

「飛行機を作って学ぶアクティブ・ラーニングによる航空機設計・製作技術教育」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関	学校法人中部大学 准教授 海老沼拓史	実施期間	平成30年度～ 令和2年度 (3年間)	実施規模	予算総額（契約額） 44.6百万円		
	研究代表者名					1年目	2年目	3年目
	共同参画機関					9.7百万円	17.4百万円	17.5百万円

背景・全体目標

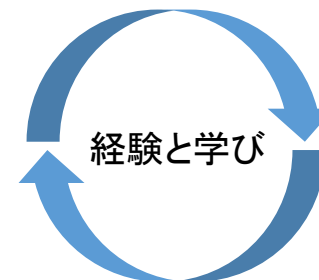
本業務は、実際に人を乗せて飛ぶことのできる初級滑空機のキットをケースメソッドの教材として採用し、その背景にある設計思想や理論を同時に学ぶアクティブ・ラーニングによる航空人材育成を目的としている。参加学生は、自分の手で飛行機を製作することで、それと並行して開催される講義の中で、航空機設計や力学の理論を主体的に学ぶことができる。さらに、製作した初級滑空機によるデモフライトにより、将来世代である中高生へのアウトリーチ活動を展開し、潜在的な人材の発掘にも努める。



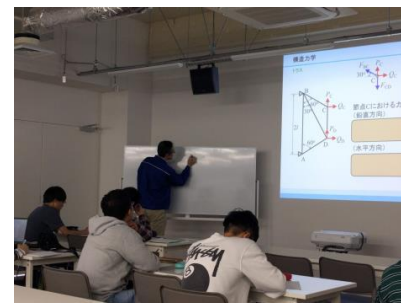
飛行機を作りながら課題や疑問を発見

全体概要・主な成果

実施項目	主な成果
①-1 指導教員の事前研修	指導教員が初級滑空機の主要部品を製作し、手順書を整備。
①-2 教育カリキュラムの作成	初級滑空機製作と並行して実施する講義のテキストを作成。
①-3 初級滑空機製作施設の整備	初級滑空機の製作に必要な加工機や治工具を整備。
②-1 参加学生の募集	中部大学から9名の学生がプロジェクトに参加。
②-2 初級滑空機の製作	令和2年11月に1機の初級滑空機が完成。
②-3 航空機設計・製造の講義	設計理論・工学基礎に関する講義を90分×12コマ開催。
②-4 教材作成	参加学生が主体となり工作マニュアルや製作動画を作成。
③-1 発展的課題への挑戦	構造、材料、空力、アビオニクスの発展的な課題に挑戦。
③-2 デモフライト	初級滑空機のデモフライトと体験搭乗を実施。



発見した課題に能動的に取り組むための知識は講義でサポート



①-1 「指導教員の事前研修」

実施内容・成果

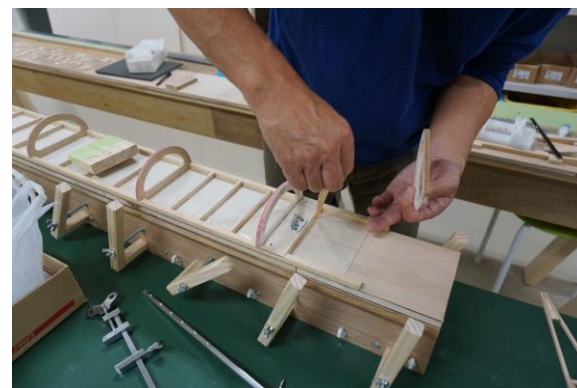
学生による初級滑空機の製作を指導するために、まずは本業務に参加する教員（指導教員）向けの事前研修を実施した。ここでは、本事業で教材として採用した初級滑空機FOP-01の製作に必要な工具の取り扱いから、主要部品の製作手順を習得することを目的としている。FOP-01では、主翼、水平尾翼、垂直尾翼、ラダーのすべての翼でDボックスと呼ばれるセミモノコック構造を採用している。そのため、ひとつの翼の製作を習得することで、他の翼の製作も学べる設計となっている。そこで、指導教員の事前研修では、部品点数の少ないラダーと水平尾翼から製作をスタートし、その製作手順を習得するとともに、翼製作の基本となるリブ製作のマニュアルや製作動画を整備した。



後半リブの製作



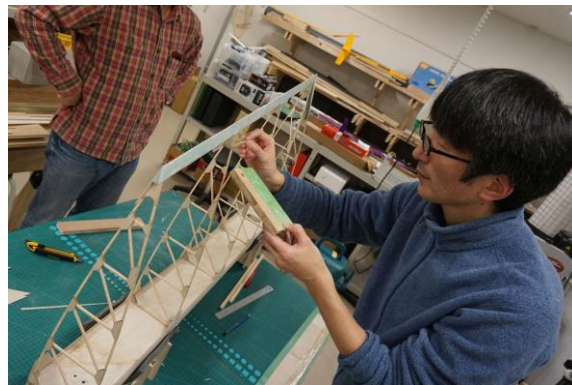
前半リブの製作



主桁の製作



Dボックスの製作



後縁の製作



ラダーの完成

①-2 「教育カリキュラムの作成」

実施内容・成果

初級滑空機の製作と並行して開講される航空設計と工学基礎に関する講義の教育カリキュラムの検討とテキストの作成を行った。

限られた講義時間の中で具体的な設計手法を学ぶために、講義では航空機の構造でも特に重要となる翼構造の設計を取り上げる。FOP-01の翼構造は、木製のボックス桁から成るセミモノコック構造を採用している。さらに、翼構造だけではなく、胴体を含め他の多くの構造で、セミモノコック構造を採用している。そのため、翼構造の設計を習得することで、FOP-01全体の設計手法について学ぶことができる。

このような翼構造の具体的な設計手順に繋がる基礎的な力学知識として、中部大学教員らにより、流体力学、構造力学、材料力学の講義を行う。これらの基礎をベースに、FOP-01を設計したオリンポスによる具体的な航空機の設計手法に関する講義を実施する。

さらに、航空機の概要や、飛行や操縦の原理に関する入門的な講義やラジコン飛行機による操縦体験、風洞実験や引張・圧縮試験、CATIAによる数値解析実習などの実験実習も検討した。

参加学生向けの講義では、1コマ90分の講義・実験を10コマ以上開講することを目標に、13コマ分のカリキュラムを準備した。（中部大学担当8コマ、オリンポス担当4コマ）

