

第5回 並行プロセスと状態遷移

(第1回のスライド)

### プロセスの状態遷移

プロセスは、実行するにつれて、状態が変わる

各プロセスは事象の発生により状態が変化する。

事象(イベント)の発生=割り込み  
・P4が処理を終了  
・P1にCPUを割り当て→実行中  
・P5が書き込み終了→実行待ち  
(注)  
P6にはディスクが割当てられる。読み込み処理を起動する場合には、p6も実行待ちとなる

システム中には複数プロセスが存在

基礎OSのスライド

### プロセスの実行と状態遷移(単一プロセス)

時刻

時刻	発生事象	状態	
-30	(0)生成	新規	(a)
0	(1)CPU割当て	実行中	(b)
40	(2)I/O要求	待機	(c)
90	(3)I/O完了	レディ	(d)
90	(4)CPU割当て	実行中	(e)
130	(5)終了	停止	(f)

状態 P1: 新規 → レディ → 実行中 → 待機 → 実行中

### 1プロセスの状態遷移

システム内にプロセス1個のみ

発生した事象	新規	← 最初の状態
生成	レディ	
CPU割当て	実行中	
I/O要求	待機	
I/O完了	レディ	
CPU割当て	実行中	

### 1プロセスの状態遷移

システム内にプロセス1個のみ

発生した事象	新規	← 最初の状態
生成	レディ	← 次の状態
CPU割当て	実行中	
I/O要求	待機	
I/O完了	レディ	
CPU割当て	実行中	

