

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」

我が国が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、「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す。そのために、(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・実習から構成される教育スキームを構築する。

理工系全専攻大学院生を対象にした教育プログラム

・安全技術・認証技術・飛行試験
技術に関する講義・実習
・空飛ぶクルマ周辺環境実習
・フライトシミュレータ実習

空飛ぶクルマに係る次世代産業界人材

・航空機産業界をはじめとする
幅広い視点を本格的に取り入
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
の我が国初の教育スキーム

空の革命の実現後、空飛ぶクルマ産業
での我が国のイニシアティブ獲得

「実機飛行教育通信」

2020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年度の標記委託費が採択されました。主管機関名古屋大学，共同参画機関金沢工業大学・信州大学が主となって推進しますが，国内の多くの大学，企業にも協力機関をお願いしています。

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

理工系全専攻大学院生を対象にした教育プログラム

- ◎ 安全技術・認証技術に関する講義
- ◎ 空飛ぶクルマ周辺環境に関する実習
- ◎ 飛行試験技術に関する講義・実習



航空機産業界をはじめとする幅広い視点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我が国初の教育スキーム



空飛ぶクルマに係る次世代産業界人材



空の革命の実現後
空飛ぶクルマ産業での
我が国のイニシアチブ獲得

令和2年度の活動

プロジェクトでは、公募で選抜された受講生に、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す。

- ① 飛行機のフライトシミュレータ実習
- ② 空飛ぶクルマの騒音体験
- ③ 航空機での飛行実習・飛行試験
- ④ 飛行機の安全・認証技術

令和2年度は、①～④について、以下の活動を行いました。

① 飛行機のフライトシミュレータ実習

金沢工業大学において、フライトシミュレータの整備を行いました。このシミュレータを用いて、来年度からシミュレータ実習を開始します。

フライトシミュレータ

従来、フライトシミュレータは、操縦者訓練や、実機開発における設計検討のデータ取得や飛行試験の事前確認を目的として、模擬操縦装置や飛行運動模擬装置等から構成されています。

今回、機内環境を再現した「計測員用モックアップ」を製作し、金沢工業大学が所有する従来型フライトシミュレータと接続させることで、後席搭乗員（実機開発においては技術者が計測員として搭乗することが有ります。飛行実習では実習生が後席に座ります。）の経験が地上で可能となります。



従来型フライトシミュレータ



製作した計測員用モックアップ室内



計測員用モックアップ外観

② 空飛ぶクルマの騒音体験

他のプロジェクトで製作したロータから発生する音の評価プログラムを利用し、仮想の空飛ぶクルマからの音を試作しました。まだまだ改良を継続します。

令和2年度の活動

③ 航空機での飛行実習・飛行試験

協力機関である宇宙航空研究開発機構(JAXA)殿の協力を得て、同機構の実験用航空機を用いた飛行試験実習の調整を進めましたが、コロナ禍による安全面への配慮から、残念ながら本年度の実習は中止としました。

それに替えて、平成28年度宇宙航空科学技術推進委託費「実機飛行を通じた航空実践教育の展開」の一環として実施したダイヤモンドエアサービス株式会社MU-300での飛行試験*)の飛行データから、飛行試験を再現するコンピュータ動画を制作しました。来年度以降の実習では、本動画も利用します。

*) 山口皓平ほか、「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」, 日本工学教育誌, 2019年67巻4号, pp.50-56

④ 飛行機の安全・認証技術

飛行機の安全・認証技術に関するテキスト(初版)を作成しました。

講演会

2021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、①, ②の準備状況, ④に関するテキスト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、MRJ(現スペースジェット)の初飛行パイロットである三菱航空機株式会社飛行試験本部フライトオペレーショングループ長安村佳之氏に「テストパイロットから見た航空機開発について」というタイトルでご講演頂きました。

ご講演概要

軍用機民間機を問わず、航空機開発に関わるテストパイロットの役割は重要です。特に操縦経験のあるテストパイロットにしかわからない、パイロットワークロード評価や操縦性に関わるハンドリングクオリティー評価などは航空機設計の是非を大きく左右することになります。過去の自らの経験に基づき、テストパイロット視点での航空機開発の現場を紹介します。

