UNIXシステムプログラミング

第7回 シェルの動作とプロセス制御 (2)

2015年11月6日

情報工学科
寺岡文男

pipe( ): プロセス間通信のための ファイル記述子作成

```
#include <unistd.h>

int
pipe(int filedes[2]);
```

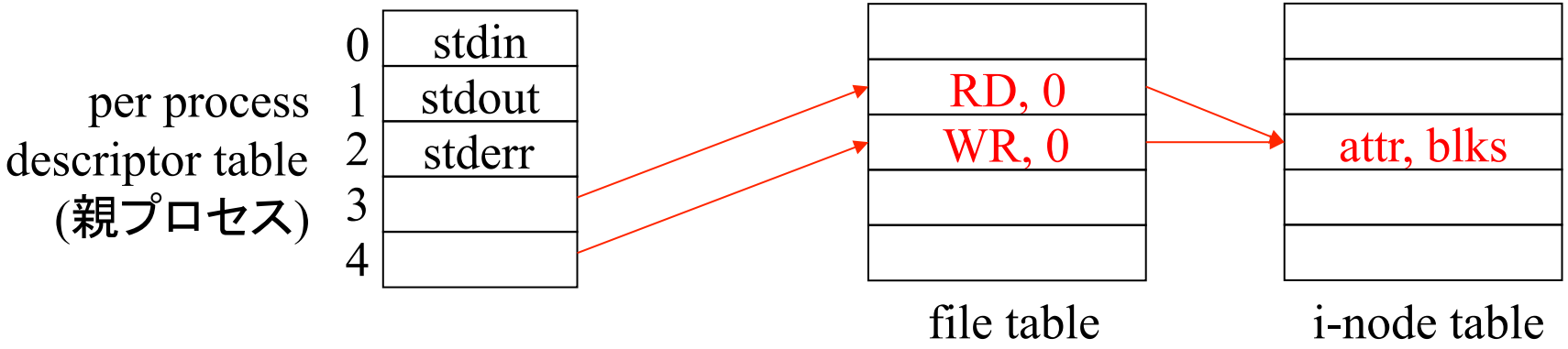
- 機能: プロセス間通信のためのパイプを作成し，ファイル記述子のペアを作成する.
- 引数:
  - filedes: ファイル記述のペアが返される領域を示す.
    - 通常，filedes[1]が出力用，filedes[0]が入力用.
- 返り値
  - 正常の場合は0，異常の場合は –1.
- シェルのパイプ処理に利用される (後述).

パイプの仕組み(1)

int pdf[2]; と
宣言しておく

pipe(pfd);

