

# まえがき

本書で取り扱う内容は、航空機設計の一連の流れの中の最初の段階である「概念設計」である（概念設計の意味と位置付けについては1章で説明する）。

本書を理解するための前提として、航空工学に関する基礎知識をある程度は有していることが求められる。すなわち、飛行の原理、推進機関の種類、航空機各部の名称とその働きなど、航空工学の初歩として学ぶ内容である。航空機の性能（航続距離や最大速度）の推算方法についての知識があることは望ましいが、この航空機性能については本書でも簡潔に11章で取り扱う。

本書を通読されるときは順番であるが、航空機性能推算方法を含めた航空工学の基礎知識を有している読者は、0章の序論に引き続いて1章から順番に読んでいただきたい。9章までがⅠ部であり、この段階で機体三面図の初期案を描くことができるようになる。10章から15章までがⅡ部であり、設計要求を満たす機体諸元のうちで、ある最適化基準に基づいた一種の最適値を得ることを目指す（あくまでもこの概念設計段階での最適値である！）。

航空機性能の知識が少ない読者は、3章まで読み進めてからいったん11.2節の航空機性能に関する記述を読んだのちに、4章へ戻ってもらえればよい。

超音速旅客機の設計に興味がある読者は、14章まで読了したのちに15.1節を読んでもらえればよい。新形態あるいは将来の航空機に関しても、本書の方法を活用して概念設計した例を15.2節と15.3節で簡単に紹介している。

なお、本書は、東京大学工学部航空宇宙工学科において学部3年生と4年生向けに筆者が担当している「航空機設計法」の講義内容をベースにしてまとめたものである。

2011年10月

李家賢一

# 目 次

0. 序 論	1
--------	---

## I 部

---

### 1. 航空機設計プロセスの概要

1.1 航空機開発の流れ	9
1.1.1 市場調査	9
1.1.2 市場要求	11
1.1.3 製品企画	12
1.1.4 設計要求	13
1.1.5 設計プロセス	14
1.2 概念設計	19
コーヒープレイク 航空機の単位系	23

### 2. 機体一般配置の決定

2.1 主翼の上下位置	24
2.1.1 高翼	25
2.1.2 中翼	27
2.1.3 低翼	28
2.1.4 主翼配置の比較	30
2.2 エンジン配置	33
2.2.1 プロペラ機	33
2.2.2 ジェット機	37

2.2.3 エンジン配置の比較	42
2.3 尾翼配置	43
2.3.1 水平尾翼	43
2.3.2 垂直尾翼	44
2.4 脚配置	46
2.4.1 尾輪配置	46
2.4.2 前輪配置	49
2.4.3 自転車配置	49
コーヒーブレイク プロペラ機の左旋回傾向	50

### 3. 胴体設計

3.1 胴体の働きと種類	52
3.2 胴体寸法の決め方の概要	53
3.3 客室設計	54
3.3.1 断面形状	54
3.3.2 座席横配列	55
3.3.3 客室長さ	57
3.3.4 非常口	58
3.4 貨物室	59
3.5 コックピット	60
3.6 胴体外形	61
コーヒーブレイク エンジンの一発停止	62

### 4. 主要諸元の決定（第1次）

4.1 サイジングで決定される主要諸元	64
4.2 最大離陸重量の見積り	65
4.2.1 機体重量の分解	66
4.2.2 重量推算の方法	67
4.2.3 mission fuel fraction の求め方	69
4.2.4 最大離陸重量の推算	75

4.2.5 最大離陸重量の見積り例	76
4.3 主翼面積とエンジン推力（パワー）の見積り	80
4.3.1 揚抗比と抵抗の推算	81
4.3.2 離陸性能のサイジング	85
4.3.3 着陸性能のサイジング	89
4.3.4 上昇性能のサイジング	91
4.3.5 巡航速度のサイジング	98
4.3.6 サイジングプロット図	100
4.3.7 サイジングの例	102
4.4 エンジンの選定	105
コーヒーブレイク 航空機の高度表示	107

## 5. 2次元翼空力設計

5.1 翼型の表示法	109
5.1.1 NACA 4桁翼型	109
5.1.2 NACA 5桁翼型	111
5.1.3 NACA 層流翼型	112
5.2 2次元翼型の空力特性	114
5.2.1 翼面上の速度分布	114
5.2.2 翼型の失速特性	115
5.3 非圧縮性流中で用いられる翼型の設計方針	118
5.4 圧縮性の影響	119
5.4.1 遷音速翼型	119
5.4.2 超音速飛行	123
5.5 翼型の選定	124
5.5.1 低速機体	124
5.5.2 高亜音速, 遷音速の航空機	125
5.5.3 超音速航空機	126
コーヒーブレイク 航空機の速度表示	126

