



## artisoc Cloudレシピブック

### 08. 複数階でポテンシャル法

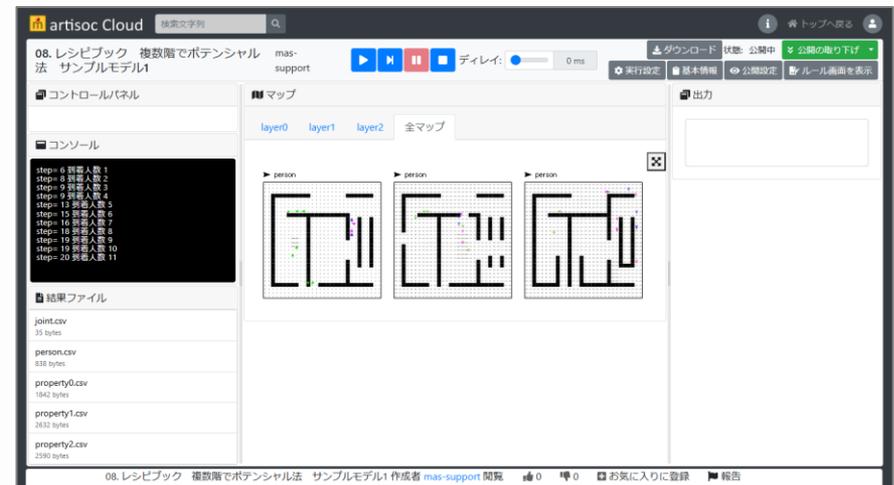
(株) 構造計画研究所

創造工学部

<https://mas.kke.co.jp>

[05. レシピブック](#)にて、ポテンシャル法を使った移動モデルについて解説しましたが、複数階をまたいだ移動の要望が多いため、複数階に対応しました。

1. ポテンシャル法とは？
2. 入力ファイルを作成する
3. モデルを定義する
4. Universeのルールを記述する
5. personのルールを記述する
6. 出力画面を定義する



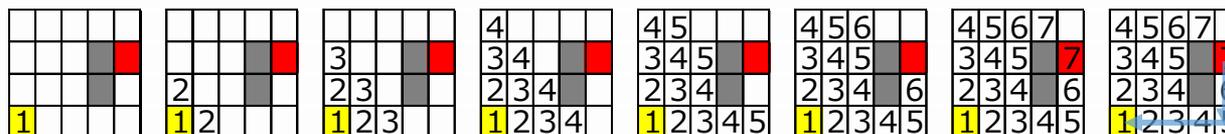
[08. レシピブック サンプルモデル1](#)

# 1. ポテンシャル法とは？

ボールが高いところから低いところへ転がっていく性質を利用した探索方法です

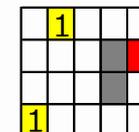
## ポテンシャル法で最短経路を求める手順

1. 空間をメッシュ状に切り、目的地、出発地、障害物のセルを決めます。
2. 目的地に「1」を代入し、その周り上下左右（4方向）に「+ 1」した値を代入します。
3. 順番に値を決めていき、出発地の値が決まるまで繰り返します。
4. 出発地から値の小さいセルを順番に辿れば最短経路が見つかります。



