

建物火災時の避難行動に心理的要因が与える影響

- 正常性バイアス，集団同調性，愛他的行動に着目して -

諫山圭司*，久保大輝*，佐藤優希*，柴田智香子*，東小園郁真*，谷中峻輔*，
香川涼亮**，成田洋平**，土方孝将**

*筑波大学理工学群社会工学類 **筑波大学大学院システム情報工学研究科

1. はじめに

1.1 研究背景

建物火災時には，速やかな避難行動が必要である．特に，火災原因が地震や雷などの自然現象が誘因とならない通常火災が集合住宅などで発生した場合，とりわけ出火階に居住していない人は，火災情報をいかに素早く取得し，行動に移すかが重要である．通常火災時の情報取得方法は，火災報知器の鳴動が主な情報取得手段であり，地震火災や津波，土砂崩れなど，他の災害に比べて少ない．そのため，情報取得方法を増やし，迅速な避難行動を促進する必要がある．

さらに近年，避難者の心理的要因が避難行動に影響を与え，それが結果として避難の遅れにつながる事が指摘されている[1]．これについて，東日本大震災における津波避難に関する議論が多くなされているが，建物火災に関しても同様である．山村[2]によると，火災報知器の鳴動と避難行動の実験において，火災報知器が鳴動しているにも関わらず即時避難行動をした人は被験者32人中わずか7人であり，鳴動という情報取得があったにも関わらず避難行動に移らなかった被験者が多かったという．ここには，正常性バイアスと集団同調性バイアスが存在し，避難行動の阻害要因となったとされる．

1.2 既往研究レビュー

建物火災における避難行動評価の多く[3]は，エージェントの属性(e.g. 性別，歩行速度など)やエージェント数，避難経路を主としている．一方で，エージェントの心理的要因を踏まえた避難行動評価の研究は見当たらない．

避難行動意図に関して，中野ら[4]は建物火災における初期の避難行動について，即時避難行動者の特性を明らかにしている．しかしながら，避難行動意図の実態調査にとどまり，建物火災における避難評価には至っていない．近田ら[5]は，東日本大震災時の被災者行動を明らかにした上で，避難阻害要因として正常性バイアス・同調性バイアスを，避難促進要因として愛他性・家族性を考慮した津波避難シミュレーションにより，津波避難評価を行っている．心理的要因による避難行動促進効果については参考となるものの，津波避難行動と建物火災避難行動は，その特徴が大きく異なるため，建物火災避難評価に適応しがたい．

1.3 本研究の目的

以上のことから，建物火災時のより安全な避難を考える際，情報取得方法を増やすだけでなく，避難行動を阻害する心理的要因を除去することも重要と考えられる．

そこで本研究は，実務面への適用可能性から，筑波大学生にとって身近な学生宿舎における建物

火災避難を題材とし、火災情報の取得に加え、避難者の心理的要因が避難状況に与える影響を組み込んで分析する。学生宿舎では、学生は居室の中にいることが多く、火災情報の取得が困難であると考えられる。従って、本研究の分析対象施設は学生宿舎であるが、その他の施設における火災避難においても本研究の成果を適用することが可能である。

ここで、異なる属性を持つ個別避難者の行動は相互に影響し合っており、建物全体での避難状況にどのような結果をもたらすかという面からの考察が必要である。このような状況を分析するためにはマルチエージェント・シミュレーション(MAS)の利用が最適である。よって本研究ではartisocを用いたMASを行う。

2. 研究仮説

2.1 本研究で用いる心理的要因

本研究では、建物火災避難の避難阻害及び避難促進要因について、近田ら[5]における津波避難に関わる心理的要因を援用し、以下a)~c)の3つの要因を用いる。

a) 正常性バイアス

建物火災避難に限らず、緊急時避難時に最も問題視されるのが、正常性バイアス(正常化の偏見)である。そもそも人は、「緊急事態であっても、それほど緊急事態ではないとゆがめて認知する[6]」という正常性バイアスを持っており、避難が遅れる原因となっている。

b) 同調性バイアス

正常性バイアスに加えて、問題となるのが同調性バイアス(多数派同調性)である。これは、“周囲と同様の行動をとる”という性質である。たとえば、緊急時避難において、周囲の人に正常性バイアスを持った人が多く、避難を開始していなかった場合、同調性バイアスが1つの要因となり、避難開始が遅れてしまうことは容易に想像できる。一方で、周囲の人が避難をしていれば、それに同調し避難を開

