

数値波動水槽「CADMAS－SURF/3D」と
マルチエージェントモデルの連成解析マニュアル

目次

| | | |
|--------|---------------------------------------------------|----|
| 1 | システム構成..... | 3 |
| 2 | 制限事項..... | 4 |
| 2.1 | 時間刻み..... | 4 |
| 3 | 入出力データ..... | 5 |
| 3.1 | 入力データ..... | 5 |
| 3.1.1 | 解析条件データ (namelist.inp) | 6 |
| 3.1.2 | エージェントデータ (agent.inp) | 7 |
| 3.1.3 | 避難所データ (shelter.inp) | 7 |
| 3.1.4 | 道標データ (signpost.inp) | 8 |
| 3.1.5 | エージェントの進入可否データ (move_boundary.inp) | 8 |
| 3.1.6 | 避難所毎ポテンシャルデータ | 8 |
| 3.1.7 | 津波到達時間データ | 9 |
| 3.1.8 | 時系列津波到達確率データ..... | 9 |
| 3.1.9 | 個人毎ポテンシャルデータ..... | 9 |
| 3.1.10 | CADMAS-SURF 出力データ (data.ma) | 9 |
| 3.2 | 出力データ..... | 11 |
| 3.2.1 | 結果データ (agent.out) | 11 |
| 3.2.2 | 統計値データ (statistics_i.csv, statistics_r.csv) | 12 |
| 4 | 解析の実行手順..... | 13 |
| 4.1 | CADMAS/SURF との連成計算の実行例..... | 13 |
| 4.2 | 単体 (オフライン) 計算の実行例..... | 14 |
| 5 | 可視化ツール (CADMAS VR) の使用方法..... | 15 |
| 5.1 | 入力データ読み込み..... | 15 |
| 5.2 | 操作方法..... | 17 |
| 6 | プログラム説明..... | 18 |
| 6.1 | モジュール..... | 18 |
| 6.1.1 | エージェントに関するモジュール変数 (m_agent) | 19 |
| 6.1.2 | CADMAS-SURF に関するモジュール変数 (m_cadmas) | 20 |
| 6.1.3 | ポテンシャル等に関するモジュール変数 (m_potential) | 21 |
| 6.1.4 | 時間積分制御に関するモジュール変数 (m_timectl) | 22 |
| 6.1.5 | 出力に関するモジュール変数 (m_output) | 21 |
| 6.1.6 | 避難経路探索手法の OnOff フラグに関するモジュール変数 (m_flag) | 22 |

| | | |
|-------|------------------------------------------|----|
| 6.1.7 | 津波浸水回避経路探索手法に関するモジュール変数 (m_danger) | 22 |
| 6.1.8 | 津波浸水確率考慮経路探索に関するモジュール変数 (m_output) | 22 |
| 6.2 | サブルーチン説明および処理の流れ | 24 |
| 7 | 導入したモデル | 27 |
| 7.1 | ポテンシャルモデル | 27 |
| 7.1.1 | 避難経路ポテンシャル | 28 |
| 7.1.2 | 群衆ポテンシャル | 28 |
| 7.2 | 道標モデル | 29 |
| 7.3 | ランダムウォークモデル | 29 |
| 7.4 | 津波浸水を避ける経路探索モデル | 29 |
| 7.5 | 津波浸水確率の低い経路探索モデル | 29 |

1 システム構成

マルチエージェントモデルのシステム構成を図 1-1 に示す。マルチエージェントモデルでは、CADMAS-SURF から通信またはファイルにより 2 次元の水深および流速データを受け取り、これを用いて解析を行う。

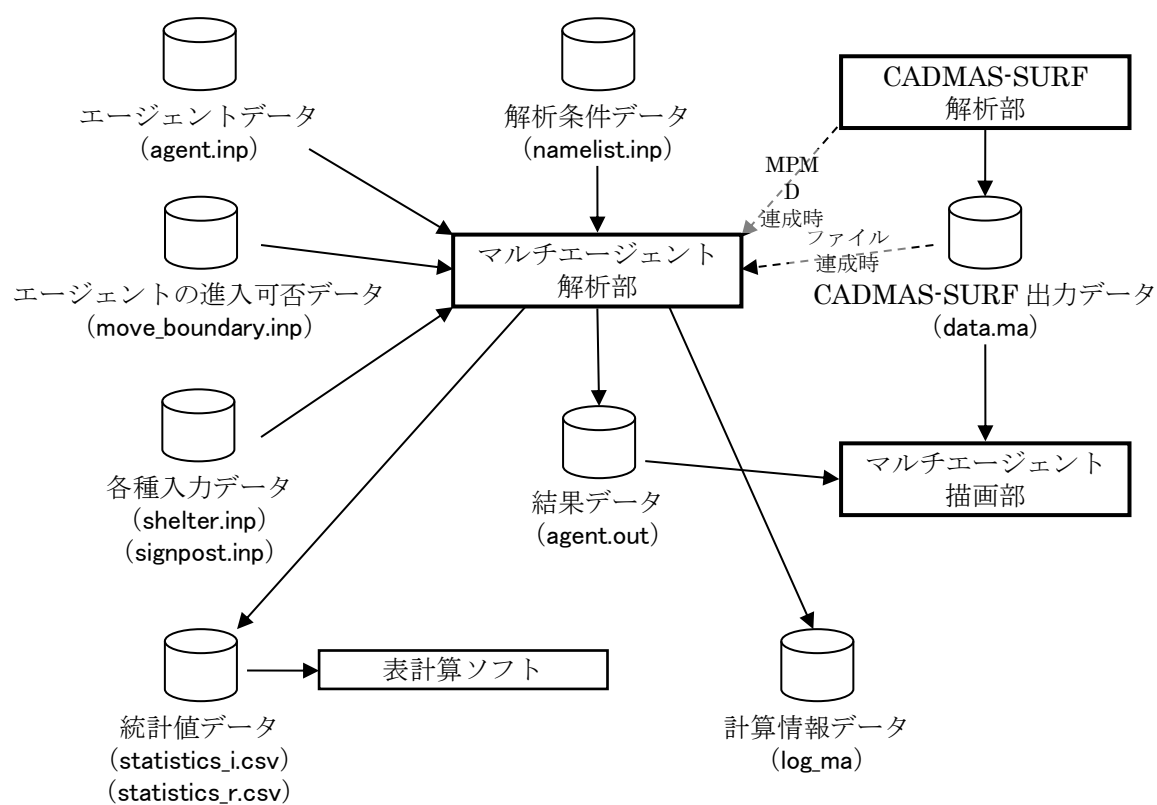


図 1-1 システム構成

2 制限事項

2.1 時間刻み

マルチエージェントモデルでは、エージェントの進行方向決定のために 2 次元メッシュを用いている。このため、各エージェントの移動自体はセル単位ではなく連続的な座標で行われるが、1 ステップあたりの移動量についてはメッシュサイズの制約を受ける。具体的には、以下の式(2-1)を満たす必要がある。

