



オペレーティングシステム

資料 第4分冊(H30)

村田正幸 (murata@ist.osaka-u.ac.jp)

○松田秀雄(matsuda@ist.osaka-u.ac.jp)



2. プロセス管理

—プロセッサ時間の管理—

2.1 プロセス管理

- プログラムを効率よく実行する
- プログラムの実行を「プロセス」としてとらえ、メモリとプロセッサに割り付けることで実行が進むと考える

プロセス

- 「実行されるプログラム」のことを**プロセス**という
プロセス = プログラム + 実行の状態
 - プログラムの実行コード(マシン命令列)と、実行時のデータの集まりから構成される
- なぜ、「プログラム」と「プロセス」を分けて考えないといけないか？
 - **プログラム**は実行するための命令列やデータの初期値であり、実行の前にあらかじめ決まっている
 - 同一のプログラムを、別々に何個も「実行」させたい(複数の「**プロセス**」が動作していると考える)
 - 「プログラム」とその実行(「プロセス」)は**区別すべき**

プロセス管理

プロセス管理においてOSが担当する仕事

- **プロセス割り付け**

- プロセスを、メモリの特定の領域に置く(プロセスとメモリを対応付ける)
- プロセスを作るときに必要な処理

- **プロセススイッチ (process switch)**

- プロセスディスパッチともいう
- プロセッサにプロセスを、プロセッサで実行するために対応付ける(対応付けのことを、「プロセスのプロセッサ(への)割り付け」ともいう)

プロセスの基礎

- **プロセス**とはプログラムの実行(プログラム+プロセス領域)のこと (**タスク**とも呼ばれる)
 - 同一のプログラムでも複数実行されれば別のプロセス
 - **プロセス領域**とは、メモリに割り付けられるプロセスの実体を格納している領域 (図2.7参照)
- **プロセスとジョブ**の違い
 - 実質的には同じものを指すが、
 - **ジョブ**という用語はユーザから見た処理の単位
 - **プロセス**という用語はOS側から見た処理の単位として使われることが一般的である

プロセスとプロセッサ管理・制御 方式

6

マルチプログラミング

- 複数個のプログラムの実行を切り替えることで、同時に実行されているように見せかける
- 1台のコンピュータ上に、「**複数個のプログラムが存在して動作する**」ことが主眼で、プロセッサ管理・制御方式は何でもよい

マルチタスキング (図2.1)