基礎OSのスライド

### プロセスの実行と状態遷移(単一プロセス)

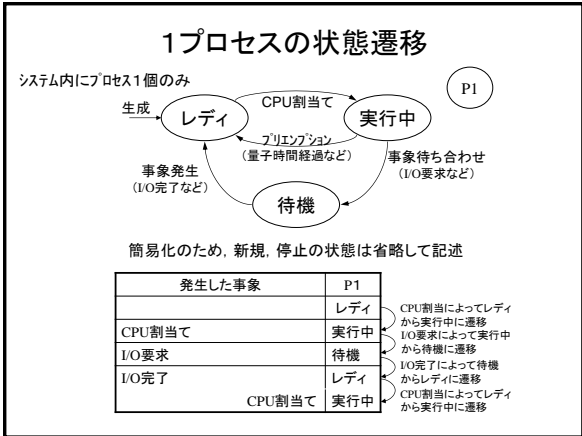
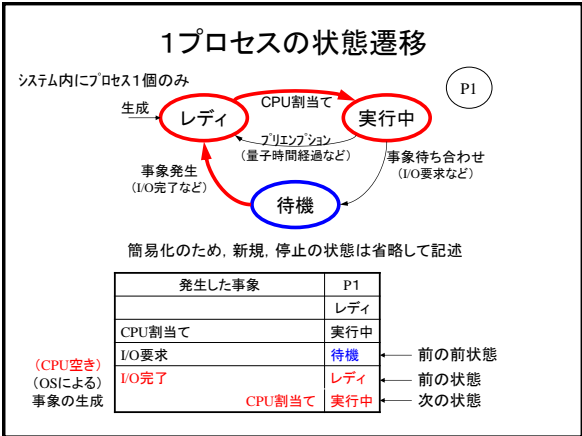
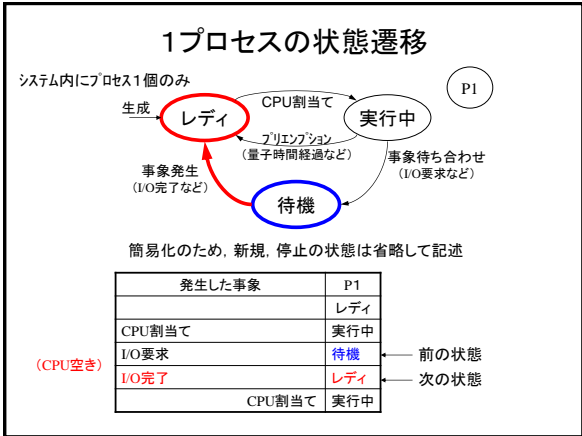
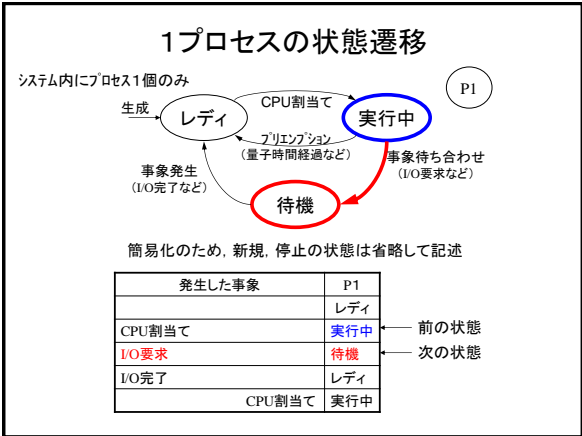
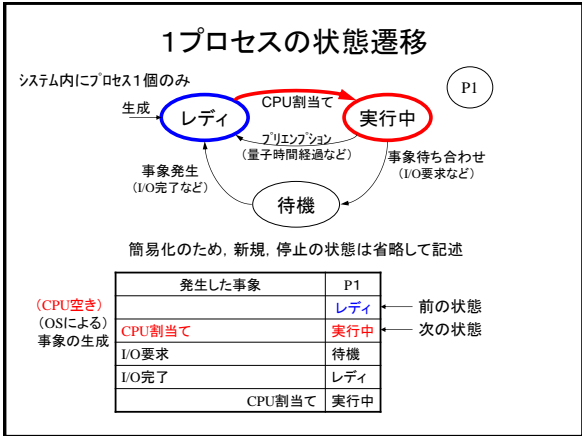
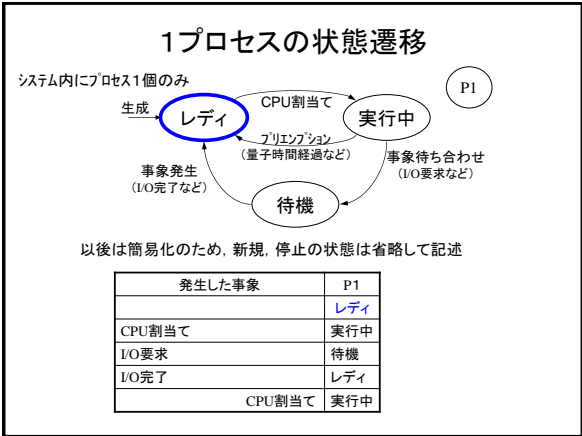
時刻0でCPUを割り当てられ、実行中となった後のプロセスの状態遷移を調べる。

以後、右図および下右表のように時刻0以前を省略する。(対象とするプロセスの実行とは無関係のため。)

時刻	発生事象	状態	
-30	(0)生成	新規	(a)
0	(1)CPU割当て	実行中	(b)
40	(2)I/O要求	待機	(c)
90	(3)I/O完了	レディ	(d)
90	(4)CPU割当て	実行中	(e)
130	(5)終了	停止	(f)

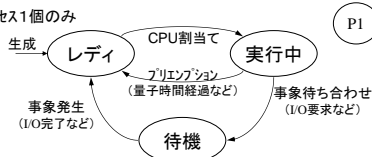
時刻0以前の記述を省略

時刻	発生事象	状態
—	—	レディ
0	(1)CPU割当て	実行中
40	(2)I/O要求	待機
90	(3)I/O完了	レディ
90	(4)CPU割当て	実行中
130	(5)終了	停止



