

06

マルチコプターにおける
研究活動報告

～2017 NUAS_DRONE勉強会
発足の経緯から現在まで～

Research activity report on Drone

～From the process of establishment to the present of
2017 NUAS_DRONE study group～

映像メディア学科・講師
Department of Visual Media・Lecturer

森 幸長 Yukinaga MORI

はじめに

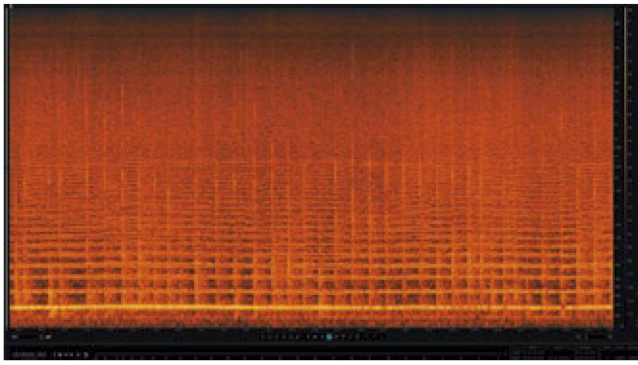
マルチコプター、通称Droneと呼ばれる3枚以上のプロペラを持った無人航空機が近年、目覚ましい発展と共に、TVや新聞などで、大きく取り上げられ、その存在を知らない人は少ないのではないだろうか。もともと軍事利用にはじまり、人の立ち入れない危険区域や災害、測量などでDroneが活躍している。機体に搭載されたハイスペックなカメラとジンバルのおかげでブレのない美しい撮影を可能にし、その利用は瞬間間に広まっていっていった。またGPS(グローバル・ポジショニング・システム)という人工衛星からの電波を利用したDroneの位置を性格に把握し維持をする機能のおかげで、誰でも簡単にDroneを空中に静止することができるようになった。しかし、突然のトラブルに見舞われ、GPSが機能しなくなった途端、Droneは風まかせになり、常に「当て舵」という操縦レバーを巧みに操り、自力でその場所に静止したり、無事に着陸させたりする能力が必要になる。それは容易ではない。私がDroneに興味を湧き、操縦してみたくなったきっかけは、その美しい映像に惹かれたからでありDroneにおける未知なる可能性を考察することに非常に魅力を感じたからである。幸い少年時代からラジコンヘリなどの操縦に長けていたためDroneの操縦は容易であったがGPSの機能していないDroneを操縦することは素人には困難である。この研究活動報告では私がDroneで始めた研究と名古屋学芸大学のDroneに興味のある学生に向けた2017NUAS_DRONE勉強会の発足から現在までの活動を書き記す。

1 Drone研究のきっかけ

1.1 経緯

Droneのプロペラの回転ノイズは非常にうるさい。オスのミツバチの羽音に似ていることから英語のDroneという名前がついているほど、低音でブーンと飛行時には付近にプロペラの回転の音が鳴り響く。この音を少しでも消し、空中の音を収録できたら、空撮サウンド作品が作れるのではないかと考え、またそれを応用した、現在実際に行われているDroneによるコンクリートの打点検査にも役立つのではないかと考えたのが研究の始まりであった。実際にDroneのプロペラの音を収録し、iZotope社のノイズリダクションソフト「rx4」でスペクトル解析を行い、Droneが空中に静止しているホバリング時のプロペラの回転音を計測し、同じ回転数でプロペラを回した時に発生する音を集音しノイズ処理を行った。結果を次に示す。

まず、屋外にてハンマーで木材に釘を打つ音とDroneのホバリング時の音を同時収録したものが(Pic.1)である。



(Pic.1) rx4によるスペクトル解析 吸音材の施された防音室内でPhantom4 Professionalのホバリング時のプロペラ音。
(Pic.1)の見方は横軸に左から右へ時間の流れ、縦軸は上方から下方へ向かい高音から低音が表されている。

回転数は重たい切り株にDroneを固定した上でデジタルタコメータを使用し回転中のプロペラにレーザー光線をあて、計測した(Pic.2)。



(Pic.2) 切り株にスチール製の板を使用し木ネジ止めでDroneを固定。

Droneの1つのプロペラには羽が2枚ありデジタルタコメータの計測回転数÷2で回転数が割り出される。レーザー光線を用いたデジタルタコメータのプロペラ回転数の計測値は以下の通り。

