

## 片発不作動時の上昇における偏揺れ角 0 の操舵要領について (C90A)

坂本 真

## Zero Sideslip Operation during One Engine Inoperative Climb (C90A)

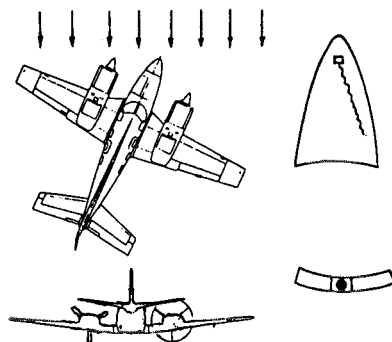
By

Makoto SAKAMOTO

## 1. まえがき

双発機が片側発動機不作動状態に陥ったとき、操縦者は本能的にバンク角を 0 にして旋回傾斜計のボールを中央にしようとする。これらの操作は通常の飛行状態で偏揺れ角 0 を示すものであるが、片発不作動状態では偏揺れ角 0 にはならない (図 1)。このあたりの事情については「軽双発機片発不作動時の飛行特性に係わる特別研究」<sup>1)</sup>や「双発機の操縦と性能」<sup>2)</sup>に詳しく述べられている。また、バンク角 0、ボール中央の状態と作動発動機側にバンク角 5 度、ボールを同じ側に 1 つ分ずらした状態との比較実験が笠井、梅村<sup>3)</sup>によって行われ、後者の方が上昇性能が優れているとの結論を得ている。

今回これらの研究をふまえて、本校訓練機ビーチ式 C90A 型機において片発不作動になった際、偏揺れ角 0 を得るための操舵要領を学生にいかに関与させるかの目安を明らかにするための検証をした。

図 1 エンジン故障 (ボール中央)<sup>4)</sup>

## 2. 各種文献の表現

多発機の片発不作動時の操舵要領に関する記述はいくつかの文献にみられるが、その記述は一般に曖昧であり、一定していない。これは機種ごとに微妙な違いがあり、一律に表現できないためと考えられる。以下、それぞれの文献にどのように記述されているかを調べた。

- (1) 軽双発機片発不作動時の飛行特性に係わる特別研究<sup>5)</sup>

「最適バンク角は、作動エンジン側へ 5 度前後のことが多い。」

ボールの位置に関しては記述がない。また、このデータは富士重工式 700 型機の実験のみによるものである。

- (2) 双発機の操縦と性能<sup>6)</sup>

「作動エンジン側へ少なくとも 5 度バンクさせる。……中略……この状態で旋回傾斜計のボールは、中央から良エンジン側へ約 1 個分偏位した位置にくる。」

この文献では明確にボールの位置を表現している。

- (3) ビーチ社安全情報<sup>7)</sup> . . .

「計器の中のスキッド/スリップのボールを中心から少し良エンジン側にもって行って、航空機を作動しているエンジンの側に 5 度位バンクさせ

てください。」

この文献ではボールの位置を表現しているものの、明確ではない。

- (4) エアー・ニッポン(株)B737-500型訓練マニュアル<sup>(8)</sup>

「CONTROL WHEEL LEVEL, BALL SLIGHTLY OUT, RUDDER ONLY」

ただし、この内容はT類のジェット輸送機に関するものであるので、参考程度と考える。

### 3. 飛行実験の方法

飛行実験は、本校訓練機のビーチ式C90A型機を用いて、実際に片側発動機を不作動状態にしてデータ収集を行った。この際本校運航規程により実際に片発不作動にするのは対地5,000FT以上とされており、実験は海上の訓練空域で高度5,000FTにて実施した。

偏揺れ角 $\theta$ を検出するために操縦席前方の機軸線上に50cm程度の毛糸を貼付し、この流れが機軸線と一致した状態を偏揺れ角 $\theta$ とした。(図2参照)