1プロセスの状態遷移

システム内にプロセス1個のみ



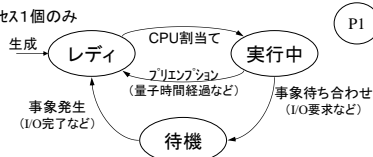
簡易化のため、新規、停止の状態は省略して記述

発生した事象	P1
	レディ
CPU割当て	実行中
I/O要求	待機
I/O完了	レディ
CPU割当て	実行中

瞬間的

1プロセスの状態遷移

システム内にプロセス1個のみ



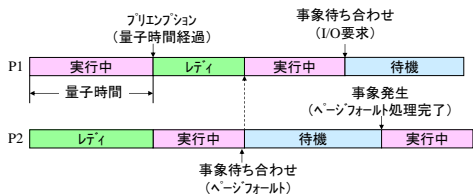
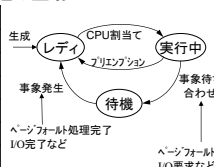
簡易化のため、新規、停止の状態は省略して記述

発生した事象	P1
	レディ
CPU割当て	実行中
I/O要求	待機
I/O完了, CPU割当て	実行中

瞬間的な状態を省略

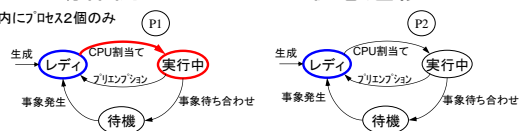
2プロセスの状態遷移

事象の発生	P1	P2
	レディ	レディ
P1にCPU割当て	実行中	〃
量子時間経過, CPU割当て	レディ	実行中
ページフォールト, CPU割当て	実行中	待機
I/O要求	待機	〃
ページフォールト処理完了, CPU割当て	〃	実行中



動作例: 2プロセスの状態遷移

システム内にプロセス2個のみ



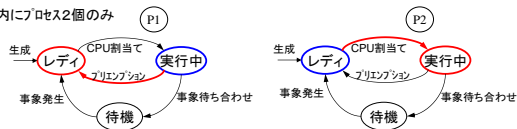
(CPU空き)  
(OSによる)  
事象の生成

発生した事象	P1	P2
	レディ	レディ
P1にCPU割当て	実行中	〃
[P1]量子時間経過	レディ	実行中
[P2]ページフォールト	〃	待機
[P1]I/O要求	待機	〃
[P2]ページフォールト処理完了	〃	レディ
[P1]CPU割当て	実行中	実行中

← 前の状態  
← 次の状態

動作例: 2プロセスの状態遷移

システム内にプロセス2個のみ



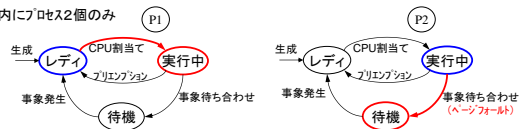
(CPU空き)  
(OSによる)  
事象の生成

発生した事象	P1	P2
	レディ	レディ
P1にCPU割当て	実行中	レディ
[P1]量子時間経過	レディ	〃
[P2]ページフォールト	〃	待機
[P1]I/O要求	待機	〃
[P2]ページフォールト処理完了	〃	レディ
[P1]CPU割当て	実行中	実行中