■ は目的地 ■ は出発地 ■ は障害物

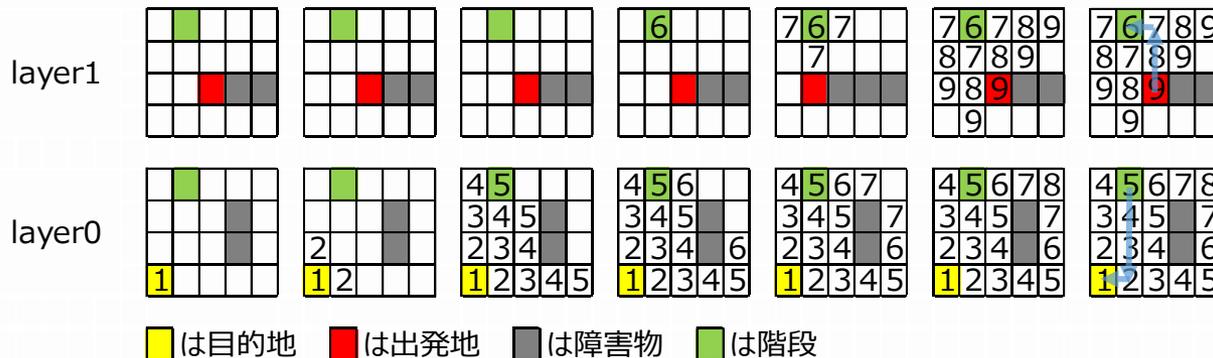
※ 目的地が複数あるときはどうなるか試してみましょう。



2つの階がつながっている場所（階段やエレベータ等）を定義して、ポテンシャルを階をまたいで作成します。

## 複数階でポテンシャル法で最短経路を求める手順

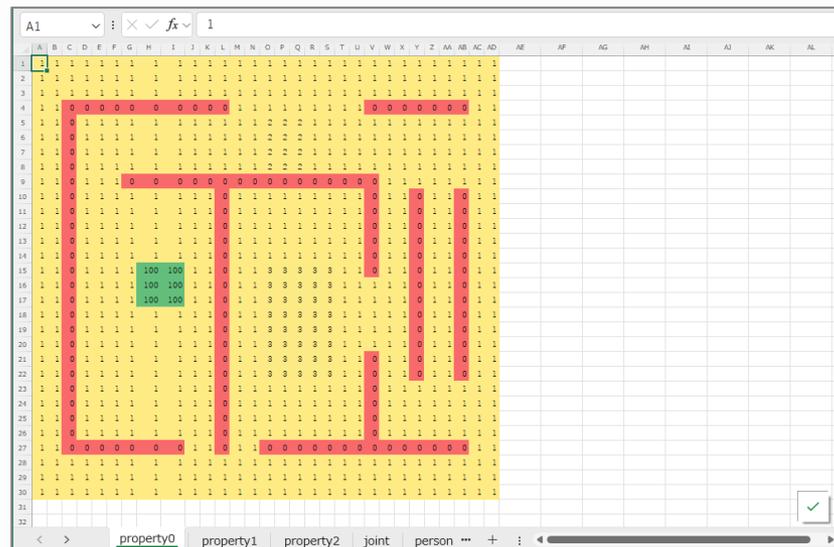
1. 空間をメッシュ状に切り、目的地、出発地、障害物、階段のセルを決めます。
2. 目的地に「1」を代入し、その周り上下左右（4方向）に「+ 1」した値を代入します。
3. 階段のセルのときは、つながっている階のセルにも「+ 1」した値を代入します。
4. 順番に値を決めていき、出発地の値が決まるまで繰り返します。
5. 出発地から値の小さいセルを順番に辿れば最短経路が見つかります。



## 2. 入力ファイルを作成する

Excelを使って入力ファイル（input.xlsx）を作成します。

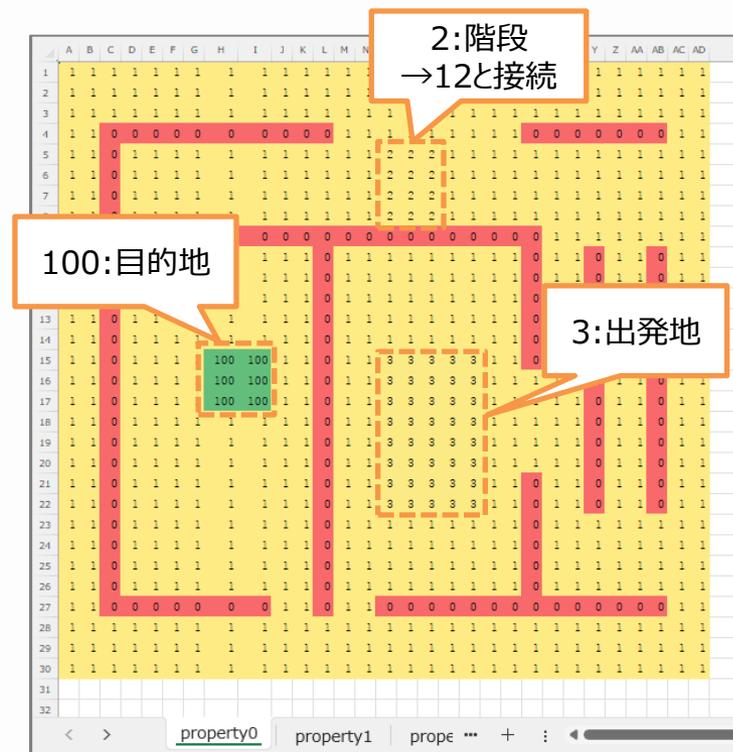
- input.xlsx をExcelで開きます。
- input.xlsx には、3種類のデータがあります。
  - ① property : 空間情報（障害物、階段、出発地、目的地）を定義
  - ② joint : つながっている階のIDを定義
  - ③ person : personエージェントの移動を定義



