

羽田空港 LDA 装置

LDA Equipment for Tokyo International Airport

中川 康次郎

■ NAKAGAWA Yasujiro

LDA (Localizer Type Directional Aids) は、航空機を着陸させるために、計器着陸装置 (ILS : Instrument Landing System) を用いて空港へ進入させる方式の一つである。

東芝は、東京国際空港 (羽田空港) の再拡張に伴って導入された LDA に対応するため、それを支える主要な装置として 2 式の LDA 装置を納入した。LDA は国内で初めての導入であり、LDA 装置は航空機を安全に滑走路へと導く進入路を形成する。この装置は、空港の再拡張に伴い、騒音などの諸問題を解決するとともに、羽田空港における航空需要の拡大 (発着機数の増加) に貢献することが期待されている。

A localizer-type directional aid (LDA) is an approach system for aircraft landing at an airport using an instrument landing system (ILS). LDA equipment makes it possible to provide aircraft not only with approach paths that are aligned with the runway but also with those following a curved or dogleg trajectory.

Toshiba has developed and installed dual-frequency type LDA equipment for Tokyo International Airport (Haneda Airport), marking the first time that such equipment has been installed at a Japanese airport. This dual-frequency type LDA equipment provides aircraft with a more secure approach to the airport, and is expected to meet the growth in demand for air transportation and solve various issues including the problem of aviation noise accompanying the further expansion of Haneda Airport.

1 まえがき

羽田空港では、近年の航空機の増加に伴う処理能力の限界及び首都圏における将来の航空需要の増大に備え、空港の再拡張が行われてきた。再拡張に伴い、懸念される航路直下の騒音や増便に対応するため空港への航空機の進入方式が見直され、LDA (Localizer Type Directional Aids) と呼ばれる国内で初めての方式が導入された。LDA 装置は、この進入方式を支える主要な装置であり、このたび、B滑走路用の江東 LDA 装置と D滑走路用の羽田 LDA 装置 (図1) が装備され運用が開始された。

ここでは、航空機を安全に滑走路へ着陸させるための計器着陸装置 (ILS : Instrument Landing System) における LDA 装置の位置づけ、概要、及び動作確認について述べる。

2 ILSの概要

ILSは、主にローカライザ装置 (LOC : Localizer Equipment)、グライドスロープ装置 (GS : Glide Slope Equipment)、及び T-DME (Terminal Directional Measurement Equipment) から構成されており、空港の滑走路付近に設置される (図2)。それぞれの装置は空間に電波を送信し、航空機の滑走路への進入を支援する。



LOCの空中線は、通常、滑走路中心線の延長上に設置される。送信された電波は、空間に水平方向の進入経路を形成

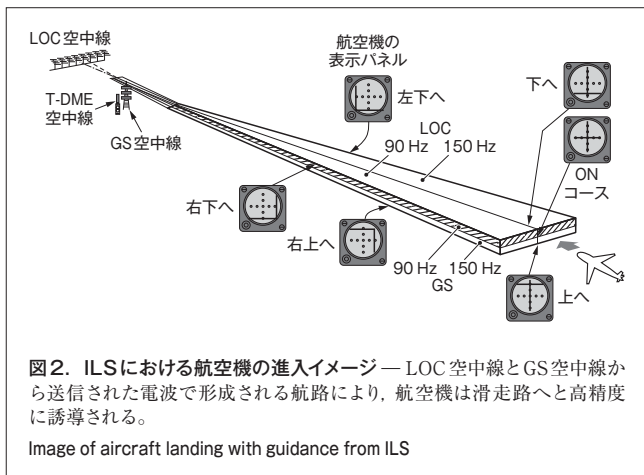


図2. ILSにおける航空機の進入イメージ—LOC空中線とGS空中線から送信された電波で形成される航路により、航空機は滑走路へと高精度に誘導される。
Image of aircraft landing with guidance from ILS

し、±0.15°の精度で航空機を滑走路へと誘導する。LDAは、LOCを用いた進入方式の一つであり、通常は滑走路の延長上に形成される進入コースをくの字状に曲げて設定することができることから、種々の気象条件への適応や周辺への騒音低減など、幅広い運用が可能になる。

