

シーラス式 SR22 型機による航法訓練における 巡航速度の設定について

山賀 真

Setting of the Cruising Speed in the Navigation Training by Cirrus SR22 Aircraft

Shin YAMAGA

1. はじめに

航空大学校帯広分校（以下「帯広分校」という）では、Cirrus 式 SR22 型機（以下「SR22」という）が平成 29 年 8 月から新たに導入された。導入に際しこれまで帯広分校で訓練機として使用していた Hawker Beechcraft 式 A36 型機（以下「A36」という）と SR22 の飛行性能を比較し各種飛行形態の変化による飛行諸元をなるべく一致する様にする事で学生訓練に際し大きな変化を伴わないことを留意し、より効率的かつ合理的な訓練手法、訓練手順の設定を熟慮し「SR22 学生訓練実施要領」¹⁾を定めた。

その中で航法訓練においては、本来 SR22 の飛行規程第 5 章性能²⁾から上昇、巡航、降下時の真対気速度（True Air Speed 以下「TAS」という）を決定し記入すべきところではあるが、巡航性能表を用いた場合、初等教育の帯広課程では巡航速度が速く基本の航法作業を習得する時間の余裕はないと考え、A36 に近い指示対気速度（Indicated Air Speed 以下「IAS」という）140kt による設定を行った。

しかしながら SR22 に搭載されている Teledyne Continental 社製 IO-550-N 型機 310hp(2,700RPM)のエンジンを装備した機体に対し、「Critical Service Bulletin」“Minimum Cruise RPM”(Doc No, CSB 09-11A)³⁾が Federal Aviation

Administration（以下「FAA」という）より発行されていることが判明した。その内容は巡航時におけるプロペラースピード 2,300 Revolution Per Minute（以下「RPM」という）を下回る運用ができないと記述されている（図 1）。

このため、「SR22 学生訓練実施要領」に設定した航法訓練時に巡航速度 IAS140kt になるようパワーを操作すると、飛行高度及び外気温度によってはプロペラースピード 2,300RPM を下回る事案が運用を開始して判った。

このため本報告では、以下の 2 つの条件を満たす巡航速度の設定を行うための指針として飛行データの収集を行い、その結果を検証飛行で運用することで学生訓練における航法訓練に活用することを提案する。

- ① A36 に近い（IAS140kt 前後）巡航速度の設定であること
- ② プロペラースピード 2,300RPM を下回らない運用であること

CONTINENTAL MOTORS® AIRCRAFT ENGINE
CRITICAL SERVICE BULLETIN
 COMPLIANCE NECESSARY TO MAINTAIN SAFETY

SUBJECT: Minimum Cruise RPM

PURPOSE: To establish minimum engine RPM cruise.

COMPLIANCE: Upon issuance of this bulletin.

MODELS

AFFECTED: New, Rebuilt, and Overhauled: O-470-G; IO-470-N; IO-520-BB, CB, MB, P, IO-550-A, B, C, D, E, F, G, L, M, N, P, R; IOF-550-B, C, D, E, F, L, N, P, R; TSIO-520-AE, BB, BE, CE, DE, EB, JB, KB, LB, NB, UB, VB, WB; LTSIO-520AE; TSIO-550-A, B, C, E, K, N; TSIOF-550-D, J, K, P; TSIO-L-550-A, B, C.

I. Background Information

Continental Motors, Inc. (CMI) examined occurrences of crankshaft counterweight release and subsequent engine stoppage in two, high time IO-520 and two, high time TSIO-520 engine models. Investigation and reported service history led us to believe that these occurrences are associated with engine operation at a sustained cruise engine RPM of less than 2300 RPM.

Engine model specifications for many of the affected engines indicate power settings of less than 2300 RPM are within the recommended cruise operating range. The reported population of aircraft (equipped with the affected engine models that operate using an RPM less than 2300 RPM for extended cruise operation) is limited. CMI will continue to evaluate any counterweight releases reported to CMI in an attempt to establish a root cause, including any possible connection with power settings.

II. Action Required

Effectively immediately, Continental Motors strongly recommends the following action be observed for all affected engine models:

Engine cruise RPM settings should be no lower than 2300 RPM

NOTE: This service document applies only to cruise operation and does not supersede the aircraft manufacturer's recommendations for other operational modes such as emergency or holding procedures.

Engine models identified in the "Models Affected" section of this service bulletin with a history of consistent cruise operation below 2300 RPM should contact CMI Customer Service at 1-888-826-5465 or 1-251-436-8299 for further information and instructions.

CATEGORY 2
CSB09-11A
 Supersedes CSB09-11
 TECHNICAL PORTIONS
FAA APPROVED

| ISSUED | REVISED | PAGE NO | DOC NO | REVISION |
|------------|------------|---------|----------|----------|
| 2009/09/25 | 2014/11/12 | 1 of 2 | CSB09-11 | A |

©2014 Continental Motors, Inc. P.O. Box 90 Mobile, AL 36688-0090

図 1 Critical Service Bulletin
Doc No, CSB 09-11A

2. 導入時に設定した巡航速度でプロペラースピード 2,300RPM を下回る原因

SR22 導入時に際して SR22 学生訓練実施要領 第 8 章野外飛行 8-2 5.(2)⁴⁾ 巡航速度の設定については、計画の巡航高度における気温を予想し、較正対気速度 (Calibrated Airspeed 以下「CAS」という) 142kt から TAS を求める。実飛行では IAS140kt 一定、さらに燃料消費量は巡航では 16 gallon per hour (以下「gal/h」とする) として、条件が一定となるよう航法作業の教育根拠とした。

これが可能だったのは A36 では IAS 一定となるようにスロットルレバーを動かしても回転数が一定にできるプロペラピッチコントロールレバーを有していた。しかしながら SR22 では、一部の領域で IAS 一定となるようパワーレバーを操作すると、構造上回転数も同時に変化してしまう。このため条件によっては前述したとおりプロペラースピード 2,300RPM を下回ることとなった。

3. 飛行データの収集

3-1 データ収集

今回の飛行データとして、プロペラースピード 2,300RPM となるよう出力を一定にした場合のデータを集めた。この 2,300RPM 一定の状態では野外飛行を巡航した場合、外気温度、高度による空気密度の変化によってそれぞれ TAS、IAS の変化も求めた。

3-2 飛行条件

学生訓練及び職員訓練を利用し、2 名搭乗、3 名搭乗、4 名搭乗時の重量の違いによる各高度、TAS、IAS 及び燃料消費データも収集した。重量においては、ランプアウト後、タクシー燃料、ランナップ燃料、上昇から巡航に至るまでの燃料を差し引いて、実測値として採用したことから、約 3,000lbs ~ 3,500lbs での重量とした。高度については、帯広課程における航法訓練時に使用する 3,000ft から 6,500ft を主体として、2,000ft ~ 9,000ft までを計測した。

また、機体として帯広課程の整備上の作業軽減策の一つとして実施している前輪のホイールパント及びフェアリングを外した状態で実施した。

3-3 気象条件

飛行データ収集日の気象条件は以下の基準によった。

- 1) 飛行データ収集日は VMC であること。
- 2) 降水現象や雷雲等が観測されていないこと。
- 3) 気流は概ね安定していると予想されること、空気密度は概ね一定の外気温度で実施し、データに大きなばらつきが出ないように実施した。

3-4 飛行データの記録

以下の事項について、学生訓練及び職員訓練時に他の教官にも協力してもらい、その都度記録表（表 1）により機体ごとにデータを収集した。測定項目は次のとおりである。

- 1) 日付
- 2) ALT（指示高度：ft）
- 3) QNH（高度計規正值：inHG）
- 4) OAT（外気温度：℃）
- 5) WIND（風向・風速：kt）
- 6) IAS（Indicated Air Speed：kt）
- 7) GS（Ground Speed：kt）
- 8) TAS（True Air Speed：kt）
- 9) POWER（軸馬力に対するの％）
- 10) RPM（Revolution per Minute）
- 11) MAP（Manifold Pressure：inHG）
- 12) F/F（Fuel Flow：gal/hour）
- 13) REM. FUEL（測定時の残燃料：gal）
- 14) 搭乗メンバー

