

JAPA E-Journal
令和6年10月17日
訳：運航技術委員会



**Federal Aviation
Administration**

FAA Safety Publications

Density Altitude (密度高度: DA)



はじめに

密度高度（Density altitude：以下 DA）は、飛行場での話題として一般的なものではありませんが、パイロットはその内容を知っておく必要があります。DA は航空機やエンジンの性能に、大きな、そして避けられない影響を及ぼすため、全てのパイロットはその影響について、良く理解しておくことが必要です。高温多湿の気象条件下では、通常の離着陸が、DA の影響に気づく間もなく事故につながってしまうことがあります。

DA の定義

高度の種類

パイロットは、時に、DA を他の高度の定義と混同してしまうことがあります。再確認のため、高度の種類を以下に示しておきます：

- **Indicated Altitude** 計器指示高度：気圧高度計に表示されている高度。
- **True Altitude** 真高度：平均海面高度（MSL）からの高度。
- **Absolute Altitude** 対地高度：地上からの高さ（AGL）。
- **Pressure Altitude** 気圧高度：高度計を 29.92 in Hg / 1013 hPa に設定したときの表示高度。主に航空機の性能計算や高高度飛行で使用される。
- **Density Altitude** 密度高度：標準大気の大気密度と実際の気圧との大気密度差を補正した気圧高度。

なぜ密度高度が重要なのか？

高い DA = 性能の低下

密度高度の正式な定義は確かに正しいとして、理解しておくべき重要なことは、密度高度は、航空機の性能を示す指標、ということです。DA との用語は、空気の密度が、高度が上がるにつれて減少することに由来しています。DA が「高い」ということは、空気の密度が低下していることを意味するもので、航空機の性能に悪影響を与えます。POH（パイロット・オペレーティング・ハンドブック）に掲載されている性能値は、一般的に海拔高度で 59°F（15°C）、気圧は 29.92in-Hg の標準大気条件に基づいて記載されています。この、記載されている性能基準と同じ条件でなければ、航空機は、記載された性能値を発揮することはできません。例として、エレベーション（標高）500MSL の空港の DA が 5,000Ft と報告されている場合、その空港を発着する航空機は、空港の標高が 5,000Ft である時と同じように飛行します。

高高度、高温度、高湿度

DA が高い場合は、空気密度の低下により、航空機の性能が低下します。高い DA には 3 つの重要な要因があります：

1. 高度

高度が高いほど、空気の密度は低くなります。米国西部のような標高の高い空港では、気温の高さが DA に影響を及ぼして、安全な運航が不可能になることがあります。このような状況では、午前中から午後にかけての運航は極めて危険となります。標高が低い場合でも、航空機の性能は限界に達し、安全な運航のためには航空機の総重量を減らす必要がある場合が生じます。

2. 温度

空気が暖かいほど密度が低くなります。気温がそれぞれの場所の標準大気の気温より高くなる場合は、その場所の空気の密度が低下し、DA が高くなります。

従って、性能に懸念がある場合は、気温が通常よりも高くないと予想される涼しい時間帯（早朝又は午後遅く）に運航予定を組むことが望ましく、出発、到着ともに早朝や夕方の方が良い場合もあります。

3. 湿度

湿度の影響は、空力的効率よりもむしろエンジン出力に関係するため、一般に湿度は DA の計算において主要な要因とは考えられていません。周囲温度が高い場合、大気は高い水蒸気含有量を保持することができます。例えば、96°F (36°C) の温度では、大気の水蒸気含有量は 42°F 度 (6°C) 時の 8 倍になります。高 DA と高湿度は必ずしも一致するわけではありませんが、湿度が高い場合は、離陸距離は 10% 増加し、上昇率は下がっていると考えるのが賢明です。

性能チャートを注意深くチェックする

高度が高いか、気温が高いか、あるいはその両方が原因であるにせよ、空気密度の低下（DA として通報される）は空力性能に悪影響を及ぼし、エンジンの出力を低下させます。離陸距離、利用可能出力（ターボチャージャーが無いエンジンの場合）、上昇率は全て悪影響を受けます。着陸距離も同様です。指示対気速度（IAS）は同じでも、真対気速度（TAS）は上昇します。したがって、パイロットの視点からは、密度高度が上がると次のような結果になります：

