

「ロボットにおける電波利用の高度化に関する 技術的条件」の検討状況について

平成27年9月
陸上無線通信委員会
ロボット作業班

- ロボット作業班(主任:電気通信大学 中嶋特任教授)では、関係者からのヒアリングを中心として、これまで三回の会合を開催。
- 提案募集や、ヒアリングの結果を踏まえ、それぞれの運用形態による伝送容量や通信距離等の要求条件を整理。
- 要求条件を踏まえ、今後、技術的条件や周波数共用についての検討を進める予定
 - 低コストの無線機実現の観点から、既存システムに利用されている汎用的な周波数帯※を中心に検討

※70MHz帯、169MHz帯、2.4GHz帯、5GHz帯

検討状況

○第一回作業班(平成27年4月22日)

- 検討の進め方の確認、提案募集[†]結果の確認
- ロボットの各種用途に係る要求条件等についてヒアリングを実施
 - 産業競争力懇談会 …………… 災害対応用ロボットに係る要求条件
 - セコム(株) …………… セキュリティ分野におけるロボットの活用動向等
 - (一社)電波産業会 …………… 電波利用システム調査研究会の検討状況

[†]平成27年3月19日～4月3日まで実施。

○第二回作業班(平成27年6月26日)

- ロボットの各種用途に係る要求条件についてヒアリングを実施
 - ヤマハ発動機(株) …………… 産業用無人ヘリコプターの活用動向及び今後の要求条件
 - (一社)日本UAS産業振興協議会 …… 無人航空機に係る電波利用について
 - 北海道大学 野口教授 …………… 農業分野におけるロボットの活用

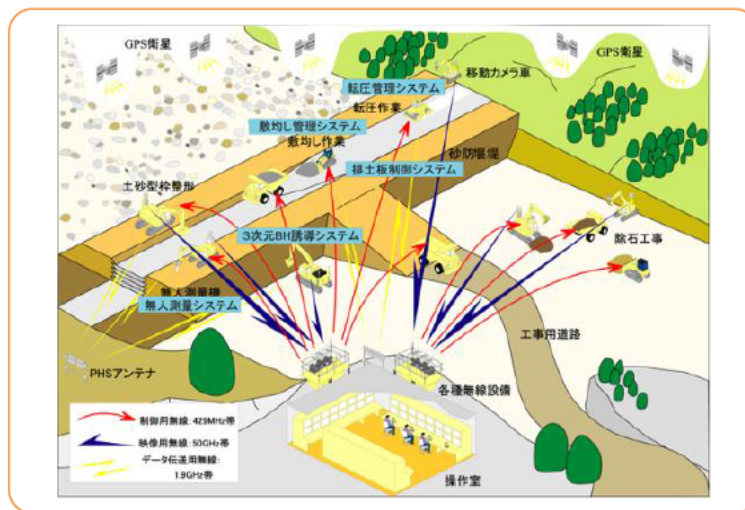
○第三回作業班(平成27年7月29日)

- 要求条件のとりまとめ
- 今後の共用条件の検討の進め方等の確認

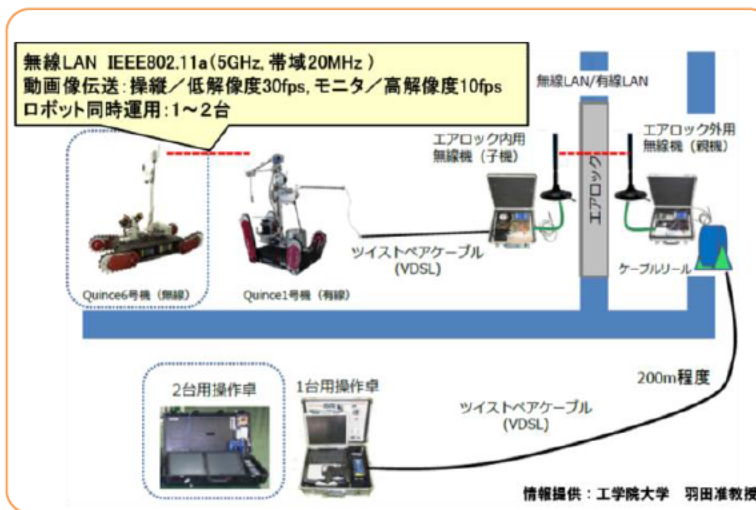
災害対応ロボットについて、利用シーンを以下のように分類、今後の電波利用について要望。

