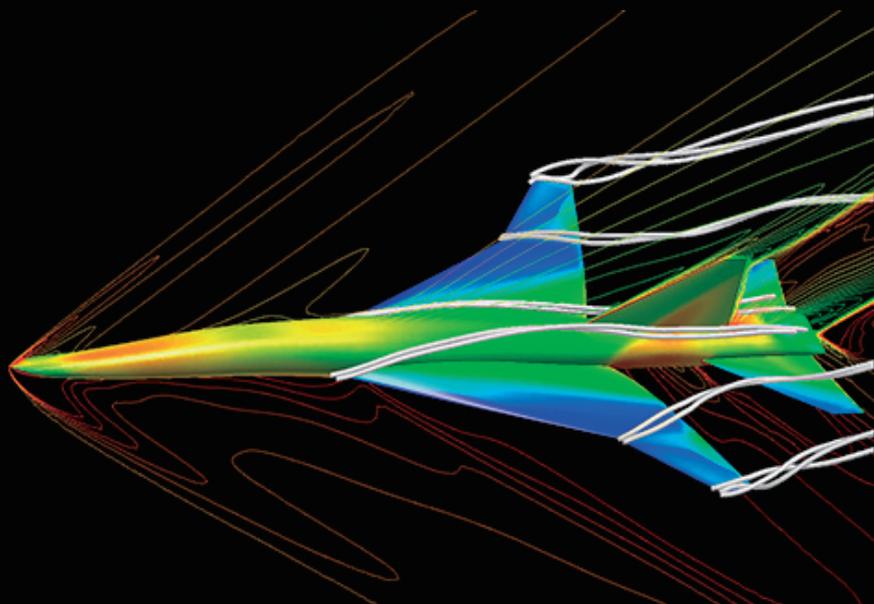


ご隠居のヒコーキ小噺

飛行機の性能を、背景から理解するために

末永民樹 著



http://www.jaxa.jp/projecta/aero/technique/index_j.html

公益社団法人 日本航空技術協会

はじめに

この本は、日本航空技術協会発行の「航空技術」誌に、2015年6月から1017年5月まで連載された記事に加筆修正を加えて一冊にまとめたものです。

この本は、飛行機に馴染みのない方にも読みやすくするために、物語風に書いてあります。つまり、理論を説明する章を冒頭には置かず、読み進まれるにしたがって徐々に、飛行機の運航時に考えなければならないさまざまな事項とその背景を感覚的に捉えていただけるように工夫してあります。

そのため、飛行機で使用する速度についての解説を例にとりますと、大雑把な考え方だけの紹介、もう少し詳しい紹介、数式を用いた詳細な紹介、と何度かの段階を踏んで解説しています。したがって、飛ばし読みではなく、最初から順を追って読み通していただければ幸いです。

また、物事を明確に記述するためには、どうしても数式の助けを求めなければならない部分もあり、そのような場合は、最小限の範囲で数式を使っています。

ところで、我が国の自動車産業の発展を振り返ってみますと、1950年代に出現した「ホンダ・スーパーカブ」や「富士重工・スバル360」などの普及とともに、ドライバー人口が一気に増加し、これらのユーザーの意見がメーカーにフィードバックされて、性能・品質を向上させたことが、現在の自動車王国の基盤を形成した最大の要因であったものと筆者は考えています。

このアナロジーから考えますと、かつての航空大国を再興するためには、遠回りであるとしても、ジェネアビのパイロット人口を大幅に増加させることが重要かと思われませんが、現実には簡単なことではありません。そういった観点から、主に飛行機の運航面に焦点を当てたこの本が、次世代を担う若い方々や、いま活躍されている各分野の技術者の方々に、飛行機の運航を疑似体験していただける手立てとしてお役に立てることを願っています。

末筆になりましたが、この本の執筆にあたって、牧野好和氏と又吉直樹氏をはじめとするJAXAの先生方、川崎重工(株)OBの久保正幸氏と熊裕史氏、エアラインの現役とOBの皆さま、そして、日本航空技術協会の方々に大変お世話になりました。みなさまに感謝いたします。

