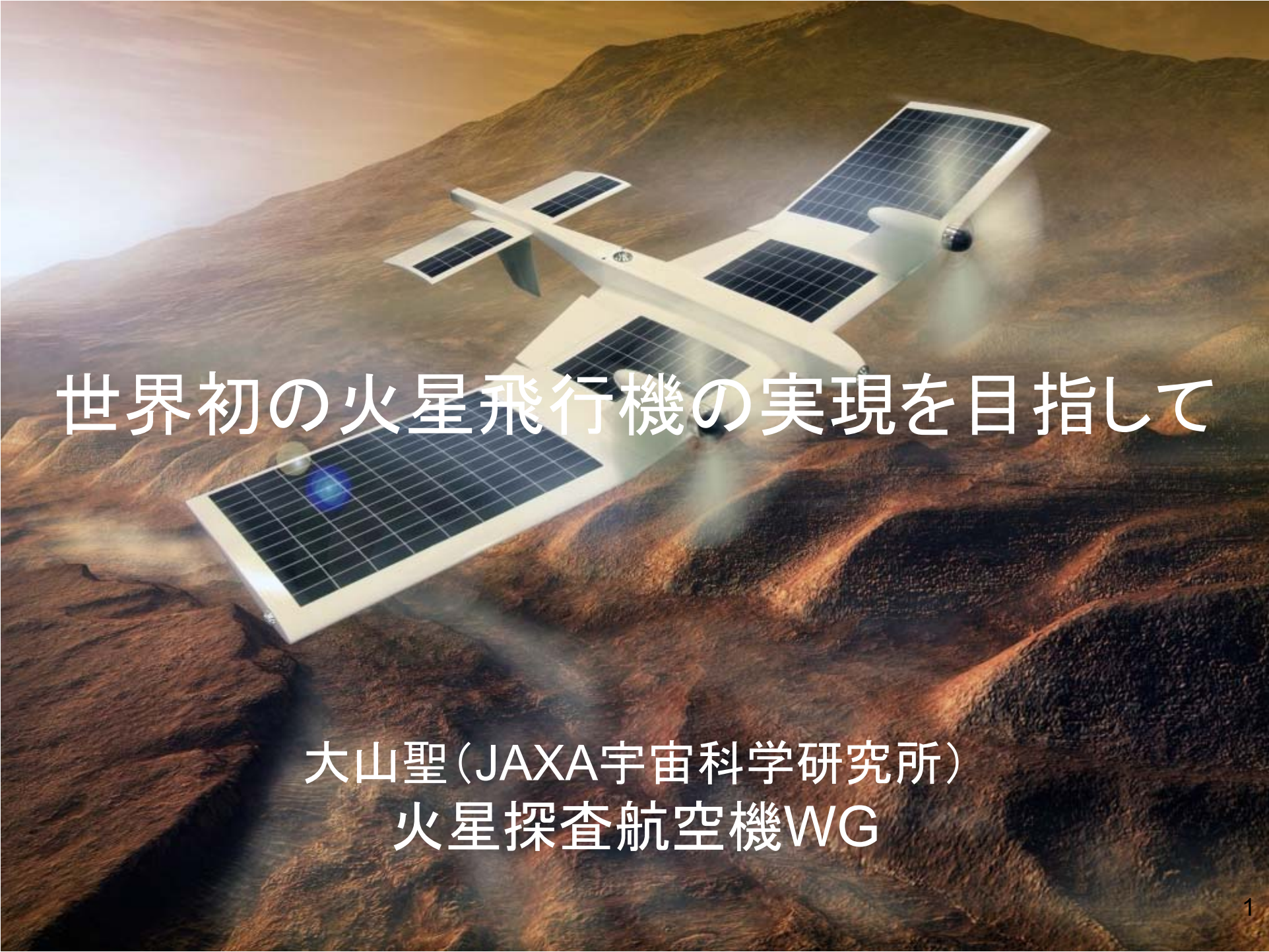


A solar-powered aircraft with a white fuselage and large, rectangular solar panels on its wings is shown in flight. The aircraft is positioned diagonally across the frame, flying from the upper left towards the lower right. The background is a vast, arid, reddish-brown landscape with rolling hills and valleys, resembling the surface of Mars. The sky is a hazy, orange-brown color. The aircraft has a small, dark, spherical object attached to its tail.

