



## オオワシII機体構造系開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-12-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 樋口, 健, 勝又, 暢久, 田中, 啓太, 田仁, 天翔 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009115">http://hdl.handle.net/10258/00009115</a>

## オオワシⅡ機体構造系開発

○樋口 健（航空宇宙システム工学ユニット 教授）  
勝又 暢久（航空宇宙システム工学ユニット 助教）  
田中 啓太（航空宇宙総合工学コース 博士前期1年）  
田仁 天翔（航空宇宙システム工学コース 学部4年）

### 1. はじめに

小型無人超音速実験機オオワシ2号機（オオワシⅡ）の平成26年度機体構造開発においては、機体構造の軽量化のための構造様式の再検討と、今後のサブシステムインターフェース調整で生じる設計変更における柔軟的対応の必要性を考慮して、胴体構造のCFRP一体構造化とセグメント構造化とを検討した。先進複合材を適用した機体前部胴体主構造の詳細設計と部分試作を進めた。併せて、機体強度剛性試験ができるよう部分構造試験設備を製作し、計測系の準備を始めた。

また、3Dプリンティング製造によるTi-6Al-4V合金試験片の引張試験および文献調査により、鍛造品の切削による製造と遜色ない強度・剛性が得られることがわかったので、適用研究を開始した。

### 2. 機体系の基盤技術の研究

#### 2-1. オオワシⅡ部分構造試験装置の設計と製造

オオワシⅡ部分構造を用いて静荷重強度剛性試験および動的応答試験ができるよう、部分構造試験装置を設計し製作した。図1に部分構造試験装置設計コンセプトを示す。図2に完成した本装置（耐力壁）を示す。本装置に計測装置を組み込んで前部胴体の部分構造試験を行うことができるようになった。

