

# データ構造と アルゴリズム

2019年4月－7月

教員名：松井くにお

研究室：67・106（やつかほ）内線：75-2206

E-mail: kmatsui@neptune.kanazawa-it.ac.jp

# この授業について

## ■ 教室と時間

- 2EP2クラス: 水曜1限 @ 23.323
- 2EP3クラス: 水曜2限 @ 23.323

## ■ オフィスアワー

- 火曜5限、場所は 21.405室
- できるだけ事前にメールでアポをとって下さい。
- これ以外の時間帯: 必ずメールでアポをとって下さい。

## ■ 教科書

- アルゴリズムとデータ構造 第2版[森北出版]

# 学習計画

## データ構造とアルゴリズム（松井クラス）講義日程と内容（予定）

2EP2、2EP3 @23.323

第1版 4月10日

日付		曜日	講義回数	学習内容
4月	10日	(水)	第1回	授業のガイダンス, アルゴリズムの基礎, 時間計算量
	17日	(水)	第2回	基本データ構造 (配列とリスト, スタックとキュー)
	24日	(水)	第3回	アルゴリズムにおける基本概念 (木, 再帰)
5月	8日	(水)	第4回	データの探索
	15日	(水)	第5回	ソートアルゴリズム1 (選択ソート, 挿入ソート)
	22日	(水)	第6回	ソートアルゴリズム2 (クイックソート, マージソート)
	29日	(水)		休講
	31日	(金) 4限	第7回	ソートアルゴリズムのまとめ 2クラス合同小テスト (教室は23・221)
6月	5日	(水)	第8回	グラフアルゴリズム1 (グラフとそのデータ構造)
	12日	(水)	第9回	グラフアルゴリズム2 (重み付きグラフ, 最短経路探索)
	19日	(水) 2EP2穴水	第10回	総合演習／アルゴリズム設計手法 (2EP3)
	26日	(水) 2EP3穴水	第11回	アルゴリズム設計手法 (2EP2)／総合演習
7月	3日	(水)	第12回	総復習
	10日	(水)	第13回	達成度確認試験の過去問
	19日	(金) 4限	第14回	2クラス合同達成度確認試験 (教室は23・221) アルゴリズムの限界
	24日	(水)		休講
	31日	(水)	第15回	試験の解答、総復習、自己点検

# 授業の概要

## ■ データ構造

- データのコンピュータへの格納形式

## ■ アルゴリズム

- 問題を解くための処理の手順(抽象化したプログラム)

## ■ 良いプログラム

- 良いデータ構造＋良いアルゴリズム
- (＋良い書き方→プログラミングの講義)

## ■ この講義

- 良いプログラムのための理論的基盤

## ■ アルゴリズムをプログラムとして確認

- →情報工学実験Iなど

# 学習上の助言

## ■ PC持参

- 毎回の講義で適宜パソコンを利用してよい

## ■ 予習

- 学習支援計画書はネットで見ること

## ■ ダウンロードできるもの

- 講義日程
- 講義資料
- レポート課題

# 行動目標と評価方法

## ■ 行動目標

- 各種データ構造を十分理解し, 適切に使いこなせる
- 各種アルゴリズムを十分理解し, 適切に使いこなせる
- 計算量の観点からアルゴリズムの善し悪しを見分けることができる
- 問題に対して, 最適なアルゴリズムとデータ構造を選択できる

## ■ 評価方法

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| ➤ 達成度確認試験     | 40%(40点満点の試験1回)   |
| ➤ 小テスト(中間テスト) | 40%(40点満点の試験1回)   |
| ➤ レポート        | 20%(各種提出物, 問題演習等) |

## 毎回の授業時間の使い方

- 40分程度：その回の学習事項の説明
- 20分程度：出席課題
- 10分程度：出席課題の解答と解説→回収
  - 出席課題の提出＝出席で、出席していても、時間中の提出がなければ欠席とする.
- 30分程度：レポート課題を出題するので、それを解く.
  - 解答した用紙を次回までに提出する. →レポート点

## 課題は2種類

### ■ 出席課題（用紙は講義中配布のみ）

- ごく簡単な基礎的な問題. この課題で出席確認する.
- 講義中に解答まで行うので, 自分で○付けをしたのち提出する. 基本は毎週行う.

### ■ レポート課題（用紙は講義中配布＋ダウンロード）

- 標準的な難易度の問題. 解答は後日行う.
- 時間中に提出しても良く, 次回の講義開始時までには提出すること. 1回提出＝レポート点2点の予定.