世界初の火星飛行機の実現を目指して

大山聖(JAXA宇宙科学研究所)
火星探査航空機WG

火星探査航空機ワーキンググループ

- 2010年の立ち上げ
- WGメンバーは約60名（大学職員が約半数）
- 主査：大山聖（ISAS），副査：永井大樹（東北大）

現在想定している火星飛行機

- 機体重量 約4.2kg
- 機体寸法 スパン長 約2.5m 約1.0m(収納時)
 機体長 約2.0m 約1.0m(収納時)
- プロペラ推進(2発 or 4発)
- 巡航速度 約60m/s
- 飛行時間 約30分
- 巡航距離 約100km
- 巡航高度 1km程度
- バッテリ+ソーラーパネル(補助)
- 搭載可能ペイロード 約200g
- 着陸装置は搭載しない
- 2020年頃の打ち上げが目標



現在想定している火星飛行機

■ 火星大気中への投入方法

着陸機からの離陸, もしくは, 着陸機とは独立に降下し空中で飛行を開始

火星飛行機ミッションを行う意義

【工学的価値】火星で飛行機を飛ばすのは世界初の技術

【理学的価値】理学的に価値の高いデータの取得

(高範囲高精度残留磁場観測, 低層大気観測, など)

【将来性】火星での長距離・長時間飛行や離着陸による本格的な理学観測の可能性. 金星やタイタンなどの飛行探査への展開

【アウトリーチ的価値】ランダの撮影, 動画の撮影

【重量インパクト小】機体重量4.2kg程度, 全体で10kg程度

【冗長性の確保】降下中に飛行を開始する場合, 独自に成果を上げることが可能

工学的価値

- 火星で飛行機を飛ばすのは世界初の技術
- 米国では何度も火星飛行機の検討が行われたが実現には至っていない

理学的価値

地表の高解像度撮影

- ・高解像度な地形画像
- ・鉱物マップ等の作成が可能

低層大気観測

- ・低層大気の温度, 風, ダストなどの観測が可能

低層大気中からの高 範囲高解像度観測

残留磁場観測

- ・高解像度な残留磁場の観測

生命探査

- ・赤外線カメラによる温度の高範囲高解像度情報→生命探査の手がかり

将来性

2020年頃の火星飛行 ミッション

- ソーラーパネルの効率向上
- バッテリーのエネルギー密度向上
- マイクロ波電力伝送技術

- 機体軽量化
- 空力性能向上
- 推進性能向上

長距離長時間にわたる
上空からの本格的な火
星探査(マリネリス峡谷
探査など)

- 離着陸技術の開発

- 機体軽量化
- 空力性能向上
- 推進性能向上

離着陸性能を生かした
飛行機搭載ローバによ
る多地点地表観測

金星, タイタン等での
飛行探査

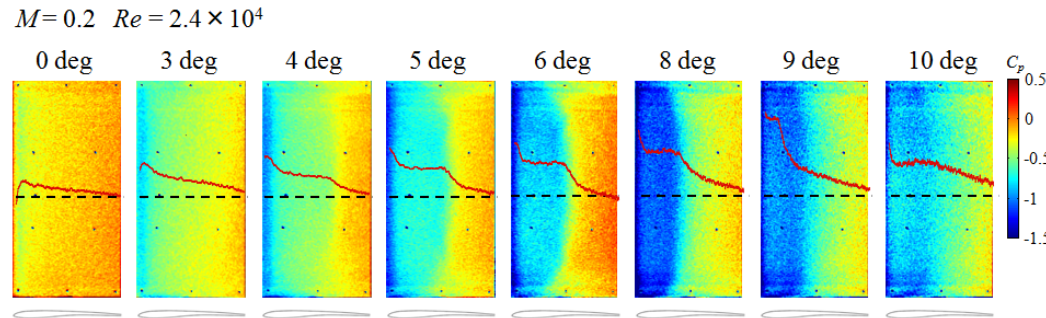
火星と地球の環境の違い(飛行機設計の観点から)

- 重力は約1/3 → 必要な揚力は1/3になる
- 大気環境
 - 大気密度 約1/100 → 得られる揚力・推力が1/100になる
翼やプロペラの効率が落ちる
 - 大気の主成分が二酸化炭素 → 酸素が使えない
 - 音速 約3/4 → 低速で衝撃波が発生する
 - 温度 -60°C
- GPS, 方位計が使えない → 位置姿勢同定
- 通信速度(電波の往復に数分以上) → 自律飛行
- 滑走路がない → 離着陸が困難
- 火星大気突入カプセルへの収納の必要性

