２０１２年度　卒業論文

Artisoc3.0を使った避難シミュレーション

建築システム系

2011404　大島　麻莉子

指導教員　小川　千里

大分県立工科短期大学校

概要

2011 年に起こった東日本大震災で，耐震性・避難方法・津波対策・原発問題など災害に対する様々な問題が表面化した。私は，それらの問題を知り，建物と災害のつながりの強さを再確認した。このような不測の事態が起きた時に人が安全を保ち，行動するためには，事前にシミュレーションすることが大切であると考える。

本研究では，避難シミュレーションの事例を調査するとともに，Artisoc3.0 を使い，本校をモデルとした火災時の避難シミュレーションを作成し，今後のシミュレーションの可能性や課題について検討することを目的とする。また，artisoc3.0 の操作方法の習得，報告・連絡・相談を行うことで，ヒューマンスキルの向上をはかる。

本研究は，はじめにシミュレーションの事例調査を行った。避難シミュレーションは複数の種類があり，多くの県で取り入れられ，ハザードマップの作成などに活用されていた。

また、2000 年に建築基準法の改正があり，避難安全性能・耐火性能に関して，シミュレーションで検証した建物でも建てる事が可能になったことが分かった。この方法で検証を行った場合は，一部排煙設備が不要となる。そのため，工事費や管理費の削減が可能になり，材料や設備・構造など，自由度を確保した設計も可能になる。これらの事から，シミュレーションの分野は今後さらに重要になると考える。

今回作成するシミュレーションは，今現在の学生と教員の人数で，本校の火災時の避難シミュレーションである。プログラムの特徴は，避難する時，自分以外の人に近付くにつれ減速し，当たらないように回避する。また，壁や障害物のない場所を通り，最短距離で出口に向かうことである。今回作成した避難シミュレーションでは，本校に避難時の問題点はみられなかった。

シミュレーションを行うことで様々なことを検証できることが分かったが，問題点として，プログラミングが難しく，誰にでも簡単に作成することが出来ないことがあげられる。しかし，プログラミングを勉強する機会があれば，避難性能検証法にそったものを作成し，マニュアルを作成したい。

目次

第１章　序論　1

1.1　研究目的　1

1.2　研究方法　1

第２章　避難シミュレーションの概要　2

2.1　避難シミュレーションの種類　2

2.2　シミュレーションと建築基準法　3

第３章　Artisoc3.0 について　5

3.1　Artisoc3.0 の概要　5

第４章　避難シミュレーション作成　6

4.1　作成するシミュレーションデータの概要　6

4.2　避難シミュレーション作成の流れ　7

4.3　成果物の評価　10

第５章　総括　12

謝辞　13

参考文献　14

付録　15

第１章　序論

1.1　研究目的

2011 年の東日本大震災が起こり，耐震性・避難方法・津波対策・原発問題など災害に対する様々な問題が表面化した。私はそれらの問題を知り，建物と災害のつながりの強さを再確認した。不測の事態が起きた時，人は混乱しパニックになる。そのため，どのような建物内にいるのかで安全は大きく変わる。町や建物が災害時でも安全に行動できるのか，シミュレーションすることは大切と考える。

また，安全への関心の高まりやパソコン機器の向上にともない，今後シミュレーションの分野は，大きな役割を担うようになると考え本研究のテーマにした。

本研究では，避難シミュレーションの事例を調査するとともに，シミュレーションソフト artisoc3.0 を使用し，本校をモデルとした火災時のシミュレーションを作成する。それらをもとに，今後のシミュレーションの可能性や課題について検討することを柱に，報告・連絡・相談を徹底し，ヒューマンスキルの向上を図ること目的とする。

1.2　研究方法

本研究ではまず，シミュレーションの事例を調査し，まとめ，可能性や課題についても検討を行う。また，シミュレーションソフトArtisoc3.0の概要を把握し，Artisoc3.0ソフトの習得を行う。避難シミュレーションの対象建築物は大分県立工科短期大学校である。本校のCAD図面をシミュレーション用に作成し，Artisoc3.0ソフトに取り込み，避難シミュレーションを作成し，検討を行うものとする。

第２章　避難シミュレーションの概要

2.1　避難シミュレーションの種類

シミュレーションとは，現実に想定される条件を取り入れて，実際に近い状況を作り出すことである。現在使用されている避難シミュレーションには，建物内避難シミュレーション，津波避難シミュレーション，帰宅困難者避難シミュレーション，河川氾濫避難シミュレーションなどがある。東日本大震災後，これらのシミュレーションは複数の県で取り入れられ活用されている。例えば北九州市民防災センターでは，避難シミュレーション検証訓練を行っている。

また，大分県では津波浸水シミュレーションを基にハザードマップを作成している。このシミュレーションでは，津波の流速の状況や水位がどのように上昇するか，どの範囲まで浸水するかなど多くのことが分かる。

