

解説

騒音軽減運航方式

1. はじめに

騒音軽減運航方式は、国際民間航空機関(ICA0)において、航空業務方式の一つである「PANS-OPS VOL1 PART I Section7」(以下、「PANS-OPS」)に「Noise Abatement Procedures」として規定されている(図1)。

その内容は

Chapter1 General Noise Abatement Information
Chapter2 Noise preferential Runways and Routes
Chapter3 Aeroplane Operating Procedures
と分類されており、さらにChapter3のなかでは、
・離陸から上昇
・進入から着陸

の段階における一般的な騒音軽減運航方式が定められている。

日本においては、国土交通省航空局が発行する航空情報の一つであるAIP(航空路誌: Aeronautical Information Publication)に騒音軽減運航方式が定められており、次の7つの方式が定義されている。

- (1)急上昇方式
- (2)カットバック上昇方式
- (3)低フラップ角着陸方式
- (4)ディレイド・フラップ進入方式
- (5)リバース・スラスト制限
- (6)優先滑走路方式
- (7)優先飛行経路

PANS-OPSではこれらの方式のほかに「Displaced Thresholds: 着陸地点の移設方式」が定められているが、日本のAIPにはこの方式の記載はない。

また、海外でも同様であるが、各空港においては上記の騒音軽減運航方式を全て適用しているわけではなく、軽減対象地域の状況に応じて適用されており、実際に各空港でどのような騒音軽減運航方式を実施しているかは、空港ごとのAIPを参照する必要がある。

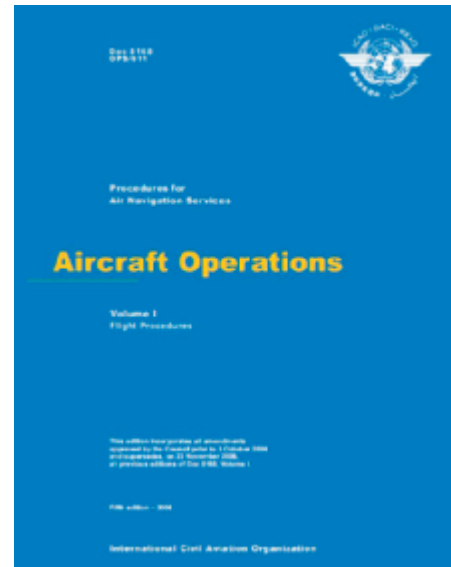


図1 PANS-OPS VOL 1 (表紙)

2. 急上昇方式

急上昇方式とは、「空港から離陸し一定高度に達した後、エンジンは通常上昇出力のまま加速を抑え、進出距離に対して最高の高度が得られるようなフラップ及び最適速度を維持して上昇する方式である」(AIP)と定義されている。

急上昇方式は、海外でも多くみられる方式であり、ICA0において規定している方式はNADP (Noise abatement departure procedure) 1とNADP2がある。図2に示すようにNADP1は800ftで離陸推力から上昇推力に減じ、3000ftまではフラップとスラットのたたみ込みを遅らせるものであり、比較的空港に近い地域への影響を抑える効果がある。

一方、NADP2はフラップとスラットのたたみ込みを既定された800ftに到達した後に行う方式で、上昇を維持しながら手順に従ってフラップとスラットの畳み込みを行う。推力を絞るのはフラップとスラットの畳み込みと共に行うか、フラップとスラットの角度をゼロにしたときに行う。その後、3000ftで上昇を維持しながら、手順に従って加速とフラップとスラットの畳み込みを行って航空路上に於ける通常の上昇速度に移行する

