

新任教員紹介

航空宇宙学科 航空宇宙学専攻・教授 稲田喜信

略歴

- 1963.12 兵庫県生まれ
- 1987.3 京都大学理学部生物学科 卒業
- 1988.3 東京大学工学部研究生 修了
- 1990.3 東京大学大学院工学系研究科航空学専攻 修士課程修了
- 1990.4 (株)富士通研究所 入社
- 1994.1 新技術事業団戦略的創造研究推進事業(ERATO) 研究員
- 1998.4 東京大学先端科学技術研究センター 助手
- 2003.4 (独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(PRESTO) 研究員
- 2004.4 東京大学博士(工学)学位取得
- 2006.4 (独)宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 招聘研究員
- 2010.4 現職



担当科目

飛行力学、飛行制御工学、航空宇宙応用実験(共担)、入門ゼミナール(共担)、飛行力学特論

研究活動内容

概要

余り知られていないことだが、鳥や昆虫がどのようにして空を自由に飛んでいるかについて、ある程度正確に説明がつくようになったのはごく最近のことである。人間が動力で空を飛び始めたのは100年ほど前のことであるが、ほんの20年ほど前までは昆虫が空を飛ぶメカニズムについて合理的な説明はされていなかった。体の大きさの割に小さな翼しか持たないハチが空を飛ぶためには、実験で得られた翼の揚力係数ではどうしても無理で、“Bumblebees can't fly”という言葉が雑誌の記事や書籍のタイトルとして使われるほど話題となった(bumblebee=マルハナバチ)。その謎が近年の実験技術の進歩と、コンピュータによる数値解析技術の進歩によって徐々に明らかにされ、飛行機よりもずっと小さな空飛ぶ機械を実現する上で私たちに大きなヒントを与えてくれている。

生物が持つ優れた能力を人工物に応用しようという研究分野を「バイオミメティクス」と呼ぶが、鳥や昆虫を始めとした生物が持つ能力を応用して新しい飛翔体を研究することが私の研究のメインテーマである。これまでトビウオの滑空を参考とした最適制御飛行や、昆虫の羽ばたきを応用した小型飛翔体の研究、生物の群運動を参考にした群制御モデルの研究等に取り組んできた。本年3月まで所属した宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、それらの成果を発展させて魚群の制御モデルを応用した飛翔体の編隊飛行制御の研究に取り組み^{1,2)}、また昆虫の羽ばたきによって生じる音の特性を数値解析によって明らかにする研究を行った³⁾。これらの研究は現在も他大学や研究機関との共同研究という形で継続しており、前者は工学院大学、後者はJAXAと千葉大学の三者間の共同研究として続いている。

最近の研究活動

1. 小型飛翔体の群制御の研究

火災や地震の発生現場では、生存者の救助や誘導を行うために迅速な情報収集が求められるが、そのための情報収集システムとして小型のロボットや飛翔体を利用する研究が進められている^{1,2)}。小型機のメリットは開発や製造にかかるコストを低減できること、可搬性に優れていて騒音が少ないこと、航空機であれば離着陸に飛行場を必要とせず、墜落しても二次災害を引き起こす危険性が少ないことなどが挙げられるが、その反面ペイロードが限られていて搭載できる装備が限られ、外乱に弱く故障しやすいなどの問題を抱えている。そこで、これらの問題に対処する方法として多数の機体を同時に用いる「群制御」の活用が提案されている^{1,2)}。群制御では異なる機能を持つ機体を組み合わせたり、同じ機能を持つ機体を複数用いることによって冗長性を高めたりすることによって、高機能で故障に強いシステムを実現することが可能であり、また多数の機体にカメラ等のセンサを搭載して広く空間に分散配置することによって、広がりのある空間情報を取