- プロセッサとプロセス(タスク)の対応は「**1プロセッサ対多プロセス**」
- プロセッサを多重化し時分割制御(TSS)によってプロセスを切り替える

マルチプロセッシング

- プロセッサとプロセスの対応付けである点は、マルチタスキングと同じ
- 違いは多数個のプロセッサによる「**多プロセッサ対多プロセス**」の対応

技術的な進展の度合い

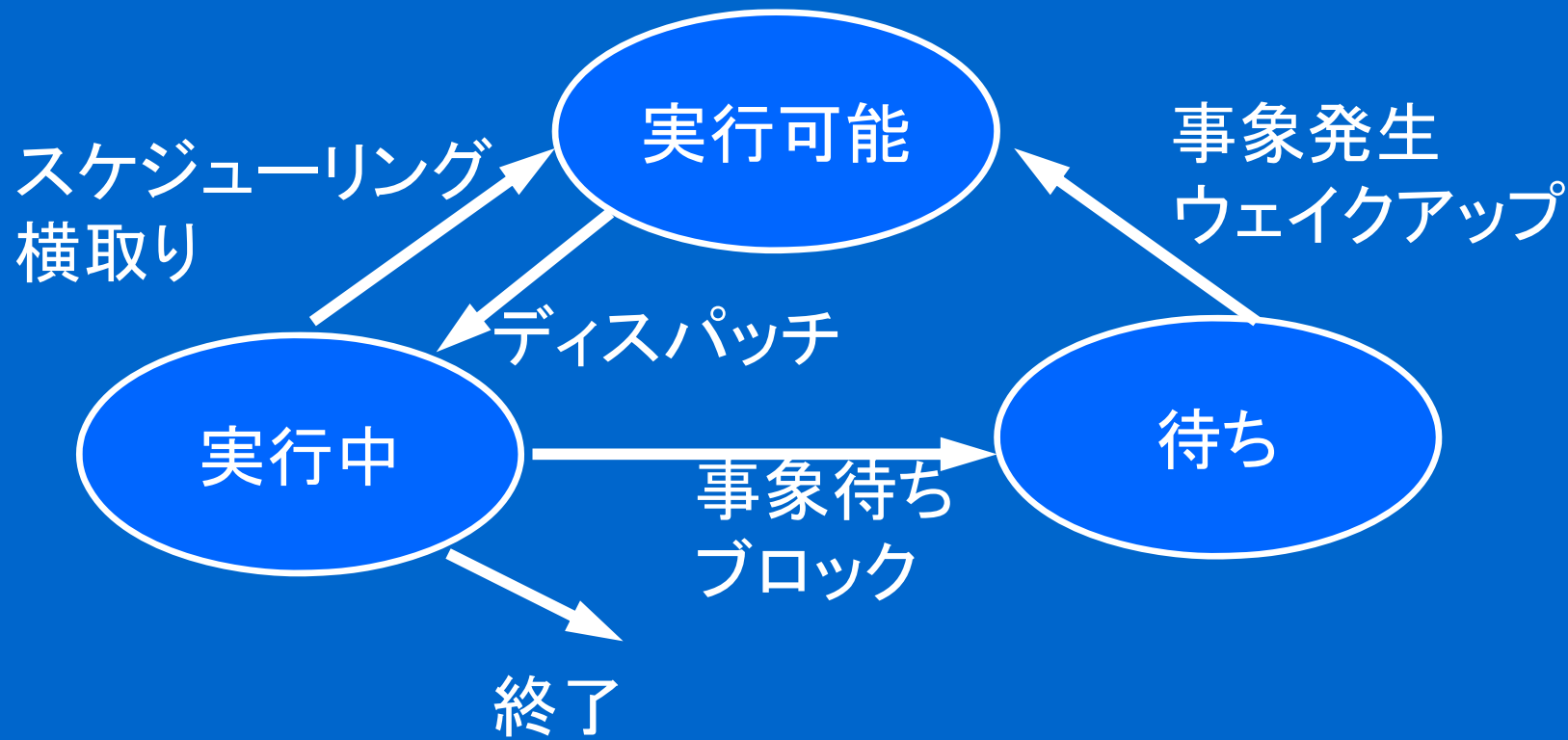
マルチプログラミング → マルチタスキング → マルチプロセッシング

プロセスの状態

- **実行中** (running)
 - 実行中のプロセスの個数は、プロセッサの個数（最近ではコアの数）で決まる
- **実行可能** (ready)
 - プロセッサが割り付けられれば実行可能
- **待ち** (waiting)
 - 何らかの理由で実行できない
 - 何かを待っている

プロセスの状態遷移

(図2. 2)



プロセスの状態遷移の要因

- ディスパッチ

- 実行可能 → 実行中の遷移

- 横取り (preemption)

- 実行中 → 実行可能の遷移

- 事象 (event)

- 実行中 → 待ち、待ち → 実行可能の遷移を起こす要因

- ブロック

- 事象の発生を待つために、実行中 → 待ちの遷移

- ウェイクアップ

- 事象の発生による、待ち → 実行可能の遷移

プロセス管理と割り込み処理

- 実行中のプロセスの状態遷移は、**割り込み処理**により行われる
- 2種類の状態遷移
 - **ブロック**: 実行中→待ち
 - **横取り**: 実行中→実行可能
- 割り込み処理により、(ユーザ)プロセスの切り替え(**プロセススイッチ**)が発生する(図2.3, 図2.4)
- 入出力処理の例
 - 入出力処理の依頼(SVC:システムコール)で**ブロック**し、入出力装置からの入出力割り込みで**ウェイクアップ**する(図2.5, 図2.6)

ブロック割り込み

- 実行中のプロセスがブロックする割り込みを指す
- プロセスの状態は、**実行中→待ち**に遷移
- 割り込み要因は、当該プロセス自身である(**内部割り込み**)
- 内部割り込みの発生頻度の大半は、ブロック割り込み
- ブロック割り込みの発生により、(他の)実行可能プロセスを**ディスパッチ**(**実行可能→実行中**に遷移)

