システムプログラム
第5回

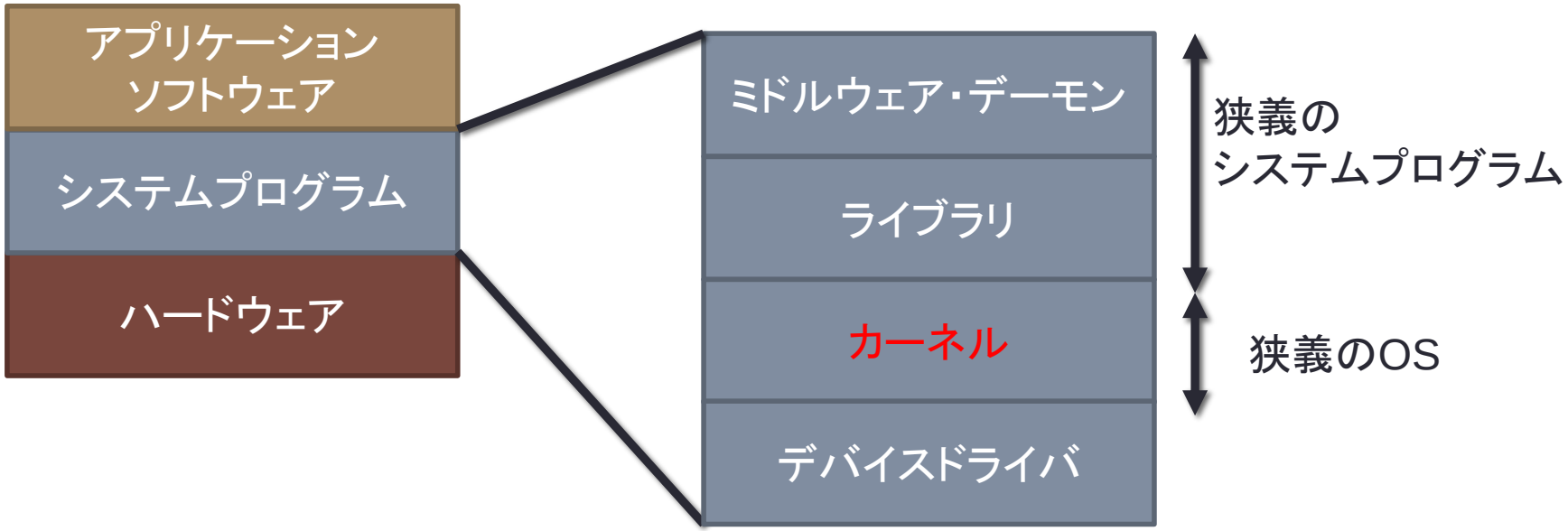
創域理工学部 情報計算科学科
松澤　智史

本日の内容

- システムプログラムの一部であるOSについて学ぶ

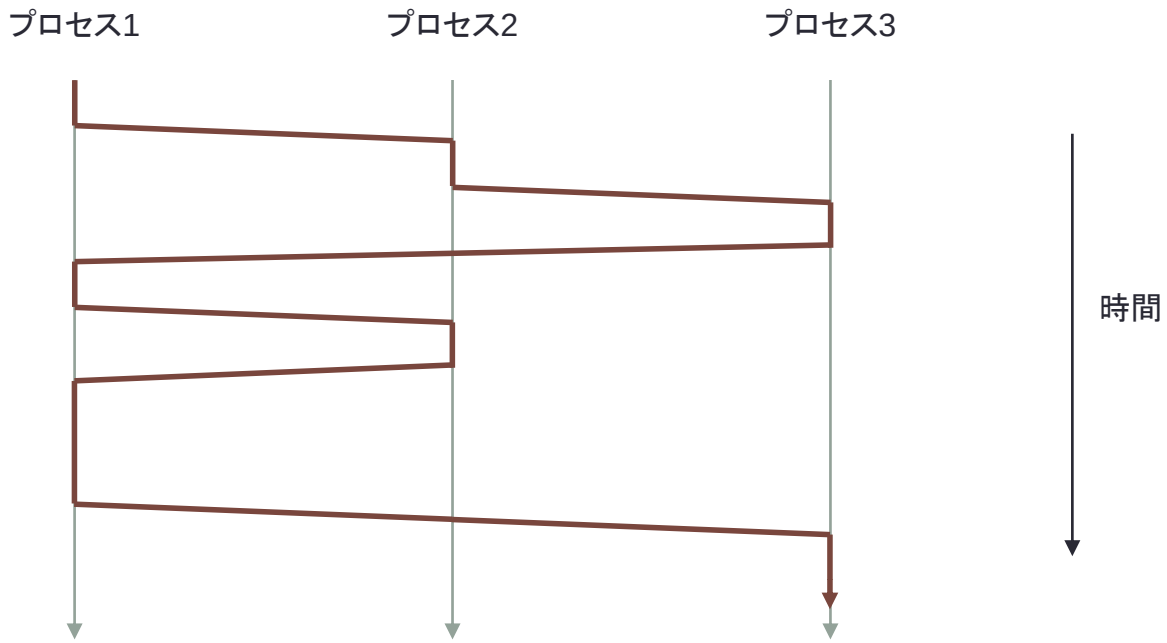
  - 本日の内容はOSの機能の1つである「プロセス」を学ぶ

システムプログラム‥とは



プロセス(第2回の復習)

