卒　業　論　文

名古屋駅における避難誘導情報を活用した帰宅困難者対策

2009SE174 森　稜

指導教員　腰塚武志

概要

中部圏最大のターミナル駅である名古屋駅では各鉄道の改札や情報発信施設が中心部に集中しており, 近年起こる可能性が高いといわれている東海地震が起こった時, ターミナルへ避難・情報収集・帰宅目的など人々が多く集まり群集事故などの 2 次災害が危惧される.

そこで本研究では災害時における名古屋駅の避難問題を取り扱い, 避難誘導情報の有無による避難行動の違いをモデル化して視覚的にシミュレーションすることによって比較検討し, 混雑の緩和と安全な避難行動を目指した.

その結果名古屋駅での建造物や群集の動き方についてのモデルを作り避難行動をシミュレーションして視覚的に混雑状況を見ることができた. それにより問題の原因を推測し, 避難誘導情報を適切に発信することで解決策を考察することができた.

目次

第１章　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・1

第２章　研究目的・・・・・・・・・・・・・・・・・2

第３章　研究対象・・・・・・・・・・・・・・・・・3

3.1　名古屋駅・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

3.2　名古屋駅での帰宅困難者の推計・・・・・・・・・・・・・4

3.3　名古屋駅周辺の避難所候補・・・・・・・・・・・・・・・5

第４章　避難行動のシミュレーション・・・・・6

第５章　避難シナリオの設定・・・・・・・・・・7

第６章　モデルの構築・・・・・・・・・・・・・・8

6.1「空間」の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

6.2「エージェント」の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・１０

6.2.1　エージェントの性質・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０

6.2.2　エージェントの目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０

6.2.3　エージェントの設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１

6.3 避難人数設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１

6.4 シミュレーションの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・１２

第７章シミュレーション結果・・・・・・・・・・１３

7.1 ケース１の結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１３

7.2 ケース１の結果の考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１５

7.3 ケース２の結果・考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１６

7.4 ケース３の結果・考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２０

第８章おわりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２

8.1 まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２

8.2　今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２

謝辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２３

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２４

第 1 章
はじめに

本研究では災害時における名古屋駅の避難問題を取り扱う.

平成 23 年 3 月東日本大地震が発生し,首都圏は大量の帰宅困難者であふれた.同様に,災害時,主要ターミナル駅には周辺に避難所があっても,ターミナルへ避難・情報収集・帰宅目的など目的をもった人々が多く集まり,歩行者混雑で 2 次災害が懸念される.

中部圏最大のターミナル駅である名古屋駅では,近年発生されると予測がされている東海地震が起きた時,駅を中心に,多くの滞留者や帰宅困難者で大きな混雑の発生が考えられるため避難誘導を行うなどの群集事故の予防策が必要となる.

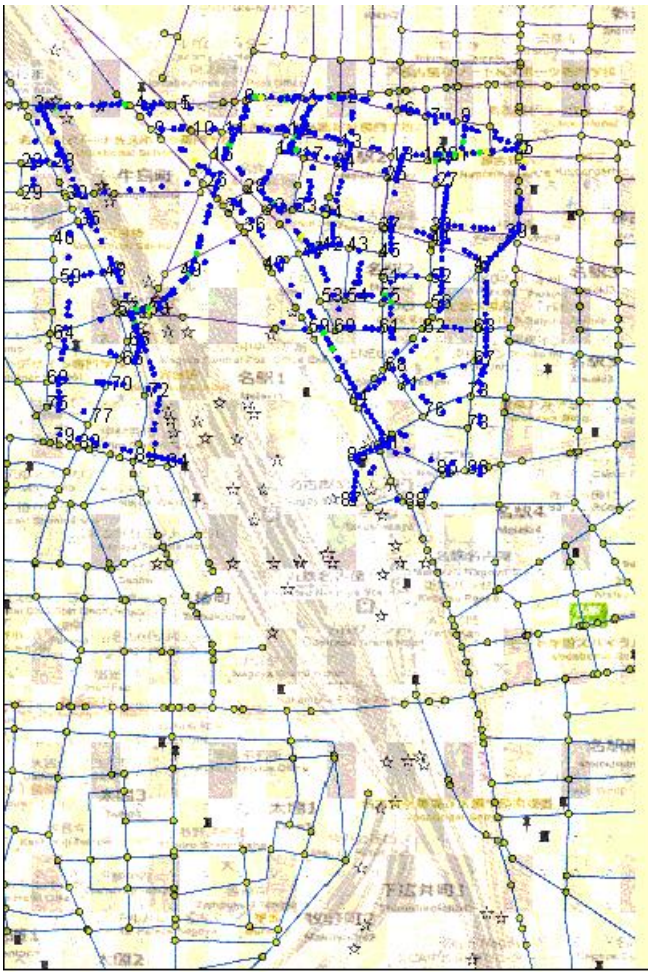
名古屋駅では,駅構内や個別施設の中での避難行動の検証は数多く行われているが
全体的な避難情報管理を行い,駅中心の大規模な複数施設から広域避難場所までの安全な避難誘導を検証している研究はまだ完成された状況ではないと考える.

そこで本研究では名古屋駅周辺での混雑の拡大を防ぎ,安全な避難行動を円滑に進めるために避難行動を予測,再現を行い,解決策の検討を行った.

第２章
研究目的

　帰宅困難者を取り扱う研究では帰宅行動の最適化や最短が多いが,
本研究では,帰宅,避難行動の時間を短縮するのではなく,帰宅困難者の一時避難行動を安全に行うことを目的とする.

そのために,名古屋駅周辺からの避難者の動きを
群集シミュレーションを用いて視覚的に再現し,
混雑が発生される場所を推察するとともに,
避難誘導情報を活用した混雑解消の方法と効果を検討する.