$$\Delta t \leq \frac{dx}{v_{\max}} \quad (2-1)$$

ここで、 Δt は時間刻み、 dx は格子間隔、 v_{\max} はエージェントの最大移動速度。

3 入出力データ

マルチエージェント解析における入出力ファイル一覧を以下の表 3-1 に示す。

表 3-1 入出力ファイル

| ファイル名 | I/O | 形式 | 機番 | 内容 |
|---------------------------------------------------------|-----|--------|----|---------------------------------|
| namelist.inp | 入力 | ASCII | 11 | 解析条件データ |
| agent.inp | 入力 | ASCII | 12 | エージェントデータ |
| shelter.inp | 入力 | ASCII | 22 | 避難所データ |
| signpost.inp | 入力 | ASCII | 21 | 道標データ |
| move_boundary.inp | 入力 | ASCII | 20 | エージェントの進入可否データ |
| namelist.list でディレ クトリを指定 0 埋め 3 桁 ex: 000.txt | 入力 | ASCII | | 避難所毎ポテンシャル (flag_WP=0 の時必要) |
| namelist.list でパス 名を指定 | 入力 | ASCII | | 津波到達時間 (flag_danger=1 の時必要) |
| namelist.list でディレ クトリを指定 0 埋め四桁 ex: 0000.txt | 入力 | ASCII | | 時系列津波到達確率 (flag_prob=1 の時必要) |
| data.ma | 入力 | BINARY | 13 | CADMAS-SURF 出力データ |
| agent.out | 出力 | BINARY | 14 | 結果データ |
| statistics_i.csv | 出力 | ASCII | 15 | 整数型統計値データ |
| statistics_r.csv | 出力 | ASCII | 16 | 実数型統計値データ |
| log_ma | 出力 | ASCII | 90 | 計算情報データ |

3.1 入力データ

3.1.1 解析条件データ (namelist.inp)

基本的な解析条件について指定する。解析条件データのサンプルを図 3-1 に示す。

```
&time
  maxstep = 9999      ! 最大ステップ数
  start   = 0.0d0     ! 解析開始時刻[s]
  end     = 200.0d0    ! 解析終了時刻[s]
  dt      = 0.1d0     ! 時間刻み[s]
/
&agent
  n_rw = 1            ! 1:RandomWalk の考慮 0:考慮せず
  rw_dt = 2.0d0       ! RandomWalk 情報 (rw_theta) の更新間隔[s]
  n_slope = 1         ! 1:slope_function の考慮 0:考慮せず
/
&potential
  xpin = 0.0d0        ! ポテンシャル格子の x 方向基点座標[m]
  ypin = 1.0d0        ! ポテンシャル格子の y 方向基点座標[m]
  ipmax = 60          ! ポテンシャル格子の i 方向分割数
  jpmax = 40          ! ポテンシャル格子の j 方向分割数
  dxy = 5.0d0         ! ポテンシャル格子の格子間隔[m]
  n_signpost = 2      ! >1:道標数 0:考慮せず
  n_shelter = 2       ! >1:避難所数 0:考慮せず
  n_mob = 0           ! 1:群集心理の考慮 0:考慮せず
  r_mob = 50.0d0      ! 群衆カウント範囲[m]
/
&output
  out_start = 0.0d0    ! 出力開始時刻[s]
  out_end   = 200.0d0  ! 出力終了時刻[s]
  out_interval = 2.0d0 ! 出力間隔[s]
/
&offline
  nregion = 1          !ma ファイルの個数
  file = "../data.ma"  !ma ファイルのパス
/
&flag
  flag_WP = 0          !避難所毎ポテンシャル書き出し 0n0ff フラグ >1:書き出し 0:書き出しせず
  flag_RP = 0          !避難所毎ポテンシャル読み込み 0n0ff フラグ >1:読み込み 0:読み込みせず
  flag_danger = 0      !津波浸水回避経路探索 0n0ff フラグ >1:考慮 0:考慮せず
  flag_prob = 1        !津波到達確率考慮経路探索 0n0ff フラグ >1:考慮 0:考慮せず
/
&danger
                                !flag_danger=1 の時必要
  danger_path = "../danger.txt" !津波到達時間のパス
/
&prob
                                !flag_prob=1 の時必要
  ini_prob = 1            !回避する確率の初期値
  relaxation_rate = 1     !回避する確率の増加幅
  tsunami_prob_directory = "prob/" !時系列津波到達確率のディレクトリ
  flag_WPprob = 1         !個人毎ポテンシャル書き出し 0n0ff フラグ>1:書き出し 0:書き出しせず
  flag_RPprob = 1         !個人毎ポテンシャル読み込み 0n0ff フラグ>1:読み込み 0:読み込みせず
  n_pot_directory = "np/" !個人毎ポテンシャルディレクトリ
```

図 3-1 解析条件データ (namelist.inp)

3.1.2 エージェントデータ (agent.inp)

各エージェント固有の属性については、agent.inp で設定する。1 行に 1 エージェントの情報を入力する。ただし、先頭の文字が“#”の行は読み飛ばされる。指定項目はカンマ区切りで左から順に、Index・初期 x 座標[m]・初期 y 座標[m]・移動速度[m/s]・死亡判定水位[m]・進行方向不確かさの標準偏差[deg]・道標に従う確率 (0.0~1.0)・避難経路ポテンシャルの重み係数 (0.0 以上)・群衆ポテンシャルの重み係数 (0.0 以上)・避難開始時刻 (0.0 以上) である。エージェントデータのサンプルを図 3-2 に示す。

| #N, | X0, | Y0, | Velocity, | Deadline, | rw_sigma, | W_signpost, | W_shelter, | W_mob, | agent_start |
|-----|------|------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|--------|-------------|
| 1, | 70, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 2, | 90, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 3, | 110, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 4, | 130, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 5, | 150, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 6, | 170, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 7, | 190, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 8, | 210, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |
| 9, | 230, | 150, | 3.0, | 1.0, | 30.0, | 0.5, | 1.0, | 0.1, | 0.0 |

図 3-2 エージェントデータ (agent.inp)

3.1.3 避難所データ (shelter.inp)

ネームリストで n_shelter を 1 以上とした場合には、避難所データとして shelter.inp が必要となる。1 行に 1 避難所の情報を入力する。ただし、先頭の文字が“#”の行は読み飛ばされる。指定項目はカンマ区切りで左から順に、Index・x 方向セル番号・y 方向セル番号・避難所高さ（地面からの高さ）である。避難所データのサンプルを図 3-3 に示す。

| #N, | i, | j, | z |
|-----|-----|-----|----|
| 1, | 1, | 40, | 20 |
| 2, | 60, | 40, | 30 |

