

## 海外空港

## サンフランシスコ空港 (KSFO /SFO)

## 1. 概況

## 1.1 空港の概況

サンフランシスコ国際空港 (SFO, San Francisco International Airport) は、カリフォルニア州サンフランシスコ市中心部から南に約20kmに位置する国際空港である。1927年に設立され、現在はサンフランシスコ市を含むSFO周辺自治体の所有となっており、これらのメンバーから成る Airport Commission により運営されている。



図1 サンフランシスコ国際空港と周辺空港

SFOは、カリフォルニア州のベイエリアではロサンゼルス空港に次ぐ発着便数を誇り、太平洋側に限らず、南米、欧州とも接続する大型ハブ空港である。

2019年の年間旅客数は約5748万人、発着回数458,496回である。この内訳は国内線旅客便が73.4%、国際線旅客便が26.6%である。運航貨物量は57万tである。就航航空会社は、国内旅客16社、海外旅客44社、貨物専門4社の64社もおり、運航数の46%がユナイテッド航空で占められている。

近隣の50km南東にサンノゼ国際空港、わずか18km北東にオークランド国際空港、他にビジネスジェットが利用する飛行場や軍用基地など、サ

ンフランシスコ湾はいくつもの空港が存在し、空域も混雑気味である。

## 1.2 環境対策の概況

サンフランシスコ市中心部から20kmほど離れているが、都市圏の拡大により空港周辺への居住者は増加傾向にあり、同時に騒音影響範囲内の人口も増加傾向である。

このため、基本的な環境対策手法は、サンフランシスコ湾沿岸部に位置する利点を活かし、飛行経路の大部分を海上へ設定することが中心である。優先滑走路を使用した上で、飛行経路を陸域になるべく入らないように曲げることで対策としている。その上で、交差する滑走路を同時に利用して運航量を確保している。このような配置、運用は羽田・東京国際空港と類似している。

しかしながら、空港周辺の住宅地はかなり近接しているため、連邦規則FAR Part 150に基づいた防音工事を施している。

他に特徴的な対策手法として、運航する航空会社に対しては、Fly Quiet Programという制度をもって自主的な低騒音運航を促す制度を運用している。

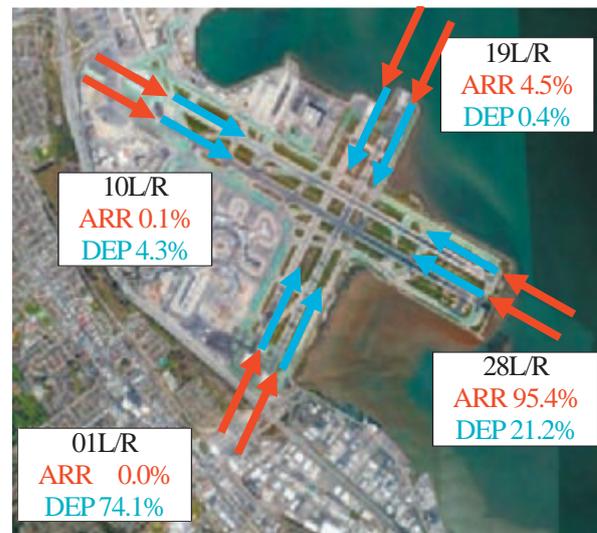


図2 サンフランシスコ国際空港の滑走路配置と滑走路使用割合(2019)

## 2. 空港運用状況

### 2.1 滑走路の配置

滑走路は4本あり、2本のクロスパラレル滑走路のペアが直交する形状となっている。

表1 サンフランシスコ国際空港の滑走路諸元

方向	滑走路長(m)
10L/28R	3,618
10R/28L	3,231
01R/19L	2,636
01L/19R	2,286

### 2.2 時間帯別や機種別の運航状況

図3上段には時刻別運航回数を示す。SFOは24時間空港であるが、運航の中心は07時台から22時台で時間当たり60便以上の運航がある。最頻は午前のように、6時と23時台は30機程度と少なくなる。深夜は運航は少ないが途切れる時間はない。

