



CNS技術の現状と将来動向



国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課 航行支援技術高度化企画室 課長補佐

もり い ともかす
森井 智一

1. はじめに

2017年6月21日（水）に都内において第63回情報通信研究会（以下「本研究会」という。）が開催され、国土交通省航空局より「CNS技術の現状と将来動向」と題し講演を行ったのでその概要について述べる。

CNSとはCommunication, Navigation and Surveillanceの略であり、日本語では「通信・航法・監視」と呼ばれている。

管制官は飛行機の位置が表示された装置を見ながら音声通信やデータ通信で航空機を円滑に管制したり、自動着陸を促したりして安全に飛行させるという業務を行っている。それらを行うために管制官や航空機等が使う施設、設備があり、通信（C）、航法（N）、監視（S）の3つの技術で構成されている。

通信（C）は、航空機と地上にいる管制官や運航者等が音声やデータ通信などでやりとりをするものである。

航法（N）は航空機が自分の位置を知ることである。例えば、飛行機自身が着陸するコースから外れていないかを確認しながら誘導されて着陸するための計器着陸用施設（ILS）がある。最近ではGPS（Global Positioning System）を使った衛星航法も使われている。

監視（S）は、地上にいる管制官が航空機の位置を知るもので、監視のために使われる代表的な施設は空港等に設置されているレーダーとなる。

2. 現在のCNS技術について

現在のCNS技術について以下に述べる。衛星航法については、後の「新たなCNS技術について」で述べる。

2.1 現在の通信技術について

通信は音声通信の他にデータ通信が行われており、現在は表1のようなメディアによるデータ通信が行われている。

陸域のアンテナから届く範囲、すなわち空港、ターミナル空域、国内航空路では、超短波（VHF）を利用したエーカーズ（ACARS）と呼ばれるデジタル通信、ACARSの速度を速くして誤り訂正機能も付け高度化したVDL mode2（VHF Digital Link mode2）が使われている。一方、陸域から届きにくい、主に太平洋の上などの洋上通信には衛星

■表1. 航空用通信メディア一覧

システム	利用範囲	通信速度	周波数
ACARS	空港 ターミナル 空域 国内航空路	2.4kbps	131MHz
VDL mode2	空港 ターミナル 空域 国内航空路	31.5kbps	136MHz
MTSAT、 Inmarsat Classic	洋上	0.6/10.5kbps	1.5GHz
HFDL	洋上	0.3/0.6/ 1.2/1.8kbps	2.8-22MHz
Iridium	洋上	2.4kbps	1.6GHz

通信と短波（HF）が使われている。

ここまで通信メディアについて述べたが、ここで通信アプリケーションについて管制官・パイロット間データ通信（CPDLC）と呼ばれる通信を紹介する。

福岡FIR（Flight Information Region：飛行情報区）の洋上管制区においては、CPDLC（図1）を導入しており、本通信では運輸多目的衛星（MTSAT）等の通信衛星等が活用されている。CPDLCを利用する航空機は、従来の音声により管制される航空機よりも短縮した管制間隔の適用や、より最適な飛行経路の選択が可能となるなど効率的な運航が実現している。



■図1. CPDLCの概要

2.2 現在の航法技術について

航法技術は、超短波全方向式無線標識施設/距離情報提供装置（VOR/DME）と計器着陸装置（ILS）が使われている。

① VOR/DME（VHF Omni-directional Radio Range/Distance Measuring Equipment）

VOR/DMEはボルデメと呼ばれる地上施設である。VOR/DMEを使うと航行中の航空機は自分の位置を知ることができる。

VOR/DMEは超短波全方向式無線標識施設（VOR）と距離情報提供装置（DME）で構成されている。



■図2. VOR/DME外観

VORは図2の中心部のレドーム内にある基準信号用アンテナと周囲に設置された48本のサイドバンドアンテナで構成されている。中心部から発信される電波と周囲のアンテナから順次発信される電波を航空機が受信することにより、その航空機がVOR/DMEからどの方位にいるかということが分かる仕組みとなっている。