# 出席

- 講義回数：全15回（2回の試験を含む）
- 出席の取り方
  - 出席課題用紙を提出する。講義時間中に配布する専用用紙のみ認め、普通のレポート用紙や課題レポート用紙は駄目である。なお、白紙での提出も認めない。
- 注意
  - 単位認定には2／3の出席が必要である。
  - 6回欠席すると試験点数等に関係なくF判定（不合格）になる。

# 欠席／公欠

## ■ 通常講義の欠席

- 連絡は不要. 講義内容はウェブページからダウンロードできるスライド, 講義記録などを参照すること. その回の課題レポートをレポート提出箱または次回講義時に提出すること.

## ■ 小テストや試験の欠席

- 寝坊と受け忘れは×, 公欠, 病気や事故の場合のみ, 予備日に試験を受けられる.

## ■ 公欠

- 教務課に手続きを取ること. (教務課から連絡がある場合のみ公欠の扱いをする.)

# アルゴリズムとは

## ■ アルゴリズム

- 問題を解く手順
- プログラムを抽象化したもの
  - 正式には疑似プログラムで表現(プログラムのように見えるがそのままでは動かない)＝考え方のプロセスを表現(cf.教科書1.4)
  - フローチャートで表現するものもある
- 複数あるプログラムを評価してベストなもの(最も効率的な計算を行なえるもの)を決めるために使うのが「時間計算量」

# 時間計算量とオーダー記法

## ■ 時間計算量＝演算個数

- ＋、－、×、÷、比較、データの入れ替えなど

## ■ 演算個数＝データ個数( $n$ で表す)の関数

## ■ 時間計算量＝ $n + 1, 3n^2, 2^n$

- 一般に  $n \rightarrow \infty$  の時に大きくなる項を考える
- そして係数を取る(関数の形だけを考える)

## ■ オーダ記法

- アルファベット文字「 $O$ 」(斜体字:オー)
- 例)  $3n + 1 = O(n)$  (オーダーエヌ)

# 代表的な関数の漸近的な大小関係

## ■ 漸近的な時間計算量を考える参考

$$\log n < \sqrt{n} < n < n \log n < n^2 < n^3 < n^4 < 2^n < n!$$

$\log_{10} n$	$\text{root } n$	$n$	$n \log_{10} n$	$n^2$	$n^3$	$n^4$	$2^n$	$n!$
0	1	1	0	1	1	1	2	1
1	3.1623	10	10	100	1000	10000	1024	3628800
2	10	100	200	10000	1E+06	1E+08	1E+30	9.3326E+157
3	31.623	1000	3000	1E+06	1E+09	1E+12	1E+301	#NUM!
4	100	10000	40000	1E+08	1E+12	1E+16	#NUM!	#NUM!
5	316.23	100000	500000	1E+10	1E+15	1E+20	#NUM!	#NUM!
6	1000	1000000	6000000	1E+12	1E+18	1E+24	#NUM!	#NUM!

# テニスボールの不良品発見の問題

## 教科書P.3 の問題

$n$  個のテニスボールがある. このテニスボール1 個の重さは100 g であるが,  $n$  個のうち1 つだけ重さが95 g の不良品である. 重さが測定できるはかりを用いて, この不良品のテニスボールをみつけよ.

# 異なるアルゴリズム

## アルゴリズム1.2

入力:  $n$  個のテニスボール  $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$

アルゴリズム:

- ①  $i = 1$  とする.
- ② テニスボール  $b_i$  をはかりに載せる.
- ③  $b_i$  の重さが  $100\text{ g}$  ならば,  $i$  を1だけ増加させて②, ③の操作を繰り返す.  $b_i$  の重さが  $95\text{ g}$  ならば, そのボールを不良品としてアルゴリズムを終了する.

1つずつ測る

## アルゴリズム1.3

入力:  $n$  個のテニスボール  $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$

アルゴリズム:

- ① テニスボールを約半分ずつの2つの集合 ( $B_1$  と  $B_2$ ) に分ける.
- ② テニスボールの集合  $B_1$  をはかりに載せる.
- ③  $B_1$  の重さが  $100$  の倍数ならば, テニスボールの集合  $B_2$  に不良品があり,  $B_1$  の重さが  $100$  の倍数でなければ, 不良品は  $B_1$  の中にある. このとき, 不良品の含まれているほうのボールの集合に対して, 以下の操作を行う.
  - a. 不良品の含まれているボールの集合に1つのボールしかなければ, そのボールを不良品としアルゴリズムを終了する.
  - b. 不良品の含まれているボールの集合に複数のボールが含まれていれば, そのボールの集合を①と同様に2つの集合  $B_1$  と  $B_2$  に分けて, ②, ③の操作を繰り返す.

