

令和３年度地球観測技術等調査研究委託事業
「空飛ぶクルマ産業界構築のための
人材育成プログラムの提案と実践」

委託業務成果報告書

令和４年５月

国立大学法人東海国立大学機構

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人東海国立大学機構が実施した令和3年度「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の成果を取りまとめたものです。

目次

1. 委託業務の目的	p. 2
2. 実施体制	p. 3
3. 実施内容	pp. 4-9
4. まとめ	pp. 10-11
5. 添付資料	pp. 12-43
資料（１）日本航空宇宙学会誌受講生公募	pp. 12-13
資料（２）空飛ぶクルマの安全・認証についての提案書	
（１グループの例）	pp. 14-16
資料（３）飛行方案（１グループの例）	pp. 17-19
資料（４）飛行試験テキスト（一部抜粋）	pp. 20-22
資料（５）夏の実習アンケート	pp. 23-28
資料（６）冬の実習アンケート	pp. 29-32
資料（７）空飛ぶクルマの開発の実際に関する講演	pp. 33-34
資料（８）実機飛行通信	pp. 35-38
資料（９）シンポジウム発表資料（一部抜粋）	pp. 39-40
資料（10）シンポジウム前刷り資料（一部抜粋）	pp. 41-42
資料（11）学会等発表実績	p. 43

1. 委託業務の目的

近年、空飛ぶクルマ等の身近で三次元的なモビリティによる生活の大きな変化、通称「空の移動革命」が叫ばれ、身近な航空ニーズが急激に増加しつつある。本事業では、空の移動革命を実現し、空飛ぶクルマ産業の国際的イニシアティブを獲得するため、我が国に欠如している「航空安全技術」及び「認証技術」と、それらが世界的に認められるために必須となる「飛行試験技術」に関する感覚と知見を有する人材育成を目的とする。そのために、（１）空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術に関する講義、（２）空飛ぶクルマの基準策定などに有益となる、環境状況（騒音）に関する実習、（３）安全・認証などの技術実証のための飛行試験技術に関する講義・実習から構成される教育スキームを構築する。

2. 実施体制

令和3年度の実施体制を以下に示す。

主管実施機関である名古屋大学は、空飛ぶクルマ周辺環境実習の取りまとめを担当する。受講生募集、各年度の成果報告紙「実機飛行教育通信」の発行、本プロジェクト HP の作成・管理、各種事務作業を担当する。

共同参画機関である金沢工業大学は、フライトシミュレータ実習を担当する。令和3年度は、フライトシミュレータ実習の準備として機内環境を再現する計測員用モックアップの製作、改良を継続する。また、信州大学とともに飛行試験技術を担当する。

共同参画機関である信州大学は、従来の航空機に関する技術についての指導を担当する。また、金沢工業大学とともに飛行試験技術を担当する。

協力機関として、以下の大学が参加する。プログラム検討会において本プログラムの検討に参加するとともに、学生への本プロジェクトの周知を行う。

東北大学、東京大学、横浜国立大学、金沢大学、京都大学、鳥取大学、群馬大学、大阪府立大学、愛知工業大学、中部大学、東海大学、航空大学校、（研究協力者）群馬大学舩津賢人准教授。

協力機関である宇宙航空研究開発機構は、冬の飛行試験実習の実施場所であり、共同参画機関信州大学と共に冬の実習を遂行する。

協力機関である(株)SkyDrive より、空飛ぶクルマの開発、空飛ぶクルマの飛行に関する国の制度整備、空飛ぶクルマの市場に関して、また従来の航空機の安全技術、認証技術について情報提供を受ける。

協力機関である(株)NTT データ MHI システムズより、安全技術、認証技術について情報提供を受ける。飛行試験について動画を用いた講義を担当する。

3. 実施内容

日本航空宇宙学会誌及び同学会HPの受講生公募を通して応募のあった14名（大学院生5名、学部生9名）の「応募の動機と実習に対する抱負」から、主管実施機関（砂田）、共同参画機関（信州大学柳原、金沢工業大学橋本）が8名の受講生（大学院生5名、学部生3名）を選抜した。添付資料（1）に日本航空宇宙学会誌に掲載された受講生公募の案内を示す。

①空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術に関する講義

〔計画〕

受講生に対し、従来の航空機に関する安全技術、認証技術について講義を行う。講義においては、講師と受講生とで意見交換を行い、受講生は空飛ぶクルマ用の安全技術、認証技術について、各自の提案書を作成する。

〔実施内容〕

オンラインで実施した夏の実習で、主管実施機関名古屋大学の砂田が従来の航空機に関する安全技術、認証技術について講義を行った。講義においては、協力参画機関の(株)SkyDriveの岸信夫氏に加わって頂き、受講生からの質問を受けた。意見交換を行い、受講生は空飛ぶクルマ用の安全技術、認証技術について、2グループで提案書を作成した。1グループが作成した提案書を添付資料（2）に示す。

②空飛ぶクルマの基準策定などに有益となる、環境状況（騒音）に関する実習

〔計画〕

受講生に対し、空飛ぶクルマ周りの騒音を体験させると共に、空飛ぶクルマ周りの騒音について講義を行う。

〔実施内容〕

オンラインで実施した夏の実習で、主管実施機関名古屋大学の砂田が空飛ぶクルマ周りの騒音について講義を行い、その講義の中で作成した空飛ぶクルマ周りの騒音を紹介した。これは4つの2重反転ロータを備えた自重400kgの空飛ぶクルマを想定し、高度15mを速度50km/hで近づいてくる際の騒音を計算によって作成したものである。騒音を体感した受講生からは、添付資料（5）の3.にあるような反応が得られた。次年度は、飛行速度、観測者位置を変化させ騒音のバリエーションを増やすとともに、対面での講義が予想されるのでスピーカを複数配備し受講生により実環境に即した騒音を聞かせる予定である。

③安全・認証などの技術実証のための飛行試験技術に関する講義・実習

〔計画〕

フライトシミュレータ実習の質的向上のために、機内環境を再現する計測員用モックアップの修繕、改良を実施する。また、受講生に対してフライトシミュレータ実習を行うなど、飛行試験技術に関する知識を学ばせる。

さらに、受講生に対して、飛行試験技術に関する講義及び実習を実施する。具体的には、講義のテキストを、信州大学等が連携して作成する。当該テキスト及び令和2年度に制作した飛行試験の動画を用いた専門技術者による講義と、研究機関が提供する飛行実習を実施することにより、技術実証に必須となる飛行試験技術の構築の実際を受講生に学ばせる。当該講義・実習には信州大学等から講師が参加する。なお、飛行実習の中止や、搭乗機体変更による搭乗可能者数の変更等で、飛行実習に参加できない受講生が発生した際には、その受講生に対して令和2年度に作成した動画教材等を利用した講義を行う。受講生は、空飛ぶクルマの飛行試験と従来の航空機の飛行試験との相違点に注目し、前者の飛行試験について提案書を作成する。

[実施内容]

共同参画機関金沢工業大学において同大学橋本が、機内環境を再現する計測員用モックアップの修繕、改良を実施した。

改良例 1：各席で機体運動 3 D 表示のみならず機体運動諸元も表示可能とした。



改良例 2：オペレータ等が全体を把握するためのモニタを設置した。



改良例 3：怪我を防止するためのプロテクタやガードを設置した。



フライトシミュレータ実習を対面で行う予定であったが、コロナ対策のため県外者の施設内立ち入りが制限されたため、遠隔による設備紹介を実施した。



シミュレータを背景に講義実施



シミュレータ機能の説明を遠隔で実施

コロナ対策のための施設立ち入り制限が令和4年度も継続する可能性を考慮し、遠隔でも搭乗員シミュレータ実習が可能となるように搭乗員シミュレータ設備の改良を図る予定である。この予定の事前準備として、本年度末にディスプレイ画面のUSBカメラを介したネット配信可能性について確認した。



事前準備状況：USBカメラのセットアップ方法



事前準備状況

左写真：シミュレータシステムとネットワーク的に分離したPCを介して

Zoomを用いて配信している状況

右写真：配信された画面。



名古屋大学および信州大学でも受信できることを確認した。小さな文字が判読できるように改善が必要であることが明らかとなった。

オンラインでの夏の実習では、共同参画機関金沢工業大学の橋本が「設計／認証のためのシミュレータ活用」と題したフライトシミュレータを利用した飛行の講義を行った。また、上記受講生は2グループに分かれ、飛行試験に対する提案書である飛行試験方案の作成を

行った。1グループの作成した提案書を添付資料（3）に示す。

宇宙航空研究開発機構(JAXA)で行われた冬の実習（コロナのため受講生のうち3名が対面で参加した。参加できない受講生のために講義はWeb配信した。）においては、飛行試験技術に関する様々な講義、実習及び見学が行われた。その内容は以下の通りである。

実施内容			
	2月28日（月）	3月1日（火）	3月2日（水）
0900			
1000		シミュレータ実習 ・ V- γ 線図用データ取得	設備見学 ・ ソニックブームシミュレータ 移動：分室→本所 ・ エンジン高空性能試験設備 ・ 大型低速風洞 ・ 展示室
1100		・ V- γ 線図作成	
1200		昼食	昼食
1300	全体説明 シミュレータ実習関連講義	人間工学豆知識	JAXAの飛行実験プロジェクト 飛鳥・ALFLEX・NEXST-1・D-SEND
1400	実験用航空機見学	JAXAの無人機研究	
1500	シミュレータ実習 ・ 操縦実習(運航シミュレータ) ・ 操縦実習(ヘリシミュレータ) ・ 動特性(固定翼シミュレータ)	事故調査実習	
1600			
1700	JAXAの飛行実験		

共同参画機関信州大学の柳原、協力機関JAXAの研究者が製作した飛行試験のテキストの一部を添付資料（4）に示す。テキストの内容は、講義、実習内容に即したものとなっている。また、オンラインでの夏の実習において、協力機関(株)NTTデータMHIシステムズの辻本邦之氏が令和2年度に作成した飛行試験の動画を用いて、飛行試験の講義を行った。



実習の様子

本年度の優秀受講生として、積極的に実習に参加した信州大学修士2年生を選んだ。

添付資料(5)、(6)にそれぞれ、夏、冬の実習に対する受講生へのアンケート結果を示す。また、分析結果も同添付資料内に記す。

④ プログラム検討会

[計画]

当該年度の講義・実習の改善点を検討し、次年度の活動に反映させるため、金沢工業大学、信州大学、関連企業、研究機関等と連携して、プログラム検討会を行う。

[実施内容]

主管実施機関、共同参画機関、協力機関の研究者、技術者によって、令和4年3月4日にWebによってプログラム検討会を実施した。令和3年度の実施内容について報告した。オンラインで実施した夏の実習、対面で実施した冬の実習(コロナで参加できない受講生に対しては講義のみWeb配信)、フライトシミュレータの整備について報告した。