## 6. 主 翼

6.1 主翼に要求される事項	128
6.2 主翼平面形	128
6.2.1 主翼アスペクト比	129
6.2.2 後退角	130
6.2.3 平均空力翼弦	133
6.2.4 テーパー比	134
6.2.5 厚み比	135
6.2.6 ねじり下げ	135
6.2.7 上反角	136
6.2.8 胴体取付け角	136
6.3 高揚力装置	137
6.3.1 高揚力装置の効果と種類	137
6.3.2 高揚力装置使用上の注意点	141
6.4 主翼上の各種舵面	142
6.4.1 エルロン	143
6.4.2 スポイラー	144
6.5 高亜音速から遷音速で飛行する機体の主翼設計	146
6.6 機体三面図上での主翼の描画	146
6.6.1 ターボプロップ旅客機	146
6.6.2 遷音速ジェット旅客機	147
6.6.3 主翼平面形の定め方	147
コーヒープレイク 横風着陸	149

## 7. 尾 翼

7.1 水平尾翼	151
7.1.1 水平尾翼の働き	151
7.1.2 水平尾翼容積の定義	154
7.1.3 水平尾翼容積に影響する他の要素	156
7.1.4 その他の水平尾翼に対する考慮点	159

7.2 垂直尾翼	163
7.2.1 垂直尾翼の働き	163
7.2.2 垂直尾翼容積の定義	164
7.2.3 垂直尾翼容積に影響する他の要素	165
7.2.4 その他の垂直尾翼に対する考慮点	167
7.3 舵面のサイジング	171
7.4 カナード (先尾翼)	172
7.5 尾翼面積の定義	173
コーヒープレイク 着陸の方法	174

## 8. 脚 配 置

8.1 脚位置の決定	175
8.1.1 自転車配置	175
8.1.2 尾輪式配置	175
8.1.3 前輪式配置	176
8.2 車輪寸法の決定	178
コーヒープレイク 失速とスピン	179

## 9. 重量・重心と初期三面図

9.1 重量推算	181
9.1.1 重量を近似的に算出する方法	183
9.1.2 データベースに基づく重量推算法	184
9.2 重心位置	188
9.3 補足事項	189
9.3.1 濡れ面積	189
9.3.2 最前方および最後方の重心位置	190
コーヒープレイク 航空機の「通行」規則	191

## II 部

### 10. 空力特性の推算

10.1 揚力の推算	194
10.1.1 揚力傾斜と零揚力角の見積り	195
10.1.2 最大揚力係数の見積り	196
10.2 高揚力装置の特性推算	197
10.2.1 後縁フラップ	199
10.2.2 前縁フラップ	199
10.3 抵抗推算	200
10.3.1 有害抵抗	200
10.3.2 誘導抵抗	203
コーヒープレイク VFR と IFR	204

### 11. 性能推算

11.1 エンジン推力の推算	207
11.1.1 ターボファンエンジンの寸法と重量	207
11.1.2 エンジン推力の表し方	208
11.1.3 ターボファンエンジンの性能曲線	209
11.1.4 エンジン性能の無次元表示	210
11.2 機体の性能推算	211
11.2.1 性能推算の概要	211
11.2.2 高亜音速以上の航空機の巡航速度	216
11.2.3 離着陸性能	217
コーヒープレイク 航空機とパイロット免許のカテゴリー	222

### 12. 概念設計で考慮すべきその他の要素

12.1 飛行性の確認	224
12.2 航空機のコスト	225

12.3 航空機構造概論	227
12.3.1 航空機の耐空類別	228
12.3.2 航空機に働く荷重	228
12.3.3 機体構造	229
12.3.4 構造設計の考え方	233
コーヒーブレイク 航空機の機体価格	234

### 13. 主要諸元の決定（第2次）と三面図の修正

13.1 カーペットプロット	236
13.2 三面図の見直し	239
13.3 第2次サイジングの具体的な手順	240
コーヒーブレイク 予備燃料	243

### 14. 設計結果の吟味

14.1 概念設計手順のまとめ	244
14.2 決 断	244
14.3 再び市場調査と航空機需要予測	247
14.4 法 規	249
14.5 航空機のライフサイクル	250
コーヒーブレイク 飛行高度	252