DMEは図2の中心部のレドームの上部にあるアンテナで、航空機から質問した信号を受信して応答信号を送信する装置である。航空機は信号の往復した時間を測定することによりVOR/DMEからの距離が分かる。

VORで方位、DMEで距離が分かるため、航空機は自分自身がVOR/DMEを中心とした極座標系のどこにいるかが分かる。

② ILS（Instrument Landing System）

ILSは、着陸のため進入中の航空機に対し指向性のある電波を発射し、滑走路への進入コースを指示する無線着陸援助装置である。

水平方向についてはローライザーと呼ばれる施設から左右に異なる周波数の電波を出し、電波強度の釣り合う部分を進入コースの中心として航空機が着陸する。垂直方向

については同様の原理でグライドスロープという施設が航空機の進入コースを知らせる。ILSを用いた着陸を精密進入と呼んでいる。

ILSによる進入にはカテゴリ（CAT）Ⅰ～Ⅲの3つのカテゴリがある。CAT-Ⅰの場合、空港で計った滑走路視距離（RVR）が550m以上あればILSを使って高度60mまで進入し、高度60mの地点で航空灯火が見えれば灯火に従って着陸する。航空灯火が見えるか見えないかによってパイロットが着陸の可否を判断するこの高さを決心高（DH）という。ILS等がCAT-Ⅱの性能を持った施設では、RVRが300m以上あればILSを使って着陸できるが、DHは30mでありその地点で着陸の可否を判断する。CAT-ⅢになるとRVRが規定値を超えていれば（RVR50m以上と175m以上の2種類がある）自動操縦で着陸する。

ILSは多くの空港に設置されており、霧の影響を受ける空港にCAT-ⅡやⅢが設置されている。

2.3 現在の監視技術について

現在使われている監視技術については、従来の回転型レーダーとマルチラテレーションに分けて説明する。

① 従来の回転型レーダー

従来の回転型レーダーは、回転するアンテナから電波を発射し、物体（航空機等）に反射した電波を受信することにより、レーダーアンテナの回転角と電波を発射してから受信するまでの時間で距離を計算し、物体（航空機等）の場所を割り出すものである。

空港には空港監視レーダー（ASR）が設置されている。ASRは航空機の電波反射を測定する一次監視レーダー（PSR）と、レーダーが航空機に質問信号を出し、航空機に搭載されたトランスポンダが応答信号をレーダーに自動で返すことにより航空機までの距離が分かる二次監視レーダー（SSR）により構成されている。トランスポンダからの応答信号には航空機の様々な情報が含まれているため、SSRは航空機の便名等が分かる。

空港のレーダーには、ほかに空港地表面の航空機や車両等の動きを監視する空港面探知レーダー（ASDE）がある。

以上が空港に設置されている主なレーダーだが、空港周辺以外の陸域上空を飛行中の航空機を監視する航空路監視レーダー（ARSR）や主に洋上の監視を行う洋上航空路監視レーダー（ORSR）があり、専用通信ネットワークによりレーダー施設から国内4か所に設置され陸域航空路及び洋上航空路の管制を行っている航空交通管制部へ伝送



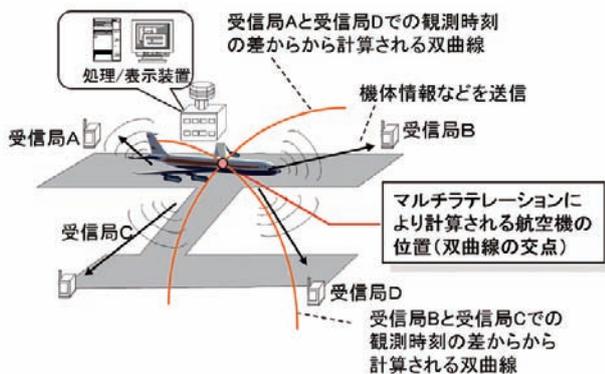
される。航空交通管制部の管制官はこの情報を用いて、航空機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等の航空路管制業務を行っている。

