



計算機科学基礎実験
第一回レポート
Rust によるプログラミング演習

情報科学科
Rai

2023 年 12 月 3 日

1. 課題内容

1.1. 課題 1: Rust でハローワールドを出力する

Rust のプログラミング言語を使用して、コンソールに「Hello, World!」と出力するプログラムを作成してください。

プログラムの実行結果は コード 1 のようになることを確認してください。

コード 1

```
$ cargo run
  Compiling hello-world v0.1.0 (/home/r4ai/Projects/hello-world)
  Finished dev [unoptimized + debuginfo] target(s) in 0.25s
  Running `target/debug/hello-world`
Hello, World!
```

1.2. 課題 2: Rust で FizzBuzz を実装する

Rust のプログラミング言語を使用して、1 から 100 までの整数を順番に出力するプログラムを作成してください。

ただし、以下の条件を満たすようにしてください。

- 3 の倍数の場合は「Fizz」を出力する
- 5 の倍数の場合は「Buzz」を出力する
- 3 の倍数かつ 5 の倍数の場合は「FizzBuzz」を出力する

プログラムの実行結果は以下になることを確認してください。

```
$ cargo run
Compiling fizzbuzz v0.1.0 (/home/r4ai/Projects/fizzbuzz)
Finished dev [unoptimized + debuginfo] target(s) in 0.25s
Running `target/debug/fizzbuzz`
1
2
Fizz
4
Buzz
Fizz
7
... (中略)
94
Buzz
Fizz
97
98
Fizz
Buzz
```

1.3. 課題 3: Rust でクイックソートを実装する

Rust のプログラミング言語を使用して、クイックソートを実装してください。

クイックソートは、与えられたいくつかの要素を、所定の順序にしたがって並び替えるソートアルゴリズムです。クイックソートには次の特徴があります (要素の個数を N とします)。

- 部分問題を再帰的に解くアルゴリズムである (分割統治法)
- 最悪時の計算量は $O(N^2)$
- 最良時と平均時の計算量は $O(N \log N)$

以下に示すアルゴリズムは、サイズ N の配列 A を昇順に並び替えるクイックソートの動作を表したものです。

$A[X]$ ($X = \lfloor \frac{N}{2} \rfloor$) を軸としてソートを行う。

1. 空の配列 L, R を用意し、次の操作を $i = 0, 1, \dots, N - 1$ について行う。
 1. $i = X$ ならば何も行わない。
 2. $i \neq X$ かつ $A[i] < A[X]$ ならば $A[i]$ を L の末尾に追加する。
 3. $i \neq X$ かつ $A[i] \geq A[X]$ ならば $A[i]$ を R の末尾に追加する。
2. L, R をクイックソートを用いて再帰的にソートする。空配列の場合は何も変わらない。
3. L の要素、 $A[X]$, R の要素をこの順につなげてできる配列を出力する。

参考文献：アルゴ式「Q.4 クイックソート」、<https://algo-method.com/tasks/442>

プログラムの実行結果は以下になることを確認してください。

```
$ cargo run
Compiling quicksort v0.1.0 (/home/r4ai/Projects/quicksort)
Finished dev [unoptimized + debuginfo] target(s) in 0.25s
Running `target/debug/quicksort`
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
```

2. アルゴリズム

2.1. 課題 1: Rust でハローワールドを出力する

以下に、ハローワールドを出力するアルゴリズムを示す。

1. 「Hello, World!」を出力する。

2.2. 課題 2: Rust で FizzBuzz を実装する

以下に、FizzBuzz を実装するアルゴリズムを示す。

1. $i = 1, 2, \dots, 100$ について、次の操作を行う。
 1. i が 3 の倍数かつ 5 の倍数ならば「FizzBuzz」を出力する。
 2. i が 3 の倍数ならば「Fizz」を出力する。
 3. i が 5 の倍数ならば「Buzz」を出力する。
 4. いずれでもない場合は i を出力する。

