

空港計画および設計

(Robert Horonjeff 著抄訳)

海外技術協力事業団

Overseas Technical Cooperation Agency

開発調査部

| | |
|---------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 5. 21 | 000 |
| 登録No. 06177 | 75.7 |
| | KE |

マイクロ
フィルム作成

はじめに

本書はカリフォルニア大学交通工学研究所教授 Robert Horonjeff 氏の著書 "The Planning and Design of Airports" の抄訳である。

空港の建設計画および設計に従事する人々にとって本書が数少ない貴重な参考文献として広く利用されるものと確信する。

1969年10月

海外技術協力事業団
開発調査部

JICA LIBRARY



1008196[6]

| | |
|----------|-----|
| 国際協力事業団 | |
| 入館 | E |
| 登録地 5569 | 6.1 |
| | K |

目 次

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| I | 空港設計に関する航空機特性 | 1 |
| II | 空港の位置選定 | 35 |
| III | 空港施設の配置 | 68 |
| IV | 着陸区域の幾何学的設計 | 96 |
| V | ターミナル地区の設計及び開発 | 134 |

I 空港設計に關係する航空機特性

紹介

航空機使用の爲の設備を計画するにあつて、航空機についての一般的知識は必須である。航空会社の使用する航空機の乗客収容力は、短距離用ダグラスDC-3の21名から、ボーイング707-320等の最新型長距離ジェット輸送機の150名以上迄の多岐にわたる。一方、一般航空用航空機は通常、より小規模で、自家用自動車に似た運輸機能を果す。

航空会社の航空機隊を構成する航空機の一覧を示す爲に、I-1表に、規模、航続距離、重量、及び収容力の点から、航空機の主な特徴がまとめられている。最大有償荷重、最大航続距離、運航自重、収容乗客数等の各点は非常に大ざっぱな方法で推定しうるのみだという事の認識は重要である。なぜなら、これらの諸点に影響を与える変数が多数あるからである。同様に、一般航空活動用に現在使用されている航空機が、I-2表に示されている。退役軍人行政計画の結果、生産された1950年以前の型が多数あるのに注目していただきたい。第I-1図は第I-1及びI-2表に示された主な寸法を図示したものである。

航空機の重量は空港設計上、最も重要であるが、その他にも、第I-1、及びI-2表に記された特徴の中で、空港設計に影響を持つものが幾つかある。それ等の特徴は以下の如くである。

規模；翼長、機体の長さ、及び尾部の高さはパーキング・エプロン、ハンガー、や、滑走路側のゆとりの大きさに影響を与える。

収容力；飛行機の燃料、乗客及び貨物の収容能力は、燃料貯蔵、処理方法、ターミナル・ビル内及び附近の施設や貨物取扱施設に重要な関連を持つ。

航続距離；飛行機のこの特長は、運航回数に影響を与え、その結果、滑走路収容能力、ゲートの位置、及びラッシュ時の乗客の流れに影響する。一般に、主要な、乗客数の多い市を結ぶ短距離ルートは、中距離及び長距離ルートより運航回数が、ずっと多いためである。

飛行機は、推進方法、及び、スラスト推進手段の型によって、類別されている。"ピストンエンジン"という名称は、ガソリンを使用する往復機関を動力としたプロペラ飛行機全部に適用される。"ターボ・プロップ"はタービンエンジンを動力としたプロペラ推進飛行機を言及している。又、"ターボジェット"という名称は、スラストに關し、プロペラを使わないで、タービン機関から直接にスラストを得る飛行機を指している。

ターボジェット・エンジンの前部又は後部にとりつけられたファンは、"ターボファン"と呼ばれる。この型のエンジンは、スラストを大いに増加させ、それにより、飛行機に、より優れた上昇能力(騒音に対し)を与える。又、必要とされる滑走路の長さもより短くなる。

第 I-1 表 主要輸送用飛行機の特長

| 飛行機 | メーカー | 翼長 | 全長 | 最大高さ | メインギアの距離 | ホイールベース | 最小回旋半径 | 最大総離陸重量 | 最大巡航重量 | 零燃料重量 | 最大有償重量 | 機関の番号及び型 | 滑走路の長さ | No. wheels main gear | メインギアの寸法 | 典型的な運航範囲 |
|-----------|----------------|---------|---------|-------|----------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|----------|--------|----------------------|--------------|------------------|
| 707-320 | ボーイング | 142'5" | 152'11" | 38'8" | 22'1" | 59'0" | 109'0" | 301,000 | 198,000 | 181,000 | 131-189 | 4T | 10,500 | 4 | 34 X 56 | ニューヨーク・パリ |
| 707-320B | " | 142'5" | 152'11" | 38'8" | 22'1" | 59'0" | 109'0" | 316,000 | 207,000 | 181,000 | 131-189 | 4TF | 10,000 | 4 | 34 X 56 | サン・フランシスコ・ロンドン |
| 707-120 | " | 130'10" | 144'6" | 38'3" | 22'1" | 52'4" | 101'0" | 237,000 | 175,000 | 163,800 | 121-179 | 4T | 9,700 | 4 | 34 X 56 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| 707-120B | " | 130'10" | 144'6" | 38'3" | 22'1" | 52'4" | 101'0" | 256,000 | 185,000 | 160,000 | 121-179 | 4TF | 8,250 | 4 | 34 X 56 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| 720 | " | 130'10" | 146'2" | 38'1" | 21'11" | 50'8" | 99'0" | 203,000 | 165,000 | 139,000 | 110-140 | 4T | 7,500 | 4 | 32 X 49 | シカゴ・ロス・アムステルダム |
| 720B | " | 130'10" | 146'2" | 38'1" | 21'11" | 50'8" | 99'0" | 222,000 | 175,000 | 144,000 | 110-140 | 4TF | 6,100 | 4 | 32 X 49 | シカゴ・ロス・アムステルダム |
| 727 | " | 108'7" | 134'1" | 33'9" | 20'2" | 52'10" | 70'2" | 142,000 | 131,000 | 109,000 | 70-114 | 3T | 5,300 | 2 | 35 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| DC-8-12 | ダグラス | 142'4" | 150'6" | 42'4" | 20'10" | 57'6" | 89'6" | 273,000 | 193,000 | 165,900 | 118-176 | 4T | 9,600 | 4 | 30 X 55 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| DC-8-32 | " | 142'4" | 150'6" | 42'4" | 20'10" | 57'6" | 89'6" | 300,000 | 202,000 | 171,000 | 118-176 | 4TF | 9,800 | 4 | 30 X 55 | シカゴ・パリ |
| DC-8-32 | " | 142'4" | 150'6" | 42'4" | 20'10" | 57'6" | 89'6" | 110,000 | 199,500 | 176,500 | 132-176 | 4T | 9,600 | 4 | 30 | ニューヨーク・パリ |
| DC-7C | " | 127'6" | 112'3" | 32'9" | 34'8" | 39'5" | 81'1" | 141,750 | 109,000 | 103,000 | 55-89 | 4P | 7,250 | 2 | 30 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| DC-7 | " | 117'6" | 110'7" | 29'3" | 24'8" | 36'2" | 72'0" | 122,200 | 97,000 | 91,300 | 58-86 | 4P | 6,050 | 2 | 30 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| DC-6 | " | 117'6" | 101'8" | 29'1" | 24'8" | 31'2" | 72'0" | 97,200 | 80,000 | 74,000 | 50-72 | 4P | 5,200 | 2 | 30 | シカゴ・ロス・アムステルダム |
| 680 | コングエアー | 120'0" | 124'2" | 16'3" | 18'11" | 52'11" | 68'11" | 184,500 | 132,800 | 117,000 | 88-110 | 4T | 6,900 | 4 | 21.5 X 45 | シカゴ・サン・フランシスコ |
| 990 | " | 120'0" | 134'9" | 36'6" | 18'11" | 57'2" | 68'11" | 239,200 | 180,000 | 149,000 | 96-121 | 4T | 8,800 | 4 | 24.4 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| 340 | " | 105'4" | 81'6" | 28'2" | 25'0" | 26'2" | 65'0" | 47,000 | 46,500 | 45,000 | 44 | 2P | 4,650 | 2 | 28 | ニューヨーク・パリ |
| 1649 | ロッキード | 150'0" | 116'0" | 23'5" | 18'5" | 45'6" | 94'3" | 156,000 | 123,000 | 116,000 | 60-92 | 4P | 6,150 | 2 | 28 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| 1049G | " | 133'0" | 113'7" | 24'9" | 28'0" | 43'7" | 75'6" | 137,800 | 113,000 | 104,000 | 60-83 | 4P | 6,600 | 2 | 28 | ニューヨーク・サン・フランシスコ |
| エレクタ | " | 99'0" | 104'7" | 32'9" | 31'2" | 37'0" | 65'1" | 116,000 | 95,650 | 86,000 | 65-74 | 4TF | 5,400 | 2 | 24 | ニューヨーク・シカゴ |
| キャタピラー V1 | ストゥーベニー シモン | 112'6" | 105'0" | 28'7" | 17'1" | 38'8" | 90'0" | 103,700 | 98,680 | 78,265 | 64-80 | 2T | 6,100 | 4 | 15.7 X 42 | ニューヨーク・シカゴ |
| F-27A | フェアチャイルド | 95'2" | 77'2" | 22'6" | 23'8" | 28'8" | 64'0" | 36,000 | 36,000 | 34,000 | 40 | 2TP | 3,450 | 2 | 17 | ボストン・ニューヨーク |
| ハイカント802 | ハイカント | 93'8" | 81'10" | 26'9" | 23'10" | 24'10" | 70'0" | 64,500 | 58,500 | 54,000 | 44-48 | 4TP | 5,300 | 2 | 19 | トロント・シカゴ |
| コマット4B | デービランド | 108'0" | 118'0" | 29'6" | 28'2" | 46'8" | 68'0" | 158,000 | 120,000 | 102,500 | 72-102 | 4T | 6,600 | 4 | 14.25 X 43.5 | ロンドン・ローマ |
| ブリタニア 300 | ブリタニヤ | 142'3" | 124'3" | 37'4" | 31'0" | 35'3" | 68'0" | 165,000 | 129,000 | 121,000 | up to 133 | 4TF | 8,150 | 4 | 20 X 48 | ニューヨーク・パリ |

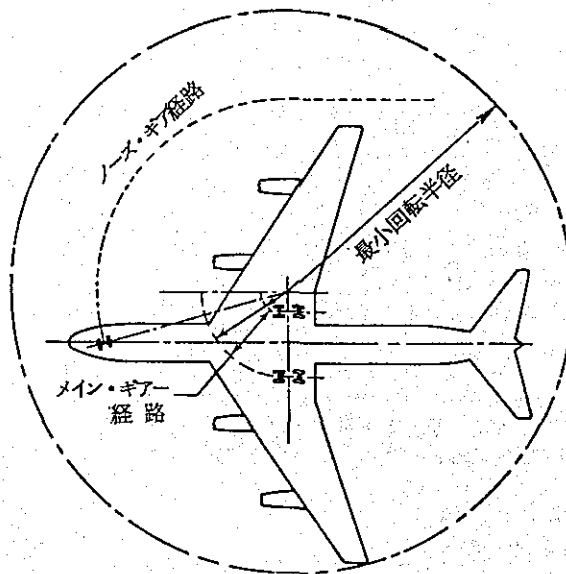
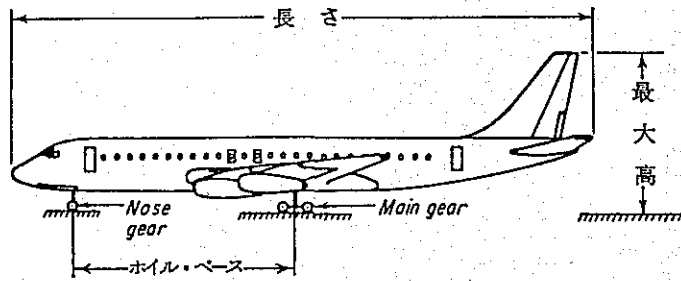
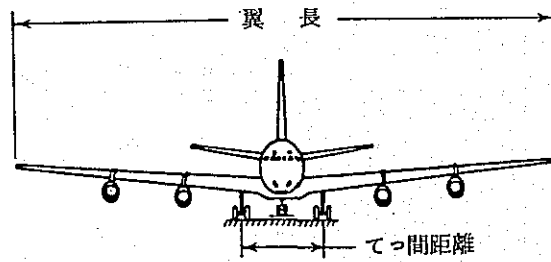
a. メイン・ギアとノーズ・ギア一間の距離。
 b. 最初の数字は一等の荷重、次の数字は二等の荷重を示す。
 c. 記号：Tニターボファン；TFニターボファン；TPニターボプロップ；Pニピストン
 d. 機体の高さ、標準日、無風、無傾斜滑走路にて、の最大総機体重量。
 e. 寸法はインチにて表示。側面の間隔について二つの数字が表示されている際には、前輪と後輪とは、間隔の長さが違ふ事を示す。

第I-2表 一般航空用飛行機の特長

| Airplane | Wing-span | Fuselage length | Height | Distance between main gear | Minimum turning radius | Maximum gross take-off weight, ^a 1,000 lb | Take-off distance, ^b ft |
|----------------|-----------|-----------------|--------|----------------------------|------------------------|--|------------------------------------|
| Aero Commander | | | | | | | |
| 500A | 49'6" | 35'1" | 14'6" | 12'11" | ..... | 6.75 | 1,200 |
| 560F | 49'6" | 35'1" | 14'6" | 12'11" | ..... | 7.0 | 1,070 |
| 680F | 49'6" | 35'1" | 14'6" | 12'11" | ..... | 8.0 | 1,380 |
| Beech | | | | | | | |
| A33 | 32'10" | 25'6" | 8'4" | 9'7" | ..... | 3.0 | 1,160 |
| B95 | 37'10" | 25'4" | 9'6" | 9'7" | ..... | 4.1 | 1,280 |
| D50C | 45'4" | 31'7" | 11'4" | 12'9" | 32'1" | 6.3 | 1,260 ^c |
| G18S | 49'8" | 35'3" | 9'8" | 12'11" | 31'4" | 9.7 | 1,980 |
| N35 | 33'6" | 25'6" | 7'6" | 9'7" | 21'3" | 3.1 | 1,300 |
| 65 | 45'11" | 33'4" | 14'2" | 12'9" | ..... | 7.7 | 1,560 |
| Cessna | | | | | | | |
| 140A | 33'4" | 21'6" | 6'3" | 6'5" | 20'0" | 1.5 | 1,830 |
| 150 | 33'4" | 21'6" | 6'11" | 6'5" | ..... | 1.5 | 1,205 |
| 170 | 36'0" | 25'0" | 6'7" | 7'7" | 21'8" | 2.2 | 1,820 |
| 172 | 36'0" | 25'0" | 8'6" | 7'2" | 21'10" | 2.2 | 1,650 |
| 182 | 36'0" | 25'2" | 9'4" | 8'2" | 22'1" | 2.65 | 1,080 |
| 210 | 36'7" | 27'9" | 8'9" | 8'3" | ..... | 2.9 | 1,135 |
| 310 | 35'10" | 27'0" | 10'6" | 12'0" | 24'7" | 4.6 | 1,405 ^c |
| Champion | | | | | | | |
| 7EC | 35'2" | 21'8" | 7'0" | 5'10" | 20'6" | 1.45 | 250 ^d |
| Downer | | | | | | | |
| 14-19-3 | 34'2" | 22'11" | 6'4" | 9'0" | ..... | 2.7 | 900 |
| Luscombe | | | | | | | |
| 8F | 35'0" | 20'0" | 5'10" | 6'4" | 22'0" | 1.4 | 550 ^d |
| Mooney | | | | | | | |
| MK-21 | 35'0" | 23'3" | 8'5" | 9'2" | ..... | 2.45 | 1,100 |
| Piper | | | | | | | |
| J3C65 | 35'3" | 22'3" | 6'8" | 6'1" | 20'8" | 1.16 | |
| PA-22-150 | 29'4" | 20'9" | 7'5" | 7'0" | 30'3" | 1.95 | 1,600 ^c |
| PA-23-160 | 37'2" | 27'5" | 9'6" | 11'4" | 46'7" | 3.5 | 1,190 ^d |
| PA-24-180 | 36'0" | 24'9" | 7'5" | 9'9" | ..... | 2.55 | 750 ^d |
| PA-28 | 30'0" | 23'4" | 7'4" | ..... | ..... | 2.2 | |
| Ryan | | | | | | | |
| Navion B | 33'5" | 27'8" | 8'8" | 8'3" | 21'0" | 2.85 | 1,400 |
| Stinson | | | | | | | |
| 1083 | 33'11" | 25'2" | 7'6" | 7'1" | 20'8" | 2.4 | 525 ^d |
| Taylorcraft | | | | | | | |
| BC-12D | 36'0" | 21'9" | 6'10" | 6'0" | 21'0" | 1.2 | |
| Temco | | | | | | | |
| GC-1B | 29'2" | 20'11" | 5'11" | 9'9" | 19'5" | 1.71 | |

- a. 特に明示してない限り、最大総離陸及び最大総着陸重量は等しい。
 b. 標準条件、平で補装された表面で、航空機が滑走を始めてから50フィートの高さに達する迄の距離。
 c. 離陸に使われるフラップ。
 d. 離陸の地上滑走分のみ。

出典；民間運輸データ、シート、アビエーション・スタデイス(インターナショナル)社、1959年8月。エンジニアリング・データ・シート第22号、FAA、1957年1月。レオナルド・ブリッジマン著『チェーンの世界中の航空機』輸送用飛行機の規模、速度、及び生産性の諸動向。

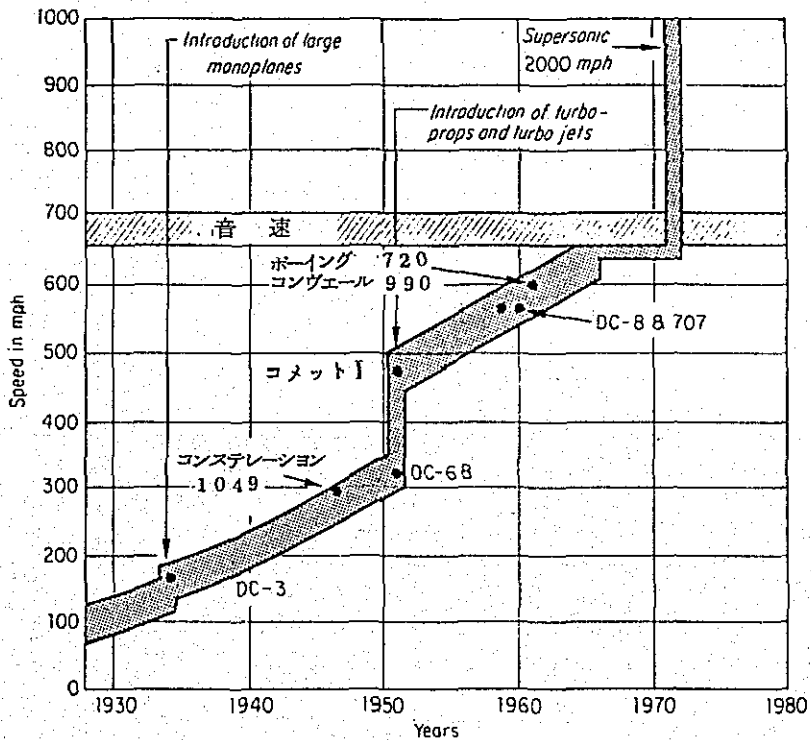


第 I - 1 図 飛行機寸法

飛行機の規模、速度、及び生産性は、過去10年間に非常に伸びた。ジェット輸送機が紹介され速度、重量及び生産性の面で、非常な進歩が見られた。輸送用飛行機の巡航速度の傾向が、第I-2図に示してある。1965年以降は、超音速輸送機の開発いかんによって、巡航速度は変わってくるだろう。 大型単葉機の出現 超音速 2000 mph

ターボプロップとターボジェットの導入

第 I - 2 図 輸送用飛行機の速度傾向



超音速輸送機が開発されると、速度が又、大巾に増加され、現在使用されているターボジェット輸送機の速度の2～3倍のレベルのものになるであろう。過去30年間の速度増加の様相も、様々の輸送用飛行機の速度とDC-3の速度を比較すれば得られる。

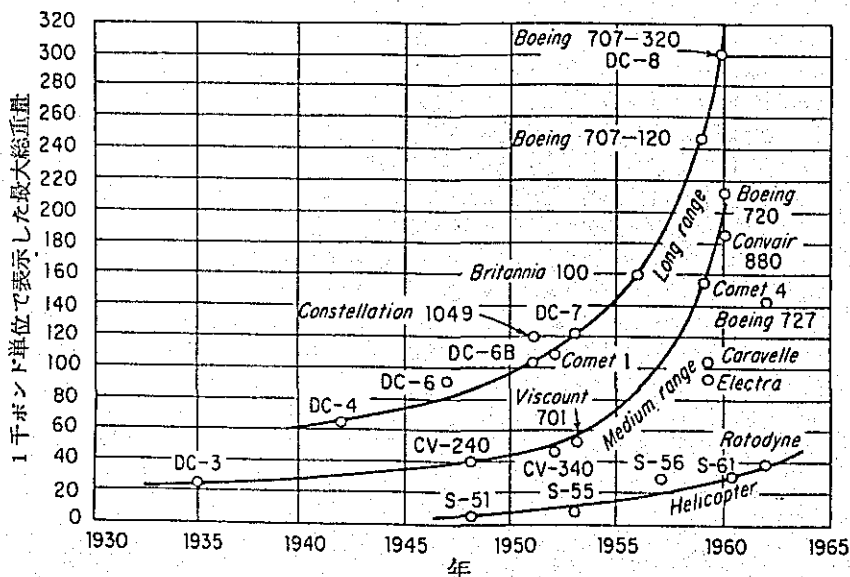
この10年間、我々が目にしたのは、飛行機の速度増加だけでなく、飛行機の規模や重量面にも増加は見られた。輸送用飛行機の最大総重量の傾向は第I-3図に示されている。選ばれた飛行機の寸法比較が、第I-4図に示されている。

第I-3表 DC-3 と他の飛行機の速度比較

| 飛行機 | 巡航速度 mph | DC-3 との速度率 |
|------|----------|------------|
| DC-3 | 185 | |
| DC-4 | 240 | 1.3 |
| DC-6 | 305 | 1.7 |
| DC-7 | 360 | 1.9 |
| DC-8 | 570 | 3.1 |

出典：タービン動力飛行機の一般的特長，民間航空委員会

第I-3図 輸送用飛行機の総重量増加 1935-1965 年間

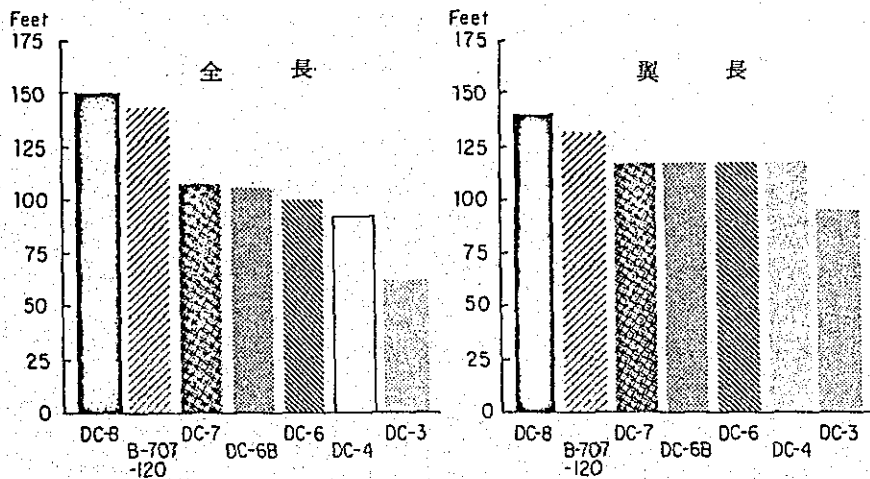


超音速輸送機の最大総重量は、30万から60万ポンドの範囲と考えられている。事前計画情報によれば、第I-5図に示されたデルタ・カナード型が選ばれ、そしてその翼長は現在の一連の輸送用飛行機のものより長くないだろう。しかしながら、超音速機はより長くなり、ノーズ・ギアとメイン・ギア間の距離は、我々が現在使用しているジェット機[†]のものより短くなるだろう。

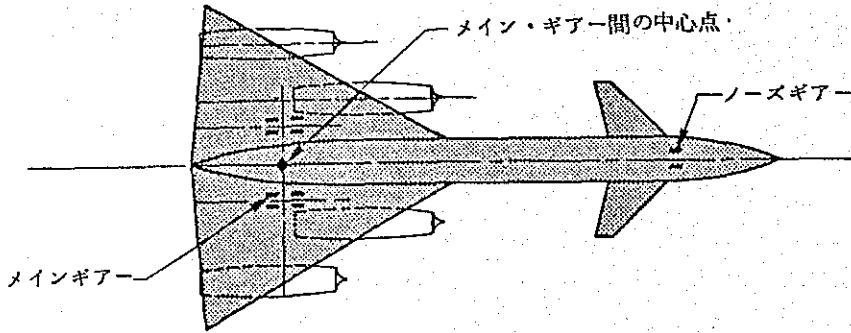
† 翼長は飛行機の全長の0.5倍のレベルと考えられる。全長は150から230フィートの範囲にあると考えられる。

時間当たりトンマイルで表わされる飛行機の生産性は、この10年間に除々に増加し、ターボジェット機の導入が終りに見られた。ターボジェットの生産性は、第I-4表に示される様に、大型ピストン・エンジン輸送機の生産性の二倍以上ある。

第I-4図 選ばれた飛行機の寸法比較 (出典:タービン動力飛行機の一般的特長, 民間航空委員会)



第 4 - 5 図 提案されている超音速機



DC-3 (1935年導入)の生産性は毎時350トンマイルである事に注意していただきたい。DC-7 (1953年に導入)のこれに相当する数字は、毎時2千7百トンマイルであり、ボーイング707-120 (1959年に導入)は、毎時8千5百トンマイルの生産性である。事実、ニューヨーク、ロンドン間の大型ターボジェット機一機の生産性は、大型遠洋定期船一隻の生産性にほとんど等しい。

大型ターボジェット機の燃料消耗は、第I-5表に示される様に、ピストンエンジン、やターボプロップ機におけるより、相当に多い。ターボジェットの燃料消費量は、その消費燃料を、DC-7の消費燃料と、サンフランシスコからニューヨーク迄の間、比較する事により示される。ジェット機は、1万ガロンを少し上まわる量を消費するであろうが、DC-7はこの量の半分弱を消費するであろう。

第 I - 4 表 輸送飛行機の平均生産性

| 飛行機の型 | 発動機の型 | 平均生産性時間当たりトンマイル |
|----------------|----------|-----------------|
| DC-3 | ピストンエンジン | 351 |
| コンヴェヤ-340 | " | 1,008 |
| DC-4 | " | 1,310 |
| スーパー・コンステレーション | " | 2,355 |
| DC-7 | " | 2,714 |
| フェアチャイルド | ターボプロップ | 920 |
| グアイカウント | " | 1,368 |
| エレクトラ | " | 3,073 |
| コンヴェヤ-880 | ターボジェット | 6,271 |
| ボーイング720 | " | 7,130 |
| ボーイング707-120 | " | 8,520 |

出典；タービン動力飛行機の一般的特長，民間航空委員会

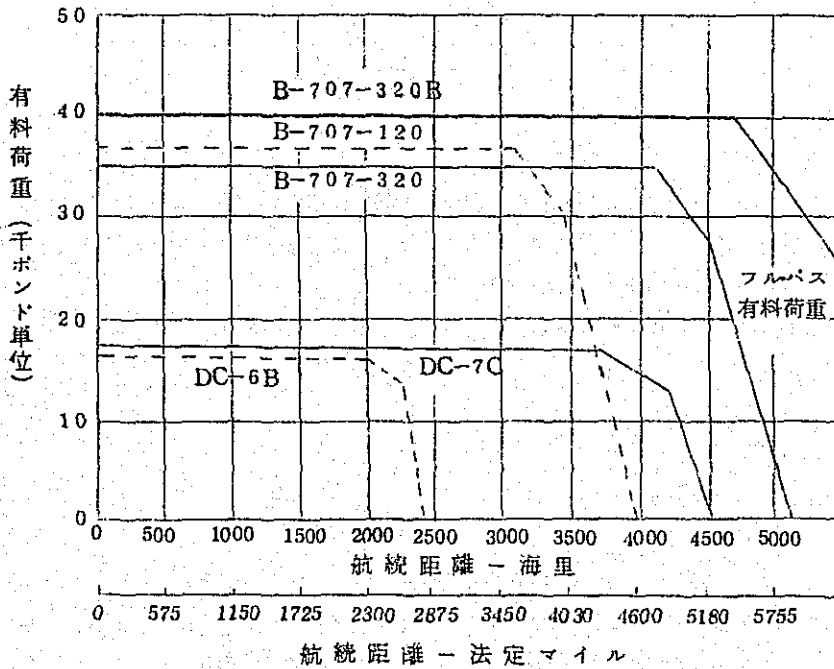
第I-5表 選ばれた輸送用飛行機の時間当り平均燃料消費

| 飛行機の型 | 発動機の型 | 平均消費燃料時間当りガロン数 |
|----------------------------|-----------|----------------|
| コンベイヤ-340 | ピストン-エンジン | 217 |
| DC-4 | " | 253 |
| DC-7 | " | 568 |
| スーパー・コンステレーション L-1049-C | " | 572 |
| エレクトラ | ターボプロップ | 723 |
| ボーイング707-120 | " | 2,151 |

出典；タービン動力飛行機の一般的特長，民間航空委員会

DC-7及びコンステレーション(L-1649)等のピストン-エンジン飛行機の最大航続距離は大型ターボジェット機のそれと大して差はないが，ジェット機では，収入を生む荷重("有償荷重"と呼ばれる)は，第I-6図に示される様に，ピストン-エンジン飛行機の2倍近くある。様々の型の飛行機の平均総有償荷重積載量が第I-6表に示してある。

第I-6図 有償荷重対航続距離



註；

B-707-320とDC-7C以外

B-707-120とDC-6B国内

無風，標準日

出典；ボーイング飛行機会社，民間航空委員会

第I-6表 輸送用飛行機の平均総有償荷重積載量

| 飛行機 | 発動機の型 | 平均有償荷重 トン |
|----------------|----------|-----------|
| DC-3 | ピストンエンジン | 2.4 |
| コンヴェア-340 | " | 5.0 |
| DC-4 | " | 7.0 |
| スーパー・コンステレーション | " | 9.0 |
| DC-7 | " | 9.0 |
| フェアチャイルドF-27 | ターボプロップ | 4.5 |
| エレクトラ | " | 9.2 |
| コンヴェア-880 | ターボジェット | 13.4 |
| ボーイング720 | " | 15.4 |
| DC-8 | " | 16.5 |
| ボーイング707-120 | " | 17.9 |

出典；タービン動力飛行機の一般的特長，民間航空委員会

飛行機重量の構成要素

第I-1表及びI-2表の情報が，総合的な計画作成に役立つなら，設計者が離陸時及び着陸時の飛行機の重量を構成する基礎的要素を理解する事が大切である。なぜなら，重量は，滑走路の長さを定める主要要素の一つだからである。

下記は，航空会社で言及されている幾つかの重量を示したものである。

1. 運航自重
2. 有償荷重
3. 無燃料重量
4. 最大構造上着陸重量
5. 最大総離陸重量

"運航自重"は，乗組員と運航準備整った必要装具は含むが，有償荷重と燃料を含み基本重量を意味する。"有償荷重"は収入を生む荷重全部を言及する言葉である。これには，乗客，郵便物，速達物，や貨物等が含まれる。"最大構造上有償荷重"は，貨物であれ，乗客であれ，又はこの両者の組合せでも良いが，連邦政府が運航を公認した最大荷重である。場所が足りないのに，実際に積まれる最大荷重は，通常，最大構造上有償荷重より少い。これは特に旅客機の場合そうであって，

旅客機内では、座席やその他の物が相当な場所を占めているのである。”無燃料重量”はそれを越える追加重量は燃料の形でなければならぬある重量であり、これにより、巡航中の飛行機において、翼と胴体の連結点でのモーメントが過剰にならなくなる。

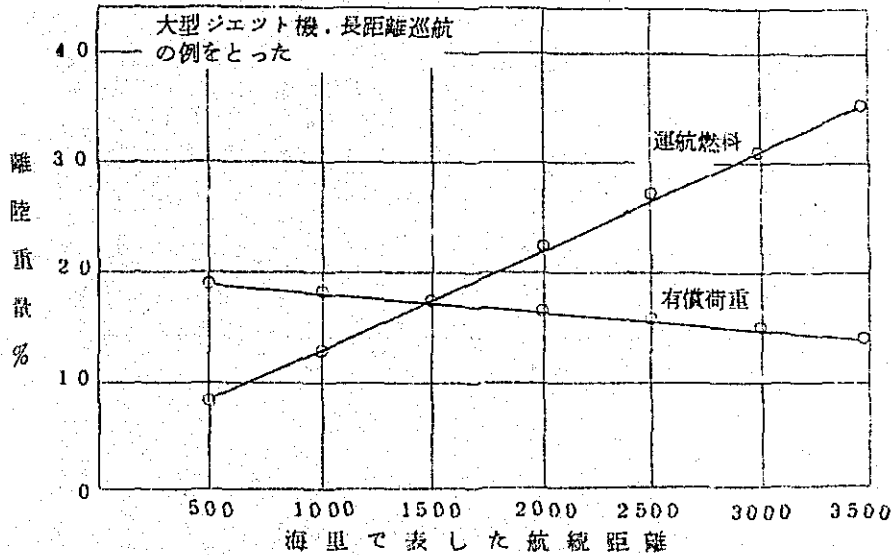
”最大構造上着陸重量”は、着陸時の飛行機の構造上の積載力を表わしている。メイン・ギアは着陸時に飛行機に与えられる力を吸収する構造に設計されている。与えられる力が大きければ大きいほど、ギアは重くなくてはならない。通常、輸送用の機に入る飛行機は、最大総離陸重量より少い重量にあわせて構造設計されている。これは、飛行機が巡航中、燃料を燃やして、失うからである。もし航行が長いと（大型ジェット機では8万ポンド以上）、重量ロスは相当になる。それゆえ、着陸時の最大総離陸重量をささえる様にメイン・ギアを設計するのは経済的ではない。この様な状況が起るのは非常にまれだからである。この様な状況が起ったなら、例えば、離陸直後に飛行機の機能不良の場合には、パイロットは最大着陸荷重を越えないように、空港に戻る前に、燃料を投げ捨てねばならない。コンヴェヤー340等の短距離飛行機の場合、メイン・ギアは最大総離陸重量にほとんど等しい重量をささえる（着陸操作において）様に設計されている。これは、寄港する各飛行場間の距離が短いので、多量の燃料が各區間で消費されない為である。

”最大総離陸重量”は、連邦政府が、飛行機運航者に、離陸操作の為に飛行機に積載する事を許した最大総合重量である。

燃料要件

離陸開始時の飛行機の重量の一部は、燃料である。燃料要件は二つの要件に分離出来る。即ち、与えられた距離を航行するのに必要な燃料と連邦政府の定める規則により必要とされる予備燃料である。

第1-7図 航行必要燃料と有償荷重の離陸重量に対する関係



航行に必要な燃料の量は、航行距離、速度、途中の気象条件（風、温度）、飛行高度、及び有償荷重に左右される。予備燃料の量は、航行距離の長さ、航空交通条件（訳註、混んでいるかないか）、目的地に着陸不可能な場合に使用する代替空港への距離に左右される。連邦政府は、輸送用機に必要な予備燃料の量を定める規則を規定している。有償荷重と航行燃料の量が、大型ターボジェット機の離陸重量で、図 I - 7 に表わされている。

飛行機重量の決定

飛行機の重量を構成するのは、定数、即ち巡航自重と、二つの変数、即ち、有償荷重と燃料である事が分ろう。

飛行機が着陸目的地に着き、代替空港には着陸しなかったとして、着陸の際の飛行機の重量は、巡航自重、有償荷重、及び予備燃料の和である。この着陸重量は、その飛行機の最大構造上着陸重量を越えてはならない。

離陸重量は、着陸重量と航行燃料の和である。この重量は、その飛行機の最大許容総離陸重量を越えてはならない。

飛行機重量を構成する諸要素の量を示す為に、図（第 I - 8 図）が用意された。この図には、諸要素が、短、中、長航続距離機の最大総離陸重量によって示してある。

第 I - 8 図 飛行機の重量分布

| | | 着陸重量 | | 最大総離陸重量 |
|-----------------|--|--------------|-------------|--------------|
| 巡航自重 45 % | | 有償荷重 14 % | 予備燃料 | 航行燃料 35 % |
| 長航続距離ターボジェット機 | | | | |
| 巡航自重 62 % | | 有償荷重 18 % | 予備燃料 5 % | 航行燃料 15 % |
| 中航続距離ピストン・エンジン機 | | | | |
| 巡航自重 70 % | | 有償荷重 21 % | 予備燃料 3 % | 航行燃料 6 % |
| 短航続距離ピストン・エンジン機 | | | | |

最大有償荷重が、最大総離陸重量の14~21パーセント部は、航続距離の短い飛行機が該当する事が注目されるだろう。しかしながら、航行燃料は、長航続距離ジェット機では、短航続距離飛行機におけるよりずっと多くの分を総離陸重量において占めるのである。

回 転 半 径

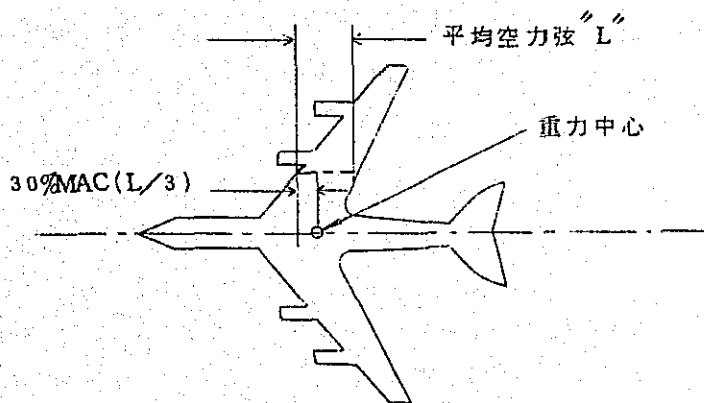
ローディングエプロンで飛行機の位置を決定し、又、空港内の他の場所で飛行機の通路を確立する為には、飛行機の“動き”の幾何学を理解する事が大切である。表I-1に示された最小回転半径は、メイン・ギア・タイヤの通常の摩擦に対し、メーカー側が勤めている最小限である。この為、回転の中心が翼にあるのである。絶対物理的の最小限では、回転の中心が翼ではなくて、むしろ、メイン・着陸・ギアにおかれるだろう。こうなると、飛行機が、メイン・ギアのどれか一つの上を横すべりする事となる。この操作は、過剰な摩擦をタイヤに生じさせ、他の場所では、舗装表面にきずをつくる。

ノーズ・ギアの回転角度にも、又、制限がある。大型ジェット機では、この角度は50から60度である。最小回転半径の回転の中心は、どんな飛行機に対しても、ノーズ・ギアの最大回転角度において、軸間に線をひいてみる事により、容易に決定される。この線と二つのメイン・ギアの軸間にひかれた線と交わる点、が、回転の中心である。これは第I-1図に図解してある。

メイン・ギアとノーズ・ギア上の静止重量

メイン・ギアとノーズギア間の荷重の分担は(1)飛行機の型、(2)飛行機の重力中心位置によって決まる。

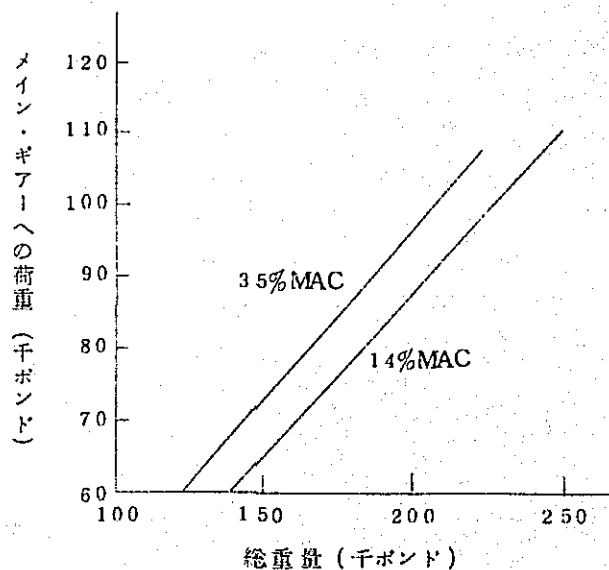
第 I - 9 図 平均空力弦の位置の図



どんな総重量に対しても、飛行機が飛行の際、安定を保つ為に積載時に考えられるべき、最大船尾及び前部の重力中心位置がある。重力中心点は“平均空力弦”(例、30% MAC)の何パーセントかとして見つけられる。平均空力弦は、飛行航続距離を通じ、実際の翼に働くと同じ力のベクトルを持つ翼の想定されたエアフォイルの一切断面の弦である。第I-9図はこの弦を図示したものである。

重力中心の位置が、大型ジェット機の主着陸装置で支えられた荷重に持つ影響が、第4-10図に図解してある。舗装の設計については、全重量の10パーセントはノーズ・ギアに、90パーセントがメイン・ギアにかかると通常考えられている。

第I-10図 主着陸装置重量の分布



飛行機性能が滑走路の長さ及びぼす影響

滑走路の長さに関する要因は次の様な3つの一般的範疇に分けられる。

1. 政府が飛行機のメーカーや運航会社に課した性能要件
2. 飛行場の環境
3. 飛行機の各型に対し運航降陸及び着陸総重量を定める諸点

政府が飛行機のメーカーや運航会社に課した性能要件

輸送機飛行機は、民間航空規定という規則のもとに免許を受け、運航されている。この規定は、業界との調整のもとに、連邦政府が発布した。これらの規則は、与えられた滑走路の長さに関して満たされるべき性能要件を明細する事により、降陸及び着陸時の飛行総重量を律している。

ピストン・エンジン飛行機に関する規定は、飛行機の安全な運航に必要な滑走路長を定める場合の二つの一般的な例を考えている。これらは、(1) エンジンの故障を伴う離陸で、この場合には、動力の減少にもかかわらず、飛行機が離陸を続けるに十分な滑走路が必要であり、さもなければ、ブレーキをかけて止めなければならない。又、(2) 着陸で、この場合には、普通行われる着陸技術の様々を変動や、行き過ぎ(オーヴァージュート)、接近不足等の場合に十分な長さを持った滑走路が必要である。

タービン動力機に関する規定は、原則として、上記の二つの規準を守っているが、これに加えて、全エンジン離陸の場合と言う第三の規準が加えられた。この場合には、発進技術の変動や、この種の飛行機に特有な性能、特長等を許容するに十分な長さの滑走路が必要になる。この特定の規則は、毎日の、正常な離陸操作を対象にしている。エンジンの故障は、あまり緊急には起らないからである。

ある特定の型及び重量のタービン動力飛行機が、飛行場で必要とする滑走路の長さは、最大の長さとなる物は何であれ、上記の三例の一つによって定められる。

ピストン・エンジン飛行機及びタービン動力飛行機の両方に関する規定中で、“滑走路”という言葉は、全舗装されたものをさす。この様に、以下の議論では、滑走路という言葉は、全舗装という語と同意に用いられる。しかし、滑走路長に関する規定の効果の議論において、タービン動力飛行機に関する現行規則が全離陸距離に対して滑走路は要求していない事は注目するに値する。ピストン・エンジン飛行機に関する規定では、普通要求されるのである。

全舗装(滑走路)の長さに関して、二つの規則がなぜ異っているのかを見るには、もっと詳細に、タービン動力輸送機に関する規則を検討する事が必要である。

現行のタービン動力輸送機規則(SR-422B)により定められた上記の三つの場合が、第I-11図に図解してある。

着陸の場合(第I-11a図)は、多分、最も簡単に説明出来るであろう。この規定が述べているのは、飛行場を利用する各飛行機に必要な“着陸距離”は、飛行機が、その距離の60パーセント内でフル・ストップ出来るものでなければならない事で、この場合、飛行機は適当な速度で接近をし、滑走路の入口を50フィートの高さで越すと想定されている。着陸距離は、全舗装でなければならない。ピストン・エンジン飛行機の着陸距離は、全く同じ方法で定めてある。

正常な、又は、全エンジン離陸の場合(第I-11c図)に定められた“離陸距離”は、飛行機の特定重量に対し、飛行機が35フィートの高さに達するに要する実際の距離の115パーセントでなければならない。しかし、この距離の全部が全舗装でなければならないという事ではない。各飛行士の技術の差は、地上を発進する前にこの全距離を必要とするほどには、大きくないからである。必要なのは、オーヴァー・シュートを起す様な離陸の場合に障害物が、この全距離に存在しない事である。それゆえ、規則により、本距離の一部に対し、“クリアー・ウェイ”の使用が許されている。“クリアー・ウェイ”は、“滑走路の彼方にあり、幅員が500フィート以下で、滑走路の延長中央線のほぼ中央に位置し、空港当局の管理下にある区域”と定義される。“クリアー・ウェイ

イは、滑走路の端から、1.25パーセントを越えぬ上向きの傾斜を持ち、滑走路の入口の灯が滑走路の端をこえた高さが26インチ以下で、滑走路の両端におかれた場合この灯がこの斜面を越えて突き出る以外は、何物も、又、どんな地形部分も、その斜面を越えぬ様なクリアー・ウェイ面として表現されている。(1)発進点に達する迄の距離の115パーセント、と、(2)離陸距離との差の2分の1迄はクリアー・ウェイである。離陸距離の残りは全舗装されねばならず、“離陸滑走路”と名づけられる。

エンジンの故障の場合(第I-11b図)の為に、必要離陸距離は35フィートの高さに達する迄の実際の距離と規則は規定しており、全エンジン離陸の場合の様をパーセンテージは適用されていない。これは、この様な場合が頻繁でない事を認めている。この規則は、又、クリアー・ウェイの使用を、この場合、発進距離と離陸距離間の差の2分の1迄許し、残りは全舗装にしてある。ピストン・エンジン飛行機に関する規則は、全離陸距離の全強舗装を必要とする。

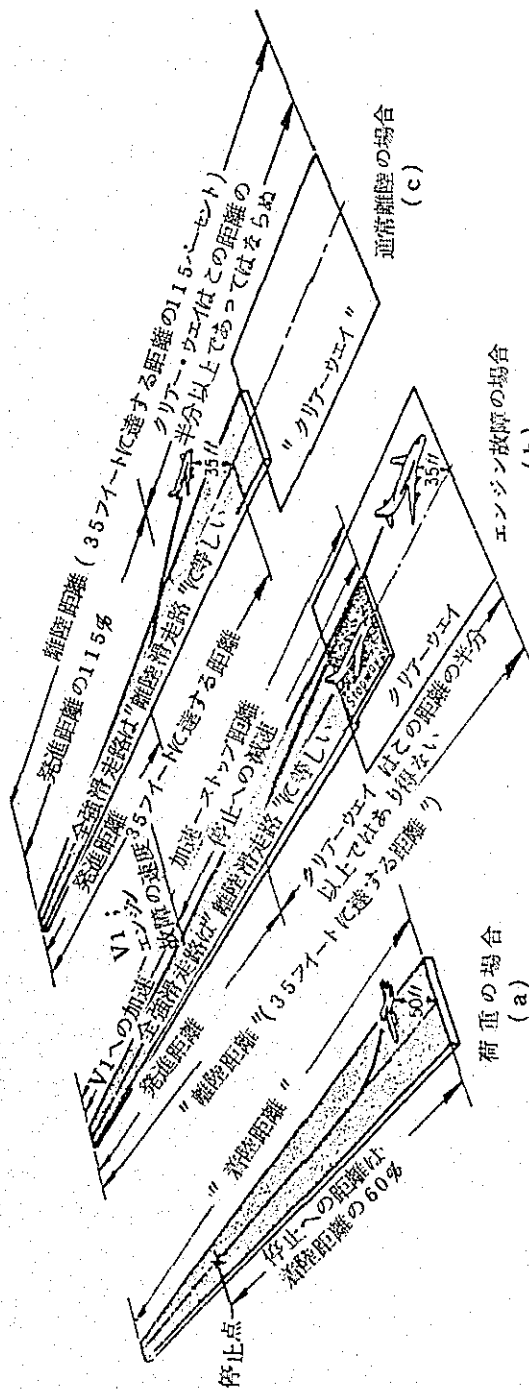
以前に述べた様に、エンジン故障の場合には、離陸を続けるよりは、むしろ飛行機を停める為に、充分な距離が与えられる事が必要となる。この距離は“加速一停止距離”と名づけられている。ピストン・エンジン飛行機のみに対し、全強舗装が通常、この目的に使用される。しかし、タービン動力飛行機に対する規則は、離陸失敗は比較的新しい事であることを認め、離陸滑走路の彼方の加速一停止距離の部分に対し、“ストップウェイ”という名で知られた軽強舗装の使用を許している。ストップウェイの定義は、“滑走路の巾より巾が広く、滑走路の延長中央部あたりの中央に位置し、滑走路の彼方にある区域で、離陸失敗の際に機体の減速に使用される様、空港当局から指定されたものである。”それ自体として考えた場合、ストップウェイは、離陸失敗の際、飛行機に構造上の損傷を引き起す事なく、機を支える事が可能でなくてはならぬ。”

離陸距離と加速一停止距離の両方とも、エンジン故障時の飛行機の速度に影響されるだろう事は明らかである。エンジン故障が発生すると推定される速度が飛行機メーカーにより選択され、“エンジン故障の最も発生し易い速度 V_1 ”と名づけられる。実際に、エンジンが選択された速度に達する前に故障した場合には、飛行士はブレーキをかけて停止させる。エンジンが V_1 以上の速度において故障した場合には、飛行士は離陸を続ける様かない。

ピストン・エンジン飛行機に対し、通常、全加速・停止距離と離陸距離の全部を全強舗装するので、 V_1 に達した点から、停止に要する距離が(同じ点から)滑走路上空にある特定高に達する迄の距離に等しい様に、 V_1 を選ぶのが一般的な慣行である。* これに基づいて定められた滑走路の長さは、“均衡フィールド概念”とか“均衡滑走路”と呼ばれており、この結果、最も短い滑走路が出現している。タービン動力飛行機の場合、この基礎に基づいた V_1 の選択は、クリアー・ウェイやストップウェイが備っている時には、必ずしも、最短滑走路を出現させない。

* ピストンとタービンに関する諸規則は伴に、 V_1 は飛行機が飛び始めるほど高くはないが、方向や補助翼からの空気力学的制御に依る事が出来る高さでなければならない。

* ピストン・エンジン飛行機の場合、高さは35フィートには固定していない。



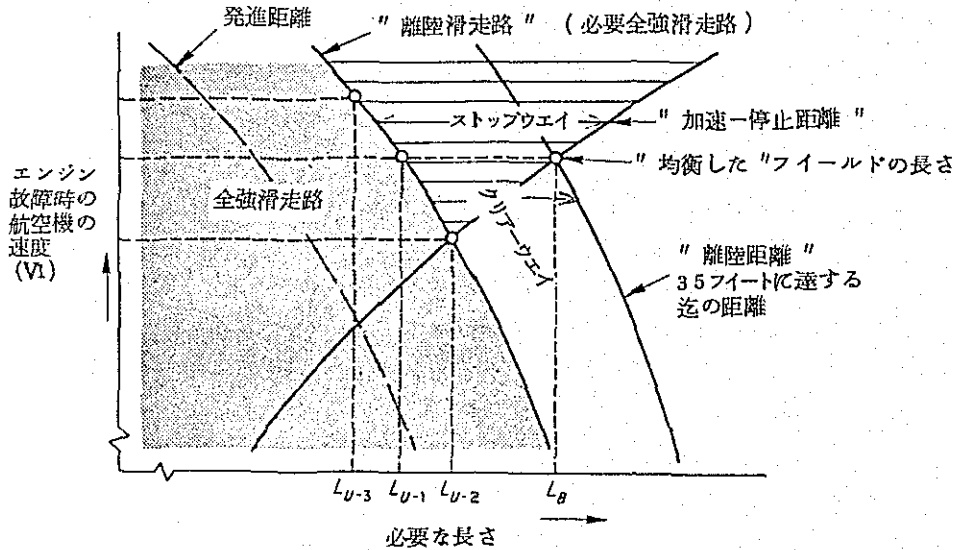
荷重の場合 (a)
 発進距離の115%
 全強滑走路は「離陸滑走路」に達する距離の115% (クリアウェイは、この距離の半分以上である)
 加速-ストップ距離 (クリアウェイ) はこの距離の半分以上である
 停止への距離 (クリアウェイ) はこの距離の半分以上である (クリアウェイ)

エンジン故障の場合 (b)
 エンジン故障の場合
 ストップウェイ
 少なくとも滑走路と同じ中
 離陸失敗の際、重傷なしに
 飛行機を支えねばならぬ
 飛行機を支えねばならぬ

通常の離陸の場合 (c)
 通常の離陸の場合
 クリアウェイ
 最低500フィート
 の中、滑走路より高くなく、
 固定障害物なく、空港の管理下
 にある。

第1-1-1 図 滑走路長の要件に影響するタービン動力飛行機性能規則

第I-12図 タービン動力飛行機の離陸要件, エンジン故障の場合



この理由の為に、 V_1 と離陸距離の諸構成要素及び加速-停止距離の諸要素との間の相互関係を理解する事が必要である。これらの関係は第I-12図に図解してある。 V_1 の速度が増々増えるにつれて、離陸距離は増々短くなる。これは、飛行機においては、離陸滑走のより大きな部分に対し全エンジン加速という利点を持っているからであるが、加速-停止距離は、対応して増加する。

第I-12図は、主に、クリアウェイとストップウェイの概念を図示する為に載せられたのだが、均衡フィールド概念も、又、比較の為に示されており、離陸と停止要件の交叉に相当する。

クリアウェイやストップウェイが使用される時には、以下の様な(第I-12図を参照)幾つかの方法が可能である。

1. 平衡フィールド概念の場合と同じ V_1 が選ばれたなら、クリアウェイとストップウェイの長さは等しい。これは、全強滑走路(第I-12図では L_{U-1} と示してある。)がクリアウェイに等しい距離短縮され得るが、滑走路は建設されねばならぬだろう。
2. もう一つの方法は、加速-停止距離が離陸滑走路と平衡する様に V_1 を選ぶ事である。この場合、滑走路は L_{U-2} となり、これは L_B より短い。そして、ストップウェイは必要でなくなる。この様にして、滑走路は短縮されたのである。

3. 離陸距離を縮める為に、かなり高い点に V_1 を選ぶのも一方法である。しかし、これが成されると、加速一停止距離は大巾に増加する。この場合の為に、滑走路の長さが L_{u-3} と図示してある。しかし、加速一停止距離に何が起るか注目せよ。この方法は、滑走路の両端に障害物がある空港において操縦者に有利であろう。

以上の如く、タービン動力飛行機に關する規則が、一連の方法を飛行機操縦者に提供している事が分るのである。エンジン故障の場合の離陸距離と離陸滑走路を正常の全エンジン離陸の場合の相等距離と比較する必要が強調されねばならない。より長い距離が常に律するのである。

これ迄の説明により、滑走路の長さ、高さ、速度や性能規則に規定された他の要件に密接に結びついている事が明らかであろう。

飛行機運航会社と飛行場運営当局は共に、クリアーウェイに關心を持っている。クリアーウェイは、固定した長さの滑走路に対し、空港管理当局に、全強舗装の建設に要するより少い経費で、追加の総離陸重量を運航会社に可能にするからである。

空港環境。これ迄、政府が課した要件がいかん、滑走路の長さに影響を与えるかが説明された。空港の条件のうちのあるものも、又、影響を与える。これらの条件の内、最も重要なのは、(1)温度、(2)表面風、(3)滑走路の傾斜、及び(4)空港の高度である。

これらの条件の変化の相対的影響を決定する為に、現存のジェット飛行機数機の分析が行われた。各飛行機に対し、一連の航続距離についての滑走路の長さが、メーカーの作成した性能データから計算された。そして、以下の假定条件が、飛行場及び途中において想定された。

