

薬剤散布用無人航空機教習システム

Yamaha Academy Simulator

Yamaha Academy Simulator Agrochemical Spraying Unmanned Aerial Vehicle Training System

菊地 正典 太田 博康

Abstract

In 1987, Yamaha Motor launched the Yamaha R-50 Aero Robot industrial-use unmanned helicopter. The R-50 was the world's first fully-fledged agrochemical spraying unmanned helicopter with a 20kg payload^[1]. Since the release of the R-50, Yamaha Motor has conducted flying technique and safety guidance with the aim of greater popularization of industrial unmanned aerial vehicles. Part of this program is practical training in the operation of industrial-use unmanned helicopters.

The training workshops use both the R-50 and full-scale petrol engine-powered production radio-controlled helicopters. Furthermore, commercially-available simulation software for radio-controlled helicopters was introduced into the training program. However, the difference in operating methods between radio-controlled helicopters and industrial-use unmanned helicopters made skill acquisition difficult. To solve this problem, a flight simulator was developed in 2014 for the FAZER launched the previous year to provide a full replacement solution for radio-controlled helicopters. Provision of practical training using the flight simulator as well as actual unmanned helicopters also began.

With the launch of the YMR-08 industrial multi-rotor drone (Figure 1) in 2018, Yamaha Motor developed the Yamaha Academy Simulator agrochemical spraying unmanned aerial vehicle training system based on the knowledge gained from practical workshops using the FAZER flight simulator. This system is dedicated to the YMR-08, but its use is planned to be expanded to other products such as the FAZER R in the future.

This report introduces the Yamaha Academy Simulator.

1 はじめに

1987年、ヤマハ発動機は、産業用無人ヘリコプターであるエアロロボット・ヤマハ「R-50」の販売を開始した。R-50は、ペイロード 20kg を有する本格的な薬剤散布用無人ヘリコプターとして、世界初の製品である^[1]。R-50 の販売開始以来、ヤマハ発動機は産業用無人航空機の普及を目的に、操縦技術・安全運航の指導を行ってきた。その一環として、産業用無人ヘリコプターの教習を行っている。

教習の内、技能教習は市販のエンジン付きフルスケールのラジコンヘリコプターと「R-50」等の実機を用いて行われてきた。その後、ラジコンヘリコプター向けの市販シミュレーションソフトの利用が普及してきたが、産業用無人ヘリコプターとラジコンヘリコプターの機体制御の方法が全く異なることから操縦性に違いがあり、技能習得を難しくしていた。それらを考慮し、2014年、ラジコンに成り代わる存在として、前年に販売を開始した FAZER のフライトシミュレータを開発し、フライトシミュレータと実機を用いた技能教習を開始した。

2018年、ヤマハ発動機は、産業用マルチローターであ

る「YMR-08」（図1）の販売を開始するにあたり、FAZER のフライトシミュレータを用いた技能教習から得られた知見を元に、薬剤散布用無人航空機教習システム「Yamaha Academy Simulator」を開発した。本システムは、YMR-08 専用となっているが、今後 FAZER R など他製品への展開を予定している。

本稿では、Yamaha Academy Simulator を紹介する。



図1 YMR-08

2 開発の狙い

技能教習の充実を達成するために、Yamaha Academy Simulator には以下の 3 点が必要であると考えた。

- 実際の圃場で薬剤散布をしていることがイメージできる視覚情報の提供
- インストラクターの負荷低減のための教習の半自動化
- 機体操縦データの可視化・記録と教習への応用

これらの達成を目標に開発を進めた。

3 開発の取り組み

Yamaha Academy Simulator の特徴を、2 章で述べた開発の狙いの各項目に沿って説明する。

3-1. 実際の圃場で薬剤散布をしていることがイメージできる視覚情報の提供

3-1-1. ビジュアル表現のリアリティ向上

FAZER のフライトシミュレータでは、それを動作させる当時のコンピュータの性能に制約され、圃場や周辺の環境を簡素にせざるを得なかった。しかし、昨今のコンピュータの性能向上により、日々表現力が向上している。それにより、今回追加できたものを以下に示す（図 2）。



