



「移動するIoT」を オープンソースで実現する

ドローンWG活動報告と ArduPilotを活用したドローン自作レシピの紹介～

2019年 6月14日

(一社)組込みシステム技術協会
技術本部／IoT技術高度化委員会／ドローンWG
(株)金沢エンジニアリングシステムズ
小林 康博



金沢エンジニアリングシステムズ

金沢に本社

組込みソフトウェア専門
エンジニア約130名のエンジニア集団

東京・大阪・名古屋に拠点を持つ



組込み都市「金沢」を代表する企業



組込み都市「金沢」 圧倒的な開発力の組込み屋



(一社)組込みシステム技術協会
技術本部 IoT技術高度化委員会
ドローンWG

1. 活動概要

我が国の基本的戦略の全体像



戦略4分野	解決される課題・ニーズ	横断的課題	産業構造・就業構造の変革
①「移動する」(ヒトの移動、モノの移動)	✓ 事故死亡者: 国内3,904人・世界125万人、交通事故: 国内49万件・世界数千万件 → 運転手に起因する事故を半減 ✓ 免許非保有者約4000万人、最寄りバス停・鉄道駅から1km圏外に居住236万人 → 移動困難を限りなく解消 等	【主な経済社会システム】 ルールの高度化	【主な対応の方向性】 - データの利活用を促進するための制度整備 - 戦略分野のリアルデータプラットフォームの創出 - 新たなオープンクローズ戦略を支える知財・標準ルール - 規制改革(日本版レギュトリーサンドボックス等)
②「生み出す・手に入れる」(スマートサプライチェーン等)	✓ 労働生産性の伸び率: 製造業2%、サービス業2%を上回る継続的な向上 ✓ 温室効果ガス排出の削減: 2030年度に2013年度比▲26% 等	人材育成・活用システム	- 人材投資・育成の抜本拡充(能力・スキルを自ら継続的にアップデートする人材の育成等) - 日本型雇用システム(メンバーシップ型雇用)見直し/柔軟かつ多様な働き方の実現(兼業副業等)
③「健康を維持する・生涯活躍する」(健康、医療、介護)	✓ 平均寿命と健康寿命の差を現在の10歳から大幅減 ✓ 要介護者数816万人(2035年時点推計)を大幅減 等	イノベーションエコシステム	- 世界トップの技術・知見の集約(CoE構築) - 産学連携・大学改革によるオープンイノベーション - 好循環を生み出すベンチャーエコシステムの構築
④「暮らす」(「新たな街」づくり、シェアリング、FinTech)	✓ 住民満足度・地域の活力向上(公共データのオープン化等による住民のための利活用) ✓ 災害に強く、治安のよい街(災害による想定死傷者数半減*、犯罪率減少)等 *首都直下型地震による想定死傷者数(2025年時点推定): 2万3千人	経済の新陳代謝システム 社会保障システム 地域・中小企業システム	- 中長期的な企業価値向上や円滑な産業構造・就業構造転換に資する制度整備(データ、ヒト、モノ・技術、カネ等) - 個別化された社会保障/公的保障と自助の組合せ/セーフティネットの強化 - 第4次産業革命技術の地域・中小企業への拡大

将来的には、戦略4分野におけるプラットフォーム同士の連携の可能性(例えば、「食」)

日本の立ち位置「移動する」

現状

※SAEレベル4 高度運転自動化：システムが全ての運転タスクを実施（領域限定的）で、予備対応時において利用者が応答することは期待されない

- 国内外の事業者は、**2020年頃のレベル4*自動走行車両の実現を目指し、ソフト系とハード系の事業者が強みを補完するために提携する動きが日常化**（日産とDeNA、FordとUber等）。
- とりわけ競争の鍵となる認知技術を中心とした自動走行技術開発については**サプライヤが競争をリード**（Bosch、Continental、Intel（mobileye）等）。更に、情報処理を支える**AI半導体・システムも、共通の情報処理基盤**として今後重要。
- 勝ちの絵姿が不透明な中、海外各国は、自動走行車両のいち早い実用化を目指し、**国内ルールの検討や、公道実験が可能な環境を整備し、自国内における自動走行技術開発の加速と移動関連データ取得等を奨励。日本政府も対応を加速。**
- ドローンについては、本体やコントローラー開発では海外企業（DJI、Intel等）が先行する中、ドローン単体の衝突回避等の技術開発に加えて、**複数ドローンを制御する運航管理システムの開発や、物流事業者やEコマース事業者などによる、事業性のあるサービス開発が重要に。**

日本の立ち位置・アプローチ

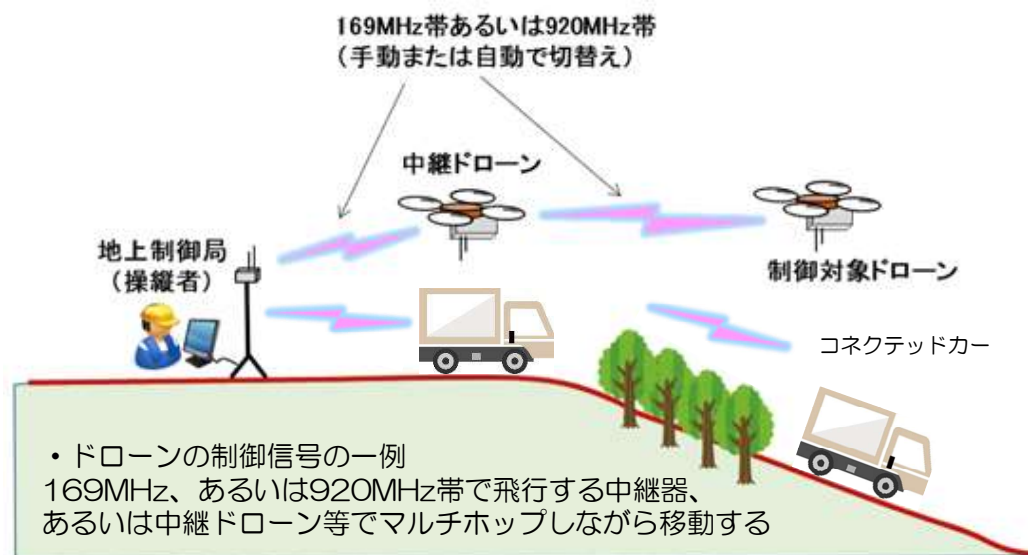
- 日系自動車OEMの世界シェア3割から生み出される運転制御・カメラ情報等の多様なリアルデータ、自動走行に必要な認知・判断・操作技術に係る日系サプライヤのグローバルな存在感など、**課題解決への貢献に必要なリソースを日本は有しており**、ひいては経済成長につながるポテンシャルを有している。ドローンについては、防災・物流など明確な出口分野が国内に存在。
- 日本がいち早く課題解決に貢献していくため、取得可能なリアルデータを元に、**(i)自律的なエッジ**（自動走行車・隊列走行車・ドローン等）を**実現**し、エッジを最適運用し、いち早く社会実装して移動サービスモデルを確立するための**(ii)基盤となるシステム・インフラ**を整備し、ダイナミックマップ等の移動に係る「リアルデータのプラットフォーム」を創出するとともに、併せて**(iii)ビジネス環境・ルール**の障害を取り除くことが肝要。