GSの空中線は、タッチダウンポイント（滑走路末端から約320 m）の滑走路中心線から約120 m離れた滑走路脇の位置に設置される。GS空中線から送信された電波は、空間に垂直方向の降下経路を形成し、進入角3°を中心として±0.2°の精度で航空機を滑走路へと誘導する。

T-DMEは、航空機と滑走路着地点の距離距離を連続的に測定し、絶えず距離情報を送信する。

航空機に搭載された受信機は、滑走路中心線からの左右のずれ及び進入角（3°）からの上下のずれ量を検出し、コース偏移指示器（CDI：Course Deviation Indicator）又はCDIを含む統合指示器（FMS：Flight Management System）に表示する。図2に示したILSの進入イメージでは、進入コースからのずれに対し、指示器上のラインが移動する方向を示している。また、受信信号を使用して自動操縦装置を動作させる。

パイロット又は自動操縦装置は、左右、上下のずれの差をなくすように飛行することで、滑走路への中心線上で規定の進入角（3°）による着陸進入が可能になる。

3 羽田空港 LDA 装置の概要

LDA装置は、LOCと同様に進入路中心からの左右のずれを示すもので、VHF（Very High Frequency）帯の電波が使用される。進入路は、進入方向に対して左側では90 Hz、右側では150 Hzの変調信号が強くなり、その中心線上では、両者の変調度が等しくなるような放射電界により形成されている。

今回、羽田空港向けに開発したLDA装置は、設置場所周辺の建造物や海面などからの反射波の影響を抑制するために、キャプチャ効果を利用した2周波方式を採用している。キャプ

チャ効果は、受信機の帯域内において周波数の異なる強い信号（DIR（Directional）系）と弱い信号（CL（Clearance）系）が二つ同時に直線検波された場合、出力側の両者の比（ CL_{OUT}/DIR_{OUT} ）は、入力側の両者の比（ CL_{IN}/DIR_{IN} ）より小さくなる現象を利用したものであり、建物や海面からの反射波など弱い信号を抑圧することが可能になる。

以下に、LDA装置の構成と機能、送信部の特長、覆域^(注1)、及び動作確認について述べる。

3.1 構成と機能

LDA装置は、屋外に設置される空中線装置と、シェルタ内に収納される送信装置、動作監視装置、及び電源装置から構成される（図3）。それぞれの機能は、次のとおりである。

- (1) 空中線装置 送信系からの四つの被変調高周波電力を電力分配器で規定の電流比で分配して、24本のLPD（Log Periodic Dipole）空中線に供給し、空間に規定の放射パターンを形成する。
- (2) 送信装置 DIR系とCL系の二つの送信部を持ち、108～112 MHzの範囲の指定周波数から+4 kHz（DIR系）及び-4 kHz（CL系）離れた周波数の信号をそれぞれ発生し、これらの信号を振幅変調した後、規定の出力電力まで増幅して空中線装置に供給する。
- (3) 動作監視装置 制御部から送信部の運用切換えを行うとともに、放射された電波をモニタユニットで常時監視し、LDAコースなどが許容値を超えると自動的に予備

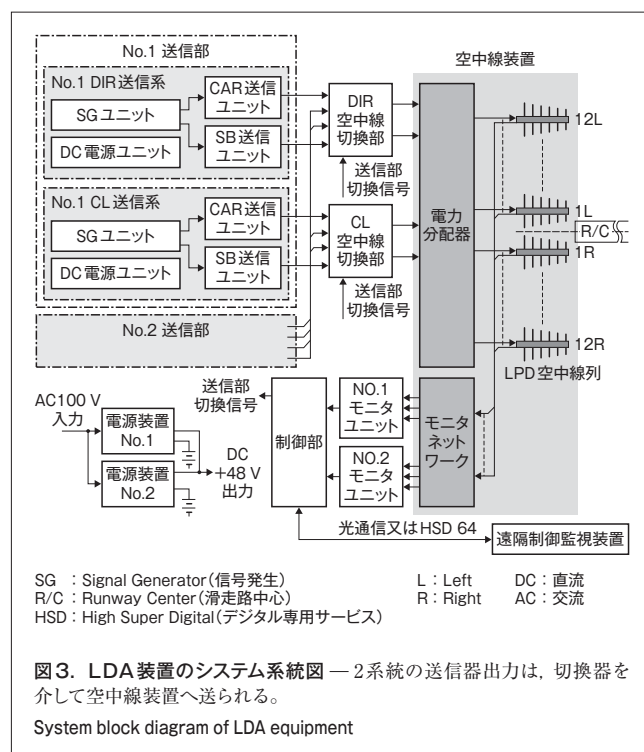


図3. LDA装置のシステム系統図—2系統の送信器出力は、切換器を介して空中線装置へ送られる。
System block diagram of LDA equipment