始する場合もある。以上の性質から、同調性バイアスは避難行動阻害要因とも、促進要因ともなりうる。

c) 愛他性

愛他性(愛他的行動)は、たとえば津波避難時に、災害弱者を援助する場合などに挙げられる心理的要因である。つまり、自分自身に加えて、見ず知らずの他人であってもしっかり助けようとする意思のことである。この愛他性に関して、たとえば津波避難において、ミクロな視点から見ると、愛他性の強さが安全な避難の阻害要因となる場合もある。しかし、マクロな視点で見ると、要援護者の避難や避難促進要因となり、安全な避難確立の要因となっている場合が多い。

2.2 本研究の仮説

以上の心理的要因の性質から、本研究では避難阻害要因である正常性バイアスを除去することが最も重要であると位置づける。また、同調性バイアスと正常性バイアスが相乗効果となり、避難開始が遅れる可能性があることから、正常性バイアスを除去しつつ、同調性バイアスを避難促進要因として用いることができるかを考える。そのために、愛他性を促進することで、同調性バイアスを避難促進要因として用い、さらに、正常性バイアスを除去することが可能になると考える。

つまり、本研究では、建物火災避難において、災害情報や避難指示の伝達を行う愛他性が、同調性バイアスを介して、正常性バイアスを除去し、避難行動開始に影響を与えるとした。

3. 研究方法

3.1 分析の流れ

本研究は、まず、artisoc上に学生宿舎の空間を設定する。現在、筑波大学の学生が利用している実際の宿舎を再現する。次に、仮説の通りに居住者エージェントを設定する。さらに、この居住者エージェントについて、既往調査ならびに筑波大学生へのアンケート調査を基に、避難における心理的特性を表すパラメーター値の基準を設定する。

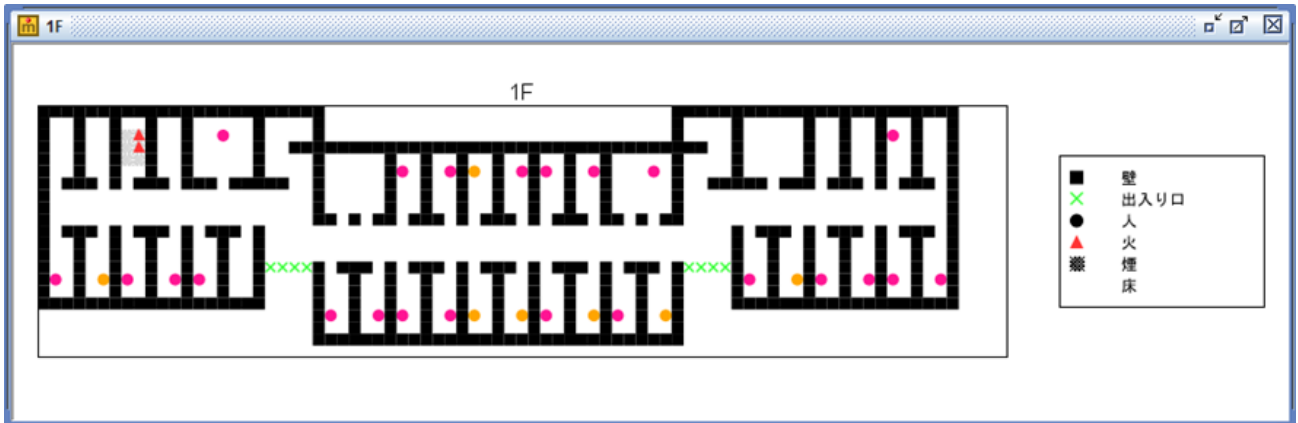


図 1 対象施設の1階部分の平面図

最後に、アンケート調査によって得られた基準値を様々に変化させ、心理的要因と避難不能者数の関係を分析する。

3.2 artisoc上の空間設定

本研究では筑波大学の平砂学生宿舎(4階建て)を分析対象施設として用いる。対象施設をartisoc上で模した1階部分のフロアマップと、居住者エージェントの初期配置(各居室に1人ずつ配置)を図1に示している。シミュレーションモデルにおける長さ1×1四方の空間を、1人の占めるスペースとする¹。

出火点を1階左側(補食室を想定)とし、出火点から煙が階全体に広がるようになっている。また、煙は階段に到達すると上の階にも広がるようになっている。煙の濃さを2段階で設定し、各地点において、薄い煙が一定時間経過後に濃い煙に変化する。