- 上空利用 : 災害発生時において、人が立ち入ることの不可能な場所での現地調査や通信の中継
- 地上利用(屋外) : 無人化施工等
- 屋内利用 : プラント事故発生時等において、人が立ち入ることの不可能な場所での調査等

無人化施工における電波利用イメージ(現状)



プラント事故における屋内調査用ロボットの運用事例



情報提供: 工学院大学 羽田准教授

※産業競争力懇談会 ヒアリング資料より

	用途	使用周波数
現状の運用	地上利用(屋外)	各種周波数を活用
	屋内利用	主に無線LAN(2.4GHz帯、5GHz帯)を活用
	上空利用	920MHz帯や2.4GHz帯を活用
要望事項	<ul style="list-style-type: none"> □ 画像伝送用周波数の拡充 □ 同一周波数帯での画像伝送・データ伝送、遠隔操縦の実現 □ 大容量のメイン回線が途絶した際の、バックアップ用回線(低画質・低レート)の確保 □ 無線局免許による管理、運用調整の枠組みの設定 	

等

産業用無人ヘリコプターは、農薬散布や測量・各種測定用途等の分野で現に活用。
 今後、普及に伴って活用の場面・同時運用台数が増加することを想定し無線操縦用周波数の増波や、画像伝送用周波数の拡充等を要望。

産業用無人ヘリコプターのスペック・運用事例等

※ヤマハ発動機(株)発表資料より

農薬散布用 FAZER



送信機

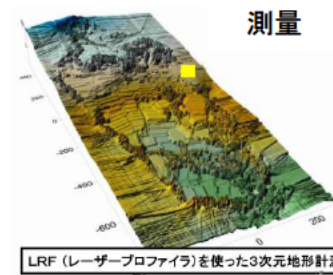
■通信 73MHz ラジコン用規格 7ch

■全長 2.78m メインローター径 3.1m
 ■重量66kg 積載重量33kg

農薬散布



測量



LRF (レーザープロファイラ)を使った3次元地形計測

自動航行型 RMAX G1



送信機



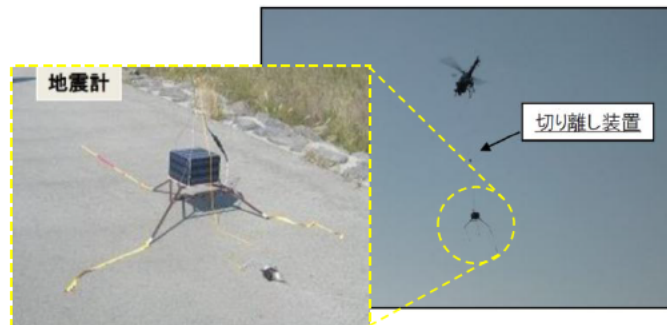
地上局

データ通信、画像通信アンテナ

■通信 73MHz ラジコン用規格 (離着陸用)
 2.4GHz 小電力データ通信(データ通信用)
 1.2GHz アナログ 1W (画像通信用)

■全長 2.75m メインローター径 3.1m
 ■重量84kg 積載重量10kg
 ■飛行範囲 半径 5km (飛行時間90分)

