平成 23 年度卒業論文

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～

国士舘大学理工学部理工学科電子情報学系

氏名　　中山　智貴
安田　奨
小松　和樹

指導教授　　大屋　隆生　教授

目次

１章　はじめに
２章　マルチエージェントモデルとは
３章　artisoc の概要
４章　研究目的
５章　研究内容
　５章１節　エージェントのルール
　５章２節　シミュレーションの実行
　５章３節　通常の避難シミュレーションのパターン
　５章４節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)
　５章５節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)
　５章６節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)
　５章７節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)
　５章８節　２階の全教室の引き止めシミュレーションのパターン
　５章９節　２階の 01,04 教室を先に出したパターン
　５章１０節　２階の 03,05 教室を先に出したパターン
　５章１１節　２階の 01,03,05 教室を先に出したパターン
　５章１２節　２階の 03,04,05 教室を先に出したパターン
　５章１３節　２階の 02,03,04,05 教室を先に出したパターン
６章　検証結果
　６章１節　通常の避難シミュレーションのパターン
　６章２節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)
　６章３節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)
　６章４節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)
　６章５節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)
　６章６節　２階の全教室の引き止めシミュレーションのパターン
　６章７節　２階の 01,04 教室を先に出したパターン
　６章８節　２階の 03,05 教室を先に出したパターン
　６章９節　２階の 01,03,05 教室を先に出したパターン
　６章１０節　２階の 03,04,05 教室を先に出したパターン
　６章１１節　２階の 02,03,04,05 教室を先に出したパターン
７章　考察
８章　参考文献
９章　付録

１章 はじめに

近年、防災に対する意識が強くなり、学校などの耐震設備が備え付けられるようになっているが、人が避難する際にどのようなルートを選択して脱出すればよいか、本研究では artisoc を用いて災害時に迅速な避難をするためのシミュレーションをいくつかのパターンで検証を行う。

２章 マルチエージェントモデルとは

複数のエージェントから構成されるシステムであり、それぞれ異なった判定アルゴリズムなどの特徴を持ったエージェントを用いて、複数ある一定のエージェントを多数設定し、人工社会を構成しそれぞれ別の特徴を持ったエージェントの相互作用をシミュレーションし、現実に起こりうる状況をシミュレーションすることができるシステム。

３章 artisoc の概要

構造計画研究所が開発した人間同士の相互作用をコンピュータ上で誰もが簡単に再現することができ、ダイナミックに変化する社会現象を生きたまま分析できるマルチエージェント・シミュレータ。

４章 研究目的

本研究は、国士舘大学 7 号館で授業中に災害が起きた場合の教室内から建物の外に避難するまでの避難ルートと掛かった時間を、複数の災害パターンでシミュレーションを行いその結果をもとに改善したパターンのシミュレーションと比較し検証を行う。

なお、2 階の People エージェントを待機させるシミュレーションパターンは、避難時間の短縮を目的としているので火災が発生した場合は想定していない。

５章 研究内容

５章１節　エージェントのルール

People エージェント

図 1 の赤いドットで表示されているのが People エージェントで、生成された位置から出口まで避難するようにプログラムされたエージェントである。図 2 のコントロールパネルによって People エージェントの数と生成される位置は設定できる。

Wall エージェント

7 号館の外壁や教室間の壁など、座標を設定して空間内に生成するエージェントである。

Barrier エージェント

教室内の机として設置してある。壁のエージェントとは違い通過することはできるが、People エージェントの移動速度が落ちるようになっている。図 1 では、教室内のグレーで表している。

Exit エージェント

People エージェントが校舎の外に出た際に People エージェントを消すようにプログラムされている。グラフの全体避難者数のグラフも Exit エージェントを通過するとカウントされるようにしてある。図 1 では、蛍光色の緑で表している。

Move エージェント

避難の際に 2 階以上のフロアで生成された People エージェントが Exit エージェントに向かうために下の階に移動するために階段に設置し、エージェントを通過すると下のフロアに移動させる。図 1 では、青く表している。

Stairin エージェント

2 階以上に生成された People エージェントが階段を通った People エージェントのルートを出口があるフロアまで下りるようにする。このエージェントにより各階の未避難者数のグラフをカウントしている。

Route エージェント

People エージェントが生成された位置から Exit エージェントに向かうには壁などが邪魔で到達できないので、このエージェントを出口までの避難ルートにチェックポイン

トとしていくつか設置することでチェックポイント 1 を通過したらチェックポイント 2 へと指定された Route エージェントに People エージェントをひきつけ、移動させるエージェントである。図 1 では、黄色→水色→朱色→青色の順番に People エージェントが引き付けられる。

Return エージェント

シミュレーションを実行した際に階段付近など People エージェントが密集する場所は、たまに押し出されて壁を通り抜けてしまうことがあるが、このエージェントを設置することで押し出されたエージェントを指定した座標に戻す。図 1 では、黒色で表している。

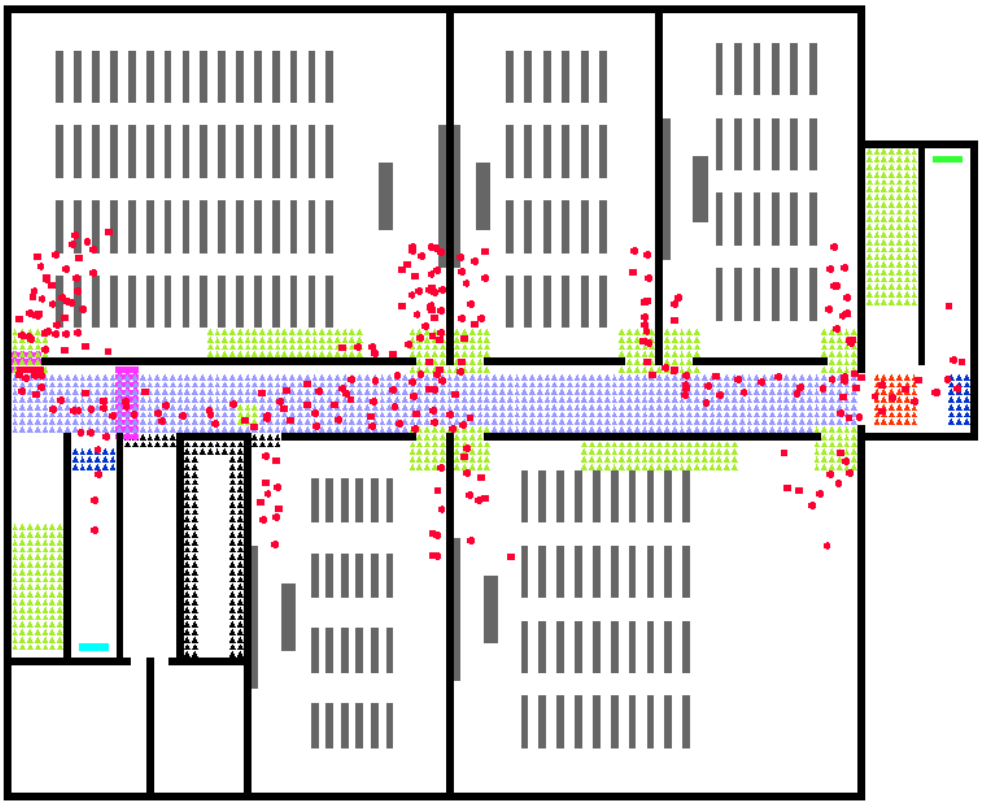


図 1　7 号館 2 階

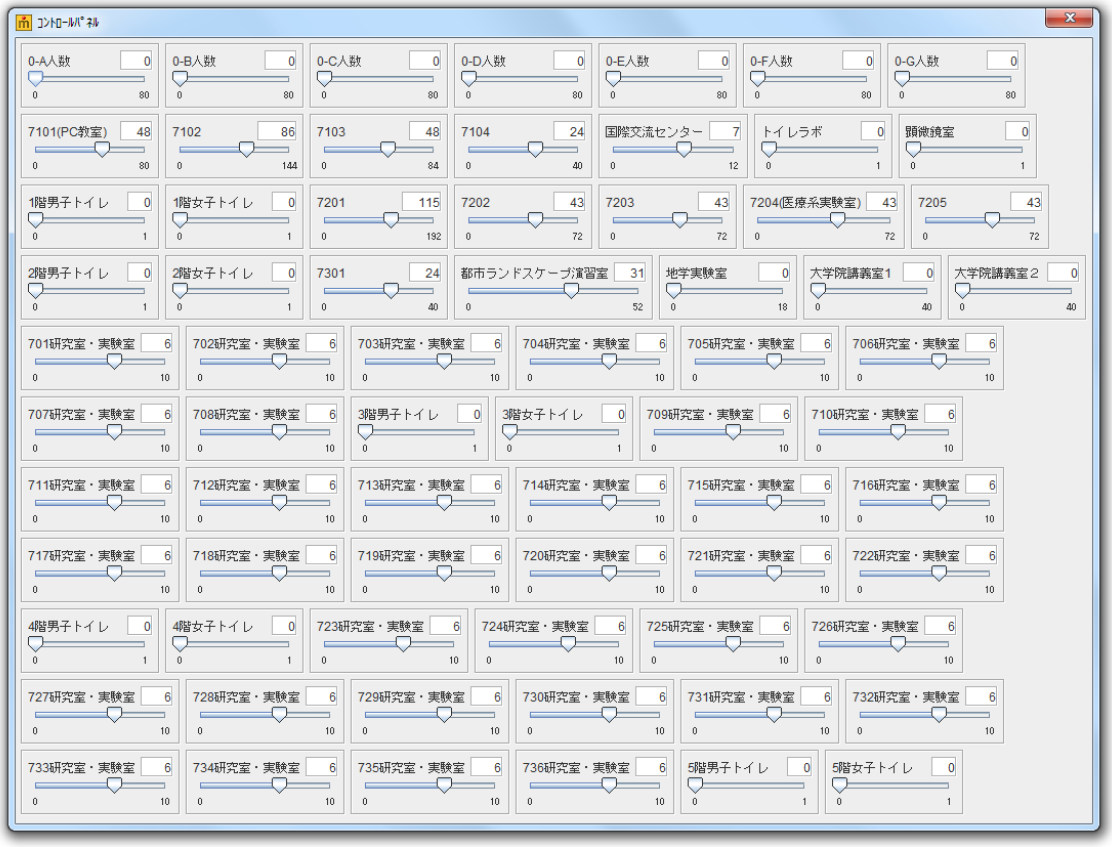


図 2　コントロールパネル

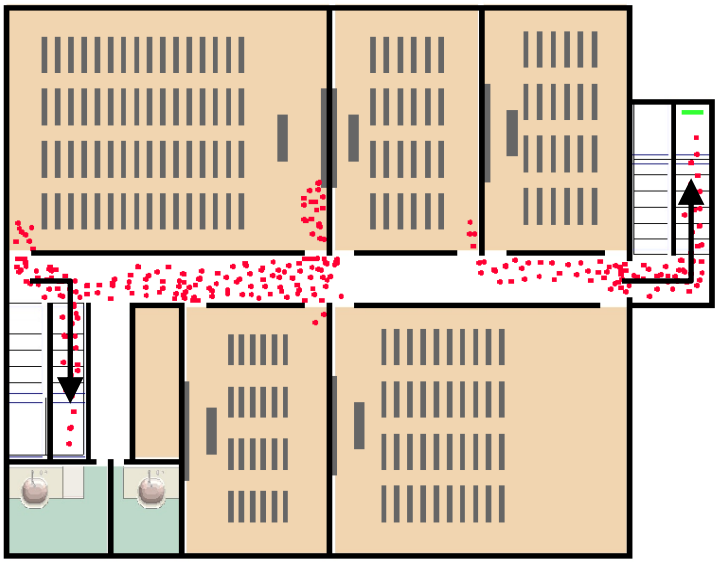
5 章 2 節　シミュレーションの実行

5 つのシミュレーションパターンのプログラムを作成し実行する。プログラムの実行は避難完了まで掛かる時間の統計をとる為、1 パターンにつき 100 回のシミュレーションを行った。3step を 1 秒として時間を表現する。歩行速度は参考文献を参照し、障害物のない空間では 1.2m/s(0.8 step)、障害物のある空間では 1.0m/s（0.7 step）、階段では 0.6m/s（0.4 step)となっている。

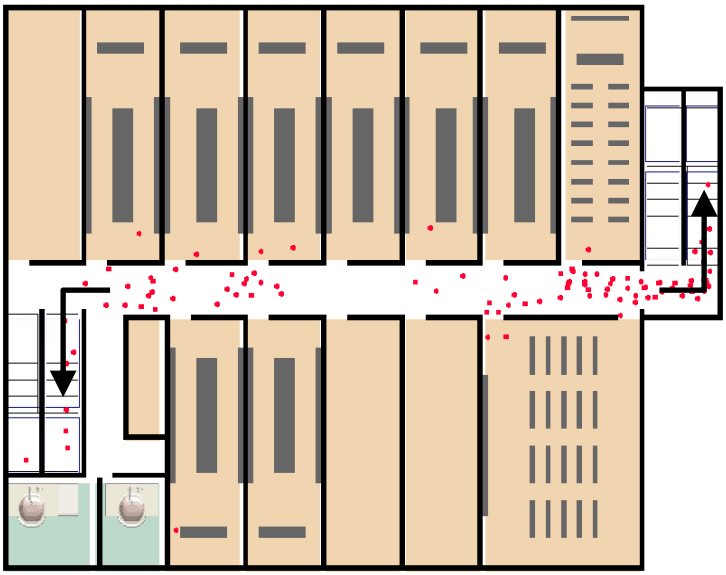
各教室には定員の70%の人数のPeopleエージェントを各教室に生成している。シミュレーション中に1、2人のPeopleエージェントがうまく避難ルートを移動できずWallエージェントに引っ掛かってしまい、何時までも避難完了できずTime Overになって上手く統計をとることが出来なかった場合があったので、今回のシミュレーションは、未避難者数が5人以下になった時点で避難完了という条件で実験を行った。

