プロセス

田浦健次朗

用語の整理

- プログラム = 実行すべき命令が書かれているもの
  - Firefox, シェル (bash), ls, a.out, など
  - 実体としてはファイルとして存在している
- プロセス ≈ プログラムが走っているもの
  - メニューでアプリを起動するアイコンをクリックしたり, コマンドプロンプトに ls と打ち込むたびに, プロセスが作られている
- たとえ話
  - プログラム ≈ マニュアル
  - プロセス ≈ マニュアルに従って働いている人

プロセスの役割

- CPU を分け合うための抽象化
  - ユーザはプロセスを作る
  - 各プロセスは全力で走れば良い (他の人に CPU を譲る必要ない)
  - OS がプロセスに CPU を与えたり奪ったりする
- メモリを分け合うための抽象化 (アドレス空間)
  - 他のプロセスのメモリは覗けない, 壊せない

いずれも仕組みは後の週で

プロセスを観察するコマンド

- Unix CUI
  - `ps`：基本
  - `top`：時々刻々表示
  - `pstree`：プロセスの親子関係も表示
  - `pgrep`：色々な基準でプロセスを検索 (≈ `ps` + `grep`)
- Linux
  - `/proc/`*pid*
- Ubuntu GUI
  - システムモニタ
- Windows GUI
  - タスクマネージャ
  - リソースマネージャ

注:

- CUI (Character User Interface) 端末の中で字だけ出す
- GUI (Graphical User Interface) 窓を出して絵を出す

ps auxww

- すべてのプロセスをコマンドライン含め表示

```
1 $ ps auxww
```

- ps と grep を組み合わせてトラブルシューティングする場面がよくある

```
1 $ ps auxww | grep ssh  # ssh 走ってるか?
2 $ ps auxww | grep tau  # ユーザtau のプロセス
```

- pgrep ≈ ps + grep

```
1 $ pgrep -f ssh
2 $ pgrep -f tau
```

表記上の約束:

- $はコマンドプロンプトのつもり
- $以降 (下線) が入力すべきもの

プロセス ID (PID)

- 存在しているプロセス全てに付けられている一意な識別子
- Linux では通常, 4194304 までの整数
- あるプロセスの PID を知らなくてはいけない場面はそう多くはないが, 外から強制終了 (kill) したい場合などに必要

man コマンド

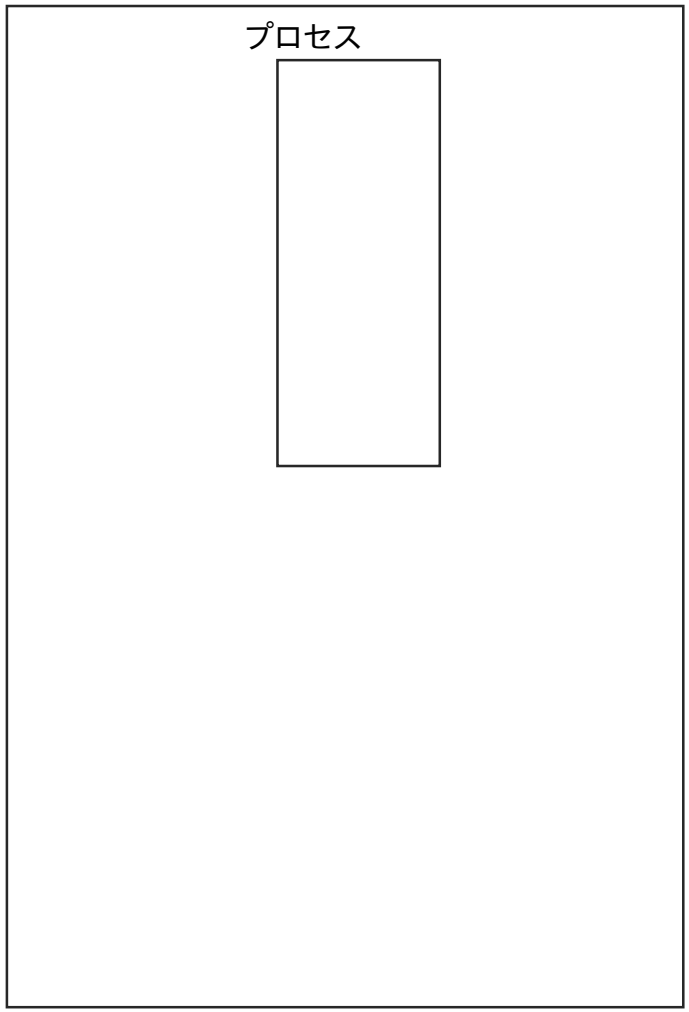
- 以降, コマンドや関数, システムコールの説明が出てきたら, 必要に応じて man コマンドで調べよ
- 例:

```
1 $ man ps
2 $ man top
3 $ man pstree
```