### 15. 超音速旅客機と新形態航空機の概念設計

15.1 超音速旅客機	253
15.1.1 サイジングに必要なデータ	254
15.1.2 主翼, 尾翼形状の決定	255
15.1.3 超音速リージョナルジェット機の概念設計例	257
15.2 新形態航空機	257
15.2.1 ブレンデッドウィングボディー	257
15.2.2 その他の新形態航空機	259



15.3 今後の航空機の動向	262
15.3.1 離着陸時の騒音低減を目指した機体	262
15.3.2 水素燃料航空機	263
コーヒーブレイク MEL と GOOSEACAT	265
お わ り に	266
付 録	272
単 位 換 算 表	272
標 準 大 気 表	273
引用・参考文献	274
索 引	280

# 序 論

## 航空機設計とは

航空機設計とは、まったくゼロの状態から作業を開始して、いままでにない新たな機能や性能を有する航空機の形を決定していく作業である。ここで、航空機の形を決定するとは、ただ単に機体の外形を定めることだけではなく、機体内部の詳細に至るまで図面化し、それを基に機体の実際の製造につなげていくことである。

学問領域としての航空工学は、おもに空気力学、構造力学、飛行力学、制御工学ほか、いわゆる要素技術的な領域（または分野）で構成されている（図0.1）。しかし、航空機は各種のシステムを統合化して一つのシステムに仕上げ

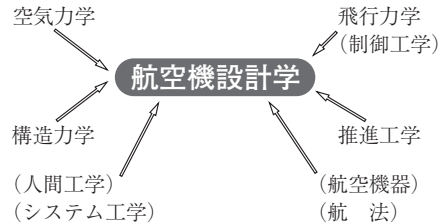


図0.1 航空工学の学問領域

ることが要求されるため、これらの要素技術的な領域（または分野）ばかりを修得しても、航空機そのものにはつながらない。図中央に置かれた航空機設計学を通じて、初めて航空機というシステムの完成に至る（そういう意味で航空機設計はシステムインテグレーションの一種と呼んでよい）。

## 本書をとりまとめた理由

東京大学工学部航空宇宙工学科では、戦前から航空機設計教育が行われ、戦後の航空再開後は、海軍で実際に航空機設計を担当された山名正夫先生と中口博先生が、実体験を基に設計講義をなされていた。それは養賢堂刊行の「飛行

機設計論<sup>1)†</sup>としてまとめられている（この本は過去に出版された日本で唯一の本格的な航空機設計に関する教科書といえる）。その後、C1 輸送機の主翼空力設計にも関係された佐藤淳造先生を経て、現在は筆者がこの設計教育を担当している。ところで、YS-11 を除いて民間機を長らく製造してこなかったわが国において、機体設計のベースとなる統計データが決定的に不足してしまっている。前記の「飛行機設計論」では海軍時代の航空機のデータをおもに用いて設計が論じられている。同書の設計に対する思想はいまでも生きており、本書でも随所に引用することになるが、高速化・巨大化された航空機が飛行する現在においては同書の設計データが古くなってしまっていることは否めない。このため、筆者が担当している講義では、欧米の大学で使われている教科書をベースとせざるを得なかったのが現状である。欧米の大学で航空機設計教育に用いられている代表的な教科書には文献 2)～4) がある。

これらの教科書を基本として筆者は講義プリントベースで講義を行ってきたわけであるが、少しでも学生の理解を容易にし、かつ航空機を専門的に理解している集団の裾野を広げるため、日本語の航空機設計の教科書が必要であると考える、今回本書を上梓するに至ったしだいである。英文の教科書をそのまま講義に使用する方法もあるかもしれないが、日本語に比べて情報伝達量のスピードが劣ること、ならびに上記の教科書のほとんどは大部で日本の講義体系になじまないところがあるため、不適であると判断している。例えば文献 2) は 8 冊に分かれており、読破するには膨大な時間が必要となる。しかも文献中の多くのページはデータ集に費やされている。これは、航空機のあらゆる機種に対応できるようにするために、多くのデータが集められた結果である。つまり文献 2) は教科書というよりもむしろ、概念設計の段階で必要に応じて参照する事典のようなものと考えてよい。