図-1　浸水シミュレーション

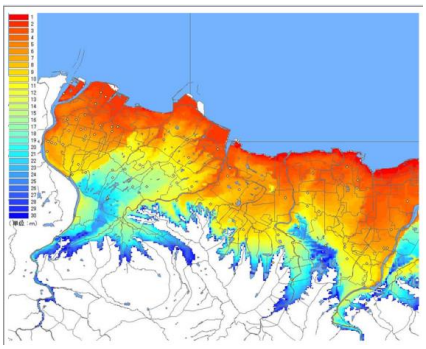


図-2　ハザードマップ

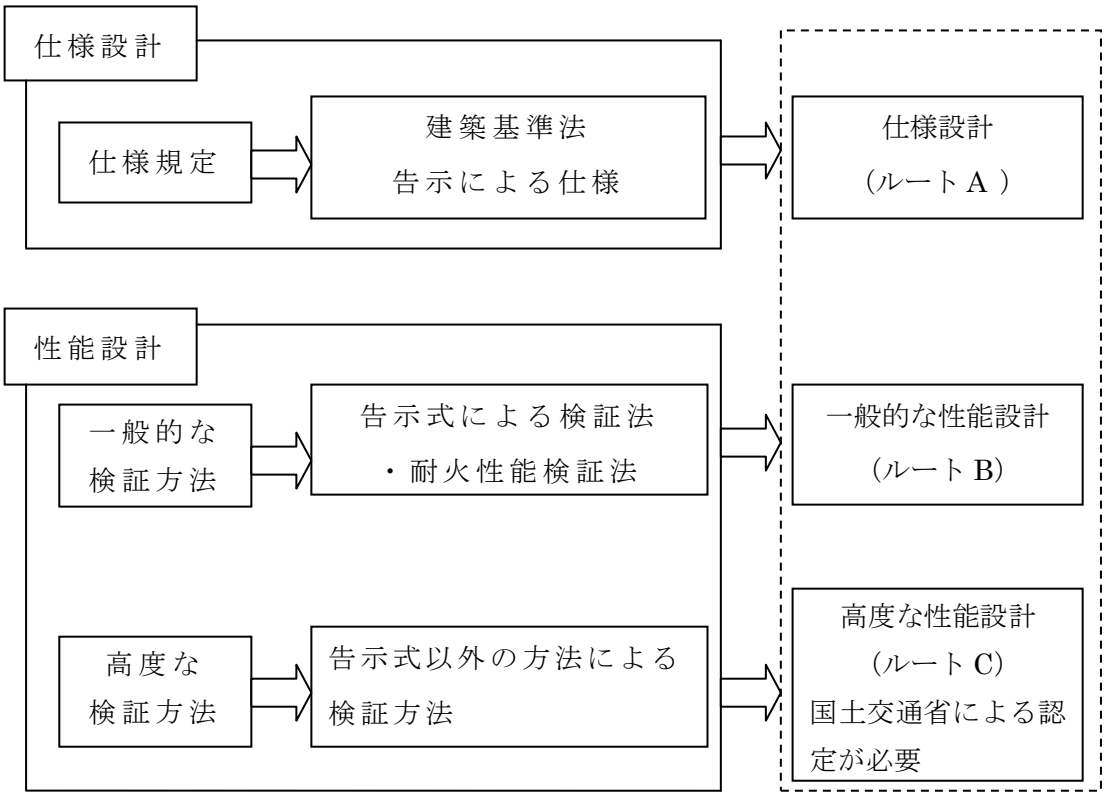
熊本県では河川氾濫時の避難シミュレーションを作成している。他にも，洪水発生時の場所ごとの水深，流速や避難所までの避難経路が分かる。

図-3　河川避難シミュレーション

2.2　シミュレーションと建築基準法

2000 年に建築基準法の改正で，新たに避難安全･耐火性能についての規定が追加された。性能規定には，従来の規定である「ルート A」，新しく追加された「ルート B」「ルート C」の 3 種類がある。「ルート A」は建築基準法における避難安全・耐火関係規定の仕様基準に適合させるものである。「ルート B」は，政令や告示で定められた計算式によって避難安全・耐火性を検証する方法である。「ルート C」は，告示で定められた計算式を用いずに避難安全・耐火性能を検証する方法である。具体的には，コンピュータを使っていくつものシミュレーションを行い，避難時の行動を予測し安全性を検証する。この「ルート C では，建築主事の確認だけでなく国土交通大臣の認定も必要になる。この法改正により，告示で定められた計算式を用いずシミュレーションで避難安全・耐火性を検証した建物でも建てる事が可能になった。

建築基準法の防災に関する規定は，詳細に仕様が規定されており，決められた基準に沿って設計が必要だったが，シミュレーションを用いた検証で耐火性が確認できた場合は，一部の排煙口や煙垂壁などの排煙設備が不要となるため，工事費や管理費の削減が可能になる。また，材料や設備・構造など，自由度を確保した設計も可能になる。



法改正が行われてから「ルートＣ」を使用し耐火性能を証明している建物も建てられてきている。

（１）木造会館（耐火性能）

名称	木材会館
所在地	東京都江東区新木馬
用途	事務所・ホール
竣工年	2009 年
延床面積	約 7，600 ㎡

写真- 1

写真-2

木材会館では，ホール梁の集成材をあらわにさせるためにシミュレーションが行われた。検証された部位は， ホール屋根梁で，検証の結果は，また間欠火炎も届かない高さを証明された。

