

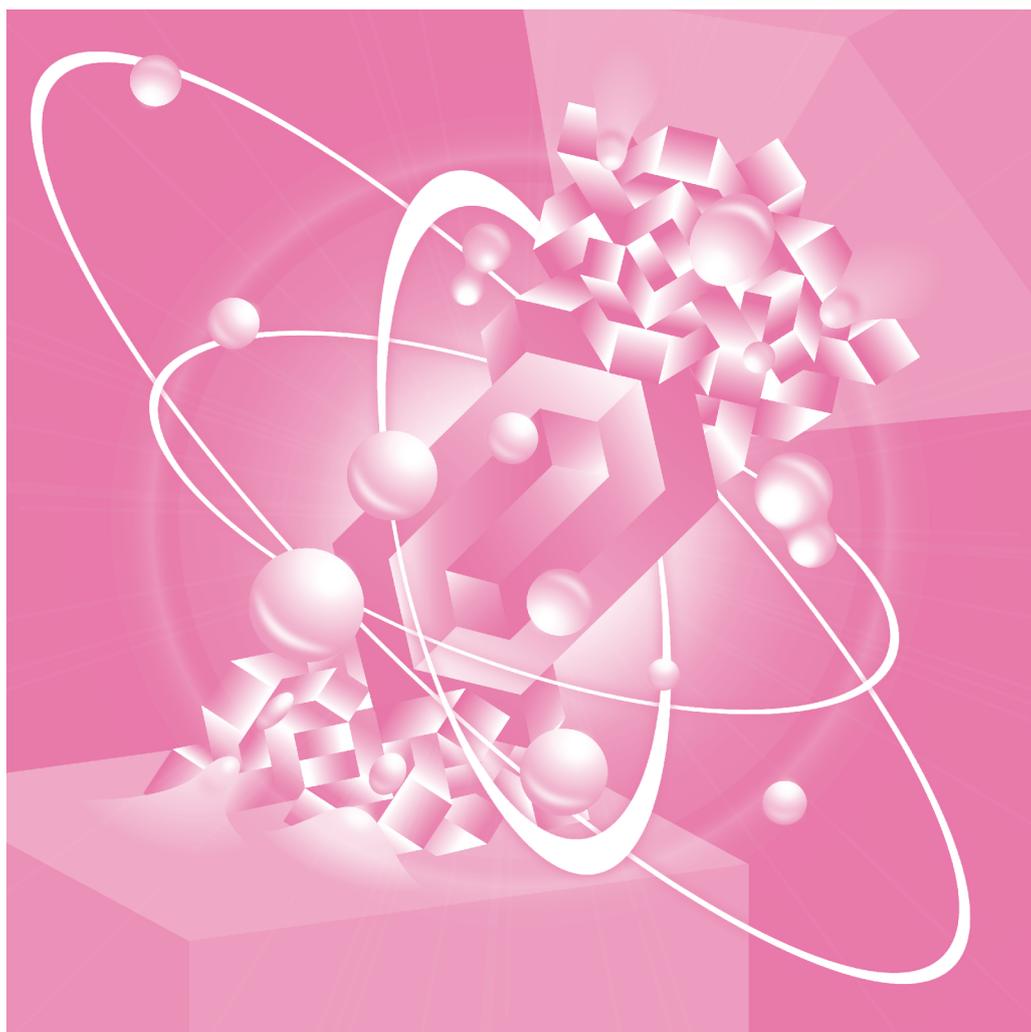
技能 と 技術

ISSN 1884-0345
通巻第311号

職業能力開発技術誌

1/2023

特集●ポリテクカレッジにおける技術支援・技能伝承への取り組み



Vol.58

技能と技術

1/2023号

通巻No.311

特集●ポリテクカレッジにおける技術支援・技能伝承への取り組み

特集①	ダイバーニーズを具現化したUSV「海洋ごみ運搬ロボット」の開発 ～SDGs14の達成に向けて～	1
	寺内 越三・牟田 浩樹・久場 政洋・岡田 正之／九州職業能力開発大学校 福田 佑介／海洋環境団体 Mr.DIVER	
特集②	千葉職業能力開発短期大学校成田校における職業能力開発について	7
	前田みづほ／千葉職業能力開発短期大学校成田校	
特集③	ピストンエンジン飛行機の動力関係操作に関わる技能の維持・継承	15
	合田祐三郎／千葉職業能力開発短期大学校成田校	
特集④	訓練用航空機の更新に関わる技術的調査・研究	31
	岩崎 道雄／千葉職業能力開発短期大学校成田校	

- 表表紙は、表紙デザイン（令和5年用）選考会にて最優秀賞に選ばれた長野県長野技術専門校画像処理印刷科の高橋清椰さんの作品です。
- 裏表紙は、表紙デザイン（令和5年用）選考会にて優秀賞に選ばれた沖縄県立具志川職業能力開発校メディア・アート科の上間大嘉さん（左）と宮城莉子さん（右）の作品です。

ダイバーニーズを具現化したUSV 「海洋ごみ運搬ロボット」の開発 ～SDGs14の達成に向けて～

九州職業能力開発大学校 寺内 越三, 牟田 浩樹, 久場 政洋, 岡田 正之

海洋環境団体 Mr.DIVER 福田 佑介

1. はじめに

海洋ごみは、海洋環境の悪化や海岸機能の低下、景観への悪影響、船舶航行の障害、漁業や観光への影響など、様々な問題を引き起こしている⁽¹⁾。海洋ごみの約8割は陸域起源で、陸で発生したものが河川を伝って海に流出したことがわかっており^(2,3)、全国各地では海洋ごみ問題の周知啓発と、海洋ごみの流出を少しでも防ぐことを目的に、街頭清掃活動や海岸清掃活動が実施されている⁽⁴⁾。

九州職業能力開発大学校応用課程生産システム技術系では、2004年度から開発課題実習において、海中ロボットの開発に取り組んできた。2020年度からは、テーマ名を「海中作業用ロボットの開発」と定め、マリーナに海上係留されるボートの船底をROV (Remotely Operated Vehicle) に内蔵したカメラで撮影し、操作者に映像を配信する「船底点検ロボット」など、地域社会で活躍する実用的な海中ロボットの開発に取り組んでいる。2022年度に開発した船底点検ロボットを図1に示す。

2022年4月、海中ロボット技術を用いて海洋ごみ問題に取り組む中で、海洋環境団体 Mr.DIVER (代表: 福田佑介) に出会った。Mr.DIVERは、海洋環境の改善と海洋ごみ問題の啓発を目的に、北九州市の観光地などで水中清掃活動を行っている。水中清掃とは、ダイバーが河川や海中に潜水し、不法投棄された大型ごみや生活排出された小型ごみの収集を行う活動である。水中清掃活動を図2, 3に示す。小型ご

みを回収する際は川底まで潜水し、収穫ネットにごみを拾い集め一定量たまったところで浮上し、川岸まで泳いで運搬する。川岸までは10mから50mを往復する必要があるため、ダイバーは体力を消耗し、作業効率は低下する。そこで、ダイバーが浮上後、回収したごみを浮上地点から川岸まで運搬するロボットがあれば、ダイバーは水中作業に集中することができ、水中清掃活動の効率化を図ることができる。

以上から、本課題では海洋環境の改善と海洋ごみ問題の啓発、水中清掃活動の効率化を目的に、ダイバーを支援するUSV (Unmanned Surface Vehicle) 型の遠隔操作型舟型協働ロボット「海洋ごみ運搬ロボット」を開発することを目標とした。

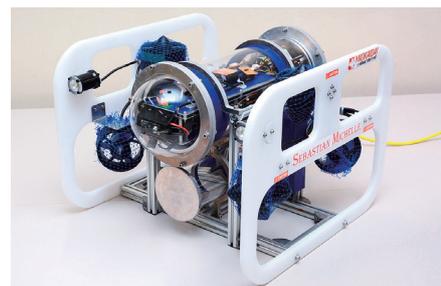


図1 船底点検ロボット



図2 水中清掃活動 (潜水作業)



図3 水中清掃活動（陸揚げ作業）

2. 地域の海洋ごみ問題とMr.DIVERとの出会い

2022年3月、海中ロボット技術を用いて海洋ごみ問題に取り組む中で、角島のことを知った。角島は、山口県下関市豊北町にある島で、青い海に囲まれながら角島大橋で島に渡ることができる絶景観光地である。角島を図4に示す。しかし、環境省が令和元年（2019）に実施した海洋ごみ調査により、角島は全国で最も多量の海洋ごみが漂着している地点であることが明らかになった。

3月16日、筆者（寺内）と岡田特任教授は角島に向かい、角島漁協了解のもと、環境省の調査が行われた北田の尻漁港海岸を視察した。角島の海洋ごみを図5に示す。丸石が集積する海岸には、多量の海洋ごみが打ち上げられていた。海岸線500mに渡り、養殖用フロートや漁網、ロープ等の漁具、材木や薬品ボトル、ペットボトル等、水に浮き海流で運ばれやすい海洋ごみが漂着していた。

角島の現状を目の当たりにしながら、将来の実証実験に向けて北九州市沿岸の海洋ごみホットスポットの調査を進めた。進める中で、昨年北九州市で「海のお掃除プラント&ロボット夢コンテスト（以下、「海のお掃除ロボコン」という。）」が開催されたことを思い出した。海のお掃除ロボコンは、海洋ごみの回収と海洋汚染の改善をテーマに、海洋環境を改善するロボットのアイデアを自由に表現するコンテストである。

コンテスト開催報告書の中から、Mr.DIVER福田佑介氏のアイデアが目にとまった。福田氏は、ダイビングインストラクターや潜水士の経験を生かして、河川ごみ回収ロボットのモデルを提案すると共

に、北九州市小倉北区を流れる紫川にごみフェンスを設置し、河川ごみ回収の実証実験を行っていた。

その後、TwitterやInstagram、YouTubeからMr.DIVERが北九州市内で水中清掃活動に取り組んでいることを知り、代表の福田氏に北九州市沿岸の海洋ごみの現状をヒアリングするために連絡を取った。

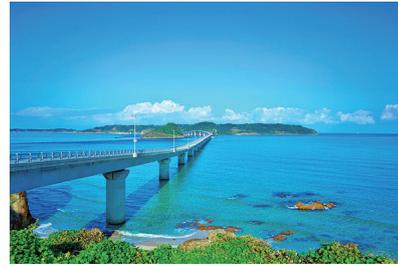


図4 角島



図5 角島の海洋ごみ

3. 水中清掃活動とロボットによる支援方法

4月14日、福田氏に來校していただき、水中清掃活動について伺った。

Mr.DIVERは、10余名からなるボランティアダイバーチームで、「2050年の未来の海を守るチーム」として、2019年から北九州市小倉を代表する紫川や、人気観光地である門司港レトロ等、多くの人の目を引く場所で水中清掃活動を行っている。

水中清掃活動は水深3mから5mの川底や海底で行われる。川底には不法投棄された自転車や車のタイヤ、バッテリー等の大型ごみや、瓶、缶、ペットボトル、財布等の小型ごみが広範囲に散乱している。視界が1mもない水中で、大型ごみは浮揚バッグを取り付け水面まで浮上させ、小型ごみは10kgまで

輸送できる収穫ネットに拾い集める。各種ごみは、ダイバーが川岸まで泳いで運搬する他、SUP（Stand Up Paddleboard）やカヤックに乗った水上スタッフが舟にごみを載せ、手こぎで川岸まで運ぶ。運んだごみを水中から岸に引き上げる際は、ごみに生じていた浮力が無くなるため、陸上スタッフも重労働を強いられる。

福田氏から、2022年度は10月22日に紫川清掃活動が実施されることを聞き、半年後の水中清掃活動に向けて共に協力しながら、清掃活動を支援するロボットを開発することを約束した。

後日、実習テーマに配属した15名の学生にサブテーマを選択させ、生産機械システム技術科（以下、「機械科」という。）から2名、生産電気システム技術科（以下、「電気科」という。）から2名、生産電子情報システム技術科（以下、「電子情報科」という。）から2名の学生が、ロボットの開発を担当することになった。

5月17日、再度福田氏に来校していただき、今度は開発担当学生から水中清掃活動の詳細と開発するロボットへのニーズについてヒアリングを行った。ヒアリングの様子を図6に示す。



図6 ヒアリングの様子

清掃活動は約2時間を予定する。清掃範囲は紫川水上ステージ（川上）から水環境館（川下）までの400mの水域で、川幅は50mから60mある。これまでは、カヤックに10kgの収穫ネットを2袋載せて川岸まで運び、水面から川岸まで0.5mから1m程袋を持ち上げていた。

福田氏からは、ロボットの本体には波乗りを使うボディボードが浮力材として利用できると提案していただき、また要望として、高速で回転するスラスタに手指や物が巻き込まれないように巻き込み防止

ネットを取り付けてほしい、ロボットの現在位置を潜水中のダイバーに示すために水中ライトで下方を照らして欲しい、ロボットの付近でダイバーが潜水中であることを示すために、潜水旗を掲げてほしいというダイバーへの3つの安全対策が挙げられた。加えて、親しみやすく覚えやすいロボット名をつけてほしいと告げられた。

その後、紫川清掃活動に求められる仕様と応用課程の習得技術要素を盛り込み、ロボットの機能要件を定義した。ロボットの本体は、ボディボードをボートフェンダー用フロートで前後から支え、上部に背の低いメッシュコンテナを載せ、下部に4つのスラスタをハの字に配置し構成する。そして、コンテナに20kgのごみを載せた状態で断続的に1時間以上稼働できること。ゲームパッドによる遠隔操作と200m以上の無線通信により、前後左右への移動と旋回ができること。ロボットの緯度、経度、方位、前方映像について、50m以上の無線通信により遠隔監視ができること。そして、ロボットが浸水したり、転覆したりする恐れがあるため、制御回路とバッテリーは水密容器に収めることとした。また、1時間の活動時間で、一度に10kgのごみを運搬することを10回繰り返し、合計100kgのごみを運搬することを目標とした。

続いて、ロボットによる水中清掃の作業支援手順を立案した。作業支援手順を図7に示す。はじめに、ダイバーとロボットが入水する。次に、ダイバーが川底のごみを収穫ネットに回収する。その後、ダイバーが浮上しロボットのコンテナに収穫ネットを載せる。最後に、ロボットを川岸に寄せ、陸上スタッフが、船を引き寄せるのに用いるボートフックに収穫ネットを引っ掛け、川岸に引き上げる。

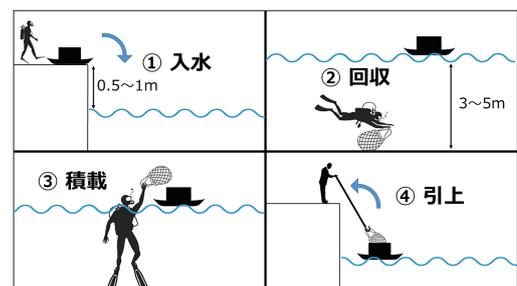


図7 清掃支援手順

4. 試作品の披露と学内プールでの実演

機能要件をもとに、機械科では本体を、電気科では無線通信とモータ制御回路基板を設計製作し、電子情報科では920MHz帯の無線通信実験などを行った後に遠隔操作ソフトウェアを作成し、ロボットを試作した。試作品を図8に示す。

7月20日、福田氏に向けて試作品を披露し、デザインレビューを実施すると共に、学内プールで実演を行った。また、この日からNHK北九州による密着取材撮影が実施された。

はじめに、実機と共にロボット名「海の宅配便」が披露され、次に、ロボットの基本仕様と2カ月間の各科の成果を説明し、レビューを行った。その後、学内の自作プール（全長7.2m、幅1.8m、水深0.7m）で5kgの重りを載せて航行するなど、実演をした。学内プールでの実演の様子を図9に示す。

レビューでは、ダイバーへの3つの安全対策に加えて、アルミフレームの先端にけが防止キャップを取り付ける等、細やかな対策を確実に講じることが確認され、実演では、ダイバーがごみを積載する際にフロートをつかむことが想定されるため、ロボットの浮力や浮上バランスが確認された。

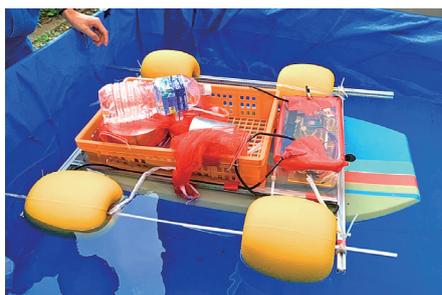


図8 試作品



図9 学内プールでの実演の様子

5. 試作品の改良とマリーナでの実演

9月30日、福田氏と共に新門司マリーナの1号栈橋で、改良した試作品を用いて紫川の流れを想定した航行実験を行った。改良品と開発メンバーを図10に、マリーナでの取材撮影の様子を図11に、マリーナでの実演の様子を図12に示す。

