

航空安全認証制度と技術標準化に関する提言

東京大学未来ビジョン研究センター
次世代スカイシステム研究ユニット
令和2年2月18日

厳しい環境下で人や物を空中輸送する航空機には、極めて高度な安全性と信頼性が要求される。しかも航空機は国境を越えて世界的に利用されるため、航空安全に関する制度は国際的な条約に基づき制定され、統一的に運用されている。わが国では、半世紀前に開発されたYS-11以来、旅客機の全機開発が途絶えていたが、2008年より国産旅客機開発プログラムが正式にスタートし、航空機製造国として、開発機体の安全性を保証する型式証明の取得に官民が取り組んでいるところである。一方、航空機開発は、コンピューターシステムの本格的な導入や、炭素繊維複合材料に代表される新技術の積極的な利用により、複雑さを増しているとともに、航空機事故の原因究明とその対策案を組み込むことで、安全性の保証およびその審査が極めて厳しくなっている。そのことは、わが国の旅客機開発プログラムが長期を要していることから明らかである。型式証明は、量産される機体の性能や安全性を開発時には製造国が、また、運航時には運航国が保証することで、新しい機体を安全に効率よく市場に提供するしくみであるが、その審査には深い専門知識と経験が求められる。欧米では国・行政が民間と共同して規則を定めるとともに、その審査も民間と共同して実施する動きにあるが、昨今の旅客機事故への対応から見て取れるように安全性の保証は決して容易なことではない。

次世代スカイシステム研究ユニット（前身は、航空政策ユニット）は、航空イノベーション総括寄付講座とともに産官学の航空イノベーション研究会を組織し、ボーイング787のバッテリー事故を契機に、安全認証制度の調査研究を本格的に開始し[1,2]、さらに新技術の認証方式の標準化活動を、欧米の標準化活動団体との意見交換やシンポジウムを通して検討してきた[3~7]。ここでは、それらの活動を踏まえ、航空機開発先進国である米国の方式を中心に、航空安全認証制度の変遷を整理し、今後のわが国における制度の在り方や、複雑化する巨大システムの安全認証制度に関するあり方を、提言としてまとめることとした。

政策提言

1. 新技術の型式証明方式や使用方法の検討に民間の知を活用すべき

航空機は、無人航空機を含め革新的な技術を新たな機体開発に積極的に採用してきた。そうしたなかで、安全性や信頼性を確実に保証するための仕組みである型式証明の方式を、新技術に関して、行政関係者のみで確立することは困難な状況にある。国内での航空技術開発を推進するためには、民間の専門家も委員とする米国の航空規則制定諮問委員会（ARAC: Aviation Rulemaking Advisory Committee）のような委員会を常設するとともに、

テーマに応じて民間の専門家を集めた臨時の委員会（米国では航空規則制定委員会 ARC:Aviation Rulemaking Committee）を設置すべきである。

2. 新技術の型式証明方式策定に官民でのコンセンサスを活用すべき

上記の米国での ARAC や ARC での議論の裏付けには、民間での技術標準化団体と呼ばれる各種非営利団体の活動があることに注目すべきである。そこでは、新技術を開発する企業や研究機関のみならず、それを利用するエアラインや空港、さらには監督官庁関係者、学術専門家が参加し、企業の利害を超えた議論がなされている。こうした技術標準化は、安全性への審査が厳しい航空業界では、新技術の実用化を図るうえで重要であり、技術の協調領域と呼ばれている。わが国でも、小型無人航空機（「ドローン」）や、電動垂直離着陸機（「空飛ぶクルマ」）など新たな分野では、官民協議会を設置し、官と民の関係者が政策や開発目標を議論できる場が出来ており、航空技術全般についても、新技術の実用化を推進するために、技術標準化活動を官民連携で推進すべきである。

