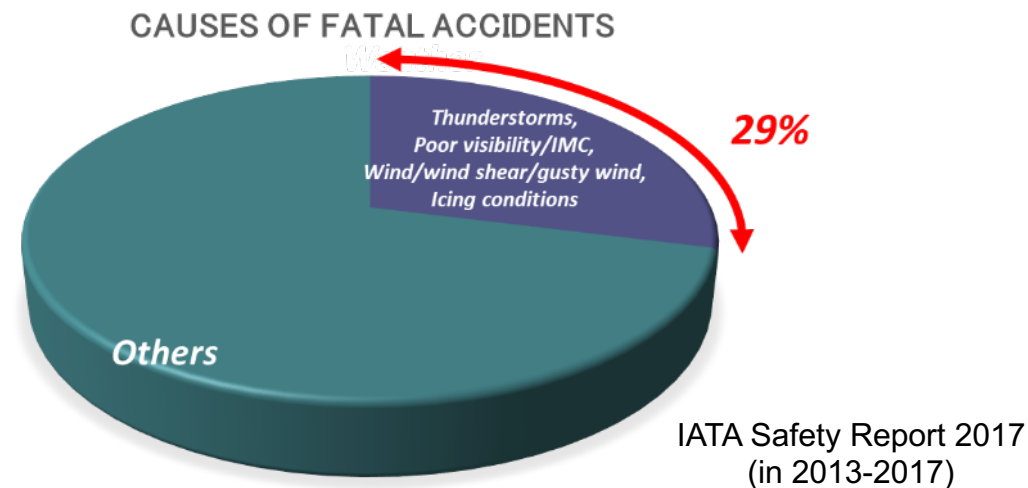


気象影響防御技術の研究開発 ～雪氷・雷・火山灰などの影響を軽減するための技術群～

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門
次世代航空イノベーションハブ 気象影響防御技術チーム長
神田 淳

特殊気象が航空機運航に与える問題

- **事故の発生**
 - 気象が事故の最大要因
 - 特殊気象（着氷、雷、乱気流、火山灰など）が関与した事故が29%以上（2013年～2017年）
 - 今後20年間で運航便数が約2倍、事故数も2倍に達する可能性



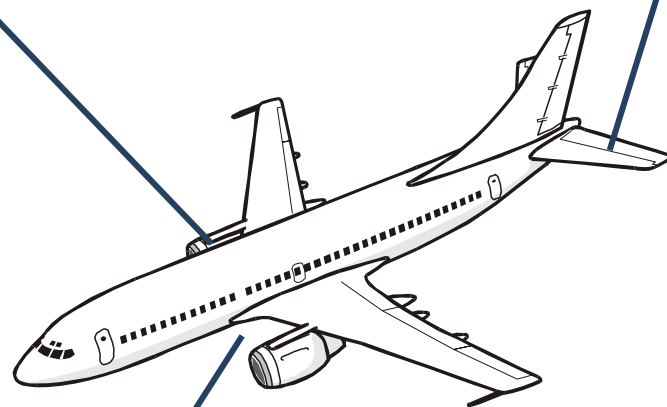
- **運航効率の悪化（遅延・欠航）**
 - 気象による国内エアライン遅延は2,693便※（全体の3%、2017年度）
 - 遅延による経済的損失（推定値）：年間1.2億ユーロ（EU）、6.6億ドル（米国）
 - 気象による国内エアライン欠航は6,767便※（全体の70%、2017年度）

2. 航空機への影響

特殊気象が航空機運航に与える問題

エンジン着氷の問題

内部着氷による推力喪失
エンジン内部破損やセンサーの誤作動による推力損失



機体着氷の問題

空力性能が低下（揚力の減少、抗力の増大）
操縦性への有害な影響や墜落
（Roll Upset / Ice Contaminated Tailplane Stall）
防氷剤散布による環境負荷

