



ad-1. 連結リスト

アルゴリズムとデータ構造

(スライド, 全11回)

<https://www.kkaneko.jp/cc/ae/index.html>

金子邦彦





1-1. 連結リスト

リストの性質



- 順序のあるデータ
- 要素の削除, 挿入によりサイズが増減する

list

0	1	2	3	4
15	8	6	32	23

リストの組み立て, 要素の挿入, 要素の削除



list

0	1	2	3	4
15	8	6	32	23

リストの組み立て

```
x = [15, 8, 6, 32, 23];
```



要素の挿入
4を挿入

list

0	1	2	3	4	5
15	8	6	32	23	4



要素の削除
8を削除

list

0	1	2	3	4
15	6	32	23	4



リストの種類

処理	配列によるリスト	連結リスト
要素の末尾への追加	高速	高速
要素の末尾以外への追加	低速	高速
要素の末尾からの削除	高速	高速
要素の末尾以外からの追加	低速	高速
添え字による要素アクセス	高速	低速

- ・「高速」，「低速」は，配列によるリスト，連結リストを比べたとき，どちらが相対的に早いかの傾向を示すもの
- ・連結リストでの要素の追加，削除は，追加，削除すべきレコードのアドレスが分かっているものとする



- 配列によるリスト

あらかじめ、ある程度の長さの配列を作り、
その中にリストを格納するもの

- 連結リスト

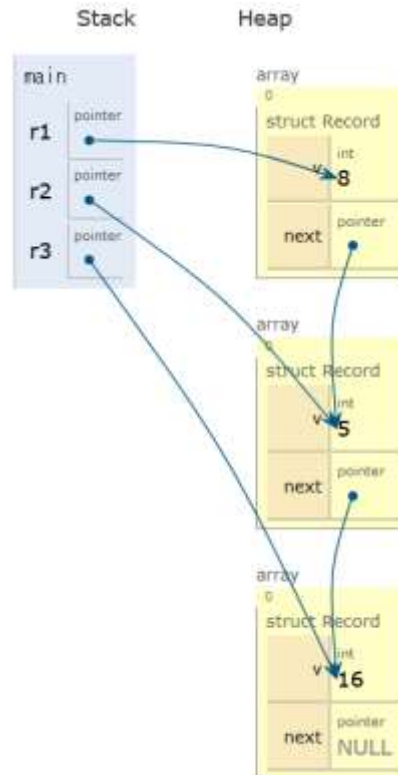
データを格納するためのメモリを挿入のたびに確保。
そして、削除のたびに解放。

連結リストとは



レコードを次の2つで構成

- 要素を格納するセル
- リスト中の次のレコードを指すポインタを格納するセル

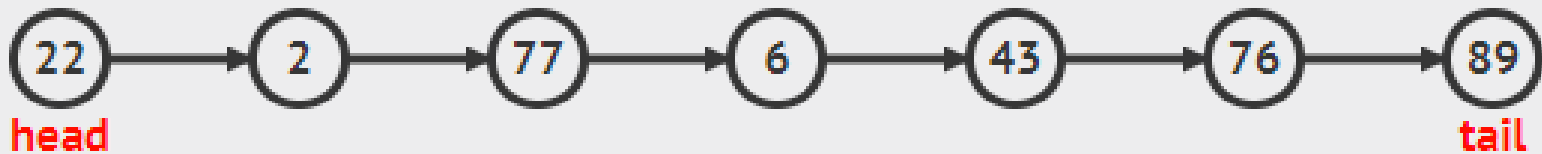




1-2. 「リスト」を実習できる オンラインサイトの紹介



「リスト」を実習できる オンラインサイトの紹介



リストとは、順序の付いたデータの並び

パソコン演習



- ① Chrome ウェブブラウザを起動する
- ② 次の URL を開く

<https://visualgo.net/ja>

- ③ 「**連結リスト**」をクリック



パソコン演習



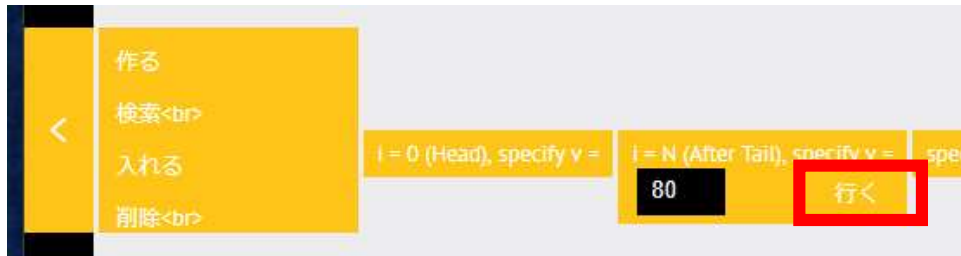
- ④ 説明が出る. **ESC キー**を押して, 説明を消す
- ⑤ 左下のメニューで「**入れる**」をクリックし,
「**i = N (After tail), specify v =**」を選ぶ