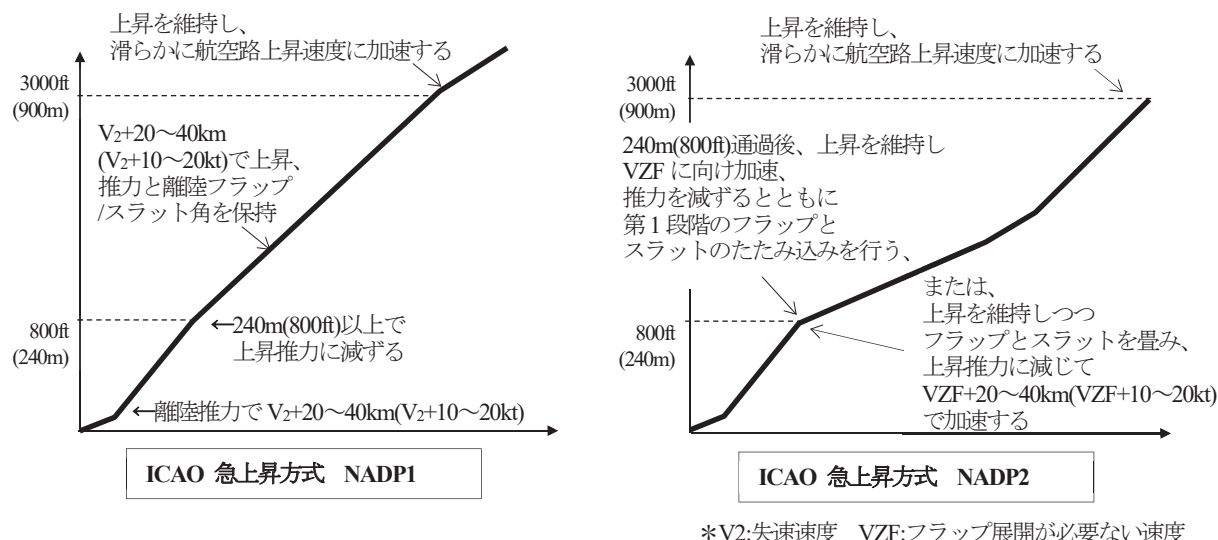


図2 ICAOの定める急上昇方式(イメージ図)

方式で、空港から離れた地域の騒音を緩和する方式である。

どちらを採用するかは騒音軽減が必要な地域との関係で決まるが、NADP1を採用している空港が国内外ともに多く見られる。

また、離陸推力から上昇推力に減ずる高度については、ICAOのNADPでは800ftで切り替える方式となっているが、図3のように日本では1500ftとされている。海外の空港では、この高度についてICAO方式の800ftを採用している空港が多く見られるが、なかには1700ftという基準を設定している空港もある。

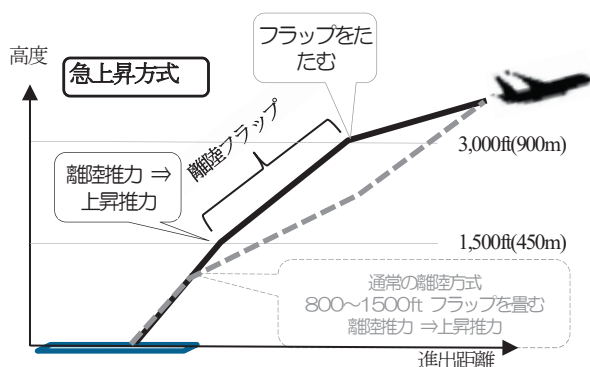


図3 日本での急上昇方式(イメージ図)

3. カットバック上昇方式

この方式は、離陸後一定高度に達した後、航行の安全に支障がない範囲内でエンジン出力を絞った状態のまま騒音影響が大きい地域を低騒音で飛行し、これら地域を通過後再び出力を上げ通常の上昇を行う方法である。日本において、こ

の方式を採用している空港はなく、海外の空港にもこの方式を採用している空港は見当たらない。

4. 低フラップ角着陸方式

フラップの使用は揚力を増やして低速度での飛行を可能にするが、空気抵抗も増すためフラップ自体の風切り音が騒音源となる。

低フラップ角進入方式は、滑走路長などに十分余裕がある場合、最大フラップ角までフラップを下げず、浅いフラップ角のまま着陸する方式で機体の空気抵抗の減少に見合うエンジン出力の減少分だけ地上騒音が低下する。