・計測場所:屋外

・状態:ホバリング時

・計測機値:BPM 11,053回転

・プロペラの計測箇所:羽根の枚数2枚

・ $11,053 \div 2 = 5,526.5$ 回転数、約BPM 5,527回転

・計測場所:室内

・状態:ホバリング時

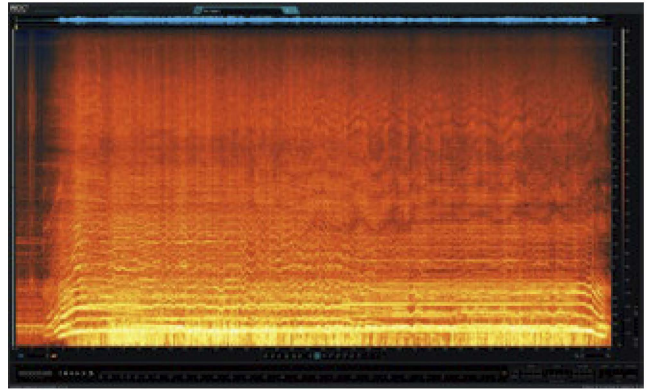
・計測機値:BPM 10,823回転

・プロペラの計測箇所:羽根の枚数2枚

・ $10,823 \div 2 = 5,411.5$ 回転数、約BPM 5,412回転

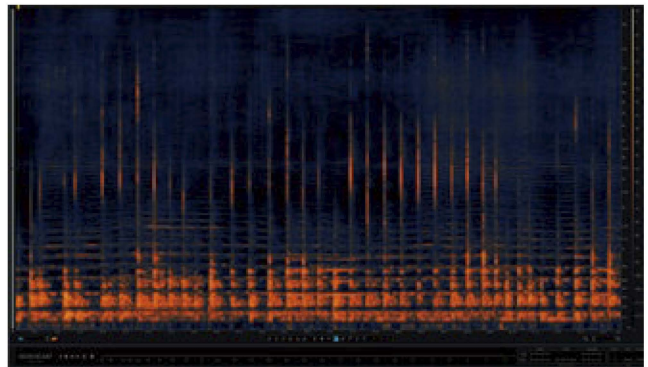
(Pic.1)のホバリング時のプロペラ回転音の基音は約180Hzである。そこから(Pic.1)の縦軸の高域にも低域にも倍音が広がっている。プロペラ音の消音で試した方法は、一度、吸音材の張り巡らされた反響の少ない録音スタジオの収録ブースで、実際にDroneを屋外で飛行させる回転数までプロペラを回し、その回転音をサンプル音としてRX4でキャプチャし、その音を元に(Pic.1)からプロペラの回転音をリダクションする方法を取ってみた。すると元音と比べ、若干ではあるが、プロペラの回転音を抑えることに成功した。

次に実際に録音スタジオで収録したDroneのプロペラ音のスペクトル解析を以下に示す(Pic.3)。



(Pic.3) Pic.1で計測したプロペラ回転数を元にスタジオブース内で収録したプロペラ音

(Pic.3)を利用し(Pic.1)からDroneのプロペラ音をノイズリダクションした波形が(Pic.4)である。



(Pic.4) Pic.1からPic.3の成分をノイズリダクションしたRX4の画面

(Pic.4)を見る限り、綺麗にプロペラ音が消えているかのように見えるが、プロペラ音は飛行状況によって常に周波数や音量が変化する非常に複雑な波形が生成されるため完全な除去は難しい。しかし、Pic.1とPic.4のプロペラ音に注目するとプロペラの音のみが軽減され、コンクリートの打音検査などにおけるノイズリダクション処理に有効と考えられ、現在、次の実験に応用するため準備中である。

2 名古屋学芸大学映像メディア学科における Drone活用

2.1 名古屋学芸大学映像メディア学科におけるドローン活用として以下の空撮を撮影した。

- 2015年度入学式会場で上映するオープニング映像。大学正門前から、メディアA棟を横切り大学全体を見せる映像を撮影した。その後、オープンキャンパスでの大学紹介や2017年度までの入学式、保護者会などのイベントに使用される (Pic.5) (Pic.6)。



