

## 画像処理を用いた折り紙飛行機の軌跡追跡

土山 紫穂<sup>†</sup> 林 亮子<sup>‡</sup>

金沢工業大学 情報学部 情報工学科<sup>†</sup> 金沢工業大学 工学部 情報工学科<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

紙飛行機<sup>[1][2]</sup>は手軽に作成し、飛ばすことができるため、子供から大人まで楽しめるものである。しかし紙飛行機は非常に多様な形状があり、形状と飛行時間や飛行距離の関係は不明な点が多い。紙飛行機の形状と飛び方の関係が分かると、航空機に紙飛行機の知見を応用できる可能性も考えられる。そこで本研究は、紙飛行機の飛行過程を動画として撮影し、画像処理パッケージの一つである OpenCV<sup>[3]</sup>を使用して飛行軌跡を数値化し、紙飛行機の形状と飛び方の関係を調べることを目的とする。本稿では試験的に飛行距離と飛行時間を調べた結果を報告する。

本稿の構成は次の通りである。第2章は実験方法の概要を述べる。第3章では3種類の紙飛行機を用いて飛行時間と飛行距離を調べた実験結果を示す。第4章では得られた結果をまとめ、本稿のまとめとする。

### 2. 実験方法の概要

本研究で行う実験の概要を述べる。本研究では位置と視線を固定したカメラを用いて、紙飛行機の飛ぶ様子を動画として撮影する。そして動画中の各静止画で紙飛行機の領域を抽出して紙飛行機領域を囲む矩形領域を決定し、その重心を紙飛行機位置とする。そして、飛び始めから着地までカメラは固定であるため、視野中での横方向で飛行開始ピクセル位置と着地ピクセル位置を決定し、その差分に1ピクセルに相当する距離を乗算すると飛行距離が得られる。そして、飛行開始から着地までのフレーム数にフレームレートの逆数を乗算すると飛行時間が得られる。

画像中で紙飛行機領域を抽出するために、OpenCVに含まれる CamShift 関数を用い、OpenCV 付属の CamShift 関数の使用例プログラムをそのまま使用している。CamShift 関数を使用すると、

映像中で、追尾対象をマウスでドラッグして囲むことで選択部分の色相ヒストグラムが得られ、同じ色相を持つ部分を追尾する。予備実験の結果、青色で両面同色の紙が追尾に最適であることがわかったため、紙飛行機には青色の色画用紙を使用する。

次に実験環境を述べる。実験装置の配置を図1に示す。実験は屋内で行い、壁色が白色に近く、家具等がほとんどない部屋を利用した。照明は通常の蛍光灯である。撮影には広角のウェブカメラ（バッファロー社製 BSW20KM11BK, 200万画素, 視野角度 120°, 最大解像度 1920×1080 ピクセル, 最大フレームレート 30fps, USB2.0 で PC 接続）を使用した。予備実験の結果、紙飛行機が飛ぶ距離は最大 5m 以内であったため、図1に示すようにカメラ視線を飛行機の初期進行方向に垂直になるよう配置し、視野角度範囲内に飛行機の飛行開始地点から 5m が十分に収まるようカメラを配置した。そのため、1ピクセルあたりの横方向距離は  $5/1920=2.6 \times 10^{-3}$ m 程度であり、距離の誤差はこの程度となる。カメラは位置と視線のいずれも、撮影中は固定する。

紙飛行機を飛ばす際には、なるべく実験条件を揃えるために簡単なカタパルトを使用する。カタパルトの写真を図2に示す。このカタパルトは文献[2]に載っているもので、人の手で輪ゴムを引っ張って飛ばすものである。このカタパルトを使うと、飛行機の射出角度を一定にすることができる。しかし輪ゴムを引っ張るのは人力であるため引き方を一定にするのが難しく、試行ごとに初期速度が変わってしまう。そのため、複数回の試行から平均値を求める必要がある。今回は50回の試行から平均値を求めた。

飛行開始地点は図1の右端とするが、カタパルトは手で持って操作することを前提としており、固定することができない。そのため飛行開始位置は試行ごとに若干の変動があり、画像中の紙飛行機領域の抽出結果から決定する。また、今回の動画撮影のフレームレートは 25fps とした。飛行時間は飛行開始から着地までのフレーム数から計算するため、飛行時間の誤差は  $1/25=0.04$  秒程度となる。

Tracing tracks of origami airplanes using image processing

<sup>†</sup>Shiho Tsuchiyama, Kanazawa Institute of Technology

<sup>‡</sup>Ryoko Hayashi, Kanazawa Institute of Technology

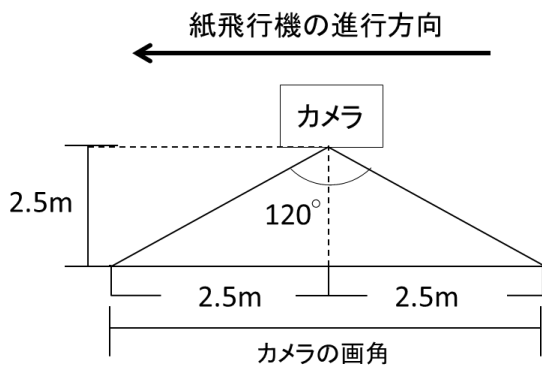


図 1. 実験装置の配置図 (上面図)