安村佳之氏御経歴

航空自衛隊に約20年、三菱重工業(株)及び三菱航空機(株)に約20年勤務し、合計約40年間航空機業務に携わる。航空自衛隊の後半10年間はテストパイロットとして、T-4,F-2の開発等に関わる。三菱重工業(株)では防衛省機の新規開発や定期修理の飛行試験に、三菱航空機(株)ではMRJ(SpaceJet)の開発飛行試験にチーフテストパイロットとして関与。



安村佳之氏

令和3年度の活動予定

令和3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 @金沢工業大学
... 安全・認証に関する講義, 空飛ぶクルマ騒音体験

令和4年2月 : 飛行実習 @ J A X A (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

空飛ぶクルマの形式

空飛ぶクルマの主な形式には以下の3つがあります。

- ① マルチロータ
- ② コンパウンドヘリコプタ
- ③ ティルトロータ, ティルトウイング

一般的に、①, ②, ③の順に、より高速での飛行が可能です。



マルチロータ ©(株)SkyDrive

① マルチロータ

ドローン(無人のマルチロータ機)を有人化したものと考えられ、比較的飛行速度が遅く、短距離移動に向いています。一般に安全性の観点から、複数ロータを使用することで冗長性を高めています。SkyDrive社(左写真)やEhang社の機体(<https://ehang.com>)が知られています。

② コンパウンドヘリコプタ

ヘリコプタと固定翼機を合わせた機体で、エアバス・ヘリコプターズの技術概念実証機Racerが有名です。ホバリング時にはヘリコプタ機能が、飛行速度が高くなると固定翼機の機能が支配的になります。本形式の空飛ぶクルマは、リフトアンドクルーズとも呼ばれています。

右写真はJAXAで開発した概念模型であり、在来ヘリコプタの約2倍の最大飛行速度500km/hの、4トンクラスの高速ドクターヘリを目指しています。



コンパウンドヘリコプタ ©JAXA



ティルトウイング

©スカイリンクテクノロジーズ(株)

③ ティルトロータ

回転翼(ロータ)の傾きが飛行速度によって変化可能です。コレクティブピッチ, サイクリックピッチの変化が可能です。ホバリング等低速飛行に重点を置いた設計になっています。V-22オスプレイが有名です。

ティルトウイング

回転翼(プロペラ)だけでなく、主翼も一緒に角度が変化します。プロペラは可変ピッチのみで、高速飛行に重点を置いた設計です。この形式の空飛ぶクルマとしては、スカイリンクテクノロジーズ(株)が概念機を提案しています(左写真)。

プロペラとロータ

プロペラは元来、飛行機の前進のためのもので、回転面は飛行機の前進方向に対し垂直です。可変ピッチ機構を持っていれば、飛行速度によってピッチ角を変化可能です。ロータは元来、ヘリコプタのためのもので、ホバリング飛行では回転面は水平に寝ていて、前進飛行では前傾します。ロータでは、コレクティブピッチ(ブレードの回転方向位置で一定)、サイクリックピッチ(ブレードの回転方向位置で変わる)の変化が可能です。それによってロータ回転面の傾きが変化します。

プロペラでは高速で高い効率が得られる様にブレード長手方向のコード(長手方向に垂直な方向のブレードの幅)、捩り分布が決まっている一方、ロータではホバリングを含めた低速で効率が高くなる様に捩り分布が決まっています。また、プロペラに比べロータは、細長い(アスペクト比が大きい)ブレードからなります。

両者の中間にプロップロータがあります。

「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。

夏の实習（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演習:提案書作成(チーム活動)
 - ⑥デブリーフィング
- ②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、④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演習:飛行試験方案作成(チーム活動)
- ④演習: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

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 エンジン高空性能試験設備 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 |



