UNIXシステムプログラミング

第6回 シェルの動作とプロセス制御 (1)

2015年10月30日

情報工学科
寺岡文男

シェルとは

- シェル：コマンドインタプリタ

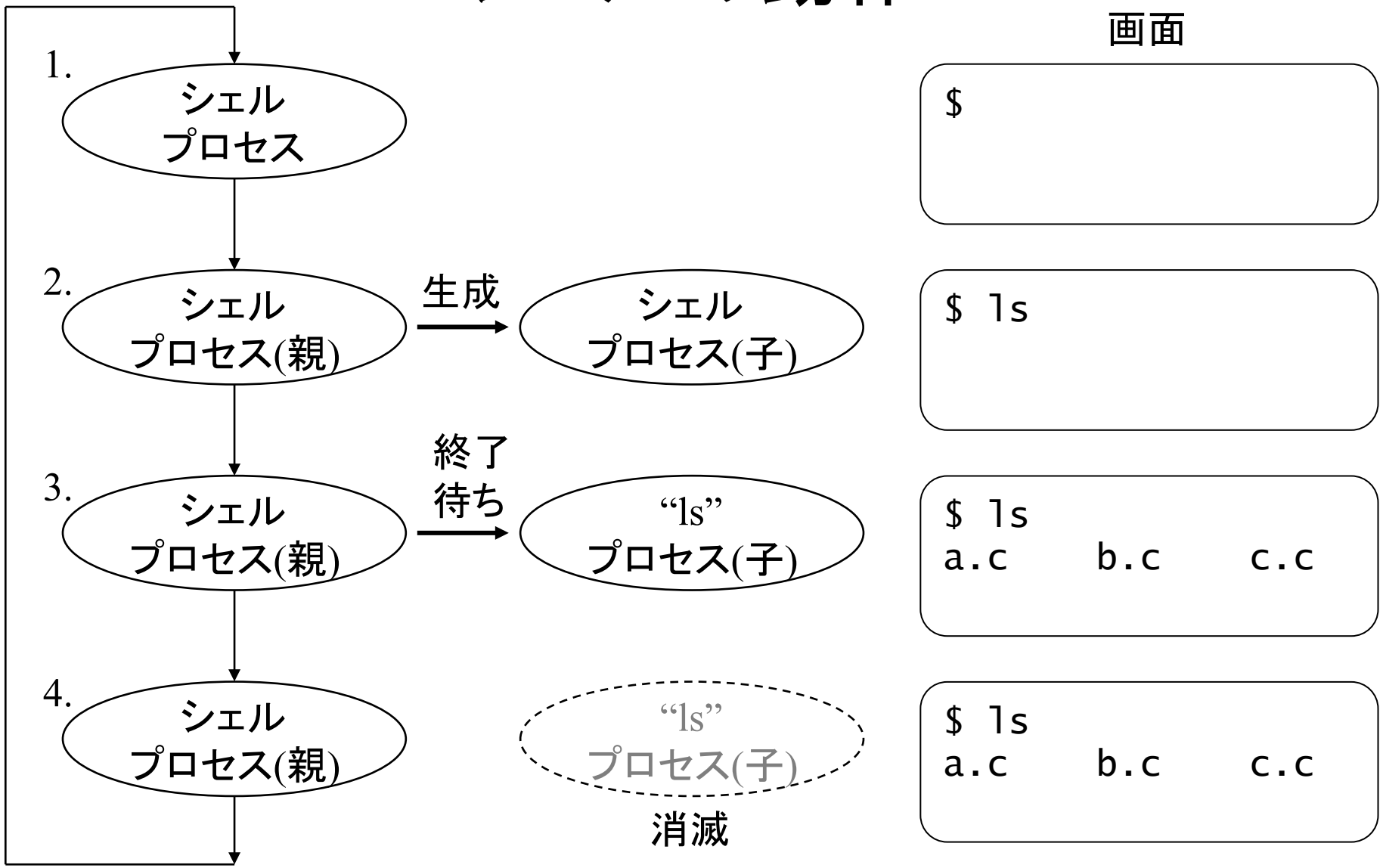
- シェルの基本動作
  1. “$ ” を表示し，ユーザからの入力を待つ．

  2. 入力文字列の構文解析を行い，子プロセスを生成する．

  3. 子プロセスは指定されたコマンド(実行形ファイル)を実行し，実行終了後には消滅する．

  4. 親プロセスは子プロセスの終了を待ち，1. へ戻る．

シェルの動作


画面
1.
シェル
プロセス
$
2.
シェル
プロセス(親)
生成
シェル
プロセス(子)
$ ls
3.
シェル
プロセス(親)
終了
待ち
“ls”
プロセス(子)
$ ls
a.c b.c c.c
4.
シェル
プロセス(親)
“ls”
プロセス(子)
消滅
$ ls
a.c b.c c.c

