

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題		煙の視覚的異変感知に関する実験的検討	実施年度
			平成23年度
研究代表者	所属	早稲田大学人間科学学術院・准教授	
	氏名	佐野 友紀	
1. 研究の背景および目的			
<p>2000年の建築基準法の性能規定化に伴い、避難安全評価を目的とした告示として、避難安全検証法が導入された。避難安全検証法を用いて、高度で詳細な検証を行なう事で、従来の仕様規定で規制されていた要件を緩和し、自由度の高い設計を行なう事が可能になる。避難安全検証法は、建物の在館者が火災の熱や煙の状態により、避難行動が可能な状況であるか否かを工学的な予測計算を用いて確認する手法である。この中で火災発生から避難が完了するまでの時間は、避難開始時間、歩行時間、出口通過時間の合計によって算出される。この避難開始時間については、室面積に応じた時間の算出方法が一般的に用いられている。しかし、それらの算出方法の根拠が不明瞭であることが指摘されており、検証法を再度検討する上で工学的根拠に基づく避難開始時間の算出手法の構築が求められている。</p> <p>特に、火災室の在館者の避難開始に至るまでの時間を決定する要素として、異変感知のタイミングが重要な位置を占める。この異変感知にいたる要因として、既往研究から「煙を見る、煙の臭い、自動火災報知設備警報音、火災の音、人の騒ぎ、火炎からの放射熱、火炎を見る」等が挙げられている。</p> <p>また、煙中での避難行動も重要な課題であり、避難誘導を適切に行なうための誘導灯の煙中の視認性についても、再度検討する必要がある。また、この結果を既往の煙中誘導灯視認性研究と比較する事で、実験の再現性を把握することも目的とする。</p> <p>このように、本研究は煙の視覚的影響による異変感知および煙中の避難行動時における誘導標識の視認性に着目し、異変感知・避難行動時間に影響すると考えられる異変感知理由、周囲の状況、空間構成について、煙実験施設を用いた実大実験を実施し、その特性を把握することを目的とする。</p>			

2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

■研究成果

本研究では、煙を視覚的に知覚する際の人間の基本的な知覚特性について把握し、空間条件の変化によってそれらの特性が異変感知にいたるまでの時間や避難行動時の判断理由について、どのような影響を及ぼすかを明らかにする。

本年度は、研究計画に従い、以下の二課題について実験を行い、成果をまとめた。

① 火災覚知と避難開始の要因となる煙視認性の検討

○目的・方法

本研究では、初期火災時に発生する煙を視認し、火災を覚知する状況を再現する事で、火災を確認する事が可能となる煙の濃度などの状態を明らかにする事を目的とする。大学生12名(20歳代)を対象に避難対象者の煙感知時間(T1)と制限時間(T2)(煙から逃げたい時間)を明らかにするために、2つの煙視認性実験を行った。

また、新しい実験手法の試みとして、3Dビデオカメラで撮影した煙映像を3Dテレビモニタ用いて提示し、煙の視認性の被験者評価を行う事で、3D映像による煙提示の有用性を検討した。実験は実空間実験と3D空間実験を黒煙/白煙それぞれ2回、被験者1名に対して4回実験を行った。その際に煙濃度計を使用して、煙の濃度推移を記録した。初期火災時の煙を想定した実際に発生させた煙を見ながら、被験者の煙感知時間(T1)から制限時間(T2)までを記録した。煙は黒煙/白煙を使用し、煙色ごとに実験を行った。被験者は実空間実験用コンテナ内にある観察箱に入り、箱窓から観察する。被験者が煙の感知を申告したのち制限時間となるまで、10秒ごとに煙の濃度をたずねた3段階印象評価を行なった。実験は最大10分間である。

○研究成果

煙感知時間(T1)は、煙が見えるかどうかという人の感知能力に関わる指標であり、比較的明確な結果が得られた。白煙は黒煙よりも低い濃度(減光係数)で感知される。また、実空間実験と3D空間実験を比較すると、3D空間実験では、煙がはっきりと提示される事から、より低い煙濃度(減光係数)で感知されることが明らかになった。

制限時間(T2)は、煙を見て逃げたいと思う時間についての評価であるが、これは煙の濃度の感知に加えて、それに対する危険度、不安度の認識の積によって行われる判断基準である事から、個人差が大きい結果となった。煙感知は比較的安定している事を考えると、煙から感じる不安度には個人差が大きいことが示唆された。

実空間実験と3D空間実験では、3D実験のほうが奥までよりはっきり見えるなど、それぞれの特徴がある事が明らかになった。今回、黒煙の感知時間(T1)については、感知可能と判断された煙の減光係数値同士の比率に一定の関係が見られた。その比率は、減光係数の比:実空間実験/3D空間実験=1.45倍であった。これにより、3Dビデオ撮影映像によ

る煙をもちいた視認性実験の可能性を示せたと考えられる。今後はより安定した状況での煙状況を 3D ビデオにて撮影・蓄積することで、様々な濃度の煙映像サンプルを作成し、実験、教育、現場理解に役立てたいと考えている。

② 煙中における案内標識及び誘導灯の視認性の検討

○ 目的・方法

近年、大規模複雑化する駅のラッチ内空間に商業施設等が導入され、火災時に建築物としての避難経路選択に影響を与える可能性がある。このため、避難誘導灯・案内標識の適切な配置と、その影響を考慮した避難誘導計画の検討が必要となる。

大学生男女各 10 名を被験者として、煙視認性の評価実験をおこなった。

本研究は、誘導灯及び案内標識の煙中における視認性に着目する。煙の濃度・標識の種類・標識の向き（設置角度）が視認距離に与える影響を明らかにすることで、火災避難時に有効活用し得る誘導灯及び案内標識の配置計画の基本資料とすることを目的とする。

