

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01738

研究課題名(和文) Massive MIMOを用いた3次元ドローンメッシュネットワーク制御の研究

研究課題名(英文) Study of 3 dimensional drone mesh networks using Massive MIMO

研究代表者

平栗 健史 (Hiraguri, Takefumi)

日本工業大学・基幹工学部・教授

研究者番号：90582817

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ドローンを用いた3次元無線メッシュネットワークを実現するのに適した伝送方式と編隊飛行法を考案し実証実験を行った。  
考案方式の特徴は、Massive MIMOの要素技術の指向性ビームを用いて空間多重通信を実現する。これにより空間中の通信効率を改善し、最適なビーム角を選ぶことによりドローン内部の干渉を軽減するため、高いスループットが得られる編隊飛行構成を提案している。  
考案方式の評価は、実験およびシミュレーションによる解析によって評価を行い、編隊飛行が四角形の基本構成を用いることが適していることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、通信インフラが破綻した被災地でも迅速な情報収集による災害支援の技術提供を目標としているが、本研究の基盤技術は、多地点に立体的なネットワークを構築して、人間が入り込めないインフラ設備の点検・診断を短時間で情報収集できることや、高解像度のリアルタイム映像伝送は、大規模なスタジアムでのスポーツ中継への応用など幅広い活用が期待できる。またドローンによる通信技術は、世界中で進められているが、通信速度を向上する編隊飛行構成の研究は、世界的に見て貴重な学術的価値がある。すなわち空中ネットワークと編隊飛行構成法の確立は、学術的な価値だけでなく社会への波及効果が高い研究成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：A transmission method and a formation flight method suitable for realizing a three-dimensional wireless mesh network using small autonomous unmanned aerial vehicles (UAV / Drones) were devised and a demonstration experiment was conducted. Research and development of drone networks has been actively promoted both in Japan and overseas, and these technologies are expected to create an "Industrial revolution on the sky" in various fields such as logistics, disaster supports, aerial photography, and agriculture. etc.  
The feature of the proposed scheme is that the beams can be used by multiplexing because the interference signal between beams is reduced by using directional beam forming. The proposed scheme was evaluated by analysis by experiments and simulations, and We are confirmed that it was suitable to use the square basic configuration for formation flight. The effectiveness of the proposed scheme was achieved in a simple flight experiment in which the this scheme was implemented.

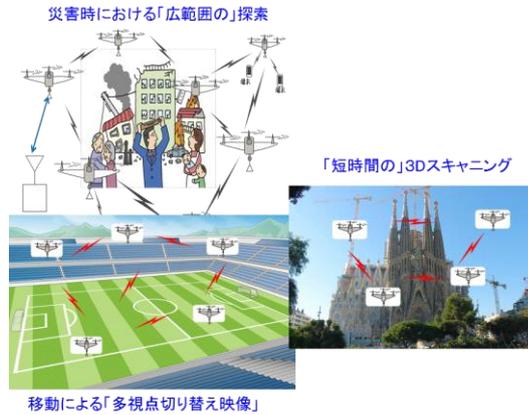
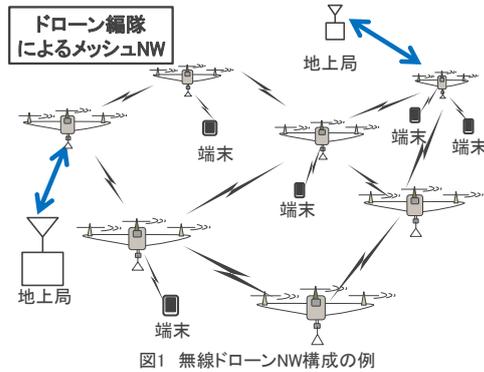
研究分野：無線通信工学