はじめに改良点として、ごみを載せやすいようにフロートの配置を変更したこと、Google Mapに現在位置を表示する遠隔監視画面を作成したこと、潜水中を示す潜水旗を掲揚したことを説明した。

次に、潮の流れがある中で、目的地に向けて航行できることを実演した。当日は中潮の引き潮であったが、風もなく流れは緩やかであり、ロボットを20m離れた流れのある海域まで航行させたが、潮に押し流されたり、無線通信が途切れたりすること無く、ゆっくりではあるが確実に航行することができた。途中、ロボットにつけていた命綱がスラスタに巻き込まれるというインシデントが発生したため、改めてダイバーへの安全対策の必要性を再確認することができた。



図10 改良品と開発メンバー



図11 マリーナでの取材撮影の様子



図12 マリーナでの実演の様子

6. 紫川清掃活動 実証実験

10月22日、北九州市小倉北区の勝山公園前艇庫前にて、北九州市立 水環境館主催による「第4回くいとめろ大作戦！」が開催された。当日は市民ボランティア20余名、ボランティアダイバー10余名が川岸と水中を清掃する中、実証実験の機会を得た。

ロボットはこの日までに、通信制御回路が水密容器に収められ、巻き込み防止ネットや水中ライトなどの安全対策が講じられた。開催前には、紫川で初めての試験航行を行ったが、その川の広さと流れの速さに圧倒され、航行速度が出ないことに不安が感じられた。

清掃前のオリエンテーションではダイバーの方々から、接近時にはスラスタを止めてほしい、転覆時はどうすれば良いか、触れてはいけない箇所はどこか、漏電対策はしているのかなどの意見や質問が上がり、それぞれ学生から回答し、理解を得た。

13時40分にロボットを川に浮かべ、6分後にダイバーから最初の運搬要請が入った。浮上地点にロボットを近づけると、ダイバーはフロートに手を掛けながら姿勢を保ち、ロボットには空き缶やペットボトル、弁当容器が入った収穫ネット2袋が載せられた。その後、ロボットを川岸に近づけ、学生たちにより袋が引き上げられた。コンテナにごみを載せるダイバーを図13に、ごみを運搬するロボットを図14に、ボートフックでごみを引き上げる学生を図15に示す。

続いて2度目の運搬要請が入り、再度浮上地点に近づけた。今度は1m四方のトタン板が載せられた。しかしその後、川岸への運搬中、川の中央で突然ロボットが停止し遠隔操作ができなくなってしまっ

た。やむを得ず、SUPに乗っていた福田氏にロボットを曳航してもらい、岸に引き上げた。

引き上げてみると、制御回路が収められたアクリル容器が焦げて溶けていた。容器を開け回路を観察すると、バッテリーと接続するケーブルの被覆が溶け、心線が溶断していた。その場でなすすべはなく、不本意ながら実証実験は終了した。

本実証実験では、一度だけ清掃支援手順に沿って海洋ごみを運搬することができた。しかし、目標であるごみ運搬を10回繰り返す、清掃範囲の終点となる水環境館にたどり着くことはできなかった。ロボットの活動時間は15分だった。

清掃活動の後、ダイバーの方々からは、思った以上にロボットが安定して浮いており、フロートをつかんでも安心して作業ができた点や、100kgまでの荷物を載せ、流れのある川を自由自在に行き来できるのであれば、海水浴場などで人命救助を行うロボットも開発できるのではないかなど、ダイバー経験を生かした前向きな意見を頂けた。

後日、事故発生の原因追求を行った。原因は紫川の流れに対応するために実証実験直前にスラスタの最高速度を上げた事。そして、Li-Poバッテリーと接続するケーブルの許容電流が低かった事であった。その後に行ったスラスタの負荷試験からも、モータ電流がケーブルの許容電流を大幅に超えていたことがわかった。

この日までのロボット開発の工程は、NHK北九州により密着取材撮影され、11月17日に「ニュースブリッジ北九州」で北九州地区に向けて、11月24日に「おはよう九州沖縄」で九州、沖縄地域に向けて、2023年1月4日には「おはよう日本」において、全国に向けて放送された。



図13 コンテナにごみを載せるダイバー

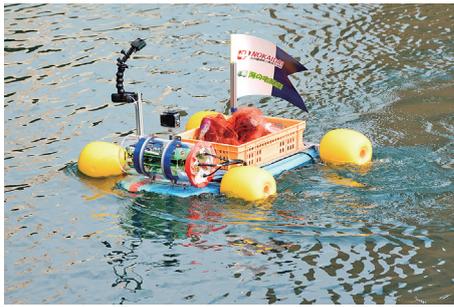


図14 ごみを運搬するロボット



図15 ボートフックでゴミを引き上げる学生

7. 海のお掃除ロボコンへの応募と受賞

紫川清掃活動に向けてロボットを開発すると共に、本取り組みの内容をまとめ、海のお掃除ロボコンへ応募した。応募に際しては3分間のロボット紹介動画を作成し、機械、電気、情報分野の設計図と共に送付した。紹介動画では、ロボットの概要、開発に至った経緯、清掃支援手順、開発の実現可能性と各科の進捗、動作の様子などをアピールした。紹介動画のオープニングを図16に示す。



図16 紹介動画のオープニング

その後事務局から、入賞した旨の連絡があり、最終審査に向けて新たに2分間の紹介動画を作成した。今度は、紫川清掃活動における実証実験の様子と、ダイバーとロボットが協力することで海洋ゴミ

を回収することができたことをアピールした。

11月20日、審査の結果、開発担当の学生たちは最優秀賞「Sea Cleaning賞」を受賞することができた。表彰式の様子を図17に示す。



図17 表彰式の様子

8. おわりに

海洋環境団体 Mr.DIVERが取り組む水中清掃活動の効率化を目的に、ダイバーを支援する遠隔操作型舟型協働ロボット「海洋ゴミ運搬ロボット」を開発した。

半年間に渡り学生たちは福田氏と交流を重ね、紫川水中清掃活動に特化し、ダイバーの安全に配慮したロボットを開発することで、ダイバーニーズを具現化することができた。さらに、ダイバーとロボットの協働作業の様子は報道され、高い評価を受けた。

今後も、海洋環境の改善と海洋ゴミ問題の啓発のために、Mr.DIVERと共に水中清掃活動を支援する協働ロボットを開発して行きたい。

<参考文献>

- (1) 環境省:令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 (2019)
- (2) 公益財団法人かながわ海岸美化財団:なぎさのごみハンドブック (2011)
- (3) 日本財団・日本コカ・コーラ株式会社:陸域から河川への廃棄物流出メカニズムの共同調査 (2020)
- (4) 日本財団:海ごみゼロウィーク (<https://uminohijp/umigomi/zeroweek/>)

本文中で使用した会社名、製品・サービス名は、各社の商標または登録商標である。

千葉職業能力開発短期大学校成田校における 職業能力開発について

千葉職業能力開発短期大学校成田校 前田 みづほ

1. はじめに

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構では、技術革新に対応できる高度な知識と技能・技術を兼ね備えたテクニシャン・エンジニア※を育成するため、全国24の職業能力開発短期大学校等に専門課程を設置（厚生労働省所管）し、主に機械システム系・電気電子システム系・電子情報制御システム系・居住システム系の知識・技能・技術を身に付ける職業訓練を行っている。このような訓練系の中で異色な存在が、輸送機械整備技術系航空機整備科であり、全国で千葉職業能力開発短期大学校成田校に唯一設置されている。

この度、技能と技術2023年1号において、千葉職業能力開発短期大学校成田校における教育訓練を紹介する機会を得たので、高度職業訓練の変遷、その一翼を担う千葉職業能力開発短期大学校の生い立ちなどに加え、生産技術科及び航空機整備科の高度職業訓練を紹介する。

※テクニシャン・エンジニアとは、習熟の積重ねによる熟練労働者ではなく、いわゆるテクニシャン等高度な技術的知識と実践的スキルを併せ持った適応力の豊かな技能及びこれに関する知識を身に付けた技能労働者のことである¹⁾。

2. 高度職業訓練の始まり

2.1 職業能力開発短期大学校の設立

昭和49年12月に職業訓練法及び雇用促進事業団法の一部が改正され、当時の雇用促進事業団（現独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構）が職業

訓練短期大学校を運営することとなり、全国の総合高等職業訓練校は、技能開発センター（現職業能力開発促進センター）と職業訓練短期大学校（現職業能力開発短期大学校）に再編されることになった。職業能力開発短期大学校は、表1に示すように職業訓練法の下でまず23校が設置され、さらに、職業訓練法を引き継いだ職業能力開発促進法の下で4校追加され27校となったが²⁾³⁾、その後全国的な組織の見直しにより、現在は24校の設置である。

2.2 千葉職業能力開発短期大学校の設置

全国的な動きの中で、平成3年4月に、千葉市にあった千葉総合高等職業訓練校（昭和30年4月開校⁴⁾）が、2年課程の生産機械科、電気機器科、木工科など9科を整理統合し、制御技術科、電子技術科、情報システム科、住居環境科、デザイン科の5科を設置する千葉職業訓練短期大学校に再編された。

この再編に併せて、成田市にあった成田総合高等職業訓練校（昭和45年4月開校）も機械科・溶接科・板金科の機械系3科を統合した生産技術科と昭和47年4月に設置された航空機整備科（国公立の大学等で唯一の整備部門の航空従事者養成施設）の2科を設置する千葉職業訓練短期大学校の成田校となった。千葉職業訓練短期大学校成田校は、この再編に併せて、実習棟・学生寮・セミナーハウスの建て替えも同時に行われた。図1に、昭和46年当時の成田総合高等職業訓練校の航空写真を、図2に平成3年当時の千葉職業訓練短期大学校成田校の航空写真をそれぞれ示すが、敷地内では校舎等の配置が変わり、周辺では平成6年に開業した公津の杜駅（京



図1 昭和46年当時の成田校航空写真



図2 平成3年当時の成田校航空写真

成電鉄)に向かうアクセス道路(図2上部中央付近)も作られた。

その後、職業能力開発促進法の改正に伴い、千葉職業能力開発短期大学校成田校(平成5年4月)、関東職業能力開発短期大学校附属千葉職業能力開発短期大学校成田校(平成13年4月)と名称変更し現在に至る(以下、「成田校」という)。



図3 千葉職業能力開発短期大学校本館

表1 職業能力開発短期大学校一覧

No.	開校年月	所在自治体	施設の名称
1	昭和50年4月	東京都小平市	東京※1
2	昭和53年4月	富山市魚津市	富山(北陸)※2
3	昭和55年4月	宮城県栗原郡築館市	宮城(東北)※2
4	昭和56年4月	岐阜県揖斐郡大野町	岐阜(東海)※2
5	同上	京都府舞鶴市	京都
6	同上	香川県丸亀市	香川(四国)※2
7	昭和57年4月	静岡県浜松市	浜松
8	昭和58年4月	栃木県小山市	小山(関東)※2
9	同上	岡山市倉敷市	岡山(中国)※2
10	昭和59年4月	青森県五所川原市	青森
11	同上	茨城県水戸市	茨城※1
12	昭和60年4月	鹿児島県川内市	川内
13	昭和61年4月	北海道小樽市	北海道 (北海道)※2
14	昭和62年4月	福岡県北九州市	北九州 (九州)※2
15	昭和63年4月	神奈川県横浜市	港湾横浜校
16	平成元年4月	石川県鳳至郡穴水町	石川
17	同上	広島県福山市	福山
18	平成2年4月	群馬県高崎市	群馬※1
19	同上	大阪府岸和田市	大阪(近畿)※2
20	平成3年4月	千葉県千葉市、成田市	千葉
21	平成4年4月	新潟県新発田市	新潟
22	同上	滋賀県近江八幡市	滋賀
23	同上	沖縄県沖縄市	沖縄(沖縄)※2
24	平成5年4月	秋田県大館市	秋田
25	同上	島根県江津市	島根
26	平成6年4月	高知県香南市	高知
27	平成10年4月	兵庫県神戸市	港湾神戸校

※1：廃校

※2：職業能力開発短期大学校に再編(括弧内は現在の大学校名称)

2.3 現在の千葉職業能力開発短期大学校

千葉職業能力開発短期大学校は、千葉県千葉市中央区問屋町に敷地面積約26,000㎡の土地に設置されており、6階建ての1号館(本館：図3)、2号館(実験・実習棟)、学生ホール・食堂、体育館、テニ



図4 成田校本館

スコートなどから構成されている。

また、成田校は、千葉県成田市並木町に敷地面積約34,000㎡の土地に設置されており、本館（図4）、実習棟、航空機格納実習棟、試運転場、視聴覚教室、セミナーハウス、学生食堂を併設した学生寮、体育館、グラウンド、テニスコートなどから構成されている。

設置科及び定員は表2に示すとおりであり、専門課程5科と専門課程活用型デュアルシステム訓練1科計6科のうち成田校に設置されている科は、前述のとおり生産技術科及び航空機整備科の2科である。

表2 設置科と定員

科名	定員	課程	キャンパス
電気エネルギー制御科	20名	専門課程※1	千葉
電子情報技術科	25名	専門課程	千葉
住居環境科	20名	専門課程	千葉
生産技術科	20名	専門課程	成田
航空機整備科	30名	専門課程	成田
メカトロニクス技術科	10名	専門課程活用型日本版デュアルシステム訓練課程※2	千葉

※1：専門課程とは、高校卒業者等を対象に、基礎的な技能・技術から専門分野に必要な高度な技能・技術までを体系的に習得する2年間の訓練課程

※2：専門課程活用型日本版デュアルシステムとは、政府の「若者自立・挑戦プラン」に基づき導入された、若者を企業における実習（OJT）とこれに密接に関連した教育訓練機関における実習（OFF-JT）を組み合わせることにより、実践力を備えた職業人に育てる訓練課程

3. テクニシャン・エンジニアの育成

職業訓練短期大学の設置が始まった昭和49年当時は、高校進学率の急激な上昇とともに、より高

度な内容をもつ新しい訓練課程が求められるようになった。また、著しく進展する技術革新の中で技術者と技能者との中間にあつて、技術開発・品質管理・設備機械の整備保全等の分野で、直接・間接問わず技術者を補佐し、技術部門と生産部門との間の連絡役を務めるテクニシャンに対する需要が急増している時期でもあった。当時の総合高等職業訓練校における養成訓練は、直接生産現場に就労する一般技能労働者の養成を目的とするものであり、テクニシャン・エンジニアのような新しいタイプの技能労働者の需要に応えられるものではなかった。さらには、我が国が技術立国として、持続的な経済成長を実現していくためには、基幹産業を各地域で支える中小ものづくり企業における技能・技術者の存在が不可欠であり、特に、中小企業を中心として技能・技術の伝承やものづくり技術を支える人材の確保・育成という課題もあった⁵⁾。

こうした要望に応えるために、全国に職業能力開発短期大学校（愛称：ポリテクカレッジ）を設置し、技術革新に対応できる高度な知識と技能・技術を兼ね備えたテクニシャン・エンジニアの育成を目的とした専門課程を実施している。

さらに、全国10箇所の職業能力開発大学校では、産業界や地域のニーズに応じて、新製品の開発、生産工程の構築等に対応できる将来の生産技術・生産管理部門のリーダーを育成することを目的とし、専門課程2年間に加え、さらに2年間学ぶ応用課程を実施している。

以下、成田校に設置されている専門課程の生産技術科及び航空機整備科について紹介する。

4. 生産技術科におけるテクニシャン・エンジニアの育成

4.1 生産技術科の教育訓練目標

世界的な製造業のグローバル化や技術革新に伴い、日本の製造業にはこれまで以上に高付加価値化、短納期化、低コスト化が求められている。また、精密機械部品に見られるような複雑化した形状

の加工には、最新のCAD/CAMシステムと高機能なNC工作機械の活用が不可欠であり、生産の自動化が進み、人が果たす役割も変化している。このような状況の中で、機械分野で働く労働者に求められるのは、機械・制御に関する基本と応用さらには創意工夫ができる技能・技術を持った人材である⁶⁾。

そこで、生産技術科では、ものづくりの原点である基本的な加工技術に加え、最新の加工システム技術にも柔軟に対応できる技能と技術を兼ね備えたテクニシャン・エンジニアの育成を教育訓練目標としている。

