



# ドローンレースの娯楽性を向上させる機載式ディスプレイ

鈴木由信<sup>1)2)</sup>

1) デジタルハリウッド大学大学院 (〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 4-6, gs@dhw.ac.jp)

2) シンガポール国立大学 (〒119613 I3 Building, SSI, #02-0221 Heng Mui Keng Terrace Singapore)

**概要:** 現在のドローンレースでは、観客がレースの状況を把握し楽しむための配信技術が整っていない。例えばドローン自体が小型なため、広いレース会場の中でドローンからの映像と対応する実機の姿とを関連付けて認識・俯瞰しながら鑑賞することが難しい。そのため、観客自身がレースの迫力や臨場感を享受できていない。この課題解決のため、ドローンをディスプレイ化することで、観客がレースの状況を円滑に把握可能にするアプリケーションを開発する。

**キーワード:** ドローン・POV・エンターテインメント

## 1. 研究目的

本研究の目的は、観客に向けてレース状況やパイロットの情報を配信し、ドローンレースのショートしてのエンターテインメント性を高めるための技術を確認することである。近年ドローンレースは優勝賞金 1 億円以上のレースイベントが開催されるなど、世界各地で大きな盛り上がりを見せている[1]。一方、現在のドローンレースでは、複数台のドローンが広い会場の中で素早く飛び回っているため、観客が状況を把握することが難しい。また、それぞれのパイロットと対応する機体の判別する仕組みも整っていない。そのため、観客がドローンレースの迫力や臨場感を享受できずにいる。また、レース用ドローンが小さく、会場が広いということは、その分ドローンの飛行範囲が広く、飛行速度の早さの割には臨場感が十分に伝わっていない可能性がある。そこで、本研究では、ドローンレースの状況を観客が円滑に把握可能にすると共にドローンレースのショーとしてのエンターテインメント性を高めるために、ドローン自体を LED アレイを使った残像ディスプレイとし、ドローンレースの状況をリアルタイムに可視化するシステムの開発を目指す。パイロットの名前やシンボルマークを対応する色と共に表示する事でパイロットと機体を関連づけて認識することが可能になると考える。また、レースの順位や周回順などといった情報を表示することで、レース状況の把握を助ける事にもなる。それに加え、飛行速度や機体の傾きなどの各数値情報に対応させてグラフィックを切り替えることで、レースの臨場感を演出する事も将来的に可能である。

## 2. 関連研究

### 2.1 残像ディスプレイを用いたビジュアライゼーション

残像ディスプレイ (POV) の技術[2]を利用したビジュアライゼーションに関する試みは多くある。AwareCycle[3]では、LED アレイを自転車競技に用いる車輪のホイールに取り付け、車輪の回転を利用して残像効果をえる事でホイールをディスプレイ化し、心拍数などの競技者の情報を観戦者に提示することで、スポーツ観戦の新しい楽しみ方の創出を試みている。また、ドローンに POV を搭載し、ドローン自体をディスプレイ化し、画像を表示する事例もある。滑空式の大型ドローンを用いた物や[4]や、浮遊球体ディスプレイ[5]は POV による画像の表示を主な目的としている。一方、本研究ではドローンの機載性能を考慮するとともに、ドローンレースのスピード感を活用し、LED アレイをドローンに搭載し、高速で横移動させる事で残像効果を得る。また、ドローンレースの現場においての実用性を目指し、観賞する際の状況把握を補うことを目指す。

### 2.2 競技のビジュアライゼーション

SportsMEDIA Technology 社はスポーツ競技の配信映像に選手の情報や競技の状況を解説する CG を合成することでスポーツの付加情報を画面上表示するシステムを使用している[6]。例えば、自転車レースの配信映像では、選手に追尾させて、選手の情報や現在の速度を表示している。この手法は、配信映像をインターネットに繋がったデバイスでの視聴を想定している。協議会場においても、スマホやタブレットで視聴する事が可能だが、配信映像が現地から遅れているために、リアルタイムな情報としては参照しにくい。一方、本研究ではドローンに LED を搭載して機

体自体をディスプレイとすることで、現地にいる観客が、ディスプレイを使用せずに、リアルタイムで直接観戦できる。

### 2.3 プレーヤーと観客のインタラクション

プレーヤーの心拍数など通常認識できない情報を視覚的にフィードバックする事で、スポーツやショーなどのプレーヤーと観客の関わりに新しいインタラクションを導入する試みは、既に行われている。Mueller らの例では、自転車の運転手が被るヘルメットの後部にディスプレイを搭載し、心拍数などの情報を他のプレーヤーに表示している[7]。本研究では、ドローンレースでの観客とのインタラクションを促進するために、パイロットと機体の関連付けを強調することや、レースの迫力や臨場感を高める演出への活用を目指す。