5. ディレイド・フラップ進入方式

ディレイド・フラップ進入方式は、フラップ下げ操作時機を航行の安全確保に支障とならない範囲で遅くする方式であり、低フラップ角方式と同様に機体の空気抵抗が減少するのでエンジンの必要出力が小さくなり騒音が低減する。AIPの中では、地表から1500ftまたはアウター・マーカー(いずれか低高度の方)通過後(空港からの距離にして約7.5km付近)、最終着陸フラップ角を使用するよう定められている。

航空機のフラップ角は、例えばB777-300ER型の場合、1度、5、15、20、25、30と6段階あるが、AIPの規定では、該当する条件に対して飛行規程中で承認されている最小着陸フラップ角を最終フラップ角とすることとされている。

6. リバース・スラストの制限

リバース・スラストは、滑走路に着陸したのち航空機の速度を落とすためエンジンを逆噴射させて制動を行う方法である(図4)。リバースの種類はいくつかあるが、主に「フルリバース」と「アイドルリバース」が使用されており、騒音軽減対策として使用されるのは「アイドルリバース」である。この方式も国の内外を問わず多く採用されている方式であるが、気象条件(背風など)や滑走路の路面状況(雨や雪などの条件)、滑走路長などの影響を受けやすいため、あくまで安全上支障ない範囲で実施されている。

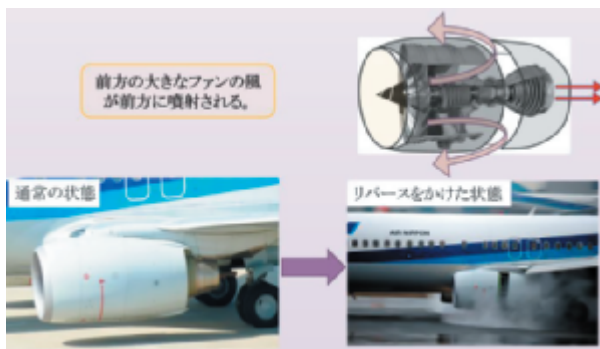


図4 リバース・スラストの仕組み

7. 優先滑走路方式

優先滑走路方式とは、滑走路の延長方向が海や住宅地が無いなど騒音影響が少ない区域で進入や出発後の飛行を行わせる方式であり、AIPでは原則として追風成分5ノット以下及び突風の効果を含む横風成分が15ノット以下で、かつ航空輸送の公共性が損なわれない範囲で行われる方式としている(ICAO基準でも同様)。



図5 松山空港の優先滑走路方式

この方式には、①離陸と着陸を対面方式で行う方法や、②複数滑走路がある空港において、より騒音軽減効果が見込まれる滑走路を使用する方法がある。対面方式は、離陸・着陸どちらかが追風状態になるため風の状況によっては運用できないケースがあることや、滑走路処理能力が大幅に低くなることから、交通量が少ない空港に限定されたり、実施可能な時間帯が限られたりするものが現状であり、日本や諸外国でも採用空港は多くない。日本では松山空港が典型的な例である。図5に示すように海側を飛行するようRWY32から離陸し、RWY14に着陸する方式が行われている。到着機が一定の進入コースに乗ってしまうと、対面する出発機を離陸させることはできない。

一方、複数滑走路を有する空港が騒音軽減効果の高い一定方向の滑走路を使用する滑走路運用は、夜間に多く見られる。例えばブリュッセル空港は、空港がブリュッセル首都圏行政区に近接しているため、図6および表1に示すように曜日、時間帯で優先滑走路が定められている。RWY01/19を使用すれば市街地上空を避けられるため騒音は抑えられるが、処理能力低下という課題や気象条件もありRWY25を使用した離着陸が多い。RWY25離陸後直進した場合、中心市街地上空を飛行するため、一定高度通過後左右に旋回させて市街地を避ける飛行方式が設定されており、処理能力を求められない深夜時間帯はRWY19の使用を併用している。

