竹とんぼの羽の枚数と滞空時間

越塚　一惺

要旨

本研究では、飛行が安定してできるだけ長く空中にとどまる竹とんぼの条件を明らかにすることを目的とした。特に竹とんぼの羽の枚数に注目し、羽が 2 枚から 5 枚までの竹とんぼを自作し、滞空時間を測定した。その結果、羽の枚数を増やすと滞空時間はいったん長くなるが、さらに増やすと短くなる傾向があることが分かった。これは、回転が安定しやすくなる一方で、羽が増えることで重くなり、落下しやすくなる影響が同時に起こったためだと考えられる。この研究から、竹とんぼの滞空時間を最も長くするためには、最適な羽の枚数がある可能性が示された。

キーワード：竹とんぼ　質量　滞空時間　羽の枚数

Ⅰ．はじめに

竹とんぼはプロペラ状に削った羽の中心に、細い軸を直角に挿した日本の伝統的な玩具である。竹とんぼの飛び方については、たくさんの研究が行われている。恒屋・堤（2010）は、安定円環を付けたり、羽に上反角をつけたりして重さが増えると、慣性モーメントが大きくなり、回転が安定することで飛行も安定すると報告している。一方で、安田（2016）は、重くなるほど重力の影響が大きくなり、その結果、滞空時間が短くなることを示している。この二つの研究は逆のことを論じており、重さと滞空時間の関係については、研究によって意見が分かれている。このように、竹とんぼの飛行の安定性には重さが大きく関係していると考えられるが、安定して長く飛ばすための最適な条件は、まだ数値的に明確になっていない。そこで本研究では、重さに直接影響する要素の一つである羽の枚数に注目し、羽の枚数と滞空時間の関係を調べることで、竹とんぼが安定して飛ぶ条件を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 手法

本研究では、市販の竹とんぼを羽と軸の部分に分けて切り貼りすることで羽の枚数が異なる竹とんぼを 2 枚・3 枚・4 枚・5 枚の計 4 種類作成した(図 1)。材料や形はできるだけ同じにし、羽の枚数以外の条件が滞空時間に影響しないように工夫した。

それぞれの竹とんぼを手で投げ、手から離れてから地面に落ちるまでの時間を滞空時間としてストップウォッチを使用して測定した。測定は各種類につき 10 回ずつ行い、その平均値を求めた。

得られた結果をもとに、横軸を羽の枚数、縦軸を滞空時間としたグラフを作成した。

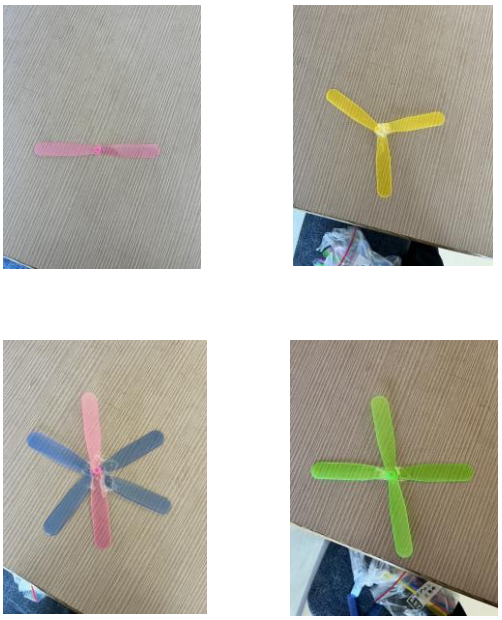


図 1 自作した竹とんぼ

III. 結果

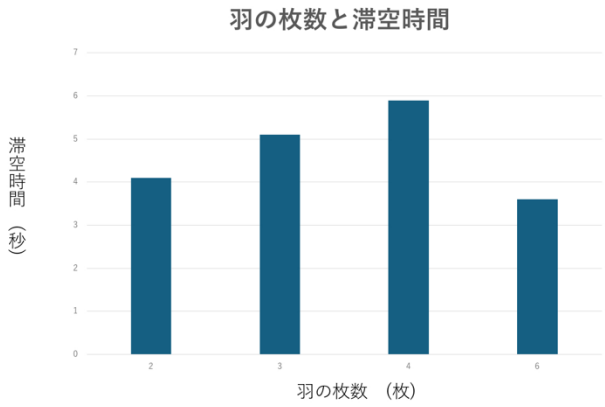


図 2　羽の枚数と滞空時間の関係

2 枚から羽の枚数を増やすにつれて滞空時間は増加したが、ある枚数を超えると逆に滞空時間が減少する傾向が見られた。この結果から、羽の枚数と滞空時間の関係は単純な比例関係ではなく、最大値をもつ山型のグラフとなることが確認された。

IV. 考察

本研究の結果から、竹とんぼの羽の枚数と滞空時間の関係は、羽の枚数が増えるほど単純に長くなるのではなく、途中で最大となる山型の関係になることが予想される。このことから、羽の枚数は飛行の安定性と落下の速さの両方に関係していると考えられる。

羽の枚数が 2 枚から 3 枚、4 枚へと増えると、竹とんぼ全体の質量や慣性モーメントが大きくなる。そのため、回転が安定し、空中で傾いたりぶれたりしにくくなったと考えられる。回転が安定すると揚力が長く保たれ、その結果、滞空時間が長くなったと推測される。この結果は、質量が増えることで飛行が安定するという恒屋・堤の報告と一致している。

しかし、羽の枚数がさらに多くなると、質量の増加による重力の影響が大きくなる。重力は質量が大きいほど強くなるため、上昇後の減速や落下が早くなり、結果として滞空時間が短くなったと考えられる。この点は、質量が大きい竹とんぼほど落下しやすいという安田（2016）の実験結果とよく合っている。

V. 結論

以上のことから、竹とんぼの滞空時間は、「慣性モーメントが大きくなることで回転が安定すること」と、「質量が増えることで重力の影響が大きくなること」という二つの要因が関係し合って決まっていると考えられる。羽の枚数が少ないと回転が不安定になり、逆に羽の枚数が多すぎると重力の影響が強くなるため、その中間に滞空時間が最も長くなる最適な羽の枚数があると結論づけられる。本研究では羽の枚数のみを変えて実験を行ったが、羽の厚さや質量の分布、羽の反りや角度なども、慣性モーメントや揚力に影響を与えると考えられる。今後は、これらの条件も数値としてそろえた上で実験を行い、滞空時間との関係をより詳しく調べることで、より正確に最適な条件を明らかにできると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究の進め方や論文の作成についてご指導いただいた担当教員の先生方に深く感謝いたします。また、実験やデータ整理に協力してくれた友人にも感謝の意を表します。

文　献

恒屋礼二郎,堤満康(2010):竹とんぼの飛行に関する研究．長崎総合科学大学紀要第 33 巻記念号．P 29-51.

安田邦男(2016):竹とんぼの投擲実験．日本航空宇宙学会論文集 2．Vol.64，No.1．P1－5