(注1) 規定の電波が受信可能な領域。

機と切り換える。主な監視及び制御は遠隔制御監視装置により行われる。

- (4) 電源装置 バッテリーを搭載した無停電電源装置で構成されており、シェルト内の各装置へ電力を供給し、停電時においても2時間以上システムを運用することができる。

3.2 送信部の特長

2周波方式の送信部の系統図を図4に示す。信号発生ユニットで発生したCAR (Carrier Sideband) 信号とSB (Sideband Only) 信号は、それぞれ所定の電力まで増幅され、空中線切換部を通して空中線装置に供給される。CAR信号は、90 Hz, 150 Hz, DC (直流), 及び局識別信号が合成された信号を増幅変調した被変調信号であり、SB信号は、90 Hz及び-150 Hzの合成信号を平衡変調した被変調信号である。これらの信号は、空間変調されて図5に示すような放射パターンとなり、滑走路中心線上のDIR系のレベルに対して、CL系の電界強度を約10 dB低く設定することで、反射波はDIR系より常に10 dB以上低い状態で復調されるため、キャプチャ効果が機能して反射波が抑圧される。

従来のアナログ変調方式とは異なり、信号発生ユニットで発生する被変調高周波信号を、FPGA (Field Programmable Gate Array) を使用したデジタル信号処理により生成し、この信号をD/A (Digital to Analog) 変換して必要な被変調高周波信号を出力する方式を採用している。これにより安定した出力が得られるとともに、DIR系とCL系の平衡変調波出力の搬送波抑圧度が、従来のアナログ変調方式に比べ15 dB以上改善されている。また、変調信号 (90又は150 Hz) 及び局識別信号については、DIR系とCL系で同期されていないと情報として正しく受信機側 (航空機側) で復調できないため、信