プログラム検討会においては「コロナ禍の中、実施可能なものを遂行した」点が評価された。また、コロナのため大学から冬の実習に参加出来なかった受講生を減らすためには、「受講生が所属する教員への相談が有効ではないか」という意見があった。受講生応募時に推薦者からの推薦状を提出させているので、来年度、同様の事態があった際には、推薦者に相談する。

また、プログラム検討会の直前には、協力機関(株)SkyDriveの岸信夫氏の空飛ぶクルマの開発に関するオンライン講演会を実施した。添付資料(7)に講演会の案内を示す。同講演会は一般にも公開し80名の参加があった。来年度も、プログラム検討会に合わせて同様の講演会を実施予定である。

⑤ 広報誌作成

[計画]

本事業の意義及び当該年度の成果を広く周知し、航空人材の裾野を拡大するために広報誌「実機飛行教育通信」を発行する。

[実施内容]

実機飛行教育通信(カラー、A4×4ページ)を120部作成し、協力機関をはじめ、本プログラムに参画していない大学、企業、個人に配布した。本プログラムを周知し、今後の活動に協力や支援を得るためである。

添付資料(8)に示すように、空飛ぶクルマ社会の実現に貢献する人材を育成する効果的な方法の確立を目指す本プログラムの概要と令和3年度の活動内容を紹介するだけでなく、配布先の学生に講義・実習への参加を検討してもらうため令和4年度の活動予定を掲載した。また、空飛ぶクルマの研究開発現状の周知のために、近年、提案されている空飛ぶクルマの安全性向上の機構についても紹介した。

空飛ぶクルマ社会の実現に貢献する人材の育成の一助となることを目指し、令和4年度も年度報告、本プロジェクトの総括、及び空飛ぶクルマのトピックスを掲載した広報誌を作成する予定である。

⑥シンポジウム等での成果発表

[計画]

令和３年度の成果を日本航空宇宙学会飛行機シンポジウム等で報告する。

[実施内容]

日本航空宇宙学会第５９回飛行機シンポジウムにおいて（２０２１年１２月２日）、『「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の教育活動について』という題目で、本プログラムの令和３年度の成果を報告した。本プログラムを実施していることを広く周知するとともに、発表後の質疑応答では、本プログラムに対する応援、期待を表す御意見を受けた。シンポジウムで使用したPP（一部）を添付資料（９）に、前刷（一部）を添付資料（１０）に示す。

3. まとめ

令和3年度の活動は以下の通りである。

[フライトシミュレータ実習環境の整備]

共同参画機関金沢工業大学橋本等が、フライトシミュレータ実習で用いる計測員用モックアップの修繕、改良を実施した。さらに、フライトシミュレータ実習の遠隔化を目指した作業を進め、ディスプレイ画面のネット配信が可能であることを確認した。

[飛行試験のテキスト作成]

共同参画機関信州大学柳原がJAXAの研究者と協力して、飛行試験の講義で使用するテキストを作成した。JAXAでの冬の実習に即した内容である。

夏、冬の実習には、14名の応募者から選抜された8名（大学院生5名、学部生3名）が参加した。

[夏の実習（オンラインによる）]

- ・ 安全技術、認証技術の講義

主管機関名古屋大学砂田が協力機関(SkyDrive)岸信夫氏と共に行った。受講生は2グループに分かれて、空飛ぶクルマの安全・認証技術に関する提案書を作成した。

- ・ 空飛ぶクルマからの騒音の講義

主管機関名古屋大学砂田が回転翼から発生する音について講義を行った。合わせて、計算によって作成した空飛ぶクルマからの騒音を体験させた。

- ・ 動画を使用した講義

協力機関(NTTデータMHIシステムズ)辻本邦之氏が令和2年度に作成した飛行試験の動画を用いた飛行に関する講義を行った。

- ・ フライトシミュレータに関する講義

フライトシミュレータを題材に、飛行試験の講義を行った。

- ・ 飛行試験方案作成

フライトシミュレータに関する講義で飛行試験について学んだ受講生は、2グループに分かれて、飛行試験の提案書を作成した。

- ・ アンケート結果からの改良点

受講生は2グループに分かれて、提案書を作成した。受講生に全てを任せたグループは検討が進まず、受講生の検討を指導者が誘導したグループでは検討が深まった。受講生が検討を開始するきっかけを与えるが、受講生が自由に考えることを妨げることのない指導方法を十分相談して来年度の実習に臨む必要がある。

[冬の実習（対面による。コロナで参加できない受講生に対しては講義のみWeb配信した。）]

- ・ 飛行試験に関する講義

①シミュレータ実習基礎、②JAXAの飛行実験講義、③人間工学豆知識、④JAXAの無人機研究、⑤JAXAの飛行実験プロジェクト[飛鳥・ALFLEX・NEXST-1・D-SEND]

- ・ 飛行試験に関する実習

①飛行シミュレータ[操縦実習（固定翼・ヘリシミュレータ）、動特性（固定翼シミュレータ）]、②飛行シミュレータ V - γ 線図作成、③事故調査

- ・ 飛行試験に関する見学

①実験用航空機、②ソニックブームシミュレータ、③エンジン高空性能試験設備、④大型低速風洞、⑤展示室

・ アンケート結果からの改良点

受講生の満足度は極めて高かった。メニューが豊富で、JAXAの設備を利用した実習、見学であったことが大きい。コロナのため参加人数が3名になり、共同参画機関信州大学柳原、協力機関JAXAの研究者の指導が十分に行き届いたことも大きいと思われる。実機飛行実習も実施出来れば、受講生にとってよりインパクトの大きい実習になると思われる。

[プログラム検討会]

主管実施機関、共同参画機関、協力機関の研究者、技術者によって、令和4年3月4日にWebによってプログラム検討会を実施した。令和3年度の実施内容について報告した。オンラインで実施した夏の実習、対面で実施した冬の実習（コロナで参加できない受講生に対しては講義のみWeb配信）、本年度のフライトシミュレータの整備について報告した。

また、プログラム検討会の直前には、(株)SkyDriveの岸信夫氏の空飛ぶクルマの開発に関するオンライン講演会を実施した。80名が参加した。

[広報誌作成]

空飛ぶクルマ社会の実現に貢献する人材を育成するために、広報誌「実機飛行教育通信」（カラー、A4x4ページ）を120部作成した。本プログラムのねらい、令和3年度の活動、令和4年度の活動予定、近年、提案された空飛ぶクルマ安全性向上のための機構について記した。協力機関をはじめ、本プログラムに参画していない大学、企業、個人に配布した。

[シンポジウムでの成果発表]

日本航空宇宙学会第59回飛行機シンポジウムにおいて（2021年12月2日）、『「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の教育活動について』という題目で、本プログラムの令和3年度の成果を報告した。

添付資料（１）日本航空宇宙学会誌受講生公募

文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費
「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」
令和3年度受講生募集

国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学

国立大学法人 信州大学

学校法人 金沢工業大学

[本プログラムの目的]

近年、空飛ぶクルマ等の身近で三次元的なモビリティによる生活の大きな変化、通称「空の移動革命」が叫ばれています。本事業では、空の移動革命を実現し、空飛ぶクルマ産業の国際的イニシアティブを獲得するため、我が国に欠如している「航空安全技術」及び「認証技術」と、それらが世界的に認められるために必須となる「飛行試験技術」に関する感覚と知見を有する人材の育成を目的とします。

[令和3年度実施項目]

本年度は、夏（8月を予定）、冬（2月を予定）の2回にわたり、以下の実習により飛行試験技術構築の実際を学びます。

夏 （１）フライトシミュレータ実習

（２）空飛ぶクルマの騒音体験と安全技術・認証技術に関する講義

冬 （３）飛行実験データ解析実習

（４）JAXAにおける飛行実験の紹介、JAXA 実験用航空機の見学

受講後、空飛ぶクルマに関する安全技術・認証技術と飛行試験技術について、各自の提案書を提出

[実施期間] 2021年8月と2022年2月の数日（予定）

[実施場所] 金沢工業大学（8月）

宇宙航空研究開発機構（JAXA）調布航空宇宙センター（飛行場分室を含む。）（2月）

[費用] 受講料無料、交通費・宿泊費は名古屋大学の規定に従ってお支払いします。

[募集人数] 8名

[応募条件] 理工系の大学、大学院に在籍しており、応募に関して大学の了解が得られていること。

[応募方法] 応募希望者は、下記連絡先のアドレスにメールを送ってください。

・ 件名：「空飛ぶクルマ委託費参加希望」

- ・ 内容 : 1. 氏名(よみがな)／2. 大学又は大学院名・専攻・学年／3. 年齢／4. 昼間時間帯に連絡がつく電話番号／5. 応募の動機と実習に対する抱負(1000 字程度、添付ファイル可)／6. 指導教員の推薦状(様式不問)／7. 連絡・照会先となる所属大学教員の所属、役職、氏名、メールアドレス、電話番号

[応募締め切り] 2021年7月20日(火) 17:30

[選抜方法] 希望者多数の場合は、2021年7月中にWeb面接により、航空機に関する知識や空飛ぶクルマへの考え等について試問を行い、受講生の選抜を行います。

[その他]

- ・ 新型コロナウイルスの感染状況等の理由により中止する可能性があります。
- ・ 場合によっては、実習参加前に医療機関等でのPCR検査を行って戴きます(費用はプロジェクトで負担)。また実習期間中、マスク着用、手指の消毒などコロナ感染防止対策を実施して戴きます。

[連絡先]

名古屋大学フライト総合工学教育研究センター 砂田 茂 shigeru.sunada@mae.nagoya-u.ac.jp

(2) 空飛ぶクルマの安全・認証についての提案書 (1 グループのものを示す)

概要

講義内でも話されていたように、空飛ぶクルマは各社が異なった形状、飛行方式のものを開発しており、組み込まれている安全設計も各々である。このような機体に対して型式証明をとるためにはそれぞれの機体に対し故障モードを想定し、安全策を講じ、パフォーマンスでそれを評価する必要がある。今回、我々が安全・技術認証についての提案を行う上で、大まかに機体の要求事項や仕様を選定し、その機体がある状況下で起こりうる故障、事故を想定しそれに対する対策を講じることとした。

機体仕様・目的

空飛ぶクルマの形式	マルチロータータイプ ・土地のない日本の使用状況にあっている ・ティルトロータータイプに比べ技術的難易度が低く普及しやすいと思われる
用途 (機体規模)	軽自動車のような 2~4 人+荷室程度を想定 ・空飛ぶクルマの意義をふまえ、理想形を考えた ・バスのような多人数搭乗型では personal, Door to Door という考えから離れ、またバイクのように 1~2 人搭乗型ではパーソナルスペースとしてのクルマ、ストレスのない移動手段としては不十分
操縦者	誰でも操縦できる ・操縦アシストを充実させ、才能などに左右されないものがない ・普及促進のため、有資格者とはいっても従来のような操縦士試験のようなハードルの高いものではなく、運転免許程度のものが望ましい
操縦仕様	自動判断と遠隔操作を組み合わせたもの ・マニュアル操作は使用状況に合わないのでは
使用状況	山岳地帯、ビル群の中での飛行を考慮 初期は過疎地、徐々に都会での使用を想定 ・交通網の整備がされていない場所での需要 ・将来的には都市での渋滞を回避する選択肢の一つに