５章３節　通常の避難のシミュレーションのパターン

7 号館で授業中に震災が起きたときに教員や学生が一斉に避難した場合を想定したパターンである。このシミュレーションの場合、7 号館を避難するために使用可能な出口（Exit エージェント）の数は、1 階の非常階段に通じる出口、正面のメイン出口、左にある教室の非常口と非常階段を 1 階まで降った位置の計 4 つの Exit エージェントが設置してある。



7 号館 2 階



7 号館 3 階

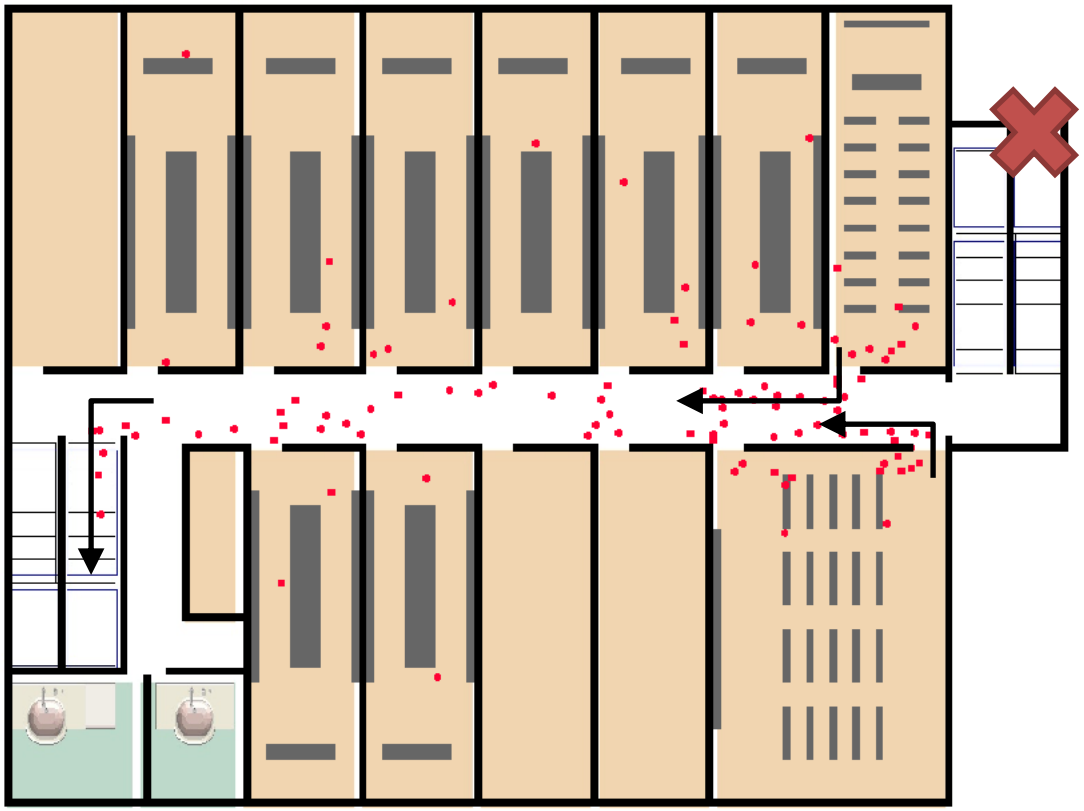
５章４節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)

このパターンは、3 階の非常階段が震災の影響により使用不可能になった場合を想定したパターンである。このシミュレーションは５－２のパターンとは異なり、Exit エージェントは 2 階の非常階段を除く 3 つしか使用できず、3 階より下の非常階段が使用不可能になっていることを避難者は知らない状態で避難を開始するため、始めは非常階段へ移動するがルートが塞がれていることを確認し、中央階段へルートを変更するように People エージェントにプログラムしてある。赤いバツ印が使用できない場所を示している。

7 号館 3 階

５章５節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)

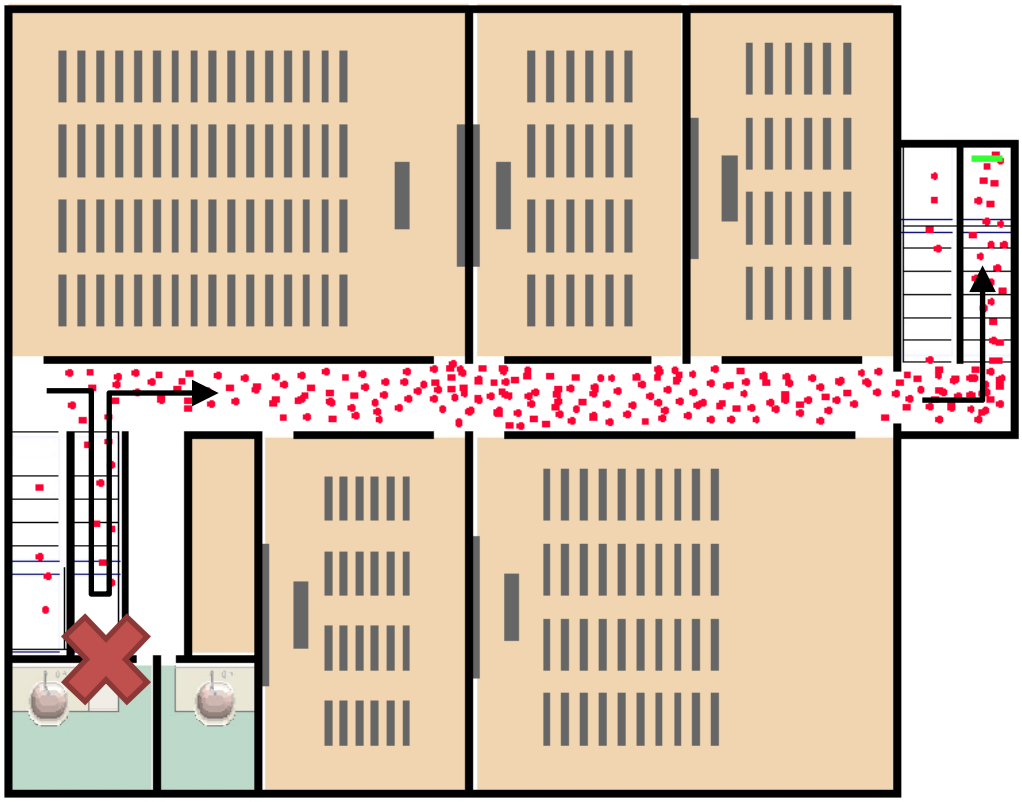
　このパターンでは、３階非常階段が使用できない場合を想定したシミュレーションであるが５－３とは異なり避難する前に非常階段が使用できないことを事前に連絡を受けているので教室から非常階段には向かわず直接中央階段へ向かう場合のシミュレーションである。赤いバツ印が使用できない場所を示している。



７号館３階

５章６節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)

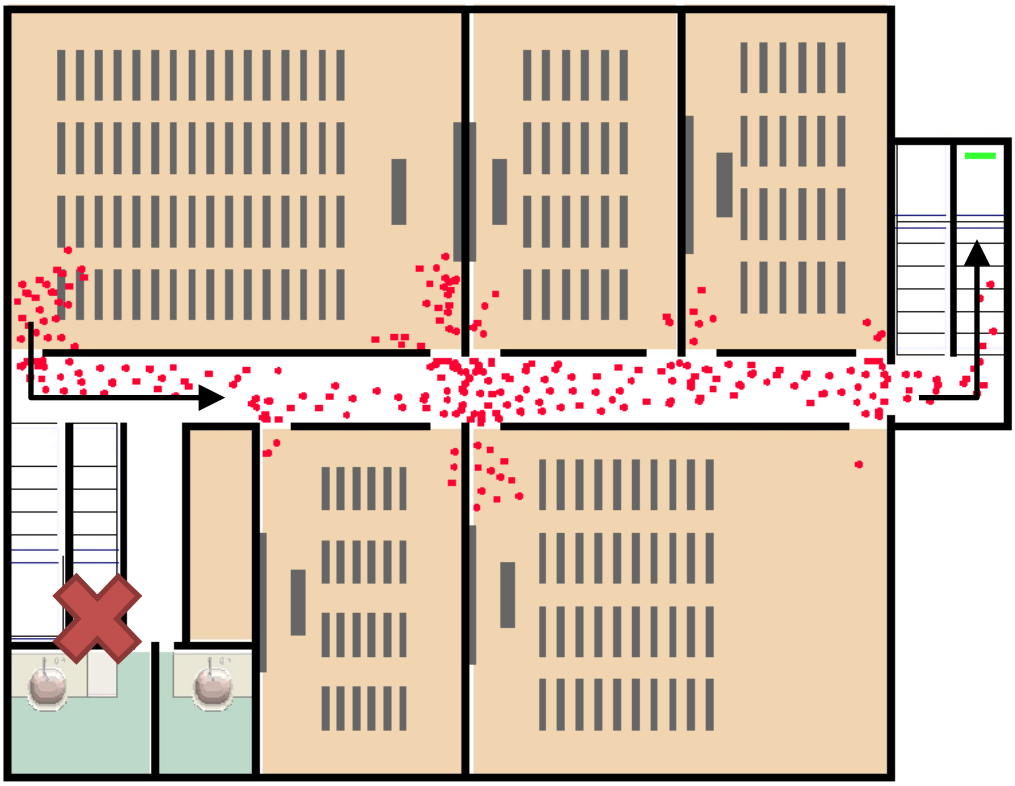
このパターンは、2 階にある中央階段が崩壊し使用できない常態を想定したシミュレーションである。1 階へ降りる階段が使用できないため、2 階より上の階にいる人は非常階段からしか避難することができない。このパターンも５－３と同様、2 階の中央階段が使用することが出来ないことを知らされていないため、中央階段に近い People エージェントは中央階段へ向かうが引き返して非常階段へ向かうシミュレーションである。赤いバツ印が使用できない場所を示している。



7 号館 2 階

５章７節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)

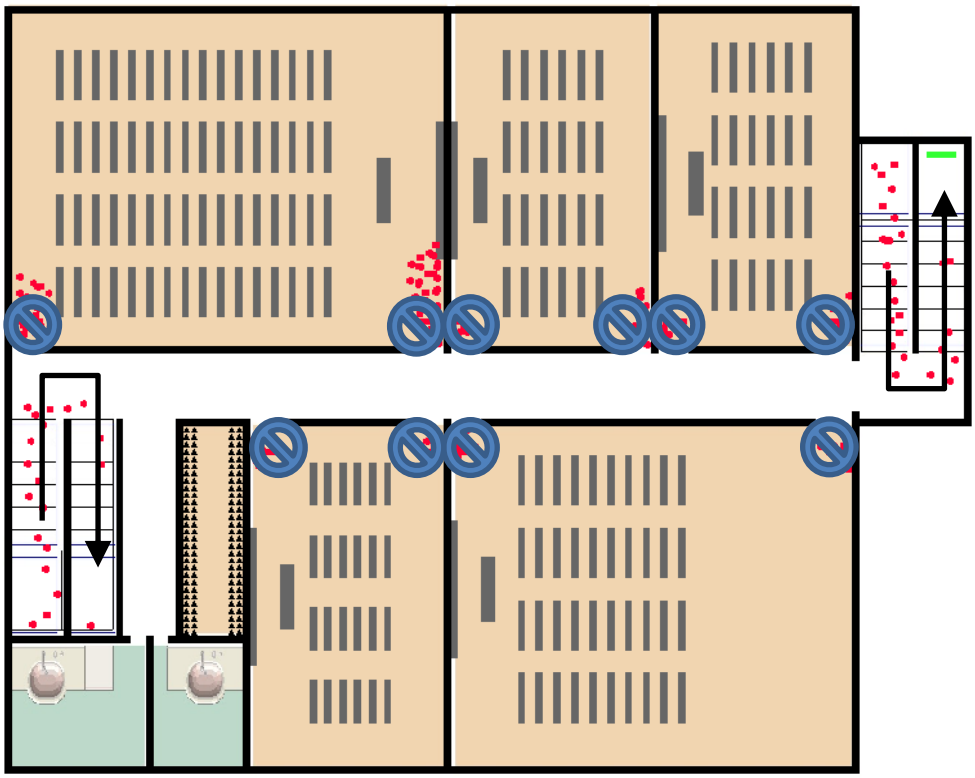
　このパターンでは、２階中央階段が使用できない場合を想定したシミュレーションであるが５－４とは異なり避難する前に中央階段が使用できないことを事前に連絡を受けている為、中央階段には向かわず非常階段に直接向かうようにプログラムしている場合のシミュレーションである。赤いバツ印が使用できない場所を示している。



