

テレメーター・テレコントロールの 高度利用に関する調査検討報告書

概要版

平成28年1月

テレメーター・テレコントロールの高度利用に関する調査検討会

目次

1. 調査検討の概要
2. テレメーター・テレコントロールシステムの現状と課題
3. 実証試験
 3. 1 机上検討・ラボ試験
 3. 2 フィールド試験
4. 周波数共用検討
5. 技術的条件の策定
6. テレメーター・テレコントロールシステムの高度利用方法等の提言

資料

- ・ テレメーター・テレコントロールの高度利用に関する調査検討会 委員構成
- ・ 公開実証試験（デモンストレーション）

1. 調査検討の概要

調査検討の背景

- **近年の我が国における農業分野の課題**
 - ✓ 農業従事者の減少や高齢化による深刻な労働力不足
 - ✓ 農業を基幹産業としている地方経済の疲弊と人口減
 - ✓ 国際競争力の激化によりさらなる生産性や品質の向上の必要性特に農林水産業を主要産業とする北海道は、農業従事者の高齢化や担い手不足、また、農家1戸当たりの経営耕地面積の割合が他県に比べ高いことから、農業従事者への負担が大きい。
- **政府全体として様々な分野へのロボット活用の可能性の認識**
 - ✓ 日本再興戦略(平成25年6月に策定)に日本が抱える課題解決の柱としてロボット革命の実現が提言され、新たな電波利用システムの整備について言及。
- **課題解決に向けたICT利活用とテレメーター・テレコントロールへの期待**
 - ✓ 課題解決に向けて、トラクター等農業機械や農作業情報管理などにおいてICTを有効利用した産業の効率化と高度化に向けた取組の推進。
 - ✓ 各種センサーやカメラ画像より収集したデータの活用や様々な機器の遠隔制御等、カバーエリアが広く、低価格で導入できる小型・軽量のテレメーター・テレコントロール実現への期待。

調査検討の目的

様々なフィールドで活用されているテレメーター・テレコントロールについて、現状と課題を明らかにした上で、陸上及び上空での高度利用のための技術的検証を交えた調査検討を行い、農林水産業での活用はもとより、非常災害時での活用を含めた高度利用方法を提言する。

2. テレメーター・テレコントロールシステムの現状と課題

- 無線局免許が必要なものについて
 - ✓ 使用可能な帯域が狭く低速な伝送に限られているものが大部分。
 - ・主にダムや河川管理等の業務用として古くから利用
 - ✓ 広帯域のものについては、一定の構内での使用に限るなど厳しく制限され、工業用計測等の分野以外では低利用。
- 無線局免許を要しないものについて
 - ✓ 近年、小電力のシステムやWi-Fiが身近なシステムとして普及してきているが、狭帯域のものは低速な伝送に限定。
 - ✓ 広帯域のものについてはリアルタイムでの常時無線伝送は困難。
 - ・例えば特定小電力無線として規格化されている900MHz帯については、1時間当たりの送信時間に制限有り
 - ✓ リアルタイムで画像伝送を行うための高速な伝送路として現在使用できる帯域は、キャリアが提供する公衆回線、及び無線LANなどの一部の帯域に限定。
 - ・公衆回線は通信費用を考慮することが必要。
 - ・無線LANは一般的に通信可能距離が100～300m程度で長距離伝送は対象外。



- 中・長距離のリアルタイムな通信が可能
 - 一定の静止画及び動画の画像伝送が行える程度の伝送速度
 - 小型・軽量かつ低価格で導入及び運用可能
- であるテレメーター・テレコントロールシステムの実現が求められている。



これらの条件を満足するVHF帯(169MHz帯)を対象として、調査検討を行う。

3. 実証試験 / 3.1 机上検討・ラボ試験

本システムに適した変復調方式を選定するため、次の変調方式候補について机上検討し、QPSK方式とシングルキャリアブロック伝送方式が妥当であることを確認した。

- 1次変調方式候補として、4値FSK方式、QPSK方式、QAM方式
- 2次変調方式候補として、シングルキャリア伝送方式、シングルキャリアブロック伝送方式

変調方式	周波数利用効率	伝送レート	長距離通信(PAPR)	判定
4値FSK	0.5bps/Hz: △	150kbps: △	基準: ◎	△
QPSK	2.0bps/Hz: ○	600kbps: ○	約+3dB: ○	○
16QAM	4.0bps/Hz: ◎	1200kbps: ◎	約+6dB: △	△