4.2 生産技術科の3つの技術と関連科目

生産技術科で身に付けることができる技術は大きく機械設計、機械加工、制御/計測の3つに分けることができる。

(1) 機械設計関連科目では、機械部品や機械装置の設計技術及び加工情報作成手法を習得する。以下に、代表的な3科目を紹介する。

①基礎製図

機械製図に関する規格等を正しく理解し、図面の読図及び基礎的な作図方法を習得する。

②機械設計製図

機械装置の仕組みを理解し、CADシステムを利用した設計手法を習得する。



図5 CAD/CAM実習

③CAD/CAM実習

図5に示すような3次元CAD/CAMシステムを使用して、京成スカイライナーの模型製作などさまざまな実習テーマに取り組み、加工情報を作成するまでの技術を習得する。



図6 ターニングセンタによるNC加工

(2) 機械加工関連科目では、各種工作機械・器具の操作方法とプログラムを使った加工技術を習得する。以下に、代表的な3科目を紹介する。

①機械加工実習

汎用工作機械（主に旋盤・フライス盤）を利用して金属切削加工技術を習得する。

②機械工作実習

板金及び溶接作業等の金属加工技術を習得する。

③数値制御加工実習

図6に示すようなターニングセンタやマシニングセンタの操作及びプログラミング技術を習得する。

(3) 制御/計測関連科目では、機械装置の制御技術と高精度な計測技術を習得する。以下に、代表的な3科目を紹介する。

①油圧・空圧制御

油空圧制御の特徴と利用分野、動作原理及び汎用的な回路について習得する。



図7 シーケンス制御実習

②シーケンス制御

図7に示すようなシーケンス制御の機器や基本論理回路について習得する。

③測定実習

精密測定に欠かせない各種測定器の使用法と精度及び測定技術を習得する。

4.3 生産技術科の修了後の進路

生産技術科修了生の直近3年間の進路（就職先及び進学先）は表3に示すとおりである。先述のとおり、生産技術科で身に付けることができる技術を生かした金型・機械部品製造業への就職が最も多く、次いで組立て調整・メンテナンス業、CAD設計業と続き、毎年就職率100%を達成している。また、さらに高度な技術を身に付けるために、栃木県小山市にある関東職業能力開発大学校（成田校の本校）応用課程生産機械システム技術科に進学する者も毎年数名いる。

表3 生産技術科修了生の進路

進路	令和元年度 修了生	令和2年度 修了生	令和3年度 修了生
金型・機械部品 製造	8	11	7
CADオペレータ ー・設計	1	1	1
組立て調整・ メンテナンス	3	2	3
その他	1	0	4
進学（関東能開 大応用課程）	2	3	4
官公庁	1	0	0
進路確定率	100%	100%	100%

4.4 各種技能検定・資格取得へのチャレンジ

生産技術科では、技能検定など資格取得を推奨しており、放課後を活用して、旋盤、フライス盤、機械製図CADなどの技能検定のサポートを行っている。また、カリキュラムに盛り込んだガス溶接技能講習やアーク溶接特別教育なども行っている。普通科出身の1年生たちが普通旋盤3級の課題（図8）に取り組む様子を図9に示す。



図8 技能検定（旋盤3級）の課題



図9 技能検定の練習風景

5. 航空機整備科におけるテクニシャン・エンジニアの育成

5.1 航空機整備科の教育訓練目標

最先端の科学技術を応用する航空整備技術は、航空機を安全に運航させる重要な役割を担っている。そこで、航空機産業分野で働く労働者に求められるのは、航空機整備に必要な知識及び技能・技術を備え、かつ、その技能・技術を活用できる想像力、改善能力を持った人材である⁷⁾。

航空機整備科では、まず学科目として、電気、電子、材料、力学など整備の基礎科目と機体の仕組み、プロペラに関する原理・構造・性能などの整備の専門科目を学習する。そして実技科目として、板金、計測、ボルトナット締結、ケーブルホースの製作、機体構造の分解・組立て・調整方法、ピストン発動機、プロペラの分解・組立て・調整方法などの整備技術を習得する。

これらの知識や整備技術に基づき、二等航空運航

整備士の国家資格取得を通して、航空機整備分野に必要なテクニシャン・エンジニアの育成を教育訓練目標としている。

5.2 航空機整備科の3つの技術と関連科目

航空機整備科で身に付けることができる技術は大きく飛行機の基本的な知識、実際の飛行機での整備作業、二等航空運航整備士の資格取得の3つに分けることができる。

(1) 知識関連科目では、飛行機はなぜ飛ぶのか（工学的理論）、飛ぶためのルールは何か（法規）などを踏まえ、飛行機の基本的な知識を習得する。以下に、代表的な3科目を紹介する。

①航空力学・航空法規

力学関連科目では、飛行機の翼の特徴、揚力及び抗力の発生原理などを習得する。また、航空法規では単に関連法規を習得するだけでなく、ヒューマンファクター（人間の能力と限界）についても理解する。

②材料学・機体学・機構学

飛行機はどんな構造か、材料は何か、どのように動くのか、などを習得する。

③発動機・プロペラ・装備学

エンジンやプロペラはどうして動くのか、装備品は何か、などを習得する。

(2) 整備作業関連科目では、主に整備に必要な機械要素、電気・電子要素となる技能・技術に加え、実際の飛行機の整備実習を通して、整備士に必要な技能・技術全般を習得する。以下に、代表的な3科目を紹介する。



図11 機体整備におけるジャッキアップ

①航空機基礎整備実習・機体実習

航空機基礎整備実習では、ボルト・ナット・リベット等の接合方法やケーブル作業などを習得する。図10にボルトの締結実習の様子を示す。また、機体の整備方法に関する実習では、図11に示すような機体のジャッキアップの方法や機体の各部分の動作などを学び、機体整備の技術を習得する。

②電気・電子・計器実習

電気部品・無線機器・計器等の取扱いや整備方法を図12に示すような実機（Piper社製アロー機）のcockpit内で実習するとともに、図13に



図10 ボルトの締結実習



図12 グラスcockpitの取扱い実習



図13 Cockpitのシミュレーター

示す電子・計測実習室内に設置した4台のシミュレーターも活用し、十分な実習時間を確保し技能・技術を習得している。

③発動機整備実習

図14に示すようなトップオーバーホール作業、エンジンの取り外し・取り付け、プロペラの日常点検・定期点検の内容などを学び、発動機全般の整備方法を習得する。さらに図15に示した試運転場において自分たちで整備したエンジンの試運転の方法を習得する。



図14 アロー機によるエンジン実習



図15 エンジン実習における試運転

(3) 二等航空運航整備士の資格取得には以下の3つの試験に合格しなければならない。

①二等航空運航整備士学科試験

国家資格の第一歩で1年生の3月に3科目の学科試験を受験する。

②二等航空運航整備士基本技術Ⅱ試験

2年生の10月に法規関連項目に加え13項目に及ぶ基本技術Ⅱ（計14項目）にわたる航空機整備基礎関係の技能審査を受験する。なお、基本技術Ⅰ

ではなく基本技術Ⅱを取得することにより、航空会社就職後、上位資格である一等航空整備士の資格を取得する際に試験科目の一部が免除となる。

③二等航空運航整備士専門技術試験

2年生の2月には、12項目に及ぶ整備に必要な知見及び技術と日常点検1項目の計13項目にわたり、最終試験となる専門技術関係の技能審査を受験する。この試験では、学生が普段の整備実習で取り扱っていて慣れ親しんでいる成田校保有の飛行機が試験機体として使用されるため、精神的な安心感が得られている。

5.3 二等航空運航整備士について

航空機には、大きく分けて飛行機（ジェットエンジンやレシプロエンジンがある）と回転翼航空機（ヘリコプターと呼ばれているもの）がある。前者については、機体の大きさなどから大型機と小型機に分類され、表4のとおり航空機整備に必要となる国家資格も細分化されている。

表4 航空整備士の分類（飛行機）

資格名	機体の種類	整備できる範囲
二等航空運航整備士	小型機	ライン整備
二等航空整備士	小型機	ドック整備・ライン整備
一等航空運航整備士	大型機	ライン整備
一等航空整備士	大型機	ドック整備・ライン整備

成田校では、小型飛行機の整備実習を通して、二等航空運航整備士の取得を目指している。この二等航空運航整備士資格で整備できる範囲は、表5に示すように、航空機整備の分類の中のライン整備に限られる。大がかりなドック整備を行うためには、航空整備士の資格が必要であり、航空会社に就職後実務経験を経て資格取得を目指すこととなる。例えば、成田校修了生の場合、成田校が国土交通大臣指定航空従事者養成施設であることから、在籍年数が実務経験として計上できるため、大型機のドック整備を行うことができる一等航空整備士の受験資格は、実質企業での2年の実務経験（大型機の6箇月以上の整備経験を含む）で得られる。参考までに一

等航空整備士の資格は、機種ごとに取得しなければならず、整備する大型機の機種が変更となる場合は資格を追加して取得することとなる。

5.4 航空機整備科の修了後の進路

航空機整備科では、表6に示すとおり、コロナ禍前までは大手エアライン2社を含め大型機及び中型

表5 航空機整備の分類

航空機整備の範囲	整備内容
ライン整備	航空会社が就航する空港で、就航する機材を対象に出発前の点検や発生する不具合の修復等を行う整備であり、出発前の限られた時間の中で点検・整備を行うため、運航乗務員や客室乗務員からの情報収集を行い、的確に整備を行った後に、次の運航乗務員に出発体制を確認して機材を引き渡す業務。
ドック整備	航空会社が定めている主要空港に隣接する工場の格納庫に機体を収容して点検・修理・改修・改造を行う整備である。 重整備に対応できる施設がない会社は、国内外の整備専門会社に委託を行い、その納期に機体の受領確認を行う。
ショップ整備 (社内資格)	工場内で油空圧系統部品、電気・電子・無線装備品を専門に取り扱う整備と航空機のエンジンを専門に取り扱う整備に大別される。それぞれの整備工場では、定期的又は不具合があったとき機体から取り降ろした部品を精密に点検・修理を行う。また、エンジン等は一つ一つの部品まで分解し、洗浄・検査・修理を行う。

表6 航空機整備科修了生の進路

	就職先	H29	H30	R1	R2	R3	R4 内定者
	修了者(R4 修了予定者)	30	27	28	28	30	25
大型機 中型機	ANAベースメンテナンステクニクス機	2	6	7	2	-	3
	ANAラインメンテナンステクニクス機	10	4	5	1	-	-
	ANAエンジンテクニクス機	0	2	0	0	-	3
	機JALエンジンアライン	5	8	4	3	3	4
	ジェットスタージャパン	0	1	0	0	1	1
	日本エアコミューター	0	1	0	0	1	0
	MRO JAPAN機	0	0	4	0	1	0
	日本トランスオーシャン航空	0	0	0	0	2	1
	アイベックスエアラインズ機	0	0	1	1	0	0
	オリエンタルエアブリッジ	0	0	0	1	1	0
	スカイマーク機	0	1	3	0	0	1
	ソラドエア	0	0	0	0	0	1
	パニラエア	3	0	0	0	0	0
	琉球エアコミューター	0	1	0	0	0	0
小計	20	23	24	8	9	14	
その他	小型機・回転翼等整備関連企業	0	2	0	7	4	2
	官公庁	1	0	0	0	2	0
	航空関連企業・部品製造企業等	8	2	4	9	14	9
	進学	1	0	0	4	1	0
	小計	10	4	4	20	21	11
合計	30	27	28	28	30	25	
進路決定率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

機の整備を行っている航空会社に定員の約7割程度が就職していた。残り3割程度の学生は、自衛隊などの官公庁の整備部門や航空機の部品などを製造する関連企業に就職していた。しかしながら、コロナ禍の影響が強まった令和2年度及び3年度については、大手エアライン系の就職が激減し、地方空港や生活路線、回転翼航空機（ヘリコプター）の整備を行う航空会社に就職することとなった。令和4年度は、大手エアライン2社の採用が復調してきたことなどから、コロナ禍前の水準に戻りつつある。進路決定率（進学及び就職）については、表6のとおりコロナ禍に関わらず毎年100%を達成している。

6. おわりに

成田校の設置目的は、企業が求める即戦力となる若手人材の育成であり、知識はもちろんのこと実践実習に力を入れている。将来は企業の生産技術部門や航空機整備部門などで、当成田校において身に付けた知識・技能・技術を如何なく発揮して活躍することを期待している。

7. 引用文献

- 厚生労働省職業能力開発局編，新訂版職業能力開発促進法，労務行政，2002
- 雇用促進事業団，「雇用促進事業団20年のあゆみ」，1981
- 雇用促進事業団，「雇用促進事業団30年史」，1992
- 雇用促進事業団，「雇用促進事業団10年史」，1971
- 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構，Start限りない可能性へ続く道，令和4年版
- 職業能力開発総合大学校基盤整備センター，専門課程標準カリキュラム集-機械システム系-，令和4年度版
- 職業能力開発総合大学校基盤整備センター，専門課程標準カリキュラム集-輸送機械整備技術系-，令和4年度版

ピストンエンジン飛行機の 動力関係操作に関わる技能の維持・継承

千葉職業能力開発短期大学校成田校 合田 祐三郎

1. はじめに

動力関係を操作する主なものは3本のレバーとマグネット・セレクタである。以下の内容は、ほとんどこの4つの操作についてである。

地上試運転における操作に加え、運航（飛行）中の操作についても記述している。

全般的に、「操作により定まる量・定まらない量」「操作の目的」「起こる現象」「良否判定基準」「故障探求」「調整方法」「変化したこと・変わらないもの」「操作順の理由」という観点で整理した。

推定によらざるを得ない部分もあるが、なるべく具体的に数値で示すようにした。

「操作レバー全般」を2に、「地上試運転（一部巡航飛行時）」を3に、「アフターバーニング事象（地上）」を4に、「プロペラ・ガバナーの働き（主に巡航飛行時）」を5に、「レバー操作の順（巡航飛行時）」を6にまとめた。

2. ピストンエンジン飛行機の動力関係操作レバー

一般的に、可変ピッチプロペラを装備したピストンエンジン飛行機の操縦席にある動力関係の操作レバーは次の3種類である。タービンエンジンプロペラ機（ターボプロップ機）もほぼ同様である。

左（黒）：スロットル・コントロール・レバー（以下、略して スロットル・レバー）

中（青）：プロペラ・コントロール・レバー（以下、略して プロペラ・レバー）

右（赤）：ミクスチャ・コントロール・レバー（以下、略して ミクスチャ・レバー）



2.1 スロットル・レバー

操縦席スロットル・レバー（黒）の操作により最終的に動くものは、気化器またはインジェクタ内の円形のスロットル・バルブである。このレバーは自動車のアクセルペダルに相当する。スロットル・

レバーの位置によって定まるものは、スロットル・バルブの角度のみであり、エンジン出力・トルク・MAP（吸気圧力）・回転数ともに定まらない。そのためスロットル・レバーの位置（スロットル・バルブの角度）を表現する場合には「スロットル開度」と記すことが多い。

確実に言えることは、レバーを前へ進めたときにはエンジン出力・トルク・MAPは増加し、手前に引いたときにはエンジン出力・トルク・MAPは減少することである。

出力＝トルク×回転角速度（回転数）の関係があるが、各単位系の標準単位でこの関係を表現すると、次のようになる。

①SI単位系：

$$\text{出力 (W)} = \text{トルク (N} \cdot \text{m)} \times \text{角速度 (rad/s)}$$

②メートル法重力単位系：

$$\text{出力 (PS)} = 1/716.2 \times \text{トルク (kgf} \cdot \text{m)} \times \text{回転数 (RPM)}$$

③ヤードポンド法重力単位系：

$$\text{出力 (HP)} = 1/5252.1 \times \text{トルク (ft} \cdot \text{lb)} \times \text{回転数 (RPM)}$$

ピストンエンジン飛行機の計器として「回転計」は必ず装備されているが、「出力計」「トルク計」は装備されていない。代わりに可変ピッチプロペラ機においては「MAP（吸気圧力）計」が義務装備となっている。

可変ピッチプロペラ機の操縦士は高度（外気温度）、回転数およびMAPの値から現在出力を捉えている。

同高度（同温度）においてトルクはMAPに比例しそうであるが、文献 [1] による実機性能表を見る限り比例はしていない。残念ながらMAPの値か

らトルクを知ることはできないが、性能表により出力レートと回転数とMAPの関係が与えられたものについては算出したトルクとMAPの関係を知ることができる。

スロットル開度に連動して動くものとして、加速ポンプ・エコノマイザ・アイドルバルブ・メタリングシャフト等があるが、本題ではないので省略する。

2.2 プロペラ・レバー

操縦席のプロペラ・レバー（青）の操作により最終的に動くものは、プロペラ・ガバナー内のスピーダスプリングの頭部側（上側）の位置である。プロペラ・レバーの位置によって定まるものは「選定回転数」である。そのためレバー横の固定部に回転数の目盛りがマーキングされている機種もある。

2.3 ミクスチャ・レバー

操縦席のミクスチャ・レバー（赤）の操作により最終的に動くものは、さまざまな方式に対してさまざまな呼び名があるが、1つのバルブである。いずれも燃料流量の微調整を行うものであり、燃料遮断も兼ねている。ミクスチャ・レバーの位置によって定まるものは、各種バルブの「燃料流路の開度」のみであり、燃料流量・混合比（燃空比）ともに定まらない。確実に言えることは、レバーを手前に引いたときには混合比は薄くなり、前に進めたときには混合比は濃くなることである。

