

補助事業番号 2023M-263

補助事業名 2023年度 実寸大ペンギン模倣リブレットの流体抵抗低減効果 補助事業

補助事業者名 東京工業大学工学院機械系 田中 博人

## 1 研究の概要

リブレットとは、物体表面の流れ方向に沿ったマイクロサイズの突起列であり、適切に形成すると流体摩擦抵抗を低減することが知られている。本研究は、ペンギンの体表の毛並みを規範としたリブレットを実寸大で製作して流体抵抗を低減することを目指した。製作には、株式会社リコーの2.5Dインクジェットプリンティングを用いた。また、遊泳の流体条件を明らかにするために、フンボルトペンギンの羽ばたき遊泳の運動解析を行った。さらに、リブレットの実際の遊泳における効率向上効果を調べるためのテストベッドとして、ペンギン型羽ばたき遊泳ロボットの開発を行った。

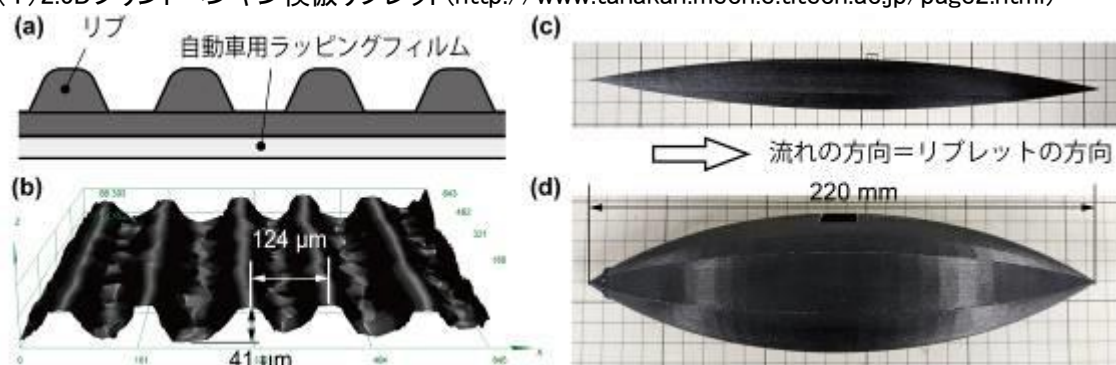
## 2 研究の目的と背景

本研究の目的は、ペンギン模倣リブレットを実際のペンギンの体表の毛並みと同じサイズで2.5Dプリントによって製作し、流体抵抗低減効果を評価することである。また、体の動揺を伴うペンギンの羽ばたき遊泳における体表の流れの条件を調べるために、ペンギンの羽ばたき遊泳の運動解析を行う。さらに、実際の遊泳におけるリブレットの効果を調べるために、ペンギン型羽ばたき遊泳ロボットの開発も行う。

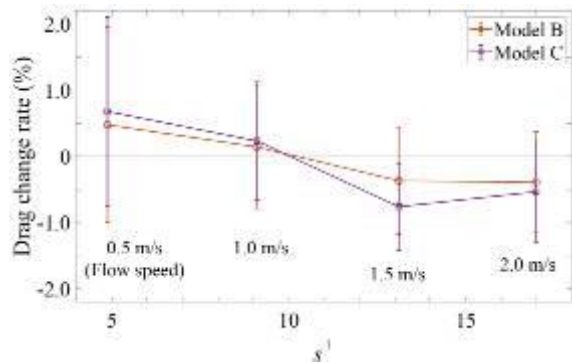
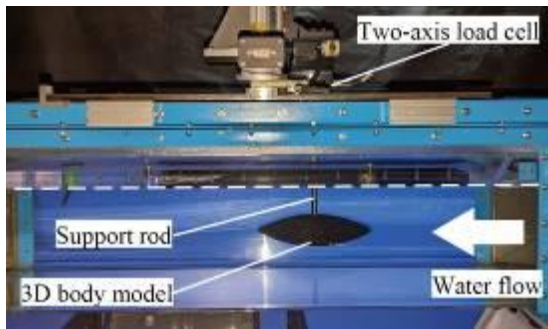
これまで、ペンギンの体表の毛並みをリブレットと見なした研究は、申請者の研究以外には無く、その製作方法も限定的だった。ペンギンの体表の毛並みは遊泳時の流れに適応していると考えられ、遊泳運動の解明も重要である。さらに、リブレットの遊泳効率向上効果を検証するには、再現性のある動きをするペンギン型羽ばたき遊泳ロボットが必要である。

## 3 研究内容

(1) 2.5Dプリントペンギン模倣リブレット(<http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/page2.html>)