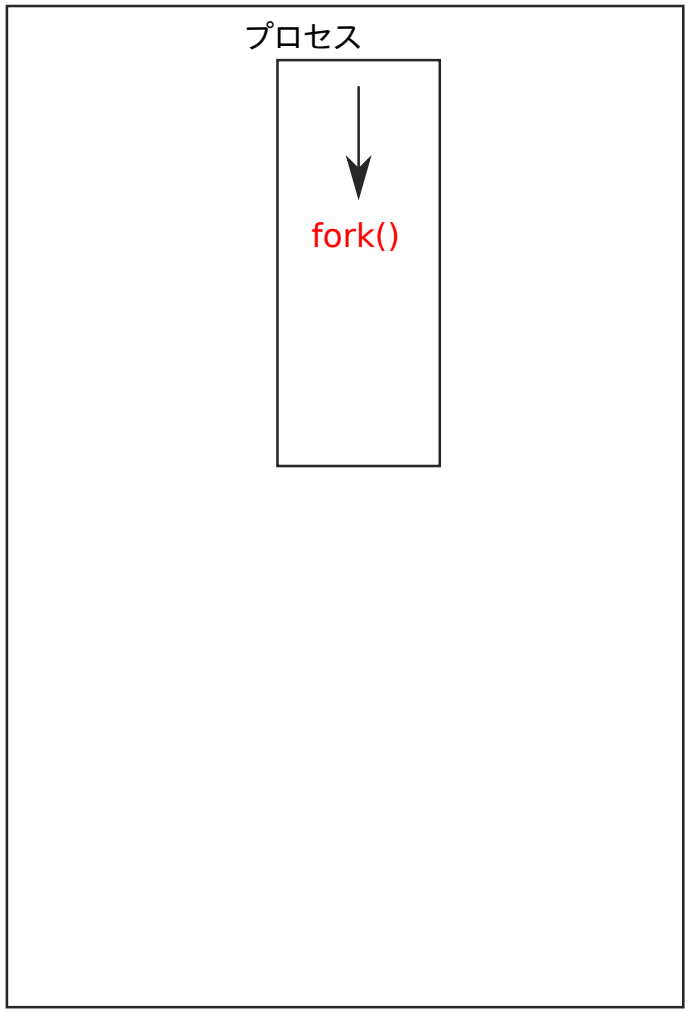
Unix: プロセス関連のシステムコール

- `fork`
  - プロセスを作る (コピーする)
- `execve`
  - 現プロセスで指定のプログラムを実行する
  - 変種: `exec{v,l}p?e?` (引数の渡し方, 微妙な意味の違い)
  - 以下, 総称して exec と呼ぶ (実際には exec という名前の関数はない)
- `exit`
  - 現プロセスを終了する
  - `_exit`
- `waitpid`
  - 子プロセスの終了待ち + 処理
  - 変種: `wait`, `wait3`, `wait4`

