

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 757 June 1993

航空機走行位置分布の実態と舗装構造への影響

八 谷 好 高
梅 野 修 一

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨

1. はじめに	3
2. 空港舗装構造設計法における航空機荷重の位置付け	4
2.1 航空機の走行位置	4
2.2 設計反復作用回数	4
2.3 縁端帯での舗装の減厚	5
3. 航空機走行位置分布の調査方法	5
3.1 大阪国際空港	5
3.2 松山空港	6
4. 航空機の縦横断走行位置分布	7
4.1 大阪国際空港	7
4.2 松山空港	11
4.3 走行位置の横断方向分布	15
5. 航空機荷重分布調査結果ならびに考察	17
5.1 航空機荷重の分布	17
5.2 空港舗装構造設計法への反映	20
5.3 航空機荷重による路床応力の分布	20
6. 結 論	24
7. お わ り に	25
参 考 文 献	25

Aircraft Wandering and Its Application to Airport Pavement Design

Yoshitaka HACHIYA*
Shuichi UMENO**

Synopsis

A quantification of an aircraft load is important to design airport pavements. Both the magnitude and the repetitive number of its applications are taken as input parameters to the pavement design. For the airport pavement design, the latter is determined in consideration of lateral wandering of aircraft, which is larger than that of vehicles on roads. In the earlier edition of the structural design method for airport pavements, the data obtained 30 years ago were utilized. However, the lateral aircraft distribution will become narrower because of development in both equipment for landing aids and aircraft since the last investigation.

In both Osaka International Airport and Matsuyama Airport, the current conditions of aircraft wandering are observed. That is conducted at runways, taxiways and aprons. In addition, both takeoff and landing points on runways are observed longitudinally.

The obtained data, mainly on lateral distributions of aircraft on pavements, are analyzed, focused on the differences in aircraft size, pavement width and pavement facilities. In conclusion, the wandering of larger aircraft is greater than that of smaller aircraft, and the lateral distribution of landing is larger than that of takeoff on runways.

Based on the above observation, the coefficients used in conversion of the traffic volume to the coverages used in the structural design are revised and the width of thinner pavement section in lateral direction are also changed wider. Moreover, the lateral distribution of an aircraft caused vertical stress on the subgrade are investigated.

Key Words : Airport Pavement, Lateral Wandering, Coverage

* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

** Member, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

航空機走行位置分布の実態と舗装構造への影響

八谷好高*

梅野修一**

要 旨

空港舗装構造設計要領では舗装構造の設計を考える際に、舗装横断方向の航空機走行位置分布が考慮されている。しかし、その走行位置分布調査は1968年に行われており、現在のように航行援助施設や航空機が発達した状況とは異なると考えられる。1988年に航空機走行位置分布の現状を把握するために大阪国際空港と松山空港で調査が行われた。調査方法として滑走路、誘導路端部から望遠カメラを用いて撮影が行われ、その写真やネガフィルムより横断方向走行位置分布の解析が行われた。その際に大阪国際空港ではエプロンスポットでの走行軌跡、松山空港では航空機の離着陸地点分布も合わせて調査された。それらの調査結果と航空機の脚配置形式より、航空機荷重の約95%を分担する航空機主脚の走行位置分布についてもとりまとめた。さらにその主脚の走行位置分布の路床上面におよぼす鉛直応力を多層弾性理論を用いて解析を行った。

本資料の主要な結論は以下の通りである。

- 1) 滑走路の横断方向走行位置分布は、着陸時の方が離陸時よりも広がり大きい。
- 2) 滑走路の横断方向走行位置分布は小型航空機の方が大型航空機よりも中心線付近に集中している。
- 3) 誘導路の方が滑走路よりも横断方向の走行は中心線付近に集中している。
- 4) 主脚の横断方向走行位置分布は中心線をはさんで左右に2つの分布となっており、ノーズギアの分布と比較するとその分散は大きい。
- 5) 今回の調査結果をもとに交通量を反復作用回数へ換算する際の換算係数ならびに、滑走路中央帯の幅が改訂された。
- 6) 空港舗装の路床には航空機荷重による応力が航空機の横断方向走行位置分布よりも広い範囲で分布することがわかった。路床上面の応力分布から考えるとFAAのような形式の舗装構造が望まれる。

キーワード：空港舗装，走行分布，反復作用回数

1. はじめに

航空需要の増大はめざましいものがあり、その需要に対処するために東京国際空港の沖合展開事業、新東京国際空港の第二期工事、関西国際空港の建設、地方空港の国際空港化といった事業が展開されている。そのために空港舗装構造設計法の整備は今後ますます重要なものになってくると考えられる。

空港舗装の構造設計における外力の一つである荷重は、その大きさと繰り返し回数によって設計に取り込まれている。道路舗装に比べた場合の空港舗装の特徴である幅員の広さにより、幅員方向にみた場合の荷重通過位置は道路に比べて分散したものとなっている。しかし、このような横断方向の航空機の走行分布は設計に反映されており、舗装厚は滑走路の横断方向で一定ではなく、端部

* 土質部 滑走路研究室長

** 土質部 滑走路研究室

が減厚されている。この横断方向の航空機の走行分布形状、すなわち集中度は、近年の航行援助施設の整備によって高くなって来ているものと思われる。

現行の空港舗装の設計法は、アスファルト舗装がCBR設計法であり、コンクリート舗装はWestergaard公式に基づいたPCA（米国ポルトランドセメント協会）設計法である。これらの経験的な設計法では考慮されていない問題を解決するために多くの努力がなされている。近年の構造解析法の進歩もあって、根本的な解決、すなわち理論的な設計法の開発へ向けての研究も進んで来ている。荷重の取り込み方法の確立はその重要な部分をなすものであると考えられる。

本研究では航空機の走行位置分布の実態を調査して、滑走路、誘導路、エプロンといった施設別に、縦横断方向の走行位置分布形状について明らかにした。そして、その走行位置分布が舗装構造におよぼす影響について検討した。

2. 空港舗装構造設計法における航空機荷重の位置付け

2.1 航空機の走行位置

空港アスファルト舗装構造設計要領¹⁾、空港コンクリート舗装構造設計要領²⁾では、ともに舗装構造の設計にあたって、まず設計条件に関して種々の調査を行なうことが規定されている。具体的には土質調査としてCBRや支持力係数（コンクリート舗装のみ）といった土質強度特性のほか地下水位の調査が行われ、荷重調査では荷重の種類すなわち航空機の機種と設計年数における交通量についての調査がなされる。このほかコンクリート、アスファルト、路盤材料、鋼材といった舗装材料の調査や、気象調査（温度、湿度、降雨（雪）量、凍結深さ等）、地形調査などが行なわれる。

舗装構造の設計における外力として支配的なものである荷重はその大きさと繰り返し回数とによって設計の中で考慮されている。なかでも繰り返し回数は航空機が必ずしも幅員方向で同一地点を通過するとはいえないため、荷重の分布形状を仮定した上で算定される必要があるが、この点については航空機の発着便数そのものではなく、設計反復作用回数（カバレージ）として具体化されている。分布形状が変われば航空機の発着数からの換算式中の係数（交通の集中度を表す）も、もちろん変わらなければならない。

以下では繰り返し載荷回数に相当する設計反復作用回数の算定方法を示したあと、航空機の走行位置分布が舗装厚へ反映されている状況について述べる。

2.2 設計反復作用回数

反復作用回数は航空機の交通量と横断方向の走行位置分布から決まるものであり、様々な航空機荷重をある設計航空機荷重に換算し、その設計荷重が同一地点に繰り返し作用した回数として定義される。したがって反復作用回数は横断方向に狭い区域に交通が集中すれば大きくなり、広い区域に交通が分散すれば小さくなる。

設計反復作用回数を求める場合は、まず設計年数における航空機の交通量を機種別、離着陸別に集計する。次に、これらを設計荷重の交通量に換算しなければならないが、それは次式を使用する。

$$\bar{n}_i = n_i \sqrt{p_i/p_o} \quad (1)$$

ここに、

\bar{n}_i : 設計対象機種に換算された交通量

n_i : ある航空機の交通量

p_i : ある航空機のESWL

p_o : 設計荷重の等価単車輪荷重(ESWL)*1

そして、この換算交通量 \bar{n}_i にそれぞれの航空機の横断方向の主車輪数 W_i を乗じ、その合計を求め、式(2)によって設計荷重の反復作用回数 N を算定する。

$$N = \alpha \sum (\bar{n}_i \times W_i) \quad (2)$$

ここに、

α : 交通量から反復作用回数への換算のための係数

α の算定法にはピーク法と平均法の2種類がある。以下ではそれぞれについて、その考え方について示す。

ピーク法とは1990年に空港舗装構造設計要領が改訂される以前に我が国で用いられていた α の算定法であり、反復作用回数は走行位置分布が最も集中する中心線上での対象航空機の車輪1個の接地幅あたりの交通量となる。1968年9月に実施された東京航空局の調査³⁾によると、滑走路横断方向における航空機の走行位置分布は次式で示される正規分布をなすものと考えられた。しかもそれは、図-1に示すように滑走路幅員によって異なったものとされた。

*1 FSWLとは複数の車輪からなる脚荷重の舗装に対する影響と等価な影響をおよぼす単車輪のことであり、アスファルト舗装上でのたわみ、コンクリート舗装ではコンクリート版の最大曲げ応力に注目している。

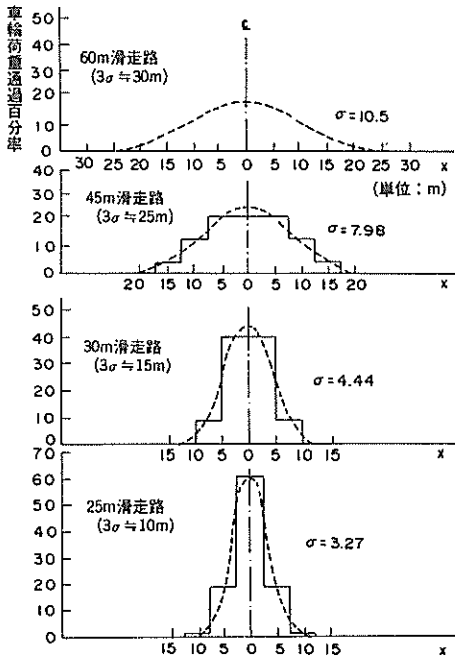


図-1 滑走路横断方向航空機荷重分布

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

ここに、

- $f(x)$: 航空機走行位置の分布関数
- x : 滑走路中心線からの距離
- σ : 航空機走行位置分布の標準偏差

ピーク法によれば、車輪接地幅を b とすると、 a は式 (3) の分布に対して航空機の走行が中心線の左右 $b/2$ に入る確率となる。以上の考察に基づいて a の値が表-1 のように規定された。

表-1 舗装幅員に対する a

幅員 (m)	a
20	0.05
25	0.04
30	0.03
45	0.02
60	0.01

平均法とは舗装横断方向に航空機が均等に走行すると考えられたものであり、代表的なアメリカ陸軍工兵隊による方法⁴⁾では、舗装を断面方向でみたある範囲に航空機数のうちある割合が均等に走行するというもので、具体的には、滑走路、誘導路のそれぞれで 37.5ft (11.43m)、7.5ft (2.29m)

の範囲に全交通量の $3/4$ が均等に分布するとみなしている。

2.3 縁端帯での舗装の減厚

舗装幅員方向の航空機走行位置が中心線に集中するという事実は舗装厚に反映されている。一例として、滑走路縁端帯は走行の集中する中央帯に比べて舗装厚が 0.8 倍となっていることが挙げられる。これは調査³⁾に基づいたものである。すなわち走行位置分布に正規分布をあてはめて標準偏差 σ の 3 倍、つまり全航空機のうち 86.6% の航空機が走行する部分を中央帯と定め、その外側は縁端帯と定めている。具体的には滑走路幅員が 60m、45m の場合、それぞれ中央帯幅員を 30m、25m と定めている。

