

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こと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

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、校正対気速度 (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 RJC B-RJC N (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
RJC B	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	RJC N		-1	112	118	325		334	260 / 10	-5		14 / 119.5	118	7 / 48				
									/			/	/					
									/			/	/					

表 7 検証飛行 1 RJC N-RJC B (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
RJC N	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	/				

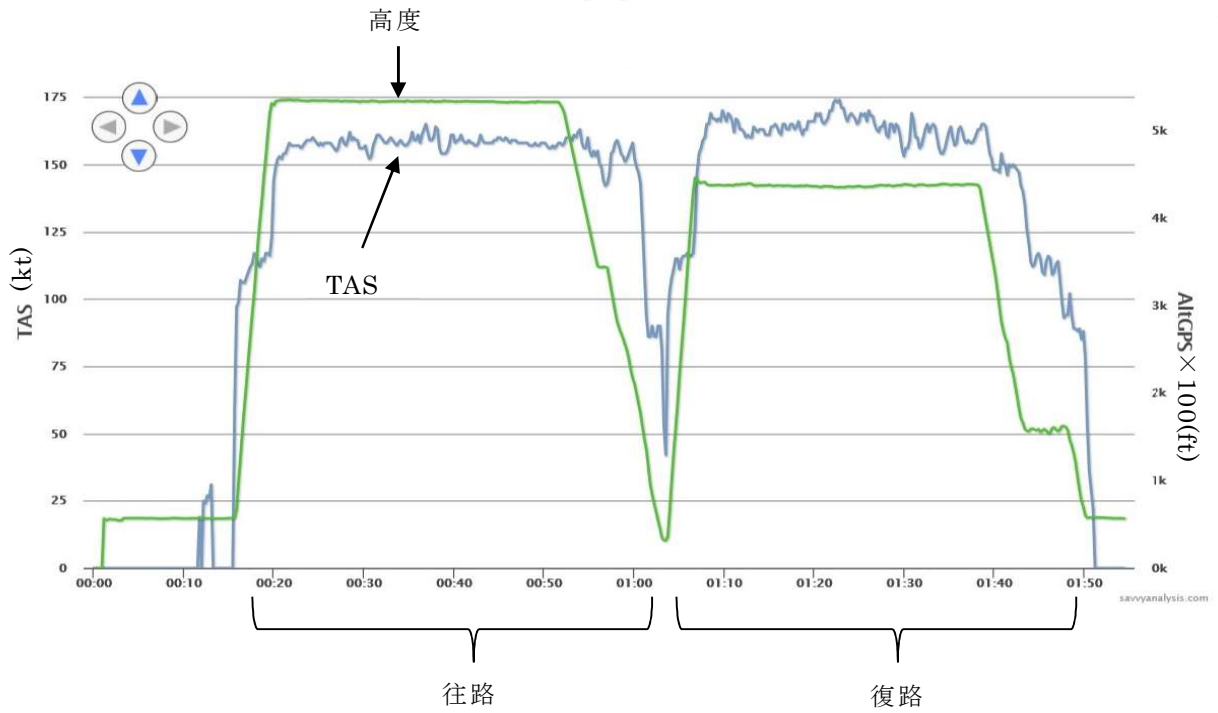


図 2 検証飛行 1 (TAS と高度との関係)