目次

はじめに

1 飛行計画時の「搭載燃料の算出」	1-1
● 飛行計画の概要	1-1
● 消費燃料と予備燃料	1-3
● 搭載燃料算出の実際	1-6
2 ペイロード・レンジ・カーブ	2-1
● ペイロード・レンジ・カーブ	2-1
● 最大離陸重量とペイロード・レンジ・カーブ	2-6
● ペイロード・レンジ・カーブが表す機体の特性	2-7
3 滑走路長によって制限される最大着陸重量	3-1
● 着陸重量に対する法的な要求	3-1
● 滑走路長によって制限される最大重量	3-3
● 着陸重量と進入速度 V_{REF} との関係	3-5
● 着陸重量と必要着陸滑走路長との関係	3-6
● 必要着陸滑走路長に対する風速の影響	3-8
● ドライ・ランウェイとウェット・ランウェイの補正	3-9
● 必要着陸滑走路長を求めるためのチャートの構成	3-10
4 上昇能力によって制限される最大着陸重量	4-1
● ゴーアラウンド時のパイロット操作	4-2
● 上昇能力を算出するためのエンジン推力	4-3
● 上昇能力を算出するためのフラップ位置	4-4
● 上昇能力の算出方法	4-7
● 上昇能力によって制限される着陸重量を示すチャート	4-13
● 最大着陸重量を確認するタイミング	4-14
● 燃料放出システム	4-14

5 エアデータ（前編）	5-（1）
● 高さと高度	5-（1）
● 外気圧の測定	5-（6）
● 気圧高度の実際の使用	5-（8）
● 高度計補正のためのデータの入手	5-（10）
● 標高と気圧高度との差	5-（11）
6 エアデータ（後編）	6-（1）
● 温度について	6-（1）
● 外気温の測定	6-（2）
● テンプ・デビエーション	6-（3）
● ロー・ロー・ディンジャ	6-（4）
7 ジェットエンジンの概要	7-（1）
● ジェットエンジンの仕組み	7-（1）
● コンプレッサの苦勞	7-（4）
● 推進効率とファン	7-（8）
● タービンの苦勞	7-（9）
● ジェットエンジンの種類	7-（10）
8 タービンエンジンの出力（推力）	8-（1）
● タービンエンジンでの推力のセット	8-（1）
● エンジンの定格推力	8-（2）
● 機速による EPR の減少と、飛行中の離陸推力	8-（7）
● 「最大連続推力」や「最大巡航推力」のための EPR	8-（9）
9 離陸（1）	9-（1）
● 離陸重量に対する法的な要求	9-（1）
● 離陸時に求められる上昇能力の特徴	9-（2）
● 離陸経路のセグメント（区分）化	9-（5）
● サードセグメントでの上昇能力の意味	9-（7）
● 離陸推力使用の時間制限とレベルオフする高度	9-（7）

- 離陸の終了地点 (End of Takeoff) 9-(11)
- 上昇能力によって制限される離陸重量を示すチャート..... 9-(11)
- 障害物が存在する場合の離陸飛行経路..... 9-(12)

10 離陸 (2) 10-(1)

- 離陸性能に影響を与えるパラメータ..... 10-(1)
- 上昇能力によって制限される離陸重量に影響を与えるパラメータ
..... 10-(1)
- 抵抗を増加させるもの (ギヤとフラップ) 10-(2)
- 推力を減少させるもの (ブリードエア) 10-(6)
- ディレイティング (減格) の発想..... 10-(8)
- 「アシュームド・テンプ」による「リデュースト・スラスト」...10-(10)
- 「ディレイテド・スラスト」の発想10-(12)
- 「前身となるエンジンが無い場合のディレイテド・スラスト」...10-(15)
- 風向風速、滑走路勾配.....10-(17)

11 離陸 (3) 11-(1)

- 離陸重量を固定した場合の必要離陸滑走路長..... 11-(3)
- 風と滑走路勾配による影響..... 11-(5)
- 必要離陸滑走路のチャートの数について..... 11-(7)
- 離陸重量補正用のサブチャートの作図について..... 11-(7)
- 風による補正を行うためのサブチャートの作図について..... 11-(9)
- 旧ダグラス方式の強みと弱み.....11-(13)
- ボーイング社が使用している必要離陸滑走路長の例.....11-(13)

