

# オペレーティングシステム・試験問題

2011年度E・Oクラス(2012年2月13日・試験時間90分)

書籍、配布資料およびノート等は参照してはならない。

1. オペレーティングシステム XV6 では、カーネル内のスレッド間の同期に x86 の XCHG 命令を用いている。この命令を用いることでメモリ中の語とレジスタの内容をアトミックに交換することができる。その動作を C 風の疑似コードで書くと以下の関数のようになる。

```
1 atomic void xchg(bool *m, bool *r) {
2     bool tmp = *r;
3     *r = *m;
4     *m = tmp;
5 }
```

ここで **atomic** はこの関数の実行がアトミックに行われることを表す。また **bool** は真偽値型で、その値は **true** あるいは **false** のいずれかとする。この関数を使って **bool** 型の変数 x と y の値を交換するには、

```
xchg(&x, &y);
```

のような文を実行すればよい。

- (a) プログラム 1 は関数 xchg を用いた相互排除アルゴリズムの実装である。関数 P はひとつのスレッドの動作を定義したもので、複数のスレッドがこの関数を実行する。変数 in\_use は共有変数で、r はスレッド毎の局所変数である。CS および NC はそれぞれクリティカルセクションと非クリティカルセクションを表しており、これらの中では変数 in\_use および r の値の読み書きは行われないものとする。空欄 A, B, C に入る式をそれぞれ記し、プログラムを完成させよ。

**補足:** do { S } while (E); は C の制御構造（ループ構造）のひとつで、式 E の値が真を表す限り文 S を繰り返す。ただし S は最初に必ず 1 回実行される。つまり S; while (E) { S } と同じものと考えてよい。

```
1 bool in_use = false;
2
3 void P(void) {
4     bool r;
5     while (true) {
6         NC
7         r = [A];
8         do {
9             [B];
10        } while ([C]);
11        CS
12        in_use = false;
13    }
14}
```

プログラム 1: xchg を用いた相互排除

- (b) CS を実行しているときの変数 r の値を記せ。

- (c) プログラム 1 のような相互排除方式では、CS に入る条件がみたされるまでループによって繰り返し検査している。このような待ち状態の実現方法によるロックを何と呼ぶか。以下 (1)～(4) の中から一つ選べ。

- (1) スリープロック (2) スピンロック  
(3) デッドロック (4) プログレッシブロック

- (d) 複数のメモリ読み書きをアトミックに行う命令の例を XCHG 以外に一つ以上挙げよ。

- (e) XV6 はマルチプロセッサ（コア）に対応しているが、もしもプロセッサ（コア）が 1 個だけの場合、カーネルスレッドの同期に XCHG 命令は必要か。まず必要か不必要かを答え、次にその理由を簡単に述べよ。

- (f) カーネルスレッドの同期に問題 (c) で示した種類のロックが用いられる理由を簡単に説明せよ。

2. 4つの物理ページを持つシステムがある。ページ $p$ の参照ビットを $R_p$ 、汚れビットを $D_p$ とし、それぞれ当該ページの読み出しと書き込みが行われる際にセットされるものとする。時刻の下2桁が0のとき、各ページの参照ビットはクリアされる(汚れビットはそのまま)。次にページのクラスを次のように定める。

$R_p = 0, D_p = 0$  のとき  $p$  はクラス 0 とし、同様に  $R_p = 0, D_p = 1$  のときクラス 1,  $R_p = 1, D_p = 0$  のときクラス 2,  $R_p = 1, D_p = 1$  のときクラス 3 とする。ページフォルトが起きた時点で、クラスが一番小さいページから一つ選んで犠牲ページとするアルゴリズムを考える(NRU アルゴリズムと呼ばれる)。

いま、時刻 1000においてページ 0~4 がロードされ、それぞれの参照ビットと汚れビットが 0 にされたとする。その後以下のようなアクセス系列(R は読み出し、W は書き込みを表す)があったとする。

時刻	ページ ( $p$ )			
	0	1	2	3
1025	W			
1048		R		
1134		W		
1190	R			
1230		R		
1301		R		
1330		R		
1352	R			
1434		R		
1447		R		

(a) 時刻 1460においてページフォルトが発生したとする。このときの犠牲ページはどれか。

(b) そのときページの書き戻しは必要か。理由も簡単に説明せよ。

(c) 犠牲ページを選ぶのに単純な LRU アルゴリズムが利用できない理由を述べよ。

3. XV6 のファイルシステムでは、i-node はブロックへの直接参照 12 個と 1 段の間接参照 1 個を持っている。ここでブロックサイズは 512 バイトであり、ブロック番号は 4 バイト (32 ビット) の符号なし整数で表される。

(a) 1 個のファイルの大きさは最大何バイトになるか。ただしディスクは十分大きいものとする。

(b) XV6 上で 4000 バイトのファイルを作成した。このとき使用したブロック数はいくつか。スーパーブロック、i-node ブロック、ビットマップおよびログのためのブロックは考慮に入れないものとする。

(c) XV6 上で 7168 バイトのファイルを作成した。このとき使用したブロック数はいくつか。スーパーブロック、i-node ブロック、ビットマップおよびログのためのブロックは考慮に入れないものとする。