表 1 記録表

| 日付 | ALT | QNH | OAT | WIND | IAS | GS | TAS | Power | RPM | MAP | F/F | REM. FUEL | 搭乗メンバー |
|----|-----|-----|-----|------|-----|----|-----|-------|-----|-----|-----|--------------|--------|
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |
| | | | | / | | | | | | | | | |

表 2 飛行データ (4,500ft)

| ALT | QNH | P.ALT | OAT | IAS | TAS | PWR | RPM | MAP | F/F | REM.FUEL |
|------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------|
| 4500 | 29.98 | 4000 | -9 | 145 | 153 | 45 | 2320 | 17.7 | 15.7 | 83.4 |
| 4500 | 30.08 | 4000 | -8 | 147 | 152 | 50 | 2310 | 19.1 | 17.4 | 85.5 |
| 4500 | 30.08 | 4000 | -8 | 144 | 148 | 50 | 1900 | 16.3 | 10.6 | 84.9 |
| 4500 | 30.00 | 4000 | -8 | 142 | 152 | 47 | 2340 | 18 | 15.5 | 74.2 |
| 4500 | 30.04 | 4000 | | 146 | 150 | 48 | 2300 | 18.7 | 14.8 | 66 |
| 4500 | 30.00 | 4000 | -8 | 150 | 159 | 52 | 2300 | 19.9 | 16.3 | 75.4 |
| 4500 | 30.00 | 4000 | -13 | 140 | 146 | 48 | 2300 | 18.5 | 14.2 | 75.6 |
| 4500 | 30.00 | 4000 | -16 | 149 | | 54 | 2300 | 20.1 | 15.3 | 88 |
| 4500 | 29.96 | 4000 | -11 | 131 | 134 | 49 | 2300 | 18.9 | 17.7 | 84.8 |
| 4500 | 29.79 | 5000 | -14 | 142 | 150 | 49 | 2300 | 18.8 | 17.5 | 63.1 |
| 4500 | 30.10 | 4000 | -15 | 145 | 150 | 45 | 2300 | 17.7 | 16.3 | 80.8 |
| 4500 | 30.10 | 4000 | -15 | 150 | 153 | 48 | 2300 | 18.4 | 15.8 | 65.1 |
| 4500 | 30.07 | 4000 | | 146 | 153 | 49 | 2300 | 19 | 16.3 | |
| 4500 | 30.15 | 4000 | -9 | 141 | 149 | 50 | 2310 | 19.1 | 15.3 | 70.2 |
| 4500 | 30.09 | 4000 | -7 | 148 | 155 | 53 | 2360 | 19.4 | 16.7 | 55.9 |
| 4500 | 30.09 | 4000 | -8 | 145 | 151 | 50 | 2330 | 18.9 | 17.3 | 79 |
| 4500 | 29.30 | 5000 | -16 | 140 | 147 | 46 | 2300 | 17.8 | 14.4 | 69.1 |
| 4500 | 29.28 | 5000 | -16 | 142 | 151 | 49 | 2320 | 18.2 | 16.7 | 63.3 |
| 4500 | 29.90 | 5000 | -10 | 138 | 144 | 46 | 2310 | 18.1 | 15.1 | 80.1 |
| 4500 | 30.12 | 4000 | -13 | 151 | 156 | 53 | 2300 | 19.9 | 15.4 | 69.2 |
| 4500 | 29.63 | 5000 | -17 | 146 | 153 | 43 | 2290 | 17.1 | 14.7 | 59.3 |
| 4500 | 29.84 | 5000 | -17 | 143 | 149 | 44 | 2310 | 17.2 | 17.1 | 63.4 |
| 4500 | 29.84 | 5000 | -17 | 142 | 148 | 44 | 2310 | 17.2 | 17 | 60.6 |
| 4500 | 30.12 | 4000 | -12 | 157 | 162 | 54 | 2300 | 20.1 | 17 | 59.2 |
| 4500 | 30.17 | 4000 | -12 | 146 | 151 | 51 | 2310 | 19.3 | 16.2 | 81 |
| 4500 | 30.03 | 4000 | -6 | 142 | 152 | 47 | 2320 | 18.4 | 14 | 75.8 |
| 4500 | 29.95 | 4000 | -3 | 146 | 156 | 45 | 2300 | 17.9 | 16.3 | 62.9 |
| 4500 | 30.01 | 4000 | -3 | 152 | 159 | 53 | 2290 | 20.3 | 14.9 | |
| 4500 | 29.82 | 5000 | -8 | 142 | 148 | 50 | 2300 | 19.2 | 16.9 | 84.3 |
| 4500 | 29.66 | 5000 | -5 | 141 | 140 | 48 | 2340 | 18.4 | 14 | 85.4 |
| 4500 | 29.66 | 5000 | -6 | 138 | 150 | 45 | 2310 | 18 | 13.4 | 75.3 |
| 4500 | 29.82 | 5000 | -6 | 143 | 152 | 45 | 2310 | 17.7 | 13.6 | 82.3 |
| 4500 | 29.82 | 5000 | -5 | 144 | 154 | 46 | 2300 | 17.9 | 14.9 | 66.7 |
| 4500 | 29.83 | 5000 | -5 | 141 | 150 | 45 | 2300 | 17.8 | 13.3 | 87.1 |
| 4500 | 30.02 | 4000 | -4 | 140 | 149 | 47 | 2300 | 18.5 | 13.3 | 73.6 |
| 4500 | 30.02 | 4000 | -3 | 136 | 145 | 46 | 2300 | 18.2 | 13.1 | 72.6 |
| 4500 | 30.01 | 4000 | -3 | 139 | 147 | 43 | 2320 | 17.3 | 15.4 | 86.7 |
| 4500 | 29.96 | 4000 | | 150 | 160 | 49 | 2300 | 19.1 | 15.2 | 68.5 |
| 4500 | 29.92 | 5000 | -8 | 154 | 159 | 49 | 2300 | 19.1 | 14.2 | 80.6 |
| 4500 | 29.92 | 5000 | -8 | 148 | 154 | 49 | 2300 | 19 | 14.1 | 79.6 |
| 4500 | 29.87 | 5000 | -5 | 138 | 146 | 46 | 2300 | 18.2 | 14.1 | 82.5 |
| 4500 | 29.87 | 5000 | 7 | 141 | 152 | 48 | 2360 | 18.5 | 15.2 | 63.6 |
| 4500 | 29.90 | 5000 | 8 | 140 | 153 | 43 | 2310 | 17.8 | 14.2 | 68.5 |
| 4500 | 30.25 | 4000 | 2 | 130 | 140 | 44 | 2320 | 17.7 | 14.3 | 63.9 |
| 4500 | 30.25 | 4000 | 2 | 138 | 150 | 44 | 2320 | 17.8 | 14.2 | 63.6 |