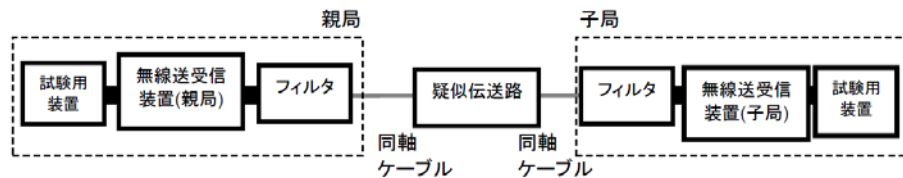
◎優れる ○普通 △劣る

- ✓ 4値FSK方式は、長距離通信は優れているが、周波数利用効率が低くまた伝送レートが低いため画像伝送を行うことは難しいと判断される。
- ✓ 16QAM方式は、周波数利用効率、画像伝送に必要な伝送レートは優れているが、長距離通信を行うことは難しいと判断される。
- ✓ QPSK方式は全項目に不適となる項目は無い。

帯域幅、符号化率、フレーム長等の各種パラメータについて、計算機シミュレーションで最適パラメータを抽出し、試験機を用い伝搬環境を模擬したラボでの伝送試験により計算機シミュレーション結果との比較を行った結果、同等の傾向を示すことを確認した。

遅延波	遅延波到来時刻	遅延波受信レベル
先行波	0usec	0dB
遅延波1	10usec	-20dB
遅延波2	30usec	-40dB

遅延プロファイル設定



試験系統

3. 実証試験 / 3.2 フィールド試験

テレメーター・テレコントロールのあらゆる場面での使用を想定して、郊外型の都市と、開放型で平野や山林が広がる地域にて調査を行った。

いわみざわ公園を起点とし、次の3つのエリアで調査を行った。また、各エリアでの測定ポイントは約1km毎に設け、最長6km付近まで測定を行った。

- エリアA:
郊外型の都市モデル
- エリアB:
開放地見通し環境のモデル
- エリアC:
山林等の遅延波環境のモデル



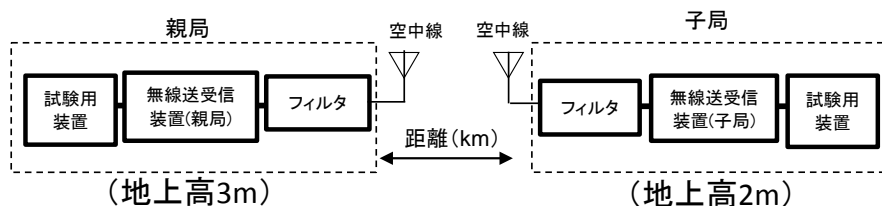
無線機及び空中線の諸元

仕様	諸元		
	中継局	親局・子局	
送信出力	QPSK: 7dBm(5mW)	4値FSK : 10dBm(10mW)	QPSK/16QAM: 7dBm(5mW)
周波数	169.200MHz		
帯域幅	300kHz		
受信感度(BER: 1×10^{-2})	4値FSK: 10dB μ V	QPSK : 10dB μ V	16QAM : 16dB μ V
空中線利得	2.14dBi	5.12dBi	

