

海外空港

チューリッヒ空港 (LSZH / ZRH)

1. 概況

1.1 空港の概況

チューリッヒ空港はスイスで最も規模の大きい空港である。チューリッヒ中心部から北東に約8kmの位置にあり、電車で約10分と利便性が良い。空港運営者はチューリッヒ空港株式会社(Flughafen Zürich AG、以下FZA)である。空港の北側はドイツとの国境が接近し、図1に示すように空港敷地の北端からは12kmほどしか離れていない。東側も国境が比較的近い(北東側約50km、南東側約70km)。

2019年の年間の離着陸回数は275,329回、1日あたり754回である。運航便のうち約85%が欧州を出発または目的地としている。同年の旅客数は約3,150万人で、1日あたり86,300人の旅客が利用した。貨物の取扱量は、45万トン、1日あたり1,200トンである。就航路線は203路線、運航数の多い路線はロンドン、ベルリン、アムステルダ

ム、ウィーン、デュッセルドルフなどが挙げられる。乗り入れ航空会社は77社となっている。

1.2 環境対策の概況

山に囲まれたスイスなので当然ながらチューリッヒ空港は内陸に立地する。空港の南西側にはチューリッヒ市街地が形成され人口密集地である。南側と西側は市街地が連続する。東側や北側は郊外地区だが、農地に点在して住居集落も多く形成される(図1参照)。このような状況から航空機騒音は空港運営の課題となっている。さらに、ドイツとの国家取決め(条約)によって、ドイツの上空を飛行する場合、早朝と深夜は一定の高度を越えて飛行すること、また、チューリッヒ州の規制で、空港周辺住宅地上空の飛行は一定の高度を超えることを定めている。