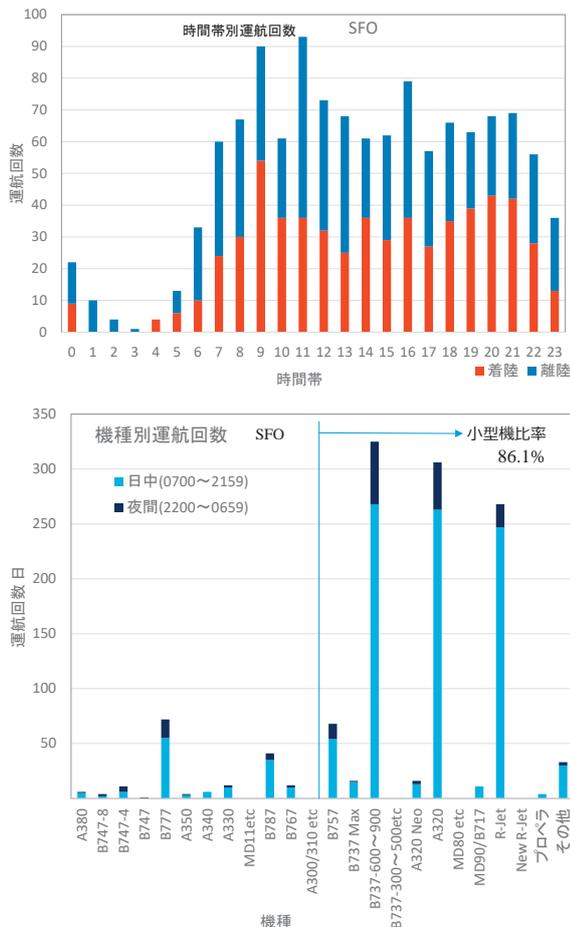


図3 時間帯別離着陸回数と機種別運航回数 (2018.12.13の例、Flightrader 24 から)

下段図で機種別運航の様子を見ると、ほとんどはA320, B737といった単通路機種以下の小型機で、86.1%を占める。E145などのリージョナル機も多い。大型機ではB777とB787が主だが、運

航数はそれぞれ70機と40機にとどまる。

### 2.3 滑走路別の運用状況

SFOでは優先滑走路運用方式を用いる。図2のように、海への離陸となる01L/Rが74.1%、10L/Rが4.3%で多数を占める。陸への離陸となる28L/Rが21.2%あるが、離陸後直進する経路と、すぐに海上へ旋回することにより騒音を住宅地に影響させない経路とがある。その比率は不明であるが、SFO発表の飛行経路集約図を見る限り、海上へ旋回する経路はあまり使用されないようである。着陸は、全て海からで95.4%が28L/R、4.5%が19L/Rである。

## 3. 空港周辺の土地利用状況

SFO周辺は、東側に海、西側に山があり、サンフランシスコ市中心部に比べるとさほど人口は多くはないが、空港周辺に多くの住宅がある(図4)。

空港周辺の沿岸部はホテル、駐車場といった商業施設、企業のオフィス(南に10km程度がシリコンバレー地域の北端)、空港関連企業などがあるが、それ以外はほとんどが戸建住宅である。高速道路およびBART (Bay Area Rapid Transit、ベイエリア高速鉄道)やCaltrain (近郊鉄道)などの交通の利便性もあり、サンフランシスコ中心部に比べて地価も安いいため、この付近のSouth San FranciscoやDaly Cityなどは不動産の穴場として扱われることもある。また、移転補償制度もないため、空港近傍の日本の第2種騒音対策区域に相当する $L_{den}$  73dB内にも住宅が存在する。

## 4. 環境負荷を考慮した着陸料金

特に実施していない。

## 5. 空港周辺環境対策

### 5.1 評価指標と基準

SFO周辺の環境対策は、アメリカの連邦規則FAR Part150に準拠して実施されている。これは騒音影響評価のために騒音対策計画NCP (Noise Compatible Plan)を策定した上で、 $L_{dn}$  65dB以上の騒音があると予測された住宅、教会、学校等への補償がなされる。