（２）秋田拠点センターＡＬ☆ＶＥ（耐火性能）

名称	秋田拠点センターＡＬ☆ＶＥ（アルヴェ）
所在地	秋田県秋田市
用途	ホテル・オフィス・市民プラザ
竣工年	2004 年
延床面積	約 35，600 ㎡

写真-3

写真-4

秋田拠点センターＡＬ☆ＶＥでは，アトリウム上部木製格子梁をあらわにさせるためにシミュレーションが行われた。検証された部位は，アトリウムで，検証の結果は，柱の被覆が純不燃材であっても 20 分で燃えぬけないことが証明された。また，屋根梁は，また間欠火炎が届かない高さである事も証明された。

これらの建物の他にも所沢市民体育館，樹海体育館，JR 高知駅プラットホーム上屋，高知学芸高等学校創立記念体育館などがある。

「ルートＣ」を使用するデメリットとして，建築後の変更をするたびシミュレーションを再度行う必要がある。

第 3 章　Artisoc3.0 について

3.1　Artisoc3.0 の概要

Artisoc3.0 は，様々なシミュレーションを作る事ができるが，避難シミュレーションにおいては，建物内避難シミュレーション，津波避難シミュレーション，河川氾濫避難シミュレーション，帰宅困難者避難シミュレーションを作ることが可能だ。また，プログラミングを付け加えることで，避難者ごとに特性が設定可能であり，避難経路や避難開始のタイミングを設定し，避難誘導方法の検討を行うこともできる。このような避難シミュレーションを作るには，VisualBasic の知識が必要になる。

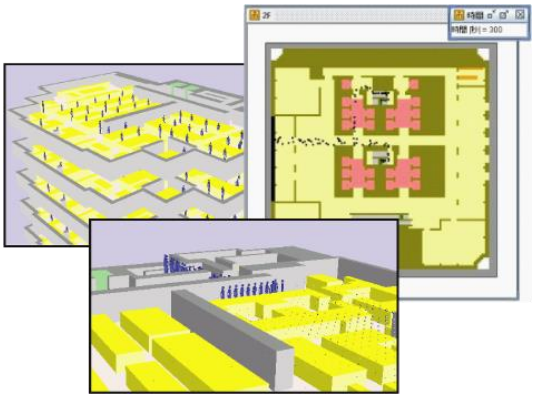


図-4 建物内避難シミュレーション

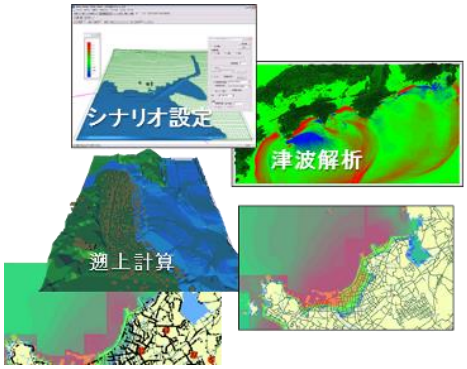


図-5 津波避難シミュレーション

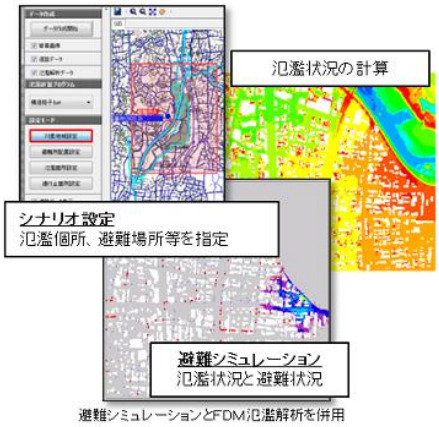


図-6 河川氾濫避難シミュレーション

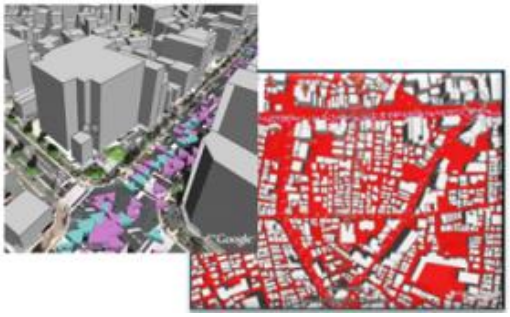


図-7 帰宅困難者避難シミュレーション

第４章　シミュレーション作成

4.1　作成するシミュレーションデータの概要

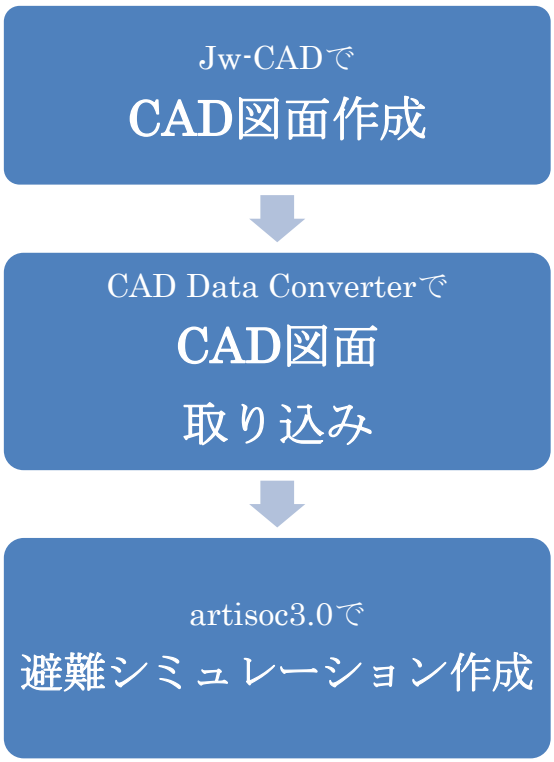
本研究では，大分県立工科短期大学校をモデルとし火災時の避難シミュレーションを作成する。この大分県立工科短期大学校は地域の避難場所であり，また，電子機器や大きな機械が多いため火災時に迅速な避難が求められる。そのため，本校での避難する人の動きが重要になると考えた。

