Techno Scope

T e c h n o

# 機能性と意匠性に満ちた空港ターミナルビル

東京国際空港（羽田空港） 新国際線旅客ターミナルビル
北西上空、駐車場側から見下ろしたイラストで、中央が「すじ雲」をモチーフとしたターミナルビルの大屋根。〔図版提供＝東京国際空港ターミナル(株)〕

国際、国内長距離の交通手段として、航空は現代の社会の中で欠かせない役割を担っている。利用客にとって空港ターミナルビルは航空網にアクセスするインターフェイスであり、快適で機能性が高く、また国や都市の表玄関としての美しさをもつことが求められる。こうした現在の空港ターミナルビルの機能と、鉄鋼も大きな役割を担う建築技術について紹介する。

## ■空港ターミナルビルの役割

空港ターミナルビルは、空港のなかで、旅客が飛行機に乗降するために必要な手続きや待ち合わせを行い、またそれに付随するさまざまな施設が集まった建物である。

通常、建物の片側（カーブサイド）で自動車（バス、タクシー、自家用車）など地上交通機関にアクセスできるようになっているほか、規模の大きい空港では、鉄道駅などがターミナルビルに隣接、もしくはビル内に設けられている場合もある。

狭義には搭乗手続きとそれに付随する諸施設の部分のみをターミナルと呼び、飛行機への搭乗ゲートや搭乗までの待ち合わせスペースなどはコンコースと呼ばれるが、建物としては一体化しており、合わせてターミナルビルと呼ばれる場合が多い。

規模の大小はあれ、どの地域にあっても空港ターミナルビルに求められる基本の機能に大きな差はない。しかしこれらの機能に加えて、空港ターミナルビルはそれが存在する国や都市の「表玄関」の意味ももつ。このため、単に実用本位な建物ではなく、高い技術を駆使し、意匠を凝らしたものが多く建築されている。

## ■空港ターミナルビルの進化と課題

航空需要は景気変動や原油価格、国際間の紛争などのリスクに左右されやすく、短期的には波があるが、長期的には大きな成長を続けてきた。

日本のみに限っても、国際航空旅客数は1985年度の1930万人から2007年度は5831万人へ、国内航空旅客数は同じく4378万人から9485万人へと、この20年余りで大きく増加し、航空貨物取扱量もほぼ同様の伸びを示している（国土交通省「航空旅客数・貨物取扱量の推移」）。

こうした航空需要の大きな伸びに合わせ、ターミナルビルを含む空港施設の大規模化が進むこととなった。

空港ターミナルビルは滑走路・エプロン（駐機場）に隣接して建てられる。かつてその機能は搭乗手続きや待合室に限られ、旅客は徒歩もしくはバスなどでターミナルビルと搭乗機の間を移動、タラップを使って乗降する形式であった。しかし現在では、ターミナ

ルビルと飛行機とを直接結ぶボーディングブリッジが普及し、タラップを使っての乗降は小規模な地方空港や、大規模な拠点空港ではダイヤ過密時の臨時の使用や格安航空会社など、限られた用途が主になりつつある。

その結果、ターミナルビルはエプロンに面して数多くのボーディングブリッジを備える必要があり、数多くの航空路線が乗り入れ発着頻度の高い、国や地域の拠点空港ほどその傾向は顕著である。これもターミナルビルの大規模化に拍車をかける要因となっている。

建物の大規模化に伴い、内部にも広い面積にわたって吹き抜けを設けるなど、特に中央の空間は大きく取られる傾向にある。ますます多数になるカウンターやゲートなどに対して、サインに従って狭い空間をたどる方式ではなく、広く見渡すことで目的地を見付けやすく、移動しやすくするとともに、快適性を演出するのが主な理由である。また、エプロンや滑走路に面して大きく見晴らしのよい設計とする場合が多い。一方ではセキュリティや防疫関係施設には厳重に仕切られた空間も必要で、これらを“適材適所”に配していく必要がある。

