

シャトルの壊れ具合と運動の関係

班員 梶 はじめ、曾原 楓雅、文村 竜也、堀江 重晟
担当教諭 北原 点

キーワード：シャトル、壊れ具合、落下地点、回転数、揚力

Five types of badminton shuttlecocks with varying feather damage were dropped from a height, and their landing spots recorded. Shuttlecocks with more missing feathers showed greater variation in landing spots and spun more than new ones, likely due to gaps allowing air to flow in, generating lift and increasing spin, while making movement more unstable.

1. はじめに

バドミントンのシャトルは羽根が壊れると新品のシャトルに比べて運動が変化し、狙った位置に着地させ辛くなる。シャトルの運動に関する先行研究はいくつか存在するが、壊れ具合とシャトルの運動の関係についての研究はあまり存在しない。そこで、本研究を通してバドミントンシャトルの物理学に新たな視点を持ち込むことを目的とした。

2. 実験方法

実験のため、計測を簡略化するために、シャトルの落下のみに着目して研究を行った。本校の階段を実験場所として使用した。実験場所にある扉及び窓はすべて締め切り、空気の流れを最小限にした。

本実験で使用したシャトル(図1)を以下に示す。

①新品のシャトル、②1枚の羽根が欠けたシャトル、③向かい合った2枚の羽根が欠けたシャトル、④隣接する2枚の羽根が欠けたシャトル、⑤直角に位置する2枚の羽根が欠けたシャトルである。これ以降、それぞれ「新品」「1枚欠」「2枚欠・正対」「2枚欠・隣接」「2枚欠・直角」と呼称する。なお、本研究ではYONEX社製の水鳥球「AEROSENZA CLEAR II」4番を使用した。

(実験1について)

実験1では、シャトルの落下地点の変化を調べた。階段2階の手すり上にスタンド(図2)を設置し、シャトルを1階地面からの高さが6.0mにな

るようにつるした。シャトルの鉛直真下に、xy座標を記入した記録用紙を固定し、シャトル先端にインクを付け、記録用紙に落下地点のxy座標を記録した。全ての場合において50回ずつ実験を行った。

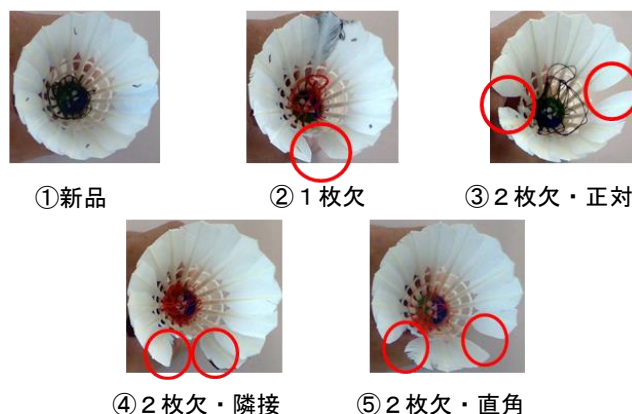


図1 実験で使用したシャトル

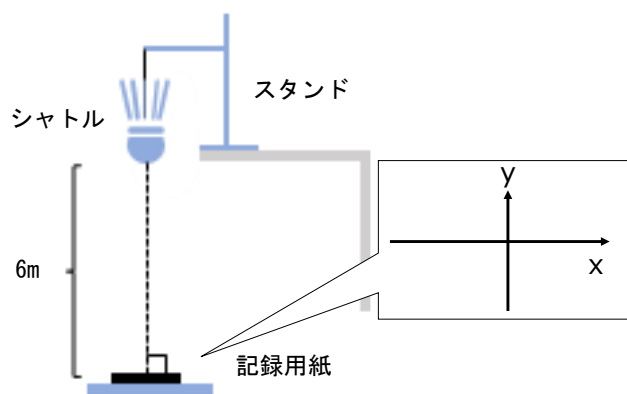


図2 実験1の実験装置

(実験2について)

