

2021年2月15日

ロボットとの共存時代における 安全安心の確保

澤田雅之技術士事務所(電気電子部門)所長
元警察大学校警察情報通信研究センター所長

澤田 雅之

Society 5.0(超スマート社会)の到来

近い将来、ドローンの都市部上空における目視外飛行や、自動車の郊外一般道における無人運転などが実現

つまり、



完全自律で飛行あるいは走行する「ロボット」が、生身の「人間」と近接して共存する時代が到来。しかし、「ロボット」の墜落や衝突などの危険を「人」が察知して回避することは困難

そこで、



「人」に害を及ぼさないよう、「ロボット」側に墜落や衝突などを防止する堅固な安全確保策を講じる必要

➡ Society5.0(超スマート社会)を支える基盤を成す AI・5G・高精度衛星測位の複合的な活用が期待されるところ

I

都市部上空における ドローンの目視外飛行

空の産業革命のロードマップ

2017年から毎年  作成し公表

* 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 *

 【ドローンの利活用の4段階】

レベル1 : 操縦による目視内飛行【実現済み】

レベル2 : 自動・自律による目視内飛行【実現済み】

レベル3 : 無人地帯(山、海水域、河川、森林等)での目視外飛行(補助者なし)【2018年9月~】  離島や山間部への荷物配送等が主目的

レベル4 : 有人地帯(都市等の第三者上空)での目視外飛行(補助者なし)【2022年~】  都市の物流、警備等が主目的

I - 1

ドローンの飛行を規制する航空法

首相官邸ドローン落下事件 ～我が国のドローン規制の発端～

2015年4月9日午前3時半頃、機体を黒塗りした対角径約40cmの小型ドローン(Phantom2)が、FPV(後述)により赤坂方面から首相官邸敷地内に飛来して、官邸屋上に落下した。

➡ 外周警戒中の警視庁機動隊員は、ドローンの飛来に誰も気付かなかった。

➡ 4月22日の午前10時半頃、官邸職員により発見された。



出典：首相官邸のHP



出典：YAHOO! 地図

2015年の航空法の改正



無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の
飛行を規制



模型航空機(ドローン・ラジコン機
等)は、規制の対象外

**** 模型航空機とは? ****

取り外し可能なアタッチメントを除き、機体本体
とバッテリーを合わせた機体重量が200g未満の
ドローン等



Mavic Mini(機体重量199g)
出典：中国DJI社のHP

2015年の航空法の改正による 無人航空機の飛行に関する規制

＊ ＊ 飛行禁止空域 ＊ ＊

- ・空港の周辺
- ・地上から150m以上の上空
- ・人家の密集地域

飛行禁止空域で飛行させたい場合は、国土交通大臣の許可が必要

＊ ＊ 飛行の方法 ＊ ＊

- ・日中に飛行させること
- ・目視の範囲内で飛行させること
- ・他の人や物から30m以上離して飛行させること
- ・催し場所では飛行させないこと
- ・危険物を輸送しないこと
- ・物を投下しないこと

これらの方法によらずに飛行させたい場合は、国土交通大臣の承認が必要

- ・飲酒時の飛行禁止
- ・飛行前確認の実施
- ・他の航空機等との衝突を予防
- ・危険な飛行禁止

2019年の航空法の改正による追加(承認対象外)

『無人航空機の飛行に関する許可・承認の 審査要領』の改正(2018年9月14日)

＊ ＊ 無人地帯における補助者なしの目視外飛行の実現 ＊ ＊
～ “空の産業革命”のレベル3 ～

補助者
の役割

- ・ 第三者の立入管理
- ・ 有人機等の監視
- ・ 自機の監視
- ・ 自機周辺の気象状況の監視

補助者を ↓ 代替するには

- ・ ドローンの周辺を監視するカメラ・センサー機能の充実強化
- ・ “みちびき”による高精度衛星測位
- ・ 5Gによるコントロール・テレメトリ・映像伝送

空の産業革命のロードマップ（再掲）

2017年から毎年  作成し公表

* 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会 *

 【ドローンの利活用の4段階】

レベル1 : 操縦による目視内飛行【実現済み】

レベル2 : 自動・自律による目視内飛行【実現済み】

レベル3 : 無人地帯（山、海水域、河川、森林等）での目視外飛行（補助者なし）【2018年9月～】  離島や山間部への荷物配送等が主目的

レベル4 : 有人地帯（都市等の第三者上空）での目視外飛行（補助者なし）
【2022年～】  都市の物流、警備等が主目的

I - 2

ドローンを飛行させる方法

ドローンの操縦は難しくない。

発進

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1m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。



