

ホバリング時・直進時の UAV 周辺の気流シミュレーション

CFD Simulation around UAV when Hovering and Direct Advance

- 阪田 升, (株) 環境シミュレーション, 東京都千代田区岩本町 3-4-6, m_sakata@env-simulation.com
 謝 俊民, 同济大学城市規則系, 中国上海市四平路 1239, chunming@dongji.edu.cn
 有田 守, 金沢工業大学, 石川県白山市八束穂 3-1, arita@neptune.kanazawa-it.ac.jp
 永吉一朗, (株) 環境シミュレーション, 同上 d_nagai@env-simulation.com
 長井大介, (株) 環境シミュレーション, 同上, i_nagayoshi@env-simulation.com
 政岡沙央理, (株) 環境シミュレーション, 東京都千代田区岩本町 3-4-6, s_masaoka@env-simulation.com
 Minoru SAKATA, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN
 Chunming HSIEH, Dept. of Urban Planning, Tongji University, 1239 Siping Rd. Shanghai, CHINA
 Momoru ARITA, Kanazawa Institute of Technology., 3-1 Yatsukaho, Hakusan City, Ishikawa, JAPAN
 Ichiro NAGAYOSHI, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN
 Daisuke NAGAI, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN
 Saori MASAOKA, Environment Simulation Inc., 3-4-6 Iwamoto-cho, Chiyoda-ku., Tokyo, JAPAN

Generally, UAVs (Unmanned Automatic Vehicle) are Flying Object with Multi Propeller, are also Called Drone. UAVs are Rapidly Spread in The World for Aerial photograph and 3-Dimensional Measurement, but Detailed Flow Situation in 3D System isn't Elucidated yet. We were achieved 3D CFD Simulation around UAVs using Moving Body Technique, and Several Considerations are added as to Flight state when Hovering and Direct advance.

1 はじめに

近年 UAV (ドローン) は世界的に急速な普及を見せ、主として空撮や三次元測定・構造物監視を目的として広く利用が進んでいる。しかし UAV の運用に重要となる周辺の気流分布は今までに十分解明されていない。本研究では、移動物体 CFD 技法を用いて複数の回転翼を持つ UAV を 3 次元でモデル化し、ホバリング時と水平飛行時の UAV 周辺の数値気流シミュレーションを実施し、計算された気流分布について若干の考察を試みた。

2. 解析方法

移動物体解析手法には Super Cartesian 法^{1,2,3)} と呼ぶ手法を用いているが、これは構造格子での Euler 系技法の一種である。ここで用いた CFD 解析手法のあらましは次のようである²⁾。

基礎方程式: NS 方程式, 連続の式

空間の離散化: 不等間格子 (最小格子間隔 0.5m)

時間の離散化: SMAC 法 移流項: Hybrid 中心差分

乱流モデル: 直接シミュレーション (DNS)

初期条件: 流速ゼロ 駆動条件: 移動物体平行移動・回転移動

3. 人体歩行時の周辺熱流動シミュレーション

UAV 気流シミュレーションの手順としては、

- ① 解析空間 (固定) の作成: $10\text{m} \times 10\text{m} \times 8\text{m}$
- ② UAV モデル (移動物体) の作成: 胴体, プロペラを行った。解析モデルは 3 次元 CAD で作成した。
- ③ モーションの設定: 平行移動, 回転運動の設定を順次行った。

胴体に対して 4 枚のプロペラがそれぞれ水平回転する設定とした。胴体の下には空撮機器を支持するジンバルが付属する構造となっている。Fig1 はエントリー仕様の機体 (タイプ I) であり、Fig. 2 はやや高度な利用に供する機体 (タイプ II) である。