講義名	コマ数	概要	担当
飛行力学	1	航空機の概要、飛行・操縦の原理	中部大学
飛行力学実習	1	ラジコン飛行機による飛行・操縦の体験学習	中部大学
流体力学	1	流体力学の基礎、翼型の原理	中部大学
流体力学実験	1	FOP-01の翼型による風洞実験	中部大学
材料力学	1	材料力学の基礎、応力、ひずみ、フックの法則、棒の引張・圧縮	中部大学
材料力学実験	1	航空用木材の曲げ・圧縮試験	中部大学
構造力学	1	航空機構造の基礎、トラス構造、はりの曲げ、セミモノコック構造	中部大学
構造力学実習	1	CATIAによるFOP-01の翼トラス構造の応力解析	中部大学
構造力学実験	1	FOP-01の翼トラス構造の曲げ試験	中部大学
航空機設計	4	航空機設計の基礎、強度計算、構造解析	オリンポス

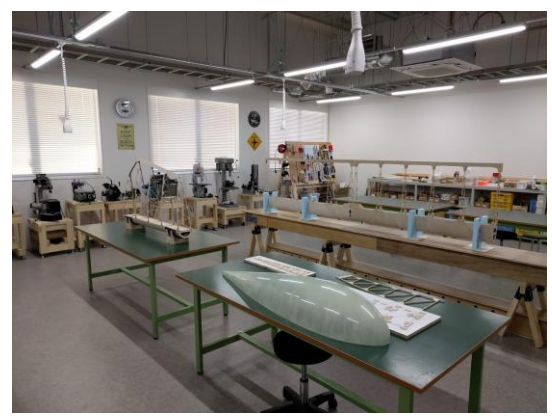
①-3 「初級滑空機製作施設の整備」

実施内容・成果

FOP-01は、可搬性を高めるために、主翼は外翼2枚と内翼1枚に3分割できるように設計されている。そのため、主翼1枚のサイズは、幅が1.5m、長さが4mとなる。この主翼を製作するための作業スペースとして、最低でも7m×4m程度が必要となる。さらに、加工機や治工具を保管するスペースも必要となる。これらを考慮すると、最低でも50m²の床面積が必要となる。

製作場所の選定には、作業スペースの広さだけでなく、空調設備も重要な要求事項となる。木製の初級滑空機であるFOP-01の製作では、エポキシ系接着剤による接着作業が大半を占める。エポキシ樹脂の硬化は化学反応のため、適切な温湿度環境で硬化させる必要がある。

本事業のために、中部大学より工学部15号館の一室を借用し、製作施設「飛行機工房」を整備した。この部屋は建物の5階に位置するため大型部品の出し入れには不向きであるが、床面積は106m²と主要部品の保管も含めて十分なスペースが確保できる。また、24時間利用可能な空調設備が整っており、外気温に関係なく接着作業を実施することができる。



初級滑空機製作施設「飛行機工房」

加工具の整備

初級滑空機の製作に必要な電動工具および手工具の整備を行った。電動工具の中で使用頻度の高い機材については、安全に関する注意などを含んだ簡易的なマニュアルを整備した。

電動工具	手工具
卓上ボール盤、ロータリーバンドソー、自動カンナ盤、丸のこ盤、バンドソー、ベルトサンダー、卓上グラインダ、糸ノコ盤、ジグソー、電動カンナ、インパクトドライバ、ドライバドリル、ルータ	のこぎり、カンナ、ノミ、カッター、ハサミ、ハンマー、ドライバ、クランプ

治工具の整備

初級滑空機の製作には、材料の加工や部品の組み立てをサポートする多種多様な治工具が必要となる。これら治工具も、すべて製作者側で準備する必要がある。



ラダーの桁製作治具と組み立て定盤

②-1 「参加学生の募集」

実施内容・成果

本プログラムに参加する学生として、航空機関連メーカーの集中する中部地域の大学・専門学校などから参加者を募集した。航空分野へのキャリアパスを考慮し、本業務への応募は基本的に工学系の学部にも所属する学生を対象とした。応募を検討している学生に対してウェブサイトを開設して参加を呼び掛けるとともに、本業務の説明会を開催した。ここでは、初級滑空機の展示に加えて体験搭乗も実施した。

説明会と初級滑空機の体験搭乗

令和元年5月11日に中部大学において本プログラムの説明会と初級滑空機の体験搭乗を実施した。説明会当日は晴天に恵まれたこともあり、10時、13時、15時の3回に分けて開催した説明会と体験搭乗には、大学生だけでなく、社会人や高校生も含めて42名の参加があった。



学生による初級滑空機製作の説明



初級滑空機の体験搭乗



参加学生募集の案内

プログラムの参加学生

参加学生募集の結果、中部大学から9名(男子8名、女子1名)の応募があり、全員がプログラムに参加することとなった。説明会には学外からの参加学生もいたものの、製作作業のために定期的に中部大学に通うことは難しく、最終的な参加学生は中部大学の学生のみとなった。



プログラムの参加学生

②-2 「初級滑空機の製作」

実施内容・成果

平成30年度に事前研修を受けた指導教員が参加学生9名を指導する形で、令和元年より初級滑空機FOP-01の製作がスタートした。まず参加学生は、指導教員の事前研修のために先行して進んでいる1号機の製作を通じて、基本的な工具の使い方や、材料である木材の加工や接着の方法を学んだ。これらの基礎的な技術を習得した後に、2号機のラダーの製作を参加学生が主体となり実施した。当初の計画よりも遅れたものの、令和2年11月には、1機の木製初級滑空機FOP-01を完成することができた。