想定される事故・故障と安全策，必要な技術認証

想定される事故・故障・トラブル

- ・複数の故障
- ・スピードの出し過ぎ
- ・想定外の外乱
- ・空中衝突
- ・地上との衝突
- ・燃料，バッテリー切れ
- ・バッテリー発火

想定される事故・故障・トラブル 解決法，安全策，安全基準

空中衝突	・航空管制と個別のフライトコントローラー ・非常事態には遠隔操作でプロが対処するのも選択肢の一つ
地面との衝突，不時着	・機体下部にエアバッグ装着（宇宙船の着陸時に使用されるものを想像） ・自動車の衝撃吸収機構を参考 機体は壊れても居住空間の安全を確保 ・ロケットを逆噴射 ・着陸エリアを自治体で整備 ・グライダーのように着陸に関して特例を （航空法第 79 条，国土交通省令で定める航空機に含める） ・バッテリーの保護（後述）
バッテリーの発火対策	・要求事項の制定 ・普及が急速に拡大している自動車用バッテリーと共通規格化 ・充電システムも共通化することにより普及促進，電動車と空飛ぶクルマを組み合わせた新たな生活スタイル
外乱	天候（雨，雪）やシチュエーション（山，ビル風），地域どこまで要求する →完成からの情報などを基に，その機体性能で行ける条件内で飛行すべき 認証に際して要求する範囲ではない？

その他考慮すること

- ・安全要求レベル

乗っている人を助けるのか、地上にいる人の安全を担保するのか、機体を守るのか

・法整備

高度について 低すぎると地上の人のプライバシー侵害、最低安全高度の懸念

高すぎると旅客機などとの干渉

提案書		メモ	
1 マルチロータ	✓ ✓	用途（バス？個人？）機体規模（人数？）	150m以下だと個人の空域
2 コンパウンドヘリ	✓	・個人の短距離移動	航空管制、トラフィック管制
3 ティルトロータ	✓	・バイク	衝突回避
4 ティルトウイング		★2-4人（軽自動車？）	管制側からの操作と個別のフライトコントローラーによって行われる
		・バス(5-6人)	
		・	
●軟着陸エリア系 ⇒環境と機体		操縦者（自動化？有資格者？）	使用場所は過疎地では？
●機体下部のエアバック		・有資格者	交通網が整備されていない場所
●トラフィック管制と緊急事態		・個別のフライトコントローラー	渋滞が嫌（都会の混雑）
●普及順序		・	普及順序
			過疎地⇒都会
安全要求レベル		操縦仕様	自動車のエアバックの規格⇒
・乗っている人を助ける		・★自動判断	機体による吸収、居住空間の保護
・機体を助ける		・★遠隔からの命令	落ちることは仕方ない
・都市部での地上の人を助ける		・マニュアル運転（アシストの有無）	ロケットを参考に
誰を救うか（優先順位）			逆噴射
関係する事柄（法整備）			軟着陸エリアの確保
・高度			グライダーのような特例（空いている場所に）
			軟着陸時のバッテリーの保護（要求事項の制定）
			→車と規格をそろえる
			→充電システムの共通化
			→
		想定しうる事故	既存の航空機
		（複数の故障、スピード、想定外の外乱）	・地上の人を優先して助ける（軍？）
		・空中での衝突	
		・地上の衝突	外乱について
			・シチュエーション（山、ビル風）
		・燃料、バッテリー切れ	・天候
		・	・地域
			→それぞれで規定
			管制によって制御
		解決法	
		・脱出装置（乗員優先）	
		・機体下部のエアバック（例：宇宙からの帰還、火星着地、）	
		・	

空飛ぶクルマ 提案

(3) 飛行方案 (1 グループのものを示す)

飛行試験方案

A班

選択した項目

- 離陸時飛行特性
 - ロール特性
 - スパイラルモード
 - 操舵チェック
 - 定常横滑り特性

ロール特性

試験番号	-1	高度/速度	20kft / 200KEAS
試験内容	ロール性能	燃料	any lbs
形態	GEAR (UP) , FLAP (DN 10 deg) , SB (CLS)		
手順		評価方法/評価基準	
・トリムをとる。 (速度Δ0.5kt, 高度Δ20ft 以内) ・縦操舵を迎角が15degになるまで入力する (0.5s 以内) ・速度を200knotに維持(定常上昇飛行 10s以内) ・横操舵をステップ状に最大操舵角まで入力する。(最大操舵角まで0.1秒以内に到達させること) ・バンク角が30度を超えた時点で、入力を終了する。 ・レベル飛行状態に機体姿勢を戻す。		・操縦可能なこと。 ・横転時間要求が設計基準を満足すること (2次処理により確認) ・体勢の復元の有無、程度を確認する (2次処理により確認)	

スパイラルモード — 定常飛行時

試験番号	-2	高度/速度	20kft/200KEAS
試験内容	スパイラルモード	燃料	any lbs
形態	GEAR (UP) , FLAP (UP) , SB (CLS)		
手順		評価方法/評価基準	
・巡航状態を想定してトリムをとる。 (速度Δ0.5kt以内, 高度Δ20ft) ・バンク角15度までゆっくり横舵を入力 ・横舵を離し、ハンズフリー		・減衰するか、発散するかを確認 ・減衰する場合は収束時間が許容範囲内であること ・発散する場合、容易に修正可能であること。	

操舵チェック

試験番号	-3	高度/速度	5kft/Vapp
試験内容	操舵チェック	燃料	any lbs
形態	GEAR(UP), FLAP(DN 10 deg), SB(CLS)		
手順		評価方法/評価基準	
・目標トリム飛行(定常上昇飛行)を設定し、その飛行を行う。 ・機体の動きを適宜確認しつつ、縦系・横・方向系の操舵を個別に与える。この操作をする前は常にトリム姿勢に戻した状態から行う。 ・各運動モードを励起させるような周期で各操舵系を与え機体の応答を確認する。 ・操作量は最大値の1/2までとし、スロットル操作はしない。		・操縦ができること ・操舵量の応答性(線形かどうか)、機体の応答性をシミュレーション解析と比較し、評価基準を与える。 ・励起された運動モードが収束できるかどうか、また発散時の修正量や時間を評価する。	

定常横滑り特性

試験番号	-4	高度/速度	20kft/200KEAS
試験内容	定常横滑り特性	燃料	any lbs
形態	GEAR(UP), FLAP(UP), SB(CLS)		
手順		評価方法/評価基準	
・トリム飛行をとる。 (速度$\Delta 0.5$kt, 高度$\Delta 20$ft 以内) ・目標トリム飛行(定常上昇飛行)をとる。 ・ペダル操舵により、横滑りさせる。 ・ペダル操舵は、ペダル最大か、横操舵が約70%を超える程度まで実施する。		・最大横滑り角および横操舵量、時間の測定し、設計基準内であることを確認する。 ・横操舵による方向保持が可能なことを評価し、通常技量で可能なことを基準とする。	

(4) 飛行試験テキスト (一部抜粋)



飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践
飛行実験データ解析実習

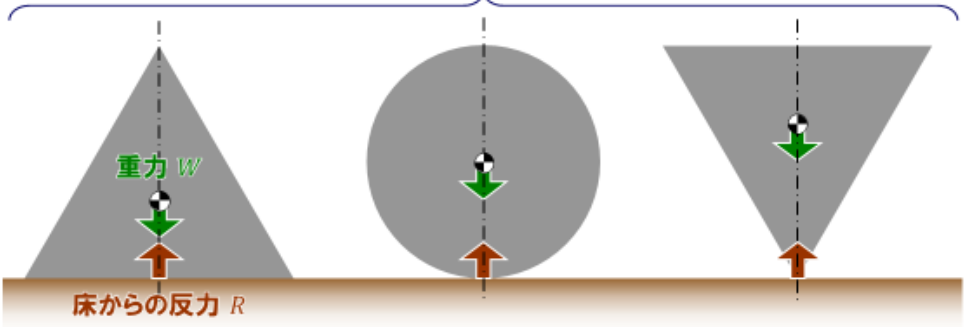
シミュレータ実習

令和4年2月28日～3月2日
JAXA調布航空宇宙センター

1. 釣り合い飛行とV- γ 線図 (1/7)

釣り合いとは？

すべて釣り合い (Trim) 状態



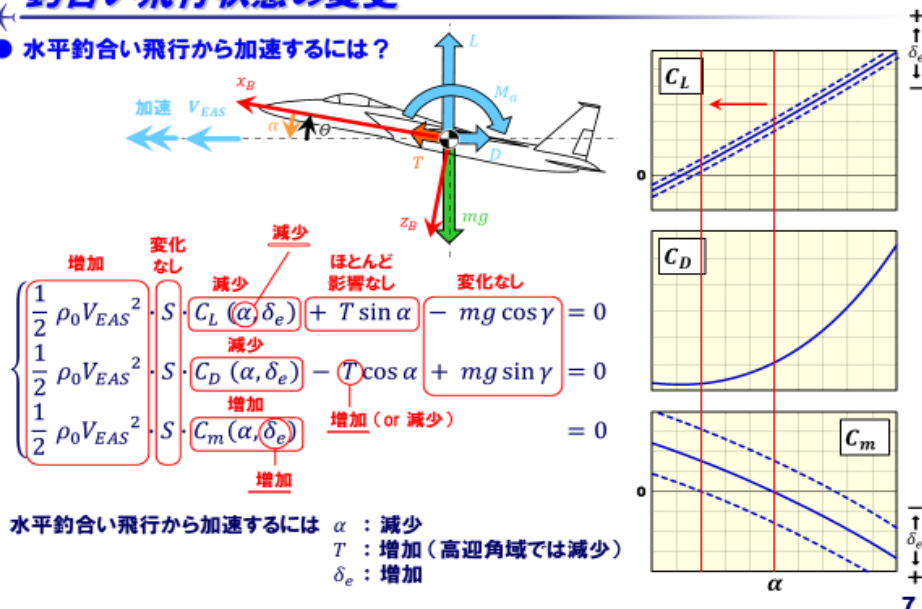
- ニュートンの運動の第1法則 (慣性の法則)
外的な力が加わらない限り, 物体は静止或いは等速直線運動を続ける
外的な力が加わらない = 外力の合計が0 = 外力が釣り合っている
- 釣り合い状態 : 物体に作用する外力が釣り合い, 「静止」あるいは「等速直線運動」をしている状態
- 物体に働く[力]と[重心まわりのモーメント]の釣り合い
 - ・ 力の釣り合い $F = W - R = 0$
 - ・ モーメントの釣り合い $T = W \times 0 - R \times 0 = 0$