表1 ブリュッセル空港の曜日時間帯別優先滑走路

時間帯	離着陸の別	昼間		夜間
		06:00～15:59	16:00～22:59	
月 06:00～	離陸	25R		25R/19
火 05:59	着陸	25L/25R		25R/25L*
火 06:00～	離陸	25R		25R/19
水 05:59	着陸	25L/25R		25R/25L*
水 06:00～	離陸	25R		25R/19
木 05:59	着陸	25L/25R		25R/25L*
木 06:00～	離陸	25R		25R/19
金 05:59	着陸	25L/25R		25R/25L*
金 06:00～	離陸	25R		25R/19
土 05:59	着陸	25L/25R		25R/25L*
土 06:00～	離陸	25R	25R/19	25L
日 05:59	着陸	25L/25R	25R/25L	25L
日 06:00～	離陸	25R/19	25R	19
月 05:59	着陸	25R/25L	25L/25R	19

時間: ローカルタイム

* 管制上25Lのみとなることがある

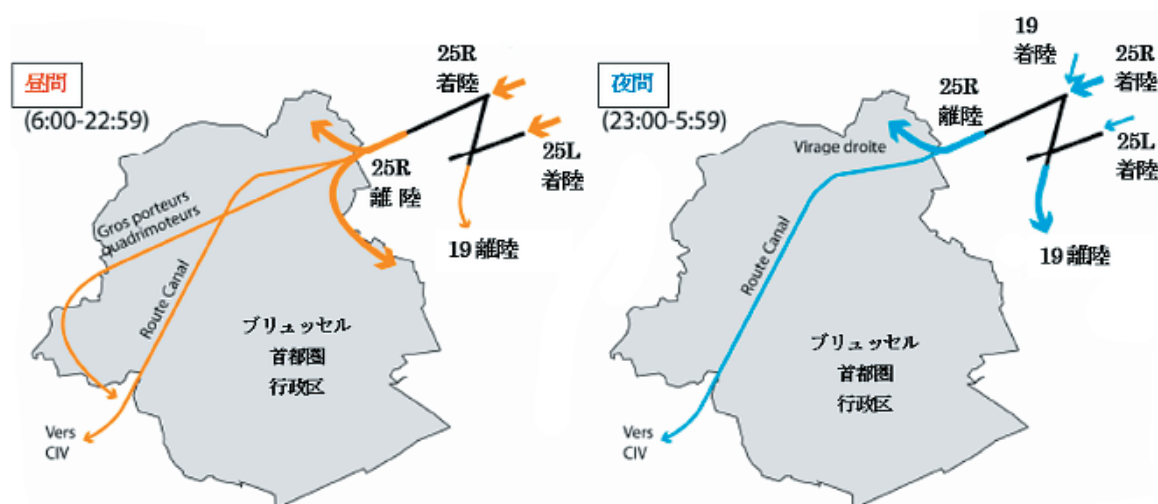


図6 ブリュッセル空港における優先滑走路方式

8. 優先飛行経路

優先飛行経路とは、空港周辺地域における航空機騒音軽減のため、離陸上昇あるいは進入着陸時に、運航の安全に支障のない範囲で定められた経路のことである。優先飛行経路は、①内陸空港などで騒音を広範囲な地域に拡散させないための経路を設定する方法と、②海側や住宅地の少ない陸地の上空に経路を設定するものがある。

①の代表的な例は、日本では大阪空港の優先飛行経路があり、北向きに離陸した場合、左回りしSID(標準出発経路)に着航するまでの経路が細かく指定されているほか、進入の段階では周回進入(空港を目視した後に着陸滑走路に回り込む飛行)の場合に旋回方向が指定されている。②の代表的な例は羽田空港における夜11時以降の到着機が房総半島を迂回(海上だけを飛行)する到着経路などがある。