2.3. 課題 3: Rust でクイックソートを実装する

以下に、クイックソートを実装するアルゴリズムを示す。

1. $A[X]$ ($X = \lfloor \frac{N}{2} \rfloor$) を軸としてソートを行う。
2. 空の配列 L, R を用意し、次の操作を $i = 0, 1, \dots, N - 1$ について行う。
 1. $i = X$ ならば何も行わない。
 2. $i \neq X$ かつ $A[i] < A[X]$ ならば $A[i]$ を L の末尾に追加する。
 3. $i \neq X$ かつ $A[i] \geq A[X]$ ならば $A[i]$ を R の末尾に追加する。
3. L, R をクイックソートを用いて再帰的にソートする。空配列の場合は何も変わらない。
4. L の要素、 $A[X]$, R の要素をこの順につなげてできる配列を出力する。

3. プログラム

3.1. 課題 1: Rust でハローワールドを出力する

節 2.1 を Rust で実装したプログラムをコード 2 に示す。

コード 2: helloworld.rs

```
1 fn main() {  
2     println!("Hello, World!");  
3 }
```

3.2. 課題 2: Rust で FizzBuzz を実装する

節 2.2 を Rust で実装したプログラムをコード 3 に示す。

コード 3: fizzbuzz.rs

```
1 fn main() {  
2     for i in 1..=100 {  
3         if i % 15 == 0 {  
4             println!("FizzBuzz");  
5         } else if i % 3 == 0 {  
6             println!("Fizz");  
7         } else if i % 5 == 0 {  
8             println!("Buzz");  
9         } else {  
10            println!("{}", i);  
11        }  
12    }  
13 }
```

3.3. 課題 3: Rust でクイックソートを実装する

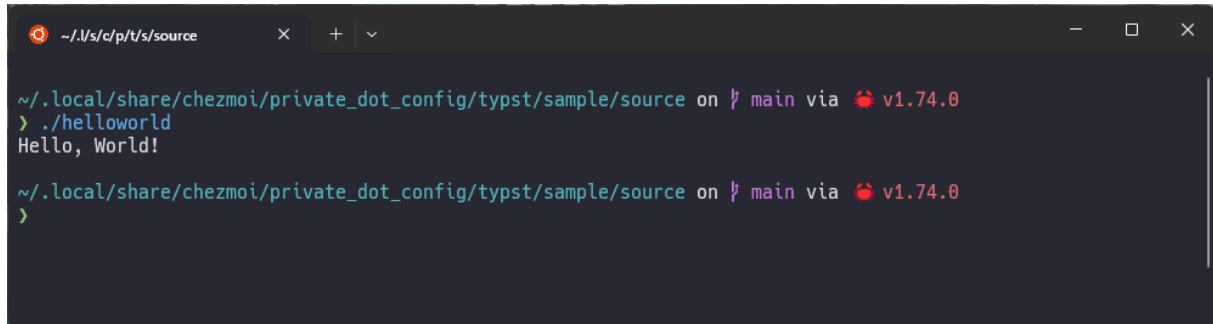
節 2.3 を Rust で実装したプログラムをコード 4 に示す。

```
1 fn quicksort<T: Ord + Copy>(a: &mut [T]) {
2     if a.len() <= 1 {
3         return;
4     }
5
6     let pivot = a.len() / 2;
7     let mut l = Vec::new();
8     let mut r = Vec::new();
9
10    for i in 0..a.len() {
11        if i == pivot {
12            continue;
13        }
14
15        if a[i] < a[pivot] {
16            l.push(a[i]);
17        } else {
18            r.push(a[i]);
19        }
20    }
21
22    quicksort(&mut l);
23    quicksort(&mut r);
24
25    for i in 0..l.len() {
26        a[i] = l[i];
27    }
28    a[l.len()] = a[pivot];
29    for i in 0..r.len() {
30        a[l.len() + 1 + i] = r[i];
31    }
32 }
33
34 fn main() {
35     let mut a = [6, 3, 8, 2, 9, 1, 4, 7, 5, 10];
36     quicksort(&mut a);
37     for i in 0..a.len() {
38         println!("{}", a[i]);
39     }
40 }
```

4. 実行結果

4.1. 課題 1: Rust でハローワールドを出力する

コード 2 を実行した結果を 図 1 に示す。

A terminal window with a dark background. The title bar shows the file path ~/I/s/c/p/t/s/source. The prompt is ~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0. The user enters ./helloworld and the output is Hello, World!. The prompt then changes to ~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0.