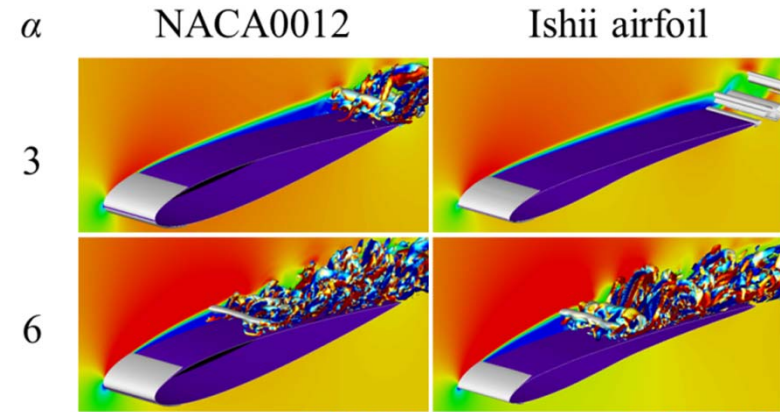
火星航空機の実現にむけた課題

- 革新的な空力設計
 - 低レイノルズ数で高性能な空力設計
- 革新的な推進系
 - 低レイノルズ数・高マッハ数で高性能なプロペラの開発
- 機体の軽量化
 - 超軽量機体構造
 - 電源, モータ, 通信機器, 観測機器, などの大幅な軽量化
 - 火星用薄膜ソーラーパネルの開発
- 自律制御・誘導・航法システム(GPS・方位計なし)
- 機体の収納・展開機構, 離陸装置

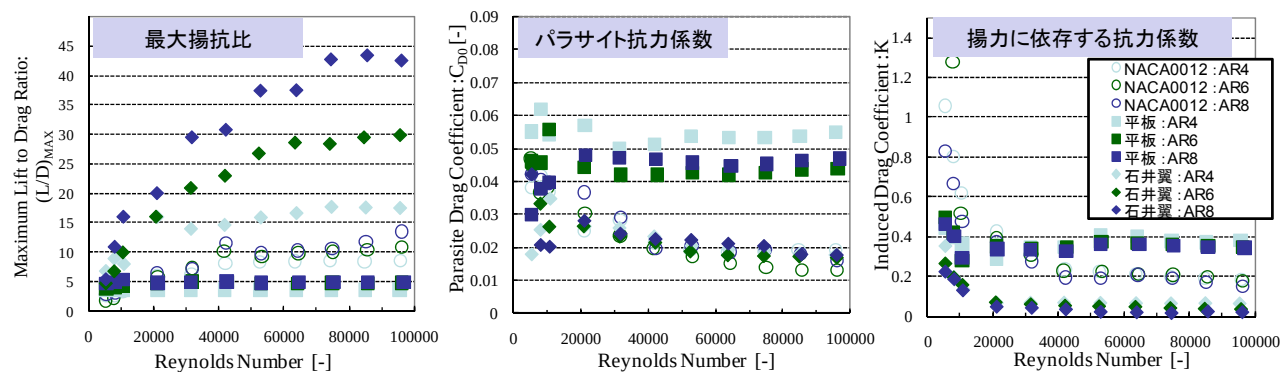
革新的な空力設計



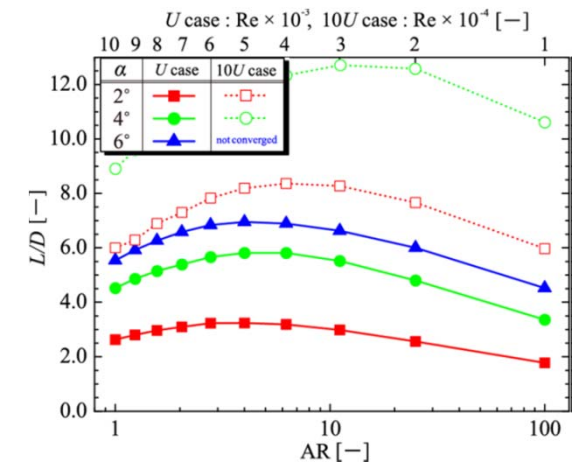
風洞試験結果(東北大)