飛行形態・諸元は離陸直後の片発停止を模擬して、以下の通りとした。

- (1) 飛行形態

GEAR, FLAPは上げ

正常側発動機出力は訓練に用いる最大トルク<sup>(9)</sup> 1,200 FT-LBにセットすることによって得られる出力

停止側発動機はSHUT DOWNとして完全停止  
PROPELLERは正常側HI-RPM、停止側FEATHER

- (2) 飛行諸元

速度 108KT (C90Aの $V_{YSE}$ )

高度 5,000FT

- (3) 偏揺れ角 $\theta$ の作り方

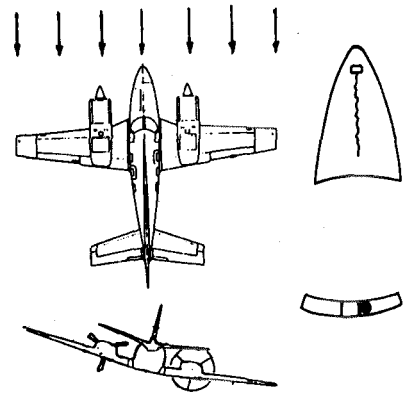
上記(1)(2)に従って諸元を作った後、まずラダー

で毛糸を機軸線に合わせ、次に方向保持のためのバンクをとった。この際、バンクをとることによってラダーが過大になるため、適宜ラダーの量を減じた。

- (4) データの記録

データの記録は、右席計器板をビデオ・カメラで撮影することにより行った。

また、C90Aは両側のプロペラが右回りに回転し、左側が臨界発動機とされているため、結果に左右差が現れる可能性があり、実験は左右それぞれの発動機を停止させて行うことにした。



背面図

図2 エンジン故障 (ボール・オフ・センター)<sup>(9)</sup>

### 4. 飛行実験の結果

表1に左発動機停止状態、表2に右発動機停止状態での実験の結果を示す。これらの表でボールの欄は、左右のマーキング・ラインからボール何個分外側へ出ているかを示しており、例えば「右1/2」ならばラインから半分ボールが右に出ていることを示し、図2の状態なら「右1」となる。また、昇降率の欄に-----が記してあるものは、ビデオ画像が不鮮明(計器板面の反射等)で正確な測定ができなかったためである。

この結果を見る限り、右発動機停止の場合ボールのずれは $1/4 \sim 1/3$ であるのに対し、左発動機停止の場合ボールのずれは $1/2 \sim 2/3$ とやや大

表1 左発動機停止状態

日付	機番	重量 (lb)	外気温 (°C)	ボール	バンク (度)	上昇率 (ft/min.)
1. 7	JA8845	8,860	-4	右 1/2	右 3	600
1. 7	JA8845	8,800	-4	右 2/3	右 2	665
1. 8	JA8845	8,680	-7	右 2/3	右 3	460
1. 8	JA8845	8,620	-7	右 2/3	右 3	665
1. 8	JA8850	8,540	-5	右 3/4	右 3	550
1. 8	JA8850	8,480	-5	右 2/3	右 3	625
1. 8	JA8850	8,420	-5	右 2/3	右 2	535
1.14	JA8850	8,970	3	右 1/3	右 2	—
1.14	JA8850	8,910	3	右 1/3	右 2	500
1.15	JA8851	9,010	-11	右 2/3	右 3	—
1.15	JA8851	8,950	-11	右 3/4	右 4	545
平	均	8,749	-4.8	右 0.6	右2.7	572

表2 右発動機停止状態

日付	機番	重量 (lb)	外気温 (°C)	ボール	バンク (度)	上昇率 (ft/min.)
12.16	JA8882	8,960	0	左 1/3	左 3	705
12.16	JA8882	8,900	0	左 1/2	左 3	----
12.18	JA8884	8,970	0	左 1/5	左 2	----
12.18	JA8884	8,910	0	左 1/5	左 4	----
1. 7	JA8845	8,980	-4	左 1/3	左 2	650
1. 7	JA8845	8,920	-4	左 1/2	左 3	515
1. 8	JA8845	8,700	-7	左 1/3	左 2	600
1. 8	JA8845	8,640	-7	左 1/3	左 2	600
1. 8	JA8850	8,660	-5	左 1/4	左 2	665
1. 8	JA8850	8,600	-5	左 1/3	左 3	650
1.14	JA8850	9,090	3	左 1/3	左 2	----
1.14	JA8850	9,030	3	左 1/3	左 2	660
1.15	JA8851	9,130	-11	左 1/3	左 3	580
1.15	JA8851	9,070	-11	左 1/4	左 2	630
平	均	8,897	-3.4	左 0.290	左2.5	626

