

宇宙探査イノベーションハブの 共同研究成果の記者説明会

～世界最高クラスの小型高効率モータ開発に成功～

JAXA、新明和工業株式会社、大分大学、日本文理大学、
茨城大学、静岡大学



- 宇宙探査イノベーションハブの紹介
- 次世代アクチュエータプロジェクトの概要
- 共同研究グループによる新開発モータ
- 今後の展開
- まとめ

- 参考資料

- いままでの課題
- ・探査ミッションの大型化・長期化など。
 - ・地上の民間技術を如何に活用するか。

探査研究のあり方を変える(発注型から参画型へ)

- 日本発の宇宙探査におけるGame Changing 技術を開発し、**宇宙探査の在り方を変える**と同時に**地上技術に革命**を起こす
- 設計思想(**集中から自律分散協調**)の变革と技術開発の出口戦略の転換(**宇宙探査技術と地上産業への波及を同時に**)を行う。
- 20年先の宇宙探査の中で、民間企業を含めた多種多様なプレイヤーが月の利用に参画する姿を描き、技術革新を狙う。
- 利用ニーズを取り入れるため、RFI(情報提供要請),RFP(研究課題募集)の制度設計により、研究課題の設定の段階から民間企業等も巻き込んで**オープンイノベーション**型の探査研究を進める

Game Changing：現状を打破し、ものごとを変えること

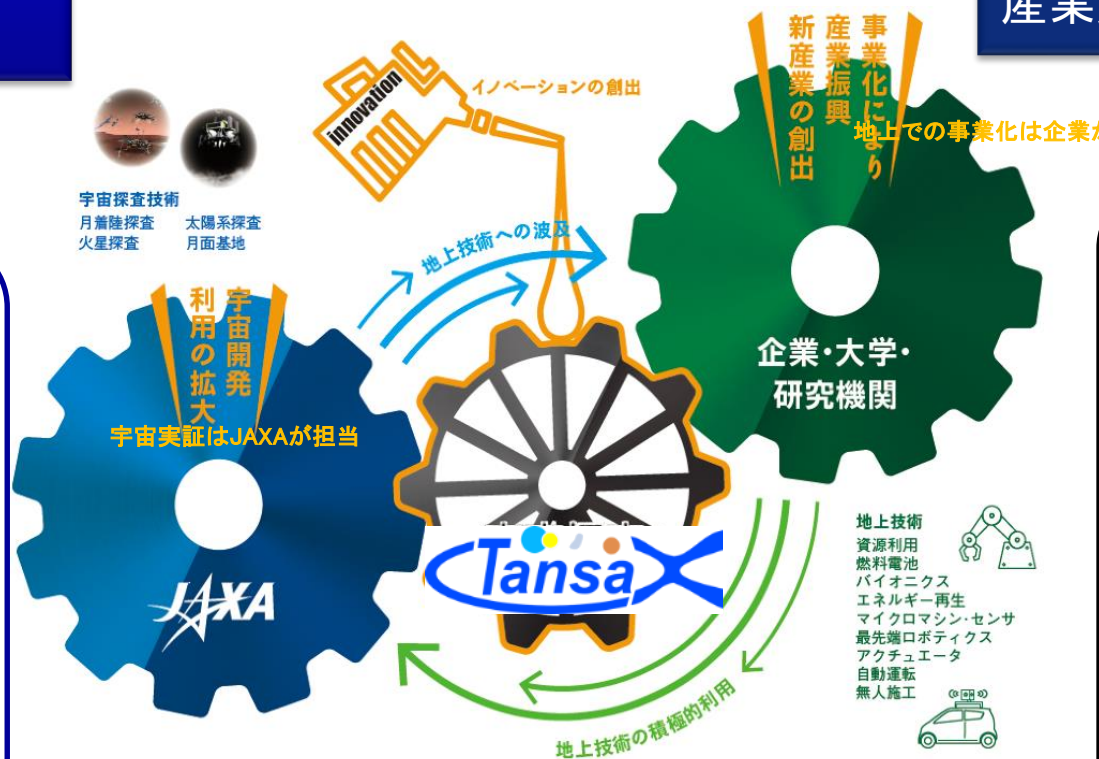
科学技術振興機構(JST)の支援を受け、2015年度よりスタート
現在、86社、40の大学・研究機関が参加、76研究テーマ

宇宙探査シナリオ・
ミッションの実現

社会課題の解決
産業競争力向上

宇宙探査事例

- ① 移動型探査ロボットによる広域探査
- ② 月面・火星基地の遠隔施工
- ③ 月面・火星基地用資材を現地で製造するシステム
- ④ 安全かつ効率的な有人宇宙探査のロボット技術活用



事業化事例

- ① 自動車、航空機(ドローン)分野の電化技術
- ② 無人化・自動化された建設・メンテナンス技術
- ③ 介護・医療分野の支援技術
- ④ 新たなプロセスによる資材製造技術

