プログラミング技法

第5回演習

資料は

http://www-hiraki.is.s.u-tokyo.ac.jp/lectures/prog_giho/

先週と同内容です

今日の目標

- 新しい課題に挑戦――　Sorting
  - データを1次元の大小順に並べ直す
- アルゴリズムの大事さ/実装の速さの関係
- 3言語全部でSORT問題を書く（Optional）

一番簡単なSortingを演習ページに置いた

何故実行時間が変わるか

- 実行時間　＝　実行命令数＊1命令実行時間
- 1命令実行時間(平均)　＝
  クロック時間　/　平均並列実行数　(IPC)
- クロック時間　⇐　半導体テクノロジ、消費電力
  - 現在は1GHzから4GHz
- IPC(Instructions Per Second)
  - アーキテクチャ技術、現在は2から8
  - メモリ待ち時間、I/O待ち時間が下げる

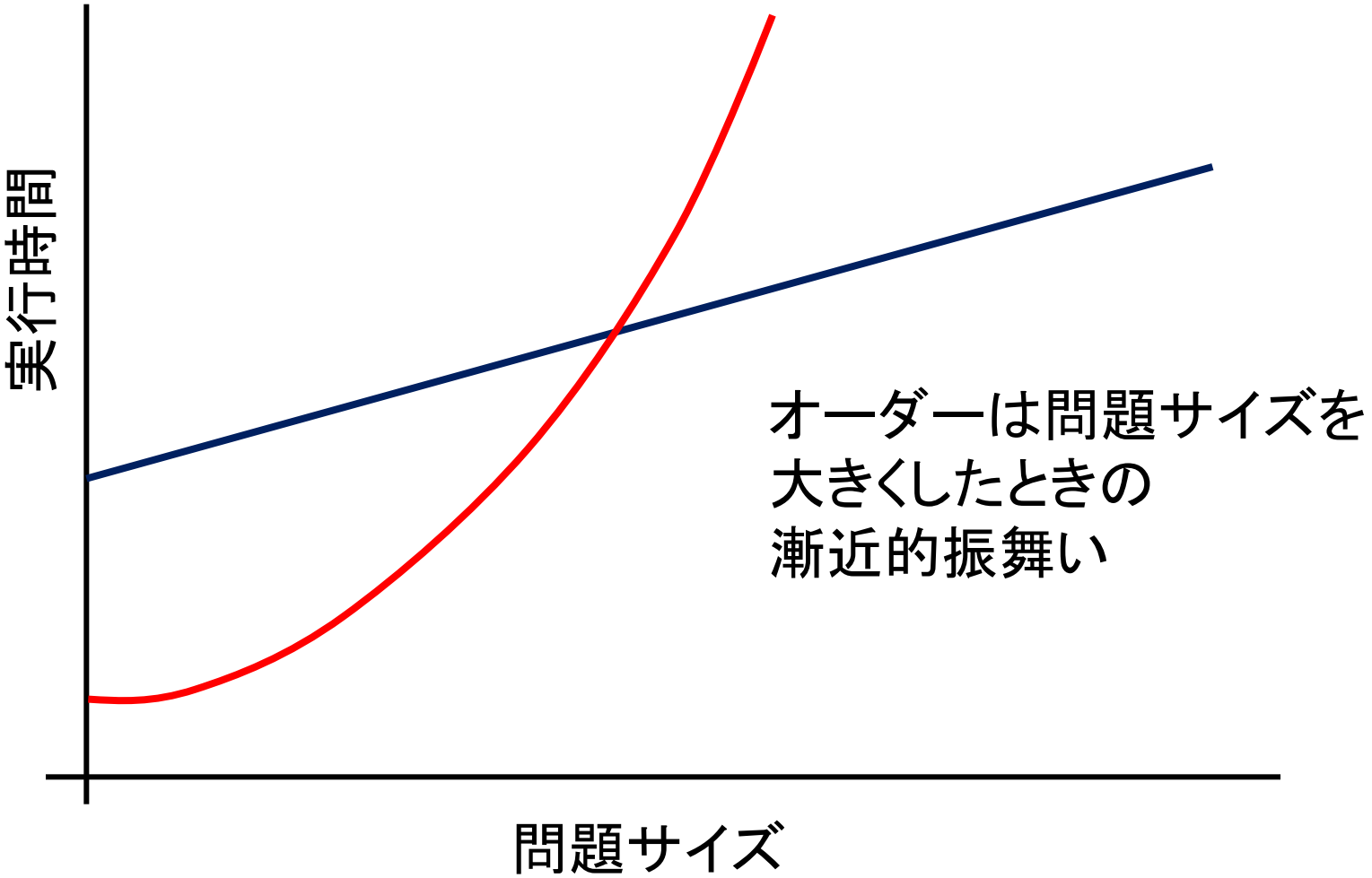
何故実行時間が変わるか

- 実行時間　＝　実行命令数＊1命令実行時間
- 実行命令数　＝　本質的命令数　＋
  プログラムにある無駄？命令数
  OSのオーバーヘッド

- 本質的命令数　＝アルゴリズムと入力データ
  が決める本質的操作数

実行時間とオーダー

- 例のプログラム　　バブルソート　　$O(n^2)$



アルゴリズムの最良・平均・最悪

- 上界、下界とも少し違う概念
- 平均は全ての入力パタンの結果の平均とか

- クイックソート　良く知られているが、実際にはさほど使われない
  - 最良　$n \log n$ に比例
  - 平均　$n \log n$
  - 最悪　n^2　に比例（入力データが逆順に整列）

