2017年度 計算機システム演習
第2回
2018.12.07

遠藤 敏夫（学術国際情報センター/数理・計算科学系 教授）
野村 哲弘（学術国際情報センター/数理・計算科学系 助教）

復習： ポインターと文法

	d	&d	*d
int d (intを保持)	dの値 (つまりintの値)	dのアドレス	
int *d (intの変数のアドレスを保持)	dの値 (dが指す変数のアドレス)	dのアドレス	dが指す変数の値

※ *： アドレスの参照先の値を出力

構造体とポインタ

(id, height)のペアをバブルソートするプログラム

sample19.c

```
#include <stdio.h>

void swap(int *x, int *y){
  int temp = *x;
  *x = *y;
  *y = temp;
}
void sort(int id[], int data[], int n){
  int k = n - 1;
  while ( k >= 1){
    int i;
    for (i = 1; i <= k; i++){
      if (data[i-1] > data[i]) {
        swap(&id[i-1],&id[i]);
        swap(&data[i-1],&data[i]);
      }
    }
    k -= 1;
  }
}
```

```
int main(){
  int i;
  int len = 5;
  int id[] =      {100,101,102,103,104};
  int height[] = {184,164,175,171,179};
  sort(id, height, len);
  for (i = 0; i < len; i++)
    printf("%d:%d(id=%d)¥n",i, height[i], id[i]);
  return 0;
}
```

- 問題点
  - idとheightの関連性がわかりづらい
  - 例えばweightを追加したいときswapも追加
- javaならStudentクラスの配列を作成
  - クラス名 : Student
  - フィールド : int id, int height

構造体

- 関連する個々のデータ(メンバ)をまとめて1つのデータとして扱える
  - Javaにおけるフィールドだけのクラス
- 定義方法

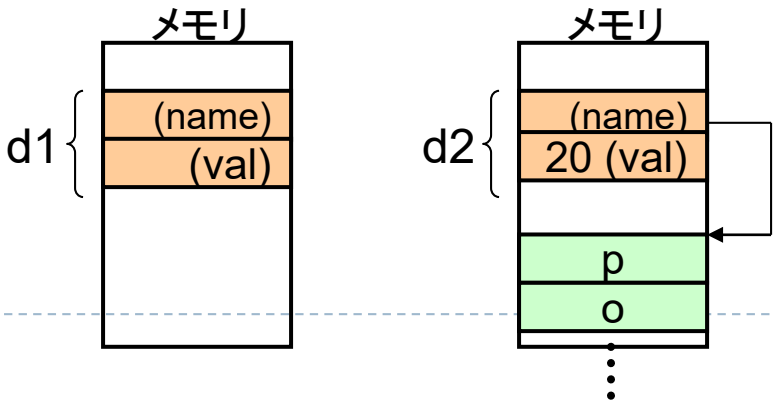
```
struct data {
  char *name;
  int val;
};
```

必要

- 関数の外でも内でも定義可能
  - 外：全ての関数で使用できる
  - 内：その関数のみで使用

- 宣言&使用方法
  - 各メンバにはドット演算子(.)を用いてアクセス

```
struct data d1;
struct data d2 = { “poteto”, 20 };
d1.name = “tomato”;
d1.val = 10;
printf("%s %d¥n",
        d1.name, d1.val);
```



サンプル：構造体の使用方法

sample18.c

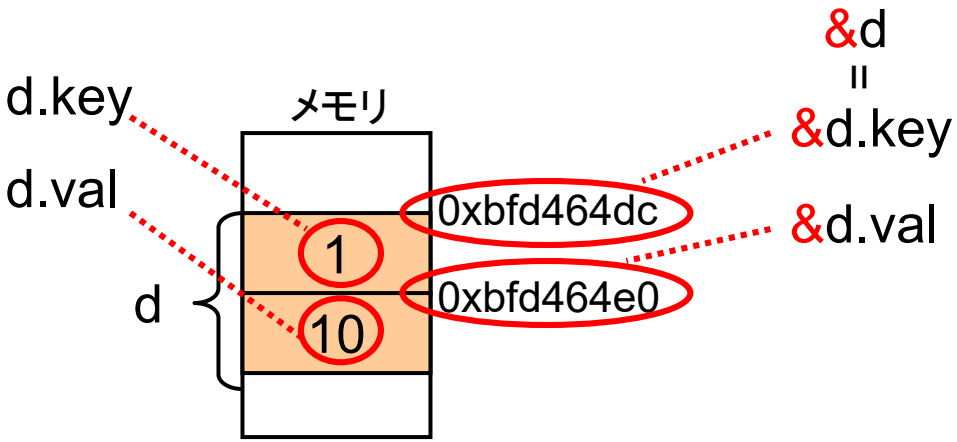
```
#include <stdio.h>
struct student {
  char *name;
  int height;
  double weight;
};
int main(){
  struct student sdt1 = {”ichiro", 180, 68.5};
  struct student sdt2;
  sdt2.name = ”hanako";
  sdt2.height = 170;
  sdt2.weight = 60.2;

  printf("std1=%s, %d, %f¥n", sdt1.name, sdt1.height, sdt1.weight);
  printf("std2=%s, %d, %f¥n", sdt2.name, sdt2.height, sdt2.weight);
}
```

```
std1=ichiro, 180, 68.500000
std2=hanako, 170, 60.200000
```