主翼リブの製作



主翼の組み立て



初級滑空機FOP-01の完成



ラダーDボックスの製作



ラダーの組み立て



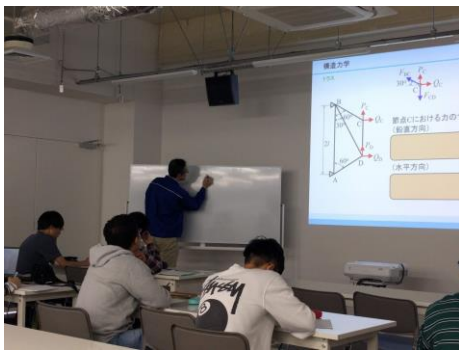
2号機ラダーの完成

②-3 「航空機設計・製造の講義」

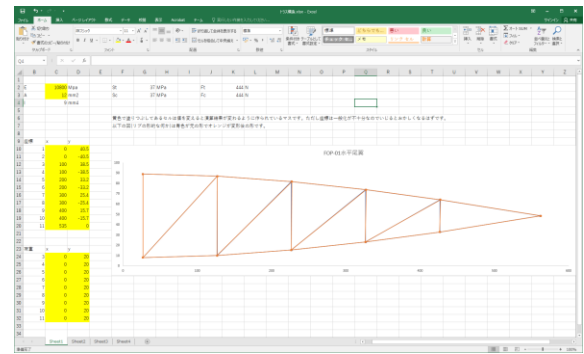
実施内容・成果

初級滑空機FOP-01の製作と並行して、航空機設計および工学基礎に関する講義を開講した。90分を1コマとする講義や実験を10コマ以上開講することを目標とし、合計で12コマの講義を開講した。これら講義では、すでに設計の完成しているFOP-01を例として、中部大学教員により、構造、材料、流体といった工学基礎を学んだ。さらに、FOP-01を設計したオリンポスによる具体的な小型飛行機の強度計算や構造解析など詳細設計に関する講義を実施した。オリンポスによる講義は、設計者本人から小型航空機の設計プロセスを聴くことのできる貴重な機会であるため、本プログラムの参加学生だけではなく、聴講を希望する学生の参加も募った。講義には中部地域の大学だけではなく、東京や大阪の大学や、高校からの参加もあり、総勢で24名の学生が講義に参加した。

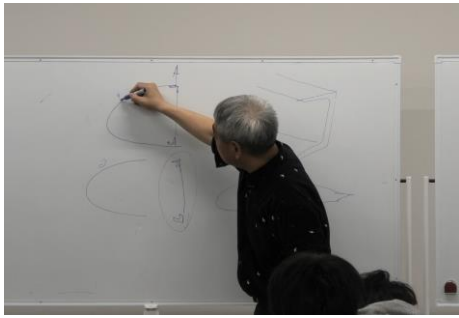
講義名	実施日	コマ数	担当
構造力学	令和元年 10月19日	1	中部大学
構造力学実験	令和元年 10月26日	1	中部大学
飛行力学実習	令和元年 11月2日	1	中部大学
構造力学実習	令和元年 11月30日	1	中部大学
材料力学	令和元年 11月30日	1	中部大学
材料力学実験	令和元年 11月30日	1	中部大学
流体力学	令和元年 12月14日	1	中部大学
流体力学実験	令和元年 12月14日	1	中部大学
航空機設計	令和2年 2月14日 ～15日	4	オリンポス



構造力学の講義



水平尾翼リブの構造解析



オリンポスによる航空機設計の講義



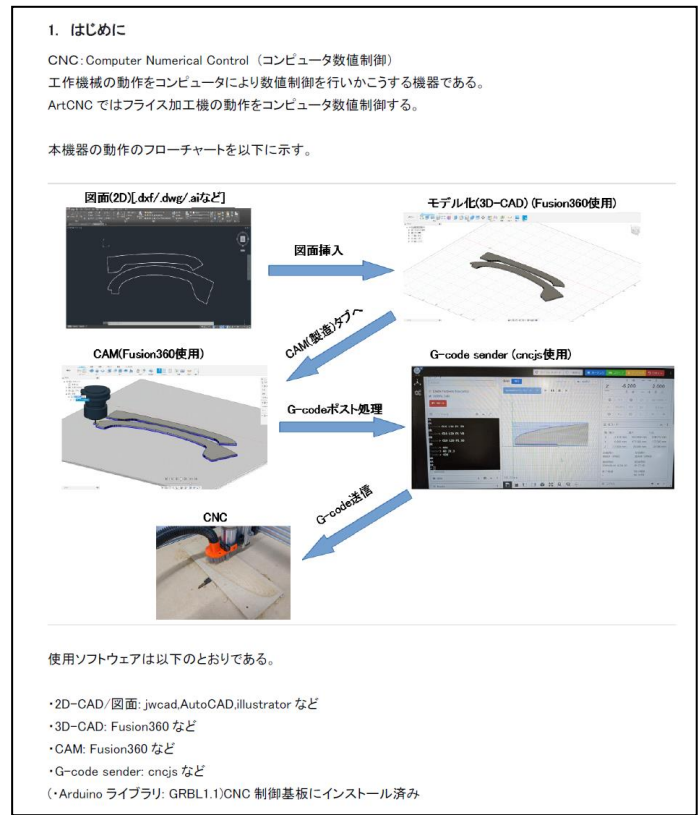
航空機設計講義の聴講学生

②-4 「教材作成」

実施内容・成果

本業務期間後も初級滑空機の製作による実践教育を継続するために、FOP-01の製作手順や講義内容の文章化と映像化を行った。これらの教材は、技能伝承の練習として、参加学生が主体となって実施した。これにより、例えば翼の製作において最も重要で作業手順の多いDボックスの接着作業では、記録した動画を作業前に視聴することで、作業の流れを事前にリハーサルすることができる。さらに、レーザ彫刻機とCNCフライスのマニュアルでは、各工作機器の使用法だけでなく、FOP-01の図面からのカットデータ作成に必要なソフトウェアやそれらの操作手順についてもまとめている。

区分	教材	概要
映像	水平尾翼Dボックスの接着作業	水平尾翼Dボックス接着作業の映像化
映像	外翼Dボックスの接着作業	外翼Dボックス接着作業の映像化
映像	ラダー後半リブ製作手順	①エポキシ樹脂系接着剤の使い方 ②リブ材料の切り出し ③リブ材料の接着 ④ガセットの接着 ⑤リブの成形
映像	ラダー桁製作手順	ラダー桁のフランジおよびスティフナの切り出しと組み立て
映像	航空機設計	オリンポスによる航空機設計の講義映像
文章	レーザ彫刻機マニュアル	①カットデータの生成方法 ②レーザ彫刻機の操作方法
文章	CNCフライスマニュアル	①3Dデータの製作方法 ②G-codeの生成方法 ③GRBL 1.1によるCNCの操作方法