今回作成するシミュレーションは，今現在の学生と教員の人数で行う。人を配置する場所は，第６Ｑの金曜日３限に決めた。理由としては，実習棟と研究棟どちらにも学生がいる時間帯だからである。そして，避難方法は２階～４階にいる人は階段に向かって避難させ，１階にいる人は出入り口に向かって避難させる。

今回，作成するシミュレーションは，artisoc製作会社である構造計画研究所が，一般使用するために提供している避難シミュレーションのプログラムを使用して行う。プログラムの特徴は，避難する時，自分以外の人に近付くにつれ減速し，当たらないように回避する。また，壁や障害物のない場所を通り，最短距離で出口に向かうことである。これらの動きは，毎回ランダムに行われる。

4.2　シミュレーション作成の流れ

シミュレーションの作成は以下の手順で行う。



（1）CAD 図面作成

今回図面作成で使用した資料は，大分県立工科短期大学校設計時の 1 階～4 階の平面図と詳細図である。読図し，避難シミュレーションで必要となる壁，柱，開口部だけを作図する。寸法の記載されていないところや不明なところは，実測した。

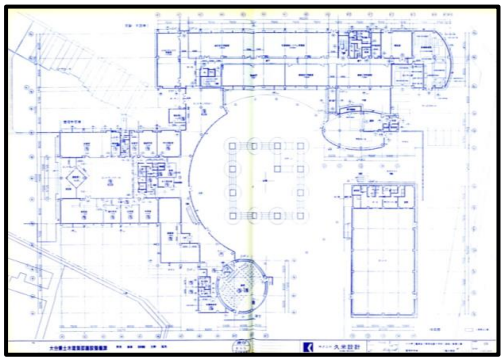


図-8　平面図

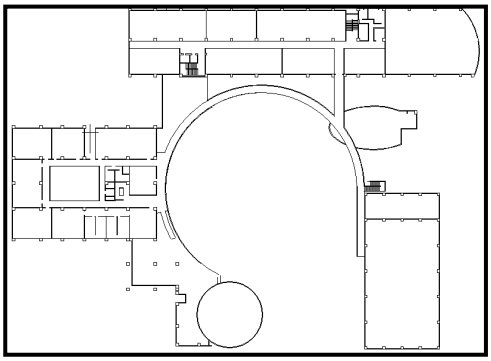


図-9　CAD 図面

（２）CAD 図面取り込み

Jw-CAD で作成した図面を DXF ファイル形式にし，CAD Data Converter を使い Artisoc3.0 で読み込められるデータに変換する。

属性を選択し，属性の色を決めセルを塗っていく。
ここで設定したものが，artisoc3.0 の避難シミュレーション作成時のデータとなる。

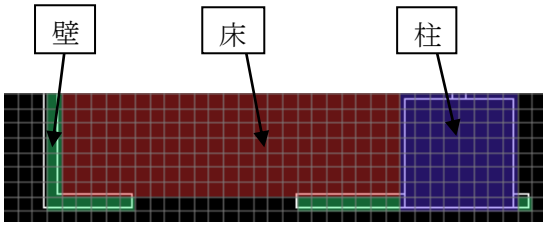


図-10　属性選択

セルを塗り終えたらデータ変換する範囲を決め，目的地を設定する。
目的地を設定したら，データ変換を行う。

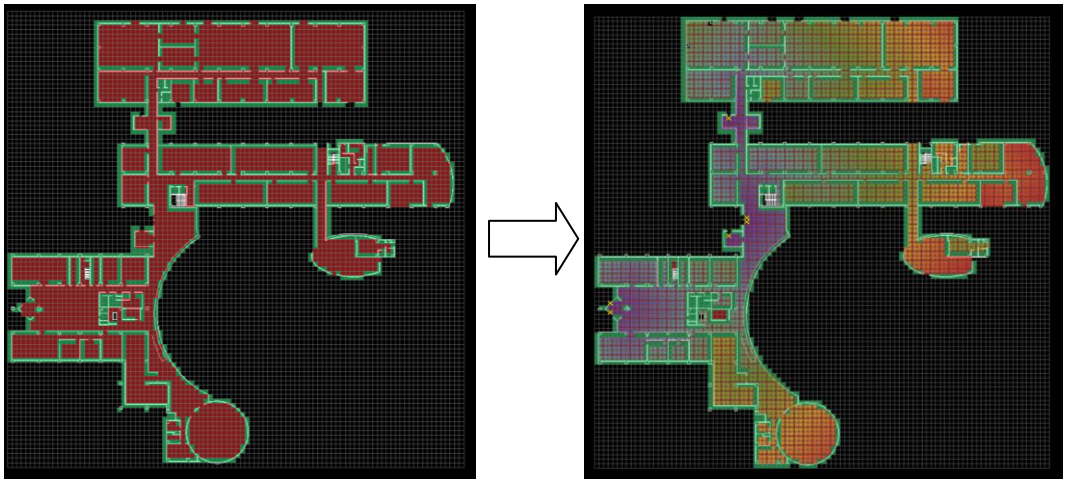


図-11・12　データ変換

（３）避難シミュレーション作成

作成するシミュレーションは，今現在の学生と教員の人数で行う。
CAD Data Converter で作成したデータを artisoc3.0 のプログラムに読み込ませる。
生成する人数を設定し，図面のどの場所に何人配置させるかを設定する。

