

【補足説明資料】

次世代航空技術の研究開発 に係る事後評価

平成30年7月2日

宇宙航空研究開発機構

滞空型無人機技術(宇宙航空一体の災害監視システム)(1/5)

[目的]

悪天候の影響を受けない高高度に長時間滞空できる無人航空機システムを実現し、衛星・航空機のミッション能力を補完・補強する新たな観測/通信プラットフォームとして防災や安全保障など我が国が直面する社会課題の解決に貢献する。

[システムコンセプト]

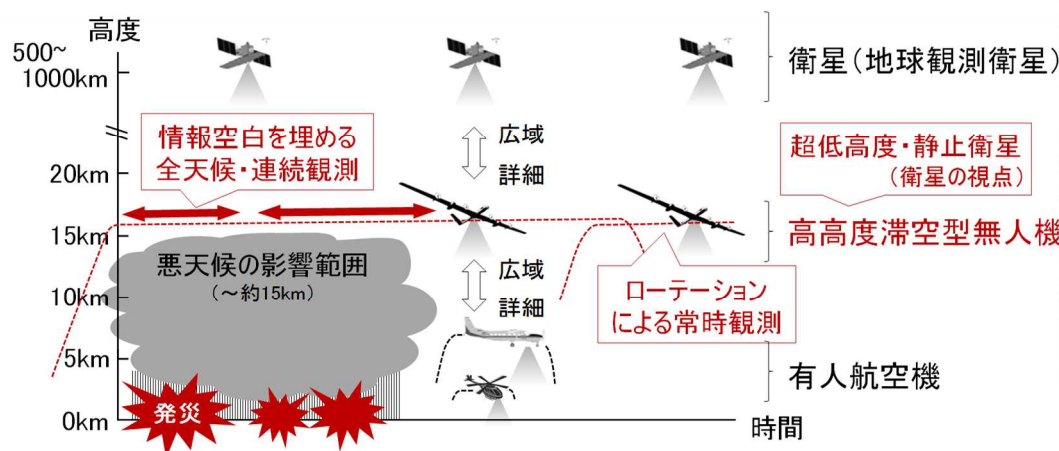
2機のローテーション運用(自動飛行)により我が国の排他的経済水域(EEZ)内の任意の海域/陸域において昼夜・天候によらず24時間・365日の連続ミッションを実現可能な監視・観測/通信中継システム

[基本性能要求]

運用高度: 16.5km以上、巡航速度: 280Km/h以上、滞空時間: 72hr以上 を設定

[事業目標]

- システム/運用コンセプトの具体化とその社会的価値の明確化
- 主要な技術要素の技術見通しの明確化(機体・推進技術、無人機運航技術、ミッション技術)



【防災(災害監視)におけるミッション能力の補完・補強イメージ】

滞空型無人機技術(宇宙航空一体の災害監視システム)(2/5)

(1) 先進技術開発

① 高高度滞空技術

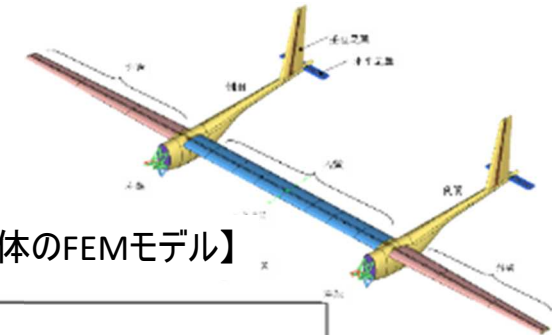
[機体技術] スパンローディング・脱AC成形による軽量機体構造

- 双胴化によるスパンローディング(翼幅荷重分散)設計、既存のオープン成形用プリプレグを用いた脱AC(オートクレーブ)大物一体成形を試行し、材料試験及び部分要素試験により設計許容値を求め、全機構造設計によって目標とした最大離陸重量に対する構造重量比25%の目途を得た。

