



小型無人超音速実験機の複合材機体構造概念設計

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: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 樋口, 健, 鷹取, 一哉, 石田, 貴大, 金谷, 良平, 加藤, 弘朗, 竹内, 健, 矢久保, 誠志郎 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008814

小型無人超音速実験機の複合材機体構造概念設計

著者	樋口 健, 鷹取 一哉, 石田 貴大, 金谷 良平, 加藤 弘朗, 竹内 健, 矢久保 誠志郎
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次 報告書
巻	2012
ページ	35-39
発行年	2013-07
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008814

小型無人超音速実験機の複合材機体構造概念設計

- 樋口 健 (もの創造系領域 教授)
 - 鷹取 一哉 (航空宇宙システム工学専攻 M2)
 - 石田 貴大 (航空宇宙システム工学専攻 M1)
 - 金谷 良平 (航空宇宙システム工学専攻 M1)
 - 加藤 弘朗 (機械航空創造系学科 4年)
 - 竹内 健 (機械航空創造系学科 4年)
 - 矢久保 誠志郎 (機械航空創造系学科 4年)
-

1. 複合材主翼構造解析

1.1 複合材サンドイッチパネルの試作

一般に CFRP のような複合材を単品生産すると製造コストが高くなり複合材の使用のネックとなっている。ここでは製造コストを低減しつつ単品生産にも適合するロハセルサンドイッチ CFRP パネルを主翼外板に用いることを念頭に置き、ロハセルサンドイッチ CFRP パネルの試作を行い、実機大モックアップにも適用した(図1)。また、エルロンやフラップなどの舵面に低コスト複合材を用いることを念頭に置き、ロハセルサンドイッチ CFRP 舵面の試作を行い、実機大モックアップにも適用した(図2)。

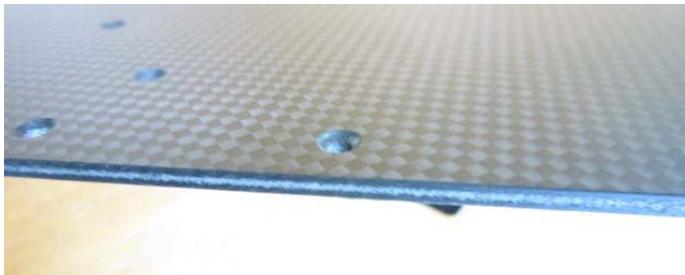


図1:ロハセルサンドイッチ CFRP パネル

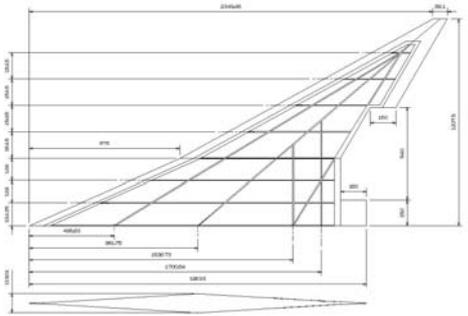


図2:ロハセルサンドイッチ CFRP 一体成形舵面

1.2 主翼構造の強度解析

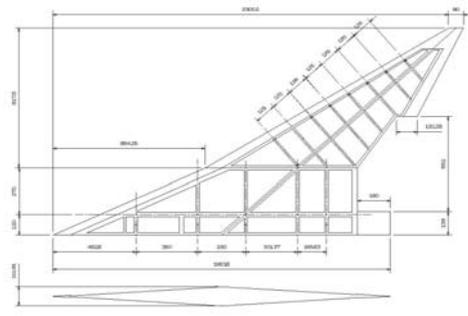
主翼に2つの構造様式案の構造解析モデルを製作し、NASTRAN による応力解析を実施した。ひとつは「3本桁構造」(図3(a),(b))と名付けられた構造様式であり、左右対称の主翼を片翼ずつ作り、機軸位置で締結するものである。主桁が翼根から翼端まで連続に通っていることが特徴である。もうひとつは「3分割構造」(図4(a),(b))と名付けられた構造様式であり、中央翼と左右翼の3分割で作り、中央翼に左右の外翼を締結するものである。主桁は連続していないが、製造コストの低減と運搬や組み立てなど取り回し易さを特徴としている。

