

2023年信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム, IEEE Metro Area Workshop

合同イベント 講演資料集

- P2~33 特別講演 SL-1 長野県における次世代空モビリティ活用の推進
長野県企画振興部DX推進課長 永野喜代彦氏
- P34~80 講演 L-1 信州大学航空宇宙システム研究拠点の紹介と空モビリティ技術の研究開発
信州大学航空宇宙システム研究拠点の紹介 拠点長 佐藤敏郎
NEDOプロジェクト紹介 航空機システム部門副部門長 柳原正明
長野県航空機システム電動化プロジェクト紹介 航空機システム部門 小松勝彦
航空機用モータ開発の事例紹介 基盤技術部門 水野 勉
- P81~120 講演 L-2 秋田大学電動化システム共同研究センターの紹介と新世代モータ特性評価ラボにおける研究開発
秋田大学電動化システム共同研究センターの紹介 センター長 榊 純一氏
新世代モータ特性評価ラボにおける研究開発 経営企画部門長 沓澤圭一氏
- P121~140 講演 L-3 多摩川精機株式会社における航空宇宙分野の取り組みと航空機用電動推進システムの研究開発
多摩川精機株式会社 専務取締役 熊谷秀夫氏
- P141~158 講演 L-4 株式会社アスターにおけるモータ開発の取り組みと研究開発の事例紹介
株式会社アスターにおけるモータ開発の取り組み 代表取締役 本郷武延氏
研究開発の事例紹介 技術部主幹技師 柳沢恭平氏

2023年信州大学航空宇宙システム研究拠点
年次シンポジウム 長野県 取組紹介資料



長野県の次世代空モビリティ活用

「ドローン」や「空飛ぶクルマ」が飛び交う信州を、
一緒に創りませんか？

2023年11月25日
長野県 企画振興部 DX推進課
永野 喜代彦



長野県PRキャラクター「アルクマ」
©長野県アルクマ

永野 喜代彦（えいの きよひこ）

1978年（昭53）山形県生まれの44歳

家族：妻、娘

趣味：剣道、ランニング

2004年 経済産業省

2022年7月～ 現職（長野県は初めて）





「空の移動革命」とは？

空の利活用に対する「大変革の時代」の到来

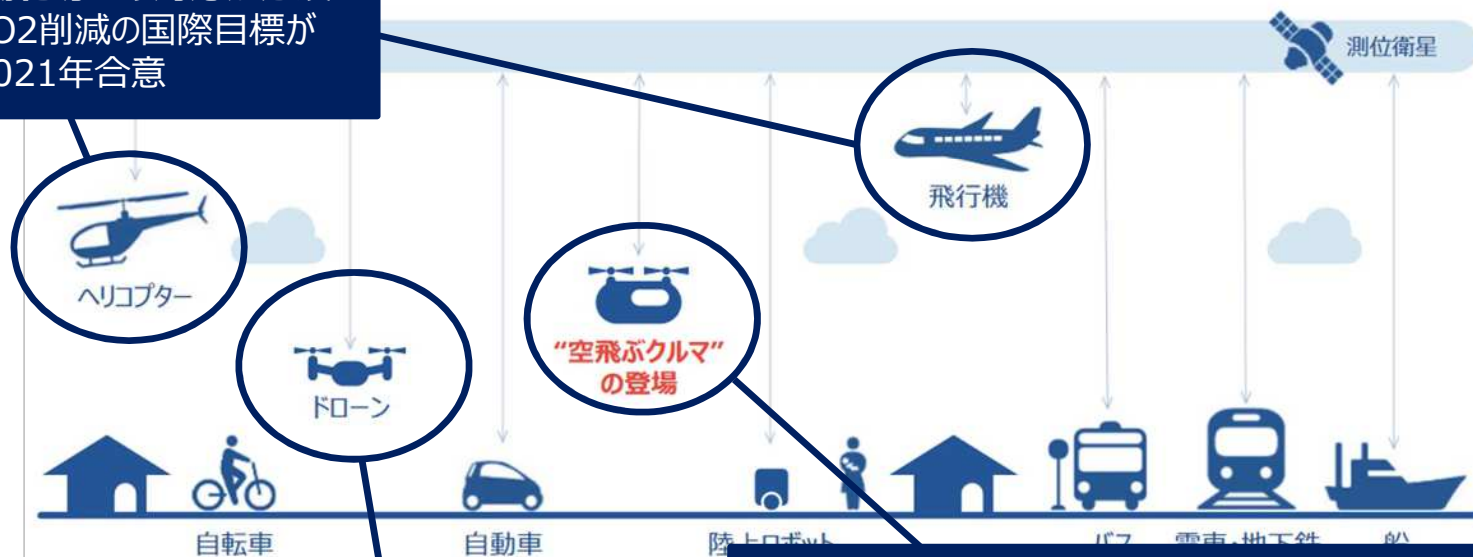


※経産省次世代空モビリティ政策室資料より引用

各モビリティにおけるプレイヤーや制度の“垣根”がなくなり、
陸海空の移動がシームレスにつながる社会が生まれ、
顧客ニーズにあわせた多様なサービスが生まれる。

航空機の電動化等への対応が必須

※航空機CO2削減の国際目標が
2021年合意



性能向上&レベル4 飛行解禁によるサービス市場拡大

※2022年12月、有人地帯目視外飛行可能に法改正。
農業やインフラ点検に加え、今後は物流活用にも期待

「電動」「自動」「垂直離着陸」で低コスト。速くて安くて便利な
ヒト・モノの移動が可能になり、「空の移動革命」の起爆剤に。
先行している海外メーカーは2024-25開発完了見込み。
日本メーカーは2社程度。

“空飛ぶクルマ”？？車っぽさは無いです。

①電動 + ②垂直離着陸 + ③(将来的に)自動操縦 = eVTOL (electric Vertical Take-Off and Landing)

これが日本の航空局がイメージする「空飛ぶクルマ」

【例】
大型・5人乗り
Vertical Aerospace



https://youtu.be/t7h_M0MHaio?t=110



【例】
小型・1人乗り
LIFT社の「HEXA」

空飛ぶクルマ (eVTOL) がなぜ「空の移動革命」の起爆剤となるか？



ドローンと違い人が乗れ、ヘリコプターより安くて静かで飛ばしやすい、全く新しいモビリティ
今までより有効な「空域の利活用」が可能に = 新たなビジネスの契機

空飛ぶクルマのメリット

- ✓ 成熟期(自律飛行)にはヘリ対比 運航コストが1/5に
- ✓ ヘリ対比で大幅な騒音低減
- ✓ 操縦の簡素化・自動化により、人材不足を解消
- ✓ 電動化により、環境負荷を軽減しゼロカーボンに寄与

空飛ぶクルマの現状

- ✓ 機体の安全性、技能証明等の基準は整備中
→ 2024パリ五輪、2025大阪・関西万博で飛行 予定
- ✓ 技術特性上、航続距離・積載人数は現状ヘリ未満
- ✓ 新たなサービスのため、国内に明確なプレイヤーが不在
→ 固まった市場が無く、どの企業にも参入チャンス
- ✓ R5年10月頃に国交省がパーティポート（離発着場）整備指針を公表予定。全国の自治体で取組検討が加速する見込み （乗り遅れない対応が必要）

(例) 松本空港～県内どこでも20分
名古屋・静岡・妙高にも30分



(参考) 空飛ぶクルマの市場性

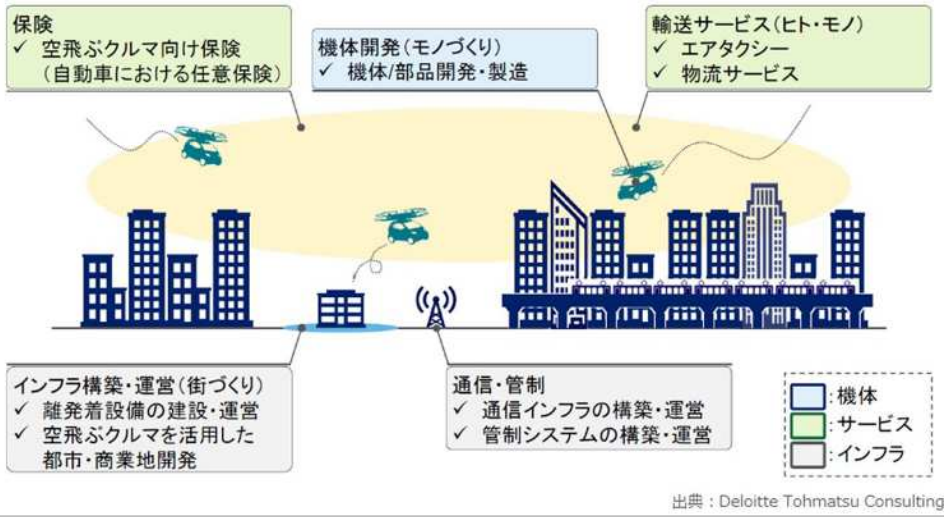


※経産省次世代空モビリティ政策室資料より引用

新たに生まれるビジネス

- 空飛ぶクルマの社会実装により、機体・部品の開発・製造（モノづくり）が進むだけでなく、離発着設備の建設・運営（街づくり）やヒト・モノの輸送サービス、更には保険など、空飛ぶクルマを中心とした幅広いビジネスが広がることが期待される。

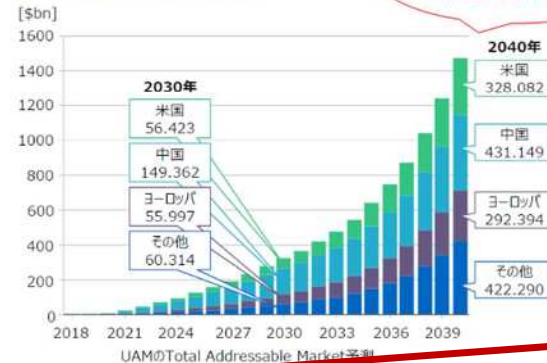
実装することで、機体開発（製造業）に限らず、観光、交通、インフラ（離発着場）、IT、保険など様々な「地元企業のビジネス」が生まれる。逆を言えばそれらのプレイヤーがいないと成り立たない



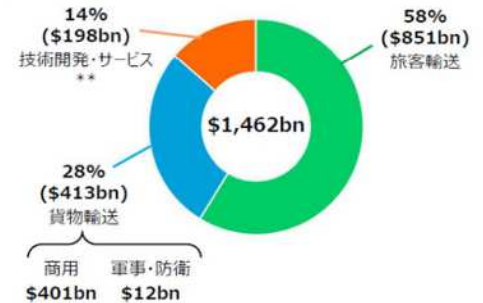
空飛ぶクルマの市場予測

- 空飛ぶクルマは、米国や欧州、中国、日本などで機体の開発が進んでいることに加え、近い将来、エアタクシーを中心とした試験的サービスの実施が検討されるなど、機体市場、サービス市場ともに有望市場として発展していく可能性が高いと予測されている。

■ UAM全体のTAM（～2040年）



■ TAMの内訳（2040年時点）



旅客輸送だけでなく、貨物輸送や開発・サービスビジネスにも巨大な市場が生まれる

* 推定値に関する記載はない。 ** バッテリー、自動制御ソフトウェア開発等
 出所) Morgan Stanley「Are Flying Cars Preparing for Takeoff?」
<https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>, GeekWire「Morgan Stanley says market for flying cars could rise to \$1.5 trillion by 2040」
<https://www.geekwire.com/2018/morgan-stanley-report-says-market-self-flying-cars-hit-1-5-trillion-2040/>

(参考) 空飛ぶクルマの安全性



最新のデジタル技術を駆使し、既存航空機と同等の安全基準をクリア

前提として、各国航空局の機体認証を受けた機体しか、商用運航は開始できない。



【例】
大型・5人乗り
Vertical Aerospace

- ヘリに比べると**操縦が容易でヒューマンエラー（操縦ミス）が起こりにくい**
※電動のため燃焼機関が無く、部品数が少ない
- 操縦士が**操縦不能になった場合、その場でホバリング**。その後遠隔操縦可
- フライトコントロールシステムは3重システムの冗長性を保有
- 8基のプロペラはそれぞれ独立、**2基が停止しても安全に飛行**できる設計
- 固定翼のため滑空性能・浮力に優れ、万一全プロペラが停止しても即時墜落することはない



【例】
小型・1人乗り
LIFT社の「HEXA」

- 18基のプロペラはそれぞれ独立、**6基が停止しても安全に飛行**できる設計
- **離着陸は自動運転**で実施可能
- 予め飛行範囲を設定すると、その範囲からは出ないように自動制御
- **地上局からの遠隔操作**が可能（緊急時にはいつでも切り替え可能）
- フロートがついており、着水すると水面で浮遊
- 機体そのものにパラシュートがつく予定

(参考) 空の移動革命に向けたロードマップ^o (国)



空の移動革命に向けたロードマップ(改訂案) このロードマップは、いわゆる“空飛ぶクルマ”、電動・垂直離着陸型・自動操縦の航空機などによる身近で手軽な空の移動手段の実現が、都市や地方における課題の解決につながる可能性に着目し、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備等についてまとめたものである。
 2022年3月18日 空の移動革命に向けた官民協議会

		2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2020年代後半	2030年代以降	
		試験飛行から商用運航の開始				商用運航の拡大	サービスエリア、路線・便数の拡大	
利活用	人の移動	試験飛行・実証実験等				都市：二次交通 → 都市内・都市間交通 → 都市圏交通への拡大(ネットワーク化) 地方：観光・二次交通 → 域内交通・離島交通 → 地方都市間交通への拡大	救急：医師派遣 → 患者搬送	
	物の移動					自家用運航の開始	離島・山岳の荷物輸送 → 都市部での荷物輸送 → 輸送網の拡大	
	ビジネス波及	航空関連事業				ポート設置・運営、不動産、保険、観光、MaaS、医療、新たなビジネス等		
環境整備	機体の安全性の基準整備	基準整備(座席数9席以下、操縦者の搭乗有り・無し)		需要に応じた多様な機体の基準整備(自律飛行等)			機体多様化・自律化・高密度化・就航率向上等への対応	
	技能証明の基準整備	操縦者・整備者の基準整備(遠隔操縦を含む)		多様な機体に対応した制度整備			技術動向等に応じた制度の見直し	
	空域・運航	低高度における安全・円滑な航空交通のための体制整備(万博における空飛ぶクルマに対する空域管理等)		運航拡大に対応した体制整備			技術動向等に応じた制度の見直し	
		運航安全に関する基準のガイドライン(荷物輸送、万博における旅客輸送等を想定)		高度な運航に対応したガイドライン改訂(自律飛行、高密度化等への対応)			技術動向等に応じた制度の見直し	
	事業の制度整備	航空運送事業の基準整備(荷物輸送、万博における旅客輸送等を想定)		高度な事業に対応した基準・制度整備(操縦者の搭乗しない旅客輸送等)			利活用の動向等に応じた制度の見直し	
	離着陸場	制度整備	既存空港等・場外離着陸場の要件整理		既存制度に基づく空港等・場外離着陸場の利用			空飛ぶクルマ専用離着陸場の利用
		社会実装のための環境整備	課題整理 ・建物屋上への設置 ・屋上緊急離着陸場の活用可否の整理 ・市街地等への設置等	環境整備 ・建物屋上設置の基準整備 ・環境アセスメント方法の整備等	建物の建設計画、都市計画、地域計画等への反映			建物屋上への設置(既存の建物屋上への利用 → 新規建設・設置) 市街地への展開の本格化
社会受容性	実証地域での住民理解の獲得		万博を通じた認知度向上		受益者の増加、社会課題解決等を通じた受容性向上			
試験環境	福島口ポットテストフィールドの試験飛行拠点としての活用・整備、研究・人材育成等の機能拡充							
技術開発	安全性・信頼性	安全性・信頼性の確保、機体・部品の性能評価手法の開発				安全性・信頼性の更なる向上、低コスト化		
	運航管理	航空機・ドローン・空飛ぶクルマの空域共有技術の開発				本格的な空飛ぶクルマの高度な運航を実現する運航管理技術の開発		
		悪気象条件・高密度・自律運航等に対応した基礎的な通信・航法・監視技術の開発						
電動推進等	モーター・バッテリー・ハイブリッド・水素燃料電池・騒音低減技術等の要素技術開発							

日常生活における自由な空の移動という新たな価値提供と社会課題解決の実現



長野県の取組



しあわせ信州創造プラン3.0

～大変革への挑戦 「ゆたかな社会」を実現するために～

第5編

〔8つの新時代創造プロジェクト〕

- 1 女性・若者から選ばれる県づくりプロジェクト
- 2 ゼロカーボン加速化プロジェクト
- 3 デジタル・最先端技術活用推進プロジェクト
- 4 個別最適な学びへの転換プロジェクト
- 5 人口減少下における人材確保プロジェクト
- 6 世界で稼ぎ地域が潤う経済循環実現プロジェクト
- 7 県内移動の利便性向上プロジェクト
- 8 輝く農山村地域創造プロジェクト

3 デジタル・最先端技術活用推進プロジェクト（抜粋）

【現状と課題】

本県は、広大な県土に急峻な地形が多く、盆地や谷ごとに地域が形成され、地理的に移動や物流の制約があります。エアモビリティ（空飛ぶクルマやドローン）、メタバース等の最先端技術を活用することにより、こうした制約を取り除き、県民等の利便性向上を図る必要があります。

【プロジェクトの方向性】

最先端技術であるメタバースやエアモビリティの導入・活用を図ることにより、県民等の利便性向上を目指します。

【リーディングアクション例】

県民等の利便性の向上を図るため、新たなコミュニケーション手段であるメタバースについて、学びの場や観光誘客など広範な分野での活用を推進するとともに、山岳県の地理的な制約を解消するドローンや空飛ぶクルマなどのエアモビリティを、中山間地域における物流や宅配、移動などに活用する「空の移動革命」の実現に向け、産学官連携で実証実験等の取組を検討

なぜ長野県で空モビ？ ①長野県の魅力 ≡ 山・自然



スキー場の数 全国トップクラス



星空人気スポットランキング 日本一



日帰り温泉施設の数 日本一

「移住したい都道府県」ランキング
17年連続 1位※



※宝島社（田舎暮らしの本）調べ



教育環境の良さ（信州やまほいく）



ワイナリーの数 日本トップクラス



情報通信機器製造業製品出荷額（情報） 日本一

強み

住環境の良さ、密を避けられる

観光上の魅力(観光客の52.3%が山岳・高原・湖沼に来訪)

登山やキャンプ、パラグライダー・気球などのアクティビティも活発

「SDGs 未来都市」「長野県ゼロカーボン戦略」を掲げる環境先進県

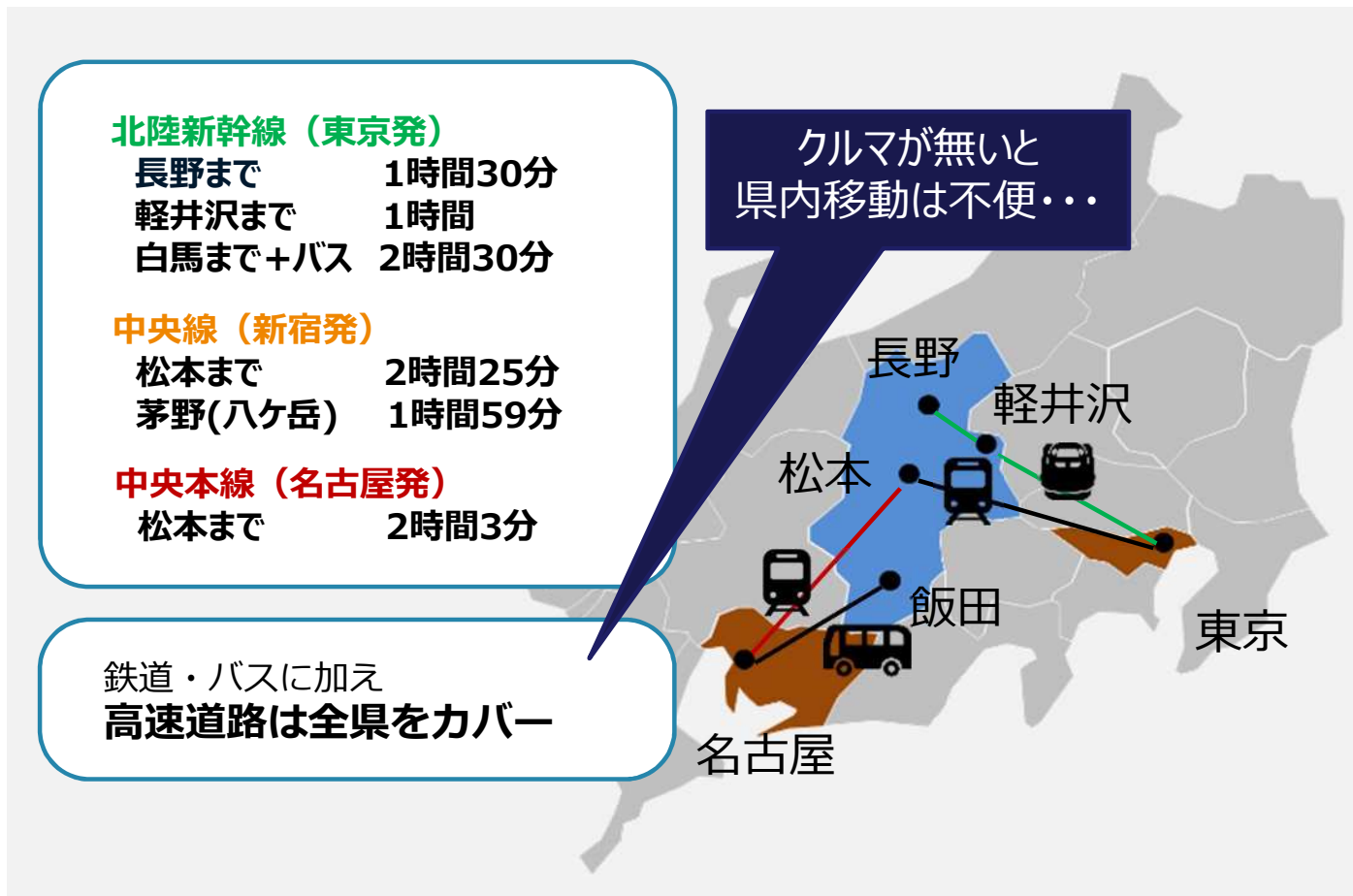
弱み

山岳遭難多発
(R3に257件発生、187回ヘリ出動)

雪不足やコロナでスキー場苦境
(H30に94か所→R3に84か所)

山小屋はヘリでの荷揚げコストが負担
(原油価格高騰・コロナ)

なぜ長野県で空モビ？ ②移動の利便性に格差



強み

長野、松本等には都市圏からのアクセスが良好

リニア中央新幹線駅が飯田市に設置され、巨大経済圏と結びつく予定

県の中央に信州まつもと空港を設置

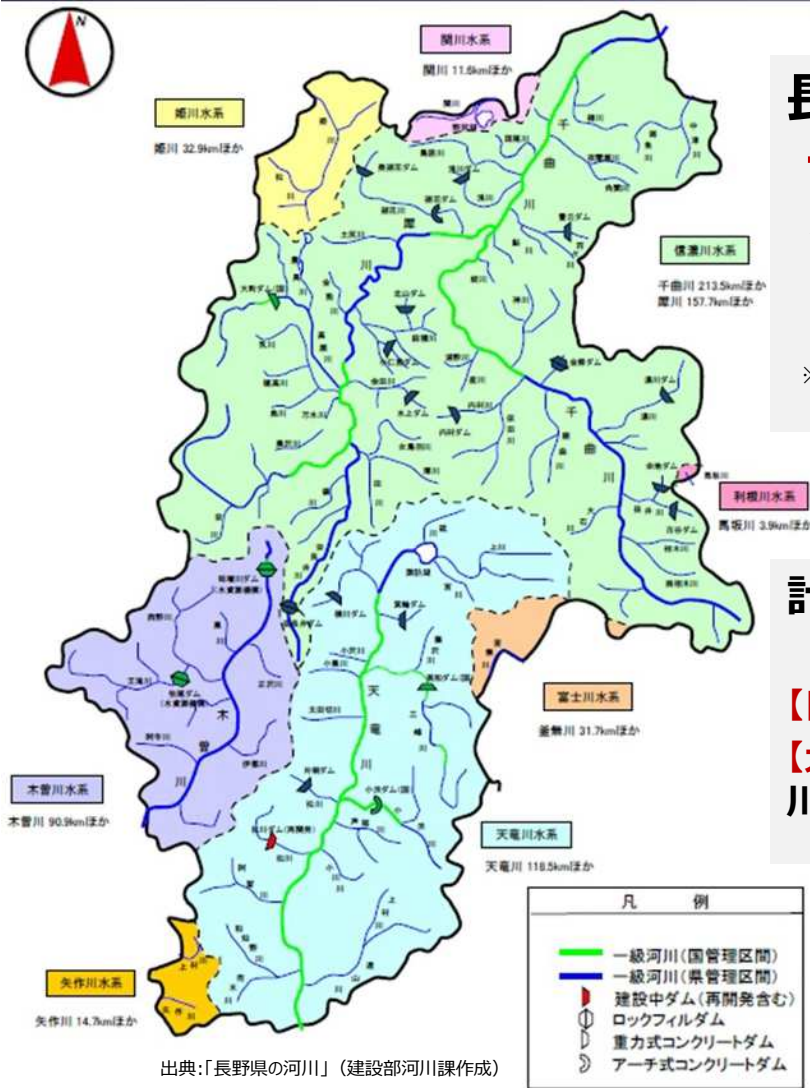
弱み

県内での2次交通が貧弱なうえ、バス路線の減少や撤退も発生

リニア「長野県駅」からの2次交通が充実しないとビジネス・観光の機会損失

信州まつもと空港の更なる有効活用が必要

なぜ長野県で空モビ？ ③長野県は「河川」県



長野県を流れる河川総延長

7,028.7km【全国2位】※
 全国1位の北海道は15,457.3km。
 長野県土の面積は北海道の約1/6だが、
 河川延長は北海道の約半分
 ※出典 国土交通省統計情報 (R4年4月30日現在)

計8水系、一級河川が740河川

【日本海に注ぐ水系】信濃川、姫川、関川
 【太平洋に注ぐ水系】天竜川、木曾川、富士川、矢作川、利根川

凡 例	
—	一級河川(国管理区間)
—	一級河川(県管理区間)
	建設中ダム(再開を含む)
	ロックフィルダム
	重力式コンクリートダム
	アーチ式コンクリートダム

強み

豊かな水源による農業活用や飲料水の確保

川下りなどのアクティビティによる観光活用

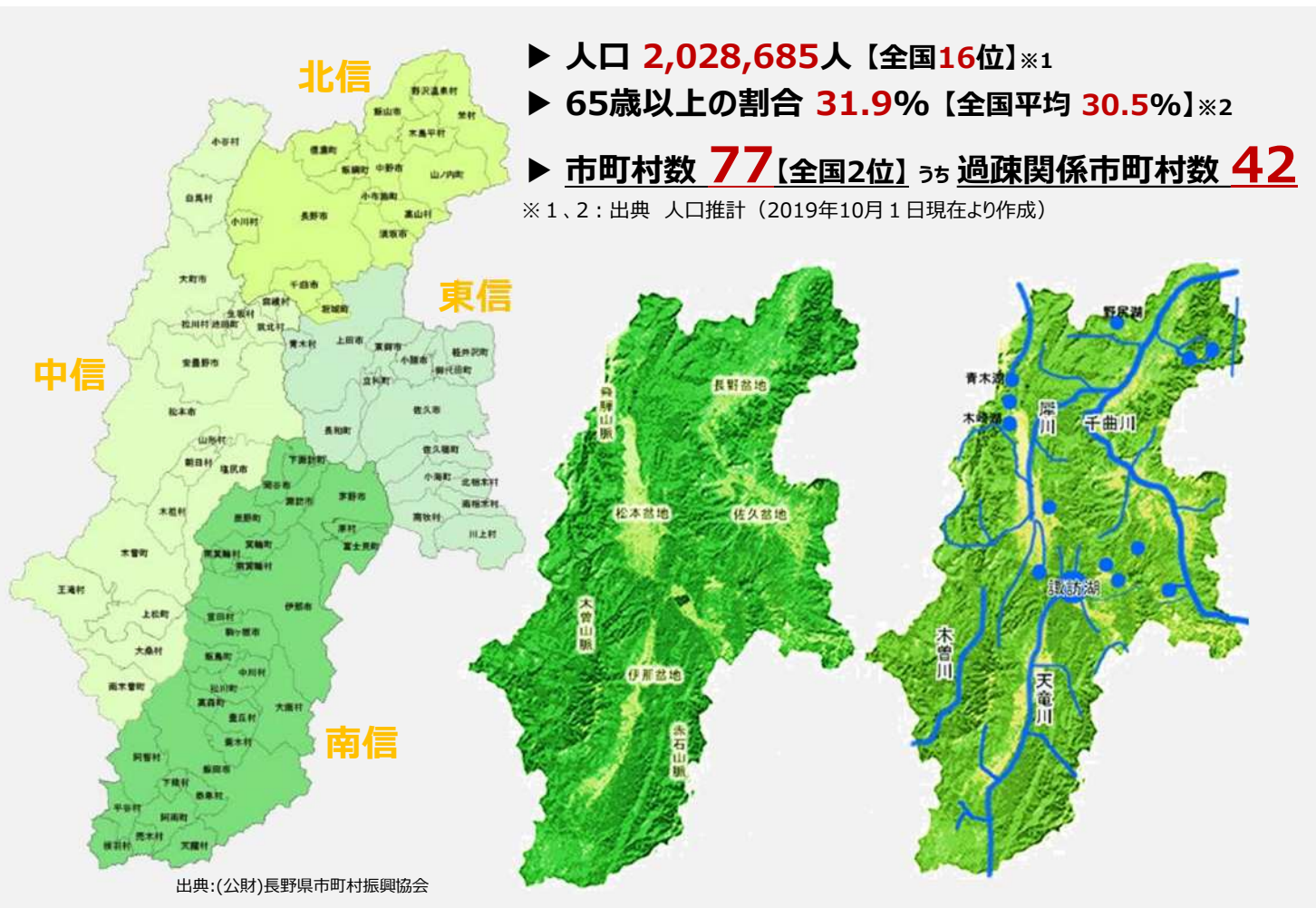
弱み

橋が交通のボトルネックになり、交通ルートの制約・渋滞の発生源に

橋の老朽化が進み維持管理が困難になっている

台風等の災害時に橋が被災し公共交通の運行に支障が発生

なぜ長野県で空モビ？ ④生活圏も「山」・過疎化の進行



強み
自然豊かでのどかな暮らしができる
地域に根差したコミュニティ
弱み
人口減少 & 高齢化でバス路線維持が困難、交通・買い物弱者が増加
高低差の大きい地形により遠回りせざるを得ない道路事情
財政力の弱い自治体が多く、道路・トンネル等のインフラ維持が課題
災害時道路寸断で人・物の輸送が困難になるリスクあり

なぜ長野県で空モビ？ ⑤ 強固な地盤を持つ開発拠点



強み

戦前からの工業技術を武器に、航空宇宙産業に参入する企業が集積

電動推進システムの環境試験技術を飯田市エス・バードで開発中

国内唯一のものも含め、空モビの環境試験に必要な設備の約8割を設置

リニア中央新幹線駅が設置予定、アクセス向上によるビジネス優位性が向上

※出典：公益財団法人 南信州・飯田産業センター

**「産業振興と人材育成の拠点」
S-BIRD エス・バード**

飯田工業技術試験研究所
国内有数の環境試験機器を揃えています

試験機器設備一覧
Equipment List

階	設備
4	高圧・高電圧耐性雷水試験装置
5	防振試験装置
6	高速度変化試験装置
7	燃焼・耐火試験装置
8	① 燃焼試験チャンバー ② 燃焼試験チャンバー ③ 燃焼試験チャンバー
9	④ 燃焼試験チャンバー(コンプレッションチャンバー) ⑤ オイルトレー
10	⑥ ガス分析装置 ⑦ 電水雷撃・キヤス試験機 ⑧ 燃焼クレープ試験機 ⑨ 小型燃焼試験装置 ⑩ 光熱試験装置
11	⑪ 3m電圧降下シールドルーム
12	⑫ 測定室・アンプ室
13	⑬ EMI試験システム
14	⑭ イミューニティ試験システム
15	⑮ BCI試験システム ⑯ Ultra-Compact Simulator ⑰ GHz帯電磁波パワーアップシステム ⑱ 新メイス試験装置



なぜ長野県で空モビ？ ⑥アフターコロナの観光誘客に適したポテンシャル



観光庁「観光再始動プロジェクト」にて、インバウンド観光の3つのポイント：
「持続可能な観光」「消費額の拡大」「地方部への誘因」 → エコ&リゾート地のブランド力がある長野県にポテンシャルあり！

北信濃エリア

善光寺の門前町から道の町、そして小布穂町へ。長野北部は、歴史と文化が色濃く染み渡り見どころ満載のエリア。ここにしかないダイナミックな自然も人々を惹きつけます。

日本アルプスエリア

山々がもたらす恵みを求めて、北アルプス松本へ。山麓に広がる田園風景に癒され、さまざまなアクティビティにも挑戦。大自然のなかで、身も心も解放される、麗らかな旅を満喫。

東信州エリア

千曲川沿いの豊かな穀倉地帯に広がる東信州は、避暑地帯井沢をはじめ、古くから高級リゾートとして開発されてきたエリア。晴天率も高く、高原野菜やワインなど、名産品も豊富です。

諏訪エリア

諏訪大社を筆し、由緒正しき歴史と文化を肌で感じる諏訪エリア。ちょっと足を伸ばせば、霧ヶ峰高原や八ヶ岳中央高原、富士見高原など、豊かな大自然が広がります。

木曽路エリア

長野県初の日本遺産として注目を集める木曽路には、先人によって継承されてきた貴重な文化が息づいています。木曾十一宿は、江戸時代へ続くタイムトンネル。未知なる旅へ、いざないます。

伊那路エリア

ロープウェイで気軽にアクセス、高山植物探れる高嶺へ。自然の生命力に満ちた中央・南アルプスに分け入り、荘厳な絶景を堪能。大地の造形美に心奪われる雄大な旅へ出かけませんか。