- 離陸距離の増加
 - 上昇率の減少
 - アプローチと着陸時の TAS の増加（ただし IAS は同じ）
 - 着陸滑走距離の増加
- TAS: True Air Speed 真対気速度
IAS: Indicated Air Speed 指示対気速度

高い DA は、離陸／上昇性能と着陸距離に特に影響するため、パイロットは飛行準備の際に、通報された DA を理解し、適切な性能チャートを注意深くチェックする必要があります。パイロットが航空機の性能情報を得るために最初に参照するのは、オーナーズマニュアルの運航データの項か、航空機メーカーが作成したパイロット オペレーティング ハンドブックです。前に述べた例では、パイロットは 500MSL の空港から飛行するとしても、空港が 5,000 フィートにあるものとしての性能の計算が必要です。性能チャートを使用するに際して、パイロットが漫然としていたり注意を払わないと、DA の影響によって、離陸時や上昇時、着陸時に予期せぬ出来事にひやりとすることになるかもしれません。

航空機の飛行規程（AFM）や POH が手元に無い場合は、Koch Chart（次頁参照）を使用して、航空機の離陸距離と上昇率に対するおおよその温度と高度の調整を計算します。

（巡航時の）出力設定が 75% 未満の場合や、DA が 5,000 フィート以上の場合、離陸時に最大出力が得られるように、ターボチャージャーが無いエンジンでは、ミクスチャーをリーンにすることも不可欠となります *（航空機に自動ミクスチャー制御装置が装備されている場合を除く）。そうしないと、過剰にリッチなミクスチャーによる出力の低下が、機体の性能のもう一つの弊害要因となります。

* : ターボチャージャーエンジンは、海面気圧と同等かそれ以上のマニホールド圧を発生させることができるため、高密度高度条件下での離陸時にリーン化する必要はありません。