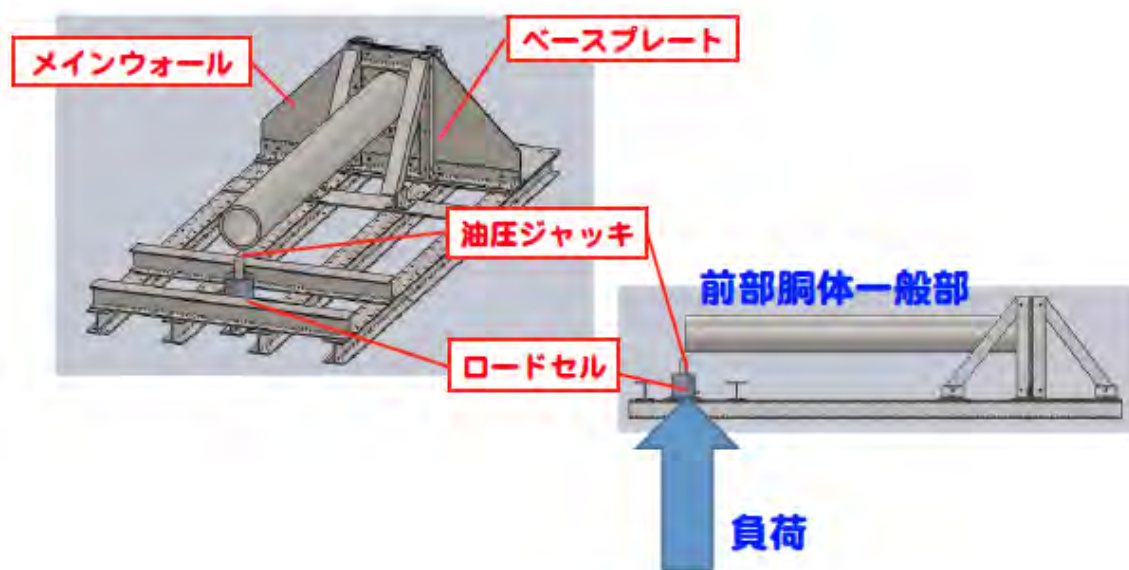


図1 部分構造試験装置による静荷重強度剛性試験および動的応答試験のコンセプト

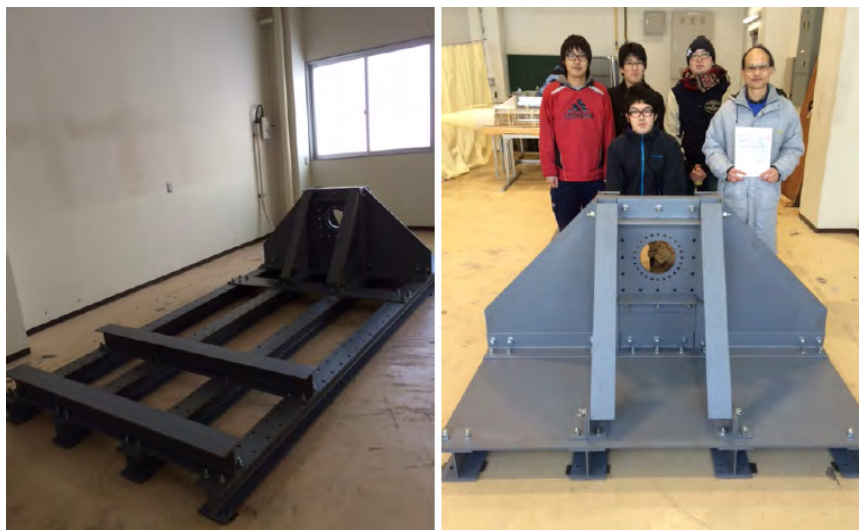


図2 製作された部分構造試験装置（耐力壁）

なお、試験の結果、必要に応じて機体構造系の設計変更フィードバックする予定である。また、本装置（耐力壁）は全機構造試験における荷重試験装置への拡張を考慮して設計した。図3に全機荷重試験への拡張性のコンセプトを示す。

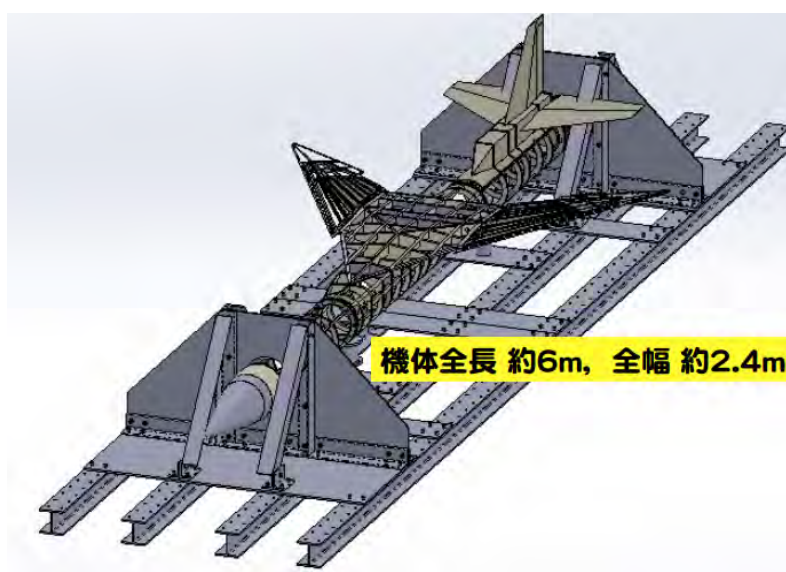


図3 部分構造試験装置の全機荷重試験への拡張性のコンセプト

## 2-2. 機体構造(前部胴体セグメント構造)の設計と製造

搭載機器変更への柔軟性とシステム設計変更への柔軟性をも考慮した機体構造様式の可能性を検討している。胴体構造一般部をセグメント化することがこの考え方に沿うものではないかと考えている（図4）。そのため、前部胴体の部分構造を試作した（図5）。CFRP スキンとフレキシブルアルミハニカムとのサンドイッチ構造の円筒であり、両端にはマルマンフランジを設けて結合の一般性を持たせている。荷重試験装置（耐力壁）との固定には、図5に示す固定治具を用いる。固定治具にもマルマンフランジを設けてある。

