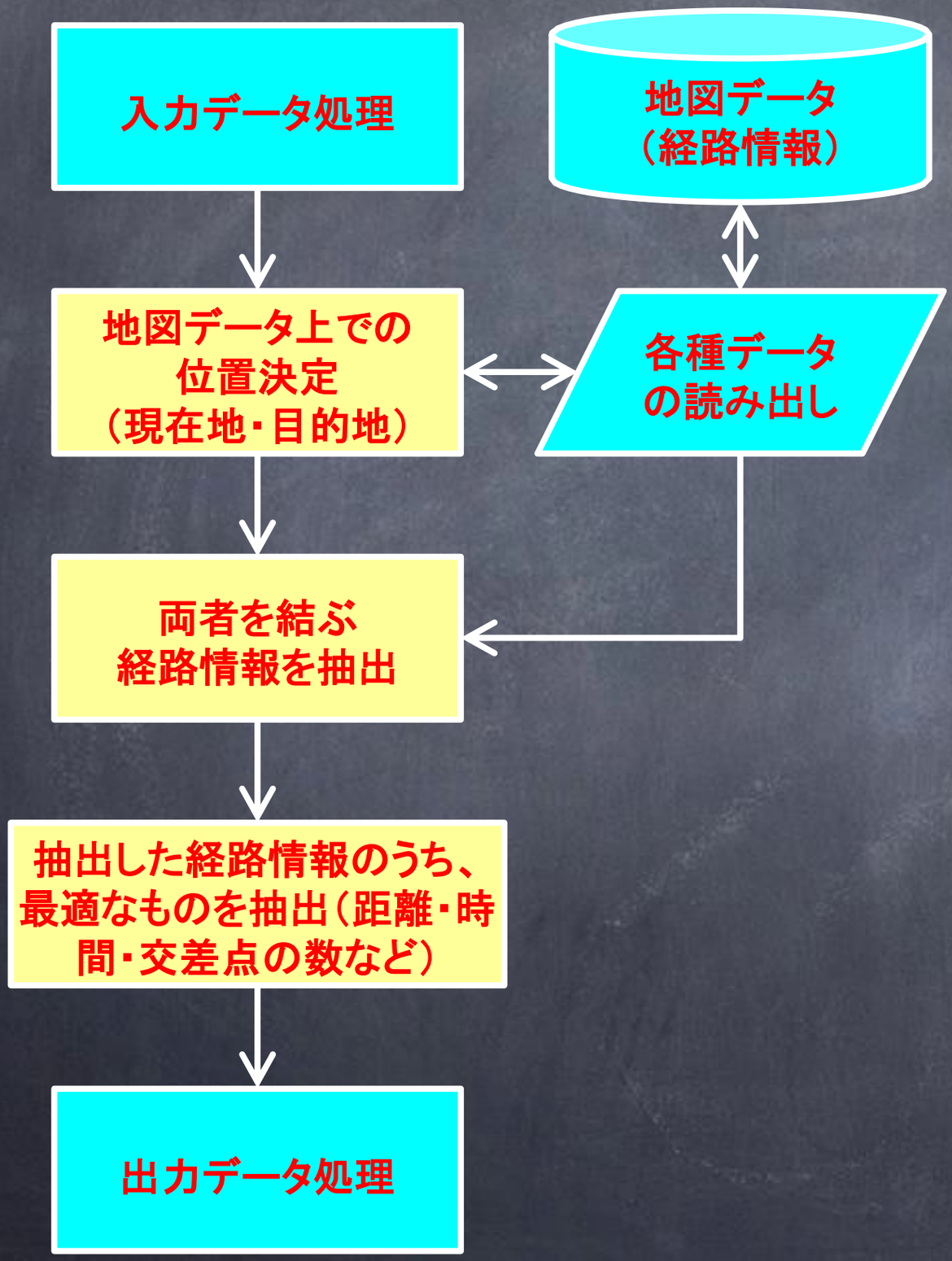
コンピュータ実習
第9回 2024年11月28日

カーナビゲーション3
グラフィックスによる地図表示

担当：相澤　直人，宍戸　博紀

コンピュータ実習（第9回）

カーナビ作成に向けて



地図データの検索と抽出
→ 入出力・変数・構造体

抽出したデータを元に経路を割り出す
→ 条件検索（サーチ）

割り出した経路のうち、最適なものを選ぶ
→ 条件並び替え（ソート）

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

ソート

- ソートはカーナビにおいて交差点間の距離の近い順に並べる操作等に必ず必要な要素

- ソートのアルゴリズムには「バブルソート，単純選択，クイックソート，マージソート法」などがある

- 最悪計算時間，アルゴリズムの単純さ，使用メモリ量などを考えて決める

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

バブルソート法

- データの配列をひたすら隣り同士で 比較し、望む順番でなければ入れ替える
- 遅いがアルゴリズムが単純

「58374916 20」を値の小さい順にソート

58374916 20 → 5837491620
5837491620 → 5387491620
5387491620 → 5378491620
5378491620 → 5374891620
5374891620 → 5374891620
5374891620 → 5374819620
…
5374816290 → 5374816209　一回目の並べ替え終了

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

バブルソート法

- 二回目の並べ替え開始

  5374816209 → 3574816209

  3574816209 → 3574816209

  ・・・

  3547162089 → 3547162089　二回目の並べ替え終了

三回目　3547162089 → 3451620789

四回目　3451620789 → 3451206789

・・・と要素数-1回繰り返す（この場合は最悪9回）

最悪でも（並べる数の個数n-1）回の繰り返し

比較回数は全体でn(n-1)/2回

計算時間：$\mathcal{O}(n^2)$

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

バブルソート法

バブルソート法によるソーティングを体験してみよう！
sort0.cファイルをダウンロードして実行する

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

バブルソート法

```
void sort0(void) /* バブルソート*/
{
   int i,j;
   int lo=0, up=N-1;
   while(up>lo)
   {
     j=lo;
     for(i=lo;i<up;i++)
     {
       if(compare_data(i,i+1)>0) /* 順序が正しくなければ*/
       {
         exchange_data(i,i+1); /* 交換*/
         j=i;
       }
     }
     up=j;
   }
}
```

配列要素[i]と [i+1]を比較し、[i]が大きいなら正を、[i+1]が大きいなら負を返す

要素[i]と [i+1]を交換します

※compare_data/exchange_data関数はコード内で別途定義している

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

さまざまなソーティングアルゴリズム

- 単純比較（選択ソート）
  - 「一番小さなもの(小さな順の場合)を 探して，それを先頭に持ってくる」というアイデア
  - １回目は全部[0]～[N-1]から最小のものを探して先頭にもってきます．
  - ２回目は先頭を除いた配列[1]～[N-1]から，この範囲で最小のものを探して ここでの先頭，すなわち[1]に置きます．
  - つまり，小さな順に探しては 置いていく，という方法です．

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

さまざまなソーティングアルゴリズム

- 単純比較（選択ソート）

「5837491620」を値の小さい順にソート

5837491620 → 0837491625

0837491625 → 0137498625

0137498625 → 0127498635

0127498635 → 0123498675

0123498675 → 0123498675

...

最悪でも（並べる数の個数n-1）回のループ

比較回数は全体でn(n-1)/2回　　計算時間：$\mathcal{O}(n^2)$

バブルソート比べると交換回数が少ないため高速

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

さまざまなソーティングアルゴリズム

- クイックソート
  1. 適当な数（ピボットという）を選択する（この場合はデータの総数の中央値が望ましい）
  2. ピボットより小さい数を前方、大きい数を後方に移動させる（分割）
  3. 二分割された各々のデータを、それぞれソートする.

- 左半分をソートし，右半分もソートすると，与えられた 配列はソート完了です.

- 第2段階で左半分と右半分をソートするために，それぞれに対して同じ方法を使います．この段階で「与えられた配列」は左半分，右半分となります．どんどん小分けにしていくと、最後には要素一つの配列に なってしまいますが，その部分はソートが完了したことになります.

計算時間：$O(n^2)$

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

さまざまなソーティングアルゴリズム

- マージソート
  - クイックソートが左右に分けた上で，それぞれをさらにソートする，というアルゴリズムだったのに対して，マージソートは，とりあえず二つに分けて，それぞれを並べてから，それを組み合わせる＝マージする，というアルゴリズム

1. データ列を分割する（通常、等分する）
2. 各々をソートする
3. 二つのソートされたデータ列をマージする

- 2番目のステップでは、マージソートを再帰的に適用する。
- マージは、データ列の先頭同士を比べ小さい方をデータ列から取り出し、残りのデータ列に対して再帰的に適用する。