数値計算結果(宇宙研)



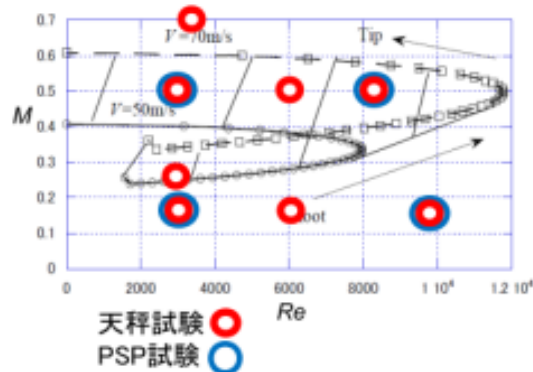
風洞試験結果(九工大)



数値計算結果(宇宙研)

低レイノルズ数における翼型と翼の空力特性把握および空力性能評価
従来の飛行機設計法では設計することが困難

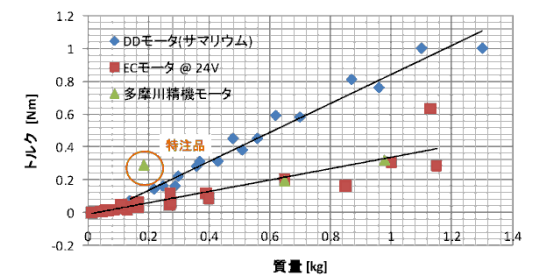
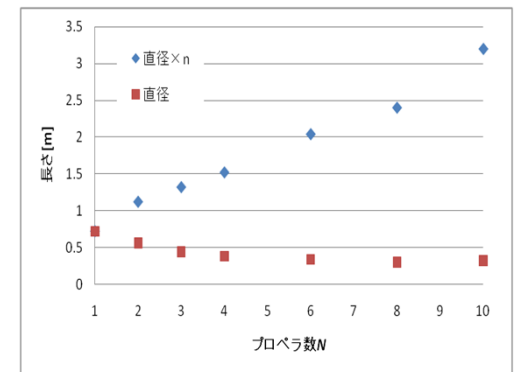
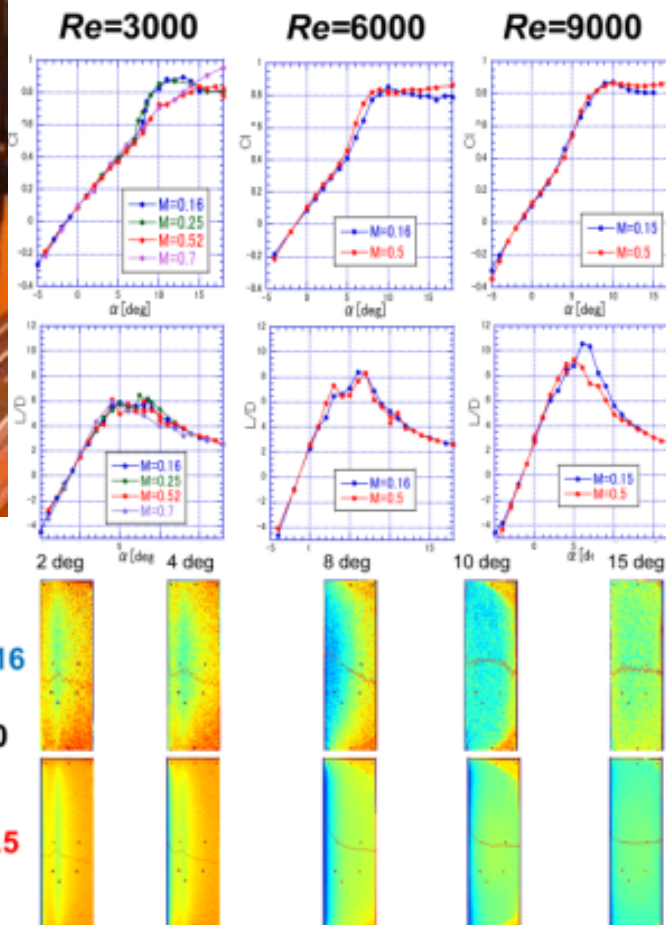
革新的な推進系