3. 実証試験 / 3.2 フィールド試験

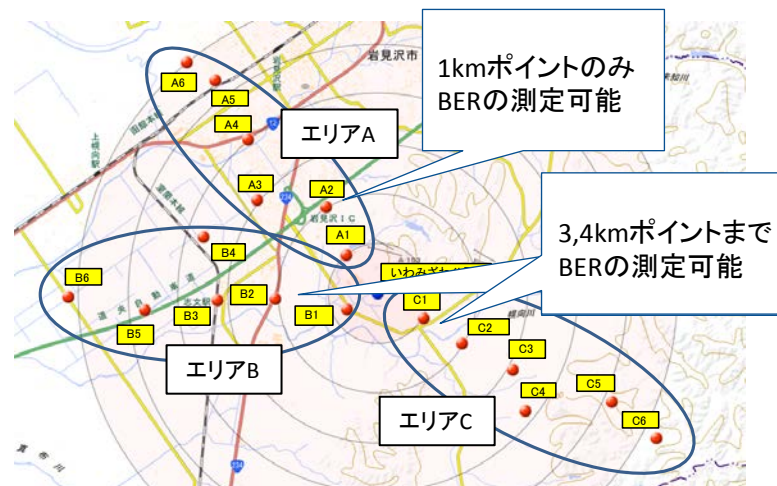
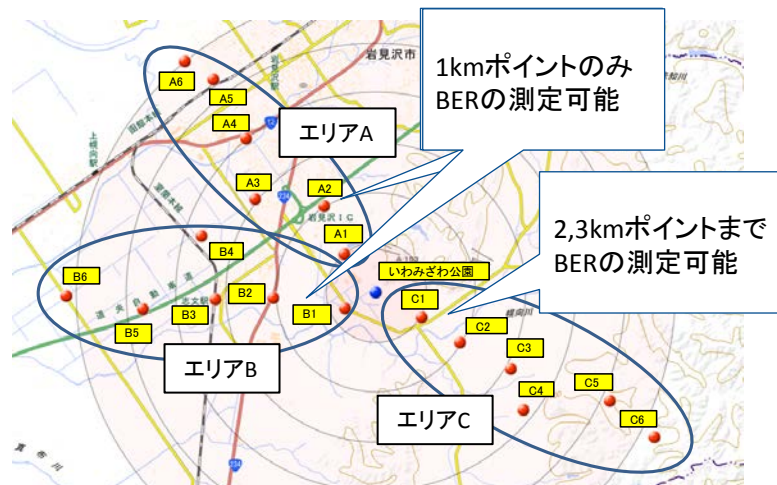
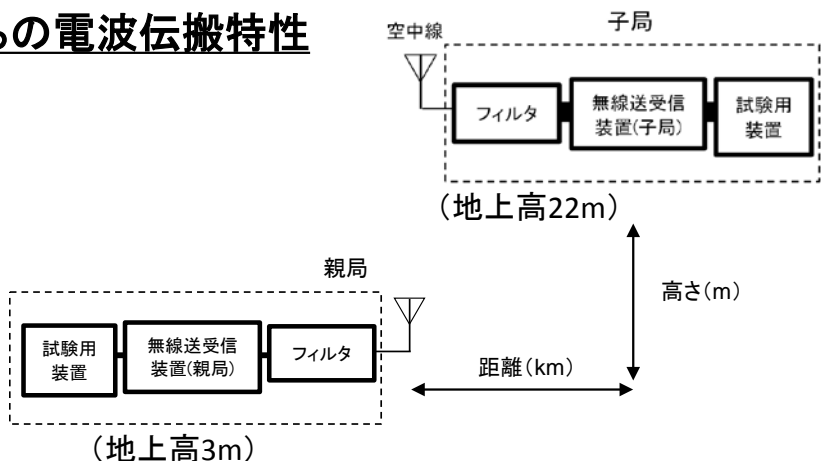
広帯域テレメータをエリアBの開放地見通し環境に近い圃場で使用する場合、今回の実証実験で使用した送信出力5mWに対し、送信出力を20mW程度とすることにより、実運用環境において5km程度の伝送距離が確保できることを確認した。