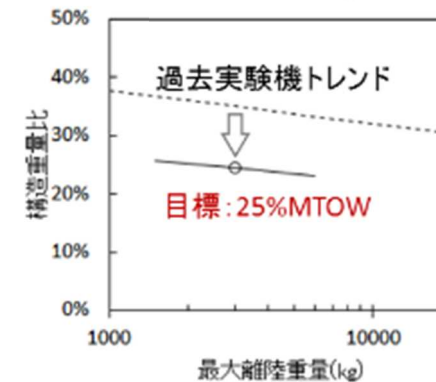
[推進技術] 高空過給エンジンシステム

- レシプロエンジンに複数のターボチャージャを組合せた高空過給エンジンシステムについて、多軸ジェットエンジンのシミュレーション技術をもとに過給システムの動的シミュレーション・モデルを開発し、広範な運転条件(地上～高度18km)において安定作動が可能であることをシミュレーション解析によって確認した。
- 加えて、HKS700T(国産のLSA※用700ccガソリンエンジン)をコアとする原型エンジンシステムを試作し、低圧環境を模擬した地上運転試験によりシミュレーション結果を検証した。
- 今後の課題として、実用エンジンに対するシミュレーション及び概念設計への取組みが必要となる。

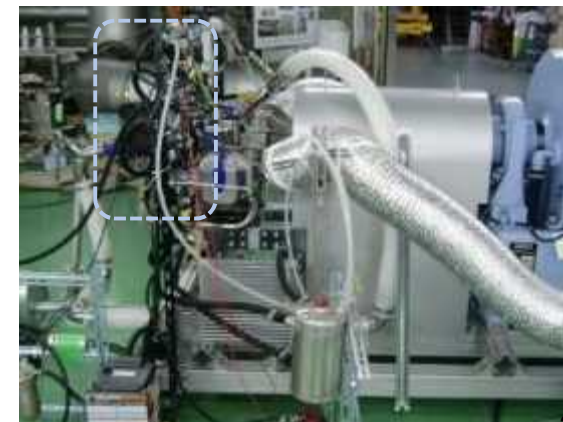
※LSA: Light Sport Aircraft



【機体のFEMモデル】



【機体構造重量の目標値】



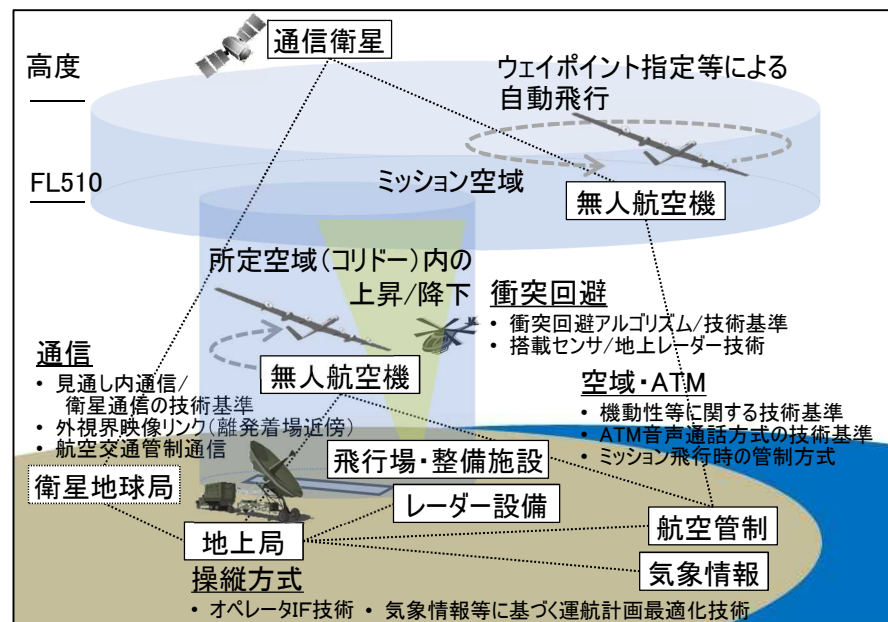
【高空過給エンジンシステムの地上運転試験】

滞空型無人機技術(宇宙航空一体の災害監視システム) (3/5)