第３章
研究対象

3.1 名古屋駅

名古屋駅は, JR, 市営地下鉄, 名古屋鉄道, 近鉄など９つの路線が集中して
岐阜西方面, 三重方面, 愛知北方面, 愛知南方面,
を結ぶ中部圏の中心となる駅であり, 1 日の平均乗降者数は約１０９万人[1] にもなる.

名古屋駅では, 地震に対する警戒宣言が発令されると, 交通機関は全線, 安全確保できるまで運行中止され, 大型店舗などは閉店するため名古屋市は「地震注意情報」の段階で通勤者や外出中の人々に速やかに帰宅するよう呼びかけている[２].

名古屋駅では鉄道各線がJR名古屋駅を中心に密集して,さらに情報発信設備も改札付近に集中しており,運休情報や被害状況を手に入れるために,人々も駅構内のスペースが比較的ゆとりのあるJR駅構内に留まる可能性が高い.[３]

そのため構内に留まった人々を広い滞留スペースに移動待機させる事が必要だが,名古屋駅には栄のような広場や公園といった人が滞留する場所が多くない.

そこで駅構内の人々に避難所など安全な場所の情報を発信し避難所への誘導を適切に行うことが必要である.

3.2名古屋駅での帰宅困難者の推計

名古屋市の「名古屋駅地区滞留者等対策検討委員会」[４]の試算によると,
東海地震によってJR名古屋駅周辺判定会招集後,駅に滞留する人は午後３時が最大で約10万人,午後４時で約8万人.警戒宣言後,約5万人が駅に足止めされるとされている.
また突発型の地震の場合平日 12 時時点で最大約 10 万人が帰宅困難者になると言われている.

2012 年 9 月 30 日(日)18:00 頃,台風接近中の名古屋駅

3.3　名古屋駅周辺の避難所候補

本研究では最もターミナルから近く,ある程度の収容が可能であり広域避難所として開放される「ノリタケの森」をメインの避難所として設定し,
周りに幼稚園や会議室を貸し出しなども行う名古屋プライムセントラルタワーなどもある「那古野小学校」をサブの避難所とする.

	面積(㎡) []内は滞留スペース	名古屋駅からの距離(km)	名古屋駅からの方角
ノリタケの森	約 48,000 [23,637]	0.96	北
那古野小学校	6,000	0.6	北東
ささしまライブ	25,000	0.95	南
白川公園	89,300	1.8	東南
久屋大通公園	約 100,000	2.4	東

表１.名古屋駅周辺の避難所候補(距離,面積は非公表なものは計算)

第４章
避難行動のシミュレーション

本研究では複数の人間が広域な対象地域で避難する様子を再現するために,比較的広い範囲のシミュレーションを行う必要がある.そこで,多人数,広範囲の対象をシミュレーション可能なマルチエージェントモデルを用いた.
シミュレータとして(株) 構造計画研究所が開発したマルチエージェントシミュレータ「artisoc」というソフトウェアを使用する[５].artisoc では,二次元表示のマップや数値入力で避難行動の様巣を視覚的に捉えることができる.今回は震災時の避難者の行動にルールを作成し,避難者が動く様子をシミュレートすることで避難誘導情報の活用による効果を検討していく.

第５章
避難シナリオの設定

本研究では避難情報を効率よく発信し混雑具合を改善する事を目標としている.
そこで避難誘導情報の有無で３ケースを想定する.

　ケース1：避難誘導情報なしのケース
発生する避難者はそれぞれ最寄りの避難所へいくつかの経路の中でランダムに道を選び,
避難所へ向かう.
一定の確率で,鉄道の運休情報を知るため駅へ向かってから,その後最寄りの避難所へ最短の道を通り,避難所へ向かう. 誘導情報はなし.

　ケース2：運休情報を発信したケース
鉄道の運休情報を得ている,鉄道事業者や交通誘導員を主要交差点（waypoint）に配置して避難者に情報を発信する.
これにより,駅中心へ向かう流れと中心から避難する流れから起きる駅付近の混雑をある程度解消できるのではないかと考えられる.

　ケース3：避難誘導情報を発信したケース
全ての避難者が最寄りの避難所に向かうと,特定の道に避難者が集中することが予想される.そこで,ケース２の結果を踏まえ混雑が起こる地点を検討し,１つの避難経路に集中することを抑制するため,避難者の誘導を行う.
　避難所やそこへ向かう道の混雑状況や運休情報を得ている,鉄道事業者や交通誘導員を主要交差点（waypoint）に配置して避難誘導情報を発信する.
避難者が情報を得ると駅へ向かう行動をやめ,避難所へ向かう.また進む予定の道が混雑している場合,進む方向を迂回路へ変更する.

第６章
モデルの構築

マルチエージェント・シミュレーションのモデル化は以下の6 個の要素からなる[６].