操縦

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)、(機首の左右への回転)が割り当てられ、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。



ホバリング

2本のスティックから指を離した途端にドローンは急停止し、ホバリングして空中の一点に留まり続ける。 ➡ ドローンは、惰性で飛び続けるリスクや風に流されるリスクを回避できる。



帰還

無線操縦装置の「発進地点に帰還」ボタンを押せば、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。

1 直視による無線操縦

従来型の無線操縦ヘリコプターや無線操縦飛行機と同様に、操縦者がドローンの飛行状況を直視し、無線操縦装置でドローンを遠隔操作して飛行させる方法



直視によりドローンを無線操縦するには、ドローンの機首の向きを操縦者が見分けられる必要

➡ **直視による無線操縦の限界距離は、数百m程度**

2 FPVによる無線操縦

ドローンのFPV(First Person View)とは、ドローン搭載のビデオカメラが撮影したライブ映像のこと → FPVによる無線操縦とは、ドローンから無線伝送されるライブ映像を操縦者が見ながら(ドローンに搭乗しているかのようなパイロットの視点で)、無線操縦装置でドローンを遠隔操作して飛行させる方法

これには、

ドローンと操縦者との間に電波を遮る建物等が無い見通し状態であって、ドローンからのライブ映像伝送用電波が操縦者まで届くことと、操縦者からのコントロール用電波がドローンまで届くことが必要 → ISMバンド(2.4GHz)を使用した場合には、都心部では見通し状態であっても1kmも届かない。

しかし、

これからは、

5Gをドローンのコントロール・テレメトリ伝送・映像伝送に使用すれば、都心部の見通し外であっても、遠隔地からのFPVによる無線操縦が可能となる。

3 GPSによる自律航行

** GPSによるナビゲーション **

ドローンは、GPS衛星から送信される測位信号に基づき、現在の位置(緯度、経度及び高度)を瞬時に判別 → ドローンのフライトコントローラが、設定された経路をたどって目的地までドローンを自動的に誘導 → GPSの測位誤差は10m程度。GLONASS衛星(ロシア)等からの測位信号の併用により、ドローンは測位誤差を1~2m程度に抑制

** “みちびき”が測位誤差を大幅に低減 **



準天頂衛星システム“みちびき”が本格運用開始(2018年11月) → “みちびき”が送信する「cm級測位補強信号」を使用すれば、GPS測位誤差はm単位からcm単位に激減

ドローンは、“無線による操り人形”

従来型の無線操縦ヘリ・飛行機には、フライトコントローラが無い。 ➡ 飛行方法は「直視による無線操縦」に限られ、操縦者の目の届かない遠方までの飛行は不可能



ドローンには、フライトコントローラが有る。 ➡ 飛行方法は、「直視による無線操縦」の他に、「FPVによる無線操縦」と「GPSによる自律航行」の2つの方法により、操縦者の目の届かない遠方までの飛行が可能 ➡ 目の届かない遠方を飛行できるドローンは、テレメトリ(飛行状態に関する情報)を操縦者の無線操縦装置に送信



ドローンは、コントロール用電波とGPS測位用電波を受信しつつ、テレメトリ用電波と映像伝送用電波を送信しつつ、飛行するのが一般的 ➡ 今日のドローンは、未だ“自律型の空飛ぶロボット”の域には達しておらず、“無線による操り人形”の域

I - 3

最先端のドローンの機能と性能

最先端のドローンの機能と性能

**** 中国製ドローンが有する
“2つの技術的な優位性” ****



- 1 卓越したドローン無線技術**
- 2 他に類を見ない障害物探知回避機能**



**** 我が国を含め世界の民生用ドローン市場を席卷 ****

1

中国製ドローンの 卓越したドローン無線技術

ISMバンド(2,400～2,483.5MHz)における無線局免許や無線従事者資格を要しない低出力(10mW/MHz)

(注) ISMバンド(Industrial, Scientific and Medical Band)とは、高周波電磁エネルギーを無線通信以外の産業・科学・医療の目的に使用するために、国際電気通信連合によって取り決められた周波数帯であり、Wi-FiやBluetooth等にも利用されている。

抜群の性能



コントロール・テレメトリ・HDライブ映像のいずれの信号も、干渉が無い見通し状態であれば、120～130msの低遅延で、5～8km程の長距離伝送が可能

➡ 都市部ではWi-Fi等と干渉するため、見通し状態であっても届く距離は1kmに満たなくなる。

2

中国製ドローンの 他に類を見ない障害物探知回避機能

ドローンの前後・左右・上下に、ステレオビデオカメラ・赤外線・超音波等のセンサーを備え、フライトコントローラで一元的にデータ処理して各ローターの回転数を調整することにより、障害物等の探知回避機能を実現

