

# 「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~



2019年6月13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









組込み都市「金沢」 圧倒的な開発力の組込み屋



# 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

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







# 小林 自己紹介(業務)

























# 動パターン





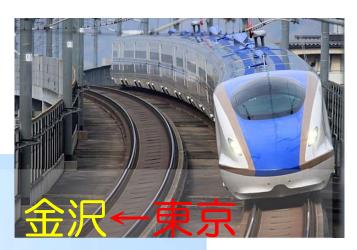


















(一社)組込みシステム技術協会 技術本部 IoT技術高度化委員会 ドローンWG

# 1. 活動概要



#### 我が国の基本的戦略の全体像

目指すべき将来像:Society5.0

⇒グローバル展開

産業:Connected Industries

技術:第4次産業革命

個人の課題解決

新たな経済社会システム

我が国の強み

 $\Rightarrow$ 

I:モノの強みを活かしたアプローチ、

Ⅱ:課題解決のためのアプローチ

戦略4分野

#### 解決される課題・ニーズ

#### 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 →移動困難を限りなく解消 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

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

4

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 かための 利活用)

グ害に強く、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
\*首柳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

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」)

横断的課題 産業構造・就業構造の変革

【主な経済社会システム】

ルールの高度化

人材育成・活用システム

イノベーションエコシステム

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 【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(日本版レギュラトリーサンドボックス等)

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)

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ンステムの構築

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 経済産業省 37

© Japan Embedded Systems Technology Association 2017

#### 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EJ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

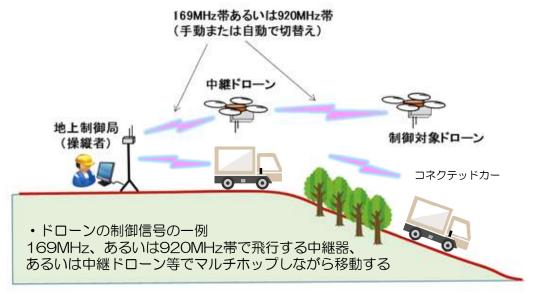
- 日系自動車OEMの世界シェア3割から生み出される運転制御・カメラ情報等の多様なリアルデータ、自動走行に必要な認知・判断・操作技術に係る日系サプライヤのグローバルな存在感など、**課題解決への貢献に必要なリソースを日本は有しており**、ひいては経済成長につながるポテンシャルを有している。ドローンについては、防災・物流など明確な出口分野が国内に存在。
- 日本がいち早く課題解決に貢献していくため、取得可能なリアルデータを元に、(i)自律的なエッジ(自動走行車・隊列走行車・ドローン等)を実現し、エッジを最適運用し、いち早く社会実装して移動サービスモデルを確立するための(ii)基盤となるシステム・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」 『<mark>移動する</mark>』(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



ドローンは<u>移動しながら</u> インターネットに繋がるロボット



「移動するIoT」



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





**EE Times** JASAが考える 「移動するloT」 が掲載されている

その他のブックマーク

- PR -

゚を

100

X

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]



#### ⇒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

# スポンサーからのお知らせ

Drive360

尚有皮にセンンン

- > 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 ロ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<u>オープンソース</u> として提供・普及・拡大

JASA FO-DWG: 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

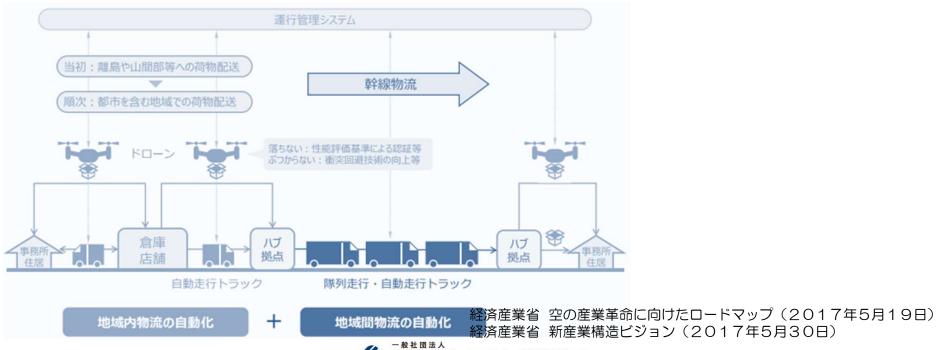
レベル2 目視内飛行(操縦なし)