② マルチラレーション

マルチラレーション(MLAT)は従来の回転型レーダーと異なり、航空機からの信号を無指向性アンテナで受信することにより空港面を監視するシステムである。

トランスポンダを搭載した航空機は定期的に信号を送信しており、図3の受信機AとDでその信号を受信すると、その受信時刻差により双曲線を引くことができる。同様に受信機BとCの受信時刻差でも双曲線を引くことができ、その双曲線の交点に航空機が存在するという原理である。

MLATを用いることにより航空機情報等の管制画面への表示、ASDEのブラインドエリアの監視が可能となり、24GHz帯を利用するASDEと異なり雨の影響を受けないことから、国内では航空機が多い大規模空港に導入されている。



■図3. マルチラレーションの原理

3. 新たなCNS技術について

新たなCNS技術として、現在研究中あるいは評価中の技術、導入されて間もない技術について説明する。衛星航法についてはこの章でまとめて述べる。

3.1 AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communication System)

新たな通信技術として、汎用技術のWiMAX技術(IEEE802.16eに準拠)を用いた次世代航空通信技術であるAeroMACSがある。この技術はCバンド(5GHz帯)を利用する高速・大容量通信メディアであり、伝送速度は下り7Mbps、上り5Mbpsが達成されている。現在の航空通信メディアと比べて非常に速いため、音声や文字情報の通信から画像情報になるなど様々なアプリケーションが可能

となり、今後の高度な運航に利用できると期待されている。電子航法研究所が仙台空港で実験を実施し、実用化に目途が立ったため、現在、通信事業者とともに羽田空港にて実用化に向けた共同実験を実施中である。

3.2 衛星航法

衛星航法として地上型衛星航法補強システム(GBAS)と静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS)について述べる。

① GBAS (Ground-Based Augmentation System)

GBASはGPSの信号を用いて精密進入を行うシステムである。空港内に基準局を設置し、GPSの誤差を補正する。補正にはディファレンシャルGPSが使われる。

GBASはGPSの故障の場合には、その衛星を使用禁止とするインテグリティ情報も航空機に送信する。

GBASの補正情報やインテグリティ情報は地上から放送される。

ILSによる精密進入を行うためには滑走路の方向ごとにILSの施設が必要だが、GBASの場合には1式で複数の滑走路の精密進入が可能となる。

また、現在電子航法研究所ではGBASを用いた曲線精密進入の研究開発を実施しており、将来的にその実現が期待されている。

今後の日本における導入計画であるが、現在、GBASを羽田空港に導入するため整備中であり、平成32年度中にCAT-I運用開始の予定になっている。電子航法研究所が開発した電離圏フィールドモニタの実装を予定している。

② SBAS (Satellite-Based Augmentation System)

SBASは、監視局により得られる誤差情報等を、静止衛星を介して提供するシステムである。

日本では現在、運輸多目的衛星(MTSAT)が用いられており、日本のSBASはMSAS(MTSAT Satellite-based Augmentation System: 運輸多目的衛星用衛星航法補強システム)という名称で呼ばれている。国内6か所の監視局(GMS)の情報を常陸太田と神戸に設置された航法統制局(MCS)に集め、ディファレンシャル補正情報やインテグリティ情報を生成しMTSATを介して航空機に情報提供する。

MTSATは寿命により平成31年度にリオービットが予定されている。日本におけるその後のSBASは、宇宙基本計画の工程表において「平成32年度より、準天頂衛星を用いた航空用の衛星航法システム(SBAS)による測位補強サー



