

飛行場管制訓練システム

Aerodrome Control Training System

要 旨

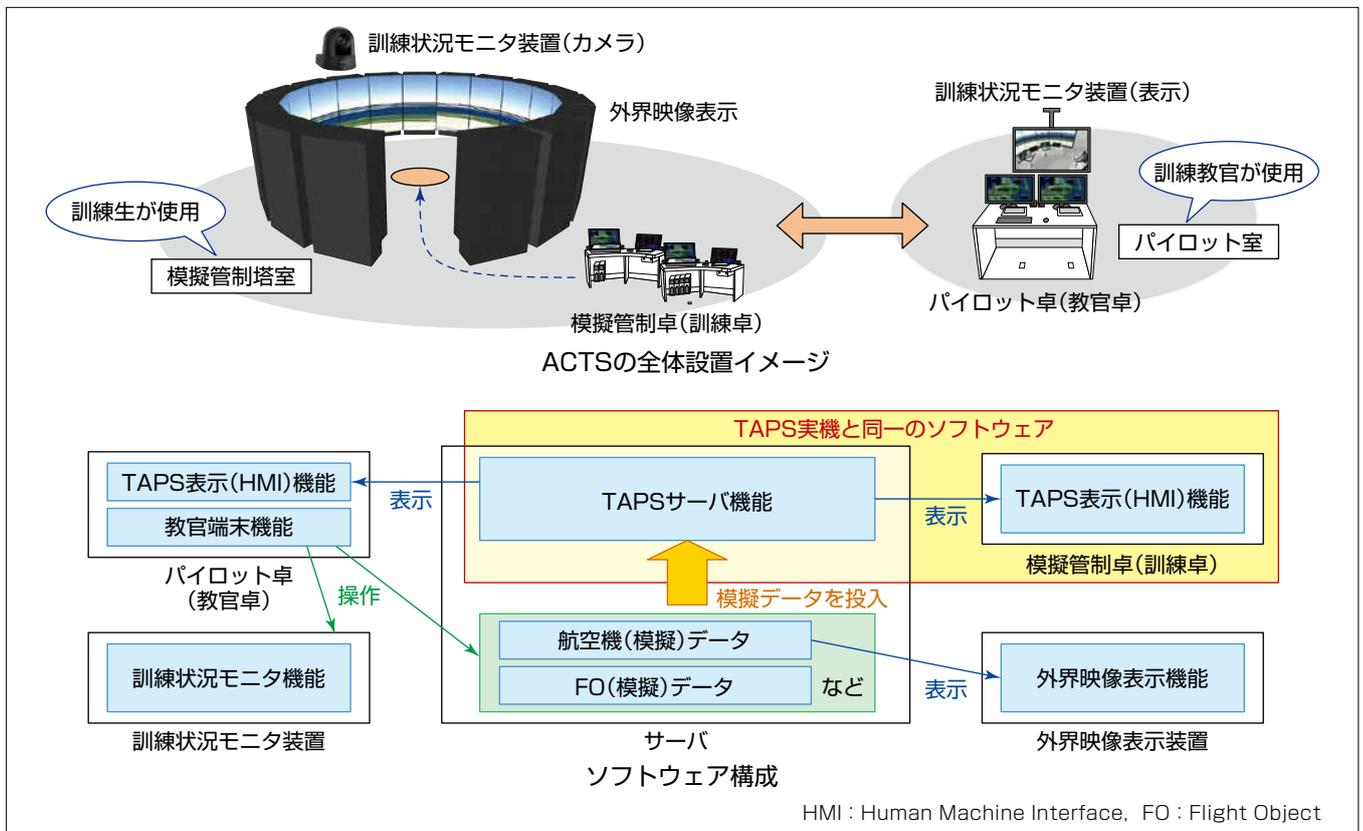
飛行場管制訓練システム(Aerodrome Control Training System : ACTS)とは、飛行場管制業務を行う航空管制官の技能習得と技能向上を支援する訓練シミュレータである。管制業務は、安全かつ円滑な航空交通を確保するために、航空機に対して指示を与える業務である。近年増加する航空交通流への対応として、より高度な航空管制が求められる、管制支援システムの利用が不可欠になっている。三菱電機では、空港管制処理システム(Trajectorized Airport traffic data Processing System : TAPS)の開発・製造を行っている。

ACTSは、飛行場面や周辺風景をバーチャルリアリティで大型ディスプレイに表示して管制塔からの視界を模擬す

る機能(外界映像)や、TAPS実機同等の模擬管制支援システムを備えており、リアルな飛行場管制業務の訓練が可能である。航空管制官は訓練を恒常的に行っており、ACTSはその効率的な訓練実施に貢献している。