©JAXA



©JAXA

● 無人機見学



©JAXA



©JAXA

● 事故調査実習

事故データを解析し、事故原因を究明



©JAXA

● 操縦実習 (固定翼機)

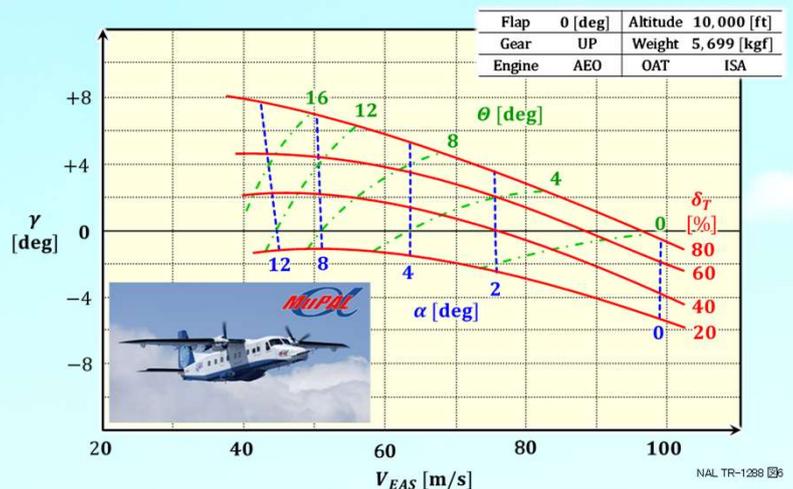
● 操縦実習 (ヘリコプタ)