3. 認証における確実性、透明性を向上させる新たな制度設計に取り組むべき

航空機の型式証明認証は基本的には国・行政が実施しており、型式証明の一部には開発会社の社内認証の制度も活用されている。ただし、こうした当事者のみの閉鎖的な環境が十分でないことは 2018 年 10 月 29 日、2019 年 3 月 10 日に連続して発生したボーイング 737MAX の墜落事故からもうかがえる。型式証明等の航空安全認証プロセスの確実性、透明性を向上させるための新たな制度設計に各国と協力して取り組むべきである。

1. 型式証明制度の概要

航空機は強度・構造・性能が安全性・環境性の基準に適合する耐空証明が無ければ飛行が許可されない。量産機では最初に型式証明として設計や製造能力を各種試験とともに検査し、型式として耐空証明を取得することができる。型式証明は製造国が発行するため、製造国以外で運航する場合は、その国の型式証明も必要となる。この型式証明は運航後も有効であるが、耐空証明は継続的に運航国において一機ごとに取得が必要となる。ただし、事故等で改善が必要なことが判明した場合は、耐空性改善通報・命令により、型式証明にフィードバックがかかることになる（図 1）。

こうした機体の安全性を保証する制度は、第一次世界大戦後に航空機の国際運航が始まった際に議論され、1919 年のパリ国際航空条約において航空機の耐空・性能証明書として規定された[8]。こうした枠組みは、第二次世界大戦中の 1944 年にシカゴ国際民間航空条約として生まれ変わり、1947 年に国連の専門機関である国際民間航空機関 ICAO (International Civil Aviation Organization) が発足し、航空機の耐空証明書は同条約第 5 章で要求され、Annex8 で耐空証明および型式証明の内容は規定された[9]。ただし、耐空証明の方法は各国でその方式が定まっていたので、ICAO の規定は概念的な基準であり、詳細は国ごとに定められている。わが国では、耐空性審査要領で規定されるが、例外的な事項