これらにより、チューリッヒ空港では飛行経路の運用の工夫や、カーフュー設定、防音工事などの騒音対策に力を入れている。

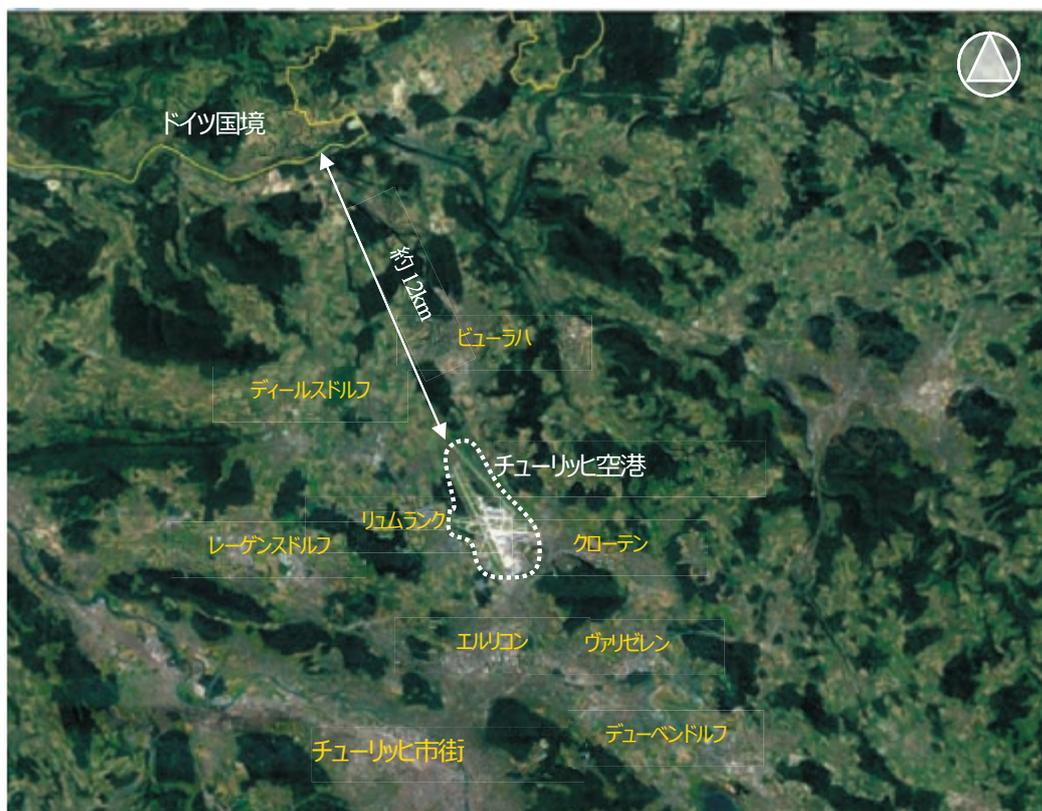


図1 チューリッヒ空港と周辺地域

2. 空港運用状況

2.1 滑走路の配置

表1および図2はチューリッヒ空港の滑走路構成である。滑走路は3本あり、複雑に交差する形になっている。曜日や時間帯によって滑走路の運用パターンを変化させている。

表1 チューリッヒ空港の滑走路構成

滑走路	滑走路長 (m)	幅(m)	ILS	
10 / 28	2,500	60	10	なし
			28	UNCAT
16 / 34	3,700	60	16	CAT
			34	CAT I
14 / 32	3,300	60	14	CAT III
			30	なし

2.2 滑走路別の運用状況

チューリッヒ空港の滑走路運用は、原則として、日中・夜間・早朝の3つに区分される。それらの時間帯は曜日によっても異なる。表2および図3にその運用パターンを説明する。また、図3はFZAが公表した2019年の運用実績割合である。

まず、日中(平日なら7~21時)の運用はRWY14着陸とRWY28離陸の組合せを基本とする。南風や東風成分が強い時は、離陸はRWY16または10を用いる。これが最も処理容量が大きく、時間当たり66回である。騒音対策上最も有利なパターンでもある。着陸の71.2%はRWY14、離陸の62.9%は28離陸、10.2%が16離陸である。

しかし、この方法は一日を通じて使用できない。チューリッヒ空港の北側と東側はドイツとの国境が近く、同空港を発着する航空機が早朝と深夜にドイツ上空を飛行する際の高度が12,000ftを超えて飛行するよう規制されている。しかし、チューリッヒ空港に北側から着陸する際に、この規制を満たすことができない。(14または16進入の際は4,000ftでドイツ領土を飛行する。)そのため、早朝と深夜は日中とは異なり、西または南から進入する滑走路運用をしている。



図2 チューリッヒ空港の滑走路と運用する方向

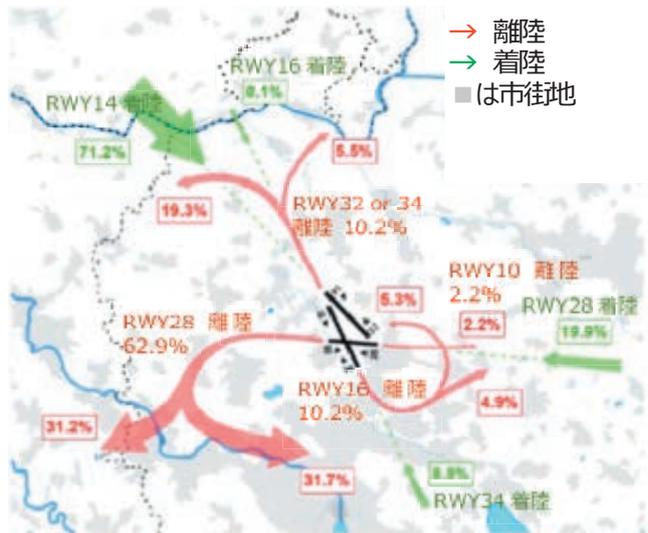
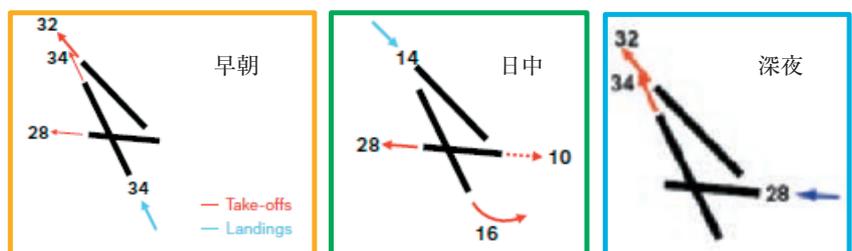