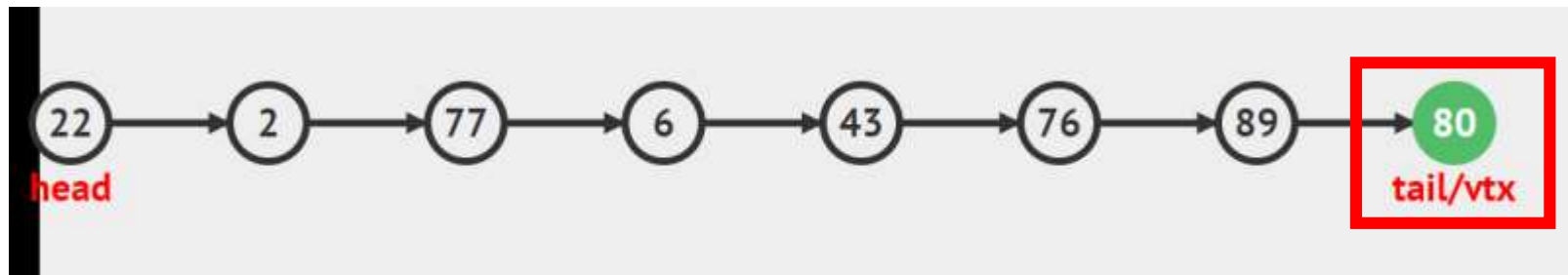
パソコン演習



- ⑥ 値が「80」のように表示されるので、確認したら「行く」をクリック



- ⑦ 末尾にデータが増えるので、確認する





1-3. 実習



実習の指示

- 資料：15～24
- C Tutor に関する次のことを理解しマスターする
 - C Tutor の起動手順
 - C Tutor の画面構成
 - C Tutor は、オンラインのプログラム開発環境であること

実習



① **ウェブブラウザ**を起動する

② **C Tutor** を使いたいので、次の URL を開く

<http://www.pythontutor.com/>

※ Internet Explorer でうまく動かない場合がある

→ うまく動かないときは Google Chrome を試してください

※ 途中で 「Server Busy . . .」 というメッセージが出る
ことがある。

→ 混雑している。 少し（数秒から数十秒）待つと自動で表示
が変わる（変わらない場合には、操作をもう一度行ってみ
る）

※ 日本語モードはない。英語で使う



③ 「C Tutor」をクリック

The screenshot shows a web browser window with the URL pythontutor.com. The page content includes the heading "VISUALIZE CODE AND GET LIVE HELP", a sub-heading "Learn Python, Java, C, C++, JavaScript, and Ruby", and a paragraph about Python Tutor. A red box highlights the link "C Tutor" in the "Related services" section. Below this, there is a paragraph about the number of users and a link to "Visualize your code and get live help now".

← → ↻ ⓘ 保護されていない通信 | pythontutor.com ☆ APP 2 🔒 📄 📄 📄 📄

VISUALIZE CODE AND GET LIVE HELP

Learn Python, Java, C, C++, JavaScript, and Ruby

[Python Tutor](#) (created by [Philip Guo](#)) helps people overcome a fundamental barrier to learning programming: understanding what happens as the computer runs each line of code.

Write code in your web browser, see it visualized step by step, and get live help from volunteers.

Related services: [Java Tutor](#), [C Tutor](#), [C++ Tutor](#), [JavaScript Tutor](#), [Ruby Tutor](#)

Over five million people in more than 180 countries have used Python Tutor to visualize over 100 million pieces of code, often as a supplement to textbooks, lectures, and online tutorials.

[Visualize your code and get live help now](#)



Write code in

C (gcc 4.8, C11) ▾

「C (gcc4.8, C11)」になっている

```
1 int main() {  
2  
3     return 0;  
4 }
```

最初から main メソッドの
ひな形が入っている

エディタ

Help improve this tool by completing a [short user survey](#).

Visualize Execution

実行のためのボタン



実習の指示

- 資料：19～24
- 次のことを理解しマスターする
 - 連結リストの作成
 - 要素の末尾への追加
 - 要素の末尾からの削除

連結リストの作成



① 次のプログラムを使う

```
1  #include<stdlib.h>
2
3  struct Record {
4      int v;
5      struct Record *next;
6  };
7
8  int main() {
9      struct Record *r1, *r2, *r3;
10     r1 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
11     r2 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
12     r3 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
13     r1->v = 8;
14     r1->next = r2;
15     r2->v = 5;
16     r2->next = r3;
17     r3->v = 16;
18     r3->next = NULL;
19     return 0;
20 }
```



② 「Visualize Execution」 をクリック.

