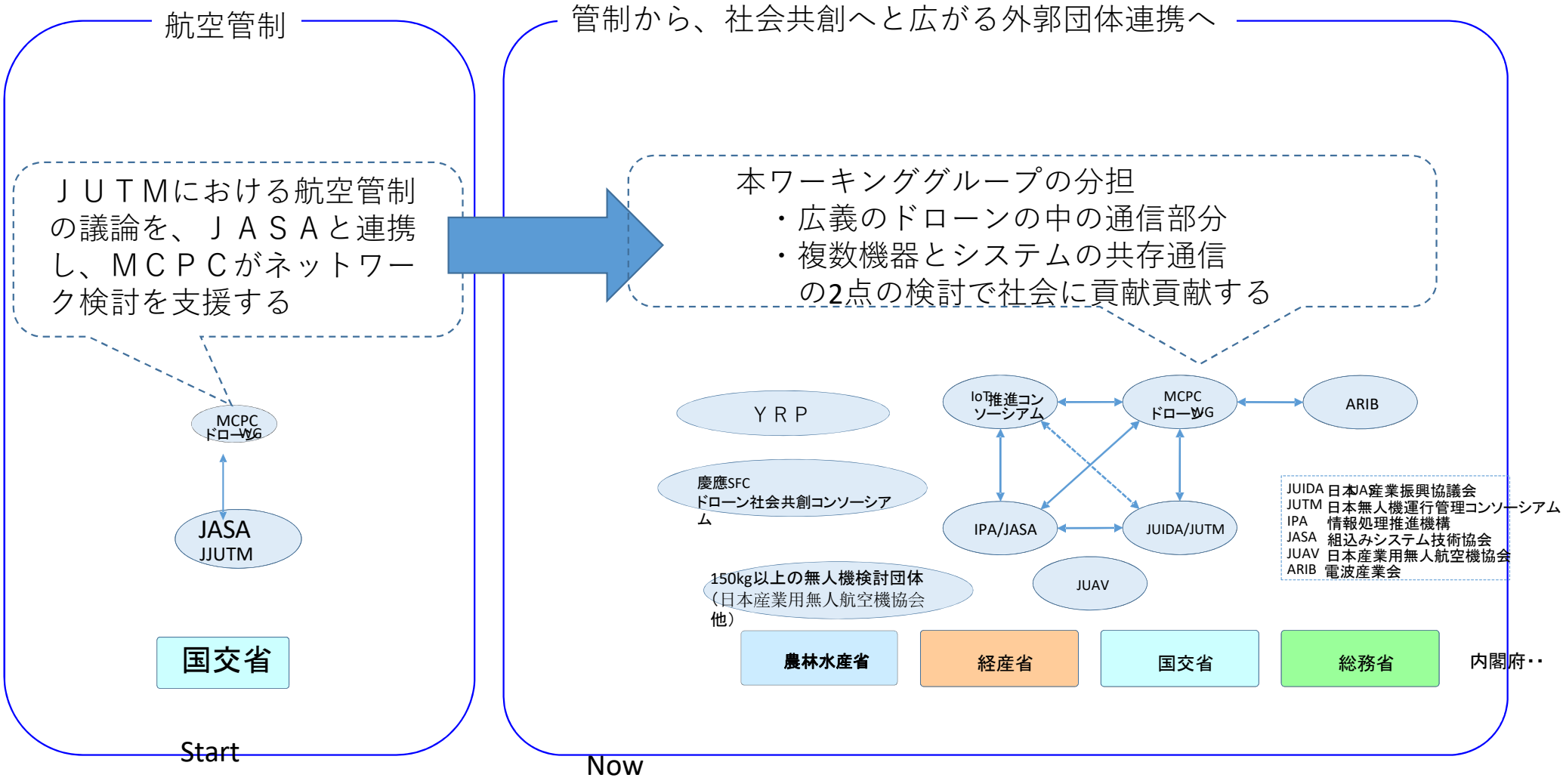
JASAさまとの連携での MCPCドローンWGにおける 通信方式の検討へむけて

2017年11月22日

MCPCドローンWG

技術検討整理


航空管制
ＪＵＴＭにおける航空管制の議論を、ＪＡＳＡと連携し、ＭＣＰＣがネットワーク検討を支援する
MCPC ドローンWG
JASA JJUTM
国交省
Start
管制から、社会共創へと広がる外郭団体連携へ
本ワーキンググループの分担
・広義のドローンの中の通信部分
・複数機器とシステムの共存通信
の2点の検討で社会に貢献貢献する
ＹＲＰ
IoT推進コンソーシアム
MCPC ドローンWG
ARIB
慶應SFC ドローン社会共創コンソーシアム
IPA/JASA
JUIDA/JUTM
JUAV
150kg以上の無人機検討団体（日本産業用無人航空機協会他）
JUIDA 日本UA産業振興協議会
JUTM 日本無人機運行管理コンソーシアム
IPA 情報処理推進機構
JASA 組込みシステム技術協会
JUAV 日本産業用無人航空機協会
ARIB 電波産業会
農林水産省
経産省
国交省
総務省
内閣府・・
Now

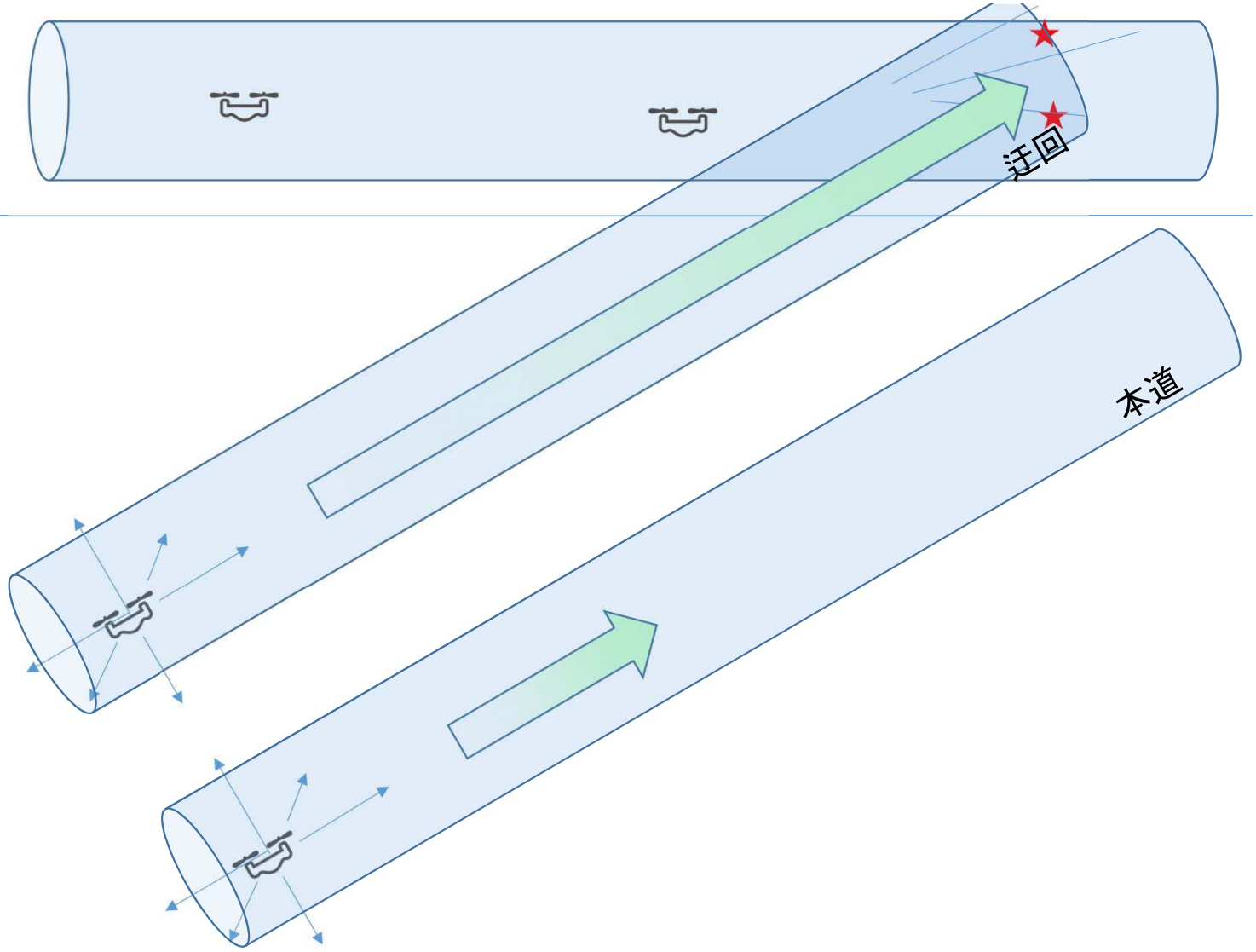
JASA様との連携にてのEC展活動

JASAさま検討
ー＞右側4枚にMCPCも入れていただける状態へ

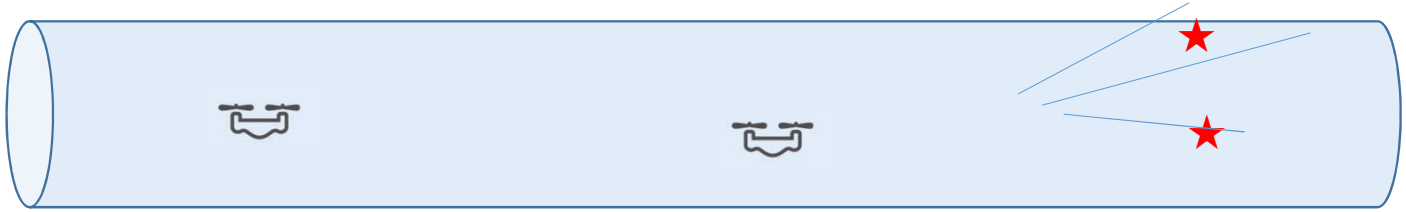
広域試験場をMCPCへ
ー＞それを、JASAさまjへ

速度の異なるものの共存システム

JASA様



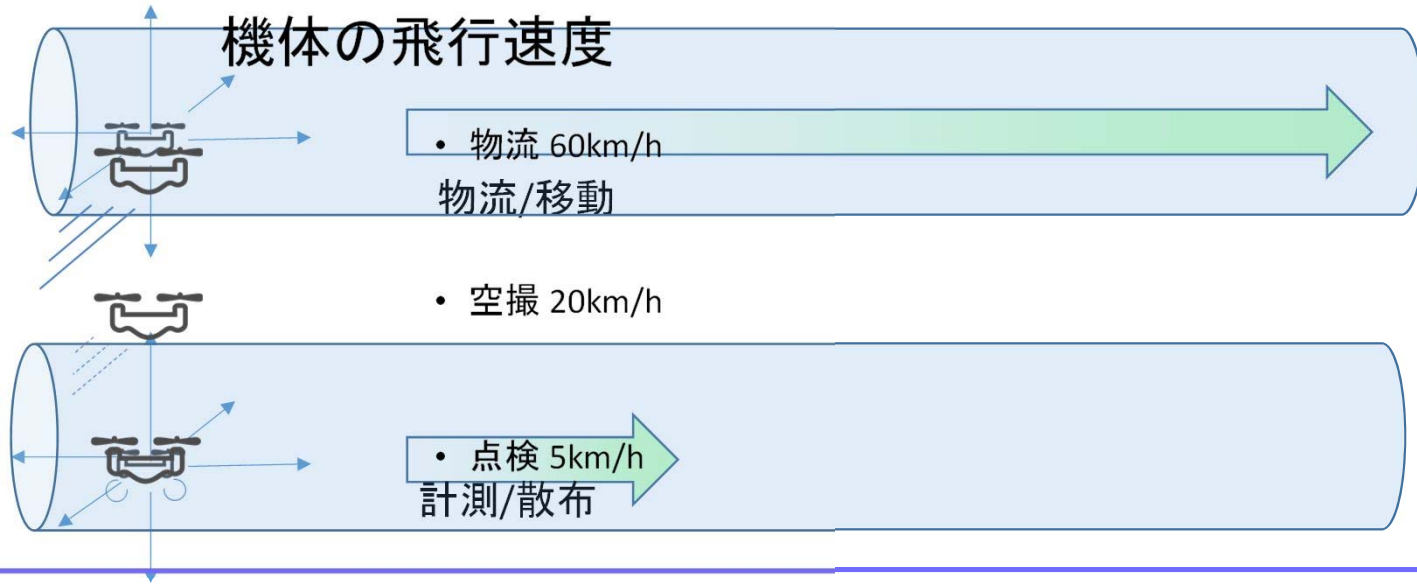
速度の異なるものの共存システム



JASA様

速度の異なるもの
の共存システム

JASA様



SIP（WEB会議的）通信技術の利用　“通信内容＋帯域”の分離（面）

制御　　：低い周波数を優先的に利用　（　距離　＋　移動、回り込み　対策）

アプリ通信：高速共有帯域を優先的に利用　（　通信　＋　蓄積　対策）

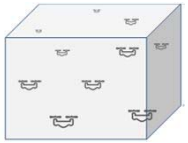
待機切断　：運行時以外も管理/ﾌﾟﾚｾﾞﾝｽ　（　通信可＋　通信不可　対策）

3－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③- i　機体の飛行速度

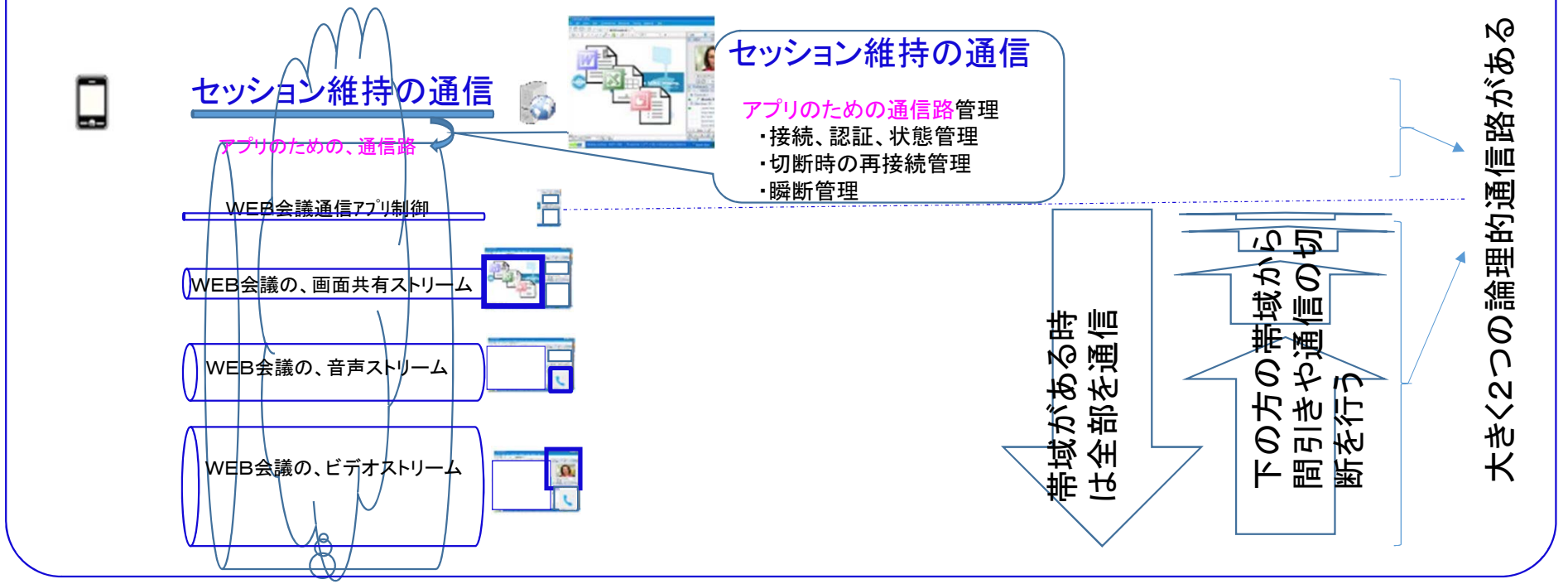
使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

150mの立方体で、27機と想定



込み合う中での通信制御例

例SIP



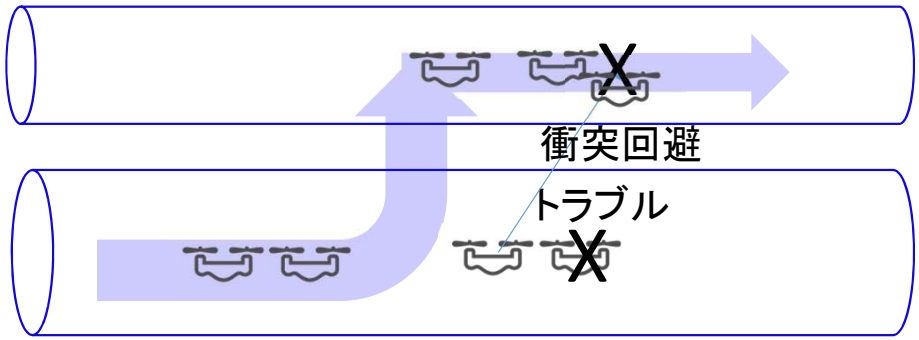
3ー③ MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-iii 通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

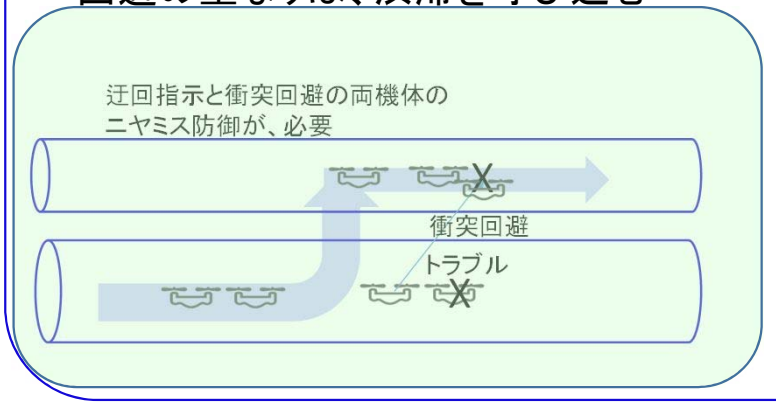
補完飛行例①

迂回指示と衝突回避の両機体の
ニヤミス防御が、必要



補完飛行例①

回避の重なりは、渋滞を呼び込む



＝バッテリー切れ
に近いの機体
に負担
(lowﾊﾞｯﾃﾘの帰還指示
が、守れない)

特定の避難場所

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。

参考情報

ロボットに利用されている主な無線通信システム

無線システム名称 /無線局種	周波数帯	送信出力	伝送速度	利用形態	無線局 免許
ラジコン操縦用微弱無線	73MHz帯等	※1	5kbps	操縦	不要
特定小電力無線局	400MHz帯	10mW	5kbps	操縦	不要 ※2
特定小電力無線局	920MHz帯	20mW	～1Mbps	操縦	不要※2
携帯局	1.2GHz帯	1W	(アナログ方式)	画像伝送	要
小電力データ通信システム	2.4GHz帯	10mW/MHz (FH方式は3mW/MHz)	200k～54Mbps	操縦 画像伝送 データ伝送	不要※2
無線アクセス	4.9GHz帯	250mW	～54Mbps	画像伝送 データ伝送	要
小電力データ通信システム	5GHz帯	10mW/MHz	～6.93Gbps	画像伝送 データ伝送	不要※2
簡易無線局	50GHz帯	30mW	(アナログ方式)	画像伝送	要

※１：　500mの距離において、電界強度が200μV/m以下

※２：　免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る。

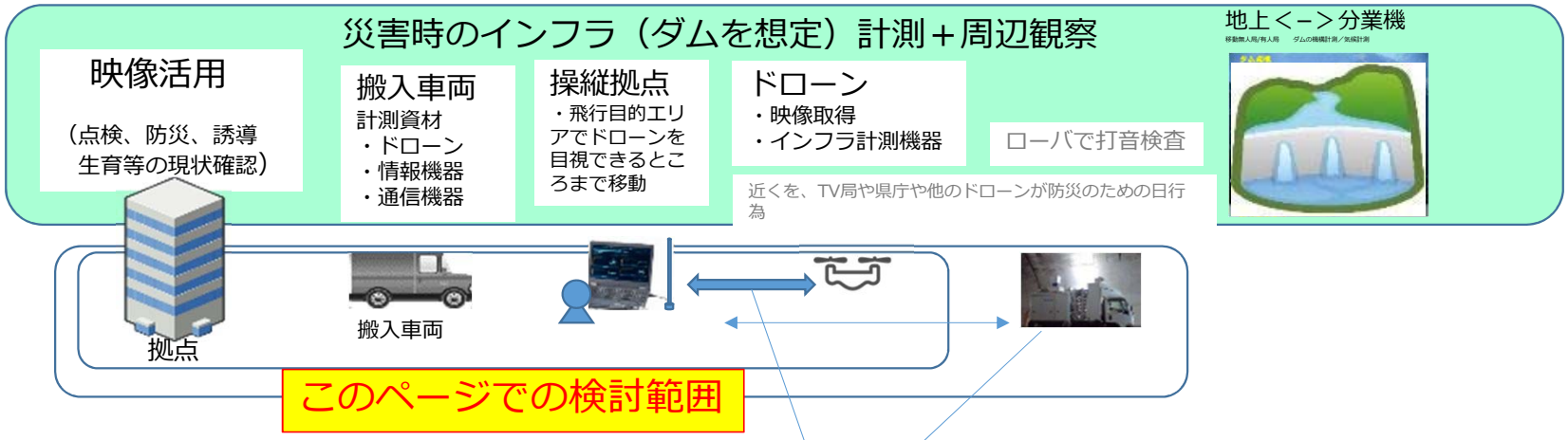
⇒　右図の「技適マーク」が表示された無線設備のみ使用可能である。

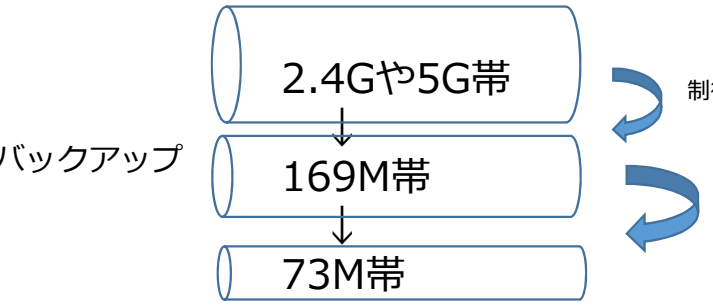
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