滑走路雪氷の問題

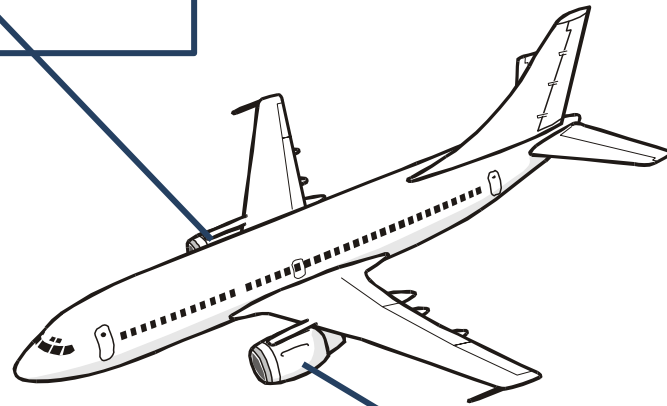
欠航やダイバート（目的地変更）等
局所的な滑りによるオーバーランやスタック

2. 航空機への影響

特殊気象が航空機運航に与える問題

被雷の問題

金属外板に穴／非金属構造が破損／ヒンジの溶解
雷による電場が運航計器や航法装置に干渉
スパークにより燃料が発火
複合材料の修理期間



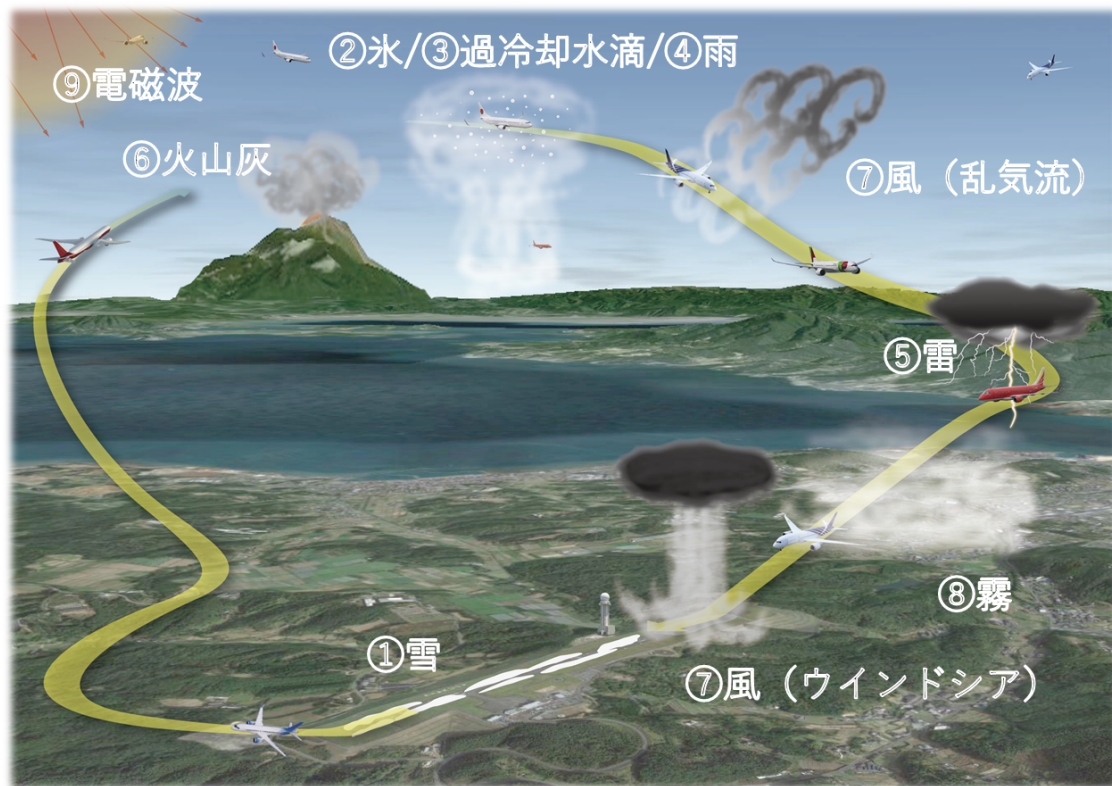
火山灰の問題

火山灰の吸込みによるエロージョンや粒子付着が発生
エンジンの性能や寿命の低下
翼やコーティングに対する減肉補修、付着物の洗浄が必要

3.研究開発スコープ

航空機運航における9種類の特殊気象の抽出

- 9種類の気象（雪・氷・過冷却水滴・雨・雷・火山灰・風・霧・電磁波）



9種類の特殊気象

スコープの設定

- 発生する19種類の問題をスコープとする
- 影響度が高い9種類の問題を重点化スコープとする
- 頻度・被害規模（経済性・安全性）で整理

スコープ

特殊気象	問題	重点化
①雪	滑走路上の積雪	○
	誘導路上の積雪	
	滑走路積雪（制動低下）	
②氷	機体着氷（翼）	
	機体着氷（着陸装置）	
	機体着氷（燃料消費）	○
	氷晶吸込	○
	雹の衝突	
③過冷却水滴	過冷却水滴吸込	○
④雨	雨水のセンサ侵入	
⑤雷	被雷	○
⑥火山灰（等）	火山灰吸込（エンジン）	
	火山灰衝突（機体）	
	大気汚染物質吸込	
⑦風	乱気流遭遇	○
	低層ウィンドシア遭遇	○
	風のエンジン流入	
⑧霧	霧への遭遇	○
⑨電磁波	宇宙線	○

