

③並行プロセス(3)

高度OS2015年度

スライド(問1の添付ファイル)

セマフォの定義 問1~10

P(S): Sの値を1減らす;
S ≥ 0 → nop;
S < 0 → 発行元プロセスを待機状態に;
戻る;
V(S): Sの値を1増やす;
S > 0 → nop;
S ≤ 0 → 待機プロセスをレディ状態に;
戻る;

問2~5

P1:
(1) P(A);
(2) Xの内容をレジスタに読み込む;
(3) レジスタに3を加える;
(4) レジスタの内容をXに格納する;
(5) V(A);
P2:
(6) P(A);
(7) Xの内容をレジスタに読み込む;
(8) レジスタを1減じる;
(9) レジスタの内容をXに格納する;
(10) V(A);

問6~10

生産者: (以下を繰り返す)
/*ディスクのデータを変数nextpに読み込む*/
(1) read(disk, nextp);
(2) P(empty);
(3) buffer[in]=nextp;
(4) in=(in+1) % n;
(5) V(full);
消費者: (以下を繰り返す)
(6) P(full);
(7) nextc = buffer[out];
(8) out=(out+1) % n;
(9) V(empty);
(10) write(printer, nextc);
/*変数nextcのデータをプリンタに印刷*/

問1 セマフォ変数の使用方法

スライド[問1の添付ファイル]の上部に示したセマフォP(S), V(S)を用いて、排他制御を行う。一般的に、セマフォ変数の初期値は以下のどれにすれば良いか。

- A. 使用可能な共有資源の数
B. システム全体のプロセス数
C. 待機状態のプロセス数
D. 使用している共有資源の数

セマフォは資源の数(残数)を管理するために用いる。
初期値では、1つも使用していないので、使用可能な共有資源数になる。
尚、B~Dは、処理中に変化する値であり、初期値には、なりえない

問2 セマフォ変数の初期値

スライド[問1の添付ファイル]の左下部に示した2つのプロセスP1, P2の排他制御におけるセマフォ変数Sの初期値は以下のどれか。

- A. 0
B. 1
C. 2
D. 3
E. 10

セマフォ変数の初期値は使用可能な共有資源数である。
この問題の場合、共有資源は変数Xであり、その数は1である。

問3 プロセスの状態遷移

スライド[問1の添付ファイル]P1, P2に対してラウンドロビンスケジューリングを行う。P2, P1の生成が完了し、P2が先にCPUを割り当てられた。P2が(6)のシステムコールを発行し、OSの処理が終わった後の各プロセスの状態は何か(状態名:新規, レディ, 実行中, 待機, 停止)。[P1, P2の順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名のみを全角文字で解答欄に記入。文字種の誤り(コンマ「,」は半角、文字は全角なので注意)、空白などの余計な文字は誤りとする(以下同様)。(例: 新規,レディ)

答 レディ,実行中

発生した事象または実行した命令	P1	P2	A
P1, P2生成	レディ	レディ	1
P2にCPU割当て	レディ	実行中	1
P2が(6)を実行	レディ	実行中	0

P2が(6)を実行したので、A=0となるが、A ≥ 0なので、そのままP2に戻る。
従って状態は変わらずに、レディ, 実行中

問4 プロセスの状態遷移

前問に続いて、P2が(7)(8)を実行した後、量子時間経過の割り込みが発生した。OSの処理が終わった後の各プロセスの状態は何か。[P1, P2の順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名のみを全角文字で解答欄に記入。(例: 新規,レディ)]

答 実行中,レディ

発生した事象または実行した命令	P1	P2	A
P1, P2生成	レディ	レディ	1
P2にCPU割当て	レディ	実行中	1
P2が(6)を実行、(続いて(7), (8)を実行)	レディ	実行中	0
量子時間経過, CPU割当て	実行中	レディ	0

前問の続きなので、(7)(8)実行時のP1, P2の状態は、レディ,実行中。
量子時間経過(=プリエンプション:CPU取り上げ)は実行中のプロセスに発生する。
その結果、P2はレディ状態になる。
CPUが空いたので、OSはレディ状態のP1にCPU割当てを行う。
従って、P1,P2の状態は、実行中,レディ。

問5 プロセスの状態遷移

前問に続いて、P1が(1)のシステムコールを発行した。OSの処理が終わった後の各プロセスの状態は何か。【P1、P2の順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名のみを全角文字で横書き欄に記入。(例: 新規レディ)】

答 待機,実行中

P2がクリティカルセクション((7)~(9))の実行途中のため、Sの値が0になっている。P1が(1)を実行したため、A=-1となった(事象待合わせ)。OSはP1を待機状態にする。CPUが空いたので、OSはレディ状態のP2にCPUを割り当て実行中にする。