（１）「エージェント」と呼ばれる行動主体

（２）個々のエージェントの属性(性質) を表す「変数」

（３）エージェントが行動する(他と関係する)「ルール」

（４）エージェントが行動する「空間」

（５）エージェントたちの全体的な状態を知る時に設定する「マクロな変数」

（６）モデル全体に関わる「マクロなルール」

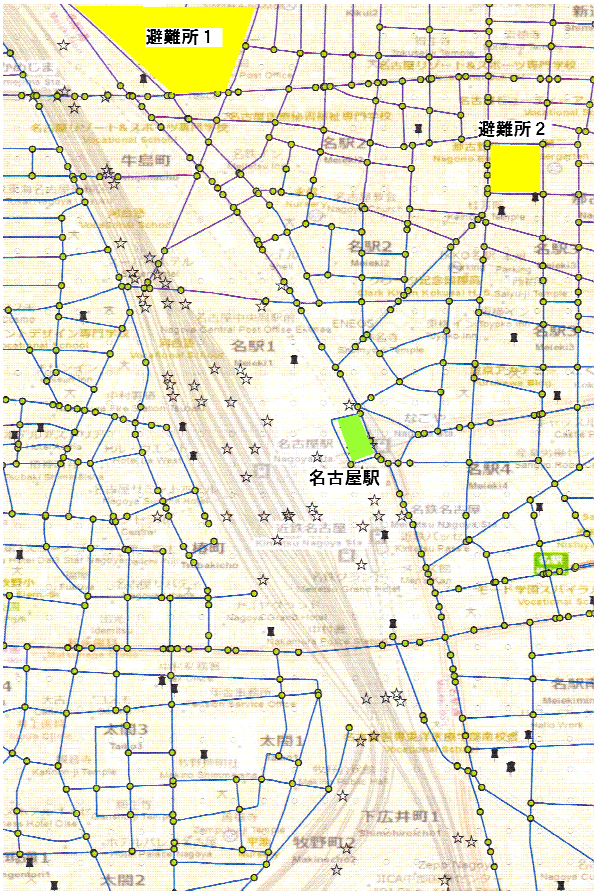
次ページより本研究のシミュレーションの設定を行う.

６．１「空間」の設定

シミュレーション対象領域は,名古屋駅周辺を想定した約 700m×1050m をモデル化し.100 セル×150 セルのマップとして表した.(図１)

歩道の幅員は地点により違うが今回は片側3.5m 両側で7m とし,1セルは７ｍ×７ｍとした.地震発生後,この範囲内のビルや駅に存在する人々が広域避難場所として指定されているノリタケの森(避難所１),那古野小学校(避難所２)に向かって避難する状況のシミュレーションを行う.今回使用した空間のリンクを緑線,ノードを赤点で示した(図２).地震発生後にも道路に多くの車両が存在すると想定されることや,緊急車両用に道路を確保する必要があるため,避難者が通行可能な道路は歩道のみとして緊急時のため信号は考慮しない.

図 1



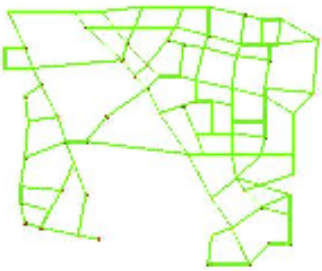


図 2

６.２「エージェント」の設定

６.２.１エージェントの性質

本シミュレーションのエージェントは避難者を表す.
避難者が歩行速度を完全に確保できる密度は0.3未満であるため1つのエージェントの人数を 10 人とする.1 セル７ｍ×７ｍであり,1 セルに 1 つのエージェントがいた場合 0.2 人/㎡となる.

エージェントは徒歩での避難行動のみを対象とし,車や自転車といった交通手段は考慮しない.また非常時を想定しているため,信号による歩行者の制御は行わない.

６.２.２エージェントの目的

エージェントの目的は, 自分が利用する鉄道の運休状況を知ること, 安全な滞留スペースに移動すること, の２つである.

６．２．３エージェントの設定

エージェントは以下のルールに従う.以下のルールは[７]を参照した.

１）初期状態ではwaypoint(後述)の中でランダムに配置され,その後は駅構内やwaypointから発生する.

２）設定された経路に沿って目的地に向かう.

３）前方の混雑具合により設定した歩行速度に従い進む

他者を意識しない歩行速度を自由歩行と呼ぶ.歩行速度は成人男性の平均1.4m/秒とする.エージェントの前方1セルの密度が0.4人/㎡以下の場合,自由歩行速度で前進し,1ステップで1セル前進する.この時,1セルは縦横７ｍで, 歩行速度は1.4m/秒なので1ステップは5秒となる.

前方1セルの密度が0.8人/㎡以上になった時,以下のように速度が低下する.
0.8人/㎡以上0.1.2人/㎡未満で1.05.m/秒
1.2人/㎡以上2.0人/㎡未満で0.7m/秒
2.0人/㎡以上3.6人/㎡未満で0.35m/秒
3.6人/㎡以上6人/㎡未満で0.175m/秒
3.6.人/㎡以上で 0.01m/秒
というように混雑状況によって歩行速度を低下させる.

６.３　避難人数設定

避難者の数はそれ自体の数によって混雑具合は変わり避難行動に変化する可能性があるため多い時で最大10万人,最小で2万5千人の3パターンを設定する.

初期状態で全体の 4 分の 1 がランダムに場所に配置され,その後駅ターミナル地点と街区から各交差点に避難者を発生させる.発生人数が設定値を超えると避難者の発生をやめる.

1) 初期状態で5 千人の避難者, その後順に2 万人発生させる.

2) 初期状態で1 万人の避難者, その後順に4 万人発生させる.

3) 初期状態で 2 万人の避難者, その後順に 8 万人発生させる.

６.４　シミュレーションの評価方法

避難者の前方密度が高いときは黒,低いときは青といったように,密度の違いに応じて避難者の色を変更して表現した.避難者の色と密度の設定について以下に述べる.

群集行動において,密度が 3.6 人/㎡以上で低速あるいは停止するといった滞留状態になるといわれる.[7]

表１　人口密度による歩行速度とエージェントの色

人口密度	歩行速度	エージェントの色
0.8 人/㎡未満	1.4ｍ/秒	水色
1.2 人/㎡未満	1.05ｍ/秒	青色
2.0 人/㎡ 未満	0.7ｍ/秒	緑色
3.6 人/㎡ 未満	0.35ｍ/秒	黄色
6.0 人/㎡未満	0.175ｍ/秒	赤色
6.0 人/㎡以上	0. 01ｍ/秒	黒色

上図のように表す.

時系列グラフで時間の経過とともに群集密度が危険な値となる黄色,赤色,黒色になったエージェント数を記録し,ケース毎に比較する.

第 7 章　シミュレーション結果

7.1 ケース１の結果

ケース１を避難人数毎に5 回ずつ行い, 1 回のシミュレーションで最も混雑が発生した時の危険地域にいる人数を表し, 5 回の平均を下記に掲載した.