地上での電波伝搬特性



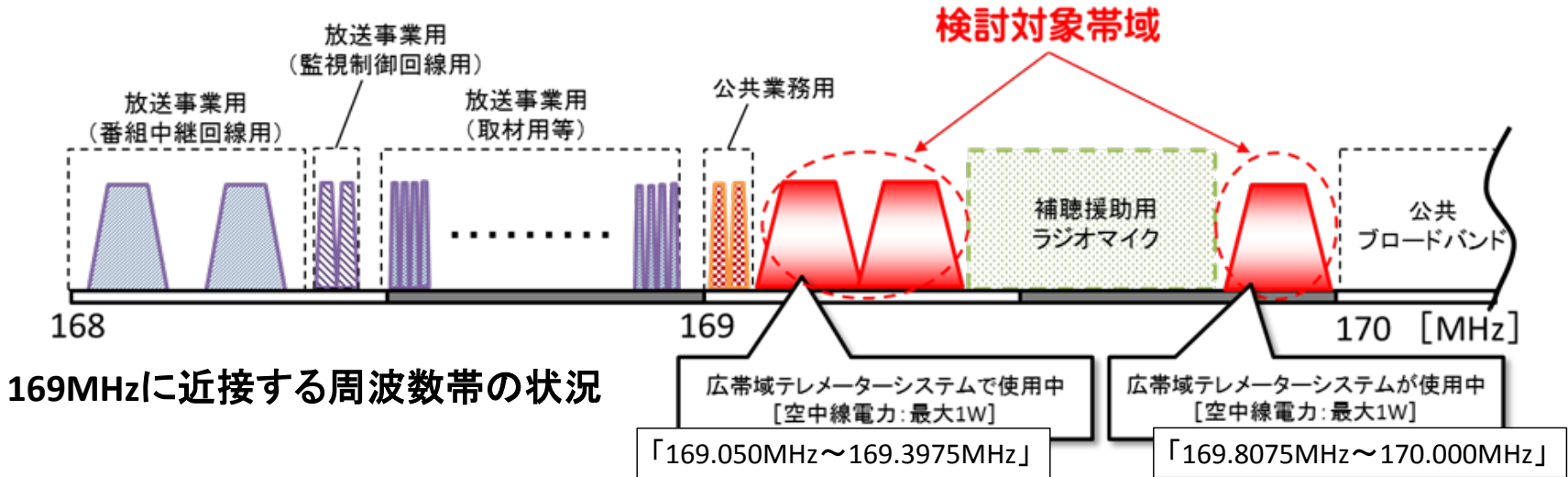
いわみざわ公園に設置した子局の無線送受信装置から、QPSK方式の試験電波を発射し、各測定ポイントに設置した親局の無線送受信装置における、BER、受信信号強度の測定を行った。

上空からの電波伝搬特性



4. 周波数共用検討

169MHz帯における、「169.050MHz～169.3975MHz」と「169.8075～170.000MHz」の帯域での使用を想定し、近接する周波数を利用する無線システムとの共用を検討した。



共用検討対象システム

- **放送事業者用連絡無線 (取材用等)**
報道取材や番組制作において使用され、取材内容等の伝達のほか、災害現場等においては取材中継要員の安全を守るための連絡 (避難指示等) を行う。
- **公共業務用無線システム**
169MHz帯は、公共業務用無線システムにより使用されている。

- **広帯域テレメーターシステム**
自動車や建設機械等の移動体の諸特性を計測する、最大で1W出力の工業計測用のテレメーターである。
- **補聴援助用ラジオマイク**
話者が装着したマイクロホンから補聴器に音声信号を伝送することで聴力を補うためのシステムである。

- **公共ブロードバンド移動通信システム (公共用広帯域移動無線システム)**
交通事故や犯罪現場、火災や救急搬送などの緊急現場、水害や土砂崩れなどの災害現場といった非常時における現場の映像を遠隔にある対策本部等にリアルタイムで伝送する。

4. 周波数共用検討

既存無線システムに対し、計算結果からは与干渉で数キロメートル程度の離隔距離が必要となるが、移動業務相互間となること、また、必要に応じて運用調整を行う等により周波数を共用することが可能である。

既存無線システム	検討結果	まとめ
放送事業者用 連絡無線	<p>与干渉: 広帯域テレメーター→既存システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 空中線電力が1Wで上空利用の場合の離隔距離は7km程度。 ➢ 空中線電力が10mWで上空利用の場合、空中線電力が1Wで地上利用の場合の離隔距離は700m程度。 <p>被干渉: 既存システム→広帯域テレメーター</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 離隔距離は、地上利用で1km程度、上空利用で7km程度。 <p>⇒ 双方が移動業務であり、継続した干渉が発生する確率は低い。 離調周波数が少ない既存の無線システム間でも共用が図られている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 運用状況等を勘案すれば、共用することは可能。 ■ なお、双方の無線システムが集中する災害現場等では、必要に応じて両者間で運用調整を行うことより、共用が可能。
公共業務用 無線システム	<p>与干渉: 広帯域テレメーター→既存システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 離隔距離は、空中線電力1Wの上空利用で約18km程度、地上利用で2km程度。 <p>被干渉: 既存システム→広帯域テレメーター</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 離隔距離は、地上利用で3km程度、上空利用で約60km程度。 <p>⇒ 双方が移動業務であり、継続した干渉が発生する確率は低い。 既存の無線システム間でも共用が図られている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 運用状況等を勘案すれば、共用することは可能。
公共用広帯域 移動通信 システム	<p>与干渉: 広帯域テレメーター→既存システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 離隔距離は、空中線電力が1Wで上空利用の場合で約16km程度。 ➢ 空中線電力が10mWで上空利用の場合、空中線電力が1Wで地上利用の場合の離隔距離は1～2km程度。 <p>被干渉: 既存システム→広帯域テレメーター</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 離隔距離は、300m程度。 <p>⇒ 双方が移動業務であり、継続した干渉が発生する確率は低い。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 運用状況等を勘案すれば、共用することは可能。 ■ なお、双方の無線システムが集中する災害現場等では、必要に応じて両者間で運用調整を行うことより、共用が可能。
補聴援助用ラジオ マイク 広帯域テレメーター システム	<p>⇒ 現に運用されている無線システムと同等程度であり、現状においても共用が図られている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 運用状況等を勘案すれば、共用することは可能。