計算時間：$O(n \log n)$

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

さまざまなソーティングアルゴリズム

理解に役立つサイト

https://visualgo.net/en/sorting

他にもたくさんの参考になるサイトがあります．
単にコードをコピペをするのではなく，アルゴリズムを理解・実装できることが大事です．

コンピュータ実習（第8回）

サーチングとソーティング

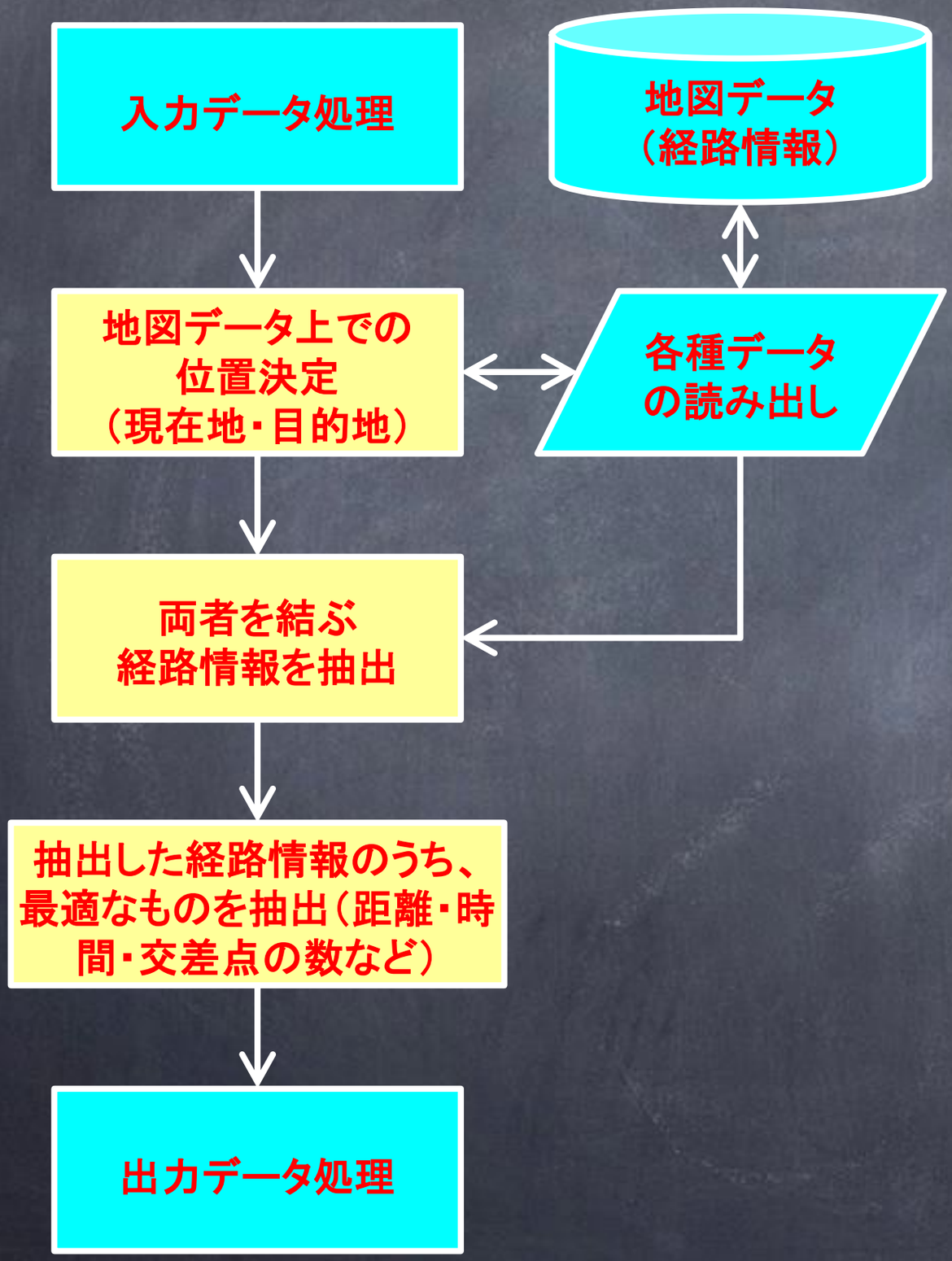
演習２：ソート演習(ex8-2)

- map2.datのデータに対して入力された座標から近い交差点順にデータを並べ替えて出力させよ.

※アルゴリズムはバブルソートに限定しない.

コンピュータ実習（第9回）

カーナビ作成に向けて



地図データの検索と抽出
→ 入出力・変数・構造体

抽出したデータを元に経路を割り出す
→ 条件検索（サーチ）

割り出した経路のうち、最適なものを選ぶ
→ 条件並び替え（ソート）

コンピュータ実習（第9回）

今後の授業の進行

1. 地図データを元に、目的地を決定
   - 地図データの読み込み （11/16）
   - 目的地（地図データ）の検索 (11/30)
2. 経路を探索
   - 条件に基づく経路の設定 (12/7: 簡易版)
   - 最適経路の計算 (12/14)
3. 経路をドライバーに分かりやすく提示
   - 画面上で車をアニメーション表示 (12/7)

本日の講義

コンピュータ実習（第9回）

今回の内容：地図表示

カーナビ作成に必要な要素

- データの用意
- データの読み込み
- データの検索（並べ替え）
  - 現在地・目的地・最短経路
- グラフィックス表示
- 使い勝手・見栄えの改良

コンピュータ実習（第9回）

今回は情報を見やすくする可視化を行います

カーナビの画面

方角

現在地

地図の拡大・縮小

目的地までの距離

縮尺

現在地名

経路と混雑状況

コンピュータ実習（第9回）

Web教材　地図のグラフィックス表示

まずは地図を画面に表示させます．Web教材 map.c を完成させてください．

ヒント

- map_show関数以外は今までの演習で作成してきていますので，活用して下さい．
- 構造体にデータを読み込み，各交差点のX,Y座標を使って隣接交差点との間に線を引いていきます．
- グラフィックスを扱うソースファイルのコンパイル方法は覚えていますね？

```
cc map.c -g -O2 -Wall -I/usr/include/freetype2
 -lftgl -lglfw -lGLU -lGL -lX11 -lXrandr -o map
```

コンピュータ実習（第9回）

エイリアスの設定

前ページにあるように、今回の地図を表示させるソースファイルのコンパイルを行うためには、

```
cc map.c -g -O2 -Wall -Wno-unused-result
-I/usr/include/freetype2 -lftgl -lglfw -lGLU -lGL
-lX11 -lXrandr –lm -o map
```

となり、一回一回すべて入力するのは面倒。。。
そこで、エイリアスを設定することをおススメします。

エイリアスの設定方法は、第６回の講義参考資料にありましたよね・・・？

コンピュータ実習（第9回）

エイリアスの設定の例

- ホームディレクトリに、glcc.shというファイルを作成。
  ファイル中に以下を書き込み、保存。

```
#!bin/bash
cc $1.c -g -O2 -Wall -Wno-unused-result
-I/usr/include/freetype2 -lftgl -lglfw -lGLU -lGL -lX11
-lXrandr –lm –o $1
```

cc ～ $1は
1行で書く！

- glcc.shに操作権限を与えるために以下を入力

```
chmod +x glcc.sh
```

- ホームディレクトリにある.bashrcに以下の一文を追加

```
alias glcc='/home/gakusei2017/glcc.sh'
```

- 上記の変更をh反映させるために以下を入力

```
source ~/.bashrc
```

コンピュータ実習（第9回）

関数map_show()の考え方

関数 map_show()の中で行う処理は以下の通りです。

for（交差点数分の繰り返し）{
　・各交差点の位置に円を描く
　・各交差点の位置に交差点名を表示する
　　for（隣接交差点薄分の繰り返し）{
　　・隣接する交差点へ直線を引く
　　（交差道路の表示）
　　}
}

コンピュータ実習（第9回）

map.cのイメージ

1. 交差点位置に丸を書く
（円を書く関数を使う
関数の中身は第6回参照）

コンピュータ実習（第9回）

map.cのイメージ

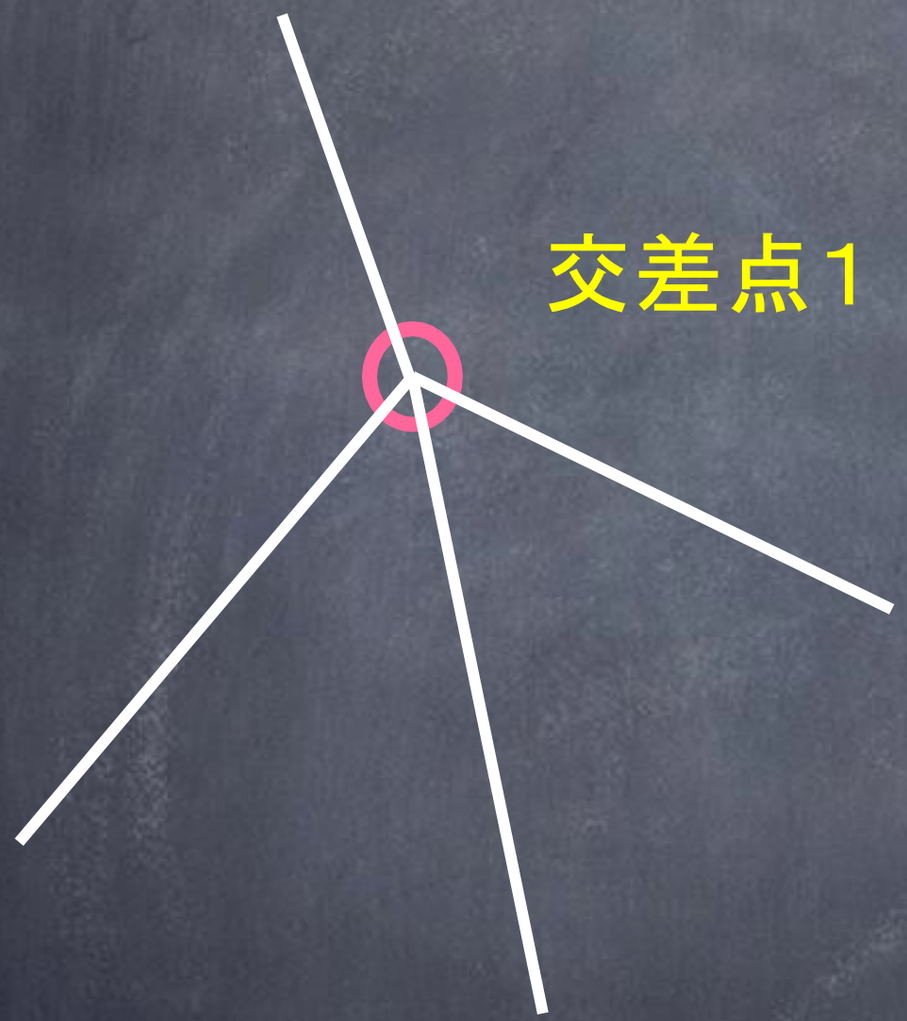
交差点1

○

1. 交差点位置に丸を書く
（円を書く関数を使う
関数の中身は第6回参照）
2. 交差点の名前を書く
(サンプルにある
draw_outtextxy関数を使う)