図2 リアリティを増した圃場

- 風に反応する稲

実環境で薬剤散布をするとき、オペレータは無人航空機の位置や散布範囲を、ダウンウォッシュ（ローターが発生させる下向きの気流）で倒れる稲から推測している。FAZER のフライトシミュレータでは、機体の真下に影を表示することでそれを代用していた。ただ、実環境において、機体の真下に影が出る状況は非常に限られる。本システムでは、稲

を複数の葉で構成し、風に反応するように見せることで実環境と同じようにダウンウォッシュによって倒れる稲から機体位置を判断することができるようになった。これによってよりリアリティを増すことができ、実環境への移行を円滑にした。

- 圃場脇オブジェクトのバリエーション拡充

圃場脇の物体（電線・木・小屋など）は、無人航空機が衝突する可能性があり、圃場との位置関係によっては、飛行ルートの制約となり得る。オペレータは、無人航空機と圃場脇の物体との位置関係に常に気を配る必要がある。

圃場脇の物体は薬剤散布の難易度に繋がるため、仮想空間内においてその数や種類にバリエーションを設けたことで、様々なタイプの圃場を想定した教習ができるようになった。

3-1-2. 監視ナビゲータの配置

薬剤散布は一人のオペレータと複数人のナビゲータの計二人以上により行われる。ナビゲータは、無人航空機が圃場端を越えたかどうかを判定し、オペレータに伝える役割を持つ。本システムでは、仮想空間内にナビゲータを配置することで、実際の散布作業に必要な判断力を養えるようにした（図 3）。



図3 ナビゲータ

3-1-3. 緊急時教習機能の追加

突風・バッテリー切れ・機体の故障などの緊急事態の中には、実機では意図的に発生させられないものもある。それらを仮想空間内で発生させ、関連法規等に準拠した安全基準を網羅できる対処方法を学習・練習できるようにした（図 4）。それにより、運用中に発生し得る緊急事態に対し、落ち着いて対処できるスキルを身に付けることが可能となった。

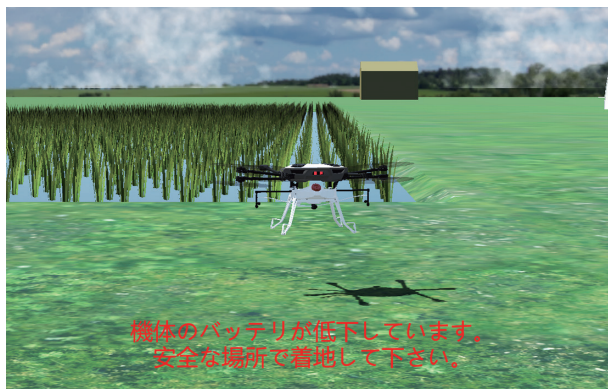


図4 緊急事態の発生

3-2. インストラクターの負荷低減のための教習の半自動化

教習生に、よりパーソナライズされた教習を行うためには、まず現状インストラクターに掛かっている負荷を低減する必要がある。そのために、インストラクターにより行われる教習のうち、頻出するものを自動化した。

3-2-1. 習熟度に応じて提供される教習プログラム

インストラクターは教習生に、習得が容易な操縦から順に教習し、所望の習得度合いに至らなかった場合、再度教習を行う。Yamaha Academy Simulatorはこの作業を自動化した。教習を難易度によってレベル別に分割し（図5）、教習の修了条件を満たすか否かは、各教習の達成度合いに応じて自動的に判定される。これらの自動化により、インストラクターが教習生に付きっきりでいる必要がなくなり、インストラクターの負荷が低減されたことに加え、教習生は決められた順序で効率よく習熟が可能となった。



図5 レベル別の教習

3-2-2. 直感的に理解できる移動経路の表示

単純な操縦の教習では、移動目標を表示するだけで、操縦の過程が教習生にも自明である。一方で、薬剤散布の教習では、無人航空機に複合的な動作をさせるため、操縦の過程が自明でない場合も少なくなく、教習生への移動経路の説明が必要になる。そこで本システムでは、インストラクターが教習生の前で操縦を実演するように、ゴースト（半透明の機体）による移動例を表示することで、直感的に理解できる仕様とした。