解析では、全備重量 350kg に荷重倍数 6 および安全率 1.5 を考慮した静荷重を両翼の 25%弦長(亜音速飛行時)および 50%弦長(超音速飛行時)位置に線状に分布負荷した。その結果、荷重負荷位置に局所的に応力が集中する箇所があることがわかったが、NASTRAN 解析における荷重負荷方法に起因する



オオワシ2号機主翼 3本桁構造ソリッドモデル

図3:(a) 3本桁構造主翼計画図



オオワシ2号機主翼 3分割構造モデル

図4:(a) 3分割構造主翼計画図

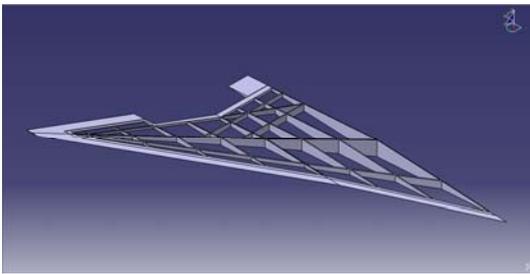


図3:(b) 3本桁構造主翼モデル

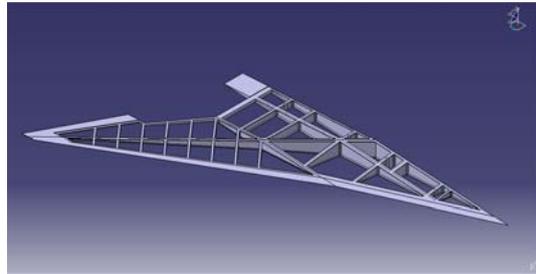


図4:(b) 3分割構造主翼モデル

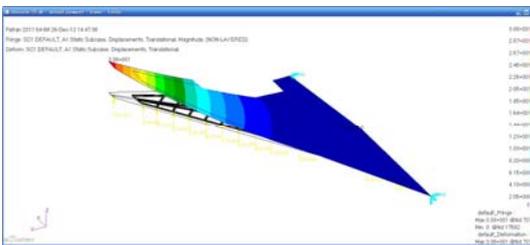


図5:主翼静荷重変位解析例
(3分割構造ソリッドモデル 25%弦長負荷)

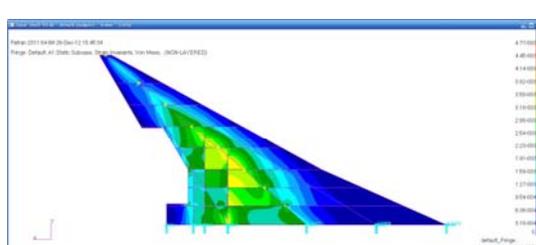


図6:主翼静荷重応力解析例
(3本桁構造シェルモデル 50%弦長負荷
ミーゼス応力)

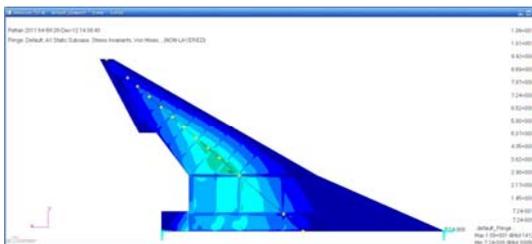


図7:主翼静荷重応力解析例
(3分割構造ソリッドモデル 50%弦長負荷
ミーゼス応力)