(Pic.5) 映像メディアA棟、北西側を南東方向へ飛行中のPhantom3Professionalで撮影された空撮映像



(Pic.6) Pic.5からキャリアサポートセンター上空を越え管理映像棟、外国語大学、図書館手前ホバリングしたPhantom3Professionalの空撮映像

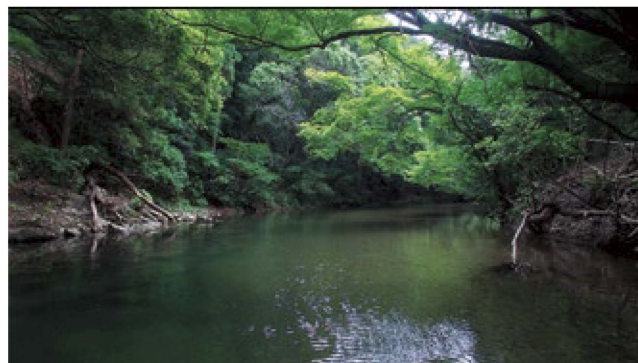
- 2016年「伊勢神宮4Kプロジェクト」の一環として、伊勢志摩サミットの期間に国際メディアセンター内にて宮域林空撮映像が上映される。

- 2016年CBCテレビ開局60周年記念番組「伊勢神宮・命あふるる神々の森 五十鈴川を行く」番組内空撮全般を担当した (Pic.7) (Pic.8)

この番組は2016年11月3日(木)に放送され、Droneオペレーターという肩書きで空撮映像の撮影を担当した。番組は株式会社中部日本放送(CBC)の佐藤浩二プロデューサー、有限会社中日



(Pic.7) 内宮上空を旋回



(Pic.8) 五十鈴川を上流に向かって水面ギリギリを飛行

本制作所の増田達彦監督が伊勢神宮全面協力の元、1年という歳月をかけ、絶滅危惧種に指定されている貴重な森に住む動植物から五十鈴川に住む水中生物、伊勢神宮に関わる周辺地域、実際に監督自ら急流に体を沈め源流にまで辿り着くという神宮宮域林の貴重な自然の姿を捉えた番組であった。その美しい映像が評判を呼び、最近では11月25日・26日に開催された4K徳島国際映画祭において、世界からの4K映像107作品の応募の中から「大賞」に選ばれ、その他、国内ではJNNネットワーク協議会奨励賞、海外ではChicago International Television Awards Certificate of Meritを受賞することができ、全国各地のテレビ局でも再放送が予定された。放送局は以下の通り。

富山県 チューリップテレビ (tut) 17/12/28 (木) 15:54~16:50
岡山県・香川県 山陽放送 (RSK) 17/12/30 (土) 04:20~05:15
熊本県 熊本放送 (RKK) 17/12/30 (土) 05:25~06:20
愛媛県 あいテレビ (itv) 17/12/31 (日) 05:55~06:50
山梨県 テレビ山梨 (UTY) 18/1/1 (月) 05:00~05:55
山形県 テレビユー山形 (TUY) 18/1/1 (月) 07:30~08:25
長崎県 長崎放送 (NBC) 18/1/2 (火) 04:55~05:55
高知県 テレビ高知 (KUTV) 18/1/3 (水) 06:00~06:55
広島県 中国放送 (RCC) 18/1/4 (木) 04:25~05:20
北海道 北海道放送 (HBC) 18/1/7 (日) 25:50~26:50

2017年12月上旬より、ヨーロッパ・アメリカのVEWD TVで配信開始。

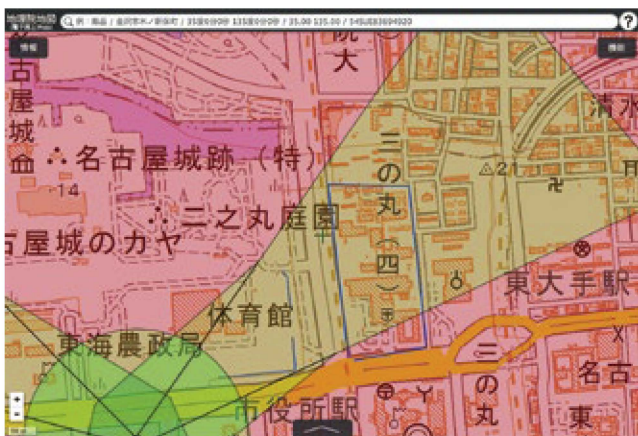
2018年2月からTBSオンデマンドで配信開始。

- 2018年4月に開設される国立病院機構名古屋医療センター内にある「名古屋学芸大学 名城前医療キャンパス」の空撮映像を撮影した。学内や、TVCMでも使用される(Pic.9)。