表 3 飛行データ (5,500ft)

| ALT | QNH | P.ALT | OAT | IAS | TAS | PWR | RPM | MAP | F/F | REM.FUEL |
|------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------|
| 5500 | 29.97 | 5000 | -13 | 142 | 155 | 52 | 2320 | 19.4 | 15 | 86.3 |
| 5500 | 29.87 | 6000 | -14 | 141 | 149 | 46 | 2310 | 17.7 | 14.4 | 85.5 |
| 5500 | 30.10 | 5000 | -16 | 142 | 152 | 46 | 2300 | 17.7 | 15 | 82.2 |
| 5500 | 29.90 | 6000 | -9 | 131 | 141 | 45 | 2320 | 17.5 | 15.2 | 82 |
| 5500 | 29.90 | 6000 | -9 | 138 | 149 | 45 | 2300 | 17.7 | 14.1 | 85.7 |
| 5500 | 29.74 | 6000 | -13 | 152 | 157 | 51 | 2310 | 19.1 | 16.4 | 80.7 |
| 5500 | 30.08 | 5000 | -9 | 134 | 144 | 45 | 2310 | 17.5 | 14.1 | 84.4 |
| 5500 | 29.33 | 6000 | -17 | 141 | 152 | 50 | 2310 | 18.7 | 15.3 | 78.5 |
| 5500 | 29.37 | 6000 | -18 | 143 | 157 | 51 | 2370 | 18.2 | 18.1 | 71.4 |
| 5500 | 29.77 | 6000 | -20 | 140 | 149 | 42 | 2300 | 16.6 | 16.3 | 78.7 |
| 5500 | 29.80 | 6000 | -15 | 140 | 149 | 46 | 2300 | 17.5 | 14.3 | 86.2 |
| 5500 | 29.85 | 6000 | -17 | 148 | 152 | 44 | 2320 | 16.9 | 15 | 85.6 |
| 5500 | 30.07 | 5000 | -16 | 139 | 147 | 46 | 2310 | 17.8 | 17.7 | 14.5 |
| 5500 | 30.01 | 5000 | -5 | 143 | 155 | 46 | 2310 | 18 | 14.5 | 84.8 |
| 5500 | 30.06 | 5000 | -9 | 149 | 166 | 48 | 2310 | 18.4 | 14.4 | 84.4 |
| 5500 | 30.00 | 5000 | -3 | 140 | 154 | 49 | 2330 | 18.5 | 15.6 | 83 |
| 5500 | 29.92 | 6000 | -10 | 146 | 157 | 49 | 2300 | 18.8 | 14.2 | 86.3 |
| 5500 | 29.92 | 6000 | -10 | 145 | 157 | 49 | 2300 | 18.6 | 14.4 | 84.1 |
| 5500 | 30.14 | 5000 | -6 | 142 | 155 | 49 | 2320 | 18.6 | 14.9 | 85 |
| 5500 | 29.85 | 6000 | -7 | 142 | 151 | 48 | 2300 | 18.5 | 17.2 | 83.7 |
| 5500 | 29.84 | 6000 | 5 | 135 | 147 | 42 | 2310 | 16.8 | 14.5 | 84.4 |
| 5500 | 29.97 | 5000 | 3 | 132 | 140 | 42 | 2320 | 16.9 | 14.4 | 85.3 |
| 5500 | 29.93 | 5000 | 5 | 145 | 143 | 41 | 2300 | 16.8 | 14.6 | 83.1 |
| 5500 | 30.26 | 5000 | -1 | 137 | 149 | 44 | 2360 | 17 | 14.4 | 81.2 |
| 5500 | 30.26 | 5000 | -1 | 142 | 153 | 42 | 2300 | 17.1 | 13.9 | 80.1 |
| 5500 | 30.04 | 5000 | -2 | 140 | 152 | 46 | 2300 | 18 | 14.1 | 86.3 |
| 5500 | 30.04 | 5000 | -3 | 140 | 153 | 45 | 2300 | 17.8 | 14.2 | 77.5 |
| 5500 | 30.04 | 5000 | -3 | 138 | 148 | 45 | 2300 | 17.9 | 14.2 | 71.2 |
| 5500 | 29.54 | 6000 | 3 | 140 | 153 | 57 | 2470 | 19.1 | 15.7 | 77 |
| 5500 | 29.79 | 6000 | 9 | 127 | 141 | 46 | 2330 | 18.1 | 15.1 | 82 |
| 5500 | 27.76 | 8000 | 10 | 137 | 142 | 47 | 2330 | 18.1 | 16.4 | 83.9 |
| 5500 | 29.81 | 6000 | 10 | 143 | 160 | 60 | 2480 | 20 | 18.1 | 81.1 |
| 5500 | 29.81 | 6000 | 11 | 137 | 153 | 52 | 2380 | 19.2 | 15.2 | 73.9 |
| 5500 | 29.96 | 5000 | 12 | 140 | 155 | 61 | 2460 | 19.7 | 15.6 | 84.3 |
| 5500 | 29.86 | 6000 | 12 | 138 | 151 | 53 | 2420 | 19.1 | 15.6 | 84.3 |
| 5500 | 29.98 | 5000 | 17 | 139 | 157 | 55 | 2460 | 19.2 | 15.6 | 86 |
| 5500 | 29.53 | 6000 | 7 | 142 | 160 | 57 | 2440 | 19.6 | 16.5 | 84.2 |
| 5500 | 29.56 | 6000 | 13 | 137 | 151 | 58 | 2470 | 19.6 | 15.8 | 85.8 |
| 5500 | 29.79 | 6000 | 15 | 144 | 153 | 59 | 2470 | 20.1 | 16.5 | 86.3 |
| 5500 | 29.81 | 6000 | 15 | 141 | 158 | 57 | 2460 | 19.7 | 15.2 | 82.3 |
| 5500 | 29.80 | 6000 | 18 | 134 | 150 | 52 | 2410 | 18.9 | 15.1 | 77.2 |
| 5500 | 29.83 | 6000 | 20 | 131 | 151 | 62 | 2440 | 21.2 | 15.9 | 84.9 |
| 5500 | 29.43 | 6000 | 18 | 141 | 160 | 69 | 2480 | 22.5 | 20.7 | 79.3 |
| 5500 | 29.44 | 6000 | 15 | 144 | 155 | 69 | 2430 | 22.8 | 17.6 | 51.1 |

4. 測定結果及び検証

測定結果は、まず収集したすべてのデータを指示高度*1別に分け、ここでは主に学生訓練において巡航高度として用いる 4,500ft 及び 5,500ft の飛行データを示す（表 2 及び表 3）。

この指示高度別に分けた表から気圧高度（表中の P.ALT）*2として一定となるグループに分類する。そこから外気温度を 5℃単位に分け、それぞれ POWER、MAP、F/F、IAS、TAS の平均値を導き出し ISA-25℃、ISA-20℃、ISA-15℃、ISA-10℃、ISA-5℃、ISA、ISA+5℃、ISA+10℃、ISA+15℃の巡航性能表としてまとめた（表 4）。

巡航性能表（表 4）のグレー部分の数値は外気温度が高くなることに比例して、プロペラースピードが速くなったことを表している。これは現在の航法作業の中で通常操作の IAS140kt を守ることを優先させた結果、データ上プロペラースピード 2,300RPM を超えた数値を記載したものである。

