



センサ応用システムの開発

真崎 裕
野戸 広之

坂本 勝昭
徳田 清仁

近年供用される道路は、山間部を通ることや環境保全が重視されることなどからトンネル部が多い。日本坂トンネルの火災をご記憶の方も多いと思うが、一旦トンネル内で火災が発生すると大事故につながる可能性が大きい。本稿では火災を早期に発見する火災センサの種類や検出原理を紹介する。また、複合化、高機能化し、ネットワークに対応した今後のセンサシステムについて、その可能性と技術的課題について述べる。

トンネル防災における火災センサ

火災センサは、トンネル内の火災を正確かつ迅速に把握し、1次消火の実施および2次災害の防止を的確に実行するために重要な設備であり、主に以下の機能が要求される¹⁾。

- ①トンネルの長大化によりトンネル通過中の車両数が増えていること、および火災後の復旧に時間がかかることから、被害を最小限にとどめるために火災を早期に発見できること。
- ②火点を正確にとらえること。

火災を検出する方法として、主に炎から発生する赤外線を検出する方法、火災による温度上昇を検出する方法、煙を検出する方法がある。

赤外線を検出するセンサとしてCO₂共鳴式火災検知器がある。この検知器は物体が燃焼した時に発生した炭酸ガス特有の赤外線スペクトルを検出して火災を判定する。炎から発生する赤外線を検出するため、検出が直接的であり火災を早期に発見することができる。通常は25m間隔で設置され火点を特定する。

温度上昇を検出するセンサとして光ファイバ温度センサがある。光ファイバ温度センサは光ファイバ上の任意の位置の温度を測定することができる。この方法は、トンネル内の風によって火災熱が風下に流され温度上昇が少なく火災を検知できない場合もある。このことは欠点でもあるが、逆に火災によって発生する高温の煙や有毒ガスの拡散状態を検出できる可能性があり、赤外線

炎検知器と組み合わせてトンネル内の火災の状況をより正確に把握することに有効な手段と考えられる。

他に火災を検出するセンサとして、煙による透過光量の減少を検出する減光式の煙検知器やTVカメラを用いる方法がある。煙検知の場合、煙がトンネル内を拡散していくため火点を特定できないという欠点がある。また、TVカメラの映像から画像処理によって検出する方法では、可視光カメラの場合は外乱光の影響を受けやすく、赤外線カメラの場合はコスト的な課題が残されている。

火災検知器の開発

当社の火災検知器の歴史は長く、多くの実績がある。CO₂共鳴式火災検知器についても早くから開発を進め、現在多くのトンネルに設置され稼働中である^{1) 2)}。

CO₂共鳴式の火災検知は、炎の中の炭酸ガスが発生する共鳴放射を検出するもので検出精度の高い方式である。物体の燃焼時に発生する炭酸ガスの共鳴放射のスペクトルは赤外線から紫外線まで多く存在するが、特に中赤外線の波長4.4 μmに大きなピークがある。一般的な炎のスペクトルを図1に示す。人などの低温物体や高温物体からも赤外線が放射されるが、炭酸ガス共鳴のような大きな

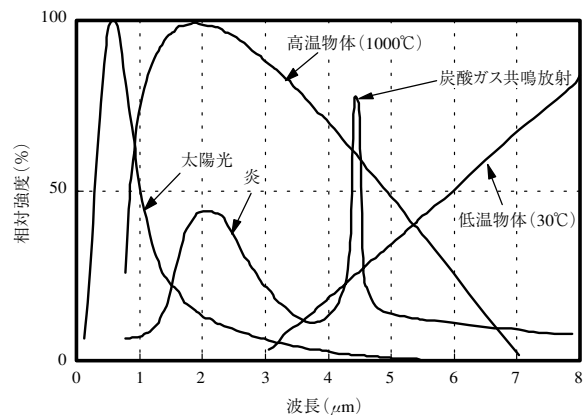


図1 炎のスペクトル

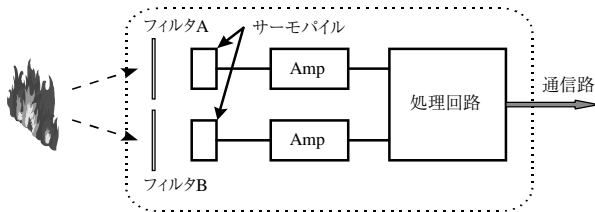


図2 火災検知器の構成

ピークはないためこの差を利用して炎であることを検知する。

火災検知器の構成を図2に示す。赤外線センサとして焦電型やサーモパイルなどを用いる。焦電型センサは誘電体結晶に加熱すると表面に電荷が発生することを利用したセンサである。サーモパイルは熱電対列で、感度を上げるため多数の熱電対を直列接続したもので、ほぼフラットな波長特性を持つ³⁾。センサの前に、一つは炭酸ガス共鳴の帯域通過フィルタ、他方はその前後の帯域通過フィルタを置いて、それぞれの赤外線強度を検出する。処理回路でそれらの強度の比率や炎のちらつきによる時間変動により炎か外乱であるかを識別して通知する。

我々は製品の評価以外に火災検知評価装置を用いて、燃焼現象の観測やセンサ部分と検出アルゴリズムの改良を行っている。火災検出の精度はセンサの配置やフィルタ特性、検出アルゴリズムに左右される。使用条件に応じてこれらを最適化すればより高い精度で火災を検出できる。図3に評価装置の外観を示す。左右の受光窓にそれぞれ複数のセンサを内蔵し、その出力や内部の処理状態を確認できる構成になっている。

複合型センサとネットワーク化

トンネル内で火災が発生した場合には被害を最小限にとどめるために、早期に検出し通報すると共に現場の状況を把握し対処することが重要である。一般に状況把握の手段としては画像監視が有望である。しかし、火災発生時にはトンネル上部などの高い位置では煙による視程低下が著しい。さらに画像の解像度を考慮すると、火点前後の低位置かつ至近距離からの監視がより効果的であると考えられる。火災検知器の場合、トンネル側壁に比



図3 火災検知評価装置

較的短距離の一定間隔で設置されることから、これに画像監視機能を持たせた複合型センサをネットワーク接続したセンサシステムが有用である。

このような複合型センサは、従来の赤外線検出による火災検知機能の他、画像のデータ圧縮やネットワーク接続などの機能が加わるため、比較的高い処理能力が必要となる。このため、今後これらのシステムを実現していくために低消費電力化や小型化などが課題となる。◆◆

参考文献

- 1) 大屋, 田中: トンネル防災管理システム, 沖電気研究開発171号, Vol.63, No3, pp.27-30, 1996年
- 2) Sakae Nishimori, Hiroshi Haga: "Fire detector for tunnels (CO2 resonance flicker type)", Proceedings of the Second International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, April 1995
- 3) 久野: 赤外線工学, 初版, コロナ社, pp.100-101, 1994年

筆者紹介

真崎裕: Hiroshi Masaki.システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 R&D部 チームリーダー

坂本勝昭: Masaaki Sakamoto.システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 R&D部

野戸広之: Hiroyuki Noto.システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 R&D部

徳田清仁: Kiyohito Tokuda.システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 R&D部 部長