地震計設置・回収



地震計

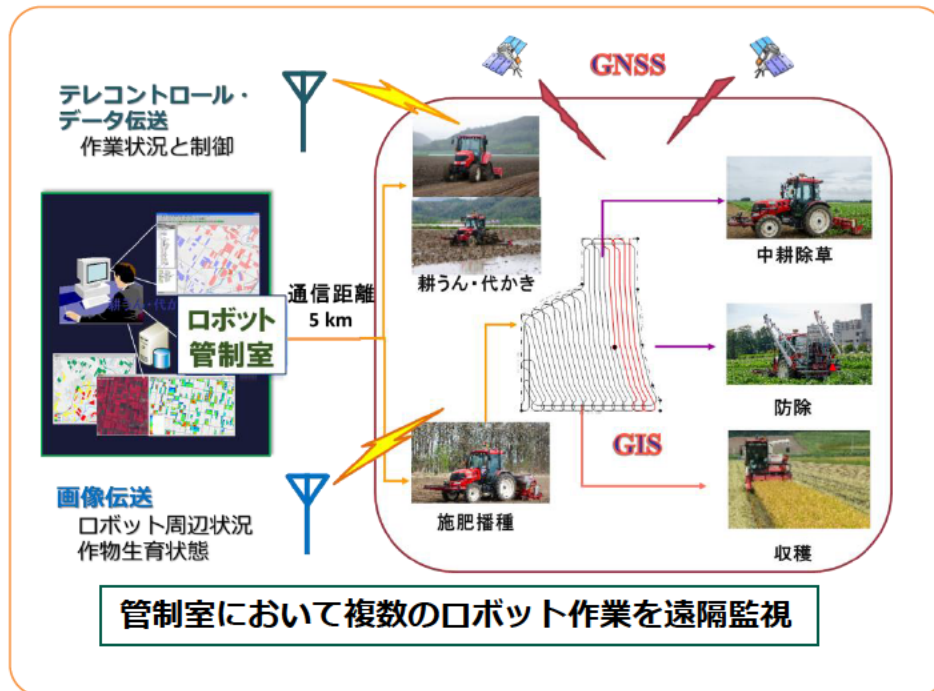
切り離し装置

	用途	使用周波数	備考
現状の運用	農薬散布 測量等	無線操縦 : 73MHz帯 画像伝送 : 1.2GHz帯(アナログ) 画像伝送・データ伝送 : 2.4GHz	農薬散布では、混信防止のため運用調整を行った上で、周波数を利用。
要望事項	<input type="checkbox"/> 無線操縦用周波数(73MHz帯)の増波 <input type="checkbox"/> 画像伝送用周波数の拡充		

今後期待されるロボットの活用事例として、それぞれの分野における活用イメージに基づき、想定される電波利用について要望。

- 農業分野：無人農機による完全無人農業（北海道大学・野口教授）
- 警備分野：小型無人機による警備・監視（セコム株式会社）
- 無人航空機：遠洋漁業の魚群探知への活用等（日本UAS産業振興協議会）

農業分野におけるロボットの活用イメージ



※北海道大学・野口教授 ヒアリング資料より

警備分野におけるロボットの活用イメージ

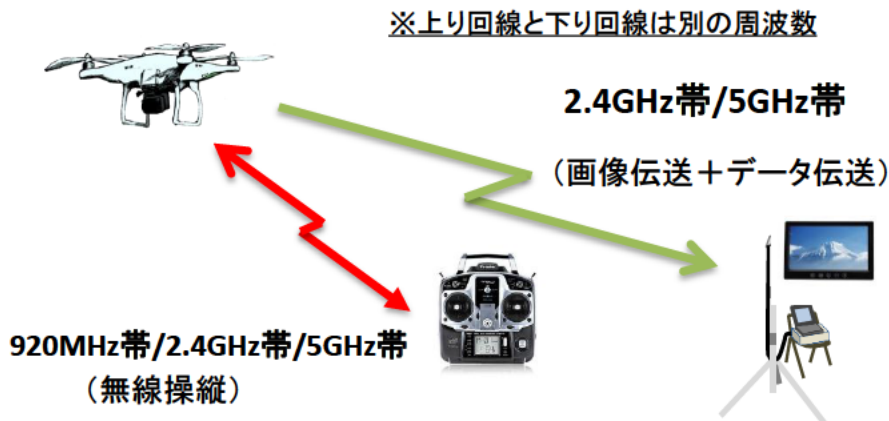


※セコム(株) ヒアリング資料より

各種分野におけるロボットの電波利用の現状やニーズを整理し、要求条件等を取りまとめ。主に画像伝送用の周波数帯として、2.4GHz帯及び5GHz帯での利用の可能性（周波数共用等）の検討を実施。

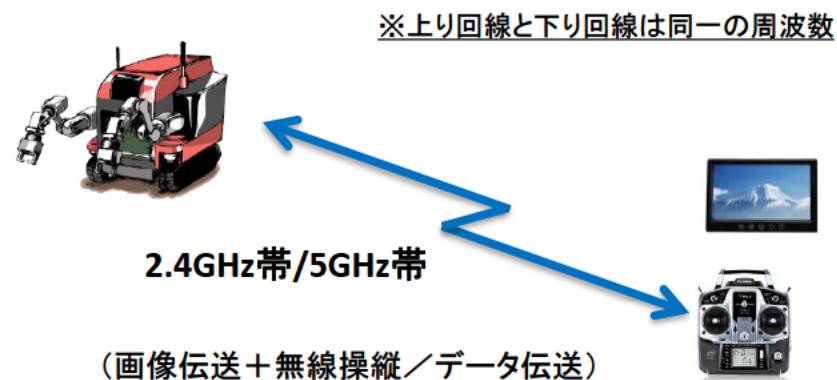
■無人飛行機の利用イメージ

単向通信・同報通信・単信方式



■無人化施工や屋内作業用の利用イメージ

一周波複信方式(TDD)