や新技術などの記載のない事項に関しては「特別要件」、「同等の安全性」、「適用除外」などの個別審査となる[10]。

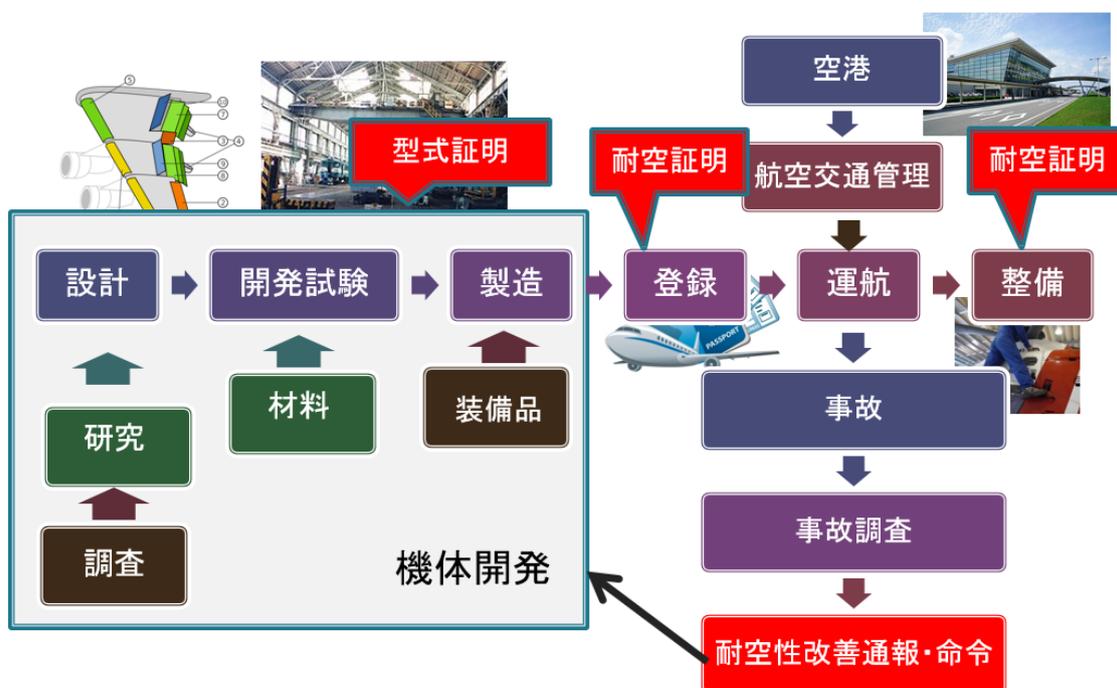


図1 航空機の型式証明と耐空証明（注：製造国と運航国が異なる場合は、運航国での型式証明、耐空証明も必要となる）

2. 新技術の証明方式

耐空証明の方法は、航空機の歴史の中で作り上げられ、各国で制度化されてきたが、1980年代よりコンピュータ制御技術が積極的に航空機に採用されるなど、技術革新が急速に推進されるなか、それに関連する航空機事故も発生するようになる[11]。こうした状況下で、アメリカ連邦航空局 (FAA) は安全に関わる規則制定につながる可能性のある問題に関して、業界および一般からのアドバイスや推奨事項を求めめるために、1991年、常設の航空規則制定諮問委員会 (ARAC: Aviation Rulemaking Advisory Committee) を設置した[12]。ARACは、特定の目的のために、限られた期間で臨時的に設置されるARC (Aviation Rulemaking Committee) を置くこともできる (図2)。ARACのメンバーは航空協会、航空業界、公益および提言 (アドボカシー) 団体、および外国民間航空当局の代表者で、ARCには製造業、エアライン、大学、研究機関などから専門家がさらに参加する[12]。

米国では、こうした航空安全に関わる規則作りを民間と連携していく方針が、1996年に発生したTWA800便の太平洋上での空中分解事故を契機にさらに高まった。当時のクリントン大統領は、航空安全向上に向けた委員会 (White House Commission on Aviation Safety

and Security、ゴア委員会とも呼ばれる)を設置し、耐空証明の基準に関する改善を求め、

- ・認証技術の標準化を行う
- ・新技術を採用できるパフォーマンスベースのルールにする

ことを提言に含めた[13]。パフォーマンスベースのルールとは、達成すべき性能などを規定し、それを達成する手段を規定しないとするもので、新技術の促進を促すと考えられている[14]。

3. 標準化団体による安全ガイドラインの策定

ゴア委員会の提言に応える形で、欧米の標準化団体では航空安全設計に関するガイドラインの策定が進んだ[5]。標準化団体とは、非営利の技術団体で、米国の SAE[15]や RTCA[16]、欧州の ERUCAE[17]などが代表例であり、そこでの議論の結果が、米国では ARC へインプットされる。SAE は 1905 年に自動車技術会として発足し、1907~10 年の不況時に部品の供給および入手を容易にするために標準化を進め、さらに航空やトラクターなどの業界も参加し、自動車以外の技術標準化団体となった。RTCA は Radio Technical Commission for Aeronautics を母体とし、航空業界や当局が使用するために技術ガイドラインを開発するボランティア団体として 1935 年に設立され、民間非営利法人として 1991 年に再設立された。EUROCAE (The European Organization for Civil Aviation Equipment) は 1963 年に、航空機および航空機器(装備品)と航空管制の標準化を推進するために、欧州をベースとして設立された団体である。

SAE は、航空機システムの安全性解析のための手法を、SAE ARP4761 として 1996 年に発表し、それらをサブシステムに安全要求を振り分ける SAE ARP4754 へと展開した。RTCA と EUROCAE は、要素ごとのハードウェア開発保証プロセスを DO-254 として 2000 年に、またソフトウェア開発保証プロセスを DO-178B として開発した。それらを連携させた設計ガイドライン(図 3)は業界標準として普及し、FAA の Advisory Circular (航空局通達)などでその使用が推奨されている[18]。