やや特徴的なのは、アメリカ合衆国の航空機騒音の基準で夕刻eveningの運航に荷重がなく夜間

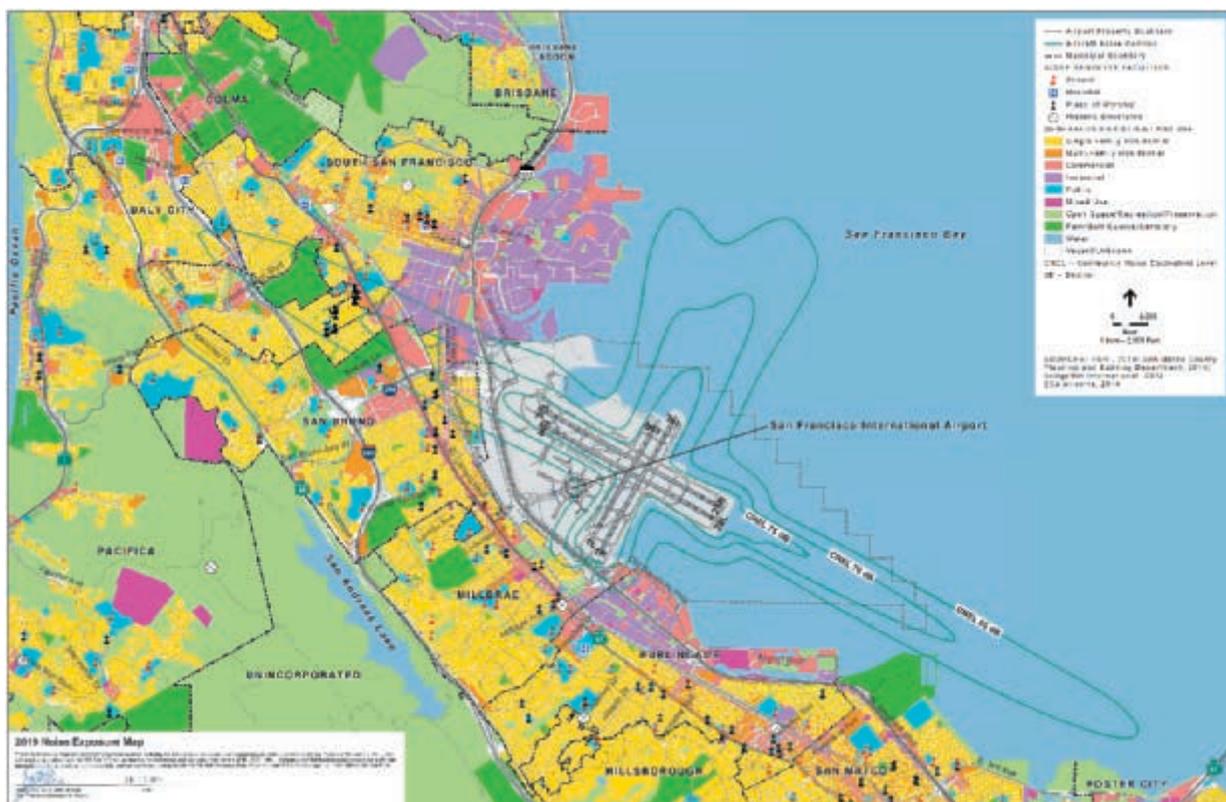


図4 空港周辺の土地利用状況。2015年の土地利用と2019年想定騒音予測コンター (Part 150 Study Final 2019 Noise Exposure Map)  
 [黄：戸建て、橙：集合住宅、桃：商業、紫：工業、青：公共、緑/薄緑：公園等]

nightの運航に荷重を課す $L_{dn}$ ではなく、カリフォルニア州法CCR (California Code of Regulations)-21で規定されるCNEL (Community Noise Equivalent Level)と呼ぶ独自の基準を用いて同様の補償を行うことである。CNELは日本の $L_{den}$ と同じで、Day 7-19時、Evening 19-22時、Night 22-7時の時間帯に区分し、Eveningに5dB、Nightに10dBの加算が行われる。 $L_{dn}$ とCNELの違いは夕刻Eveningでの加算で、CNELの方がその分高めに出る。これは同じカリフォルニア州に存在するロサンゼルス国際空港でも同様である。