2.4 TB10型の操作レバー

ソカタ式TB10型（フランス製・単発ピストンエンジン飛行機）の動力関係操作レバーの概要につい

表1 TB10型の動力関係操作レバー

操縦席レバー名称		末端機器	末端機器外部の接続箇所	末端機器外部レバー関係調整箇所	末端機器内部の動く箇所	レバー位置により定まる量
左	スロットル・レバー (握り 黒色)	気化器	スロットルバルブ コントロールレバー	アイドル側ストップ 位置調整ネジ	スロットル・バルブの角度	なし
中	プロペラ・レバー (握り 青色)	プロペラ・ ガバナー	コントロールアーム	最大回転数 調整ネジ	スピーダスプリングの 頭部側(上側)位置	選定回転数
右	ミクスチャ・レバー (握り 赤色)	気化器	ミクスチャ コントロールレバー	なし	ミクスチャ・メタリング・バルブ の開度	なし

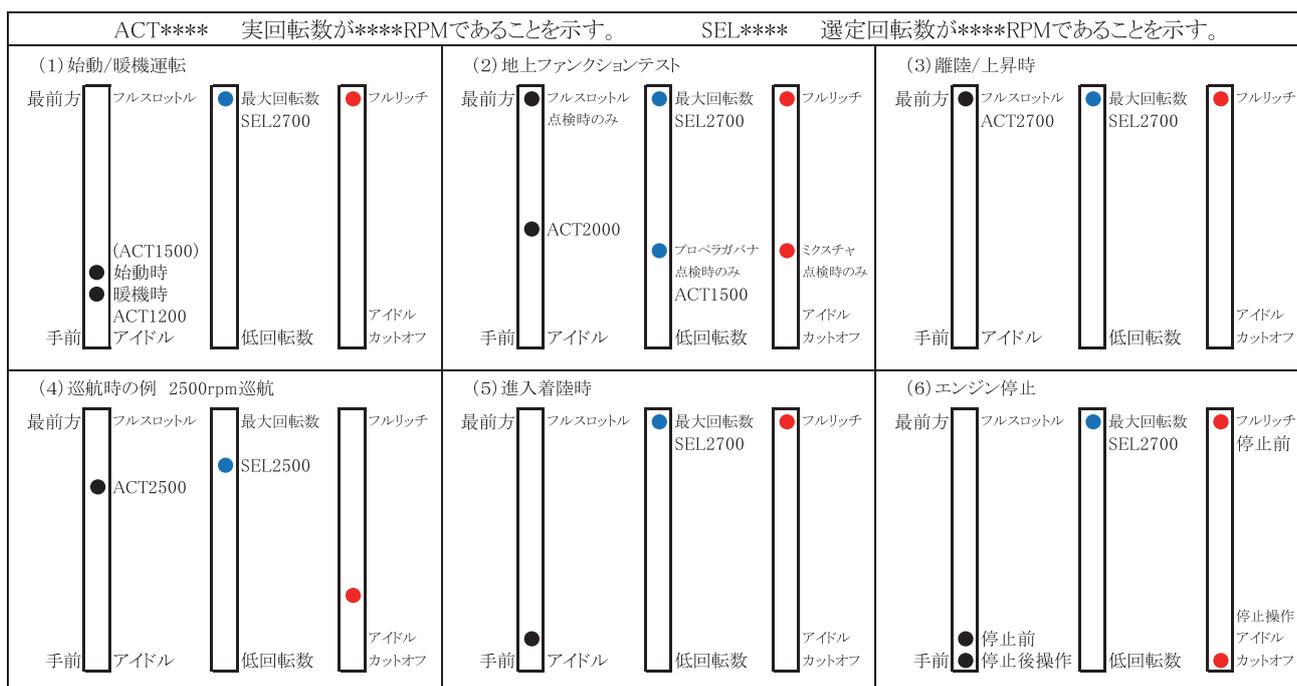


図1 TB10型、各状態における動力関係操作レバーの位置

て表1に示す。

同じくTB10型の地上および運航（飛行）中の操作レバーの位置について図1にまとめて示す。

3. ピストンエンジン飛行機の地上試運転

別表1 TB10型 試運転点検表の項目番号と照合し、「各操作の目的」「そのとき起こる現象」「良否判定基準」「故障探求」「調整方法」について解説する。

TB10型のエンジンは、自然吸気4サイクル水平対向4気筒、一般的航空機用ピストンエンジンであり、各シリンダ（各気筒）に2本の点火プラグをもつ。また、ダイレクトドライブ（直接駆動）であり、エンジンとプロペラの回転数は常に等しい。

3.1 点検表1-4, 6, 7, 8, 9の確認

この確認は、その後の1-11プロペラ・クランキング（手回し）時の不意の点火による事故の防止のために実施している。

3.2 点検表1-10フラップスイッチ位置の確認

この確認は、その後の1-21電源オン時に不意にフラップが動くことによる事故の防止のために実施している。

3.3 点検表2-8エンジン始動前のインジェクション（燃料注入）回数

スロットル・レバーをアイドルからフル、フルからアイドルに戻す操作を1回とする。加速ポンプ（ダッシュポット）を利用しているため操作速度により注入量が変わるので、普通（アイドルからフルまで1秒程度）での回数で示す。暖機ができている状態では1回行うのが最も良い。2-11スターター（始動機）オン後3秒以内に始動できる。当日の最初の始動時には3回が妥当である。

寒季においては、それでも始動できないことが多く、その場合にはスターターを回しながらインジェクション操作（スロットル・レバーを前後に動かす）を複数回行うことで10秒以内に始動できる。

3.4 点検表3-A電気リカルパワー・チェック

この点検は、夜間飛行に必要な十分な電気負荷を与えた状態で、オルタネータ（DC発電機）の発電量

別表1 TB10型 試運転 (TEST RUN-UP) 点検表

REV-05

様式 PCN-TRU-0601T

新規設定 2004.6.18 改定 2021.1.6

TB10 S/N	1054 1205 1243	日付	年 月 日
実施場所	始動時刻 時 分	運転時間	外気温 °C
ポリテクカレッジ成田	停止時刻 時 分	分	気圧 in-Hg
			実施者
			確認者

1. BEFORE ENGINE STARTING ※接地面、障害物の点検。

1.飛行前点検 Carried out	9.Engine controls Check deflections	17.Altimeter SET(QFE) 気圧記入
2.Choke Check Installed	10.Flaps control position actual posi.	18.All ind. static position check
3.Ext. Fire Extinguisher SET	11.Propeller Cranking(if necessary) *1	19.Flight controls and trim check
4.Magneto selector OFF	12.ALL PCB (6個) IN	20.GPU ON (合図)
5.Radio master switch OFF	13.Doors CLOSE	21.Main switch (呼びかけ合図) ON
6.Main switch OFF	14.Parking brake SET (合図)	Volt ck (.) V 外気温記入
7.All SB & PCB OFF	15.Seats, seatbelts, harnesses check	注意: M.S."ON"時、プロペラ回転を監視せよ! 回転時は即"OFF"!
8.Fuel selector OFF(CLOSE)	16.Alternate static source Pushed	

2. ENGINE STARTING *1 4~8BLADES

1.Advisory panel Check & Test	6.Fuel pump ON (Green light ON, F. Pres.Greensector)	9.Throttle 1/4 OPEN
2.Fuel selector OPEN(L.H. or R.H.)	7.始動時刻記入	10.Area Clear 確認 & START (合図)
3.Carburettor heating OFF(COLD)	8.Injection Throttle ope. few times (Cold engine only) *2	11.Magneto/start selector START Engine 1000 to 1200 RPM Oil Pressure Coming up 30秒以内
4.Propeller FULL FORWARD		
5.Mixture FULL RICH		

*2 HOT START 0~1

Oil Pressure Warning L/T ON 25psi以下

3. AFTER ENGINE STARTING

1.GPU Disconnect (合図) Battery Volt ck (.) V	4.Throttle 1200RPM	12.All Radios & Nav aids ON
2.Alternator SB ON (Amber light OFF, Voltmeter Greensector)	5.Turn Coordinator ON	13.All Radio & Navaid operational test
3.Fuel pump OFF (Green light OFF, F. Pres.Greensector)	6.Flaps TAKE OFF-LANDING-RETRACTED	14.Amber light OFF, Voltmeter Greensector
	7.Internal lighting ON	15.All Radios, Nav aids, elec. equip. OFF
	8.External lighting (合図) ON	B.Fuel selection check (Eng 900RPM)
	9.Fuel pump ON	16.Fuel selector from LEFT to OFF (Red light ON, Fuel. Pressure DROP)
	10.Pitot Heater ON Then OFF Light ck	17.Immediately Selector on RIGHT (Red light OFF, Fuel. Pres.NORMAL)
	11.Radio master switch ON	

注意: 滑油温度が黄色範囲のときは
1200RPMを超さないこと!

4. ENGINE RUN-UP

1200RPM	Oil pressure Monitor	2000~2250RPMは連続運転禁止!	Suction press.limit 4.4~5.2in-Hg	緩速IDLE運転は短時間!
1.Engine control friction Adjusted	2.Oil temp. Green sector	3.Fuel pressure Green sector		
RPM (合図) 2000	①MAP LIMIT 17.5以下 in-Hg	Oil temp. Green Mid 80°C	Oil press. Green Mid 75psi	Fuel press. 0.5psi
		②EGT	Volt LIMIT 28±0.2V	Suction press. in-Hg
			D.G. SET (分)	CHT °F
				IND 1250-1750° F 25° F間隔 3時方向は1450° F (*は1650°F)
2000	③A.Propeller check	Propeller lever Cycle twice(maxi. 500rpm drop)		良好 要点検
	④B.Magneto check RPM check	R.then BOTH ___rpm drop L.then BOTH ___rpm drop	Max.drop 175rpm on each Max.左右差 50rpm	LIMIT OUT時は2500RPM 1分後再度確認 良好 要点検
	⑤C.Carburettor heating ck RPM MAP check	Carburettor heating FULL HOT then OFF (COLD)	rpm drop , MAP down then up CAT increase (if engine cold)	良好 要点検
	⑥*.Mixture check RPM C°K	Mixture lever to LEAN	10~20rpm up then down , EGT increase	Up確認 要点検
IDLE	D.Engine check	(1)Throttle Idle	rpm Idle 700±50 rpm	良好 要調整
	⑦	(2)Mixture lever to IDLE CUT-OFF	rpm up Idle rpm up of 20 to 40 rpm	
1000 (合図)	⑧	(3)*.Acceleration check 加速2.5秒	Throttle 1000 to 2000 to 1000 rpm twice	良好 不良
(合図)FULL	⑩	(4)Full throttle (10 sec.maxi)	rpm MAP ___ Maxi.rpm 2680~2700	良好 要調整

5. ENGINE SHUT-DOWN / SECURING AIRCRAFT

1.Demisting,Cabin air flow & temp. ck	6.Magneto selector OFF (抜く)	12.Main swich OFF
2.D.G. drift ___° 経過時間 ___分	7.Throttle Idle	13.Alternator SB & Other All SB OFF
3.Throttle REDUCED 900rpm	8.停止時刻記入	14.Radio master swich OFF
4.Magneto cut-off (safety) test	9.Oil pressure warning light Illuminated	15.All PCB (6個) OFF
5.(合図)Mixture IDLE CUT-OFF	10.Fuel selector to OFF Red light on	16.点検表記載 内容確認・署名
CHT 320° F以下 or 安定	11.Parking brake to OFF Red light off	17.Control lock install (if necessary)
D.G. DRIFT LIMIT 15分で3° まで		18.機外点検

特記事項・不具合事項

ADF(190~1750KHz)	NHK:594KHz (298°)	TBS:954KHz (291°)
VOR(108~117MHz)	北総(HKE):115.0MHz (50°)	成田(NRE):117.9MHz (63°)
VHF(118~135MHz)Comm.	成田 [ATIS:128.25MHz App:125.80MHz Twr:118.20MHz Gnd:121.80MHz]	

が十分であり電圧が維持できていることを確認している。

3.5 点検表3-Bフューエルセレクション・チェック

この点検は、安全のためフューエル・セレクタ（燃料選択弁）オフにより燃料が遮断できることと、左右燃料タンクの切り替えがスムーズに行えることを確認している。

3.6 点検表4エンジン・ファンクションテスト（機能試験）

A：4① 回転数2000RPMにおけるMAP（吸気圧力）の値

この値は、標高が低い地点で通常の大気圧力の状態では16.5~17.5in-Hgである。この値が17.5in-Hgを超えている場合は何らかの不具合を抱えている。低ピッチ（羽根角11°30'）のプロペラを2000RPMで回すために必要な出力を得るのに、正常よりスロットルを開いていることになる。多くの場合は点火プラグの失火が原因である。1 [in-Hg]=3386.388 [Pa]

B：4② 回転数2000RPMにおけるEGT（排気ガス温度）の値

この値は、前述と同じ条件で1350°F~1375°Fが正常であり、1400°Fを超えている場合は何らかの不具合を抱えている。前述と同様、正常よりスロットルを開いていることになる。多くの場合は点火プラグの失火が原因である。

$$[°Fの値]=[°Cの値] \times 1.8 + 32$$

C：4③ プロペラ・チェック

この点検は、プロペラ・ガバナーの機能が働いていることを確認している。

現在プロペラ・レバーはフルフォワード（最前方）、すなわち選定回転数は2700RPM、実回転数は2000RPM、従ってガバナーはアンダースピード状態である。

プロペラ・レバーを手前に引き、選定回転数を現在の実回転数2000RPMより下げることにより、ガバナーをオーバースピード状態にしてプロペラ羽根角を増加させ実回転数が下がることをまず確認している。そしてプロペラ・レバーを前方へ戻すときに

は選定回転数を実回転数より上げたことになり、ガバナーをアンダースピード状態にしてプロペラ羽根角を減少させ実回転数が上がり2000RPMに戻ることを確認している。

この操作は、回転数を下げることが目的ではなく、正しく回転数が変化することが確認できればよいので、必要以上に回転数を下げないようにすべきである。TB10型では1500RPM以下にしないように注意書きがある。後述の「連続運用禁止範囲」と関係してくる。

D：4④ マグネット・チェック

この点検は、全8本の点火プラグが正常に点火できているかどうかを確認している。

マグネットとは点火専用の発電機であり、独立して2個（RマグネットとLマグネット）装備されている。各シリンダの1本の点火プラグはRマグネットに、もう1本の点火プラグはLマグネットにつながっている。マグネットの切り替えスイッチとしてマグネット・セレクタがあり、TB10型の場合は次の各位置（5ポジション）がある。



OFF：両マグネット無効

L：Lマグネットのみ有効

R：Rマグネットのみ有効

BOTH：両マグネット有効

(START：スターターオン PUSH必要)

通常はBOTH位置で運転している。このマグネット・チェックではRおよびLに切り替えたときの回転数の低下量によって点火状態の良しあしを判断している。正常な状態では約100RPM低下する。

(2000RPMから1900RPMに低下)

単純理論「固定ピッチプロペラの必要パワーは回転数の3乗に比例する。」を適用すると、デュアル点火（2重点火）に対し、シングル点火（単独点火）では約14%の出力低下となることが分かる。

150RPM程度低下し、回転数が不安定で回転計が

振れ、時々横振動を感じる状態になった場合は、点火プラグが時々失火している状態で不具合の兆候である。

操作前（BOTH状態）の点火プラグの状態を仮定し、RまたはLに切り替えたときの回転数の変化についての概算値を表2に示す。

表2 BOTH状態における点火プラグの状態 [仮定] に対する操作後（R又はL）の回転数の概算

操作前(BOTH)の点火プラグの状態	操作前デュアル単気筒出力	操作前デュアル総出力 *	操作後シングル単気筒出力	操作後シングル総出力	操作後回転数	不具合発生頻度
8本共 正常 (操作後4気筒)	P_0 とする	$4.0000 P_0$	$0.8574 P_0$	$3.4296 P_0$	1900 RPM	
1本失火している (操作後3気筒)	P_1 とする	$3.8574 P_1$	$0.8574 P_1$	$2.5722 P_1$	$(2.5722/3.8574)^{1/3} \times 2000 = 1747$ RPM	頻繁に起こる。5回に1回程度
2本失火している (操作後2気筒)	P_2 とする	$3.7148 P_2$	$0.8574 P_2$	$1.7148 P_2$	$(1.7148/3.7148)^{1/3} \times 2000 = 1546$ RPM	稀に起こる。
3本失火している (操作後1気筒)	P_3 とする	$3.5722 P_3$	$0.8574 P_3$	$0.8574 P_3$	$(0.8574/3.5722)^{1/3} \times 2000 = 1243$ RPM	ほとんどない。
4本失火している (操作後0気筒)	P_4 とする	$3.4296 P_4$	0	0	停止	起こりえる。対象マグネットの不具合

* 操作前デュアル総出力はすべて等しい。低ピッチ(羽根角 $11^\circ 30'$)のプロペラを2000RPMで回すのに必要なパワーである。従って、 $P_4 > P_3 > P_2 > P_1 > P_0$ 、対応するMAP(スロットル開度)の大小関係も同様である。すなわち、2000RPMファンクション・テストにおけるMAPの値が高い場合は、この不具合(失火)を抱えている可能性が高い。