７号館２階

５章８節　２階の全教室の引き止めシミュレーションのパターン

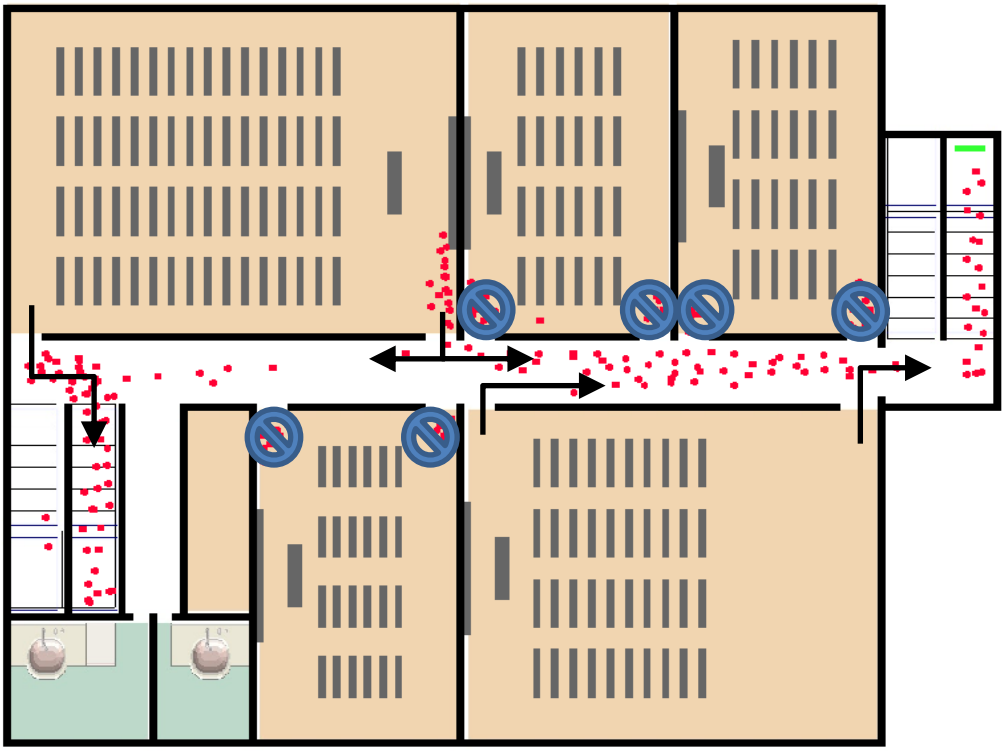
このパターンでは、今までのパターンではあまり結果が出ていなかったので一番人数が多く混雑する２階の教室に生成した People エージェントを３階より上にいる People エージェントが３階なら３階、４階なら４階に生成した全ての People エージェントが１つ下の階に降りるまで教室内で待機させ、全 People エージェントが下の階に降りてから移動を開始するシミュレーションパターンである。



７号館２階

５章９節　２階の 01,04 教室を先に出したパターン

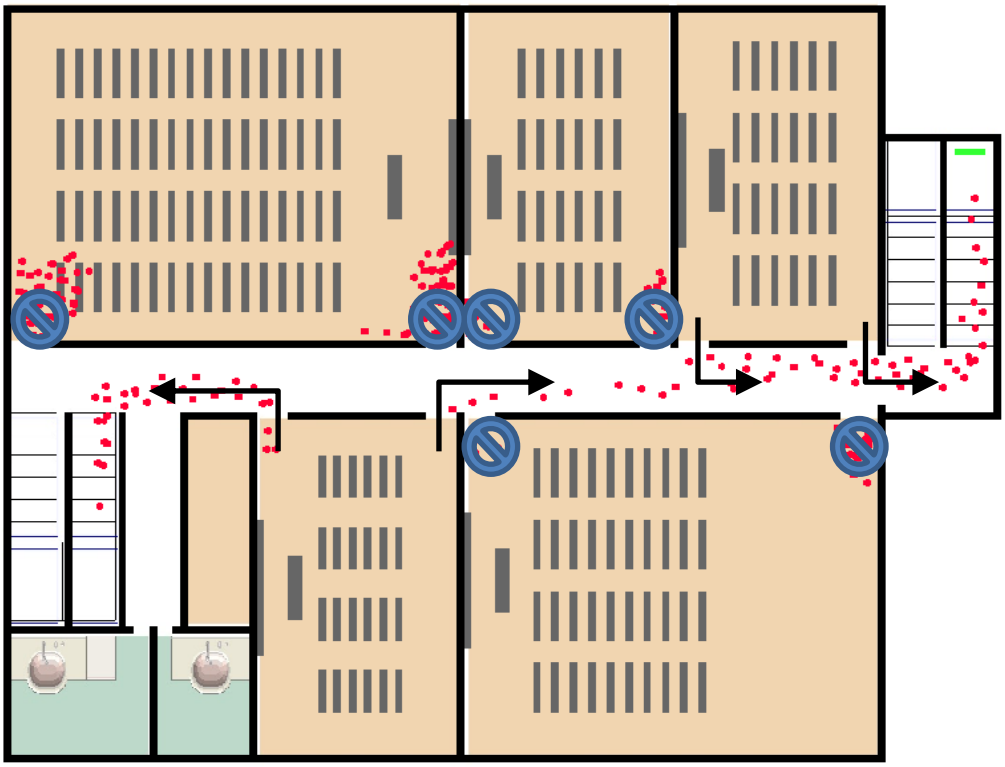
２階の全教室の引き止めのパターンとは別に、２階のいくつかの教室の People エージェントを先に避難させるシミュレーションを複数作成した。その中で 7201,7204（以後 72 は 7 号館 2 階と言う意味なので省略する。）の教室を先に避難させたパターンである。実験５－７同様で３階より上に生成した全 People エージェントが１つ下の階に降りたら待機させていた 02,03,05 教室の People エージェントの避難を開始させるパターンのシミュレーションである。



7 号館 2 階

５章１０節　２階の 03,05 教室を先に出したパターン

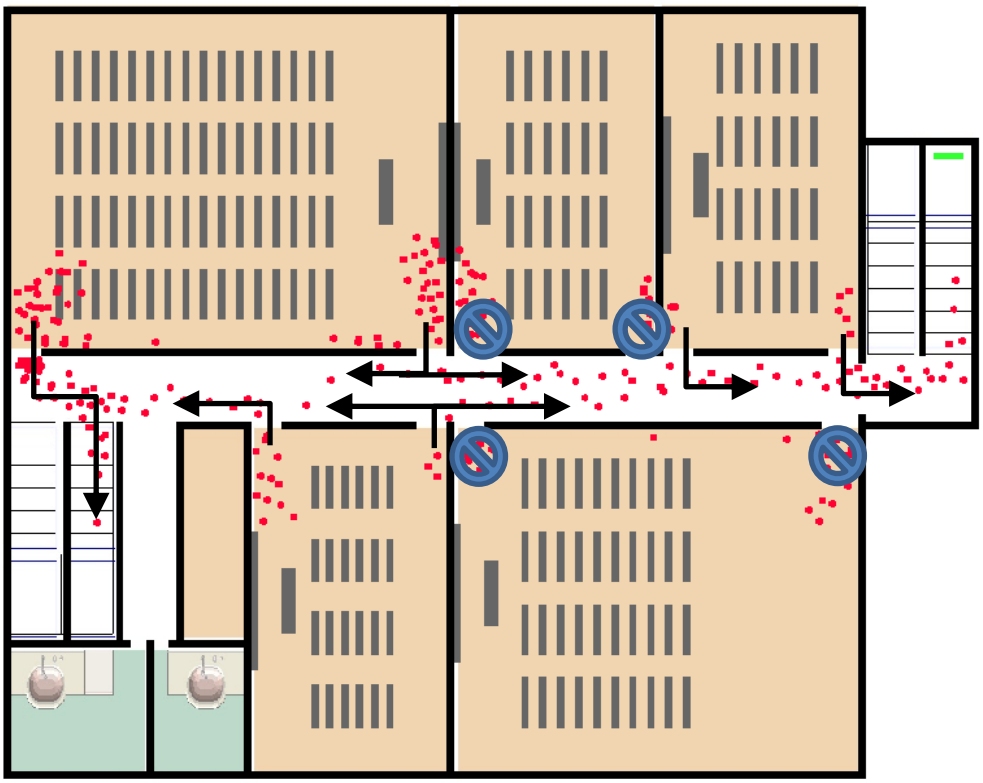
このパターンは、2 階の 03,05 教室を先に避難させるパターンである。実験５－８同様に 3 階以上に生成した People エージェントが 1 つ下の階に移動してから待機させていた 01,02,04 教室の People エージェントの避難を始めるパターンのシミュレーションである。



7 号館 2 階

５章１１節　２階の 01,03,05 教室を先に出したパターン

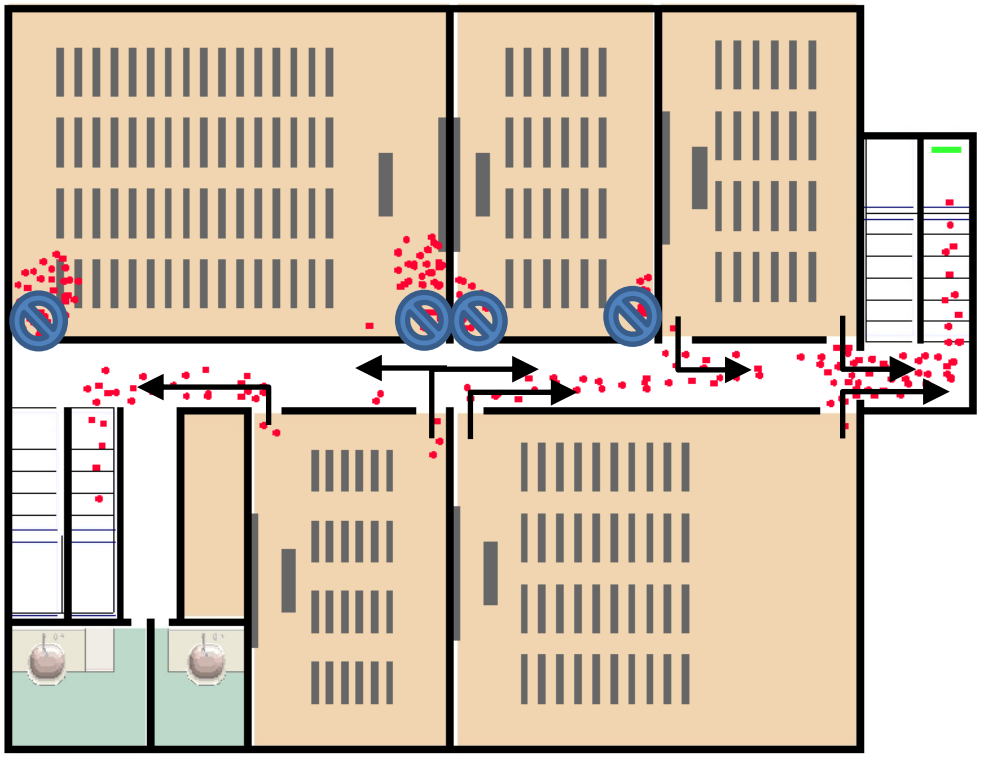
このパターンは、01,03,05 の教室を先に避難させたパターンである。実験５－８同様に 3 階以上に生成した People エージェントが 1 つ下の階に移動してから待機させていた 02,04 教室の People エージェントの避難を始めるパターンのシミュレーションである。



7 号館 2 階

５章１２節　２階の 03,04,05 教室を先に出したパターン

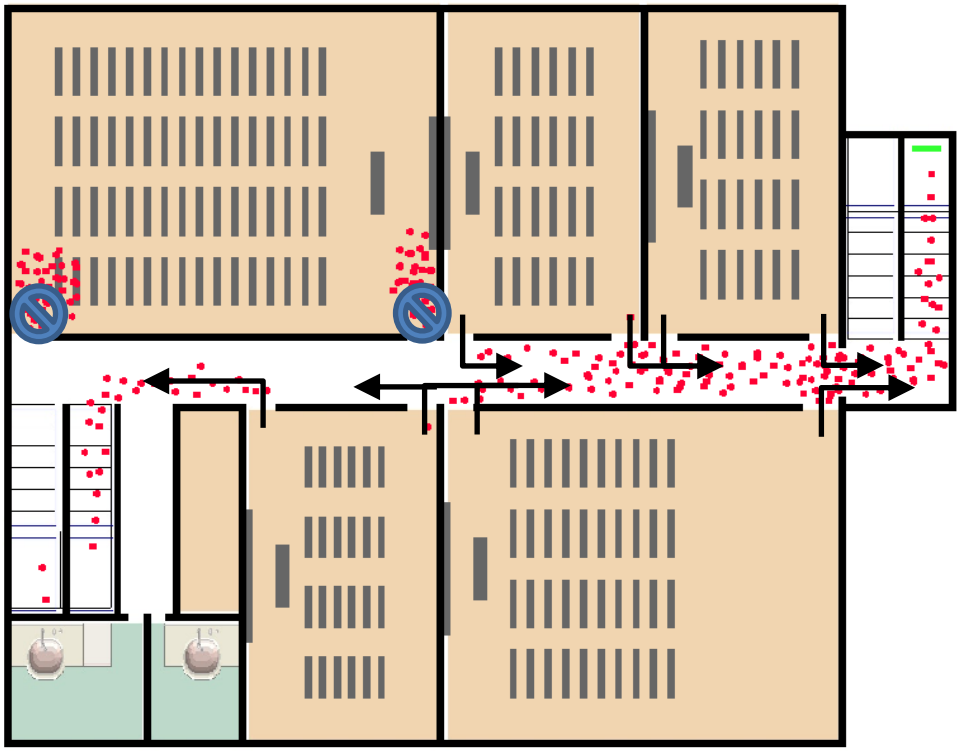
このパターンは、03,04,05 の教室を先に避難させたパターンである。実験５－８同様に 3 階以上に生成した People エージェントが 1 つ下の階に移動してから待機させていた 01,02 教室の People エージェントの避難を始めるパターンのシミュレーションである。



