

「消す・消える」ことに着目した消火訓練用疑似炎デバイス

松林 大司* 佐藤 俊樹*

概要. 超音波噴霧器によって生成した霧に、フルカラー LED 照明装置を組み合わせた立体的で現実感の高い炎の表現と、空間の「湿度」を燃焼における空間の「酸素濃度」にみたてて湿度変化により疑似炎の大きさを動的制御する技術を提案する。これにより、「酸化反応で起きる炎の光の変化」と、「冷却消火が可能な疑似炎」をリアルタイムに再現可能にし、消防で行う消火訓練に取り入れられることが可能で、効果の高い実践的な訓練が可能となる新しい消火訓練用疑似炎システムの実現が可能になると考える。

1 はじめに

消防隊員は日常の訓練で火災を想定した消火訓練を行っている。しかし、実際の炎に対して放水する訓練は、突然入る災害出動等の理由で困難であるため、日常の訓練においては実際の炎の代わりに「炎のイラスト(疑似炎)」が用いられることが多い(図1)。しかし、絵に描いた炎からは実際の火災現場の炎が持つ様々な情報を読み取ることは困難であり、火災現場で炎や煙の状況を評価し、消火方法を判断、行動することが求められる現場と、日頃の消火訓練がかけ離れていることが問題になっている。

例えば、従来の疑似炎では、炎に対して直接放水を行っても視覚的な変化は起こらず、炎が消えることはない。そのため、訓練では放水の良し悪しを判断するために審査員が直接立ち会い、放水作業を傍で直接目視し、声や身振り手振り等を用いて訓練の進行を行っていた。

また、炎の「大きさ」や「色や明るさ」、また「煙の発生」といった視覚的な情報は、火災現場における行動の優先順位の決定や放水方法を選択するために重要な情報であるが、従来の疑似炎ではこれらを再現することは困難であった。特に、近年では地域によっては火災の発生件数自体が減少傾向にあり[2]、消防隊員が実際の炎を直接目にする機会も減ってきている。そのため、ほとんど炎と向き合ったことの無い若い消防隊員も増えてきており、事前の訓練においてリアリティの高い炎を前にした状況判断の機会を増やすことは重要であると考えられる。

さらに、炎の勢いは様々な要因で変化し、特に周囲の酸素濃度の変化が炎の勢いに与える影響は大きい[1]。例えば、燃焼により酸素を消費すれば炎の勢いは弱まっていくが、外から酸素を含んだ空気が流入することで炎の勢いが増すこともある。訓練においては、隊員(訓練者)らが自身の行動が炎の勢いに



図 1. 炎の絵を用いた消火訓練の様子

与える影響を予測して行動したり、炎の変化を見て次の行動判断を下したりできるような、実時間かつ動的な火勢の変化が再現可能な疑似炎が必要であると考えられる。しかし、従来の訓練で用いられてきた絵に描かれた炎の見た目は静的なものであり、周囲の酸素濃度に合わせた炎の勢いの変化をリアルタイムに再現することは困難であった。

そこで本研究は、消防隊の放水による消火と、酸素濃度の変化による炎の勢いの変化を、安全かつ高いリアリティで再現可能な疑似炎発生装置を提案する。この装置は、放水による直接的な消火が可能な機能に加え、空間中の酸素濃度の変化による炎の勢いの変化を実時間の空間湿度測定と疑似炎の動的な制御により安全に再現することができ、消防隊の消火訓練で用いられる疑似炎の再現度を高めることが可能になる。

2 提案と目的

本研究では、まず消火訓練の質を高める安全かつ高い再現度の疑似炎を実現するために、疑似炎デバイスに持たせるべき機能とその実現方法を述べる。

まず、炎に対する直接放水が行われた場合、それを検知し、放水量を計測する機能が必要である。また、放水量に応じた火の勢いの衰え、および最終的な消火の再現機能が必要であると考えられる。これらの機能の実現により、訓練者が放水の有効性を審査員の判定を待たずに確認でき、即座に次の行動に移ることが可能となる。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 北陸先端科学技術大学院大学