ウェイクアップ割り込み

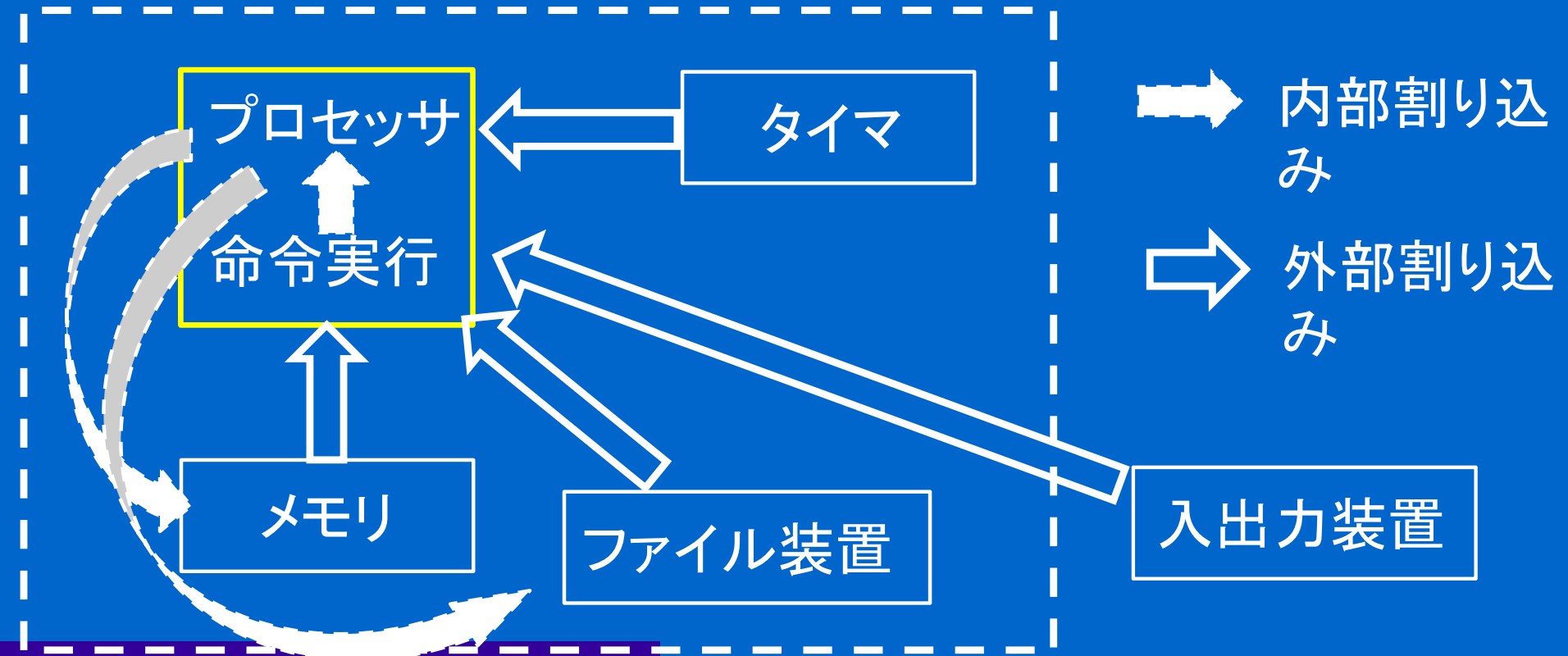
- 割り込みそのものが、事象(ウェイクアップ要因)となっている
- **外部割り込み**
- プロセスは、ウェイクアップにより、**待ち→実行可能**に遷移

入出力割り込み (図2.5)

- プロセスは、入出力処理の実行を **SVC** (システムコール) により OS に依頼
 - **内部割り込み**
 - 入出力処理の完了という事象待ちのための **ブロック割り込み** となる (実行中 → 待ちに遷移)
- 入出力処理が完了すると、**入出力割り込み** により通知 (**外部割り込み**)
 - 事象の発生による **ウェイクアップ割り込み** となる (待ち → 実行可能に遷移)

（参考）「内部割り込み」と「外部割り込み」の違い

- 何に対する内部と外部か？
 - コンピュータ(本体)の内・外ではない
 - プロセッサの内部と外部である



プロセス領域 (図2.7)

- UNIXの例

テキストセグメント

初期化されたデータセグメント

初期化されていないデータセグメント

BSS: Block Start by Symbol

ヒープ(heap)



スタック(stack)

共有ライブラリ(shared library)

下位アドレス

上位アドレス

プロセス領域(2)