具体的には、



【自動帰還中】

進行方向前方にある高木や建物等の障害物を数十m手前で探知して急停止し、障害物の高さを超えるまで上昇した後に自動帰還を再開する。

【自動着陸時】

着陸しようとする場所が着陸に適するか否かを、フライトコントローラがセンサーデータに基づき判断して、適する場合には自動的に着陸する。

 適さない場合にはホバリング状態となり、操縦者の判断を待つ。

I - 4

“空の産業革命”のレベル3

無人地帯で補助者無しの日視外飛行

“空の産業革命”の レベル3

目標は、

山、海水域、河川、森林等の無人地帯を、ドローンが補助者なしで飛行して、離島や山間部に荷物配送等を日常的に行うこと

これには、

【“FPVによる無線操縦”による飛行の場合】

ドローンと操縦者との間で、コントロール・テレメトリ・ライブ映像の無線伝送機能が常に働いていなければならない。

【“GPSによる自律航行”による飛行の場合】

自律航行中のドローンに不具合が発生した際に、操縦者はコントロール介入して、ドローンを安全に着陸させなければならない。これには、自律航行中のドローンと操縦者との間で、コントロール・テレメトリの無線伝送機能が常に働いている必要がある。

ところが、

次のページへ

前のページから

ところが、

中国製ドローンの卓越したドローン無線技術でも、5～8kmを超える無線伝送能力は備えておらず、また、山影等でドローンが操縦者から見通せなくなった途端に無線伝送は途絶する。

➡ これでは、レベル3を広く日常的に展開するのは極めて困難！

このため、

5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現が、レベル3を広く日常的に展開する上で必須！

1

中国製ドローンの 卓越したドローン無線技術（再掲）

ISMバンド(2,400～2,483.5MHz)における無線局免許や無線従事者資格を要しない低出力(10mW/MHz)

(注) ISMバンド(Industrial, Scientific and Medical Band)とは、高周波電磁エネルギーを無線通信以外の産業・科学・医療の目的に使用するために、国際電気通信連合によって取り決められた周波数帯であり、Wi-FiやBluetooth等にも利用されている。

抜群の性能



コントロール・テレメトリ・HDライブ映像のいずれの信号も、干渉が無い見通し状態であれば、120～130msの低遅延で、5～8km程の長距離伝送が可能

➡ 都市部ではWi-Fi等と干渉するため、見通し状態であっても届く距離は1kmに満たなくなる。

5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現

*** 5Gをドローンで用いる3つのメリット ***



1

4Gと比べて桁違いとなる高速大容量・低遅延・多接続が期待される5G

➡ ドローンと操縦者との間のコントロール・テレメトリ・ライブ映像の
伝送手段として最適

2

今日の卓越した「ドローン無線技術」でも克服できない「無線伝送距離が
限られる問題」と「山影やビル影で無線伝送が途絶する問題」が、5Gでは
いずれも解決

3

ドローン・飛行管理センター・操縦者等の間でのリアルタイムな情報共有
が5Gでは可能 ➡ “空の産業革命”を支える“コネクテッド・ドローン”
が、5Gで実現

5Gによる“コネクテッド・ドローン”の実現

*** 携帯電話の上空利用について ***

陸上移動局である携帯電話をドローンが上空利用する場合には、ドローンからの送信波が、同じ周波数を繰り返し使用している他の地上基地局に干渉する(つまり、地上の携帯電話に影響を及ぼす)懸念



- 2016年7月から、他の地上基地局への干渉を避けるため飛行台数等を制限した上で、NTTドコモとKDDIが実用化試験局免許を受け、4G携帯をドローンに搭載して伝送実験を実施
- 2018年6月には、携帯電話の国際標準化機関である「3GPP」で、携帯電話の上空利用に向けた「送信電力制限機能」等に関する国際標準が成立



5Gでは、地上基地局のフェーズドアレイアンテナを用いたMassive MIMO(位置が判明している受信側に対し、ピンポイントで電波を送信できる高密度な空間多重技術)で、ビームフォーミングとビームトラッキングをドローンに対して行うことにより、他の地上基地局への干渉問題の抜本的な解消が期待される。