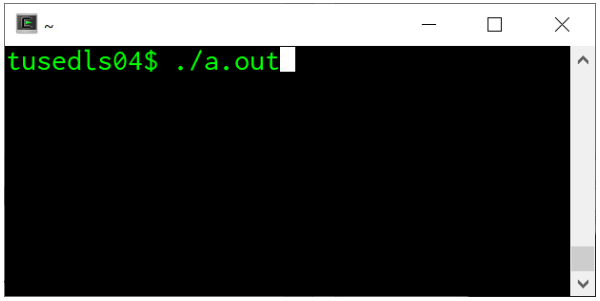
- 実行中のプログラムをOS(カーネル)が抽象化したもの
- 各プロセスはハードウェアを独占的に使用しているように見える
- 多くのシステムでは「プロセスの数>実行するプロセッサの数」
- コンテクストスイッチにより並行動作
  （あたかも独占的に動作しているように見せる)

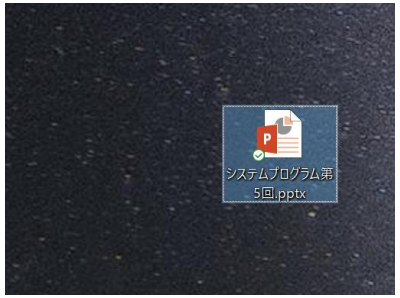


プロセスのコンテクスト・スイッチ
(プロセス数3，プロセッサ数1の例)

プロセス

- プログラムの実行単位（タスク，ジョブなどと呼ばれることもある)
- プログラムとデータはメモリ上にあり，CPUによって逐次取り出して実行する
- 複数のプログラムを並行処理できる
  - 同じプログラムを並行処理はできない(Linuxカーネル2.4以前)
  - 同じプログラムの並行動作はスレッド(Linuxカーネル2.4以降)で行える