12 離陸 (4) 12-(1)

- V_1 と、必要離陸滑走路長に対する要件 12-(1)
- 離陸滑走路長のベースとなっている離陸時の操作 (All Engine)
..... 12-(1)
- 離陸滑走路長のベースとなっている離陸時の操作 (1 Engine Inop)
..... 12-(3)
- 必要離陸滑走路長..... 12-(4)

- V_1 と必要離陸滑走路長 12-(5)

13 離陸 (5) 13-(1)

- 離陸速度について 13-(1)
- 離陸速度について (V_R) 13-(4)
- 離陸速度について (V_2) 13-(11)

14 離陸 (6) 14-(1)

- 離陸重量と V_1 と必要離陸滑走路長 14-(1)
- V_1 の最大値としての V_{MBE} 14-(5)
- V_1 の最小値としての V_{MCG} 14-(7)
- V_1 が V_{MCG} によって制限される場合の必要離陸滑走路長 14-(9)
- 機体のバランス 14-(12)

15 重量重心位置管理 15-(1)

- 飛行機の重心位置と安定性 15-(1)
- 縦の安定性 15-(2)
- 空力中心 15-(4)
- 空力中心をベースにした縦の安定性 15-(7)
- 主翼を代表する翼弦と実際のチャート 15-(9)
- 重量重心位置管理の実際 15-(11)
- W&B マニフェスト 15-(15)

16 失速速度 (前編) 16-(1)

- 失速速度の重要性 16-(1)
- 失速時の挙動といくつかの言葉 16-(2)
- 失速速度の種類 16-(5)
- V_{S1g} を求める際の苦労 16-(6)
- 離着陸速度を求める際の係数 16-(8)

17 失速速度 (後編) 17-(1)

- G と失速速度 17-(1)

- 失速速度に至るまでの減速率…………… 17-(4)
- 失速と高揚力装置…………… 17-(5)
- マック（マッハ数）と失速速度…………… 17-(9)
- 失速速度が提供される高度範囲…………… 17-(13)

18 バフエット 18-(1)

- バフエット・オンセット・チャート（Buffet Onset Chart）
…………… 18-(1)
- Gが掛かったときの挙動 …………… 18-(4)
- マックを用いて動圧を求める方法…………… 18-(7)
- 具体的な計算…………… 18-(9)
- W/δ の意味合い …………… 18-(12)
- 「係数」と呼ばれるものの効用 …………… 18-(14)

19 巡航性能（1） 19-(1)

- 旅客機の燃費性能…………… 19-(1)
- 飛行機の燃費を支配するパラメータ…………… 19-(2)
- 各パラメータの意味合い…………… 19-(4)
- 軽量化とTSFCの向上 …………… 19-(4)
- $M \times L/D$ について …………… 19-(6)
- 最適飛行高度…………… 19-(7)
- 超音速旅客機への期待…………… 19-(12)
- 超音速機の環境問題…………… 19-(14)

20 巡航性能（2） 20-(1)

- 巡航速度とS/Rの関係 …………… 20-(1)
- 航続距離を最大にするための巡航速度からマック一定の巡航へ
…………… 20-(3)
- ECON Cruise（経済巡航方式）…………… 20-(5)
- 風がある場合の巡航速度…………… 20-(6)
- 最大無燃料重量（MZFW、Max Zero Fuel Weight）について
…………… 20-(7)

21 速度	21-(1)
● 速度測定の原理	21-(1)
● EAS（等価対気速度）の概念	21-(2)
● EASとTASとの関係	21-(4)
● 高速になると動圧そのものが変化する	21-(5)
● CAS（較正対気速度）の概念	21-(10)
● ASIRからG/Sまで	21-(14)

22 突風荷重	22-(1)
● 運動荷重と突風荷重	22-(1)
● 突風によって生じる荷重倍数	22-(2)
● 突風によって生じる荷重倍数の算出式	22-(3)
● 突風によって生じる荷重倍数の特徴	22-(6)
● 法的要件によって定められた突風速度（Ude）	22-(7)
● 荷重倍数 n と実際に受ける荷重の大きさ	22-(9)
● V_B と V_{RA}	22-(10)
● 最新の基準	22-(12)
● 連続突風解析	22-(13)