I-5

“空の産業革命”のレベル4

第三者上空で補助者無しの日視外飛行

“空の産業革命”の レベル4

目標は、

有人地帯(つまり、第三者の上空)を、ドローンが補助者なしで飛行して、都市における物流や警備を日常的に行うこと

レベル3と 比較すれば、

【レベル3】

無人地帯が前提であるため、ドローンの墜落事故が発生した場合でも、第三者に危害を及ぼす恐れはほとんど無い。

【レベル4】

ドローンの墜落事故は、第三者への危害に直結しかねない。

つまり、

次のページへ

前のページから

つまり、

レベル3とレベル4では、ドローンの飛行の安全性に関して、全くの別次元

➡ レベル4では、ドローン自体が周囲のリスク要因(近傍を飛び交って衝突の恐れがある他のドローン等)をリアルタイムに掌握し、危険が迫った場合には自律的に回避するなどの高度な能力が、ドローンには不可欠

レベル4を広く日常的に展開していくには、

自動運転車と同様に、3次元センサーによる「高度な目」とAIによる「高度な頭脳」を併せ持った“空飛ぶロボット”に、ドローンを進化させていく必要

➡ 中国製ドローンの他に類を見ない障害物探知回避機能でも、全く不十分

2

中国製ドローンの 他に類を見ない障害物探知回避機能（再掲）

ドローンの前後・左右・上下に、ステレオビデオカメラ・赤外線・超音波等のセンサーを備え、フライトコントローラで一元的にデータ処理して各ローターの回転数を調整することにより、障害物等の探知回避機能を実現

具体的には、



【自動帰還中】

進行方向前方にある高木や建物等の障害物を数十m手前で探知して急停止し、障害物の高さを超えるまで上昇した後に自動帰還を再開する。

【自動着陸時】

着陸しようとする場所が着陸に適するか否かを、フライトコントローラがセンサーデータに基づき判断して、適する場合には自動的に着陸する。

 適さない場合にはホバリング状態となり、操縦者の判断を待つ。

“空飛ぶロボット”への進化

“空の産業革命”のレベル4では、都市の物流を担う「空の大動脈」を形成

➡ この場合に、補助者なしの「無線操縦による目視外飛行」では、衝突と墜落の危険を払拭することが困難



出典：Wikipedia「都市的地域」

そこで、 ドローンは、

“無線による操り人形”から
“自律型の空飛ぶロボット”に進化

つまり、

“みちびき”の高精度衛星測位が産み出す仮想的な「空のハイウェイ」上を、「飛行管理センター」の指示を受けて、「法定速度」で、危険を察知・回避しながら、ドローンは自律航行

「AIの目」で自律航行できるドローンが必要

数年後には、都市部等の有人地帯上空を、多数のドローンが日常的に目視外飛行する時代が訪れる。

➡ ドローンの墜落事故は、重大な死傷事故に繋がりがねない。

そこで、

建物や送電線などへの衝突を自律的に回避する機能に加えて、近傍を飛行する他のドローンなどの位置特定とその進路予測に基づく高度な衝突回避機能が、ドローンに欠かせなくなる。

これには、

このような機能を備えたフライトコントローラのアルゴリズムは、車の自動運転のアルゴリズムと同様に、AI(ディープラーニング)を用いてニューラルネットワークの中に暗示的に生成する手法を用いなければ実現は困難である。

「AIの目」で自律航行できるドローン

**** 画期的な障害物回避を実現 ****



Skydio 2 (出典：米国Skydio社のHP)

【機体重量800g弱の小型ドローン】

機体の上面と下面に3個ずつ計6個搭載したナビゲーション専用4Kカメラに基づくVisual-SLAMにより、機体の360度全方位の三次元空間状況を把握し、障害物を回避する飛行ルートをリアルタイムに算出して、最高速度58km/hで飛行



参考【これまでの障害物探知回避方法】

ドローンの前後・左右・上下に、ステレオビデオカメラ・赤外線・超音波等のセンサーを備え、進行方向前方にある高木や建物等の障害物を数十m手前で探知して急停止し、障害物の高さを超えるまで上昇した後に進行を再開する。 ← 盲人が象を撫でている感じ

「AIの目」で自律航行できるドローン

**** 画期的な障害物回避を実現 ****



Skydio 2 (出典：米国Skydio社のHP)

【機体重量800g弱の小型ドローン】

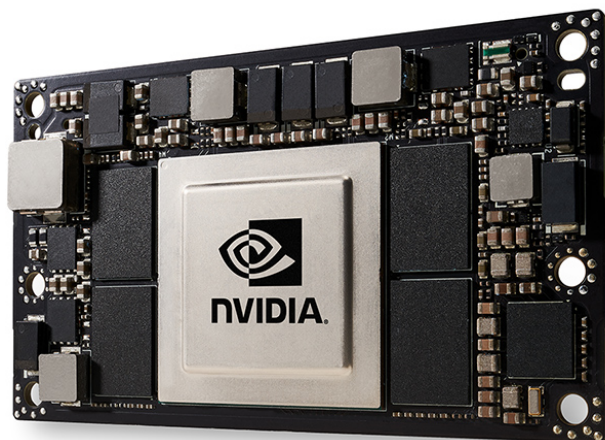
機体の上面と下面に3個ずつ計6個搭載したナビゲーション専用4Kカメラに基づくVisual-SLAMにより、機体の360度全方位の三次元空間状況を把握し、障害物を回避する飛行ルートをリアルタイムに算出して、最高速度58km/hで飛行