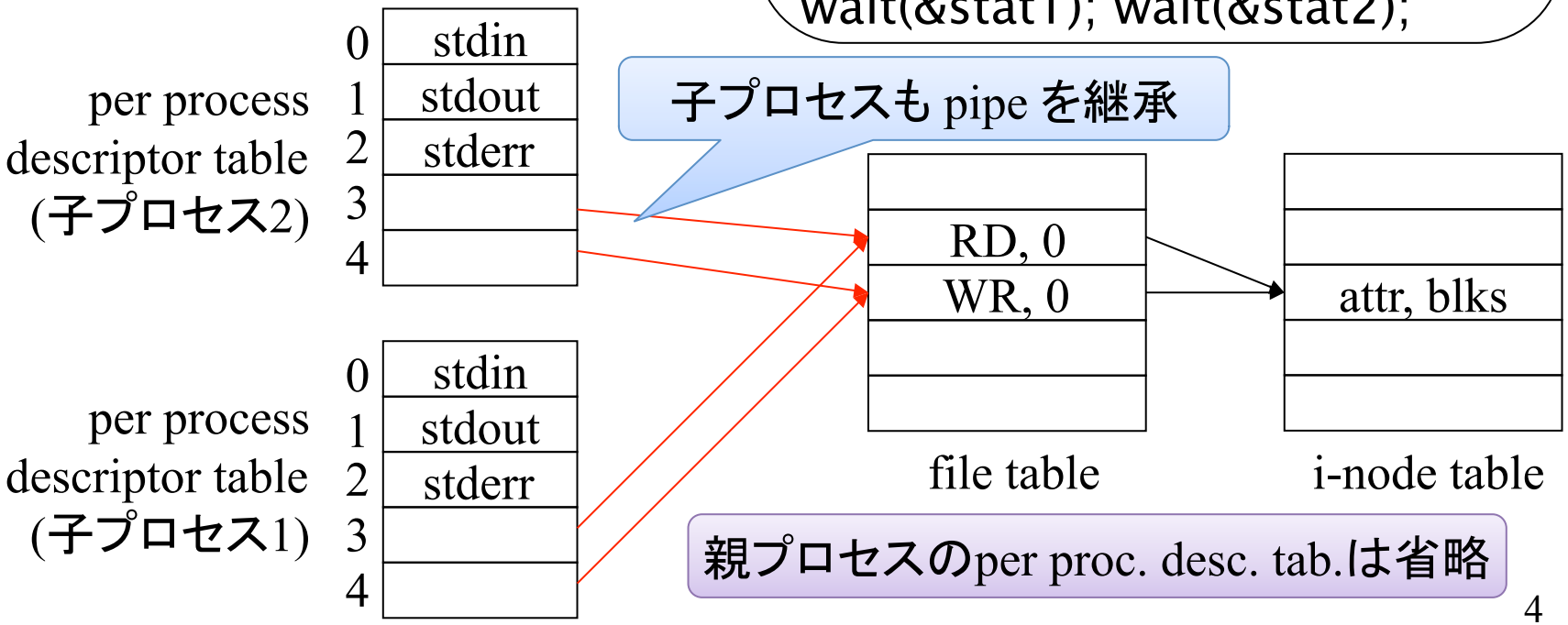
親プロセスが
pipe を作成



パイプの仕組み(2)

```
pipe(pfd);
if (fork() == 0) { // 子プロセス1




}
```

```
if (fork() == 0) { // 子プロセス2




}
close(pfd[0]); close(pfd[1]);
wait(&stat1); wait(&stat2);
```



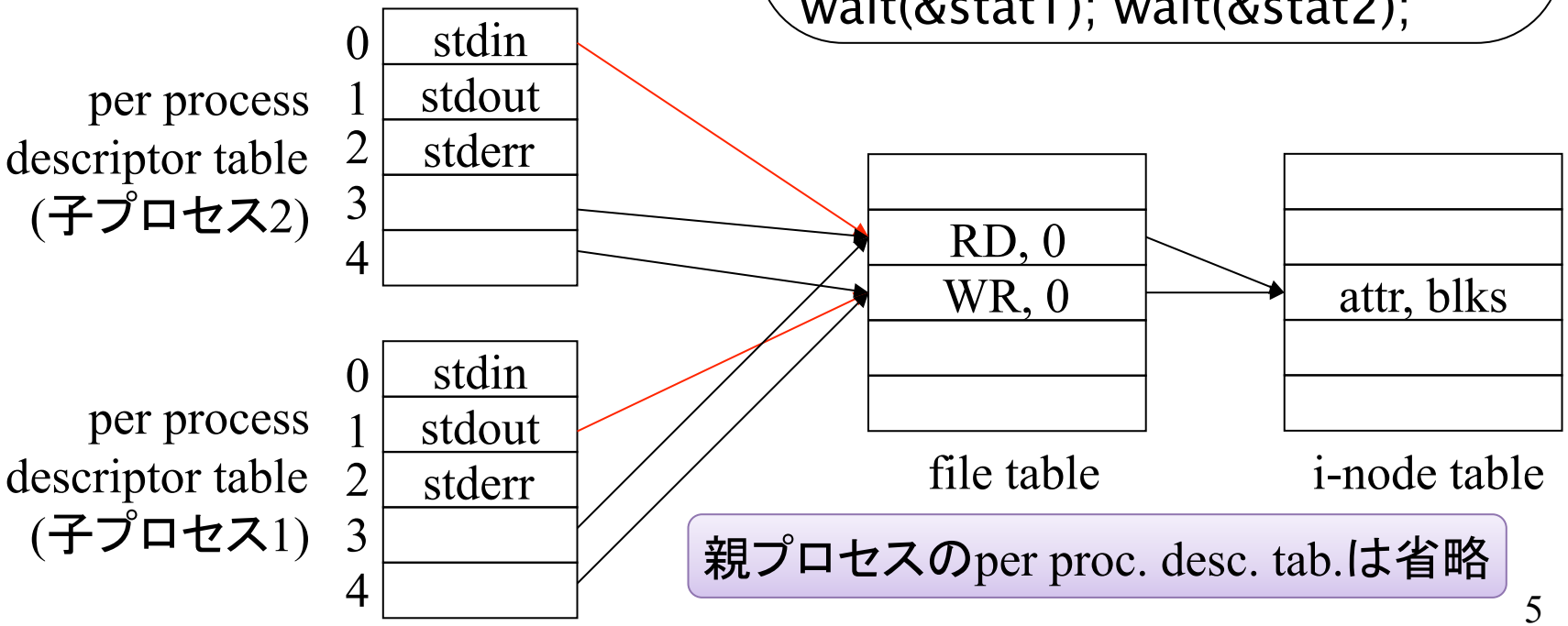
パイプの仕組み(3)

```
pipe(pfd);
if (fork() == 0) { // 子プロセス1
    close(1);
    dup(pfd[1]);
}
```