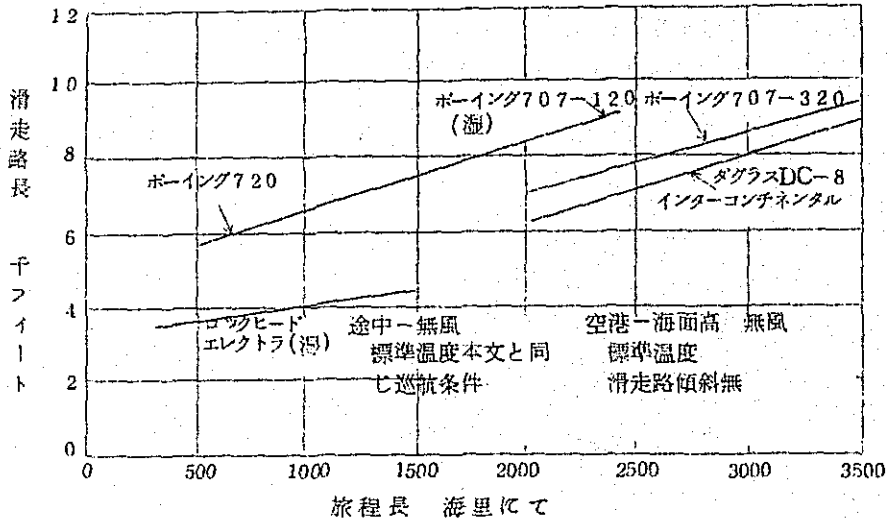
1. 空港は海面と同じ高さにある。
2. 空港での温度は標準 ($59^{\circ} F$) 十
3. 滑走路は縦方向に平である。
4. 滑走路上は無風である。
5. 目的地へ向う途中は無風である。
6. 温度は、途中、標準である。
7. 飛行機に収容能力いつばいの乗客及び貨物が搭載されている。
8. 飛行機は、第 I-7 表に示された速度で巡航する。

この様にして得られた幾つかの長さは、" 基本的滑走路長 " と名づけられ、均衡フィールド概念 (第 I-13 図を参照) に基礎をおいている。次に、空港での諸要素が、一つづつ変えられたが、一つの要素が変えられている際、残りの7つは一定に保たれた。

新しい滑走路の長さが計算され、基本滑走路長の何パーセントとして表現された。この様にして、諸空港条件の各々に関し、相対的な大きさが得られたのである。この分析の結果は、グラフにして、第 I-14 図に示してある。

十 標準温度の定義については、" 重要な航空用語 " と名づけられた箇所を参照せよ。

第 I - 1 3 図 典型的なジェット機の基本的滑走路長



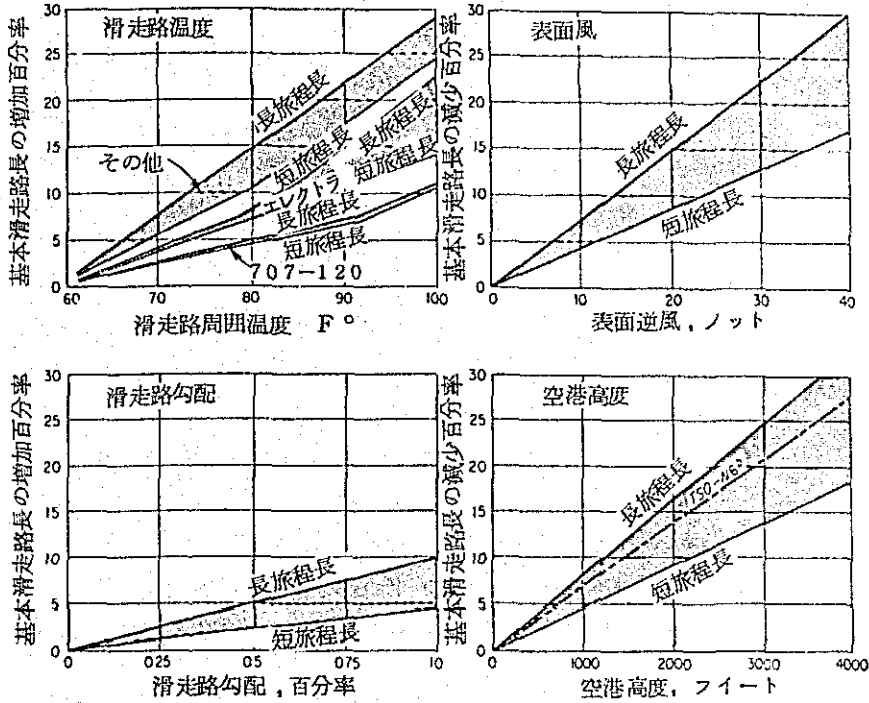
分析に含まれたタービン動力飛行機が第 I - 7 表に示してある。この表は、又、計算のなされた旅程長の範囲、巡航方法、又、滑走路長が基礎をおいている政府規定をも示している。この表に示された最低の、又、最高の旅程長は必ずしも、飛行機が経済的に運航される航路距離の絶対的限界ではない事は強調されるべきである。これらの数値は、分析の目的のみに選ばれたものである。図上の“短旅程長”及び“長い旅程長”という言葉は、表に示された長さの、より短い方及びより長い方に近づく距離を示す様に選ばれたものである。

第 I - 7 表 飛行機と旅程長

| 飛行機 | 旅程長範囲 | 巡航条件 | 滑走路長を定める政府規則 |
|--------------|-------------|--------------------|--------------|
| ダグラスDC-8 | 2,000-3,500 | Mach 0.81 @ 30,000 | SR-422B |
| ボーイング707-320 | 2,000-3,500 | Mach 0.81 @ 30,000 | SK-422B |
| ボーイング707-120 | 700-2,100 | Mach 0.82 @ 30,000 | SK-422b |
| ボーイング720 | 500-1,500 | Mach 0.84 @ 30,000 | SK-422Bc |
| コンクエヤー990 | 700-2,100 | Mach 0.84 @ 35,000 | SR-422bc |

- a. 旅程長は海里 (1海里 = 1.15法定マイル) で表わしてある。
- b. FAA認定飛行用マニュアルより得た滑走路長。
- c. 推定性能 (均衡フィールド長) に基づく滑走路長。

第 I-14 図 空港環境が滑走路長に与える影響



第 I-14 図において、第 I-7 表に含められた全ての飛行機の影響を組み入れて、包絡線が描かれている。これらの「長旅程長」及び「短旅程長」と名づけられた包絡線は直線として描かれている。これは、各飛行機が包絡線により示された域に動作する事に意味しない。個々の飛行機の影響は、図を簡単にする為に省略された。

第 I-14 図を検討すると、分るのは、一般に、空港条件が滑走路長に与える影響は、旅程の長さに依存している事である。空港条件が大であればあるほど、短旅程長と長旅程長との間のひらきはより大きくなる。より長い旅程はより多くの燃料を必要とし、それゆえ、飛行機は離陸時により重くなるので、これは当然の事といえる。

第 I-14 図で面白いのは、温度の影響に大きな巾がある事である。暑い日 (100 °F) には、滑走路長 (基本滑走路長) の増加は 11 から 29 パーセント迄の巾を持つ。†

† 計算がドライ・ターボプロップ・エンジンをもとにしてなされたのなら、100 °Fでの変化は 11 から 4.4 多である。

この為に、滑走路長を定めるのに、空港温度の影響をあまりに厳しく規格化してしまう事は、目安の企画としては、あまり好ましくないだろう。

空港高度の影響の大小を変化も、又、第I-14図に示されている。F A A技術標準令N6bの諸要件がこれらの数値上に重ねられており、個々の飛行機をこれらの要件をいかに比較するかが示されている。

運航離陸及び着陸重量を定める条件

重量は滑走路長の決定に大きな役割を果たす要素であるので、離陸時の飛行機の重量を構成する諸要素について考えてみよう。離陸時(100パーセント荷重を仮定)の飛行機の重量が依存しているのは、主に、(1)旅程の長さ、(2)飛行機が航路途中で経験する諸条件、及び(3)飛行機の飛行速度及び高度である。

この例で考慮された途中の条件は、(1)上空の風、及び(2)上空温度である。強い向い風は、多量の燃料使用を意味する。向い風は飛行機の対地速度を低減し、飛行機は無風の場合より長く、滞空しなければならないからである。同じ理由で、追い風は、離陸重量に関する限り有利である。

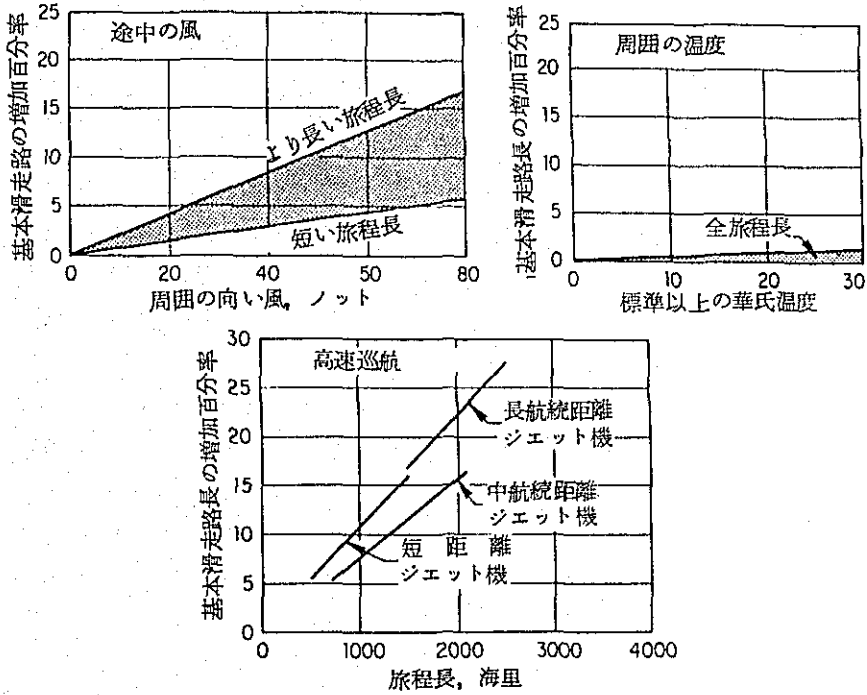
分析の結果は第I-15図に示されている。使用された手順は空港条件の際に述べられたものと同じである。即ち、一つの条件要素に変化が与えられ、その間、残りの7要素は一定にとどめられたのである。基本滑走路長は以前の計算(第I-13図)に使用されたのと同じである。旅程長が滑走路長に持つ影響は、第I-13図に示されている。空港条件の項で述べられたのと同じ方法が、第I-15図のデータのプロットに使用された。例えば、上空風は変化しているが、残りの7要素は一定に保たれる。

第I-15図に関して、注目されるのは、短旅程から長旅程の間で、途中の風の影響に大小を変化が見られる事である。これは、非常に短期の旅程の向い風では、長旅程の向い風よりずっと滞空時間の増加が少いという事実からも説明出来る。

途中の温度が滑走路長要件に与える影響は、第I-15図に示される様に、小さい。これは、高温においては、通常、エンジン効率の減少が見られるにもかかわらず、この低減は一般に、これに対応して起る空気密度の低減によって、抗力が低減される事によって相殺される事実により説明されるであろう。

滑走路長に及ぼす飛行機の途中の速度の影響は、第I-15図に示してある。これ等の図を得る為に、実行可能最高運航速度に対応する離陸重量と滑走路長が、メーカー側から提供された性能データに基づいて、計算された。計算された長さは、それから、基本的滑走路長の何パーセントという形で表現された。ここで、指摘されるべきなのは、これらの高速度は可能ではあるけれど、航空会社はあまり使用しないであろうという事である。なぜなら、燃料消費及び維持費の面でマイナスが大きすぎるからである。速度の影響は、旅程の長さが増すにつれて、大になる。

第 I - 15 図 途中の状態と旅程長が滑走路長に与える影響



特定のルートに対する滑走路長の計算

A市において、B市(2,850海里的の距離)に飛行するものとして、全有償荷重の707-320ジェット機の滑走路(均衡フィールドのもの)の長さを計算する事が必要になったとする。

A市の飛行場の条件は以下の如くである。

| | |
|-------|-----------|
| 高 度 | 平均海面高 |
| 温 度 | 59 °F |
| 滑走路傾斜 | +0.2パーセント |

A市からB市への途中での気象条件は以下の如くと期待される。

| | |
|-----|-----------|
| 温 度 | 標 準 |
| 風 | 30ノットの向い風 |

航空会社が当飛行機をマッハ0.82で巡航させる事を希望し、又、与えられた高度が3,500フイートの場合を想定しよう。

問題解決の手段は次の如くである。

1. 飛行機の巡航自重を得る。
2. 有償荷重の決定

3. 予備燃料の決定
4. 第1, 第2, 第3項を足す。これはB市における飛行機の着陸重量である。この重量は、飛行機の最大構造着陸重量を越えてはならない。
5. 途中における燃料要件を計算する。
6. 飛行機の総離陸重量は、第5項と第4項の和より得られる。これは飛行機の最大総離陸重量を越えてはならない。
7. 出発港での温度、表面風、滑走路傾斜、及び圧力高度を決定する。
8. 第6及び、第7項に要約されたデータを用いて、ある特定の飛行機に対してFAAが認定した飛行マニュアル滑走路図を用いて、必要な滑走路長を決定する。

これらの手順の詳細は以下の如くに要約されうる。

第一段階；この場合の飛行機の運航自重は、13,400ポンド。

第二段階；有償荷重（乗客）の決定においては、通常、各旅客は165ポンド、その携帯荷物を55ポンドと考える。全ての旅客機には貨物用のスペースがある。このスペースは、1立方フィート（この場合には10の値が用いられた。）当り何ポンドという基準で定められる。この場合、有償荷重の内分けは旅客115人と貨物600立方フィートと仮定された。全有償荷重は、かくて、31,300ポンドとなった。

第三段階；燃料予備要件は、連邦政府（特別規則427A参照）により定められた。燃料の量は、代りの空港への距離によって定まる。計算にあたって、飛行機は、予定地につくのに、計画したより10パーセント増の時間を要すると仮定された。飛行機が予定地に到着して後は、飛行機は代替空港に向い、そこに到着後、着陸可能になる迄30分の遅延があるものと、更に想定された。この様な基礎にあつての必要予備燃料は、この場合2万ポンドである。

第四段階；飛行機の着陸重量は、13,400ポンド、31,300ポンドと20,000ポンドの和、総計185,300ポンドである。これは当飛行機の最大構造着陸重量である198,000ポンドを越えるか下廻る数字である。

第五段階；途中で必要な燃料は以下の諸要因に影響される。即ち、(a)旅程の長さ、(b)飛行機の飛行速度、(c)途中で飛行機に加えられる風、(d)飛行機の飛行高度、及び(e)途中の温度である。ある一連の条件に対しての特定の必要燃料は、メーカー側から提供される燃料消費データから、計算される。当件において述べられた条件に対しては、旅行必要燃料は94,700ポンドである。

第六段階；飛行機の総離陸重量は、第四段階と第五段階で得た値の和、即ち、280,000ポンドであり、これはこの飛行機の最大総離陸重量（301,000ポンド）より少い。

第七及び第八段階；FAA認可飛行マニュアル中の滑走路長図に総離陸重量280,000ポンド、表面温度59°F、表面向い風0ノット、滑走路傾斜+0.2パーセントを記入することより、8,972フィートの必要滑走路長が得られた。（この図は本書には含まれてい

い。)

クリアウェイを使用する事が望ましいと想定しよう。ここで出て来る問題は、280,000ポンドの総重量をさへるのに必要な舗装長及び、必要なクリアウェイ長である。ここで、又、どちらが長いかを決定する為に、全エンジンの場合とエンジン故障の場合を分けて考えねばならない。

全エンジンの場合に、必要なのは以下を決定する事である。即ち、(a)リフト・オフ迄の距離の115パーセント、(b)35フィートに達する迄の距離の115パーセントである。滑走路(離陸滑走用)の長さは、 $a + 1/2 (b - a)$ に等しい。この場合の場合には、 $a = 7,237$ フィート、 $b = 8,972$ フィートである。この様にして、滑走路の長さ $= 7,237 + 1/2 (1,735 \text{ フィート}) = 8,104$ フィートであり、クリアウェイ $= 1/2 (1,735 \text{ フィート}) = 867$ フィートである。

エンジン故障の場合に必要なのは、臨界エンジン故障速度 V_1 と以下の諸要素との関係を知る事である。即ち、(1)加速停止距離、(2)離陸距離、及び(3)離陸滑走距離である。当面の問題に対しては、これは図にして、第4-16に示してある。離陸滑走距離を加速停止距離と均衡させる事が望ましいと仮定してみよう。この条件の為に、滑走路長(離陸行程に等しい)は8,060フィートであり、クリアウェイは871フィートである。

我々は、ここで、全エンジンの場合に得られた長さをエンジン故障の場合のものと比較して、どれが最も重要かを決めねばならない。この様にして、全強舗装滑走路の長さは、8,104フィートであり、867フィートのクリアウェイもつけられた。

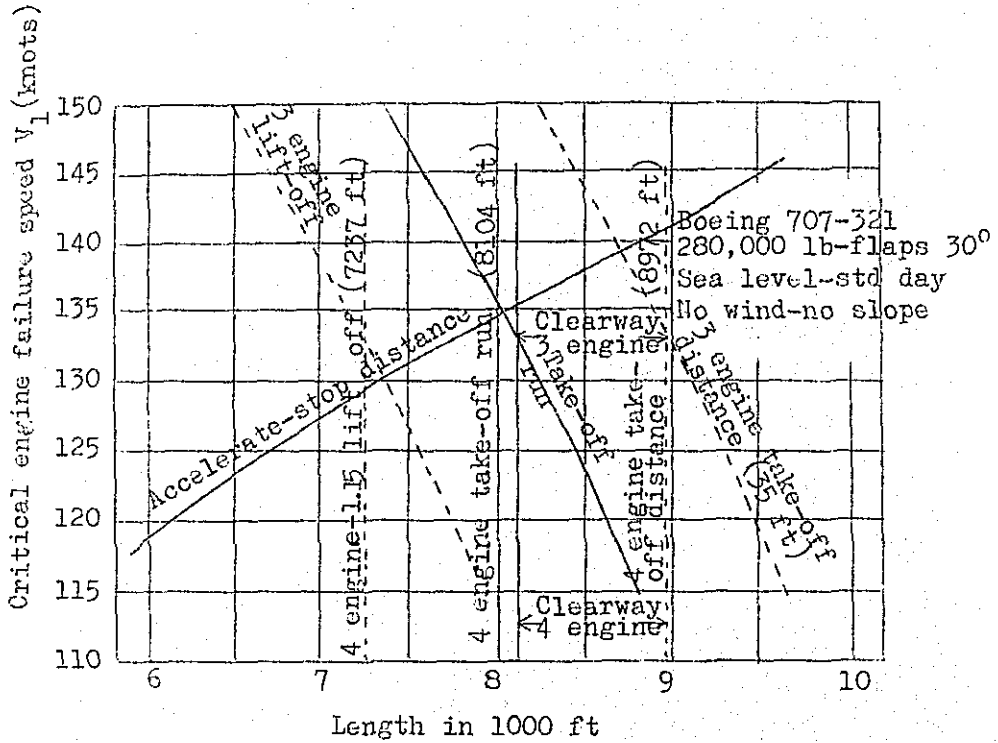
クリアウェイがない場合には、舗装滑走路長は8,972フィートになる。この様にして、クリアウェイ建設により、舗装滑走路を868フィート節約する事が出来る。

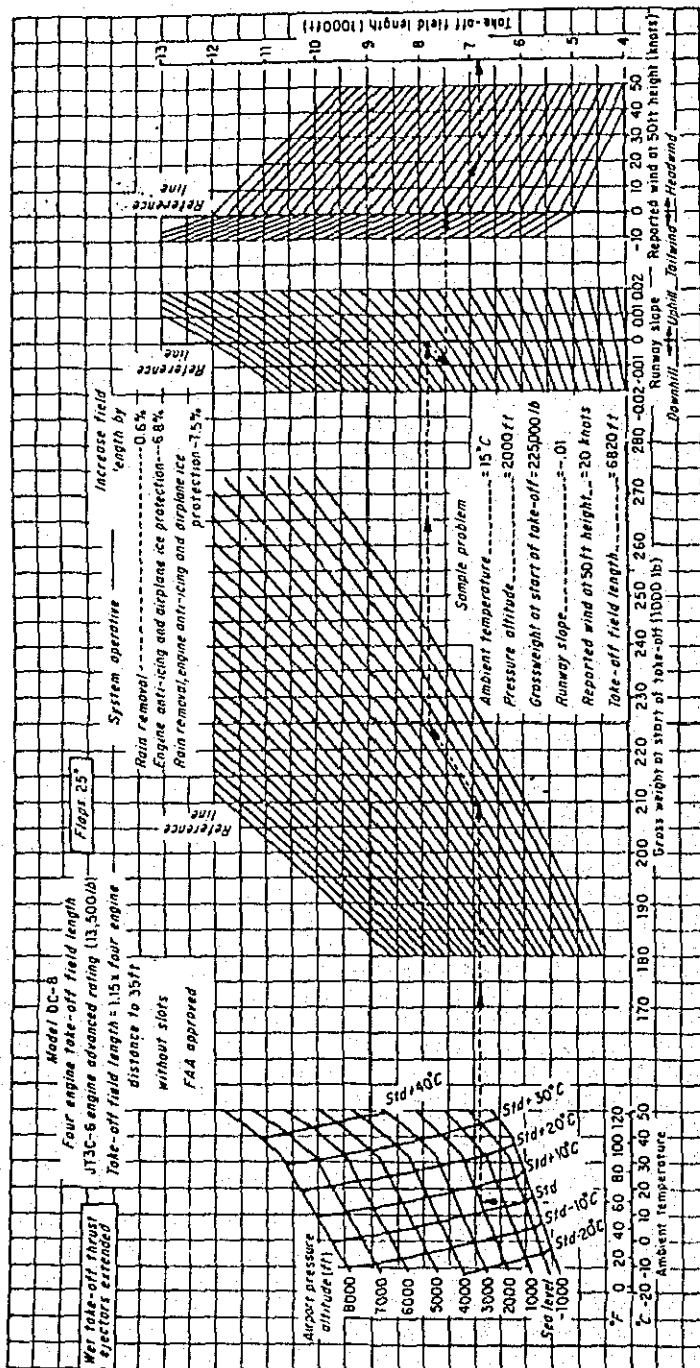
DC-8(国内用)の典型的な滑走路長図が第E-17b及び、第E-18に示してある。エンジン故障の場合の滑走路長は、均衡フィールド長のものである。エンジン故障の場合には、滑走路長は35フィートに達する迄の距離であり、全エンジンの場合には、それは35フィートに達する迄の距離の115パーセントである。時には、メーカー側は二つの事を一つにして、使用者側がどの条件が最も危険かを決定しないですむようにしている。

一般航空用飛行機の滑走路長；これ迄の話は、主に、一般航空用飛行機の滑走路長に影響を与える主要因に関するものであった。これらの要因は一般航空用飛行機に必要な滑走路長にも影響を与える。

一般航空用飛行機は民間航空規則の第三部により認可されているもので、普通、使用及び、曲芸という三つの範疇に分れている。これらの範疇の定義は以下の如くである。普通の範疇には、非曲芸及び不定期の乗客及び貨物用の運航が含まれる。ほとんどの一般飛行飛行機は、この範疇で認可をうけるのである。使用範疇は普通範疇と同じ用途を含むが、ある種の曲芸飛行も許されている。多量の一般航空用飛行機は、普通と使用の、両方の免許を持ち、飛行訓練用に使用出来る様にして

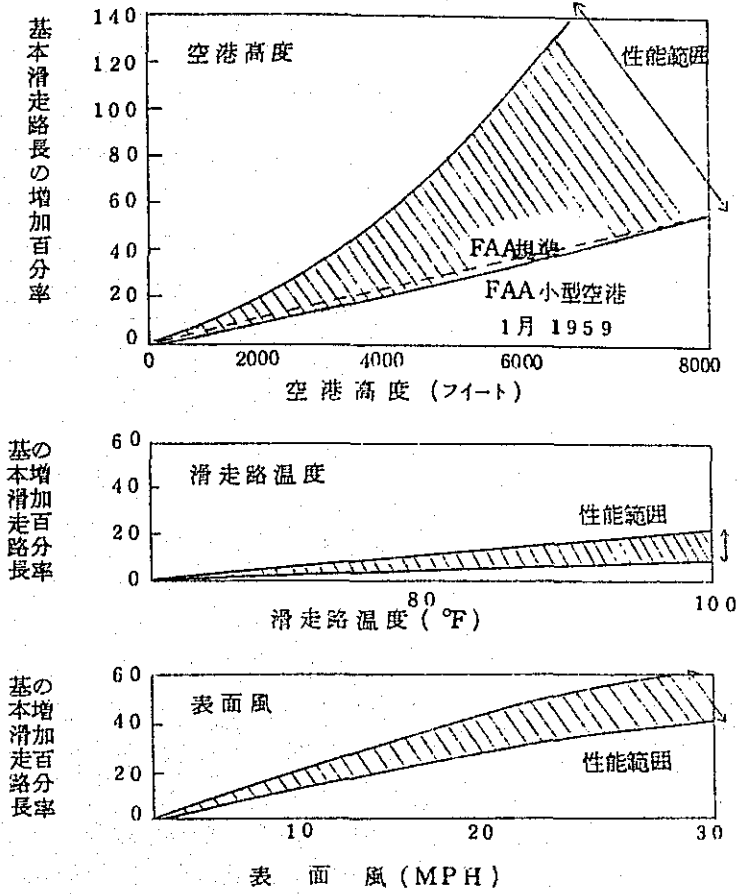
第I - 16 圖 Unbalanced Field Lengths, Boeing 707-321





第 I - 18 图 Take-off Runway Length Requirements, DC-8 (Four-engine Take-off), for Illustrative Purposes Only (COURTESY: Douglas Aircraft Corp.)

第I-19図 小型一般航空用飛行機の滑走路長に空港環境が与える影響



ある。しかし、最大許容総重量は、普通のよりも、使用設備のものの方が少い。曲芸用設備に課せられた飛行士の規則はない。これは相対的にいって、まれな範疇であって、この種の飛行機の用途は、愉しみの為、及び人を驚かせる為の飛行のみである。

一般航空用飛行機の離陸距離は、離陸滑走の開始から、50フィートの高さに達する迄の距離と定義される。多エンジン飛行機に関しては、エンジン故障をしても離陸を続けさせる必要がない。故、 V_1 もなければ、ストップウェイ、加速-停止距離、又はクリアーウェイの必要もない。一般航空用飛行機の着陸距離は、滑走路末端上空50フィートから完全な停止に至る迄の距離と定義される。一般航空用飛行機の滑走路要件に影響を与える規則は輸送用飛行機のそれほど厳しくはないが、空港の外的環境は一般航空用飛行機に必要な滑走路長に深い影響を与える。これらの飛行機の

影響を示す為に、幾つかの飛行機の合成性能がメーカー側からのデータから決定された。†

基本的滑走路長は、輸送用機種のもと同様にして計算された。それから、高度、温度、滑走路の向い風等を、各々、他の要因は一定にして変化させた。これらの三つの要素が滑走路長に及ぼした影響は、第I-19図に示してある。

重要な航空用語

飛行機の性能は空気の密度に非常に左右される。空港で空気密度が減少すると、上昇が減少し、着陸及び離陸には、より長い滑走路が必要になってくる。大気中の空気の密度に關係する主要要因(空港地に適用する範囲以内)は、大気圧と温度である。

標準温度；大気の実際の特長は、日により、場所により変る。しかし、飛行機の性能を比較するという実際の便の為に、標準大気が協定により採択されている。標準大気は、ある特定の地域における実際の大気中の平均条件を表すものである。しかし、これは仮定された組成をもつてある事に心を配らなければならない。幾つかの異った標準大気が使用されているが、最も多く使われているのは、國際民間航空機關(ICAU)の提案になるもので、標準大気を次の様に定義している。

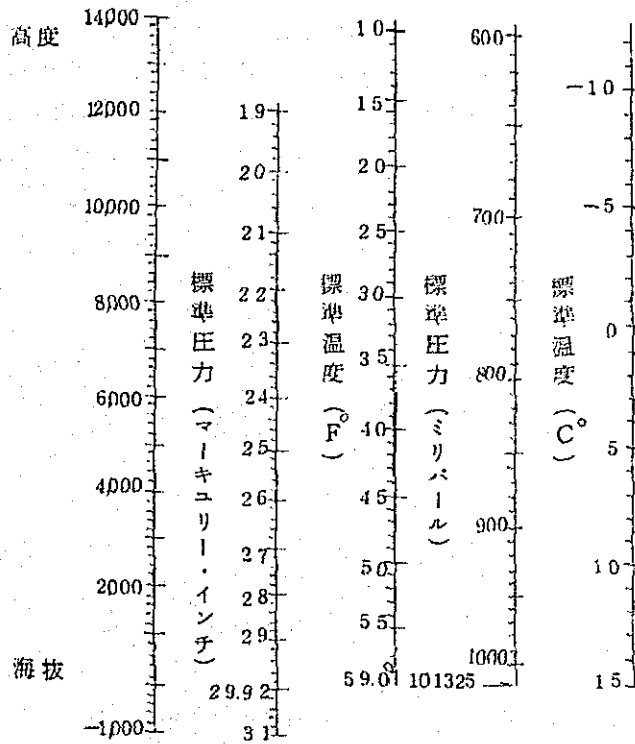
1. 空気は完全に乾燥した気体である。
2. 海面高での温度は 15°C (59°F)である。
3. 海面高での圧力はマーキュリイ29.92126インチ(760ミリメートル)である。
4. 海面高から、温度が -1.55°C (-6.9°F)に達する高度迄の温度勾配はメートル当り -0.0065°C 、又はフット当り $-0.003566^{\circ}\text{F}$ でそれ以上は0である。

この様にして、"標準条件"とか、海面高で"標準日"という言葉が出て来た際には、温度 59°F (15°C)及びマーキュリイの29.92インチ(760ミリメートル)に相当する大気圧があるという意味と理解すべきである。第I-20図は海拔の様々の高度での標準条件を示している。

圧力高度、第4-17図に示した様な飛行機離陸性能データは圧力高度と關係がある。これは、飛行機の性能が空気の密度の影響をうけるためである。大気圧がさがると、空気の密度は低くなり、圧力が高い日におけると同量の上昇を得る為には、より長く地上を滑走しなければならない。この様にして、空港における大気圧の低減は、空港がより高度の高い地点に移動した場合と同じ影響を空気密度に対して持つ。圧力高度は標準大気の圧力に相当する高度と定義される。この様にして、大気圧がマーキュリイ29.92インチだとすると、圧力高度はゼロである。しかし、圧力が28.00インチとすると、圧力高度は1,800フットである。もし、この低圧力が海面高の空港で発生したのなら、"地理高度"はゼロになるであろうが、圧力高度は1,800フットとなるであろう。

† この例で使用された飛行機は、12,500ポンド以下の総重量を持った普通、又は使用範の飛行機で、ビーチクラフトJ35, D50B, 95であった。アエロ・コマンダー680E ($\frac{1}{4}$ 離陸フラップ・セッティング)、セナス140A, 150, 172, 182, 310C, エルク-ベG, ナビオンA (ハーツェル・ブロップ)

第 I - 20 図 大 気 標 準



密度高度；空気密度に影響を与える要素は大気圧だけではない。もう一つの要因として温度がある。大気圧と温度が空気密度に及ぼす影響を述べるのに同じ一つの名称を使っている場合が幾つかある。これは密度高度と定義されている。圧力高度と密度高度との関係は第 I - 21 図に示してある。輸送用飛行機メーカーは、滑走路長を、密度高度よりほむしる、圧力高度に関係づける。温度は滑走路長決定の為のノモグラフに含まれた、独立変数だからである。(第 I - 16 a 及び b に参照)。従って、ボーイング、ダグラス、及びコンヴェヤー等のメーカーの発表する離陸性能データは、常に、圧力高度を用いている。

飛行機の速度；幾つかの点で、飛行機の速度に關しての言及がなされている。重要なのは"地上速度"と"空中速度"の基本的區別を理解する事である。地上速度は地上に對する飛行機の速度である。空中速度は航行中の媒体に對する飛行機の速度である。この様にして、100ノットの速度で逆方向に風の吹いている空中で、500ノットの地上速度で飛行機が飛んでいるとすると、空中速度は600ノットである。同様に、同方向に風が吹いており、飛行機が500ノットの地上速

度を維持しているとする、空中速度は400ノットになるであろう。この様にして、空中速度は飛行機の翼(プロペラ翼)にあたる速度である。

飛行機の性能データを検討するにあたって、二つの空中速度、即ち、"真の空中速度"(TAS)と"指示空中速度"(IAS)に言及がなされている事に読者は気づかれるだろう。飛行士は操縦席の空中速度指示計から速度を読みとるのである。この指示計は、飛行機の前方向への移動による動的大気圧を静的大気圧と比較して、指示を示すものである。前向き移動が増えると、動的压力が増加する。空中速度指示計は、ピトー管の原則で作動する。物理学上、我々は、動的压力は空気速度の二乗及び密度の両方に比例する事を知っている。速度の二乗の変化は、空中速度指示計の仕組みによって、うまく見られている。しかし、密度の変化は見られていない。指示計は PV^2 、即ち空気の密度の変化と速度の二乗に敏感である。高度が高いと、Pは、増々小さくなる。この様にして、指示空気速度は真の空気速度より小さくなる。

真の空中速度が必要な場合には、表を使って求める事が出来る。非常に大きざつばな導として、各海拔一千メートル毎の指示速度に2パーセントを加えて、真の空中速度を求める事が出来る。

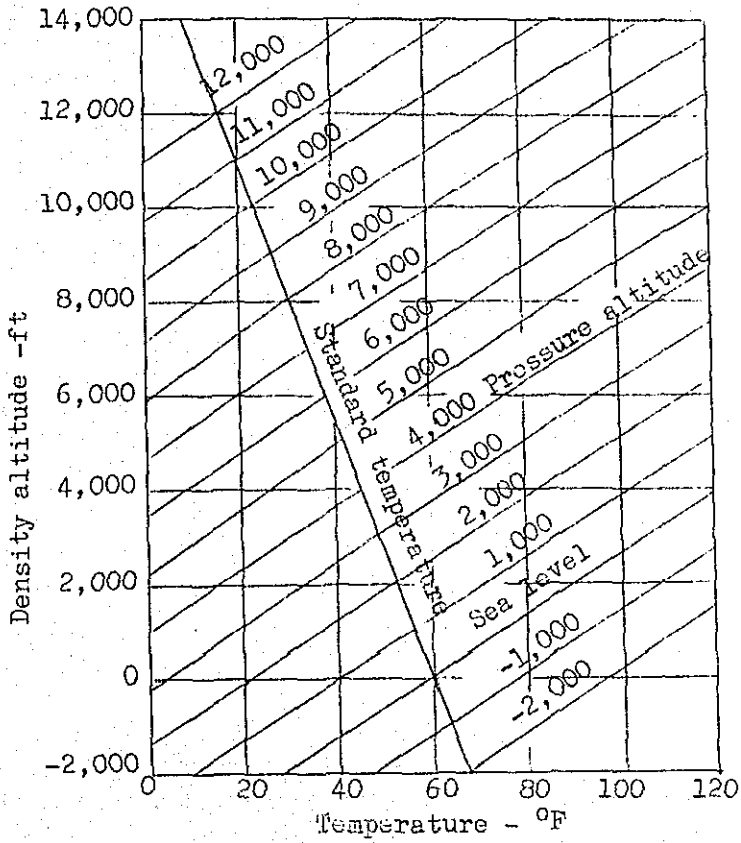
指示空中速度は真の空中速度よりも、飛行士にとっては重要である。飛行士は上昇の発生、特に失速速度を懸念しており、これは、速度と空気密度に依存している。高度が高いと飛行機は海面高の場合より、より早い速度で失速する。しかし、高度が高いと、空中速度指示計の示す速度は真の速度より遅い。結局、これが安全に働いて、是正は必要でない。この様に、失速速度90ノットの飛行機は、どの様を高度においても、同じ指示空中速度で失速する。この様な理由から、飛行機メーカーは失速速度の報告において、常に、真の空中速度より指示空中速度を用いるのである。

ジェット輸送機と高速軍用機の導入により、速度に関する参考データとして、しばしば、音速が用いられる。音速は(オーストリアの科学者であるエルンスト・マッハにちなんで)"マッハ1"と定義される。この様にして、マッハ3は音速の3倍を意味する。現存のジェット輸送機のはほとんどは"亜音速"(音速よりおそい)で、0.8から0.9マッハの範囲にとどまっている。多くの軍用機は"超音速"(音速より速い)である。ここで重ねて注意したいのは、飛行機の最大速度がマッハ0.9と言う場合、これは空中速度を指すものであって、地上速度ではない。この様な飛行機は、音速より速い地上速度で飛行出来るのであるが、この程度は追い風の強さによりさまる。

音速は固定した速度ではない。これは温度に依存するが、大気圧に関係ない。温度が下るにつれて、音速も下る。0°C(32°F)における音速は、毎秒(742mph)1,090フィートである。-25°C(-13°F)では707mphである。30°C(86°F)では785mphである。事実、音速は、0°Cでの速度からのプラス・マイナス一度の変化に対し、毎秒2フィートの違いが出てくる。通常ジェット機が飛行する高度での音速は700mph以下であるが、ピストン・エンジン飛行機の通常飛行高度(2万フィート以下)では、700mph以上ある。

航空の便宜の為に、飛行機の航続距離と速度は海里及びノットで測定されるが、これは、公海での船舶に対する扱いに似ている。一海里(6,080フィート)は、実際には、地球の円周の弧の一分に相等する。1ノットは、毎時一海里と定義される。一海里は、大体1.15地上マイルである。

第 I - 21 図 密度高度換算図



参 考 資 料

1. 民間航空規則，米国民間航空委員会，特別規則SR 4 2 2 b
2. "飛行機の耐空性；通常，公共，曲芸用飛行機"，民間航空規則，第三部，米国民間航空委員会

II 空港の位置選定

空港の位置

新空港に適する位置の選定を引き受けた人は、まず第一に、その適当な位置と大きさについての決定に於いて指針として役立つ、ある基準を設けなければならない。しかしながら、この基準の大半は現存する空港の拡張についても適切である。空港の位置は次に上げる要因によって左右されるであろう。

1. 周囲の地域の発展の型
2. 大気条件
3. 地上輸送の便
4. 拡張する為の土地が手近にある事
5. 一般的な地域に於ける他の空港の存在
6. 周囲の障害物
7. 工事に關する経済性
8. 水利・ガス等の施設の便
9. 航空需要発生地への近さ

周囲の地域の発展の型 これは非常に重要な要因である。というのは、空港の活動は、特に騒音の点からも、空港の隣人(参照; 24-28)には、全く不愉快なものだからである。だから、空港用地に隣接した土地についての現在及び将来の使用法の研究は、欠くべからざるものである。空港の活動に非常な適合性を示している用地に優先権が与えられるべきである。

住宅地域及び学校の附近は、可能な限り避けるべきである。もしもその用地がまばらにしか発展していないなら、空港附近の土地の使用を統制する(地域制)条例が、将来の衝突を避ける為に考えられるべきである。空港は地域社会の輸送複合体系に、絶対必要なものであり、しかも社会の欠くべからざる一部分である。それ故、それは、地域社会計画の他の要素を統制すると同じ原則及び政策の影響を受けるのであり、既存及び計画中の他計画と協調して行なわれなければならない。滑走路、誘導路、エプロン等と空港の境界との間に緩衝地帯を設け、空港内の諸活動によって生じる公害を少くとも、部分的に低減する事が望ましい。

騒音は、ジェット飛行機の活動が予想される所では、非常に重要な要因である。ジェット飛行機の導入以来、騒音に反対する地域活動は急速に発展して来た。騒音防止会が地域のレベル、又、全米のレベル(全国飛行機騒音防止協会)で結成されてきている。飛行機及びエンジン・メーカーはこの問題に充分気づいており、空港経済の採算のとれる以内で騒音を削減する為にあらゆる努力が払われている。

全国的政策としては、連邦航空庁は次の様に述べている。(参考資料26)

"又、騒音問題が、継続する"米国内における民間航空と航空業の発達"の深刻な障害とならぬ様に、又、地域社会の福利の為に、都市発達が空港に押し寄せぬ様、特に、主要ジェット滑走路の離陸及

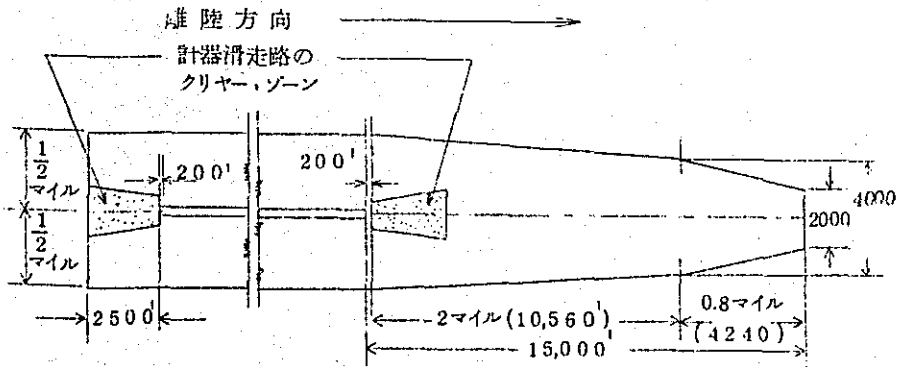
び着陸経路の下になる地域では特に、都市発進防止手段をとる事が、全政府機関の責任である。住宅地帯がこれらの地域内に広がったり、又、空港の使用地域近辺に発進すると、既に騒音障害を訴えている人々に、新しく又、何人か加わる事になり、これ等の人々は連合して、空港管理に伴う問題を更に悪化させ、かくて、航空業一般の発進を妨げる事になる。公営空港における政府投資を保護する為に、又、地上の人間及び資産の保護の為に、全ての妥当な手段をとって、ジェット飛行機により与えられると考えられる騒音の量に相当する方法で、空港附近の土地の使用を奨励する様にする事が肝要である。”

騒音の技術的特長は非常に複雑である。音の相対的強度、又は音圧レベルを測定する普通の単位はデシベル (db) である。デシベルは、広域のオクターブ帯、又は周波数にわたって音圧レベルを統合する。通常人の識別できる騒音レベル範囲は 0 から 130 db である。問題を起す騒音の測定単位としてのデシベルの欠点は、二つの源から発せられる騒音は、デシベルでは、同じ強度を示すが、一方の音源の方がもう一万よりずっと問題を呈するという事である。この様に、ジェット・エンジンは高周波数騒音がより大きな部分を占めるので、プロペラ駆動ピストン・エンジン飛行機よりずっと問題を呈する。

この限界の為に、音響学の分野の専門家は、ジェット騒音に対する地域社会反応を評価する、より現実的な測定単位を考えようと努力して来た。このような単位の一つは、“知覚騒音量”(PNdb) であり、これは、様々のオクターブ帯のレシーバーで、別々に感知される作用を測り、結合させるものである。この種の分析から、ニューヨーク港当局は、過密住宅地帯上空で許される音の最大強度としての 112 PNdb (ほぼ 100 db に相当) を設定した。

この基準、及び、標準日に総重量 247,500 ポンド (最大) のボーイング 707-120 の離陸上昇経路下での騒音量の評価に基いて、連邦航空庁は第 II-1 図に示された地域は住居地区及び公共集会の場からは除すよう提言している。(参考資料 26)

第 II-1 図 非住居地帯及び公共集会所からの除外を勧告された地域 (連邦航空庁飛行機騒音防止計画シリーズ第 3)



読者に注意したいのは、飛行機の型、旅程の長さ、及びエンジンの型により、離陸上昇経路は相当に変化する事である。F A A 評価は、あるエンジンを基礎にしたものだが、これは騒音が少ないというファン・エンジンにとってかわられつつある。又、極端に大きな総重量での評価もなされたが、これは、むしろあまり起らない事態である。ここで強調さるべき事は、飛行機騒音という問題全体が動的である事である。従って、空港設計者は動力装置設計と飛行機操縦経路において、新しい動向に遅れないようにしなければならない。

大気条件；霧、霞、や煙は視界を悪くさせ、これにより、空港の交通能力を低下させる作用を持つ。視界が悪い時の能力は視界が良い時のそれより低いからである。霧は風の少ない地域によく傾向を持っている。周囲の地形により、風の無い事もあろう。同様に、煙や霞は大工業地域の近辺に存在する。

地上輸送の便；乗客が空港へ向って出発する地点から空港迄の時間は大きな問題である。多くの場合、地上で費す時間の方が飛行機に乗っている時間より、相当長い。ジェット機輸送機の導入により、この差は、増々広がった。二大都市地域間の400マイル旅程に対し、地上で要する時間は航空時間の2倍になる。

空港への地上輸送について調査が行われ、米国においては、大多數の乗客、見学者、空港及び航空会社の従業員達は、個人用自動車で移動する事が分った。(参考資料6)これらの動向は将来も続くさざしが見えている。空港往來の旅行希望線は、広く広がっている様に見える。これは空港のある地域に住んでいる旅行者の場合、特にそうである。市外からの乗客は、商業中心地に近い中心地のホテルから多く来たり、又、向ったりしている。他方、これらの旅行者達の多くは、自分で運転する賃貸自動車を利用している。

都市地域内の航空乗客達の居住地、及び目的地がまちまちであり、輸送の個人的手段として自動車に人気があるので、現在迄の所、公共輸送の使用は大でない。しかし、航空輸送の発展が続くにつれて、乗客量が非常に増え、空港への特別な輸送手段が必要になるかもしれない。これは通常の乗物のラッシュ時と空港の交通ラッシュ時とが重なる大都市地域では特にそうである。ヨーロッパの幾つかの都市においては、例えば、ブラッセルとカンドンにおいては、空港と繁華街のターミナルの間に、鉄道がしかれている。ヨーロッパの他の都市においても、同様な設備が考えられている。この様な設備は明らかに高価であって、多分、空港用だけと考えると採算のあわぬものかもしれないが、将来、大都市地域全体の高速輸送設備の一部として重要になるかもしれない。とにかく、個人用乗用車はひも続き、空港への重要な輸送手段として存続するだろう。その結果、空港へ続く街路や道路の計画や空港でのパーキングは考えらるべき重要な問題である。

拡張の為の土地の便；飛行場の様に動的な場においては、飛行場を拡張する為に、前もって充分な土地を獲得するか、又は、将来獲得出来る様にしておく事が必要である。歴史的に見て、飛行機の規模と交通量が増大するにつれて、滑走路は延長されねばならなかったし、ターミナル設備は拡張せねばならなかったし、又、追加補助設備がつけ加えられねばならなかった。新しい設備を収容するに充分な土地がなければならなかった。

一般地域における他空港の存在；同一般地域においての他空港の存在は、新空港用地の選択、及び既存の空港に新しく滑走路をつけ加える際に考えられねばならぬ。空港は、一つの空港で着陸の為に航行している飛行機が他空港の飛行機の航行を邪魔しない様に、相互間に充分な距離をもって、位置されねばならない。空港間の最短距離は、全く、交通量と交通の型、及び、空港が視界条件が悪い時に運航する設備（計器飛行規則）を持っているかいないかに左右される。

小型一般航空用飛行機用で、有視界飛行規則条件内でのみ運航する空港間の距離は2マイルである。空港がコングエヤー340級の大型飛行機も収容出来るが、又、有視界飛行規則条件のみという場合は、相互の間隔は4マイル以下であってはならない。

空中の航行は、視界条件が悪い時には、より複雑である。計器飛行条件下で、航空路交通管制は航空路を使用している飛行機を隔離し、各々が順番に空港の計器進入路に入る迄管制する。

同一都市地域における幾つかの空港の位置は各々の能力に大きく影響する。お互いにあまりに接近して位置していると、お互いに邪魔となり、計器飛行規則天候では、二つの空港の能力において、一空港と同じになってしまう。計器飛行規則天候のもとで同時に使用される空港間の間隔に関して、はっきりとした基準はないが、間隔は16マイルのけたであるべきだということ計画のしるべとして言われている。（参考資料20）一つの空港は他空港との距離が少なくとも40マイルない限りにおいて、他空港への計器進入路の中心線を延長した線に沿って位置するべきでない。

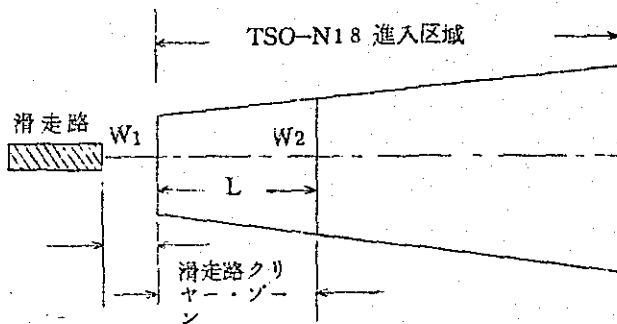
空港位置は、交通の流れの衝突は避けたいのなら、頭上の航空路交通の型と大きく一致していなければならない。空港計画者は、航空交通管制に関する限り、空港位置の適切さに関して連邦航空庁と相談する義務がある。

周囲の障害物；空港用立地は、その場所の最終的發展に必要な進入路に障害物がないか、又は、あるのなら、とりのぞける様な土地が選ばれねばならない。空港への充分な進入の準備と保護は、空港旋回区域、及び滑走路と一直線をなす区域の高さ制限を必要とさせる。計画段階において、空港を使用する飛行機への障害物が将来建設される可能性を前もって排除する手段がとられねばならない。進入を保護するのに必要な土地の買収は明らかに、経済的に採算がたふない。それ故、高さ制限の為にゾーニングが、空港用地が決定されるとすぐに、始められなければならない。

滑走路への進入路や空港の上空あるいは、隣接した運航区域での進入路に必要なクリアランスは、連邦航空庁により、技術基準令N18に詳しく要約してある。読者の便宜の為に、TSO-N18が本章末に転載されている。TSOに載っている図は、ゾーニング距離の基礎として使える。FAAは、又、地域社会の使用の為に、モデル空港ゾーニング条令を準備したが、これには、TSO-N18中の情報やその他のデータが一括にされている。（参考資料23）

連邦政府が新空港建設、又は既存空港拡張に財政的に参加する場合、空港運営者は滑走路端に"クリアー・ゾーン"を設けなくてはならぬ。滑走路クリアー・ゾーンは、TSO-N18で定義された滑走路進入区域の最も内側部分により構成されている。これらは、特別規則422B（第I章参照）中で定義されたクリアーウェイではない。クリアーゾーンの寸法は、第II-2図に示されている。

第II-2図 滑走路クリアー・ゾーン (出典;連邦航空庁)



| 空港, 滑走路範疇 | 寸 法 (フイート) | | |
|------------|------------|-------|-------|
| | W1 | W2 | L |
| 計器滑走路* | 1,000 | 1,750 | 2,500 |
| 幹線又はそれ以上** | 500 | 900 | 2,000 |
| ローカル線 | 400 | 800 | 2,000 |
| ローカル線以下 | 250 | 450 | 1,000 |

* 計器滑走路は、計器天候条件間に離陸又は着陸に使用されるものである。

** 非計器滑走路

*** "クリアーウェイ"が設備されている時には、進入区域はクリアーウェイ端から始まる。"ストップウェイ"が設備され、しかもこれが"クリアーウェイ"より長い場合には、進入区域は"ストップウェイ"端から200フイートの所で始まる。(参考資料、FAA空港工学データ・シート、第29項)

連邦政府は、TSO-N18の要件が満たされ、区域が将来住宅等の発展から守られる様にと、空港所有者はクリアー・ゾーン区域に"適当な所有権"を持つ事を要求している。適当な所有権は、絶対不動産所有権(最優先)、又は借地契約(長期のものである限り)、又は、法律的に効力あるその他の形により、滑走路クリアー・ゾーンの将来の障害物を防衛するのである。

連邦政府は、長い間滑走路端に非常に近い、充分な進入の規程は安全の為に必須であるが、その区域の積極的な管理が空港所有者によってなされない限り維持が難しい事を認めて来た。経験により分るのは、又、ゾーニングのみでこの管理をするのはうまくいかない事である。それ故、土地自体にある種の権利を持つ必要が出てくる。この様な権利は空港所有者に財政的重荷を課する事を認めて、連邦政府は連邦空港法の中で、適当な所有権をクリアーゾーン区域内で得る事に参加する条項

を設けている。

第Ⅱ-2図に表に示してあるクリアー・ゾーンの寸法は強く勧められるが、空港所有者は“火災”区域において資産所有権を取得する事は空港にとって採算がとれぬと決定するかもしれぬ。この様な場合、W1に等しい寸法を持つ長方形の区域も、FAAにより受容され得る。

既存の空港を拡張せねばならぬ場合は、連邦航空庁の代表は、通常、各空港の利点を考える。特に、空港所有者が勧めたクリアー・ゾーン要件に全く従う事が出来ない場合は、そうである。この様な場合、空港の型、使用の程度、仕事の性質と費用、進入区域の発展可能性、及び既存進入の保護等の要素が全て考慮される。

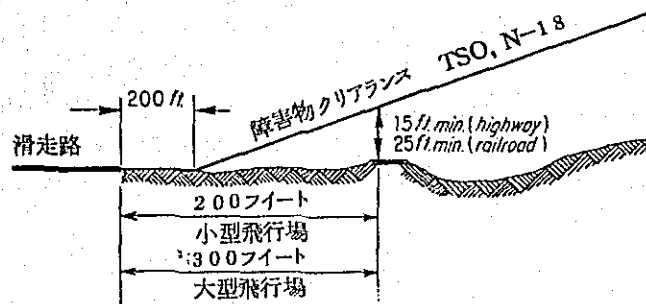
空港計画者はクリアー・ゾーンについての条項を単に連邦要件の履行とのみ考えるべきでない。逆に、連邦政府が空港の発進と何の関係がなくても、ゾーンは設置されるべきである。

空港が道路や鉄道の近くに建設される時には、幾らかのクリアランスが必要となる。これらのクリアランスは、TSO-N18に述べられている要件に追加されるのである。(1)滑走路端、あるいは着陸帯と鉄道又は道路との間の水平距離、と(2)鉄道や道路と障害物クリアランスとの垂直距離の為の推奨最小クリアランスは第Ⅱ-3図に示してある。

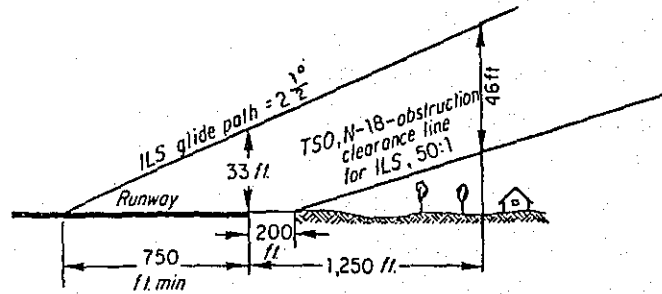
道路や、鉄道はクリアー・ゾーンをやり過ぎる事が出来るが、それは乗物が動いている場合である。かくて、クリアー・ゾーン地域での貨物列車のパーキングは、この地域から障害物をなくそうという意図を無効にしてしまう。

TSO-N18に示された滑走路障害物クリアランスと、計器着陸装置(I.L.S)滑空経路による着陸時の飛行機飛行経路との関係を読者が理解出来る様にと第Ⅱ-4図が準備された。この寸法は、滑走路の末端から最低750フィートの点で2.5°の交差角の滑空経路を基礎にしている。地形により、計器着陸装置滑空経路は通常、2から3度に変わる。又、滑空経路と滑走路との交差は通常最小750フィート以上である。

第Ⅱ-3図 道路と鉄道上のクリアランス(出典;連邦航空庁)



第Ⅱ-4図 計器着陸装置滑空経路とTSO, N-18クリアランス線との比較



第1章に、タービン駆動送電機の飛行機の設計及び運航は特別規則422Bによって律せられると示してある。航空会社及びメーカーは、この規則によって縛られ、TSO-N18によってではない。空港設計者は空港ゾーニング要件を開発するにあたり、TSO-N18の条項を守らねばならぬが、このゾーニングの要件をSR-422Bの条項と、飛行機離陸の為に障害物除去に関して、比較して見ると興味深い。補正されたSR-422Bの40T.82項は次の様に記している；