入力ファイル（input.xlsx）

## 2-1. propertyシートを作成する (1)

- サンプルモデルでは、レイヤ数が3 (3階層) なので、property0、1、2の3つのシートが定義されています。
- また、空間の大きさは30x30です。
- セルの色は、下記の指定で着色しています。  
ホームタブ > 条件付き書式 > カラースケール
- propertyの値 (ID) は0が歩行不可のセル、1以上の値は歩行可能なセルです。
- property0シートでは、次の通りIDを定義しています。
  - 0 : 壁
  - 1 : 床
  - 2 : 階段 (property1の「12」に接続)
  - 3 : 出発地
  - 100 : 目的地



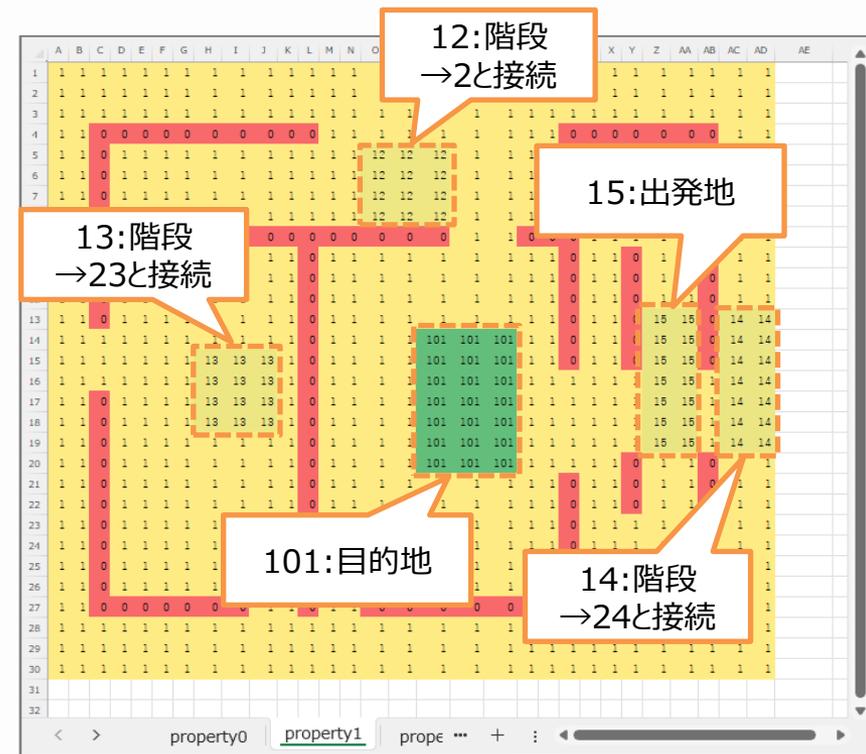
property0シート

※ 0:壁、1:床 は全てのpropertyで共通

## 2-1. propertyシートを作成する (2)

- property1シートでは、次の通りIDを定義しています。
  - 0 : 壁
  - 1 : 床
  - 12 : 階段 (property0の「2」に接続)
  - 13 : 階段 (property2の「23」に接続)
  - 14 : 階段 (property2の「24」に接続)
  - 15 : 出発地
  - 101 : 目的地