「移動するIoT」とは何か？

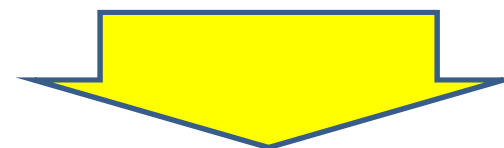
JASAドローンWGの取り組み

経済産業省「新産業構想ビジョン」
『移動する』（ヒトの移動・モノの移動）に応える
ドローンをテーマに活動している



マルチホップ中継制御による通信経路 出典：情報通信研究機構プレスリリース

ドローンは移動しながら
インターネットに繋がるロボット



「移動するIoT」

検 索



日本は「移動するIoT」をどう x

← → ↺ eetimes.jp/ee/articles/170

アプリ 31 Google D KESの共有部屋 (Dev login Redir 2017年6月)

検索

EE Times
JASAが考える
「移動するIoT」
が掲載されている

JASA発IoT通信 (3) :
日本は「移動するIoT」をどう考えるべきか? ~ 産業用ドローンへの取り組み (1/4)
ドローンは、移動しながらインターネットにつながるロボットであり、「移動するIoT」と呼べる。今回は、ドローンを「移動するIoT」と捉えつつ、さまざまな角度から考察していく。
[小林康博 (金沢エンジニアリングシステムズ), EE Times Japan]

印刷/PDF

通知

31 ツイート

156 シェア

156 いいね!

6 BI Bookmark

23 Pocket

G+

⇒連載「JASA発IoT通信」バックナンバーページ

組込みシステム技術協会 (JASA) IoT技術高度化委員会 ドローンワーキンググループでは、経済産業省の「新産業構想ビジョン『移動する』(ヒトの移動、モノの移動)」に応えるべく、ドローンをテーマに活動している。JASAはドローンを移動しながらインターネットにつながるロボットと考えており、それはまさに「移動するIoT」の実現だ。今回は、ドローンをテーマに「移動するIoT」を考える。

新産業構造ビジョン「移動する」を実現する

2017年に発表された「経済産業省 新産業構造ビジョン 我が国の基本的戦略の全体像」によると、第5期科学技術基本計画で目指すべき将来像として「Society 5.0」が打ち出さ

**高精度にセンシング
Drive360**


スポンサーからのお知らせ - PR -

- Microchip社のエフォートレスデザインの全て
その優れた機能、便利な開発ツール、充実した技術文書を今電子版で公開中! 今すぐ体験を!
- センサ評価モジュールとボードの単体販売開始
Arduino Uno, Lazurite, mbed対応
ルームセンサ評価キット
- Azure Certified for IoT 認定
迅速にIoTビジネスを実現可能にする
今月のおすすめデバイスとは?
- ルネサスエレクトロニクスが実現した!
製造拠点の「那珂工場」が取り組む、AIによる異常検知、予知保全のスマートファクトリー化

新産業構造ビジョン「移動する」を実現する



「解決される課題・ニーズ」の筆頭項目である「移動する」に応える。

1. 産業用ドローン市場の立ち上げ
2. ドローンを題材にJASAの強みを活かした高信頼性、プラットフォームの設計
3. プラットフォームをオープンソースとして提供・普及・拡大



