航空システムの研究

宇宙航空研究開発機構　航空技術部門
航空システム研究ユニット　ユニット長
二宮　哲次郎

目次

1. 背景

2. システム研究の目的

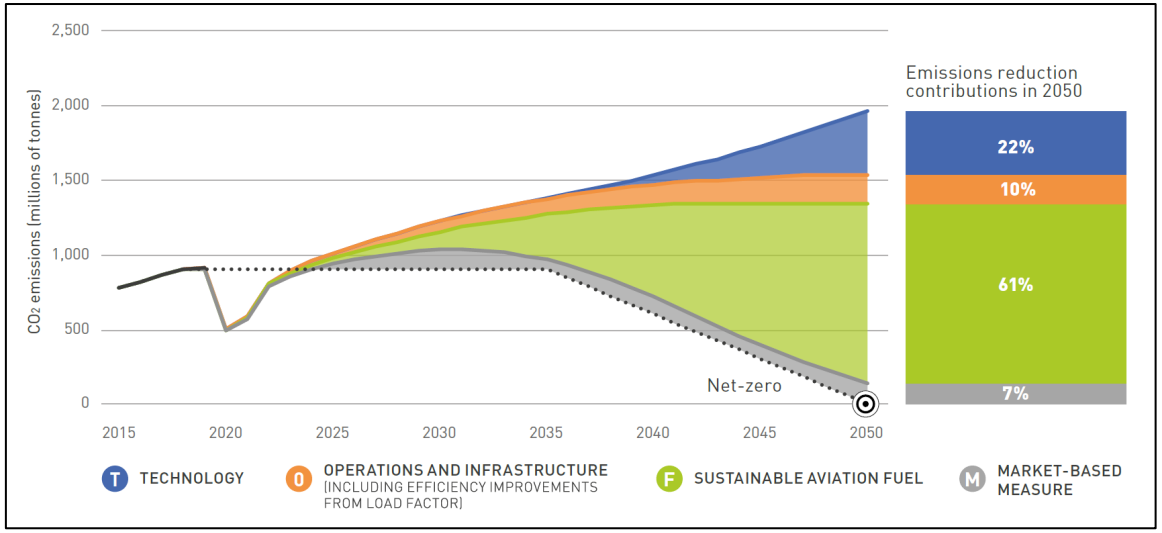
3. システム検討の例

4. まとめと今後の予定

01 背景

多様な航空需要

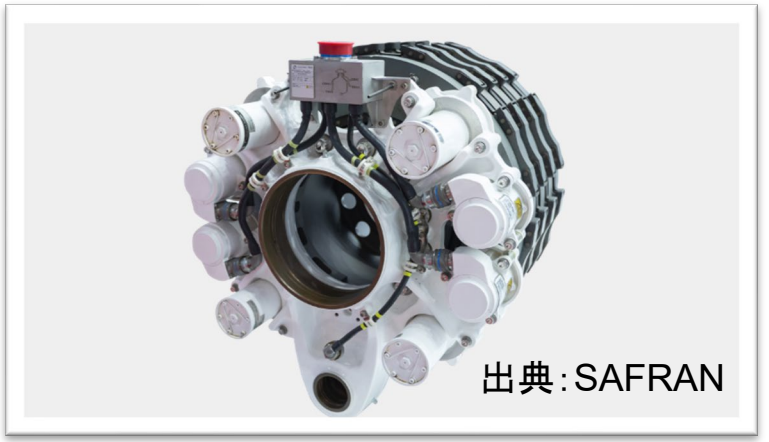
カーボンニュートラル	• 2050年ネットゼロに向けた取り組み
ドローン・空飛ぶクルマ	• 新形態の航空機の登場
超音速機	• 未活用の速度域の利用
高高度プラットフォーム	• 未活用の高度域の利用



