

地上走行挙動に着目した空港舗装評価

Evaluation of the Airport Pavement taking account of the Aircraft motion.

北見工業大学大学院	○学生員	井上 要人 (Yohto Inoue)
北見工業大学	正 員	川村 彰 (Akira Kawamura)
北見工業大学	正 員	高橋 清 (Kiyoshi Takahashi)
国土交通省	正 員	八谷 好高 (Yoshitaka Hachiya)
中央大学	正 員	姫野 賢治 (Kenji Himeno)

1. はじめに

航空機に対して安全な走行面を提供するという空港舗装の機能を確認するために、その表面状態については定期的に調査をする必要がある。しかし、現行の空港舗装の設計ならびに維持・補修においては、管理者側からの視点による基準から評価・工事がなされるのが一般的である。空港に関わる立場には、旅客・航空会社等の利用者、周辺住民、管理者の3者がおり、それぞれ異なる意見を持ち、これらへの対応が空港舗装の機能を形成している。したがって、管理者は、利用者・周辺住民に満足を与えられるように、舗装を技術的・経済的な妥当性を持って建設・維持出来るようにする必要がある。このようなことを背景にして、航空会社の協力を得て舗装利用者の観点から、平成10年に空港舗装サービス性能について、航空会社のパイロットの方に対してアンケート調査が行われた。前回の調査では、空港舗装施設（エプロン、誘導路、滑走路）に対応した舗装評価であったが、今回は、前回の追加・補足調査として

1) 航空機の地上走行挙動に着目した舗装評価

2) 羽田空港舗装施設の実態調査

の2項目を設定した。1)においては、航空機の地上走行挙動に着目することで安全性および快適性に結びつく舗装評価の要点をより明確にすることを意図するものであり、2)では使用頻度の高い一空港において、舗装利用者側の観点による舗装状況評価を行うことにより、舗装の実態調査と1)における意識調査との対応を図ることを目的とした。

2. アンケート調査の概要

平成13年7月、主に国内空港を利用しているパイロット（国内主要3社に属するパイロット）に対して、航空機を舗装上に走行させている際に感じる表面性状に関する事項についてアンケート調査を実施した。設問の選定やアンケートの実施方法については、あらかじめ数人のパイロットに対してのヒアリングを実施し、我が国の空港における実情、走行中のパイロットの意識事項等に基づいて決定した。その結果、62名から有意な回答を得ることができた。主な調査結果は以下の通りである。

- 1) 飛行経験年数 or 飛行経験時間
- 2) 主な乗務航空機機種

- 3) 航空機の乗り心地に関する評価：エプロン
- 4) 航空機の乗り心地に関する評価：誘導路
- 5) 航空機の乗り心地に関する評価：滑走路
- 6) 走行安全性に関する評価：エプロン
- 7) 走行安全性に関する評価：誘導路
- 8) 走行安全性に関する評価：滑走路
- 9) 国内空港のエプロン・誘導路・滑走路に対し、快適性・安全性の観点から感じていること
- 10) 東京国際空港において路面状況で気になる場所（添付の基本平面図にて状況を自由記入）

*3)～8)については、各舗装施設おける地上走行挙動別に、舗装路面における影響因子8項目（①段差②わだち③波状路面④舗装のひび割れによる破片⑤走行方向の勾配⑥湿潤路面⑦雪氷路面⑧航空灯火の凹凸）に対する影響程度について、良し悪しの程度を5段階で評価してもらった。