プロセス制御 (1)

- シェルの動作をプロセス制御の観点から見る.
- プロセスの生成
  - UNIXでは，プロセスはあるプロセスの複製として生成される.
  - 最初のプロセスは `init` (`/sbin/init`，pid = 1)
  - 複製の元のプロセスを「親プロセス」と呼び，複製された方を「子プロセス」と呼ぶ.
  - `fork()` システムコール
- プロセスの属性
  - プロセス識別子(pid)，親プロセスの識別子(ppid)
  - プロセスグループの識別子(pgid)，セッション識別子(sid)
  - 状態，制御端末，など

プロセス制御 (2)

- プログラムの実行
  - fork() はプロセスの複製のみで，他のプログラムを実行するわけではない．
  - execve() システムコール，execvp() ライブラリ関数
- プロセスの終了と終了待ち
  - シェルの親プロセスは子プロセスの終了を待つ．
  - wait() システムコール
  - 子プロセスは exit() システムコールによって実行を終了．
  - 子プロセスの終了状態を親プロセスに返すことができる．
  - 親プロセスが子プロセスの終了を wait() システムコールで待たないと，子プロセスは “ゾンビ” 状態になる．

プロセス制御 (3)

- シグナル：プロセスにイベントを知らせるための信号
- プロセス外部から送信されるもの
  - キーボードから ctrl-C 入力 → SIGINT送信 → 実行終了
  - キーボードから ctrl-Z 入力 → SIGTSTP送信 → 実行中断
- プロセス自身の動作に起因するもの
  - 不正なポインタの先を参照 → SIGSEGV → 実行終了
    → core dumped
- 32種類が定義されている
- 関連するシステムコール，ライブラリ関数
  - sigaction(), signal(), kill(), killpg(), etc.

