

ビーチクラフト式 C90A 型飛行訓練装置による巡航高度への上昇時間
について

仁科 武雄

Climbing Time to Cruising Altitude by Beechcraft C90A Flight Training
Device

By

Takeo NISHINA

1.はじめに

航空大学校仙台分校での多発計器課程では、学生訓練実施要領（多発計器課程）¹⁾に基づいて訓練を実施しており、巡航高度までの上昇計画は、飛行規程²⁾により算出している³⁾。ここで、飛行規程での上昇時の前提条件は、PROPELLER SPEED:2000RPM、PWR:ITT 695 °C OR TORQUE 1315FT-LBS、上昇速度：150kts（～10000ft）、130kts(10000ft～20000ft)となっている⁴⁾。一方、学生訓練実施要領では、PROPELLER SPEED:2000RPM、PWR:ITT 695°C OR TORQUE 1200FT-LBS、上昇速度：130kts(～1000ft)、150kts (1000ft～10000ft)、130kts(10000ft～20000ft)で実施している⁵⁾⁶⁾。両者の違いは、「TORQUEが1315FT-LBSか1200FT-LBSか」、「1000ftまでの上昇速度が150ktsか130ktsか」という2点である。このことより、学生訓練実施要領による方法での上昇時間と、飛行規程を基に計画した上昇時間との間に相違があると推測できる。この相違により航法訓練計画において、到着予定時刻の算出に誤差が生じることが考えられる。

本調査での結果を、より正確な飛行計画を算出するためのデータとして活用したい。調査方法は、巡航高度への上昇に要する時間を、FTD-Vによる実測値と飛行規程からの算出値を比較した。

本調査を実施していく上で、三菱プレジジョン式 C90A 型飛行訓練装置（以下 FTD-V と記す）を使用して、必要なデータを収集した。一般的に飛行訓練

装置とは模擬飛行装置(シミュレーター)以外の航空機乗組員の訓練、試験、審査等に適する装置であって、航空機の操縦室又はその一部を模擬したものである。FTD-Vは、飛行訓練装置定期検査合格書(飛行訓練装置レベル3)を有する。レベル3は7段階あるうちの一つであり、操縦室の操縦装置及びスイッチ類の作動は実機を模擬しており、操縦室内の音は実機と同等に再現されている。航空大学校多発計器課程でのFTD-Vの利用目的は、Basic ControlとIFR Planningの基礎の確立のためである⁷⁾。なお、本調査はFTD-Vのみに限定したものである。

2.FTD-Vによるデータ収集

2-1 データ収集の方法

仙台空港(標高6ft) Runway09から離陸して直線上昇を継続し、1000ftまでの上昇時間と2000ftから20000ftまでの1000ft毎の上昇率を計測した。

離陸後1000ftまでは上昇率が「0fpm」から「130kt 上昇姿勢での上昇率」まで変化する過程であり、正確な上昇率を測定できないと考え時間計測とした。計測はFTD-V 備え付けのストップウォッチを用いた。滑走路停止状態から出力を上げ400FT-LBSでブレーキを解除する⁸⁾と同時に計測を開始し、1000ft通過時の経過時間を確認し記録した。

2000ft~20000ftは、1000ft毎に当該高度通過時の上昇率を昇降計により確認し記録した。データ収集の条件は、次のとおりである。

- ・無風
- ・QNH29.92inches
- ・離陸重量：8000lbs,9000lbs,9888lbs (9888lbsは、FTD-Vで設定できる最大重量のため)
- ・地上気温：-5℃,5℃,15℃,25℃,35℃
(外気温度は国際標準大気に基づく気温低減率により減少するものとする。)
- ・着陸装置：UP
- ・フラップ：UP
- ・上昇出力⁵⁾：PROPELLER SPEED：2000RPM

PWR : ITT 695°C OR TORQUE 1200FT-LBS

- ・上昇速度⁶⁾ : ~ 1000ft 130ktsIAS
 1000~10000ft 150ktsIAS (1000ft 通過時にピッチを下
 げて 150ktsIAS に加速した)
 10000~20000ft 130ktsIAS (10000ft 通過時にピッチを上
 げて 130ktsIAS に減速した)
- ・上昇率 : 100fpm 単位で測定した。