※画像出典：長野県公式観光サイト GoNAGANO

強み

「SDGs 未来都市」「長野県ゼロカーボン戦略」を掲げる環境先進県

歴史・文化・伝統工芸など、エリアごとに特色ある資源を保持

別荘地・リゾート地など、高単価に繋がるブランド力を保持

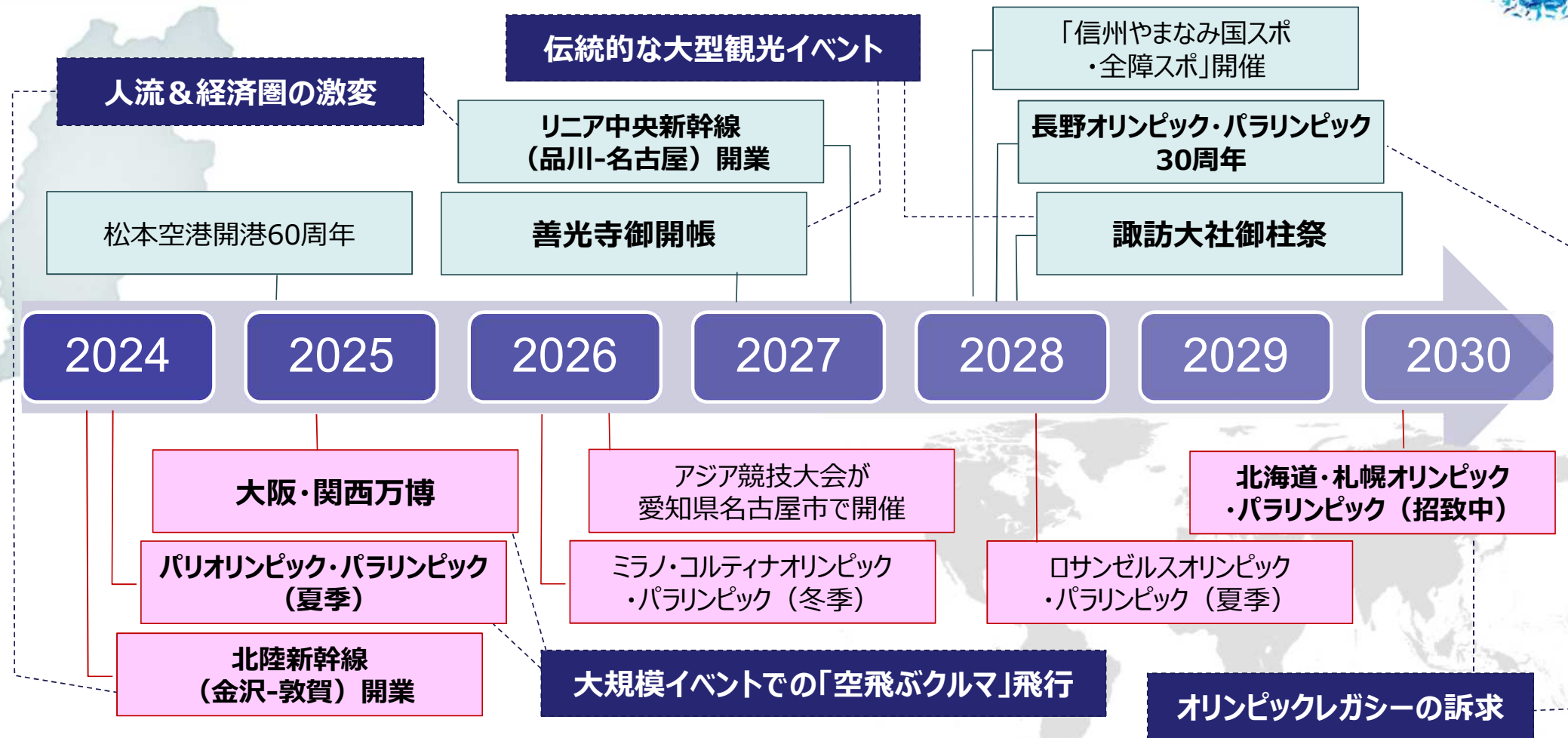
弱み

エリア間の移動手段が乏しく周遊観光に繋がりにくい

資源に魅力があっても、アクセスに時間を要し来訪機会を損失

観光客が一部観光地に集中し慢性的な渋滞が発生

長野県に今後訪れるチャンスと、国内外の空モビ関連動向



長野県が抱える課題と「次世代空モビリティ」への期待



日常生活における移動の不便さ解消が必要

- ・人口減少で公共交通担い手不足、バス路線の減少や撤退も発生
- ・河川や高低差により道路が制約され、遠回りや渋滞発生要因に
- ・道路・トンネル・橋等のインフラ維持が困難

サステナブルで稼げる観光地づくりが必要

- ・観光客の志向が変化（消費額拡大、サステナブル、コト消費）
- ・貧弱な2次交通は観光機会を損失、周遊観光もしづらい
- ・雪不足やコロナでスキー場等が苦境（H30⇒R3で10か所減）
- ・山小屋への荷揚げが、原油価格高騰でコスト高

県内航空産業など、幅広い産業振興が必要

- ・リニアバレーの誕生により南信州に巨大な経済圏誕生
- ・県内に根差すものづくり産業の強みを活かす必要
- ・コロナや原油高騰の中、各業種で新ビジネスや業態変革が必要

危機対応能力の強化が必要

- ・山岳遭難多発(R3に257件発生、187回ヘリ出動)
- ・災害等による道路寸断時のヒト・モノ輸送が課題
- ・過疎地・山間地での医療提供や医薬品提供が課題

空域を、新たな移動・輸送インフラとして活用

地形・距離の制限なく自由な移動・輸送

↓
住み慣れた地域での快適な暮らしを実現！

エコな手段で山岳リゾートにアクセス、
新しい旅行商品や高付加価値なサービス開発

↓
「稼ぐ観光地」を実現！

製造業が開発に参入 & 試験認証拠点の地位確立

↓
地域内経済が循環するエコシステムを実現！

迅速な緊急対応、安定的な医療提供の確保

↓
どこに住んでも安心・安全な暮らしを実現！

空の利活用に対する長野県の現状



県内一部地域では全国的な事例も誕生。
一方、県全域での活用には至らず。

自治体のドローン・自動配送ロボット等の利活用促進に向けた調査報告 ドローンモデル自治体

宮城県大崎市	農業・防災・教育を三本柱にドローンで産業振興を実現	4
福島県南相馬市	ロボット産業を柱に東日本大震災からの復興と発展へ	6
千葉県牧野市	ドローンの操縦、撮影、診断まですべてを職員が担う橋梁点検	8
大和市消防本部	全隊員パイロット体制で同時発生した火災にも万全の備え	10
新潟県新潟市	ドローンという成長産業を行政支援に留めず、ビジネスチャンスへ	12
長野県伊那市	山間部の集落でも快適な日常の買い物を提供	14
長野県小谷村	農地管理で始まったドローン活用を鳥獣害対策にまで拡大	16
静岡県浜松市	部署を超えたドローン防災航空隊「ブルーシーガルズ」を結成	18
石川県加賀市	市内 3D マップやドローン AI 管制プラットフォームの整備を通じ、空の産業集積拠点へ	20

岐阜県飛騨川町	ドローンを活用したマラソン大会の教護体制の省人化・効率化	22
愛知県豊川市・新城市（第三河川ドローン活用推進協議会）	課題を同じくする隣接自治体と連携し、ドローンを活用した地域課題解決を推進	24
有馬山麓印刷部	災害時は最短ルート平時からの活用で備えを万全に	26
東京都葛飾区	災害時の避難所を「空の駅」として活用し、平常時・災害時のドローンの拠点として活用	28
岐阜県加賀町	土地の特性を活かしてドローンによる町おこしを実践	30
熊本県小国町	災害時の運用を見据えて平時のドローン活用の幅を拡大	32
宮城県	ドローンによる産業振興、ビジネス化、地域実装における利活用の推進	34

出展：経済産業省次世代空モビリティ政策室「令和3年度 産業経済研究委託事業（自治体のドローン・自動配送ロボット等の利活用促進に向けた調査）成果報告書」

長野県伊那市
物流

目指したもの 山間部の集落でも快適な日常の買い物を提供

実施概要 山間部の集落を対象として、目視外自律飛行・遠隔監視制御が可能なスマートドローンを使った、支え合い買物支援サービス「ゆうあいマーケット」を事業化。

伊那市が実現したこと

- 当日（電話またはケーブルテレビ画面）の注文で、ドローンが山間部の集落へ商品を配達
- ドローン着陸地点からのラストワンマイル配送はボランティアの手で実施することで、高齢者宅の見守りやコミュニティ形成に寄与
- 今後、山小屋の維持管理コスト増加に対応すべく、山岳物流のビジネスモデル構築へ

長野県小谷村
農林水産業 / 鳥獣害対策 / 災害対応・防災

目指したもの 農地管理で始まったドローン活用を鳥獣害対策にまで拡大

実施概要 自治体内部で農地地図作成に必要な航空写真をドローン撮影に移行し、災害時の被害状況確認や人命捜索にもドローンを活用している。2020年には外部団体を活用し、位置情報付き映像共有システムを併用して野生鳥獣調査を実施。

小谷村が実現したこと

- 赤外線カメラ付きドローンと位置情報付き映像共有システムを活用した野生鳥獣調査で、効率的な捕獲活動を実現
- ドローンの導入によって農地管理の効率を上げ、コストを大幅に削減
- ドローンによる人命捜索で捜索範囲が拡大、安全な捜索活動が実現
- 外部団体を活用した全庁的なドローン導入に向けた体制構築

空の利活用に対する長野県の現状



伊那市は「山小屋への物資輸送」に無人VTOL活用を検討中

長野県には全県で136軒山小屋があり、広域的な取組が必要

伊那市
INACITY

022/11 DOCUMENT ver.5

無人VTOL機による物資輸送プラットフォーム構築事業

現状と課題

- 近年のアウトドアブームを背景として、山小屋の利用人口は年々増加しており、それに伴う運搬物資の大容量化への対応が求められている。
- ヘリコプターの輸送に頼る一方で、送電線工事や公共事業の増加、パイロット不足等により、運搬確保が困難な状況になってきている。

事業の方向性

- 山岳特有の気象状況に適応し、長い距離と大きな標高差を安定して飛行できる座席ベースで開発した無人VTOL機を使い、山小屋への物資の輸送のための固定空路を構築する。
- 各種ステークホルダーとの調整や法令に基づく許可等の手続きにより、将来にわたって持続可能な効率的な輸送スキームを確立する。

目的/効果

- 同様な課題を抱える全国の自治体や関係団体等への水平展開により、機体運行事業者の収益性と事業の安定運営基盤の確立に寄与する。

スキーム

※徒歩対応可能 人送

現行の運航ルート

主な輸送品

- ※現状ドラム缶 (200リットル) 小分け可
- 軽油
- ※農産品 ガスボンベ (35kg)
- LP
- 発電機
- 工具類
- 雑貨
- 薪
- 食料品
- ※現状歩荷対応 道標

開発機体

K-RACER (スペック)
レシプロ・エンジン駆動方式
ペイロード 200kg
継続飛行距離 100km

企業アライアンス

機体開発/運用	Kawasaki Powering your potential	ルート開設	ZENRIN Maps to the Future
通信/運行管理	KDDI Tomorrow, Together	コンサル	朝日航空株式会社 AERO ASAHI
気象	JMA 日本気象協会	保険	損保ジャパン SOMPO Innovation for Wellbeing

ヘリコプター輸送の現状
[3機設計・年間]
上り: 51便、物資重量 21,400kg
下り: 14便、物資重量 7,400kg
日数: 14日間
1日平均輸送量: 500kg×4便=2t

(出典) 伊那市HP

https://www.inacity.jp/shisei/inashiseisakusesaku/shinsangyougijut_u/osirase/174kija202110051.html

DX推進課 / DX Promotion Div.

空の利活用に対する長野県の課題



全国と比較しても、空域活用の「負荷」が高い環境。推進には戦略とビジョンが必要

技術的な制約

高い標高による少ない揚力
(海沿いより積載量が減)



寒冷気候による
バッテリー性能の低下



遮蔽物が多い地形による
電波の不感地帯が存在



安全運航上の課題

パラグライダー・熱気球等
のアクティビティが活発



高山で飛行ルートが制限
(既存航空との共存)



山岳&複雑な地形による
天気・風況の読みにくさ



地形や気候の影響

令和5年度の「空の利活用」に向けた取組



空域活用を進める端緒として、推進体制の構築とビジョンの明確化を行う

官民連携協議会の設立・運営

- 企業や市町村、学識経験者などに参加いただく
- 産学金官(民)が連携して、事業化や利活用に向けた準備を行う



2023年9月テイクオフ！

山岳県・長野県版ロードマップの作成

長野県ならではの特徴と向き合った、空飛ぶクルマやドローンの活用方法、実装に向けた取組・アクションプランを記載

(例)

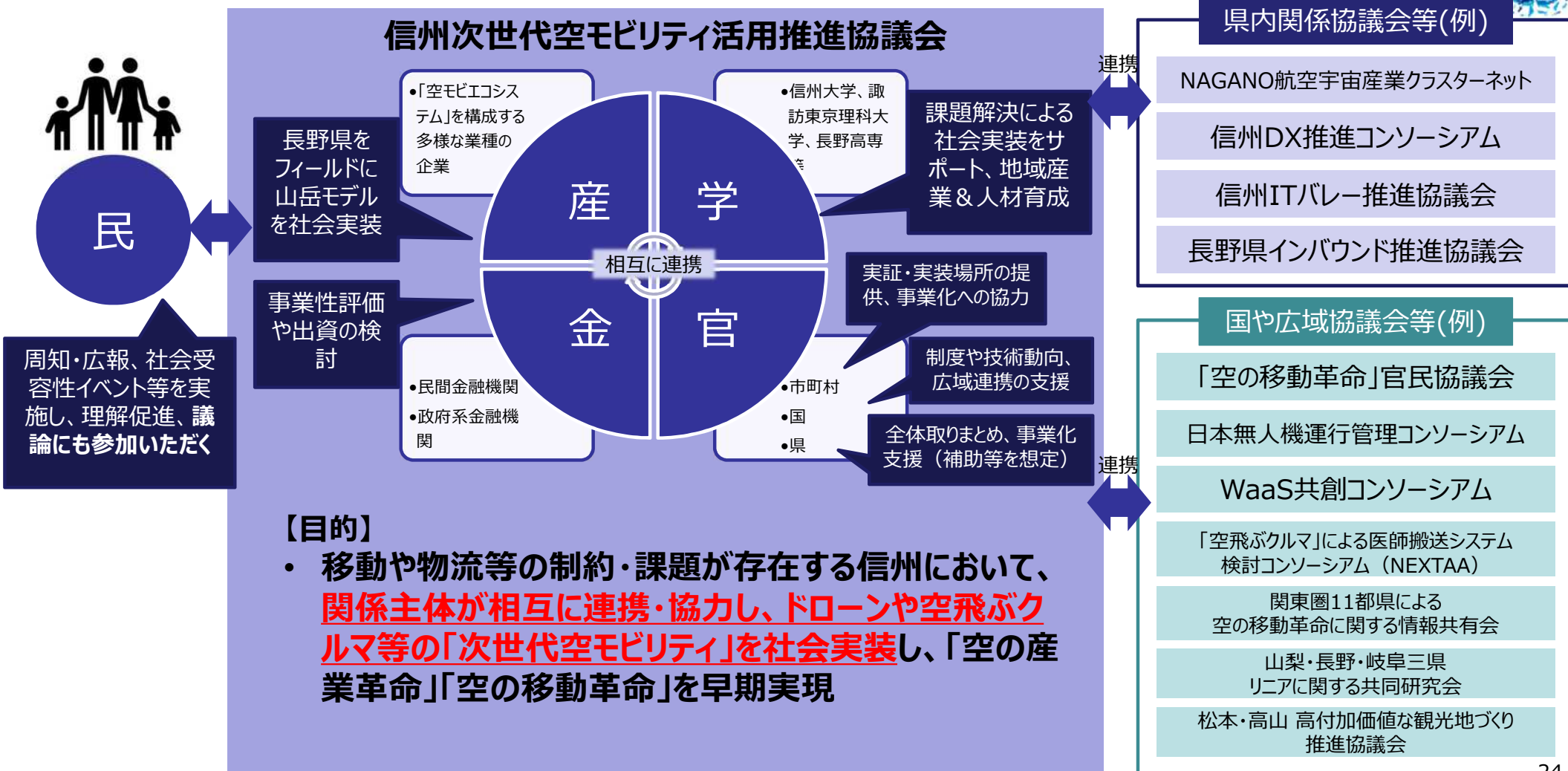
山岳地でのドローン物流ビジネスモデル構築

富裕層向けのエコ&高単価な山岳遊覧飛行実現

山岳&過疎地での空域利用型医療提供モデル構築

山岳県・長野で空を活用できれば、全国どこでも活用できる。
長野県で「空域活用の山岳地モデル」を構築し、世界に発信！

信州次世代空モビリティ活用推進協議会イメージ





- **名称** 信州次世代空モビリティ活用推進協議会
- **運営体制**
 - **【会長】** 信州大学 航空宇宙システム研究拠点長 工学部副学部長 教授 佐藤 敏郎先生
 - **【顧問】** 東京大学名誉教授、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
 - **【顧問】** 信州大学 理事（情報・DX担当）・副学長 不破 泰先生
 - **【副会長】** 長野県企画振興部参事（デジタル化推進担当）小山 力
 - **【事務局】** 長野県DX推進課＋デロイトトーマツコンサルティング
- **協議会会員団体数： 115団体** ※オブザーバー含み、参加団体名非公表の団体数含む

区分	団体数
教育機関	4
民間企業・団体	84
県内自治体	22
国の機関	3
県外自治体	2
合計	115



・ 協議会会員一覧(1/2) ※「団体名公表可」の団体のみ(五十音順)

・ 【教育機関】

信州大学、諏訪東京理科大学、長野高専、防災科学技術研究所

・ 【民間企業・団体】

あいおいニッセイ同和損害保険(株)、(株)ASOLAB.、アルピコ交通(株)、アルピコホールディングス(株)、
(株)イーエムアイ・ラボ、イオンリテール(株)、(株)AirX、エアロセンス(株)、エアロファシリティ(株)、(株)ACSL、兼松(株)、
(一社)軽井沢観光協会、川崎重工業(株)、キッセイコムテック(株)、(株)クエストコーポレーション、(株)グローバルリング、
KDDI(株)、KDDIスマートドローン(株)、(株)建設技術研究所、(一社)こもろ観光局、(株)JTBグローバルマーケティング&トラベル、
GMOインターネットグループ(株)、シャープ(株)、JUAVACドローンエキスパートアカデミー、(一社)信州たてしな観光協会、
新日本ヘリコプター(株)、SKYSCAPE(株)、Skyports(株)、スカイリンクテクノロジーズ(株)、鈴与(株)、
(NPO)諏訪圏ものづくり推進機構、ソフトバンク(株)、多摩川精機(株)、千曲運輸(株)、(株)長大、(株)テレビ信州、
デロイトトーマツコンサルティング(同)、(株)電算、東京海上日動火災保険(株)、(一社)東信建設アカデミー、東邦航空(株)、
(株)ドコモビジネスソリューションズ、(株)ドリームモータースクール、DRONE FUND(株)、中日本航空(株)、
(一社)長野伊那谷観光局、(一社)長野県観光機構、(公社)長野県産業振興機構、
長野県ハングパラグライディング連盟、名古屋鉄道(株)、南信空撮、(一社)日本気象協会、日本工営(株)、
(株)日本空港コンサルタンツ、日本ドローン搬送協会、
(一社)日本バイオミュージックプロジェクト TOMII未来デザイン研究室、(NPO)日本パラグライダー協会、日本無線(株)、
白馬村山岳ドローン物流実用化協議会、(株)BUZZPORT、(株)八十二銀行、八方尾根開発(株)、
東信州次世代産業振興協議会、東日本旅客鉄道(株)、(株)日立製作所、VFR(株)、(株)プロドローン、(一社)MASC、
丸子警報器(株)、丸紅(株)、三菱地所(株)、(公社)南信州・飯田産業センター、(株)南信州観光公社、(株)やまびこドローン、
(株)ラポーザ、リーガルウイング法律事務所

信州次世代空モビリティ活用推進協議会体制

11/9(木)9時現在



協議会会員一覧(2/2) ※「団体名公表可」の団体のみ(五十音順)

【県内自治体】

<市町村>

阿智村、安曇野市、飯田市、飯綱町、上田市、岡谷市、軽井沢町、駒ヶ根市、佐久市、塩尻市、信濃町、下諏訪町、須坂市、東御市、中川村、長野市、白馬村、松本市

<広域連合>

南信州広域連合

<その他>

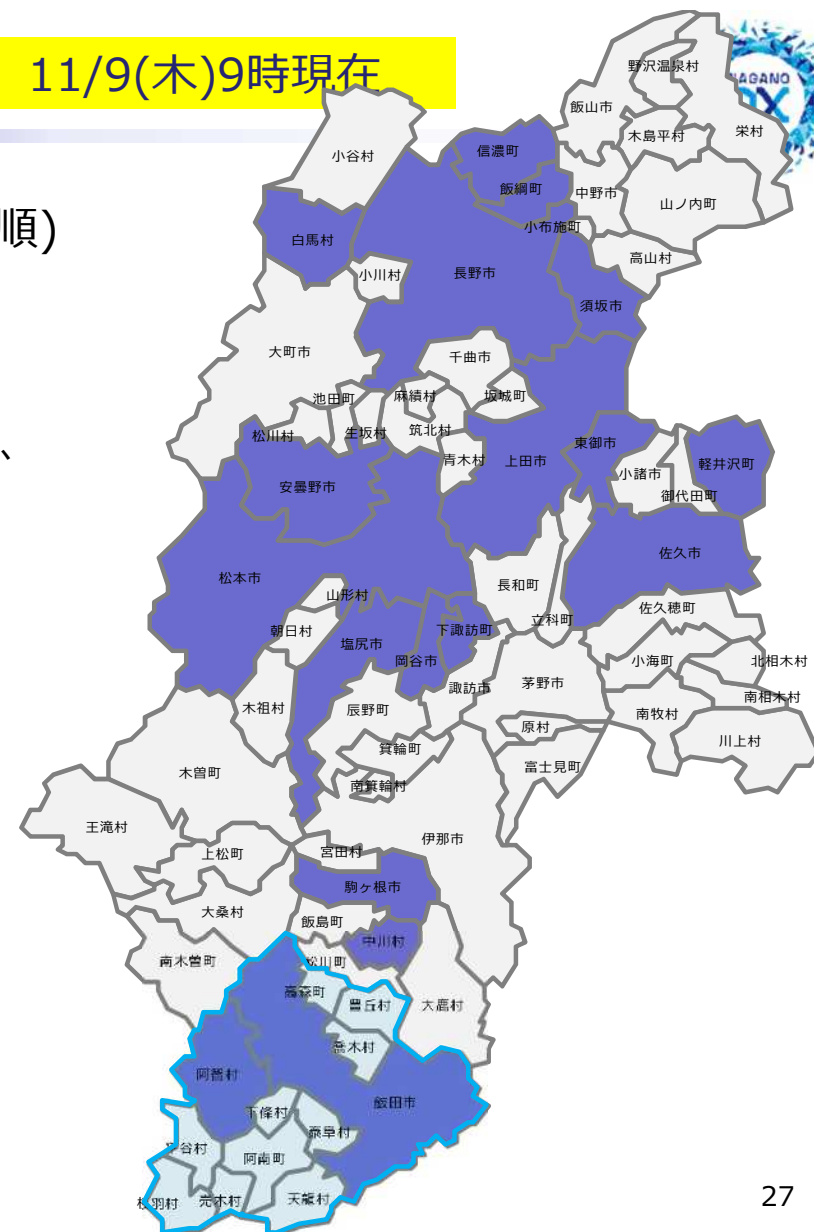
長野県市町村自治振興組合、長野県

【県外自治体】 ※オブザーバー

山梨県

【国関連機関】 ※オブザーバー

総務省、経済産業省、国土交通省





広域連携イメージ（例）

「信濃の国は十州に 境連ぬる国」
協議会の活動を通して、広域的取組や
連携を積極的に推進

自然公園等での活用

（松本・高山 高付加価値な観光地づく
り推進協議会等）

東海圏での連携

（中部次世代空モビリティ
社会実装準備ネットワーク等）

関東圏での連携

（関東圏11都県による空の移動
革命に関する情報共有会等）

JR東日本様 エリアでの取組

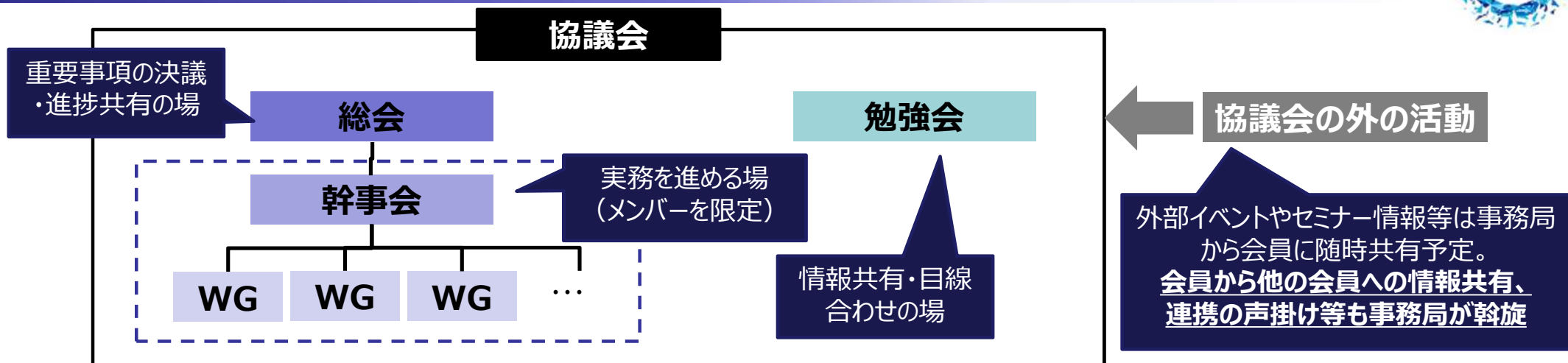
（WaaS共創コンソーシアム等）

リニア沿線での連携

（山梨・長野・岐阜三県リニアに関す
る共同研究会等）

協議会の会議体・運営方法

※運営体制については随時見直しを行う



会議名	位置付け	参加者	開催頻度
総会	協議会全体の決議の場。R5年度はビジョン・ロードマップの 確定 が主な役割	全会員・オブザーバー	原則年2回
幹事会	具体の議論や実務を進める場。R5年度はビジョン・ロードマップの 案作成 が主な役割	メンバー募集に応じた会員	月1～2回
WG	議論を進めたいテーマ単位で随時設置。例：社会受容性、交通、観光、緊急対応、物資輸送等	リーダー・メンバー共に手を挙げた会員	WG毎に決定
勉強会	会員同士の情報共有・目線合わせのため、任意参加の勉強会・ワークショップ等を実施	講師、参加者共に会員を想定	2～3か月に1回

(参考) 信州「空の移動革命」ページを開設!



長野県DX Webサイト内に特設ページを公開!

「信州次世代空モビリティ活用推進協議会」の活動(資料・録画の一部等)や、各種イベント資料等を公開。ぜひご覧ください!

<https://sites.google.com/union.nagano-map.lg.jp/nagano-dx/airmobi>



長野県DX Webサイト ホーム 市町村の取組情報 長野県の取組情報 先端技術活用推進協議会 DX、まずはここから! 信州「空の移動革命」 その他

信州「空の移動革命」!

～「ドローン」や「空飛ぶクルマ」が飛び交う信州を、一緒に創りませんか?～

このページでは「ドローンの活用拡大」や「空飛ぶクルマ」の早期実装に向けた取組など、長野県が推進する「空の移動革命(次世代空モビリティ活用推進)」に関する情報を掲載しています。

- 2023/11/1 「信州次世代空モビリティ活用推進協議会」会員情報随時更新中
- 2023/10/31 「ドローンエキスポ2023 in 信州」が開催されました
- 2023/9/20 フライイングカーテクノロジー 登録資料を掲載

【目次】

- 「信州次世代空モビリティ活用推進協議会」 ←new
- イベント情報
- 関係する枠組み・リンク集 ←new

空の利活用に対する「大変革の時代」が到来!

航空機の電動化に対する国際目標が定められ、今飛んでいるジェット機やヘリコプターは、2050年までに電気で動く機体へと置き換わります。また、ドローンも性能が向上し、ますます活用できる分野が拡大。こうした中、新しいモビリティである「空飛ぶクルマ」(*)も登場します。2030年代には、各地でドローンや空飛ぶクルマが飛び交い、皆さんの生活が魅力的なものになるだけでなく、多くの新たなビジネスが生まれるかも!?

(*)空飛ぶクルマ: 電動、垂直離着陸、(将来的に)自動運転可能という3つの要件を満たす新しい航空機。ドローン技術に応用し、ヘリコプターよりも安く、静かに飛ばすことが可能。

10年後、更に信州を魅力的な場所にするために、これからの信州を一緒に考え、創りませんか?

長野県内を空飛ぶクルマが飛行するイメージ映像
(※)本映像はMicrosoft Flight Simulatorにより作成された映像です。

(参考) 信州「空の移動革命」ページを開設！ ②

<https://sites.google.com/union.nagano-map.lg.jp/nagano-dx/airmobi>



設立総会模様の掲載

設立総会

- 【日時】令和5年(2023年)9月12日(火) 10:30-12:00
- 【場所】長野県庁西庁舎301号会議室&Teamsによるオンライン会議(ハイブリッド開催)
- 【内容】
 - 協議会設立にあたっての挨拶 [長野県 県庁 秘書 佐藤 敏郎 先生]
 - 協議会長ご挨拶 [信州大学 航空宇宙学部 副学部長 教授 佐藤 敏郎 先生]
 - 基調講演「次世代空モビリティへの期待」 [京大 名誉教授 末永 邦子 先生]
 - 次世代空モビリティに関する国の政策 [次世代空モビリティ政策室 企画調整官 山本 健一 様]
 - 長野県の課題感・ポテンシャルの認識
 - 協議会活動計画、運営方針・体制に関する説明
- 【配布資料】
 - 事務局資料

協議会情報

「信州次世代空モビリティ活用推進協議会」 ←new

山岳県として移動や物流等の制約・課題が存在する信州において、産学官等の関係主体が相互に連携・協力し、ドローンや空飛ぶクルマ等の「次世代空モビリティ」を社会実装し、「空の産業革命」「空の移動革命」を早期実現することを目的に、「信州次世代空モビリティ活用推進協議会」を設立しました。

協議会関連資料

- 設置要綱
- 会員一覧
- 入会申込フォーム(随時受付)
- (参考) 幹事会運営規約
- 幹事会メンバー参加フォーム(会員向け随時受付)

イベント情報

イベント情報

ドローンエキスポ2023 in 信州 (2023/10/31)

←new

2023年10月31日、須坂市のドリームモータースクールイノベーションセンターにて「ドローンエキスポ2023 in 信州」が開催されました。(主催：(株)ドリームモータースクール)

- イベント情報：[ドリームモータースクール様HP](#)
- 報道等：[テレビ信州様](#) [SBC信越放送様](#)

N-Plus特別企画展「フライングカーテクノロジー」に登場 (2023/9/14)

2023年9月13-15日に東京ビッグサイト(東京都江東区有明3-11-1)にて開催された「N-Plus特別企画展「フライングカーテクノロジー」」にて、以下のセッションに長野県、長野市、松本市、飯田市、南信州・飯田産業センターが合同で登場しました。(主催：エヌプラス事務局)

信州における「空の移動革命」の取り組み (9月14日(木曜日) 15時30分から)

- イベント情報：[N-PlusHP](#)
- [長野県資料](#)



If you want to go fast, go alone. If you want to go far, go together.
早く行きたければ、ひとりで行け。遠くまで行きたければ、みんなで行け。

是非、一緒に長野県のDXを盛り上げていきましょう。

E.O.P

2023年 信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム
IEEE Metro Area Work Shop (IEEE Japan Council, IEEE Shin-etsu Section)
合同イベント

信州大学航空宇宙システム研究拠点の紹介と 空モビリティ技術の研究開発

信州大学航空宇宙システム研究拠点 拠点長 佐藤 敏 郎

航空機システム部門 副部門長 柳 原 正 明

航空機システム部門 小 松 勝 彦

基盤技術部門 水 野 勉

信州大学航空宇宙システム研究拠点の紹介

信州大学航空宇宙システム研究拠点

拠点長 佐藤 敏郎



小型衛星
Shindai-sat ぎんれい



諏訪圏工業メッセで
SUWA小型ロケットを展示



素材/材料

炭素繊維（プリプレグ）、各種樹脂材料、複合材料、純チタンシート、アラミド・ハニカムなど

主な装備品

飛行制御装置、燃料タンク、油・空圧バルブ、各種センサ、モーター/アクチュエータ、電源/配電機器、バッテリー、タイヤ、ブレーキ、その他多数

主なキャビン内装品

座席、照明機器、オーディオシステム、化粧室/トイレ、娯楽機器など

我が国の航空機産業における装備品の売り上げは
航空機産業全体の10%未満



航空機装備品の研究開発



信州大学航空宇宙システム研究拠点

Shinshu University, Research Center for Aerospace Systems



拠点長
佐藤敏郎



副拠点長
天野良彦

長野県広域に活動拠点を置く！

基盤技術部門、人材育成部門

信州大学工学部



工学部（長野市）

宇宙システム部門

諏訪圏サテライトキャンパス



テクノプラザ岡谷（岡谷市）

航空機システム部門

南信州・飯田サテライトキャンパス



産業振興と人材育成の拠点：エス・バード（飯田市）

大空へ、そして宇宙へ！



武井敦子さん（太陽工業(株)勤務、SUWA小型ロケットプロジェクトメンバー）のデザインによる
青；大空、紺；宇宙、白のシルエット；航空機、ロケットの機体、赤；エンジン

SURCASのミッション

- (1) 航空宇宙産業のニーズを指向したプロジェクトベースの出口指向の研究開発を推進
- (2) 航空宇宙分野との関わりを通して地域産業の活性化、地方創生に貢献
- (3) 研究開発の成果を社会実装する若手人材を育成

航空機システム部門

航空機装備品の研究開発と人材育成をとおして地方創生に貢献



松原部門長
(流体工学)



柳原副部門長



辺見教授



菊池特任教授
(センサ/アクチュエータ工学)



各務特任教授



亀山准教授



小松助教



村上助教
(航空力学)



加藤助教
(流体力学)



素材/材料
炭素繊維 (プリプレグ), 各種樹脂材料, 複合材料, 純チタンシート, アラミド・ハニカムなど

主な装備品

飛行制御装置, 燃料タンク, 油・空圧バルブ, 各種センサ, モーター/アクチュエータ, 電源/配電機器, バッテリ, タイヤ, ブレーキ, その他多数

主なキャビン内装品

座席, 照明機器, オーディオシステム, 化粧室/トイレ, 娯楽機器など



我が国の航空機産業における装備品の売り上げは航空機産業全体の10%未満



例えば、電動ハイブリッドブレーキシステム

従来のC/Cディスクブレーキシステムに代わる電動ブレーキを実現

- ・航空機電動化の一環として, 2種類の非接触ブレーキを複合した次世代ブレーキを開発 (保守性の向上、長寿命)
- ・最終的にエネルギー回生式へ



磁性粘性流体ブレーキ(MRB) うず電流ブレーキ(ECB)
磁界印加による硬化体のせん断力で制動 うず電流と磁界とのローレンツ力で制動

航空機システム部門

航空機装備品の研究開発と人材育成をとおして地方創生に貢献

高速VTOL機の飛行安全技術

JAX連携研究, 長野県世界市場展開のための研究開発支援事業



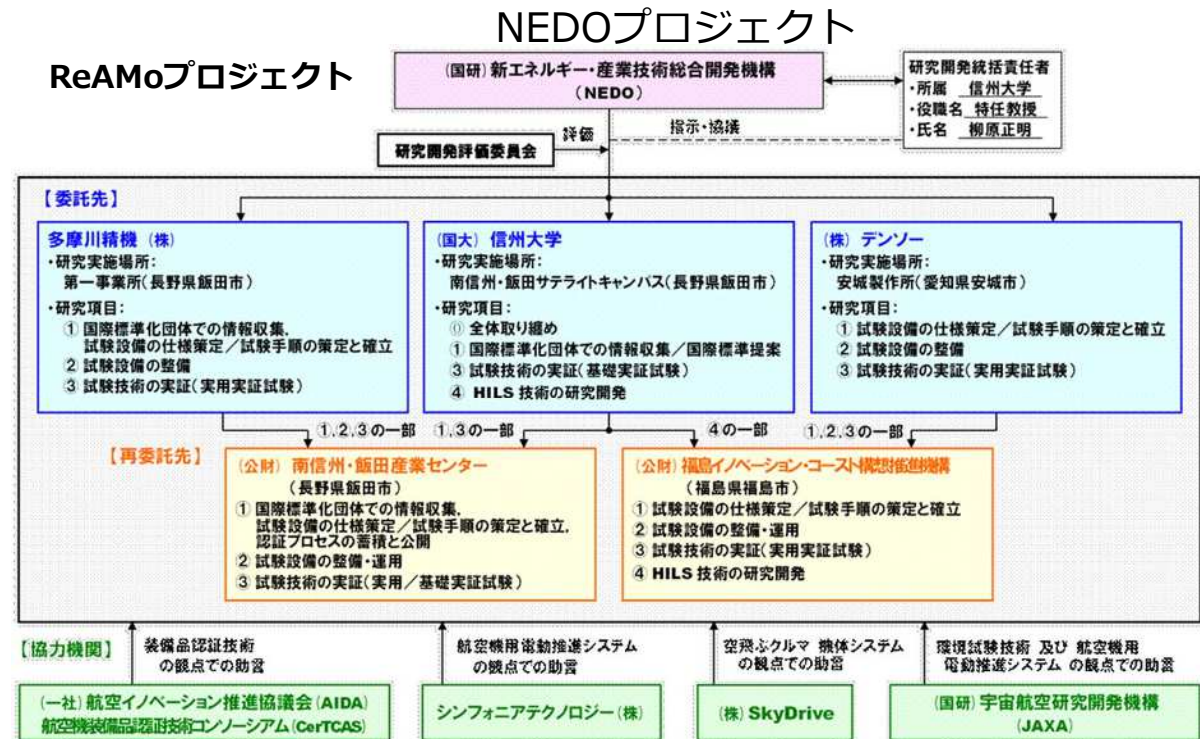
風洞実験中のQTW, 提供JAXA

災害/遭難救助のための情報収集を目的とした無人航空機
VTOL(垂直離着陸)