プロペラの回転は、UAV では対角を成すプロペラが同じ回転方向になるのでシミュレーションの設定も同様にしている。



Fig.1 Schematic Representation of Type I UAV

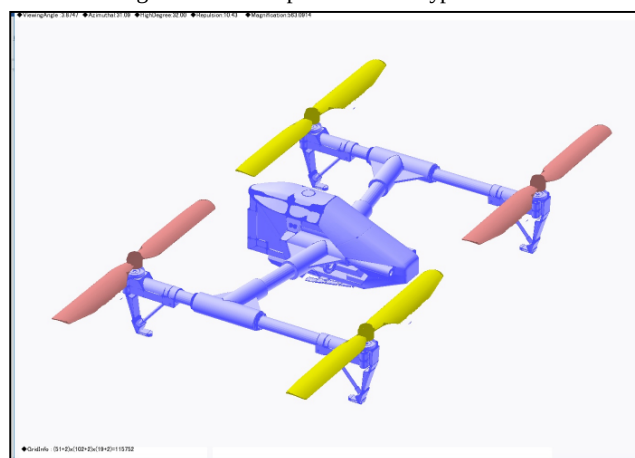


Fig.2 Schematic Representation of Type II UAV

Fig. 3 に 1m/sec でホバリング上昇時のタイプ I 機体周辺の気流分布を、Fig. 4 に同様にタイプ II 機体周辺の気流分布を示した。共にまだ離陸途中の状態であり、4 枚のプロペラ (回転翼) から生成するダウンウォッシュと呼ばれる下降流が卓越な状況である。

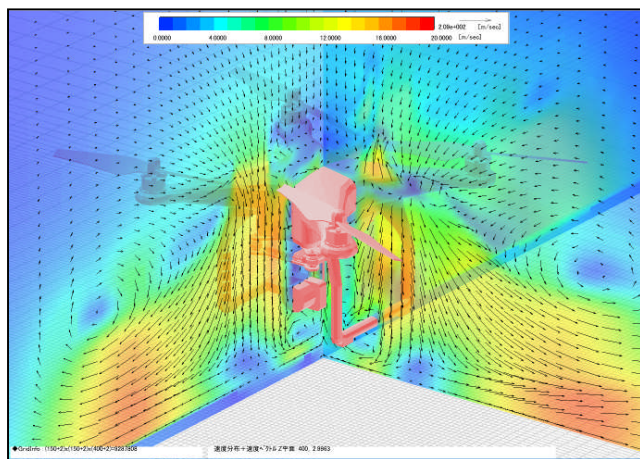


Fig.3 Velocity Field when Type I UAV Hovering

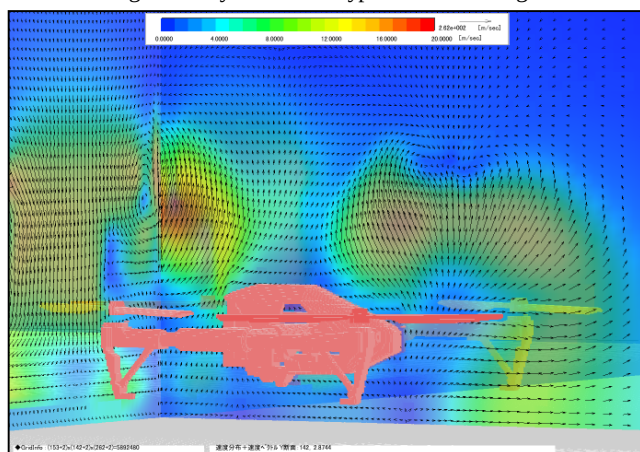


Fig.4 Velocity Field when Type II UAV Hovering

クアドコプターである UAV のホバリングの状態を見る限りでは、プロペラのダウンウォッシュで生成する下降流は、胴体下部に位置するジンバル付近には影響せず、UAV のジンバルとその搭載物の形状は、上昇性能には余り関係しないと考えられる。これはクアドコプターでは4枚のプロペラが互いにある所定の距離を保っているためであり、ヘリコプターのように単一ローターの機体では出せない特性である (Fig. 4 参照)。

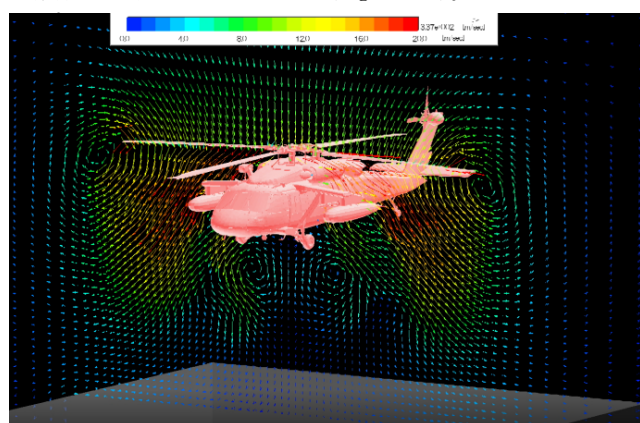


Fig.5 Velocity Field when UH-60 Helicopter Hovering

Fig. 6 にタイプ I 機体が 10m/sec 水平飛行した場合の周辺気流分布を示す。プロペラ周辺の気流は激しく渦巻いているものの、進行方向後方では速やかに静謐な気流状態に復帰する。これはプロペラ周辺はダウンウォッシュに引かれて加工する気流が多いためと考えられる。また、プロペラより下のレベルでは胴体と後流渦が発生していることが観察される。ジンバルとその搭載物は、上昇時には抵抗となり得ないが、水平飛行時には大きな抵抗となり空力安定性にも悪影響を及ぼすものと考えられる。

