

令和 4 年 4 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15203

研究課題名（和文）誘電エラストマ型柔軟膜翼の能動的形状制御による空力性能向上

研究課題名（英文）Aerodynamic performance improvement by active morphing of flexible membrane wing using dielectric elastomer actuator

研究代表者

藤田 昂志 (Fujita, Koji)

東北大学・流体科学研究所・助教

研究者番号：80774471

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は誘電エラストマアクチュエータというデバイスを用い、膜状の薄翼の形状を変化させて空力特性を制御することを目指している。誘電エラストマアクチュエータは、エラストマ膜の表面に柔軟電極を設けた構造をしており、数kVの高電圧を印加することで電極同士が引き合い、面積や張力を変化させることができる。

本研究では初めに基礎特性として、膜厚や予ひずみや印加電圧によってアクチュエータがどう変形するかを明らかにした。その後、アクチュエータを翼模型に適用して風洞試験を実施し、電圧印加によってキャンバを変化させ揚力係数を変化させられることを示した。また、その際の3次元変形をステレオカメラにより明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

柔軟膜翼は自然界ではコウモリなどが有しており、従来の剛な翼にはない様々な利点があることが知られている。しかし、膜の変形挙動を制御することが難しいことがこれまで課題とされてきた。

本研究では、近年新たに開発された、誘電エラストマアクチュエータという新しいアクチュエータ構造を用いることで、膜自体を直接変形させ、これにより今までにない能動的な柔軟膜翼制御を実現することを試みた。本研究では、実現の基礎となる種々の知見を獲得した。これらを応用することで将来的に、現在の剛な航空機とは一線を画するコウモリのような柔軟かつ高性能な航空機を生み出すことができると期待される。

研究成果の概要（英文）：Goal of this study is to control aerodynamic performance of a flexible membrane wing using a dielectric elastomer actuator (DEA). The DEA is an elastomer membrane that has flexible electrodes on its surfaces. When high voltage is supplied, the electrodes attract each other, therefore membrane's area and tension can be controlled.

First, effects of thickness, prestrain, and voltage on deformation and tension of DEA were investigated as a basic property. Second, DEA was applied to a flexible membrane wing model and a wind tunnel test was performed. The results shows that a lift coefficient of the wing was controlled by camber change caused by applied voltage. Its 3-dimensional deformation was measured by stereo camera technique.

研究分野：流体力学

キーワード：モーフィング 低レイノルズ数 アクチュエータ 空力 高電圧

## 1. 研究開始当初の背景

低レイノルズ数領域において高性能な翼を生み出すことは、航空機技術にとって重要な課題である。申請者は火星探査のための航空機を開発しており、火星の希薄大気による低レイノルズ数環境で飛行するために、火星探査航空機の翼には大幅な空力特性の向上が求められている。空力的に特に重要な性能は、希薄な大気で飛行するための「揚力」、そして火星の強い突風環境の中でもうまく飛行するための「突風耐性」である。

低レイノルズ数環境下で揚抗比と突風耐性の優れた翼として、これまで柔軟膜翼が注目されてきた。膜翼のような薄い翼は低レイノルズ数領域で高い揚力を示し、また膜の柔軟性により突風に対して受動的に変形することで突風に強いことが示されてきた。事実、低レイノルズ数環境でうまく飛行する自然界のコウモリやトビウオは柔軟膜翼を採用している。

近年、誘電エラストマアクチュエータという膜状のアクチュエータが新たに開発された。誘電エラストマはエラストマ膜を柔軟電極で挟んだ構造になっている。電圧を印加することによりクーロン力で膜が押しつぶされ、面内方向に伸張し面外方向に収縮する。このアクチュエータの特徴は、軽量かつ高出力でエネルギー効率が極めて高いことに加え、膜状で柔軟なアクチュエータであり、かつ逆に外力を電気信号に変換するセンサとしても利用できるという点である。これらの特徴は、膜翼に適していると言える。誘電エラストマアクチュエータを用いて柔軟膜翼形状を能動的に制御すれば、更なる空力特性の向上、および制御による突風耐性の向上が見込まれ、火星探査航空機の課題を解決できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は誘電エラストマアクチュエータを用いた柔軟膜翼の能動的形状制御による空力特性制御である。

## 3. 研究の方法

初めに、使用する自作の誘電エラストマアクチュエータ自体の基礎特性を明らかにした。ここでは、膜厚や予ひずみや印加電圧などをパラメータとし、面積変化や張力変化、および長時間経過による応力緩和などの特性を調査した。

次に、誘電エラストマアクチュエータを翼模型に適用し、風洞試験を実施した。ここでは、上記の種々パラメータに加えて、風速や迎角などのパラメータを追加で変化させ、空力特性および変形形状を計測した。空力特性は天秤で取得し、変形形状はレーザ変位計やステレオカメラを用いて計測した。

## 4. 研究成果

使用しているエラストマ材料は、ひずみを与えた際に、時間の経過とともに徐々に応力が減少する特性を持っていることがわかった。試験の結果、使用しているエラストマ材料は、ひずみ印加から6日以上経過後に、応力がひずみ印加開始時のおよそ1/3に収束するということが明らかになった。

昨年度に構築した面積ひずみ計測装置を用いて、種々の条件における誘電エラストマアクチュエータの変形特性を計測した。ここでパラメータは、膜厚、予ひずみ、印加電圧、電極面積、の4つとした。結果、(1)ひずみを与えた後の膜厚が薄いほど電圧による変形が大きい、(2)ひずみを与える前の膜厚が厚いほど絶縁耐力が高い、(3)電極面積が小さいほど面積ひずみは大きい、という知見が得られた。

風洞試験の結果、無風状態でキャンバ無しの膜翼に対し、通風状態で最大で翼弦長の15%程度のキャンバが得られ、また電圧印加の有無によって10%程度のキャンバ変化が得られた。ただし、電圧印加前の時点でキャンバが大きすぎるために、電圧印加による揚力係数変化はわずかだった。そのため今後は、電圧印加前も印加後も適切なキャンバとなるような翼システムのパラメータチューニングが必要であると言える。

本研究では、実現の基礎となる種々の知見を獲得した。これらを応用することで将来的に、現在の剛な航空機とは一線を画するコウモリのような柔軟かつ高性能な航空機を生み出すことができると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小林達矢
2. 発表標題 誘電エラストマアクチュエータを用いた膜翼による空力特性の向上に関する基礎研究
3. 学会等名 日本航空宇宙学会北部支部2021年講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------