

「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ArduPirotを活用した ドローン自作レシピの紹介~



2018年11月15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

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





- サービス紹介 ・PLCの見える化 IoTゲートウェイ
 - Linuxインテグレーション
 - ROSを活用した自動運転





(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

I:モノの強みを活かしたアプローチ、

等

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」 236万人

②「生み出す・手に入れ<u>る」</u>(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「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りための 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

将来的には、戦略4分野におけるプラットフォーム同十の連携の可能性(例えば、「食」)

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

好個蒙生み出すベンチャーエコシステムの構築

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

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

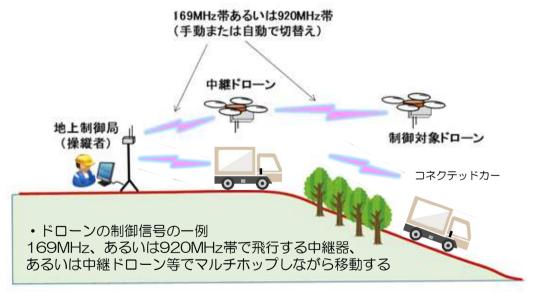
- 日系自動車OEMの世界シェア3割から生み出される運転制御・カメラ情報等の多様なリアルデータ、自動走行に必要な認知・判断・操作技術に係る日系サプライヤのグローバルな存在感など、課題解決への貢献に必要なリソースを日本は有しており、ひいては経済成長につながるポテンシャルを有している。ドローンについては、防災・物流など明確な出口分野が国内に存在。
- 日本がいち早く課題解決に貢献していくため、取得可能なリアルデータを元に、(i)自律的なエッジ(自動 走行車・隊列走行車・ドローン等)を実現し、エッジを最適運用し、いち早く社会実装して移動サービスモデルを確立するための(ii)基盤となるシステム・インフ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





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

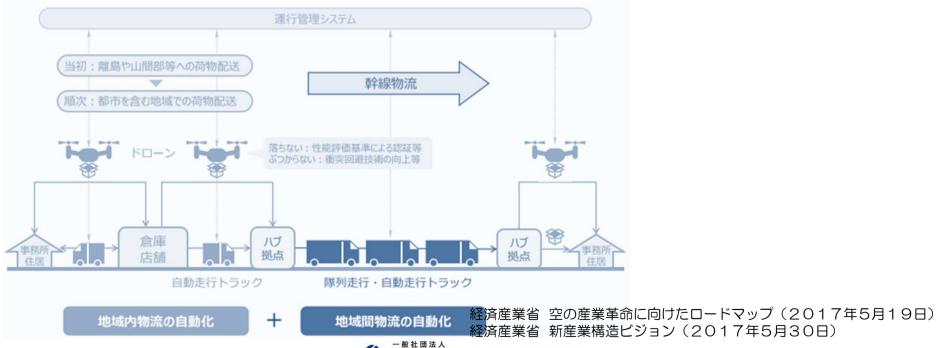
レベル2 目視内飛行(操縦なし)

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~ レベル3 無人地帯での目視外飛行 レベル4 有人地帯での目視外飛行 利 レベル1 目視内での操縦飛行 活用 離島や山間部への荷物配送(補助者なし) 都市の物流、警備 (第三者上空) レベル2 目視内飛行(操縦なし) • 被災状況調査、捜索 等 発災直後の避難誘導等 2019 2020~ 2018 ドローンにおける 日本の立ち位置 補助者の配置なしに同等の安全性 目視代替機能の安全性・信頼性の向上 離島への荷物配送 技術開 統合UTMの開発 RTFでの 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 飛行実証 衝突回避 電波、光波センサ等の開発 センサ統合技術の開発 発 Ⅱ 第三者に対する安全性の確保 落ちない/落ちても安全を目指し、 信頼性の確保 ● 機体や通信の信頼性、耐環境性等 • 高い信頼性を確保 第三者に対する更なる安全性の向上 ii 危害の抑制 人や物件への危害を抑制 等 異常時の安全機能、衝突安全性等 機体、飛行させる者や体制に係る基準の明確化 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 運航管理(UTM)に関するルール 操縦者や運航管理者の資格制度 合同検討会の設置 第三者上空飛行等に求める要件の検討 機体の認証・識別・登録に係る制度 機体の性能評価基準の策定 RTFにおける性能評価、国際標準化 第三者ト空飛行等に係る審査要領の改訂 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 事故の義務報告制度、被害者救済ルール 自動飛行の事故責任等 レベル4に向けた実証 レベル3に向けた実証 実証環境の整備 証環境 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)