4

1. 釣合い飛行と V-γ 線図 (4/7)

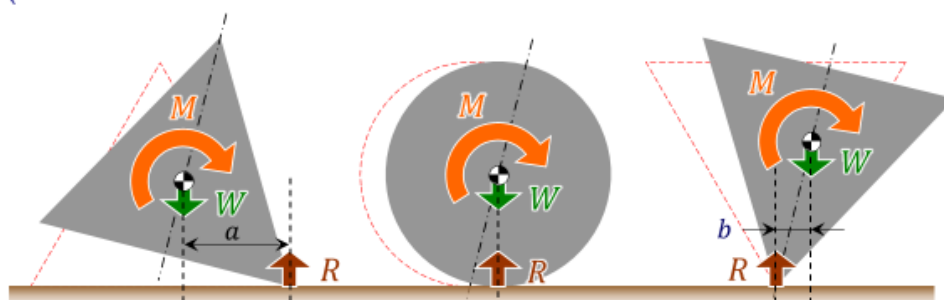
釣合い飛行状態の変更

- 水平釣合い飛行から加速するには？



2. 安定性と運動モード (1/10)

静安定性



$$F = W - R \cong 0$$

$$M = W \times 0 - R \times a < 0$$

⇒ 静的安定

$$F = W - R = 0$$

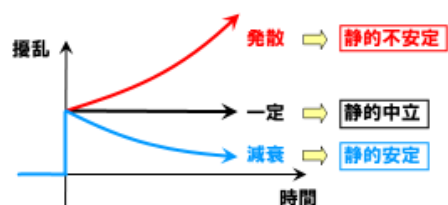
$$M = W \times 0 - R \times 0 = 0$$

⇒ 静的中立

$$F = W - R \cong 0$$

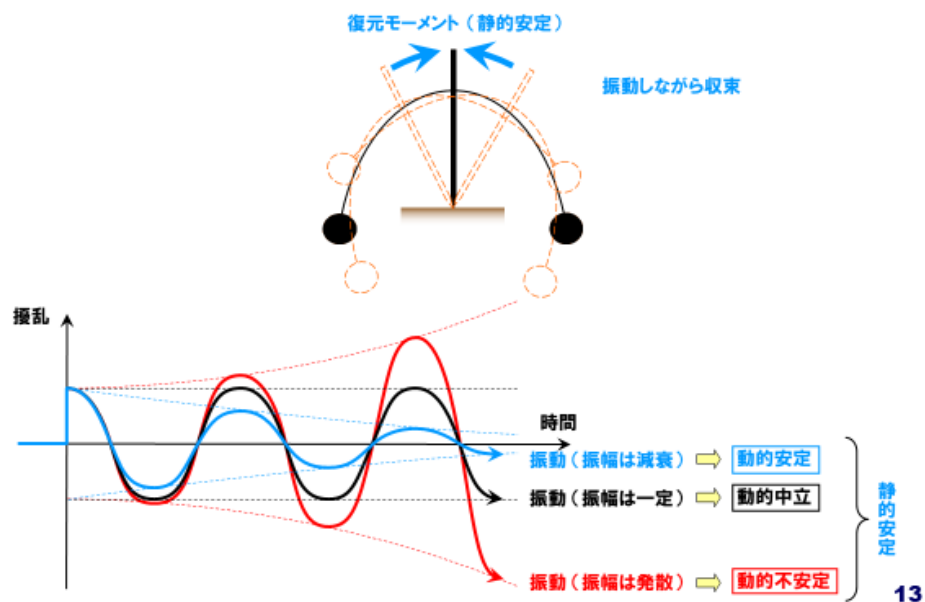
$$M = W \times 0 + R \times b > 0$$

⇒ 静的不安定



2. 安定性と運動モード (2/10)

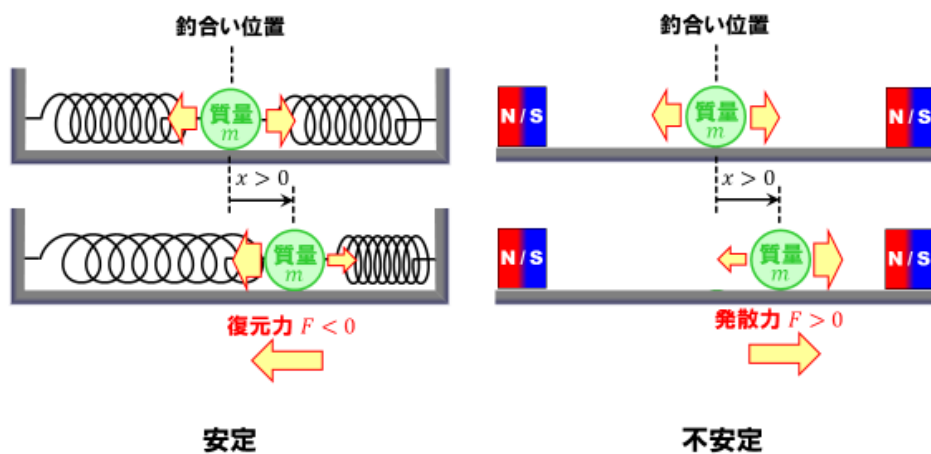
動安定性



2. 安定性と運動モード (3/10)

安定性

● 並進運動の安定と不安定



14

(5) 夏の実習アンケート

宇宙航空科学技術推進委託費「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」2021 夏の実習 受講生アンケート

実習、お疲れさまでした。本プログラムの内容の充実を図るため、下記に回答協力お願いします。Positive なことも、negative なことも、忌憚のない意見をお願いします。今月中を目途にお願いします。

提出先：shigeru.sunada@mae.nagoya-u.ac.jp

1. 氏名
2. 大学・学部・学科（コース）・学年
3. 空飛ぶクルマの騒音に関する解説に関する感想および課題
4. 安全、認証に関する講義に関する感想および課題
5. 飛行試験データに関する講義に関する感想および課題
6. 設計／認証のためのシミュレータ活用に関する講義に関する感想および課題
7. 演習に関する感想および課題
8. 本プログラム全般あるいは冬の実習に関する希望、意見

アンケート結果

○下記が受講生のアンケートに対する回答である。来年度に向けて反省すべき点に下線を引いた。実習において受講生が考えて行くにあたって、指導する側が考えるきっかけの情報を与える等が必要である。

3. 空飛ぶクルマの騒音に関する解説に関する感想および課題

- ・プロペラの回転による騒音は実用化していくにあたって無視できないほど大きい音であると感じました。また、安全性・冗長性のためにプロペラの枚数を増やしていくことも他の解説であったが、騒音がより大きくなってしまい、市街地での運用が難しくなってしまうと感じました。騒音の抑えるために、プロペラの枚数を減らすことやプロペラの形状に工夫を施すことなど、安全性と騒音問題を絡めて議論を深めていかなければならないと考えます。

- ・空飛ぶクルマの出力が上がれば上がるほど騒音が発生しやすくなってしまいうことがわかった。住宅街から飛び立つ場合はかなり周りの迷惑になってしまう可能性がある。

- ・騒音と飛行性能はトレードオフで騒音をできるだけ小さくしたいが、なかなか小さくできないことがわかった。

- ・回転翼を扱う空飛ぶクルマは、依然として住宅街や人の往来が多い場所での飛行は難しいと考えています。空飛ぶクルマのような回転半径が小さいロータ（tip speed が100m/s程度）が発する騒音は、およそ80dBほどであるとのことでした。それに対してヘリコプタ（tip speed が200m/s程度）が発する騒音の大きさは110dBほどであり、空飛ぶクルマが発する騒音は、ヘリコプタのものと比べるとはるかに小さく済むとのことでした。しかし、東京環境測定センター株式会社

(<https://www.toukansoku.co.jp/products/souonn7.html>)によれば、80dBの騒音とは、窓を開けた状態での地下鉄の車内に相当するとのことでした。この騒音への対策として、空飛ぶクルマに対して飛行時間帯や飛行経路の制限、回転翼の低騒音化などが必要になると思います。

- ・今回砂田先生より空飛ぶクルマの意義について説明いただいたことで、空とぶクルマの“クルマ”と名乗る所以やその目指すところについて自分の中で整理できたと思う。

騒音音源については想像より大きく、ヘリコプターと変わらないように感じた。当然機体形式や規模によって変わってくると思われるが決して無視できない問題ということを理解できた。今回の音源は頭上50mという想定だったが、最低安全高度の観点からいうと（そもそも空とぶクルマに現行法の最低安全高度が適応されるかは疑問だが）、人がいる場所の上空を飛び交うときは150m以上の間隔がとられると考えられるのでそういった条件での騒音についても知りたいと感じた。

- ・シンプルでわかりやすかったです。騒音について、実際にどんな影響を及ぼしているのが

あるともっとイメージしやすいと思いました。

- ・実際にシミュレーションされた騒音を聞いて、騒音問題解決の必要性を感じられた。

4. 安全、認証に関する講義に関する感想および課題

・空飛ぶクルマの開発会社によって、安全・認証が変わってくるというお話が一番興味深かったです。確かに、現在様々な企業によって開発が進められる空飛ぶクルマだがいくつもの系統に分かれていて、同じ系統であっても仕組みが全く違う空飛ぶクルマとなっていることから型式証明のやり方が変わってくるというのはとても納得がいったが、本プログラムを受講するまでは全くの盲点であった。型式証明の発行方法は、これから実用化までに法律的な面からも技術的な面からもしっかり議論していく必要性を感じました。

・認証までの間にはかなり安全を確認するための工程があることに驚いた。中国のように即断即決するのではなく、安全第一で考えている日本の姿勢に感動したが、同時に技術開発の遅延の可能性もあるとも考えた。

・空飛ぶクルマには会社によって形が違うので、安全認証をどのように設定するか難しいことが、講義と議論を通してわかった。

議論の目標を設定していないとどこから始めればよいか分からない。どんなことを議論してほしいかがよくわからなかった。最後の A チームの発表を聞いてどんなことを議論すればよかったかが分かった。ある程度の方針がある方が議論もしやすいと思う。

A チームの発表は項目ごとに分かれていてわかりやすく、とてもよかった。自分たちの班はどんなことを議論すれば良いか分からなかったため、まとまりに欠けていた。

・安全に関する課題としては、突風応答、オートローテーションに代わる安全な着陸方法、バードストライクへの対策、飛行経路に関する問題等が挙げられます。突風などの外乱があった場合でも安定して飛行、離着陸できるような制御開発なども必要だと思います。航空機の安全技術は、搭乗者と地上にいる人の両方の安全を考える必要があると考えています。搭乗者のみを対象とすれば、緊急脱出装置を備える等の手段をとることもできますが、それでは地上の人の安全確保が困難になると思います。この2つの異なる安全を両立させる厳しさを思い知りました。安全技術は製品のイメージに直結するので、今後の空飛ぶクルマの発展のためにも非常に重要な要素であると感じました。