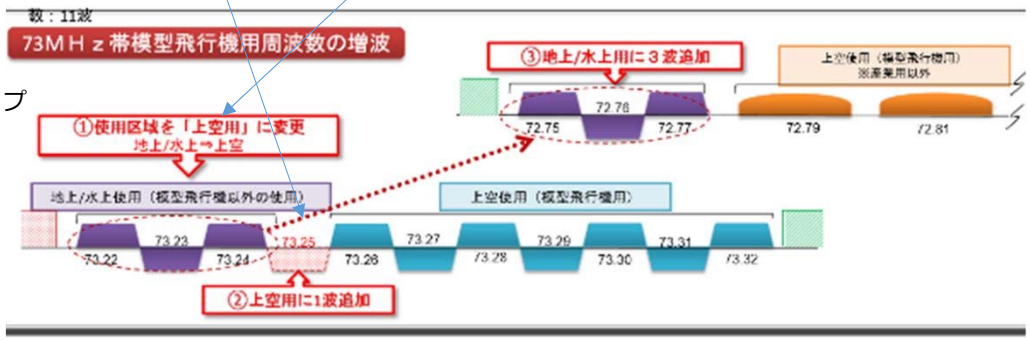
機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・





2重のバックアップ

制御用バックアップ

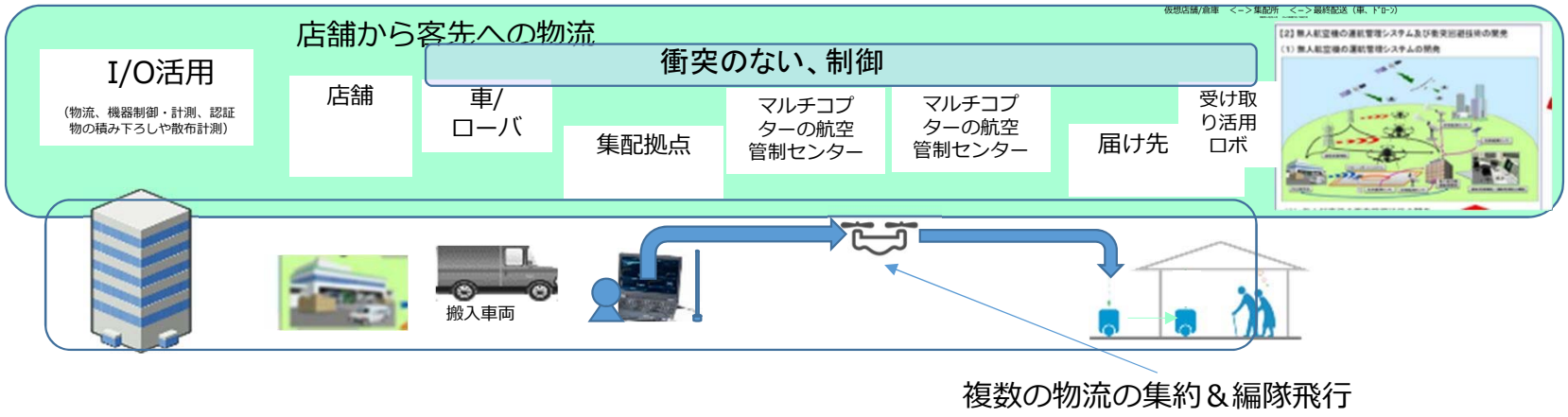


169.05～169.3975MHz 、169.8075～170MHzが厳しいとき、　さらにその先バックアップチャネルを使う仕様も検討に値する

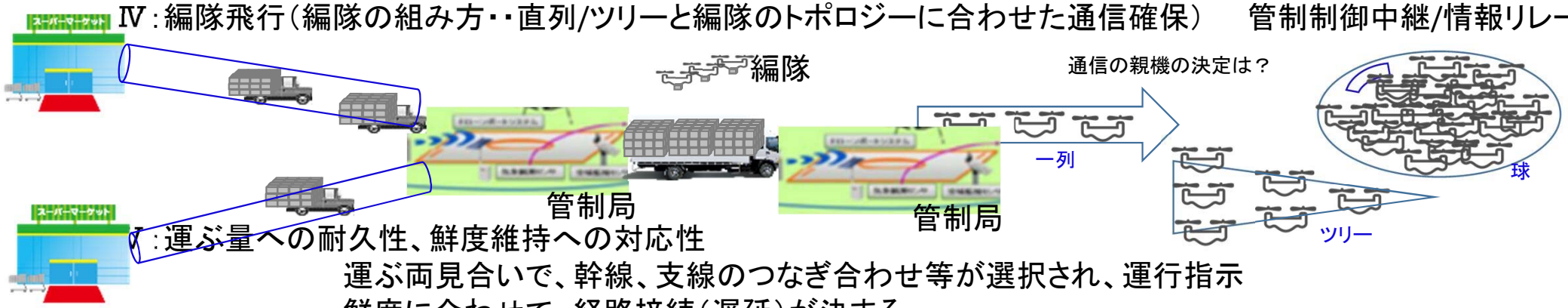
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3 -③- i ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



Ⅳ：編隊飛行（編隊の組み方・・直列/ツリーと編隊のトポロジーに合わせた通信確保）　管制制御中継/情報リレー



Ⅴ：運ぶ量への耐久性、鮮度維持への対応性

運ぶ両見合いで、幹線、支線のつなぎ合わせ等が選択され、運行指示

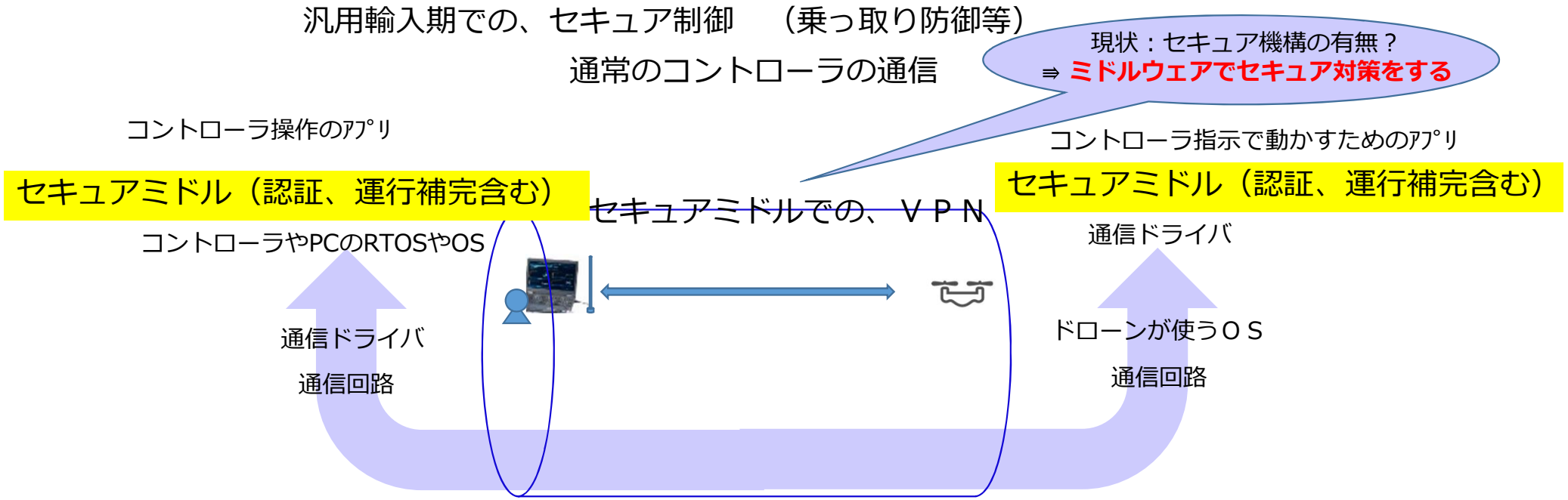
鮮度に合わせて、経路接続（遅延）が決まる

Ⅵ：編隊飛行と緊急搬送との共存

３－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

３-③-ⅲ　通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



補完飛行・・電波断での、飛行管理（ホバーリング、バッ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、OMA方式など

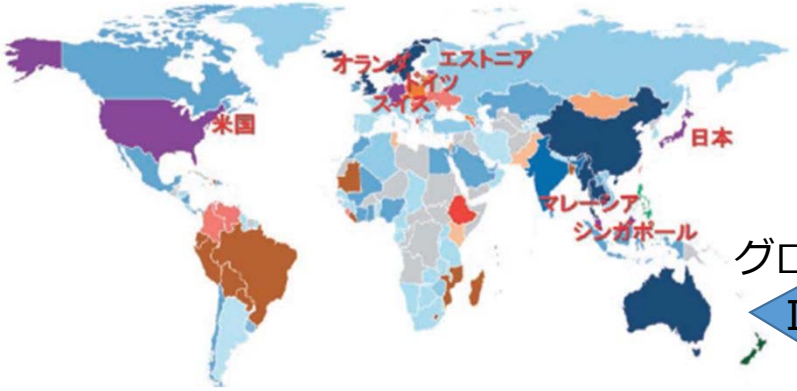
特定の避難着陸場所。　標準と仮定する機体のバッテリーで２５%の飛行間隔で用意、などのルールが必要。

3－①　総務省に割り当てられた周波数の活用共有についてガイドラインを作成
(その後ARIBなどで標準化、JASAでのオープンソース実装へつなげる)

本WGと、他の委員会との関係

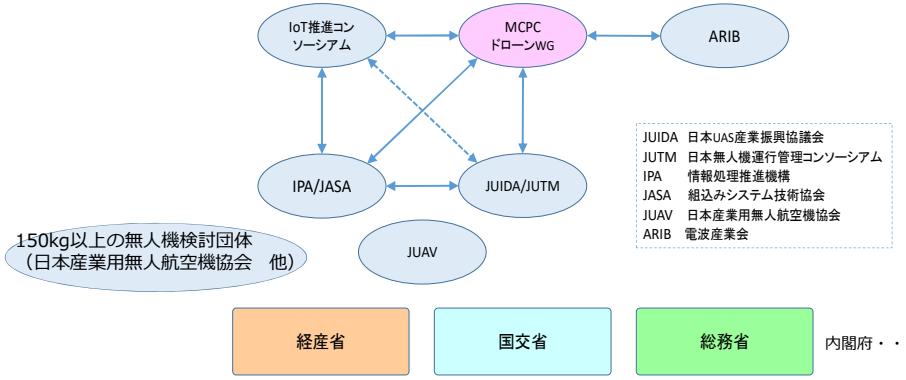
イメージ　ﾈｯﾄﾜｰｸ起点での技術標準の堀下げ
有るべき姿に対しての技術的整理　＝＞オープンソースとして提供する等役立つ部分を整理
＝＞MCPC幹事会の賛同＝＞行政との貢献度整合(試作するもの整合)　＝＞試作・公開

世界への貢献、グローバルな環境での日本の産業界進出貢献



グローバル提供
ITU/WRC他

そのための、標準答申・関係団体への情報提供・試作連携・方策連携

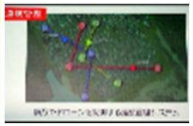


今後必要になる検討

共存飛行、気象など突発での計画変動、
中継での補完、災害時の助け合い飛行

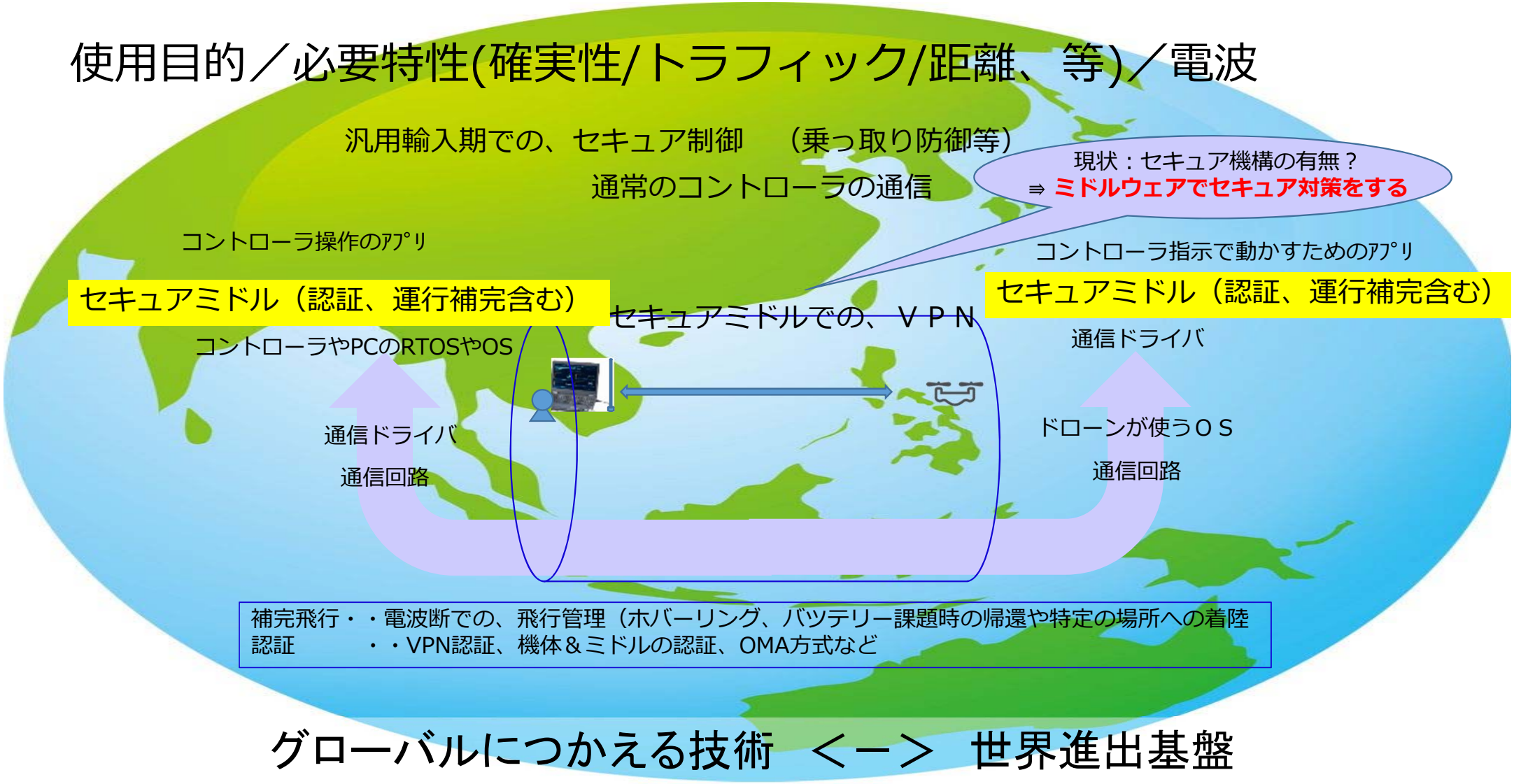
JUIDA　技術的課題　現状の検討例

項目	課題	対応
航法	・GPSの精度向上 ・GPS信号が捕獲できない状態での位置推定	・GBAS, SBAS(Ground and Satellite Based Augmentation System) ・画像処理技術
制御	・自律化 ・遠隔操作の確実性	・衝突防止 ・マンマシンインターフェース
機体	・長時間飛行 ・部品の信頼性	・バッテリー軽量化、燃料電池 ・認証技術
飛行環境	・風、雨への耐性	
通信	・画像伝送 ・リアルタイム、耐遮蔽性 ・視程外飛行	・デジタル伝送規格 ・新規格 ・自動飛行、衛星通信、携帯回線
安全対策	・通信電波、GPSロスト時の対応 ・故障時の対応	・緊急自動着陸 ・耐故障飛行制御



KDDI

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ



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 安心できるﾛﾎﾞｯﾄ（電波） 政策と活用環境整備	
経産省	新産業構造 ビジョン	移動革新 スマートサプライチェーン等 健康維持　生涯活躍 健康、医療、介護 暮らす 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ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ･ｲﾝﾌﾗの生産性と都市の競争力の向上	

本委員会で取り組むべき、シーン

		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 安心できるﾛﾎﾞｯﾄ（電波） 政策と活用環境整備
経産省	新産業構造 ビジョン	移動革新 スマートサプライチェーン等 健康維持　生涯活躍 健康、医療、介護 暮らす 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 たｽﾏｰﾄｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ･ｲﾝﾌﾗの生 産性と都市の競争力の向上

検討例

MCPCドローンWGにおける通信方式の検討状況

2017/09/25

MCPCドローンWG

目次

0　本日の趣旨（はじめに）
1　本WGの活動趣旨
2　検討をすすめる課題例
3　検討の推進状態
4　まとめ（確認事項）
5　その他

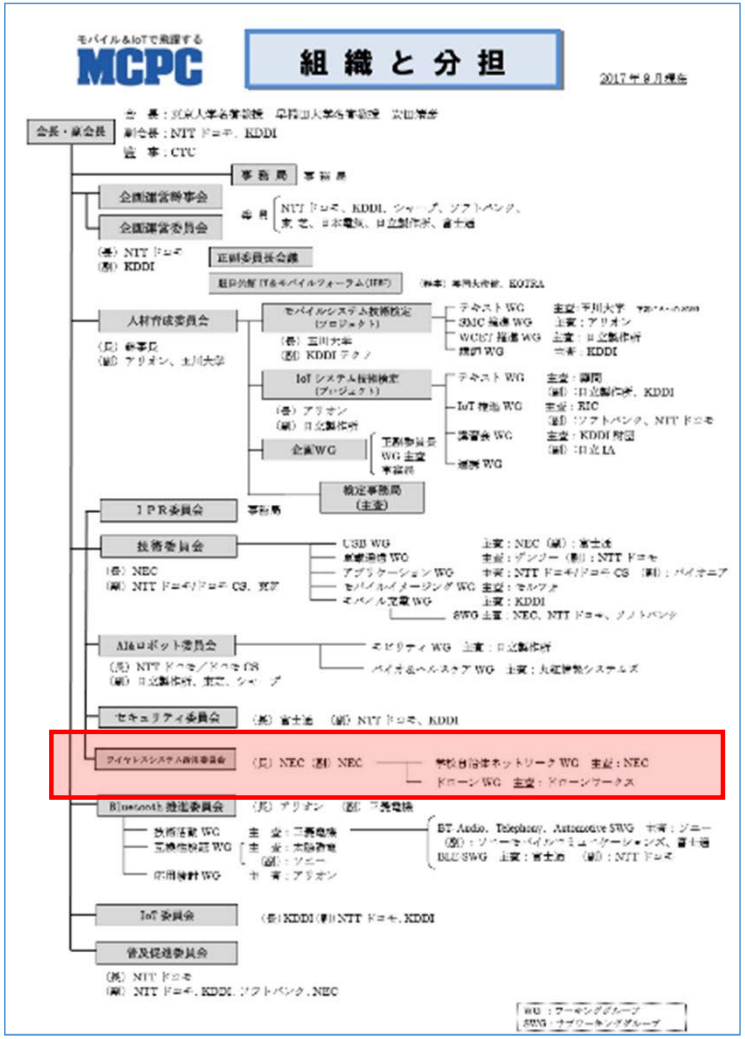
0　本日の趣旨(初めに)

- 2016年12月～2017年2月の会議で国交省と総務省ではJUTMで無線管理ワーキング（２）を作り無線と衝突回避、期待識別を担当する。と鈴木議長から伺った。
- それを受けて一月に訪問し、２月にJUTM幹部がMCPCを訪問。
- ２団体間で役割分担について概略合意。
（詳細はまだ決めていない）

- この状況に対してJUTMに対するMCPCの役割分担を説明する。

1　本WG（MCPCドローンWG）の活動趣旨

- **総務省に割り当てられた周波数の活用**
  - 共有についてガイドラインを作成
    (その後ARIBなどで標準化、JASAでのオープンソース実装へつなげる)
- **スケジュール感**
  - 上期：省庁で期待される利用シーンで重なりの大きい部分を抽
  - 下期：抽出したシーンは、複数の機器の連携。複数ベンダーの共存含めた素案を答申
- **MCPCの役割分担想定とアドバンテージ**
- **11月ET展(パイフィコ横浜)で活動内容をパネル展示**



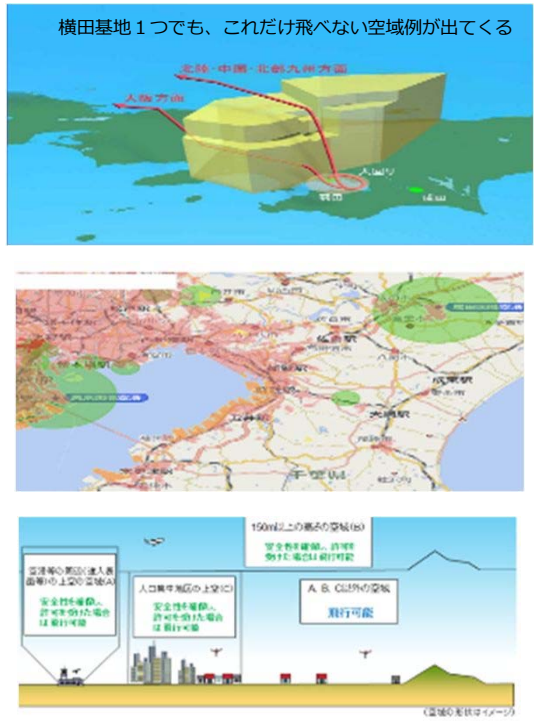
2　検討をすすめる課題例

無人機（マルチコプター、固定翼、ローバ・自動車、水中・水上、他）の組み合わせシーンが省庁系の利用シーンだった。ここでは、検討優先順位として　マルチコプター　をTopに置きつつ、ローバー、固定翼、水上・水中機、有人無人の自動車連携などの省庁シーンを実現する上での、通信に関する国際標準化への対応素案を検討する。

- 機体の飛行速度
- マルチベンダ機体の共存（密集度）
- 通信のセキュリティ
- 同一エリア内にどれだけの台数が同時運用できるか
- 同一エリア内での優先順位（緊急な航空部隊、一般物流用など）
- 集中空域（例えば、物流で東京湾エリア）での運行
- 災害などの緊急時の運行規制
  - 既存通信でのオープン性を持った助け合い（例；放送電波の共有相当）
  - 複数のサービス提供者の共存
  - 電波利用目的と電波特性にあった利用帯域の規定
  - 他電波への混信等の影響