5. 技術的条件の策定

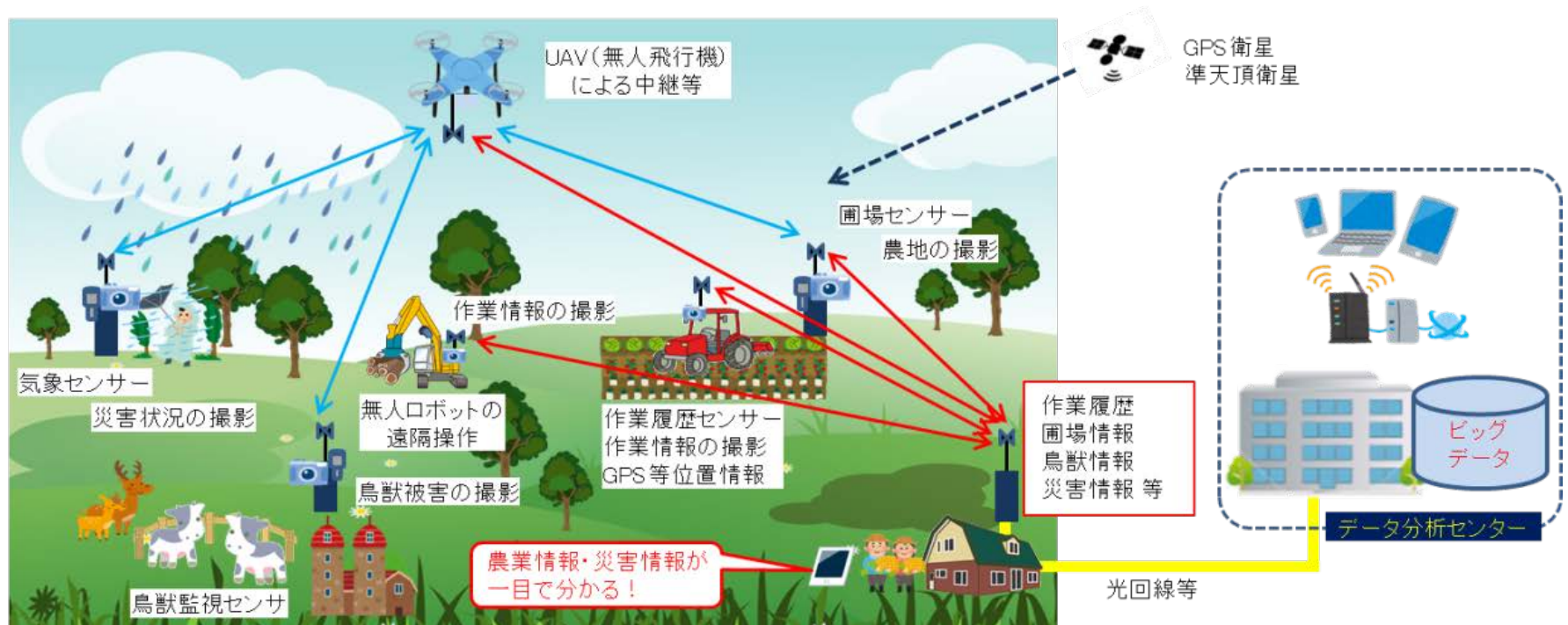
広帯域テレメーター・テレコントロールに適した無線システムの技術的条件を、次のとおり策定した。

