

ミツバチ静止飛行中に生じる渦流れと空気力学メカニズムについて

A numerical study of unsteady aerodynamics of a hovering honeybee

- 青野 光, 千葉大学大学院自然科学研究科, 千葉市稲毛区弥生町 1-33, hikaru@graduate.chiba-u.jp
 劉 浩, 千葉大学大学院工学研究科, 千葉市稲毛区弥生町 1-33, hliu@faculty.chiba-u.jp
 Hikaru Aono, Graduate school of science and technology, Chiba university, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba
 Hao Liu, Graduate school of engineering, Chiba university, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba

We investigated unsteady aerodynamics of a hovering honeybee by a biology-inspired flight dynamic simulator. This simulator was developed to be able to 'fly' an insect on a basis of realistic wing-body morphologies and kinematics. A wing-body geometric and kinematic model was built based on the measurement data of real honeybee. The computed results indicated that as a high-lift generation was predicted during middle downstroke, an attachment of leading-edge vortex (LEV) was observed. At the same time, a break-down of the LEV was also observed at position of approximately 80% of wing length from the wing root. Therefore the hovering honeybee employs the LEV lift-enhance mechanism, which is similar to that of large- and small-size of flapping-flying insects.

1. 緒言

本研究は本研究室で開発した生物型飛行の力学シミュレータを用いてミツバチの羽と胴体の実形状と実際の羽ばたき運動を基に力学シミュレーションを行い、ミツバチ静止飛行中に生じる渦流れと空気力学メカニズムについて解析を行った。

2. 研究手法および対象

2-1 ミツバチ (*Apis mellifera*)

ミツバチ(*Apis mellifera*)は翼長(R)が9.7mm、平均翼弦長(c_m)が2.39mm、羽ばたき周波数(f)が230Hz、羽ばたき振幅(Φ)が1.58rad、質量(M)が70mgであり、他の昆虫に比べて小さい羽ばたき振幅という特徴を持つ昆虫である。

2-2 生物型飛行の力学シミュレータ

本シミュレータは、昆虫の羽と胴体を含んだ実形状計算格子モデルを構築する幾何学モデリングと複雑な三次元羽ばたき運動と胴体の運動を数値化する運動モデリング、この二つのモデルを基に数値流体シミュレーションを行う流体解析ソルバーにより構成されている。本シミュレータの詳細については参考文献(1)-(3)を参照して頂きたい。

3. 結果と考察

図1は空気力の時間変化を示した図である。打ち下ろしの生じる垂直(揚力)・水平(抗力)方向の力は打ち下ろし中間で最大値を示している。打ち上げ時の両方の力は目立った最大値を示していない。また、周期平均揚力はハチの自重を超え、周期平均抗力はほぼゼロに近く、本シミュレーションは静止飛行を再現できている。続いて、流れ場と空気力の発生について考察する。図2は打ち下ろし中期の流れ場と翼表面の圧力分布を可視化した図である。この図2(a)(b)から翼前縁に発生している前縁渦の発生が確認できる。また、前縁渦が翼根元から約80パーセント翼長付近において急激に発達し崩壊する、渦のブレイクダウン現象が起きているが分かる。

4. 結言

生物型飛行の力学シミュレータを用いたミツバチ静止飛行中に生じる渦流れと空気力学メカニズムについて解析を行い、以下のことが分かった。

- 1) 静止飛行中のミツバチは打ち下ろし中にスズメガなどの大型の昆虫やハエなど小型の昆虫と同様の前縁渦による高揚

力メカニズムを利用している。

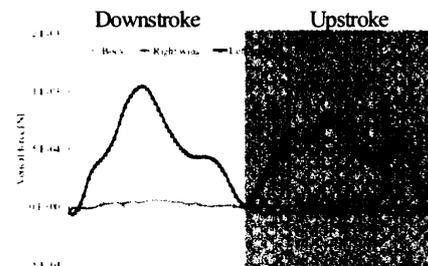


Fig. 1 Time courses of vertical aerodynamic force over a flapping cycle.

Break-down of LEV

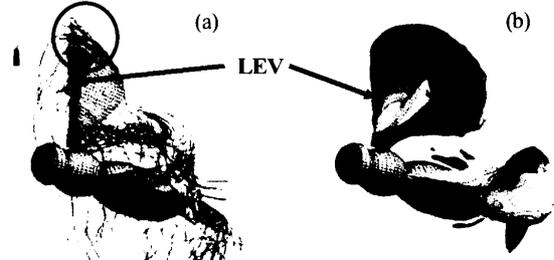


Fig. 2 Computed results during middle downstroke. (a) streamlines, (b) iso-vorticity surface

謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費(萌芽研究 No.18656056)と日本科学振興会科学研究費(基盤研究(S) No.18100002)により支援された。また、本研究におけるシミュレーションは理化学研究所スーパーコンピュータを用いて計算された。ここに関係各位に謝意を表す

参考文献

- (1) Liu, H., Simulation-based biological fluid dynamics in animal locomotion, *ASME Applied Mechanics Reviews*, 2005, Vol.58, No.4, pp. 269-282
- (2) Aono, H. and Liu, H., Vortical structure and aerodynamics of hawkmoth hovering, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 2006, Vol.1, No.1, pp.234-245.
- (3) Aono, H., Liang, F. and Liu, H., Near- and far-field aerodynamics in insect hovering flight: an integrated computational study, *Journal of Experimental Biology*, 2007, (in press).