当社は、TAPSの供用開始に合わせて、東京国際空港(羽田空港)及び成田国際空港(成田空港)向けに、ACTSの開発及び納入を行った。また、那覇空港には、新滑走路建設及び新管制塔の整備に合わせてACTSを納入した。

今後も航空交通量の増加や滑走路増設などの新たな設備の整備に伴って、飛行場管制業務が複雑化する空港は増加すると考えられ、ACTSはそのような空港の業務を支援する重要な役割を担うことが期待される。



ACTSの全体設置イメージとソフトウェア構成

管制塔視点の飛行場面や周辺風景の外界映像を表示する大型ディスプレイを円形状に設置し、管制塔内部を再現する(模擬管制塔室)。模擬管制卓(TAPSの表示装置等)は、模擬管制塔室内に設置され、訓練生が使用する。訓練教官は航空機のパイロット役として、模擬航空機の操作や、訓練生との音声通信等を行う。航空機・FO(フライト情報)等の複数の模擬データを、TAPS実機と同一ソフトウェアで処理・統合して表示する。

1. ま え が き

航空管制は、航空機の安全かつ円滑な運航を行うために、主に地上から航空交通の指示や情報を航空機に与える業務である。これを支援するために、管制支援システムが導入されており、管制官等に支援情報が提供されている。当社はTAPS開発及びTAPSの前身システムであるターミナルレーダ情報処理システム(Automated Radar Terminal System: ARTS)開発から、長年にわたって航空管制に関わるシステムに携わっている。ACTSはTAPSをベースに開発しており、当社の管制システムに関するノウハウを活用した訓練シミュレータである。本稿では、導入背景や機能を述べるとともに、今後の展望について述べる。

2. ACTSの概要と導入背景

2.1 統合管制情報処理システムの整備

航空管制を支援して安全かつ円滑な航空交通を確保するために、航空交通管制情報処理システムによって管制官等に管制支援情報が適確かつ安定的に提供されている。この管制支援情報は、国内外の航空会社等から得る飛行計画情報、各管制機関等から得る飛行経路・高度等の管制指示情報、地上施設及び人工衛星から得る航空機位置情報、気象庁から得る気象情報、その他の膨大な関連情報を含む。

近年、既存の航空交通管制情報処理システムでの機能の統廃合や共通データベースの採用等、システムの設計方針が抜本的に見直され、空港管制処理システム(TAPS)やFO^(注1)のデータベースを所有する飛行情報管理処理システム(FACE)等の複数のサブシステムから構成される統合管制情報処理システム(以下“統合システム”という。)が整備されている。一部の空港の端末を除いて、2019年度に全ての統合システムの初期導入が完了した。

(注1) 飛行計画・航空機の動態情報・管制指示等、フライトに関する情報を一つにまとめたデータ。

2.2 飛行場管制業務

TAPSが対象とする飛行場管制業務は、管制塔からの目視とTAPS等システムの併用で、主に飛行場面に存在する航空機や飛行場近傍を飛行する航空機に対して管制指示を行う業務である。管制官は、航空機間や他の車両との距離、滑走路の使用状況、天候の状況等を考慮しながら、出発機(出発承認、スポット^(注2)アウトから離陸まで)や到着機(着陸降下からスポットインまで)の誘導を行う。

(注2) 飛行場での航空機の駐機場。

2.3 飛行場管制訓練システム(ACTS)

ACTSは、TAPSを利用した飛行場管制業務を訓練するためのシステムである。このシステムは、管制塔から見える飛行場面や周辺風景をバーチャルリアリティ表示(外界映像)する円形配置した大型ディスプレイと、管制塔室内のTAPS操作端末の模擬管制卓(訓練卓)等で構成される。サーバ機能や操作端末の装置・表示機能は、TAPS実機と同等のハードウェア・ソフトウェアを使用する。これによって、機能面・操作面で、リアルな訓練を可能にする。さらに、TAPS実機に新機能が追加された場合でも同様のバージョンアップができるメリットがある。これらは、他のシミュレータでは対応できない、このシステムの強みであると言える。

2.4 ACTSの目的

管制業務を行う上では、空港ごとに異なる資格が必要である。これは空港によって運用に特色があり、扱う航空機の種類や機数、及び滑走路本数、各種設備配置等の飛行場面の状態が異なるためである。人事異動等で業務資格未取得の管制官は、資格取得のための基礎及び技能向上のため訓練を行う。また、業務資格取得者でも、定期審査を踏まえた技量維持や、飛行場管制業務での新たな運用に対応可能な技能の習得をするため、恒常的に訓練を行っている。

