

## 屋外型プラネタリウム「Flight プラネタリウム」の開発と実証実験 Development and Research on "Flight Planetarium"

星野 浩司<sup>†</sup>  
Koshi Hoshino

### 1. はじめに

本研究は、来館者数が減少傾向にある地方科学系博物館を基盤とし、Drone のフライト技術やホバリング技術とプロジェクションマッピング技術による高輝度特性を活かした実世界とプラネタリウムの虚像世界を融合させる世界初の屋外型プラネタリウムを開発するものである(図-1)。本システムでは、屋外の上空にスクリーンを Drone のフライト技術やホバリング技術にて適性位置に安定設置し、地上からスクリーンに向けて複数台のプロジェクターにて高輝度の映像や画像を解説者の進行に合わせて展開する。屋内と異なり、大きな視点の移動を伴うことなく上空の天体とスクリーンで展開されるバーチャルな解説と比較しながらライブ鑑賞することで、体験型教材としてより具体的で訴求力の高い教育効果が得られるものとして実験を進めてきた。现阶段では、Android OS を基盤とする Drone オートパイロット・アプリを開発し、GPS による座標情報の取得による、天体の位置情報を確認、適正位置にプログラム制御で自動制御にて移動し、夜間、正確な位置が確認できない時間帯に自動設置が可能であることを、実証実験にて確認した。さらに、実機による投影スクリーンの搭載実験では、ペイロード(ドローンにおける最大積載量)の問題や IMU キャリブレーション不足にてローリングを起こす障害が生じており、積載荷重の課題が確認された。

### 2. 目的・背景

博物館や美術館は地域の社会教育や文化向上などの役割を担っているが、同時に観光施設としての機能も内包している。特に、近年、人口が減少するなか、各地域において観光施設としての側面はより強くなっている。ただし、施設の老朽化に加え、スタッフ数の削減や予算の縮小といった厳しい状況下において、既存の地方文化施設における来館者数の減少傾向は強まる一方である。本研究では、先進技術として注目を集める Drone やプロジェクションマッピングの技術を応用し、実物と解説コンテンツのシームレスな展示を実現する新たな展示手法を用いることで、これまでにない多くの参加者が鑑賞できる体験型学習支援システムを開発するものである。また、本研究基盤である地方施設でしか実現できない重要な点として、規制の少ない広範囲のロケーションや天体観測において人口施設からの照明の影響を受けないという地方としての強みが加わることで、そこでしか体験できないという訴求力が来館者を牽引する要素になり得ると考える。

#### 2.1 研究手法

本研究で構築するシステムは下記の作業工程を経て完成される。

最終的に、工程を経て完成したシステムを用いた実証実験を行う。

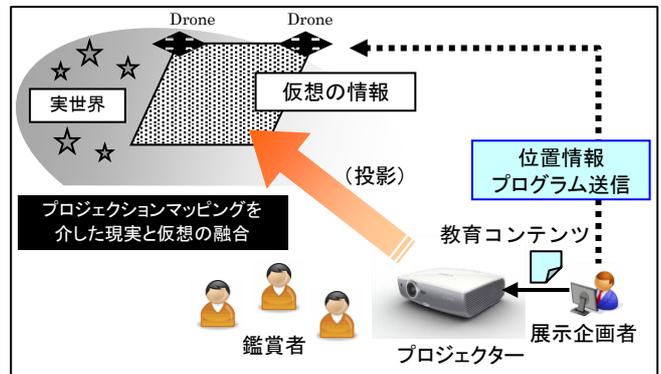
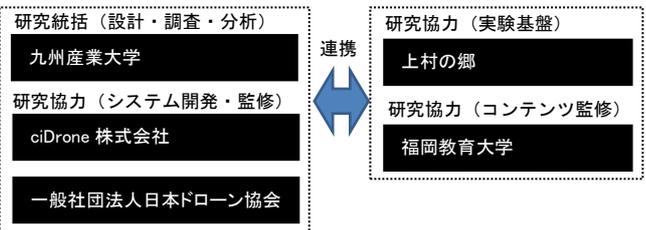


図-1 システム概念図

- (1) 先進事例調査と開発システムの基本設計と詳細設計
- (2) 投影スクリーンの詳細設計と開発
- (3) プログラム稼働 Drone の詳細設計と開発
- (4) 展示コンテンツの企画・構成
- (5) 上村の郷(大分県杵築市)での実証実験と評価考察

#### 『研究体制』



#### 2.1.1 研究の詳細

本研究は科学研究費の補助(挑戦的萌芽研究)を得て、3カ年に渡り研究を実践している。

##### ■平成28年度

#### 国内の先進事例の調査と分析、資料収集

国内の先進事例について調査・研究を行い、それらについて問題点や課題点を抽出し、これまでの研究で蓄積した諸データと総合することで、次年度の基本設計における基礎データとした。

##### ■平成29年度

#### “Flight プラネタリウム”の設計と開発

前年度の調査・研究基礎データを資源とし、投影スクリーンやプログラム稼働 Drone の設計と開発、展示コンテンツの企画・構成を行った。

#### < “Flight プラネタリウム”の特徴 >

今回、開発した Drone オートパイロット・アプリは、GPS による座標情報取得し、天体の位置を確認、適正位置にプログラム制御で移動し、昼間、星が確認できない時間帯に事前に設置位置を設定可能である。