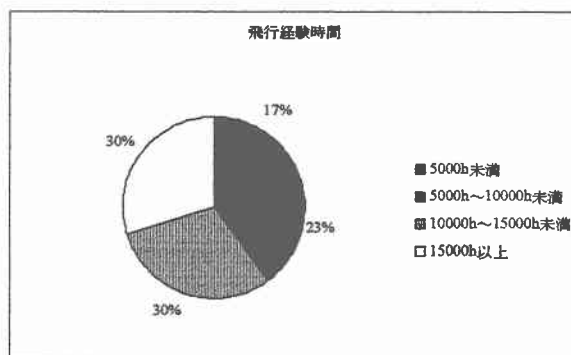


図-1 回答者の飛行経験時間

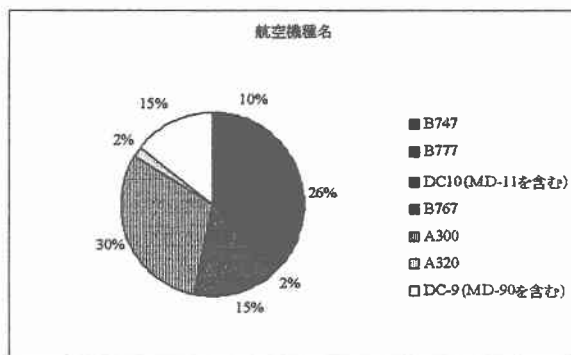


図-2 回答者の乗務している航空機

3. アンケート調査の結果

3.1 パイロットの情報

アンケート対象であるパイロットの情報として図-1に飛行経験時間を、図-2に主な乗務航空機の機種をそれぞれ示す。飛行経験時間は10000h～15000h、15000h以上が共に30%を占め、次いで5000h～10000h、5000h未満となっている。主な航空機の機種は、設計荷重の区分でLA-12に属するB767とA300の機種が45%を占めており、次いでLA-1に属するB747、B777、DC10が38%である。他は、LA-2とLA-3の設計荷重区分に属する航空機で17%となっている。

乗り心地および走行安全性に対する空港舗装の表面性状の影響について、それぞれエプロン、誘導路、滑走路に分けて集計した結果を図-3、4に示す。評価の回答としては①影響なし②あまりない③普通④ややある⑤多いに影響の5段階である。乗り心地および走行安全性ともに「大いに影響」、「ややある」を合わせた割合が半数近くを示しており、パイロットが航空機を走行させる際、各舗装施設の路面状況において不安や不満を感じていることが伺える。

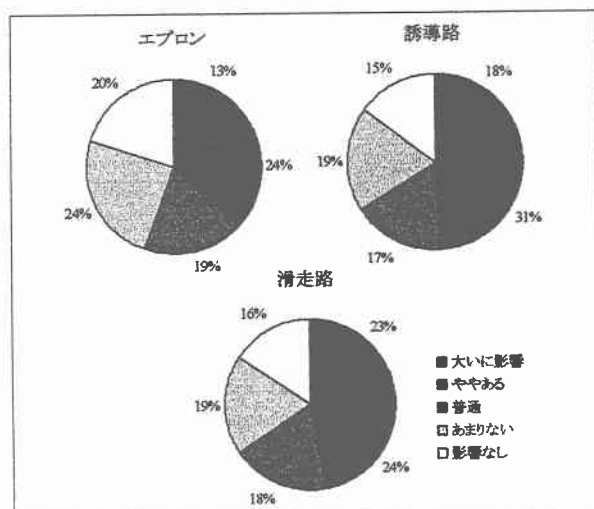


図-3 航空機の乗り心地に関する評価

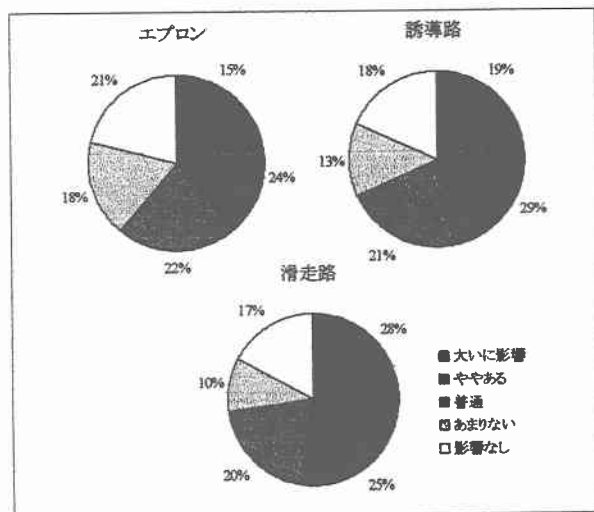


図-4 航空機の走行安全性に関する評価

次に、先に示した各舗装施設における乗り心地および走行安全性に対する結果について、飛行経験時間と乗務航空機の関連性を評価するために、各飛行経験時間と乗務航空機の違いについて、結果を細分して集計し、それぞれを比較してみた。その結果、どの舗装施設においても、乗り心地および走行安全性に対する飛行経験時間と乗務航空機による差異は見られなかった。したがって、パイロットの経験や航空機の機種にかかわらず、国内空港の舗装表面全般に対して半数近くのパイロットが、乗り心地・走行安全性に対する影響を感じていると言える。