2. 想定される使用環境及び台数

使用環境	地上高	移動範囲	同一使用場所における運用台数	備考
上空	250m	5km未満	5台	地上高は、航空法において無許可で飛行できる空域の最大地上高とする。
地上(屋外)	3m	1km未満	20台	地上(屋外)のモデルは、無人化施工を想定したものとする。

主な要望事項

ロボットのタイプ別

○ 飛行するロボット

- マルチコプター等(いわゆるドローン)
 - ✓ より遠方(5~10km程度)までの通信を実現 **【多数】**
 - ✓ より高画質な画像伝送の実現 **【多数】**
- 農薬散布用ラジコンヘリコプター
 - ✓ テレコントロール用周波数の拡充 **【ヤマハ発動機】**
 - ✓ 画像伝送用周波数の拡充 **【ヤマハ発動機】**
- 長距離を飛行可能なロボットへの対応
 - ✓ 衛星通信の利用や管制システムの構築 **【総合研究奨励会、JUIDA】**
 - ✓ 広域的な通信網の活用・構築 **【セコム、ジェネロテクノロジー、総合研究奨励会】**

○ 屋外で地上使用されるロボット

- 無人重機、無人農機等
 - ✓ 画像伝送用周波数等の拡充 **【COCN、コーワテック、ATR、北海道大学 野口教授】**
 - ✓ メイン回線が途絶した際のバックアップ回線の確保 **【COCN、北海道大学 野口教授】**

○ 屋内で使用されるロボット

- 災害対応用ロボット等
 - ✓ 画像伝送用周波数等の拡充 **【COCN、ATR】**
 - ✓ メイン回線が途絶した際のバックアップ回線の確保 **【COCN】**

※(株)等は省略し、意見提出者の一部は次の略称で記載。
 JUIDA=日本UAS産業振興協議会
 COCN=産業競争力懇談会
 ATR=国際電気通信基礎技術研究所

その他

- 適切な電波利用の観点から、無線局免許を必要とするべき。 **【多数】**
- 移動体通信用に国際的な標準化が進められている周波数帯域は避けるべき。 **【ビー・ビー・バックボーン、ソフトバンクモバイル】** 等

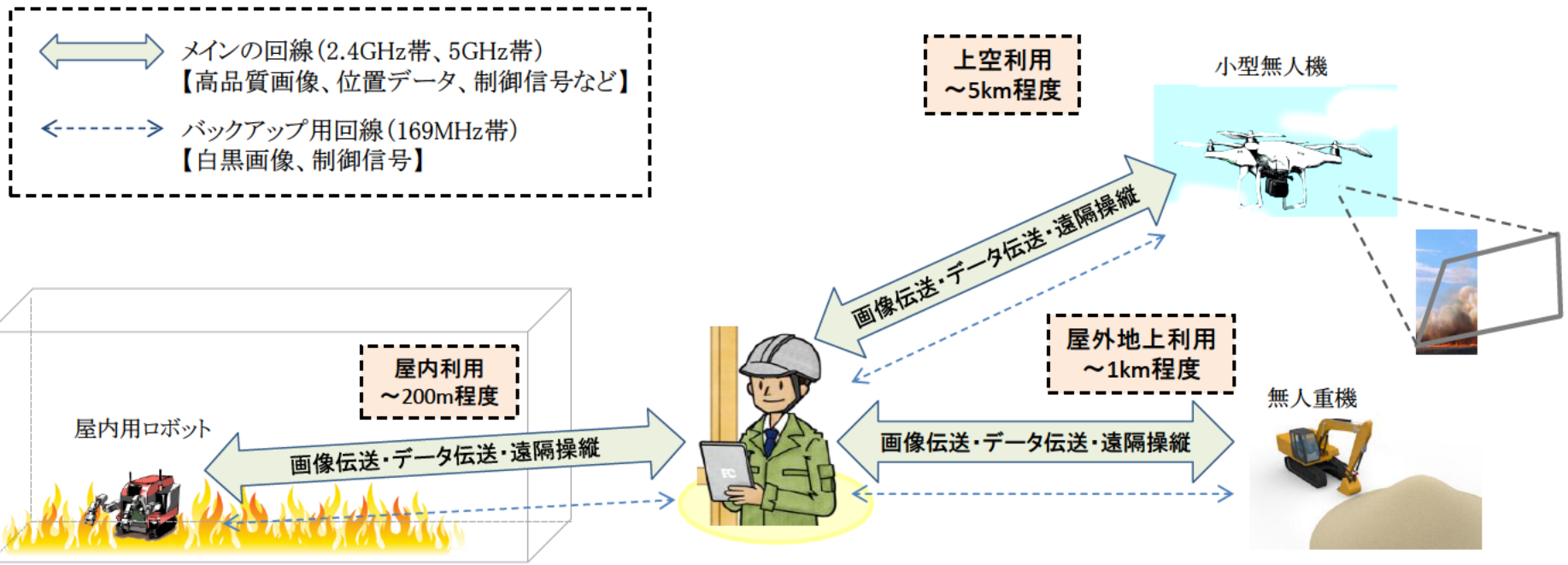
- ICAO(国際民間航空機関)等、国際標準化団体における議論と整合性をとる必要があるもの(管制システム等)については、本検討の対象外とする。(国際標準化動向等を踏まえつつ、必要に応じて、別途検討することが適当)
- 携帯電話の活用等、広域的な通信網を必要とする場合については、別途電気通信事業用回線等の活用の観点から検討することが適当。