【キーテクノロジーはAI(ディープラーニング)】

ドローン前面の撮影用4Kカメラを用いて、その映像の中から追尾対象(人や自動車)を識別して、森の中を疾走する対象であっても、Visual-SLAMにより木立との衝突を避けつつ、対象を見失わないように追尾撮影できる。 ← 全て、ディープラーニングの手法で実現している。具体的には、ドローンのAIプラットフォーム(組み込みAIコンピュータ)上で、9つのディープニューラルネットワークを同時に稼働させている。

ドローンのAIプラットフォーム(組み込みAIコンピュータ)

* GPUで複数のディープニューラルネットワークを高速処理 *



NVIDIA Jetson TX2 (出典：米国NVIDIA社のHP)

【Skydio 2に搭載された組み込みAIコンピュータ】

- ・ AIプラットフォームとして必要なGPU、CPU、メモリ、入出力インターフェースなどで構成
- ・ 256個の演算器(コア)を持つGPUを搭載
 - ※ GPUとはGraphics Processing Unitの略称
- ・ サイズは50mm×87mm(クレジットカード大)
- ・ 消費電力は7.5W

ディープニューラルネットワーク(DNN)とは、人の頭脳での神経回路網の仕組みと働きを、コンピュータ上で数学的に模したものであり、人のニューロン(神経細胞)に相当する多数のノードが、人のシナプス(神経細胞間を結ぶ軸索)に相当する信号回路でネットワーク化されている。このため、コンピュータ上でDNNを働かせるには、多数のノードの各々における信号の入出力について、大規模な行列の積和演算を行う必要がある。このような演算では、多くの演算器(コア)を用いて一斉に並列処理した方が効率的であり高速化できるため、演算器(コア)が多くても数個のCPU(Central Processing Unit)よりも、演算器(コア)が数百個から数千個に及ぶGPUの方が断然に適している。

“空の産業革命”の レベル4 (考察)

レベル4の実現に向けて進められている制度設計

- ドローンの「登録制度」の創設による登録記号機体表示の義務化(航空法)
- ドローンの「無線操縦者免許制度」の創設
- ドローンの「機体認証制度」の創設
- ドローンの飛行空域管理などの航空管制を担う「運行管理システム」の構築

しかし、



有人地帯上空を飛行するドローンの墜落や衝突などの危険を、「人」が察知して回避することは困難 ➡ 「人」に害を及ぼさないよう、ドローン側に墜落や衝突などを防止する堅固な安全確保策が欠かせないが、あまり検討されていない。 ➡ 自律航行中のドローンが「人」を死傷させた場合、「業務上過失致死傷罪」の責を負うのは、操縦者か？ それともドローンの製造業者か？ ➡ 車の「自動運行装置」の保安基準(後述)の如くに、“有人地帯上空を飛行するドローン”については保安基準が欠かせない。

Ⅱ

郊外一般道における 自動車の無人運転

Ⅱ-1

自動運転車とは？

**** 究極は、ドライバーレスカー ****

車の自動運転のメリット

交通事故の防止（事故の大半は「人」が原因）

交通弱者の救済（高齢者や身体障害者など）

人が運転に費やす膨大な時間を、他の知的な活動に活かす！

車の自動運転の仕組み

* 周辺監視 *

ビデオカメラ ・ レーザースキャナ ・ ミリ波レーダ



AI(人の認識・判断・操作を代行)