23 細々とした事項	23-(1)
● IAS一定での上昇は加速上昇？	23-(1)
● 承認を要する性能と、それ以外の性能	23-(6)
● 離陸性能の算出時に使用する推力の大きさ	23-(8)
● V_{MCG} の算出手順	23-(8)
● SSECによる補正について	23-(11)
● CDL（Configuration Deviation List）	23-(14)
● ディスパッチ・リクワイアメント	23-(14)
● 耐空性という概念	23-(17)

24 フライバイワイヤ	24-(1)
● フライバイワイヤの特徴	24-(1)
● 従来機での操縦の復習	24-(1)

- 操縦系統は何をするものなのか…………… 24-(4)
- パイロットが操縦に苦勞する飛行領域ーバックサイド…………… 24-(6)
- バックサイド・オペレーション…………… 24-(9)
- 制御則 (Control Law) ……………24-(12)
- 機種間の操縦特性の共通化を目指して……………24-(13)
- フライバイワイヤの信頼性……………24-(14)
- エンジン・コントロールにおけるフライバイワイヤ技術の応用
……………24-(18)
- 燃料流量の制御……………24-(18)
- スラストレバー・アングルと推力との関係……………24-(20)
- スラストレバーを動かしたときに達成できる推力の予想……………24-(21)
- プロテクション機能などの充実……………24-(23)

索引……………

1. 飛行計画時の「搭載燃料の算出」

筆者がまだ若かったころ、先輩方に教わって、少しだけ性能を勉強させてもらったことがあります。ご隠居の身分になったいま、現役のときに教わったことを今度は、皆さまにお伝えしなければならない立場になったような気がしています。この稿では、性能の話を中心にしつつ、ヒコークの諸々のことから、思いつくままに紹介していきたいと思っています。浅学ゆえの誤りも多々あるかとは思いますが、読者のみなさまの刺激になることが少しでもありましたら幸いです。

今回は、ボーイング 747-400 型機が、成田（NRT）から ニューヨーク（JFK）に向かって飛行する場合を例にとり、飛行機に搭載される燃料の量について紹介させていただきます。また、飛行機の離陸重量と着陸重量には、「最大離陸重量」および「最大着陸重量」と呼ばれる最大値が決められていますが、これらの最大重量が、実際の運航ではどの時点で確認されるのかも紹介させていただきたいと思っています。また、これらの最大重量は、「機体構造強度」だけでなく、「性能」によっても影響を受けますが、こういった「性能によって決定される最大重量」についても、順を追って説明させていただきたいと思っています。

なお、本稿では、主に 747-400 型機を例にとり、飛行機の性能について説明させていただきます。そのような退役した飛行機の性能を勉強しても仕方ないじゃないかと思われるかもしれませんが、そうではありません。旅客機の性能に関する基本的な考え方は、機種に関係なく共通ですので、ある機種で勉強しておけば、その考え方を、あらゆる機種に適用できるからです。ご安心ください。

●飛行計画の概要

出発地から目的地に向かうために、どれだけの燃料を消費するのかを決定するためには、どのルートで飛行するのか、どの高度を取れそうなのか、そのルート上にはどのような風が吹いているのか、といったことが分かっている必要不可欠なことはもちろんです。

また、なんらかの事情によって目的空港に着陸できない場合にはどこにダイバート（行き先変更）するのか、といったことも配慮しておかなければいけません。

こういったダイバートするための燃料を始めとする、何も起きなければ消費しないで済む燃料のことを予備燃料と呼びますが、消費する燃料と予備燃料を算出し、その結果として求められる離陸重量と着陸重量が、定められた最大離陸重量と最大着陸重量を超えないことを確認する作業を「飛行計画」と呼びます。そのため飛行計画では、その第一歩として、まず、消費燃料と予備燃料を算出します。