2-2 データ収集結果

表 1-1~表 3-2 のとおり

10000ft から 11000ft で上昇率が大きくなっているが、これは 10000ft で 150ktsIAS から 130ktsIAS にするためピッチを上げたためである。

2-3 収集したデータによる巡航高度までの上昇時間の算出

2000ft, 3000ft, 4000ft, 5000ft の上昇率の平均値を出し、その上昇率で 1000ft から 5000ft まで上昇したときの時間を計算する。その計算結果に 1000ft までの上昇時間を加えたものを、5000ft までの上昇時間とした。

同様に、2000ft~10000ft の上昇率の平均値を出し、その上昇率で 1000ft から 10000ft まで上昇したときの時間を計算する。その計算結果に 1000ft までの上昇時間を加えたものを、10000ft までの上昇時間とした。

同様に、2000ft~15000ft の上昇率の平均値を出し、その上昇率で 1000ft から 15000ft まで上昇したときの時間を計算する。その計算結果に 1000ft までの上昇時間を加えたものを、15000ft までの上昇時間とした。

同様に、2000ft~20000ft の上昇率の平均値を出し、その上昇率で 1000ft から 20000ft まで上昇したときの時間を計算する。その計算結果に 1000ft までの上昇時間を加えたものを、20000ft までの上昇時間とした。

これらをまとめたものを表 4 「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」に示す。

3.飛行規程による上昇時間の算出

図 1 「飛行規程 第 5 章性能 21. 巡航上昇に要する時間、燃料及び距離」

表1-1 1000ft までの上昇時間(分) (離陸重量8000lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
1000ft	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6

表1-2 2000ftから20000ftまでの上昇率(ft/min) (離陸重量8000lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
2000ft	2000	2000	1900	1900	1800
3000ft	2000	2000	1900	1900	1800
4000ft	2000	2000	1900	1800	1800
5000ft	2000	1900	1800	1800	1700
6000ft	2000	1900	1800	1800	1700
7000ft	1900	1900	1800	1700	1700
8000ft	1800	1800	1700	1600	1600
9000ft	1700	1700	1600	1600	1500
10000ft	1600	1600	1500	1500	1400
11000ft	2000	2000	1900	1800	1700
12000ft	2000	2000	1900	1700	1700
13000ft	2000	1900	1800	1700	1700
14000ft	1900	1800	1800	1700	1600
15000ft	1800	1800	1700	1600	1600
16000ft	1800	1700	1600	1500	1500
17000ft	1700	1600	1500	1400	1400
18000ft	1600	1500	1500	1300	1300
19000ft	1500	1500	1400	1300	1300
20000ft	1500	1500	1400	1300	1200

表2-1 1000ft までの上昇時間(分) (離陸重量9000lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
1000ft	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7

表2-2 2000ftから20000ftまでの上昇率(ft/min) (離陸重量9000lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
2000ft	1900	1900	1800	1700	1700
3000ft	1800	1800	1700	1600	1600
4000ft	1700	1700	1600	1500	1500
5000ft	1600	1600	1500	1500	1400
6000ft	1600	1500	1500	1400	1400
7000ft	1500	1400	1400	1300	1300
8000ft	1500	1400	1300	1200	1200
9000ft	1400	1300	1300	1200	1100
10000ft	1300	1200	1200	1200	1100
11000ft	1700	1600	1600	1600	1600
12000ft	1700	1600	1600	1600	1500
13000ft	1600	1500	1500	1500	1500
14000ft	1600	1500	1500	1500	1400
15000ft	1600	1500	1500	1400	1300
16000ft	1600	1500	1500	1400	1300
17000ft	1500	1400	1400	1300	1200
18000ft	1500	1300	1400	1200	1100
19000ft	1400	1300	1300	1200	1100
20000ft	1300	1200	1200	1100	1100

表3-1 1000ft までの上昇時間(分) (離陸重量9888lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
1000ft	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8

表3-2 2000ftから20000ftまでの上昇率(ft/min) (離陸重量9888lbs)