子プロセスの生成～終了～処理

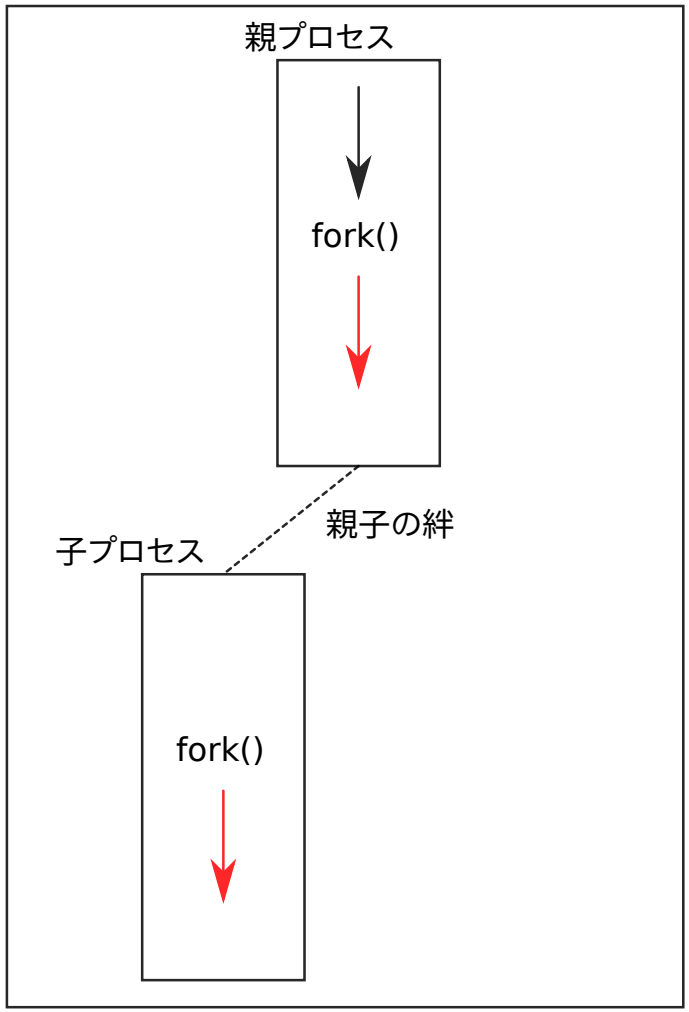


子プロセスの生成～終了～処理



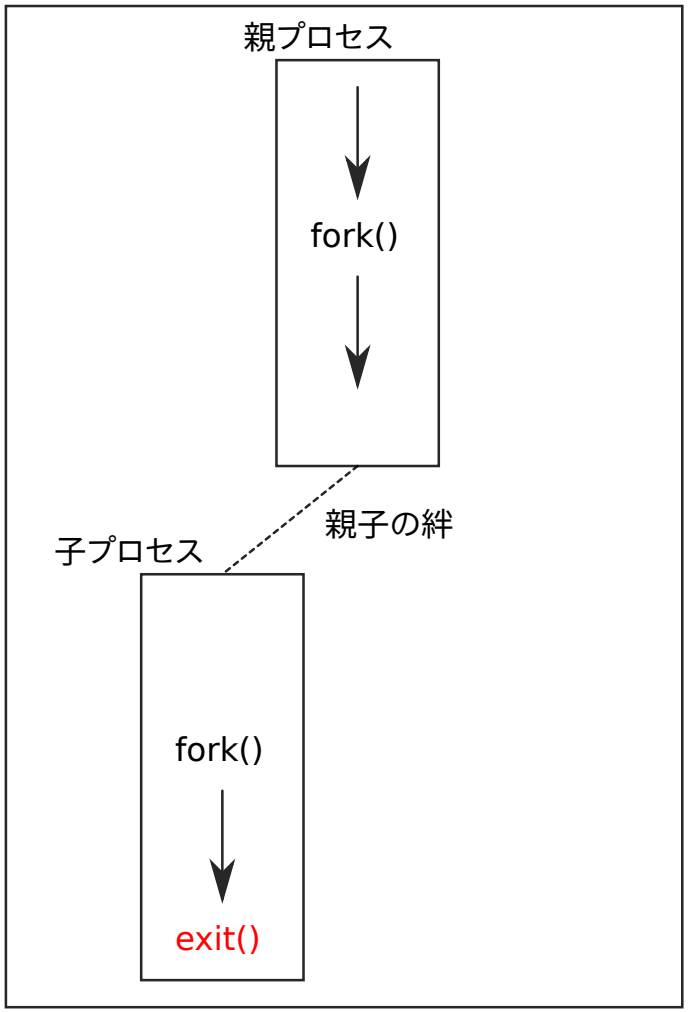
子プロセスの生成～終了～処理

1. fork ～ プロセスが複製される．親と子が両方，fork の続きを実行



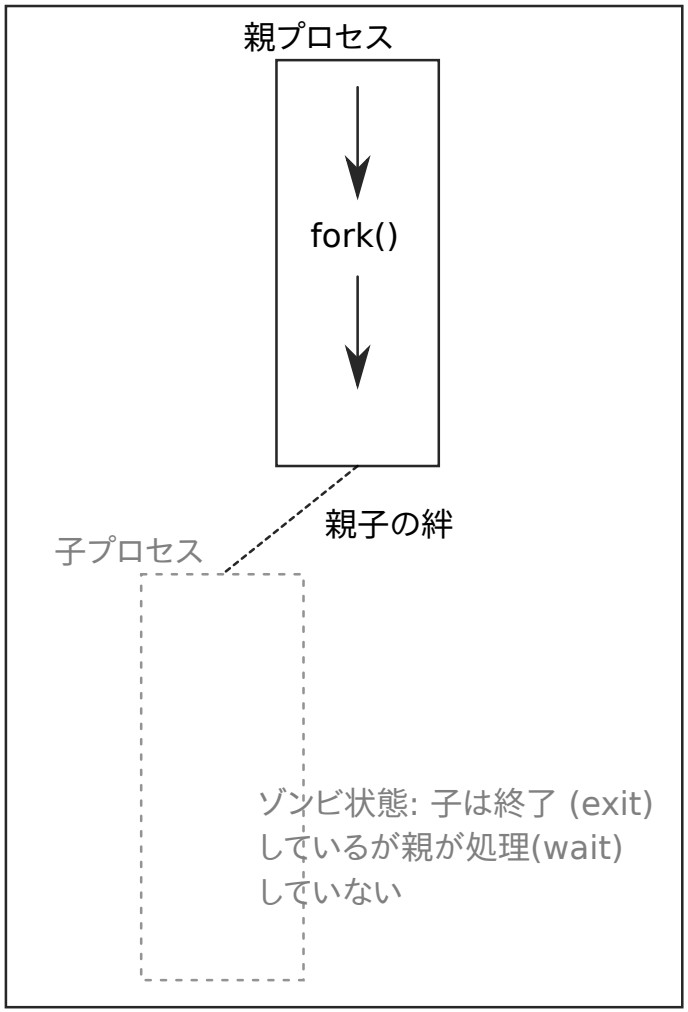
子プロセスの生成～終了～処理

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行