※ 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)



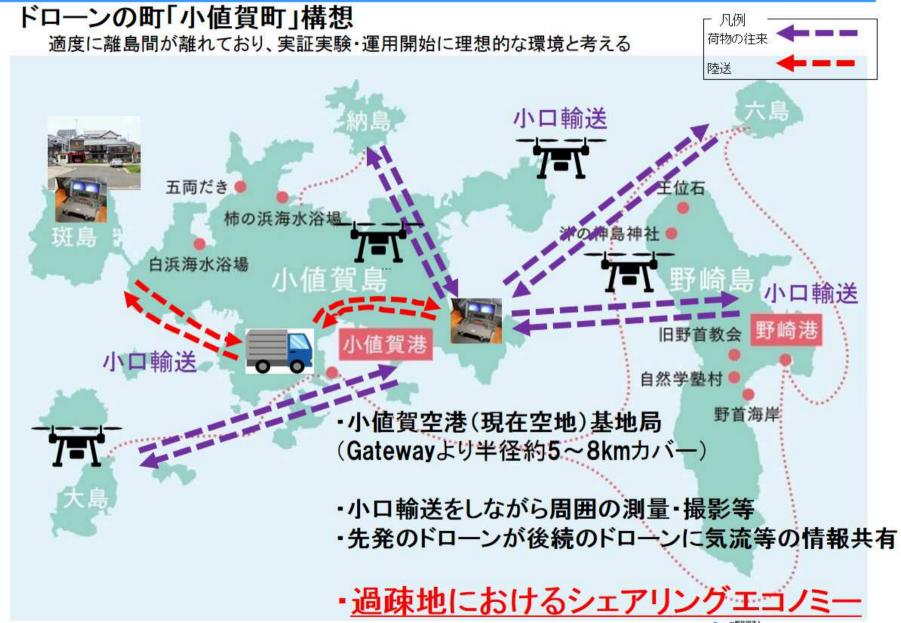




メンバーの出身地で実証実験が可能、かつ、絶妙な大きさの島を発見!

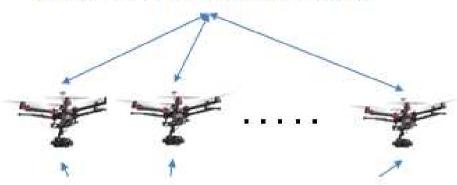
ドローン が活躍する小値賀町(最終イメージ)