○ 研究成果

避難経路選択において重要と考えられる駅構内の案内標識及び消防法において規定される誘導灯について、煙中における視認距離と濃度の関係を明らかにした。また、標識設置の水平角の変化による視認距離への影響が無いことが明らかになった。また、各標識の予測式より得られる減光係数と視認距離の積 $C_s \cdot V$ （神らの研究により一定値をとることが示されている。）から関係式を算出し、避難口誘導灯と案内標識の視認性が最も高いことが明らかとなった。鉄道駅火災時における案内標識の重要性が示唆されるものと考えられる。具体的には、以下の関係式を導出した。標識毎に減光係数に対する視認距離の回帰式を求め、以下のように減光係数に対する視認距離の予測式とする。

案内標識：視認距離 (m) = $-0.33 + 12.17 / \text{減光係数 (1/m)}$

通路誘導灯（左方向）：視認距離 (m) = $1.15 + 8.69 / \text{減光係数 (1/m)}$

通路誘導灯（両方向）：視認距離 (m) = $0.48 + 10.14 / \text{減光係数 (1/m)}$

避難口誘導灯：視認距離 (m) = $-1.10 + 13.20 / \text{減光係数 (1/m)}$

分散分析による F 検定における有意確率が 0.05 未満となり、有意水準 5%において回帰式は統計的有意性を持ち、予測に役立つと言える。決定係数が 0.36 以上となり、回帰式の精度があることが認められる。

■まとめ

本年度は 2 つの比較的規模の大規模な被験者実験を実施することで、煙を視覚的に知覚する際の人間の基本的な知覚特性について把握した。いずれの実験もはじめての試みであったため、煙発生・提示のノウハウなど、実験実施の方法の確立などの面で多くの知見が得られた。これにより、今後安定的なデータの取得が可能となる。一定の成果が得られたが、初年度のため取得できたデータが十分でないものもあった。このように、本年度の成

果をもとに継続研究を希望している。

実規模空間内で煙を発生させ、その煙を処理することが可能特殊な設備を備えた実験空間で実施しなければならず、その空間を設置するためのスペースとして実験棟の多目的実験室が適切であった。また実験棟には、本課題を実施する上で必要な煙濃度測定装置等を完備しており、本課題に関する他施設では実施例の稀な実験も多く実施されていることから、本実験施設は本課題を実施する上で極めて円滑な実験実施が可能であった。

本年度の実験においては、東京理科大学大宮研究室が所有する消耗品を活用させていただいたため、新たな消耗品購入を年度内には行なわなかった。

3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
スモークマシン M5	0	なし			
ライトフォグ 5l×10	0	※消耗品を予算計上したが、東京理科大学大宮研究室に所蔵のものを利用したため、追加購入はしていない。			
熱電対 0.2×40	0				
石膏ボード×40	0				
Lアングル×20	0				
計	0	計	0	計	0

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

具体的な今後の発展性、見込みは以下の通りである。

① 火災覚知と避難開始の要因となる煙視認性の検討

本年度の研究により、煙の煙感知（煙感知時間）に関する実験方法を確立した。また、煙から逃げたいと思う時間（怒限時間）を検討した。煙感知時間は、人間の視認能力によって決定されるが、怒限時間は煙の濃度に加えて、不安度判断が行なわれる事が推測された。このため、怒限時間の検討にあたっては、教示の重要性が示唆された。

このように、煙感知時間についてはデータ数の拡充による信頼性の向上および室内照明、壁の色などの環境条件と感知時間の関係を明らかにする必要がある。怒限時間については、教示を明確化して実験を行う事で安定したデータの取得が必要であり、今後の研究が必要であると考えている。

また、白煙では非常に濃度の低い段階で視認したため、減光計の計測精度を再度検討する必要があると考えられる。また、3D映像を用いた煙提示実験によって、その再現性に一定の効果が得られた。

② 煙中における案内標識及び誘導灯の視認性の検討

本年度の研究により、避難誘導等及び駅構内の案内標識について、煙中の視認性評価を行い、煙濃度と視認性の関係式を導出した。当初の仮説では、標識の設置角度（水平角度）が視認性に影響を与えるとしていたが、この効果は得られなかった。これは、煙濃度の不足や提示距離の確保等の問題があると考えられる。

このように、標識の視認性実験では設置角度の効果、白煙での計測精度の問題、3D提示実験では、さらなる再現性の検証の問題があげられる事から、継続して研究を行う事で、今後の新しい成果につながるものと考えている。

今年度は、実験、分析については計画通りに進行したが、初年度のため、物品調達、予算執行等の面での実施が不十分であった。本研究は、今年度において基礎的知見および実験手順の整備が行なえた。実験に時間を要するため、十分なデータ数を確保し信頼性を得るために、本施設を利用した継続研究を希望している。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

①江藤ひとみ（早稲田大学）藤井皓介（早稲田大学）畠山雄豪（早稲田大学）佐野友紀（早稲田大学）遠田敦（東京理科大学）大宮喜文（東京理科大学）：火災覚知と避難開始の要因となる煙視認性の検討、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、2012. 05. 21-22（採用決定）

②藤井皓介（早稲田大学）畠山雄豪（早稲田大学）遠田敦（東京理科大学）大宮喜文（東京理科大学）佐野友紀（早稲田大学）：煙中における案内標識及び誘導灯の視認性、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集、2012. 05. 21-22（採用決定）

※上記 5 に記載された成果公表については，別刷 1 部を研究事務課まで提出願います。PDF ファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は，本拠点の成果報告として Web 等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）

※後日開催予定の成果講評会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。（学内での報告に使用）