

世界初，蝶ロボットの開発

九州工業大学 大学院

情報工学研究院 機械情報工学研究系

准教授 湊脇 正樹

概要

- 蝶の翅の運動の幾何学的解明
- 蝶の翅まわりの流れ場の定量的評価



尾翼を有することなく、2枚の翅の羽ばたき運動だけで飛翔するロボット

研究背景

近年、以下のことを目的とした小型飛翔体およびMicro Air Vehicle (MAV) の開発が世界中で盛んに行われている。

1. 二次災害の危険性がある被災地での人命救助支援
2. 人が立ち入ることのできない建造物での保守点検
3. 危険人物の監視を目的としたテロ対策
4. 癒し(ホビー)

研究背景

特に、欧米では、膨大な資金によりこれらの開発に取り組んでいる。

欧州では、**European Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition**が毎年開催されているが、様々なデバイスを用いた小型飛翔体が開発されている。しかしながら、実用化に至った例は少ない。

欧米における小型飛翔体の取り組み

NASA (2000 – 2002)	\$ 1,000,000
バース大学(英国)	\$ 1,300,000
BAEシステムズ社 英政府, 米空軍	
UCLA(バークレー)	
海軍研究局MORI, DARPA (1998 – 2003) 全米科学財団 (2005 -)	
フロリダ大学	\$ 4,700,000
米空軍研究局 (2003.06 – 2007.12)	
ジョージア工科大学	\$ 10,000,000
米国防総省国防高等研究計画庁(DARPA) 空軍研究局 NASA先端構想研究局	
デラウェア大学	\$ 1,000,000
米陸軍研究局 NASA 全米科学財団	

欧米における小型飛翔体の取り組み

Harvard University

空軍科学研究所 (2008-2010)	\$	300,000
DARPA (2007-2008)	\$	150,000
米国科学財団 (2008-2013)	\$	400,000
米国科学財団 (2008-2009)	\$	122,363

Cornell University

DARPA (2006-2007)	\$	1,000,000
NASA (2004-2006)	\$	474,394

University of Michigan

空軍調査研究所(2006-2010)	\$	2,250,000
空軍科学研究所(2007-2012)	\$	3,744,999

欧米における小型飛翔体の取り組み

1. 駆動源がローター型である。
(操作性・安定性に不安)
2. 2枚の翅の羽ばたき運動での自律飛翔が困難.
3. 尾翼が必要となる.
4. 構造が複雑であり, 高コストである.
5. 見た目がロボットである.

本研究の目的

蝶のようにヒラヒラと舞うように飛翔する羽ばたき飛翔ロボット

蝶の飛翔技巧の解明

- (1) 翅の羽ばたき運動の幾何学的解明
- (2) 翅まわりに形成される流れ場の解明



羽ばたき飛翔ロボット



“安全・安心の社会”

センシング技術

画像計測・処理技術

本研究の目的

蝶のようにヒラヒラと舞うように飛翔する羽ばたき飛翔ロボット

- ✓ 小型・軽量
- ✓ シンプルな構造
- ✓ 特殊環境下でも飛翔
- ✓ 安価(大量生産)
 - 被災地での搜索
 - 橋梁(特殊な環境)などの保守・点検
 - 情報収集・スパイ活動
 - 癒し(ホビー)



“安全・安心の社会に実現”