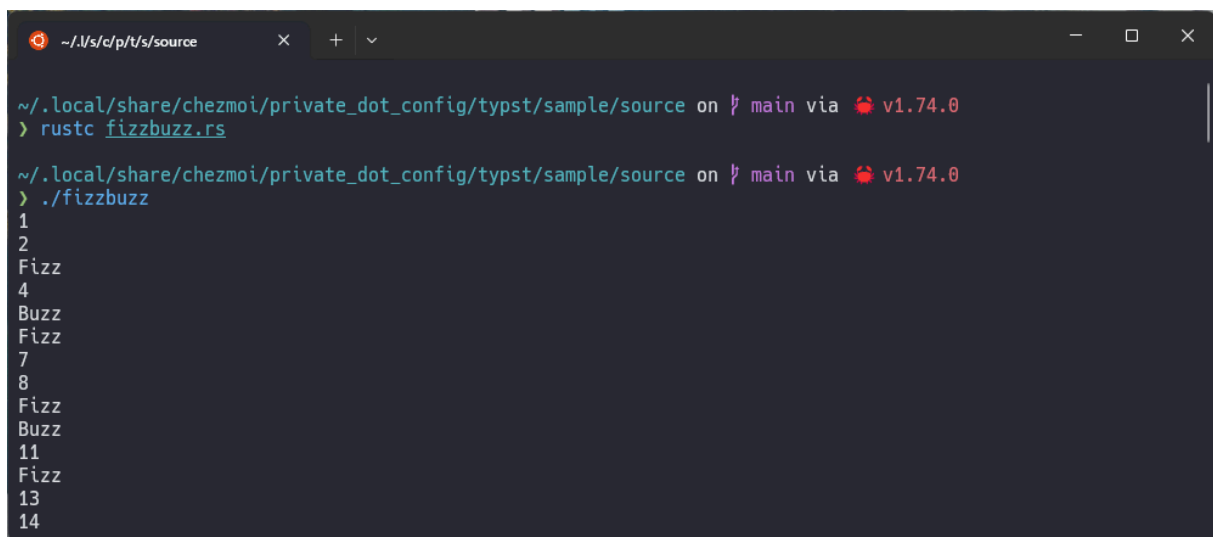
```
~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0
> ./helloworld
Hello, World!

~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0
>
```

図 1: helloworld.rs の実行結果

4.2. 課題 2: Rust で FizzBuzz を実装する

コード 3 を実行した結果を 図 2 に示す。なお、出力結果が長すぎるため、一部のみを抜粋している。

A terminal window with a dark background. The title bar shows the file path ~/I/s/c/p/t/s/source. The prompt is ~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0. The user enters rustc fizzbuzz.rs and then ./fizzbuzz. The output shows numbers 1 through 14, with Fizz and Buzz replacing multiples of 3 and 5 respectively. The prompt then changes to ~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0.

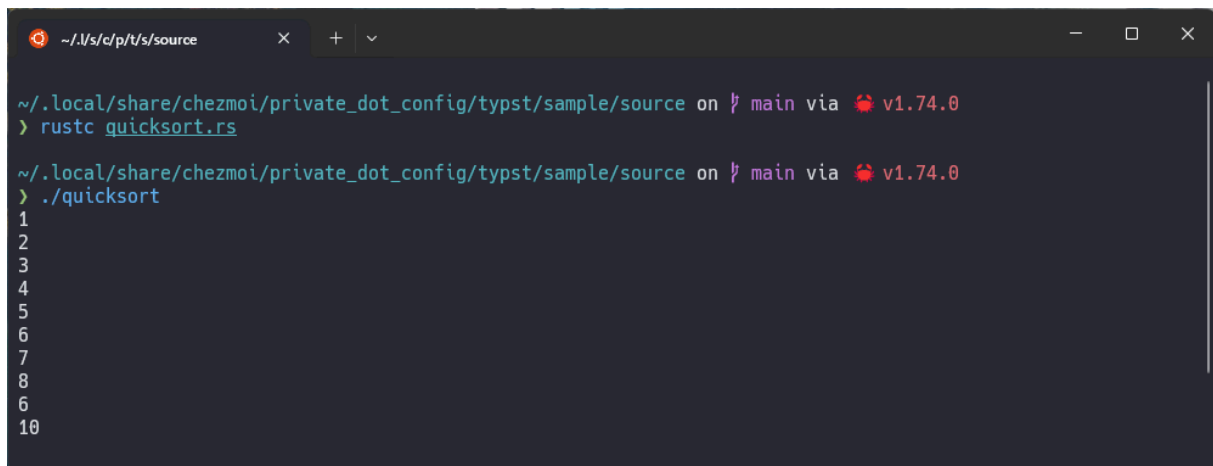
```
~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0
> rustc fizzbuzz.rs

~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via 1.74.0
> ./fizzbuzz
1
2
Fizz
4
Buzz
Fizz
7
8
Fizz
Buzz
11
Fizz
13
14
```

