

煙感知器点検の効率化に向けたドローンの開発

葛西 駿、山本 光



従来、高所に設置された煙感知器の作動試験は、延長した支持棒や高所作業車を使って実施されているが、安全性および効率性の点で課題があった。そこで当社ではこれらの課題解決に向けドローン技術に着目し、新規ドローンの設計、実証試験および実際の現場における試運用を実施し、ドローンを用いた煙感知器点検手法の実用性に関する検証を実施した。本稿では、その開発における経緯と内容、今後の展望について紹介する。

キーワード: ドローン、煙感知器点検、火災報知設備、効率化、機体開発

1. はじめに

火災報知設備の構成部品である感知器は種類に合わせて定期的に点検されるが、広範囲にわたる建物や多数の感知器が設置されている施設では、多大な時間と労力を要する。また、点検としては、感知器が正常に感知することを確認するために、作動試験装置を支持棒の先端に取り付け、作動確認を実施している(図1)。感知器が高所に設置されている場合は、高所作業車の用意や支持棒の延長が必要になるが、作業員の落下や設備の破損などのリスクがある。

一方で近年、ドローン技術が目覚ましい発展を遂げており、各業界においてインフラ点検や測量、災害調査など様々な場所で使用されている。また、カメラを用いた目視確認や計測などに限らず、専用の機器を積載することで簡易的な作業を効率的に実施しているケースも多い。

そこで当社は、高所に設置された煙感知器の作動試験

について、ドローンに着目し、煙感知器点検用ドローンの開発に着手した。まずは、感知器の特性や設置環境からドローンの開発要件について整理した。次に煙感知器の点検に用いる無線式加煙試験器を既製のドローンに積載し作動試験への適用性について検討を行った。その後、無線式加煙試験器を積載し作動試験を行う専用ドローンを開発し、実証試験を実施した。本稿では、それら取り組みに関して紹介する。



図1 煙感知器と作動試験装置

2. 開発要件の整理

2.1 対象となる煙感知器の選定

感知器は火災報知設備の根幹をなす重要設備であり、火災発生時の確実な作動のため、その性能や作動試験の内容は消防法などの法令によって定められている。本開発においては、作動試験に使用する試験器の性能を担保するため、実際の現場において使用される既製品の無線型加煙試験器を用いることとした(図2)。

また、感知器の設置基準についても法令によって種類ごとに定められており、煙感知器については取付け面が8m以上の高所にも設置可能である。そのような高所に設置された煙感知器の作動試験に関するニーズも多いため、煙感知器を本開発における対象として設定した。



図2 無線型加煙試験器と遠隔操作作用送信機

2.2 ドローン飛行エリアの設定

煙感知器は空気中の微粒子を検知するため、火災による煙以外の塵や花粉、水蒸気などに反応し誤作動する可能性がある。そのような誤作動を避けるため、煙感知器は屋内に設置されている場合が多く、本開発では屋内でドローンを飛行させることを前提とした。

屋内であることから耐風や耐水については考慮しないが、GPSによる位置の制御が困難となるため、壁や障害物への接触リスクについて注意する必要がある。

3. 既製品ドローンによる試作

3.1 既製品ドローンの改修

屋内用ドローンはGPSによる制御ができず、壁や障害物への接触リスクも高いことから、安定した飛行性能や制御システムが求められる。そのため、まずは基本的な機能が備わった既製品のドローンに無線式加煙試験器を積載し、安定して飛行が可能か検証を行った。