* 位置確認 *

高精度衛星測位
3Dデジタル地図



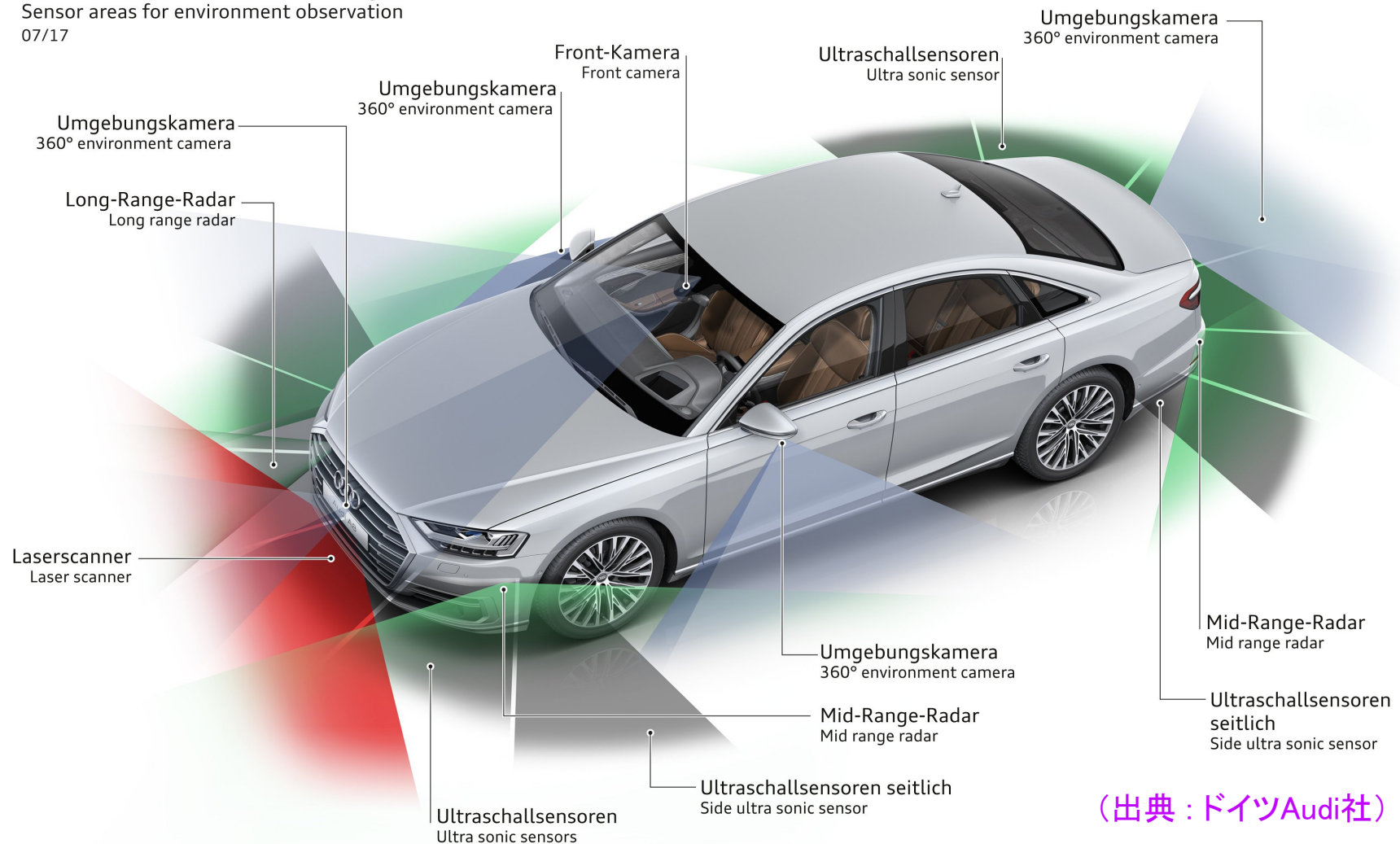
* 運転操作 *

ハンドル ・ アクセル ・ ブレーキを自動制御



条件付自動運転に対応する車に 搭載された周辺監視用センサー

Sensorfelder der Umfeldüberwachung
Sensor areas for environment observation
07/17



(出典: ドイツAudi社)

車の自動運転の仕組み

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

具体的には、



周辺監視機能：ビデオカメラ・レーザースキャナ(LiDAR)・ミリ波レーダ等を用いて、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

位置確認機能：高精度衛星測位(“みちびき”のCLAS、GPS+RTK)と3D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

運転操作機能：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



自動制御で最も難しいのは、周辺交通(他の車・オートバイ・自転車・歩行者等)の行動予測 ← ディープラーニングによるAIが威力を発揮するところ

II-2

完全無人運転までの5段階

完全無人運転までの5段階

事故の責任はドライバー

レベル1(運転支援) : ハンドルかアクセルブレーキの、どちらかの操作を車が支援

レベル2(高度運転支援) : ハンドルとアクセルブレーキの、両方の操作を車が支援

事故の責任は車の「自動運行装置」

レベル3(条件付自動運転) : 高速道路の渋滞時など、限定領域での自動運転であり、「自動運行装置」が要請した場合にはドライバーが運転を引き受けなければならない。

レベル4(高度自動運転) : 高速道路など、限定領域での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) : あらゆる状況下において、ドライバーを必要としない自動運転

レベル2 (高度運転支援)