(b) 純離陸飛行経路は、中心線から測って空港境界内では、垂直方向に35フィート以上（本節の(c)節も参照）、横方向に200フィート以上、又、空港の境界を越える場合は、横方向に $(300 + 0.125D)$ フィート以上に障害物が存在してはならない。この場合、Dは空港境界から意図された飛行経路に沿っての水平距離をフィートで表わしたものであるが、横方向のクリアランスは(d)節に定めてある値を越えなくとも良い。

(c) 純離陸航空経路に飛行方向の変化が関係している場合は、一つ以上の方向変更はなく、飛行機は、横傾斜と旋回操作組合わせにおいて、飛行機航空マニュアル中の純離陸飛行経路データに示されている離陸表面より100フィート以上で、本箇所の(d)節に定めてある最大拡大クリアランス以内にある離陸航空経路上の一点に達する前に旋回しないと仮定されうる。旋回において、飛行機は15度以上横傾斜しないと仮定される。旋回部分中において、純離陸飛行経路はすべての障害物を垂直方向に $(35 + 0.134S)$ 以上のクリアランスを有すべきである。この場合、Sは飛行機のスパンである。

(d) 最大必要横方向クリアランスは以下の表に従う。

| 気 象 条 件 | 最大横方向クリアランス・フイート | |
|-------------------------|------------------|-------------|
| | 直線航空経路 | 方向変更を伴う航空経路 |
| 有 視 (日 中) | 1,000 | 2,000 |
| 計 器 (航 行 援 助 設 備) | 1,000 | 3,000 |
| 有 視 (夜 間) | 2,000 | 3,000 |
| 計 器 (航 行 援 助 設 備 無 し) | 2,000 | 3,000 |

4 発エンジン飛行機の純飛行経路は飛行機の実際に飛行した航空経路から1パーセントを引いた値と定義される。又4発エンジン飛行機に対する純飛行経路は実際の飛行経路から0.8パーセントを引いた値である。SR-422Bのクリアランス条項は第II-5図に図示してある。純飛行経路が障害物を少なくとも35フイートで飛び越さねばならぬ事に注意せよ。

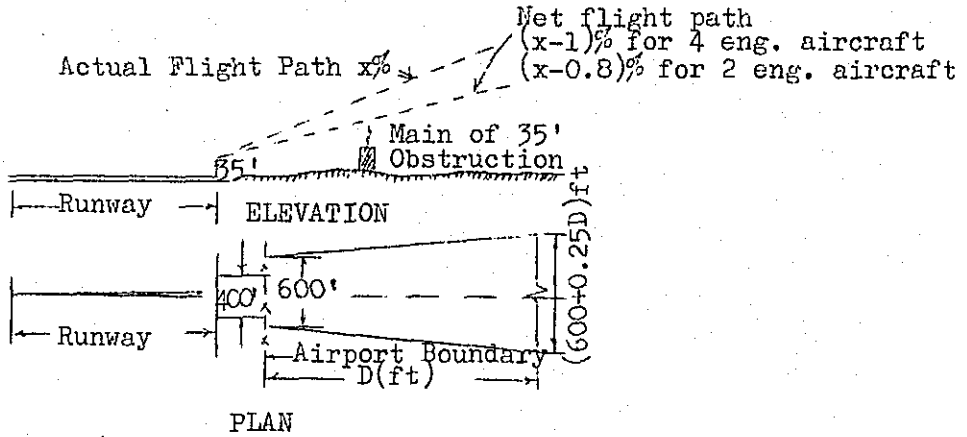
TSO-N18とSR-422Bの要件間の関係は第II-6図の例により示されている。滑走路端から5,000フイート、中心線の右200フイートの位置に障害物があったと仮定しよう。出発経路では旋回はないとする。障害物の高さは96フイートである。SR-422Bによると、タービン駆動飛行機の離陸重量は、実際飛行経路と純飛行経路が各々2.92及び1.92パーセント以下でない様に調節されねばならない。

障害物が何もない場合には、SR-422Bは1.7パーセントという最小許容上昇勾配を4発エンジン飛行機に、1.2パーセントを双発エンジン飛行機に許す。これ等に対応する純飛行経路は、各々0.7パーセントと0.4パーセントである。滑走路端から5,000フイートについての純航空経路は4発エンジン飛行機では滑走路の高さから70フイート上空、そして双発エンジン飛行機の場合は55フイート上空である。他方、TSO-N18は滑走路端の高度から96フイートの高さの障害物を認めぬ。SR-422BとTSO-N18の要件間に差があるが、肝要な所での矛盾はない。飛行機メーカー達は、最大総認定離陸重量において、上昇勾配がSR-422Bの許容する最小よりかなり上にある様に飛行機を設計している。

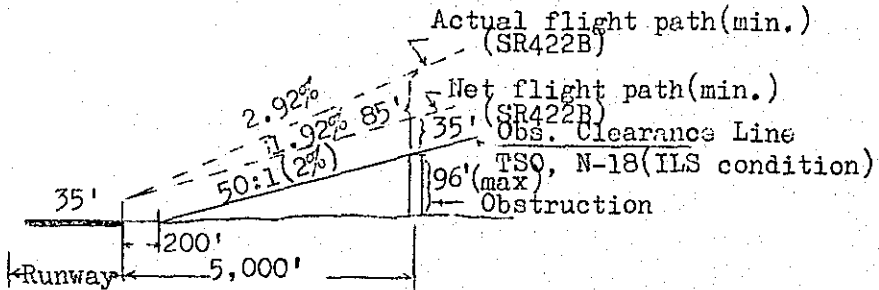
この議論の目的は、TSO-N18により許容されているものより高い障害物が存在した場合、飛行機が滑走路から飛行出来る事を証明する事である。しかしながら、これらの障害物が非常に丈高であると、SR-422Bにより要求される飛行経路勾配(実際)は飛行機が最大総認定離陸重量で物理的に越す事の出来る勾配よりずっと急であろう。かくて、この飛行機の設備能力は十分に利用出来ないだろう。こういう場合、たった一つの方法はSR-422Bにより示されたクリアランス要件が満される迄、重量を減じるのである。これには、有償荷重の削減、あるいは、中間燃料補給地点への寄港を必要とするかもしれぬ。

以上述べた状況を別の観点から見る事も出来る。滑走路が、その最大総認定離陸重量で特定の型の飛

第II-5図 SR-422Bによる障害物必要クリアランス



第II-6図 TSO, N-18による障害物必要クリアランスと SR-422Bのそれとの比較



行機に役立つ様にと建設され、後ほど障害物が進入地域に発達したとすると、結局、有効滑走路長の短縮となる。ということは、障害物により、もともと意図された様に、滑走路長を充分に利用出来ないのである。あらゆる努力をして、TSO-N 18の条項に従う様にしなければいけないのは、この理由からである。

建設の経済；幾つか候補地があつて、条件が同じ様に良いとしたら、建設するのに最も経済的な土地を選ぶのは当然の前であらう。水没した土地にある候補地は、乾いた土地のそれより開発に費用がかかる。起伏の多い地形は平らな地形より多くの整地工事を必要とする。

水利、カス等の便；空港、特に大型空港は大抵の水、天然ガスか石油、電力、そして飛行機用及び地上乗物用の燃料を必要とする。空港立地選択にあつて、これらの便について考慮せねばならぬ。これらの資源のほとんどは、トラック、鉄道、船、又はパイプラインによつて空港迄運ばねばならない。もう一つ考慮されるべきは、塵芥の処理である。下水が近くにない新しい敷地の場合、処理場が建設されねばならぬかもしれぬ。電力の場合、ほとんどの空港に商業電力源に故障がおきた場合に使用される自家発電設備がある。

航空需要発生地への近さ；新しく空港敷地を選ぶ際に重要なのは、地上輸送距離が最短になる様な土地を選ぶ事である。人口の集中している場所から適切な距離の所に地敷用空港を設置する事については多くが言われて来たが、1960年アメリカ合衆国における乗客の旅行距離の平均長はまだ約600マイルである。全ての予定飛行の大部分はこれら短距離飛行である。この傾向は将来も続くと予期されている。

空港への接近所要時間が重要になってくるのは短距離飛行である。将来、増々多くの短距離飛行がターボジェット輸送機によつてなされるだろう。(ボーイング727、キャラベエル等)。これらの飛行機はプロペラ駆動飛行機(コンベア-340、D-C-6、エレクトラ等)より相当速い。その結果、航空時間は更に縮まると考えられている。航空会社を利用する乗客は飛行機の中で過ごす時間だけより、むしろ、家を出てから目的地の場所に到着する迄の全体にかゝった時間に関心を持っている。人口集中地からへだたつた所に空港を設置する事は、短距離ターボジェット輸送機による速度利得を無にするだけでなく、営利面での損となる。(参考資料30)。

空港規模に影響する要因

空港の必要規模は以下の様な主要要因に左右される。

1. 空港を使用すると考えられる飛行機の性能特徴と規模
2. 予期される交通量
3. 気象条件(風と温度)
4. 敷地の標高
5. 公害の最小化

空港を使用すると考えられる飛行機の性能特徴と規模；飛行機の性能特徴は滑走路長と直接の関係を持つ。第4章において、輸送機、および一般航空機の飛行機の為の典型的な長さが示されている。この点を更に例証する為に、以下に、長距離、中距離、及び短距離輸送機用と二機の一般航空用飛行機の為の滑走路長が示してある。

| 飛行機 | 型 | 滑走路長、フット |
|--------------|--------|----------|
| ボーイング707-320 | 輸送、長距離 | 10,700 |
| ボーイング720 | 輸送、中距離 | 7,500 |
| DC-7 | 輸送、中距離 | 6,700 |
| ロッキード・エレクトラ | 輸送、短距離 | 5,400 |
| セナス310 | 一般飛行 | 1,400 |
| セナス150 | 一般飛行 | 1,200 |

a. 最大総重量において、海面高、標準日、無風、滑走路勾配なし。例証用目的のためのみのものである。動力装置の推力評価が修正されると変化しうる。

この表から、滑走路長の要件は、空港に来る飛行機の型により、広範に変わる事が分るであろう。滑走路勾配も又、第I章に示した用に、滑走路長に実質的に影響を与える。非常に大型の輸送機にとって、上り坂滑走路勾配は、滑走路長に約1,000フットの増加をもたらす。かくて、平坦に近い滑走路のとれる敷地を選ぶ事は、設計者にとって、かなり重要になってくる。

空港における飛行機の性能に影響を与える要素としては、他に、標高、風及び温度がある。これらの要因については、後ほど語られる。

空港設計者は、通常、様々な型の輸送飛行機の性能に関する情報を手に入れる便を持たない。この種の情報は航空会社の技術部門及び飛行機メーカーの所で手に入れられる。しかし、ほとんどの空港計画者と設計者は、飛行機の性能に関する技術面の全てを充分知っていない。滑走路の長さについて、空港設計者に必要とする情報を与える為に、国際民間航空機構（ICAO）及び連邦航空庁は、様々な型の飛行機の性能特徴を検討し、その結果、様々な種類の空港の滑走路に関して勧告をした。これらの勧告は第8章に記されている。FAA及びICAOの勧告する長さは計画立案目的のものだという事を指摘するのは重要である。可能な所でどこでも、滑走路長は航空会社とか他の空港利用筋と相談して、決定された。これは輸送機の飛行機に関しては特にそうである。

これは、主に滑走路長について話して来た。飛行機の規模は滑走路長だけでなく、ランプ地域の規模、フィンガの配置、と荷役の方法に影響を与える。これらについては、第V章で議論する。

交通量；交通量とその性格は、必要滑走路の数、誘導路系統の配置、及びランプ地域の規模に影響を与える。例えば、毎時40回以内の離着陸を予定する空港は、風が要因となっていない限り、一つの滑走路でなんとかやれる。予定交通量が毎時40回以上の場合には平行滑走路が必要かもしれ

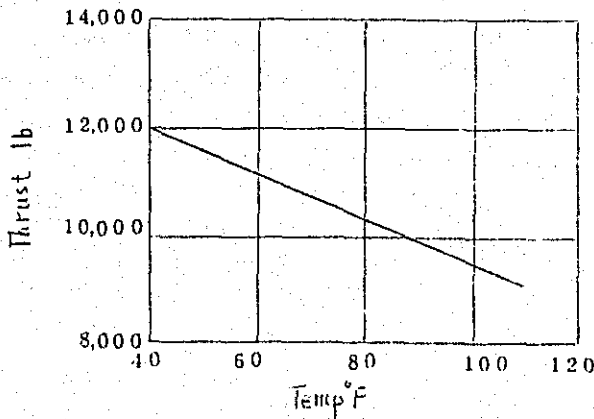
れぬ。一方、空港を利用する飛行機が主に小型一般航空用飛行機の場合、単一の滑走路の能力は、大型の輸送機用飛行機用の場合より、大となる。道路や鉄道の場合と同じ様に、交通ラッシュ時が航空においてもある。かくて、飛行機の荷役が行われるランプ地域、連絡誘導路系統、ターミナルビルの規模、又、自動車駐車場といった附属設備は、皆、ラッシュ時の交通量に左右される。

気象条件；空港の規模に長短を与える事の出来る重要な気象条件は、風と温度である。温度は滑走路長に長短を与え、高温はより長い滑走路長を必要とする。風は滑走路長だけでなく、滑走路の数にも影響を与える。向い風は滑走路長を減少し、追い風は増加させる。

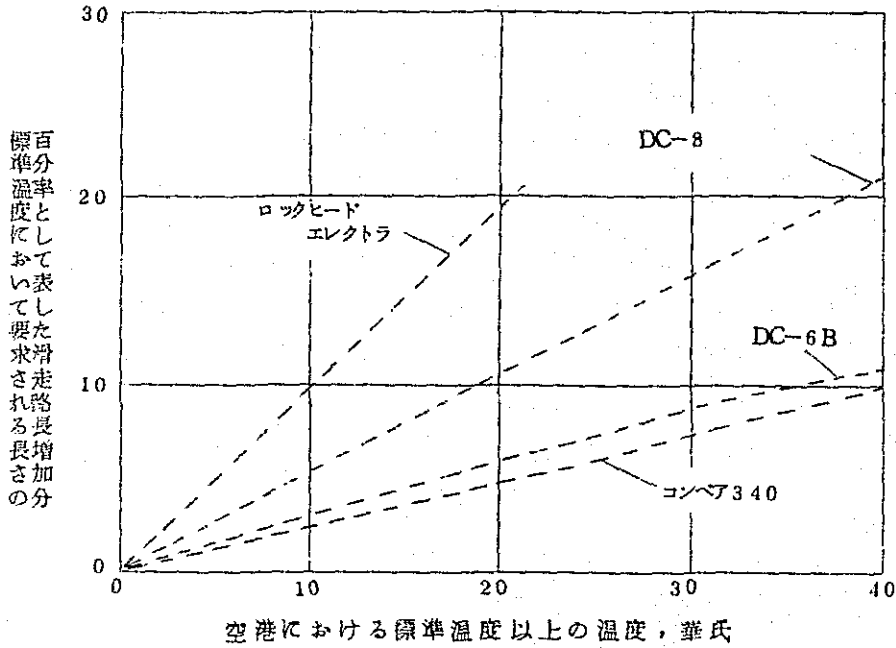
タービン動力装置は特に温度に敏感である。例えば、JT3C-6タービン・エンジン（ボーイング707-120で使用）で得られる純推力は、温度が上昇すると、かなり削減される。これは第II-7図に示されている。推力の減少は滑走路の延長という効果を持つ。幾つかの型の輸送機飛行機について、表面温度の滑走路長に対する影響が第II-8図に示されている。

空港設計者が理解すべき重要な点は、同じ型の飛行機用の二つの空港は、必ずしも同じ滑走路長を要しないという事である。二地点における温度がかなり違い得るからである。温度の低い空港では、夏季温度が高い空港よりも、滑走路長が数千フィート短くてよい。（例えば、ボーイング707-320 @ 30,000ポンド総離陸重量、海面高、無風、零勾配；温度60°Fの時の滑走路長=1,050.0フィート；95°Fの時=1,280.0フィート）

第II-7図 海面高静的推力，プラット&ホイットニイ，
JT3C-6ターボエンジン
（出典：ボーイング飛行機会社）



第II-8図 温度の滑走路長に及ぼす影響



前に述べた様に、風は滑走路長だけでなく滑走路方向にも影響を与える。離陸に関しては、向い風は翼上の風の速力を増す。これによって、無風の場合には、滑走路長は短くてよいのである。他方、追い風はまったく正反対の作用を持っている。離陸には、輸送級飛行機は最大追い風10ノット(11.5mph)の制限を受けている。向い風が滑走路を短縮する効果については、ボーイング707及びDC-8のデータにより証明出来る。

| 飛行機 | 離陸重 | 滑走路長，フイート | |
|---------------|---------|-----------|-------|
| | | ボンド，無風 | 20ノット |
| ボーイング707-320 | 300,000 | 10,500 | 9,500 |
| DC-8 (ドメスチック) | 250,000 | 8,400 | 7,650 |

a. 標準日，海面高，勾配なし。説明目的の為。動力装置評価の修正により変化可。

表面風の作用について、更に第4章に説明がされている。実際の風の全作用は、定められた飛行機操縦規則によれば有利であると云えない。航空会社は、滑走路上空50フィートの高さで記録された向い風の実際の風速の2分の1を基礎にして、離陸の為の長さを設定する事を許されている。同様に、追い風については、航空会社は、滑走路長の設定において、実際の風速の1.5倍を用いねばならぬ。風に関しては安全上の余裕を必要とするが、温度に対しては必要としないのは、風速は、温度より、より頻繁に、より急速に変化するからである。

読者は、温度と風が滑走路にもつ深い関係を容易に理解出来るだろう。これらの二つの要因の分析は、だから、重要になってくる。例えば、高温期間の間、強い向い風が吹き、一つの要因がもう一方の作用に反作用するのである。両方の要因とも悪条件の場合には、結果として、通常の必要長よりずっと長い滑走路が出てくるだろう。

一般原則として、どの空港においても、主要交通滑走路は、風の吹く方向に出来るだけ近く向けられるべきである。着陸及び離陸時に、飛行機は、飛行する方向に直角の風の構成成分（横風と定義される）が過剰でない限り、滑走路上を操縦する事が出来る。最大許容横風は、飛行機の規模だけでなく、其の配置（例えば、後退角）やその他の要因に影響される。輸送機級の飛行機は35mph迄の横風の中で操縦できるが、これはかなり難しい作業である。それ故、滑走路の方向を定めるにおいては、もっと低い値が使われるべきである。単発エンジン及び軽双発型の小型飛行機は15mph以上の横風中で、操縦するのに困難をもつ。

設計の為の一般的基準として、連邦航空庁は“横風構成成分が15mphをこえない時間が少くとも95パーセントあるように滑走路の方向を決めなければならない”。と提言している。これは広範な種類の飛行機の利用を受ける空港にとっては、良い基準である。空港が主に輸送機級の飛行機用の場合は、最大横風構成成分23mph（20ノット）が国際民間航空機構により提言されている。（参考資料8）。主に軽単発エンジン飛行機用の空港の場合は、10mphをこえぬ最大横風構成成分が好ましい。

最大許容横風構成成分が選択された後に、風に対して最も望ましい滑走路方向が、以下の様な条件に対する風の特性の検討により、決定され得る。

1. 視界や雲に関係ない全ウイン・カバレッジ
2. 雲低高度（シーリング）が200から1,000フィート間で、視程が2分の1から3マイル間の時の風の条件†

最初の条件は、最良から最悪迄の範囲にわたる視程の全範囲を示している。次の条件は、着陸に計器使用を必要とする不良視程の様々な程度を示している。（計器飛行規則の最低気象条件は通常雲低高度200フィート、視程2分の1マイルである。）視程が限られている時、風の強度を知る事は有益である。普通、視程が2分の1マイルに近づき、雲低高度が200フィートの時、風は非

† 交通、天候、航行援助設備の有無等により、雲低高度や視程について、他の範囲が必要になる場合もある。

常にわずかであり、視程は霧、霞、煙、又はスモッグにより低減される。時には、視程は非常に悪いが、はっきりした露低高度がない場合がある。この為に、雲が全然ないのである。この例は、霧、スモッグ、霞等である。

FAAの提言する“95パーセント”基準は天候の全条件にあてはまる。しかしながら、可能な所ではデータを検討して見る事は有益であろう。滑走路の方向は、以下の様に図により決定できる。視程の全条件に対する同データが以下の通りと仮定する。




| 風 向 | 風のパーセンテージ | | | 合 計 |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|
| | 4-15 mph | 15-31 mph | 31-47 mph | |
| N | 4.8 | 1.3 | 0.1 | 6.2 |
| NNE | 3.7 | 0.8 | - | 4.5 |
| NE | 1.5 | 0.1 | - | 1.6 |
| ENE | 2.3 | 0.3 | - | 2.6 |
| E | 2.4 | 0.4 | - | 2.8 |
| ESE | 5.0 | 1.1 | - | 6.1 |
| SE | 6.4 | 3.2 | 0.1 | 9.7 |
| SSE | 7.3 | 7.7 | 0.3 | 15.3 |
| S | 4.4 | 2.2 | 0.1 | 6.7 |
| SSW | 2.6 | 0.9 | - | 3.5 |
| SW | 1.6 | 0.1 | - | 1.7 |
| WSW | 3.1 | 0.4 | - | 3.5 |
| W | 1.9 | 0.3 | - | 2.2 |
| WNW | 5.8 | 2.6 | 0.2 | 8.6 |
| NW | 4.8 | 2.4 | 0.2 | 7.4 |
| NNW | 7.8 | 4.9 | 0.3 | 13.0 |
| 合 計 | 0-4 mph | | | 100.0% |

これらのデータから、起った風は第II-9図の様にプロット出来る。

ある一方向及び速度範囲に相当する風のパーセンテージは、適切な扇型に印してある。最適滑走路方向は、起った風から決定されるが、この際、三本の平行で、等間隔を持った線が描かれている透明な材料で出来た一片を用いる。真ん中の線は滑走路中心線を表し、外側の線間の距離は、許容横風構成成分（この例では30mph）の2倍を表わす。透明な片は、片の中心線がウインドローズの中心を通る様にのせられる。ウインドローズの中心を回転の中心点として、透明な板は、外側の線の間のパーセンテージの和が最大になる迄、回転される。この透明板上の外側の線の内の一線が風

第 II - 10 図 視程が制限された期間中の特定方向のウインド
 カバレッジ分析の為のデータのサンプル

| NE Wind | | Total Obs. 24,081 | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|-------------------|---------------|-----------|-------------|------------|---------|-----------|------|
| Ceiling Groups In Feet | Velocity Groups In Miles | Visibility-Miles | | | | | | Total Obs | |
| | | 0-1/4 | 1/4-1/2 | 1/2-3/4 | 3/4-1 | 1-1-1/2 | 1-1/2-3 | | 3+ |
| 1000 | 01-04 | 4 | | 1 | 2 | 4 | 14 | 202 | 227 |
| | 05-09 | 1 | 5 | 1 | 3 | 6 | 17 | 383 | 416 |
| | 10-14 | 2 | | | 1 | | 5 | 277 | 285 |
| | 15-30 | | | | | | | 114 | 114 |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | 7 | 5 | 2 | 6 | 10 | 36 | 976 | 1042 |
| 600 thru 900 | 01-04 | | 1 | | | | | 1 | 3 |
| | 05-09 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 12 |
| | 10-14 | | | | 1 | | 3 | 4 | 8 |
| | 15-30 | | | | | | | | |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 13 | 23 |
| 500 | 01-04 | | | 1 | | | | 1 | 2 |
| | 05-09 | | | | | | 2 | 1 | 2 |
| | 10-14 | | | | | | | | |
| | 15-30 | | | | | | | | |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | | | 1 | | | 2 | 1 | 4 |
| 400 | 01-04 | | | 1 | | | | | 1 |
| | 05-09 | | | | 1 | 1 | 2 | | 4 |
| | 10-14 | | | | | | 1 | | 1 |
| | 15-30 | | | | | | | | |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 6 |
| 300 | 01-04 | 1 | 1 | | | | | | 5 |
| | 05-09 | 1 | | | | | | | 2 |
| | 10-14 | | | | | | 1 | | 2 |
| | 15-30 | | | | | | | | |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 2 | 9 |
| 200 | 01-04 | | | | | 1 | | | 1 |
| | 05-09 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 5 |
| | 10-14 | | | | | | 1 | | 1 |
| | 15-30 | | | | 1 | | | | 1 |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 8 |
| 100 | 01-04 | 3 | | | | | | | 3 |
| | 05-09 | (2) | 1 | | | | | | 8 |
| | 10-14 | | 3 | | | | | | 3 |
| | 15-30 | | | | | | | | |
| | 30+ | | | | | | | | |
| | Total | 10 | 4 | | | | | | 14 |
| | % by Velocity Groups | | 1-4 ml. 10 | 5-9 19 | 10-14 12 | 15-29 5 | 30 ml. | | |

-  Observations to be considered because of ceiling conditions
-  Observations to be considered because of visibility conditions
-  Observations to be considered because of ceiling and visibility conditions

第二の段階は、前に述べた様に、視程に制限のある期間の風データを検討し、(雲底高度200フィートと1,000フィート、視程は2分の1から3マイル)、この条件に対し、ウインドローズをプロットする事である。この分析から推かめられるのは、視程に制限がある時、滑走路が少くとも95パーセントの時、飛行機を受容する事が出来るかどうかである。この分析は、又、各条件の起るのべ時間のパーセンテージに関する情報も与える。制限規程データの表の例が第II-10図に示してある。第II-10図はあるコンパス方向のみ、この場合は東北の、風の観察の結果である。全コンパス方向に対する観察数は2,408であり、その内の1,106は東北からの風であった。この分析を完全にする為に、この型の表が他のコンパス方向に対して、プロットされねばならぬだろう。この表において、0から150フィート迄変る雲底高度が100フィート雲底高度として考えられた。150から250フィート間のもは200フィート雲底高度として考えられた。例とする為に、ここで、950フィートの雲底高度は1,000フィートに相当すると仮定しよう。丸をつけた数字7は、東北の方向から、速度5から9mph、雲底高度0から150フィート、視程0から4分の1マイルで風が吹いている時には、7つの観測が行われた事を示す。斜線をひいた部分は、前に述べた雲底高度及び視程基準に相当する。

しばしば、まったく新しい土地についての風のデータが記録されていない事がある。こうした場合には、近くの観測所の記録を参照するのがよい。周囲がかなり平坦な場合には、これらの観測所の記録は空港予定地の風をも示す事となる。しかし、丘が多い地形の時には、風の型はしばしば地勢により影響され、その地点からかなり離れた所にある観測所の記録を用いるのは危険である。こうした場合、その地域の地勢を研究し、昔からの住人に相談してみるのも有益であろう。

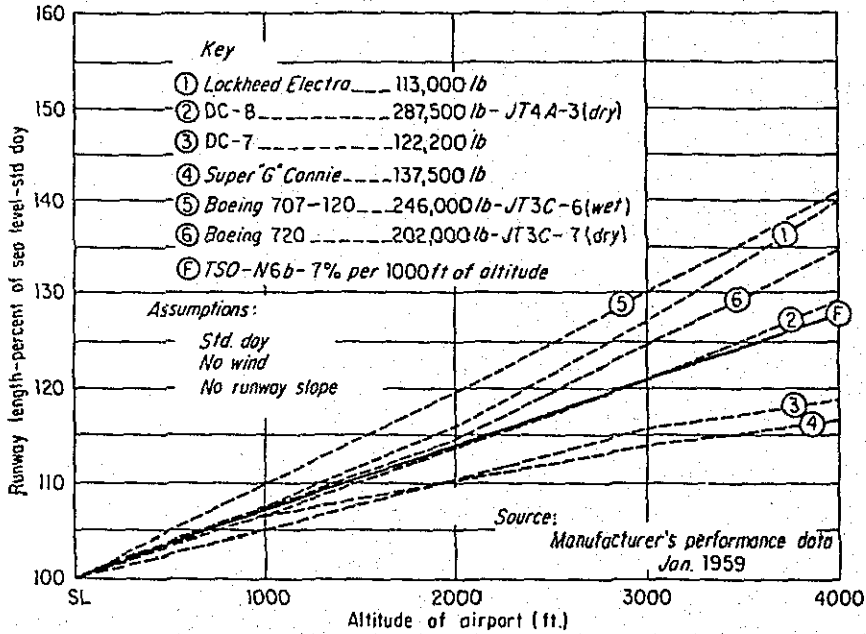
土地の標高；標高が高いと着陸、離陸の両方に長い滑走路が必要になる。高い標高において、空気の密度は薄くなる。それ故、海面高と同じ上昇を得る為には、より長い離陸滑走が必要である。同様に、着陸において、滑走路末端の地上速度は海面高におけるより高速であり、これにより、長い着陸距離が必要になる。

空港標高の作用を補償する為に、海面高での必要滑走路長は、標高1,000フィート毎に7パーセントの率で補正されるべきだと、計画手引(米国民用航空局のTSO-N6b及び国際民間航空機構の付録14、参考資料7及び8)は勧告している。この様に、海面高で1万フィートの滑走路の必要な飛行機は、海拔2千フィートの地点にある空港では11,400フィートを必要とする。

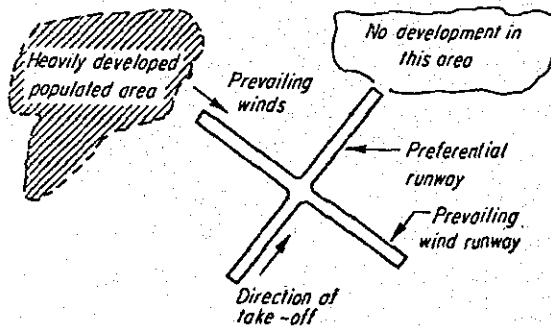
特定な型の飛行機に関し、標高と温度が離陸性能にもたらす影響は、この飛行機手引に記されている。LC-8(国内線用)に関する典型的な性能データは第I章に示されている。他の飛行機に関する同様なタイプのデータが第II-11図に要約されている。この図のデータを検討してみると、ピストンエンジン系の飛行機(第3及び第4)には7パーセント規則はかなり充分に見えるが、タービン駆動飛行機の場合には、全然そうでない事がわかる。かなり高い標高において(4千フィート以上)、たと単に7パーセント規則だけにたよるよりは、空港を使う事になる各特定飛行機の性能データを参照してみるのによいことだろう。

公害の最小化；多くの空港において、かなり高いパーセンテージの時間の間、風の強度が着陸及び離陸方向に影響を与えぬ程度、低い。こうした場合、地域社会の騒音という点から見て、常に好ましいのは、飛行機が航路下の地域がほとんど何も発展していない様な滑走路から離陸する事である。

第II-11図 標高の滑走路長への影響



第II-12図 騒音防止の為に好ましい滑走路の使用



かくて、騒音防止の為に、風の吹いていない方向に更に滑走路をつくる事が必要になる。例えば、特定の空港位置において、風が吹く方向の滑走路の航空経路の下の土地に住居が沢山発達していたと仮定しよう。もし、この風の方向に直角に滑走路が一つ建設されると、その航空路の下の土地には何も発達していない事となると仮定する。かなり大きなパーセンテージの時間の間、この滑走路が使われるのなら、こうした滑走路を建設し、離陸の為に“優先滑走路”と名づけたらよいだろう。優先の、という言葉は、風が許すならば、離陸の為に最優先という意味である。上記の説明は第Ⅱ-12図に図示してある。

滑走路の離陸端と近くの住宅地域との間に緩衝地帯が設けらるべきである。緩衝地帯が設けられぬ場合には、音障上障壁が必要となる。

空港の規模の点からは、第二の滑走路の建設は厳密に騒音防止の為にあって、交通量の為ではない。

空港運営の為に地域制

空港—地域社会の関係；

空港が都市生活の網の一部となった事から生じる問題は比較的新しい。航空輸送の歴史の浅い頃は、空港は都市から離れた地点にあり、そこでは土地は安く、障害物は少なくて、空港運営には最大の柔軟さが与えられていた。飛行機の性質及び飛行の非頻率性の為に、騒音は地域社会の問題とはならなかった。“実際の所、郵便及び乗客用飛行機の出発、到着の音は地元の誇りであった。”これに加えて、空港近くの人口密度の低さ及び交通量の少さは、たまさかの事故に際し、地域社会への警告をさえぎっていた。初期に法的訴訟事件もあったが、空港と地域社会の関係には、公害及び危険から起る事件が比較的少なかった。この初期の状態は、しかし、幾つかの事件により増々、複雑化してきている。

空港運営は増々、空港に関係した産業及び隣接の安価な土地や空港や連絡道路による交通の便により、ひきつけられた工場等の発達による障害物により防げられている。この様な経済的刺戟から急速な住宅地帯が増々ふえてきているのであるが、我々は戦後の未曾有の郊外への発展作用も見のがしてはならぬ。これは、住宅への欲求が蓄積され、経済的繁栄がやってきた事によるのであった。空港をめぐる周囲の雑多の結果、飛行機は航空路につき出ている建造物をよけたりしなければならぬし、煙、塵、ちりを出す様な活動から起る視界干渉、近隣の電気干渉による通信妨害、そして増々ふえる近隣の空港の航空交通の増加から来る危険等に対処しなければならない。

航空輸送の性質自体の抜本的発展自体も問題を提起した。航空交通の驚くべき成長は地域社会の好ましくない反応の確率を高めた。しかし、飛行機の発達それ自体が、空港—地域社会関係に最も深い作用を与えた。飛行機の規模と速度が増し、これによって進入と滑走路要件が増えた。又、動力装置の出力増加により騒音はいやでも増えた。航空機の進入は増々浅くなり、滑走路は延長され、エンジン騒音は増えたので、空港は空中に接近する為の充分な空間、地上活動の為に充分な土地、そして同時に、輸送機での時間利得が空港の恩恵を受ける区域内の地上輸送時間延長で失われぬ

標に、都市への適切な便の良さを獲得しなければならなくなった。

何方、隣接地の居住者達も、その土地使用が真に近代の航空輸送の問題が起る以前からでも、後でも、空港の正常な使用により生じる危険と公害に悩まされている。分ったのは、沿走路端の地畝では、測れる程に、大きな飛行機衝突の危険がある事である。大統領空港諮問委員会（参考資料 12）は次のように報告している。自分の家に飛行機が衝突する可能性は、沿走路への進入地畝の下にある。狭い細長い地帯にある。商業（航空会社）及び軍用飛行機で、空港附近の地上の人に死又は傷害をもたらしたものは、ほとんどの場合、進入地区内で、沿走路の中心線の延長線近くに衝突したのである。騒音は飛行機活動から生じる最も大きな公害である。これはより一般化した性質のものであるが、やはり規模の大きなものである。飛行機騒音の削減は空港活動に対する訴えをへらし、又、低空飛行機の恐怖と資産の価値低下、これらに公害及び危険に対する関心を間接的に測定するすべであるが、これらは共に騒音に結びついているという結論が、実験により出されたのは面白い事である。

空間への権利に関する法的原則；空港—地畝社会関係に関する法的原則及び法的決定の適用の検討をしてみると、ここに、法がその適用条件に合う為に進化する過程の現代的側面を見るのである。法の基本的な安定及び継続性にもかかわらず、" 法廷自体が、" 各時代の法律は終極的にはその時代が法であるべきと考えたものである " という事を明白に認める時もあるのである。" 航空輸送の最近の進歩を考えれば、多くの主要問題がまた法廷により解決されていなかったり、法的權威筋、又は法規によって決定されるべき意見の対決があるのは驚く事ではない。市当局が市の範圍にある空港を統制してよいと決定される以前は、市当局が一般の公益の為に都市當の空港を数値し、經營する権利は、以下にあげる 1928 年のニューヨーク控訴裁判所における主任判事カルドーゾの意見と同様の意見により支持されていた。

航空は今日では樹立された輸送方法である。将来、近い将来ですら、航空はもっと普及するであろう。新しい交通の為に空港を建設する予見をもため都市は、競争に負けてしまうだろう。チャールズトンが盲人の市と呼ばれたのは、その建設者達が脚下に広がっているピザンチウムのよりよい敷地を拒絶したからである。都市の行政において将来への視野の必要性は、時代が新しくなっても、減ってはいない。市の門の中に居住する人々は、遠くから来る他郷者以上に、盲目であった憤いをしなければならぬであろう。†

空港をとりまく建物の上の空間の使用に関する原則は、より複雑である。この問題に関して、現在迄に発展された 5 つの理論がある。

† Hesse V Rath 249 N.Y. 435, 164 N.E. 342

1. 明らかに航空輸送の発起以前で飛行が仮想であつた、古代からの普通法の考えは、土地所有者は"空"迄の全ての空間を所有するというものである。新しい事件でこの理論を採択したものはない。そして、米國最高裁判所判事カウスピー、328 U. S. 256 (1946)はこの説が"現代社会には適用されぬ"と判決した。
2. 土地所有者は、飛行が建物の既存の使用を防げたり、人や建物に非常に危険なものでないかぎり、飛行の一般"通行権"又は"特権"を受け入れて、自分の建物上空の空間を無制限に所有する。これは、1923の航空の為の統一州法(Uniform state Lam for Aeronautis)に入れられた考えであつて、そもそもの支持者である。統一州法に関する委員達の航空委員会では拒絶されたが、2, 3の州で履行されている。2, 3の州の裁判所では、この理論から、空港と土地所有者の相反する訴えを討議している。
3. 土地所有者は法規、規則で設定した高さ迄の空間を所有しており、それ以下の高度で飛行すると、"不法侵入"となる。この理論は主にマサチューセッツで認められている。
4. 土地所有者は有効な所有が彼にとり可能である高さ迄、空間を所有する事が出来る。
5. 土地所有者は事実上占拠している迄、あるいは彼が有効所有を行う可能性がある所迄の空間を所有する。

この最後の二つの理論の違いは、一方で、所有が可能占拠境界まで延ばされている点で、多くの州裁判所がこれを採択している。もう一つ、エムバイヤ・ステート・ビルを建てる事も出来るのである。後者の方は最高裁判所の勧めるものであるが、所有権は現在實際の使用、あるいは、考えられる以内の将来の使用の程度迄である。これら二つは現在、最も多くの所で認められている理論であるが、どちらを採択するかについて一致した意見はない。

空港と地域社会間の論争に関係する各公権、私有財産及び私権の問題は、通常、"不法侵入"説に基いた損害の為の法的行為か、命令救済の為の平衡訴訟として提起される。ほとんどの州裁判所においては後者の手続をとっている。しかし命令救済を得る為には、實際の立証可能な損害を示さねばならぬ。これらの土地所有者と空間との間の議論において、裁判所の機能は各事件の立証された事実の平衡をはかるものと考えている。

空港の保護；裁判所は空港運営に対しより同情的な見方をしめしているが、空港にとって、クリアーな進入を維持する手段としては法訴訟は限られている。障害物が公害をもたらすものであつたり、又は土地所有者の不正な動機を示すものであれば、空港は所有者に対しての命令を得る事が出来る。しかし、障害物は生当なものである場合は、以前に制定された地政制法がない時には、その除去は、法の適切なる進程をふまぬ、財産の"取得"となる。これは憲法で禁止されている行為である。

空港は、クリアーな進入を維持し、隣人と相利共生の関係を持ち、そうする事により、いらだつた市民の公害及び危険を訴える不利な法行為を受けなくてもよくなるという積極的な施設保護の手段を要する。空港の法規上の権威、その公的經營の程度、關係州間交通量等に相当程度基礎をおき、空港が公益の為であるという決定がおりた場合には、空港は公的使用の為の取用手続をとり、公用

* アメリカ合衆国対Causby, 328 U. S. 256, 66 Sup. Ct (最高裁判所)
1902, 90 L. Ed. 1206 (1946年)

事件は損害査定の為コート オブ クレームズ (賠償裁判所) へ差し戻された。政府所有機は原告所有地の上空を83フィートのグライド アングル(滑空角) 度で飛行していた。賠償裁判所は原告所有地内にある最も高い物件から300フィート上空である365フィートのテイキングアップ(高度差) があると判定した。裁判所は次のように判決を下した。" 本判定により当裁判所はアメリカ合衆国政府が365フィート以上の如何なる高度に於いて何等の制限を受けることなくその飛行機を飛行させる権利を有することを確認するものである。これにより、原告は当然自己所有地上にエンパイア ステート ビルディングの高さの建物又は高さ365フィート以上の如何なる建築物も建設することをねばまれるであろう。若し本所有地がかかる高層建築物が建設される可能性のある場所に位置している場合には、被告は補償をしない以上、かかる建築物の建設を不可能にするような所有地上空の低い高度飛行に対する権利を有しないものとする。然し、本件に於いては原告がかかる目的の為にその所有地を使用する可能性は皆無に等しいと認められる。原告所有地から365フィート以上の上空に於ける飛行が原告の土地所有及び享有に何らかの干渉をあたえたことはない。若しあるとすれば被告は本所有地の上空366フィート以上にその飛行機を飛行させる権利を得るための支払いを行わなければならない。Causby 対アメリカ合衆国政府, 1947年 U. S. Av. R. 513, 516 (1948年米国賠償裁判所)

徴収権の権利を用いての交渉と実際の行使において、公基金を用いて、土地への権利、あるいは航空空港権を取得する事が出来る。更に、連邦財政補助は、連邦空港法のもとにこの様な取得を認めている。

最も積極的な保護方法は、もちろん、障害物からの自由を保証し、又、空港境界内に最大危険及び公害地帯を含む為の十分な隣接地及びその空間権の取得である。連邦からの援助にもかかわらず、この方法はあまりに高価で空港当局の手には届かない。障害が起る度の、又は公害や危険に対する訴訟が起る度の断片的な土地取得は、根本的に、以上の全体的計画の当座しのぎである。これは費用、法的手続の為の時間の浪費、及び不道德な土地所有者の利益に傾くという根本的マイナスの性質によって限界を持っている。

土地の全権利取得より、安価なもう一つの方法は、その影響を受ける土地上空の航空権の購売である。この権の取引において、土地所有者は、正常の空港運営から生じる公害及び危険による損害を、決定された高度及び波を越えて、訴える権利を売るのである。これからおこる直接の問題は、この様な航空権の評価である。一般に使われる方法は航空権の値を、航空権の使用によって生じる土地の最高及び最良使用時の値の低下に基礎をおく方法である。この方法は空軍の飛行場経営に際して使われた。この航空権手順の変型は、影響を受けた土地を買い、認定当局に一般公共の使用と便益の為の適切な航空権を留保し、土地使用と建築物の性質を制限する適切な規約をつけて、使用出来る部分を再び売りに出すのである。州の法が航空権の購売を認可し、財政的な援助があったとしても、最も普通に使われる相互保護の方法である地域制が失敗した時にのみ使用するに充分な程高価である。

地域制：空港—地域社会関係の問題に完全な解決は与えないが、地域制は空港とその周囲の居住者両方の利益を守る主要な方法である。土地所有者への補償をなしに、管理をするからである。連邦政府による、商業、軍及び郵政法に基く地域制の原則は解決法として提案されている。大統領航空諮問委員会（参考資料12）において、これは議論されている。空港の地域制は様々の地域問題と関係しているので、これらの解決法を連邦官庁の活動内で解決を見つめるのは、地元地域官庁が地域の規則適用に失敗しない限り、ありそうもない事である。

建築物の高さや土地使用を地域制により分ける力は米国では飛行の歴史そのものと同じ位新しい。これは、今や、"人々の公衆衛生、安全、道徳、快適さ、及び一般福利を促進し、保証する"為の州の治安力である。都市、特別区、及び郡は州の創ったものであるので、これらの行政単位の力は、この創造者、即ち、州が彼らに認められたものにも限られている。地域制に分ける力もその中に含まれている。それ故、州により力を与えられた事を示す法律が、地域レベルで地域制を許す為に必要なのである。そして、地域制条令は、州による法令によって認められた範囲内で制定されねばならぬ。

地域制条令は、更に以下の様な要件を満たさねばならぬ。一般治安力のもとで制定された都市条令は、不必要に個人、又は資産の権利を侵害し、不当に法の適切な過程や法の平等な保証を拒否したり、又は契約の義務を減じたりして、憲法上の保証を侵害してはならない。これらの条令は、例外が許されぬ限り、普通法、平衡、及び公政策を含む。州の一般法と不一致であってはならない。

命令は委任、又は立法、執行、又は行政力を構成してはならない。

地域制命令によって課せられた制限は、浸取的なほどに不当である特定の場合に、治安力の圧制的で任意的な行使として拒絶されなければならぬ。地域制命令の制定前に、資産が合法的な目的で使用され、それが後ほど禁止された場合には、持主は彼の使用を続ける既得権を有し、命令によっても、それを剝奪されないかもしれぬ。彼の法に従わぬ使用は、しかし、許可なしに他の不従法使用に延用されたり、変化されたりしてはならない。この程度において、地域制は過及的ではない。要するに、有効な地域制命令は州の法により認可され、一般の福利を促進するものでなければならず、不当、任意、過及的であってはならない。地域制命令の効力を問う法訴訟において、各件は上記の一般的考慮のもとに、それぞれの事実に照して決定されるべきであると解決されてきている。

空港の地域制は以上に論議した原則を空港をとりまく土地上の構造物の高さの規律づけへの適用である。高さ制限は以下によって影響される。周囲地域における現在の及び潜在的な土地使用は最も重要である。これは空港地域制規則は隣接の土地所有者にその地域の既存欠陥の重荷を課する為には使用出来ないからである。空港の規模とそれを使用する飛行機の型はその他の主要な要因である。それらは空港活動に必要な進入地区の性質を決定するからである。又、考慮されるべきは地勢と風の影響である。空港地域制の使用はこの様な調整を行使する力を特に認められた機関に限られ、公益の為の空港の保護のみに使用される。地域制命令の諸項は妥当で、その履行は公正でなければならず、過及的力を持たない。空港地域制命令の効力は、地域総合地域制命令としての一般地域社会計画目標の一部とこれらの条項がなる迄高められる事は往々に値する。空港地域制命令の履行が不当で、任意、過及的、又は取得であると認められる時は、補償支払いを含む土地収用権が行使され、その土地は法に適合される。

条項は、適当な知性を持った素人の土地所有者がその条項の自分の資産への履行に関し、適切に理解され得るべきである。解釈の適切なる助けとして、地域制地区の添附は不可欠である。この地図は資産境界線、土地地形図、及び進入及び旋回区域に關係して許容建築物高等高線を示してあり、これにより特定の建物への履行が簡単にしてある。読者は、モデル州空港地域制法、及び参考資料 17 に転載されている、全国都市法事務官研究所の提案したモデル空港地域制命令、及び F A A の準備したモデル空港地域制命令（参考資料 23）を参照していただきたい。どんなに進歩的な州法も地域制命令も、一般的な、又各地域に特有な、実際の付随問題をよく理解する、知的で勤勉な行政が行われなかったなら、ほとんど何の効果も持たぬだろう。

総合的地域制及び立案；総合的地域制は、マスター・プランに従って、地域内の様々な土地使用の規律と調和ある発展を成しとげる為、政府機関内の、土地使用の法的規制である。もともとは、都市の共有地だけに履行は限られていたが、今は都市部、郡、幾つかの州、より大きな地域に拡大されて適用されている。もちろん、その使用は上記の基準にあわねばならぬ。この空港発達の為の利点は、直ちに明白である。空港地域制は既存の問題の延長を遅くさせる為に使われる一時しのぎ手段で、高さ制限だけに關係あるが、総合立案の表現としての総合地域制は、新空港位置の予想と共に使用されると、適切で経済的な航空設備を確保し、空港と地域社会両方の保護を保證する手段

を提供する事になる。

地域制は複雑な問題の為に必要な複雑な解決法の一部にすぎないという点をあまりに強調出来ない。地域制は単に土地使用計画の法的表現及び履行であるので、空港が地域社会の他の機能に対して持つ関係がもっと研究されねばならない。この様を研究には、様々の土地使用を空港活動との適合性によって順位づけする事も含まれるだろう。都市運輸の発達には、必要なら、より遠い所に空港をつくる事をも許す様に望まれている。ヘリコプターに似た経済的な機動性のある飛行乗物は、この様な必要な運輸手段になるかもしれない。遂に、騒音発生削減及び飛行機の着陸要件は、常に発生している空港と地域社会を隔離する必要を低減するかもしれない。しかし、これを期待するのは、現実認識を欠いて、あまりに楽天的にすぎると見えるかもしれない。研究されるべきもう一つの主題は、既に地域的な性格になっている疑問に答える為に、政府の規律の施罰を拡張する事である。計画官全米協会で言われた様に、“結局、問題は空港と周囲の土地使用の利益の対立を越えて、非常に技術的に進歩しているので、多くの場合、既存設備の位置が適切でなかったり、そのものがあわなかったりする様な、新しい型の航空輸送に、適切なターミナル施設を与えるという問題に触れるのである。”⁺

+ ASPO, 前記運輸局サービス, 情報レポート, 64, 1954年7月, P28.