連邦航空局FAA

- ・航空規則制定諮問委員会 (ARAC: Aviation Rulemaking Advisory Committee)
常設の諮問委員会 (1991年に設置される)
- ・航空規則制定委員会 (ARC: Aviation Rulemaking Committee)
特定の課題に対する臨時委員会 (製造業、エアライン、大学、研究機関等)

<http://avstop.com/legal/2.htm>



非営利民間団体

- ・RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics)
- ・SAE (Society of Automotive Engineers) など
製造業、エアライン、大学、研究機関などにより構成され技術検討を行う

図2 米国の安全ルール策定における標準化団体の役割

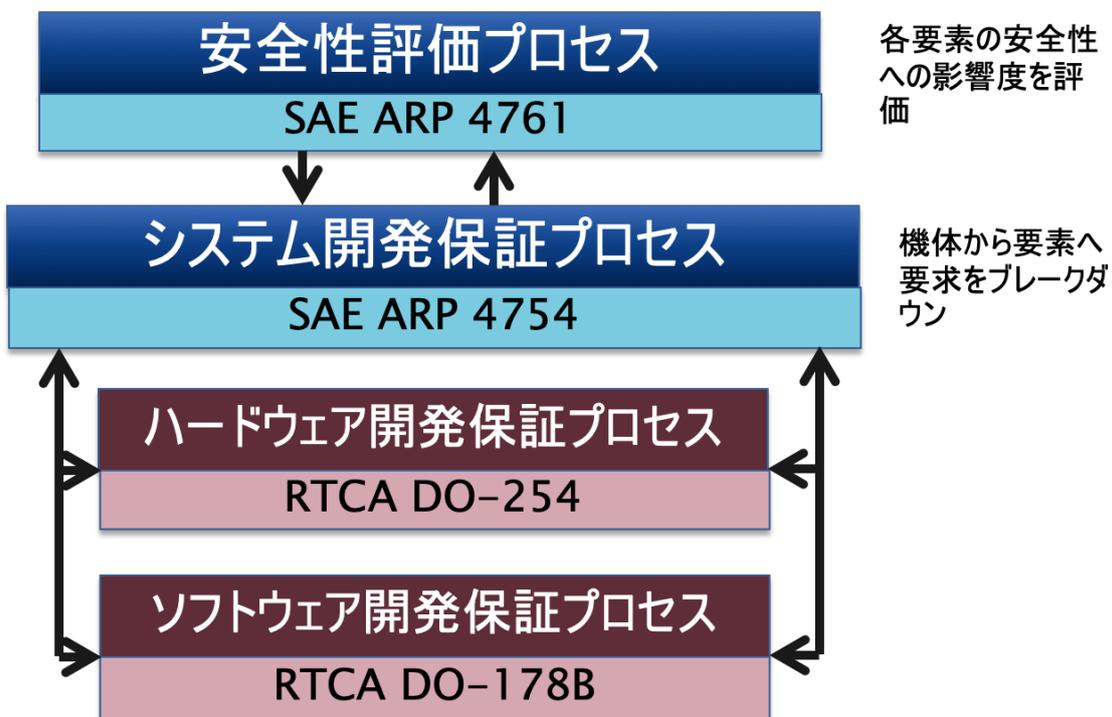


図3 航空機システムの安全設計ガイドライン

民間の標準化団体の役割はさらに強化され、米国での小型機 (Part23) の認証プロセスの大規模な改正には標準化団体 ASTM が大きく関係している。ASTM は、米国材料試験協会 (American Society for Testing and Materials) を母体とし、2001 年に ASTM 規格が国際化されたことを反映し、ASTM に改名した標準化団体である[19]。小型機は製造事業者が小規模のため、従来からの型式証明の認証方式では新しい技術の採用に支障をきたすとして、FAA において 14 CFR Part23 Reorganization Aviation Rulemaking Committee が組織され、2013 年に報告書を発行した[20]。その結果、2017 年に FAA は小型機の耐空性基準 Part23 の改正を行い、革新的で安全性の高い技術を、効率よく小型航空機に適用可能とする 63 の手法を、パフォーマンスベースに基づき作成し、その規定に ASTM が定めた標準を採用した[21,22]