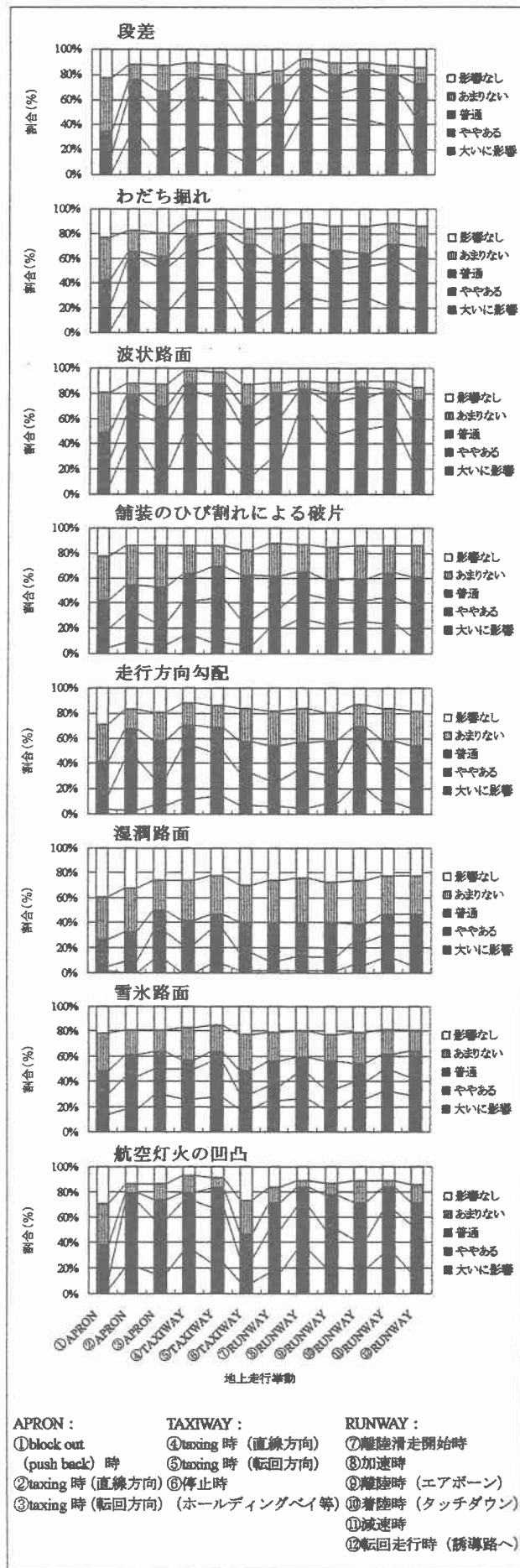
3.2 影響因子別の舗装評価

我が国の空港舗装に対して約半数が表面状態に影響ありとしているが、その表面性状を支配する8項目の因子について地上走行挙動別に、具体的に検討した。各舗装施設別の地上走行挙動は以下の通りである。

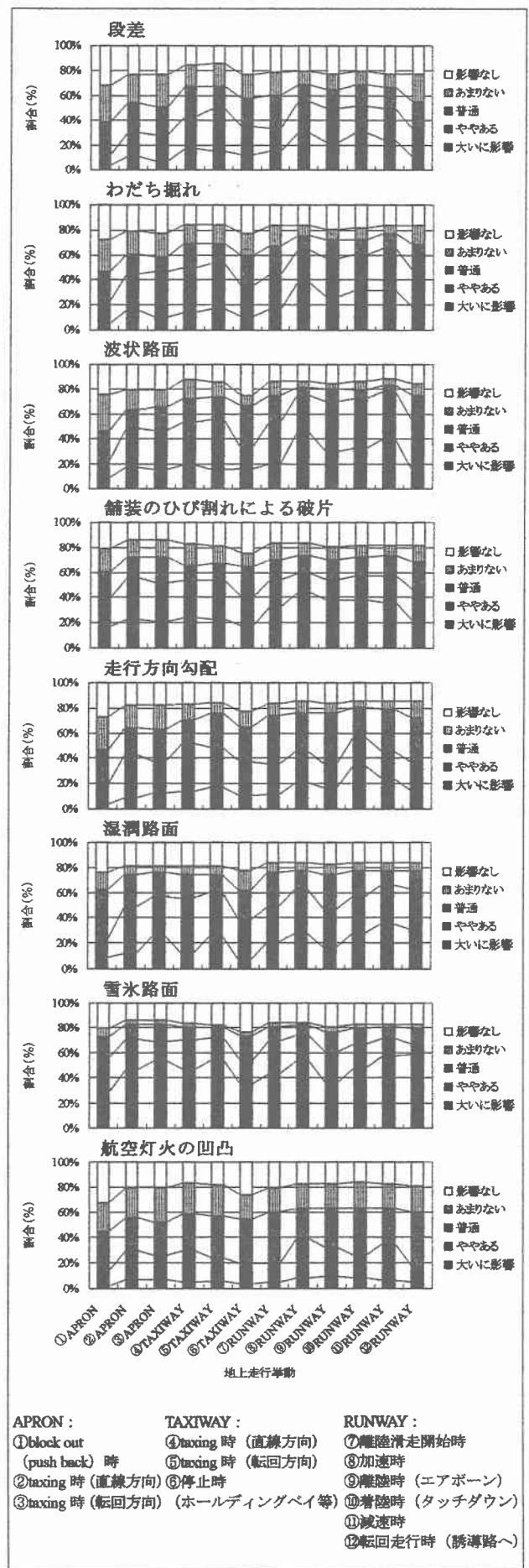
- ・APRON : ①block out時 (push back時) ②taxing時 (直線方向) ③taxing時 (転回方向)
- ・TAXIWAY : ④taxing時 (直線方向) ⑤taxing時 (転回方向) ⑥停止時 (ホールディングベイ等にて)
- ・RUNWAY : ⑦離陸滑走開始時 (フルパワー時) ⑧加速時 ⑨離陸時 (エアポーン時) ⑩着陸時 (タッチダウン時) ⑪減速時 ⑫転回走行時 (誘導路へ)