### 本書が目指す目標

本書が目指していることは、航空工学の基礎知識を有している学生や若い技

---

† 肩付き数字は、巻末の引用・参考文献の番号を表す。

術者に対して、航空機概念設計の考え方ならびに方法論をマスターさせ、かつ実践的に活用できるようにすることである。その目的のためには、百科事典的にあらゆる機種を網羅する必要はなく、代表的な機種に限って設計の流れを説明すればよい。それによって、学生は概念設計とはどのようなもので、その設計結果が後々の設計作業にどのようにつながっていくかを理解することができる。このような方針で本書はとりまとめている。

本書が具体例として扱う航空機は、単発軽飛行機、ジェット旅客機および超音速旅客機にはほぼ限ることとした。単発軽飛行機には、航空機概念設計のエッセンスがすべて含まれており、かつ比較的簡便に設計することができる。遷音速で飛行するジェット旅客機を設計できれば、それよりも小型のビジネスジェット機に応用することは容易であり、また双発プロペラ機的设计にもその知識が使える。このため遷音速旅客機概念設計手法について詳細に取り上げる(単発軽飛行機については概念設計の導入部(本書前半部)においておもに紹介するにとどめた)。一方、超音速旅客機は、通常の航空機とはまったく異なる形態であり、超音速飛行独特の要素を考慮に入れる必要がある。そこで、本書では、超音速機の初歩的設計概念について章を分けて述べることとした(15.1節)。同節では超音速機概念設計手順を詳細には紹介しないが、節中で述べられている超音速機独自の性質、性能を前章までの設計手順へ適切に組み込むことで学部レベルの超音速機概念設計を行うことができるようになる。

これらの機種とは異なる機種を設計する場合には(例えば、双発プロペラ機、アクロバット飛行機、飛行艇など)、それぞれの機種に独特の設計データが必要になる場合がある。これらのデータは上記文献(例えば文献2))などで手に入れることができる。また、本書の中でも必要に応じて参考文献を明示するように努めた。15章には、超音速機以外に、新形態航空機として、さまざまな形態を有した機体の設計例を参考までに示した。同章には機体例を複数示したが、本書の主対象は通常の伝統的な形態(conventional configuration, 胴体と主翼の組合せ形態)の機体であることを、念のために断っておく。

なお、航空機を実際に設計されている技術者の方々が本書を手にとられると、実際の設計と異なる手順や考え方に気づかれると思う。この点については、本書の「おわりに」で説明したい。

### 本書の構成

本書では前述のように、概念設計の流れについて一通り説明することで、読了後には設計要求を満たす機体の概形を決定でき、かつ機体三面図を仕上げられることを目標としている。三面図を仕上げるためには、航空機構造に関する知識も必要であるため、構造面からの検討も行う。航空機には各種の装備品や機器類（油圧や電気系統）が重要な役目を果たしているが、本書が取り扱う概念設計の段階では、これらについては深くは考慮しない。

ところで、前述の航空機概念設計の教科書のうち、Roskam の文献 2) では、設計開始の比較的初期に要求されている性能（**設計要求**という）を満たす機体の主要パラメータを決定し、それをベースに機体の三面図を描く手法がとられている。三面図を描いたあとに機体の空気力学的特性や飛行力学的特性を詳しく見積もる作業を行っている。しかしながら、最初の三面図を描いた段階で決めた諸量をベースにして設計が進められるために、それらの値が最適値であるかどうか判断に悩むことがあり得る。一方、Raymer の文献 3) では、経験値に基づき比較的設計の速い段階で機体の形態を決めたのちに空力特性ほかの詳細な推算を行い、概念設計の最後の段階に至って初めて設計要求を満たす機体のうちで最適な諸量を決定する作業が行われる。このため設計の最終段階に至ってはじめて機体の三面図を描く段階に至る。

本書は、1 年間にわたる講義の内容をベースとして述べているが、上記の文献 3) のように概念設計の最終段階ではじめて機体の詳細な図面を描く方法をとると、講義の 1 年間、学生は図面を描く準備作業ばかりで、自分が設計しようとしている機体のイメージをつかむことが困難になる。実際の設計作業では概念設計を一通り行ったあとで、設計結果を見直して、再度同様な作業を行って設計結果を煮詰めることが必ず行われる。しかし、この方法を講義に適用しても、限られた時間での講義を考えると、同じ作業を何度も繰り返すことは、