発生した事象または実行した命令	P1	P2	A
P1, P2生成	レディ	レディ	1
P2にCPU割当て	レディ	実行中	1
P2が(6)を実行 (続いて(7)(8)を実行)	レディ	実行中	0
P2が量子時間経過, CPU割当て	実行中	レディ	0
P1が(1)を実行(事象待合わせ), P2にCPU割当て	待機	実行中	-1

問5以降の処理

発生した事象または実行した命令	P1	P2	A
P1, P2生成	レディ	レディ	1
P2にCPU割当て	レディ	実行中	1
P2が(6)を実行 (続いて(7)(8)を実行)	レディ	実行中	0
量子時間経過, CPU割り当て	実行中	レディ	0
P1が(1)を実行(事象待合わせ), CPU割当て	待機	実行中	-1
P2が(9)を実行	待機	実行中	-1
P2が(10)を実行(事象発生)	レディ	実行中	0
P2が終了, CPU割り当て	実行中	停止	0
P1が(2)~(5)を実行	—	実行中	1

問5までの処理

P2が再開し、(10)を実行するとA=0になる(OSはP1をレディ状態にする)。P2が終了し、CPUが空いたので、OSはP1にCPU割当てを行い、実行中にする。P1が再開して(2)~(5)を実行し、最後の(5)により、セマフォAが初期値の1に戻る。以上により、クリティカルセクションの実行が入り乱れないので、計算結果は正常になる。

問6 セマフォ変数の初期値

スライド【第1の添付ファイル】の右下部に記述した生産者、消費者の排他制御におけるセマフォ変数empty, fullの初期値は幾つか。但し、nはバッファ(buffer[])の数を表し、n=2。また、変数in, outはバッファのポインタであり初期値はin=0, out=0とする。【empty, fullの順に整数値を半角のコンマ「,」で区切り、半角数字で横書き欄に記入。(例: 3,-4)】

答 2,0

セマフォ変数の初期値は使用可能な共有資源数である。この問題の共有資源はバッファ(buffer[])である。生産者にとっての使用可能な資源は空きバッファなので初期値empty=2。消費者にとっての使用可能な資源はデータが入力されたバッファなので初期値full=0。

問7 セマフォによる排他制御

スライド【第1の添付ファイル】の右下部に記述した生産者、消費者の生成が完了し、生産者にCPUが割り当てられた。生産者が(1)を実行した後、OSは消費者を実行中にした。消費者が(6)のシステムコールを発行し、OSの処理が終わった後の各プロセスの状態は何か。【生産者、消費者の順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名のみを横書き欄に記入。(例: 新規レディ)】

答 待機,待機

実行サイクル	事象の発生と命令の実行	生産者	消費者	empty	full
	生産者, 消費者生成	レディ	レディ	2	0
(a)生産者	生産者にCPU割り当て	実行中	レディ	2	0
	(1) read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	レディ	2	0
(b)消費者	CPU割当て	待機	実行中	2	0
	(6)P(full)=事象待合せ	待機	待機	2	-1

問7

生成が完了した時点で、生産者、消費者の状態はレディ,レディ。生産者にCPUが割当てられ、状態は実行中,レディ。(1)の実行により、生産者は待機状態になり、CPUが空く。OSのはレディ状態の消費者にCPU割当てを行い、状態は待機,実行中。(6)P命令により、full=-1となり、OSは消費者を待機状態にする(待機,待機)。CPUは空いているが、待機状態のプロセスにはCPU割当てを行わない。

問8 セマフォによる排他制御

前問に続いて、生産者にCPUが割当てられた。生産者は(2)~(4)を実行し、(5)のシステムコールを発行した。OSの処理が終わった後の各プロセスの状態とセマフォ変数の値は何か。【生産者の状態、消費者の状態、empty, fullの順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名(全角文字)と変数値(半角数字)のみを横書き欄に記入。(例: 新規レディ,3,-4)】

答 実行中,レディ,1,0

実行サイクル	事象の発生と命令の実行	生産者	消費者	empty	full
(b)消費者	(6)P(full)=事象待合せ	待機	待機	2	-1
(c)生産者	read完了。CPU割当て	実行中	待機	2	-1
	(2)P(empty), 続いて(3), (4)を実行	実行中	待機	1	-1
	(5)V(full)=[消費者]事象発生	実行中	レディ	1	0
	(1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	レディ	1	0

問7

問8

生産者は実行サイクル(a)の最後に行ったread命令が完了し、レディ状態となる。CPUが空いているので、CPU割当てにより実行中状態となる。生産者の(2) P命令により、empty=1となる。生産者による(5)V(full)の実行により、full=0 (full≧0)となったため、OSは待機状態の消費者をレディ状態にする。生産者は、実行中状態のまま。従って、実行中,レディ,1,0。(この後の(1)read命令により、生産者は待機状態になる。)