優先滑走路方式と優先飛行経路に関しては、管制運用上も安全確保や管制間隔設定目的の場合を除きこれらを順守することが求められている。

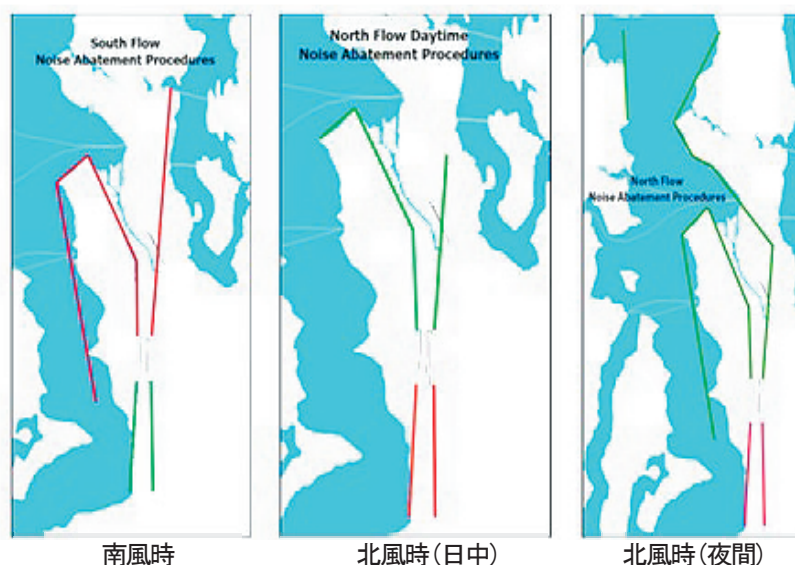
諸外国では優先滑走路方式と比較すると優先飛行経路方式を採用している空港はそれほど多くはないが、米国シアトル・タコマ空港ではこの方式が採用されており、以下のとおりである(図7)。

○南風時(昼夜を問わず)

- ・離陸：約9.3 kmかつ高度3000 ft以上になるまでは出来るだけばつつかないよう直進し、その後旋回を行う。
- ・着陸：空港の北西から進入する経路の場合、Elliott湾上空を飛行する。北東からの進入の場合は、520号Bridgeを過ぎてから南に向けて旋回する。

○北風時(昼間：AM 6:00～PM 10:00)

- ・離陸：できるだけばつつかないよう直進し、東に旋回する場合は約14.8 km進んでなおかつ高度4000 ft以上になってから最初の旋回を行う。西向きに旋回する場合はDuwamishの工業地帯まで北進してから旋回する。



南風時

北風時(日中)

北風時(夜間)

図7 シアトル・タコマ空港の優先滑走路方式(緑：離陸、赤：着陸)

- ・着陸:滑走路延長方向から約9.3 kmの地点に到達するまでに最後の旋回を行う。

○北風時(夜間:PM 10:00~AM 6:00)

- ・離陸:全ての航空機は離陸直後に東向き旋回をしてはならない。その代わり、Duwamishの工業地帯とElliott湾まで北進してから旋回する。
- ・着陸:滑走路延長方向から約9.3 kmの地点に到達するまでに最後の旋回を行う。

優先飛行経路(緑:離陸、赤:着陸)

9. その他の騒音軽減運航方式

これまで紹介した騒音軽減運航方式のほかにも、最近ではいくつか新しい騒音軽減運航方式が日本のみならず諸外国においても採用されている。

(1) 着陸地点の移設方式

着陸地点の移設方式(Displaced Threshold)は、滑走路への降下角度を変えずに、滑走路の着地地点を本来の位置から前方にずらす方式で、最終進入段階の飛行高度を引き上げる結果となるため、騒音軽減が期待できるという方式である(図8)。