表2　ケース1　高密度避難者エージェント数

	黒		赤		黄	
	ステップ	数	ステップ	数	ステップ	数
	初期避難者	5千人	後から発生	2万人		
1回目	131	18	129	143	116	176
2回目	130	59	135	215	99	167
3回目	136	60	145	235	94	180
4回目	140	66	163	212	95	166
5回目	131	32	141	188	105	188
平均	133.6	47	142.6	198.6	101.8	175.4
	初期避難者	1万人	後から発生	4万人		
1回目	117	83	117	577	100	579
2回目	117	75	117	519	108	528
3回目	116	102	113	556	95	526
4回目	116	113	115	573	104	518
5回目	112	79	115	494	104	534
平均	115.6	90.4	115.4	543.8	102.2	537
	初期避難者	2万人	後から発生	8万人		
1回目	103	438	97	652	84	723
2回目	103	306	104	710	82	681
3回目	104	395	103	778	100	694
4回目	105	503	103	628	86	631
5回目	104	367	101	825	76	624

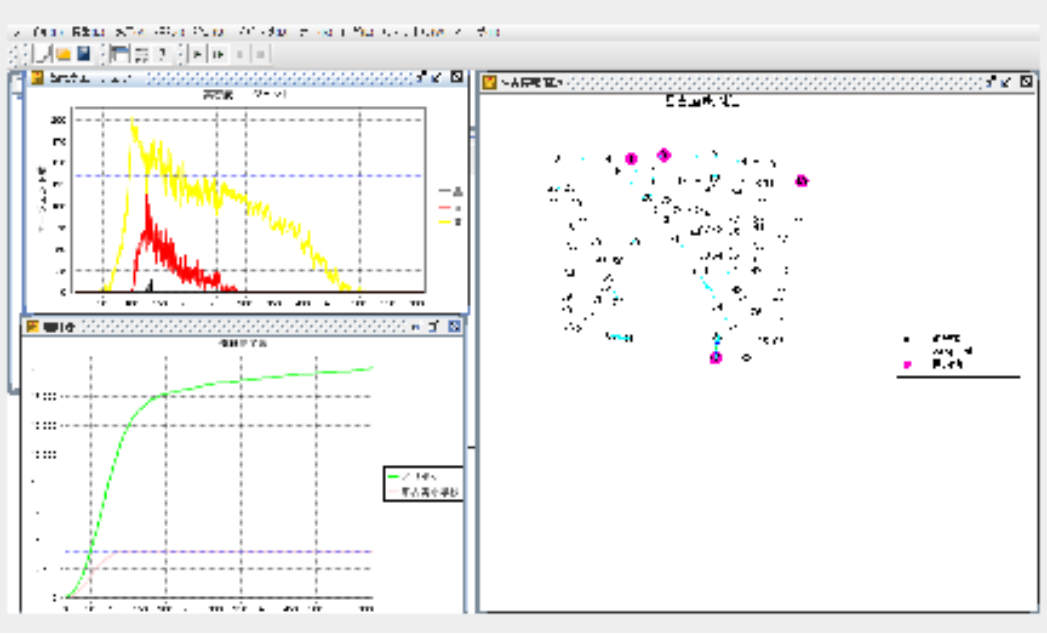


図 3　避難者 2 万 5 千人の場合

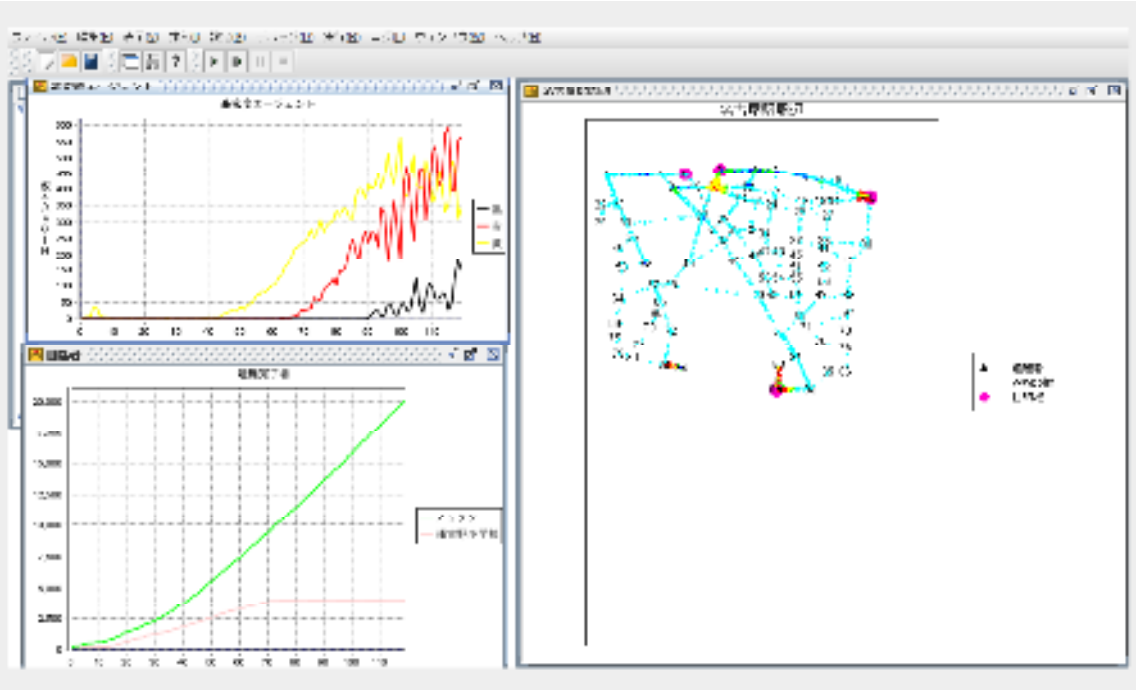


図 4　　避難者　5 万人の場合

7.2 ケース１の結果の考察

設定1ではJR 桜通口付近に混雑があったが比較的スムーズに避難行動が行われた．しかし設定2，設定3 では特に危険度が高い混雑ポイントが4ヶ所見られた．

そのうちJR 駅前桜通口付近と新幹線北口付近の混雑は周辺から駅への流れと駅から避難所へ行く流れの対交流が原因だと思われる(問題1)．

3ヶ所目の小学校付近の混雑は収容人数を超えてからも小学校へ向かう流れが途絶えない事が原因だと思われる(問題２)．

