

飛行機の制限速度

The structural limited speed of airplane

合田 祐三郎 *1

Yuzaburo GODA

要約 「制限速度」とは、航空交通安全のための法的な規制による「速度制限」ではない。また、エンジン（エンジン+プロペラ）の能力の限界による「最大速度」でもない。飛行機は、機体が壊れないようにするための制限速度があり、本稿では制限の仕方とそれに従った精密計算による制限速度の算定結果について報告する。

1 はじめに

旅客機の色度は、一般にはあまり意識されていないかもしれない。しかし、飛行時間 10 時間を超えるような長距離路線では、多くの人がもう少し速く飛べないものかと思っている。

そこで、その疑問を「制限の仕方」、精密計算による「具体的速度」に基づいて解説する。

2 速度の指標

飛行機の速度指標には、対地速度、真対気速度、較正対気速度、等価対気速度及びマッハ数の5点がある。

① 対地速度：GS

$$GS = TAS + \text{風向} \cdot \text{風速}$$

大地に対する航空機の相対速度で、乗客にとって最も重要な速度を表す。

② 真対気速度：TAS (V_T)

大気に対する航空機の相対速度を表す。風は自然現象であり人間がコントロールできるものではないので、この TAS が、乗客にとって重要な速度の一つである。

③ 較正対気速度：CAS (V_C)

航空機に当たる空気の正味の衝突強さ（動圧）の大小を表した速度で、飛行機はこれで速度を制限している。

④ 等価対気速度：EAS (V_E)

CAS と同様、衝突強さ（動圧）の大小を表した速度であるが、空気の圧縮性を無視した指標である。1950 年代までの旅客機では、この「EAS」で「速度を制限」した例がある。

⑤ マッハ数 (M)

その高度（大気温度）における音速に対する TAS

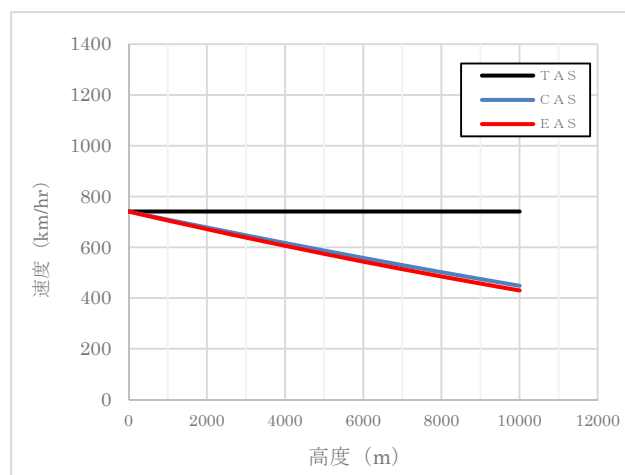


図1 TAS CAS EAS の大小関係

の比を表す。

現在、民間機で音速を超える飛行機（超音速機）はないので、M0.XX と表現される。高速機は、高々度ではこの「マッハ数」で速度を制限している。

3 TAS、CAS、EAS の大小関係

図1は、TAS を一定（例 400kt）にした場合の、CAS、EAS の値を示す。海面上（高度 0m）では、全て同じ。それ以外の高度では常に、TAS > CAS > EAS となる。

4 「速度の制限」の仕方

飛行機の制限速度は、次の3つに分けられる。

A 1960 年代以降の旅客機

CAS の一定値 (V_{Mo}) + マッハ数の一定値 (M_{Mo})

B 1950 年代までの旅客機

EAS の一定値 + マッハ数の一定値 (M_{Mo})

C 小型低速機

CAS の一定値 (V_{No})

*1 航空機整備科

Department of Aircraft maintenance

5 旅客機の巡航マッハ数

A350 : M0.85、B787 : M0.85、A380-800 : M0.85、
 B747-400ER : M0.855、A340 : M0.82~0.83、
 B777 : M0.84、B767 : M0.80、MD-11 : M0.87、
 コンコルド : M2.04、B727 : M0.81、B707 : M0.81

6 1960年代以降の旅客機の例

図2は、「CAS = 703.76km/h (380kt 一定)、巡航マッハ数0.85に制限」で精密計算した結果である。

図2上、青線と黄線が計器上の許される最大速度となり、指針がこれらを超えないように運用される。

青線と黄線の交点となる高度において、TASを最大とすることができ、黒線と緑線の交点の速度がその値となる。正確に計算すると、高度6,827mにおいて、最大TASが957.8km/hとなる。