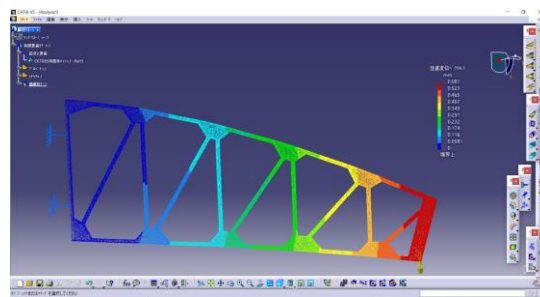


CNCフライスによる前縁リブの切り出し手順

③-1 「発展的課題への挑戦」

実施内容・成果

木製の初級滑空機であるFOP-01の製作を通じて特に興味を持った専門分野に応じて参加学生をチーム分けし、それぞれの分野において実際の旅客機などに使われている技術に近い発展的な課題に取り組んだ。具体的には、構造、空力、材料、アビオニクス等の分野において、中部地域の関連企業とも連携しながら、その専門分野の教員が指導を行った。



主翼リブの構造解析



主翼リブの剛性評価試験

専門分野	発展的課題	参加人数
構造	航空機的设计用3DCADソフトCATIAを用いた構造解析とFOP-01の主翼リブを用いた剛性評価	2
空力	風洞によるFOP-01の空力特性の計測とフライトシミュレータによる飛行体験	4
材料	複合材の製作と性能評価	2
アビオニクス	将来の制御システムの電動化と電気飛行機化に向けた電気電子回路の性能評価	3



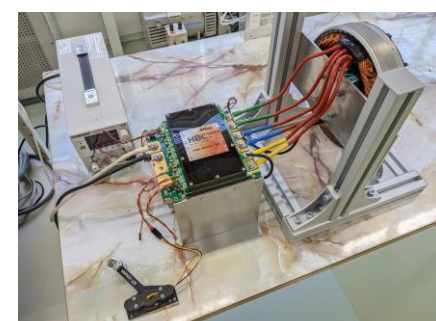
FOP-01の風洞模型による風洞試験



FOP-01のフライトシミュレータ



VaRTM法によるCFRP板の製作



電動モータ回路の動作試験

③-2 「デモフライト」

実施内容・成果

将来世代である中高生へのアウトリーチ活動として、完成した初級滑空機FOP-01によるデモフライトや機体展示での体験搭乗を実施した。

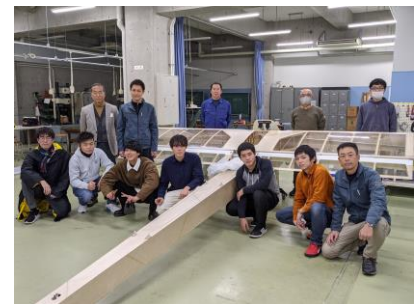
新型コロナウイルス感染拡大防止のために、参加学生を制限した小規模での実施となったが、中部大学と高大連携協定を締結している愛知県立愛知総合工科高等学校の学生11名を対象に、機体組み立ての体験と地上滑走のデモフライトを令和2年12月と令和3年1月の2回に分けて開催した。デモフライトでは、参加学生を2チームに分けて、1チームにはバンジー曳航のゴム索を牽引する担当として、もう1チームには発航時の機体の姿勢を保つために両翼を支える担当として参加してもらった。

令和3年1月28日には、長野市滑空場にてジャンプフライトによる飛行試験を実施した。県外への移動と宿泊が伴うため、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、残念ながら学生の参加は自粛している。観客のない飛行試験となったが、無事にジャンプフライトに成功し、完成した機体の健全性を確認することができた。

さらに、令和3年3月6日と13日には、防衛省航空自衛隊小牧基地で開催された募集広報イベントに招待され、FOP-01の機体展示と体験搭乗を実施した。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、1日の入場者数を600名に限定しての開催であったが、両日40名以上、合計で90名近い小学生から中学生の子供たちがFOP-01に搭乗し、飛行機の操縦について体験しながら学ぶことができた。



主翼の取り付け作業



FOP-01の全機組み



バンジー曳航のゴム索の牽引



バンジー曳航による発航



FOP-01による初ジャンプフライトの成功



FOP-01の機体展示と体験搭乗

その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他研究発表	実用化事業	プレスリリース・取材対応	展示会出展
	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：3 国際：0	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：1 国際：0
受賞・表彰リスト						

成果展開の状況・期待される効果

2大旅客機メーカーであるボーイングとエアバスが位置するアメリカとヨーロッパでは、学生が自分達で飛行機を作り、空を飛ぶという航空文化が根付いており、それが航空産業における高度人材育成を支えている。本事業では、我国でも同様の持続的な航空人材育成サイクルを生み出すことを長期的な目標としている。

本事業期間では、実際に人を乗せて飛ぶことのできる初級滑空機FOP-01をケースメソッドの教材として採用し、製作と並行してその背景にある設計思想や理論を学ぶアクティブ・ラーニングによる航空機設計・製作技術教育を実践した。自らの手で1機の初級滑空機を完成させることで、人材育成サイクルの1ターン目を完了することができた。継続的な人材育成のための次のターンとして、製作技術やノウハウを身に付けた学生や教員が主体となり、新たに参加した学生を指導しながら、2機目の製作に取り組んでいる。

また、完成した初級滑空機のデモフライトや搭乗体験により、将来世代である中高生へのアウトリーチ活動も継続し、航空宇宙に対する興味の喚起と理工学分野への将来の進学を促進する。

さらに、本事業で作成した教育カリキュラムの一部は、中部大学宇宙航空理工学科での学生実験や講義の教材として活用されている。今後も本事業の成果を継続可能なプログラムとするために、大学での教育活動の一環とする仕組みを検討して行きたい。

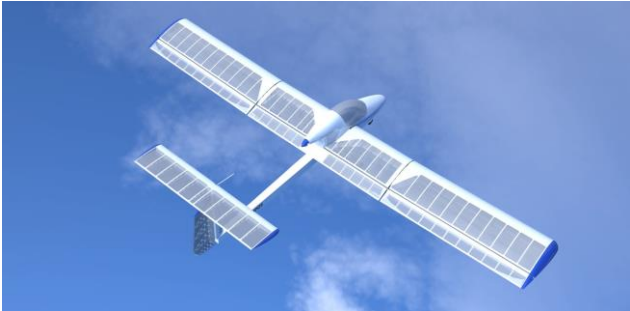
今後の研究開発計画

本事業への参加学生募集では、参加を希望するものの、製作作業のために長期に渡って定期的に作業場に通うことは難しいという意見が多かった。そこで、今後は、リブの製作など短期間で実施できる作業を週末などに体験学習できるワークショップなどを計画している。