最後のノリタケの森付近の混雑は名古屋駅東側とターミナル駅からの避難者の合流地点であるからだと考えられる(問題３)．

この4ヶ所の地点の混雑は避難者が情報を事前に得ることで，回避できる可能性がある原因であり，ケース2，ケース3 を行う意義があると思われる．

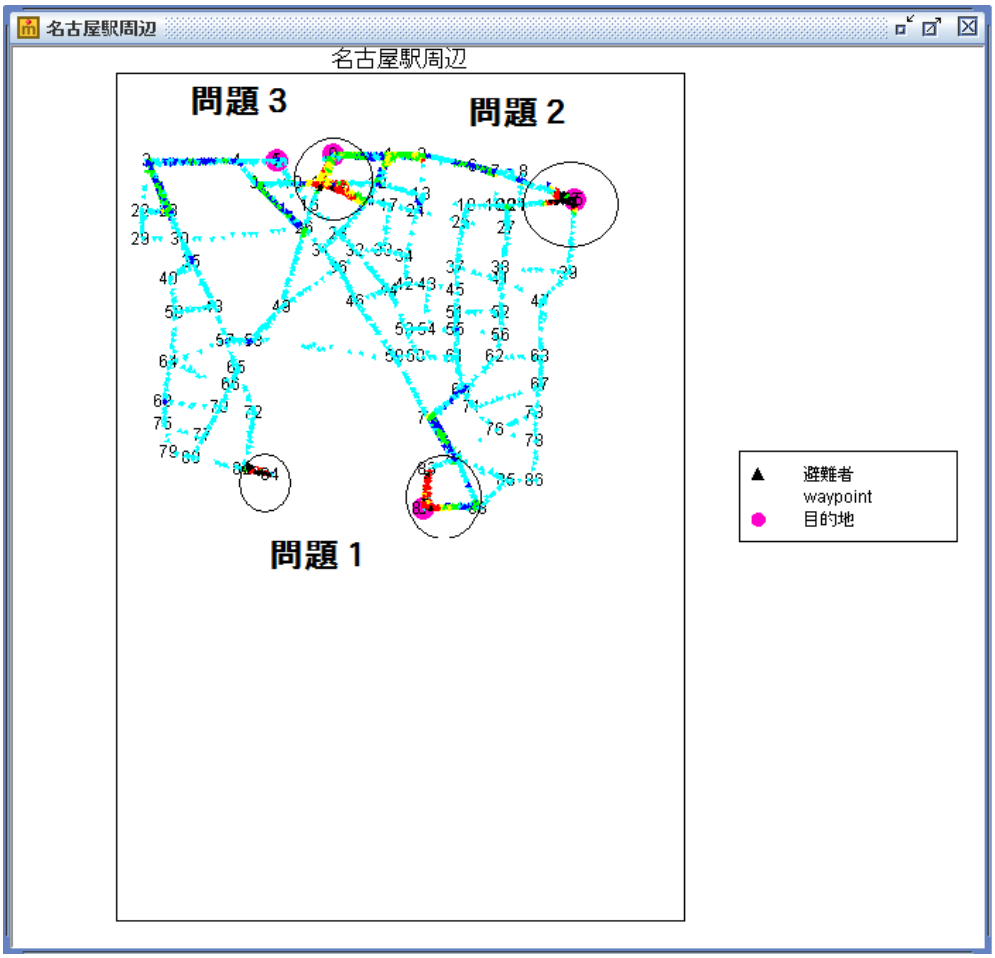


図 5　避難者 10 万人の場合

7.3 ケース２の結果・考察

表3　ケース2　高密度避難者エージェント数

	黒		赤		黄	
	ステップ	数	ステップ	数	ステップ	数
	初期避難者	5千人	後から発生	2万人		
1回目	0	0	0	0	74	8
2回目	0	0	0	0	90	10
3回目	0	0	0	0	79	23
4回目	0	0	0	0	79	8
5回目	0	0	0	0	78	14
平均	0	0	0	0	80	12.6
	初期避難者	1万人	後から発生	4万人		
1回目	111	250	103	336	93	325
2回目	111	290	100	356	84	402
3回目	111	167	111	371	86	424
4回目	110	239	96	293	105	376
5回目	111	245	102	327	96	399
平均	110.8	238.2	102.4	336.6	92.8	385.2
	初期避難者	2万人	後から発生	8万人		
1回目	101	604	87	496	4	643
2回目	100	558	99	471	4	662
3回目	99	554	97	493	100	631
4回目	99	457	96	554	92	652
5回目	99	525	97	474	99	596

ケース１と比べると避難者が少人数，多人数，どちらの場合でもケース１で深刻であった駅付近での混雑が解消された．さらに少人数ではほぼ大きな混雑なしで避難行動を行えた．一方で避難者の数が増えた時，危険を伴う混雑である黒色の人数が増えてしまった．これは駅付近での滞留が減ったことで一斉に避難所へ向かう動きができてしまった事が原因と考えられる．