構造体のメモリ配置

- 各メンバは宣言された順にメモリ上に配置
  - 各々アドレスを持つ

```
struct student {
  int key;
  int val;
};
int main() {
  struct data d = { 1, 10 };
  printf("&d.key=%p¥n", &d.key);
  printf("&d    =%p¥n", &d);
  printf("&d.val=%p¥n", &d.val);
  return 0;
}
```



Output

```
&d.key=0xbfd464dc
&d    =0xbfd464dc
&d.val=0xbfd464e0
```

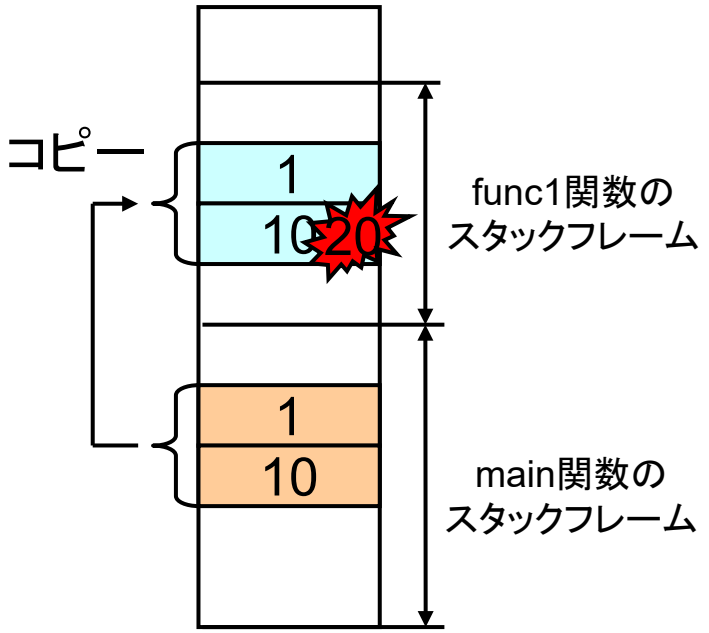
注）&d.key = &(d.key)
結合度：. > &

構造体と関数

- 構造体は値渡し
  - 関数内で値を変更しても、呼び出し元は変更されない

sample21.c

```
#include <stdio.h>
struct data {
  int key;
  int val;
};
int func1(struct data d) {
  d.val = 20;
}
int main() {
  struct data d = {1, 10};
  printf("d.val = %d¥n", d.val);
  func1(d);
  printf("d.val = %d¥n", d.val);
  return 0;
}
```



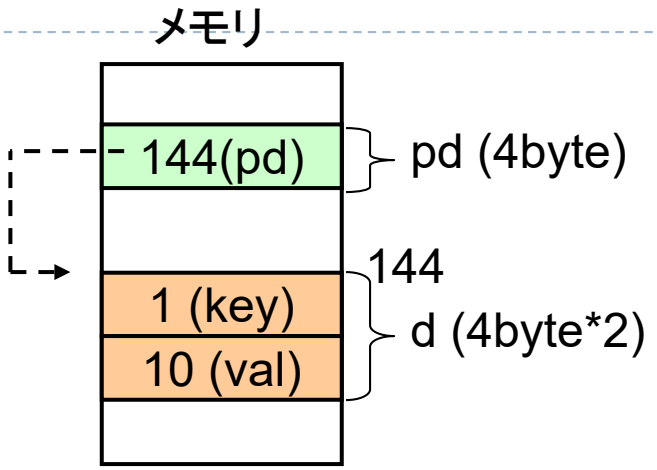
出力

```
d.val = 10
d.val = 10
```

構造体とポインタ

- ポインタ変数の宣言、初期化

```
struct data d = { 1, 10 };
struct data *dp;
dp = &d;
```



- ポインタを介したメンバへのアクセス
  - アロー演算子(－＞)を使用
    - dp->val と (*dp).val は同じ (記述の簡略化のため)

```
printf("(*dp).val = %d¥n", (*dp).val);  //10
printf("dp->val   = %d¥n", dp->val);    //10
dp->val = 100;
printf("dp->val = %d¥n", dp->val);      //100
printf("d.val   = %d¥n", d.val);        //100
```