8本の点火プラグのうち1本が失火している場合、約250RPM低下する。(2000RPMから1750RPMに低下) 頻繁に起こり、激しい横振動を伴う。

2本が失火している場合、約450RPM低下する。(2000RPMから1550RPMに低下) まれに起こる程度である。同様に激しい横振動を伴う。

経験が必要であるが、この不具合を事前に察知することは、前述AおよびBのMAPおよびEGTの値を注意深く見ることによって可能である。

この不具合が起きたときの対処として、比較的混合比の薄い中出力・高回転でしばらく運転して、点火プラグの汚染を取り除く操作を行っている。それでも改善しないときにはエンジンを停止し、プラグを取り外して清浄にする必要がある。

E : 4⑤ キャブレターヒーティング・チェック

この点検は、気化器の凍結防止のためのヒーターが作動することを確認している。

キャブヒート・レバーを手前いっぱい(HOT)に引き、回転数が低下することおよびCAT(気化器空気温度)が上昇することをもってヒーターの作動を確認している。

通常、回転数は約150RPM低下する。約21%の出

力低下となる。

燃焼用空気の流路が変わり流れの抵抗が増加することによる混合気の容積流量・MAPの低下、さらに吸気温度の上昇による質量流量の低下が加わり大きく出力が低下する。

MAPの値は一時的に低下するが、その後の回転数の低下・流速の低下に伴う静圧の上昇により、ほぼ操作前の値に戻る。

F : 4⑥ ミクスチャ・チェック

この点検は、気化器において空気・燃料混合比(空燃比)を変化させ、巡航時に適正な混合比に調整できることを確認している。

ミクスチャ・レバーは巡航時以外の運転中はフルリッチ(最前方)に置く。

エコノミークルーズ(燃費優先・60%出力)の場合には、レバーを手前(リーン側)に操作し、EGTがピーク(最大値)になる所に置く。

パフォーマンスクルーズ(時間優先・75%出力)の場合には、EGTがピークの位置から前方(リッチ側)に戻し、EGTが75°F下がる所に置く。

各種状態におけるミクスチャ・レバーの位置および操作について、表3にまとめて示す。

表3 各種状態におけるミクスチャ・レバーの位置および操作

空燃比(燃空比)は質量比		ミクスチャ・レバー位置						
		地上試運転			運航(飛行)			
		ファンクションテスト ミクスチャ・チェック (2000RPM)	アイドルリング ミクスチャ・チェック (700RPM)	ファンクションテスト フルスロットル (2700RPM)	離陸 上昇 (2700RPM)	巡航飛行(例)		進入 着陸 (低回転数)
空燃比 (燃空比)	混合比名称				エコミークルーズ (2300RPM)	パフォーマンスクルーズ (2500RPM)		
濃 ↑	10.0 : 1 (0.100) 10.5 : 1 (0.095)	高出力混合比			フルリッチ	フルリッチ		
	11.1 : 1 (0.090)	緩速混合比		フルリッチ 中間				フルリッチ
	12.0 : 1 (0.083)		フルリッチ			フルリッチ	フルリッチ	
	12.5 : 1 (0.080)	最良出力混合比	中間 回転数ピーク	カットオフ寸前 回転数ピーク		中間	ここに設定 EGT 75 °F 低	
	15.0 : 1 (0.067)	理論混合比	中間			中間	中間	
薄 ↓	16.0 : 1 (0.0625)	最良経済混合比	中間			ここに設定 EGTピーク	中間 EGTピーク	
	17.0 : 1 (0.059)	(過薄)	中間 回転数不安定			中間 エンジン不調(振動)	中間 エンジン不調(振動)	

地上試運転におけるこのチェックでは、ミクスチャ・レバーをフルリッチ（最前方）から手前（リーン側）に操作し、回転数の微妙な上昇の後、低下が続き、やがてエンジン回転が不安定になることをもって混合比の変化を確認している。

プロペラ低ピッチ（羽根角11°30'）の固定ピッチプロペラ状態で行うため、出力の変化が回転数の変化となって現れる。最良出力混合比となる位置で最大回転数となる。

フルリッチ位置での回転数2000RPMに対し、レバー操作範囲の中間よりやや手前の位置でピーク回転数2010～2020RPMが確認される。

さらに手前（リーン側）に操作すると、回転数が徐々に低下していき、1900RPM強まで低下した所でエンジン回転が不安定となる。（薄すぎ）

なお、この操作はピストンエンジン飛行機の現在のマニュアル上には規定されていない。

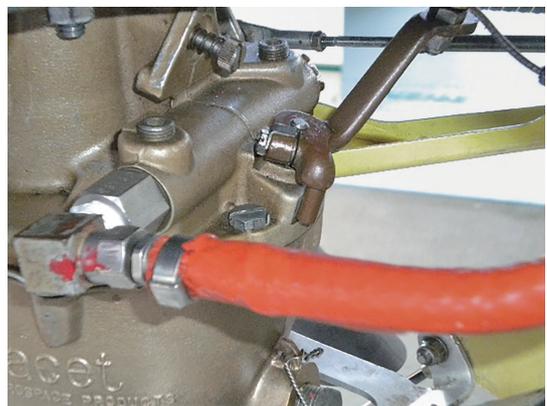
かつては0～10RPM上昇という規定があった。

“0RPM上昇で良いのであれば操作の必要はない”という考えであろうか。気化器にもこの上昇量を調整する機能がないので、規定を外れていても調整はできない。

当航空機整備科では、ぜひ学生に体験してもらいたく思い、この項目を残している。

G : 4 ⑦ アイドリング回転数チェック

この点検は、スロットル・レバーをアイドル（手前いっぱい）に操作した時の回転数が規定値内に



あることを確認している。TB10型の例では700±50RPMである。

調整が必要な場合は、気化器のスロットルバルブコントロールレバーのアイドル側ストップ位置を決める調整ネジにより行う。CW（時計回り）に回すとアイドル回転数が上がる。CCW（反時計回り）に回すと下がる。経験上、1/4回転（90°）で約40RPM増減する。

アイドルリング回転数を規定する理由について、文献等に記載が見当たらないので自身が推定する。飛行の最後、進入着陸時に関係し、「アイドルリング回転数が低すぎるとエンジン回転が不安定となり空中でエンジンが停止するおそれがあること」、「アイドルリング回転数が高すぎると進入速度および高度の細かな調整ができず、着陸に要する滑走距離が長くなってしまうこと」と推定する。



H：4⑧ アイドリング・ミクスチャ・チェック

この点検は、ミクスチャ・レバーがフルリッチの位置で混合比が適度に濃くなっていることを確認している。(空燃比11.1：1)

ミクスチャ・レバーをフルリッチ（最前方）から手前（リーン側）に操作し、燃料遮断（カットオフ）寸前に上昇する回転数の最大値を見極めることにより確認している。TB10型の例では20～40RPM上昇が規定値である。

なぜここで回転数が上昇するかを理解することが重要である。アイドリング時にはミクスチャ・レバーの前方操作広範囲（フルリッチ～かなり手前まで）において燃料流量は変化しない（濃いまま）。かなり手前からさらに手前へ引くと、燃料の遮断が始まり混合比が薄くなり、やがてエンジンは切れる（停止する前にフルリッチに戻す）。その間に最良出力混合比となる所があり、その時に回転数が最も上昇する。

この上昇回転数が大きいときはフルリッチ状態での混合比が濃いことを意味し、上昇回転数が小さいときはフルリッチ状態での混合比が薄いことを意味する。

調整が必要な場合は、化器のアイドリング・ジェット孔の開口面積を変える調整ネジにより行う。CW（時計回り）に回すと開口面積が減り、燃料流量が減ることにより混合比が薄くなる。結果、ミクスチャ・チェック時の上昇回転数が減る。CCW（反時計回り）に回すと開口面積が増え、燃料流量が増えることにより混合比が濃くなる。結果、ミクスチャ・チェック時の上昇回転数が増え

る。経験上、1/2回転（180°）で約10RPM増減する。

この調整を行った場合には、Gのアイドリング回転数も変化するため、再度アイドリング回転数の調整が必要となることもある。



アイドリング時に混合比を濃くする理由は、文献[2]に次の記載がある。「低速運転時にはバルブ・オーバーラップが高出力状態に適するように設定されているため、燃焼室内に排気が残って混合気を薄め、またエンジン温度も低く燃料気化が不十分となるので混合比を濃くする必要がある。」

なお、アイドリング操作GおよびHはなるべく短時間で完了するよう心掛ける必要がある。長時間行くと、点火プラグの汚染が進み失火の原因となる。

I：4⑨ 加速チェック

この点検はFのミクスチャ・チェック同様、ピストンエンジン機の現在のマニュアル上には規定されていない。良否判定基準を定めることが難しいからであろう。

実施する場合はスロットル・レバーを緩やかに操作し、1000RPMから2000RPMまで2.5秒程度で加速できればそれによしとしている。急激な操作をすると必ずアフターバーニング（後述）を起こすので避けなければならない。

一般的にピストンエンジンの加速は大変よく、問題となることはない。一方、タービンエンジンにおいては重要なチェック項目となっている。

当航空機整備科では、多くの学生が就職先でタービンエンジン機を取り扱うことになるので、参考としてこの項目を残している。

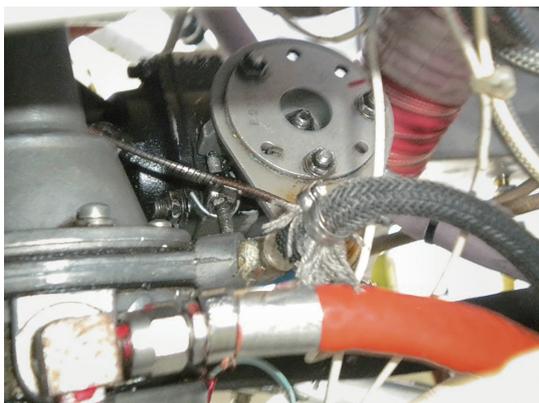
J : 4⑩ フルスロットル・チェック

この点検は、スロットル・レバーをフルスロットル（最前方）まで操作し、プロペラ・ガバナーの最大回転数ストッパーの調整が適正であることと、エンジンが所定の出力を発揮していることを確認している。

TB10型の例では最大回転数は2680～2700RPMに規定されている。出力に余裕があるため、もしこの抑制がなければエンジン／プロペラ回転数は3000RPMを超えるであろう。103%（2781RPM）以下のオーバースピードに対しては特に対処は必要ないが、それを越えるオーバースピードを起こした場合には相当な対処が必要になる。ゆえに、この操作中は回転計を常に注視し、目安2750RPMを超えることがないようにしなければならない。2750RPMを超えるようであればフルスロットルまで操作してはならない。

最大回転数の調整が必要な場合は、ガバナー・コントロールアームのストップ位置を決める調整ネジにより行う。CW（時計回り）に回すと最大回転数は低くなる。CCW（反時計回り）に回すと最大回転数は高くなる。経験上、1回転（360°）で約30RPM増減する。

フルスロットル時のMAP（吸気圧力）について、TB10型の様な自然吸気エンジンにおいては大気圧（標準29.92in-Hg）を超えることはない。低高度の地上試運転においては約28.5in-Hgが標準であり、大気圧の高低に伴いスライドする。この最大MAPの値が正常であることおよび十分に回転数が上がっていることをもって、エンジンは所定の出力を発揮していると判断している。



なお、この操作はなるべく短時間で完了するよう心掛け、周囲への騒音に配慮しなければならない。

3.7 点検表5-4 マグネット・カットオフテスト

この点検は、マグネット・セレクタをOFF位置にしたときエンジンが切れること（地上作業の安全）を確認している。

スロットル・レバーでエンジン回転数を900RPMまで下げた後、セレクタをOFF位置にし、エンジンが切れ回転数が500RPM程度まで下がったことを確認した後、速やかに（停止する前に）L位置そしてBOTH位置に戻す。

この操作は、その後の地上作業をするときの安全確保のための確認であり、エンジン停止直前に行うのが望ましい。

もしエンジンが切れないようであれば、多くの場合マグネットのグラウンドライン（接地線）の断線または接触不良である。

3.8 点検表5-5 エンジンの停止

エンジンの停止は、ミクスチャ・レバーをアイドルカットオフ（手前いっぱい）に操作してシリンダ内の混合気を燃焼しつくして停止させている。航空ピストンエンジンの場合には、その後の地上作業の安全のために、なるべくシリンダ内および吸気系統に燃料を残さないようにしている。

うっかりマグネット・セレクタの操作でエンジンを停止してしまった場合には、ドライ・モータリング（掃気）で余分な燃料を排出している。

4. アフターバーニング（後燃え）現象についての考察

アフターバーニングとは、排気管内において混合気が爆発的に燃焼することをいう。すさまじい爆発音を伴い、人の安全上・周囲の環境上・エンジンの破損上、なるべく避けなければならない現象である。

4.1 アフターバーニング現象の詳細について

文献 [2] に記載があり転記すると、

a 「混合気が濃すぎると炎速度が遅くなり、未燃焼ガスが排気の中に残って空気が排気管外から入り、この未燃焼ガスと混じって着火する。」

b 「点火プラグの失火で、未燃焼混合気が排気管内に排出され着火する。」とある。

ここに、未燃焼ガス：着火されたが十分に燃えきっていないガス未燃焼混合気：着火していない混合気記載がないため自身が追加して、

c 「混合気が濃すぎてシリンダ内で着火できずまたは十分に燃焼せず、未燃焼混合気または未燃焼ガスが排気管内に排出され着火する。」

着火源についても記載がないため考えられるものを追加して分類すると、

d 「排気管の高温部の熱」

e 「正常燃焼して追いかけてきた排気の熱」

4.2 アフターバーニングを起こす項目

実際に、アフターバーニングを経験する場合は次の4つである。

I：点検表2-11エンジンスタート時

II：点検表4④マグネット・チェック時にうっかりマグネット・セレクタをOFF位置にしてしまい、その後L（R・BOTH）位置に戻した瞬間

III：点検表4⑨加速チェック時にスロットル・レバーを急激に前へ進めたとき

IV：同4⑨加速チェック時および4⑩フルスロットル・チェック時にスロットル・レバーを急激に手前へ引いたとき

4.3 現象の詳細と着火源の考察

I の場合の現象は a または c、着火源は d または e と考えるが断定し難い。

II の場合の現象は確実に b である。セレクタ OFFの間には起こらないことから、着火源は d ではないことが証明される。したがって、着火源は e としか考えられない。

III の場合の現象は「気化器の加速ポンプの働きによるもので、過度の燃料供給により一時的に混合気が濃すぎる状態になること」で間違いはない。このときの回転数は1500RPM以上であるので、空気が排気管外から入ってくるとは考えられない。したがって、この現象は c と考える。アイドリング・チェックの後であることから排気管の温度はさほど高くないので、着火源はやはり e と考える。

IV の場合の現象は「急激にスロットルを絞ったために、気化器内のスロットル・バルブ後流部の圧力（密度）が急激に低下する一方、燃料ノズルから排出される燃料流量はその慣性により直前と変わらず、一部の混合気が過濃となること」と推定する。前述 III と同様に、この現象は c と考える。着火源も同様に e と考える。

考察結果をまとめて表4に示す。

表4 アフターバーニング（後燃え）についての考察

	アフターバーニングを起こす項目	アフターバーニングが起こる時の条件・操作	現象の詳細	着火源	操作ミス時の発生頻度	アフターバーニングを回避する手段
I	エンジンスタート時	エンジンHOT(暖機)状態 プライミング回数多め	a又はc	d又はe	/	暖機時のプライミング回数を控える。
II	マグネット・チェック時 (2000RPM)	マグネット・セレクタをOFF位置から戻した瞬間(操作ミス)	b 確実	e 確実	50%以上	注意深く操作する。
III	加速チェック時	スロットル・レバーを急激に前へ進めた0.5～1秒後(操作ミス)	c	e	100%	穏やかに操作する。
IV	加速チェック時 フルスロットル・チェック時	スロットル・レバーを急激に手前へ引いた0.5～1秒後(操作ミス)	c 推定	e	100%	穏やかに操作する。

5. プロペラ・ガバナーの働き

飛行機用プロペラは大きく分けて「固定ピッチプロペラ」と「可変ピッチプロペラ」がある。「可変ピッチプロペラ」にも数種類あるが、現在の実用機に使用されているものはほとんど「定速プロペラ」である。「フェザリング・プロペラ」も「リバース・プロペラ」も「定速プロペラ」の一種である。定速プロペラにはプロペラ・ガバナーが必要である。

5.1 プロペラ・ガバナーの機能（役目）

- (1) エンジン／プロペラ回転数を選定する。（手動）
- (2) 選んだ回転数を維持する。（自動）

実回転数が選んだ回転数（選定回転数）にならない場合は次の2つである。

- ・低ピッチ（可変範囲内で最も低い羽根角）のプロペラを選んだ回転数で回すだけのエンジン出力がないとき。（小出力時、ガバナーはアンダースピード状態のまま）
- ・高ピッチ（可変範囲内で最も高い羽根角）に達しているのに、既に選んだ回転数より高回転になっているとき。（急降下時、ガバナーはオーバースピード状態のまま）