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…





空の産業革命に向けたロードマップ

#### 小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備

平成29年5月19日 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会

	現在~	2018年頃~	2020年代頃~
利活用	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)	レベル3 無人地帯での目視外飛行  ● 離島や山間部への荷物配送 (補助者なし)  ● 被災状況調査、捜索 等	レベル4 有人地帯での目視外飛行 <ul><li>都市の物流、警備 (第三者上空)</li><li>発災直後の避難誘導 等</li></ul>
	2( \ \\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	2018 2019	2020~
	ドローンにおける		
	日本の立ち位置   \    離島への荷物配送   \	補助者の配置なしに同等の安全性 ルベル	目視代替機能の安全性・信頼性の向上
技術開発	を がられる できる できる できる できる できる できる できる できる できる でき		● UTMや衝突回避技術の高度化・知能化 ● UTMの本格的な社会実装
発	II 第三者に対する安全性の確保 i 信頼性の確保  ● 機体や通信の信頼性、耐環境性等 ii 危害の抑制  ● 異常時の安全機能、衝突安全性等	落ちない/落ちても安全を目指し、 ・ 高い信頼性を確保 ・ 人や物件への危害を抑制 等	第三者に対する更なる安全性の向上
	機体、飛行させる者や体制に係る基準の明確化		
焉	目視外飛行等に求める要件の検討	● 目視外飛行等に係る審査要領の改訂 第三者上空飛行等に求める要件の検討 RTFにおける性能評価、国際標準化	<ul><li>操縦者や運航管理者の資格制度</li><li>機体の翌天 禁門 発気に係る制度</li></ul>
環境整備	事故情報の収集、事故時等の被害者救済に係る	論点の整理·措置の検討	<ul><li>事故の義務報告制度、被害者救済ルール</li></ul>
備	実証環境の整備 レベル3に向けた実証 実	自動飛行の事故責任等 レベル 4 に向けた実証 実	
	福島ロボットテストフィールド (RTF) の整備	順次開所予定	
	日本版レギュラトリー・サンドボックス制度の検討	措置、運用(P)	

st 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。 $^1$ 

### 長崎県 小値賀町 (案)







メンバーの出身地で実証実験が可能、かつ、絶妙な大きさの島を発見!



# ドローン が活躍する小値賀町(最終イメージ)





### JASA Open Drone Platform

#### 低軌道衛星通信(2020年実現)



- ・有事の際のフライトブラン変更
- •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



各種ネットワークを使用し オペレータへ

故障予測

管制指示

各地の離島にGWを配置

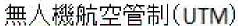




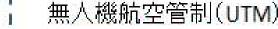
JASA Drone GateWay 通信距離50km実現 (Open Source)