表 4 巡航性能表

状態

- ・ 重量 3400LB
- ・ 風速 ZERO

注

任意装備品の空調設備を装備した航空機：巡航時の速度を 2 ノット遅くすること。
 最大性能を得ようとするなら、エアーコンディショナーオフにすること。

| | PRESS. ALT | IOAT | PWR | MAN. PRESS | ROTATION | FUEL FLOW | AIR- SPEED | |
|-----------|---------------|------|-----|---------------|----------|--------------|---------------|------|
| | FEET | °C | % | IN.HG | RPM | GPH | KIAS | KTAS |
| ISA -25°C | 3000 | -16 | 51 | 18.4 | 2300 | 16.0 | 147 | 153 |
| | 4000 | -18 | 47 | 18.7 | 2300 | 16.0 | 143 | 148 |
| | 5000 | -20 | 47 | 17.1 | 2300 | 13.8 | 131 | 141 |
| | 6000 | -22 | 46 | 18.5 | 2300 | 15.9 | 141 | 148 |
| | 7000 | -24 | 50 | 18.0 | 2300 | 16.0 | 146 | 150 |
| ISA -20°C | 3000 | -11 | 52 | 19.6 | 2300 | 15.6 | 149 | 152 |
| | 4000 | -13 | 49 | 18.8 | 2300 | 15.9 | 145 | 149 |
| | 5000 | -15 | 46 | 18.0 | 2300 | 15.5 | 141 | 149 |
| | 6000 | -17 | 47 | 17.7 | 2300 | 15.3 | 143 | 153 |
| | 7000 | -19 | 43 | 17.0 | 2300 | 15.0 | 133 | 144 |
| ISA -15°C | 3000 | -6 | 50 | 19.6 | 2300 | 15.7 | 146 | 152 |
| | 4000 | -8 | 48 | 18.3 | 2300 | 15.5 | 144 | 150 |
| | 5000 | -10 | 46 | 18.1 | 2300 | 14.4 | 142 | 151 |
| | 6000 | -12 | 48 | 18.0 | 2300 | 15.0 | 144 | 154 |
| | 7000 | -14 | 44 | 17.0 | 2300 | 14.0 | 131 | 144 |
| ISA -10°C | 3000 | -1 | 51 | 19.9 | 2300 | 15.7 | 146 | 153 |
| | 4000 | -3 | 46 | 18.3 | 2300 | 14.7 | 140 | 149 |
| | 5000 | -5 | 46 | 18.1 | 2300 | 14.2 | 140 | 150 |
| | 6000 | -7 | 46 | 17.8 | 2300 | 15.1 | 138 | 150 |
| | 7000 | -9 | 44 | 17.0 | 2300 | 14.0 | 131 | 144 |
| ISA -5°C | 3000 | 4 | 51 | 20.0 | 2300 | 16.0 | 143 | 151 |
| | 4000 | 2 | 46 | 18.0 | 2300 | 15.0 | 140 | 150 |
| | 5000 | 0 | 46 | 18.0 | 2300 | 15.0 | 139 | 150 |
| | 6000 | -2 | 47 | 18.0 | 2350 | 15.0 | 140 | 153 |
| ISA | 3000 | 9 | 53 | 20.1 | 2300 | 16.4 | 140 | 150 |
| | 4000 | 7 | 51 | 19.2 | 2360 | 15.4 | 142 | 151 |
| | 5000 | 5 | 49 | 19.0 | 2360 | 15.8 | 131 | 151 |
| | 6000 | 3 | 52 | 18.6 | 2400 | 15.4 | 138 | 151 |
| ISA +5°C | 3000 | 14 | 54 | 20.1 | 2370 | 16.5 | 137 | 148 |
| | 4000 | 12 | 55 | 20.1 | 2380 | 16.6 | 141 | 155 |
| | 5000 | 10 | 56 | 19.7 | 2430 | 16.1 | 139 | 153 |
| | 6000 | 8 | 59 | 20.3 | 2450 | 16.7 | 140 | 154 |
| ISA +10°C | 3000 | 19 | 52 | 20.0 | 2360 | 15.8 | 135 | 145 |
| | 4000 | 17 | 48 | 19.1 | 2300 | 14.8 | 138 | 150 |
| | 5000 | 15 | 56 | 19.7 | 2430 | 16.1 | 139 | 153 |
| | 6000 | 13 | 58 | 20.1 | 2440 | 16.0 | 140 | 153 |
| ISA +15°C | 3000 | 24 | 50 | 19.5 | 2340 | 15.7 | 135 | 143 |
| | 4000 | 22 | 47 | 18.7 | 2330 | 14.2 | 137 | 147 |
| | 5000 | 20 | 56 | 19.8 | 2430 | 16.1 | 138 | 153 |
| | 6000 | 18 | 60 | 20.6 | 2450 | 16.9 | 140 | 154 |

5. 飛行データの検証

5-1 検証飛行

はじめに述べたように巡航時におけるプロペラースピード 2,300RPM 一定での航法として有効に使用できるかを検証するために、作成した巡航性能表(表 4) を用いた航法計画による検証飛行を行った。1 回目の検証飛行を検証飛行 1 とし 2 名搭乗での検証、2 回目の検証飛行を検証飛行 2 とし 3 名搭乗、機体重量の変化による検証も行った。航法記録用ログは(表 2) SR22 学生訓練実施要領第 8 章【別添 8-1】⁵⁾を参考に、検証に必要な事項を記録できる用紙を作成した。

5-2 巡航性能表(表 4) の使用方法

有視界飛行方式における巡航高度から、まずは当日の高度を決定し往路 5,500ft、復路 4,500ft とした。当該高度の外気温度をそれぞれ-10℃及び-9℃と予想し ISA-15℃欄の表から 5,000ft と 6,000ft の中間値を採用した。この場合 TAS の中間値は 152.5kt となるが、5,000ft 欄の外気温度が-10℃であり TAS 151kt に近い 152kt (小数点以下切り下げ) とした。燃料消費量の計画については中間値の小数点まで記載することとした。復路も同様に TAS を求め CAS を決定する手順を踏んだ。(SR22 の飛行規程第 5 章性能²⁾ の対気速度較正表から CAS142kt は IAS140kt、CAS152kt は IAS150kt である。) さらに予想される上空の風から対地速度 (Ground Speed 以下「GS」という) を算出し、Estimate Time of En-route (以下「ETE」という) を求める、といった作業を行った。

ATO : Actual Time of Over
ATE : Actual Time of En-route
F/F : Fuel Flow

5-3 飛行条件

検証飛行は、巡航を長く飛行できる帯広空港から中標津空港の往復として巡航高度を往路は 5,500ft、復路は 4,500ft で行った。飛行条件は 3-1 のデータ収集と同じ条件でプロペラースピード 2,300RPM にセットし、気象条件は 3-3 と同様で実施した。また、正確なデータを収集する目的で、一部オートパイロット機能も使用した。

6. 検証飛行結果

検証飛行の航法ログは、学生による航法作業の一環と同様にまず計画の巡航高度での気温を予測し、それらから得られる TAS、CAS を導き出し、風を考慮して求められる GS からの ETA の算出をした。

検証飛行 1 の航法記録用ログを表 6、表 7 に示す。航法ログのグレーの網掛けの部分は実際に飛行したときのデータである。また、航法ログの計画では CAS として記入しているが、実運航においては IAS 表示のため、CAS の欄に G1000 から読み取った IAS の結果を記入した。さらに SR22 には Garmin 社製 G1000 Cirrus Perspective (以下「G1000」という) の各種飛行データが記録⁵⁾されているので、その中の航法記録用ログで計画として算出したデータと検証飛行時の各データの比較のために TAS と高度の関係を図 2、TAS と風速の関係を図 3、TAS と外気温度との関係を図 4 としてそれぞれをグラフとして示した。この各グラフの中央部分の窪みは中標津空港での着陸となる。

同様に検証飛行 2 の航法ログを表 8、表 9、G1000 のデータを図 5、図 6、図 7 に結果をそれぞれ示す。G1000 から抽出したグラフでは、横軸が飛行時間、縦軸左側に TAS、右側に高度、風速、外気温度をそれぞれ表す。