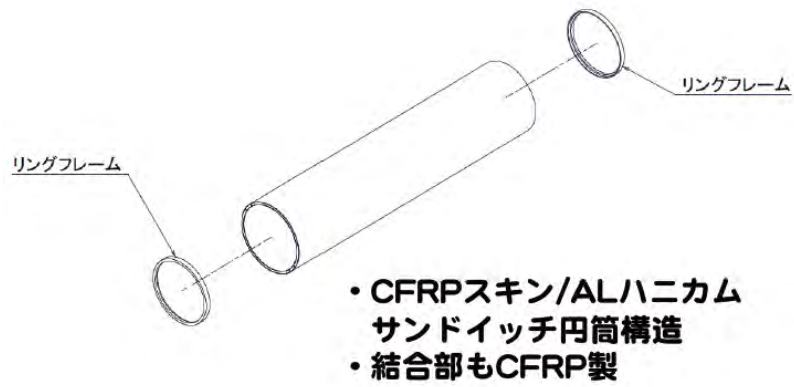


図4 前部胴体一般部のセグメント構造化

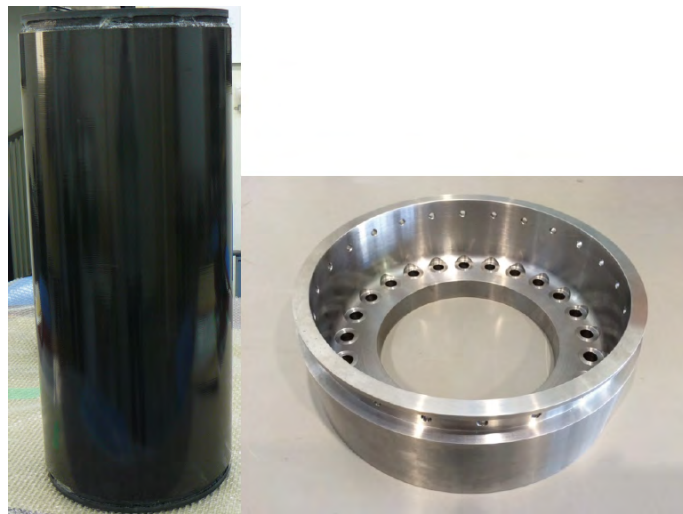
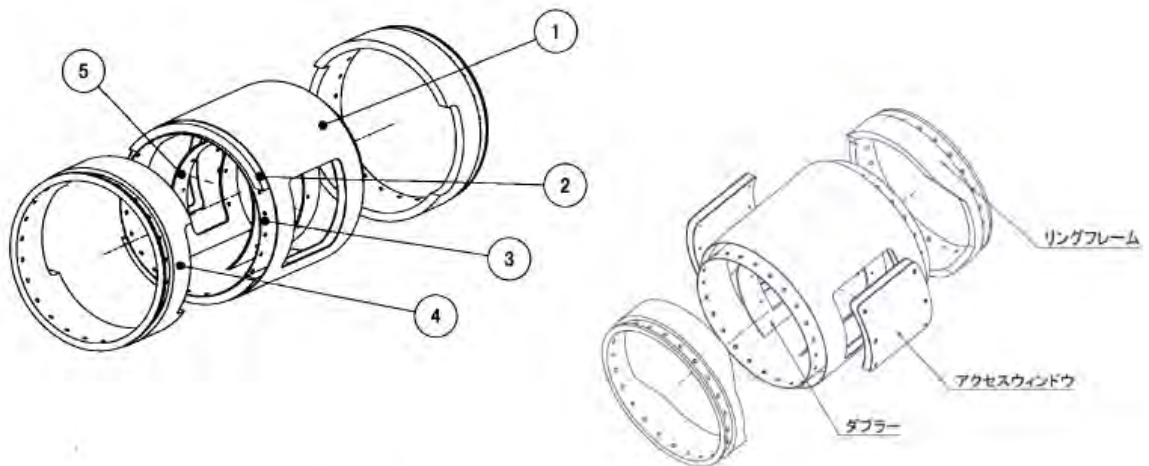