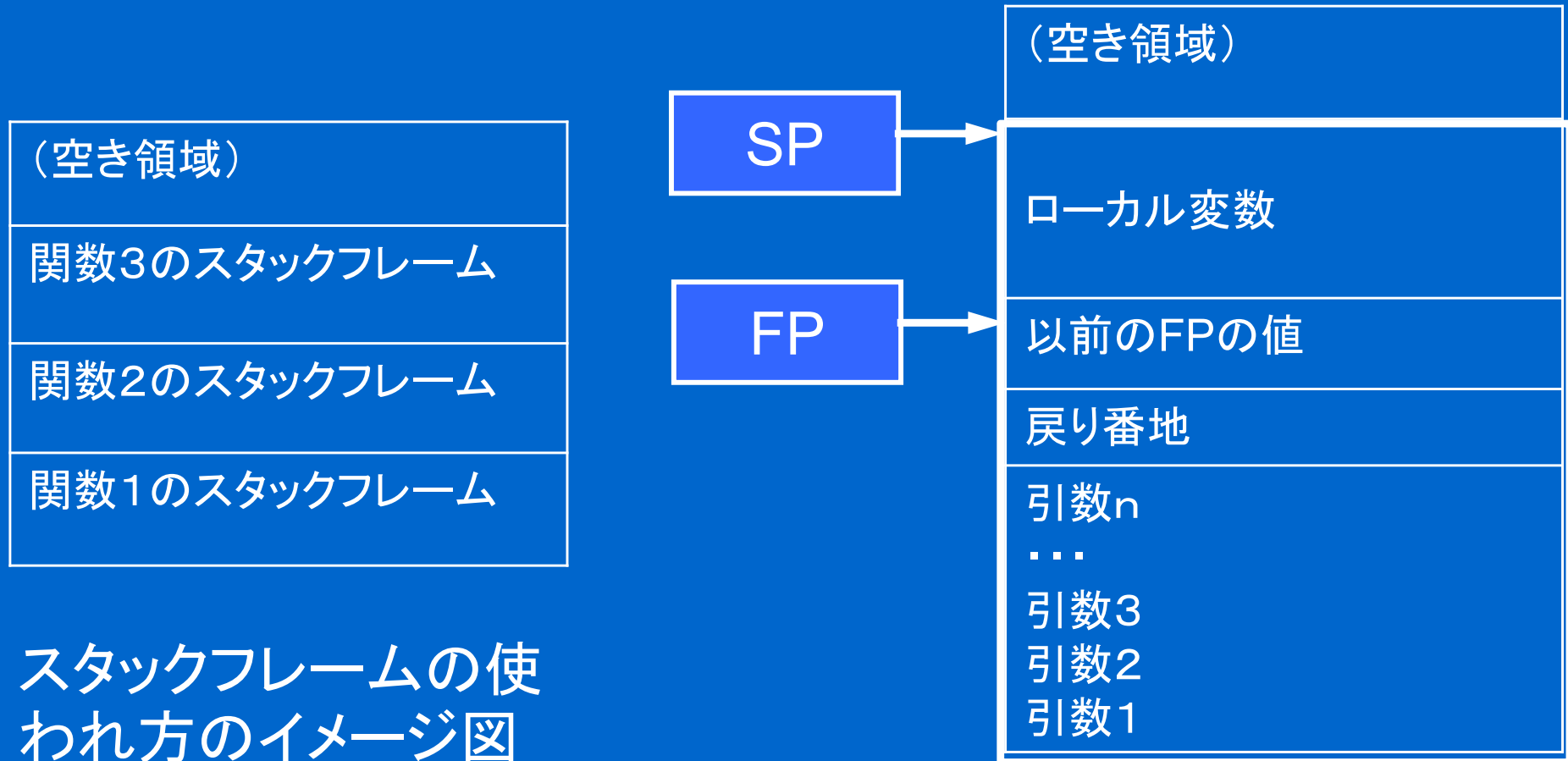
- **コード(テキストセグメント)**
 - ユーザプログラムの命令コードを収めた部分 (読み出しのみ)
- **データ(データセグメント)**
 - ユーザプログラムで大域変数として宣言されたデータ領域
 - リンク時に領域が決められ、**実行前**にその領域分のメモリが割り付けられる
- **共有ライブラリ(コードの一部と見なせる)**
 - 複数のユーザプログラムから共通して呼び出されるプログラムコード領域 (読み出しのみ)
 - 主にユーザプログラムからシステムコールを行うためのインタフェースや、数値計算などで利用される関数や演算ライブラリなど
 - リンク時に領域が決められ、**実行前**に領域分のメモリが割り付けられる

プロセス領域(3)