**●関西国際空港ターミナルビル**
イタリアの建築家レンゾ・ピアノが設計を担当、1994年6月に竣工した。中央本館から南北に大きく伸ばしたウイングは「翼を休める鳥」をモチーフにしている。〔写真提供=関西国際空港用地造成(株)〕

建物が大きくなったことで、ショッピングモール、飲食店などの付随する施設も拡充される方向にある。航空は鉄道と違い、日常的に頻繁に利用する度合いが低く、諸手続き、搭乗までの待機などで滞在時間も比較的長い。それだけ非日常の“夢”と、飽きさせない演出が必要なのである。各エアラインが提供するラウンジなどもさまざまに工夫を凝らし、差別化を図っている。またターミナルビルの経営上からは、搭乗に直接関係する以外にも「お金を落としてもらう仕組み」は重要で、これらも新しいターミナルビル設計に影響する要素となる。

ただし、あくまで基本は「できるだけ移動は早く、短く、すぐ搭乗できる」ところにある。

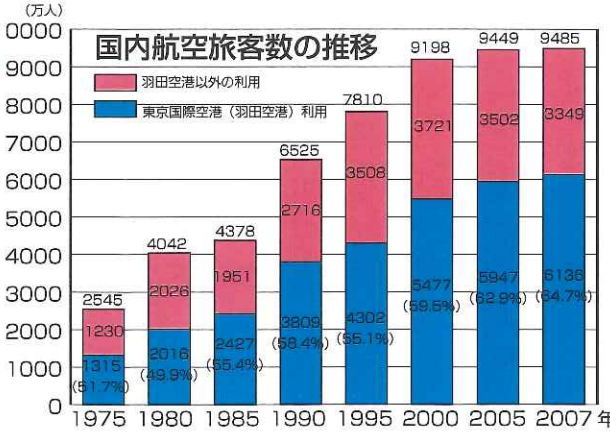
コンコース部分により多くのボーディングブリッジを設けるため、近年の大規模なターミナルビルでは、中央の狭義のターミナルから左右へ張り出し(ウイング)を大きく設けるデザインが一般的である。

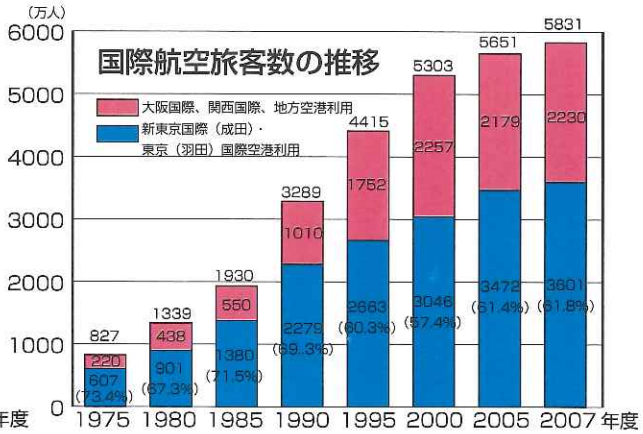
ただし、あまりに横方向に巨大なビルは地上交通機関からのアクセス、航空便間の乗り換えに不便を生じる。このため、ターミナルビル本体からエプロン方向に建物を伸ばし、その両側にボーディングブリッジを備えるピア(桟橋)方式や、エプロンの中にターミナルビルとは独立した建物を作り周囲にボーディングブリッジを設けたサテライトピア方式など、ターミナルビルの横幅を抑えつつボーディングブリッジの数を増やす設計も多い。

このほか、アメリカのダラス・フォートワース国際空港の4つのターミナルビル、日本の新千歳空港の国内線ターミナルビルは扇形をしており、扇の要の部分で地上交通機関に接続、エプロン側の面を大きく取って移動距離を抑える工夫をしている。また、フランスのシャルル・ド・ゴール国際空港の第1ターミナルビルは円筒形で、周囲に地下道でつながったサテライトをもつ。