(1) 先進技術開発

②無人機運航技術

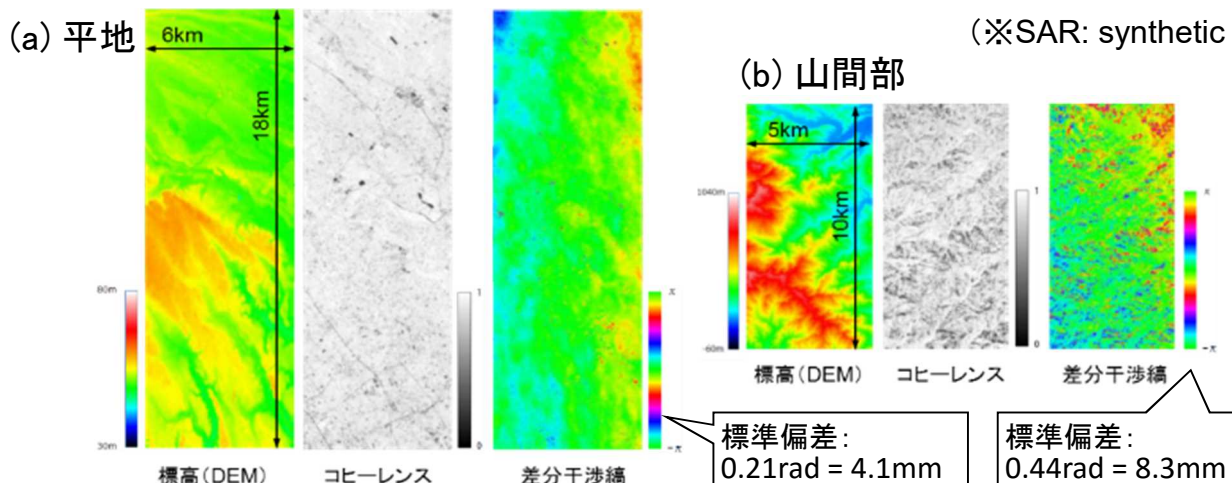
- 非排他的空域における恒常的な運航(空域統合)を可能とするため、非常時対応を含む運航手順・方式を具体化するとともに、通信や操縦方式、航空交通管制への対応、衝突回避等の課題を識別し、シミュレーションにより飛行性、操縦性及び着陸時における伝送遅延の影響等を確認した。
- 無人航空機の運航に係る規制等に関して、国際機関(ICAO)による国際標準策定の取組み等に参加・協力した。



【運航コンセプトと技術課題】

③ミッション技術

- 豪雨による土砂災害防止ミッションに必要なリピートパス干渉SAR※によるcm級地殻変動監視や併用化ライダーによる水蒸気流束観測、ミリ波による高速データ伝送等について実現性を確認した。