「Last」 をクリック.

結果を確認する.

「Edit this code」 をクリックして戻る

Write code in C (gcc 4.8, C11) ▾

```
1 #include <stdlib.h>
2
3 struct Record {
4     int v;
5     struct Record *next;
6 };
7
8 int main() {
9     struct Record *r1, *r2, *r3;
10    r1 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
11    r2 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
12    r3 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
13    r1->v = 8;
14    r1->next = r2;
15    r2->v = 5;
16    r2->next = r3;
17    r3->v = 16;
18    r3->next = NULL;
19    return 0;
20 }
21
```

Help improve this tool by completing a [short user survey](#)

Visualize Execution



C (gcc 4.8, C11)
EXPERIMENTAL: known limitations

```
1 #include <stdlib.h>
2
3 struct Record {
4     int v;
5     struct Record *next;
6 };
7
8 int main() {
9     struct Record *r1, *r2, *r3;
10    r1 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
11    r2 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
12    r3 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
13    r1->v = 8;
14    r1->next = r2;
15    r2->v = 5;
16    r2->next = r3;
17    r3->v = 16;
18    r3->next = NULL;
19    return 0;
20 }
```

Edit this code

is that just executed
ref line to execute

Done running (11 steps)

Last >>

Stack Heap

Stack

```
main:
r1
r2
r3
```

Heap

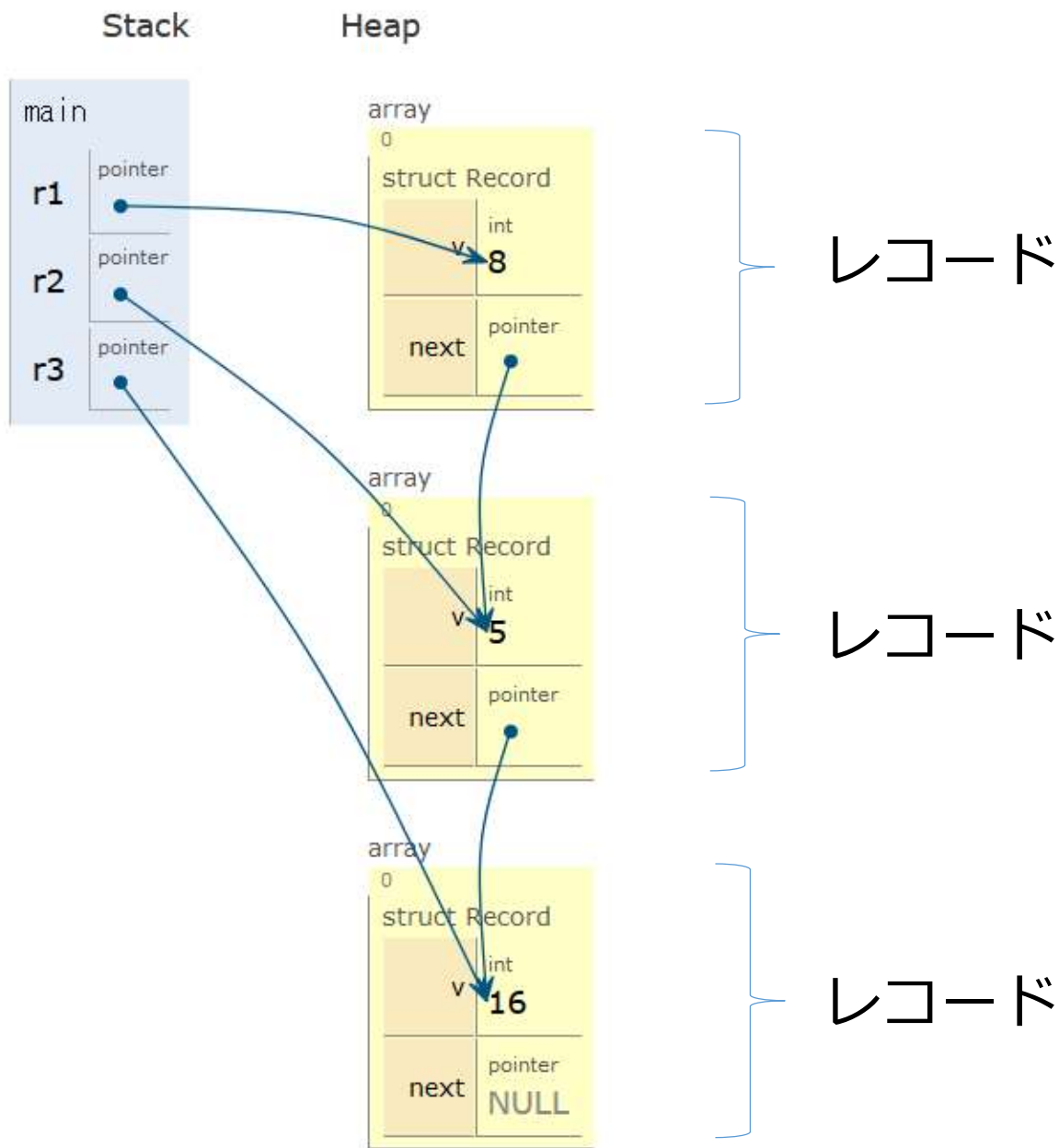
```
array
struct Record { v: 8, next: ... }
struct Record { v: 5, next: ... }
struct Record { v: 16, next: NULL }
```

