

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
- 他のドローンの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は 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も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りだし、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 帯は遠距離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。

<研究の背景と経緯>

これまでのドローンのほとんどは 2.4GHz 帯をその制御や状態把握、また一部、画像伝送にも用いていますが、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な運用は困難でした。

総務省は、平成 28 年 8 月、来るべきロボット社会到来への期待やドローンの長距離を隔てた運用や画像伝送のニーズに応えるため、新たに「無人移動体画像伝送システム」を制度化し、無線局免許の下で運用できるようになりました。169MHz 帯はその周波数帯の一つであり、2.4GHz 帯等の従来の周波数に比べて、障害物を回り込み、周囲の構造物等を反射して遠方に届きやすい特性を持っています。また、新たな制度によると、上空では 10mW、地上では 1W までの出力で運用でき、条件が良ければ 10 km 以上の距離で遠隔制御できる可能性を秘めています。一方、169MHz 帯は、周波数の幅が合計で約 400kHz 程度と比較的狭く、多くのロボットやドローンが同時に使用することは困難であるとともに、データの伝送速度も遅くなります。このため、通常使用する 920MHz 帯から 5GHz 帯等の他の周波数帯が利用できなかったり干渉を受けたりした場合のバックアップ用としての使い方が想定されていますが、これまで、実際に、この周波数を使ってロボットを制御したり、ドローンを飛行させて評価した例はなく、その通信品質に関するデータもありませんでした。

<研究の内容>

本研究では、これまで通常時のドローン・ロボット制御用の無線方式として開発してきた 920MHz 帯の無線装置(※1)に、新たに制度化された周波数帯である 169MHz 帯の無線装置とそのアンテナを追加し、同じケースに収めることで、920MHz 帯と 169MHz 帯の間で手動又は自動による遠隔切替えが可能なハイブリッド無線装置を実現しました(図 1)。そして、制度化後としては全国で初めて 169MHz 帯によるドローン・ロボット制御システムの評価を行うための実験試験局免許を取得し、地上の操縦者からドローンまで 169MHz 帯にて直接電波をつないで遠隔制御を行い、安定に飛行させることに成功しました(※2)。

開発に当たっては、できるだけ、これまで 920MHz 帯で開発してきた技術である、“応答遅延時間を一定に保ちながら、制御情報(コマンド)や機体の状態情報(テレメトリ)を途中の他の中継用ドローン等を経由してマルチホップ中継(※3)する機能”を変えずに、周波数とその送信出力のみ、169MHz 帯の規格に切り替えられるよう設計を行いました。しかし、169MHz 帯は遠くに届く特性を持つ反面、920MHz 帯に比べ、同じ通信方式の場合、データ伝送速度がおおよそ半分以下と小さくなるため、遠隔制御の安定性が維持できるか、また、ドローンからのテレメトリが失われることなく送られてくるか、が焦点となっていました。また、ドローンの飛行中、920MHz 帯と 169MHz 帯の間で周波数を切り替えるときにドローンの飛行状態が不安定にならないかという不安材料もありました。

実験では、初めに 920MHz 帯で操縦者端末とドローン側の間で通信を確立し、そのまま離陸上昇させ、上空高度 30m ほどになったところで周波数を 169MHz 帯に切り替え、ドローンの飛行状態への影響を調べました。その結果、操縦者が制御コマンドを送信してからドローンに届くまでの遅延時間は、920MHz 帯では 60 ミリ秒ほどであったところ、169MHz 帯では 2 秒ほどかかりました。また、テレメトリの伝送速度が、920MHz 帯に比べて約半分になるという課題も見つかりました。しかし、ドローンの飛行に支障はなく、安定に飛行が可能であり、地上側でも多少データの更新頻度が落ちるものの、ほぼリアルタイムでテレメトリが得られることが確認できました。

周波数の切替えについては、920MHz 帯から 169MHz 帯に切り替わるまでの時間は約 20 秒かかりましたが、飛行自体は安全に維持されたままであることが確認できました。今後は、これを更に高速化する検討を行う予定です。一方、169MHz 帯から 920MHz 帯に戻すときは、全く問題なく、瞬時に切り替わることを確認しています。これは、169MHz 帯に切り替わった後も、920MHz 帯の信号を完全には切断していないことによるものです。今回の開発により、異なる電波の伝わり方をする複数の周波数にまたがるハイブリッド型の運用が可能となり、ドローンの飛行に必要な無線通信の電波をこれまでよりも格段に途切れにくくする見通しが得られました。