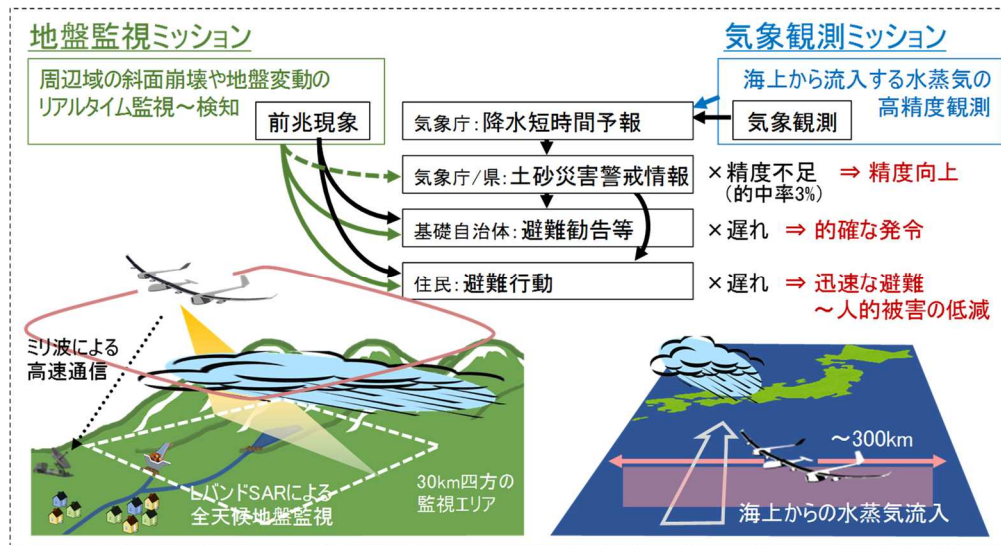


【航空機SARによる
リピートパス観測の
干渉解析結果】

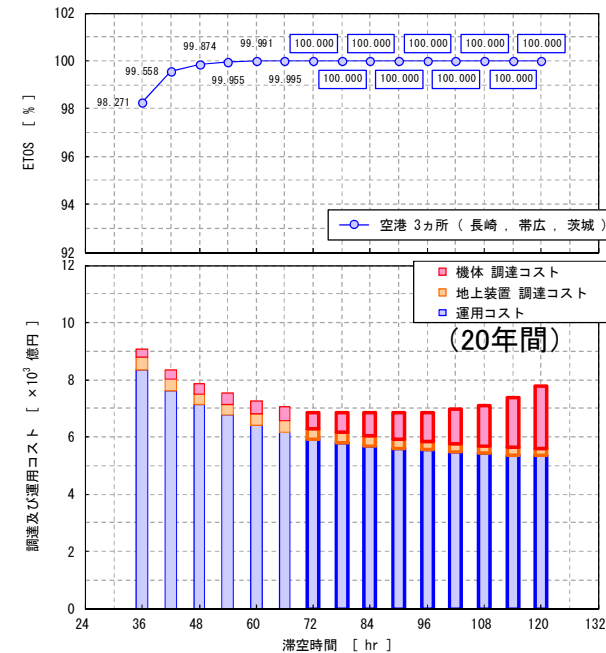
滞空型無人機技術(宇宙航空一体の災害監視システム)(4/5)

(2) ユーザコミュニティ構築・利用研究

- 以下のミッションについて、技術的な観点を中心にそのシステム及び運用コンセプトを具体化した。
 - 豪雨による土砂災害防災(地盤監視・気象観測)
 - 海洋監視(MDA)
 - 大規模広域災害対応
- いずれも想定ユーザによるヒアリング等を行いニーズを反映。豪雨による土砂災害防災ミッションについては、防災機関/有識者による研究会を設立して議論し合意形成した。
- 大規模広域災害対応ミッションについて、その社会価値として防災・減災効果を推算した。
- 滞空性能に対してETOS(Effective Time On Station、目標地点に滞空できる時間比率)及びコストを評価し妥当性を確認した。