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

各地の離島にGWを配置





- 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





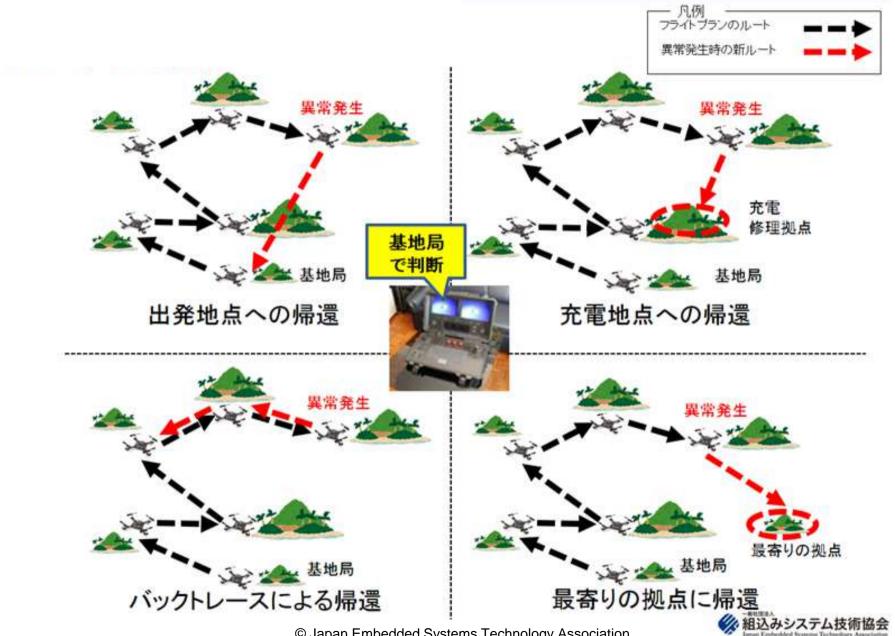


JASA Drone GateWay 通信距離50km実現 (Open Source)

© Japan Embedded Systems Technology Association

ウェイポイントの設定と機体の状況把握



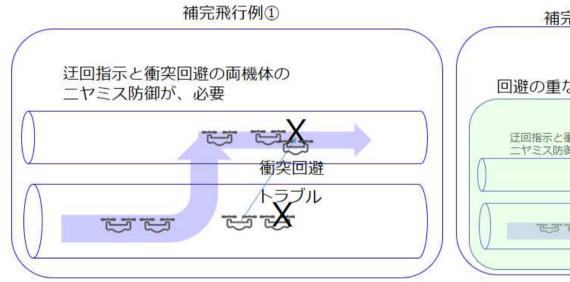


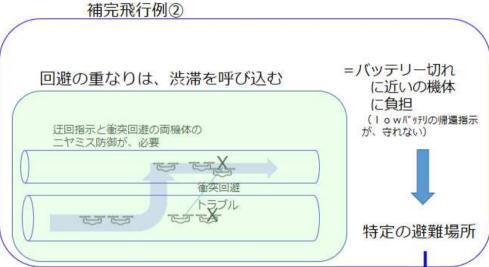
ドローンが渋滞するとどうなるか?



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。



運行管理・航路設計の必要性



3D航路の設定について(デモ動画)













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)

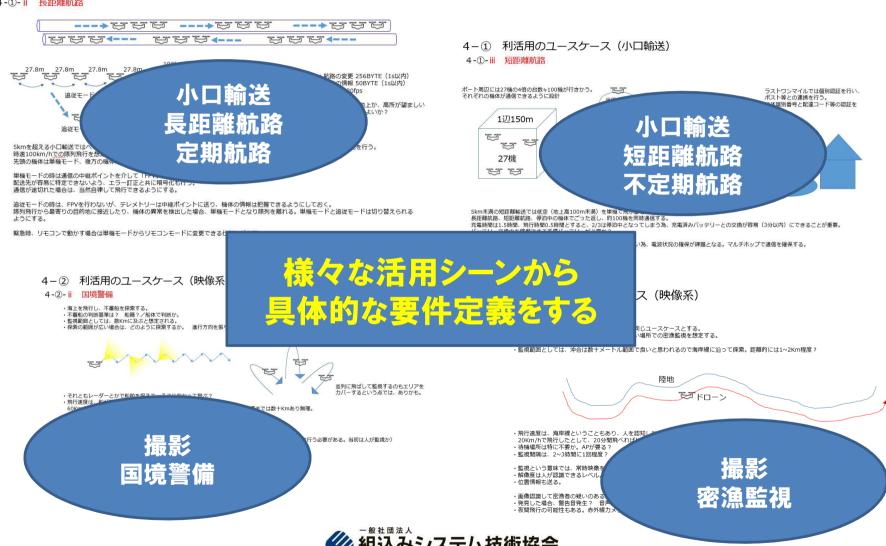


利活用のユースケースの具現化



4-1 利活用のユースケース (小口輸送)