コンピュータ実習（第9回）

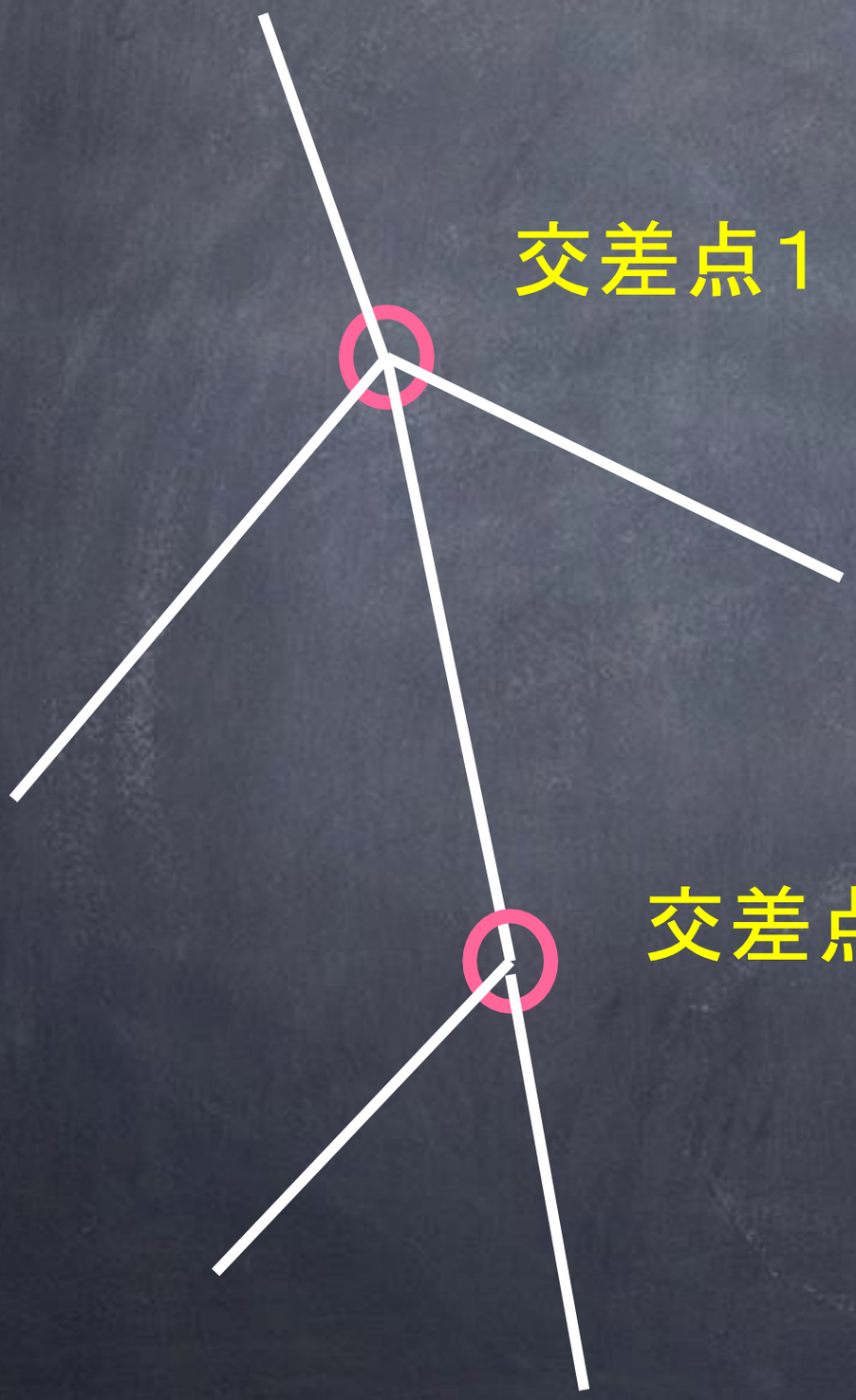
map.cのイメージ



1. 交差点位置に丸を書く
（円を書く関数を使う
関数の中身は第6回参照）
2. 交差点の名前を書く
(サンプルにある
draw_outtextxy関数を使う)
3. 隣接交差点の数だけ、隣接交差点の座標位置まで直線を引く
（for文を使う/OpenGLの機能で直線を引く）

コンピュータ実習（第9回）

map.cのイメージ



次の

1. 交差点位置に丸を書く
（円を書く関数を使う
関数の中身は第6回参照）
2. 交差点の名前を書く
(サンプルにある
draw_outtextxy関数を使う)
3. 隣接交差点の数だけ、隣接交差点の座標位置まで直線を引く
（for文を使う/OpenGLの機能で直線を引く）

コンピュータ実習（第9回）

関数map_show()について

```
/* 道路網の表示（新しく作成する部分） */
void map_show(int crossing_number) {
  /* 指定した交差点の数だけ、ウィンドウに交差点（地図）を表示する。
     まず各交差点には赤丸を描き、隣接交差点への道路を直線で描く */
  int i, j;
  /* 交差点ごとのループ*/
  for（i = 0; i < crossing_number; i++）{
    double x0 = cross[i].pos.x;
    double y0 = cross[i].pos.y;
  /* 交差点を表す円を描く */
  /* 交差点の名前を書く */
  /* 交差点から伸びる道路を描く */
  }
}
```

コンピュータ実習（第9回）

おまけ： glColor3dで表示する色について

OpenGLでのグラフィックス表示では、
glColor3d(1.0, 1.0, 0.0) （この場合は黄色）
のように、カッコ内に3つの数字を入れて、色を設定する。
その中の数字の意味は、
1つ目： 赤の割合
2つ目： 緑の割合
3つ目： 青の割合
を示す。すなわち、光の3原色のそれぞれの割合を与えているわけです。
以下のサイトでは、色と数字の組み合わせの目安が
載っていますので、参考にして下さい。
http://www.motohasi.net/html/ColorOpenGL/Color3.php

コンピュータ実習（第9回）

演習1　アニメーションによる可視化

交差点トレースプログラム

交差点を順にマーカーが移動する、アニメーション・プログラムを作成して下さい.

まず，先ほどのmap.cをmobile.cに名前を変えて保存しておいて下さい．これを改造していきます．

追加が必要な関数

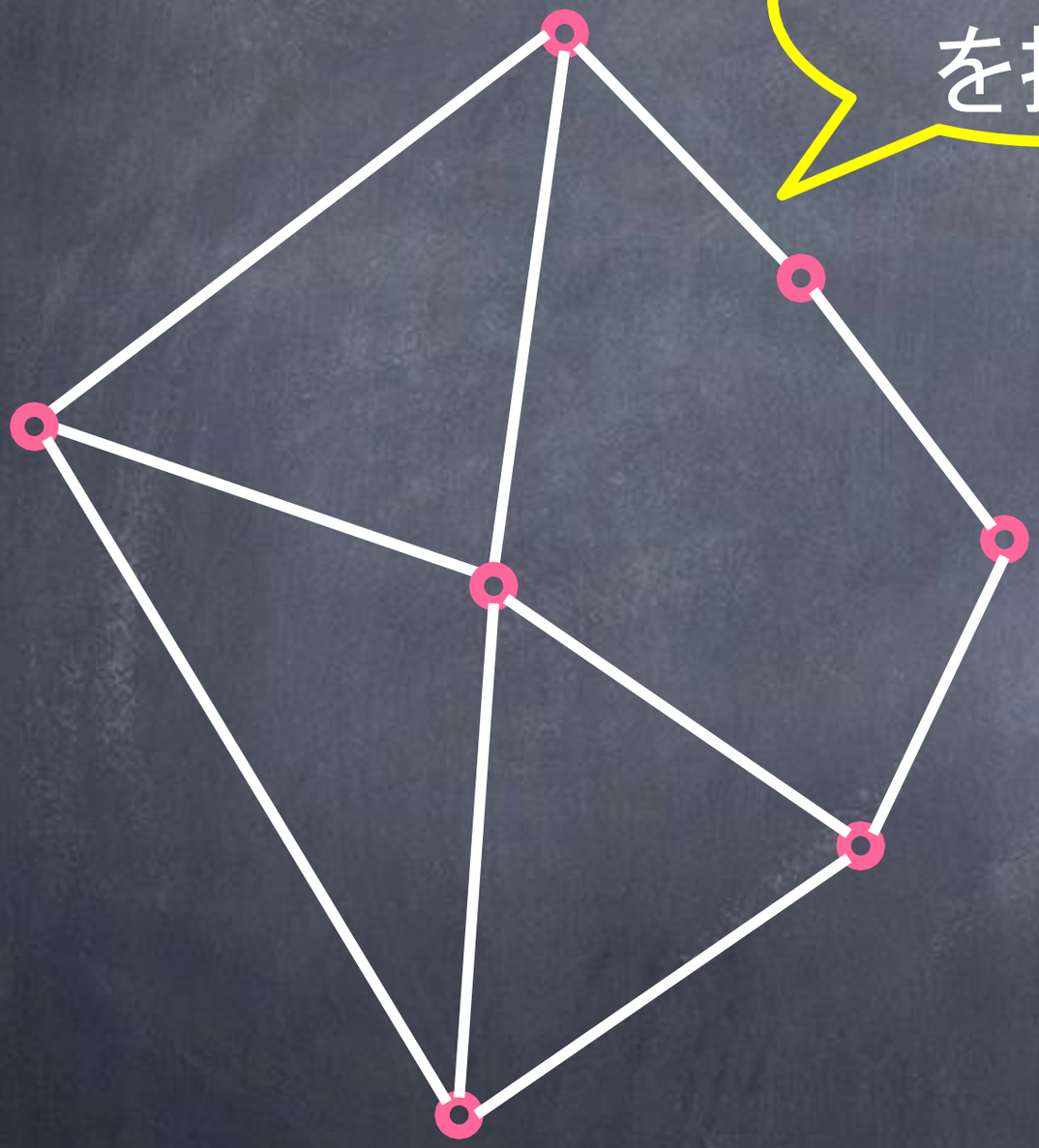
1. 目的地までの経路を決める関数
2.隣接する2つの交差点間をマーカが移動するアニメーション表示をする関数
3. 2の処理を目的地まで繰り返させる関数