ビスを開始する。」とされており、準天頂衛星システムの中の静止衛星を用いてサービスを行う予定である。

準天頂衛星システムは「みちびき」という愛称がついているため、MICHIKI Satellite-based Augmentation Systemとして世界的に知名度のあるMSASという用語を引き続き使って衛星航法サービスを提供していく。内閣府が整備する監視局が現行より増えるため、より広範囲で精度の高いMSASが提供できる見込みである。

3.3 監視技術

監視技術については広域マルチラテレーション(WAM)、オクトパス(OCTPASS)、放送型自動位置情報伝送・監視機能(ADS-B)について述べた後、電子航法研究所で開発中の空港面異物検知システムを紹介する。

① WAM (Wide Area Multilateration)

原理的には空港面のマルチラテレーションと同じだが、WAMは受信局を広範囲に設置し監視をするものである。

WAMは現在、成田空港周辺の監視に導入されている。従来の空港監視レーダー(ASR)は4秒に1回転しているため4秒に1回の更新頻度だが、WAMの更新頻度は最短1秒程度であり、航空機の離陸経路逸脱に対して管制官が素早い指示を出せることから、悪天時の同時並行離陸が可能となり成田空港の発着回数拡大に寄与している。

② OCTPASS (Optically Connected Passive Surveillance System)

OCTPASSは、マルチラテレーションをより高精度化し、空港内を監視するシステムである。

マルチラテレーションは建物などの反射波(マルチパス)に弱く、その影響を受けて航空機からの信号であると判断できない場合、その情報を破棄している。航空機からの信号であると判断してもマルチパスが誤差の要因になるため、情報を補完するために多くのアンテナを設置しなければならないという課題があった。

電子航法研究所では光ファイバ無線技術(RoF: Radio over Fiber)と呼ばれる光ファイバ給電を行い、アンテナで受信した信号を生データのまま光ファイバに乗せて信号を伝送する技術を用いて、従来破棄してしまっていた情報も全て中央処理装置に集めて利用するという新方式のOCTPASSを開発した。前述のとおり従来破棄してしまっていた情報を利用するため、精度が高くなり、さらにアン

テナ数を増やす必要がないというメリットがある。

また、RoFによりアンテナ部分には給電設備も復調するための装置も不要のため、コスト削減のメリットもある。

③ ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

ADS-Bは、航空機自身がGPS測位により得られた自らの位置情報を自動で放送するシステムである。管制官は精度や更新頻度の高い情報を得ることができるが、例えばGPSの故障やなりすましへの対策が必要であるという課題がある。

現在、従来のレーダーやWAMのデータを統合し冗長性を確保する複合型航空路監視センサー処理装置(HARP)の導入を進めている。将来的にはADS-B情報も統合して、精度が高く信頼性のある監視が可能となる。

④ 滑走路異物検知システム

2000年にフランスで、コンコルド離陸時に滑走路に落ちていた金属板によりタイヤが破裂し、タイヤの破片が燃料タンクを破損、炎上するという事故があった。これを機に世界的に異物検知技術の要望が高まった。

電子航法研究所で開発中の滑走路異物検知システムは、複数のミリ波レーダーを滑走路に沿って配置し、光ファイバ無線技術を用いて中央処理装置にレーダーデータを集めるシステムになっている。異物が見つかったら、高感度カメラで異物を写し、何が落ちているかを判断する。

4. おわりに

航空交通量はアジア地域を中心として拡大の一途をたどっている。航空交通量増大に対応するためには新しい技術が必要であるが、従来の技術は信頼性が高く引き続き使っていく必要がある。それらについて、本研究会で講演の機会をいただいた、日本ITU協会及び会員の皆様方へ感謝申し上げる。

また、日頃より航空局へ情報をいただいている国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所へ感謝申し上げます。

本稿をお読みいただき、ご興味を持たれた方は、国土交通省ホームページの航空局ページに挿絵入りの解説等が載っているので、ご覧いただければ幸いです。

<http://www.mlit.go.jp/koku/index.html>

(2017年6月21日 情報通信研究会より)