しかしいずれにせよ大規模化によって、ターミナルビル内での移動距離はますます長くなっている。また工夫を凝らしても一つの建物に設けるボーディングブリッジの数には限りがあるため、拠点空港では国際線・国内線の別や航空会社の別によって複数のターミナルビルを備えていることが多い。そこで、ターミナルビル内での長距離の移動や、複数のターミナルビル間の移動の利便性向上は

**●日本における航空旅客数の推移**
1975年から2005年までの30年間で、旅客数は国内線(左)で約4倍、国際線(右)で約7倍と大きな増加を示している。



●新千歳空港ターミナルビル
国内線ターミナルは扇のような形状が特徴。中央上は2010年3月に運用が開始された国際線ターミナルで、内部に大空間を配置したトラスの大屋根をもっている。〔写真提供=国土交通省北海道開発局札幌開発建設部〕

大きな課題であり、ビル内の動く歩道の設置、専用の交通システムなどの導入も欠かせない。例えば関西国際空港は南北に大きくウイングが伸びている（各670m）が、中央の本館トランジットエリアから、両ウイングの中間と先端に「駅」を持つ新交通システム「ウイングシャトル」が運行されている。

一方、ターミナルビルの大型化、内部区間を大きく取るための梁の長大化など、建築自体の難易度も上がっている。特に地震国であり拠点空港が地盤が軟弱な埋立地にあることも多い日本では、基礎改良、耐震構造など、防災面での対策も重要になる。

## ■羽田空港再拡張事業の背景

最近のターミナルビルの進化、その建設について、東京国際空港（以下、羽田空港）を例に解説する。

羽田空港は、東京都心に最も近く利便性の高い国際空港である。東京湾岸の埋立地にあり、1960年代には、増大する航空需要に対して、軟弱な海底地盤の上ではそれ以上の大規模な拡大工事が困難であると判断された。その結果、新たに成田国際空港（開業当時の名称は新東京国際空港）が建設され、大部分の国際線が成田に移転することとなった。

しかしその後の土木技術の発達もあり、さらに増大する国内線需要へ対応するため、1980年代からは東方の海面を埋め立てて滑走路を移転拡張し、併せて空港施設も一新する沖合展開事業が開始された。

1993年9月、延べ床面積約29万㎡、ボーディングブリッジ24基の新国内線ターミナルビル（通称「ビッグバード」、後に羽田のターミナルビルの総称としても用いられるようになった）が完成、さらに2004年12月には、延べ床面積約18万㎡、ボーディングブリッジ15基の第2旅客ターミナルビルも完成した。こうした拡張事業により、羽田空港は世界で第4位、国内では第1位の旅客が利用する日本を代表する空港としての地位を維持している。特に国内航空旅客数では、羽田のみで日本の全空港合計の64.7%を占める（2007年度）。

一方、近隣アジア各国では、韓国・仁川国際空港、中国・北京首都国際空港／広州白雲国際空港／上海浦東国際空港、シンガポール・チャンギ国際空港、マレーシア・クアラルンプール国際空港など、複数の3500～4000m級滑走路をもつ大規模な空港が次々に整備され（別表参照）、アジア諸都市の国際的な拠点空港（ハブ空港）競争はますます激化する傾向にある。日本の成田国際空港は4000m滑走路（A滑走路）を1本もつが、B滑走路は2500m、C滑走路は計画凍結中であり、加えて騒音問題などで発着数の制約、夜間の離着陸制限もある。周辺各国の大空港に比べ能力不足が目立ち、世界の航空網の中での日本の地盤沈下が危惧される事態となった。

こうした流れの中で、一時はほぼ国内線専用となった羽田空港を、成田空港とセットで国際的な拠点空港として整備を進める構想が浮上、羽田空港では4本目となるD滑走路（2500m）を整備