図3 滑走路・方向別の運用割合

表2 チューリッヒ空港の滑走路運用パターン

区分	時間	形態	滑走路	運航容量 (回/時間)
早朝	平日 6:00-7:00	離陸	RWY 32, 34, 一部RWY 28	約50回
	土日祝日 6:00-9:00	着陸	RWY 34	
日中	平日 7:00-21:00	離陸	RWY 28, 16, 東風時RWY 10	約66回
	土日祝日 9:00-20:00	着陸	RWY 14	
深夜	平日 21:00-23:30	離陸	RWY 32, 34	約60回
	土日祝日 20:00-23:30	着陸	RWY 28	



2.3 時間帯別や機種別の運航状況

図4上段はチューリッヒ空港の時刻別の離着陸回数である。7～21時が運航の中心で、12時頃と18時頃に運航のピークがあり、1時間当たり45回程度の運航がある。滑走路3本とはいえ、前節で説明したように、交差形態の滑走路を複雑な運用をしているので、処理容量が上がらない。また、チューリッヒでは、Night Curfewを23時半から6時までの間実施しているため、同時間帯の航空機の離着陸は確認できない。

図4下段は機種別の運航回数である。空港の概況でも述べたように、欧州便が85%を占め、近距離の輸送が多いため、A320の運航が際立っており、リージョナルジェットやプロペラ機の運航数も相対的に多い。A330、B777などの中・大型機は欧州域以外への国際線を中心に約70便/日ある。

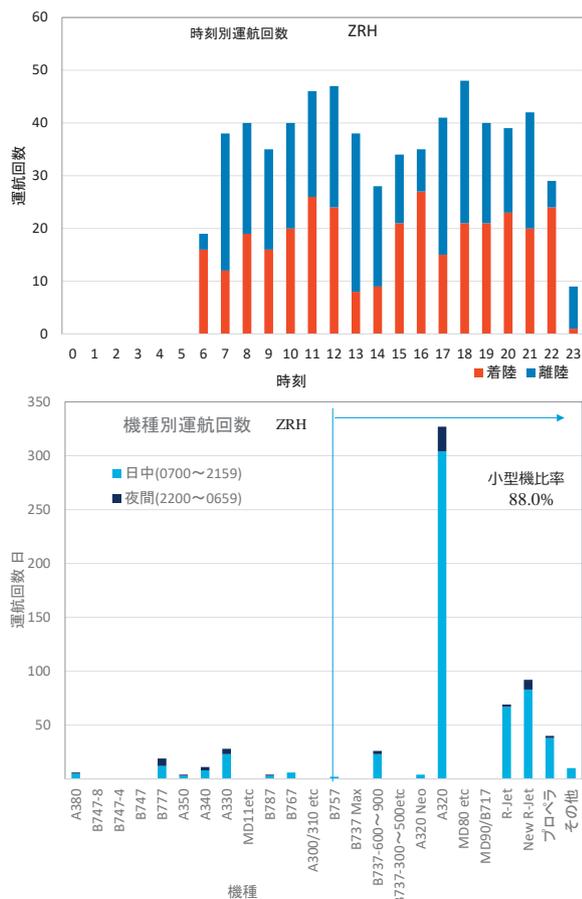


図4 時間帯別離着陸回数と機種別運航回数 (2018.12.13の例、Flightrader24から)

3. 空港周辺の土地利用状況

前掲の図1はチューリッヒ空港と周辺地域を示す。チューリッヒ空港の南西側にはチューリッヒ市街がある。空港から南西側および南方向は住宅が密集している。東および北方向は郊外地域で、農地も多いが住居集落も多くある。図3や後述の図6では住居地区を色で区別しているの、それも参考にしていきたい。