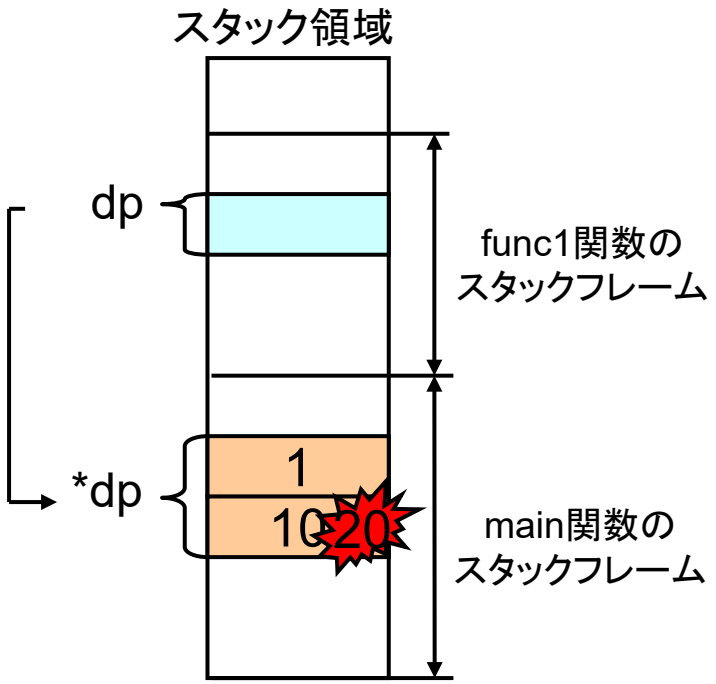
← 結合度： . > *

サンプル：構造体とポインタ

sample22.c

```
#include <stdio.h>

struct data {
  int key;
  int val;
};

int func1(struct data *d) {
  d->val = 20; // (*d).val=20
}

int main() {
  struct data d = {1, 10};
  printf("d.val = %d¥n", d.val);
  func1(&d);
  printf("d.val = %d¥n", d.val);
  return 0;
}
```

- ポインタを用いて、呼び出しもとの値を変更




```
d.val = 10
d.val = 20
```

(id, height)のペアをバブルソートするプログラム2

sample20.c

```
#include <stdio.h>
struct data {
  int id;
  int height;
};
void swap(struct data *dx, struct data *dy)
{
  struct data d = *dx;
  *dx = *dy;
  *dy = d;
}
void sort(struct data d[], int n)
{
  int k = n - 1;
  while ( k >= 1){
    int i;
    for (i = 1; i <= k; i++){
      if (d[i-1].height > d[i].height) {
        swap(&d[i-1],&d[i]);
      }
    }
    k -= 1;
  }
}
```

```
int main()
{
  int i;
  int len = 5;
  struct data d[] = {
    {100, 184},
    {101, 164},
    {102, 175},
    {103, 171},
    {104, 179}
  };
  sort(d, len);
  for (i = 0; i < len; i++)
    printf("%d:%d(id=%d)¥n",i, d[i].height, d[i].id);
  return 0;
}
```