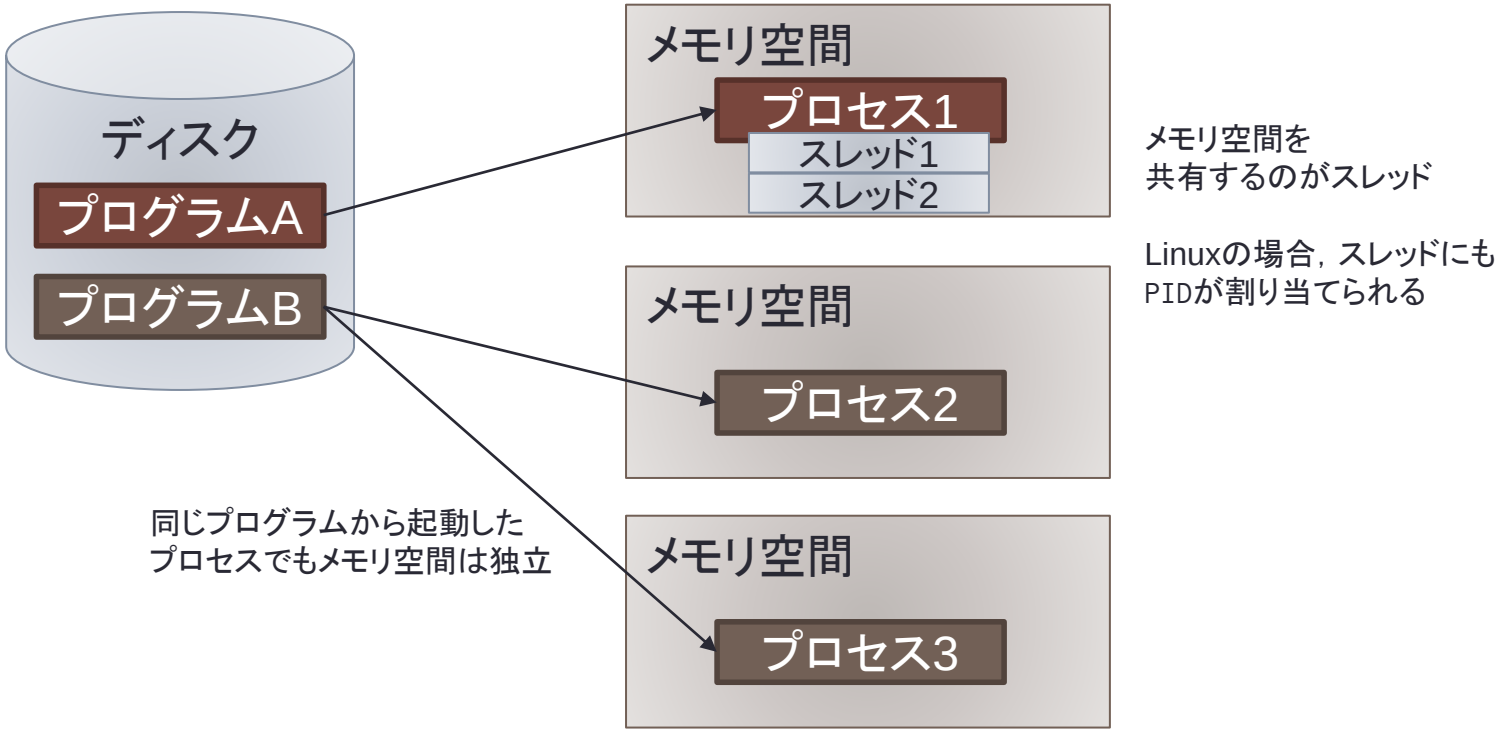




コマンドラインから実行，ダブルクリックで実行
→プロセス起動

プロセス(タスク)管理

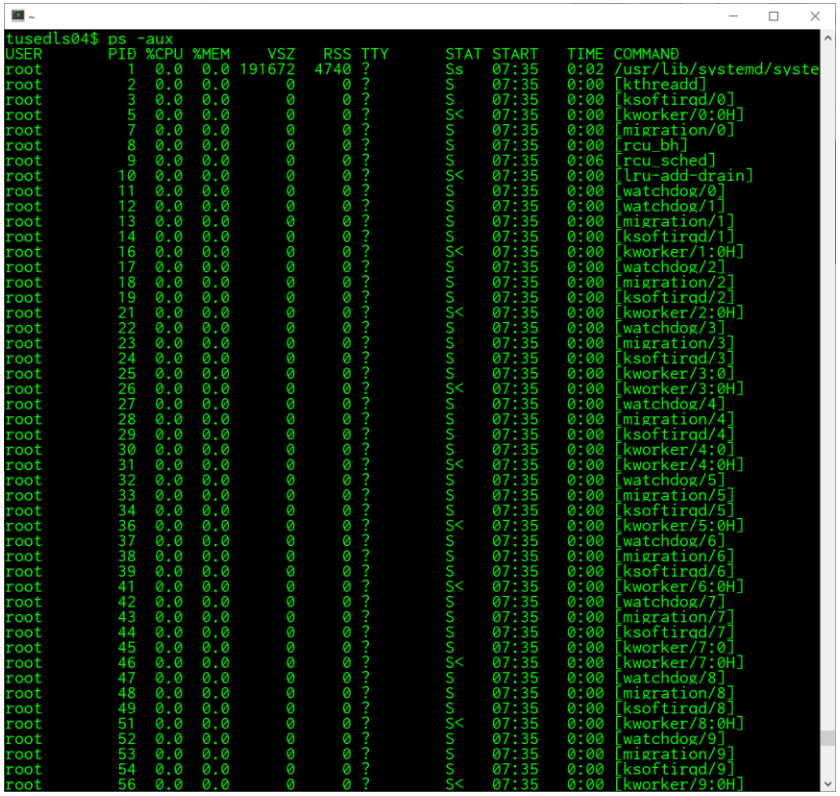
- プログラムが実行されるとカーネルはプロセスを生成する
- カーネルはプログラムを主メモリに読み込み，独立したメモリ空間を割り当てる
- プロセスにはプロセスID(PID)という管理番号が割り当てられる



プロセスの確認

```
~
tusedls04$ ps
  PID TTY          TIME CMD
23130 pts/0    00:00:00 bash
23723 pts/0    00:00:00 ps
tusedls04$
```

ps コマンドで確認

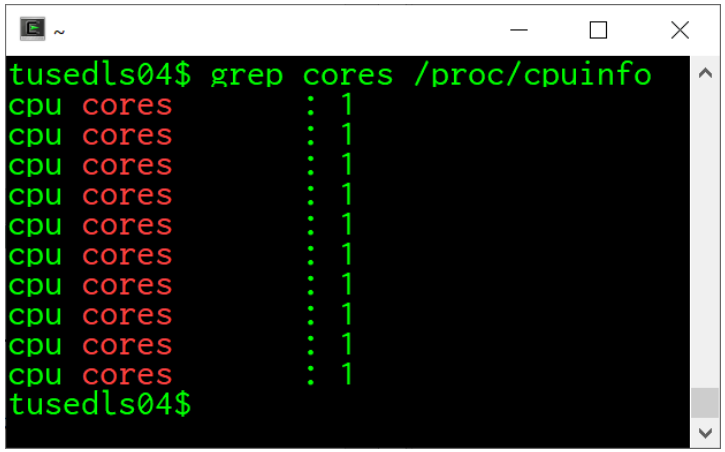


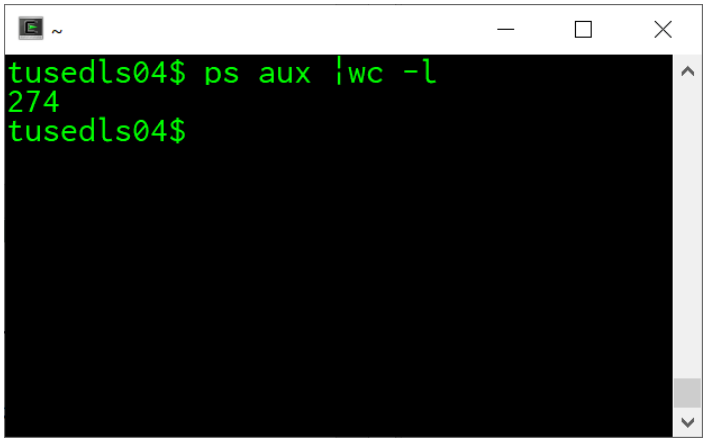
ps aux（axは全プロセス）

（uはプロセスの所有者表示）

-aux -axu でも良い

実験





CPUの数を確認

tusedls04は10個のCPU

現在のプロセスの数

274

プロセスの数　>>>>　CPUの数

並行処理(Concurrent)