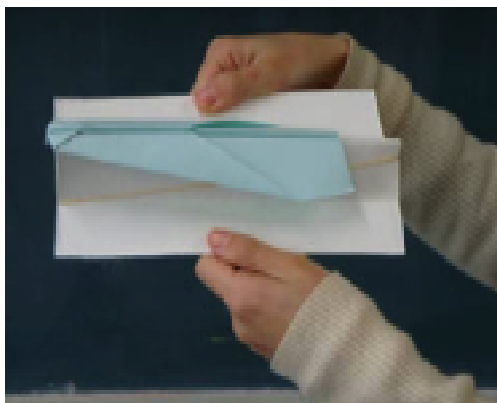


図 2. 飛行機を飛ばす際に使用するカタパルト

使用した紙飛行機を図 3 に示す. 今回は 3 種類の折り方を用いた紙飛行機を使用した. タイプ A は株式会社トーヨーが発売している「教育おりがみ」(商品コード 000004)に付属している折り方本に「伝承作品」として紹介されている. タイプ B は文献[1]に掲載されており, 最も簡単で直進安定性に優れた折り方として紹介されている. タイプ C はゆっくり長時間飛ぶ飛行機として文献[1]で紹介されているものである.

### 3. 3種類の紙飛行機の飛行距離と飛行時間

2章で述べた実験方法を用いて3種類の紙飛行機の飛行距離と飛行時間を調べた結果を表 1 に示す. 表 1 によると, タイプ A は飛行距離と飛行時間の両方が3種類の中で最も大きい. タイプ B はタイプ A と同程度の飛行距離であるが飛行時間が最も短く, 3つの中で最速の飛行機であることがわかる. タイプ C の飛行距離は最も小さいが飛行時間がタイプ A と同程度に長く, 飛行速度が最も遅い飛行機である. 表 1 中の飛行時間はいずれも 0.4 秒程度以上であり, 飛行時間の誤差 0.04 秒より十分大きい結果が得られた. また, 表 1 の飛行距離はいずれも 1m 以上で, 距離の測定誤差  $2.6 \times 10^{-3}m$  より十分大きい.

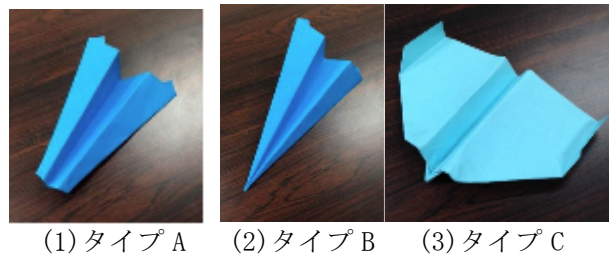


図 3. 使用した紙飛行機

### 4. まとめ

本研究では, 画像処理パッケージ OpenCV の領域抽出関数 CamShift を利用して, 紙飛行機の飛行距離と飛行時間を調べた. 利用した機材は広角のウェブカメラである. 今回は紙飛行機の進行方向と垂直にカメラ視線を設定して, 紙飛行機が飛ぶ様子を動画像として撮影し, 重心位置を紙飛行機の位置とした. 3種類の紙飛行機の飛行距離と飛行時間を調べた結果, 本研究で設定した撮影環境と測定方法を用いると, 十分計測可能な差異が得られることがわかった.

今後の課題は直進安定性の調査である. 飛行機がどれだけまっすぐに飛ぶかは飛行内容の基本的な性質であると考えられる. 紙飛行機の進行方向と平行にカメラ視線を設定して撮影すると, 直進安定性を調べられるものと考えられる. また紙飛行機の形状, 例えば翼部分の投影面積や先端の形状, 翼端を折るかどうかが飛び方に影響するものと考えられる. 紙飛行機の形状と飛び方の関係をさらに調査することも今後の課題である.

### 参考文献

- [1]紙ヒコーキ TNC おアソビ探偵団 - TOKAI ネットワーククラブ (TNC), <http://www.tnc.ne.jp/oasobi/oasobi02/34kamihikouki/01.html>
- [2]簡単工作 100 選: 愛知教育大学, <http://crafts.step.aichi-edu.ac.jp/easy090.html>.
- [3] OpenCV2 プログラミングブック製作チーム: 「OpenCV2 プログラミングブック」, 株式会社マイナビ, 2011 年.

表 1. 3種類の紙飛行機の飛行距離と飛行時間

飛行機タイプ	飛行距離[m]	飛行時間[秒]
A	2.32	0.568
B	2.02	0.388
C	1.77	0.536