ホバリング機能と高速飛行性の両方を要求

JAXAが研究開発中のQTW(4発ティルトウィング形態無人機)を対象に, VTOL/ホバリング中にエンジンが故障・停止した場合の安全確保を目的とした制御系の設計などの安全性向上技術の研究を実施中

次世代空モビリティの社会実装に向けた 実現プロジェクト (後で詳しく紹介)



次世代空モビリティの電動推進システムの開発において我が国の企業がイニシアティブを取り, 産業発展に大きく貢献する。

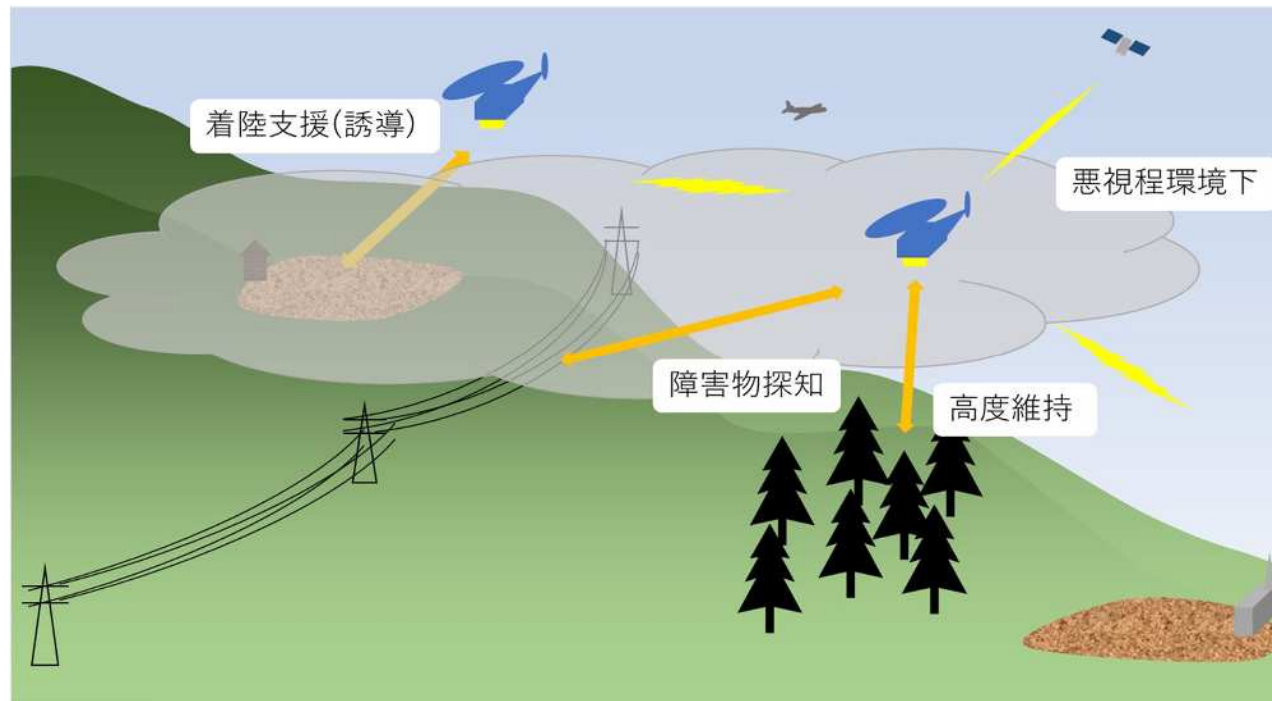
航空機システム部門

航空機装備品の研究開発と人材育成をとおして地方創生に貢献

ミリ波レーダ技術を活用した無視界進入技術（後で詳しく紹介）

民間企業共同研究、長野県世界市場展開のための研究開発支援事業

長野県プロジェクトでは、災害／遭難救助のための情報収集用として、VTOL／ホバリング機能を有すると同時に、高速巡航飛行が可能な無人機の開発を計画



宇宙システム部門

ロケット開発をモチーフに人材育成と技術の高度化をとおして地方創生に貢献



榊部門長
(材料加工・溶射工学)



中山副部門長
(機械材料・加工学)



中村教授
(最適設計・逆問題解析)



松中教授
(計算材料科学・固体力学)



深田特任教授
(精密工学)



高山准教授
(知的計測システム)



亀山准教授
(機械材料・材料力学)



西村准教授
(計算固体力学・材料力学)



衣川准教授
(天文物理)



富田助教
(宇宙線物理・レーザー計測)

SUWA小型ロケットプロジェクト

第1期内閣府地方創生交付金；諏訪圏6市町村（代表；岡谷市）；**SUWAブランド創造事業（H27～31）**

第2期内閣府地方創生交付金；諏訪圏5市町村（代表；岡谷市）；**モノづくり集積地SUWAのヒトづくりプロジェクト（R2～4）**

◆プロジェクトメンバー

- ・信州・諏訪圏テクノ研究会会員（信大大学院諏訪圏社会人コース修了生、在学生），諏訪圏企業推薦の技術者
- ・関係企業；太陽工業，高島産業，共進，丸眞製作所，ダイヤ精機製作所，諏訪機械製作所，小野製作所，小松精機工作所，キッツ，野村ユニソン，プラーナー

◆研究テーマ

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）およびCFRTP（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）の成形技術，CFRTP等の切削加工技術，プラスチックと金属の異種接合技術，無線コントロールシステムの開発，飛行シミュレーション解析ソフトの開発，ハイブリッドロケットエンジンの開発

◆連携機関 JAXA宇宙科学研究所、産業技術総合研究所、公立諏訪東京理科大学

宇宙システム部門

ロケット開発をモチーフに人材育成と技術の高度化をとおして地方創生に貢献

SUWA小型ロケットの開発年表

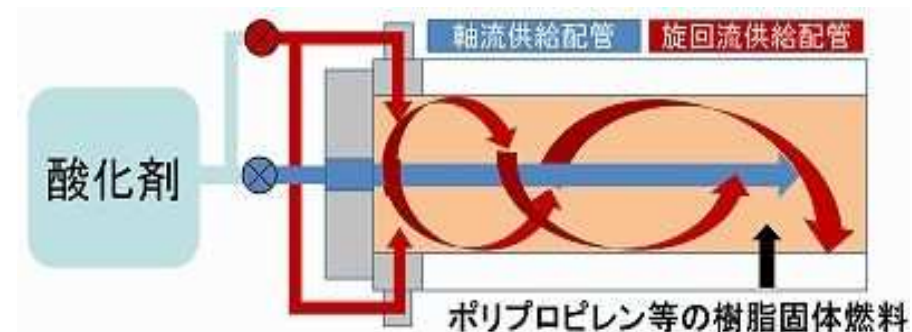
FY	2015	2016	2017	2018	2019	2020~2021
ハイブリッド ロケット						
機体名称 (開発年度)	SST001	SRP002	SRP003	SRP004	SRP005	SRP006
機体写真						
最高速度	-	190m/s (684km/h)	284m/s (1022km/h)	-	-	90.0m/s (324km/h)
最大高度	370m	1000m	3500m	2500m	300m	325m
全長×外径	1.498m × 60mm	1.64m × 104mm	2.060m × 102mm	2.235m × 102.5mm	2.054m × 102.5mm	2.055m × 102mm

宇宙システム部門

ロケット開発をモチーフに人材育成と技術の高度化をとおして地方創生に貢献

小型ロケットに関連して開発した要素技術の例

固体燃料ハイブリッドエンジン（JAXA宇宙研，産総研，諏訪東京理科大学と連携）



流路を2系統用意してバルブで制御すれば、旋回の強さを調節できる

酸化剤の軸流と旋回流を併用することで推進力を向上



小型・高耐圧バルブシステムを開発



推力向上を目的とした固体燃料の比表面積の増加（内径形状を星形加工）



試作エンジンの燃焼実験の様子（下諏訪町，旧第八幼稚園）

宇宙システム部門

ロケット開発をモチーフに人材育成と技術の高度化をとおして地方創生に貢献

諏訪湖における小型ロケットの打ち上げ実験の様子



基盤技術部門

航空機システム、宇宙システムに共通する基盤技術開発と人材育成を推進



佐藤（敏）部門長
（磁性材料/デバイス）



田久副部門長
（通信・ネットワーク工学）



アサノ教授
（情報通信システム）



水野教授
（電気機器）



笹森教授
（通信・ネットワーク工学）



曾根原准教授
（電子材料/デバイス）



宮地准教授
（集積回路工学）



佐藤（光）助教
（電気機器）

航空機の電動化、電動ドローンの基盤技術に繋がる研究開発プロジェクトを推進

信州大学が代表機関として推進中のプロジェクト；6件

- (1) 文部科学省革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業（FY2021～2025）
- (2) 総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）（FY2020～FY2022）
- (3) 科学技術振興機構（JST）A-STEP産学共同<育成型>（FY2022～2024）
- (4) NEDO官民による若手研究者発掘支援事業/マッチングサポートフェーズ（FY2022～2023）, 2件
- (5) 長野県世界市場展開のための研究開発支援事業（FY2022～）

信州大学が研究分担して進行中のプロジェクト；3件

- (1) 科学技術振興機構（JST）OPERA「超スマート社会実現のカギを握る革新的半導体技術を基盤としたエネルギーイノベーションの創出」（FY2018～2022）, 代表機関；京都大学
- (2) NEDO航空機用先進システム実用化プロジェクト（FY2021～2023）, 代表機関；多摩川精機
- (3) 情報通信研究機構「Beyond 5G研究開発促進事業」, 代表機関；NEC

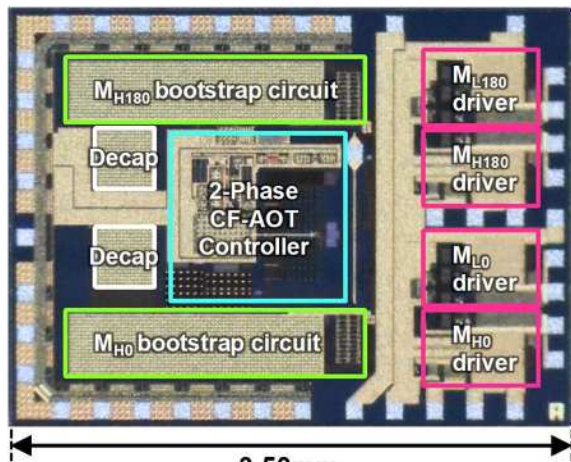
航空宇宙機器用パワーエレクトロニクスの基盤技術開発

文部科学省革新的パワエレ事業, JST A-STEP, NEDO, JST-OPREA@京大など

SiCやGaNパワーデバイスをコアとする次世代パワーエレクトロニクスシステムのボトルネックである磁性部品の低損失化を実現
 ⇒新規軟磁性材料の開発／巻線銅損低減技術を開発⇒パワエレシステムへの実装評価⇒地上モビリティ／航空宇宙システムへと展開

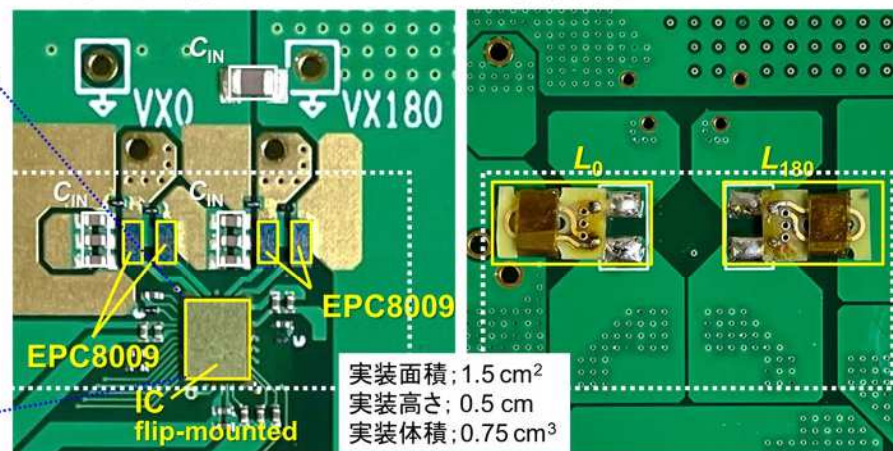
低損失軟磁性材料の開発 ⇒ プレーナインダクタ／トランスの開発 ⇒ DC-DCコンバータへの実装評価（回路設計を含む）

<10MHz帯スイッチングGaNパワーデバイス二相Buckコンバータの試作例>



CMOS制御IC

TSMC 0.25 μ m HV BCD（高耐圧）プロセスで試作



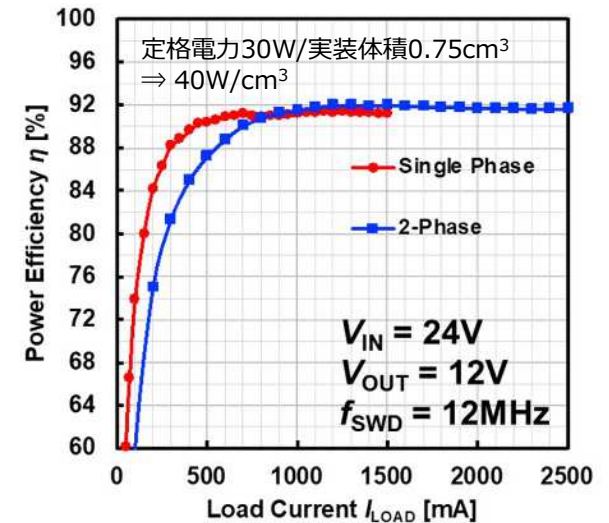
モジュール表面

CMOS制御ICとGaN-FET、他を表面実装

モジュール裏面

プレーナインダクタを表面実装

実装面積: 1.5 cm²
 実装高さ: 0.5 cm
 実装体積: 0.75 cm³

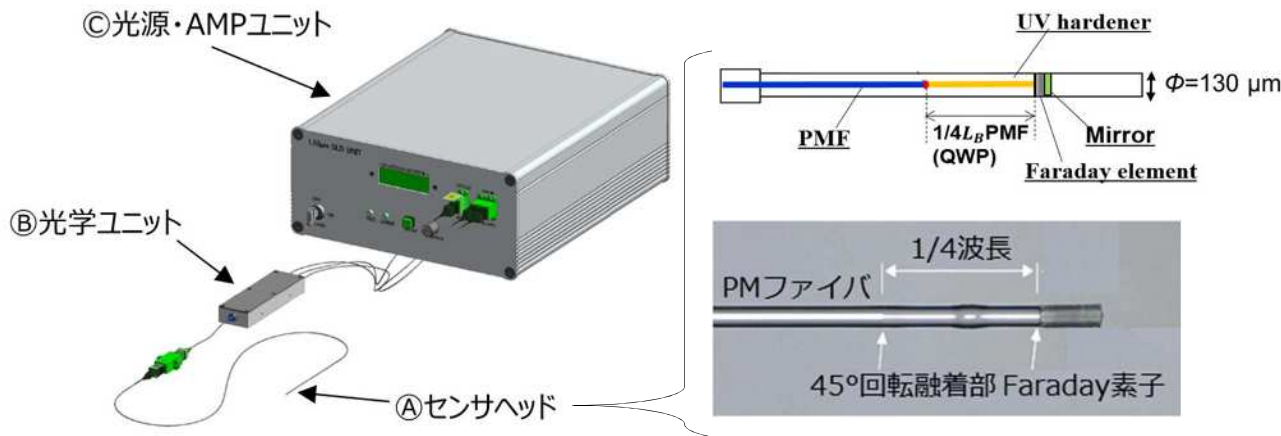


試作コンバータの効率特性

パワーエレクトロニクスシステム用超小型非接触電流センサの開発

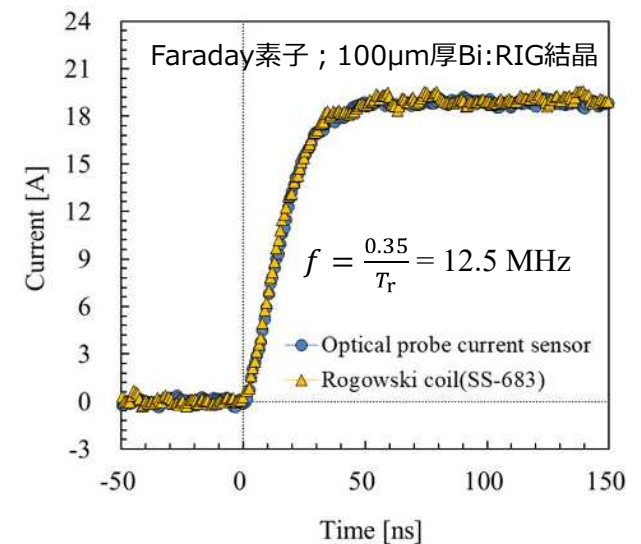
JST京都スーパークラスター; 長野サテライトクラスターの研究成果 (FY2013~2017)
 ⇒長野県内民間企業で製品化 ⇒ 近い将来、航空機用へと展開

パワーエレクトロニクスシステムは地上のモビリティ (自動車, 鉄道) だけでなく、ドローンや電動航空機の基盤技術として重要
 ⇒ システムの高度な制御を実現する電流センサの高精度化 (耐ノイズ性) / 小型化が必須
 ⇒ 光プローブセンシング; 外来の電磁ノイズの影響を受けない, 超小型センサヘッドによって局所電流を測定可能



磁気光学Faraday効果光プローブ電流センサの構成

- Faraday素子としてCo/MgF₂グラニューラー磁性膜 ⇒ 数百A以上の大電流測定が可能
- Faraday素子としてBi:RIGバルク結晶 ⇒ 1A以下の小電流測定が可能



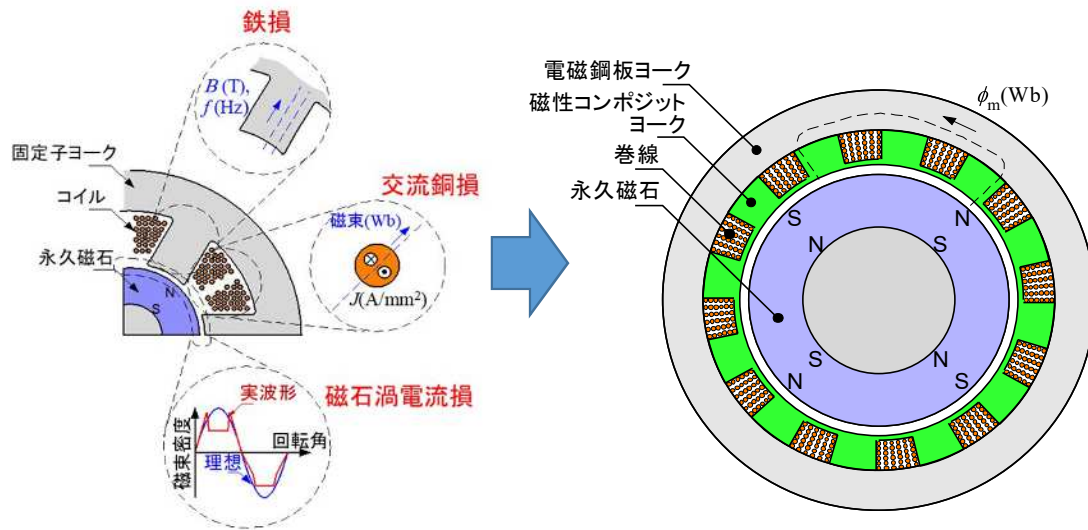
電流の急峻な立ち上がりを観測した例

航空宇宙システムへの実装を目指す電気エネルギー変換システムの基盤技術開発

航空機用小型高出力モータ (後で詳しく紹介)

NEDO, 長野県補助金, 民間との共同研究

モータ出力; 回転速度×負荷トルク ⇒ 超高速モータによって高出力化



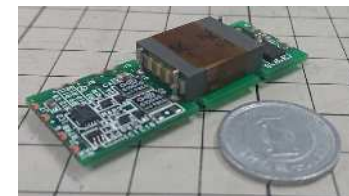
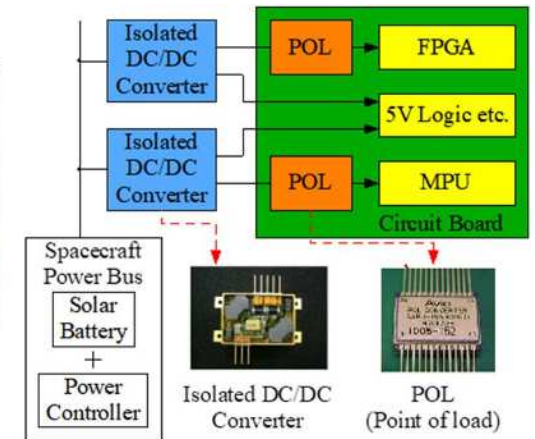
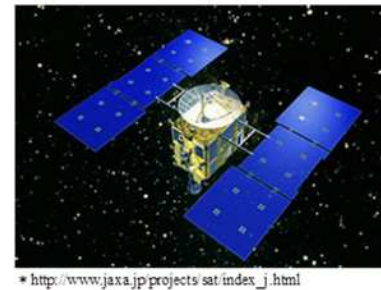
超高速化の課題 (鉄損、銅損)

埋込巻線型同期モータ

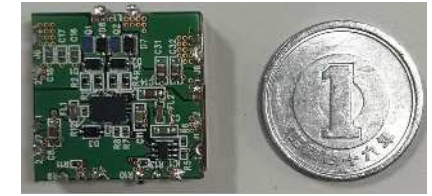
超高速回転 (10万rpm) 埋込巻線形同期モータの提案

人工衛星搭載用電源システム

JAXA公募研究



絶縁型DC/DCコンバータ
48V-12V・100W, 92.4%_{max.}



非絶縁型DC/DCコンバータ
15V-5V・30W, 95.2%_{max.}

2023年 信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム
IEEE Metro Area Work Shop (IEEE Japan Council, IEEE Shin-etsu Section)
合同イベント

NEDO ReAMoプロジェクト

**次世代空モビリティの電動推進システムの
設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発**

信州大学航空宇宙システム研究拠点

航空機システム部門 副部門長 柳原正明

ReAMoプロジェクト (次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト) (2022~2026)



事業の内容

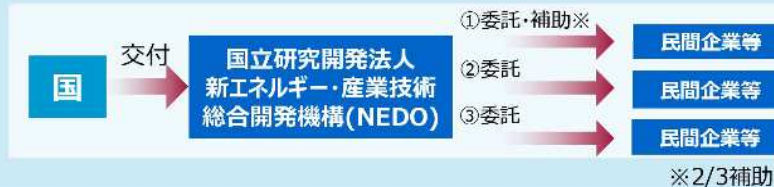
事業目的・概要

- 労働力不足や物流量の増加に伴う業務効率化、コロナ禍での非接触化が求められています。こうした中、次世代空モビリティ(ドローン・空飛ぶクルマ)による省エネルギー化や人手を介さないヒト・モノの自由な移動が期待されています。その実現には、次世代空モビリティの安全性確保と、運航の自動・自律化による効率的な運航の両立が求められます。
- 本事業ではドローン・空飛ぶクルマが安全基準を満たす機体性能であるかを適切に評価・証明する手法の開発、1人の運航者により複数のドローンを飛行させるための技術開発・実証を行います。
- また、空飛ぶクルマの高密度運航や自動・自律飛行に必要な技術開発を行うとともに、航空機やドローン、空飛ぶクルマが同時に飛行することを想定し、効率的な空域共有方法の設計・開発・実証等を行い、省エネルギー化と自由な空の移動を実現します。

成果目標

- 令和4年度から8年度までの事業期間(5年間)で、技術開発・実証を通じてドローンのさらなる利活用拡大、大阪関西万博での空飛ぶクルマの活用と事業化を目指します。

条件(対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ

(1) 性能評価基準の開発

- ドローン・空飛ぶクルマが第三者上空を飛行するためには、安全基準を満たす必要があり、そのために機体性能を適切に評価し、安全性を証明する手法の開発に取り組みます。
- 1人の運航者により複数のドローンを飛行させるための技術開発を行うとともに、同時運航に必要な運航体制の検証、それらの安全性を評価する手法の開発を実施します。

(2) 運航管理技術の開発

- 航空機、ドローン、空飛ぶクルマが同じ空域を飛行する際の空域共有の方法に関する全体アーキテクチャ設計、技術開発、実証等を行います。
- また、空飛ぶクルマの高密度運航や自動・自律飛行に必要な航法や通信、動態把握等に関する技術開発・検証を行います。

(3) 国際標準化

- 上記研究開発成果について、海外発信を進め、国際標準化への提案を実施し、我が国主導によるルール形成を行います。



ReAMoプロジェクト (次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト) (2022~2026)



		項目	実施者
研究開発	① 性能評価手法の開発		
	(1) ドローンの性能評価手法の開発		
		制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発	名古屋工業大学コンソ
		次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる性能評価手法に関する研究開発	東京大学コンソ
	(2) 空飛ぶクルマの性能評価手法の開発		
		次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発	信州大学コンソ
	(3) ドローンの1対多運航を実現する安全性評価手法の開発		
		ドローンの1対多運航を実現する安全性評価手法の開発	PwC コンサルティング (同)
	(4) ドローンの1対多運航を実現する機体・システムの要素技術開発		
		複数ドローンの同時運航実現に向けた運用要件の策定および運航管理システムの開発	KDDIコンソ
	ドローン物流における1対多運航を安全に実現するための遠隔監視システム等の研究開発	楽天グループ (株)	
	リモートIDを利用したドローンの1対多運航制御システム及び要素技術開発	イームズロボティクス (株)	
調査	② 運航管理技術の開発		
		高密度飛行を目指したエッジとクラウドのAI・最適化による衝突回避と運航管理の研究	(一財) 先端ロボティクス財団
		低高度空域共有に向けた運航管理技術の研究開発	日本電気コンソ
	① 海外制度・国際標準化動向調査	PwC コンサルティング (同)	
	② 全体アーキテクチャ・要素技術調査	(株) 三菱総合研究所	
	③ 国内外への成果発信	PwC コンサルティング (同)	

次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発 背景



- 空飛ぶクルマでは民間航空機と同様、機体不具合が発生した場合にカタストロフィック(人命にとって致命的な)ハザードを誘発しないように安全性を定量的に担保する設計開発が必要
- 既存の航空機と大きく異なる空飛ぶクルマの安全性の評価法は、欧米においても未だ検討段階
- 「空の移動革命に向けた官民協議会」の「機体の安全性確保WG」によって機体システムとしての安全性の確保方策が検討されているが、加えて、民間航空機と同様の、**機体を構成する装備品単体での安全性を証明**し、その積み上げにより高い信頼性を伴って全機レベルの安全性証明を行う事が必須
- この装備品の安全性証明において、実際に飛行する環境を模擬した条件下で性能評価する**環境試験**が極めて重要
- 加えて、航空機開発においてはCFD、飛行シミュレーション試験など、サイバー空間での試験データを活用した**CbA (Certification by Analysis)**が進みつつあるが、装備品分野では遅れている

次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発 目的と目標



● 目的

空飛ぶクルマ装備品、特にそのキー技術であり、かつ安全性に重大な影響を及ぼす **電動推進システム** に対象を絞り、

- a) 性能評価のための **環境試験技術 (温度・気圧・湿度)** を確立
- b) 実験ベースの認証に加え、開発時間・コスト削減に大きく貢献する **CbA技術** の確立を目指す

● 目標

a) 環境試験手法の国際標準化

- ・ 環境試験手法 (試験設備仕様 及び 試験手順) を国際標準化団体において提案し、**国際標準としての採択を目指す**
- ・ その過程で得られた **基盤技術をデータベースとして蓄積**すると共に、**国内企業に開示し、産業振興に貢献**

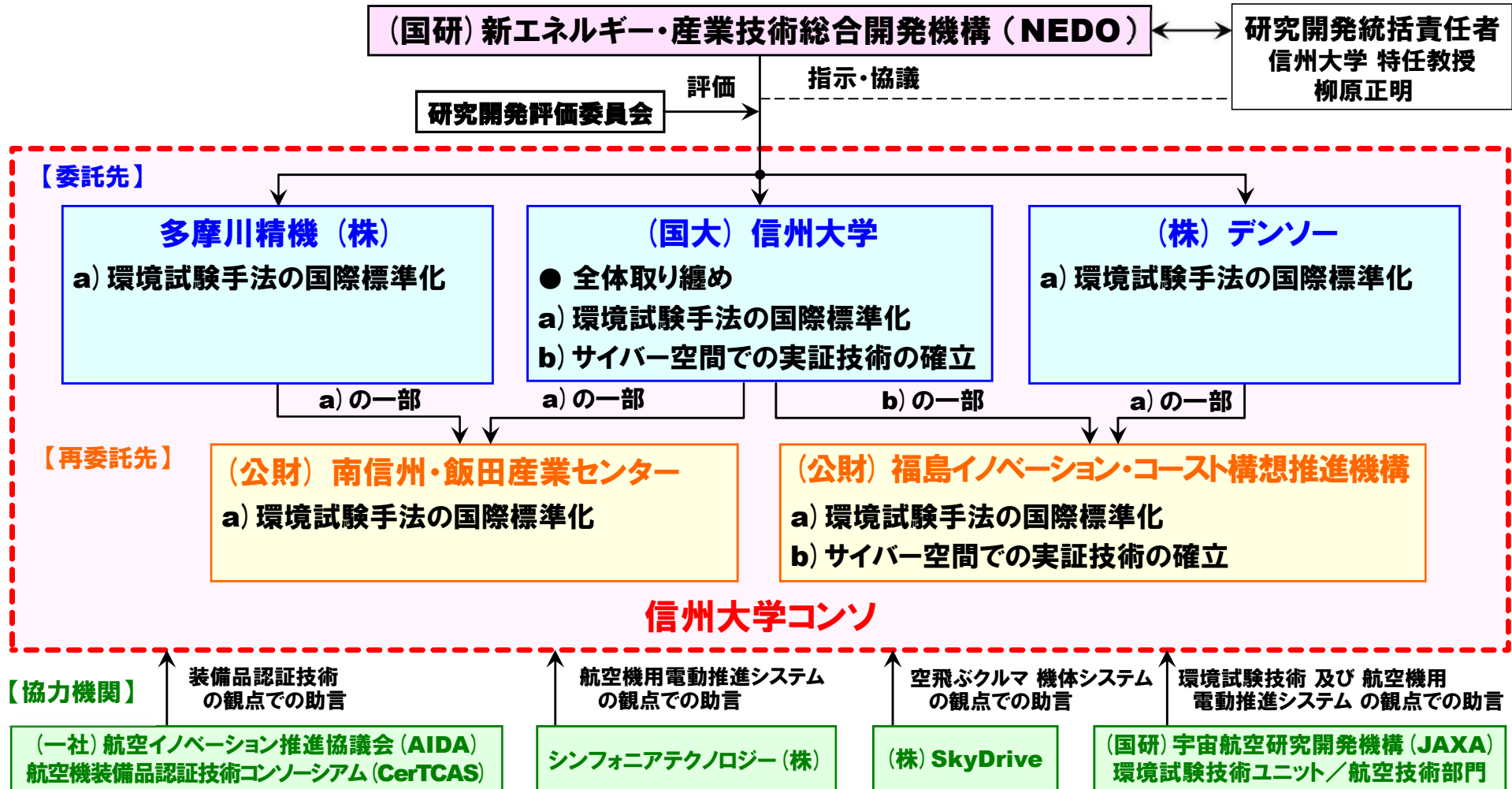
b) サイバー空間での実証技術の研究開発

- ・ **CbA** の基盤となる **数学モデル化技術** 及び **HILS (Hardware in the Loop Simulation) 技術** を確立

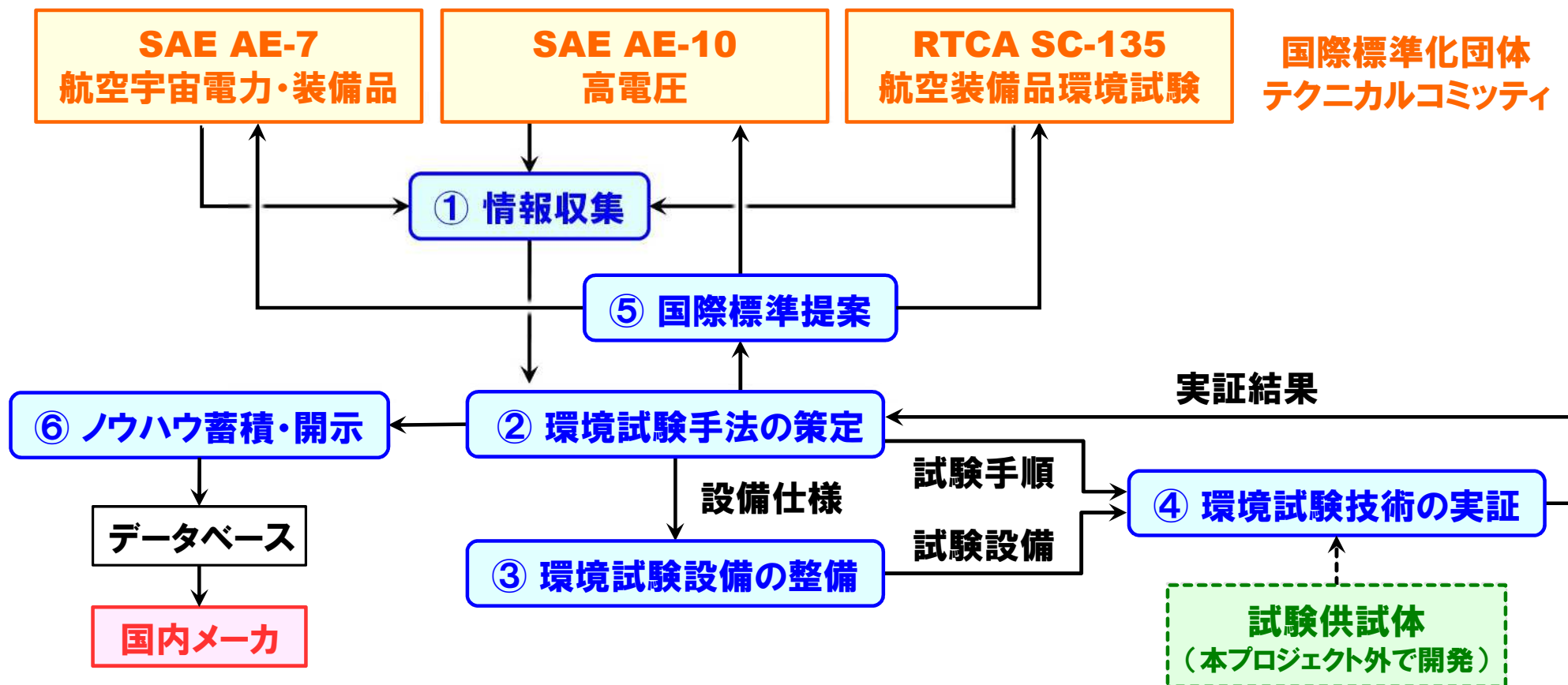
● アウトカム

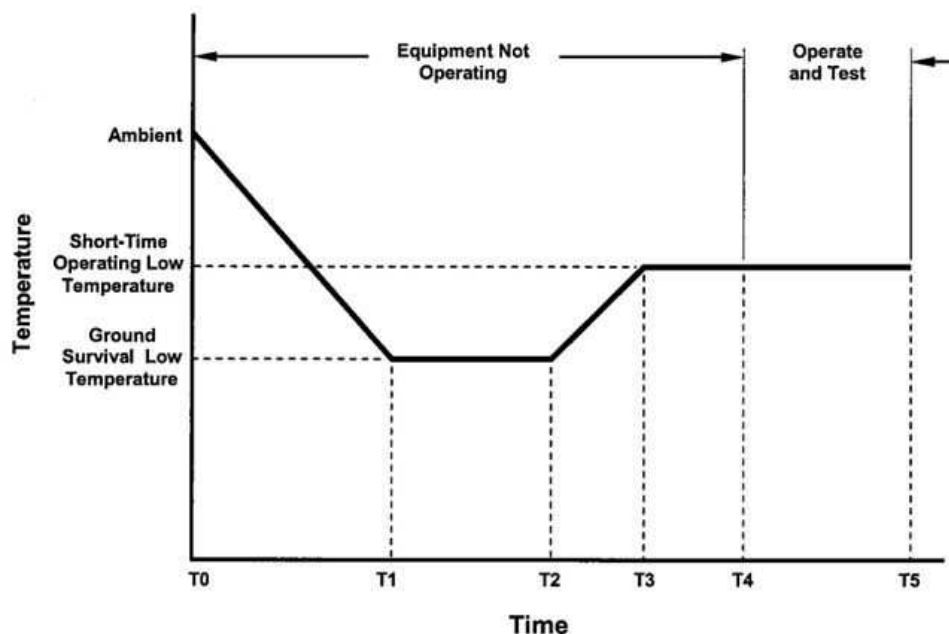
国際標準化団体における我が国の位置づけが高まることにより、**次世代空モビリティの電動推進システム開発** において、**国内企業がイニシアティブを取れる可能性** が生まれ、航空産業の発展に大きく貢献

次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発実施体制



a) 環境試験手法の国際標準化：研究開発の流れ





Note: 1) Temperature change rate from T0 to T1 is not specified.