こうした流れは欧州でも起きており、EUROCAE が無人機や、「空飛ぶクルマ」と呼ばれる電動垂直離着陸機の業界標準作りに乗り出している[23]。

4. わが国の状況

わが国では民間航空機の開発が活発でなかったこともあり、型式証明認証方法の改定などは積極的ではなかったが、MRJ (2019 年に Mitsubishi スペースジェットに改名) の開発が進み、また、小型無人航空機 (ドローン) や「空飛ぶクルマ」の開発も国内で行われ、状況が大きく変わった。例えば、型式証明の認証方法を、国内においても国際的な活動と連携を取りながら整備を進めることが必要であることが、「空の移動革命」に向けた官民協議会が発表したロードマップにも記載されている[24]。この作業を効率よく実施するためには、官民の連携が必要であり、FAA が導入した ARAC、ARC のような諮問委員会とその臨時委員会の制度を直ちに導入することが必要である。また、そこでの議論を深めるためには、ステークホルダーが当局や研究機関および大学の専門家とともに一丸となって検討できる組織の整備が求められる[3,4]。

5. 型式証明の相互承認

型式証明は製造国で取得の後、運航国が異なる場合には、さらに運航国の型式証明を取得しなければならず、二重の作業になる。航空安全の検査・認証は型式証明だけではなく、二国間で相互承認協定 (BASA : Bilateral Aviation Safety Agreement) を締結すれば、こうした二重の取得手続きが緩和されることになる[25]。日米の BASA は 2009 年に締結されたが、旅客機に関しては日本当局での型式証明の実績が YS-11 以来ないため、米国当局による能力の確認が必要であった[26]。その後、MRJ (現、Mitsubishi スペースジェット) の型式証明作業の確認が行われたこともあり、2019 年 11 月 1 日付で、航空機製品の型式証明が正式に BASA の範囲となった[27]。今回の BASA の締結により、日本での型式証明を取得した航空機製品の、米国における型式証明取得が簡略化される道が開けたことになる。その意味で、国内での航空機やその装備品の開発が、より積極的にできる環境が整うことにな

ったといえる。そのためにも、国内での具体的な基準策定のため、米国における FAA の ARAC や ARC のような制度を国内でも整備し、さらには標準化活動を国内でも推進する必要がある。

相互承認協定を、今後、米国以外の国とも締結を進めるべきであることは言うまでもない。さらに、世界的には、型式証明方法の国際的ハーモナイゼーションの動きもあり[28]、わが国も航空関連産業を発展させるためには、こうした動きに積極的に参加する必要がある。

6. 型式証明の検査認証方法

航空機システムが複雑化するなかで、型式証明の検査認証方式に関しても変遷がある。米国においては、民間航空当局の検査認証部門が安全に関する認証を行っていたが、1940年代以降大きな変化があった[2,29]。1940年代、航空機産業の拡大に伴い、審査の遅れをカバーするために、CAA（民間航空機関）は審査を個人で代行できる制度を導入した。耐空証明認証作業を委任する DER（指定技術者代理）である。

1967年に FAA（連邦航空局）が設置され、1980年代には耐空証明の機能増加の要求に対応し、個人には DAR（指定耐空証明代理）を、また組織には ODAR（組織指定耐空証明代理）を導入したが、制度が複雑になり、1990年代後半には FAA は、認証手続きを統合化する検討を開始した。最終的に、2004年に認証手続きを ODA（組織認証許可: Organization Designation Authorization）として統一し、移行期間を経て2009年に新たな制度に移行した。ODAは個人の資格で認証を行うのではなく、FAAにより認証を委託できる能力を持つことが認められた製造会社や運航会社が自主的に認証を実施し、FAAが最終的にそれを許可するというスタイルを取る。