(Pic.9) 2018年度開講の名古屋学芸大学 名城前医療キャンパスへ向かうPhantom3 Professionalの空撮映像

この撮影では、撮影場所が人工密集地区であり、国土交通省の許可が必要であった。当初、名古屋城のお堀上空が撮影場所として候補に出ていたが、名古屋市の条例による、無人飛行機による飛行禁止空域であったため、断念せざるをえなかった。しかも愛知県警のヘリポートの侵入経路に重なっていたため(Pic.10)、国土交通省、セントレア国際空港、愛知県警の3箇所の許可申請が必要になった。撮影場所は栄町の天津通りに繋がる南北に伸びる国道19号があり道は3車線で交通量が多く、東西はバスレーン、南側には官公庁が集まるエリアであり、安全確保のため、操縦者1名、安全管理者4名という体制で緊張の中飛行させた。愛知県警からの知らせではこの地区でのDroneの許可申請は第1号ということであった。



(Pic.10) 青枠内が撮影場所。緑のエリアは愛知県警のヘリポート侵入経路

- 2017年 尾張旭市平子町旧名古屋市保育短期大学跡地視察時における、跡地全域空撮資料提供。
- 2017年 仙頭教授監督「OPEN CAMPUS OF THE DEAD」にて特殊落下映像撮影。

2.2 2017NUAS_DRONE勉強会発足

2018年度の授業発足のための予行として「2017NUAS_DRONE勉強会」と題し映像メディア学科2年生以上の学生に向け説明会を行ったところ24名の学生有志が集まった(Pic.11)。



(Pic.11) 説明会の様子

前期

- 第1回目 説明会 参加人数24名 教員

説明会は、渡部学部長、筆者で進められた。Drone勉強会発足の目的、取り組むにあたっての心構えを伝え、今年度の勉強会予定日、飛行場所、国土交通省が定める無人飛行機の飛行ルール、使用する機体、個人練習用に勤める200g以下のDroneの購入紹介、学習のための参考書籍などの紹介を行った。他授業、サークルの関係から早朝8時30分～10時45分位まで。予定された日程は以下の通り。前期は4月19日、5月10日、6月7日、7月5日、8月2日、8月30日、後期は9月20日、10月4日、10月18日、11月1日、11月15日、12月6日の計12回を予定。

- 第2回目 5月10日 参加人数16名 8時30分～

DJI社製 Phantom2、Phantom3Professionalを使用し、飛行練習の内容を記載したプリントを配り、無人飛行機に関する飛行ルールを再度解説した。初めての学生たちには酷かもしれないが、ATTIモードといい、機体に搭載されている気圧計など以外のGPSや障害物検知システム、ビジョンポジショニングシステムなどを無効にした操作モードでの操縦を行わせなければ練習にはならない為、冒頭ではこのATTIモードを無効にし、すべての安全機能をONにした状態で、操作させ、まずは機体が上空へ浮く感覚、すなわち離陸する瞬間や上空で静止するホバリングの感覚のみを体験させた後、ATTIモードでの飛行練習を行った。まずは安全を確保するため、会場となった第一グラウンドの入り口にゴム製のロープを張り、目印を付け、他者の入場規制を促した。

一人ずつ、操作方法を説明しながら操作手本を見学させ、Hマークが印刷された、直径1mほどの円形をした砂埃などを予防するランディングマットより、上昇、ホバリング、下降、着陸までを数回行わせ、次に、上昇、前進、ホバリング、後進、下降、着陸までを行った。またこの回より株式会社中日映像出版で業務としてDroneの空撮を手がける石川智史プロを招き今年度12回全てにおいて、勉強会の補助とアドバイスをいただいた(pic.12)。