©JAXA

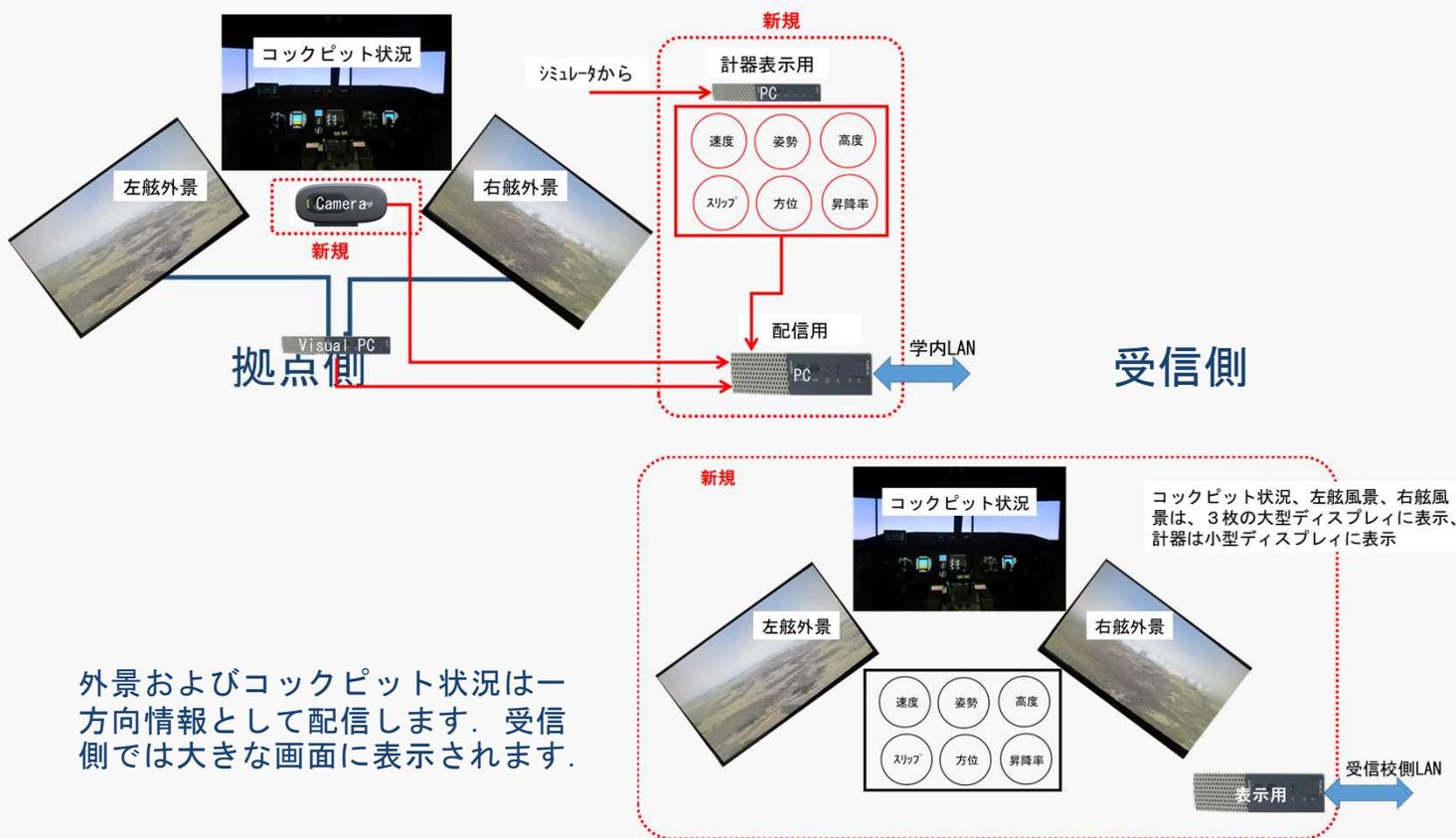
● V- γ 線図作成

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

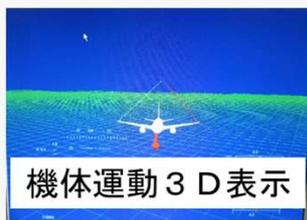


フライトシミュレータの改良

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要員の体験／演習を行うことを目指しています。



外景およびコックピット状況は一方方向情報として配信します。受信側では大きな画面に表示されます。



詳細情報および双方向で情報を交換する必要の有る場合は、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。

ご講演概要

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。

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。



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、これまでの回転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、なるだけ沈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、垂直に沈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操縦プロセスは、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着地直前にロータのピッチ角操作(サイクリックピッチ)で機体の頭上げ運動を起こし、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、加速度飛行のために、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常な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。

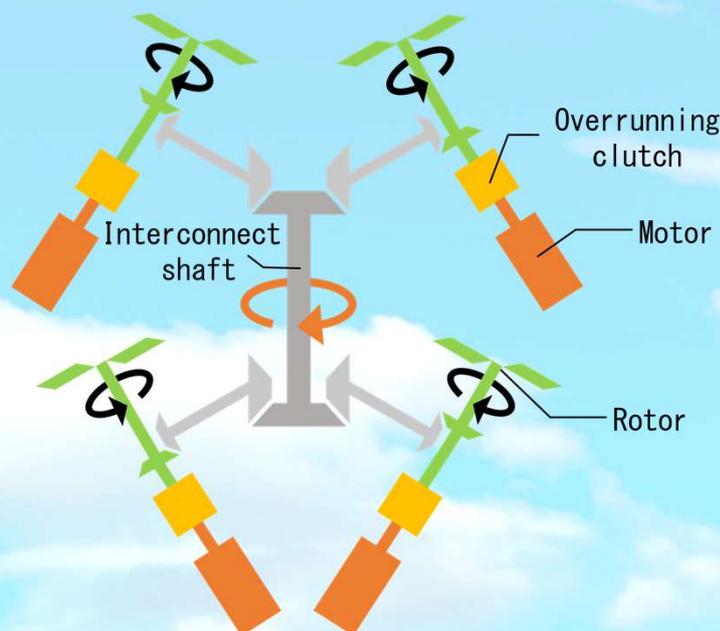


図1 複数モータで複数ロータを駆動する機構 (インターコネクトシャフトとオーバーランニングクラッチを用いている。本図は名古屋大学大学院中村舜氏の修士論文より。)

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 @金沢工業大学... 安全・認証に関する講義、空飛ぶクルマ騒音体験