7 号館 2 階

５章１３節　２階の 02,03,04,05 教室を先に出したパターン

このパターンは、02,03,04,05 の教室を先に避難させたパターンである。実験５－８同様に 3 階以上に生成した People エージェントが 1 つ下の階に移動してから待機させていた 01 教室の People エージェントの避難を始めるパターンのシミュレーションである。



7 号館 2 階

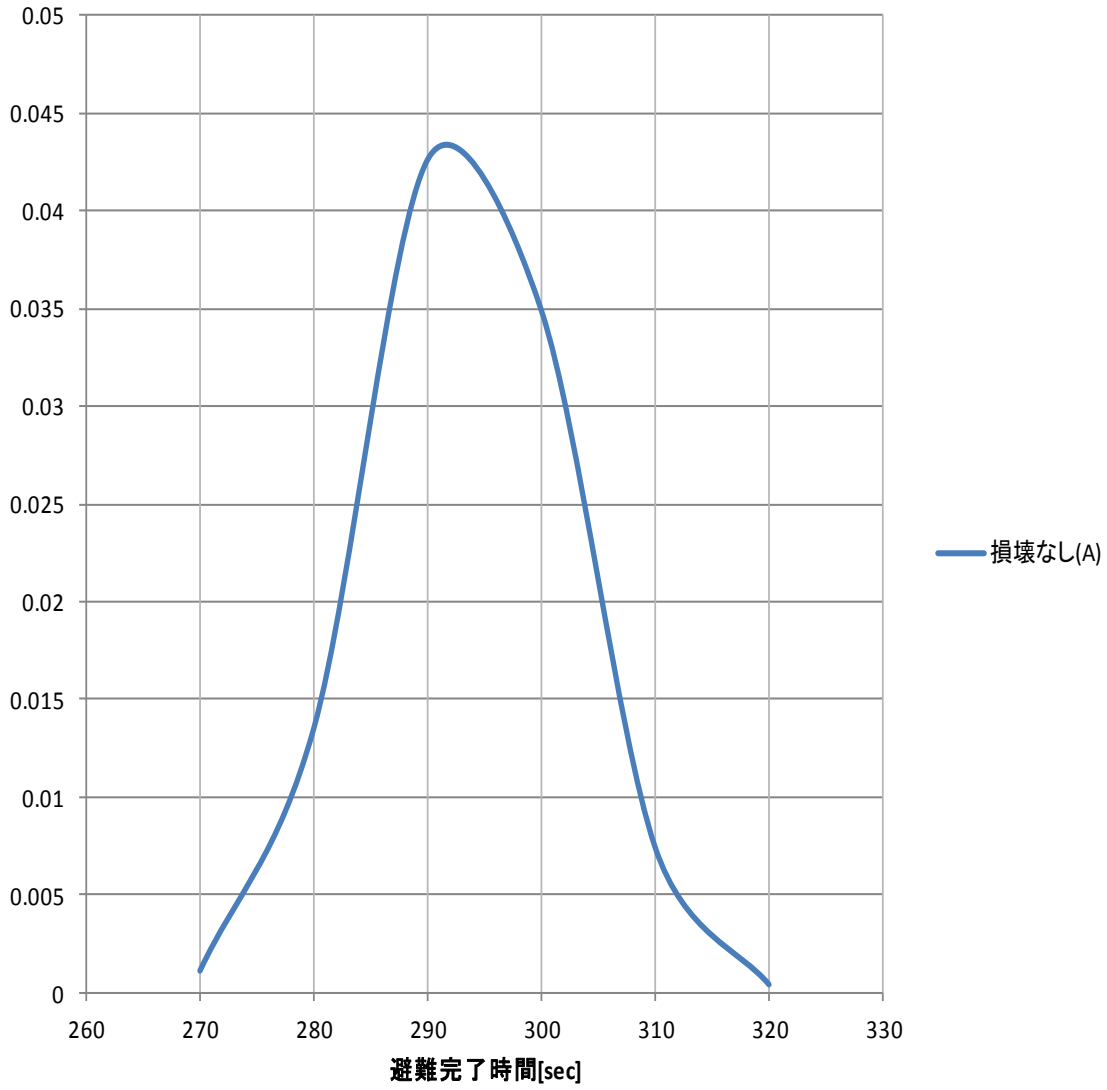
６章　検証結果

６章１節　通常の避難シミュレーションのパターン

シミュレーションの結果

表.1

			単位：sec
289	294	290	289
288	290	286	298
296	297	299	306
298	303	298	301
290	296	287	309
288	292	288	294
297	304	307	287
307	295	296	290
278	311	293	283
294	300	282	297
298	301	271	302
278	311	301	295
301	296	289	289
283	297	285	301
286	300	309	311
291	288	310	286
281	282	301	293
293	291	291	281
296	282	286	280
297	288	291	306
291	286	296	293
286	302	311	297
297	293	278	301
288	300	296	287
285	275	295	290
	分散	標準偏差	平均
	75	9	294



グラフ.1

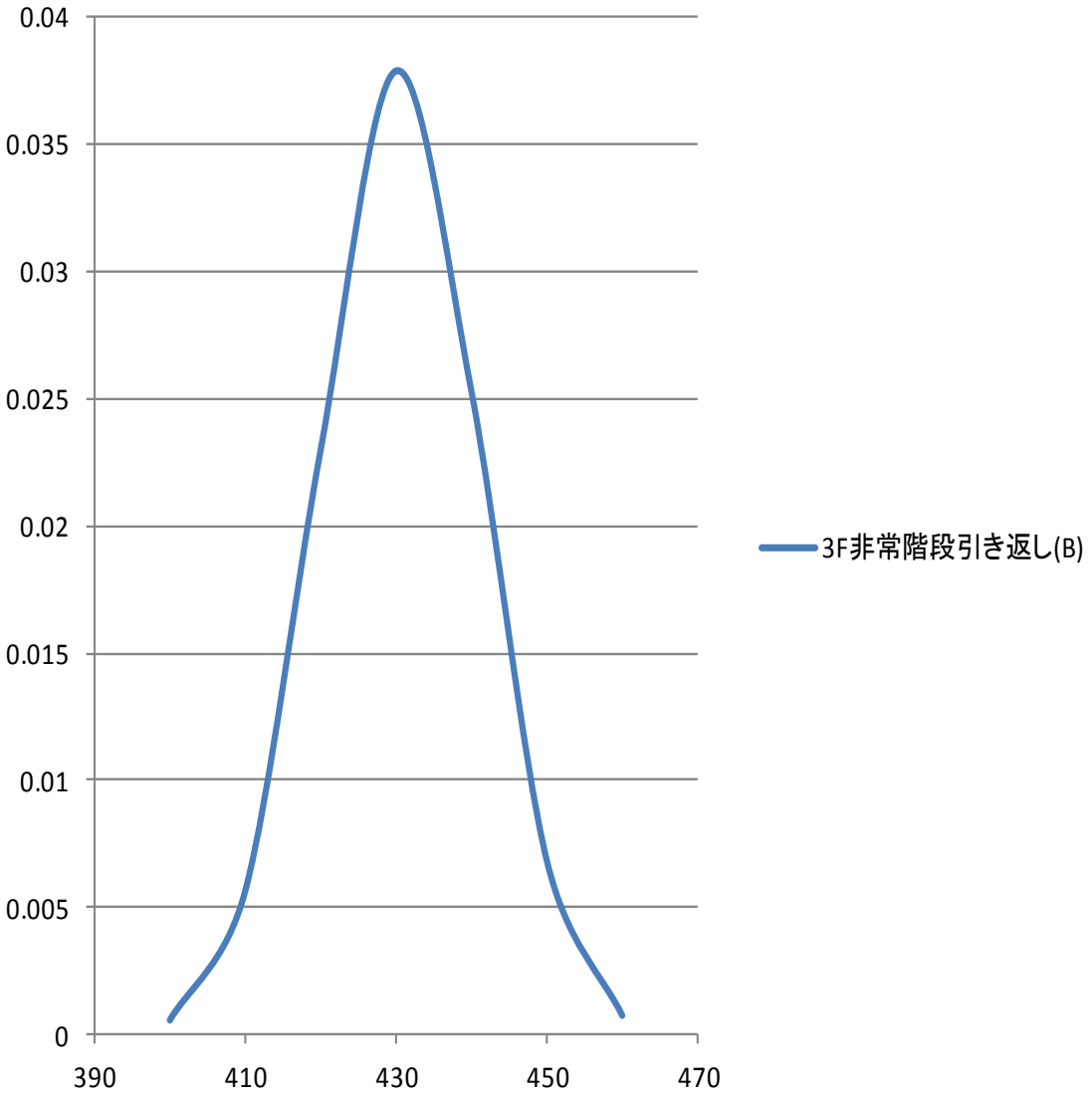
表.1 は、通常の避難シミュレーションを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 311[sec]の時間がかかった。緑が最小値で 271[sec]で避難は完了している。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 294[sec]の時間がかかる。グラフ.1 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章２節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)

シミュレーション結果

表.2

			単位：sec
446	430	422	430
411	421	444	429
415	425	438	423
447	440	431	425
423	427	425	429
454	413	453	418
434	444	419	429
416	416	433	435
441	427	431	432
434	415	423	442
453	433	421	431
436	432	437	425
426	426	424	439
424	430	431	453
448	423	453	432
429	430	430	418
447	422	444	426
436	435	423	428
424	430	426	413
442	445	428	439
432	423	405	435
422	432	421	418
420	430	437	413
448	448	438	441
427	431	418	432
	分散	標準偏差	平均
	112	11	431



グラフ.2

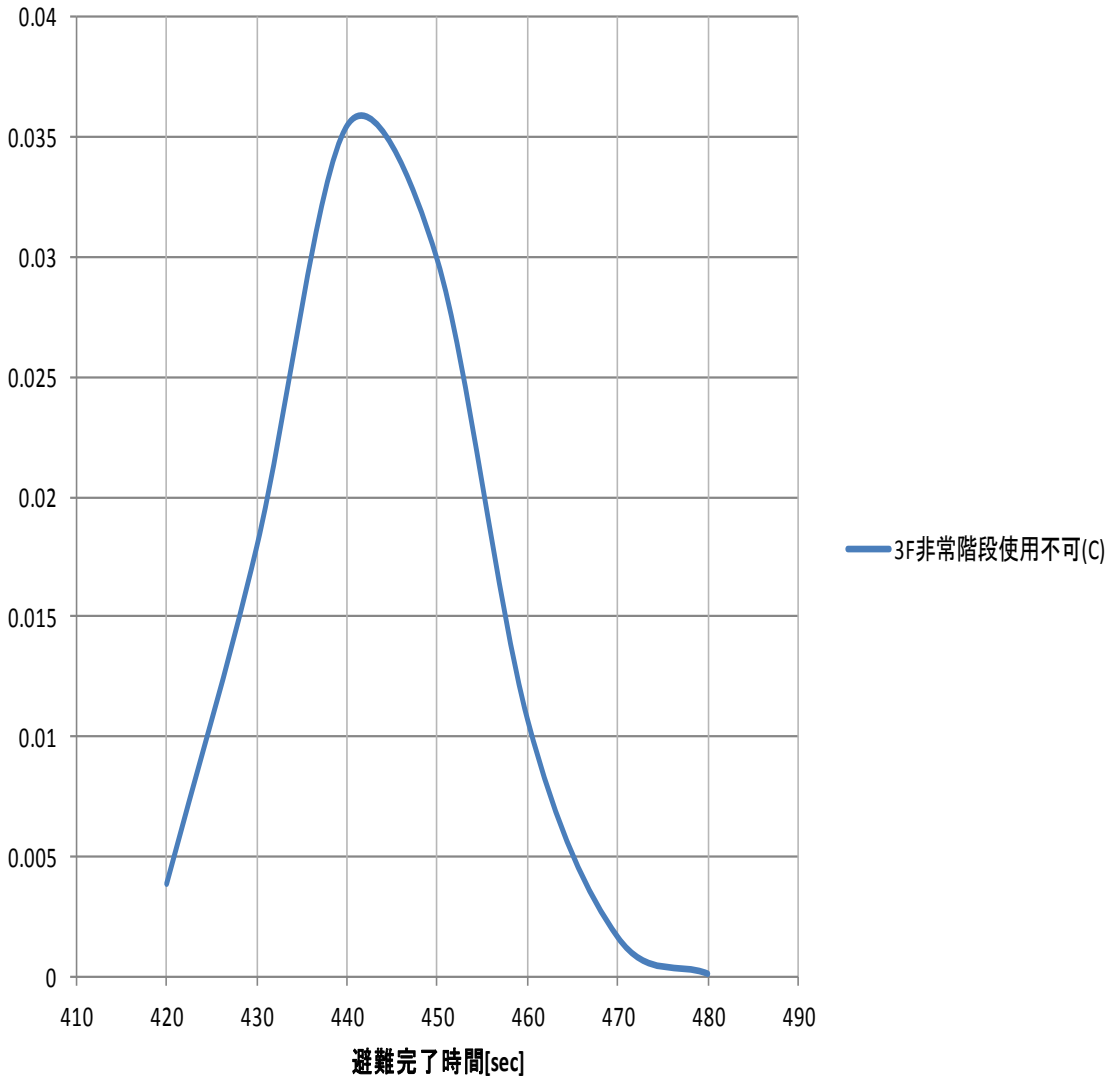
表.2 は、3 階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)を 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 454[sec]掛かり、緑が最小値で 405[sec]で避難完了している。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 431[sec]の時間がかかる。グラフ.2 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章３節　３階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)