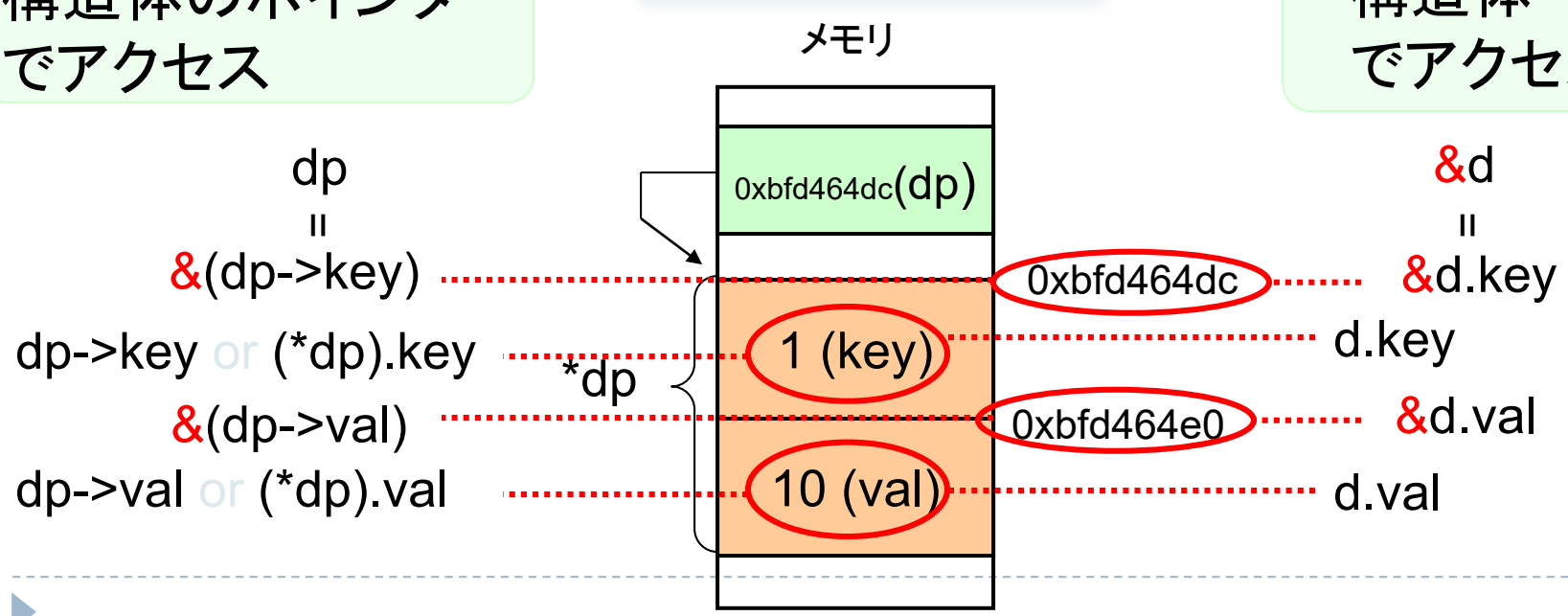
構造体とポインタ (まとめ)

```
struct data {
  int key;
  int val;
} ;
```

```
struct data d = {1, 10};
struct data *dp;
dp = &d;
```

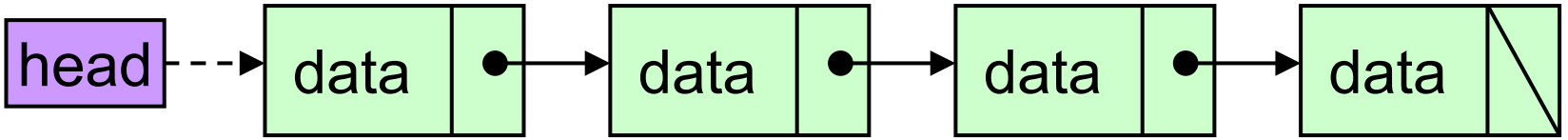
構造体のポインタでアクセス

構造体でアクセス



構造体とポインタによる連結リストの実装

構造体の活用：　連結リスト



- 構造体の使用例
  - 連結リスト、ツリー構造、キュー、スタック
- データをリンクで数珠繋ぎにしたリスト
  - 連結リストを構成する各要素をノードと言う

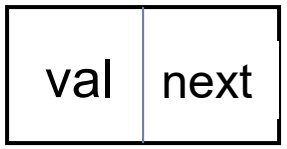
ノードのデータ構造

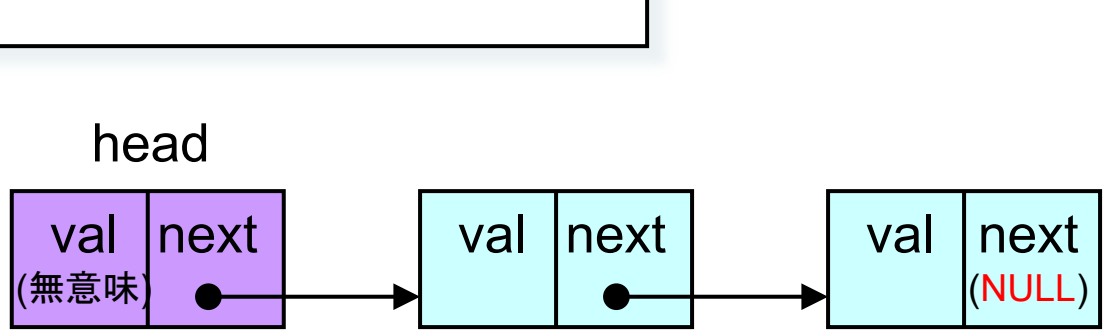
- 構造体で定義
  - headは先頭ノードを指す特別なnode構造体型データ