さらに、169MHz 帯の実験で、図 2 に示すように、直接電波が届かない見通し外でのドローン運用を想定し、途中に中継局を搭載した別のドローンをもう 1 機飛行させ、いったんこれを経由して目的のドローンを制御するマルチホップ中継制御による飛行も行ったところ、遅延時間とデータ伝送速度は直接通信の場合とほとんど変わらず、やはり安定に飛行できることが確認できました(図 3)。

国の新たな規格に準拠した 169MHz 帯電波を使った上記一連の実験の成功は、まだ他には例がなく、通常使用して

いる電波が弱くなったり干渉を受けたりした場合の緊急通信手段として使えることが示され、ドローンやロボットにとってこれまでよりも更にタフな無線の実現につながる基盤技術が確立できました。また、国が 2020 年頃までの実現を目指している目視外での安全なドローン運航にも寄与できるものと期待されます。

- ※1 平成 28 年 7 月 25 日報道資料「電波が直接届かない環境でもロボットを安定に制御する技術を開発 ～上空のドローンを経由し、見通し外の小型四輪ロボットを遠隔制御できることを実証～」(<http://www.nict.go.jp/press/2016/07/25-1.html>)を参照
- ※2 本飛行実験は、航空法で規定される人口集中地域には該当しない場所で、目視内かつ対地高度 150m 未満で実施し、国土交通省への飛行申請手続きが不要である条件下で行いました。
- ※3 複数の通信機をバケツリレーのように数珠つなぎに結ぶ通信方式。障害物等による電波の遮へいや減衰を乗り越えて、直接電波が届かない環境でのドローンやロボットのコントロールを維持することを可能にする技術の一つ

＜今後の課題と展望＞

今回の実験では、直接目視できる範囲の数 10m 程度の距離での基本評価を行いました。次のステップとして、より長距離を隔てた通信実験を行い、169MHz 帯利用の最大の特長について評価するとともに、画像伝送の可能性についても試行する予定です。また、920MHz 帯と 169MHz 帯の間の切替え時間の短縮と、通常使う電波が弱くなったり途切れたりした場合の自動切替えについても、動作検証を行っていく予定です。

＜参考図＞



図 1 920MHz 帯と 169MHz 帯のハイブリット無線装置の試作機とその主な諸元
(長い方のアンテナが 920MHz 帯、短い方が 169MHz 帯)