またケース１以外の主要な道でも大きな混雑が発生した．

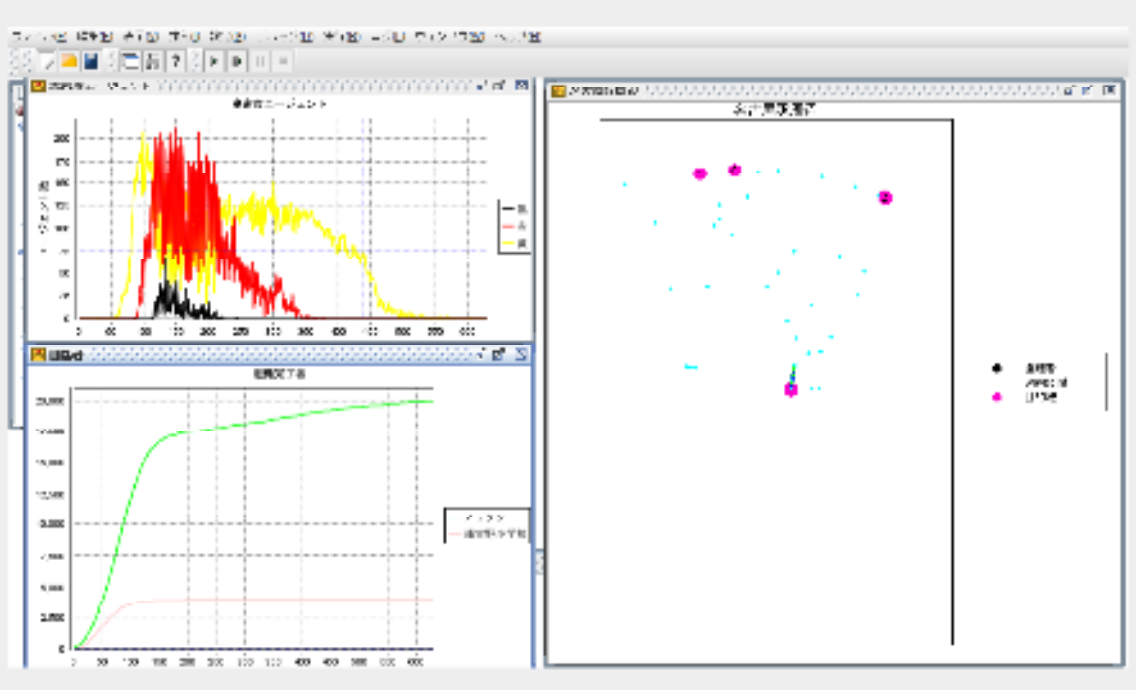


図６　避難者２万５千人の場合

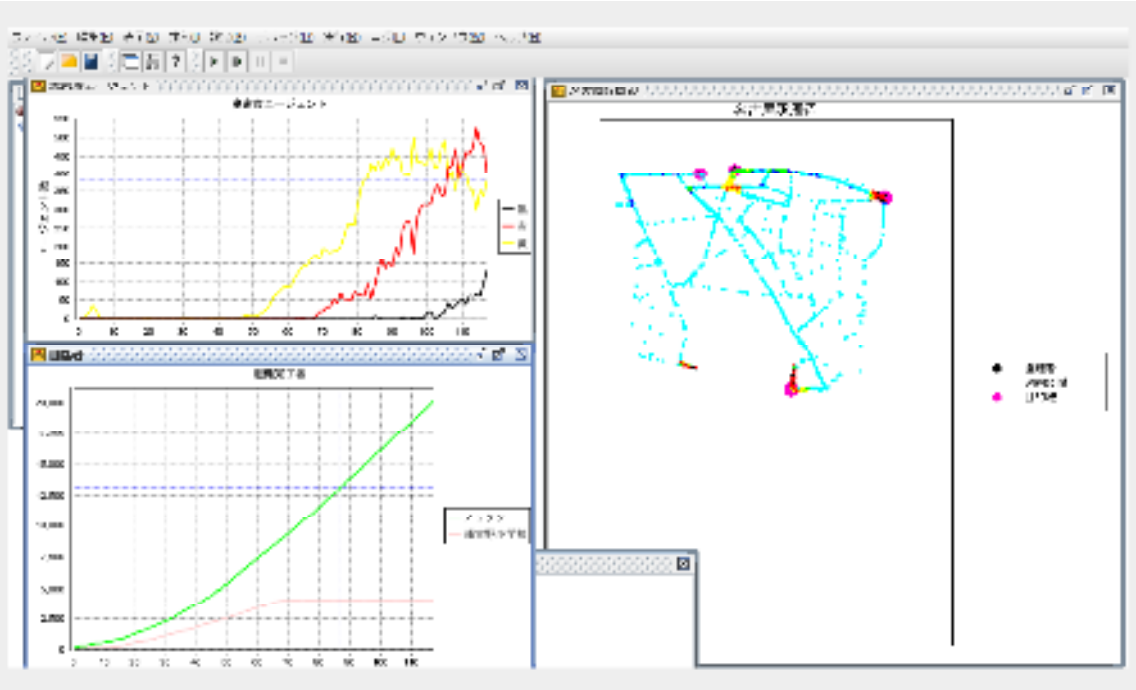


図７　避難者５万人の場合

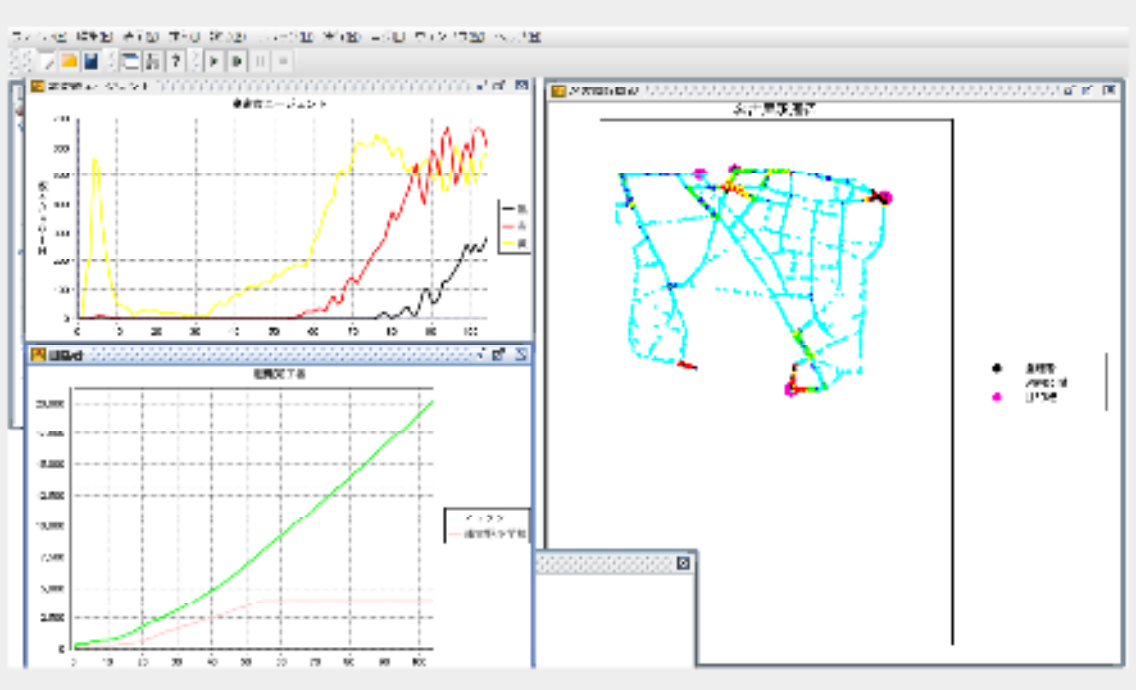
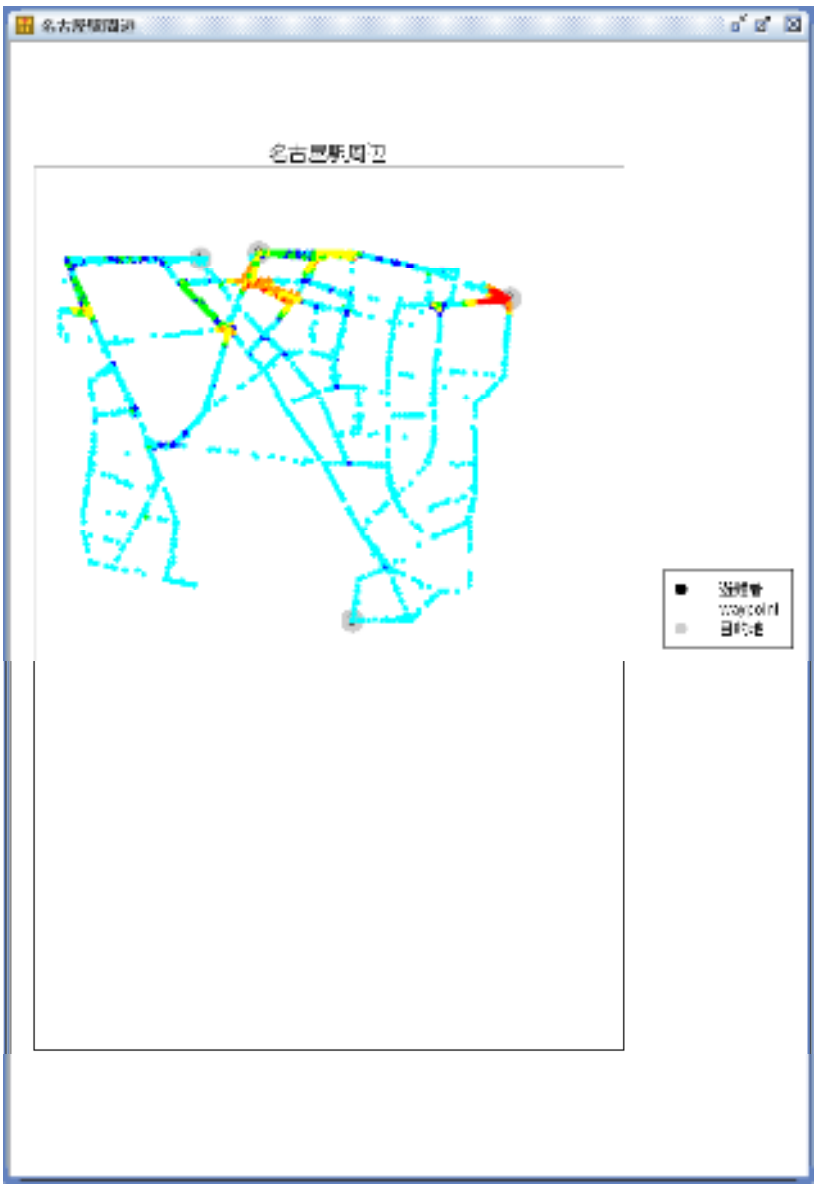


図８　避難者１０万人の場合

図９　避難者１０万人の場合



ケース１と比べると避難者が少人数，多人数，どちらの場合でもケース１で深刻であった駅付近での混雑が解消された(図9)．さらに少人数ではほぼ大きな混雑なしで避難行動を行えた．一方で避難者の数が増えた時，赤色の人数が小学校付近，ノリタケの森付近で増えた．これは駅付近での滞留が減ったことで一斉に避難所へ向かう動きができてしまった事が原因と考えられる．

ケース3 ではこの2 地点の混雑がみられるか，小学校の避難人数が定員を超した時，迂回路を設定し分散を行う．

7.4　ケース 3 の結果・考察

ケース３ではケース２で混雑が発生した小学校付近，ノリタケの森付近の避難経路に集中することを抑制するため,避難者の誘導を行う.避難者が情報を得ると駅へ向かう行動をやめ,避難所へ向かう.また進む予定の道が混雑している場合,進む方向を迂回路へ変更する.