令和5年2月：飛行実習 @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

「実機飛行教育通信」

2022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，コロナ禍の中，皆様の御支援を頂戴し，3年間が無事終了しました。厚く御礼申し上げます。この成果を基に，今後の航空人材育成を継続して行きます。

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4年度の活動

プロジェクトでは，公募で選抜された10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@金沢工業大学（初めて対面で行いました。）

三菱航空機(株)の小泉拓郎氏に御参加頂き，安全技術/認証技術の講義を初め，全ての活動を御支援頂きました。

8月29日（月）
（13：00－18：00）
①講義：安全技術／認証技術
②演習：提案書作成
③講義：空飛ぶクルマの騒音

8月30日（火）（9：00－18：00）
①講義：設計／認証のためのシミュレータ活用
②演習：飛行試験方案作成
③実習：フライトシミュレータを用いた飛行試験体験
④演習：シミュレータ取得データ解析

8月31日（水）
（9：00－12：30）
①演習：チーム発表



操縦する学生



コックピット内



小泉氏

冬の実習@JAXA (昨年度に引き続き対面で行いました.)

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。コロナで参加できなかった受講生が多かった昨年度とは違って、受講生8名が参加できました。

| | 3月1日 (水) | 3月2日 (木) | 3月3日 (金) |
|----|---|---|---|
| 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： スーパーコンピュータ 大型低速風洞 展示室 |
| PM | ・講義：シミュレータ実習関連、 ヘリコプタ飛行関連 ・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：JAXAの人間工学研究 ・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



©JAXA

● 操縦実習 (ヘリコプタ)