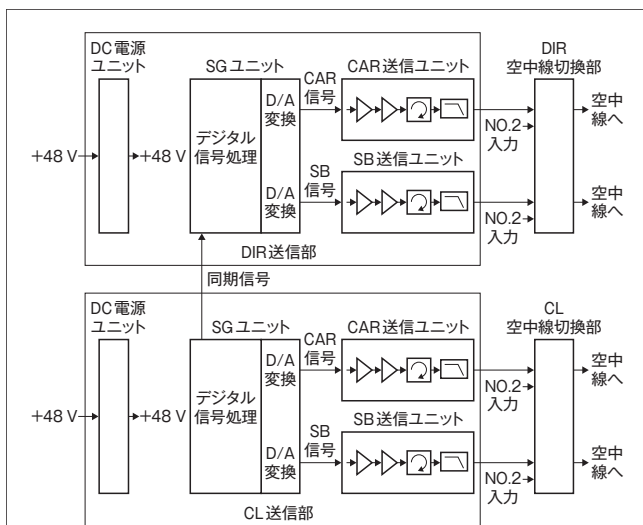


図4. 2周波方式送信部の系統図 — 信号発生ユニットで発生した信号を、増幅ユニットで増幅し空中線装置に供給する。

Block diagram of dual-frequency type transmitter unit

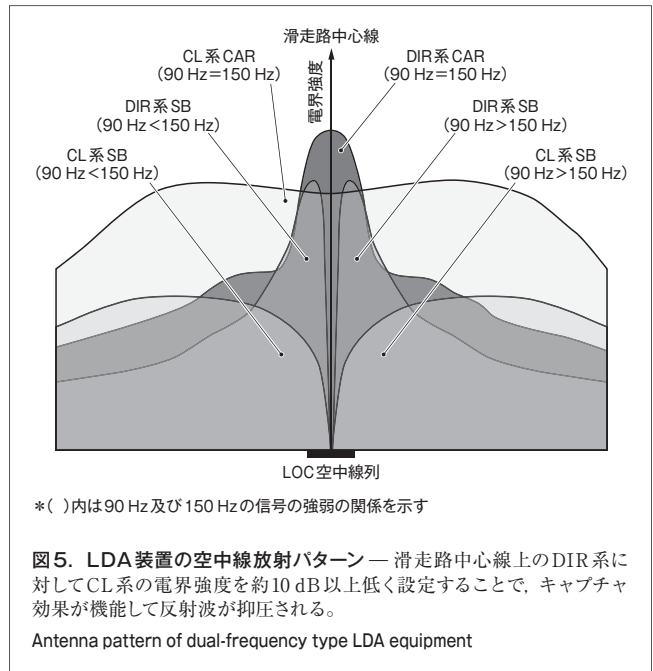


図5. LDA装置の空中線放射パターン — 滑走路中心線上のDIR系に対してCL系の電界強度を約10 dB以上低く設定することで、キャプチャ効果が機能して反射波が抑圧される。

Antenna pattern of dual-frequency type LDA equipment

号発生源である信号発生ユニットで同期を取っている。

3.3 覆域

今回装備されたB滑走路用の江東LDA装置及びD滑走路用の羽田LDA装置の覆域は、図6に示すイメージとなる。航空機は、覆域内に入ると、電波を受信し左右のずれを補正しながら空港へ進入する。覆域は、LDA装置が空間に形成する合成電界により、高度2,000フィートで40 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-114 dBW/m²)以上の電界強度が得られる範囲として、以下のように規定されている。

- (1) 中心線から $\pm 10^\circ$ 以内 LDA 空中線装置から25 NM (ノーティカルマイル) 以上
- (2) 中心線から $+10 \sim +35^\circ$ 及び $-10 \sim -35^\circ$ 範囲 LDA

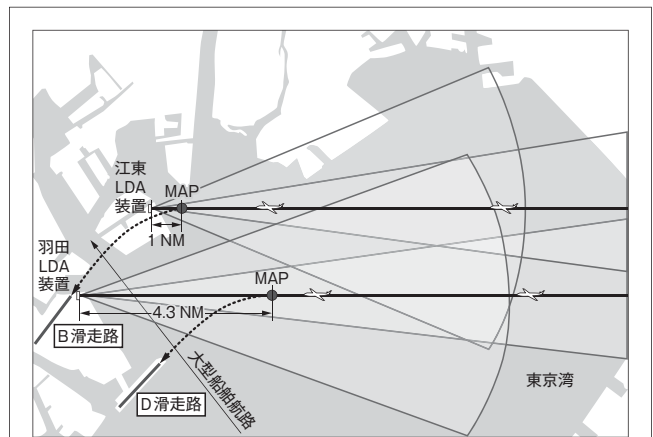


図6. LDA装置の覆域 (イメージ図) — 江東LDA装置及び羽田LDA装置の覆域と進入コースをイメージしたものである。

Image of coverage of LDA equipment

空中線装置から17 NM以上

航空機は、図6に示すMAP (Missed Approach Point) までLDA装置による計器誘導で降下を続け、MAPから各滑走路までは、パイロットによる手動操縦に切り換えられて進入する。

3.4 動作確認

LDA装置を含むILSは、運用前に航空局で飛行検査が実施され、その運用可否が決定される。

通常、LOCの設置環境では空中線前方に滑走路が存在しており、滑走路基準で飛行検査が行われるが、羽田空港に設置されたLDA装置の場合は前方に滑走路がないため、MAP (図6) を設定して飛行検査が実施されることになった。

また、飛行検査前には動作確認として、通常は滑走路周辺の場周道路^(注2)を利用し、送信された電波の状態を確認(グランドチェック)するが、今回の羽田LDA装置や江東LDA装置の場合は、空中線装置前方に十分な土地がないため、限られた敷地内での実測値とシミュレーションを比較することで電波の状態を確認した。

江東LDA装置は図7に示すような環境に設置されており、地上施設による回折波や海面からの反射波の影響が懸念された。すなわち、空中線装置の前方には約80 mにわたって鋼鉄製の反射面(カウンタポイズ)が広がり、その先が20 mほど落ち込み、護岸道路の先に海が広がるという特異な設置条件である。カウンタポイズ上では80 m程度の離隔距離しか取れず、近接位相誤差により空中線パターンが十分形成されていない状態になる。このため、江東LDA装置のグランドチェックは、離隔距離を保つために、約200 m離れた護岸道路での測定となった。