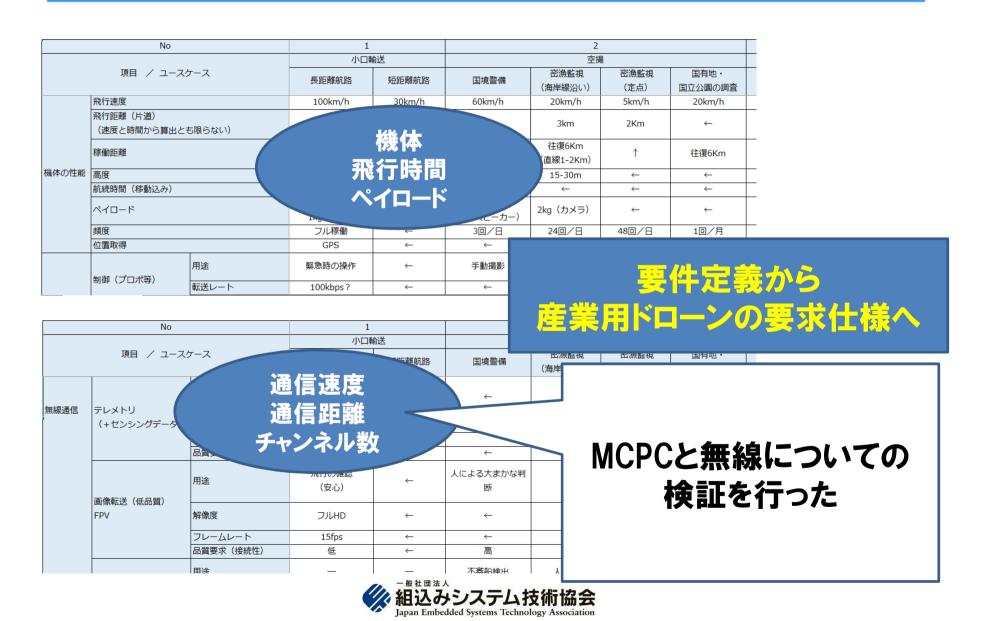




Japan Embedded Systems Technology Association

機体・無線等の要件(スペック)定義へ













(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

(2018年3月~4月)



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







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&夕刊、写真を出来る範囲でアプリとして実現

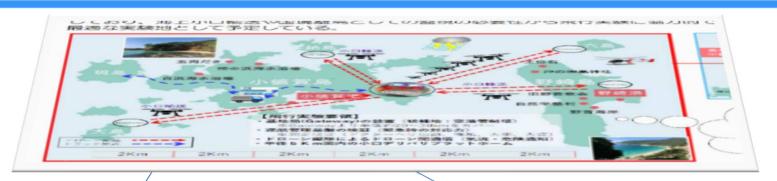
(離島の小口輸送・タイムラグなく新聞が届く、漁場写真が確認できる。 これを、もう少し 島民が ピンとくる 言葉に 直して 実検証に臨む)



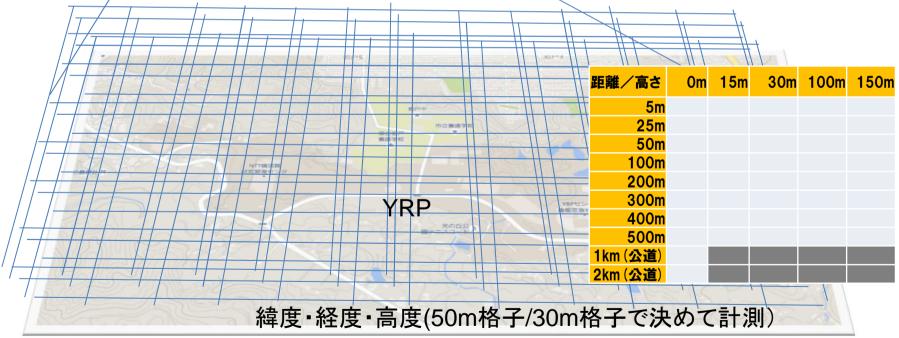


11ax/11nの無線の特性を確認





空間を格子上に分割して基礎特性を把握





基礎情報取得/静的確認(単機)