時間的に制約が多い。

これらの点を踏まえて本書では、概念設計を2段階に分けている。第1段階（本書のⅠ部、講義では前半の半年間分に相当する）では、まず設計機体の三面図初期案を仕上げることを目標とする。第2段階（本書のⅡ部）では描いた三面図を基にして可能な範囲で、より詳細な空力特性推算、性能推算などを行い、その結果を基にして再度機体の主要諸元を決定する作業を行う。この段階では設計要求を満たすと同時に、例えば機体重量が最小になるような最適化まで目指して機体諸元を決定することを目標とする。

2段階に分けた手法を用いることによって、設計作業の比較的早い段階で機体の全体像を学生が把握することが可能になる。しかも、つぎの段階でより詳細な検討を行うことによって、学生が設計した機体について、ある判断基準のもとで最適解を探し出すことが可能になり、学生も自分の設計した結果にある程度の自信を抱けると判断している。

ただし、2段階に分けて概念設計を講義で行うことは、作業の複雑化と計算の煩雑化を引き起こす恐れがあった。そこで実際の講義では、文献5)、6)でも用いられた表計算方式を第2段階に取り入れている。多くの学生が使用している表計算ソフトを用いるため、導入が容易であり、設計ソフトの改良も簡便であり、また異なる機種設計への拡張も可能であるとの判断からである。本書では、13章においてその概要を示した。

また、第2段階では、詳細な空力特性の推算などが行われるが、この作業のためには広い範囲にわたる、詳細な知識が要求される。これらの必要な知識をすべて本書で網羅しようとする、文献2)の紹介で述べたのと同じように本書の分量が膨大になる恐れがある。そこで本書では、これらの推算に当たっては、頭に入れておかなければならない基礎知識、背景について主として説明することとし、具体的な推算方法は文献を参考にってもらうこととした。なお、文献をあたるのが困難な読者が困らないように、最低限の情報は本書内で説明することとしている。

## 航空機関連の話題

日本では航空機というとはほぼ間違いなく旅客機を意味し、旅客機以外の航空機に搭乗した学生を見かけることはほとんどない。また、航空機の操縦経験がある学生は皆無に等しい。航空機にはある程度興味を持って、航空工学を学ぶことを選択した学生ですら同様である。この状況に鑑<sup>かんが</sup>み、本書では航空機設計に直接は関係しないが航空機の運用に関連した事項についても、筆者の知る範囲に限られるが、できるだけ紹介することとした。そこで、1章以降の各章末に、航空機に関する各種トピックスについて「コーヒーブレイク」と称して掲載している。

## 単位系と標準大気表

現在の量単位の標準は**国際単位系** (SI, *Système International d'Unités*) であるが、航空機の世界では、これと異なる単位系が使われている。これは米国を中心にして航空機が発達してきたためであり、米国で使われているフィート・ポンド系が一つの主流である。将来といえども航空機設計技術者はフィート・ポンド系に慣れている必要があると考え、本書ではフィート・ポンド系を主たる単位系とし、<sup>じゅう</sup>従たる単位系として  $\text{kg}\cdot\text{m}$  系により記述することとした。航空機関連の単位系の詳細については1章末のコーヒーブレイクを参照されたい。また、空気の各種物理量については国際的な標準が決められており、**標準大気表** (ICAO standard atmosphere, ISA と略称, ICAO は International Civil Aviation Organization の略称で、国際民間航空連盟) にまとめられている (例えば、海面上では1気圧 (atm)、摂氏 15 度 (°C) と決められている)。

単位換算表と標準大気表は「付録」として巻末に掲載している。

## 航空機設計が大学で教えられている理由

ここで、航空工学のカリキュラムの中で航空機設計が教えられている意義について説明したい。その例として、東京大学工学部航空宇宙工学科における航空機設計教育の流れを概観しておく<sup>7)</sup>。

・学部2年生後半の半年間 (週1回1.5時間) : はじめて航空工学を学ぶ学生を対象として、航空工学の初歩ならびに航空機性能推算法の講義が行われ

る。

・学部3年生後半から4年生前半までの1年間（週1回，1.5時間）：航空機設計法（本書の内容に相当する）の講義が行われる。

この一連の講義を通じて学生は，航空機概念設計法の初歩をマスターすることができる。

・卒業直前（4年生最後の約3か月間）には「卒業設計」と呼ばれる設計演習が行われる。学生1人が航空機1機ずつの設計を行うことを原則として，航空機概念設計と機体構造の概念検討まで行われる。