利用シーンを構成する全体を意識しつつ、マルチコプターをTopとして検討

いろいろな飛行制限から、飛行申請するにしても、密集飛行地帯が生まれる

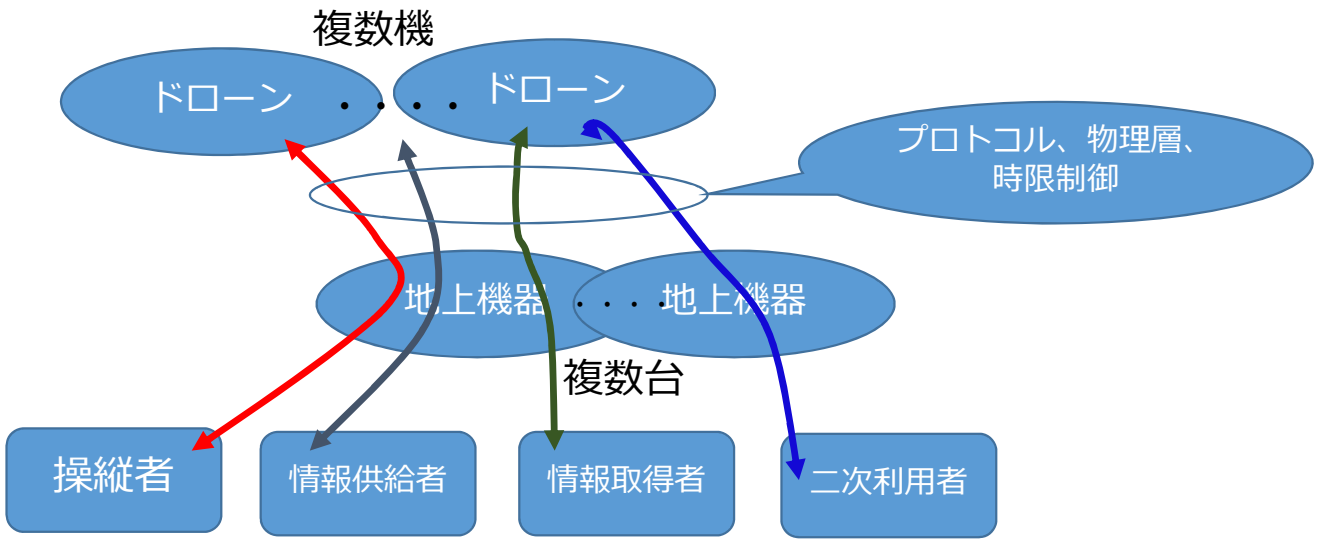


「通信」として見たときの「ドローン」

- 機体の飛行速度
- マルチベンダ機体の共存（密集度）
- 通信のセキュリティ
- 同一エリア内にどれだけの台数が同時運用できるか
- 同一エリア内での優先順位（緊急な航空部隊、一般物流用など）
- 集中空域（例えば、物流で東京湾エリア）での運行
- 災害などの緊急時の運行規制
  - 既存通信でのオープン性を持った助け合い
    （例；放送電波の共有相当）
  - 複数のサービス提供者の共存
  - 電波利用目的と電波特性にあった利用帯域の規定
  - 他電波への混信等の影響

＋

各アプリ毎、構成毎にどういうシナリオで考えているのか・・・



3　検討の推進状態

①総務省に割り当てられた周波数の活用

- 共有についてガイドラインを作成
  (その後ARIBなどで標準化、JASAでのオープンソース実装へつなげる)

②スケジュール感

- 上期：省庁で期待される利用シーンで重なりの大きい部分を抽
- 下期：抽出したシーンは、複数の機器の連携。複数ベンダーの共存含めた素案を答申

③MCPCの役割分担想定とアドバンテージ

④11月ET展(パイフィコ横浜)で活動内容をパネル展示

利用シーンを構成する全体を意識しつつ、マルチコプターを主として検討

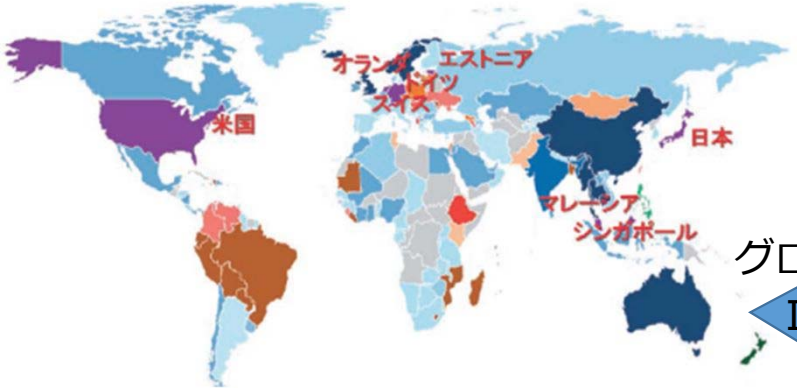
- 機体の飛行速度
- マルチベンダ機体の共存（密集度）
- 通信のセキュリティ
- 同一エリア内にどれだけの台数が同時運用できるか
- 同一エリア内での優先順位（緊急な航空部隊、一般物流用など）
- 集中空域（例えば、物流で東京湾エリア）での運行
- 災害などの緊急時の運行規制
  - 既存通信でのオープン性を持った助け合い
    （例；放送電波の共有相当）
  - 複数のサービス提供者の共存
  - 電波利用目的と電波特性にあった利用帯域の規定
  - 他電波への混信等の影響

3－①　総務省に割り当てられた周波数の活用共有についてガイドラインを作成
(その後ARIBなどで標準化、JASAでのオープンソース実装へつなげる)

本WGと、他の委員会との関係

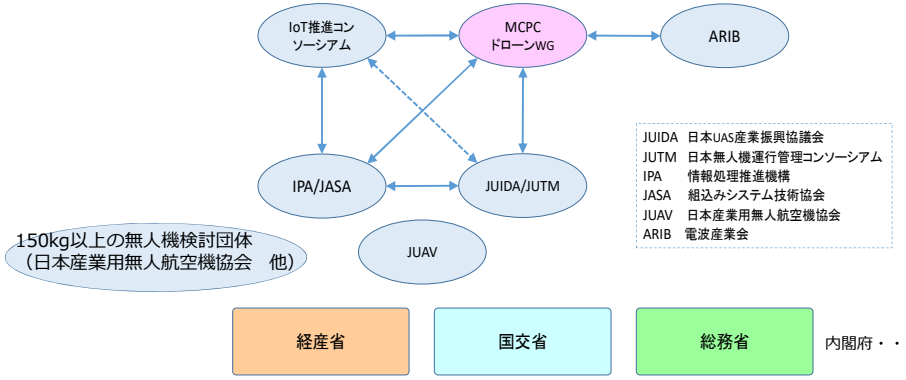
イメージ　ﾈｯﾄﾜｰｸ起点での技術標準の堀下げ
有るべき姿に対しての技術的整理　＝＞オープンソースとして提供する等役立つ部分を整理
＝＞MCPC幹事会の賛同＝＞行政との貢献度整合(試作するもの整合)　＝＞試作・公開

世界への貢献、グローバルな環境での日本の産業界進出貢献



グローバル提供
ITU/WRC他

そのための、標準答申・関係団体への情報提供・試作連携・方策連携

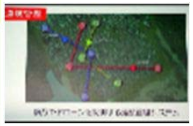


今後必要になる検討

共存飛行、気象など突発での計画変動、
中継での補完、災害時の助け合い飛行

JUIDA　技術的課題　現状の検討例

項目	課題	対応
航法	・GPSの精度向上 ・GPS信号が捕獲できない状態での位置推定	・GBAS, SBAS(Ground and Satellite Based Augmentation System) ・画像処理技術
制御	・自律化 ・遠隔操作の確実性	・衝突防止 ・マンマシンインターフェース
機体	・長時間飛行 ・部品の信頼性	・バッテリー軽量化、燃料電池 ・認証技術
飛行環境	・風、雨への耐性	
通信	・画像伝送 ・リアルタイム、耐遮蔽性 ・視程外飛行	・デジタル伝送規格 ・新規格 ・自動飛行、衛星通信、携帯回線
安全対策	・通信電波、GPSロスト時の対応 ・故障時の対応	・緊急自動着陸 ・耐故障飛行制御



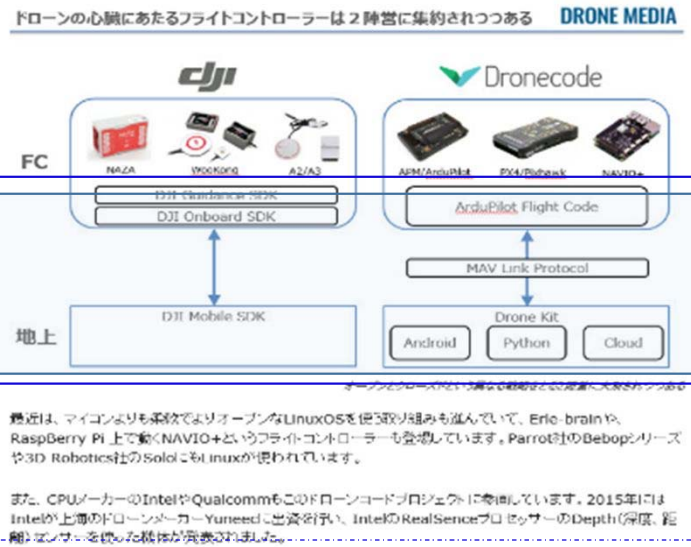
KDDI

3－①　総務省に割り当てられた周波数の活用共有についてガイドラインを作成
(その後ARIBなどで標準化、JASAでのオープンソース実装へつなげる：WG立ち上げ時の検討から引用)

本WGの分担想定

NWに絡む部分

ここ

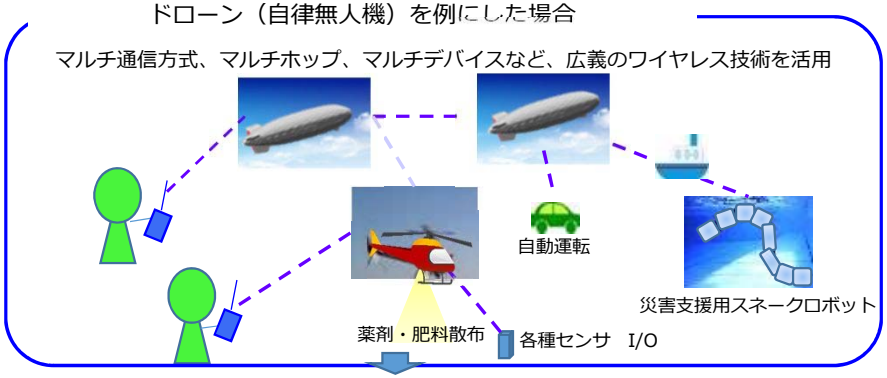


マシン搭載部分（HW,ﾄﾞﾛｰﾝｺｰﾄﾞはAI&ロボット、IoT側の想定

API,、通信の組み合わせ、ｼｽﾃﾑ動作（複数、速度）。
http://dronemedia.jp/open-source-drone-code/

・２つ以上の通信の使分け、共存、場合により片方のみの通信
①テレメトリング（位置情報）と②他の通信（映像や、計測）
・マルチホップ（５Kmなどでの中継）
・通信セキュリテイ(映像　アナログRTCのまま－＞再生できてしまう)
・航空管制　JUTM
衝突回避
電波干渉抑制
・マルチコプター以外の移動体への対応
海洋ドローン、ローバ　他、(今は、防災系のニーズが高い)
・海外との連携
海外の仕様をふくめて、海外へ出荷できること。

ドローン（自律無人機）を例にした場合



・２つ以上の通信の使分け、共存、場合により片方のみの通信
①テレメトリング（位置情報、向き、通信・状態）と②他の通信（映像や計測）
・マルチホップ（5Kmなどでの中継、密度毎管理）
・マルチベンダー通信制御（連携飛行、密度毎管理、飛行申請管理
既存機器活用＋丸ごとソフト入れ替え機器の共存）
・通信セキュリテイ(例：認証、連携（リレー）通信、映像ｱﾅﾛｸﾞNTSCのまま－＞再生できてしまう)
・運航管理：JAXA（UTMの知見）JUTM（海外動向）NEDO（未来都市目線の航空管理）
SJAC（衝突回避の知見、今年は次の課題検討へ）
衝突回避：飛行管制区間と、空港管制適用外の連携
電波干渉抑制（ﾄﾞﾛｰﾝ通信以外との共存共栄、連携・付加価値通信）
・マルチコプター以外の移動体への対応
海洋ドローン、ローバ　他、(今は、防災系のニーズ+普段活用が高い)
通信連携、荷物や情報の受け渡しルール、制御連携・同期
・海外との連携
海外の仕様をふくめて、海外へ出荷できること。

3－②　スケジュール感

上期：　省庁で期待される利用シーンで重なりの大きい部分を抽出

下期：　抽出したシーンは、複数の機器の連携複数ベンダーの共存含めた素案を答申

会員貢献

①MCPC会員の業務「AI/ソリューション革新など」への貢献
②MCPC会員の上記での社会貢献　（社会、国策ニーズに合致）
③新規会員獲得

この作業で整理

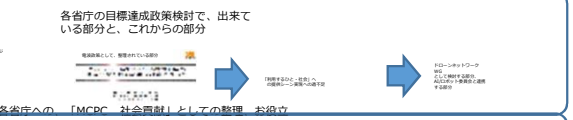
4月から7月の作業

全体の目標に対する省庁の目標

日本の持続的発展へむけて、各省庁のやりたい事を
代表的報告（再建策・抽出）から、下記ポイント整理
・政策的ポイント整理
・国内政策としてのポイント
・海外政策としてのポイント

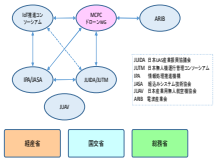
対象省庁の目標達成へむけた利用シーン（代表例１～２ケ）

対象省庁の目標達成政策検討進捗



技術検討整理

MissingRing



起点でのそれぞれのアクション期待を整理。
あわせて、MCPC会員へのドローンネットワークWGのアクションの貢献を説明

時系列/横線表

2017年度

4月ー＞6月	7月ー＞９月	１０月ー＞１２月	１月ー＞３月
MissingRing/ﾕｰｽｹｰｽ/を整理。関係官庁への挨拶・活動整合	NWとして検討すべきことを、ﾕｰｽｹｰｽ見合いで整理、其々のﾒｲﾝﾎﾟｲﾝﾄ整理	ｵｰﾌﾟﾝｿｰｽ試作などでの解決例試作11月末総会でシステムデモ‘4月3日会議では、IoT系、物流系の２つからそれぞれ1つで実際に役立つことを示したい。	海外展開での日本の勝と価値提供を整理 ⇒関係団体、省庁へ展開

全体の目標に対する
省庁の目標

やりたい政策確認

日本の持続的発展へむけて、各省庁のやりたい事を
代表的報告（再建策・抽出）から、下記ポイント整理
・政策的ポイント整理
・国内政策としてのポイント（総務省：総合国力政策、電波政策、防災・・
（国交省：飛行管制、次世代交通・・
・海外政策としてのポイント

総務省	日本再興戦略	ロボットの積極的活用で、日本の産業力、国際力を高める。それを実現する電波政策の提供。総合力の海外提供。
経産省	新産業構造ビジョン	移動（ヒト・モノ）、経済産業の生み出し入手（スマートサプライチェーン等）健康維持・生涯活躍、豊かな暮らし。その新産業の海外展開
農林水産省	ｽﾏｰﾄ農業政策等 ｽﾏｰﾄ1次産業	魅力的な農村の再構築 農林水産業・食品産業の発展 農林水産物の海外展開、ソリューション展開
国交省	ｉ ｺﾝｽﾄﾗｸｼｮﾝ	防災、社会インフラ維持、 人手不足や高効率化のｉｺﾝｽﾄﾗｸｼｮﾝの海外展開
内閣府	未来投資戦略2017 Society 5.0	移動（ヒト・モノ）革新、地方好循環、 健康革命、．世界に先駆けたｽﾏｰﾄｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ インフラの生産性と都市の競争力の向上

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 安心できるﾛﾎﾞｯﾄ（電波） 政策と活用環境整備	
経産省	新産業構造 ビジョン	移動革新 スマートサプライチェーン等 健康維持　生涯活躍 健康、医療、介護 暮らす 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ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ･ｲﾝﾌﾗの生産性と都市の競争力の向上	

本委員会で取り組むべき、シーン

		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 安心できるﾛﾎﾞｯﾄ（電波） 政策と活用環境整備
経産省	新産業構造 ビジョン	移動革新 スマートサプライチェーン等 健康維持　生涯活躍 健康、医療、介護 暮らす 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 たｽﾏｰﾄｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ･ｲﾝﾌﾗの生 産性と都市の競争力の向上

MCPCとしての、代表的な　省庁横断シーンの整理

社会がどうなればよい

共通項として想定

各省庁でのs抽出シーン、・・・

農業の場合
農業散布、積載物落下、私有地、風や日射の対策

物流の場合
ペイロード、固定経路、往路と復路、充電設備、自動着陸

測量の場合
精度、飛行速度、障害物検知と回避

撮影の場合
大容量映像撮影、確認映像の伝送

点検の場合
対象物との測距、低速安定飛行、画像伝送

修理の場合
ロボットアーム、対象物との測距

災害対応の場合

・
・
・
・

検討項目

（出てくるファンクション、達成すべきこと整理）

機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・

映像活用

（点検、防災、誘導
生育等の現状確認）

災害時のインフラ（ダムを想定）計測＋周辺観察

搬入車両
計測資材
・ドローン
・情報機器
・通信機器

操縦拠点
・飛行目的エリアでドローンを目視できるところまで移動

ドローン
・映像取得
・インフラ計測機器

ローバで打音検査

近くを、TV局や県庁や他のドローンが防災のための日行為

地上＜－＞分業機

I/O活用

（物流、機器制御・計測、認証
物の積み下ろしや散布計測）

店舗から客先への物流

店舗

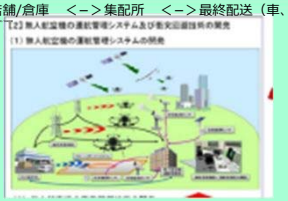
車/
ローバ

集配拠点

管制センター

管制センター

仮想店舗/倉庫　＜－＞集配所　＜－＞最終配送（車、ﾄﾞﾛｰﾝ）



3－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

利用シーンを構成する全体を意識しつつ、マルチコプターを主として検討

- ２つ以上の通信の使分け、共存、場合により片方のみの通信
  ①テレメトリング（位置情報、向き、通信・状態）と②他の通信（映像や計測）
- マルチホップ（5Kmなどでの中継、密度マイ管理）
- マルチベンダー通信制御（連携飛行、密度毎管理、飛行申請管理既存機器活用＋丸ごとソフト入れ替え機器の共存）
- 通信セキュリテイ(例：認証、連携（ﾘﾚｰ）通信、映像アナログNTSCのままー＞再生できてしまう）
- 運航管理：JAXA（UTMの知見）JUTM（海外動向）NEDO（未来都市目線の航空管理）SJAC（衝突回避の知見、今年は次の課題検討へ）
  衝突回避：飛行管制区間と、空港管制適用外の連携
  電波干渉抑制（ﾄﾞﾛｰﾝ通信以外との共存共栄、連携・付加価値通信）
- マルチコプター以外の移動体への対応
  海洋ドローン、ローバ　他、(今は、防災系のニーズ+普段活用が高い）
- 通信連携、荷物や情報の受け渡しルール、制御連携・同期
- 海外との連携
  海外の仕様をふくめて、海外へ出荷できること。

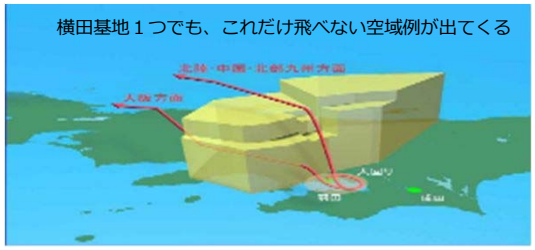
- 機体の飛行速度
- マルチベンダ機体の共存（密集度）
- 通信のセキュリティ
- 同一エリア内にどれだけの台数が同時運用できるか
- 同一エリア内での優先順位（緊急な航空部隊、一般物流用など）
- 集中空域（例えば、物流で東京湾エリア）での運行
- 災害などの緊急時の運行規制
  - 既存通信でのオープン性を持った助け合い
    （例；放送電波の共有相当）
  - 複数のサービス提供者の共存
  - 電波利用目的と電波特性にあった利用帯域の規定
  - 他電波への混信等の影響

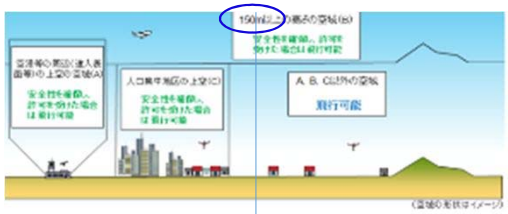
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

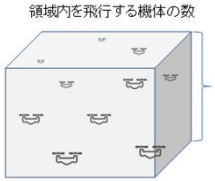
3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

混む空域がある







地上から150mまで

飛行密度の想定

（この空間は、全部　飛行申請をした
物で使えるとして、まず置く。

低速時（車の徐行を想定:5km/ｈは障害物まで１ｍを避けるとする。
0.3m以下は、ホバーリング。
（ＪＡＳＡの検討例）

機体の飛行速度

- 物流 60km/h
- 空撮 20km/h
- 点検 5km/h

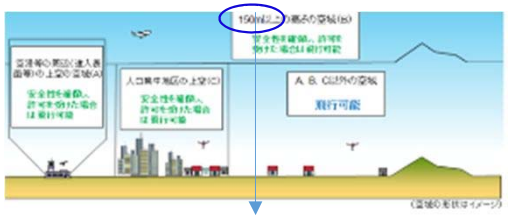
データ伝送量

- 点検 10Mbps
- 空撮 1Mbps
- 物流 100kbps

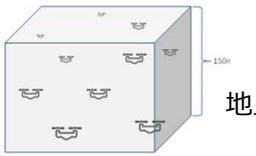
３－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