2. 子プロセスが終了する (exit を呼ぶ, main 関数が return するなど)



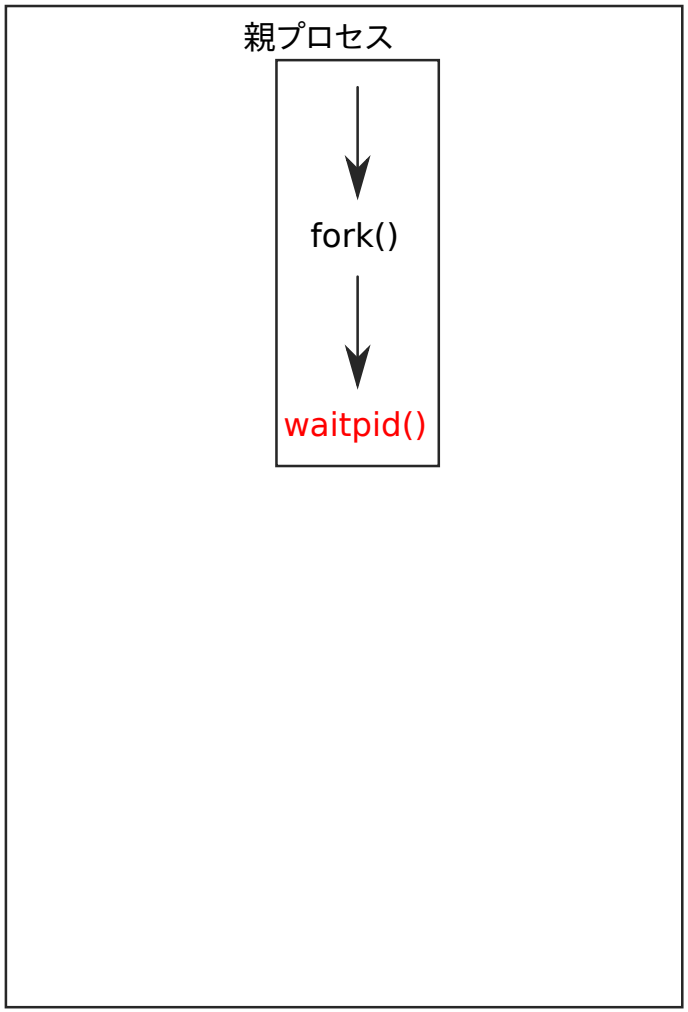
子プロセスの生成～終了～処理

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行
2. 子プロセスが終了する (exit を呼ぶ, main 関数が return するなど)
3. 親が処理する (wait, waitpid などを呼ぶ) まで, 子プロセスは「ゾンビ (プロセス番号だけが存在する) 状態」