・大学院においても院生グループによる設計演習を半年間の講義期間に行っている。学部とは異なり，複数の院生グループによって1機の機体を仕上げることを目標としている。口絵ならびに15章で紹介する機体は，主として，この大学院生による設計例である。

当学科に三つある教育理念の一つを挙げると「航空宇宙工学を題材にしてシステム統合化能力を教育すること」となっている。航空機設計教育はこの理念を達成するために重要な役目を果たすと考え，上記の設計教育が当学科で行われてきた。航空機を設計し，製造を経て飛行に至るまでは，長い年月と多人数による作業が必要である。それらを大学ですべてを教えることは不可能であるが，機体の形態を決定する「概念設計」の段階までをある程度マスターすることができれば，本章のはじめに述べたシステムインテグレーションの一端を修得することができると考え，そのために航空機設計の講義が学科設立当初から行われてきている。

## ま と め

以上，本書が目指している目標をおもに説明してきた。本書を通じて航空機開発のプロセスの一部である航空機概念設計の流れを把握してもらえれば幸いである。なお，本書で示した設計手法や結果は，あくまでも概念設計段階における解であり，これらの数値をそのまま実機製作に用いることができないことはいうまでもない。



# 索引

<b>【あ】</b>		火星航空機	261	計器指示高度	107
アイテム重量	187	加速停止距離	219	計器着陸方式	205
アウトアリガー	50	型式証明	17	計器飛行	243
亜音速前縁	256	カテゴリー	222	計器飛行証明	205
アスペクト比	129	カナード	172	決心高度	205
厚み比	135	カーベットプロット	236, 242	決断する段階	244
圧力高度	107	貨物室	59	<b>【こ】</b>	
アドバースヨー	143	管制承認	205	後縁失速	115
後曳き渦	30	間接運航費	226	後縁フラップ	137, 199
アプローチ距離	220	<b>【き】</b>		航空機	222
アームレングス	44	機体外形形状	15	航空機工業振興法	250
<b>【い】</b>		機体価格	234	航空機需要予測	247
維持設計	18	機体三面図	22, 242	航空機製造事業法	250
<b>【う】</b>		機体重量比	67	航空機設計	1
ウィンドミリング	35	機体のファミリー化	11	航空法	250
薄翼失速	116	基本設計	15	航空路	205
宇宙往還機	261	脚	46	校正大気速度	126
運航開始	18	脚重量	186	航続距離	71, 215
運動荷重	229	脚配置	175	後退角	130
運動包囲線図	229	競争力評価	11	高揚力装置	137
運用空虚重量	66	錐もみ	168	高翼配置	20, 25
<b>【え】</b>		キールビーム	231	後流	159
エアリアルール	260	キンク	148	国際単位系	6
エルロン	143	<b>【く】</b>		国際民間航空条約	250
エルロンリバーサル	143	空虚重量	66	5桁翼型	111
エレベーター	160	空中待機	74	コックピット	60
<b>【お】</b>		グラウンドスポイラー	145	コンコルド	253
応力外皮構造	230	グラウンドループ	32, 48	<b>【さ】</b>	
オズワルドの効率係数	84	クラス	222	サイジング	14, 20
オーバーハング	172	クラブ	150	サイジングプロット図	100
<b>【か】</b>		クリティカルエンジン	63	最大推力	209
外舷スポイラー	144	クルーガーフラップ	140	最大揚抗比	81
概念設計	14, 19	クレスト	120	最大離陸重量	66
海里	23	グロスウエイト	182	最大連続推力	95
カウント	201	クロスカップルド		最低降下高度	206
		カナード	172	座席横配列	55
		<b>【け】</b>		3発機	40
		迎角	114, 194		

**【し】**

ジェット機 37  
 ジェット旅客機 95, 99, 103  
 —の重量推算 78  
 指示大気速度 126  
 市場調査 9, 247  
 市場要求 11  
 システムインテグレーション 1  
 ション 1  
 失速 179  
 実用上昇限 97, 214  
 自転車配置 49  
 シートピッチ 57  
 シミー 47  
 地面効果 30  
 ジャイロ効果 51  
 自由滑走距離 221  
 終局荷重 228  
 主要構造部材配置図 23  
 主翼アスペクト比 129  
 主翼重量 185  
 シュリンク 11  
 昇降舵 160  
 昇降舵固定 154  
 昇降舵自由 154  
 詳細設計 16  
 場周経路図 174  
 上昇限度 97  
 上昇巡航方式 215  
 上昇所要時間 97  
 上反角 136  
 ショートバブル 116  
 尻すり角 62  
 シングルスロテッドフラップ 139  
 真高度 107  
 真大気速度 126  
 進入復行 206