2) T1 to T2 is time for equipment temperature stabilization time, plus a minimum of three hours.

3) T2 to T3 is at a minimum rate of 2°C/minute

4) T3 to T4 is 30 +5/-0 minutes or the time for internal stabilization.

5) T4 to T5 is 0.5 hours, minimum.

6) If the Short-Time Low and Ground Survival Low Temperatures are identical, the time from T2 to T4 is zero.

7) See Note 2 of the test procedure if the short-time low operating temperature is the same as the operating low temperature.

Figure 4-1 Ground Survival Low Temperature and Short-Time Operating Low Temperature Test

環境試験手順の一例（航空機装備品）：RTCA/DO-160G Section4 “Temperature and Altitude”

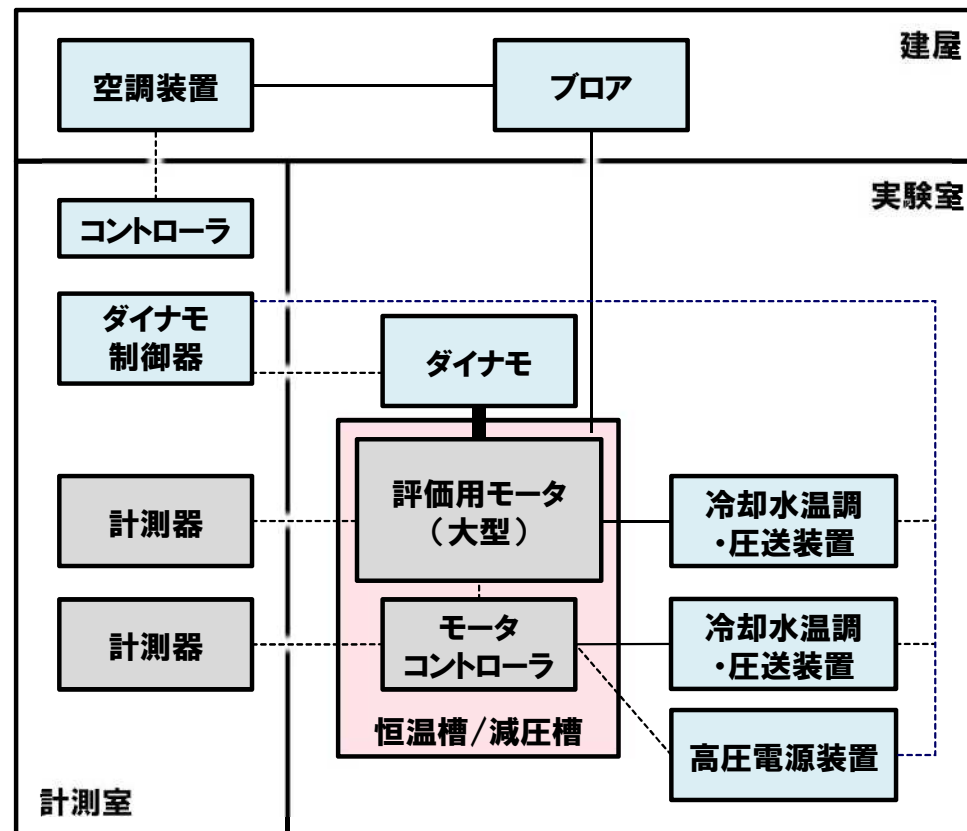
⇒ **空飛ぶクルマの運用環境は航空機とは異なる**ため、その装備品評価に適した**試験手法の新規策定**が必要。

a) 環境試験手法の国際標準化：環境試験設備の整備



- 福島ロボットテストフィールド(福島イノベーション・コースト構想推進機構が運用)に新規設備を整備(デンソー)
 - ・ 大型電動推進システムの試験が実施できる環境を新規整備

連続稼働耐久試験棟



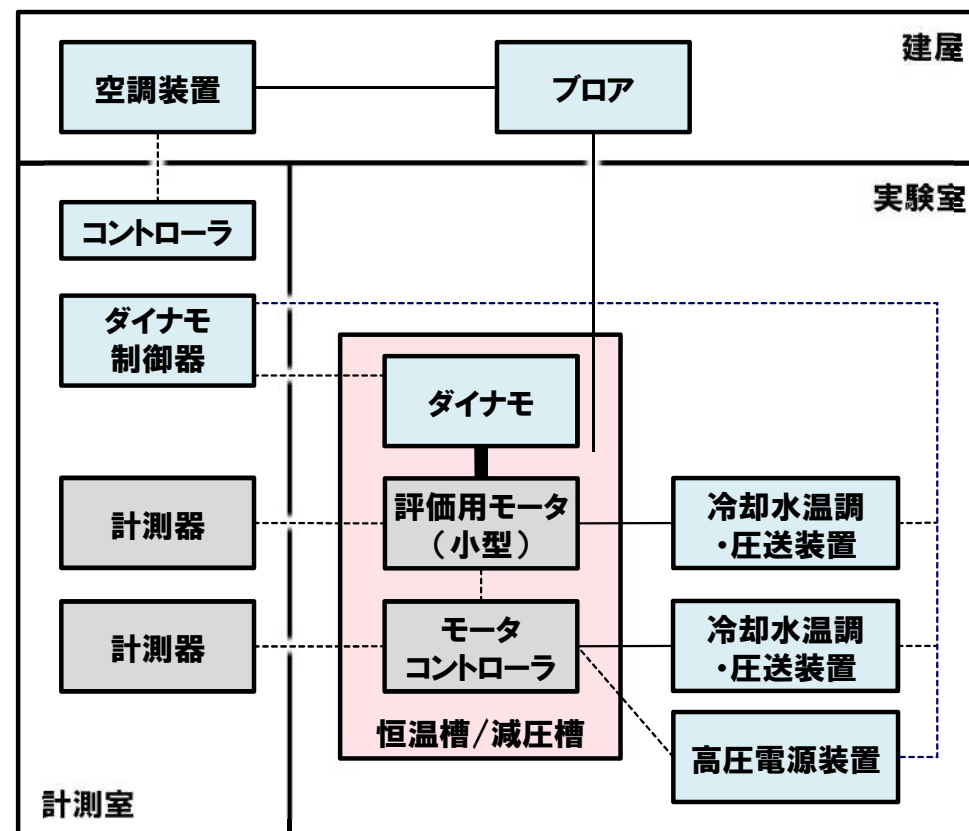
a) 環境試験手法の国際標準化：環境試験設備の整備

● 飯田S-BIRD (南信州・飯田産業センターが運用) に既存の設備を改修 (多摩川精機)

- ・ 既存の環境槽を活用し、小型電動推進システムの試験が実施できる環境を整備
- ・ 大型設備より運用が容易で、試験経費も安価

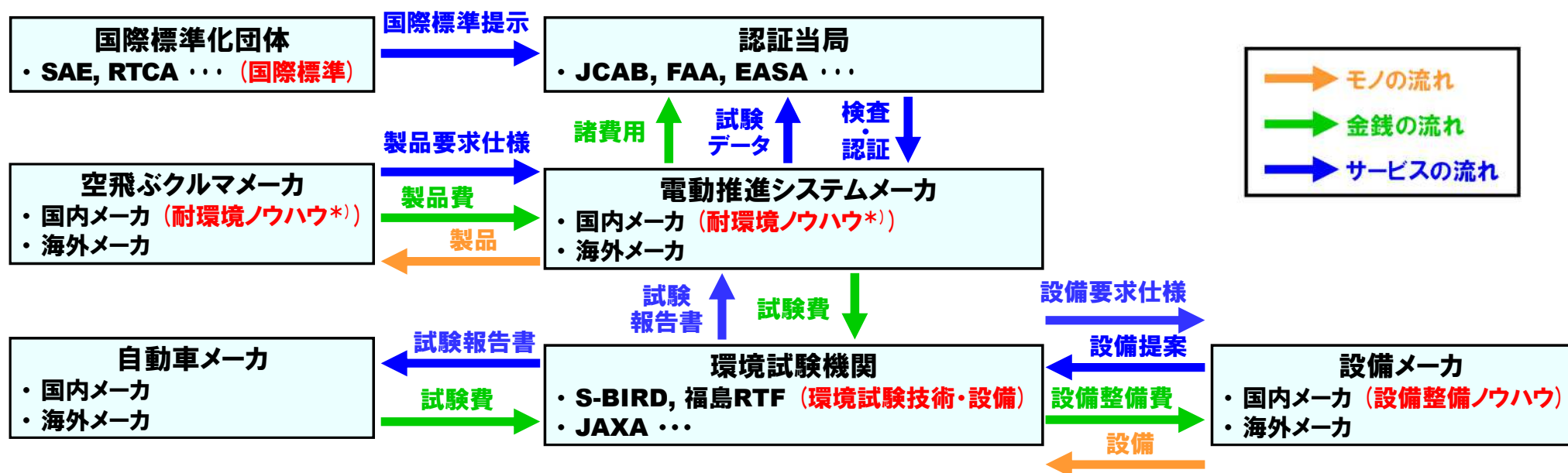


温度・高度・湿度耐候性着氷試験装置
 (内寸 = W:1,500mm × H:1,500mm × D:4,000mm)
 (公財) 南信州・飯田産業センター設置



次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発

a) 環境試験手法の国際標準化：アーキテクチャ、エコシステム



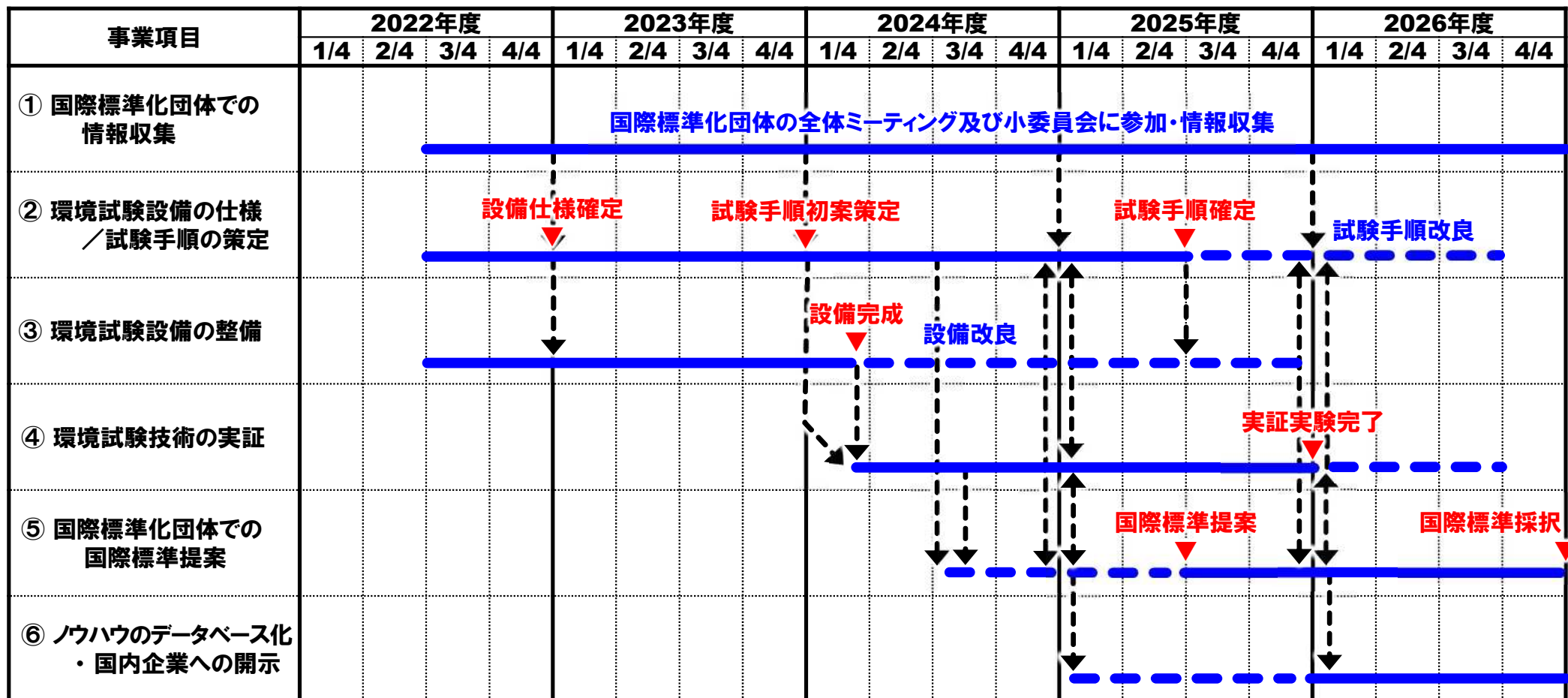
(赤字) は本事業の成果 この優位技術を有する事により、他者より有利に事業を展開

また、国際標準化団体での我が国の位置づけが高まることにより、空飛ぶクルマ開発において国内企業がイニシアティブを取れる可能性

- *) ReAMoからのノウハウの開示は、S-BIRDが中心となり、CerTCAS研究会などによって同会員を対象として実施
- CerTCAS (本事業協力機関) : 航空機装備品認証技術コンソーシアム, 法人会員42社/個人会員14名
- S-BIRD (本事業再委託先) : CerTCASにおいて環境試験技術を担当


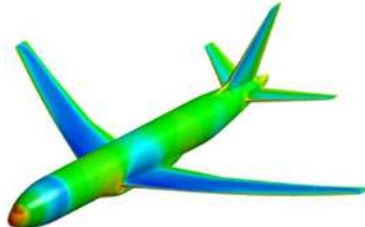




次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発

a) 環境試験手法の国際標準化：研究開発計画

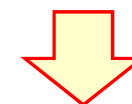


b) サイバー空間での実証技術の研究開発

● 航空機及び装備品の開発試験の変化

		実環境試験	サイバー空間での試験
航空機開発試験	空力特性推定	 <p>風洞試験</p>	 <p>CFD (Computational Fluid Dynamics)</p>
	飛行特性評価	 <p>飛行試験</p>	 <p>飛行シミュレーション試験</p>
装備品開発試験	 <p>飛行試験</p> <p>搭載・評価</p> 	<p>将来</p> <p>CbA (Certification by Analysis)</p>	

ほとんどの試験はサイバー空間での試験とし、その結果の一部を風洞／飛行試験で確認

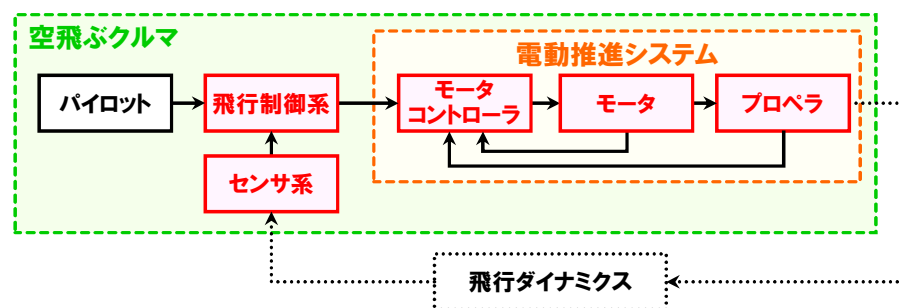


- 開発試験の時間・コストが大幅に縮減
- **Off Nominal** ケースでの評価が可能

b) サイバー空間での実証技術の研究開発：目標

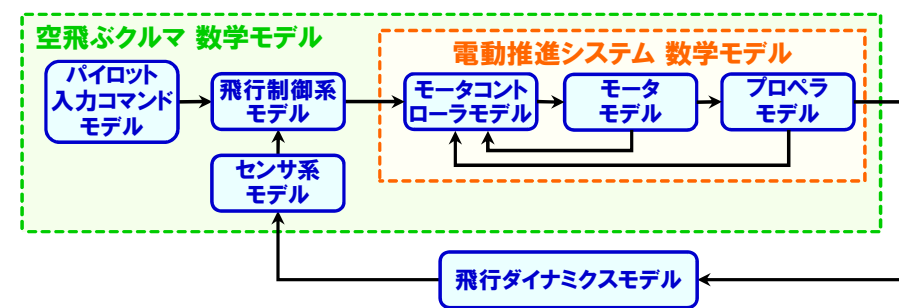
(a) 現状

全て実物ハードウェアを用いて飛行試験(実環境試験)により証明



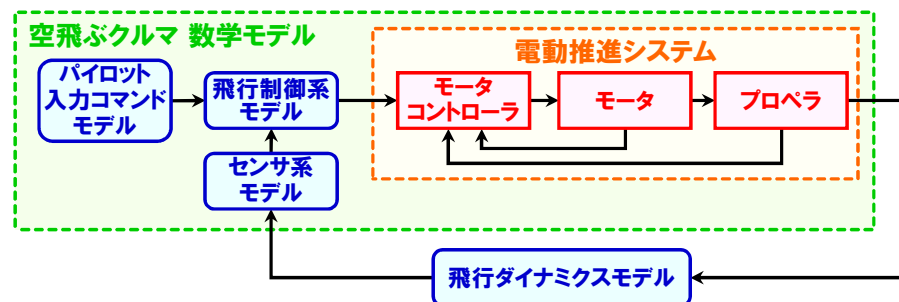
(c) 将来目標

全ての要素を数学モデルとした解析(MILS)により証明 ⇒ CbA



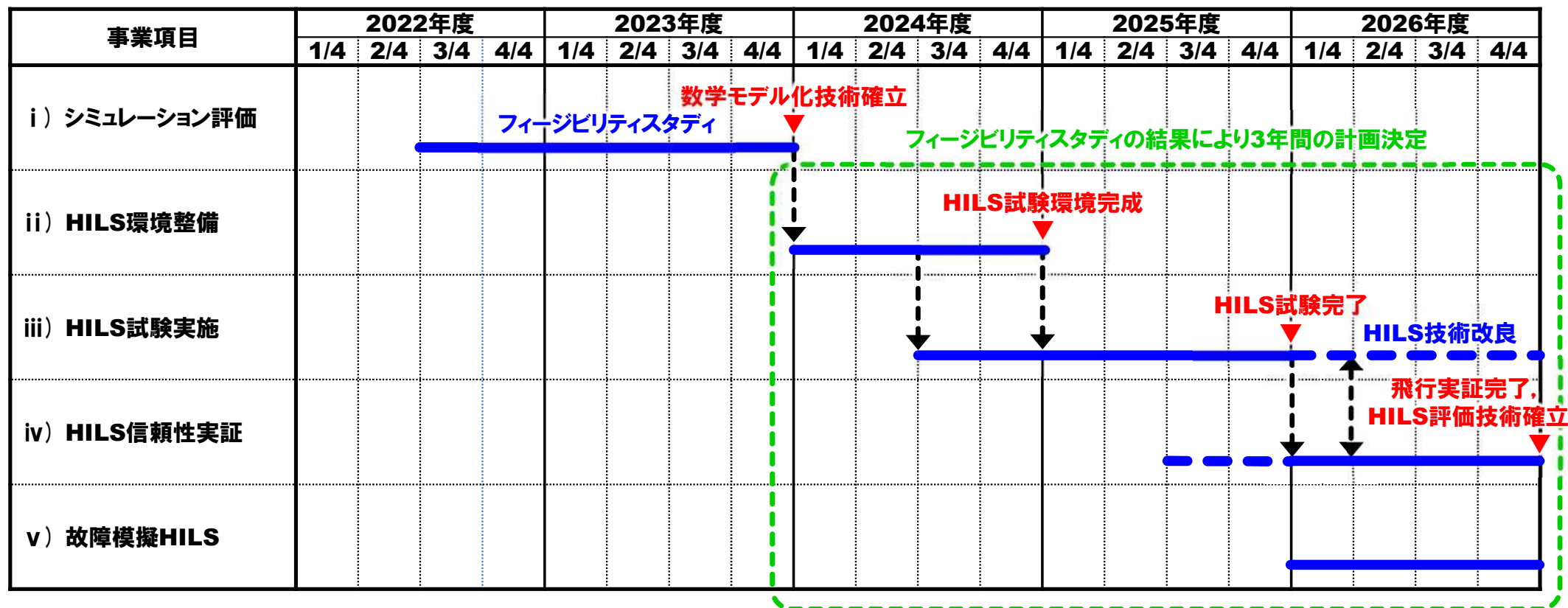
(b) 本事業の目標

評価対象の電動推進システム以外は数学モデルとした地上試験(HILS)により証明



HILS : Hardware in the Loop Simulation
MILS : Model in the Loop Simulation
CbA : Certification by Analysis

b) サイバー空間での実証技術の研究開発：研究開発計画



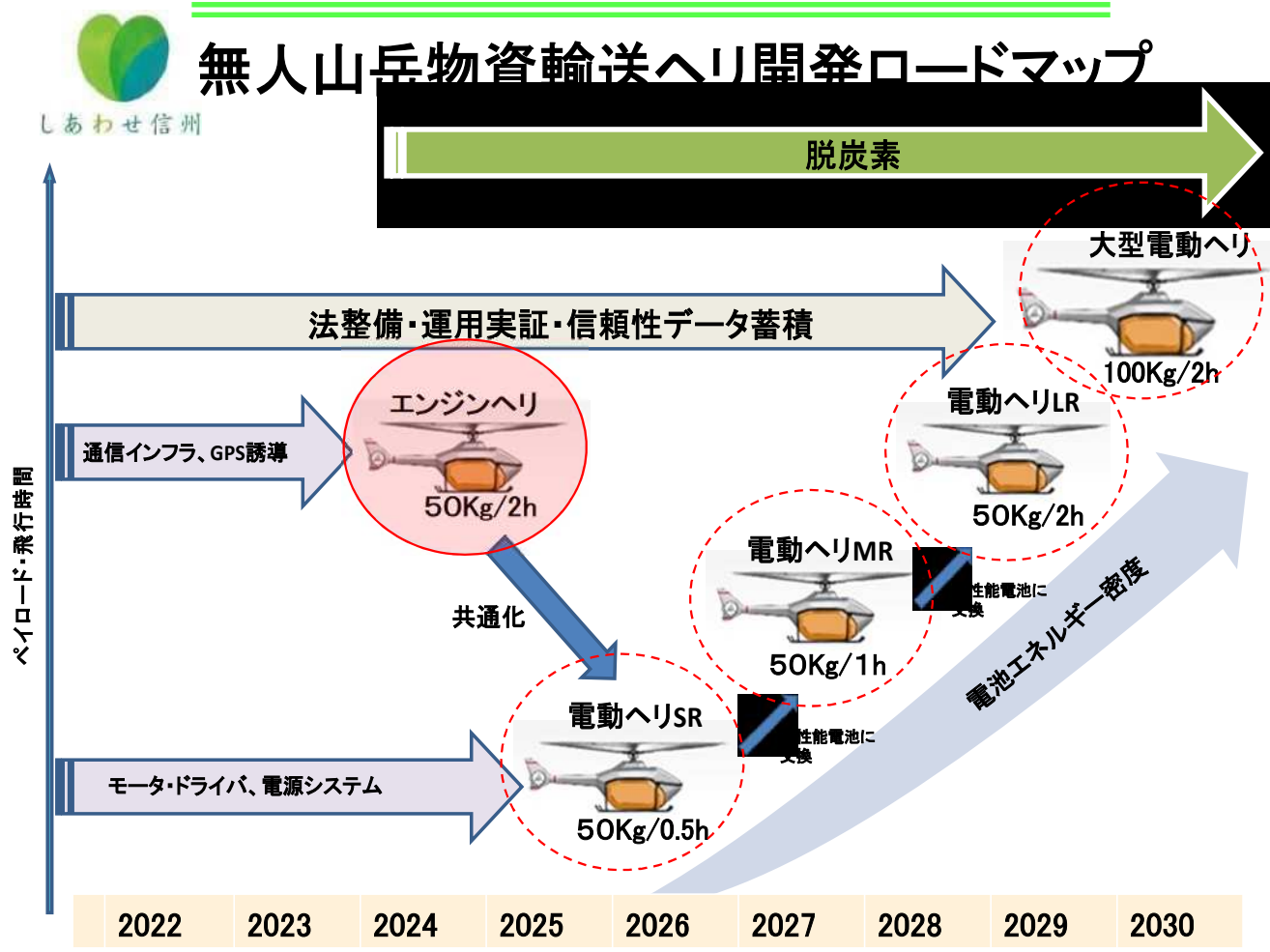
長野県航空機システム電動化プロジェクトの紹介
～ミリ波レーダ技術の適用～
航空宇宙システム研究拠点
航空機システム部門 小松勝彦

長野県航空機システム電動化プロジェクトの概要

航空機産業を取り巻く主な環境変化

- 航空装備品の電動化
 - ⇒ 電動化の潮流への対応
- 業務用無人航空機市場の拡大
 - ⇒ 無人航空機の新産業創出の可能性
- コロナ禍による航空需要の急減
 - ⇒ 航空機産業への参入のチャンス

電動化対応を促進するとともに、地域の課題解決を目的として、研究開発を担う企業や大学等と、課題に直面する地域を含めた産学官連携体制により、無人航空機・システムの開発に取り組む。



長野県航空機システム電動化プロジェクト（第2回）会議資料より作成

無人山岳物資輸送用ヘリ開発の背景

山小屋の物資輸送

- 事業用有人ヘリ
- 運用制限
 - 日程、天候、コスト

- 強力（歩荷）
- 人材不足

代替手段の提供

- 山岳物資輸送用無人ヘリコプタ

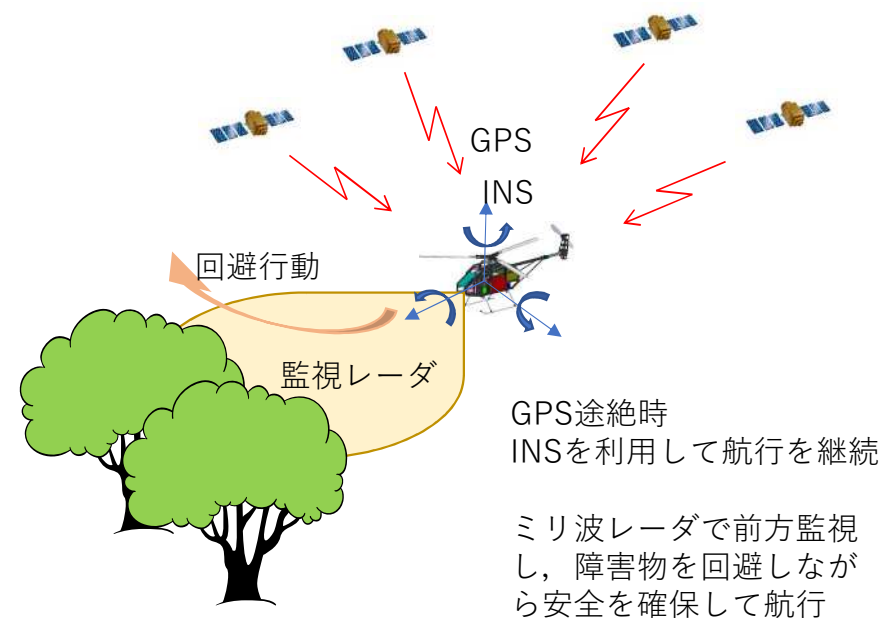
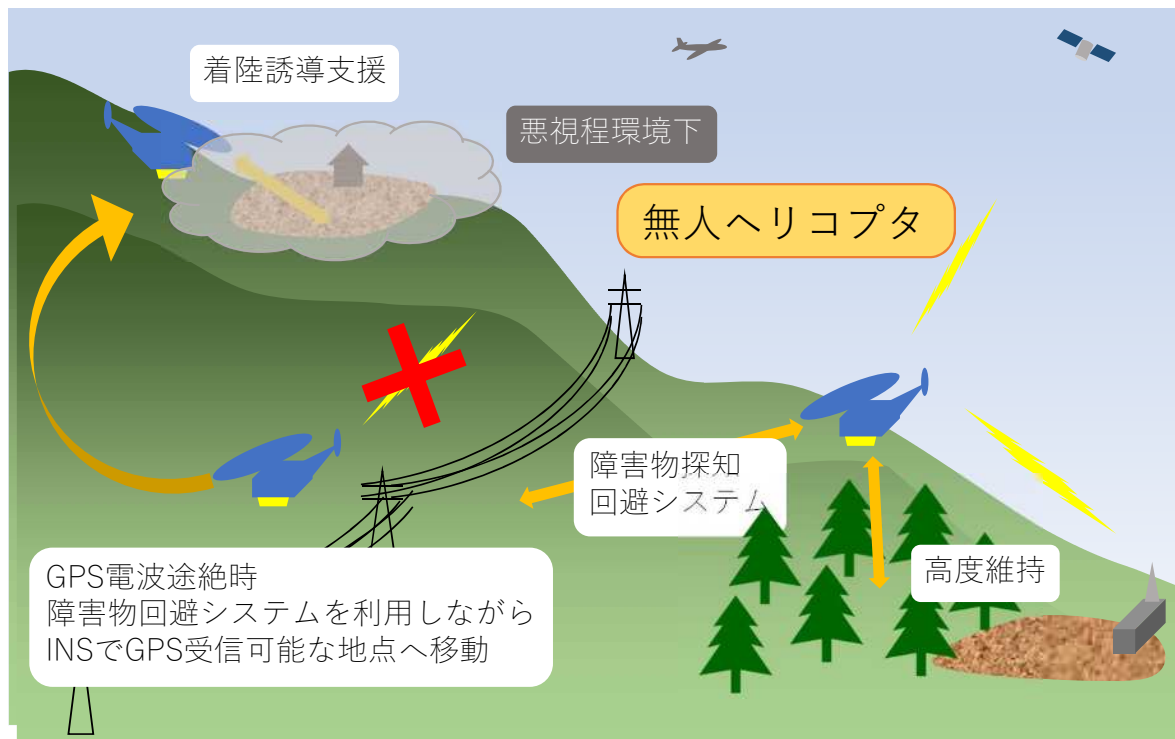
- 最高高度 3,000m
- ペイロード 50kg

山岳地帯特有の課題に対応

- 天候の急変・悪化
- 山間地の急峻な地形変化
- 森林、送電網などの障害物
- GPS電波の途絶

- ミリ波レーダ、GPS/INS技術の適用

山岳物資輸送用無人ヘリ：開発の概要



山岳物資輸送の課題を解決し、安全安心な輸送を実現

山岳物資輸送用無人ヘリ：開発体制

成長型中小企業等研究開発支援事業：「Go-Tech事業」

- ミリ波レーダとGPS/INS技術の融合により実現する山岳物資輸送用無人ヘリの開発

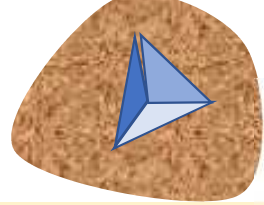
- 事業管理機関：公益財団法人長野県産業振興機構
- 主たる研究等実施機関：株式会社クエストコーポレーション
機体システムの設計製造
- 従たる研究等実施機関：長野県工業技術総合センター
耐環境性評価等
：国立大学法人信州大学
ミリ波レーダ、GPS/INS技術