(Pic.12) 第2回目の勉強会の様子

●第3回目 6月7日 参加人数16名 8時30分～

第2回目で行った復習を中心に、ATTIモードにて飛行エリアを2箇所に分かれそれぞれ50m以上離れての飛行訓練。三角コーンを目印に同方向でスクエアを描く様に移動、その他に180度回転させ逆方向操縦の飛行訓練を行った。第1回目の説明のあと、すぐにToyDroneを購入した学生もいた。自宅でかなり練習を行ったようで、その学生に関しては随分と操作が上手になっており、他の学生に影響を与えていた(Pic.13)。



(Pic.13) 第3回の勉強会の様子

しかし全員、機体の向きが逆になった途端、操作が乱れ、GPSを使用せざるを得なかった。

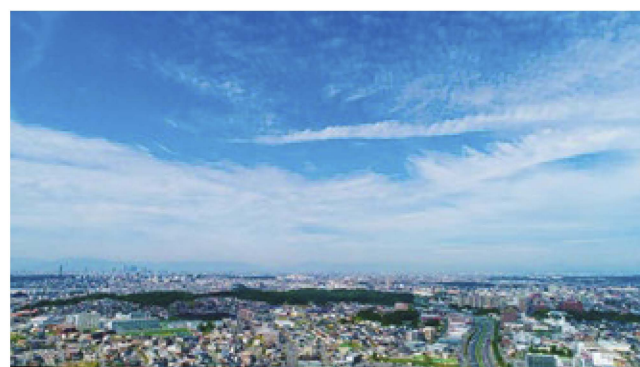
筆者所有のPhantom3Professionalと石川氏所有のINSPIREも持ち込まれ操縦が安定している学生に機体搭載のカメラによる撮影を行わせた。石川氏と筆者での補助による2箇所に分かれての

操縦訓練であったため、スムーズに訓練を行うことができ、今後もこのスタイルで勉強会を進行することとなる。機体との距離を十分にとり、不安定な操縦であればすぐに操縦を交代もしくは操縦機を奪うくらいの状態とはいえ、安全に必要なヘルメットなどの準備が不十分だったため、即座にヘルメット、安全ゴーグルの購入に至る。山本副学長、渡部学部長、堀尾先生、岩野先生も見学および体験操縦をしていただいた。

●第4回目 7月5日台風のため延期 7月12日に変更

参加人数12名 8時30分～

毎回、準備の為、ほぼ7時30分には大学に到着している。機体のチェックを済まし、学生の来ていない間に大学の上空を撮影した。この日は九州の西に台風がおり、風を心配したが、早朝はほとんど風がなかった。あまりにも綺麗な空であったため、グラウンド上空から名古屋駅方面にカメラを向け撮影した(Pic.14)。さらにその高さからグラウンドを真下に見る写真も撮影した(Pic.15)。7月になると、授業の課題の追い込みなどで学生の参加がやや少なくなった。ほとんどの学生が1限から授業があるため、8時30分から約1時間の参加である。4年生はまだ卒展の制作までに期間があるためか余裕があり、2限が始める少しまえの11時くらいまで、勉強会に参加させることができた。このころになるとToyDroneを購入する学生の数も増え、自宅での練習を行っているためか、かなり操縦に慣れてきた様であった。



(Pic.14) 上空149mから



(Pic.15) 第1グラウンド上空より

また、この回より、KyoshoEGGS社製ToyDrone クアトロックス ULTRAを7機導入し、200g以上の機体の飛行練習の合間に他の学生も練習が出来る様にしたが、回を重ねる毎に、ToyDroneの不安定な電波通信状況と、むき出しのギアのおかげでToyDroneは全滅することとなることを後述する。

●第5回目 8月2日 外部講師による特別勉強会

参加人数10名 8時30分～

株式会社マルチコプターオペレーティング(MCO) 代表取締役社長の田村浩明氏をお招きし、以下の内容で勉強会を行った。

【座学】

1. Drone業界の現状と起業に至った経緯(約10分)
2. Droneを取巻く法規制と許可関連(約10分)
3. 今後の活用展望(約15分)
4. 撮影における操作技術解説(約20分)
5. 質疑応答(約5分)

【実技】

1. MCO所有機のフライト(約30分)※学生操作体験
2. 目視外フライト実技(約30分)※学生操作体験

学外からもDroneビジネスを考える企業、株式会社STUDIO BAKU、株式会社若尾総合舞台の参加もあり、勉強会は盛況であった。

座学や実技時における質疑応答の中で「操縦スキルを身につけ役立つ仕事に就きたい」「以前から飛ばしてみたいと思っていたが法律などの知識がないため勉強したい」などの意見が多く、Droneに対する意欲的な学生の考えを聞くことができた(Pic.16)。