3.3 居住者エージェントの設定

火災発生時に建物全体で火災報知機が必ず鳴動するものと想定する。120人の居住者エージェントは火災報知器鳴動後、次の4種類のエージェント種に分かれる。

①通常避難エージェント

1階出口を目標に避難行動を続ける。左右2つの出口のうち現在地からの距離が短い方を目標と

するが、濃い煙に近づくと、目標を他方の出口に変更する。

②愛他的エージェント

①通常避難エージェントと同様に避難行動をとるが、避難行動中、大声で火災発生を現在地の周囲に知らせ続ける。

③集団同調性エージェント

火災報知器鳴動後、居室から出るもののドア外の廊下で一時停止する。①通常避難エージェント、②愛他的エージェントが近くを通過するか、薄い煙を察知すると避難行動を再開(①通常避難エージェントに変化)する。

④正常性エージェント

火災報知器鳴動後も居室にとどまり、②愛他的行動エージェントが近くを通過するか、薄い煙を察知すると避難を開始(①通常避難エージェントに変化)する。

①通常避難エージェントは避難行動中、比較的近くにいる③集団同調性エージェントだけを避難させる。一方②愛他的行動エージェントは大声で火災発生を知らせ続けるため、より離れた所にいる③集団同調性エージェントと、居室にとどまる①正常性エージェントを避難させる働きを持つ。

居住者エージェントは、濃い煙に囲まれると避難不能(死亡)となる²。

¹ 兼田ら[8: p.177]をもとに設定した。

² 煙の濃度と避難行動スピードの設定について、宇佐美[3]に多くを負っている。

3.4 シミュレーションの実行

シミュレーションを開始すると、120人の居住者エージェントはそれぞれ、実行時に指定の「正常性確率」で正常性エージェントに変化する。正常性エージェントに変化しなかったものは3ステップ目までの間1ステップに2歩ずつ居室ドア外に進む。ドア外に出たエージェントは4ステップ目で、指定の「同調性確率」で集団同調性エージェントに変化し、廊下で一時停止する。残りのエージェント(以下、即時避難)は4ステップ目に、指定の「愛他性」確率で愛他的エージェントに変化する。

建物全体で120人の居住者エージェント全員が、1階出口に到達し避難完了するか、建物内で避難不能となった時点で、1回のシミュレーションを終了する。

なお本モデルにおいてエージェント(煙, 居住者)の座標(x, y)は整数値のみをとり、1ステップ毎に離散的に動くものとする。

3.5 居住者エージェントの基準パラメーター設定

避難における心理的特性を表すパラメーターの基準値を、i)アンケート調査と、ii)既存調査を基に設定する。

i) アンケート調査

本研究では、筑波大学生に対するアンケート調査³を行った。回答依頼者数は62人で、有効回答数は61人である。アンケート概要は表1の通り。アンケート項目は①個人属性10項目、②火災警報器鳴動時の行動意図3項目、③火災警報器鳴動の経験2項目の計15項目である。また、筑波大学学生宿舎は主に大学1年次に居住することから、現在は学生宿舎でない居住形態の学生については、学生宿舎居住時の状況と、現在居住形態での状況を調査している。

³ アンケート調査の入ったノートPCを回答者に渡し、その場で回答をしてもらった(CASI)。また一部インターネット調査を用いた。いずれの方法も回答者が設問を読み、自ら回答する方法である。

結果として、火災警報器鳴動時であっても廊下に出るなどの行動をせず、部屋にいると回答した人(正常性エージェント)は約11%(7人)、建物の外へ出てすぐに避難する(以下、即時避難)あるいは、部屋の外に一度出る(集団同調性エージェント)と回答した人(以下、非正常性)は約89%(54人)であった(図2)。また、非正常性のうち、即時避難とした人は約35%(19人、図3)で、そのうち、愛他的行動について、“絶対にできる”あるいは“恐らくできる”と回答した人(愛他的エージェント)は、約10%(2人、図4)であった。