4. WEATHER-Eye

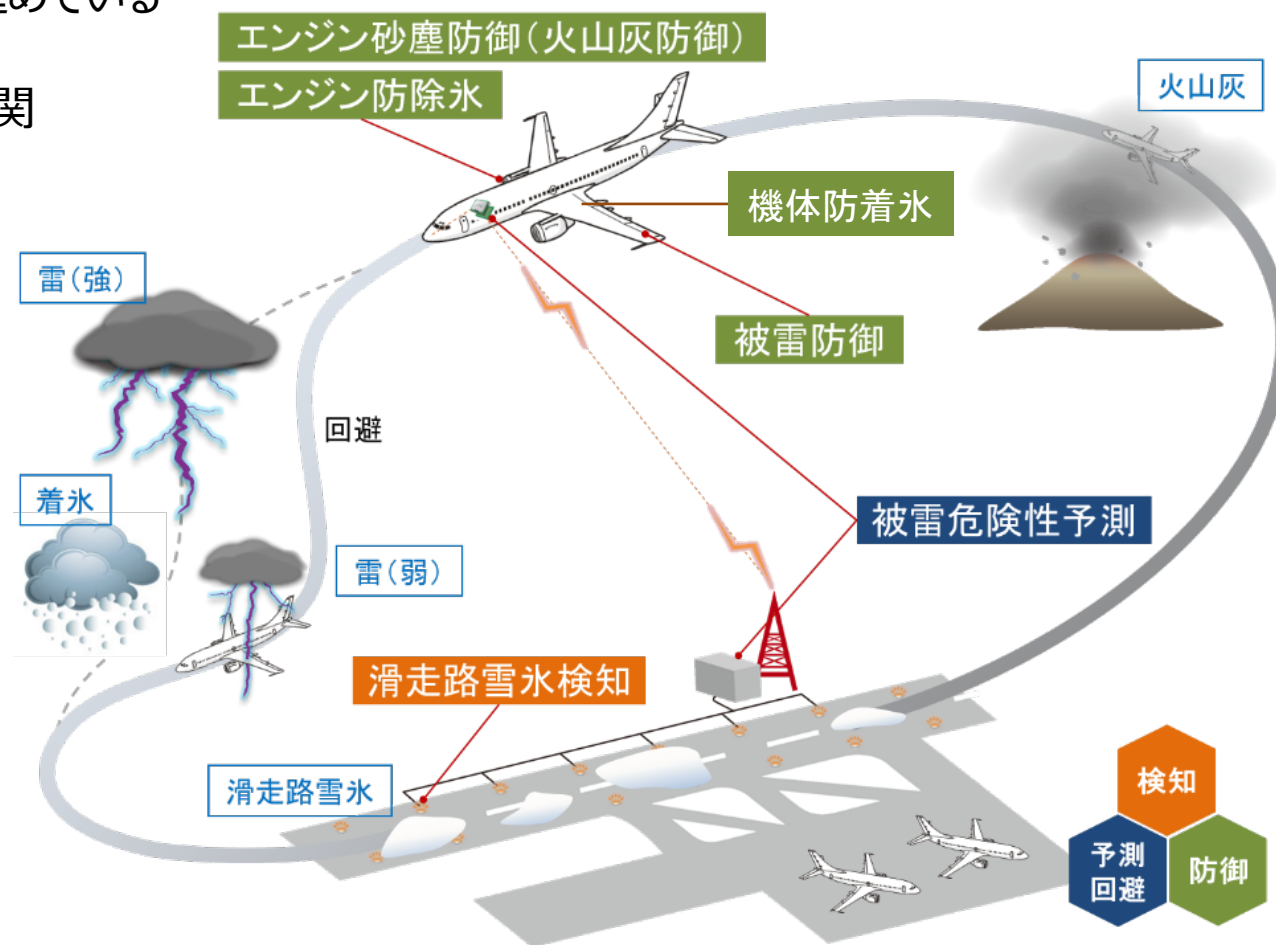
過酷な特殊気象の影響を複数の技術で防ぐWEATHER-Eye*技術の研究開発

- 特殊気象状況の検知・予測技術
- 特殊気象の回避・防御技術

*WEATHER-Eye:
Weather Endurance Aircraft Technology to Hold, Evade and Recover by Eye