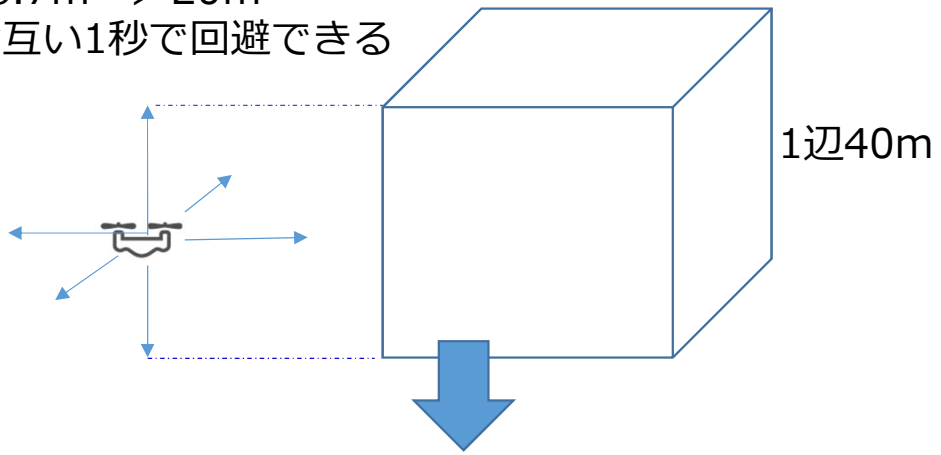
領域内を飛行する機体の数



地上から150mまで

飛行密度の想定

低速時（車の徐行を想定:5km/hは障害物まで1mを避けるとする
60Km/hで1秒に進む距離16.7m　これに1mを足て10mの単位に
切り上げると18.7m＝＞20m
（目視運転でお互い1秒で回避できる
場合の想定）



地上から上空40mだと、3.75機＝＞切り捨てで3機

150m X 150m X 150mの空間だと、27機

⇛ それ以上には、編隊飛行や隊列飛行が必要

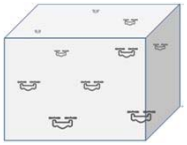
（退避ルートを作ると、さらに飛行物の数が減る　）

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

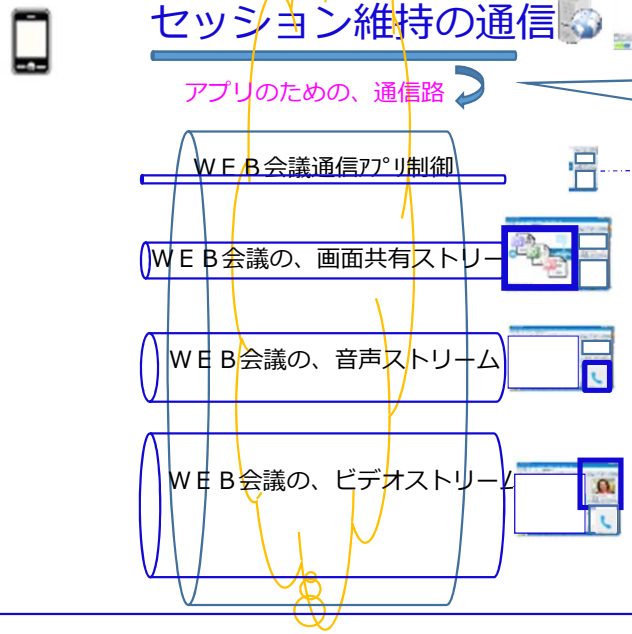
使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

150mの立方体で、27機と想定



込み合う中での通信制御例

例ＳＩＰ



セッション維持の通信

アプリのための通信路管理

- 接続、認証、状態管理
- 切断時の再接続管理
- 瞬断管理

帯域がある時
は全部を通信

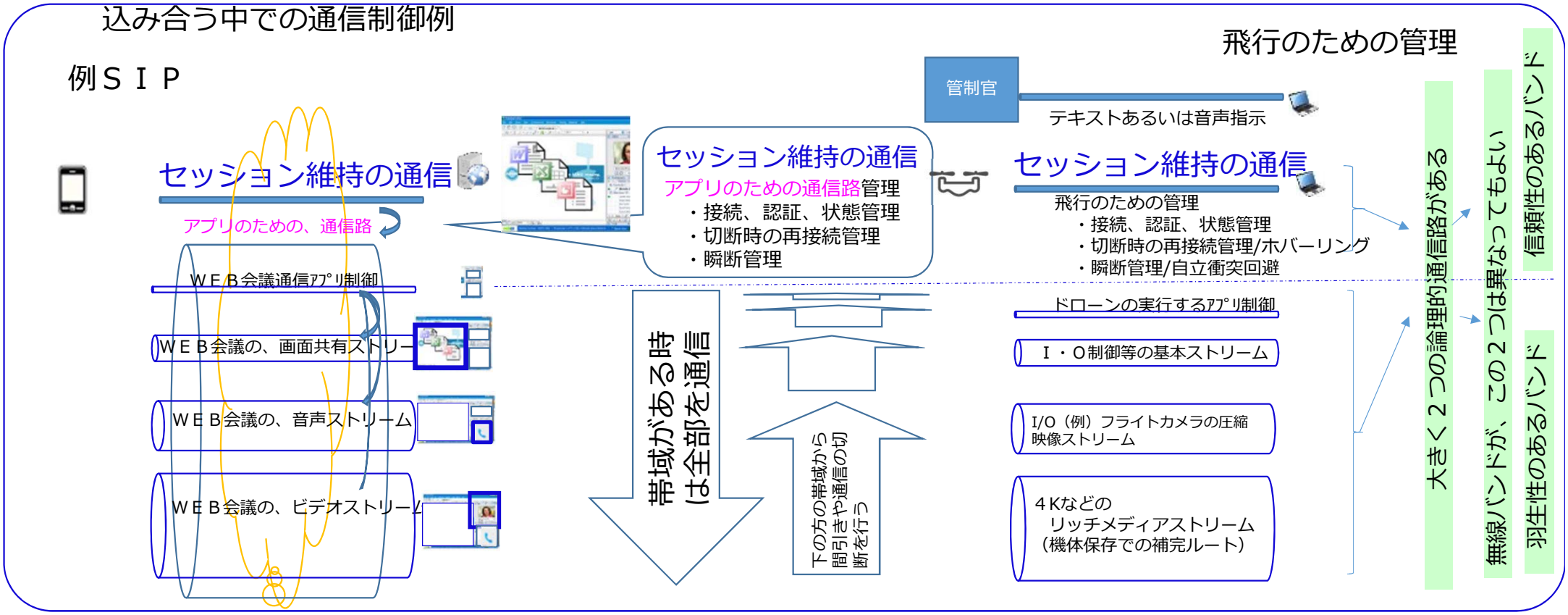
下の方の帯域から
間引きや通信の切
断を行う

大きく２つの論理的通信路がある

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

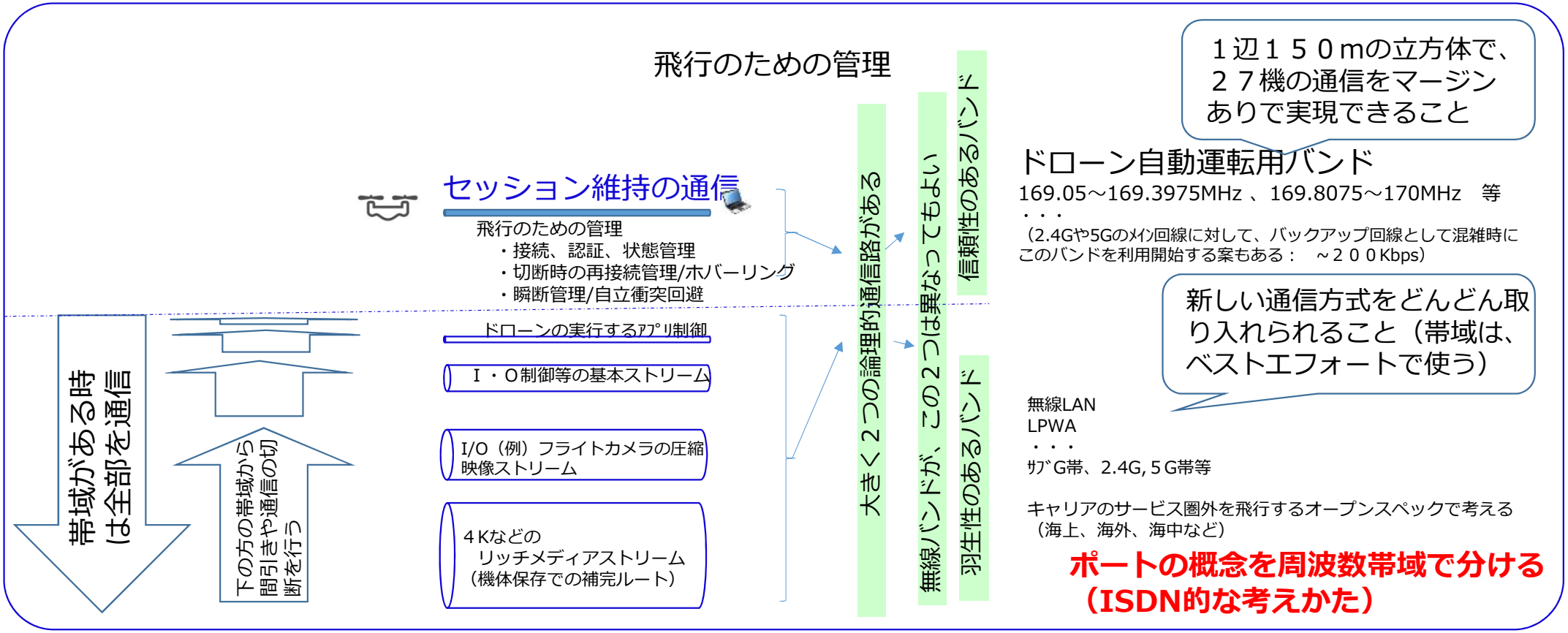
使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



参考情報

ロボットに利用されている主な無線通信システム

無線システム名称 /無線局種	周波数帯	送信出力	伝送速度	利用形態	無線局 免許
ラジコン操縦用微弱無線	73MHz帯等	※1	5kbps	操縦	不要
特定小電力無線局	400MHz帯	10mW	5kbps	操縦	不要 ※2
特定小電力無線局	920MHz帯	20mW	～1Mbps	操縦	不要※2
携帯局	1.2GHz帯	1W	(アナログ方式)	画像伝送	要
小電力データ通信システム	2.4GHz帯	10mW/MHz (FH方式は3mW/MHz)	200k～54Mbps	操縦 画像伝送 データ伝送	不要※2
無線アクセス	4.9GHz帯	250mW	～54Mbps	画像伝送 データ伝送	要
小電力データ通信システム	5GHz帯	10mW/MHz	～6.93Gbps	画像伝送 データ伝送	不要※2
簡易無線局	50GHz帯	30mW	(アナログ方式)	画像伝送	要

※1： 500mの距離において、電界強度が200μV/m以下

※2： 免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る。

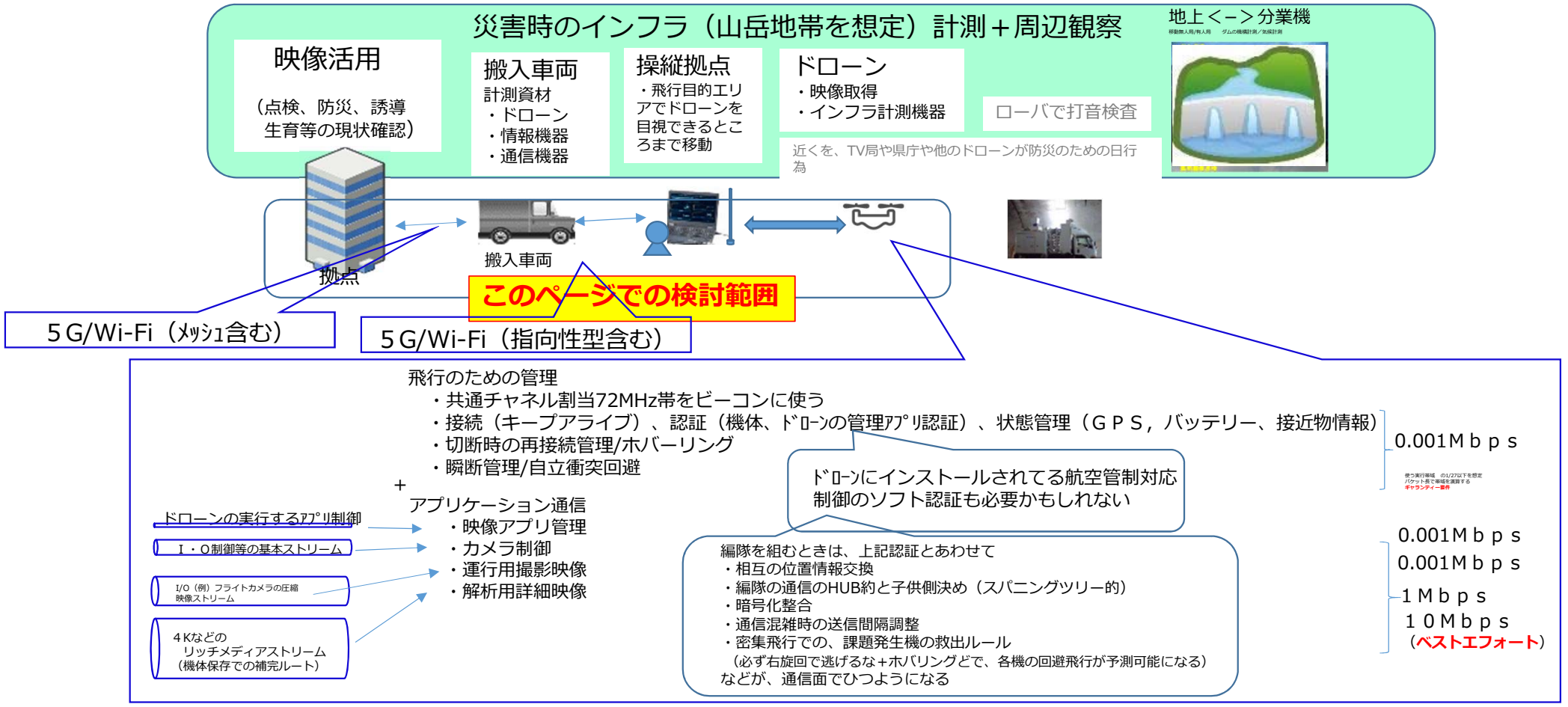
⇒ 右図の「技適マーク」が表示された無線設備のみ使用可能である。

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・

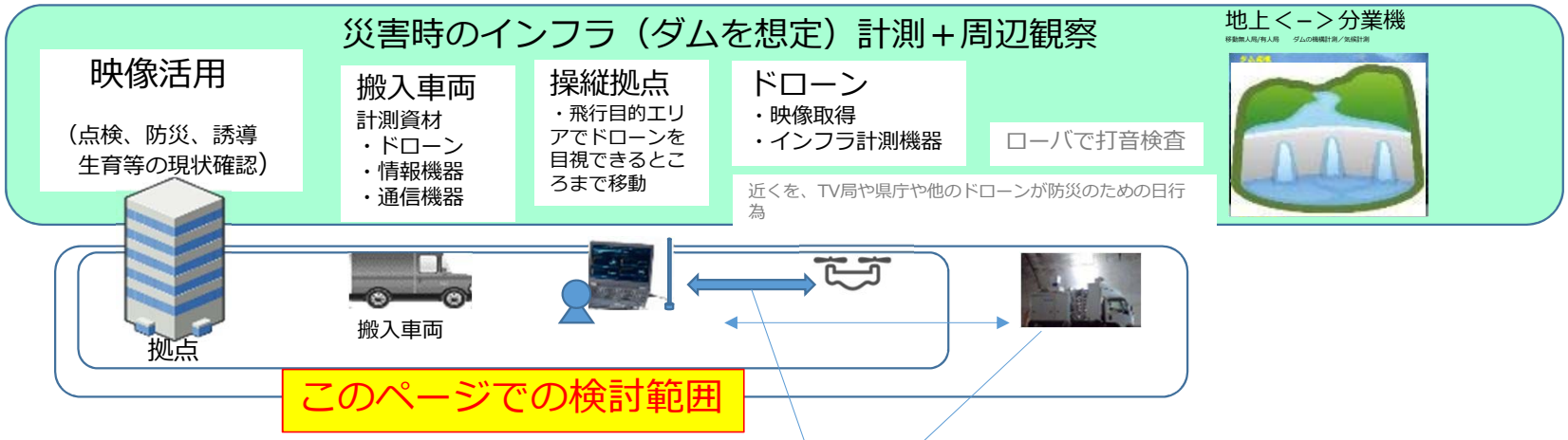


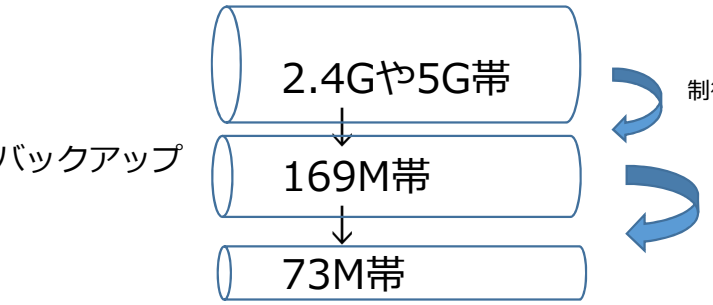
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

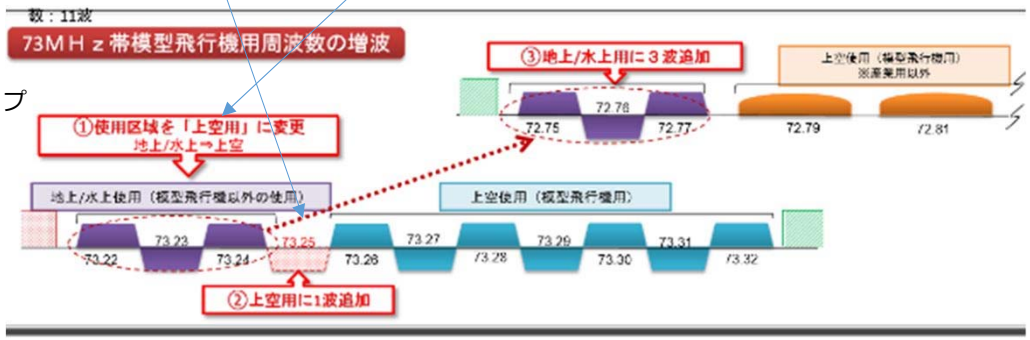
機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・





2重のバックアップ

制御用バックアップ



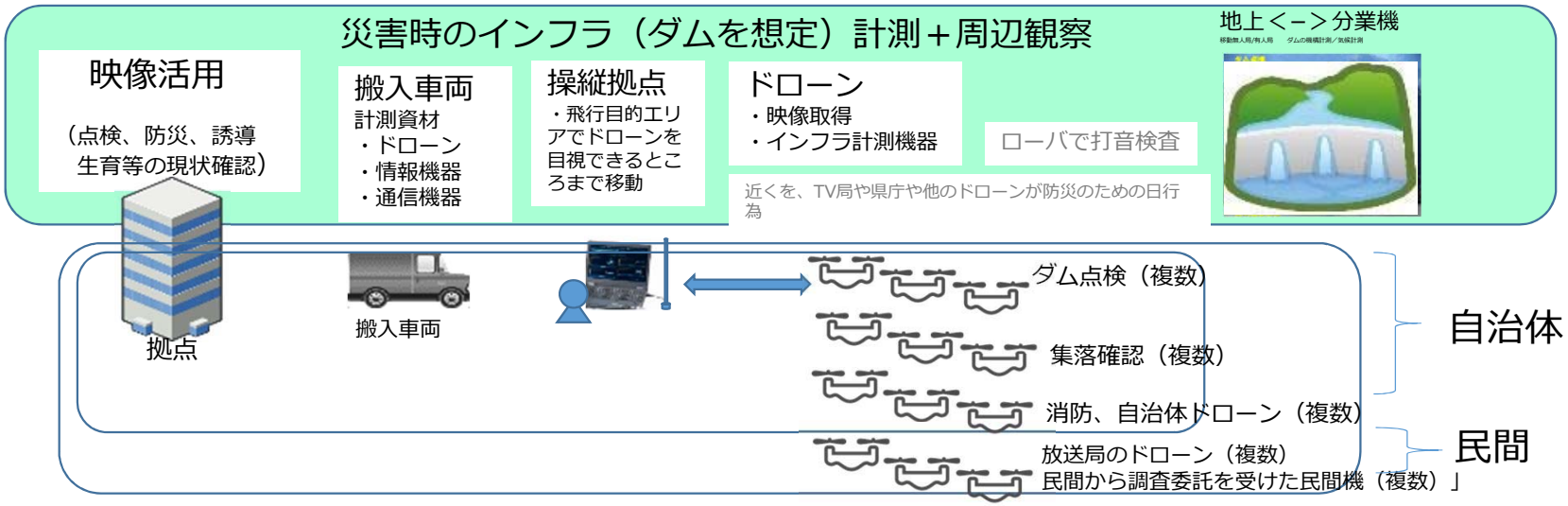
169.05～169.3975MHz 、169.8075～170MHzが厳しいとき、　さらにその先バックアップチャネルを使う仕様も検討に値する

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3 -③- ii　マルチベンダ機体の共存（密集度）

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・



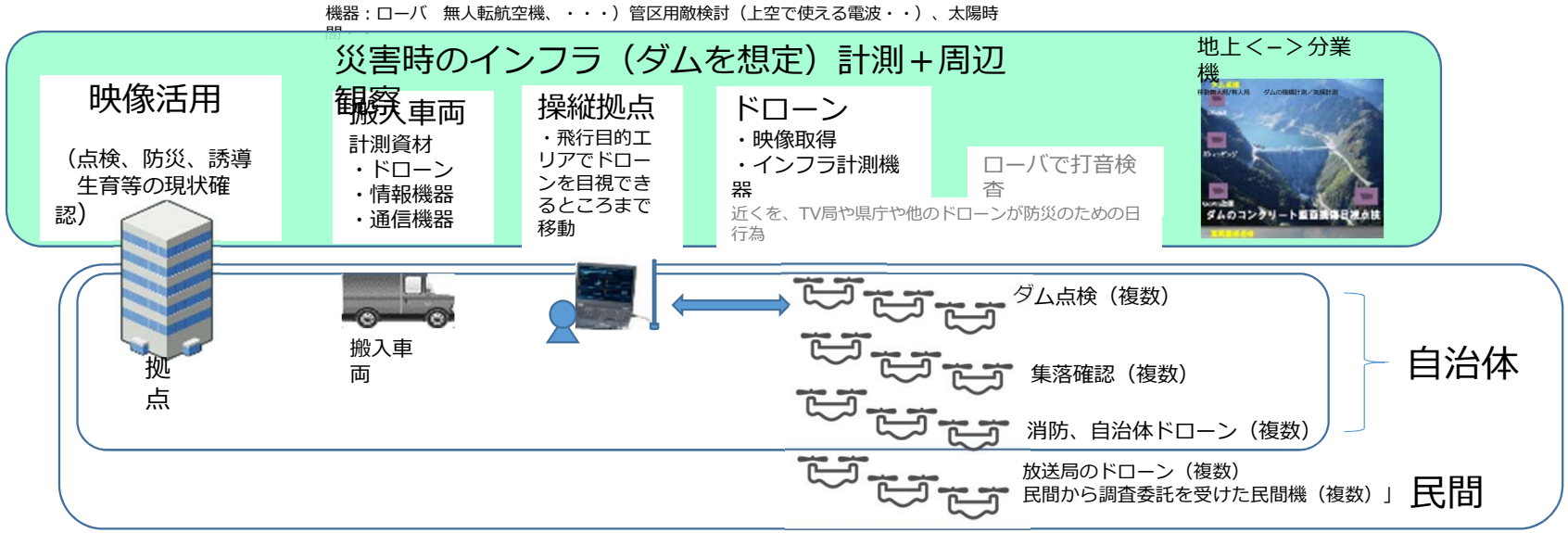
議論が必要な点　操縦者目線
①1ﾄﾞﾛｰﾝ1人 or 複数を操縦
②見通しでの運転前提？or 映像見ての飛行も可？
　山影、建物の背後、樹林・・課題）
　②‘中継局の考え方？
③近接ドローン（例：ダム点検＋河川放流事前確認＋孤立集落確認＋・・の共存
　③‘固体認識
　③“電池残量課題での帰還、衝突回避などに対する優先的制御、自律制御、助合通信の考え方）
④事前申請不要地域、要申請地域での、混雑課題（混信緩和、優先度）
　④‘気象課題などでのフライト計画変更対応（ベンダーを超えた複数機での連携した災害回避
　④’’ 放流後の水しぶきを考慮したフライト自動化