各社 運航管理サブシステム を設計しサービスを提供



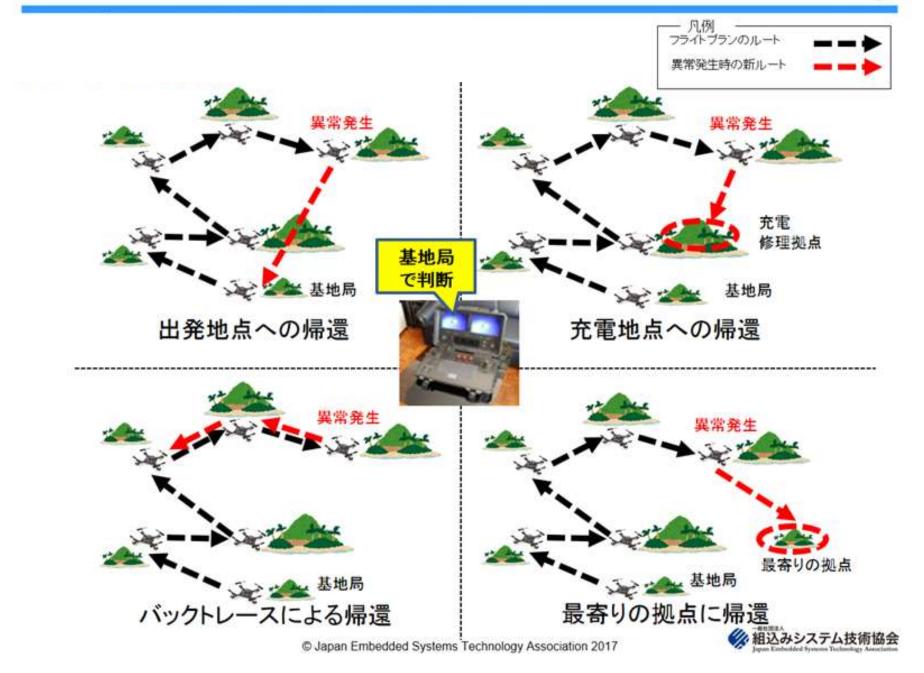






# ウェイポイントの設定と機体の状況把握













# 3. 利活用のユースケース

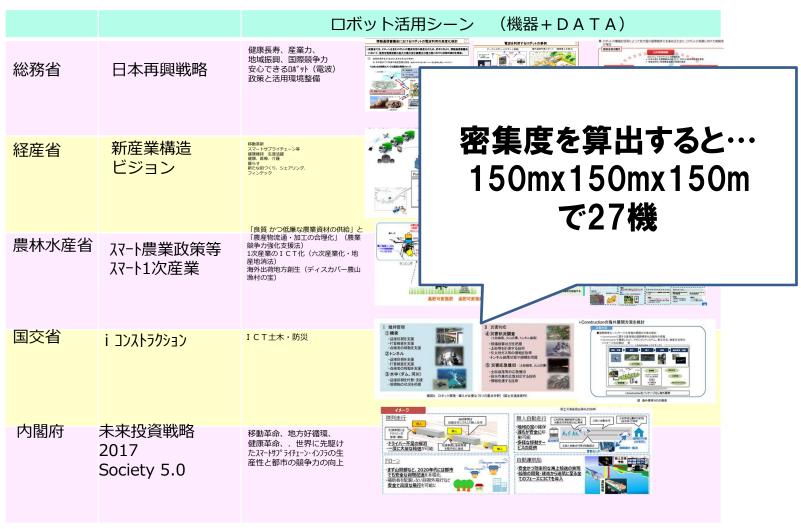
# 組み込みエンジニアの観点から 要件定義する



# 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)



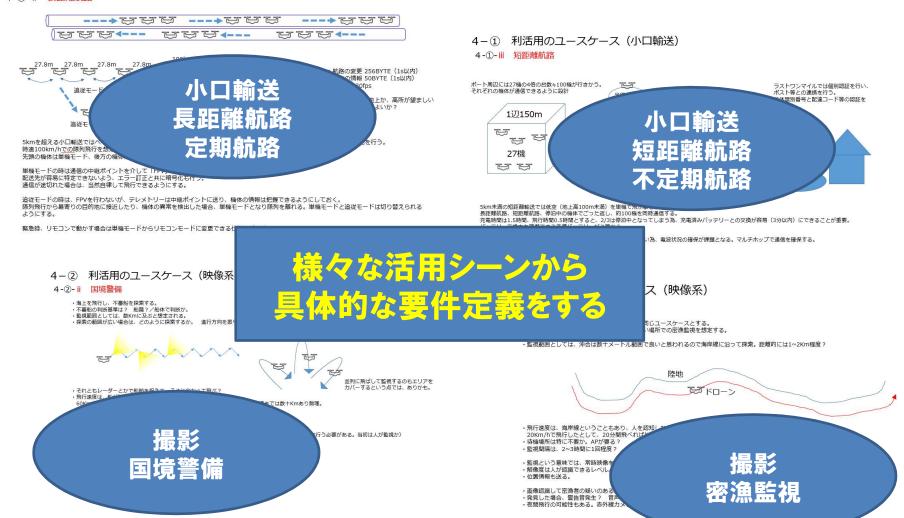


### 利活用のユースケースの具現化



#### 4-① 利活用のユースケース (小口輸送)

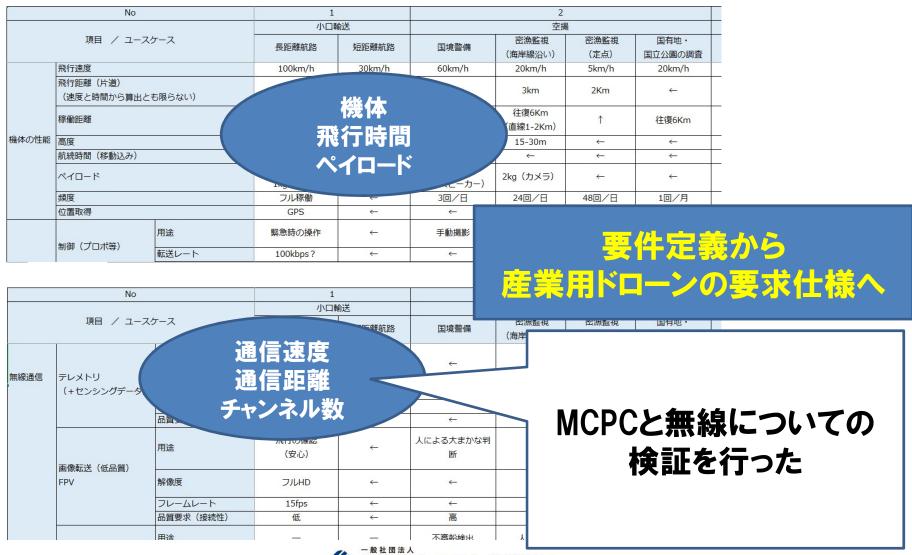
#### 4-①- ii 長距離航路



Japan Embedded Systems Technology Association

### 機体・無線等の要件(スペック)定義へ





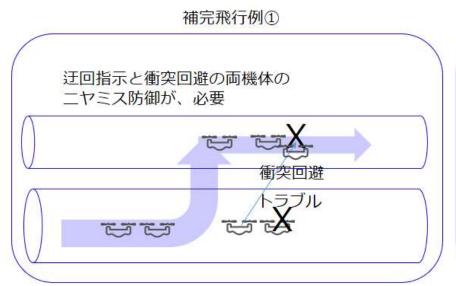