JASA ドローンWG : <http://www.jasa.or.jp/TOP/download/technical/droneWG.pdf>



2. 離島に向けた取り組み

空の産業革命に向けたロードマップ



2017年 レベル1 目視内での操縦飛行

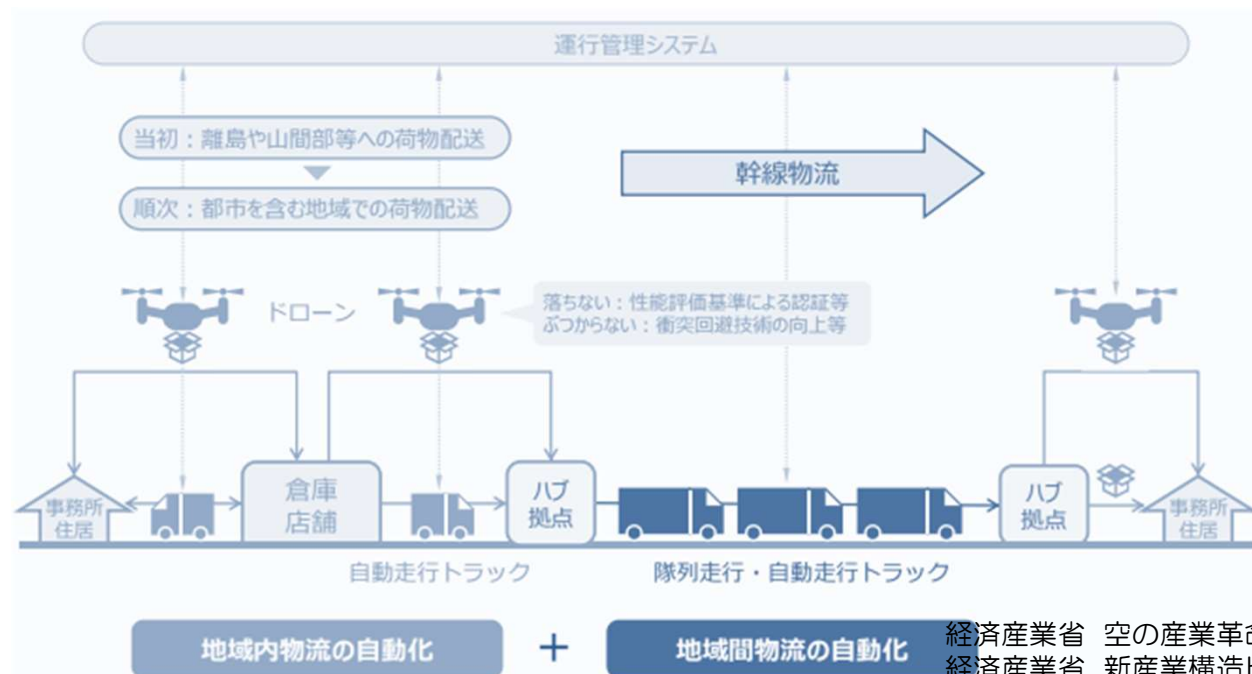
レベル2 目視内飛行（操縦なし）

2018年 レベル3 無人地帯での目視外飛行

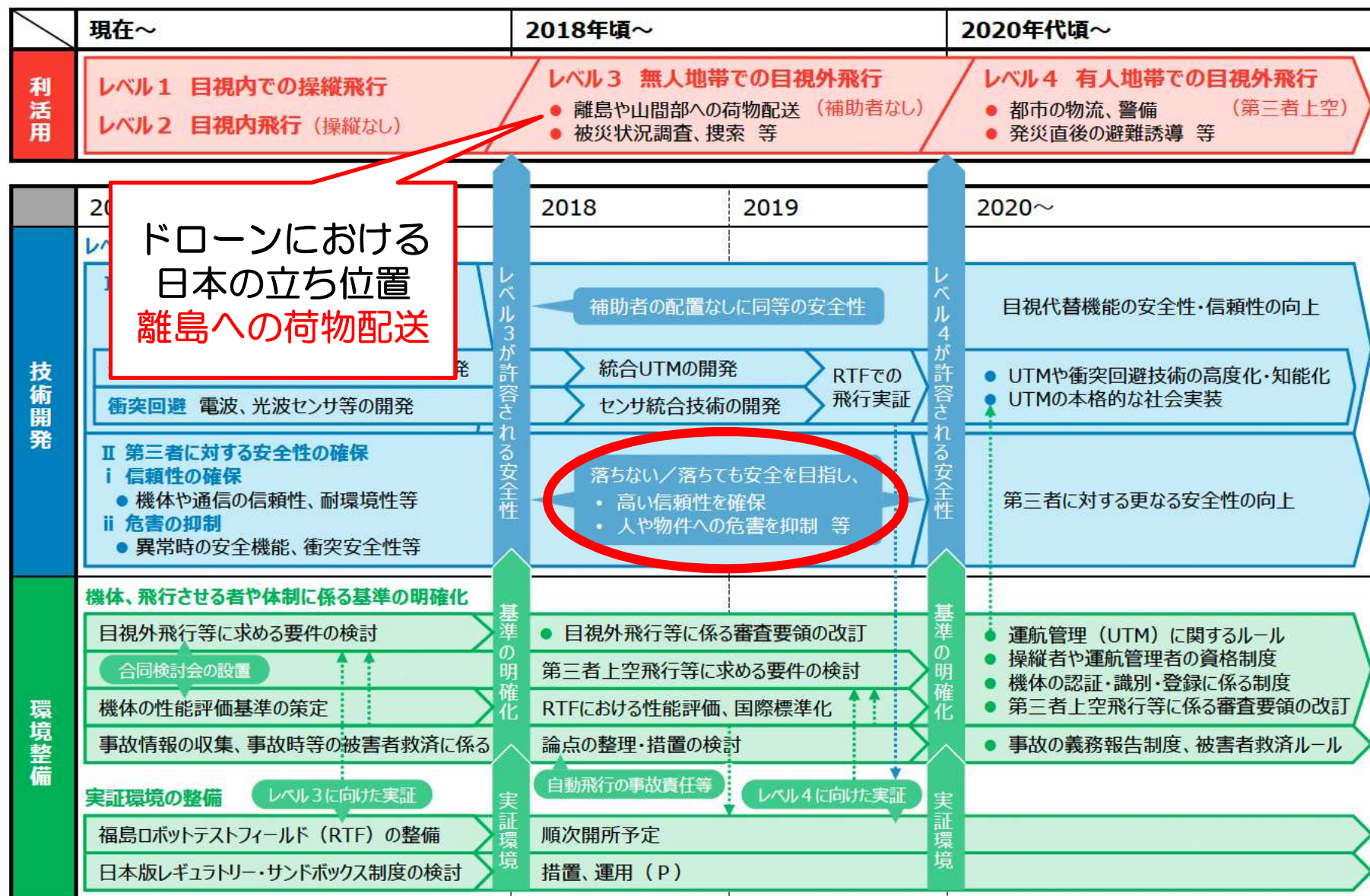
2019年 レベル4 有人地帯での目視外飛行

⋮
⋮

2030年 レベルX 陸～空にわたる多様な輸送手段をシームレスに…



経済産業省 空の産業革命に向けたロードマップ（2017年5月19日）
経済産業省 新産業構造ビジョン（2017年5月30日）



※ 各項目の詳細やその他の事項については補足資料（別紙）に記載する。¹



一般社団法人
組込みシステム技術協会
Japan Embedded Systems Technology Association

適度に離島間が離れており、実証実験・運用開始に理想的な環境と考える

陸送

斑島

五両だき

柿の浜海水浴場

白浜海水浴場

納島

小口輸送

小値賀島

小値賀港

大島

野崎島

王位石

津の神島神社

旧野首教会

自然学塾村

野首海岸

野崎港

小口輸送

・小値賀空港(現在空地)基地局
(Gatewayより半径約5~8kmカバー)

・小口輸送をしながら周囲の測量・撮影等

・先発のドローンが後続のドローンに気流等の情報共有

・過疎地におけるシェアリングエコノミー

JASA Open Drone Platform

低軌道衛星通信 (2020年実現)



- ・有事の際のフライトプラン変更
- ・GNSS含む各種センサーより状況を常時把握
- ・機体単体の故障診断

各地の離島にGWを配置



JASA Drone GateWay
通信距離50km実現
(Open Source)

各種ネットワークを使用し
オペレータへ

- ・異常通知
- ・故障予測
- ・管制情報
- ・管制指示

各社
運航管理サブシステム
を設計しサービスを提供



無人機航空管制(UTM)





一般社団法人

組込みシステム技術協会

Japan Embedded Systems Technology Association



MCPC

モバイルコンピューティング推進コンソーシアム
Mobile Computing Promotion Consortium

3. 利活用のユースケース

組み込みエンジニア
機能安全の観点から要件定義する



一般社団法人

組込みシステム技術協会

Japan Embedded Systems Technology Association

ドローンのシステム構造



産業用ドローンのサービス階層	関連団体・企業・規格
サービス層 	各サービスを提供する企業
UTM層 (無人航空機 管制システム) 	
SFP層 ストレージ層 	クラウド提供企業
Gateway層 オープンソース 	   
フライトコントローラ層 オープンソース 国際標準 	   一般社団法人 組込みシステム技術協会 Japan Embedded Systems Technology Association 組込システム開発企業