※ レイヤ間を移動する時に同じ(x,y)座標を取るため、同じセル範囲にIDを定義する必要があります。例えば、property1の「12」とproperty0の「2」の場合は「O5:Q8」の範囲に値を定義します。



property1シート

## 2-1. propertyシートを作成する (3)

- property2シートでは、次の通りIDを定義しています。
  - 0 : 壁
  - 1 : 床
  - 23 : 階段 (property1の「13」に接続)
  - 24 : 階段 (property1の「14」に接続)
  - 25 : 出発地
  - 102 : 目的地

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25	25	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	25	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	0	1	1	1	1	1	23	23	23	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	0	1	1	1	1	1	23	23	23	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	0	1	1	1	1	1	23	23	23	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	0	1	1	1	1	1	23	23	23	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31																																
32																																

property2シート

## 2-2. jointシートを作成する

- jointシートでは、つながっている階のIDを定義します。
  - 2 (property0) — 12 (property1)
  - 13 (property1) — 23 (property2)
  - 14 (property1) — 24 (property2)
- personエージェントは上下階へ移動ができます。

	A	B	C
1	from_id	to_id	
2	2	12	
3	13	23	
4	14	24	
5			
6			

jointシート

## 2-2. personシートを作成する

- personシートでは、personエージェントの移動を定義します。
- 以下の値を定義します。

person\_id : personの識別番号  
step : 発生するstep  
speed : personの移動速度  
start\_id : 出発地のID  
goal\_id : 目的地のID

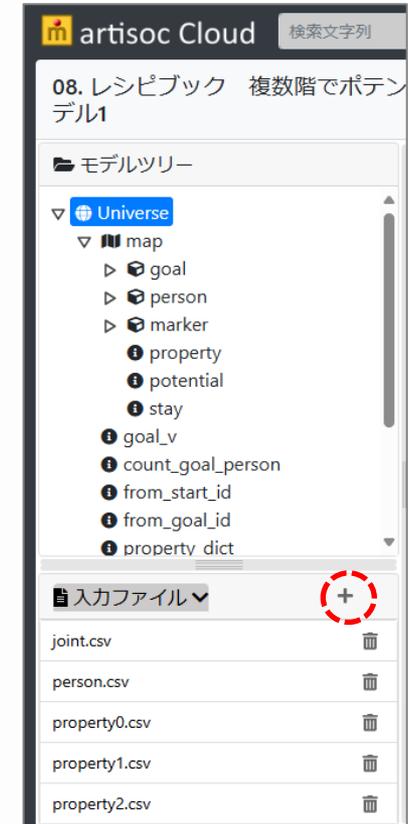
※ 同じstep、同じstart\_idを定義することで  
1ステップに複数のpersonを生成できます

	A	B	C	D	E	F
1	person_id	step	speed	start_id	goal_id	
2	1	1	1.24	3	100	
3	2	1	1.33	15	100	
4	3	1	1.37	25	100	
5	4	1	1.28	3	101	
6	5	1	1.27	15	101	
7	6	1	1.3	25	101	
8	7	1	1.31	3	102	
9	8	1	1.22	15	102	
10	9	1	1.39	25	102	
11	10	2	1.24	3	100	
12	11	2	1.33	15	100	
13	12	2	1.37	25	100	
14	13	2	1.28	3	101	
15	14	2	1.27	15	101	
16	15	2	1.3	25	101	
17	16	2	1.31	3	102	
18	17	2	1.22	15	102	
19	18	2	1.39	25	102	
20	19	5	1.24	3	100	
21	20	5	1.33	15	100	
22	21	5	1.37	25	100	
23	22	5	1.28	3	101	