要求条件についてのとりまとめ

○ 今後の技術的な検討を行う上での要求条件は下表のとおり。

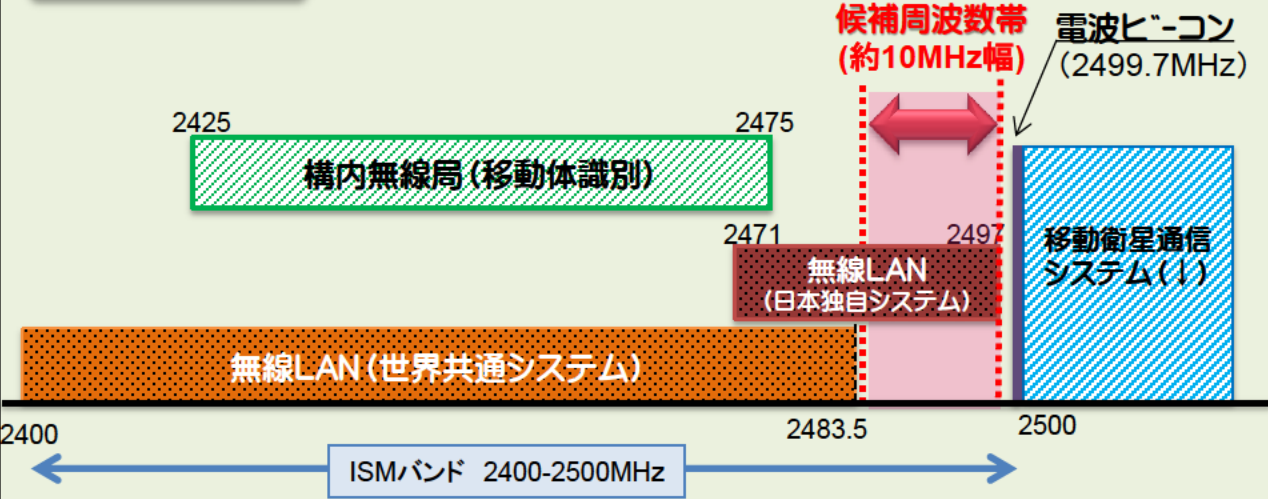
	メインの回線		バックアップ用回線
候補周波数帯	2.4GHz帯	5GHz帯	169MHz帯
伝送容量	3M~27Mbps	3M~54Mbps	100k~200kbps
通信距離		上空利用 : ~5km程度 地上利用 : ~1km程度 屋内利用 : ~200m程度	

※この他、ラジコンヘリ用のテレコントロール用周波数の増波を検討



検討候補の周波数帯 (2.4GHz帯及び5GHz帯)