出典：ATAG

新技術の台頭

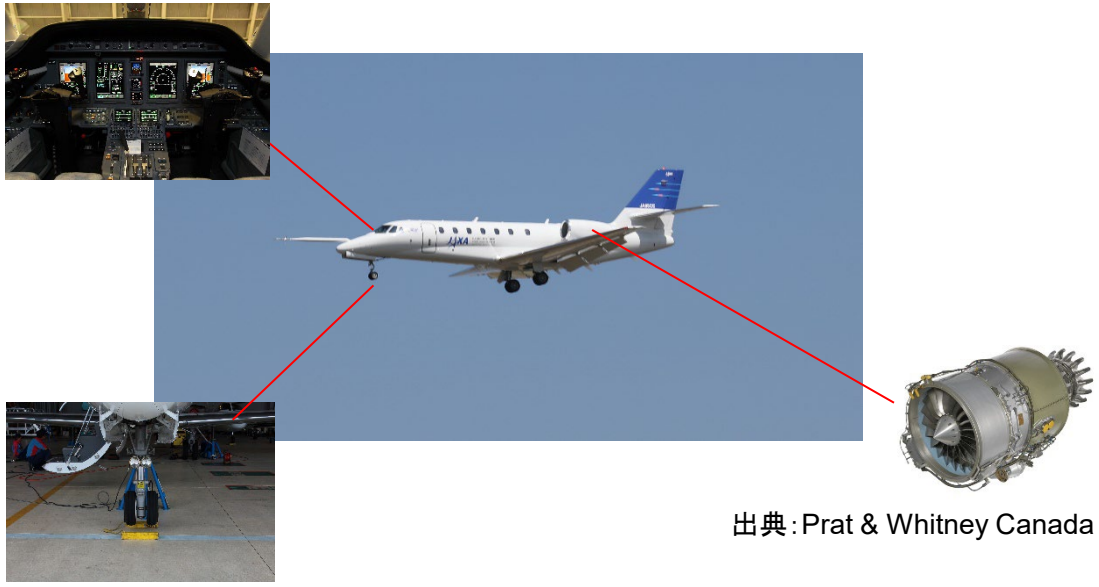
自動化・AI	• AIの急速な進化
新素材・新規製造技術	• 新しい製造技術により新しい設計の誕生
航空機電動化	• 装備品の電動化の広がり