← 前の状態  
← 次の状態

動作例: 2プロセスの状態遷移

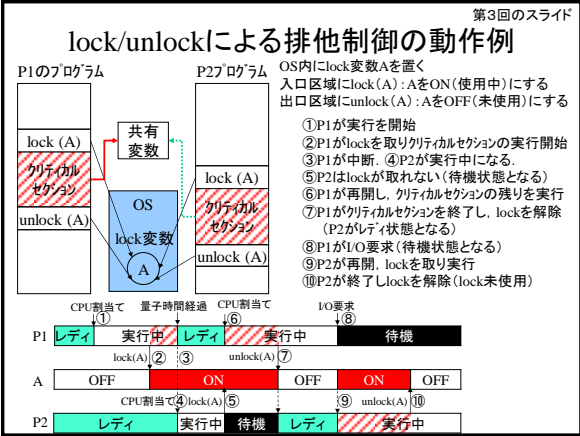
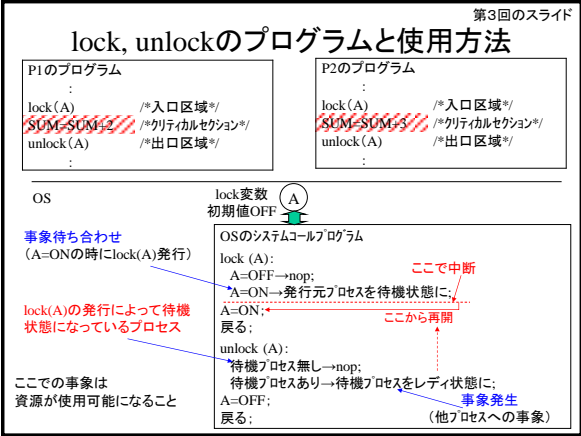
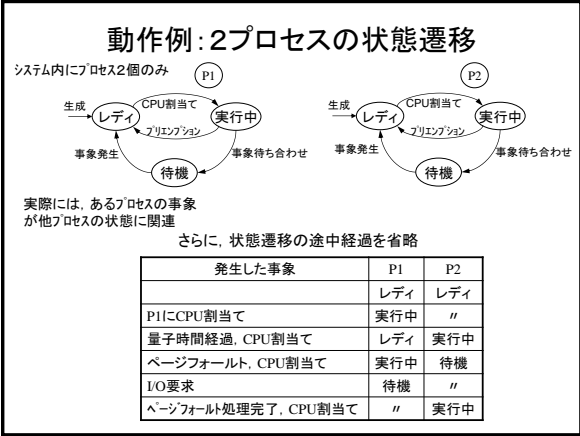
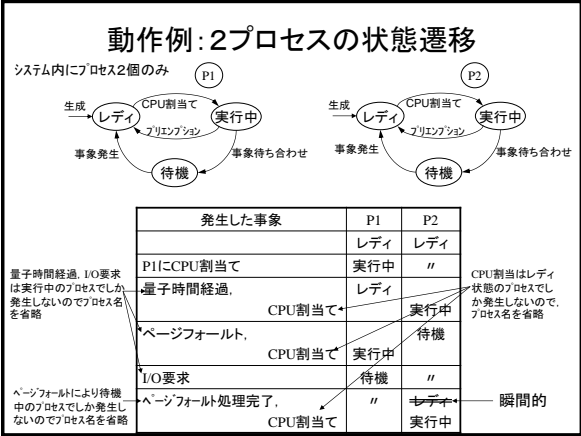
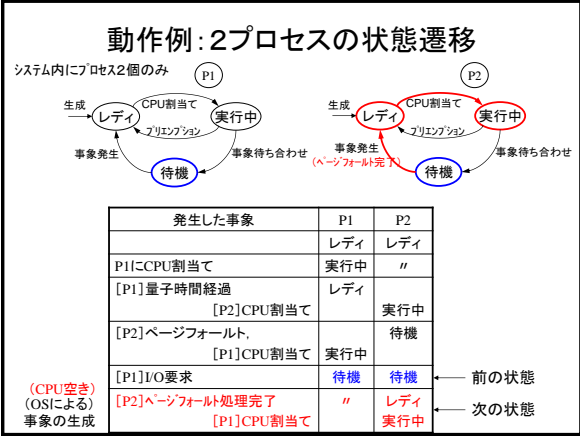
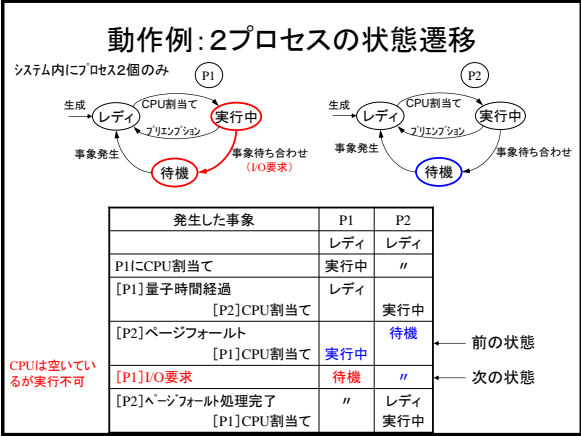
システム内にプロセス2個のみ