ミリ波レーダ研究の概要

- ✓ 距離情報の取得が容易
- ✓ 赤外線カメラ，可視カメラでは見えない雲中でも探知可能
- ✓ 夜間でも使用可能
- ✓ 電波を出すビーコンが不要

県内企業との共同研究

コーナーリフレクタ
障害物など



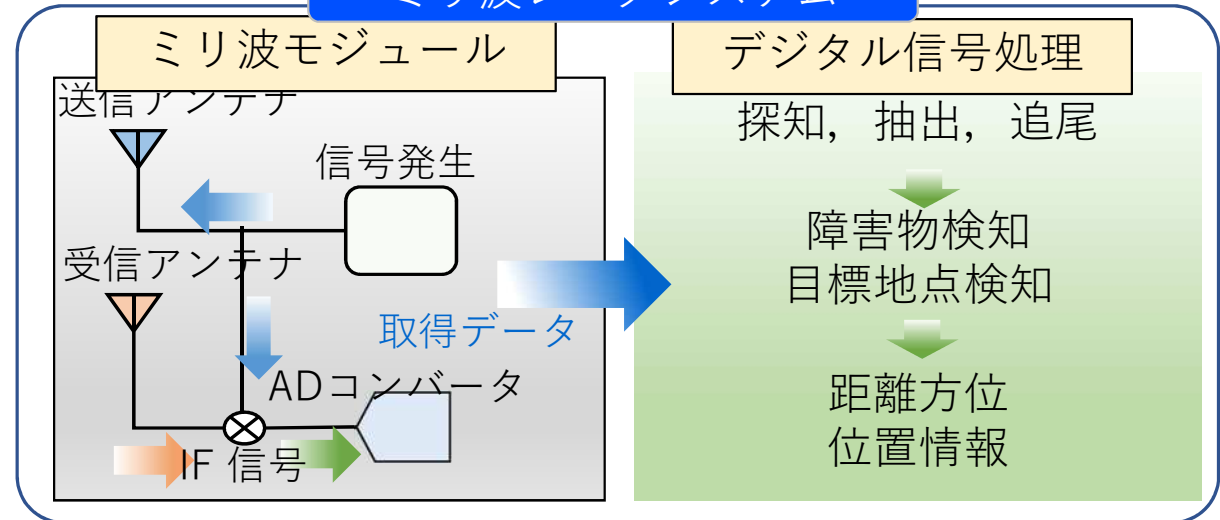
ミリ波伝搬特性の把握

- 濃霧中の伝搬

反射特性の把握

- コーナーリフレクタ等
- 地面，草地，アスファルト
- 電線などの障害物

ミリ波レーダシステム



デジタル信号処理

目標検知等に最適な
信号処理の検討

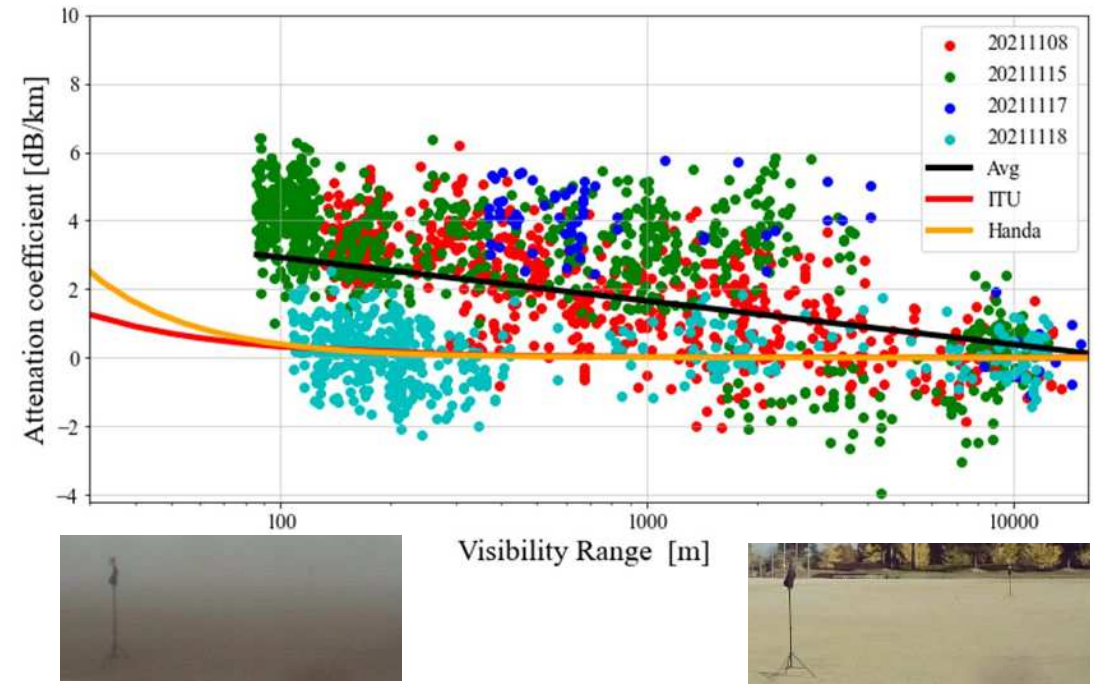
航法システム

障害物回避
着陸誘導
非GPS環境下

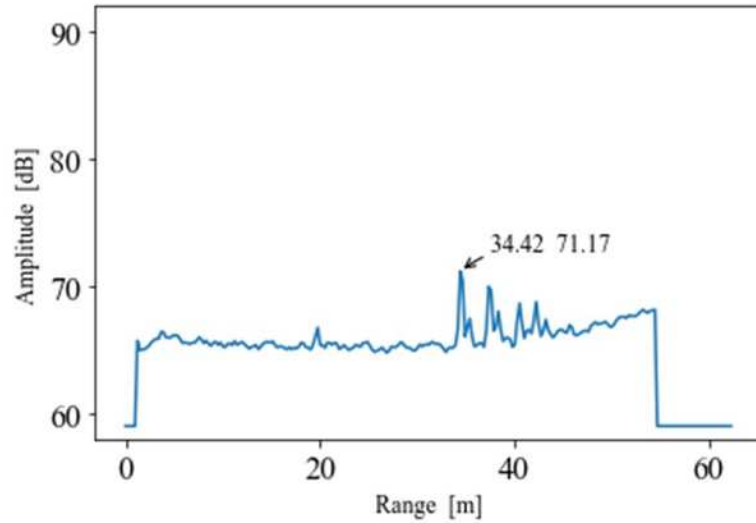
ミリ波レーダの特性：伝搬特性



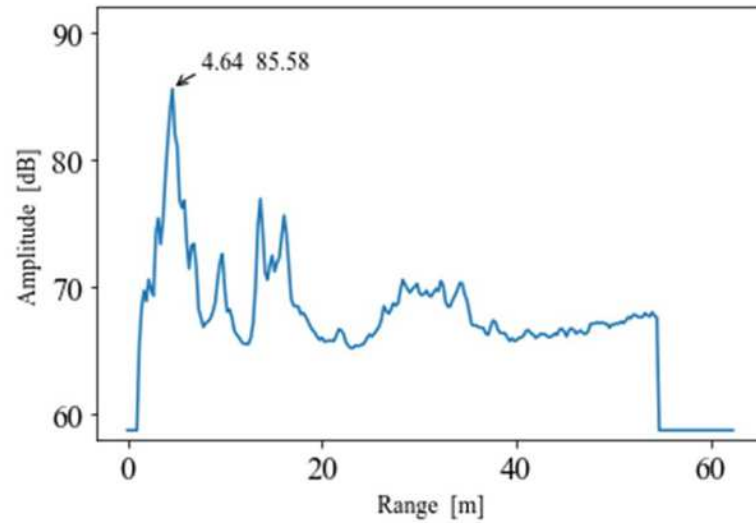
@ 喬木村運動公園



ミリ波レーダの特性：反射特性

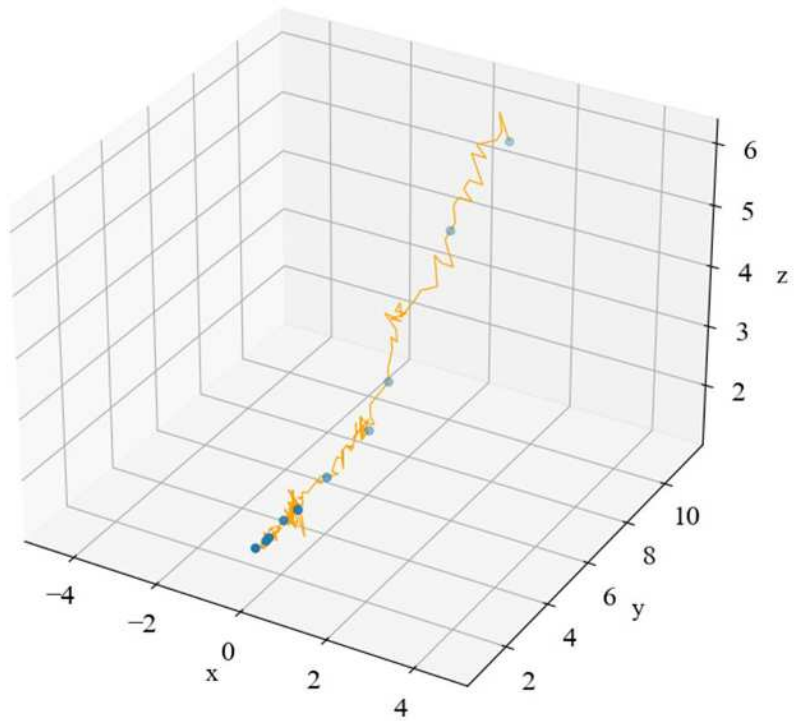


送電線のRange Profile



針葉樹の森の Range Profile

ミリ波レーダの活用：着陸誘導実験



レーダ脇につけたビデオカメラ映像

航空機用モータ開発の事例紹介

～ モータの出力/質量比の向上と損失低減技術 ～

航空宇宙システム研究拠点
基盤技術部門 水野 勉

2. モータの出力/質量比の向上のためには？

(1)出力/質量比 $P_o / m = k \cdot D^2 \cdot l \cdot B_g \cdot N / m$ (W/kg)

- ・ロータ径 D
- ・モータ長 l

体積：小

- ・ハルバッハ磁石配列
- ・高 B_s 鉄心（高 B_s で低密度の軟磁性材料はない）

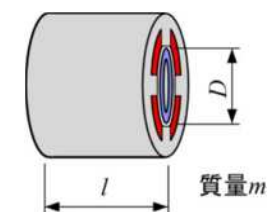
ギャップ磁束密度 B_g

- ・回転数 N

多極化による高周波駆動

- ・質量 m

・アルミニウム線
・高占積率化（平角線）
・交流銅損の低減



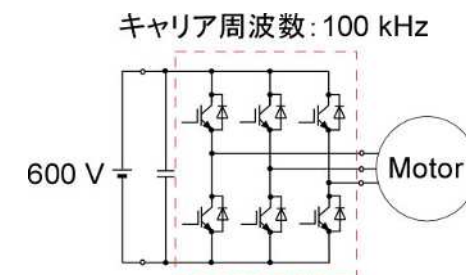
モータの簡略図

(2)回路法方程式

$$V = L \frac{di}{dt} + Ri + \omega\psi \quad (\text{V})$$

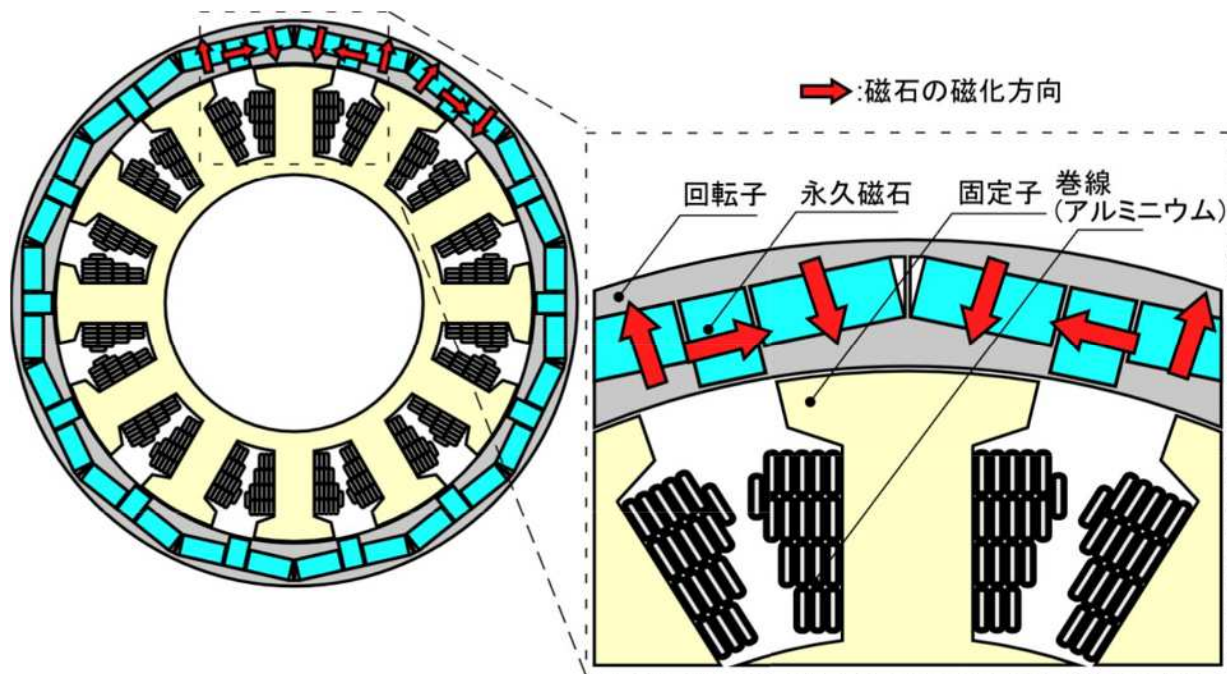
- ・高電圧駆動による駆動電流の低減

銅損の低減（巻線の耐圧が課題）



駆動回路ブロック図

3. モータの出力増加のためには？



モータの出力増加のために

(1)ギャップ磁束密度の増加
ハルバツハ磁石配列
(表面磁石配列の1.2倍以上)

(2)高 B_s 電磁鋼板
パーメンジュール: $B_s = 2.3T$

(3)多極化
→ 高周波駆動

図 ハルバツハ磁石配列をもつ同期モータの例

吉田 亮, 北島 純, 米 隆志, 佐藤 光秀, 水野 勉, 下田 勇氣, 久保田 晃弘, 和田 章吾, 吉地 照朗, 熊谷 秀夫:
交流銅損低減のために磁性テープを巻線に貼付したドローン用アウターロータモータ、電気学会 回転機研究会、RM-22-057、
2022.

4. モータの軽量化のためには？

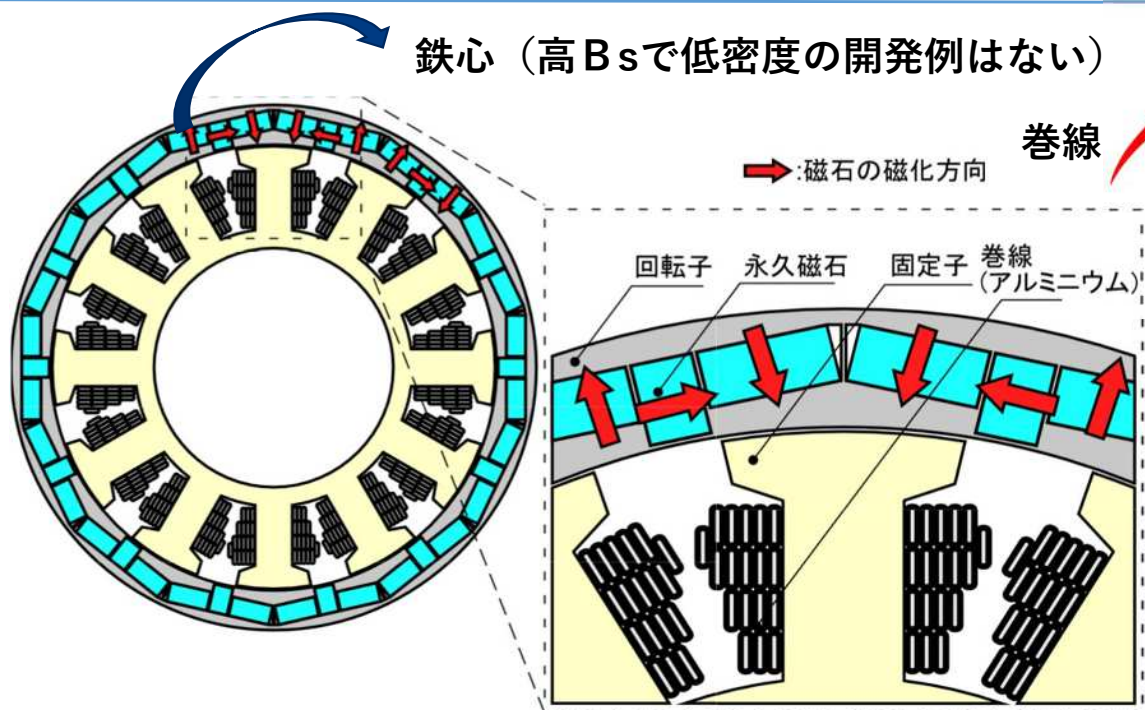


図 ハルバツ八磁石配列をもつ同期モータの例

表1 銅とアルミニウムの特性比較

材質	密度 (g/cm ³)	抵抗率 (Ω・m)
銅	8.96	1.72×10^{-8}
アルミニウム	2.7	2.79×10^{-8}

0.3倍

1.6倍

巻線抵抗の低減

⇒ 占積率の増加 (直流銅損低減)

⇒ 交流銅損の低減

吉田 亮, 北島 純, 栄 隆志, 佐藤 光秀, 水野 勉, 下田 勇氣, 久保田 晃弘, 和田 章吾, 吉地 照朗, 熊谷 秀夫:
交流銅損低減のために磁性テープを巻線に貼付したドローン用 OUTER ロータモータ、電気学会 回転機研究会、RM-22-057、
2022.

5. モータの損失低減のためには？

(1) 磁性くさび：磁束密度空間高調波の高次周波数の低減 → 鉄損低減

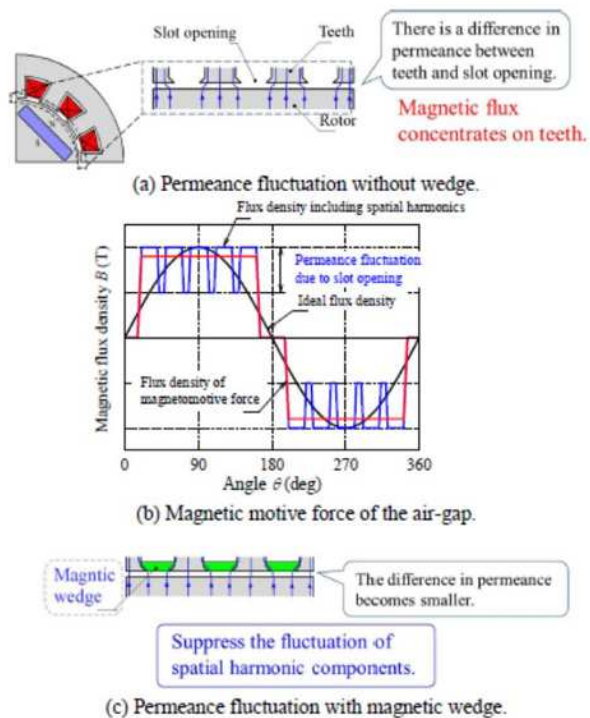


図 磁性くさびを用いた回転子損失の低減原理

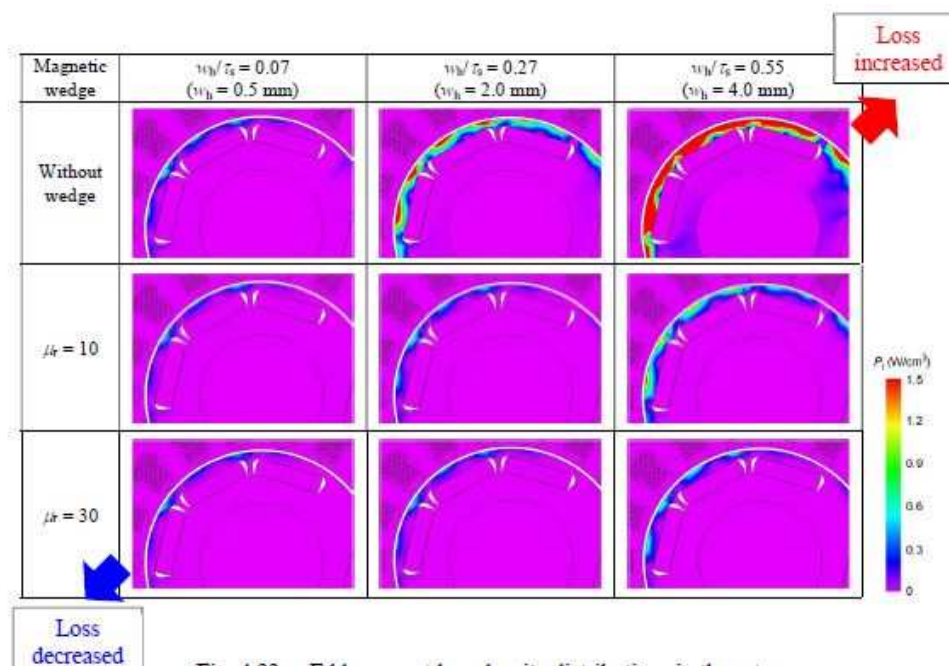


図 磁性くさびを用いた回転子損失の低減例

堀内学、水野勉、ほか：磁性くさびを用いた埋込磁石形同期モータのトルクリプルおよび損失の低減、電気学会論文誌D, Vol. 143, No. 2, pp. 157-165, 2023.

5. モータの損失低減のためには？

(1) 磁性くさび：磁束密度空間高調波の高次周波数の低減 → 鉄損低減

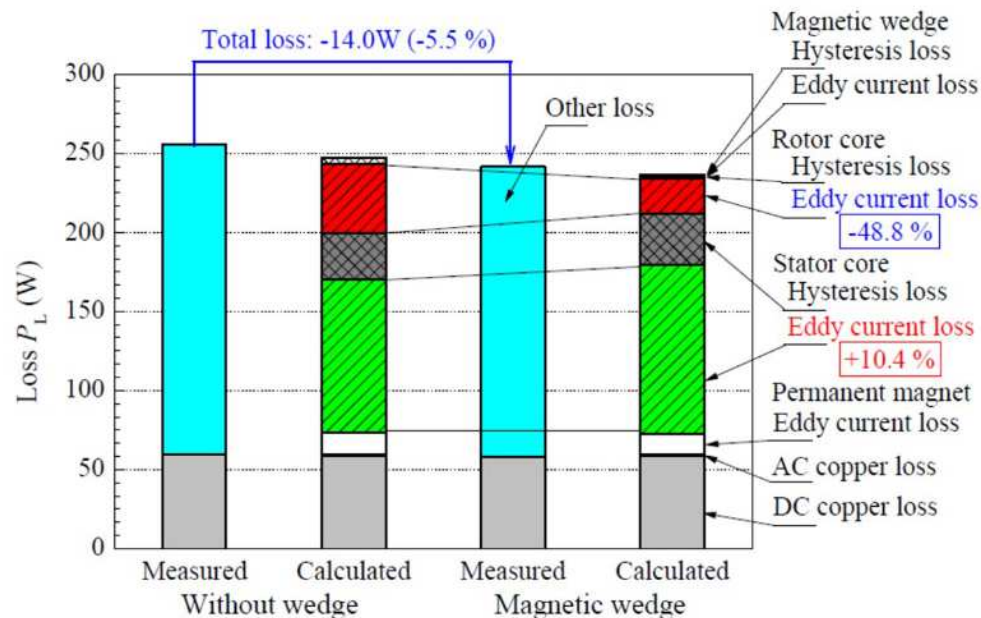


図 磁性くさびを用いた損失低減効果

(出力：2.15 kW, 回転数：20,000 rpm, PWMスイッチング周波数：6.25 kHz)

堀内学、水野勉、ほか：磁性くさびを用いた埋込磁石形同期モータのトルクリプルおよび損失の低減、電気学会論文誌D, Vol. 143, No. 2, pp. 157-165, 2023.

5. モータの損失低減のためには？

(2) 近接効果に依存する交流銅損の低減

巻線に鎖交する永久磁石の磁束を磁性テープを用いて低減 → 交流銅損の低減

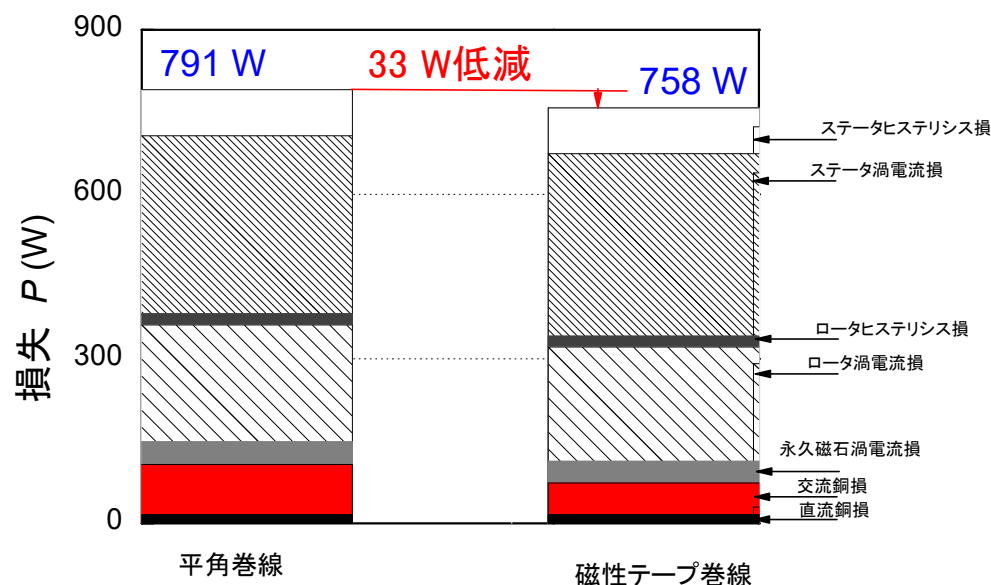


図 磁性テープを用いた交流銅損の低減効果 (FEM解析) 例

吉田 亮, 北島 純, 栄 隆志, 佐藤 光秀, 水野 勉, 下田 勇氣, 久保田 晃弘, 和田 章吾, 吉地 照朗, 熊谷 秀夫: 交流銅損低減のために磁性テープを巻線に貼付したドローン用アウターロータモータ、電気学会 回転機研究会、RM-22-057、2022.

2023年 信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム
IEEE Metro Area Work Shop (IEEE Japan Council, IEEE Shin-etsu Section)
合同イベント

ご清聴ありがとうございました。

**信州大学航空宇宙システム研究拠点の紹介と
空モビリティ技術の研究開発**

信州大学航空宇宙システム研究拠点 拠点長 佐藤 敏郎

航空機システム部門 副部門長 柳原 正明

航空機システム部門 小松 勝彦

基盤技術部門 水野 勉

2023年
信州大学
航空宇宙システム研究拠点
年次シンポジウム

秋田大学電動化システム共同研究センターの紹介と 新世代モーター特性評価ラボにおける研究開発

2023年11月25日
秋田大学 電動化システム共同研究センター

榑 純一 沓澤 圭一

目次

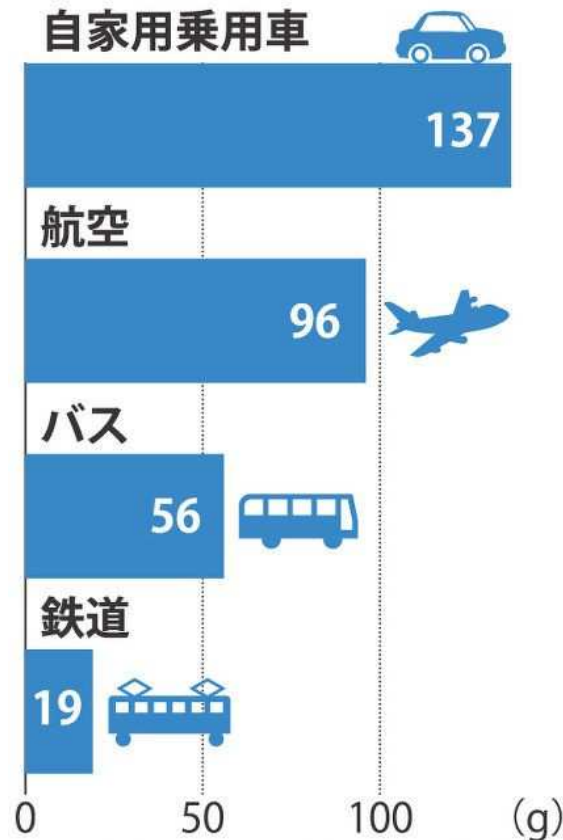
1. 航空機システムの電動化とは
2. 秋田県の取り組み
3. 電動化システム共同研究センター
4. 新世代モーター特性評価ラボ

1. 航空機システムの電動化とは

1. 航空機システムの電動化とは

航空機を取り巻く環境

1キロを移動した場合
1人あたりで排出する
二酸化炭素の量 (2017年度)



※国土交通省の資料を基に作成

「空の脱炭素」日米欧連携へ

電動航空機の安全基準 国際標準化狙う

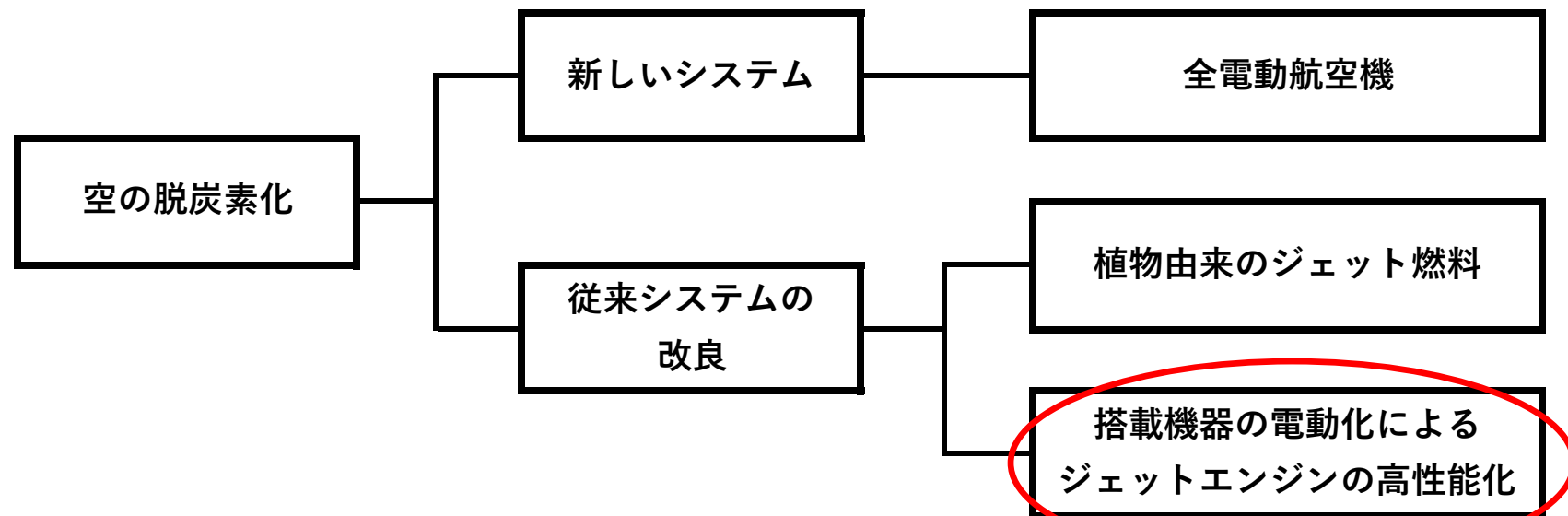
政府は「空の脱炭素」推進へ米欧の航空当局との連携へ動き出す。航空分野の温暖化ガスの排出削減につながる電動航空機の普及を見据え、安全基準の国際標準化をめざす。航空でも脱炭素競争が激しくなるなか、国際標準づくりで後手に回れば国内航空産業の競争力に響かぬかぬとの危機感が背骨にある。国土交通省の有識者会議が年内にまとめる航空分野の脱炭素戦略に盛り込む。2022年度に開始する「2030年までに電動航空機は大量の温暖化ガスの排出につながるジェット燃料の代わりに、電気でエンジンを動

す。航空でも脱炭素競争が激しくなるなか、国際標準づくりで後手に回れば国内航空産業の競争力に響かぬかぬとの危機感が背骨にある。国土交通省の有識者会議が年内にまとめる航空分野の脱炭素戦略に盛り込む。2022年度に開始する「2030年までに電動航空機は大量の温暖化ガスの排出につながるジェット燃料の代わりに、電気でエンジンを動

(出典)
2021年12月5日
日本経済新聞

1. 航空機システムの電動化とは

「脱炭素」に向けた3つの方法



秋田で研究開発中

1. 航空機システムの電動化とは

全電動航空機の開発状況



スウェーデンのハートエアロスペースの30人乗りの電気飛行機ES-30

(出典) Heart AerospaceのWebsite

- ・2020年代後半にフル充電で航続距離200kmを目標
- ・航続距離はバッテリー性能に依存

1. 航空機システムの電動化とは

SAF(植物や廃棄物から作ったバイオ燃料)

SAF

エジプトで開催中の第27回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP27)を中心とした脱炭素に向けた取り組みは航空業界にも及ぶ。当面の現実解として有望なのが、廃棄する油や動物の脂に由来する持続可能な航空燃料(SAF)だ。現状の生産量はわずかだが、需要を見込んだ企業が様々な製造法の開発に取り組む事業化を狙う。

「燃費の向上などはやり尽くした。残された数少ない解決策の一つがSAFだ」。全日本空輸(ANA)で脱炭素の対策を担う古川浩平マネージャは焦りを感じている。



航空燃料の脱炭素加速

Techワード

安定供給へ製造法競う

同社も加盟する国連の専門組織、国際民間航空機関(ICAO)は10月の総会で2024年以降、炭素(CO₂)排出量を81%削減できることを努力目標として定めた。27年以降は原則義務となり対策が急務だ。航空機は飛行に使うエネルギーが大きく、現状の技術では燃料を水素にしたり電動化したりするのが難しい。SAFは廃油などから製造でき、成り分は既存の燃料とほぼ変わらない。米スタートアップのラ

すでに一部の便で使われているが、供給量はまだまだわずかだ。20年の世界航空燃料の消費量に対して0.03%にすぎず、増え続ける需要をほとんど満たせていない。

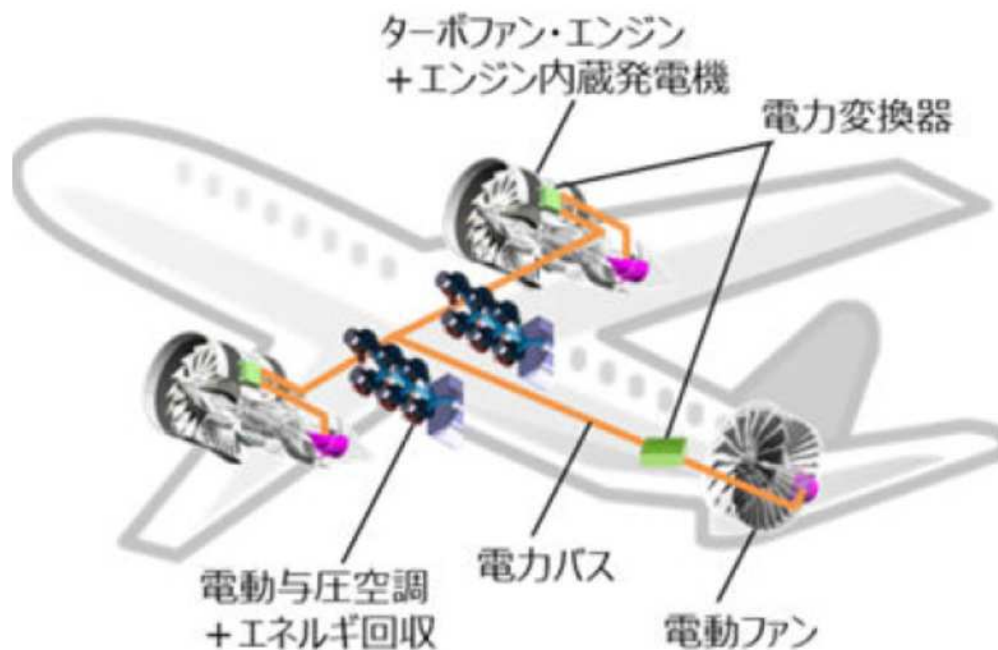
安定的な供給を目指す。様々な企業が製造法の研究開発に乗り出して

(出典)
2022年11月18日
日本経済新聞

1. 航空機システムの電動化とは

秋田が想定するハイブリッド航空機

- すべて電気で飛行する完全電動飛行機ではなく
- 既存のジェットエンジンと，電動ファンを併用した機体



秋田ではここで使用する各種のモーターを研究開発中

1. 航空機システムの電動化とは

なぜジェットエンジンに電動化技術を採用すると燃費が向上するのか？

- ジェットエンジンは推力を発生させるだけでなく、客室に加圧空気を送り、航空機の操縦に必要な高圧オイルを供給する。
- これらの仕事をジェットエンジンから切り離し、モーター駆動のポンプで高圧空気や高圧オイルを作り出すことができれば、ジェットエンジンは推力を発生させることに専念できる。
- ジェットエンジンの仕事量が減ることで、ジェット燃料の使用量が減る。これが脱炭素化につながる。

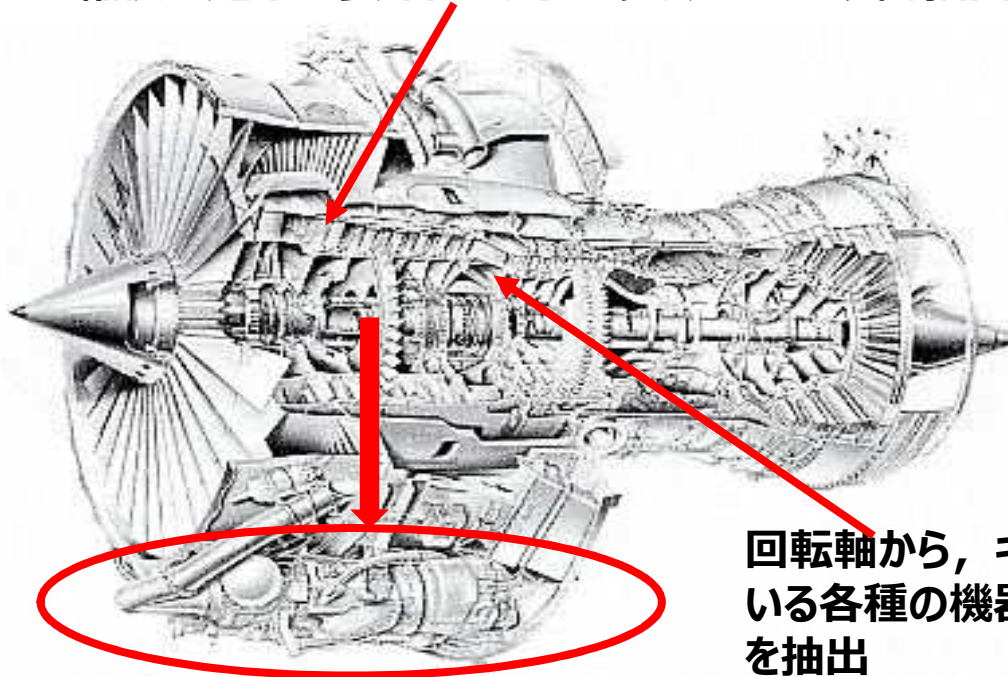
秋田では、3種類のモーター(①超高速, ②高出力, ③高トルク)のモーターを研究開発中。

1. 航空機システムの電動化とは

航空エンジンが担う仕事

ジェットエンジンが負担している仕事をそこから切り離して、その仕事をモーターに任せ、**ジェットエンジンを推力の発生に専念させて負担を軽減させることで、CO2発生量が減少する。**