ACTSは、TAPSを利用した飛行場管制業務で通常業務が多忙の中でも、これらの訓練を効率的に行うことを目的にしている。

2.5 ACTSの導入空港

最初に羽田空港及び成田空港向けにACTSを開発・納入した。両空港では統合システムの整備と並行して、東京2020オリンピック・パラリンピックの開催や今後予想される航空需要の更なる増加に対する首都圏空域の再編等が進められてきた。発着便数が他の空港に比べて非常に多い両空港は、業務の複雑性・困難性が高い。このような状況を背景に、統合システムの供用開始に合わせて、TAPSの操作慣熟を特に効率良く行う必要があった。

次に那覇空港向けにACTSを開発・納入した。国内でも繁忙な空港の一つであり、民間定期便だけでなく、自衛隊機、海上保安庁機等の多種多様な航空機を取り扱う。また近年、LCC(Low Cost Carrier)の増加や自衛隊機の緊急発進機増加等に対応するため、2本目の滑走路建設及び新管制塔の整備が行われた。新管制塔では、空港の東側・西側の両面を管制することになり、飛行場管制業務の複雑性・困難性は更に高くなる。このような状況下でも、効率的な訓練が必要であることが背景にあった。

3. ACTSの主な装置と機能

3.1 訓練の概要

訓練は、あらかじめ作成した訓練シナリオに基づいて実施する。訓練シナリオとは、航空機ごとの発生位置や時刻、移動経路、及びFO情報等を時系列で記載したものである。訓練を開始すると、模擬航空機が仮想空間上に発生し、シナリオで決められた経路を自動で飛行・走行する。シナリオは、訓練教官が自由に作成可能で、不測の事態や新たな管制業務運用を反映して表現できるため、訓練を受ける管制官(訓練生)からすると“練習問題”に相当する。訓練生は、この模擬航空機に対して管制指示を出して、訓練教官はパイロット役として、それに応じた操作を行うことで訓練は進行する。

3.2 外界映像表示機能

飛行場管制業務では、目視で滑走路の使用状況、天候の状況、航空機や車両等の位置を確認する。外界映像表示機能は、飛行場管制の訓練を現実に近い形で実現するため、バーチャルリアリティによって管制塔から見える飛行場面や周辺構造物、及び飛行・地上走行する航空機を表示する機能である(図1)。

外界映像の航空機モデルは、模擬航空機の緯度経度情報を基に表示させ、3.3節に述べるTAPSの操作端末の画面(飛行場管制HMI模擬装置のシミュレーション画面)と連動する。航空機は、旅客機・ヘリコプター・戦闘機等、様々な機種を表示に対応しており、管制塔からの距離によって大きさが変化するエンジン音等を割り付けることで、管制塔内の環境をリアルに再現する。

また、目視を基本とする飛行場管制では、視界の不良は重要な要素の一つである。雨・雲・視程(霧、もや)といった気象を表示可能にして、視界の変化を模擬する。さらに、太陽の位置を計算して日照変化を模擬し、夜間での建物の明かりや影、飛行場灯火の点消灯による視界の変化も再現する。これらを自由に組み合わせることによって、



図1. 外界映像イメージ

様々な状況を想定した訓練ができる。

外界映像の“見栄え”は重要な要素である。管制の目印になる建物や設備の立体オブジェクトを作成し、正確な位置・距離感で表示する。また、航空機動作は特に重要視される。航空機の針路・高度・速度の微妙な変化の仕方等が、管制官にとって違和感になる。ユーザーも設定可能な多数のパラメータによって、細かい動作を可能にする設計にしておき、できるだけ自然な動作になるように綿密な調整を実施している。例えば羽田空港にはおよそ200のスポットがあるが、その全てに対しての出発・到着を動作確認し、パラメータを調整している。

3.3 模擬管制卓(訓練卓)機能

模擬管制卓(訓練卓)は、訓練生が模擬管制塔室で使用する卓である(図2)。訓練卓は、次の装置と機能を具備する。実際の管制塔室内と同等の設備環境にすることで、現実に即した訓練を可能にする。

(1) TAPSの飛行場管制HMI模擬装置

TAPS表示(HMI)機能を持つ。主な画面として、シミュレーション画面(レーダ等のセンサから受信する航空機の位置情報と、FOを紐(ひも)づけて表示する)やFO詳細を確認する支援画面、及び電子ストリップ(注3)画面がある。これらはTAPS実機と同等の機能である。

(2) 通信制御模擬装置(CCS: Communication Control System)

航空機のパイロットとの無線通信や、関係機関との有線通信を行うための機能を持つ。

(3) 管制情報表示模擬装置(TDU: Total information Display Unit)

