

様式第 11 別紙 1

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

- (1) 課 題 名：i-Construction を加速させる長距離無線 LAN システムの開発
- (2) 研 究 期 間：平成 28～29 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：羽田 靖史（工学院大学・准教授）
- (4) 研 究 代 表 者 名：羽田 靖史（工学院大学・准教授）
- (5) 共 同 研 究 者 名：北原 成郎（(株)熊谷組・ICT 推進室長）  
坂西 孝仁（(株)熊谷組・機材部担当部長）  
大本 晋士郎（(株)熊谷組・企画調査グループ長）  
吉田 貴（(一財)先端建設技術センター・企画部参事）
- (6) 補助金交付総額：44,533,000 円
- (7) 技術研究開発の目的

i-Construction を加速させる一つ的手段として、平成 28 年 8 月の電波法改正で利用可能となった「無人移動体画像伝送システム」を利用する、ロボット専用無線 LAN システムを構築し、これまで携帯電話が利用できず意思疎通が困難であった、山間部や都市部等での大規模土木工事等での通信システム技術を確立する。本研究開発により、土木工事や災害復旧・復興工事の安全性、施工品質、生産性などの向上を図ることができる。

具体的には「無人移動体画像伝送システム」に合致した 2.4GHz、5.7GHz、ならびに 169MHz に対応した無線 LAN の実験局ならびに実用試作機を開発し、伝送距離や通信品質等を向上させることを実証する。目標として、既存局の 150m 程度 10Mbps 程度の能力を、安定して 600m、10Mbps の転送能力を複数局で実現し、従来の無線機よりも過酷な地形、振動、温度下において、建機のみならず車両、ドローン、計測器、操作盤などを繋ぎ i-Construction をさせる基盤ネットワークを実証する。

平成 26 年 6 月に閣議決定された日本再興戦略に基づき平成 27 年 1 月に策定されたロボット新戦略では、多様な分野でロボットの利用が期待されており、多様化するロボットの電波活用ニーズに答えることが必要とされている。ここで述べられているロボットは、情報化施工や無人化施工、ドローン等を含む。これをうけ平成 28 年 8 月 31 日には電波法関係省令が改正され、「無人移動体画像伝送システム」が利用可能となった。このうち i-Construction に適しているのは、2.4GHz と 5.7GHz 帯を用いるものであり、既存の無線 LAN システムと比較して、以下の利点がある。

- ・ 等価等方放射出力 4W で、既存無線 LAN の 4～5 倍であり遠方まで電波が届く。
- ・ 遅延の少ないアナログ回線利用可能である。
- ・ 連続送信可能であり、輻輳（混雑）による遅延が生じにくい。
- ・ 免許制で無秩序な利用による輻輳を防げる

無線機の実現には、上記の周波数を送受信する機能のみならず、その機能が i-Construction 環境で正しく働くことが重要である。i-Construction で無人移動体画像伝送システムを用いるには、以下を現場検証する必要がある。

- ・ 映像やテレメトリ、位置などの通信が、多様な現場で正しく通信可能であること

- ・ 建設機械のみならず、車両、ドローン、測量機など多種多数台と通信可能であること
- ・ 車両、耐震、耐環境性など、過酷な i-Construction 環境で動作し続けること

このため、本申請研究開発では、上記のロボット用無線を利用する実用試作機を開発し、現場検証を通して i-Construction で実用するための技術開発を行なう。

#### (8) 技術研究開発の内容と成果

平成 28 年度には電波法改正により通常の無線 LAN と仕様が異なる実験局を開発し、無人移動体画像伝送システムの仕様に合致させた。具体的には出力の増大（放熱の問題から当初は 400mW 出力となった）、CSMA/CA 機能の変更、中心周波数（2486/2488.5/2491MHz）と帯域幅（5/10MHz）の変更を行なった。加えて、5GHz 帯の周波数変更も前倒しで行うことができた。これには無線機のファームウェアの改造が必要となり、これを工学院大学が中心となり行なった。これらの実験試作機は、無人移動体画像伝送システムとしては初の技術適合証明を取り、現状の性能であればいつでも販売可能な状態となった。また阿蘇大橋地区斜面防災対策工事現場などで、無人化施工に用いている無人ダンプ並びにドローンに実験試作機を搭載し、実証実験を通して実運用可能であることを確認した。従来無線機で 6 か所程度の無線機の敷設が必要であったエリアについて、1 台の無線機で通信範囲をカバーすることができた。また産学官テーマ委員会で有効性と問題点、今後の開発方針を議論していただいた。