コンピュータ実習（第9回）

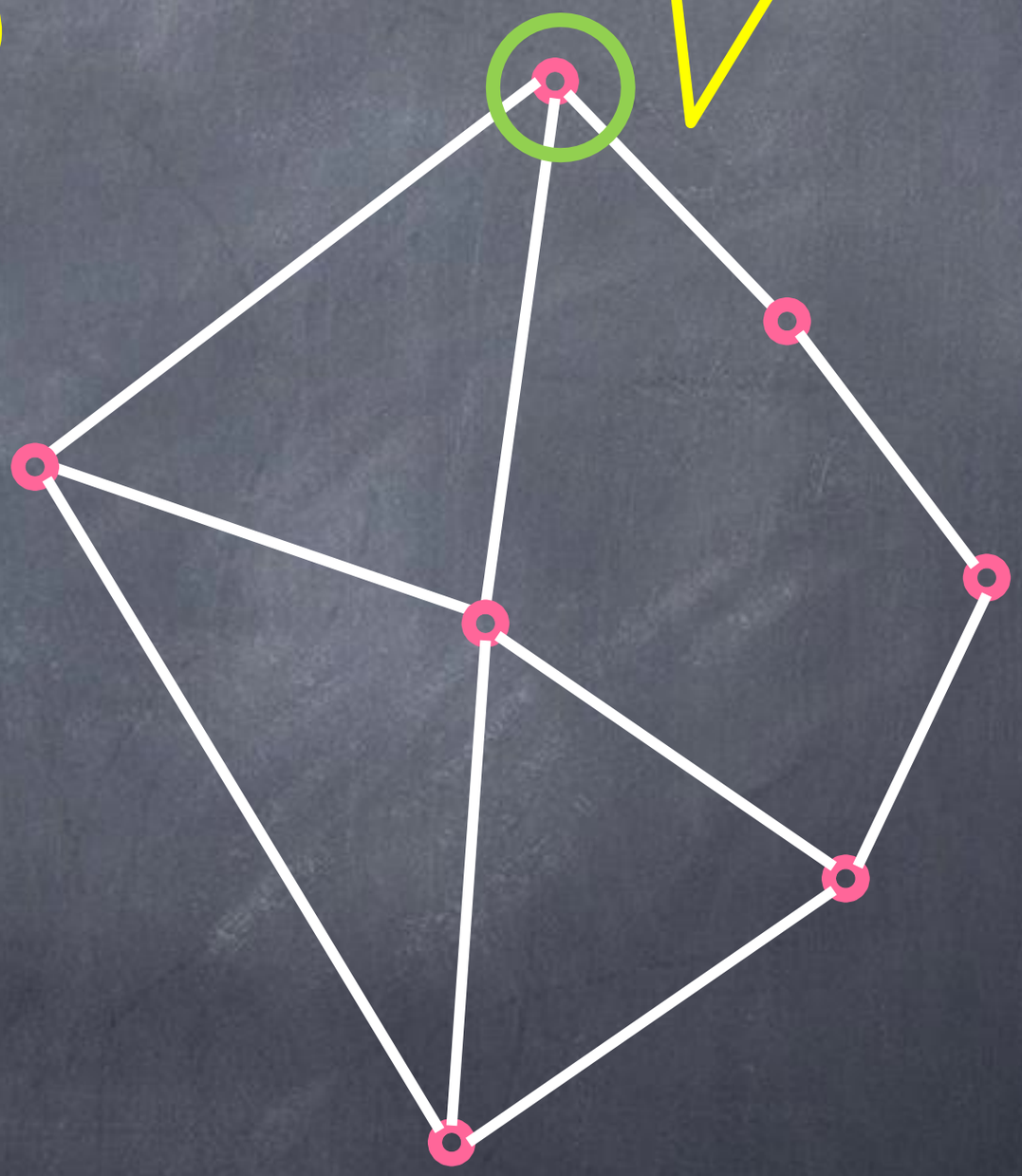
車の移動アニメーションのイメージ

1．地図
を描く

2．車を
描く



@フロントバッファ



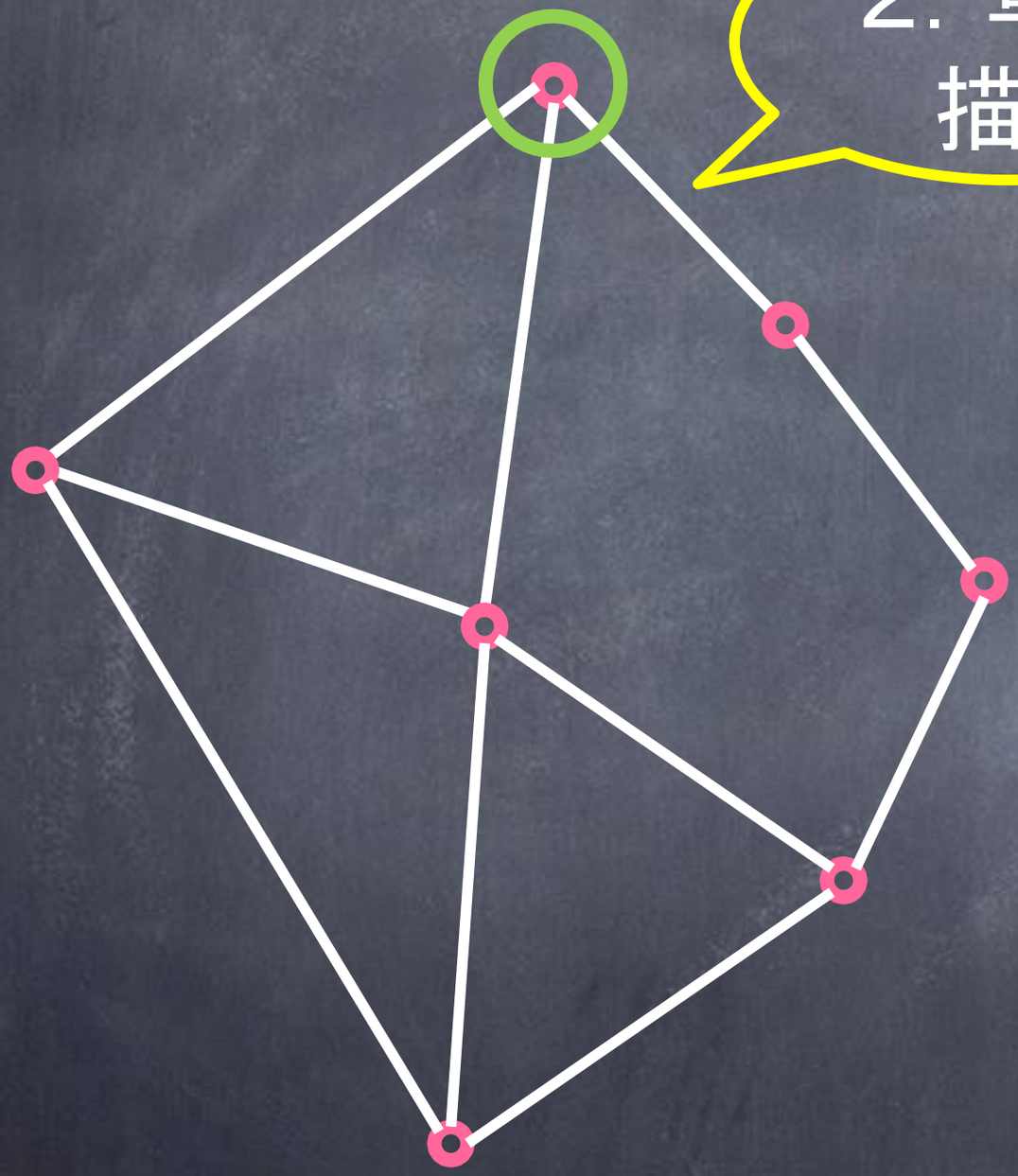
@フロントバッファ

コンピュータ実習（第9回）

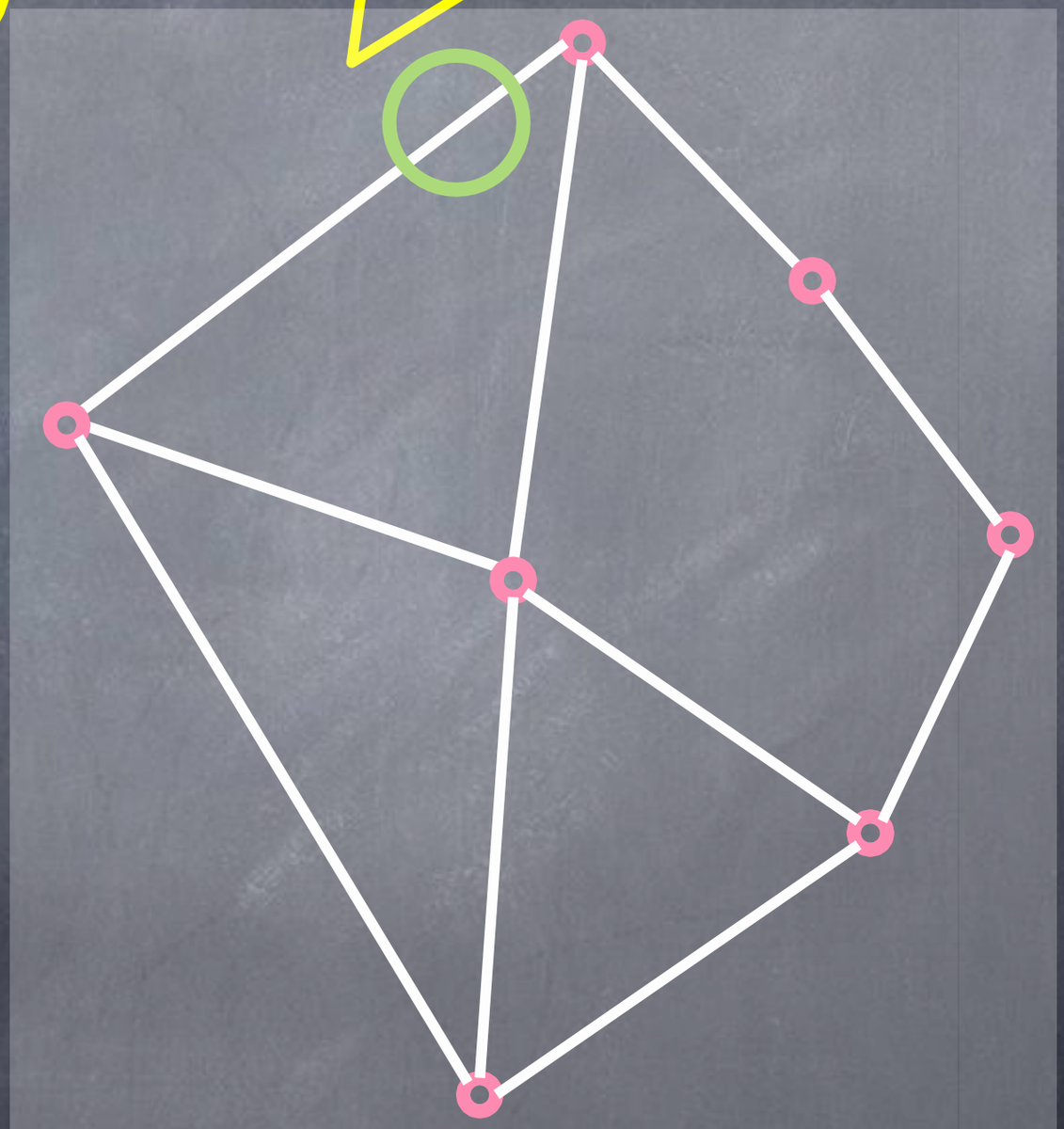
車の移動アニメーションのイメージ

2．車を
描く

3．地図＆少し
移動した車を描く



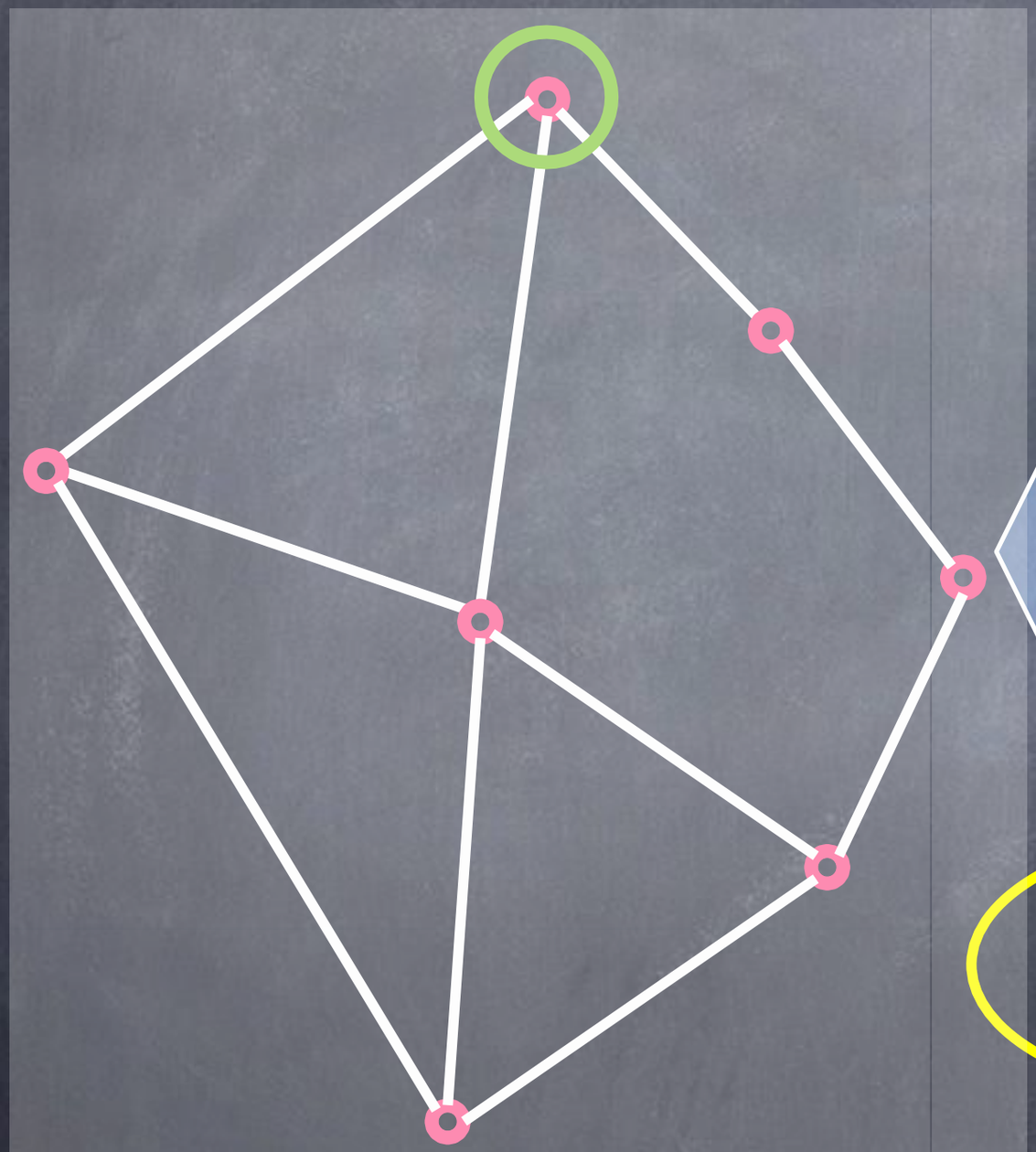