注：消費する燃料と予備燃料の算出結果と、お客さまの着席位置と貨物の搭載位置から、機体の重心位置を求めることも、飛行計画での重要な作業の一つですが、このような重心位置管理については、別の回で紹介させていただきたいと考えています。

たとえば 747-400 型機が、東京からニューヨークに向かって飛行する場合、代表的には、155 トン程度の燃料を搭載しますが、そのうちの約 140 トンが実際に消費する燃料で、残りの約 15 トンが予備燃料であるといった構成になっています。

この関係が、図 1-1 に示されています。

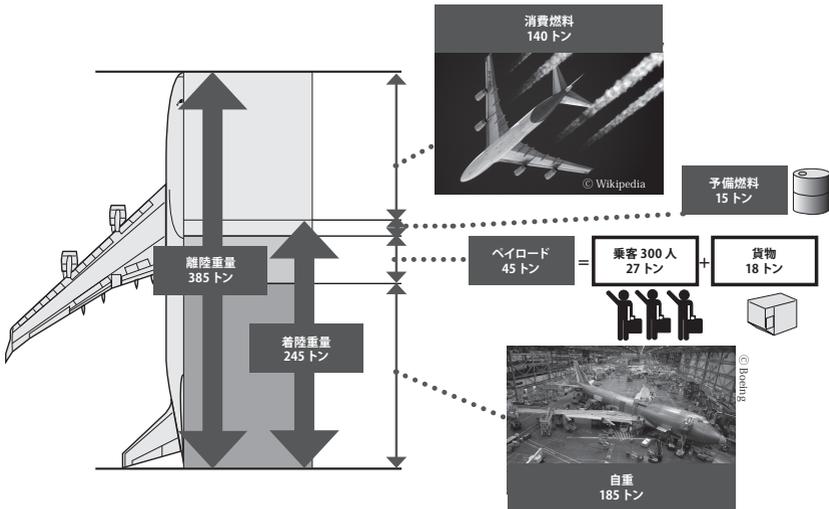


図 1-1 機体重量の構成

そのようにして搭載燃料が決まりますと、離陸重量を決定することができます。仮に飛行機の自重が185トンで、ペイロードが45トンであったとしますと、 $185（自重） + 45（ペイロード） + 155（燃料）$ の385トンが離陸重量になるといった具合です。

また、この離陸重量から、消費燃料の重量を差し引きますと、目的空港での着陸重量を求めることができます。今の例で言えば、 $385（離陸重量） - 140（消費燃料）$ の245トンが求める着陸重量であることとなります。

なお、ここでの自重には、機体の重量のほかに、乗務員全員分の重量（バッグなどの携行品を含む）、および、お客さまに召し上がっていただく食事や飲み物などの重量が含まれています。ちなみに、ペイロードとは、お客さまの重量（手荷物の重量を含む）と、貨物室に搭載する貨物の重量を加えた重量のことです。

747-400型機は国内線仕様では、550席程度の座席を持っていますが、長距離国際線用の仕様では、長時間を快適に過ごしていただけるように、300席程度となっています。上記の例の場合、お客さま一人当たりの重量を、チェックイン・バゲージの重量を含めて90キロであったと想定しますと、お客さまの重量は、 $300人 \times 90$ キロで27トンになりますので、残りの18トン（ $45 - 27$ ）が貨物室に搭載できる貨物の重量であるということになります。

ところで、前述のとおり、離陸重量にも着陸重量にもそれぞれの最大値（つまり、「最大離陸重量」と「最大着陸重量」）がありますので、上記の手順で求めた、実際の離陸重量や着陸重量が、それぞれの最大重量を超えないかどうかを出発前に確認しておく必要があります。

このように、飛行計画の作成段階での作業は、「搭載燃料を求める作業」と「離陸時と着陸時の重量がそれぞれの最大重量を超えないことを確認する作業」の二つからなっていますが、今回は、そのうちの「搭載燃料を求める作業」について説明させていただきます。