NOTAM(NOTice to AirMen)(注4)や気象情報等の管制支援情報を表示する機能を持つ。

(注3) 航空機の便名や型式・出発・目的地等が記載された短冊状の運航票。従来、紙で運用されていたが、統合システムへの移行に伴い電子化された。

(注4) 航空保安施設・業務・方式及び航空に危険を及ぼすもの等の設定、状態又は変更に関する情報。



図2. 模擬管制塔室と模擬管制卓のイメージ

3.4 パイロット卓(教官卓)機能

パイロット卓(教官卓)は、訓練教官がパイロット室で使用する卓である(図3)。教官卓は、次の装置と機能を具備する。

(1) 教官端末

訓練卓と同等のTAPS表示(HMI)機能に加えて、訓練の開始・停止等の操作や、模擬航空機の動作制御を実施する教官端末機能を持つ。訓練教官は、現実と同等の航空機動作を再現する多数のコマンド入力によって、模擬航空機をリアルタイムに制御する。

(2) 通信制御模擬装置(CCS)

訓練教官が、航空機のパイロット役として無線通信や、関係機関の関係者役として有線通信を、訓練生と行うための機能を持つ。

(3) 訓練状況モニタ装置

訓練中に模擬管制塔内のライブ映像が表示され、訓練教官が訓練生の動向をモニタリングするための機能を持つ。

3.5 リプレイ機能

訓練中の訓練生及び訓練教官の操作履歴、CCS模擬装置での通信記録、訓練状況モニタの録画映像を保存することで、これらの同時リプレイを可能にする。訓練のフィードバックの効率化を目的にした機能である。

3.6 空港ごとのカスタマイズ

飛行場管制業務は、基本的な流れは各空港で共通、又は同一システムを操作するという点で共通化されているものの、空港面の差異や空港周辺状況、その他の空港事情によって、その空港独自の特徴的な運用がされることが少なくない。そのため、ここまで述べた機能を共通として、各空港の特徴に応じたカスタマイズを行うことで、要望に対応している。例えば那覇ACTSの製造では、自衛隊等の戦闘機が多く離発着するという特色から、模擬航空機をカスタマイズし、戦闘機特有の編隊・分離、オーバーヘッド



図3. パイロット卓のイメージ

アプローチ^(注5)等といった動作を可能にした。

(注5) 戦闘機に多く見られる着陸方法。滑走路上で180°急旋回することで減速しつつ高度を落とし、さらに180°旋回して着陸する。

4. 今後の展望

これまでACTSは、羽田空港、成田空港、那覇空港といった、比較的業務が複雑な空港への導入に限られた。今後もそういった大規模空港への展開が見込まれる。一方で、大規模空港以外への新規導入を促進することが課題の一つである。現行ACTSは実際の管制塔に立ったような臨場感はあるが、設備が大型で広い設置スペース(模擬管制塔室は10m四方、天井2.5m程度)が必要になる。また、訓練実施には訓練教官の人手確保も避けられない。今後はこのような課題に対して、大型ディスプレイを設置せずとも外界映像を表示するAR(Augmented Reality)技術や、模擬航空機を自動操作するAI技術等の新しい技術の導入を検討し、設備の小型化や訓練教官の負担軽減と操作性の向上に取り組んでいく。

さらには、訓練に限らない場面への応用も可能と考える。例えば、災害等で管制塔が使用できない場合に、仮想の管制塔として活用し、管制業務を継続可能にするといったことである。運用面の整備等の課題が多々あると思われるが、TAPSを忠実に再現しているACTSだからこそ視野に入る応用であり、当社が担うべき役割の一つであると認識している。

5. むすび

今後、航空管制システムは、空港CDM(Collaborative Decision Making)^(注6)等の新しいシステムと連携され、トラジェクトリベース運用^(注7)に向けた段階的な変化が見込まれる。それに伴い、管制業務での管制官の関わり方も変わっていく。また、ドローンを含む無人航空機や、空飛ぶ車の登場によって、既存の航空機との共存が課題になる可能性がある。このような管制対象の拡大に対しても、航空管制システムは対応していかなければならないと考える。その新たな運用を安心・安全なものにするため、ACTSは訓練シミュレータとして進化していくことで貢献していく。

(注6) 空港運用に係るステークホルダー間の協調的意思決定を実現するためのシステム。羽田空港等のCDMを当社が開発した。

(注7) 関係者との調整によってあらかじめ精度よく定められた4次元軌道(緯度経度・高度・時刻)に基づいて、航空機が整然と飛行する運用。

参考文献

- 国土交通省：航空
<https://www.mlit.go.jp/koku/>
- 中村尚広，ほか：空港CDM，三菱電機技報，93，No.7，421～424（2019）