滑走路縦断方向の離着陸地点自体は現行の設計法では舗装厚に影響をおよぼしてはいない。高速走行する滑走路中間部は滑走路端部に比べて舗装厚が 0.9 倍となっているが、これは中間部では翼に作用する揚力により、舗装構造に影響を与える航空機荷重の減少を考慮しているからである。

3. 航空機走行位置分布の調査方法

今回の航空機走行位置分布調査は第一種空港である大阪国際空港と第二種空港である松山空港で行われた。大阪国際空港は大規模国際空港であり、松山空港は東京、大阪便を中心とした典型的な主要地方空港である。両空港を調査することによって、第一種、第二種空港の航空機走行分布状況を把握することが可能であると考えられる。

着陸援助施設として、大阪国際空港では滑走路延長方向を示す電波を発射するローカライザー、航空機の降下路を示す電波を発射するグライドスロープ、航空機に滑走路端からの距離を示す電波を発射するアウトマーカ、ミドルマーカ、インナーマーカ、航空機を ILS 進入開始点コース上に導くためのコンパスロケーターなどが設置されている。松山空港では上記の施設のうちコンパスロケーターを除く着陸援助施設が設置されている。

3.1 大阪国際空港

大阪国際空港 (図-2) の B 滑走路 (3,000m)、B 平行誘導路、W-9 高速脱出誘導路での横断方向走行位置分布ならびにエプロンでの走行位置の調査が 1988 年 11 月から 12 月にかけての 11 日間、日の出から日没まで行われた。滑走路、平行誘導路、高速脱出誘導路においては、それぞれの中心線上に 500mm の望遠レンズを装着したカメラおよびビデオカメラを設定し、滑走路では離着陸時の、平行誘導路、高速脱出誘導路では直線走行時の横

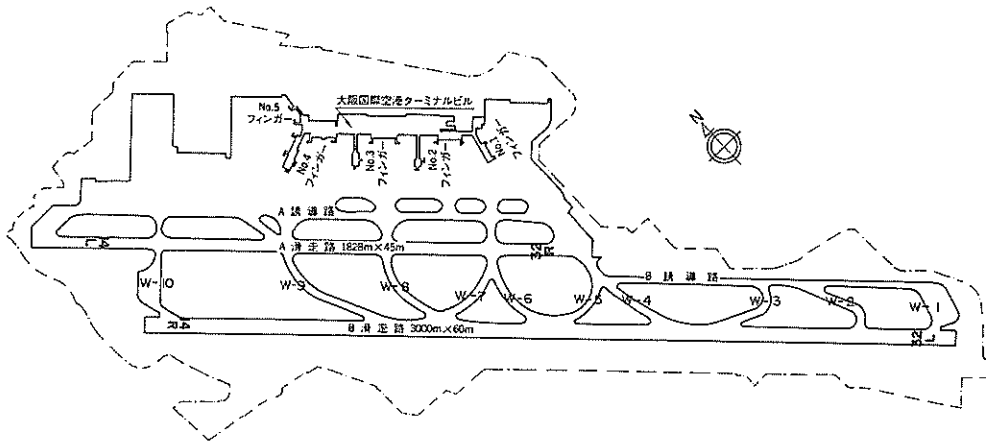


図-2 大阪国際空港平面図

断方向走行分布が調べられた。エプロンではNo. 4 フィンガーにビデオカメラを据え付けて、航空機の全景のノーズイン（着陸時にターミナルビルに向かう走行）、プッシュアウト（離陸時にターミナルビルから離れていく走行）時の状況が撮影された。

航空機の横断方向走行位置分布は写真-1に示すように、上記の方法で撮影された写真を用いて、航空機の主脚と中心線標識の位置を測定することにより判別された。使用するデータは滑走路の着陸時では接地した瞬間、離陸時ではノーズギア（航空機の前輪）が路面から離れる直前、平行誘導路では取付け誘導路に入る直前、高速脱出誘導路では直線区間に沿って走行し始めた時点のものである。また、エプロンではエプロン誘導路から航空機のノーズが所定の位置にセットされるまでの間のデータが解析された。

データの得られた航空機は、現在就航している航空機について舗装厚に大きな差が生じないこと前提に区分された設計荷重区分の大きい順に、B-747, DC-10, L-1011（いずれもLA-1）、A-300, B-767（いずれもLA-12）、MD-81, B-727（いずれもLA-2）、YS-

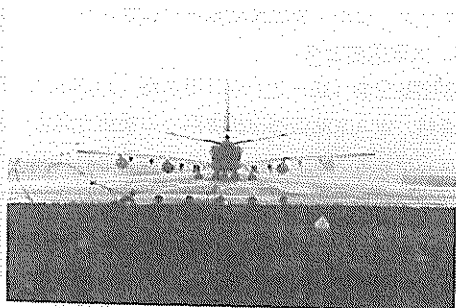


写真-1 解析用写真（大阪国際空港）

11（LA-4）の計8機種であった。

大阪国際空港では周辺住宅地での騒音を軽減するために、図-2に示す滑走路の32L側（南東側）の運用が95%以上を占めていた。測定期間中の気象条件は良好で、欠航は一便も記録されなかった。

3.2 松山空港

松山空港の滑走路における航空機車輪の横断方向走行位置分布、縦断方向離着陸地点分布および平行誘導路における横断方向走行位置分布について、1988年12月の4日間に調査が行われた。この調査は原則として日の出から日没まで実施された。なお滑走路は現在では延長されて2,500mとなっているが、当時は図-3に示すとおり2,000mの滑走路であった。

滑走路における横断方向走行位置分布調査は、滑走路端部のローカライザーアンテナの後方の滑走路中心線上に高さ3mの足場を組み、その上から滑走路上の航空機車輪を800mmの望遠レンズを装着したカメラを用いて写真撮影を行うことによる（写真-2）。平行誘導路では滑走路部分の調査と同様に、平行誘導路端部の外側に設置されたカメラによって写真撮影が行われた（写真-3）。滑走路の縦断方向離着陸地点は、管制塔より滑走路灯、距離灯、進入角指示灯などを目印として目視により観測された。

横断方向の走行位置分布は図-4に示すように、滑走路、平行誘導路で撮影したネガフィルムをスライド映写機でスクリーンに投影して、航空機と舗装の相対位置を調べることによって把握された。具体的にはA：中心線、B：ノーズギア、C：画面上左側の主脚、D：画面上右側の主脚、E：画面上左側の翼端、F：画面上右側の翼端のポイントのうちA～Dの4点に注目したが、着陸時

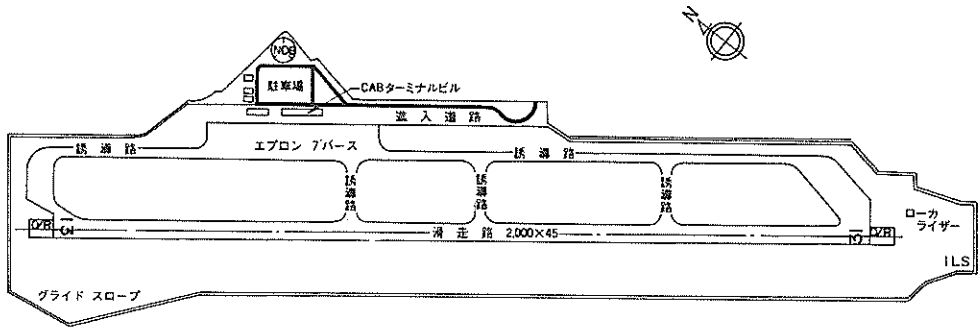


図-3 松山空港平面図

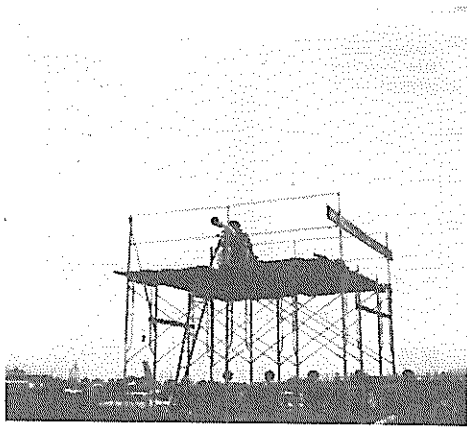


写真-2 滑走路調査 (松山空港)

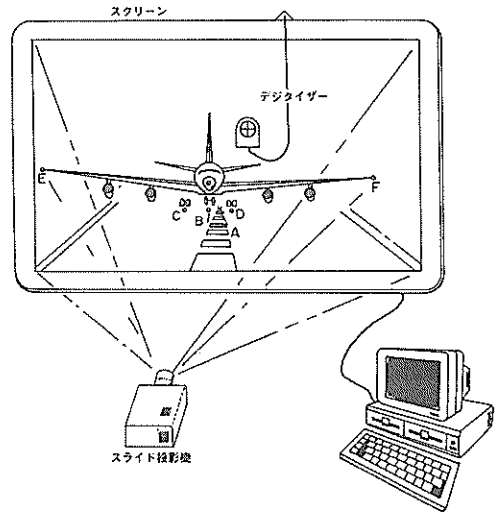


図-4 解析方法 (松山空港)



写真-3 誘導路調査 (松山空港)

にタイヤからでる煙などによりB～Dが判別できない場合には両翼端E、Fなどが使用された。

調査期間中データの得られた航空機は設計荷重の区分の大きい順にB-767 (LA-12), B-727 (LA-2), B-737, DC-9 (いずれもLA-3), YS-11 (LA-4)であった。

4. 航空機の縦横断方向走行位置分布

本章では3.で述べた手法により調査した航空機の横断方向走行位置分布について、ノーズギアの位置に注目してまとめた。特に滑走路、誘導路では幅員を1mごとのユニットに分割して整理した。大阪国際空港のエプロンでは多数の走行軌跡を平面的に表した。また松山空港では滑走路の離着陸地点についても調査した。

以下では、まず空港別の調査結果を詳細に述べてから、それらを比較している。

4.1 大阪国際空港

(1) 滑走路

図-5は大阪国際空港の滑走路における離陸時の横断方向走行位置分布を全機種まとめて示したものであるが、航空機のノーズギアの位置は滑走路中心線から左右それぞれ約3mの範囲に集中していることがわかった。図-6に示す全機種の着陸時の横断方向走行位置分布では、滑走路中心線から左右それぞれ6mの範囲で分布しており、離陸時よりも走行位置分布のばらつきが大きいこ

とが明らかである。

図-7～9は離陸時の横断方向走行位置分布を航空機の設計荷重の区別(LA-1, LA-12, LA-2)に示したものである。設計荷重区別が小さくなるにつれて、すなわち航空機が小さくなるにつれて横断方向走行位置分布が滑走路中心に集中する傾向がみられ、特に設計荷重区別の最も小さいLA-2では、滑走路中心線から左右それぞれ1mの範囲にすべての航空機が集中している。図-10～13は着陸時の横断方向走行位置分布を設計荷重の区別(LA-1, LA-12, LA-2, LA-4)に示したものである。離陸時ほど顕著ではないが、小さな航空機ほど滑走路中心に走行の集中する傾向が見られた。

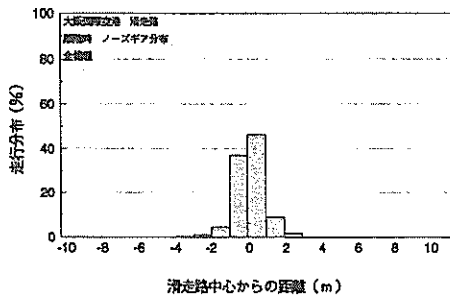


図-5 離陸時ノーズギア分布(全機種)

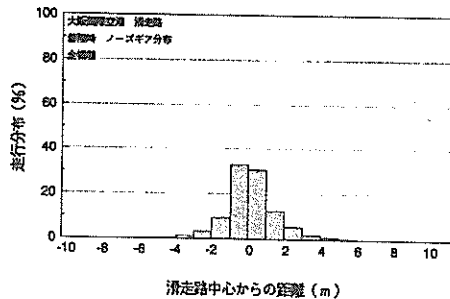


図-6 着陸時ノーズギア分布(全機種)