FAAは2012年のFAA近代化改革法（PL 112-95）[30]に基づき、さらにODAプログラムを改善、拡大するが、2013年に発生したボーイング787のバッテリー事故において、こうした認証方式の難しさが浮き彫りになった。NTSB（国家運輸安全委員会）が開催した公聴会において、リチウムイオンバッテリーの認証はDERで行われ、ODAは適用されなかったという発言があり、787の開発がそうした過渡期に行われたことが判明した。公聴会の最後に、NTSB委員長は、

The U.S. aviation community is using the same approach to certification that was created to certify our grandparents' aircraft, and by most accounts, it has served us very well. But perhaps it is time to ask if any changes are needed to update the system that will be used to oversee the development of new and beneficial technologies on our children's and our grandchildren's aircraft.

と発言し新たな制度を求めた[1,31]。

米国政府は2018年のFAA近代化改革法（PL 115-254）[32]においてODAの更なる改

善を求めるが、2018年10月29日、2019年3月10日に連続して発生したボーイング737MAXの墜落事故により、開発メーカーに認証を委任するシステムの課題が改めて露呈した。2019年10月11日に発表された関係当局合同技術審査報告書(JATR)[33]はオーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、欧州、インドネシア、日本、シンガポール、アラブ首長国連邦の民間航空当局者が参加してまとめたもので、認証方式に関してボーイング社とFAAのより綿密なコミュニケーションを求めている。特に、複雑化した航空機システムにおいて、全ての事象が検証出来ているかどうかの検討を、当局と製造業者相互で確認することが重要であるとし、ボーイング社に対しては、設計開発チームとは独立した認証チームを設置することを求め、FAAに対しては他の民間航空当局と協力し、システムの改修が機体全体に及ぼす影響を総合的に検証する視点を求めている。また、FAAに対して、業界コンセンサスである航空機システムの安全評価解析SAE 4754の適用を明確にすることを求めている[33]。

7. 認証における確実性、透明性の向上

複雑化する航空機システムにおいて、国の民間航空当局のみが型式証明審査を行うことはもはや現実的ではなく、FAAは個人への委託から開発会社への委託(ODA)を進めている。わが国でも平成17年の航空法の改正において、安全規制に係る民間事業者と国の関係の見直しにより、航空機設計検査の見直し(平成17年10月1日施行)が行われ、設計検査の一部に民間能力を活用する観点から、国が認定した事業場(認定事業場)が設計した航空機について、国が行う設計検査を一部省略すること等ができることとした[34]。

ただし、こうした検査認証当局と当該事業者のみの閉鎖的な環境が十分でないことは、今回発生したボーイング737MAXの事故からもうかがえる。型式証明認定作業の確実性、透明性を向上させる新たな制度を検討すべきである。民間事業者内では設計開発と独立した認証チームを設け、また、航空当局では他国の民間航空当局の認証作業への参加を求めることはその一つの方法である。ただし先端技術のように、認証対象となる技術の知見を有する者がごく限られる場合には、更なる検討が必要である。リチウムイオンバッテリー事故に関連して業界以外の専門家の知見を活用すべきであるという指摘があり[35]、3Dプリンター技術(Additive Manufacturing)においては、大学や研究機関のデータベースを認証の過程で活用すべきであるという提案もある[36]。検査認証の効率化と透明性の向上という視点では、第三者機関の活用を検討することも必要である。自動車部品やロボットなどで導入が進む機能安全規格は、ISO(国際標準化機関)やJIS(日本産業規格)により規格化され、第三者認証機関が認証する方式を採用する[37]。航空分野でもそうした方式を必要に応じて導入することも検討すべきである。特に、小型無人航空機の認証や、小型無人航空機の運航事業者、さらには操縦者などの認定には多大なリソースが要求されるため、第三者機関の活用が、小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会において検討されている[38,39]。今回は、旅客機の開発を主な対象としたが、航空管制においても混雑化する空域の管理のために新

たな技術が求められ、そのための認証制度も世界的な課題となっている[40]。以上のように、航空安全に関する検査認証制度の新たな制度設計は世界的な課題であり、世界と連携した活動が重要であり、こうした分野で国際的な活動が行える人材の養成も急務である。