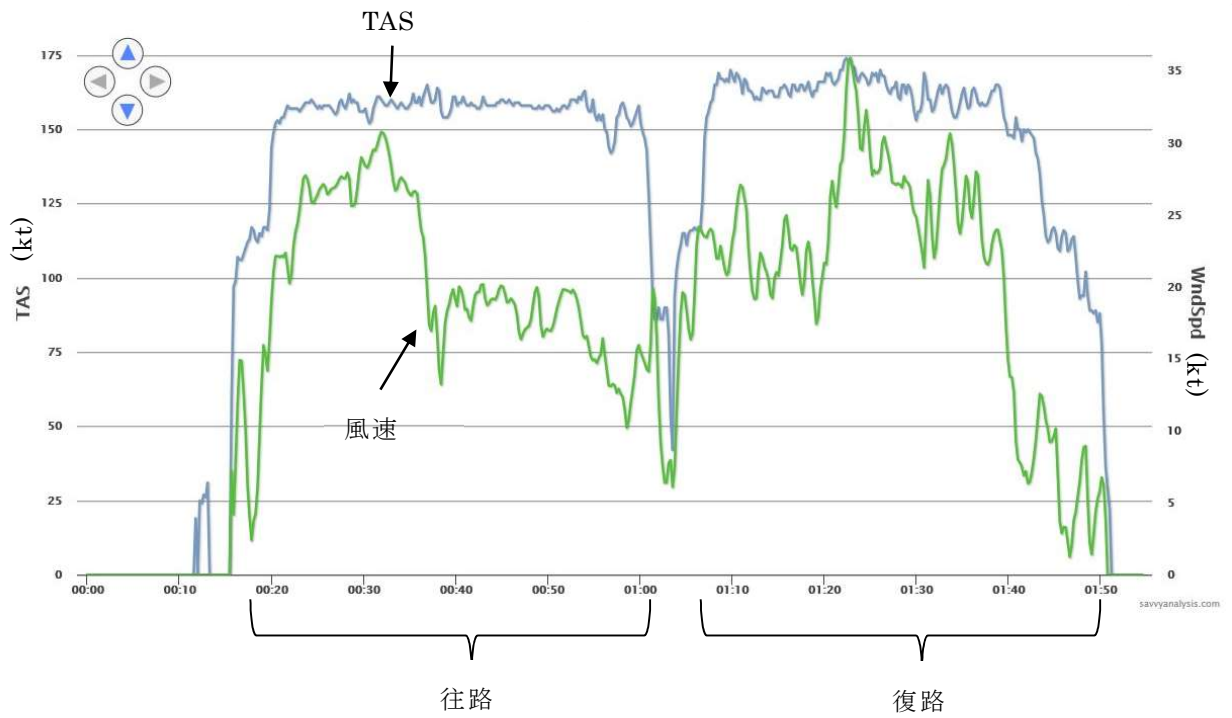


図 3 検証飛行 1 (TAS と風速との関係)

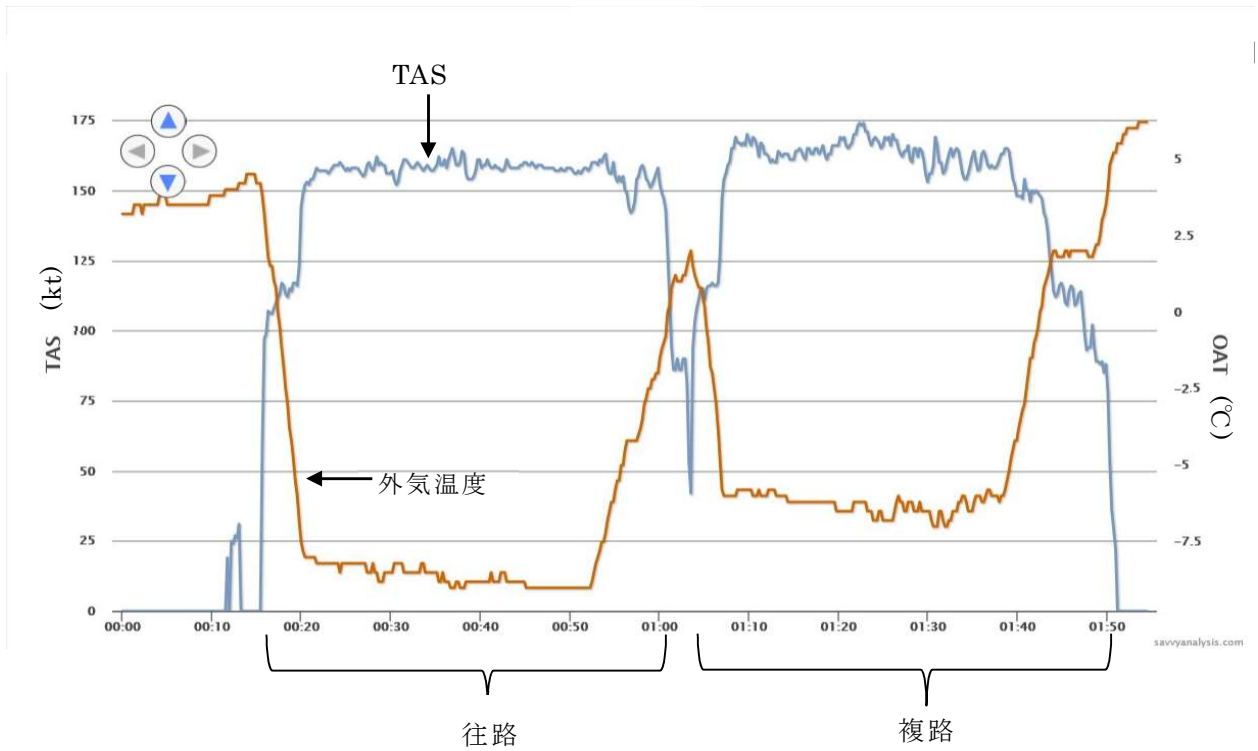


図 4 検証飛行 1 (TAS と外気温度との関係)