個別の要素にとどまらず
システム全体で
検討することが重要

System of Systems

- ✓ 複雑な相互作用
- ✓ 異なる時間や空間スケールで機能
- ✓ 多数の専門分野間の協力が必要
- ➢ システム全体としての統合・最適化



出典：Prat & Whitney Canada

出典：羽田空港

出典：羽田空港

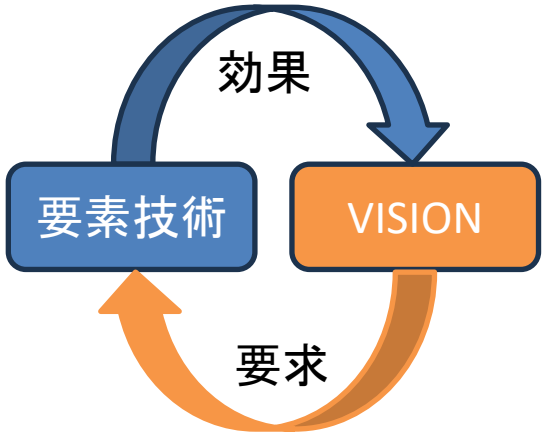
出典：flightradar24

02 システム研究の目的

2. システム研究の目的

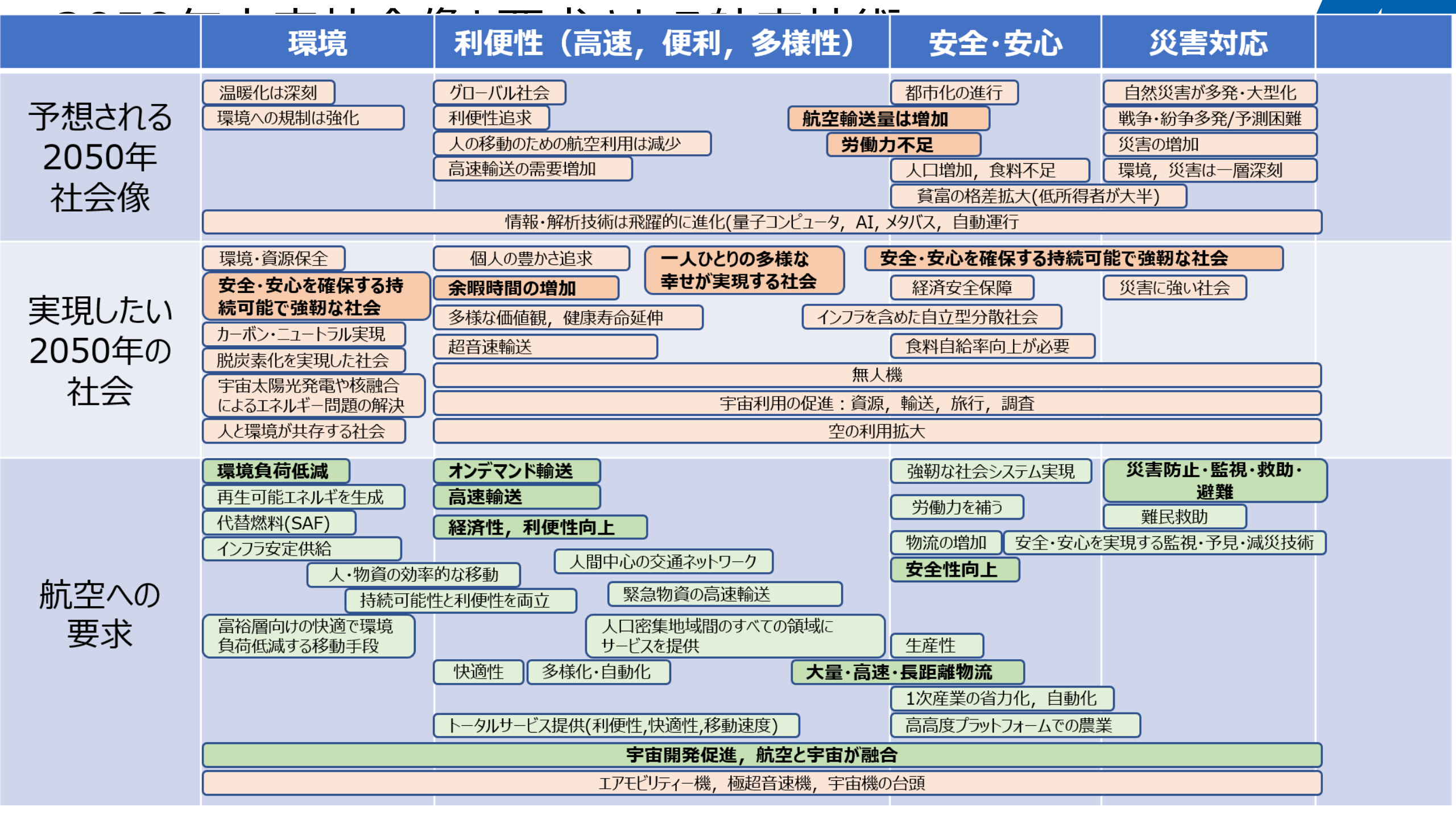
- 将来の航空システムのビジョンを提示
  - 技術開発動向や社会のニーズなどを調査・分析し，JAXAが取り組む将来の航空システムのグランドデザインをとりまとめる.
    - 要素技術の効果を見積もる
    - 求められる要素技術の技術レベルを提示する