4. 環境負荷を考慮した着陸料金

チューリッヒ空港では航空機の重量ベースの着陸料金に加え、騒音課金(Noise Charge)と排出物課金(Emission Charge)を課している。

まず、従量ベースの着陸料金は表3の通り、最大離陸重量(MTOW, トン)で区分したMTOWクラスに基づいて着陸料金が決定する。

次に、騒音課金について解説する。チューリッヒ空港周辺で測定した騒音値の機種別平均と全機種平均の差に基づいて、各機種を5つの騒音クラスに分類している(表4)。「測定した騒音値」については説明が見つからなかったが、平均値をクラス3として、3dB毎でクラス分けをしていることは、この制度を始めた当初と変わっていない。

表3 最大離陸重量で決まる着陸料金

MTOW class	最大離陸重量 (W)	着陸あたりの料金 (CHF)	代表例
1	0t < W ≤ 2t	15	BE35
2	2t < W ≤ 5t	37	C208
3	5t < W ≤ 15t	97	C501
4	15t < W ≤ 25t	183	AT73
5	25t < W ≤ 50t	309	E170
6	50t < W ≤ 100t	567	A320
7	100t < W ≤ 200t	1,091	B763
8	200t < W ≤ 400t	1,818	B788, B77W
9	400t < W	3,005	A388

表4 実態騒音に基づく騒音クラスの適用

Noise Class	平均との差	機種例
1	4.5dBを超える	B744
2	1.5~4.5dB	B763, B77W
3	-1.5~1.5dB	B734
4	-4.5~-1.5dB	A320, B788
5	-4.5dB以下	A320N

騒音クラスごとに日中(7時から21時、着陸のみに課金)と夜間(21時から7時、離陸と着陸それぞれ

表5 チューリッヒ空港の騒音課金

日中のNoise Charge

日中(着陸あたり)	1	2	3	4	5
Charge	2,000	400	40	10	0

単位：スイスフラン(CHF)

夜間のNoise Charge (離陸)

夜間(離陸あたり)	1	2	3	4	5
21:00:01-22:00:00	800	400	200	100	50
22:00:01-22:30:00	1,500	800	400	200	100
22:30:01-23:00:00	3,000	1,500	800	400	200
23:00:01-23:30:00	6,000	3,000	1,500	800	400
23:30:01-00:00:00	12,000	6,000	3,000	1,500	800
00:00:01-06:00:00	18,000	12,000	6,000	3,000	1,500
06:00:01-07:00:00	1,500	800	400	200	100

単位：スイスフラン(CHF)

夜間のNoise Charge (着陸)

夜間(着陸あたり)	All class
21:00:01-22:00:00	40
22:00:01-22:30:00	50
22:30:01-23:00:00	100
23:00:01-23:30:00	200
23:30:01-00:00:00	400
00:00:01-06:00:00	1,500
06:00:01-07:00:00	50

単位：スイスフラン(CHF)

れに課金)に課金額が設定されている。夜間の騒音課金は日中の騒音課金にプラスして課金される。夜間の騒音課金は、離陸はクラスごと、着陸は全機種共通に、それぞれ時間帯に応じて変化する体系である(表5)。

騒音課金による収入はNoise Fundという騒音対策財資金の運用と供給をするファンドに繰り入れられる。Noise Fundでは資金の運用ともに、住宅防音工事、用地買収、騒音監視局の設置や維持管理の費用などに資金を拠出している。

排出物課金は標準的な航空機の離着陸サイクル(LTOサイクル)において排出されるNOxの排出量に2.5スイスフランを乗じた金額を課金している。

5. 空港周辺環境対策

5.1 評価指標と基準

チューリッヒやジュネーブなどのスイスの空港の航空機騒音に係る基準は、連邦騒音保護条例(Larmschutz-Verordnung)により定められている。

連邦騒音保護条例は、土地利用区域に応じて四段階の騒音感受レベル(Noise sensitivity level)を設け、レベルごとに、航空機騒音の計画推奨値(この水準に抑えることが理想とされる値)、受音限度値(防音工事の実施の目安となる値)、警告値を航空機の大きさや時間帯ごとに定めている(表6、表7)。