尚、検証飛行 1 は 2 名搭乗、離陸重量 3,245lbs、検証飛行 2 は 3 名搭乗、離陸重量 3,386lbs であった。

表 6 検証飛行 1 RJCБ-RJCN (往路)

| FROM | TO | PA | TOAT | CAS | TAS | TC | VAR | MC | WIND | WCA | MH | ZONE/CUM DIST | GS | ZONE/CUM ETE | ETO | ATO | ATE | F/F |
|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|------------------|-----|-----------------|-----|-----|-----|------|
| RJCБ | 茂岩 | 490 | 0 | | | 071 | 9W | 080 | / | | | 13.5 / | | 6 / | | | | |
| | RCA | → | | 111 | 111 | | | | 270 / 05 | -1 | 077 | 10 / | 117 | 5 / | | | | |
| | 茂岩 | 5500 | | | 152 | | | | 270 / 10 | -1 | | 3.5 / | 162 | 1 / | 17 | | 18 | |
| 茂岩 | KSE | 5500 | -10 | 143 | 152 | 067 | | 076 | 280 / 20 | -3 | 073 | 32 / 45.5 | 170 | 12 / | 30 | 30 | 12 | 14.7 |
| | | | -8 | 148 | 158 | | | | 291 / 27 | | | / | 176 | / | | | | 16.0 |
| KSE | 霧多布 | 5500 | -8 | 143 | 152 | 087 | | 096 | 280 / 20 | -1 | 095 | 41 / 86.5 | 172 | 14 / 33 | 44 | 43 | 13 | 14.7 |
| | | | -9 | 150 | 152 | | | | 284 / 19 | | | / | 181 | / | | | | 16.0 |
| | | | -9 | 149 | 160 | | | | 291 / 18 | | | / | 177 | / | | | | |
| 霧多布 | 別海 | 5500 | -8 | 143 | 152 | 359 | | 008 | 270 / 10 | -4 | 005 | 19 / 105.5 | 152 | 8 / 42 | 51 | 51 | 8 | 14.7 |
| | (EOC) | → | | | | | | | / | | | / | / | / | | | | 16.2 |
| | 別海 | 3300 | | 146 | 152 | | | | / | | | / | / | / | | | | |
| 別海 | RJCN | | -1 | 112 | 118 | 325 | | 334 | 260 / 10 | -5 | | 14 / 119.5 | 118 | 7 / 48 | | | | |
| | | | | | | | | | / | | | / | / | / | | | | |
| | | | | | | | | | / | | | / | / | / | | | | |

表 7 検証飛行 1 RJCN-RJCБ (復路)

| FROM | TO | PA | TOAT | CAS | TAS | TC | VAR | MC | WIND | WCA | MH | ZONE/CUM DIST | GS | ZONE/CUM ETE | ETO | ATO | ATE | F/F |
|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|------------------|-----|-----------------|-----|-----|-----|------|
| RJCN | 虹別 | 214 | 0 | | | 240 | 9W | 249 | 240 / 10 | | | 14 / | | 8 / | | | | |
| | RCA | → | | 111 | 111 | | | | | +2 | 251 | 6 / | 97 | 4 / | | | | |
| | 虹別 | 4500 | | 144 | 150 | | | | 280 / 20 | +4 | 253 | 8 / | 133 | 4 / | 04 | 04 | | 15.0 |
| | | | | 156 | 165 | | | | 283 / 21 | | | / | 150 | / | | | | 17.0 |
| 虹別 | KSE | 4500 | -7 | 144 | 150 | 220 | | 229 | 280 / 20 | +6 | 235 | 33 / 45.5 | 137 | 15 / 19 | 19 | 20 | 16 | 15.0 |
| | | | -6 | 151 | 160 | | | | 290 / 21 | | | / | 145 | / | | | | 17.2 |
| | | | -6 | 163 | 177 | | | | 282 / 35 | | | / | 154 | / | | | | |
| KSE | 糠内 | 4500 | -6 | 144 | 150 | 250 | | 259 | 280 / 20 | +3 | 261 | 41 / 86.5 | 131 | 19 / 39 | 39 | 40 | 20 | 15.0 |
| | | | -6 | 154 | 163 | | | | 283 / 27 | | | / | 137 | / | | | | 16.8 |
| | | | -6 | 145 | 154 | | | | / | | | / | 135 | / | | | | |

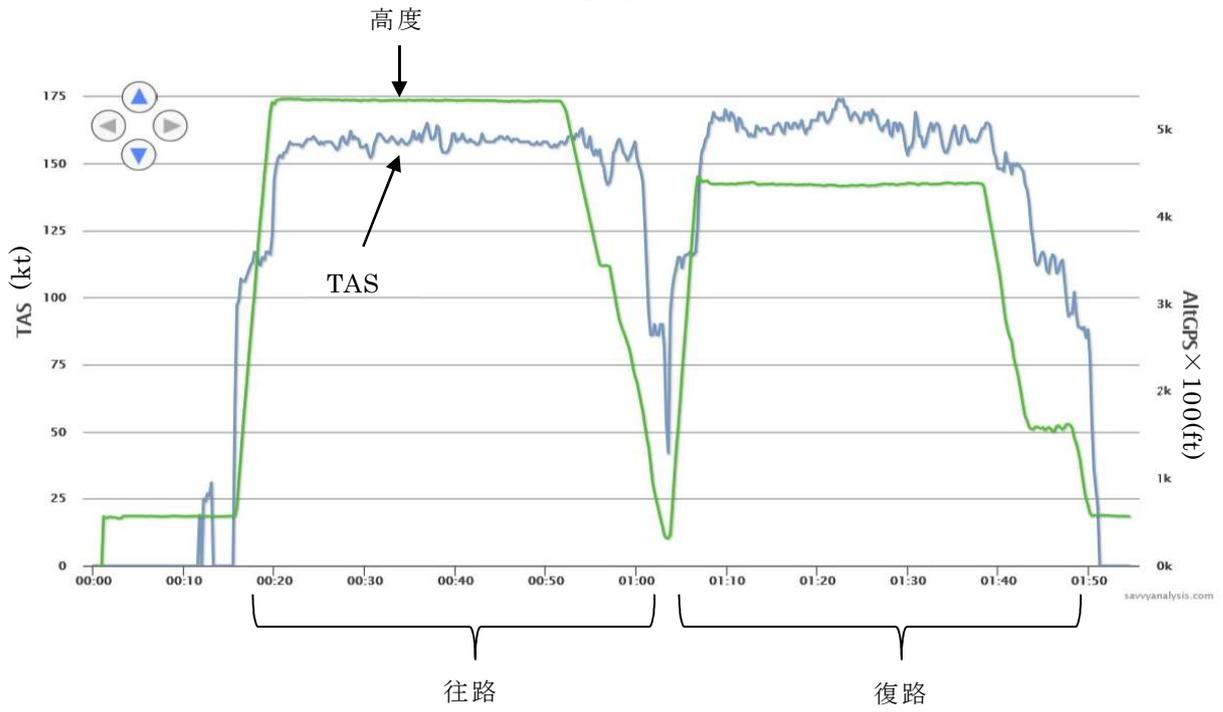


図 2 検証飛行 1 (TAS と高度との関係)