ア メ リ カ 合 衆 国
商 務 省
民 間 航 空 管 理 局
ワ シ ン ト ン 特 別 区 2 5

技術規格指令書

T S O - N 1 8

1 9 5 0 年 4 月 2 6 日 *
*

件 名 : 飛行障害物の判定基準

緒 言

本規格は飛行障害物判定の統一基準を設置する為民間航空局が連邦通信委員会、国防総省及び関係ある航空並びに放送事業の部門と共同で作製したものである。

* 1 9 5 2 年 7 月 3 0 日付改訂 1, 1 9 6 0 年 5 月 5 日付改定 2 及び著者による字句の僅かな修正を含む。

指 令

1 9 4 6 年 8 月 2 日付行政命令第 5 6 号に指定する航空技術基準設置手続き及び基準綱領第 6 3 7 0 号に基づき、技術基準命令として下記の通り“飛行障害物判定基準”を規定し、C A A 空港図面第 8 1 4 号にその略図を示すものとする。

本基準は飛行障害物判定に関する民間航空局の公式の指導書であり、その条件に合致しない現行の障害物基準はすべて無効とする。

特別指令

障害物判定方法、着陸地点或は A 節に記述する空港に関するあらゆる想定表面上に突起する物件は総べて飛行障害物と見做される。B 節に記述する地上からの一定制限高度を超える物件は、特別な飛行調査により支障がないと判断されない限り飛行障害物と見做される。恒久的性格を持つ他の物件に関連して飛行障害を実質的に増加しないような位置に現在あり或はそのような位置に将来設置される物件は障害物とは見做されない。

A. 空港に関する想定表面。この想定表面は下記に記述する如く空港に関して設定されるものであり、進入表面、水平表面、円すい表面及び転移表面から成る。

A 1. アプローチ サーフエース (進入表面) 。アプローチ サーフエースはアプローチ エリア (進入区域) の真上に位置する傾斜面である。アプローチ エリアの寸法は水平に測定する。

A 1.a 延長米。アプローチ エリアは各滑走路の末端から外へ200フィート延びた地点から始まり、滑走路の延長中心線上に於いて滑走路の末端から10,200フィートの点で終る計10,000フィートである。尚計器飛行に使用できる滑走路に就いては総べてアプローチ エリアは更に4,000フィート延長するものとする。計器飛行滑走路に対するアプローチ エリアの条件は計器飛行に使用できる滑走路の総べて及びその滑走路の両端に適用されるものとする。

A 1.b 幅員。 アプローチ エリアは滑走路中心線延長に対して相称的に位置し、計器飛行用滑走路では総べて滑走路に近い端で1,000フィートの幅員を持つ。アプローチ エリアは10,000フィート セクションの末端で巾4,000フィート、及び追加の4,000フィートの末端で16,000フィートの巾で一様に張り出している。計器飛行を目的としない滑走路では総べてアプローチ エリアはそれぞれ次の様に滑走路に隣接した末端に始まりアプローチ エンド迄の巾になる。技術規格指令書TSO-N6 bに示すトランク空港及びそれ以上の大型空港については500フィート及び2,500フィート、ローカル空港については400フィート及び2,400フィート、二次空港については250フィート及び2,250フィートである。

A 1.c 勾配。 計器用滑走路については、滑走路中心線延長に沿ったアプローチ サーフエースの勾配は内側10,000フィート、セクションに対しては50:1であり、外側40,000フィートに対しては40:1である。計器飛行を目的とせず又TSO-6 bに規定するローカル空港の滑走路延長最低条件に合致取はそれを超える他の滑走路は総べて勾配は40:1である。ローカル空港に対する規定よりも短い滑走路を持つ空港では、何れの滑走路についてもアプローチ サーフエースの勾配は20:1である。

A 2. ホリゾンタル サーフエース (水平表面)。ホリゾンタル サーフエースとは規定された空港の高度から150フィートの高さにある円形をした一つの平面であり、下記の表に示す空港リアシンス ポイント (標点) からの半径を持つものである。

| | |
|---------|------------|
| 大陸間用の空港 | 13,000フィート |
| 大陸横断用空港 | 11,500フィート |
| 幹線用空港 | 10,000フィート |
| ローカル空港 | 7,000フィート |
| 第二次空港 | 5,000フィート |

* クリアウエーがある所では、離陸に対するアプローチ サーフエースはクリアウエーの末端から始まる。アプローチ サーフエースはクリアウエー平面の高度から始まる。ストップウエーがある所では、離陸に対するアプローチ サーフエースはストップウエーから200フィートの所で始まる (参考資料 21)。

以上の空港は第二次空港を除き TSO-N6 b で定義されている。空港の規定された標高とは離着陸に使用できる地域で一番高い地点の標高である。空港標点とは空港の離着陸地区のほぼ中心地にえらばれ、標識を付した一点である。

A 3. コニカル サーフエース (円すい表面)。コニカル サーフエースは空港標点を通る垂直平面で測定した場合 20 : 1 の傾斜で、水平面 (水平表面) の外周 (周辺) から上方並びに外側に向って延びる円すい表面である。水平面 (水平表面) の外周から放射線状に外側に向って測定した場合、円すい表面の水平距離は大陸間並びに大陸横断用空港については 7,000 フィートであり、幹線並びにローカル空港については 5,000 フィート、第二次空港については 3,000 フィートである。

A 4. トランジショナル サーフエース (転移表面)。トランジショナル サーフエースは沿走路中心線に直角の垂直面から測定して上方並びに外側に 7 : 1 の傾斜を持つ傾斜平面である。トランジショナル サーフエースは沿走路の両側に対称的に位置し、沿走路の両側にある沿走路中心線と平行し、それと同一平面にあるところの一線から上方並びに外側に向って伸びている。これらの平行線は、上記 A 1.b に示すアプローチ エリアの最低幅員の半分に相当する沿走路中心線からの水平距離にある。トランジショナル サーフエースは全アプローチ サーフエースの縁から水平面 (水平表面) 又はコニカル サーフエースの交点に達する迄上方並びに外側に向って伸びている。コニカル サーフエースの限界を通り越えて突出している計器用沿走路のアプローチ サーフエースは、アプローチ サーフエースの縁から水平に測定し又沿走路中心線に対し直角の角度を持つ延長 5,000 フィートの 7 : 1 トランジショナル サーフエースを持つ。

B. 地上制限高度。前記 A 節の条件以外に、地上 500 フィート以上の物件又は下記の分類に該当する物件は飛行障害物と見做される (特別飛行調査で別の指定がある時を除く)。

B 1. インストルメント アプローチ エリア (計器進入区域) に於いて、沿走路末端から 3 法定マイル以内で地上 100 フィート以上、或は沿走路のアプローチ エンドの高度より 100 フィート以上の何れか高い方および 3 法定マイル地点から外側に 1 法定マイル毎に 25 フィートの比率で地上からの高度を増し、しかも沿走路末端から法定 10 マイル以内で 250 フィートを超えないものとする。

B 2. ローカル空港或はそれより大型空港の標点から法定 3 マイル以内で、地上 170 フィート或は規定の空港標高から 170 フィート以上の何れか高い方および、3 法定マイル地点からの距離一マイル毎に 100 フィートの比率で高さを増して行くが、地上から最高 500 フィートを超えないものとする。

B 3. ファイナル アプローチ (最終進入) に於ける最低飛行高度を増加するが如き物件。ファイナル アプローチの最低飛行高度は、通常、空港への最終的着陸用に使用される無線設備の最終アプローチ コース中心線の法定 5 マイル以内の最高地点から測定設定され、それから無線設備通って外側に向うこのコースに沿って法定 10 マイルの距離に達する。無線設備に

はラジオレンジ、ノンディレクショナルビーコン(Hマーカー)、ファンマーカー或は計器着陸装置のアウトマーカー等がある。

B4. 地上170フィート或は規定の最低飛行高度を増加させるような民間航空路或は飛行管制区域の物件。民間航空路或は管制対象区域の最低飛行高度は通常、民間航空路或は飛行管制区域の中心線から法定5マイル以内の最も高い地点より測定し設定される。

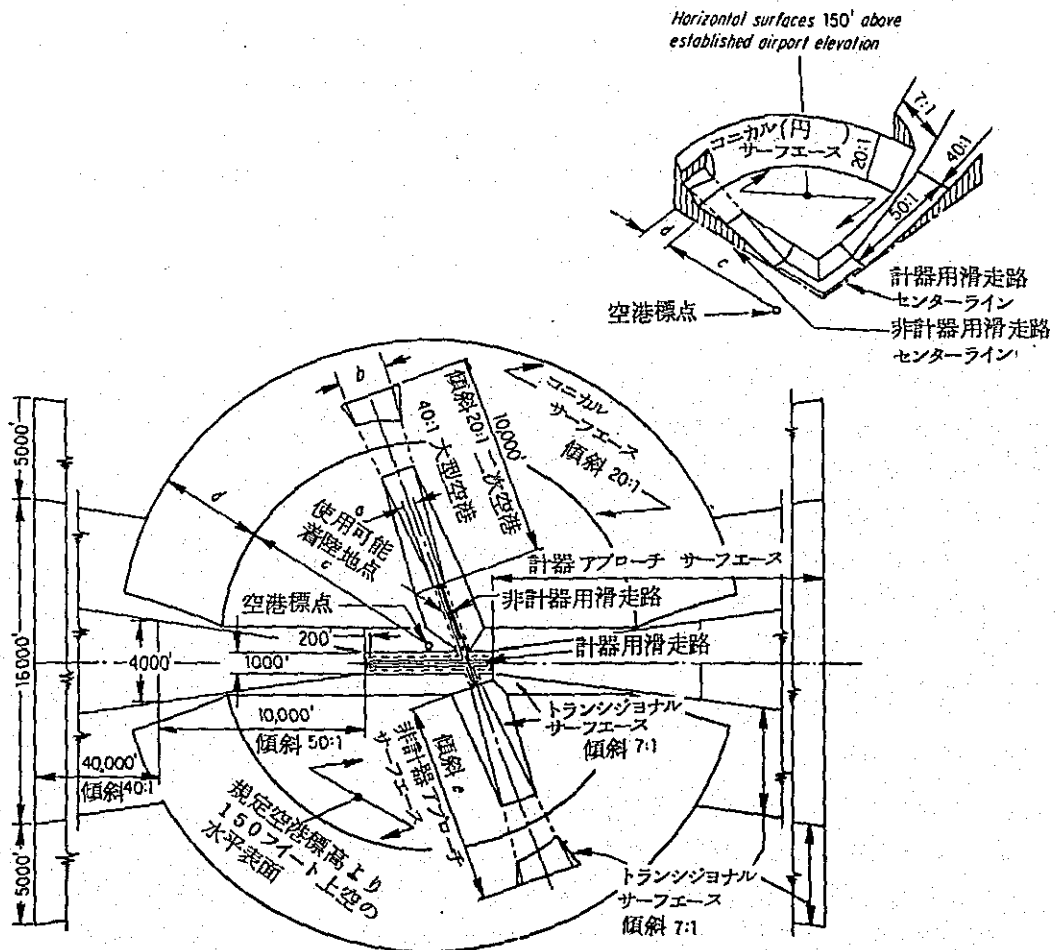
D.W. Rentzel

民間航空局長

一般的注意

1. A節及びB節のスタンダード(基準)は飛行障害となっている物件或は将来なり得る物件の判定に使用するものとする。
2. 適用基準は物件の位置に於ける最低限高度とする。
3. 計器用滑走路に対するアプローチ エリアの条件は計器飛行に使用し得る全滑走路及びその両端に適用されるものとする。
4. 空港標点とは空港着陸区域のほぼ中心として決定され標識を付した地点である。
5. 空港の規定標高とは使用し得る着陸区域内で最も高い地点の標高である。
6. 民間水上機施設の障害物判定には第二次空港のアプローチ基準を利用するものとする。
連邦航空庁による空港エンジニアリング；データシート(資料表)第15項空港コントロール資料を参照。

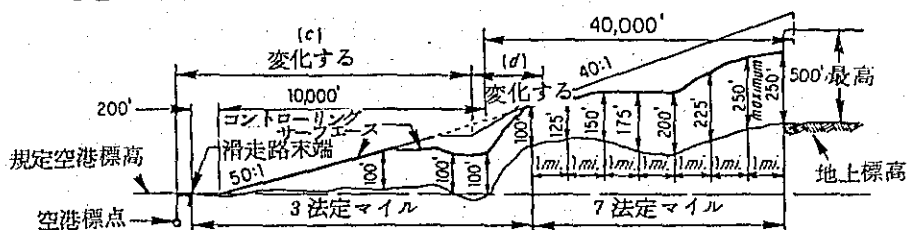
セクションA〜イマジナリ サーフエース (想定表面)



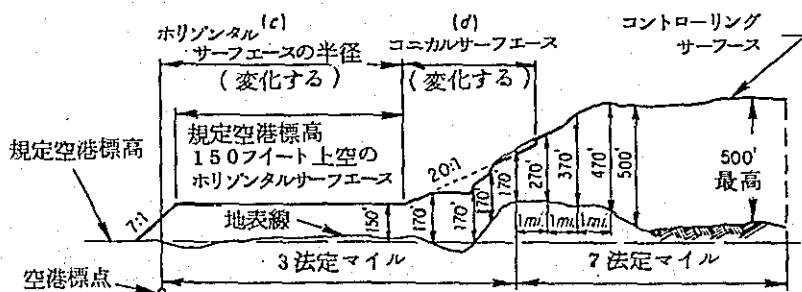
セクション B - 地上制限高度

下記に示す如き地上の制限高度を超える物件は、特別飛行調査により差支えないとの結論が出た場合以外は、悉べて飛行障害物と見做される。

P B 1 ~ 計器アプローチ ゾーン側面図



P B 2 ~ ターニング ゾーン側面図



P B 3 ~ 通常、空港への最終着陸に利用される無線設備の最終アプローチ コースのセンター ラインから法定5マイル以内の最も高い地点から測定され、決定されている最終アプローチの最低飛行高度を高めるような計器アプローチ エリア内の物件。上記の制限は無線設備から外側に向い、最終アプローチ コースに沿って法定10マイルの長さになっている。

P B 4 ~ 民間航空路或は飛行管制地域内に於いて地上から170フィート以上或は規定の最低飛行高度を引上げざるを得ないような高度より高いものの内何れか高いものを超える物件。最低飛行高度は通常、該当する民間航空路或は飛行管制地区のセンター ラインから法定5マイル以内の最も標高の高い地点から測定し、決定される。

P B 5 ~ 大西洋岸、太平洋岸及びメキシコ湾沿岸から法定 20 マイル以内に設けられている基地から発進している軍用機並びにコースト ガードの飛行機の為低空飛行が必要とされている所定の軍用沿岸地帯内にある障害物。これらの地帯は沿岸基地から法定 10 マイルで海岸線に延びている。

| 空港の種類 | 距離 (フイート) | | | | 傾斜 |
|-------|-----------|------|-------|------|------|
| | a | b | c | d | |
| 第二種 | 250 | 2250 | 5000 | 3000 | 20:1 |
| ローカル | 400 | 2400 | 7000 | 5000 | 40:1 |
| 幹線 | 500 | 2500 | 10000 | 5000 | 40:1 |
| 大陸横断 | 500 | 2500 | 11500 | 7000 | 40:1 |
| 大陸間 | 500 | 2500 | 13000 | 7000 | 40:1 |

Ⅲ 空港施設の配置

紹介

オⅡ章において、空港の立地と規模に影響を与える諸要因が議論された。本章では、滑走路の配置を決定する諸原則が説明される。空港は二つの要素に分けられる。即、着陸区域（滑走路及び誘導路）とターミナル区域（エプロン、建物、駐車場、ハンガー等）である。しかし、空港体系はもう一つ、オⅢの要素をも含むのである。これは、即、空港周囲の空間での飛行機の往來の統制をする手順及び技術である。（通常、ターミナル、航空交通管制と呼ばれている。）これらの三つの要素は、あつまつて、空港体系を構成している。各要素は空港体系の能力に影響を与える。そして、各々は、各々の能力に影響を与える。そして、各々は、各々の能力に関して、相互に影響を与える。

効率の良い空港とは、三つの要素の能力が、平衡に近い状態にあるものである。この様にして、ターミナル区域の能力を着陸区域の能力の何倍かにする事は望ましくない。同様に、着陸区域内の施設を利用する航空交通管制の能力よりも、着陸区域の能力がずっと大きくなる様に、着陸区域の設計をするのは馬鹿げているだろう。

本章においては、空港施設配置が空港の能力に対して持つ影響が議論される。様々な施設配置計画が能力の点で比較される。そして、ターミナル航空交通管制と滑走路の配置との相互関係が示される。

着陸区域

着陸区域を構成しているのは、滑走路、交差している誘導路、及びターミナル区域に続く誘導路である。着陸区域の最大の特長は滑走路である。滑走路の数とその型は以下に左右される。即、（１）交通量とその性格、（２）風向き、及び（３）騒音低減である。これらの要因は、オⅥ章で議論された。

一般に、滑走路と交差誘導路の準備にあつては、次の様な考慮がなされるべきである。

（１）航空交通の型を十分に分離する。（２）着陸、誘導、及び離陸操作において、なるべく干渉と遅延を少なくする。（３）ターミナル区域から滑走路末端間の誘導距離を出来るだけ短くする（４）着陸しようとする飛行機が出来るだけ早く滑走路を出られ、ターミナル区域まで最短距離をとれる様に、十分な誘導路をつくる。

交通量の多い空港では、ホールディング、又は、ラン、アップ区域は滑走路の離陸端に近く、設置されるべきである。これらの区域は、予定される最大級の飛行機三機、もしくは四機を、お互にふれあわないで通るに十分な余地を持つて収容出来る様に設計しなければならない。これらの機能については、より多くの情報が本章で与えられる。

空港の能力

空港の能力という言葉が言及するのは、ある許容範囲時間内に平均遅延をとどめて、ある一定の時間内にある空港が処理する飛行機の離着陸回数を表す。即、離着陸の回数が多くなると、明らか

に、平均遅延も増加する。故、能力を定義するには、ある許容遅延量というのを撰択しなければならないのである。設計の為、通常、用いられる時間は、通常、数時間である。ある「離着陸回数」とか「運航回数」は一つの着陸、又は離陸として定義される。「許容率」はこの章では、ある時間内の着陸の回数を意味する。

空港能力の意味をはつきりと理解するには、飛行機の滑走路での動作を理解する事が必要である。

角度のついた出口用誘導路が数本ついた滑走路一本を考えてみる。この滑走路は一時に一機の飛行機しか使うことが出来ないと考えよう。この様な運航上の規則があるので、滑走路能力は様々な種類の飛行機が滑走路を使用する時間の長さに影響されるだろう。絶対最大能力(理想的最大)に達するのは、各飛行機の運航間の長さが、滑走路を使用する飛行機の滑走路占拠時間に丁度等しくて、飛行機間の時間と各々の滑走路使用時間との間に変化がなる場合であろう。

明らかに、現実には、到着及び出発時間、又、滑走路占拠時間において、差異はかならず出る。ラッシュ時には、飛行機は列を作り、これが遅延の原因となる。結局、幾つかの誘導路を持つた一つの滑走路の実際の能力は、許容遅延量に左右されるが、理想的最大より少い。

着陸用にだけ使用される一滑走路の理想に近い最大運航回数は、参考資料 1 8 及び 2 5⁺ に説明されている。又、VFR 状態での実際離着陸処理能力は連邦飛行庁の為の航空機器研究所の開発した分析に述べられている。(参照 2 6)。この分析が示していることは、出発する飛行機の遅延を到着及び出発両方に使われる滑走路、空港能力を測定する方法として考える事である⁺。現場観察によつて得た数学的分析の使用によつて、一つの滑走路上、又は、一連の滑走路上で飛行機運航と出発する飛行機の平均予想遅延との関係が第 III - 1 a 図に示してある。

十到等飛行機間の時間に変化が生じる事は考えられていないが、滑走路使用時間の変化については、考慮がされている。

十離陸と着陸活動の両方に使われる一滑走路において、着陸する飛行機が優先される。この様に、離陸する飛行機は、到着する飛行機との間が時間的に十分に開く迄、待たねばならない。

曲線は、運航回数がある一定の数以上に増加すると、遅延が急速に増加し始める事を示している。第 III - 1 a 図において、X は、滑走路が処理すると期待されている一時間当りの全運航回数を示している。そして、各出発飛行機は、平均 Y 分の遅れを持つのである。もし航空会社がつと平均遅延を低くしたいなら、滑走路の能力は低減される。この様にして、実際の空港能力を定義するにあつて、ある一定の平均遅延が選択されなければならない。ある特定の地点における選択は、遅延の経済上コストの評価や、このコストと遅延低減の為の追加施設設置費用との比較等を基礎に行なわなければならない。様々な配置形態の空港の能力を比較する為に、航空機器研究所は、平均遅延を 6 分に選択した。この選択に際しての理由は、参考資料 2 6 に要約してある。

空港能力に影響を与える要素の中で、より重要なものは、以下である。

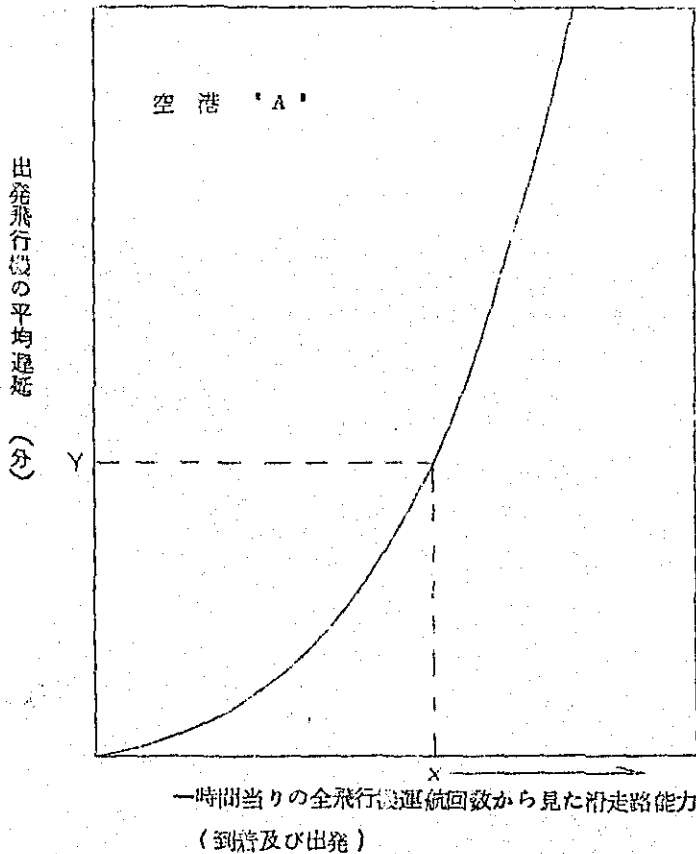
1. 滑走路(一つ以上ある場合)の配置とそれに附随する誘導路
2. 空港を利用する飛行機の特長及び飛行機の到着と出発の割合
3. 天候条件

4. 空港に設備された航行援助施設（IFR天候で重要）
5. 飛行機を処理する管制官の管制技術
6. 多量の交通処理における個々の管制官の経験
7. 地形及び人工の障害物
8. ローディングランプの広さ

沿走路及び附随する誘導路の配置は、空港の能力に影響を与える重要な要素である。しばしば沿走路は実際の空港能力を決定する際に限界を与える様な要素でない事が多いが、もし、脱出誘導路や十分な連絡誘導路等が設置されていないと、限定要素になり得る。この章で後で述べる様に、脱出誘導路は、着陸する飛行機を沿走路から素早く出すのに、かなり重要である。

空港を利用する飛行機の特長は能力に影響を持つ。小型で低速の飛行機は、大型で高速の飛行機より沿走路使用時間が短く、最終進入上での間隔をより短くする事が出来る。これらの理由から、主に小型飛行機によって使用されている空港の能力は、普通、大型で高速の飛行機用の空港の能力より大である。かくて、飛行機種の分布は空港能力の評価の重要な要素である。これは、オIII-1

第III-1a図 飛行機運航回数対出発飛行機の平均予誤遅延



b図に、部分的に示されている。この図は参考資料26からとられたものである。

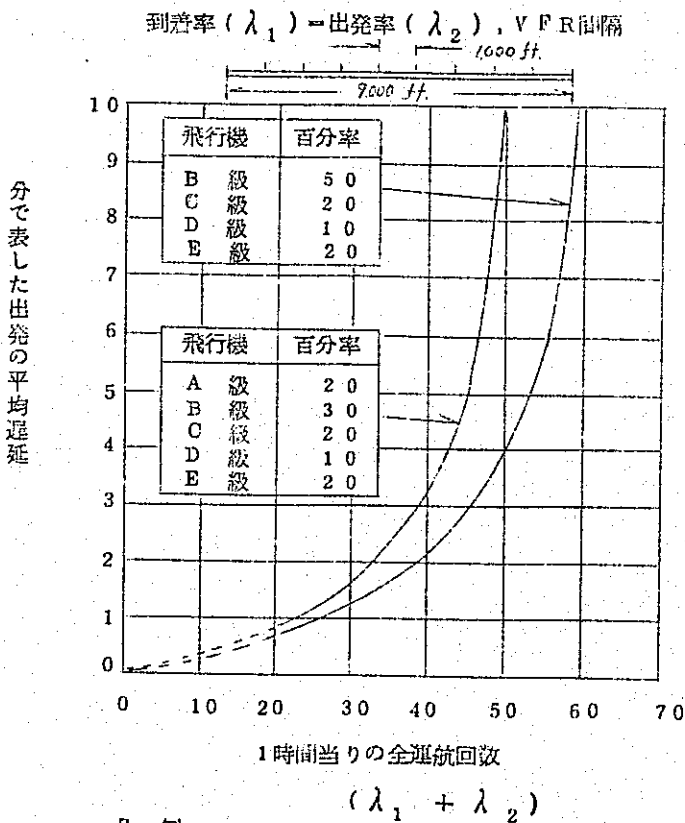
ジェット機が対象飛行機数中ないと、単一沿走路の能力（平均遅延6分に関し）が増加する事に留意していただきたい。

普通、到着は出発より優先されるので、到着及び出発飛行機の相対的割合も、又、空港能力に影響を与える。この結果、ラッシュ時に期待される割合についての知識が必要となってくる。

ターミナル交通管制系は限定要因になりうる

天候条件は、空港能力に深い影響を持っている。視程が制限された時には、(IFR条件)、飛行機は視程の良い日の場合より、沿走路の最終迎入の際の間隔をより広くとる。かくて、IFR条件下での空港の能力はVFR条件下でと比べて、普通、劣るのである。航行援助設備及び交通管制設備の進歩は絶え間なく続いているので、天候はこれ迄ほどは重要でなくなってくるだろう。

オ 田-1 図： 飛行機種の分布が遅延に与える影響（航空機器研究所の厚意による）



分で表した出発の平均遅延

凡 例

- A 級 — 大型ターボジェット
- B 級 — 4 エンジン、プロペラ輸送機
- C 級 — 2 エンジン、プロペラ輸送機
- D 級 — 2 エンジン一般航空機
- E 級 — 単発エンジン一般航空機

飛行士や管制官の使える航行援助施設の数や型は空港能力、特に計器飛行規則条件下でのそれに影響を与える。例えば、二つの滑走路に計器着陸装置のついた、又は、両方向にその装置のついた空港は、計器着陸装置が一つしかない空港よりは能力が大である。又、監視及び精密進入、レーダーの設備のある空港は、この様な設備のない空港よりはるかに手早く、飛行機を処理出来る。

コンピューター（例えば、データ処理セントラル）の発達により、管制官は今迄よりもずっと早く、飛行機を処理出来る様になるだろう。この型の機械は、特に計器飛行規則天候下での遅延の低減に役立つであろう。

諸空港での交通管制出段の適用を観察してみると、交通量の多い空港の管制官は、交通量の少ない空港の管制官より、多数の飛行機を処理出来る事が分る（参考資料 2 6）。この様に空港能力は、飛行機の量が増えるに従って増加するが、これは単に管制官に加えられる圧力が増加する為である。

自然地形や人工障害物は空港からの到着及び出発航空路の数に制限を与え、その能力に影響している。

ターミナル区域に飛行機のローディング、スペースが足りないと、遅延が生じ、その空港のラッシュ時飛行活動処理数に制限が加えられる。

ここで論じられた事の要点は、空港能力は単一数としては表現出来ないという事である。空港能力は天候、設置された航行援助施設、飛行機の特長、又は許容遅延時間等の幾つかの要素に左右される。

航空機器研究所は連邦航空庁の援助のもとに、初めて、空港能力を定量的に評価する事を試みた。

（参考資料 2 6）。この分析が開発された当時は、様々な配置を持つた空港の能力（一時間当りの運航回数という点からの）は、主に、ラッシュ時に実際に観察し、それをある程度の判断で調節して、得て来っていた。本章に引用されている能力はこれらの観察（参考資料 2.3.5.1.1.2.0.）を要約した資料からと、航空機器研究所（参考資料 2 6）の研究から、得たものである。読者にはこれらの空港能力を正確な数値として考えていただきたい。これらは、むしろ、一つの配置型の空港と他の型の空港とを比べる際に、大さつばなけた数を表わすものとして理解していただきたい。

滑走路の配置型

滑走路の能力を正確に定義する事は非常に困難である事は、これ迄に明らかになった。以下の諸節においては、第Ⅲ～2 図に示した幾つかの滑走路配置のピーク時の能力を要約する。これらの能力は、種々の飛行機が一緒にいる場合を対象にしたもので、主に航空会社の輸送機であるが、中には小型の一般航空用機もあり、かなり短いピーク時に適用される。有視界飛行及び計器飛行規則条件の両方に関する情報が手に入つたものは、両方に言及がなされている。手に入らなかつた場合には有視界飛行条件の際の能力のみが言及されている。又、滑走路には十分な誘導路系統が設備されていると仮定される。

単一滑走路：有視界飛行規則条件下での単一滑走路の最大能力は、時間当たり大体 4 5 - 6 0 回の範囲内と推定されているが、計器飛行規則条件下では、その能力は毎時 2 0 - 4 0 回の範囲に低減

され、この範囲内での差異は設置されている航行援助施設によつてきまる。

平行滑走路：平行滑走路系統（第Ⅲ-2 b）の能力は、滑走路間の間隔によつて、大いに影響を受ける。単一滑走路と比較すると、相互の間隔が相対的に狭い（横間隔700フィート）平行滑走路は、空港の有視界飛行規則時能力を相当に増加させるし、出発時にレーダー設備があるなら、計器飛行規則時の能力もある程度まで増加させる。レーダーがない場合には、計器飛行規則時能力は、単一滑走路空港の場合の値と事実上同じになる。レーダー設備があると、飛行機が平行滑走路にうまく着陸するだろうという事を管制官が確かめるとすぐ、一方の滑走路において、計器飛行規則下での出発が許される。しかし、これがなされた場合、出発は到着と全く関係なく行なわれている事にはならない。又、同様に、レーダー設備があると各々の出発間の時間間隔を縮める事が出来る。平行滑走路が前後にずらして配列されてなく、視界にあまり制限がない場合には、計器着陸装置アプローチを一方の滑走路上にせんとしている飛行機を、必要に応じて、それに平行する滑走路に移す事が出来る。こうすると、計器飛行規則時の交通処理に際して、より多くの柔軟性が管制官に与えられる事になる。700フィートのみの間隔をおいての同時着陸が平行滑走路上で可能であるがこれは有視界飛行規則時のみである。平行滑走路系統の能力（第Ⅲ-2 b図に示してある）は有視界飛行規則条件下において、滑走路の使用法により異なるが、大体、毎時75-95回である。しかるに計器飛行規則条件下では、毎時40-45回である。

平行滑走路が計器飛行規則条件下で、独立して各々、離陸用と着陸用に区別されて使用される場合には、両滑走路間の間隔は700フィート以上なければならない。この様な運用は、米国及び英国の多くの飛行場で実施されている。米国の権威筋の考えでは、この種の運用が試みられるのは、滑走路間の間隔が少くとも3000フィートある場合でなければならないとされている。ロンドン空港では滑走路間の間隔は4650フィートあり、今迄何の問題も起らなかった。世界各地の空港での体験の分析研究がドイツの研究者達によつてなされた。（参考資料1）彼等の分析によれば、地形的条件や各地方の航空交通要件によつて違いは出てくるが、大体3000フィート（900メートル）から5000フィート（1500メートル）の間隔がとられるべきである。

着陸と離陸用に別々に使用され（しかし、同時着陸ではない）、滑走路間の間隔が3000フィート以下でない平行滑走路系統の能力は、有視界飛行規則下において、毎時100回、計器飛行条件下では多分80回と推定されてきているが、これは監視用レーダーが設備され、飛行機が二つの独立したスタックから送られる場合に限つてである。

計器飛行規則条件下での同時着陸に使える平行滑走路の間隔に関しては、事実情報は非常に少い。連邦航空庁の研究開発局は、最終アプローチからの航路の偏差を調査し、最終アプローチ、グライド、パターンへ入る場合の高度が同じ場合は間隔は短くとも3800フィートなくてはならず、最終アプローチ、グライド、パターンへ入る点が縦に500フィート離れている場合は、2700フィートだと示した。これらの距離は実際の飛行テストで評価されつつあり、本書の原稿作成時においては、まだ、具体的な勧告はなされていない。計器飛行条件下において、飛行中の飛行機の位置を正確にさぐる能力の問題は、うまく一つの空港に設備され得る同時着陸滑走路間の間隔をつく

る為にも、解決されねばならぬ問題である。もつと信頼性の高い情報が得られる迄の間、最少間隔 5,000 フィートが計画立案目的の為に考えられるべきである。

(参考資料 26)

時折、平行滑走路は前後にずらして配列されている(第Ⅲ-2c)、これは、一方の滑走路が着陸用のみに用いられ、もう一方が離陸用のみに用いられる時には、ターミナル区域⁺への誘導路距離を短縮する。しかし、この配置と前後にずらしてない平行滑走路系統との間に、大きな能力の差異はない。前後にずらした配置は滑走路間の間隔を短縮するかも知れぬが、これは連邦航空庁による分析が、飛行テストによつて証明されればの話である。一方、滑走路間の間隔が700フィートのけたであつて、片一方の滑走路のみに計器着陸装置用グライドパスがついている場合、あまり前後の配置ずれが大きいと、管制官は計器飛行規則天候下において、着陸せんとする飛行機を一方の滑走路からもう一方へと移す事が出来なくなる。

十 ターミナルが滑走路の間に位置している場合である。

航空機器研究所(参考資料 26)の準備した分析によると、空港にある飛行機の大体3分の2以上が小型、軽量飛行機だとすると、平行滑走路の一方はもう一方より短くて良い。これらの条件下において、有視界規則条件下の平行滑走路系統の能力は、毎時100回位であり、その内の65回は短い方の滑走路上である。この分析において、各滑走路間では独立した運用が出来る様に充分間隔がとつてあると仮定された。この配置型だと、舗装経費は最小になるが、一つ不利な点がある。即、大きい方の滑走路が修理とかその他の理由で閉鎖されると、短い方の滑走路は大型飛行機は使用出来ない事である。

非常に密度の高い空港において、三つの平行滑走路が普及されている。即、着陸の為の外向き滑走路二本と離陸の為の中央滑走路である。全ての滑走路で個別行動が、外側滑走路で同時着陸が出来る様な間隔と航行援助施設があると仮定して、計器飛行規則天候時の能力は、毎時100回以上と見積もられている(参考資料 11)。この様な配置における問題は滑走路間を誘導される飛行機によつて引き起される邪魔である。

分岐滑走路：多くの空港は異つた方向に伸び、互いに交差したり、末端、開いたりしている二本、またはそれ以上の滑走路を持つている。これらの滑走路は、本書において、「交差」、「非交差」型と名づけられている。この型の配置は、風が相対的に軽い限りにおいて、高い能力を持つ。風が強いと、そして、ある地点では、視界が悪いと、空港は単一滑走路に戻つてしまふ。これは、天候や風の状態により、いかに能力が変化するか、もう一つの例である。

第Ⅲ-2d、e、及びf図は、離陸と着陸の方向による。二本の興味ある滑走路を図示したものである。三つの配置の能力は以下の通りである。第Ⅲ-2d図、85回、第Ⅲ-2e図、60回、第Ⅲ-2f図、55回である。これらの数字は航空設備計画事務所(Office of Aviation Facilities Planning)のシステム、工学チームによつて計算されたものであり(参考資料 5)、極風状態にのみ適用される。この参考資料によると、「これらの能力に達する為には、滑走路斜面での分岐を最低2マイルに迄縮める事が必要と見える。(現行の計器飛行規則は3マイル

である)。これに加えて、アプローチ、パスにそつて、最適の間隔を得る事を奨助するのに、軽い速度制限が必要と見える。』と述べられている。

航空機器研究所(参考資料26)は、第Ⅲ-2g及びh図に示された非交差分岐滑走路配置の能力を分析した。この型の配置に必要なのは一本の滑走路を着陸用にとつておき、もう一本を離陸用にとつておくことである。飛行径路が第Ⅲ-2g図に示された様に、着陸する飛行機が着陸できない場合にそうなる様に、交差すると、有視界飛行規則条件下における本配置の能力は、毎時65から79回迄の差があると見積もられている。飛行径路が、第Ⅲ-2h図に示される様に分岐している場合には、能力は到着航空機の遅延の量によつて違いは出るが、毎時82-102回に迄、増加する。これも又、軽風及び有視界飛行規則状態にのみ、適用される。

興味深い滑走路配置が用いられる時には、能力の点から言うと、滑走路は、その滑走路長の間中でよりは、離陸及び着陸の開始される滑走路端の近くで交差する方が望ましい。

十 参考資料26において、能力は交差の地点により、47から78回迄に変化する事が示されている。

空港能力に関する観察：1957年から1959年にかけて、連邦航空庁は、ニュー・ヨーク、シカゴ、サンフランシスコ、マイアミ、及びアトランタの区域において、交通調査を行つた。調査の行なわれたのは、交通量の非常に多い時間内であつた。滑走路占拠時間とラッシュ時の運航回数や、到着、出発交通量の遅延の程度が記録された。これらの調査(参考資料19-22)には、空港運営の為の貴重な情報が入つており、現行の航空交通管制手順下の空港能力についてのヒントを与えてくれる。例えば、ジョージア州アトランタの空港は第Ⅲ-2d図に示された配置に近い。無風状態のラッシュ時において、65回が有視界飛行規則で処理され、45回が計器飛行規則で処理された。これらの数値を第Ⅲ-2d図の85と比べると、航空交通管制手順の改善がなされたら、成就するであろう増加が示される。

ターミナル区域と滑走路との関係

望ましい空港のレイアウトの鍵は、ターミナル区域から滑走路の離陸端迄の誘導距離を短縮し、着陸する飛行機の誘導距離を実行可能な限りに短縮する事である。これは第Ⅲ-3図に示したスケッチによつて図示出来る。これらのスケッチは空港内の配置を決定する原則を示す為に描かれたものであつて、最適配置図といつたものではない。これらのスケッチは、誘導路に関する限り完全でない。例えば、着陸する航空機用の出口が一般に二つ示されているが、航空機の構成とか、その他の要素により、ある特定の地点では、三つか、望ましくは四つの出口の方が望ましいであろう。

第Ⅲ-3a図は単一滑走路空港であつて、離陸と着陸は各方向に大体同数起ると仮定されている。離陸に滑走路のどの端がつかわれても、誘導距離は同じであり、ターミナルは又、どちらの方向からの着陸にも都合良い位置にある事に注意していただきたい。

もし交通量が次の平行滑走路を正当化するなら、第Ⅲ-3b図に、平行滑走路に関するターミナル区域の望ましい位置が示してある。この計画は、着陸及び離陸がどちらの方向にもしなければならぬ様な風の状態を仮定している。交通量の多い空港において、非常に望ましいのは、滑走路

のどれかが保守の為や、その他の理由で使えない場合の為に、滑走路を一本着陸か、離陸のどちらかかにとつておく事である。

一本の滑走路を着陸にのみ用いて、もう一本を離陸用のみに用いる事が望ましい場合には、第Ⅲ-3c図に示された計画が検討されるべきである。第Ⅲ-3b図の案と比べて本案の主たる利点は、離陸及び着陸の両方の誘導距離の短縮である。不利な点は、本案が特定の機能の為のみの、滑走路の使用に基礎をおいており、滑走路の前後の配置ずれがより多くの土地を必要とするかも知れぬといった点である。

第Ⅲ-3b図及びc図をくわしく検討して見ると明らかになるのは、ターミナル区域を平行滑走路配置の一方に位置させるのは望ましくない事である。地上滑走距離はより長くなり、地上での交通は、実際に使用されている滑走路の上を横切らなくてはならなくなる。

もし、空港での風の関係から、一方向以上に滑走路を必要とする場合には第Ⅲ-3d図に示されている様に、ターミナル区域を中央に位置させる事が望ましい。この様な配置に対して、軽風の場合には、交通管制官は、滑走路を着陸と離陸に使える。即ち、四方向の離陸と二方向の着陸に使えると仮定する。更に、脱出誘導路をつけ加える事によつて、着陸も、全て、四方向に出来る様になる。

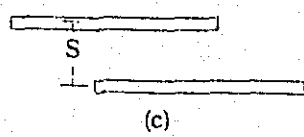
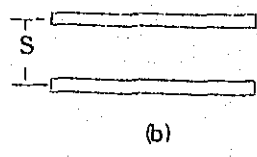
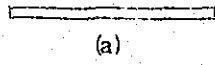
幾つかの空港地点では、一年の内、2.3日を除いては、風がかなり規則的に一定方向に吹いている。多量の交通量が予期された時には、三本の滑走路が必要であろう。又、その際、ターミナル区域は第Ⅲ-3e図に示された位置にあるとする。

大型輸送航空機の為の交通密度の高い空港においては、第Ⅲ-3f図に示された様な、二元平行滑走路が必要である。この様な型の配置に望ましいのは、地上滑走する航空機からの邪魔をさける為に着陸用のみに滑走路二本を、離陸のみに二本をとつておく事が必要である。外側の滑走路よりはむしろ、ターミナル区域に近い滑走路の方が着陸用に指定されている事に注意していただきたい。

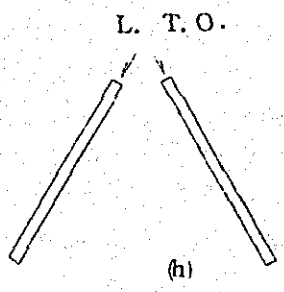
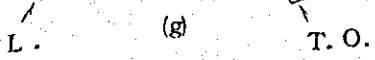
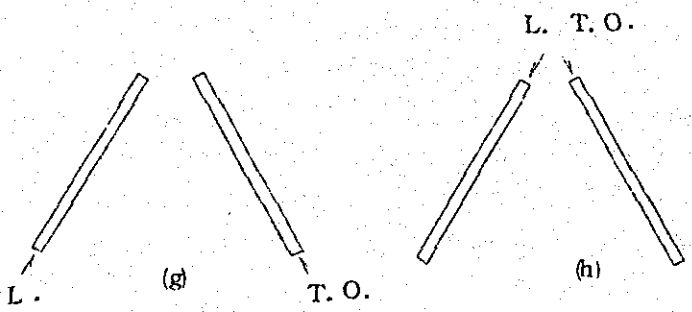
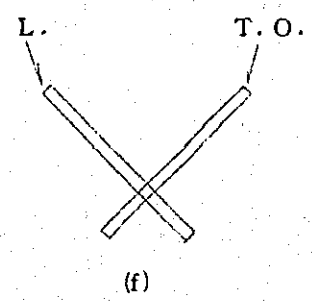
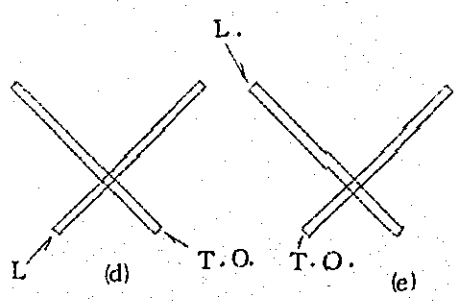
これは、着陸する航空機が離陸用に使われている滑走路を横切らない為にされているのである。離陸の為の航空機の地上滑走は実際に着陸用に使われている滑走路を横切らなくてはならないが、この種の横断は着陸航空機による横断よりずつと手早くかたづけられる。

可能な所ではどこでも、離陸、又は着陸する航空機がターミナル区域上を低い高度で通過し、航空上の危険及び公害を生じたりしない様な位置にターミナル区域は位置されるべきである。

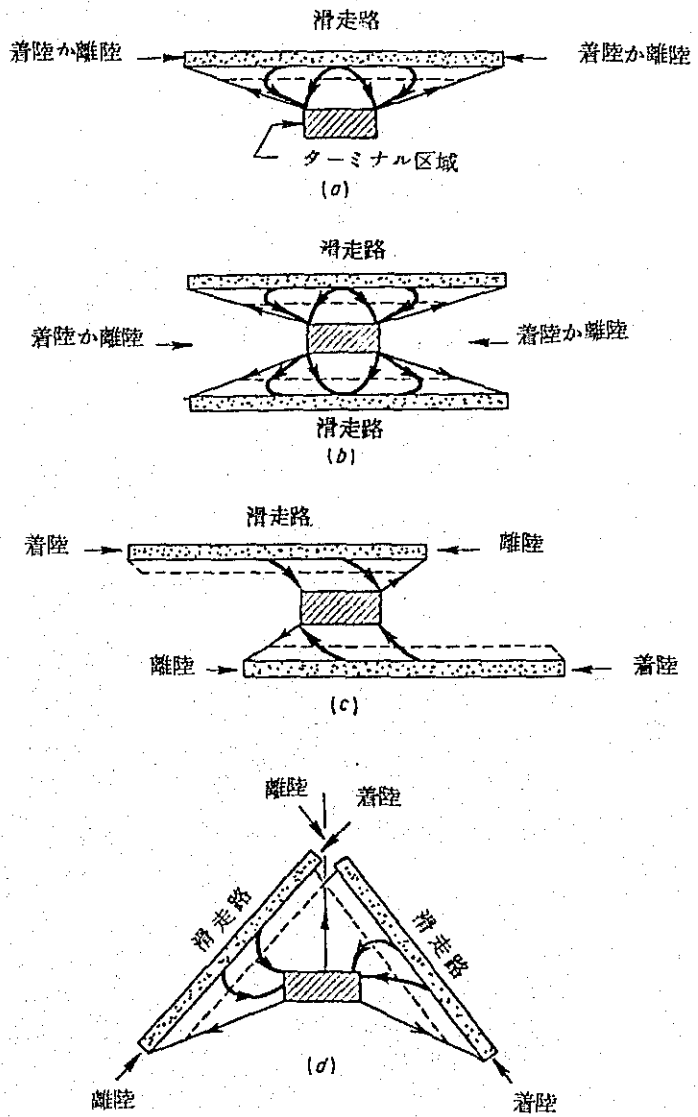
ターミナルに関連して滑走路を配置する原則は、世界各地の幾つかの空港の実例を使用して例証される。メトロポリタン、オークランド国際空港(第Ⅲ-4e図)での新しい滑走路は、第Ⅲ-3e図に図示された単一滑走路配置の例である。



L. 着陸
T.O. 離陸

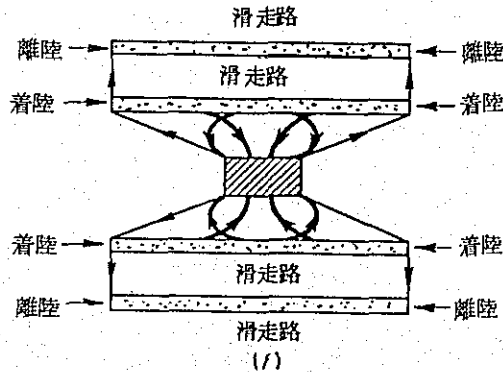
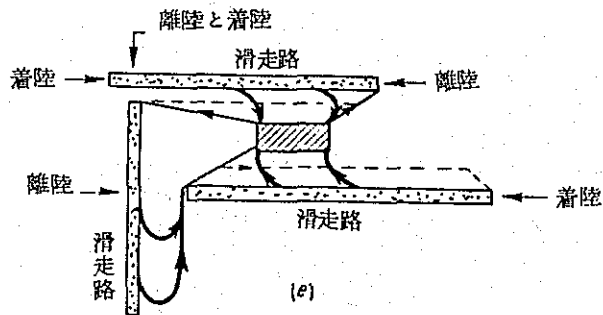


第III-2圖 典型的な滑走路配置図 (図)



第Ⅲ-3図 典型的な空港配置(図示)

ベルギーのブラッセルにあるメルブルック空港（第Ⅲ-4 b 図）は第Ⅲ-3 b 図に示された図に近似している。ヴェネズエラのカラカスにあるマルクエシア空港（第Ⅲ-4 c 図）は第Ⅲ-3 c 図に示された配置図を例証している。ワシントン特別区のダレス国際空港（第Ⅲ-4 d 図）は第Ⅲ-3 e 図に示された配置図の実際の例である。最後に、カンサス州のウィチタにある空港（第Ⅲ-4 e 図）は第Ⅲ-3 d 図の配置図に近似している。



凡例

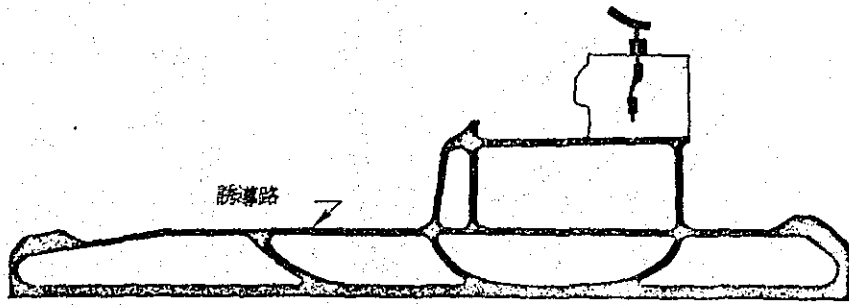
- 出発する航空機のための誘導路 ————
- 到着する航空機のための誘導路 ————
- 相互連絡用平行誘導路 - - - - -
- ターミナル区域
- T.O = 離陸

第Ⅲ-3 図 続き

誘導路

誘導路の主要な機能は、滑走路と、ターミナル区域やサービス・ハンガーとを連絡する事である。

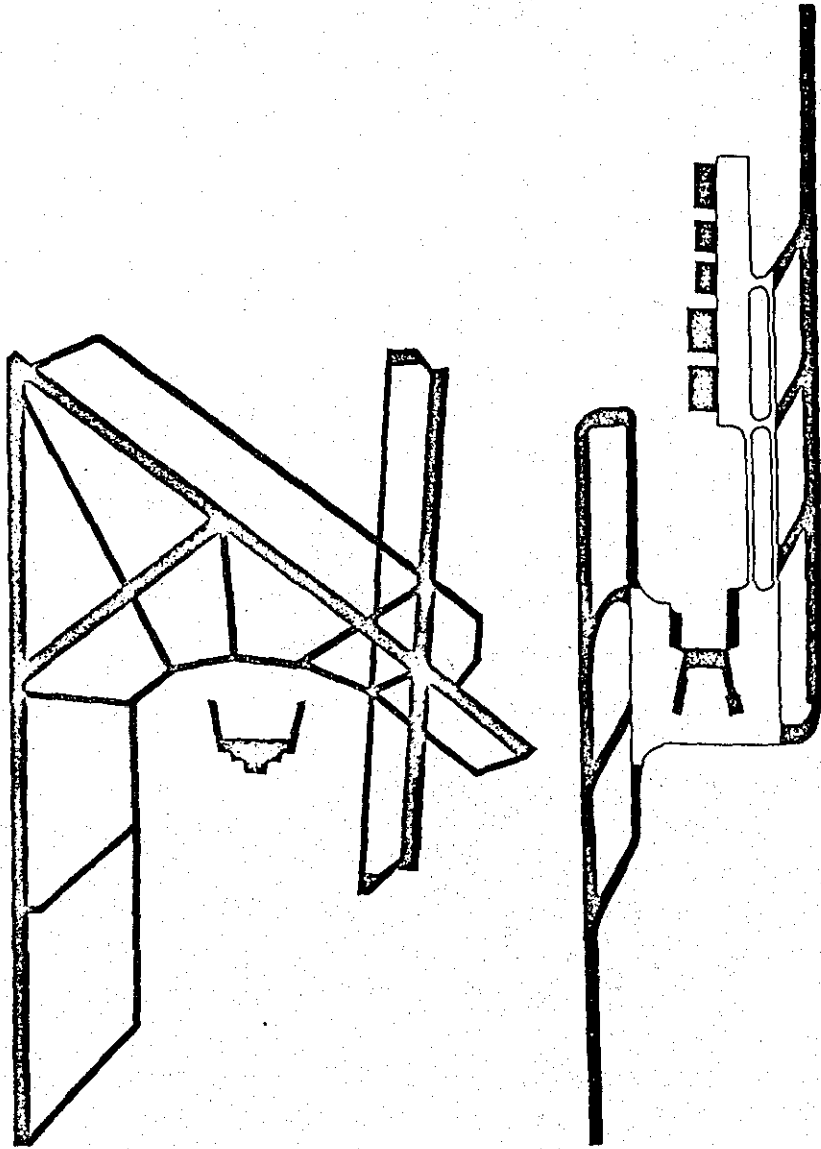
たつた今、着陸したばかりの航空機が離陸せんと地上滑走中の航空機の邪魔をしない様に、誘導路は配置されねばならない。地上滑走する航空機が、同方向に同時に動く様な交通の激しい空港では幾つかの平行した一方交通誘導路が設けられるべきである。ターミナル区域から離陸に使われる滑走路端迄の距離が出来るだけ短くなる様に、径路は選ばれるべきである。又、交通の激しい空港では、滑走路上の様々な点に誘導路を位置させて、着陸する航空機が出来るだけ早く滑走路を出て、他の航空機の使用に供する事が出来るようにしなければならない。これらは通常、「脱出誘導路」とか「ターン・オフ」と呼ばれている。何時でも可能な時には、実際使っている滑走路を横切るのをさける為に、誘導路は径路を定められるべきである。



第III-4B図 メトロポリタン・オークランド国際空港

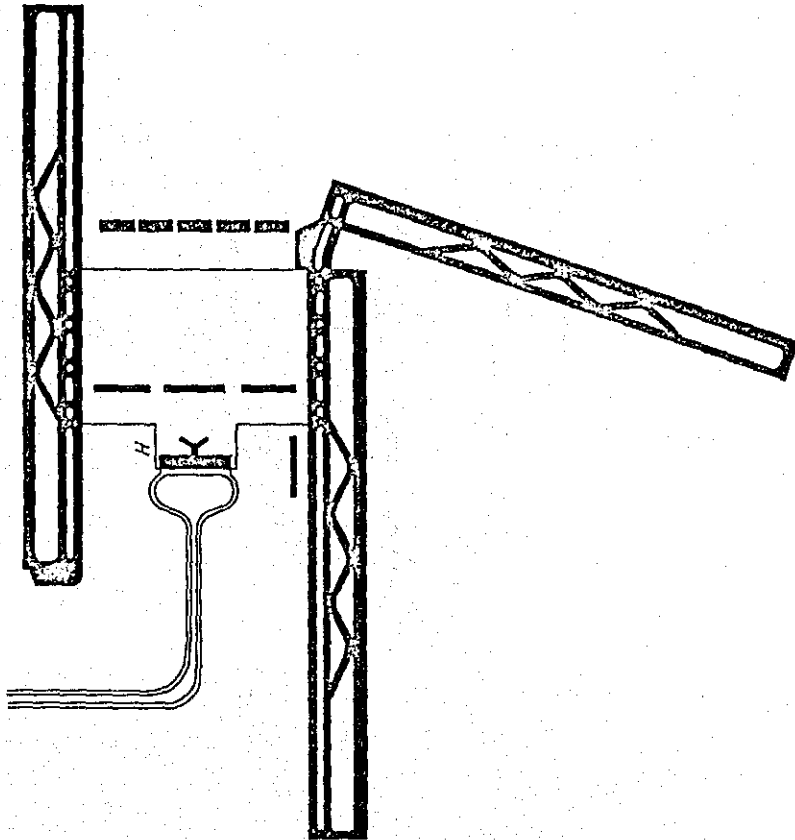
航空機が絶え間なく送られてくるラッシュ時の間は、滑走路の能力は、いかに速く、着陸航空機が滑走路を出られるかに、大いに、左右される。着陸した航空機は滑走路を出る迄、次の航空機を遅らしている事になる。多くの空港において、誘導路は滑走路に直角についており、その結果、航空機は滑走路を出る前に非常に低い速度に迄、減速されねばならない。もつと高速で出られる様に設計された誘導路は、着陸航空機の滑走路占拠時間を短縮する。これにより、次の航空機との時間間隔はより短くてよい事になる。あるいは、離陸を二つの着陸の間に行う事が出来るかも知れない。

この様な誘導路の必要が認められたのは、遠く1950年迄さかのぼる。この年、民間航空局 (Civil Aeronautics Administration) は、ラ・グアルディア、ワシントン国立、シカゴ、ミッドウエイ、デトロイト (ウイロウ・ラン) 及びクリーヴランド空港の諸空港での航空機の性能及び離陸の調査をした。(参考資料15) この研究により明らかになったのは、滑走路入口から様々な速度に減速すべき時間と距離であり、又、この研究は出口の位置について一般的な勧告を幾つか与えた。出口の幾何学的調査はなされなかつた。



第Ⅲ-4b メルスブルック空港、ブラツセル
第Ⅲ-4c マルクユシア空港、カラカス

1954年に筆者は、出口誘導路の幾何学を開発する為に、速度が回轉半径に対して持つ関係（第IV章参考資料8）を調査し始めた。位置の問題はこの調査に含まれなかつた。

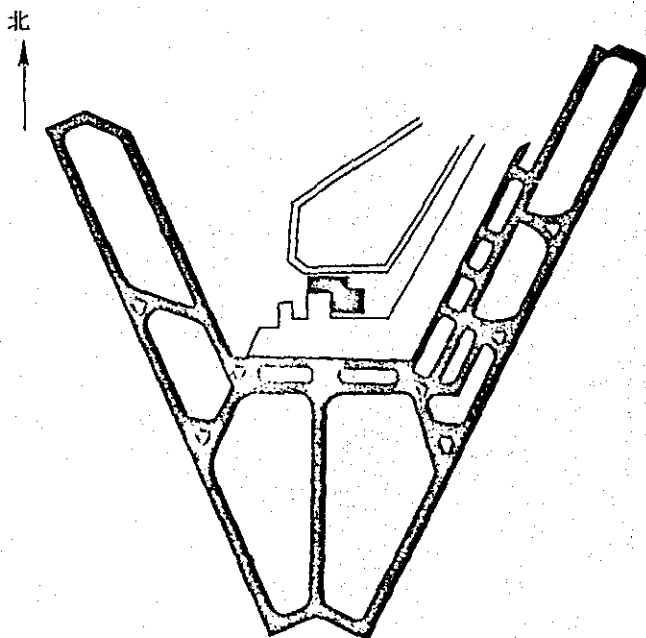


第III-4d図 ダレス国際空港、ワシントン特別区

この調査によつて発展された速度対半径の関係はCAA報告第II（参考資料13）で公表された。この最初の研究に続いて、1958年により高度の研究がカリフォルニア大学の運輸・交通工学研究所により、交通路近代化委員会の為になされた。（参考資料14）出口の位置について幾らかの情報は集められたが、この研究の最大強調点は、30mphから60mph迄の様々な脱出速度の為の誘導路配位を開発する事であつた。提案された配位及び調査結果は第IV章に述べられている。

脱出誘導路の位置に関して、様々の型の航空機の着陸が、ワシントン国立空港で、フランクリ

ン研究所と民間航空局によつて（参考資料16及び17）、カルフォルニア大学の脱出誘導路調査に
 に関連して、ライト・バターン空軍基地において合衆国空軍によつて、（参考資料14）、又、
 ニューヨーク国際空港において、航空機器研究所によつて（参考資料27）調査された。



第Ⅲ-40 カンサス州ウィチタの空港

これらの調査の結果、様々の速度に迄減速するのに必要な時間と滑走路の入口からの距離に關する情報は得られたが、空港設計者に出口の位置に關して具体的な提言は与えられなかつた。様々の種類の航空機がある場合の脱出誘導路の最適位置を決定する様な分析の作成は試みられなかつた。これによつて、連邦航空庁の研究用開発は調査の支援をすみやかに行う事となつたが、この調査の最大の目標は出口の位置決定に役立つような分析を作成する事であつた。（参考資料18）

数学的分析、又はモデルが開発されたが、これは出口位置に影響を与えるより重要な要素を見きわめ、最適の位置にする方法を提供するものであつた。この分析の背景に關しての簡単な説明は、この問題理解に役立つであろう。脱出誘導路の位置に影響を与える重要な要素は以下の如くである。

(1) 出口の数、(2) 脱出速度、(3) 空港を使用する航空機の型、(4) 空港における気象的及、地理的環境、(5) 操縦士による変化、及び、(6) 滑走路末端における到着航空機をターミナル航空交通管制が処理する速さと方法、である。最初の二要素の影響は明白である。

オ三の要素に關しては、全ての航空機が同じ速度で着陸しない事は明らかである。それで、滑走路末端から脱出速度に達する迄の距離と時間は、飛行機の種類によつて異なる。オ四の要素には

風、温度、高度、又、視界状況等が含まれ、これらは全て、航空機が滑走路末端上空に到着する際の速度に影響を与える。そしてこの速度は又、脱出速度に達する迄に必要な時間と距離に影響を与えるのである。アプローチ区域の障害物は、又、末端上空の速度に影響を与えるかも知れない。

輸送用航空機の飛行規則はかなり細かく決められているが、操縦士が違えばある程度の違いはかならず出てくる。特に、滑走路上に与えられるブレーキ力と、滑走路末端から接地迄の距離に関して、そうである。この変異は、脱出誘導路の位置設定に際して、考慮されねばならない。

航空交通管制が到着航空機を処理する速度と方法は、出口の位置と数を決定する際に極度に重要な要素である。なぜなら、航空機が充分ない限り、脱出誘導路それ自体はほとんど価値がないからである。

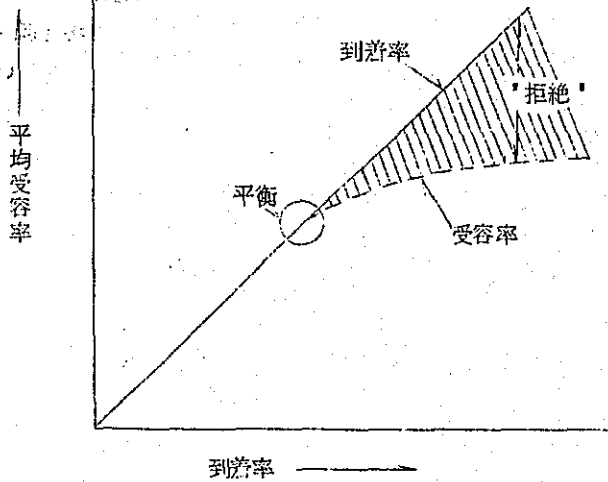
この分析(参考資料18)において、脱出誘導路の有効性は平均受容率の点から測定されている。受容率は単位時間(例えば1時間)に対する成功着陸の数と定義されている。この分析は飛行機の着陸率を飛行機が末端上空に到着する率と関係づけている。以下の如くである。

受容率 = 到着率 × 補正係数

高速脱出誘導路の数と位置は、補正係数を通してこの計算に用いられている。実際の問題として、問題は補正係数が、ほとんど1に近くなる様に、出口を位置する事である。この関係は才 III-5図に示す如く、図示できる。