    ➢効果的・効率的な研究開発を進める



- JAXAの役割
  - 航空産業界に研究開発の方向性を共有
  - 海外機関との連携

03 システム検討の例


環境
利便性（高速，便利，多様性）
安全・安心
災害対応
予想される2050年社会像
温暖化は深刻
環境への規制は強化
グローバル社会
利便性追求
人の移動のための航空利用は減少
高速輸送の需要増加
都市化の進行
航空輸送量は増加
労働力不足
人口増加，食料不足
貧富の格差拡大(低所得者が大半)
自然災害が多発・大型化
戦争・紛争多発/予測困難
災害の増加
環境，災害は一層深刻
情報・解析技術は飛躍的に進化(量子コンピュータ，AI，メタバス，自動運行
実現したい2050年の社会
環境・資源保全
安全・安心を確保する持続可能で強靭な社会
カーボン・ニュートラル実現
脱炭素化を実現した社会
宇宙太陽光発電や核融合によるエネルギー問題の解決
人と環境が共存する社会
個人の豊かさ追求
余暇時間の増加
多様な価値観，健康寿命延伸
超音速輸送
一人ひとりの多様な幸せが実現する社会
安全・安心を確保する持続可能で強靭な社会
経済安全保障
インフラを含めた自立型分散社会
食料自給率向上が必要
災害に強い社会
無人機
宇宙利用の促進：資源，輸送，旅行，調査
空の利用拡大
航空への要求
環境負荷低減
再生可能エネルギを生成
代替燃料(SAF)
インフラ安定供給
人・物資の効率的な移動
持続可能性と利便性を両立
富裕層向けの快適で環境負荷低減する移動手段
オンデマンド輸送
高速輸送
経済性，利便性向上
人間中心の交通ネットワーク
緊急物資の高速輸送
人口密集地域間のすべての領域にサービスを提供
快適性
多様化・自動化
トータルサービス提供(利便性,快適性,移動速度)
強靭な社会システム実現
労働力を補う
物流の増加
安全性向上
生産性
大量・高速・長距離物流
1次産業の省力化，自動化
高高度プラットフォームでの農業
災害防止・監視・救助・避難
難民救助
安全・安心を実現する監視・予見・減災技術
宇宙開発促進，航空と宇宙が融合
エアモビリティー機，極超音速機，宇宙機の台頭

未来社会を実現する機体・システムのカテゴリー選定

- 前頁の結果を分析し，実現したい社会として，
  「環境負荷低減」
  「災害被害低減」
  「利便性向上」
  を選定。
- それぞれのカテゴリーに対して要求される航空技術と機体システムを選定

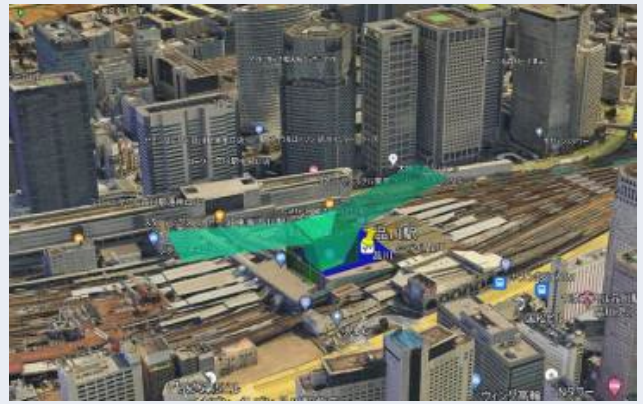
調査結果をWord Cloudで表示

	社会 ⟷ 個人 世界 ⟷ 日本 ⟷ 地域		
実現したい社会	環境負荷を低減し，持続可能な社会	各種の災害に対して強靭な社会	一人ひとりの生活を豊かにする社会
代表的要求	環境負荷低減	災害監視/救助/避難	移動・物資輸送の利便性
航空への要求	既存航空機 CO2削減 （騒音，経済性）	災害対応航空機 災害被害低減 （安全性）	エアモビリティー 利便性 （安全性，経済性）

環境負荷低減航空機

	水素eHB	水素BWB	水素SST
機体システム	水素電動ハイブリッド推進システム長距離旅客・貨物機	220席級水素燃料BWB	低ブーム水素ガスタービンSST
特徴	• 運航CO2 100%削減 • 空港内騒音 -30dB • ライフサイクルCO2削減	• 運航CO2 100%削減	• 運航CO2 100%削減 • ブーム強度 Δp≦0.5 psf • 空港内騒音 -30dB • ライフサイクルCO2削減
想像図			