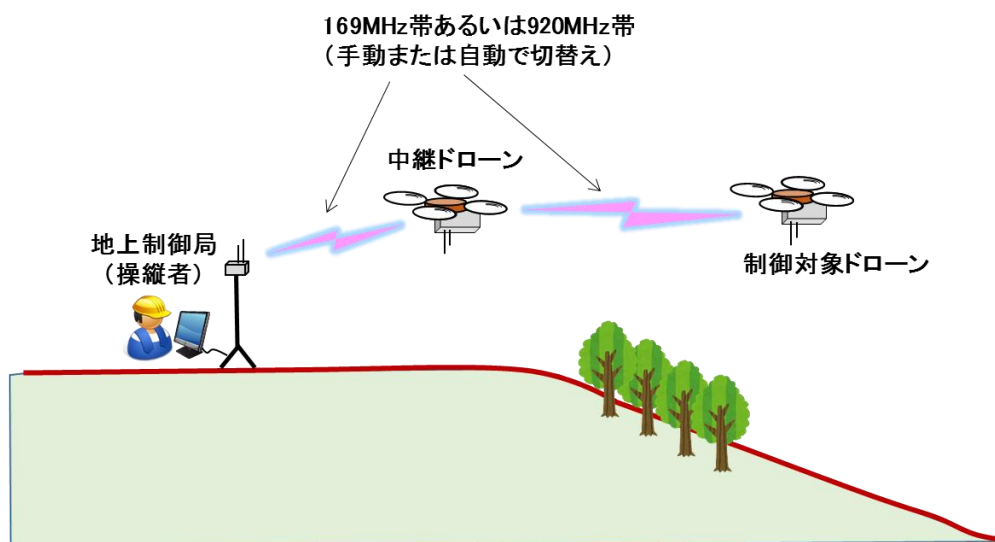


図 2 マルチホップ中継制御による通信経路

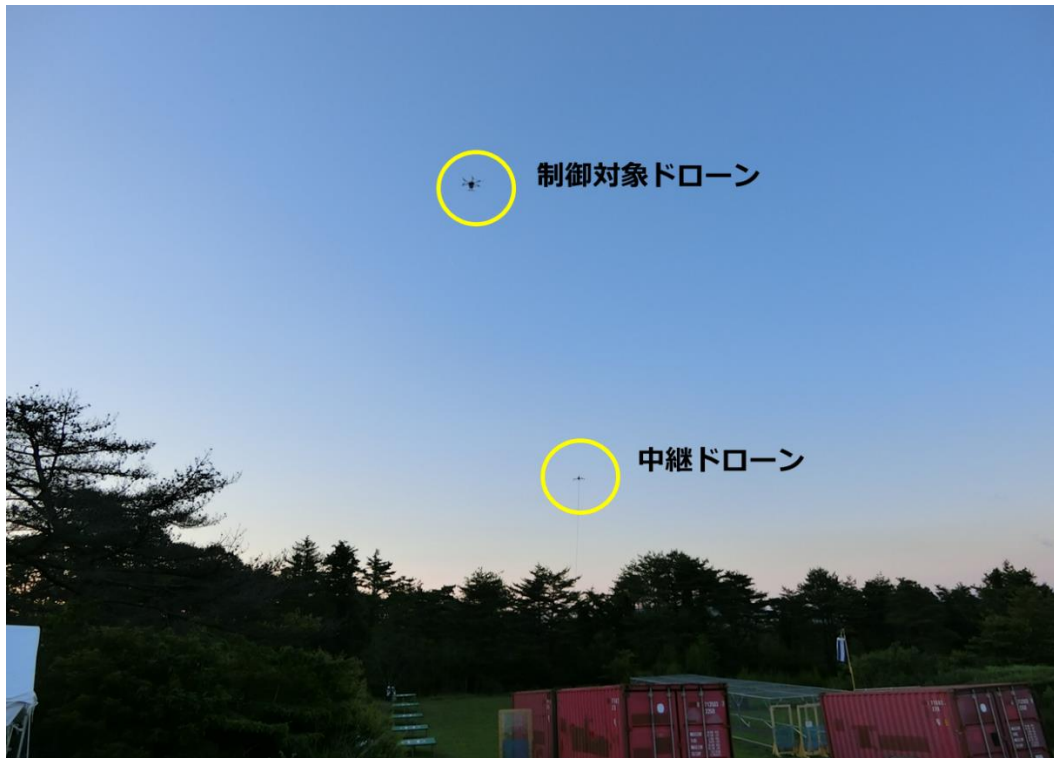


図3 169MHz 帯電波でマルチホップ飛行するドローン
(平成29年6月17日、東北大学青葉山新キャンパスにてフィールド実証)

<お問い合わせ先>

<研究に関すること>

三浦 龍(ミウラ リュウ)

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 上席研究員

Tel: 046-847-5445 E-mail: ryu@nict.go.jp

加藤 晋(カトウ シン)

国立研究開発法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門 フィールドロボティクス研究グループ
研究グループ長

Tel: 029-861-7127 E-mail: shin.kato@aist.go.jp

<ImPACTの事業に関すること>

内閣府 革新的研究開発推進プログラム担当室

Tel: 03-6257-1339

<ImPACTプログラム内容及びPMに関すること>

国立研究開発法人科学技術振興機構 革新的研究開発推進室

Tel: 03-6380-9012 Fax: 03-6380-8263 E-mail: impact@jst.go.jp

<報道担当>

国立研究開発法人情報通信研究機構 広報部 報道室

Tel: 042-327-6923 Fax: 042-327-7587 E-mail: publicity@nict.go.jp

国立研究開発法人産業技術総合研究所 企画本部 報道室

Tel: 029-862-6216 FAX: 029-862-6212 E-mail: press-ml@aist.go.jp

国立研究開発法人科学技術振興機構 広報課

Tel: 03-5214-8404 Fax: 03-5214-8432 E-mail: jstkocho@jst.go.jp