並行処理

- 複数の処理が同時に走っており，
  処理やイベントなどが起こるタイミングが任意である処理

例

あなたは台所で鍋の料理をしようとしている
あなたのすることは以下である

1. 鍋に水を入れ火をかける
2. お湯の温度があがる間に野菜を切る
3. まだお湯が沸いていないので、先に食卓にお皿を並べ始める
4. お皿を並べている途中にお湯が沸いたので，お皿並べを中断し，
   切っておいた野菜を鍋に入れる
5. 野菜を鍋に入れたら，野菜が煮えるまでお皿並べの続きを再開する

このような処理が並行処理になる

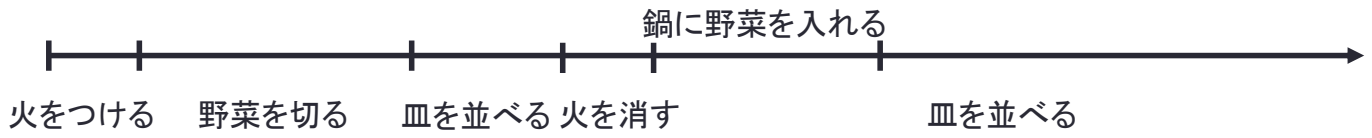
並行処理：料理の例

タスク

- お湯をわかす→火をつける，消す
- 野菜を切る
- 皿を並べる
- 野菜を煮込む→鍋に野菜を入れる

制約

- 「野菜を煮込む」タスクは，「お湯をわかす」と「野菜を切る」というタスクが終わってからでないと実行できない
- 「火を消す」のタスクは最優先



並行処理:計算機上(OS)の例

タスク(プロセス)

- Webブラウジング(Chrome，Safari等)
- 音楽再生
- ウイルススキャン

など

これらのプロセスの実行を適宜切り替えて，
同時に動いているように見せかける

余談:
プロセスは計算機上でプログラムを動かす実行単位
タスクは行うべき仕事という抽象的表現
計算機上でのタスクはプロセスと同義

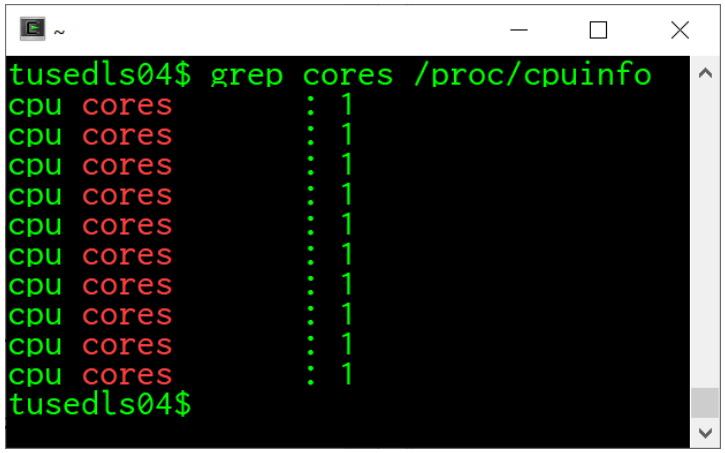
並列処理(Parallel)

- 広い意味での並行処理の一部

- 並行処理は複数のタスクを1人で，見せかけ上同時進行しているように見える処理
  であることに対し
- 並列処理は実際に処理する人数がタスクと同じ数で行う（実際に同時に行う）処理