羽ばたき飛翔ロボットのアプローチ

1. 蝶の翅の羽ばたき運動の幾何学的解析

(1) 翅の翅面荷重, 羽ばたき周波数

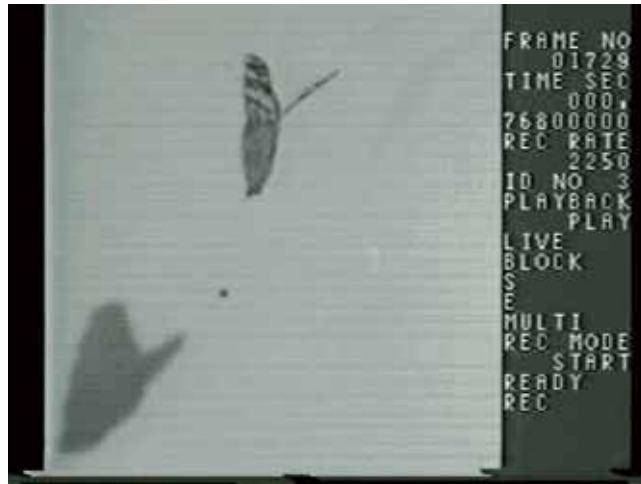
(2) 翅前縁の翅脈

(3) フラッピング角, リードラグ角, フェザリング角

2. 蝶の翅まわりの流れの定量的評価

(1) 翅面上の形成される渦流れ

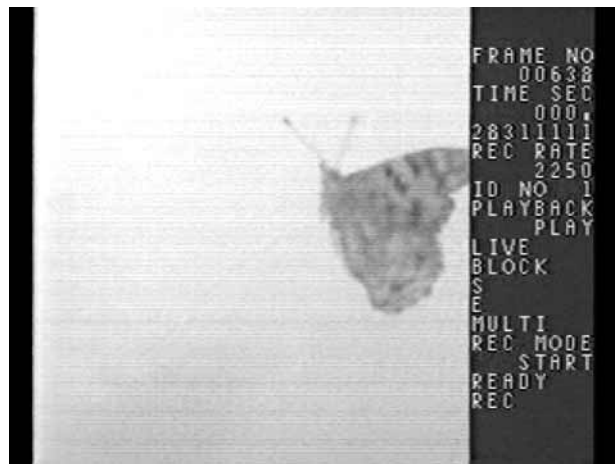
蝶の飛翔観察実験



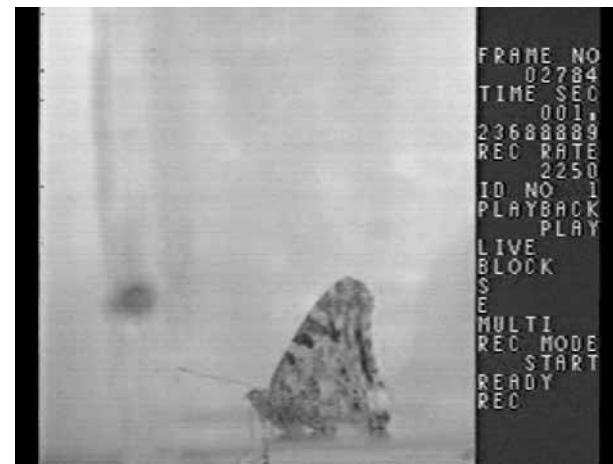
(a) Front view



(b) Top view



(c) Side view



(d) Take off

蝶の翅の幾何学的解析結果

1. 蝶の翅前縁の翅脈は弾性を持っている。
2. 蝶の翅の羽ばたき(フラッピング)運動は、三角波である。
3. 羽ばたき運動の打ち上げ／打ち下ろしの比は約1:1.25である。
4. 翅の打ち下ろし時に、リードラグ(前後)角も変化させている。
5. 翅の打ち上げ時のリードラグ角の変化は小さく、直線的である。
6. 翅先端のフェザリング(ねじり)角は非常に大きい。
7. 自由飛翔と離陸飛翔では、翅の運動が異なる。

蝶の翅まわりの流れの定量的評価

1. 飛翔する蝶の翅まわりのPIV計測による定量的評価
2. 打ち下ろし時に翅端から一対の渦対を形成
3. 一対の渦体は、翅前縁から後縁へと発達
4. 翅前縁からも Leading Edge Vortex が発達
5. 翅上の一つの渦輪が形成
6. 蝶のサイズ, 翅面荷重, 羽ばたき周波数に寄らず, 渦対は形成