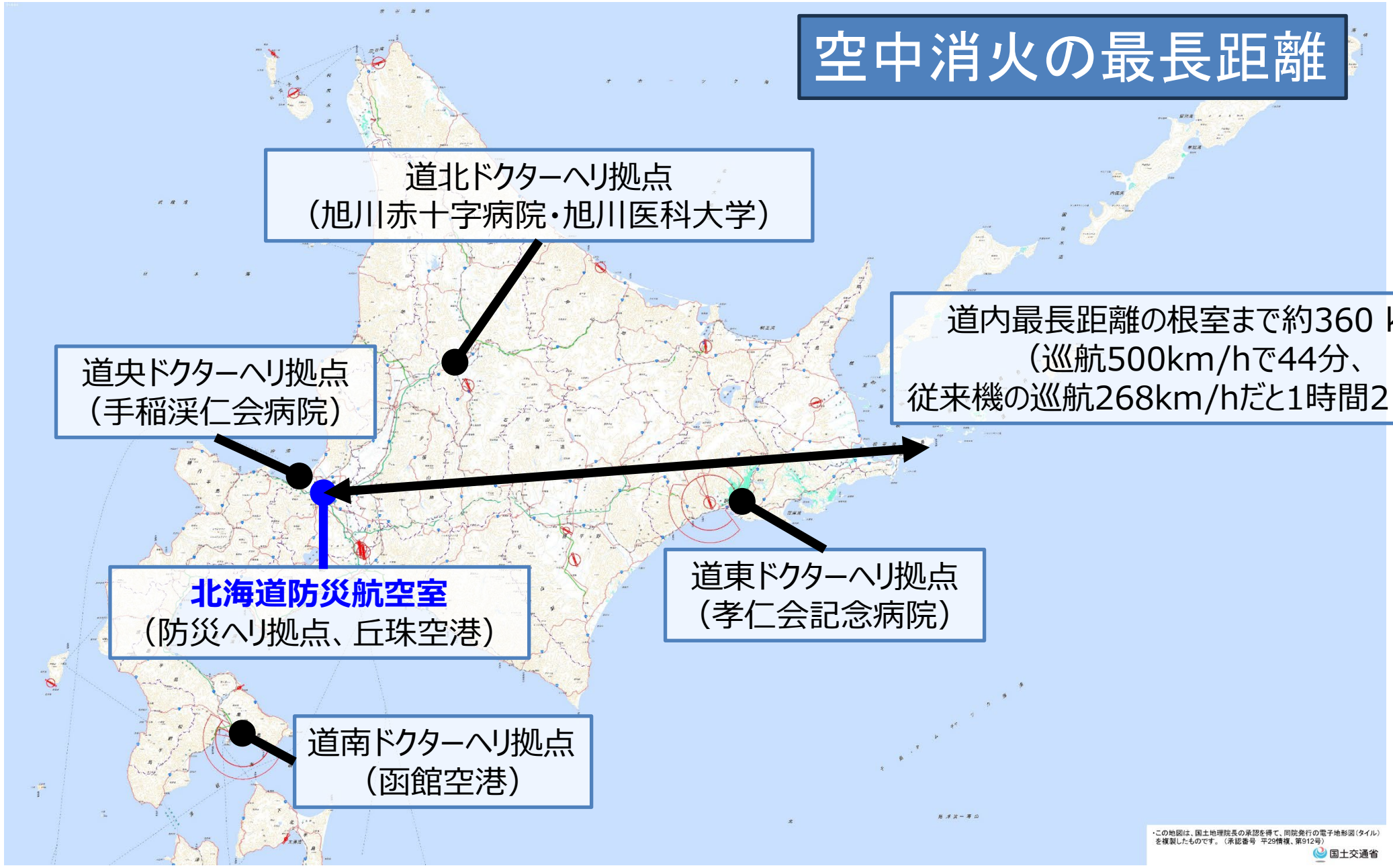
災害対応航空機・利便性向上エアモビ

	災害対応航空機(小型ドローン)	災害対応航空機(空中消火機)	都市型エアモビ
機体システム	林野火災を早期探知・初期消火ドローン	林野火災を早期に消化するコンパウンド型空中消火機	都市部に離発着できるエアモビリティ
特徴	• 森林地帯を24時間・365日全自動監視 • 自律的判断・通報 • 初期消火 • レンジ100km	• 現行ヘリの2倍の速度 • ペイロード2t級，40t級 • レンジ1000km	• 都市部の主要駅から離発着 • ビジネスモデルの成立 • 環境・安全性を満足
想像図			