$M=0.16$

$Re=3000$

$M=0.5$

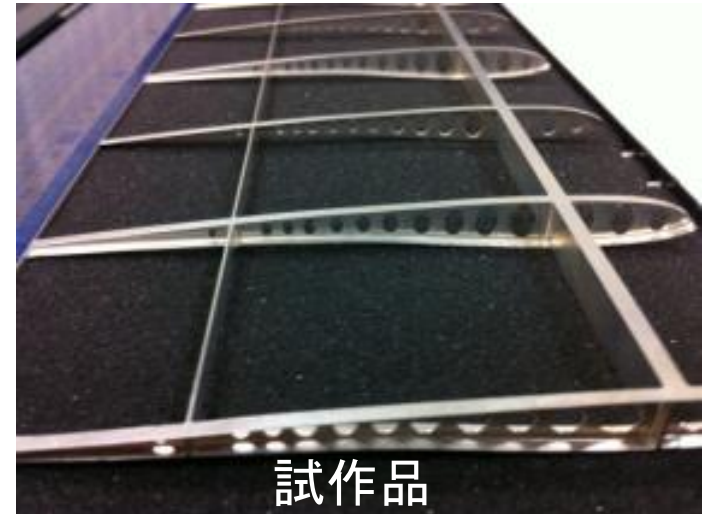


機体の軽量化

超軽量な翼構造の開発. 400g/m²以下を目指す

■マグネシウムの削りだしによる桁構造翼の試作

- ・最小厚み0.3mmのマグネシウム削り出しで安定した加工に成功. スパン長0.5m, 翼弦長125mm, 8.6mm厚みの桁+小骨の構造で約15g(約240g/m²)を達成
- ・2012年度は熊大合金による桁構造翼の試作中
- ・金属桁と表皮フィルムとの結合方法が課題



■CFRP桁構造:新規設計中(今年度内に試作予定)

機体の軽量化

■超軽量プラスチック一体成形による翼の試作

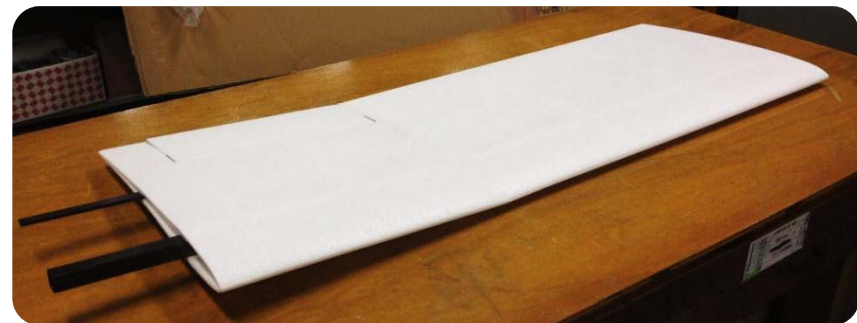
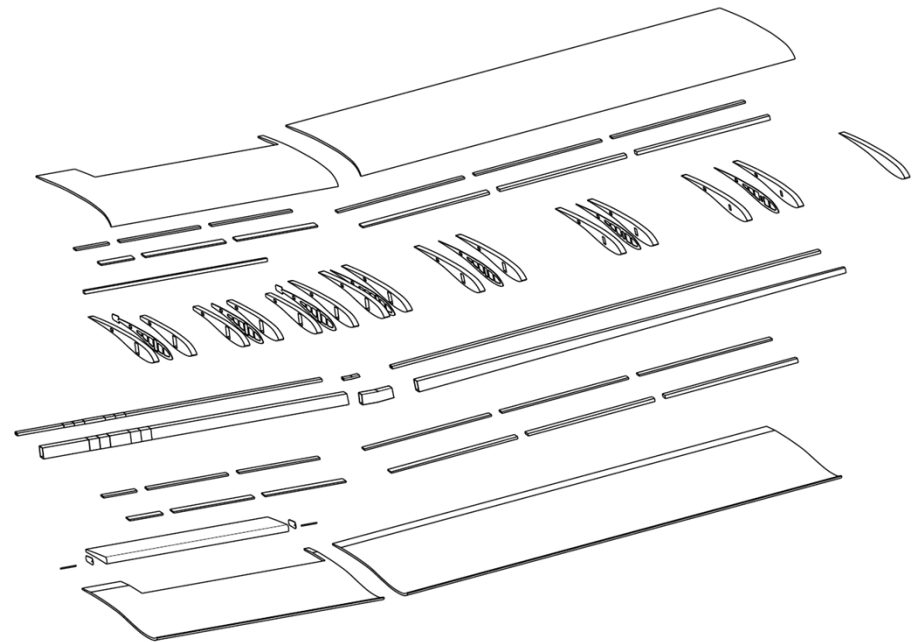
目標面密度: 389 g/m²