引用している資料の記載

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3 -③- ii　マルチベンダ機体の共存（密集度）

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



議論が必要な点　操縦者目線

⑤操縦拠点の移動での、制御瞬断　　（制御切れは、ﾄﾞﾛｰﾝ側の移動課題だけでない）

⑤‘制御者のバトンタッチ（Ａという場所から、Ｂという場所の人への引継ぎ）

⑤“バンド切り替えでの連携

⑥空域の過密時の、待機ルール（マルチベンダー）

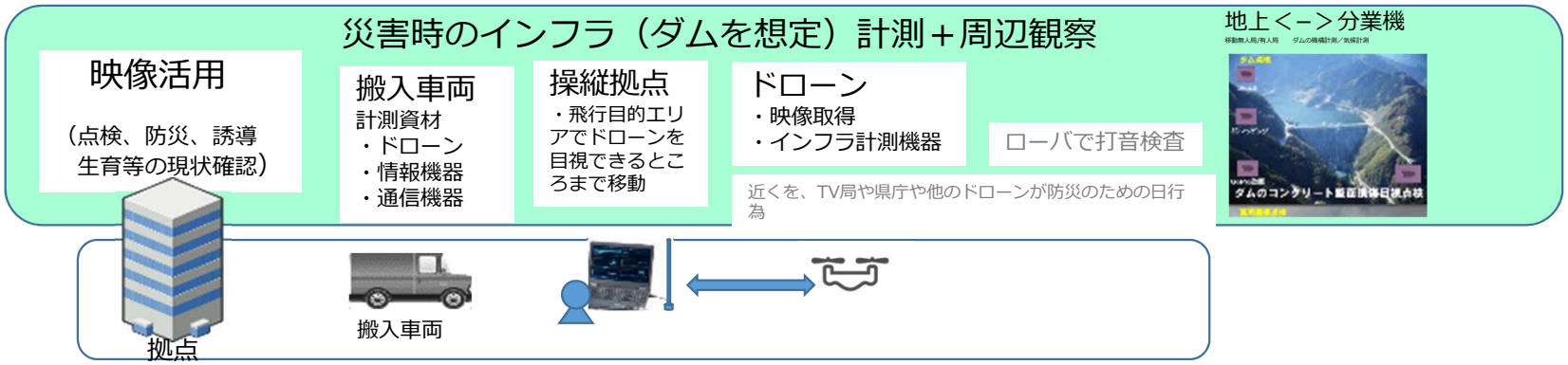
⑦コントロールデータの到達確認の方式（重要度に合わせて検討）

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

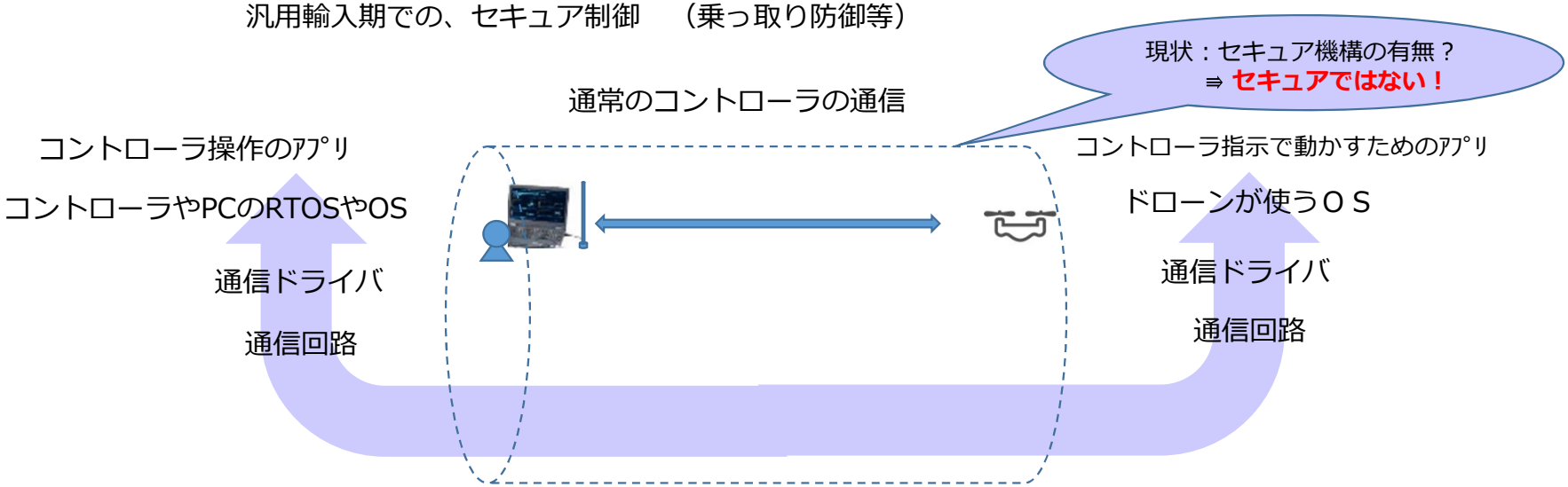
3-③-iii　通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

機器：ローバ　無人転航空機、・・・）管区用敵検討（上空で使える電波・・）、太陽時間・・



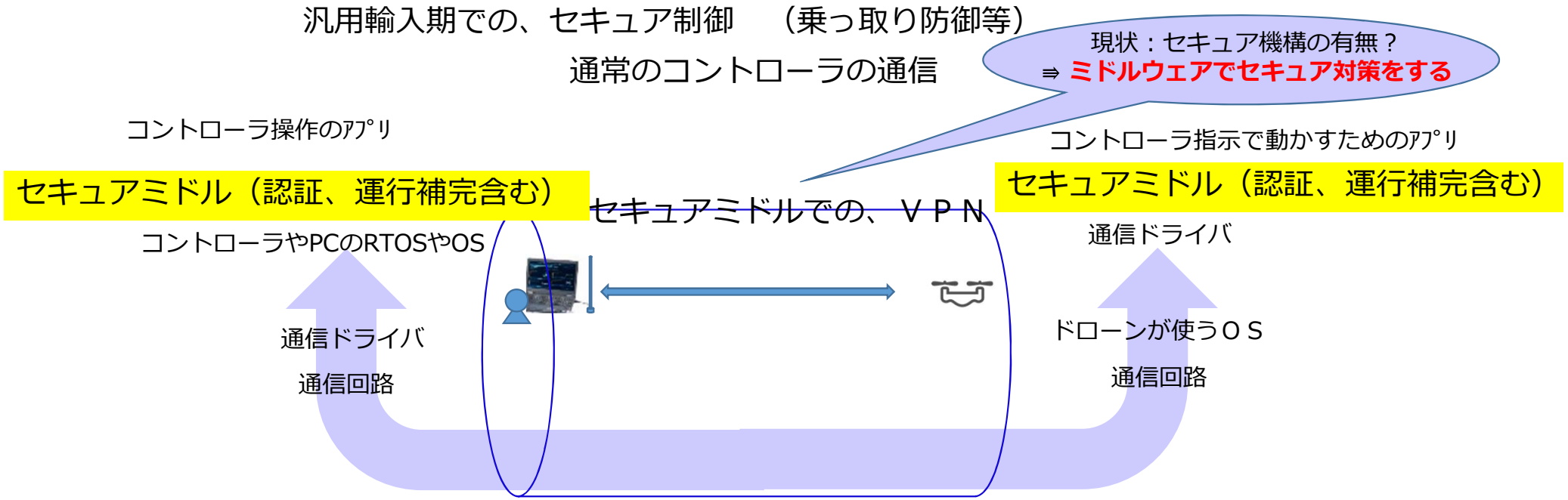
汎用輸入期での、セキュア制御　（乗っ取り防御等）



３－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

３-③-ⅲ　通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



補完飛行・・電波断での、飛行管理（ホバーリング、バッ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、OMA方式など

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。

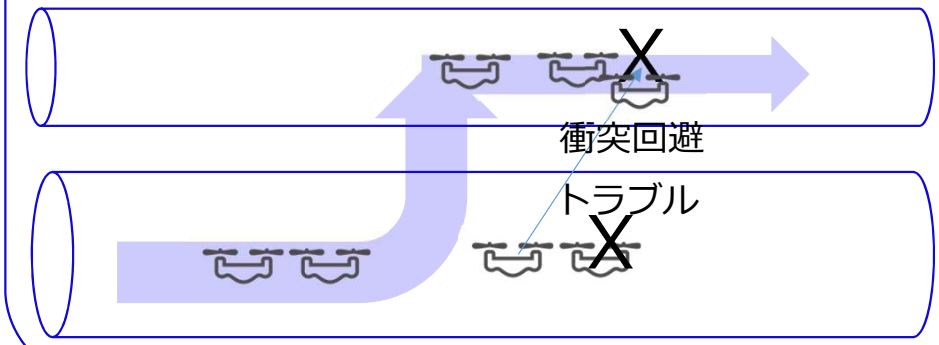
3－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-iii　通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

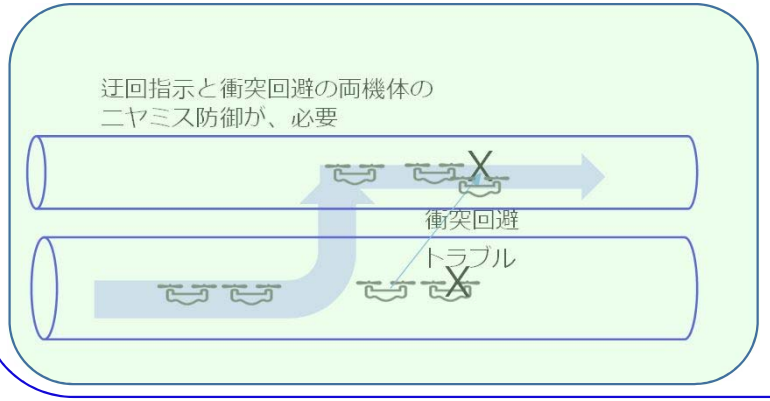
補完飛行例①

迂回指示と衝突回避の両機体の
ニヤミス防御が、必要



補完飛行例②

回避の重なりは、渋滞を呼び込む



＝バッテリー切れ
に近いの機体
に負担
（ｌｏｗﾊﾞｯﾃﾘの帰還指示
が、守れない）

特定の避難場所

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

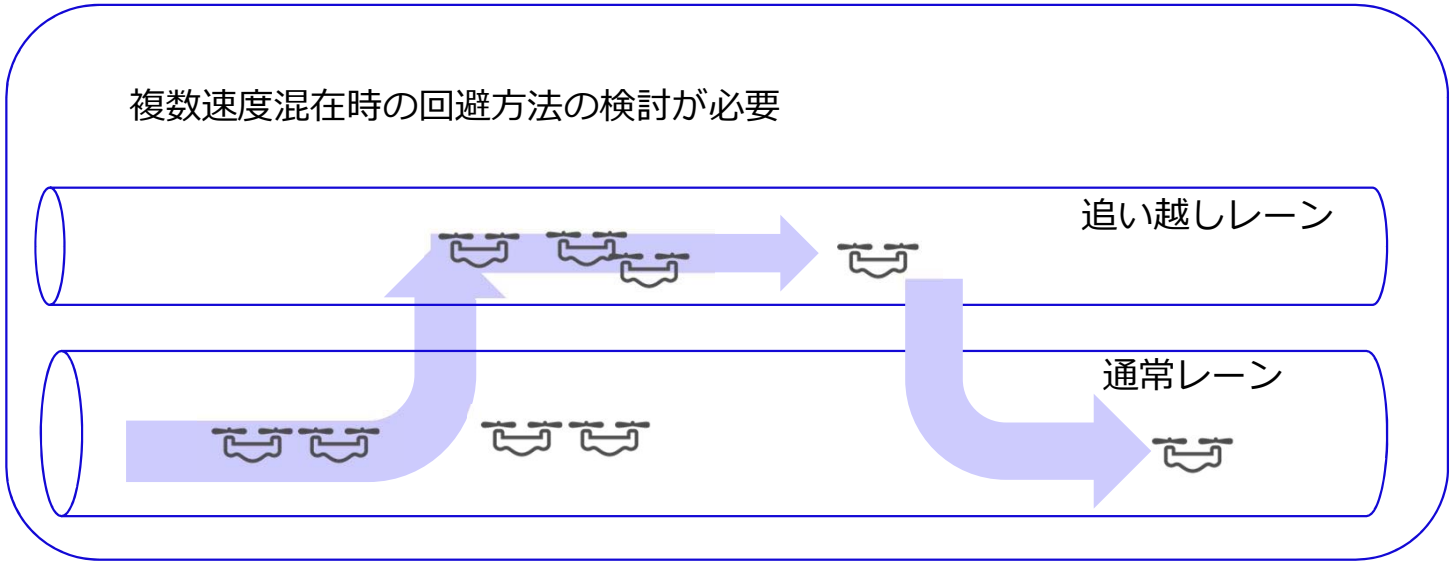
特定の避難着陸場所。　標準と仮定する機体のバッテリーで２５%の飛行間隔で用意、などのルールが必要。

3－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-iii　通信のセキュリティ

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波

補完飛行例③



＝バッテリー切れに近いの機体に負担
（ｌｏｗﾊﾞｯﾃﾘの帰還指示が、守れない）

特定の避難場所

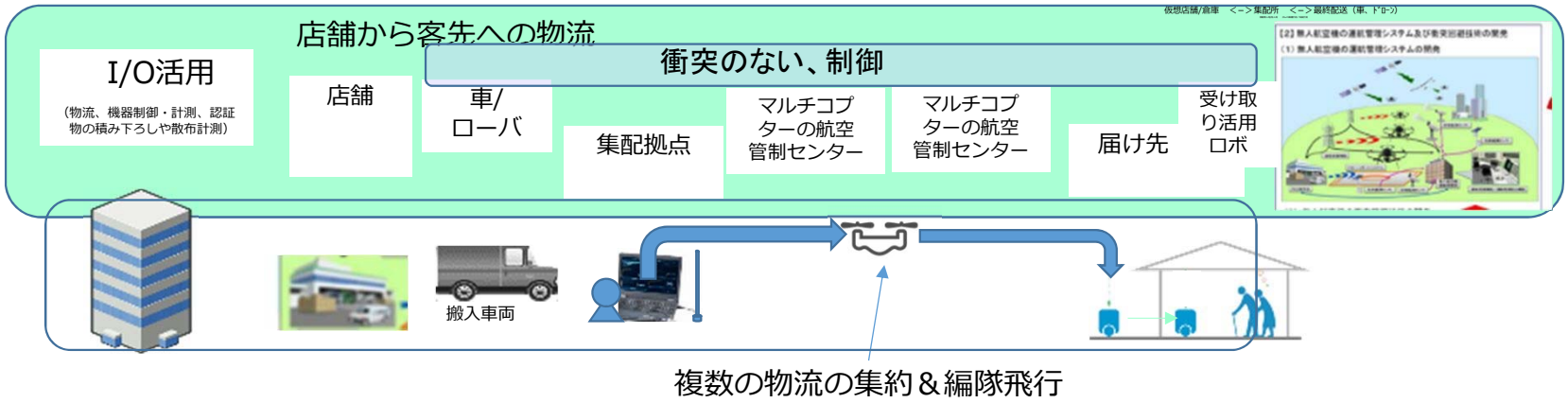
補完飛行・認証　・・電波断での、飛行管理（ホバーリング、バツテリー課題時の帰還や特定の場所への着陸
・・VPN認証、機体＆ミドルの認証

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。

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



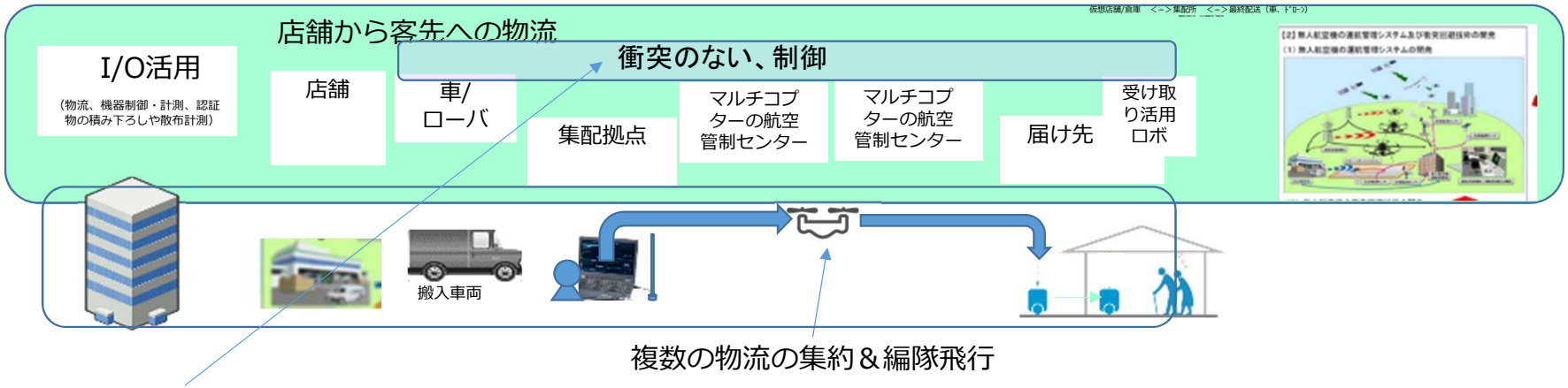
3-③-ｉ（防災）に対して、3-③-ｉ´（物流）で増えた要件

Ⅰ：複数の「地・空・海・中・屋内」でのドローン（広義の自動運転・ロボのスムーズな連携制御　と　通信）」
Ⅱ：離着陸　空路への割り込み（道路上などでのメイン空路と退避空路への地上からの割り込み、着陸）
Ⅲ：地上との連携（基幹の物流、支線の物流、ラスト1マイルの物流、搬送物の授受、特に最後の配達完了制御）
Ⅳ：編隊飛行（編隊の組み方・・直列/ツリーと編隊のトポロジーに合わせた通信確保）
Ⅴ：運ぶ量への耐久性、鮮度維持への対応性
Ⅵ：編隊飛行と緊急搬送との共存

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



Ｉ：複数の「地・空・海・中・屋内」でのドローン（広義の自動運転・ロボのスムーズな連携制御　と　通信）」

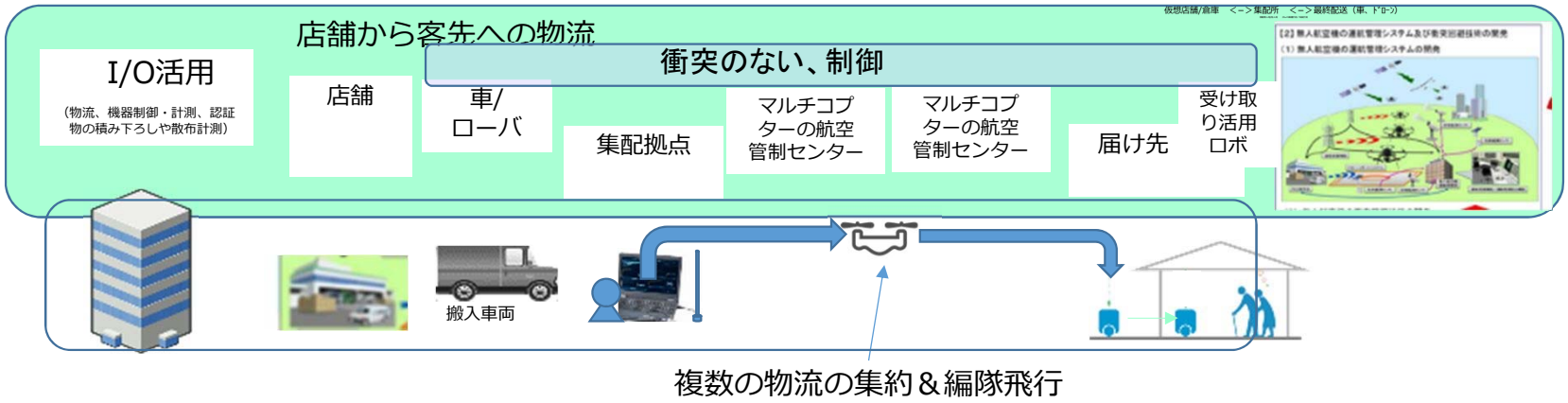
効率的連携での、地空水などで相互がスムーズに連携制御できる通信の確保

- ・マルチ帯域　（1stセッション維持の最低ライン　＝生存確認・・ハートビート
  2nd：運行制御・・移動指示、ﾊﾞｯﾃﾘｰ残量・位置情報・衝突回避の把握）
  3rd：モータ発熱回転数、ﾊﾞｯﾃﾘ発熱、など正常運航確保のための予兆制御
- ・アプリ向け帯域の増減に合わせた、通信内容の優先
  アプリ制御、
- ・目視飛行の1つや飛行隊と、映像での飛行と、引継ぎ飛行の共存管制ルール
- ・天候など、環境要因でのリスク低減にたいする団体的制御ルール（例：鉄道の一定風速・雨量でその場待機・近くの駅で停止維持等）