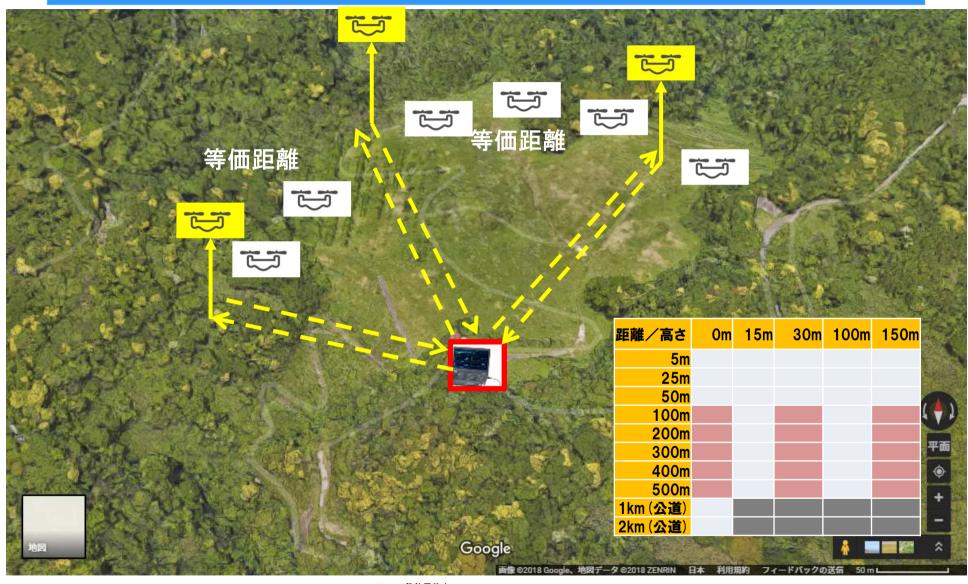






動的確認(3機飛行、7機地上に設置)







