



従来の航空機と無人航空機の間にも、有人無人両用機 (OPV) と呼ばれる第3のカテゴリが存在します。これは、状況に応じて有人でも無人でも飛行が可能な航空機です。韓国航空宇宙研究院 (KARI) は OPV の開発において、dSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータをベースにしたテストベンチによるラボでの飛行シミュレーションを実行することにより、OPV の飛行制御システムをテストしています。

テスト飛行中の機内。dSPACE シミュレータを使用して、航空機の完全な飛行前シミュレーションをラボで実施しています。



有人無人両用機 (OPV) の
開発

With or Without a Pilot

OPVを使用する理由

OPVを使用する利点は、パイロットによるその場の状況に応じた判断が不要なため、搭乗員がいなくても飛行任務を容易に遂行できる点にあります。OPVの典型的な使用例としては、単調かつ長期間にわたる観測ミッションなどが挙げられます。OPVでは、パイロットが搭乗していない場合でも自律的かつ安全に飛行するための非常に成熟した(多重冗長型の)飛行制御システムが必要となるのは明らかです。KARI

では、そのような飛行制御システム向けのアルゴリズムを開発しています。

現実的な飛行シミュレーション

OPVの飛行制御システムはテストベンチでの試験(つまり、ラボでの仮想飛行)に基づいて開発されています。そのため、適切なMATLAB®/Simulink®モデルを開発する必要があります。KARIでは、仮想飛行と実際の飛行との差を少なくするため、フライトダイナミクスモデルの妥当

性確認を飛行テストデータを使用して行いました(図1)。

また、パイロットのトレーニングのため、飛行だけでなく、離陸、着陸、飛行場での地上走行もシミュレートしました。仮想飛行は、スコールなども含むさまざまな気象条件下で行う必要もありました。また、すべての自動飛行制御規則の妥当性確認については、妥当性を確認済みのフライトダイナミクスモデルを使用してHILシミュレーションで確認し、調整を行いました。

「dSPACEシミュレータに基づくテストステーションを使用すれば、航空機を実際に飛行させずに飛行制御システムのすべての機能をテストすることができます」

Dr. Hyoung-Sik Choi, KARI

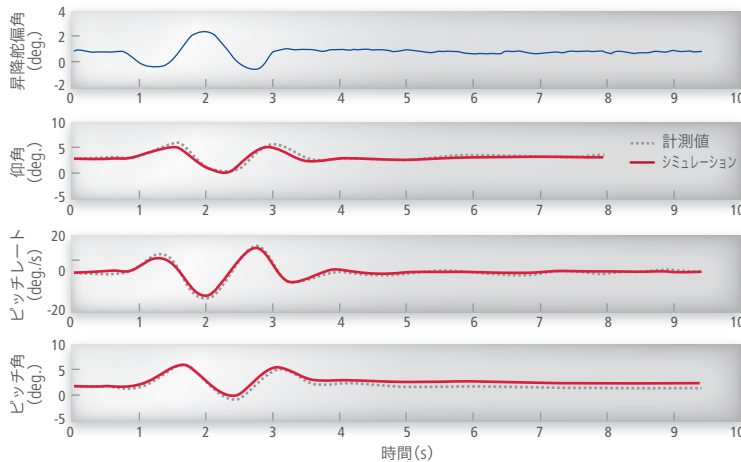


図 1：飛行テストデータを使用したフライトダイナミクスモデルの妥当性確認
(青：昇降舵入力、赤：進行方向の反応)

このような事前のシミュレーションの結果、実際の無人飛行テストでは特別な調整は発生しませんでした。仮想飛行の場合と比べても、実際の飛行動作はほぼ同じでした。

ラボでの仮想テスト飛行

飛行シミュレーションのテストには、dSPACE システムが使用されました。このシステムは、飛行操作と関連するセンサの値を計算する DS1006 Processor Board を搭載した HIL (Hardware-in-

the-Loop) シミュレータで構成されています。シミュレータは、航空機に搭載された飛行制御システムにさまざまな I/O ボード経由で接続されています。シミュレータは、航空機の位置 (GPS データ)、飛行方向に対する相対的な姿勢、および加速度などを示すセンサの値を計算し、RS232 経由で飛行制御システムにデータを送信します。飛行制御システム側では、このデータを使用して航空機の操縦翼面を調整し、あらかじめ計画された経路に沿って機体を誘導します。操縦翼面の位置は

