

「第2回国際ドローン展」に参加して

調査部空間情報課 酒井 寿彦

1. はじめに

平成28年4月20日～22日、幕張メッセにて「第2回国際ドローン展」が開催され、20日と21日の2日間、展示会場の見学と、同時に開催された「第2回国際ドローンシンポジウム」に参加した。急拡大するドローンビジネスの最前線の技術を得ようと、多くの人が来場していた。以下に感想をまとめた。

1. 国際ドローン展

展示会場には約60社のブースとデモンストレーション会場(写真-1)があり、様々な用途に特化したドローン^{*1}の展示と、デモンストレーションが開催されていた。



写真-1 国際ドローン展会場

(1) 日本におけるドローンのフライト制御システムの現状について

商用ドローン業界においては、DJI(ディー・ジェイ・アイ:中国)社が世界シェアの70%を占めているといわれている。日本においても、これまでDJI社が開発したA2というフライト制御システムを、各社の機体に組み込んで製品化したドローンがほとんどであったが、近年、千葉大学(野波先生)による純国産フライト制御システムの開発に

より、2013年に千葉大学初のベンチャー企業「自律制御システム研究所」が設立され、純国産ドローンの販売が開始された。これにより、多く企業や大学等の研究機関が、純国産ドローンをベースとして様々な用途に特化したドローンの開発を進めており、多くのブースで展示されていた。ただし、DJI社のようにフライト制御システムのみ販売がされていないのは残念である。

信頼性においては、DJI社の場合、提供されるシステムに依存して使用するしかないが、自律制御システム研究所では、使用用途に応じたカスタマイズが可能であり、事故があった場合は、フライトレコーダーを回収し改良が進められており、信頼性が高く、今後、日本におけるシェアは益々拡大していく感じた。

(2) 非GPS環境下での自立飛行システムの現状について

世界で初となる非GPS環境下で自立飛行できる技術が日本で開発された。GPS電波の届かない橋梁下部等の点検や、室内での自立飛行が可能となっている。自律制御システム研究所では、SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)機と呼ばれる水平・垂直方向にレーザーを照射し、機体内部でリアルタイムにドローン周辺の3Dマップを作成、障害物を自動検知し自立飛行するので実用段階に至っている。一方、今回出展はされていなかったが、東京大学・リコー・ブルーイノベーションの共同開発では、GPSから得られる位置・速度情報によって補正する技術を応用し、超広角ステレオカメラとIMU^{*2}センサーにより、非GPS環境下で自立飛行できるドローンが開発されている。まだ、実証実験段階であるが今後に期待できる。

(3) ドローン用航空レーザースキャナーの現状について

ドローンによる航空写真測量では、森林や草むら等において地表面のデータを取得することは困難である。今後、ドローンによるレーザー測量が主流となると思われる。現在、ドローン用レーザーで多く利用されている機器は、表-1 のリーグル (RIEGL : オーストリア) 社とベロダイン (Velodyne : アメリカ) 社である。リーグル社は高性能ではあるが価格が非常に高い。今回出展されていたものでは、ベロダイン社のレーザーを搭載したドローンが多かった。

表-1 ドローン用航空レーザーの性能等

メーカー名	性能・価格
リーグル社	測定距離：550m 測定点数：約 50 万/秒 測定精度：±1cm 価 格：約 2 千万円
ベロダイン社	測定距離：100m 測定点数：約 30 万/秒 測定精度：±3cm 価 格：約 100 万円

航空レーザーを使用する場合、地上の基準点が必要ない代わりに、機体位置と機体の傾きを正確に算出する必要がある、高性能な IMU※2 が必要となる。価格・性能も様々で 5 百万～数千万円の費用がかり、ベロダイン社のレーザーを搭載したドローンで約 1 千万円程度、リーグル社で約 4 千万円程度であった。

この他に注目すべき技術が、革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) のブースで展示してあった、早稲田大学が研究している写真-2 のマルチ GNSS ドローンである。自律制御システム研究所 (千葉大) のドローンをベースにベロダイン社のレーザーを搭載、高性能な IMU※2 の代わりに GNSS (米国の GPS 衛星だけでなく、ロシアの GLONASS, ヨーロッパの GALILEO など対応した汎地球測位航法衛星システム) アンテナを 6 個搭載し、機体の位置精度を 1cm 以内で算出、機体の傾きを 0.1 度以内で制御する技術である。精度

を確保するためには GNSS 間の距離が最低 1.5m 必要で、写真-2 のようにプロペラの先に GNSS アンテナが着く形状となる。GNSS アンテナを多く付けるほど精度は上がるということであった。まだ研究段階で実用化には至っていないが、実用化されれば 2 百万円程度 (GNSS アンテナは 1 個 2 万円程度) でドローンにレーザーを搭載できることとなり、今後、主流となる可能性がある。



写真-2 マルチ GNSS ドローン

(4) その他の展示会場の感想

空撮、測量、災害、防犯、物資輸送等、様々な分野に特化したドローンが展示してあり、ハードウェアとしてはほぼ完成していると感じた。プロドローン (PRODRONE) 社では、DJI 社との業務提携で様々な産業用ドローンが開発されており、全天候型のドローンや、水上に着陸し水中を撮影できるものもあった。

ドローンの今後の課題は飛行時間である。現在使用されているバッテリーはリポバッテリーで、衝撃を与えると爆発・発火する恐れがある。また、飛行時間も 15 分から長くても 40 分程度であり長時間の飛行が困難である。この問題を解決するため、自動でバッテリーを交換するシステムが開発されているが、交換器まで帰還する必要がある。他に水素燃料電池の開発が進められていた。現状では研究に着手したばかりで 4 分程度しか飛行できないが、リポバッテリーとの組み合わせで 1 時間程度の飛行を目指しているとのことであった。

2. 国際ドローンシンポジウム

同時に開催されたシンポジウムでは、以下の 4 つのセッションがあった。

10:00 ▼ 12:45	4月20日(水) S1 海外におけるドローン商業利用の最前線 同時通訳 海外より実務家・専門家を招聘し、ドローンの商用・産業利用に関する世界の最新事情を探ります。 ■ 米国・アマゾン社におけるドローン宅配 Sean Cassidy Amazon Director, Strategic Partnerships, Prime Air ■ 米国交通インフラ実情とドローン活用によるインフラ点検 David Mascarenas ロスアラモス国立研究所 ■ ドローン製造・運用の規格・ISO動向 John Walker Senior Partner with The Padina Group ■ Q&A・総括 コーディネーター 藤野 陽三 横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授
14:15 ▼ 17:00	S2 道路・橋梁・大型設備等の点検・保守におけるドローン活用 国内におけるインフラ・大規模設備点検へのドローン活用技術の研究開発動向、実用化事例から、産業利用の有効性について探ります。 ■ カナダにおけるインフラ点検の実例 【同時通訳】 Andy Buck エリオン社 (Aeryon Labs Inc.) ■ 橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットの研究開発 西沢 俊広 日本電気(株) 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 マネージャー ■ NTT東日本における災害対策及び通信インフラの維持に向けたマルチヘリの活用 上原 邦明 東日本電信電話(株) ネットワーク事業推進本部 高度化推進部 アクセス開発部門長 ■ 原子力発電所の調査業務におけるドローン運用事例 小林 峰人 (株)アトックス 技術開発センター ロボティクスエンジニアリング部 係長 ■ マルチコプター(SLAM機)の技術を活用した新たなインフラ点検の提案 石田 敦則 三信建材工業(株) 代表取締役 ■ Q&A・総括 コーディネーター 野波 健蔵 千葉大学 特別教授 / (株)自律制御システム研究所 代表取締役
10:00 ▼ 12:45	4月21日(木) S3 ドローン活用による空撮・解析技術で実現する測量・管理業務への新展開 建設、測量・空間情報コンサルタント企業による先進技術と実用化事例から、ドローン活用による生産性向上の効果について探ります。 ■ ドローンによる空撮測量の実施工への適用について 加藤 康生 鹿島建設(株) 関東支店 さくら造成工事事務所 所長 ■ ドローンを使った写真測量精度の検証 高橋 要 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 先端技術開発室 課長 ■ UAV画像を利用した点群の差分解析 織田 和夫 アジア航測(株) 総合研究所 ■ UAVを用いた3次元計測精度検証 村木 広和 国際航業(株) 地理空間基盤技術部 センシング担当部長 兼 UAV推進グループ長 ■ ドローンによる光波測距儀の気象補正の高度化 三島 研二 (株)バスコ 技術統括本部 本社技術部 技師長 ■ Q&A・総括 コーディネーター 和田 昭久 日本電気(株) 防衛ネットワーク システム事業部 シニア・エキスパート
14:15 ▼ 17:00	S4 ドローンが可能にする新たなトータルソリューションビジネス 調査・警備ほか様々な場面で用途が広がるドローン活用の実際、新たな産業利用とビジネス展開について探ります。 ■ エアロセンズが目指すドローンを活用した産業向けソリューションビジネス 嶋田 信 エアロセンズ(株) 取締役 事業推進担当 ■ ドローンを活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対策 神山 憲 セコム(株) 技術開発本部 開発センター サービスロボット開発グループ チーフエンジニア ■ 交通事故捜査・災害・警備でのドローン活用事例 青沼 正悟 長野県警察 交通指導課 交通事故鑑識官 ■ ディベンダブルドローンによるソリューションの変化 市原 和雄 (株)フロドローン 取締役常務 ■ Q&A・総括 コーディネーター 鈴木 智 信州大学 繊維学部 准教授

各セッションでは、業界の最前線企業の講演があり、弊社の業務に関係のある S2, S3 セッションに参加した。参加したセッションは非常に注目度が高く、高額の参加費用(1 セッション 2 万 9 千

円)にも関わらずほぼ満員の状態であった。

(1) [S2] 道路・橋梁・大型設備等の点検・保守におけるドローン活用の最前線

- ・ **カナダのインフラ点検 (エリオン社)** では、高圧電線・鉄塔の点検の紹介があった。高圧線の周囲は強い磁場が発生しドローンのコントロールがきかなくなるため、10m 以上の距離をとることが必要との説明であったが、操縦者からかなり距離があり 10m の感覚を掴むのが非常に難しいと感じた。また、突風で煽られた場合等を考えると、非常にリスクの高い点検であると感じた。
- ・ **打音点検ドローンの研究開発 (日本電気)** では、230g のハンマーを搭載した打音装置をドローンの横に付け、ドローンを壁面に押しつけて打音し、地上に送られた音を調査員が聴音し判定するシステムであった。いずれは調査員なしに清音・濁音を自動判別できるように取り組んでいる。課題は打音範囲の拡大と天井や曲面への対応で、コスト縮減に至るにはまだまだ課題が多く、需要があるとすれば、高所作業車や橋梁点検車で調査できない範囲であると感じた。
- ・ **NTT 東日本の活用事例** では、災害等で切断された通信ケーブルを早期復旧するため、ケーブルの施設にドローンを活用する方法を紹介していた。川や危険箇所を横断して素早くケーブルを施設できるため、早期復旧とコスト縮減効果が大きい。
- ・ **原子力発電所での調査事例 (アトックス)** では、福島第一原発での放射線量の調査の紹介があった。非常に危険な区域での飛行であり、運用マニュアルの整備とオペレータの訓練に特に力を入れているとの説明があった。
- ・ **SLAM 機を活用したインフラ点検の提案 (三信建材工業)** では、橋梁下部等の非 GPS 環境下や、高い建物等の側面のマルチパスが発生(建物等へ反射した GPS 信号を受信し正確な

位置が測位できない)する環境でも自立飛行ができる SLAM 機の活用が紹介された。GPS が届かない環境下での調査は、操縦者の腕に依存するしかなく非常に危険で困難なものであったが、自律制御システム研究所(千葉大)の世界初の技術で、ドローンによる点検への活用が可能となった。

(2) [S3] ドローン活用による空撮・解析技術で実現する測量・管理業務への新展開

- ・ドローン空撮測量の精度と実施行への適用
(鹿島建設)では、大規模土工事における運土量の算出に、ドローンによる空撮写真測量と地上 3D レーザースキャナー、トータルステーションによる精度検証とコストの比較を行っていた。精度検証においては、地上 3D レーザースキャナーの値を正とした場合に、3 万点を比較した結果、空撮写真は $\pm 0.1\text{m}$ 以内が 99.39%、トータルステーションは 92.86%とトータルステーションより精度が高く、精度的に全く問題がないとの説明であった。また、作業コストにおいては、空撮写真測量を 1 とした場合、3D レーザーは 4、トータルステーションは 5.6 といった結果であった。ドローンによる空撮写真測量はコストパフォーマンスに優れ、測量作業中も重機等の作業を中止する必要がなく、工期の短縮を図ることができる。
- ・ドローン写真測量精度の検証(大成建設)では、Sony の $\alpha 7R$ カメラを使用し、飛行高度 90m、60m、30m での精度検証を行っていた。結果、XY の位置誤差が高度 90m で約 30mm、高度 60m で約 20mm、高度 30m で約 10mm、標高誤差もほぼ同じ程度であり、高度が低い＝高解像度画像ほど精度が高くなるとの報告であった。ちなみに、UAV 公共測量マニュアルでの制限は 50mm 以内でありすべてクリアしている。
- ・UAV 画像を利用した点群の差分解析(アジア