・空とぶクルマの登場で型式証明の要件体系を大きく見直す必要に迫られているということは学びだった。加えて岸さんより sky drive 社やその他さまざまなベンチャーの致命的な故障を 10^{-9} 以下とするための工夫を紹介してくださり、とても興味深く聞かせていただいた。余談だが、sky drive 社の空とぶクルマではバッテリー、モーター、インバーター、プロペラを8つもち、独立させているとの解説があった際、私は素直に感心していたが、別の受講生はフライトコンピューターの予備はないのかと質問しており、その観点を持っていなかったことを恥じたものの、さらに理解が深めることができよかった。

・認証についてはこれまで授業でもふれたことはありますが、今回のようなより具体的な内

容は初めてだったので聞けて良かったです。特に空飛ぶクルマについては、現在開発中であり、様々な種類があるので型式証明の難しさがあるということや、実際に開発されている方の現場からの視点のお話はとても貴重なものだと感じました。

- ・空飛ぶクルマの安全、認証の今について岸さんからの説明をもう少し受けたかった。

岸さんに対して質問をする時間がもう少し欲しかった。

5. 飛行試験データに関する講義に関する感想および課題

- ・飛行試験データを動画にすることは、データから直接状況を読み取ることができない人でも飛行試験データをより視覚的に読み取ることができるためより幅広い知見が得られると思いました。課題として、空飛ぶクルマに応用したときを考えると、市街地では周りへの影響も重要データとなると考えるので、どのように飛行試験データを統合していくのか考えていく必要があると考えました。

- ・まだ1年でわからない用語が多く、1つ1つを調べながら行っていたため、正直わからないことの方が多かったです。しかし、発表した3 舵チェックをトリムを使ってなんとかするなどなんとなくは理解した。

- ・自分の研究ではシミュレーションをグラフで見て判断しているが、実際の飛行機の動きを見ることができるとわかりやすいと思った。どの視点から見えているのかを具体的にできるとなお良さそう。

- ・辻本様による機体の3Dモデルでの可視化は、機体の状態が視覚的にとても分かりやすいと感じました。私の研究内容が無人ヘリコプタの運動解析なので、今後3Dモデルでの可視化のようなことができれば、より実験結果や運動解析結果が分かりやすくなりそうだと思います。

- ・試験データから飛行機の挙動が可視化されることで、より試験の様子が理解しやすく、また迎角や高度、舵角のデータと同時に見ることで取得したデータの物理的意味合いをとりやすくなるため有意義に感じた。現在自分は飛行シミュレーションにかかわる研究をしており、将来的には今回見せていただいたような可視化グラフィックプログラムを用いて挙動を確認することも考えているが、その際、今回柳原先生が質問されていたようにカメラの軌道というのも見る人に挙動をわかりやすくするために重要だということがわかり、参考になった。

- ・飛行試験データの可視化は様々な視点から何回も見ることができることから、見落としが少なく飛行試験に対しての理解が深くなるのでとてもいいと思いました。

- ・わかりやすい説明であった。今後、様々な飛行実験にこの可視化技術を用いてわかりやすい解説をつければよいと感じた。

6. 設計／認証のためのシミュレータ活用に関する講義に関する感想および課題

・設計・認証にシミュレーションを活用することによって設計・認証にかかる時間が短くなることはメリットとして考えられるが、頼りすぎて机上の空論で終わらないように気を付ける必要があると思いました。

・難しくあまり理解できなかった。

・シミュレータを活用した研究をしているため、内容がすんなり入ってきた。シミュレータは所詮シミュレータでしかないため、実際に試験できる部分は実際にやる方が良いのは納得できる話だった。実際にやるのが困難な部分に対してシミュレータは活用され、役立つので、自分の研究に自信を持てた。

・飛行試験の項目数が考えていたよりずっと多く、認証の厳しさを感じました。またフライトシミュレータ利用におけるタスクも、実際の航空機の運用を考慮した上で様々な飛行状態を考える必要があり、難しく感じました。

・スライドで何度も説明されていたが、“設計通りに”諸々が機能していることを確認できることが何より求められていることを知ることができた。

・今回はオンライン開催だったため、実際にフライトシミュレータに触れる機会はありませんでしたが、どういう風に扱い評価していくのかというのは勉強になりました。次回扱う機会があれば扱ってみたいと思いました。

・実際にシミュレータを使用してどのようなことを行うのかを、実演でしっかり見たかった。

7. 演習に関する感想および課題

・実際にどのような飛行試験を行うのか、何をどのような基準で行うのか、どういったで順で行うか、など考えるべきことが多くこれまでそのような経験をしてこなかった身からするととても難しく感じました。

・車というより飛行機の分野に関することが講義全体を通して行われたため、発言するどころか、話について行くだけで精一杯だった。配付資料の公式は google で調べたが似たようなのが出るだけで解説がなく、真に理解することはできませんでした。次の演習までに今回学んだことや単語をなるべく覚えていきたい。

・演習をするにあたり説明が不十分であった。勘違いしたまま演習をしたため、目的に対して短時間で議論することとなり、十分な議論ができなかった。

・他大学の学生や専門家の方々との意見交換を通して、改めて航空機のおもしろさに気が付くことができました。また現状存在していない製品に関する安全技術を考えることがとても難しく感じました。2 日間の演習でしたが、とても貴重で有意義な経験でした。

・4 人全員が各々の発想で安全確保のための案を持ち寄ることができ、また議論も積極的にすることができとても有意義であった。ただ最終的に技術認証の提案につなげられたものは多くなく、時間的な制約があったとはいえ悔しい思いは残った。出た案の中の一つにバッテリーの安全対策にかかわるものがあつたが、現在開発競争が激化し、技術進歩が目まぐる

しいEV 業界から安全対策やその基準作りのノウハウが共有できればと感じた。

・オンラインでのグループワークであったため、少しやりづらさはありませんでしたが様々な意見が出てきており、自分では気づかないような視点の意見があったりしたのであって良かったと思います。演習内容については、少し何をすればいいかがはじめ分かりにくかったです。

・演習の話し合いに必要な時間は十分であった。話し合いの前に前提条件について、もう少し詳しく聞きたかった。

8. 本プログラム全般あるいは冬の実習に関する希望、意見

・夏の実習は残念ながらオンラインとなってしまいましたが専門的なお話も聞けて良かったです。冬の実習が予定されている2月には卒業研究発表会が2月22日に予定されているので候補日から除外していただけると幸いです。

・おなかが痛くなるほど不安です。ほかの学校の実習生と、本物のパイロットが来るとのことなので居場所がなさそうです。頑張るという意味だけでは足りなすぎる知識の差を埋めることは難しいと感じました。

・目標が不明確で、どのように議論していけば良いかのとっかかりがなかった。何でも良いと言われても、どれかの機体について議論すべきか、機体全体に対して議論すべきか、など困ることが多かった。どの部分についての議論を求められているか不明確で自分たちで考えた結果、的外れな結果になってしまい、議論の意義を見出せなかった感じがする。機体全体ではこうで、機体ごとではこうみたいに決めるなどの大まかな指示が欲しかった。冬の実習では何について行るか目的と目標をもう少し具体的に設定してほしい。

・専門家による航空機の実際の話をもっと聞きたいと考えています。また冬実習は本来の実習ということで、是非対面での実施をお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

・今回はオンライン開催ということもあり厳しい面もあったとは思われるが、案を出し合い、議論し、課題に対してまとめて提案とするにはもう少し演習時間があればうれしいように感じた。先生方が先行きの見えないコロナ禍で各方面と調節して何とか開催してくださり大変頭が下がる思いです。冬の実習もととても期待していて、その日を楽しみにしております。よろしくお願いいたします。

・今回はオンラインのため座学のようなものが多かったのですが、コロナの状況がよくなればですが、次回は手や体を動かして体感できるものがあればいいなと感じました。全体的には今回受講して良かったと思える内容でした。

・全体的に無理のないスケジュールであったと感じた。演習後の先生方からご指摘は自身の知識の拙さ、考え方の甘さを認識させられた。

(6) 冬の実習アンケート

宇宙航空科学技術推進委託費 「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」

2021 冬の実習 受講生アンケート

実習、お疲れさまでした。本プログラムの内容の充実と、今後の改良に向け、下記に回答協力をお願いします。

1. 氏名

2. 大学・学部・学科（コース）・学年

3. 以下の各項目について、3点満点で回答してください。

点数 3：期待以上に良かった 2：普通 1：期待したほど良くなかった。

難易度 3：よく理解できた 2：普通 1：あまり理解できなかった。

	項目	点数	難易度
1日目	講義：シミュレータ実習関連講義		
	見学：実験用航空機見学		
	実習：シミュレータ実習（動特性体験）		
	実習：シミュレータ実習（操縦体験（固定翼機・回転翼機））		
	講義：飛行実験の紹介		
2日目	実習：シミュレータ実習（V- γ 線図）		
	講義：人間工学トリビア		
	講義：JAXAの無人機技術研究		
	実習：事故調査実習		
3日目	見学：設備見学		
	講義：JAXAの飛行実験プロジェクト紹介（飛鳥・ALFLEX・NEXST-1・D-SEND）		

4. 上記の各項目について、良かった点、悪かった点（「項目自体がなくても良かった」を含む）などの意見や、このような講義・実習項目があれば良かった、と思うものがあれば教えてください。

5. そのほか本プログラム全般に関する意見、希望

Positive なことも, negative なことも, 忌憚のない意見をお願いします。

今月中を目途に, 提出をお願いします。

提出先 : shigeru.sunada@mae.nagoya-u.ac.jp

アンケート結果

問3の平均値

	項目	点数	難易度
1日目	講義：シミュレータ実習関連講義	2.7	3
	見学：実験用航空機見学	3	3
	実習：シミュレータ実習（動特性体験）	2.7	2.7
	実習：シミュレータ実習（操縦体験（固定翼機・回転翼機））	3	2.7
	講義：飛行実験の紹介	2.7	2.7
2日目	実習：シミュレータ実習（V- γ 線図）	3	2.7
	講義：人間工学トリビア	2.7	2.7
	講義：JAXAの無人機技術研究	3	3
	実習：事故調査実習	2.7	2.7
3日目	見学：設備見学	3	2.7
	講義：JAXAの飛行実験プロジェクト紹介（飛鳥・ALFLEX・NEXST-1・D-SEND）	3	2.7

2名の受講生は全てに「3」をつけており、上表での「2.7」は3名の受講生のうち、1名が「2」をつけたものである。よって、この1名が点数、難易度の両方で3をつけたものを赤字で、両方に2をつけたものを青字で示した。来年度の実習に役立てたい。