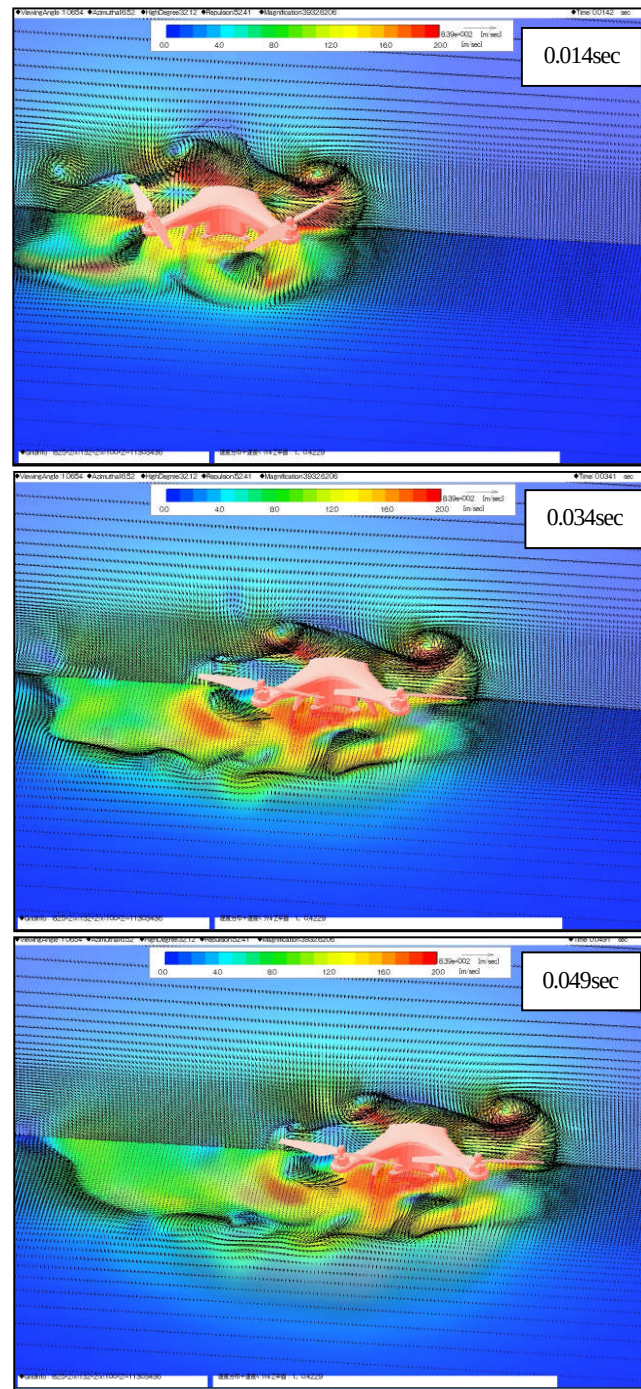


Fig.6 Velocity Field when Type I UAV Direct Once Flying

4. まとめ

複数のプロペラを持ち飛行する UAV 周辺の 3 次元気流数値シミュレーションを行った。未解明であったプロペラや機体・ジンバル周辺の気流状態について若干の知見を得た。今後、移動物体シミュレーション技法をブラッシュアップし、更に詳細に様々な挙動での UAV 周辺気流の解明を進める。

5. 参考文献

- [1] 阪田升, 長井大介, 計算力学講演会講演論文集 2007(20), 559-560, 2007-11-25
- [2] 阪田升, 永吉一朗, 長井大介, 第 28 回数値流体力学シンポジウム, 講演番号 118, 2014 年
- [3] 阪田升, 永吉一朗, 長井大介, 第 29 回数値流体力学シンポジウム, 講演番号 211, 2015 年