JAXAを含め、産学官連携にて研究開発を進めている

- WEATHER-Eyeコンソーシアム
 - メーカー・エアライン・大学・研究機関



5. WEATHER-Eyeの開発状況

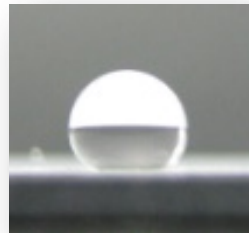
機体防着氷技術

目標：機体の着氷を防ぐコーティング技術の開発と大型風洞/飛行実証

現在：

- 世界トップレベルの防除氷性能を有するコーティング”JAXA4”を開発
- テフロンを塗料化したもので、超撥水性能を有する

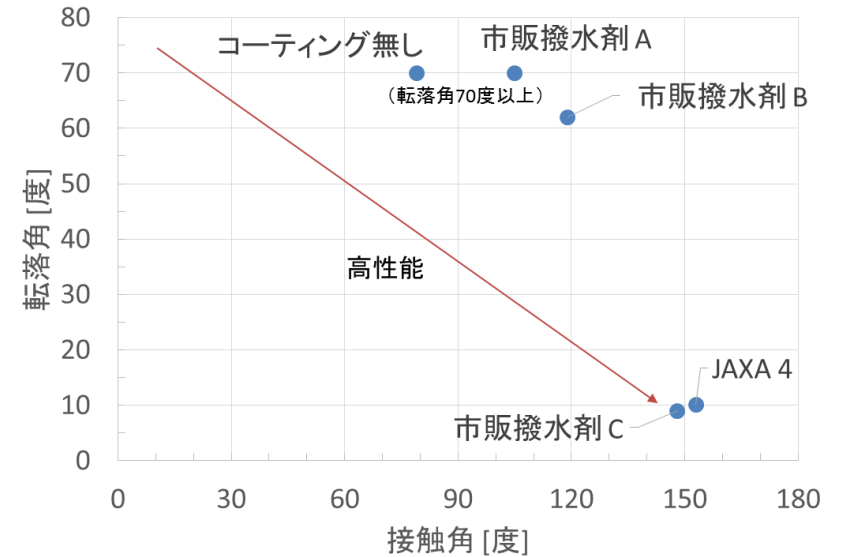
大型風洞/飛行実証を終え、企業で製品化に向けた開発フェーズに移行



着氷（従来）



着氷（JAXA4）



撥水性能の比較



飛行実証
(JAXA 飛翔)

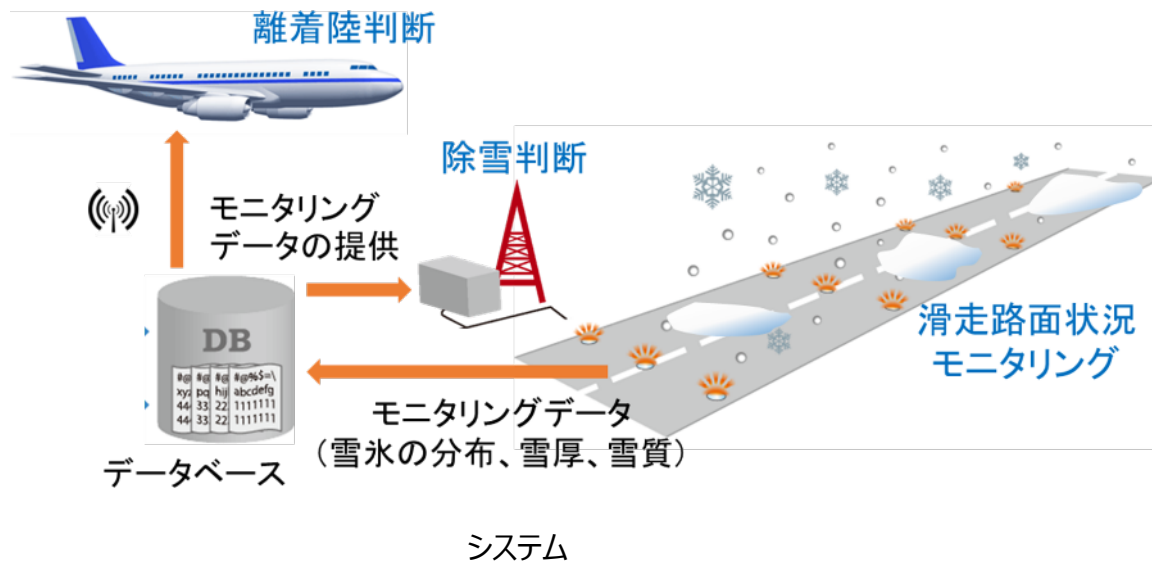


大型風洞実証
(NASA GRC)

5. WEATHER-Eyeの開発状況

滑走路雪氷検知技術

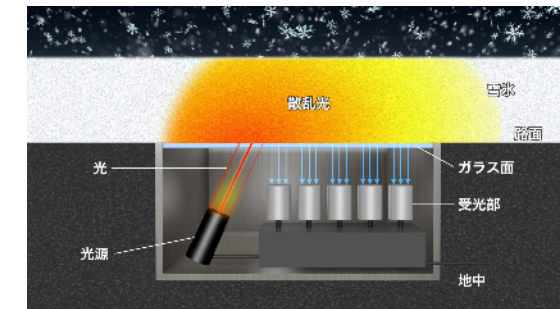
- 滑走路面の雪氷状況をリアルタイムにモニタリングし、航空機・空港管理者にデータを送るシステム
 - 離着陸判断支援
 - 滑走路の除雪判断支援