問4

- ・実習は、どれも本格的なものでとてもいい経験ができました。特に、シミュレータ実習は時間がたくさんありダッチロールを疑似的に体験できてよかったです。事故調査実習時に、実際にその飛行状況をシミュレータで体験できるとさらに良かったかなと感じました。
- ・講義と見学は、全体的に短い時間に突き詰めた感じがしたので、オンラインでも可能な講義の一部を事前にオンラインで実施して、現地でしかできないことに時間を割くことができるのではないかと感じました。
- ・プログラムの項目についてはすべて興味深いものでした。欲を言えば空飛ぶクルマ関連の実習ということでしたのでJAXAの無人機やコンパウンドヘリコプターをより詳しく題材にした実習があってもよかったと思いますので検討いただければと思います。
- ・シミュレータ実習で動特性を体験できたのが良かった。数値やグラフでは感じられないので、良い体験になった。数値やグラフでは理解できなかった部分が理解でき、考え

ていたものと体験したものでは違いがあったので、このグラフではこうなると感覚で結びつけられたのが今後の役に立つのではないかと思った。シミュレータ実習は今後も続けた方が良いと思う。(欲を言えば実機試験ができると嬉しい)

- ・講義は非常に分かりやすくなった。
- ・事故調査実習では時間が多少短いと感じたが、最終的には理解でき、様々な知識が綺麗に整理できた感じがした。
- ・欲を言えば期間を伸ばしてもっと他にも色々な事を聞きたいと思う程度で特に不満な点はない。
- ・追加で項目を増やすのであれば、固定翼機のシミュレータ実習（V— γ 線図）のような実習が回転翼機についてもあると良いのではないかと思う。

問5

- ・実際に研究をされている方やテストパイロットの方から飛行実験等の裏事情などをお聞きすることができ、興味の尽きない実習でした。数年前行われていたという実際の飛行も行う実習もそのうち復活させていただければと思います。
- ・全般的に良い経験をさせていただいたと感じ、非常に満足している。一年前に受講できていれば研究にも活かせて良かったのになあと思う次第である。
- ・学部一年生のような前提知識に乏しい受講生だについていけないのではと思われる。ある程度の前提知識があると非常にためになるプログラムであると感じている。
- ・今回はコロナの関係で実習に参加できたのが3人であったことも非常に密度が濃く良い実習であったと感じた一つの要因になったのではないかと思う。人数が増えるならば一つ一つの実習の時間を伸ばした方が良いのではないかと思う。
- ・空飛ぶクルマ騒音体験など今年度金沢で実施することができなかった実習について、来年度参加が可能であれば参加したいです。

(7) 空飛ぶクルマの開発の実際に関する講演会

2022年3月4日(金) 17:00-18:00 (zoom)

株式会社 SkyDrive

取締役最高技術責任者 岸信夫氏講演会

『空の移動革命への挑戦

～日本発 空飛ぶクルマと物流ドローンの開発～』

(講演概要)モビリティ分野の新たな動きとして、世界各国で空飛ぶクルマの開発が進んでいます。2020年8月に有人での公開飛行に成功した当社の空飛ぶクルマは、日本初・発の技術の結集で開発を進めてきました。また、空飛ぶクルマの技術を生かし、30kg以上の重量物を運ぶ「物流ドローン」も開発しています。人の移動の「空飛ぶクルマ」、物流用のドローン、空を日常的に活用する2つのプロダクトの開発状況やユースケース、新産業創造の課題や取り組みについてお話しします。

どなたでも聴講できます。聴講ご希望の方はメールを

shigeru.sunada@mae.nagoya-u.ac.jp までお願い致します。当日、

zoomの招待を送らせて頂きます。

講演会の録画、録音等は固くお断りいたします

[岸信夫氏御経歴]

大阪府立大学工学部卒業。

三菱重工、三菱航空機にて戦闘機、旅客機などの開発に37年間従事。この間先進技術実証機プロジェクトマネージャ、MRJ(SpaceJet)のチーフエンジニア、技術担当副社長を歴任。2018年から大阪府立大学大学院でシステムインテグレーション、プロジェクトマネジメントを研究。2020年4月からSkyDrive 最高技術責任者(CTO)に就任。2021年9月に取締役CTOに就任し、博士号(工学)

を取得。

本講演は、令和2年度文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の下で行われるものです。本講演の直後、上記プロジェクトのプログラム検討会を引き続き行います。プログラム検討会は、上記プロジェクトの共同参画機関、協力機関のメンバーのみの参加となります。

名古屋大学フライト総合工学教育研究センター
砂田 茂

(8) 実機飛行通信

「実機飛行教育通信」

2021年度版

令和2～4年度宇宙航空科学技術推進委託費（宇宙航空人材育成プログラム）
『空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践』

令和2年度にスタートしました本プログラム、2年目が終了しました。主管機関名古屋大学、共同
 参画機関金沢工業大学・信州大学が中心となって推進していますが、国内の多くの大学、企業にも
 協力機関として参加、協力して頂いています。

プログラム概要

我が国が空の移動革命を実現し、空飛ぶクルマ産業界の国際的イニシアティブを獲得するために、
 「航空安全技術」及び「認証技術」と、それらが世界的に認められるために必須となる「飛行試験
 技術」に関する感覚と知見を有する人材育成を目指します。

そのために、以下から構成される教育スキームを構築します。

- (1) 安全技術・認証技術に関する講義
- (2) 空飛ぶクルマ周りの環境状況（騒音）に関する実習
- (3) 飛行試験技術に関する講義・実習

令和3年度の活動

プロジェクトでは、公募で選抜された8名の受講生に以下の講義・実習を行い、
 空飛ぶクルマへの応用を検討する機会を提供しました。

夏の実習（コロナのため遠隔で行いました。）

1日目(13:30～17:45) ①ブリーフィング、チーム割り(2チーム) ②講義：空飛ぶクルマの騒音について ③講義：飛行試験データ ④講義：安全技術／認証技術 ⑤実習：提案書作成(チーム活動) ⑥デブリーフィング ⑦は共同参画機関である株式会社NTTデータMHIシステムズの辻 本邦之氏に講師をお願いし、⑧では共同参画機関である株式会社 SkyDriveの岸信夫氏に最新の情報提供を依頼しました。	2日目(13:30～17:45) ①ブリーフィング ②講義：設計／認証のためのシミュレータ活 用 ③実習：飛行試験方案作成(チーム活動) ④実習：チーム発表準備 ⑤チーム発表 ⑥デブリーフィング
--	---

令和3年度の搭乗員シミュレータ実習は、コロナ対策のため県外者の施設内立ち入りが制限され
 たため、遠隔による設備紹介を実施しました。



シミュレータを背景に講義実施



シミュレータ機能の説明を遠隔で実施

35

冬の実習

宇宙航空研究開発機構(JAXA)航空技術部門の協力を得て、同機構の優位技術である飛行システム技術を活用した実習を行いました。受講生8名の内、大学から東京での実習の許可の下りた3名に対して実施し、参加できなかった受講生向けに、講義はWeb発信しました。

	2月28日(月)	3月1日(火)	3月2日(水)
AM	実施場所: JAXA調布航空宇宙センター	・実習:飛行シミュレータ V- γ 線図作成	・見学: ソニックブームシミュレータ エンジン高圧性能試験設備 大型低速風洞 展示室
PM	・講義:シミュレータ実習基礎 ・見学:実験用航空機 ・実習:飛行シミュレータ 操縦実習 (固定翼・ヘリシミュレータ) 動特性(固定翼シミュレータ) ・講義:JAXAの飛行実験	・講義:人間工学豆知識 ・講義:JAXAの無人機研究 ・実習:事故調査	・講義:JAXAの飛行実験プロジェクト 飛鳥・ALFLEX・NEXST-1・D-SEND



● 無人機見学

● 操縦実習(ヘリコプタ)

● 事故調査実習

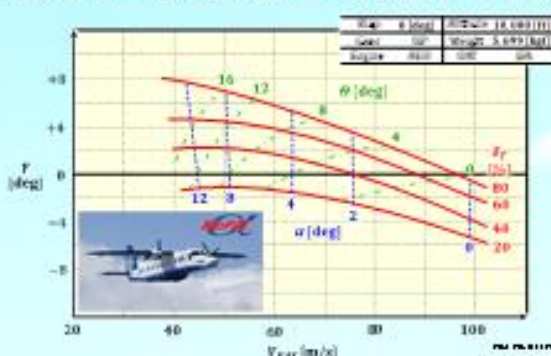
事故データを解析し、事故原因を究明

● 操縦実習(固定翼機)



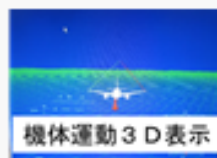
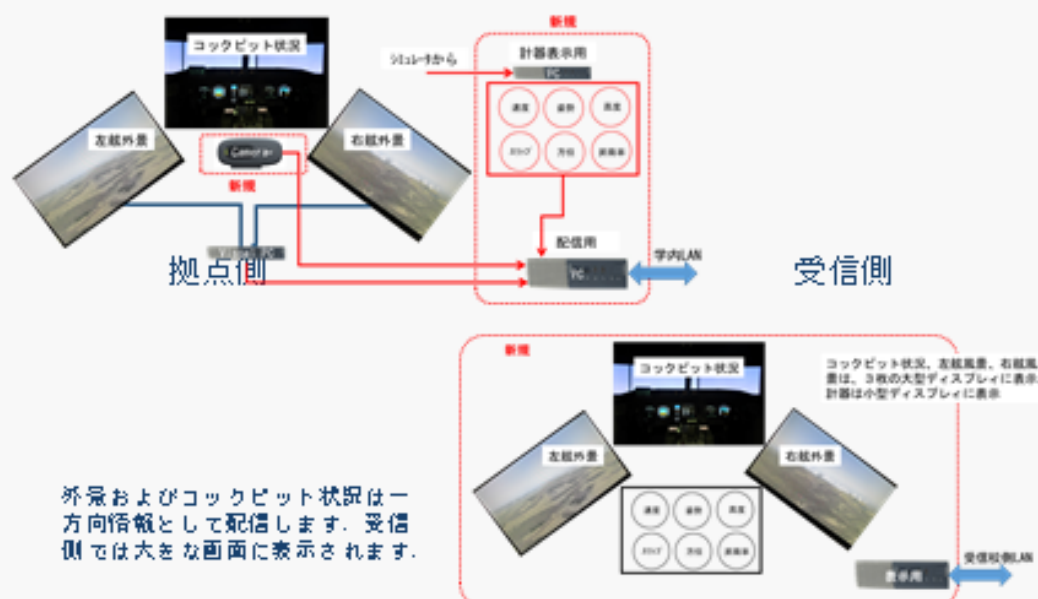
● V- γ 線図作成