各省庁の目標達成へむけた利用シーンとは何か？

対象省庁の目標達成へむけた利用シーン（代表例 1～2 ケ）

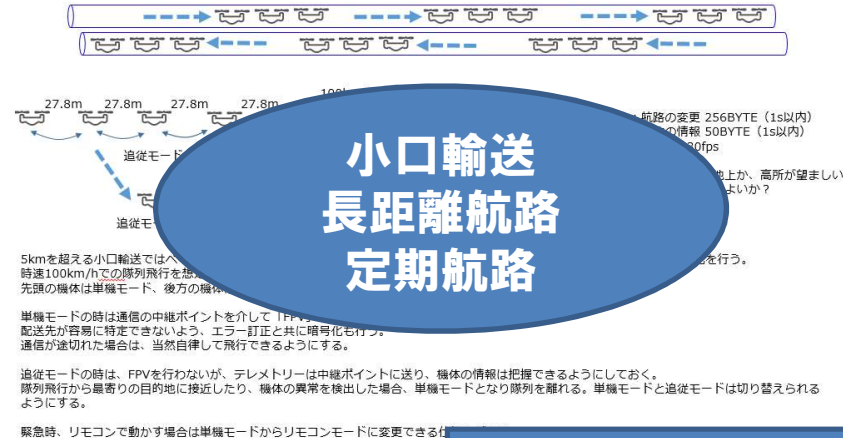
		ロボット活用シーン（機器 + DATA）	
総務省	日本再興戦略	健康長寿、産業力、地域振興、国際競争力 安心できる味*（電波） 政策と活用環境整備	
経産省	新産業構造 ビジョン	移動革命 スマートサプライチェーン等 健康維持 生産流通 健康、医療、介護 暮らし 新たな街づくり、シェアリング、 フィンテック	
農林水産省	スマート農業政策等 スマート1次産業	「良質 かつ 低廉な農業資材の供給」と 「農産物流通・加工の合理化」（農業 競争力強化支援法） 1次産業のICT化（六次産業化・地 産地消法） 海外出荷地方創生（ディスカバー農山 漁村の宝）	
国交省	i コンストラクション	ICT土木・防災	
内閣府	未来投資戦略 2017 Society 5.0	移動革命、地方好循環、 健康革命、. 世界に先駆け たスマートライフ・インの生 産性と都市の競争力の向上	

利活用のユースケースの具現化



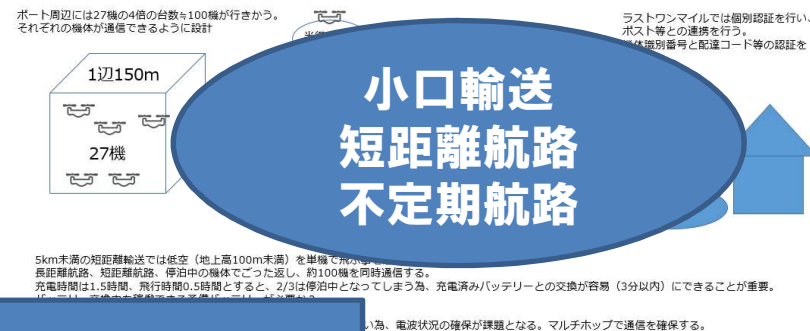
4-① 利活用のユースケース（小口輸送）

4-①- ii 長距離航路



4-① 利活用のユースケース（小口輸送）

4-①- iii 短距離航路

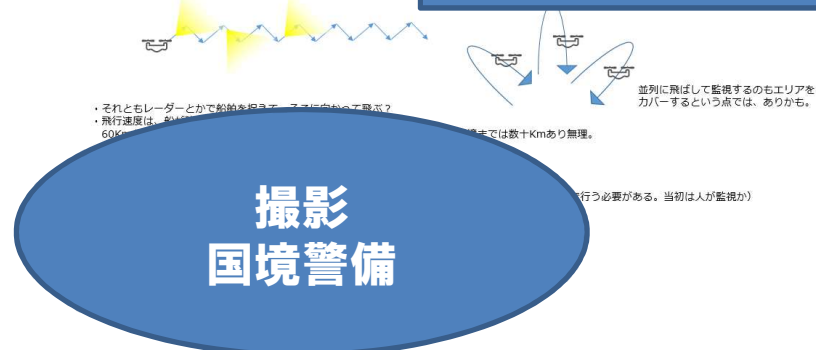


様々な活用シーンから
具体的な要件定義をする

4-② 利活用のユースケース（映像系）

4-②- ii 国境警備

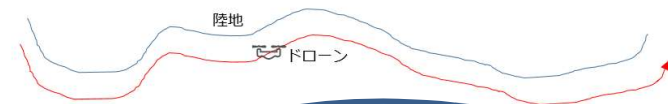
- 海上を飛行し、不審船を探索する。
- 不審船の判断基準は？ 船種？ 船体で判断が。
- 監視範囲としては、数Kmに及ぶと想定される。
- 探索の範囲が広い場合は、どのように探索するか。進行方向を振る。



4-② 利活用のユースケース（映像系）

同じユースケースとする。
小規模での密漁監視を想定する。

- 監視範囲としては、沖合は数十メートル範囲が良いと思われるので海岸線に沿って探索。距離的には1~2Km程度？



- 飛行速度は、海岸線ということもあり、人を認知し、
20km/hで飛行したとして、20分間飛べれば良い。
- 待機場所は特に不要か。APが要る？
- 監視間隔は、2~3時間に1回程度？

- 監視という意味では、常時映像を
解像度は人が認識できるレベル。
位置情報も送る。

- 画像認識して密漁者の疑いのある
発見した場合、警告音発生？ 音声
・夜間飛行の可能性もある。赤外線カメラ

撮影
密漁監視

機体・無線等の要件（スペック）定義へ



No		1		2			
項目 / ユースケース		小口輸送		空撮			
		長距離航路	短距離航路	国境警備	密漁監視 (海岸線沿い)	密漁監視 (定点)	国有地・ 国立公園の調査
機体の性能	飛行速度	100km/h	30km/h	60km/h	20km/h	5km/h	20km/h
	飛行距離（片道） （速度と時間から算出とも限らない）				3km	2Km	←
	稼働距離				往復6Km (直線1-2Km)	↑	往復6Km
	高度				15-30m	←	←
	航続時間（移動込み）				←	←	←
	ペイロード				2kg（カメラ）	←	←
	頻度	フル稼働	←	3回/日	24回/日	48回/日	1回/月
	位置取得	GPS	←	←			
制御（プロボ等）	用途	緊急時の操作	←	手動撮影			
	転送レート	100kbps ?	←	←			

機体
飛行時間
ペイロード

要件定義から
産業用ドローンの要求仕様へ

No		1		2			
項目 / ユースケース		小口輸送		空撮			
		長距離航路	短距離航路	国境警備	密漁監視 (海岸線沿い)	密漁監視 (定点)	国有地・ 国立公園の調査
無線通信	テレメトリ (+センシングデータ)			←			
	品質要求			←			
	用途	飛行の確認 (安心)	←	人による大まかな判断			
	画像転送（低品質） FPV			←			
	解像度	フルHD	←	←			
	フレームレート	15fps	←	←			
	品質要求（接続性）	低	←	高			
	用途	—	—	不審船検出			