図 3-3 避難所データ (shelter.inp)

3.1.4 道標データ (signpost.inp)

ネームリストで **n_signpost** を 1 以上とした場合には、道標データとして **signpost.inp** が必要となる。1 行に 1 道標の情報を入力する。ただし、先頭の文字が “#” の行は読み飛ばされる。指定項目はカンマ区切りで左から順に、**Index**・**x** 方向セル番号・**y** 方向セル番号・道標の有効半径[m]・道標の指示方向[deg.](x 方向が 0.0[deg.]で反時計回りが正)である。道標データのサンプルを図 3-4 に示す。

| #N, | i, | j, | r, | theta |
|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1, | 26, | 40, | 50, | 0 |
| 2, | 35, | 40, | 50, | 0 |

図 3-4 道標データ (signpost.inp)

3.1.5 エージェントの進入可否データ (move_boundary.inp)

エージェントの隣接セルへの進入可否について、`move_boundary.inp` で設定する。進入可能なセルを 0，進入不可のセルは-1 を指定する。進入可否データのサンプルを図 3-5 に示す。

[illegible]

図 3-5 エージェントの移動可否データ (move boundary.inp)

3.1.6 避難所毎ポテンシャル (flag WP=0 の時に必要)

避難所毎のポテンシャル場を読み込むデータ。Flag_WP=1 で書き出し。

0 埋め 3 桁で shelter.inp の順番と同様の番号。ディレクトリは namelist.inp で指定する。
時系列津波到達確率のサンプルを図 3-5 に示す。

| | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 9999.00 | 166.79 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 167.80 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 168.81 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 169.80 | 170.19 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 170.80 | 171.20 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 171.61 | 171.19 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 170.18 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 169.14 | 168.75 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 167.72 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 166.70 | 166.25 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 165.27 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 164.35 | 163.77 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 166.08 | 167.08 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 163.07 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 157.53 | 158.58 | 159.64 | 160.70 | 161.75 | 162.75 | 163.71 | 9999.00 | 9999.00 |

図 3-6 避難所毎ポテンシャル (例: 001.txt)

3.1.7 津波到達時間 (flag_danger=1 の時に必要)

津波到達時間 (秒) を記述したデータ。namelist.inp 内でパスを指定。津波到達時間のサンプルを図 3-5 に示す。

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 679.20 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 682.80 | 678.95 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 691.80 | 683.55 | 675.31 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 691.20 | 682.95 | 674.49 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 829.48 | 715.48 | 677.19 | 671.28 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 689.19 | 680.73 | 673.41 | 667.37 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 685.23 | 677.43 | 669.57 | 663.53 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 683.11 | 674.19 | 665.98 | 659.90 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 678.21 | 670.01 | 662.36 | 656.32 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 671.89 | 665.19 | 658.06 | 652.21 |
| 726.60 | 714.00 | 705.00 | 678.60 | 664.46 | 658.53 | 653.57 | 647.66 |

図 3-7 津波到達時間 (例: danger.txt)

3.1.8 時系列津波到達確率 (flag_probに必要)

時系列の津波到達確率を記述するデータ。確率のため、要素は 0 以上 1 以下。

0 埋め 4 桁で時間ごと。ディレクトリは namelist.inp で指定する。時系列津波到達確率のサンプルを図 3-5 に示す。

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 28.00 |
| 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 28.00 | 28.00 |
| 25.00 | 25.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 29.00 | 30.00 |
| 25.00 | 27.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 29.00 | 29.00 | 30.00 | 30.00 |
| 25.00 | 28.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| 27.00 | 29.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| 28.00 | 29.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28.00 | 29.00 | 32.00 | 45.00 | 45.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28.00 | 28.00 | 39.00 | 56.00 | 56.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 32.00 | 32.00 | 17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33.00 | 33.00 | 18.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 52.00 | 70.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 57.00 | 70.00 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 57.00 | 68.00 | 68.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 55.00 | 65.00 | 65.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 52.00 | 63.00 | 68.00 | 68.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

図 3-8 時系列津波到達確率 (例: 0920.txt)

3.1.9 個人毎ポテンシャルデータ (Flag_RPprob=1 の時に必要)

個人毎のポテンシャル場を読み込むデータ。Flag_WP=1 で書き出し。

0 埋め 4 桁で agent.inp の順番と同様の番号。ディレクトリは namelist.inp で指定する。個人毎ポテンシャルデータのサンプルを図 3-5 に示す。

| | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 9999.00 | 166.79 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 167.80 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 168.81 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 169.80 | 170.19 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 170.80 | 171.20 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 171.61 | 171.19 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 170.18 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 169.14 | 168.75 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 167.72 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 166.70 | 166.25 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 165.27 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 164.35 | 163.91 | 9999.00 | 9999.00 |
| 156.08 | 157.08 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 9999.00 | 163.07 | 9999.00 | 9999.00 |
| 9999.00 | 157.53 | 158.58 | 159.64 | 160.70 | 161.75 | 162.75 | 163.71 | 9999.00 |

図 3-9 個人毎ポテンシャル (例: 0001.txt)

3.1.10 CADMAS-SURF 出力データ (data.ma)

CADMAS/SURF の入力ファイル (data.in) に、図 3-に例示する形式の入力を加えることで CADMAS/SURF 解析時に出力される。data.ma はマルチエージェントモデルを単体 (オフライン) で計算する時、および可視化時に使用する。BINARY (FORTRAN の unformatted) 形式。出力書式を表 3-2 に示す。

```

OBST 28 26 1 28 30 31
OBST 29 26 1 29 30 32
OBST 30 26 1 30 30 33

B.C.   D                      VP SLIP
B.C.   D                      F  FREE
B.C.   Z 1 1 1 30 5 1 VP FIX-V 0.00 0.00 1.00

FILE GRP TIME      0 0 9999.9 1 0
FILE MAM TIME      0.0 9999.9 1.0 ← この入力を追加する。
FILE L/P TIME      0.0 9999.9 1.0
FILE L/P AREA YZ   15      15
FILE L/P OFF  OBST
FILE L/P OFF  BC-IND

```

図 3-10 CADMAS-SURF 入力ファイル (data.in) の一部

表 3-2 CADMAS-SURF 出力データ (data.ma)

| ①ヘッダ部(最初に一度だけ出力) | | |
|----------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| レコード 1 | icmax | jcmx |
| | CADMAS メッシュの x 方向分割数 <i>integer</i> | CADMAS メッシュの y 方向分割数 <i>integer</i> |
| レコード 2 | (xc(i),i=0,icmax) | |
| | CADMAS の x 方向メッシュ分割位置 <i>real(8)</i> | |
| レコード 3 | (yc(j),j=0,jcmx) | |
| | CADMAS の y 方向メッシュ分割位置 <i>real(8)</i> | |
| レコード 4 | ((height_c(i,j),i=1,icmax),j=1,jcmx) | |
| | 標高データ <i>real(4)</i> | |
| ②本体部(出力指定時刻毎に繰り返し出力) | | |
| レコード 1 | cadmas_tnext | |
| | 時刻 <i>real(4)</i> | |
| レコード 2 | ((depth_c(i,j),i=1,icmax),j=1,jcmx) | |
| | 水深データ <i>real(4)</i> | |
| レコード 3 | ((uu_c(i,j),i=1,icmax),j=1,jcmx) | |
| | 流速 u データ <i>real(4)</i> | |
| レコード 4 | ((vv_c(i,j),i=1,icmax),j=1,jcmx) | |
| | 流速 v データ <i>real(4)</i> | |