実験2では、シャトルの回転数を調べた。シャトルを手放してから着地するまでのシャトルの回転数を測定した。実験2は実験1と同様の方法で行った。コルクの鉛直真下に iPad (図3) を置き、落下の様子を動画で撮影した。この時、羽根を1枚任意に選んで着色し、回転の基準とした。実験1と同じシャトルを使用し、10回ずつ実験を行った。

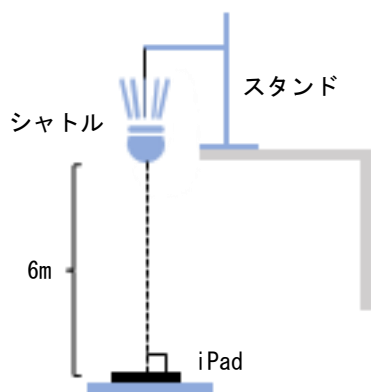


図3 実験2の実験装置

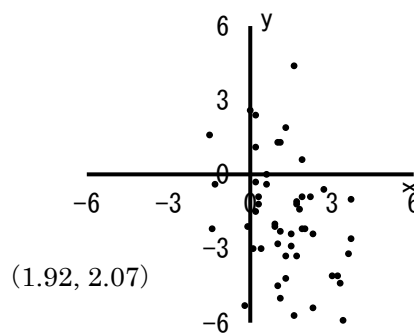


図4-③ 2枚欠け・隣接

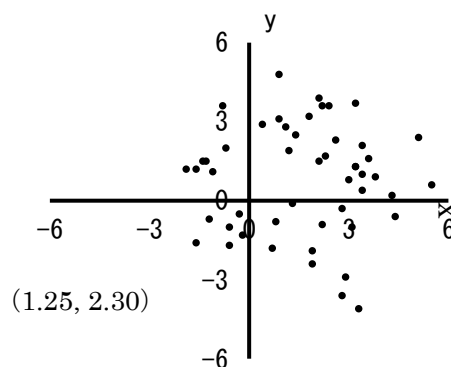


図4-④ 2枚欠け・正対

3. 結果

・は落下地点を表す

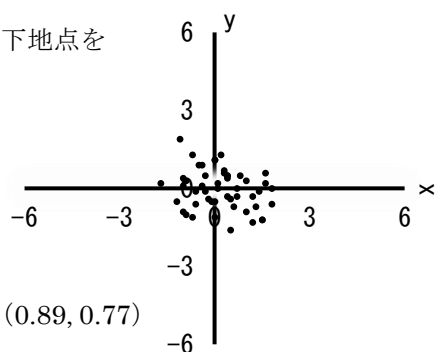


図4-① 新品

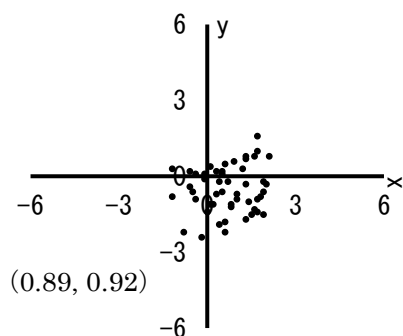


図4-② 1枚欠

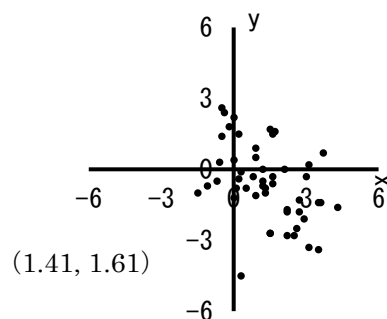


図4-⑤ 2枚欠け・直角

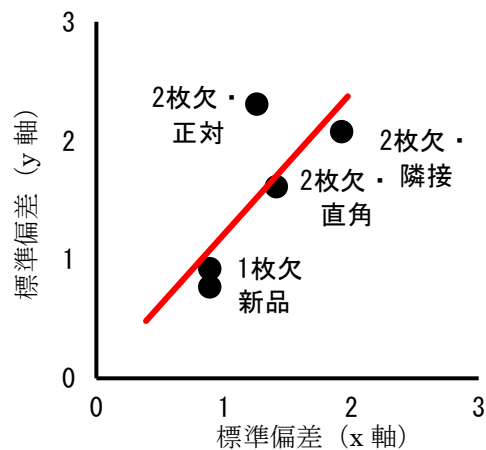


図4 実験1の結果

(実験1について)