また、ディスプレイでは無人航空機との距離感（特に奥行き感覚）が掴みにくいという課題があった。薬剤散布の教習では操縦者から離れる方向に50~100m移動する。目標地点に何か物体を表示するだけでは、どちらがどれだけ手前にあるかなどの、目標地点と無人航空機との相対的な位置関係が分かりにくいことがある。そこで、目標地点に近付ける操縦例を表示することで、ディスプレイによる距離感の喪失を補った（図6）。

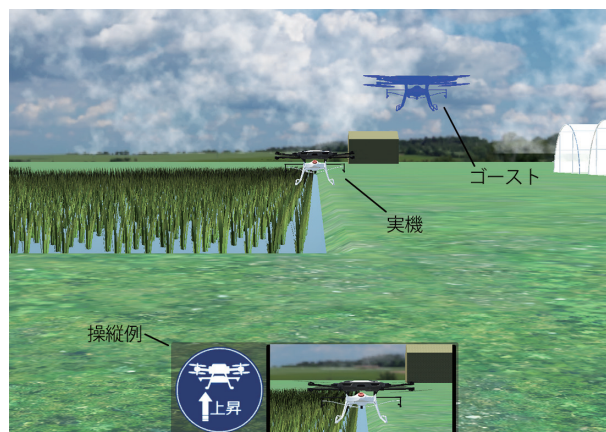


図6 教習画面の一例

3-3. データの可視化・記録と教習への応用

3-3-1. インストラクター用画面への機能追加

教習生に適切に教習するためには、インストラクターは教習生の画面からは得られない情報を必要とする。具体的には、無人航空機の位置の軌跡・姿勢・速度・送信機（プロポ）の入力・散布範囲などがある。教習生のディスプレイとは別のディスプレイに、それらをインストラクター用画面として表示した（図7）。仮にインストラクターと教習生が離れた場所にいたとしても、インストラクターは画面を見ることで、教習生が操縦した無人航空機の状態を詳細に観察し、より適切なアドバイスができるようになった。



図7 インストラクター用画面

3-3-2. 受講データの指導への利活用

インストラクター用画面に表示する機体情報や操縦実績などの全ての情報は、逐次保存される（図8）。インストラクターは教習終了後にそれらを確認することで、教習中に気付かなかった点についても、次の教習でフィードバックすることが可能となる。

また、教習の受講履歴（順番・時間・回数など）も保存している。ある教習を何回も受講していたり、終了までに時間が掛かっていたりすることが分かれば、教習生からの質問の有無に関わらず、インストラクターから詳細な説明を行うことが可能となった。

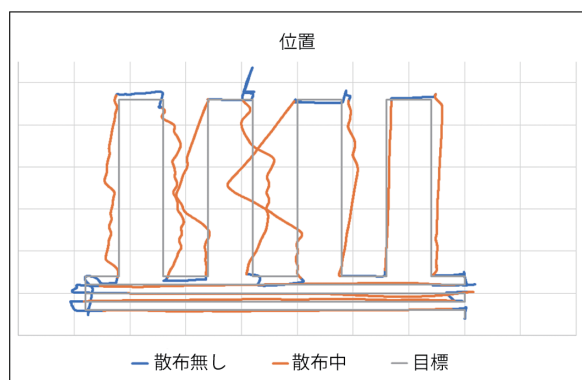


図8 受講データ(飛行経路)

航空機の安全な運航に寄与できるよう、より一層の技能教習の充実に努めていく。

参考文献

[1] R-50 (L09) / エアロボット・ヤマハ <https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/heli/history/r-50-l09.html> (参照2018-9-5)

著者



菊地 正典
Masanori Kikuchi
ヤマハモーター
エンジニアリング株式会社
制御開発部



太田 博康
Hiroyasu Oota
ヤマハモーター
エンジニアリング株式会社
制御開発部

4 おわりに

今回、産業用マルチローター「YMR-08」の販売開始にあたり、技能教習で使用するフライトシミュレータの刷新を図った。コンピュータの性能向上やデバイスの進化によって今回搭載することができた各種機能の充実により、現実と見紛うような体験を提供できるようになりつつある。最新の技術と技能教習で得られた知見を取り込みながら、産業用無人