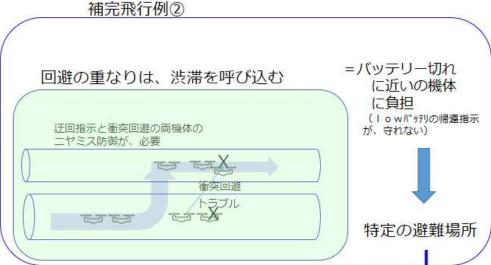
### ドローンが渋滞するとどうなるか?



#### ユースケースでの検証結果を元に試験項目作成

### 衝突回避に必要な走行車線 追い越し車線 退避場





補完飛行・・電波断での、飛行管理(ホバーリング、バツテリー課題時の帰還や特定の場所への着陸

認証・・VPN認証、機体&ミドルの認証

特定の避難着陸場所。標準と仮定する機体のバッテリーで25%の飛行間隔で用意、などのルールが必要。











(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



# 次世代無線11ax(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。





#### あわせて、はがき&夕刊、写真を出来る範囲でアプリとして実現

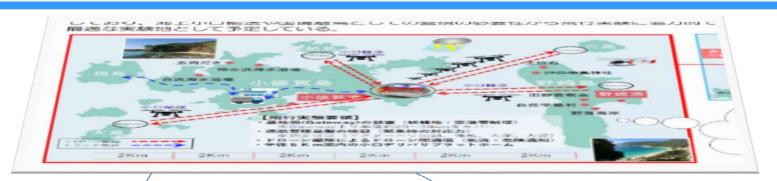
( 離島の小口輸送・タイムラグなく新聞が届く、漁場写真が確認できる。 これを、もう少し 島民が ピンとくる 言葉に 直して 実検証に臨む)