**【す】**

推進系統重量 187  
 水素燃料 263  
 垂直尾翼 44  
 垂直尾翼容積 164  
 水平尾翼 43  
 水平尾翼容積 154  
 水陸両用機 34  
 推力重量比 64

ストレッチ 11  
 スーパークリティカル翼型 121  
 スピン 168, 179  
 スプリットフラップ 138  
 スポイラー 144  
 スポイラーエルロン 145  
 スラット 140  
 スリップストリーム効果 51

**【せ】**

制限荷重 228  
 静的荷重 178  
 精密進入 205  
 設計要求 4, 13  
 絶対高度 107  
 絶対上昇限 214  
 セミモノコック構造 231  
 前縁失速 115  
 前縁フラップ 138, 140, 199  
 遷音速ジェット旅客機 146  
 遷音速旅客機 162  
 全備重量 183  
 先尾翼 172  
 前輪配置 49

**【そ】**

双胴機 259  
 双発機 35  
 装備配置図 23  
 装備品類 187  
 層流剝離泡 116  
 ソニックブーム 253  
 反り曲線 110

**【た】**

耐空証明 17  
 耐空性基準 13  
 耐空性審査要領 249  
 耐空類別 228  
 代替空港 74  
 対地速度 126  
 タイプ 222  
 ダウンウインド 174  
 楕円分布 134  
 ダブルスロテッドフラップ 140  
 ターボプロップ旅客機 146  
 ダランベールの

パラドックス 115  
 短距離離着陸航空機 27  
 単発機 33  
 単発プロペラ機 92, 98, 102  
 —の重量推算 76

**【ち】**

地上試験 17  
 着陸滑走距離 221  
 着陸許可 174  
 着陸復行 206  
 中央翼 28  
 中翼配置 27  
 超大型旅客機 260  
 超音速航空機 126  
 超音速前縁 255  
 超音速リージョナルジェット機 257  
 超音速旅客機 253  
 超短波全方向式無線標識 205  
 超臨界遷音速翼型 121  
 直接運航費 226

**【て】**

抵抗発散 119  
 抵抗発散マッハ数 119  
 ディープストール 38  
 低翼配置 20, 28  
 テーパー比 134  
 転覆角 176

**【と】**

動安定 157  
 等価アスペクト比 173  
 等価摩擦抵抗係数 84, 200  
 同時進行型設計プロセス 19  
 胴体 52  
 胴体重量 186  
 胴体寸法 53  
 胴体内配置 30  
 動的荷重 178  
 ドーサルフィン 169  
 突風荷重 229  
 突風荷重倍数 229  
 突風包囲線図 229  
 トリプルスロテッドフラップ 140  
 トリムタブ 156  
 トルク効果 50

<b>【な】</b>		比余裕パワー	213	<b>【め】</b>	
内舷スポイラー	144	尾輪配置	46	メインフレーム	231
ナセル重量	186	ヒンジライン	161	<b>【も】</b>	
<b>【に】</b>		<b>【ふ】</b>		モックアップ	15
二重垂直尾翼	44	ファイナル	174	<b>【ゆ】</b>	
<b>【ぬ】</b>		ファウラーフラップ	139	有視界飛行	243
濡れアスペクト比	81	フィックスドエンジン	106	誘導抵抗	30
濡れ面積	189	フィート	23	<b>【よ】</b>	
<b>【ね】</b>		フレット	29	揚力 - 抵抗曲線	113
ねじり下げ	136	吹下し	141	翼取付け角	136
燃料消費率	14	フライトレベル	252	翼面荷重	64
<b>【の】</b>		フラットスピン	170	4桁翼型	109
ノット	23	プラトウ	122	<b>【ら】</b>	
ノティカルマイル	23	フレア	31, 174	ライフサイクルコスト	226
<b>【は】</b>		フレア距離	221	ラダーロック	170
バイパス比	186	ブレゲーの式	71	ラバーエンジン	106
パイロン	232	ブレンデッドウイング		ラプスレート	209
バズ	162	ポディー	257	<b>【り】</b>	
バースト	117	プレーンフラップ	139	リアジェット方式	37
バフエット	144	プロダクトサポート	251	リアマウントエンジン方式	37
バブルの崩壊	117	<b>【へ】</b>		リアローディング	122
パーボイジング	47	平均空力翼弦	133	理想迎角	114
バルジ	27	ペイロード - 航続距離		リフティングカナード	172
パワー荷重	64	関係図	215	利用推力	211
<b>【ひ】</b>		ベース	174	利用パワー	211
ピーキー翼型	121	<b>【ほ】</b>		離陸滑走距離	218
飛行機	222	ホームビルト機	49	離陸距離	219
飛行計画書	205	ポンド	23	離陸上昇距離	219
非精密進入	205	ホーンバランス	171	臨界マッハ数	119
非対称推力効果	50	<b>【ま】</b>		<b>【れ】</b>	
左旋回傾向	50	マスバランス	171	連邦航空法	13
必要推力	211	マッハ数	216	<b>【ろ】</b>	
必要パワー	211	<b>【み】</b>		6字系列の翼型	112
標準計器出発方式	205	右側優先の原則	191	ロングバブル	116
標準計器到着方式	205	密度高度	107	ロンジロン	230
標準大気表	6	密度比	93	ローンチカスタマー	18
尾翼	43	<b>【む】</b>			
尾翼重量	185	無次元表示	210		
尾翼容積	154				

