

# スタックの実装と応用

22060 211 古城隆人

2024 年 6 月 27 日

## 1 目的

スタックを用いたデータ構造を理解し、スタックを用いたプログラムを作成することで、スタックの基本的な操作を理解する。また、スタックを用いたハノイの塔のプログラムを作成し、理解を深める。

## 2 原理

### 2.1 スタック

スタックとはデータ構造の一種であり、データの追加や削除が限定的に行うことが出来る構造である。限定的にすることによりデータの数が増えてもデータの挿入や削除にかかる時間が一定になるという利点がある。スタックはデータが出入りする順番により、LIFO(Last In First Out)、FILO(First in Last out) と呼ばれる。スタックには以下の操作がある。

- push: スタックにデータを追加する
- pop: スタックからデータを取り出す

push を行うと、スタックの一番上にデータが追加される。pop を行うと、スタックの一番上のデータが取り出され、取り出したデータを削除する。

### 2.2 ハノイの塔

ハノイの塔は、3本の杭とその上に積まれた円盤からなるパズルである。移動のルールは以下の通りである。

- 1回の移動で1枚の円盤しか動かせない
- 小さい円盤の上に大きい円盤を乗せることはできない
- すべての円盤を移動させるとき、最初の杭から最後の杭に移動させる

杭を stack とみなすことが出来るため3個の stack を用いて実装を行う。

## 3 実験環境

実験環境を表1に示す。

項目	値
OS	windows10 上の wsl2(Ubuntu)
CPU	Intel Core i7
メモリ	8GB
コンパイラ	gcc 11.4.0

表1 実験環境

## 4 プログラムの設計と説明

### 4.1 スタックの実装

スタックの実装をするために最初にソースコード 1 に示す構造体を作成する。また、次に作成する関数の引数としてこの構造体のポインタを渡すことで、スタックのデータを操作することが出来る。作成する関数は表 2 の通りである。

関数名	説明
init	スタックの構造体を初期化する
pop	スタックからデータを取り出す
push	スタックに値を代入する
printStack	スタックの中身を表示する
pushTest	push 関数のテストを行う
popTest	pop 関数のテストを行う

表 2 作成する関数のリスト

#### 4.1.1 構造体

この構造体はスタックのデータを格納するためのものであり、データの格納数を HEIGHT で定義している。

ソースコード 1 stack.h

```
1 #define HEIGHT 5
2 struct Stack
3 {
4     int data[HEIGHT];
5     int volume;
6 };
```

#### 4.1.2 作成した関数

##### ・init 関数

表 3 init 関数

機能	スタック構造体の中にある配列を全部 0 で初期化する。
引数	struct Stack *stack : 初期化するスタックのポインタ
戻り値	なし

ソースコード 2 init 関数

```

1  void init(struct Stack *stack)
2  {
3      // スタックのすべての要素の値を 0 にする
4      // スタックに格納されているデータ数を 0 にする
5      for (int i = 0; i < HEIGHT; i++)
6      {
7          stack->data[i] = 0;
8      }
9      stack->volume = 0;
10 }

```

この関数では、スタックの中身を初期化するために、スタックの中身を 0 で初期化し、スタックの中身の個数を 0 にする。

• push 関数

表 4 push 関数

機能	スタックにデータを追加させる。
引数	struct Stack *stack : push したい stack のポインタ
戻り値	処理が正常に終了したら (int)0、エラーが出たら (int)-1

ソースコード 3 push 関数

```

1  int push(struct Stack *stack, int number)
2  {
3      // データを最上位に積み込む
4      // データの個数を増やす
5      if (stack->volume >= HEIGHT)
6      {
7          return -1;
8      }
9      stack->data[stack->volume] = number;
10     stack->volume++;
11     return 0;
12 }

```

この関数では、スタックにデータを追加するために、スタックの中身が満杯でないかを確認し、満杯でない場合はデータを追加し、スタックの中身の個数を増やす。

## • pop 関数

表 5 pop 関数

機能	スタックのデータを一番上から取り出して、そのデータを削除する。
引数	struct Stack *stack : pop したい stack のポインタ
戻り値	削除したデータの値 (int) を返すが、エラーが出たときは (int)-1 を返す