	地上気温(°C)				
	-5	5	15	25	35
2000ft	1500	1500	1500	1400	1400
3000ft	1500	1500	1400	1300	1300
4000ft	1500	1400	1300	1200	1200
5000ft	1400	1300	1300	1200	1100
6000ft	1300	1200	1200	1100	1100
7000ft	1300	1200	1100	1100	1000
8000ft	1200	1100	1100	1000	1000
9000ft	1200	1100	1000	1000	900
10000ft	1100	1000	1000	1000	900
11000ft	1400	1300	1300	1200	1200
12000ft	1400	1300	1200	1200	1100
13000ft	1300	1300	1200	1100	1000
14000ft	1300	1300	1200	1100	1000
15000ft	1300	1200	1200	1100	1000
16000ft	1300	1200	1100	1000	900
17000ft	1200	1200	1100	1000	900
18000ft	1200	1100	1000	900	800
19000ft	1100	1000	900	800	800
20000ft	1000	1000	900	800	800

図1 飛行規程 第5章性能 21. 巡航上昇に要する時間、燃料及び距離

ビーチクラフト式 C90A型
航空局承認 平成8年10月17日

21. 巡航上昇に要する時間、燃料及び距離

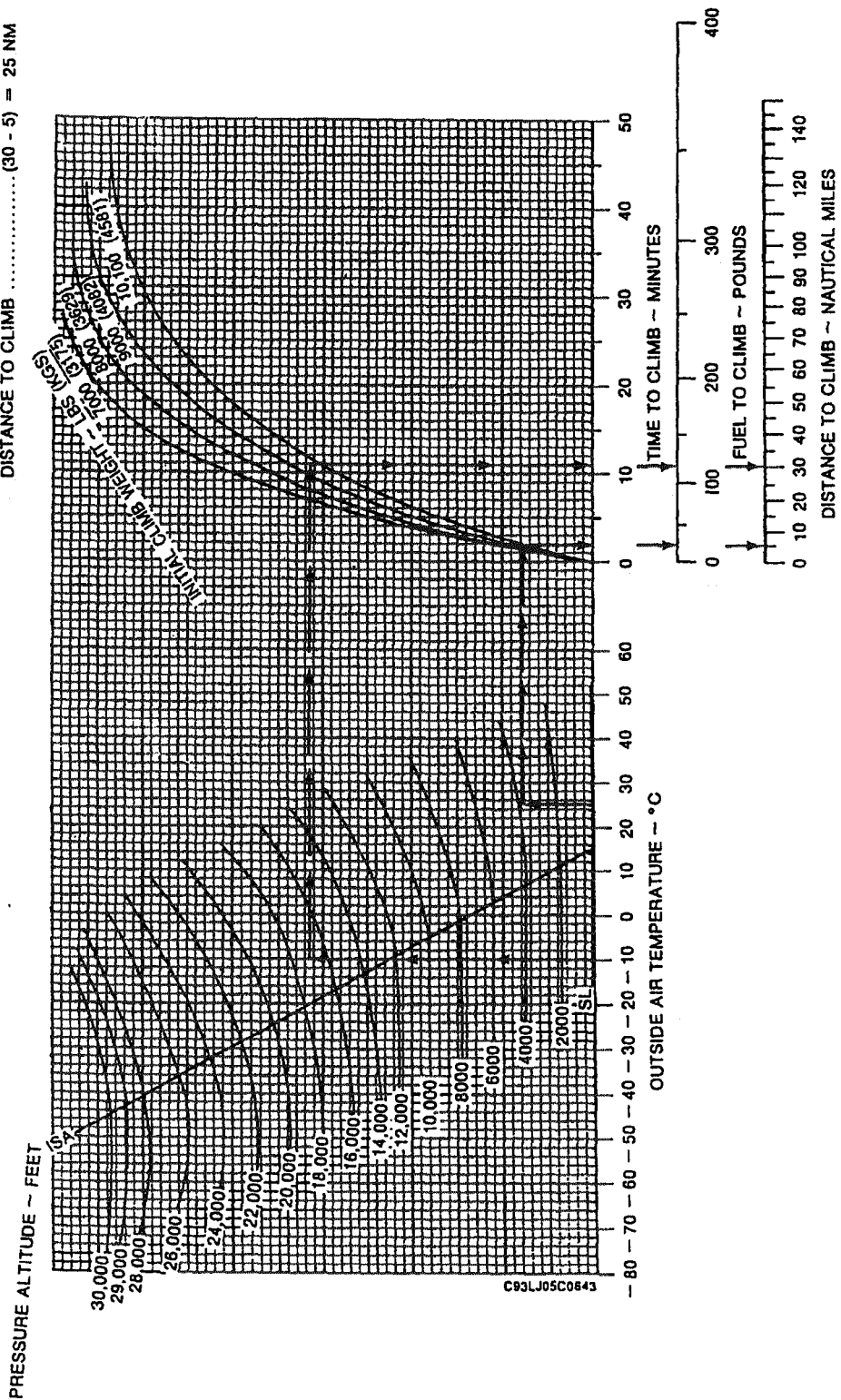
EXAMPLE:

