

飛行ロボットによる防除システムの構築

杉山静香[†]、洞内康行、新田益大、加藤清敬
 東京理科大学 工学研究科 電気工学専攻

1. 緒論

鳥獣の住処に近い農作地や空港では、農作物や飛行機に対する鳥獣による被害が後を絶えない。そこで被害の減少を目指し、小型ヘリコプタによる防除システムを構築する。このシステムの実現のためにシミュレーターを作成した。仮想空間中に鳥獣オブジェクト及びヘリコプタオブジェクトを作成し、以下のような挙動とした。ヘリコプタは指定領域内を巡回し、鳥獣の侵入時には追従し防除を試みる。この追従の動作には、比例航法を基本としたアルゴリズムを用いる。対する鳥獣は、ヘリコプタに追従されている間及び直後はヘリコプタの反対方向へ逃げ、そうでなければ範囲外から範囲内に侵入を試みる。

その結果、防除動作を確認できたので報告する。

2. 提案するシステム及びシミュレーションの構成

2.1 提案するシステム

今回、提案する防除システムの構成案を図1に示す。

通常(鳥獣が侵入していない)時には、指定領域内を巡回(パトロール)し、鳥獣が侵入してきた時には、追いかけることで指定領域外に追い出す。

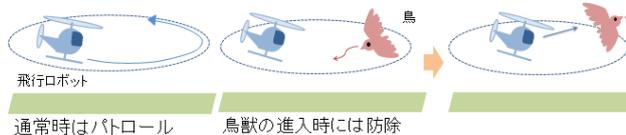


図1 防除システムの構成案

追従対象の鳥獣が指定領域から一定距離離れた場所まで行ったら、ヘリコプタは追従を止め、また指定領域内の周回に戻る。

この動作を繰り返すシステムとする。

2.2 システムの構成

ヘリコプタの挙動を決める Heli クラスと追従対象(鳥と設定)の挙動を決める Bird クラスとを作り、シミュレーションを実行、World クラスにて描写した。図2にそのクラス図を示す。

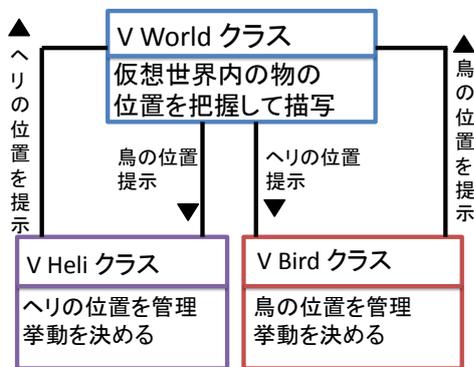


図2 シミュレーターのクラス図

Construction of the prevention and extermination system with a flight robot

[†]Shizuka Sugiyama, Tokyo University of Science

3.防除アルゴリズム

3.1 ヘリコプタの動作について

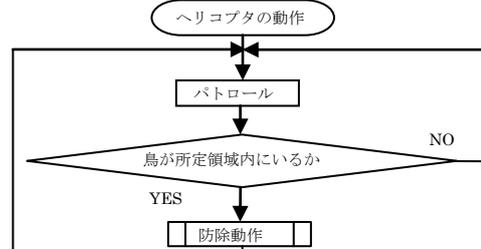


図3 ヘリコプタの動作のフローチャート

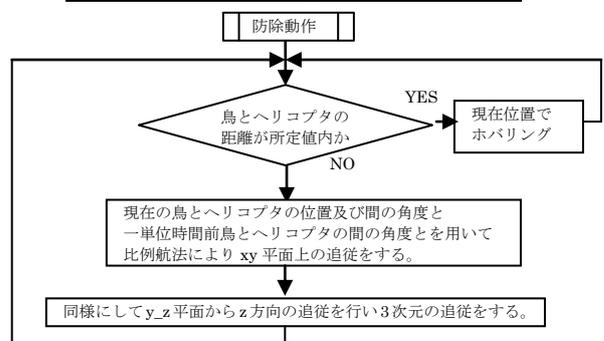


図4 防除動作のサブルーチン

図3,4に示したフローチャートに従ってヘリコプタの動作を設定した。ヘリコプタは常に防除対象(ここでは鳥と設定)の挙動を観測し、鳥が所定領域に近づいたら比例航法を用いたアルゴリズムにより追従、領域内から追い出す。防除動作が終了したら再び観測に戻る。