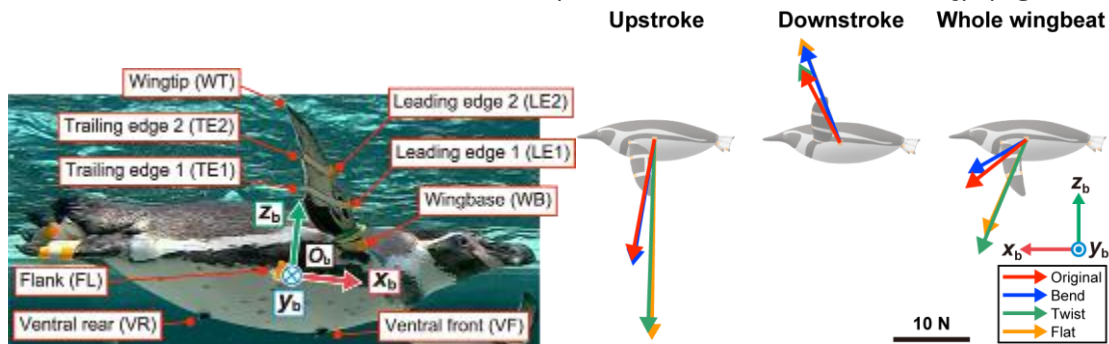


ペンギンの毛並みと同じ大きさのリブレットを、株式会社リコーの2.5Dプリントで自動車用ラッピングフィルム上に製作することに成功した(a, b)。リブレットフィルムを分割することで(c)、紡錘体状の胴体モデルの3次元曲面への貼付にも成功した(d)。



しかし回流水槽実験の結果、抵抗低減率は流速  $1.5 \text{ ms}^{-1}$  以上で1%弱であり、流速条件に  $\text{ms}^{-1}$  以下では抵抗が1%弱増加してしまった。考えられる原因は、リブ断面形状の微妙な違いや表面の濡れ性の影響であり、今後の研究の必要性が明らかになった。

(2) フンボルトペンギンの遊泳運動の解析 (<http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/page2.html>)



葛西臨海水族園と協同し、フンボルトペンギンにテープマーカーを取り付けて多方向から遊泳を動画撮影し、運動解析を行い、その結果に基づいて流体力を準定常的に計算した。その際、翼にマーカーを多数取り付けて、翼の曲げ変形とねじれ変形を計測した。その結果、曲げ変形が推進効率の向上に大きく寄与することが分かった。

(3) ペンギン遊泳ロボットの開発 (<http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/page2.html>)



水没可能な減速機付きサーボモータを開発し、フラッピングとフェザリングを自在に制御可能なペンギン型羽ばたき遊泳ロボットを開発した。水中遊泳に成功し、ピッチ、ロール、ヨー機動を実現した。最大遊泳速度は、これまでの生物規範羽ばたき遊泳ロボットでは最速となる  $1.8 \text{ ms}^{-1}$  を達成した。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

リブレットは、航空機や自動車おび船舶など、様々な輸送機器への応用が期待されている。ペンギン模倣リブレットは、リブが低く幅も広いため頑丈であり、耐久性が期待される。また、リブレット性能検証を目指して開発中のペンギンロボットは、俊敏で高速な水中ドローンへの応用が期待できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究者は「ペンギン遊泳力学の生物学・流体力学・ロボティクス融合研究」を開拓中である。そのなかで今回研究の模倣リブレット研究は、ペンギン体表の流体力学に重要な位置を占める。さらに今回研究は、ペンギン遊泳の運動解析とペンギンロボット開発という生物学とロボティクスの分野もカバーしており、研究全体が大きく前進した。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1] 高倉一之進, 野島大貴, 内山幸, 田中博人, “羽ばたき推進するフンボルトペンギンの翼の曲げ変形とねじれ変形および推進効率,” in 第48回エアロ・アクアバイオメカニズム学会講演会, 東京工業大学, 東京, 3月27日 2024, pp. 11-12.
- [2] 下岡大樹, 加古川篤, 田中博人, “水没型ギヤードサーボモータを用いたペンギン模倣遊泳ロボットの水中直進遊泳に関する研究,” in ロボティクス・メカトロニクス講演会2024, 栃木県宇都宮市ライトキューブ宇都宮, 5月29日-6月1日 2024, 2P2-L01(1-4)

#### 7 補助事業に係る成果物

該当なし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京工業大学 工学院(トウキョウコウギョウダイガク コウガクイン)

住 所: 〒152-8550

東京都目黒区大岡山2-12-1

担 当 者: 准教授 田中 博人(タナカ ヒロト)

担 当 部 署: 田中博人研究室(タナカヒロトケンキュウシツ)

E - m a i l: tanaka.h.cb@m.titech.ac.jp

U R L: <http://www.tanakah.mech.e.titech.ac.jp/>