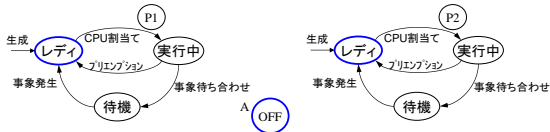
(CPU空き)  
(OSによる)  
事象の生成

発生した事象	P1	P2
	レディ	レディ
P1にCPU割当て	実行中	〃
[P1]量子時間経過	レディ	〃
[P2]ページフォールト	〃	待機
[P1]I/O要求	待機	〃
[P2]ページフォールト処理完了	〃	レディ
[P1]CPU割当て	実行中	実行中

← 前の状態  
← 次の状態

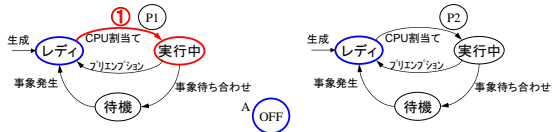


lock, unlockとプロセスの状態遷移



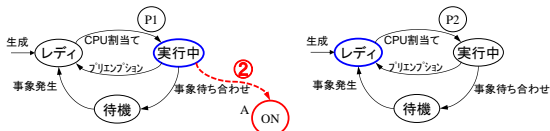
発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"

lock, unlockとプロセスの状態遷移



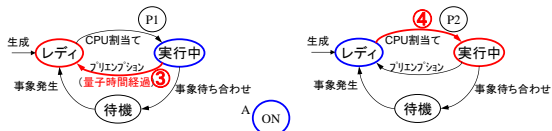
発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"

lock, unlockとプロセスの状態遷移



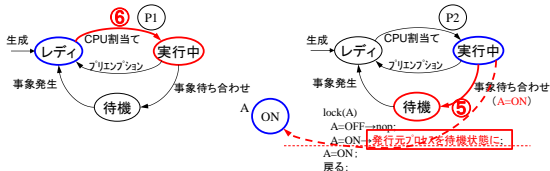
発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"

lock, unlockとプロセスの状態遷移



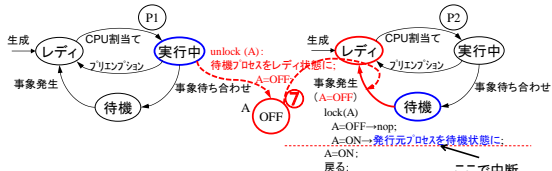
発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"