スタック

- スタックフレームを格納
- スタックフレームとは？
 - 活性レコード(activation record)と呼ぶこともある
 - スタック上に作成される領域
 - **関数呼び出しごと**に、連続した領域に順次作られる
 - 関数の引数、局所変数、戻り番地、前のフレームへのポインタなどから構成される
- 図2.7の「スタックフレーム」は「スタック」の意味

スタックフレームの構造



スタックフレームの使
われ方のイメージ図

スタックフレームの構造
SP(スタックポインタ)
FP(フレームポインタ)

プロセス領域(4)

スタック(つづき)

- 昔の使われ方
 - サブルーチンコールの戻り番地
- 現在の使われ方
 - 高級言語での手続き呼出しの引数領域
 - 手続き内の局所変数の置き場所
 - その他の作業領域
- 昔も現在も、割り付けと解放の順番が**LIFO (Last-In First-Out)**であることは共通(図2.8)

プロセス領域(5)

ヒープ

- プログラム実行時の動的割付け用メモリ領域
 - Cでいうと、mallocやcallocで割り付けられ、freeで解放される領域
- 割付け(mallocなど)と解放(free)は、スタックのように**LIFOの順番**である必要はない
 - 直前に割付けたメモリ領域以外の領域でも、解放することができる

プロセス領域(まとめ)

領域名	メモリの割付け	領域の参照
コード(テキストセグメント、共有ライブラリ)	実行前に割り付け	読み出しのみ
データ(データセグメント)	実行前に割り付け	読み出しと書き込み
ヒープ	実行中に割り付け(割り付けと解放の順番は任意)	読み出しと書き込み
スタック	実行中に割り付け(割り付けと解放はLIFOの順)	読み出しと書き込み

プロセス領域と共有

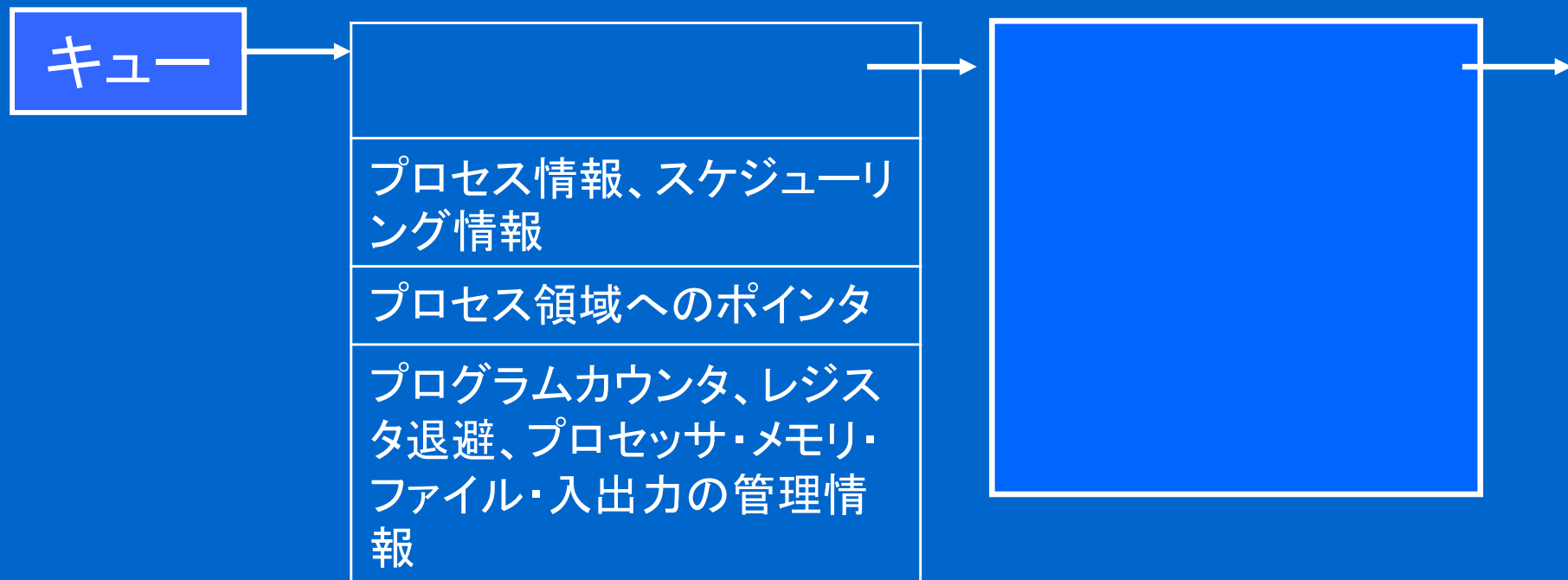
- コードは共有可、データとヒープは共有または非共有、スタックは共有不可となっている (図2.7)
- プロセス間で共有すると問題がある領域と、問題がない領域の違いは何か？ (つづきは演習問題で)

