

鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システムの開発と評価

中島幸一^{†1} 清尾克彦^{†2} 北上眞二^{†3} 汐月哲夫^{†4} 小泉寿男^{†5}

鳥獣による農作物の被害額は年々増加している。光、音、花火を用いた威嚇装置の設置などの対策がされているが、効果が続かない。特に上空から飛来するカラスなどの害鳥による被害を受けないように常に監視し防除対策をすることは困難である。広大な面積の圃場、特に果樹園の上空全体をネットやワイヤーで覆うにも施工や材料費、維持費など非常にコストがかかる。本研究では鳥獣が出現する広大なエリアの被害を未然に防ぐために、昨今急速に普及している UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いている。本論文では、鳥獣被害対策の UAV に必要な要求仕様を示し、それを解決する監視・防除 UAV システムを提案する。本システムでは、監視カメラにより広範囲を常時監視しておき、鳥獣の侵入検知情報をもとに速やかに管理者に通知し出現エリア周辺を周回飛行させることで鳥獣を追い払う。本研究では安定飛行を重視した UAV の試作機を開発した。本研究では本システムを埼玉県内の葡萄園に適用して評価を行った。

Development of Unmanned Aerial Vehicle Systems for Monitoring and Prevention of Bird and Animal Damage and its evaluation

KOUICHI NAKAJIMA^{†1} KATSUHIKO SEO^{†2}
SHINJI KITAGAMI^{†3} TETSUO SHIOTSUKI^{†4} HISAO KOIZUMI^{†5}

The cost of damage to agricultural crops by birds and animals has continued to increase. Although countermeasures are taken by light, sound, and pyrotechnics in threatening devices, such devices do not have persistent effects. Particularly, damage prevention by constant monitoring of pest birds such as crows coming from the sky is difficult. Covering the entire sky above a broader area agricultural field, such as an orchard, with nets or wires needs enormous costs for installation, materials, and maintenance. It needs to prevent damage over wider areas where birds and animals appear. In this paper, at first we define the necessary specifications are made for unmanned aerial vehicles (UAVs) used for bird and animal damage countermeasures, and then we propose Unmanned Aerial Vehicle Systems for Monitoring and Prevention of Bird and Animal Damage. In this system, wider areas can be monitored at all times using cameras, and the detected bird and animal invasion information is notified promptly to a person responsible. Then the vehicle flies and hovers around the area of detection to expel birds and animals. In this study, we developed a test UAV with capability of stable flight. We applied the test UAV to a vineyard in Saitama Prefecture, and are evaluated it.

1. はじめに

近年、少子高齢化などの環境変化により就農人口が減少しているにもかかわらず鳥獣による農作物の被害額は年々増加しており平成 20 年度以降では、毎年およそ 200 億円を超える被害額となっている[1]。光、音、花火を発する威嚇装置や擬似鳥、カカシの設置による対策も効果が継続できていない[2]。応用動物行動学の観点からカラス、ムクドリなどに対して対策開始当初は効果があるが被害が及ばないとわかりすぐに慣れが生じてしまい効果の継続が難しいことがわかっている[3]。特に果樹園の収穫期において上空から飛来し果実への被害を受けることは営農意欲を減退させる。防護ネットやワイヤーで果樹園全体を覆うなどの対策もあるが面積が広く非常にコストがかかる。また台風などによるネットの破損など維持コストも大きい。広範囲を常に監視しておき鳥獣の出現を速やかに検知できることが求められる。飛来する害鳥の採餌行動にあわせて威嚇

行動をとり、これを繰り返すことで効果的に防除できる。近年用途が広がっているマルチロータ型 UAV による農業分野への応用が多く報告されている[4]。これらの適用分野は農作物への農薬散布、生育状態のモニタリング、樹木への水撒きなどがあるが鳥獣被害対策についてはほとんど報告されていない[5]。鳥獣対策としてはレーザーを使用したものの例が報告されている [6]。しかしマルチロータ型 UAV を用いた鳥獣対策の例は報告されていない。本稿では監視・防除 UAV システムを提案する。本方式では、果樹園に設置した監視カメラにより取得した連続画像をもとにフレーム間差分法を用いて 2 値変換した画像から変化量を判定し鳥獣の進入を検知する。上空を監視・防除 UAV が、ロータの回転音を発しながら飛行する。ロータの回転によって発生する風が果樹の葉を揺らし周回飛行することで広範囲にわたり効果的かつ効率的に威嚇できる方式であり提案は次の項目を骨子としている。

- ① 広範囲に渡る常時監視と通知機能の実現

^{†1} 株式会社コバルト
Cobalt Inc.
^{†2} サイバー大学
Cyber University
^{†3} 早稲田大学
WASEDA University