なお、「最大離陸重量」と「最大着陸重量」がどのようなものであるのかについては、別の回であらためて紹介させていただきたいと思っています。

●消費燃料と予備燃料^{1)、2)、3)、4)}

ここではまず、成田からニューヨークへ飛行する場合を例にとって、燃料の搭載量

を決定する際に配慮しなければならない要素を考えてみましょう。

出発空港である成田空港（以下 NRT）を出て、目的空港である John F. Kennedy 空港（以下 JFK）へ向うこの便は、最小限でも、NRT から JFK の間の飛行の間に消費する燃料を持っていなければいけません。これを「消費燃料（トリップ・フュエル）」と呼びます。

しかし、JFK が、視程の悪化や降雪などの理由によって一時的に運用できなくなった場合には、あらかじめ決めてある代替空港（オルタネート・エアポート）にダイバートしなければならないため、そのための燃料も持っていなければいけません。このための予備の燃料を「オルタネート・フュエル」と呼びます。（図 1-2 参照）

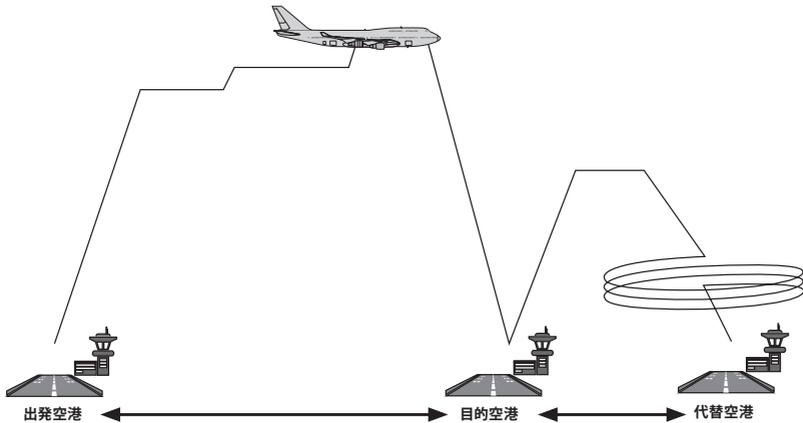


図 1-2 出発空港、目的空港および代替空港

ところで、JFK が運用停止になった場合には、この便だけではなく、もともと JFK に向っていた他の便も、この便が考えていた代替空港にダイバートしてくるでしょうから、この便は、代替空港にはすぐには着陸できないことも考えられます。

そうすると、着陸できるまで、空港近くの上空で待機（ホールディング）していなければならないため、そのための燃料も持っていなければいけません。このための予備の燃料を「ホールディング・フュエル」と呼びます。

一方、NRT から JFK に向かう間に消費する燃料は、予報された風向風速の条件

の下に、ある高度をある速度で飛行することを前提にして算出されています。しかし、管制上の理由により、飛行計画の前提となった高度や速度とは異なった高度や速度で飛行しなければならないかもしれませんし、また、ルートそのものも変更を求められるかもしれません。風向や風速も、飛行計画の段階で予想したものとは違っているかもしれません。

この種の不確定要素に起因する燃料増を補償するために、上記とは別の予備燃料を搭載します。その予備の燃料を「コンティンジェンシー・フュエル」と呼びます。これらの関係を図示したものが、**図 1-3**です。

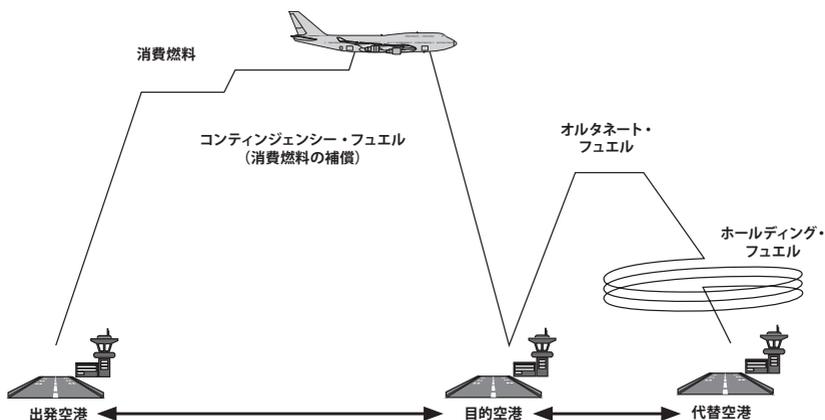


図 1-3 搭載燃料の内訳

上記の燃料のうち、オルタネート・フュエル、ホールディング・フュエル、および、コンティンジェンシー・フュエルをまとめて、「予備燃料」と呼びますが、通常の運航では、これらの予備燃料はほとんど消費されないまま目的空港に着陸することになります。