キーワード：ドローン 編隊飛行 メッシュネットワーク 干渉 スループット ビームフォーミング

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

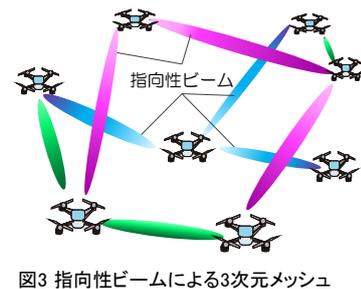
### 1. 研究開始当初の背景

スマートフォン同士で直接メールなどの情報をバケツリレーするアドホックネットワークや、Threadのような、次世代無線メッシュネットワーク規格により、IoTによるインターネット接続のためのメッシュネットワーク技術が注目されている。本研究の特徴は、図1に示すように、ドローンにメッシュネットワークの無線デバイスを搭載することにより、空に通信ネットワークを構築する。すなわち、空を飛ぶ移動体通信のため、建物や地形を考慮したネットワークが実現でき、立体的な通信網を構築できることから、3次元的な情報収集が可能となる。例えば、この技術により図2に示すような、災害時には迅速な情報収集や、広範囲に渡った長距離伝送が可能のため、多視点でリアルタイム映像配信を実現することができる。また、建造物などを短時間で3次元映像スキャンングすることや、スポーツ観戦などの多視点切り替えのリアルタイム映像伝送に適用が可能となる。



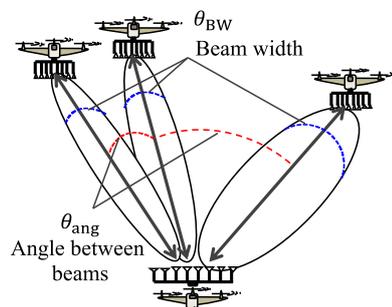
### 2. 研究の目的

本研究の提案手法では、(1)「Massive MIMO のマルチビームを用いた空間多元接続により、高効率で高い伝送容量の実現」、(2)「(1)の技術を踏まえて、最適な編隊飛行構成の構築」を目的とする「自律分散ドローンによる3次元メッシュネットワーク制御」を提案する。新規性としては、3次元的なメッシュネットワーク構築と、それに伴う新しいネットワークルーティングである。しかし従来の無線メッシュネットワークは、無指向性の電波を用いており、シングルリンクのネットワークであるため、チャンネル利用効率が低く高い伝送容量を得ることが難しい。そこで第5世代移動体通信(5G)で注目されているMassive MIMOで用いられているマルチビームを活用する。すなわち図3に示す指向性ビームによる3次元メッシュネットワークを実現する。マルチビームは、狭ビームを形成することによって空間で多重にリンクの構築が可能になり、無線資源を有効使用した動的なメッシュが構築できる。



### 3. 研究の方法

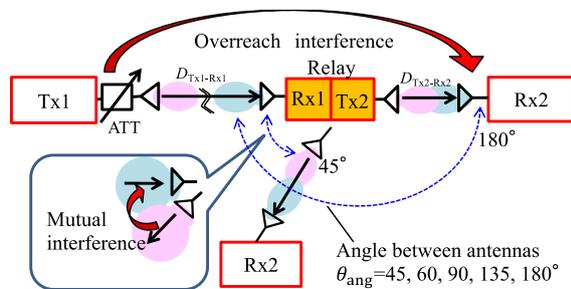
考案方式では、ビームの数が増えると通信できるリンクの数も増え、使用可能な通信パスが増える。しかし、ビームは一般にアンテナサイズによって決定されるので、実装規模は大きくなる。また複数のビームを同時に制御するためには、複雑な回路構成を有する必要がある。例えば、図4のようにビーム間の放射角度 $\theta_{ang}$ を小さくすることは有効であるが、ビーム角度が狭いとアンテナ間の回り込み干渉（アンテナ間干渉）が発生する可能性がある。一方、ビーム幅 $\theta_{BW}$ を小さくすると、角度 $\theta_{ang}$ をさらに小さくすることができる。しかし、空中を浮遊するドローンは揺らぎが大きいため、比較的広い $\theta_{BW}$ を必要とする。このようにビーム生成は三次元空間を考慮して設計しなければならない。