@フロントバッファ



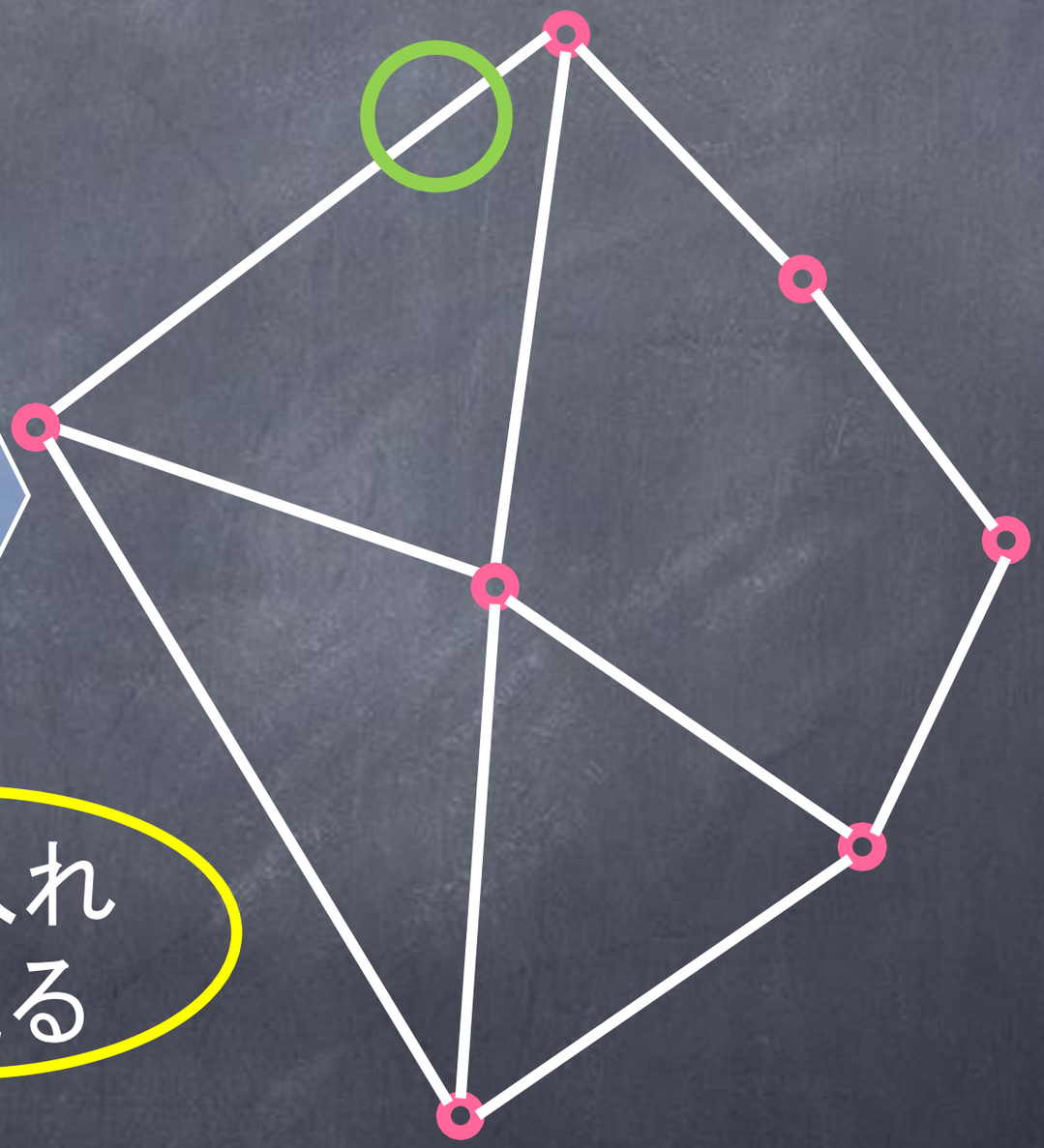
@バックバッファ

コンピュータ実習（第9回）

車の移動アニメーションのイメージ



4. 入れ
替える



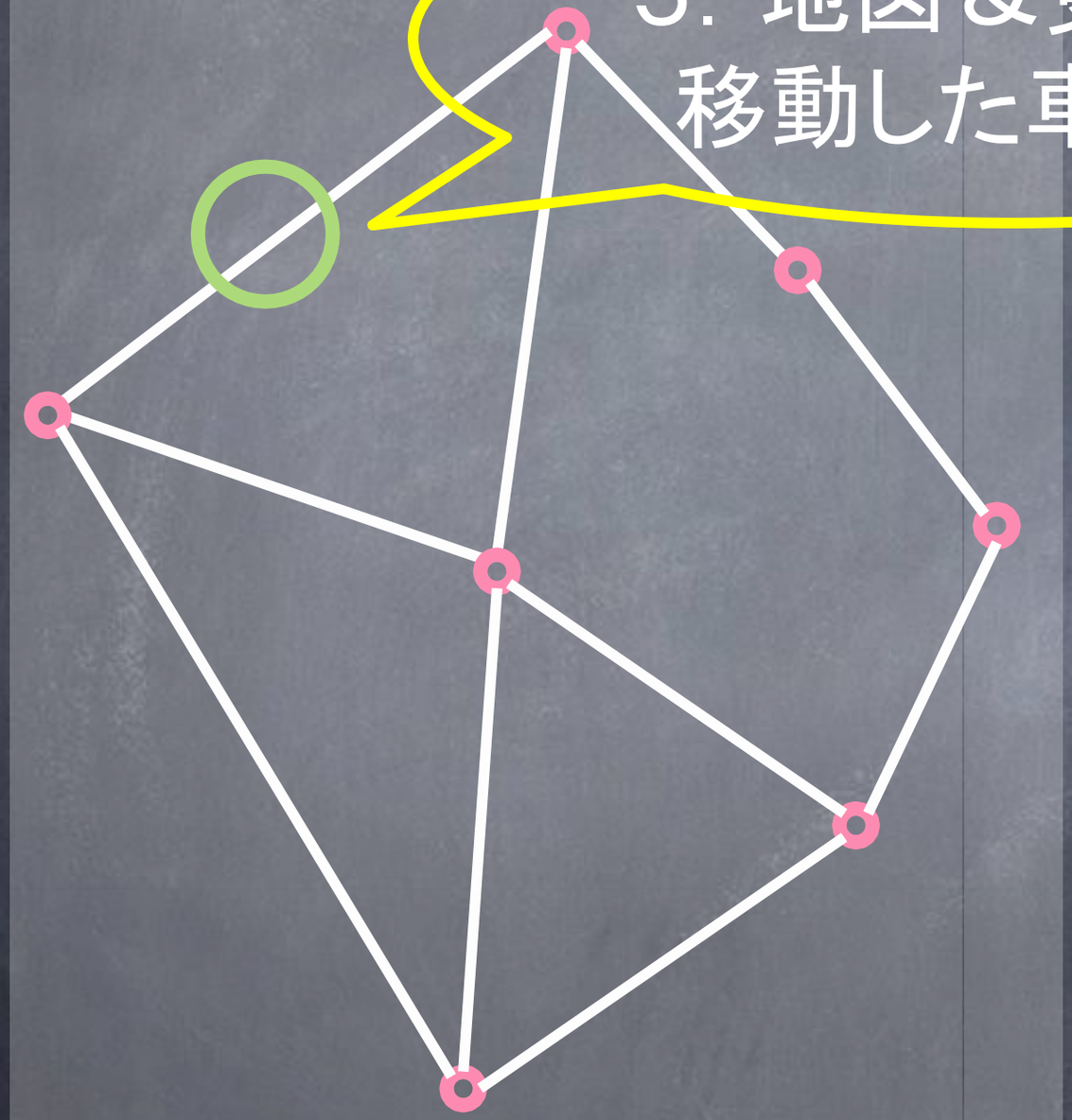
@フロントバッファ
→@バックバッファ

@バックバッファ
→@フロントバッファ

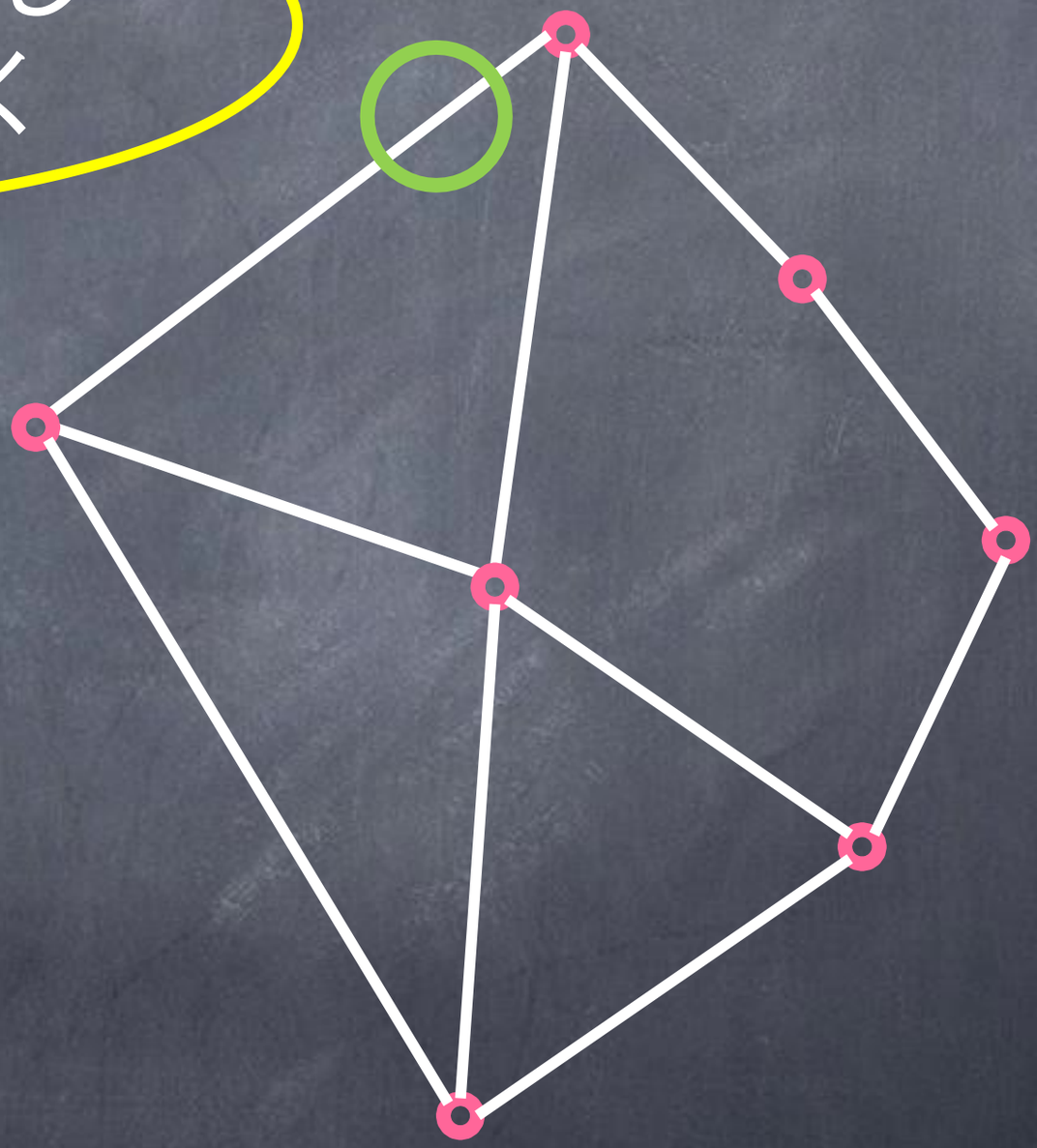
コンピュータ実習（第9回）

車の移動アニメーションのイメージ

5．地図＆更に少し
移動した車を描く