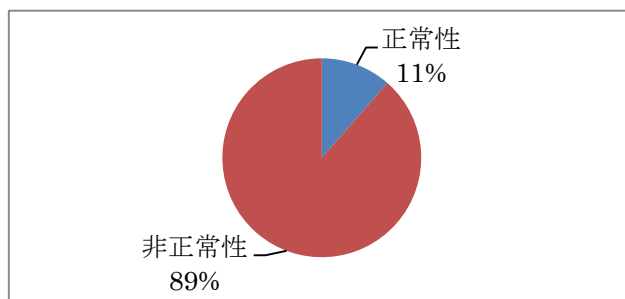


図 2 正常性エージェントの比率

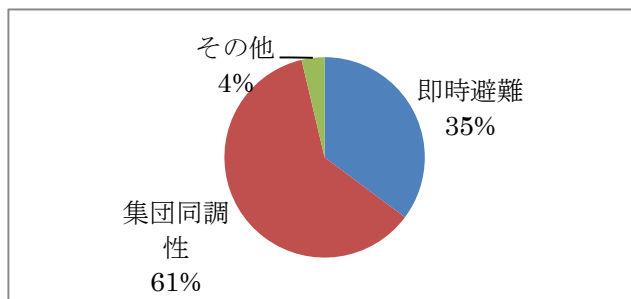


図 3 非正常性エージェントの構成比率

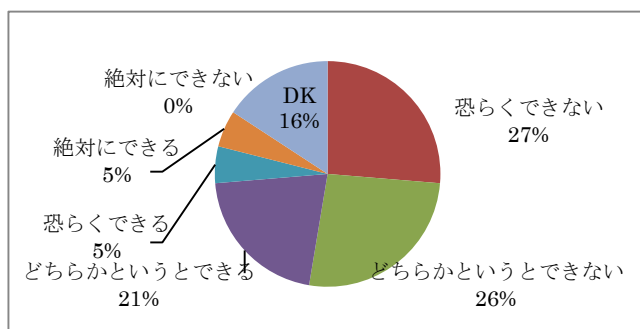


図 4 即時避難エージェントの愛他性比率

以上のことから本研究における基準(A)として、正常性エージェントは10%、愛他的エージェントは即時避難のうち10%、集団同調性エージェントは、非正常性のうち60%とした。

ii) 既存調査

山口[7]の調査によると、非常ベルの鳴動と避難行動の実験において、非常ベルの鳴動のみで火災を覚知し避難を開始する事例が少ないとした上で、警報作動中には90%の人が扉を開けるなどの行為を行ったとしている。前述したアンケート結果における非正常性がこれに相当すると考えると、アンケート結果が実験結果と同様の値を持ったことから、アンケート結果の信頼性が窺える。しかしながら、前述した90%のうち、実際には全員が部屋の外にでているわけではない。ここで、この実験では、30%の人が実験室から避難をしなかったとしている。

よって、本研究では、潜在的な正常性エージェントが30%存在するとも考え、基準(B)として、正常性エージェント30%を設定し、愛他的エージェントならびに集団同調性エージェントの割合は基準(A)と同様にした。

表1. 調査概要とアンケート項目

調査概要	
実施期間	2015年2月18日(水)~23日(月)
実施方法	自記式調査
調査対象	筑波大学 大学生・大学院生
有効回答数(調査数)	61(62)
調査項目	
個人属性	学年, 性別, 留学生か否か, 現在の居住形態, 現在の居住している住宅の居住開始時期, 学生宿舎居住経験, 学生宿舎居住時期, 居住住宅内の知人有無ならびに人数, 学生宿舎居住時宿舎内の知人有無ならびに人数
火災警報器鳴動時の行動意図	火災警報器鳴動時の行動意図(すぐに部屋を出て建物の外へ避難する, 一度廊下に出るがすぐには避難しない, とりあえず部屋にいる, その他), 一度廊下に出た後の行動意図(鳴っている火災警報器を見に行く, 周りの人の行動に合わせる, その場でしばらく様子を見る, すぐに部屋に戻る, その他), 愛他的行動可能性(絶対にできる・恐らくできる・・・・・恐ら

	くできない・絶対にできない まで6段階評価, わからない)
火災警報器鳴動経験	火災警報器鳴動経験の有無とその時の鳴動理由(実際の火災or誤報)

4. 分析結果

4.1 モデル全体の傾向

正常性確率10%と30%の各ケースについて、同調性確率0%~100%(10%刻み)、愛他性確率0%~50%(5%刻み)の組み合わせにおいてシミュレーションを各100回試行し、避難不能者数の平均値を求めた(表2-3)。なお同調性確率100%については、モデルの設計上、愛他的エージェントは発生しないことから、避難不能者数は1000回の平均値を示している。