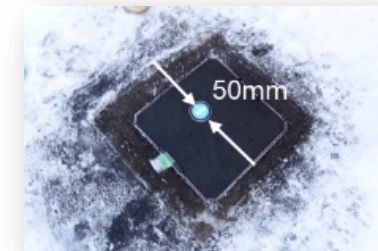
- 目標：空港でのセンサ実証（2021年～2022年）
 - 現在、センサの屋外実証を実施し、雪氷状態の同定に成功
 - 今後、センサ性能を改良し、空港でのセンサ実証フェーズへ

滑走路の雪氷モニタリングセンサ

散乱光の強度分布を利用し、路面上の雪氷の深さや雪質をリアルタイムで検知する世界初の技術



雪氷モニタリングセンサイメージ

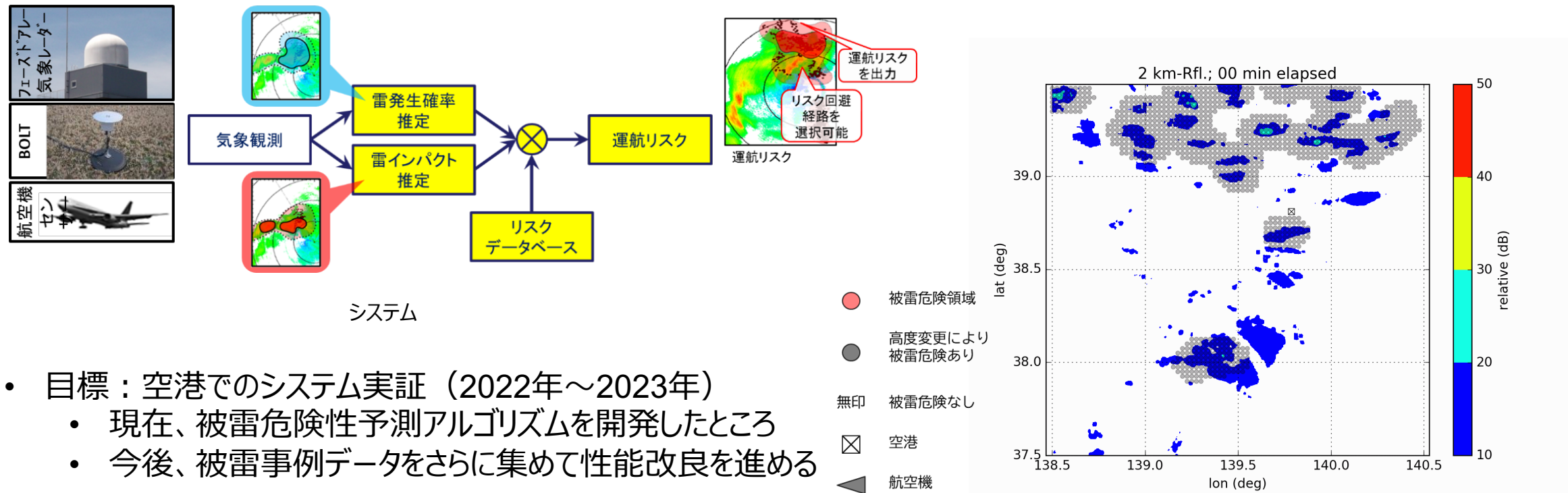


屋外環境実証（北見）

5. WEATHER-Eyeの開発状況

被雷危険性予測技術

- 離着陸に向けた経路を支援する技術
 - 空港周辺の複数の気象センサーを用いて気象データを取得し、雷気象状態を検知・予測
 - 空港の地上職員，管制官，もしくは機上のパイロットに伝達し、選択可能な飛行経路を判断する。
- 離着陸判断を支援する技術
 - 雷気象状態の検知・予測に基づいて，離着陸タイミングを判断し、必要な場合は適切な退避場所にてHoldingする。



- 目標：空港でのシステム実証（2022年～2023年）
 - 現在、被雷危険性予測アルゴリズムを開発したところ
 - 今後、被雷事例データをさらに集めて性能改良を進める