ソースコード 4 pop 関数

```
1  int pop(struct Stack *stack)
2  {
3      // 格納されているデータ個数のカウンタを減らす
4      // 取り出すデータを取り出す
5      // 取り出した場所を初期化する
6      if (stack->volume == 0)
7      {
8          return -1;
9      }
10     stack->volume--;
11     int result = stack->data[stack->volume];
12     stack->data[stack->volume] = 0;
13     return result;
14 }
```

この関数では、スタックの中身があるかを確認し、中身がある場合はスタックの中身の個数を減らし、スタックの一番上のデータを取り出し、その場所を初期化する。

## • printStack 関数

表 6 printStack 関数

機能	スタックの中身を表示する。
引数	struct Stack *stack : 表示したい stack のポインタ
戻り値	なし

ソースコード 5 printStack 関数

```
1  void printStack(struct Stack stack)
2  {
3      // スタックに格納されている値をスタックされている順番に 1 行に表示
4      for (int i = stack.volume - 1; i >= 0; i--)
5      {
6          printf("%d ", stack.data[i]);
7      }
8      printf("\n");
9  }
```

この関数では、スタックの中身を表示するために、スタックの中身をスタックされている順番に表示する。

#### • pushTest 関数

表 7 pushTest 関数

機能	push 関数のテストを行う。成功したら push 関数の戻り値が 0 になるため、 if 文を使い結果を出力する
引数	struct Stack *stack : push したい stack のポインタ num: push する値
戻り値	なし

ソースコード 6 pushTest 関数

```
1 void pushTest( struct Stack *stack,int num)
2 {
3     // push関数のテスト
4     // push関数の戻り値が0ならSUCCESS、-1ならFAILUREを表示
5     printf("push (%d) ",num);
6     if(push(stack, num) == 0){
7         printf("SUCCESS\n");
8     }else{
9         printf("FAILURE\n");
10    }
11    // スタックの中身を表示
12    printf("data : ");
13    printStack(*stack);
14 }
```

この関数では、push 関数のテストを行うために、push 関数の戻り値が 0 かどうかを確認し、結果を出力する。

#### • popTest 関数

表 8 popTest 関数

機能	pop 関数のテストを行う。pop に失敗したら pop 関数の戻り値が-1 になるため、 if 文を使い結果を出力する
引数	struct Stack *stack : pop したい stack のポインタ
戻り値	なし

---

```
1  void popTest( struct Stack *stack)
2  {
3      printf("pop ");
4      int result = pop(stack);
5      printf("(%d) ",result);
6      if(result == -1){
7          printf("FAILURE\n");
8      }else{
9          printf("SUCCESS\n");
10     }
11     printf("data : ");
12     printStack(*stack);
13 }
```

---

## 4.2 ハノイの塔

2.2 でも示した通り、ハノイの塔は3本の杭とその上に積まれた円盤からなるパズルである。そのため、3個の stack を用いて実装を行う。ハノイの塔のために作成する関数は表9の通りである。

関数名	説明
enableStack	移動可能かどうかを判別する
checkFinish	終了したかどうかを判別する

表9 作成する関数のリスト

### 4.2.1 作成する関数

- enableStack: 移動可能かどうかを判別する、関数の仕様は表10に示す。
- checkFinish: 終了したかどうかを判別する、関数の仕様は表11に示す。
- top: スタックの一番上のデータを取得する、関数の仕様は表12に示す。

#### • enableStack 関数

表10 enableStack 関数

機能	移動可能かどうかを判別する。移動可能なら1を返し、不可能ならを返す。
引数	struct Stack stack1: 移動元の stack のポインタ struct Stack stack2: 移動先の stack のポインタ
戻り値	移動可能なら1、不可能なら0を返す。

ソースコード7 enableStack 関数

```
1  int enableStack(struct Stack fromTower, struct Stack toTower)
2  {
3      /* 移動可能である条件に応じて返り値を返す */
4      if (fromTower.volume == 0)
5      {
6          return 0;
7      }
8      else if (toTower.volume == 0)
9      {
10         return 1;
11     }
12     else if (top(fromTower) < top(toTower))
13     {
14         return 1;
15     }
16     else
17     {
```



```

18         return 0;
19     }
20 }