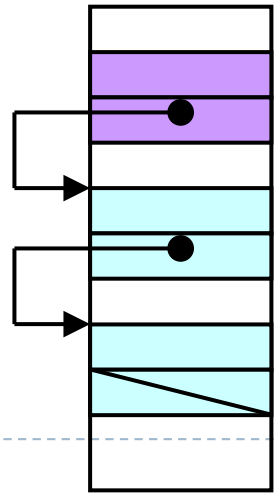
```
struct node {
  int val;
  struct node *next;
};
```

データ

次のノードを指すポインタ







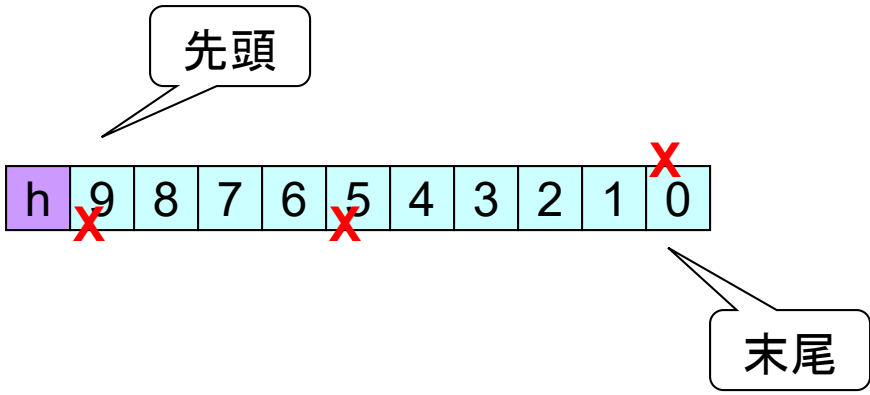
連結リストの基本的な関数

- int add (struct node *head, int val);
  - head が指すリストの先頭に val を追加
  - 追加に成功したら0を、失敗したら-1を返す
- int deleteFirst (struct node *head);
  - head が指すリストから先頭要素 (headの次のノード)を削除
  - リストが空なら-1を、空でなければ先頭要素の値を返す
- int delete (struct node *head, int val);
  - head が指すリストから要素 val を削除
  - val がリスト中にあれば val を、無ければ-1を返す
- void display (struct node *head);
  - head が指すリスト中の要素を全て表示

使い方

sample23.c

```
int main() {
  struct node head = {-1, NULL};
  int nums[] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
  int i;
  for (i = 0; i < 10; i++){
    int res = add(&head, nums[i]);
    if (res != 0) return 1;
  }
  deleteFirst(&head);   // 9を削除
  delete(&head, 9); // -1を返す
  delete(&head, 5);
  delete(&head, 0);
  display(&head);
  return 0;
}
```



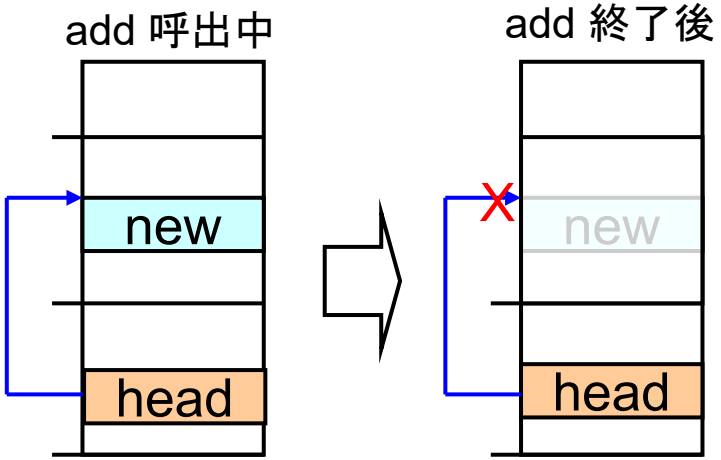
出力

```
1: 1
2: 2
3: 3
4: 4
5: 6
6: 7
7: 8
```

add関数　(悪い例)

- ローカル変数 (struct node newnode) は使えない
  - newはスタック領域上のadd関数のスタックフレーム内に作られる
    - add終了時にはスタックフレームごと削除される

```
int add(struct node *head, int val) {
  struct node newnode;          ダメ

  newnode.val = val;
  newnode.next = head->next;
  head->next = newnode;
  return 0;
}
```



確保したメモリ領域がadd関数後も削除されないようにする必要がある

malloc, free 関数

- void *malloc(size_t size)
  - ヘッダファイル stdlib.h （#include <stdlib.h>）
  - sizeバイト分のメモリ領域を確保し、確保した領域の先頭のアドレスを返す
    - ヒープ領域 上に確保する⇒プログラム実行中消えることはない
    - size_t型は多くの処理系で「unsigned long (int)」型
  - ポインタさえ取得できれば全ての関数からアクセス可能
  - voidポインターはどのType型にも代入可能
    - 一般に代入される型にキャストする
  - javaのnewに相当