問9 プロセスの状態遷移

前問に続いて、生産者は(1)を実行し、さらに、消費者は(7)~(10)を実行した。OSの処理が終わった後の各プロセスの状態とセマフォ変数の値は何か。【生産者の状態、消費者の状態、empty, fullの順に半角のコンマ「,」で区切り、状態名(全角文字)と変数値(半角数字)のみを横書き欄に記入。(例: 新規レディ,3,-4)】

答 待機,待機,2,0

実行サイクル	事象の発生と命令の実行	生産者	消費者	empty	full
(b)消費者	(6)P(full)=事象待合せ	待機	待機	2	-1
(c)生産者	read完了。CPU割当て	実行中	待機	2	-1
	(2)P(empty), 続いて(3), (4)を実行	実行中	待機	1	-1
	(5)V(full)=[消費者]事象発生	実行中	レディ	1	0
	(1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	レディ	1	0
(d)消費者	CPU割当て, 続いて(7)(8)実行	待機	実行中	1	0
	(9)V(empty)	待機	実行中	2	0
	(10)write(printer, nextc)	待機	待機	2	0

問7

問8

問9

生産者は(1)read要求により、待機状態になる。CPUが空くので、OSはレディ状態の消費者にCPU割当てを行う(実行中)。消費者の(9)V命令によりempty=2となる。(10)のwrite要求により、消費者は待機状態になる。従って、待機,待機,2,0。

問10 セマフォによる排他制御

前問に続いて、(A)生産者、(B)生産者、(C)生産者、(D)消費者、(E)生産者の順で実行中状態となった。(C)における生産者の実行が終わった後の各プロセスの状態とセマフォ変数の値は何か。【生産者の状態、消費者の状態、empty、full欄に半角のコンマ「,」で区切り、状態名(全角文字)と変数値(半角数字)のみを縦書き順に記入。(例: 待機,待機,-1,2)】

答: 待機,待機,-1,2

実行サイクル	事象の発生と命令の実行	生産者	消費者	empty	Full
	[定常状態]	待機	待機	2	0
(A)生産者	read完了、CPU割り当て	実行中	待機	2	0
	(2)P(empty)、その後(3)(4)	実行中	待機	1	0
	(5)V(full)	実行中	待機	1	1
	(1) read(disk, nextp)=I/O要求	待機	待機	1	1
(B)生産者	read完了、CPU割り当て	実行中	待機	1	1
	(2)P(empty)、その後(3)(4)	実行中	待機	0	1
	(5)V(full)	実行中	待機	0	2
	(1) read(disk, nextp)=I/O要求	待機	待機	0	2
(C)生産者	read完了、CPU割り当て	実行中	待機	0	2
	(2)P(empty)	待機	待機	-1	2

生産者は(A)、(B)では、(1)のディスクreadにより実行中から待機状態となる(実行中状態が終わる)。一方(C)では、(2)P(empty)の実行によりemptyが0→-1となったことで、待機状態となる。

参考: 問10以降の状態遷移

以降、(D)、(E)によって状態のセマフォ変数は以下のように変化する。

実行サイクル	事象の発生と命令の実行	生産者	消費者	empty	Full
	問10の最後の状態	待機	待機	-1	2
(D)消費者	write完了、CPU割り当て	待機	実行中	-1	2
	(6)P(full)、その後(7)(8)	待機	実行中	-1	1
	(9)V(empty)	レディ	実行中	0	1
	(10) write(printer, nextc)=I/O要求	レディ	待機	0	1
(E)生産者	CPU割り当て、その後(3)(4)	実行中	待機	0	1
(C)の残り	(5)V(full)	実行中	待機	0	2
	(1) read(disk, nextp)=I/O要求	待機	待機	0	2

実行サイクル(D)における消費者の(9)V命令により、生産者がレディ状態になる。(10)のwriteを実行すると、消費者は待機状態になり、CPUが空く。OSのはレディ状態の生産者にCPU割り当てを行う(実行中状態)。再開した生産者が(C)の残りを実行する。

参考: 各実行サイクル終了時の状態

実行サイクル	命令の実行	生産者	消費者	empty	full
	[定常状態]	待機	待機	2	0
(A)生産者	(2)(3)(4)(5)(1)	待機	待機	1	1
(B)生産者	(2)(3)(4)(5)(1)	待機	待機	0	2
(C)生産者	(2)←ここで中断	待機	待機	-1	2
(D)消費者	(6)(7)(8)(9)(10)	レディ	待機	0	1
(E)生産者	再開後に (3)(4)(5)(1)	待機	待機	0	2

問10

問10
(C)の生産者の実行サイクルが終わった後((2)で処理中断)の状態=待機,待機,-1,2
(この後、しばらくは消費者、生産者は待機状態。)

(D)において、上記で待機状態となった生産者がレディ状態になる。
(E)再開した生産者が(C)の残りを実行。