SFOではこのCNEL 65dBを基準として用いており、 $L_{dn}$  65dBよりは若干多めの住宅に対して防音工事を行っている。日本の騒防法第1種区域の基準値 $L_{den}$  62dBと比べると、やや対象範囲は狭い。

2013年にインタビューした際は、FAAからのAIP補助金が20%、SFOからの支出が80%とのこと。

### 5.2 騒音対策の枠組み

枠組みはFAR Part150の記事\*を参照のこと。

### 5.3 補償(防音工事・移転)

空港周辺の対策は、防音工事だけ実施されてい

る。実際の防音工事プログラムは、資金は空港会社が提供し、SFO周辺の地方自治体が実施を担当している。

地方自治体は公共施設、集合住宅、賃貸住宅等に対し、先着順、抽選、うるさい場所優先といった順序により、防音工事の実施検討および施工決定をし、施工業者に委託することとなっている。

CNEL 65dB以内の人口は、防音工事プログラム開始時の1983年は18,486人であった。この後20年あまりかけて2004年に全ての対象世帯で防音工事は完了している。この時点で15,200軒あまりの家と、8つの教会、7つの学校が防音工事の施工を行っている。防音工事に投入した金額は合計で1億9,200万\$におよぶ。2014年の段階でCNEL 65dB以内の人口は11,294人、3884軒となっている。

### 5.4 土地利用規制

騒音に関する土地利用規制はない。

### 5.5 騒音低減のための施設

航空機騒音に関する防音壁、ランナップハンガーのような施設はない。

ただしエンジン試運転用スポットは住民に配

慮し、海側に近い空港北側、19L端付近の誘導路上に2箇所、28R端付近の誘導路上に1箇所存在する。使用可能時間は7時から22時の間で、逆の夜間22時-7時の間はエンジンテストの実施が制限されている。この近辺には動体検知カメラと騒音監視局があり、空港管理者にモニタリングされている。

## 6. 騒音軽減運航方式

### (1) CDO (Ocean Tailored Arrivals)

継続降下方式 CDO (Continuous Descent Operation) は、水平飛行をせず連続降下する着陸方式である。通常の着陸経路は、速度調整・機体間隔調整・ILS信号捕捉のために水平飛行区間をとるが、CDOは水平飛行をせずに継続降下することで、エンジン推力の低減、ひいては騒音低減と燃料削減を可能にする。このCDOの実証試験をするため、2006年ごろにBoeing, NASA, SFOは、Ocean Tailored ArrivalsというCDO経路を設定してテスト運用した。結果として3-6dBの騒音軽減、1回数百ポンドの燃料節減が可能であるというテスト結果を得た。<sup>1)</sup>

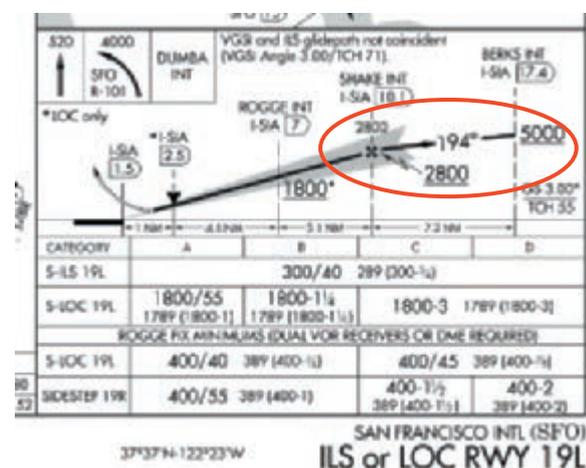


図5 現在のILS 19Lチャートの高度断面  
水平飛行区間はなくCDOとなっている

現在はCDO専用の着陸方式というものは無くなり、むしろSFOのすべての着陸方式がCDOになっている。全ての着陸方式から最終の水平飛行区間がなくなり、ILSの電波捕捉もゆるやかに降下しながら捕捉できるよう変更されている。(図5)