建てる

- ・遠隔操作による無人建設
- ・軽くて大きな建設機械

活動する

- ・人が効率的に活動する技術
- ・人が安全に活動する技術

- ◆ 日本が得意とする技術を発展
- ◆ 将来の宇宙探査に応用
- ◆ 地上の産業競争力も向上

作る

- ・水を使わないコンクリート
- ・砂からの資源抽出(水や鉱物)

住む

- ・再生可能な燃料電池
- ・燃料保存断熱タンク
- ・植物生産
- ・放射線防御

探る

- ・昆虫型ロボによる広域探査
- ・小型高パワーのモータ
- ・僅かな水を検知するセンサ

©JAXA

地上のアクチュエータ(モータ)の応用範囲

輸送



土木



工作機械



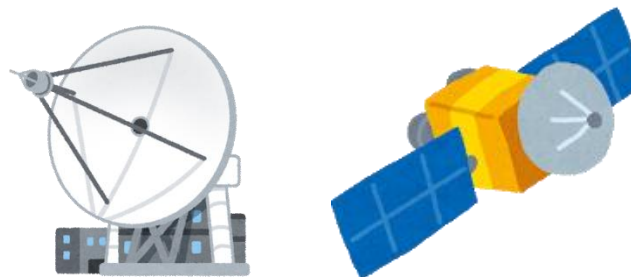
家庭



オフィス

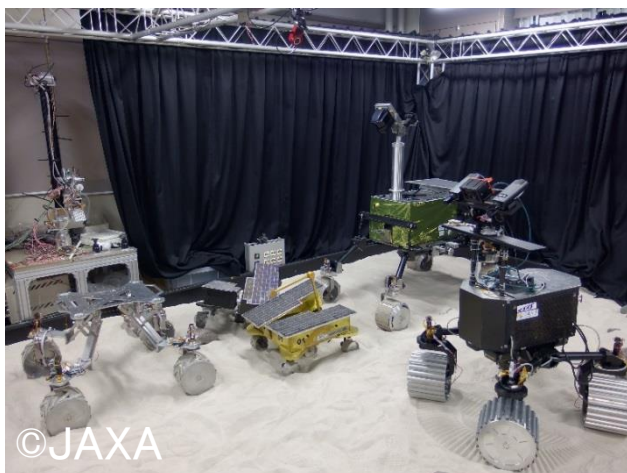


宇宙



医療

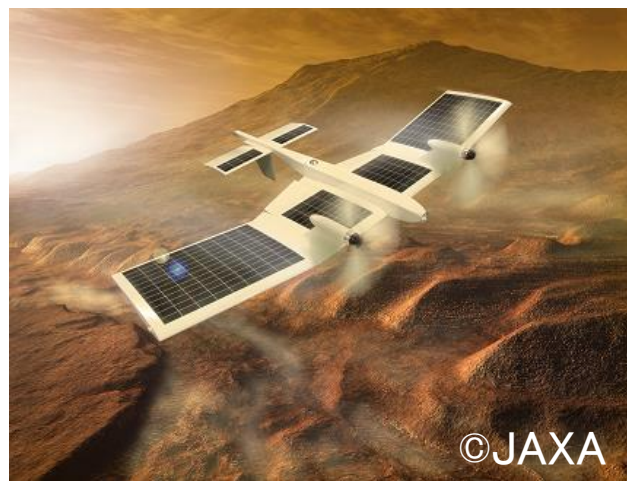