人の配置は初期値設定で X，Y の座標に位置を入力する。
プログラミングが終了したら実行させ，エージェントの数や位置に誤りがないか確認する。

ID	X	Y	Layer	Direction	Speed	Radius
0	44.0	37.0	0	0.0	0.0	0.0
1	48.0	37.0	0	0.0	0.0	0.0
2	52.0	37.0	0	0.0	0.0	0.0
3	57.0	37.0	0	0.0	0.0	0.0
4	65.0	28.0	0	0.0	0.0	0.0
5	55.0	28.0	0	0.0	0.0	0.0
6	57.0	28.0	0	0.0	0.0	0.0
7	59.0	28.0	0	0.0	0.0	0.0
8	61.0	28.0	0	0.0	0.0	0.0
9	59.0	29.0	0	0.0	0.0	0.0
10	61.0	29.0	0	0.0	0.0	0.0
11	63.0	29.0	0	0.0	0.0	0.0
12	65.0	29.0	0	0.0	0.0	0.0

図-13　初期値設定

シミュレーションを実行すると，ImageMap，Potential，Property，Node-Link_MAP の 4 つの空間が出力される。

ImageMap は，CAD Data Converter で作成した図面を背景にしたものである。

Potentialは，図面の中の目的地に近いほど青色が濃くなった背景である。人が青色の濃い方に進んでいくことで，目的地までの最短距離を知ることができる。

Property は，壁と障害物が背景として出力される。

Node-Link_MAP は CAD 図面に近いものが背景として出力される。

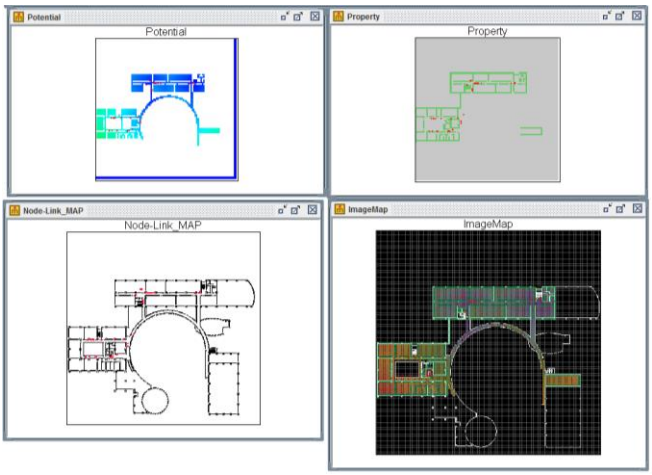


図-14　シミュレーション

4.3　成果物の評価

本研究で最初に設定した通りに，１階～４階までの指定した人が出口に向かう避難シミュレーションのデータができた。

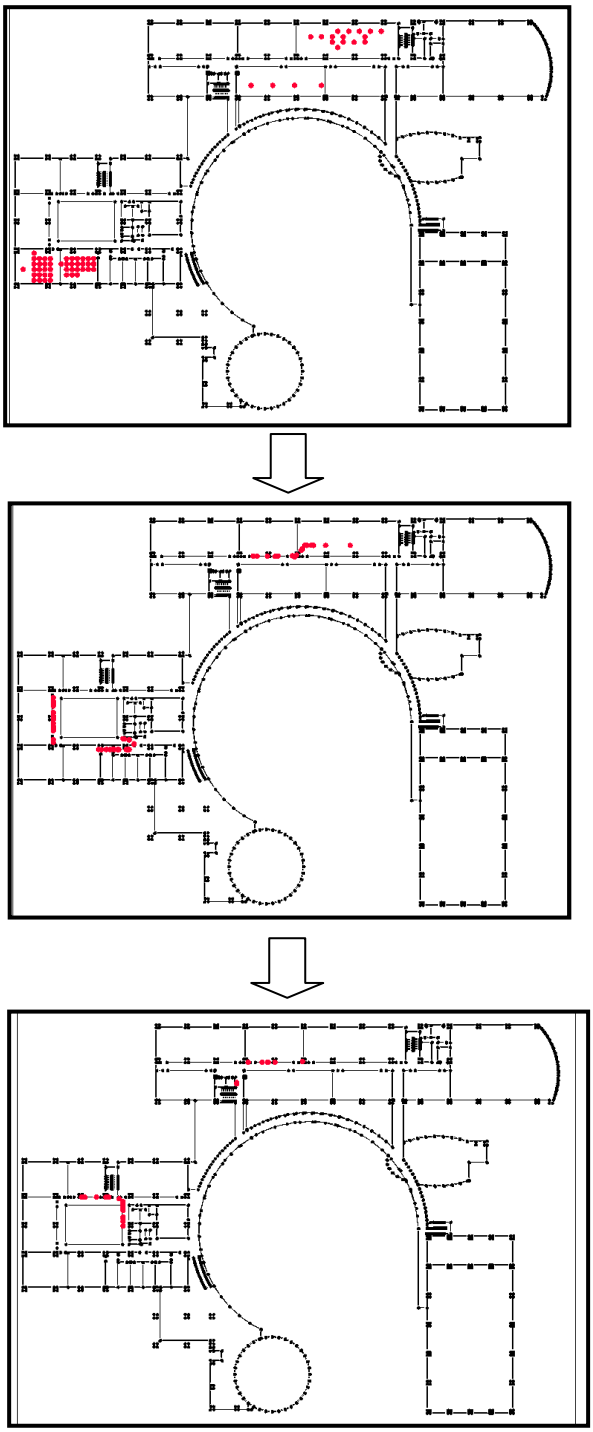


図-15　シミュレーション

当初の設定は，毎回プログラミングをしなくても，人数・速さの変更をできるようにするコントロールパネルを設定することで，色々な避難のバージョンを作成し，避難にかかるまでの時間を計るプログラムを作成する予定であった。

しかし，プログラミングを行うのが初めてであったため，プログラミングされているデータを理解することまではできたが，自分で１からプログラミングするまでには至らなかった。今後，シミュレーションをプログラミングする機会があれば，プログラミングの知識をつけ，津波が発生した時の地域の人々と学校内の人が屋上まで避難するシミュレーションを作成したい。また，本校は地域の避難場所に指定されているため，避難時間を計測したい。さらに，津波到達時間がわかるシミュレーションを作成することで，地域のハザードマップなどに役立てたい。

第 5 章　総括