まず、乗り心地に関する地上走行別の影響程度を各因子別に示した結果を図-5に示す。全体を通してしてみると、「大いに影響」では波状路面・段差の順で大きくなっている。これらにおいては、特に滑走路における⑧加速時～⑪減速時で影響程度が大きな値を示している。これに「ややある」を加えてみると、波状路面・段差に加え、わだち掘れ・航空灯火による凹凸においても影響が大きくなっている。また、「多いに影響」および「ややある」を合わせた評価において、各舗装施設 (エプロン、誘導路、滑走路) における地上走行挙動項目別でみると、エプロンの②taxing時 (直線方向) ③taxing時 (転回方向)、誘導路の④taxing時 (直線方向) ⑤taxing時 (転回方向)、滑走路の⑧加速時 ⑨離陸時 (エアポーン時) ⑩着陸時 (タッチダウン時) ⑪減速時において段差・わだち掘れ・波状路面・航空灯火の凹凸が約60%と大きな影響を示している。特に波状路面においては、誘導路および滑走路で約80%と非常に大きな影響を示している。大きなうねりや小さなこぶが連続したものを波状路面の特徴として挙げられるが、航空機の乗り心地を快適に保つための判定要素として、波状路面が大きな影響を与える重要な要素であることが伺える。

次に、走行安全性に関する地上走行別の影響程度を各因子別に示した結果を図-6に示す。「大いに影響」では雪氷路面が特に目立っており、舗装施設全体を通して大きな影響が見られる。

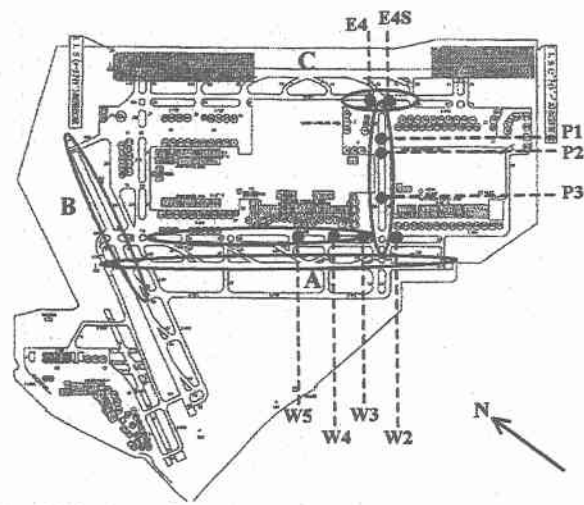


図一5 地上走行挙動項目別評価(乗り心地)



図一6 地上走行挙動項目別評価(安全性)

これに「ややある」を加えると、雪氷路面に加え、わだち掘れ・波状路面・舗装のひび割れによる破片・湿潤路面でも影響が大きくなっている。また、「多いに影響」および「ややある」を合わせた評価において、各舗装施設（エプロン、誘導路、滑走路）における地上走行挙動項目別にみると、乗り心地評価と同様の挙動項目（エプロン：②・③、誘導路：④・⑤、滑走路：⑧～⑪）において50%～60%と大きな影響を示している。特に、滑走路の⑧加速時と⑪減速時の波状路面、雪氷路面といった因子では80%近くの大きな値を示している。また、乗り心地で影響が大きかった航空灯火の凹凸による影響は、安全性に関しては小さい方であった。逆に、安全性で比較的影響の大きかった水たまり等の湿潤路面による影響は、乗り心地の面では値が小さい。