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

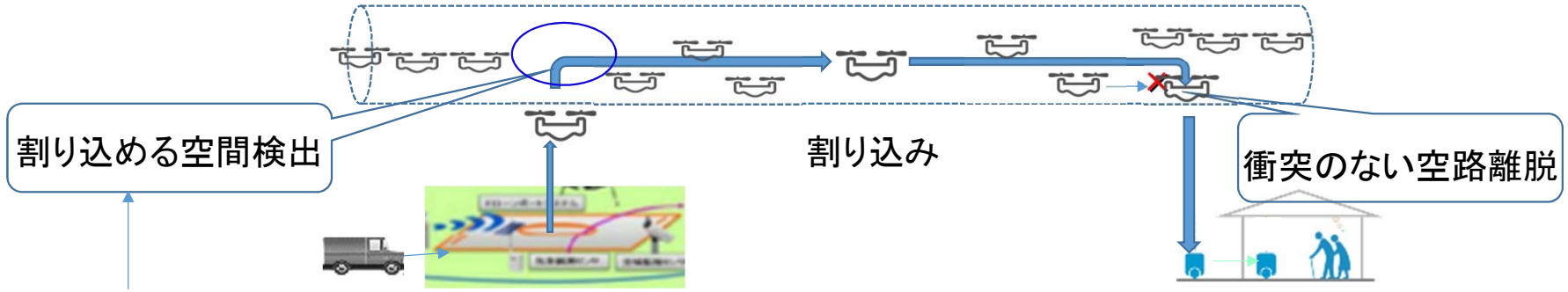
3 -③- i ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



Ⅱ：離着陸　空路への割り込み（道路上などでのメイン空路と退避空路への地上からの割り込み、着陸）

・ メインの空路への　割り込みと、離脱



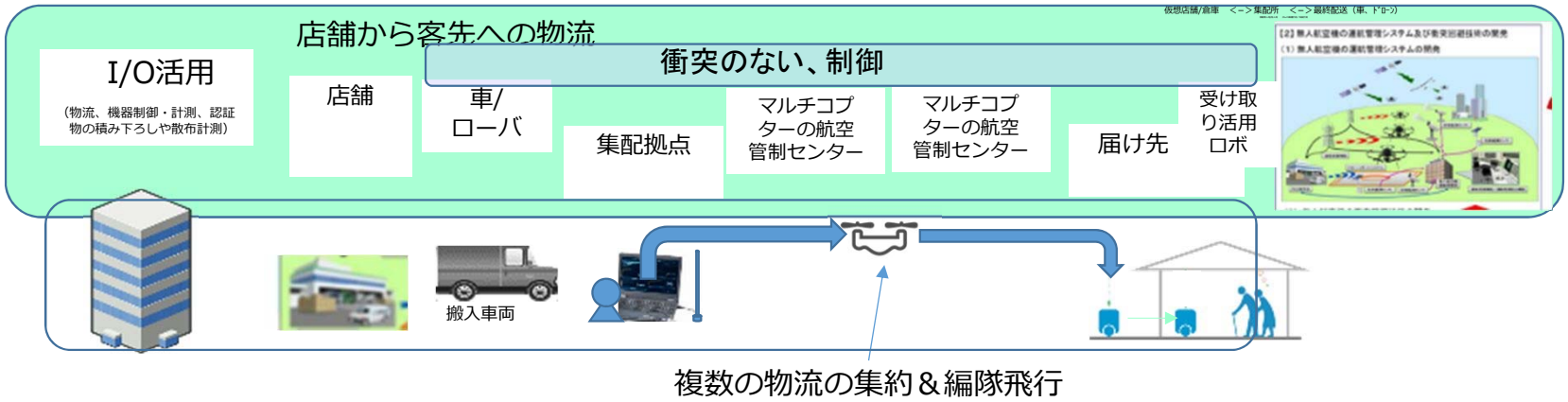
この場合の飛行速度ルール

（割り込み側の減速、加速、通信の混信無し確認）

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ‘　機体の飛行速度

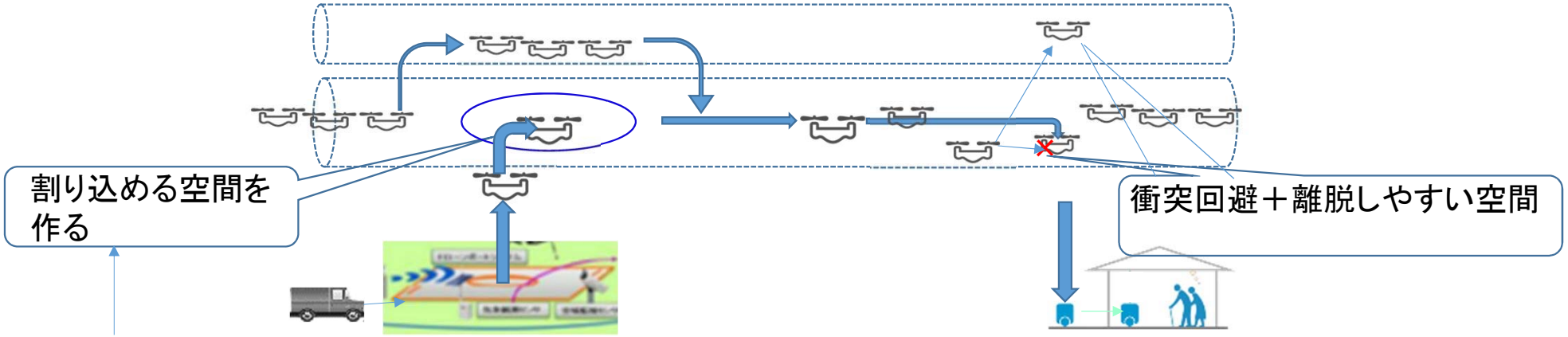
使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



複数の物流の集約＆編隊飛行

Ⅱ：離着陸　空路への割り込み（道路上などでのメイン空路と退避空路への地上からの割り込み、着陸）

・ 退避空路を含めた　運行制御＋通信確保

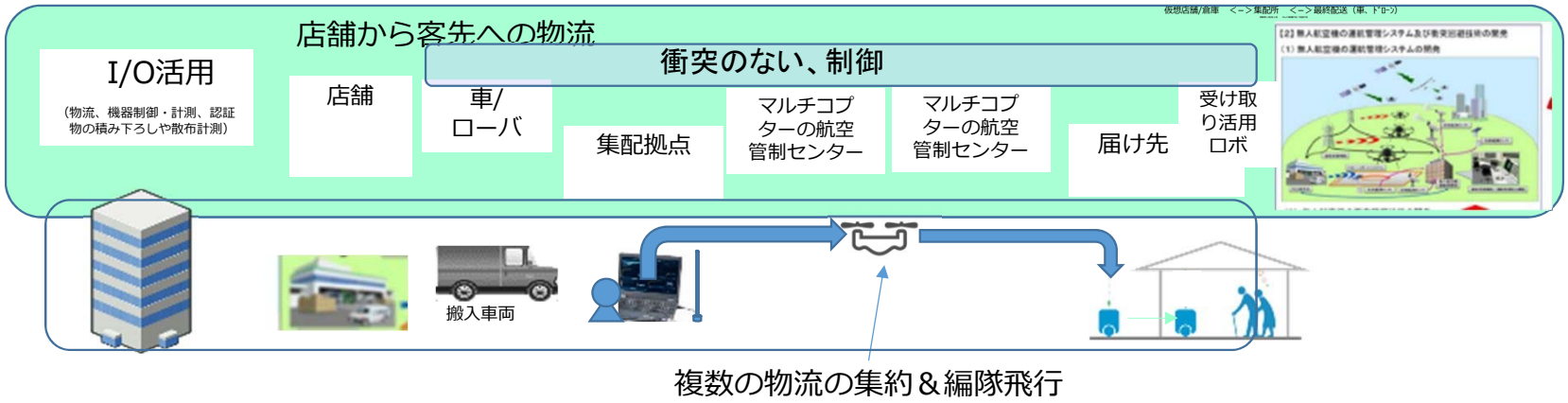


この場合の飛行速度ルール（割り込み側の減速、加速、通信の混信無し確認）

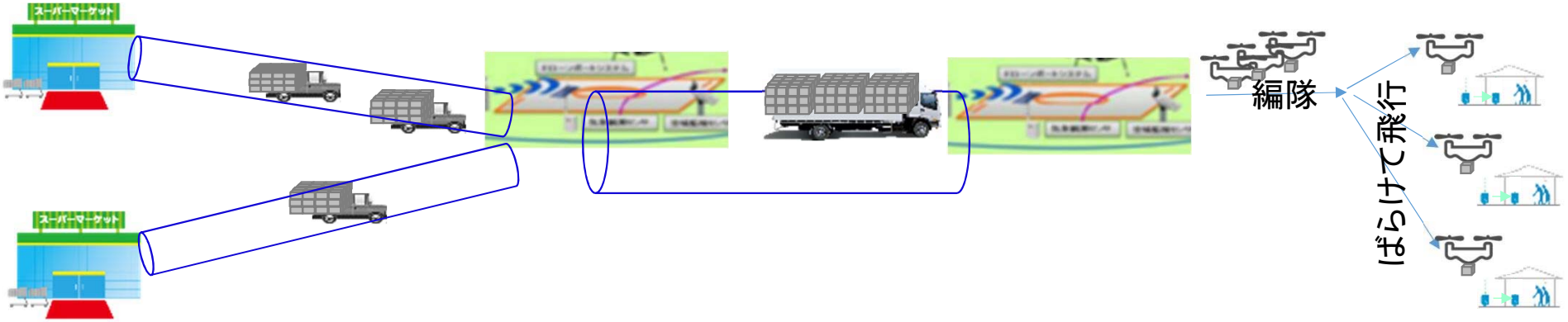
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



Ⅲ：地上との連携（基幹の物流、支線の物流、ラスト1マイルの物流、搬送物の授受、特に最後の配達完了制御）

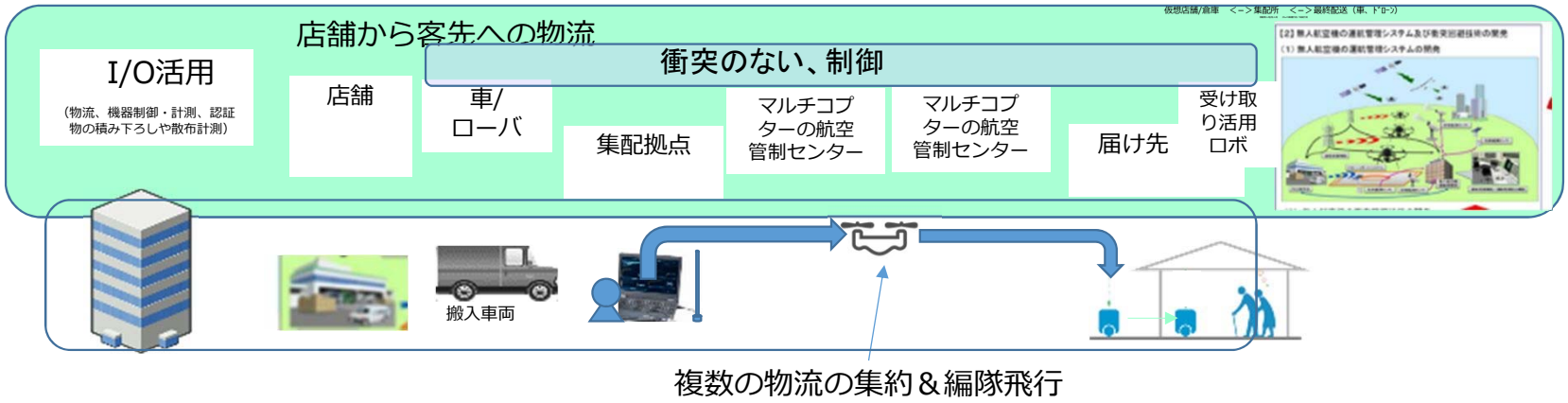


・近接、混雑、ばらけた時の　減速・加速・高速移動維持・・などのルール

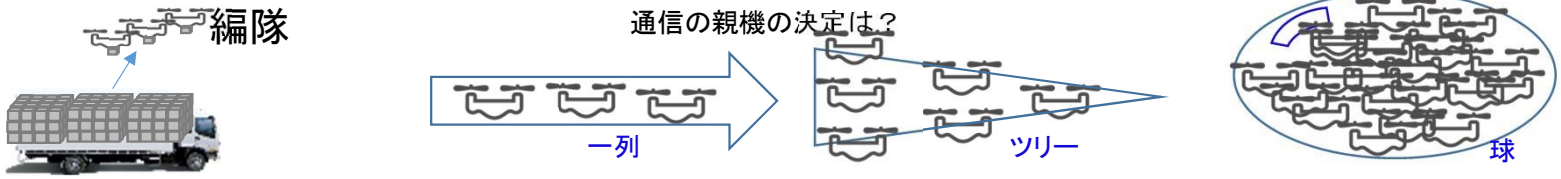
3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ｉ‘　機体の飛行速度

使用目的／必要特性(確実性/トラフィック/距離、等)／電波



Ⅳ：編隊飛行（編隊の組み方・・直列/ツリーと編隊のトポロジーに合わせた通信確保）



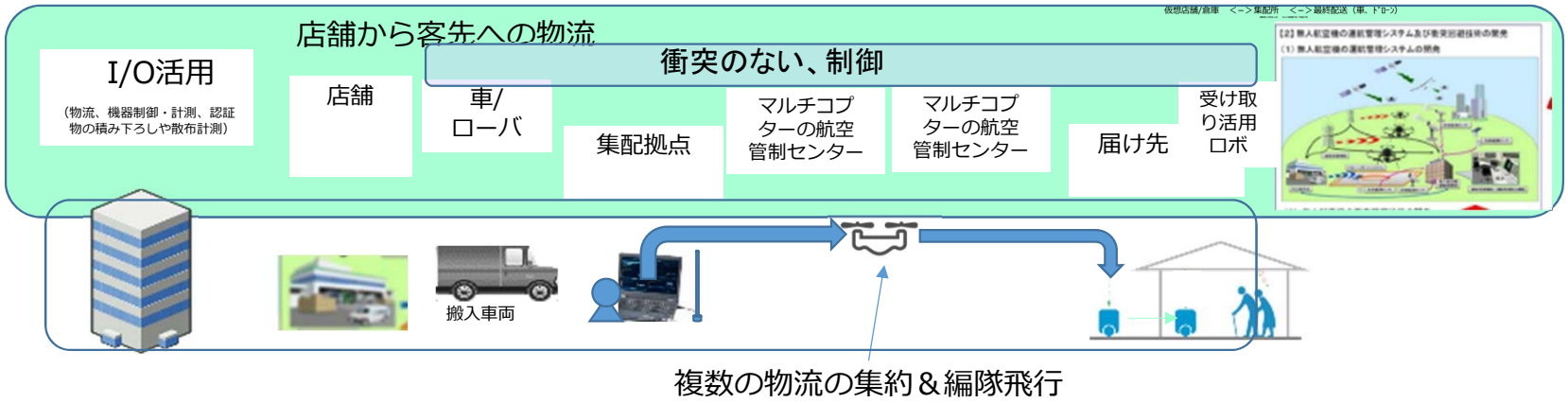
Ⅴ：運ぶ量への耐久性、鮮度維持への対応性

運ぶ両見合いで、幹線、支線のつなぎ合わせ等が選択され、運行指示
鮮度に合わせて、経路接続（遅延）が決まる

Ⅵ：編隊飛行と緊急搬送との共存

3－③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③- ii‘　マルチベンダ機体の共存（密集度）



3-③- ii（防災）に対して、3-③- ii ´（物流）で増えた要件

Ⅰ：複数のベンダーでの編隊飛行
Ⅱ：複数ベンダーでの、地、空、水、他の連携
Ⅲ：
Ⅳ：
Ⅴ：
Ⅵ：

JASA内で検討結果を反映

3 –③　MCPCの役割分担想定・アドバンテージ

3-③-ⅲ‘　通信のセキュリティ

何を守る　（通信時は、　通信帯域がないときはモジュールの計測情報は・・・　）

JASA内で検討結果を反映

４　まとめ　確認事項

- MCPCへの期待、役割分担のイメージはあっているか
- 固定翼機の電波運用のドローンへの適用検討状況
- JUTM各ワーキンググループとの役割分担（WG2、４）
  - ISO/TC20/SC16(UAS)への対応状況。国内審議委員会ではWG4でUTMの検討をおこなう？
- JUTMロードマップにおいて無線通信についての期待感はどうなっているか？スケジュールは？共同作業が必要？

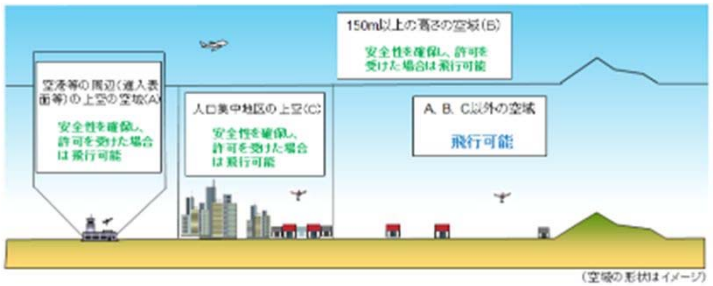
その他

- 各省庁の活動方針
- 各省庁の利用シーン
- 通信の課題
- 検討の優先順位
  (e.g. マルチコプター＞ローバー＞固定翼＞水上・水中)
- 各社の公開情報からの紹介

付録

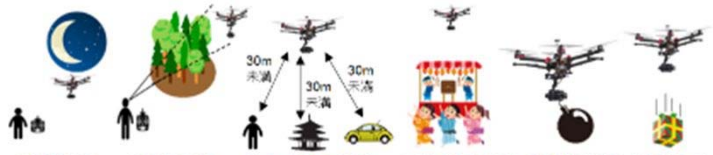
https://drone-aerial-corps.com/2016/10/27/japan-skywalk/

国土交通省の制定するドローンの飛行が禁止されている条件



1. 空港周辺の上空：空港の規模感にもよるが、「SORAPASS」を見ると対象エリアがわかる。
2. 人口密集地域（DID地域）：こちらも「SORAPASS」より確認可能
3. １５０m以上の上空

飛行禁止区域以外でもドローンの飛行が制限されている条件



1. 夜間飛行は禁止：原則ドローンの飛行は日の出から日没までです。
2. 人や物から３０mの距離をとること：撮影対象でないものからは一定の距離を保つ必要があります。
3. イベント上空の飛行：祭りやイベントの際は原則禁止されており、主催者の許可などが必要になる。
4. 目視外の飛行：自分で直接確認できない位置での飛行は許可が必要になる。

空を飛ぶ小型無人機の例

種類	VTOL	動力	自動制御	長距離飛行	サイズ	操作
マルチコプター ブルーイノベーション	○	電動	必須	×	小型	容易
ヘリコプター ヤマハ	○	電動・燃料	必須	×	小型～中型	複雑
固定翼 東大	×	電動・燃料	無くても可	○	小型～大型	容易
VTOL固定翼 航空システム研究	○	電動・燃料	必要	△	中型～大型	複雑

3

主な使用用途（民間利用ただしホビーは除く）

用途	マルチコプター	ヘリコプター	固定翼
空撮、測量	狭域 ブルーイノベーション	狭域 ヤマハ	広域
農薬散布			
通信			Google
セキュリティー	構内、私有地	セコム	国境監視など
物流	軽量	中規模 Amazon	長距離 国際輸送

4

4. 主要国の制度の現状

	米国	カナダ	イギリス	フランス	オーストラリア
重量による区分	○	○	△ 2015年3月、従来の重量のみの区分から、運用環境及びシステムの機能性の区分を加えた3区分に変更	○ 重量の他、操縦飛行様か否か、独自の有無、動力源の種類より7区分	○
飛行高度	150m以下	90m以下	122m以下	150m以下	122m以下(VLOS)
操縦者免許	必要	講習受講が必要	必要	必要	必要
機体登録・認証	必要	-	必要	25kg以上の場合必要	150kg以上の場合必要
飛行許可	必要	必要	必要	必要	122m未満を飛行の際に必要
目視範囲外での飛行	×	×	衝突回避装置が必要	無人機カテゴリにより可能	ATC等対応の機体であれば可能
衝突回避	今後計画	-	150kgを超えるUASには必要	-	-
その他の条件	・昼光状況 ・航空関連施設からの距離 ・人口密集地帯は不可	・昼光状況 ・航空関連施設からの距離 ・人口密集地帯は不可	※運用環境の条件 ・地域の過密状況 ・見通し環境 等 ※システムの機能性 ・飛行制御モード等 ・飛行管理システム 等	以下の条件で4区分の運用シナリオを設定し規制実施 ・目視範囲内か否か ・飛行ルートの人口密集地有無 ・操縦者から無人機までの距離	・昼光状況 ・人口密集地帯は不可

5. ドローンに関する制度の国際動向①<UASに係る国際周波数分配>

地上系の制御用(WRC-12の結果)

- 5030-5091 MHzにUAS CNPCに**利用可能**な分配を追加 (注: *UASに占有ではない*)

	Region 1	Region 2	Region 3
5030-5091 MHz	AERONAUTICAL MOBILE (R) 5.443C AERONAUTICAL MOBILE-SATELLITE (R) 5.443D AERONAUTICAL RADIONAVIGATION 5.444		

WRC-12で新規分配

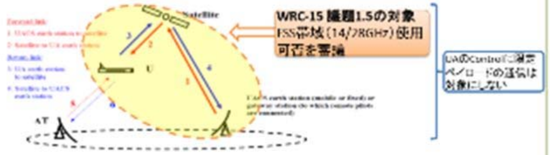
5.443C The use of the frequency band 5030-5091 MHz by the aeronautical mobile (R) service **is limited to internationally standardized aeronautical systems.** (略)
5.443D In the frequency band 5030-5091 MHz, the aeronautical mobile-satellite (R) service is subject to coordination under No. 9.11A. The use of this frequency band by the aeronautical mobile-satellite (R) service **is limited to internationally standardized aeronautical systems.** (WRC-12)

⇒ 国際標準化された航空システムが本帯域を利用可能 ***利用にはICAOでの標準化が必要***

衛星系の制御用(WRC-15の結果)

以下のFSS衛星局に割り当てられた帯域を使用可。ただし、利用にはICAOの国際標準及び推奨方式との整合が必要で、かつITU-R WP5Bにおけるレポート及び勧告化が完了しなければならない。