ハンドルとアクセルブレーキの、両方の操作を車が支援
➡ 事故の責任はドライバー

スバルのアイサイトX
日産のプロパイロット2.0 など

- 高速道路などの自動車専用道路に限定して使用
- ヒューマン マシン インタフェース(HMI)がドライバーを監視(よそ見やスマホ等はNG)し、異常の継続を検知すれば走行停止
- 高速走行時にも機能し、ドライバーの監視下での自動的な車間距離維持や車線中央維持、スムーズな車線変更が可能

レベル3(条件付自動運転)

高速道路の渋滞時など、限定領域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なければならない。

➡ 自動運転時の事故の責任は車の「自動運行装置」

2020年11月、ホンダがレベル3の「自動運行装置(名称は、Traffic Jam Pilot)」
の型式指定を国土交通省から国内初取得

➡ 高級セダン「レジェンド」に搭載して、近く発売の予定

- 高速道路などの自動車専用道路の渋滞時を限定領域として使用
- 限定領域では、「自動運行装置」が車を自動運転
- 限定領域を外れる場合には、「自動運行装置」がドライバーに運転の交代を要請 ➡ 要請にいつでも応えられるよう、ドライバーはスタンバイ(スマホ等の視聴はOK、睡眠はNG)

レベル4 (高度自動運転)

高速道路など、限定領域でのドライバーを必要としない自動運転

➡ 自動運転時の事故の責任は車の「自動運行装置」

【官民ITS構想・ロードマップ2020】

- 自家用車については、2025年を目処に高速道路でのレベル4を目指す。
- 2020年から導入され始めた限定地域での遠隔監視型自動運転移動サービスについては、同サービスの全国展開を目指す。 ← 5Gと“みちびき”の高精度衛星測位 (GLAS) が威力を発揮するところ

【参考】

自動運転技術開発の最先端を行く米国では、Google系列のWaymo社が、2020年10月からアリゾナ州フェニックスにおいて、レベル4の完全無人ロボタクシーの一般利用を開始。年中無休で24時間利用可能。 ➡ 利用者は、スマホアプリでロボタクシーの配車手配、行先指定、料金支払を行う。



レベル4の完全無人口ボタクシー

(出典：米国Waymo社プレスキット)

遠隔監視型自動運転移動サービスに多用されるNAVYA ARMA



(出典：フランスNAVYA社のHP)

【NAVYA ARMAのスペックや特徴】

- ハンドルが無い自律走行EV ➡ 手動運転には特別な装置を用いる「特別装置自動車」 ➡ 公道走行には道路交通法第77条による道路使用許可を受ける必要
- 乗車定員11人、最高時速25km、1回の充電で約9時間(約200km)走行可能
- 現在位置推定には、GPS+RTK(誤差数cmの高精度衛星測位)、SLAM(3次元LiDARを用いて、事前に作成した「基準マップ」と運行中にリアルタイムに作成するマップを重ね合わせるにより、現在位置を推定)、オドメーター(タイヤの回転数から走行距離を算出)、慣性計測装置(加速度と速度を測定することにより、車の運行状況を把握)
- 周辺監視には、3次元LiDARを2台と2次元LiDARを6台使用

Ⅱ-3

自動運転に向けた 法改正等の制度整備

自動運転の実現に向けたガイドライン等

警察庁

- **自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン** : 自動運転の公道実証実験において交通の安全と円滑を図る観点からの留意事項を示すため、2016年5月に発表
- **遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準** : 2017年6月に発表

国土交通省

- **自動運転車の安全技術ガイドライン** : 自動運転車の安全性に関する基本的な考え方を示すため、2018年9月に発表
- **限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン** : 遠隔監視・操作者の義務や非常時の対応など、旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保する基本的な考え方を示すため、2019年6月に発表

2020年4月、改正道路運送車両法の施行

* レベル3(条件付自動運転)に向けた改正 *



- 「自動運行装置」と「作動状態記録装置」の 保安基準 対象装置への追加
➡ 「道路運送車両の保安基準(昭和二十六年運輸省令第六十七号)」
は、自動車の安全確保のために定めるところの、構造・機能・性能に係る最低限の技術基準
- 「自動運行装置」の性能に応じて、国土交通大臣は、「自動運行装置」が作動する「走行環境条件」を、「自動運行装置」ごとに付す。
- ソフトウェア配信による「自動運行装置」の「特定改造等」について、配信するプログラムごとの国土交通大臣による許可制度の創設

道路運送車両の保安基準 第48条 自動運行装置

* 高速道路等における低速自動運行装置を備える自動車の技術基準 *

(自動運行装置)