直線は全ての到着航空機を受容可能な理想的滑走路上の状況を示すものである。到着率が増加し続けるにつれて、空港はもはや全ての到着航空機を受け入れられなくなる。そして受容率は理想から急速に離れ始める。「平衡」と印された地域は設計者にとって特に興味あるものである。なぜなら実際、これは滑走路がその能力一杯になつた状態だからである。即、低い到着率においては、滑走路は実質上全部の到着航空機を受容する事が出来る。しかし、到着率が高くなると、それは出来なくなり、飛行機は「拒絶」(不成功な着陸を描写するのに使われる言葉)しなければならなくなる。かくて、平衡地域の右方に、受容率関係中の補正係数は、累進的に、段々と1以下になる。補正係数は数学的に、 $1/(1+q)$ として表わしており、 q は着陸航空機が滑走路上で時間をとりすぎて次に来る航空機を拒絶してしまふであろう平均確率である。確率 q は0から+1の範囲にあり、相等する補正係数の限度は $1/2$ である。この様に明らかに、受容率の上限は到着率であり、受容率の下限は到着率の半分である。(数学モデルによつてなされたある仮定より引き出された。)

第Ⅲ-5図 平均受容率と到着率の一般的関係



数学的分析により、ある一定の諸条件に対し、滑走路の最高平均受容率をもたらす様な位置に脱出誘導路を位置させる事が出来る。これが「最適位置」と定義されるものである。設定されるべき条件は、(1) 出口の数、(2) 脱出速度、(3) 航空機の型、(4) 到着航空機処理及び方法の点からの到着率、そして(5) 拒絶確率の許容レベル、である。

この分析において、到着は以下の様な三つの方法によつて処理されている。航空機は滑走路入口で以下により分離される。即、(1) 固定時間間隔(例えば、4.0又は4.5秒等)、(2) 固定距離間隔(例えば、2.3又は4マイル等)、又は(3) 先行する航空機の滑走路占有時間によつて異なる、時間間隔の変化、である。対象航空機中の航空機の着陸特性(脱出速度に達する迄の時間及び距離)を知らねばならず、これ等は分析において、統計的分布として処理される。到着する航空機の型は任意と考えられるが、ある一定の時間内に調べられた各等級の航空機の全数を知らなければならぬ。

この分析はかなり簡単ではあるけれども、脱出誘導路の位置設定には便利な道具である事が証明された。角度のついた脱出誘導路の備つた滑走路上での実地の着陸を観察すると、出口の位置決定に関しては、この分析の妥当性が確かめられる。しかしながら、滑走路末端上空の到着航空機処理に関する仮定の性質上、この分析から引き出された受容率は現行の活動を代表するものとは解釈されず、ターミナル航空交通管制手順が改良されたあかつきに成就される値を表すものと考えられる。幸運にも到着機の処理に関する仮定は、出口の最適位置に影響がない。

モデルを使用した際の典型的な結果が第Ⅲ-6図に図示してある。これらのデータは参考資料18から要約したものである。対象航空機の33パーセントは大型ジェット輸送機で、25パーセントは4発エンジン、ピストン輸送機、21パーセントが双発エンジン、ピストン輸送機、そして

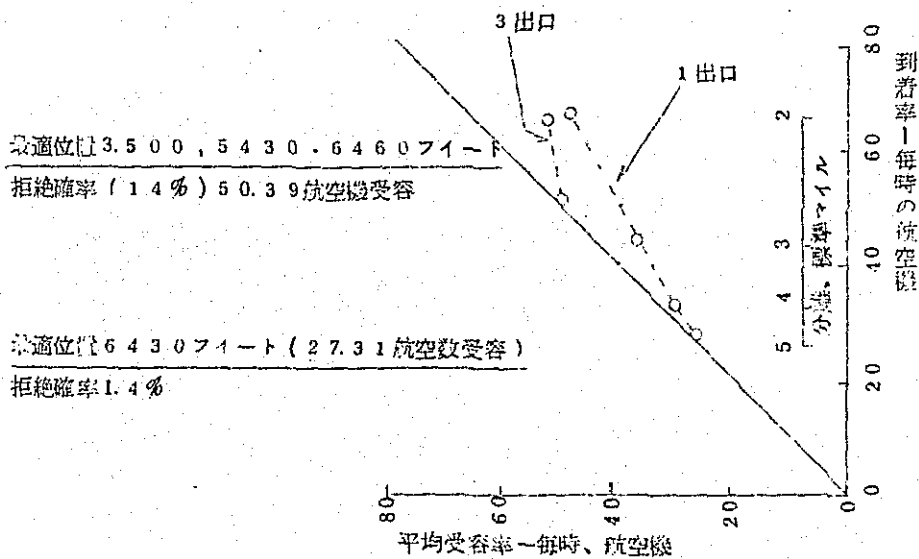
21パーセントが双発エンジン級の小型一般航空機用である。受容率は滑走路末端上空の到着航空機処理の二つの方法に対して、即、固定時間間隔と固定距離間隔を基にして、示された。

この図を検討すると、幾つかの興味深い点が出てくる。到着率が平衡地域を越えて増加すると、受容率も又、増加し続けるが、拒絶の確率も増加する。平衡地域において、固定時間間隔に基礎をおいた到着の受容率は、固定距離間隔を基にした到着の受容率より高いが、脱出誘導路の最適位置は両方とも、大体同じである。

様々の対象航空機を入力として、モデルを操作して見ると、実際的な理由から、必要な出口の数は2から3迄の差があり、例外的な場合にのみ、四つ必要だと言う事が示される。⁺ 出口の数はまず第一に、使用する航空機の種類に影響される。着陸特性に広範な巾がある事は、より多くの出口が必要な事を意味する。かくて、大型と小型の航空機両方を同量づつ受容する空港において、必要とされる出口の数は、一種類の航空機のみが使われる場合より多いであろう。又、経済的問題も考えられなければならない。角度のついた脱出誘導路は高価である。従つて、交通量が少い場合には、この型の出口を設備する必要はないだろう。

十 重量6,000ポンド迄の小型航空機が多量にある場合、この型の航空機の為の特別出口を含む事が勧められる。直角出口はこれらの小型航空機に充分であろう

第三一六図：脱出誘導路の数と位置が滑走路受容率にもつ影響

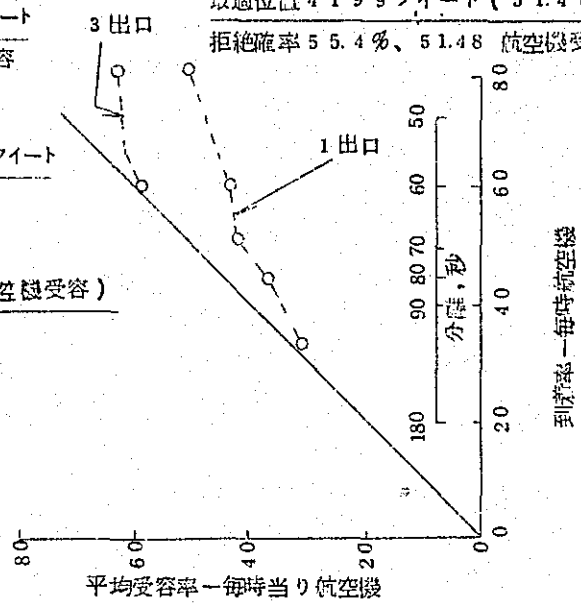


最適位置 2887, 4244, 5376フィート
 拒絶確率 30.2% 61.45 航空機受容

最適位置 - 3350, 5660, 6760フィート
 拒絶確率 0.2% 59.87 航空機受容

最適位置 - 6460フィート (33.57 航空機受容)
 (拒絶確率 1.2%)

最適位置 4199フィート (51.48)
 拒絶確率 55.4%, 51.48 航空機受容



長距離及び中距離のルートを飛ぶ大型ジェット機は、無風で舗装面が湿つており(但し氷や雪の場合を除く)視程が悪い状態において、滑走路末端から約6000フィートの点で60MPH位の速度で滑走路から脱出できる。ピストン エンジン、又はターボプロップ輸送機、あるいは双発エンジン、ジェット輸送機は、同じ条件のもとで、滑走路末端より約4000フィートの点で脱出出来る。双発エンジン級の小型一般航空用機や双発エンジン、プロペラ駆動商業用輸送機は、2000から2800フィートの点で脱出出来る。

空港設計者の為の設計基準を開発する為に、広範囲の対象航空機を使つて、脱出速度60mphでモデルが操作された。(参考資料25)。作業の結果、次の様な出口位置が勧告された。

| 飛行機グループ | 滑走路入口からの距離 フィート |
|-------------------------|-----------------|
| 大型ターボジェット輸送機 | |
| DC-8, ボーイング707-120, 220 | 5800 |
| 320, 720, コンヴェア600, 900 | 6000 |
| 4発エンジン、プロペラ駆動機輸送機と | |
| 双発エンジン、ターボジェット輸送機 | |
| DC-6, DC-7, | 4000 |
| スーパーコンステレーション, | |
| エレクトラ, キャラヴェル, プリタニア | 4200 |

双発エンジン・プロペラ駆動輸送機と

大型双発一般航空用航空機

コンヴェヤー 240, 340, 440

2600

マーチンライナー・DC-3, セスナ

ビーチ・トウィンズ

-2800

これらの位置は、海面高、標準大気条件で、沿走路上に風も勾配もない場合のものである。参考資料25の示すのは、これらの距離が空港高度1000メートルにつき、3パーセントの割合で増加されるべき事である。この補正された長さは、更に、空港の標準温度を10°F越える毎に2パーセントづつ出口への距離を増やす事により、温度に対して補正される。

連邦航空庁は、その空港設計手引(参考資料28)において、滑走路末端から2,500、4,000及び6,000フィートの出口位置を勧めている。これらの距離は海面高における標準日に対して得られたものである。連邦航空庁は、高度と温度に対して補正する為、次の様な関係を開発した。

$$S_c = [(S+M) \left(\frac{29.92}{P} \right) \left(\frac{460+t}{519} \right)] - M$$

又は $S_c = [(S+M) \left(1 + \frac{29.92-P}{P} \right)] [1 + 0.00193(t-59)] - M$
 この場合M=ターボジェットには500, その他の航空機には650

S=標準日における末端から脱出誘導路迄の距離

S_c=高度と温度に対して補正した入口から脱出誘導路迄の距離

t=現場における最も暑い月の平均温度

P=現場の標準気圧(Hgインチ)、例えば、海面高で29.92インチ、1,000フィートで28.86インチ、2,000フィートにおいて27.82インチ。

連邦航空庁の勧めた高度及び温度に対する補正により得られた値は参考資料25に提言された値と近似している。(150フィート内)

主に小型一般航空用機の使用する空港で、沿走路長が3,000フィートを越えぬものには、沿走路入口から1,000フィートと2,000フィートの点につけた出口で十分であろう。

風は、脱出速度に達するに必要な距離に深い影響を帯び、しかし、風はあまりに変化が多いので考慮するのは困難である。この為、本章で提言される値は無風状態のものである。この様な問題接近法は、どんな条件下でも飛行機が出口を出損うことはないと保証する。しかし、急な向い風がラッシュ時に起る事が分っている場合には、その出口位置への影響について分析がされるべきである。大ざっぱな指針として、向い風の各10ノットは脱出速度に達する距離の15パーセント短縮に相当する。

沿走路能力の点からの高速脱出誘導路の有効性は、又、参考資料26でも調べられた。長さ9,000フィートで3つの高速脱出誘導路のついた、様々な種類の飛行機を対象とした単一沿走路の処理能力は、同じ長さで、1,000、1,500、3,000フィートの間隔に既存の直角誘導路のついた単一沿走路の能力と比較された。三つの高速出口を持った沿走路の方が、間隔にかかわらず、直角の誘導路のついた沿走路より、能力が大である事が分った。

ホールディング・エプロン

しばしば「ラン・アツプ」とか「ウォーム・アツプ」とか呼ばれている停止用エプロンは滑走路の末端か、その近くに必要なので、飛行機はそこで離陸に先立つて最終的検査を受けたり、離陸の番が来るのを待つのである。これらのエプロンは、何らかの機能不良で飛行機が離陸出来ないでいる場合、離陸準備をおえた別の飛行機がそのわきを通り抜けて離陸出来るに十分な広さを持つ様に作られている。この様なエプロンなしでは、飛行機は滑走路端迄続く列に並ばなければならないだろう。そして、その飛行機の 一機でも離陸不可能となつた場合には、方向を変えて、ターミナル区域に帰る道がないであろう。

個々の滑走路の為のホールディング・エプロンは、飛行機二機から四機を収容し、一機の飛行機が別の機のわきを通つて離陸できるだけの予地を持つ様に設計するべきである。ラッシュ時を使つて、ある一定の時間に収容する飛行機の数を設定すべきである。待機飛行機に割り当てる面積はそのサイズと操縦性によつて決められる。サイズを設定する最も満足すべき方法は飛行機のプラスチック・モデルを使う事である。エプロンの型とその幾何学的詳細はオV章に述べてある。

可能な所ではどこでも、エプロンはそこを出て滑走路に入る飛行機が90°以内の角度で滑走路に入る事の出来る様に位置されるべきである。飛行機は出来るだけ滑走路端に近づいて、滑走路に入る事を許されるべきである。収容される飛行機は通り抜け径路の外側に置き、収容されている飛行機からのプラストが通り抜け径路に向かない様にする。

ターボジェット輸送機は、広範な離陸前検査を必要としない。しかしながら、ホールディングエプロンを設備する事が望ましい。というのは、これから以後、しばらく、プロペラ駆動飛行機が現存するだろうからである。又、ホールディング・エプロンは離陸の番が来る迄、機をとめておくのに便利な場所である。ジェット飛行機に関しては、これがホールディング・エプロンのオーの機能である。交通量が少い場合には、ホールディング・エプロンは必要ない。

ターミナル区域航空交通管制と空港能力

ターミナル区域：ターミナル区域航空交通管制が空港能力に及ぼす影響について議論する前に、「ターミナル交通管制区域」を定義して見るのは良いだろう。以下の定義が提案された。ターミナル区域は「飛行場をその使用能力一林に使用する事を許すに充分な精度で航空交通の流れを管制する事が必要である所の、飛行機に利用される飛行場、又は飛行場システムに付随した空域^十」である。

十 ターミナル区域。1953年4月プエルトリコのIATA六回技術年次会議でかわされたターミナル区域の問題点についての議論の要約記録、一般記録1356

オ二次大戦以来航空交通管制の分野では改善案と新しい制度の提案がなされて来た。戦中及び戦後の開発により、多量の技術及び設備が生み出された。しかし、同時に、又、システム内での改善に対する最良の問題接近法について、使用者達の間で意見の一致を得るのに色々問題が出て来た

ターミナル航空交通管制システムの能力、特に高密度交通地域においてのそれを増加させる手段方法を設定する為、連邦政府は最近、相当量の研究を手がけている。何百万ドルもが最新の考え

経験、又、科学的発見を利用する為に費されているが、これは空港への交通の流れの改善と結びつく期待されるのである。改善がなされると、新しい滑走路や空港の建設によらなければ得られなかつた大きな利得が得られるだろう。新たな空港の建設、あるいは高度に発達した市街地域における既存の空港に新しく滑走路を建設するのは、非常に費用がかかる。1975年迄に、米国における全航空交通量はほぼ2倍になると見られている。(参考資料5)それであるから、この増大に増加する交通を処理する為に、空港の能力も増強されねばならない。

空港設計者達はターミナル区域航空交通管制の設計及び操作の詳細には関係しないであろうが、彼等は、これらの空港内配置に関係した基本的概念に注意していなければならない。基本的概念が理解されると、これは空港立案上のかならず利得になる。下記において、(1)ターミナル区域の交通の流れに影響する要素、(2)流れの改善提案、について議論している。

ターミナル区域の交通の流れに影響を与える要素：これらの要素は、以下の様な一般的な題目で類別出来る。

飛行機の特長(特に速度)

空港施設と航行援助施設の配備

分離標準

管制手順

人間の反応

天候

航空交通管制の様な活動において、その系統の能力を高める最もはつきりした方法は、飛行機の活動(着陸や離陸)間の時間間隔を縮める事である。ある特定の横の縦の分離が使われる場合、滑走路の最大受容率は当該飛行機の速度によつて制限される。これは、以下の如く、単一交通車線の最大能力によつて例証される。

$$C = \frac{V}{S}$$

この場合

C = 一時間当りの飛行機で表した能力

V = 一時間当りのマイル数で表した飛行機の平均地上速度

S = マイルで表した、飛行機間に用いられる平均分離

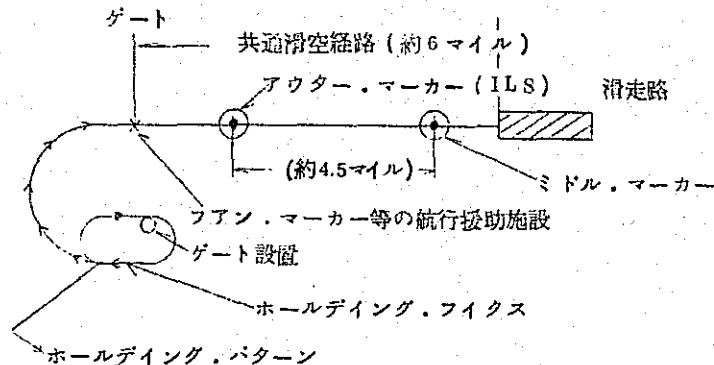
例えば、V = 120 mphで、Sが5マイルとすると、能力は一時間当り24機である。一方、Sが3マイルに送縮められると、能力は1時間当り40機に送、高められる。

ターミナル交通管制区域は、異つた種類の飛行機用に別々の空港が建設される場合でない限り、様々な速度の飛行機を受容せねばならない。明らかにこの様に別々の飛行場を建設する事は、これは現実的でない。それゆゑ、分離間隔短縮は空港能力増強の程度に重要な要素である。これは大量の研究が集中している分野である。

問題を真に理解する為に、着陸手順(オ3章参照)の諸段階を再検討する事が必要である。飛行機はあらゆる方向からターミナル区域に到着し、交通管制官によつて(計器飛行規則が適用され得

る時には、) 待機位置 (ホールディング・フィクス) として知られる指定位置に行く様指令される。この待機位置から、飛行機はアプローチ・ゲートに進む。そこから共通の滑空経路 (これは又、最終アプローチ経路とも言われている) が滑走路に通じている。アプローチ・ゲートという言葉は全ての最終アプローチが開始される、最終アプローチ経路上の一点を指している。これはオ III-7 図に示してある。全ての飛行機は今や計器飛行規則条件下で、共通

オ III-7 図 最終進入経路



滑空経路に集まらなければならない。飛行機は、経路上のどの点においても規定された飛行機間最短距離間隔 (現行の最短は 3 マイル) を破らない様なやり方で、経路に送られる。これを成しとげる為には、速度の高い飛行機か低速の飛行機の後のアプローチ上で続いている場合、管制官はゲートにおける分離を規定の最低より大にする必要がある。この分離は、飛行機が進入経路を進行していくにつれて、減少する。かくて、管制官は経験によつて、ゲートにおける適切な分離を判断する。一方低速の飛行機が、ゲートにおける分離を規定の最低にして、アプローチに向つた場合、分離は飛行機が分離経路を進行するにつれて、増えるだろう。かくて、管制官が様々な種類の飛行機を処理する際の判断と、併に、最低分離基準は、このシステムの能力に重要な影響を持つのである。

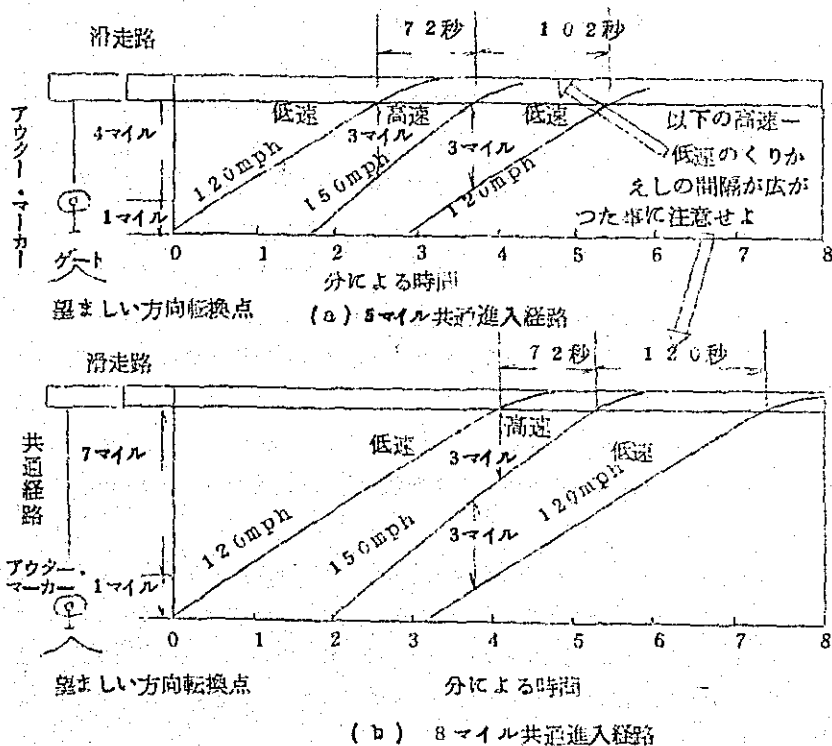
能力に影響を与えるもう一つの重要な要素は共通滑空経路の長さである。参考資料 6 に指摘されているのは「シミュレーション計画中に何千もの進入を迫して得た経験が語るのは、共通進入経路を実施可能な限り短くしておく事が望ましい事である。順次に来る飛行機の速度差の影響を最小にする事によつて、相対的に短い共通最終進入経路がアプローチ上の飛行機の間隔をより短くし、同システムをより能率的に作動させるのである。」という事である。これは、オ III-8 図に図示されている。しかしながら、飛行機が滑空経路で安定し、着陸準備をするのに必要な共通滑空経路の実際上の最短距離というものがある。現在、最短距離は 6 マイルのけたで、計器着陸装置のアウター・マーカーは滑走路から 4.5 から 5 マイルの所にある。共通滑空経路の長さを短縮する重要性、特に、進入速度が広範な範囲にある場合のそれは、参考資料 10 にはつきりと述べられている。

ラッシュ時に、飛行機は絶え間なく共通滑空経路のゲートに送られねばならない。この送り出しシステムは空港能力に影響する重要な要因となる。この送り出しシステムには通常、1つか2つの待機設備がついている。これらは入つて来る交通量が空港の受容率を越える時間の間、空港内に来る飛行機を待機させるに便利な貯蔵所として機能する。

様々の送り出し準備が第Ⅲ-9図に示されている。最も簡単なのは計器着陸装置の近くに位置する単一スタックであろう。(第Ⅲ-9図)。待機位置(ホールディング・フィックス)は計器着陸

第Ⅲ-8図 共通進入経路長の形

(連邦航空庁の御厚意による)



装置外部ファン・マーカーでもよいし、その向うでも良い。この様な配置に対して、滑空経路はほぼ最小である。第Ⅲ-9図の円形経路は標準待機型を描いたものである。+ シミュレーション及び実際の現場での経験によると、単一スタックシステムの理論的能力は1時間当たり30回のけたで
+ 飛行機の標準待機航空経路は、待機位置に向う特定のコースをたどるもので、右に180°標準率(1秒に3度)の旋回をし、待機位置から2分間、平行直線コースを飛び、又、右に180°標準旋回をし、待機位置への指定コースをたどる。

あるが、実際は、通信の遅延、飛行機速度の差、及び次に高いレベルからの降下時間の為に、実際には1時間当たり20回を越える事はほとんどない。(参考資料6)(飛行機は1,000フィートの間隔をあけて並べられており、このスタックの底は最低限度地上から1,000フィートである。)

需要率が毎時20進入を越えると期待される場合には、第Ⅲ-9図に示される様な、二重スタック送り出しシステムを設置する事が望ましくなる。この型は次の様な利点を持つている。これは参考資料6及び11に要約されている。

1. 様々の方向から進入してくる飛行機は通常、より近いスタックに入れられる。この様にして混雑をさけ、全飛行距離を縮める事になる。
2. この型によると、二つのスタックにある飛行機を同時に降下させる事が可能である。これは、降下時間や通信遅延の制限的効果を削減させる。
3. この型は待機高度を最低にとどめる。
4. 高密度地域において、本型は、一人の管制官にばかり負担をかけないように、仕事量を2分する事を可能にさせる。

将来の開発：これ迄、当システムの空の部分の主要要素について述べ、これらの操作についても述べた。又、空港能力増強の鍵となる要素は飛行機運行間の時間間隔の短縮だという事についても述べた。この方向への努力は、1950年代初頭に、インディアナ州、インディアナポリスの技術開発評価センター(当時はC.A.A.の管轄下にあつた。)で始められ、現在はニュージャージー州、アトランティック市の国立航空施設試験センターでなされている。実際に空港で観察した結果と共に、これらの研究の成果により、以下の諸説に要約された一連の見解が生まれた。

共通滑空経路をより短くし、経路上の分離をより小さくする為に、あらゆる努力がなされねばならない。より短い経路は、飛行機が高度と方向を計器着陸装置経路に一致させる為に必要な距離に影響される。

飛行機間の分離間隔短縮は、飛行機によつて生じる空気の乱れに関する調査結果にも、部分的に影響される。生じる乱流の程度は飛行機の規模と型に影響される。乱流の継続時間は、主に風の吹く方向と強度に影響される。こうして、静かな日には、風のある日より乱流はより長い間継続するだろう。この主題に関する限定されたテストが、米国内や海外(参考資料23と24)でなされたが、決定的なものではない。

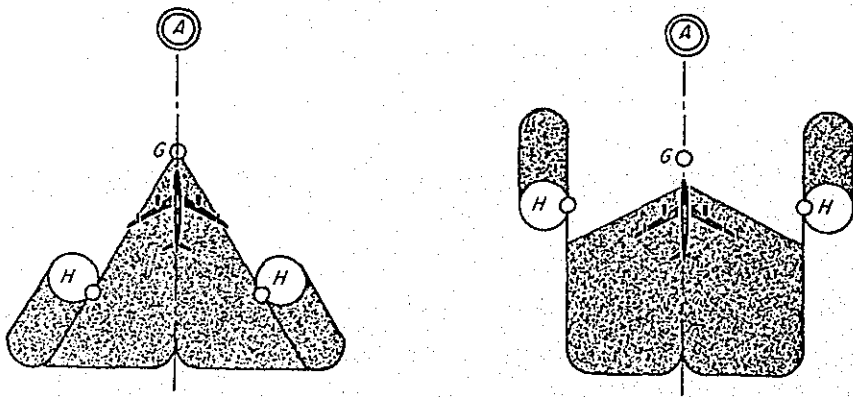
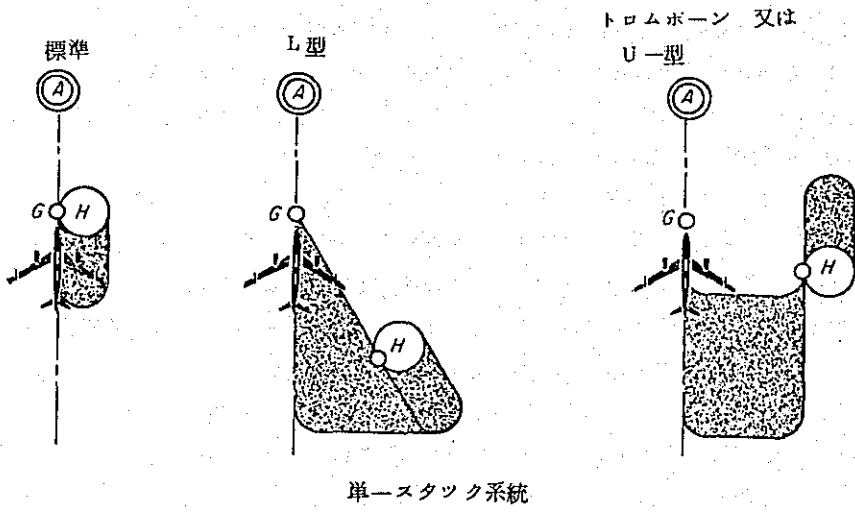
連邦航空庁は、現在、あるシステムの開発の為に研究に力を入れているが、このシステムは、ラッシュ時に、システムにしばし飛行機が送られず、次に累積的遅延を起す様な事なく、比較的短い間隔において、着実に飛行機がシステムに送られる様に、飛行機を「ゲート」で配置するものである。^十 この種のシステムは、主に以下の諸要素の発達によるのである。(1)かなり正確に、全時、進入区域及びその附近において飛行機の位置、方向及び速度を決定する航行援助施設と、(2)ゲートから共通経路への飛行機の供給が統一して行われる様に、とるべき方向及び維持すべき速度に関して、これらのデータを飛行士に役立つ情報に変える機械的コンピューター、である。

現在の縦の分離標準はシステム内の航行及び交通管制に基礎を置いており、このシステムでは飛行機の正確な位置が分るのは、この様な飛行機が直接に広い間隔をとつた位置上にある時である。監視レーダーの設置の結果、幾らか改良されたが、レーダーにも又、限界がある。そして管制官は、まだ、自分の判断によつて様々の種類の飛行機の種類の問題を解いているのである。

到着及び出発ルートの配置設計は又、ターミナル交通管制区域の能力に深い影響を持つ。ルートは出来るかぎり短く、そしてお互いに独立しているべきである。広い間隔をとつた平行滑走路は独立したルート獲得の一手段を提供する。

要約すると、空港能力に大きな利得を得るには、同システムの空の部分が(1)最終進入での飛行機間の短い時間間隔、と(2)最終進入上の交通の流れのより高い統一性、を提供しなくてはならない。しかし、これをするには、空港の施設は、そう出来る所ではどこでも、同システム中の空の部分の能力を制限しない様に配置されねばならない。これは滑走路間の十分な間隔、脱出誘導路の適切な位置、及び空港内配置設計に関係あるその他の設備を意味する。

十 航空経路と速度の調節によつて、到着飛行機を滑走路に、整然と、順次、供給する為のコンピュータが連邦航空庁の研究開発局で開発されて、現在、評価されつゝある。



凡例

A = 空港

B = 進入ゲート

H = 待機位置

黒く塗られた部分は間隔調整に
使用される部分を示す

第III-9図 進入システムの諸型 (国際航空輸送協会の御厚意による)

IV 着陸区域の幾何学的設計

空港設計基準

空港設計者達に指針を与え、空港着陸施設に妥当な一様性を与える為、国際民間航空機構、連邦航空庁、米海軍によって、設計基準が準備されてきた。これらの基準は本章に述べられている。舗装や排水の構造設計の基準は12及び13章に記してある。滑走路や着陸区域の他施設の長さや巾に關係する基準には、広範な範圍の飛行機性能、パイロットの技術、及び天候条件が織り込まなければならない。

国際民間航空機構 (I C A O) は國際的なレベルで、統一性と安全に向って努力している。I C A O 基準は國際民間航空条約の加盟国全部に適用され、同条約の附屬書 1 4 として公布されている。(参考資料 1)。連邦航空庁 (F A A) 設計基準は國際民間航空機構の要件にかなり類似している。これらは空港施設の國內的統一性を規定しており、使用施設に関して、飛行機メーカーや航空会社の指針となっている。米国は I C A O 条約加盟国であるから、この国において國際線運航に使用されている空港は、附屬書 1 4 の要件を満たす様、設計されるべきである。F A A 設計基準は " N " シリーズの技術標準規則、F A A 空港設計手引 (参考資料 1 2)、及び空港工学データ・シートとして公表されている。軍部筋は、軍用飛行機の高性能特長の為、極度に専門化した問題に関心を寄せている。これらの要件は民間用と軍用空港の設計基準の違いとなって出て来る。

I C A O、F A A、空軍、及び海軍の準備した設計基準は、空港の分類、滑走路、誘導路、エプロン、分離クリヤランス等の項目の中で、この章に於かれている。様々な基準をたやすく比較出来る様に、項目は配置してある。

空港の分類

空港の規模、機能又は提供サービスを區別する為、文字符写や用語を用いて空港を分類している。

国際民間航空機構：I C A O では文字符号を用いて、空港を分類している。標準大気条件の海面高の滑走路長によって、A から G 迄の文字がつけられる。本分類は第 N - 1 表に載せられている。本分類には空港の機能や提供サービスは含まれていない事に留意されたい。

連邦航空庁：F A A は単語を用いて、空港を機能別に分類している。機能は広くわけて二つの範疇に分けられる：一般航空と航空輸送である。F A A が航空輸送サービスに対して用いている分類と機能別説明は技術基準規則 N 6 b (参考資料 2) に載っており、以下の如くである。

分類 機能的説明

ローカル：通常 5 0 0 マイルを越えない " 短距離輸送 " 範疇のサービスを提供するローカル路線用の空港

幹線：陸空線路用の空港で、通常 1 0 0 0 マイルを越えない中距離輸送サービスに従事して (トランク) いるもの。

表 N - 1 RUNWAY GEOMETRIC

| Organization and classification | Runway length, ft ^a | Pavement loading | Runway pavement width | Landing strip width | Maximum longitudinal grade, % | Maximum effective grade, % ⁱ |
|---------------------------------|--|--|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| FAA | | ESWL | | <i>d</i> | | |
| General Aviation | | | | | | |
| Secondary..... | 1,600-3,200 | 15,000 max. | 75 ^e | 250 | 2 | 1.5 |
| Air Carrier | | | | | | |
| Local..... | 3,201-4,200 | 30,000 | 100 | 400 | 1.5 | 1.0 |
| Trunk..... | 4,201-6,000 | 60,000 | 150 | 500 | 1.5 | 1.0 |
| Continental..... | 6,001-7,500 | 75,000 | 150 | 500 | 1.5 | 1.0 |
| Intercontinental.. | 7,501-10,500 | 100,000 | 150 | 500 | 1.5 | 1.0 |
| ICAO | | | | <i>e</i> | | <i>f</i> |
| A..... | 8,400 and greater | Based upon ESIWL, tire pressure, and pavement type with associated LCN, for aircraft and frequency of traffic using the airport. | 150 | 1,000 | 1.25 | 1.0 |
| B..... | 7,000-8,399 | | 150 | 1,000 | 1.25 | 1.0 |
| C..... | 5,900-6,999 | | 150 | 1,000 | 1.5 | 1.0 |
| D..... | 5,000-5,899 | | 150 | 1,000 | 1.5 | 1.0 |
| E..... | 4,200-4,999 | | 150 | 1,000 | 1.5 | 1.0 |
| F..... | 3,500-4,199 | | 150 | 1,000 | 1.5 | 1.0 |
| G..... | 3,000-3,499 | | 100 | 1,000 | 1.5 | 1.0 |
| U.S. Navy | <i>g</i> | | | | <i>b</i> | |
| | | Based upon maximum aircraft type for one of two operations; practice carrier or normal continuous. See Chap. 12 for details. | 200 | 500 | 1.0 | Not specified |
| U.S. Air Force | | | | | <i>b</i> | |
| Bombardment heavy | Chosen to match the critical operating aircraft. | Heavy load pavement—for a twin-twin gear load of 265,000 lb. Light load pavement—for a 25,000-lb single-wheel load. Paved shoulders—for a 10,000-lb single-wheel load. | 300 | 700 | 1.0 | Not specified |
| Bombardment medium | | | 200 | 600 | 1.0 | |
| Fighter bomber | | | 150 | 550 | 1.0 | |
| Fighter interceptor | | | 150 | 550 | 1.0 | |
| Cargo heavy | | | 200 | 600 | 1.0 | |
| Cargo medium and light..... | ..... | ..... | 150 | 550 | 1.0 | |
| Training..... | ..... | ..... | 150 | 550 | 1.0 | |

DESIGN STANDARDS

| Maximum transverse grade, % | Shoulder transverse grade | Rates of change of grades | Sight distance | Grading beyond runway ends | Stopways and clearways |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---|--|--|
| 1.5 | 5% for first 10 ft, then: 1.5-3 | 0.2% per 100 ft of vertical curve | Any two points 5 ft above the pavement must be mutually visible for a distance of $\frac{1}{2}$ the runway length plus 500 ft. | Grading is carried 200 ft beyond the end of runway. This area is not paved. | For turbine-powered air carrier aircraft only, CAB SR 422B provides for use of clearways and for stopways. See Chap. 4 for detail. |
| 1.5 | 1.5-3 | | | | |
| 1.5 | 1.5-2 | | | | |
| 1.5 | 1.5-2 | | | | |
| 1.5 | 1.5-2 | | | | |
| 1.5 | 250 ft from \pm 2.5% max., remaining distance 5.0% max. | 0.3% per 100 ft of vertical curve | Any two points 10 ft above the runway must be mutually visible within a distance of $\frac{1}{2}$ the runway length. | Strip extends 200 ft beyond end of runway. | Use of stopways and clearways allowed for all air carrier operation. See Chap. 4 for detail. |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | | | | | |
| 1.5 | 5% for first 10 ft, then: 4% max. but not less than 1% | 0.167% per 100 ft of vertical curve | Any two points 8 ft above the pavement must be mutually visible for a distance of 8,000 ft. | End zone begins at runway end and extends out 1,000 ft. This area is level, paved, and 200 ft in width. A crash strip, unpaved, 500 ft wide, extends 2,000 ft beyond the end zone. | End zone provided as noted. |
| h | | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | 0.167% per 100 ft of vertical curve | Any two points 10 ft above the pavement must be mutually visible for a min. distance of 5,000 ft. A constant grade line is preferred. | Clear zone extends 1,000 ft from runway end and is 1,500-2,000 ft in graded width. The 550-700-ft-wide center portion of the clear zone is paved from the runway end out 1,000 ft. | Clear zone provided as noted. |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |
| 1.5 | 2.0% min. 3.0% max. | | | | |

大陸：大陸横断を除いて、長距離ノンストップ飛行で、通常、大陸米国内に限られる飛行の（コンチネ 為の空港
ンタル）

大陸間：大陸横断，大洋横断，及び大陸間の範疇の最長継続距離ノンストップ飛行用の空港
一般航空に関しては、幾何学的設計に関する限り、小型飛行機用の空港には全て、“第二次空
港”と言ひ言葉をあてた。（参考資料 4） 1959年の政府の空港計画で、一般航空用空港は
更に機能により分類されたが、各機能について具体的な寸法は提言されなかった。機能別説明は
次の如くである。

エグゼキューティブ：会社，エア・タクシーやエア・チャーター飛行機の都市間飛行用

商業用：空港の近くでの訓練用や賃貸用を含むローカル飛行活動用

産業用：作物薬物散布，航空写真，防火パトロール，公共パトロールに従事する飛行
機によって主に使用

各範疇の滑走路及び誘導路に関する主要な寸法は第Ⅳ-1表から第Ⅳ-2表に表にしてある。

合衆国海軍：海軍は同じ幾何学的設計基準を全ての陸地基地に適用した。この結果，機能によ
る区別はされていない。主要な数値は第Ⅳ-1表及び第Ⅳ-3表に記されている。

合衆国空軍：空軍は活動の型の一般的指標として，“使用範疇”を設けている。修正された空
軍規則 86-5（参考資料 8）は，以下の様な空港の範疇を記している。

| | |
|-----------|---------------|
| 爆撃機用 | 重 |
| | 中 |
| 戦闘機用 | 爆撃機 |
| | 防空戦闘機 |
| 貨物及軍隊輸送機用 | 重 |
| | 中位 |
| | 軽 |
| 訓練用 | 基礎 |
| | 前進単発エンジン |
| | 多発エンジン |
| | 航空視察，爆撃手，柔軟砲撃 |

これらの範疇の空港の主要な数値は第Ⅳ-1表から第Ⅳ-3表迄に表にしてある。

滑走路

滑走路は，様々な天候条件やパイロットの技術の一様でない条件下において，多数の型の飛行
機が安全に着陸及び離陸をするのに十分な長さ，巾及び強度を持つものでなければならない。

長さ：滑走路長の選定は，着陸区域の計画中の多分，最も重要な決定であろう。滑走路長は
飛行機の種類，有償荷重，旅程長に影響を与える。ICAO及びFAAの推奨する滑走路長
（表 8-1を参照せよ）は主に計画作成目的の為である。具体的な空港予定地に対しては，発生

表 IV - 2 TAXIWAY GEOMETRIC DESIGN STANDARDS

| Organization and classification | Taxiway width, ft | Longitudinal gradient | Sight distance | Rate of change of longitudinal slope | Center-line horizontal radius | Transverse slope | Taxiway shoulder width | Taxiway shoulder transverse slope |
|--|----------------------|---------------------------------------|--|--|---|--|--|---|
| FAA Secondary..... | 40 | 2% max. | Not specified | Not specified | Not specified | 1.5% | ^a | 5% for first 10 ft then 2% |
| Air Carrier Local..... Others..... | 50 75 | 1.5% max. 1.5% max. | | Not specified | Not specified | 1.5% max. 1.5% max. | 25 ft | |
| ICAO A, B, and C.D. D..... E..... F and G..... | 75 60 50 40 | 1.5% 3% max. 3% max. 3% max. | Surface of taxiway must be visible from a 10-ft height for a distance of 1,000 ft. | 1% per 100 ft 1% per 100 ft 1% per 100 ft 1% per 100 ft | With changes in direction the center-line radius shall not be less than 1.5 times the width of the taxiway. | 1.5% max. 1.5% max. 1.5% max. 1.5% max. | Turfed or paved shoulders are not mandatory, but are suggested if need exists. | Not specified |
| U.S. Navy All categories.. | 75 | 3% max. | Object 10 ft in height must be visible from a 7-ft height for a distance of 1,000 ft. | 1% per 100 ft | 275 ft min. | 1.0% max. | 50 | 5% for first 10 ft, then 2% min., 4% max. |
| U.S. Air Force All categories.. | 75 | 1.5% max. | Object 10 ft in height must be visible from a 10-ft height for a distance of 1,000 ft. | 1% per 100 ft | 300 ft min. | 0.5-1.5% | 50 | 2.0% min., 3.0% max. |

^a The 25-ft shoulder recommended at airport serving turbojet operations to prevent erosion and ingestion of materials into engine intakes.

表 IV - 3 AIRPORT LATERAL CLEARANCE STANDARDS

| Organization and classification | Distance (ft) from runway center line to: | | | | Distance (ft) from taxiway center line to: | | | Distance from edge of apron to fixed or movable obstruction |
|---------------------------------|---|-----------------|--|-----------------|--|------------------------------|-----------------------------------|---|
| | Parallel taxiway center line | | Parallel runway center line | | Building line | Parallel taxiway center line | Edge of aircraft parking area | |
| | Instru-ment | Non-instru-ment | Instru-ment | Non-instru-ment |  |  |  |  | Instru-ment | Non-instru-ment |
| FAA | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>h</i> | <i>i</i> | <i>j</i> | Not shown |
| Secondary..... | 150 | 150 | ... | 300 | ... | 250 | 100 | 75 |
| Local..... | 250 | 250 | 700 | 500 | 750 | 500 | 175 | 100 |
| Trunk..... | 400 | 400 | 3,000 | 500 | 750 | 750 | 300 | 200 |
| Continental..... | 400 | 400 | 3,000 | 700 | 750 | 750 | 300 | 200 |
| Intercontinental..... | 400 | 400 | 3,000 | 700 | 750 | 750 | 300 | 200 |
| ICAO | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | Not shown |
| A..... | 662.5 | 412.5 | No distances specified for simultaneous instrument landings on parallel runways. | 700 | 500 | 250 | See fixed or movable obstruction. | 167.5 |
| B..... | 602.5 | 362.5 | 700 | 700 | 500 | 250 | 295 | 167.5 |
| C..... | 602.5 | 362.5 | 700 | 700 | 500 | 250 | 245 | 137.5 |
| D..... | 595 | 355 | 500 | 500 | 500 | 250 | 230 | 130 |
| E..... | 590 | 350 | 500 | 500 | 500 | 250 | 200 | 105 |
| F..... | 545 | 300 | 500 | 500 | 500 | 250 | 150 | 100 |
| G..... | 545 | 300 | 500 | 500 | 500 | 250 | 105 | 80 |
| U.S. Navy | 500 | 500 | 700 | 700 | <i>f</i> | 750 | 150 | 150 |
| U.S. Air Force | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> | <i>h</i> | <i>i</i> | <i>j</i> | <i>k</i> | Not shown |
| Bombardment heavy..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Bombardment medium..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Fighter-bomber..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Fighter interceptor..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Cargo heavy..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Cargo medium and light..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |
| Training..... | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 250 | 287.5 |

* Annex 14 presents these clearances in relation to the edges of pavement. For purposes of comparison these values have been translated to center-line distances.

^b The distances shown here are for the strip width clear area as defined by Annex 14.

^c These distances are subject also to the height limitation of the building as defined by TSO-N18.

^d Information is from *FAA Airport Design Manual*.

^e This distance is used on all new facilities. On existing airfields, a minimum distance of 750 ft can be used.

^f Clearance distance also applies from runway ϵ to edge of parking apron.

^g Current suggested separations used by District offices.

が予定される一定範囲の大気条件下及び一定範囲の飛行機の旅程長に対する滑走路長を定める為に臨界飛行機の性能が調査される。

表Ⅳ-1表に示してあるICAO推奨滑走路長は、海面高、標準大気条件(59°F、気圧計で29.92インチ気圧)、無風及び滑走路上に勾配のない場合である。FAAの推奨する基本的長さは一つだけを除いて、後は同じ条件に基いている。海面高での標準温度(59°F)の代りに、100°F(標準より41°F高)の温度が基本長に考えられた。温度100°Fを使う正当な理由としては、参考資料6を参照いただきたい。基本的には、現在使用されているジェット輸送機にはもっと大型の飛行機を動かせる様な強力なエンジンが設備されている事から、将来起るであろう滑走路長延長の必要を満す為である。

第Ⅳ-1図に表示してある滑走路長は、高度、温度(FAA長の場合はよし)、及び滑走路勾配の作用を考慮して修正されねばならない。これらの修正は、以下の諸節に述べてある。

ICAOは、海面高で標準条件下の滑走路長は、平均海面上300メートル(1,000フィート)上る毎に7パーセントの率で増大されるべきと勧めている。この補正長は、更に、飛行場の標準温度がその高度の標準大気温度を超える1度C毎に、1パーセントづつ延長される。しかし、飛行場位置高度と温度に対する全補正が35パーセントを超える場合には必要な補正は具体的な研究によってなされねばならない。飛行場の標準温度は、日平均温度が最高の月という意味での最も暑い月の日平均温度の月平均 T_1 に、この月平均温度と同月の最高日温度の月平均 T_2 との差の3分の1との和である。即、 $T_1 + (T_2 - T_1) \frac{1}{3}$ である。 T_1 と T_2 の両方とも、幾年かの期間にわたって平均をとるべきである。臨界飛行機の作動特徴は、これらの補正係数が適切でない事を示しているかも知れない。故にその特定の場所における条件及び問題を呈している飛行機の運航要件等を基にした航空学的研究の結果によって、修正されるべきである。ICAO符属書14(参考資料1)には、滑走路勾配や滑走路長の作用に関する具体的な勧告は盛られてないが、それは、飛行機の性能には非常な差があるので、計画の為の一般的な指針を与える事が出来ないという理由からである。その代りに、ICAOの勧めるのは滑走路勾配の作用は飛行機性能の分析に基くべきであるという事である。

FAAは空港位置高度に対して滑走路長を補正しているが、温度に対しては補正していない。海面高での基本長が温度100°Fに対してのものだからである。各サービス型(ローカル線、幹線大陸内、大陸間線)の基本長は高度の作用に対し、空港の海拔1,000フィート毎に7パーセントの率で増える。特定の型の飛行機の作用はⅡに述べられている。読者に、又、ここでご注意したいのは、これらの補正を盲目的に適用しないようにという事である。Ⅱに示したが、高位置において、ジェット輸送機に7パーセントを適用するのは、まったく不適當である。FAAは、高度の作用に対して補正された滑走路長は、更に、“有効勾配”1パーセント毎に20パーセントの率で勾配に選して補正されるべきと勧めている。有効勾配は滑走路縦断面の最大差を全滑走路長で割ったものと定義される。現在のジェット及びプロペラ駆動輸送機の性能に関するデータを検討して見ると20パーセントの補正は、以下に見られる如く、かなり適切である事が分る。

| 飛行機 | 離陸時総重量 | 滑走路長 | | 増加% |
|-------------------|--------|-------|-------|-----|
| | | 無勾配 | 1%上り坂 | |
| ボーイング707-320b | 295000 | 10000 | 10800 | 8 |
| DC-8 (ドメスチック)b | 260000 | 9000 | 9500 | 6 |
| エレクトラ | 113000 | 4750 | 5300 | 12 |

- a JT4A-3エンジン・ドライ
- b JT3C-6エンジン, ウェット
- c 海面高, 標準大気条件, 無風

滑走路に対するF A Aの基準は以下の例により例証されるであろう。その空港は大陸型と分類されると仮定しよう。更に、空港の標高は3000フィートで、滑走路の有効勾配は+0.5パーセントと仮定しよう。技術標準規則N 6 bによると、滑走路長はどうか？ 第IV-1表から、大陸型空港の海面高の滑走路長は7000フィートである。高度に対する補正は21パーセント（1000フィート毎に7パーセント）、又は $7000 \times 1.21 = 8470$ フィートに達する。この長さは更に勾配に対して訂正さるべきであり、訂正は10パーセントである。（有効勾配1パーセント毎に20パーセントである）必要長は、かくて、 8470×1.10 、又は9317フィートとなる。

ある地点では、空港地点の温度が100°下に決して達しない、とか、あるいは非常に稀に達する場合は、F A Aの定める滑走路長が長すぎるかもしれない。これは、F A Aによっても認識されている。従って、T S O - N 6 bに次の様に言われている。"有効滑走路長と舗装強度は………以下の表において各範疇で最大であり、平衡した滑走路概念に基をおいている。ある特定の地点の滑走路長及び強度は、空港から飛行するルート・パターンとこれらのルートを飛ぶ機材設備の型を考慮しつゝ、特定空港の必要条件に基礎をおいた適切な範疇内で決定される。"かくて、特定の位置において、必要な長さはT S O - N 6 bに載っている程度でなくて良いし、又、滑走路は提案された長さより長くはならないという事も意味されてないのである。

T S Oは主に、空港建設の連邦資金使用を管理し、滑走路長に関し、飛行機メーカーにおよその事を手引として教える為に、作成された。

一般航空用空港滑走路長のF A A設計基準は小型空港（スモール・エアポート）と云うF A Aの刊行物に含まれている。（参考資料4）これらの基準は1600-3200フィートの長さの範囲及び高度の作用（標高1000フィート毎7パーセントの延長）、及び勾配の作用（有効勾配1パーセント毎に対して、20パーセントの延長）を設定している。

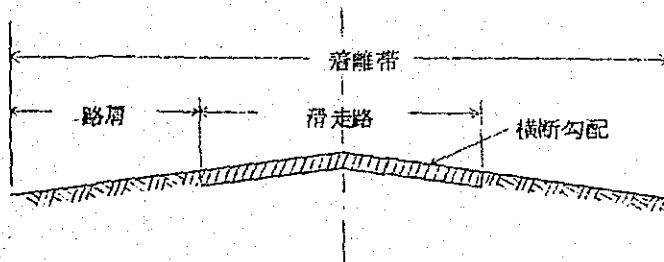
空軍及び海軍は、可能な気象条件及び提案された滑走路勾配を用いて、飛行場を利用する、臨界

飛行機の性能特徴を検討し、滑走路長を定める。性能特徴に広範な差異があるので、滑走路長の一般的基準は開発されていない。

ある特定の商業用空港の滑走路長を決定するには、幾つもの要素が評価されねばならず、これは決して容易な作業ではない。根本的には、問題は、結局、当該空港を使用すると考えられる飛行機の性能特徴、飛行ルート（旅程の長さ）、空港及びルート・パターンを通しての気象条件の評価である。明らかに、十分に有償荷重を載せる事を望むなら、飛行機性能に不利に働くすべての要素が皆働くと仮定すると、その場合の滑走路は過度に長く、経済的に割の合わないものになるかもしれない。滑走路長決定の高度なアプローチはユナイテッド航空会社によって開発された。考資料13)このアプローチでは、滑走路長に影響する要素が、適用出来る所では、確率的に、考慮された。有償荷重を制限せねばならぬ確率か、可能滑走路長と比較された。例えば、長さ8000フィートの滑走路上で有償荷重を制限する確率は5旅程中に1のけたの割合である。しかるに、滑走路が9500フィートの長さだったとすると、確率は1000フィートの長さだったとすると、確率は1.000回に1回に縮まってしまう。有償荷重制限による収益減は、最終的決定に達する時の助けとして使える便益費用率に達するため滑走路を作る費用と比較出来る。滑走路長に関する最終的決定をする際、将来の要件及び空港の競合上の立場に関して認識が行なわれるべきである。

幅員：滑走路は舗装された荷重支持能力のある区域とそれに隣接する路肩から構成されている。“滑走路（ランウェイ）”にあてはまるのは、舗装した区域だけであるが、“着陸帯（ランディング・ストリップ）”という言葉は滑走路と路肩にあてはまる。通常、路肩は舗装されていないが、機構的に安定した土壌から構成されており、草でおおわれている場合もない場合もある。滑走路の構成要素が第IV-1図に示してある。

第IV-1図 滑走路横断面図



定期航空路用空港では、滑走路は通常150フィートの巾を持っている。軍隊、特に空軍は、翼部で突き出している補助車輪を持った非常に大型の飛行機（B-52）を持っている。これらの車輪が大地に接触するのは時々のみであるけれども、これらを舗装区域で支持してやる事が必要である。かくて、重爆撃機用の滑走路の巾は300フィートである。第IV-1表に記してある推奨滑走路幅員の設定には、何の科学的根拠もない。これ等は経験上の事柄として、何年もの間に発展して来たものである。幾年もの間、主要民間空港の滑走路の幅は200フィートであった。

1958年に、この幅は150フィートに縮められた。

滑走路両端間の交通分布に関するデータは限られている。入手出来たデータ(参考資料5)が示すのは、ほとんど全ての着陸及び離陸は、大体75フィートの中央幅員に集中している。(第IV-2図を見よ)たとえそれでも、ジェット・エンジンやプロペラは目のあらい表面からは守る必要がある。大型ジェット輸送機の機外エンジンは飛行機の縦軸から45フィートにある。故、150フィート幅の舗装は通常の運用期間中、あらい表面からエンジンを十分に守るのである。

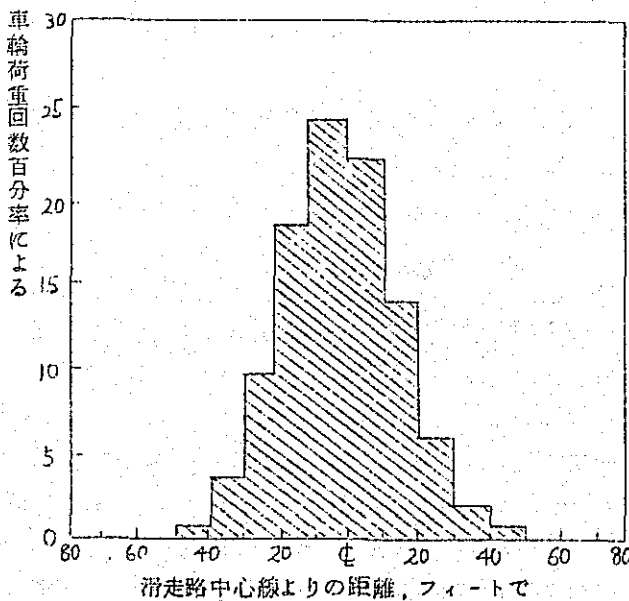
着陸帯(ストリップ)の幅に関しては、第IV-1表に記してありますICAOで必要とする1,000フィートは、滑走路に計器着陸装置がある場合のみ適用されるという件は強調されるべきである。こうした装置がない場合、勧められるのは500フィートである。

着陸帯のほとんどは整地された区域である。整地された路肩がついているのは、主に、何か飛行機の機能不良で舗装をそれて、路肩に向きが変わってしまう様な緊急の場合に備えてあるのである。当然路肩が広ければ、安全の余裕はより高くなる。しかし、着陸帯の幅は500フィート以下なのに(幅の欠如に帰因する事故なしに)何年間も計器着陸をしてきた空港が沢山ある。一般的法則として、建設の経済的限界内で、出来るだけ広くの場所を得る事が望ましい。

第IV-2 滑走路上の交通の横断分布

(J. H. ジョーンズとR. ホロンジュフ氏の御厚意による)