5.2 ガバナーの回転数選定機能（手動）

ガバナー内部のスピーダスプリングの頭部側（上側）位置により選定回転数が決まる。ガバナー外部のコントロールアームを回すと、この位置が変わる。プロペラ・レバーはケーブル等を介して、このコントロールアームを回している。すなわち、プロペラ・レバー位置により選定回転数が決まる。言い換えると、プロペラ・レバーは「回転数セレクトレバー」である。

5.3 ガバナーの回転数維持機能（自動）

ガバナー内部のスピーダスプリングのスプライン側（下側）位置が、パイロットバルブの位置となる。パイロットバルブが唯一特定の位置にあるとき、プロペラとの油路が断たれ、プロペラ内部にあ

る油量はそのまま維持される。すなわち、羽根角はそのまま維持される。この状態を「オンスピード状態」という。

ガバナー内部のフライウエイトはエンジン回転数に比例した回転数で回され、その遠心力（回転数の2乗に比例）によってスピーダスプリングの下側（パイロットバルブ）を持ち上げる構造になっている。パイロットバルブは常に、この持ち上げる力とスピーダスプリングの張力が釣り合う所に位置し、この位置がちょうど「オンスピード状態」になるときのエンジン回転数が「選定回転数」であり、スピーダスプリングの頭部側（上側）位置により変化する。

パイロットバルブが「オンスピード状態」より上側にあるときを「オーバースピード状態」といい、多くの「単発機用定速プロペラ」の場合にはプロペラ内部に油を送り込む向き、「フェザリング・プロペラ」「リバース・プロペラ」の場合には内部の油を抜く向きに働き、羽根角を高くする。

パイロットバルブが「オンスピード状態」より下側にあるときを「アンダースピード状態」といい、多くの「単発機用定速プロペラ」の場合にはプロペラ内部の油を抜く向き、「フェザリング・プロペラ」「リバース・プロペラ」の場合には内部に油を送り込む向きに働き、羽根角を低くする。

ガバナー回転数維持機能の応答例①②③④を表5に示す。

表5 プロペラ・ガバナーによる回転数維持機能の応答例

機体/エンジンの操作		応答過程	変化したこと	変わらないもの
①	水平飛行から 降下飛行に移行	飛行速度増加⇒プロペラ回転負荷減少⇒実回転数増加⇒ 「オーバースピード状態」⇒羽根角増加⇒プロペラ回転負荷増加⇒ 実回転数減少⇒「オンスピード状態」元の回転数に戻る。	飛行速度増加 羽根角増加	選定回転数 実回転数 出力、トルク、MAP
②	水平飛行から 上昇飛行に移行	飛行速度減少⇒プロペラ回転負荷増加⇒実回転数減少⇒ 「アンダースピード状態」⇒羽根角減少⇒プロペラ回転負荷減少⇒ 実回転数増加⇒「オンスピード状態」元の回転数に戻る。	飛行速度減少 羽根角減少	選定回転数 実回転数 出力、トルク、MAP
③	スロットル・レバーを 前方へ移動 (出力増加)	実回転数増加⇒「オーバースピード状態」⇒羽根角増加⇒ プロペラ回転負荷増加⇒実回転数減少⇒ 「オンスピード状態」元の回転数に戻る。	出力、トルク、MAP増加 飛行速度増加 羽根角増加	選定回転数 実回転数
④	スロットル・レバーを 手前へ移動 (出力減少)	実回転数減少⇒「アンダースピード状態」⇒羽根角減少⇒ プロペラ回転負荷減少⇒実回転数増加⇒ 「オンスピード状態」元の回転数に戻る。	出力、トルク、MAP増加 飛行速度減少 羽根角減少	選定回転数 実回転数

5.4 プロペラ・レバー操作に対する応答

(応答例⑤) プロペラ・レバーを手前へ移動 - 選定回転数の減少

スピーダスプリングの頭部側（上側）の位置が上がる，スピーダスプリングの張力と下側を持ち上げる力の釣り合いは変わらないのでパイロットバルブが上がり「オーバースピード状態」，羽根角の増加によりプロペラ回転負荷の増加，回転数の減少により「オンスピード状態」元の回転数より低い回転数（新しい選定回転数）で安定した。

(応答例⑥) プロペラ・レバーを前方へ移動 - 選定回転数の増加

スピーダスプリングの頭部側（上側）の位置が下がる，スピーダスプリングの張力と下側を持ち上げる力の釣り合いは変わらないのでパイロットバルブが下がり「アンダースピード状態」，羽根角の減少によりプロペラ回転負荷の減少，回転数の増加により「オンスピード状態」元の回転数より高い回転数（新しい選定回転数）で安定した。

ガバナー回転数選定機能の応答例⑤⑥をまとめて表6に示す。

表6 プロペラ・ガバナーによる回転数選定機能の応答例

プロペラ・レバー操作		応答過程	変化したこと	変化が少ないもの
⑤	プロペラ・レバーを 手前へ移動 (選定回転数減少)	スピーダスプリングの上側位置上がる。⇒「オーバースピード状態」⇒ ⇒羽根角増加⇒プロペラ回転負荷増加⇒実回転数減少⇒ 「オンスピード状態」⇒元の回転数より低い回転数で安定。	選定回転数、実回転数減少 トルク、MAP増加 羽根角増加	出力 飛行速度
⑥	プロペラ・レバーを 前方へ移動 (選定回転数増加)	スピーダスプリングの上側位置下がる。⇒「アンダースピード状態」⇒ ⇒羽根角減少⇒プロペラ回転負荷減少⇒実回転数増加⇒ 「オンスピード状態」⇒元の回転数より高い回転数で安定。	選定回転数、実回転数増加 トルク、MAP減少 羽根角減少	出力 飛行速度

5.5 プロペラ・レバー位置の名称

最前方位の名称は「フルフォワード」または「ハイRPM（高回転数）」と呼ぶべきである。この位置を「低ピッチ」と呼称しているマニュアル等があるが，それは正しくない。レバー位置に対して一意に選定回転数が決まり，今は最大回転数を選定していることになる。このレバーは決して羽根角を選ぶものではない。

同様に，プロペラ・レバーを手前に操作する向き

を「高ピッチ側」と呼称しているのも正しくない。正しくは「ローRPM側（低回転数側）」である。

6. 巡航飛行中のレバー操作の順

巡航飛行中に出力レートの変更や飛行高度の変更を行う場合には、新たな回転数およびMAP（吸気圧力）に設定変更する必要がある。

ミクスチャ・レバーの設定については3.6のF項に記述した内容であり最後に操作すればよい。

ここではスロットル・レバーとプロペラ・レバーの操作順について記述する。

6.1 スロットル開度と回転数の関係

図2にTB10型の地上試運転時および巡航飛行時のスロットル開度に対する回転数の変化の概要を示す。

地上試運転時のプロペラ羽根角低ピッチ状態の線（斜線）に対し、巡航飛行時の低ピッチ状態の線（斜線）は左にオフセットする。飛行速度があるため、相対的にプロペラ羽根断面に流入する空気の角度が大きくなり、プロペラ回転負荷が減少するためである。

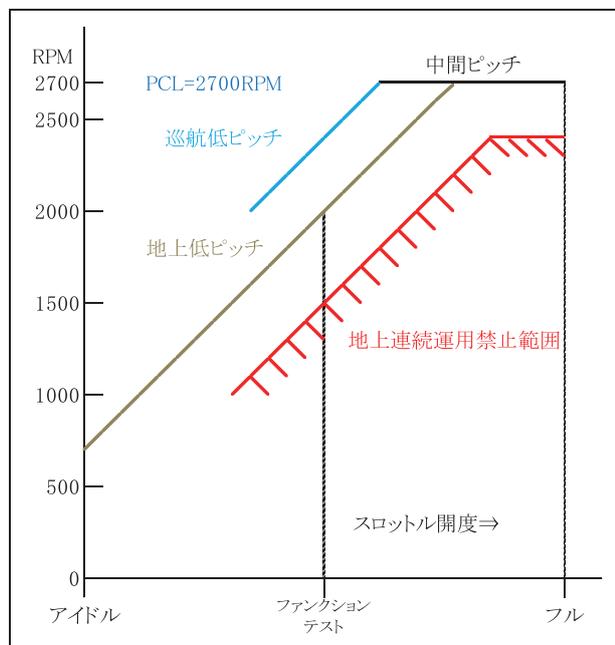


図2 TB10型、スロットル開度と回転数の関係

プロペラ・ガバナーによる選定回転数に達すると横ばいし羽根角は中間ピッチとなる。斜線より右の範囲にある場合はすべて中間ピッチである。（急降下時は高ピッチ）航空用ピストンエンジンの場合、各回転数に1対1で対応するMAPの最大値（地上における値）が決められている。高回転数では制限はない。

TB10型の例では2400RPM以下の回転数に対し制限があり、これを図中に描くと図の右下の範囲となる。これを「連続運用禁止範囲」と呼ぶことにする。

地上ファンクションテストのプロペラ・チェックにおいて、1500RPM以下に下げないように指示されていることおよび自身の計測事実で1400RPMまで下げると、実MAP値がエンジン性能曲線から推定される制限MAP値を超えることから、ほぼ図中のこの範囲は妥当であると考えられる。（地上試運転時）

上空におけるデータがないのが残念であるが、飛行中も低めの回転数においてはMAP値をなるべく高くしないよう注意されている。

低めの回転数において高いMAP値を示しているときには、エンジン出力行程において燃焼した混合気の膨張が遅くなり、シリンダ内のピーク圧力が通常より高くなるため、ピストン・ピストンロッド・クランクシャフト等の重要な部品にかかるピーク応力が高くなり、エンジン寿命を低下させる。

6.2 巡航飛行状態の例

表7に実機の水平飛行性能を示し、以下の説明に利用する。

表7 TB10型, 水平飛行性能の例 (文献 [1] から転記, 一部換算)

高度 6000ft(約1800m) ISA : 37 °F(3°C)
 ホイール・フェアリングを装備した機体

N (RPM)	2700	2600	2500	2400	2300
MAP (in.Hg) 「吸気圧力」	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2
% BHP (rounded)	78	76	74	73	70
	71	69	68	66	64
	64	63	61	60	58
TAS (kt) 「真対気速度」	127	125	125	123	121
	122	120	119	117	115
	115	113	111	109	105
燃料消費率 (U.S Gal/hr)	12.2	11.3	10.7	10.2	9.9
	11.1	10.3	9.7	9.3	8.9
	9.9	9.3	8.9	8.5	8.2
航続距離(km) 予備燃料不使用	885	944	990	1020	1039
	935	994	1039	1070	1080
	985	1030	1070	1080	1075
航続時間 予備燃料不使用	3時間53分	4時間10分	4時間23分	4時間35分	4時間44分
	4時間15分	4時間33分	4時間49分	5時間01分	5時間11分
	4時間42分	5時間00分	5時間16分	5時間28分	5時間37分

表7から読み取り, 同回転数でMAPの変化に対する出力レートの変化について,

MAP19.2から20.7 (+1.5) で出力レートが6または7%増加している。

MAP20.7から22.1 (+1.4) で出力レートが6または7%増加している。

「MAP : +1.5で出力レート : +6.5%とする。」

同様に読み取り, 同MAPで回転数の変化に対する出力レートの変化について,

100RPM増加に対し出力レートが1または2%増加している。

「回転数 : +100RPMで出力レート : +1.5%とする。」

出力レートの変化量を ΔP (%), MAPの変化量を ΔMAP (in-Hg), 回転数の変化量を ΔRPM とすると,

$$\Delta P (\%) = 6.5 / 1.5 \times \Delta MAP (\text{in-Hg})$$

$$\Delta P (\%) = 1.5 / 100 \times \Delta RPM$$

上2式から出力レートに変化がない場合の回転数変化とMAP変化の量的関係を導くと,

$$\Delta MAP (\text{in-Hg}) = 0.003462 \times \Delta RPM \quad \text{となる。}$$

6.3 エコノミークルーズの例

高度 : 6000ft

外気温度 : 37° F (約3°C)

実回転数 : 2300RPM

MAP : 19.2in-Hg (パートスロットル)

出力レート : 58%

真対気速度 : 105kt

選定回転数 : 2300RPM

プロペラ羽根角 : 中間ピッチ

出力 : 104.4HP

トルク : 238.4ft-lb

この状態を略してECとする。

6.4 パフォーマンスクルーズの例

高度 : 6000ft

外気温度 : 37° F (約3°C)

実回転数 : 2700RPM

MAP : 22.1in-Hg (フルスロットル)

出力レート : 78%

真対気速度 : 127kt

選定回転数：2700RPM

プロペラ羽根角：中間ピッチ

出力：140.4HP

トルク：273.1ft-lb

この状態を略してPCとする。

6.5 ECからPCへ移行するときのレバー操作

①プロペラ・レバーを2300RPM（現位置）から2700RPM（フルフォワード）へ操作する。MAPは減少する。実回転数は増加するが2種類の場合が考えられる。

(A) プロペラ羽根角の減少に伴う回転負荷の減少により、実回転数が2700RPMに達する。羽根角は低くなるがまだ中間ピッチである。

出力の増減はないと仮定し、MAPの減少推定量は1.3848 (400×0.003462) であり、MAPは約17.8in-Hgになると推定する。図3参照

(B) 同じく回転負荷の減少により実回転数が増加するが、2700RPMに達する前にプロペラ羽根角が低ピッチに達し、それ以上実回転数が上がらない状態である。

例として、実回転数が2600RPMまで増加したところで羽根角が低ピッチに達した場合、出力の増減はないと仮定し、MAPの減少推定量は1.0386 (300×0.003462) であり、MAPは約18.2in-Hgになると推定する。図4参照

②スロットル・レバーを現位置から前方へ進め最前方（フルスロットル）まで操作する。MAPは増加し22.1in-Hgに達する。実回転数は(A)では2700RPMのまま(B)では2600RPMから増加して2700RPMに達した後2700RPMのままとなる(移行完了)。図3および図4参照

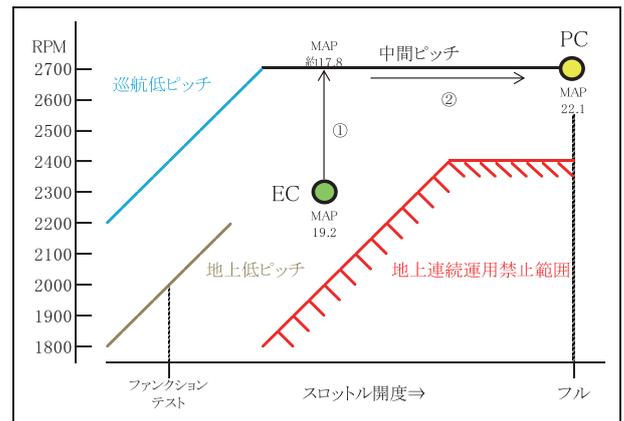


図3 ECからPCへ移行するときの操作 (A)

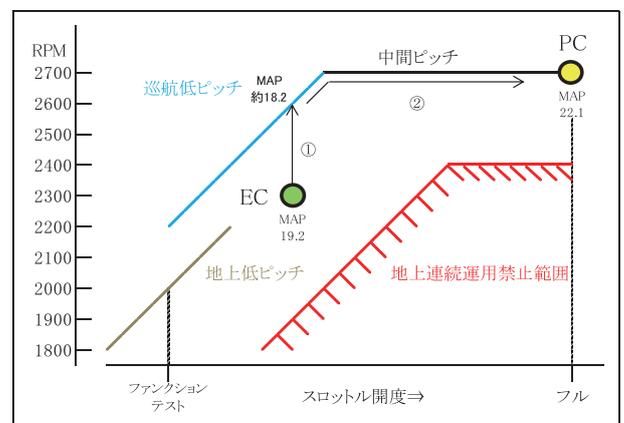


図4 ECからPCへ移行するときの操作 (B)

6.6 PCからECへ移行するときのレバー操作

③スロットル・レバーを最前方（フルスロットル）から手前へ操作し、実回転数が現回転数（2700）と目標回転数（2300）の中間付近2500RPMになるようにする。MAPはかなり減少する。図5および図6参照

④プロペラ・レバーをフルフォワードから手前へ操作し、実回転数が2300RPMになるようにする。MAPは増加する。プロペラ羽根角は中間ピッチ。図5および図6参照

⑤スロットル・レバーを操作し、MAPが目標の19.2in-Hgに調整する（移行完了）。図5および図6参照

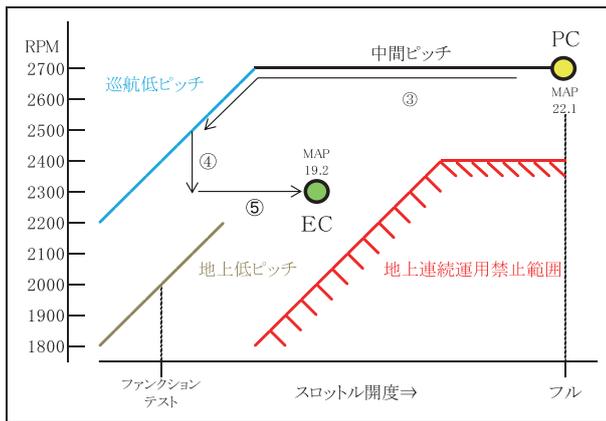


図5 PCからECへ移行するときの操作 (A)