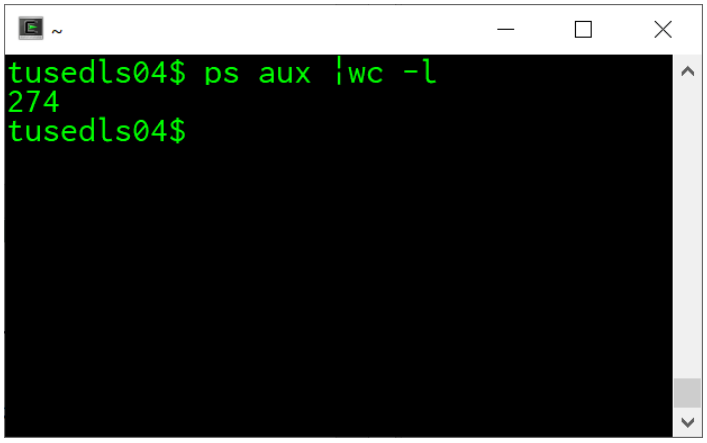
並列処理に関しては後の回で詳細に説明する

戻って・・・実験結果



CPUの数を確認

tusedls04は10個のCPU



現在のプロセスの数

274

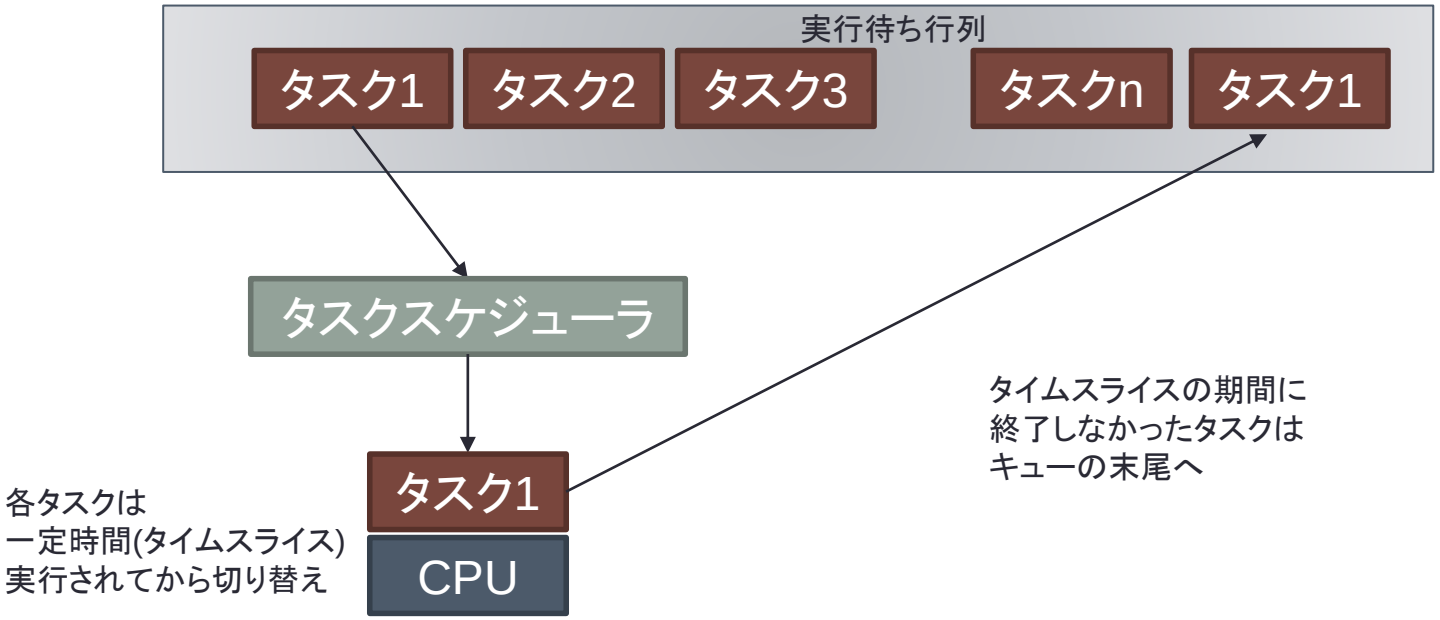
OSはCPUの数だけ並列処理させ，
他のプロセスは並行処理で見せかけの同時実行を行う
→では，どのタイミングで処理の切り替えを行う？

タスクスケジューリング

行うべきこと

「どのタスク(プロセス)」に「どのぐらいの時間実行」させて切り替えるか

最も原始的な方法：ラウンドロビン



ラウンドロビンの利点・欠点

- 利点
  - 各タスクに均等の実行時間を与えることが可能
  - 実装が簡単
  - 各タスクが同じような粒度であれば最適

- 欠点
  - 演算タスク
    - タイムスライス中ほぼCPUの処理を必要とする
  - 対話型タスク:
    - 入力待ちの時間が発生する
    - 入力された際の反応速度が重要

  - 同じタイムスライスでは不公平であり非効率
  - タスクのスケジューリングには不向き

Linuxカーネルのタスクスケジューラ(1991~2003年)

- nice値によるスケジューリング方式
  - nice値: タスクの実行優先度(-20～19) 小さい方が優先度が高い
  - 可変長タイムスライスを各タスクに持たせる

  - キューの中からタイムスライスが最も多いタスクを選択して実行する
    - 実行される時間は固定(tickの周期) tick:定期的に発生させるタイマ
  - 実行されたタスク(未終了タスク)は，以下の処理をしてキューに戻す
    - 実行された時間だけタイムスライスを減らす
    - 残り時間の1/2とnice値×(-1)の値を残りタイムスライスに加算