比例航法[1]とは目視線(二つの物体の重心を結んだ直線)が常に平行であれば二つの物体はやがて会合する軌跡を描くという現象を用いたもので、ある任意の時刻 t_0 に発生した目視線(基準目視線)と現在の目視線(瞬時目視線)の間に発生する目視線角の変化率を常に計測し、その変化率に比例した大きさで旋回量を制御することで、目視線角の変化率を0に近づける。この制御により目標体に対して会合するための軌道へ飛行体を常に乗せる。

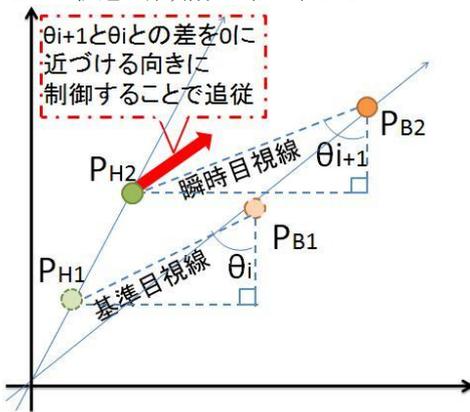


図5 比例航法を用いたヘリコプタの追従動作について

追従動作について図 5 に示す。ヘリコプタは位置 P_{H1} から P_{H2} へ鳥は位置 P_{B1} から P_{B2} へ移動し、現在それぞれ P_{H2} と P_{B2} にいるとする。ここで瞬時目視線は $P_{H2}P_{B2}$ に基準目視線 $P_{H1}P_{B1}$ になるので、その二つを平行とさせるよう θ_{i+1} と θ_i との差を 0 に近づける向きにヘリコプタを制御することで追従をしている。

ただし比例航法は最終的に会合することを目的とするが、ここでは追従することを目的とするため、鳥と所定値内まで近づいた場合には、ヘリコプタは一時的に追従を止まり衝突を防ぐ。

3.2 鳥の動作について

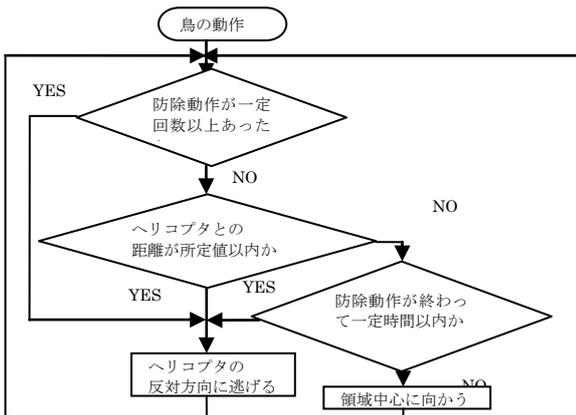


図 6 鳥の動作のフローチャート

図 6 に示したフローチャートに従って、所定領域への侵入を試みる鳥の動作を設定した。初期状態の鳥は防除領域への侵入を試みる。しかし、ヘリコプタに追従された(距離が一定値以内になった)場合には逃亡する。追従の終了後は、追従された時間に比例した時間は逃亡を続け、その時間が経過した後は再び侵入を試みる。また、一定回数以上(2 回と設定)追従された後は領域への侵入を諦めて去るとした。

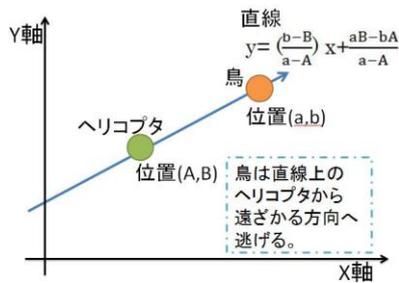


図 7 鳥の逃亡動作について

逃亡動作は図 7 のように xy 平面上では単位時間ごと鳥とヘリコプタの xy 位置を通る直線の傾きを割り出しヘリコプタとは反対の方向に、z 方向は一定以下の高度で上方方向に逃亡する。