現象であり、3本桁構造および3分割構造ともに、想定した構造部材配置で静荷重では破壊が起こらないと考えられる。

より正確な解析には、揚力を面分布荷重として与えることや、開口部、ボルト締結部および接着部の応力解析を実施する必要がある。

1.3 主翼構造の固有振動数解析

主翼構造モデルの固有値解析を実施した。3本桁構造および3分割構造の2種類の構造様式に、シェルモデル、ソリッドモデルがあり、想定される複合材料の物性値(2種類を想定したので、材料A, 材料Bと呼ぶ)があるので4通りの固有値解析を行った。解析例として、3本桁構造シェルモデル材料Aの場合の固有振動数は、最低次から 38Hz, 111Hz, 193Hz である。図8(a),(b),(c)に3本桁構造シェルモデルの低次の3モード形状を示す。

本機体は超音速機であるので、今後はフラッター解析が必要である。

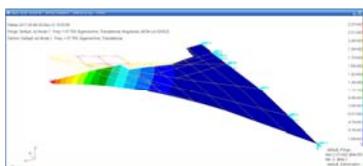


図8:(a) 主翼1次振動モード

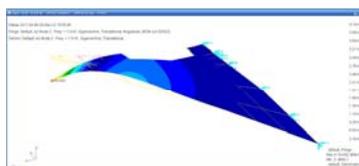


図8:(b) 主翼2次振動モード

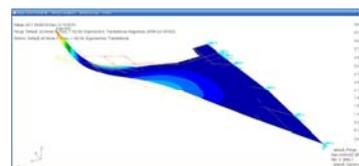


図8:(c) 主翼3次振動モード

2. 全機構造解析

全機構造解析においては、搭載機器、脚、エンジン、インテーク、水平尾翼がない、機体構造のみを解析対象とした。

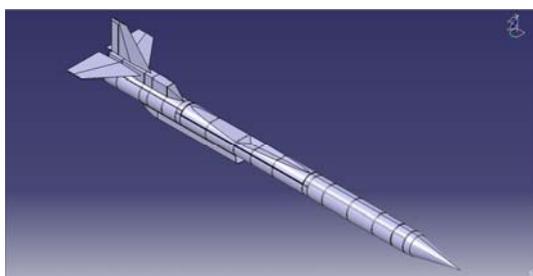


図9:胴体構造解析モデル

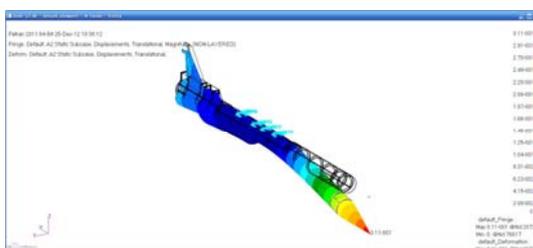


図10:胴体構造静荷重変位解析例

表1 全機固有振動数

モード 次数	固有振動数 [Hz]	振動モード
1	0.00	剛体モード
2	0.00	剛体モード
3	0.00	剛体モード
4	0.00	剛体モード
5	0.00	剛体モード
6	0.00	剛体モード
7	30.98	主翼曲げ
8	36.75	主翼曲げ
9	58.27	機体ピッチ軸曲げ
10	59.25	機体ヨー軸曲げ
11	92.63	主翼曲げ
12	96.14	主翼曲げ

2.1 胴体モデル

先ず、胴体構造モデルを作り、強度解析を実施した(図9、10)。荷重条件は、主翼との結合部である8本のボルト穴位置を支持点として胴体構造のみの自重に荷重倍数 6 および安全率 1.5 を考慮した静加

速度荷重を負荷した。その結果、ボルト穴に局所的応力集中が見られるが、主構造部では破壊は起こらないものと考えられる。但し、構造のみの重量に対する解析であるので、搭載機器等全備重量に対する解析が必要である。