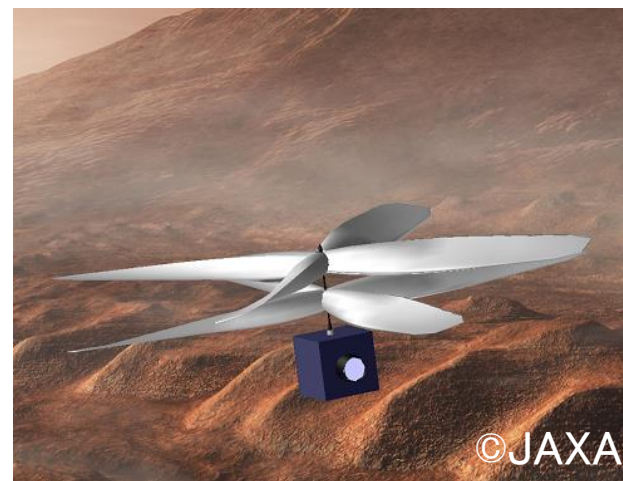
月・火星表面探査ローバ



二軸ジンバル装置



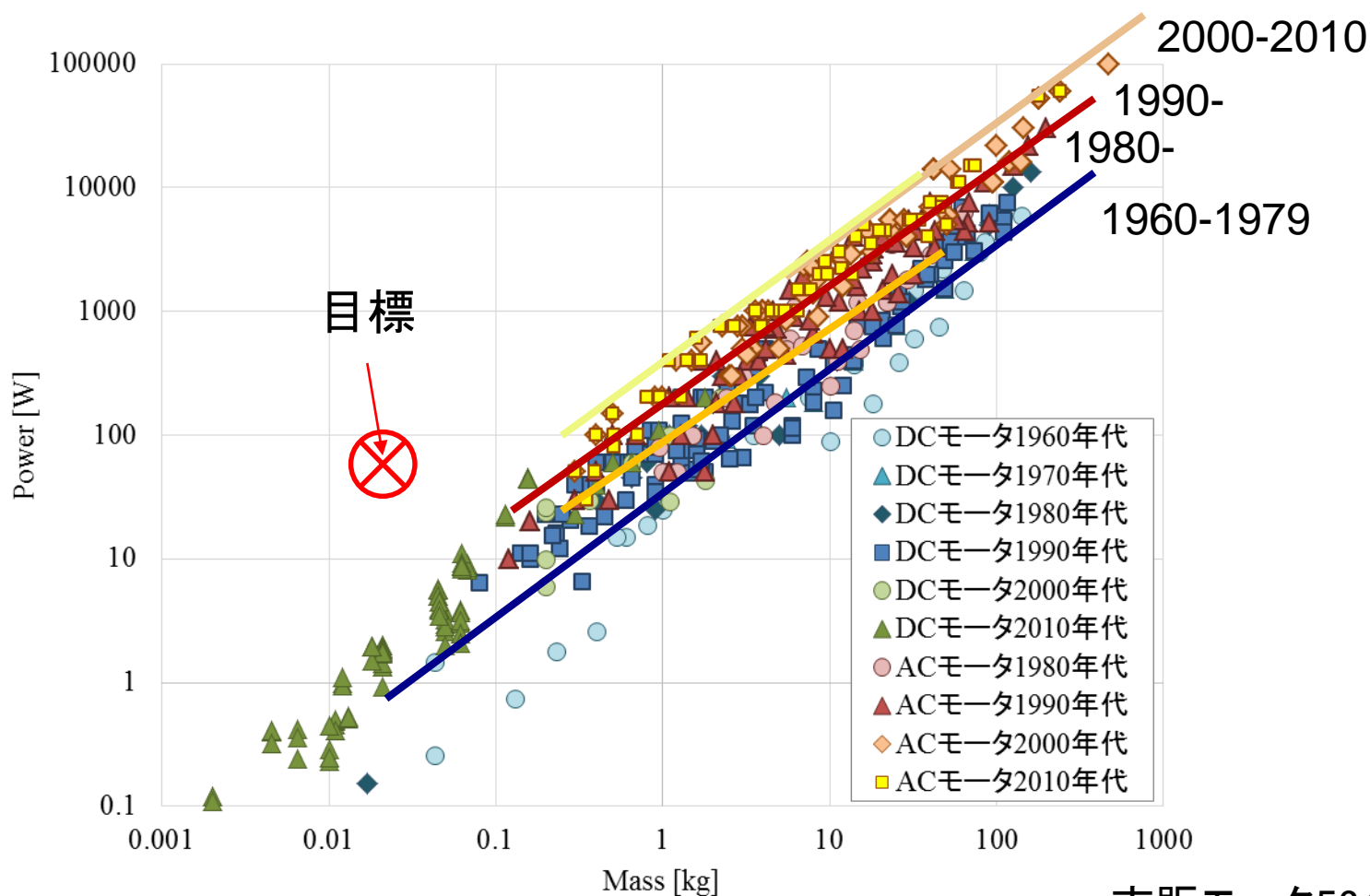
火星飛行機



火星用ドローン

- 宇宙探査ミッションにおけるアクチュエータ(モータ)の必要性が高まっており、高パワー密度かつ高効率(低発熱)の小型モータが必要
- 地上用モータは1億台超もの台数が国内にて普及し、主に各種産業用機械において使用されている。モータによる電力消費量は、我が国における産業用電力消費量(約49百億kWh)の約75%と推計されている。そのため、モータの高効率化は省エネにつながる。(参考資料P21より)
- 宇宙探査用モータと地上のモータの研究開発は、共通項が非常に多い
- そこで、アクチュエータ(モータ)の高性能化は宇宙探査ミッションと地上における事業化の双方に展開可能であり、宇宙探査イノベーションハブの重要なテーマとして研究開発を推進している。

連続定格出力質量比(カタログ値より推定。センサ・ケース込み、ドライバ除く)