図一七 東京国際空港基本平面図

3. 3 国内空港における舗装施設実態状況

日本国内のエプロン・誘導路・滑走路に対し、快適性・安全性の観点から感じていることをパイロットの方々に自由回答してもらったうち、比較的意見の多かったものを以下に記す。

- ・部分的に修復された路面での凸凹が大きい。
- ・航空灯火の凹凸が大きく、一層の工夫が必要。
- ・エプロンと誘導路間のつながりが気になる。
- ・埋立地空港特有の地盤沈下による路面への影響。
- ・わだちを横断する際の乗り心地に対する影響。
- ・離陸の際、滑走路に進入するT-WAYの停止位置に必ずくぼみができ、上り勾配と重なって停止時にスタックしてしまう所が多い。
- ・定期的な空港ごとのアンケートをとり、利用者の不具合をモニターすることにより改善できるシステムを確立して欲しい。
- ・昔は、滑走するのに快適性を考慮しなくても良かったが、最近ではTAXIにも気をを使うようになった。
- ・安全性に関しては一定のレベルにあると思われるが、快適性を考えると凹凸の影響が無視できない。

他にも多種多様な意見が多く、影響因子に直接結びつく回答が多く見られた。

次に、羽田空港舗装施設における実態調査の結果について、特に回答の多かった箇所と影響因子を表一にまとめ、その結果を図一七に○で囲み示した。主要影響因子としては、段差・わだち掘れ・波状路面といった回答が多かった。位置に関しては、A滑走路周辺の誘導路および滑走路、B滑走路におけるT/D付近、A～C滑走路を結ぶ間のj2およびj3において影響があるとの回答が多かった。

表一 回答の多かった箇所と影響因子

位置	影響因子
A滑走路周辺: W2～W3	わだち、波状路面、走行方向勾配
A滑走路周辺: W4～W5	わだち、波状路面、舗装のひび割れによる破片
B滑走路周辺: T/D付近	段差、波状路面、舗装のひび割れ、走行方向勾配
C滑走路周辺: E4	段差
C滑走路周辺: E4～E4S	わだち、走行方向勾配
A～C滑走路間周辺: j2 (P1～P3)	段差
A～C滑走路間周辺: j2 (P2～P3)	段差、走行方向勾配
A～C滑走路間周辺: j3 (P1～P3)	段差
A～C滑走路間周辺: j3 (P2～P3)	段差、走行方向勾配

4. おわりに

以上に記したパイロットに対する舗装路面についてのアンケート調査から、明らかになったことをまとめると以下の通りである。

- ・パイロットの経験や航空機の機種にかかわらず、国内空港の舗装表面全般に対して、半数近くのパイロットが乗り心地・走行安全性に対する影響を感じている。
- ・舗装表面からの主要影響因子は乗り心地と走行安全性で異なっており、乗り心地に関しては縦断方向の凹凸および波状路面が、走行安全性では雪氷路面が最も大きく影響している。波状路面においては、走行安全性に関しても雪氷路面に次いで大きな影響が見られることから、空港舗装を評価する際の重要な要素として見る事が出来る。
- ・地上走行挙動別の舗装評価結果より、乗り心地・走行安全性に対する舗装表面の影響を特に大きく受けるのは、走行速度の影響が大きいと思われるエプロンおよび誘導路の taxi 時、滑走路においては、特に加速時・減速時であることがわかった。
- ・地上走行挙動別の舗装評価結果と、一空港の状況評価における比較では、状況評価での乗り心地・走行安全性の違いを詳しく見ることは出来ないが、主要影響因子の把握と、走行挙動との関係を明確にすることが出来た。

参考文献

- 1) 八谷好高, 高橋修: 空港舗装の表面性状に関するパイロットの主観的評価, (1999.9)
- 2) 高橋修, 八谷好高: 空港舗装における路面性状の主要因子と航空機の動的応答, 舗装 36-8, p8~p14, (2001)
- 3) 新体系土木工学 69 空港, (社) 土木学会 (1984)
- 4) Yoshitaka HACHIYA, Jianjun YIN, Osamu TAKAHASHI and Kenji HIMENO: Aircraft Response Based Airport Pavement Roughness Evaluation, 土木学会論文集 (1999.11)