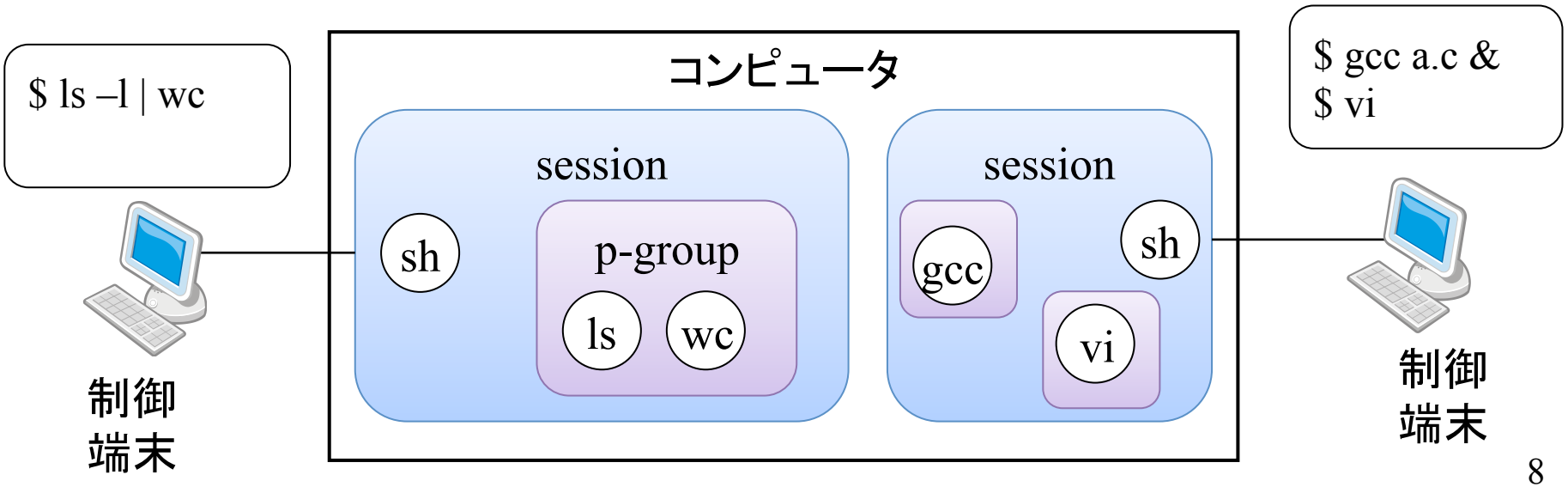
プロセスの属性

- プロセスはさまざまな属性を持つ (以下は抜粋)
  - UID: プロセスを起動したユーザ識別子
  - PID: プロセスの識別子
  - PPID: 親プロセスの識別子
  - PGID: プロセスグループの識別子
  - SID: セッションの識別子
  - PRI: プロセスの優先度
  - STAT: プロセスの状態

    R: 実行中 (running)
    I: 20秒以上スリープ (idle)
    S: 20秒未満のスリープ (sleep)
    T: 停止 (stopped)
    U: 割込禁止
    Z: ゾンビ (zombie)
  - TTY: プロセスの制御端末

プロセスグループ，セッション

- セッション：制御端末を共有するプロセス群
  - 通常，シェルがセッションリーダ
  - sid (session id)で識別 (= セッションリーダのpid)
- シェルが起動したプロセス(群)：プロセスグループ
  - e.g., “ls –l | wc”
  - pgid (process group id)で識別 (= プロセスのpid)



ps コマンド

- プロセスの状態を表示，多くのスイッチがある

```
$ ps l
F   UID   PPID PRI NI    VSZ   RSS WCHAN  STAT TTY        TIME COMMAND
0 24542 27890  20  0 117416  2332 rt_sig Ss   pts/130    0:00 -csh
0 24542 27891  20  0 108124  1004 -      R+   pts/130    0:00 ps l
%
```

– “a.out | a.out | a.out” を実行 (sleep(1)の無限ループ)

```
$ ps j
 PPID   PID  PGID   SID TTY      TPGID STAT   UID  TIME COMMAND
27890 27891 27891 27891 pts/130 28226 Ss   24542  0:00 -csh
27891 28223 28223 27891 pts/130 28226 S    24542  0:00 ./a.out
27891 28224 28223 27891 pts/130 28226 S    24542  0:00 ./a.out
27891 28225 28223 27891 pts/130 28226 S    24542  0:00 ./a.out
27891 28226 28226 27891 pts/130 28226 R+   24542  0:00 ps j
$
```

プロセスの属性に関するシステムコール

- getpid(): プロセスID (pid) の取得
- getppid(): 親プロセスのID (ppid) の取得
- getpgrp(): プロセスグループID (pgid) の取得
- setpgrp(): pgidの設定
- getsid(): セッションID (sid) の取得
- setsid(): 新しいセッションの作成
- tcgetpgrp(): フォアグラウンドの pgid の取得
- tcsetpgrp(): フォアグラウンドの pgid の設定

プロセスの属性に関する システムコールの構文

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

pid_t getpid(void);
pid_t getppid(void);

pid_t getpgrp(void);
int setpgrp(pid_t pid, pid_t pgrp);

pid_t getsid(pid_t pid); // pidが示すプロセスのsidを返す
pid_t setsid(void);      // 新しくセッションを作成し，sidを返す

pid_t tcgetpgrp(int fd); // fdが示す制御端末のフォアグラウンド
                         // プロセスグループのpgidを返す
pid_t tcsetpgrp(int fd, pid_t pgrp);
                         // fdが示す制御端末のフォアグラウンド
                         // プロセスグループとしてpgrpを設定
```

fork(): プロセスの生成

```
#include <unistd.h>

pid_t
fork(void);
```

- 機能: プロセスの複製を生成する
  - 元のプロセスを親プロセスと呼び，生成された方を子プロセスと呼ぶ
- 返り値
  - 親プロセスには子プロセスのpidが返る
  - 子プロセスには 0 が返る
  - エラーの場合は –1が返る
- 子プロセスはオープンしているファイル記述子などを引き継ぐ

fork()の使用例

子プロセスはこの代入文から実行を開始する。