日本においても、羽田空港(16L着陸時390 m、16R着陸時480 m)で実施されているほか、諸外国においても同方式を採用している空港が見られる。しかし、着陸後の走行距離が短くなることから、気象条件が許す範囲内であることや滑走路面の状態、航空機の着陸時の重量などによっても左右されるほか、滑走路占有時間も長くなるため、常に実施できるという方式ではない。

(2) 継続降下運航方式

継続降下運航方式とは、航空機が着陸のための降下飛行フェーズにおいて、適切な地点から最小のエンジン推力を維持し、降下途中に水平飛行を行うことなく最適な降下率で計器進入開始点まで

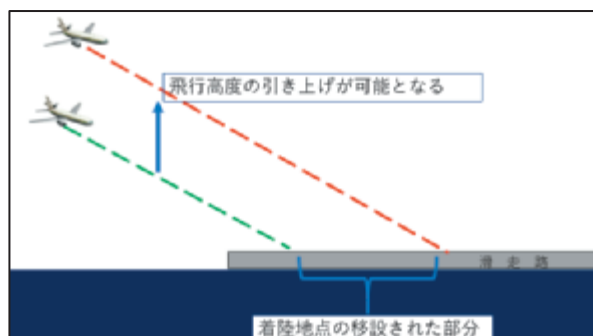


図8 着陸地点移設(Displaced Threshold)方式

降下飛行する方式をいう(図9)。国際民間航空機関(ICAO)の継続降下運航に関する文書「ICAO CDO Manual」(Doc 9931)では、その冒頭で「最適なCDO(Continuous Descent Operation:継続降下運航)は、巡航高度からの降下開始直後から水平飛行の区間を少なくした降下を行うことにより、パイロットや管制官の降下予測を容易にすると共に騒音、燃料消費、排出ガス、パイロットと管制官の通信負荷を軽減する」と説明している。

このように、巡航高度からの継続降下は、エンジンの回転数をアイドルに近い状態に維持することが可能であり、燃料消費において大きなメリットとなる。騒音の観点からは、同じくエンジン回転数を抑えることで、特に低い高度で効果が顕著である。また、パイロットにとっては煩雑な機体操作の頻度が減りワークロードの軽減になる。しかし、CDOは前述したICAOの記述のとおり、主に巡航高度からの継続降下運航を想定していることから、実際には空域、航空交通流等による制約があり大規模空港が比較的至近距離に配置されている地域では困難な場合がある。

その為、比較的低い高度(5,000ft~7,000ft)に限って継続降下が可能なように考慮されている空港は多い。そのような事例はCDA(Continuous Descent Arrival or Continuous Descent Approach)と呼ばれる。

また、ICAOでは以下の二つの経路設定の方式を紹介している。

① クローズド・パス方式

標準到着経路(STAR)を指定して飛行する。

継続降下が可能なように各地点の通過高度を

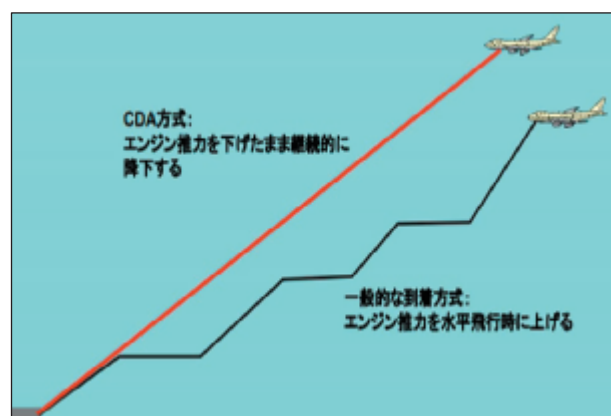


図9 一般的な降下方式とCDO(含CDA)の違い

指定したものを特に CDO 方式と呼ぶことがあるが、到着機が輻輳する時間帯では到着の順序付け及び先行機や後続機との間隔設定を行う必要があることから実施が困難である。