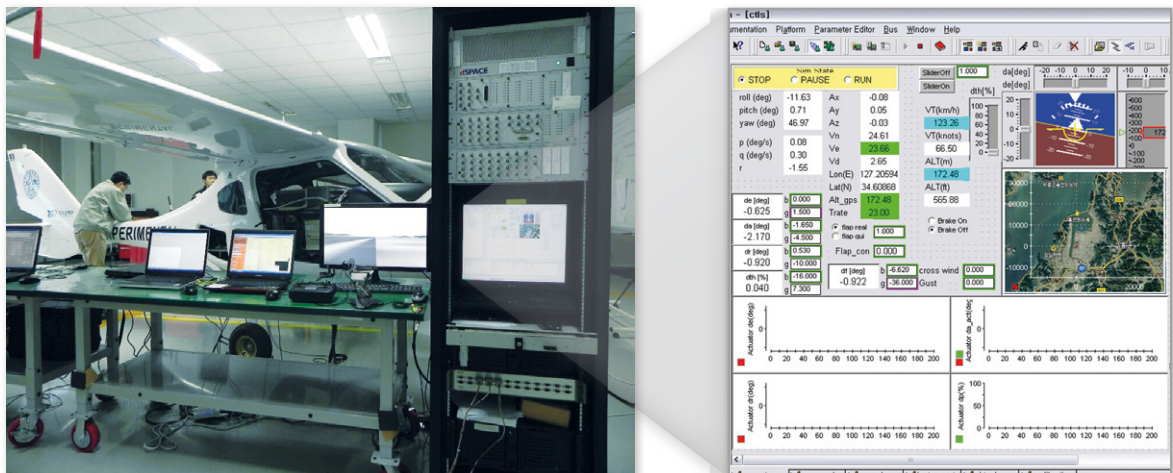
dSPACE シミュレータに返され、機体の飛行動作を制御します。すべての実験は、テストおよび試験用ソフトウェア dSPACE ControlDesk から制御され、監視されます。ControlDesk は、風などの試験条件を操作したり、任意の欠陥を挿入することで飛行制御システムがどのように反応するかをテストします。一般に挿入される欠陥はセンサやアクチュエータの故障、断線などです。

このシステムにより、航空機をラボから外に出すことなく総合的で完全なテストを実行することが可能になります。また、このアプローチを使用することで、実機のテスト飛行回数を大幅に減らすと同時にシステム全体の信頼性を向上させることができます。

無人テスト飛行

航空機は既に最初のテスト飛行で、スティックオフト、ノブオフト、ロイタリングおよびポイントナビゲーションなどのすべての自動飛行モード (表 1) が含まれたテスト飛行に成功しています。飛行制御システムでは、自動的にパイロットスティックの位置を計算して航空機を誘導します。正確なフライトダイナミクスモデルを使用し、dSPACE HIL システムによるテストを飛行前に実施した結果、無人テスト飛行では特別な調整は発生しませんでした。OPV の飛行制御アルゴリズムの開発は、

図 2：dSPACE シミュレータは仮想テスト飛行をラボで実行します。テストおよび試験用ソフトウェア dSPACE ControlDesk (右側に表示) は、すべての実験を監視し、欠陥を挿入するために使用します。