### (2) SOIA (Simultaneous Offset Instrument Approach)

厳密には騒音軽減運航ではないが、SFOではオフセット同時平行計器進入SOIAが実施されて

いる。

SFOはクロスパラレルであるため、同時平行進入は原則として不可能であるが、28方向運用時に片側の滑走路(28R)への着陸機の一部区間を、最大3000ft以上海側へ離して進入させることで、発着便数の確保と、陸地から飛行経路を遠ざけるという課題を解決している。

### (3) Shoreline Departure

昼間の28方向離陸時に、早く右旋回して陸地を避ける経路である。高度520ftに到達したら120度近く右旋回して海上へ抜けるようProcedureが設定されている。速度210kt以下となるよう制限もついでおり、早期上昇を求められている。(図6)

### (4) Gap Departure

昼間の28方向離陸時に、上記Shoreline Departureが使用できない悪天候時に用いられる。滑走路からの離陸後、そのまま陸地および陸地を直進する。その場合、できるだけ高く飛ぶことが求められており、351feet/NM以上、上昇勾配5.7%以上が規定されている。South San Francisco, San Bruno, Daly City, Pacificaなどの上空での騒音低減を主眼としている。(図6)

## 7. 深夜時間帯の運航

### 7.1 深夜時間帯の運航制限

深夜は地上運用における制限がある。

#### (1) エンジン試運転の制限

22:00-7:00の間、原則としてエンジンテストの実施が制限されている。ただしアイドル出力は例外で、通常スポットでの5分以下のアイドル出力のエンジンチェック、エンジン試運転エリアでのアイドル出力のエンジン確認(時間規定なし)は例外としては認められている。

#### (2) APU稼働の制限

極力、GPUの使用を推奨しており、APUについて使用制限がある。国内線では出発30分前の以外に、22:00-6:00の間APUの使用が禁止されている。国際線では可能であれば、全ての航空機はGPUを使用することが要求される。また、出発まで30分以上ある機体のAPU使用は空港の許可が必要である。