2.2 全機固有振動数解析

主翼構造モデルと胴体構造モデルを結合して全機モデル(図11)の固有値解析を実施した。低次の6モードは剛体モードであるので(表1)、7次以上の6個の固有振動数と振動モードを図12(a)~(f)に示す。表1によれば、固有振動数としては十分大きい値となっているが、構造重量のみの解析であることを留意しなければならない。すなわち、全備重量での固有値解析が必要である。

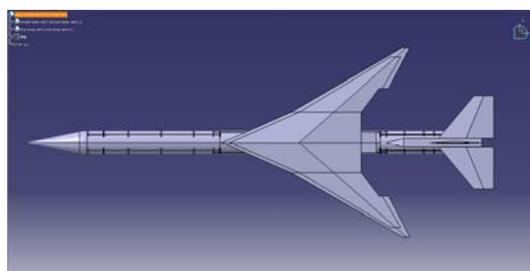


図11:全機構造解析モデル

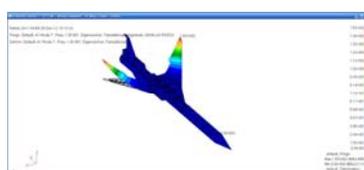


図12:(a) 全機7次振動モード

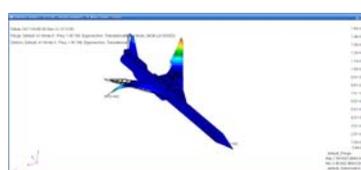


図12:(b) 全機8次振動モード

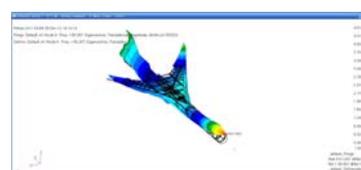


図12:(c) 全機9次振動モード

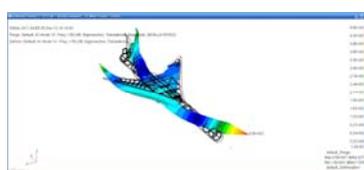


図12:(d)全機10次振動モード

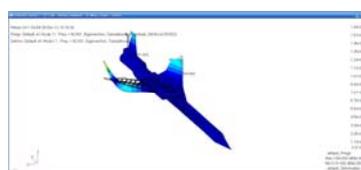


図12:(e)全機11次振動モード

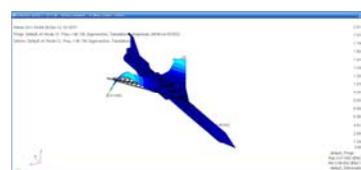


図12:(f)全機12次振動モード

3. 衝撃吸収材料による脚構造の検討

着陸時の接地衝撃を緩和するための衝撃脚として、脚構造自体がエネルギー吸収部材となり機構と構造の機能が一体化された簡潔な構成となり得ることを狙って、形状記憶合金を脚構造部材とするトラス脚を提案している。SCSMA (Single Crystal Shape Memory Alloy)は、銅系の単結晶形状記憶合金であり、9%という大きな許容ひずみを有する。この脚組み構造は形状記憶合金のエネルギー吸収能力を利用して接地時衝撃加速度を緩和するものであり、SCSMA を加熱し形状回復させることで繰り返し使用可能である。しかし、SCSMA の物性値のひずみ速度依存性は明らかではないため、まず SCSMA の基本的な材料特性を取得すること、および衝撃的引張り時のひずみ履歴を取得することとした。試験片を図13に示す。静的引張り試験で得られた応力ひずみ関係を図14に示す。静的応力ひずみにおいても、引っ張られた試験片の長さを



図13:SCSMA 試験片(全長 150mm)

一定に保つ計測時間に応力緩和が見られるので、脚組みの着陸衝撃解析を行うには SCSMA の粘弾性モデルを作る必要があることがわかった。また、製作した衝撃的引張り試験装置（図 1 5）を用いたひずみ履歴を図 1 6 に示す。