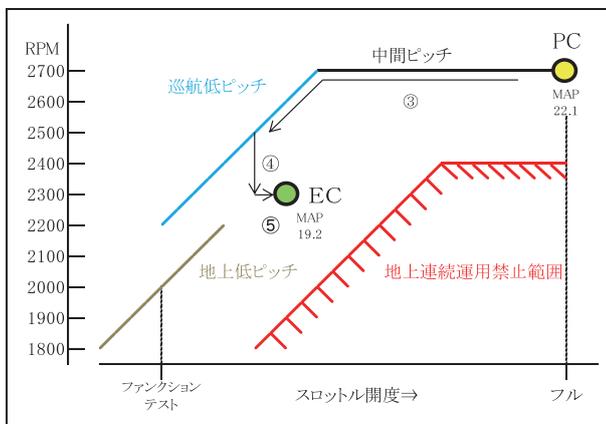


図6 PCからECへ移行するときの操作 (B)

6.7 レバー操作順の理由

出力レートを増加するにあたって①②の順を逆にした場合、図3および図4に示した連続運用禁止範囲を通過するまたは同範囲に近づくことになるからである。

出力レートを減少するにあたって③を行わず④⑤の順で操作した場合、図5および図6に示した連続運用禁止範囲を通過するまたは同範囲に近づくことになるからである。

7. まとめ

以上、多くの具体例はソカタ式TB10型のものであったが、新訓練機パイパー式PA-28R-201にも共通するところが多い。新訓練機のプロペラはほぼ同一型式、エンジンは混合気供給系統が気化器式から燃料噴射式に変わるが、同メーカー同規模のもの

であり、今回示した目的や具体的数値等を今後の参考にさせていただければ幸いである。

謝 辞

長年にわたりご指導いただきました諸先輩方、投稿を勧めていただきました近年の管理職の皆様、編集にあたりご協力いただきました周囲の皆様に感謝申し上げます。また、優れた訓練機材の維持・調達にご協力をいただいております関係者の皆さまに感謝申し上げます。

〈引用・参考文献〉

- [1] EADS SOCATA : TB10 PILOT'S OPERATING HANDBOOK, September 30, 1989.
- [2] 江守康一：航空用ピストン・エンジン，社団法人日本航空技術協会，1992年2月22日第1版第2刷。

訓練用航空機の更新に関わる 技術的調査・研究

千葉職業能力開発短期大学校成田校 岩崎 道雄

1. はじめに

当校航空機整備科では国家資格である二等航空運航整備士の養成を行うための訓練教材として主に3機の航空機を用いて訓練を行っている。現在使用している機材はフランス SOCATA社製のソカタ式TB-10型機であるが、導入から約30年が経過して老朽化が進み、部分的に修復が困難な箇所も散見されるため機材の更新を行うこととなった。訓練の目的にあった後継機材を選定し、また現在の機材との差異については技術的な研究や訓練教材について調査研究を行った。

2. 現在の機種概要

後継機種の選定にあたり現在の機種の概要について確認を行った。

A. 現在の機体の概要

(1) 航空機の種類、等級及び型式

種類：飛行機、等級：陸上単発機、型式：ソカタ式TB10型

(2) 耐空類別

飛行機 普通N又は実用U

(3) 発動機及びプロペラの型式及び数

発動機：ライカミング式O-360-A1AD型 1基
プロペラハーツェル式HC-C2YK-1BF/F7666A-2型 1基

(4) 航空機の主要サイズ及び三面図

全長：25フィート5.2インチ（約7.75メートル）
全高：9フィート10.9インチ（約3.02メートル）
全幅：32フィート5.2インチ（約9.89メートル）
三面図：図1参照

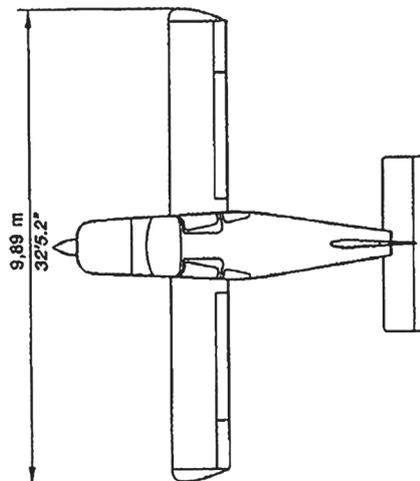
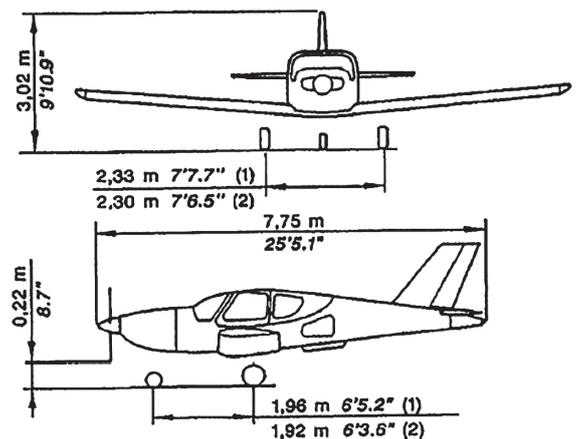


図1 TB-10 三面図(TB-10型機飛行規程[1]より引用)

3. 訓練器材としての要件

現有のTB-10型の仕様をもとに新機材に求められる要件を設定した。

A. 基本要件(保証など一部契約に関わる要件は省略)

- (1) 中古品及び改造品は不可とし、新造機であること。
- (2) 整備用であるため、整備性が良いものであること。
- (3) 航空機としての新規登録及び耐空証明は不要であること。
- (4) 航空従事者養成施設申請・審査要領を考慮した仕様であり、必要な各種機能を有し、それらが教育訓練に有効であること。
- (5) 二等航空運航整備士技能証明取得訓練に必要な機種及び機材であること。
- (6) 電子航法装置等に使用するソフトウェアを定期的に更新できる環境であること。

B. 詳細要件

(1) 機体

- a. 等級は、陸上単発ピストン機であること。
- b. 耐空類別は、飛行機N類又はU類であること。
- c. 機長席を含め、4名以上が搭乗できること。
- d. 胴体及び主翼の構造は、縦通材(スリング・スパ-)、円きょう(フレーム・リブ)及び外板(スキン)等で構成された全金属製セミモノック構造であること。
- e. 翼の内部に燃料タンクを備えていること
- f. 翼は、低翼配置であること。
- g. 大きさは、全幅11m×全長9m×全高3.5m以下であること。
- h. ハードウェア及びソフトウェアは、最新のものとすること。

(2) 着陸装置

- a. 主脚又は前輪脚は、オレオ緩衝装置を有すること。
- b. 全脚は、脚引き込み装置を有すること。
- c. 脚引き込み装置は、油圧以外の方法により、脚を下げ位置に保つ機能を有すること
- d. 故障時には手動等により、脚を下げる事が出来る装置を有すること。

- e. 脚位置指示器又は各着陸装置が下げ位置に固定されていることを操縦者に示す装置を有すること。
- f. 着陸装置を完全に下げ位置に固定せず、着陸態勢で進入した場合に連続的に作動する音声警報装置を有すること。

(3) 高揚力装置(フラップ)

- a. 左右のフラップは、機械的な連結により同調して作動する装置であること。
- b. フラップ位置が確認できること。(耐空性審査要領第Ⅱ部4-4-14に適合すること。)

(4) 発動機等

- a. 空冷、水平対向、4又は6シリンダのピストンエンジンであること。
- b. エンジン総排気量は、300~600立方インチであること。
- c. 燃料制御装置は、フロート式気化器又は燃料噴射式気化器系統であること。
- d. 使用燃料は、日本国内で調達容易な規格(航空用ガソリン)であること。
- e. 点火系統は、高圧マグネトであること。
- f. プロペラは、定速可変ピッチプロペラであること。

(5) 電子電気装備(TB-10型は従来型の装備であるが最新の装備を要件とする。)

- a. 計器飛行が可能な飛行計器及び航法計器等を有した集合電子表示計器(ガ-ミン社製G500TXI/G1000 NXi Integrated Avionics System又はこれと相当品)を有すること。
- b. 姿勢および方位を表示するPrimary Flight Displayを有すること。
- c. 姿勢方位測定装置(Attitude and Heading Reference System)を有すること。
- d. 外気温度計(OAT Probe)が付いたAir Data Computerを有すること。
- e. Marker Beacon及び機内通話装置(Intercom)が付いたAudio Control Panelを有すること。
- f. 航空交通管制自動応答装置(MODE S Transponder With ADS-B Out)を有すること。
- g. 超短波無線航法装置及び通信装置(NAV/COM/GPS/WAAS)を有し、二重構成とすること。(ガ-ミン社製GTN650又はこれと相当品)

- h. 航空磁力計 (Magnetometer) を有すること。
(方位磁石・コンパス)
- i. 距離測定装置 (Distance Measuring Equipment)
(Bendix King KN 63又はこれと相当品) を有すること。
- j. 非常用姿勢指示器, 高度計及び対気速度計を有すること。
- k. 外部電源接続装置を有すること。

申請・審査要領を考慮した仕様であり, 必要な各種機能を有し, それらが教育訓練に有効であること。」および第(5)項「(5) 二等航空運航整備士技能証明取得訓練に必要な機種及び機材であること。」を満足するためには, 二等航空運航整備士の審査項目に対応する以下の系統(システム)を備えている必要がある。口述試験で行う系統は必ずしも装備する必要はないが, 実技試験が必要な系統については装備している必要がある。(表1参照)

4. 審査で必要とされる系統(システム)

3-A項にあるように, 「(4) 航空従事者養成施設

表1 必要な系統および技術 「航空整備士実地試験要領」[2] より抜粋, 系統は種別毎にATA番号で分類されている。

必要な系統	系統の構成・作業	実技
ATA 6 ディメンジョン及びエリア	1. 全長、全幅、全高、後退角、上反角 2. ステーション・ナンバーの基準点と表示方法	
ATA 7 ジャッキ・アップ	1. アスクル・ジャッキ・アップ作業 (1)ジャッキ・ポイントの位置	○
ATA 8 レベリング	1. レベリング・ポイントの位置	
ATA 9 トーイング	1. トーイングの方法	
ATA 10 駐機	1. 作業要領	
ATA 12 サービシング	燃料、エンジン・オイル、作動油、グリースおよびその他のサービス・フルードの補給	○
ATA 21 空気調和系統	(1)温度制御システム (2)与圧制御システム (3)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 22 自動操縦装置系統	(1)フライト・ディレクター (2)オート・パイロット (3)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 23 通信系統	(1)機外通信システム(HF、VHF) (2)機内通信システム(FLIGHT INTERPHONE、SERVICE INTERPHONE 等) (3)指示系統及びウォーニング・システム	○
ATA 24 電源系統	(1)AC 電源系統 (2)DC 電源系統 (3)指示系統及びウォーニング・システム (4)バッテリー	○
ATA 27 操縦系統	1. 以下のシステムについての説明 (1)エルロン・システム (2)ラダー・システム (3)エレベータ・システム (4)トリム・システム (5)フラップ・システム (6)失速警報 (7)着陸警報 (8)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 28 燃料系統	(1)フューエル・フィード・システム (2)フューエル・ベント・システム	

	(3)リフューエリング・システム (4)フューエル・トランスファー・システム (5)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 29 油圧系統	(1) 油圧供給源 (2)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 30 防除氷系統	(1)プロペラ防除氷システム (2)風防の防除氷システム (3)その他の防除氷システム (4)指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 31 計器系統	(1)飛行計器類 (2)航法計器類	
ATA 32 着陸装置系統	(1)エクステンション・リトラクション・システム (2)ステアリング・システム (3)ブレーキ・システム (4)非常脚下げ (5)指示系統及びウォーニング・システム (6)ホイール及びタイヤ (7)ブレーキ	○
ATA 33 照明系統	(1)外部照明(NAV, BEACON, LDG, LOGO 等) (2)内部照明 (計器照明、室内照明等)	○
ATA 25、35 客室系統	(1)客室内装備品 (シート等) (2)酸素系統	○
ATA 34 航法系統	1. 以下の航法装置についての説明 (1) ADF、VOR、DME、トランスポンダ等 (2) ILS、G/S、マーカー、MLS 等 (3) 指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 5X 機体構造等	(1)翼及び胴体の構造 (2)一次構造及び二次構造 (3)翼 (4)材質 (5)ドアの開閉及びロック機構 (6)窓 (7)非常脱出口 (8)指示系統及びウォーニング・システム (9)非常脱出口 (10)指示系統及びウォーニング・システム	○
ATA 6X プロペラ	(1) ブレードピッチ変換機構 (2) プロペラ・ガバナ (3) 指示系統及びウォーニング・システム	
ATA 7X、80 ピストン発動機	(1)フューエル・システム (2)イグニッション・システム (3)エンジン・エア・システム (4)エンジン・オイル・システム (5)スターティング・システム (6)アクセサリー・ギアボックス (7)その他のシステム (8)指示系統及びウォーニング・システム	

5. 新機材候補の選定

A. 小型航空機の市場調査

現在、小型航空機の市場で入手可能（国産の機種は存在せず輸入となるため、国内に代理店があり直接取引ができること、機体について部品の供給、ソフトウェアの更新など継続的なサポートが受けられることなどが必要）な航空機について調査を行い以下の4機種について調査を行った。（時系列順）

(1) テクナム式 P2006T型

- a. イタリアの航空機メーカーテクナム社が製造する高翼双発機。
- b. 全幅：11.4m 全長：8.7m 全高：2.58m アルミ合金製機体
- c. エンジン：ロータックス社製912S型 100HP×2基 水/空冷対向型4気筒電子点火

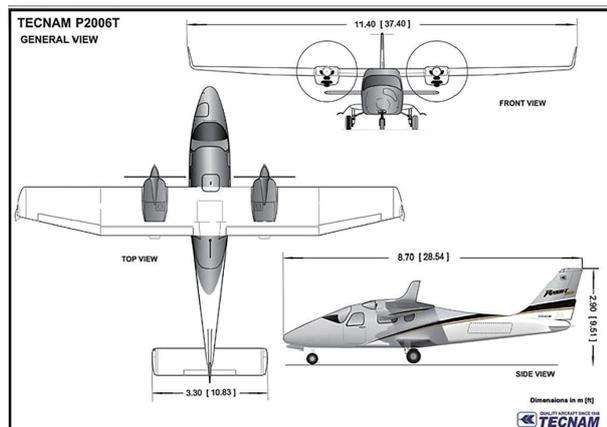


図2 TECNAM P2006T (テクナム社カタログ^[3]より)

(2) セスナ スカイホーク 172S型

- a. アメリカのセスナ社が製造する高翼単発機。
- b. 全幅：36ft 1in (11.00m), 全長：27ft 2in (8.28m), 全高：8ft 11in (2.72m), アルミ合金製機体
- c. エンジン：ライカミング社製IO-360-L2A型

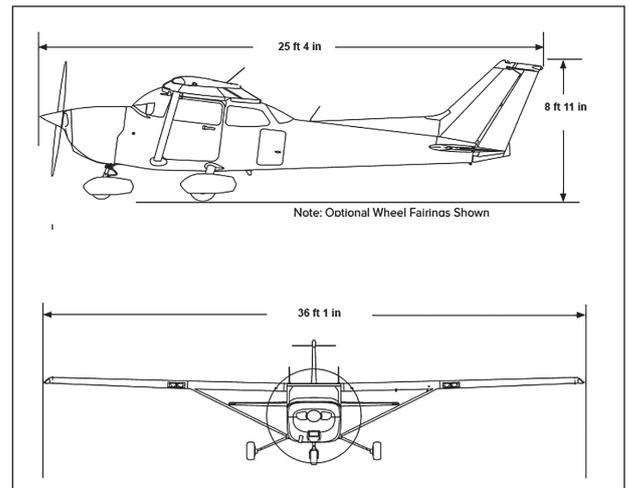


図3 セスナ スカイホーク 172S型(セスナ社カタログ^[4]より)

(3) パイパー式PA-28R-201型

- a. アメリカのパイパー社が製造する低翼単発機。
- b. 全幅：35ft 4in (10.8m), 全長：27ft 7in (7.5m), 全高：7ft 9in (2.4m), アルミ合金製機体
- c. エンジン：ライカミング社製IO-360-C1C6型