4. シミュレーション実験

4.1 実験方法

防除対象とする防除領域、その外側に防除中でない際にヘリコプタが周回する周回領域、さらに外側に鳥の侵入時にはヘリコプタが鳥の存在に気付き防除を開始する警戒領域を見立て、その領域に対するヘリコプタ(鳥の 1.2 倍の速度と設定)の防除動作をシミュレーションした。鳥が単体の場合と複数(2 羽)の場合について行った。複数の場合、片方の防除中にもう片方も警戒領域に侵入した時には、先に防除していた方を優先的に防除対象とするとした。

4.2 実験結果



図 8 ヘリが鳥の侵入に気付き追いかける図

単体の鳥に対して防除動作をする様子を図 8 に示した。

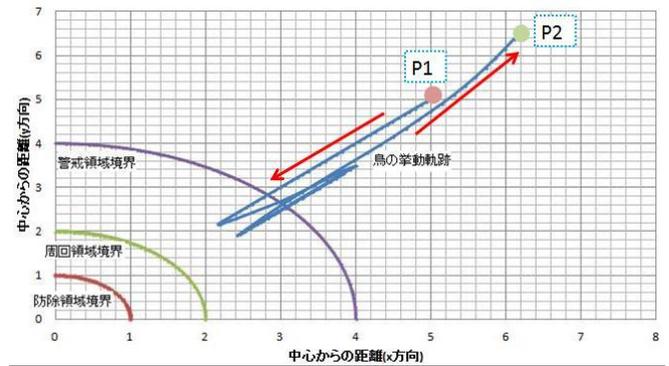


図 9 単体に対する防除シミュレーション結果

単体の鳥に対する防除シミュレーションの結果を図 9 に示した。鳥が初期位置 P1 から領域への侵入を試みた後、防除動作により位置 P2 へ去った様子を記録した。

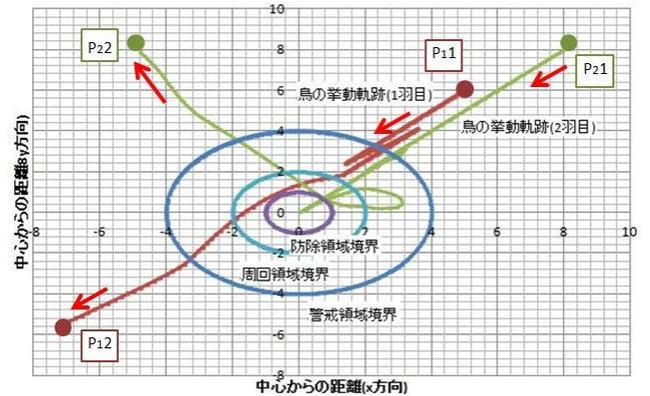


図 10 2羽に対する防除シミュレーション結果

複数の鳥に対する防除シミュレーションの結果を図 10 に示した。鳥が初期位置 P_{11} 及び P_{12} から侵入を試みた後、防除動作により位置 P_{21} 及び P_{22} へ去った様子を記録した。

4.3 考察

単体の鳥による防除領域内への侵入を防ぐことができることが図 9 より示された。しかし複数羽の鳥による場合には、2 羽の訪れるタイミングが同じになってしまうと侵入を回避することは難しいことが図 10 より示された。

5. 結論

ヘリコプタによる領域への防除システムの動作案についてのシミュレーションを行い、実行することができた。

考察に示したように、設定した挙動であれば単体の鳥の防除はおおよそ成功するが、複数に対する防除は難しいことが多い。そこで、それらに対する対策を考える必要がある。また、今のヘリコプタの挙動には無駄な動作があるので動きの最適化を目指す。

参考文献

[1] 江口弘文: MATLAB による誘導制御系の設計, 東京電機大学出版局, (2004)