```

この関数では、移動可能かどうかを判別するために、移動元のスタックの中身がない場合は移動不可能、移動先のスタックの中身がない場合は移動可能、移動元のスタックの一番上のデータが移動先のスタックの一番上のデータより小さい場合は移動可能、それ以外の場合は移動不可能とする。

#### • checkFinish 関数

表 11 checkFinish 関数

機能	終了したかどうかを判別する。終了したら 1 を返し、終了していないなら 0 を返す。
引数	struct Stack *stack1 : 終了判定する stack のポインタ struct Stack *stack2 : 終了判定する stack のポインタ
戻り値	終了したら 1、終了していないなら 0 を返す。

ソースコード 8 checkFinish 関数

```

1  int checkFinish(struct Stack tower, int blocks)
2  {
3      // ブロックが初期状態と同じ状態かチェックする
4      for (int i = 0; i < blocks; i++)
5      {
6          if (tower.data[i] != blocks - i)
7          {
8              return 0;
9          }
10     }
11     return 1;
12 }

```

この関数では、終了したかどうかを判別するために、スタックの中身が初期状態と同じかを確認し、同じ場合は終了、異なる場合は終了していないとする。

#### • top 関数

表 12 top 関数

機能	スタックの一番上のデータを取得する。
引数	struct Stack stack : 取得したい stack のポインタ
戻り値	スタックの一番上のデータ (int) を返す。

ソースコード 9 tower.c

```

1  int top(struct Stack tower)
2  {
3      return tower.data[tower.volume - 1];

```

この関数では、スタックの一番上のデータを取得するために、スタックの一番上のデータを返す。

## 5 実行結果

### 5.1 スタックの実装

main 関数を実行した結果を以下に示す。

```

1  \begin{verbatim}
2  push (10) SUCCESS
3  data : 10
4  push (20) SUCCESS
5  data : 20 10
6  push (30) SUCCESS
7  data : 30 20 10
8  push (40) SUCCESS
9  data : 40 30 20 10
10 push (50) SUCCESS
11 data : 50 40 30 20 10
12 push (60) FAILURE
13 data : 50 40 30 20 10
14 pop (50) SUCCESS
15 data : 40 30 20 10
16 pop (40) SUCCESS
17 data : 30 20 10
18 pop (30) SUCCESS
19 data : 20 10
20 pop (20) SUCCESS
21 data : 10
22 pop (10) SUCCESS
23 data :
24 pop (-1) FAILURE
25 data :
26 \end{verbatim}

```

データがあふれてるときやデータがないときにエラーが出力されていることがわかる。

### 5.2 ハノイの塔

ハノイの塔のプログラムを実行した結果を以下に示す。

```

1  段数を選んでください
2  : 3,4,5:5
3  1 : 5 4 3 2 1
4  2 : 0 0 0 0 0
5  3 : 0 0 0 0 0
6  count : 1
7  移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:1 2
8  1 : 5 4 3 2 0
9  2 : 1 0 0 0 0
10 3 : 0 0 0 0 0
11 count : 2
12 移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:1 3

```

```

13  1 : 5 4 3 0 0
14  2 : 1 0 0 0 0
15  3 : 2 0 0 0 0
16  count : 3
17  ...
18  count : 39
19  移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:2 1
20  1 : 1 0 0 0 0
21  2 : 2 0 0 0 0
22  3 : 5 4 3 0 0
23  count : 40
24  移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:2 3
25  1 : 1 0 0 0 0
26  2 : 0 0 0 0 0
27  3 : 5 4 3 2 0
28  count : 41
29  移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:1 3
30  1 : 0 0 0 0 0
31  2 : 0 0 0 0 0
32  3 : 5 4 3 2 1
33  クリア