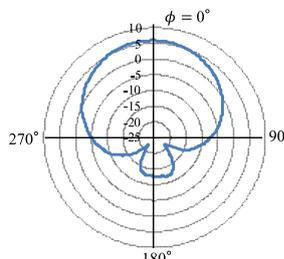
したがって、通信に適した編隊飛行を確立するためのパラメータとしてビーム幅と放射角度の両方を考慮する。具体的には、図5(a)に示す実験構成において、アンテナ放射角度を変えたときのスループット特性を評価した。ドローンには送信機(Tx)と受信機(Rx)のアンテナが装備されており、ドローン中継の構成をエミュレートしている。また、本実験では、指向性ビームを生成するために、アンテナ半値角 $\theta_{BW}$ は $90^\circ$ 、アンテナ利得は6 dBiのパッチアンテナを使用した。放射パターンは図5(b)に示す。ビーム角 $\theta_{ang}$ を変えることにより、スループットを最大にするビーム角を選択した。

ドローンの限られた積載容量を考えると、信号処理能力（例えば、Massive MIMO）を有するアンテナ装置を取り付けることは困難である。Massive MIMO などであればビーム角度を自由に設定することが可能になるが、本研究では、ドローンの負荷限界を超えずに複数のリンクを実現するために、指向性ビームを生成できるパッチアンテナを採用した。パッチアンテナにより、提案方式のマルチビームの効果を現実的に検証することができる。この実験では、ビーム放射角度を  $45^\circ$  から  $180^\circ$  まで変化させ、Tx1 と Rx1 - Tx2 を中継して Rx2 に達する中継スループットを比較した。次に、無指向性アンテナと指向性パッチアンテナのスループットを比較した。Tx1 と Rx1 の間の距離は信号減衰器 (ATT) によって実際の距離を模擬した。無線デバイスは、図 5(c) に示すように USB WLAN デバイスを Raspberry Pi3 に接続し、指向性アンテナまたは無指向性アンテナをアンテナコネクタに接続した。通信方式は、IEEE 802.11g 無線 LAN 規格を使用し、通信評価用ソフトウェア

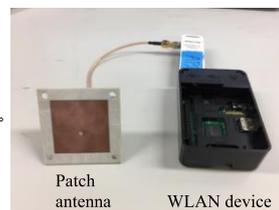
(iPerf) を用いて UDP トラフィックを発生してスループット特性を評価した。無指向性アンテナはあらゆる方向に信号を放射するので、データパケットは時分割多元接続によって送信される。



(a) Experiment diagram evaluating different beam radiation angles



(b) Antenna radiation pattern



(c) Photograph including patch antenna and WLAN device and patch antenna

図 5 スループット評価実験

#### 4. 研究成果

無指向性アンテナを用いたスループットは、図 6 に示すように、IP 層を含めた最大実効スループットの約半分である。一方、指向性パッチアンテナを用いたビーム放射角  $\theta_{ang} = 90^\circ$  では、高いスループットが確認された。 $\theta_{ang}$  が  $90^\circ$  未満の場合、ドローンのアンテナ間の相互干渉（回り込み干渉）が Rx1 と Tx2 の間で発生し、無指向性アンテナを使用する場合と比較してスループットが低下する。従って、図 5 (b) に示す放射パターンでの  $135^\circ$  と  $225^\circ$  に Null が形成されるのに対して、角度  $\theta_{ang} = 90^\circ$  が Rx1 と Tx2 との相互干渉を低減すると考えられる。すなわち、 $\theta_{ang} = 90^\circ$  が中継局にとって適切なビーム放射角であり、この放射角から得られる四角形構成が基本編隊飛行構成となり得る。一方、ドローンが角度  $\theta_{ang} = 180^\circ$ 、または  $135^\circ$  で直線上に配置されると、アンテナのバックローブ干渉および Tx2-Rx2 と Tx1-Rx2 との間のオーバーリーチ干渉の両方が発生し、著しくスループットが低下する。ドローンが直線上に配置される場合には、異なる干渉条件を考慮するべきであり、今後、さらなる検討が必要であると考えられる。