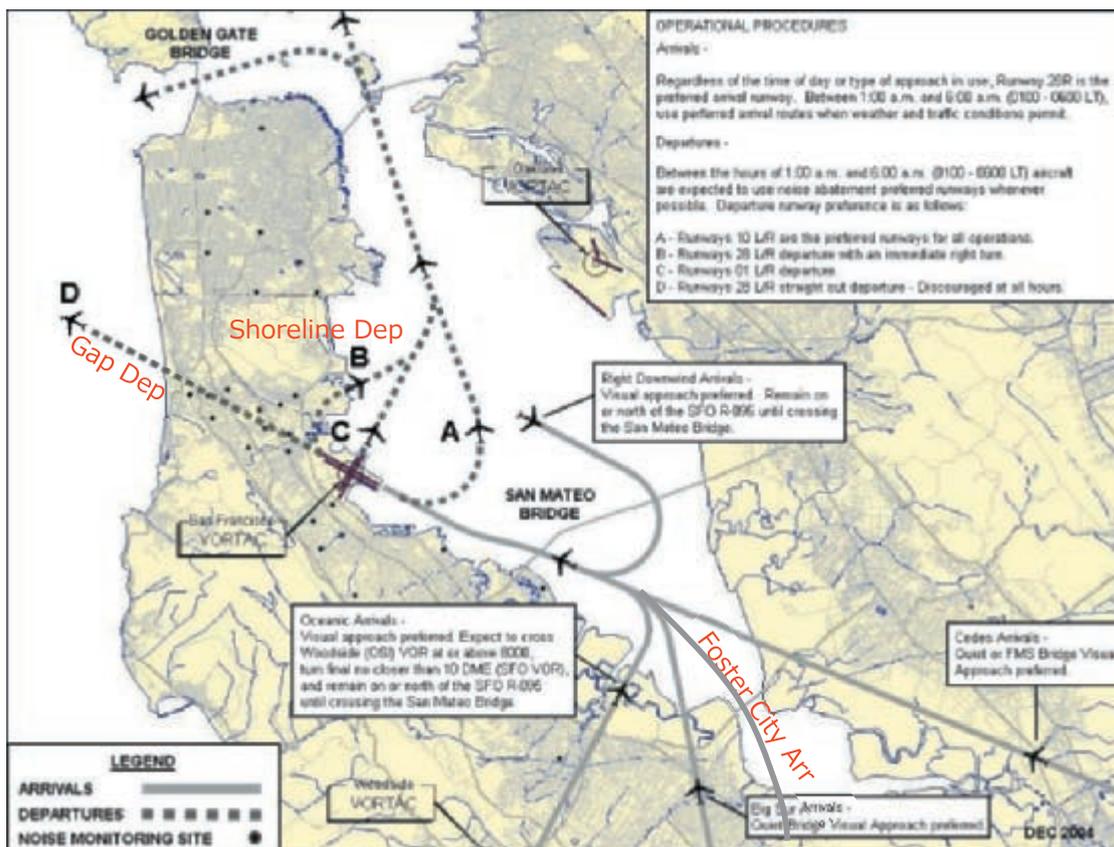


図6 騒音軽減運航経路(2004/12時点)  
(B:shoreline departure, D:Gap departure)

## 7.2 騒音軽減のための措置

### (1) 夜間の優先滑走路及び経路

夜間の優先滑走路方式を実施しており、1988年以降実施されている。22時から7時の間で優先滑走路使用が要求されており、特に深夜1時～早朝6時の間は、陸地・住宅地を出来るだけ避け、海上に経路を収める方針となっている。空港担当者によれば、睡眠妨害を減らすことがKey Goalであるとのことである。滑走路の優先順位は以下の通りである。

- ・10方向離陸(海に向かって離陸する)
- ・28方向離陸後旋回(陸地に向かって離陸するが、すぐ右旋回し海岸線に向かう)
- ・01方向離陸(海に向かって離陸する。後方に居住地があるため離陸開始時の影響が出る)

逆に28方向離陸後の直進は推奨されない。

### (2) Foster City Arrival

夜間の28方向着陸で、Foster Cityの上空を避けてアプローチする経路。23:00～06:00の時間帯に用いられ、サンマテオ橋付近で海上を飛行する

ことで、SFO南東部のFoster Cityへの騒音を低減する。

## 8. 地域共生の仕組み

SFOでは空港管理者、周辺自治体が参加し、2ヶ月に1度、SFO付近にてAirport Community Roundtableが開催される。<sup>2)</sup>日本にも似たような会議体として騒音対策協議会が存在するが、明らかに違う点として、周辺住民も参加することができ、全てではないが議論に参加することもでき、直接対話できることが特徴的である。また、現在のすべての会議において、資料もWebからダウンロード可能で、会議の映像はインターネットでリアルタイム配信され、終了後もYoutubeで公開されるなど、かなりオープンに情報を公開している。

議題は、空港の運用状況、騒音の監視状況の報告といった騒音に関する話題も出るが、それに限らず、計画中の飛行経路、他空港の事例紹介なども議論され、FAA職員が参加しての連邦政府の調査報告など、多岐にわたる。

