

# 超音波センサを用いたドローン衝突回避方式

上戸祐哉<sup>†1</sup> 金井敦<sup>†1</sup> 谷本茂明<sup>†2</sup> 佐藤周行<sup>†3</sup> 小林透<sup>†4</sup>

近年、ドローンは様々な業界において大変注目されており、多くの分野での活躍が期待されている。しかし、ドローンは衝突や墜落といった多くの事故や問題を抱えており、今後市場規模や業界の拡大、利用者の増加によって事故は増加することが考えられる。本研究では、ドローン事故の根本的解決に向けた障害物回避システムについて取り上げる。超音波センサと無線 LAN を用い、ドローン上に新たに設置するだけで障害物回避が行える障害物回避方式について提案し、その実装を行うことで有効性を示す。

## 1. はじめに

近年、ドローンはニュースやインターネットで取り上げられることが多くなり、様々な業界において大変注目されており、多くの分野での活躍が期待されている。しかし、その一方で、首相官邸に放射性物質を乗せたドローンが侵入した事件や、お祭り中の善光寺敷地内に墜落する事故など、ドローン関連の事故が起きており、今後市場規模や業界の拡大、利用者の増加によって侵入、衝突、墜落といった事故が多く発生することが考えられる。そこで本研究では、飛行中のドローンがどんな障害物にもぶつからないシステムの提案を目的とする。超音波センサを用いて、ドローン上に新たに設置するだけで障害物回避が行える障害物回避方式について提案し、その実装を行うことで有効性を示す。また、今回は空中のドローンを地上で操作し、室内限定で飛行させることとする。

## 2. 関連研究

操縦ミスによる事故が大変問題視されている。事故の中で一番発生率の高い操縦ミスに着目し、様々な大学や企業では、センサやカメラを用いた障害物回避の技術開発に力をいれており、製品化もされている。

ドローンにおける障害物回避システムの製品として Phantom4 がある。

Phantom4 は、DJI が 2016 年 3 月 2 日に発表、発売したドローンである[1]。このドローンは障害物回避システムが組み込まれており、前方・下方に障害物回避センサがつけられ、カメラと光学センサにて障害物を認識し、進行方向上のドローンを避けて飛び続ける。検知可能距離は、適正な明るさで模様がある地表面ならば 0.7-15m で、60° の検知範囲といわれている。また、進行方向に障害物が確認された場合、前に進むことができなくなるシステムが搭載されている。しかし、欠点として障害物回避センサが前方と下

方しか搭載されていないので後方や左右からの障害物検知ができない。また、障害物を検知した場合、その場に止まるだけで回避をしないので、ボールなど接近してくる障害物に対しては衝突する可能性がある。

その問題を解決するために、新たにセンサを搭載し、全方向に対応した障害物回避システムを提案する。また、障害物を検知した場合、検知した側と反対方向に進む回避行動をすることで動く障害物からとの衝突も減少すると考える。

## 3. 提案手法

### 3.1 障害物回避システムの要件

本提案における障害物回避システムの要件を以下に示す。

- (1) 障害物検知  
障害物を回避するにあたって、障害物の検知をする必要がある。進行方向上だけではなく、多くの範囲の障害物の認識が必要である。
- (2) 障害物回避  
障害物を検知しただけでは、障害物と衝突してしまう可能性がある。そこで、障害物を検知したとき、自動で避けるようなプログラムを持つシステムが必要である。
- (3) 室内限定飛行  
本来、外での飛行をもとに考えられるドローンを室内限定で飛行することとする。その際、壁のような平面の障害物も自動で避ける必要があり、白い壁や透明のガラス窓のようなカメラでの検知が難しい障害物も検知する必要がある。

以上の要件を満たすように、提案するシステムの設計を行う。

### 3.2 実装方式

本提案における衝突回避手法を説明する。飛行しているドローンに障害物が近づいてきた場合に、センサを用いて障害物を検知する。障害物を検知したとき、自動で避ける

<sup>†1</sup> 現在、法政大学  
Presently with Hosei University.

<sup>†2</sup> 千葉工業大学  
Chiba Institute of Technology.

<sup>†3</sup> 東京大学  
The University of Tokyo.

<sup>†4</sup> 長崎大学  
Nagasaki University.

ように設定すると、障害物との衝突を回避することができる。また、室内でドローンを操縦しているときに、白い壁や透明なガラス窓のようなカメラでの検知が難しい障害物があった場合、センサを用いることで物体の認識ができるので避けることができる。

### 3.3 超音波センサの利用

障害物回避を行うには、まず、ドローン周辺の障害物を認識する必要がある。認識にはセンサ等が利用され、近接センサやレーザ、赤外線、カメラといった様々なセンサが利用できる。今回、障害物の認識を行うツールとして超音波センサを利用する。

超音波センサの大きな特徴として材質や色の影響を受けない点、測定範囲が広い点が強みである。一方、応答スピードが遅く、測定距離が長くない点が弱みである。

ここで、今回提案する障害物回避システムにおいて、超音波センサがほかのセンサより優れている点を述べる。

まず、赤外線距離センサとの比較をする。赤外線距離センサは応答速度が速いので素早い計測が可能となるが、材質や色の影響を受けてしまう点や測定範囲が小さいといった問題がある。今回提案するシステムでは、白い壁のような障害物を回避することや多くの範囲からの障害物検知をするため、赤外線距離センサを利用しない。

次に、レーザ距離センサとの比較をする。レーザ距離センサは測定距離が長く、遠くの物体であってもすぐに検知することができるが、測定範囲は大変狭く、レーザの一直線上でしか検知できない。今回提案するシステムでは、定まった方向からの検知ではなく、多数の方向からの検知を行うため、レーザ距離センサを利用しない。

最後に、ドローンに搭載されているカメラセンサとの比較をする。カメラセンサは、1つのことに特化していないので様々な要素を判別することが可能であり、1度に検出要素を判別できるなど、非常に自由度が高い。一方、画像として映る最低限の明るさが必要であり、計測のための処理に時間がかかる欠点を持つ。カメラセンサは性能の面で超音波センサより良いが、検出方法やその処理によってコストの重量や、検出可能物体の制約がある。例えば、2値化及びRGB検出では、それぞれ物体の検知のみで距離の把握ができない点や、背景色に似た障害物や白い壁などの判別時に大きな影響が生じる可能性がある。以上のことから、カメラセンサを利用しないこととする。

### 3.4 システム全体の構成

本提案における全体方式を図1に示す。

まず、超音波センサで障害物を検知し、距離情報をその場で処理し距離値を導き出す。その算出した距離値を地上システムの方に送信し、受け取った距離値に応じて移動指示をドローンにする。そして、ドローンは移動指示に基づ

いた行動を行う。

従来のドローンの仕様は図1の下部分である地上システムで操縦して機体进行操作する方式である。機体进行操作するためには、機体から発するWi-Fiを用いて無線通信を行う。ここに、本提案であるセンサと距離値受信等を合わせることで、障害物回避システムのプロトタイプを構成することができる。

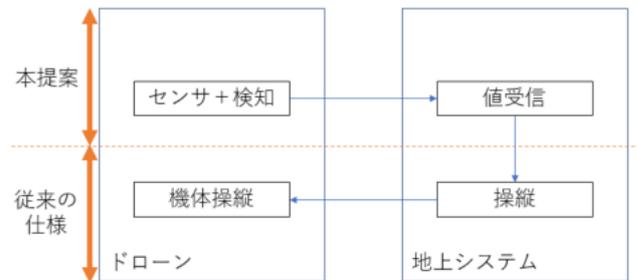


図1 本方式の概要

## 4. 提案手法の実装

超音波センサの配置図を図2、障害物回避のシステム構成図を図3にそれぞれ示す。

今回提案するシステムは、無線操縦するドローンが4方向からの障害物に対して自動的に回避するように、超音波センサを持つ基盤をドローン上に設置したものである。図2のように超音波センサをドローンの4つの足にそれぞれ装着して、物体が近づいてきたら、近づいてきた物体に対して反対方向に進み回避行動を行う。また、センサの数を増やすことで何方向にも対応できるようになる。

本システムは、超音波センサから得た距離値をPCに送り、回避行動を導くことでドローンの制御が決定する。しかし、PCの無線はドローン进行操作するために利用しているので、Wi-Fiモジュールと直接接続することができない。そこで、PCに有線接続されたアクセスポイントを経由することで2つの無線を併用することができ、PC側で仮想COMポートを開けておくとWi-Fiモジュールから距離値を受け取ることができる。