シミュレーション結果

表.3

			単位：sec
442	443	443	421
444	433	448	440
443	431	459	430
440	443	426	444
450	442	434	445
459	437	434	437
457	434	442	434
454	475	459	461
437	448	442	435
447	424	440	440
449	444	439	456
434	439	443	420
433	459	441	461
448	453	441	427
461	454	435	442
458	443	442	444
455	452	451	428
424	435	442	447
449	430	432	437
441	437	442	460
444	436	433	441
456	469	452	433
437	431	446	439
445	471	426	451
454	438	434	438
	分散	標準偏差	平均
	118	11	443



グラフ.3

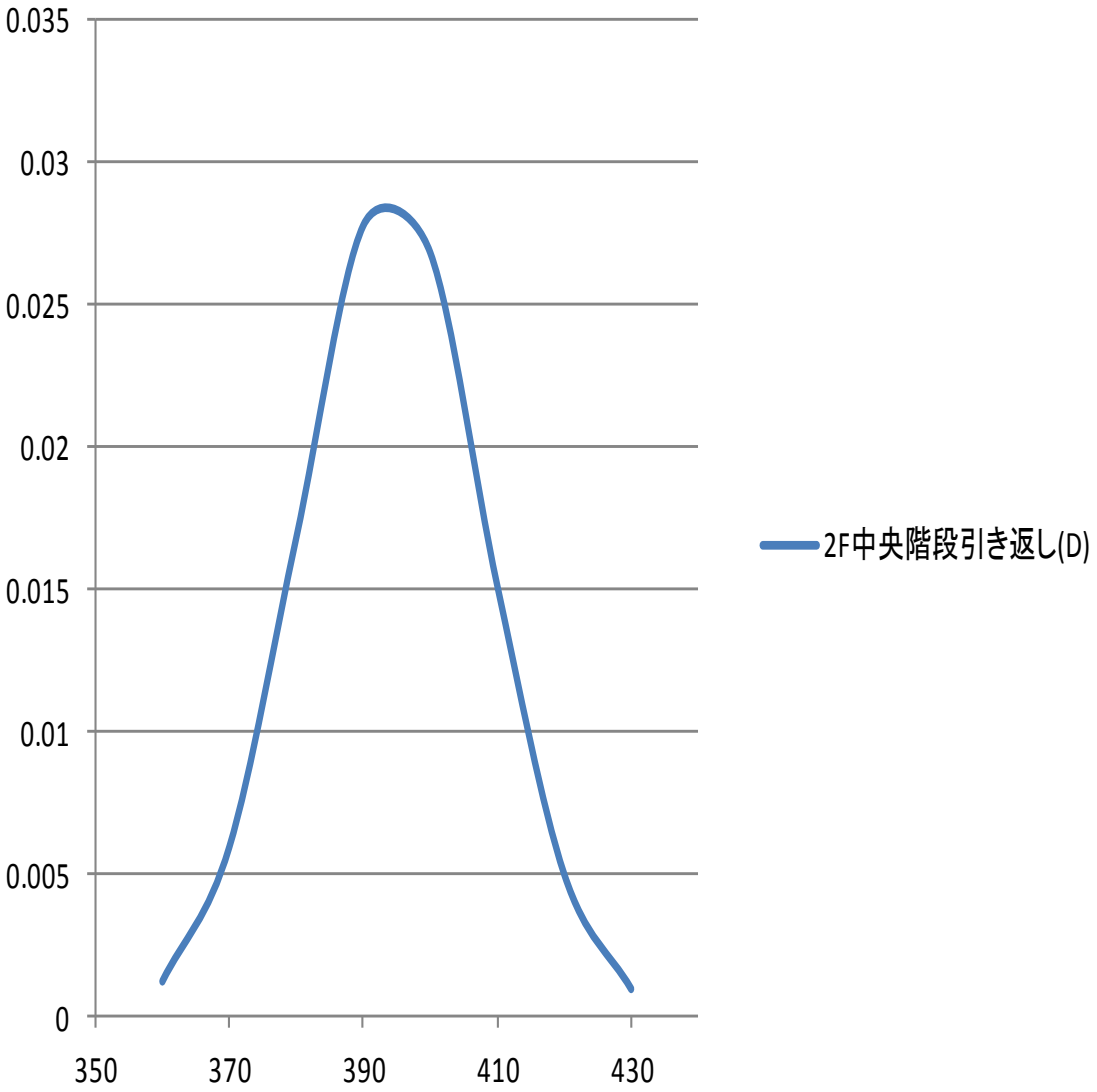
表.3 は、3 階非常階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)を 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 475[sec]、緑が最小値で 420[sec]掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 443[sec]の時間がかかる。グラフ.3 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章４節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)

シミュレーション結果

表.4

			単位：sec
392	418	390	398
392	422	390	376
407	395	367	390
406	393	422	391
386	391	394	379
376	409	412	387
400	392	397	376
395	399	388	408
400	387	416	388
393	393	380	420
375	391	376	421
374	373	390	390
375	385	381	397
420	392	408	378
377	406	388	386
422	399	383	389
394	381	389	404
416	390	393	387
362	387	396	393
381	391	398	409
389	409	365	400
387	396	391	413
414	391	408	400
386	379	415	404
395	408	413	410
	分散	標準偏差	平均
	188	14	394



グラフ.4

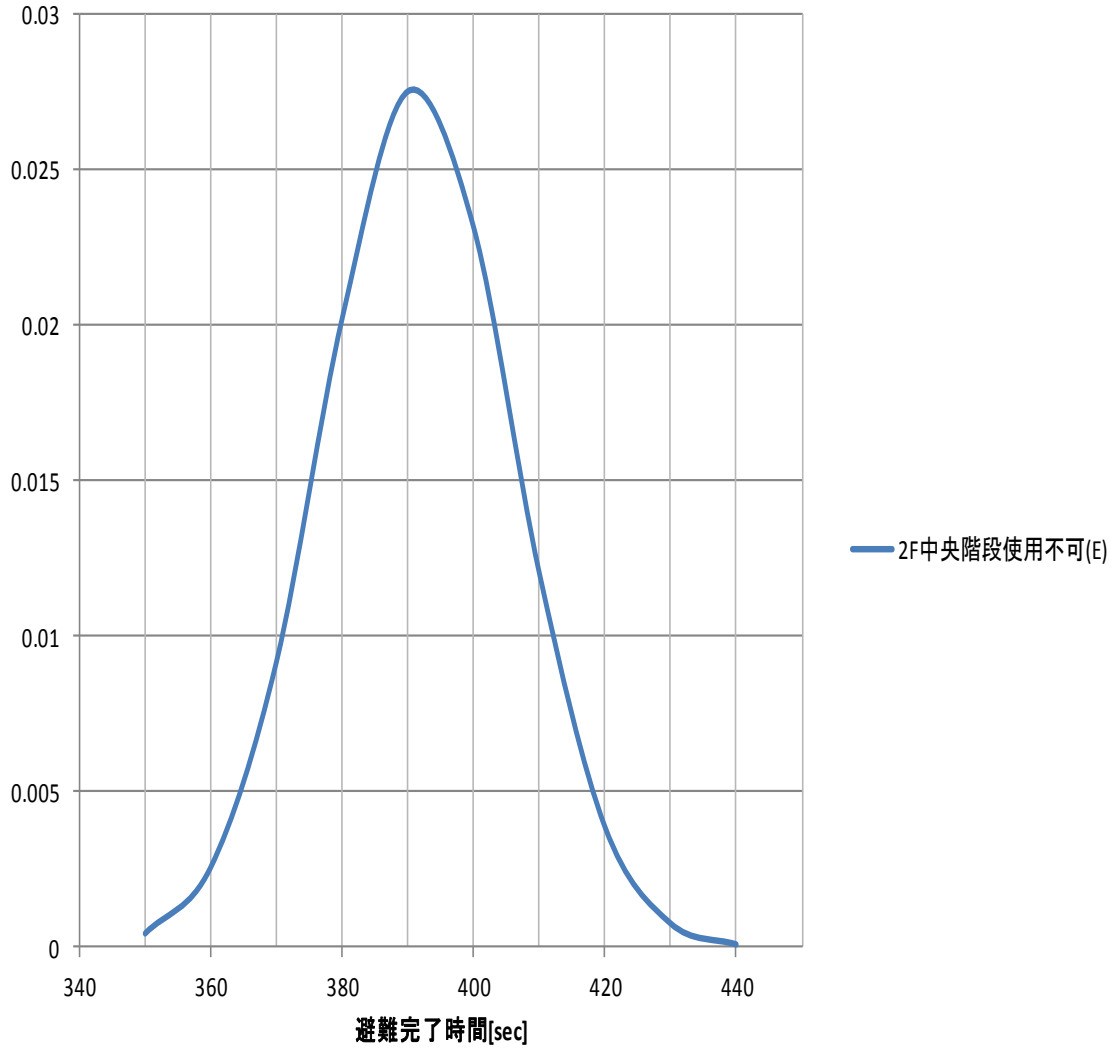
表.4 は、2 階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(引き返し)を 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 422[sec]掛かり、緑が最小値で 362[sec]掛かったことを表している。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 394[sec]の時間がかかる。グラフ.4 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章５節　２階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)

シミュレーション結果

表.5

			単位：sec
405	383	390	388
378	403	374	404
382	376	427	420
410	381	383	401
397	387	365	387
400	381	402	368
432	387	382	386
402	407	371	380
385	387	356	398
396	387	411	371
419	403	380	390
389	414	392	380
394	395	393	398
397	402	375	379
394	376	402	420
421	392	397	391
386	391	401	386
399	365	398	390
393	377	381	394
384	374	382	378
368	386	382	398
412	400	369	398
379	378	388	387
387	385	423	396
394	416	403	390
	分散	標準偏差	平均
	210	14	391



グラフ.5

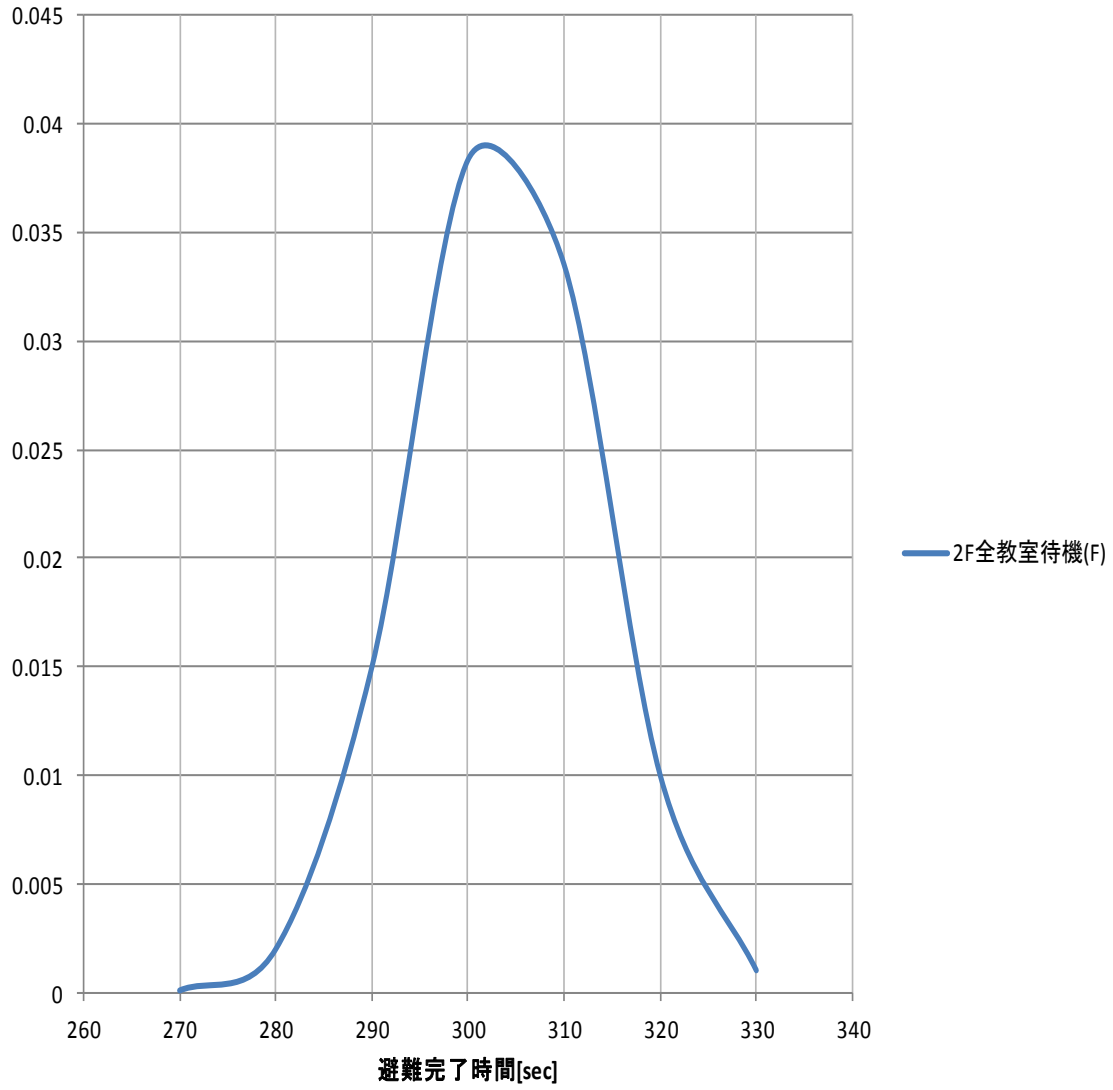
表.5 は、2 階の中央階段崩壊シミュレーションのパターン(使用不可)を 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 432[sec]で、緑が最小値で 356[sec]で避難完了している。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 391[sec]の時間がかかる。グラフ.5 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章６節　２階の全教室の引き止めシミュレーションのパターン