## 9. 環境監視と情報公開

### (1) 常時監視局システム

常時監視局は29箇所(図7)。Fly Quiet Programの判定などに用いられる。

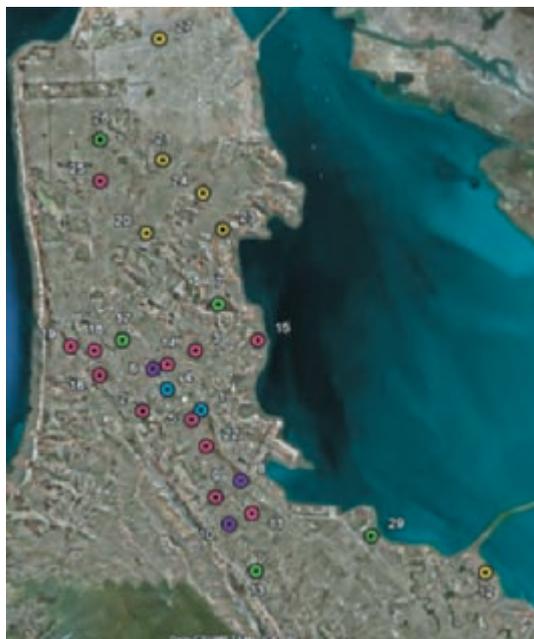


図7 騒音常時監視局の位置

Web上の情報公開はBrüel&KjaerのWebTrakを用いており、経路はFAAのデータを公開している。<sup>3)</sup>

### (2) Fly Quiet Program

空港周辺の住居地域への騒音影響および近傍の飛行状況により航空会社を順位付けし、一般公表する制度である。罰則はなく、強制力もないが、航空会社への評判によって自主的に改善を促す仕組みとなっている。現在では各国の多様な空港がこのような制度の取り組みを実施しているが、SFOが最初に導入した空港である。

Fly Quiet Programの結果は、四半期ごとにFly Quiet ReportとしてWebおよび住民に公開される。評価要素それぞれについて0点~10点までの点数が付けられ、全項目の得点の平均値をFinal Scoreとして算出し、航空会社をランキングする。

評価基準は以下の通りである。

- ・低騒音機の導入(Fleet Noise Quality Rating)  
低騒音機の運用により、高い得点が付けられる。航空会社が所有しているかどうかではなく、あくまでSFOでの運航スケジュールでの機材が対象となる。

- ・騒音レベルの超過(Noise Exceedance Rating)  
空港周辺の測定点(計29地点)ごとに最大騒音レベルの上限が決められている。これを越えた回数がカウントされ、航空会社別に上限値を超えた運航の割合に応じて得点がつけられる。
- ・夜間の優先滑走路使用(Night Time Preferential Runway Use Rating)  
AM 1:00~AM 6:00の間はできるだけ海の上を飛び、陸地・人口密集地を出来るだけ避けるという主旨で、夜間の滑走路使用率に応じて航空会社に得点がつけられる。ただし、これは航空会社だけの努力ではなく、航空管制官、FAAの協力も必要である。
- ・飛行経路の逸脱(Shoreline Departure Quality, Gap Departure Quality, Foster City Arrival Quality)  
各飛行経路を航空会社がどの程度遵守したかに応じて得点がつけられる。経路によって基準が違い、Shoreline Departureはどれぐらい早く海上に出たか、Gap Departureはどれぐらい高く高度が得られたか、Foster City Arrivalはどの程度市街地から離れたかが評価基準である。それぞれの経路上に設けられた基準地点で飛行位置が測定され、基準に応じてgood、marginal、poorの三段階で評価され、その評価数の割合で最終的に航空会社ごとに得点化される。

## 10. その他

現在の将来計画は、主にターミナルの改修と誘導路の改修のみである。空港容量の観点から滑走路のオープンパラレル化や海上滑走路増設が検討の話題になることもあるが、具体化した計画は無い。これは2000年ごろに比べ運航数が減少していることと、内湾の埋め立てのような環境影響にカリフォルニア州政府が厳しい立場を取っていることなど、複数の要因がある。<sup>4)</sup>

### 参考文献

- 1) ICAO, "Doc9888 Noise Abatement Procedures: Review of Research, Development and Implementation Projects - Discussion of Survey Results," 2010
  - 2) SFO community roundtable, <https://sfroundtable.org/>
  - 3) SFO webtrak, <https://webtrak.emsbk.com/sfo13>
  - 4) SanFrancisco Chronicle, <https://www.sfchronicle.com>
- ※ 本特別号の別記事「国内外の航空機騒音評価指標と基準」の4.10節 米国をご覧いただきたい。