<p><b>[A]</b></p> <p>A 類 228                      AEO 91                      AGL 107                      altimeter setting 107                      ATO 16                      A/W 17</p> <p><b>[B]</b></p> <p>balanced field length 86                      balked landing 91                      BFL 86                      BWB 257</p> <p><b>[C]</b></p> <p>C 類 228                      CAD 16                      camber line 110                      CAS 126                      C<sub>1</sub>-C<sub>d</sub> 曲線 113                      climb cruise 215                      COC 226                      component buildup method 200</p> <p><b>[D]</b></p> <p>DATCOM 196                      DH 205                      DOC 12, 226                      double-bubble 型 55</p> <p><b>[E]</b></p> <p>EIS 18                      ELT 265                      empennage 43</p>	<p><b>[F]</b></p> <p>FAR 13, 249                      FAR 着陸距離 89, 221                      FAR 離陸距離 219</p> <p><b>[G]</b></p> <p>go around 91                      GOOSEACAT 265                      GS 126</p> <p><b>[I]</b></p> <p>IAS 126                      ICAO 6                      IFR 205                      ILS 205                      IOC 226                      ISA 6</p> <p><b>[J]</b></p> <p>JAR 250</p> <p><b>[L]</b></p> <p>laminar bucket 113                      lapse rate 97                      LCC 226</p> <p><b>[M]</b></p> <p>MDA 206                      MEL 265                      missed approach 91                      mission fuel fraction 69                      MRO 251                      MSL 107</p> <p><b>[N]</b></p> <p>N 類 228                      NACA 109</p>	<p>NACA 層流翼型 112                      NASA 109</p> <p><b>[O]</b></p> <p>OEI 91</p> <p><b>[Q]</b></p> <p>QNH 107</p> <p><b>[R]</b></p> <p>roof top 翼型 121                      RVSM 252</p> <p><b>[S]</b></p> <p>SFC 14                      SI 6                      SID 205                      SST 253                      STAR 205                      STOL 27</p> <p><b>[T]</b></p> <p>T 類 228                      take-off field length 86                      TAS 126                      T/C 17                      T-tail 型 38</p> <p><b>[U]</b></p> <p>U 類 228</p> <p><b>[v]</b></p> <p>V 字型尾翼配置 42                      VFR 204                      VOR 205</p> <p>~~~~~</p> <p><math>\pi</math> 定理 210</p>
--	--	--

— 著者略歴 —

1982年 東京大学工学部航空学科卒業  
1984年 東京大学大学院工学系研究科修士課程修了（航空学専門課程）  
1984年 東京大学助手  
1988年 工学博士（東京大学）  
1988年 科学技術庁航空宇宙技術研究所勤務  
1993年 東京大学助教  
2004年 東京大学教授  
現在に至る

## 航空機設計法

— 軽飛行機から超音速旅客機概念設計まで —

Aircraft Conceptual Design

— from Light Aircraft to Supersonic Transport — © Kenichi Rinoie 2011

2011年12月20日 初版第1刷発行

★

2013年6月5日 初版第2刷発行

検印省略

著者 李 家 賢 一  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 新日本印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-04619-9 (横尾) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします