

CPD 行事から

2018年1月17日開催，日本技術士会登録グループ情報化研究会から ドローンでわかる電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車

Electric vehicle, Automatic driving vehicle and Flying vehicle understood by Drone technology

澤田 雅之
Sawada Masayuki

リチウムポリマー電池でモーターを駆動して飛行するドローンは，リチウムイオン電池でモーターを駆動して走行する電気自動車と同じく，CO₂を排出しないが航続距離は短い。また，搭載したセンサーデータをフライトコントローラーで処理することにより各モーターの回転数を最適制御するドローンは，自動運転車と同じく，操縦のアシストや，完全自律航行ができる。さらに，ドローンが進化し大型化すれば，人が搭乗できる空飛ぶ車となる。そこで，ドローンの飛行制御の仕組みを踏まえて，電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車それぞれの仕組みや特徴，今後の動向について解説する。

Drone flies by driving motors with Lithium polymer battery. So it doesn't emit CO₂ but can't fly for long distance. This feature is the same as Electric vehicle. Drone processes built-in sensor data with Flight controller and automatically adjusts motors. So it supports maneuvering or autonomous navigation. This feature is the same as Automatic driving vehicle. If Drone evolves and gets larger, it becomes Flying vehicle that people can board.

キーワード：ドローン，電気自動車，自動運転車，空飛ぶ車

1 はじめに

地球温暖化対策（CO₂の削減），交通事故の防止，渋滞の緩和，交通弱者の救済等を目的として，究極は快適で便利な移動手段の実現を目指して，電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車の研究開発・実用化の動きが加速している。電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車は，それぞれの仕組みが互いに別次元の車に見えるが，いずれもドローンの仕組みとの共通点が多い。そこで，ドローンの仕組みの解説を手始めとして，電気自動車・自動運転車・空飛ぶ車の仕組みや今後の動向等を解説する。

2 ドローンとは？

2.1 ドローンとこれからの車の共通点

ドローンの基本的な仕組みは，自動運転する電気自動車（リチウムイオン電池車）と同じである。

ドローンは，リチウムポリマー電池でモーター（ローター）を駆動して飛行する。このため，ガソリンエンジンで長時間飛行できる産業用ラジコンヘリコプターと比べて，CO₂を出さないが航

続距離は短い。この点が，リチウムイオン電池でモーターを駆動して走行する電気自動車と同じである。

また，ドローンは，搭載した各種センサーのデータをフライトコントローラーが一元的に処理して，モーターの回転数を最適に制御する。このため，操縦のアシストや，障害物を自動的に回避する自律航行ができる。この点が，自動運転車と同じである。このようなドローンの飛行制御（無線操縦と自律航行）の仕組みの詳細については，以下のとおりである。

2.2 ドローンの無線操縦

ドローンの操縦は難しくない。発進準備を整えて無線操縦装置の「自動離陸」ボタンを押せば，ドローンは1 m程の高度に上昇して，風に流されることなくホバリングする。無線操縦装置の2本のスティック（操縦桿）には，それぞれの前後左右の動きに（前進と後退），（左右への進行），（上昇と下降），（左右への回転）が割り当てられており，スティックを動かした度合いに応じてドローンを操縦できる。この際に，2本のスティックから指を離せば，ドローンはホバリングして空

中の一点に留まり続ける。帰還させるには無線操縦装置の「発進地点に帰還」ボタンを押せばよく、ドローンは障害物を自動的に回避しつつ発進地点まで舞い戻って自動的に着陸する。

このように操縦が容易であるのは、ドローンに搭載された各種センサーとフライトコントローラーが操縦をアシストするためである。すなわち、ジャイロ・加速度・地磁気・気圧などのセンサーやGPS測位信号のデータに基づき、ドローンの向き・傾き・動き・空中における現在位置をフライトコントローラーが判断して、風に流されないようにドローンを自動操縦する。また、超音波・赤外線・イメージなどのセンサーのデータをフライトコントローラーが処理することにより、高度な障害物回避機能を実現している。この他にも、操縦用電波の受信不能や電池残量の著しい減少など、飛行の継続に支障を来す不具合が生じた場合には、フェイルセーフモード（発進地点への自動帰還など）をフライトコントローラーが速やかに実行することにより、墜落のリスクを減じている。

2.3 ドローンの自律航行

ドローンに経由させたい地点や到達させたい目的地の情報（緯度・経度・高度）を、フライトコントローラーに設定して発進させることにより、ドローンは、予定した経路を辿って目的地まで自動的に飛行する。発進後のドローンは、GPS衛星から送信される測位信号に基づき、現在位置（緯度・経度・高度）を瞬時に計算して割り出すので、フライトコントローラーはドローンを目的地まで導くことができる。

なお、GPS衛星からの測位信号のみで自律航行すれば、10 m程度の測位誤差が生じる。しかし、2018年中に予定されている準天頂衛星システム「みちびき」が本格運用開始すれば、「みちびき」が送信する「センチメートル級測位補強信号」を利用することにより、GPS測位誤差はcmの単位に激減する。

3 電気自動車とは？

3.1 電気自動車は3種類

電気自動車は、走行時に化石燃料を使わないゼロエミッションカーである。最大のメリットは、地球温暖化対策（CO₂の削減）と都市部の環境対策（環境汚染物質の削減）への寄与である。このことから、ガソリンエンジンで発電機を回して生成した電力でモーターを駆動し走行するハイブリッド車は、エコカーではあるが電気自動車とはいえない。

電気自動車には、リチウムイオン電池車、燃料電池車、プラグインハイブリッド車の3種類がある。それぞれの駆動系の概要は3.2~3.4のとおりである。

3.2 リチウムイオン電池車の駆動系

30~100 kWhのリチウムイオン電池を備えて、これに外部から充電（急速充電20~40分）する、いわゆるEV（Electric Vehicle）である。電池の直流電力をインバータ回路で三相交流電力に変換して、三相同期モーターや三相誘導モーターを駆動する。ここで、三相交流電力の電圧と周波数を最適制御することにより、モーターの停止時から高速回転時まで、エネルギー変換効率を高く保つことができる。また、減速時にはモーターが発電機となり、制動力と三相交流電力を生み出すことができる。

3.3 燃料電池車の駆動系

外部から水素をタンクに充填（充填時間約3分）して、この水素と空気中の酸素を燃料電池で触媒反応させて直流発電する。この直流電力をインバータ回路で三相交流電力に変換して、三相交流モーターを駆動する仕組みは、上記3.2のリチウムイオン電池車と同じである。

3.4 プラグインハイブリッド車の駆動系

モーターによる駆動系と、ガソリンエンジンによる駆動系をダブル搭載する。モーターによる駆動系は、搭載するリチウムイオン電池の容量が小

さい（10～20 kWh）点を除けば、上記 3.2 のリチウムイオン電池車と同じである。ガソリンエンジンによる駆動系は長距離走行時に用いるため、日常的に走行する距離が数十 km 程度であれば、ゼロエミッションカーとしての、いわゆる EV 走行となる。

3.5 電気自動車の特徴と今後

短所は、燃料電池車以外では、急速充電の場合でも数十分を要することと、航続距離が短いことである。長所は、走行時のエネルギーコストがエンジン車に比べて低いことと、部品点数がエンジン車に比べて大幅に減少することから、大量生産時には車 1 台の生産に伴う CO₂ の発生を減らせることである。

電気自動車は、これからは期待できる。全固体電池の実現により電池性能（安全性・エネルギー密度・出力密度・寿命）が飛躍的に向上すれば、数分間の急速充電で 500 km を走行することも夢ではなくなり、10 年間使用しても電池はさほど劣化しなくなる。また、搭載したコントローラーにより三相交流モーターの出力と回転数を緻密に制御できる電気自動車は、搭載したコントローラーにより各種センサーデータを一元的に処理する自動運転車（次項記載）との相性が良いことも期待できる点である。

4 自動運転車とは？

究極の自動運転車は、ドライバーレスカーである。そのメリットは、交通事故の防止（事故の大半は「人」が原因）や、交通弱者の救済（高齢者や身体障害者など）の他、世界中で「人」が運転に費やしている膨大な時間を、他の知的な活動に活かすところにある。

車の自動運転の仕組みであるが、周辺監視機能・位置確認機能・運転操作機能が「人」の運転を代行する。周辺監視機能は、ステレオカメラ・ライダー（三次元レーザーレーダー）・ミリ波レーダー・超音波ソナー等のセンサーを用いて、道路の状況（車線・交通信号・交通標識）、周囲の状況（建物・樹木・電柱等）、周辺交通（他の車・

オートバイ・自転車・歩行者等）をリアルタイムに認識する。位置確認機能は、GPS と三次元デジタル地図により、自車の現在位置をリアルタイムに把握する。運転操作機能は、このような周辺監視結果と位置確認結果に基づき、AI が中核を成すコントローラーにより、ハンドル・アクセル・ブレーキを自動制御する。この自動制御を行う上で最も難しいのは、周辺交通（他の車・オートバイ・自転車・歩行者等）の行動予測であり、ここに、ニューラルネットワークのディープラーニングによる AI が活用されている。

自動運転のレベルについては、表 1 に記載のとおり、完全自動運転までの 5 段階に分けられている。表 1 は、「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017」でも採用されている SAE International の J3016（2016 年 9 月）の定義に基づく。ここで、事故発生時の責任については、レベル 2 まではドライバーが負い、レベル 3 以上では車（メーカー）が負う。