災害対応航空機：要求から仕様へ

要求	機体システムへの要求	機体システムの特徴
的確な火災状況判断	出火点，火災状況， 地上消火活動状況を把握	ドローンと空中消火機で構成 ドローンによる情報収集，消火機への共有
迅速・的確な消火	高速飛行，ホバリング機能	コンパウンドヘリ，Tilt rotor/wing ホバリング機能と高速飛行を両立(従来の2倍)
火災規模は大きくない.	機体規模は従来と同等	従来消防ヘリの規模，悪天候飛行 既存消防ヘリのpayload，高い悪天候飛行
森林火災が多く，救急搬送等の利用も多い	救急搬送や遭難対応， 人命救助にも対応できる.	多目的機体 迅速に交換できる脱着式モジュール （消火，人命救助，救急搬送等）
離島などの広範囲の対応	長い航続距離，高速飛行	コンパウンドヘリ，Tilt rotor/wing 航続距離**1000km**で主要都市から日本全域をカバー，空力低抵抗技術
機体に起因する火災促進をさける. 静粛性，安全性	Down washの軽減， 機体による騒音低減， 活動時の部品脱落防止	コンパウンドヘリに将来技術適用 構造軽量化，ローター低騒音化， 推進システム高度化 機体脱着可能なモジュール化

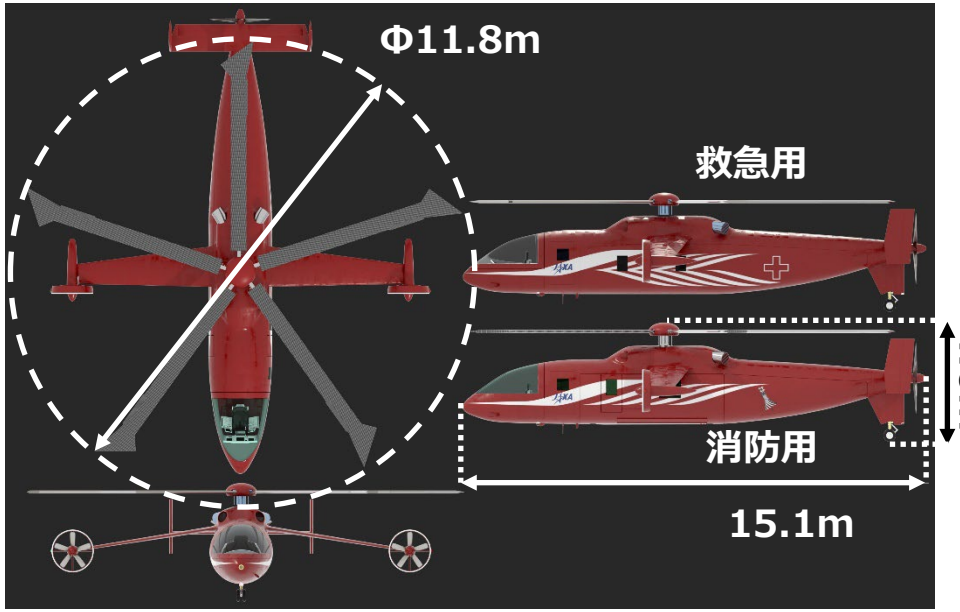
航続距離の分析


空中消火の最長距離
道北ドクターヘリ拠点
（旭川赤十字病院・旭川医科大学）
道央ドクターヘリ拠点
（手稲渓仁会病院）
道内最長距離の根室まで約360 km
（巡航500km/hで44分、
従来機の巡航268km/hだと1時間21分）
北海道防災航空室
（防災ヘリ拠点、丘珠空港）
道東ドクターヘリ拠点
（孝仁会記念病院）
道南ドクターヘリ拠点
（函館空港）
・この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の電子地形図（タイル）を複製したものです。（承認番号　平29情複、第912号）
国土交通省