実運用の巡航高度が10,000mの場合には、マッハ数制限により最大TASが916.4km/hとなり、41.4km/h遅くなる。同様に、12,000mの場合には、最大TASが903.0km/hとなり、54.8km/h遅くなる。

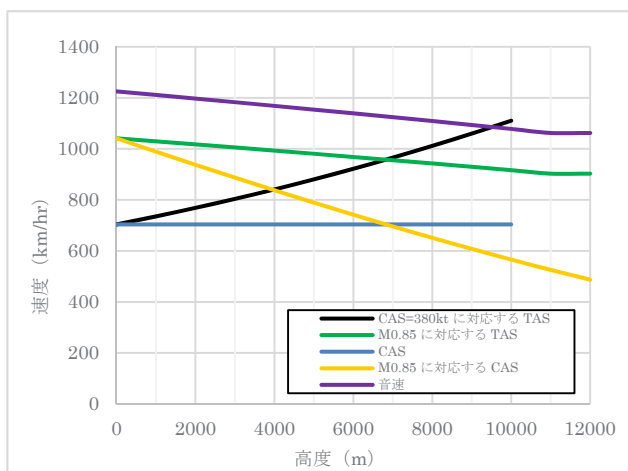


図2 1960年代以降の旅客機の例

7 1950年代までの旅客機の例

図3は、「EAS = 703.76km/h (380kt 一定)、巡航マッハ数0.85に制限」を条件として精密計算した結果である。

図3上、青線と黄線が計器上の許される最大速度となり、指針がこれらを超えないように運用される。

赤線と黄線の交点となる高度において、TASを最大とすることができ、黒線と緑線の交点の速度がその値となる。正確に計算すると、高度6,140mにおいて、最大TASが966.5km/hとなる。

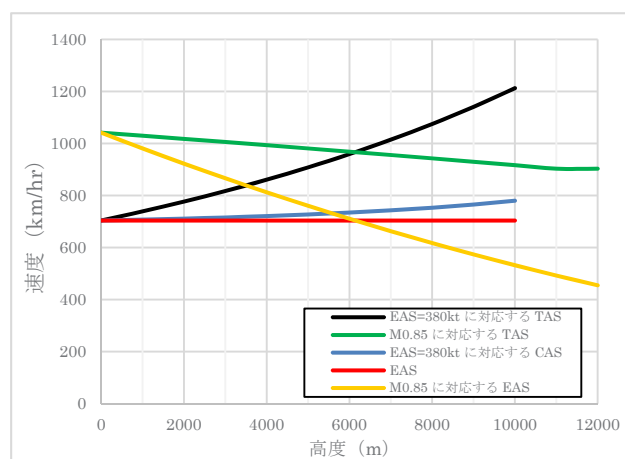


図3 1950年代までの旅客機の例

実運用の巡航高度が10,000mの場合には、前述同様マッハ数制限によって最大TASが916.4km/hとなり、50.1km/h遅くなる。同様に、12,000mの場合には、最大TASが903.0km/hとなり、63.5km/h遅くなる。

8 小型低速機の例

成田校所有のソカタ式TB10型の例を示す。

TB10型は、与圧システムがなく、酸素供給装置を持たないので、飛行高度は約3,000m (10,000ft) に制限される。

最大巡航速度 V_{NO} はCASの一定値 (128kt) に制限されており、 $V_{NO} = 237.06\text{km/h}$ (128kt) となる。正確に計算すると、高度3,000mにおける最大TASは274.6km/hとなる。

9 まとめ

高速旅客機が最も速く飛べる高度は、6,000~7,000m程度である。現在、長距離路線では、高度10,000~12,000mを飛ぶことが多いが、上記の計算から分かるように、決して最も速く飛んでいるわけではない。しかし、より高々度を飛ぶのは、「気流が安定している」、「多少燃費がよい」が理由である。

すなわち、速度よりも快適性・安全性を優先していると言える。

参考文献

- 1) 日本航空技術協会編集 2019年, 航空計器 第4版第2刷, 日本航空技術協会, p161
- 2) 秀嶋卓, 1992年航空計器入門第3版, 九州大学出版会, p33