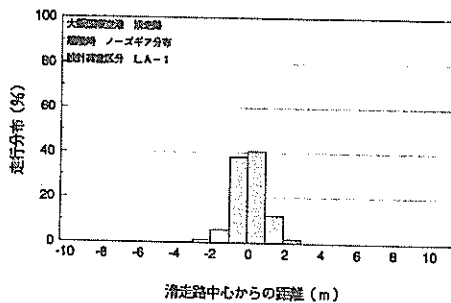


図-7 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-1)

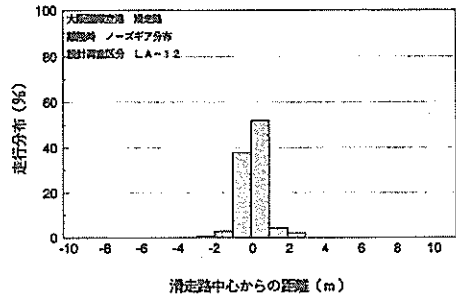


図-8 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-12)

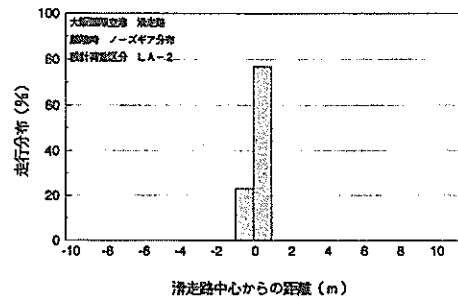


図-9 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-2)

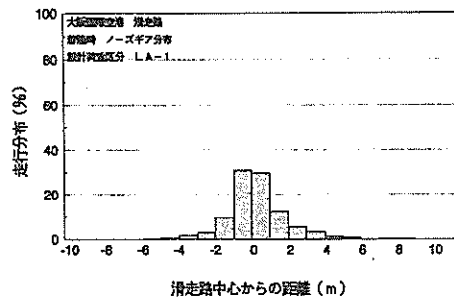


図-10 着陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-1)

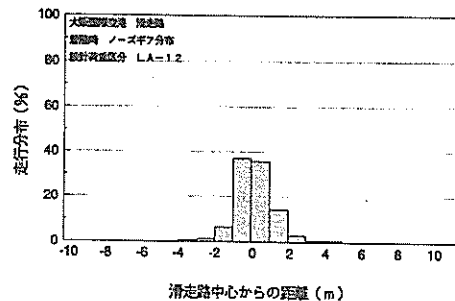


図-11 着陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-12)

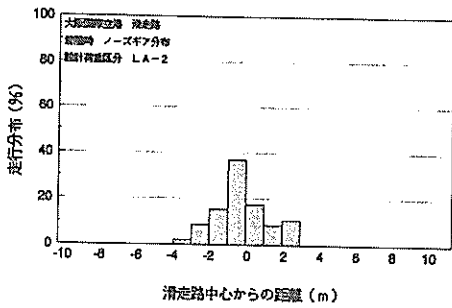


図-12 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

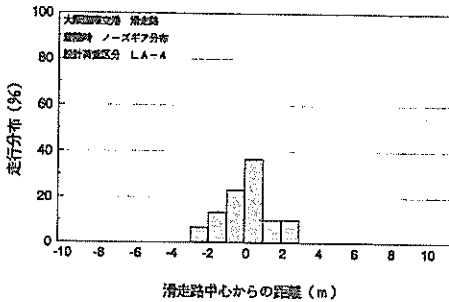


図-13 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-4)

調査結果よりノーズギアの走行位置分布は正規分布となることが推測されるので、設計荷重の区分別に分布の標準偏差を求めてみた。その結果を表-2に示すが、滑走路離陸時ではすべての設計荷重の区分で標準偏差が1.0mよりも小さくなっているのに対し、滑走路着陸時

ではすべての設計荷重の区分で1.0mよりも大きくなっており、標準偏差の値からも離陸時よりも着陸時の方が分散が大きいことが明らかとなった。

(2) 平行誘導路

大阪国際空港の平行誘導路では大阪国際空港が優先滑走路方式を採用しているために、離陸機のみが調査できた。図-14は全機種の横断方向走行位置分布を示したものであるが、走行位置は滑走路中心線から左右それぞれ約2mの範囲に入り、滑走路における離着陸いずれの場合よりも集中していることが明らかとなった。

図-15~17は、設計荷重の区分別(LA-1, LA-12, LA-2)に見た場合の航空機の横断方向走行位置分布を示したものであるが、設計荷重区分が違っても横断方向走行位置分布が大きく違うといったことはなかった。表-2に示す標準偏差の値も最小で0.54m, 最大で0.67mと大きな差は見られなかった。

(3) 高速脱出誘導路

高速脱出誘導路は着陸時のみに利用する誘導路である。その全機種における横断方向走行位置は図-18に示すように誘導路中心線から左右それぞれ約2mの範囲に入り、平行誘導路の場合と同程度の集中度合いとなっている。

図-19~22は設計荷重の区分別(LA-1, LA-12, LA-2, LA-4)の航空機の横断方向走行位置分布を示したものである。平行誘導路の場合と同様に走行位置には航空機の設計荷重の区分の違いによって大きな違いは見られず、表-2に示した標準偏差の値も最小で0.60m, 最大で0.74mと大きな差が認められなかった。

表-2 標準偏差と調査便数 (大阪国際空港)

荷重区分	機種	滑走路 離陸時		滑走路 着陸時		平行誘導路 離陸時		高速脱出 誘導路 着陸時	
		σ (m)	便数	σ (m)	便数	σ (m)	便数	σ (m)	便数
LA-1	B-747 DC-10 L-1011	0.91	292	1.74	242	0.67	244	0.74	208
LA-12	A-300 B-767	0.74	140	1.10	140	0.57	112	0.63	126
LA-2	MD-81 B-727	0.42	26	1.45	46	0.54	24	0.65	40
LA-4	YS-11	====	==	1.31	30	====	==	0.60	20

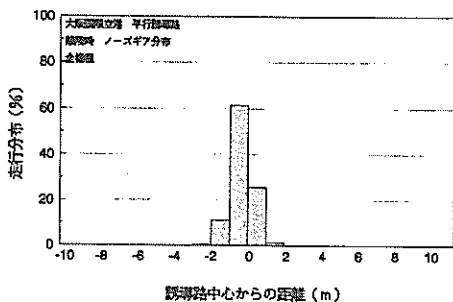


図-14 離陸時ノーズギア分布 (全機種)

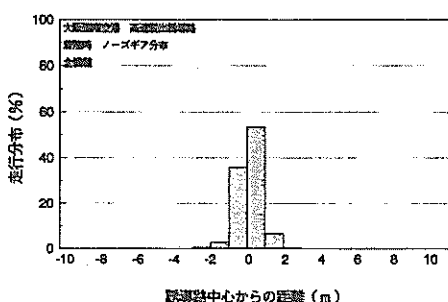


図-18 着陸時ノーズギア分布 (全機種)

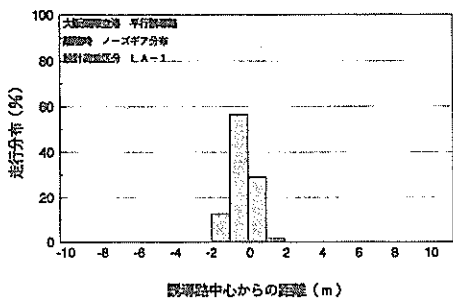


図-15 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-1)

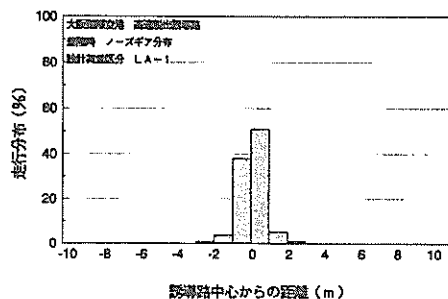


図-19 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-1)

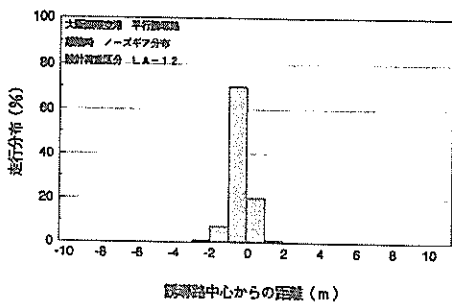


図-16 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-12)

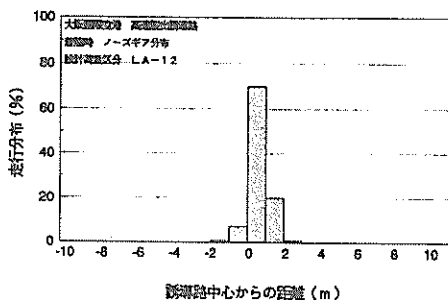


図-20 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-12)

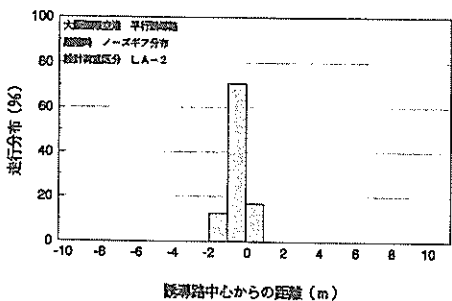


図-17 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

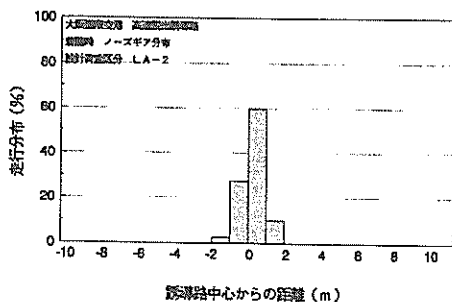


図-21 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

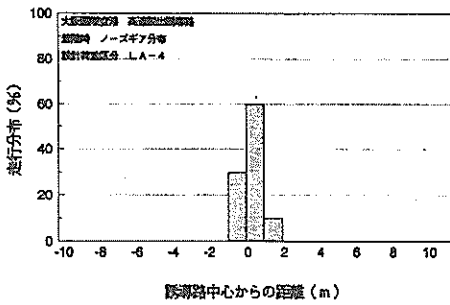


図-22 着陸時ノーズギア分布（設計荷重区分LA-4）

(4) エプロン

大阪国際空港のエプロンでは航空機のスポットへの出入りはノーズイン、プッシュアウト方式によって運用されている。ここでは調査を行った各スポット別に航空機の走行軌跡についてまとめた。

図-23に示した17, 18番スポットでは航空機はほぼガイドラインに沿った走行軌跡となっていた。これはエプロン誘導路から航空機停止位置までの距離が長いためにそのような走行が可能となっているものと思われる。19番スポットではガイドラインが直線であるにもかかわらず、実際には最も近いエプロン誘導路から曲がりながら航空機停止位置に進入するために、ほとんどの航空機がガイドラインから逸脱していた。図-24に示した20番スポットは航空機停止位置がNo. 4 フィンガーの先端にあるためにノーズインで進入した航空機がプッシュアウトせずにそのまま出ていく航空機も見られた。また21, 22番スポットはエプロン誘導路と航空機停止位置までの距離が短いために、エプロン誘導路からスポットへの進入位置付近でガイドラインを逸脱する航空機が多く見られた。

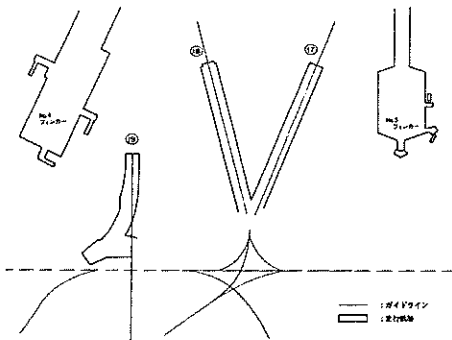


図-23 スポットにおける航空機の走行軌跡 (1)