引用資料

- 1) 野々部一成、鈴木真二、航空機安全問題に関して（バッテリー問題 NTSB 公聴会の取材と、米国制度の変遷）、航空機電動化ワークショップ、2013.12.11、東京大学山上会館
- 2) 鈴木真二、落ちない飛行機への挑戦：航空機事故ゼロの未来へ（DOJIN 選書）、化学同人、2014/3/28
- 3) 渋谷容、伊藤一彦、鈴木真二、日本の航空機産業の発展に向けた課題と取り組み、経営センサー、No.198, pp.41-47, 東レ経営研究所, 2017
- 4) 鈴木真二、川上光男、小瀬木滋、伊藤一宏、小林真一、渋谷容、「航空技術認証取得体制の構築に向けて」～MRJ 開発から分かったこと～、日本航空宇宙学会誌、66(4), 2018, pp.89-97
- 5) 中村裕子、鈴木真二、航空機のイノベーションを支える標準化活動～SAE International Aerospace Japan Symposium を開催して、日本航空宇宙学会誌、67(10), 2019, pp.336-341
- 6) 中村裕子、鈴木真二、「空の産業革命」「空の移動革命」のキーワード“自動化”“自律化”の認証の壁と実現に向けた世界の取り組み、日本航空宇宙学会誌、68(1), 2020, pp.8-14
- 7) 鈴木真二、航空機安全認証と業界標準化活動、標準化及び認証取得におけるプラットフォーム形成に向けたシンポジウム～新技術の社会実装及び航空産業の発展に向けたキーストーン～、2020,1,14, 大手町ファイナンシャルシティー カンファレンスホール
- 8) United States of America, Belgium, Bolivia, Brazil, British Empire, etc. - Convention relating to the regulation of Aerial Navigation, signed at Paris, October 13, 1919, with Additional Protocol, signed at Paris, May 1, 1920 [1922] LNTSer 99; 11 LNTS 173, League of Nations Treaty Series,
<http://www.worldlii.org/int/other/LNTSer/1922/99.html> Accessed on 2.14.2020
- 9) Airworthiness of Aircraft, Annex 8 to the Convention on International Civil Aviation,
<https://www.slideshare.net/FernandoNobre1/icao-annex-8> Accessed on 2.14.2020
- 10) 監修:国土交通省航空局、耐空性審査要領、鳳文ブックス、平成 30 年
- 11) Leanna Rierson, Development Safety-Critical Software, CRC Press, 2013.
- 12) The Office of Rulemaking Committee Manual, ARM-001-015, 2015,
https://www.faa.gov/regulations_policies/rulemaking/committees/documents/media/Com_m_001_015.pdf Accessed on 2.14.2020
- 13) White House Commission on Aviation Safety and Security, FINAL REPORT TO PRESIDENT CLINTON, 1997, <https://fas.org/irp/threat/212fin~1.html> Accessed on