また、完成したFOP-01をベースとした発展的な挑戦として、電動モータの搭載による動力機化を行い、航空機の電動化に向けた研究開発のプラットフォームとして活用を検討している。



参加学生によるFOP-01の製作



FOP-01の電動化イメージ(オリンポス提供)

事後評価票

令和3年3月末現在

1. プログラム名 宇宙航空人材育成プログラム
2. 課題名 飛行機を作って学ぶアクティブ・ラーニングによる航空機設計・製作技術教育
3. 主管実施機関・研究代表者 学校法人中部大学・准教授 海老沼拓史
4. 共同参画機関
5. 事業期間 平成30年度～令和2年度
6. 総経費 44.6百万円
7. 課題の実施結果
(1) 課題の達成状況
「所期の目標に対する達成度」
◆ 所期の目標
本業務は、実際に人を乗せて飛ぶことのできる初級滑空機のキットをケースメソッドの教材として採用し、その背景にある設計思想や理論を同時に学ぶアクティブ・ラーニングによる航空人材育成を目的としている。参加学生は、自分の手で飛行機を作りながら「なぜこのような構造なのか」「どうしたらもっと性能が向上するのか」といった疑問や課題を自ら発見することで、それと並行して開催される講義の中で、航空機設計や力学の理論を主体的に学ぶことができる。これにより、経験と理論の両方に基づく自立的な課題発見・問題解決能力のある航空人材の育成を目指す。さらに、製作した初級滑空機によるデモフライトにより、将来世代である中高生へのアウトリーチ活動を展開し、潜在的な人材の発掘にも努める。ここで航空機に興味をもった中高生が大学に進学し、次の飛行機を自分たちの手で作り上げる持続的な航空人材育成サイクルの確立を目指す。
◆ 達成度
1-1 指導教員の事前研修
学生による初級滑空機の製作を指導するために、まずは本業務に参加する教員（指導教員）向けの事前研修を実施した。ここでは、本事業で教材として採用した初級滑空機 FOP-01 の製作に必要な工具の取り扱いから、主要部品の製作手順を習得することを目的としている。FOP-01 では、主翼、水平尾翼、

垂直尾翼、ラダーのすべての翼でDボックスと呼ばれるセミモノコック構造を採用している。そのため、ひとつの翼の製作を習得することで、他の翼の製作も学べる設計となっている。そこで、指導教員の事前研修では、部品点数の少ないラダーと水平尾翼から製作をスタートし、その製作手順を習得するとともに、翼製作の基本となるリブ製作のマニュアルや製作動画を整備した。(達成度 100%)

1-2 教育カリキュラムの作成

初級滑空機の製作と並行して開講される航空機設計や工学基礎に関する講義の教育カリキュラムの作成を行った。限られた時間の中で具体的な設計手法を学ぶために、講義では航空機の構造で特に重要となる翼構造の設計や解析を中心に、1コマ90分として13コマ分の講義・実験のカリキュラムを検討した。その内、中部大学教員が担当する飛行力学、流体力学、材料力学、構造力学など9コマ分のテキストを準備した。残り4コマは、初級滑空機 FOP-01 を設計した有限会社オリンパスによる航空機設計の講義となっている。(達成度 100%)

1-3 初級滑空機製作施設の整備

指導教員の事前研修および学生による初級滑空機の製作に向けて、製作施設の整備を実施した。初級滑空機製作の作業場所となる「飛行機工房」には、製作に必要な電動工具および手工具が揃えられ、充実した作業環境を整備することができた。これら工具の使用法や安全管理は、指導教員の指導のもとで学ぶことになるが、主要な電動工具については簡易的なマニュアルを準備した。さらに、初級滑空機の製作に必要な治具類の整備も進め、使用法についても作業手順と合わせてマニュアルを整備した。(達成度 100%)

2-1 参加学生の募集

初級滑空機の製作と講義に参加する学生を募集するために、中部地域の大学・専門学校などに募集案内を配布するとともに、ウェブサイトを開設して参加を呼び掛けた。令和元年5月11日に開催した説明会および初級滑空機の搭乗体験には学内外から37名の参加があった。しかし、製作や講義のために定期的に中部大学に通うことが学外からでは難しいためか、中部大学工学部から9名(男子8名、女子1名)の学生が本事業に参加することとなった。(達成度 100%)

2-2 初級滑空機の製作

参加学生による初級滑空機 FOP-01 の製作がスタートした。まず参加学生は、指導教員の事前研修のために先行している1号機の製作を通じて、基本的な工具の使い方や、材料である木材の加工や接着方法を学んだ。これら基礎的な技術を習得した後に、2号機のラダーを参加学生が主体となり完成させた。当初の計画よりも遅れたものの、令和2年11月には、1機の木製初級滑空機 FOP-01 を完成することができた。(達成度 100%)

2-3 航空機設計・製造の講義

初級滑空機 FOP-01 の製作と並行して、航空機設計および工学基礎に関する講義を開講した。90分を1コマとする講義や実験を10コマ以上開講することを目標とし、合計で12コマの講義を開講

した。これら講義では、すでに設計の完成している FOP-01 を例として、中部大学教員により、構造、材料、流体といった工学基礎を学んだ。さらに、FOP-01 を設計した有限会社オリンポスによる具体的な小型飛行機の強度計算や構造解析など詳細設計に関する講義を実施した。有限会社オリンポスによる講義は、設計者本人から小型航空機の設計プロセスを聴くことのできる貴重な機会であるため、本プログラムの参加学生だけではなく、聴講を希望する学生の参加も募った。講義には中部地域の大学だけではなく、東京や大阪の大学や、高校からの参加もあり、総勢で 24 名の学生が講義に参加した。(達成度 100%)

2-4 教材作成

本業務期間後も初級滑空機による実践教育を継続するために、FOP-01 の製作手順や講義内容の文章化と映像化を行った。これらの教材は、技能伝承の練習として、参加学生が主体となって実施した。作成した教材としては、水平尾翼、外翼、ラダーの製作動画や、航空機設計の講義映像、レーザー彫刻機および CNC フライスのマニュアルなどが挙げられる。(達成度 100%)