騒音指標は L_{day} と L_{night} をベースとした指標である。8,616 kg以下の航空機を対象とした指標もあり、当該の航空機の年間運航回数が15,000回を超える場合、それに応じた重みづけをしている。チューリッヒのような大規模空港では、実質的に

$L_{eq,6\sim 22}$ が中段表の L_{rt} に該当し、夜間は22~6時の間の $L_{eq,1h}$ の最大値が下段表の L_{rn} に該当する。

表6 騒音感受レベルと土地利用目的の対応表

騒音感受性レベル	主な土地利用目的
I	静穏地区(リラクゼーションエリア)
II	住宅地
III	住宅と工場用地の混在
IV	工場用地

表7 騒音感受レベルごとの騒音基準

8,616 kg以下の航空機の騒音に対する基準(全日)

騒音指標 L_{rk} (dBA)

騒音感受レベル	計画推奨値	受音限度値	警告値
I	50	55	65
II	55	60	70
III	60	65	70
IV	65	70	75

注) L_{rk} は8616kg以下の航空機の騒音に関する指標である。8616kg以下の航空機の運航が年間で15,000回を超える場合、全日の L_{eq} に $K = 10 \cdot \log_{10}(N/15000)$ を加えた値が L_{rk} となる。15000回を下回る場合、全日の L_{eq} が L_{rk} となる。

航空機騒音に対する基準(6時から22時)

騒音指標 L_{rt} (dBA)

騒音感受レベル	計画推奨値	受音限度値	警告値
I	53	55	60
II	57	60	65
III	60	65	70
IV	65	70	75

注) 8616kg以下を含むすべての航空機に対する基準
 L_{rt} は8616kgを超える航空機の16時間 L_{eq} と L_{kr} のエネルギー平均である。

航空機騒音に対する基準(22~23時、23~24時、5~6時)

騒音指標 L_{rn} (dBA)

騒音感受レベル	計画推奨値	受音限度値	警告値
I	43	45	55
II	47/50※	50/55※	60/65※
III	50	55	65
IV	55	60	70

注) 8,616kg以下を含むすべてに適用、※22~23時に適用

5.2 騒音対策の枠組み

図5はチューリッヒ空港の騒音対策の枠組みのイメージである。連邦騒音保護条例は騒音感受レベルごとの騒音基準に加え、航空機騒音の暴露実態の把握には予測モデルを用いることを定めている。チューリッヒ州の空港法も予測モデルによる実態把握を定めており、独立的な研究機関であるスイス連邦物質科学技術研究所(Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research : Empa)が担当することとしている。

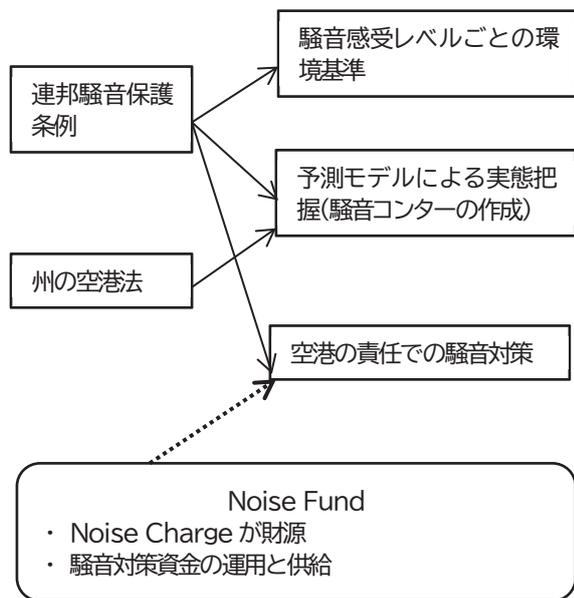


図5 チューリッヒ空港の騒音対策の枠組み

図6はEmpaの騒音予測モデルにより作成された住宅地(騒音感受レベルⅡ)を対象とした騒音コンターである。連邦騒音保護条例は、空港の責任による騒音対策の実施を定めている。そのため、チューリッヒ空港はEmpaが作成した騒音コンターに基づいて防音窓の設置を始めとする防音工事を実施している。