図 2: fizzbuzz.rs の実行結果

4.3. 課題 3: Rust でクイックソートを実装する

コード 4 を実行した結果を 図 3 に示す。



```
~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via v1.74.0
> rustc quicksort.rs

~/.local/share/chezmoi/private_dot_config/typst/sample/source on 1 main via v1.74.0
> ./quicksort
1
2
3
4
5
6
7
8
6
10
```

図 3: quicksort.rs の実行結果

5. 考察

5.1. 課題 1: Rust でハローワールドを出力する

Rust のプログラミング言語を使用して、コンソールに「Hello, World!」と出力するプログラムを作成した。

5.2. 課題 2: Rust で FizzBuzz を実装する

Rust のプログラミング言語を使用して、1 から 100 までの整数を順番に出力するプログラムを作成した。

5.3. 課題 3: Rust でクイックソートを実装する

Rust のプログラミング言語を使用して、クイックソートを実装した。クイックソートの計算量は、最悪時は式 (1)、最良時と平均時は式 (2) である。

$$O(N^2) \quad (1)$$

$$O(N \log N) \quad (2)$$

よって、クイックソートはバブルソートや挿入ソートと比較して、計算量が少ないアルゴリズムであると言える。また、クイックソートは並列化が容易であるため、並列計算に適しており、さらなる高速化が期待できる。

6. おまけ

6.1. 有名分布

6.1.1. 正規分布

X を確率変数、 $\mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0$ とする。 X の確率密度関数が、

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

となるとき、 X は平均 μ 、分散 σ^2 の正規分布に従うといい、 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ と表す。

6.1.1.1. 積率母関数の導出

$$\begin{aligned} E[e^{tX}] &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} f(x) \, dx \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \, dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} + tx\right] \, dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} + tx\right] \, dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{\{x - (\mu + \sigma^2 t)\}^2}{2\sigma^2} + \mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right] \, dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right] \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{\{x - (\mu + \sigma^2 t)\}^2}{2\sigma^2}\right] \, dx \end{aligned}$$

ここで、 $y = \frac{x - (\mu + \sigma^2 t)}{\sqrt{2\sigma^2}}$ とおくと、 $dy = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}} dx$ であり、

$$\begin{aligned} E[e^{tX}] &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right] \sqrt{2\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2} \, dy \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right] \sqrt{2\pi\sigma^2} \left(\because \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} \, dx = \sqrt{\pi} \right) \\ &= \exp\left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right] \end{aligned}$$

を得る。

よって、正規分布の積率母関数は、

$$E[e^{tX}] = \exp\left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2}\right]$$

である。

6.1.1.2. 期待値と分散の導出

積率母関数より、正規分布の期待値は、

$$\begin{aligned} E[X] &= \left. \frac{d}{dt} E[e^{tX}] \right|_{t=0} \\ &= \left. \frac{d}{dt} \exp \left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2} \right] \right|_{t=0} \\ &= (\mu + \sigma^2 t) \exp \left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2} \right] \Big|_{t=0} \\ &= \mu \end{aligned} \tag{3}$$

である。

また、正規分布の2次積率は、

$$\begin{aligned} E[X^2] &= \left. \frac{d^2}{dt^2} E[e^{tX}] \right|_{t=0} \\ &= \left. \frac{d}{dt} (\mu + \sigma^2 t) \exp \left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2} \right] \right|_{t=0} \\ &= \sigma^2 \exp \left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2} \right] + (\mu + \sigma^2 t)^2 \exp \left[\mu t + \frac{\sigma^2 t^2}{2} \right] \Big|_{t=0} \\ &= \sigma^2 + \mu^2 \end{aligned} \tag{4}$$

である。よって、式(3)と式(4)より正規分布の分散は、

$$\begin{aligned} V[X] &= E[X^2] - E[X]^2 \\ &= \sigma^2 + \mu^2 - \mu^2 \\ &= \sigma^2 \end{aligned}$$

である。