通信速度
通信距離
チャンネル数

MCPCと無線についての
検証を行った

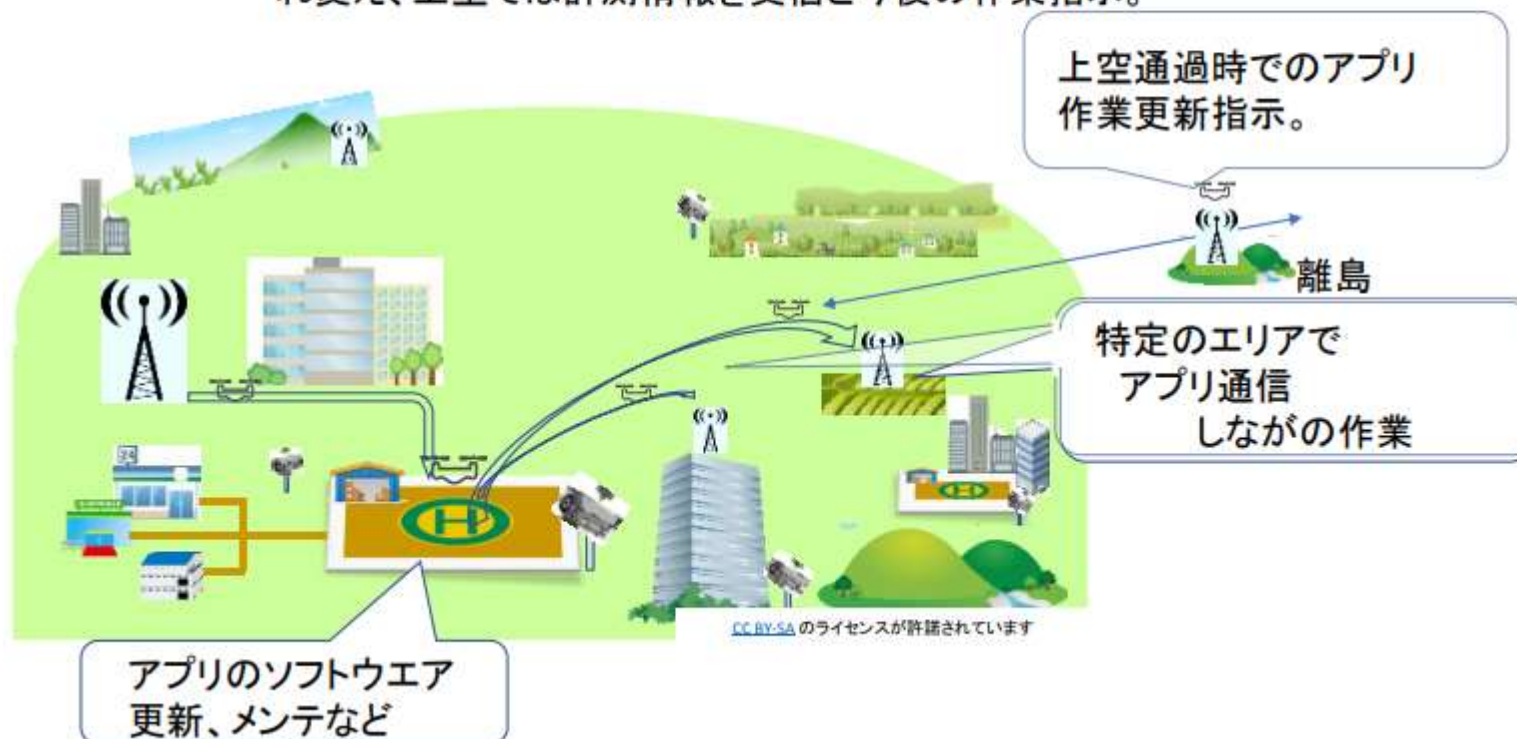
マルチユースの実現



①マルチユース(複数のことの同時実現) その1

マルチユース要素	今回の実証実験	今後の予定
1. 通信での情報提供	Wi-Fiでのアプリ通信性試験	用途ごとのアプリ通信 (静止、すれ違い通信、リレー他)