## 3. 手法・システム

スポーツ競技の状態をリアルタイムに可視化する事は、観客に競技の醍醐味を直感的に感じさせる事が可能だ。本研究では、特に現場で観戦している人々に対して情報を提示する技術の確立を目指す。またパイロットが遠隔でディスプレイを操作し、リアルタイムで画像の切り替えを行うことで、パイロットと観客のインタラクションを生む事が可能である。

### 3.1 システム概要

本研究では、レース状況やパイロットの情報を表示するための画像をドローンが描く光の軌跡によって残像効果を生み出し表示する(図1)。そのため、LEDアレイをマイコンで制御し、画像から算出したピクセル情報の配列を順次点灯させる装置を開発する。この装置をドローンに搭載し、ドローンレースの標準的なスピードでLEDアレイを移動させることで、残像効果によって画像を表示させる。

### 3.2 POV制御

自転車ウィールにPOVを搭載したBike Wheel POV Display<sup>1</sup>での使用実績とドローに搭載可能なサイズや重量を考慮し、マイコンにはAdafruit Pro Trinket - 5V 16MHz、LED<sup>2</sup>アレイにはAdafruit DotStar Digital LED Stripの0.5mm<sup>3</sup>ピッチを使用する(図2)。ファームウェアにはBike Wheel・POV Displayに加え、ジャグリングに使われるPoiをPOV化したSupernova Poi<sup>4</sup>での実績があるAdafruitが提供するKinetic\_POV<sup>5</sup>を使用する。また、LEDアレイのピクセル数はファームウェアのサンプルコードで指定されている16ピクセルとより軽量化を見込んで8ピクセルを採用する。