全体質量 : 210 g
面密度 : 343 g/m²

目標面密度をクリア

部品名	材質	推定方法	質量 [g]
スキン	PS	実測	66.40
リブ	PS	概算	8.80
メインスパー	PS	概算	2.25
サブスパー	PS	概算	1.31
エルロン	PS	実測	5.30
エルロン可動部品	CFRP	実測	0.45
リブ	CFRP	実測	14.90
メインスパー	CFRP	実測	53.39
サブスパー	CFRP	実測	28.37
接着剤	シリコン樹脂	概算	29.21
Total		実測	210.38



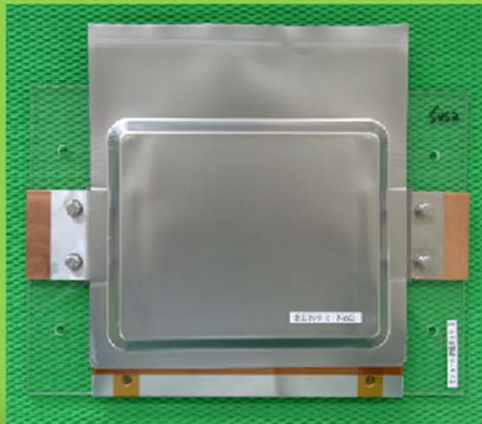
軽量バッテリーの開発

■ 軽量電池の高出力化

新規電極板を用いた電池セルの試作

新規電池セルの特性評価試験(低温試験)

SUSラミネートLi-ion電池(古河電池製)



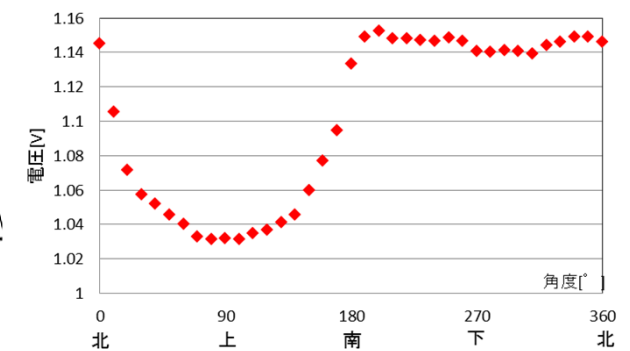
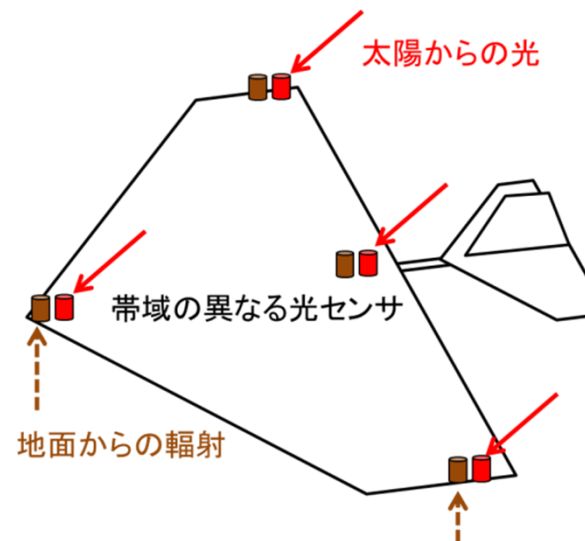
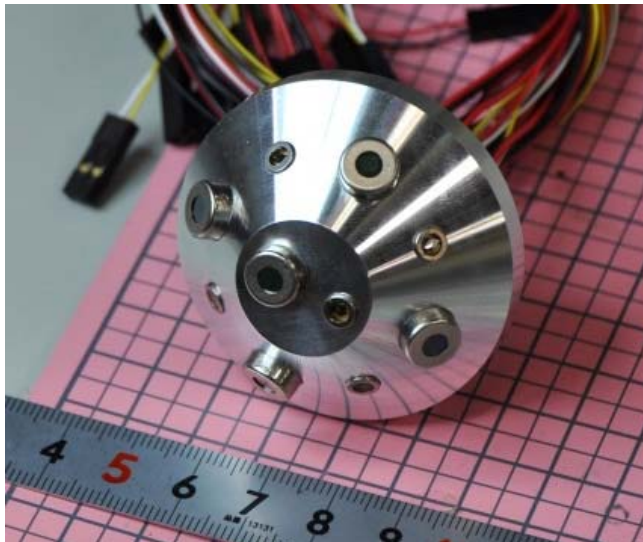
定格容量	10 Ah
定格電圧	3.7 V
寸法	184 x 154 x 8.4 mm
質量	330 g以下
エネルギー密度	118 Wh/kg