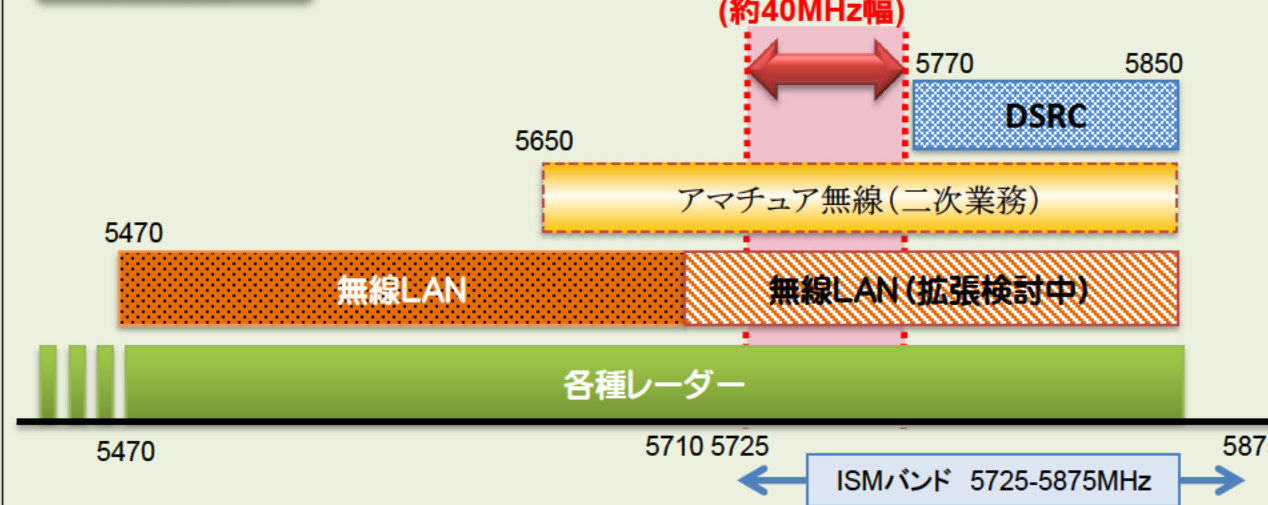
■ 2.4GHz帯



共用検討が必要な既存システム	
同一帯域	無線LAN (日本独自システム)
隣接帯域	無線LAN (世界共通システム)
	構内無線局(移動体識別)
	電波ビーコン(VICS)
	移動衛星(ワイドスター)

【MHz】

■ 5GHz帯



共用検討が必要な既存システム	
同一帯域	無線LAN(拡張帯域)
	各種レーダー
隣接帯域	無線LAN(既存帯域)
	DSRC(ETCシステム)