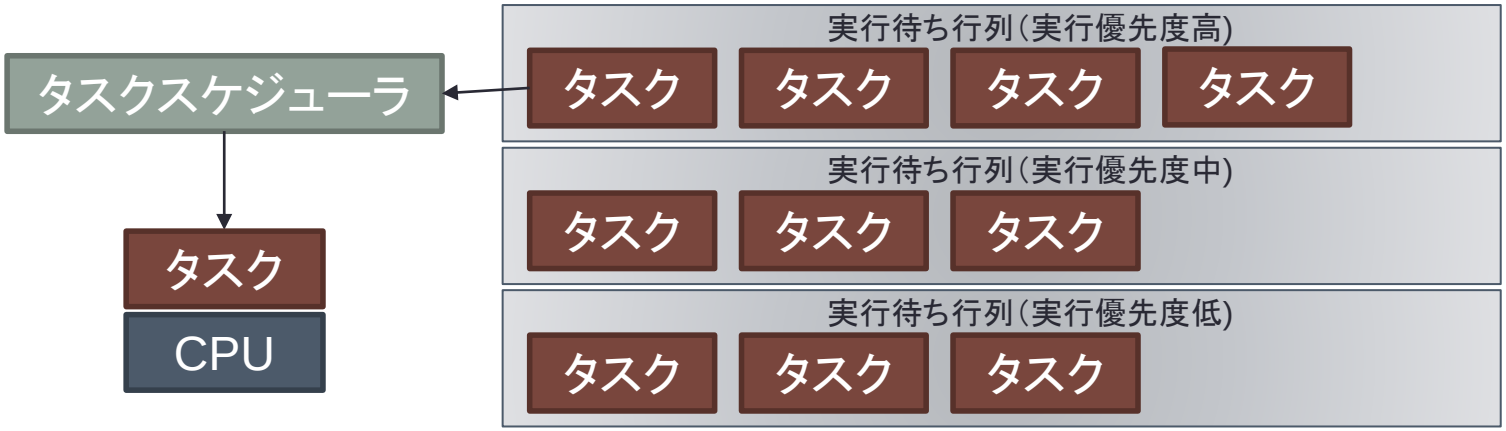
- 評価
  - 対話型タスクなどはタイムスタンプが長くなり，応答性が高くなる
  - 実行するタスクが少ない場合はうまくいく
  - タスク数が増えると，次の実行タスクを選ぶ処理，
    タイムスライスの再計算処理などのオーバーヘッドが無視できなくなる

どちらもキュー全体を線形探査

Linuxカーネルのタスクスケジューラ(2003~2007年)

O(1) order one スケジューラ

- Linuxカーネル2.6.0(2003) – 2.6.22(2007)
- アルゴリズム
  - 実行優先度別のキューを複数作る
  - 実行タスクは実行優先度の高いキューから選ばれる(先頭から)
    - 実行時間は固定時間(tick)
  - 実行優先度は，nice値とタスクのスリープ時間で算出する



キュー(待ち行列)の中のタスクがなくなったら次のキューが最優先キューになる

Linuxカーネルのタスクスケジューラ(2007年~)

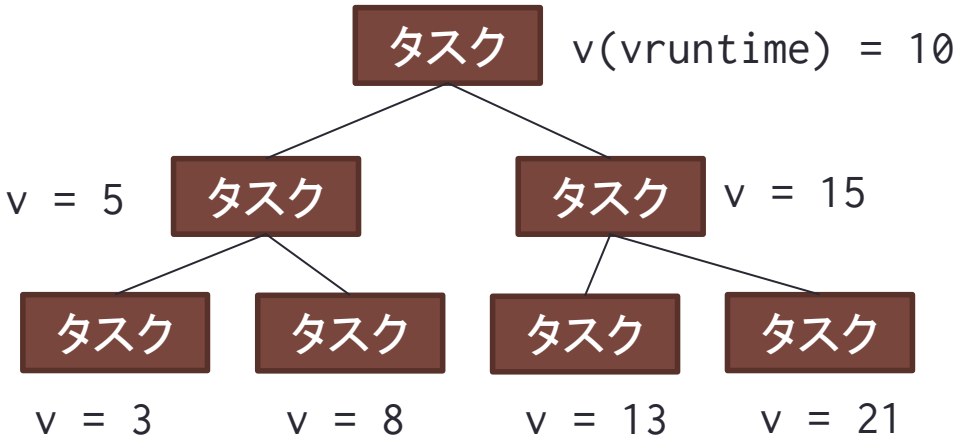
CFS(Completely Fair Scheduler)

- 各タスクがCPUで実行される時間を均一にする
- 実行タスクはCPU実行時間の少ないタスクが優先される
- CPU実行時間
  - 実際にCPUの実行に使った時間(≠CPUに割り当てられている時間)
  - 対話型などのスリープの多いタスクはあまり増加しない
  - 各タスクはvruntime(virtual run time)という実行時間総計の変数を持つ
    - 厳密にはvruntimeの値はnice値によって増減の度合いも異なる
      (nice値が低いほど増加しにくい)
  - キューではなくvruntimeをキーとした赤黒木(二分探索木の一種)で管理する
- タイムスライス(CPUに割り当てられる時間)
  - タイムスライス = 最低実行時間(デフォルト7ms) × タスクの重み(1.25 ^(nice*(-1)) ÷ タスクの重みの合計
  - niceが低い(優先度高)ほど，総タスク数が少ないほど タイムスライスが増える