圧縮機の途中から、客室を与圧するための空気を抽出（客室用抽気）



ジェットエンジンは、本来であれば推力の発生だけに専念させたいが、実際は、それ以外の仕事も負担している。

回転軸から、ギアボックスに装着されている各種の機器を駆動するための動力を抽出

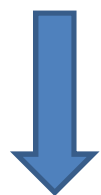
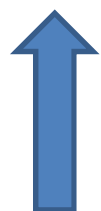
（出典）図はRR社のWebsite

ギアボックスには、発電機、燃料ポンプ、オイル&油圧ポンプが装着

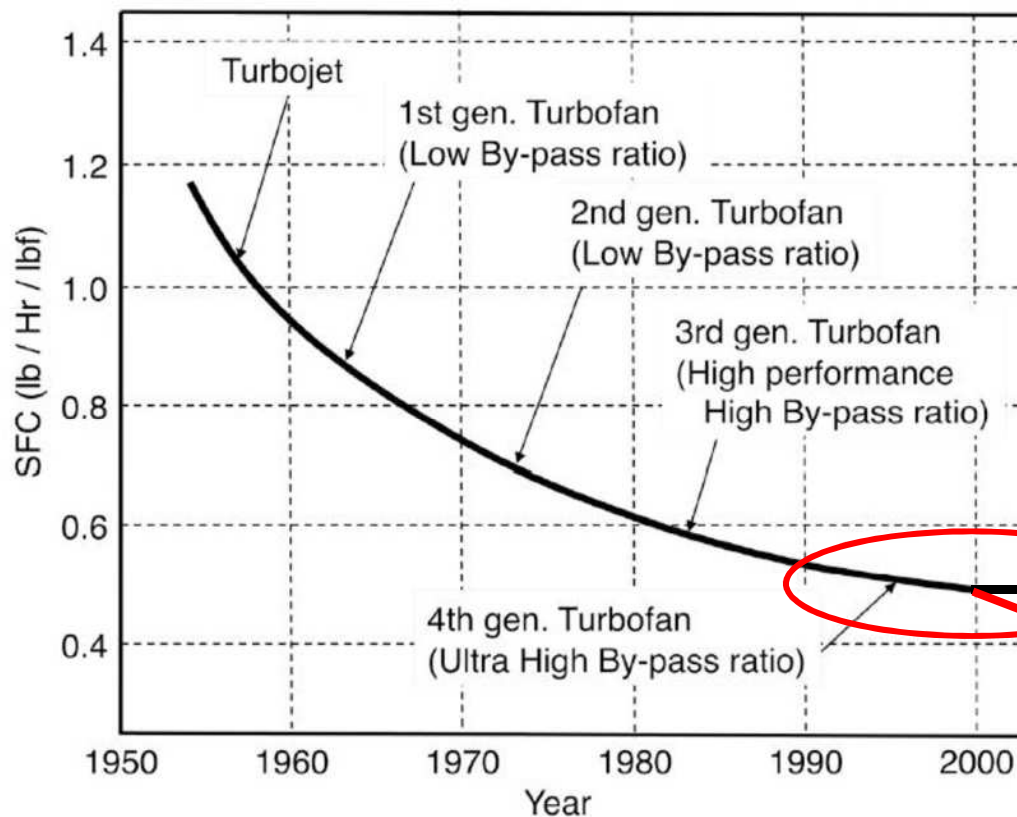
1. 航空機システムの電動化とは

進化の停滞 燃料消費率の年代による推移

燃費 悪い



燃費 良い



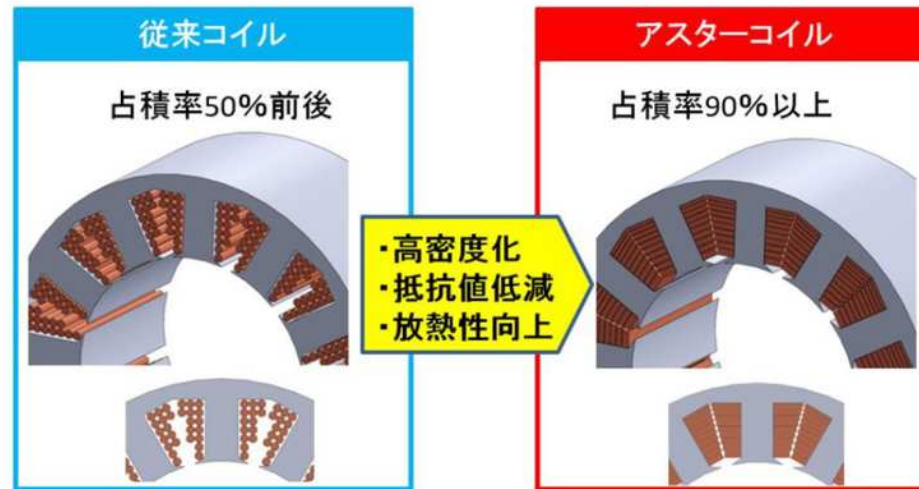
燃費改善の進化速度が鈍り、飽和状態に近づいてきた。

電動化により、燃費改善を促進。

(出典) 電気製鋼 第83巻1号, 2012年

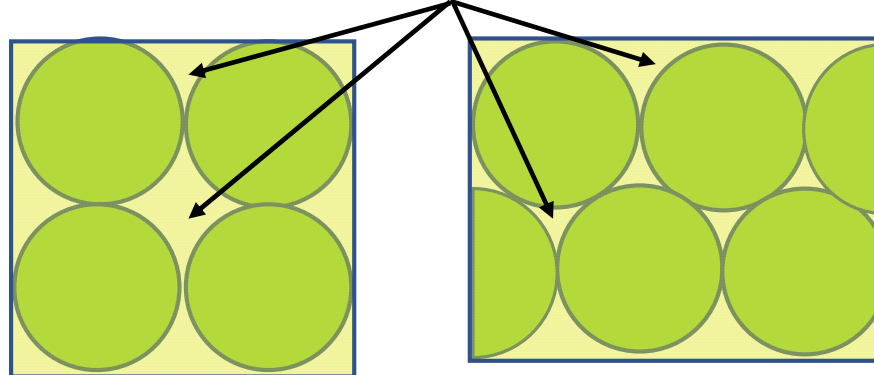
2. 秋田県の取り組み

2. 秋田県の取り組み アスターコイルの誕生



出典:アスター社のHP

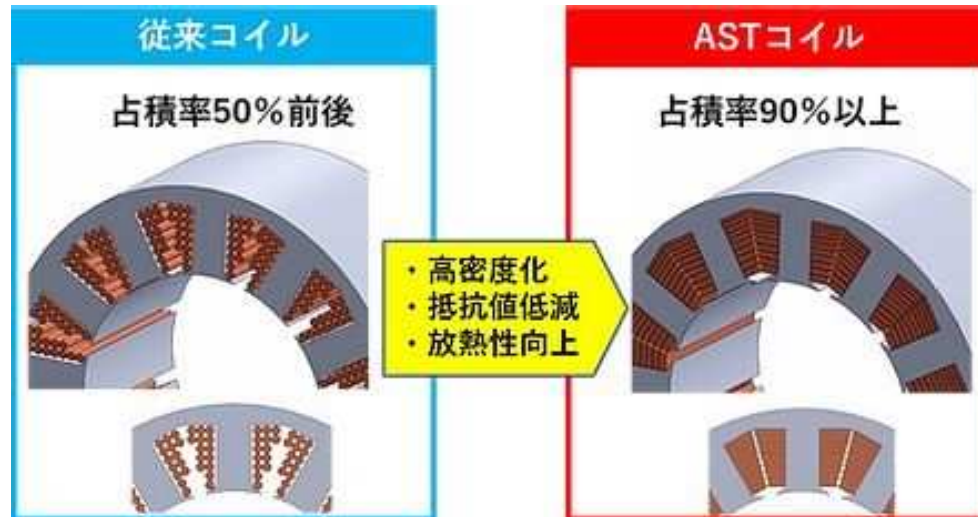
円形断面の電線を巻くという従来の方法では必ず隙間ができる。この隙間を無くすというのがアスターコイルの発想。



2. 秋田県の取り組み

アスターの歩み

2010年	▶ アスター工業(福島県)の秋田工場閉鎖に伴い、工場長だった本郷社長が従業員と建屋を引き継いで創業
13	▶ アスターコイルの研究に着手
15	▶ アスターコイル完成
19	▶ 横手市柳田の第2工業団地にアスターコイルの生産拠点として新工場を建設
20	▶ アスターモーター完成
21	▶ 国内外の大手自動車メーカー複数社向けにEV用アスターモーターの量産開始予定



独自開発の

金属接合技術

電着絶縁被膜形成技術

アスターコイルの製品化

アスターモーター

- ・電力損失を3割減
- ・体積を半減
(従来モーター比)
- ・コイル材料 銅⇒アルミ



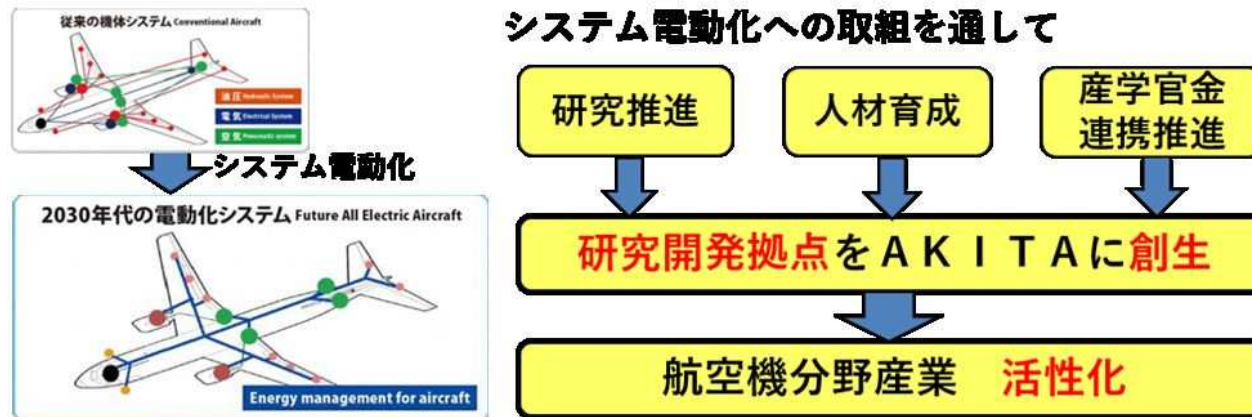
低損失化

コイルリサイクル効率向上

地球にやさしいモーター

2. 秋田県の取り組み

2018年に秋大と県立大の研究者21名で、ARI(アキタ・リサーチ・イニシアチブ)を組織



2. 秋田県の取り組み

内閣府の地方大学・地域産業創生交付金事業
(2020年1月31日に秋田県の計画が採択された)

【計画の名称】

小型軽量電動化システムの研究開発による産業創生

【計画の概要】

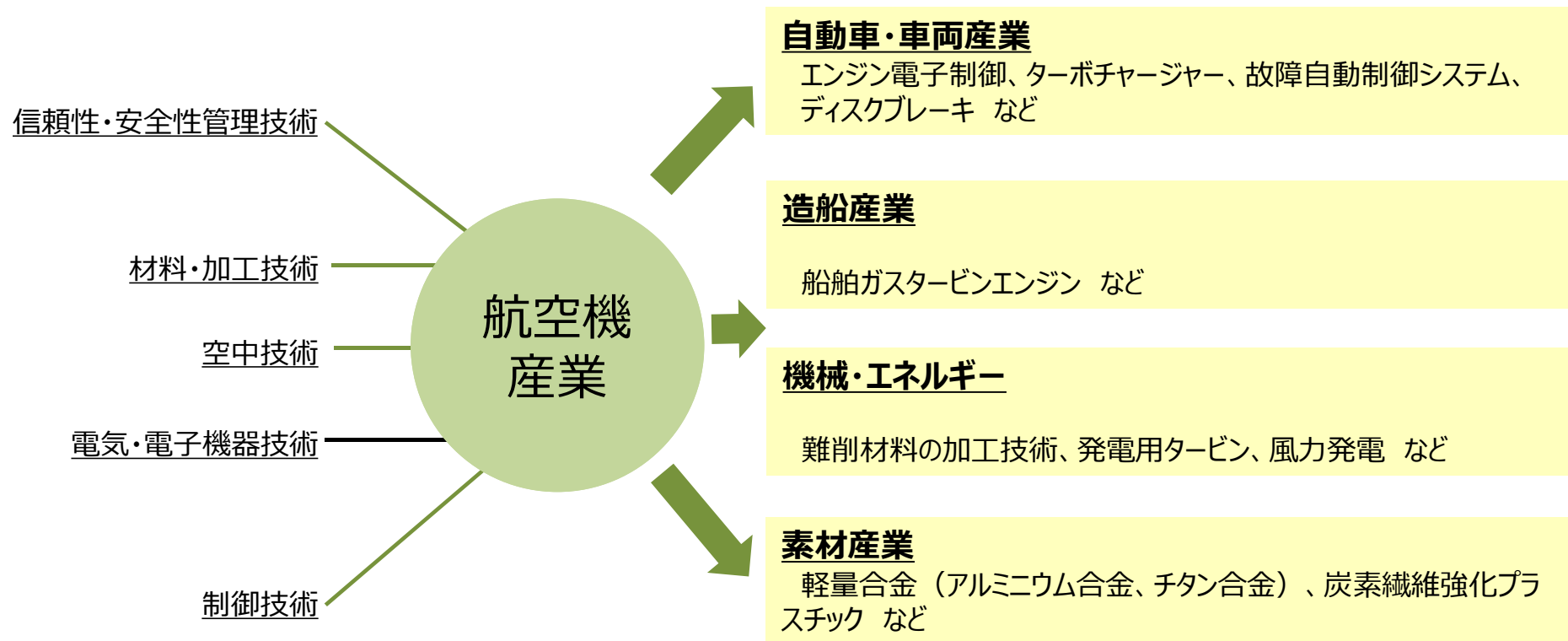
地元資本企業((株)アスター)が独自に開発した高占積率コイルを用いた新世代モーターを起点として、航空機システムの電動化、更には航空機以外の電動化システム全般へ応用展開していくことにより、研究開発の成果を県内製造業の高度化・競争力強化に繋げ、地域雇用や人材育成を図る。

(内閣府への申請書から抜粋)

2. 秋田県の取り組み

なぜ航空機分野なのか？

電動化の分野でも、技術面で最高峰にある「航空機システム」をターゲットとすることにより、その過程で他に技術転用できる製品に技術転用（スパリアウト）していく戦略。



2. 秋田県の取り組み

研究開発を進めているモーターの例

種類	取り扱う流体	取り扱う流量	要求される特徴
超高速モーター	気体：空気	小	モーターを搭載する機器は、軽量かつ小型
大出力モーター		大 超高速モーターの20倍以上	1秒間に50畳敷の部屋相当の空気を吸い込み、後ろに吐き出すパワーが必要
高トルクモーター	液体：燃料	小～中	粘度の高い液体の中で作動するため、空気中よりも羽根車を回す大きな力（トルク）が必要

2. 秋田県の取り組み

最新の成果(3月31日プレス発表)



令和5年3月31日
秋田大学
秋田県立大学

航空機推進系大出力モーター（ハルバツハモーター） 試作品の開発に成功



容積が3リットルの大きさで、乗用車の3L直列6気筒ターボエンジンと同等の出力の発生に成功

2. 秋田県の取り組み

航空機用推進系大出力モータ(ハルバツハモーター)の 試作品開発



- モーター特性試験装置に装着したハルバツハモーターの試作機が、設計目標の250KWに到達。
- この出力は、乗用車用の3リッターターボエンジンの出力(367ps/270kW)と同等。

2. 秋田県の取り組み

ハルバツハモーター(250KW)と3L直列6気筒ターボエンジン(270KW)
の大きさの比較



3リッター直列6気筒
ターボエンジン(270KW=367PS)
のイメージ



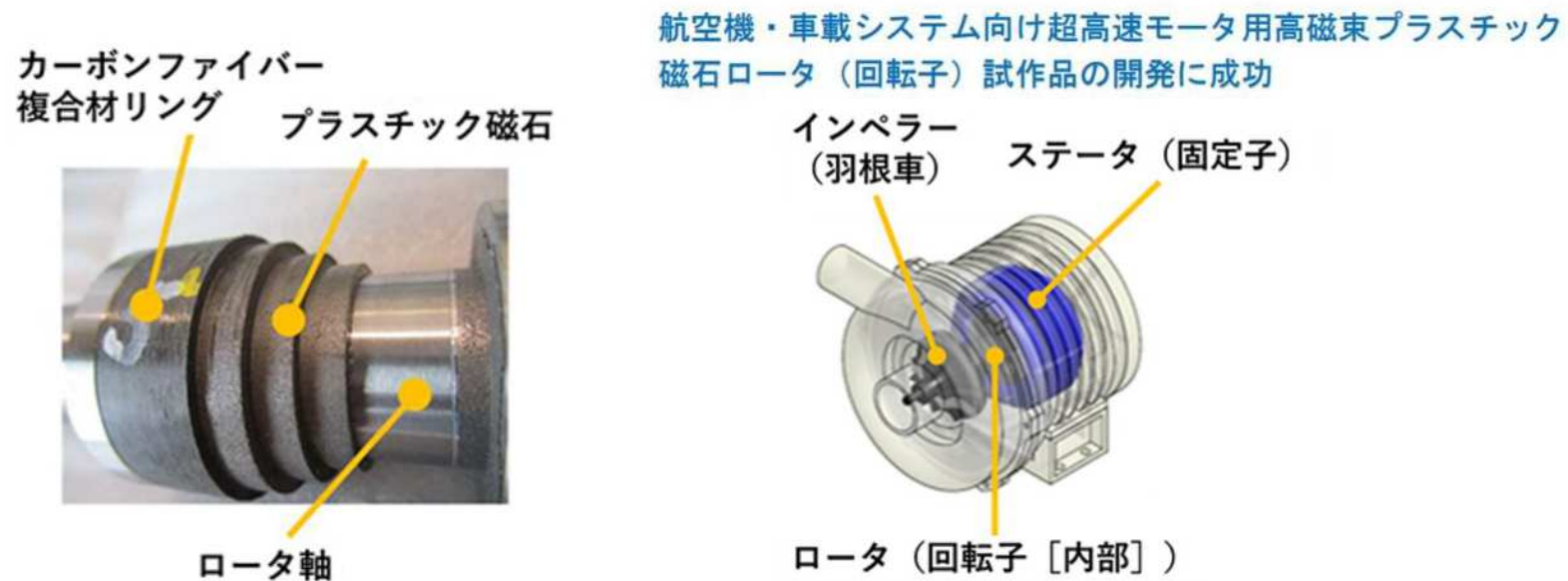
250KWのハルバツハモーター
のイメージ

2. 秋田県の取り組み



令和5年6月15日
秋田大学

最新の成果(6月15日プレス発表)

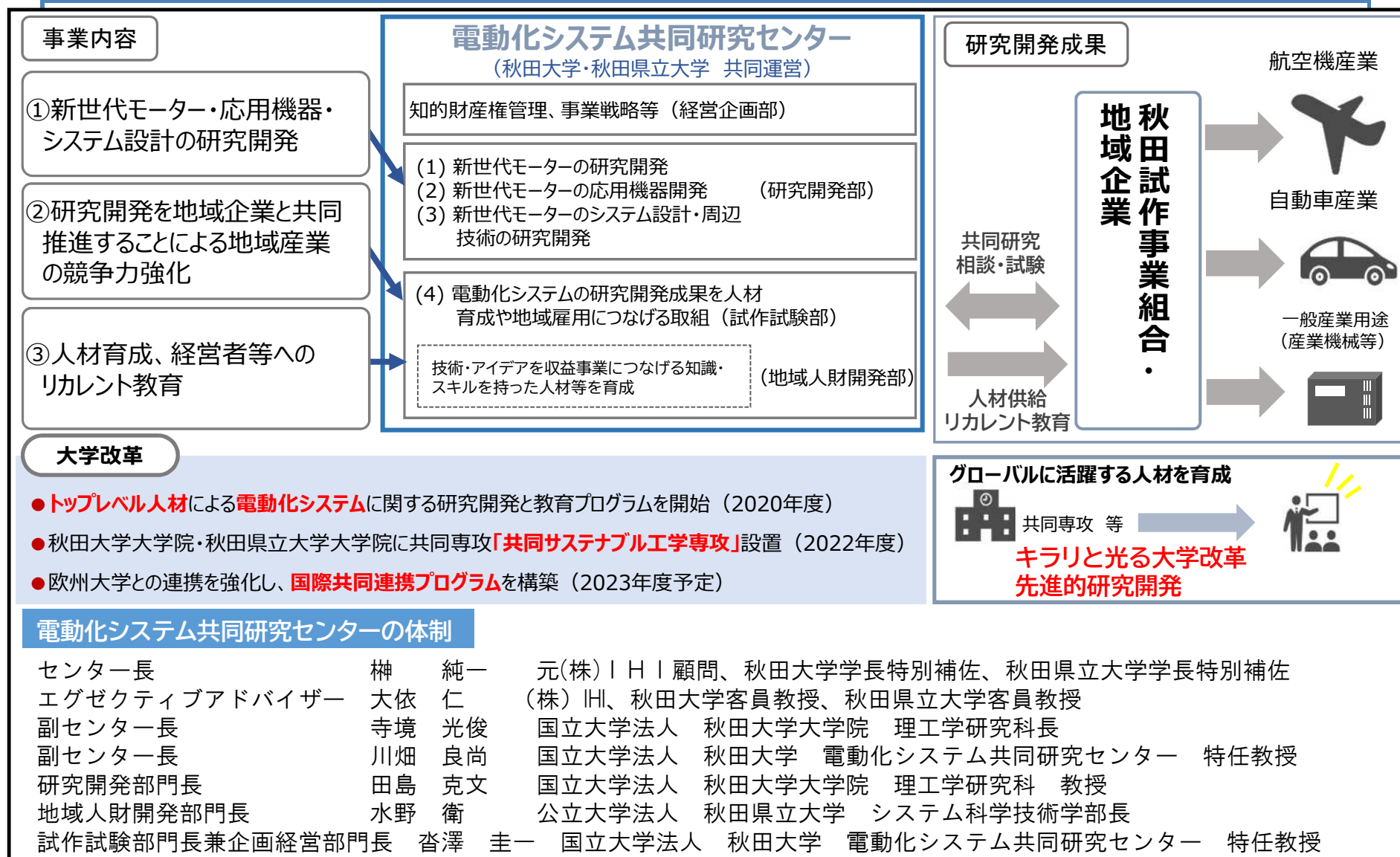


高磁束プラスチック磁石ロータ(モータの回転子)とは、溶融したプラスチックに粉末磁石を混合した複合材料に磁場をかけながら射出成形することで、特定方向の磁力を強くすることが可能となり、小型化、軽量化を実現した。

この成果は、レアアースの使用量の削減に寄与し、製造時間短縮・コスト削減が期待できる新しい電動モータ用ロータとして実機適用を目指す。

3. 電動化システム共同研究センター

秋田県における電動化研究の推進スキーム



3. 電動化システム共同研究センター

関連施設



- 秋田大学手形キャンパス (秋田市)**
- ・大出力モーター・超高速モーターの研究
 - ・共同サステナブル工学専攻
 - ・スピンアウトの取組拡大



- 新世代モーター特性評価ラボ (秋田市)**
- ・試作モーターの評価
 - ・グリッド (送電線) を使用したシステム試験設備
 - ・超高速ブロー耐久試験
 - ・電動燃料ポンプ評価試験



- 秋田県立大学本荘キャンパス (由利本荘市)**
- ・燃料ポンプ及びギヤシャフトに係る研究
 - ・島根大学との共同研究
 - ・共同サステナブル工学専攻
 - ・専門人材育成事業



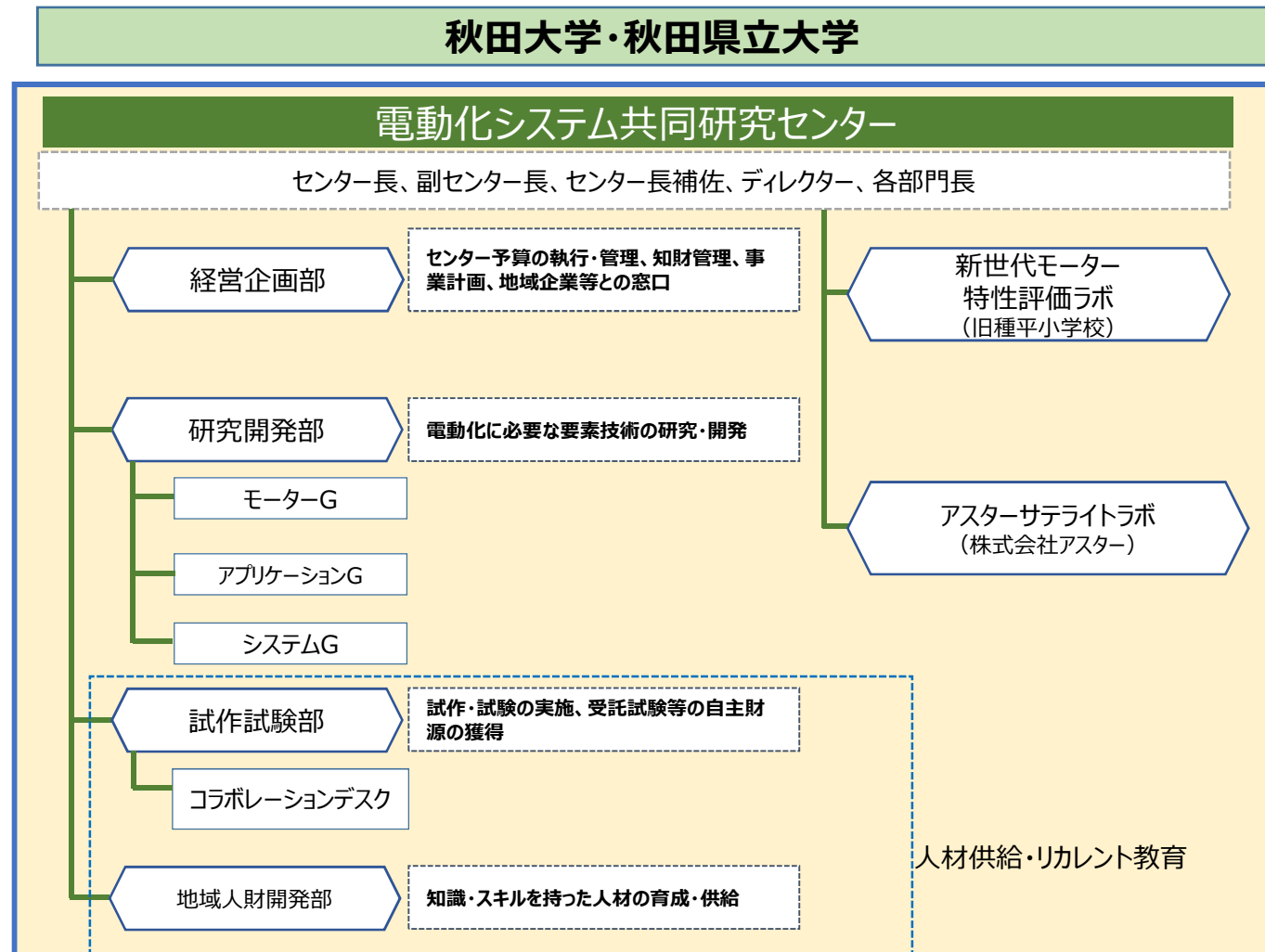
- 電動化システム共同研究センター
中通サテライト (秋田市)**
- ・地域人材開発拠点
 - 小中高生から社会人までを対象に幅広く情報発信や啓発を行い、地方で活躍する理系人材の開発を推進
 - ・専門人材育成事業



- 株式会社アスター (横手市)**
- ・ドローン用モーターの開発及び試作 (島根大学との共同研究)
 - ・電動化システム共同研究センターアスターサテライトラボ

3. 電動化システム共同研究センター

電動化システム共同研究センターの設立(2021.4.1)



3. 電動化システム共同研究センター 新世代モーター特性評価ラボ

旧種平小学校(秋田市雄和)の跡地に
「新世代モーター特性評価ラボ」を開設(2022年4月)

旧秋田市立種平小学校

- ◆竣工1989年(平成元年) 築31年
⇒2016年度(平成28年度)～廃校



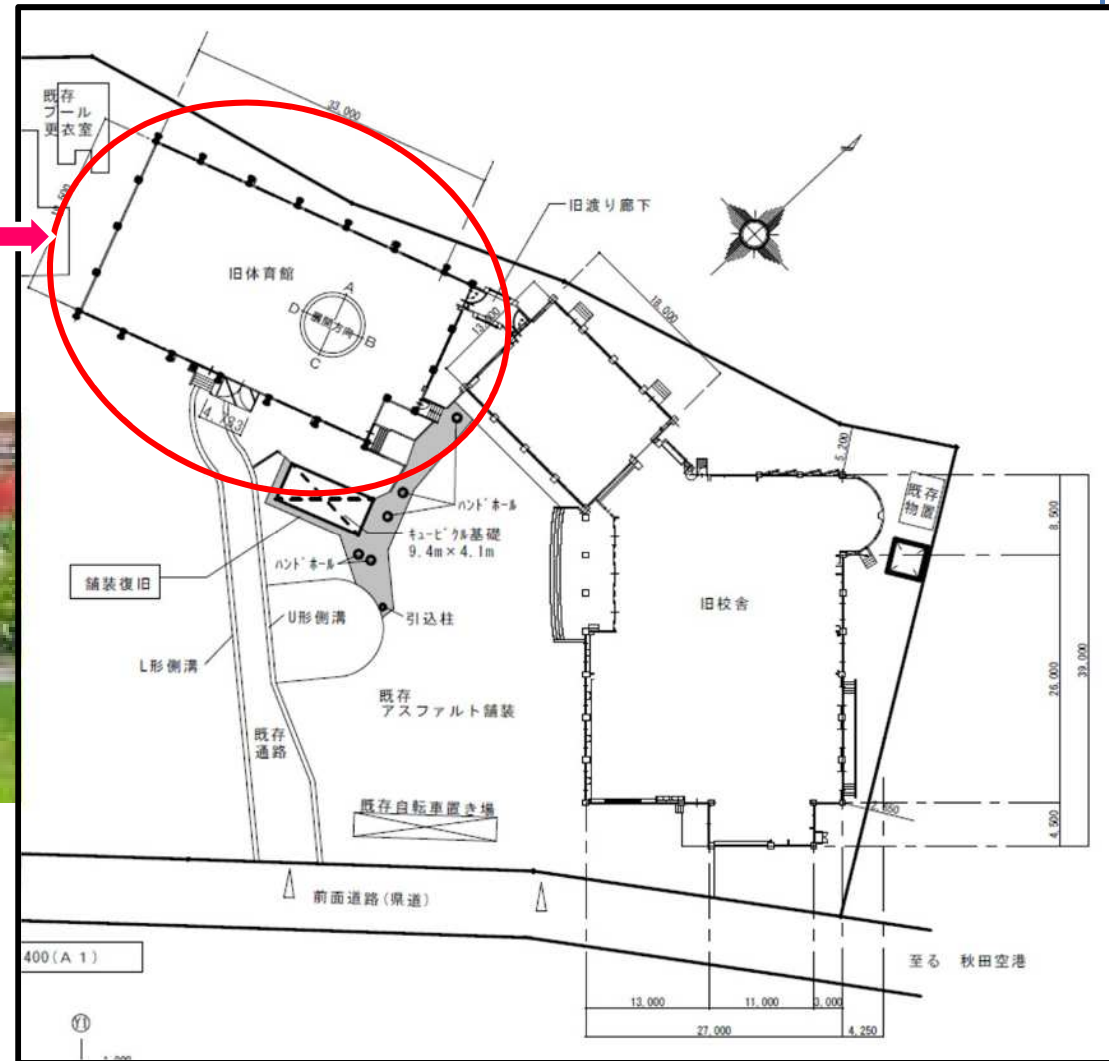
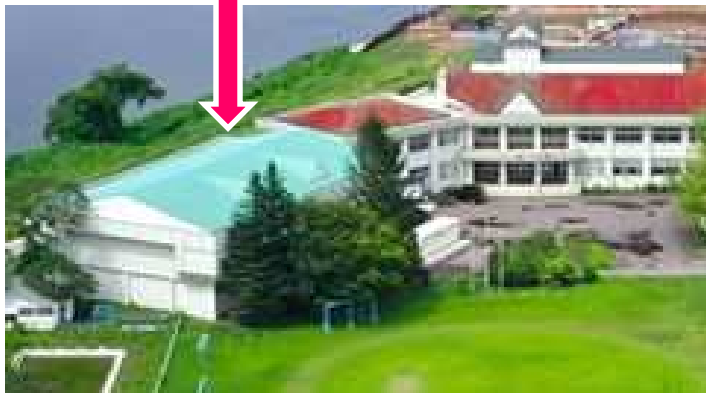
正面玄関

〒010-1224 秋田市雄和種沢字戸草沢209番地
TEL.018-853-0785 FAX.018-853-0786

4. 新世代モーター特性評価ラボ

4. 新世代モーター特性評価ラボ

体育館を重点的に改修



4. 新世代モーター特性評価ラボ

旧種平小学校(秋田市雄和)の航空写真と
「新世代モーター特性評価ラボ」と航空機の大きさの比較

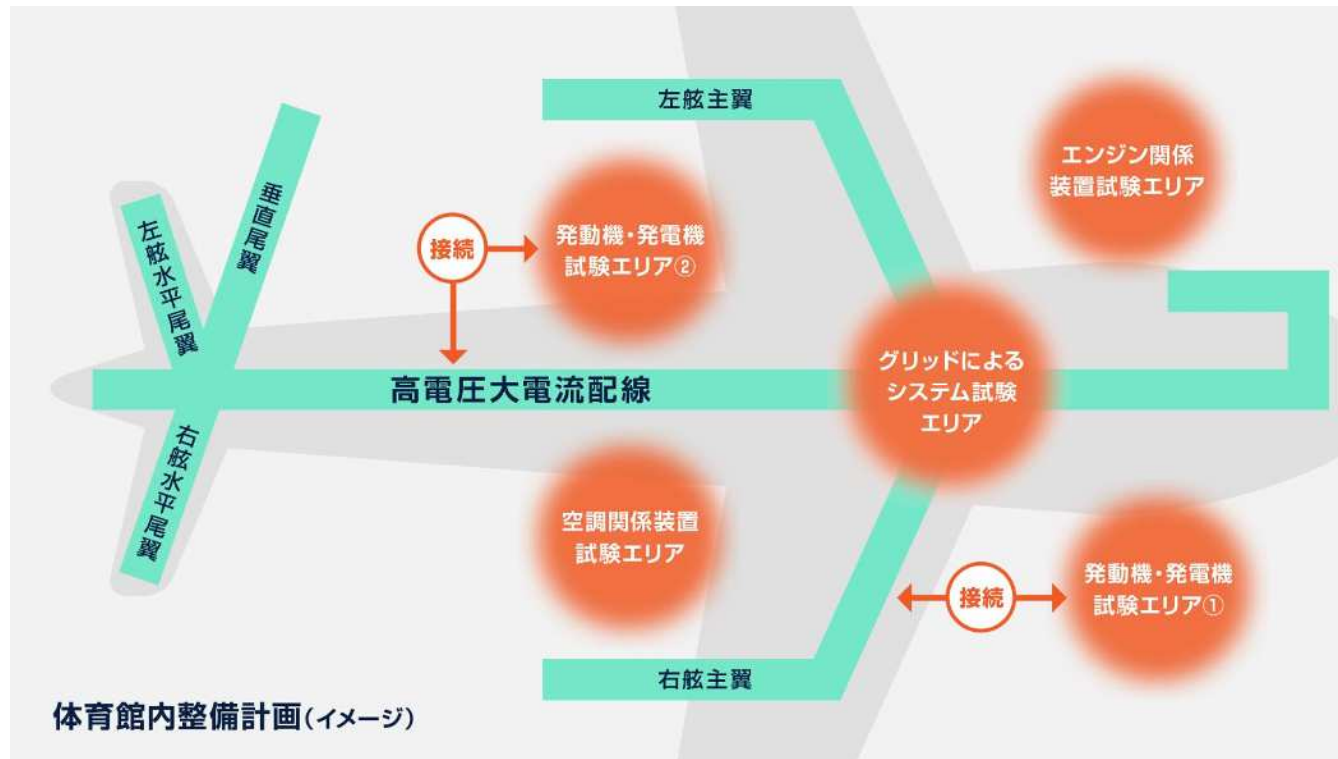


Copyright©2023 Akita University All Right Reserved

4. 新世代モーター特性評価ラボ

体育館内に設置する試験設備のイメージ

航空機実寸大グリッド(通称 カッパーフェザ)