3章において述べたように、チューリッヒ空港はNoise Chargeを航空機の離陸と着陸に対して課金し、その収入をNoise Fundという騒音対策用の資金の運用と供給をするファンドに繰り入れている。2019年において、Noise Fundの騒音課金による収入は1,273万スイスフラン(日本円で約14億円)であり、防音工事や騒音監視局の維持管理費などの対策資金への拠出は1,013万スイスフラン(日本円で約11.5億円)であった。

5.3 補償(防音工事・移転補償)

チューリッヒ空港は、防音工事として、1999年2月以降2010年プログラムという防音窓の設置相当額の助成プログラムと、空港南側を対象とした住宅防音プロジェクトを実施している。

(1)2010年プログラム

2010年プログラムは、騒音感受レベルごとに設定された受音限度値を超える区域にある住宅に防音窓の設置をするプログラムである。

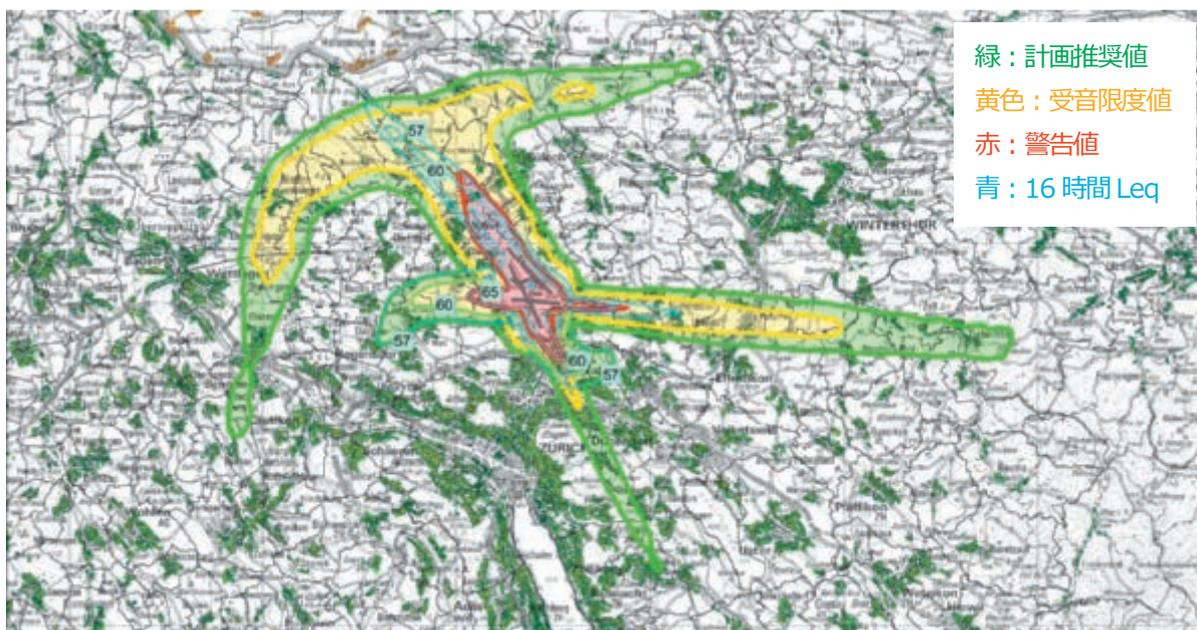


図6 騒音感受性Ⅱ(住宅地)の航空機騒音コンター(2019年)