入力に癖があることは、場面によるが少なくない

アルゴリズムを変える

- バブルソートは計算回数が$O(n^2)$の遅いアルゴリズム

- 良く知られている速いアルゴリズムは
  - Quick Sort
  - Merge Sort
  - Radix Sort　などいろいろある。
- 本やWebページで探して、実装して速度比較

基本操作回数とは？

- Sort問題　⇒　2個のデータの比較と交換
- 行列積　⇒　2個の数の積回数＋和回数

- 多くの問題では、両方が関係
  - メモリアクセス回数
  - 演算回数（比較は引き算）
  - 条件判定回数

基本操作の速度

- 命令実行速度は一定でない
  - 10から100倍違うこともある
  - キャッシュメモリのヒット率
    - メインメモリはL1キャッシュの100倍くらい遅い
  - 分岐予測の成功率
    - 失敗すると分岐命令時間が10倍
  - 命令間の依存関係の有無
    - 依存関係が悪いと並列度が1になる（4倍遅い）
  - 演算器のとりあい

実行結果例(on Mac/Linux)

Mac環境 = Xeon W3520, OSX 10.10.5, Apple LLVM 7.0.0 (clang-700.0.72) -Ofast, JDK 1.6.0_65 (Server VM), ruby 2.0.0p481

C

500,	0.000184,	0.000184,	0.000183,	0.000184,
2000,	0.002883,	0.002933,	0.002883,	0.002919,
4000,	0.011710,	0.011664,	0.011635,	0.011806,
6000,	0.025798,	0.025814,	0.026381,	0.025532,
8000,	0.046585,	0.045872,	0.044729,	0.045478,
10000,	0.071115,	0.071065,	0.069996,	0.071442,

Java

500,	0.003559,	4.5E-4,	2.03E-4,	1.97E-4,
2000,	0.002943,	0.002998,	0.00296,	0.002939,
4000,	0.011844,	0.011839,	0.011813,	0.011724,
6000,	0.026704,	0.026679,	0.026775,	0.026665,
8000,	0.047838,	0.047576,	0.047828,	0.04762,
10000,	0.075231,	0.074106,	0.074147,	0.074319,

Ruby

500,	0.041676,	0.041382,	0.041463,	0.041565,
2000,	0.653054,	0.651173,	0.651091,	0.652389,
4000,	2.608098,	2.603893,	2.649164,	2.641159,
6000,	5.869905,	5.920909,	5.938819,	5.904991,
8000,	10.525021,	10.507519,	10.531742,	10.473472,
10000,	16.40252,	16.862218,	16.603004,	16.376962,

Linux環境 = Core i7-920, CentOS 7.1, GCC 4.8.3 -O3, JDK 1.8.0_60, Ruby 2.0.0p598

C

500,	0.000185,	0.000190,	0.000185,	0.000185,
2000,	0.002933,	0.002934,	0.002937,	0.002937,
4000,	0.011639,	0.011679,	0.011641,	0.011637,
6000,	0.026111,	0.026138,	0.026152,	0.026173,
8000,	0.046522,	0.046382,	0.046380,	0.046361,
10000,	0.072390,	0.072400,	0.072404,	0.072378,

Java

500,	0.005704471,	0.001819815,	5.43581E-4,	2.07921E-4,
2000,	0.003087148,	0.003086791,	0.00295379,	0.003080792,
4000,	0.011716112,	0.011834578,	0.011823093,	0.011849949,
6000,	0.026388724,	0.02649999,	0.026641345,	0.026638378,
8000,	0.047312579,	0.047174071,	0.047170846,	0.047277527,
10000,	0.073556909,	0.073694132,	0.074268603,	0.074842909,

Ruby

500,	0.050006323,	0.042032965,	0.037384864,	0.033574135,
2000,	0.495958805,	0.49685297,	0.496542461,	0.496584893,
4000,	1.984901537,	1.984239613,	1.98564696,	1.983702763,
6000,	4.469238888,	4.473405921,	4.510673699,	4.468921489,
8000,	7.941280614,	7.940602592,	7.9413131,	7.946932947,
10000,	12.40263134,	12.37210187,	12.36273734,	12.379538527,