3/26、27 地上の基礎データの取得



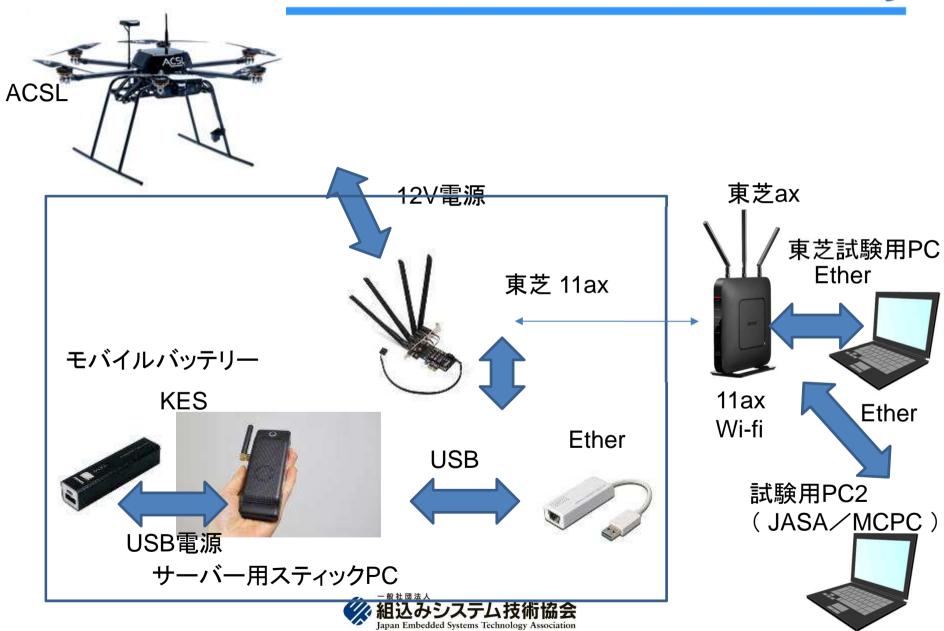


YRPの提案で候補地にしていたが、 事情により実験不可



スループット確認



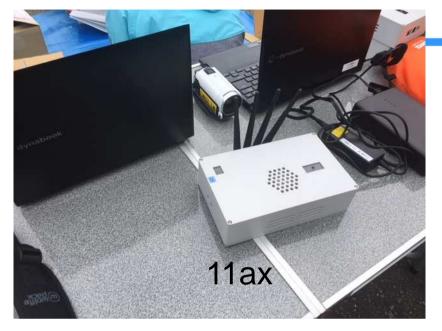


4/17 ドローンによる11ax、11n無線の確認





© Japan Embedded Systems Technology Association







ドローンに搭載



余談 当日は3機が同時飛行





© Japan Embedded Systems Technology Association

横須賀ドローンフィールドを活用した無線の試験



(動画)







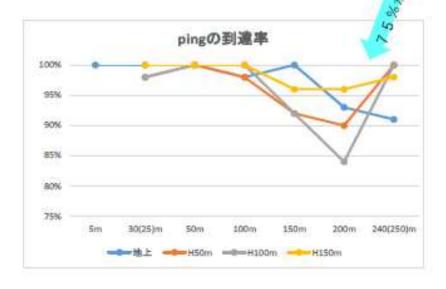


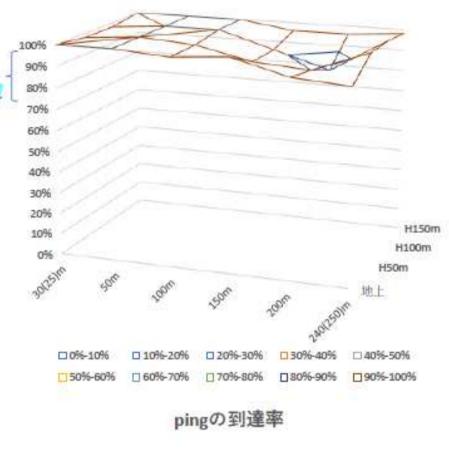
遅延・パケットロスの計測(Ping試験)のまとめ

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



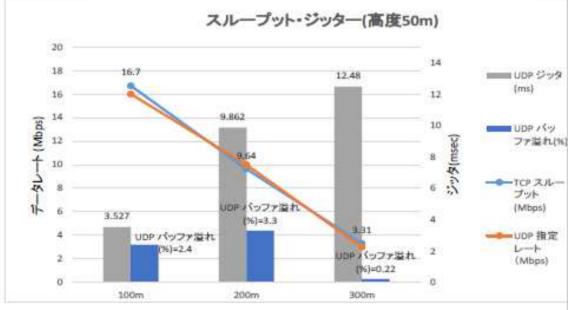




スループット・ジッターの計測 (iPerf試験)

- 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ェ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)







MCPC レポート ドローンのマルチュースについて







小値賀町での検証

①マルチユースによるリーズナブル化 (複数の役目の基礎試験)

今回

通信での情報提供:Wi-Fiでのアプリ通信試験+映像:空撮+小口輸送:町役場の地元広報+複数機での航路活用:往復フライト試験。

下図の目標に対して、今回はそのスタートとなる計測を実施。

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)
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
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
4. 複数機での航路 活用	往復フライト 試験	往復航路、登坂車線的復路活用 オープンソースでの協調フライト





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	Wi-Fiでのアプリ	用途ごとのアプリ通信			
提供	通信性試験	(静止、すれ違い通信、リレー他)			