図8は、江東LDA装置におけるグランドチェックの実測データとシミュレーションの結果をグラフ化したものである。今回の

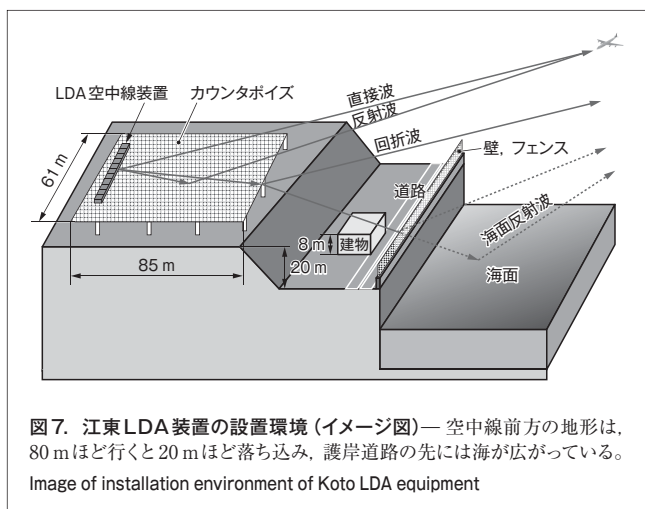


図7. 江東LDA装置の設置環境(イメージ図) — 空中線前方の地形は、80 mほど行くと20 mほど落ち込み、護岸道路の先には海が広がっている。
Image of installation environment of Koto LDA equipment

(注2) 滑走路を周回できるように空港敷地内に設けられた道路。

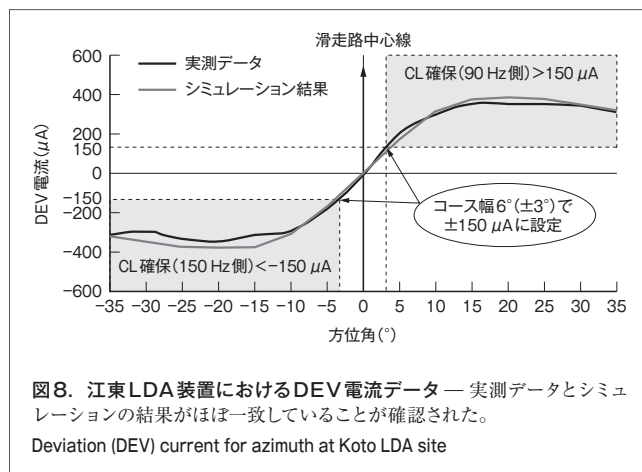


図8. 江東LDA装置におけるDEV電流データ — 実測データとシミュレーションの結果がほぼ一致していることが確認された。
Deviation (DEV) current for azimuth at Koto LDA site

実測データは、復調された信号の変調度差異が電流に換算された値として各方位で取得した。図8から、江東LDA装置のコース幅(±3°)では、方位0°から±3°までDEV (Deviation)電流が直線的に増加し、±3°から±35°では±150 μA以上のクリアランスを確保できることが確認された。

江東LDA装置は、回折波や海面反射による性能への悪影響が懸念されたが、飛行検査によって運用上問題ないことを確認することができた。

4 あとがき

羽田空港は、2010年10月中旬に、拡張されたD滑走路の完成とともに国際ターミナルの運用が開始された。2013年における航空機の発着回数は、拡張前に比べ約1.5倍の年間44.7万回になることが見込まれている。

今回、羽田空港にLDA装置が2式装備されたことで、南風で好天の場合、空港への平行同時進入が可能になり、航空需要の拡大(発着機数の増加)に大きく貢献することが期待される。

謝辞

LDA装置の開発にあたりご指導とご協力をいただいた、国土交通省航空局並びに関係各位に心から感謝の意を表します。

文献

- (1) 国土交通省 航空局. “羽田空港再拡張後の管制運用について”. <http://home01.isao.net/aviation/presentation/201005_Tokyo_international_airport.pdf>. (参照 2011-09-05).



中川 康次郎 NAKAGAWA Yasujiro

社会インフラシステム社 小向工場 電波通信技術部主務。
航空機計器着陸装置の設計・開発に従事。
Komukai Operations