市販モータ534機種

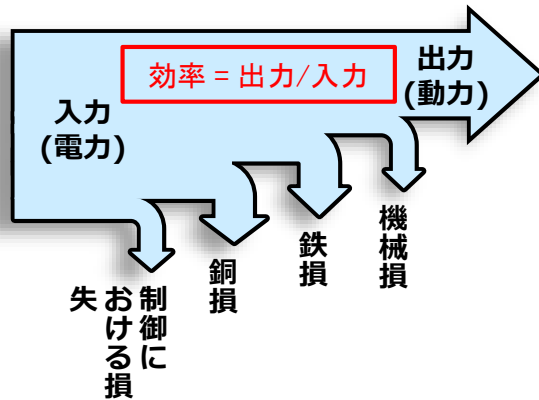
田中豊氏(法政大)、坂間清子氏(青山学院大)調査データをもとに作成

目標: 世界最高クラスのパワー密度として質量25gで出力50W,かつ高効率の小型モータを開発する

戦略: 多極構造で高トルクを維持しつつ、高速回転によりパワーアップを実現する
2016年2月より研究をスタート



高速回転(高周波駆動)に起因して、以下の問題が発生する



モータ損失の分類

- ① 周波数の二乗に比例して渦電流損が増加する
- ② ベアリングの摩擦や空気抵抗による機械損が増加する
- ③ 高速回転に耐えるため、高精度な組立加工が必要になる。
- ④ 上記により効率が低下すると電流が大きくなり、銅損が電流の二乗に比例して増加する
- ⑤ 上記のエネルギー損失は熱になり、モータ温度が上昇する
- ⑥ モータ温度が定格出力を規定するため、パワー密度が低下する

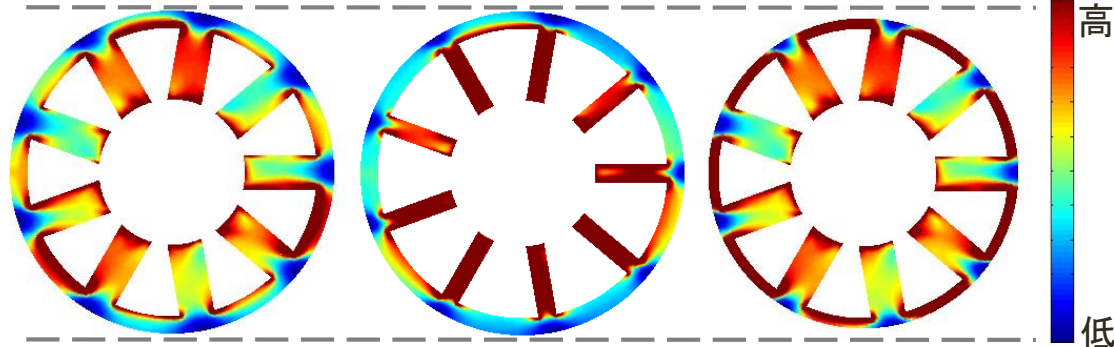
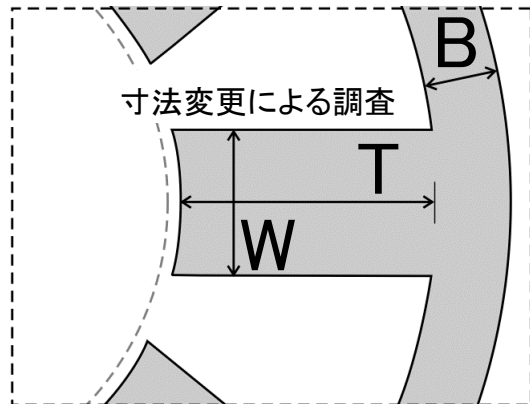
課題を以下の技術で解決する

- ① 吉川工業株式会社(北九州市)が、ベクトル磁気特性技術研究所および日本金属株式会社と開発・量産化した高速高効率コアを採用する。
- ② 高速高効率コアの特性を十分に引き出す低損失化設計・解析技術、性能測定・評価技術、およびそれらの技術を総合した設計・組立技術を開発する。

- ① JAXA
全体とりまとめ, モータ課題抽出, 宇宙仕様化
- ② 新明和工業(株)
モータの設計、組立、ドライバ調整、試作機の性能測定
- ③ 大分大学
モータ組立による鉄損増加の抑制方法の検討
試作機の性能測定
- ④ 日本文理大学
高速高効率電磁鋼板の特性解析、永久磁石の特性解析
- ⑤ 茨城大学
ベクトル磁気特性解析による、鉄損を減らすモータ形状の設計
巻線の線積率向上方法の検討、軸受の低摩擦化の検討
- ⑥ 静岡大学
制御装置の小型・高効率化の検討