3.2 出力データ

3.2.1 結果データ (agent.out)

マルチエージェントの解析結果データ一式は、agent.out に書き出される。BINARY (FORTRAN の unformatted) 形式。出力書式を表 3-3 に示す。

表 3-3 結果データ (agent.out)

| ①ヘッダ部(最初に一度だけ出力) | | |
|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| レコード 1 | N_agent | |
| | エージェント数 | |
| (続レコード 1) | N_I_statistics | N_R_statistics |
| | 出力する整数型の統計量の数 | 出力する実数型の統計量の数 |
| (続レコード 1) | N_I_attribute_F | N_R_attribute_F |
| | 整数型の固定属性数 | 実数型の固定属性数 |
| (続レコード 1) | N_I_attribute_FV | N_R_attribute_V |
| | 整数型の可変属性数 | 実数型の可変属性数 |
| レコード 2 | (String_I_statistics(I),I=1,N_I_statistics) | |
| | 整数型の統計量の説明 char(32) | |
| レコード 3 | (String_R_statistics(I),I=1,N_R_statistics) | |
| | 実数型の統計量の説明 char(32) | |
| レコード 4 | (String_I_attribute_F(I),I=1,N_I_attribute_F) | |
| | 整数型の固定属性の説明 char(32) | |
| レコード 5 | (String_R_attribute_F(I),I=1,N_R_attribute_F) | |
| | 実数型の固定属性の説明 char(32) | |
| レコード 6 | (String_I_attribute_V(I),I=1,N_I_attribute_V) | |
| | 整数型の可変属性の説明 char(32) | |
| レコード 7 | (String_R_attribute_V(I),I=1,N_R_attribute_V) | |
| | 実数型の可変属性の説明 char(32) | |
| レコード 8 | (I_attiribute_F(I),I=1,N_I_attribute_F) | レコード 8 と 9 を N_agent 回繰り返す |
| | 整数型の固定属性の値 integer | |
| レコード 9 | (R_attiribute_F(I),I=1,N_R_attribute_F) | |
| | 実数型の固定属性の値 real(4) | |
| ②本体部(出力指定時刻毎に繰り返し出力) | | |
| レコード 1 | time | nstep |
| | 時刻 real(8) | ステップ数 int |
| レコード 2 | (I_statistics(I),I=1,N_I_statistics) | |
| | 整数型の統計量の値 integer | |
| レコード 3 | (R_statistics(I),I=1,N_R_statistics) | |
| | 実数型の統計量の値 real(4) | |
| レコード 4 | (I_attiribute_V(I),I=1,N_I_attribute_V) | レコード 4 と 5 を N_agent 回繰り返す |
| | 整数型の可変属性の値 integer | |
| レコード 5 | (R_attiribute_V(I),I=1,N_R_attribute_V) | |
| | 実数型の可変属性の値 real(4) | |

3.2.2 統計値データ (statistics_i.csv, statistics_r.csv)

整数型の統計値データを statistics_i.csv に、実数型の統計値を statistics_r.csv に、それぞれ各出力時刻で出力している。時系列グラフ作成用。ASCII (CSV) 形式。サンプルを図 3-11 に示す。

| #time | Number of escaped | Number of moving | Number of dead |
|-------|-------------------|------------------|----------------|
| 0 | 0 | 9 | 0 |
| 2 | 0 | 9 | 0 |
| 4 | 0 | 9 | 0 |
| 6 | 0 | 9 | 0 |
| 8 | 0 | 9 | 0 |
| 10 | 0 | 9 | 0 |
| 12 | 0 | 9 | 0 |
| 14 | 0 | 9 | 0 |
| 16 | 0 | 9 | 0 |
| 18 | 0 | 9 | 0 |
| 20 | 0 | 9 | 0 |
| 22 | 0 | 9 | 0 |
| 24 | 0 | 9 | 0 |
| 26 | 0 | 8 | 1 |
| 28 | 0 | 8 | 1 |
| 30 | 0 | 7 | 2 |
| 32 | 0 | 7 | 2 |
| 34 | 0 | 7 | 2 |
| 36 | 0 | 7 | 2 |
| 38 | 0 | 7 | 2 |
| 40 | 0 | 7 | 2 |
| 42 | 0 | 7 | 2 |
| 44 | 0 | 7 | 2 |
| 46 | 0 | 7 | 2 |
| 48 | 0 | 7 | 2 |
| 50 | 0 | 6 | 3 |
| 52 | 0 | 6 | 3 |
| 54 | 0 | 6 | 3 |
| 56 | 0 | 6 | 3 |
| 58 | 0 | 6 | 3 |
| 60 | 0 | 6 | 3 |
| : | : | : | : |

図 3-11 統計値データ (statistics_i.csv)

4 解析の実行手順

4.1 CADMAS/SURF との連成計算の実行例

- ①計算実行ディレクトリに CADMAS/SURF およびマルチエージェントの計算に必要な入力ファイル一式を用意する。

```
/calc_MPMD % ls
agent.inp data.in          namelist.inp signpost.inp
data.env  move_boundary.inp shelter.inp
```

- ②使用する計算機を指定するため appfile ファイルを用意する。

```
/calc_MPMD % cat appfile
machine1 0 %CD%/CADMAS ← “machine1”で津波の計算を実行する
machine2 1 %CD%/MA      ← “machine2”でマルチエージェント計算を実行する
```

- ③計算を実行するための go スクリプトを用意する。

```
/calc_MPMD % cat go
#!/bin/bash

# Definition
CD=`pwd`
CADMAS=../src cad/a.3d-mg10-opt ← CADMAS-SURF のロードモジュール
MA=../src ma/ma.out ← マルチエージェントのロードモジュール

# Remove
/bin/rm data.list* data.grp* data.tran* list.out agent.out *%.csv
/bin/rm appfile1 > /dev/null
2>&1
sed -e "s@%CD%@$CD@" appfile > appfile1

# Clean & Exit
if [ "$1" == "clean" ]; then
    exit
fi

# Setting
if [ -f $CADMAS ]; then /bin/cp -fp $CADMAS CADMAS; fi
if [ -f $MA ]; then /bin/cp -fp $MA MA ; fi

mpirun -p4pg appfile1 $CD/CADMAS

exit
```