ロスアンジェルズ、オークランド及びサン・フランシスコ空港による3013活動



縦勾配と縦断面

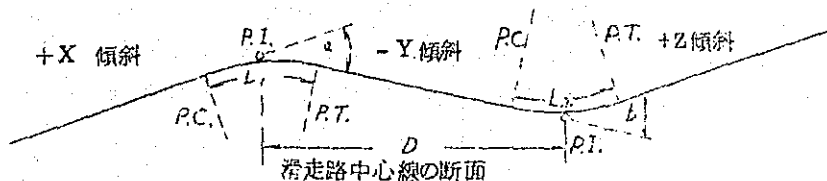
前に述べられた様に、滑走路縦勾配は滑走路長に影響を与える。上り坂離陸と下り坂着陸の両

方とも、必要滑走路長を増やす。この為に、航空会社路線の空港に対して、最大有効勾配は、ICAO及びFAAにより、1パーセントに制限されている。又、滑走路のどの部分でも縦の勾配は、最大1½パーセントに制限されている。+

離陸及び着陸活動の間の安全の為に、滑走路の急な勾配変化はさけるべきである。縦の勾配の変化制限は離陸滑走時の早すぎる上昇や“いるかの様な跳びはね”も防いでくれる。+

この理由の為、合衆国空軍と海軍は滑走路両端の3000フィート内の勾配変化を何も許さないのである。勾配をしばしば変化させると視認距離にも影響が出て来る。飛行機の場合は通常、自動車の速度よりずっと速いし、地上の操縦性は自動車のそれよりずっと低いので、滑走路全長にわたって良い視界が必要なのである。この様にして、勾配の変化の量だけでなく、変化間の距離も、滑走路の縦断面の計画に重要である。大型亜音速ジェット輸送機や超音速輸送機によつて使用される事になる空港では、滑走路断面は出来る限り平らであるべきである。これらの型の飛行機の離陸上昇速度はかなり高い。それゆえ、勾配に何か急な変化があれば、それは飛行機の性能及び構造上の完全さに影響を与える。

第IV-3図 連邦航空庁より推奨された滑走路への縦断勾配制限
(連邦航空庁の厚意による)



aやbの如き勾配変化が0.40パーセントを超える場合は、縦断曲線が必要とされる。

| 空港分類 (FAA) | 第二次 | ローカル又は大型空港 |
|------------------|--------------------|---------------------|
| a又はbの最大勾配変化 | 2% | 1½% |
| 縦断曲線の長さ (L1又はL2) | 1%勾配変化 毎300フィート | 1%勾配変化 毎1000フィート |
| 縦断曲線の交点間距離即ちD | 25000 (a+b) | 100000 (a+b) |

例: X = +1.0%, y = -0.5%, Z = 2.04% と仮定せよ。

なれば、a (Xとy間の代数学的差) = 1.5%, せして b = 0.9%

+ ICAOはA及びB級用空港に対し、最大縦勾配を1.25パーセントに限った。

+ “いるかの様な跳びはね”は飛行機のノーズと主着陸装置間の縦の跳びはねを形容する言葉である。

FAAは輸送機範疇の飛行機用の空港の滑走路の縦勾配の変化は1½パーセント以上であってはならぬと勧告する。小型一般航空用飛行機用の空港についての勾配の最大許容変化は2パーセントである。勾配の変化が、0.40パーセント未満でない限り、縦断曲線で結びつけられるべきである。縦断曲線の長さ、それ等間の距離及び滑走路縦断面のその他の点について勧告は第IV-1表に記してあり、第IV-3図に図示してある。

滑走路面の平滑度又、ジェット機等の高速飛行機のパイロットにとつてやっかいである。米国航空宇宙局の行った平滑度の研究によると滑走路の表面のまっ直な端からの偏差の限度は以下を越えるものであってはならない。

17フィートにおいて5/32インチ

80フィートにおいて5/16インチ

150フィートにおいて7/16インチ

要約すると、空港設計者は勾配の変化を最小限に限り、出来る限り平滑な舗装を建設する事に努めなければならない。

横断勾配：FAA及びICAOの推奨する滑走路の横断勾配は1.5パーセントと記され“最大”という名がついている事に御注意いただきたい。最小勾配の具体的な数字は出ていないが、これも又大事である。というのは、舗装の排水が適切でないで離陸時の飛行機の性能に悪い影響を与えるし、又大きな水たまりが出来るとかなり危険であるからである。最小横断勾配をはっきりと設定する様なデータはないが、可能な限り、0.5パーセント以下の勾配はさけるべきである。よりきつい勾配は普通、舗装面より路肩に許される。ICAOの付属書14の記す所では、“滑走路やそこに含まれるストップウェイの限界を超え、滑走路又はストップウェイの中心線から75メートル(250フィート)の距離内の着陸帯のどの部分の横断勾配も表面に水がたまらないに十分の程度でなければならないが、2.5パーセントを超えてはならない。この距離を越えた部分の横断勾配は5パーセントを超えてはならない。”路肩の横断勾配に関するFAAの勧告は第IV-1表に記されている。排水を助け、すみやかに水を舗装端から引く為に、路肩の最初の10フィートに5パーセントの横断勾配を与える事が、又、FAAより勧められている。これは第IV-4図に示されている。

滑走路交差：もう一つ目に値するのは、滑走路交差の幾何学設計である。以下の諸節に設計の一方法が詳しく述べられている。

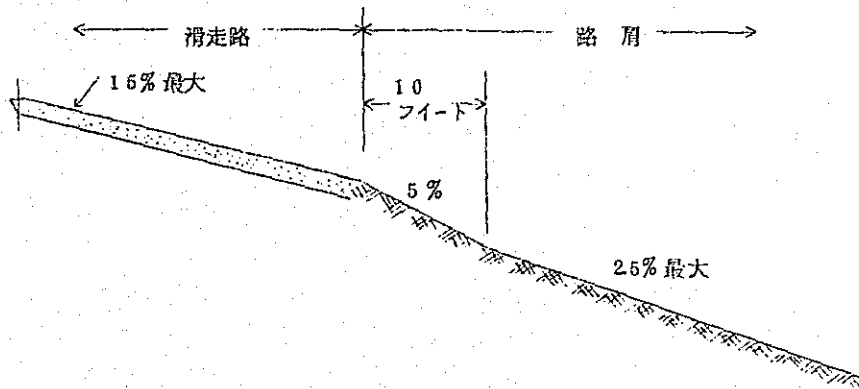
大型空港用の滑走路の舗装面幅員は150フィート以下には決してならず、通常は200フィートである。そして、路肩端の間の距離は500フィートである。勾配が平で、面積が広いと、時には急な勾配変化なしに交差部分の排水を十分にすることは難しくなる。

滑走路交差の設計の主要基準は以下の如くである。

- 1 交差部で、各滑走路の縦断面を滑らかにし、高速交通によっても、急な“動揺”が感じられない様にする。
 - 2 十分に排水をさせ、交差部での水たまりが実質上無くなる様にする。
- これらの基準を満たす為には、次の様な勾配及び縦断曲線データが勧められる。

- a 滑走路の舗装部分両端にそった縦の曲線（通常、滑走路の中心線の両傍75、又は100フット）に対し、水平距離100フット毎に対する変化率は最大2分の1パーセントに制限される。かくて、2パーセントの勾配断絶が起ると、必要な縦断曲線の最短長は400フットである。勾配変化が2分の1パーセントのみであった場合には、縦断曲線は必要でない。

第N-4図 滑走路の横断勾配



- b 着陸帯の両端にそった縦曲線（最も普通は、着陸帯の幅は500フットである。故、両端は中心線の各側250フットの所であらう。）に対し、水平距離100フット毎の変化率は最大1½パーセントに限られる。
- c 交差部のどの部分の勾配でも½パーセント以下であってはならない。さもないと、排水が適切に行なわれない。
- d 水が滑走路の舗装部分から路肩の方へ排水され、路肩から滑走路上に行かぬように、あらゆる努力がなされねばならぬ。
- e 義務づけられてはいないが、設計者は交差箇所上の各滑走路の中心線縦断面を断続なしに続ける方が望ましいとする。この指示に従って、適切な排水が得られない場合には、中心線にそって勾配の断絶が必要であらう。この場合、aに要約した縦断曲線の基準に従うべきである。これ等の勧告を検討して見ると分るのは、急な勾配変化の厳しい制限は、主に滑走路自体にだけであり、路肩には課せられていない。勾配のついた路肩には課せられていない。勾配のついた路肩は滑走路と比べると、頻繁には使用されていないと推定される。それゆえ、滑走路と同程度の滑らかさを与える必要はない。

この方法の適用を例証する、一つの例が提示されている。通常、各滑走路で中央線にそって、滑走路の端で又路肩の端にそって、5つの縦断面が必要となる。整地勾配図が、交差部での最終等高を示し、排水が充分かどうか見るのに必要である。

第N-5図に関する言及がなされている。縦勾配1パーセントの滑走路Aは縦勾配0.5パーセントの滑走路Bと交差する。問題は交差を設計する事である。この問題に対し、横勾配は中心線そいだ

けに見られるのではなくて滑走路端や着陸帯に沿っても見られると推定された。

以下は交差部の設計に必要な一連の手順である。

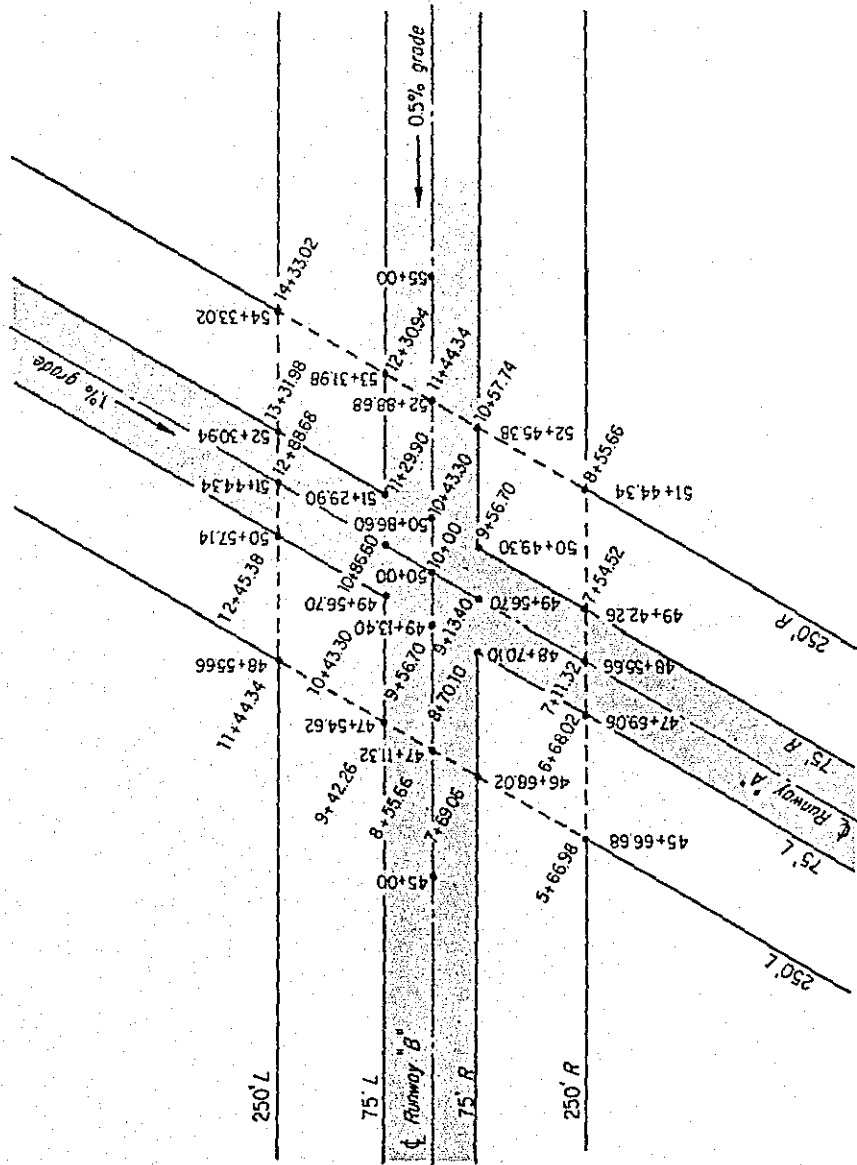
1. 二つの滑走路が交差しあう位置を計算する。これは第Ⅳ-5図に例示されている。25の点があつて、それに対して位置が計算される。
2. 第Ⅳ-6図及び第Ⅳ-7図に例示されている様に、基準eに従つて、中心線縦断面をプロットする。この例では、中心線縦断面は、交差部上では断絶していない。この手順により上記の25点中の9点における標高は設定される。これらの9つの点は各滑走路が路肩端及び他の滑走路の舗装端と交差する所にある。この手順により、各縦断面上の一点の標高が決定される。
3. 基準a及びbを使って、滑走路の両端沿いに(中心線の左右75フィート)に及び、路肩の両端沿い(中央線の左右250フィート)に、縦断面を設定する。
4. 縦断面が設定されてから、整地勾配(第Ⅳ-8図参照)を描いて、勧告eが満たされたかどうかを決定する。

第Ⅳ-6図に示されている滑走路Aの中心線の左250フィートの路肩端の縦断面について、言及がなされている。8+5566(9856)位置における標高は滑走路Bの中心線縦断面により決定される。この点は縦断曲線上にならう。これを始点として、二つの正接線を描き、縦断曲線を描きなさい。一つの曲線が固定点を通る限りにおいて、又、勧告bが他方の滑走路の方向で満たされている限り、縦断曲線がどこで始まって、どこで終るかについて制限はない。かくて、縦断曲線システムは2+50位置で始つて、11+50で終る必要はないのである。正接線と縦断曲線が描かれたら、今度はこれ等を計算によって設定しなくてはならない。計算によって、曲線が8+5566の設定標高位置を迫らない場合には、この設定点を通る様に調整されねばならない。一つの2.79パーセント勾配は一つの-1.51パーセント勾配に会つ事に注意して頂きたい。故、勾配の全変化は4.30パーセントである。勧告bに基礎をおいて、300フィートの縦断曲線は1.50パーセントの全変化を許すであらう。故、この配置は勧告を満すものである。

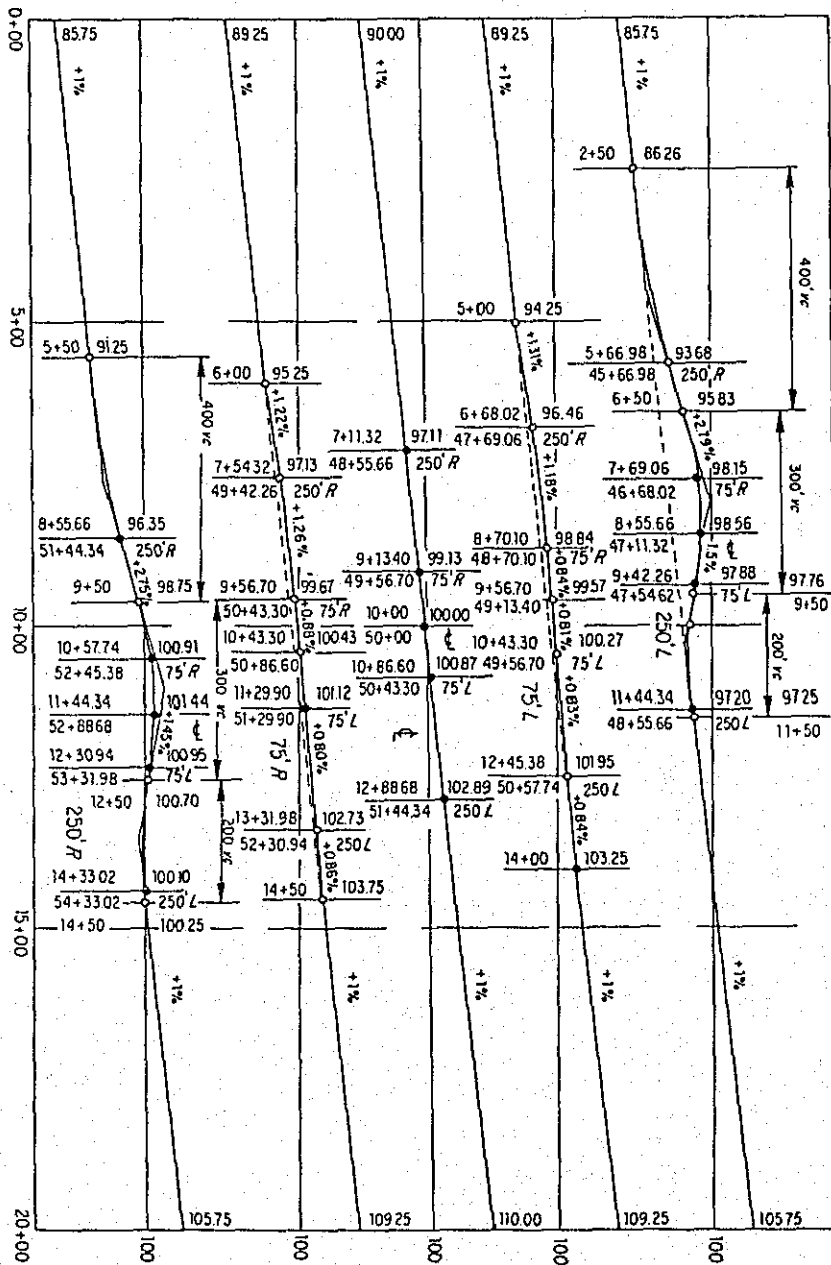
今述べた手順により、中心線沿いのものを除いて他の縦断面が全て滑走路Aの為に設定される。これらの縦断面の描写は、又滑走路Bに沿つて、多数の標高尺を設定する。今や滑走路Bに向いて前述の勧告を満している縦断曲線が、滑走路Aに沿つて設定された標高を通れ得るかどうかを決定する事が必要となつて来た。もし、通れるのなら、完全な解決が得られる。もし、そうでないと、滑走路A沿いの縦断曲線と標高は修正されねばならない。

誘導路

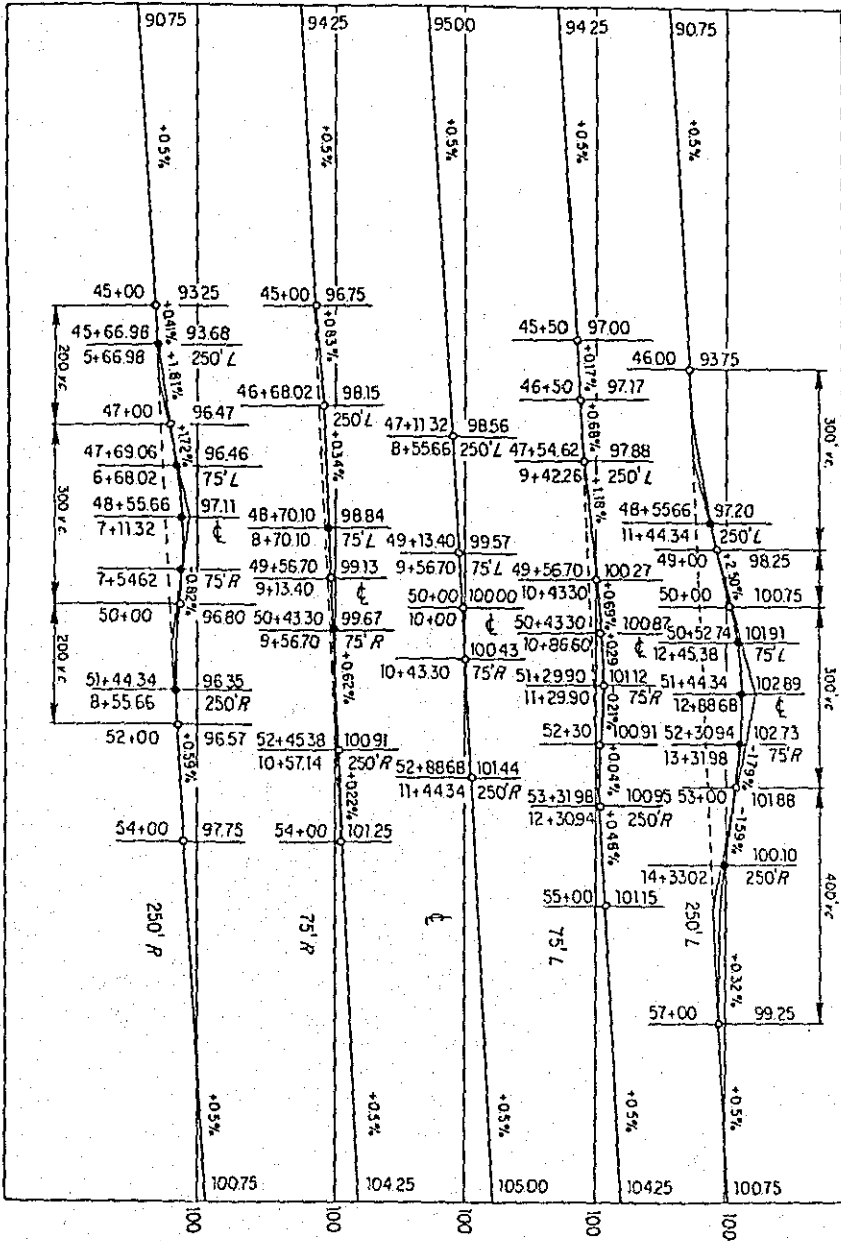
幅、勾配及び縦断面：誘導路上の飛行機の速度は滑走路上の速度と比べると相当に低いので、縦断勾配、縦断曲線及び視距距離を律する基準は滑走路の場合ほど厳しくない。又、低い速度と飛行機が空中にいないという事実により、誘導路の幅は滑走路のそれより少なくてよい。計画者及び設計者が興味を持つ様な主要幾何学的設計特徴は第8-2表に記されている。FAAの推奨する最大有効勾配は第二次空港に対しては1½パーセント、全てのタイプの航空輸送用空港に対しては、1パ



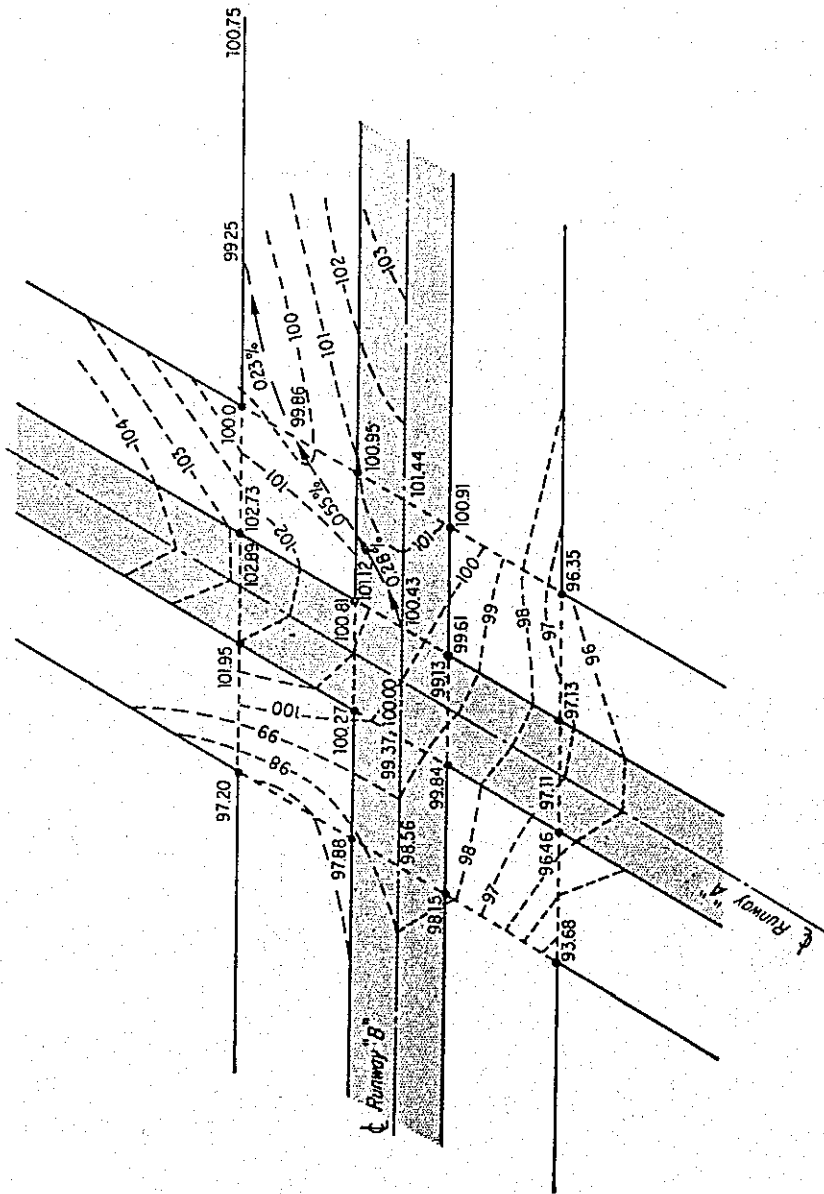
第IV-5圖 滑走路交差計画



第IV-6図 滑走路Aの縦断面図



第IV - 7 図 滑走路 B の縦断面

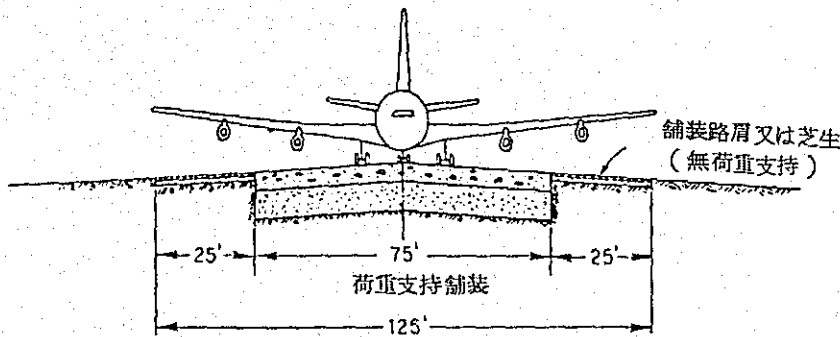


第IV-8 圖 整地等高線圖滑走路交差

-セントである。勾配の変化や縦断曲線間の距離に関しては制限は無い。しかし、この様な制限の欠如は、誘導路の横断面は平担でなくても良いという事を意味しない。逆に、相当量の燃料が地上滑走中の大型ジェット輸送機により消費される。それで、かなり大きな上り坂勾配を持った長い直線コースを短縮する様に、あらゆる努力がなされねばならない。

誘導路については、滑走路の“着陸帯の幅”に相当する様な仕様はない。通常、路肩は傾斜のついた安定したその土地の土壌で出来ている。路肩は平行する滑走路、平行する誘導路、又はエプロンの路肩と交差する程度まで延長されている。ジェット輸送機が導入される迄は、丈の短い植物が、浸食やプロペラからの爆風をさえぎる為に、舗装面の端に隣接して、しばしば、植えられた。特に地盤の粒度が細くて（砂とかシルト等）、浸食され易い場合等にはそうであった。その土地の地盤又は気候が植えつけに適さない所では、安定化の為に粒状材が入れられた。

民間と軍用両方にジェット輸送機が導入されてから、舗装面上、又は近くの異物の機内への取入れ及びこの物質の浸食等によるジェット・エンジンの損傷に、次第に関心が高まってきている。大型飛行機の外側エンジンは、飛行機が誘導路の中心線上に位置している時ですらも、通常、誘導路舗装の端の外側に位置している。（第Ⅳ-9図参照）陸軍は、異物による相当なエンジン損傷を経験した。その結果、舗装面の両端に隣接するある一定の幅（50フィート）は軽舗装で舗装されるべき事が分った。陸軍の経験から、民間空港の経営者達は、舗装した誘導路路肩の必要に関心を寄せる様になった。大部分の民間空港にはそういった設備がなかったからである。この問題はICAO+ やその他の場所で長々と論じられた。符属書14（参考資料1）に載っているICAO勧告は以下の如くである。“誘導路がタービン・エンジン飛行機により使用される場合には、エンジンがその丁度上にかかる誘導路の両側の地面は、エンジンによって小石やその他の物が吸いとられぬ様に、準備、又整備されねばならない。”表面について特定の数字又は型は言及されていない。



第Ⅳ-9図 誘導路横断面

十 飛行場、国際民間航空機構、航空路、地上援助施設部会、第六回会議の報告、第1及び第2巻
カナダ、モントリオール、1957年4月12日-15日。

第Ⅳ-9図は飛行機が舗装面に中心を置いている場合の大型ジェット輸送機用の誘導路舗装に係してのエンジンの位置を示している。米国では、民間航空会社はこの図に示してある25フィート幅舗装路肩は、大きな巾が必要な急な旋回の場合を除いては、充分であると感じている。飛行機の主着陸装置が舗装面端にある事から路肩の幅がきまっている場合には、外側エンジンを保護する為に、当然、広げられねばならない。しかし、航空会社はパイロットが中心線に十分接して飛行機を操縦する事が出来、鋭いカーブの所でだけ、中心線にとどまるという問題が出てくると感じている。

第Ⅳ-2表において、“誘導路路肩幅”と題した欄はエンジンの保護をする部分の路肩を指したもので、路肩全体を指してはいない。かくて、“舗装路肩”に常に間接の言及がなされてきたのである。民間ジェット輸送機に関しては、誘導路上の異物の吸い込みによるエンジン損傷が経験されていない。従って、年間を通して芝の維持が経済的な所では相当に良い芝生は、空港に充分であろう。

舗装した路肩が建設される場合には、それは空港パトロール車とか、又時には、清掃用機器も含む車の交通を支えるに充分の厚さがなければならない。表面は滑らかで、水等をしみとみとらせず、ジェット・エンジンの噴射によって分解されないものでなければならない。アスファルト表面の路肩が通常使われている。路肩材料について、もっと詳しくは 載っている。

脱出誘導路：脱出誘導路、これは“ターン・オフ（傍道へそれる事）と云う言葉で時々呼ばれているが、これと、その位置が本章に議論されている。Ⅲ項では具体的な寸法が示される。これ等の数字は、航空路近代化委員会の為に行った網羅的調査の結果である。

（参考資料第7。これらの調査は湿ったあるいは乾いたコンクリートやアスファルト舗装面で様々なタイプの民間及び軍用飛行機⁺を用いて、速度と回転半径と誘導路の一般的配置形状間の適切な関係を調べる為に行われた。この調査の一つの重要な発見は、高速において、ノーズ・ギア⁻のタイヤの磨耗を最小にする為、複合曲線が必要であるという事だった。即、中央又は主要曲線R2は、より大きな半径を持つ曲線R1により摺付けられるべきなのである。本テストにおける飛行機経路は螺旋に近似した。複合曲線は現場で設定するのもかなり易しく、螺旋の形に近似して行く。これが、複合曲線を推める理由なのである。

本テストの結果として、以下の如き関連結論に達した。

1. 輸送用及び軍事用航空機は、湿つた、あるいは乾いた舗装面上で60から65mphのけたの速度で、安全に、又快適に滑走路を出ていく。

+ KC-135 (ボ-イング707) R7VとC-121 (スーパー-コンステレーション)
 T-29 (コンヴェア-240) L-27 (セスナ310)
 C-131 (コンヴェア-440) F-100
 B-47, XB-52, DC6

民間表記が適用される場合には、()内に示した

- 2 回転半径に影響を与える最も重要な要員は速度であり、回転する角度でもなければ、乗客の快適さでもない。
- 3 どの様な回転運動においても、乗客の快適さに問題はなかった。
- 4 テスト中に見られた計算上の横方向力は着陸装置設計の折に想定された最大横方向力をはるかに下まわった。
- 5 誘導路の形に関する限り、除々に誘導路の正常幅に迄細まっていく、わずかに広がった出口(1.00フィート)が好まれた。広がった出口は、パイロットが脱出誘導路を使う際に、より多くの自由の範囲を与える。
- 6 30度から45度の回転の角度は十分に通り抜けられる。より小さな角度が好ましく見えるのは、曲った経路の長さが短縮され、視線距離が改善され、パイロットは前ほど神経を集中しなくても良くなるからである。
- 7 回転半径対速度の関係は $R_2 = \frac{V^2}{15f}$ という式で表わされ得る。この場合Vはmphで表した速度である。この関係は、fが0.13に等しい場合、湿った及び乾いた舗装面で滑らかな快適な回転をする。
- 8 R_2 の式で表される曲線は半径のより大きい曲線 R_1 に50から60mphという高速の脱出速度で摺付けられる。直線方向から曲った経路への除々の転移をするには、より大きな曲線半径が必要である。転移曲線が与えられてない場合は、タイヤの摩耗は大型ジェット輸送機では過剰であろう。以下の半径は実験的に見て満足すべきものと分った。

| 速度, mph | 半径 R_1 , ft |
|---------|---------------|
| 40 | 1,724 |
| 50 | 2,436 |
| 60 | 3,138 |

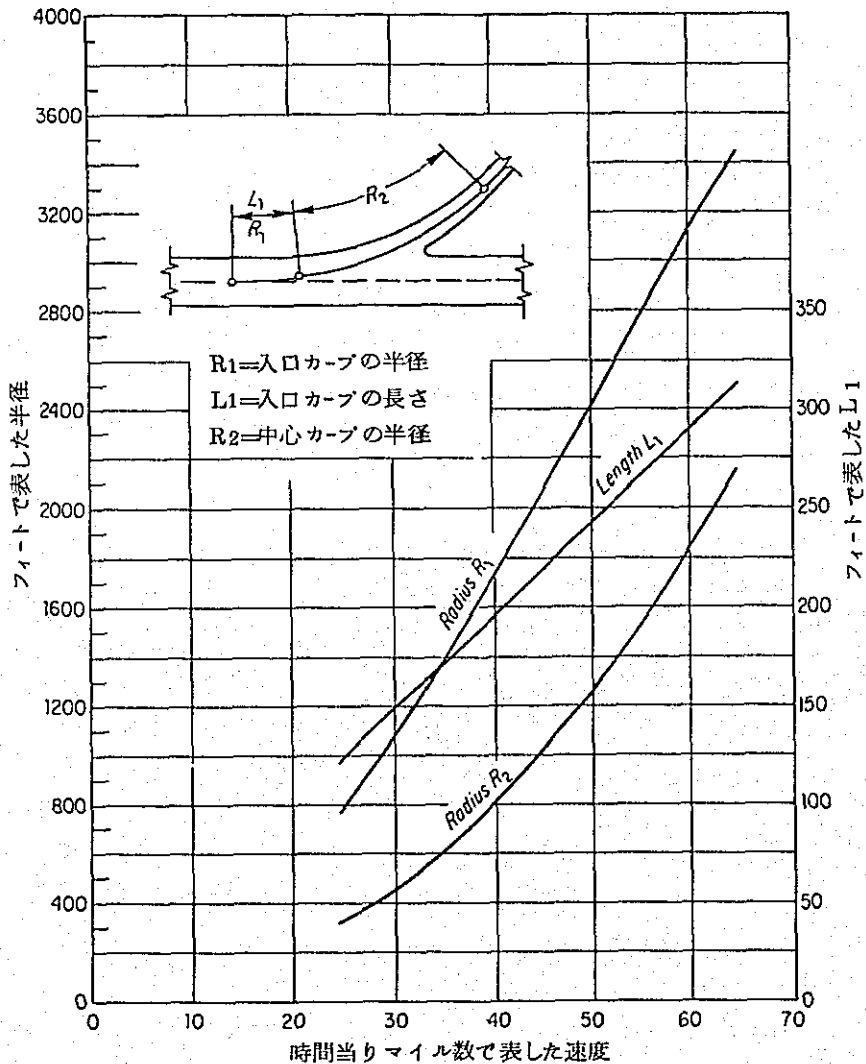
- 9 転移曲線の長さは、大体、 $L_1 = \frac{V^3}{CR^2}$ の関係に近似され得る。この場合、Vは秒毎のフィートで表わされ、 R_2 はフィートで表わされている。Cは実験的に、1.3のけたにある事が理解された。
- 10 飛行機が滑走路を出て後、快適に減速出来る程に充分な距離が与えられねばならない。現在は、この距離は毎秒毎秒33フィートの平均減速率に基礎をおく様提言された。これは輸送機範疇の飛行機にだけあてはまる。この型の飛行機を使ってより多くの経験を積む迄は、停止距離は滑走路端から測定されるべきである。

脱出速度と半径 R_1 、 R_2 及び転移曲線 L_1 の長さの関係を示す図が第N-10図に示されている。60mphの脱出速度及び脱出角度30度と45度の場合の配置提案が第N-11図及び第N-11図及び第N-12図に載っている。第N-13図は、毎秒毎秒33フィートの減速率で様々の速度からの、停止距離を示している。脱出誘導路を持つ空港からは、毎秒毎秒4フィート迄は容易に達することができるという証拠が出ている。又、減速は、飛行機が舗装端に達する以前に、滑走路で始まるという事に対する証拠もある。

誘導路曲線部の概要：これ迄、回転半径に関する情報は、脱出誘導路に限られていた。この情報は他の誘導路にも同様にあてはまる。なぜなら、どの誘導路でも方向変更の必要がある時にはいつ

でも、この変更の為には回転半径が必要だからである。交通の便を計る為、充分に大きな半径を持った円型カーブが与えられるべきである。これにより、飛行機は、実質的に減速する事をし、回転をやってのける事が出来るのである。地上滑走速度は、飛行機の型や地上滑走距離により、相当に変化する。商業航空用の空港では、30から40 mphの速度に計画するのが良い。

$R_2 = V^2 / 15 f$ は望ましい半径を決定する為に使い得る。通常の地上滑走速度には、大きな半径を持った転移曲線 R_1 は必要ではない。



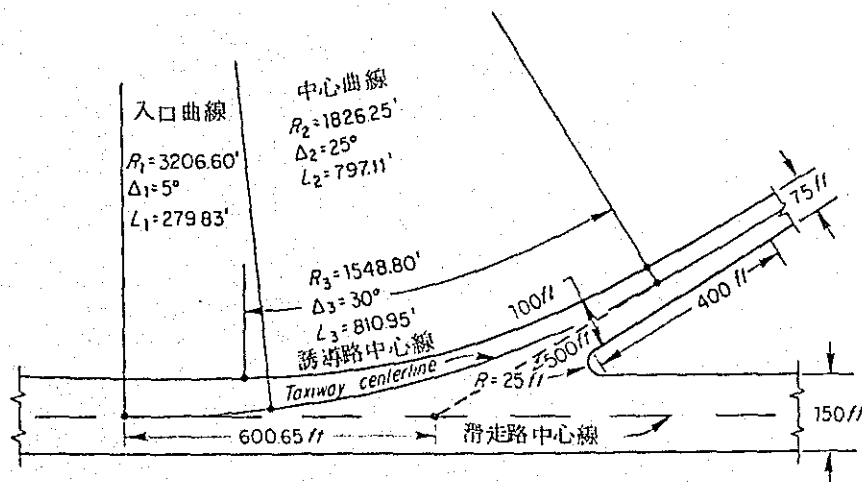
第IV-10図 誘導路の回転半径

この関係を基準として、回転半径を提案して見ると、次の様になる。

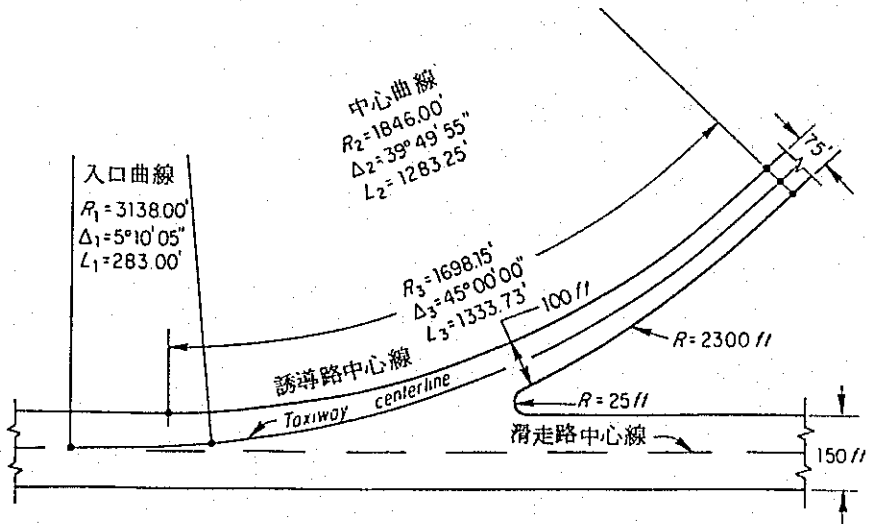
| 速度, mph | カーブ半径, フィート |
|---------|-------------|
| 30 | 400 |
| 35 | 600 |
| 40 | 800 |

これらの半径は ICAO 附属書 14 (参考資料 1) に提唱されていたものより、わずかに控え目である。ICA O 半径は、カルフォルニア大学により行なわれた初期のテストに基礎をおいた (参考資料 8)。後者のテストの方はマククレラン空軍基地 (参考資料第 7) で行ったもので、非常に湿った舗装面に大型のジェット輸送機を走らすと、参考資料第 8 で勧められた半径よりも増加したのであった。

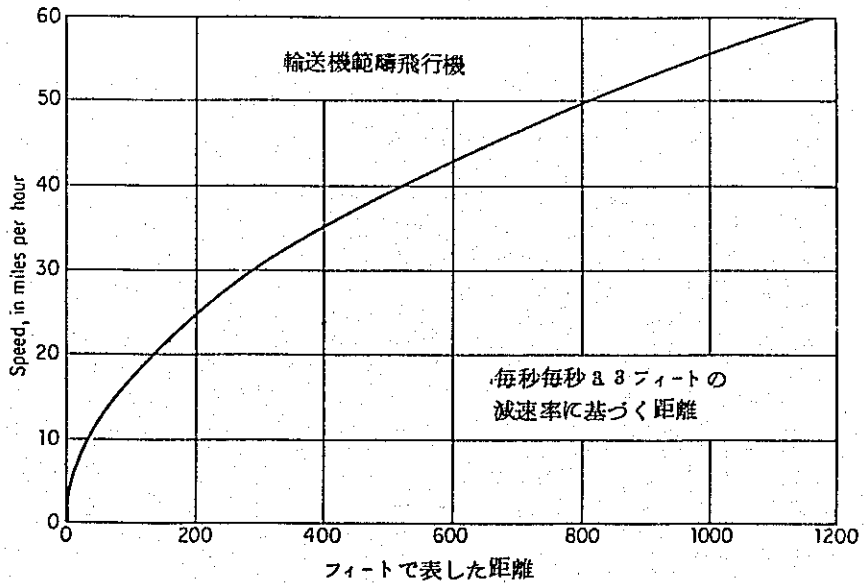
速度には関係なく、400 フィート以下の回転半径は、大型超音速ジェット輸送機用の空港には勧められない。超音速輸送機には、最小半径 600 フィートが提言できる。第 IV - 14 図は、104 フィートの軸間距離を持った超音速輸送機が、200 フィート半径の曲線上を移動したら、どうなるかを図示して見せたものである。パイロットは、誘導路の中心線上に黄色く塗られた線を通して、しるべを得るのである。著者の意見では、誘導路の半径は、主着陸装置の支柱が舗装端から 20 フィート離れる様な程度のものであるべきである。これによりパイロットは視界の良くない時でも、ある程度柔軟性を持つ事が出来る。主着陸装置と舗装端との間にある特定の距離を維持する為の、誘導路半径と飛行機の軸間距離の関係は、第 IV - 15 図に示されている。曲線は以下の式から得られたものである。



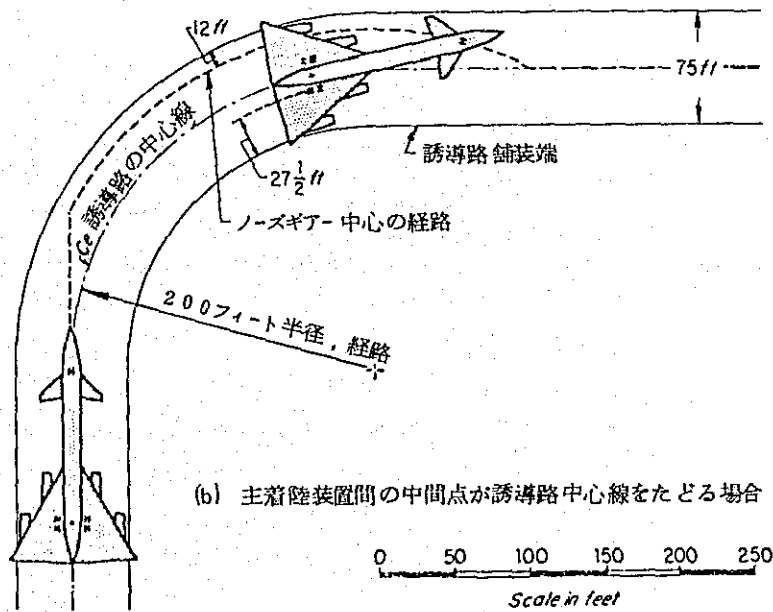
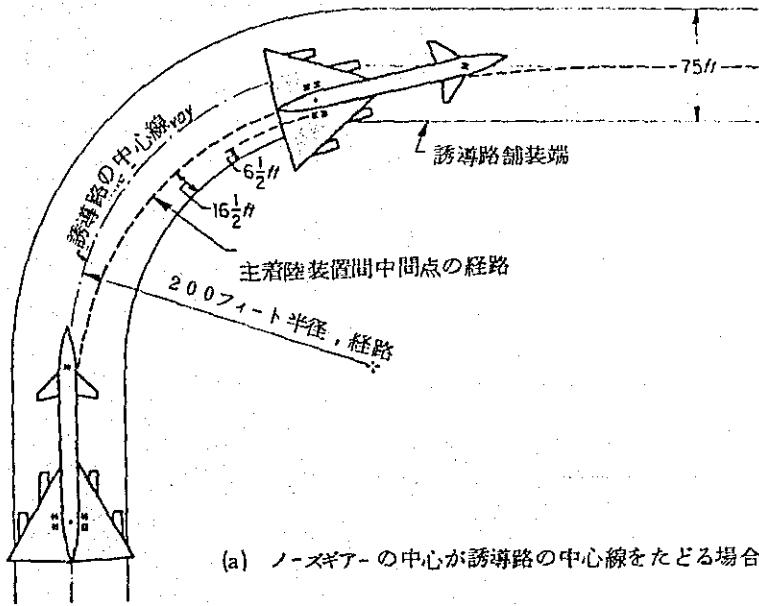
第 IV - 11 図 30° 脱出誘導路設計



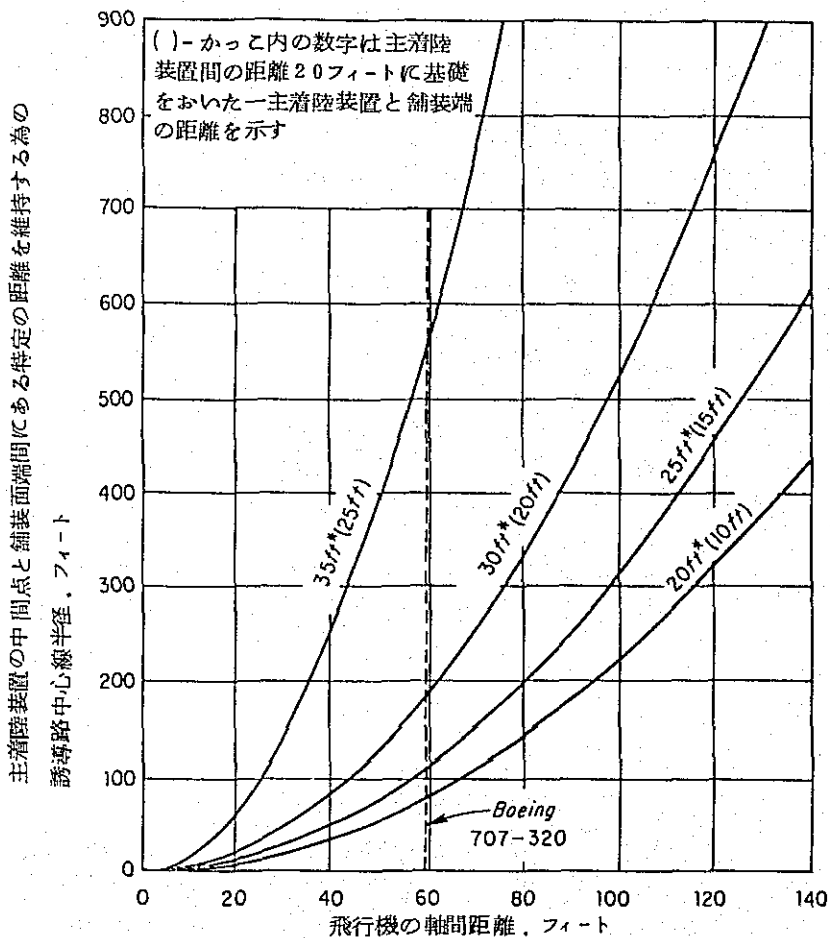
第IV-12図 45°脱出誘導路設計



第IV-18図 輸送機範疇飛行機の停止



第IV-14図 200フィート半径誘導路上における超音速輸送機



第 N - 1 5 図 主要装置と舗装面端間に一定の距離を維持する為の、飛行機の軸間距離と誘導路最小半径間の関係

$$R = \frac{0.388 W^2}{T / 2 - 3}$$

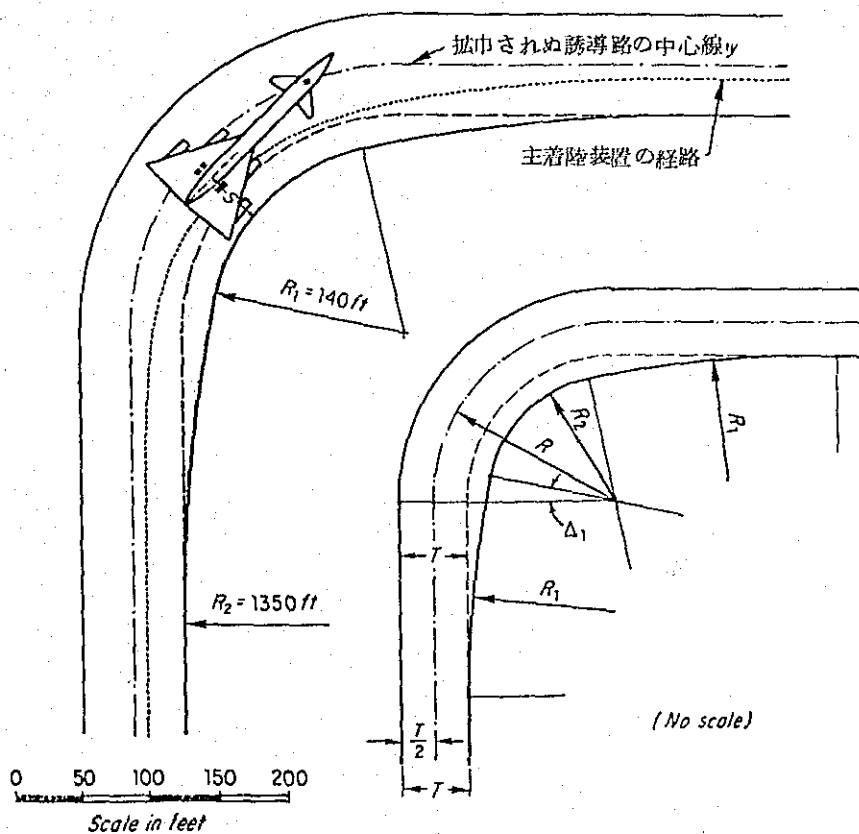
この場合

R=半径, コィートで表してある。

W=飛行機の軸間距離, フィート

T=誘導路の幅, フィート

S=主着陸装置の中間点と誘導路舗装端間の距離



第IV-16図 誘導路の拡巾

軸間距離が104フィートで、主着陸装置のつ間距離が20フィートの超音速輸送機の回転半径を設定する事が望まれていると仮定しよう。支柱が舗装端から20フィート以内であってはいけないという基準を使う事は、主着陸装置間の中間点は、舗装端から30フィート以内であってはならぬという事を意味する。第IV-15図から、要求される半径は560フィートである。これは、もしパイロットがノーズ・ギヤ-を誘導路の中心線に維持するなら、支柱は舗装端から20フィート以内には決してこないという事を意味する。

既存の空港では、誘導路の半径を増す代りとして、その拡巾がある。第IV-16図は軸間距離が104フィートで、主着陸装置のつ間距離が20フィートの超音速輸送機を収容する為に、200フィートの半径を持った誘導路の必要拡巾量を示している。拡巾は、半径 R_1 と R_2 の複合曲線によってなされた。 R_2 は複合曲線の中央部の半径を示し、 R_1 は二つの隣接する曲線の半径を示している。

どの軸間距離を持った飛行機にも応用出来る一般的な関係を設定する為に、半径 R_1 と R_2 の為の公式が開発された。この公式は、飛行機のノーズ・ギヤ-は、誘導路の中心線(これが広がらな

いものと仮定して)にそうという仮定に基礎をおいている。この公式に用いられた記号は第IV-16図に示されている。

$$R_2 = R - \left(\frac{0.388W^2}{R} + S \right) \quad (1)$$

もし、 $(0.388W^2/R) + S$ が $T/2$ より小さいと、拡巾は要求されない。これが $T/2$ より大きい場合には、以下の関係から R_1 を決定する。

$$R_1 = \frac{D_r^2 + (T/2)^2 + R - R_2^2 - RT}{2(R - R_2)}$$

この場合

R = フィートで表わした誘導路中心線の半径、拡巾されていない場合を仮定。

W = フィートで表した飛行機の軸間距離

S = 主着陸装置の中間点と誘導路端の間の距離

T = フィートで表した誘導路舗装の幅

$D_r = 3W - 0.4R$

D_r が W より小さい場合には、 D_r の代わりに W を用いる。

フィレット

飛行機の活動を助ける為に、交通路（交通路は滑走路、誘導路又はエプロンのどれかと定義される）の交差点に、フィレットが設けられるべきである。

FAAは以下の様にある最小半径を勧めている。

| 交 差 角 | フィレットの半径, フィート | |
|-----------|----------------|----------|
| | 小空港 a | 輸送機用空港 b |
| 0 - 45° | 20 | 75 c |
| 45 - 135° | 50 | 100 |
| 135°以上 | 200 | 200 |

a 小型一般航空用飛行機用空港

b 大型飛行機用空港

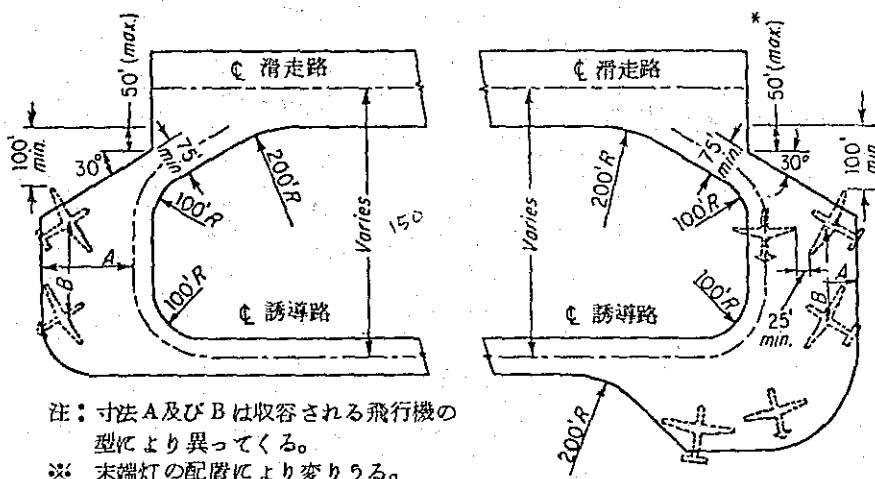
c 飛行機が0°から45°の角度で回転しないのなら、25フィート半径で充分。

ICAOは、フィレットの半径が誘導路の幅以下でない様に勧告している。十分にフィレットをとる事は重要である。そうでないと、飛行機の主着陸装置は舗装から外れて、路肩区域へ行く可能性がある。設計者は、飛行機の平面的モデルを使用して、フィレットが充分かどうか検討出来る。これは、明らかに、大きな軸間距離を持った飛行機については、なされるべきである。

ホールドディングエプロン

ホールドディングエプロン又はよくラン・アップ パッドと呼ばれる場所は、滑走路末端に隣接した場所で、ここで飛行機は離陸前に計器やエンジンの具合を調べたり、臨陸許可が来るのを待つ。FAAはこの様なホールドディングエプロンの型と場所の両方について提言している。(参考資料12)。