ティース形状のパラメータを変更して固定子鉄心形状を設計 ©茨城大学

体格設計



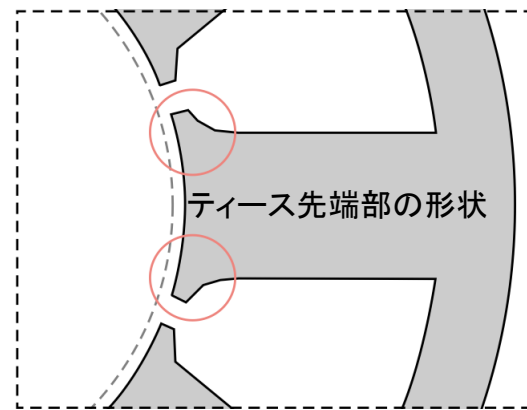
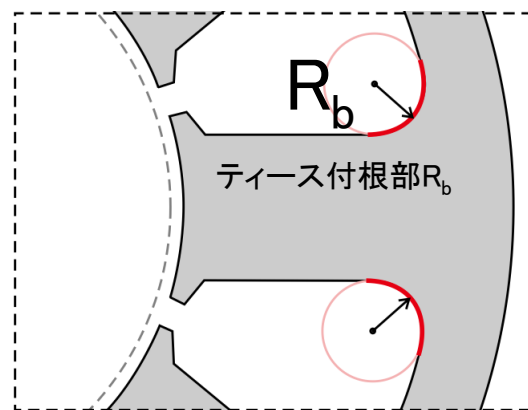
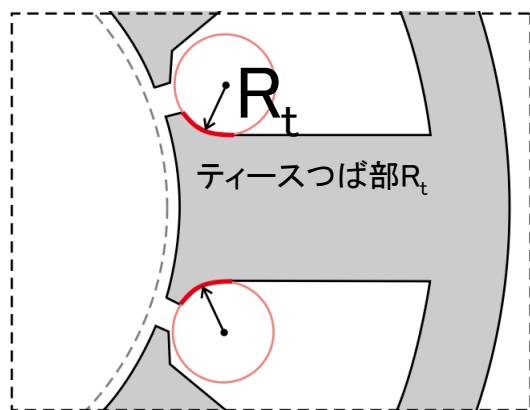
ベースモデル