【豪雨による土砂災害の被害低減を目指したミッションの概要】



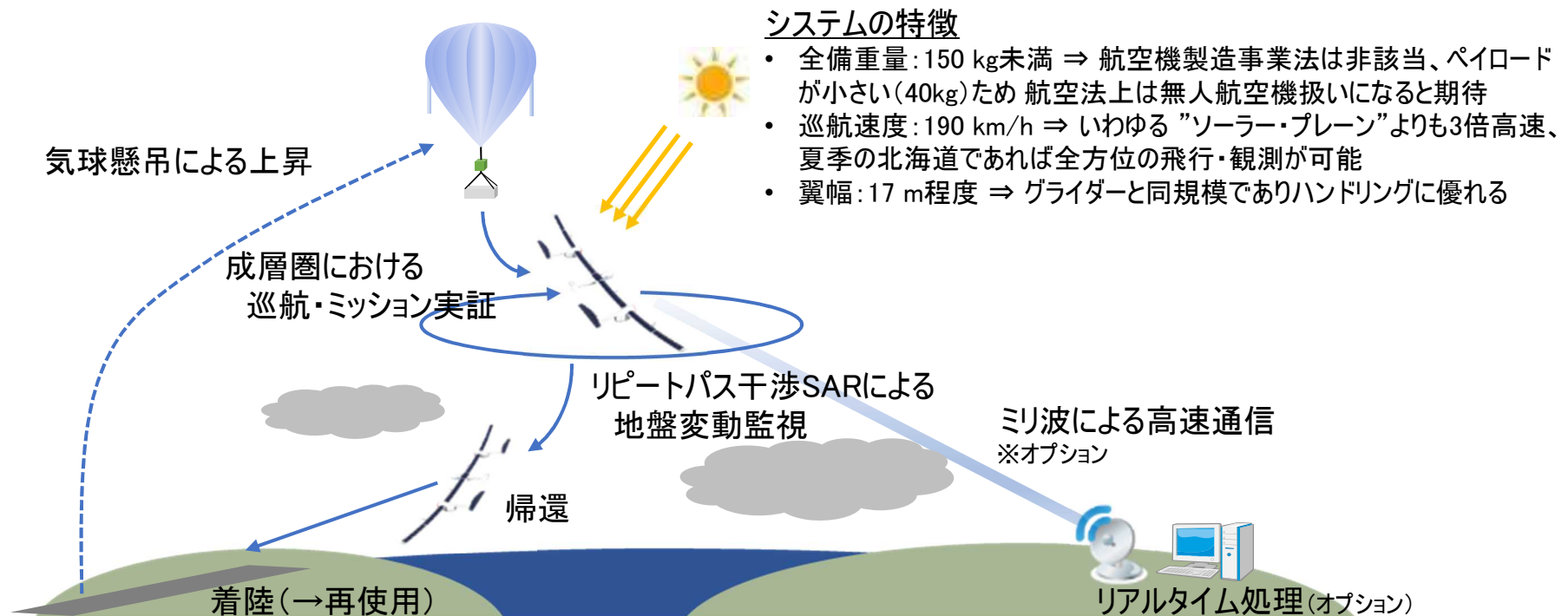
【EEZ※内10地点監視時のETOS及びコスト推算】

※排他的経済水域

滞空型無人機技術(宇宙航空一体の災害監視システム) (5/5)

(3) システム開発・実証試験

- 機体システムの概念設計により主要な技術課題を識別し、上記「先進技術開発」において成立性を確認するとともに、その飛行実証及びミッション実証を目的とする「研究機」及び「小規模実験機」の開発計画を立案
- 今後、社会動向を踏まえつつ、飛行実証試験及びミッション実証試験に向けたユーザや開発者等関係機関等との連携強化に取り組む。



【小規模実験機による成層圏飛行実証構想】

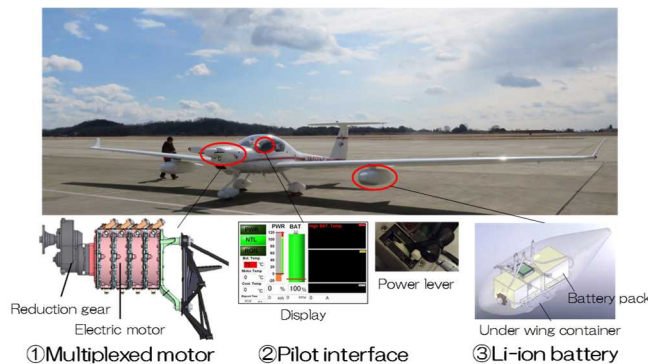
エミッションフリー航空機技術の研究開発(1/4)

[目的] 航空機の燃費や整備費を大幅に削減可能な革新的技術として将来有望な、電動化航空機技術の研究開発を行うことにより、国際的に優位性を持つキー技術を獲得する。

(1)電動推進システム技術

優位性を持つキー技術の研究開発及びそれらの統合化によるシステム性能を検証し、目標を達成。また、異分野連携を重視し、自動車関連企業、電池関連企業、化学素材系企業等との連携のもと、JAXAが有しない技術についても効率的に技術を開発。本成果を展開し、特に多重化モータに関してはドイツ航空宇宙センター(DLR)との連携を実施。