lock, unlockとプロセスの状態遷移

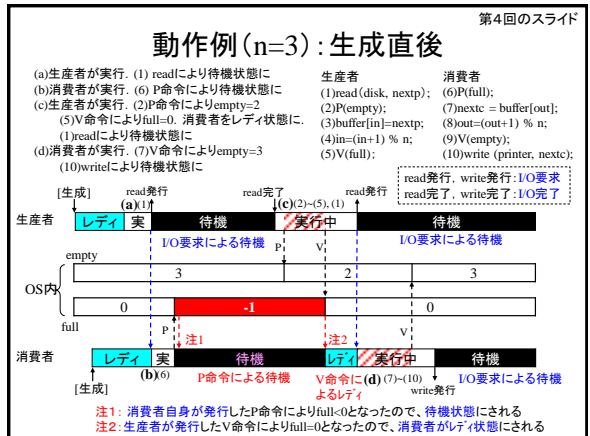
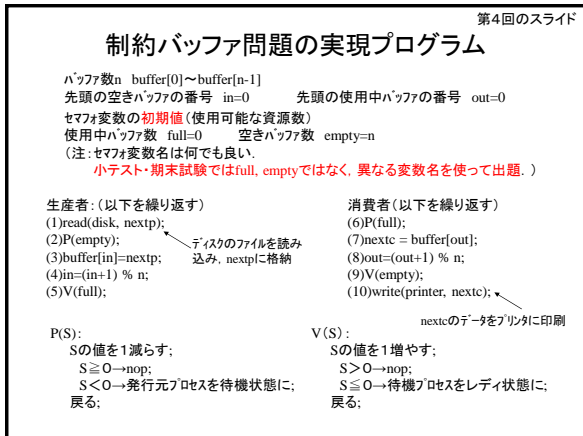
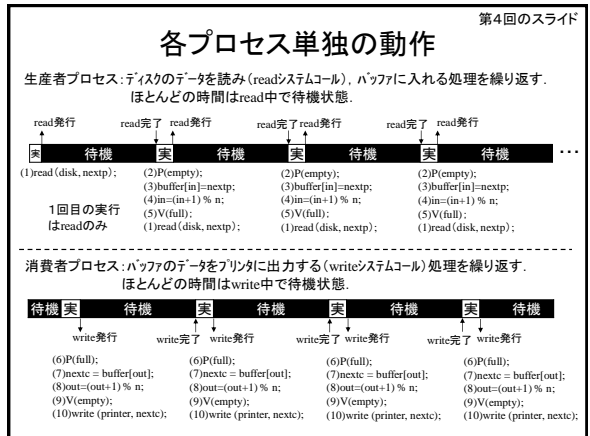
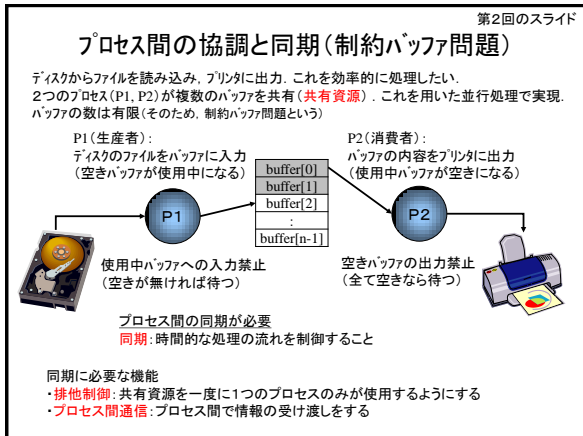
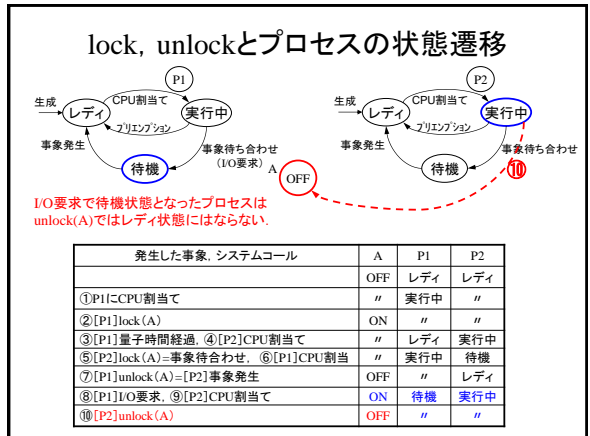
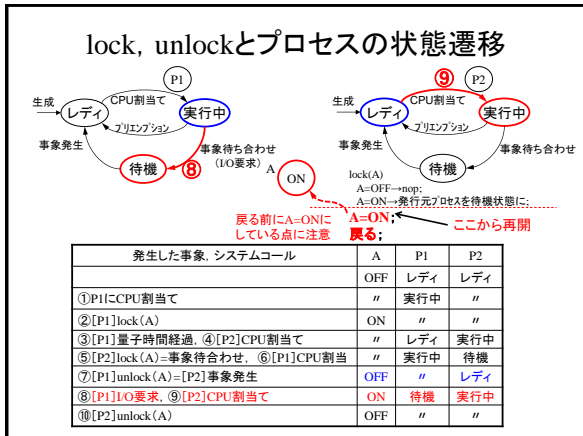


発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"