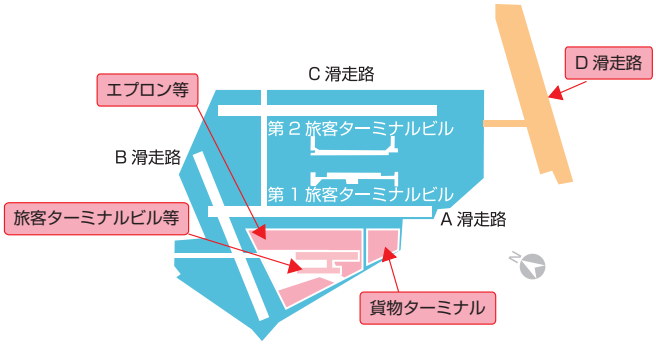
### 羽田空港D滑走路ジャケット式桟橋の防食技術

羽田空港では4本目となるD滑走路は、これまでの敷地から南東側に張出して建設された。多摩川河口域に位置するため、多摩川側およそ3分の1(約52万㎡）は鋼管トラスの下部構造を持つジャケット式桟橋形態として通水性を確保している。広大な空港基盤としてジャケット式桟橋構造が採用されるのは世界初である。

D滑走路は100年間の設計供用期間を前提としているが、厳しい腐食環境の海上部にあるうえ、広い床板下の構造用鋼材に付着する塩分が雨で洗い流されないので、綿密な防食対策が必要となる。まず、レグ部鋼材には、クロムやモリブデンの含有率が高く耐孔食性・耐隙間腐食性の高いスーパーステンレス（SUS312L）のライニングが施されている。床下の鋼桁構造下側はチタン（外側）と鋼板（内側）で樹脂芯材を挟んだカバープレートで覆われ、桁内空間は除湿システムにより湿度管理される。一方、海中の鋼材(レグ・ブレースと鋼管杭）は鉄のイオン化による腐食を防ぐため、鉄に代わって陽極になる金属をつなぐ、流電陽極方式の電気防食が行われている。

●アジア諸都市の主な大規模空港（滑走路の長さと本数）

| | |
|---|---|
| 韓国・仁川国際空港 | 3750m×2本、4000m×1本 |
| 中国・北京首都国際空港 | 3200m×1本、3800m×2本 |
| 中国・広州白雲国際空港 | 3600m×1本、3800m×1本 |
| 中国・上海浦東国際空港 | 3400m×1本、3800m×1本<br>4000m×1本 |
| シンガポール・チャンギ国際空港 | 2748m×1本、4000m×2本 |
| マレーシア・クアラルンプール国際空港 | 4058m×1本、4124m×1本 |




**●東京国際空港（羽田空港）新国際線ターミナル位置図**
A滑走路、B滑走路に挟まれた約13万㎡の三角地帯を再開発、旅客ターミナルビル、駐車場などの施設が建設された。

**●新国際線旅客ターミナルビル**
完成したターミナルビルをエプロン側より見る。中央の大屋根が張り出した本館は4面がガラス張り。ボーディングブリッジは段差がなく、ビル全体がバリアフリー設計となっている。〔写真提供＝羽田空港国際線PTB監理共同企業体〕

し、新たな国際線ターミナルが建設されることとなった。2010年10月、新滑走路と新国際線ターミナルの供用開始とともに羽田空港は24時間運用となり、発着数は供用開始前の年間30.3万回から、最終的に年間44.7万回まで増やされる。

新たに建設された国際線旅客ターミナルビルは、本体は5階建てで延べ床面積約15万9000㎡（付属棟含む）と現在の第2ターミナルビルに近い大きさがあり、これに6層7段の駐車場（約2300台収容、延べ床面積約6万7000㎡）が隣接する。ターミナルビル内には江戸の町並みを再現した商業ゾーン「江戸小路」や、国内最大級の規模の免税店ももつ。

ターミナルビル外側には「アクセスホール」が付随し、高架のモノレール、地下の鉄道（京浜急行）、駐車場棟と接続する。アクセスホール～ロビー～コンコース間は、出発乗客、到着乗客ともに階層移動が少なく直進性が高い動線が確保された設計となっている。