本研究では，シミュレーションの事例を調査するとともに，artisoc3.0 を使い大分県立工科短期大学校をモデルとした火災時の避難シミュレーションの作成を行った。また，今後のシミュレーションの可能性や課題について検討することを目的とした。

事例調査を行ったところ，建築基準法の改正によりシミュレーションを使用した避難安全性能・耐火性能検証法があることが分かった。従来は，詳細に仕様が規定されており，決められた基準に沿って設計が必要だったが，シミュレーションを用いた検証が使えるようになったことで，工事費や管理費の削減が可能になり，また，従来の規定ではできなかった設計プランを立てることも可能になった。このことから，シミュレーションは設計の幅を広くすることができるため，今後大きな役割を担うと考える。

本校をモデルとした避難シミュレーションは，火災時に学生が出口に向かってどう動くかを検証したものである。このシミュレーションを作ることには成功した。また，今回使用したプログラムでは，本校での避難時の問題点はみられなかった。

しかし，避難シミュレーション作成するうえで，読図に慣れていないことや、ソフトが専門的であり，理解に時間がかかり大幅にスケジュールが遅れた。スケジュールと取り戻すために，学校に遅くまで残り作業を行い，家でもできるものは持ち帰り，休日にも行った。

これらの原因は，報告・連絡・相談が徹底できてなかったため自分一人で抱え込んでしまい，何が分からないのか理解できないまま進めてしまったことにある。今後社会に出て，同じような状況になった場合，自分だけで解決しようとせず，分からないことがあったら，そのつどメモに取ることで改善したい。

また，プログラミングを行うことが初めてだったため，プログラミングされているデータを理解することまではできたが，自分で１からプログラミングするまでには至らなかった。

今後シミュレーションを作成する機会があれば，避難安全性能検証法にそったものを作成し，マニュアルを作成したい。

謝辞

本研究を作成するに当たり，Artisoc3.0 を無償で貸してくださった株式会社 構造計画研究所，また，artisoc を使った論文を作成し，そのプログラミングデータを提供して頂きました国士舘大学の中山智貴様，安田奨様，小松和樹様，大屋隆生教授，この度は誠にありがとうございました。謹んで御礼申し上げます。

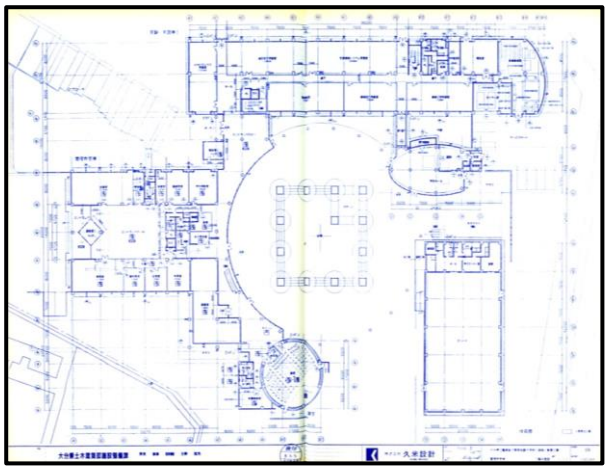
参考文献

１．笠原一浩，山本美孝，山崎秀著
「VisualBasic.NET 入門」　ソフトバンク パブリッシング株式会社発行
２．山影進著「人工社会構築指南」　書籍工房早山発行
３．　兼田敏之編集
「artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション」　構造計画研究所発行
４．国士舘大学中山智貴，安田奨，小松和樹作成
「マルチエージェントモデルによる避難シミュレーション～国士舘大学世田谷キャンパス７号館～」
５．国土交通省大臣官房官庁営繕部監修
「官庁施設における木造耐火建築物の整備手法に関する検討 中間とりまとめ」