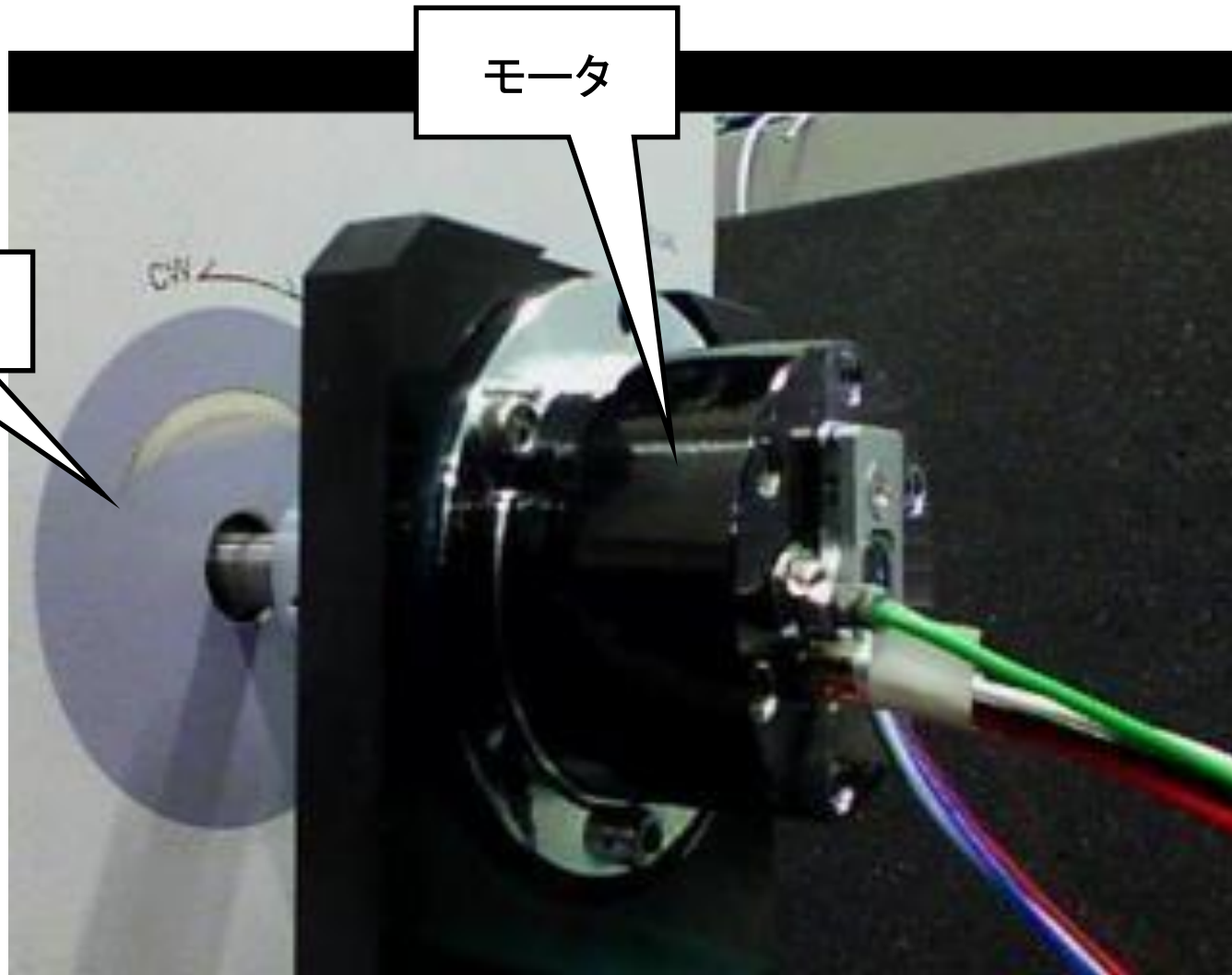
幅W狭モデル

幅B狭モデル

鉄心各部の寸法変更による鉄損分布の変化例

形状設計

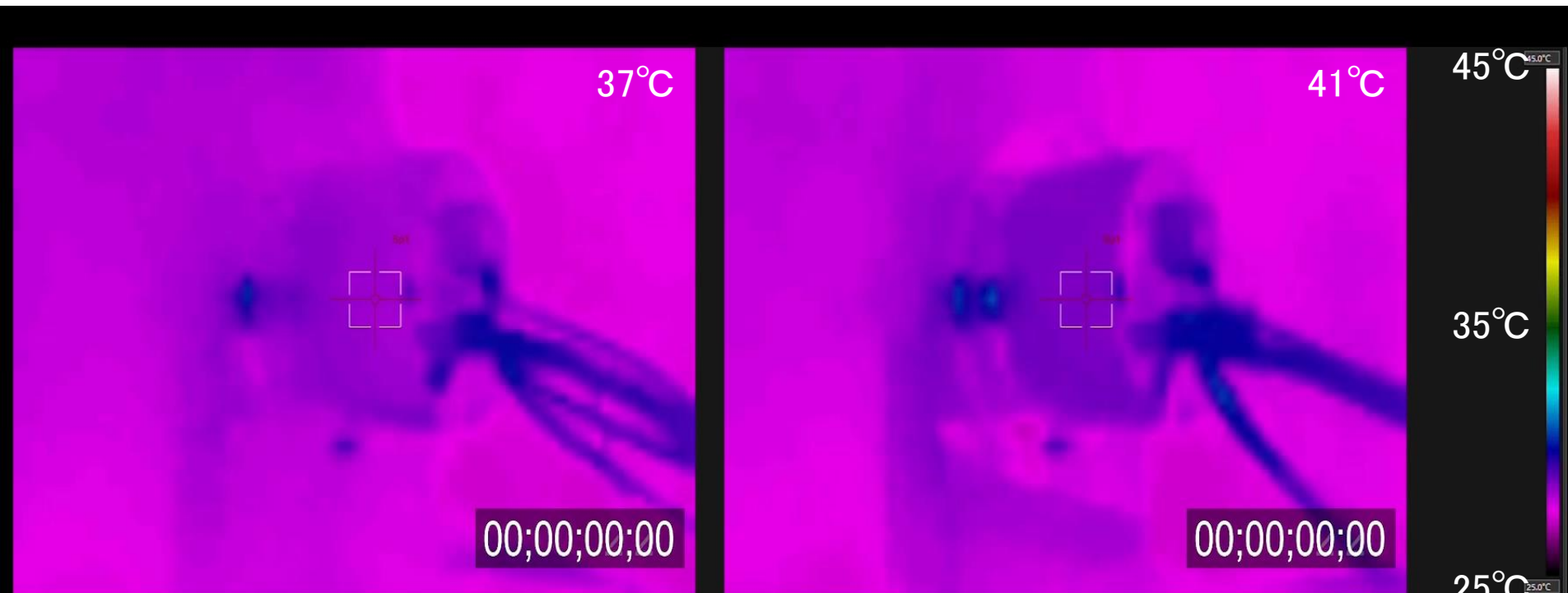




©大分大学

出力50Wで温度を計測
80倍速(計測時間20分)

