

特集



第2章 ILS, VOR, DME, TACAN など

航空機の安全運航を支える 航空無線施設

松井 晴彦
Haruhiko Matsui

6 ILS：計器着陸装置

誘導路から滑走路へ入った航空機は、センターライン上を滑走し離陸していきます。そして着陸するときには、そのセンターライン上に着陸します。しかも、初めて車輪が接地する位置も決まっています。この正確な着陸を可能にするための支援装置がILSです。

ILS(Instrument Landing System)は、三つの部分から構成されています。それぞれの配置は、図1のILSビーム・イメージを参照してください。右側のIMは「マーカー・ビーコン」(3種類あるビーコンのうち一番滑走路に近いIM)で、滑走路までの距離を航空機へ伝えます。GSは「グライド・スロープ」で航空機へ適正な降下角度を伝えます。一番左のLOCは「ローカライザ」で、滑走路のセンターライン(LOC

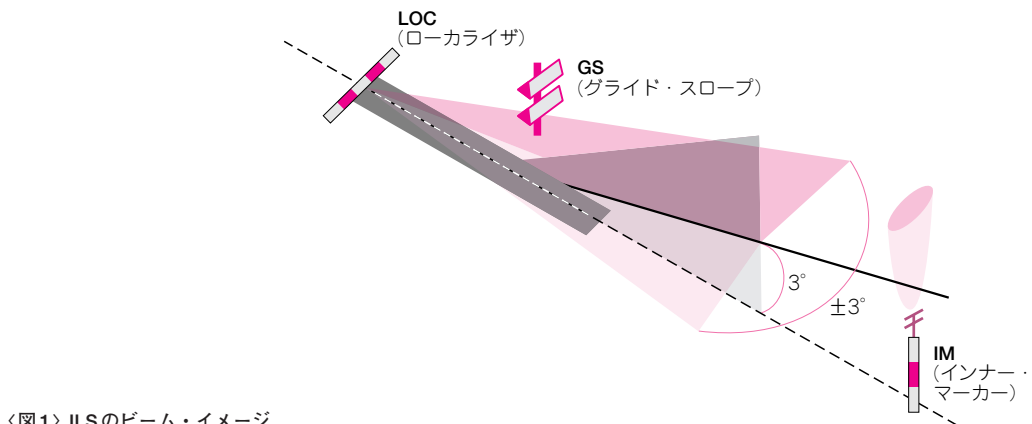
のコース・ライン)上に航空機を導くための施設です。

ローカライザ(Localizer, LOC)

これは着陸しようとしている航空機が滑走路の幅方向の中心から、どれだけずれているかを航空機へ知らせる施設です。

写真1がローカライザ、写真2はローカライザに使用されている対数周期アンテナです。ローカライザの諸元は表1をご覧ください。

LOCには、搬送波周波数が一つの1周波方式と二つの搬送波周波数を使う2周波方式があります。東京国際空港(羽田空港)、関西国際空港など一部の空港を除くと、日本では1周波方式が使用されているので、本稿では1周波方式を説明します。図2は、ローカライザの空間スペクトラムです。CARはメイン・ローブ、SBはサイド・ローブです。



〈図1〉ILSのビーム・イメージ

〈写真1〉^(K)
ローカライザ用
アンテナ施設



通常、指向性アンテナの水平面ビーム・パターンには、メイン・ローブとサイド・ローブがありますが、どのローブを受信しても同一の変調信号が含まれています。

LOC の場合、メイン・ローブは通常の A3E 電波型式(振幅変調)と同じで、輻射される電波 E_{CAR} は、以下の式で表せます。

$$E_{CAR} = \{1 + 0.2\cos(\omega_{150}t) + 0.2\cos(\omega_{90}t)\} \cos\left(\omega_{CAR}t + \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

一方、サイド・ローブは着陸する航空機から見て、左側では E_{SBL} 、右側では E_{SBR} と表せます。

$$E_{SBL} = \{0.1\cos(\omega_{150}t) - 0.1\cos(\omega_{90}t)\} \cos(\omega_{CAR}t + \alpha) \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{SBR} = \{0.1\cos(\omega_{150}t) - 0.1\cos(\omega_{90}t)\} \cos(\omega_{CAR}t + \pi - \alpha) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $\alpha = (2\pi/\lambda)asin\phi$
 $a = \lambda/2$ とすると $\alpha = \pi\sin\phi$ となります。