検証シーン ドローンポートや特定通信エリアの上空飛行においてのアプリの通信をする。ドローンポートでは、ソフトの入れ換え、上空では計測情報を受信と今後の作業指示。



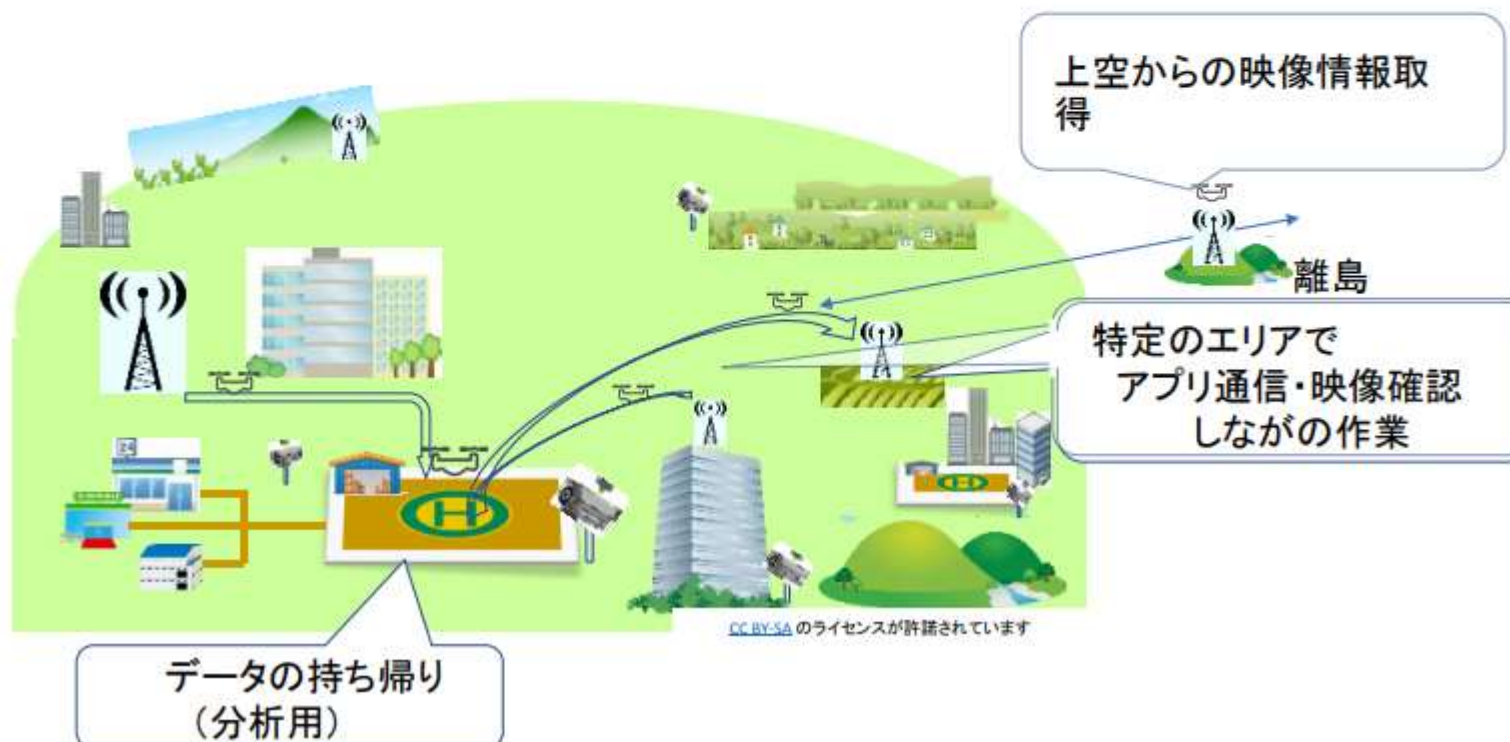
マルチユースの実現



①マルチユース(複数のことの同時実現) その2

マルチユース要素	今回の実証実験	今後の予定
2. 映像	空撮	農林漁業毎や防災での映像活用 可視光を超えた映像活用

検証シーン 空撮でのDATA活用



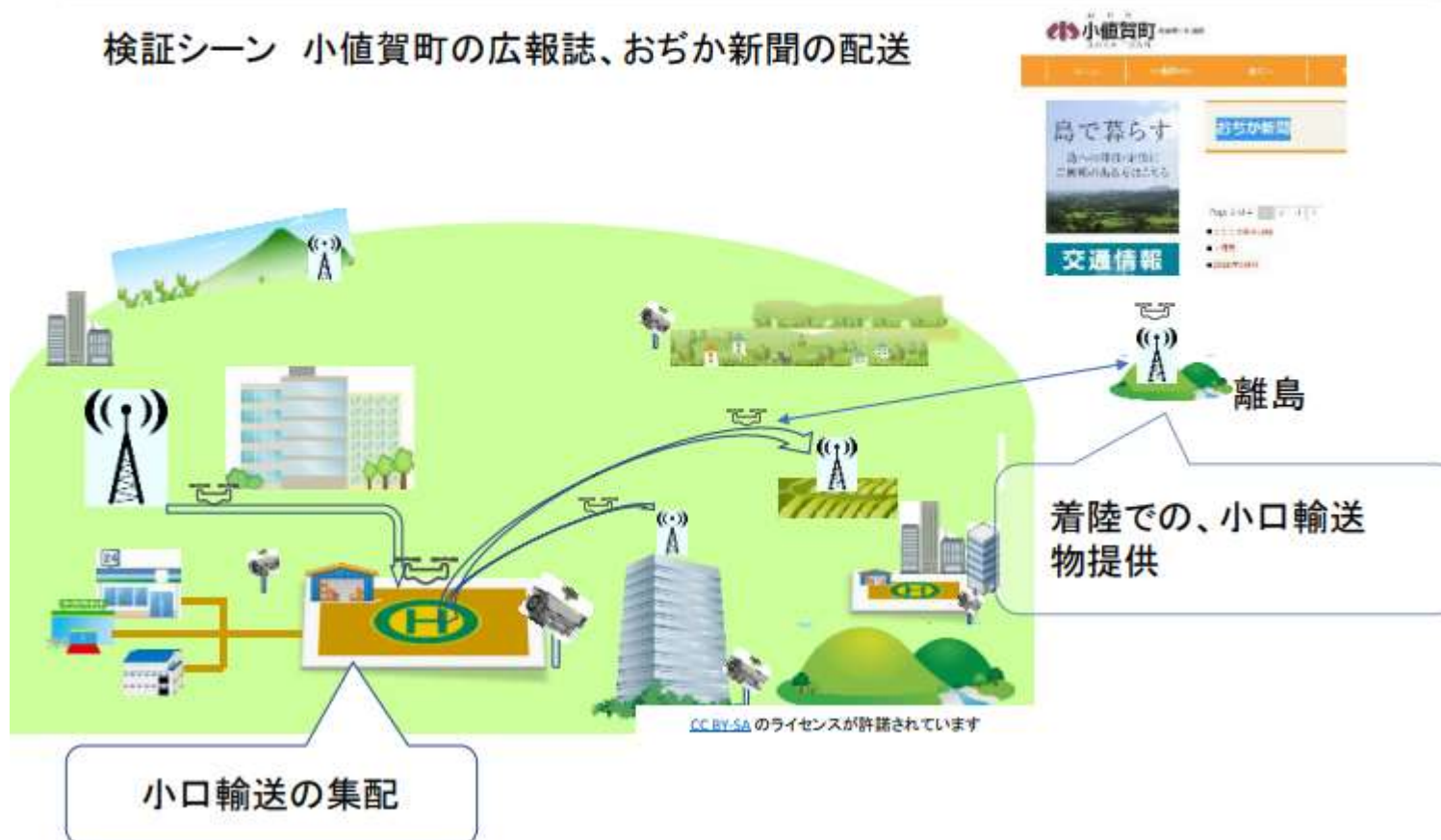
マルチユースの実現



①マルチユース(複数のことの同時実現) その3

マルチユース要素	今回の実証実験	今後の予定
3. 小口輸送	町役場の地元 広報紙搬送	複数のフライト手段や他の自動 運転との連動

検証シーン 小値賀町の広報誌、おぢか新聞の配送



マルチユースの実現



①マルチユース(複数のことの同時実現) その4

マルチユース要素	今回の実証実験	今後の予定
4. 複数機での航路活用	往復フライト試験	往復航路、登坂車線の復路活用 オープンソースでの協調フライト

検証シーン 飛行効率を考慮すると、航路を道路のように使い
集約的航空をするのが、有効
(上り、下り、登坂道路などの組み合わせへの発展へむけて
指定のコースを行き、戻ってくる





(動画)





MCPC

モバイルコンピューティング推進コンソーシアム
Mobile Computing Promotion Consortium



(株)横須賀テレコムリサーチパーク

4. YRPでの無線の実証実験

LPWAテストベット+横須賀ドローンフィールド

市街地エリア

- ・横須賀市役所
- ・久里浜駅、YRP野比駅、衣笠周辺

起伏帯エリア

- ・YRP
- ・横須賀市ドローンフィールド



信頼できる飛行用通信 を まず 検証。

LPWA+Wi-Fi通信で、ドローンを飛ばせる通信を 検証する



あわせて、はがき&タ刊、写真 を 出来る範囲で アプリとして実現

(離島の小口輸送・タイムラグなく新聞が届く、漁場写真が確認できる。
これを、もう少し 島民が ピンとくる 言葉に 直して 実検証に臨む)