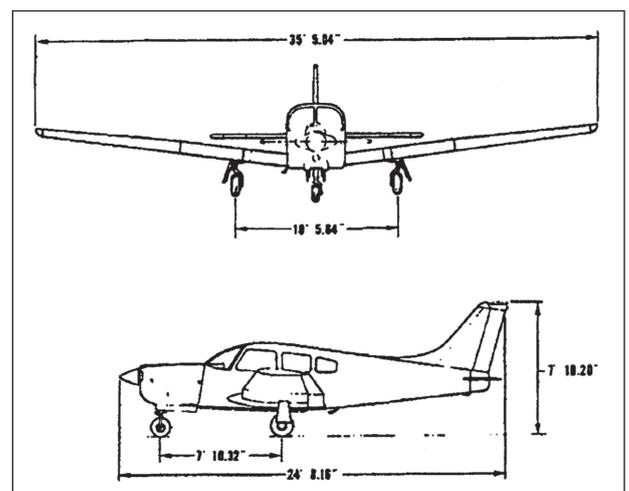


図4 パイパー式PA-28R-201型 (パイパー社パイロット・オペレーティング・ハンドブック^[5]より)

(4) ビーチクラフト式 ボナンザG36型

- a. アメリカのビーチクラフト社が製造する低翼単発機。
- b. 全幅：33ft 6in (10.21m), 全長：27ft 6in (8.38m), 全高：8ft 7in (2.62m), アルミ合金製機体
- c. エンジン：コンチネンタル社製IO-550-B型

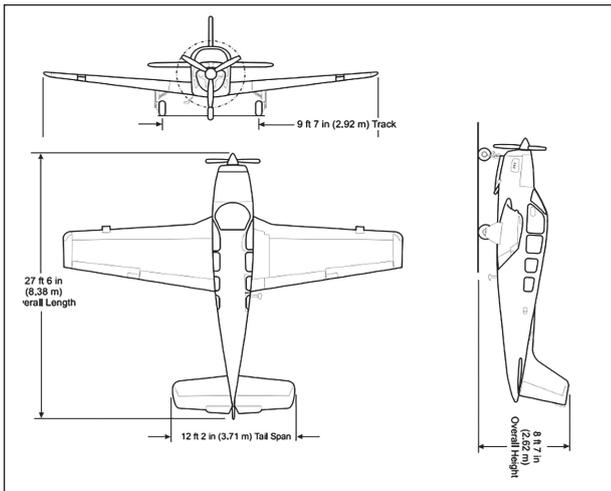


図5 ビーチクラフト式 ボナンザG36型（ビーチ社カタログ^[6]より）

6. 訓練機材の選定

A. 翼配置の要件について

機体構造の大きな違いとしてテクナム式 P2006T型およびセスナ スカイホーク 172S型は高翼の機体である。そのため「翼は、低翼配置であること。」(3.B. (1) f項) の条件を満たさないで、パイパー

式PA-28R-201型およびビーチクラフト式 ボナンザG36型について検討を進める。高翼の機体を選定しない理由としては、当校学生の就職先がほとんど、大型旅客機を扱うエアラインであり、大型旅客機には高翼機がほとんど無く、将来大型機を取り扱う学生にとっては低翼機が構造等の学習に有利であるからである。

B. 両機種の比較及び要件の確認

TB-10型および両機種について諸元の確認を行う。選定に当たっては、3項の要件のうち特に差異の大きな部分について検討する。

(1) 3-B-(1)項の機体についてはc項とg項を除き大きな差異はない。c項「機長席を含め、4名以上が搭乗できること。」についてはTB-10型は5名、PA-28R-201型は4名そしてG36型は6名であり要件を満たしている。g項の「大きさは、全幅11m×全長9m×全高3.5m以下であること。」この要件は格納庫での訓練時の作業スペースを考慮したものである。どの機種も当該要件を満たしている。(表2参照)

表2 機体サイズ	TB-10 型	PA-28R-201 型	G36 型
製造会社（製造国）	ソカタ社(仏国)	パイパー社(米国)	ビーチ社（米国）
全幅 inch(m)	32ft 5.2in (9.89m)	35ft 4in (10.8m)	33ft 6in (10.21m)
全長 inch(m)	25ft 5.2in (7.75m)	27ft 7in (7.5m)	27ft 6in (8.38m)
全高 inch(m)	9ft 10.9in (3.02m)	7ft 9in (2.4m)	8ft 7in (2.62m)

(2) 3-B-(2)項の着陸装置については、b項「全脚は、脚引き込み装置を有すること。」に関しTB-10型にその装備はないため、現在は別の機体（パイパー社製PA-34-200T）の着陸装置を教材として使用している。PA-28R-201型もG36型も脚引き込み装置を有しており、条件を満たしている。

(3) 3-B-(3)項の高揚力装置（フラップ）については、TB-10型とG36型は電気式でPA-28R-201型は手動であるが、a項「左右のフラップは、機械的な連結により同調して作動する」要件を満たしている。またb項「フラップ位置が確認できる」はTB-10型とG36型は電気式フラップ位置表示器を有し、PA-28R-201型は

手動のためフラップレバーがフラップ位置表示器を兼ねており要件を満たしている。

(4) 3-B-(4)項の発動機等については、エンジン諸元を表3にまとめる。TB-10型とPA-28R-201型はどちらもライカミング社のエンジンを搭載し共通点が多い。G36型はコンチネンタル社製6気筒、総排気量550立方インチで馬力も300HPと大型のエンジンである。どの機種においても3-B-(4)項のa～f項の要件を満たしている。なお、表3にない違いとして、TB-10型とPA-28R-201型は2枚プロペラで、G36型は3枚プロペラである。エンジン、プロペラの共通性から発動機等についてはPA-28R-201型が望ましいと考えられる。

表 3	TB-10 型	PA-28R-201 型	G36 型
エンジン製造者	ライカミング社	ライカミング社	コンチネンタル社
エンジン型式	O-360-A1AD	IO-360-C1C6	IO-550-B
a.エンジンタイプ	空冷、水平対向	空冷、水平対向	空冷、水平対向
a.気筒数	4 気筒	4 気筒	6 気筒
b.総排気量	360 立方インチ	360 立方インチ	550 立方インチ
c.燃料制御装置	フロート式	燃料噴射式	燃料噴射式
d.使用燃料	航空用ガソリン	航空用ガソリン	航空用ガソリン
e.点火系統	高圧マグネット	高圧マグネット	高圧マグネット
f.プロペラ	定速可変ピッチ	定速可変ピッチ	定速可変ピッチ

(5) 3-B-(5) 項の電子電気装備で、「TB-10型は従来型の装備であるが最新の装備を要件とする。」との記載について、TB-10型の装備（図6）は30年ほど前の技術で作られており、現在入手可能な機体はグラスコックピット化（図7）され、電気信号もア

ナログからデジタルになり、表示も集合計器として統合されている。飛行機が飛ぶために必要な基本機能は変わらないがa～j項の要件は最新の装備を想定している。



図6 TB-10型コックピット



図7 PA-28R-201型コックピット

C. 機種を選定

B-(1)～(5) 項の検討よりパイパー式PA-28R-201型およびビーチクラフト式 ボナンザG36型の2機種は、ほぼ同等の系統、装備を有しており、比較は難しい。しかしB-(1) 項の機体全長についてG36型が約1m長いので格納庫内訓練スペースの確保の点および、B-(4)の発動機について現行TB-10型とのエンジンとプロペラの共通性で、僅差であるがパイパー式PA-28R-201型を選定すべきと判断した。

7. 訓練教材の変更について

二等航空運航整備士の専門課程では以下の科目で実機を使用した訓練を行っている。機体の変更による訓練教材の変更の必要性について概要の確認を行った。

A. 機体構造整備実習

表 4 機体実習		
1. 機体構造整備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 機体の諸元	必要
	(2) 機体構造 (胴体、主翼、尾翼、動翼等)	必要
	(3) 空調系統の構成、機能、および作動	必要
	(4) 操縦系統の構成、機能、および作動	必要
	(5) 燃料系統の構成、機能、および作動	必要
	(6) 着陸装置の構成、機能	必要
	(7) ステアリング系統の構成、機能、および作動	必要
	(8) ブレーキ系統の構成、機能、および作動	必要
	(9) ホイール・タイヤの構成、および交換	必要
2. 系統整備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 油圧系統の構造機能取扱い	必要
	(2) 防除氷系統の構造機能取扱い	不要
	(3) 防火系統の構造機能取扱い	不要
	(4) 酸素系統の構造機能取扱い	不要
	(5) 換気暖房系統の構造機能取扱い	不要

- (1) 「1. 機体構造整備実習」についてはTB-10型とPA-28R-201型では機体および部品が(1)～(9)まですべて異なっており、教材の変更が必要である。
- (2) 「2. 系統整備実習」は現在パイパー式PA-34-200T型の機体を使用しており、(1)油圧系統については、PA-28R-201型は引き込み脚の動力及びブレーキ・システムに油圧を使用しているため新たな教材が必要である。(2)～(4)の系統について

では、PA-28R-201型にも装備がなくPA-34-200T型を使用するため変更の必要はない。(5)の換気暖房系統はPA-28R-201型については「機体構造整備実習」の教材の作成が必要となる。

- (3) 「1. 機体構造整備実習(6)着陸装置の構成、機能」と「2. 系統整備実習(1)油圧系統の構造機能取扱い」は同時に実施されるため、PA-28R-201型とPA-34-200T型を別々に使用しているが、今回PA-28R-201型に引き込み脚が装備されるため訓練中のPA-28R-201型の使用について調整が必要となる。

B. 装備品実習

表 5 装備品実習		
1. 電気装備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 電源システムの概要	必要
	(2) 電源構成システム	必要
	(3) 照明システムシステムの概要	必要
	(4) 照明系統構成システム	必要
	(5) スターティング・システム	必要
	(6) 整備方法、検査方法	必要
2. 電子装備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 無線装備品操作法	必要
	(2) 無線装備品点検法	必要
	(3) 無線装備品飛行点検法	必要
	(4) 無線装備品の脱着法	必要
	(5) 放電索の取り扱い	必要
	(6) 無線局の申請と運用	不要
3. 計器装備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 飛行計器の構造及び作動確認	必要
	(2) 航法計器の構造及び作動確認	必要
	(3) エンジン計器の構造確認	必要
	(4) システム計器の構造確認	必要
	(5) ピトー/静圧系統の構成及び整備作業	必要
	(6) 吸引系統の構成及び整備	不要

	作業	
	(7) 磁気コンパスの校正作業	不要
	(8) 各電気計器のセンサー及びシグナルフロー	必要
	(9) 各計器指示器及びセンサーの取付位置並びに調整作業	必要

- (1) 「1. 電気装備実習」についてはTB-10型とPA-28R-201型では機体配線および部品が(1)～(6)まですべて異なっており、訓練教材の変更が必要である。
- (2) 「2. 電子装備実習」についてはTB-10型とPA-28R-201型ではアンテナの配置や操作パネルなどが(1)～(5)まですべて異なっており、またADFが装備されていない代わりにGPSが装備され、訓練教材の変更が必要である。(6)「無線局の申請と運用」について法的要件であり機種の影響を受けない。
- (3) 「3. 計器装備実習」についてTB-10型はアナログ計器であり、各計器は独立している。PA-28R-201型では計器類が一画面に統合され、センサーからの信号はコンピュータで計算されディスプレイ上に表示される。(1)～(5), (8), (9)で機体配線および部品が異なっており、訓練教材の変更が必要である。(6)「吸引系統」はジャイロ式姿勢指示器や方向指示がPA-28R-201型では装備されておらず、その動力源である「吸引系統」は装備されていない。(7)「磁気コンパス」については方位磁石でありTB-10型とほぼ同じである。

C. 発動機実習

表6 発動機実習		
1. 発動機整備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 主要諸元(名称、型式、性能)	一部変更必要
	(2) 構造の概要	一部変更必要
	(3) 主要部品の構成、機能及び作動	一部変更必要

	(4) 主要部品の取付位置	一部変更必要
	(5) シリンダのトップオーバーホール作業	ほぼ不要
	(6) エンジンの脱着作業	必要
	(7) 各系統・補機の構成、点検及び調整	必要
2. プロペラ整備実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 実習機のプロペラ緒元	一部変更必要
	(2) 分解によるプロペラ内部の構造確認	一部変更必要
	(3) 実習機のガバナー緒元	一部変更必要
	(4) 分解によるガバナー内部の構造確認	一部変更必要
	(5) エンジンへの装着	必要
	(6) 実機上での整備作業	必要
	(7) ガバナーの調整	必要
	(8) エンジンコントロールの状態及び機体の運用状態とプロペラ系統の作動状態との関係	必要

- (1) 「1. 発動機整備実習」についてはTB-10型とPA-28R-201型ではエンジン型番が一部異なっており、基本設計はほぼ同じだが、補機類に相違から(1)～(4)については訓練教材の一部変更が必要である。(5)「シリンダのトップオーバーホール作業」はエンジン本体の基本設計がほぼ同じであり変更は不要である。(6), (7)については機体マニュアルで作業を行うため変更が必要である。
- (2) 「2. プロペラ整備実習」についてはTB-10型とPA-28R-201型のプロペラおよびガバナーは部品番号が異なるが、ほぼ同じ構造のため(1)～(4)については訓練教材の一部変更が必要で良い。(5), (6), (7)についてはエンジンと同様に機体マニュアルにより作業を行うため変更が必要である。

D. 技術

表7 技術		
1. 航空機取扱実習		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 地上取扱要領	必要
2. 総合制作実習（航空機取扱実習）		
	訓練課題/訓練課題の内容	訓練教材の変更
	(1) 日常点検	必要
	(2) 定時点検	必要
	(3) 地上試運転	必要
	(4) 故障探求	必要
	(5) 航空機及び機材検査の概要	必要
	(6) 航空機局及び無線従事者の法的運用	不要
	(7) 整備管理の概要	不要

- (1) 「1. 航空機取扱実習 (1) 地上取扱要領」については機体マニュアルに従って実施されるため、TB-10型とPA-28R-201型では地上取扱要領は異なっており、訓練教材を改定する必要がある。
- (2) 「2. 総合制作実習（航空機取扱実習）」については、(1)～(5)について機体マニュアルに従って実施されるため、TB-10型とPA-28R-201型で異なっており、訓練教材を改定する必要がある。(6)、(7)については法規・法令等に基づくものであり機種による差異は無い。

8. まとめ

二等航空運航整備士の養成を行うための訓練機材として現在使用しているソカタ式TB-10型機の後継機材の選定を航空従事者養成施設申請・審査要領等に基づき行った結果、パイパー式PA-28R-201型を選定した。新機材の導入にあたり、機体を使用する訓練において検討を行い、教材改定の必要な訓練内容について精査し来年度訓練を円滑に行えるよう準備を行った。

謝 辞

当論文を執筆するに当たり航空機整備科の各科目担当の教官の皆様には質問等に答えて頂くなどご協力頂き深く感謝申し上げます。

〈参考文献〉

- [1] 作成管理者 川鉄商事株式会社「TB-10型機飛行規程」H13.7.2 東京航空局承認。
- [2] 国土交通省:「航空整備士実地試験要領」国空航第318号 平成26年7月30日（一部改正）。
- [3] TECNAM社（イタリア）:カタログ「SPECIFICATION and DESCRIPTION」(2017年版)。
- [4] CESSNA社（米国）:カタログ「SPECIFICATION and DESCRIPTION」(2015年版)。
- [5] PIPER社（米国）:「PILOT'S OPERATING HANDBOOK」(1995.7.12承認)。
- [6] BEECHCRAFT社（米国）:カタログ「SPECIFICATION and DESCRIPTION」(2015年版)。

編 ■ 集 ■ 後 ■ 記

本年度より、皆様から投稿していただいた内容を基に、特集として組むこととなりました。第1号の特集はいかがでしたでしょうか。

今号の特集は、「ポリテクカレッジにおける技術支援・技能伝承への取り組み」でした。

ポリテクカレッジでは、産学連携による技術支援を行っています。特集1では世界的に問題視されている海洋ごみへの対策として、海洋環境団体と連携したロボット開発の取り組みを、特集2～4では、千葉職業能力開発短期大学校成田校にあるポリテクカレッジ唯一の航空整備科に関する技能伝承への取り組みについて掲載させていただきました。

各施設の取り組みを直接見る機会が少ないので、この特集が知っていただくきっかけになれば幸いです。

今後は、教材コンクール入賞作品の紹介、DXについての取り組みなども特集していく予定です。是非、皆さまからの投稿をおまちしております。

【編集 井王】

職業能力開発技術誌 技能と技術 1/2023

掲 載 2023年3月
編 集 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構
職業能力開発総合大学校 基盤整備センター
企画調整部 企画調整課
〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1
電話 042-348-5075
制 作 システム印刷株式会社
〒191-0031 東京都日野市高幡1012-13
電話 042-591-1411

本誌の著作権は独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が有しております。



技能と技術

THE INSTITUTE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT
POLYTECHNIC UNIVERSITY