```
int pid;
. . .
if ((pid = fork()) < 0){
    /* エラー処理 */
    . . .
} else if (pid == 0) {
    /* 子プロセスの処理 */
    . . .
} else {
    /* 親プロセスの処理 */
    . . .
}
```

親プロセスの処理と子プロセスの処理を別々にプログラムすることができる。

execve(): プログラムの実行

```
#include <unistd.h>

int
execve(char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

- 機能: 新しいプログラムの実行を開始する.
  - path: 実行形ファイルのパス名
  - argv[ ]: プログラムの引数へのポインタの配列. 最後はNULLポインタ.
  - envp[ ]: 環境変数へのポインタの配列。最後はNULLポインタ.
  - “main(int argc, char *argv[ ], char *envp[ ])” という形式でプログラムの実行が開始される.
- 実行が成功すればexecve( )はリターンしない.
- オープンしているファイル記述子などを引き継ぐ.

execvp(): プログラム実行(簡易版)

```
#include <unistd.h>
extern char **environ;
int
execvp(char *file, char *argv[]);
```

- 機能: 新しいプログラムの実行を開始する.
  - file: 実行形ファイルのパス名の最後のコンポーネント.
  - argv[ ]: プログラムへの引数へのポインタの配列. 最後はNULLポインタ.
- execvp( )は環境変数PATHが示すサーチパスをたどって実行形ファイルを探す.

wait(): 子プロセスの終了待ち

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
pid_t
wait(int *status);
```

- 機能: 子プロセスの終了を待つ.
  - status: このint型ポインタが指す領域に，子プロセスの終了状態が返る.
- 返り値
  - 終了した子プロセスのpid
  - エラーの場合は–1

exit(): プロセスの実行終了