既製品のドローンに対して、加煙試験器を安定して積載するために、モータ出力の増加、不要部品の取り外し

による軽量化、バッテリーの増量を実施した。さらに、加煙試験器を機体に固定するため、専用の積載用マウントを取り付けた。改修後の既製品ドローンを(図3)に示す。

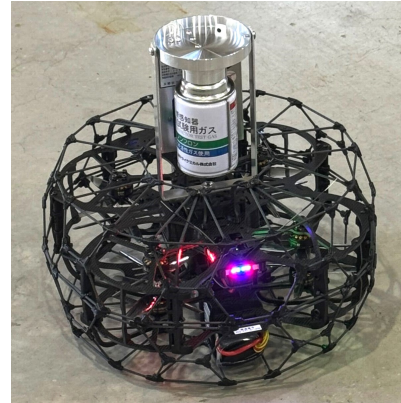


図3 改修後の屋内向け既製品ドローン

3.2 検証試験とその結果

上記の改修後、加煙試験器を積載したドローンで飛行試験および加煙試験器の作動試験を実施した。飛行試験としては前後左右上下への移動の他、天井部の煙感知器へ接近した際の挙動を確認した。作動試験としては、ドローンと離れた位置から煙感知器の送信機を操作し、加煙試験器の作動有無について確認した。試験によって得られた4点の結果を以下に示す。

- 飛行自体は可能だったものの、加煙試験器の積載により機体の構造上のバランスが悪化し、安定した姿勢維持操作が困難であった。
- ドローンの精密な操作が困難であったため、目標とする煙感知器へ正確に接近させるには時間が掛かり、バッテリーの浪費につながった。
- 天井に接近した際に意図しない上昇が確認された。これは天井効果(Ceiling Effect)として知られており、機体と天井面の間の気圧が下がることで上部への推力が増加し、機体が上方向に吸い寄せられるように動く現象である。また、天井効果が発生した状態で天井面に張り付き続けた場合、モータへの過剰な負荷がかかることが考えられる。
- 加煙試験器の遠隔操作作用送信機をドローンから近距離で操作した場合は煙の噴射が確認されたが、ドローンと一定の距離離れた場合、加煙試験器が反応せず、煙は噴射されなかった。加煙試験器の遠隔操作作用送信機の出力が微弱だったために、反応しなかったと考えられる。

これらの結果から、既製品ドローンの改修だけでは、煙感知器の作動試験を効率的かつ安全に実施するには限界があると判断した。

4. 専用ドローンの新規設計

4.1 課題の整理と対策

既製品のドローンに無線型加煙試験器を積載し、検証を実施した結果、以下の課題が確認できた。

- 安定した姿勢維持操作が困難
- 煙感知器に近づき接触させる操作が困難
- 天井効果による不安定性とモータへの負荷
- 無線型加煙試験器の送信機出力が微弱

これらの課題を踏まえて、無線型加煙試験器を積載し、煙感知器の作動試験を行う専用ドローン(図4)を新規に設計することとした。なお、課題解決のために以下のような対策を検討した。

- 姿勢維持を安定化する機能
- 煙感知器への位置合わせを容易にする機能
- 天井効果を考慮したモータ制御
- 遠距離でも加煙試験器を操作可能とする機能

4.2 姿勢維持の安定化

機体設計においては、加煙試験器を積載した際の重心を低くした。これにより、重量バランスと揚力の最適化を実現した。

さらに、機体にはビジョンセンサーを搭載(図5)し、自動での姿勢制御を可能とした。



図4 開発した専用ドローン

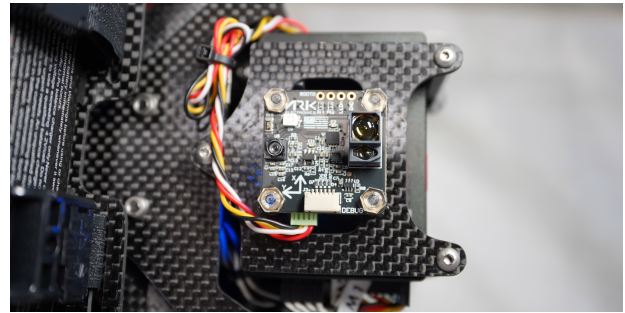


図5 機体下部のビジョンセンサー

4.3 煙感知器への位置合わせ

位置合わせの精度と効率を向上させるための複数機能を統合して設計した。

まず、加煙試験器から放出される煙が煙感知器の周辺に滞留するよう、円形のバケットをドローン上部に装備した。このバケットは、煙感知器の直径を考慮し、想定される多少の機体位置ずれを許容できる十分な開口部を有している。