区分	項目	内容
一般的条件	無線周波数帯	「169.050MHz～169.3975MHz」及び「169.8075MHz～170.000MHz」であること。
	通信方式	単向・同報・単信・複信の各方式とする。
送信装置の条件	周波数の許容偏差	$\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以内であること。
	占有周波数帯幅の許容値	300kHz以内であること。
	スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	・帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 : 100 μ W以下 ・スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 : 50 μ W以下
	空中線電力及びその許容偏差	空中線電力は、1W以下とし、その許容偏差は、上限20%、下限50%以下とすること。
	隣接チャネル漏えい電力	45dBc以下。
	送信空中線利得	5.12dBi以下であること。
	受信装置の条件	副次的に発する電波等の限度

6. テレメーター・テレコントロールシステムの高度利用方法等の提言

農業分野における高度利用方法について

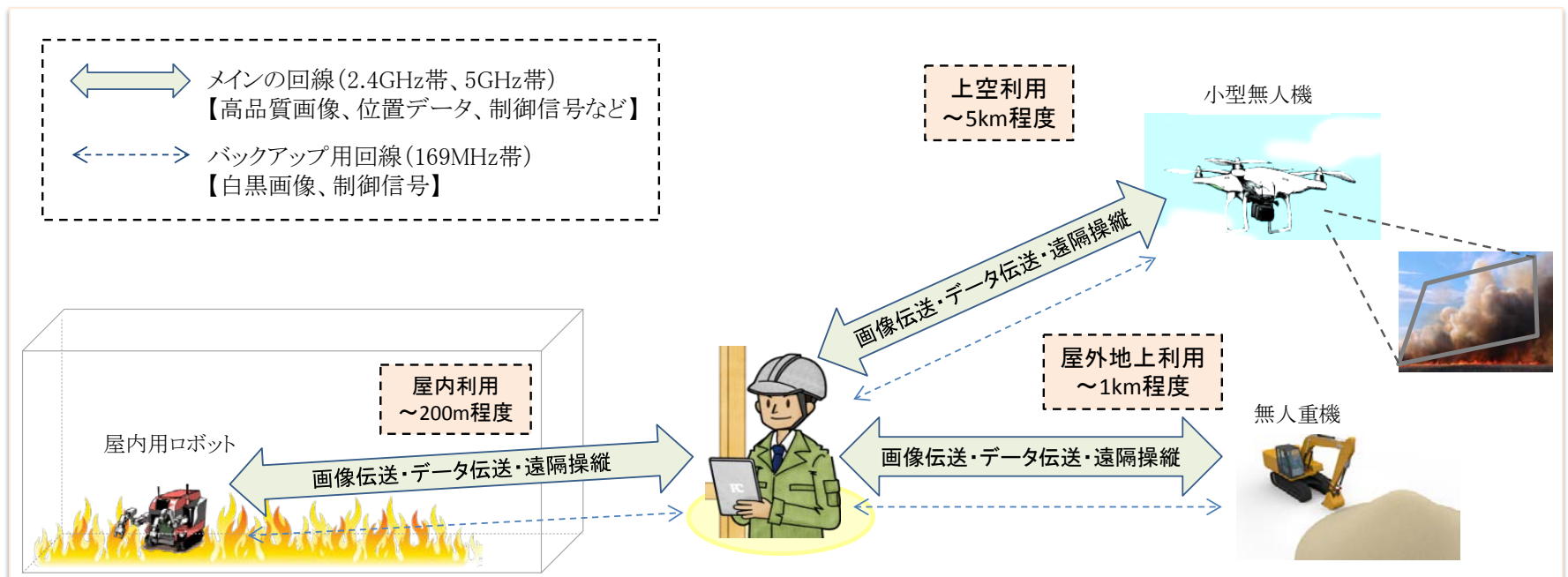
- 農業生産の深刻な労働力不足及び農業を基幹産業としている地方経済の疲弊と人口減
 - 農業大規模化への対応の必要性
- ▼
- ロボットトラクター等農業機械を用いた作業自動化、作業精度と生産性の向上
 - 作業履歴の自動収集・管理等による生産物の低コスト化及び品質管理体制の向上



6. テレメーター・テレコントロールシステムの高度利用方法等の提言

災害時等における高度利用方法について

- 日本再興戦略(平成25年6月策定)において日本が抱える課題解決の柱として、ロボット革命の実現が提言。
- ロボットにおける電波活用として、メイン回線として2.4GHz帯および5.7GHz帯、災害時等におけるバックアップ用回線として169MHz帯の利用が、総務省において検討中。