プロセス制御ブロック(PCB)

- プロセススイッチでは、実行中のプロセスの状態を退避する必要がある
 - プログラムカウンタ
 - レジスタ
 - メモリ管理、ファイル管理、入出力管理の情報
- プロセスの状態は、プロセス制御ブロック(PCB: process control block)に格納される
プロセスコンテキスト(process context)と呼ばれることもある

プロセス制御ブロック(つづき)

- PCBはポインタでつながれて実行可能キュー(図2.11)を構成する(図2.9, 図2.12)
- 実行可能キューの先頭のPCBに対応したプロセスから順次実行する



プロセススイッチ

- プロセススケジューリング
 - スケジューリング方式に基づいて、次に実行すべきプロセスを選択すること
- プロセスディスパッチ
 - プロセススケジューリングにより選択されたプロセスにプロセッサを割り付けること
- オペレーティングシステムの方針と機構の分離の例にもなっている(スケジューラとディスパッチャ)
- 具体的な動作(図2.13、図2.14)

プロセススケジューリング

いろいろな方式がある

- FCFS (到着順)
- SJF (最短要求時間順)
- 優先度順
- ラウンドロビン
- 多重レベル

今回は、FCFSとSJFを説明する

スケジューリングアルゴリズムの 選定指標

- **プロセッサ (CPU) 利用率**
 - $(\text{プロセッサの有効動作時間}) / (\text{総稼働時間})$
- **ターンアラウンド時間 (turnaround time)**
 - プロセスの到着 (生成) から、完了 (消滅) までの時間
- **待ち時間**
 - プロセスの到着から完了までに、実行可能キューで費やす時間
- **応答時間**
 - プロセスの到着から応答を開始するまでの時間 (実質的には実行中になるまでの時間)

横取りなしスケジューリングと 横取りありスケジューリング

- 実行中状態になったプロセスが、実行途中で横取りにより実行可能状態に遷移することがある(**横取りあり**)か、ない(**横取りなし**)かの2種類の方式がある
- **横取りなしスケジューリングアルゴリズム**
 - FCFS (到着順)
 - SJF (最短要求時間順)
- **横取りありスケジューリングアルゴリズム (次回)**
 - 優先度順 (最短実行時間順、最小残余時間順)
 - ラウンドロビン

FCFS (到着順)

- First Come First Servedの略
 - FIFO (First In First Out)ともいう
- **実行可能キューに到着した順**に、プロセスをプロセッサを割り付ける(図2.16)
- 欠点
 - 処理に時間がかかるプロセスが、処理の短いプロセスを妨害する
 - プロセスに優先度がつけられない(急いで実行して欲しいプロセスがあっても、後に到着すれば後回し)

SJF (最短要求時間順)

- Shortest Job Firstの略
- (予想される) **処理時間の短い順**で処理する(図 2.17)
- ターンアラウンド時間(プロセスの完了時刻と到着時刻の差)が短くなる
- 処理時間があらかじめ与えられていることが前提
(実際は困難)

スケジューリングの例題

- 初期状態としてプロセスがないときに、新しいプロセスが3個到着したとする
- それぞれの到着時刻と所要実行時間
 - プロセス1 到着時刻 0, 所要実行時間 6
 - プロセス2 到着時刻 1, 所要実行時間 20
 - プロセス3 到着時刻 2, 所要実行時間 1
- FCFSとSJFでプロセスの実行開始時刻と実行終了時刻はどうか？

平均ターンアラウンド時間

- ターンアラウンド時間(TAT)
 - プロセスが到着してから実行終了までの経過時間
 - 平均ターンアラウンド時間は、各プロセスのターンアラウンド時間の平均値
- プロセスが3個、到着時刻(所要実行時間)
- 0(6), 1(20), 2(1)
- FCFSの実行開始時刻、実行終了時刻、平均TATは？
 - 0-6, 6-26, 26-27
 - TAT 6, 25, 25, 平均18.7
- SJFでは？
 - 0-6, 6-7, 7-27
 - TAT 6, 5, 26, 平均12.3