

平成 21 年 6 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）一般
研究期間：2007～2008
課題番号：19560790
研究課題名（和文） 膜揚力面の研究

研究課題名（英文） A Study of Flexible Lifting Surface

研究代表者

菊川 廣繁（HIROSHIGE KIKUKAWA）
金沢工業大学・工学部・教授
研究者番号：40387337

研究成果の概要：複合材料で作った柔軟膜翼が十分揚力を出し飛行可能なこと、また、飛行規程に要求される安全基準を満足できることを実証した。この成果から、円環翼持つ空飛ぶ自動車への適用など柔軟膜の実用性が見えてきた。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2007年度 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |
| 2008年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・航空宇宙工学

キーワード：空力弾性工学・膜揚力面

1. 研究開始当初の背景

飛行中は膨らませて揚力を発生させ、飛行しない時には邪魔にならないように収縮させて収納しておく膜翼構造は、無人機や低速機には利便性に富み有効である。膜展開構造に関しては従来から宇宙構造物を対象として多くの研究がなされてきたが、航空機の翼に高剛性高強度膜材を利用する考え方は新しくほとんど研究が行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、実機を対象とした着陸あるいは高 G 旋回などの性能要求を満足する膜揚力面に関して、膜の変形が空力特性に及ぼす影響および膜翼の破壊特性を明らかにし、瞬間的に全体破壊しない膜形状維持方法明らかにする。

3. 研究の方法

空力特性は、三分力特性と気流の剥がれについて風洞試験結果と CFD 解析結果との整合性を検証する形で行った。

破壊特性は、膜材の強度試験結果から許容強さを求め安全係数 2 で設計可能なことを検証した。膜翼の大撓み変形は MARC による非線形解析を行って求めた。この変形を CFD にインプットして空力解析に反映した。

4. 研究成果

①膜揚力面の空力特性

インフレータブル膜翼の変形が空力特性に及ぼす影響を求めた。

膜変形解析で得られた結果を基に 0.5m サイズの 3 次元剛体翼風洞模型を製作し、航

空機会社の2 m X 2 mの測定部を持つ風洞を借用して風洞試験を実施した。その結果、膜変形は揚力減少につながるものの、3次元円環翼の場合は翼上部と下部の干渉あるため全体の揚力減少はほとんどなく、また、抗力増加も大きくないことが明らかになった。このことはCFDでも確認した。

②膜翼の破壊特性研究

昨年、膜材に切り欠きを付けた試験片を用いて残留強度試験を行い、その結果から膜材が瞬間破裂を起こすことがなく安全率2を設計に用いることが可能で、瞬間破裂が起こる場合にFARで要求されている安全率5で設計する時に比べ大幅な軽量化ができることを示した。ただし、荷重増加に伴う亀裂の拡大モードが予想と違っていたので、今年度解析を行って妥当性を確認した。確認は構造解析ソフトMSC. Marcを用いて大変形非線形解析にて行った。縦糸と横糸で構成されている膜材独特の破壊モードでオープン・マウス形に拡大が進むことが解析で分かり実験結果と合致した。

大きい幕を作るには幕を縫合することが必要になる。膜材の縫合強度をアラミド繊維で縫い合わせた試験片を作成して実験的に求めた。縫い合わせ糸の本数が1本、2本、3本までは縫合強度は順調に増加するが、2本+絡め糸及び3本+絡め糸の場合は3本（絡め糸なし）の時と縫合強度はほぼ同じで、絡め糸による強度増加はない。これは膜材を構成する炭素繊維間の伸びが大きくなり力を分担できなくなるためである。アラミド繊維3本で安全率2の場合の荷重に耐えることができ、絡め糸による強度増加を期待しなくても設計上問題ないことが分かった。

インフレーター翼構造の大たわみを Marc の非線形解析にて行った。膜材のヤング率Eを1/1000倍に板厚tを10倍にして、膜の曲げ剛性 $ET^3/12$ を合わせ面内剛性Etを1/100にすると膜の大たわみの変形が実際の変形に合ってくる事が分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計7件)

- ① M. Nakajima, Y. Nishimiya, H. Kikukawa,
“Aerostructural Study on Inflatable

Wing of a Roadable Aircraft”, 15th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference, AIAA-2007-2330, 2007

- ② M. Nakajima, Y. Nishimiya, H. Kikukawa,
“Configuration Design of a Roadable Aircraft Fixed a Ring Wing”, First CEAS European Air and Space Conference, CEAS-2007-302, 2007
- ③ 西宮豊、中島円、菊川廣繁、“インフレーター翼の膜変形が空力特性に及ぼす影響”、第85期日本機械学会流体工学部門講演会、G604(CD-ROM)、2007
- ④ M. Nakajima, Y. Nishimiya, H. Nozaki, H. Kikukawa, “Aerostructural Study on Modified Inflatable Wing for a Compact Roadable Aircraft”, 38th Fluid Dynamics Conference and Exhibit, AIAA-2008-4062, 2008
- ⑤ K. Yoshida, M. Nakajima, H. Kikukawa
“On the applicability of flexible carbon fiber fabric composite to structural member of inflatable wing”, 13th US-Japan Conference on Composite Materials, STR-7, 2008
- ⑥ K. Yoshida, H. Hikukawa, “Residual Strength Characteristics of Flexible Fabric Composite”, 13th Composite Durability Workshop, 2008
- ⑦ 佐々木敬進、吉田啓史郎、菊川廣繁、“インフレーター翼膜の残留強度特性”、日本航空宇宙学会第50回構造強度に関する講演会、1B23, 2008

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊川 廣繁 (HIROSHIGE KIKUKAWA)

金沢工業大学・工学部・教授

研究者番号：40387337

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

中島 円 (MADOKA NAKAJIMA)

金沢工業大学・工学部・准教授

研究者番号：70322542

吉田 啓史郎 (KEISHIRO YOSHIDA)

金沢工業大学・工学部・講師

研究者番号：50345089