Linuxカーネルのタスクスケジューラ(2007年~) 続き

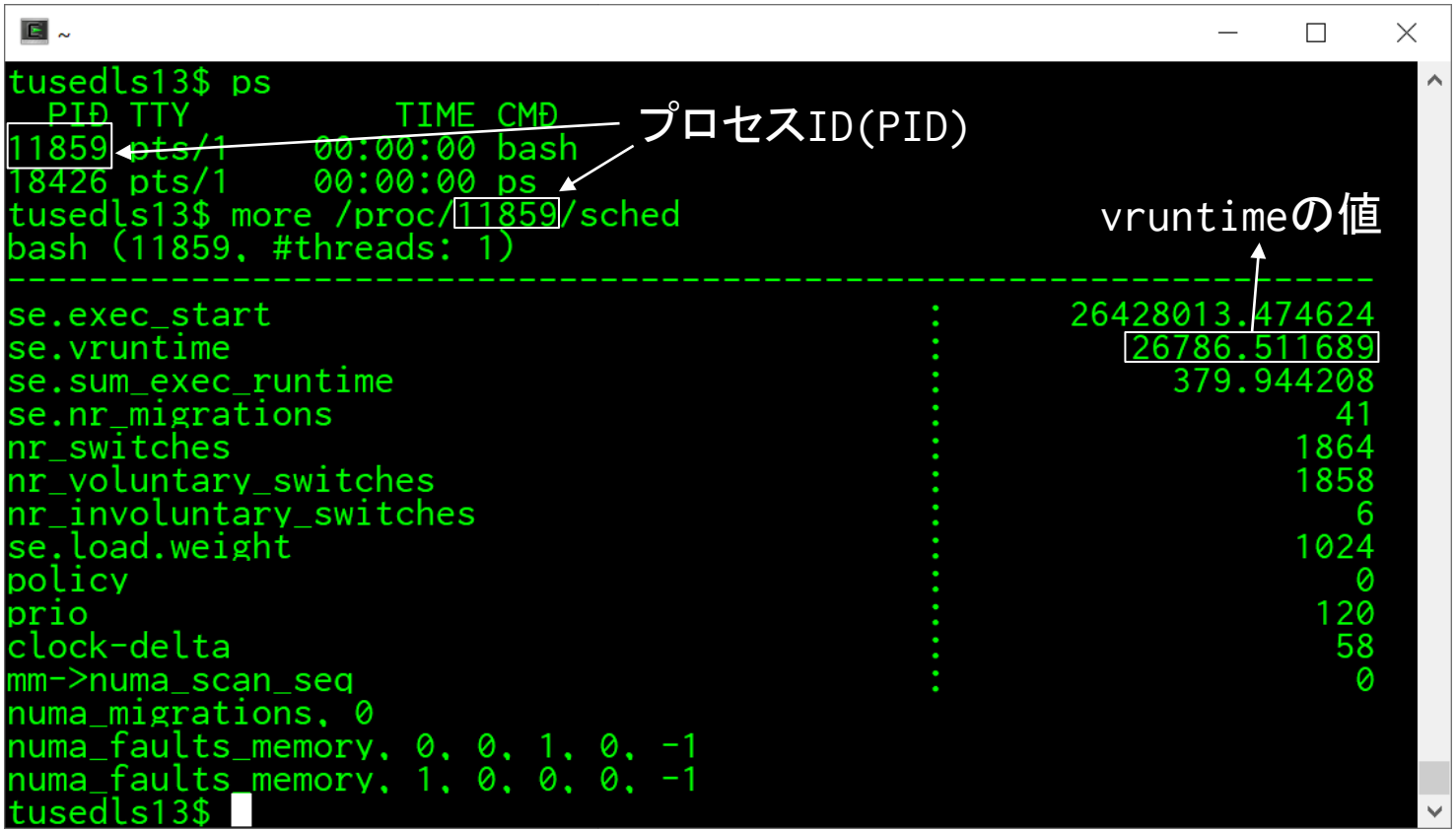
CFS(続き)

- 赤黒木
  - 二分探索木の一種
  - 最長のパスの長さが最短のパスの長さの2倍以内に収まる平衡木



  - タスク追加・削除・実行タスク選択等にかかる時間はO(log n)
    (線形リストの場合，実行タスク選択は1回で済むが，タスク追加でO(n)かかる)

vruntimeの確認



他のスケジューラアルゴリズム

- EDF(Earliest Deadline First)
  - ∠切の近いタスクからやる　　人間っぽい
  - CPU使用率100%になるとどれも間に合わない現象

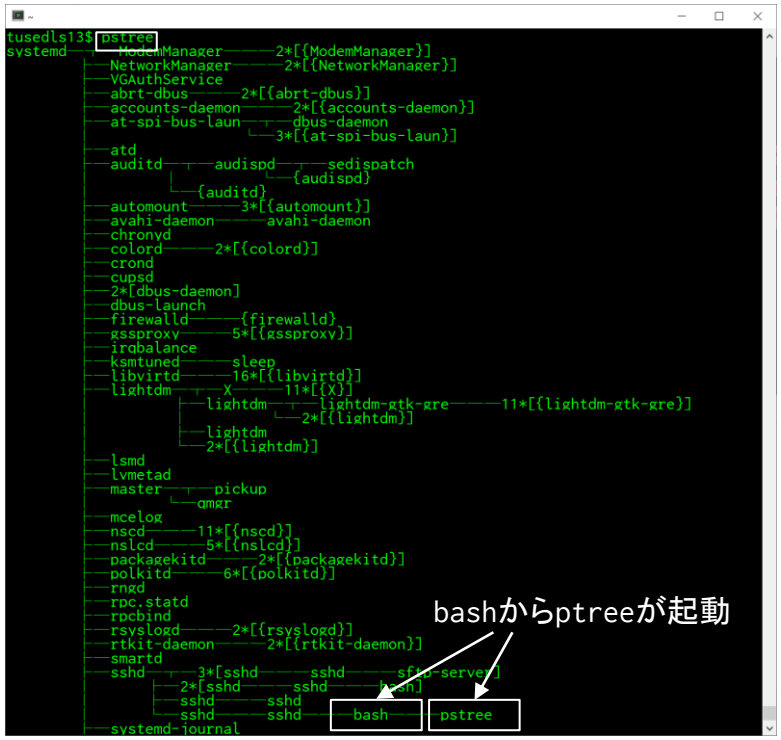
- 多段フィードバックキュー(Multilevel Feedback Queue)
  - 複数のFIFOキューで構成されており，先頭のFIFOが最も優先される