付録

今回のシミュレーションは大分県立工科短期大学校をモデルとする。電子機器や大きな機械が多く，火災などの災害が起きたら危険だからだ。また，この学校は地域の避難場所となっているからである。

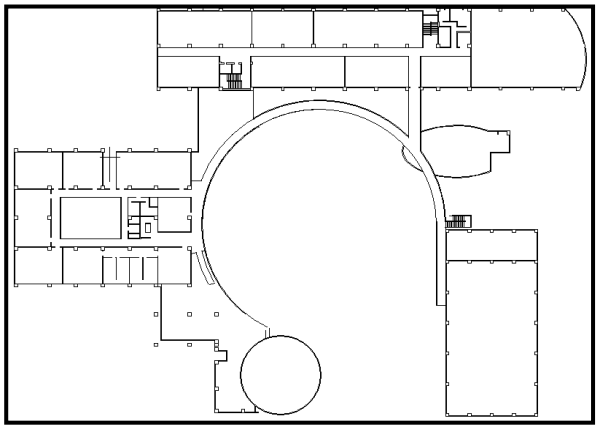
図-15のような1階～4階の平図面をもとにCAD図面を作成した。この平面図に記載されていない寸法などは各階の詳細図から取っていく。今回CAD図面を作成するにあたって使用した図面は，1～4階の平面図・詳細図だ。そのどちらの図面にも記載されていないものは実測した。



(1) CAD図面作成

まず，CAD図面を作成する。図面の読図をし，必要な部分を読み取る。

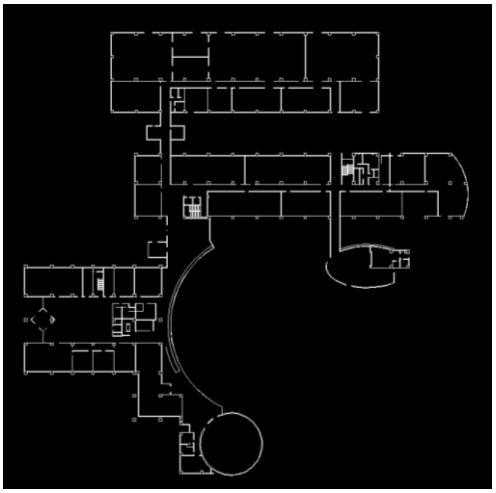
図-6が今回作成したCAD図面だ。今回は，柱・壁・開口部の位置を読み取り作成した。この図面はシミュレーションに使用するので開口部には扉を描かなかった。図面を簡潔にすることで図面取り込みもしやすく，シミュレーションの時も見やすくなると考えた。



(2) CAD 図面取り込み

作成した CAD 図面を CAD Data Converter に取り込む。
CAD Data Converter とは DXF 形式の CAD 図面を artisoc3.0 のシミュレーションで利用できるにデータに変換するプログラムのことだ。

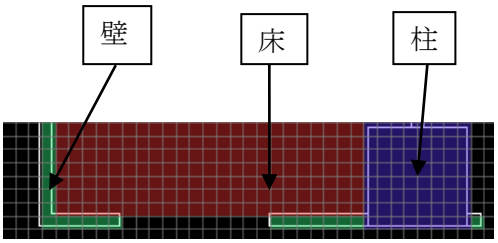
作業Ⅰ.CAD Data Converter に DXF 形式で保存した図面を読み込む。



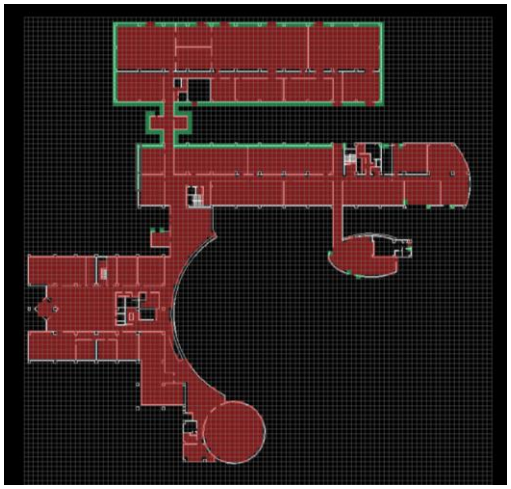
作業Ⅱ.範囲選択をしてセルの大きさとメッシュの長さを決める。

対象範囲のセルの大きさは 100×100 にする。このセルの大きさの理由は，今回使用する避難シミュレーションのプログラムで，読み込める大きさが 100×100 と決まっているからである。セルとはマス目のことで，このセルを設定しないと人の配置を行うことができない。

作業Ⅲ. 属性の色を選択し, セルを塗っていく。各属性の色は, 壁は緑・床は赤・柱は紫に決めた。



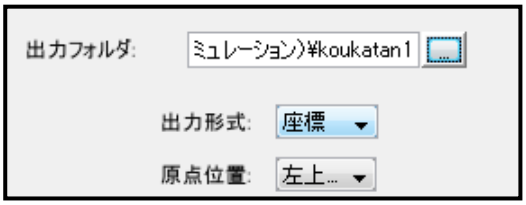
作業Ⅳ. ポテンシャルを計算する。計算範囲を設定し, 目的地（出口）を設定する。計算方法を選択し計算する。今回はノマイン近傍を使用した。