personシート

## 2-3. csvファイルを作成する

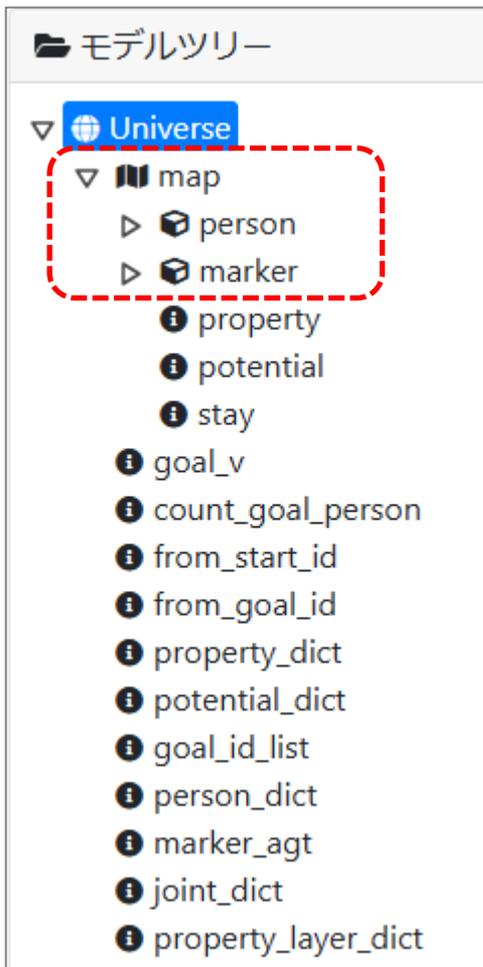
- シート名をファイル名をに指定して、csvファイルを作成します。  
【操作】  
ファイルタブ > 名前をつけて保存 > csv (コンマ区切り) (\*.csv)
- 以下、作成するファイルの一覧です。  
property0.csv  
property1.csv  
property2.csv  
joint.csv  
person.csv
- 入力ファイルには同一ファイル名のファイルをインポートできないため、削除アイコンをクリックして削除してください。
- 入力ファイルの「+」をクリックして、入力ファイルをインポートしてください。



入力ファイルの  
インポート

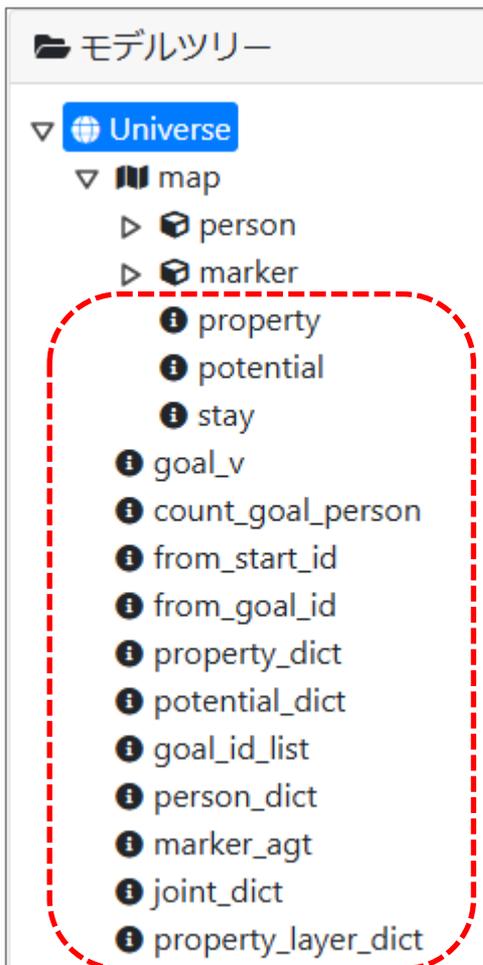
# 3. モデルを定義する (1)

モデルツリーで「空間」「エージェント」「変数」を定義します



- 空間 (Universe.map)  
連続空間、大きさ30 x 30、レイヤ数3、ループしない
- エージェント (Universe.map)
  - person : 歩行者エージェント
    - エージェント変数
      - color : マップ出力の表示色
      - start\_id : 出発地ID
      - goal\_id : 目的地ID
      - person\_id : personのid
      - step : 発生するstep
      - speed : 移動速度
  - marker : personを移動させるための移動マーカー