### 3.3 ドローンへの搭載

ドローンの機体は、屋内レースで使用されている100mmフレームをベースに構成する(図2)。フライトコントローラには、パイロットが各々でカスタマイズをした機体へ

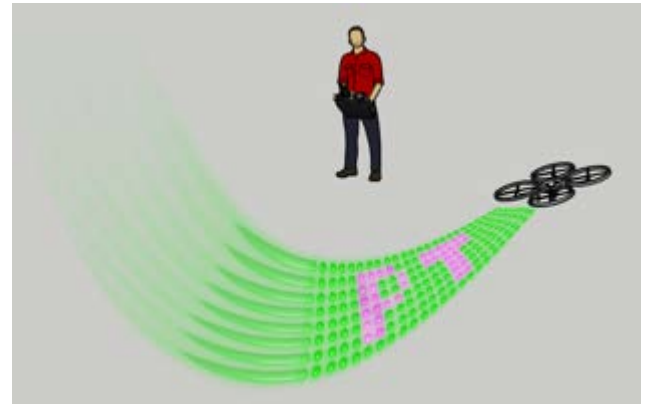


図 1:イメージ

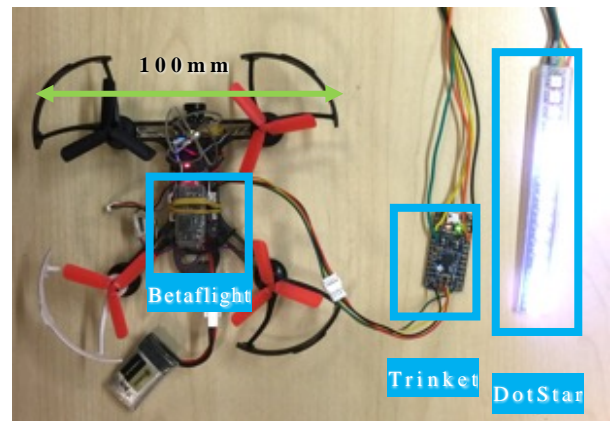


図 2: システム構成

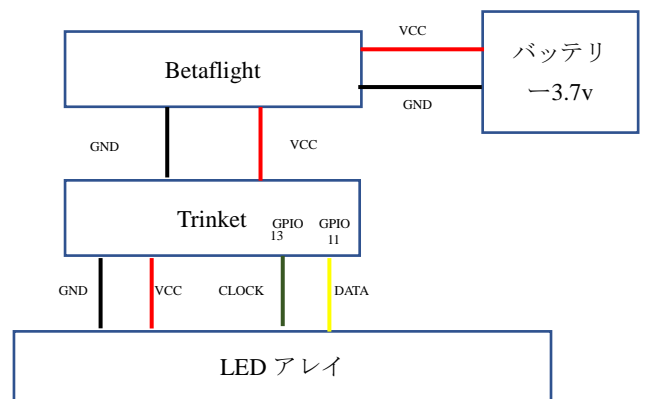


図 3: 配線図

の組み込みを想定して、Betaflight<sup>6</sup>など既存のレーシングドローンが多く採用するモジュールを使用する。TrinketとDotStarへの電源供給はBetaflightから行う(図3)。

### 3.4 遠隔操作

TrinketとBetaflightは共にシリアルポートを備えているため、プロポの操作によって、BetaflightからTrinketへシリアル信号を送り、画像の切り替えを行う。

<sup>1</sup> <https://learn.adafruit.com/bike-wheel-pov-display/overview>.

<sup>2</sup> <https://www.adafruit.com/product/2000>

<sup>3</sup> <https://www.adafruit.com/product/2328>

<sup>4</sup> <https://learn.adafruit.com/supernova-poi/introduction>

<sup>5</sup> [https://github.com/adafruit/Kinetic\\_POV](https://github.com/adafruit/Kinetic_POV)

<sup>6</sup> <https://github.com/betaflight/betaflight/wiki>



図 4: 画像の表示イメージ

### 3.5 表示画像

本研究では、レース状況（順位や周回数）・パイロットと機体との対応関係（シンボルマーク）・演出効果（速度や機体の傾きを強調するビジュアルエフェクト）を表示し、観客に提示するために、文字・数字・図形の画像を用いる(図4)。LEDアレイのピクセル数に高さを合わせたビットマップデータを用意し、Kinetic\_POVに付録しているPython (converter.py)コードを用いて16進数のデータ配列に変換し、ヘッダーファイルとしてファームウェアと共にマイコンへ書き込む。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験手法

今回は、ドローンに搭載した残像ディスプレイの描画精度の評価をすることを目的に、以下の実験を行った。検証にはカメラを用いて動画を撮影した。カメラを垂直上方向に向けて固定し、カメラから2m上の位置をドローンが通過するように飛ばした(図6)。シャッター速度は1/5に落として撮影した。実施場所は、屋内であり、蛍光灯がついていた。使用した機体を図5に示す。パイロットは著者が行い、低速・高速の場合で飛行を行った。正確な飛行速度は得ていない。LEDアレイのピクセル数は8ピクセルを用いた。今回表示した画像は図4のうち文字のみで、色は白である。

### 4.2 実験結果

今回の実験では、撮影した動画を参照し、表示した文字を読み取れた場合を成功とした。高速での飛行の際は、表示した文字を読み取る事ができた。

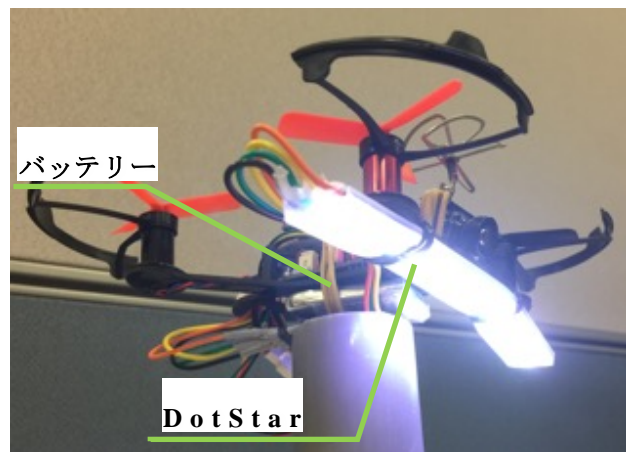
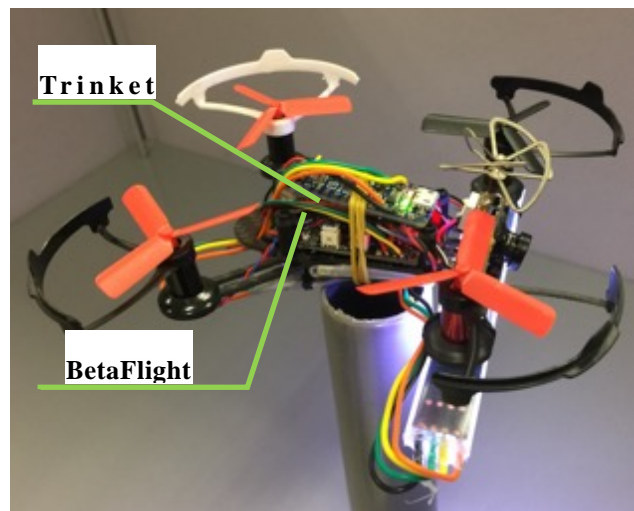