ノマイン近傍とは, プログラムをデータとして記憶装置に格納し, これを順番に読み込んで実行するコンピュータだ。「ストアドプログラム方式」(プログラム蓄積方式) とも呼ばれる。

作業Ⅴ. 完成した図面と計算したデータを保存する。

出力形式は座標形式とする。これによりセルの線の交点がX軸・Y軸となる。出力時の原点が左上の場合, 選択範囲の左上のセルの座標は（0, 0）として出力される。



以上で CAD 図面の取り込みは終了した。

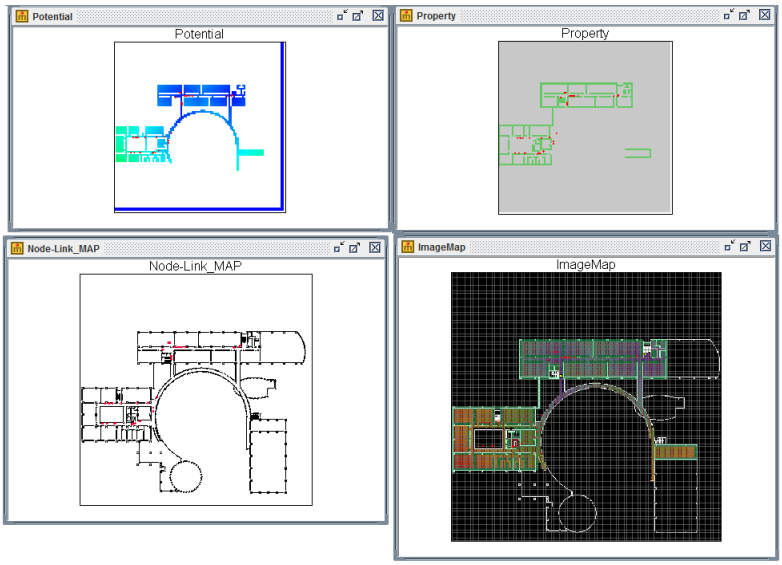
(3) シミュレーション作成

今回のシミュレーションは，ソフトの中にあったプログラムを使い作成した。作成したデータをプログラムに取り込み，エージェントの数やエージェントが動く速さを設定する。

まず，生成するエージェントの数を決める。どの場所に何人配置させるかを決めたら，初期値設定で X，Y の座標に 1 人 1 人配置する。X，Y の座標は，図面を取り込む際に設定するセルの線の交点だ。

プログラミングが終了したら実行させ，エージェントの数や位置に誤りがないか確認する。

このプログラムは ImageMap，Potential，Property，Node-Link_MAP の 4 つの空間が出力される。



・ImageMap は，CAD Data Converter で作成した図面を背景にしたものである。

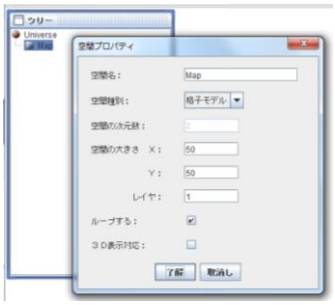
・Potentialは，図面の中の目的地に近いほど青色が濃くなった背景である。人が青色の濃い方に進んでいくことで，目的地までの最短距離を知ることができる。

・Property は，壁と障害物が背景として出力される。

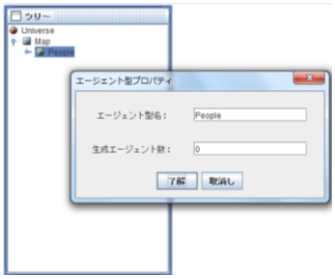
・Node-Link_MAP は CAD 図面に近いものが背景として出力される。

もう一つ，CAD 図面と CAD Data Converter を使わずにデータを入れ基本的な手順を記載する。

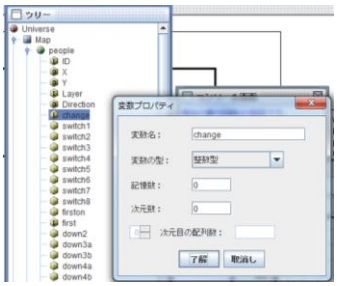
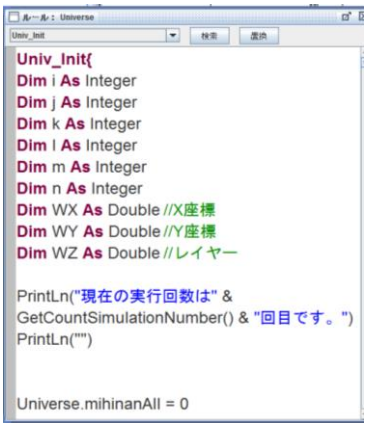
まず空間を追加する。空間名を記入し空間の種類を選択する。空間の大きさを記入する。



次にエージェントを追加する。これは 1 つ目のシミュレーションのやり方の所に乗せているものと同様に行う。



次に変数を追加する。変数とは，不定の数・対象を表す文字記号のことだ。



次にルールを記入する。ルールは，人の作成，壁の作成，出口の作成，机などの障害物の作成などがある。また，人の動き方，動く速度もルールに入れて行かなければならない。