```
#include <stdlib.h>
void
exit(int status);
```

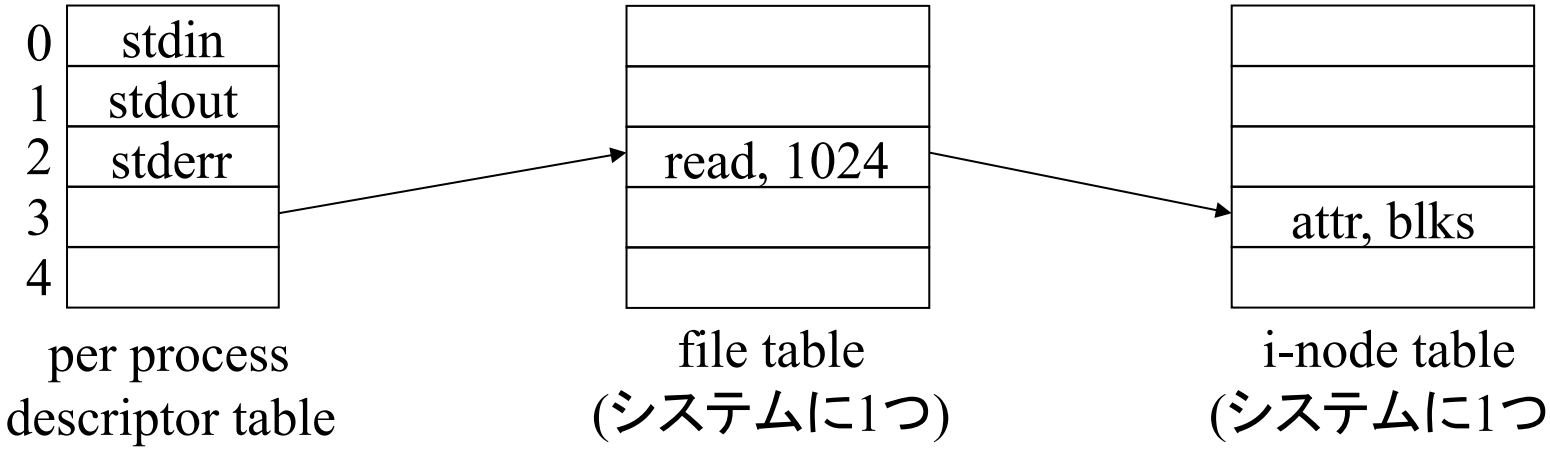
- 機能: プロセスを終了する.
  - status: プロセスの終了状態. 親プロセスに返る. (cf. wait( ))
    - EXIT_SUCCESS or EXIT_FAILURE
    - #include <sysexits.h> はさまざまな値を定義している.
      - 正常の場合 : 0 (EX_OK)
      - EX_USAGE (64): コマンドの使用方法の誤り
      - etc.
- 返り値 : なし (exit()は戻らない)

“ファイル”による入出力デバイスの抽象化

- UNIXシステムでは，通常のファイルに加えて入出力デバイスを “ファイル” として抽象化している.
  - 通常のファイル (ディクスに格納されている情報の塊り)
  - ディレクトリ (ファイル名とOS内のファイル識別子の対応付けを管理)
  - 画面 (出力デバイス: /dev/console)
  - ディスク (ブロック単位の入出力: /dev/sda1 etc.)
  - etc.

ファイル関連のカーネル内のデータ構造

- Per process descriptor table
  - プロセスごとにもつ. オープンしているファイルを管理.
- File table
  - システム内でオープンされているファイルを管理.
  - read/writeのモードやオフセットなど.
- i-node table
  - ファイルの属性やデータブロックを管理する.



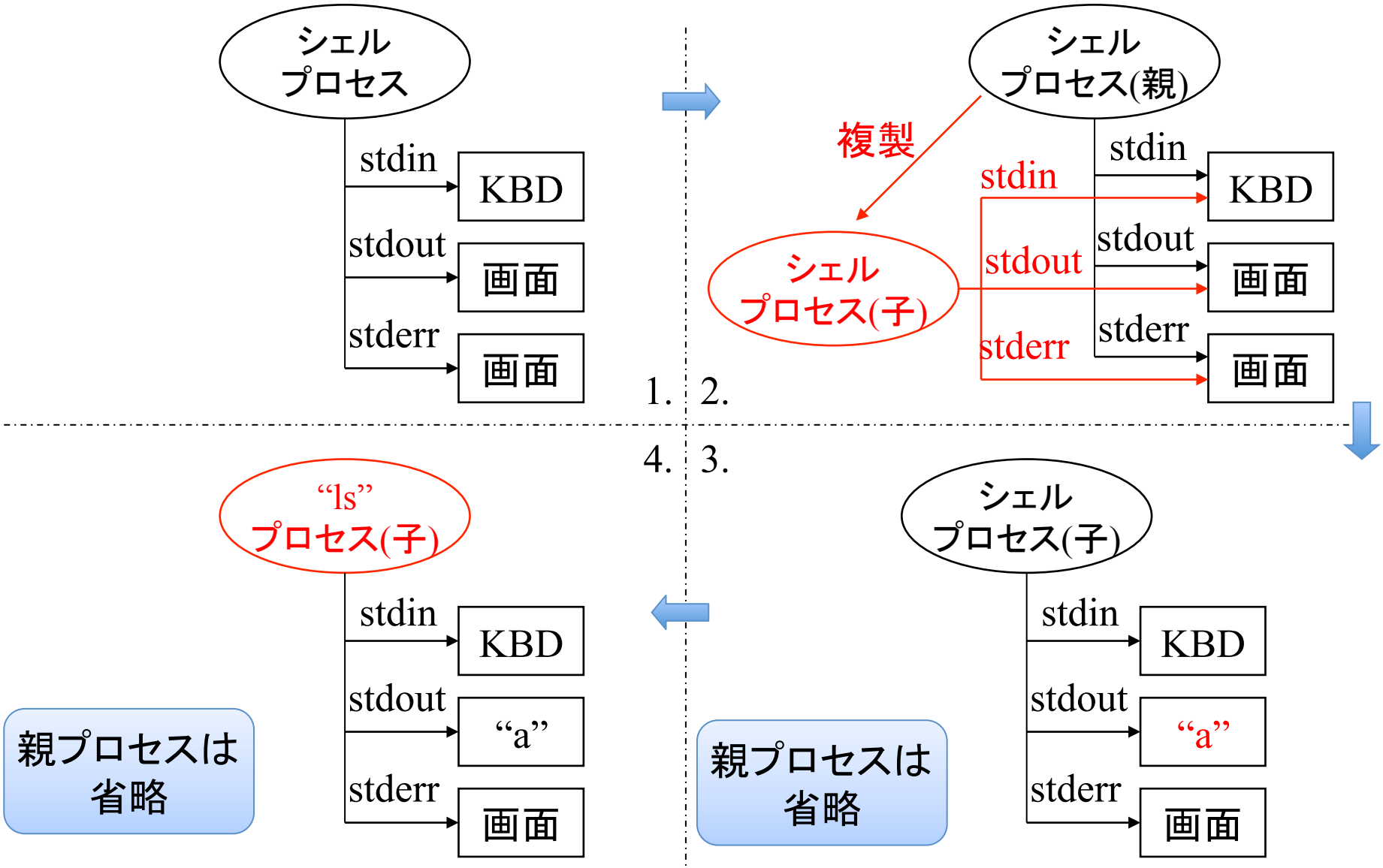
リダイレクト

- 多くのコマンドは標準入力と呼ばれる“ファイル”からデータを入力し，標準出力と呼ばれる“ファイル”にデータを出力するようにプログラミングされている.
  - 通常は:
  - 標準入力: キーボード
  - 標準出力: 画面
- “<” や “>” を指定することにより，シェルが標準入力や標準出力のファイルを切り替える.