表 1 自動運転のレベル

レベル 1（運転支援）：ハンドル・アクセル・ブレーキの内の一つの操作を車が支援
レベル 2（部分自動運転）：ハンドル・アクセル・ブレーキの内の複数の操作を車が支援
レベル 3（条件付自動運転）：限られた条件下での自動運転であり、車が要請した場合にはドライバーが運転を引き受ける。
レベル 4（高度自動運転）：特定の状況下では、ドライバーを必要としない自動運転
レベル 5（完全自動運転）：ドライバーを必要とせず、あらゆる状況下で自動運転

このような自動運転高度化の鍵は、「フェイルセーフ」にある。レベル 1 とレベル 2 では、「人」のフェイルを「車」がセーフするので、合理的で効果的であり既に実現している。レベル 3 では、「車」のフェイルを「人」がセーフすることとなるが、「車」が要請した場合に「人」がスムーズに運転を引き受けられるのかが課題である。レベル 4 とレベル 5 では、「車」のフェイルを「車」がセーフすることとなるが、事故が避けられない場合のセーフモードが課題となる。

最後は、自動運転の現状と今後についてである。現在では、レベル 1 の運転支援～レベル 2 の部分自動運転が実用化されている。2020 年頃に

は高速道路におけるレベル3の条件付自動運転の実用化が、また、2025年頃には高速道路におけるレベル4の高度自動運転の実用化が、当面の目標である。これらの目標は「所有する車」についてであるが、ライドシェアや無人タクシーなどの「所有せず共用する車」については、レベル5の完全自動運転の実用化時期が早まる趨勢にある。

5 空飛ぶ車とは？

アラブ首長国連邦のドバイでは、2017年秋から空中タクシーの試験運用を開始した。操縦士がいらない（操縦席がない）完全自律航行の空中タクシーを、2022年頃までに実用化する計画である。

この試験運用には、ドイツのe-volo社が開発したVolocopter 2Xが用いられているが、e-volo社のホームページから引用したそのスペック等は表2のとおりである。

表2 Volocopter 2Xのスペック等

- ・9系統のリチウムイオン電池で、18個のモーター（ローター）を駆動
- ・機体重量 290 kg
- ・ペイロード最大重量 160 kg（二人乗り）
- ・最長飛行距離 27 km（時速 70 km）
- ・最長飛行時間 27 分（時速 50 km）
- ・最高速度 時速 100 km
- ・価格 約 3,000 万円

このスペック等から、ドバイが実用化を目指す空飛ぶ車の仕組みや飛行方法は、2章に記載したドローンとほぼ同じであることがわかる。すなわち、搭載した地磁気・ジャイロ・加速度などのセンサーにより機体の向き・傾き・動きをリアルタイムに認識し、また、搭載したステレオカメラ・ライダー・レーダーなどのセンサーにより機体の進行方向や周囲の状況をリアルタイムに認識するとともに、GPSで現在位置をリアルタイムに把握する。これらの情報に基づき、フライトコントローラーが各ローターの回転数を自動調整することにより、他の飛行物体や建物等への衝突を回避しつつ目的地まで自律航行する。

このような空飛ぶ車のメリットであるが、地上の渋滞の影響を受けないことや旅行時間の短縮、

空中は地上に比べて自律航行による無人運転の実現が比較的容易、道路・橋・トンネルなどの土木インフラが不要となること等が挙げられる。

6 おわりに

我が国の基幹産業である自動車関連産業は、世界的なパラダイムシフトの時を迎えつつある。これに成功するには、自社の技術を洗い直し、パラダイムシフト後に活かせる分野や製品を見極めておくことが肝要である。

また、いわゆるEVが汎用的な部品（モーターや電池等）で構成できるようになれば、コモディティ化（高付加価値が失われること）が避けられないところである。コモディティ化には、UX（User eXperience：顧客満足度）の向上で対処できる。コモディティ化するのには、ハードウェアである。そこで、汎用的なハードウェアをうまく組み合わせて、車の乗り味などをソフトウェアチューニングで実現する。これからは、UXを見極めて、そこに焦点を当てた物づくりがますます重要となるのである。

<参考文献>

- 1) 澤田雅之：テロ敢行手段としてのドローンの脅威と対処方策，警察政策第20巻，pp.211-238，2018
- 2) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局：みちびき（準天頂衛星システム），<http://qzss.go.jp/index.html>
- 3) 内閣官房IT総合戦略室：ITS・自動運転を巡る最近の動向，2017年2月10日
- 4) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：官民ITS構想・ロードマップ2017～多様な高度自動運転システムの社会実装に向けて～，2017年5月30日
- 5) 警察庁交通局：自動運転を巡る最近の動向と警察庁の取組について，2017年8月

澤田 雅之（さわだ まさゆき）
技術士（電気電子部門）

澤田雅之技術士事務所 所長
e-mail：sawada-eng@amail.plala.or.jp