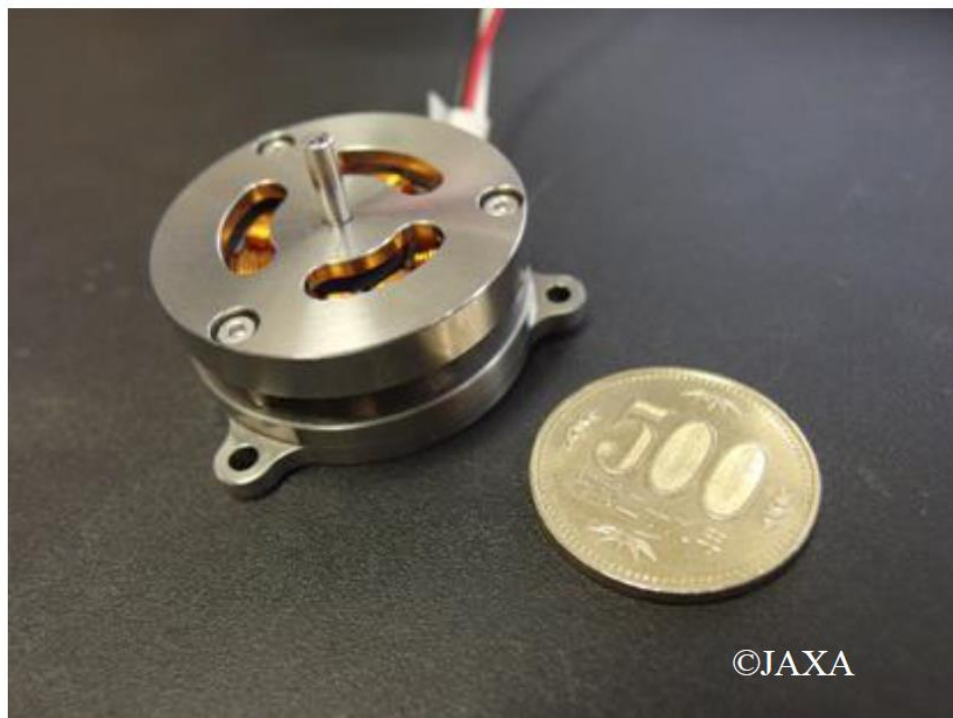
画像温度上限 摂氏45度
" 下限 摂氏25度



高速高効率コア(厚さ0.08mm)

従来コア(厚さ0.35mm)

©大分大学

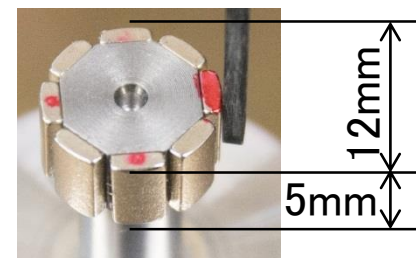


開発した小型モータ（測定装置取り付け用の治具付き）

- ① 質量が25g、出力50Wで連続運転が可能
- ② 低速回転から高速回転、低出力から高出力の広範囲に亘って80%以上の効率
- ③ 毎分15,000回転以上の高速回転では広範囲に亘って85%以上の効率を達成
- ④ 発熱が極めて少ない



ステータ ©新明和工業



ロータ ©日本文理大学

特長：小型軽量・高パワー密度・高効率（放熱負荷が少ない）

宇宙応用

- 月火星表面探査ローバ
- サンプル採取、掘削、マニピュレータ用モータ
- 火星飛行機・ドローン用モータ

地上応用

- ドローン
- ロボットの関節駆動
- 温度変化を避けたい用途（精密計測器の駆動）
- 大型モータの高パワー密度/高効率化に展開→
将来は自動車、飛行機用モータなど

- 宇宙応用と地上応用の両方を目指す共同研究として「世界最高クラスのアクチュエータ」の開発を推進している。
- 目標性能(質量25gで連続定格出力50W、高効率)を達成した。
- 本モータは小型、高出力、高効率で発熱が少なく、宇宙機用モータに適している。
- 試作したモータは地上応用としてドローンをはじめ幅広い応用が期待できる。

本研究は、JST イノベーションハブ構築支援事業に基づくJAXA 宇宙探査イノベーションハブの共同研究として実施したものである。

詳細な内容は以下の研究講演会のオーガナイズドセッションにおいても発表します

第31回 「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム

SEAD31



第31回
「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム
(SEAD31)
開催日
2019年5月22日(水)～24日(金)
懇親会
2019年5月23日(木)
会 場
東京工業大学すずかけ台キャンパス
すずかけホール



- 経済産業省 総合資源エネルギー調査会第16回省エネルギー基準部会でモータの省エネルギー規制を検討することに決定
 - ① モータは国内で毎年1千万台弱出荷されており、**1億台超**もの台数が国内にて普及している。これらモータの多くは、各種産業用機械において使用されている。
 - ② モータによる電力消費量は、我が国における産業用電力消費量(約49百億kWh)の**約75%**と推計されている。また、電力消費量全体(約1兆kWh)の50%超を占めており、我が国のエネルギー消費の相当量を消費している。
 - ③ 欧米では高効率化が進んでいるのに対し、我が国は、効率規制が取られておらず、**高効率化が進んでいない**。

【省エネ効果】

すべてのモータが高効率モータに転換した場合、年間約155億kWh、約500万tのCO₂が削減される。(我が国電力消費量全体の約1.5%、温室効果ガス排出量(12億82百万t)の**約0.4%に相当**)

以上から、新たに**トップランナー基準の対象機器へ追加**することとし、基準策定のための小委員会を設置する。

経済産業省総合資源エネルギー調査会第16回省エネルギー基準部会
(2011. 1. 24)資料4および日本経済新聞2011年1月14日朝刊より

モータの出力の限界は、モータ温度で決まる

1. 瞬時最高出力

(大電流を流して一瞬、ピーク出力を得る)