表2-3から、正常性確率が減少することが、避難不能者数減少につながる事が示された。同調性確率の減少、愛他性確率の増加は同程度避難不能者数減少につながるが、正常性確率の減少と比べて効果は小さい。このことから、避難阻害要因である正常性バイアスを除去することが最も重要とする研究仮説が支持されたといえる。

正常性確率、同調性確率を固定してみたとき、愛他性確率が増加しても避難不能者数が減少しないパラメーター値の組み合わせが存在する。表において、愛他性確率が5%低いときと比較して平均避難不能者数が減少しないところを着色している。このようなところは、避難不能者数が少ない(5人以下)ケースを除くと、正常性確率10%(表2)において概ね右下がり出現、分布している。一方正常性確率30%(表3)においては、右側の同調性確率60%以上のところを中心に比較的不規則に分布している。やはり、愛他性確率の増加は正常性確率の減少と比べて、避難不能者数減少につながりにくいといえる。

同調性確率と避難不能者数の関係(図5-6)によると、愛他性確率によらず、同調性確率が高くなるほど、避難不能者数の増分が大きくなる曲線がみられる。つまり、集団同調性エージェントが多いほど、同調性バイアス除去が避難不能者数減少に効

表2 平均避難不能者数(正常性確率30%)

正常性確率30%		同調性確率(%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
愛他性確率(%)	0	12.54	12.78	13.32	13.66	15.30	15.90	17.83	19.93	22.67	26.05	29.88
	5	10.82	11.49	11.93	12.42	14.26	15.86	17.84	18.66	22.48	25.31	
	10	9.52	9.89	10.52	11.01	13.05	14.37	15.30	18.65	21.84	26.36	
	15	8.47	8.36	10.02	10.58	12.36	14.18	16.18	18.83	21.21	25.06	
	20	7.00	8.19	9.01	9.20	11.24	13.08	15.17	17.54	20.25	24.62	
	25	6.51	7.60	6.97	9.12	10.17	12.13	13.69	16.80	19.62	24.03	
	30	4.99	6.02	6.95	8.01	9.38	11.70	13.53	15.96	19.67	24.18	
	35	4.90	5.21	6.14	7.47	8.92	10.68	12.55	15.05	19.40	24.16	
	40	3.84	4.90	5.77	6.25	8.27	9.25	12.27	15.19	18.98	23.43	
	45	3.36	3.91	4.79	6.10	7.89	9.84	11.79	14.90	18.85	23.23	
50	3.08	3.95	4.89	5.28	7.24	8.19	10.77	14.53	17.52	23.14		

表3 平均避難不能者数(正常性確率10%)

正常性確率10%		同調性確率(%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
愛他性確率(%)	0	4.08	4.21	4.79	5.83	7.21	8.16	9.68	12.85	16.43	20.02	26.11
	5	3.15	3.63	4.79	5.26	6.03	8.12	9.49	12.00	15.49	19.84	
	10	2.82	3.38	3.79	4.97	6.09	6.93	9.47	12.31	15.02	20.48	
	15	2.49	2.97	3.66	3.98	5.37	6.37	8.32	11.54	14.71	19.85	
	20	1.85	2.43	3.44	3.58	4.85	6.13	7.65	11.06	14.39	19.27	
	25	1.69	2.20	2.50	3.12	4.48	5.95	7.64	10.36	14.31	19.76	
	30	1.30	1.78	2.04	2.90	3.98	4.86	7.83	10.23	14.19	18.61	
	35	1.08	1.50	2.16	2.98	3.84	4.86	6.64	9.51	12.66	18.85	
	40	0.98	1.22	1.81	2.12	3.47	4.75	5.96	9.40	13.87	18.57	
	45	0.62	1.04	1.68	2.32	3.42	4.23	6.13	8.82	12.79	17.99	
50	0.59	0.77	1.28	1.76	2.84	3.82	5.92	8.53	12.42	18.13		

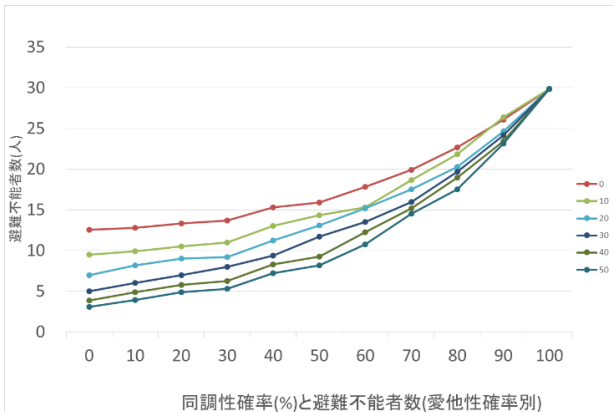


図5 同調性確率と避難不能者数(正常性確率30%)