対象となるのは、受音限度値の騒音コンター(図6の黄色のライン)にある1999年2月24日までに建設済み、または許可を得ていた建物である。対象となる建物は住宅に限定しておらず、オフィスや商業ビルも含まれる。対策は、住居やオフィスなどの窓のある部屋に対して、防音窓の設置である。空港による対策が行われる前に、自主的に防音窓を設置した建物については、設置にかかる費用の助成を受けることができる。空港から近い場所から優先的に工事を実施しており、チューリッヒ空港は、毎年工事実施エリアを公表している。これらの対策の財源はNoise Fundから充てられている。少し古いデータであるが、1999年から2013年までに4200件の建物に対して、1.71億スイスフランが投じられた。

(2) 空港南側を対象とした住宅防音プロジェクト

このプロジェクトは、早朝の滑走路運用パターンでRWY 34着陸経路下にあたる住宅を対象として、寝室に防音設備を取付けるものである。空港が指定するRWY 34経路下の区域内にある2011年以前に建設された住宅を対象としている。この対策は2010年プログラムで防音窓の設置等を受けた住宅は対象外である。対象住宅の所有者は、窓を電動で開閉(半開き)し、タイマー制御もできる装置(写真1)、防音機能付きの換気装置のいずれかを選択することができる。住宅の中で寝室として使用できるすべての部屋が設置対象である。

プロジェクトのフェーズ1は2015年10月の行政裁判所の決定に基づき、空港の責任の下実施され、2017年までに900件の住宅に設備が行われた。2018年以降はフェーズ2を計画しているが、行政裁判所の決定を待っているようである。



写真1 寝室に設置できる窓開閉装置から
(FZAホームページから)

5.4 土地利用規制

チューリッヒ空港周辺における土地利用規制に関する情報は見つけることができなかった。

5.5 騒音低減のための施設

2014年8月にエンジン試運転用のハンガーの供用が開始されている(写真2)。このハンガーではB748も試運転が実施可能である。ハンガーを用いることで25dBほどの減音効果が得られ、空港敷地境界付近では40~55dBAの騒音に抑えられる。建設費用は28.2百万スイスフラン、日本円でおおよそ31億円とのこと。



写真2 エンジン試運転用ハンガー

6. 騒音軽減運航方式

(1) 騒音優先飛行経路

2.2節で述べたように、チューリッヒ空港の北側と東側にはドイツとの国境があり、チューリッヒ空港に離着陸する航空機が同国の上空を飛行する場合の一定の高度を超えて飛行する規制が課されている。また、チューリッヒ州の法律により、住宅密集地の上空を飛行する場合、日中は5000ft以上、夜間は8000ft以上で飛行することが定められている。

図7はチューリッヒ空港の出発飛行経路のイメージである。同空港の飛行経路はできる限り、住宅密集地の上空を飛行することを避けることを意図して設計されている。チューリッヒ空港は空港が定めた離陸飛行経路からの逸脱を厳しく監視

しており、正当な理由なく経路から逸脱した場合、パイロットに対して詳細の聞き取りをしている。

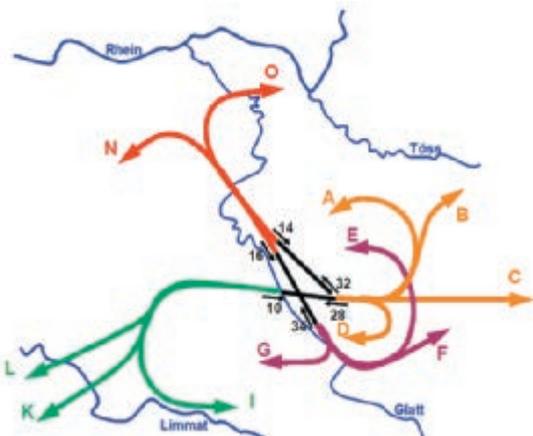


図7 チューリッヒ空港の離陸飛行経路

(2)着陸時のリバース使用制限

安全上の支障がない限り、着陸時のリバースを使用しないよう定めている。

7. 深夜時間帯の運航

7.1 深夜時間帯の運航制限

1972年以降、チューリッヒ空港は、23時半から6時までの間、離着陸の禁止(Night Curfew)を実施している。なお、23時から23時半までは遅延便の対応時間にあてるので、スケジュール便はない。