第48条 自動車(二輪自動車、側車付二輪自動車、三輪自動車、カタピラ及びそりを有する軽自動車、大型特殊自動車、小型特殊自動車並びに被牽引自動車を除く。)には、自動運行装置を備えることができる。

2 自動運行装置を備える自動車は、プログラムによる当該自動車の自動的な運行の安全性を確保できるものとして、機能、性能等に関し告示で定める基準に適合しなければならない。

3 法第七十五条の三第一項の規定によりその型式について指定を受ける自動運行装置は、当該装置を備える自動車を前項の基準に適合させるものでなければならない。

機能、性能等に関し告示で定める基準

道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2020.04.01】
第72条の2、第150条の2、第228条の2 自動運行装置

自動運行装置に関する細目規定は、 次のページへ

道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2020.04.01】
第72条の2、第150条の2、第228条の2 自動運行装置

***** 自動運行装置に関する細目規定の一部を紹介 *****



(自動運行装置)

第72条の2 自動運行装置を備える自動車の機能、性能等に関し、保安基準第48条第2項の告示で定める基準は、次に掲げる基準とする。

- 一 自動運行装置の作動中、他の交通の安全を妨げるおそれがないものであり、かつ、乗車人員の安全を確保できるものであること。
- 二 運転者の意図した操作によってのみ自動運行装置が作動するものであり、かつ、運転者の意図した操作によって当該装置の作動を停止することができるものであること。
- 三 自動運行装置の作動中、施行規則第31条の2の2第4項の規定により付された条件(以下「走行環境条件」という。)を満たさなくなる場合において、事前に十分な時間的余裕をもって、運転者に対し運転操作を促す警報を発するものであること。
- 四 自動運行装置の作動中、自動運行装置が正常に作動しないおそれがある状態となった場合において、直ちに、前号の警報を発するものであること。
- 五 走行環境条件を満たさなくなった場合又は自動運行装置が正常に作動しないおそれがある状態となった場合において、運転者が第三号又は前号の警報に従って運転操作を行わないときは、リスクの最小化を図るための制御(以下「リスク最小化制御」という。)が作動し、当該制御により車両が安全に停止するものであること。 等

2020年4月、改正道路交通法の施行

* レベル3(条件付自動運転)に向けた改正 *



- 「自動運行装置」の定義を規定
- 「自動運行装置」の作動が「運転」にあたることを規定
- 「自動運行装置」の作動条件から外れた「運転」を禁止
- 「作動状態記録装置」の設置と記録保存を義務付け
- 「自動運行装置」の作動中におけるスマホ利用などの「ながら運転」については、「自動運行装置」からの運転交代要請に直ちに答えられる状態にあることを条件に、違反としない。 ➡ 睡眠はNG！



自動運転車の車体後部に貼付するステッカー

(出典：国土交通省が2020年3月31日に発表した資料)

我が国の郊外一般道での無人運転に向けて（考察）

遠隔監視型自動運転移動サービスの全国展開

今日では運転要員と保安要員が同乗してのサービスであるが、2022年頃に無人化が見込まれ、2025年頃を目処に全国展開を目指している。 ➡ 遠隔監視のツールとして、4Gに比べて低遅延で信頼性に優れる5Gを用いれば精緻な遠隔制御もできるため、5Gは、遠隔監視型自動運転移動サービスを全国展開する上での重要基盤である。また、高精度衛星測位に活用されているGPS+RTKは、設置した「基準局」を中心としたローカルな運用が前提である。しかし、“みちびき”のCLAS（センチメートル級測位補強サービス）を用いれば、「基準局」を設置することなく全国どこでも高精度衛星測位が可能となるため、“みちびき”のCLASも、前記サービスを全国展開する上での重要基盤である。

自家用車におけるレベル5（完全自動運転）

2025年頃を目処に、高速道路におけるレベル4（高度自動運転）の実現を目指しているところであり、郊外一般道での無人運転、つまり、レベル5（完全自動運転）の実現目標時期は示されていない。 ➡ 世界の最先端を行く米国Waymo社の自動運転技術は、2年前の時点で、郊外一般道を含めた約1万kmの自動走行につき1回、セーフティドライバーが危険を回避するために運転介入するレベル。つまり、レベル5に限りなく近いレベル ➡ 我が国の道路交通環境は、米国とは大違い。このため、我が国でレベル5を実現していくには、ディープラーニングによるAIを活用して、我が国の道路交通環境にマッチした「自動運行装置」の開発が欠かせないところである。

2021年2月15日

ロボットとの共存時代における
安全安心の確保

終

澤田雅之技術士事務所(電気電子部門)所長
元警察大学校警察情報通信研究センター所長

澤田 雅之