150Wh/kg以上を目指す。
放電レート(出力)を向上させるための研究開発。

■ 火星用ソーラーパネルの試作

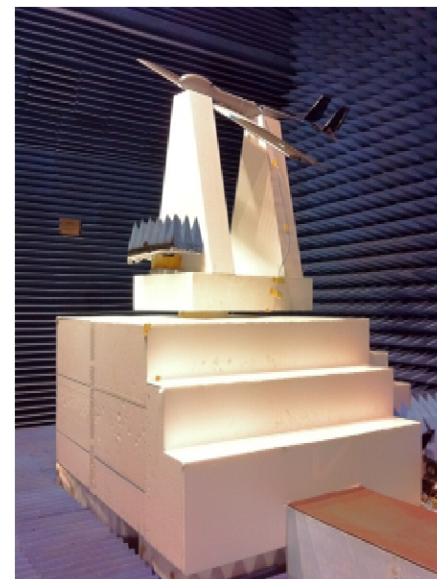
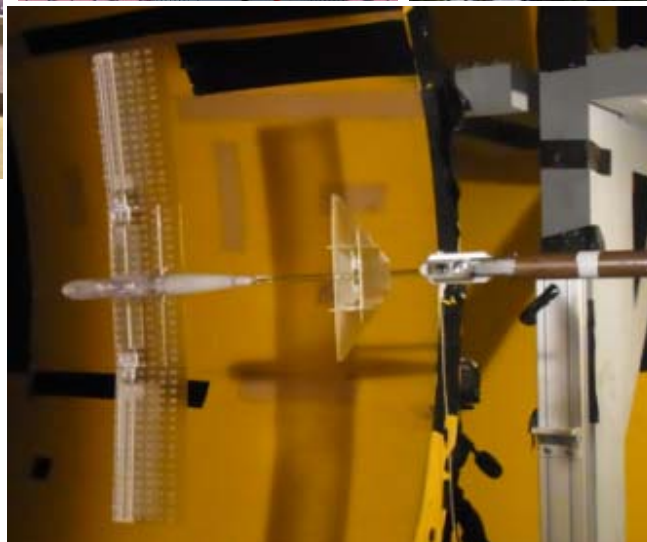
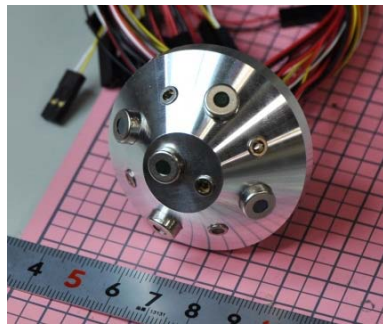
SHARPとの共同研究として開始(2012年度末までに試作)

火星用GNCシステムの開発



火星飛行機の高高度飛行試験(2013)

- 火星と同等の大気密度環境になる高高度(35km付近)で飛行試験
- JAXA大気球を利用し, 高度約35kmまで上昇
- 滑空飛行試験(推進系は搭載しない)
- 2013年に実施の予定



まとめ

■ 火星飛行機ミッションを実現する意義

【工学的価値】火星で飛行機を飛ばすのは世界初の技術

【理学的価値】理学的に価値のある観測が可能

【将来性】火星での本格的な理学観測の可能性. 金星やタイタンなどの飛行探査への展開

【アウトリーチ的価値】ランダの撮影, 動画の撮影

【重量インパクト小】機体重量4.2kg程度, 全体で10kg程度

【冗長性の確保】独自に成果を上げることが可能

■ 2010年よりワークショップをたちあげ, 要素研究を確実に進めている(空力, 推進, GNC, 構造, 搭載機器, 翼展開収納機構など)

■ 2013年度に高高度飛行試験を実施予定

■ 2020年頃にミッションを実現したい