果的であるといえる。また、正常性確率と愛他性確率を固定したとき、避難不能者数は同調性確率の単調増加関数となっており、研究仮説で示した同調性バイアスを避難促進要因として用いる可能性について否定的な結果となった。

4.2 愛他性エージェント出現比率と避難不能者数の相関関係

各試行における愛他性エージェントの出現数(実現値)に着目し、出現した愛他性エージェントの階ごとの比率と避難不能者数の相関関係を調

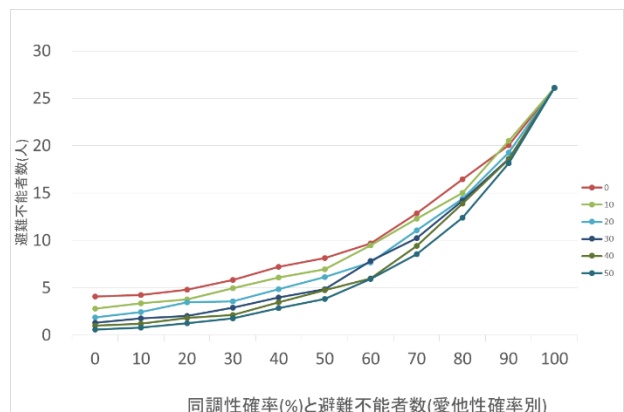


図6 同調性確率と避難不能者数(正常性確率10%)

べた(表4.正常性確率30%, 表5. 正常性確率10%)。

分析の結果、正常性確率30%の場合、4階に関して出現比率と避難不能者数が負の相関関係にある傾向が見いだされた。正常性確率10%の場合は、3階において同様の傾向が見られた。つまり、居住者全体の中で愛他性エージェントが1人増えるとき、3階や4階との居住者が愛他的行動をとるようになることが避難不能者数を減らすことにつながりやすいということが明らかになった。

表4 階別の愛他性エージェントの出現比率と避難不能者数(相関係数, 正常性30%)

1階		同調性確率 (%)				2階		同調性確率 (%)			
		60	70	80	90			60	70	80	90
愛他性確率 (%)	10	0.101	0.131	0.151	0.168	愛他性確率 (%)	10	0.042	-0.055	0.129	0.144
	20	0.215	0.127	0.122	0.055		20	-0.003	-0.131	0.165	0.009
	30	0.383	0.267	0.109	0.325		30	-0.080	-0.210	-0.113	-0.006
	40	0.326	0.196	0.282	0.395		40	-0.189	0.001	0.096	0.019
	50	0.155	0.335	0.304	0.169		50	0.053	0.001	-0.047	-0.002
3階		同調性確率 (%)				4階		同調性確率 (%)			
		60	70	80	90			60	70	80	90
愛他性確率 (%)	10	0.032	-0.191	-0.094	-0.124	愛他性確率 (%)	10	-0.168	0.131	-0.159	-0.211
	20	-0.130	-0.090	-0.133	0.025		20	-0.027	0.089	-0.197	-0.082
	30	-0.097	-0.057	0.101	-0.071		30	-0.185	-0.013	-0.085	-0.315
	40	-0.152	0.094	-0.252	-0.224		40	-0.034	-0.283	-0.120	-0.234
	50	-0.002	-0.084	0.039	-0.019		50	-0.211	-0.250	-0.271	-0.181

表5 階別の愛他性エージェントの出現比率と避難不能者数(相関係数, 正常性10%)