これは第N-17図に示してある。角度を持った滑走路入口の目的は、飛行機が滑走路に入り、完全に停止する事をして離陸開始する事を許すためである。これは飛行機が物理的に滑走路を占有する時間を短縮するので、望ましいのである。



注：寸法A及びBは収容される飛行機の型により異ってくる。

※ 末端灯の配置により変りうる。

大型飛行機2機用ホールドディングエプロン 大型飛行機3機用ホールドディングエプロン

第N-17図 連邦飛行庁の提言するホールドディングエプロンの位置及び配置 (FAAの厚意による)

読者はホールドディングエプロンには様々の異った配置がある事を知るだろう。これに使われた典型的な配置を二つ、第N-18図に示した。これらの配置の不利な点は離陸方向に直角に進入しなければならぬ事である。結局、パイロットは、第N-17図の配置におけるほど手早く飛行機を滑走路に回転させる機会を持たぬ事である。他方、FAAの提言する配置(第N-17図)だと、もっと土地が必要となる。

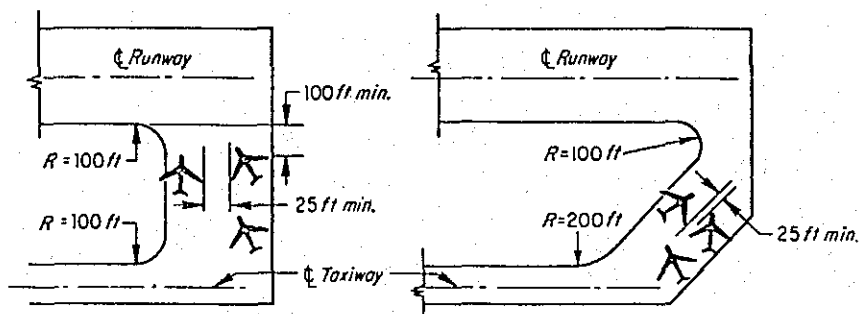
ホールドディングエプロンの形と位置が第N-17図や第N-18図のいずれに従っているかどうかは、ホールドディングエプロン上で隣接する飛行機の位置に関係なく、飛行機が滑走路上へ出られるのに十分な余地を与えるという事ほど重要でない。飛行機はホールドディングエプロン上にとめられた他の飛行機をよけて通るだけの十分な余地をいっも与えられるべきである。翼の先端間の間隔は25フィート以下であってはいけぬ。又、設計者は、設計の為に厳密な寸法を決定するのに、

飛行機の平面的モデルを用いるべきである。

ターミナル・ビル隣のランプ区域で、F A Aは、燃料供給、牽引や地上滑走を容易にする為、勾配は1パーセントを越えず、特に燃料供給する場所では望ましくはそれ以下である事を勧告(参考資料12)している。I C A Oは符属書14(参考資料1)において次の様に述べている。

“エプロンの勾配はエプロン面上に水がたまるのを防ぐに充分でなければならぬか、出来る限り低い値にされねばならない。”

乗客の乗降の為のエプロンの計画は 記してある。



第IV-18図 ホールディングエプロンのもう一つの配置図

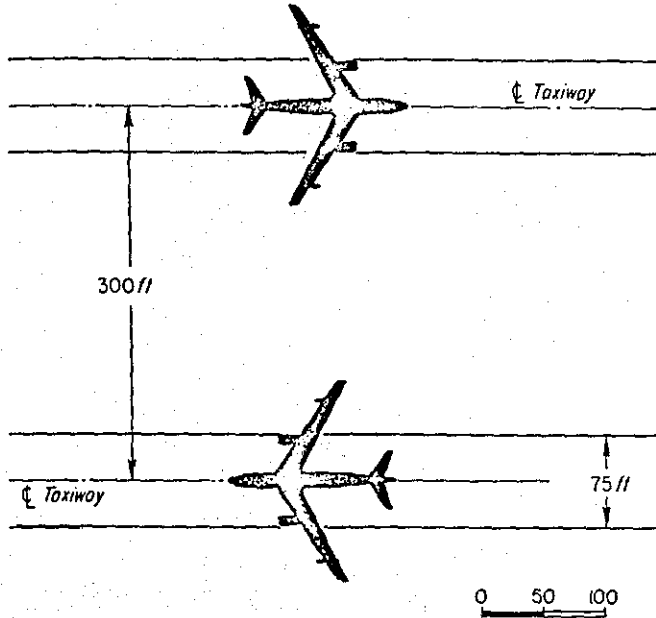
分離間隔

空港において安全の為に、交通路はお互いに隣接の障害物から充分に離れていなければならない。第IV-3表に、F A A・I C A O, 合衆国空軍の定める最小間隔が要約されている。これらの間隔は主に判断に基礎をおいて設定されている。なぜなら、不適当な間隔により生じた事故に関するデータは少ないからである。第IV-3表に記された情報はF A AとI C A Oの要件の差によって分る様に、精密なデータとして扱われるべきでない。しばしば、脱出誘導路やその他施設の建設を助ける為に、より大きな間隔が必要になるだろう。第IV-3表に記された間隔は計器飛行の為の設備のある空港には大きい事が分るであろう。これは、視界に制限のある場合、パイロットの誤りの潜在的可能性を認めたものである。

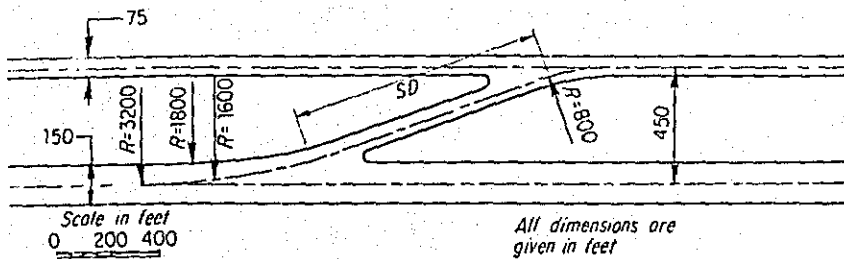
読者が飛行機の規模に相対して分離間隔を理解出来る様に、平行誘導路の為の分離基準が第IV-19図に示してある。これは、相異なる方向に向って移動する二機のボーイング707-320の場合である。

第IV-20図は、滑走路中心線と平行な誘導路中心線が、450フィート以内の別離にあり、60 mphの脱出速度で設計された30度脱出速度で設計された30度脱出誘導路を図示している。SDと印された停止距離は1,000フィートであるが、これは減速が滑走路端で始ると仮定した場合である。減速がそこ以前で始ると、1,000フィート以上が使える。第IV-18図より、60 mph速度から停止させる迄の距離は、毎秒毎秒3.3フィートの減速率に基くと、1,100フィート

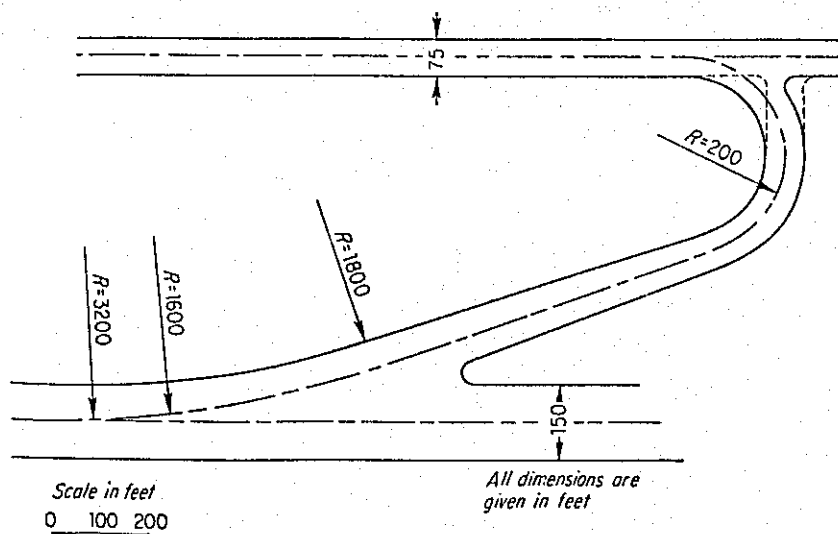
を少しこえる距離である。しかし、減速は飛行機が滑走路端に達する迄始らず、又、毎秒毎秒 3.3 フィートという率が控え目のものと仮定すると、1,000 フィートで充分なはずであると前述されたのである。脱出角度が 4.5 度であったなら、誘導路上で飛行機を停止させるに充分な距離は得られないだろうし、又、分離基準が増加させられねばならぬだろう事は明白である。



第IV - 19 図 分離間隙、平行滑走路



第IV - 20 図 60-mph、30 度脱出誘導路と交叉する平行誘導路
(航空機器研究所の厚意による)



第Ⅳ-21図 着陸と反対方向に地上滑走する設備のある60 mph、30度脱出誘導路の計画

脱出誘導路と滑走路に平行な誘導路の交差点で方向転換が望まれた場合は、第Ⅳ-21図に示される如く、大きなフィレットか、カーブした箇所が、脱出誘導路末端の接点近くに設けられねばならぬ。これには、滑走路の中心線から平行誘導路の中心線迄約750フィートなければならぬ。ある程度迄、この方向変更の問題を克服する為に、円形曲線に近似した連続の多中心曲線の使用が考えられる。テストに基礎をおく著者の意見では、この様な配置は60 mphのけたの速度には危険であり得る。パイロットが継続して、空港設計者によって先に決められた率により減速しなければならぬからである。低い脱出速度の場合は、多中心曲線配置に何の異論もない。

滑走路と誘導路標識

パイロットが飛行機を滑走路や誘導路上に誘導するのを助ける為に、舗装面に線や数字でマークがつけてある。これらの標識は主に昼間の為であって、夜間には、パイロットの着陸や空港での誘導を導く為に、照明が使われる。FAAは滑走路及び誘導路の標識の総括的計画を開発した。この詳細は参考資料14に記されている。第Ⅳ-22図が参考資料より、本計画の基本的特長を示す為、転載された。本計画は、滑走路上で必要な標識の量は、滑走路が有視界飛行規則で使用されているか、又は、計器飛行規則条件で使用されているか、あるいは、設備された電子航行援助施設の数、等により決められるとしている。FAAは、標識目的の為に、滑走路を三つに類別した。

- (1) 基本滑走路 (2) 計器滑走路及び (3) 全天候滑走路

である。第2及び第8の範疇の空港は、主に航行援助施設の型や数で異なる。最も悪い視界条件のもの

とて着陸を許すような十分に計器設備のある滑走路は第三の範疇に入る。

滑走路の標識は以下の如くである。

1. 各滑走路端は、着陸の方向に滑走路の磁気方位（北から右廻り）を示す数字でマークされる。標識は最近の10°で、最後の0を除いて、つけられる。かくて、東-西滑走路の東端（磁気偏差差は0と仮定して）には27とマークされ、西端は9とされる。
2. 平行滑走路のある場合には、次の様にマークされる。
 - a. 二本の平行滑走路 LとR
 - b. 三本の平行滑走路 L, CとR
 - c. 四本の平行滑走路 L, LC, RCとR
3. 三つの範疇の滑走路の標識は以下を含む。
 - a. 基本滑走路
滑走路番号と中心線
 - b. 計器滑走路
滑走路番号, 中心線と末端識別
識別装置
 - c. 全天候滑走路
滑走路数, 中心線, 末端, 識別, 着陸区域標識,
サイド・ストリップ

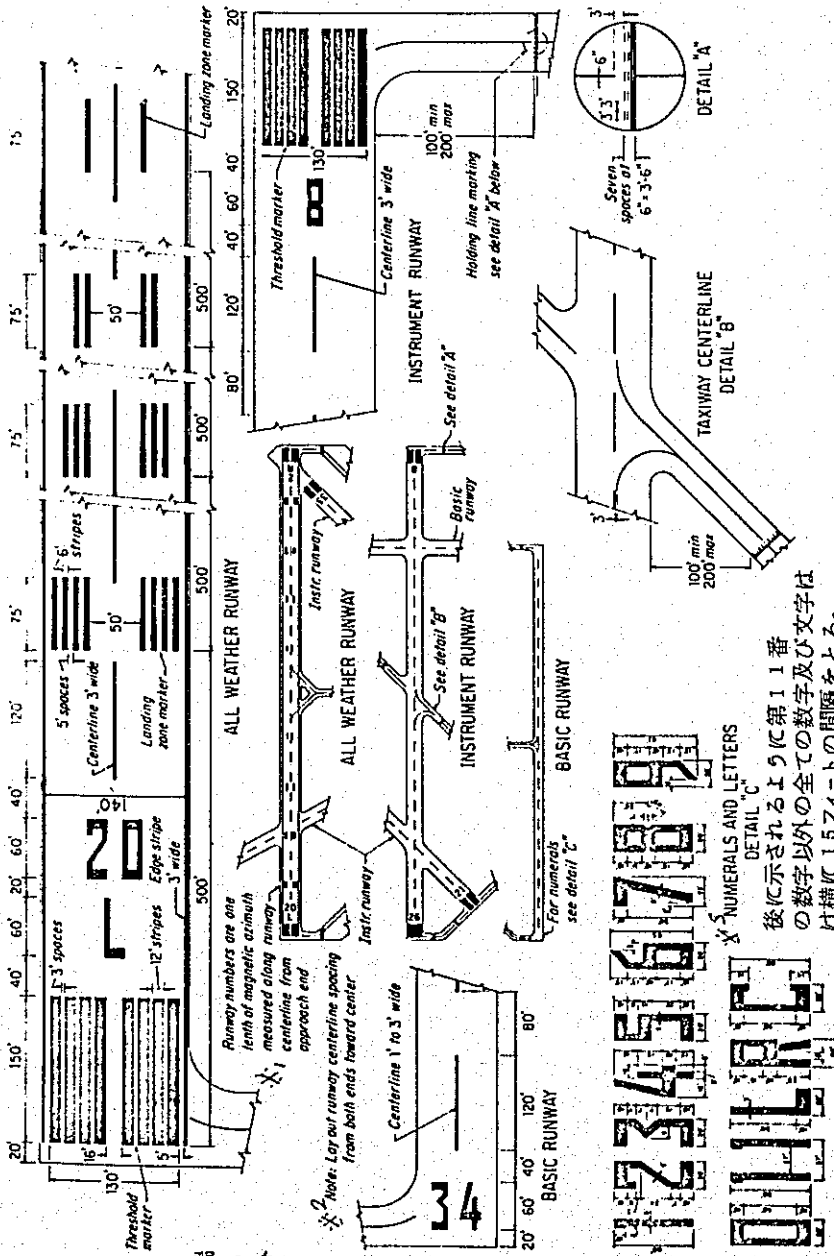
誘導路のマーキングは以下の如くである。

1. 単一・縦方向の6インチのしだが、誘導路の中心線の標識に使われる。
2. 誘導路が滑走路と交差する点において、停止位置標識が、第N-22図, Aに図示される様に交差する滑走路の最近端から100フィート以上の距離の誘導路上に塗られる。
3. 誘導路と誘導路の交差点において、中心線は交差点を通して連続される。
4. 誘導路中心線は、通常、滑走路端で消えるが、第N-22図詳細Bに示す如く、誘導路中心線が滑走路中心線に曲り込む脱出誘導路上では、この限りでない。マーキングは、接触点から200フィートの距離の間、滑走路中心線マーキングに沿って平行に、延長される。誘導路標識は、滑走路のそれと3フィート間隔をもって、かゝれるべきである。

滑走路上の標識は全て白で、誘導路上のそれは黄色である。これには滑走路上の脱出標識も含む ICAOの標識基準(参考資料1)は、実際、FAAのものと同一である。

幾つかの空港では、滑走路末端を永久的に“移設”する事が望ましい。移設された末端は滑走路端から、ある距離を移されている。移設は着陸のみに影響を与え、離陸には作用しない。FAAは移設末端が、第N-23図の如く、標識される事を要求している。

末端を移設するには幾つかの理由がある。着陸方向の滑走路端が海や河川に非常に近いか、又は滑走路端附近に小さな障害物がある場合には、末端を移設して、滑走路の“アンダーシュート”

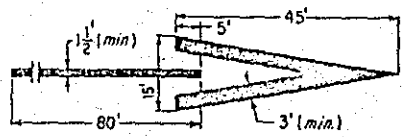
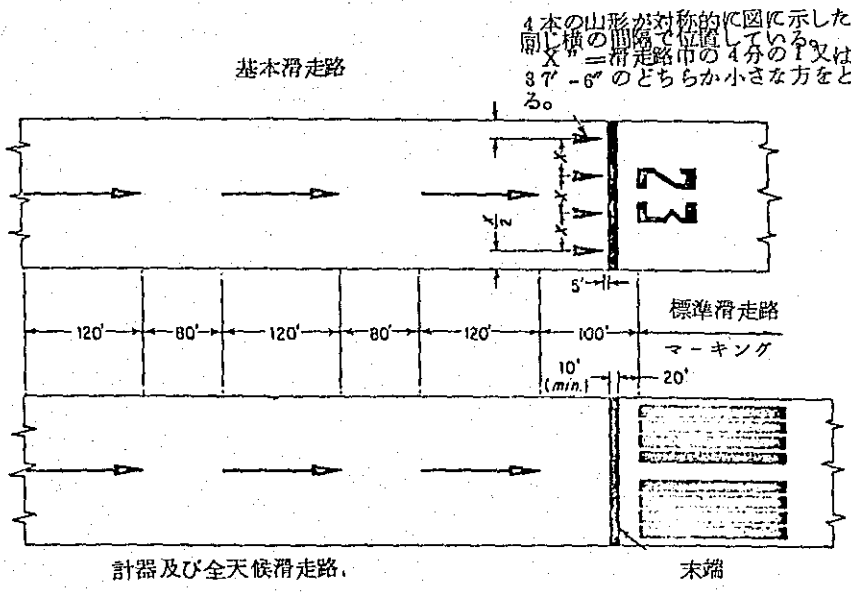


滑走路番号は進入端から滑走路中心線に沿って測定した磁方位の十分の1である。

※2 滑走路中心線間隔の配置は両端から中心に向って間隔をとり、配置せよ。

※ NUMERALS AND LETTERS DETAIL 'C' 後に示されるように第11番の数字以外の全ての数字及び文字は横に15フィートの間隔をとる。

第IV - 2.2 図 滑走路及び誘導線マーキング (連邦航空庁の厚意による)



第IV-28図 移設末端のマ-キング (連邦航空庁の厚意)

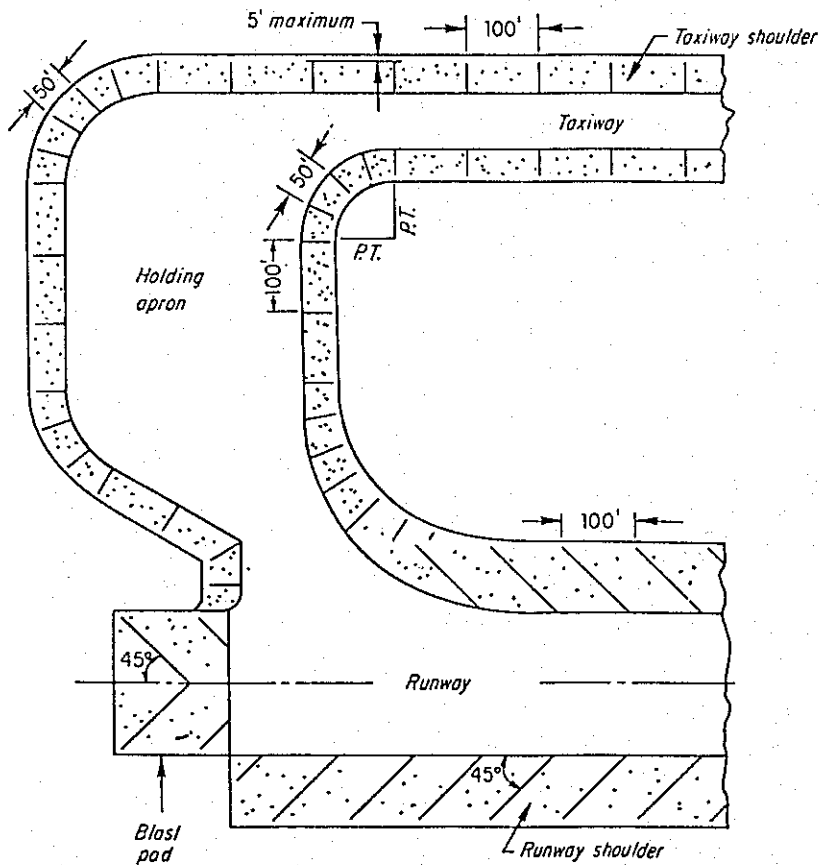
による飛行機損傷の可能性を最小にするのが望ましいが、これは、残っている着陸用長さが充分だとしての話である。

滑走路末端が移設された場合、標識と照明は移設の地点から始まる。

時折、補修その他の理由で、滑走路がしばし閉鎖されねばならぬ事がある。F A Aは、昼間時の識別の為に十字を滑走路端につけ、夜間は滑走路の灯を消す事を要求している。

閉鎖滑走路及び空港の危険物の標識に関する詳細は参考資料16に含まれている。

滑走路及び誘導路路肩が飛行機用のものでない軽舗装で出来ている場合、これらの舗装を主要荷重支持舗装とはっきりと区別する事が必要である。幅6インチの破線のしみが一本、誘導路端に、中心線に平行してひかれており、これが路肩を荷重支持舗装と区別している。加えて、第IV-24図に示される如く、カーブの所を除いて、100フィート間隔で、航行の方向に垂直な線で、誘導路とエプロンの路肩をマ-クしておく事が勧められるだろう。滑走路路肩は対角線でマ-クされ、滑走路端のプラスト・パットは、山型でマ-クされている。線は全て幅3フィートで、黄色く塗ら

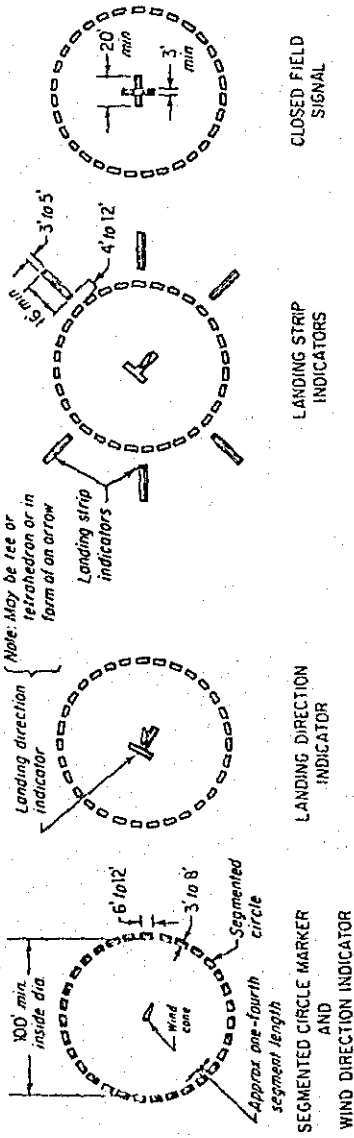


第Ⅳ-24図 路肩標識 (連邦航空庁の厚意による)

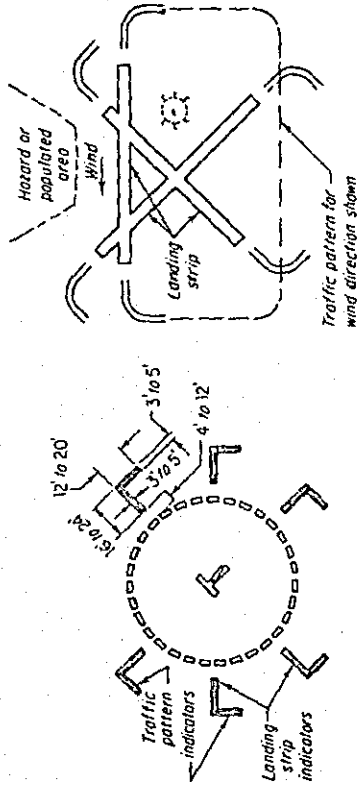
れるべきである。追加標識は義務づけられていないが、航空会社と相談後、このような標識の必要が正当と認められたら、設置される。路肩標識についての詳細は、参考資料16に記載されている。

分節円

小空港で、よくみられるマーカーは分節円である。分節されているのは、よく、着陸区域の中心を示す為に使われる完全円と区別する為である。分節円はパイロットが空港を識別する援助をし、風向指示計とかその他のシグナル装置を集中する位置も提供する。多くの滑走路を持った空港で、実際使用されている滑走路の方向を示す為に、T字形、又は矢形の着陸方向指示形が、分節円の中心におかれる。風の方向を示す為に、円錐の形をした指示形も分節円の中心におかれ得る。飛行機交通の型を示す為に、第Ⅳ-25図の如くに、指示形は分節円の周辺におかれる。(参考資料17)



- General notes
1. All items shall be constructed of durable weatherproof material.
 2. Color of material (natural or applied) shall provide an efficient contrast with area.
 3. Various elements (except the wind cone) may be of any practical material that will simulate the design shown. They may be flat or of a type which will shed snow. Installation should be such that they will not be obscured by vegetation, flowing muddy water, sand, etc.



TRAFFIC PATTERN INDICATORS

APPLICATION OF TRAFFIC PATTERN INDICATORS

NOT TO SCALE

FIGURE 25 Segmented Circle Airport Marker System (courtesy: Federal Aviation Agency.)

地上滑走サイン系統

技術標準令 N 2 3 (参考資料 1 5) は地上滑走サインの機能と要件を要約している。この機能は当書から引用すると最も良く説明出来よう。

“ 地上滑走サイン・系統の主要な目的は空港における飛行機の地上滑走においてパイロットを援助する事である。管制設備のある空港では、サインは管制官の指示の補助をし、これに従う様パイロットを援助する。地上滑走サイン系統は又、地上滑走許可、経路又は飛行機の待機についての指示を簡単にする事によって管制官に実質的な援助を与える。管制塔のない場所においては、又は無線のないパイロットについては、サイン系統はパイロットに空港内の主要目的区域にいく援助を与える ”

この系統は二つの基本的なサインから構成されている。ある特定の行先への方向を示す “ 目的地 ” であり、交差点を示す “ 交差 ” である。

目的地サインは目的地を記号で示し、地上滑走の方向は矢印で示している。以下の記号は様々の空港内の目的地を示す為に使れる。

| | |
|--------------------------|------|
| 1 一般パーキング、整備、貨物地域 | RAMP |
| 2 飛行機パーキングの為に特にとっておかれる地域 | PARK |
| 3 飛行機の整備及び給油地域 | FUEL |
| 4 飛行機乗降入口 | GATE |
| 5 巡回飛行機用地域 | VSTR |
| 6 軍用機用地域 | MIL |
| 7 貨物又は貨物扱い地域 | CRGO |
| 8 国際線用地域 | INTL |
| 9 格納庫、又は格納地域 | HGR |

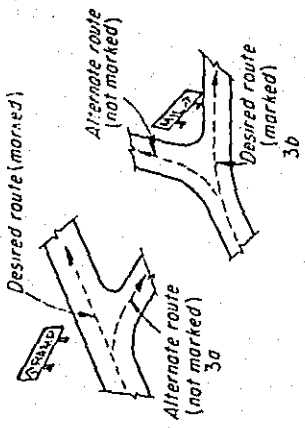
外向きのサインは、普通、滑走路の特定端への方向を示す。

交差点サインは、滑走路、誘導路、誘導路と誘導路又は誘導路とエプロン等の交差を示す。誘導路は通常、大文字で標示してある。

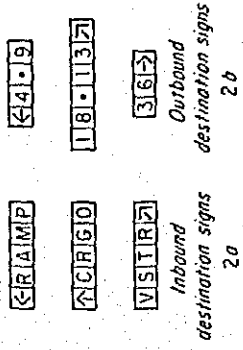
目的地と交差のサインの配置は、第 N - 2 6 図に示してある。補助のもいれて、全てのサインの高さは 2 0 インチ以下であってはならず、又 3 0 インチ以上であってはならない。サインは、サインと舗装端との最短端距離が 1 0 フィート以下でない様に位置されなければならない。灯がついていても、いなくても、文字の色は黄色で、バックの色は黒でなければならぬ。

プラスト・パッド

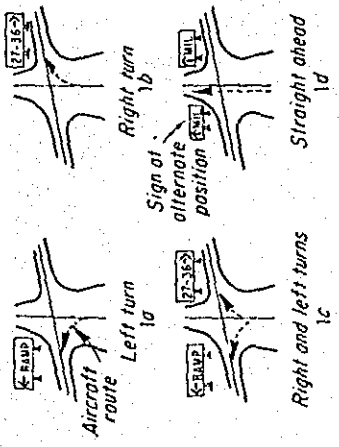
ターボジェット飛行機用の滑走路の離陸端の隣りに、滑走路末端の後に、浸食防止が必要である。地盤が砂質の場合には、特にそうである。ジェット・エンジンの浸食作用防止の方法として軽舗装と芝生が滑走路末端の隣りに設けられる。このプラスト・パッドの構成及び寸法については、に述べられている。



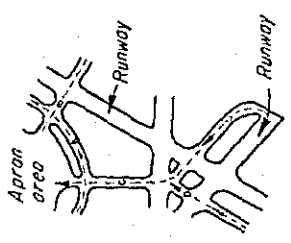
ALTERNATE ROUTES



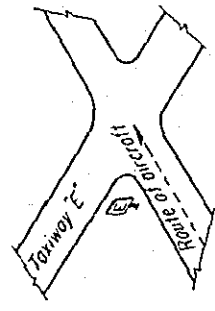
TYPICAL DESTINATION SIGNS



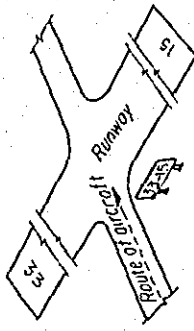
DESTINATION SIGN PLACEMENT CRITERIA



ASSIGNMENT OF LETTERS TO TAXIWAYS



TYPICAL TAXIWAY INTERSECTION SIGN



TYPICAL RUNWAY INTERSECTION SIGN

☒ N - 26 Destination and Intersection Signs (courtesy: Federal Aviation Agency.)

V ターミナル地区の設計及び開発

緒言

ターミナル地区とは空港の離着陸地区以外の部分をいう。その中には乗客と手荷物を取扱うターミナルビルディング；乗客、手荷物及び貨物の積み下ろし用施設；飛行機を停留するエプロン；自動車駐車場；貨物貯蔵庫及び修理用格納庫が含まれる。本章では修理用格納庫以外の全部の項目について説明する。

乗客用ターミナルビルディングの構想

乗客用ターミナルビルディングはターミナル地区の中心地である。ここは重要な機能を有する場所であり、他の補助施設は全部その回りに計画されなければならない。ターミナルビルディングは主として取扱い交通量如何によって規模と配置が変わる。次に各種の配置方法及びそれぞれの選択を行なう際に考慮すべき要素を簡単に説明する。

セントラライズド（総合）ターミナル及びユニット（単一）ターミナル

ターミナルビルディングの配置に關しては原則として二つの方法がある。総合ターミナルでは乗客及び手荷物は全部一つの建物で処理される。米国及び外國の殆んどの空港では一棟のターミナルビルディングの使用が多い。交通量が非常に多い所では（例えばニューヨーク國際空港）、各航空会社が専用のターミナルビルディングを所有している事がある。これがユニット（単一）ターミナル構想といわれているものである。この二つの構想はいろいろな割合で組み合わせる事が出来る。それで、ニューヨーク國際空港には外國航空会社全部の業務を組み合わせた総合ターミナルがあるがしかし國內航空や連邦政府所有である國營はそれぞれ専用のターミナルビルディングを持っている。サンフランシスコ國際空港では交通量の増加に対応するため7年後に二番目のターミナルビルディングを使用し始めそして将来に備えて三番目のターミナルビルディングを計画中である。しかしこれらのターミナルビルディングは事実上互いに接続しているので基本的には総合ターミナルビルディング構想の拡大と考えていいだろう。

一棟から成る総合ターミナルビルディングには多くの利点がある。この場合、乗客や手荷物を建物から建物へ移すという手間がなく合理的なまとまった運営をする事が出来る。従ってターミナルビルディングは交通量の増加に応じて将来容易に拡張する事が出来る様に設計する事が大切である。

ターミナルビルディング適當の階数。ターミナルビルディングの設計に當り乗客及び手荷物の取扱いの爲一階、二階あるいは三階型にするかどうかは主として交通量の如何によって決定される。圖V-1にこれらの設計の略図を示す。

交通量が少い場合には通常ワンレベルオペレーション（一階型運営）の方が他の場合よりもはるかに経済的である。乗客や手荷物の取扱いがエプロンと同じ高さで行われ、そして全体の配置が極めて簡単である。

ツウレベルオペレーション（二階型運営）が経済的に可能なのは交通量の多い空港だけであ

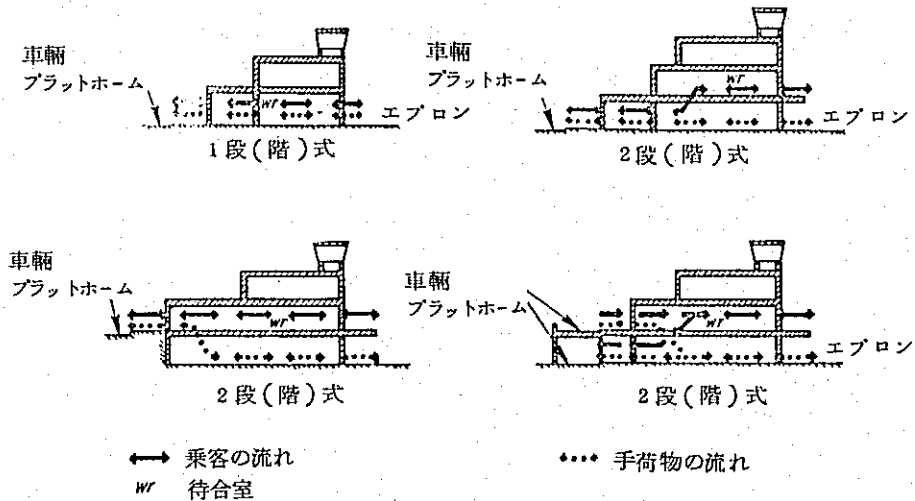


図 V - 1 1 段 (階) 式及び 2 段 (階) 式運営方法 (連邦航空庁の提供)

る。^{*} この運営方法によると到着客と出発客は別々に取扱われる。出発客は通常上の階で取扱われ到着客は下の階で取扱われる。飛行機迄のフィンガー (通路) も又エプロンより高い所にある。この方法で一番有利な点は乗客と手荷物の流れの混雑が相当減少できるという事である。不利な点は費用がかかり過ぎるという事である。

もし或る空港が国際線と国内線のほう大な乗客数を取扱わなければならない時には、スリーレベル オペレーション (三階型運営) も許されるであろう。一つの階は国際線乗客専用で使用し、一つは国内線乗客用、そして地階は手荷物及びサービス施設用に使用出来る。採択する計画の如何にかかわらず、元の設備にてできるだけ干渉せず縦・横に増設が出来るよう充分柔軟性のある設計の重要性はいくら強調しても過ぎることはない。

サテライト (衛星) 及びピア フィンガー。ターミナル ビルディング本館の主な機能は出発客及びその手荷物を処理する事と到着客に手荷物受取り施設を備える事である。乗客が飛行機に出入りするための施設として既にターミナル ビルディング本館の延長が必要である。この延長は普通ピア フィンガー (たびたびコンコースと呼ばれる) の形や又は時にはサテライト (衛星) の形を取る。サテライト (衛星) とはエプロン上に建てた小さな建物の事である。飛行機は衛星建物の回りに停留し、衛星建物はトンネルによってターミナル ビルディング本館に接続されている。ピア フィンガー及び衛星については後に本章の中で説明する。

* 年間の旅客数 100 万

乗客用ターミナルが具備しなければならない機能

ターミナルビルディングには下記業務の為のスペース(場所)を設けなければならない。

1. 航空会社の運営業務
2. 乗客用施設
3. 空港管理事務所
4. 連邦政府の航空業務機構
5. 連邦政府の航空業務以外の機構(郵政省、旅券及び税関業務)

航空会社の運営業務。航空会社は各種の業務を行なうためターミナルビルディング内に場所を必要とする。これを機能別に示せば次の通りとなる。

1. 乗客及び手荷物用カウンター(切符発行等)
2. 乗客用カウンター近くで事務所
3. 手荷物受取場所
4. 案内用カウンター
5. 通信施設
6. 郵便、至急便及び小型貨物の取扱い及び処理場所
7. 飛行機連航業務
 - a 重量及びバランス計算
 - b 飛行機に関する書類の編さん
 - c 各業務の調整機構
8. 機内配膳業務
9. 乗員休息施設

上記業務の内あるもの(特に第7項目及び第9項目)はターミナルビルディング本館内であることを必要とせず、飛行機への積込み位置に近いピアフィンガー内に置くことができる。

乗客用施設、一般乗客の便宜を図る為には相当のスペースを割当てなければならない。スペースを割当てなければならない業務は次のものである。

1. 乗客が搭乗を待つ間休息できるセントラルロビー(中央待合室)
2. 乗客用飲食施設
3. 幼児を連れた乗客用の子供部室
4. 化粧室(便所)
5. 理髪店、銀行、雑誌及び新聞販売店、レンタカー、航空保険会社等の構内売店
6. 公衆電話
7. 場内放送施設
8. 貸しロッカー
9. 救急室(医務室)

接続便に乗り遅れた乗客或は何等かの理由で遅くなった乗客の為安い料金の宿泊設備が益々必要

になってきている。宿泊設備はターミナルビルディング内にも見られるが、必ずしもその中になくても良い。しかしなるべく近くにおくべきである。

空港は見物人にとっては最も魅力のある所である。見物人の為に場所を設けなければならないけれども、見物人はできるだけ乗客及び見送り人と区別して取扱うべきである。

空港管理事務所。空港長及びその職員の事務所は絶対に必要である。職員の業務には経理、点検修繕、運航及び広報業務が含まれる。

官庁機構収容施設、ターミナルビルディング内にスペース（場所）を必要とする官庁の出先機関には次のようなものがある。

1. 連邦航空庁（外国に於いては同様の機関）
2. 気象庁
3. 通信施設
4. 郵政省
5. 税関
6. 旅券及び検疫担当官事務所

税関、旅券及び検疫担当官事務所を必要とするのは国際線を扱う空港だけである。連邦航空庁は航空管制及び特殊通信施設用にスペース（場所）を必要とする。気象庁は空港の利用者に対し気象及び高空の風の状況に関し資料を提供する。大規模な（大型）空港では管制塔は別棟になっている場合がある（ニューヨーク国際空港及びロスアンジェルス国際空港がそうである）。かかる場合連邦航空庁、通信施設、及び気象庁の機構は管制塔の階下に収容することができる。一方、税関、検疫、旅券管理及び郵便業務は乗客の塔乗位階に近い所でなくてはならない。

乗客取扱い上の考慮。ターミナルビルディングの設計に当っては乗客の流れを管理するため下記の一般的原則を適用しなければならない。

1. 大規模な空港に於いては、到着乗客と出発乗客とを分離しなければならない。
2. 乗客用通路はできるだけ短かくし、明確な表示をしておかなければならない。他の通路との交叉はできるだけ避けなければならない。
3. 案内売店の位置は乗客の流れに大きな支障とならないところでなければならない。
4. 出発乗客の建物到着地点から手荷物受付迄の距離はできるだけ短かくしなければならない。

図V-2は国内線及び国際線ターミナルの乗客と手荷物通路の略図である。両ターミナルの主な相違点は国際線では税関と旅券管理機構が必要であるということである。

手荷物取扱い施設。能率的な手荷物取扱いは乗客取扱いに於ける必須部門である。不十分な手荷物取扱い設備は乗客取扱いの遅延を生じ、乗客への迷惑となる。理想的な設備とは乗客が手荷物受領場所に来ると手荷物が既に届いていて乗客の到着を待っているというようなものである。これを行なうには飛行機からターミナルビルディング迄或いはその逆の方向に、急速でしかも簡単な方法で何回も荷物を持ち運ぶことを必要としないコンベヤーによる運搬に頼ることである。

大型空港の内、数ヶ所では精巧な機械による手荷物コンベヤー装置を備えている。* かくる

は飛行機まで延長されていないので荷物車或は他の装置に積換えなければならない。荷物車の代りに、よく利用されている特殊考案のポッド（予めコンテナに積み込んだもの）を飛行機迄運び、胴体内に直接積込む。各ポッド（コンテナ）には平均25ヶの手荷物が収容できる。途中飛行機があまり立寄らない経路ではポッドの使用により最終地点で手荷物を降ろす時間を節約することができる。図V-3はポッドが飛行機迄運搬されているところを示す。

米国では手荷物運搬装置の設置責任は各航空会社にあるが、ヨーロッパでは通常その設置責任は空港当局にある。

各種業務に必要なスペース（面積）。ターミナルビルディング内の各種業務に必要な実際のスペースは各ターミナルによって大きさを違いがある。必要とするスペースの算定をする場合には各航空会社と相談してそれぞれが必要とする面積を確認すべきである。スペースの決定に当っては通常ピーク時の乗客数をその算定基礎にする。連邦航空庁ではかつて飲食設備、男子と女子用の便所、電話、子供部屋、待合室、手荷物受領所、切符売場及び航空会社運航事務所（参考資料1）に関する必要面積の設定をしようとした。必要面積はピーク時の乗客数と関係があり、米国内の幾つかの空港の運営を観察して得たものである。この資料は時が経つにつれて更新されるので本テキストには表を掲示していない。図V-3手荷物用ポッドが飛行機まで運ばれるところを示す。（ユナイテッドエアラインの提供）。設計者はFAAの作製した資料が設計の参考としては役に立つが詳細設計とは使用できないことに気がつくであろう。その理由は地域によって大きな修正を必要とするからである。ピーク時の乗客数の算定方法は第5章で説明済みである。図V-4は参考資料1から抜粋したものであり、年間乗客数とピーク時の乗客数との関係を示すものである。

貨物取扱い上の考慮

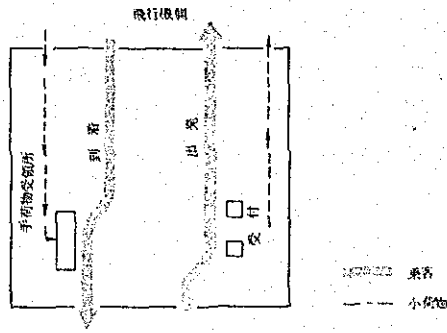
貨物の量が多い場合には、通常乗客用ターミナルビルディングで全部を処理することはできない。この場合、乗客用メインターミナルビルディングとは別棟の貨物の取扱いと処理及び倉庫として使用できる適当な建物が必要となる。その位置はそこに飛行機が横付けできるような所であればならない。航空貨物は航空輸送業務の中では比較的新しい部門であり、今後急速な発展が予想されるので、将来設備の拡張ができるより充分な余裕を見ることが望ましい。

貨物の配達を急速に行うためには、トラックが建物に近づけるよう充分な通路を絶対に必要とする。又、建物内に持ち込めない大型貨物を直接トラックに積込むため、飛行機が滞留されているエプロン迄の直通路を設けなければならない。

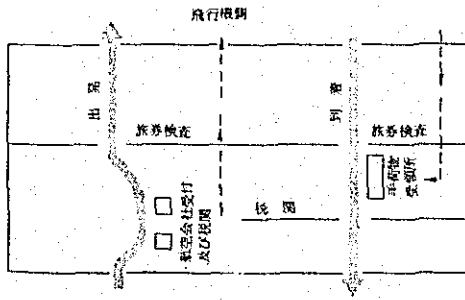
貨物用ビルは通常、幾つかの区画に分割されており、各航空会社で一区画を専用に借り切っている。貨物はトラックでそこへ運び込まれ、その中で処理され、それからフォークリフトで飛行機に積込まれる。

若し航空貨物の成長に関する現在の予測が実現化されるとすれば、大量の貨物の取扱いを遂行し

* サンフランシスコ、ロス、アンジェルス、ニューヨーク、フランクフルト

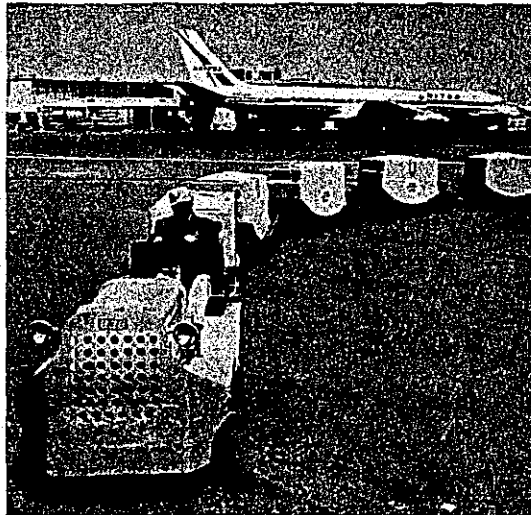


道路側
(a) 国内線ターミナルの流れ



道路側
(b) 国際線ターミナルの流れ

図V-2 乗客及び手荷物の通路図 (国際航空輸送協会の提供)



図V-3 手荷物用ボットが飛行機まで運ばれるところを示す
(ユナイテッド・エアラインの提供)

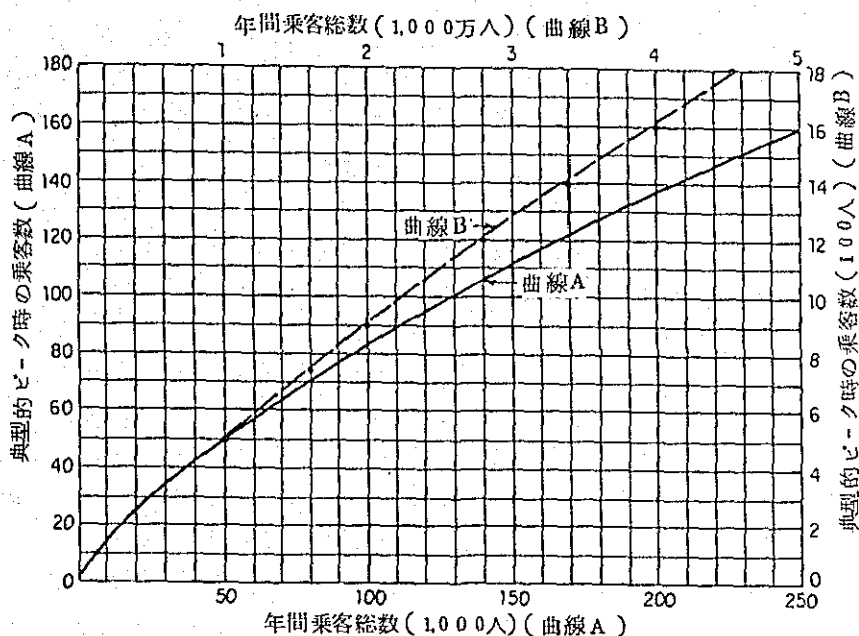


図 V-4 典型的ピーク時の乗客数と年間乗客数との関係 (連邦航空庁提供)

経費を最少限度に押えるためには、飛行機への貨物の積降ろしには思い切った新しい方法が必要となる。

駐車場

空港には(1)乗客用、(2)乗客の同伴者用、(3)空港見物人用、(4)空港従業員用、(5)レンタカー用の駐車場を設けなければならない。乗客用の駐車場は歩行区間を最少限度に押えるためターミナルビルディングの近くに設けなければならない。短時間用と長時間用の駐車場は区別し、短時間用の駐車場はできるだけターミナルビルディングに近く設置するのが望ましい。それにより駐車場利用者の大部分を悪天候から守ることができ、又歩行者の交通を一本にまとめることができる。従業員用とレンタカー用の駐車場は別々に設置しなければならない。レンタカー駐車場の面積はレンタカー権利業者と相談して決定しなければならない。レンタカー駐車場はできるだけターミナルビルディングに近いことが望ましい。

大型空港では駐車場の規模が大きくなり、歩行距離の増大が深刻な問題となっている。車からターミナルビルディング迄の歩行距離は1,000フィートを超えてはならず、できるだけそれ以下にとどめなければならない。殆ど大型空港ではボーイが客の車を駐車してくれるが、乗客の大部分は自分で駐車し、ターミナルビルディング迄歩いて行く。駐車場は野天であるから、歩行距離が

長くなることは望ましくない。大型空港では数階建のガレージ建設を考えているが、それができれば、乗客は風雨を避けることができ、歩行距離は短くなり、割当てられた場所に多くの車を駐車することができる。駐車設備が屋外、屋内であるに拘わらず、その規模決定に当っては分析検討が必要である。公共用駐車場は主として乗客、その友人と親類及び見物人が使用する。駐車場利用の種類によって駐車時間にそれぞれ違いがある。例えば、見物人が半日以上駐車することは滅多にない。

乗客に付添って空港まで来た友人や親類はおそらく2時間以内の比較的短時間しか駐車しない。それに対し、空港まで一人で運転して来た乗客は大抵丸一日から3週間位は駐車している。

設計上の参考資料として連邦航空庁は、“公共用駐車場の規模はピーク時の乗客一名に対し一台半から二台を基準とすべきである”と云っている(参考資料1)。ニューヨーク国際空港(参考資料3)或は参考資料4のシカゴで行ったようなより高度の分析検討を必要とする場合がある。全体に対する駐車場利用者各クラス(乗客、訪問者等)の比率、駐車時間、車一台当りの人数、一定時間内の駐車場利用台数を判断するため交通量調査が行われた。これらの資料は駐車台数についての駐車場の規模を判断する為に利用された。

駐車場一区画は原則として巾8フィート6インチ、長さ18フィートが望ましい。駐車形態の撰択は利用できる区画の形如何によって変わるが、直角駐車が望ましい。この配置にした場合、各駐車場一区画当り約300平方フィートが必要である。図V-5は典型的な駐車場の面積を示す。次の十年間に空の旅行者の大きな増加という予想並びに大部分の乗客が自家用車で空港に来ることが予想されるという事実に鑑み、駐車場面積の正確な検討が強調されるゆえんである。

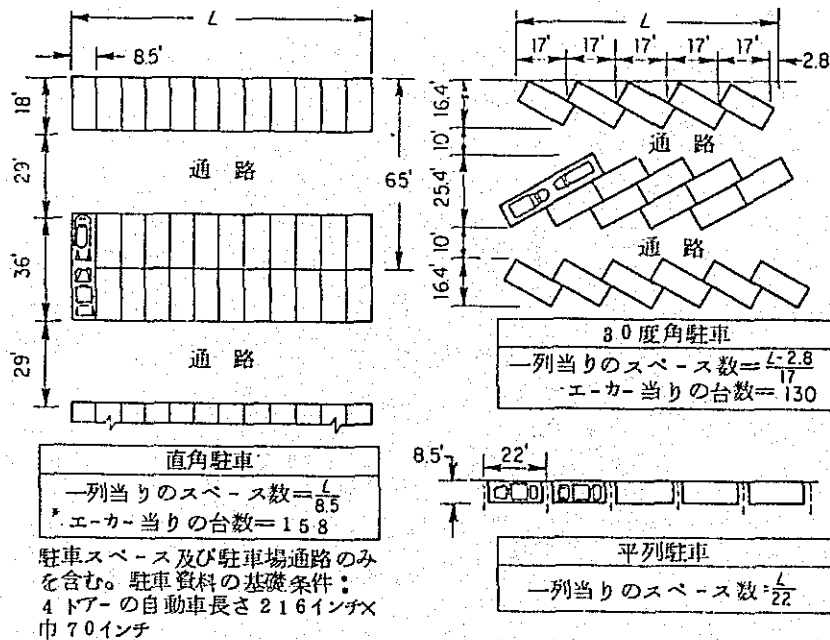


図 V-5 乗用車駐車場面積(連邦航空庁提供)

車輻交通

ターミナル地区では車輻交通の入念な計画が最も大切である。これを怠ると交通の混雑と遅延は避けられなくなる。空港の車輻交通の構成は主として乗客、訪問者と見物人及びサービス関係（従業員等）の三つに分類することができる。能率的な交通の流通制度を樹立するには各分類毎にそれぞれの必要性を認識することが大切である。大規模な空港では事故と混雑を最少限度に押えるためトラックとサービス用車両には別箇のサービス車道を設けるべきである。過度の混雑を起すことなく乗客の乗降ができるよう、タクシーと空港用バスの発着場はターミナルビルディングの入口の近くに十分なスペースを設けるべきである。レンタカーの交通はレンタカー駐車場が発点であるが、しかし運転する人は他の乗客を乗せる為ターミナルビルディングに戻ってくる場合がある。従って駐車場迄の良い道路を設ける必要がある。逆の場合にも同様である。

公共用駐車場は通常、ターミナルビルディングの真近かで建物の正面か横に設けられるか或はその両方に設けられる。これら駐車場の入口にはその前を直進する他の車輛の混雑を防止する為、車が待機できる十分なスペースを設けるべきである。

空港の車輻交通は通常一方通行で左廻りにすべきである。然し、車道は追越しに十分な巾にすべきである。道路標識、特に公共用駐車場への方向標識は数も大きさも充分で判り易いものでなければならない。

歩道は直線で、明確に標識を付し、充分な照明を備えなければならない。公共用駐車場からターミナルビルディング入口迄の屋根付き歩道を考慮すべきである。特に歩行距離が長い場合にはそうである。各種規模の空港に対する交通の流れの略図は参考資料1に記載してある。

エプロンの面積

乗客塔乗用エプロン（庶々ランプと呼ばれる）の規模を決定する基本的要素は三つある。それは(1)各種飛行機のそれぞれが必要とする積載（塔乗）エリアの大きさ（庶々ゲートポジションと呼ばれる）、(2)必要とするゲートポジションの数及び(3)飛行機の滞留形態である。

積載（塔乗）エリアの規模。特定の飛行機が必要とする面積は主として飛行機の大きさとこのスペースに出入りする方法、即ちゲートポジションに自力で入り自力で出るか又は自力で入るが出る時はトラクターに押しってもらうかによって決定される。多数の旅客機の巡回半径をテーブル1-1に示す。ゲートポジションの規模に影響を与える他の要素には次のようなものがある。

1. 他の飛行機及び建物の近くで飛行機を動かすのに必要なクリアランス（間隔）。
2. ガイドライン（誘導線）の範囲とパイロットを誘導する地上員の人数。
3. 飛行機給油等サービス地点の位置。
4. 建物に対する飛行機の滞留角度。

このように関連要素が多いため、ゲートポジションの計画初期に於いて各航空会社と相談してそれぞれが計画する飛行機のゲートポジション出入り方法を決定することが望ましい。これはゲートポジションの規模決定のなめとなる要素である。

ゲート ポジションへの出入りには通常、飛行機の180度転換を必要とする。これは各空港毎に別々に検討されなければならないが、国際航空輸送協会（参考資料2）に於いてターミナルビルディング或はビアーフィンガーから機首の約65°の角度滞留を原則とした総括的手引書が発行されている。その中で提案されている各ゲートポジションのセンター間の距離は、飛行機が自力でその位置に出入りするものと仮定すると次のようになる。

| | |
|-------------------|-------------|
| バイカウント | 150～160フィート |
| カラベル | 180～190フィート |
| ボーイング 707-320/420 | 220～250フィート |

連邦航空庁（参考資料7）の作製したチャート（表）は飛行機がゲートポジションに出入りする際の二機間の距離D（建物の線に対して角度Aで滞留する飛行機のそれぞれの回転中心点の距離）とクリアランスCを示すものである。表に示されている寸法を略図で表わしたものが図V-6である。この略図は飛行機が滞留位置迄滑走し、滞留姿勢をとるため回転を終えた後、滞留位置から離れる時は回転する前に短距離だけ（5から10フィート）前方に滑走（自力で）するとの仮定に立っている。

5.2.5°の角度Aで滞留し、飛行機と建物間の所要最低クリアランスが25フィートのGであるボーイング707-320に就いて表から次のような寸法を得ることができる。