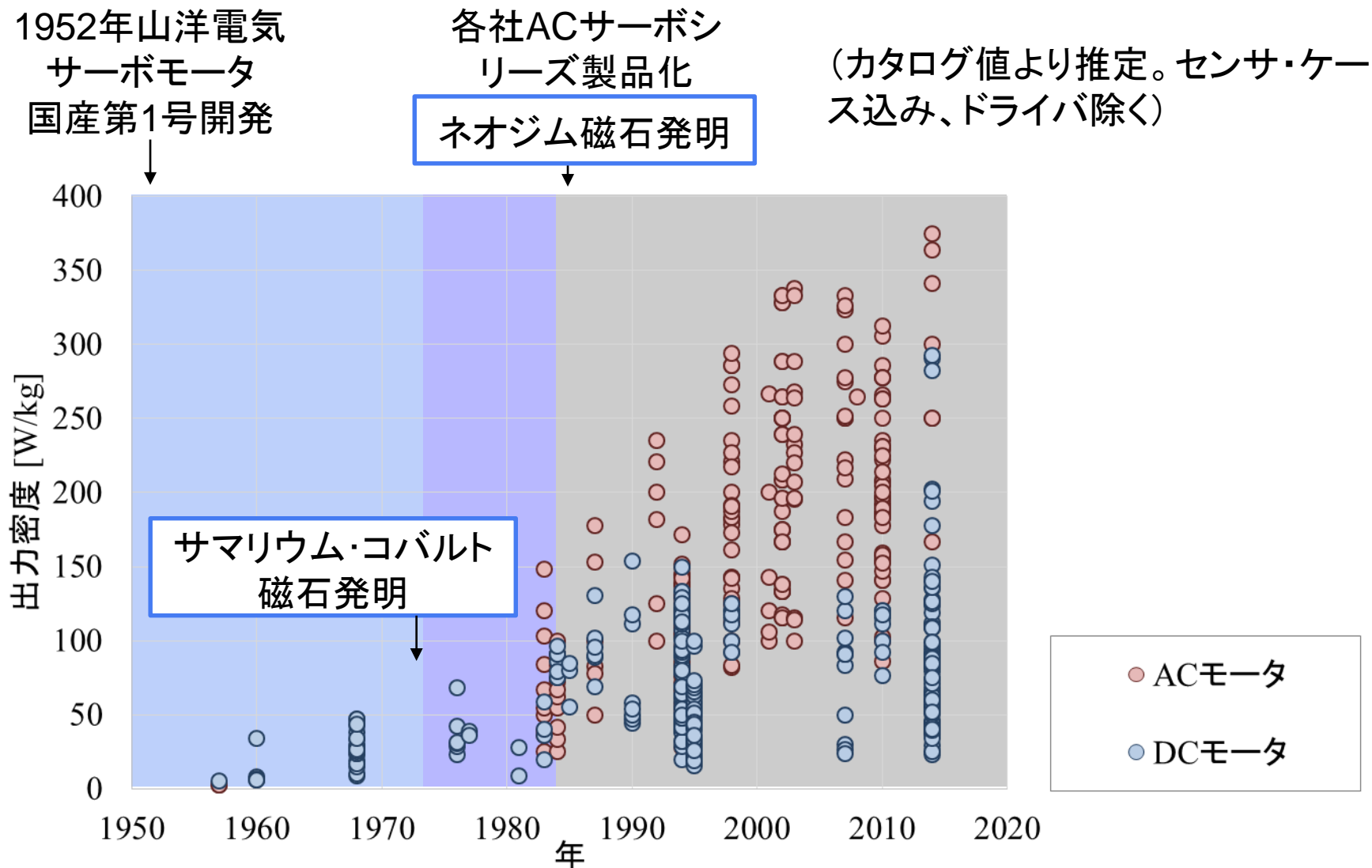
(電流の自乗に比例して発熱する)

(連続定格出力の10倍以上)

2. 連続定格出力

(連続運転可能な出力)

(モータが一定温度で安定する)



田中豊氏(法政大)、坂間清子氏(青山学院大)の調査データを元に作成

2014年JAXAにて実施

■ 高環境耐性モータユニットの開発

- モータ, 角度センサ, ギヤ, ベアリング, ケースで構成されるモータユニットを開発し熱真空試験を通して温度耐性を確認
- モータ: DCブラシレスモータ
- 角度/角速度センサ: レゾルバ
- ギヤ: 遊星ギヤ, 波動減速機
- ベアリング: 固体潤滑軸受

©JAXA

■ 確認された環境耐性

- 動作温度: -130度 ~ +220度
- 保存温度: -200度 ~ +220度
- @真空度 1×10^{-4} Pa程度

■ 期待される機能

- 断熱状態で駆動可能
- 越夜後の再稼働