シミュレーション結果

表.6

			単位：sec
308	304	304	327
301	288	302	292
309	309	310	324
298	309	287	309
301	299	306	296
303	304	311	294
325	308	307	303
302	297	306	302
305	303	304	299
330	305	306	300
304	293	276	283
311	330	310	302
306	313	297	317
308	307	307	299
288	308	305	304
277	313	305	305
303	305	312	304
303	307	302	307
287	307	297	298
305	306	310	295
304	302	312	309
294	309	298	304
282	280	305	301
311	298	297	320
307	309	307	313
	分散	標準偏差	平均
	94	10	304



グラフ.6

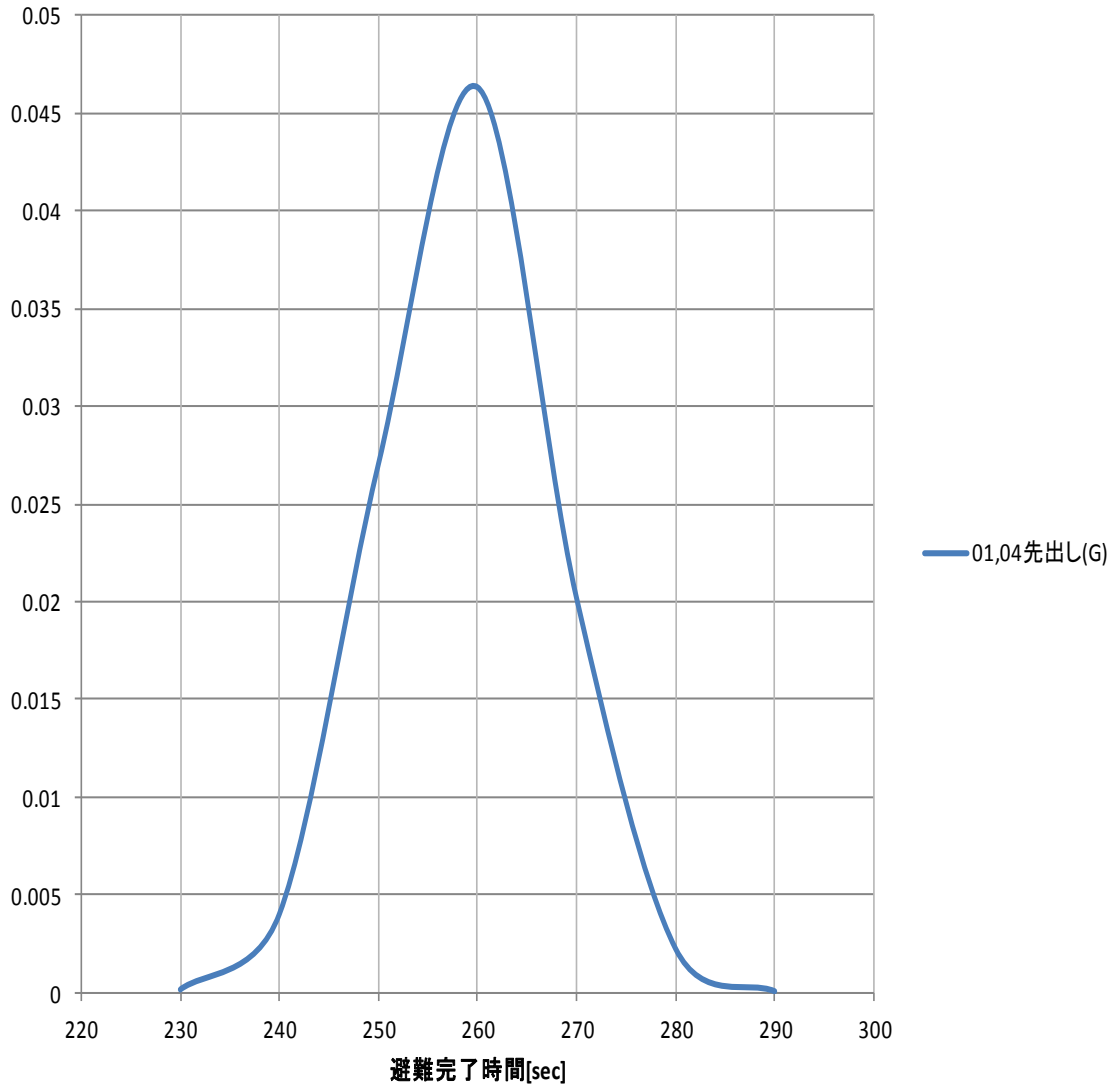
表.6 は、２階の全教室の引き止めシミュレーションを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 330[sec]、緑が最小値で 270[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が７号館を避難するまでに 304 [sec]の時間がかかる。グラフ.6 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章７節　２階の 01,04 教室を先に出したパターン

シミュレーション結果

表.7

			単位：sec
264	257	268	286
258	263	264	243
255	262	255	245
261	261	256	260
260	260	264	240
259	252	258	257
263	260	261	261
267	256	264	259
266	233	262	275
260	256	250	258
268	263	263	263
260	283	253	242
266	260	264	256
257	259	258	260
243	260	258	262
264	264	260	258
256	237	281	255
255	256	259	260
255	239	251	263
263	266	248	257
258	257	258	270
236	259	258	274
260	269	251	256
261	259	264	259
261	257	258	264
	分散	標準偏差	平均
	74	9	259



グラフ.7

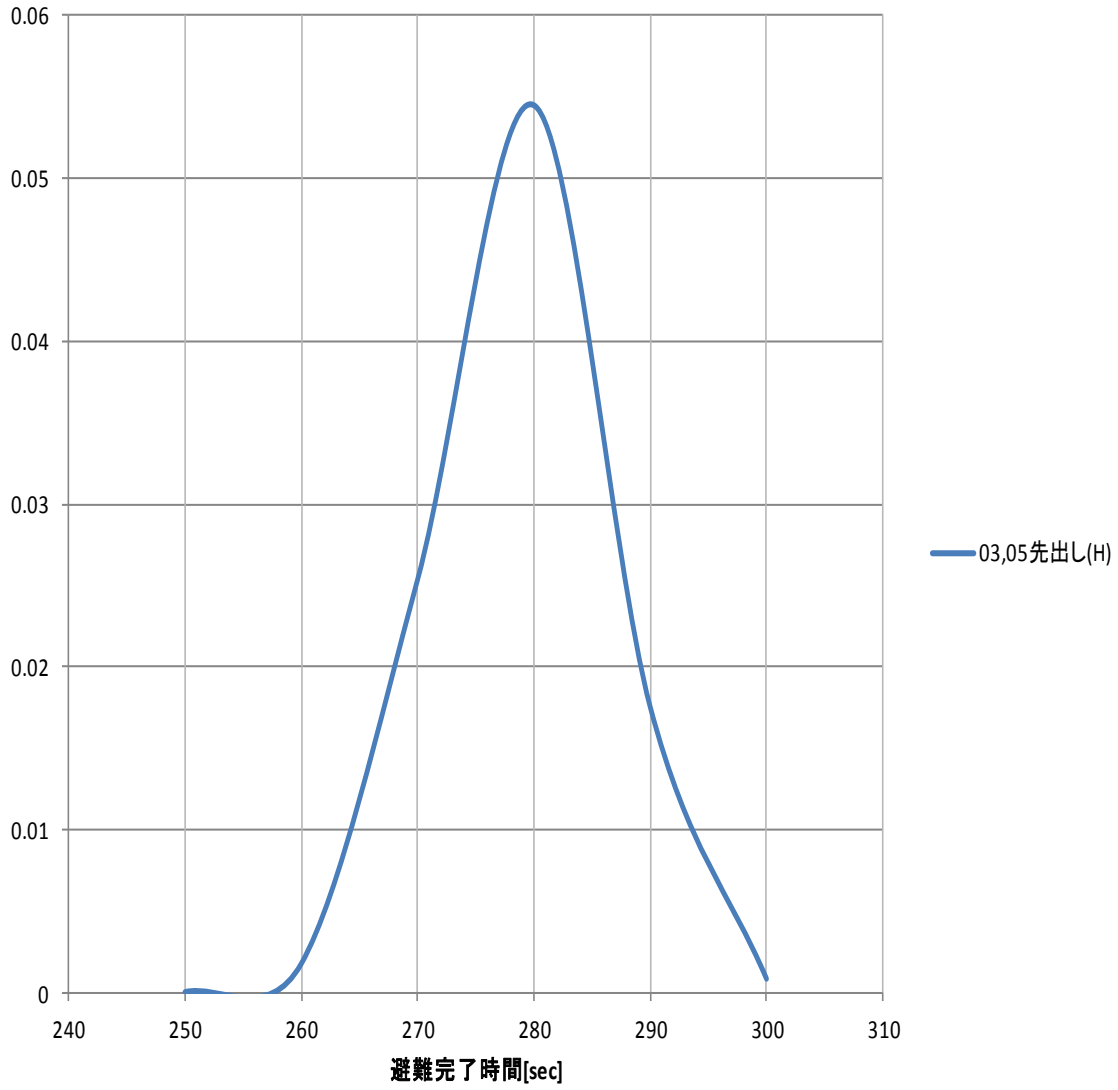
表.7 は、２階の 01,04 教室を先に出したパターンを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 286[sec]、緑が最小値で 233[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 259[sec]の時間がかかる。グラフ.7 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章８節　２階の 03,05 教室を先に出したパターン

シミュレーション結果

表.8

			単位：sec
279	282	286	286
273	283	275	280
274	277	289	280
271	287	268	291
268	287	286	284
280	291	276	288
277	274	286	278
283	279	279	293
281	286	285	281
284	261	259	289
280	275	277	276
280	278	277	289
269	282	281	279
281	279	285	275
277	283	264	276
275	283	279	283
279	279	274	286
290	272	286	285
285	273	273	289
276	283	280	274
288	282	275	281
273	273	279	281
260	270	275	290
262	257	278	276
285	278	284	273
	分散	標準偏差	平均
	53	7	279