3-1 発展的課題への挑戦

初級滑空機 FOP-01 の製作や講義を通じて特に興味を持った分野に参加学生をチーム分けし、それぞれの分野において実際の旅客機などに使われている技術に近い発展的な課題に取り組んだ。具体的には、構造、空力、材料、アビオニクス分野において、中部地域の関連企業と連携しながら、その専門分野の教員が指導をおこなった。各テーマにつき 1 名以上の参加学生を受け入れる目標に対して、2~4 名の参加があった。各テーマはそれぞれ 2 名の教員が指導を担当し、空力、材料のテーマで関連企業 2 社との連携があった。(達成度 100%)

3-2 デモフライト

将来世代である中学生や高校生へのアウトリーチ活動として、製作した初級滑空機 FOP-01 によるデモフライトや機体展示での体験搭乗を実施した。

新型コロナウイルス感染拡大防止のために、参加学生を制限した小規模での実施となったが、中部大学と高大連携協定を締結している愛知県立愛知総合工科高等学校の学生 11 名を対象に、機体組み立ての体験と地上滑走のデモフライトを令和 2 年 12 月と令和 3 年 1 月の 2 回に分けて開催した。デモフライトでは、参加学生を 2 チームに分けて、1 チームにはバンジー曳航のゴム索を牽引する担当として、もう 1 チームには発航時の機体の姿勢を保つために両翼を支える担当として参加してもらった。

さらに、令和 3 年 3 月 6 日と 13 日には、防衛省航空自衛隊小牧基地で開催された募集広報イベントに招待され、FOP-01 の機体展示と体験搭乗を実施した。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、1 日の入場者数を 600 名に限定しての開催であったが、両日 40 名以上、合計で 90 名近い小学生から中学生の子供たちが FOP-01 に搭乗し、飛行機の操縦について体験しながら学ぶことができた。(達成度 100%)

「必要性」

1. 産業・経済活動の活性化

我が国の航空機産業は、ボーイング社やエアバス社が設計した航空機の一部を製造するだけでなく、旅客機すべてをゼロから設計・開発し、さらには販売するという新しい形で世界市場に挑戦を始めている。しかし、旅客機の市場は、ボーイング社とエアバス社の2大旅客機メーカーに加えて、中国やブラジルなどの新興国の台頭も著しく、激しい競争市場となっている。今後、民生航空分野における我が国の競争力を維持・強化するためには、多くの優秀な人材の育成が優先課題であり、そのためにも新しい人材育成のアプローチが求められる。

海外に目を向けてみると、2大旅客機メーカーが位置するアメリカとヨーロッパでは、アメリカのEAA (Experimental Aircraft Association) やドイツのAkafliegの活動に代表されるように、高校生や大学生が自分たちで飛行機を設計・製作し、さらにはそれで空を飛ぶという航空文化が根付いている。また、EAAでは、高校や大学での活動に無償で航空機のキットを提供するなど、次世代の人材育成に力を入れている。このように、若いうちから実機で培った経験をベースに、大学や大学院でその経験を支えている理論を学修することで、ボーイングやエアバスの競争力を支える高度人材が育成される良質なサイクルが確立している。

このような現状において、我が国でもアメリカやヨーロッパと同様の経験に基づく人材育成の実現を目指し、学生自らの手で実際に人を乗せて飛ぶことのできる航空機を製作すると同時に、それと並行して開催される講義において理論面を学ぶアクティブ・ラーニングによる新しいアプローチの航空機人材育成を提案し実施した。

2. 技術的発展性・コミュニティの活性化

国内における航空産業の中心地である中部地域には、航空人材育成を目的としたプログラムが複数存在する。小中学生の航空宇宙に対する興味の喚起としては、岐阜かかみがはら航空宇宙博物館が中心となって、紙飛行機などを利用した体験教室を定期的で開催している。大学院生・社会人をターゲットとした高度人材育成としては、名古屋大学が中心となり、最先端研究も含めた実践教育が展開されている。本事業は、これらのプログラムの橋渡しとなるよう、模型飛行機などで航空分野に興味を持った小中学生の次のステップとして、中高生や大学生をターゲットとし、より本格的な航空機の製作を体験できる機会を提供する。さらに、ここで培ったものづくりの経験を基に、大学院などの高度人材育成の場で、より広い分野の横断的な知識や研究開発手法を学ぶことで、中部地域全体として経験と知識を統合した高度人材を輩出する。

「有効性」

1. 人材の育成・知的基盤の整備

初級滑空機 FOP-01 を含め、自作飛行機のキットは、プラモデルのように説明書通りに組み立ててれば完成するものではなく、図面と材料が提供されるだけである。製作者は、自ら製作手順を考え、素材を加工し、飛行機を完成させなくてはならない。さらに、部品の加工や組み立ての際に、作業をサポートする多種多様な治具も必要となるが、これらも製作者側で工夫し、自ら設計・製作する必要がある。このような膨大な工夫と試行錯誤を繰り返し、初級滑空機を1機完成させることで、製作のノウハウを経験した人材が育成できただけでなく、製作手順をまとめたマニュアルや動画、製作作業をサポートする治具など、知的基盤も整備することが出来た。

2. 波及効果

本事業による中高生向けのアウトリーチ活動および高大連携のひとつとして実施したデモフライトに参加した愛知県立愛知総合高等学校の学生は、自らも鳥人間部を創設し、鳥人間コンテストの滑空機部門に出場する機体の製作に取り組んでいる。また、本事業での経験を活かし、講義内容や実験実習のコンサルタントを実施した愛知県立小牧工業高校航空産業科では、実験実習の教材として超軽量動力機のキットを採用している。このように、自分たちで飛行機を製作し、さらには飛ぶという活動の輪が、将来世代である高校生にも広がっている。

「効率性」

指導教員および学生が初級滑空機の製作に取り組む「1-1 指導教員の事前研修」および「2-2 初級滑空機の製作」において、その費用の約5割を初級滑空機の製作経験者による製作指導および支援に充てている。初級滑空機 FOP-01 は、キットとして図面と材料は提供されるものの、製作手順や素材の加工、組み立てなど、すべて製作者側が自ら考えなければならない。そのため、キットを入手さえすれば飛行機が製作できる訳ではなく、経験者からの適切な指導が不可欠となる。本事業においては、FOP-01 の共同開発者であり、初級滑空機 HAYABUSA の製作経験のある株式会社ふらんぼうに指導を仰いでいる。全国的にも、自作飛行機の製作経験のある人材は少なく、長期に渡り完成までの指導を受ける機会も非常にまれであることから、指導教員および学生による初級滑空機の製作において、その費用に対する十分な効果が得られているといえる。本事業で得られた経験や知識は、参加した教員および学生に継承・蓄積され、事業期間終了後は後続の指導に活用されている。