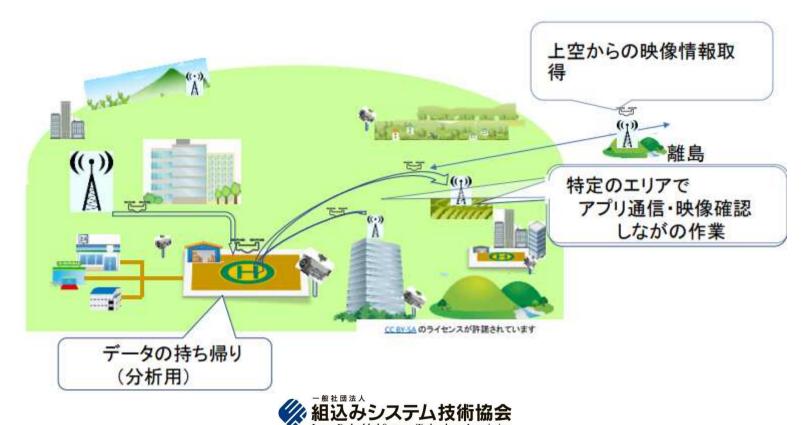
検証シーン ドローンポートや特定通信エリアの上空飛行においての アプリの通信をする。ドローンポートでは、ソフトの入 れ変え、上空では計測情報を受信と今後の作業指示。





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			







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、登坂車線的復路活用 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











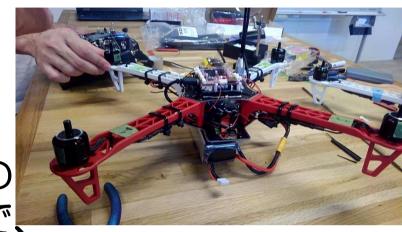
5. オープンソース(ArduPirot) を使ったドローンのレシピ



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ことで、 開発エンジニアを育てる









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





金沢工業大学での自作



自作ドローン作成動画





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。 企業や学生に作り方を広め、裾野の拡大をしたい。

3. 更なるドローンの要件定義作成へ

長崎県 小値賀町のプロジェクト向けに要件定義を進めていた。 様々なドローンの活用シーンを多数の団体からヒヤリングし、 組み込みシステム技術者の立場からの要件定義のまとめを行いたい。 日本のドローン産業に貢献したい。



近々の活動

用途

転送レート

制御(プロポ等)



	No			1		2			
			小口輸送		空撮				
		項目 / ユースケース		長距離航路	短距離航路	国境警備	密漁監視	密漁監視	国有地・
				这些种物心。	750LE内E机/LICT	国况言/#	(海岸線沿い)	(定点)	国立公園の調
		飛行速度		100km/h	30km/h	60km/h	20km/h	5km/h	20km/h
		飛行距離(片道)		4 501	0.1.0.51	4.01	21	214	
		(速度と時間から算出とも限らない)		1∼50km	0.1~0.5km	10km	3km	2Km	←
		稼働距離		^	Δ.	() /=201/	往復6Km	Λ	往復6Km
		1787里0世 百世		T	 -	往復20Km	(直線1-2Km)	1	仕後okm
	機体の性能	高度		100-150m	15-30m	20-150m	15-30m	←	←
		航続時間(移動込み)		60分	10分	20分	←	←	←
		パイロード 頻度 位置取得		10kg(荷物)	←	2kg(カメラ)			
				1kg (Box)		1kg(スピーカー)	1		
				フル稼働	←	3回/日]		
				GPS	+			_ ^ >0	\
					(_ /())

緊急時の操作

100kbps?

ドローンの要件定義を行う 活動を推進していく

	No		1							
	項目 / ユースケース		小口輸送							
			長距離航路	短距離航路	国境警備	産業に貢献		計する		
			飛行状態モニタリン						W 7 8	
			用途	グ	←	←				
	無線通信	テレメトリ		アラート通知						
ſ		(+センシングデータ)	転送レート	100kbps	←	←	←	←	←	
			遅延時間							
	品質要求(接続性)		高	←	←	中	←	←		
			用途	飛行の確認 (安心)	←	人による大まかな判 断	←	←	飛行の確認 (安心)	
	画像転送(低品質) FPV 解像度 フレームレート 品質要求(接続性)		解像度	フルHD	←	←	←	←	←	
			フレームレート	15fps	←	←	←	←	←	
			低	←	高	←	←	低		
			用涂	_	_	不寒船烽虫	人榆出	不審船	撮影	





【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~

2018/11/15 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。