平成 29 年度は前年度の実験試作機の知見をもとに、通信スループット、通信距離、防水、防塵性能などが向上した 5.7GHz 帯実用試作機 2 種を開発した。また 169MHz 無線機の試作も行ない、本研究開発で開発した無人移動体画像伝送システム対応無線機は、5 種となった。そのうち 4 種に関しては、販売が可能であり、有償試験協力の形で販売を行なった。なお、開発した無線機は「無人移動体画像伝送システム」に対応した無線機としては第一号であり、運用実績についても上記実証実験は電波法改正後初の運用となった。現在は各社から無線機が販売されているが、他社無線機は仕様がドローン用に特化しているのに対し、我々の無線機は IP ネットワークや多対多接続に対応しており、より i-Construction 向けであるといえる。

またこれらの無線機を用いて、ドローン、クローラダンプ、小型カメラ車、RTK-GPS 基準局、カメラ雲台、管理用 iPad、操作用 PC 数台など多数の機器を接続した、i-Construction ネットワークを構築、実証した。無人移動体画像伝送システムを用いた IP ネットワークは世界初である。また多数の企業や研究団体と協力し、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事、雲仙普賢岳、群馬県片蓋川砂防堰堤工事現場、南相馬市、新宿地下通路など様々な現場で実証実験を行い、中でも阿蘇大橋地区斜面防災対策工事現場では、3 か月程度の長期間実用に供することでその有効性を実証した。

本研究の成果を以下でまとめる。

- ・ 無人移動体画像伝送システムに対応した無線機を 5 種開発した。うち 4 種は販売可能である。
- ・ 対応無線機の開発、利用、共に初の事例である。
- ・ 目標である 600m、10Mbps の以上の通信性能を実現し、映像伝送を行った。
- ・ 目標である無人建機、ドローン、各種計測器等を含めた 10 台以上の i-Construction ネットワークを実現した。
- ・ 3 ヶ月以上、阿蘇大橋地区斜面防災対応工事現場での実運用を行った。
- ・ 山奥などの電波条件の良い環境のみならず、新宿都心などの電波状況の悪い環境でも安定した通信を確認した。
- ・ 本研究だけでなく他の研究プロジェクトとも協力し、多様な現場と機器での実証実験を行った。

- 研究成果の多くは販売可能な状態であり、実験協力のために一部試験販売を行った。
- 本研究成果の利用を促進するため、日本無人機運行管理コンソーシアムにて電波の運用管理システムを構築し、社会制度の整備と運用に努めた。

(9) 論文発表等に関する件数

原著論文 (査読あり)	原著論文 (査読なし)	原著論文以外 (新聞・雑誌等)	その他 (パネル・ポスター等)	合計
0 件	7 件	2 件	6 件	15 件

(10) 知的財産権に関する件数

特許権 (取得)	特許権 (出願)	その他 (実用新案・商標等)	合計
0 件	0 件	0 件	0 件

(11) 成果の実用化の見通し

販売面、実用面、社会面から、実用化をめざした。

研究で開発された、無人移動体画像伝送システムに対応した3種類の無線機器(2.4GHz帯1種、5.7GHz帯3種)については販売が可能であり、既に有償試験のためにハイテクインター(株)から試験販売を行っている。169MHz帯に対応した無線機器については、販売可能状態になり次第、実用販売を行う。

また、5.7GHz帯無線機は、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事において実用として約三ヶ月間の実運用を行い、有効性を証明してしている。

また、無人移動体画像伝送システム周波数帯域を、この無線機や、その他の無線機で円滑に運用するためには、運用調整が必要である。このため、日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM)が設立され、本研究代表者である羽田が、JUTM運用調整ワーキンググループの主査となり、本研究成果を実用化するための社会実装に努めた。

(12) その他

特になし。