```
$ ls > output
$
```

標準出力を “output” という
ファイルにリダイレクト

例：“ls > a” の実行


シェル
プロセス
stdin
KBD
stdout
画面
stderr
画面
1.
2.
シェル
プロセス(親)
複製
シェル
プロセス(子)
stdin
KBD
stdout
画面
stderr
画面
4.
3.
“ls”
プロセス(子)
stdin
KBD
stdout
“a”
stderr
画面
親プロセスは
省略
シェル
プロセス(子)
stdin
KBD
stdout
“a”
stderr
画面
親プロセスは
省略

dup(): ファイル記述子の複製

```
#include <unistd.h>

int
dup(int oldd);
```

- 機能: 存在するファイル記述子の複製を作成する.
- 引数:
  - oldd: 存在するファイル記述子.
- 返り値: 複製されたファイル記述子.
  - エラーの場合は –1 が返され, errnoが原因を示す.
- リダイレクトやパイプ処理に利用される (後述) .

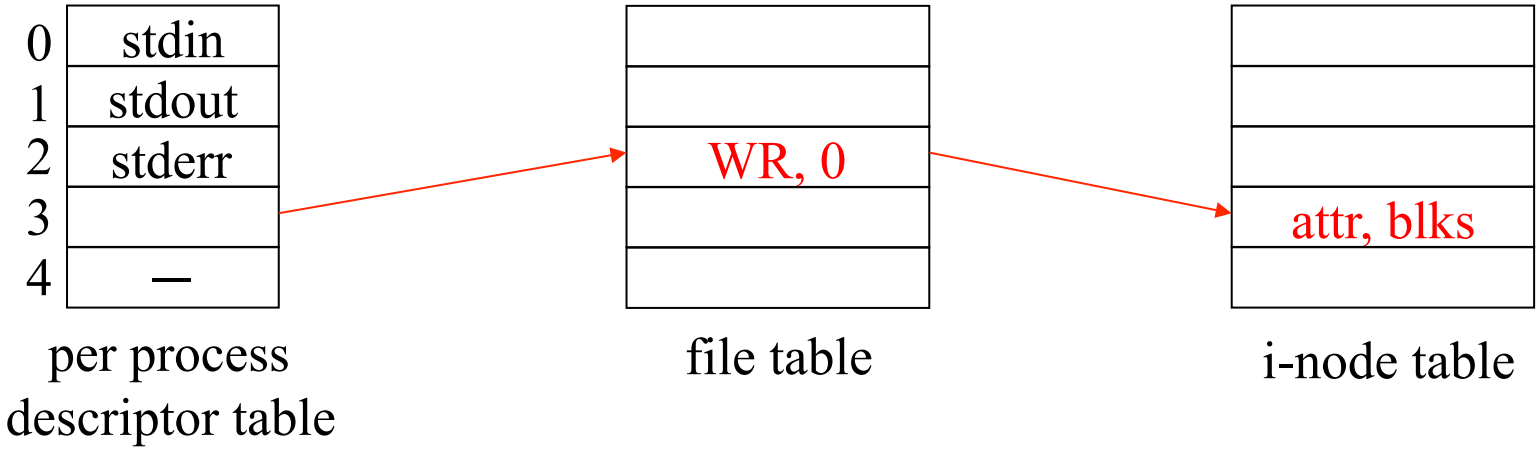
リダイレクトの仕組み (1)

ユーザの入力
% ls -l > output

出力ファイルの作成

shellの子プロセスの処理
fd = open("output", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0644);

カーネル内部



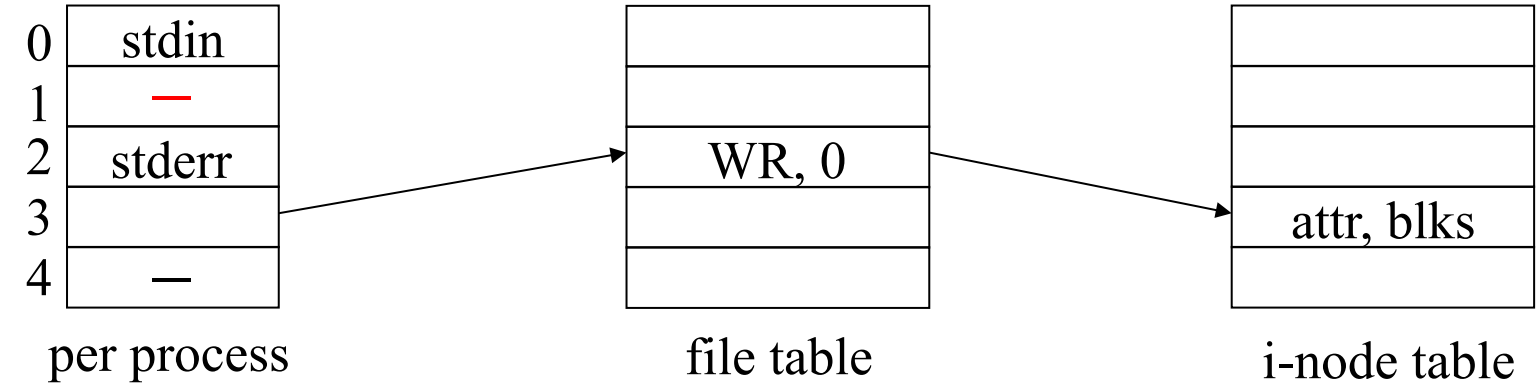
リダイレクトの仕組み (2)

ユーザの入力
% ls -l > output

shellの子プロセスの処理
fd = open("output", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0644);
close(1);

標準出力を
クローズ

カーネル内部



リダイレクトの仕組み (3)

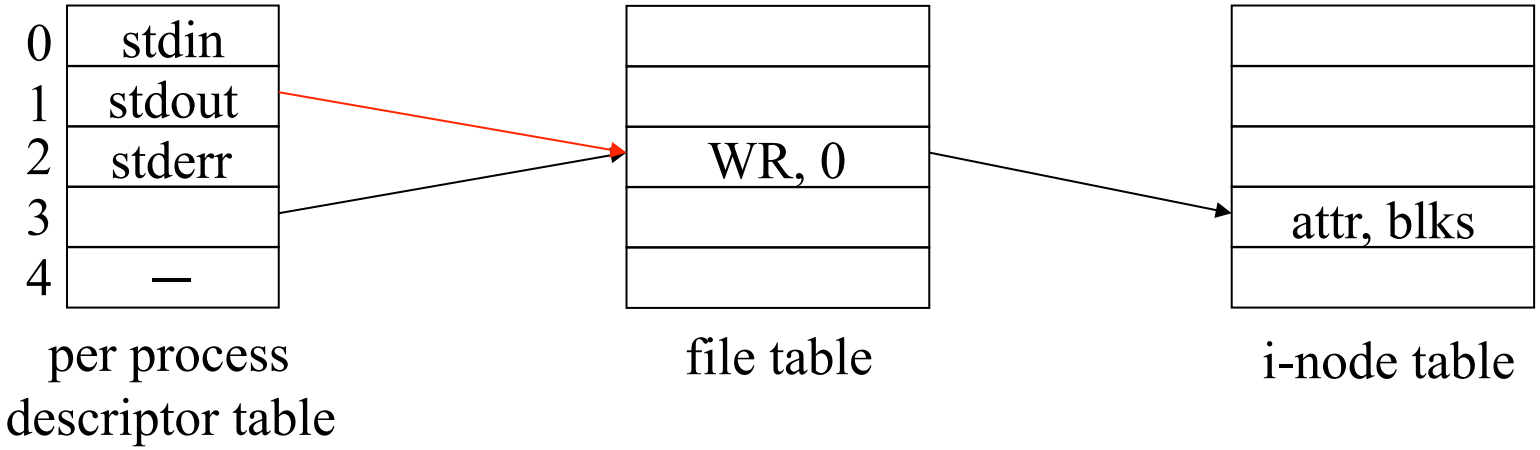
ユーザの入力
% ls -l > output

shellの子プロセスの処理