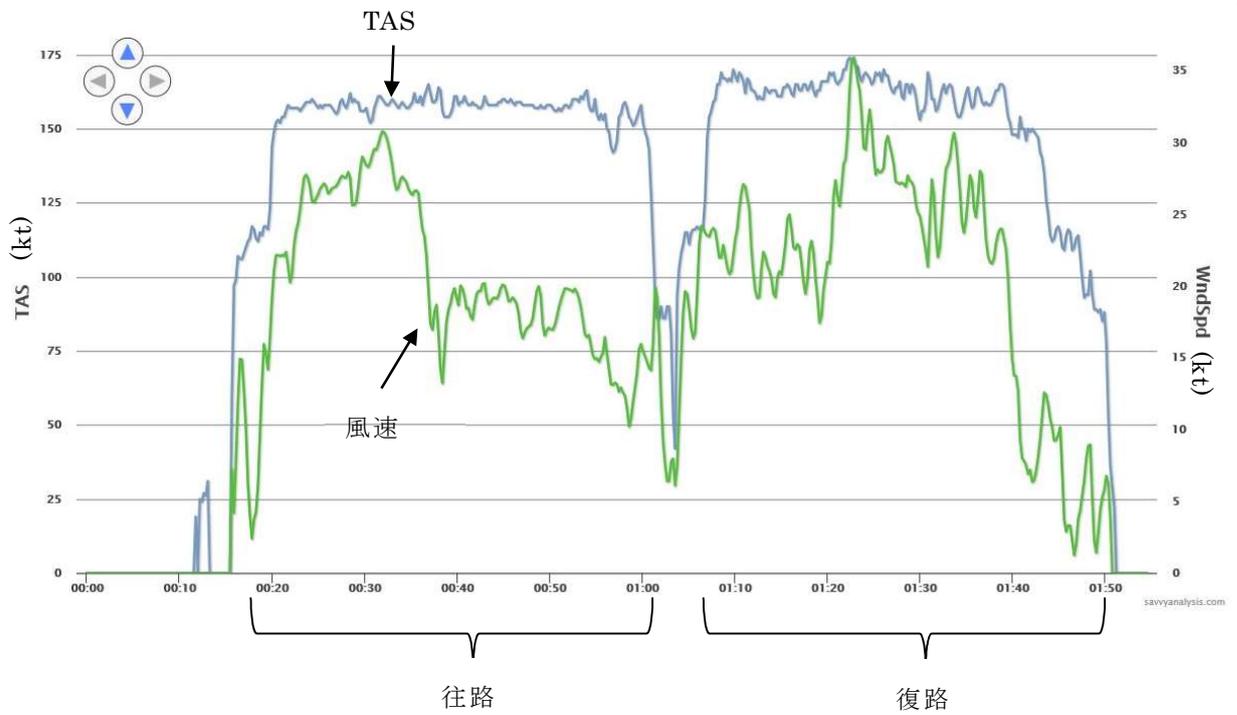


図 3 検証飛行 1 (TAS と風速との関係)

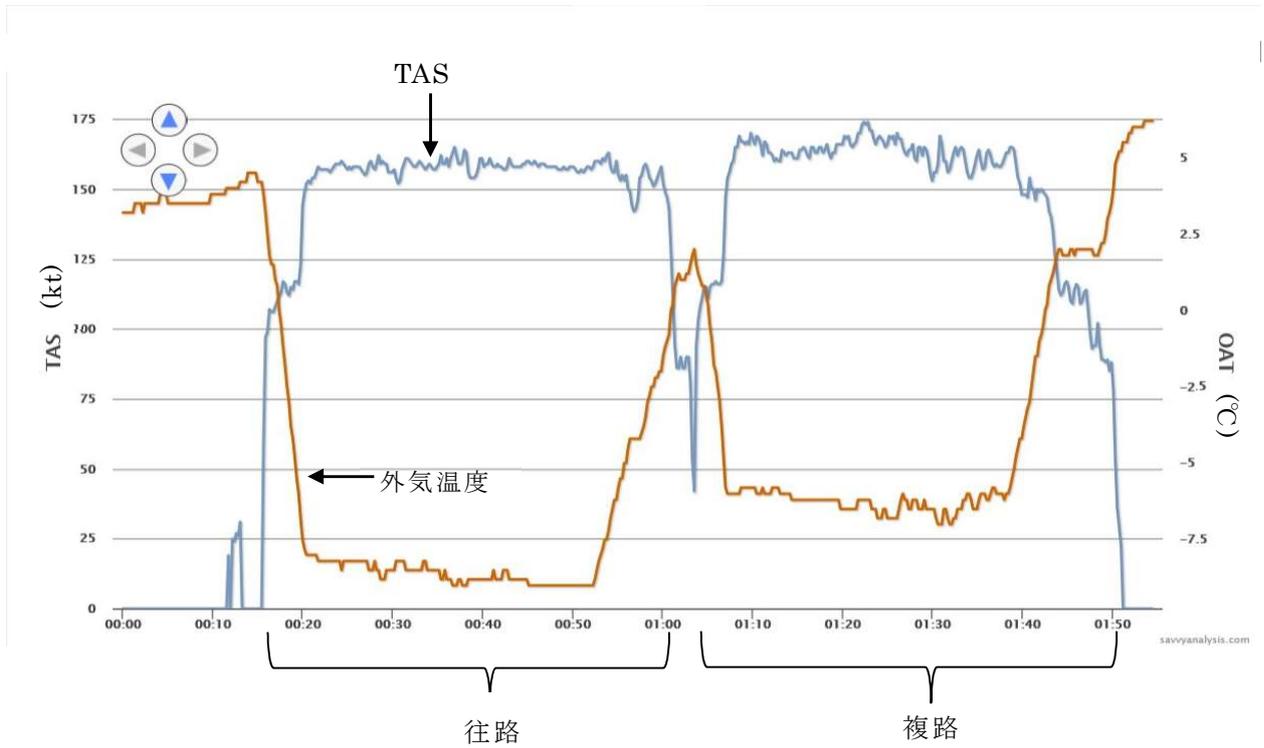


図 4 検証飛行 1 (TAS と外気温度との関係)

表 8 検証飛行 2 RJCB--RJCN (往路)

| FROM | TO | PA | TOAT | CAS | TAS | T C | VAR | MC | WIND | WCA | M H | ZONE/CUM DIST | GS | ZONE/CUM ETE | ETO | ATO | ATE | F/F |
|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|------------------|-----|-----------------|-----|-----|-----|------|
| RJCB | 茂岩 | 490 | +3 | | | 071 | 9W | 080 | 310 / 05 | | | 13.5 / | | 7 / | | | | |
| | RCA | ↗ | | 111 | 111 | | | | | -7 | | 10 / | 117 | 5 / | | | | |
| | 茂岩 | 5500 | | | | | | | 320 / 20 | -7 | | 3.5 / | 161 | 2 / | 11 | 11 | | |
| 茂岩 | KSE | 5500 | -9 | 143 | 152 | 067 | | 076 | 320 / 20 | -3 | 073 | 32 / 45.5 | 160 | 12 / 19 | 23 | 24 | 13 | 14.7 |
| | | | -8 | 143 | 153 | | | | 312 / 20 | | | / | 161 | / | | | | 14.9 |
| | | | | 144 | 155 | | | | 311 / 16 | | | / | 162 | / | | | | 14.8 |
| KSE | 霧多布 | 5500 | -9 | 143 | 152 | 087 | | 096 | 320 / 20 | -5 | 091 | 41 / 86.5 | 166 | 15 / 34 | 39 | 39 | 15 | 14.7 |
| | | | -9 | 145 | 156 | | | | 328 / 26 | | | / | 168 | / | | | | 14.7 |
| | | | -9 | 153 | 167 | | | | 338 / 25 | | | / | 174 | / | | | | 14.9 |
| | | | -10 | 139 | 145 | | | | 337 / 27 | | | / | 157 | / | | | | 14.9 |
| 霧多布 | 別海 | 5500 | -8 | 143 | 152 | 359 | | 008 | 270 / 10 | -4 | 005 | 19 / 105.5 | 153 | 8 / 42 | 47 | 47 | 8 | 14.7 |
| | (EOC) | ↘ | -10 | 150 | 161 | | | | 319 / 31 | | | / | 132 | 3 / | | | | 14.7 |
| | 別海 | 3300 | | 148 | 152 | | | | / | | | / | | 5 / | | | | |
| 別海 | RJCN | | -1 | 112 | 118 | 325 | | 334 | 260 / 10 | -5 | | 14 / 119.5 | 118 | 10 / 52 | | | | |
| | | | | | | | | | / | | | / | | / | | | | |
| | RJCN | 214 | | | | | | | / | | | / | | / | | | | |