次に、ドローン上部に円形の可視光レーザーを照射するシステムを搭載した(図6)。このレーザーは、煙感知器を囲むように照射され、機体と煙感知器の中心軸との相対的な位置ずれ、および垂直方向の距離を視覚的に把握可能とする。

さらに、ドローン上方を確認できるカメラをバケット内に搭載し、リアルタイムでの映像を確認可能とすることで、周囲の障害物との位置関係についても確認可能とした(図7)。

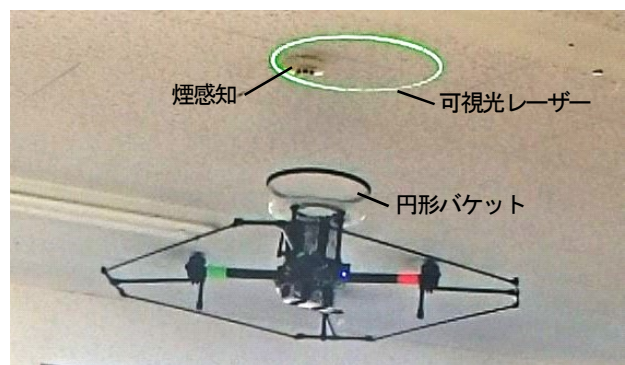


図6 円形の可視光レーザーによる位置合わせ

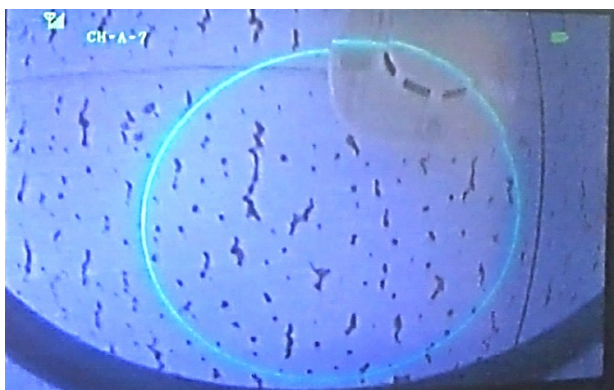


図7 搭載したカメラによる映像

4.4 天井効果の対策

天井効果による機体の上昇についてはドローンそのものの特性上許容することとしたが、天井面への張り付き後についてはモータの回転数を抑えるようパラメータを調整し、モータへの負荷を軽減させることとした。

4.5 加煙試験器の操作方法

加煙試験器を操作する送信機をドローンの制御用基盤に直接配線し(図8)、ドローン操縦用の送信機にて加煙試験器を操作できるようにした。

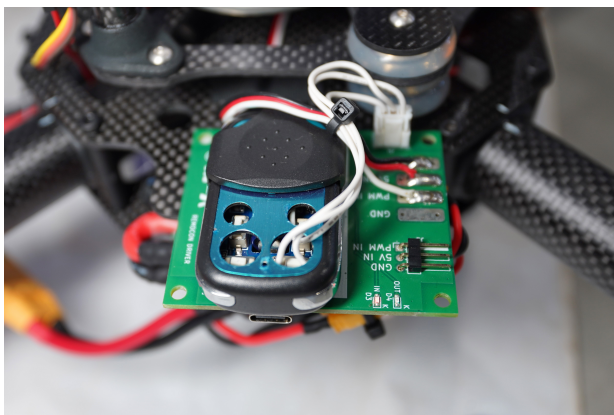


図8 ドローンの基盤に組み込まれた加煙試験器送信

4.6 実証試験とその結果

開発した専用ドローンについて、意図した機能を有しているか確認するために、飛行試験および加煙試験を実施した。飛行試験としては前後左右上下への移動の他、天井部の煙感知器へ接近した際の挙動を確認した。加煙試験としては、煙感知器の作動試験における一連の流れを実施し、煙感知器が発報することを確認した。試験によって得られた5点の結果を以下に示す。