子プロセスの生成～終了～処理

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行
2. 子プロセスが終了する (exit を呼ぶ, main 関数が return するなど)
3. 親が処理する (wait, waitpid などを呼ぶ) まで, 子プロセスは「ゾンビ (プロセス番号だけが存在する) 状態」
4. 親が処理を終えるとすべてがなくなる



fork

- 呼び出したプロセスを複製
- fork() 続きが 2 プロセス (親と子) で実行される
- 親と子で返り値だけが違う
  - 親: 子プロセスのプロセス番号
  - 子: 0
- 従って以下がテンプレート

```
1  pid_t pid = fork();
2  if (pid == -1) {
3    失敗 (子プロセスは作られていない)
4  } else if (pid == 0) {          /* child */
5    子プロセス
6  } else {          /* child */
7    親プロセス
8  }
```

- 注: pid_t はプロセス番号 (process ID) の型; 実際は単なる整数

exit

- exit を呼んだプロセスを, 指定した終了ステータス (exit status) で終了させる
- exit status : 0 .. 255 の整数

```
1 exit(status);
2   ...
```

当然ながら exit 呼び出し以降 (上記の . . .) は実行されない

- main 関数が終了した場合も同じ効果 (従って main 関数の最後にわざわざ呼ばないのが普通)
  - main の返り値 (return value) が exit status
- exit status は親プロセスが取得可能

waitpid

- 基本は子プロセスの終了待ち + 処理 (ゾンビ状態を解消; プロセス番号の回収)
- どの子プロセス (特定プロセス, どれでもよい, など) を対象とするか, 終了を待つ・待たない, などを指定可

```
1 int ws;
2 pid_t pid = -1;  /* -1 : どの子プロセスでも... */
3 int options = 0; /* 0 : 終了するまで待つ */
4 pid_t cid = waitpid(pid, &ws, options);
5 if (cid == -1) {
6   失敗;
7 } else {
8   ... ws に, 子プロセスcid に何が起きたかの情報 ...
9 }
```

  - 普通の終了: exit を呼んだ / main が return した
  - 異常終了: segmentation fault など. 詳細は後の週で
  - 停止, 再開 : 詳細略
- 詳細は (これからいつも)man を参照

```
1 $ man waitpid
```

man コマンドの落とし穴

- man コマンドでは, 色々なものが検索できる
  - コマンド, システムコール, それ以外の関数 (ライブラリ) など
- 同じ名前の, コマンドと関数がある場合, 目当てでないほうが見つかってしまう場合がある
- システムコールだと思ったものがライブラリ関数ということもよくある
- `-s` オプションで, 種類 (正確にはマニュアルの「節」) を指定可能
  - `-s 1` : コマンド
  - `-s 2` : システムコール
  - `-s 3` : ライブラリ関数
- 例:

```
1 $ man -s 1 wait    # wait コマンド
2 $ man -s 2 wait    # wait システムコール
3 $ man -s 2 execv   # 見つからない
4 $ man -s 3 execv
```