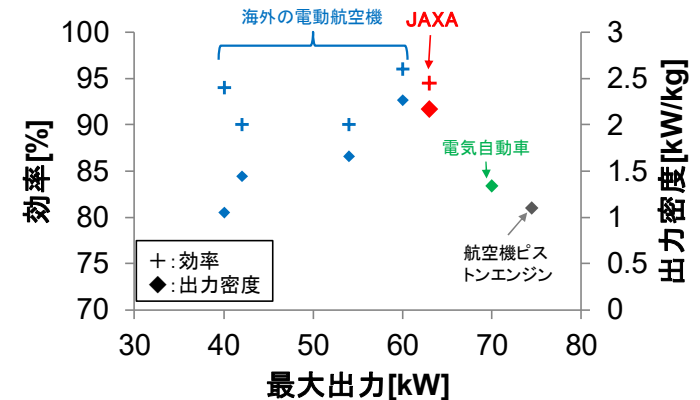
- ① 高効率・高出力密度性能を有する多重化モータの開発【世界トップレベルの効率(94%)と出力密度(2kW/kg以上)を達成】
- ② 高放電レート電池における健全性監視システムの開発【世界トップレベルの放電レート11Cを達成】
- ③ 電動モータコイル用の高熱伝導性耐熱絶縁材の開発【日本化薬(株)との共同研究により世界トップレベルを達成】
- ④ 鍵技術の特許化(5件出願、4件登録済み)



【開発した電動推進システムとキー技術を統合化した実証機】



【開発した多重化モータ(①)】



【JAXA多重化モータと海外の電動航空機用モータの比較(2014年時点)(①)】

【電池放電レートの比較(②)】

※電池の全容量を1時間で放電すれば1C
1/10時間で放電すれば10C

	海外電動航空機A	海外電動航空機B	JAXA
電池容量	80Ah(2並列)	280Ah(3並列)	70Ah(無並列)
最大電流	250A - 300A	400A - 500A	750A
最大放電レート	3C - 4C	1.5C - 1.8C	11C*



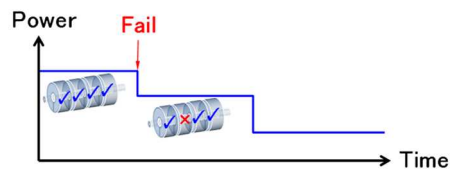
コイル熱伝導率の比較
● 従来材料：0.2W/mK
● 新材料：2.0W/mK

【開発した熱伝導性耐熱絶縁材を塗布したモータコイル(③)】

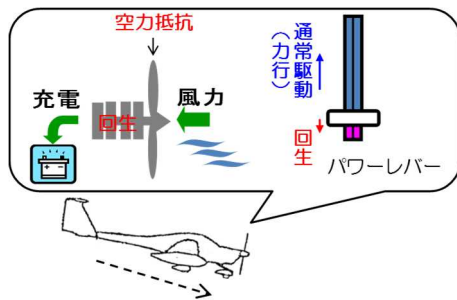
エミッションフリー航空機技術の研究開発(2/4)

(1) 電動推進システム技術(続き)

- ⑤ 多重化モータによる推力喪失回避機能の実証【世界で初めて有人飛行を達成】
- ⑥ 電力回生エアブレーキによる降下率調整機能の実証【世界で初めて有人飛行を達成】
- ⑦ 電力回生しながら定高度に滞空する“Regenerative Soaring”の実証【世界で初めて有人飛行を達成】
- ⑧ 電動航空機としてサーキュラーNo.1-005「試験飛行等の許可について」に基づき飛行許可を取得【国内で初めて】
- ⑨ 日本航空宇宙学会の第26回技術賞を受賞(H29年)



【推力喪失回避機能のコンセプト(⑤)】



【電力回生エアブレーキのコンセプト(⑥)】



通常のエアブレーキによる降下(⑥)