- void free(void *ptr)
  - ヘッダファイル stdlib.h
  - ptrが指すヒープ領域上のメモリ領域を解放

⇒ ヒープ領域上のデータは明示的に削除しないと、プログラム終了時までメモリを消費し続ける。(開放し忘れを「メモリリーク」という)

- javaではGC(ガベージコレクター)が使用されなくなったメモリ領域を解放している。

型のサイズ

- sizeof演算子を用いて取得
  - `size_t size = sizeof(Type)`
    - Type型のサイズをバイト単位で返す
    - size_t型は多くの処理系で「unsigned long (int)」型

```
struct data {
  int key;
  int val;
};
int main() {
  size_t size = sizeof(struct data);
  printf("%d¥n", size);
  printf("%lu¥n", (unsigned long)size);
  return 0;
}// ともに8を出力
```

小さいサイズであれば
int型として表示もできる

正しい(安全)書き方

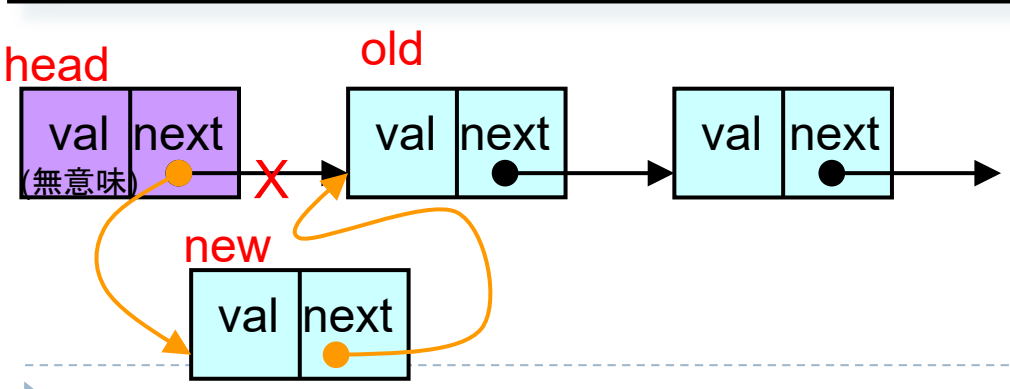
add 関数

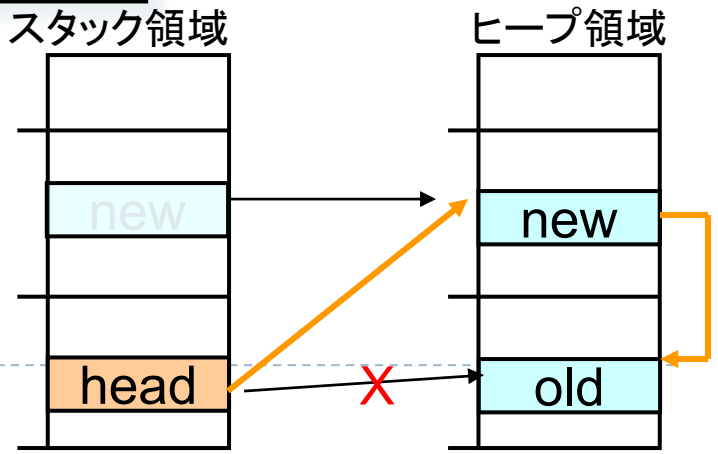
sample23.c

```
int add(struct node *head, int val) {
  struct node *new;
  new = (struct node *)malloc(sizeof(struct node));
  if (new == NULL) return -1;

  new->val = val;
  // head->nextがNULLかチェック
  new->next = head->next;
  head->next = new;
  return 0;
}
```