Done running (11 steps)

Edit this code

<< First < Prev Next > Last >>

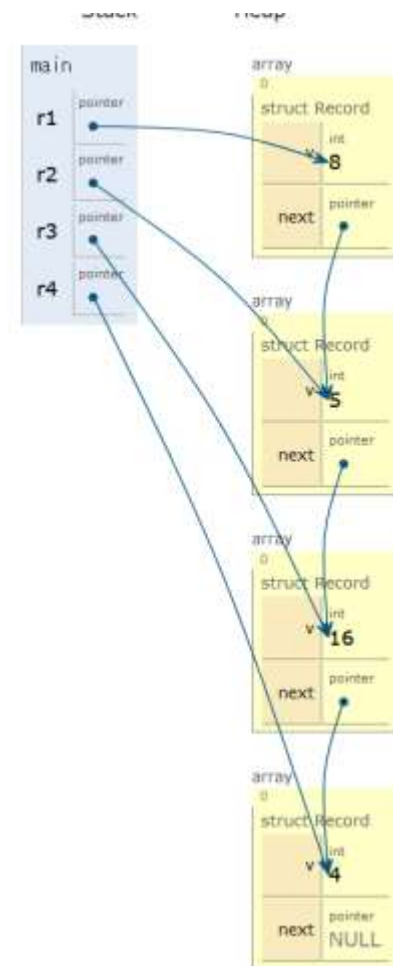
実行結果



③ 次のようにプログラムを書き換えて，実行し，結果を確認しなさい。 要素を末尾に挿入している



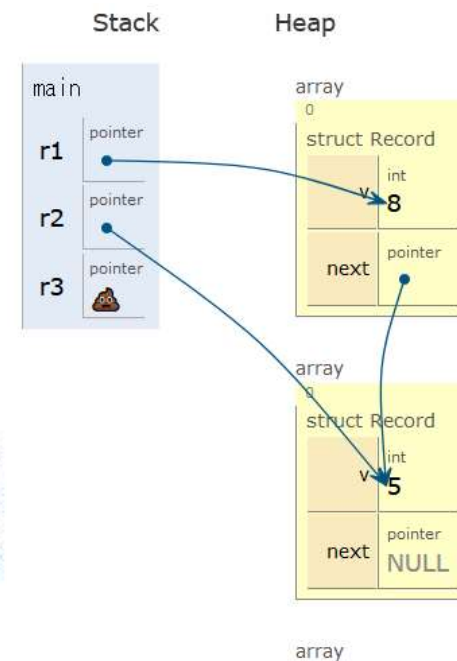
```
1 #include<stdlib.h>
2
3 struct Record {
4     int v;
5     struct Record *next;
6 };
7
8 int main() {
9     struct Record *r1, *r2, *r3, *r4;
10    r1 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
11    r2 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
12    r3 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
13    r1->v = 8;
14    r1->next = r2;
15    r2->v = 5;
16    r2->next = r3;
17    r3->v = 16;
18    r3->next = NULL;
19    r4 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
20    r4->v = 4;
21    r4->next = NULL;
22    r3->next = r4;
23    return 0;
24 }
```



④ 次のようにプログラムを書き換えて，実行し，
結果を確認しなさい。 要素を末尾に挿入している



```
1 #include<stdlib.h>
2
3 struct Record {
4     int v;
5     struct Record *next;
6 };
7
8 int main() {
9     struct Record *r1, *r2, *r3;
10    r1 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
11    r2 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
12    r3 = (struct Record *)malloc(sizeof(struct Record));
13    r1->v = 8;
14    r1->next = r2;
15    r2->v = 5;
16    r2->next = r3;
17    r3->v = 16;
18    r3->next = NULL;
19    r2->next = NULL;
20    free(r3);
21    return 0;
22 }
```



課題



次のリストを作成しなさい

list

0	1	2	3	4
15	8	6	32	23