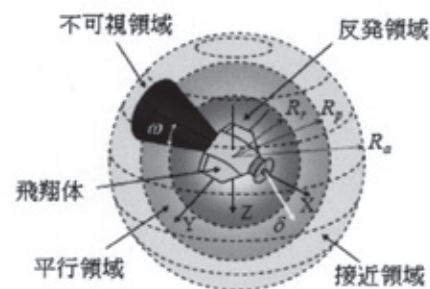


図1 3次元相互作用モデル

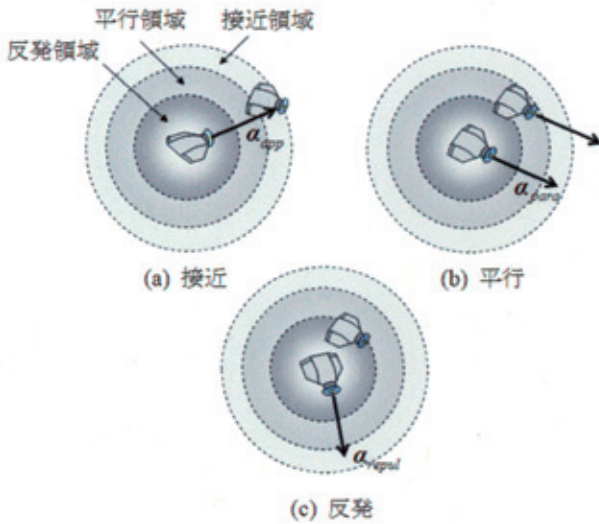


図2 相互作用の3要素

得することが可能になる（このような分散型の情報収集システムを“センサネットワーク”と呼んでいる⁴⁾）。

筆者は小型機による群制御を実現するため、鳥や魚の群が行なう群運動を参考にした生物型群制御モデルを提案した^{1,2)}。生物型の群制御モデルとは、鳥や魚の群運動に見られるシンプルで規則的な個体間の相互作用をもとに作成されたモデルのことで、図1に示すように飛翔体の周囲に球形をした相互作用領域を設定し、この内部に反発領域、平行領域、接近領域という3つの領域を同心円状に配置している。図2はそれぞれの領域に周囲の機体が入ってきた場合の中心機体の反応を示すもので、接近領域の場合は周囲の機体の方向に、平行領域の場合はその機体と同一方向に、反発領域の場合はその機体から遠ざかる方向に移動する。領域内に複数の機体が存在する場合には、それぞれの機体に対して求めた移動方向のベクトル和を取ってその向きに移動する。この際、センサの処理能力の限界を考慮するために相互作用できる機体の数に上限($N_{b,max}$)を設け、それ以上の機体が存在する場合には特定の方向(=指向性の方向)に近い順に $N_{b,max}$ の機体を選択する(指向性の方向は図1に示すベクトル δ で指定する)。また、後方に相互作用のためのセンサを持たない場合を想定して、図1に示すように不可視領域を設ける。

以上のような相互作用モデルを用いて実現した飛翔体の群制御シミュレーションの結果を図3(a)に示す。現在までにこのモデルを用いて故障に対するロボスタビリティや、相互作用領域の形状を操作することによる群の形状制御、指向性の向き(=ベクトル δ の向き)を操作することによる旋回制御等に成功し、生物型の群制御の有効性を確認している¹⁾。また、工学院大学との共同で、図3(b), (c)に示すような地上移動型群ロボットの開発と実験にも成功している²⁾。

2. 羽ばたき型飛翔体の研究

地球上の生物種の半数以上が昆虫と言われているように、昆虫は地球上で最も繁栄した生物とすることができる。その繁栄をもたらした理由の一つが空中飛翔の能力であり、人の住めない高山や孤島など飛んで行

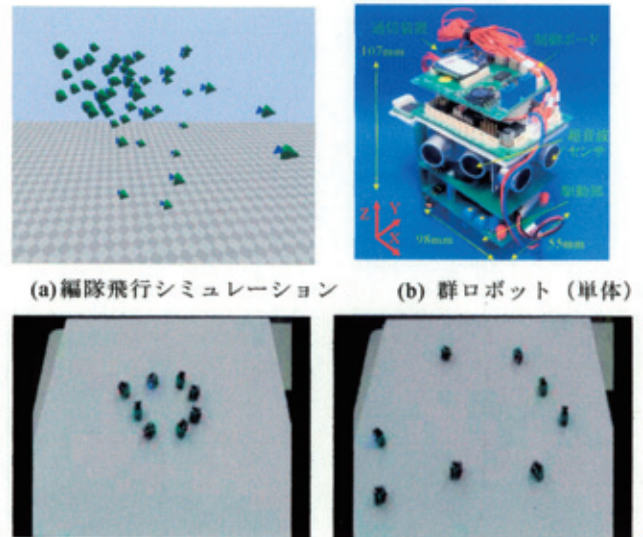


図3 群制御の各種研究

ける所であれば世界中どこにでも生息している。この高い飛翔能力の研究とその応用がもう一つの研究テーマである。昆虫は羽ばたきによる翼の運動によって翼の周囲に空気の渦を作り、その渦が作る強い揚力を利用して飛行している。これは通常の航空機とは異なるメカニズムであり、昆虫のように小さな飛翔体を実現する上で参考にするべき点が多い。そこで、JAXA および千葉大学と共同で図4(a)に示すような羽ばたき運動ロボットを用いた風洞実験や、数値流体力学(CFD)を用いた流れの数値解析、羽ばたきによって生じる音の指向性解析(図4(b))などを行い、昆虫飛翔のメカニズムの解明に取り組んでいる³⁾。羽ばたきによる空気力の生成や発生する音の問題は飛翔体の開発において重要な研究課題であり、これらの成果を活用しながら昆虫型の飛翔体の実現を目指していく予定である。

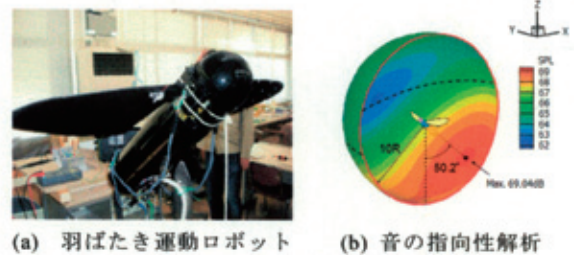


図4 羽ばたき型飛翔体の研究

参考文献

- 1) 稲田喜信, 高信英明, 小型飛翔体の群制御へ向けた試み - 生物型群制御の可能性 -, 自動車技術会論文集, 40(6), p.1635-1640 (2009).
- 2) 稲田ほか, 地上移動型群ロボットを用いた群制御アルゴリズムの検証, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告, ISSN 1349- 1113, JAXA-RR-09-005 (2010).
- 3) Inada, et.al, Numerical Analysis of Sound Generation of Flapping Wings of Insect, *Theor. Appl. Mech. Jap.*, 57, p.437-447 (2009).
- 4) S. S. Iyengar, R. R. Brooks, Ed., Distributed sensor networks, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL (2004).