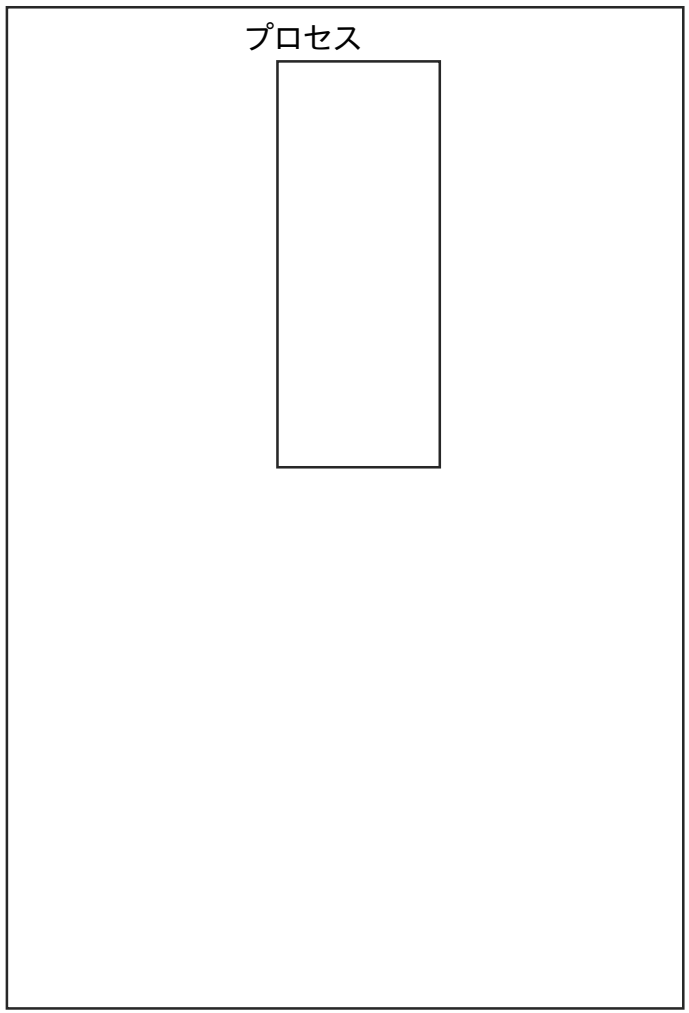
ゾンビ (defunct)

- プロセス C がゾンビ (defunct) $\equiv$ C が終了しているが, その親が (`waitpid` などで) C の終了を確認していない
- 本質的には, C のプロセス番号を再利用できない状態
  - `waitpid` が「C が終了した」と親に知らせるまでは, C のプロセス番号を他のプロセスに再利用すると, プロセス番号からプロセスを一意に特定できなくなるので
- `waitpid` $\approx$ お葬式; 子プロセスに「成仏」「輪☒転生」してもらう
- 英語では, “the parent *reaps* the child” という

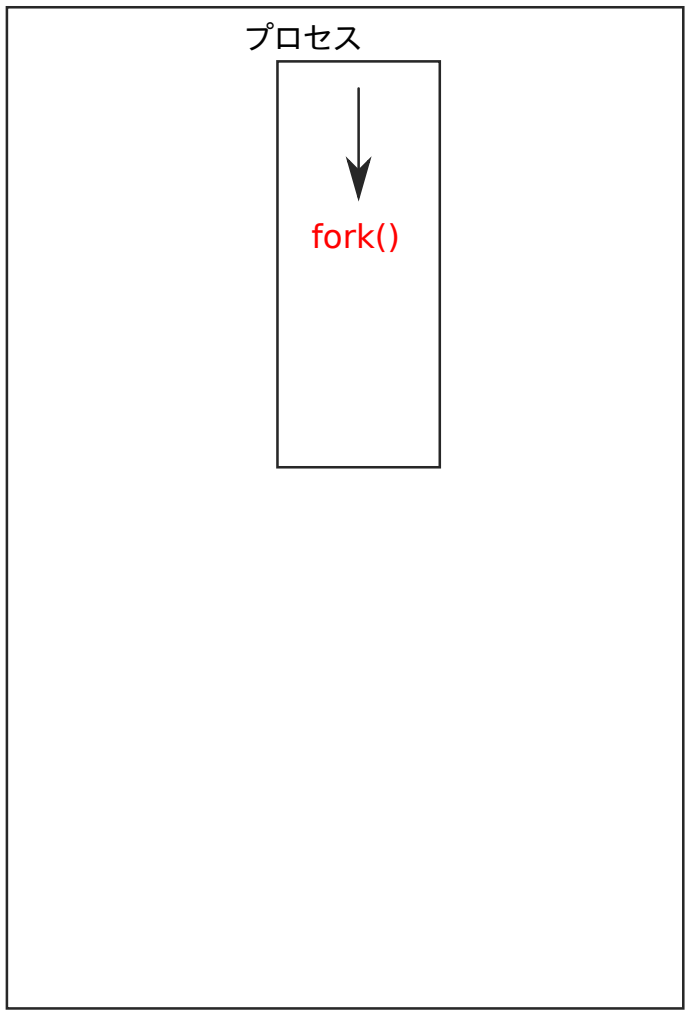
細かい注 `waitpid`, ゾンビにまつわる注

- Q. 子が終了する前に親が `waitpid` 等を呼んだら?
  - A. 子が終了するまで return しない (wait という名の通り)
- Q. 子が終了する前に親が終了できる?
  - A. できる
- Q. その場合, 誰がその子の葬式をする (その子はゾンビ状態のまま)?
  - A. あるプロセス C の親が, C より先に終了したら, 全プロセスの先祖 (init) が C の親をすることになっている