- 宇宙から地球
  - 10.95-11.2 GHz
  - 11.45-11.7 GHz
  - 11.7-12.2 GHz in Region 2
  - 12.2-12.5 GHz in Region 3
  - 12.5-12.75 GHz in Region 1&3
  - 19.7-20.2 GHz
- 地球から宇宙
  - 14-14.47 GHz
  - 29.5-30.0 GHz



無人地球局(UA)、固定地球局(UACS)、衛星のリンク

5. ドローンに関する制度の国際動向②<EUの動向>

EASA(European Aviation Safety Agency)は、EUの民間航空機産業における安全に関する分野での規制・管理を実施。
EUでは、最大離陸重量が150kg以上のUASの規制はEASAの所掌、150kg未満のUASについては各国内における所掌とされてきたが、小型UASの多様化及びそれに伴う諸問題、小型UASを用いた中堅企業の支援のため、150kgの区別をなくし、有人機と統合された形での規制を行うための提案として、Concept of Operations for Dronesを2015年5月に公開。

⇩

UASの運用は当該運用に伴うリスクに応じて規制されるべきとの考え方に基づき、UASの型や運用の形態に応じて、3つの運用カテゴリーと規制案を提示

Open Category	Specific Operation Category	Certified Category
◆ リスクが非常に低い運用 ◆ 耐空証明・免許不要 ◆ 最大離陸重量25kg未満 ◆ 空域は分離 ◆ 目視範囲内での運用(500m以内) ◆ 高度は150m未満 ◆ 人混みの上空は飛行禁止 ◆ 都市の上空は飛行可能(パラシュート等の業界基準を満たす安全対策が取られている必要あり)	◆ 運用制限や機器能力への要求により特定のリスクの軽減が必要となる運用(ケースバイケースでの審査) ◆ 運用者は安全リスク査定及びリスク軽減措置の検討が必要 ◆ 安全リスク査定では耐空性、運用手順・環境、運用者・組織の能力、空域等について検討が必要 ◆ 上記検討の結果を記載した運用マニュアルが必要 ◆ 運用許可が必要	◆ 有人機と同等のリスクを有する場合の運用 ◆ これまでの150kg以上のUASと同等の手続きが必要 ◆ 有人機と同等の型式証明、設計者・製造者認定のほか、UASに特有の地上制御局や指令制御用通信に対する承認も必要 ◆ Specific Operationとの区別については今後機体の運用エネルギーや運用形態、UASの複雑さ等を元に検討

参考:ドローンに関する我が国の推進体制

<推進組織>

名称	時期	構成員	検討事項
小型無人機に関する関係府省庁連絡会議	平成27年4月～	官公庁	小型無人機を利用した重要施設の警備体制の抜本的強化、運用ルールの策定と活用の在り方、関係法令の見直し等について検討
小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会	平成27年12月～	官公庁、国研、民間(業界団体、ユーザ、メーカ等)	小型無人機の安全確保のための制度設計、安全確保策の体系化・共有、事業・業務振興のための環境整備等について検討
無人航空機システムの利用技術に関する関係機関連絡会	平成26年10月～	学識経験者、国研、民間(業界団体、メーカ等)、官公庁	無人機の利用技術に関する情報共有を行い、安全運航と利活用に不可欠な無線技術を中心に、課題の取りまとめを実施し、研究開発に反映
日本産業用無人航空機協会(JUAV)	平成16年9月～	民間団体(産業用無人ヘリコプターメーカ中心)	産業用無人航空機の安全・健全な利用のために必要な各種基準策定、認定制度の制定・運用、調査研究等
ミニサーベイヤコンソーシアム	平成24年10月～	民間団体、公共団体等	自律制御可能なマルチロータ機の商品化・安全対策・規制対応に必要な研究・実証等を実施
(一社)日本UAS産業振興協会(JUIDA)	平成26年7月～	民間団体、公共団体等	無人航空機システムの応用技術の研究開発、安全ルール(指針)の策定、人材育成、環境整備(試験場整備)等の取組みを実施
(一社)マルチコプター安全推進協会	平成27年8月～	民間団体、公共団体等	マルチコプター機の健全な産業利用と発展を目指し、運用手順を含めた総合的な安全運用の技術の啓発

<ドローン利用環境の整備>

取組	推進主体	検討事項
国家戦略特区における「小型無人機の実証」	内閣府	規制改革等の施策を検討する国家戦略特区にてドローン利活用実証 ○千葉市:都心エリアでのドローン長距離輸送、宅配サービス等の実証 ○仙北市:火山監視・遭難救助、農林業へのドローン活用の実証 ○今治市:橋梁点検へのドローン活用の実証
イノベーション・コースト構想	経済産業省	2016～2020年の事業として、福島浜通り地域にて、ロボット分野の地元中小企業や県外先進企業による産業集積を構築し、ロボットテストフィールド整備事業、研究開発等施設整備事業、研究開発補助事業等を実施

下図の様な検討を、業界横断でリード 相互連携で発展
（電車の相乗り入れ－経済効果大 ⇛ 他の分野での介在効果例上野東京ライン）

（1） 与干渉検討（ロボット⇒無線LAN）

現時点での対象無線LANシステムはW56であるが将来追加されるであろうW58についても検証した。

① W56とは約35MHzオフセットしているため、一定の離隔距離は必要であるが、運用上支障はなく共用は可能と考えられる。

② W58とは隣接または同波干渉が考えられるが、現在、周波数拡張の検討中であり、今後の無線LANの運用場所（屋内又は屋外）を踏まえ、検討が必要である。

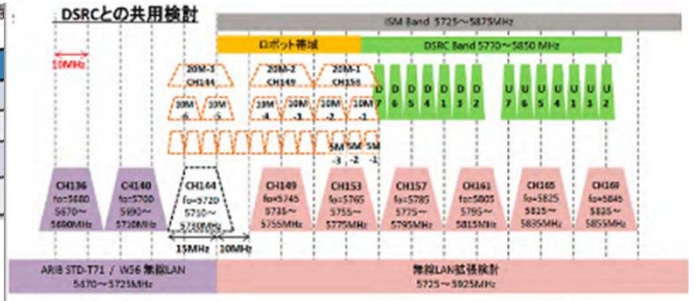
	干渉ch	W56 5700MHz	W58隣接ch	W58 同波ch
屋外通信における与干渉	200mWeirpから	24m	51m	3,013m
	1Weirpから	54m	138m	6,745m
屋内通信における与干渉（屋外からの遮断損は17dBとする）	200mWeirpから	3m	21m	429m
	1Weirpから	8m	48m	955m

（2） 被干渉検討（無線LAN⇒ロボット）

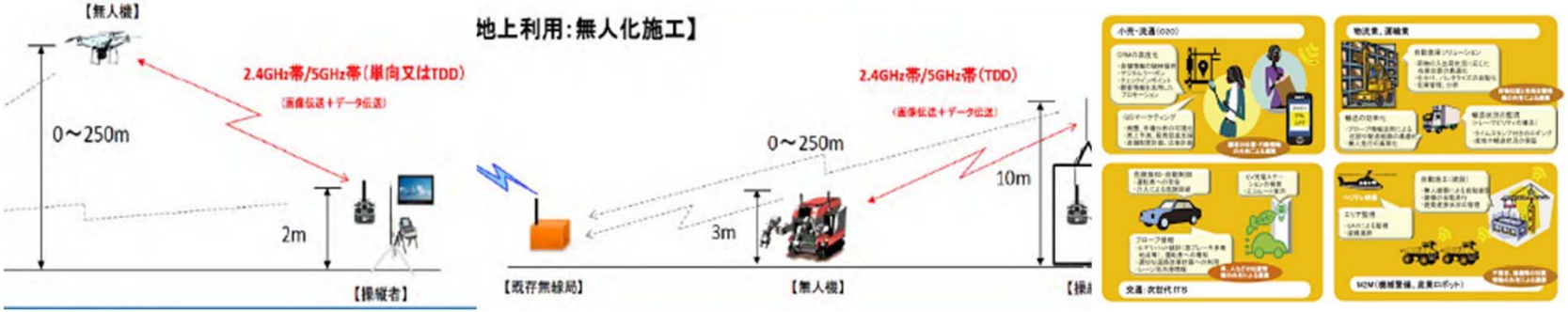
① W56からの干渉は、一定の離隔距離は必要であるが、運用上支障はなく共用は可能と考えられる。

② W58の3周波とは隣接または同波干渉が考えられるが、現在、周波数拡張の検討中であり、今後の無線LANの運用場所（屋内又は屋外）を踏まえ、検討が必要である。

干渉ch	屋外通信における被干渉	屋内通信における被干渉（屋外からの遮断損は17dBとする）
W56 5700MHzから	37m	5m
W58隣接chから	233m	33m
W58 同波chから	4,658m	658m
1Weirp（同波ch）から	10,427m	1,473m



・CH組合せと離調周波数



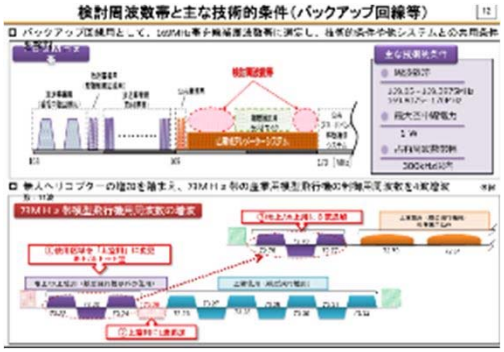
file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/RRRBOAE1/000364450.pdf

制度面の課題

項目	課題	対応策
操縦者	・技能の保証	・操縦ライセンス（技能、知識）
機体	・安全性、信頼性確保	・認証、検査制度
業務管理	・飛行の把握 ・業務管理	・飛行計画提出 ・Safety Management System
事故データ収集	・事故の把握 ・安全性向上	・事故の届け出制度 ・事故データの分析と公開
運航基準	・飛行高度 ・飛行エリア	・上空権、航空機との干渉 ・飛行禁止区域の設定 ・道路交通法
賠償責任	・法体系	・保険制度
プライバシー	・プライバシー保護	・データ管理方法、プライバシーポリシーの公開、迷惑防止条例
武器拡散禁止	・輸出規制	・ワッセナー・アレンジメント ・登録制度

安全制度の考え方

- 製造者、操縦者、事業者が等しく
- 業務用とホビーの違い
- 機体サイズによる区別
  - 例（FAA）：25kg以上、25kg～2kg、2kg以下
- 国、民間の役割の明確化
  - 操縦免許、機体認証
- 安全維持と技術・産業の育成の両立
  - 例：基本原則と特例の設置
- データの収集と情報提供、改善



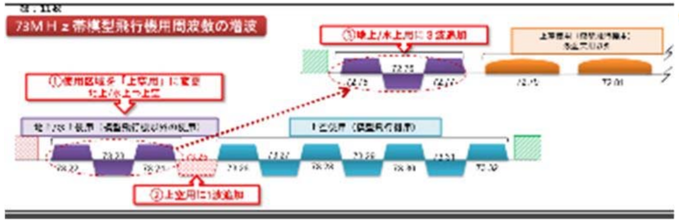
ロボット・IoTにおける電波利用の高度化など最新の電波政策について

総合通信基盤局
電波部　移動通信課
平成２８年６月１７日

電波を利用するロボットの事例

電波を利用するロボットの具体的な利用用途

利用区分	具体的な利用用途	
地上	・火山の無人観測 ・建設/土木工事の無人化施工 ・災害現場における調査/復旧作業	・農業機械の無人化 ・車両の自動運転 ・案内/誘導サービス
屋内	・災害現場における調査/復旧作業 ・トンネル内災害調査 ・戸建住宅床下点検	・屋内荷物の自動搬送 ・案内/誘導サービス
上空	・災害現場による観測 ・火山の無人観測 ・橋梁/建造物の老朽化点検 ・送電線の点検 ・検面調査 ・プラント/工場/施設等の警備監視作業	・ソーラー発電のパネル異常検出 ・農産物生育状況の確認 ・農薬散布 ・空撮/地図作成 ・荷物/物資輸送 ・番組制作/取材
海上	・水中ロボット等の位置把握等の測量探査 ・水中でのインフラ点検 ・深浅測量	

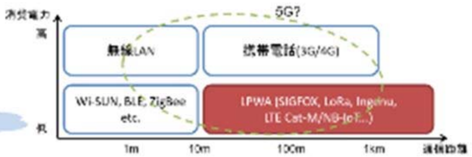


LPWA（Low Power Wide Area)

■ LPWAの位置づけ

IoTの実現に向け、低消費電力（長寿命）で広いカバーエリアを持つ低コストの無線システムが求められており、LPWAとして様々な規格が提案されている。

「超多数同時接続」がターゲット



■ 主なLPWA

システム	SIGFOX	LoRa	Ingenu	LTE Cat-M/NB-IoT
推進団体	SIGFOX（仏）	LoRa Alliance（米）	Ingenu（米）	3GPP
使用周波数	800-900MHz	433MHz、800-900MHz等	2.4GHz	免許帯域
通信範囲	数km～数十km	数km～十数km	十数km	十数km
通信速度	0.1kbps	250～50kbps	19kbps	1Mbps / 20kbps, 250kbps
ビジネスモデル	SIGFOX又はパートナー事業者がネットワークを展開し、IoT向け通信サービスを提供	認定機器により、誰でもネットワークを展開可能	プライベートネットワークからIoT向け通信サービスの提供に転換	免許帯域を活用したIoT向け通信サービスを提供 2016年3月のRel.13で規格化、2017年度の導入を目標

新興勢力　　既存事業者、メーカ等

ロボットに利用されている主な無線通信システム

無線システム名称/無線局種	周波数帯	送信出力	伝送速度	利用形態	無線局免許
ラジコン操縦用微弱無線	73MHz帯等	※1	5kbps	操縦	不要
特定小電力無線局	400MHz帯	10mW	5kbps	操縦	不要 ※2
特定小電力無線局	920MHz帯	20mW	～1Mbps	操縦	不要※2
携帯局	1.2GHz帯	1W	(アナログ方式)	画像伝送	要
小電力データ通信システム	2.4GHz帯	10mW/MHz (FH方式は3mW/MHz)	200k～54Mbps	操縦 画像伝送 データ伝送	不要※2
無線アクセス	4.9GHz帯	250mW	～54Mbps	画像伝送 データ伝送	要
小電力データ通信システム	5GHz帯	10mW/MHz	～6.93Gbps	画像伝送 データ伝送	不要※2
簡易無線局	50GHz帯	30mW	(アナログ方式)	画像伝送	要

※1：500mの距離において、電界強度が200μV/m以下

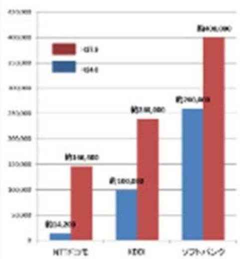
※2：免許を要しない無線局については、無線設備が電波法令に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る。

→ 必ず「技適マーク」が表示された無線設備のみ使用可能である。

技適マーク

- 東京オリンピック・パラリンピック競技大会等を見据え、無線LANのつながりやすさを確保する観点から、5GHz帯無線LANについてITU等の国際機関や主要国における検討等も踏まえつつ、他の既存業務との周波数共用条件の検討を促進する必要がある。
- 5GHz帯（免許不要帯域）については、無線LANのつながりやすさを確保していくことが重要であるが、携帯電話で用いられるLTE方式を利用する技術（LAA/LTE-U、Multefire）の開発等も行われていることから、国内の無線LAN等の既存システムへの影響を十分考慮しつつ国際的な動向を注視していく。

オフロード無線LANアクセスポイントの増加



5GHz帯周波数の利用状況

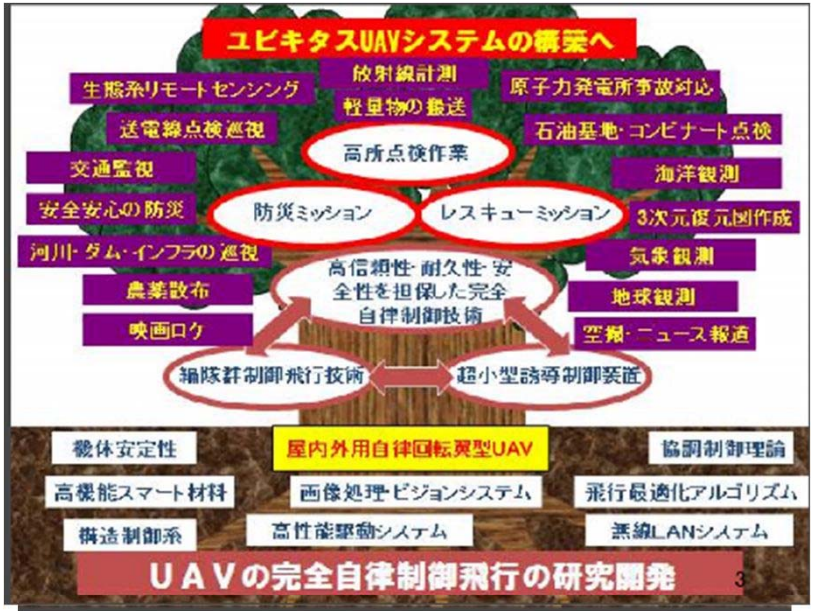
（出典：情報通信審議会陸上無線通信委員会5GHz帯無線LAN作業班資料（平成27年12月））

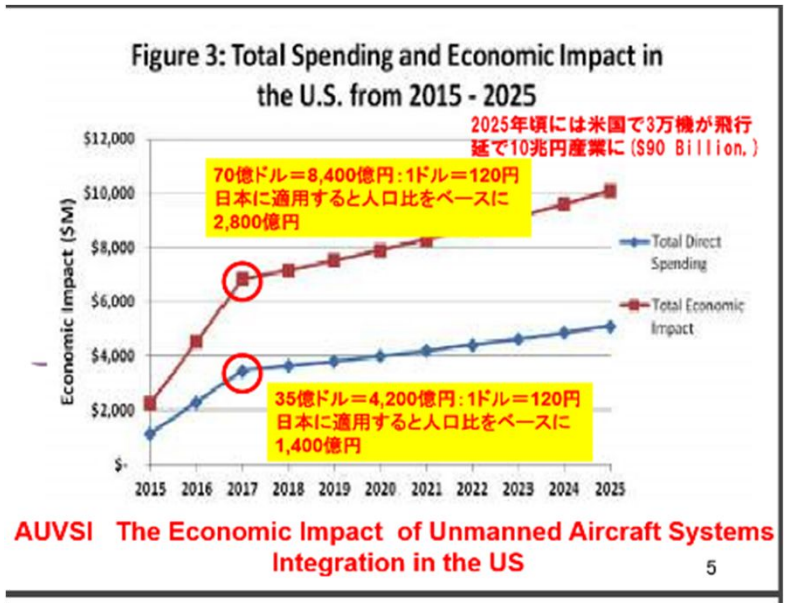
IoT分野の市場予測

IoT分野の経済効果は、2025年には世界で都市や工場を中心として、最大で1,338兆円程度と推定されている

利用シーン	IoTへのニーズ	ソリューション例	2025年経済効果（単位：兆円）
ウェアラブル	[illegible]	[illegible]	20.4-190.8
家	エネルギーマネジメント、安全やセキュリティ、家事に特化した[illegible]	[illegible]	24.0-42.0
小売店	[illegible]	[illegible]	49.2-139.2
オフィス	[illegible]	[illegible]	8.4-18.0
工場	オペレーションの効率化、予測的メンテナンス、在庫最適化、健康と安全	[illegible]	145.2-444.0
作業現場	オペレーションの効率化、機器メンテナンス、[illegible]	[illegible]	19.2-111.6
車	[illegible]	[illegible]	25.2-88.8
都市	[illegible]	[illegible]	111.6-199.2
物流	[illegible]	[illegible]	67.2-102.0

出典：McKinsey Global Institute analysis "THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE 2015



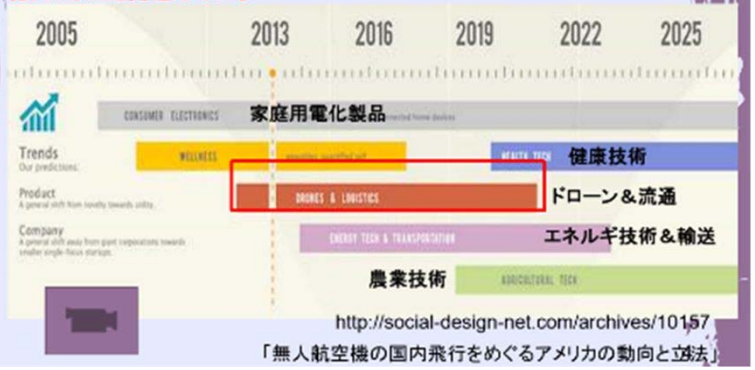


AUVSI The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the US

5

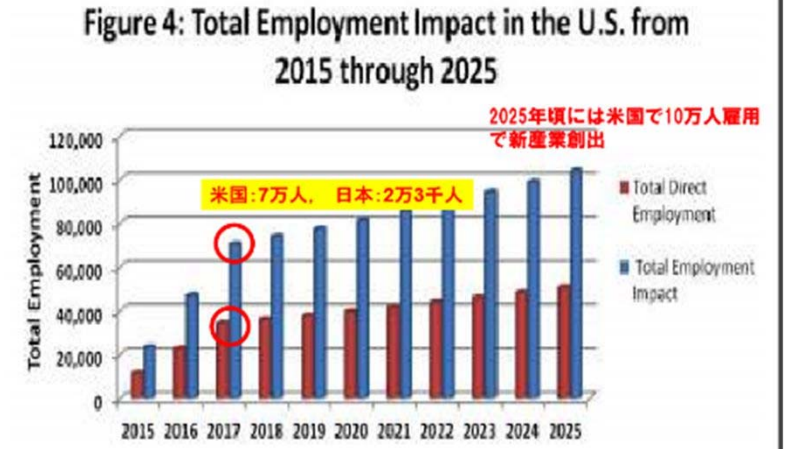
今後のDrone市場規模予測

スタンフォード大学によるハードウェア開発の未来予測では、「現在始まっているドローンや物流に関する革命は2021年くらいまで続くと考えられており，非営利団体 Association for Unmanned Vehicle Systems International（AUVSI）は，全米空域システムへの統合による経済効果を 2015 年から 2017 年の当初 3 年間で 136 億ドル以上、2015 年から 2025 年までに 821 億ドル以上と見込んでいる．



http://social-design-net.com/archives/10157

「無人航空機の国内飛行をめぐるアメリカの動向と立法」



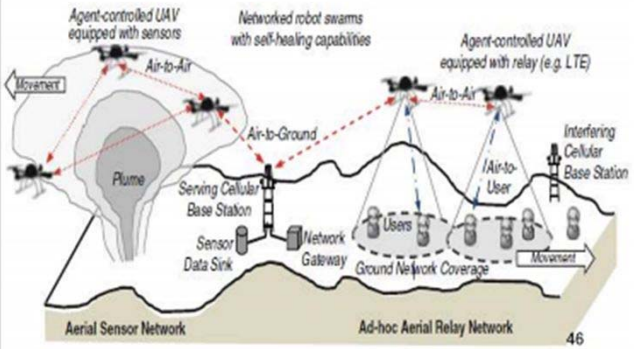
AUVSI The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the US