※アマチュア無線は二次業務のため、共用検討の対象外。

【MHz】

【参考】「ロボットにおける電波利用の高度化に関する技術的条件」に係る提案概要

	提案者	運用形態・要求条件	その他提案・検討事項等
1	九州電力(株)	以下の用途において自律飛行可能なドローンの運用を想定(所要通信距離:10km程度以上、所要伝送速度:4Mbps程度以上) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 送電線・鉄塔等の巡視、ダム・下流水域の監視など保全業務の効率化・高度化 ➢ 台風・豪雨災害時における立入り困難箇所の被災状況把握など 	電波の混信防止、外部からの不正アクセスへの耐性、特定周波数や識別信号を含む電波の発射による特定区域の飛行制限など、安全性・信頼性についての検討が必要。
2	産業競争力懇談会	災害対応ロボットの以下の各用途を想定し、要求条件等を提案 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 屋外遠隔作業ロボット:数十台程度の無人重機による大規模協働作業 ➢ 屋内小型調査ロボット:人が立ち入ることが出来ない場所において、少数台を調査等のために運用 ➢ 無人飛行機:空中からの調査のために複数台を運用 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ロボット市場の活性化のための広く一般に活用できる周波数帯域の確保 ➢ 免許または登録制にし、災害時等の対応において、優先的な使用を確保 ➢ 特区的なテストフィールドの設置 ➢ 無線機の開発支援・制度整備
3	ビー・ビー・バックボーン(株)	通信ケーブルの敷設、保守点検等において、ドローンの活用を想定(所要通信距離:5km程度)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 周波数については、移動体通信用に国際的(ITU-R、3GPP等)に標準化の進んでいる周波数帯域を避け、また、海外展開を考慮に入れ、国際協調を図った上で、使用する周波数帯を決めるべきとの提案 ➢ 適切な電波利用の観点から、無線局免許を必要とするべき
4	コーワテック(株)	災害発生後において、遠隔操縦ロボットによる復旧作業による運用を想定し、以下のシステムについて空中線電力等を具体的に提案 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 災害現場におけるロボット制御用及び画像伝送用の無線システム(無指向性) ➢ 遠隔地から災害現場まで、確実なデータ伝送及び画像伝送を可能とする無線システムの確立 	遠隔地と災害現場との画像伝送については、放送事業用のFPUをベースの技術とすることを提案
5	セコム(株)	運用形態として、警備用ロボットを想定、要求条件等を提案	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 無線機のコストを抑えるために、周波数は既存機器の帯域に近いこと ➢ 他の既存無線システムとの干渉が避けられ、屋内外を問わず安定した通信が必要 ➢ 5GHz帯の無線LANの屋外・空中利用 ➢ 飛行機器へのモバイル通信端末の搭載 <p style="text-align: right;">等</p>
6	日本無線(株)	以下のような用途等を想定し、それぞれの利用形態に応じて、要求条件を考慮することを提案 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 災害時等における公共利用 ➢ 報道利用 ➢ 無人化施工等の産業利用 ➢ 趣味等 	技術基準への適合性の確認や、災害時等における公共利用の優先性を確保するために、許可・登録制等の何らかの管理が必要。例えば、運用協議会等を設け、ロボットについての運用調整の実施を提案
7	ジェネロテクノロジー(株)	目視範囲を超えた遠隔地でのドローンの運用を想定。携帯電話システム相当の基地局・ドローンから構成される通信ネットワークを提案	周波数は、2010～2025MHzや2.5GHz帯とし、その他の技術的条件はTD-LTE方式に準拠
8	ソフトバンクモバイル(株)		周波数については、移動体通信用に国際的(ITU-R、3GPP等)に標準化の進んでいる周波数帯域を避け、また、海外展開を考慮に入れ、国際協調を図った上で、使用する周波数帯を決めるべきとの提案
9	(一財)総合研究奨励会	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 我が国全域を監視するシステムの実現に向けて、無人機の目視外飛行を可能とするシステムを提案 ➢ システム構成として航空移動業務に類似したレーダー、管制、無人機等から構成されるネットワークを提案 	
10	(株)国際電気通信基礎技術研究所	以下の運用形態を想定し、利用形態に応じて、要求条件を考慮することを提案。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 大規模商業施設や地下街などの巡回監視、人を乗せた移動支援ロボットなどの屋内移動型ロボット ➢ 農業用や災害対応用等の屋外移動型ロボット ➢ 農薬散布などの農業用、小型荷物の運搬等の物流用、社会インフラ維持管理用等の小型飛行ロボット 	データの欠落や伝送遅延の発生を極力抑える必要があるテレメトリデータ伝送や、制御コマンド伝送等については、ロボットの実運用に際して干渉や混信を回避する観点から、無線局の運用調整のための仕組みが必要。

【参考】ロボット作業班 構成員

氏名	現職
【主任】 中嶋 信生	国立大学法人電気通信大学 産学官連携センター長 特任教授
【副主任】 羽田 靖史	工学院大学 機械システム工学科 准教授
姉齒 章	双葉電子工業(株) 無線機器事業センター無線機器企画開発部 主管技師
有賀 寿	日本放送協会 技術局計画部 副部長
石垣 悟	日本無線(株) 事業本部 事業統括部 担当部長
小竹 信幸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 企画・技術部門 技術グループ 担当部長
加藤 数衛	(株)日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
川上 勝彦	建設無人化施工協会 技術委員長
神林 喜彦	(一財)日本ラジコン電波安全協会 専務理事
北原 成郎	産業競争力懇談会 災害対応ロボットの社会実装プロジェクト WG3 副主査
坂本 修	日本産業用無人航空機協会 副会長
千田 泰弘	(一社)日本UAS産業振興協議会 副理事長
渡並 智	セコム(株) IS研究所 コミュニケーションネットワークグループ グループリーダー
蛭川 明則	日本電信電話(株) NTTアクセスサービスシステム研究所 主幹研究員
細田 祐司	(一社)日本ロボット工業会 ロボットビジネス推進協議会 通信SWG 副主査
三浦 龍	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研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 室長
八木 学	日本電気(株) 交通・都市基盤事業部 シニアエキスパート
八木 義男	(一社)電波産業会 研究開発本部 次長
山崎 高日子	三菱電機(株) 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長