以上の3式を合成すると、合成電界 E_ϕ は、
 $E_\phi = \{1 + M_{90}\cos(\omega_{90}t) + M_{150}\cos(\omega_{90}t)\} \cos\left(\omega_{CAR}t + \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots (4)$
 となります。 $M_{90} = (1 - \sin\alpha)$ 、 $M_{150} = (1 + \sin\alpha)$



〈写真2〉 ローカライザの対数周期アンテナ

〈表1〉 ローカライザの諸元

項 目	値など
電波型式	A2X
周波数	108.0 MHz ~ 112.0 MHz
偏波面	水平偏波
空中線電力	10 W (± 10%)
変調周波数	90 Hz および 150 Hz
変調度	20 % (± 1%)
識別信号 (コール・サイン)	可聴音による 3 文字の欧文モールス符号 変調周波数: 1020 Hz, 変調度: 15 % 以下
空中線	対数周期アンテナ
通達距離	コースから ± 10° : 25 NM
	コースから ± 10 ~ ± 35° : 17 NM

です。 M_{90} と M_{150} は変調度で、それぞれ ϕ の関数になります。

したがって LOC からの電波を受信すると、LOC のセンターラインからの航空機の位置(ϕ)に応じて、機上の受信機で復調される 150 Hz と 90 Hz の正弦波の大きさが変わることになります。それらの正弦波の大きさの違いから、航空機が滑走路に対してどちら側にどれだけずれているかがわかります。

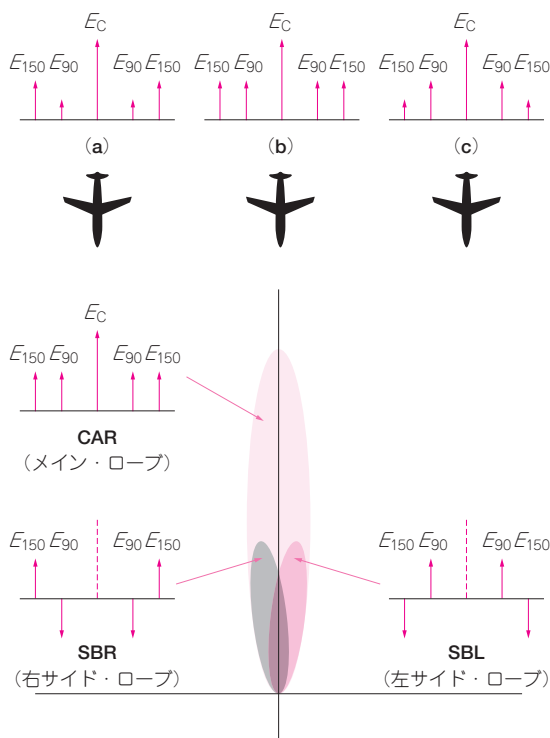
また、LOC のメイン・ローブには、無線局としての LOC 局の識別信号が 1020 Hz の可聴周波数の断続によるモールス符号で載せられています。ちなみに羽田空港の 34L 滑走路の LOC の識別信号は IHA です。

● LOC ビーム・パターンの生成

図3は、空中線系と送信機からなる LOC の送信系の構成図です。

変調信号発生器では 150 Hz と 90 Hz および識別信号を作ります。変調ユニットでは CAR の変調信号を図(a)のように合成して CAR 電力増幅へ送り、RF 発振器からの信号を増幅し変調します。また、変調ユニットでは、SB の平衡変調波を作るための SW (スイッチング) 信号を 90 Hz と 150 Hz の正弦波から生成し図(c)の黒い矩形波を得ます。RF 発振器では SB を作り、SB 電力増幅へ送ります。

電力増幅された CAR は、アンテナ・ネットワーク



〈図2〉 ローカライザの空間スペクトラム