

1. 題目 : 「生物に学ぶ機械工学のイノベーション: バイオミメティクス」
2. 講演者: 千葉大学 工学研究科人工システム科学専攻機械系コース 教授 劉 浩 氏
3. 日時 : 2014年9月20日(土) 14:00~16:45
4. 場所 : 品川区立総合区民会館「きゅりあん」 5F 第3講習室
5. 参加者: 講演 35名

#### <講演要旨>

バイオミメティクス(Biomimetics:生物模倣)は、長い間自然淘汰を経て進化してきた生物のもつ優れた形態や構造、機能やシステムなどを模倣する新しいテクノロジーとして、省エネルギー・省資源型モノづくりに基づく持続可能な社会実現へ、技術革新と産業展開をもたらすものとして近年注目されている。その技術革新の例として、「カワセミのくちばしの形の新幹線の空気抵抗低減への応用」がよく知られている。

機械工学の分野では、昆虫・鳥の飛翔や魚の遊泳を真似たロボットや、サメ肌の流体抵抗低減化や、ハコブグの形状を規範とした燃費のよいバイオニックカーなどが開発された。

本講演では、次世代バイオリボティクスの中でとくに昆虫規範型マイクロ飛行ロボットについて、生物羽ばたき飛行のメカニズムに関する研究により明らかにされつつある昆虫や鳥の形態や運動の優れた機能と解析結果を紹介し、昆虫を規範とした超小型羽ばたきロボット(MAV: micro air vehicle)のバイオミメティクス技術の現状まで具体例を紹介した。

#### <講演内容>

##### 1. バイオミメティクス(Biomimetics:生物模倣)

- ・生物のメカニズムやシステムは超低環境負荷で高機能。人間の発展のために科学技術の追求は、大量生産大量消費につながり、地球上で持続不可能な技術体系に変貌している。自然界では共存共栄の進化をし、環境適応性を追求し、省エネで循環型の進化をし、環境負荷の小さい発展を遂げていく。
- ・形状、構造や機能の模倣。ハスの葉の微細突起による撥水性。イルカやサメの膚をまねた流体抵抗の低減。クジラのヒレの凹凸形状をまねたヘリコプターのローターで空気力学性能の向上などがあげられる。特にカワセミのくちばしの形の新幹線の空気抵抗低減への応用や、蚊の針をまねた無痛針が有名。
- ・昆虫を規範とした無人飛行機の開発。国内では空気が非常に薄い火星で地表を飛行するときの流体力学で定義されているレイノルズ数が虫の飛行に近いことから宇宙探査機に、また、災害救助・危険の監視へは狭いところへ無人で飛んで行ける超小型飛行体の応用が考えられている。

##### 2. 超小型無人飛行機の開発

- ・世の中に存在する飛行体は、飛行機に代表される固定翼、ヘリコプターのような回転翼と鳥や昆虫のような羽ばたき翼の3種類である。人工的な飛行体は固定翼か回転翼であるが、自然界で飛行できる生物はすべて羽ばたき飛行である。
- ・新しい羽ばたき翼の開発。蜂鳥とスズメガの羽ばたき飛行現象を計算流体力学、構造解析により羽ばたき飛行の現象を解析した。翼の変形が大きく影響していることも判明した。

- ・羽ばたき飛行の動的安定性と制御。昆虫の構造は飛行安定性が非常に悪いが、機動性が非常に高く、自然界で外敵から逃げるには都合がよい。一方、外乱（横風など）に対しては、羽ばたき3サイクルの以内で対応すれば修正可能であることが計算でも示された。
- ・モノ作りとしてトリプル5（翼長さ5cm以内、重量5g以下、飛行時間5分以上）を目標にモデルを製作、4枚羽で飛行時間6分以上を実現できた。

<質疑・応答>

1. 製作したロボットのコントロールはどのようにしているのか？  
1chで翼のスピードだけを赤外線コントロールしている。
2. ロボット製作でどこを模倣するのが良いのか？  
翼の羽ばたき運動をどうやって実現するかが問題で、翼構造はあまり関係ないとの結論になった。
3. 羽ばたき翼で翼を設計するうえで重要なファクターは？  
翼の羽ばたき周波数と最大振幅が大きく影響する。揚力は翼端スピードに依存するため。
4. 人口筋肉に対する研究はされているか？  
筋肉はいろいろと研究されつくしているが、昆虫のような高い周波数と高い羽ばたき振幅を実現するには、筋肉より翼にどのように振動を伝えるかがカギになる。  
小さな虫は、筋肉で胸骨を振動、胸骨に直接ついた翼を共振させる構造になっており、こちらの研究が必要と考えている。
5. 飛行時間の目標は？  
20分以内を目標にしている。
6. プロペラと違って、羽ばたき翼は翼で渦を作ることで揚力を得るのか？  
ヘリコプターのようなアスペクト比が大きな回転翼は、迎い角が小さく抵抗が少ないので効率よく揚力が得られるが。アスペクト比が小さい鳥や虫のように短い翼では、迎い角が25度以上では渦による揚力の効率が逆転するので、虫は羽ばたき翼を選んでいると考える。
7. 回転翼は外乱に弱いとの話であったが、将来羽ばたき翼を補助的に使う可能性はあるのか？  
回転翼との組み合わせより、固定翼との組み合わせの方が可能性があるかもしれない、高速飛行時は固定翼、低速では羽ばたき翼を使うのが良いと考える。
8. 生物の構造は長い進化の中で最適されていると思うが、人工的に生物を超えるモノを作ることは可能か？  
スズメガとショウジョウバエの飛翔について解析した結果、空力だけを見ると完全に最適化されてはいないことは分かっている。それには他に環境の条件があると考えている。空力的に関しては自然界を凌駕できると考えている。
9. 昆虫型ロボットは実現できるか？  
5年以内にできると考えている。

以上（記録者 木村 茂雄）