航測)では、UAV 画像から点群データを作成し、地形等の差分解析についての説明があった。これまでの写真測量の処理では、重なり合う写真内に同一の地上基準点が 2 点以上必要であり、低高度での撮影となるドローンでは 1 枚の写真の範囲が狭く到底困難であった。近年 SfM^{※3}(Structure from Motion)技術が登場し、高精度のオルソ画像や点群データ等の 3D データの作成が可能となった。この技術により複数時期の画像から斜面等の差分解析に利用可能であるとの報告であった。

- ・UAV を用いた 3 次元計測精度検証(国際航業)では、SfM^{※3} ソフトを利用する場合のマッチングしやすい画像やしにくい画像、できない画像等の説明や、カメラキャリブレーション、ジオロケーションによる精度の説明、代表的な SfM^{※3} ソフト別の精度検証結果、カメラ性能(特に解像度)による精度結果、GCP(地上基準点)の配置による精度検証等、実際の写真測量上での注意事項等について具体的な説明があり非常に勉強になった。これらの知識を集約して正確に撮影すれば、1cm 以内の精度が確保できると説明があった。
- ・ドローンによる光波測距儀の気象補正の高精度化(パスコ)では、断層を挟んだ距離を測定する地震予知のための地殻変動調査等について、光波測距儀の測定精度を向上(レーザー光は気温、気圧、湿度の影響を受ける)させるため、測定光路上をドローンを利用して気象観測し補正を行い精度を高めるとの説明があった。非常に専門的な内容であった。

3. まとめ

ドローンの性能が向上し GPS による自立制御や自動飛行技術により、誰もが簡単に飛行でき活用範囲が広がっている。GPS 信号が正常な場合の飛行は非常に簡単であるが、信号が途絶えた場合、操縦者の力量次第となる。シンポジウムの中でも、各社共に操縦者のマニュアル飛行の訓練と安全

飛行マニュアルの徹底をしきりに訴えていた。何より事故を起こさないための対策が非常に重要である。

また、プロポ(送信機)と機体との通信は、免許の必要がない無線 LAN の電波 2.4GHz 帯を使用しているため、混線により機体と通信できない状況に陥る場合がある。総務省ではドローン利用拡大に伴いドローン用の電波帯の割当を検討しているようであるが、現在では混線障害があることも考慮し安全飛行に努めていく必要がある。

2016/4/25

※1 ドローン (Drone)とは：UAV(Unmanned Air Vehicle：無人航空機)の中でヘリコプターのような回転翼を用いて飛行する機体を指し、3 つ以上のプロペラを持つマルチコプターをいう。ドローンと呼ばれるようになった語源は諸説あるようであるが、飛行中の音がオスのミツバチの羽音に似ていることから、雄蜂を意味するドローンと呼ばれるようになったといわれている。

※2 IMU(Inertial Measurement Unit：慣性計測装置)とは：3 軸のジャイロと 3 方向の加速度計によって 3 次元の角速度と加速度を求める装置である。IMU は極めて高精度な相対位置と姿勢方位角を検出できるが、時間の経過とともに誤差が急激に累積 (増大) するという欠点がある。航空写真測量等においては、GNSS/IMU 統合技術により、GNSS で低頻度(1 秒間に 0.1 回程度)、IMU で高頻度(1 秒間に 60～200 回程度)に、各々のデータを計測、同時観測された地上の GPS 基準局のデータを用いて正確な位置を算出し、時間の経過とともに増大する IMU の誤差を補正することにより、高頻度の位置・姿勢の情報を求めることができる。

※3 SfM (Structure from Motion)技術：重複する写真間の特徴点を自動抽出して自動でマッチングする技術。

(※) レポートの内容については、認識不足のところがあるかもしれません。その点はご了承下さい。