図5 セグメント化 CFRP サンドイッチ胴体構造（一般部）と荷重試験用耐力壁固定端側治具



部品表				
項目	部品番号	表題	数量	説明
1	-	外側スキン	1	CFRP t=1.3mm
2	-	フレキシブルハニカムコア	1	t=14.4mm
3	-	内側スキン	1	CFRP t=1.3mm
4	OW2-M-001-001	リングフレーム	2	CFRP t=14.4mm
5	OW2-M-001-004	ダブラー	2	CFRP t=3mm

図6 アクセス窓付き部の構造概要および複合材積層構成

タンク保持ブラケット取り付けやバルブ操作など胴体内での作業のために、アクセス窓を設けた円筒部も用意することとした(図6)。図7、図8には、アクセス窓を設けた円筒部と、マルマンフランジ結合部を示す。1周を24等分されたクランプ金具および剪断荷重を持つためのリングにより締結される。

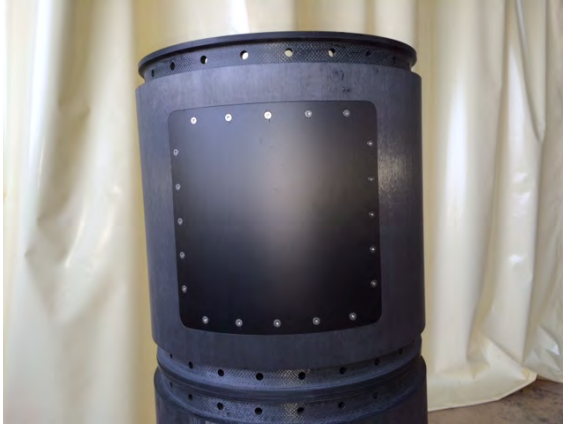


図7 試作したアクセス窓付き円筒部



図8 セグメント化構造のマルマンフランジ部

### 2-3. 3Dプリンティング製チタン合金(Ti-6Al-4V)の材料特性と実機への適用研究

3Dプリンティング製造によるTi-6Al-4V合金試験片の引張試験(図9)および文献調査[1,2]により、鍛造品の切削による製造と遜色ない強度・剛性が得られることがわかった。試験結果および文献調査の値を表1に示す。