(2) 成果

「アウトプット」

1-1 指導教員の事前研修

指導教員が事前研修で作成した主要部品の手順書にしたがって参加学生に作業を実施してもらうことで、作業が理解できる手順書となっているか、アンケートにより5段階で評価を行った。主要部品の手順書が整備されていることをミニмумサクセスとし、その手順書の理解度が3.0以上であればフルサクセス、4.0以上でエクストラサクセスとした。アンケートの評価点の平均は3.9点となり、エクストラサクセスには届かなかったものの、フルサクセスとなった。自由記述欄では、手順書や作業動画だけでは理解できない工程があり、指導教員による指導が必要との意見があった。

1-2 教育カリキュラムの作成

教育カリキュラムの完了時に、参加学生に対してアンケートを実施し、期待していた知識を学ぶことができたか、学生から見た教育カリキュラムの評価を実施した。講義で使用する配布資料やテキストを整備することをミニмумサクセスとし、アンケート結果が5段階評価で3.0以上をフルサクセス、4.0以上をエクストラサクセスとした。アンケートの評価点の平均は4.0点となり、エクストラサクセスとなったが、自由記述欄では、講義や実験の時間をもっと増やして欲しいというコメントが見られた。広く概要を学ぶことができたが、より深く理解したいという希望もあり、学生の学習意欲を高めるという意味では成功であったと言える。

2-1 参加学生の募集

初級滑空機の製作および航空機設計・製造の講義に参加する学生が5名以上であることをミニмумサクセスとし、複数の学科から参加がある場合をフルサクセスとした。さらに、中部大学以外からの参加をエクストラサクセスとした。本事業には、中部大学工学部の宇宙航空理工学科から8名、機械工学科から1名と、2学科から合計9名の学生が参加し、フルサクセスとなった。

しかし、初級滑空機の製作作業のために定期的に作業場所である中部大学に通うことは難しく、中部大学以外からの参加者はゼロとなった。一方で、参加学生以外の聴講も募った航空機設計の講義には、学外から多くの大学生や高校生の参加があった。このことから、学外から定期的に作業のために通うのは難しいとしても、短期的に集中した作業であれば参加を希望する学生は多いと思われる。今後は、リブの製作など短期で実施できる作業を週末などに体験学習できるプログラムも検討したい。

2-2 初級滑空機の製作

本事業による製作技術教育の成果として、参加学生が初級滑空機の製作に取り組むことをミニмумサクセスとし、少なくとも1機を完成させることをフルサクセスとした。さらに、設計図通りに製作しただけではなく、発展的テーマによる改良（空力や構造の改良、電動化など）が加えられた場合をエクストラサクセスとした。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、学内での学生の活動が制限される中、計画よりも遅れたものの、令和2年11月には1機の木製初級滑空機 FOP-01 を完成させ、フルサクセスを達成することができた。

2-3 航空機設計・製造の講義

航空機設計や工学基礎に関する講義を 90 分×1 コマ以上開講することをミニマムサクセスとし、10 コマ以上をフルサクセスとした。さらに、座学だけではなく、実験・実習などの体験学習を取り入れた場合をエクストラサクセスとした。本実施項目では、初級滑空機の製作と並行して、合計で 12 コマの講義を開催した。その内、5 コマが実験や実習による体験学習となっており、エクストラサクセスとなった。

3-1 発展的課題への挑戦

初級滑空機の製作を通じて特に興味を持った専門分野において、発展的なテーマに取り組む。1 テーマ以上の発展的課題に各 1 名以上の学生が参加することをミニマムサクセスとし、4 テーマ以上または 2 名以上であればフルサクセスとした。さらに、発展的課題で取り組んだ成果が、製作した初級滑空機にフィードバックされた場合をエクストラサクセスとした。本実施項目では、4 つの専門分野における発展的課題に、それぞれ 2 名以上の学生が取り組み、フルサクセスを達成することができた。取り組んだ成果が、製作した初級滑空機にフィードバックされるまでには至らなかったものの、今後の FOP-01 の運用や性能改善に向けた知見を得ることができた。

3-2 デモフライト

将来世代である中高生へのアウトリーチ活動の一環として、製作した初級滑空機の展示またはデモフライトを少なくとも 1 回は実施することをミニマムサクセスとし、2 回以上の場合をフルサクセスとした。さらに、招待を受けての展示またはデモフライトを実施した場合をエクストラサクセスとした。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、2 回に分けて小規模に実施したデモフライトでは、愛知県立愛知総合工科高等学校の学生によるバンジー曳航で、地上滑走によるフライト試験を実施することができた。さらに、令和 3 年 3 月には防衛省航空自衛隊小牧基地で開催された募集広報イベントに招待され、機体展示と搭乗体験を実施し、エクストラサクセスとなった。

「アウトカム」 (令和 3 年 10 月末時点)

1. 航空機技術の体系的理解

本事業で実施したアクティブ・ラーニングの効果・効用として、飛行機の構造や理論などの知識が増加するだけでなく、初級滑空機の製作と講義の両方を体験することで、それらがどのように結びついているのかを体系的に捉えられることを期待している。この体系的な理解度を評価するために、本事業の参加前と参加後に、コンセプトマップによる知識の可視化を実施し、本事業を通じた理解度の成長を評価した。

コンセプトマップとは、ボックスなどで示されるコンセプト（概念）を並べ、線や矢印で接続して構造化することで、知識の関係性を視覚的に理解するアクティブ・ラーニングの手法のひとつである。これにより、知識や概念の関係が体系的に理解でき、全体像を把握できる特徴がある。また、コンセプトマップを作成する際に、学んだ知識から必要な要素を抽出し、それらを効果的に結び付ける工夫をするなど、学習内容に対してより能動的に関与できる利点がある。

参加学生には、本事業の開始前と終了後に「飛行機」に関するコンセプトマップを作成してもらった。

これらを比較することで、知識の増加だけではなく、それらの分類や関連性の理解が深まっていることが見て取れた。さらに、コンセプトマップによる知識の視覚化においても、製作した FOP-01 の概念図を中心に関連した部品や理論、製作工法をまとめるなど、工夫と成長がみられた。