本研究では、ドローンの中継局とした 3 次元無線空中メッシュネットワークの構築法を検討した。各ドローンのアンテナ間干渉とオーバーリーチ干渉をビーム放射角度条件として実験的にスループット特性を評価した。実験結果によりスループットが最大となる指向性ビーム放射角  $90^\circ$  を決定した。これにより、ドローンメッシュネットワーク用の編隊飛行を確立するために最も適したものとして、 $90^\circ$  の放射角を提案した。今後の課題としては、直線経路における新たな通信方法を検討することによって、高い精度および柔軟性を有する編隊飛行構成および中継経路を実現することを目指す。さらに、本研究で得られた実験結果を実証するための試作機を用いて、実証実験を行う予定である。最終目標として、10 数台のドローンによる編隊飛行通信を目指し、民生化に耐えうる技術確立する。

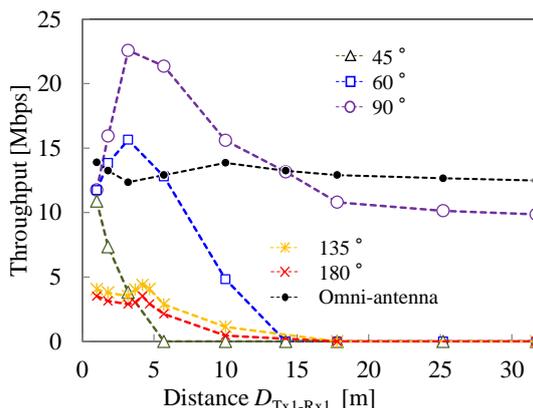


図 6 全方向性アンテナ/指向性アンテナによるスループット

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Matsumura Naoki, Nishimori Kentaro, Taniguchi Ryotaro, Hiraguri Takefumi, Tomura Takashi, Hirokawa Jiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Novel Unmanned Aerial Vehicle-Based Line-of-Sight MIMO Configuration Independent of Transmitted Distance Using Millimeter Wave	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 11679 ~ 11691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.2965584	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hiraguri Takefumi, Nishimori Kentaro, Shitara Isamu, Mitsui Tsutomu, Shindo Takuya, Kimura Tomotaka, Matsuda Takahiro, Yoshino Hideaki	4. 巻 69
2. 論文標題 A Cooperative Transmission Scheme in Drone-Based Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 2905 ~ 2914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVT.2020.2965597	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shiraki Nobuyuki, Hiraguri Takefumi, Shitara Isamu, Honma Naoki	4. 巻 9
2. 論文標題 Theoretical analysis of interference between directional beams in drone-based 3D mesh network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 72 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2019XBL0128	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Muramatsu Fumiya, Nishimori Kentaro, Taniguchi Ryotaro, Hiraguri Takefumi, Mitsui Tsutomu	4. 巻 8
2. 論文標題 Evaluation of Multi-Beam Massive MIMO Considering MAC Layer Using IEEE802.11ac and FDD-LTE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 225 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics8020225	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 HIRAGURI Takefumi、NISHIMORI Kentaro、MORINO Yoshiaki、UGAJIN Mamoru、YOSHINO Hideaki	4. 巻 E101.B
2. 論文標題 Novel Access Control Scheme with Collision Detection Utilizing MIMO Transmission Procedure in WLAN Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1561 ~ 1574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1587/transcom.2017CQT0001">https://doi.org/10.1587/transcom.2017CQT0001</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 MURAMATSU Fumiya、NISHIMORI Kentaro、TANIGUCHI Ryotaro、HIRAGURI Takefumi	4. 巻 E101.B
2. 論文標題 Multi-Beam Massive MIMO with Beam-Selection Using Only Amplitude Information in Uplink Channel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1544 ~ 1551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2017CQP0005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KIKUMA Nobuyoshi、NISHIMORI Kentaro、HIRAGURI Takefumi	4. 巻 E101.B
2. 論文標題 Effect of User Antenna Selection on Block Beamforming Algorithms for Suppressing Inter-User Interference in Multiuser MIMO System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1523 ~ 1535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2017CQI0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K.Ando, K.Nishimori, R.Kataoka, T.Hiraguri, Y.Morino, T.Mitsu	4. 巻 7(1), 1
2. 論文標題 Collision Detection Method Using Self Interference Cancelation for Random Access Multiuser MIMO	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electronics 2018	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics7010001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S.Ogawa, K. Nishimori, R. Taniguchi, T. Mitsui, and T. Hiraguri	4. 巻 6(4), 100