(Pic.16) MCB210教室での座学にて

この日の第一グラウンドの最高気温は32℃。グラウンドの照り返しもあり炎天下での実技練習で皆汗だくであった。

田村氏の計らいでDJI社製Matrice600をベースとした特別機とMavicProを持参していただき、学生全員に操縦体験を実施した(Pic.18)。また、安定度の高いMavicProを使用し、80mほど離れた場所へ置いた三角コーンを目印に着陸を行わせ、距離感をつか



(Pic.17) 株式会社マルチコプターオペレーティング代表の田村氏(左)と参加学生第1グラウンドにて

む練習も行った。その他にMavicProを使った測量ソフトを使用し大学上空にウェイポイント(タブレット端末の地図上にDroneが自動で飛ぶ為に飛行コースに印を付けること)を付け自動航行させる実演も行い、参加した学生らは興味深く真剣な眼差しで学習した。



(Pic.18) 第5回目の勉強会の様子。株式会社マルチコプターオペレーティング(MCO)持参の機体

●第6回目 8月30日 勉強会中止。8月24日代行

年度始めにグラウンド使用に関する日程調整をお願いしていた夏休み期間であったが、サークル活動優先とのことで、使用が難しいということであった。その変わりとして、映像メディア学科TVゼミの学生のゼミ展作品においてDroneによる空撮依頼があり8月24日に実施することとなり、勉強会参加者の学生に告知し、TVゼミの学生らと空撮を実施した。

後期

●第7回目 9月20日 参加人数8人

夏休み明け後期1回目ということもあり、感覚を取り戻す為に、基礎練習から行わせた。この頃になると、Droneを購入する学生が現れ、自身の機体を使用し練習を重ねた学生とそうでない学生の操縦技術の差が出始めた。また、大学で購入したToyDroneは使用后エアダスターなどでの清掃を行ってきたが、小さなモー

ターやギアがむき出しであり、砂ほこりなどの粉塵で各モーターの回転バランスが乱れたり、浮力が確保できなくなったりし、次々に使用が難しい状況となってしまった。また、ToyDroneは複数機同時に飛ばすことが可能とされているが、送信機とDrone本体の通信は自動で行われる為、操縦ミスによる墜落(1m程度)からであっても、通信が途絶えたりすることが度々発生する。その際に送信機とDrone本体の電源を一旦OFFにし、再度電源をONにするのだが、そのタイミングで他の機体も同様なことが起きてしまうと、電波が混線してしまい、下手をすれば他の送信機からの指示で機体が勝手に飛んでしまったりする。さらに通信できる距離を超えてしまうと、その時に操作していた状態のまま、Droneは意図しない場所へ飛んで行ってしまふのだ。例えば、斜め上空へ飛び立つように操作している時、通信が途絶えてしまうと、バッテリーが無くなる約6〜7分の時間その方向へ飛び続けてしまうということである。このあたりはDJI社製のDroneなどであれば通信が途絶えた場合、GPSを使用した、最初に登録したホームポイントへ自動で帰還する機能が付いているが、ToyDroneにはそこまでの機能を持った機体は少ない。本学で購入したToyDroneにはそれが無い為、もしも通信が途絶えてしまったら大きな事故につながる可能性もあり、屋外の勉強会では使用することはできないという結果となった。よってこの日は大学のPhantom2、持参のPhantom3Professional、Sparkの3機で行った。

●第8回目 10月4日 参加人数6名

3年時に行われるゼミ展直前、各学年、授業の講評締め切りなどが相次ぎ、学生の参加が少なかったが、この日は、Phantom3Professional、Phantom4Professionalに付属の4Kカメラを使用し、被写体を画面中央で捉え、ATTIモードで機体を移動させながら、画面中央に被写体をキープさせるカメラアングル操作練習を行った。