オルタネート・フュエルは、目的空港から代替空港まで飛行するための燃料ですから、その量は、目的空港から代替空港までの距離に依存します。したがって搭載燃料上は、代替空港として目的空港の近くの空港を選んだ方が有利ですが、代替空港と目的空港が近すぎると、ほぼ同じ気象条件となる可能性が高くなるため、リスクも高くなります。

つまり、目的空港の気象状態が悪くダイバートしようとしたが、代替空港の気象状態も悪く降りられなかった、ということになりかねません。したがって、代替空港としては、目的空港から適度に離れた場所の空港を選択しますが、いずれにしても、各空港への到着時に予想される気象状態を正確に予測しておくことが重要です。

ホールディング・フュエルは、高度 1500 フィート（約 450 m）で 30 分間ホールディングするための燃料です。ふつう、ジェット機の燃料消費率は高度が高い方が少なくなりますので、より高い高度でホールディングすれば、それだけ余裕が生じます。

コンティンジェンシー・フュエルは、出発空港から目的空港まで飛行する間に消費する燃料の「5 %」に相当する燃料です。

この燃料は、以前は、「飛行時間の10 %に相当する時間を飛行できる燃料」となっていました。その当時のコンティンジェンシー・フュエルは、巡航の最終段階での軽い機体重量をベースにして算出することになっていました。そのため、飛行距離によって大きく変動するものの、実質的には、消費燃料の 6% とか 8% とかといった量になっていました。その後、ルールが改定されて、現在は、上記のように「消費燃料の 5 %」とするのが世界的な動きになっています。

これらのほかに、気象その他の状況を勘案して、機長とディスパッチャが必要であると判断した場合に搭載する「エクストラ・フュエル」と呼ばれる燃料がありますが、あとで述べますように、長距離を飛行するときには、燃料を余分に搭載しても、かなり目減りしてしまいますので注意が必要です。

●搭載燃料算出の実際

飛行機では、燃料を消費するに伴って、機体重量が刻々と変化します。一方で、エンジンの燃料消費率は、機体重量によって大きく変化します。

たとえば、747-400 型機が NRT から JFK に向かって飛行する場合、離陸後巡航高度に到達したころ、すなわち機体が重い状態での燃料消費率は1時間あたり 12.5 トン（15,500 リットル）程度ですが、ニューヨークに到着する直前、すなわち機体が軽くなった時点での燃料消費率は1時間あたり 8.5 トン（10,500 リットル）程度まで減少します。

このことは、消費燃料を計算するにあたっては、まず、そのときの機体重量が判明

していなければならないことを意味します。そのため、搭載燃料の計算は、**図 1-4**のように、代替空港への着陸時から逆算して算出します。

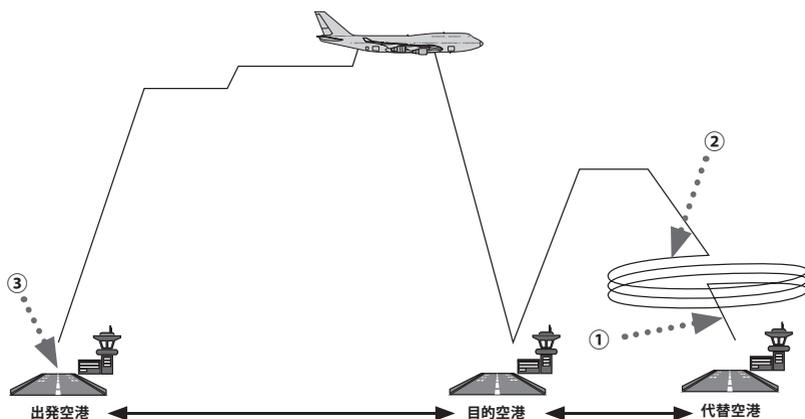


図 1-4 搭載燃料の計算手順

すべての予備燃料を使い尽くして、代替空港へ着陸したとすれば、その時点では、残りの燃料はゼロですから、そのときの機体重量は、「機体の自重」プラス「ペイロード」になっています。このようにして機体の重量を確定できますので、その時点での燃料消費率が決定できます。