表4　ケース3　高密度避難者エージェント数

	黒		赤		黄	
	ステップ	数	ステップ	数	ステップ	数
	初期避難者	2万人	後から発生	8万人		
1回目	85	14	85	180	4	562
2回目	87	17	87	184	4	613
3回目	87	13	87	185	4	641
4回目	5	10	85	193	4	611
5回目	85	22	86	223	4	551

図 10　ケース３シミュレーション結果

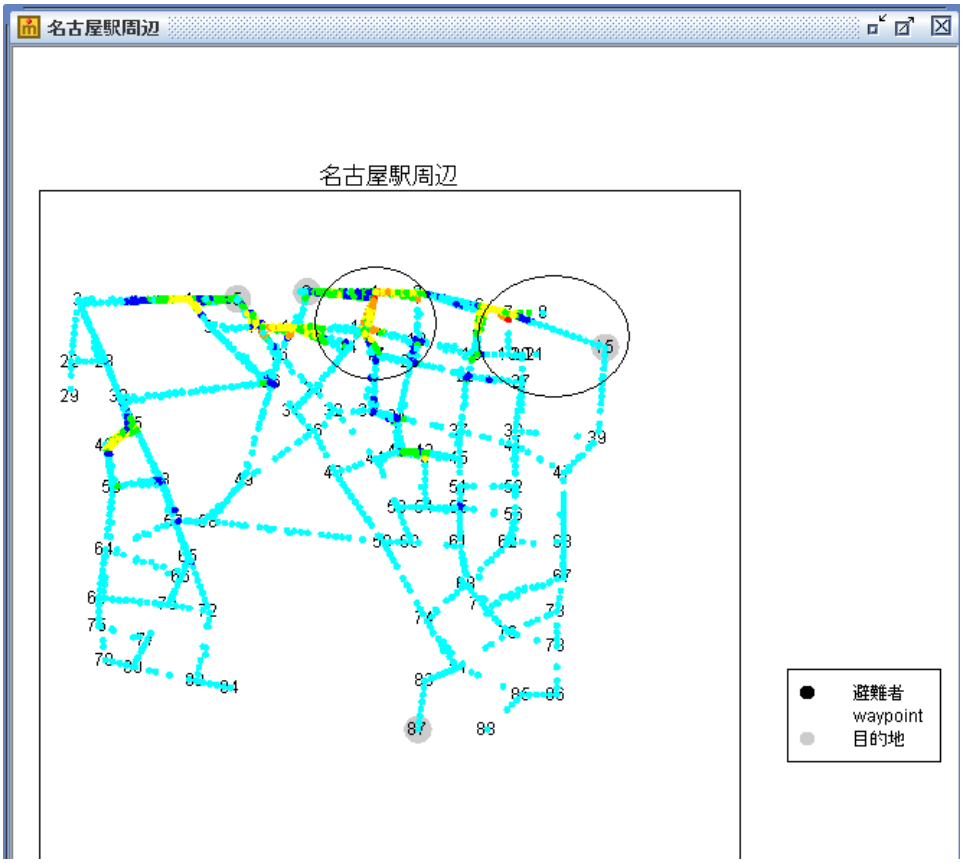


表4と図10の通りケース２の時より危険な密度である黒, 赤のエージェントの数を減らすことができた.

よって混雑時に迂回路を避難者に認識させ，通行させることで危険な混雑を避けられると考えられる.

第８章　おわりに

8.1　まとめ

　ケース１で起きた,対交流,特定の避難所の混雑,主要道路の混雑などの原因は現実社会でも十分に起こり得るものであり，モデル化にあたって実際とは違う不確定要素があったものの，シミュレーションモデルを適用できて現実問題に近付けることができたことは意義があるものであった.
ケース2の解決策はケース１に比べ新たな混雑のポイントができてしまったが,対交流を少なくすることで駅付近の混雑を低減することができ,一定の効果が得られたと考えられる.
ケース3 のように混雑状況を把握し避難誘導を行う事は現実には難しいが，駅付近の高層ビルなどからの視覚情報やGPSなどの情報機器を用いる事でケース3 のような円滑な避難を行う事が大切である.

8.2　今後の課題

１）不確定要素を推測や乱数で置いたため,現実と違うシミュレーションになる可能性がある.たとえばエージェントの数や初期値をODデータやパーソントリップで細かく分析すればより細かく現実に沿ったシミュレーションが行うことができると考えられる.

２）今回は名古屋駅の北部の一部の範囲だけでしかシミュレーションを行わなかった.
今後はより広く細かいマップ設定と新たな避難所の候補地を設定することでより多様な問題の解決ができると考えられる.

３）群集密度を今回とは異なった視点や方法でも評価できるのではないかと考え,1つの観点だけでなく多角的な観点で評価する事が求められる.

　以上の4点が今後の課題である.

謝辞

本研究をするにあたって,指導教員として研究やその他の事も広く深くご指導をいただいた南山大学情報理工学部情報システム数理学科腰塚武志教授を始め,中間発表でご指摘,助言をくださった鈴木敦夫教授,三浦英俊教授,佐々木美裕准教授,ゼミでの合宿において助言を下さった鵜飼孝盛先生,名城大学鈴木淳生准教授に心より感謝いたします.
今回のシミュレーションにおいて使用したartisocについて,卒業研究のため無償で貸してくださった構造計画研究所に心より感謝を申し上げます.
　またartisoc使用する段階で助言,支援をいただいた南山大学院生の山内まり惠さんにこころより感謝します.
最後に共に卒業研究を頑張ってきて,2 年間楽しく過ごすことができたのは研究室の仲間のみなさんのおかげです.ありがとうございました.

参考文献

[1]オリコムサーキュレーションデータ 2010
[2]内閣府中部圏・近畿圏直下地震対策大綱
[3]廣井悠：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者について-社会調査と分析-
[4] 2000　名古屋駅地区滞留者等対策検討委員会試算.
[5]　構造計画研究所,MAS コミュニティ
[6] 東京大学山影研究室 artisoc チより
http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp/mas/achievement/tutorialmaterial.pdf
[7] 兼田敏之：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,vol.1,No.1(2010), 第 6 章