表 9 検証飛行 2 RJCN--RJCB (複路)

| FROM | TO | PA | TOAT | CAS | TAS | T C | VAR | MC | WIND | WCA | M H | ZONE/CUM DIST | GS | ZONE/CUM ETE | ETO | ATO | ATE | F/F |
|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|------------------|-----|-----------------|-----|-----|-----|------|
| RJCN | 虹別 | 214 | 4 | | | 240 | 9W | 249 | 280 / 10 | | | 14 / | | 6 / | | | | |
| | RCA | ↗ | | 111 | 111 | | | | | +4 | 253 | 11 / | 97 | 4 / | | | | |
| | 虹別 | 4500 | | 144 | 150 | | | | 280 / 20 | +4 | 253 | 3 / | 133 | 2 / | 03 | 03 | | 15.0 |
| 虹別 | KSE | 4500 | -7 | 143 | 150 | 220 | | 229 | 320 / 20 | +8 | 237 | 33 / 47 | 149 | 13 / 20 | 16 | 16 | 13 | 15.0 |
| | | | -7 | 148 | 156 | | | | 319 / 27 | | | / | 155 | / | | | | 15.6 |
| | | | -7 | 146 | 156 | | | | 319 / 27 | | | / | 154 | / | | | | 15.6 |
| KSE | 糠内 | 4500 | -6 | 144 | 150 | 250 | | 259 | 280 / 20 | +3 | 261 | 41 / 86.5 | 132 | 19 / 39 | 35 | | | 15.0 |
| | | | -7 | 150 | 160 | | | | 301 / 18 | | | / | 148 | / | | | | 15.6 |
| | | | -7 | 148 | 156 | | | | 306 / 26 | | | / | 144 | / | | | | 15.8 |

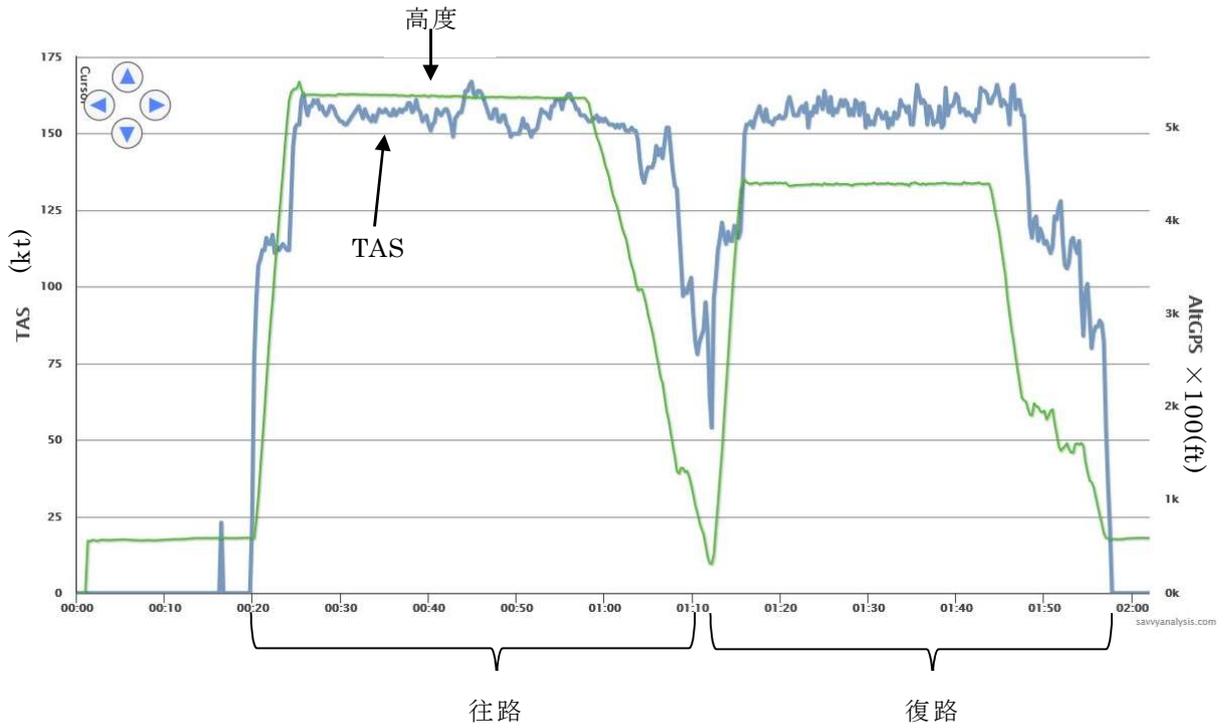


図 5 検証飛行 2 (TAS と高度の関係)

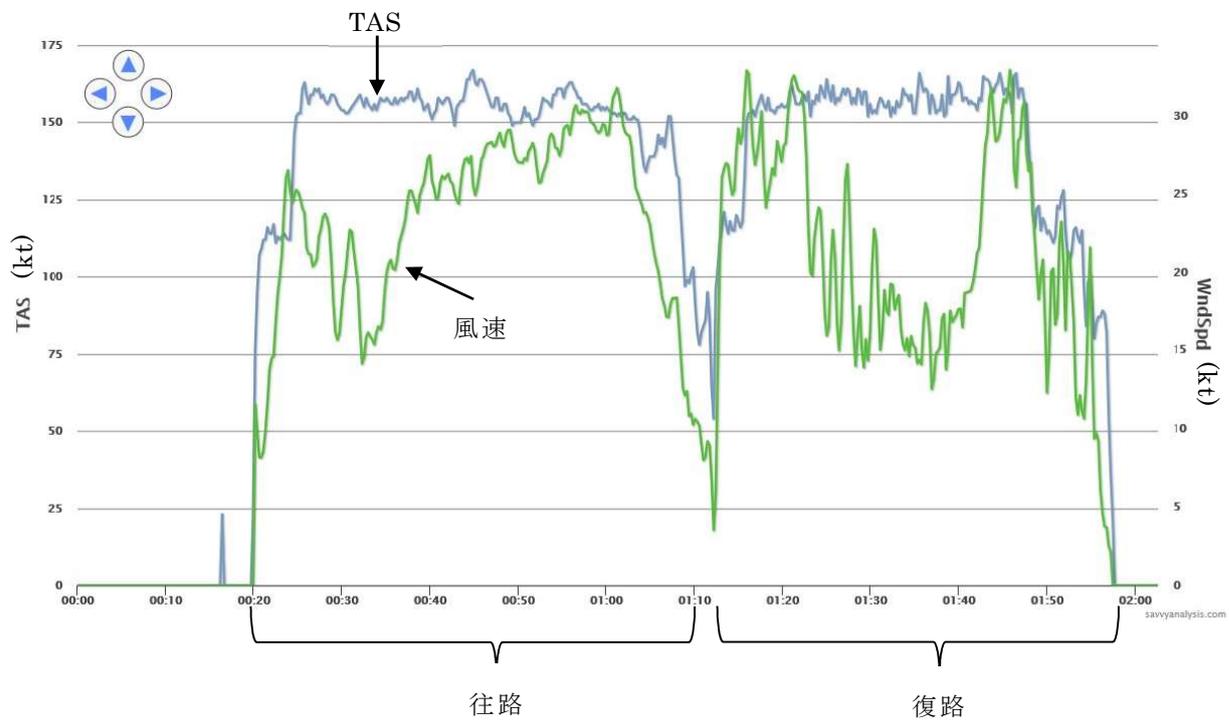


図 6 検証飛行 2 (TAS と風速との関係)