5. WEATHER-Eyeの開発状況

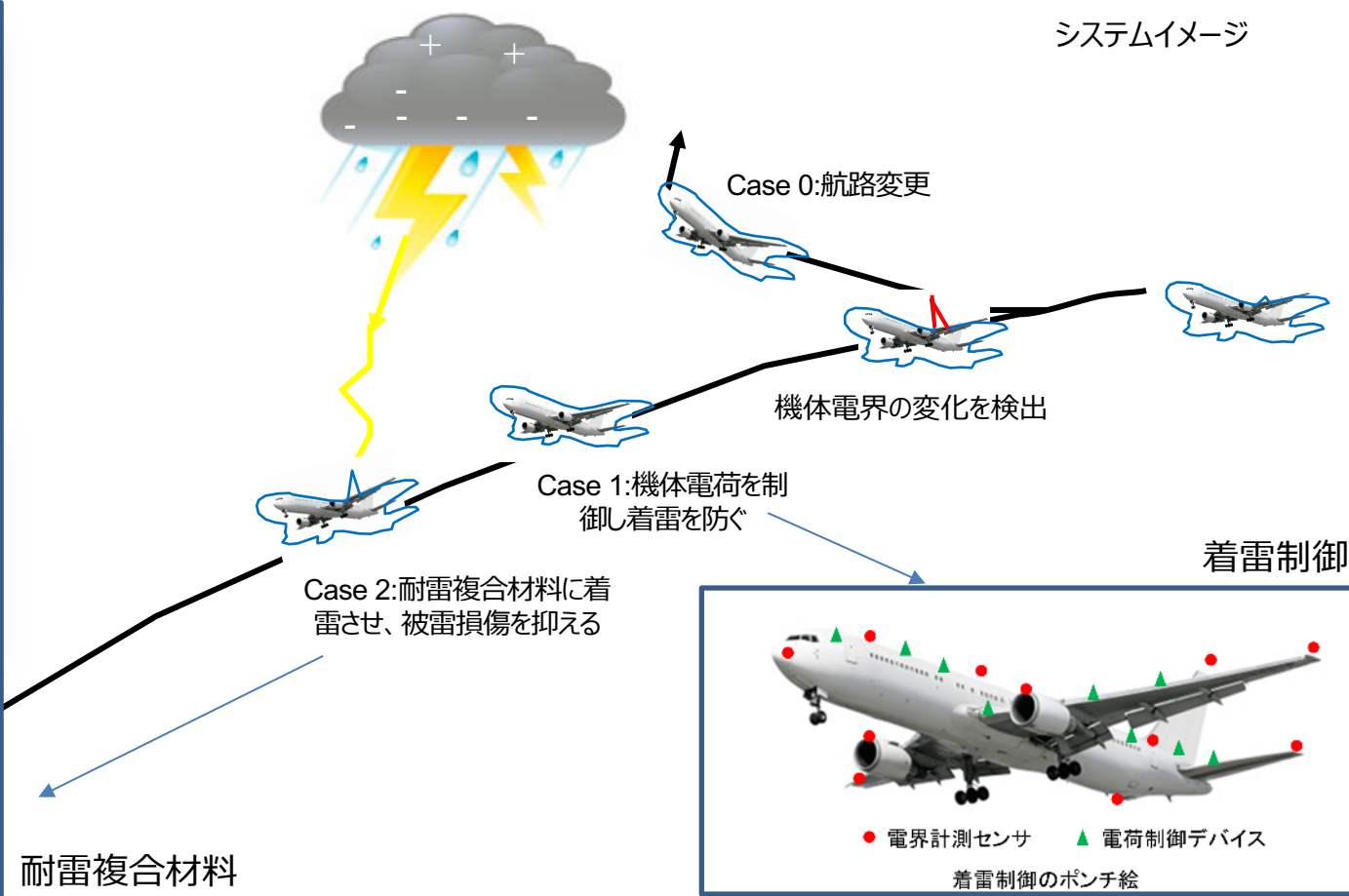
被雷防御技術

- 機体電界の変化を検出し運航経路を変更
- 危険性が低い雷に対しては、被雷部を制御することで、強い構造部位に被雷させる（着雷制御）
- 高導電性樹脂による耐雷複合材料の開発
- 現在、材料のプロトタイプが完成。強度・剛性向上に向けて研究開発中。

従来素材

新素材

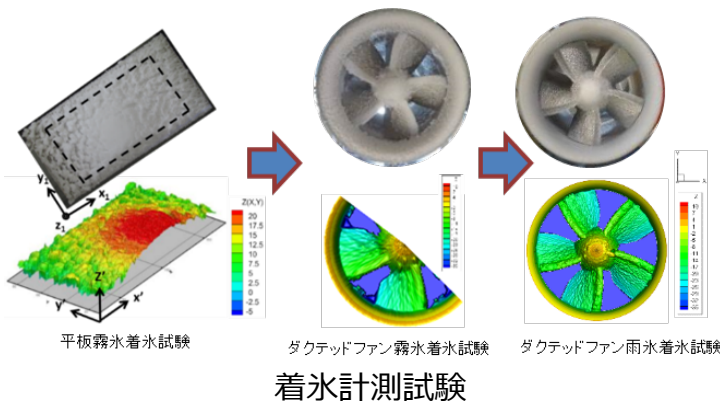
材料導電性と雷撃試験による損傷比較
(横関他、導電性高分子を用いたCFRPの特性評価、第6回日本複合材料会議講演集)