2. 論文標題 Performance evaluation of downlink multi-beam massive MIMO with simple transmission scheme at both base and terminal stations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electronics 2017	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics6040100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Nishimori, T. Hiraguri, T. Mitsui and H. Yamada	4. 巻 6(4), 91
2. 論文標題 Effectiveness of Implicit Beamforming with Large Number of Antennas Using Calibration Technique in Multi-User MIMO System	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electronics 2017	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics6040091	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 満井勉, 西森健太郎, 平栗健史	4. 巻 Vol. J100-B, No.9
2. 論文標題 低基地局垂直面制御を利用した屋内ユーザの通信品質評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 信学論B	6. 最初と最後の頁 846-850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計46件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 丸山隆希, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 平栗健史
2. 発表標題 実環境を考慮した広帯域シングルキャリア-マルチビームMassive MIMOの特性
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 設樂勇, 進藤卓也, 平栗健史
2. 発表標題 ドローンメッシュネットワークにおけるMassive MIMOを用いた通信手法の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西森健太郎, 工藤明紀, 谷口諒太郎, 平栗健史, 広川二郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMOの屋内実環境における特性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村尚輝, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 平栗健史
2. 発表標題 ドローン中継局と MU-MIMO による複数ユーザ下り回線の基礎評価
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤明紀, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 平栗健史, 広川二郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMOに適したマルチビームパターンの検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村尚輝, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 平栗健史, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 ドローン間通信におけるアンテナ切替型ミリ波 LOS-MIMO の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会・ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平栗 健史
2. 発表標題 [ 特別講演 ] 干渉を考慮した3次元ドローンメッシュネットワークおよび編隊飛行の実現
3. 学会等名 映像情報メディア学会・放送研究会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平栗 健史
2. 発表標題 [ 招待講演 ] 3次元ドローンメッシュネットワークによる編隊飛行構成の実現に向けて - アンテナからネットワークまでの横断的アプローチ
3. 学会等名 信学技報・通信方式研究会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白木信之, 平栗健史, 伊達隆人, 設楽勇, 本間尚樹
2. 発表標題 ドローンによる 3 次元メッシュネットワークにおける指向性ビーム間干渉の理論解析
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯田浩史, 設楽勇, 三田健太郎, 近藤海斗, 平栗健史
2. 発表標題 指向性アンテナを用いたドローン無線中継のための実装評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 明岩錬, 松田崇弘, 木村共孝, 平栗健史, 西森健太郎, 金子めぐみ, 中尾彰
2. 発表標題 指向性アンテナを用いたドローンメッシュネットワークの方向制御に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会・コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平栗健史, 木村共孝, 西森健太郎, 松田崇弘, 金子めぐみ, 中尾彰宏
2. 発表標題 [招待講演] 3次元ドローンメッシュネットワークと編隊飛行構成 の提案
3. 学会等名 信学技報・スマート無線研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村松郁也, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 八九勇樹, 平栗健史
2. 発表標題 IEEE 802.11acを用いた下回り回線マルチビームMassive MIMOの評価
3. 学会等名 電子情報通信学会信越大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平栗健史, 木村共孝, 西森健太郎, 松田崇弘, 金子めぐみ, 中尾彰宏
2. 発表標題 [招待講演]3次元ドローンメッシュネットワークと編隊飛行構成 の提案
3. 学会等名 信学技報・スマート無線研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松村尚輝, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 満井勉, 平栗健史
2. 発表標題 使用ドローン数削減によるドローンMIMO中継局の特性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会信越大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 設樂勇, 木村共孝, 平栗健史