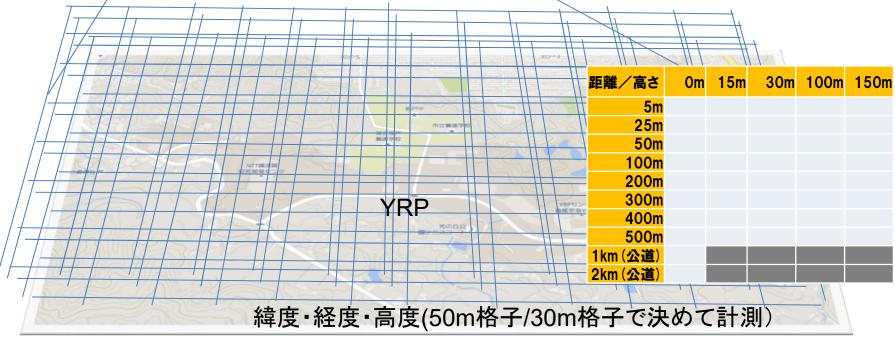


### 11ax/11nの無線の特性を確認





#### 空間を格子上に分割して基礎特性を把握





# 4/17 ドローンによる11ax、11n無線の確認





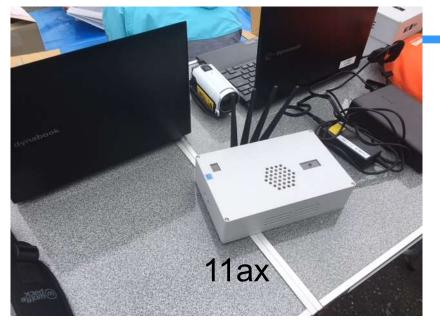


### スループット確認





サーバー用スティックPC







ドローンに搭載





空撮用(DJI機)