DJI社製の機体を使用する際にはDJI GOもしくはDJI GO4というスマートフォンで使用するアプリケーションを使用するのだが、こちらのアプリケーションのIMF機能というDroneのカメラに映る被写体などをタブレットで、被写体を囲むように2本の指先で指定することにより、自動で被写体を追尾し撮影し続ける機能がある。これを使用すれば、誰でも追尾撮影が可能になるが、被写体を画面の中心に捉えながら旋回したり、動く被写体を追いかけてたりするという、ある一定の動作しかできない為、操縦者によるマニュアル操作が必要になる。

●第9回目 10月18日 諸事情により中止

●第10回目 11月1日 参加人数6名

第8回で行ったカメラアングル操作練習の続きを行った。

●第11回目 11月15日 参加者数10名

この日は、Drone飛行に伴う安全性を高めるため、Drone機本体に丈夫で軽い紐を取り付けてのテスト飛行を行った。すでにこのようなDrone本体に軽くて丈夫なワイヤーロープを取り付け飛行させるためのDroneの飛行に負担をかけない一定の自動巻き取り機能をもたせた器具が発売されているが、その価格は1台20万を下らない。本学でも今後、Droneの授業を円滑に行う為には必要な機能であり、今回はその実験の為に、まずはDrone本体に紐を取り付け、飛行させることから始めてみた。Droneが移動飛行中、Droneの傾きに対して常に結び目が下になるよう(Pic.19)のようにクロスした紐の真ん中にリングを装着することにより、結び目は安定して下を向くことができた。



(Pic.19) ドローンと紐を結ぶために装着されたリングの様子

しかしながら、飛行をさせてわかったことがあった。それは、グラウンドにわずかな草が生えているだけでたんだ紐は時折引っかかりDroneはすぐにバランスを崩してしまうということだ。飛行させる範囲に自生しているグラウンドの草を抜き、紐が引っかかることはなく飛行させることに成功はした。草取りを徹底すれば、この第一グラウンドでも練習は出来るであろうと判断したが、市販されているDrone専用の巻き取り器具にあるような紐を一定のテンションで常にピンッと張る意味がここで分かることになる。要は船釣りで利用されている電動リールの機能がそれに代用できると考え、今後は釣用電動リールでの実験をしていく予定である。

●第12回目 12月6日 最終回 学科、実技試験実施

この日に至るまでに、Google Formsを利用した学科試験を行った。全25問100点満点中、合格点70点とした。機体の部位の名称と機能、LED点滅や点灯における機体の状況、飛行に関する法律、飛行に関する申請先など、試験をしてわかったことは、飛行ルールの把握、Drone本体の部位とその機能やアプリにおけるパ

ラメーターの見方や操作方法など、多岐にわたり知識が不足している指定されたコースを完璧に飛ばせる学生は皆無でありました。また、Droneの方向を変えただけでパニックになる学生もあり、まだまだ練習が足りないことを明確にした。月に1度や2度の練習では身につかないことがはっきりと結果にあらわれることとなった。こういった練習不足を解消する為には航空局への申請が必要のない室内でも使用できるToyDroneを個人購入し、室内でしっかりと練習することが必要不可欠である。



(Pic.20) 第2回目でのDroneによる集合写真。

全12回中、1回中止、合計11回の勉強会開催となった。

最後に

少年時代から数えればラジコン歴40数年ということになる。しかしDroneを使用した空撮という分野では駆け出しであることは間違いない。Droneを購入し、約4年の歳月を経てここまでやってきた。飛行時間はようやく250時間を超えた。Droneを生業とする専門業社で現在トップを走っている方の通算飛行時間は1万時間を超えるという。Droneを操縦するのに現在は資格や免許は必要ないが、危険を伴う無人飛行機の航空法改正に伴い、様々な規制を把握しなくてはならない。今後は必ず国が定めた規定に従い免許を取得しなくてはならなくなるだろう。その為にも、この大学という場所で、座学から操縦まで正しく学んでもらえるよう、筆者もまだまだ勉強していかななくてはならない分野であることは間違いない。

参考ウェブページ:

- ・国土交通省 地理院地図
<http://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>
- ・DroneビジネススクールJUIDA認定校 一般社団法人Drone大学校
ゲスト講師 請川博一さん紹介ページより空撮歴30年の通算飛行時間を参照。
<https://dronecollege.ac/member/hiroichi-ukegawa/>

使用ソフトウェア:

- ・iZotope「RX4」
<https://www.izotope.com/>