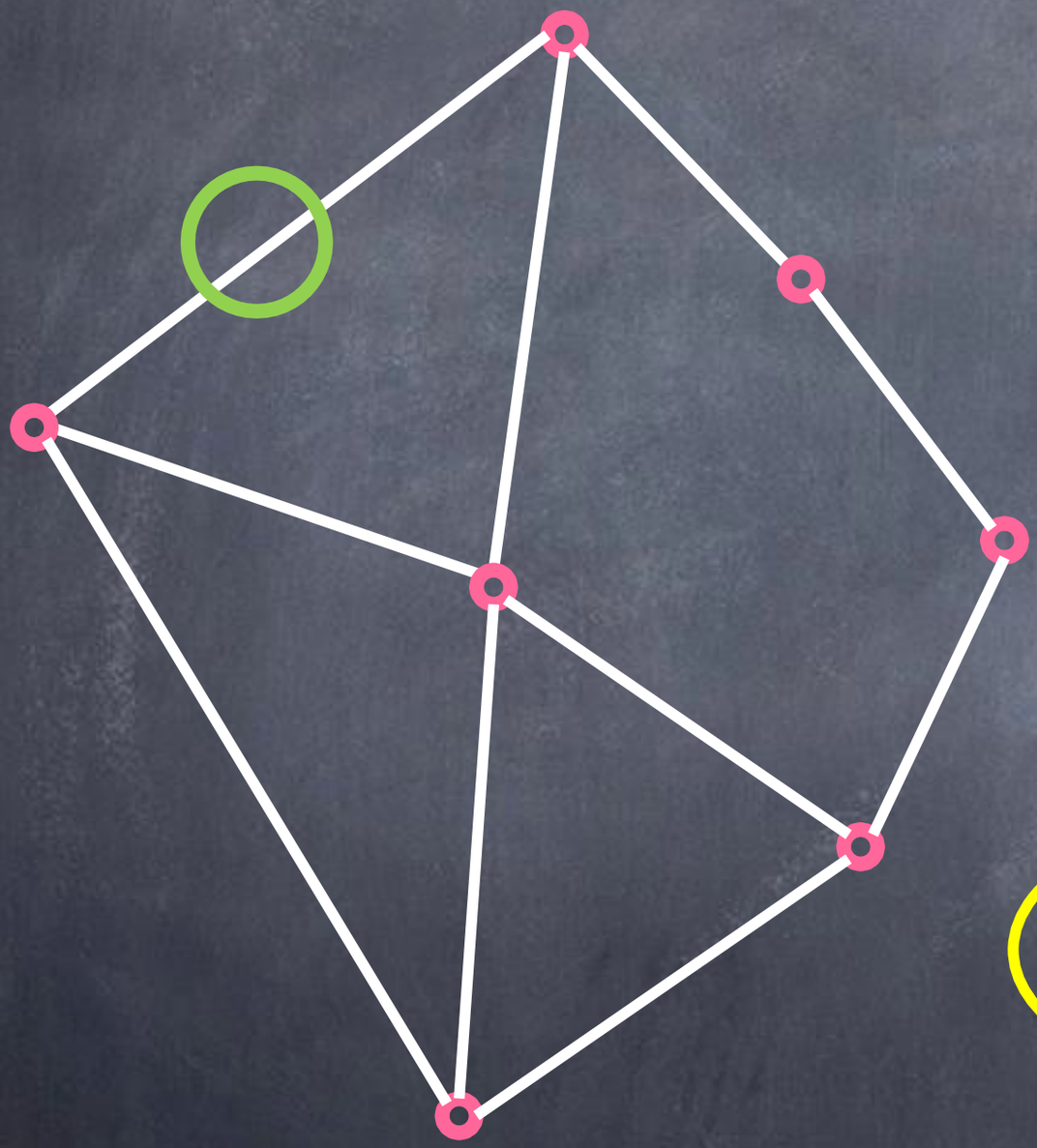
@バックバッファ



@フロントバッファ

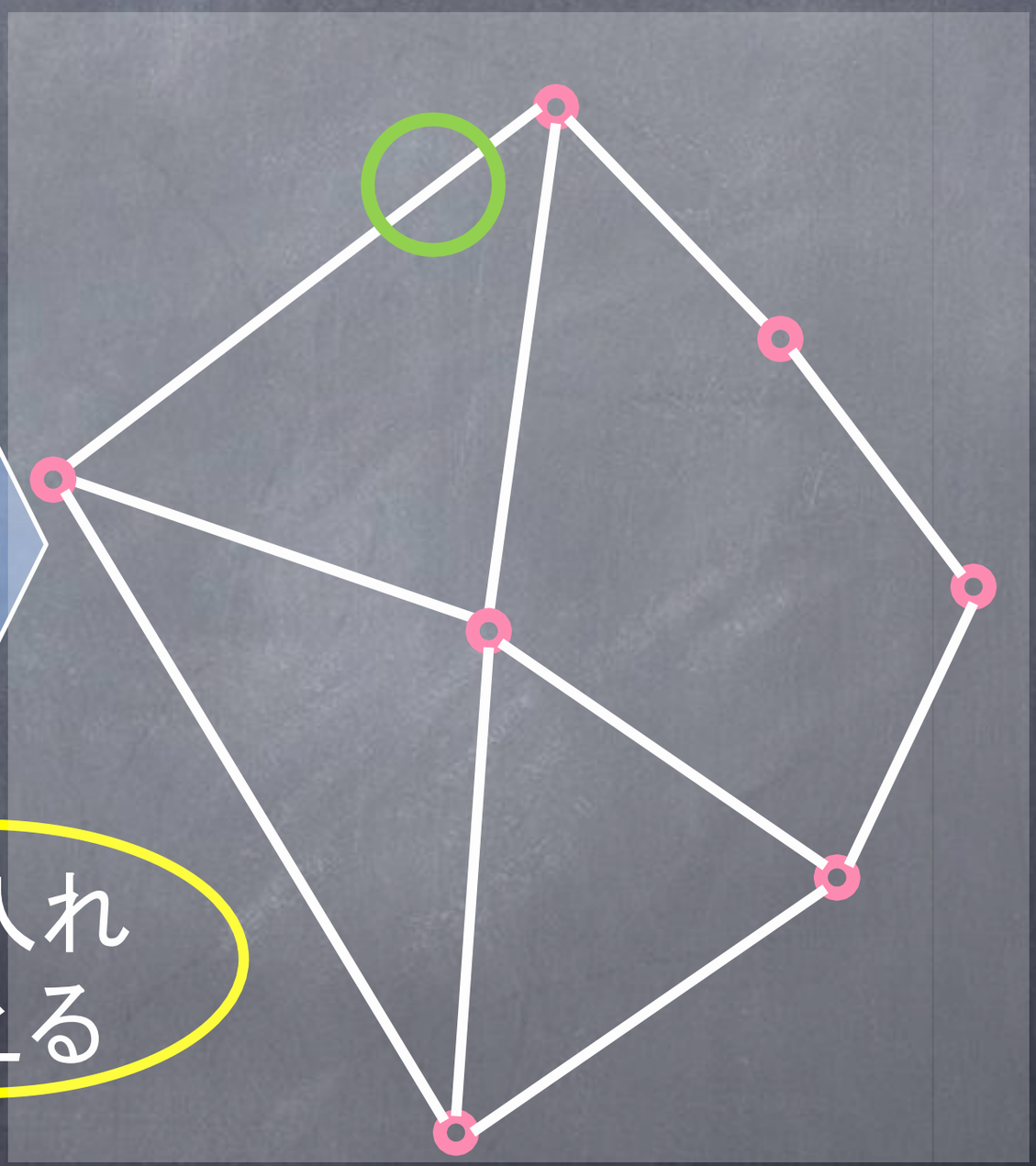
コンピュータ実習（第9回）

車の移動アニメーションのイメージ



@バックバッファ
→@フロントバッファ

6. 入れ
替える



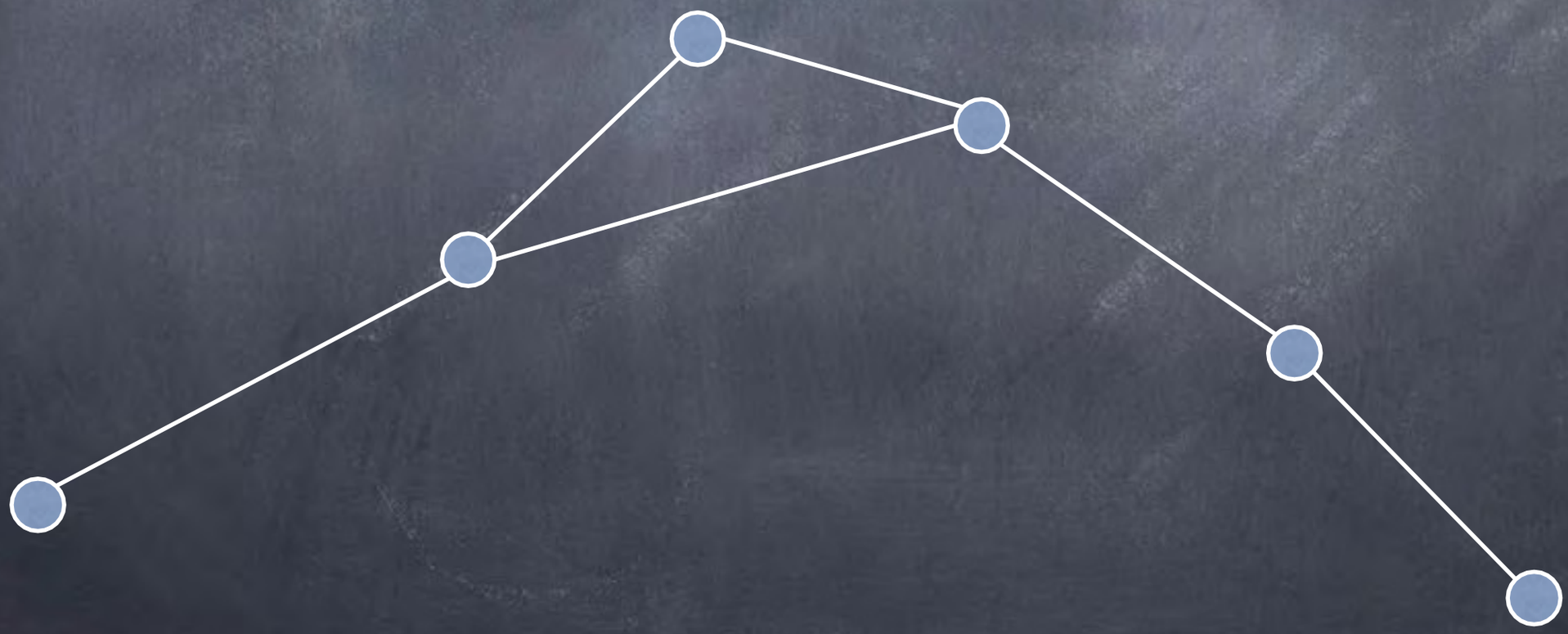
@フロントバッファ
→@バックバッファ

コンピュータ実習（第9回）

演習1　アニメーションによる可視化

1. 目的地までの経路を決める関数　void path_set(void)

　　今回は予め自分で経路を決める