機体の概念設計

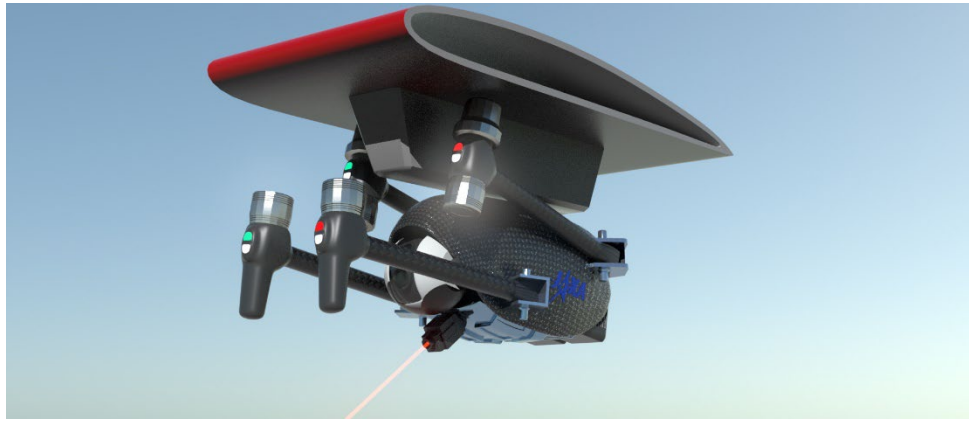
	空中消火	救急搬送
機体重量・ペイロード	Empty Weight / Gross weight = 0.55 装備重量：**1185 kg** (ドローン + タンク)	Empty Weight / Gross weight = 0.55 装備重量：100 kg (ストレッチャーなど)
ミッション	人員：4人 (100kg/人) Ground check：5分 Hover：10 分 Loiter：**30 分** Cruise：**45 分** (@500 km/h)	人員：6人 (100kg/人) Ground check：5 分 Hover：10 分 Loiter：0 分 Cruise：**120 分** (@500 km/h)
ロータ想定	ブレード枚数：5枚　Vtip=235 m/s (Mtip = 0.69) FoM = 0.68	
主翼想定	前進飛行時リフトシェア 90% (rotor 75%RPM) Wing span制約：メインロータの70%	
プロペラ想定	ブレード枚数：6枚　Vtip=230 m/s (Mtip = 0.676)　プロペラ効率 η = 0.86	