飛行シミュレータによる釣合い飛行/迎角スイープ飛行から取得したデータを用いてV- γ 線図を作成



フライトシミュレータの改良

コロナ対策のための施設立ち入り制限が令和4年度も継続する可能性を考慮し、遠隔でも搭乗員シミュレータ実習が可能となるように搭乗員シミュレータ設備の改良を進めました。フライトシミュレータの情報を、金沢工業大学を中心に、たとえば中部地区の大学、関東地区の大学等の各所拠点へリアルタイムに配信すると共に、双方向通信にて飛行試験乗員の体験／練習を行うことを目指しています。



詳細情報および双方向で
情報を交換する必要のある
場合は、web会議システム
を用いて情報伝達します。

講演会

2022年3月に行われた本年度のプログラム検討会（web開催）では、本年度の実習、フライトシミュレータの改良の状況について報告を行い、来年度の活動について討議を行いました。また、株式会社SkyDrive 取締役最高技術責任者 岸信夫氏に「空の移動革命への挑戦~日本発 空飛ぶクルマと物流ドローンの開発」というタイトルでご講演頂きました。

二、基本要素

モビリティ分野の新たな動きとして、世界各国で空飛ぶクルマの開発が進んでいます。2020年8月に有人での公開飛行に成功した当社の空飛ぶクルマは、日本初・発の技術の結集で開発を進めてきました。また、空飛ぶクルマの技術を生かし、30kg以上の重量物を運ぶ「物流ドローン」も開発しています。人の移動の「空飛ぶクルマ」、物流用のドローン、空を日常的に活用する2つのプロダクトの開発状況やユースケース、新産業創出の課題や取り組みについてお話しします。

原信夫氏御葬儀

大阪府立大学工学部卒業。三菱重工、三菱航空機にて戦闘機、旅客機などの開発に37年間従事。この間先進技術実証機プロジェクトマネージャ、MRJ (Spacejet) のチーフエンジニア、技術担当副社長を歴任。2018年から大阪府立大学大学院でシステムインテグレーション、プロジェクトマネジメントを研究。2020年4月からSkyDrive 最高技術責任者 (CTO) に就任。2021年9月に取締役CTOに就任し、株式会社 (工学) を取得。



岸信夫氏

空飛ぶクルマの安全対策

現在、検討されている空飛ぶクルマは安全性向上のために、これまでの同軸翼機が有するオートローテーション機能と同等の機能が求められる可能性があります。

① ヘリコプタのオートローテーション

ヘリコプタでエンジンが故障した際、ロータを風車として利用し、なるべく落下速度を抑えて着陸する飛行をオートローテーションと呼びます。オートローテーションには、垂直に落下するオートローテーションと前進速度を持つオートローテーションとがありますが、ロータを回転するために必要なパワーが小さくて済む、後者を指すことが多いと思います。オートローテーションにおいて、ロータの回転速度を落とさないために、ロータの回転軸回りの慣性モーメントが大きいことが要求されます。この点からは、現在の空飛ぶクルマのブレードはオートローテーションには向いていない様に見えます。

前進速度のあるオートローテーションでの着陸プロセスは、以下の様になります。①ロータのピッチ角を下げ、ロータを高効率の風車として作動し、ロータ推力を高く維持する。②着陸直前にロータのピッチ角操作(サイクリックピッチ)で機体の着上げ運動を起こし、着陸速度を十分に抑える。安全に着陸できる高度(H)と前進速度(V)の領域を表した図、高度-速度(H-V)線図は、ヘリコプタの性能を表す重要な資料です。

② Wayne Johnson氏らの提案

ロータ数が多数の場合は1ロータが駆動できなくなった際、残りのロータで飛行を継続することが考えられます。モータ故障時の異なる安全対策として、Wayne Johnson氏らは以下の提案をしています[1,2]。図1に示す様に、モータのトルクを集約し、統合されたトルクを複数ロータに供給します。この機構によって、1つのモータが壊れても、モータが故障していない時と同様に全ロータを駆動することができます。もちろん、1つのモータに余力があることが必要です。Nロータの場合、 $N/(N-1)$ 倍のパワ出力が求められます。しかし、加速着陸のために、モータ出力はこの程度の余裕を持つので、モータ性能に対する異なる要求ではありません。この機構を利用するために、各ロータの回転数を一致させるため、ロータ推力をロータのピッチ角(コレクティブピッチ)で変化させることが求められます。複数エンジンでロータを駆動する機構は、既存のヘリコプタでも採用されています。

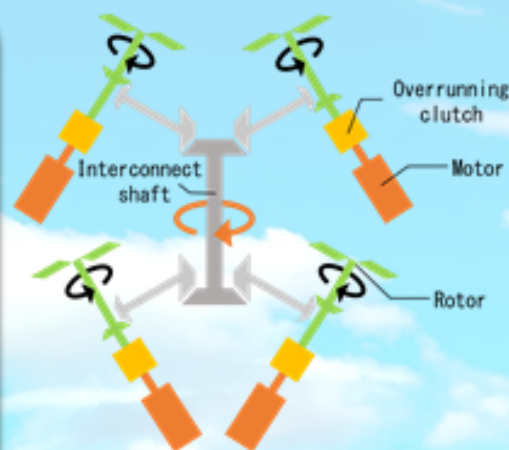


図1 複数モータで複数ロータを駆動する機構
(インターコネクトシャフトとオーバーランニングクラッチを用いている。本図は名古屋大学大学院中村 賢氏の修士論文より。)

文献[1] Silva, C. and et al. "VTOL Urban Air Mobility Concept Vehicles for Technology Development," 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, AIAA AVIATION Forum, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2018. [2] Johnson, W., Silva, C., and Solis, E., "Concept Vehicles for VTOL Air Taxi Operations," AHS Specialists' Conference on Aeromechanics Design for Transformative Vertical Flight, San Francisco, CA, 2018.

令和4年度の活動予定

令和4年6月：日本航空宇宙学会を通じて、受講生公募

同8月：フライトシミュレータ実習の金沢工業大学…安全・認証に関する講義、空飛ぶクルマ実習体験

令和5年2月：飛行実習のJAXA（調布航空宇宙センター飛行場分室）…飛行試験に関する講義・実習

2022.3 名古屋大学 信州大学 金沢工業大学

(9) シンポジウム発表資料 (一部抜粋)

3E10

「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの
提案と実践」の教育活動について

砂田茂 (名古屋大学)、柳原正明 (信州大学)、橋本和典 (金沢工業大学)

2021. 12. 2 第59回飛行機シンポジウム

以前に行われた類似プログラム (平成28～30年度)

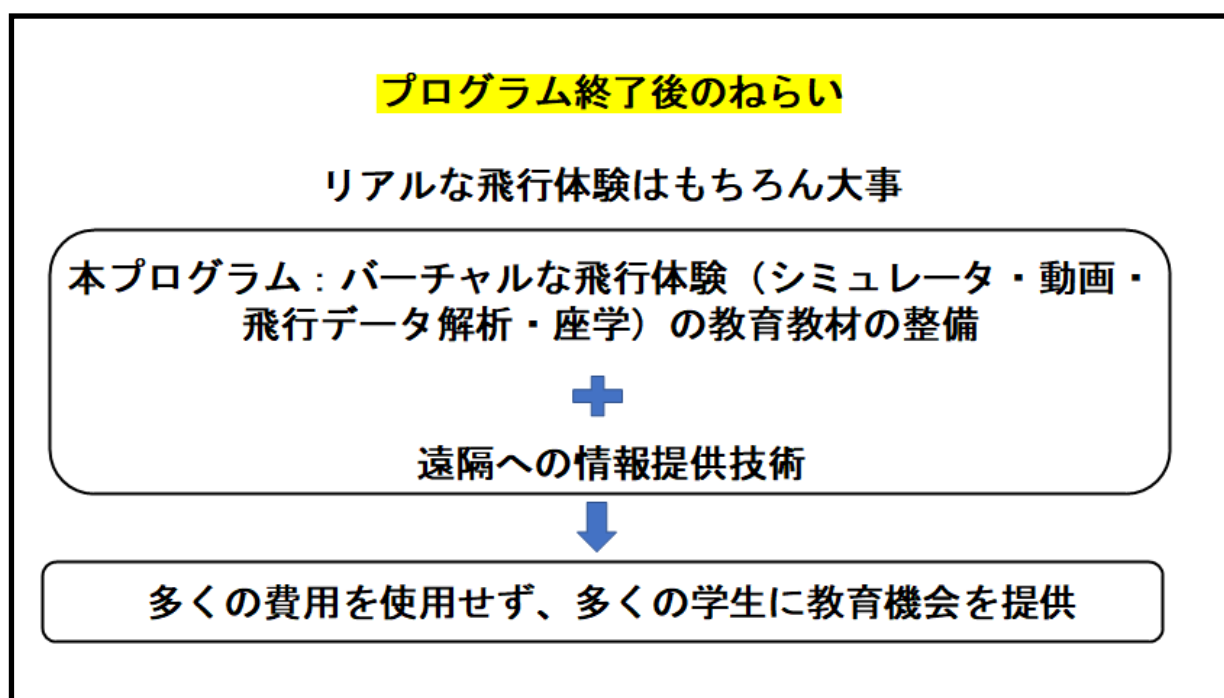
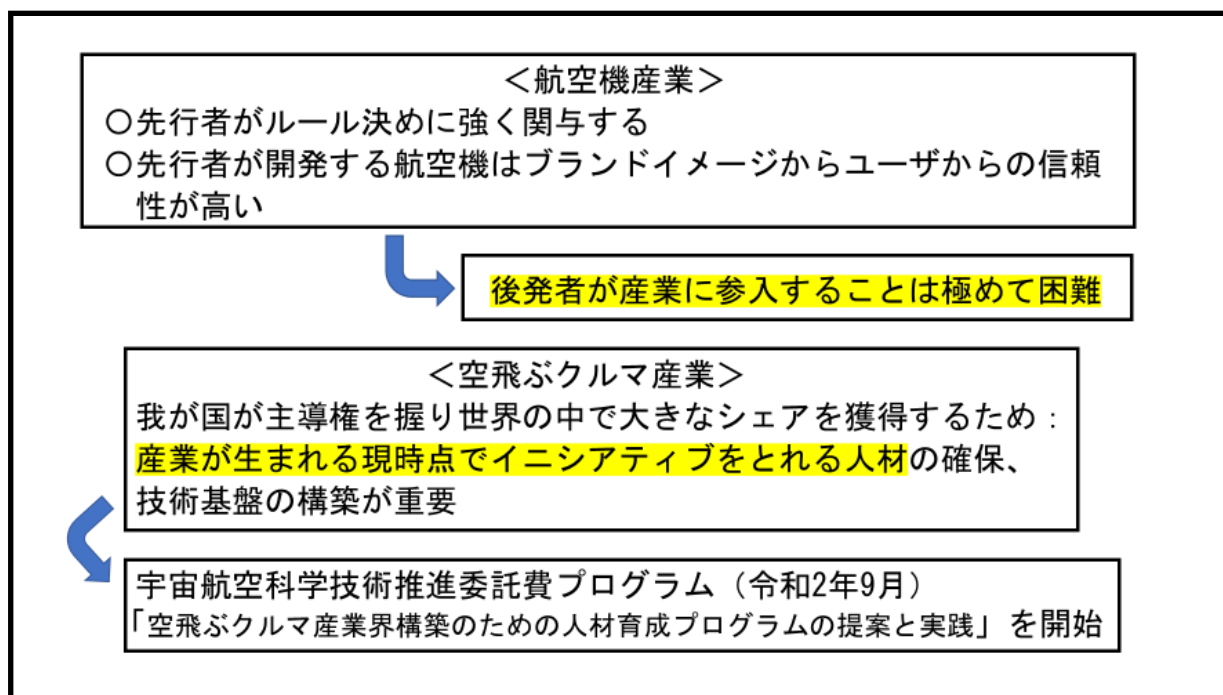
「実機飛行を通じた航空実践教育の展開」

- ・ [飛行試験のテキストを使用した事前講義] ・ [飛行実習] ・ [事後演習]
- ・ 飛行試験項目 : [縦静安定性・長周期特性・短周期特性・定常旋回]
・ センサ : [POS] ・ [Raspberry Pi+Nvio2] ・ [スマホ]

参考文献

[1] 山口ら : 機内持込み型飛行データ測定システムの開発と実機飛行実習の学習内容充実への活用, 工学教育, Vol. 67, No. 4, 2019, pp. 50-56.