コンピュータ実習（第9回）

演習1　アニメーションによる可視化

1. 目的地までの経路を決める関数　void path_set(void)

今回は予め自分で経路を決める

隣接する交差点の設定(移動経路の設定)
交差点のID(数字)を配列 path[] に入れる。
例えば、経路上の交差点IDが: 1, 5, 3, 2, 7 だとすると、

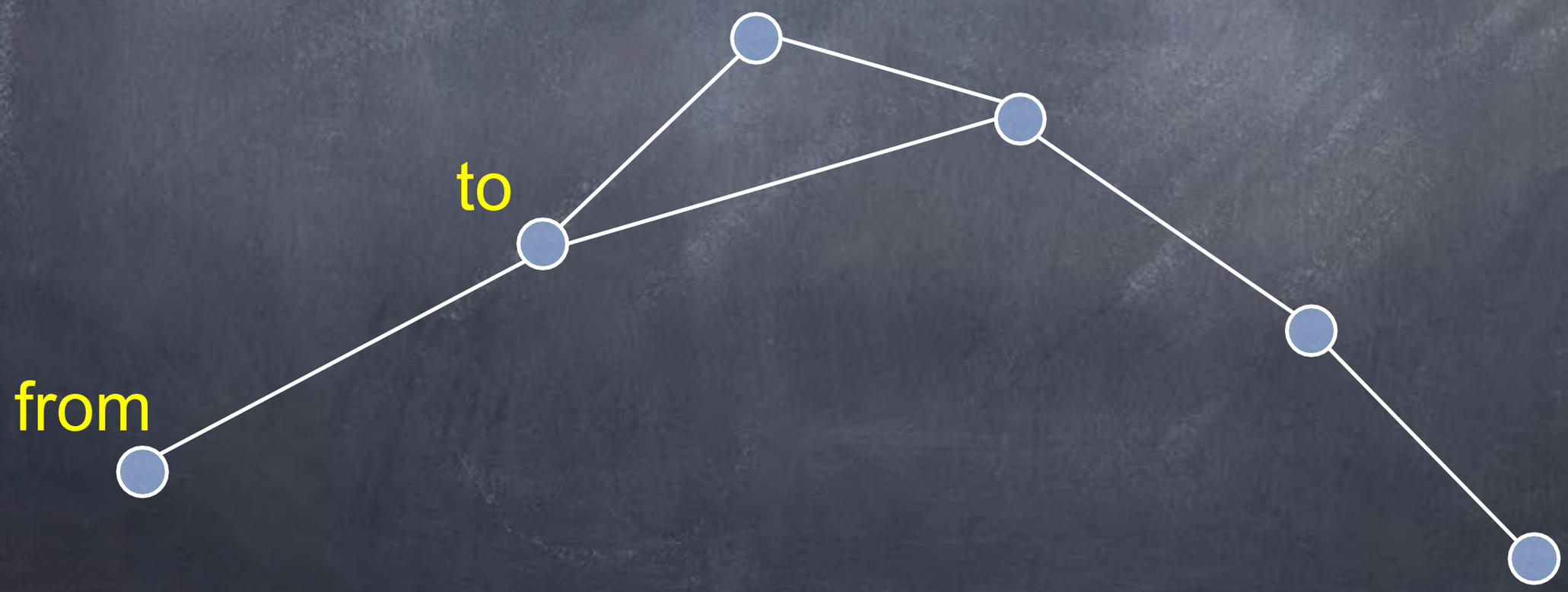
```
path[0] = 1;
path[1] = 5;
path[2] = 3;
path[3] = 2;
path[4] = 7;
path[5] = -1;
```