また、ICAO騒音証明値の大きさによる夜間運航の規制もあり、騒音インデックス96を超えるものは、21:00~22:30の間の離陸はできない(ただし、騒音インデックス98を越えない航空機で飛行距離5000km以上の便は除く)。なお、騒音インデックスは、ICAO騒音証明の「離陸」と「側方」の算術平均である。

7.2 騒音軽減のための措置

夜間の騒音課金の割増

21時から7時までの離陸と着陸に対しては、通常の騒音課金に加えて夜間の課金が設けられている。カーフェュー時間帯において、特別な事由により離着陸する場合、他の時間帯と比べて著しく高い料金を課している(表3)。

8. 環境監視と情報公開

図8はチューリッヒ空港周辺の騒音監視局である。航空機騒音監視の歴史は古く、1966年から行っている。現在の飛行経路と騒音の常時監視システムであるATANOMS (Airport Track And Noise Monitoring System)は2008年から導入された。チューリッヒ空港の周辺には14の常時監視局が設置されており、騒音とレーダー情報等から航空機の識別を行っている。チューリッヒ空港は、騒音監視結果を毎月公表している。公表する情報は、各騒音監視局における測定結果の他に、毎日の早朝、日中、深夜の滑走路別運航形態別の滑走路使用状況、Night Curfew時間帯におけるイレギュラーな運航回数(2019年12月には同時間帯に着陸が1回、離陸が4回実施された)などである。騒音と経路の動きをインタラクティブに表示するシステムは見当たらなかった。

参考文献

- 1) Zurich Airport AG (2019) “Lärmbulletin (騒音監視レポート)”
- 2) Swiss Federal Council (2015) “Lärmschutz-Verordnung (騒音保護条例)”
- 3) チューリッヒ空港ホームページ <https://www.zurich-airport.com/the-company>

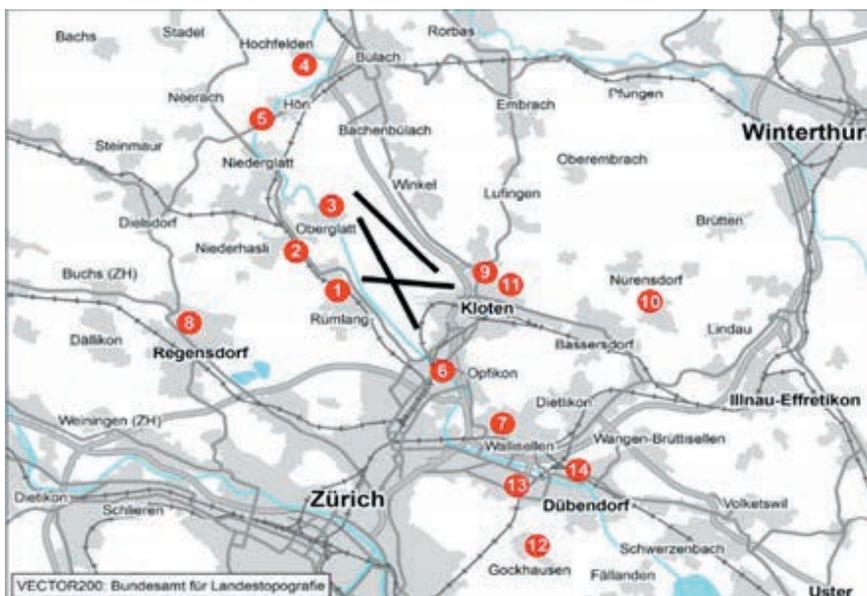


図8 チューリッヒ空港周辺の航空機騒音常時監視局