[2] 井戸田ら : DIY飛行試験のすすめ, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 69, No. 1, 2021, pp. 3-9.



(10) シンポジウム予稿集 (一部抜粋)

3E10 「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の教育活動について

○砂田茂 (名古屋大学)、柳原正明 (信州大学)、橋本和典 (金沢工業大学)

‘Proposal and practice of a human resource development program for constructing the industrial world of a flying car’

Shigeru Sunada(Nagoya Univ.), Masa-aki Yanagihara(Shinshu Univ.), Kazunori Hashimoto (Kanazawa Institute of Technology)

Key Words: Flying car, Human resource, Education

Abstract

The authors started a program of ‘Proposal and practice of a human resource development program for constructing the industrial world of a flying car’ consigned by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology last September. In this presentation, the aim of this program and the activity in the 2020 fiscal year are introduced.

1. はじめに

2018年の「空の移動革命に向けた官民協議会」開催以降、我が国でも多くの企業が空飛ぶクルマ開発を進めている。空飛ぶクルマが我々の社会で利用可能になり「空の移動革命」が実現するためには、

(1) 空飛ぶクルマの安全基準、制度設計及び認証技術の確立、(2) 安全性の高い機体開発、(3) 空飛ぶクルマを受容する社会の構築、が必須である。「空の移動革命」実現に向けた動きが緒についたばかりの現時点で、これらに貢献できる人材を育成することは、今後の空飛ぶクルマに係るあらゆる産業において我が国がイニシアティブをとることにつながる。

そこで、本発表者が中心となり多数の協力機関を含むグループは、宇宙航空科学技術推進委託費プログラム「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践 (令和2年9月～令和5年3月)」を開始した。本発表では、本プログラムのねらいと令和2年度の活動を中心に報告する。

2. プログラム「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」を開始した背景

欧米では、従来から日常の移動手段として航空機が使われているため一般国民が航空技術を体感する機会が多く、航空産業が親近感を持って見られている。また、システム、コンポーネントから要素技術まで、航空技術が産業基盤として確立されている。このことから、航空新分野の需要に対して、人材の確保、技術開発など、柔軟に対応できている。

一方、我が国では、航空機による移動が欧米に比べて普及していなかったため、一般国民が航空技術を特殊分野と認識し、若者の進路として広く認知されていない。また、システム、コンポーネントともに産業基盤の規模は小さく、航空技術に関して、特に「安全技術」、「認証技術」と、それらが世界的

に認められるために必須となる「飛行試験技術」の分野で欧米に後れを取っている。以下、「安全技術」、「認証技術」、「飛行試験技術」について、我が国の現状等について述べる。

「安全技術」：航空機の運航大国である我が国では、運航安全に関する技術は世界最先端と言っても過言ではないが、設計・製造に係る安全技術は、民間機に関しては発展途上である。また、空飛ぶクルマは従来の航空機とは異なる未知の領域であり、市街地上空の飛行時の安全確保などが、その発展に向けたキー技術となっている。

「認証技術」：新規システムあるいはコンポーネントが実用化される際に必須となるものであるが、国際間を飛行する航空機に対しては国際認証が要求される。我が国では、これまで航空機の機体システムや装備品システムの分野での国際シェアが低かったため、認証技術の経験が乏しい。

「飛行試験技術」：新たな航空技術を開発した場合、認証を含め、国際的に認められるためには、実際に飛行をしている状況においての評価が必須である。しかし、我が国では前述のように航空機の機体システム、装備品システムの開発が盛んではなかったため、飛行試験技術あるいはそれに必要となる飛行試験環境が、欧米の航空先進国に比べて遅れており、その感覚及び知見を有する人材が極めて少ない。このことは航空機開発における、欧米に対する我が国の大きなディスアドバンテージになっている。

また、航空機産業の現状を見ると、先行者がルール決めに強く関与するため、また先行者が開発する航空機はブランドイメージからユーザからの信頼性が高いため、後発者が産業に参入することは極めて困難である。このことを考えると、空飛ぶクルマ産業において、我が国が主導権を握り世界の中大きなシェアを獲得するためには、産業が生まれる現時点でイニシアティブをとれる人材の確保、技術基盤の

でイニシアティブをとれる人材の確保、技術基盤の構築が重要である。この必要性から、空飛ぶクルマ産業界の構築に必須の人材育成プログラムを開発するために、同上プログラムを開始した。

3. プログラムの目標

空飛ぶクルマなど、航空技術がより身近になり、より多くのニーズが発生する中、我が国がイニシアティブをとれるようになるには、我が国に不十分な上記の分野において欧米の航空先進国と比肩できるまで技術レベルを向上させることが必須である。このような背景から、本課題では、空飛ぶクルマ産業の発展に必要であるにもかかわらず、我が国が習得しきれていない「航空安全技術」及び「認証技術」と、それらが世界的に認められるために必須となる「飛行試験技術」に関する知見を有した人材の育成に向けた次世代人材育成スキームの確立を目標とする。

ここで注目すべきは、以下の点である。従来の航空機と違って空飛ぶクルマはパーソナル機であり、周辺の人、物との位置関係が近い。そのため、安全や周辺環境への影響への考え方が、両者で大きく異なるものとなる。この差が、安全技術、認証技術、飛行試験技術における差につながる。よって、本プログラムで育成しようとする空飛ぶクルマ人材は、従来の航空機での人材とは一線を画すものである。

本課題終了時には、航空機産業界をはじめとする幅広い知見を本格的に取り入れた、空飛ぶクルマ社会の実現に貢献する人材育成のための教育スキームを完成させる。また、その過程で、空飛ぶクルマの安全技術、認証技術、飛行試験技術に係る座学及び実習の内容を整理、統合したテキストを完成させ、教育のための基本資料として公開する。

4. 3年間のプログラムでの実施内容

本プログラムは令和2～4年度の3年間に亘って、主管実施機関（名古屋大学）、共同参画機関（信州大学、金沢工業大学）、協力機関（11大学他、数組織）、研究協力者1名により遂行する。受講生は理工系の全専攻の大学院生、全学部の学部生、高専生で、毎年10名程度を選抜する。公募は日本航空宇宙学会に依頼した。

空飛ぶクルマ産業の発展に必要であるにもかかわらず我が国に欠けている「航空安全技術」及び「認証技術」と、それらが世界的に認められるために必須となる「飛行試験技術」に関する知見を有した次世代人材育成のため、以下の(A)～(C)で構成される教育スキームを準備し実践する。

(A) 空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術に関する講義

(B) 空飛ぶクルマの基準策定などに有益となる、環境状況（騒音）に関する実習

(C) 安全・認証などの技術実証のための飛行試験技術に関する講義・実習

以下、各項目の具体的な内容について記載する。

(A) 空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術に関する講義

空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術は確立されておらず、①従来の飛行機に関するものの講義と、②受講生と講師とが意見を交え、空飛ぶクルマを対象とした技術を構築する発信型演習とからなる。合わせて、設計技術についても講義する。受講生は、空飛ぶクルマ用の安全技術、認証技術について、各自の提案書をまとめる。いずれも大学の講義には含まれない、最新の社会ニーズに基づくものである。

(B) 空飛ぶクルマ周辺環境実習

空飛ぶクルマ周りの騒音を受講生に聞かせ、受講生に空飛ぶクルマの騒音に対する理解を与える。空飛ぶクルマの飛行ルール策定、設計の際に活用可能な理解となる。

(C) 安全・認証などの技術実証のための飛行試験技術に関する講義・実習

飛行試験の基礎技術に関する感覚と知見を定着させるために、講義とフライトシミュレータを用いた実習を行う。具体的には、講義でまとめた飛行試験方案を実施する計測員の実習を行う。この実習によって空飛ぶクルマの飛行試験遂行に必要な感覚と知見を得ることが可能となり、社会に空飛ぶクルマを取り込むことに対する適正な判断を行うことも可能となる。航空機のフライトシミュレータは、金沢工大橋本研究室のものを利用する。実習環境の整備として、機内環境を再現する計測員用モックアップを製作し、既存のフライトシミュレータと統合して、実飛行に近い環境下でフライトシミュレータ実習を可能とする。

シミュレータ実習で学んだ飛行試験基礎技術を一歩進め、技術実証のための飛行試験に関する講義と可能であれば飛行試験実習により、技術実証に必須となる飛行試験技術の構築の実際を学ぶ。受講生は、空飛ぶクルマ用の飛行試験技術について、各自の提案書をまとめる。

5. 令和2年度の実施内容

令和2年度はコロナの影響もあり、令和3,4年度における実施のための準備のみを行った。

(A) 空飛ぶクルマに係る安全技術、認証技術に関する講義

航空機の安全技術、認証技術に関する文献から、情報を収集した。文献からは分からない点は、航空機メーカーの技術者等に問い合わせた。得た情報は、講義資料としてまとめた。本資料の中心は従来の航空機に関するものであるが、これまでの空飛ぶクルマに関する検討事項についても記載した。従来の航空機に対する安全技術、認証技術、空飛ぶクルマの安全技術、認証技術に関する公開情報を基に、受講

(11)

学 会 等 発 表 実 績

委託業務題目 「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」

機関名 国立大学法人東海国立大学機構

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
「空飛ぶクルマ産業界構築のための人材育成プログラムの提案と実践」の教育活動について （口頭）	砂田茂、柳原正明、橋本和典	日本航空宇宙学会 第59回飛行機シンポジウム	2021. 12. 2	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別

（注）発表者氏名は、連名による発表の場合には、筆頭者を先頭にして全員を記載すること。