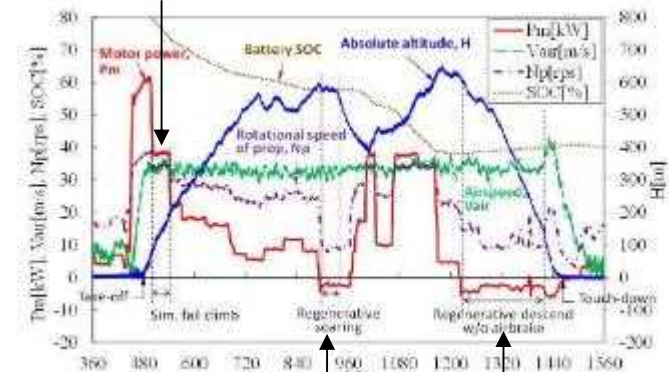


電力回生エアブレーキによる降下(⑥)



【上昇気流中で高度を維持しながらの電力回生(Regenerative Soaring)を行う飛行試験状況(⑦)】

推力喪失回避



Regenerative soaring

回生エアブレーキ

【飛行試験データの一部(⑤-⑦)】



表示・制御動作試験

地上搭載試験

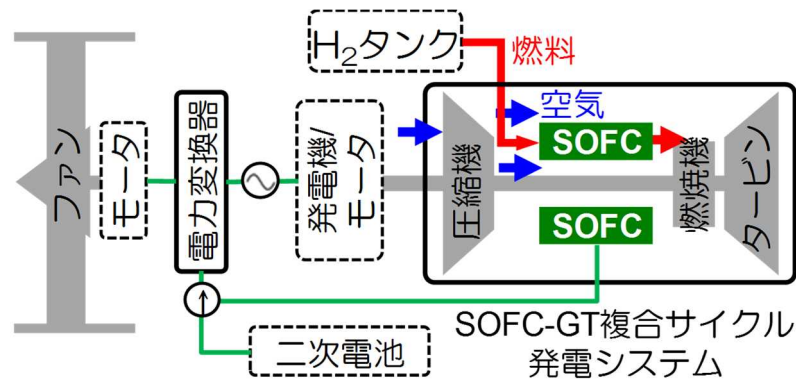
【飛行許可取得のための各種試験(⑧)】

エミッションフリー航空機技術の研究開発(3/4)

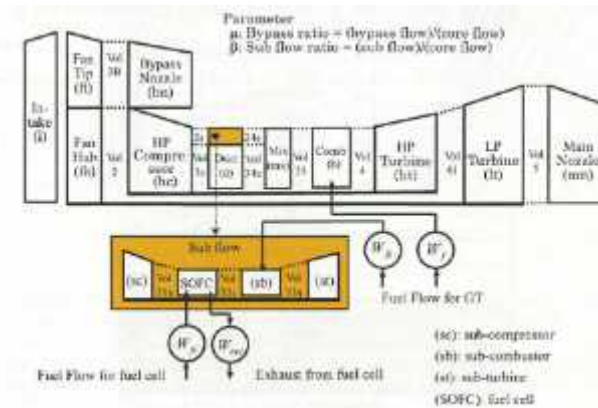
(2)電動ファン・発電システム技術

高いエネルギー効率を実現でき、燃料消費を大幅に削減できる革新技術の創出を目指し、旅客機クラスに適用するための課題(エネルギー密度や重量ペナルティ等)の解決方法についても検討し、目標を達成した。

- ① 航空機用ガスタービンエンジンに固体酸化物形燃料電池(SOFC)を組み込んだ複合サイクルシステムを提案。
- ② 上記提案を具体化し、熱交換器を不要とし軽量化を図り、同時に熱効率も向上するシステム構成案を考案(1件特許出願)。



航空機用ハイブリッドエンジンシステムの構成(①)