OAT AT TAKEOFF 25°C
OAT AT CRUISE -10°C
AIRPORT PRESSURE ALTITUDE 3966 FT
CRUISE ALTITUDE 17,000 FT
INITIAL CLIMB WEIGHT 9650 LBS (4377 KGS)
TIME TO CLIMB (11 - 2) = 9 NM
FUEL TO CLIMB (118 - 23) = 95 LBS
DISTANCE TO CLIMB (30 - 5) = 25 NM

ALTITUDE ~ FEET	CLIMB SPEED ~ KNOTS
SL TO 10,000	150
10,000 TO 20,000	130
20,000 TO 25,000	120
25,000 TO 30,000	110

ASSOCIATED CONDITIONS:

PROPELLER SPEED 2000 RPM
POWER:
ITT 695°C
OR TORQUE 1315 FT-LBS



により、次の条件で 5000ft,10000ft,15000ft,20000ft までの上昇時間を算出した。その結果を、表 5「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」に示す。

- ・ PROPELLER SPEED : 2000RPM
- ・ PWR : ITT 695°C OR TORQUE 1315FT-LBS
- ・ 上昇速度 : SL TO 10000FT 150kts
10000 TO 20000FT 130kts
- ・ 離陸重量 : 8000lbs,9000lbs,9888lbs
- ・ 地上気温 : -5°C,5°C,15°C,25°C,35°C (外気温度は国際標準大気に基づく気温低減率により減少するものとする。)

4.巡航高度までの上昇時間の比較

表 4「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」から表 5「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」を引いた値を表 6 に示す。

表 6 により「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」と「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」を比較してみると、離陸重量 8000lbs,9000lbs,9888lbs、地上気温 : -5°C,5°C,15°C,25°C,35°C での 20000ft までの上昇時間は、前者のほうが後者よりも多いことがわかる。

両者の差の最小値、最大値は次のようになる。

最小値 : 0.6 分 (離陸重量 8000lbs,外気温度-5°C,5000ft まで上昇したとき)

最大値 : 3.3 分 (離陸重量 9888lbs,外気温度 5°C,15000ft まで上昇したとき)

また、航空大学校仙台分校での航法訓練では、10000ft~15000ft の高度帯を巡航高度として頻繁に使用している。ここで表 6 の、10000ft 及び 15000ft に着目してみる。当該高度での「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」と「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」の差における最小値、最大値は次のようになる。

最小値 : 1.5 分 (離陸重量 8000lbs,外気温度-5°C,10000ft まで上昇したとき)

離陸重量 8000lbs,外気温度 35°C,10000ft まで上昇したとき

離陸重量 8000lbs,外気温度 35°C,15000ft まで上昇したとき)

最大値 : 3.3 分 (離陸重量 9888lbs,外気温度 5°C,15000ft まで上昇したとき)

表4 FTD-Vでの実測による巡航高度までの上昇時間(分)

離陸重量8000lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
	10000ft	5.3	5.4	5.7	5.8	6.0
	15000ft	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0
	20000ft	10.9	11.2	11.7	12.3	12.6

離陸重量9000lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	2.9	2.9	3.0	3.1	3.3
	10000ft	6.3	6.5	6.7	7.0	7.3
	15000ft	9.3	9.7	9.9	10.3	10.7
	20000ft	12.7	13.4	13.6	14.3	14.9

離陸重量9888lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0
	10000ft	7.5	7.9	8.1	8.6	9.0
	15000ft	11.2	11.8	12.2	13.0	13.7
	20000ft	15.4	16.3	17.1	18.3	19.4

表5 飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間(分)

離陸重量8000lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
	10000ft	3.8	3.8	3.9	4.1	4.5
	15000ft	5.9	6.0	6.2	6.9	7.5
	20000ft	9.1	9.2	9.9	10.8	11.9