- ④計算を実行する。

```
/calc_MPMD % ./go
```

4.2 単体（オフライン）計算の実行例

- ①マルチエージェント解析用データ data.ma を得るため、CADMAS/SURF の計算を事前に行う。

```
/calc_CADMAS-SURF % ls  
data.env data.in  
/calc_CADMAS-SURF % mpirun -np 1 ./src_cad/a.3d-mg10-opt ← CADMAS-SURF のロードモジュール
```

- ②計算実行ディレクトリにマルチエージェント計算に必要な入力ファイル一式（上記①で得られた data.ma を含む）を用意する。

```
/calc_FILE % ls  
agent.inp move_boundary.inp shelter.inp  
data.ma namelist.inp signpost.inp
```

- ③マルチエージェントの計算を実行する。

```
/calc_FILE % mpirun -np 1 ./src_ma/ma.out ← マルチエージェントのロードモジュール
```

5 可視化ツール（CADMAS）の使用方法

5.1 入力データ読み込み

必要となる入力ファイルは、CADMAS-SURF から出力される.grp ファイル、およびマルチエージェントの解析結果データ agent.out である。エラー! 参照元が見つかりません。に示す通り、可視化ツールを起動し、エラー! 参照元が見つかりません。の通り agent.out ファイルおよび.grp ファイルを選択する。

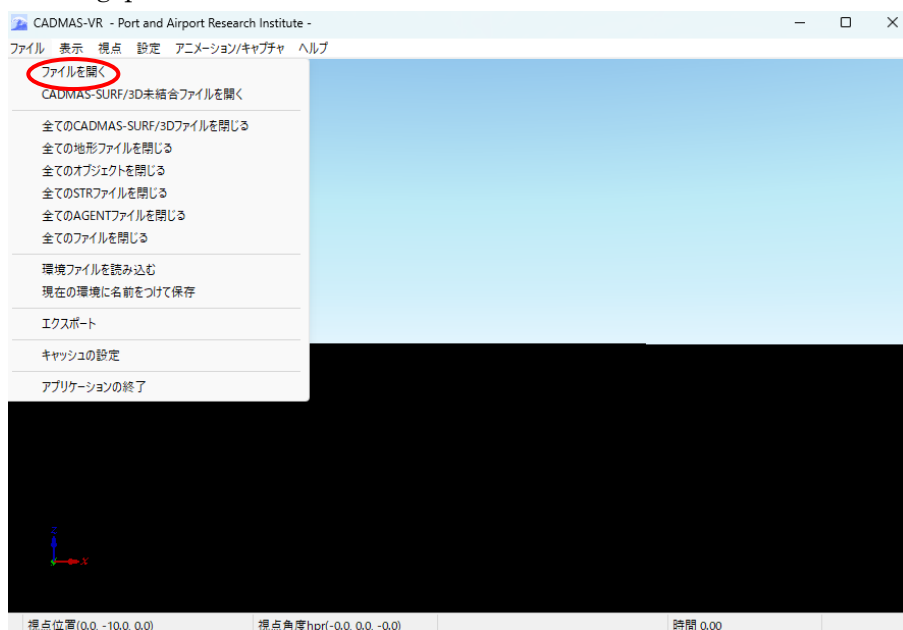


図 5-1 起動画面

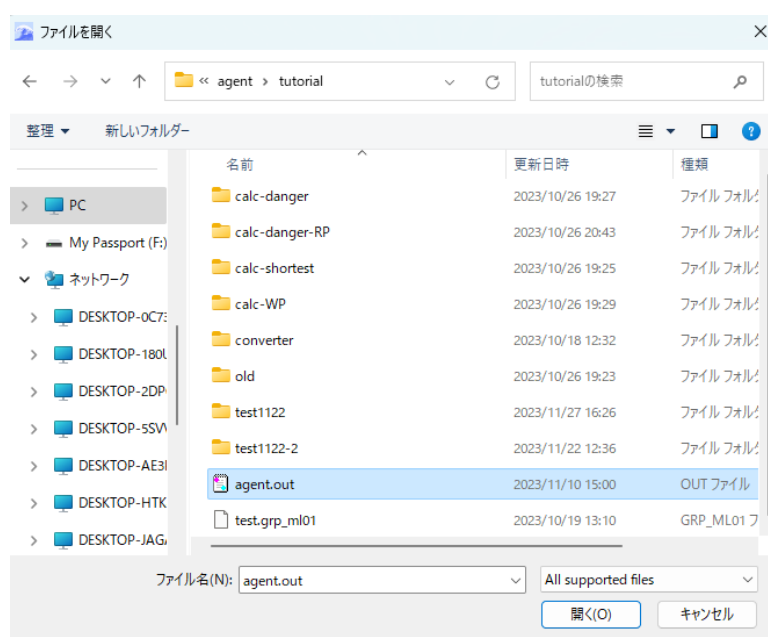


図 5-2 ファイル選択画面

5.2 操作方法

入力データ読み込み後の操作画面を説明する。レイヤー選択ウィンドウから、操作するファイルを選択し、Fit ボタンを押すことで、該当のファイル表示域へと始点が移動する (①)。左クリックスクロールで平行移動、右クリックスクロールで拡大・縮小、マウスホイールを押しながらスクロールで視点角度を変更できる。設定から、.grp ファイル、agent.out ファイルの設定が可能である (②)。また、アニメーションキャプチャを表示し、操作することで、動画の再生・停止が可能である。以上の操作方法を、エラー! 参照元が見つかりません。に示す。

設定→CADMASA-AGENT の設定 (②が開く)

アニメーションキャプチャ→アニメーションコントロールの表示 (③が開く)



図 5-1 ファイル可視化の設定

6 プログラム説明

6.1 モジュール

マルチエージェントモデルにおいて定義されているモジュールを表 6-1 に示す。さらに、以下の 6.1.1～6.1.5 では、モジュール変数についても示す。

表 6-1 モジュール一覧

| モジュール名 | 説明 | 含まれるサブルーチン |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| m_agent | エージェントに関するモジュール | allocate_agent |
| m_cadmas | CADMAS-SURF 関連モジュール | allocate_cadmas_c |
| m_potential | ポテンシャル等に関するモジュール | allocate_move_boundary allocate_pot_mob allocate_pot_shelter allocate_signpost allocate_n_potential allocate_m_pot_shtelte |
| m_timectl | 時間積分制御に関するモジュール | |
| m_output | ファイル出力制御に関するモジュール | |
| m_flag | 経路探索手法 OnOff フラグに関するモジュール | |
| m_danger | 津波遭遇回避経路探索に関するモジュール | |
| m_prob | 津波到達確率考慮経路探索に関するモジュール | |

6.1.1 エージェントに関するモジュール変数 (m_agent)