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

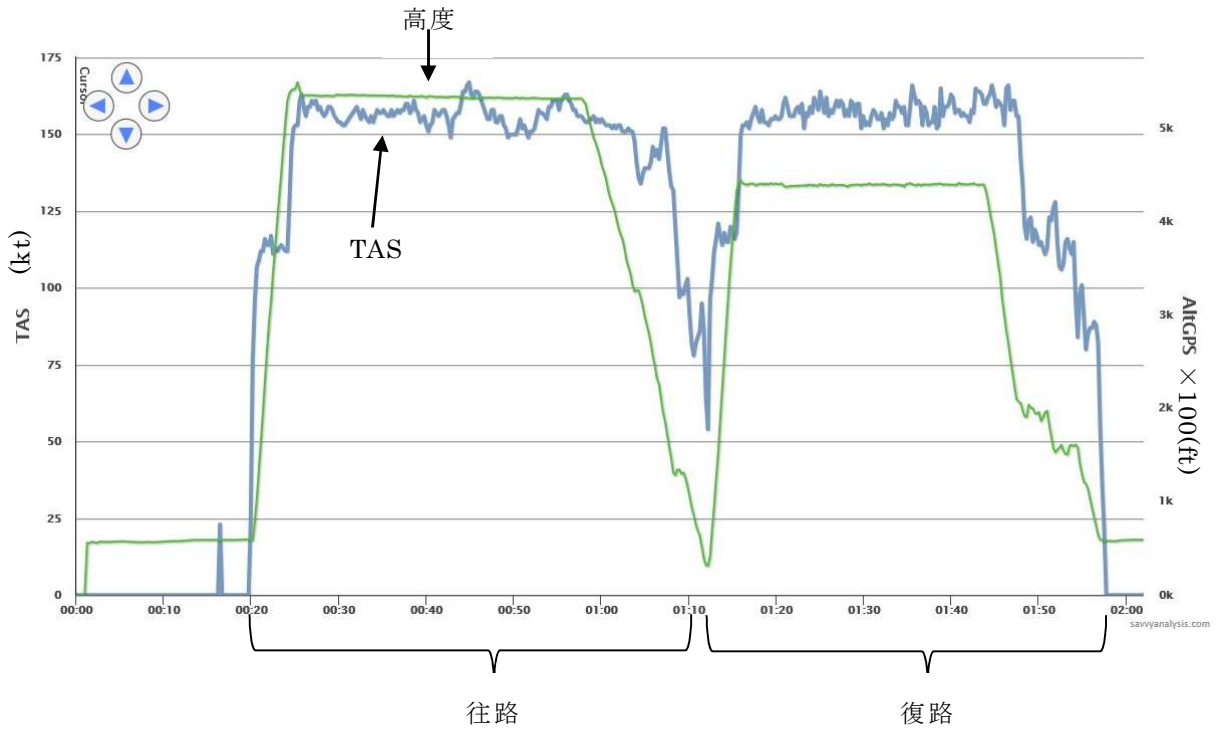


図 5 検証飛行 2 (TAS と高度の関係)