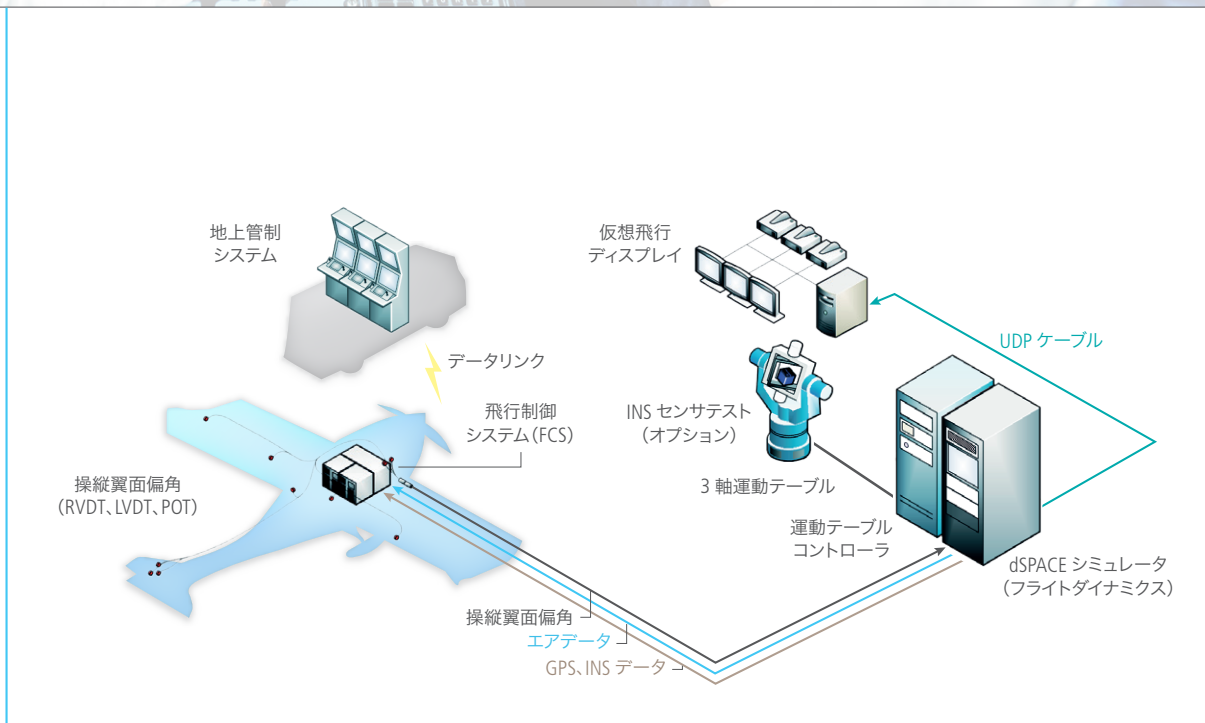


図 3 : ラボ内の設計の概略図。航空機をラボから外に出さなく広範囲のテストシナリオを実行することができます。

モデルベースの開発プロセスを使用することにより、低コストかつ非常に短期間で行えます。また、dSPACE ツールは MATLAB/Simulink 環境と親和性が高いため、モデルベース開発の作業が極めて容易です。また、機能ライブラリを使用できるということは、既存の知識の再利用により時間を節約できるということであるため、非常に便利です。 ■

Dr. Hyoung-Sik Choi,
Sugchon Lee 氏, KARI

スティックオートモード	このモードではスティックコマンドは姿勢コマンドであり、マニュアルモードより安定しています。このため、航空機の姿勢(ピッチ、ロールおよびヨー)はパイロットスティックコマンドに追従します。それに対し、マニュアルモードではスティックコマンドは操縦翼面制御コマンド(昇降舵、補助翼、方向舵など)です。
ノブオートモード	このモードでは、内部パイロットがノブコマンド(高度、対気速度、機首方位またはロール)を送り、航空機はノブコマンドに追従します。
ロイタリングモード	パイロットがロイタリングモードにロックすると、航空機はロイタリングモードが解除されるまで旋回を続けます。
ポイントナビゲーション (NAV) モード	パイロットがポイント NAV モードにロックすると、航空機は与えられたターゲットポイントに向かって飛行します。ターゲットポイントを通過した後は、航空機はポイント NAV モードが解除されるまでロイタリングを続けます。

表 1 : OPV を実行できるさまざまな自動飛行モードの一覧。

図 4 : 地上管制局は航空機にコマンドを送信して航空機の全計器を表示します。仮想 3D グラフィックにより仮想コックピットが表示されます。コックピットのカメラが故障している場合に、航空機の状態を監視できます。



Dr. Hyoung-Sik Choi
飛行制御チーム 首席研究員、
KARI (韓国航空宇宙研究院)、
大韓民国、テジョン

Sugchon Lee 氏
飛行制御チーム 首席研究員、
KARI (韓国航空宇宙研究院)、
大韓民国、テジョン