# 3. モデルを定義する (2)



- 空間変数
  - property : プロパティ値を格納 ※ property.csvから読込
  - potential : ポテンシャル値を格納 ※モデル内で計算
  - stay : personの存在有無を格納
- Universe変数
  - goal\_v : 目的地のポテンシャル値を格納
  - count\_goal\_person : 目的地に到着した人数を格納
  - from\_start\_id : 出発地IDの開始番号
  - from\_goal\_id : 目的地IDの開始番号
  - property\_dict : プロパティ値をキーに座標集合を格納
  - potential\_dict : プロパティ値をキーにポテンシャルを格納
  - goal\_id\_list : 目的地IDのリスト
  - person\_dict : stepをキーに行動計画のリストを格納  
※person.csvから読込
  - marker\_agt : 移動マーカーのエージェントを格納
  - joint\_dict : つながっている階のIDを格納
  - property\_layer\_dict : プロパティ値をキーにレイヤ番号を格納

## 4. Universeのルールを記述する (1)

personが与えられた出発地から目的地へ移動し、  
移動の途中に他のpersonと相互作用するモデルを作成します

- univ\_initは、変数の初期化やファイル読み込み、ポテンシャルの計算等を行います。

```
1 def univ_init(self):
2
3     # 変数の初期化
4     Universe.from_start_id = 1 # 出発地IDの開始番号: 0:歩行不可として定義しているため1以上とする
5     Universe.from_goal_id = 100 # 目的地IDの開始番号: 100以上を目的地とする
6     Universe.count_goal_person = 0 # 移動完了人数のクリア
7     Universe.property_dict = {}
8     Universe.goal_id_list = []
9     Universe.property_layer_dict = {}
10    Universe.joint_dict = {}
11
12    # personのファイル読み込み
13    self.file_read_person('person.csv')
14
15    # propertyのファイル読み込み
16    self.file_read_property('property0.csv', 0)
17    self.file_read_property('property1.csv', 1)
18    self.file_read_property('property2.csv', 2)
19
20    # jointのファイル読み込み
21    self.file_read_joint('joint.csv')
22
23    # potentialの計算
24    self.set_potential()
25
26    # 移動マーカーの生成
27    Universe.marker_agt = create_agt(Universe.map.marker)
28
```

## 4. Universeのルールを記述する (2)

- file\_read\_personは、person.csvを読み込み、step毎にまとめた上でperson\_dictに格納します。

```
235 # personファイルの入力
236 def file_read_person(self, input_filename):
237
238     import csv
239
240     # ファイルの読込
241     Universe.person_dict = {}
242     try:
243         with open(input_filename, encoding='shift_jis') as f:
244             csvreader = csv.reader(f)
245             row_ct = 0
246             for row in csvreader:
247                 if row_ct > 0:
248                     one_person_dict = {}
249                     one_person_dict['person_id'] = row[0]
250                     v_step = int(row[1])
251                     one_person_dict['step'] = v_step
252                     one_person_dict['speed'] = float(row[2])
253                     one_person_dict['start_id'] = row[3]
254                     one_person_dict['goal_id'] = row[4]
255
256                     if str(v_step) in Universe.person_dict:
257                         Universe.person_dict[str(v_step)].append(one_person_dict)
258                     else:
259                         Universe.person_dict[str(v_step)] = []
260                         Universe.person_dict[str(v_step)].append(one_person_dict)
261                 row_ct += 1
262     except:
263         print('[Error] file_read_person :', input_filename)
264         exit_simulation()
265
```

## 4. Universeのルールを記述する (3)

- file\_read\_propertyは、空間変数を初期化し、goal\_v (ポテンシャルの最も小さい値) を計算します。(道路が複雑な場合は、より小さい値をgoal\_vに設定してください)
- 次にproperty.csvを読み込み、プロパティID毎にまとめて property\_dict に格納します。このとき、目的地IDを判別して goal\_id\_list を作成します。

```
181 # propertyファイルの入力
182 def file_read_property(self, input_filename, one_layer):
183
184     import csv
185
186     w = get_width_space(Universe.map)
187     h = get_height_space(Universe.map)
188     layer = get_layer_space(Universe.map)
189
190     # 空間変数の初期化
191     for i in range(h):
192         for j in range(w):
193             Universe.map.property[j, i, one_layer] = 0
194             Universe.map.potential[j, i, one_layer] = 0
195             Universe.map.stay[j, i, one_layer] = 0
196
197     # 目的地のポテンシャル値を計算
198     Universe.goal_v = -1 * (w + h) * layer
199
200     # ファイルの読込
201     try:
202         with open(input_filename, encoding='shift_jis') as f:
203             csvreader = csv.reader(f)
204             row_ct = 0
205             for row in csvreader:
206                 for j in range(w):
207                     v = int(row[j])
208                     i = h - row_ct - 1
209                     key = str(j) + ',' + str(i) + ',' + str(one_layer)
210                     Universe.map.property[j, i, one_layer] = v
211                     # property_dictの作成
212                     # if key in Universe.property_dicts:
```