表 6-2 に、m_agent で定義されたエージェントに関するモジュール変数を示す。

表 6-2 エージェントに関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|-----------------|---|-----------------------|-----------------------------------------------|
| n_agent | I | | エージェント数 |
| i_agent | I | (n_agent) | エージェントの x 方向セル位置 |
| j_agent | I | (n_agent) | エージェントの y 方向セル位置 |
| agent_x | R | (n_agent) | エージェントの x 座標 |
| agent_y | R | (n_agent) | エージェントの y 座標 |
| agent_u | R | (n_agent) | エージェントの x 方向移動速度 |
| agent_v | R | (n_agent) | エージェントの y 方向移動速度 |
| vel | R | (n_agent) | エージェントの移動速度 |
| agent_status | I | (n_agent) | エージェントの状態 (0:避難済み, 1:移動中, 2:移動中(水中), 3:死亡) |
| istat_escaped | I | | 避難済みエージェント数 |
| istat_moving | I | | 移動中のエージェント数 |
| istat_dead | I | | 死亡したエージェント数 |
| deadline | R | (n_agent) | エージェントが許容できる水深 (この水深以上になると死亡) |
| n_rw | I | | 進行方向不確実さを考慮するかのフラグ |
| rw_dt | I | | 進行方向不確実さ (rw_theta) の更新間隔 |
| rw_tnext | R | | 次に rw_theta を更新する時刻 |
| rw_sigma | R | (n_agent) | 目標方向と RandomWalk による進行方向の角度差の標準偏差 |
| rw_theta | R | (n_agent) | 目標方向と RandomWalk による進行方向の角度差 (rw_dt 毎に更新) |
| weight_signpost | R | (n_agent) | エージェントの道標に従う確率 |
| iflag_signpost | I | (n_agent, n_signpost) | 各エージェントが道標に従うか否か |
| weight_shelter | R | (n_agent) | エージェントの避難経路ポテンシャルに関する重み |
| weight_mob | R | (n_agent) | エージェントの群衆心理ポテンシャルに関する重み |
| Agent_start | R | (n_agent) | エージェントの避難開始時刻 |

6.1.2 CADMAS-SURF に関するモジュール変数 (m_cadmas)

表 6-3 に、m_cadmas で定義された CADMAS-SURF に関するモジュール変数を示す。

表 6-3 CADMAS-SURF に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|--------------|---|---------------|---------------------------------|
| icmax | I | | CADMAS-SURF 出力の地形メッシュの x 方向分割数 |
| jcmax | I | | CADMAS-SURF 出力の地形メッシュの y 方向分割数 |
| xc | R | (0:icmax) | CADMAS-SURF 出力の地形メッシュの x 方向分割位置 |
| yc | R | (0:jcmax) | CADMAS-SURF 出力の地形メッシュの y 方向分割位置 |
| cadmas_tnow | R | | CADMAS-SURF 出力データの時刻 |
| cadmas_tnext | R | | CADMAS-SURF 出力データの次回更新時刻 |
| cadmas_rank | I | | CADMAS-SURF の PE 番号(連成しないときは-1) |
| height_c | R | (icmax,jcmax) | 地形高さ(CADMAS-SURF 出力データ) |
| depth_c | R | (icmax,jcmax) | 水深(CADMAS-SURF 出力データ) |
| uu_c | R | (icmax,jcmax) | 流速 u(CADMAS-SURF 出力データ) |
| vv_c | R | (icmax,jcmax) | 流速 v(CADMAS-SURF 出力データ) |
| height | R | (ipmax,jpmax) | 地形高さ(マルチエージェント用の等間隔メッシュデータ) |
| depth | R | (ipmax,jpmax) | 水深(マルチエージェント用の等間隔メッシュデータ) |
| uu | R | (ipmax,jpmax) | 流速 u(マルチエージェント用の等間隔メッシュデータ) |
| vv | R | (ipmax,jpmax) | 流速 v(マルチエージェント用の等間隔メッシュデータ) |

6.1.3 ポテンシャル等に関するモジュール変数 (m_potential)

表 6-4 に、m_potential で定義されたポテンシャル等に関するモジュール変数を示す。

表 6-4 ポテンシャル等に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|----------------|---|---------------|----------------------------|
| xpin | R | | ポテンシャル格子の基点 x 座標[m] |
| ypin | R | | ポテンシャル格子の基点 y 座標[m] |
| ipmax | I | | ポテンシャルメッシュの x 方向分割数 |
| jpmax | I | | ポテンシャルメッシュの y 方向分割数 |
| dxy | R | | ポテンシャルメッシュの格子間隔[m] |
| move_boundary | I | (ipmax,jpmax) | 隣接セルへの進入可否を指定する配列 |
| n_signpost | I | | 道標数 (兼、OnOff フラグ) |
| i_signpost | I | (n_signpost) | 避難所位置 |
| j_signpost | I | (n_signpost) | 避難所位置 |
| r_signpost | R | (n_signpost) | 道標の有効半径[m] |
| theta_signpost | R | (n_signpost) | 各道標の示す方向 |
| narea_signpost | I | (ipmax,jpmax) | 領域内での各道標の有効範囲 |
| n_shelter | I | | 避難所数 (兼、OnOff フラグ) |
| i_shelter | I | (n_shelter) | 避難所セルの x 方向位置 |
| j_shelter | I | (n_shelter) | 避難所セルの y 方向位置 |
| pot_shelter | R | (ipmax,jpmax) | 避難経路ポテンシャル配列 |
| m_pot_shlter | R | (ipmax,jpmax) | 避難所毎ポテンシャル配列 |
| n_potential | R | (ipmax,jpmax) | 避難者毎ポテンシャル配列 |
| n_mob | I | | 群衆ポテンシャル OnOff フラグ |
| r_mob | R | | エージェント数カウント範囲半径[m] |
| nsum_agent | I | (ipmax,jpmax) | セル内エージェント数の配列 |
| pot_mob | R | (ipmax,jpmax) | 群衆ポテンシャル配列 |
| pot_mob_revise | R | (ipmax,jpmax) | 群衆ポテンシャル配列 (エージェント自身の影響除去) |

6.1.4 時間積分制御に関するモジュール変数 (m_timectl)

表 6-5 に、m_timectl で定義された時間積分制御に関するモジュール変数を示す。

表 6-5 時間積分制御に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|------------|---|----|------------|
| nstep | I | | 現在の計算ステップ数 |
| maxstep | I | | 最大ステップ数 |
| time | R | | 現在の時刻(s) |
| dt | R | | 時間刻み(s) |
| time_start | R | | 計算開始時刻(s) |
| time_end | R | | 計算終了時刻(s) |

6.1.5 出力に関するモジュール変数 (m_output)