ー般社団法人 **組込みシステ.** Japan Embedded Systems To

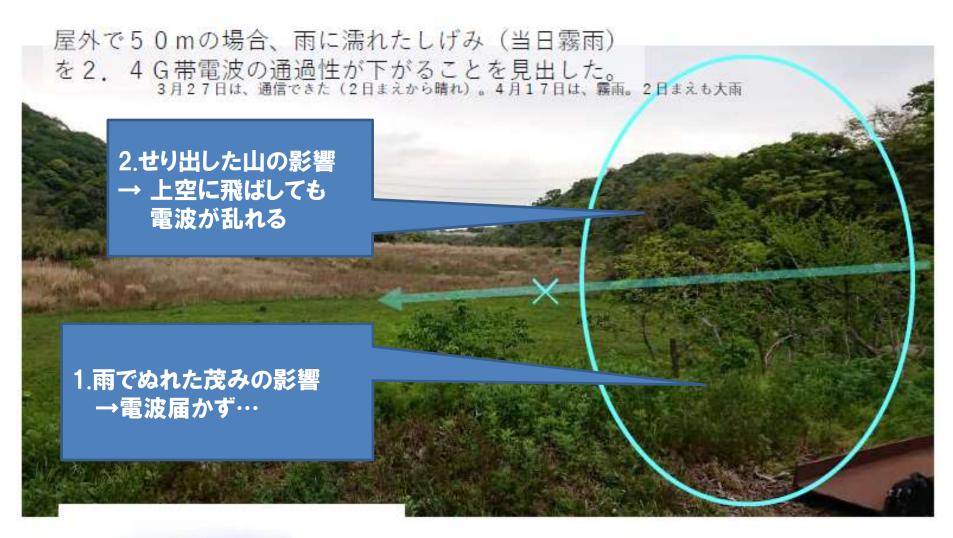


# 余談 当日は3機が同時飛行









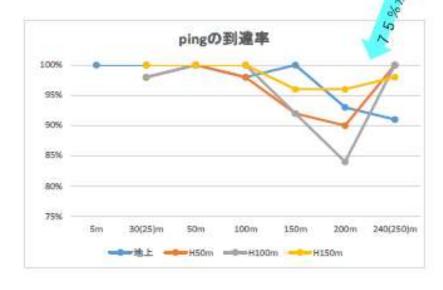


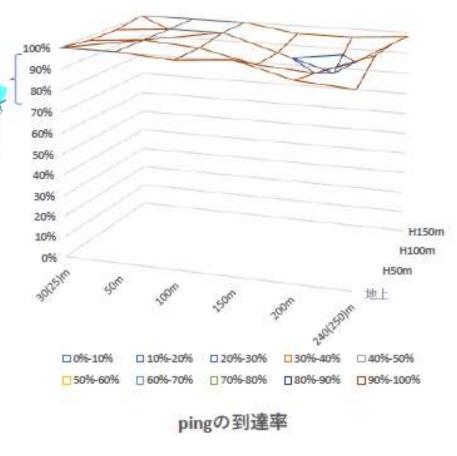
# 遅延・パケットロスの計測(Ping試験)のまとめ

#### pingの到達率

上空は見通し内の良好な伝搬環境のため、11n/2.4GHz帯の通信ではパケットロス(MACリトライアウト)が殆ど発生しない結果となった。

地上には茂みがあるため、距離増に伴いパケットロスが若干増加する傾向が見られた
 ※地上データのみ3/26計測値



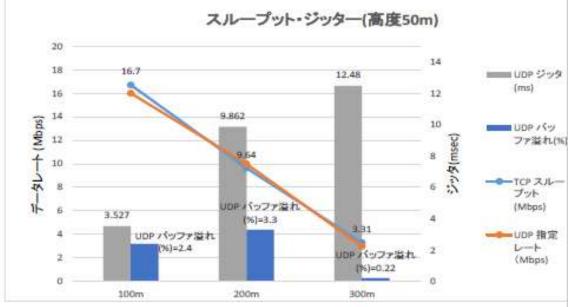




# スループット・ジッターの計測 (iPerf試験)

- ドローン用途には様々な周波数パンドや無線通信方式が利用可能
- そこで、MCPC/JASAでは、ユースケース毎に定義された QoSを満たす様に通信チャネルを切替える仕組みを提唱(SIP 的縮退)
- 横須賀ドローンフィールドにてジッタ、送信パッファ溢れ を一定範囲に押さえるよう送信レートを制御するシミュ レーションを実施した(右図)
  - ➤ ドローンと基地局間の距離が伸びるに従いスループット は低下。データレートを絞ることでジッター、パッファ 溢れが一定範囲内に抑えられることが確認できた(右下 グラフ)。
  - ➤ 例えば、FPV画像転送において電波環境が良い時は高画 質、悪い時は画質を下げ遠隔操縦可能な画像転送をキー プするようなユースケースに相当。
  - 通信方式は2.4GH z アンライセンスパンド&次世代Wi-Fi 方式のIEEE 802.11axを使用。干渉に強く、ドローン毎に 専用チャネルを割当てることが可能。
- 今回は手動で切替を行ったが、ドローン用通信プラット フォームでは自動切替を実装を計画中。下記のようなパリ エーションの制御を検討する:
  - [無線通信方式の切替] アナログ方式, 無線LAN, LPWA(LORA, SigFox), モバイル通信方式(LTE等)
  - [周波数パンドの切替] アンライセンスパンド(73MHz, 920MHz, 2.4GHz), ライセンスパンド(169MHz, 2.4GHz, 5.7GHz), 事業者割当パンド
  - ▶ [パラメータの切替] ドローン通信用途に最適化したパワーコントロール、MCS切替、MIMO伝送モード