※航空機のシステム試験設備はIron Bird(鉄の鳥)と呼ばれています。秋田県の県鳥がやまどり(Copper Pheasant)であったことから、その名前をとってカッパーフェザと名付けました。



やまどり

(出典)秋田大学HP

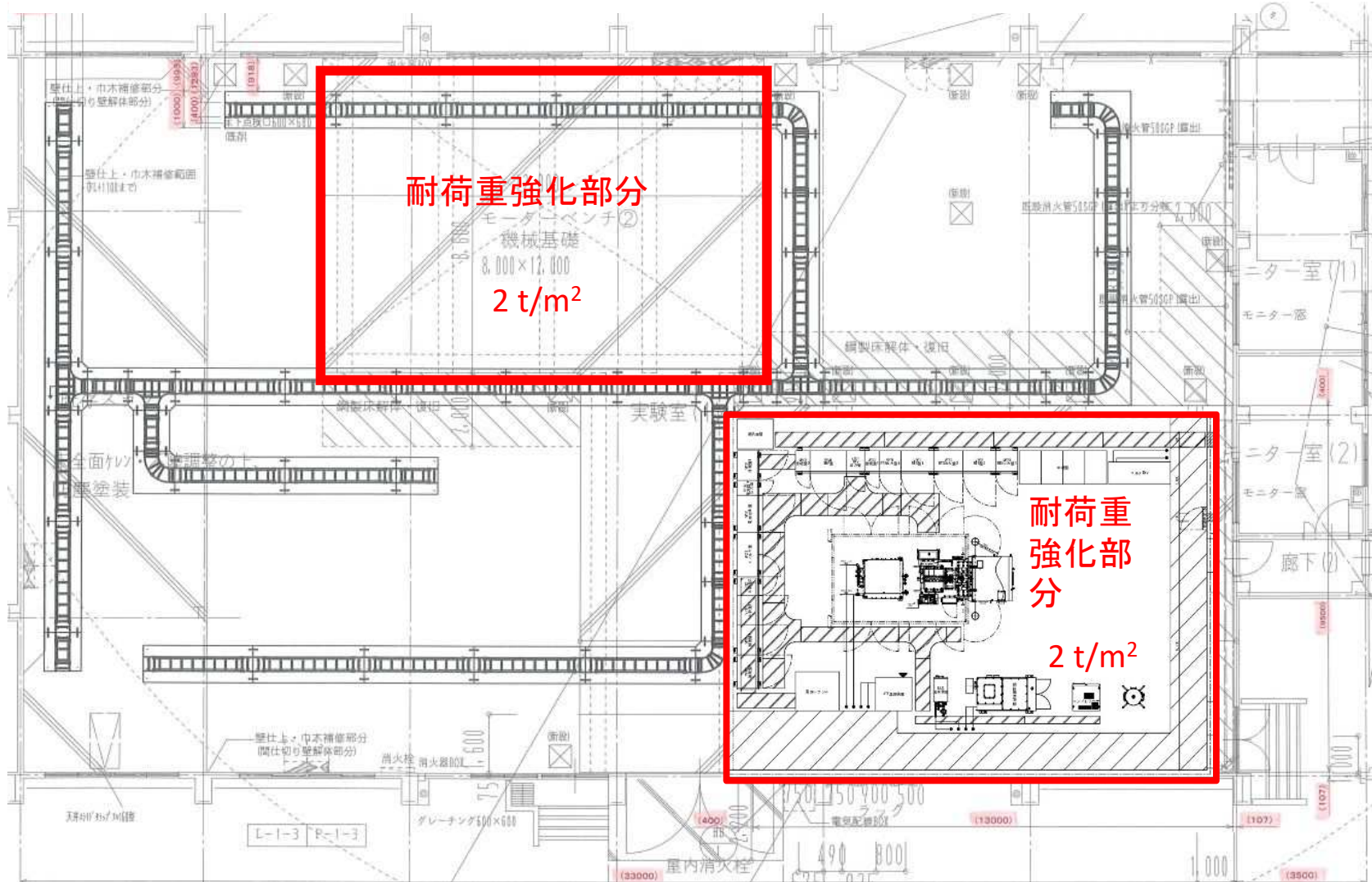
単通路機(B737, A320)の胴体が入る大きさ



実際の長さの配線を各試験機器との間につなぐことができる。

4. 新世代モーター特性評価ラボ

旧体育館内に設置されたカッパーフェザのレイアウト



Copyright©2023 Akita University All Right Reserved

4. 新世代モーター特性評価ラボ

カップーフェザ(電力網実証試験設備)の設置状況



Copyright©2023 Akita University All Right Reserved

4. 新世代モーター特性評価ラボ

「新世代モーター特性評価ラボ」の概要



150～200席の民間航空機の胴体を収納できる広さがあり、各種の電動化関連機器を試験するための「システム試験設備(通称、カップフェザ)」を整備。

主に、モーター性能評価試験、モーターで駆動する装置の耐久試験(耐環境試験)、グリッド(送電線)を使用したシステム試験が実施可能。



最大の特徴は、航空機実寸大の配線が可能で、汎用性を重視した航空機を含む将来の電力網実証設備(スマートグリッド)による試験が可能。

国内最大級のモーター特性試験装置を整備していて、電動機・発電機の性能評価試験、電動機で駆動する装置の耐久試験・信頼性試験、グリッドと連結した大小システムの実証試験が可能。

4. 新世代モーター特性評価ラボ

モーター特性試験装置



供試モーター
最大出力: 400kW
最大トルク: 700Nm
最大速度: 20000r/min

4. 新世代モーター特性評価ラボ

実験室・多目的室



4. 新世代モーター特性評価ラボ

会議室



多目的室



4. 新世代モーター特性評価ラボ

◆ 電動化システム共同研究センター

<https://www.akita-u.ac.jp/dendouka/ja/>

◆ 新世代モーター特性評価ラボ

<https://www.akita-u.ac.jp/dendouka/motorlab/ja/>



ご清聴ありがとうございました

荒川岳

赤石岳

聖岳

鶯巣駅

本文書は多摩川精機の所有文書であり、無断複写、転載、第三者への公開を禁ずる。
The information in this document is proprietary to TAMAGAWA SEIKI CO., LTD.
Reproduction, distribution or disclosure of this document without written authorization is prohibited.

2023年 信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム
IEEE Metro Area Work Shop
(IEEE Japan Council, IEEE Shin-etsu Section)
合同イベント

Prepared 作成

Reviewed 点検

Approved 承認
H. Kumagai

多摩川精機株式会社における航空宇宙分野の取り組みと 航空機用電動推進システムの研究開発

- ①会社紹介
- ②民間航空機事業のご紹介
- ③産学官連携による装備品開発の推進
- ④型式承認取得活動
- ⑤多摩川精機の電動化への取組
- ⑥次世代空モビリティ関連
- ⑦次世代空モビリティ市場予測
- ⑧水素燃料航空機関連

多摩川精機(株)
専務取締役 熊谷秀夫



CONTINUE TO CHALLENGE

“ANGLE” & “ACCURACY”

多摩川精機株式会社

2023年2月

多摩川精機の製品はサーボ制御に使用

	<h2>サーボモータ</h2>	<p>工場用ロボット 人型ロボット 自動車 航空機</p>		
	<h2>光学式 & 磁気式 エンコーダ</h2>	<p>モータ制御 エレベータ制御 新幹線制御</p>	 <p>(b) 主電動機</p>	
	<h2>レゾルバ & VRタイプ レゾルバ</h2>	<p>工場設備制御 HV, EVのモータ制御 ハンドル制御 航空機</p>		
	<h2>ジャイロ MEMS & FOG</h2>	<p>カーナビゲーション 自動運転 無人機 & ドローン制御 工場設備制御</p>		

ロボットや乗り物への応用



Toyota パートナー
ロボット



柿ロボット



新幹線



ジャイロ
MEMS & FOG



サーボモータ



レゾルバ & VR
タイプレゾルバ



塗装ロボット



光学式 & 磁気式
エンコーダ



田植え機



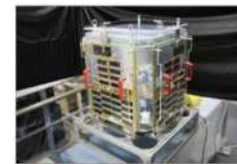
ホンダユニキャブ



ハイブリッド



コマツ パワーシャベル



衛星



B787
ドリームライナー

②民間航空機事業のご紹介



③産学官連携による装備品開発の推進

経産省/国交省

Boeing社との連携協定
航空機用先進システム実用化プロジェクト
産業構造審議会における装備品重要性
新技術官民協議会

信州大学

航空宇宙システム研究センター設置
(航空機システム部門・基盤技術部門・宇宙システム部門)
航空機サテライトキャンパスの設置(教授2名、助教3名、院生15名)
多摩川精機(株)、エプソンと共同研究
航空機装備品に関する講義(認証等)

長野県

長野県航空機産業振興ビジョン策定
(阿部知事 Boeing視察)
長野県産業技術総合センター
(精密・電子・航空技術部門新設)

課題

地方創生
次世代産業の育成
(次世代交通・次世代航空・医療)

多摩川精機

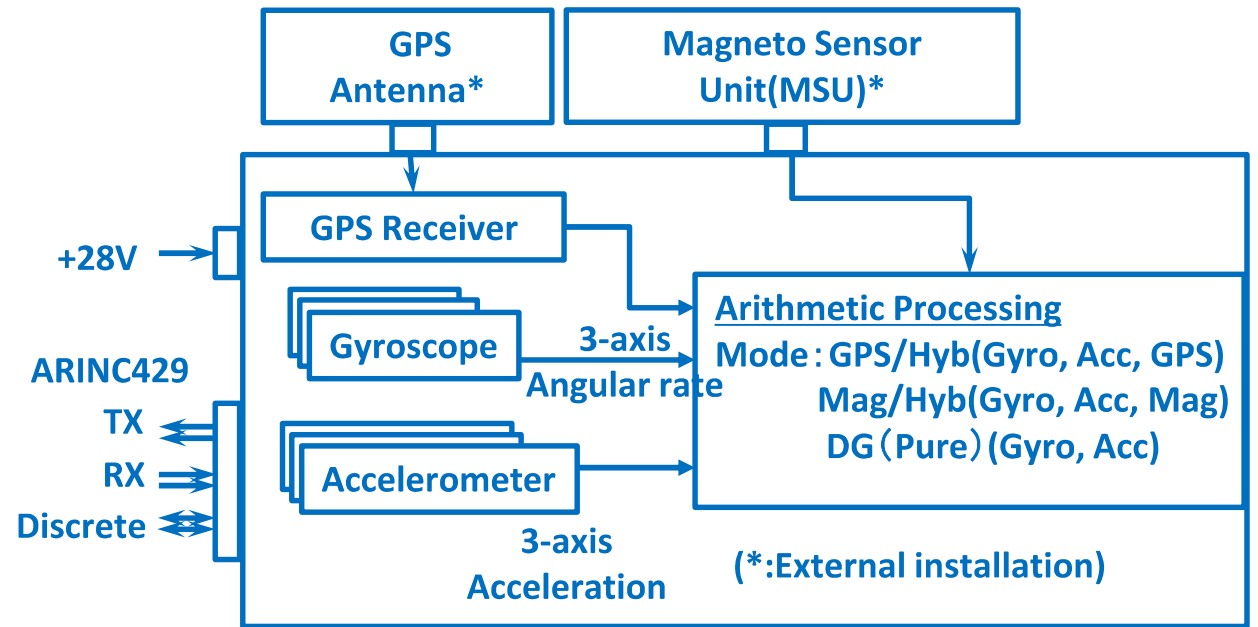
飯田市

S-Bird設立(航空機用試験装置設置)
信大(航空機サテライトキャンパス設置)
ASES(航空機システム環境評価試験シンポジウム開催)
福島ロボットテストフィールド(RTF)との協業
航空機電動化・次世代エアモビリティ事業

自社事業の維持拡大(民間航空機)
防衛機装備品の実績(P-1、78Item)
MRO会社の買収(TAS TSP)
特殊工程専門会社設立(TPM)
信大との共同研究(油量計・Taxing Motor・非接触
Brake・GPS/INS複合航法装置・高出力密度モータ)
航空機電動化・次世代エアモビリティ事業を推進

④型式承認取得活動

GPS/AHRS TA7879製品外観写真



System block diagram

- TSO
 - ◆ TSO-C201
- Certifications
 - ◆ DO-178C DAL C
 - ◆ DO-254 DAL C
 - ◆ DO-160G

- Flight Test Aircraft (本来は飛翔)



	Schedule					
Milestone	FY2018	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023
Production	Concept	Production				
Certification				SOI#1,2,3 Completion		
Flight Test						G4

SOI#4
完了

CerTCASの活動紹介



航空機装備品認証技術コンソーシアム
Certification Technology Consortium for Aircraft System
<https://www.certcas.com/>

⑤多摩川精機の電動化への取組

- 自動車における電動化と同様に、航空機においても電動化の流れが進み始める。
- Boeing、Airbusや多くのStart Up企業が電動航空機を発表、自動車のエンジンが無くなるのと同様に、航空機のエンジンが無くなるのは大きな変革となる。
- 現在電動化の領域は多岐に渡り、Regional Jetの油圧の置換→大型Drone→空飛ぶ自動車→Air Taxi→Business Jet→Regional Jetへ進んで行く。



B777X

Oil Pump, Air Control Fan



NEC 空飛ぶクルマ



Airbus E-FAN



2019年1月 : Boeing社と経産省が開発協定
磯崎副大臣とHyslop氏



長野県航空機産業振興ビジョン
～アジアの航空機システムの拠点づくり～



平成28年制定
令和3年度改訂
(電動航空機推進)

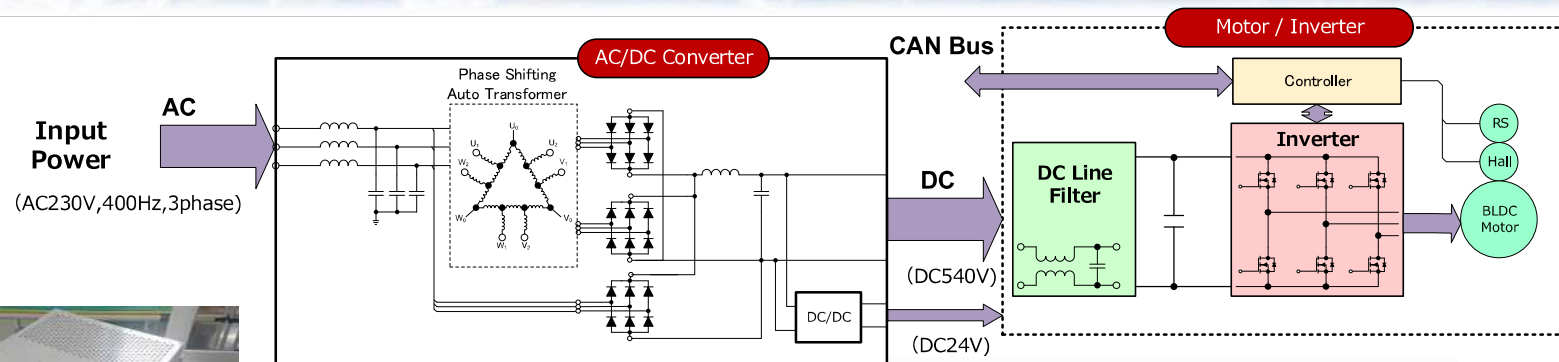
⑤多摩川精機の電動化への取組 高出力密度モータの取組(20KW開発)

Oil Pump, FAN
Drone

佐藤先生
共同研究



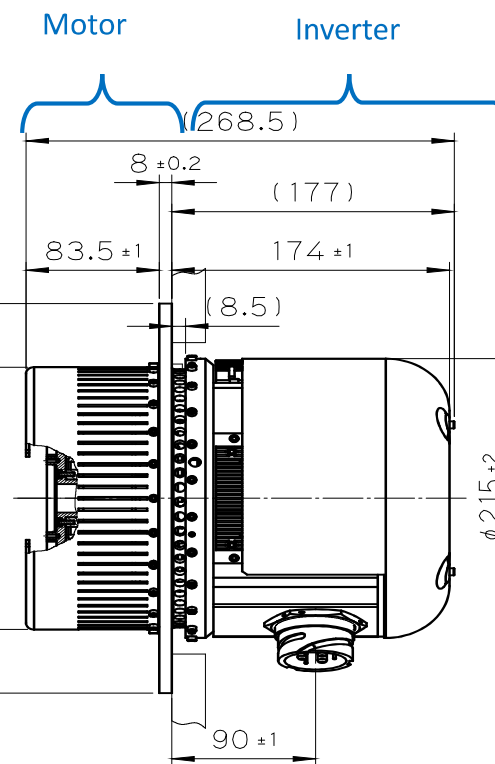
AC/DC Converter (ATRU)



Inverter



Motor

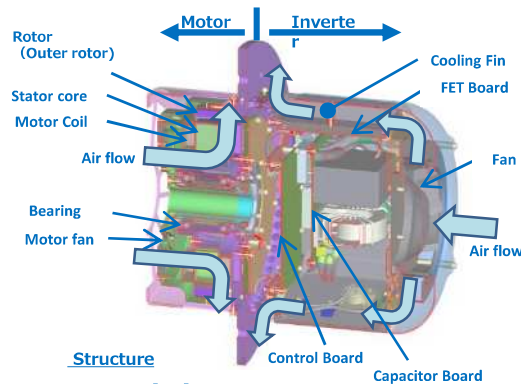


- 高出力マグネット配列
- 高熱伝導材 (10W/mk)
- 遠心ファン
- 平角線
- SIC FETモジュール
- モデルベースデザイン
- コロナ放電対策
- 航空機対応EMI対策

項目	仕様
定格出力	20 kW
最大出力	24 kW
質量	11.1 kg
出力密度	4.4 kW/kg
定格回転数	6000 rpm
定格トルク	32 Nm
最大トルク	38 Nm

⑤多摩川精機の電動化への取組 高出力密度モータの取組(100KW開発)

先導研究 20kW



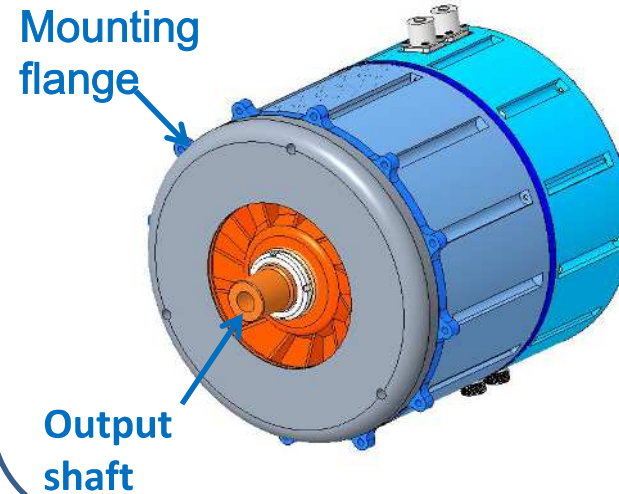
出力20 kW
出力密度：4kW/kg
空冷

佐藤、水野先生
共同研究

出力アップ

- コンセプトの継承
- ・空冷(冷却効率)
- ・機電一体
- ・高密度化
- ・低損失

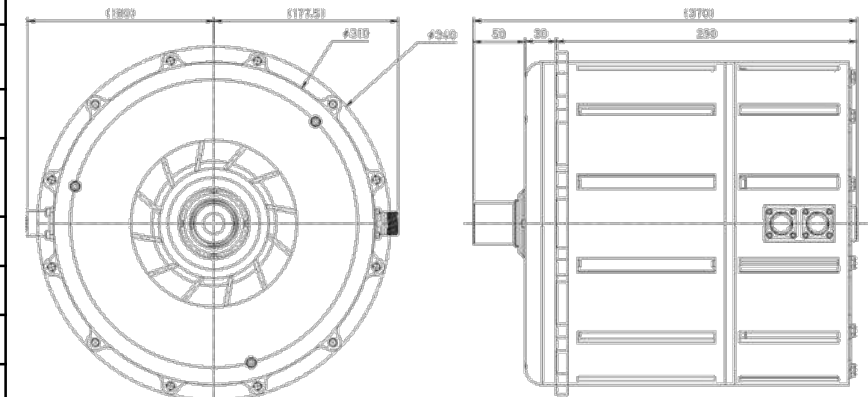
委託研究 100KW



eVTOL イメージ
(引用：Boeing web siteより)

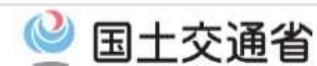
- 高出力マグネット配列と最適化設計 (Mode Frontier)
- 高熱伝導材(20W/mk)
- 耐水性(密封型・遠心ファン・軸流FAN)
- 平角線
- SiC FETモジュール
- モデルベースデザイン
- コロナ放電対策
- 航空機対応EMI対策

項目	計画	備考
出力	連続：53.6 kW 瞬時：103.5 kW	
出力密度	6 kW/kg	モータ部
体積	3 0L以下	モータ・インバータ
回転速度	1600rpm (最大2500rpm)	
質量	33kg	
冷却方式	空冷	
効率	93%総合 (モータ部：95%、インバータ部：97%)	
電圧	600V以上(最大850V)	



外形寸法

検討項目一覧



1. 機体関係

- 航空機の種類、耐空類別
- 耐空性基準
- 騒音基準

2. 離着陸場関係

- バーティポートの法的位置付け
- 離着陸帯の広さ・強度
- 制限表面
- 充電設備、消火設備 等

3. 技能証明関係

- 操縦者ライセンス
- 整備者ライセンス

4. 運航関係

- 有視界気象状態
- 装備要件
- 必要搭載燃料
- 充電作業・バッテリー交換作業
- 空域・交通管理

5. 事業制度関係

- 機長要件
- 最低安全飛行高度
- 充電作業の地上取扱業務従事者の要件
- 旅客在機中の燃料補給 等

⑥次世代空モビリティ関連

ReAMo(次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト)

研究開発項目①「性能評価手法の開発」(1) ドローンの性能評価手法の開発
制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発
次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる性能評価手法に関する研究開発
研究開発項目①「性能評価手法の開発」(2) 空飛ぶクルマの性能評価手法の開発
次世代空モビリティの電動推進システムの設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発
研究開発項目①「性能評価手法の開発」(3) ドローンの1対多運航を実現する適合性証明手法の開発
ドローンの1対多運航を実現する適合性証明手法の開発
研究開発項目①「性能評価手法の開発」(4) ドローンの1対多運航を実現する機体・システムの要素技術開発【助成事業】
複数ドローンの同時運航実現に向けた運用要件の策定および運航管理システムの開発
ドローン物流における1対多運航を安全に実現するための遠隔監視システム等の研究開発
リモートIDを利用したドローンの1対多運航制御システム及び要素技術開発
研究開発項目②「運航管理技術の開発」ドローン・空飛ぶクルマ・既存航空機の空域共有のあり方の検討・研究開発
高密度飛行を目指したエッジとクラウドのAI・最適化による衝突回避と運航管理の研究
低高度空域共有に向けた運航管理技術の研究開発
調査項目①「海外制度・国際標準化動向調査」 / 調査項目③「国内外への成果発信」
海外制度・国際標準化動向調査/国内外への成果発信
調査項目②「全体アーキテクチャ・要素技術調査」
全体アーキテクチャ・要素技術調査

⑥次世代空モビリティ関連 信大コンソ概要

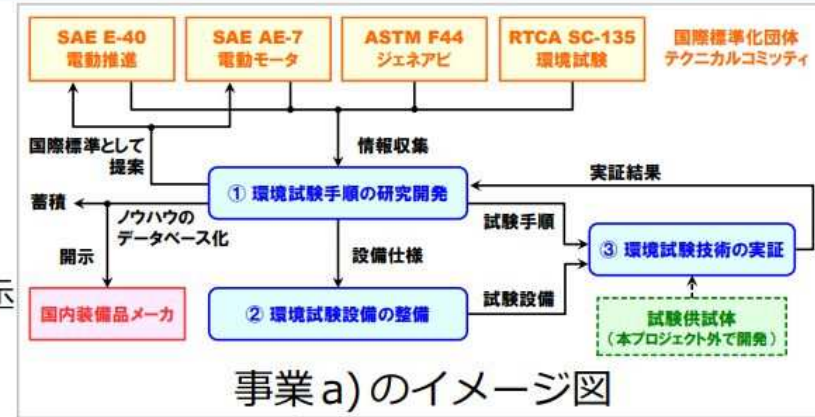
研究開発項目①(2)空飛ぶクルマの性能評価手法の開発 次世代空モビリティの電動推進システムの 設計・製造承認に向けた環境試験技術の研究開発



事業内容

a) 環境試験手法の国際標準化と ノウハウのデータベース化・蓄積及び国内企業への開示

- ① 環境試験手順の研究開発
 - i) 国際標準化団体での情報収集
 - ii) 環境試験設備の仕様と試験手順の策定
 - iii) 策定した試験手順の国際標準化及び国内企業への情報開示
- ② 環境試験設備の整備
大型設備の新設 及び 既存小型設備の活用
- ③ 環境試験技術の実証
上記設備と実際の開発供試体を用いた実証試験



事業 a) のイメージ図

b) サイバー空間での装備品実証技術の開発

- ④ HILSによる評価手法の検討
HILS/MILS*)による電動推進システムCbA*)技術の確立

*) HILS : Hardware in the Loop Simulation
(評価対象のみ実物を組み込んだ数学シミュレーション)
MILS : Model in the Loop Simulation
(全ての要素が数学モデルのシミュレーション)
CbA : Certification by Analysis (解析による認証)

実施体制

信州大学	a) ①, ③, b)	(再委託)	→ (公財) 南信州・飯田産業センター → (公財) 福島イノベーション・コースト構想推進機構
(株) デンソー	a) ①, ②, ③	(再委託)	
多摩川精機(株)	a) ①, ②, ③	(再委託)	

達成目標

- 中間目標 (2024年度)
- a) : 2025年度初頭に試験設備の整備が完了し, 実証試験を本格開始する目途を得る
 - b) : HILS/MILSによる電動推進システム評価の実用性確認
- 最終目標 (2026年度)
- a) : 試験手順の国際標準化及び蓄積ノウハウの国内企業への開示
 - b) : HILSによる電動推進システムの認証データ取得技術の確立

⑥次世代空モビリティ関連 飯田市 航空機電動化・次世代エアモビリティ事業



次世代エアモビリティシンポジウム開催

⑦次世代空モビリティ市場予測

空飛ぶ車、離陸近づく 新興 30 社が軽量化・航続距離競う

科学&新技術

2023 年 11 月 6 日 2:00 [会員限定記事]



国内外で約 30 社が電動垂直離着陸機の開発を競う(6 月、パリ郊外)

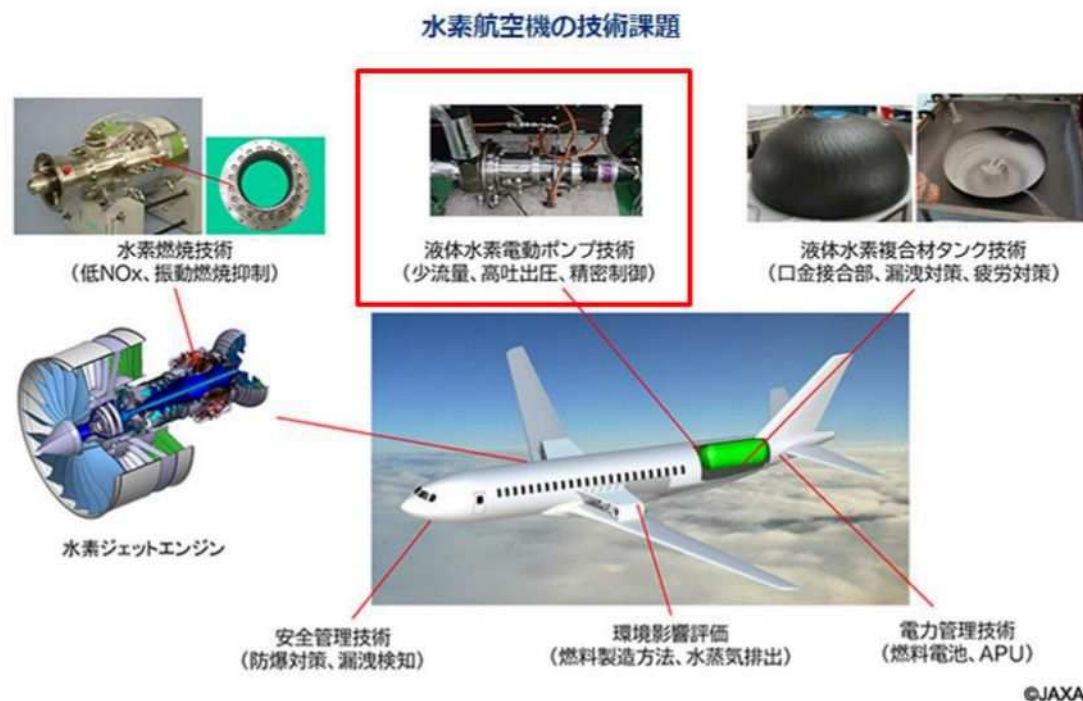
⑧水素燃料航空機関連

■水素航空機では液体水素を扱うのでその電動ポンプ技術が重要で、特に小流量、高吐出圧、精密制御が必要である。当社は航空機用燃料ポンプでは国内唯一であり、既にGI (Green Innovation) 基金を使った水素航空機用燃料ポンプ・インバータの開発を行っています。

従来のロケットよりも推進剤の消費量を低減できる水素燃料の空気吸込式エンジンの研究開発に取り組んでいます。将来は、空気吸込式エンジンを搭載した有翼宇宙輸送機を開発することで、地球上の高速二地点間輸送や高頻度の宇宙輸送を実現することを目指しています。

地球温暖化の防止のために、国際民間航空機関 (ICAO) においても、航空輸送分野の二酸化炭素の排出を増加させない方針が示されています。これを受けて、欧州を中心にして、水素航空機の開発の機運が高まっています。大規模風力発電等の再生可能エネルギーの発電量の変動を吸収する媒体として水素燃料を大量に製造して航空機に適用することが検討されています。水素燃料は、バイオ燃料よりも製造コストが低く、大量生産に向いている燃料と考えられています。

水素燃料を大型旅客機に適用する場合、従来のエンジンをベースにした水素ジェットエンジンを開発する必要があります。このため、水素を安定的に燃焼させる水素燃焼器、液体水素を精密に制御してエンジンに供給する液体水素電動ポンプ、液体水素を貯蔵できる軽量の複合材タンクの技術開発に取り組んでいます。



JAXA HPより引用

<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/hydrogenfuel/hydrogenfuel.html>

ご清聴ありがとうございました。

長野は航空機ビジネスのもっとも盛んな名古屋地区の裏庭として、
民間航空機や次世代空モビリティの装備品開発を推進できます。



春の桜



リニア新幹線開業 飯田駅 2029 (川勝知事)
重要装備品を多数開発中(航空機の概念)



S-Bird(産業振興と人材育成の拠点)
信州大学
航空宇宙システム研究拠点



秋の紅葉



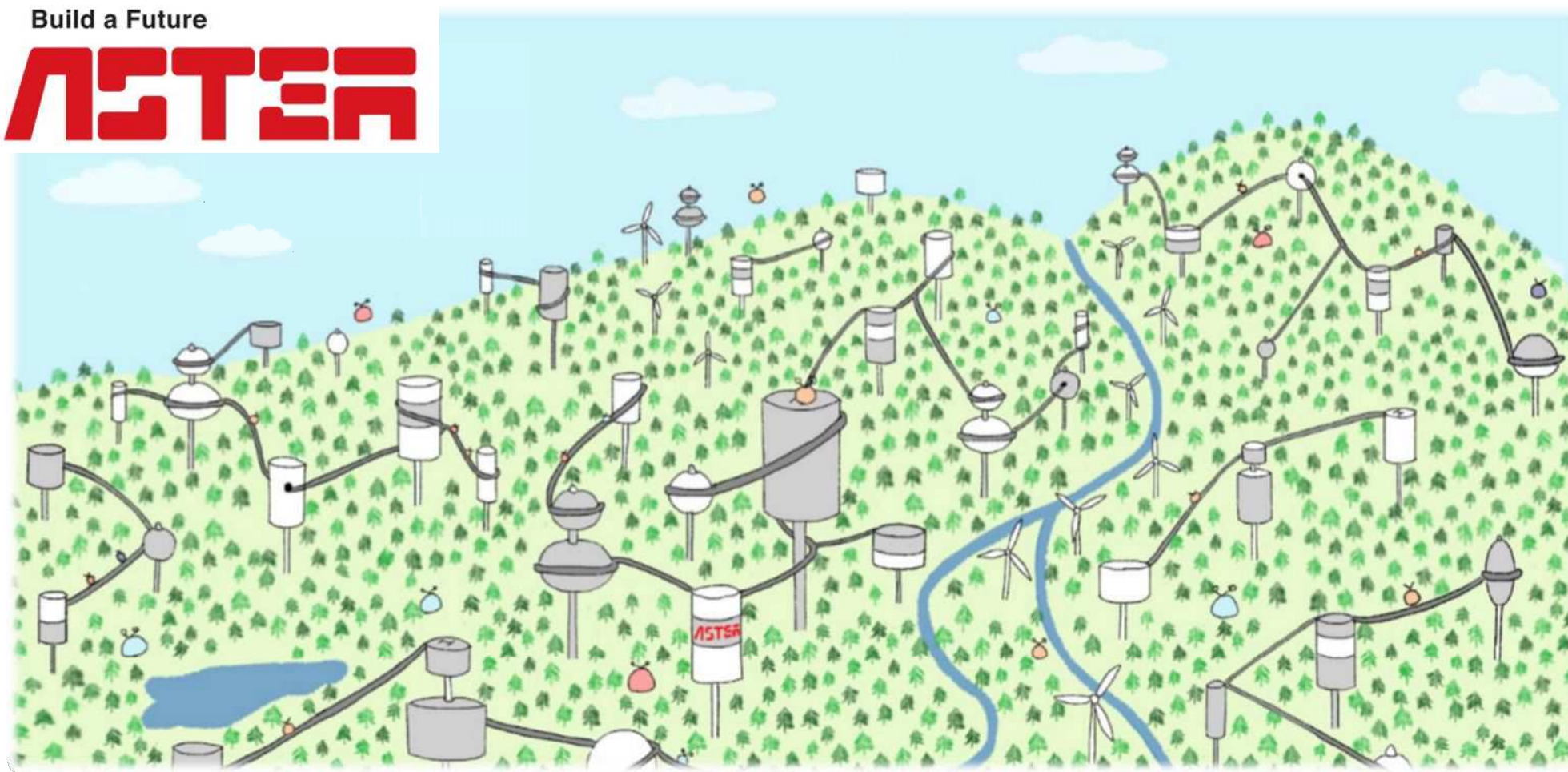
冬の冠雪



Tamagawa

CONTINUE TO CHALLENGE "ANGLE" & "ACCURACY"

自然～人類社会存続のために～共存



2023 年 信州大学航空宇宙システム研究拠点年次シンポジウム
IEEE Metro Area Workshop
(IEEE Japan Council, IEEE Shin-etsu Section)