表 6-6 に、m_output で定義された出力に関するモジュール変数を示す。

表 6-6 出力に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|----------------------|---|-------------------|----------------|
| out_start | R | | 出力の開始時刻(s) |
| out_end | R | | 出力の終了時刻(s) |
| out_interval | R | | 出力の間隔(s) |
| out_time | R | | 次回出力時刻(s) |
| N_I_statistics | I | | 統計値(整数型)の系列数 |
| N_R_statistics | I | | 統計値(実数型)の系列数 |
| N_I_attribute_F | I | | 固定属性値(整数型)の系列数 |
| N_R_attribute_F | I | | 固定属性値(実数型)の系列数 |
| N_I_attribute_V | I | | 変動属性値(整数型)の系列数 |
| N_R_attribute_V | I | | 変動属性値(実数型)の系列数 |
| String_I_statistics | C | (N_I_statistics) | 統計値(整数型)のラベル |
| String_R_statistics | C | (N_R_statistics) | 統計値(実数型)のラベル |
| String_I_attribute_F | C | (N_I_attribute_F) | 固定属性値(整数型)のラベル |
| String_R_attribute_F | C | (N_R_attribute_F) | 固定属性値(実数型)のラベル |
| String_I_attribute_V | C | (N_I_attribute_V) | 変動属性値(整数型)のラベル |
| String_R_attribute_V | C | (N_R_attribute_V) | 変動属性値(実数型)のラベル |
| I_statistics | I | (N_I_statistics) | 統計値(整数型) |
| R_statistics | R | (N_R_statistics) | 統計値(実数型) |
| I_attribute_F | I | (N_I_attribute_F) | 固定属性値(整数型) |
| R_attribute_F | R | (N_R_attribute_F) | 固定属性値(実数型) |
| I_attribute_V | I | (N_I_attribute_V) | 変動属性値(整数型) |
| R_attribute_V | R | (N_R_attribute_V) | 変動属性値(実数型) |

6.1.6 避難経路探索手法の OnOff フラグに関するモジュール変数 (m_flag)

表 6-6 に、m_flag で定義された出力に関するモジュール変数を示す。

表 6-7 出力に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|-------------|---|----|----------------------|
| flag_WP | I | | ポテンシャル書き出し OnOff フラグ |
| Flag_RP | I | | ポテンシャル読み込み OnOff フラグ |
| flag_danger | I | | 津波浸水回避経路探索(=1) |
| flag_prob | I | | 津波浸水確率考慮経路探索(=1) |

6.1.7 津波浸水回避経路探索に関するモジュール変数 (m_danger)

表 6-6 に、m_danger で定義された出力に関するモジュール変数を示す。

表 6-8 津波浸水確率経路探索に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|-------------|---|----|---------------|
| danger_path | C | | 津波到達時間ファイルのパス |

6.1.8 津波浸水確率考慮経路探索に関するモジュール変数 (m_prob)

表 6-6 に、m_output で定義された出力に関するモジュール変数を示す。

表 6-9 津波浸水確率考慮経路探索に関するモジュール変数

| 変数名 | 型 | 次元 | 説明 |
|------------------------|---|----|----------------------------------|
| ini_prob | R | | 初期回避設定確率 |
| relaxation_rate | R | | 回避設定確率の緩和刻み幅 |
| tsunami_prob_directory | C | | 時系列津波浸水確率分布のディレクトリ |
| n_pot_directory | C | | 避難者毎ポテンシャルのディレクトリ(flag_RP=1 のとき) |
| flag_WPprob | I | | 避難者毎ポテンシャル書き出し OnOff フラグ |
| flag_RPprob | I | | 避難者毎ポテンシャル読み込み OnOff フラグ |

6.2 サブルーチン説明および処理の流れ

サブルーチン一覧を表 6-7 に、処理の流れを図 6-1 に、それぞれ示す。

表 6-7 サブルーチン一覧

| サブルーチン名 | 説明 |
|---------------------------|----------------------------------------|
| allocate_agent | エージェント用配列へのメモリ割り当て |
| allocate_cadmas | remesh した CADMAS データ用配列へのメモリ割り当て |
| allocate_cadmas_c | CADMAS-SURF 出力データ用配列へのメモリ割り当て |
| allocate_move_boundary | 隣接セルへの進入可否を指定する配列へのメモリ割り当て |
| allocate_pot_mob | 群衆ポテンシャル用配列へのメモリ割り当て |
| allocate_pot_shelter | 避難経路ポテンシャル用配列へのメモリ割り当て |
| allocate_potential | 使用するポテンシャル関連（移動方向決定関連）配列へのメモリ割り当て |
| allocate_signpost | 道標用配列へのメモリ割り当て |
| errmsg | エラーメッセージを出力する |
| errstop | 計算を停止する |
| get_direction | エージェントの移動方向を指定 |
| initialize | 初期化 |
| main | メインルーチン |
| make_potential_mob | 群衆ポテンシャルの更新 |
| make_potential_mob_revise | エージェント自身の影響を除いた群衆ポテンシャルを設定 |
| make_potential_shelter | 避難経路ポテンシャルの設定 |
| make_n_potential | 避難者毎のポテンシャル設定（flag によって処理変動） |
| make_signpost | 道標の設定 |
| move_agent | エージェントの移動計算 |
| open_un90 | 機番 90 をログ出力(log_ma)用に関く |
| output | ファイル出力 |
| pot_total | 考慮するポテンシャルを重みをつけて足し合わせる |
| random_normal | 正規乱数の生成 |
| read_agent | エージェントファイルの読み込み |
| read_cadmas | CADMAS-SURF 出力データの読み込み |
| read_condition | 計算条件の読み込み |
| read_move_boundary | 進入可否を指定する入力データ読み込み |
| read_potential | ポテンシャル関連（移動方向決定関連）入力ファイルの読み込み |
| read_shelter | 避難所データの読み込み |
| read_signpost | 道標データの読み込み |
| recursive_search_shelter | 再帰的な避難経路距離の探索 |
| remesh | CADMAS-SURF 出力データをマルチエージェントメッシュのデータに変換 |
| solver | 時間積分計算 |
| update_attribute | エージェントの属性の更新 |
| update_rw | RandomWalk 情報の更新 |

| | | | |
|------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|
| main | | | |
| | read_condition | | |
| | read_agent | | |
| | | allocate_agent | |
| | allocate_potential | | |
| | | allocate_move_boundary | |
| | | allocate_distance_factor | |
| | | allocate_signpost | |
| | | allocate_pot_shelter | |
| | | allocate_pot_mod | |
| | | allocate_n_potential | |
| | | allocate_m_pot_shelter | |
| | read_potential | | |
| | | read_move_boundary | |
| | | read_distance_factor | |
| | | read_signpost | |
| | | read_shelter | |
| | read_cadmas | | |
| | | allocate_cadmas_c | |
| | | allocate_cadms | |
| | solver | | |
| | | initialize | |
| | | read_cadmas | |
| | | | remesh |
| | | make_signpost | |
| | | make_potential_shelter | |
| | | | recursive_serch_shelter |
| | | | make_n_potential |
| | | update_attribute | |
| | | output | |
| | | <i>nstep=1,maxstep</i> | |
| | | read_cadmas | |
| | | update_rw | |

| | | | |
|--|--|----------------------|---------------|
| | | make_potential_mod | |
| | | move_agent | |
| | | | get_direction |
| | | update_attribute | |
| | | output | |
| | | <i>end do</i> | |
| | | output | |