1階		同調性確率 (%)				2階		同調性確率 (%)			
		60	70	80	90			60	70	80	90
愛他性確率 (%)	10	0.166	0.021	0.093	0.029	愛他性確率 (%)	10	-0.061	-0.037	-0.025	0.011
	20	0.088	0.172	0.206	0.337		20	0.187	-0.022	-0.113	-0.192
	30	0.147	0.141	0.193	0.123		30	0.149	-0.128	-0.139	0.015
	40	0.120	0.070	0.249	0.215		40	-0.062	-0.005	0.045	0.132
	50	0.190	0.227	0.328	0.171		50	0.057	-0.058	-0.077	-0.042
3階		同調性確率 (%)				4階		同調性確率 (%)			
		60	70	80	90			60	70	80	90
愛他性確率 (%)	10	-0.156	0.136	-0.149	-0.029	愛他性確率 (%)	10	0.042	-0.142	0.082	-0.007
	20	-0.191	-0.008	-0.151	-0.002		20	-0.066	-0.128	0.056	-0.094
	30	-0.197	-0.028	-0.283	-0.112		30	-0.148	0.015	0.189	-0.032
	40	-0.119	-0.045	-0.004	-0.203		40	0.075	-0.008	-0.303	-0.114
	50	-0.103	-0.132	-0.044	-0.247		50	-0.151	-0.035	-0.240	0.123

5. 結果の考察および今後の課題

本研究では、正常性バイアス、集団同調性、愛他的行動という避難者の心理的要因に着目し、個人の行動特性が全体の避難状況にどのような影響を与えるのかを検証した。

分析の結果、正常性エージェントが減少すると、避難不能者が減少することが明らかになった。また他の心理的要因よりも正常性バイアスの方が避難不能者を減少させる傾向にあることもわかった。つまり、火災報知機が鳴動したら、例えば誤報であったとしても外に避難するような意識を、避難訓練や防災学習等を通じて持たせることが重要である。

しかし、先行研究や筑波大生に行ったアンケート調査の結果より、一定の割合(約10%)で正常性バイアスが働いてしまう人がいることが明らかになっている。そこで、本研究では、正常性バイアスを除去し、避難行動開始を促進する要因として、同

調性バイアスや愛他性に注目した。同調性バイアスについては、避難を促進し、避難不能者を減らす効果はあまり見られなかったが、愛他性については、一定程度だが効果はみられた。しかし、常にそのよう効果があるというわけではなかった。そこで、各階における愛他性エージェントの発生割合と避難不能者の相関分析を行った。分析の結果、上層階(3階,4階)において、愛他性エージェントの発生率が高くなると避難不能者数が減少する傾向が見られた。この結果から、建物の特に上層階に住む住民に対して、避難をする際に他の住民に対しても避難を促進するような行動(大声を出す、ドアをたたく)をとるように避難訓練等を通じて意識を持たせることも重要である。

筑波大生に行ったアンケート調査の結果を基に設定した基準A⁴では、15.3人(約13%)が亡くなるという結果が示されている。

⁴正常性10%, 愛他性10%, 集団同調性60%

今回の研究では、出火点を1階としたが、出火点が上の階に変わることによって、避難者の心理的要因が全体の避難状況に与える影響も変わる可能性がある。従って、出火点の位置については、今後の課題とする。

謝辞

本研究は、筑波大学理工学群社会工学類で2014年度秋学期に開講された「社会工学における戦略的思考:理論,実験および演習」での実習内容に基づいている。ご指導いただいた渡邊直樹氏と秋山英三氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1]NHKスペシャル(2011): NHKスペシャル「巨大津波 その時ひとはどう動いたか」2011年10月2日放送分。
- [2]山村武彦(2005): 人は皆「自分だけは死なない」と思っている, 宝島社。
- [3]宇佐美一朗(2009): マルチエージェントを用いた火災発生時の避難シミュレーション-大阪市浪速区の個室ビデオ店放火事件の実例に基づいた研究-, 2008年度総合研究, MASコミュニティ (<http://mas.kke.co.jp/modules/mydownloads2/viewcat.php?cid=2&min=90&orderby=dateD&show=30>, 最終アクセス日:2015年2月4日)。
- [4]中野陽介, 海老原学ら(2005): アンケート調査結果に基づく避難行動特性の違いについて, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 235-236。
- [5]近田洋輔, 原山美知子(2013): 被災者の心理に基づく津波避難シミュレーション, 研究報告情報システムと社会環境, 8, 1-8。
- [6]日本リスク研究会編(2008): リスク学用語小辞典, 丸善株式会社, p.147。
- [7]山口純一: 避難開始時間等の設定方法等の検討及び避難安全検証法のケーススタディに関する調査(WG1), 避難性能検証における避難開始時間等の設定方法及び市街地の延焼に関する調査

(<http://www.mlit.go.jp/common/000041337.pdf>, 最終アクセス日2015年2月27日)

[8]兼田敏之ら(2010): artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション, 書籍工房早山。