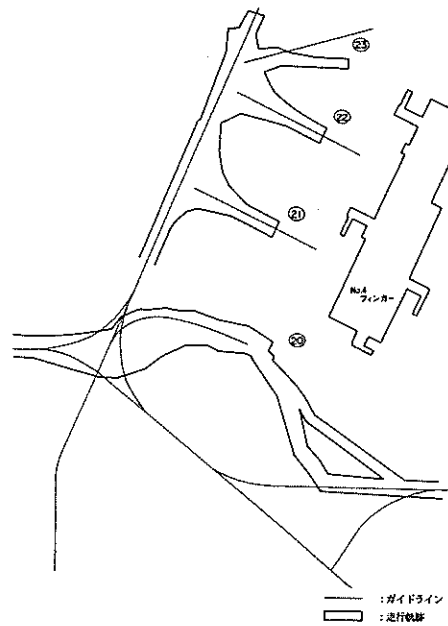


図-24 スポットにおける航空機の走行軌跡 (2)

4.2 松山空港

(1) 滑走路

松山空港の滑走路における離陸時のノーズギアの横断方向走行位置分布を全機種まとめて示したものが図-25である。この図から80%以上の航空機の走行が滑走路中心線から左右1mの範囲に集中していることが明らかとなった。これを設計荷重の区分別(LA-12, LA-2, LA-3, LA-4)にみたものが図-26~29である。設計荷重区分の違いによって走行位置には差がみられるものの、大阪国際空港で見られたような一定の傾向は見られない。走行位置分布を正規分布であるとした場合の標準偏差を示した表-3から、最も標準偏差の値の大きい設計荷重区分LA-2では1.28mと、大阪国際空港の場合に比べて大きくなっていることがわかる。

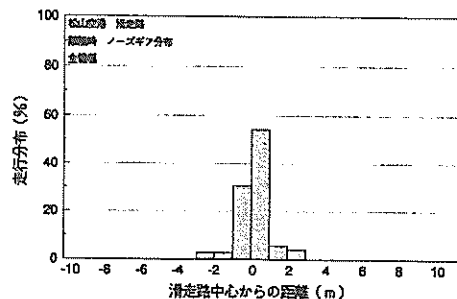


図-25 離陸時ノーズギア分布（全機種）

図-30は全機種に着陸時の横断方向走行位置分布をまとめたものであるが、滑走路中心線から左右1mの範囲に約70%の航空機の走行が集中しているものの、大阪国際空港の場合と同様に離陸時よりは集中度が小さくなっている。図-31~34は、これを設計荷重区分別(LA-12, LA-2, LA-3, LA-4)に整理したものである。これらからは設計荷重の区分が小さくなるにつれて、すなわち航空機が小さくなるにつれて走行位置が滑走路中心に集中する傾向が見られる。表-3に示し

た設計荷重区分別の走行位置分布の標準偏差でても、着陸時では小さな設計荷重の区分になるにつれて標準偏差の値が小さくなっていることが明らかである。

(2) 平行誘導路

図-35は松山空港の平行誘導路における離陸時の横断方向走行位置分布を全機種について示したものであるが、誘導路中心線から左右それぞれ1mの範囲に90%以上の航空機の走行が集中しており、滑走路の場合よりも走行が集中している傾向が明らかである。設計荷重区分別

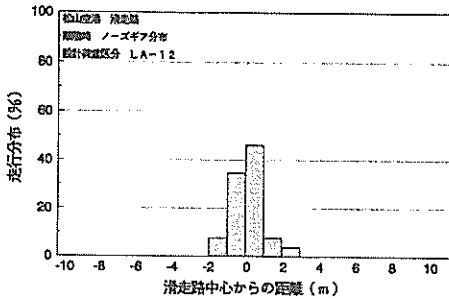


図-26 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-12)

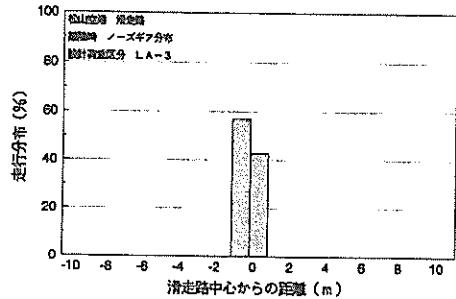


図-28 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-3)

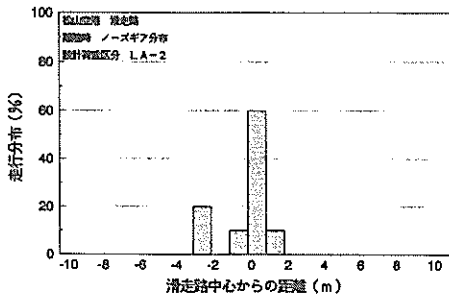


図-27 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-2)

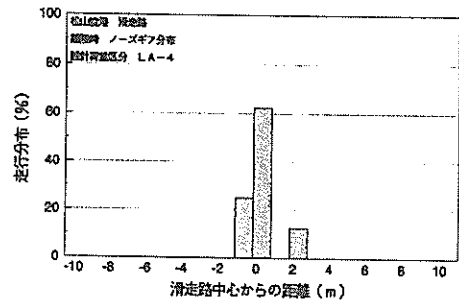


図-29 離陸時ノーズギア分布(設計荷重区分LA-4)

表-3 標準偏差と調査便数(松山空港)

荷重区分	機種	滑走路 離陸時		滑走路 着陸時		平行誘導路 離陸時		平行誘導路 着陸時	
		σ (m)	便数	σ (m)	便数	σ (m)	便数	σ (m)	便数
LA-12	B-767	0.87	26	1.44	25	0.63	27	0.66	22
LA-2	B-727	1.28	10	0.75	10	0.39	11	0.47	6
LA-3	B-737 DC-9	0.49	7	0.80	12	0.33	8	0.76	7
LA-4	YS-11	0.87	8	0.66	8	0.19	8	0.94	3

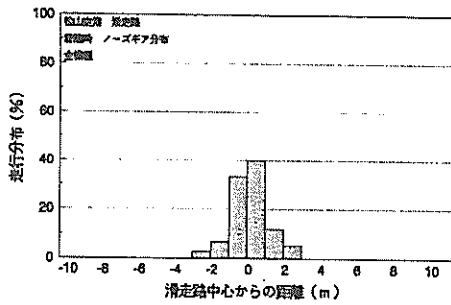


図-30 着陸時ノーズギア分布 (全機種)

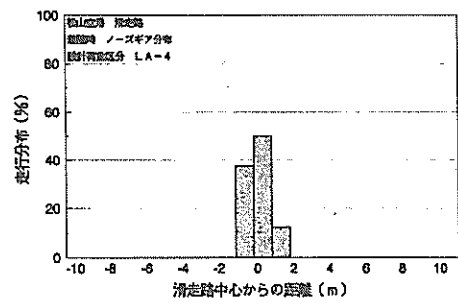


図-34 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-4)

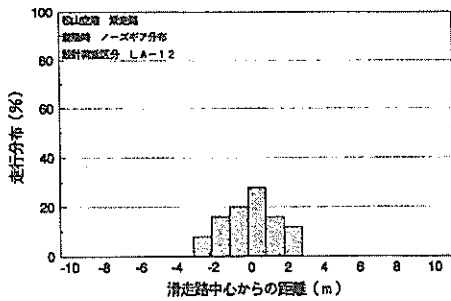


図-31 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-12)

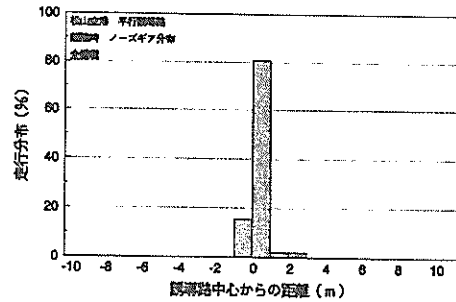


図-35 離陸時ノーズギア分布 (全機種)

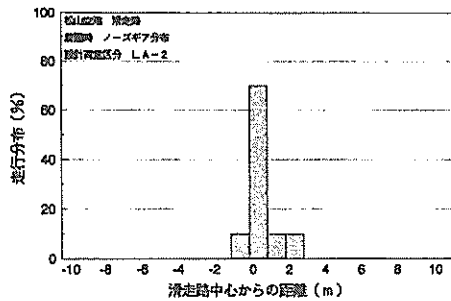


図-32 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

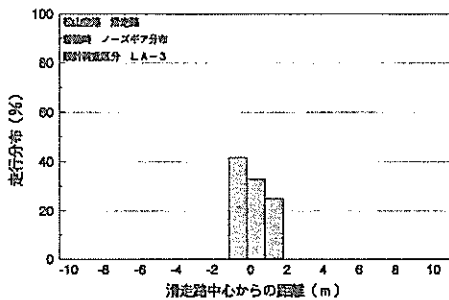


図-33 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-3)

(LA-12, LA-2, LA-3, LA-4) の走行位置分布を示したものが図-36~39であるが、LA-4のほうがLA-12よりも誘導路中心線付近に集中して走行していることが認められた。表-3に示した設計荷重区別の標準偏差の値を比較すると、小さな設計荷重の区分になるにつれて標準偏差も小さくなるのがわかる。

図-40は全機種の着陸時の走行位置分布を示したものであるが、離陸時よりも走行位置分布のばらつきは大きいことが分かった。図-41~44は設計荷重区別(LA-12, LA-2, LA-3, LA-4)にみたものである。離陸時には小型航空機ほど集中度が著しかったが、着陸時には設計荷重区分による走行位置の違いはほとんど見られなかった。

(3) 滑走路縦断方向離陸地点分布

図-45は滑走路における航空機の離陸地点の縦断方向分布を示したもので、図-3の13側(北西側)を0m, 31側(南東側)を2,000mとし、31側から離陸を開始した航空機のみについてまとめたものである。調査を行った日は北西からの風が多かったので、ほとんどの航空機は滑走路の31側から離陸を開始した。離陸開始地点は1,950m付近であるので、今回の調査では850m程度の滑走で離陸が行えたと考えられる。この滑走距離について

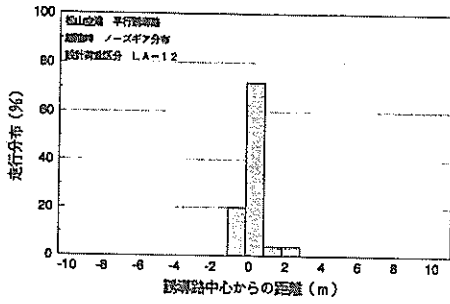


図-36 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-12)

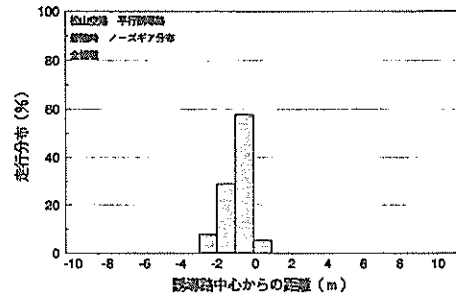


図-40 着陸時ノーズギア分布 (全機種)

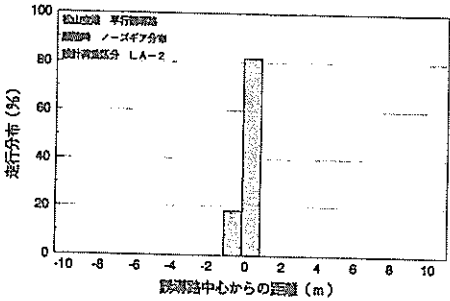


図-37 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

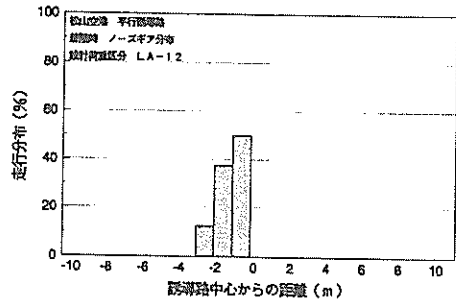


図-41 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-12)