stdout を pipe に接続

```
if (fork() == 0) { // 子プロセス2
    close(0);
    dup(pfd[0]);
}
close(pfd[0]); close(pfd[1]);
wait(&stat1); wait(&stat2);
```

stdin を pipe に接続

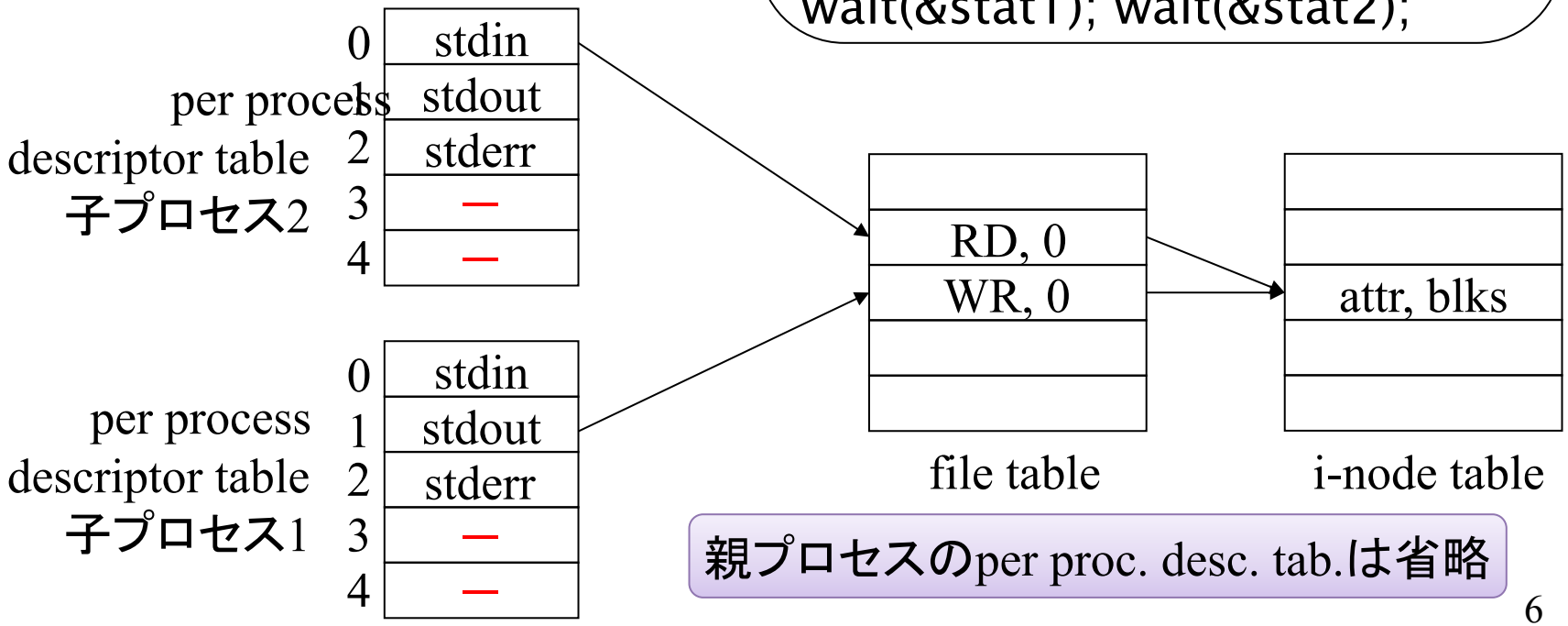


親プロセスのper proc. desc. tab.は省略

パイプの仕組み(4)

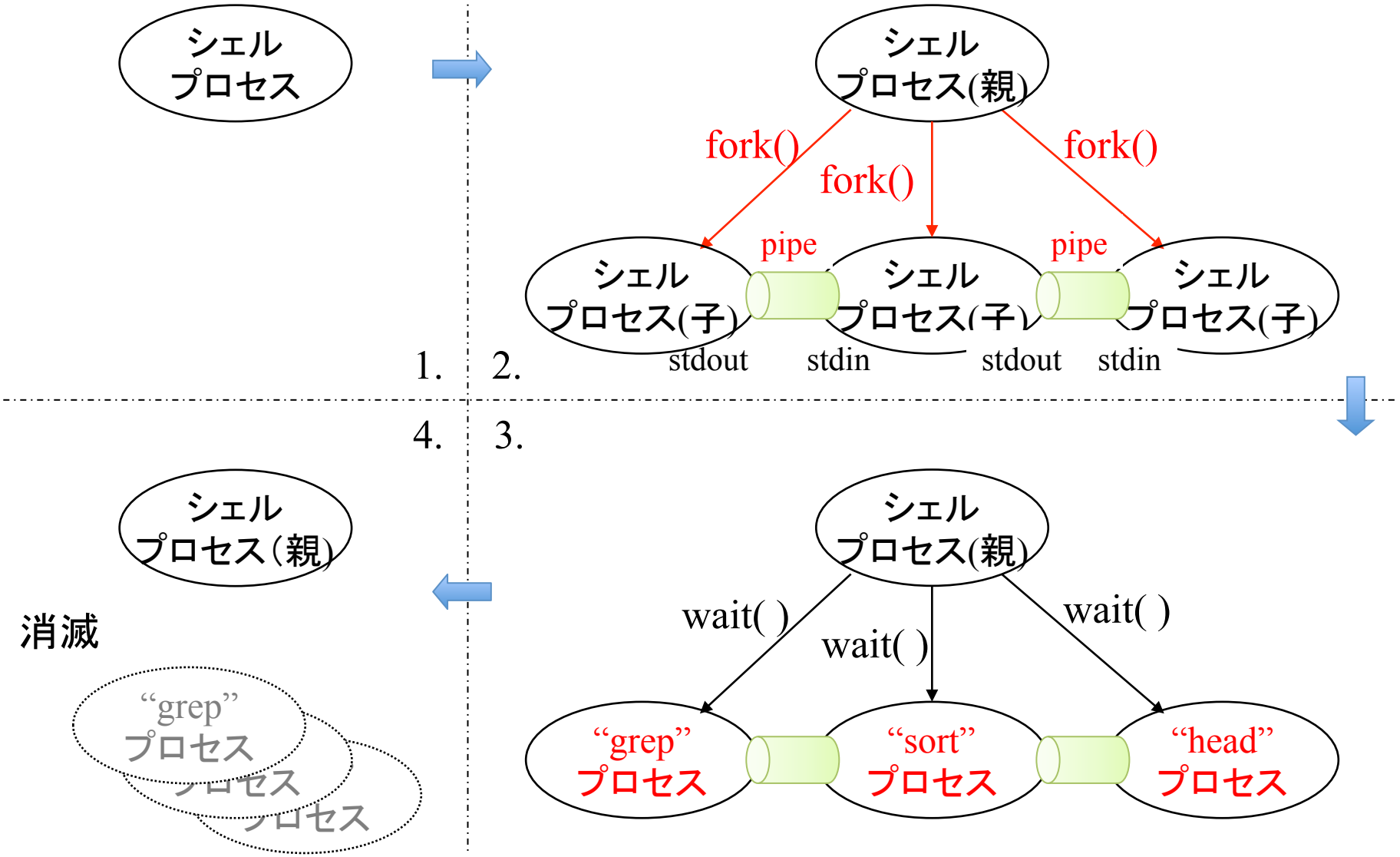
```
pipe(pfd);
if (fork() == 0) { // 子プロセス1
    close(1);
    dup(pfd[1]);
    close(pdf[0]); close(pdf[1]);
    execvp("ls", …);
}
```

```
if (fork() == 0) { // 子プロセス2
    close(0);
    dup(pfd[0]);
    close(pdf[0]); close(pdf[1]);
    execvp("wc", …);
}
close(pfd[0]); close(pdf[1]);
wait(&stat1); wait(&stat2);
```