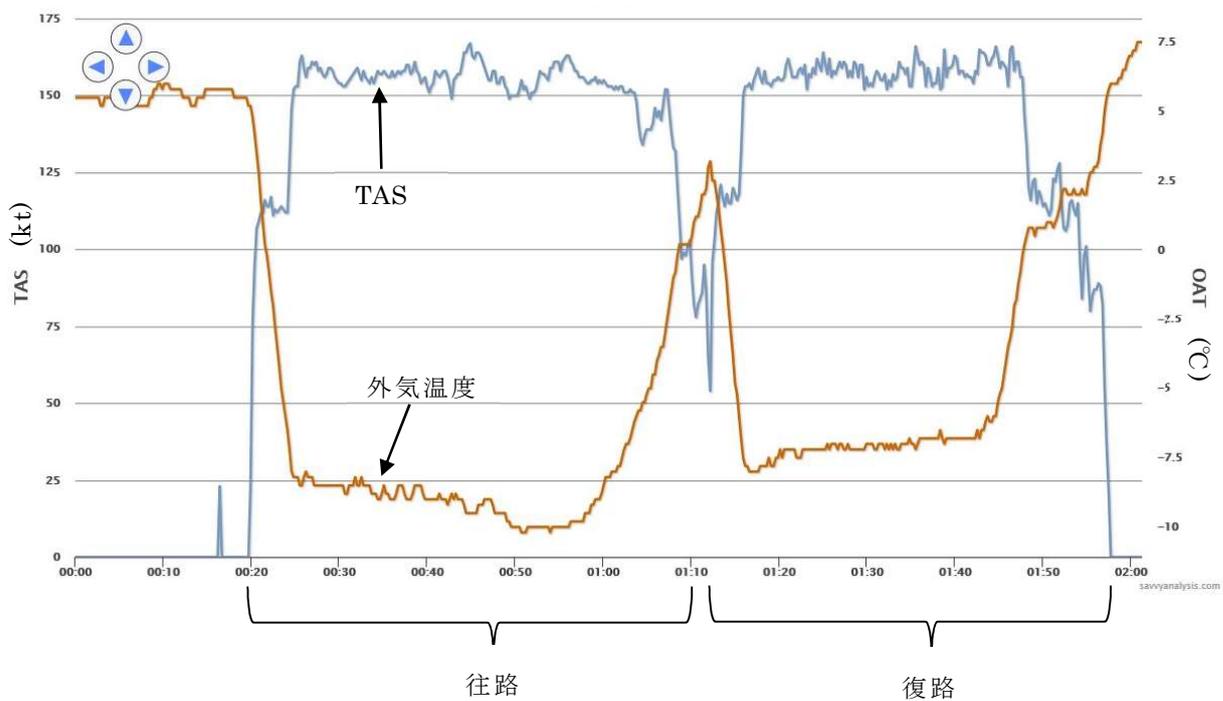


図 7 検証飛行 2 (TAS と外気温との関係)

7. 考察

巡航性能表（表 4）は、飛行データ（表 2 及び表 3）のほぼ一年を通して得られたデータから求めたものであるが、今回の検証飛行においてはスケジュールの制約の中で 2 回の検証飛行を行うことができた。それらを踏まえ巡航性能表（表 4）から作成した航法ログと検証飛行で得られたデータを比較し、その有効性を考察する。

7-1 巡航性能表（表 4）と検証飛行 IAS、TAS 及び GS との比較

検証飛行 1 の結果から、航法ログ上の IAS は往路では 148kt から 150kt、復路では 145kt から 163kt を記録していた。また、往路の TAS では 152kt から 160kt、復路は 154kt から 170kt と安定していない結果となった（表 6 及び表 7）。往路では巡航性能表（表 4）の数値と比較すると TAS152kt の計画に対し 160kt と最大 8kt、IAS は 143kt の計画に対し 150kt と 7kt 多い結果となった。GS については瞬間的な風の影響と思われる大きな変化以外 9kt ほど早い結果となったが、ATO の誤差は最大 2 分であった。

計画した外気温度及び風向風速の予想は G1000 の表示データではほぼ一致しているにも関わらず、TAS、IAS 及び GS はいずれも多い値を示していた。

検証飛行 2 においても検証飛行 1 と同様、巡航性能表（表 4）と航法ログ、往路（表 8）及び復路（表 9）の TAS と IAS の比較、G1000 からのデータと巡航性能表（表 4）の TAS の値を比較すると、往路、復路ともに 5kt から 10kt の誤差が見られたものの ATO の誤差は 1 分以内に収まる結果となった。

この検証飛行 1 及び検証飛行 2 と巡航性能表との差は、一定の短い期間での検証飛行であったこと、また飛行データ（表 2 及び表 3）から得たデータの条件に「3-3 気象条件 3) 気流は概ね安定していると予想されること」とはしたものの、実運航では局所的な上昇気流や下降気流の中での飛行、学生による諸元の維持不良となることから生じたものであることが考えられる。

7-2 燃料消費量

検証飛行 1 の往路で性能表との差が最大 1.5gal/h、復路では 2.2gal/h と計測

されたのに対し、検証飛行 2 の往路で 0.2 gal/h、復路では 0.8gal とほぼ巡航性能表（表 4）に近い値となっている。往路、復路の差について、これは 7-1 でも述べた実運航では図 3 及び図 6 から上空の風と TAS の変化が大きく、冬季による季節風の影響から局所的な上昇気流・下降気流の中での飛行から生じたものと思慮される。

7-3 機体重量による影響

検証飛行 1 の往路、復路を比較すると燃料消費による重量変化と思われる TAS の差（図 2）が表れているのに対し、検証飛行 2 ではその傾向は殆ど見られていない（図 5）。また検証飛行 1 と検証飛行 2 の乗員数による差は両検証飛行の往路、復路との差と比較しても機体重量による IAS、TAS の変化に相関性がある根拠は見られなかった。

巡航性能表のグレーの部分については、気温が高い場合に出力を加えないと IAS140kt を維持出来ないことから、この条件下での計画では回転数を飛行前に表から読み取り巡航の際の目安として提案する。

8. まとめ

飛行データ（表 2 及び表 3）をもとに一定期間の平均値から導き出された巡航性能表（表 4）の有効性を検討するため、高度及び外気温度が限定された条件下ではあったものの検証飛行を行った結果、帯広課程における野外飛行の操縦操作、基本知識の習得及び到達基準と照らし総合的に鑑みると、次の事を提案できるものと考えられる。

- 1) 航法計画の段階で作成した巡航性能表（表 4）を用い当該予定高度から外気温度を予想し TAS を求めるといった手順を踏み、飛行手順ではプロペラスピード 2,300RPM になるようパワーをセットする。
- 2) TAS の変化、気流の影響による GS の変化、また上昇・降下による高度変化を行ったとしても ETE の誤差は 1 分以内に収まり、また各レグ間でのチェックポイントでの ETO の修正をすることで、更に誤差は少なくで

きる。

- 3) プロペラースピード 2,300RPM 一定として求めた条件での IAS、TAS は、初等教育の帯広課程として求められる ETE、ETO 及び ATO の管理に影響を与えるものではないと考えられる。よって巡航性能表（表 4）のデータは、計画の段階での当該予定高度で予想される風向風速が実際の飛行と大きく乖離していなければ、有効なデータであることが判った。

帯広課程における野外飛行を行う上で、飛行計画から飛行手順までの資料とするために他の高度、外気温度帯でもその有効性を検証し、巡航性能表として提供することを今後の課題としたい。

まずは、2,300RPM 以下での運用の不都合さを回避できることがより安全な学生訓練に結び付けられること、及び今回の提案が帯広課程における野外飛行での巡航性能を決定する情報及び指針の一つになれば幸いである。

謝辞

本研究報告をまとめるにあたり助言をいただいた実科教官仲村成昭教授、データの編集作業に協力していただいた新宅広幸教官、また長期の測定にご協力いただいた帯広分校実科教官、学生の方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 独立行政法人航空大学校 単発事業用課程学生訓練実施要領 第 2 分冊
平成 29 年 8 月 4 日制定
- 2) 国土交通省航空局承認 「シーラス式 SR22 型 型式証明飛行規程」 平成 28 年 9 月 1 日制定 第 5 章性能 P5-23
- 3) Federal Aviation Administration (FAA) Doc No, CSB 09-11A
- 4) 前掲書 1) 第 8 章野外飛行 P8-2-5.(2) 巡航速度の TAS
- 5) SAVVY Analysis ホームページ

<https://savvyanalysis.com/home> (参照 2019.3.26)

5) 前掲書 1) 第 8 章【別添 8-1】

6) 国土交通省航空局 監修 財団法人 航空振興財団 「飛行機操縦教本」
P28

*1 指示高度とは、出発点における出発時刻の海面気圧を、高度計の気圧目盛りに設定して読みとった任意地点の上空における高度をいう。⁶⁾

*2 気圧高度とは、その場所の気圧と等しい気圧を与えるような標準大気内の海面から測った高度をいう。⁶⁾