メモリ確保

確保されているかしっかりチェックすること

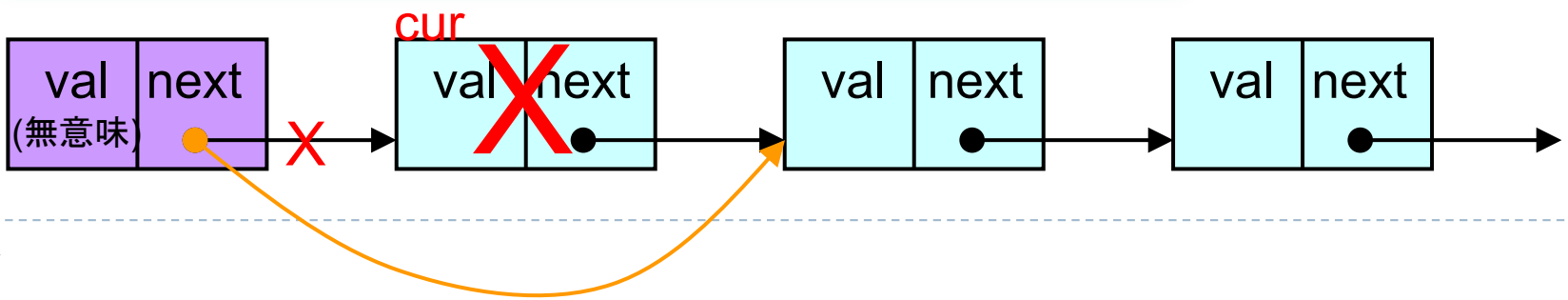




deleteFirst 関数

sample23.c

```
int deleteFirst(struct node *head) {
  struct node *cur;
  int result = -1;
  if (head->next != NULL) {
    cur = head->next;
    head->next = cur->next;
    result = cur->val;
    free(cur);
  }
  return result;
}
```



delete 関数

sample23.c

```
int delete(struct node *head, int val) {
  struct node *cur, *prev;
  int result = -1;
  // head->next == NULL check
  for (cur = head->next, prev = head; cur != NULL;
       cur = cur->next, prev = prev->next) {
    if (cur->val == val) {
      prev->next = cur->next;
      result = cur->val;
      free(cur);
      break;
    }
  }
return result;
}
```

typedef

- 既存の型に対して同義語を与える宣言

```
typedef  <既存型>  <新規型>;
```

  - 例) typedef int NUMBER; typedef unsigned long size_t
- メリット1：読みやすさ・書きやすさ向上
  - 毎回 struct dataと書く必要がない

```
struct  _data {
  int key;
  int val;
};
typedef struct  _data data;
```

同じ

```
typedef struct {
  int key;
  int val;
} data;
```

- メリット2：コードに影響を与えず、既存型を置き変えられる
  - typedef int NUMBER; ⇒ typedef double NUMBER;

typedef （例）

sample31.c

```
#include <stdio.h>
struct  _map1 {
   int key;
   int value;
};
typedef struct  _map1 map1;

typedef struct {
   int key;
   int id;
   int value;
} map2;

int main() {
  map1 m1 = {1, 10};
  map2 m2 = {2, 2, 20};
  printf("m1={%d, %d}¥n", m1.key, m1.value);
  printf("m2={%d, %d, %d}¥n", m2.key, m2.id, m2.value);
}
```

```
m1={1, 10}
m2={2, 2, 20}
```

#define

sample32.c

```
#include <stdio.h>
#define LENGTH 5

int main()
{
  int i;
  int nums[LENGTH] = {0,1,2,3,4};

  for (i=0; i < LENGTH; i++){
    printf("%d¥n",nums[i]);
  }
  return 0;
}
```