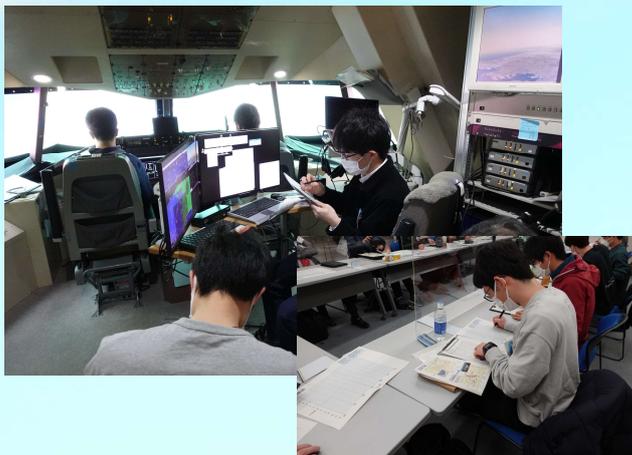


● 事故調査実習

事故データを解析し、事故原因を究明

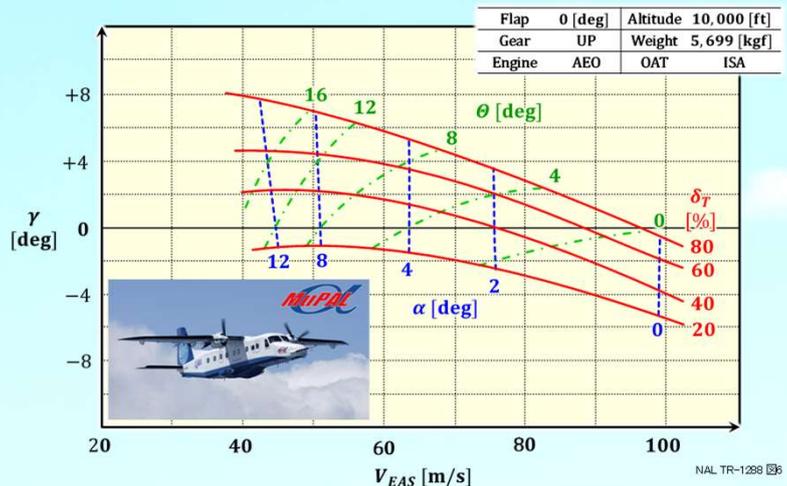


● 動特性実習



● V- γ 線図作成

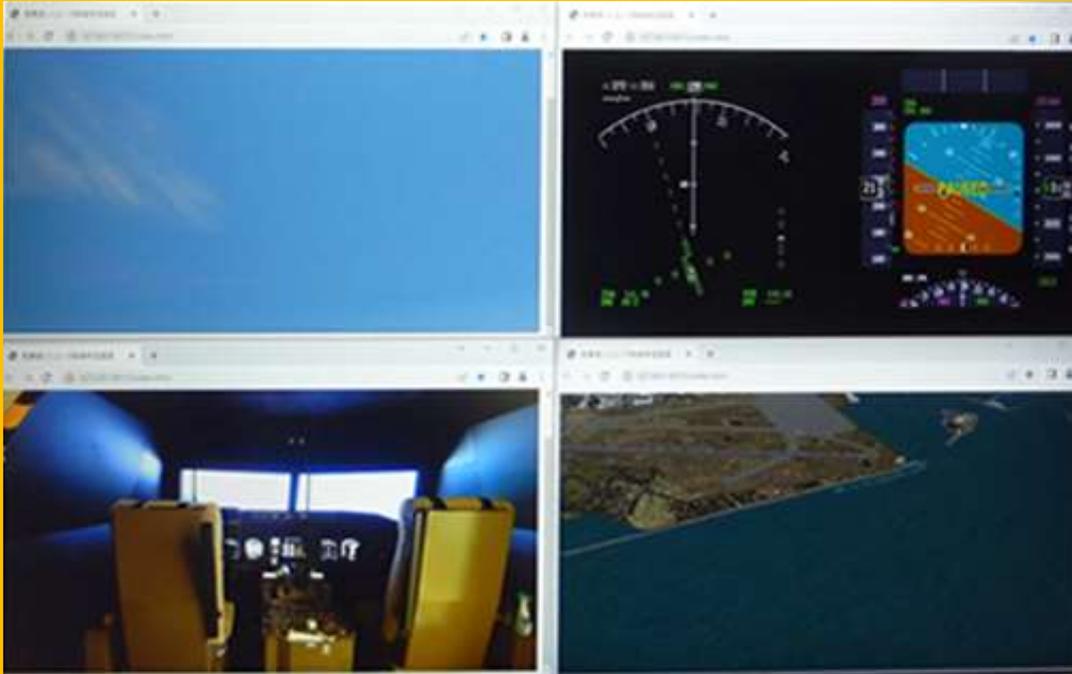
飛行シミュレータによる釣合い飛行/迎角スイープ飛行から取得したデータを用いてV- γ 線図を作成



金沢工業大学のキャビンフライトシミュレータの内の 視覚・音声情報

遠隔へ

金沢工業大から離れた場所のフライトシミュレータを有しない者も、キャビンフライトシミュレータの利用が可能。飛行試験体験をより多くの人に提供。



外景およびコックピット状況は一方向情報として金沢工業大学から配信します。

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

金沢工業大学にいない者が飛行試験の計画を立て、金沢工業大学にいるパイロットに指示を出し、飛行データを取得することが可能です。

本プログラムでは、キャビンフライトシミュレータを含むフライトシミュレータの有効性・重要性を検討しました。

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、本年度の実習について報告を行い、3年間の活動の総括を行いました。また、東京大学未来ビジョン研究センター特任教授 鈴木真二先生に「空飛ぶクルマの技術と制度および開発動向」というタイトルでご講演頂きました。

ご講演概要

小型無人航空機ドローンを大型化することで人が搭乗できる電動の垂直離着陸機 (eVTOL) が「空飛ぶクルマ」として世界中で開発が進められている。ただし、安全性の認証制度の整備と技術開発が同時に進む状況であり、運航に関する方式も従来の小型機やヘリコプターの有視界飛行よりも自動飛行が求められ、管制方式や離発着施設にも技術革新が求められる。こうした、制度と技術の課題と開発動向を概観したい。