図 6-1 処理の流れ

7 導入したモデル

7.1 ポテンシャルモデル

エージェントの進行方向決定には多様な要因があると考えられるため、各要因を個別にポテンシャルとして定義し、その重ね合わせのポテンシャルを用いて進行方向を決定するモデルを導入した。

$$U_k = a_{k,1}u_1 + a_{k,2}u_2 + \cdots + a_{k,n}u_n + \cdots \quad (7-1)$$

U_k : 第 k エージェントに対する重ね合わせポテンシャル

u_n : 第 n ポテンシャル

$a_{k,n}$: 第 k エージェントの第 n ポテンシャルに関する重み

各エージェントは、周囲のポテンシャルをみて、それぞれポテンシャルが最も低くなる方向に進路をとる。なお、関数等によるポテンシャルの定義は困難であるため、解析領域にマルチエージェント解析用のメッシュを張ってポテンシャルマップを作成することとし、各エージェントは周囲 8 メッシュのポテンシャルをみて進路を決定することとした。

なお、枠組みとしては、エージェントごとに個別のポテンシャルを定義し、以下の(7-2)のような重ね合わせのポテンシャルを定義することも可能である。

$$U_k = a_{k,1}u_{k,1} + a_{k,2}u_{k,2} + \cdots + a_{k,n}u_{k,n} + \cdots \quad (7-2)$$

$u_{k,n}$: 第 k エージェントの第 n ポテンシャル

7.1.1 避難経路ポテンシャル

マルチエージェント解析用メッシュの各セルについて、最寄の避難所までの最短距離（直線距離ではない）を算出し、その逆数に-1 を乗じたものを避難経路ポテンシャルとした。なお、避難所セルのポテンシャルは -10^{10} に、避難所へのルートが存在しないセルのポテンシャルは -10^{-10} に、それぞれ設定することとした。

$$u_{shelter}(i, j) = -1/r(i, j) \quad (7-3)$$

$u_{shelter}$: 避難経路ポテンシャル

$r(i, j)$: (i, j)セルから最寄の避難所までの最短距離

7.1.2 群衆ポテンシャル

マルチエージェント解析用メッシュの各セルについて、その周囲の群衆度合いを算出し、群衆ポテンシャルを設定した。なお、実際に各エージェントの方向決定のためにポテンシャルを用いる際には、当該エージェントの影響を減算した上で用いることとしている。

$$u_{mob}(i, j) = -\sum_{k=1} \frac{1}{d_k(i, j)} \quad (\text{ただし、} d_k \leq r_{mob}) \quad (7-4)$$

u_{mob} : 群衆ポテンシャル

$d_k(i, j)$: (i, j)セルから第 k エージェントまでの距離

r_{mob} : 群衆度合いの計算範囲（ネームリスト入力値）

7.2 道標モデル

道標の効果を導入した。道標の有効範囲セルに進入したエージェントは、各エージェントが持つ“道標に従う確率”に応じて、道標の示す方向に進路をとる。なお、道標に従わなかったエージェントに関しては、ポテンシャルに従った進路をとり続ける。

7.3 ランダムウォークモデル

ポテンシャルおよび道標などにより決定した進行方向に対して、不確かさを与えるモデルを導入した。

$$\theta = \theta_{pot} + \theta_{rw} \quad (7-5)$$

θ : エージェントの進行方向

θ_{pot} : ポテンシャルや道標によって決まる進行方向

θ_{rw} : (平均値 0.0, 標準偏差 σ_{rw}) の正規乱数

σ_{rw} : 各エージェントの進行方向不確かさ

7.4 津波浸水を避ける経路探索モデル

津波浸水を避ける経路探索モデルを導入した。フローを図 7-1 に示す(坂田祐介, 鈴木亘, 有川太郎, & 青井真. (2020).津波シナリオバンクを用いた避難経路探索手法の検討.土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1249-I_1254. 図 4 より引用)。

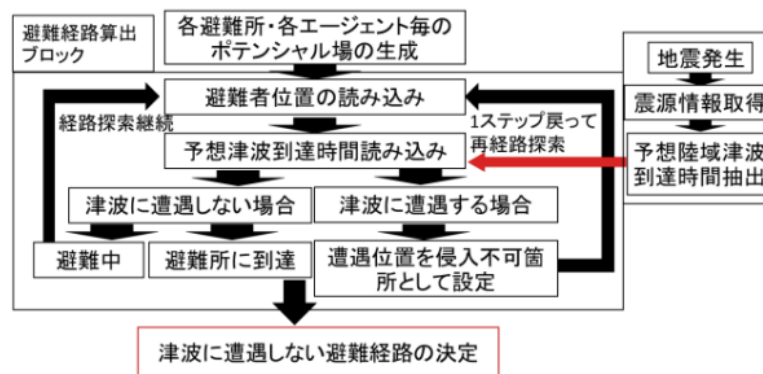


図 7-2 津波浸水を避ける避難経路探索モデルフロー

7.5 津波浸水確率の低い経路探索モデル

津波浸水確率の低い経路探索モデルを導入した。フローを図 7-2 に示す (Ishiyama, I., Yoshida F., Shirai T., and Arikawa T. Evacuation route selection method using arrival probability as advance information. International Conference on Asian and Pacific Coasts, APAC2023, 2023. (in press) fig 1 より引用)

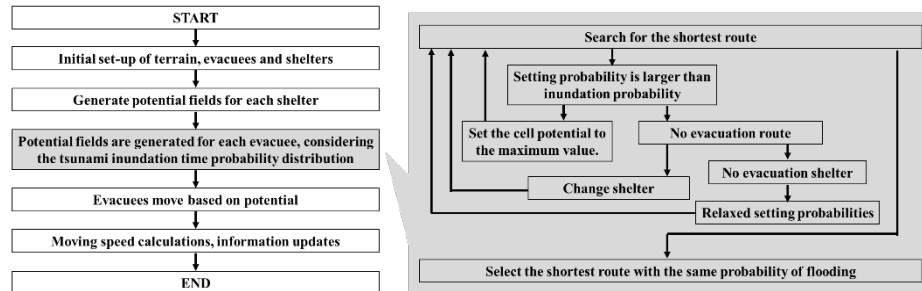


図 7- 津波浸水を避ける避難経路探索モデルフロー