2. 発表標題 ドローンの直線中継伝送におけるアクセス制御方式の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会大会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田崇弘, 木村共孝, 平栗健史, 西森健太郎, 金子めぐみ, 中尾彰宏
2. 発表標題 ドローンメッシュネットワークにおけるアンテナ指向性を考慮した経路制御に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会大会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平栗健史, 西森健太郎
2. 発表標題 [招待講演] 超進化802.11高速無線LANの将来動向-MIMOを用いた伝送とクロスレイヤ技術
3. 学会等名 信学技報・近距離無線通信研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Ismayilov, M. Kaneko, T. Hiraguri and K. Nishimori
2. 発表標題 Adaptive Beam-Frequency Allocation Algorithm with Position Uncertainty for Millimeter-Wave MIMO Systems
3. 学会等名 IEEE VTC-Spring 2018(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Morino, T. Hiraguri, H. Yoshino and K. Nishimori
2. 発表標題 Proposal of overhead-less access control scheme for multi-beam massive MIMO transmission in WLAN systems
3. 学会等名 2017 16th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Morino, T. Hiraguri, H. Yoshino and K. Nishimori
2. 発表標題 Proposal of User Selection Method for Access Control Scheme on Multi-Beam Massive MIMO System
3. 学会等名 The 6th Korea-Japan Joint Workshop on Complex Communication Sciences (KJCCS)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 I. Shitara, Y. Morino, T. Hiraguri, K. Nishimori, H. Yoshino
2. 発表標題 Proposal for Packet Assignment Scheme for Video Transmission Using Multicast Distribution in WLAN Systems
3. 学会等名 IEICE Nolta 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 満井 勉, 西森 健太郎, 佐藤 勇二, 谷口 諒太郎, 平栗 健史
2. 発表標題 スモールセルにおけるMassive MIMO伝送のアンテナ配列に関する性能評価
3. 学会等名 信学技報vol. 117, no. 490
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平栗 健史, 徳江 健太, 森井 文哉, 西森 健太郎, 設樂 勇, 森野 善明, 吉野 秀明
2. 発表標題 ドローン編隊飛行による3次元メッシュネットワーク
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 486
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平栗健史, 西森健太郎, 中尾彰宏, 金子めぐみ, 木村共孝, 松田崇弘
2. 発表標題 ドローンと指向性ビームを用いた3次元メッシュネットワーク
3. 学会等名 URSI-C委員会 第23期 第12回公開研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 利光 清, 平栗 健史, 西森 健太郎, 森野 義明, 設樂 勇, 満井 勉, 吉野 秀明
2. 発表標題 無線LANにおけるMU-MIMO協調再送制御方式の提案
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 426
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野 善明, 平栗 健史, 吉野 秀明, 西森 健太郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMO伝送におけるオーバヘッドアクセス制御方式 ~ 動的なユーザ選択による高効率伝送の検討 ~
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 410
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松村 尚輝, 西森 健太郎, 谷口 諒太郎, 満井 勉, 平栗 健史
2. 発表標題 MIMOとドローン中継局の伝搬環境制御法の評価
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 410
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 遠藤 匠, 平栗 健史, 森野 善明, 進藤 卓也, 設樂 勇, 松田 崇弘, 西森 健太郎, 吉野 秀明, 満井 勉, 長谷川 幹雄
2. 発表標題 最適CWを用いたCollision Avoidance制御方式の実装
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 410
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西森 健太郎, 松村 尚輝, 谷口 諒太郎, 満井 勉, 平栗 健史
2. 発表標題 Massive MIMOと中継局ドローンを用いた伝搬環境制御法
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 283 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西森 健太郎, 白澤 嘉樹, 谷口 諒太郎, 満井 勉, 平栗 健史
2. 発表標題 多ユーザMassive MU-MIMO伝送に適した端末側ビーム選択法
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 283 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平栗 健史, 西森 健太郎, 中尾 彰宏, 金子 めぐみ, 木村 共孝, 松田 崇弘
2. 発表標題 3次元ドローンメッシュネットワーク制御の課題と検討
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 185 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平栗 健史, 西森 健太郎, 設楽 勇, 徳江 健太, 新保 大地, 満井 勉
2. 発表標題 指向性ビームを用いたドローンメッシュネットワーク制御
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 182
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森野 善明, 平栗 健史, 吉野 秀明, 西森 健太郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMO伝送におけるオーバーヘッドレスアクセス制御方式 ~ 不飽和トラフィック環境下におけるスループット特性評価 ~