子プロセスの生成～exec

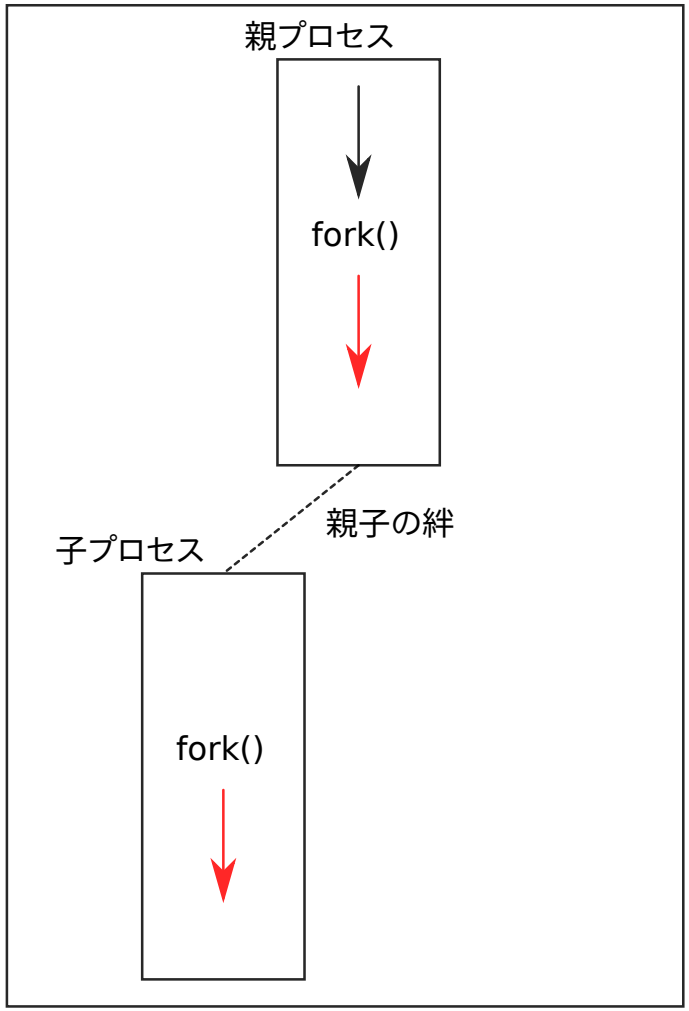


子プロセスの生成～exec



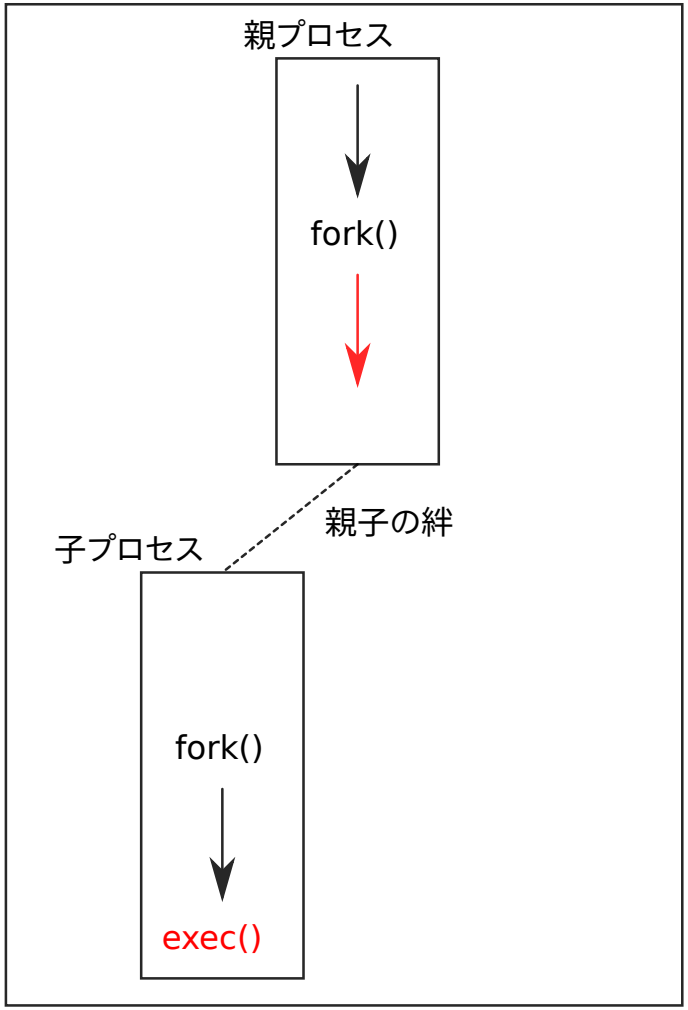
子プロセスの生成～exec

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行



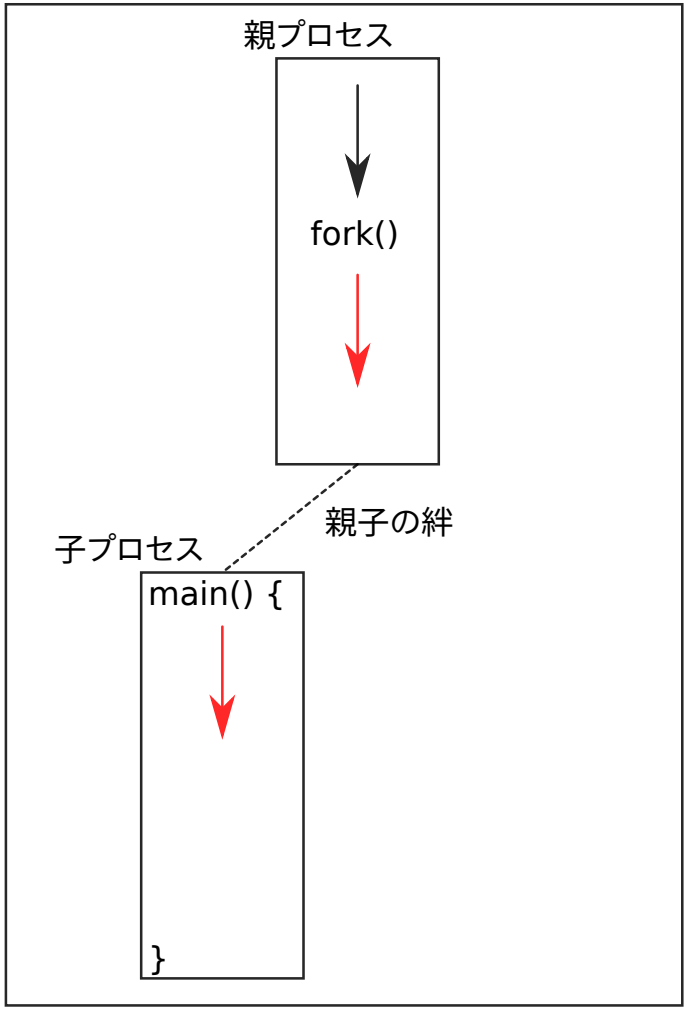
子プロセスの生成～exec

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行
2. 子プロセスが exec を実行



子プロセスの生成～exec

1. fork ～ プロセスが複製される. 親と子が両方, fork の続きを実行
2. 子プロセスが exec を実行



exec

- 現プロセスで, 指定したプログラムを実行する
- 以下は/bin/ls (いわゆる ls コマンド) を-l オプションで実行

```
1  char * const argv[] = { "/bin/ls", "-l", 0 };
2  execv(argv[0], argv);
3    ...
```

- 注:
  - exec を呼び出した続き (上記 . . . 以降) は実行されない
  - 呼び出したプロセスが, 今持っている状態をすべて忘れ, 指定したプログラムを実行するだけの人に化ける
  - 特に, exec が子プロセスを作るわけではない

(細かい注) exec の変種

- exec{v,l}p?e?
- ただし execlpe は存在しない
- つまり execv, execve, execvp, execvpe, execl, execle, execlp
- execve だけがシステムコール, 残りはそれの亜種
- v と l : 引数の渡し方 (v : 配列; l : 引数のリスト)
- p : 環境変数 PATH を参照してコマンドを検索する

```
1 execv("ls", argv);        // NG
2 execv("/bin/ls", argv);   // OK
3 execvp("ls", argv);       // OK
4
```

- e : 子プロセスの環境変数を指定する (ない場合は親を引き継ぐ)