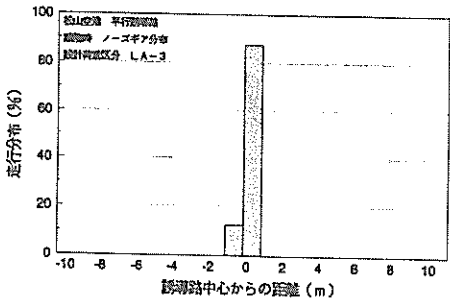


図-38 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-3)

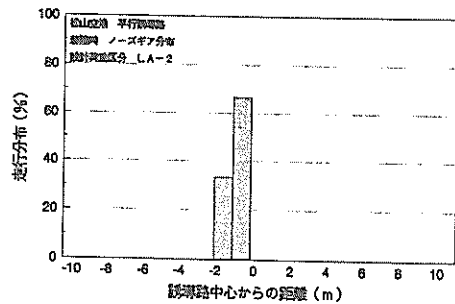


図-42 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-2)

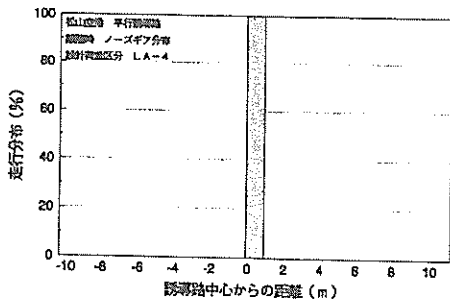


図-39 離陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-4)

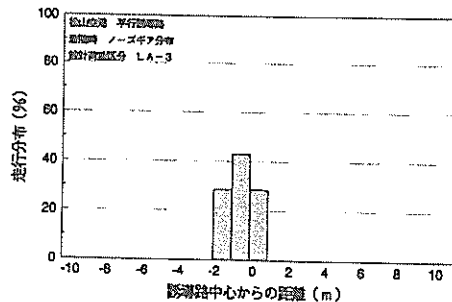


図-43 着陸時ノーズギア分布 (設計荷重区分LA-3)

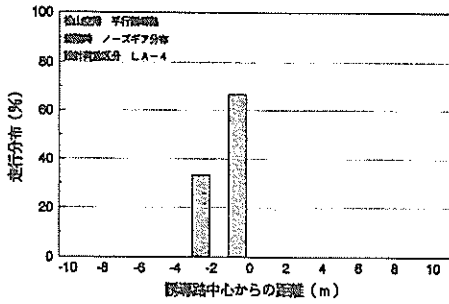


図-44 着陸時ノーズギア分布（設計荷重区分LA-4）

は航空機の総重量、風などの影響が大きいと考えられるが、航空機の大きさでみると設計荷重の区分LA-12, LA-2, LA-3ではほとんど差がみられないものの、LA-4 (YS-11)ではかなり短くなっていることが分かる。

(4) 滑走路縦断方向着陸地点分布

図-46は滑走路における航空機の着陸地点の縦断方向分布を示したもので、31側から着陸を開始した航空機のみについてまとめたものである。着陸地点は航空機が接地地点標識（1,700m 付近）を目標として着陸を行うために、縦断方向の分布は接地地点標識付近にかなり集中している。

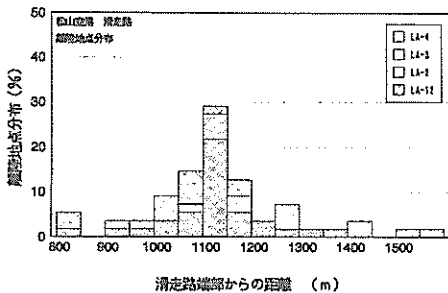


図-45 離陸地点分布

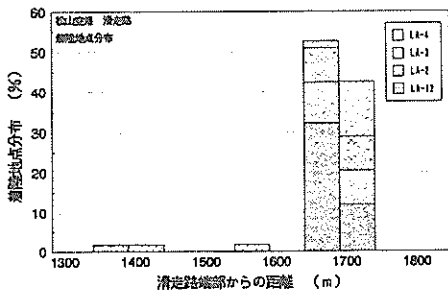


図-46 着陸地点分布

4.3 走行位置の横断方向分布

図-47は大阪国際空港の滑走路の離陸時と着陸時および平行誘導路と高速脱出誘導路の走行時におけるノーズギアの横断方向の走行位置分布を全機種についてまとめたものである。滑走路の離陸時と着陸時を比較すると、離陸時のほうが着陸時よりも集中度が高いこと、さらに滑走路の場合よりも誘導路のほうが集中度の高いことが認められた。平行誘導路は滑走路と比較すると低速で走行するために中心線に集中した走行を行いやすいためと考えられる。高速脱出誘導路はあまり減速を行わずに滑走路から離脱する誘導路であり、平行誘導路と比較すると走行速度は大きいと考えられるが、今回の調査では両者の間に大きな違いはみられなかった。

図-48は松山空港の滑走路の離陸時と着陸時および平行誘導路走行時の全機種のノーズギアの走行位置分布を示したものである。松山空港でも大阪国際空港と同様に、離陸時のほうが着陸時よりも走行位置分布が滑走路中心線付近に集中する傾向がみられる。これは、離着陸時には滑走路中心線を目標にするものの、着陸時には横風などの影響のために航空機が中心線はずしてしまうことが多いためであると考えられる。施設の違による走行位置分布をみれば、大阪国際空港の場合とは異なり、滑走路離陸時、平行誘導路、滑走路着陸時の順に集中度の大きいことが分かった。

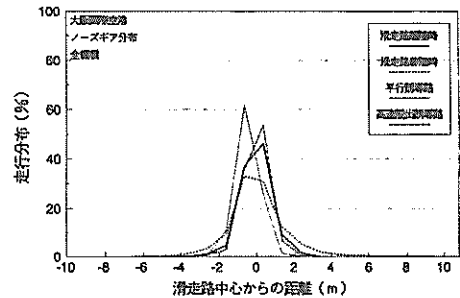


図-47 施設、離着陸別ノーズギア分布（大阪国際空港）

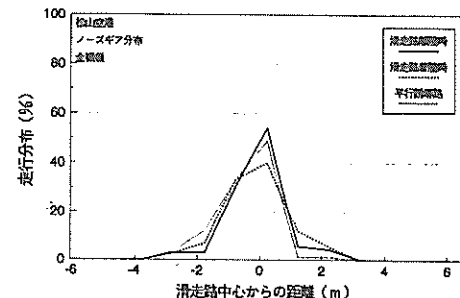


図-48 施設、離着陸ノーズギア分布（松山空港）

図-49および図-50は、それぞれ滑走路の離陸時と着陸時の横断方向走行位置分布を大阪国際空港と松山空港で比較したものであるが、離陸時、着陸時ともに松山空港のほうが集中度がやや大きくなっている。これに対して、平行誘導路走行時の横断方向走行位置分布について大阪国際空港と松山空港で比較した図-51からは、上述の滑走路の場合とは異なり、大阪国際空港のほうが集中度が大きくなっている。

上記の結果をもたらすような大阪国際空港、松山空港の違いとしては、滑走路幅がそれぞれ60m、45mである

といった施設の違いや就航機材の違いが考えられる。しかし、横断方向走行位置分布を正規分布とみなした場合の標準偏差を示した表-2および表-3からLA-12のデータをみればわかるように、舗装の幅員の違いは影響をおよぼさないようである。

図-52~55はそれぞれ大阪国際空港で航空機種による横断方向走行位置分布の違いを滑走路の離陸時、着陸時および平行誘導路、高速脱出誘導路走行時について示したものである。すべてのケースにおいていちばん大きな荷重区分であるLA-1で最も分散が大きくなっている。

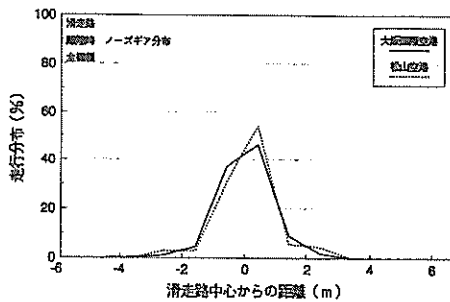


図-49 大阪国際空港、松山空港ノーズギア分布 (滑走路着陸時)

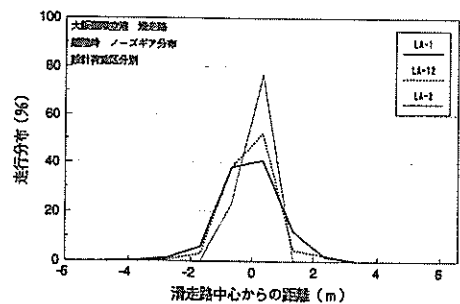


図-52 大阪国際空港設計荷重区分別ノーズギア分布 (滑走路離陸時)

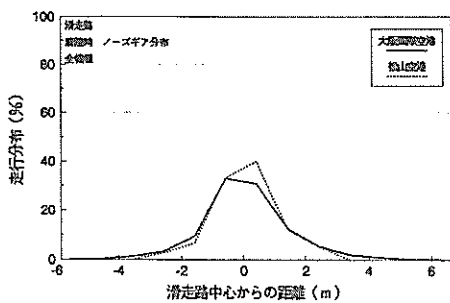


図-50 大阪国際空港、松山空港ノーズギア分布 (滑走路着陸時)

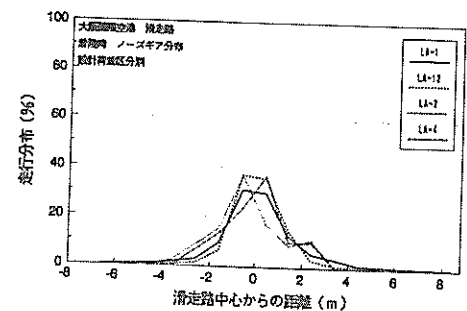


図-53 大阪国際空港設計荷重区分別ノーズギア分布 (滑走路着陸時)

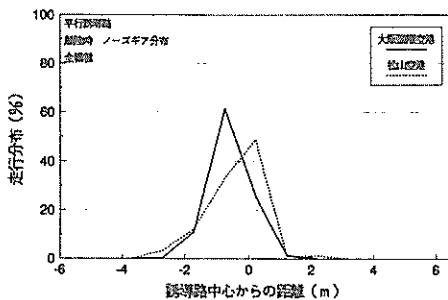


図-51 大阪国際空港、松山空港ノーズギア分布 (平行誘導路着陸時)

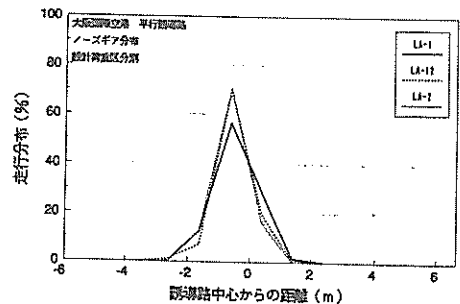


図-54 大阪国際空港設計荷重区分別ノーズギア分布 (平行誘導路)

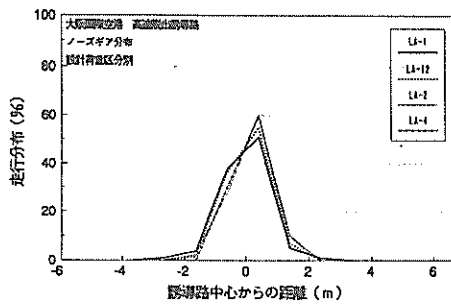


図-55 大阪国際空港設計荷重区分別ノーズギア分布
(高速脱出誘導路)