きめになっている。バンク角についての左右差は特に見られなかった。上昇率については、かなりのばらつきが見られ、これは機番のみによる差だけでは無いように見受けられた。

## 5. 考 察

ボールのずれの左右差は、左右のエンジン推力線への機軸からの距離の違いによるものと考えられる。これは、周知の通りプロペラ機の場合、高出力・低速度ではPファクターが働き、C90Aのような右回りプロペラを採用した機体では推力中心はエンジン

の中心線より右側にずれることに起因する。

上昇率のばらつきに関しては、実験を行ったのが冬季であるため季節風による上昇気流・下降気流の影響を受けたものと考えられる。従って、性能表のデータ等との比較は今回行わなかった。

## 6. まとめ

今回の実験でボールのずれについては左右差があることが結果として出た。しかし、その差は操縦を行うという観点に立つと僅差であり、これを学生の技量で差を付けてコントロールさせるのは無理があ

ると考える。むしろ、両方の中間点で、かつコントロールの容易さからボールのずれは1/2を目標値とし、方向保持をバンク・コントロールでさせた方が容易であると考ええる。

総合すると、「片発停止時の $V_{YSE}$ 上昇においては作動側にボールを1/2ずらし、エルロンで方向保持をすること。ただし、バンク角の最適値は作動側に2~3度である。ADI(姿勢指示器)のイメージは図3のようになる。」ということになる。

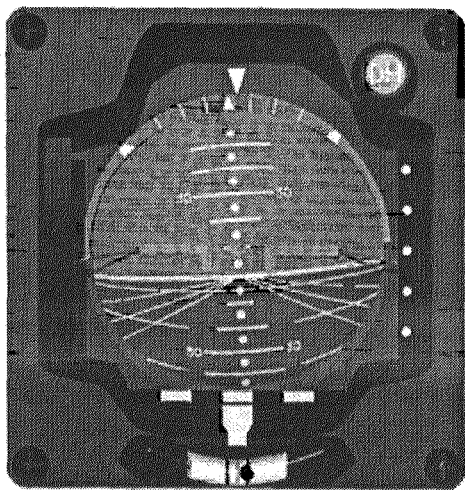


図3 左発動機停止時のADIイメージ

さて、今回の実験を通して直線上昇における操舵要領については明確な目安を示すことができたが、通常の場合周経路に片発停止状態で入ろうとした場合、上昇旋回をする場面が多い。この上昇旋回における操舵要領については今回手が付けられなかったので、今後の研究課題としたい。

最後にこの研究をまとめるに当たって助言をいただいた久保脇雅也教官、図3のコンピューター・グラフィックスを描画してくれた山内慎介教官、そして貴重な飛行訓練時間を提供し、かつデータ収集に協力して下さった仙台分校実科教官の皆さんに心から謝意を表します。

#### 参考文献

- (1) 航空事故調査委員会 軽双発機片発不作動時の飛行特性に係わる特別研究 昭和57年10月
- (2) 運航技術研究会 双発機の操縦と性能 昭和64年1月1日
- (3) 航空大学校研究報告R-47 平成5年12月
- (4) 前記載(2) P-99
- (5) 前記載(1) P-42
- (6) 前記載(2) P-51
- (7) BEECHCRAFT KING AIR SERIES AIRPLANES 安全情報 P-34 1994年
- (8) エアー・ニッポン(株) B737-500 TRAINING MANUAL P-7-6-7 1994年
- (9) 航空大学校多発計器課程学生訓練実施要領 平成13年4月1日 P3-32
- (10) 前記載(2) P-100