資料： テレメーター・テレコントロールの高度利用に関する調査検討会 委員構成

(敬称略・五十音順)

	氏名	所属・役職
	石垣 悟	日本無線株式会社 事業本部 事業統括部 副参与
◎	大鐘 武雄	北海道大学 大学院情報科学研究科 インテリジェント情報通信研究室 教授
○	岡本 博史	北海道大学 大学院農学研究院 ビークルロボティクス研究室 准教授
	加藤 数衛	株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
	黄瀬 信之	岩見沢市 企画財政部 企業立地情報化推進室 室長
	小林 伸行	株式会社スマートリンク北海道 常務取締役
	武内 公一	八重洲無線株式会社 札幌営業所 所長
	田向 忠雄	北海道総合通信局 無線通信部 部長
○	筒井 弘	北海道大学 大学院情報科学研究科 情報通信ネットワーク研究室 准教授
	中山 直樹	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ北海道 第一ビジネス事業部ネットワークソリューション部 課長
	名取 一也	北海道 農政部 生産振興局 技術支援担当局長
	西谷内 智治	いわみざわ地域ICT(GNSS等)農業利活用研究会 会長
	根本 学	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 生産環境研究領域 主任研究員
	長谷川 和一	富士通株式会社 公共営業本部 社会ネットワーク第二統括営業部 北海道社会ネットワーク営業部 主任
	福田 裕樹	株式会社オーレンス 札幌支社 システム部 マネージャー
	道下 勝志	東日本電信電話株式会社 ビジネス&オフィス営業推進本部 北海道法人営業部 企画部門 部門長
	宮崎 俊之	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 産業技術研究本部 工業試験場情報システム部 計測・情報技術グループ 研究主査
	山崎 高日子	三菱電機株式会社 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長

◎:座長、○:副座長

資料： 公開実証試験(デモンストレーション)

項目	内容
目的	農林水産業等様々なフィールドで活用が期待される広帯域テレメーター・テレコントロールを体験いただくため、実証試験を公開により実施。
日程	平成27年10月21日(水)13:00~15:30
場所	<ul style="list-style-type: none"> ● 実演会場： いわみざわ公園(バラ園) 北海道岩見沢市志文町794番地 ● 説明会場： 岩見沢市自治体ネットワークセンター マルチメディアホール 北海道岩見沢市有明町南1番地20
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 実演会 <ol style="list-style-type: none"> 1) 概要説明： 実演内容、無線機の設置状況、子局(農場内のトラクター等へ設置)、UAV(無線中継局)について説明。 2) 実演： 子局—親局間Wi-Fi通信、子局—親局間VHF帯(169MHz)通信、UAV無線中継局による映像送信の確認。 ● 説明会 <ol style="list-style-type: none"> 1) 主催者挨拶・調査検討会概要説明： <p>座長・北海道大学大学院情報科学研究科インテリジェント情報通信研究室 教授 大鐘 武雄</p> 2) 調査検討会 検討状況等報告： 調査検討会事務局 3) 農業のロボット化と必要な電波利用： 北海道大学大学院農学研究員 ビークルロボティクス研究室 教授 野口 伸 氏 4) 岩見沢市におけるICT農業の利活用について： 調査検討会委員(岩見沢市企業立地情報化推進室 室長)黄瀬 信之
主催等	<ul style="list-style-type: none"> ● 主催： テレメーター・テレコントロールの高度利用に関する調査検討会 ● 実験： 株式会社三菱総合研究所、三菱電機株式会社 ● 協力： 岩見沢市企画財政部 企業立地情報化推進室、北海道大学大学院農学研究院ビークルロボティクス研究室
参加者	農業関係者、無線機メーカー、メディア関係者等112名

- 実演会： 距離約5.3kmの見通し外に配置された親局と子局(ロボットトラクタ)間の通信を、UAV中継局を用いることにより、169MHz通信を用いた映像伝送が可能となることを確認した。
- 説明会： 実証試験や共用検討結果等の概要の説明を行った。また、参加者から説明会場に展示されたUAV中継局に関するご質問やご意見も多く、テレメーター・テレコントロールシステムの高度利用に対する関心の高さや期待が伺えた。

資料： 公開実証試験(デモンストレーション)

実演会での無線局の配置



■ 実演会場: いわみざわ公園(バラ園)