以下に実験結果を記す(図4)。(a)～(e)はすべて、x軸に落下地点のx座標、y軸に落下地点のy座標をとったもので、(f)は(a)～(e)について、それぞれのx座標の標準偏差をx軸に、y座標の標準偏差をy軸にとったものである。これを見ると、「新品」よりも「1枚欠」、「1枚欠」よりも「2枚欠」の方が落下地点のばらつきが大きく、特に「2枚欠・隣接」のばらつきが大きかった。

(実験2について)

図5において、縦軸がシャトルの回転数を、横軸が羽根の欠けた枚数を表している。グラフより「新品」「1枚欠」「2枚欠」の順に回転数が多い傾向が読み取れる。また、同じ「2枚欠」の中でも「2枚欠・隣接」のみ、「1枚欠」とあまり差がみられないことがわかる。

4. 考察

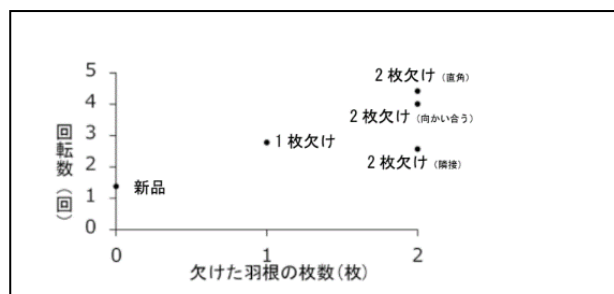


図5 欠けた羽根の枚数と回転数の関係

(実験1について)

実験結果から、図6に示すように、羽根が欠けたことによって重心が移動し、それによって回転の中心が移動して落下地点にばらつきが生じたと考えられる。また、「2枚欠・隣接」は落下地点のばらつきが最も大きかった原因として、図7に示すように、重心の移動が最も大きかったためだと考えられる。

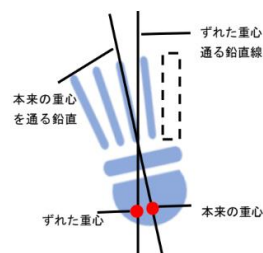


図6 重心の移動

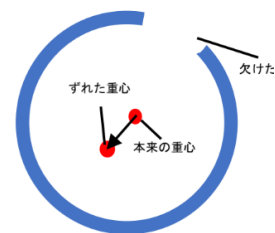


図7 二枚欠・隣接の重心

(実験2について)

過去の研究から、以下のことが判明している。これについて、図8に図解を示す。まず、シャトルの側面を流れる空気の一部が、図中の空気の流れの矢印の向きに従ってシャトル下部の隙間からシャトル内部に入り込む。シャトルの羽根は内部へ向かって膨らんだ形状をしているため、その入り込んだ空気によってシャトル内部に外部と比べて気圧が低い空間が作られる。これによって、シャトルの羽根を挟んで気圧が高い外部から気圧が低い内部へ向かって揚力が発生し、それがすべての方向から加わることで回転している。