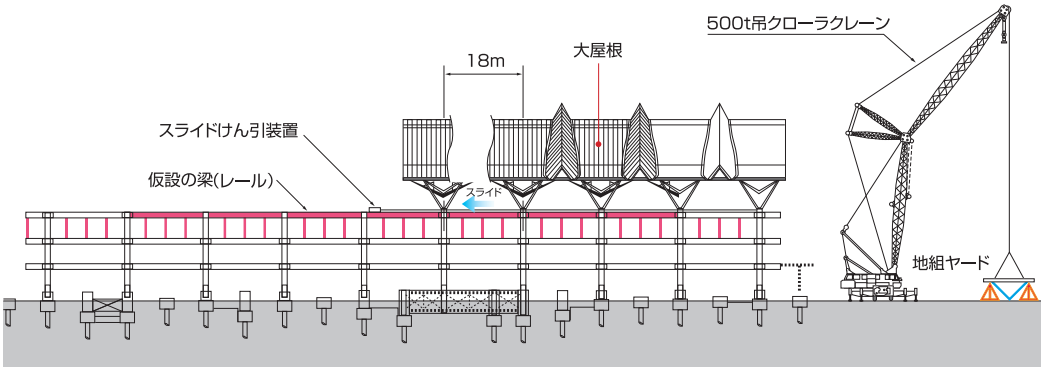
## ■羽田空港・新国際線旅客ターミナルビル

新国際線旅客ターミナルビルの本館部分は、空に流れるすじ雲をイメージしたという弓なりになった大屋根が特徴で、その下は吹抜けの大空間が広がる設計となっている。周囲4面はガラス張りの構造で、大空間内の明るさを確保する。またすじ雲のイメージは、既存の第1ターミナルの「陸」、第2ターミナルのもつ「海」のイメージに続く「空」のイメージという、一連のコンセプトに基づく。大屋根の高さ、大きさは国内の空港ターミナルでは最大級で、全長178m、幅95m、総重量5,000tに達する。今回の工事のなかでも、この大屋根が施工上最大の課題となったという。

大屋根は、69m離れた2本の柱で支えた95m×9mの船底型のトラス鉄骨が、18m毎に配置され、延べ10セットで構成されている。トラス鉄骨単体は、タワークレーンで吊り上げるには大きすぎ、地上で組んで持ち上げる「リフトアップ工法」が検討されたが、現場地下6～8.6mを東西に鉄道が通っているため、その直上に重機を配置して作業を行うことは、負荷や振動の問題から無理と判断された。結果、大屋根を分割し、その部材を端から乗せて滑らせて組み立てていく「スライド工法」が導入された。ただし大屋根は分割された1スパンでも18×95m、約300tあり、スライド工法としても前例のない規模のものとなった。

実際の作業では、1スパンのトラス鉄骨をさらに7分割し、吊り上げたものを仮設の柱の上で組み上げ連結し、これを2本の仮設レール梁上に乗せる。トラス鉄骨をスライドさせるためのジャッキは2種類あり、一方は仮設レール梁とトラス鉄骨の間にあってトラス鉄骨を浮かせる役を担う。もう一方は実際にトラス鉄骨を移動させるジャッキで、支持柱1箇所に2基ずつ配置し、1スパンにつき計4基が取り付けられている。このジャッキはガイドとなる仮設レール梁を掴み、1基につき50tの力でトラス鉄骨を動かす。1回の移動量は18cmで、コンピュータ制御で4基のジャッキに誤差が出ないようにしつつ移動を行う。摩擦抵抗を減じスライドを助けるためにト

**●大屋根のスライド工法**
地組ヤードで組まれたスパンのパーツをクレーンで吊り上げ、仮設柱の上で1スパンに組み上げる。スパンは2本のレールに乗せられ、ジャッキで順に奥に送られていく。〔図版提供＝鹿島建設（株）〕



●新国際線旅客ターミナルビル大屋根の施工
組み上げたスパンは、写真左方向にスライドされる。1つ分スライドさせるたびに新しいスパンが足され、写真は4つのスパンが乗っている状態を示す。〔写真・図版(このページ3点とも)提供=鹿島建設(株)〕