グラフ.8

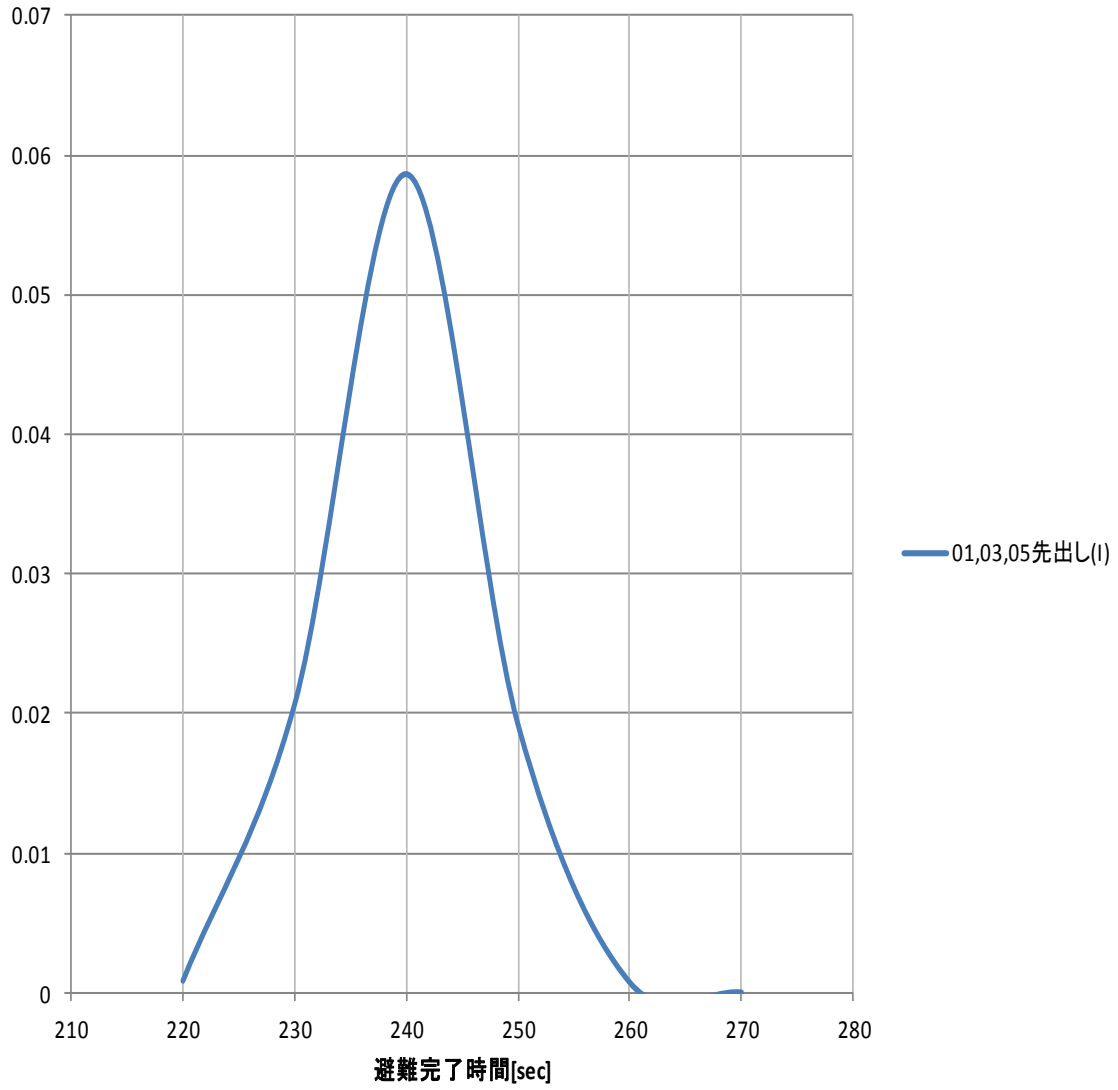
表.8 は、２階の 03,05 教室を先に出したパターンを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 293[sec]、緑が最小値で 257[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 279[sec]の時間がかかる。グラフ.8 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章９節　２階の 01,03,05 教室を先に出したパターン

シミュレーション結果

表.9

			単位：sec
243	240	240	233
235	238	241	239
239	225	237	233
236	237	233	248
234	241	235	235
243	227	234	253
253	229	237	239
261	243	243	234
250	241	246	233
246	237	255	242
243	242	248	234
245	233	232	241
232	234	241	231
233	237	258	239
239	245	244	238
242	237	244	247
253	239	236	243
242	230	246	234
241	253	242	241
233	232	250	239
237	248	237	237
242	243	235	236
246	234	235	255
235	236	235	234
247	234	242	234
	分散	標準偏差	平均
	47	7	240



グラフ.9

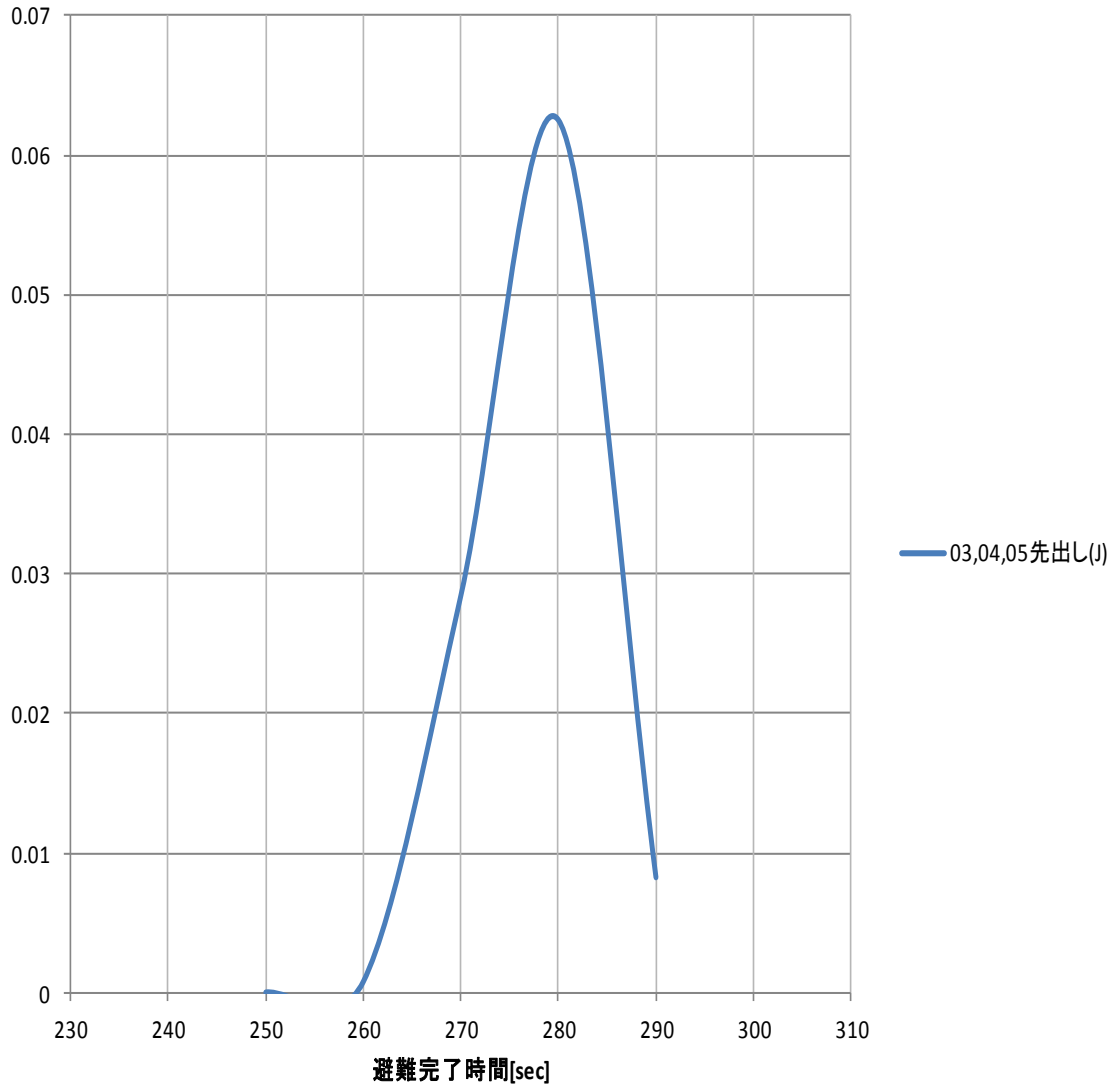
表.9 は、２階の 01,03,05 教室を先に出したパターンを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 261[sec]、緑が最小値で 225[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 304 [sec]の時間がかかる。グラフ.9 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章１０節　２階の 03,04,05 教室を先に出したパターン

シミュレーション結果

表.10

			単位：sec
286	275	283	278
276	268	281	278
273	283	274	276
270	281	277	286
271	282	281	279
264	275	279	266
276	277	284	278
272	282	281	276
274	282	287	277
281	252	283	284
267	281	281	273
284	270	278	280
272	271	274	282
272	277	280	279
286	280	275	265
277	281	282	281
281	281	288	287
282	282	284	281
271	283	279	277
288	283	269	274
280	279	282	272
272	283	275	289
280	281	277	274
278	274	280	272
282	281	275	268
	分散	標準偏差	平均
	36	6	278



グラフ.10

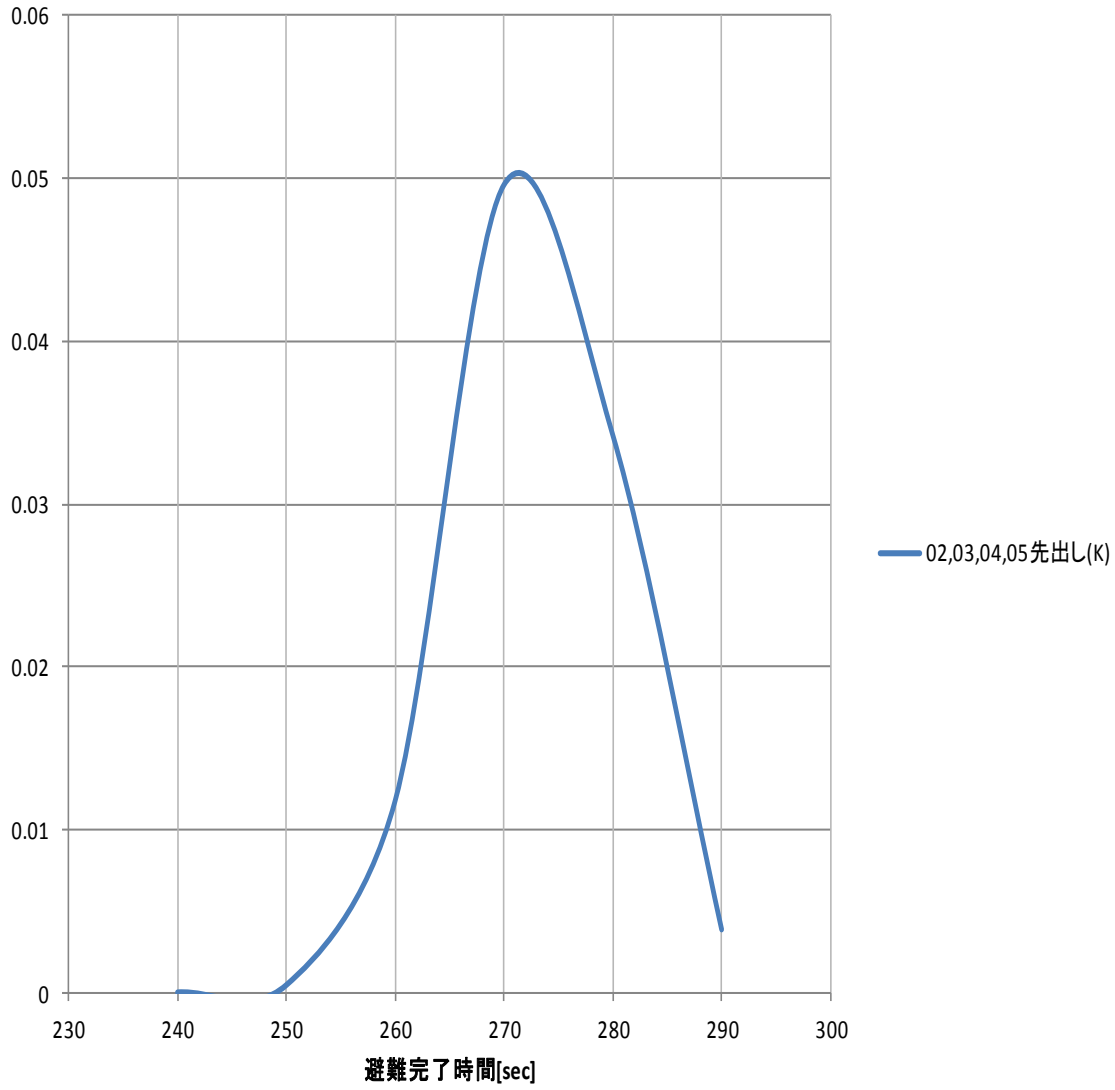
表.10 は、２階の 03,04,05 教室を先に出したパターンを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 289[sec]、緑が最小値で 252[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 278[sec]の時間がかかる。グラフ.10 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