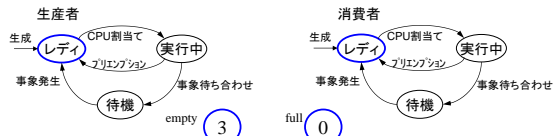
lock, unlockとプロセスの状態遷移



発生した事象, システムコール	A	P1	P2
	OFF	レディ	レディ
①P1にCPU割当て	"	実行中	"
②[P1]lock(A)	ON	"	"
③[P1]量子時間経過, ④[P2]CPU割当て	"	レディ	実行中
⑤[P2]lock(A)=事象待ち合わせ, ⑥[P1]CPU割当て	"	実行中	待機
⑦[P1]unlock(A)=[P2]事象発生	OFF	"	レディ
⑧[P1]I/O要求, ⑨[P2]CPU割当て	ON	待機	実行中
⑩[P2]unlock(A)	OFF	"	"



動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



注: 状態遷移に関係がある命令はP, Vおよびread, writeのみ

実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

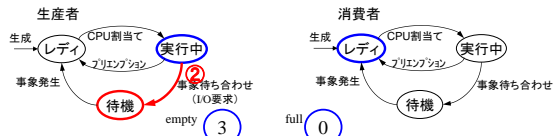
動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



注: 状態遷移に関係がある命令はP, Vおよびread, writeのみ

実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

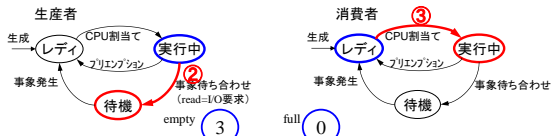
動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



注: 状態遷移に関係がある命令はP, Vおよびread, writeのみ

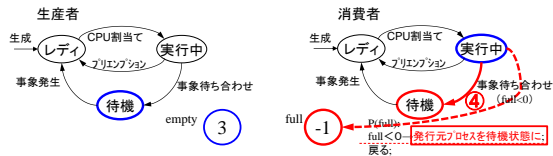
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



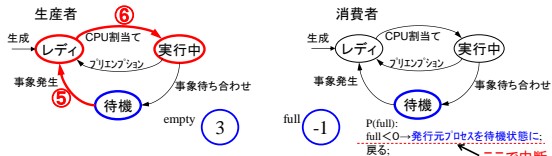
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

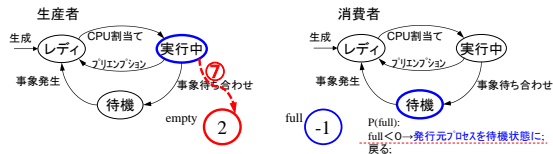
動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	実行中	3	0	レディ
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	3	0	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	待機	3	0	実行中
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	3	0	実行中
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	待機	2	0	実行中
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	待機	2	0	レディ
	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求,	待機	2	0	レディ
(d)消費者	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	待機	2	0	実行中
	⑪ (9)V(empty)	待機	3	0	実行中
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	待機	3	0	待機

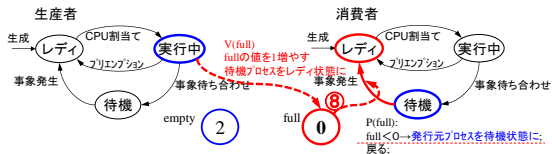


動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



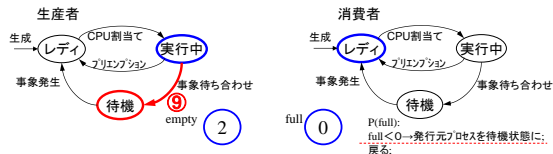
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



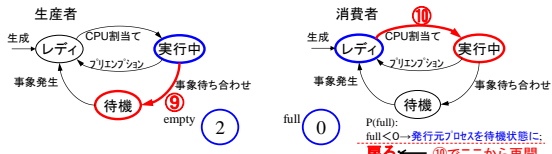
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