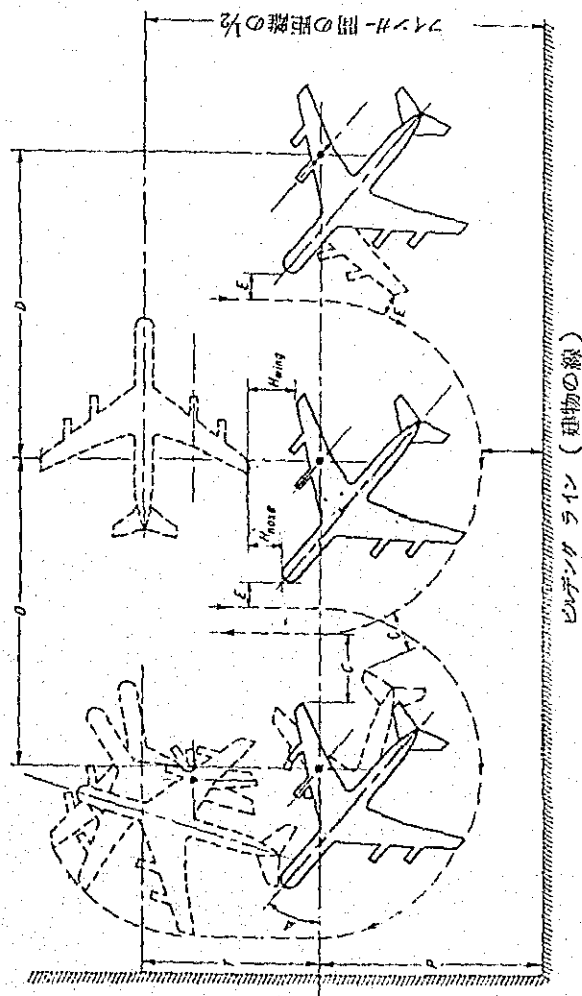
| |
|-----------|
| C=36フィート |
| D=200フィート |
| E=15フィート |
| F=12フィート |
| H=39フィート |
| P=143フィート |
| T=150フィート |

これらの表は設計目的には有益であるが、飛行機のゲートポジションに出入りする方法は航空会社によって大きな違いがあるということを忘れてはならず、又各航空会社は空港設計者と打合せをしなければならない。

ゲートポジションの規模を決定する実際的方法としては予定されている飛行機のプラスチックモデルを作る方法がある。そのモデルに前車輪、主車輪及び回転中心点を付ける。モデルによってアウトターウイングチップ（主翼外側先端）、主車輪及び前車輪のパス（進路）がたやすく想定できる。図V-7はモデルの使用法を示す。

飛行機が自力で行動する場合には、飛行機と建物、障害物或は他の飛行機との間に最低25フィートのクリアランスがなければならない。

過去の経験からみて、舗装の上にガイドライン（誘導線）を引いた場合、エプロン配置の適正



- A = 旋回角度
- C = 発進機と緊留機間のクリアランス
- D = 緊留機の回転中心点間のスペース
- E = 緊留機と緊留機間のクリアランス
- F = 到着機が前方に滑走した後回転する際の後退翼機とそれと同型機間のクリアランス
- G = 到着し、回転をする飛行機と建物間のクリアランス
- H = 誘導路上の飛行機と緊留中の飛行機間のクリアランス
- P = 建物と緊留位置間の距離
- T = 緊留位置と滑走中の飛行機の中心線間距離

図V-6 パーキング エフロンに於ける飛行機のクリアランス (連邦航空庁提供)

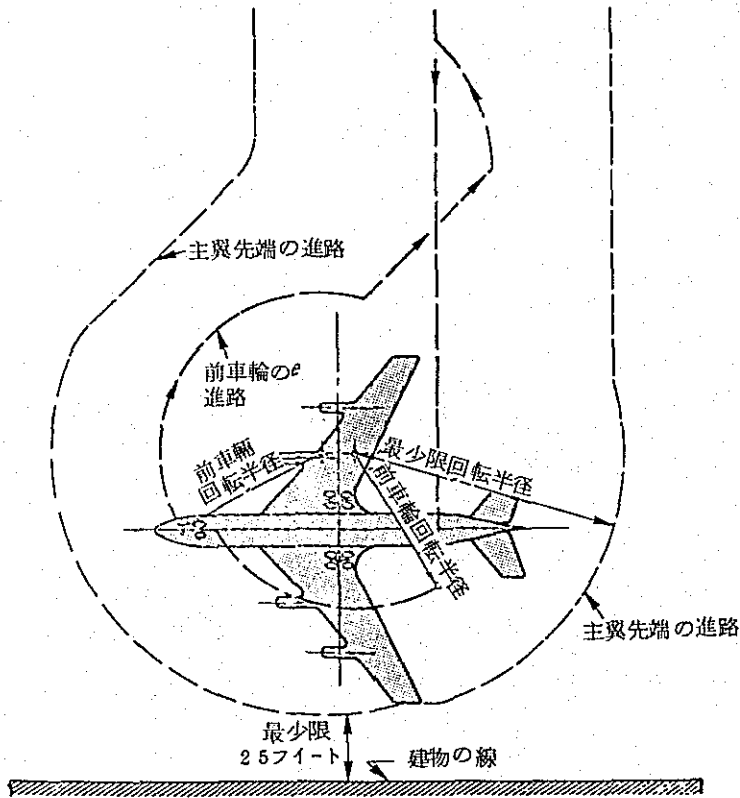


図 V-7 典型的ゲートポジション

化実現し、又ゲートポジションの規模を縮小することができる。本課題については後に本章で更に説明する。

大型ジェット機を発進させるためのパワー（及び対応する騒音）を減らすためには、飛行機が回転する前に前車輪を直進させることが望ましい。必要とする直進距離は図 V-7 に示す如く 10 フィートから 15 フィートである。

全般的な設計目的に利用するために、各ゲートポジションは飛行機の回転半径の 2 倍よりや、大きい直径を持つ円で表示することができる。但し、設計者が注意しなければならないのは、円は必ずしも先に提案された最低 25 フィートの距離で分離しなくても良いということである。円は時々重なり合っても良いのである。それぞれの円の位置は全面的に緊留形態（平行型、内向き型、外向き型）と飛行機が牽引されるかどうかによって決まる。

ユナイテッド エアラインがサンフランシスコ国際空港で実施している典型的緊留レイアウトを図 V-8 及び V-9 a に示す。

関連要素が数多くあるという点にかんがみ、これら諸問題を討議するため、ゲートポジション

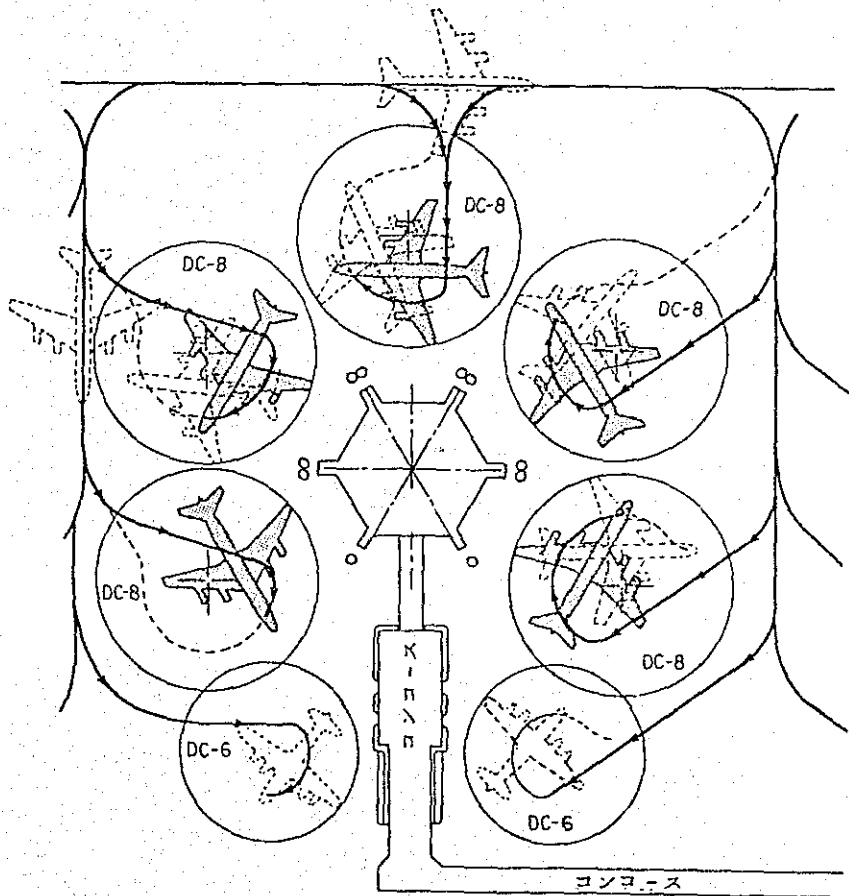


図 V - 8 ピア-フィンガー 周囲の飛行機繋留位置

の設計初期に航空会社と打合わせることが望ましい。

ゲート ポジションの数。ゲート ポジションの数は主に(1)ピーク時における運航回数及び(2)各飛行機のゲート ポジション滞在時間によって決まる。後者は主として運航の種類によって決まる。通常、大型機は小型機よりもサービスに時間がかかる。ランプに滞在する時間は数分から一時間以上という風にそれぞれ異っている。ターミナル型空港では通過型空港よりもランプに滞在する時間が長くなっている(例、サンフランシスコ及びニューヨークはターミナル型に、シカゴ及びピッツバーグは通過型に分類できる)。

或る空港ではゲート ポジションは空港当局の管理下にあり、他の空港ではゲート ポジション及びそれに対応するピア-フィンガーを各航空会社に貸して、航空会社はその運営を全面的に管

理している。設計上は大型機のランプ滞在時間は60分以上を見ておかなければならない。サービスを必要としない通過小型機については、ランプ滞在時間は10分の短かさで良い。以上により、ランプ滞在時間の正確な推定をするためには、運航形態及びサービスを必要とする飛行機の大きさを知らなければならぬということがわかる。

空港設備の均衡を図るためには、ゲートポジションの数が滑走路の能力を超えてはならない。例えば、滑走路の能力が一時間当り60機とし、各機がエプロンに平均30分滞在する場合、必要とするゲートポジションの数は15となる。若し、エプロンの平均滞在時間を60分とすれば、必要とするゲートポジションの数は30となる。その関係は次の通りである。

$$\text{ゲートポジションの数} = \frac{\text{時間当り滑走路の能力}}{60} \times \frac{\text{平均ゲート滞在時間}}{30} \times 2$$

公式の係数2は、ゲートポジションに滞在する各機が二つの動作（離陸と着陸をするもとの仮定したことを示す。ターミナル型空港では必ずしもそうでない場合がある。それは度々サービスハンガー（格納庫）から直接ゲートポジションに飛行機を持ってくることがあるからである。

飛行機パーキング（緊留）形態。緊留形態という用語は飛行機が緊留姿勢を取った時、隣接建物に対する飛行機の縦軸の角度に関するものである。

飛行機のパーキング（緊留）はゲートポジションの出入に際して熱、煙及びプラストによる障害を最少限度にとどめるような方法で行うべきである。この点に関しては当然ジェット機の方がプロペラ機よりも条件が悪いので、本テキストは主としてジェット機を対象にしている。

飛行機はゲートポジションに出入りする場合次の方法によることができる。(1)自力で行う；(2)補助動力装置の力によってけん引される；(3)前記二つの組合せによる。航空会社の大部分はスペースが許す限り、飛行機が自力でゲートポジションに出入りする方を好む。空港によっては飛行機が自力でゲートポジションに入り、そこから出る場合には数百フィートけん引されてから自力でタクシー（滑走）に移っている。* 飛行機のけん引には簡単なトラクターから飛行機の主車輪に取付けられる特殊補助動力装置に至る各種装置が考案されている。しかし、今迄広く利用されているのはトラクターとけん引棒だけである。飛行機の主車輪を乗せて走る移動トラック等の他の装置も試用されたが、かゝる装置に対しては航空会社があまり乗り気でなかった。

ジェット旅客機の出現以来、乗客の飛行機への出入り方法は大きく変化している。プロペラ機では、乗客の搭乗は普通の階段を使って行われていた。階段はジェット機にも使われるが、しかし乗客を完全に風雨から守るため航空会社は念入りな装置を設備している。この装置は普通、図V-9aに示すように建物から飛行機のドア-迄延びるスイング・ギャング・ブランク（首振り型渡し板）

* これはアメリカン エアラインズ及びデルタ エアラインで採用されている方法である。これによると図V-9aの方法よりもスペースが少なくて済む。

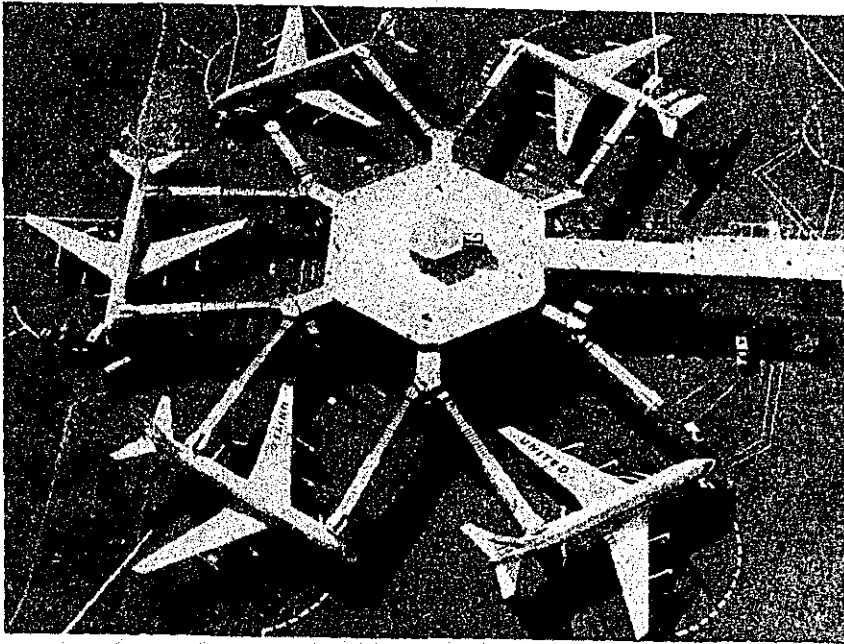


図 V - 9 a サンフランシスコ国際空港におけるユナイテッドエアラインズの飛行機並列形態の写真(ユナイテッド エアラインズ 提供)

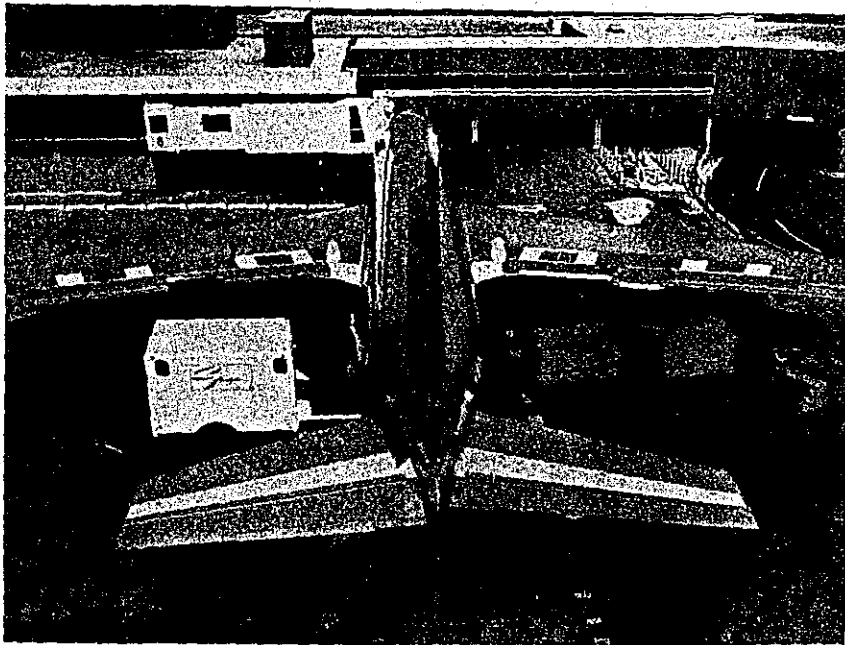


図 V - 9 b ニューヨーク国際空港におけるアメリカンエアラインズの機首積載ブリッジ(アメリカン エアラインズ 提供)

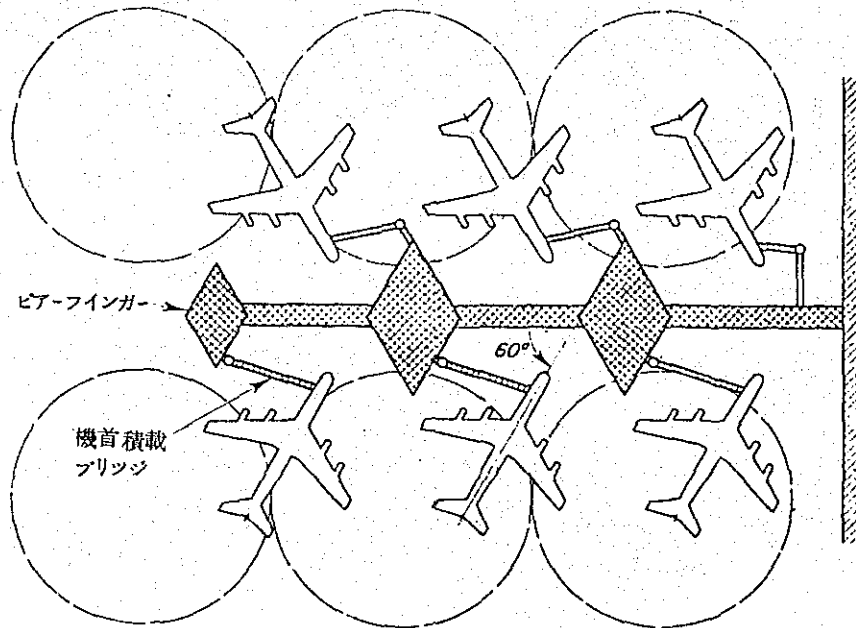


図 V-9 c 機首積載方法の略図 (ニューヨーク空港当局の提供)
 飛行機は自力でゲートポジションに入る。
 出発の時はけん引棒とトラクターで数百フィート押出される。

の形をとるか或は長さが短い機首積載ブリッジ (図 V-9 b 及び c) の形をとっている。

若し乗客を風雨から守る装置がなく、且つ飛行機が自力でゲートポジションに出入りしなければならぬ場合には、下記の滞留形態を考慮すべきである。

1. ノーズ イン (内向き型)
2. アングルド ノーズイン (斜め内向き型)
3. ノーズ アウト (外向き型)
4. アングルド ノーズ アウト (斜め外向き型)

以上の形態は図 V-10 に示されている。内向き型及び斜め内向き型の利点は次のようなものである。

1. 回転を必要としないので入ってくるときの騒音度が低い。
2. 入ってくるときブラストが建物に向けられていない。
3. 飛行機の前部ドアが建物に近くなる。

不利な点としては次のようなものがある。

1. 出発のとき飛行機は満載になっているので、回転の際大きな力を必要とする。その結果、建物及び付近の飛行機に強いブラストが当たる。
2. 飛行機が満載している場合、高周波タービン吸入音及びテールパイプ爆音が建物に向って

くる。

3. 飛行機の後部ドアが建物から遠くなる。

外向き型及び斜め外向き型の利点は次のようなものである。

1. 飛行機の推力とそれに伴う機体の軽量化により、比較的低いエンジン力で回転することができ、騒音とブラストを減らすことができる。
2. 高周波騒音音が建物をよける。
3. 後部乗客用ドアがターミナルビルディングに近くなる。
4. 他の二型態よりエプロン全体の面積が少なく済む場合が多い。

主な不利点はブレイクアウエー（発進）の際、ブラストが建物にまともに当たるといことである。

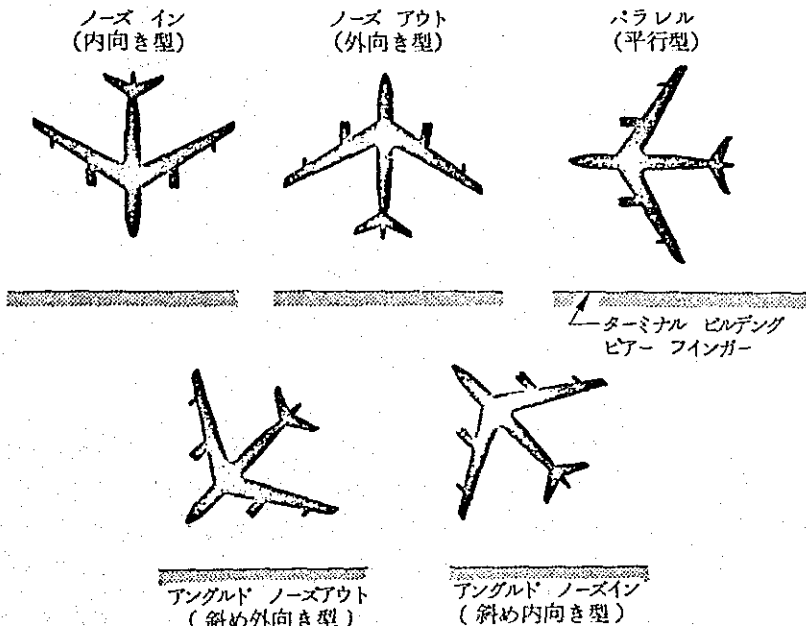


図 V - 10 飛行機繋留形態 (国際航空輸送協会の提供)

乗客の流れにとって最良の繋留形態はパラレル (平行) 型である。それは飛行機の前部と後部ドアが建物から同一距離になるからである。残念なことには、この繋留形態の場合、他の型態よりスペースが余分に要る。又ブラスト及び高周波音共付近のゲートポジションに向けられることになる。

これで何れの繋留形態も理想的でないことが明らかである。国際航空輸送協会 (参考資料 2) の調査によると航空会社は斜め外向き繋留形態を好むようである。

飛行機パーキング システム (繫留方法)

飛行機は各種の方法でターミナル ビルディングの近くに集結される。この集結する方法をパーキング システム (繫留方法) と称し、下記のように分類することができる。

1. フロントナル システム
2. オープン エプロン システム
3. フィンガー システム
4. サテライト システム (衛星型)

フロントナル システム、この方法は図 V-11 a に示すようにターミナル ビルディングの真正面の一線上に飛行機を繫留する方法である。この方法は非常に簡単で経済的ではあるが、サービスを必要とする飛行機の数が少ない空港のみに利用が限定される。

オープン エプロン システム。機数の増加に伴い、全部をターミナル ビルディング正面に一列に並べることは不可能となる。従って図 V-11 c に示すようにグループ毎に繫留しなければならない。オープン エプロン システムでは飛行機とターミナル ビルディング間の距離が長い場合、車のようなもので乗客を運ぶ必要がある。それができない場合、乗客は悪天候、騒音、煙霧、ブラスト等に直接さらされることになる。米国に於けるオープン エプロン型採用の良き例としては、ワシントン特別地区のダレス国際空港がある。こゝでは乗客はターミナル ビルディングから飛行機迄“動く居間”と呼ばれている特別考案のバス (参考資料 6) で運ばれる。ロンドン及びフランクフルトでも飛行機迄の乗客の往復はバスで行なわれている。

フィンガー型。フロント型を最も一般的方法で拡張したのがフィンガー型である。フィンガーはターミナル ビルディングからエプロン地区に突出した部分である。フィンガーは柵だけのオープン (開放型) 通路にしても良いし、又屋根と囲い付きの一階或は二階建の完全遮閉構造でも良い。図 9-11 b に示すようにその型は直線、Y型、或は T型の何れでも良い。フィンガー型の主な利点は次のようなものである。

1. 遮閉型にした場合、ターミナル ビルディングから飛行機迄の歩行時間の殆んどを乗客は悪天候、騒音、煙霧、及びブラストから完全に守られる。
2. 急速に延長することができる。
3. 飛行機のドア迄のスイング ギャング ブランク或は短い機首積載ブリッジの取付けができる。
4. オープン エプロン型の場合よりもターミナル ビルディング近くに多数の飛行機を繫留することができる。

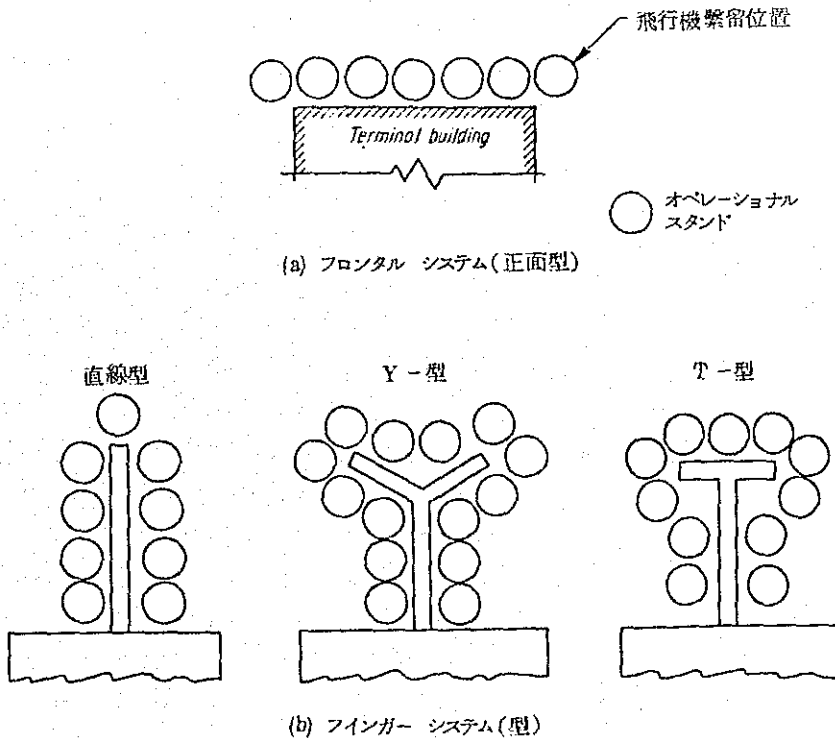
大規模な空港では、フィンガーは通常二階建構造である。二階は乗客用で完全に囲われており、一階は航空会社の業務用及び手荷物と至急郵便物の取扱いに使用される。車輻が横断できるように通

常、一階に通路が設けてある。

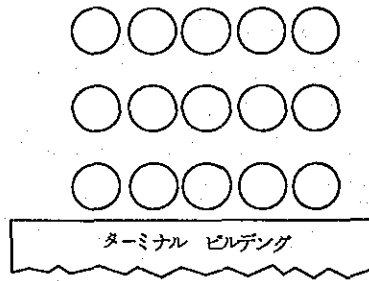
サテライト システム（衛星型）。サテライト（衛星）とはエプロン上に設けた小さい建物で、トンネル或はピアーによってメイン ターミナル ビルディングに接続されているものをいう。飛行機は各衛星の回りに係留される。図V-11dはピアーにより接続されている衛星の一例を示す。この衛星型はロス アンジェルス国際空港で利用されている。

衛星型ではその回り全部に飛行機が係留できるようにトンネルでターミナル ビルディングに接続されていなければその利点は生かされない。ターミナル ビルディングと衛星が地上通路で接続される場合には、その配置はフィンガー型と変らなくなる。衛星が地下トンネルで結ばれていれば、飛行機はフィンガー型の場合のように何回も回転することなく、それぞれのゲート ポジションに自由に出入りすることができる。衛星型の主な不利点は、第一にトンネルの建設費が高いこと、第二に乗客がターミナルの出口から飛行機のドアへ迄歩く間に数回登り降りが必要とするということである。

各係留形態の比較。運航数の増加と飛行機の大型化に伴って、大型空港の大部分はフロント型では間に合わず、ピアー フィンガーを設けるようになった。然し、運航数（交通量）は依然として

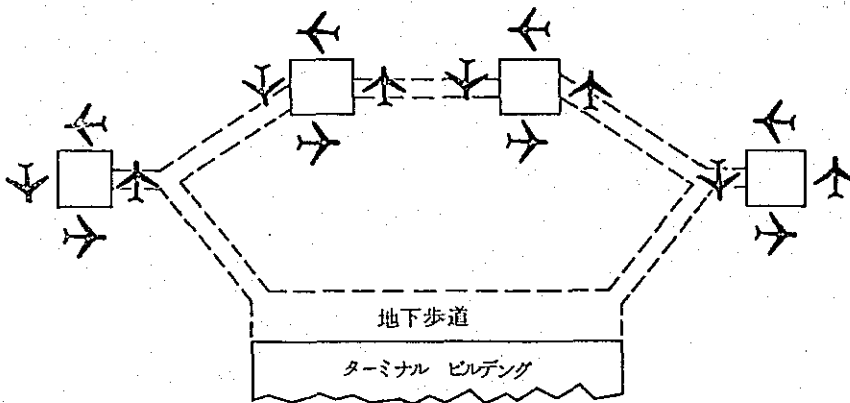


図V-11 係留方法配置の種類



○ オペレーショナル
スタンド

(c) オープン エプロン システム(型)



(d) サテライト システム(衛星型)

図 V - 11. の 続 き

増加していたので、既存のフィンガーの延長を続けるか或は新しく建設する必要があり、かくして歩行距離は延びる一方であった。これがダレス国際空港設計者の直面したジレンマであり、それによってオープン エプロン システムの採用とバスによる乗客の運搬に踏切ったのである。設計者の言によると、この方法の採用により歩行距離は縮まり、乗客を悪天候から完全に守ることができるといふ。乗客をターミナル ビルディングから飛行機迄バスで運ぶという構想は別に新しいものではない。この方法はロンドン及びフランクフルトで暫らくの間利用されて来たが、バス及び乗客の積み降りし方法はダレス国際空港に於けるもの程念の入ったものではなかった。基本的な問題は(解決法は経験以外には得られない)、車輻交通の増加がエプロンで邪魔になるかどうかということである。数年の間、エプロン設計に関しては飛行機及び航空会社従業員との衝突の危険を防止するため、出来るだけ車輻交通を排除することを目標としていた。歩行距離の短縮問題はバスの構想によって解決されるが、しかしそれによってエプロン上の問題が起きることになる。

飛行機に乗降する客の取扱い

乗客はターミナルビルディング或はフィンガー又は衛星から次の方法で飛行機に乗る。

(1) エプロン上を歩いて行く。(2) 車で行く。(3) 遮閉されたスイングギヤングブランク或は機首積載ブリッジを利用する。

フロント型では普通第一の方法を利用する。オープンエプロン型では特に多数の飛行機が駐留されている場合、第二の方法を利用する必要がある。フィンガー型或はフロント型では、飛行機は比較的フィンガー或はターミナルビルディングに近く駐留しているので乗客は航空会社係員の付添いなしに歩いて塔乗できるし、或は飛行機のドアとフィンガーを結ぶ遮閉型スイングギヤングブランクを利用することもできる。車或はスイングギヤングブランクの利用は乗客を騒音及びブラストばかりでなく悪天候からも完全に守ることができるが、歩いて塔乗する場合よりも余計費用がかかる。

エプロン上の必要なサービス

飛行機は各自のゲートポジションでサービス(給油等)を受ける必要がある。従って、エプロン上に固定した施設を設ける必要が起きてくる。エプロン上の混雑は常に問題となっている。そこで大型空港では移動サービス装置を固定施設に変えて行く傾向が目立っている。

飛行機の給油(作業)、エプロン上の飛行機の給油方法には(1)ガソリントラック、(2)給油ピット、(3)ハイドラントシステムの三つがある。

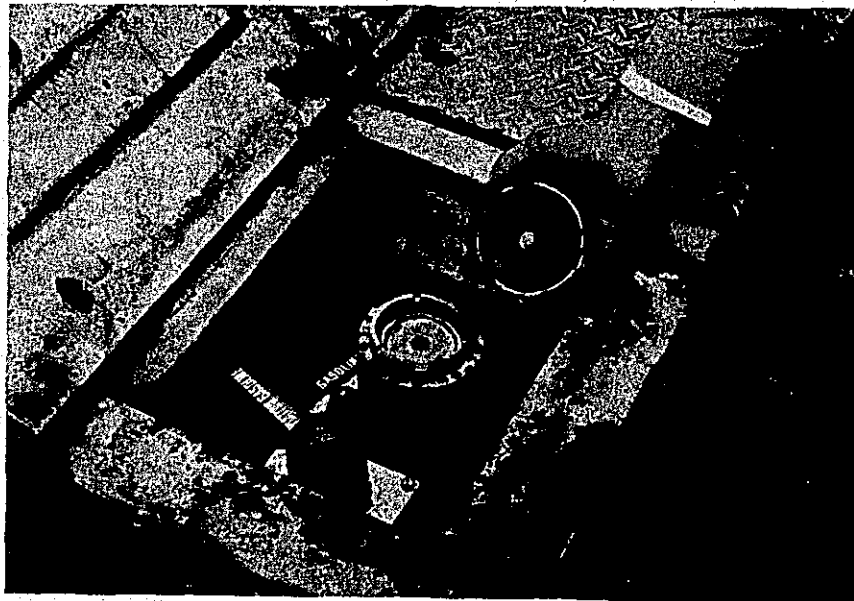
小型空港(時には大型空港でも)ではガソリントラックの利用が盛んであるが、大量の燃料を必要とする空港ではハイドラント方式に寄りつゝある。

ガソリントラックの最大の利点はその機動性にある。飛行機はエプロン上何処でも給油が受けられる。トラックの数は必要に応じて増加することも減少することもできるし、又この装置は空港当局及び航空会社に関する限り比較的経済的である。然し、ガソリントラックの利用には不利な点もある。大型ジェット旅客機は莫大な燃料を必要とする(ボーイング707-120及びDC-8型国内線機は約18000USガロン、国際線大型機は約24000USガロンを必要とする。)ガソリントラックは各主翼に一台ずつ、計二台が通常必要である。大型ジェット機では、二台以上の燃料を必要とする場合時々あと一台を待機させておく必要が起る。このことはピーク時に於いてエプロン上に多数の車がひしめき、作業員、他の車輛及び飛行機に衝突する危険性が生ずるといふことである。又各トラックは多量の燃料を積載しているので、他の多くの作業が行われているエプロン上を走り回る際火災の危険性を生ずることになる。トラックはかさばり、動きがにぶいのでオペレーション地区の貴重なスペースを占領してしまう。トラックは空になつた場合燃料補給の爲、燃料貯蔵所迄戻らなければならぬ。

それで他のトラックに燃料を補給している間は予備のトラックを使用しなければならない。遊型トラックは長さが約40フィートもあり、重量は84000ポンドもある。大型トラックの積載容

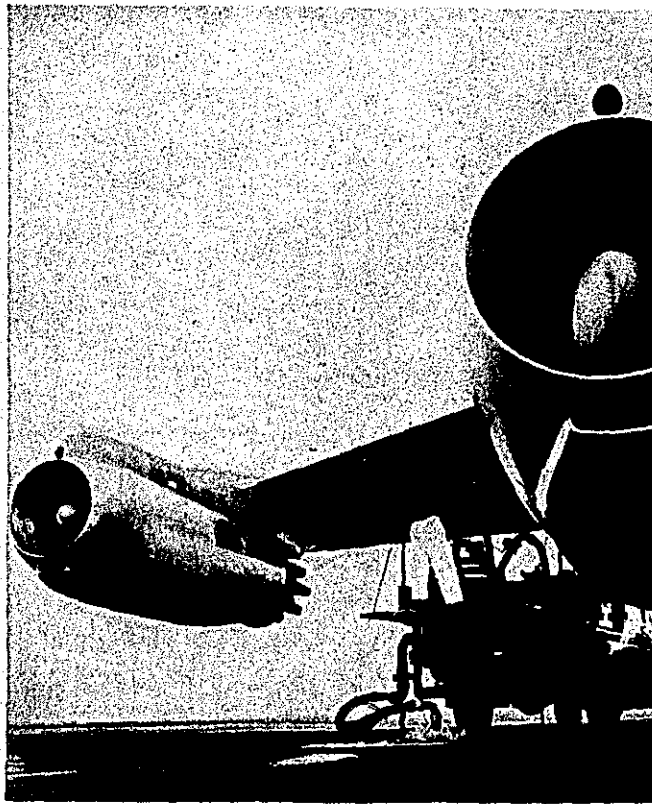
積は約8000ガロンである。大型ガソリントラックの軸荷重は公道を走る規定限度を超えているので空港設計者はこの車輛に耐えられるような十分な舗装を考えなければならない。

燃料補給のもう一つの方法は着陸地区に近い所にある中央燃料貯蔵所からエプロン上のゲートポジションにあるピット迄パイプラインを敷くことである。各ピットにはメーター、エアセパレーター、ホースリール(巻き)及びフィルター(ろ過器)がついている。燃料は貯蔵タンクにあるポンプでピット迄送られる。ピットの位置は飛行機の主翼にある燃料注入口に比較的近い所でなければならない。飛行機がエプロン上に繋留されると、ピットのカバー(通常鉄蓋)を開き、ホースリールを出し、燃料補給が開始される。燃料ピットの利点は、常時連続した燃料補給ができること、地下だから安全であること、エプロン上からトラックを無くすることができるということである。不利な点は、各ピット毎に別々のメーター、フィルター、ホースリール等が必要となり、器具が重複するという点である。又、将来に於ける空港の機能に変化がある場合、設備に大きな変更を要することも考えられる。ピットの構造はコンクリートか鉄製であることを要するので、湿気の侵入により補修費が高くつく。ピットを使用した場合には危険な油の蒸気の蓄積を防止するため適切な換気をしなければならない。燃料の流量が低くて済む場合(DC-8又はF-27等)にはピットで十分と考えられるが、大型プロペラ機及びターボジェット機による高い流量が必要な場合には、器具(ホースの太さ、フィルター、メーター等の大きさ)は、はるかに大きくなる。従つて極めて頑丈な金属製カバーのついたより大きいピットが必要となる。この為、大型機の燃料補給にはピットは通常使用されていない。



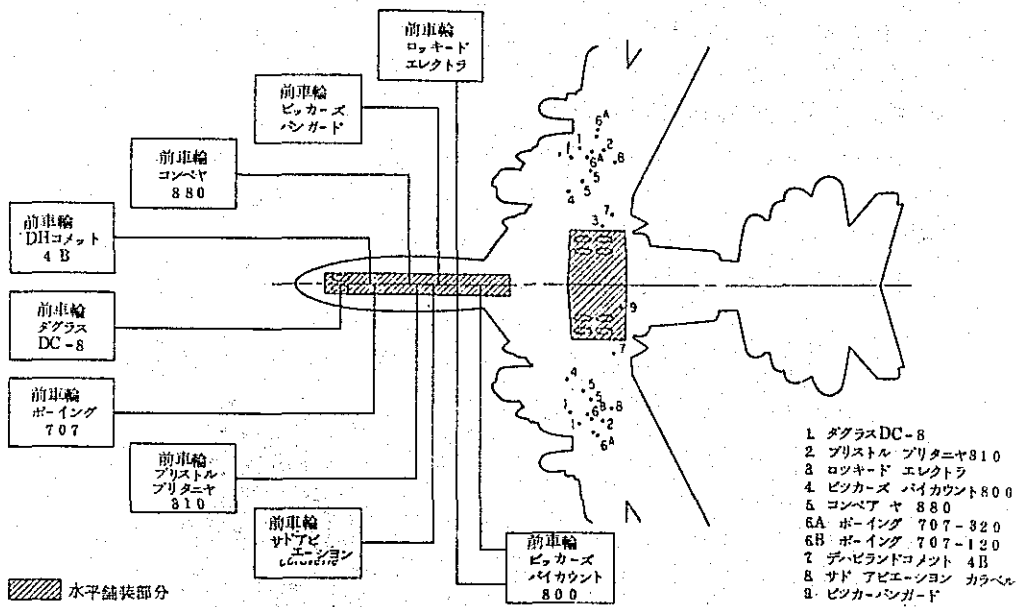
図V-12 ハイドラントバルブの一例(カリフォルニアスタンダードオイル会社提供)

ハイドラント システムはピットと同じ役目を果たすが、装置に關していけばピットより簡単である。その為この方がはるかに利用度が多い。實質的にはハイドラント システムは燃料ピットと同じ部分から成つているが、違うところはピットの代りに特殊バルブ（栓）が箱内に取付けてあり、舗装面と同じ高さに埋めてあるということである。（図V-12参照）。ホース リール、メーター、フィルター及びエア-排除器は自走型或はけん引型ハイドラント デスベンサー（補給器）に内蔵されている。ホースの一端には特別に考案されたバルブが付いており、それが舗装面下に設置されているバルブ（栓）に結合されるようになつている。このホースを通じて燃料はメーター、フィルター及びエア-排除器に入り、そこからもう一本のホース（通常リールに巻いてある）が飛行機の燃料補給口迄延びている。図V-18はデスベンサーの一例を示す。

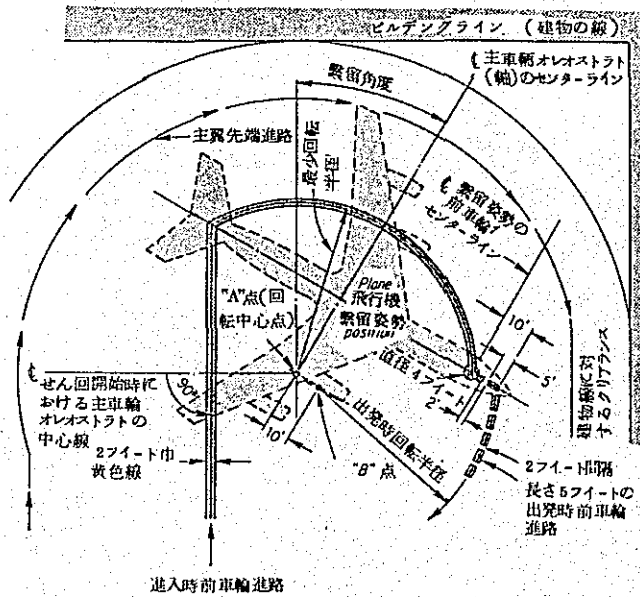


図V-18 燃料デスベンサー（補給器）の一例
（カリフォルニアのスタンダード オイル会社提供）

ハイドラント システムの主な利点はピット システムの利点と同じものである。それ以上の利点としては、各ピット毎に必要なホース リール、メーター及びフィルター-の重複の必要がなくなり、ピット補修の必要がなくなり、飛行機の緊留位置決定に際していくらか柔軟性があるということである。主な不利点はエプロン上から車輛を完全に除去できないということである。然し、



図V-14 主翼下給油孔の位置例(国際航空輸送協会提供)



図V-15 ゲートポジションに於ける代表的塗装誘導線

ハイドラント デスペンサーはその車体が小さいところから、衝突した場合の損害を最少限にとどめることができる。

多くの空港に於いて必要とする燃料の量はほゞ大なるものであるので、利用される給油方法の如何にか、わらず、着陸地区付近に中央燃料貯蔵地区を設ける必要がある。ピット或はハイドラント方式を取る場合には、貯蔵地区からエブロン迄パイプを敷く方法を考えなければならない。各ゲート・ポジションに於けるハイドラント バルブの位置はポジション内に入る飛行機主翼の給油口の位置によって決定する。ハイドラント デスペンサー或はピットから主翼の給油口迄のホースの長さは20フィートから30フィートを越えないことが望ましい。一つのゲート・ポジションで各機種のサービス(給油)をしなければならぬ時は、ハイドラント バルブの正確な位置は航空会社と相談して決定すべきである。各ゲート・ポジションに必要なハイドラントの数は機種によって変るばかりでなく、必要とする燃料の等級の数によっても変る。燃料の各等級毎に別々のハイドラントを必要とするからである。図V-14はジェット旅客機の主翼下給油箇所的位置を示す。

多くの空港ではハイドラントの設置は特定の航空会社と給油契約をしている石油会社が行う。同じ空港内でハイドラント システムとガソリン トラックを同時に使用している例も珍らしくない。大型空港では明らかにハイドラント システムへの傾向を示している。

大部分のプロペラ機では主翼の上から給油するが、ジェット機では主翼下の圧力給油がより一般的である。各機種の燃料タンク容積、主翼の給油口の数及び最大(許容)流量を表V-1に示す。

電力、エンジン始動前に飛行機のサービスをする為にはエブロン上に電力が必要である。エンジン始動には又外部からの電力が度々必要となる。必要な電力量は機種によって大きな違いがある。従ってこの問題に関しては航空会社と打合わせる必要がある(参考資料2)。電力は移動機器或は舗装下にある固定設備によって供給することができる。後者の方が車輛を必要とせず、又発電機から出る騒音を或る程度減らすことができるので好ましい。固定設備の場合最も望ましい方法はエブロンの下にコンジットを埋設し、その末端をハイドラント バルブから離れた地点で、しかも飛行機に便利な所に持って行くことである。

飛行機グラウンディング(アース)設備、緊留中の飛行機及びガソリン トラックを静電気放電から守るため(特に給油中)エブロンにグラウンディング(アース)設備が必要である。アース設備の位置は主としてハイドラント バルブの位置によって左右される。給油率の高い所ではグラウンディング設備は絶対に設備しなければならない。

エブロンの照明及び標識

エブロンには充分な照明と標識が絶対に必要である。各ゲート・ポジションには出来る限りフラ

表 V-1 給油要件の例 a

| 機 種 | 燃料タンク 容 積 USガロン | 主 翼 下 給 油 箇 所 | 最大許容流量 分当りガロン数 |
|---------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| ボーイング 707-120 | 17,860 | 4 | 1,500 |
| ボーイング 707-320 | 23,560 | 4 | 1,500 |
| カラベル | 4,890 | 2 | 400-500 |
| コメット4 | 10,780 | 2 | 480 |
| コンペヤー 880 | 10,770 | 4 | 1,200 |
| DC-8 (国内線) | 17,600 | 4 | 1,200 |
| DS-8 (国際線) | 23,300 | 4 | 1,200 |
| エレクトラ | 5,360 | 1 | 300 |
| F-27 | 980 | 2 | 80 |
| バイカウント | 2,300 | 2 | 480 |

- a 本表の資料は概算であり、各項目のおおよその大きさを示すために作られたものである。
資料は国際航空輸送協会発行空港ビルディング及びエプロン第二版による。

ッド ライト (溢光照明) を使用すべきである。フラッド ライト (溢光照明) により、今迄混乱とまぶしさの原因となっていた車輛のヘッド ライトを使用する必要がなくなる。エプロンの照明には高所からの投光法が最良のようである。ピアー フィンガーが利用されている所では、照明はそれに取付けることができる。照明の位置はエプロン地区に対して均一した照明ができ、しかもパイロットがまぶしくない所でなければならない。

飛行機のサービスをする作業員が働いている時フラッド ライトにより充分な照明が得られない場合、飛行機の下部及び反対側に照明が必要である。これは舗装面にフラッシュ ライト (舗装面と同じ高さの) を取付けることによって実現できる。この取付け例はデンマークのコペンハーゲンにあるカストラップ空港でみられる。この種類のライトを取付ける場合には、パイロットがゲートポジションの位置の判断に混乱を起さないような方法で行わなければならない。飛行機をエプロン上で正確に移動する際塗装ガイド ライン (誘導線) が非常に役に立つことが判明している。最良の誘導方法は単線 (通常黄色) と考えられ、飛行機の前車輪がその上を走る。図 V-15 はその代表的レイアウト (配置) を示す。単線では各種の飛行機に対する正確な誘導ができないことが判明している。通常、ガイド ライン (誘導線) は特定のゲート ポジションを使用する最大級 (大きさに関して) の飛行機用に塗装されるが、小型機でも特に地上員がパイロットの誘導をする場合には同じガイド ラインを使用して問題なく飛行機を位置につけることができる。燃料がこぼれる可能性があるので、そのような地区ではガイド ラインの塗装は特殊耐油性ペンキを使用することが望

まし。

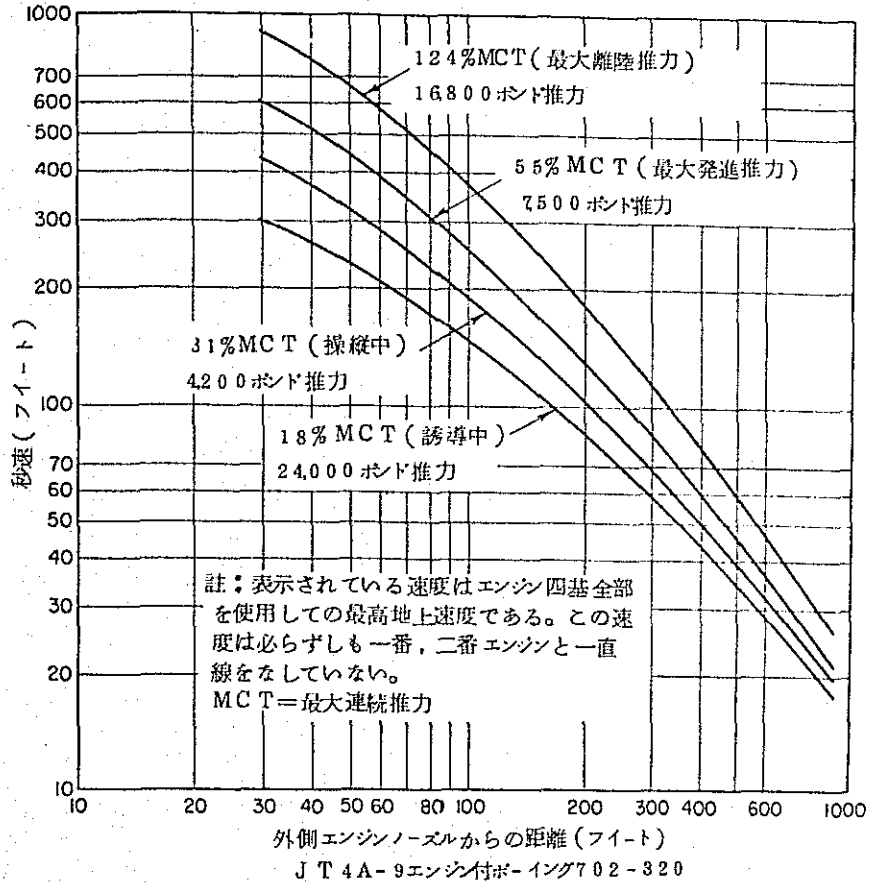


図 V-16 最高速度対ノズルからの距離 (連邦航空庁提供)

ブラストの防禦

塔乗の為歩行中の乗客や航空会社従業員が、時速25マイルから30マイル(参考資料2)以上の風速に当たった場合、迷惑と不快感を与え、時には怪我をすることさえある。この点ではプロペラ機は大きな問題とならないが、ターボジェット機から出る噴出速度は乗客や航空会社従業員に危害を与えサービス用設備を破損する位の力を持っている。連邦航空庁は航空機製作会社の資料(参考資料7)に基づきJT4A-3エンジン(最大級のターボジェット機用)から出る噴出速度を計算した。それを図V-16及びV-17に示す。

実績により証明されている噴出速度決定の為の近似式は次のようなものである(参考資料9)：

$$U_c = \frac{4DU_p}{X}$$

但し

U_c = エンジンの噴出口端から X の距離に於けるエンジンの軸に沿った噴出速度

U_p = $X=0$ に於ける噴出速度

D = ジェット噴出口の直径

X = 軸に沿ったエンジンからの距離

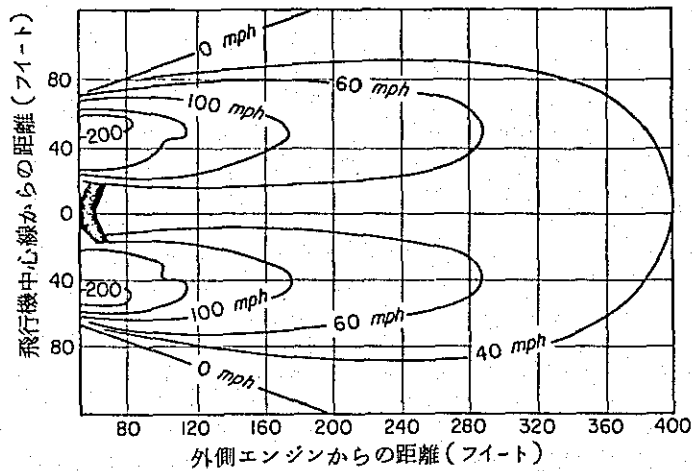


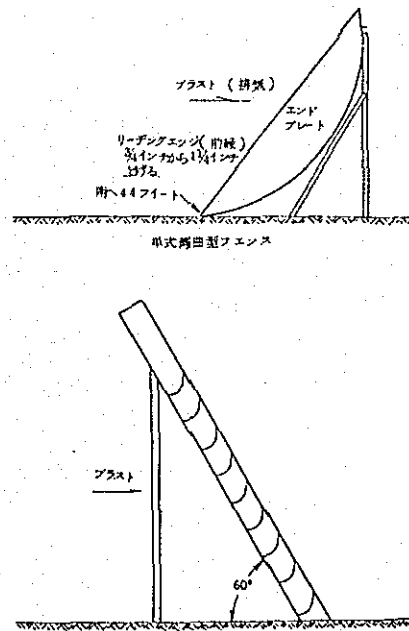
図 V - 17 ボーイング707-320, 55パーセントMCT, 7500ポンド スラスト(推力)の等速度線 (連邦航空庁提供)

乗客がジェット機からのブラストをどうしても避けられない時には、噴出速度は許容限度迄低下させなければならない。これを低下させるには一般に“ブラスト フェンス”と呼ばれる装置を使って行方。ブラスト フェンスは又エンジン メンテナンスの点検地区及び、自動車専用道路、一般道路住宅地区或は他の開発された地域に隣接した滑走路の離陸出発点にも必要である。

ブラスト フェンスの主な目的は噴出速度を許容限度迄低下させることであるが、騒音を低下さ

せる為ではない。然し、これはエンジンから出る煙を横へそらすのにも効果的である。

ブラストフェンスは主として“複式湾曲型”及び“単式湾曲型”に分類できる。図V-18はそれぞれの型を示す。米空軍の委しよくにより米陸軍技術部隊は各種ブラストフェンスの総合的試験計画を実施した(参考資料9)。B-52爆撃機及びKC-135タンカー(給油機)のブラストによる実地テストの為、カルフォルニアのキャスル空軍基地に高さ8フィートから12フィートの本格的プロトタイプフェンス数台が設置された。B-52は外側エンジンからフェンス迄の距離が123フィート、内側エンジンからの距離が143フィートになるように配置した。全力離陸力による試験が行われた。実地試験以外にも、技術部隊のオハイオリバーデビジョン研究所で模型試験が行われた(参考資料12)。この調査の結果、湾曲フェンスの方が平坦なルーバー板フェンスよりも優れた性能を持っていることが判明した。実地試験により、単式と複式湾曲板の性能は大体同一であり、両方共噴出速度を許容限度迄低下させることが判った。滑走路の端や離陸推力の当る所では、高さ8フィートから10フィートのフェンスで充分な性能が示された。ローディングエプロン上では、それより低いフェンスで充分な結果が得られた。ブラストフェンスの高さ決定の為の正確な分析がないので、これ迄の勧告は主として本格的設備の観察結果に基づいて行われている。*



図V-18 代表的ブラストフェンス (Temple A. Tucker, 氏提供)

参 考 文 献 (資 料)

1. "エア-ポート タ-ミナル ビルデング", 米国民間航空庁1960年9月発行。
2. "エア-ポート ビルデング及びエプロン", 国際航空輸送協会1959年8月発行。
3. フレドリック V, ハースト ジュニア氏寄稿のアメリカ オペレーションズ リサーチ ソサイアティ"第三部四号, "空港駐車場に関する適切さの検討", 1955年11月発行。
4. ロバート W, ハリス氏寄稿による交通工学会々報の"空港ターミナル駐車施設計画と設備" 1959年発行。
5. 連邦航空庁編による"空港設計データ シート, 航空機給油資料第13項", 1958年4月2日発行。
6. 連邦航空庁発表59-#27, "F A A新空港に於いて乗客取扱いに画期的構想を採用"
7. 連邦航空庁編"空港の設計", 1961年発行。
8. A, O, ビートラサンタ氏による"騒音防止"第三部第2号"飛行機の騒音並びに建築設計" 1957年3月発行。
9. テンプル A, タッカー氏によるアメリカ土木学会航空輸送部会ジャーナルの第83部A T 1号"米空軍ブラスト フェンスの条件に適合する要件", 1959年1月発行。
10. ジェームス P, オドネル氏による1959年5月発行 土木工学の"ジェット機の給油装置" 53頁。
11. 1959年3月発行, 米石油協会公報1523号の"タービン機の給油"に対する補足。
12. 1960年発行の連邦航空庁編"一般空港用管理ビルデング"。

* 主翼後方の胴体にエンジンを搭載しているジェット機に対しては高いフェンスが必要となる。