DA チャート

DA 概略値早見表

下の図は、DA に対する温度の影響の一例を示すものです。

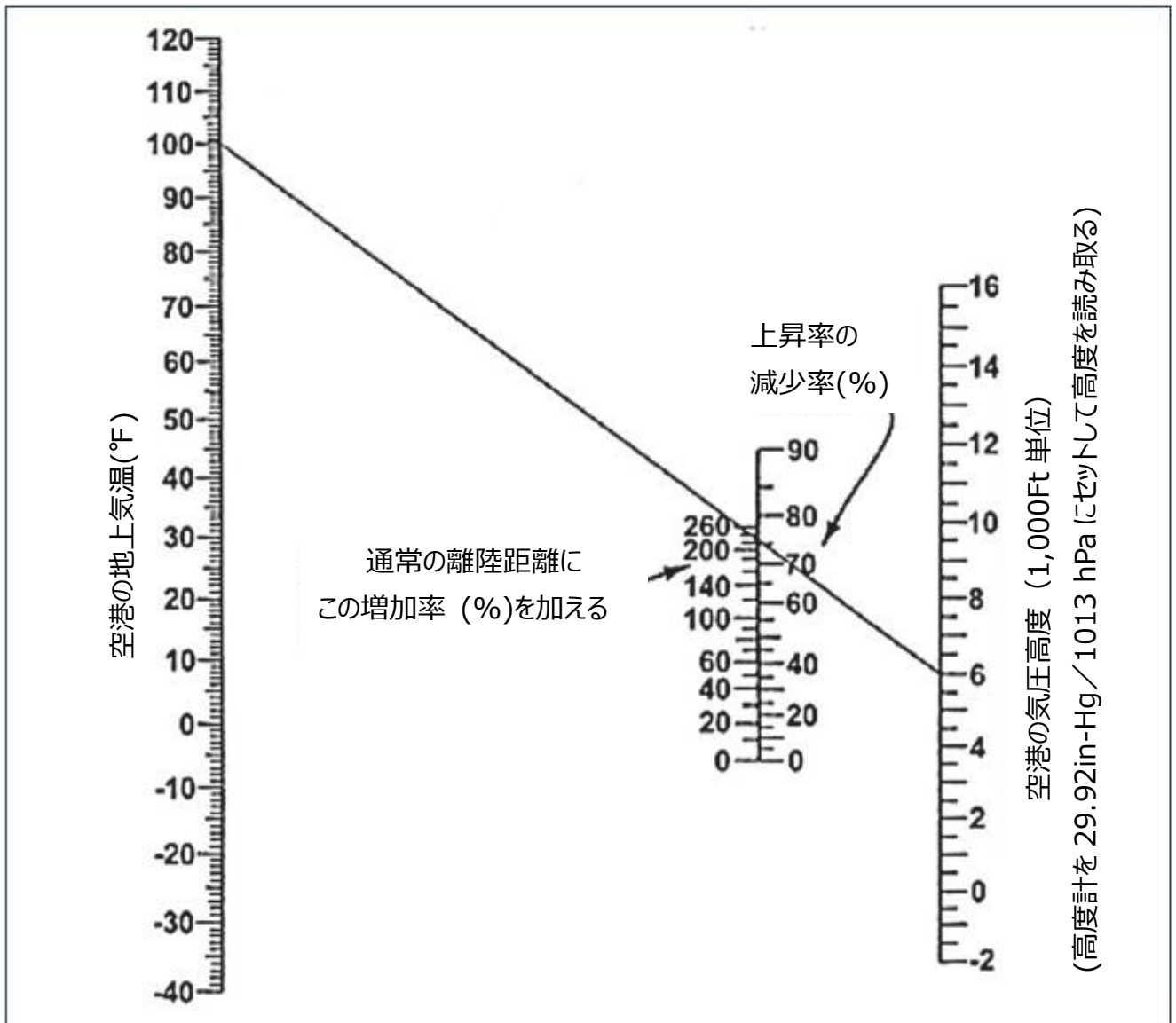
DA 概略値早見表

STD TEMP	ELEV/TEMP	80 °F	90 °F	100 °F	110 °F	120 °F	130 °F
59 °F	Sea level	1,200	1,900	2,500	3,200	3,800	4,400
52 °F	2,000	3,800	4,400	5,000	5,600	6,200	6,800
45 °F	4,000	6,300	6,900	7,500	8,100	8,700	9,400
38 °F	6,000	8,600	9,200	9,800	10,400	11,000	11,600
31 °F	8,000	11,100	11,700	12,300	12,800	13,300	13,800

Koch Chart コツホ チャート

高度と気温の影響を調べるには、空港の気温と空港の気圧高度を直線で結ぶ。

標準海拔値での性能値からの離陸距離の増加率と上昇率の減少率をパーセント表示で読み取る。



例えば、図の斜めの直線では、温度が 100°F で気圧高度が 6,000 フィートの場合、230 パーセントを加算しなければならないことを示しています。従って、標準的な気温の海面での離陸距離が、通常 50 フィートまで上昇するのに 1,000 フィートの滑走路を必要とする場合、チャートに示された条件下では 3,300 フィートとなり、上昇率は 76%減少します。これにより、通常の状態における海面上昇率が毎分 500 フィートの場合、毎分 120 フィートになってしまいます。

この表は、自家用等の飛行機の典型的な代表値を示したものです。正確な値については、フライトマニュアル等（AFM/POH * 1）の参照が必要です。スーパーチャージャーエンジン * 2 を搭載した飛行機では、このチャートの値は安全側過ぎるかもしれません。また、長い草、砂、泥、深い雪などの場合、離陸距離は簡単に 2 倍になってしまうかもしれないことも、覚えておく必要があります。

* 1 : AFM: Aircraft Flight Manual（飛行規程） POH: Pilot Operating Handbook

* 2 : ターボチャージャー: 排気タービンを使用してエンジンの吸気圧力を高める過給機

スーパーチャージャー: 機械式の圧縮機を使用してエンジンの吸気圧力を高める過給機

このシリーズについて

この米国連邦航空局（FAA）安全出版物(Safety Publications)シリーズの目的は、豊富な情報量の、手軽で、確認しやすい安全情報を航空界に提供することです。このシリーズに掲載されている出版物の多くは、FAA が制作し、FAA 安全チーム（FAAS Team）が教育目的で使用している、様々な FAA 勧告（Advisory Circular, AC）、ハンドブック、その他の出版物、視聴覚製品に掲載されている資料を要約したものです。

このシリーズに含まれるアイデアや資料の中には、航空業界によって開発されたものも含まれています。FAAS Team は、本シリーズの制作における航空業界とその様々な業界団体および会員団体の支援に謝意を表します。

これらの出版物に関するご意見は ProductManager@FAASafety.gov まで電子メールでお送りください。

本出版物の追加コピーは FAASafety.gov を検索し、ダウンロードまたは印刷することができます。