^{†4} 東京電機大学
Tokyo Denki University
^{†5} NPO 法人 M2M 研究会
NPO organization M2M Study Group

- ② ロータの耐故障性をもつ飛行安定性の実現
- ③ GPS による自立周回飛行機能の実現

本研究では、以上の機能を実現する試作機を製作し果樹園にて評価を行った。本稿では、2章にて鳥獣被害の現状と課題および、鳥獣被害対策のための監視・防除 UAV システムの要求仕様を述べ、3章にて要求仕様に対する監視・防除 UAV システムの方式について提案を行う。4章にて試作機の実装方法を述べ、5章にて評価と考察を行う。

2. 鳥獣被害状況と対策の課題および要求仕様

2.1 鳥獣被害状況と現状の対策および課題

農林水産省の報告によれば、野生鳥獣の農作物被害額は表 1 のようである。平成 25 年度にやや減少しているが、毎年およそ 200 億円を超える被害となっている。シカ、イノシシ、サルの被害が大きいが、カラス、ムクドリなどの害鳥による被害も毎年約 20% を占めている。収穫期の鳥獣被害は営農意欲の減退、耕作放棄地の増加等をもたらした被害額として数字に現れる以上に農業生産活動に深刻な影響を及ぼしている[1]。

表 1 鳥獣被害総額統計

Table 1 Total costs of damage in year by birds and animals

平成	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度
被害額	199	213	239	226	230	199

(単位：億円)

これまで国や自治体で主に実施されている対策を①～⑤に示す。猟銃による個体数の調整などについては猟銃を使う施工者の高齢化など人手不足が深刻な状況である。

- ① 個体数の調整 — 鳥獣捕獲による個体数の調整や防護ネットの設置
- ② 生息環境の管理 — 鳥獣のエサ場や隠れ場所の除去等
- ③ 被害防除 — 侵入防止柵の設置追い払い活動等
- ④ 担い手の確保 — 実施隊の設置促進
- ⑤ 鳥獣の利活用 — 捕獲鳥獣の食肉等としての利活用

これまでカカシの設置や金網、電気柵の設置など能動的な対策で害獣においてはある程度効果が得られているが害鳥においては上空から飛来するため効果的ではない[3]。防除ワイヤーやネットで果樹園全体を覆うには面積が広くコストがかかる。また台風や害鳥による破損など維持コストも大きい。応用動物行動学会の研究報告によれば、光、音（超音波など）、花火などの威嚇装置、カカシ、擬似鳥などによる能動的な対策も害鳥が「慣れる」ことにより有効な防除効果が得られにくいことがわかっている[3]。

2.2 鳥獣被害対策の課題

- ① 広範囲にわたる対象区域の常時監視の困難さ

果樹園の従事者の高齢化や人手不足もあり、広大な果樹園を常に監視しておき鳥獣被害を未然に防ぐことは困難である。果樹園を広範囲にわたり常に監視できることが求められる。鳥獣の侵入を検知したときには、速やかに管理者に通知できることが重要である。

- ② 鳥獣の生態を考慮した防除行動実施の困難さ

害鳥に対して光、音などのこれまでの威嚇装置は固定設置であり揺動するなどしても一定動作の繰返しではすぐに慣れが生じてしまう。特にカラスやムクドリなど害鳥は一般に認識されている以上に賢くカラスが知覚できる音域は人の可聴域よりも狭い。認識できる可視光の波長は紫外線を含むが、視力は、ひととたいしてかわらないため、これまでの装置では、恒常的な効果が続かない[2]。害鳥の行動や生態を考慮すると採餌行動を起こしたタイミングに合わせて防除行動を実施できることが効果的である[6]。

- ③ 進入検知に対し繰返し防除行動の必要性

進入を検知し速やかに防除行動を繰返し実施することで鳥獣に慣れが生じてしまわないようにすることができる。また、繰返し防除行動を実施することで、鳥獣に対して、対象の果樹園において採餌行動を起こすことは危険性を学習し縄張りを移動する認識させることができる[6]。

2.3 マルチロータ型 UAV の現状と課題

一般に普及しているマルチロータ型 UAV のロータ数の種類を図 1 に示す。マルチロータ型 UAV は複数のロータをもちロータの配置や数の組み合わせはさまざまである[7]。全体のコストや揚力の効率、制御機器の入手のしやすさから一般に普及しているロータ数の種類は 4 ロータ、6 ロータ、8 ロータタイプが多く見られる。コントローラの小型高性能化によりホビー用、産業用としても急速に普及しつつあり、特にマルチロータ型の普及が顕著である[4]。

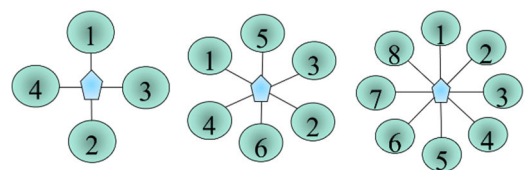


図 1 一般的な UAV のロータ数の種類

Figure 1 General UAVs classification by number of rotor

マルチロータ型 UAV は、一般に角加速度、ジャイロ、地磁気センサ、GPS アンテナなどを搭載しシングルロータ型ヘリコプタに較べ安定飛行制御がしやすい構造である。駆動モーターに直結したロータの回転数を制御することで推進や飛行姿勢を制御できる。構成する部品も比較的入手しやすく急速な普及を促し現在の法整備の遅れや操作者の技術面の未熟さによる落下事故についての報道が増えている[4]。

2.4 鳥獣被害対策用監視・防除 UAV システムの要求仕様

鳥獣被害対策に求められる仕様を満たすための監視・防除 UAV システムの要求仕様を以下の(1)~(3)に示す。

(1) 広範囲にわたる鳥獣の常時監視・通知機能の実現

鳥獣はいつ出現するかわからないため常時監視しておき、検知したことを速やかに通知できることが求められる。通知により採餌行動を起こしたタイミングに合わせて防除行動の実施が実現できる。

(2) GPS による自律周回飛行の実現

自立制御により周回飛行することで広範囲に防除効果を及ぼすことができること、操作を補助することで容易に運用できることがもめられる。現在の航空法では無人飛行機は、模型飛行機にあたり、産業用途として活用するために、法整備を進めている状況である。鳥獣の進入を検出し、自動で飛行できることが望ましいが、航空法の改正案において、飛行中は、周囲の状況を目視により常時監視ができることと明記される内容での法整備が進んでいる。全自動飛行する事例としては、いわゆるドローン特区の指定区域許可を受け実証試験する事例が報告されている[4]。本研究では私有地である果樹園での使用を前提とし、あらかじめ設定したルートで自立制御により周回飛行でき、果樹園の従事者の操作を補助できることが望まれる。

(3) 飛行安定性および運用安全性の実現

果樹園にて飛行させる場合、樹木や防除ワイヤーなど障害物の近くを頻繁に飛行することになりロータが接触して破損することも十分考えられる。ロータの故障時にも可能な限り飛行を継続可能であり安全を考慮した設計が求められる。

3. 鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システムの提案

本稿では前節で述べたような仕様を満たすためにマルチロータ型 UAV を鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システムとして用いることを提案する。

3.1 鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システム構成

システム構成を図 2 に示す。M2M システムは、デバイス、エリアネットワーク、ゲートウェイ、アクセスネットワーク、クラウドから構成される[8][9]。本システムにおいて、M2M アーキテクチャに基づきシステムを構成する。M2M エリアネットワークを構成することで監視カメラを増設や配置を変更するなど構成を柔軟に組むことができる。固定設置した監視カメラにより害鳥の侵入を検知すると M2M ゲートウェイを経由してインターネット上の M2M クラウドに検知情報を画像データとして蓄積する。クラウドサーバーアプリケーションにより接続している携帯端末にて鳥獣の進入を確認する。鳥獣の侵入を確認し監視・防除 UAV を飛行させる。あらかじめ設定されている緯度経度のルートで自立飛行するが、飛行時の周囲の状況は目視にて確認し、いつでも手動操作への切替えを可能とする。飛行した緯度経度情報は M2M ゲートウェイ経由で M2M クラウドに蓄積され過去の稼動状況を携帯端末により共有する。図 1 の 4 ロータタイプが、コストや揚力を効率よく得られるなどの特徴があるが 1 台でもロータの故障や外的要因により破損すると揚力を失い墜落してしまう。8 ロータ以上に増やし冗長化するとトータルの揚力は増えていくが機体重量が増加し電力消費の増加をまねき連続飛行時間が減少する。本研究では 6 ロータタイプの UAV を提案する。ロータの故障時には、故障を検出し制御により 4 ロータタイプとして飛行を継続する。

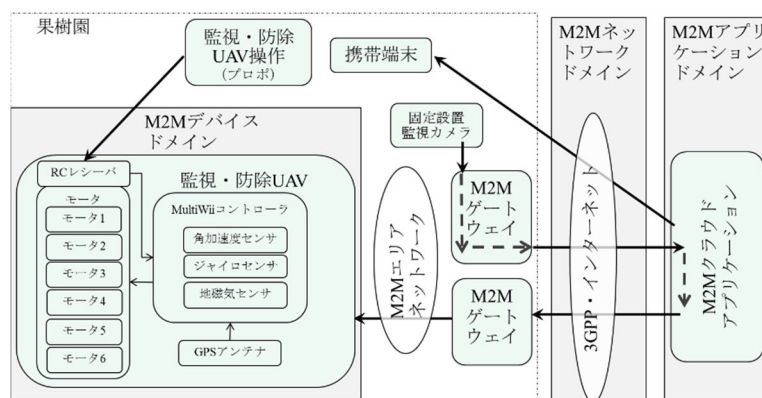


図 2 鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システム構成図

Figure 2 UAV Systems for Monitoring and Prevention of Bird and Animal Damage Diagram

3.2 鳥獣被害対策 監視・防除 UAV システムの要求仕様 に対する実現仕様

3.2.1 広範囲にわたる鳥獣の常時監視・通知機能の詳細

果樹園エリアに設置した監視カメラにより取得した連続画像をもとにフレーム間差分法を用いて2値変換した画像から変化量を判定し鳥獣の進入を検知する[10]. M2M ゲートウェイソフトウェア(グラウンドステーションという)から監視・防除 UAV に対し M2M エリアネットワークを介して発進信号を送るとあらかじめ設定した経路を飛行する[11]. GPS アンテナを搭載し、飛行位置の GPS 位置座標を受信しグラウンドステーションを M2M ゲートウェイとしてクラウドサーバーに送信してデータを蓄積する. 蓄積された位置データは稼働状況を示し携帯端末や PC にてインターネット経由で確認する.

3.2.2 自立周回飛行実現する 監視・防除 UAV システム構成

図2のM2M デバイスドメイン部に監視・防除 UAV の構成を示す. 以下の①～⑩にて構成される.

- ① 固定設置カメラ
カメラによりおよそ5秒間隔で画像をキャプチャーし害鳥の出現を観測する.
- ② M2M ゲートウェイ
固定カメラからの画像をキャプチャーする.
- ③ 3GPP ネットワーク網・インターネット
- ④ M2M クラウド
- ⑤ M2M エリアネットワーク
- ⑥ 飛行制御コントローラ
角加速度, ジャイロ, 地磁気センサなどの入力から飛行姿勢を制御する.
- ⑦ GPS アンテナ
GPS 情報から現在位置を取得する.
- ⑧ モーター
- ⑨ ラジコンプロボ送受信機
- ⑩ 飛行制御ソフトウェア
飛行制御コントローラに組み込まれ各センサ, GPS 情報から飛行制御処理を行う.

3.2.3 鳥獣被害対策 監視・防除 UAV の詳細

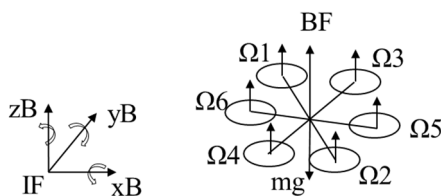


図3 監視・防除 UAV の概略モデル

Figure 3 Outline Model of UAV

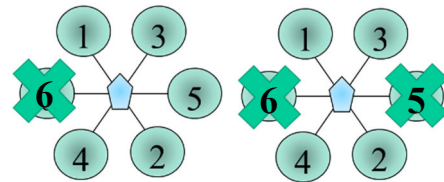


図4 ロータの破損時の状態と制御による飛行状態

Figure 4 Status of rotor failure and controlled pattern

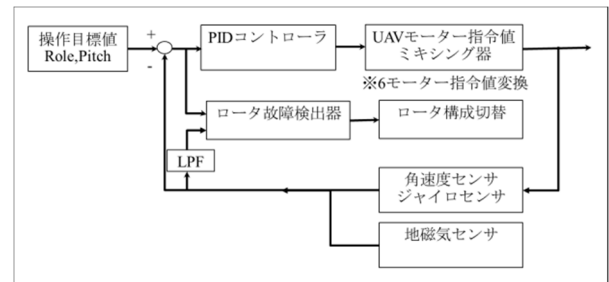


図5 ロータ故障検出アルゴリズム

Figure 5 Algorithm of the rotor failure

監視・防除 UAV の概略モデルを図3に示す. 監視・防除 UAV を慣性座標系 IF における x_B , y_B , z_B 軸まわりの回転制御と監視・防除 UAV の重心に固定した座標系である BF の位置制御により UAV の飛行を制御することができる[12][13]. 各ロータの推進力の合計を F_b とすると式(1), (2)が成立つ. このときが, ホバリングしている状態である. Ω_1 と Ω_2 , Ω_3 と Ω_4 , Ω_5 と Ω_6 をそれぞれ対にして回転方向を変えることにより z_B 軸周りの抗力を互いに打消し z_B 軸周りに回転しないように制御できる. 1 を重心からロータまでの距離, d をドラッグ係数とすると y_B 軸周りの角速度 (ロール動作) はロータの角速度 Ω_5^2, Ω_6^2 と $\cos 60(\Omega_1^2 + \Omega_4^2) - \cos 60(\Omega_2^2 + \Omega_3^2)$ によって発生し x_B 軸周りの角速度 (ピッチ動作) はロータの角速度の $\sin 60(\Omega_2^2 + \Omega_4^2) - \sin 60(\Omega_1^2 + \Omega_3^2)$ によって発生することを示している.

$$F_b = mg \quad (1)$$

$$F_b = \sum_{i=1}^6 \Omega_i^2 \quad (2)$$

x_B, y_B, z_B を各軸周りの回転方向とし通常稼働時の機体に発生するトルクを(3)~(5)式に示す.

$$\omega_x = \frac{\sqrt{3}}{2}(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \quad (3)$$

$$\omega_y = -\Omega_5^2 + \Omega_6^2 + \frac{1}{2}(\Omega_1^2 - \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \quad (4)$$

$$\omega_z = d\Omega_1^2 + d\Omega_2^2 - d\Omega_3^2 - d\Omega_4^2 + d\Omega_5^2 - d\Omega_6^2 \quad (5)$$

但し各変数を下記のとおりとする.

Ω_1 : ロータ1の回転速 (CW 回転)

Ω_2 : ロータ2の回転速 (CW 回転)

Ω_3 : ロータ 3 の回転速 (CCW 回転)
 Ω_4 : ロータ 4 の回転速 (CCW 回転)
 Ω_5 : ロータ 5 の回転速 (CW 回転)
 Ω_6 : ロータ 6 の回転速 (CCW 回転)
 F_b : 重心における $\Omega_1 \sim \Omega_6$ の推力加速度の合計
 m : UAV の質量
 g : 重力加速度
 l : 重心から各ロータまでの距離
 d : ドラッグ係数
 IF : 慣性座標系
 BF : 重心に固定した座標系

図 4 左図は 6 番ロータが故障した状態を示している。モーターや駆動アンプの故障、障害物との接触によるプロペラの破損によりロータが揚力を失うことは容易に考えられる。4 ロータや 6 ロータのタイプも通常は zB 軸(ヨー方向)まわりの回転バランスをくずし回転しながら上下反転し墜落してしまう。そこで破損したロータの位置を検出し飛行制御ソフトウェアによりバランスを維持可能となるように制御する。図 4 右図は、制御によって 5 番ロータを停止させ擬似的に 4 ロータにすることでヨー軸方向のバランスをとり飛行を継続することが可能である。

ロータ破損し飛行を継続している状態(図 4 右図)の機体に発生するトルクを(6)~(8)式に示す。

$$\omega_x = 1.2 \times \left(\frac{\sqrt{3}}{2} (-I\Omega_1^2 + I\Omega_2^2 - I\Omega_3^2 + I\Omega_4^2) \right) \quad (6)$$

$$\omega_y = 1.2 \times \left(\frac{1}{2} (I\Omega_1^2 - I\Omega_2^2 - I\Omega_3^2 + I\Omega_4^2) \right) \quad (7)$$

$$\omega_z = I d \Omega_1^2 + I d \Omega_2^2 - I d \Omega_3^2 - I d \Omega_4^2 \quad (8)$$

破損を検出するアルゴリズムを図 5 に示す。操作目標値と角速度、ジャイロセンサ、地磁気センサからのフィードバック値をローパスフィルタを通してロータ故障検出器に入力する。あらかじめ設定した閾値から判定し、故障判断する。故障と判断した場合は、ロータの構成を変更する。

4. 鳥獣被害対策用 監視・防除 UAV システムの機器構成の詳細と実装

監視・防除 UAV の構成図を図 2 の M2M デバイスドメイン部に示す。監視・防除 UAV、グラウンドステーション、M2M クラウドから構成される。監視・防除 UAV 構成部品表を表 2 に示す。

表 2 監視・防除 UAV 構成部品表

Table 2 Parts list of Monitoring and Prevention UAV

部品名	諸元
飛行制御コントローラ	CPU Crius 社製 ATMega2560-16AU 1 台 ・動作クロック 16Mhz ・3 軸ジャイロ・3 軸角速度センサ (MPU6050)

	・3 軸磁気センサ (HMC5883L) ・気圧センサ (MS5611-01BA03)
GPS アンテナ	Crius 社製 GN-06 (Crius 社製) 1 台
機体フレーム	DJI 社製 ・アッパーフレーム 1 枚 ・ローワーフレーム 1 枚 ・モーター固定アーム 6 本
モーター	RCTimer 社製 ・HP-4215 ブラシレスモータ 6 台
ESC モーターアンプ	RCTimer 社製 ・30A タイプ 6 台
プロペラ	RCTimer 社製 ・カーボンファイバー ・10 インチ ピッチ 4.5 6 枚
ラジコンプロポ (送受信機)	フタバ社製 2.4Ghz 帯 1 式
飛行制御ソフトウェア	MultiWii オープンソースソフトウェア
グラウンドステーション	MultiWii WinGUI オープンソースソフトウェア
M2M クラウドサーバー	PHP, データベースによる M2M クラウドアプリケーション



図 6 鳥獣被害対策 監視・防除 UAV 全体図
Figure 6 Overview of Monitoring and Prevention UAV

(1) 飛行制御コントローラ

飛行制御コントローラは CRIUS 社製の MultiWii AllinOnePro を使用している。Arduino 互換のボードで 3 軸ジャイロ、3 軸角加速度、3 軸磁気、気圧センサを搭載している。気圧センサにより飛行高度を認識することができる。飛行制御コントローラは、Arduino 互換ボードに 3 軸ジャイロセンサ、3 軸角加速度センサ、3 軸磁気センサ、気圧高度センサをワンボードに搭載しており飛行制御ソフトウェアには MultiWii を組み込む[14]。

(2) 監視・防除 UAV 本体

鳥獣被害対策用監視・防除 UAV 全体図を図 6 に示す。主に、GPS アンテナ、機体フレーム、モーター、ESC モーターアンプ、プロペラ、ラジコンプロポ (送受信機) から構成される。モータシャフト間の寸法は、対角で 550mm、高さは、約 135mm となっている。

(3) 飛行制御ソフトウェア

飛行制御ソフトウェアはオープンソースソフトである MultiWii をもとにしている[14]. Arduino 互換ボードに対応しており主に下記の①～②の機能追加を行った.

- ① 飛行高度を計測する超音波センサの入力
- ② ロータ検出およびロータ構成変更機能追加

一定の高度を安定飛行するために高度を検出する超音波センサを搭載した. ロータの故障による停止の検出および飛行時の水平バランスを保つように機能を追加実装している.

(4) グラウンドステーション

鳥獣被害対策 監視・防除システム UAV とは, Bluetooth にて通信しセンサ情報や気圧高度センサの飛行制御データの値および GPS 位置情報を約 30ms ごとに取得している. MW-WinGUI をもとにしている[11]. 飛行制御ソフトウェアの変更にあわせ超音波センサの入力をモニタ可能となるように変更した. センサの入力値をグラフィカルにアニメーション表示可能であり PID パラメータの設定や周回飛行を開始するトリガー信号の出力をする. 取得した GPS 位置情報はクラウドサーバーに M2M ゲートウェイを経由して送信する.

(5) M2M クラウドサーバー

クラウドサーバーは PHP 言語, データベースを用いて専用のウェブアプリケーションを構築した. 稼動した飛行位置座標, 日時情報をデータベースに蓄積している. 蓄積した飛行位置情報は Google マップ上にアイコン表示できる. PC や携帯端末のブラウザにて表示する.

(6) 固定設置鳥獣監視カメラ

鳥獣出現数を検出する機器は RaspberryPi2, USB カメラ, ソーラーパネル, 充電コントローラ, 12V シールドバッテリーから構成され入力映像のフレーム間の背景差分法により画像処理し鳥獣などの出現を検出している. 画像処理においては OpenCV ライブラリを用いて処理を記述している[15]. 固定設置鳥獣監視カメラの機器リストを表 3 に示す.

表 3 固定設置鳥獣監視カメラ構成機器リスト

Table 3 Parts list of bird detection camera

部品名	諸元
画像キャプチャーCPU	Raspberrypi2 ModelB
USB カメラ	iBAFFALO 製 BSW20KM11BK 200 万画素 画角 120°
ソーラーパネル	SY-M12W 12V/12W SUNYO 製
充電コントローラ	PV-1206A PowerTite 製
12V シールド充電バッテリー	WP1236W 12V 9Ah Long 製