●大屋根を押し出すジャッキ
写真中央下に見えるジャッキは1スパンに付き4基取り付けられる。スパンが増えるごとにジャッキも増え、最終的に4×8=36基が使われる。

ラス鉄骨を浮かせるジャッキにはテフロンシートを貼り、さらに潤滑剤として台所用の水性洗剤を使うというアイデアが導入されている。また地下の鉄道トンネルにはセンサを設置し、歪み等が生じないよう計測しつつ作業が進められた。一方では、航空機の運行を阻害しないよう作業の高さにも制限があるため、クレーンのジブ先端にGPSを取り付け監視している。

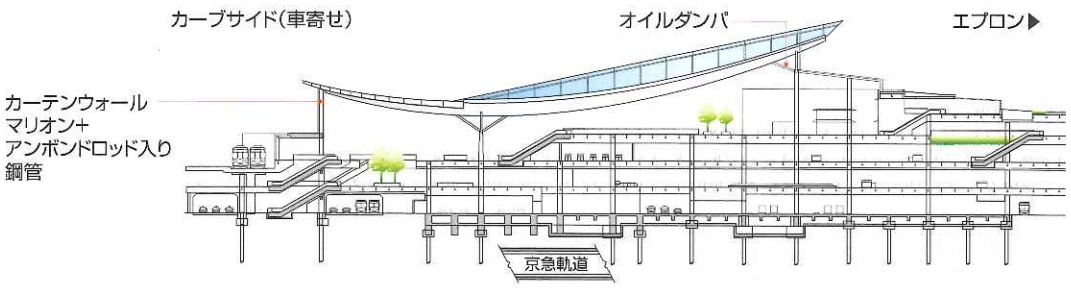
構造的には、前例のない大屋根だけに鉄骨構造もスリム化され軽量化が図られている。また、個々の部材が大きいぶん、変形の量も大きく、それをどこで吸収するかも工夫が必要であった。特にカーブサイド側(車寄せ側)は大屋根が大きくはね出しているため、その先端は上下に振動する。この下に付くカーテンウォールの鋼管は、内部にダンパーを噛ませて屋根に接続するロッドが入る二重構造(さや管構造)となっており、これにより大屋根のはね出し部分を支える。エプロン側では本柱の上の大屋根トラス支持材にオイルダンパを設置した制震構造が採用されており、台風時や大地震時の大屋根の揺れを抑える。

地下には東西に鉄道が走っているため、屋根が大スパンであるのと同様ビルの土台も、鉄道上に高さ5mの頑丈な梁を渡した大スパン構造となっているのも、この建物の特徴である。

海辺の埋立地上にある空港のため、塩害対策も必要で、大屋根の鉄骨にステンス鋼が多く使われているほか、全体に特殊鋼が多用されている。

## ■利便性と快適性の両立

航空網の過密化、航空会社間の競争の激化など航空業界を取り巻く情勢は厳しいが、国際間での拠点空港競争もあり、空港施設の充実はなお精力的に進められる傾向にある。なかでも空港ターミナルビルは、利用者に快適さを演出する空間であり、規模の拡大と同時にその建設にも、工法、材料に常に新しい技術が要求されている。

〔取材・文=川畑英毅〕
取材協力=東京国際空港ターミナル株式会社、羽田空港国際線PTB監理共同企業体(梓設計、安井建築設計事務所、ペリ・クラーク・ペリ・アーキテクツ・ジャパン)、鹿島建設株式会社、関西国際空港株式会社、北海道空港株式会社

●新国際線旅客ターミナルビル中央部横断面
大屋根の左端(カーブサイド側)はさや管構造でカーテンウォールと屋根のはね出しを支え、屋根の本柱上のトラス支持材には斜めにオイルダンパが配置されている。