## 4. Universeのルールを記述する (4)

- set\_potentialは、goal\_id\_listに格納した目的地IDをcalc\_potentialに渡して、目的地ID毎のポテンシャルを計算します。

```
150 # ポテンシャルの計算
151 def set_potential(self):
152
153     Universe.potential_dict = {}
154
155     # 目的地ID毎にポテンシャルを計算
156     for one_goal_id in Universe.goal_id_list:
157         self.calc_potential(one_goal_id)
```

- calc\_potentialは、プロパティ値が0以外（歩行可能）のセルのポテンシャル値を求めます。計算結果はpotential\_dictに格納します。

```
93 # 任意の目的地IDのポテンシャルを計算
94 def calc_potential(self, goal_id):
95
96     w = get_width_space(Universe.map)
97     h = get_height_space(Universe.map)
98     layer = get_layer_space(Universe.map)
99
100     # 計算対象のセルを取得
101     target_list = []
102     cell_list = []
103     for one_layer in range(layer):
104         for i in range(h):
105             for j in range(w):
106                 v = Universe.map.property[j, i, one_layer]
107                 if v > 0:
108                     key = str(j) + ',' + str(i) + ',' + str(one_layer)
109                     if v == goal_id:
110                         target_list.append(key)
111                         Universe.map.potential[j, i, one_layer] = Universe.goal_v
112                     else:
113                         cell_list.append(key)
```

## 4. Universeのルールを記述する (5)

- univ\_step\_beginでpersonの生成、univ\_step\_endで終了条件をチェックします。

```
20 ▾ def univ_step_begin(self):  
21  
22     # step毎にpersonを生成  
23     self.create_person_step()  
24  
25  
26 ▾ def univ_step_end(self):  
27  
28     # 終了条件のチェック  
29 ▾ if count_agt(Universe.map.person) == 0:  
30     exit_simulation()  
31  
32  
33 ▾ def univ_finish(self):  
34     pass
```

※ 終了条件は、personの数が0になった場合で判定しているため、step=1でpersonを生成しない場合は、終了条件を変更してください。

## 4. Universeのルールを記述する (6)

- create\_person\_stepは、person\_dictに格納したstep毎の行動計画を使って、任意のstepでpersonを生成します。このとき、personを生成するセルは出発地IDと同じ値かつ他のpersonが存在しないセルを選択します。

```
37 # step毎にpersonを生成
38 def create_person_step(self):
39
40     import random
41
42     ct_step = str(count_step())
43     if ct_step in Universe.person_dict: # 該当のstepでpersonを生成する場合
44         person_list = Universe.person_dict[ct_step]
45         for one_person_list in person_list:
46             one_person = create_agt(Universe.map.person)
47             one_person.person_id = one_person_list['person_id']
48             one_person.step = one_person_list['step']
49             one_person.speed = one_person_list['speed']
50             one_person.start_id = one_person_list['start_id']
51             one_person.goal_id = one_person_list['goal_id']
52
53             start_cell_list = Universe.property_dict[str(one_person.start_id)]
54             for i in range(10):
55                 one_cell = random.choice(start_cell_list) # 出発地IDのセルをランダムで取得
56                 pos_list = one_cell.split(',')
57                 px = int(pos_list[0])
58                 py = int(pos_list[1])
59                 p_layer = int(pos_list[2])
60                 if Universe.map.stay[px, py, p_layer] == 0: # 該当セルにpersonが不在の場合
61                     break
62                 one_person.x = px
63                 one_person.y = py
64                 one_person.layer = p_layer
65                 one_person.color = self.get_color(one_person.goal_id)
66                 Universe.map.stay[px, py, p_layer] += 1
```