5. 評価と考察

5.1 評価



図 7 実証試験場見取り図

Figure 7 Overview at assessment area



図 8 監視・防除 UAV 飛行の様子

Figure 8 Flight of Monitoring and Prevention UAV

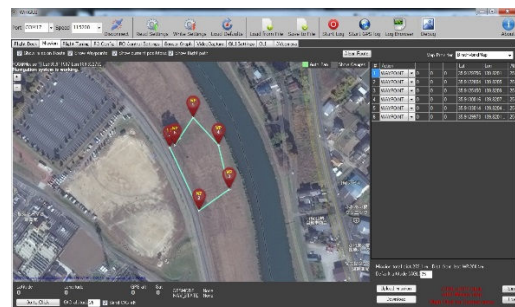


図 9 周回飛行設定画面

Figure 9 Display of setting way point

鳥獣被害対策 監視・防除 UAV システムを埼玉県内の葡萄園に適用し効果について試験を行った. 実験場の見取り図を図 7 に示す. 川の近くに位置し葡萄園の周りは防風林に囲まれている. 図 7 右上に位置する葡萄園近隣にある川沿いの周回飛行試験エリアにおいて繰り返し周回飛行の試験を実施した. その後害鳥の出現がみとめられる環境であるかについて固定カメラを設定して害鳥の出現を観測し, 監視・防除 UAV を飛行させた後の害鳥の出現状況の観測を行った.

実施した試験内容について, 以下の(1)～(3)に示す.

- (1) 周回飛行試験エリアにおける広域の自立飛行試験

川沿いでの周回飛行を実施した飛行している様子を図 8 に示す。果樹園を想定し樹木付近での飛行試験を繰返し行った。周回飛行の緯度・経度を入力しルートを設定している様子を図 9 に示す。あらかじめ設定した緯度、経度位置を周回飛行させた。

(2) 果樹園における鳥獣の出現状況の測定

出現状況のグラフを図 10 試験 2 の範囲に示す。試験場である葡萄園に固定設置鳥獣監視カメラを設置し主にカラスなど害鳥の出現状況を観測した。カメラにより取得した画像からの自動検出し一定数以上の出現を約 1 週間にわたり確認したところで飛行試験を行った。雨天の日など減少があるが、いずれの日も、害鳥の出現が認められる。

(3) 監視・防除 UAV を飛行後の鳥獣の出現状況の測定

監視・防除 UAV の飛行を行い、飛行実施以降の出現数を図 10 試験 3 の範囲に示す。害鳥の出現数が減少していることがわかる。今後継続して(1)~(3)を繰返し実施していく予定である。

監視・防除 UAV システムの機能仕様に上げた 3 項目の達成状況について以下の①~③に示す。

① 広範囲にわたる鳥獣の常時監視および検知、通知機能の実現について

M2M エリアネットワークを構築することでゲートウェイ経由にて M2M クラウドに送信することができ実現できた。害鳥の自動検出については、画像処理にて実現しており雲や木々などの風による揺動との判別が難しい。また、屋外での設置のため電源を太陽電池によりまかなっている。雨天が続いたときにバッテリーを交換して試験を継続した。

② GPS による自律周回飛行機能の実現について

あらかじめ設定したルートを GPS による位置座標をもとに自律飛行し、およその発進位置まで自動で帰還することは確認できた。しかし GPS の誤差の影響もあり発進した位置に正確には着陸できていない。また、安定飛行可能な時間は約 8 分であった。

③ 飛行安定性の実現についてはロータの故障検出および機能を追加実装することにより飛行を継続することができた。しかし故障が許容されるロータの位置は制限されている。また正常時の飛行において風などの外乱の影響を受けやすくなる場面がみられた。図 4 における 5 番および 6 番ロータの故障については検出できているがほかのロータについての故障検出が確実ではなかった。

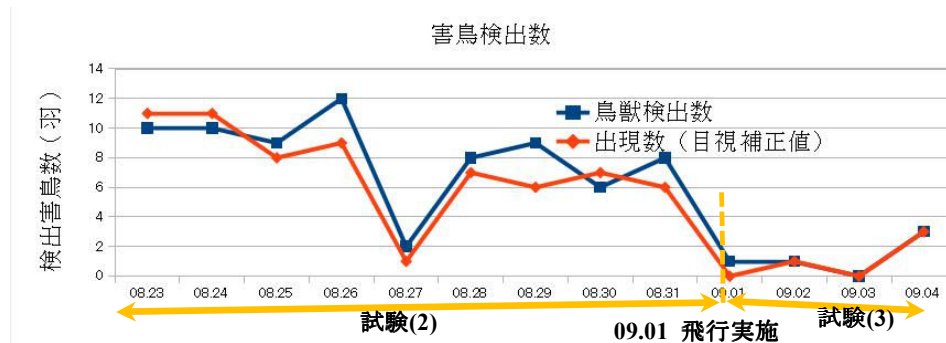


図 10 鳥獣出現数観測グラフ
Figure 10 Number of detect pest birds

5.2 考察

本研究では害鳥出現数を監視カメラにより自動での検出を試みたが、およそ 5 秒ごとに定期的な画像を記録しデータ回収後に目視にて鳥獣出現数を補正する必要があった。今後フィールド間差分法による画像処理のノイズ低減などさらに確実に検出できるようにする必要性を感じた。鳥獣の個体識別まではしていないが定位置における鳥獣の出現数を記録し効果について数値化して示すことができた。鳥獣は常に一定数以上出現している環境であり本研究における効果を示すには最適環境といえる。創造以上に鳥獣を追い払うことへの影響は大きいと考えられる。このことから鳥獣被害防止への応用については有効であるといえる。