② オープン CDO 方式

経路の一部若しくは全部がレーダー誘導により実施される。管制官によるレーダー誘導が行われる場合であっても、およその飛行経路は決まっているので、適宜管制官からパイロットに滑走路端迄の飛行距離が通報される場合がある。(ロンドンのヒースロー空港等)

[諸外国における CDO/CDA の実施例]

ア. 米国の進入方式の設定例

シカゴ・オヘア空港では、滑走路 27L に向かって ILS 進入方式が設定されているが、3.1nm (約 6km) 毎に区間高度が明示されている。

到着機は滑走路の距離と区間高度を参照しながら降下すると 3° の角度で降下を続けることができる。レーダーによる誘導では必ずしも滑走路に平行な経路を指定されるとは限らないが、その場合でも進入経路に会合すると予想される場所の高度を参照したうえで継続降下を実施することができる。このような進入方式はアトランタやサンフランシスコ空港でも設定されているが、米国では CDA 方式とは謳っていない。

イ. ロンドン・ヒースロー空港の例

ヒースロー空港の東 20km にはロンドン市街が広がっており、市街地を避ける形でレーダー誘導と CDA により飛行を行っている。しかし、混雑時には着陸間隔を設定する為に空港の南北に待機地点を設けており、待機高度は 8,000ft (2,400m) 以上としている。

(3) 高降下角進入方式

高降下角進入方式とは、最終進入の降下角の最適角度といわれている 3.0° の降下角よりも高い降下角で進入する方式であり、ICAO PANS-OPS によれば、ILS の場合は CAT I についてのみ 3.5° まで標準方式として設定することが可能とされている (CAT II, III では行われない)。本来は障害物件を避ける目的で設定される方式であり、欧州ではかなりの空港が同目的で高降下角進入を実

施している。3.5° を超える降下角を用いる場合もあるが、その場合は非標準方式として位置づけられる。

この方式は、降下角が上がることで進入段階の高度が上がり、音源 (航空機) からの距離が増すため騒音軽減運航方式としても用いられるようになってきている。騒音軽減目的で実施している具体例としては、ドイツのフランクフルト空港において、3.2° の降下角による ILS 進入や GLS 進入方式が設定されているほか、イギリスのロンドンシティ空港では 5.5° の進入方式が行われている。また、ヒースロー空港でもこれまで 2 回のトライアルを実施し、実運用に向け検討が重ねられている。日本においては、羽田空港において南風で好天時に都心上空を経由する進入方式に騒音軽減を目的とした 3.45° の進入方式が導入されている (図 10)。

高降下角進入方式は、降下角が上昇することで進入速度の上昇が懸念されるため、フランクフルト空港では一定の気象条件が 30 分以上継続する場合に実施するなどの条件が付されているほか、気圧高度計を使用する場合気温の変化に角度が影響される点などが指摘されている。

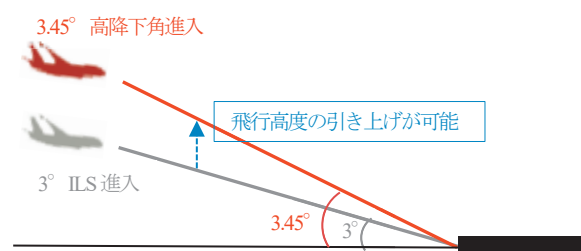


図 10 高降下角進入の例 (羽田空港)

(4) レスパイト方式

レスパイトとは、英語の「respite: 一時的な休息を与える」という語からきている方式で、複数滑走路を有する空港において、例えば早朝と夜間の使用滑走路を時間や曜日で交替しながら運用し、騒音から救済される静穏時間帯を確保する方式である。この方式は、ドイツのフランクフルト空港などで行われているほか、今後成田空港においても C 滑走路の運用が開始されたのち図 11 のように同様の方式を採用する予定となっている。