蝶の飛翔技巧と羽ばたき飛翔ロボット

1. 蝶の飛翔の運動解析

羽ばたき角, リードラグ角, フェザリング角の幾何学的解明

2. 蝶の翅まわりの流れ解析

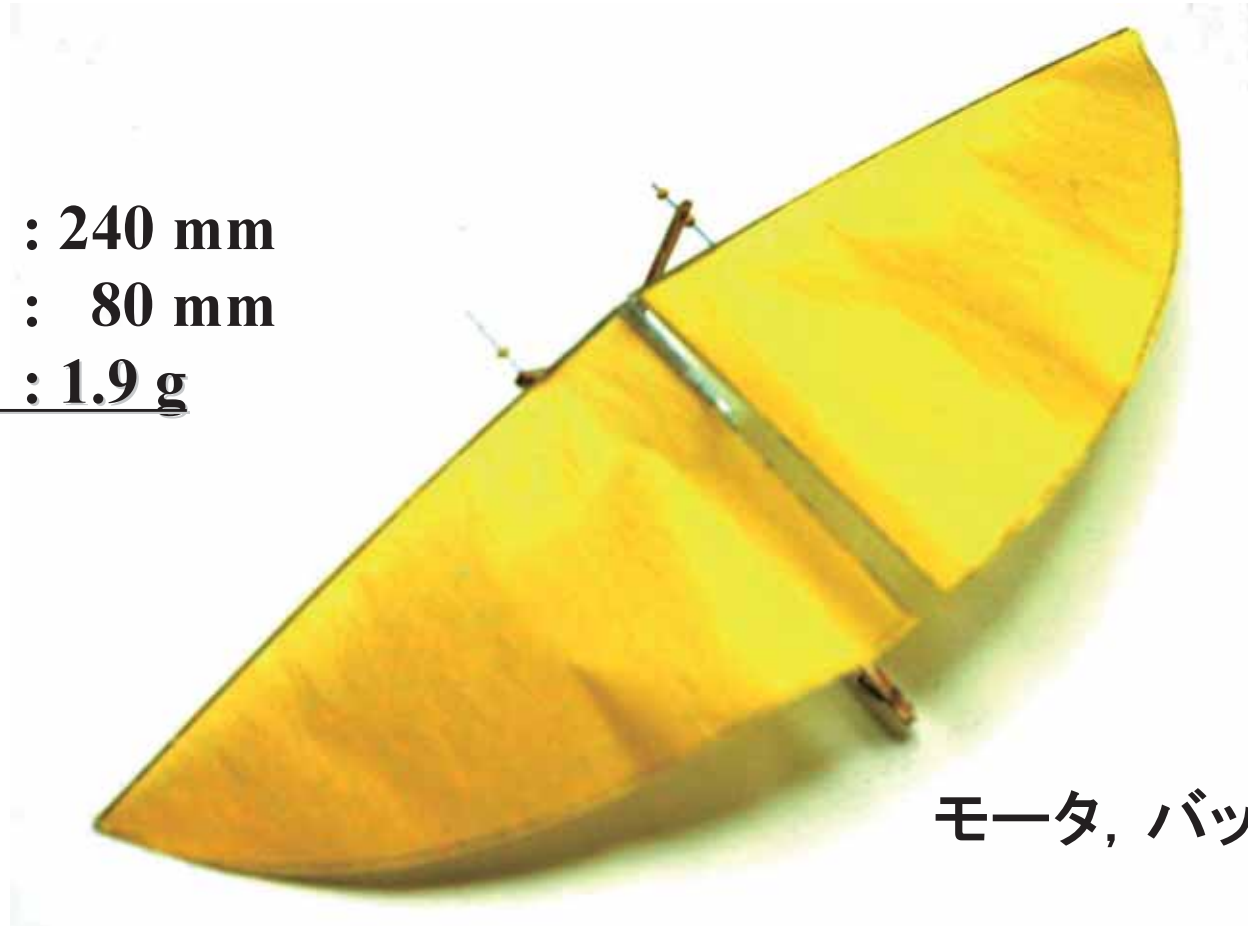
PIV計測による翅まわりの流れの定量的評価
(二次元／三次元の渦流れ構造解明)



3. 羽ばたき飛翔ロボットの開発

羽ばたき飛翔ロボット

翅スパン長さ : 240 mm
翅弦長さ : 80 mm
重量 : 1.9 g



モータ, バッテリ, クランク機構

1. 約20分間(バッテリー持続時間)の自律飛翔
2. 直線飛翔, 旋回飛翔が可能

本技術の特徴

1. 尾翼のない, 2枚の翅の羽ばたき運動だけで自律飛翔する小型飛翔体の開発に世界で初めて成功した.
2. 蝶のようなヒラヒラと飛翔するロボットである.
3. 蝶の飛翔技巧を取り入れた飛翔ロボットである.
4. 機械工学, 流体力学, 材料工学, バイオエンジニアリングの融合した複合領域分野の成果である.
5. 低コストでの実現が可能である.
6. 新機能性ロボットの技術開発の足がかりとなる.
7. 応用研究に未来を拓く基礎研究である.

想定される用途

現段階では、

- ホビー(室内飛行機)

今後の研究により、

- 災害時の人命救助支援
- 建造物の保守・点検
- テロ対策, 安全・安心の社会の実現(弱者への支援)

実用化に向けた課題

- 現在, 自律飛行まで開発済み.
- 今後, リモートコントロールによる飛行制御, GPSによる位置制御が課題となる. また, 特殊環境下での安定的飛行も過大となる.
- センサやカメラを搭載した場合の安定的飛行の実現と, それらによる情報収集が課題となる.

お問い合わせ先

**国立大学法人九州工業大学
産学連携推進センター 知的財産部門**

TEL 093-884-3499

FAX 093-884-3531

e-mail chizai@jimu.kyutech.ac.jp