とする。最後の -1 は、経路が終ったことを示すダミーのID。

コンピュータ実習（第9回）

演習1　アニメーションによる可視化

2. 隣接する2つの交差点間をマーカが移動する
　　アニメーション表示をする



コンピュータ実習（第9回）

演習1　アニメーションによる可視化

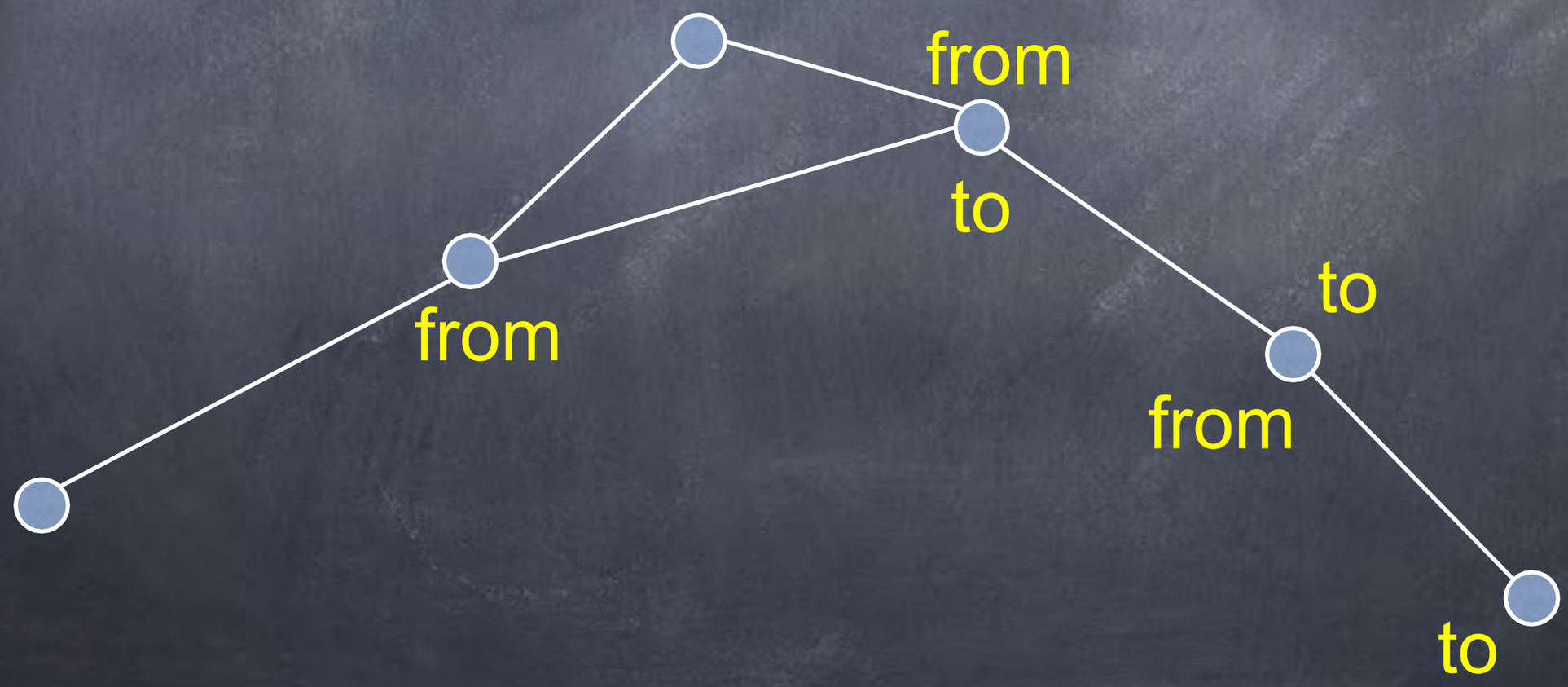
2. 隣接する2つの交差点間をマーカが移動する アニメーション表示をする

```
/* 現在の交差点と次の交差点を (x0, y0),(x1, y1)とする */
        x0 = (現在の交差点のx座標)
        y0 = (現在の交差点のy座標)
        x1 = (次の交差点のx座標)
        y1 = (次の交差点のy座標)
        distance = hypot(x1 - x0, y1 - y0);  /* 2点間の距離を計算  */
        steps = (int)(distance / 0.1);  /* 距離に応じてステップ数を決める */
/* 交差点の間で現在の位置(vehicle_x, vehicle_y)を少しずつ進める */
        vehicle_stepOnEdge++;
        vehicle_x = (車両マーカーのx座標位置の更新)
        vehicle_y = (車両マーカーのy座標位置の更新)
/* 現在の位置に移動体(円形)を表示 */
        glColor3d(1.0, 1.0, 1.0);
        draw_circle(vehicle_x, vehicle_y, MARKER_RADIUS);
```

コンピュータ実習（第9回）

演習１　アニメーションによる可視化

３．２の処理を目的地まで繰り返させる



コンピュータ実習（第9回）

演習１　アニメーションによる可視化

３．２の処理を目的地まで繰り返させる

```
/* 今の交差点と次の交差点のIDがどちらもダミーでない時 */
if (path[ /* パス上の現在の交差点を表すインデクス */ ] != -1 &&
    path[ /* パス上の次の交差点を表すインデクス */ ] != -1) {
    /* まだゴールに達していないので、移動体の位置を進める */
    /* 現在の交差点と次の交差点を (x0, y0),(x1, y1)とする */
    /* 交差点の間で現在の位置(vehicle_x, vehicle_y)を少しずつ進める */

      ２のアルゴリズムがここに入る！！！

    if(/* 現在の位置が次の交差点を過ぎていたら */ ){
        /* パス上の現在の交差点を表すインデクスを進める */
    }
}
/* 現在の位置に移動体を表示 */
```

コンピュータ実習（第9回）

演習2　サーチを利用したマーカの移動

出発地と目的地を指定するとその間の経路(上の交差点)を見つけ出す簡単なプログラムを作成してください.

まず，演習1で作成したmobile.cをmobile_s.cに名前を変えて保存しておいて下さい．これを改造していきます.

演習1では経路をプログラム中で指定しました.

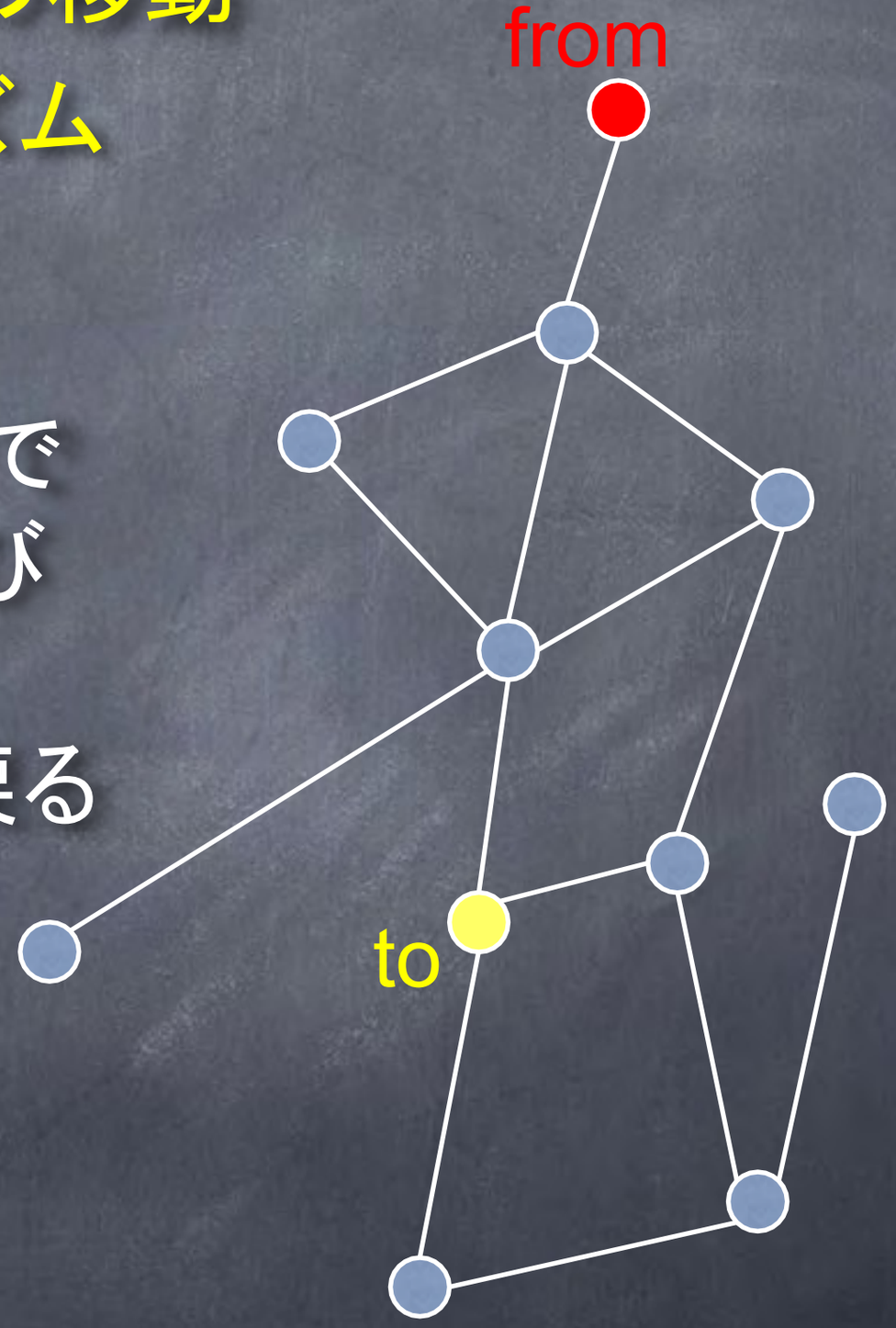
一連の実習で最終的に使用するサーチアルゴリズムは次回の演習で勉強しますので，
今回の演習では一番簡単なサーチアルゴリズムをコーディングします.

コンピュータ実習（第9回）

演習2　サーチを利用したマーカの移動

最近傍隣接交差点検索アルゴリズム

1. 現在地を出発点として
2. 出発地に隣接する交差点の中で
   最も目的地に近い交差点を選び
3. そこに移動して
4. そこが目的地でなければ1に戻る
5. 目的地であれば探索終了



まずはこれを使って演習2を完成させて下さい

コンピュータ実習（第9回）

演習2　サーチを利用したマーカの移動

最近傍隣接交差点検索アルゴリズム

目的地に最も近い隣接交差点のサーチアルゴリズム

現在地交差点ID : id と 目的地交差点ID : goal
が与えられているとき、goal に最も近い隣接交差点の id は、次のようにして求められる。

```
min_distance = 1e100; /* 最短距離を暫定的に大きな値としておく */
for (i = 0; i < cross[id].points; i++)
    {
        distance = (cross[goal] と cross[id]のi番目の隣接交差点との距離を計算);
       /* もしこれまでの最短距離よりも短いものが見つかったら */
       if (min_distance > distance)
          {
               min_distance = distance;     /* 新たな最短距離をセット */
               nearest = cross[id].next[i];   /* 最も近い隣接交差点IDを更新 */
           }
    }
```

コンピュータ実習（第9回）

演習2　サーチを利用したマーカの移動

最近傍隣接交差点検索アルゴリズム

「交差点毎に次の隣接交差点を調べてそこに移動する」という一番素直なやり方

ヒント

- **int search_nearest(int id, int goal) の追加**
  - 交差点 id の隣接交差点の中から交差点 goalに 最も近いものを探し、return文により返す
- **void path_set(void) の削除**
  - この関数はもう要りません
- **int main(void) の修正**

弱点

同じ経路を行ったり来たりする場合がある

→行き止まりや袋小路

コンピュータ実習（第9回）

演習2　サーチを利用したマーカの移動
最近傍隣接交差点検索アルゴリズム

同じ経路を行ったり来たりする袋小路問題の解決策を考える
　例えば、
　　さっきいた交差点は計算の際の候補に加えない
　　今まで通ってきた交差点は計算の際の候補に加えない
　など、が考えられます。

しかし、これだけでは不十分ですので、考えてみて下さい。

次回の授業では、この問題を解決可能な最適経路探索アルゴリズムとして「ダイクストラ法」を取り上げます。