鈴木真二先生御経歴

1977年東京大学工学部航空学科卒業、1979年同大学院工学系研究科修士課程修了。1996年東京大学大学院教授。2001年総長補佐、2009年航空イノベーション総括寄付講座代表 (2018年より共同代表)、2014~2017年広報室長、2018年スカイフロティア社会連携講座代表、2019年現職および東京大学名誉教授。(一社)日本航空宇宙学会会長 (第43期)、(一社)日本機械学会副会長 (第95期)、International Council of Aeronautical Sciences (ICAS) 会長 (2019-20)、(一社)日本UAS産業振興協議会理事長 (2014~)、(一社)航空イノベーション推進協議会代表理事 (2018~)、あいち航空ミュージアム館長 (非常勤) (2017~)、福島ロボットテストフィールド所長 (非常勤) (2019~)、日本学術会議連携会員 (2014~)。



2023年3月段階での空飛ぶクルマの開発動向

3タイプに分けられます。下記はネット等で得た情報です。

2025関西万博に登場予定の空飛ぶクルマ(ニュースより)

下の①「VoloCity (Volocopter):2人乗り」,「SD-05 (SkyDrive):2人乗り」
下の③「Joby S4 (Joby):5人乗り」,「VX4 (Vertical Aerospace):5人乗り」

① マルチコプタータイプ

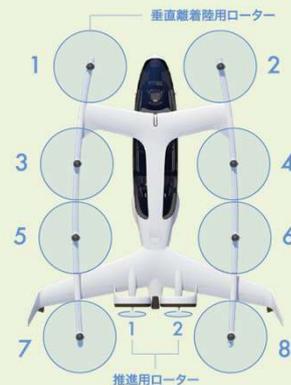
「ドローンを大きくしたもの」というのが分かり易いと思います。[主な開発機体] EHang216 (EHang), SD-03 (SkyDrive), SD-05 (SkyDrive), VoloCity (Volocopter), CityAirbus (Airbus)。この中でも, EHang216, SD-03は, コンパクト化のためと思われるが2重反転回転翼を採用しています。VoloCity (Volocopter) は18の回転翼を持ちます。



<https://skydrive2020.com/archives/13866>

② リフトアンドクルーズタイプ

「プロペラ機に鉛直上向きの空気力を発生する回転翼を組み合わせたもの」というのが分かり易いと思います。[主な開発機体] VT30 (EHang), VoloConnect (Volocopter), CityAirbus NextGen (Airbus), Mk-5 (tetra aviation)。この他に(株)HONDAも開発案を示しています。ガスタービン発電機とバッテリーを利用したパワーユニットを採用し, 長い航続距離(400km程度)を予定している様です。



©Honda R&D Co., Ltd.

https://www.honda.co.jp/future/EngineerTalk_eVTOL1/

③ ヴェクタードスラストタイプ

プロペラを傾ける機体が多いです。全ての機体では分かりませんが, 回転数、さらにコレクティブピッチ(1回転中で一定)は変化できますが, ヘリコプタロータで見られるサイクリックピッチ(1回転中で正弦波状に変化)が変化できません。前進速度が小さい時は, プロペラの回転面が水平に近く, 前進速度が大きい時は, プロペラの回転面は鉛直に近いです。[主な開発機体] S4 (Joby), Nexus (Bell) 等があります。Nexusはダクテッドファンを持ちます。これらの他, Lilium JetではDucted Electric Vectored Thrustという推力の向きの変更機構を採用しています。翼のフラップ上面にあるダクテッドファンがフラップの角度変化と共に傾きます。

以下の協力機関, 協力研究者(群馬大学船津賢人准教授)に御協力頂きました。
東北大学・東京大・横浜国立大学・金沢大学・鳥取大学・大阪公立大学・東海大学・愛知工業大学・中部大学・航空大学校・(株)NTTデータMHIシステムズ
冬の実習では, 宇宙航空研究開発機構様に多大な御協力を頂きました。

3年間に亘り, ありがとうございました。感謝申し上げます。