- ドローンの上昇および下降時の挙動は、搭載されたビジョンセンサーの機能により安定していた。

しかし、ドローンが天井面に張り付く際に、機体が前後左右にぶれる挙動を示すことが確認された。この挙動を抑制し、正確に天井面に固定するためには、ある程度の操作技術を要することが確認できた。

- 天井面への張り付き後にドローンのモータに異常な回転は認められなかった。しかし、長時間の張り付き状態を維持した場合、ドローンが完全にその場に留まらず、わずかに移動する挙動が観測された。この移動現象は、ビジョンセンサーをオフにすることで発生しなくなったため、ビジョンセンサーの特性に起因するものであると推察される。
- 機体上部に搭載されたバケットおよび円形レーザーは、天井面に対するドローンの位置合わせを大幅に容易にした。これにより、短時間で煙感知器への位置合わせが可能となった。
- カメラは位置合わせを目的として設置したが、加煙試験時における煙感知器の感知状況確認に有効であった。煙感知器はアラーム音とランプ点滅により、その現場周囲へ煙を感知したことを知らせるが、ドローンの飛行音やバケット部により把握することが困難であった。しかし、バケット内に設置したカメラによりランプの点滅を確認することができた。
- 加煙試験器の特性上、一度に噴射される煙の量が限られているため、煙感知器を確実に発報させるには、複数回の煙噴射が必要であることが確認された。

上記の結果から、多少の改善点はありつつも実際の現場において、煙感知器の作動試験を専用ドローンにより実施可能であることが確認できた。

4.7 現場への適用性検証とその結果

実証試験により現場への適用が可能であることが確認できたため、実際の現場にて試験的に運用し、適用性に関する検証を実施した(図9)。その結果を以下に示す。

- 従来の支持棒を用いた作動試験では、一箇所あたりにかかる作業時間が10分程度であったが、本ドローンを用いた場合、1分程度と作業時間を1/10まで短縮することができた。ドローンを着陸させず複数箇所を連続して点検することも可能であるため、さらに効率的に実施することも可能で

ある。

- 従来の支持棒を用いた作動試験では、感知器直下付近に資機材がある場合、これら資機材を移動させる必要があり、その移動に関する調整や移動自体に時間が掛かっていた。ドローンを用いた場合はこれらが一切不要となり、極めて効率的に作動試験が実施可能であることが確認された。
- 煙感知器が梁に設置されている場合、煙の噴射から発報までに時間が掛かる場合があることがあった。これは、位置合わせを容易にするためバケットの直径を大きめにしたことにより、梁が細い場合にバケットとの間の隙間から煙が漏れたことによる。



図9 現場への適用性検証の様子

上記の結果から、天井面に設置された煙感知器に対して、実際の現場においても問題なく動作し、従来の方式より効率的に点検が可能であることが確認できた。一方、梁に設置された煙感知器については発報までに時間が掛かる場合があるため、今後バケットの形状変更を含め対応を検討する。

5. まとめ

煙感知器の作動試験を実施可能な専用ドローンを開発し、実証試験および現場での試験的運用を実施した。その結果、ビジョンセンサーやバケット、円形レーザーにより、ドローンを用いて煙感知器の作動試験は十分実施可能であることが確認できた。また、開発した専用ドローンを用いることで、従来の方法に比べて非常に効率的かつ安全に作動試験が実施可能であることが実証された。今後は、天井面付近での制御やバケット形状の最適

化などの課題への対応や、より狭隘な部分での利用も可能となるような機体の小型化も視野に入れ、本格的な実用化に向け開発を継続する。



葛西 駿
株式会社 ジエイテック
開発・設計室 開発・設計グループ



山本 光
株式会社 ジエイテック
開発・設計室 開発・設計グループ