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 156
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森野 善明, 平栗 健史, 吉野 秀明, 西森 健太郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMO伝送におけるオーバーヘッドレスアクセス制御方式 ~ ユーザ選択手法の提案および特性評価 ~
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 103
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松村尚輝, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 満井勉, 平栗健史
2. 発表標題 送信データ数削減によるドローンMIMO中継局の特性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-1-111
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八九勇樹, 西森健太郎, 白澤嘉樹, 谷口諒太郎, 森野善明, 平栗健史, 菊間信良
2. 発表標題 BD 法を用いた Massive MIMO に適したアンテナ選択数
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-1-113
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 満井勉, 西森健太郎, 谷口諒太郎, 平栗健史
2. 発表標題 アナログ-デジタルハイブリッド型Massive MIMOに適したアンテナ配列
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-1-125
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野善明, 平栗健史, 吉野秀明, 西森健太郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMO伝送におけるオーバーヘッドレスアクセス制御方式 動的なTDMA期間におけるユーザ選択の有効性
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-5-122
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳江健太, 設樂勇, 森野善明, 進藤卓也, 平栗健史
2. 発表標題 ドローンによる無線メッシュネットワーク構築に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-11-13
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平栗健史, 遠藤匠, 森野善明, 設樂勇, 松田崇弘, 西森健太郎, 吉野秀明, 満井勉
2. 発表標題 無線LANにおけるCollision Avoidance制御方式の実装と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, B-17-22
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西森健太郎, 谷口諒太郎, 満井勉, 平栗健史
2. 発表標題 ビーム選択型BD法によるMassive MIMO伝送の特性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-1-141
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村共孝, 松田崇弘, 西森健太郎, 平栗健史, 金子めぐみ, 中尾彰宏
2. 発表標題 Massive MIMO 技術を用いたドローンメッシュネットワークにおけるアンテナ・伝搬路モデル
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, BS-6-1
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西森健太郎, 谷口諒太郎, 満井勉, 平栗健史
2. 発表標題 Massive MIMOにおけるアレーの自由度とユーザ側ビーム選択による特性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, BS-6-2
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森野善明, 平栗健史, 吉野秀明, 西森健太郎
2. 発表標題 マルチビームMassive MIMO伝送におけるオーバヘッドレスアクセス制御方式 公平性を考慮したユーザ選択手法
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, BS-6-3
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 設樂勇, 森野善明, 西森健太郎, 平栗健史
2. 発表標題 無線LANマルチキャスト配信の伝送レート選択に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, BS-6-5
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 平栗 健史, 西森健太郎, 中尾彰宏, 金子めぐみ, 木村共孝, 松田宗弘	4. 発行年 2018年
2. 出版社 電子情報通信学会誌 Vol.101 No.12	5. 総ページ数 pp.1186-1190
3. 書名 [電子情報通信学会誌・小特集]「ドローンがもたらす新しい世界」三次元ドローンメッシュネットワークへの挑戦 アンテナからネットワークまでの横断的アプローチ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>(株)キャンパスクリエイト(電気通信大学TLO)主催の「人工知能・IoT・ビッグデータ分野における産学連携マッチングフェア」にて研究成果の静態展示を行っている。          題目:「ドローンを活用した3次元ネットワークの開発 Hop in the sky! -」  <a href="https://sangakukan.jst.go.jp/event/right_contents/event/detail.php?eid=9668">https://sangakukan.jst.go.jp/event/right_contents/event/detail.php?eid=9668</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金子 めぐみ  (Kaneko Megumi)  (10595739)	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・准教授    (62615)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	木村 共孝 (Kimura Tomotaka) (20756382)	同志社大学・理工学部・助教  (34310)	
研究分担者	松田 崇弘 (Matsuda Takahiro) (50314381)	首都大学東京・システムデザイン研究科・教授  (22604)	
研究分担者	中尾 彰宏 (Nakao Akihiro) (60401238)	東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授  (12601)	
研究分担者	西森 健太郎 (Nishimori Kentaro) (90500611)	新潟大学・自然科学系・准教授  (13101)	