

オペレーティングシステム 演習問題 (No.5) 解答例

1. 単一プロセッサのマルチプログラミング環境で、次の2個のプロセス P1 と P2 が並行に動作している場合を考える。

P1	P2
i = 1; (1)	wait(s2); (9)
wait(s1); (2)	j = buffer; (10)
buffer = i; (3)	signal(s1); (11)
signal(s2); (4)	/* j を出力 */
i = i+1; (5)	wait(s2); (12)
wait(s1); (6)	j = buffer; (13)
buffer = i; (7)	signal(s1); (14)
signal(s2); (8)	/* j を出力 */

上のプログラムで、i, j, buffer は整数型変数、s1, s2 はセマフォ（初期値は、s1=1, s2=0）であり、buffer, s1, s2 は P1 と P2 で共有されているものとする。また、wait と signal はセマフォについての操作であり、それぞれ次のような動作をする。

wait(s): セマフォ s の値が正なら値を 1 減らして次の文へ進む。s の値が 0 ならブロックする（プロセスの実行が中断する）。

signal(s): 以前にセマフォ s で wait を実行してブロックしているプロセスがあるとき、そのプロセスのうち 1 個を実行可能キューにつなぐ。ブロックしているプロセスがないときは、s の値を 1 増やす。

このとき、以下の問に答えなさい。ただし、以下では初期状態としてプロセス P1, P2 が共に実行可能キューにつながれており、最初に P1 がディスパッチされて (1) が実行されるものとする。また、プロセスのスケジューリングでは横取りはなく、wait 操作によるブロック以外はプロセスの実行は中断しないものとする。

- 1) プロセス P1, P2 の文 (1) ~ (14) の実行の順番はどのようになるか答えなさい。
- 2) P1, P2 では 2 個のセマフォ s1, s2 が使われているが、もしセマフォ s1 だけにする（すなわち、(4), (8), (9), (12) の行の s2 を s1 に置き換える）と、実行の順番はどのようになるか答えなさい。
- 3) P2 で s1 と s2 を入れ替えて、(9), (12) の行を wait(s1) に、(11), (14) の行を signal(s2) に置き換えると、P1, P2 の実行はどのようになるか答えなさい。

解答例

1) (1), (2), (3), (4), (5), (6), (9), (10), (11), (12), (7), (8), (13), (14)

解説：次のような手順でプロセス P1, P2 が進行する。

P1 が (2) の wait 操作を実行（s1=1 なので s1 を 0 にして実行継続）。

P1 が (4) の signal 操作を実行（s2 が 1 になる）。

P1 が (6) の wait 操作を実行（s1=0 なので P1 はブロック。P2 がディスパッチ）。

P2 が (9) の wait 操作を実行（s2=1 なので、s2 を 0 にして実行継続）。

P2 が (11) の signal 操作を実行（ブロックしている P1 を実行可能キューにつなぐ）。

P2 が (12) の wait 操作を実行（s1=0 なので P2 はブロック。P1 がディスパッチ）。

P1 が (8) の signal 操作を実行（ブロックしている P2 を実行可能キューにつなぐ）。

P1 が終了し、P2 がディスパッチされ (13) から実行され、P2 も終了。

2) (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14)

解説：セマフォを s1 だけにしたときには、1) と比べると、P1 が (4) の signal 操作で s1 の値を 1 にしているため、(6) の wait 操作では s1 を 0 にするだけでブロックせず、(8) で s1 を再び 1 にして P1 は終了する。次に、P2 がディスパッチされ、P1 と同様、(9), (12) のいずれの wait 操作でもブロックせずに P2 は終了する。

3) (1), (2), (3), (4), (5), (6), (9) の後、デッドロック

解説：1) で P1 が (6) の wait 操作を実行してブロックした後、P2 が (9) の wait 操作を実行するが、ここで s1 は 0 のままなので P2 もブロックする。実行可能キューは空であり、P1, P2 のブロックを解除するプロセスがないためデッドロックとなる。