親プロセスのper proc. desc. tab.は省略

例: “grep … | sort | head” の実行



シグナルとは

- シグナル:プロセスにイベントを通知する仕組み
- 2種類のシグナルがある
  - 他のプロセスやカーネルから非同期に送られるもの
  - プロセスの動作に起因するもの
- 前者の例
  - キーボードから “ctrl-C” → SIGINT (interrupt signal) → プロセスの終了
  - キーボードから “ctrl-Z” → SIGTSTP (stop signal from keyboard) → プロセスの一時実行中断
- 後者の例
  - 不正なポインタの先を参照 → SIGSEGV (segmentation violation) → core dumped

代表的なシグナルとデフォルトの動作

No.	シグナル名	デフォルトの動作	説明
1	SIGHUP	実行終了	端末ラインのハングアップ
2	SIGINT	実行終了	キーボードからの ctrl-C の入力
9	SIGKILL	実行終了	プロセスの終了
10	SIGBUS	コアイメージの作成	バスエラー
11	SIGSEGV	コアイメージの作成	セグメンテーションバイオレーション
13	SIGPIPE	実行終了	読込みプロセスがないパイプへの書込み
14	SIGALRM	実行終了	実時間タイマーの時間切れ
18	SIGTSTP	実行中断	キーボードからの ctrl-Z の入力
19	SIGCONT	無視	中断後の再実行
20	SIGCHLD	無視	子プロセスの終了
26	SIGVTALRM	実行終了	仮想時間タイマーの時間切れ

32種類のシグナルが定義されている

プロセス制御とシグナル (1)

- キーボードからのシグナル(SIGINT, SIGTSTPなど)はその制御端末のフォアグラウンドプロセスグループに送信される.
  - バックグラウンドプロセスには送信されない.
- “fg” や “bg” コマンドでフォアグランドプロセスグループを変更する場合は tcsetpgrp( )でフォアグラウンドプロセスグループIDを設定する.
- バックグラウンドプロセスが終了すると親プロセスにはSIGCHLDが送信される.
  - 親プロセスはwait( )によって子プロセスの終了状態を得る必要がある.

プロセス制御とシグナル (2)

- カーネルはブロックするシグナルを示す変数 signal maskを保持する.
  - signal maskは親プロセスから継承される.
- シグナルごとに受信時のデフォルトの動作が決まっている.
  - 終了，無視など.
- sigaction( )やsignal( )によってシグナル受信時の動作を指定できる.
  - 無視する.
  - デフォルトの動作を行う.
  - 指定した関数(シグナルハンドラ)を実行する.

sigaction( ): シグナル受信時の動作の指定 (1)

```
#include <signal.h>

struct sigaction {
  union {
    void  (*__sa_handler)(int);
    void  (*__sa_sigaction)(int, struct __siginfo *,
             void *);
  } __sigaction_u;      /* signal handler */
  int      sa_flags;    /* signal options
  sigset_t sa_mask;     /* signal mask to apply */
};
#define sa_handler    __sigaction_u.__sa_handler
#define sa_sigaction  __sigaction_u.__sa_sigaction

int sigaction(int sig, struct sigaction *act,
              struct sigaction *oact);
```

sigaction( ): シグナル受信時の動作の指定 (2)