<sup>†</sup>九州産業大学 芸術学部



図-2 自動運行システム実験



図-3 システムの位置学習実験



図-4 投影スクリーンの搭載実験



図-5 投影スクリーンの設置位置

### ■平成30年度

「上村の郷(大分県杵築市)」における“Flight プラネタリウム”実証実験の実施、実験データの解析と考察

#### (1) “Flight プラネタリウム”の設置・調整、実証実験の実施

前年度で開発した当システムを用いて、自動運行システムと投影スクリーンの完成によるフライトテストと投影実験を行っている。フライトテストは大分県杵築市にある地域交流施設「上村の郷」のグラウンドにて機材等持ち込み、実証実験を行った。前年度に進めた自動運行システムの詳細設計に基づきシステムプログラムを完成させ、大分県杵築市にある上村の郷グラウンドにてフライト実験を実施した(図-2)。

#### (2) 実験データの整理と分析

天候によるGPS精度への影響や積載荷重や上空で吹く風により、予想以上に高度や位置の誤差を発生させることが確認された。ただし、完成したシステムでは、位置情報を予めプログラムへ学習させ、その後、開発したアプリのボタン操作のみにて定位置へ自動飛行し、プログラムの正常動作が検証された(図-3)。

実機による投影スクリーンの搭載実験では、ペイロード(ドローンにおける最大積載量)の問題やIMUキャリブレーション不足にてローリングを起こす障害が生じており、積載荷重の課題が確認された(図-4)。また、投影スクリーンにおいては、屋外上空への飛行状態を想定し、屋内での飛行とコンテンツの投影実験を行った(図-5)。

### 3. おわりに

今回の実践研究により、以下の点を今後の課題として検証分析している。

#### (1) Droneによる重量物の引揚げと厳密な屋外条件

本来、重量物を積載し飛行するDroneは積載物を本体に一体設計されているものが一般的であり、これは、上空の大気の流れが多大な力となってDrone本体に負荷をかけ、Droneの飛行そのものに大きく影響する。今回の実験で設計したスクリーンは板状のスクリーンをそのまま搭載し、上空へと揚げることから、スクリーンが大気の流れを直接受けるため、Droneが想定するペイロード(MAX荷重)を

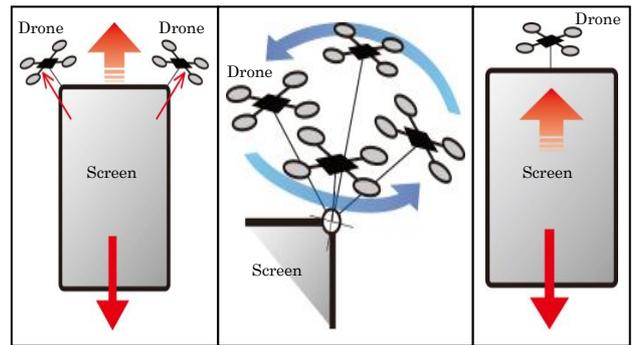


図-6 傾斜型上昇

図-7 ローリング現象

図-8 理想的負荷

大きく上回る力が加わり、飛行困難となる状況を招くことが飛行実験により確認された。これは、当初予定した計画以上に屋外の飛行においては、厳しい飛行環境が課されるという事が実験を通して実証された。

#### (2) Droneの旋回動作による制御不能状態の発生

Droneは多くのセンサーにより機体を水平に保つことで安定したホバリングを実現している。このセンサーを正常動作させるのがIMUキャリブレーションによる傾斜範囲における限界域の学習機能である。ただし、このセンサーの限界域を超えた場合、機体は正常動作を継続することが不可能となり、制御不能によるローリングまたは傾斜飛行での墜落を招く可能性がある。

今回の実験では、大型のスクリーンをDrone2機で上空へ引き上げるため、スクリーン上辺の両端に積載具を固定しDrone本体下部へとつなぎ合わせる。2機で引き上げるため、両機はそれぞれ反対方向へと傾いた状態でホバリングすることとなる。(図-6)本来、Droneは機体の垂直真下へ荷重がかかる事が理想であり、斜め下方向に引っ張られた場合、機体を地面に水平に保とうとするセンサー本来の機能が働くため、複数搭載されたプロペラそれぞれに異なる負担がかかり、スクリーンとの固定部分を中心にローリング現象を引き起こすことが確認された。(図-7)ローリング現象はDrone飛行において制御不能状態を引き起こす非常に危険な状態であり、今回の多人数が天体を観測しながら屋外のプラネタリウムを鑑賞する実験の内容において大きな瑕疵となるため、設計そのものの見直しが必要であると考え。今後の課題解決策としては、スクリーンの荷重が地上に向かって真下に荷重がかかる事が理想であり、Drone単体での引揚げが想定される。(図-8)

#### (3) プロジェクションマッピング時のスクリーン投影補助システムの必要性

Droneによるホバリング技術を応用し、上空に大型スクリーンを安定設置することで上空にプラネタリウムコンテンツを投影する本実験において、上空の大気の流れによるスクリーンの挙動は傾きや上下左右のズレを発生させ、プロジェクター投影における障害となった。

今後の研究課題としては、スクリーンの傾きやズレを補正するため、スクリーンとプロジェクターへの投影における理想的な位置を自動補正するスクリーン投影の補助システムの開発が必要であると考え。