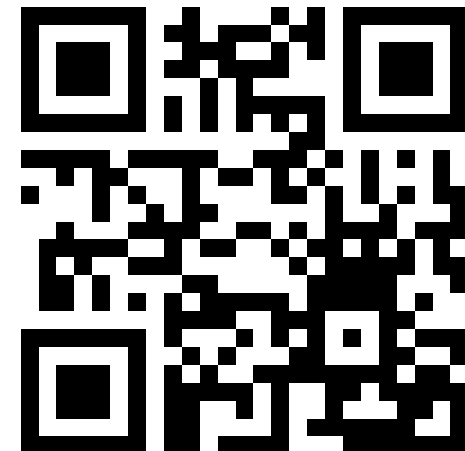


白山ラジコンクラブでのLPWA試験



トリリオンノード

横須賀ドローンフィールドでのLPWA試験



屋外で50mの場合、雨に濡れたしげみ（当日霧雨）
を2.4G帯電波の通過性が見出された。

3月27日は、通信できた（2日まえから晴れ）。4月17日は、霧雨。2日まえも大雨

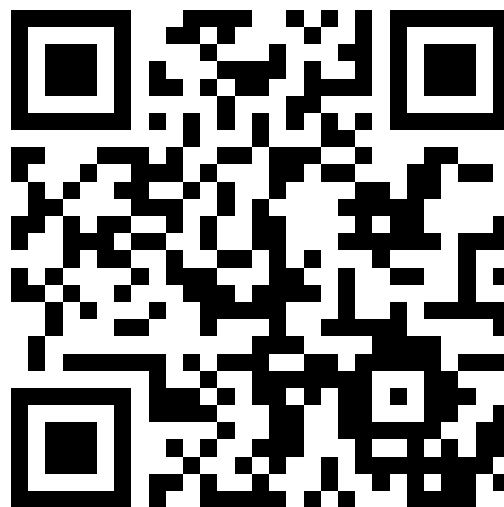
2. せり出した山の影響
→ 上空に飛ばしても
電波が乱れる

1. 雨でぬれた茂みの影響
→ 電波届かず…





MCPC レポート ドローンのマルチユースについて





5. 機能安全の研究から 固定翼ドローンへ...

