

2023年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究成果報告書

1. 研究類型 A) 計算資源利用型
2. 研究課題名 直交格子流体ソルバと多粒子膜モデルによる展開できる膜翼設計法の開発
3. 研究期間 2023年 5月 22日 ~ 2024年 3月 31日
4. 研究代表者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
金崎 雅博	東京都立大学大学院システムデザイン研究科	教授	

5. 研究分担者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
棟朝 雅晴	北海道大学 情報基盤センター	教授	
今村 太郎	東京大学大学院工学系研究科	教授	
玉置 義治	東京大学大学院工学系研究科	助教	
加藤 泰輝	東京都立大学大学院システムデザイン研究科	修士1年	
徳尾 野陸	東京都立大学大学院システムデザイン研究科	修士1年	
工藤 惣士	東京都立大学大学院システムデザイン研究科	学部4年	
高木 大成	東京都立大学大学院システムデザイン研究科	学部4年	

6. 共同研究の成果

申請研究では、主流の変化に伴い形状が変化する、柔軟膜翼を対象に、空力-膜構造連成評価法と大域的探索手法を用いた形状最適設計法の構築を行い、膜面内の構造物である支脈の模擬も加え、収納・展開できる膜翼（展開膜翼）の設計知見を獲得することを目的とする。

申請研究の遂行にあたり、まずは粒子法を用いた膜構造計算法の構築を行った。次に、空力荷重を得るために、厚みの無い膜に対しても計算ができる直交格子ベースのソルバを用いた。これらにより連成計算法とし、いくつかの問題により検証を行った。

最初の問題として、膜物性を複数変更した両端支持膜が主流にさらされるケースを取り上げた。両端支持を剛体とし、膜部（第1図）の剛性を変更した。その結果（第2図）、柔軟であるほうが変位量は大きく、揚力が出る一方で、抵抗も増加することに加えて、膜の弾性係数に対して最大変位量は非線形変化であることなどが分かった。

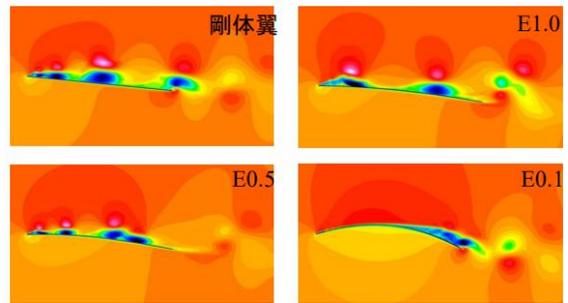
次に、膜の中に支持部があるとき、その支持部の位置による変位・空力への依存性を調（第3図）した。膜の剛性は0.1MPaとし、1か所の膜中支持部を3ケース設けた。その結果（第4図）、変形部分で再循環領域が見られること、それにより空力係数が変わることなどが理解された。

最後に、評価コードを3次元拡張し、矩形平面形に対する評価（第5図）を行った。この計算では、甲虫後翅膜やコウモリの骨格などを模擬すべく、中支持・支持本数の影響を観察した。支持構造が無い場合に比べて、1本、2本と増やすことにより、膜変位が抑えられること（第6図）、膜変位が抑えられる支持構造2本のケースの時に最も抵抗が小さいが、揚力も得にくいことが分かった。この結果は、構造面では有利な設計が揚力の制約によって実行可能解とならない可能性があると言える。実際に、第1表に示す通り、揚力係数 C_L 最大化と抵抗係数 C_D 最小化は相反関係にあることが分かる。本年度の研究では、単純な支持構造によるパラスタを行ったが、今後は甲虫後翅の翅脈構造や曲線も許容する構造最適化によって同時最適となる構造様式の取得を目指す。

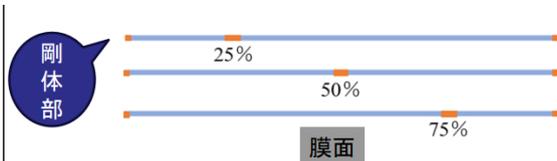


弾性係数 E[MPa]
1.0
0.5
0.1

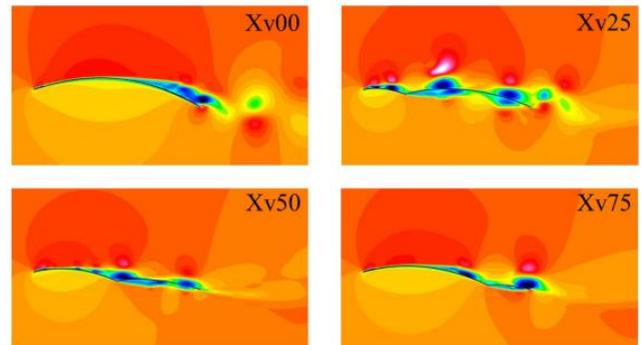
第 1 図 膜と両端支持の設定



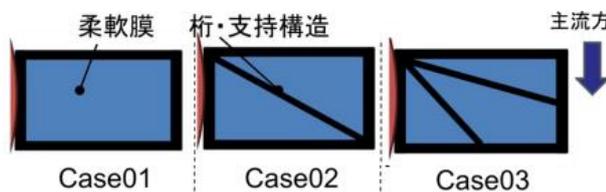
第 2 図 膜の剛性 E に対する変位と流れ場



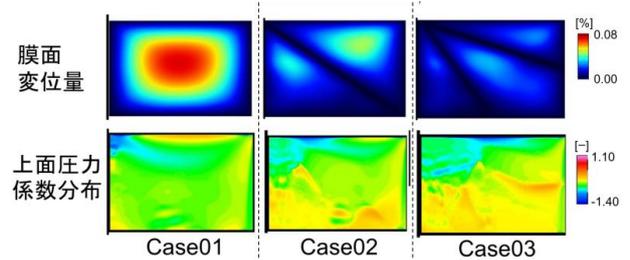
第 3 図 膜と膜中支持の定義



第 4 図 膜中支持による変位と流れ場への影響



第 5 図 三次元形状に対するケースの定義



第 6 図 三次元形状に対する各ケースの評価結果

第 1 表 三次元形状に対する各ケースの空力係数

	C_D	C_L	L/D
平板	0.050	0.37	7.37
case-1	0.060	0.56	9.36
case-2	0.052	0.50	9.59
case-3	0.053	0.49	9.20

2023年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究成果報告書（別添）

【発表業績】

1. 金崎雅博, 中井寛太, 永井大樹, 伊神翼, 大山聖, 玉置義治, 今村太郎, 「展開膜翼に対する空力-構造連成計算と超小型火星探査航空機翼設計への応用」, 令和5年度 航空宇宙空カシンポジウム, 1L15, 三浦市, 2024年1月.
2. 中井寛太, 金崎雅博, 今村太郎, 玉置義治, 「直交格子流体ソルバと粒子法による柔軟膜翼に対する流体-構造連成計算」, 第36回計算力学講演会 (CMD2023), OS-0908, 豊橋市, 2023年10月.
3. 中井寛太, 金崎雅博, 今村太郎, 玉置義治, 「柔軟膜翼の材料物性が空力性能に与える影響の調査」, 第67回宇宙科学技術連合講演会, 1C07, 富山市, 2023年10月.