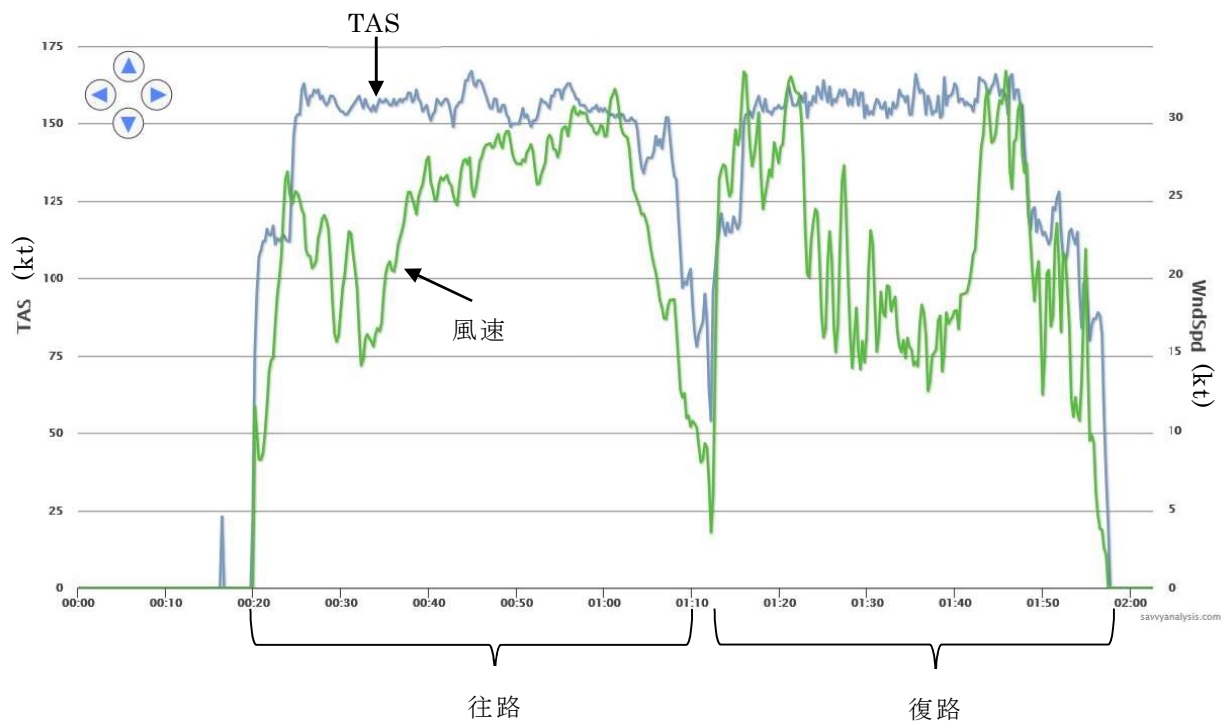


図 6 検証飛行 2 (TAS と風速との関係)

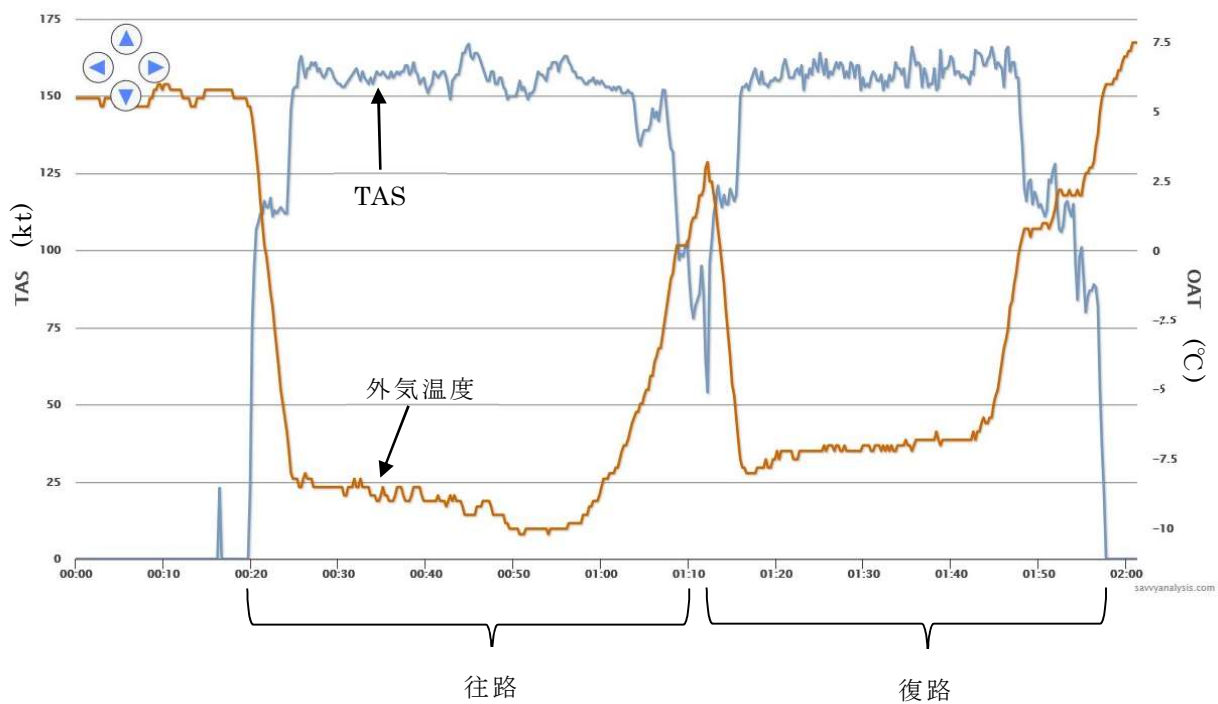


図 7 検証飛行 2 (TAS と外気温度との関係)

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する。

- 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⁾