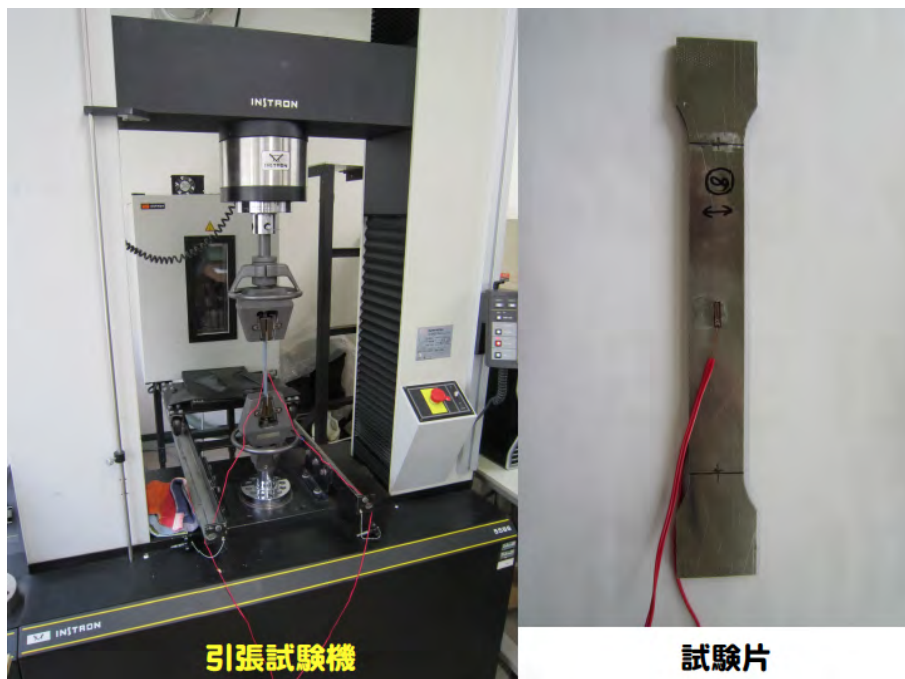


図9 3DプリンティングTi-6Al-4V合金試験片の引張試験

表1 チタン合金 (Ti-6Al-4V) の材料特性試験結果

	試験片製作 プリント方向	試験片 番号	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	縦弾性係数 [GPa]	ポアソン比	最大応力 [MPa] (公称応力)
本実験	試験片引張方向	④	—	115	0.31	1116
		⑤	—	111	0.31	1079
		⑥	4.393	—	—	—
		⑦	4.389	—	—	—
	試験片幅方向	⑪	—	113	0.34	1052
		⑫	—	110	0.31	1103
		⑬	4.394	—	—	—
		⑭	4.428	—	—	—
文献値[1]		—	4.5	107	0.34	860~1070
他実験[2]	試験片引張方向	—	4.410	115±10	—	1200±50
	試験片幅方向			111±10	—	1230±50

そこで、搭載品への適用を検討した。オオワシ2号機の高压気蓄器 (GN<sub>2</sub>タンク) は3~5個を搭載することが予想され、団子状に並べると機体全長が長くなり重量、空気力学特性、操縦特性の観点から好ましくない。そこで、ボス部を対角線状に並べることを検討している。3Dプリンティング製造は複雑形状で切削加工困難な小型部品に適しているので、高压気蓄器 (GN<sub>2</sub>タンク) 保持金具の設計を試みた。

図10に設計した保持金具を示す。加圧によるタンク膨張や熱変形を許容する形状とし、軽量化するため保持具の内側をくりぬき、応力を小さくするため曲率を与えている複雑な構造である。

図11にオオワシ2号機高压気蓄器の使用条件に適合する保持金具の解析条件2ケースを示す。

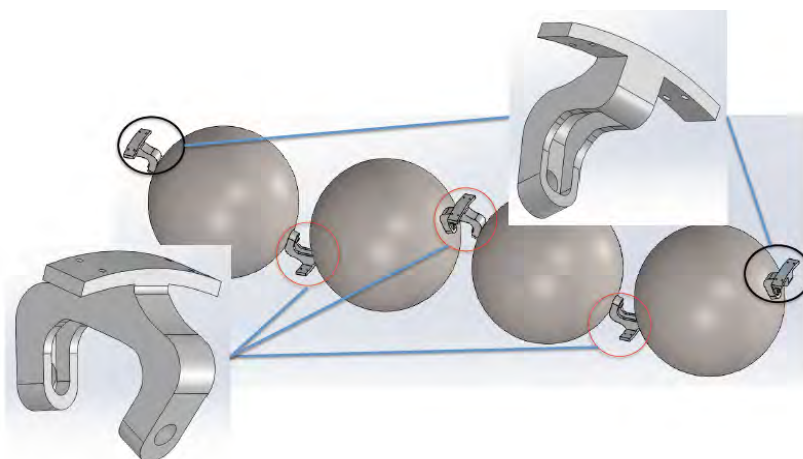
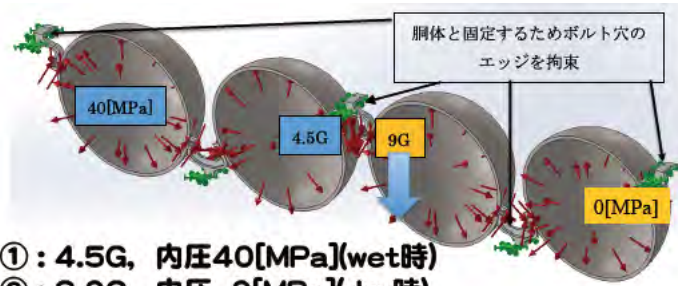