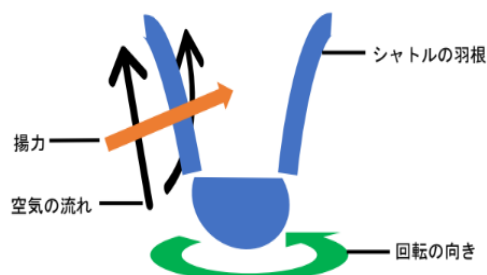


図8 シャトルが回転する理由

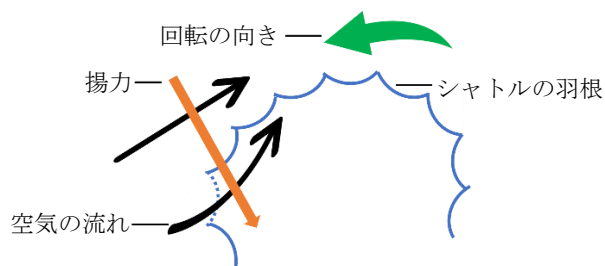


図9 1枚欠けに加わる揚力と空気の流れ

まず、「1枚欠」、「2枚欠・正対」、「2枚欠・直角」の3つについて記述する。図9は「1枚欠」

についてである。羽根が欠けたことによってできた隙間から、矢印で示されている向きに空気が入り込むことで揚力が追加で発生し、回転が速くなると考えられる。

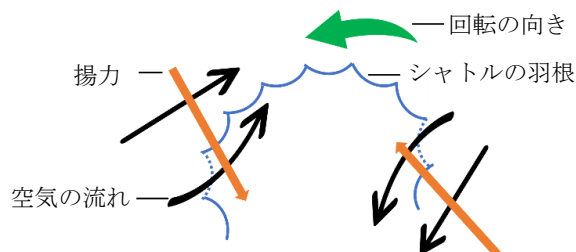


図10 2枚欠・正対に加わる揚力と空気の流れ

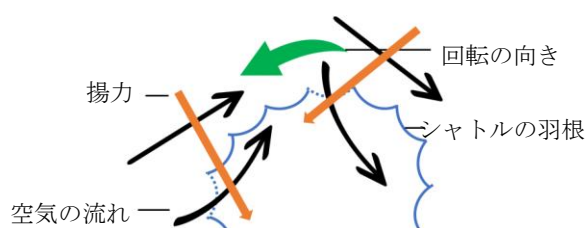


図11 2枚欠・直角に加わる揚力と空気の流れ

「2枚欠・正対」について、図10で示す。同様に、「2枚欠・正対」では反対側に位置する2か所で揚力が追加で発生していると考えられる。また、「2枚欠・直角」では図11に示すように直角に位置する2か所で揚力が追加で発生していると考えられる。このため、「新品」よりも「1枚欠」、「2枚欠・正対」、「2枚欠・直角」の回転数が多いのは、羽根の隙間数が「1枚欠」よりも多いため、揚力が追加で発生する位置が増えたためだと考えられる。

「2枚欠・隣接」について、図12に示す。追加の揚力が発生すると考えられるのは他と同様であるが、「1枚欠」と「2枚欠・隣接」とで回転数にあまり差がみられない原因として、隣り合う2枚の羽根が欠けても隙間の総数は変わらず1つであるため、揚力が追加で発生する場所の数が変わらず、回転数が変化しなかったためだと考えられる。

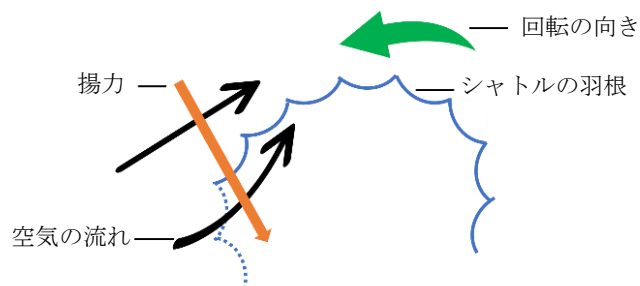


図12 2枚欠・隣接に加わる揚力と空気の流れ

5. 結論

新品のシャトルに比べて、羽根が欠けたシャトルは重心がずれたことによって回転の中心が移動し、着地点のばらつきが大きくなった。また追加で発生した揚力によってシャトルの回転運動が促進されたと考えられる。

6. 参考文献

1. 三浦徹太, 北川拓夢, 日出汐音, 林勇希, 福井翔輝. “バドミントンのシャトルの回転が運動に及ぼす影響について”. 徳島県立城南高等学校. 2018. <https://jonan-hs.tokushima-ec.ed.jp>, (参照 2024-09-23).
2. 河内啓二. 揚力と抗力. 日本流体力学会誌「ながれ」. 2002, 21, (4), p. 323-329.
3. 片山諒太, 岡永博夫. バドミントンシャトルコックの空力特性. 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集. 2017, 23 巻
4. 片山諒大, 岡永博夫, 回転しているバドミントンシャトルコックの空力特性. シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集. 2018.