全体を半分に分けて測る

# アルゴリズムの実行時間

- アルゴリズム1.2では測定回数が異なる
- アルゴリズム1.3では測定回数が一定

	アルゴリズム 1.2	アルゴリズム 1.3
最良時間計算量	10	$10 \log_2 n$
最悪時間計算量	$10n$	$10 \log_2 n$

テニスボール の数 $n$	アルゴリズム 1.2		アルゴリズム 1.3
	$b_1$ が不良品の場合	$b_n$ が不良品の場合	
10	10 秒	100 秒	$10 \times \log_2 10 = \text{約 } 40 \text{ 秒}$
100	10 秒	1000 秒	$10 \times \log_2 100 = \text{約 } 70 \text{ 秒}$
1000	10 秒	10000 秒	$10 \times \log_2 1000 = \text{約 } 100 \text{ 秒}$
10000	10 秒	100000 秒	$10 \times \log_2 10000 = \text{約 } 140 \text{ 秒}$
100000	10 秒	1000000 秒	$10 \times \log_2 100000 = \text{約 } 170 \text{ 秒}$



# 第1週出席課題

【出席課題】 学籍番号：

クラス・番号：

氏名：

以下の文章の①～⑤について、それぞれ正しい記号を下から選べ。正しい記号が複数存在する場合はすべて列挙せよ。

アルゴリズムの時間計算量は、(①)。また、問題Pの入力サイズが $n$ であるとき、この問題Pに対するアルゴリズムAの最良時間計算量を $T_B(n)$ 、最悪時間計算量を $T_W(n)$ とすると、(②)である。

入力サイズが $n$ の問題Xを解く2つのアルゴリズムA, Bの時間計算量が、それぞれ、

$$T_A(n) = n^5 + 2^n + \log_2 n$$

$$T_B(n) = \sqrt{n} + n^2 - n$$

だとする。このとき、 $T_A(n) = (③)$ であり、 $T_B(n) = (④)$ である。また、非常に大きな $n$ に対してアルゴリズムAとBの実行速度を比較すると、(⑤)。

- ①: a. アルゴリズムの評価基準である  
b. どのような入力に対してもつねに同じである  
c. 一般に入力サイズの関数を用いて表される  
d. 大きいほうが良いアルゴリズムである
- ②: a. つねに $T_B(n) < T_W(n)$       b. つねに $T_B(n) > T_W(n)$   
c. つねに $T_B(n) \leq T_W(n)$       d.  $T_B(n)$  と  $T_W(n)$  は比較不能
- ③: a.  $O(n^5)$    b.  $O(2^n)$    c.  $O(\log_2 n)$    d.  $O(1)$
- ④: a.  $O(\sqrt{n})$    b.  $O(n^2)$    c.  $O(n)$    d.  $O(1)$
- ⑤: a. A のほうがB より高速に動作する  
b. B のほうがA より高速に動作する  
c. A とB はほぼ同じ速度で動作する  
d. A が速い場合もあればB が速い場合もある

# 第1週レポート課題

【レポート課題】 学籍番号：

クラス・番号：

氏名：

1. あるアルゴリズムの計算時間が,  $n$  個のデータに対して

$$65536n^2 + 1024en + 128n\log(n)$$

であるとき, このアルゴリズムの時間計算量は何か? 最適なものに○をつけなさい。

選択肢

(A)  $O(n)$  (B)  $O(n^2)$  (C)  $O(\log(n))$


(D)  $O(n\log(n))$  (E)  $O(e^n)$  (F) (A)~(E)に正解はない

2. 解答群に示すような時間計算量のアルゴリズムがあったとき,  
 $n \rightarrow \infty$ の極限を考えて計算時間が短い順に並べなさい。

解答群

A.  $O(n)$    B.  $O(n \log(n))$    C.  $O(\log(n))$    D.  $O(e^n)$    E.  $O(n^2)$

(計算時間が短い)      (計算時間が長い)



3. 計算時間が以下の各式であったとき, その時間計算量をオーダー記法で示せ. なお,  $n$  は問題サイズであり, 自然数とする.

(1)  $4n^2 + 1024n + 65536$

(2)  $n + \log_2 n$

(3)  $n + e^n$  ( $e$  は自然対数の底で,  $2.718\dots$ )

(4)  $1 + 2 + \dots + n$