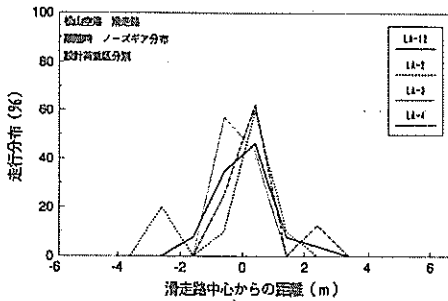


図-56 松山空港設計荷重区分別ノーズギア分布
(滑走路離陸時)

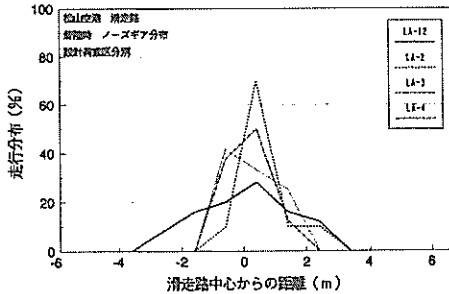


図-57 松山空港設計荷重区分別ノーズギア分布
(滑走路着陸時)

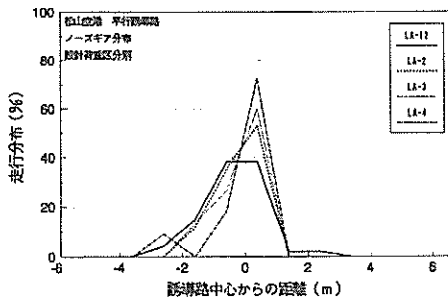


図-58 松山空港設計荷重区分別ノーズギア分布
(平行誘導路)

図-56~58はそれぞれ松山空港におけるものを滑走路の離陸時、着陸時、平行誘導路走行時について示したものであるが、大阪国際空港の場合と同様に、大型機のほうが集中度が小さくなる傾向が認められる。これらを総合すれば、航空機の横断方向走行位置分布は舗装の幅員ではなく航空機の機種によって影響されることは明らかであろう。

5. 航空機荷重分布調査結果ならびに考察

4. では大阪国際空港、松山空港の滑走路、誘導路における航空機の走行位置分布について航空機のノーズギアに注目してまとめた。この章では航空機荷重の約95%を分担するとして舗装の構造設計に使用している主脚に注目し、その横断方向走行位置分布とそれらの舗装構造へおおよすに影響について考察する。

5.1 航空機荷重の分布

今回の調査においてデータが得られた航空機の脚配置型式は、図-59に示すような(a)2脚3車輪型、(b)DC-10型配置、(c)B-747型配置の3種類であった。以下では各航空機の主脚配置形式と航空機のノーズギアの走行位置分布から主脚の横断方向走行位置分布を求めた。

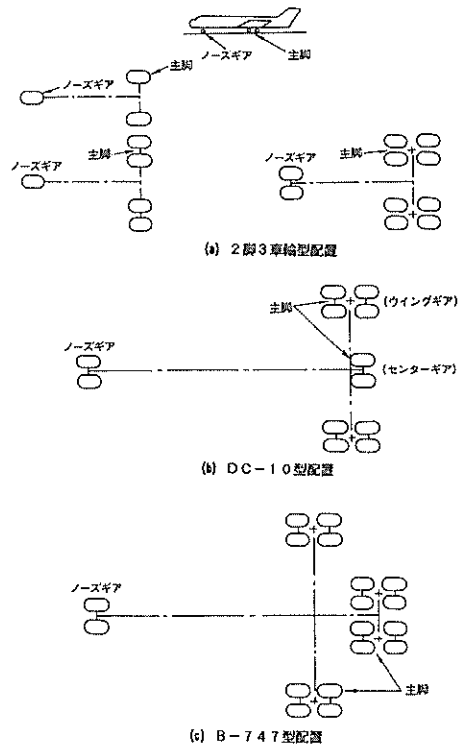


図-59 航空機主脚配置

図-60および図-61はそれぞれ大阪国際空港の滑走路離陸時、着陸時における主脚の横断方向走行位置分布を全機種についてまとめたものである。この図から主脚の分布が中心線をはさんで左右に二つの分布となること、機種により脚配置が異なるためにノーズギアの分布よりも分散が大きくなるなることがわかる。主脚は滑走路中心線から離陸時では左右それぞれ約9m、着陸時では左右約10mの範囲まで分布している。

図-62および図-63はそれぞれ大阪国際空港の平行誘導路走行時、高速脱出誘導路走行時について同様にまとめたものであるが、両者とも滑走路の場合よりも誘導路中心に集中している。

図-64および図-65はそれぞれ松山空港の滑走路の離陸時、着陸時の主脚の横断方向走行位置分布を全機種に

ついて示したもので、離着陸で大きな違いは見られないが、大阪国際空港の走行位置分布とは異なり、滑走路中心部分では主脚がほとんど走行していない。これは大阪国際空港のみに就航しているB-747は機体中心から比較的近い箇所に主脚が取り付けられているのに対し、松山空港で就航している2脚3車輪型航空機の主脚は、最も小さいものでもその間隔が5.0mと、機体中心から比較的離れた箇所に位置しているためであろう。

図-66および図-67はそれぞれ松山空港の平行誘導路の離陸時、着陸時のデータを示したものであるが、滑走路の場合と同様の傾向である。

図-68は大阪国際空港における滑走路離着陸時、平行誘導路と高速脱出誘導路走行時の主脚の横断方向走行位置分布を全機種について示したものである。図-47に示

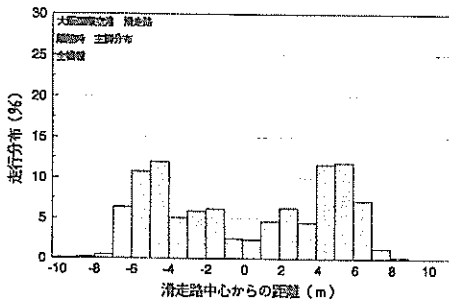


図-60 大阪国際空港滑走路離陸時主脚分布

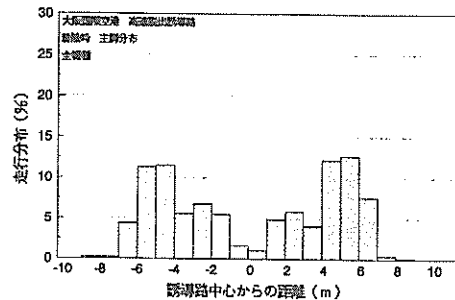


図-63 大阪国際空港高速脱出誘導路着陸時主脚分布

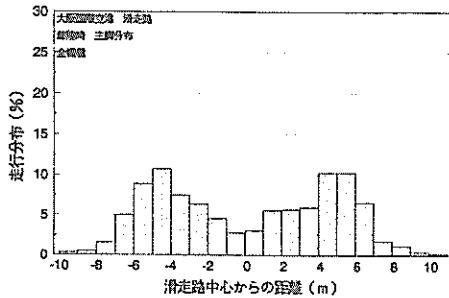


図-61 大阪国際空港滑走路着陸時主脚分布

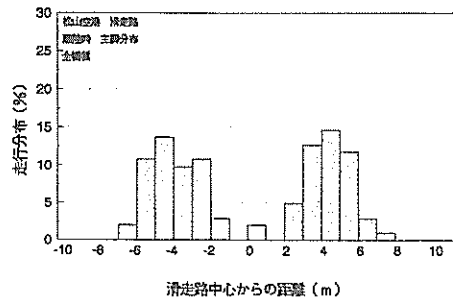


図-64 松山空港滑走路離陸時主脚分布

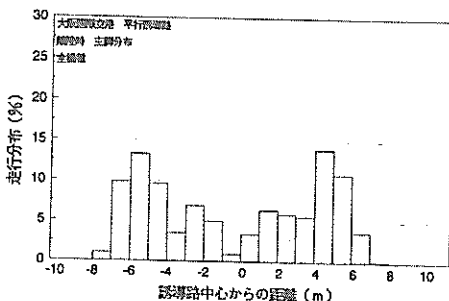


図-62 大阪国際空港平行誘導路離陸時主脚分布

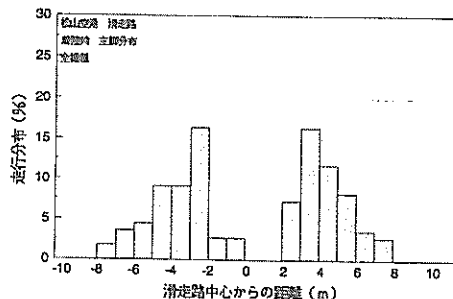


図-65 松山空港滑走路着陸時主脚分布

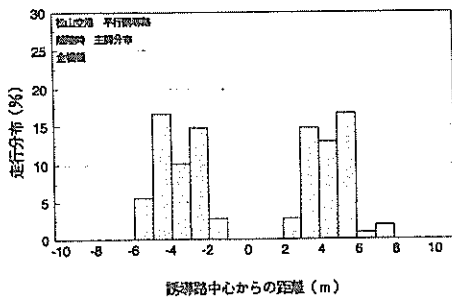


図-66 松山空港平行誘導路離陸時主脚分布

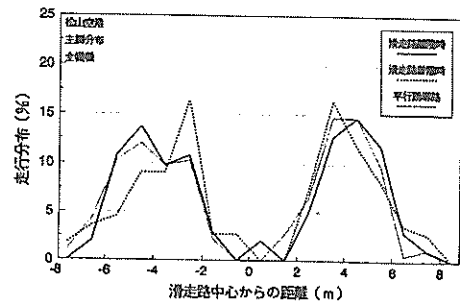


図-69 施設別、離着陸別主脚分布(松山空港)

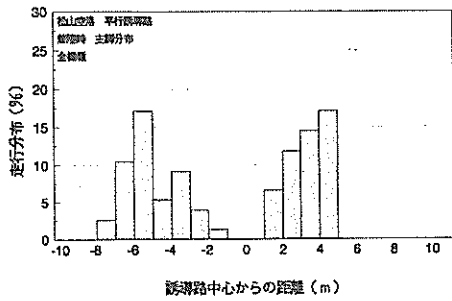


図-67 松山空港平行誘導路着陸時主脚分布

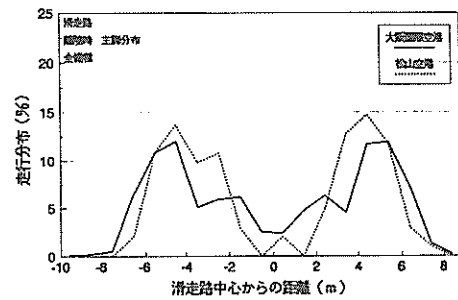


図-70 大阪国際空港、松山空港主脚分布(滑走路離陸時)

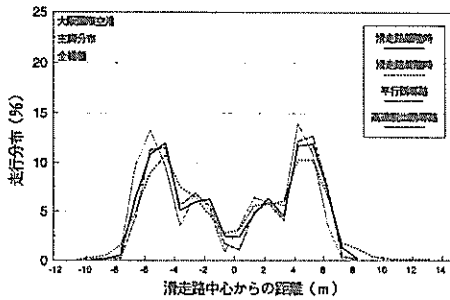


図-68 施設別、離着陸別主脚分布(大阪国際空港)

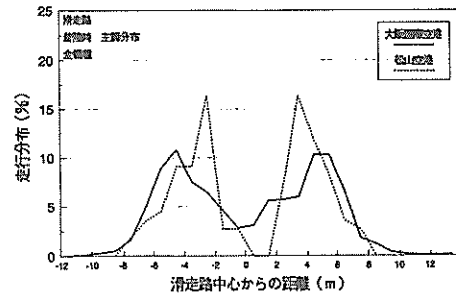


図-71 大阪国際空港、松山空港主脚分布(滑走路着陸時)

したノーズギアの場合とは異なり、離着陸や施設の違いによる差があまり見られない。図-69は松山空港における同様のデータを示したものであるが、この場合は逆にノーズギアの場合に比べると滑走路着陸時の方が集中度が大きくなっている。これには機体中心と脚の取付位置の関係が影響しているものと思われる。