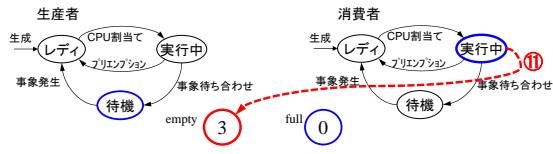
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



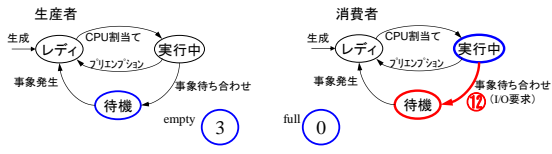
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



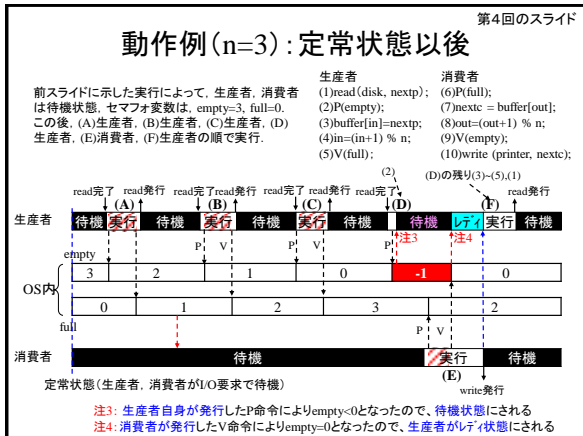
実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機

動作例 (n=3) : 生成直後の状態遷移



実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(a)生産者	① CPU割当て	レディ	3	0	レディ
	② (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中	"	"	"
(b)消費者	③ CPU割当て	待機	"	"	実行中
	④ (6)P(full)=事象待ち合わせ	"	"	-1	待機
(c)生産者	⑤ read完了=I/O完了, ⑥ CPU割当て	実行中	"	"	"
	⑦ (2)P(empty), (この後(3),(4))	"	2	"	"
	⑧ (5)V(full)=消費者事象発生	"	"	0	レディ
(d)消費者	⑨ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	待機	"	"	実行中
	⑩ CPU割当て, (この後(7),(8))	"	"	"	"
	⑪ (9)V(empty)	"	3	"	"
	⑫ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	"	"	"	待機





第4回のスライド

### 動作例 (n=3) : 定常状態以後の状態遷移

実行サイクル	事象の発生またはシステムコール	生産者	empty	full	消費者
(A)生産者	定常状態: 前スライドの続き ① read完了=I/O完了, ② CPU割当て ③ (2)P(empty), (この後(3)(4)) ④ (5)V(full)	待機 実行中	3 2	0 1	待機 "
(B)生産者	⑤ (1)read(disk, nextp)=I/O要求 ⑥ read完了=I/O完了, ⑦ CPU割当て ⑧ (2)P(empty), (この後(3)(4)) ⑨ (5)V(full)	待機 実行中	" 1	" 2	" "
(C)生産者	⑩ (1)read(disk, nextp)=I/O要求 ⑪ read完了=I/O完了, ⑫ CPU割当て ⑬ (2)P(empty), (この後(3)(4)) ⑭ (5)V(full)	待機 実行中	" 0	" 3	" "
(D)生産者	⑮ (1)read(disk, nextp)=I/O要求 ⑯ read完了=I/O完了, ⑰ CPU割当て ⑱ (2)P(empty)=事象待ち合わせ ⑲ (2)P(empty)=事象待ち合わせ	待機 実行中	" "	" "	" "
(E)消費者	⑲ write完了=I/O完了, ⑳ CPU割当て ㉑ (6)P(full), (この後(7)(8)) ㉒ (9)V(empty)=生産者事象発生 ㉓ (10)write(printer, nextc)=I/O要求	" レディ 実行	" 0 "	" 2 "	待機 実行中
(H)生産者 (F)の残り	㉔ CPU割当て, (この後(3)(4)) ㉕ (5)V(full) ㉖ (1)read(disk, nextp)=I/O要求	実行中 待機	" 3 "	" "	" "