衝撃試験の結果、繰り返し使用に対してはひずみが蓄積されて行くため、吸収可能エネルギーの推定や破断予測が難しいことがわかった。また、昇温しすぎると延性が失われ脆性的に破断することもわかった。今後は、これらの問題について考察し、実利用の成立性可否を検討する。

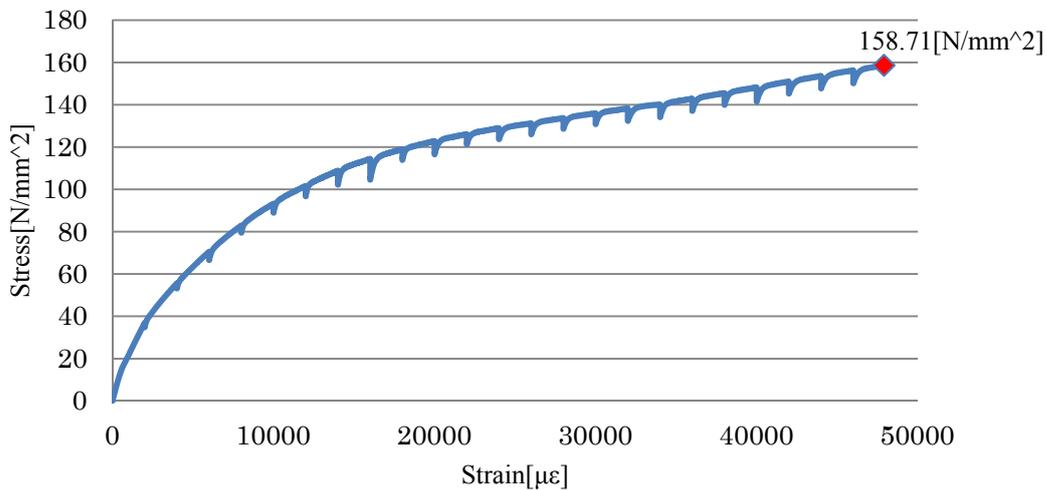


図14: 静的引張試験による SCSMA 応力ひずみ線図の取得



図15: 設計製作した落下式
衝撃引張試験装置

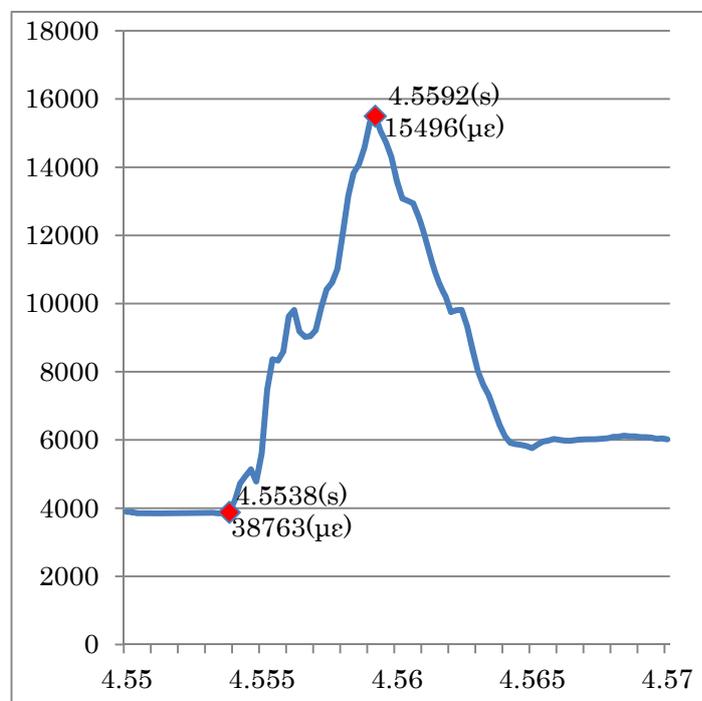


図16: 衝撃引張による発生ひずみ計測例
(10kg, 50cm, 1回目落下)