６章１１節　２階の 02,03,04,05 教室を先に出したパターン

シミュレーション結果

表.11

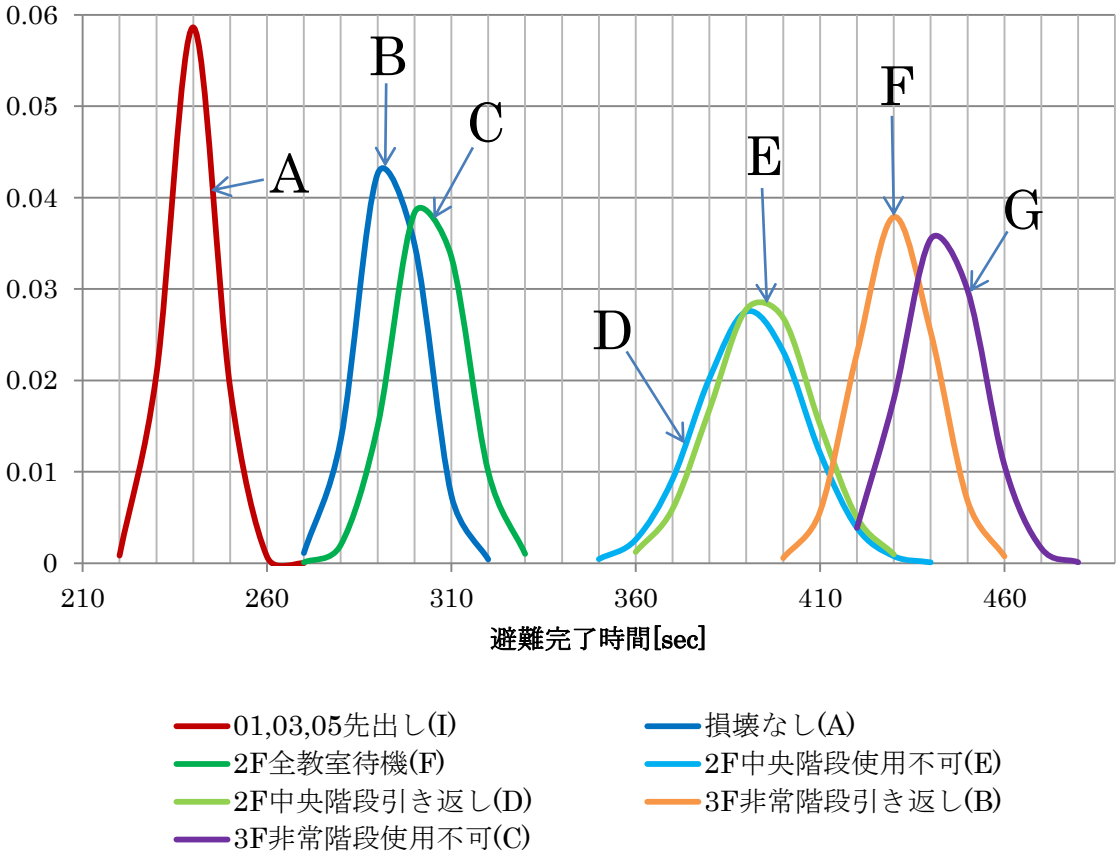
			単位：sec
273	276	280	271
255	275	275	285
280	284	266	276
275	271	272	277
270	283	274	276
269	277	262	274
285	281	264	258
274	270	269	262
259	266	277	275
274	278	273	273
266	275	275	277
269	279	279	261
263	276	267	267
267	279	262	268
277	274	275	284
273	281	278	285
274	270	271	271
283	284	268	272
274	260	249	245
275	280	267	275
283	276	269	282
280	281	274	277
278	266	274	271
271	269	278	279
274	270	275	279
	分散	標準偏差	平均
	56	7	273



グラフ.11

表.11 は、２階の 02,03,04,05 教室を先に出したパターンを 100 回実行したときに避難が完了するまでに掛かった時間（秒）を示した表である。赤が最大値で 285[sec]、緑が最小値で 245[sec]の時間が掛かったことが分かる。このシミュレーションの結果を平均すると全員が 7 号館を避難するまでに 273[sec]の時間がかかる。グラフ.11 は、実行結果をグラフにしたもので、横軸は避難完了までの時間で縦軸は避難完了時間の数を表している。

グラフ.12 は、５－２～７のシミュレーションと 2 階のいくつかの教室の People エージェントを先に避難させるシミュレーションの中で、1 番避難時間が速かったパターンの避難完了時間を比較したグラフである。



グラフ.12

防災評定による建築防災計画指針との比較

建築計画が一定規模を超えた場合、地方自治体の建築主事によって防災計画書の提出を求められる場合があり、防災計画書の元となる防災計画指針には避難時間に関する制限が3つあり、このうち最も避難に重要となる各階の階許容避難時間についてシミュレーションでも検証できるようになっている。

階許容避難時間……8√各階の合計床面積(㎡)

7号館の各階の合計床面積は、設計図を元に1階は946㎡、2階は843㎡、3階は843㎡、4階は843㎡、5階は843㎡となっており、これより階許容避難時間は1階が約246秒、2階が約232秒、3階が約232秒、4階が約232秒、5階が約232秒と求まる。シミュレーションした結果、全ての階で階許容避難時間を下回っていた。

７章　考察

このシミュレーションを行った結果、損壊がない場合のシミュレーションと比較すると、非常階段、中央階段が使用できない状態の方が表やグラフから見ても避難に時間が掛かることがわかる。非常階段と中央階段が使用できないことを事前に知らされていないパターンでの平均避難完了時間は、非常階段は 431[sec]、中央階段は 394[sec]に対して、階段が使用できないことを知らされた常態で非難を開始した場合の平均避難完了時間は、非常階段は 443[sec]、中央階段は 391[sec]と、あまり時間の差がなく、むしろ時間が掛かってしまう場合もあった。

シミュレーションの様子を見てみると、事前に知らされている２つのパターンでは、全ての People エージェントが限られた出口（Exit エージェント）へ向かって行ってしまった為に、出口付近で混雑してしまい避難に時間が掛かってしまったことが解る。また、事前に知らされているパターン(実験５－４、実験５－６)では、使用できない階段へ向かう動作が逆に出口付近での混雑を回避したために避難所要時間が少なく済んだことに繋がったと考えられる。

これを踏まえた上で新しく、改善したパターンとして 2 階の全教室で待機させるパターン(実験５－７)を作成し実行したが、3～5 階の People エージェントが 1 階に降りるまでの間に 2 階の People エージェントが待機していた分、全体の避難完了時間が遅れる結果となった。7 号館に関しては、2 階から 1 階への階段付近が混雑することが避難完了時間に大きく影響するので 2 階からいかに効率よく避難させるかが時間短縮に関係すると考えられる。

８章　参考文献

（１）ＭＡＳコミュニティ
http://mas.kke.co.jp/index.php

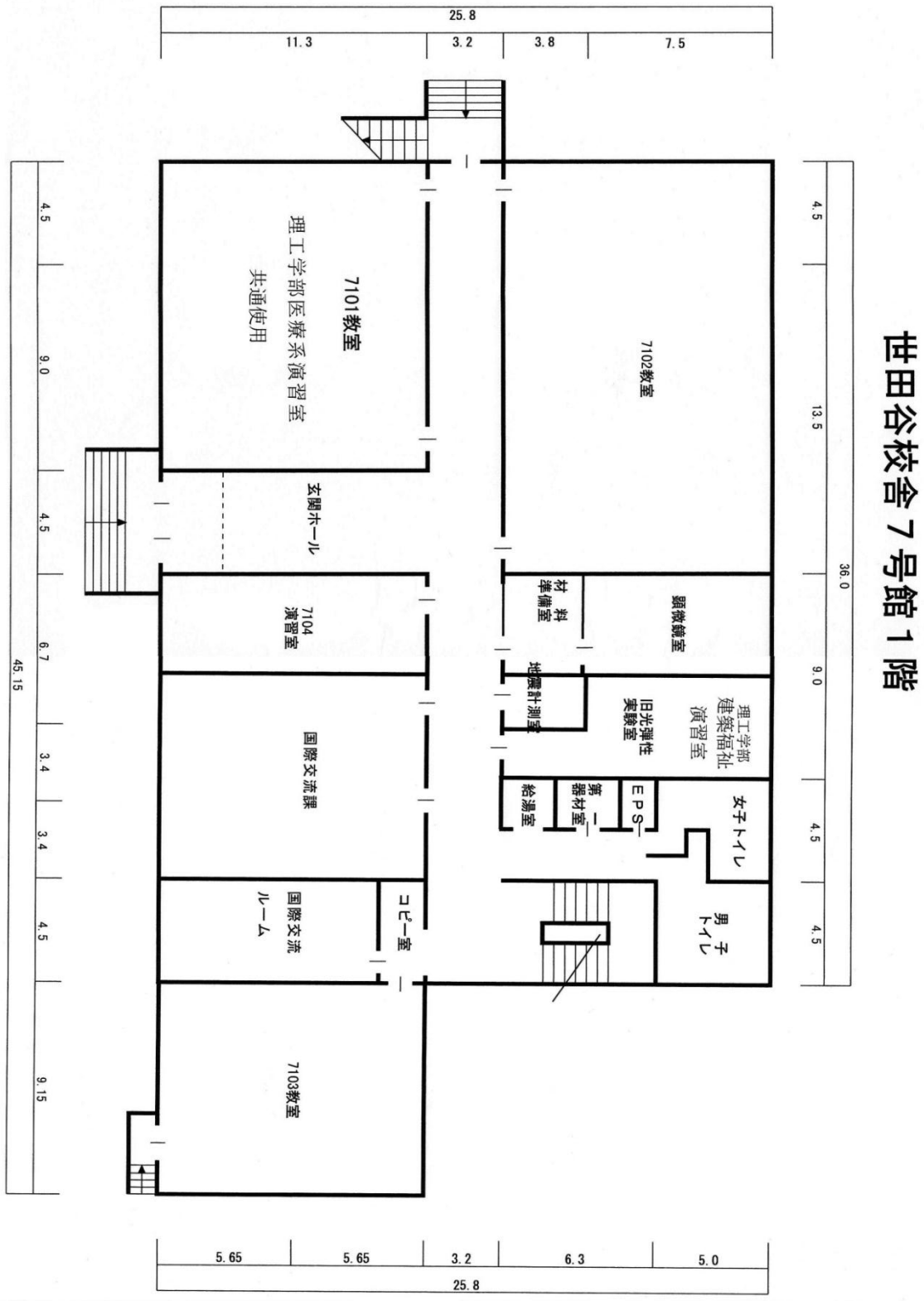
（２）人工社会構築指南(シリーズ人工社会の可能性 1)

作者：山影進　出版社：書籍工房早山 改訂新版第一刷版（2008/5/30）

（３）新建築防災計画指針 日本建築センター
（４）山影進 歩行者エージェントシミュレーション 構造計画研究所

謝辞

本研究を行うにあたり、構造計画研究所が開発したartisoc を無料で貸していただいた上に多くのご指導をいただきました。深く御礼申し上げます

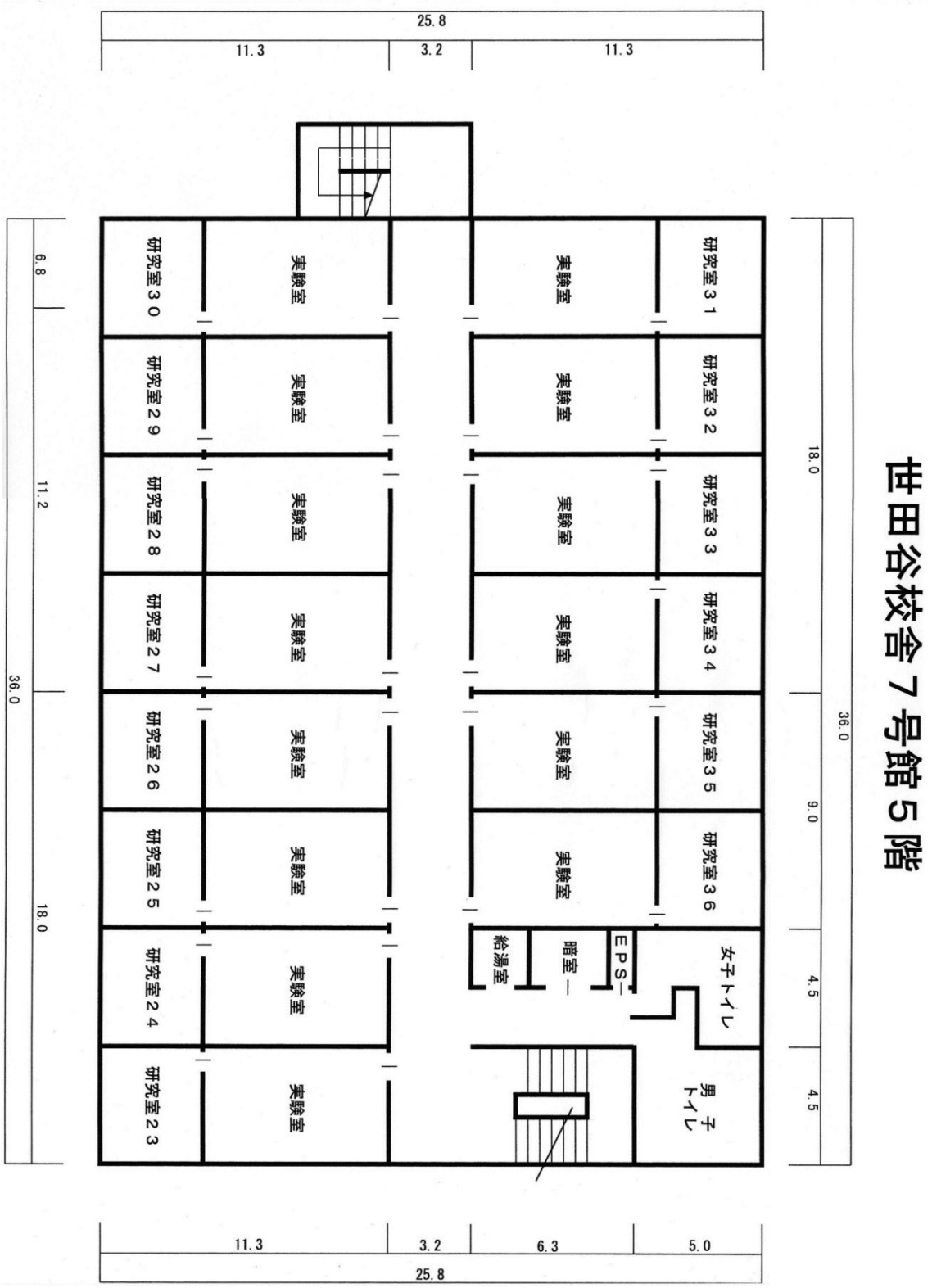


付録１　世田谷校舎７号館１階

付録２　世田谷校舎７号館２階

付録３　世田谷校舎７号館３階

付録４　世田谷校舎７号館４階



付録５　世田谷校舎７号館５階