		(3).	

IV. （演算子順位法） (4×4)

(1).		(2).		(3).		(4).	

裏ページに続く。

V. （再帰下降構文解析） (5,3,3,3,3)

(1).
$L' \rightarrow$

(2).	{ }
(3).	{ }

	begin	**end**	**s**	**;**	$
(4). $L \rightarrow$					
(5). $L' \rightarrow$					

VI. （LR 構文解析） (5×2)

(1).		(2).	

テストの感想