今回の適用エリアにおいては飛行時間に要する時間は 8 分程度でも十分であったが、さらに広大な果樹園などでは、

さらに長い飛行時間が求められる。機体の軽量化やバッテリー容量を増すなどして長くすることは可能である。また繰返し稼働させるためには、バッテリーの自動充電や自動での交換できる機能が必要となる。

今後も本システムを繰返し稼働させ害鳥に慣れが生じてしまわないかについても継続的に検証していく。さらに忌避剤を噴霧する機器の搭載など開発を進める必要も考えられる。

周回飛行後に自動で発進位置まで正確に帰還できていない。GPS の位置精度に依存するため 5m 前後の誤差が生じてしまう。これを解消し着陸位置の精度をあげることでバッテリーの自動充電や交換できるようにし容易に繰返し発進可能となる。

今後は、監視・防除 UAV 自体にカメラを搭載し飛行し

ながらカラスを追尾するような機能を追加することにより害鳥に対してさらに強い防除効果を与えることができる。

また、M2M クラウドアプリケーションによりデータ解析処理を拡張し鳥獣の出現傾向を提示できるようなアプリケーションについても開発を進めている。

本研究では、果樹園に適用して試験をおこなったが、米や野菜を栽培する圃場への適用についても検討している。

6. まとめ

本稿では監視・防除 UAV システムに必要な要求仕様を示し、葡萄園にて飛行実験を行うことで防除効果の有効性について検証した。今後の課題として風や雨天など天候による影響を受けにくいようにすることがあげられる。また飛行時のロータの故障検出によりロータが故障してもすぐに墜落せず飛行を継続できることを確認できたが故障を許容できるのは特定の箇所に限定されている。今後は故障を許容するロータを限定しない機体の設計と飛行アルゴリズムの研究を進めていく予定である。

参考文献リスト

- 1) 農林水産省:鳥獣被害対策の現状と課題 平成 27 年 8 月,
http://www.maff.go.jp/seisan/tyozyu/higai/pdf/h27_08_06_meguji_zentai.pdf
- 2) 国立研究開発法人:農業・食品産業技術総合研究機構,鳥害研
修発表用資料 pp.7,
http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/wildlife/150205_kensyu_crow&bulbul.pdf
- 3) 高山耕二, 中村真紀子, 内山雄紀, 福永大悟, 赤井克己, 中西良孝:合鴨農法におけるカラス害防除に関する研究(予報), 日本
家畜管理学会・応用動物行動学会誌, Vol.44, No.1, pp.46-47, 2008
- 4) 河鐘基:ドローンの衝撃, 扶桑社刊, 2015 年刊
- 5) 経済産業省公表:日本ロボット新戦略 ロボット革命実現会
議,
<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf>
- 6) 古賀崇了, 内野英治:合鴨農法のための動画認識技術による
害鳥の行動分析と行動適応型防除システムの構築,
<http://www.taf.or.jp/report/27/index/page/P546.pdf>
- 7) 田原誠, 野波健蔵:マルチロータ型ヘリコプタの機体設計と 6
発ロータ機の開発, 自動制御連合講演会講演論文集 54(0), 223-
223, 2011
- 8) 清尾克彦:M2M (Machine to Machine) 技術の動向と応用事例
サイバー大学紀要第 5 号
- 9) 藤田隆史, 後藤良則, 小池新:M2M アーキテクチャと技術課
題 電子情報通信学会, 2013 年 5 月号記事,
<http://www.ieice.org/jpn/books/kaishikiji/2013/201305.pdf>
- 10) 手島知昭, 小沢慎治:フレーム間差分と 3 次元ラベリングを用
いた車両追跡 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2011)論文集
2011, 1617-1620, 2011-07-20
- 11) MW-WinGUI, グラウンドステーションソフトウェア,
<https://code.google.com/p/mw-wingui/>
- 12) 梅本和希, 池田拓也, 松野文俊:スライディングモード制御
によるマルチロータ型 UAV のロバスト追従制御, 計測自動制御学
会論文集 Vol.50, No.2, 170/176(2014) Pp2 2.1
- 13) Fogelberg, Johan: Navigation and Autonomous Control of a
Hexacopter in Indoor Environments (2013)
- 14) 飛行制御ソフトウェア MultiWii : <http://www.multiwii.com/>
- 15) OpenCV, 画像処理ライブラリ: <http://opencv.org/>