```
fd = open("output", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0644);
close(1);
dup(fd);
```

fdの複製を作成
→ stdout が "output" に接続される

カーネル内部



リダイレクトの仕組み (4)

ユーザの入力
% ls -l > output

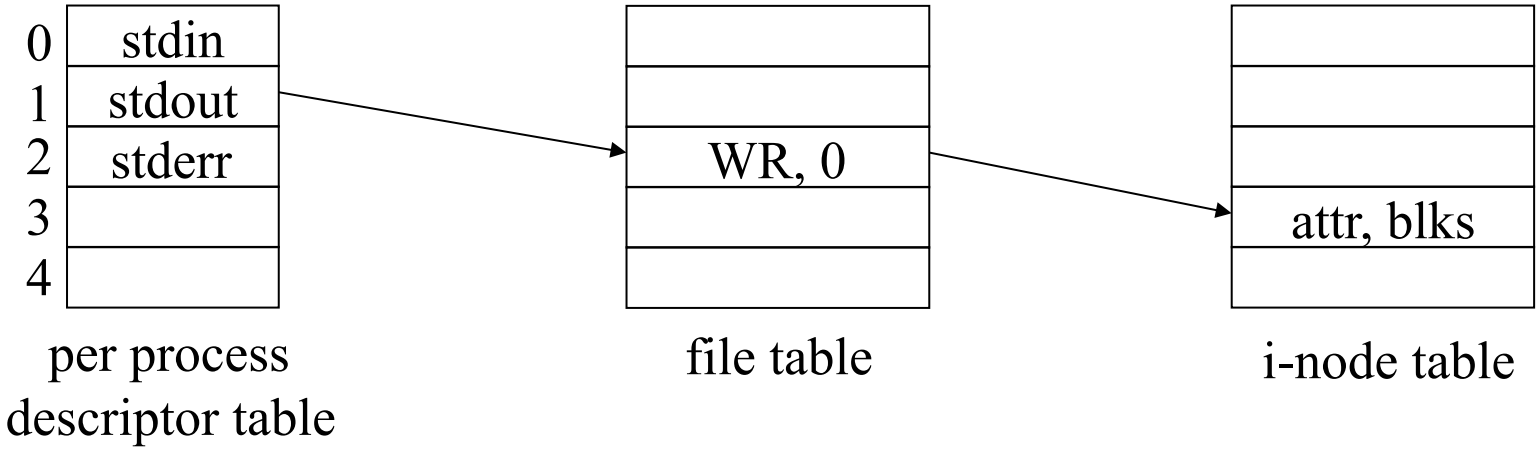
shellの子プロセスの処理

```
fd = open("output", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0644);
close(1);
dup(fd);
close(fd);
```

余分な fd をクローズ

この後 ls をexec する

カーネル内部



演習問題

- 基本的なシェル “mysh” の作成
  1. プロンプト (“mysh$ “) を表示して入力を待つ
     - “exit” が入力された終了する
  2. コマンドが入力されたら fork( ) し，子プロセスは execvp( ) でコマンドを実行する.
  3. 親プロセスは wait( ) で子プロセスの終了を待つ.
  4. 1 に戻る.
- 入出力のリダイレクトができるようにする.

- 以前作成した getargs( ) を利用するとよい.
  - 前回のgetargs( ) の回答例は改良する必要あり.