タッグを組む



金沢工業大学

研究成果をインプット

- ドローンの要件定義
- 制度設計
- ニーズ
- 機体制作の基本伝授
- 機能安全を伝授

スピード感を活かした研究

- 適応制御とAI
- オソースで社会貢献
- 日本では真新しい固定翼ドローン

ドローンのレシピ



オープンソースを活用し、
ドローン業界のクリエイターの
裾野を広げる活動をする事で、
開発エンジニアを育てる



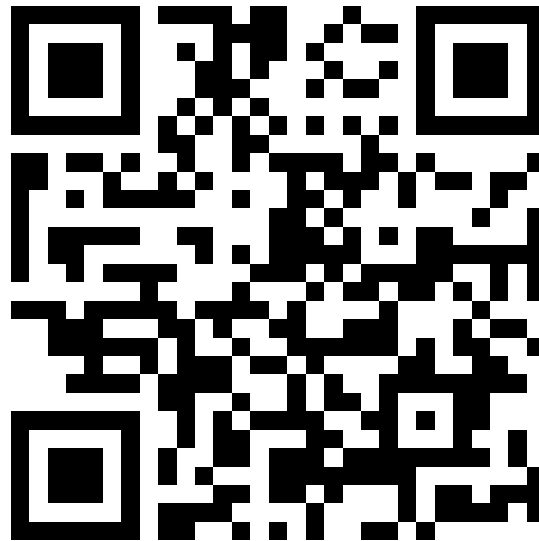
金沢工業大学
OSSコンソーシアム



ドローンのレシピ

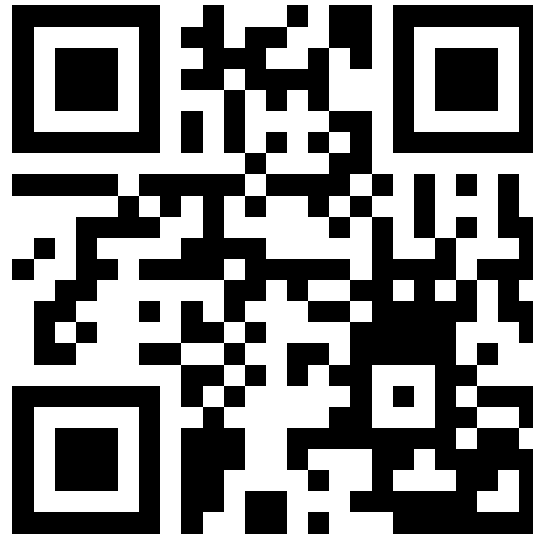


DCoJa
Yatagarasu Ver2を使った
自作ドローンのレシピ

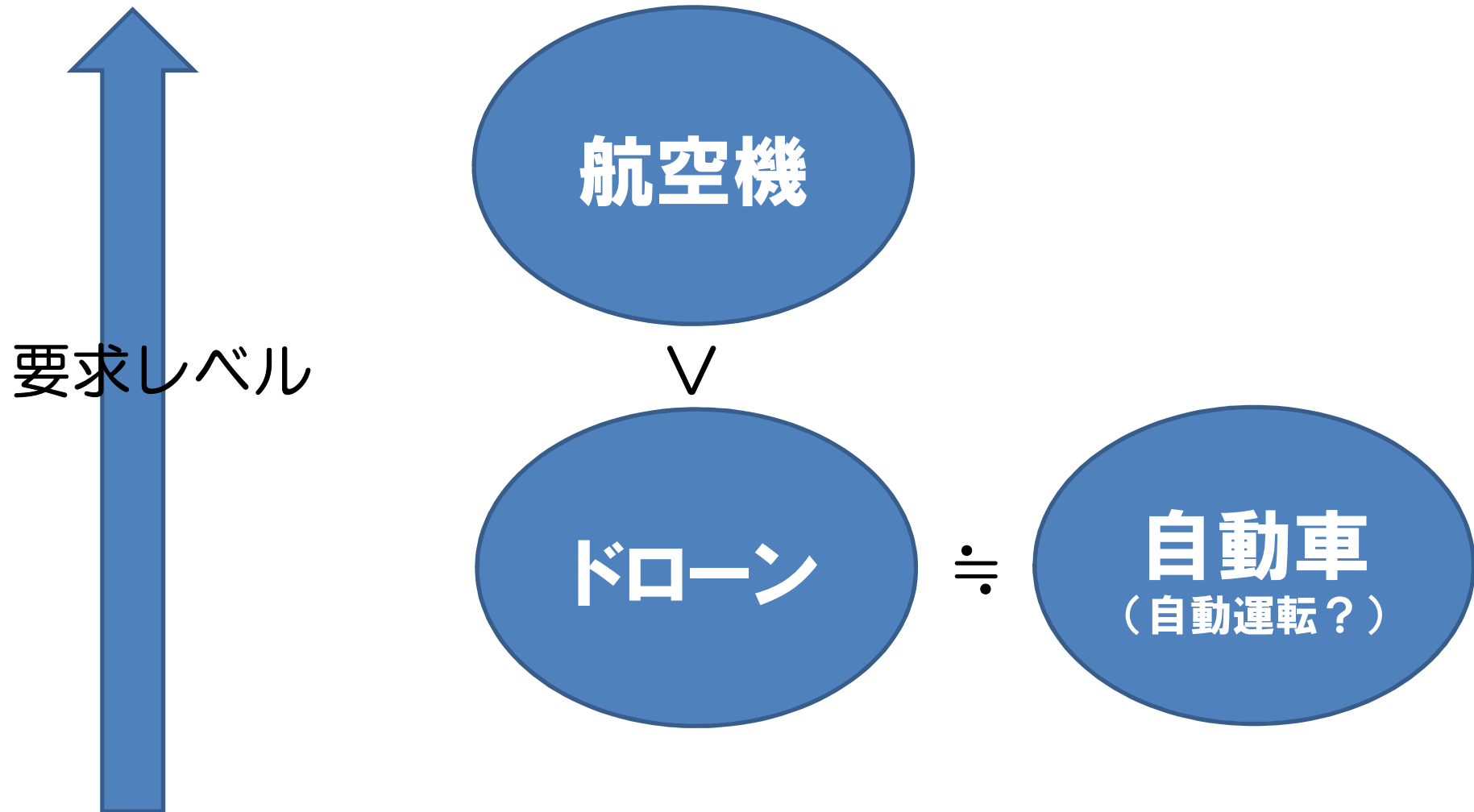




自作ドローン作成動画



ドローンの機能安全



ISO26262の安全度水準ASILのレベル分け

ASIL-AからASIL-Dの4段階が定められ、その割り当ては下記の3項目による。

障害によって被る危害の大きさの尺度 (S) 発生頻度 (E)、障害発生時の制御難易度 (C)

危害度	制御難易度		簡単 (C1)	通常 (C2)	不可能 (C3)
	発生頻度				
軽傷 (S1)	稀(E1)		—	—	—
	低(E2)		—	—	—
	中(E3)		—	—	A
	高(E4)		—	A	B
重傷 (S2)	稀(E1)		—	—	—
	低(E2)		—	—	A
	中(E3)		—	A	B
	高(E4)		A	B	C
致命傷 (S3)	稀(E1)		—	—	A
	低(E2)		—	A	B
	中(E3)		A	B	C
	高(E4)		B	C	D

Source: <https://www.ipa.go.jp/files/000004583.pdf>、表3.6



© 計画工学研究所

自動運転でASIL定義の再考必要か？

レベル 3,4 の自動運転では、「ドライバーが取り得る危険事象回避の可能性」が概して期待できないため、より高い ASIL の検討の可能性がある。

		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

レベル	名称	定義概要	安全運転に係る監視、対応主体
自動運転システムが（作動時は）全ての運転タスクを実行			
3	条件付運転自動化	システムが全ての動的運転タスクを限定領域 ¹ において実行 作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に応答	システム（作動継続が困難な場合は運転者）
4	高度運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において実行	システム
5	完全運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を無制限に（すなわち、限定領域内ではない）実行	システム

個々の自動運転車が有する性能及び使用の態様に応じた運行設計領域（**ODD**）を定め、走行環境や運用方法を制限し、自動運転システムが引き起こす人身事故であって、合理的に予見される防止可能な事故が生じないことを確保する必要がある。

▶ Source: <https://www.ipa.go.jp/files/000055801.pdf>, <http://www.mlit.go.jp/common/001253665.pdf>



© 計画工学研究所

Drone Safety Integrity Level はどう定義するか？

制御難易度(C) → Fail-SafeからFail-Operationまでの難易度 (F) で置き換えては？

障害によって被る危害の大きさの尺度 (S) 発生頻度 (E)、Fail-Opeの要求or難易度 (F)

		Fail-Safe 簡易 (F1)	Fail-Safe 車載並 (F2)	Fail-Ope 必須 (F3)
危害度	発生頻度 制御難易度	簡単 (C1)	通常 (C2)	不可能 (C3)
軽傷 (S1)	稀(E1)	—	—	—
	低(E2)	—	—	—
	中(E3)	—	—	A
	高(E4)	—	A	B

ASIL-A → D-SIL-1

ASIL-B → D-SIL-2

ASIL-C → D-SIL-3

ASIL-D → D-SIL-4

この定義は
仮置き



Drone Safety Integrity Level (検討のたたき台)

ユースケース (大分類)	ユースケース(中分類)	障害物の 可能性	想定される空域	提案する D-SIL	特記事項
小口輸送	長距離航路	低い	山間部・海・平地	D-SIL-2	自由落下防止は必要か
	短距離航路	高い	山間部・海・平地	D-SIL-2	自由落下防止は必要か
空撮	国境警備	低い	海	D-SIL-1	
	密漁監視（海岸線沿い）	低い	海	D-SIL-2	自由落下防止は必要か
	密漁監視（定点）	低い	海	D-SIL-1	
	国有地・国立公園の調査	高い	森林	D-SIL-3	発火防止（森林火災）
データ収集	見守り	高い	平地	D-SIL-4	
	インフラ監視・データ収集	高い	平地	D-SIL-4	防爆対策必要だろう
点検	定期航路	高い	山間部・海・平地	D-SIL-4	
	不定期航路（緊急事態）	高い	山間部・海・平地	D-SIL-3	

▶ Source: ドローン要件定義_V0.1(JASA Drone WG)、2018/11版



© 計画工学研究所

産業用ドローン立ち上げに向けて



1. 組込みシステムを理解したエンジニアの意見

現在も日本の産業を下支えし、日本の**ストロングポイント**である**安心・安全**を
考えることが重要

2. オープンソースで産業を立ち上げる

産業用ドローンのプラットフォームを**オープンソース**で早急に立ち上げたい。
その為に仲間が必要。OSSワーキングと連携したい。

3. 機能安全・セキュリティ要件

安全性向上委員会、情報セキュリティWGと連携し、セキュリティ要件定義
の検討を始めた。

金沢工業大学と連携し、適応制御と機能安全の共同研究を行う。

JEITAとの連携を模索し、業界としての機能安全を検討出来ればと思う。



【講演タイトル「**移動するIoT**」をドローンで実現する為に…
～ 利活用のユースケースを考えた無線の実証実験～

2018/7/6 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
東京都中央区日本橋大伝馬町6-7
TEL: 03(5643)0211 FAX: 03(5643)0212
URL: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASTA）が有します。
JASTAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASTAが占有します。
その他、JASTAが定めた著作権規程に準じます。