その結果、ホールディングを抜け出して、代替空港に着陸するまで (**図 1-4**の ①)の所要燃料が計算できます。

上記の燃料を、代替空港への着陸重量に加えれば、ホールディングを抜け出す時点での機体重量が決定でき、ひいては、そのときの燃料消費率が決定できますので、ホールディング・フュエルを計算することができます。 (**図 1-4**の ②)

このようにして、フライト・フェーズを順々にさかのぼって、機体重量を決定するとともに、燃料の必要量を算出していきます。

最終的に離陸重量 (**図 1-4**の ③)に辿り着きますので、出発空港から目的空港までの消費燃料が求められます。

その消費燃料の 5% に相当する燃料を「仮のコンティンジェンシー・フュエル」と

します。「仮の」とした理由は、このコンティンジェンシー・フュエルを加えることによって、離陸時の機体重量が増加し、ひいては、目的空港までの燃料消費量が増加するため、これまでの計算は改めてやり直す必要があるからです。

つまり、最終的な燃料搭載量を決定するためには、この「仮のコンティンジェンシー・フュエル」を先に求めた離陸重量に加えた上で、今後はフライト・フェーズの順方向に計算を進めて、不足燃料を求め、これをさらに…といった具合にして、計算結果を収束させていく必要があります。

これは、「燃料消費率を求めるためには機体重量が必要である」一方で、「機体重量を求めるためには燃料消費率が必要である」という「アタマがシッポを食べる関係」にあるため、一回の計算だけで燃料搭載量をスパッと求めることができないためです。

このような、搭載燃料の算出や、それに基づく機体重量の計算を、手計算で行なうことは容易ではありません。

さらに近年では、定められたある幅の中で、エアラインが希望するルートを自由に選択することができるということが許されているため、飛行時間が最短になるようなルート（MTT、ミニマム・タイム・トラック）などを計算する必要も生じました。

そのためには、計算の上でいくつものルートを飛ばせてみて、その中から最適なルートを選択することが必要になり、人間ワザではとても対応できないという状況になってきました。そのため、この種の計算はコンピュータで実施するようになっていきます。⁵⁾

なお、上記から想像できるとおり、燃料を多めに搭載すると、その分、機体重量が増加し燃料消費率も増加します。これは、多めに搭載した燃料を運ぶための燃料が余計に必要なからです。そのため、たとえば1時間分の「エクストラ・フュエル」を積んでも、その量が最後までそのまま残されているわけではありません。その割合は飛行距離に依存しますが、長距離の飛行になりますと、実際には、6割程度しか残っていないということが起こります。

ひとこと言えば、飛行機の場合、航路上にガソリンスタンドがないことが、こう

いった苦しきの根本原因であるということになります、そういった観点から考えますと、軍用機で行っている空中給油は、理にかなった方法であると言えます。

(つづく)

参考文献

- 1) 航空法施行規則第 153 条 (<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S27/S27F03901000056.html>)
- 2) 運輸省告示 319 号「不測の事態を考慮して航空機の携行しなければならない燃料の量を定める告示」(<http://www.ktl.mlit.go.jp/notice/pdf/200901/00005003.pdf>)
- 3) EASA ルール: Annex to ED Decision 2012/018/R Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Part-CAT (Initial issue, 25 October 2012) の 98 ページ (<http://easa.europa.eu/system/files/dfu/Annex%20to%20ED%20Decision%202012-018-R.pdf>)
- 4) FAA ルール: FAR § 121.645 Fuel Supply: Turbine-engine Powered Airplanes, other than Turbo Propeller: Flag and Supplemental Operations. (http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=a082b618f496f666385beeb88d8bda20&node=se14.3.121_1645&rgn=d iv8)
- 5) ボーイング社資料 AERO (QTR_03.09) (http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_03_09/article_08_1.html)