	空中消火	救急搬送
ロータ直径	11.4m	11.8m
翼幅	8.1m	8.3m
重量	6.3t	6.4t



ドローンを活用した火元の確認

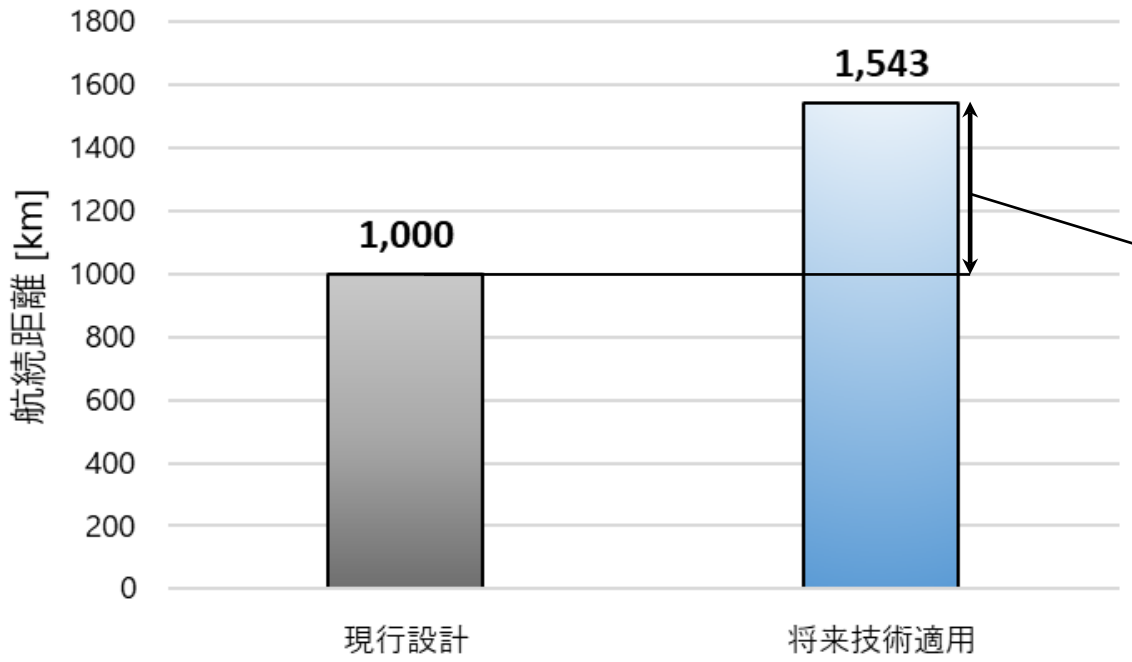
ヘリから放出するドローン

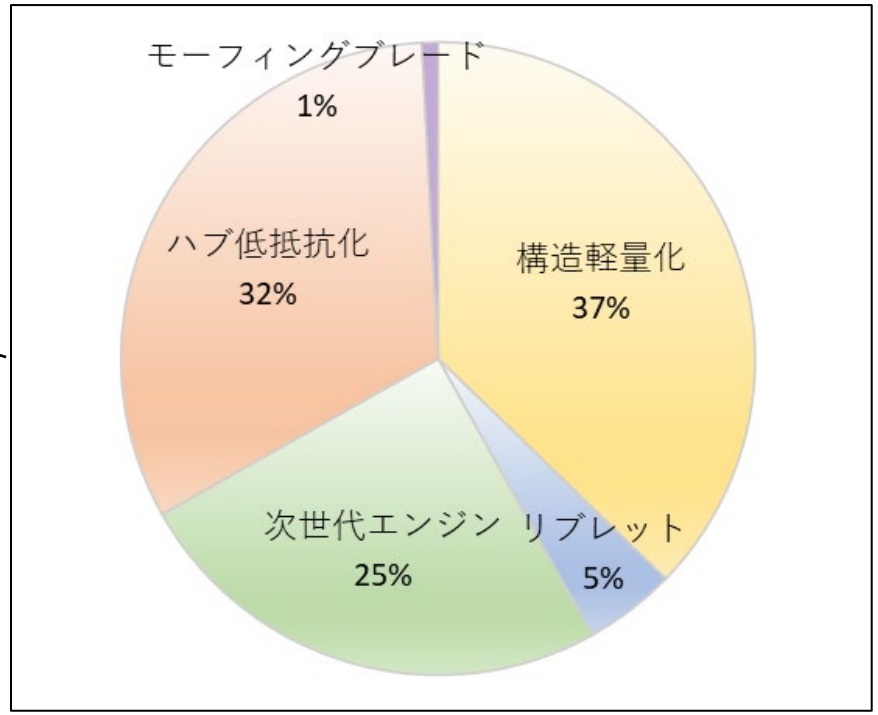


パイロンへの取付イメージ

- 火元をより近くで確認するため、ドローンを空中消火機から放出する
- メインロータのダウンウォッシュの影響をなるべく避けるため、主翼に吊り下げる

将来技術の評価





(1)構造重量の軽量化 : 現行の91%の空虚重量
(2)リブレット適用による抵抗低減 : ロータ・主翼・胴体の抵抗2%減
(3)エンジン性能の向上(SFC減) : 現行のエンジンの10%減（SFC = 0.555 > 0.499）
(4)ハブの低抵抗化 : ハブフェアリング・マストカウリング適用 17%減
(5)モーフィングブレードによるFoM向上 : 約10%向上 FoM ≒ 0.75
のシナリオの場合、**航続距離+543km**

04 まとめ

4. まとめ

- 航空分野に新しい需要や新技術の導入が進んでいるため，要素技術単体だけでなくシステム全体として研究する重要性が増している.

- JAXAではシステム研究に取り組み，将来の航空システムのビジョンの提示，要素技術のシステムレベルの評価を進めている.

- ニーズに基づいた将来の航空システムの中で要求される技術レベルを明らかにし，効果的・効率的な研究開発を推進する.

ご清聴ありがとうございました。