```

また、入力エラーをわざと起こしたときの実行結果を以下に示す。

```

1  段数を選んでください
2  : 3,4,5:3
3  1 : 3 2 1 0 0
4  2 : 0 0 0 0 0
5  3 : 0 0 0 0 0
6  count : 1
7  移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:sdwrgethr 1
8  移動できません
9  1 : 3 2 1 0 0
10 2 : 0 0 0 0 0
11 3 : 0 0 0 0 0
12 count : 1
13 移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:0 3
14 移動できません
15 1 : 3 2 1 0 0
16 2 : 0 0 0 0 0
17 3 : 0 0 0 0 0
18 count : 1
19 移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:-100 3
20 移動できません
21 1 : 3 2 1 0 0
22 2 : 0 0 0 0 0
23 3 : 0 0 0 0 0
24 count : 1
25 移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:

```

## 6 考察

### 6.1 スタックの実装

スタックの実験結果より、満杯のスタックにさらに push しようとしたときにエラー表示となり中身を壊すことなく処理を終えることが出来ている。また、中身がないときに pop しようとしてもエラーが出力されている。このことからスタックの基本的な動作が期待通りに行われていることがわかる。

### 6.2 ハノイの塔

ハノイの塔の実験結果より、入力エラーも処理されて、ゲームとして完璧に動作している。そのため、スタックを用いたハノイの塔の実装が成功していることがわかる。

## 7 付録: 今回使用したプログラム

ソースコード 10 stack.c

```
1  #include <stdio.h>
2  #define HEIGHT 5
3  struct Stack
4  {
5      int data[HEIGHT];
6      int volume;
7  };
8
9  void init(struct Stack *stack)
10 {
11     // スタックのすべての要素の値を 0 にする
12     // スタックに格納されているデータ数を 0 にする
13     for (int i = 0; i < HEIGHT; i++)
14     {
15         stack->data[i] = 0;
16     }
17     stack->volume = 0;
18 }
19
20
21 int push(struct Stack *stack, int number)
22 {
23     // データを最上位に積み込む
24     // データの個数を増やす
25     if (stack->volume >= HEIGHT)
26     {
27         return -1;
28     }
29     stack->data[stack->volume] = number;
```

```

30     stack->volume++;
31     return 0;
32 }
33
34 int pop(struct Stack *stack)
35 {
36     // 格納されているデータ個数のカウントを減らす
37     // 取り出すデータを取り出す
38     // 取り出した場所を初期化する
39     if (stack->volume == 0)
40     {
41         return -1;
42     }
43     stack->volume--;
44     int result = stack->data[stack->volume];
45     stack->data[stack->volume] = 0;
46     return result;
47 }
48
49 void printStack(struct Stack stack)
50 {
51     // スタックに格納されている値をスタックされている順番に 1 行に表示
52     for (int i = stack.volume - 1; i >= 0; i--)
53     {
54         printf("%d ", stack.data[i]);
55     }
56     printf("\n");
57 }
58
59 void pushTest( struct Stack *stack,int num)
60 {
61     printf("push (%d) ",num);
62     if(push(stack, num) == 0){
63         printf("SUCCESS\n");
64     }else{
65         printf("FAILURE\n");
66     }
67     printf("data : ");
68     printStack(*stack);
69 }
70
71 void popTest( struct Stack *stack)
72 {
73     printf("pop ");
74     int result = pop(stack);
75     printf("(%d) ",result);
76     if(result == -1){
77         printf("FAILURE\n");
78     }else{

```

```

79         printf("SUCCESS\n");
80     }
81     printf("data : ");
82     printStack(*stack);
83 }
84
85 int main()
86 {
87     struct Stack stack;
88     init(&stack);
89     pushTest(&stack,10);
90     pushTest(&stack,20);
91     pushTest(&stack,30);
92     pushTest(&stack,40);
93     pushTest(&stack,50);
94     pushTest(&stack,60);
95     popTest(&stack);
96     popTest(&stack);
97     popTest(&stack);
98     popTest(&stack);
99     popTest(&stack);
100    popTest(&stack);
101    return 0;
102 }

```

---

ソースコード 11 tower.c

---

```

1  #include <stdio.h>
2  #define HEIGHT 5
3  #define TOWERS 3
4
5  struct Stack
6  {
7      int data[HEIGHT];
8      int volume;
9  };
10
11 void init(struct Stack *stack)
12 {
13     // スタックのすべての要素の値を 0 にする
14     // スタックに格納されているデータ数を 0 にする
15     for (int i = 0; i < HEIGHT; i++)
16     {
17         stack->data[i] = 0;
18     }
19     stack->volume = 0;
20 }
21
22 int push(struct Stack *stack, int number)