2.14.2020

- 14) Civil Aviation Authorities, The transformation to performance-based regulation, May 2014, <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP%201184%20PBR%20online.pdf>
Accessed on 2.14.2020
- 15) SAE International <https://www.sae.org/> Accessed on 2.14.2020
- 16) RTCA Inc. <https://www.rtca.org/> Accessed on 2.14.2020
- 17) EOUROCAE <https://www.eurocae.net/> Accessed on 2.14.2020
- 18) FAA Advisory Circular 20-115B,
[https://www.airweb.faa.gov/Regulatory and Guidance Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/dcdb1d2031b19791862569ae007833e7/\\$FILE/AC20-115B.pdf](https://www.airweb.faa.gov/Regulatory%20and%20Guidance%20Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/dcdb1d2031b19791862569ae007833e7/$FILE/AC20-115B.pdf) Accessed on 2.14.2020
- 19) ASTM International, <https://www.astm.org/> Accessed on 2.14.2020
- 20) 14 CFR Part23 Reorganization Aviation Rulemaking Committee to the Federal Aviation Administration, Recommendations for increasing the safety of small general aviation airplanes certificated to 14 CFRpart 23. June5,2013
[https://www.faa.gov/about/office org/headquarters offices/avs/offices/air/directorates fi_eld/small airplanes/media/P23 Reorg_ARCFINAL.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/air/directorates_fi_eld/small_airplanes/media/P23_Reorg_ARCFINAL.pdf) Accessed on 2.14.2020
- 21) FAA Publishes Means to Comply with Part 23,
<https://www.faa.gov/news/updates/?newsId=90566> Accessed on 2.14.2020
- 22)https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/small_airplanes/small_airplanes_regs/media/part_23_moc.pdf Accessed on 2.14.2020
- 23) <https://www.eurocae.net/about-us/working-groups/> Accessed on 2.14.2020
- 24) 空の移動革命に向けたロードマップ、
https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181220007/20181220007_01.pdf Accessed on 2.14.2020
- 25) 国土交通省、航空の安全に関する相互承認協定（BASA）、
<https://www.mlit.go.jp/common/001130346.pdf> Accessed on 2.14.2020
- 26)https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/international/bilateral_agreements/baa_basa_listing/media/Japan_Executive_Agreement.pdf Accessed on 2.14.2020
- 27)https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/international/bilateral_agreements/baa_basa_listing/media/Japan_IPA_rev1_and_amdt1.pdf Accessed on 2.14.2020
- 28) 航空機の型式証明について - 航空機国際共同開発促進基金,
<http://www.iadf.or.jp/document/pdf/22-2.pdf> Accessed on 2.14.2020
- 29) Establishment of Organization Designation Authorization Procedures,
<https://www.federalregister.gov/documents/2004/01/21/04-1133/establishment-of-organization-designation-authorization-procedures#h-13> Accessed on 2.14.2020
- 30) FAA Modernization and Reform Act of 2012,

<https://www.congress.gov/search?q={%22source%22:%22legislation%22,%22search%22:%22cite:PL112-95%22}&searchResultViewType=expanded&KWICView=false> Accessed on 2.14.2020

31) <https://flightsafety.org/asw-article/regrouping/> Accessed on 2.14.2020

32) FAA Reauthorization Act of 2018,

<https://www.congress.gov/search?q={%22search%22:%22cite:PL115-254%22}&searchResultViewType=expanded&KWICView=false> Accessed on 2.14.2020

33) Joint Authorities Technical Review,

https://www.faa.gov/news/media/attachments/Final_JATR_Submittal_to_FAA_Oct_2019.pdf?mod=article_inline Accessed on 2.14.2020

34) http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/12/120228_2/04.pdf Accessed on 2.14.2020

35) Atinuke Adebisi Oyeniyi, Certification Challenges for Emerging Technologies in Aviation, Master of Science in Engineering and Management, MIT, 2018

36) Jaime Bonnín Roca, Parth Vaishnav, M.Granger Morgan, Joana Mendonça, Erica Fuchs, When risks cannot be seen: Regulating uncertainty in emerging technologies, *Research Policy*, 46(2017), pp.1215-1233.

37) 佐藤吉信, 基本機能安全規格 IEC 61508(JIS C 0508)と自動車用規格 ISO 26262(システムの安全性と電子部品の故障率), *日本信頼性学会誌 信頼性*, 36(5), 2104, pp.242-249.

38) 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 (第12回) 資料、「小型無人機の有人地帯での目視外飛行実現に向けた制度設計の基本方針の策定に係る中間とりまとめ」、

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai12/siryou1.pdf

Accessed on 2.14.2020

39) 山田伸一, 鈴木真二, 米国における無人航空機政策の動向, 第134回運輸政策コロキウム, *運輸政策研究*, 22, 2020, pp.001-006.

40) Batuwangala, E., Kistan, T., Gardi, A., Sabatini, R., Certification challenges for next-generation avionics and air traffic management systems. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 33(9), 2018, pp.44-53.