2023年11月25日

アスターが挑戦する課題

世界の課題は脱炭素化



課題解決の方向性

✓ 化石燃料代替となる電動化の促進

✓ エネルギーの効率的な使用

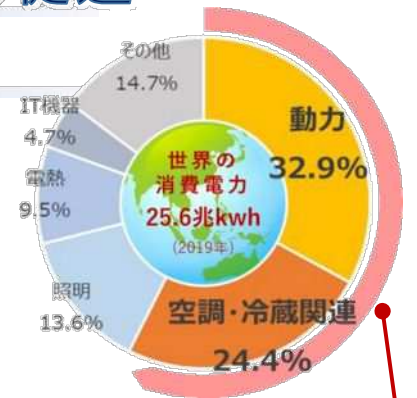


鍵はモータの
高性能化

- ① 出力密度の向上
- ② 効率の向上



解決策： 低損失化 重量削減 低抵抗化 熱伝達路の見直し



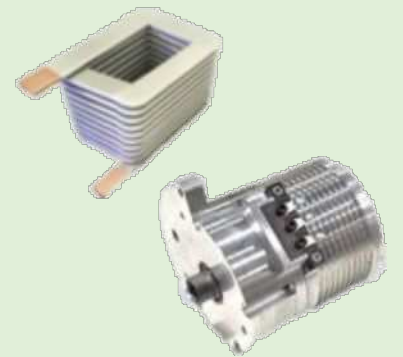
消費の6割はモータ

我々の答え： アスターモータ

・出力密度や効率，放熱性に優れる

⇒ 社会実装の協議・準備が進行しており，
多様な市場で課題を解決できる

⇒ 脱炭素社会の促進に寄与できる



アスターの目指すエコシステム

電力を効率よく取り出し、効率よく使い、環境にやさしいサイクルを構築



会社概要



本社 ※2019年7月竣工
秋田県横手市柳田12-3



Werkstatt
福島県郡山市



宇都宮サテライト
宇都宮アクシビル
宇都宮市中央1丁目



代表者	代表取締役 本郷 武延
設立年月	2010年1月
資本金	90百万円 (2023年7月末時点)
従業員数	122名 (2023年7月末時点)
主要株主	経営陣, 事業会社, VC等

沿革

2002年

ブルーレーザー記憶媒体を世界ではじめて英国 Plasmon 社が開発
試作から量産を **アスター工業秋田工場 (横手市)** で開始



世界初
青色LEDピックアップ

2010年

リーマンショックの影響下、秋田工場閉鎖の決定
従業員と建屋を引き継ぎ、**株式会社アスター** を立ち上げ

2013年

コイルの研究開発を本格化



2015年

NEDOプロジェクト 採択 (コイル事業：2015~実用化フェーズ)
(コイル事業：実証フェーズ)

2018年

JEITAベンチャー賞 受賞

2019年

「新工場」竣工 量産に向けたパイロットランを開始
NEDOプロジェクト 採択 (アルミ・軽量モータ：実用化フェーズ)

2020年

自社製モータの開発および生産工程の確立



2021年

NEDO 先導研究プログラム 採択
経産省 サプライチェーン補助金 採択

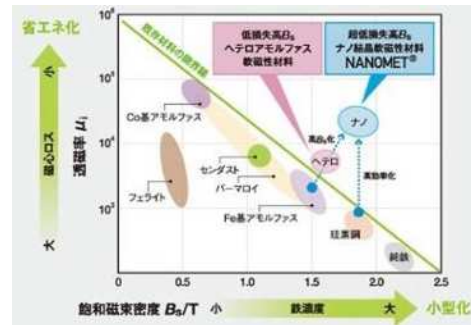
2023年

令和4年度優秀省エネ脱炭素機器・システム表彰
中小企業庁長官賞 受賞

モータ性能を左右する3大要素

要素① 積層鋼板

・透磁率 & 高Bt/S



要素② マグネット

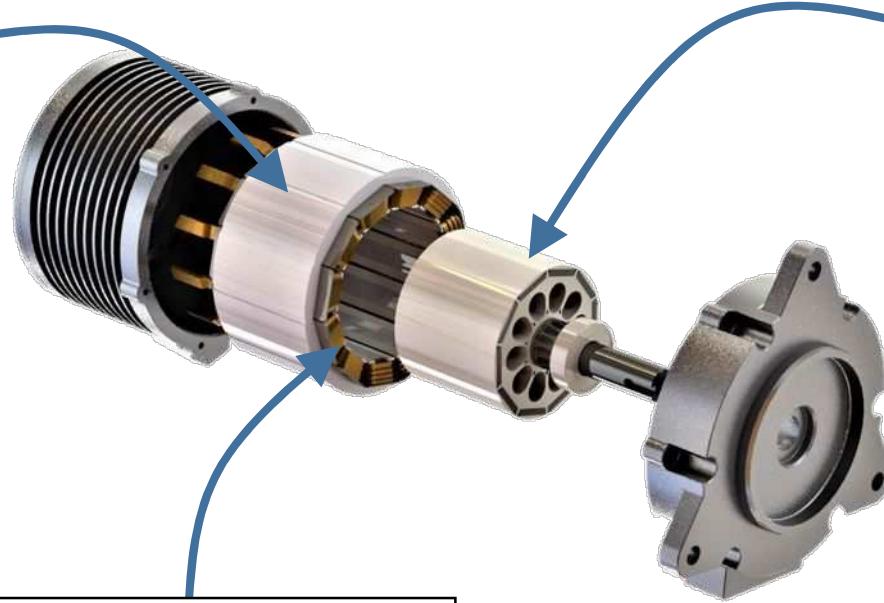
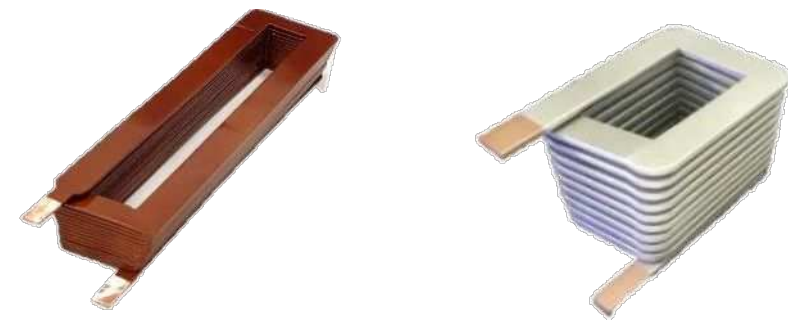
・高BH化



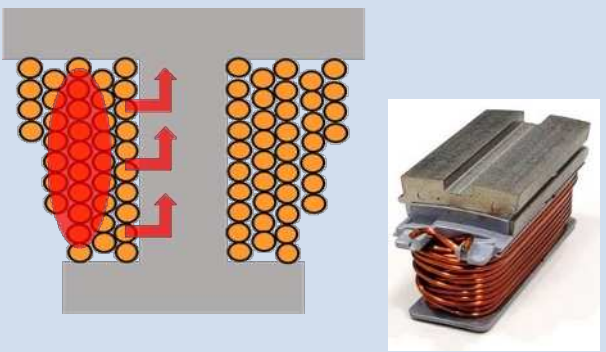
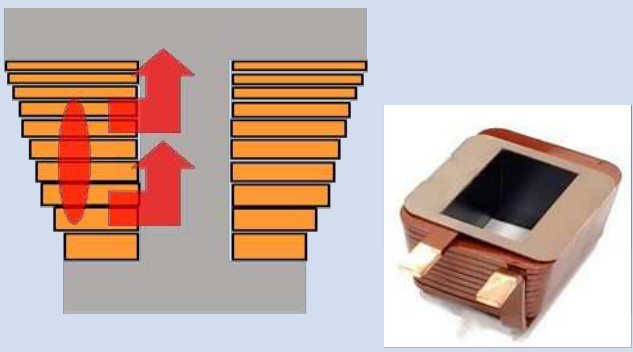
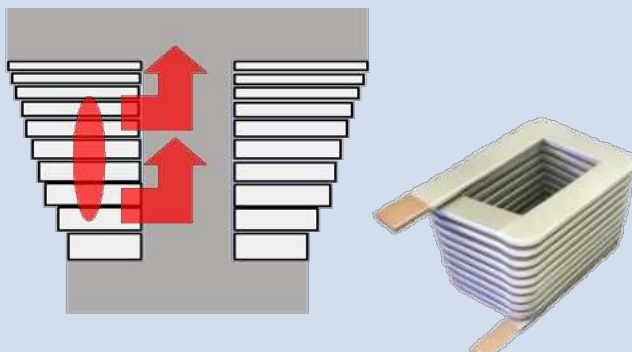
要素③ 巻線コイル

- ・絶縁被膜の耐熱向上
- ・角線化による占積率
- ・セグメントコイル化

**革新的な形状のアスターコイルで
ブレイクスルーを実現**



コイルの比較

	丸線コイル	アスターコイル（銅）	アスターコイル（アルミ）
コイル断面			
形状自由度	△	○	○
占積率	35~50%	90%	90%
放熱性	0.1~100W/m・K	380W/m・K	200W/m・K
抵抗値 (直流)	5.3mΩ	1.4mΩ	2.2mΩ
重量	60g	64g ※小型化可能	19g
材料コスト	1,200円/kg	1,200円/kg	400円/kg

形状革新

材料革新

事業実績

モビリティ用モータ

- ◆ 50%小型・35%軽量でEVバイクの航続距離UP
 - ・モータ搭載位置自由度の向上
 - ・モータ・バッテリー合算重量の低減
- ◆ 海外舗装道路向けEVバイクユーザー要求達成
 - ・要求速度 UP
 - ・登坂角度 UP
 - ・段差乗り越え性能UP



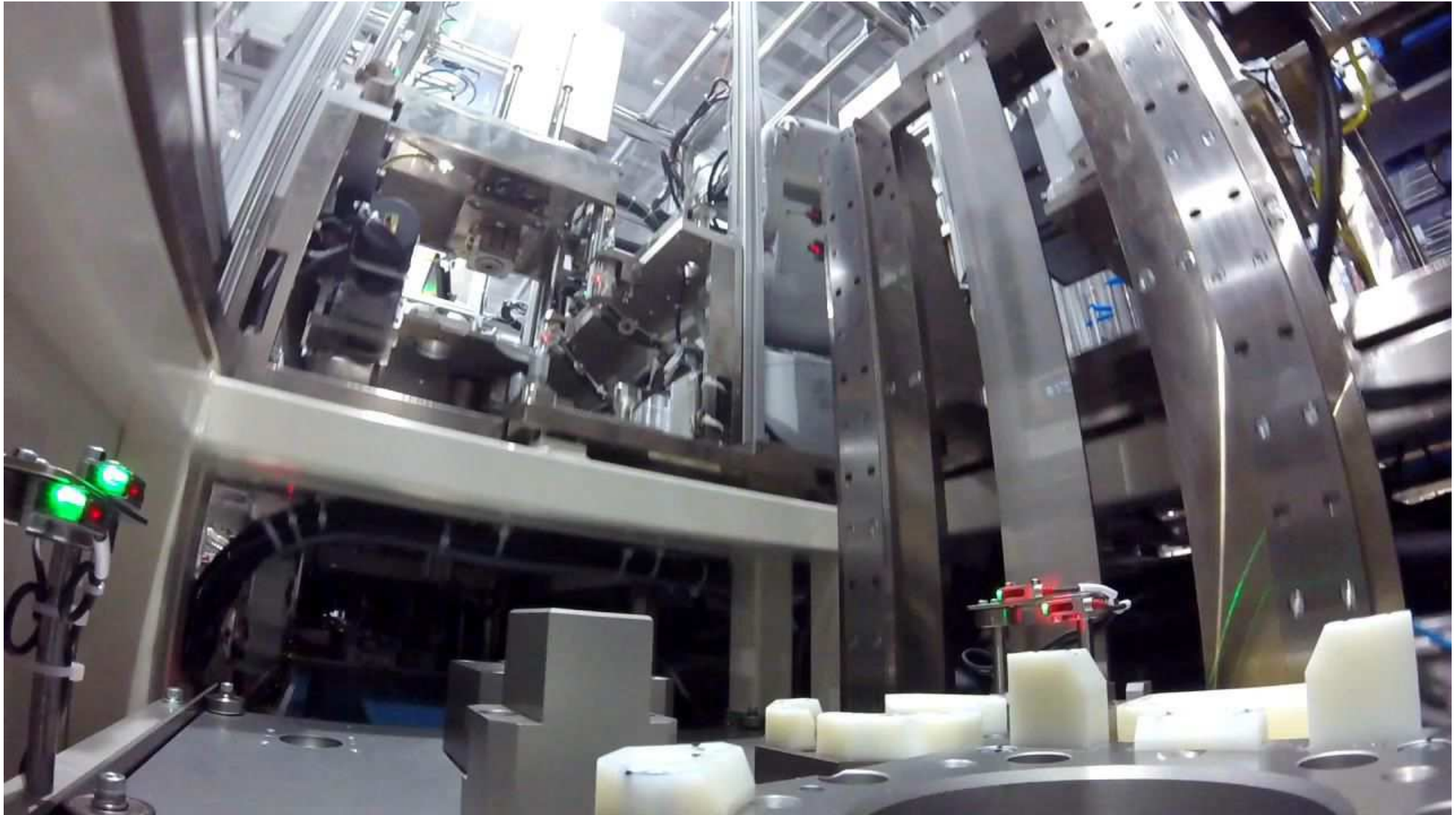
ドローン用モータ

- ◆ 25%軽量とモータ効率8ポイント改善でドローンの航続距離UP
 - ・積載貨物重量の向上
- ◆ 軽量化と防塵防水性能IP67の両立
 - ・粉塵環境動作可能
 - ・水中環境動作可能



※数字は市場流通品比

生産工程紹介



発電によるエネルギーの地産地消

アスターの技術によるエネルギー自立社会の実現

揚力型風力発電機

ASTER発電機



ASTERモーター



エネルギー分野への挑戦

揚力型風車用発電機



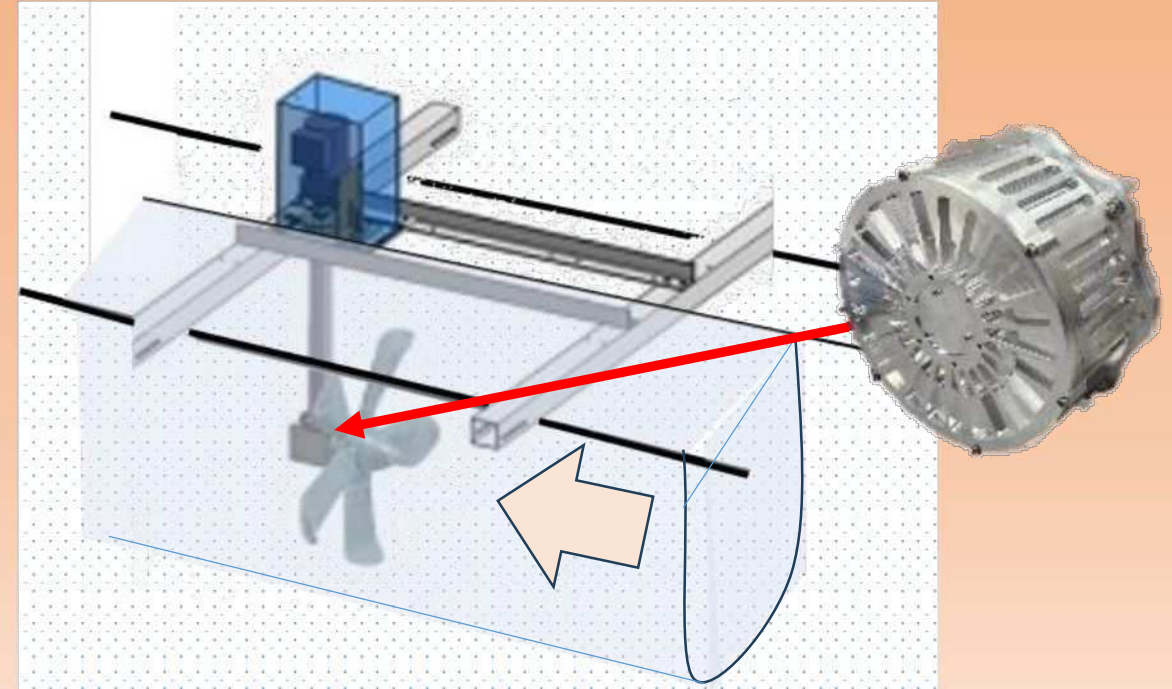
発電電力で
金属リサイクル



【特長】

低騒音で高効率の垂直軸風力発電機

小水力発電機



【特長】

コンパクトで効率良い小水力発電システム
農業用用水利用発電で検証

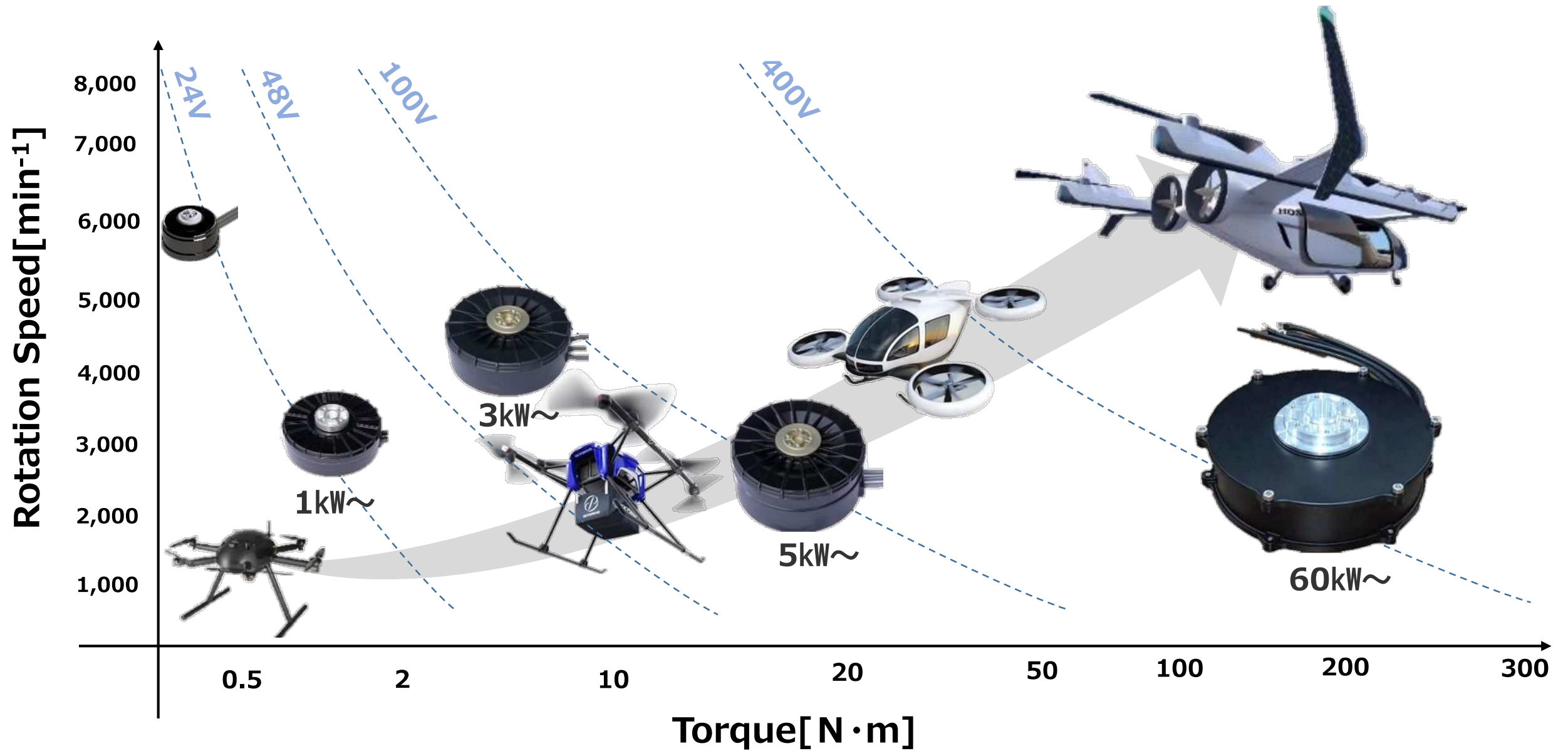
アスターの実験風景①



アスターの実験風景②

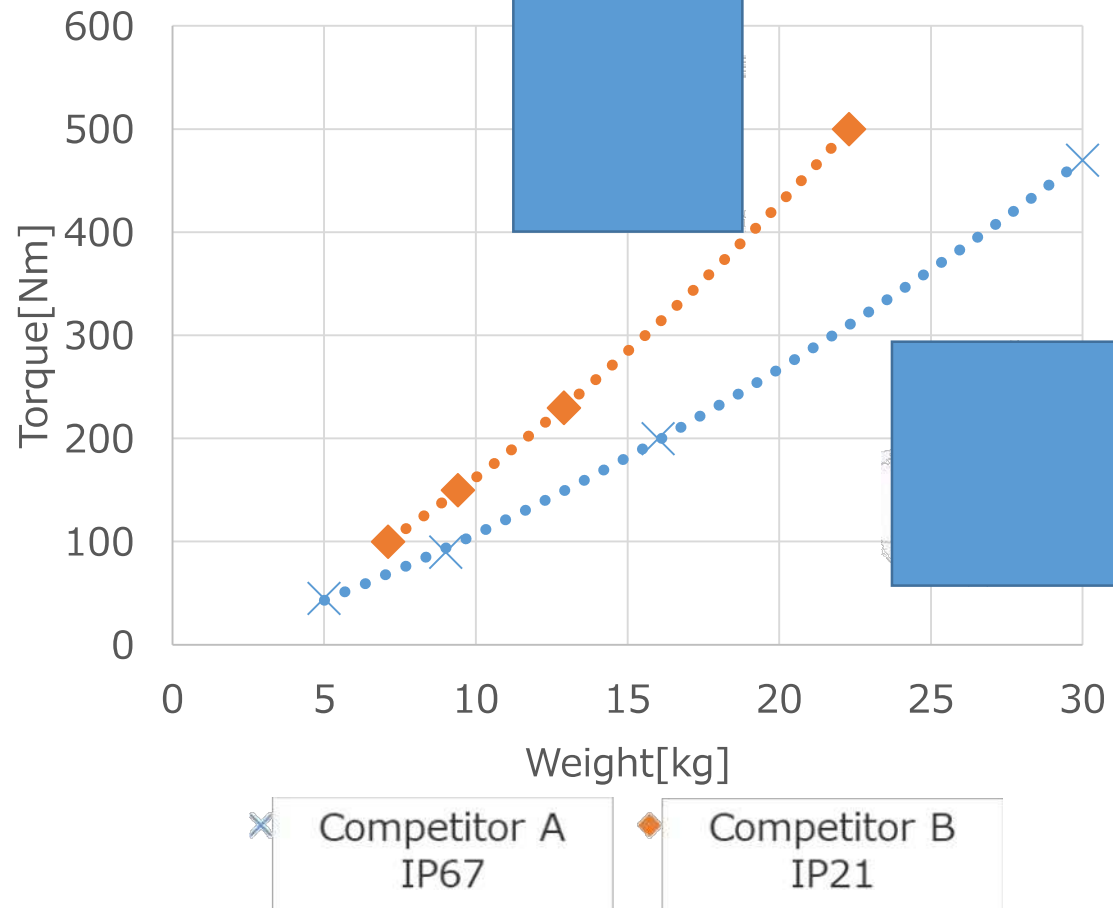


アスターのドローン用モータのラインナップ



モータ開発事例 ～市場要求～

大型ドローン用モータの重量-トルク



1. Structure

	Item	Specification
1-1	Motor Type	IPM
1-2	Number of Phases	3 Phases
1-3	Number of Poles, Slots	40 Poles, 36 Slots
1-4	Wire Connection	Star Connection
1-5	Bearing	Ball Bearing
1-6	Insulation Class of Coil	Class H
1-7	Protection Class	IP66 (IP67 Compliant)
1-8	Magnet	Permanent Magnet
1-9	Motor Life	10,000hrs

Data received as of 10/14/2022

Item	Unit	Continuous Load	Peak Load "Hover": (~1% of the time on average)	Forward Flight Typical Duration: <3 minutes	Hover Typical Duration: <3 minutes
Motor Life	hrs	5000	5000	100	100
Moment	Nm	280 +/- 50	0	400 +/- 70Nm	0
Axial	N	600	1800	900	1800
RPM	rpm	500	1700	-	1700

顧客要求

高いIP(防水防塵)性能を持ったモータ

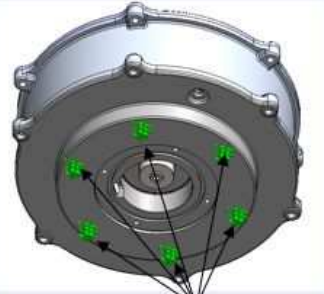
高い機械的強度を持ったモータ

⇒重量と背反のため既存のモータでは解決策がなかった

モータ開発事例 ～機械設計～

Data received as of 10/14/2022

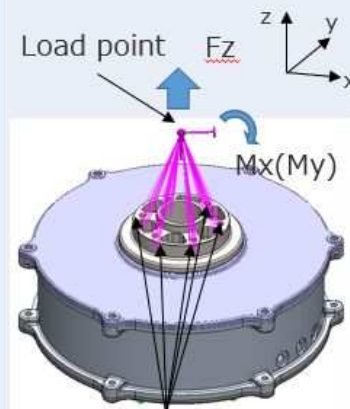
Item	Unit	Continuous Load	Peak Load "Hover": (~1% of the time on average)	Forward Flight Typical Duration: <3 minutes	Hover Typical Duration: <3 minutes
Motor Life	hrs	5000	5000	100	100
Moment	Nm	280 +/- 50	0	400 +/-70Nm	0
Axial	N	600	1800	900	1800
RPM	rpm	500	1700	-	1700



6point fixed constraint

Item	Unit	Ti-6AL-4V	A5052
Yield point	MPa	888min	215min
Tensile Strength	MPa	957min	260min
Fatigue strength	MPa	300	87
Elongation	%	10min	12min
Modulus of Longitudinal Elasticity	GPa	113	68
Poisson's ratio	-	0.33	0.33
Specific Gravity	-	4.42	2.68

Constraint conditions



Load point Fz
Mx(My)

Threaded part of shaft(6points)

Load conditions

Objective

Verify the strength by checking the stresses generated for the required axial loads and bending moments.

Analysis Details

1) Conditions

【Constraint conditions】

Fixed restraints at 6 points on the underside of the case.

【Load conditions】

Threaded part of shaft(6 points)

Item	①	②	③	④
bending moment(Mxy)	280+50	0	400+70	0
axial load(Fx)	600	1800	900	1800
condition	continuas	peak(Hover)	Forward Flight	Hover

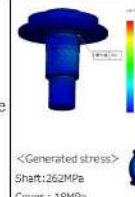
2) Material properties

Shaft:Ti-6AL-4V

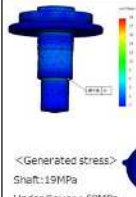
Case/Cover:A5052

Under the above restraint and loading conditions, a strength analysis is performed.

Fatigue strength



<<Generated stress>>
Shaft:262MPa
Cover : 18MPa




<<Generated stress>>
Shaft:19MPa
Under Cover : 59MPa

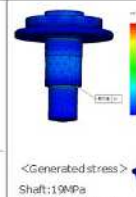
Item	Symbol	Unit	①	②
Requirement	Fx	N	600	1800
	Mxy	Nm	330(280+50)	
Results	material		Ti-6AL-4V	A5052
	Generated stress	Mpa	262	18
	Judgment value	Mpa	300	87
	Safety factor	-	1.1	4.8

For the required load and torque, the stress generated is less than the fatigue strength of the part. Therefore, the function and performance are not impaired due to failure, and it is judged to be O.K.

Fracture strength



<<Generated stress>>
Shaft:374MPa
Cover : 140MPa



<<Generated stress>>
Shaft:19MPa
Under Cover : 59MPa

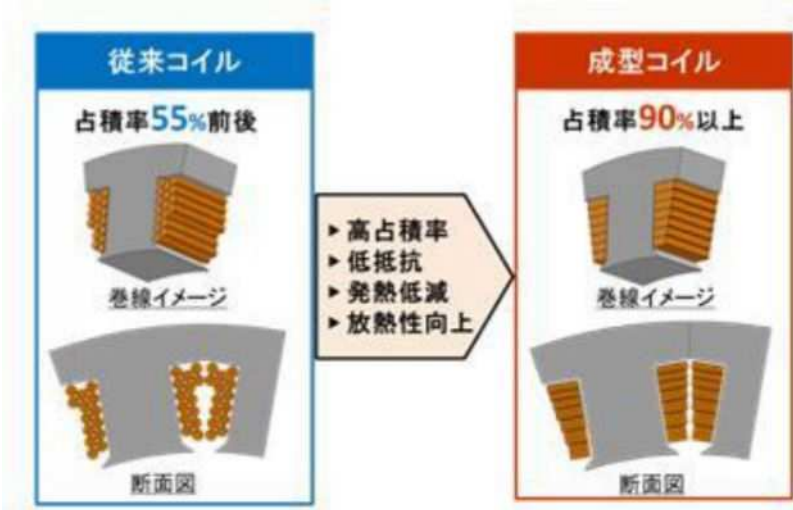
Item	Symbol	Unit	③	④
Requirement	Fx	N	900	1800
	Mxy	Nm	470(400+70)	
Results	material		Ti-6AL-4V	A5052
	Generated stress	Mpa	374	140
	Judgment value (Yield strength)	Mpa	888	260
	Safety factor	-	2.37	1.9

For the required load and torque, the stress generated is less than the yield stress of the component, there is no loss of function or performance due to failure, and it is considered O.K.

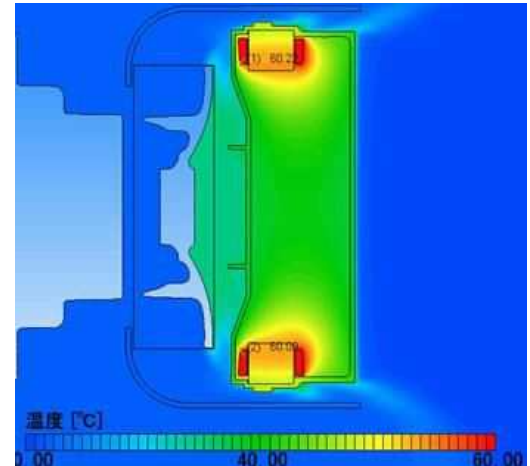
開発結果

顧客要件の機械的強度を獲得

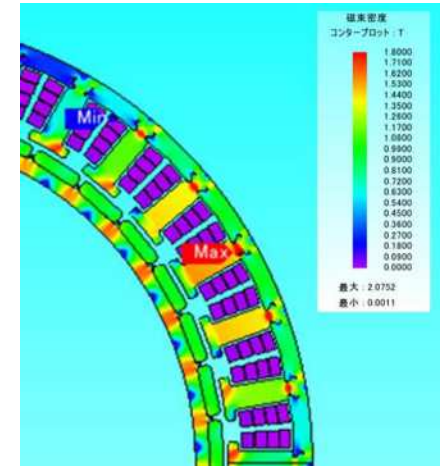
モータ開発事例 ～電気設計～



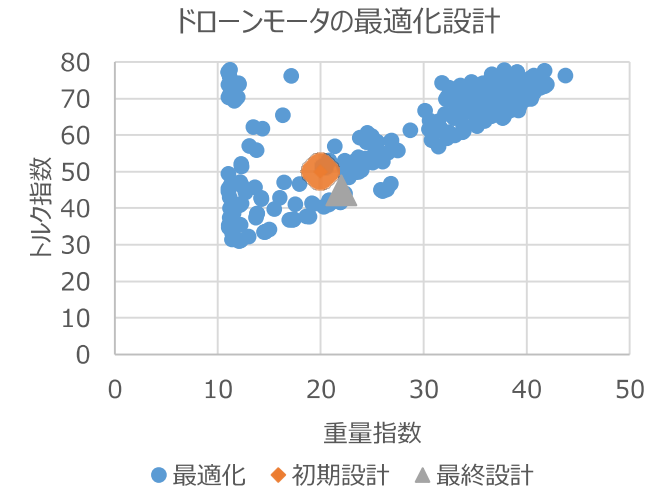
電工/組み立て技術



流体解析技術



磁界解析技術



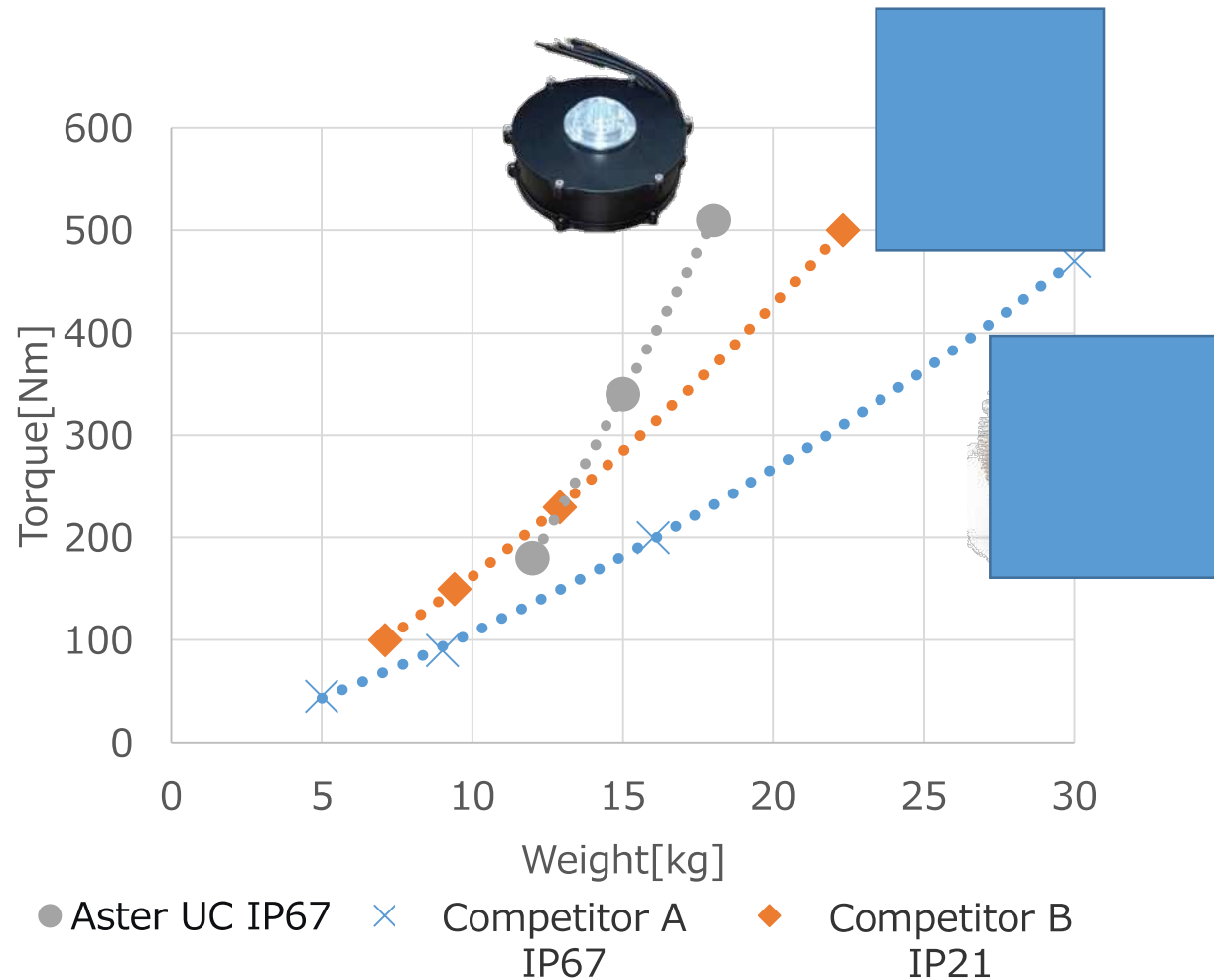
設計変数: 寸法
 評価項目: 重量 トルク 回転速度
 入力電圧 発熱
 総ケース数: 18,000
 最適化手法: GA
 (遺伝的アルゴリズム)

	従来モータ	アスターモータ		
設計手法	-	従来	従来	最適化
コイル材質	銅	銅	アルミ	アルミ
出力[kW]	30	30	30	30
トルク[Nm]	170	170	170	170
磁気回路重量[kg]	5.2	4.5	4.2	3.0

開発結果
 磁気回路部品重量 -42[%]達成

モータ開発事例 ～開発結果～

大型ドローン用モータの重量-トルク



eVTOL用モータの開発結果

- IP67の獲得
- 要求構造強度の達成
- 他社モータ比較で軽量化達成
- 最大効率95%以上
- 一般的な電磁鋼板(t=0.35)の使用

ご清聴ありがとうございました

Build a Future

ASTER