6

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/kinmirai/dai1/shiryou4.pdf

直線距離10km程度の特区の必要性

飛行ロボットを核としたデータリンクネットワーク構築試験



46

UAV（マルチロータヘリ）と地上間の無線通信について

表1. 無線局の免許事項（図解部分のみ）

免許事項（図解）	無人航空機搭載での適合条件
無線局の種別	移動局であること
無線局の目的	一般業務であること
通信の相手方	一般利用対象者であること
無線設備の移動範囲	移動範囲に「上空」を含むこと
電波形式	データ通信可能な電波形式であること
空中線電力	1W以上が望ましい

飛行中（上空移動中）のUAVとのデータ通信を行うには、特定小電力無線が現在唯一電波法に適合するものとなる。

表2. 無人機に搭載が可能と思われる無線局の適合性（ECC適合を示す）

各無線局（装置）	実験局	上空用要求無線	特小無線	携帯電話	要求無線等
無線局種別	実験試験局	要求無線局	特定小電力	陸上移動局	陸上移動局
無線局の目的	試験・調査	スカイスポーツ	一般	移動通信	移動通信
無線設備の上空移動範囲の可否	可能	可能	可能	不可	不可
電波形式	多種可能	電話	多種可能	電話・データ	電話・データ
空中線電力	1Wも可能	～1W	～20mW	－	～1W
無線局免許	申請（法人）	要出	不要	包括免許	要出
無線従事者	必要	不要	不要	包括免許	不要

参考文献 無人航空機の長距離無線データ通信方法の検討／宇宙航空研究開発機構研究開発資料 JAXA-RM-13-005

47

UAVと地上間で使用される無線通信（例）

無線規格／周波数	用途	課題点
Wi-Fi／2.4GHz帯、5GHz帯	・データ通信（アップリンク／ダウンリンク） ・画像or映像伝送	WiFiは一般的に使用される周波数であり、環境によっては電波干渉が発生し、データの欠損が発生する
特定小電力無線／2.4GHz	・プロポ操縦信号等	WiFi無線LANと周波数帯域が被っているため、電波干渉の懸念
簡易無線／1.2GHz帯	・要免許であるが0.5W、1W出力が可能であるため1km程度の映像伝送が可	・1チャネルしか使用できないため、同エリア内（1km以内など）では電波干渉が発生する。つまり複数機飛ばせない
920MHz帯	・データ通信（アップリンク／ダウンリンク）	・20mWではあるが、数十kmの距離を通信することはできない

産業用、災害救助用で安全にUAVが使われるためには
無線周波数帯の整理とルール作りが必要

高信頼性のある10km程度の長距離無線データリンクの確立がＵＡＶ産業応用に必須

48

UAV専用の帯域①

- 自律UAVの接近回避、進入禁止区域通知によるより安全なシステムの実現
  - 自律UAV専用の帯域が無い専用の帯域で実現した

UAV同士が位置情報を交換するシステム

49

UAV専用の帯域②

- WiFi以外の帯域を用いる操縦データ、機体データ、映像データの通信
  - 2.4GHz帯、5GHz帯利用のため、既設機器との干渉が避けられない（地上設備への影響回避のため、以上の帯域が利用できない場合がある）

- 干渉を受けない／与えない専用の帯域があると良い

50

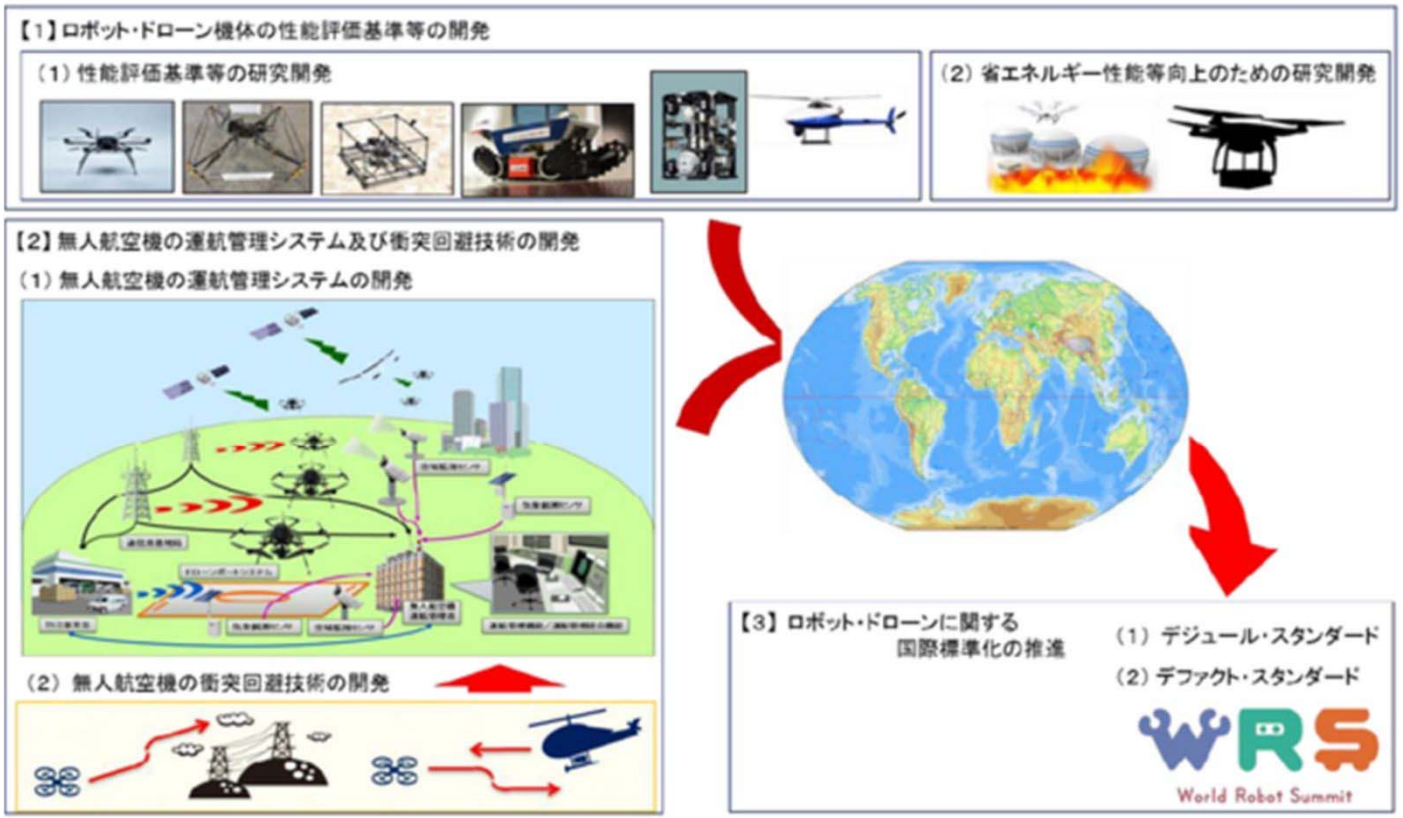
ドローンとインフラの整備

ドローンを自動車のように、新しい「空のモビリティ」として安全に社会に根づかせるためには、

- **航空法の順守（より安全にするために必要に応じて改定）**
- **電波法の順守（より安全にするために必要に応じて改定）**
- **ドローンの安全運用ガイドライン**
  - **事例：ミニサーベイヤーの安全運用ガイドライン**
- **スクーリングによる学科と実技の講習による、ドローンの正しい理解と技能検定修得**
  - **事例：農薬散布ヘリのヤマハＲＭＡＸの運用システムは規範となる**
- **ドローン保険制度の充実**
- **ドローンの機体認定制度/機体の定期点検**
- **ドローンの運用者・オペレータの認定制度/顧客管理**

52

https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=j0Y7uiLZ&id=7FC5F6B00DC6E164B8B71433FE0B331F80974119&thid=OIP.j0Y7uiLZhdwzFJMNuq6JAwD6D6&q=%e7%a6%8f%e5%b3%b6%e7%89%b9%e5%8c%ba+%e7%89%a9%e6%b5%81%e3%80%80%e3%83%89%e3%83%ad%e3%83%bc%e3%83%b3&simid=608024000520193732&selectedIndex=6&ajaxhist=0



<図書を積載したドローンとワンタイムパッド暗号化装置>

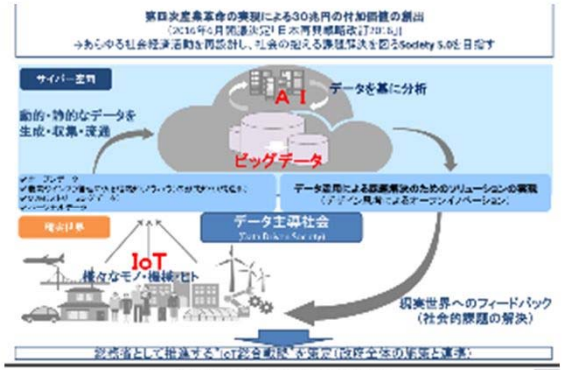
図 2a 図書を積載したドローン

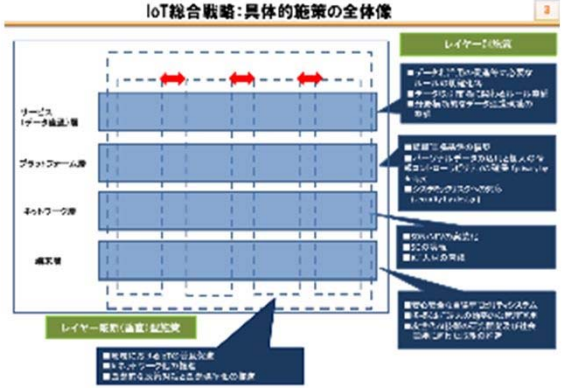
<ドローン飛行ルート>

情報通信審議会　第三次中間答申　概要

平成29年1月27日

情報通信審議会

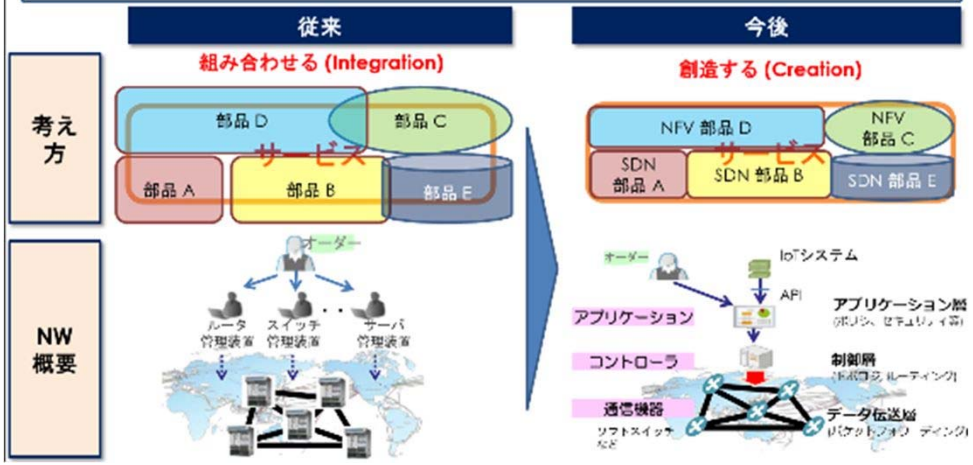




今後のネットワークインフラの在り方

11

●個別のネットワーク機器から、制御に関わる部分をソフトウェア化して分離し、簡易なGUIとコントローラによる集中制御を可能とするネットワーク（個別機器の設定や配線作業の軽減）
●従来ハードウェアで実現されてきた機能をソフトウェアによって実現するネットワーク
●上記ソフトウェアによる制御・運用の比重増加や、ネットワーク制御・運用のためのAPIのオープン化によるユーザニーズへ対応し柔軟に構成を変更可能なネットワーク



【これまでの取組・現状】

○　日本再興戦略2016において、「ソフトウェア・仮想化技術等の活用によって膨大なIoT機器等を迅速・効率的にネットワークに接続するための最適制御技術の実用化に向けた開発・実証実験を数年度実施するとともに、これらの技術等を活用したネットワークの運用・管理に求められるスキルの実現化やその認定の在り方について検討を行う。」とされている。

○　これまでは、求められる技術を運用する人材を育成するための環境基盤が構築されておらず、必要とされるスキルの明確化もされていない。

【目標・成果イメージ】

① 最適制御技術を開発・実装した人材育成環境を、インターネットの結節点であって、様々な事業者が多様な機器で相互接続するIX（インターネットエクスチェンジ）に整備する。

② 通信事業者、ユーザー企業や研究機関等が同環境を用いて技術者の人材育成を図る。

③ ネットワーク管理・運用に必要なスキル明確化やその認定の在り方の検討を行う。

平成29年7月31日
情報通信研究機構
産業技術総合研究所
科学技術振興機構(JST)
内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)

電波の途切れにくい新しい周波数でドローンの制御飛行に初めて成功

～ロボット・ドローン用に新しく開放された周波数169MHz帯の活用に向けて～

ポイント

○ 平成28年8月に総務省が新たに制度化した周波数帯の一つ、169MHz帯を使ったドローンの遠隔制御飛行に成功。
○ 他のドローンを中継した遠隔制御飛行も実証、直接電波が届かない環境での運用も可能に。
○ 飛行中に遠隔から他の周波数帯(920MHz帯)と切り替える機能を確認、ドローンの制御用無線がより高信頼に。

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)タフ・ロボティクス・チャレンジ(プログラム・マネージャー:田所 諭)の一環として、国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT、理事長:徳田 英幸)および国立研究開発法人 産業技術総合研究所(産総研、理事長:中鉢 良治)のグループは、平成28年8月に総務省が新たに制度化したロボット・ドローン用の周波数の一つである169MHz帯を使ったドローンの遠隔制御飛行に初めて成功しました。

これまでのドローンのほとんどに2.4GHz帯をその制御や状態把握に用いていますが、無線LANなど他からの干渉を受けやすいだけでなく、構造物や樹木、地形などにより、電波が途切れやすく、物流や災害対応などで想定されているような、操縦者から1km程度以上離れた場所でのドローンの安定した運用は困難でした。

実験では、これまで使われている周波数より建物等の障害物を回り込んで比較的遠くに届きやすい特性を持つ169MHz帯電波を用いて、地上の操縦者からドローンまで直接無線をつないだ制御のほか、上空に滞空する他のドローンを経由して、目的のドローンの制御と状態把握を行うマルチホップ中継制御にも成功しました。また、ドローン飛行中に、これまでその制御用に開発してきた920MHz帯の周波数との切り替えが遠隔から可能であることも確認しました。今回の開発により、異なる電波の伝わり方を持つ複数周波数にまたがる運用が可能となり、ドローンの飛行に必要な電波をこれまでよりも格段に高信頼化できる見通しが得られました。

本成果は、以下の事業・研究プロジェクトによって得られました。

内閣府 革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)
http://www.jst.go.jp/impact/
プログラム・マネージャー　：田所 諭
研究開発プログラム　：タフ・ロボティクス・チャレンジ
研究開発課題　：タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発
研究開発責任者　：三浦 龍(国立研究開発法人 情報通信研究機構)
研究期間　：平成27年度～平成30年度

本研究開発課題では、電波の伝わりにくい環境下においても途切れにくいタフなロボット制御用無線通信技術の研究開発に取り組んでいます。

<田所 諭 プログラム・マネージャーのコメント>

ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジは、災害の予防・緊急対応・復旧、人命救助、人道貢献のためのロボットに必要不可欠な「タフで、へこたれない」さまざまな技術を創出し、防災における社会的イノベーションとともに、新事業創出による産業的イノベーションを興すことを目的とし、プロジェクト研究開発を推進しています。

災害現場でドローンやロボットなどの先端技術を活用するためには、無線通信が不可欠です。ところが、現在ロボットで広く使われている無線LANや携帯電話回線は、ドローンが必要とされる災害被災地域や山間部では安定した通信が不可能です。これまで、無線の問題のためにロボットが使用できなかった、あるいは、有視界外にあるロボットの状態をモニタリングし続けることができなかったケースが、数多くありました。

本研究では、総務省が新たに割り当てた169MHzの周波数帯を用いて、ドローンに動作コマンドを与えながらの遠隔制御飛行、および、従来の周波数帯と切り替えながらの安定飛行に成功しました。また、この周波数を使って、複数台のドローン間で無線通信を中継しながら遠隔操作することにも成功しました。

169MHz帯は建物や障害物がある通信に適していることから、この成果は、災害現場、特に有視界外飛行でのドローンの実用性と安全性を飛躍的に高めることは間違いありません。今後、制度化や商品化を進めることによって、災害時のロボット活用推進のための重要な基盤となると期待されます。

2016年12月19日 熊本無人機研究会講演会
（@熊本大学）

災害時等での小型無人機活用に向けた電波利用技術の動向と取組み

国立研究開発法人　情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
三浦　龍　ryu@nict.go.jp、小野　文枝　fumie@nict.go.jp

講演内容

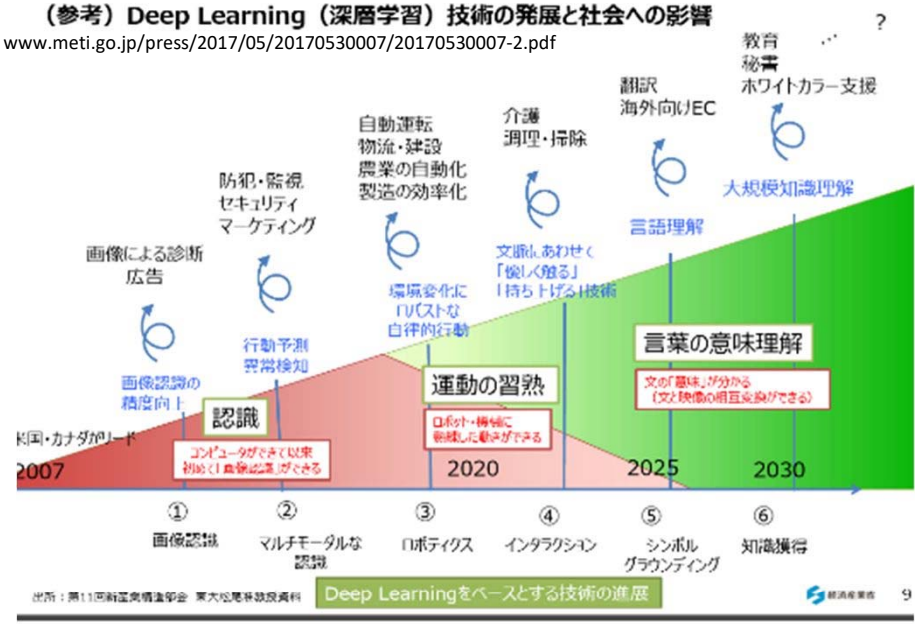
1．NICTにおけるこれまでの取組み
　～空飛ぶ電波タワーによる災害時の通信確保にむけて～
2．ドローンにおける無線の役割と運用体制
　～無人機の安全運用にむけて～
3．見通し外でのドローン運航のための無線技術の開発
　～無瞬断マルチホップ制御通信「タフ・ワイヤレス」
　～ドローン間位置情報共有ネットワーク「ドローンマッパー」
4．おわりに

https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKEwjJpOii88nWAhULEpQKHWZ6A0kQFghKMAY&url=https%3A%2F%2Fwww.kiai.gr.jp%2Fjigyou%2Fh28%2FPDF%2F1219p2.pdf&usg=AFQjCNF1Z2UBd67y25upRo1a8G7a7uEzTA

※ 本資料の一部は総務省電波政策第2020懇談会第2回サービスワーキンググループワイヤレスビジネスタスクフォース資料から引用・更新したものを使用するとともに、内閣府の革新的イノベーション研究開発プログラム（ImPACT）の１つである「タフ・ロボティクス・チャレンジ」の成果も含んでいます。

（参考）Deep Learning（深層学習）技術の発展と社会への影響

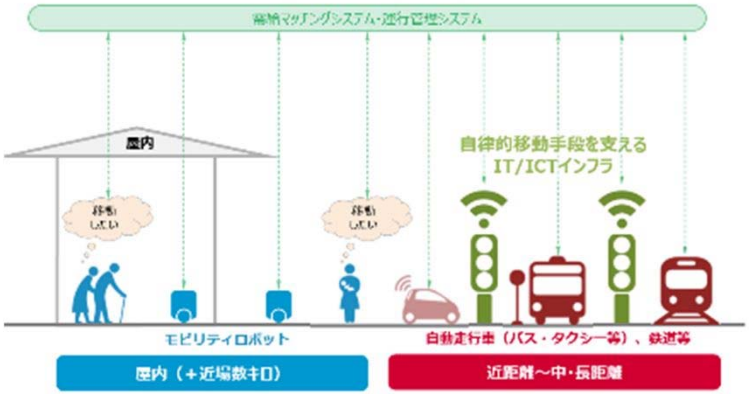
www.meti.go.jp/press/2017/05/20170530007/20170530007-2.pdf



全ての分野で、革新的な製品・サービスが創出
（共通基盤技術×産業コア技術×データ）

技術		関連データ	革新的な製品・サービス
共通基盤技術（人工知能、IoT、ロボット）	運転制御技術	事故データ、カメラ情報データ	無人自動走行による移動サービス 無人自動走行車　等
	生産管理技術	事故・ヒヤリットデータ	異常・予兆の早期検知等による安全性・生産性向上、保険・格付けの高度化　等
	バイオインフォマティクス ゲノム編集	生物データ	新規創薬、機能性食品、先端材料製造、バイオエネルギー　等
	医薬品開発技術 介護に係る技術	健康医療データ 介護データ	個別化医薬品 自立に向けた介護ケアプラン　等
	エネルギー需要設備制御技術	顧客データ	エネルギーディマンドリスポンス、見守りサービス　等
	金融技術	購買・商流データ、金融市場データ	取引・決済データによる与信、資産運用アドバイスサービス高度化等

1.「移動する」
(2)目標逆算ロードマップ
①ヒトの移動（自動走行）
②モノの移動（隊列走行・ドローン）

①ヒトの移動における方向性

- 自律的な移動手段による、安全で多様な移動サービスの提供を実現。