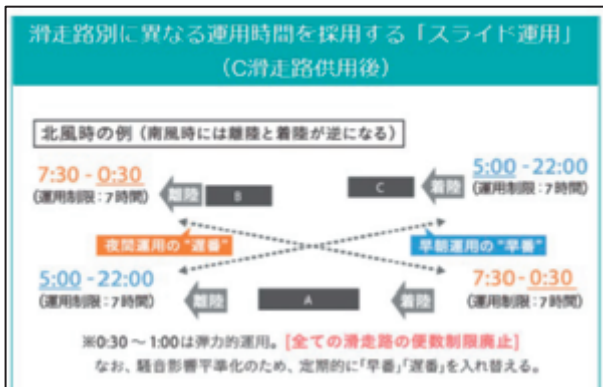


図11 成田空港で導入予定のレスパスト方式の例

10. 今後の騒音軽減のための運航方式

最後に、現在進められているGBAS(Ground-Based Augmentation System 「ジーバス」と呼ばれる)による進入方式による騒音軽減運航方式の期待について述べておきたい。GBASは、地上からGPSの精度や安全性を向上させる補強信号や航空機の進入降下経路情報を送信し、航空機を安全に滑走路へ誘導するためのシステムである(図12)。現在、羽田空港において2020年度には運用を開始するよう準備が進められている。

現在、RNAV (エリア・ナビゲーション)の進入経路でも曲線進入は一定の航空機に限り実施することができるが、GBASにおいては曲線進入経路に加え高度のガイダンスも提供できるため、騒音軽減を目的とした精密進入方式を設定することが可能となる。しかも、一式のGBAS機材に

よって、複数の滑走路方向に同様の精密進入を設定できるため、コスト面や空港としての機能強化にも寄与できるものと期待されている。現在、成田空港においてもGBASの導入を計画しているとのことなので、今後ますます騒音対策強化が図られることを期待したい。

文献

- 1 ICAO : Annex16 Volume 1, Seventh Edition, July 2014, International Civil Aviation Organization
- 2 Aeronautical Information Manual Japan
- 3 飛行方式設定基準
- 4 GBAS の概要 (国土交通省資料)

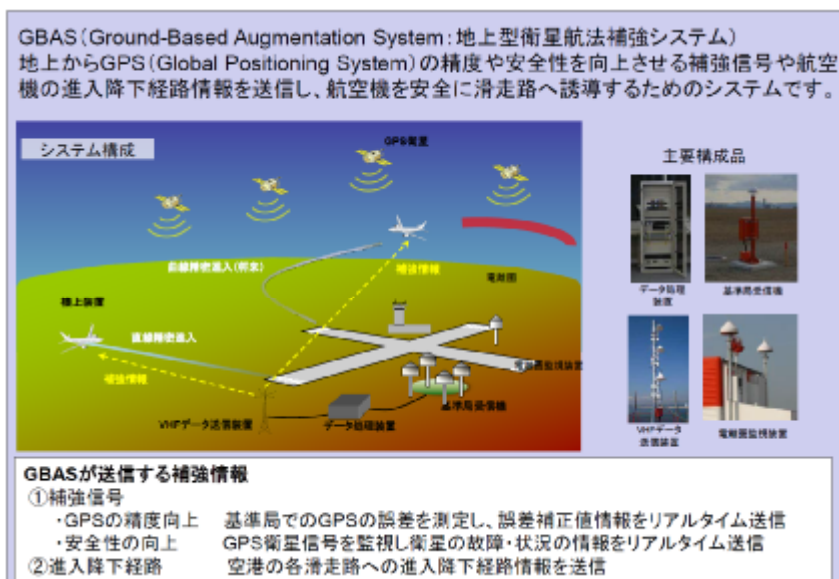


図12 GBASの概要(国土交通省資料)