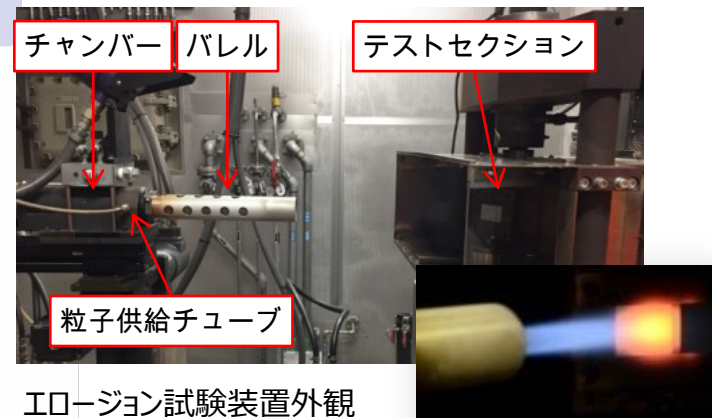
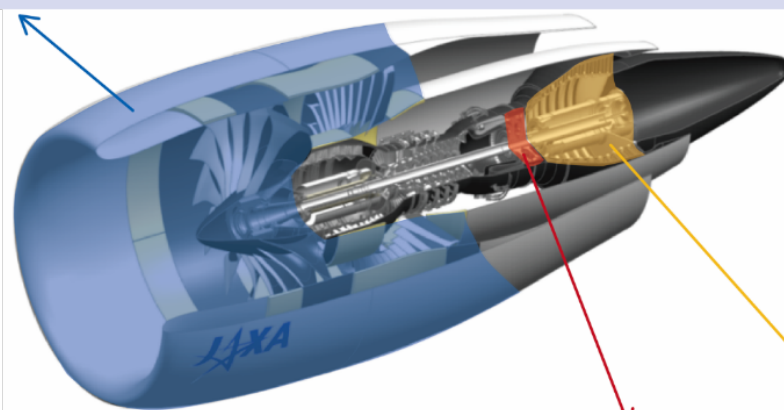
5. WEATHER-Eyeの開発状況

エンジン防除氷技術 / エンジン砂塵防御技術

- 「軽量低圧タービン技術」「高効率軽量ファン技術」に対し、耐エロージョン性、防氷性の高付加価値化を行う。
- 現在、エロージョンや着氷現象を捉える数値解析技術・試験技術を確立したところ。

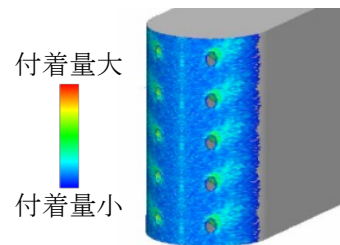
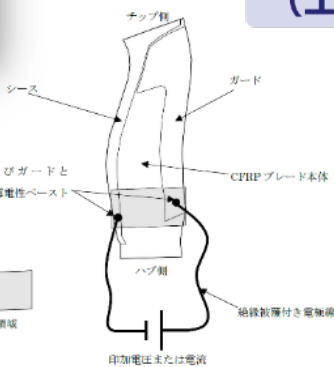
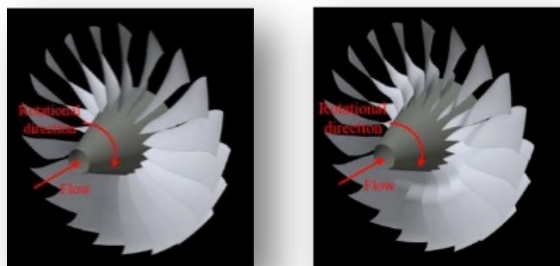


軽量ファン：三次元翼設計およびヒーティングによる防除氷ファン開発、着氷CFD解析ツールの高精度化 (エンジン防除氷)

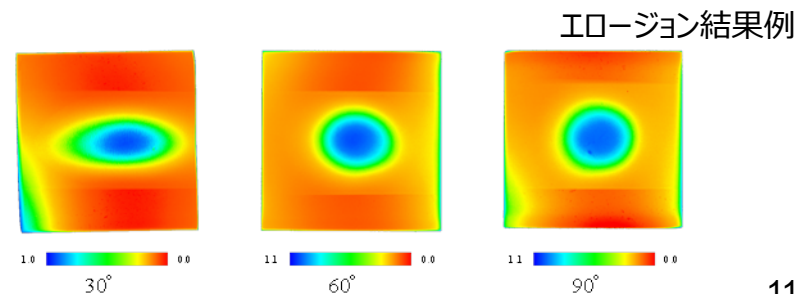


超高温タービン：耐デポジション性向上 (エンジン砂塵防御)

軽量低圧タービン：耐エロージョン性向上 (エンジン砂塵防御)