```

```

23 {
24     // データを最上位に積み込む
25     // データの個数を増やす
26     if (stack->volume >= HEIGHT)
27     {
28         return -1;
29     }
30     stack->data[stack->volume] = number;
31     stack->volume++;
32     return 0;
33 }
34
35 int pop(struct Stack *stack)
36 {
37     // 格納されているデータ個数のカウントを減らす
38     // 取り出すデータを取り出す
39     // 取り出した場所を初期化する
40     if (stack->volume == 0)
41     {
42         return -1;
43     }
44     stack->volume--;
45     int result = stack->data[stack->volume];
46     stack->data[stack->volume] = 0;
47     return result;
48 }
49
50 void printStack(struct Stack stack)
51 {
52     // スタックに格納されている値をスタックされている順番に 1 行に表示
53     for (int i = 0; i < HEIGHT; i++)
54     {
55         printf("%d ", stack.data[i]);
56     }
57     printf("\n");
58 }
59
60 int top(struct Stack tower)
61 {
62     return tower.data[tower.volume - 1];
63 }
64 int enableStack(struct Stack fromTower, struct Stack toTower)
65 {
66     /* 移動可能である条件に応じて返り値を返す */
67     if (fromTower.volume == 0)
68     {
69         return 0;
70     }
71     else if (toTower.volume == 0)

```

```

72     {
73         return 1;
74     }
75     else if (top(fromTower) < top(toTower))
76     {
77         return 1;
78     }
79     else
80     {
81         return 0;
82     }
83 }
84
85 int checkFinish(struct Stack tower, int blocks)
86 {
87     // ブロックが初期状態と同じ状態かチェックする
88     for (int i = 0; i < blocks; i++)
89     {
90         if (tower.data[i] != blocks - i)
91         {
92             return 0;
93         }
94     }
95     return 1;
96 }
97
98 int main()
99 {
100     int i;
101     int count = 1;
102     int fromNumber, toNumber;
103     int tempNumber;
104     int blocks;
105     struct Stack tower[TOWERS];
106
107     printf("段数を選んでください : 3,4,5:");
108     scanf("%d", &blocks);
109     /*3 塔を初期化する*/
110     init(&tower[0]);
111     init(&tower[1]);
112     init(&tower[2]);
113     /*第1塔に決められた個数をスタックする*/
114     for (i = 0; i < blocks; i++)
115     {
116         push(&tower[0], blocks - i);
117     }
118     /*塔の初期状態を表示する*/
119     for (i = 0; i < TOWERS; i++)
120     {

```



```

121         printf("%d : ", i + 1);
122         printStack(tower[i]);
123     }
124     while (1)
125     {
126         // 今、何回目の移動であるかを数える.
127         printf("count : %d\n", count);
128
129         // 移動元と移動先を受け取る
130         printf("移動元塔と移動先塔を入力してください。[? ?]:");
131         scanf("%d %d", &fromNumber, &toNumber);
132
133         // scanfのバッファが0になるまで吐き出させる
134         while (getchar() != '\n')
135             ;
136
137         if (fromNumber >= 1 && fromNumber <= 3 && toNumber >= 1 && toNumber <= 3)
138         {
139             // 移動元の塔から移動先の塔にデータを移動させる
140             if (enableStack(tower[fromNumber - 1], tower[toNumber - 1]))
141             {
142                 tempNumber = pop(&tower[fromNumber - 1]);
143                 push(&tower[toNumber - 1], tempNumber);
144                 count++;
145             }
146             else
147             {
148                 printf("移動できません\n");
149             }
150         }
151         else
152         {
153             printf("移動できません\n");
154         }
155
156         // 現在の塔の状態を表示する
157         for (i = 0; i < TOWERS; i++)
158         {
159             printf("%d : ", i + 1);
160             printStack(tower[i]);
161         }
162         // クリア判定をする
163         if (checkFinish(tower[2], blocks))
164         {
165             printf("クリア\n");
166             break;
167         }
168     }
169 }

```

---