2. 高大連携の推進

本事業の波及効果として、実際にフライトが可能な飛行機の製作を通じた教育プログラムが、アウトリーチ活動のターゲットである中学や高校に広がることを目標としている。その一環として、令和元年には本事業の研究協力機関でもある中日本航空専門学校の学生向けに、ラジコン飛行機の製作と操縦体験による飛行力学の実習と、翼に働く力を理解するための風洞を使用した流体力学実験を実施した。飛行力学実習には 9 名、流体力学実験には 10 名の学生が参加した。令和 2 年度のデモフライトでは、中部大学と高大連携協定を締結している愛知県立愛知総合工科高等学校の学生を対象に、FOP-01 の機体組み立てとデモフライトを実施した。参加学生はバンジー曳航のゴムを牽引する担当や発航時の姿勢を保つために両翼を支える担当などとして、デモフライトに参加してもらった。さらに、本事業での経験を活かし、愛知県立小牧工業高校に新設された航空産業科におけるテキストの作成および実験実習での飛行機製作のコンサルタントを実施した。

(3) 今後の展望

事業期間中に蓄積された製作技術やノウハウを基に、事業終了後には本事業に参加した教員や学生が主体となって、新たに参加する学生または将来世代である中高生に飛行機の製作を指導する活動を継続する。そのための資金的体制としては、例えば愛知県が推進するあいち STEM 教育推進事業において、中高生向けに初級滑空機の製作を指導することで、航空工学を含めた理系分野への進学を促すなどの活動が考えられる。現在は、中部大学の学生活動支援プログラムであるチャレンジ・サイトにおける学生プロジェクトとして、初級滑空機によるアウトリーチ活動や新しい機体の製作を継続している。また、メーカにおける若手教育の一環として、FOP-01 の製作に取り組みたいという相談も受けており、そのような企業をサポートする形で事業を継続することも考えられる。しかし、「2-1 参加学生の募集」と同様に、製作作業のために長期に渡って定期的に作業場に通うことは難しいという意見も多い。そこで、今後は、リブの製作など短期間で実施できる作業を週末などに体験学習できるワークショップなども検討したい。

また、本事業の成果を継続可能なプログラムとするために、「1-2 教育カリキュラムの作成」や「3-1 発展的課題への挑戦」で作成した FOP-01 の翼モデルによる風洞実験とリブ構造の CATIA による構造解析を、中部大学宇宙航空理工学科の学生実験や講義の教材として活用している。しかし、実機製作の実践を含めた形でのカリキュラムへの組み込みまでは至っておらず、引き続き大学の教育活動の一環とする仕組みを検討して行きたい。

このように、本事業を通じて、初級滑空機製作のノウハウの蓄積や関連教材の整備は出来た一方で、完成した FOP-01 の運用を通して明らかになった課題もいくつか存在する。ひとつはスペースの問題である。初級滑空機の製作に必要な電動工具や手工具、さらに治具類を含めると、学生を指導しながら製作を行う部屋として 100m²ほどのスペースが必要となる。それに加えて、完成機体とバンジー曳航の機材を保管するための部屋も必要となるが、これだけのスペースを大学内で確保し続けることは難しいの

が現状である。実機製作の実践を含めて継続可能なプログラムとするためには、長期的に利用できる作業スペースの確保が課題となる。

もうひとつの課題は、バンジー曳航による発航である。初級滑空機のフライトは、ゴム索によりパチンコのように発航するバンジー曳航となるが、この手法は動力ウインチのように一定の速度で曳航することができず、機体のリリース直後に最大加速度で発航することになる。その際に発生する姿勢の乱れなどを瞬時に修正する必要がある、曳航手段として初級者向けで安全とは言い難い。また、発航に必要な推力を発生するゴム索を引くために、8名程度の大人が必要となる。さらに、ジャンプ飛行を行った機体をもとの発航場所に戻す作業も発生する。そのため、1人のパイロットが初級滑空機でフライトを体験できる機会に対して必要な人や作業の割合が多く、非効率な運用となっている。しかし、初級滑空機の動力ウインチによる曳航は航空法で禁止されているため、バンジー曳航以外での運用は出来ない。安定した離陸と効率的な運用を実現するために、電動モータの搭載による動力化を行い、初級滑空機ではなく、超軽量動力機として運用することも検討している。

8. 評価点

A

評価を以下の5段階評価とする。

- S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。
- A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。
- B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。
- C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につながっていない。
- D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本課題では、目標とする航空工学の基礎技術を、実機製作を通して航空機設計～製造の全体をアクティブに学ぶという他ではあまり例をみない画期的な事例といえる。また、理論と実践を両立する人材育成を実践したバランスがとれたプログラムを構築できたと判断される。特に、要素部品から実機のデモフライトに至る実践的な取組がなされており、他大学では模型飛行機を対象とする場合が多いが、本課題では人が乗れる実機を対象とする点で独創性があり、プログラムを通じて学生が幅広く興味関心を持ち、自分で製作した機体による飛翔という重要な体験で得た達成感将来の航空・宇宙を実践で進める人材育成にもつながった点については評価できる。全体として、プログラム進行も的確に管理され、全ての項目でフルサクセスと一部エクストラサクセスを達成するなど、大変高い成果も得られている。

一方で、相応の成果は挙げているものの、本プログラムの目的や成果活用の考え方などの社会的意義や、目的に対する今後の効果やモニタリングの計画が必ずしも十分に示されていなかった面があり、場所の確保等今後のプログラムの継続体制に課題が残されている。また、定量的な成果として発表3件、展示1回は事業期間と予算に対して若干不足しているとも考えられるが、今後の研究の発展や工夫により宇宙航空利用の促進への一層の貢献が見込まれる。

以上より、本課題は、相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献していると認められる。

今後は、以下の点が期待される。

- 航空機的设计製作のプロセス全般から種々の発表テーマを抽出して、参加学生に対して個別に資料作成と発表を経験する機会を設けることが望まれる。
- カリキュラムの規模が大きいため、大学の従来の座学とのリンクで苦勞すると思われるが、今後、本成果を基にネットワークが広がりよい形に進化していくことが望まれる。
- 参加学生が中部大学からのみとなっているため、ものづくりの実践力を披露する場の確保や、できるだけ多くの学生がものづくりに関われる工夫により広く中部地域の人材育成にもつなげていく活動を継続することを期待する。
- 新規機体の開発場所を確保することは教員一人の努力では難しいと考えられることから、大学組織としての支援も得ながら、成果を共有して真の航空機開発のカリキュラムに作り上げることを期待する。