- コンパイル前に指定した値に置換する

```
#define <記号定数名> <値>
```

  - #define NUMBER 5

- 利点
  - 値の管理を1箇所に集約
  - プログラム中の数字(マジックナンバー)に名前を与えることで可読性向上

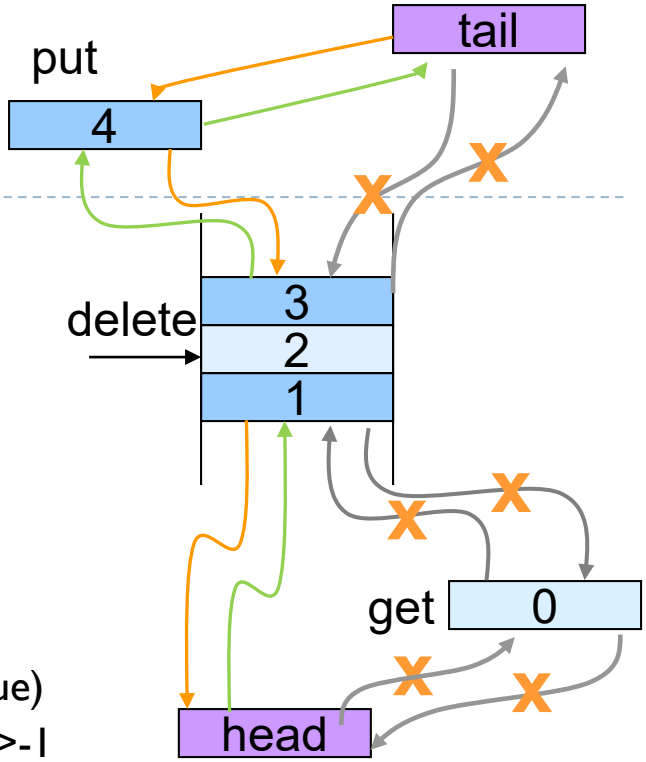
<C言語編>のまとめ

- Javaよりも低レベルなC言語を使うことにより、背後の計算機のシステムが少し見えた
- メモリ上の値はアドレスで参照することができ、C言語ではポインタを用いる
- 関数を呼び出すとコールスタックによって呼び出し関係が管理される。ローカル変数は、関数のスタックフレーム上に確保され、関数が終了すると破棄される
- 命令とデータはメモリ上に一緒に格納され（フォン・ノイマン型コンピュータ）、C言語の関数も単なるデータに過ぎない。C言語では関数へのポインタが利用可能
- データを関数として実行することもできる！

本日の課題

課題1: Queueの実装

- 連結リストを参考にQueueを作れ
  - Queue: First In, First Outなリスト
  - 実装する関数
    - int put (struct node *tail, int val)
      - Queue（tail 側）にデータを追加(enqueue)
      - 戻り値： 成功=>0、失敗=>-1
    - int get (struct node *head)
      - Queue（head 側）からデータを取得＆削除(dequeue)
      - 戻り値： データが存在する=>val、 存在しない=>-1
    - int delete (struct node *head, int val)
      - Queueから値がvalである要素を削除（1個だけで良い）
      - 戻り値： データが存在する=>val、 存在しない=>-1
    - void display (struct node *head)
      - Queueの内容を“head側” から順に表示
- 動作を確認するためのmain関数も記述すること
  - put、getするデータの出力、displayによる出力を行い、実行結果もレポートにまとめること




```
struct node {
  int val;
  struct node *next;
  struct node *prev;
};
```

注：これが必要十分である保証はない

課題1の捕足: typedefの使い方

- 最終的に型名を“ node “として使いたい場合

例. 1

```
typedef struct  _node
{
  int val;
  struct _node *next;
  struct _node *prev;
} node;
```

例. 2

```
struct  _node
{
  int val;
  struct _node *next;
  struct _node *prev;
};
typedef struct _node node;
```

課題提出

- 〆切： 12/21 (金) 23:59
  - OCW-iから提出すること
  - 遅れても（減点しますが）受け付けます。
- 提出物：以下のファイルをzip形式で圧縮したもの
  - ドキュメント　(pdf, txt 形式)
    - プログラムソースの簡単な説明、グラフ、工夫したところ
    - プログラムの実行結果
    - 感想、質問等
  - プログラムソース (課題1)
    - テスト用のmain関数も含む(コンパイルできて正しく実行できること)
  - 全てのファイル名は半角英数字でお願いします
    - 文字化け防止のため

第1回課題 フィードバック

- 12/7 10:30 までに提出された課題は確認済みです
  - 問題点がある方にはメールしていますので、現時点でメールが来ていない場合は合格点を取れています。
- 質問抜粋
  - 新しいC言語規格でしか許されてない記法を使ってよいか
    - 演習室のMacで普通にコンパイルできるのであれば、何も言わずに使って構いません。コンパイル時に特殊な指定が必要であればその旨をレポートに記載してください
  - テストプログラムの入出力仕様を変えて・加えてよいか
    - たとえば問題サイズを変えるなどのために入出力や、コマンドラインの読み取りをすることは問題ありません。(むしろ推奨します)
    - 前回口頭で言いましたが、エラーを返すために返り値の仕様を変えるのも、問題ありません

おまけ: コマンドラインで問題サイズを取る

- こんな感じで書くことができます
  - int main(int argc, char **argv) {
    int problem_size = 100; // 規定値
    if (argc > 1) { // 引数がある場合
      problem_size = atoi(argv[1]); // 第1引数をintに変換
      // ちなみにargv[0]はプログラム名
    }
  - エラーチェックは適宜行う必要があります

12/14(金)の演習について

- 5-6限・7-8限ともに「演習」です

- 5-6限: MIPSアセンブラ言語について(普通の演習)
- 7-8限:TSUBAME3.0他 見学会 (と、端末室で課題を解く作業)
  - 2グループに分かれていただきます
    - グループA: 学籍番号下1桁が偶数
    - グループB: 学籍番号下1桁が奇数
  - 事前にビデオ・スライドでの説明後、W7端末室に移動し、グループごとに学術国際情報センターに向かう予定です。

課題締め切り

- 第01回
  - 12/14 (金)
- 第02回
  - 12/21 (金)
- 第03回
  - 1/8 (火)
- 第04回
  - 1/8 (火)