離陸重量9000lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2
	10000ft	4.5	4.5	4.5	4.9	5.6
	15000ft	7.0	7.5	7.6	8.1	9.0
	20000ft	10.9	11.3	11.9	13.0	14.1

離陸重量9888lbs

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	2.2	2.3	2.4	2.5	2.9
	10000ft	5.2	5.2	5.5	5.9	6.5
	15000ft	8.4	8.5	9.0	9.9	11.0
	20000ft	13.1	13.3	14.3	15.5	17.5

表6 「FTD-Vでの実測による巡航高度までの上昇時間」から「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」を引いた値(分)

離陸重量8000lbsのとき

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9
	10000ft	1.5	1.6	1.8	1.7	1.5
	15000ft	1.9	2.1	2.2	1.8	1.5
	20000ft	1.8	2.0	1.8	1.5	0.7

離陸重量9000lbsのとき

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1
	10000ft	1.8	2.0	2.2	2.1	1.7
	15000ft	2.3	2.2	2.3	2.2	1.7
	20000ft	1.8	2.1	1.7	1.3	0.8

離陸重量9888lbsのとき

		地上気温				
		-5°C	5°C	15°C	25°C	35°C
上昇高度	5000ft	1.2	1.2	1.2	1.3	1.1
	10000ft	2.3	2.7	2.6	2.7	2.5
	15000ft	2.8	3.3	3.2	3.1	2.7
	20000ft	2.3	3.0	2.8	2.8	1.9

これらの高度での最小値 1.5 分は、先に求めた全体の最小値 0.6 分よりも 0.9 分多い。これより、10000ft 及び 15000ft での「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」と「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」の差は、5000ft,10000ft,15000ft,20000ft 全体で算出した両者の差よりも多い傾向にあることが分かる。

5.まとめ

上昇に関して、飛行規程と学生訓練実施要領(多発計器課程)の前提条件の相違点は「TORQUE が 1315FT-LBS か 1200FT-LBS か」、「1000ft までの上昇速度が 150kts か 130kts か」という 2 点であった。離陸重量 8000lbs,9000lbs,9888lbs、地上気温-5℃,5℃,15℃,25℃,35℃での 20000ft までの上昇について、「FTD-V での実測による巡航高度までの上昇時間」は「飛行規程から算出した巡航高度までの上昇時間」よりも多いということがわかった。その最小値は 0.6 分、最大値は 3.3 分であった。また、航法訓練で頻繁に使用している高度帯のうち 10000ft 及び 15000ft では、両者の差が大きくなる傾向があり、その最小値は 1.5 分、最大値は 3.3 分であった。本調査での結果を、より正確な飛行計画を算出するためのデータとして活用していきたい。

さらに本調査は、QNH29.92inches、仙台空港(標高 6ft)からの離陸、外気温度は国際標準大気に基づく気温低減率による減少という限定されたものである。さらに飛行規程⁴⁾における上昇時間に着目したものであり、燃料と距離については考察に入れなかった。今後はこれらの要素に着目し、実機を使用して上昇時間、燃料、距離を含めた上昇性能について検証していきたい。

参考文献

- 1) 学生訓練実施要領(多発計器課程)、平成 13 年 4 月 1 日、独立行政法人 航空大学校、平成 19 年 11 月 28 日改正 空大実第 45 号)
- 2) ビーチクラフト式 C90A 型 飛行規程、平成 8 年 10 月 17 日、国土交通省 航空局
- 3) 前記載 1)、第 8 章航法 8-1(9) a. ア.CLIMB FUEL
- 4) 前記載 2)、第 5 章性能 21. 巡航上昇に要する時間、燃料及び距離

- 5) 前記載 1)、第 4 章空中操作 4-1CLIMB 1.諸元(2)PROPELLER(3) TORQUE
- 6) 前記載 1)、第 4 章空中操作 4-1CLIMB(4)IAS
- 7) 教育規程 (多発計器課程)、平成 14 年 2 月 1 日、独立行政法人 航空大学校、平成 19 年 12 月 14 日改正 空大実第 46 号、6.FTD 教育 6.1 教育の方法(1)
- 8) 前記載 1)、第 3 章 離陸及び着陸 6-1NORMAL TAKEOFF 2.TAKEOFF(1)