- 引数:
  - int sig: シグナルの種類
  - struct sigaction *act: 動作を指定 (SIG_DFL, SIG_IGN, またはhandlerとmask)
  - struct sigaction *oact: ノンゼロの場合，以前のhandlerの情報が返される.
  - sa_flags (例):
    - SA_NODEFER: 後続の同種のシグナル配送の遅延なし
    - SA_RESETHND: handlerの実行後，設定を解除
    - SA_RESTART: システムコール実行中にシグナルを受信してシステムコールが中断した場合，再実行する.
  - sa_mask: 適用されるシグナルマスク

sigaction( ): シグナル受信時の動作の指定 (3)

- 返り値
  - 正常: 0
  - 異常: –1 (int errnoが原因を示す)

- sigset_t を操作するマクロ
  - `int sigaddset(sigset_t *set, int signo);`
  - `int sigdelset(sigset_t *set, int signo);`
  - `int sigemptyset(sigset_t *set);`
  - `int sigfillset(sigset_t *set);`
  - `int sigismember(sigset_t *set, int signo);`

sigprocmask( ): シグナルマスクの設定

```
#include <signal.h>

int sigprocmask(int how, sigset_t *set,
                sigset_t *oset);
```

- 引数
  - int how: 以下の3種類の機能の1つ
    - SIG_BLOCK: 以前のマスクと引数のマスクのOR
    - SIG_UNBLOCK: 以前のマスクと引数のマスクのAND
    - SIG_SETMASK: マスクの値を直接指定
  - sigset_t *set: 設定するマスク
  - sigset_t *oset: ノンゼロの場合，以前のマスクの値が返る
- 返り値
  - 正常: 0，異常: –1 (int errnoが原因を示す)

シグナルハンドラの指定 (簡易版)

```
#include <signal.h>

void (*signal(int sig, void (*func)(int)))(int);
```

- sig: シグナルの種類
- func: シグナルを処理する関数へのポインタ
  - func(int)の引数はシグナルの種類を示すint型
  - SIG_IGN: シグナルを無視する
  - SIG_DFL: シグナル受信時のデフォルト
- 返り値は以前に設定したハンドラへのポインタ
- sigaction( )を使う方が良い

tcsetpgrp( ): フォアグラウンドプロセスグループIDの設定

```
#include <unistd.h>

int tcsetpgrp(int fd, pid_t pgrp_id);
```

- 引数
  - int fd: 制御端末を示すファイル記述子
    - fd = open(“/dev/tty”, O_RDWR); とするとよい
    - /dev/tty は制御端末を示すデバイスファイル
  - pid_t pgrp_id: プロセスグループID
- 返り値
  - 正常: 0
  - 異常: –1 (int errnoが原因を示す)

tcgetpgrp( ): フォアグラウンド プロセスグループIDの取得

```
#include <unistd.h>

pid_t tcgetpgrp(int fd);
```

- 引数
  - int fd: 制御端末を示すファイル記述子
    - fd = open(“/dev/tty”, O_RDWR); とするとよい
    - /dev/tty は制御端末を示すデバイスファイル
- 返り値
  - 正常: フォアグラウンドプロセスID
  - 異常: –1 (int errnoが原因を示す)

shell作成における
シグナルに関する注意事項

- プロセスの強制終了
  - キーボードからctrl-C → SIGINTがforeground proc proupへ.
  - 親プロセスはSIGINTを無視しなければならない.
- Backgroundでの実行
  - 親プロセスは子プロセスの終了をwait( )しない.
  - 子プロセスが終了 → SIGCHLDが親プロセスに送信.
  - 親プロセスはSIGCHLDをキャッチしなければならない.
- 子プロセスは自分のpidをpgidとして設定する.
- パイプに関連する複数の子プロセスは同一のpgidを持つようにする.