ここで、本システムの流れを説明する。飛行中のドローンは常に超音波を発しており、物体の検知をしている。超音波センサから得られた距離時間をArduinoに送信し、Arduino内で距離値を算出する。得られた距離値をWi-Fiモジュールに送信し、無線を用いてPC側のアクセスポイントに受け流す。アクセスポイントから有線接続されているPCに距離値を送信し、PC内で受け取った距離値をもとにドローンの回避行動を導き出す。最後に、Wi-Fiで接続したドローンに、回避行動に基づく移動コマンドを送信し、ドローンがその移動コマンドに基づく移動を行う。



図2 超音波センサの配置図

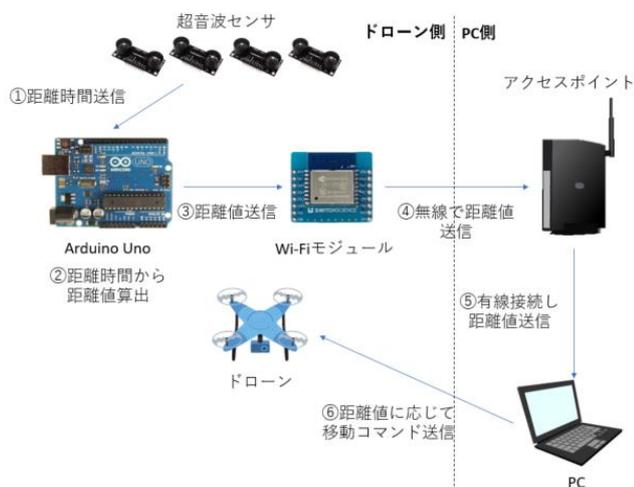


図3 障害物回避のシステム構成図

## 5. 考察

今回構築したプロトタイプ要件は、衝突検知、衝突回避、室内限定飛行である。

本研究の提案手法により、ドローンに近づいてくる障害物を、超音波センサを用いて検知して回避させることが可能であると確認できた。また、室内での実験飛行で白い壁にドローンを向かわせた結果、白い壁を検知して回避することが確認できた。

しかしながら、センサの距離値の信頼性、検知範囲における問題が確認された。

まず、センサの信頼性について考察する。超音波センサは超音波を送信し、モノに当たり跳ね返ってきた反射波が基準以上のレベルで受信するまでの時間をもとに距離を測定している。しかし、超音波は気温の変化でスピードが多少変わることが確認されており、今回のプログラムでは気温差による誤差まで考慮していない。また、障害物から跳ね返ってくる超音波が別のセンサに反応することがまれに起こる。センサの距離値が、まれに大きく異なる結果を生じるのだが、これは上記2点によるものだと考えられ、セ

ンサの設置場所を工夫する必要がある。

最後に、検知範囲の狭さである。この点は、センサの性能に大きくかかっている部分であるが、今回使用したセンサは、距離5cm～5m、角度が60度であり、早い障害物を避けるために必要な範囲を考慮できていないことが分かる。そのため、測定距離の長いセンサへの変更や数の増設による検知角度の増加が必要となる。

## 6. おわりに

本研究では、超音波センサと無線LANを用い、ドローン上に新たに設置するだけで障害物回避が行える障害物回避方式について提案し、その実装を行った。

今後の課題について、本提案システムが、外の環境下で実際に飛行回避可能かどうかを確認する必要がある。また、今後回避性能を増加させるにあたって、物理的な実装においては、より良いセンサへの変更、センサ数の増設及びそれに伴う増加重量を押さえる仕組みが必要となる。

制御の問題においては、センサが干渉しない限界の線を見極めるための実験や効率の良い回避方向やタイミングを計算したアルゴリズムを考えることで、よりよい障害物回避システムが出来上がると考える。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H02783 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) dJI “Phantom4”. (<http://www.dji.com/jp/phantom-4>) (2017.7.13).
- 2) Puku, “CV Drone 日本語版 公開 - Puku's Laboratory,” 27 10 2014. (<http://pukulab.blog.fc2.com/blog-entry-11.html>) (2017.7.17)