OSによるスケジューラの違い

- Linux
  - 多段フィードバックキュー
  - O(1)
  - CFS
- Windows
  - 多段フィードバックキュー (Windows Vista以降)
- MacOS
  - 多段フィードバックキュー

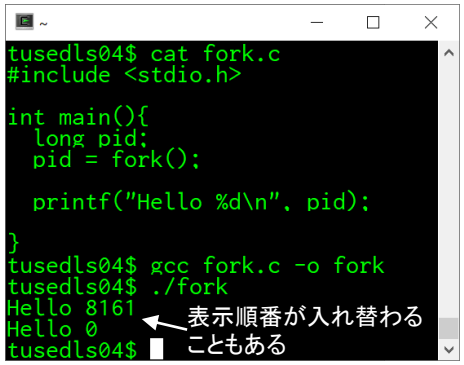
プロセスの親子関係

- プロセスは別の他のプロセス(親プロセス)から起動される
- すべてのプロセスの元のプロセスをinit プロセス(PID1 systemd)という
  - システム起動時にinitプログラムによって生成される
  - カーネルがディスクから読みだされ，システムを初期化し終わった直後に起動する



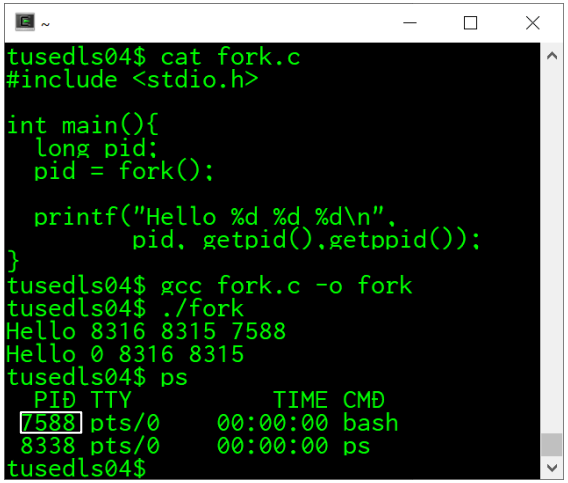
pstreeコマンドで親子関係を確認

プログラムで実験



fork()でプロセス生成
fork()の返り値pidには
- 親プロセスには子プロセスのPID
- 子プロセスは0　(-1)
- -1の場合はfork()失敗

fork()の返り値の型は厳密にはpid_t型(types.h)



getpid()でプロセス番号を得る
getppid()で親プロセス番号を得る

この例では
親(PID 8315)プロセスが子プロセス(PID 8316)を生成
親(PID 8315)プロセスの親はbash(PID 7588)

プロセス間通信

- プロセスは独立したメモリ空間を割り当てられるため，値の共有ができない
- プロセス間の通信をサポートするパイプ(pipe)を使用すると送受信が可能
- パイプは一方向　(二つ作成して双方向の送受信は可能)

パイプの実験

~

```
tusedls04$ cat pipe.c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main(){
  long pid;
  char buf[256];
  char str[256] = {"Hello"};
  int pi[2];

  pipe(pi); パイプ作成
  pid = fork();
  if(pid == 0) { //Child
    printf("Child(PID%d) to Parent(PID%d) > ", getpid(), getppid());
    scanf("%s",buf);
    write(pi[1], buf, strlen(buf)+1); パイプに送信
    strcpy(str,buf);
    printf("str=%s\n",str);
    close(pi[1]);
  }else{ //Parent
    read(pi[0],buf,256);  パイプから受信
    printf("Parent(PID%d) : %s\n",getpid(), buf);
    printf("str=%s\n",str);
    close(pi[0]);
  }
}
tusedls04$ gcc pipe.c -o pipe
tusedls04$ ./pipe
Child(PID9836) to Parent(PID9835) > abcdefg  標準入力へ
str=abcdefg
Parent(PID9835) : abcdefg
str=Hello
tusedls04$
```

子プロセスのstrは変わっているが　(メモリ空間が独立のため)
親プロセスのstrは変わっていない

まとめ

- プロセスはカーネルの機能の一つである
- プログラムの実行単位であり，プログラムが計算機資源を占有しているように見せかける
- プロセスへの割り当てメモリは独立(パイプで共有は可能)
- カーネルはプロセス単位で並行処理を行う
- 並行処理を行うための実行切り替えのアルゴリズムが複数ある
  - ラウンドロビン
  - nice値によるスケジューリング
  - O(1)スケジューリング
  - CFS(Completely Fair Scheduler)
- プロセスは親子関係がある

質問あればどうぞ