図 5: 組み上がり図 (LEDアレイ 16ピクセル)

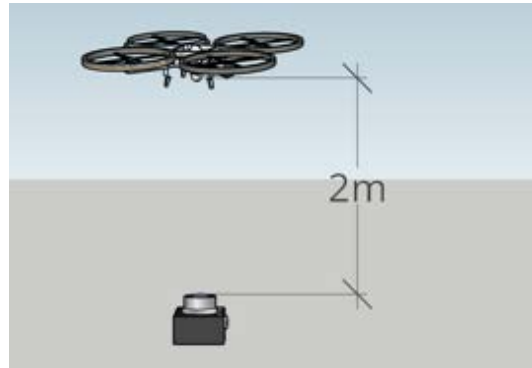


図 6: 実験概要図



図 7: 屋内での飛行実験 撮影はカメラを垂直上方向に向けて固定し、シャッター速度を落として撮影した

## 5. 考察と課題

本研究では条件を限定して、ドローンによって画像を描き、情報を伝えることに成功した。一方、期待した結果を得られなかった部分もあった。実験の結果を踏まえ、これらについて、以下に記述する。

### 5.1.1 視点移動の検証

人間が動体を目で追ってしまう習性により、機体に合わせて視点を移動してしまい、残像による画像認識の効果が得にくいと考えられる。LED が光り続けていること場合は、光を目で追ってしまうため、LED を瞬間的に点灯させるなどの工夫が必要である。

### 5.1.2 ピクセル数の検証

16 ピクセルで浮かなかった原因の一つは LED の電力消費が 8 ピクセルに比べて大きかったことにより、その分モーターに供給する電力が弱まった可能性が考えられる。次に、LED ストリップ重量が重くなった事も 1 つの要因だと考えられる。

### 5.1.3 飛行速度の検証

今回は、マイクロドローンレースの標準速度程度での飛行の際に、撮影した動画において文字を認識することができた。動画から算出した速度は、低速時で時速約 3.6km、高速時で時速約 80km ほどであった。ドローンレースでは、ドローンは時速 150km ほどで飛行するとされている[8]。また、光の残像は 10~200ms 程度の時間保持され、知覚されることが知られている[9]。以上のことから、ドローンが時速 4.5km 以上で飛行すれば見えると考えられる。今後は、操作を得意とするパイロットによって、レースを想定した環境での人間の視覚で視認できる速度の評価実験を行いたい。

## 6. 課題

実用化に向けては、よりレースに最適化させるために小

型化と軽量化が必要だと考える。また、ファームウェアの改善と、Betaflight の設定によって、プロボの操作によって、画像の切り替えを可能とすることで、パイロットと機体、さらには観客とのインタラクションを強化をしていきたい。

**謝辞** 本研究は、中山隼雄科学技術文化財団からの資金によって実施されている。

## 参考文献

- [1] World Drone Market Seen Nearing \$127 Billion in 2020, PwC Says - Bloomberg. <https://goo.gl/KduWMY>.
- [2] オーム社 編: “ Ohm Mook 光シリーズ No.2 光ディスプレイ ”, オーム社 (2002)
- [3] AwareCycle: 自転車装着型残像ディスプレイのスポーツビジュアライゼーションへの応用
- [4] RC Flying POV LED Strip. <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=129709>
- [5] Wataru Yamada, Kazuhiro Yamada, Hiroyuki Manabe, Daizo Ikeda: iSphere: Self-Luminous Spherical Drone Display
- [6] SportsMEDIA Technology <http://smt.com/>
- [7] Wouter Walmink, Danielle Wilde, and Florian “Floyd” Mueller. 2014. Displaying Heart Rate Data on a Bicycle Helmet to Support Social Exertion Experiences. In Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '14), 97-104. <https://doi.org/10.1145/2540930.2540970>.
- [8] <https://www.jdra.or.jp/whats-droneracing/>
- [9] M. Coltheart: “ Iconic memory and visible persistence ”, Perception and Psychophysics 27, 3, pp.183-228 (1980)