図10 3Dプリンティング高压気蓄器保持金具案



解析① : 4.5G, 内圧40[MPa](wet時)  
 解析② : 9.0G, 内圧 0[MPa](dry時)

- ・タンク (直径210[mm]) の重さは2.8[Kg](dry時), 4.9[Kg](wet時)
- ・タンク保持具の材料の物性値  
 引張り試験で取得した3Dプリンティングチタン合金の値を使用  
 ( $E=111.8[\text{GPa}]$ ,  $\nu=0.305$ ).
- ※その他の値は通常のTi-64のものを使用

図 1 1 高圧気蓄器保持金具の解析条件

### 解析①: 鉛直加速度4.5G+内圧40MPa



### 解析②: 鉛直加速度9G+内圧0MPa

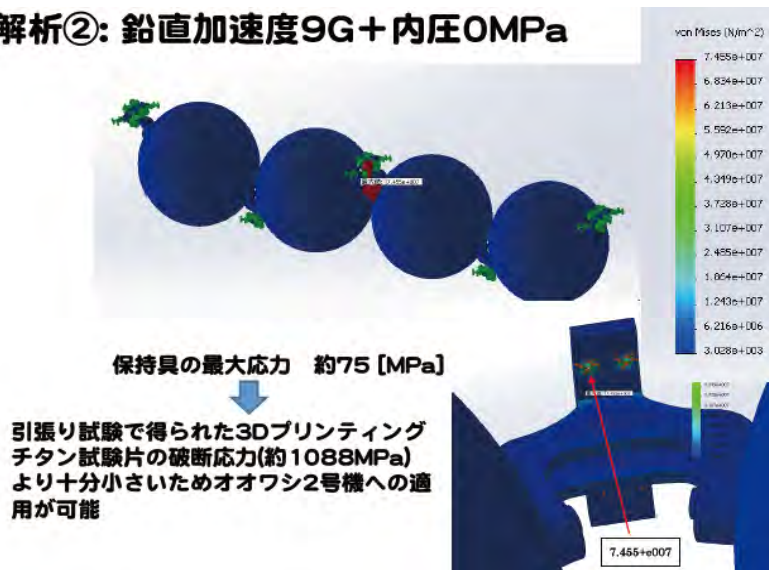


図 1 2 高圧気蓄器保持金具の応力解析結果

図 1 2 に応力解析結果を示す。保持具に発生する最大応力は、試験で得られた極限強さの半分以下であり、Ti-6Al-4V 合金の常温クリープを生じない範囲[3]であるため、オオワシ 2 号機に適用可能である。

#### 参考文献

- [1] 小林秀敏，臺丸谷政志，基礎から学ぶ材料力学，森北出版，(2004)，p.224.
- [2] 2011 EOS GmbH – Electro Optical Systems, EOS Titanium Ti64, AD, WEIL, (2011.10).  
< <http://j3d.jp/wp-content/uploads/2014/06/4579949eff3067c40ecc6181d7ff5c73.pdf> >
- [3] 佐藤英一，山田智康，田中寿宗，神保至，結晶構造による金属・合金の室温クリープ現象の分類，軽金属，第 55 巻，第 1 号，(2005)，pp.604~609.