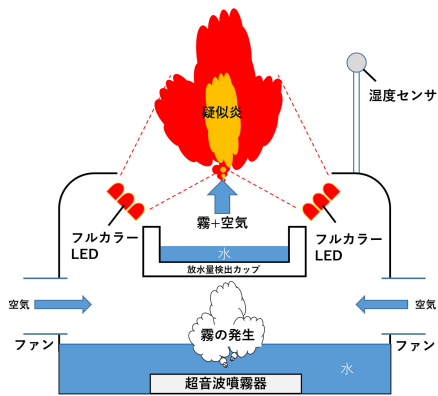


図 2. ハードウェア構成

次に、疑似炎のリアリティを高めるために、炎の大きさ、色、明るさの変化に加え、煙の発生の有無の4つの視覚的特性を動的に再現する機能が必要であると考え。これらの機能の実現には、例えば超音波噴霧により発生させた霧に、フルカラーLED等を用いて炎の状態に合わせた様々な色・強さの光を照射する手法が有効であると考え。また霧を用いることで、炎に加え煙の再現も可能になると考える。

次に、上記手法を用いて再現した炎に、「周囲の酸素濃度の変化」に応じて起こる炎の勢い(炎の大きさ・色・明るさ等)の変化を加えるために、センサを用いた検出技術の導入が必要であると考え。しかし、前述の超音波噴霧を用いた疑似炎は実際の炎と異なり、周囲の酸素濃度を変化させることはない。

そこで本研究では、実際の炎が燃焼により空間中の酸素を消費し「酸素濃度の変化」を起こすように疑似炎デバイスによる水の噴霧が「周囲の湿度変化」を起こすことに着目し、両者の対応付けと湿度計測による疑似炎の動的制御の可能性に着目した。

本研究では、上記のような機能を有する新しい疑似炎デバイスの提案と、その最初のプロトタイプ的设计と試作について述べ、今後行う提案手法の評価手法について述べる。

3 疑似炎デバイスの試作開発

実装した試作機について、そのハードウェア構成を図2に示す。

提案する疑似炎装置は、疑似炎発生ユニットと、外部湿度センサユニット、放水検出ユニット、および制御用マイクロコントローラ(Arduino)から成る。まず疑似炎発生ユニットは、加湿用の超音波噴霧器で発生させた霧を、DCファンを用いて取り込んだ外部空気と装置内部で混合し、装置上部(図3(左))から整流して噴出させる。この時、噴出口に並べられたフルカラーLED(図3(右下))により、立ち上る霧に光を照射することで疑似炎を発生させている(図3(右上))。この時の、照射する光の強さ、色、および噴出させる疑似炎の量(霧を噴出するためのファンの



図 3. 再作した試作筐体の各部

回転数)は、装置から発生した霧に直接さらされない位置に突出させて設置した外部湿度センサ(SHT31)で計測した空間湿度合わせ、制御用マイコン内のプログラムで動的に変えられるようになっている。

次に、疑似炎に対する放水は、疑似炎噴出口の中に設置した容量400mlの小型カップにたまる水の量をカップ下部に設置した押しバネと、その沈み込み量を小型フォトリフレクタ(TPR-105F)で計測することで検出可能にした。制御用マイコンでは、放水量が増えるにつれ炎の勢いを弱くしていき、一定以上の水がたまった時点でLEDを消灯し、煙に見立てた霧の発生のみで切り替えることで、消火状態を再現することが可能である。

4 今後の展望

今回試作した疑似炎装置は、将来的に小型化し、複数台を組み合わせて配置することで、より大きな火災現場を再現することが可能になると考える。また、本研究が提案する空間湿度の変化を用いた疑似炎の制御手法は、実際に訓練で使用する環境の湿度に合わせた訓練前のキャリブレーションが必要であると考え。今後は実際に訓練を行う消防署の消火訓練施設の湿度データを収集し、環境に合わせたパラメータの調整を行い、実際の炎の挙動に近い疑似炎と湿度との対応付けを行っていく。また、将来的に消防隊による消火訓練を行い、消防隊員から意見を聞くことでのユーザビリティ評価も行いたいと考えている。

参考文献

- [1] Jレスキュー. 消火戦術理論. 燃焼範囲(燃焼限界), pp. 23-24, 2020.8.20.
- [2] 総務省消防庁. 消防白書. 火災の現況と最近の動向, p. 49, 2022.