課題3 : シェル(mysh)の作成 (1)

- ステップ1 (必須)
  - コマンドの実行ができる.
  - cdコマンドが実行できる (fork( )しないで chdir( )を実行).
  - “exit” と入力することで終了する.
  - エラーの検出をきちんと行う.
- ステップ2 (必須)
  - 標準入力と標準出力のリダイレクトができる.
  - 1段のパイプができる (e.g., “ls –l | wc –l”) .
- ステップ3 (必須)
  - 多段のパイプができる.
  - ctrl-Cの入力により, 実行中のコマンドを終了する.

課題3 : シェル(mysh)の作成 (2)

- ステップ4 (オプション)
  - コマンドのバックグラウンドでの実行ができる.
  - execvp( ) の代わりに execve( )を使用し, コマンドのサーチパスをたどる.
- ステップ5 (オプション)
  - 現在使用しているシェルの便利な機能を組み込む.

課題3 : シェル(mysh)の作成 (3)

- 提出方法
  - 締切 : 12月3日(木) 20:00JST
  - 1つのディレクトリ(e.g., mysh_d)に必要なすべてのファイルを保存.
    - 余分なファイルは消すように (*.oファイルなど).
  - main.c の先頭にコメントとして学籍番号，氏名を記入
  - memo.txt に実装したステップについて記入すること.
  - ステップ5については，何を実装したかを明記すること.
  - “mysh”という実行形ファイルを生成するMakefileを作成する.
  - このディレクトリ(e.g, mysh_d)の1つ上のディレクトリで “tar czf mysh_d.tgz mysh_d” を実行.
  - keio.jp に mysh_d.tgz ファイルをアップロード.

ヒント (1): 入力解析

- int gettoken(char *token, int len)
  - char *token;　　トークンを格納する領域へのポインタ
  - int len;　　上記領域のサイズ
- 返り値:トークンの種類
  - TKN_NORMAL　　英数字からなる文字列
  - TKN_REDIR_IN　　標準入力のリダイレクト文字 ('<')
  - TKN_REDIR_OUT　　標準出力のリダイレクト文字 ('>')
  - TKN_PIPE　　パイプ文字 ('|')
  - TKN_BG　　バックグラウンド文字 ('&')
  - TKN_EOL　　end of line
  - TKN_EOF　　end of file
  - etc.
- getc( ) と ungetc( )を使う.

ヒント(2): 多段パイプ処理方法の一例

- “$ … | … | … ” のような入力において,
  - パイプ文字で区切られた部分を1まとまりとしてループで処理
- ループ本体では,
  - int getargs(int &ac, char *av[], …) でコマンド名と引数を得る
  - 返り値は終了のトークン種別 (改行, パイプ, その他)
- パイプ文字で終了 → 次段へのパイプの準備
- fork( ) する
- 子プロセスでの処理
  - 前段からのパイプあり → stdin をパイプへ
  - 次段へのパイプあり → stdout をパイプへ
  - リダイレクトあり → stdin or stdout をファイルへ
  - execve( ) でコマンドを実行

注意点 (1)

- プロセスグループ，フォアグラウンド
  - コマンドを実行する子プロセスは，shellの親プロセスとは別のプロセスグループに属するようにする.
  - フォアグランドプロセスグループも，子プロセスのものとする.
  - パイプにより同時に動作するプロセス群は同一のプロセスグループに属するようにする.

- バックグラウンド
  - コマンドをバックグラウンドで実行した場合，フォアグラウンドのプロセスグループは，shellの親プロセスのプロセスグループになるようにする.

注意点 (2)

1. 親プロセスは子プロセス(群)を fork( ) する
2. 親プロセスは，tcsetpgrp( )で子プロセスグループをフォアグラウンドに指定
3. 親プロセスは子プロセスの終了を待つ
4. 親プロセスは，tcsetpgrp( )で自分のプロセスグループをフォアグラウンドに指定
5. 親プロセスに SIGTTOU が送信される
   - デフォルトの動作は実行停止

- 親プロセスは SIGTTOU を無視するようにしておく