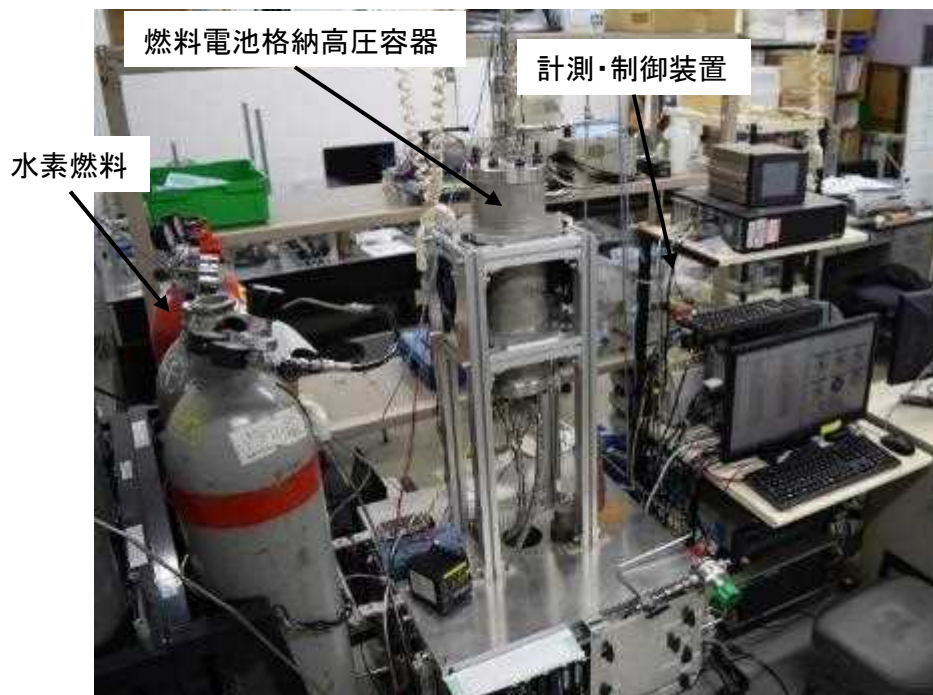
高熱効率ハイブリッドエンジン(②)とエミッションフリー航空機概念の検討

エミッションフリー航空機技術の研究開発(4/4)

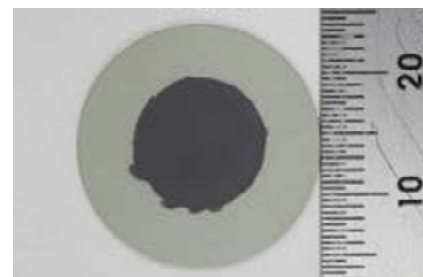
(3)低炭素燃料貯蔵・供給技術

低炭素燃料として特に水素燃料に着目し、(2) 電動ファン・発電システム技術で提案した高熱効率ハイブリッドエンジンシステムに適用するための検討を実施し、目標を達成した。

- ① 固体酸化物形燃料電池に水素燃料を供給し、諸特性を調べる基礎実験の実施
- ② 発電量に対する水素供給流量の影響調査と固体酸化物形燃料電池の許容限界の把握



固体酸化物形燃料電池の基礎実験装置 (①)
(日本大学との共同研究)



正常な固体酸化物形燃料電池



水素流量変動の影響で破損した固体酸化物形燃料電池

固体酸化物形燃料電池の許容限界把握 (②)
(日本大学との共同研究)

今後の展望

滞空型無人機技術の研究開発

- 滞空型無人機技術に関して、先進技術の開発については、要素ごとの技術見通しの明確化は行ったものの、高空過給エンジンシステムに係る実用エンジンに対するシミュレーション等基盤的技術の課題も残すことから、技術成熟度向上に引き続き取り組む。
- また、社会動向を踏まえつつ、飛行実証試験及びミッション実証試験に向けたユーザや開発者等関係機関等との連携強化に取り組む。

エミッションフリー航空機技術の研究開発

- 本研究開発の成果を踏まえ、海外研究機関との連携による実機実証も含めた電動推進システムの高度化、及び化石燃料を必要としない電動ハイブリッドシステムの研究開発を実施し、技術成熟度の向上を図る。
- また、電動ハイブリッドシステムの利点を活かし、革新的な機体概念への適用性検討等を実施する。
- 外部機関(国内企業や研究機関、大学等)と航空機の電動化に関するコンソーシアムを設立し、これまでに培った連携体制をより強化し、研究開発を効果的に推進する。