# 5. personのルールを記述する

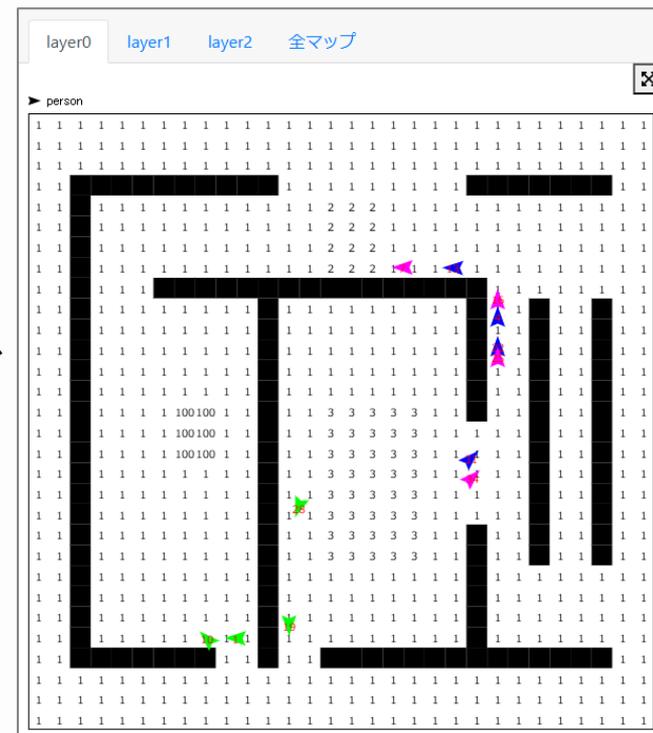
- personのagt\_stepでは、自らの目的地のポテンシャルに沿って、移動します。周囲8方向および上下階につながっている場合は該当の方向のうち、歩行可能で他のpersonが存在しないもしくは少ないセルの中からポテンシャル値が最も低いセルを選び、speedの距離だけ移動します。ゴールに到着すると到着人数を加算し、エージェントを消去します。

```
4 def agt_step(self):
5     w = get_width_space(Universe.map)
6     h = get_height_space(Universe.map)
7
8     # 目的地のポテンシャルを取得
9     potential_map = Universe.potential_dict[str(self.goal_id)]
10
11    # ポテンシャル値の取得関数
12    potential_dict = {}
13    def get_potential(cx, cy, c_layer):
14        if 0 <= cx and cx < w and 0 <= cy and cy < h:
15            cx = int(cx)
16            cy = int(cy)
17            if Universe.map.stay[cx, cy, c_layer] < rand()*3: # 人混みを避ける
18                key = str(cx) + ',' + str(cy) + ',' + str(c_layer)
19                if potential_map[key] < 0:
20                    potential_dict[key] = potential_map[key]
21
22    distance = self.speed
23    goal_flag = False
24    while(distance > 0):
25        # 周囲8方向でポテンシャル値が低い方へ移動
26        px = self.x
27        py = self.y
28        p_layer = self.layer
29        get_potential(px-1, py, p_layer) # 左
30        get_potential(px+1, py, p_layer) # 右
31        get_potential(px, py+1, p_layer) # 上
32        get_potential(px, py-1, p_layer) # 下
33        get_potential(px-1, py+1, p_layer) # 左上
```

※ ポテンシャルの計算は周囲4方向で求めましたが、personの移動は周囲8方向を対象としています。これは、移動方向を周囲4方向にすると、personの動きがカクカクした動きになるため、周囲8方向にしています。

## マップ出力画面を定義します

- 出力設定 > layer0 を表示します。  
空間「map」、レイヤ番号「0」  
マップ要素リストは、以下の通り定義します。  
person : マーカー「矢印」、表示色「color」  
エージェント情報の表示「person\_id」  
property : グラデーション指定「0:黒」～「1:白」、  
変数表示「property」  
※ layer1、layer2もレイヤ番号を変えて同様に  
定義します
- 出力設定 > 値出力 を表示します。  
値出力要素リストは、以下の通り定義します。  
step : 出力値「count\_step()」



マップ出力 (layer0)