滑走路の離陸時、着陸時における全機種の主脚の走行位置分布について、大阪国際空港と松山空港とで比較したものが図-70および図-71である。また、図-72は平行誘導路走行時についてまとめたものである。これらには4つの主脚を有するB-747就航の有無による影響がみられ、大阪国際空港では左右それぞれに2つずつのピークがある分布形状となっている。

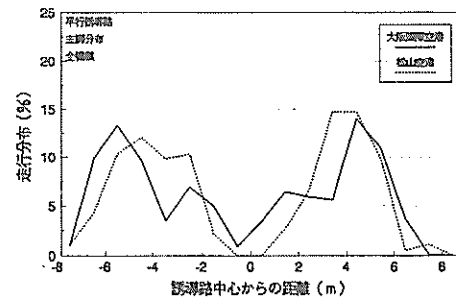


図-72 大阪国際空港、松山空港主脚分布(平行誘導路)

5.2 空港舗装構造設計法への反映

2. で述べたように航空機の横断方向走行位置は設計反復作用回数の算定方法に影響をおよぼすばかりでなく、縁端帯での舗装の減厚といった規定にも反映されている。1990年に改訂された空港アスファルト舗装、空港コンクリート舗装の構造設計法では今回の調査結果が取り込まれている。

主脚の横断方向走行位置分布は5.1で示したようにノーズギアの場合に比較すると分散の大きなものとなる。これは機体中心と主脚位置の関係が機種により異なること、LA-1に区分される主要な航空機であるB-747が左右2脚ずつの主脚を有しているからである。このことは舗装構造設計において使用される主脚の横断方向走行位置から設計反復作用回数を算定する時に、従来用いていたピーク法より平均法の方が適していることを意味している。

平均法では走行集中範囲の取り方が問題となるが、2. で述べたアメリカ陸軍の方法も参考にして、走行位置分布を正規分布とみなして計算した標準偏差の3倍(3σ)を取ることにした。そして、この部分を全航空機の主脚が一樣に走行すると考えた。したがって交通量を反復作用回数へ換算するために空港舗装構造設計法で用いられる係数αは次式で表される。

$$\alpha = \frac{b}{3\sigma} \quad (4)$$

ここに、

b : 車輪接地幅

σ : 主脚走行位置分布の標準偏差

5.1で述べたように走行位置分布は設計荷重区別にとまとめられることがわかったので、航空機の大きさによる区分ごとに求められたαが表-4である。

改訂前の舗装構造設計要領⁵⁾⁶⁾(表-1)では滑走路

の幅員によってαの値を区分していたが、今回の舗装構造設計要領では表-4に示すように航空機の種類によって区分している。

今回の調査結果により同一機種の航空機の横断方向走行位置分布は舗装の幅員によらないことが明らかとなった。これに基づいて2. で述べた横断方向にみた舗装厚範囲にも関する規定が見直され、滑走路幅員が60m、45mと異なっている場合でも、中央帯幅員は20mと変更された。

5.3 航空機荷重による路床応力の分布

本節では主脚の走行位置が舗装構造に与える影響について路床面上面に作用する垂直応力に注目して考察を加えた。さらに5.1で明らかにした主脚の横断方向走行位置分布の現行設計法への取り込み方についても示した。

空港アスファルト舗装、コンクリート舗装の構造設計法ではそれぞれ路床応力に着目したCBR法、コンクリート版の最大荷重応力に着目したPCA法が採用されている。しかし、これらの設計法が確立されてから、新しい舗装材料の開発がなされ、あるいは当時には想定できなかったものが問題点となるといった事態になってきた。一方、その間には舗装の構造解析法、機能評価法の進展、舗装に関するデータの蓄積などもなされてきている。

このようなことを背景にして、従来のものに代わる新しい舗装構造設計法開発の機運が高まってきており、設計にも取り込まれている。今回得られた交通荷重の走行位置分布データはそのような新しい理論的設計法を検討する上で極めて重要な基礎データとなる。

主脚の走行位置分布が舗装構造におよぼす影響として、今回はアスファルト舗装の場合を考えた。すなわち、路床上面の垂直応力に関して主脚の走行位置分布の影響を調べた。具体的には第一種空港である大阪国際空港を想定したケース1として設計荷重の区分LA-1(B-747-400)、設計反復作用回数20,000回、路床の設計CBR10、

表-4 舗装幅員に対するα

区分	滑走路のα	誘導路のα	備考
大型ジェット機が就航する空港	0.03	0.04	B-747, DC-10, L-1011
中小型ジェット機が就航する空港	0.04	0.05	A-300, B-767, A-320, MD-81, MD-87, DC-9, B-737
プロペラ機および小型機のみが就航する空港	0.05	0.05	YS-11, トルニエ-228, DHC-6, N24A, BN2A

および第二種空港である松山空港を想定したケース 2 として設計荷重の区分 LA-12 (A-300B4), 設計反復作用回数 5,000 回, 路床の設計 CBR10 の 2 種類の舗装を取り上げた。それぞれのケースについて空港アスファルト舗装構造設計要領に基づいて設計を行なうと, 表-5 のような舗装構造となる。

表-5 舗装構成

	ケース1	ケース2
表層	4	4
基層	11	9
上層路盤	30	25
下層路盤	65	39
路床	200	200

(単位: cm)

大阪国際空港, 松山空港での調査による航空機設計荷重の主脚の横断方向走行位置分布データを使用して, これらの構造を有する舗装の路床土の疲労度の横断方向分布を求めることにする。本節で述べる路床土の疲労度とは以下のように定義する。まず, 舗装上に航空機荷重が載荷された場合の任意の地点における路床上面の応力を多層弾性理論を使用して計算する。また, 路床の CBR と一軸圧縮強度 (q_u) の関係が q_u (kgf/cm^2) = 0.13 CBR⁷⁾, 強度と載荷回数の対数が直線関係となることを, それぞれ多くの実験データから推定されていることを利用して, 計算で得られた任意の地点での応力に対する疲労破壊回数 N を図-73 に示す疲労曲線 (一点鎖線)⁷⁾ より求める。そして, 航空機の機種 (1) 別の通過回数を n_i とすれば, $\sum_{i=1}^{n_{LA}} n_i / N$ (n_{LA} : 航空機の種類) が任意の地点での全機種に対する疲労度となる。

図-74 および図-75 は大阪国際空港の滑走路における離陸時と着陸時の路床土の相対疲労度を示したものである。相対疲労度とは疲労度が最大となる地点の疲労度を 1 とした場合の各地点の疲労度を意味している。路床の疲労度は舗装によって航空機荷重が分散されるため, 舗装表面における主脚の走行位置分布よりも広い範囲に分布したものとなっている。図-76 および図-77 は同様に平行誘導路, 高速脱出誘導路の場合を示している。また, 松山空港における滑走路ならびに平行誘導路の離着陸時

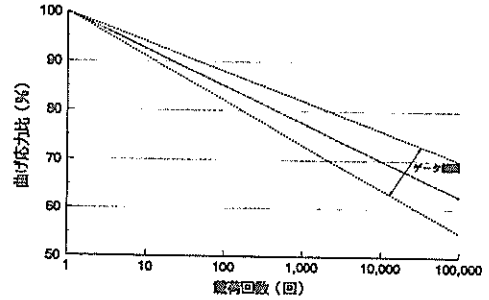


図-73 疲労破壊回数と曲げ応力比の関係

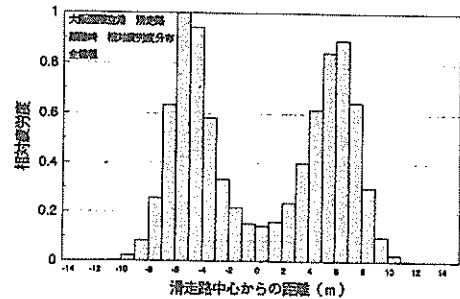


図-74 大阪国際空港滑走路離陸時相対疲労度分布

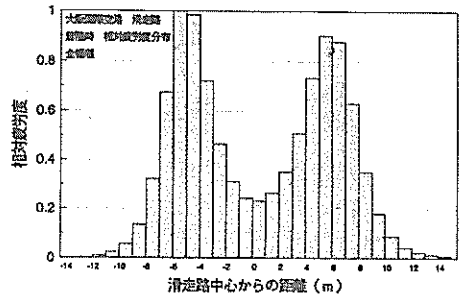


図-75 大阪国際空港滑走路着陸時相対疲労度分布

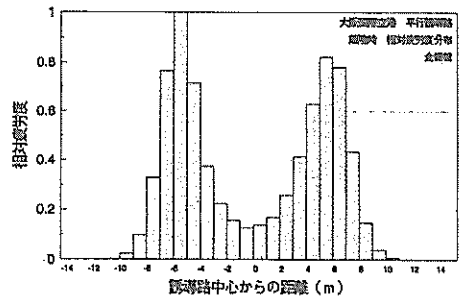


図-76 大阪国際空港平行誘導路離陸時相対疲労度分布

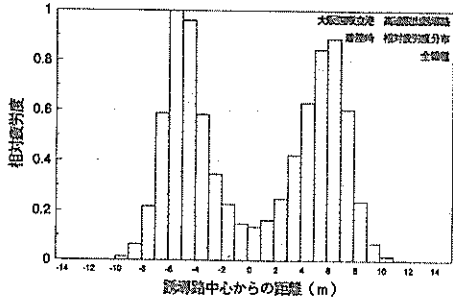


図-77 大阪国際空港高速脱出誘導路着陸時
相対疲労度分布

の路床の相対疲労度は図-78~81に示している。

図-82~84は大阪国際空港と松山空港の滑走路の離陸時、着陸時および平行誘導路の相対疲労度の分布を比較したものである。大阪国際空港では滑走路中心から左右約6m位置に相対疲労度のピークがあるのに対して、松山空港では左右約4mの位置にピークがある。

図-85~88はそれぞれ大阪国際空港の滑走路、平行誘導路、高速脱出誘導路の離陸時、着陸時におけるノーズギア、主脚、相対疲労度の分布を比較したものである。すべて場合においてノーズギアの分布は中心線付近に集中しており、主脚、相対疲労度の分布は中心線の左右に

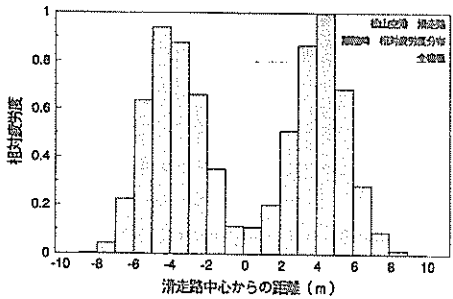


図-78 松山空港滑走路離陸時相対疲労度分布

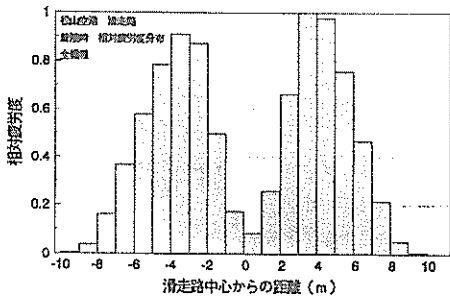


図-79 松山空港滑走路着陸時相対疲労度分布

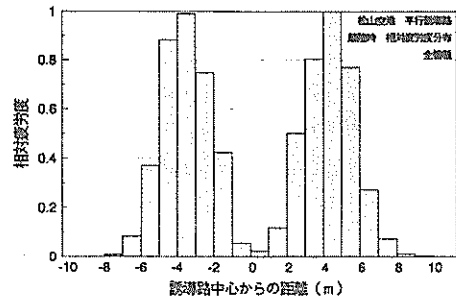


図-80 松山空港平行誘導路離陸時相対疲労度分布

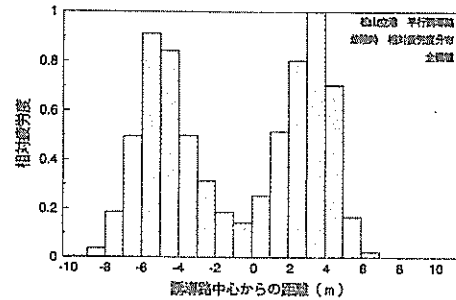


図-81 松山空港平行滑走路着陸時相対疲労度分布

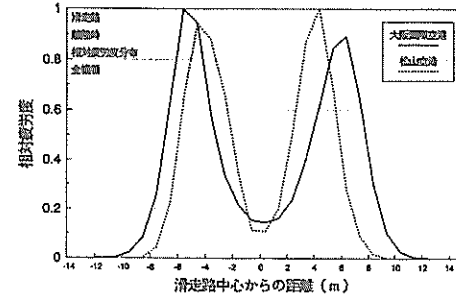


図-82 大阪国際空港、松山空港相対疲労度分布
(滑走路離陸時)