# 長崎県小値賀町での確認開始



### (動画)





### YRP LPWA テストベット



#### 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







# 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





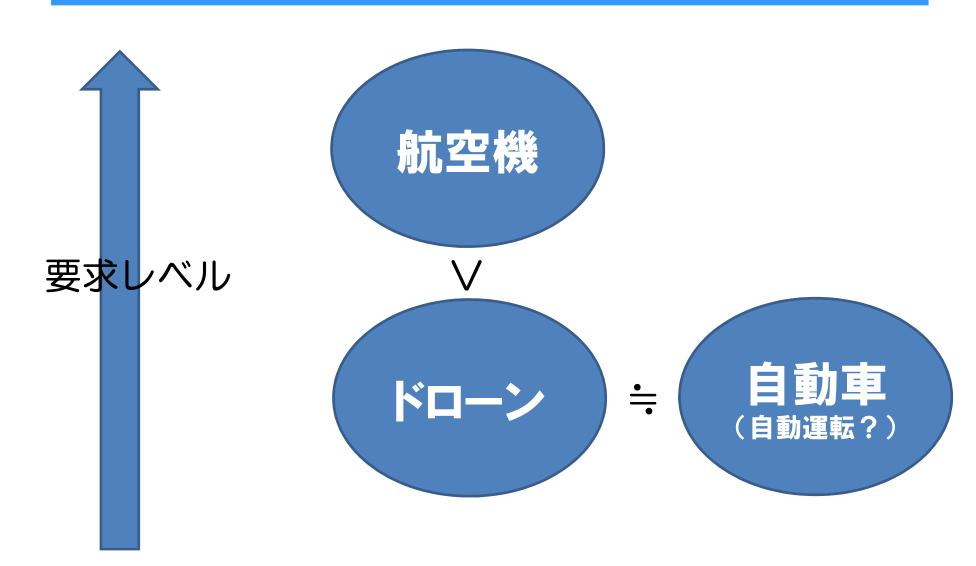


# 5. 今後の活動「機能安全」



# 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 発生頻度	簡単 (C1)	通常 (C2)	不可能 (C3)
	稀(E1)	<del></del>	<del></del> :	<del></del> -
軽傷	低(E2)		<u></u> -	-
(S1)	中(E3)	<del></del>	-	A
	高(E4)	_	Α	В
	稀(E1)	<del></del>	-	_
重傷	低(E2)		<u> (#27-5</u> 16)	A
<b>(S2)</b>	中(E3)	<del>,,,,,</del> );	Α	В
	高(E4)	A	В	С
	稀(E1)	<del>(1</del>	<del>17 - 1</del> 7	A
致命傷	<b>低(E2)</b>	<u>(42 –</u> 45)	Α	В
(\$3)	中(E3)	A	В	C
	高(E4)	В	C	D

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



# 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。

216		Cl	C2	C3
	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
51	E3	QM	QM	Α
	E4	QM	Α	В
	E1	QM	QM	QM
63	E2	QM	QM	A
52	E3	QM	Α	В
	E4	A	8	С
	E1	QM	QM	Α
c2 [	E2	QM	Α	В
53	E3	A	В	C
	E4	В	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	0.
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 <sup>1</sup> 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 Fail-Ope 簡易 (F1) 車載並 (F2) 必須 (F3)

危害度	制御難易度 発生頻度	簡単 (C1)	通常 (C2)	不可能 (C3)
	稀(E1)	-	-	_
軽傷	低(E2)	_	_	_
軽傷 (S1)	中(E3)	_	_	A
	高(E4)	_	A	В
	(A)(C4)		^	

ASIL-A → D-SIL-1

ASIL-B → D-SIL-2

この定義は

ASIL-C → D-SIL-3

仮置き

ASIL-D → D-SIL-4



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

L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
	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
小口輸送	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
	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
空撮	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)
21 2022	見守り	高い	平地	D-SIL-4	
データ取集	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
	定期航路	高い	山間部・海・平地	D-SIL-4	
点検	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



### 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、JASA)が有します。 JASA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JASAが占有します。 その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。