前縁模擬形状のデポジション予備計算

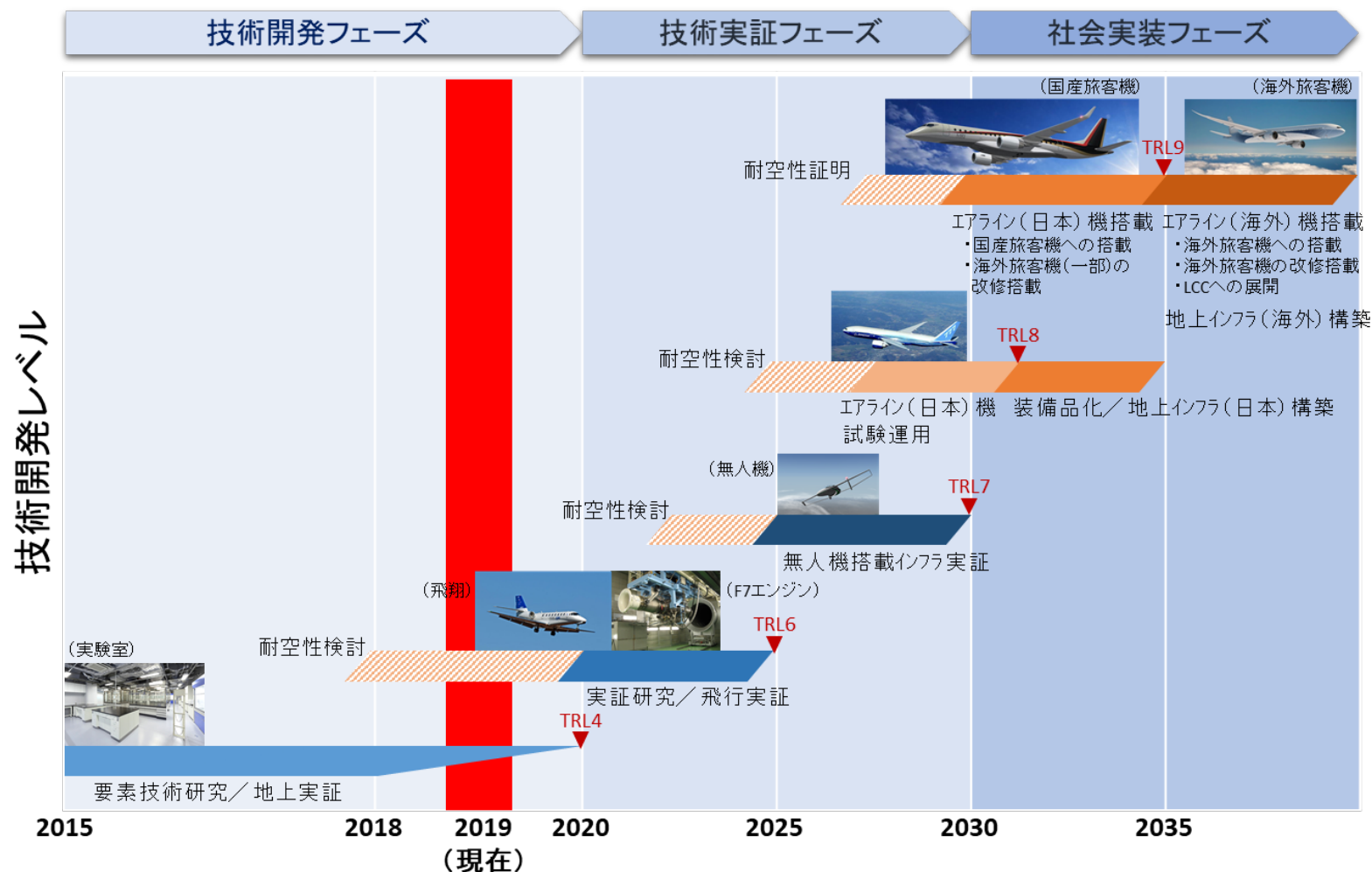


ヒーティング防除氷コンセプト

6. ロードマップ

2030年ごろの実用化を目指して研究開発を進めている

ただし一部の課題については実証・実用化を前倒しで進め、2020年代半ばの実用化を目指す



特殊気象は航空機運航にとって大きな問題

安全性の低下

運航効率の低下

9種類の気象（雪・氷・過冷却水滴・雨・雷・火山灰・風・霧・電磁波）が問題

気象から航空機を守る技術WEATHER-Eyeの開発

- 特に重要な課題について優先的に研究開発を進めている
 - 機体防着氷
 - 滑走路雪氷検知
 - 被雷危険性予測
 - 被雷防御
 - エンジン防着氷
 - エンジン砂塵防御

JAXAを含む産学官連携体制 –WEATHER-Eyeコンソーシアム



ご清聴ありがとうございました。