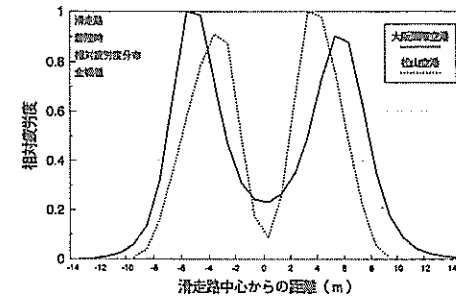


図-83 大阪国際空港、松山空港相対疲労度分布
(滑走路着陸時)

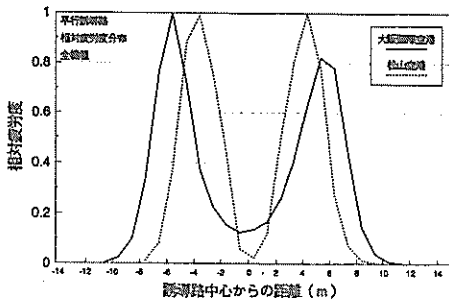


図-84 大阪国際空港、松山空港相対疲労度分布
(平行誘導路離陸時)

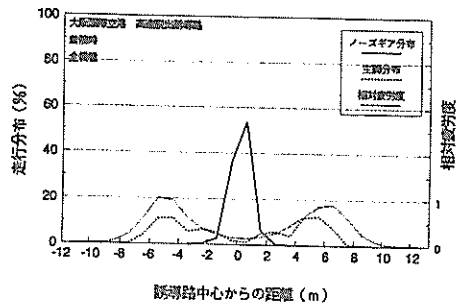


図-88 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(大阪国際空港高速脱出誘導路着陸時)

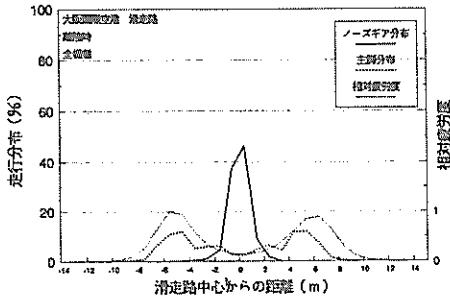


図-85 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(大阪国際空港滑走路離陸時)

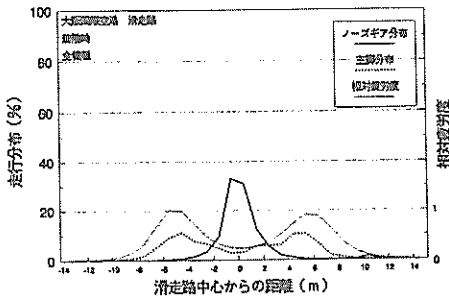


図-86 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(大阪国際空港滑走路着陸時)

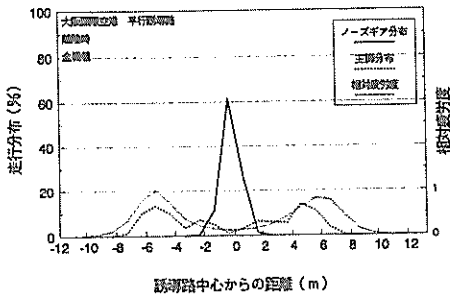


図-87 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(大阪国際空港平行誘導路離陸時)

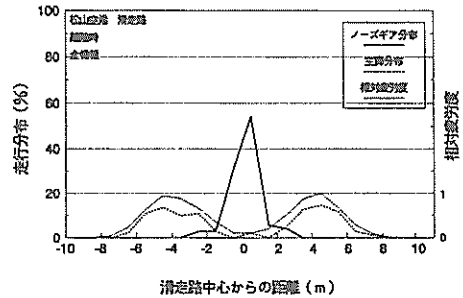


図-89 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(松山空港滑走路離陸時)

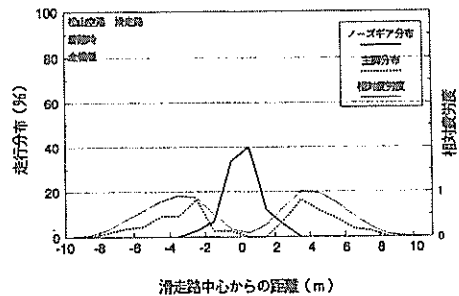


図-90 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(松山空港滑走路着陸時)

2つの分布となっており、その分布の広がり主脚分布よりも相対疲労度分布の方が大きくなっている。

図-89~92はそれぞれ松山空港の滑走路、平行誘導路の離着陸時におけるノーズギア、主脚、相対疲労度の分布を比較したものである。どの場合も大阪国際空港と同様の傾向がみられる。

中心線をはさんで左右それぞれの相対疲労度分布を正規分布と仮定し、大阪国際空港、松山空港についてそれぞれ施設別、離着陸別に標準偏差を求めたものが表-6である。表-2および表-3のノーズギアの走行分布の

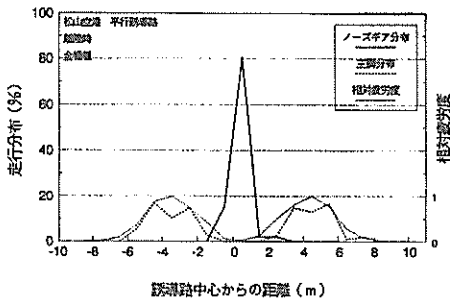


図-91 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(松山空港平行誘導路離陸時)

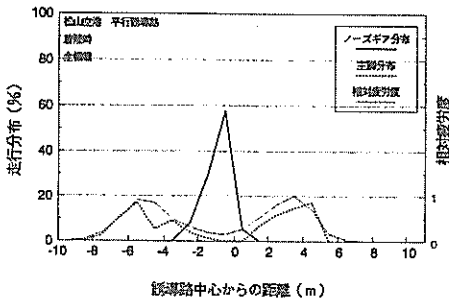


図-92 ノーズギア、主脚、相対疲労度
(松山空港平行誘導路着陸時)

表-6 相対疲労度分布の標準偏差

施設	大阪国際空港	松山空港
滑走路離陸時	2.02	1.62
滑走路着陸時	2.46	1.67
平行誘導路離陸時	1.97	1.38
平行誘導路着陸時	=====	1.41
高速脱出誘導路着陸時	1.96	=====

(単位:m)

標準偏差よりも大きく、相対疲労度は航空機の走行分布よりも広い範囲に分布していることが標準偏差からもわかる。

FAA (米国連邦航空局) の形式⁸⁾では図-93に示す

ように舗装横断方向に舗装の減厚は行わずに表層・基層厚と路盤厚の構成を変化させ舗装厚を一定としている。すなわち路床上面のレベルを一定にしている。しかし、空港舗装構造設計要領では舗装横断方向に舗装の減厚を行い、舗装が減厚されたところでは路床上面が減厚されていないところよりも高くなっている。路床上面の応力が舗装横断方向に幅広く分布するという結果から考えると舗装構造はFAAの形式の方が望ましいと考えられる。

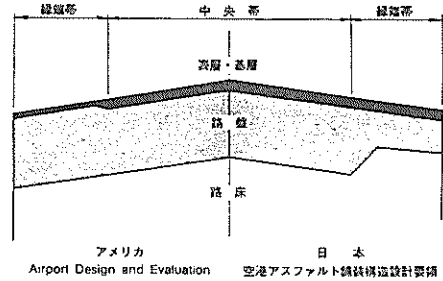


図-93 日本と米国の空港アスファルト舗装構造の比較

6. 結論

本資料の主要な結論をノーズギアの走行分布と主脚の走行分布に分けて以下に記述する。

航空機のノーズギアに着目して調べた航空機の走行位置は次のように総括できる。

- (1) 大阪国際空港、松山空港とも、滑走路の横断方向走行位置をみると着陸時のほうが離陸時よりも広がり大きいことがわかる。
- (2) 滑走路の横断方向走行位置分布の機種による違いをみると、小型航空機のほうが大型航空機よりも中心線に集中していることが認められた。
- (3) 施設別にみた場合は、誘導路のほうが滑走路よりも横断方向の走行は中心線付近に集中している。
- (4) エプロンのスポットにおける航空機の走行軌跡もガイドライン付近にかなり集中しているが、スポットのノーズギア停止位置がエプロン誘導路に近い場合には、分散が大きくなってしまふ。
- (5) 滑走路の着陸地点を縦断的にみた場合、大型航空機に比べて小型プロペラ機は分散が大きくなっている。

空港舗装の構造設計に使用される主脚荷重の横断方向分布については次のようにまとめられる。

- (1) 主脚の横断方向走行位置は中心線をはさんで左右2つの分布となり、ノーズギアの分布と比べると、そ

の分散は大きなものとなっている。

- (2) 交通量を反復作用回数へ換算する場合の換算係数ならびに、滑走路の中央帯の幅が実態に合わせて改訂された。
- (3) 空港舗装の路床には航空機荷重による応力が航空機の横断方向走行位置分布よりも広い範囲で分布することがわかった。路床上面の応力分布から考えるとFAAのような形式⁸⁾の舗装構造が望まれる。

7. おわりに

本研究により、20年以上前に実施した調査結果に比べて、舗装の横断方向にみた場合の航空機の走行位置は中心線上にかなり集中していることが明らかとなった。また、エプロン上の走行軌跡については初めて調査が行われたが、エプロン上での航空機の走行位置はガイドラインとスポットの相対的な位置関係により影響されることがわかった。

これらの走行位置分布を舗装の構造設計に取り込むためには、ピーク法と平均法の2とおりがあることは4.で述べたとおりである。1990年に改訂された舗装構造設計法では平均法が採用されたが、これは路床へ荷重応力が伝搬する範囲が航空機の走行位置分布よりも広いという点も含めて考慮したためである。今後は、舗装構造や路面性状の調査結果を交通量や経過年数に関して考察することによって、交通量の取り込み方法についてさらなる合理化を図っていかなければならないものと思っている。

この研究には、運輸省航空局飛行場部建設課ならびに関西国際空港株式会社が実施した調査結果を使用させていただいた。実際の調査では、運輸省大阪航空局大阪空港事務所・松山空港事務所の多大なる協力を得た。小林正樹土質部長には本資料をまとめるにあたって懇切丁寧な助言をいただいた。野田節男次長には本資料に対して丁寧な助言をいただいた。各位に対して感謝申し上げます。

(1993年3月31日受付)

参考文献

- 1) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，1990年
- 2) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，1990年
- 3) 運輸省東京航空局：航空機の交通量分布調査，航空局業務資料，1968年
- 4) Rada, G. R. Wiczak, N. W. : Aircraft Traffic Mix Analysis : Damage Factors and Coefficients, Aircraft/Pavement Interaction, 1991.
- 5) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，1976年
- 6) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，1977年
- 7) 佐藤勝久，八谷好高，深海正彦：空港舗装用安定処理土の基本的性質，港湾技研資料，No.598, 1987年
- 8) Federal Aviation Administration : Airport Pavement Design and Evaluation, Advisory Circular, 150/5320-6C, 1978.

港湾技研資料 No.757

1993・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 南つばさ印刷技研

Published by the Port and Harbour Research
Institute, Nagase, Yokosuka, Japan.

Copyright © (1993) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。